

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



**АНГЛІЙСЬКА МОВА ДЛЯ СТУДЕНТІВ
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Навчальний посібник

Дніпропетровськ
НГУ
2013

УДК 811.111
ББК 81.2Англ
А 64

Рекомендовано редакційною радою Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» як навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050702 Електромеханіка (протокол № 6 від 28.06.2013).

Рецензенти:

В.В. Прутчикова, кандидат філологічних наук, професор, завідувач кафедри іноземних мов та перекладу, Національна металургійна академія України;

Л.В. Дубінець, доктор технічних наук, професор кафедри електротехніки та електромеханіки, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна.

Авторський колектив:

О.Б. Іванов, О.С. Бешта, О.М. Долгов, О.В. Балахонцев, В.С. Хілов, Т.Ю. Введенська, О.О. Азюковський, А.О. Сьомін.

Англійська мова для студентів електромеханічних спеціальностей
А 64 [Текст]: навч. посібник / О.Б. Іванов, О.С. Бешта, О.М. Долгов та ін. –
Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 318 с.

Навчальний посібник розрахований на студентів напряму підготовки 6.050702 Електромеханіка. Містить уроки, що структуровані за тематичними розділами, граматичний коментар, короткі англо-український і українсько-англійський словники та додатки, які спрямовані на закріплення загальних навичок володіння англійською мовою. Акцентований на особливості термінології, що застосовується у науково-технічній галузі, зокрема, в електромеханіці та виконання запропонованих завдань, що буде сприяти формуванню навичок перекладу з англійської та української мов, сприйняттю письмової та усної англійської мови, вмінню письмового викладення англійською мовою науково-технічних та інших текстів під час професійної діяльності, спілкуванню з професійних та загальних питань тощо.

Видано за редакцією авторів.

УДК 811.111
ББК 81.2Англ

© О.Б. Іванов, О.С. Бешта, О.М. Долгов,
О.В. Балахонцев, В.С. Хілов,
Т.Ю. Введенська, О.О. Азюковський,
А.О. Сьомін, 2013.

© Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет», 2013.

CONTENTS

PREFACE	6
INTRODUCTION	7
CHAPTER 1 FEATURES OF ENGLISH TECHNICAL LANGUAGE	9
Electric charges	9
Alternating current and voltage.....	15
History of electrical engineering.....	23
From autobiography of Nikola Tesla.....	29
Electric power generation	37
CHAPTER 2 THE FIELD OF MATHEMATICS	57
Addition and subtraction.....	57
Multiplication and division	60
Numbers	64
Function.....	67
Matrix.....	70
Trigonometry.....	73
Triangle	77
Equation.....	80
Limit of a function. Derivative.....	82
Integral.....	86
Basic Geometric shapes and figures	89
CHAPTER 3 THE FIELD OF PHYSICS	93
Work energy and power	93
Caloric, Calories, Heat and Energy.....	97
Batteries, resistors and ohm's law.....	101
Magnetic effect of an electric current	104
CHAPTER 4 THE FIELD OF FUNDAMENTALS OF ELECTRICAL ENGINEERING	107
Definition of electric circuit	107
Faraday's law of induction	112

Flux plotting	119
Changes of resistance with temperature.....	125
Maxwell's equations	132
DC, AC sources.....	138
Reactive voltamperes	143
Solution of nodal and loop current equations	150
CHAPTER 5 THE FIELDS OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS	158
Automatic control systems	158
The evolution of automatic control.....	162
Feedback amplifiers	167
Servomechanisms.....	171
CHAPTER 6 THE FIELD OF COMPUTERS AND PROGRAMMING.....	177
Computer	177
Computer architecture	180
Central processing unit.....	183
Pascal (programming language).....	187
C++ (programming language).....	189
Object-oriented programming	192
Microsoft Office	195
The Internet	198
CHAPTER 7 THE FIELD OF MECHANICS	201
Introduction to mechanics	201
Constraints and their reactions	208
Introduction to kinematics.....	213
Introduction to dynamics.....	219
Introduction to the dynamics of a system	225
CHAPTER 8 THE FIELD OF ELECTRONICS.....	231
Voltage control with DC supply	231
Choppers (transistors)	233

Choppers (thyristors).....	236
Chopper with inductive load	238
Rectifier with resistive load	240
Rectifier with inductive load.....	244
Single-phase inverter.....	247
Three-phase inverter with pulse-width-modulation.....	250
CHAPTER 9 THE FIELD OF ELECTRICAL MACHINES	253
Construction of direct-current electrical machines	253
Commutanion in direct-current machines	259
Armature reaction in DC machines	264
Direct-current generators	268
Direct-current motors	273
Transformers	280
Three phase alternating-current generators	288
Rotating armature field of three-phase synchronous generator	292
Principle of operation of synchronous motors	299
Construction and principle of induction motors	303
Operating characteristics of squirrel-cage and wound-rotor induction motors	311

PREFACE

In the modern world, international cooperation in different areas of human activity is very important. Science and engineering is one of specific fields where international ties between specialists increasingly widen and involve people from different countries. Often engineering problems are solved by international teams.

To communicate, specialists should possess one or the other common language. For contacts in a specific field engineers should be able to discuss questions in the relevant problem domain.

Taking into account very wide range of existing engineering activities and the fact that engineering problems understanding requires special professional education in the appropriate area, each engineer should manage foreign languages. In most cases knowledge of English and English professional terminology in the due field of science and engineering is everything what is needed to participate in an international professional team or discuss professional tasks with specialists all over the world.

Proceeding from the above, European Technical Faculty of National Mining University began teaching students by Bachelor's and Master's Programs in English.

This book is a manual for the course of English language for professional purposes for Ukrainian-speaking students taught by the Bachelor's Program in Electro-Mechanics. The course is learnt during three initial semesters. The book chapters are devoted to learning English terminology, vocabulary and ways of thoughts expression in all main fields belonging to electro-mechanics. In the first chapter are considered some special features of technical English. After each the lesson, appropriate vocabulary is placed.

Taking into account that the course is meant for preparation to learning special courses in English, and also different level of mastering English by students at the initial period of learning, explanations in the book are given into Ukrainian. Texts for reading, exercises and examples are cited in English.

Chapter subject-matters are arranged in the logical sequence which special courses follow in the process of the Bachelor's Program learning.

During the English course learning students should pay attention to systematic study that is obligatory for having been prepared for learning professional courses in English in proper time.

Authors

INTRODUCTION

Вивчення англійської мови професійного спрямування студентами, що навчаються за напрямом підготовки "Електромеханіка" з викладанням значної частки природничонаукових та професійно-спрямованих дисциплін саме англійською мовою, має на меті їх підготовку до засвоєння цих дисциплін. З одного боку, студенти мають бути готові до сприйняття усної та письмової англійської мови й вміти висловлювати свої думки та обговорювати питання під час навчання. З другого боку, їм необхідно оволодіти відповідною лексикою та термінологією у професійних галузях, що мають відношення до електромеханіки.

Професійне спрямування даної дисципліни є необхідним, так як будь-яка мова, що застосовується при викладенні науково-технічних питань, має певні особливості. До них відносяться лексико-граматичні особливості науково-технічної мови, а також специфічна термінологія, що притаманна відповідній галузі знань.

Курс англійської мови для студентів-електромеханіків дозволяє їм вивчити особливості цієї мови при застосуванні у науково-технічній сфері, а також набути навички, потрібні під час її практичного застосування.

Англомовні науково-технічні тексти, зокрема пов'язані з галуззю електромеханіки, мають певні граматичні особливості. У таких текстах зустрічається значна кількість технічних термінів, тобто слів, що виражають спеціальні характерні поняття з математики, фізики, обчислювальної техніки та програмування, теоретичної електротехніки, механіки, електричних машин, теорії електроприводу, електроніки й мікропроцесорної техніки, теорії автоматичного керування, систем керування електроприводом, електромеханічних систем автоматизації тощо. Як взагалі у науково-технічних текстах, широко використовуються пасивні звороти, інфінітивні конструкції. Часто випускаються службові слова, наприклад, артиклі у назвах, заголовках, таблицях. У багатьох випадках наявна значна кількість другорядних та однорідних членів речення, завдяки чому слова, що визначають від той чи інший члена речення, розташовані від нього на значній відстані. Певне сполучення відомих слів може мати значення самостійного терміна. У поточних науково-технічних виданнях, проспектах, описах і презентаціях нових видів технічної продукції зустрічаються неологізми – нові терміни, переклад яких відсутній у технічних словниках. Навіть переклад усталених виразів іноді наявний лише у вузько спеціалізованих словниках. Іноді одне й те ж слово має різні значення у різних галузях науки і техніки.

У технічних текстах вживаються переважно часи групи Indefinite I, перш за все, теперішній час. Застосовуються спеціальні засоби, до яких, наприклад, відноситься інверсія присудка, додатку, обставини. У якості підмета часто виступають займенники, такі як one, it, this (these), that (those). Часто зустрічається формальні додатки one, it, додатки у вигляді займенників one, that (those), these. Обставина часто виражена інфінітивом, дієприкметниками Present та Past Participle і дієприкметниковими зворотами.

Існує ряд інших граматичних особливостей побудови речень англійської мови, що застосовуються у науково-технічній літературі, та їх перекладу. Особливе значення мають наукові і технічні терміни, які можуть утворюватись за допомогою відповідних префіксів та суфіксів, а також мати форму складних термінів, що утворюються за певними моделями.

В англійській науково-технічній літературі вживаються, поряд із суто англійськими, іншомовні слова і вислови. Як і в інших мовах, існують певні усталені скорочення слів, словосполучень, термінів, одиниць вимірювання фізичних величин тощо. На даний час загально прийнятою у англійській науково-технічній літературі міжнародна система одиниць СІ, хоча іноді вживаються інші, перш за все традиційні англійські та американські одиниці вимірювання.

Подальші уроки навчального посібника з англійської мови за професійним спрямуванням "Електромеханіка", а також подані у кінці книги граматичний коментар, короткі англо-український і українсько-англійський словники та додатки спрямовані на закріплення загальних навичок володіння англійською мовою, засвоєння особливостей мови, що застосовується у науково-технічній галузі, зокрема в електромеханіці, набуття навичок перекладу з англійської та української мов, сприйняття письмової та усної англійської мови, вміння письмового викладення англійською мовою науково-технічних та інших питань, що виникають під час професійної діяльності, спілкування з професійних та загальних питань.

CHAPTER 1 FEATURES OF ENGLISH TECHNICAL LANGUAGE

LESSON 1.1

1. TEXT

ELECTRIC CHARGES

Normally, every body contains equal numbers of protons and electrons. It is possible to remove electrons from a body or add electrons to it. A body that contains unequal numbers of electrons and protons is said to be electrically charged.

A body that contains more than its normal number of electrons is said to be negatively charged. A body that contains less than its normal number of electrons is said to be positively charged. The charging is almost invariably accomplished by the addition or removal of electrons. For example, if a glass rod is rubbed with a piece of silk, the silk will rub electrons off the surface of the glass and therefore leave it positively charged. The silk will be negatively charged, since it carries the electrons that it removed from the glass.

Two pieces of silk treated in this way will repel each other and so will two pieces of glass. But between the glass and the silk there is attraction. That is, like charges repel each other and unlike charges attract each other.

Repulsion between like charges and attraction between unlike charges made up of the repulsions and attractions between individual excess protons and electrons.

Bodies which are not electrically charged, that is, which contain equal numbers of protons and electrons, neither attract nor repel each other in this way, because the forces of attraction and repulsion are in equilibrium.

The nucleus of an atom, since it contains all the protons of the atom, is always positively charged. The cluster of electrons surrounding the nucleus constitutes a negative charge of electricity and is presumably held in place by the force of attraction between itself and the positively charged nucleus.

Although an atom may contain any number of orbital electrons from 1, in the case of hydrogen, to 92, in the case of uranium, it is generally not possible to remove more than one electron from any one atom. In fact, no one has ever succeeded in removing as many electrons from a body as there are atoms in that body.

The greater the number of electrons removed from the body, the greater the number of excess protons in that body, and the greater the force with which these excess protons resist the removal of additional electrons. The activities of the one removable electron per atom constitute the main basis for the whole field of electrical engineering.

2. VOCABULARY

body – (*матеріальне*) тіло

since – так як; з тих пір як;
починаючи з

number – число; номер; кількість

proton – протон; протонний

electron - електрон

remove – видаляти, виводити

add – додавати, сумувати

unequal – неоднаковий, нерівний

charge – заряд (*у т.ч. електричний*);

ціна, плата; заряджати, призначати
ціну, начисляти плату

electrically charged – електрично
заряджений

negative – від'ємний; від'ємна
величина

negatively – від'ємно

negatively charged – заряджений
від'ємно

positive – позитивний; позитивна
величина

positively - позитивно

positively charged – заряджений
позитивно

invariably – незмінно, постійно,
виключено

accomplish – здійснювати, досягати,
завершувати

glass – скло, скляний

rod – брусок, прут, стержень

glass rod – скляний стержень

rub – терти, тертя

silk – шовк, шовковий

piece of silk – шматок шовкової
тканини

rub off - видаляти шляхом тертя,

like charges – однойменні заряди

unlike charges – різнойменні заряди

repulsion - відштовхування

excess – надлишок, лишок

excess proton – надлишковий
протон

excess electron – надлишковий
електрон

charged - заряджений

force – сила, дія, вплив

equilibrium – рівновага, стан
рівноваги, рівноважний

nucleus – ядро (*у т.ч. атомне*),
центр

cluster – скупчення, пучок, група,
кластер, накопичуватись,
групуватися

surrounding - оточуючий

constitute – засновувати,
утворювати, призначати

presumably – здогадно, можливо,
вірогідно, мабуть, певно

force of attraction – сила притягання
(тяжіння)

orbit – орбіта, політ по орбіті,
рухатись по орбіті

orbital electron – орбітальний
електрон

hydrogen - водень

uranium - уран

case – корпус, камера, бак
(*трансформатора, акумулятора*),
регістр (*клавіатури*), випадок

in the case – у випадку

no one has ever succeeded – нікому
ніколи не вдалося

resist – чинити опір

removal – видалення, усунення,
зняття, добування

additional - додатковий

витирати

surface - поверхня

equal – однаковий, рівний;

дорівнювати

treat – обробляти, обходитись,

розглядати, трактувати

repel – відштовхувати, відкидати

attract – притягувати

attraction - притягання

like – однаковий, подібний, схожий,
однойменний

unlike – різнойменний,
неоднаковий, несхожий; на відміну
від

removable – рухомий; пересувний,

такий, що видаляється; замінний

removable electron – електрон, що
видаляється

basis – базис, база, основа,

фундамент

field – поле, область, зона; поле
(*фізичної величини*); збудження,
обмотка збудження; поле (*польові
умови*); сфера, область
(*дослідження, застосування*); поле,
група символів (*обч. техн.*)

electrical - електричний,
електротехнічний

engineering – техніка; технологія;
розробка, проектування,
конструювання

field of electrical engineering –
область електротехніки

3. GRAMMATICAL NOTES

3.1. Речення

Речення в англійській мові розподіляються на прості (**the Simple Sentences**) та складні. За комунікативними типами розрізняють розповідне (**Declarative**), питальне (**Interrogative**), окличне (**Exclamatory**) й наказове (**Imperative**) речення.

3.1.1. Порядок слів простому стверджувальному речення

Члени простого поширеного *розповідного стверджувального* речення (**Simple Extended Affirmative Sentence**) розташовуються у ньому такому порядку: підмет (**the Subject**) – присудок (**the Predicate**) – прямий додаток (**the Direct Object**) – непряий додаток (**the Indirect Object**) – обставини (**Adverbial Modifiers**). Обставина способу дії (**the Adverbial Modifier of Manner**) передує обставині місця (**the Adverbial Modifier of Place**), за якою йде обставина часу (**the Adverbial Modifier of Time**).

За наявності кількох обставин часу більш точне визначення часу передує більш загальним.

Обставини місця і часу можуть також стояти на початку речення.

Означення не має постійного місця у реченні і може стояти при будь-якому члені речення, що виражений іменником.

Прямий (безприйменниковий) додаток стоїть безпосередньо після дієслова. За наявності безприйменникового непрямого додатка прямий додаток стоїть після нього.

3.1.2. Складні речення

Складне речення складається з двох або декількох простих, що виражають одну загальну думку. Такі речення можуть бути складносурядними (**the Compound Sentences**) і складнопідрядними (**the Complex Sentences**).

Складносурядне речення складається з рівноправних простих речень, розділених комою або поєднаних сполучником.

Складнопідрядне речення складається з нерівноправних речень: одне речення є залежним від другого і пояснює його. Речення, що пояснює інше називається підрядним (**the Subordinate Clause**). Речення, що пояснюється підрядним реченням, називається головним (**the Principal Clause**). Підрядне речення поєднується з головним за допомогою підрядних сполучників або без них. Кома між головним і підрядним реченням часто не ставиться.

Підрядні речення виконують у складнопідрядному реченні функцію одного з членів головного речення і відповідають на ті ж питання, на які відповідають члени простого речення. Підрядні речення можна розглядати як розгорнуті члени простого речення. Виходячи з цього розрізняють такі підрядні речення:

- підметове (**the subject clause**);
- присудкове (**the predicative clause**);
- додаткове (**the object clause**);
- означальне (**the attributive clause**);
- обставинне (часу – **the adverbial clause of time**, місця - **the adverbial clause of place**, способу дії - **the adverbial clause of manner**, причини - **the adverbial clause of reason**, наслідку - **the adverbial clause of consequence**, умови - **the adverbial clause of condition**, мети - **the adverbial clause of purpose**, поступки - **the adverbial clause of concession**).

3.2. Часи групи **Indefinite**

При утворенні часів активного стану групи **Indefinite** смислові дієслова дійсного способу використовується у таких формах: для утворення часу **Present Indefinite** – у формі інфінітива без частки **to** (із додаванням закінчення –s у стверджувальній формі у третій особі однини); для утворення часу **Past Indefinite** – у другій формі (форма **Past Indefinite**), для утворення часу **Future Indefinite** – у формі інфінітива без частки **to**.

Часи пасивного стану утворюються за допомогою дієслова **to be** у відповідному часі та форми дієприкметника минулого часу (форма **Past Participle**) основного дієслова. Час дієслова у пасивному стані визначається формою, у якій стоїть допоміжне дієслово **to be**.

Часи групи **Indefinite** вживаються для вираження дії у теперішньому, минулому і майбутньому без вказівки на його тривалість та закінченість

безвідносно до будь-якої іншої дії чи моменту. Зокрема, можна підкреслити такі особливості вживання часів цієї групи.

Час Present Indefinite Tense

виражає дію, що є притаманна особі або предмету, які виражені підметом, тобто дії, що відбувається взагалі, а не у момент мовлення.

З дієсловами, які не вживаються у часах групи **Continuous** (таких як **to see, to hear, to recognize, to want, to understand**), цей час вживається також для вираження дії, що відбувається у момент мовлення.

Present Indefinite Tense може виражати майбутню дію, коли вона заздалегідь намічена, особливо з дієсловами, що означають рух (**to leave, to start, to sail, to return, to arrive, to go, to come**). У таких випадках присутня, як правило, обставина часу, що вказує на майбутній час.

Цей час також вживається замість майбутнього часу **Future Indefinite** у обставинних підрядних реченнях умови і часу. Такі речення уводяться за допомогою сполучників **if, unless, provided that, when, until, till, as soon as, before** та ін.

Час Past Indefinite Tense

виражає дію, що відбувалася або відбулася у минулому. Основні випадки вживання даного часу:

для вираження дії у минулому, яке висловлюється як **yesterday, last week, an hour ago, at six o'clock, the other day, on Monday, in 2006** та ін., або підрядним реченням. Час дії може бути не вказаний, а матися на увазі;

для вираження ряду дій у послідовності, у якій вони відбувалися;

для вираження звичайної дії, яка повторювалася у минулому.

Час Future Indefinite Tense

виражає дію, що відбудеться або буде відбуватися у майбутньому. Це може бути дія однократна або така, що повторюється.

Час **Future Indefinite Tense** не вживається у підрядних реченнях часу та умовних.

Час Future Indefinite in the Past Tense

виражає дію, яка є майбутньою відносно минулого моменту часу. Найчастіше воно вживається у підрядних реченнях, коли присудок головного речення виражений дієсловом у минулому часі.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перепишіть наступні речення та зробіть їх синтаксичний розбір.

1. The charging is almost invariably accomplished by the addition or removal of electrons. 2. The silk will be negatively charged, since it carries the electrons that it

removed from the glass. 3. Repulsion between like charges and attraction between unlike charges made up of the repulsions and attractions between individual excess protons and electrons. 4. Bodies which are not electrically charged, that is, which contain equal numbers of protons and electrons, neither attract nor repel each other in this way, because the forces of attraction and repulsion are in equilibrium.

Exercise 3

Визначте, які часи активного і пасивного стану використані у тексті уроку, й випишіть з нього приклади відповідних речень.

Exercise 4

Перетворіть наведені нижче речення, застосувавши у них пасивний стан виділених смислових дієслів.

1. The number of protons in the nucleus **determines** the chemical properties of the atom. 2. Fig. 41 **illustrates** the effect of a charged object on one that is uncharged. 3. The nucleus **concentrates** the mass of the atom. 4. The atoms of which the material is composed do not greatly **impede** the motion of free electrons. 5. Many scientists **observed** this regularity. 6. Filtering **reduces** noise. 7. Many scientists **recognized** the results he obtained. 8. The library **subscribes** many scientific magazines. 9. The research team **carried** out that investigation. 10. The temperature **influences** on the winding resistance. 11. The shunt generator **fed** the heating element. 12. The Earth magnetic field **acts** on the compass needle. 13. Forces tending to move the rotor bars sideways at right angles **act** upon them in the magnetic field.

Exercise 5

Перекладіть на українську мову, звернувши увагу на порушення прямого порядку слів у реченнях.

1. Nowhere, we see rapid progress in telecommunications. 2. Only in this region could we expect to find such an abrupt shift. 3. For this purpose no direct method has been devised, nor is it likely that such a method is possible. 4. Nothing in science is ever completely new, nor is the independent work of different persons ever identical. 5. Hardly has this result been ignored. 6. Associated with each machine-tool is a control unit which reads the disc and translates its instructions for the controlled power for the servomotors that move the tool slides. 7. Closely allied to the problem of attaining increased simplicity in the electronic gear is the urgent necessity for eliminating unnecessary production costs. 8. Consider the table in which are tabulated measured and predicted values. 9. Not only in volume has the industry made an impressive showing, but in adaptivity too. 10. Included in the paper is a discussion of principles of operation, details of circuitry, and examples of experimental data taken from the machine.

LESSON 2.2

1. TEXT

ALTERNATING CURRENT AND VOLTAGE

An alternating current or voltage is defined as a current or voltage in which the direction changes periodically. In other words, the current flow is first in one direction in the circuit and then in the other, this reversal occurring at regular intervals.

The frequency with which a complete change occurs may be 60 times a second (as in the case of electric power supplied to most residences), from 20 to 15,000 times per second (for voice and music waves in communication systems), or up to millions and billions of times per second (as in the case of the radio or TV signals that are used in communications and other signal purposes). In many of applications of alternating current the variation with time is smooth and regular, following the variation of the sine of a constantly varying angle. Such an alternating current or voltage is said to vary sinusoidally with time or to be a sine wave.

A tuning fork produces sound or variation in the atmospheric pressure that varies sinusoidally with time. The pendulum of a clock is sifting energy back and forth from kinetic to potential in its sinusoidal movement. If a hacksaw blade is clamped in a vise, a weight placed on the end of it may be made to oscillate with a sinusoidal movement that also shifts energy back and forth kinetic to spring, or strain, energy.

The vibration of a gasoline engine, caused by unbalances in the rotating elements and uneven forces exerted on the pistons, appears in the form of sinusoidal movements of the engine itself. The oscillations in the tuned circuit of a high-frequency electric heating unit are also sinusoidal.

In electric power equipment every effort is made to assure a sinusoidal voltage at the power outlet. This is so nearly achieved in power circuits that a sinusoidal voltage may be assumed without appreciable error.

In high-frequency heating units, such as are used for preheating thermoplastics for molding operations and for surface heating and hardening of small gears, the oscillations assume the sinusoidal form by the very nature of the energy interchange between the magnetic and electric fields.

Since such sinusoidal variations of current and voltage are so extensively used in all a-c equipment, their characteristics have to be studied in considerable detail.

When a-c quantities pass through zero and reach the maximum positive value at the same time these quantities are said to be in phase. When alternating currents and voltages are not in phase, the quantity that reaches the maximum value first is said to lead the other quantity. Similarly, the one which reaches its maximum later is said to lag the other a-c current or voltage.

2. VOCABULARY

alternating – знакозмінний; **place** – місце, положення; поміщати,

кососиметричний; змінний, розміщати, класти, укласти
перемежовний,
періодичний

current – течія, потік; швидкість потоку або течії; (*електричний*) струм

voltage – (електрична) напруга, різниця потенціалів, потенціал, електрорушійна сила

alternating current – змінний струм

alternating voltage – змінна напруга

define - визначати, давати визначення, характеризувати, давати характеристику

direction – напрям(ок), спрямування

change - зміна, змінювати(сь); заміна, замінювати; перехід, перетворення

periodically - періодично

flow – течія, потік, теча; текти

reversal - реверсування, зміна напрямку на зворотний, зворотний рух

occur – зустрічатися, попадатися, відбуватися, траплятися, мати місце, залягати (*щодо покладу корисних копалин*)

regular – акуратний, закономірний, нормальний, звичайний, одноманітний, планомірний, правильний, регулярний, систематизований

interval – інтервал, проміжок, відстань, пауза, перерва, діапазон

frequency – частота, повторюваність, частота повторення; періодичність

complete - завершувати, закінчувати, завершений, закінчений; комплектувати, укомплектовувати

time - час, вимірювати (визначати) час; період (інтервал) часу, момент

oscillate – вібрувати, качатись, коливатись, розкачуватись

spring – пружина, стрибок, ресора, скачок, пружність, еластичність; пружинити; пружинний, ресорний

strain – деформація, напруга, натяг; деформувати, напружувати; напружений, натяжний

energy – енергія; енергетичний

spring energy – енергія пружної деформації

strain energy – енергія деформації

vibration – вібрація, вібрування, хвилястість, гойдання, коливання, вібраційний, коливальний

gasoline – бензин, бензиновий

engine - двигун, мотор, машина, механізм, локомотив, знаряддя

unbalance – асиметрія, дисбаланс, нерівновага, неврівноваженість, розбаланс, розбалансування, розузгодження; розстроювати; дисбалансний

rotating – кручення; обертовий, крутильний, повернутий, що повертається

element - елемент, компонент, деталь, складова частина, ланка, блок, модуль, пристрій, вузол, орган, первинний елемент, параметр

uneven forces – нерівномірні зусилля

exert - прикладати (силу), напружувати (зусилля)

piston – клапан, плунжер, поршень, поршневий, циліндричний

tune – настроєність, налагоджувати, настроювати, настроюватись,

часу; термін; тривалість; раз
power – енергія, потужність; жити; показник ступеня, ступінь (*матем.*); електросиловий; енергетика; енергетичний

supply – джерело живлення, забезпечення, живлення; постачати, постачання (*напр. електроенергії*)

residence - житло; дім, квартира; офіс; резиденція, (*домашнє*) господарство, побутове приміщення

voice – голос; промовляти, говорити
music – музика, музичне супроводження

wave - хвиля, коливання, сигнал; хвильовий, коливальний; розмахувати

communication - комунікація, зв'язок, повідомлення, засіб зв'язку, взаємодія, спілкування

system – комплекс, система, сукупність; системний
communication system – система зв'язку, система передачі даних

million - мільйон

billion - мільярд

radio - передавати по радіо; радіо, радіоприймач; радіоприймальний

TV - телевізійний

signal - давати сигнал, сигналізувати; імпульс, коливання, сигнал, подія; сигнальний

use – використання, користь, користування, застосування, експлуатація, вживання; використовувати, обходитись з, оперувати, вживати, експлуатувати
purpose –призначення, намір, цільова установка, мета, ціль; мати за мету, мати намір

відрегулювати

circuit - схема, коло, контур, мережа; канал, лінія, тракт; кругообіг

tuned circuit - настроєний контур, резонансний контур

high-frequency - вібраційний, високочастотний

equipment - обладнання

effort - зусилля, напруженість, спроба, результат роботи

assure - гарантувати, забезпечувати

outlet - випуск, витікання; випусковий, вихідний отвір; випуск, вихід; злив, стік; штепсельна розетка
nearly achieve – майже досягати

power circuit - коло головного струму, силове коло

assume - приймати (*характер, форму*), допускати, припускати

appreciable - суттєвий, примітний, значний

error – помилка, похибка, промах; прорахунок; недогляд, неточність, описка, відхилення; розходження; розузгодження

preheating – попереднє нагрівання, підігрів

thermoplastic – термопластик, термопластиковий, термопластичний

molding – опресування, прес-порошок, пресування, формування, формовка, фасонна штамповка; формуючий

operation - дія, операція, оперування, процес, робота, спрацьовування, управління,

application - заява; заявка, прикладання (напр., зусиль), застосування, вживання, прикладна програма, прикладна система, додаток; прикладний

variation – варіація, варіювання, зміна, змінюваність, коливання, відхилення, різновид, хід залежності; варіаційний

smooth - гладкий, плавний, рівний, згладжений, спокійний; розгладжувати, загладжувати

regular – закономірний, нормальний, звичайний, одноманітний, планомірний, правильний, регулярний, систематизований

following - слідування; ведений, наведений нижче, наступний; слідувати

sine – синус, синусний, синусоїдний

angle – кут, кутовий профіль, куток, куткова сталь, кутковий прокат, косинець

sinusoidally - синусоїдально

wave – помах, хвиля, хвильове коливання; такий, що коливається; здійснювати хвильовий рух

tuning – наладка, настройка, настройка на частоту, перестройка, настроювальний

fork – вилка, вилковий, вилкоподібний, розгалуження

tuning fork - камертон

функціонування, експлуатація; робочий

surface heating - поверхневий нагрів

hardening - закалювання, затверджування, наклеп, твердіння, зміцнення; що загартовує, що загартовується, що твердіє, що зміцнюється

gear – апарат, зубчате колесо зубчата передача, механізм, обладнання, передача, прибор, привод, пристосування, снаряд, снасть, шестерня; зчіпляти, зчепити; передаточний, трансмісійний, шестерний

very nature – саме природа

energy interchange - обмін енергією

magnetic field – магнітне поле

electric field – електричне поле

extensively – значною мірою, сильно

a-c equipment – електрообладнання змінного струму

characteristic – характерна риса, (*характерна*) особливість, властивість, ознака, характеристика; (*множ.*) технічні дані, параметри; крива; характерний, типовий

considerable - значний; важливий, вартий уваги, суттєвий, великий, немалий; (*амер.*) у великій кількості, багато

detail - деталь, елемент, частина (конструкції); вузол (на кресленні);

sound – звук, звуковий, звучати, зонд, зондувати, обґрунтований, щуп	детальне детальоване) креслення; деталізувати
atmospheric - атмосферний	quantity – кількість, (фізична) величина; розмір, доля, частина, параметр
pressure - тиск	pass - проходження, прохід, проїзд, перехід, йти; проходити, проїжджати перетинати, переходити, переїжджати
pendulum – маятник, маятниковий	maximum - максимум, максимальне значення
kinetic - кінетичний	positive – позитив, позитивне зображення; позитивна величина, попозитивний
potential – (<i>електр.</i>) напруга, потенціал, потенціальний, можливий	value - (<i>числове</i>) значення (фізичної величини), величина, оцінка, значущість, цінність, вартість; оцінювати
movement – рух, пересування, переміщення	in phase – співпадати за фазою, знаходитись у фазі
sinusoidal - синусоїдальний	to lag – відставати за фазою
hacksaw – ножівка, ножівкова пила, ножівковий	to lead – випереджати за фазою
blade – лезо, ріжуча пластина, полотнище (пили), лопать, лопатка, планка	later - пізніше
clamp – держатель, затискач, струбцина, фіксатор, клема, скоба, хомут, кріплення; затискати, скріплювати, фіксувати	reach - досягати
vise – струбцина, тиски	place - місце, простір, участок, розряд, позиція (розряда); місце (знака); поміщати, розміщати, встановлювати, укладати
weight – вага, гиря, вантаж, навантажувати, вагар; ваговий	oscillate - коливатися, вібрувати, генерувати

3. GRAMMATICAL NOTES

3.1. Умовні речення

Підрядні умовні речення відповідають на питання **On what condition?, In what case?** Найчастіше до головного речення вони приєднуються за допомогою сполучника **if**. Використовуються також сполучники **unless, so long as, provided (that), providing (that), on condition (that), supposing (that), suppose (that)**. В залежності від реальності здійснення умови, умовні речення поділяються на три типи.

3.1.1. Умовні речення I типу

Такі речення виражають здійсненне (реальне) припущення, які відносяться до теперішнього, минулого або майбутнього часу.

Для вираження майбутньої дії у підрядних реченнях умови вживається теперішній час **Present Indefinite**. Для придання припущенню відтінку меншої вірогідності у підрядному реченні замість **Present Indefinite** може вживатися сполучення **should** з інфінітивом без частки **to**.

3.1.2. Умовні речення II типу

Такі речення виражають маловірогідні або невірогідні припущення, що відносяться до минулого.

В підрядному реченні вживається форма часу **Past Subjunctive**, яка для всіх дієслів, за винятком **to be**, збігається з **Past Indefinite**; у головному – умовний спосіб дієслова – поєднання **should, would, might, could** з **Indefinite Infinitive** без частки **to**.

3.1.3. Умовні речення III типу

Такі речення виражають нездійсненні (нереальні) припущення, що відносяться до минулого часу.

В підрядному реченні вживається форма часу **Past Perfect Subjunctive**, яка збігається з **Past Perfect**; у головному – умовний спосіб дієслова – поєднання **should, would, might, could** з **Perfect Infinitive** без частки **to**.

3.2. Часи групи **Continuous**

Для утворення часів даної групи використовуються відповідні форми допоміжного дієслова **to be** (у майбутньому часі – також допоміжні дієслова **shall, will**, у часі майбутньому у минулому замість **shall, will** використовуються допоміжні дієслова **should, would**) та форма дієприкметника теперішнього часу смислового дієслова (форма **Present Participle**).

Часи групи **Continuous** вживаються для вираження тривалої дії, що розпочалася до певного моменту у теперішньому, минулому або майбутньому й відбувається або буде відбуватися у цей момент.

*Час **Present Continuous Tense** вживається:*

для вираження тривалої дії, що відбувається у момент мовлення

для вираження тривалої дії, що відбувається у теперішній період часу, необов'язково у момент мовлення

для вираження тривалої дії у майбутньому в обставинних підрядних реченнях умови та часу, які вводяться сполучниками **if, when, while** та ін.

для вираження дії у майбутньому, якщо висловлюється намір її виконання або мова йде про заздалегідь наміченій дії.

*Час **Past Continuous Tense** виражає незакінчену тривалу дію у минулому. Він вживається:*

вираження тривалої дії, що розпочалася до певного моменту у минулому і ще відбувається у цей момент

з такими ознаками часу, як *at five o'clock, at noon, at midnight, at that moment* та ін.

коли інша минула дія виражена дієсловом у *Past Indefinite*

для вираження тривалої дії, яка відбувалася у минулому відрізьку часу (можливо й не безперервно у цей час)

з такими ознаками часу, як *all day long (yesterday), all the time, the whole evening, from five till eight*, коли дія визначається як процес

Час Future Continuous Tense виражає майбутню дію у процесі її виконання. Цей час вживається:

для вираження тривалої дії, яка почнеться до певного майбутнього моменту часу і буде тривати у цей момент

для вираження тривалої дії, яка відбуватиметься на певному відрізьку часу

іноді вживається з такими ознаками часу, як **all day long, all the time, the whole evening, from five till eight** та ін., коли дія сприймається не як факт, а як процес

для вираження нетривалої дії, коли висловлюється намір її виконання або коли мова йде про заздалегідь намічену дію.

Час Future Continuous in the Past Tense замінює **Future Continuous Tense** у підрядних реченнях, коли присудок у головному реченні виражений дієсловом у минулому часі.

3.3. Інфінітив та інфінітивні звороти

У науково-технічній літературі у якості того чи іншого члена речення виступає інфінітив дієслова. Часто вживаються інфінітивні звороти, які перекладаються відповідним підрядним реченням.

3.4. Висловлення необхідності за допомлгою дієслів **to have** і **to be**

Дієслово **to have** вживається разом з інфінітивом із часткою **to** для виразу необхідності у теперішньому та минулому, що зумовлена певними обставинами у стверджувальних, питальних та заперечних (**do not have**) реченнях

Дієслово **to have** має окрему форму для висловлення необхідності у майбутньому.

У минулому часі дієслово **to have (had to)** вживається, коли дія повинна була відбутися внаслідок певних обставин і фактично відбулася.

Для висловлення необхідності дієслово **to be** у теперішньому часі (**am, is, are**) або у минулому часі (**was, were**) разом з інфінітивом смислового дієслова із часткою **to** вживається, коли говориться про необхідність дії внаслідок попередньої домовленості або заздалегідь складеного плану.

Дієслово **to be** у минулому часі (**was, were**) разом з **Perfect Infinitive** вживається коли дія повинна була відбутися за домовленістю або планом, але не відбулася.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перекладіть та визначте тип умовних речень.

1. If the voltage is divided by rated phase voltage, the result is in per-unit form and if further multiplied by 100, the result is in percentage form. 2. If now the steam supply is increased, the power balance is upset and the additional power is absorbed temporarily in the form of kinetic energy by the alternator increasing speed slightly. 3. If now the excitation is increased, the end of the phasor moves horizontally to the right, and the alternator generates at a lagging power factor. 4. If, however, E_0 advances in phase beyond \bar{ob} , due to an increase in the steam supply, the electrical output of the alternator decreases. 5. If the alternator, line and load are considered as a separate system not connected to the grid, any increase in steam supply will increase the system frequency and force the load to accept more power since its a.-c. motors will be running faster. 6. If the load voltage rises, the power taken by any resistor (heating) load will rise. 7. Conversely, if the load demand rises, the system frequency and voltage tend to fall. 8. If the grid frequency and voltage are constant, the generation and load demand are equal (the losses in the system being part of the demand). 9. If the three vectors are each multiplied by 3, \bar{af} will now represent 3-phase load voltamperes. 10. If over a short interval of time it can be assumed that all consumers are supplied at a fixed voltage and frequency, then the load demand for power and vars is fixed in magnitude and location.

Exercise 3

Визначте, які часи активного і пасивного стану використані у тексті уроку, й випишіть з нього приклади відповідних речень.

Exercise 4

Перетворіть наведені нижче речення, застосувавши у них пасивний стан виділених смислових дієслів.

1. The number of protons in the nucleus **determines** the chemical properties of the atom. 2. Fig. 1 **illustrates** the effect of a charged object on one that is uncharged. 3. The nucleus **concentrates** the mass of the atom. 4. The atoms of which the material is composed do not greatly **impede** the motion of free electrons. 5. Many scientists **observed** this regularity. 6. Filtering **reduces** noise. 7. Thick coverings **insulate** wires used for the distribution of electricity. 8. We **know** such combinations of resistances to give a reduced voltage as a potentiometer or voltage divider. 9. Designers extensively **use** the Wheatstone bridge in industrial instruments for the

measurement of temperature, strain, and certain other industrial quantities. 10. We normally **associate** a change in magnetic flux with an electric pressure or voltage.

Exercise 5

Перекладіть речення, визначивши функції дієслів **to be** та **to have**.

1. The solution is obtained to second-order accuracy. 2. The capacitor is quickly discharging during the indicated period of time. 3. This values are to be obtained with sufficient precision. 4. The thermocouple is of copper-consantan. 5. He was following the course of events. 6. This unit of the machine has only a small memory or storage. 7. For the detection of any small difference more careful measurements have to be made. 8. In space investigations electronics and computers have a key role of ever-increasing importance. 9. They have made the statement that the reliability problem is amenable to solution. 10. If the total of these bearings is greater than 360^0 then 360 will have to be subtracted from the total to find the actual magnetic bearing to the station.

LESSON 1.3

1. TEXT

HISTORY OF ELECTRICAL ENGINEERING

Electricity is a subject of scientific interest since at least the 17th century. However, it was not until the 19th century that research into the subject started to intensify. Notable developments in this century include the work of Georg Ohm, who in 1827 quantified the relationship between the electric current and potential difference in a conductor, and the work of Michael Faraday, who in 1831 discovered electromagnetic induction.

However, during these years the study of electricity was largely considered to be a subfield of physics and hence the domain of physicists. It was not until the late 19th century that universities started to offer degrees in electrical engineering. The Darmstadt University of Technology established the first chair of electrical engineering worldwide in 1882 and offered a quadrennial study course of electrical engineering in 1883. In 1882, MIT offered the first course on electrical engineering in the United States. This course was organized by Professor Charles Cross who was head of the Physics department and who later became a founder of the American Institute of Electrical Engineers (which later became the Institute of Electrical and Electronics Engineers). The University College London founded the first chair of electrical engineering in the United Kingdom in 1885. In 1886, the University of Missouri established the first department of electrical engineering in the United States.

During this period, work in the area increased dramatically. Of particular note was the work of Nikola Tesla and Thomas Edison. In 1882, Edison switched on the

world's first large-scale electrical supply network that provided 110 volts direct current to fifty-nine customers in lower Manhattan. In 1887, Tesla filed patents related to a competing form of power distribution known as alternating current. In the following years a bitter rivalry between the two, known as the "War of Currents", took place over the preferred method of distribution.

Tesla's work on induction motors and polyphase systems would influence electrical engineering for years to come. Edison's work on telegraphy and his development of the stock ticker would prove lucrative for his company (which would eventually become one of the world's largest companies, General Electric). As well as the contributions of Edison and Tesla, a number of other figures would play an equally important role in the progress of electrical engineering at this time. Alexander Bell would influence electrical engineering with his work in telecommunications, Lee de Forest with his work on the Audion (a predecessor to the transistor) and Guglielmo Marconi with his popularization of radio.

Beyond this period, the single most important invention in electrical engineering would probably come from John Bardeen, William Shockley, and Walter Brattain, who in 1947 invented the transistor. This device would go on to revolutionize electrical engineering by paving the way for powerful integrated circuits. Today, much of the wonder of the electronic world today is due to the capabilities of these circuits.

2. VOCABULARY

research – наукові дослідження
developments – технічні розробки
quantify – визначати кількісно
potential difference – різниця потенціалів
conductor – провід, провідник
study – вивчати, досліджувати
subfield – розділ (науки, техніки)

hence – тож, звідси, отже

domain – область, сфера; область визначення; сфера діяльності
degree – градус; ступень, порядок (*матем.*); сорт, якість; диплом; ступінь, рівень; вчений ступінь; присвоювати вчений ступінь
chair of electrical engineering – кафедра електротехніки
quadrennial – чотирирічний термін

study course – навчальний курс

customer - споживач
related - такий, що відноситься
competing - конкуруючий
power distribution – розподіл електроенергії
alternating current – змінний струм
bitter rivalry – жорстке протистояння
induction motor – асинхронний двигун
polyphase system – багатофазна система
telegraphy – телеграфування, телеграфія, телеграфний зв'язок
stock ticker – тикерний апарат (*апарат для передачі телеграфним способом поточної вартості цінних паперів на біржі*)
lucrative – прибутковий, вигідний, доходний, рентабельний
eventually – у кінцевому рахунку, наприкінці, з часом
contribution - внесок

electrical engineering -

електротехніка

founder - засновник

found – засновувати; закладати

основу; обґрунтовувати

establish – засновувати; вста-
новлювати (*співвідношення, факт*)

dramatically – примітно, різко;
значно, сильно

switch on – вмикати; вводити в дію

large-scale – крупний, масштабний

electrical supply network – мережа
електропостачання

direct current – постійний струм

telecommunications –

телекомунікація, електрозв'язок

predecessor – попередник; річ, що
замінена іншою

transistor - транзистор

popularization - популяризація

invention - винахід

device - пристрій

paving the way - прокладання шляху

integrated circuit – інтегральна
мікросхема

department – ділянка, відділ, служба,
факультет

3. GRAMMATICAL NOTES

3.1. Речення

Речення в англійській мові розподіляються на прості (**the simple sentences**) та складні – складносурядні (**the compound sentences**) і складнопідрядні (**the complex sentences**).

3.1.1. Прості речення

Прямий порядок слів у реченні

Члени простого поширеного *розповідного стверджувального* речення (**simple extended affirmative sentence**) розташовуються у ньому такому порядку: підмет (**the subject**) – присудок (**the predicate**) – прямий додаток (**the direct object**) – непрямий додаток (**the indirect object**) – обставини (**adverbial modifiers**). Обставина способу дії (**the adverbial modifier of manner**) передує обставині місця (**the adverbial modifier of place**), за якою йде обставина часу (**the adverbial modifier of time**).

За наявності кількох обставин часу більш точне вказання на час передує більш загальним.

Обставини місця і часу можуть також стояти на початку речення.

Означення не має постійного місця у реченні і може стояти при будь-якому члені речення, що виражений іменником.

Прямий (безприменниковий) додаток стоїть безпосередньо після дієслова. За наявності безприменникового непрямого додатка прямий додаток стоїть після нього.

Зворотній порядок слів у реченні

Інколи у реченні вживається *зворотній порядок слів*, коли підмет стоїть після присудка. Зворотній порядок слів має місце:

у реченні із зворотом **there is**, а також коли **there** застосовується з іншими неперехідними дієсловами;

у реченні, що вводить пряму мову, якщо воно стоїть після прямої мови, підмет виражений іменником, а присудок – одним з дієслів *to say, to ask, to answer, to reply* та деякими іншими;

у реченні, що починається з обставини;

у реченні, що починається з прислівника *here* або *there*, коли підмет виражений іменником;

у реченнях, що починаються з таких прислівників або сполучників, як *never, seldom, little, in vain, neither, nor, hardly, scarcely ... (when), no sooner ... (than), not only ... (but)*, а також будь-якого обставинного слова, перед яким стоїть прислівник *only*; у цих випадках перед підметом стоїть тільки допоміжне або модальне дієслово, що входить до складу присудка; коли дієслово стоїть у Present або Past Indefinite, то перед підметом використовується форми *do, does* або *did* відповідно.

3.1.2. Складні речення

Складне речення складається з двох або декількох простих, що виражають одну загальну думку. Такі речення можуть бути складносурядними (**the compound sentences**) і складнопідрядними (**the complex sentences**).

Складносурядні речення

Складносурядне речення складається з рівноправних простих речень, розділених комою або поєднаних сполучником.

Складнопідрядні речення

Складнопідрядне речення складається з нерівноправних речень: одне речення є залежним від другого і пояснює його. Речення, що пояснює інше називається підрядним (**the subordinate clause**). Речення, що пояснюється підрядним реченням, називається головним. Підрядне речення поєднується з головним за допомогою підрядних сполучників або без них. Кома між головним і підрядним реченням часто не ставиться.

Підрядні речення виконують у складнопідрядному реченні функцію одного з членів головного речення і відповідають на ті ж питання, на які відповідають члени простого речення. Підрядні речення можна розглядати як розгорнуті члени простого речення. Виходячи з цього розрізняють такі підрядні речення:

підметове (*the subject clause*);

присудкове (*the predicative clause*);

додаткове (*the object clause*);

означальне (the attributive clause);

обставинне (часу – the adverbial clause of time, місця - the adverbial clause of place, способу дії - the adverbial clause of manner, причини - the adverbial clause of reason, наслідку - the adverbial clause of consequence, умови - the adverbial clause of condition, мети - the adverbial clause of purpose, поступки - the adverbial clause of concession).

3.1.3. Час Future Indefinite in the Past

Для утворення часу **Future Indefinite in the Past** як і часу **Future Indefinite** смислове дієслово вживається у формі інфінітива без частки **to**. Перед смисловим дієсловом при утворенні часу **Future Indefinite in the Past** ставиться допоміжне дієслово **should** або **would** в залежності від особи.

Приклад утворення часу **Future Indefinite in the Past**:

Стверджувальна форма	Питальна форма	Заперечна форма
I should calculate He (she, it) would calculate We should calculate You would calculate They would calculate	Не вживається	I should not calculate He (she, it) would not calculate We should not calculate You would not calculate They would not calculate

Час **Future Indefinite in the Past Tense** виражає дію, яка є майбутньою відносно минулого моменту часу. Часто воно вживається у підрядних реченнях, коли присудок головного речення виражений дієсловом у минулому часі.

3.1.4. Перехідні та неперехідні дієслова

Дієслова, що можуть мати при собі прямий додаток, є перехідними.

Дієслова, що не можуть мати прямого додатку є неперехідними.

Часто одне й те ж дієслово може використовуватись і як перехідне, і як неперехідне.

Деяким перехідним дієсловом англійської мови відповідають в українській мові неперехідні дієслова (наприклад, перехідним дієсловом **to follow, to approach, to watch**).

Деяким неперехідним дієсловом англійської мови відповідають в українській мові перехідні дієслова (наприклад, **to listen to ...**).

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Випишіть з тексту п'ять простих речень з прямим порядком слів та визначте у них головні та другорядні члени. Зверніть увагу на порядок

розташування членів речення. Зробіть письмовий переклад речень на українську мову.

Exercise 3

Випишіть з тексту просте речення зі зворотнім порядком слів та визначте у ньому головні та другорядні члени. Зверніть увагу на порядок розташування членів речення. Зробіть письмовий переклад речення українською мовою.

Exercise 4

Визначте, до якого типу складних речень відносяться наступні речення, і перекладіть їх письмово українською мовою:

1. However, it was not until the 19th century that research into the subject started to intensify. 2. Notable developments in this century include the work of Georg Ohm, who in 1827 quantified the relationship between the electric current and potential difference in a conductor, and the work of Michael Faraday, who in 1831 discovered electromagnetic induction. 3. It was not until the late 19th century that universities started to offer degrees in electrical engineering. 4. The Darmstadt University of Technology established the first chair of electrical engineering worldwide in 1882 and offered a quadrennial study course of electrical engineering in 1883. 5. This course was organized by Professor Charles Cross who was head of the Physics department and who later became a founder of the American Institute of Electrical Engineers (which later became the Institute of Electrical and Electronics Engineers). 6. In 1882, Edison switched on the world's first large-scale electrical supply network that provided 110 volts direct current to fifty-nine customers in lower Manhattan. 7. Beyond this period, the single most important invention in electrical engineering would probably come from John Bardeen, William Shockley, and Walter Brattain, who in 1947 invented the transistor.

Exercise 5

Випишіть з речень у тексті а) перехідні дієслова разом з їх прямими додатками, б) неперехідні дієслова з їх непрямыми додатками.

Наведіть переклад українською мовою виписаних словосполучень

Exercise 6

Випишіть з тексту речення, у яких застосовано час **Future Indefinite in the Past** й перекладіть їх українською мовою.

LESSON 1.4

1. TEXT

FROM AUTOBIOGRAPHY OF NIKOLA TESLA

At the age of ten I entered the Real gymnasium which was a new and fairly well equipped institution.

My studies were continued at the higher Real Gymnasium in Carlstadt, Croatia, where one of my aunts resided.

I had become intensely interested in electricity under the stimulating influence of my Professor of Physics, who was an ingenious man and often demonstrated the principles by apparatus of his own invention.

I thought and planned, and conceived many ideas almost as a rule delusive. The vision was clear enough but the knowledge of principles was very limited. At the termination of my vacation I was sent to the Poly-Technic School in Gratz, Styria (Austria), which my father had chosen as one of the oldest and best reputed institutions. It was in the second year of my studies that we received a Gramoe Dyname from Paris, having the horseshoe form of a laminated field magnet, and a wire wound armature with a commutator. The machine was a motor, the brushes gave trouble, sparking badly, and I observed that it might be possible to operate a motor without these appliances.

All my remaining term in Gratz was passed in intense but fruitless efforts of this kind, and I almost came to the conclusion that the problem was insolvable.

In 1880 I went to Prague, Bohemia, carrying out my father's wish to complete my education at the University there. It was in that city that I made a decided advance, which consisted in detaching the commutator from the machine and studying the phenomena in this new aspect, but still without result.

I realized that my parents had been making too great sacrifices on my account and resolved to relieve them of the burden. The wave of the American telephone had just reached the European continent and the system was to be installed in Budapest, Hungary. It appeared an ideal opportunity, all the more as a friend of our family was at the head of the enterprise.

One afternoon, which is ever present in my recollection, I was enjoying a walk with my friend in the City Park and reciting poetry. The idea came like a flash of lightening and in an instant the truth was revealed. I drew with a stick on the sand, the diagram shown six years later in my address before the American Institute of Electrical Engineers, and my companion understood them perfectly. I told him, "See my motor here; watch me reverse it." I cannot begin to describe my emotions. A thousand secrets of nature which I might have stumbled upon accidentally, I would have given for that one which I had wrested from her against all odds and at the peril of my existence...

2. VOCABULARY

Real gymnasium – реальна гімназія
(*середній навчальний заклад
природничо-технічного спрямування*)

fairly well equipped institution –
достатньо добре устаткований
навчальний заклад

ingenious man – творча людина

invention - винахід

idea – ідея, думка

delusive – оманливий, ілюзорний,
уявний

knowledge of principles - знання
принципів (законів)

termination – кінець, завершення

Gramoe Dyname – динамомашинна
Грама

horseshoe form - підковоподібний

laminated field magnet –
пластинчаста магнітна система
збудження

wire wound armature – обмотаний
якір

commutator - колектор

machine - машина

motor - двигун

brush - щітка

sparking - іскріння

appliance – пристрій, апарат, прилад

fruitless - безплідний, напрасний,

education - освіта

decided advance – вирішальне
досягнення

**detach the commutator from the
machine** – від'єднати колектор від
машини (видалити колектор з
машини)

phenomenon (*pl phenomena*) –
явище, подія

aspect – аспект, підхід, сторона

reach – досягати, протягати;
протяжність, сфера впливу

install – встановлювати, монтувати,
збирати

at the head of the enterprise - на чолі
підприємства

recollection – спогад; пам'ять; *множ.*
спогади, мемуари; розмірковування,
роздум

recite – повторити вголос напам'ять,
декламувати, читати вголос

flash – спалах; мить, миттєвість (*або
будь-яке позначення дуже короткого
проміжку часу*)

lightening – спалах, блискавка

instant – мить, поточна мить, даний
момент; невідкладний, миттєвий,
поточний

diagram – діаграма, графік, схема;
зображати схематично

**American Institute of Electrical
Engineers** – Американський інститут
інженерів-електриків

reverse – зворотній, перевернутий,
реверсивний; реверсування;
перевертати, здійснювати реверс

describe - описувати

stumble upon- перетинатись об

accidentally – випадково,

безуспішний
effort - зусилля

term – термін, тривалість, семестр

insolvable (insoluble) – невирішений

complete – повний, завершений;
завершувати, закінчувати

несподівано, ненавмисно
wrest – виривати (силою), відривати,
вивертати, добиватися чогось
odd – непарна річ, непарне число,
дивність, випадковість
peril - небезпека; ризик, загроза;
піддавати небезпеці, насмілюватись,
зважуватись

3. GRAMMATICAL NOTES

3.1. Часи групи **Perfect**

3.1.1. Утворення часів групи **Perfect**

Для утворення часів даної групи використовуються відповідні допоміжні дієслова та форма дієприкметника минулого часу смислового дієслова (форма **Past Participle**).

Стверджувальна форма	Питальна форма	Заперечна форма
Present Perfect		
I have switched He (she, it) has switched We have switched You have switched They have switched	Have I switched? Has he (she, it) switched? Have we switched? Have you switched? Have they switched?	I have not switched He (she, it) has not switched We have not switched You have not switched They have not switched
Past Perfect		
I had switched He (she, it) had switched We had switched You had switched They had switched	Had I switched? Had he (she, it) switched? Had we switched? Had you switched? Had they switched?	I had not switched He (she, it) had not switched We had not switched You had not switched They had not switched
Future Perfect		
I shall have switched He (she, it) will have switched We shall have switched You will have switched They will have switched	Shall I have switched? Will he (she, it) have switched? Shall we have switched? Will you have switched? Will they have switched?	I shall not have switched He (she, it) will not have switched We shall not have switched You will not have switched They will not have switched
Future Perfect in the Past		
I should have switched He (she, it) would have switched We should have switched You would have switched They would have switched	-	I should not have switched He (she, it) would not have switched We should not have switched You would not have switched They would not have switched

3.1.2. Вживання часів групи **Perfect**

Часи групи **Perfect** виражають дію, що здійснена до певного моменту у теперішньому, минулому або майбутньому.

Час Present Perfect Tense вживається для вираження дії, завершеної до теперішнього часу, як перед самим моментом мовлення, так і більш віддалений момент у минулому. Наявність результату завершеної дії пов'язує її з теперішнім моментом.

Результат дії може бути неконкретним.

Present Perfect може вживатися для вираження однократної або багатократної дії.

Цей час концентрує увагу на факті здійснення дії до моменту мовлення, тому він може вживатись без визначення часу її здійснення.

Часто **Present Perfect** вживається з прислівниками невизначеного часу **ever, never, often, already, yet**.

Present Perfect може вживатися з обставинами, що означають ще не завершені періоди часу: **today, this week, this month, this year** та ін.

Час **Present Perfect** завжди вживається прислівниками **lately, just**.

Present Perfect вживається для вираження майбутньої завершеної дії у обставинних підрядних реченнях часу і умови.

Час Past Perfect Tense вживається для вираження минулої дії, яка завершилась до певного моменту у минулому. Цей момент може бути вказано безпосередньо або за допомогою іншої дії, яка виражена дієсловом у **Past Indefinite**. Цей момент може бути вказано не у даному реченні, а у іншому, що йому передує.

У складнопідрядних реченнях часу, коли дія, що виражена присудком головного речення передує дії, що виражена присудком підрядного речення, у головному реченні вживається **Past Perfect**, а у підрядному – **Past Indefinite**.

Коли дія у підрядному реченні передує дії у головному реченні, то у підрядному реченні, введеному сполучником **when**, часто вживається **Past Indefinite**.

Час Future Perfect Tense виражає майбутню дію, що відбудеться до певного моменту.

Час **Future Perfect** не вживається у підрядних реченнях умови, а замість нього вживається **Present Perfect** або **Present Indefinite**.

Час Future Perfect in the Past Tense замінює **Future Perfect Tense** у підрядних реченнях, якщо присудок головного речення виражений дієсловом минулого часу.

3.2. Часи групи Perfect Continuous

3.2.1. Утворення часів групи Perfect Continuous

Для утворення часів даної групи використовуються відповідні допоміжні дієслова та форма дієприкметника теперішнього часу смислового дієслова (форма **Present Participle**).

3.2.2. Вживання часів групи **Perfect Continuous**

Часи групи **Perfect Continuous** вживаються для вираження тривалої дії, що почалася до певного моменту у минулому, теперішньому або майбутньому і триває деякий час, включаючи цей момент. Вони можуть також виражати тривалу дію, що триває деякий час і закінчується безпосередньо перед певним моментом у минулому, теперішньому або майбутньому.

Стверджувальна форма	Питальна форма	Заперечна форма
Present Perfect Continuous		
I have been working He (she, it) has been working We have been working You have been working They have been working	Have I been working? Has he (she, it) been working? Have we been working? Have you been working? Have they been working?	I have not been working He (she, it) has not been working We have not been working You have not been working They have not been working
Past Perfect Continuous		
I had been working He (she, it) had been working We had been working You had been working They had been working	Had I been working? Had he (she, it) been working? Had we been working? Had you been working? Had they been working?	I had not been working He (she, it) had not been working We had not been working You had not been working They had not been working
Future Perfect Continuous		
I shall have been working He (she, it) will have been working We shall have been working You will have been working They will have been working	Shall I have been working? Will he (she, it) have been working? Shall we have been working? Will you have been working? Will they have been working?	I shall not have been working He (she, it) will not have been working We shall not have been working You will not have been working They will not have been working

Future Perfect Continuous in the Past		
I should have been working He (she, it) would have been working We should have been working You would have been working They would have been working	-	I should not have been working He (she, it) would not have been working We should not have been working You would not have been working They would not have been working

Час Present Perfect Continuous Tense виражає дію, що почалася у минулому і триває у теперішній час. При цьому вказано період часу, коли дія триває.

Із дієсловами, які не вживаються у часах групи **Continuous (to be, to have, to know та ін.)** замість **Present Perfect Continuous Tense** вживається **Present Perfect Tense**.

Цей час вживається також для вираження тривалої дії, що почалося у минулому і закінчилося безпосередньо перед моментом мовлення.

Час Past Perfect Continuous Tense вживається для вираження тривалої дії, що почалася раніше іншої дії у минулому, яка виражена у **Past Indefinite**, і ще триває, коли вона розпочалася. Повинен бути вказаний період часу, коли дія вже тривала.

Із дієсловами, які не вживаються у часах групи **Continuous** замість **Past Perfect Continuous Tense** вживається **Past Perfect Tense**.

Цей час вживається також для вираження тривалої минулої дії, що закінчилось безпосередньо перед моментом початку іншої минулої дії.

Час Future Perfect Continuous Tense вживається для вираження тривалої майбутньої дії, яка почнеться раніше іншої майбутньої дії або моменту і ще буде тривати у момент, коли вона настане. Повинен бути зазначений період, протягом якого дія буде тривати. Час **Future Perfect Continuous Tense** вживається рідко.

Час Future Perfect Continuous Tense in the Past також вживається рідко у підрядних реченнях, коли присудок головного речення виражений дієсловом минулого часу, а дія у підрядному реченні відбувається після дії у головному реченні. Вживання **Future Perfect Continuous in the Past** відповідає правилу узгодження часів.

3.3. Узгодження часів

Коли присудок головного речення виражений дієсловом у теперішньому часі, то присудок підрядного речення може стояти у будь-якому необхідному за смислом часі.

Коли присудок головного речення виражений дієсловом у минулому часі, у підрядному реченні також вживається присудок у минулому часі. У залежності від часу відбування дії підрядного речення по відношенню до дії головного речення у підрядному реченні вживаються часи:

якщо дія підрядного речення відбувається одночасно з дією головного речення, то у підрядному реченні присудок ставиться у **Past Indefinite** або **Past Continuous**

якщо дія підрядного речення передує дії головного речення, то у підрядному реченні присудок ставиться у **Past Perfect**

якщо дія підрядного речення є майбутньою відносно дії головного речення, то у підрядному реченні вживається **Future in the Past**.

3.4. Висловлення необхідності за допомогою дієслів **to have** і **to be**

Дієслово **to have** вживається разом з інфінітивом із часткою **to** для виразу необхідності у теперішньому та минулому, що зумовлена певними обставинами у стверджувальних, питальних та заперечних (**do not have**) реченнях

Дієслово **to have** має окрему форму для висловлення необхідності у майбутньому.

У минулому часі дієслово **to have (had to)** вживається, коли дія повинна була відбутися внаслідок певних обставин і фактично відбулася.

3.5 Інвертована обставина

Інвертована обставина розміщується у англійському реченні на його початку. У перекладі така обставина може залишатись на початку речення або переставлятися у його кінець.

Якщо інверсія у англійському реченні застосована для емоційного виділення обставини, у перекладі перед обставиною застосовуються слова "саме", "досить", "дуже".

Інверсія обставини у англійській мові може супроводжуватись інверсією присудка, яка у перекладі може не зберігатися.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Прочитайте наступні речення, визначте вжиті у них часи дієслів. Поясніть вживання часів дієслів, виходячи з правил узгодження часів. Перепишіть речення англійською мовою і їх переклад українською.

1. I had become intensely interested in electricity under the stimulating influence of my Professor of Physics, who was an ingenious man and often demonstrated the principles by apparatus of his own invention. 2. I realized that my parents had been making too great sacrifices on my account and resolved to relieve them of the burden. 3. The wave of the American telephone had just reached the European continent and the system was to be installed in Budapest, Hungary. 4. A thousand secrets of nature which I might have stumbled upon accidentally, I would have given for that one which I had wrested from her against all odds and at the peril of my existence...

Exercise 3

Знайдіть у текстах даного і попередніх уроків речення, український переклад яких наведений нижче. Запишіть їх англійською мовою. Поясніть вживання у них словосполучень дієслів to have та to be з інфінітивом.

1. Хвиля розповсюдження американського телефону тільки досягла тоді Європейського континенту, й ця система повинна була бути встановлена в Угорщині у Будапешті. 2. Зважаючи на те, що такі синусоїдальні коливання струму й напруги дуже широко використовуються у будь якому електрообладнанні змінного струму, їх властивості повинні бути вивчені в усіх подробицях.

Exercise 4

Знайдіть у тексті уроку й выпишіть речення з інвертованою обставиною. Перекладіть і запишіть їх переклад українською.

Exercise 5

Запишіть переклад українською мовою наведених нижче речень. Поясніть застосування у них неозначеного та означеного артиклів.

1. The machine was a motor, the brushes gave trouble, sparking badly, and I observed that it might be possible to operate a motor without these appliances. 2. All my remaining term in Gratz was passed in intense but fruitless efforts of this kind, and I almost came to the conclusion that the problem was insolvable. 3. It was in that city that I made a decided advance, which consisted in detaching the commutator from the machine and studying the phenomena in this new aspect, but still without result. 4. The idea came like a flash of lightening and in an instant the truth was revealed. 5. I drew with a stick on the sand, the diagram shown six years later in my

address before the American Institute of Electrical Engineers, and my companion understood them perfectly.

LESSON 1.5

1. TEXT

ELECTRIC POWER GENERATION

A generator is a device that converts mechanical energy into electrical energy. The process is based on the relationship between magnetism and electricity. In 1831, Faraday discovered that when a magnet is moved inside a coil of wire, electrical current flows in the wire.

A typical generator at a power plant uses an electromagnet—a magnet produced by electricity—not a traditional magnet. The generator has a series of insulated coils of wire that form a stationary cylinder. This cylinder surrounds a rotary electromagnetic shaft. When the electromagnetic shaft rotates, it induces a small electric voltage in each section of the wire coil. Each section of the wire becomes a small, separate electric conductor. The small voltage of individual sections are added together to form one large voltage. The load being connected to the windings terminals the current appears in the circuit. This current stipulates the electric power that is transmitted from the power company to the consumer.

An electric utility power station uses a turbine, engine, water wheel or other similar machine to drive an electric generator or a device that converts mechanical or chemical energy to generate electricity. Steam turbines, internal-combustion engines, gas combustion turbines, water turbines, and wind turbines are the most common methods to generate electricity. Most power plants are about 35 percent efficient. That means that for every 100 units of energy that go into a plant, only 35 units are converted to usable electrical energy.

Most of the electricity in the United States is produced in steam turbines. A turbine converts the kinetic energy of a moving fluid (liquid or gas) to mechanical energy. Steam turbines have a series of blades mounted on a shaft against which steam is forced, thus rotating the shaft connected to the generator. In a fossil-fueled steam turbine, the fuel is burned in a furnace to heat water in a boiler to produce steam. Coal, petroleum (oil), and natural gas are burned in large furnaces to heat water to make steam that in turn pushes on the blades of a turbine.

The most electricity generated in the United State comes from burning coal. In 2007, nearly half (48.5%) of the country's 4.1 trillion kilowatthours of electricity used coal as its source of energy.

Natural gas, in addition to being burned to heat water for steam, can also be burned to produce hot combustion gases that pass directly through a turbine, spinning the blades of the turbine to generate electricity. Gas turbines are commonly used

when electricity utility usage is in high demand. In 2007, 21.6% of the nation's electricity was fueled by natural gas.

Petroleum can also be used to make steam to turn a turbine. Residual fuel oil, a product refined from crude oil, is often the petroleum product used in electric plants that use petroleum to make steam. Petroleum was used to generate about two percent (2%) of all electricity generated in U.S. electricity plants in 2007.

Nuclear power is a method in which steam is produced by heating water through a process called nuclear fission. In a nuclear power plant, a reactor contains a core of nuclear fuel, primarily enriched uranium. When atoms of uranium fuel are hit by neutrons they fission (split), releasing heat and more neutrons. Under controlled conditions, these other neutrons can strike more uranium atoms, splitting more atoms, and so on. Thereby, continuous fission can take place, forming a chain reaction releasing heat. The heat is used to turn water into steam that, in turn, spins a turbine that generates electricity. Nuclear power was used to generate 19.4% of all the country's electricity in 2007.

Hydropower, the source for 5.8% of U.S. electricity generation in 2007, is a process in which flowing water is used to spin a turbine connected to a generator. There are two basic types of hydroelectric systems that produce electricity. In the first system, flowing water accumulates in reservoirs created by the use of dams. The water falls through a pipe called a penstock and applies pressure against the turbine blades to drive the generator to produce electricity. In the second system, called run-of-river, the force of the river current (rather than falling water) applies pressure to the turbine blades to produce electricity.

Geothermal power comes from heat energy buried beneath the surface of the earth. In some areas of the country, enough heat rises close to the surface of the earth to heat underground water into steam, which can be tapped for use at steam-turbine plants. This energy source generated less than 1% of the electricity in the country in 2007. Solar power is derived from the energy of the sun. However, the sun's energy is not available full-time and it is widely scattered. The processes used to produce electricity using the sun's energy have historically been more expensive than using conventional fossil fuels. Photovoltaic conversion generates electric power directly from the light of the sun in a photovoltaic (solar) cell. Solar-thermal electric generators use the radiant energy from the sun to produce steam to drive turbines. In 2007, less than 1% of the nation's electricity was based on solar power.

Wind power is derived from the conversion of the energy contained in wind into electricity. Wind power, less than 1% of the nation's electricity in 2007, is a rapidly growing source of electricity. A wind turbine is similar to a typical wind mill.

Biomass includes wood, municipal solid waste (garbage), and agricultural waste, such as corn cobs and wheat straw. These are some other energy sources for producing electricity. These sources replace fossil fuels in the boiler. The combustion of wood and waste creates steam that is typically used in conventional steam-electric plants. Biomass accounts for about 1% of the electricity generated in the United States.

2. VOCABULARY

generator – генератор

convert – перетворювати,
конвертувати

relationship – взаємовідношення,
залежність, співвідношення

magnetism – магнетизм, магнітні
явища

electricity – електричні явища

discover – виявляти, відкривати

magnet - магніт

coil of wire – котушка (секція
обмотки) з дроту

electrical current – електричний
струм

flow – рух рідини, течія; тексти

electromagnet - електромагніт

series of insulated coils –
послідовність ізольованих котушок
(секцій)

stationary – нерухомий,
стаціонарний, сталий

cylinder - циліндр

rotary – обертовий, поворотний,
ротаційний

electromagnetic shaft –
електромагнітна частина,
розташована на валу

rotate – обертати, повертатися,
обертатися

induce – індукувати, наводити,
збуджувати

trillion - квінтільйон (10 у 18-му
ступеню – в Англії, Німеччині,
Франції); трильйон (10 у 12-му
ступеню – у США, а також у
науковій літературі)

kilowatthour – кіловат-година

source of energy - джерело енергії

hot combustion gases - газоподібні
продукти згоряння

commonly – звичайно, як правило, у
більшості випадків

**electricity utility usage is in high
demand** – енергосистема має велике
навантаження

to be fueled by natural gas –
використовувати природний газ як
паливо

residual fuel oil – топковий мазут,
нафтове паливо

refined from crude oil - отриманий з
нафти шляхом перегонки

nuclear power - атомна енергетика,
атомна енергія

nuclear fission – ділення ядер атомів

reactor – реактор; реакторний

core of nuclear fuel – активна
ядерного палива (у ядерному
реакторі)

primarily enriched uranium - уран,
отриманий після первинного
збагачення

uranium fuel – уранове паливо

hit – удар; ударити, ударяти

fission – ділення

electric voltage – електрична напруга

section – відрізок, перетин, переріз, секція, ділянка, цех; секціонувати

section of wire coil – секція обмотки з дроту

individual section – окрема секція

load –вантаж, навантаження; завантажувати

connect – з'єднувати, приєднувати(ся), підключати(ся)

winding terminals – затискачі обмотки

circuit – (*електр.*) схема, (*електр.*) коло, контур, (*електр.*) мережа

stipulate – обумовлювати, ставити за умову

electric power – електрична потужність, електрична енергія

transmit – відправляти, передавати, проводити, пропускати

power company – електропостачальна компанія

consumer - споживач

electric utility power station – електростанція енергосистеми

turbine- турбіна, турбінний

engine – двигун, мотор, локомотив

water wheel - гідротурбіна

drive – привод, рушійний механізм; рухати, управляти автомобілем, управляти

electric generator – електричний генератор

chemical energy – хімічна енергія

steam turbine – парова турбіна

split - ділення, розчеплення; ділити, розчіпляти

release – звільнення, вивільнення, відпу-скання; звільняти, вивільняти, відпускати

strike – ударяти, зустрічати, поразити, запалювати

turn water into steam – перетворити воду на пар

in turn – у свою чергу, по чергово, послідовно

spin – обертання, спін; крутити, вертіти

turbine – турбіна

hydropower - гідроенергія

flowing water – текуча вода

two basic types of hydroelectric systems

accumulate – накопичувати(ся), акумулювати(ся)

dam – гребля, дамба, перемичка, запруда; будувати греблю(дамбу, перемичку, запруду)

fall – падіння, водоспад; падати, опускатись

pipe – труба, трубопровід

penstock – турбінний водовід, напірний тунель

pressure – тиск, напруга, нагнітальний, напірний

drive – привод, приводити у дію (рух), управляти автомобілем, управляти

run-of-river русловий

river current – течія ріки

apply pressure – прикладати (здійснювати) тиск

geothermal power – геотермальна

internal-combustion engine – двигун внутрішнього згоряння

gas combustion turbine – газова турбіна

water turbine – водяна турбіна, гідротурбіна

wind turbine – вітряк, вітротурбіна

about 35 percent efficient – ККД близько 35%

unit – агрегат, блок, одиниця, одиниця виміру, одиничний, одне ціле, єдиний, вузол, установка

usable – використовуваний, корисний

kinetic energy – кінетична енергія

moving fluid – рухоме середовище

liquid - рідина

gas – бензин, газ, газоподібний

series of blades - ряд лопаток

mount - монтувати

shaft – вал, вісь, тіло, рукоятка

against which steam is forced – на яку діє пар

rotating – скручування; обертовий, крутильний, , повернутий, обертальний

fossil-fueled – такі, що використовують корисні копалини як паливо

burn – горіння, згоряння; спалювання, горіти, палати, спалювати

енергія

bury - заривати у землю, ховати, приховувати, укривати

beneath the surface – під поверхнею

rise – підйом, збільшення, зростання, приріст; підніматися, зростати,

close to the surface – близько до поверхні

waste – відходи, втрати, пуста трата, відкиди; непридатний

energy source – джерело енергії

solar power – сонячна енергія

derive - диференціювати, брати похідну, виводити, отримувати, породжувати, викликати, добувати, відгалужувати, відводити

full-time – що займає весь (робочий) час або повний робочий день

scatter – розкидати, розкид, розвіювати, розволікати, розворушити, розлітатися, розсіювання, розсіювати

conventional fossil fuel – традиційне викопне паливо

photovoltaic conversion – фотоелектричне перетворення

photovoltaic (solar) cell – фотоелектричний (сонячний) перетворювач (елемент)

solar-thermal electric generator – сонячно-тепловий генератор

wind power – вітрова енергія

contain - уміщати, містити у собі, обмежувати, стримувати, ділитися без залишку (*матем.*)

biomass - біомаса

wood – дерево, деревина; деревинний

furnace – піч, топка; пічний

boiler – котел, бойлер

steam – пар; паровий, на пару, пропарювати

coal - вугілля

petroleum – нафта, керосин; нафтодобувний

oil – нафта, мастило; нафтовий;

мастити

natural gas – природний газ

burning coal – спалювання вугілля

nearly half – майже половина

municipal solid waste – тверді міські відходи

garbage – сміття, сміттєвий

agricultural waste – відходи сільського господарства

corn – зерно, зернові, кукурудза, маїс, зерновий

corn cob – стрижень кукурудзяного початку

wheat straw – солома пшениці

combustion of wood – спалювання (горіння) деревини

tap – водогінний, кран, пробка,

відгалуження, відведення;

відгалужувати, використовувати

(що-небудь)

3. GRAMMATICAL NOTES

3.1. Числівник (**the Numeral**)

Числівники поділяються на кількісні і порядкові.

Числівники бувають прості, похідні та складені.

Прості числівники – це такі, як **one, two, three, first, second, third, hundred, thousand** та ін.

Похідні числівники мають суфікси **-teen, -ty, -th: fifteen, sixty, tenth** та ін.

Складені числівники складаються з двох або більше слів: **seven hundred, five hundred and forty three, two thousand eight hundred and fifty six** та ін.

Числівники можуть бути у реченні підметом, додатком, означенням, іменною частиною присудка.

3.1.1. Кількісні числівники (**cardinal numerals**)

Числівники 13 – 19 утворюються від відповідних числівників першої десятки шляхом додавання суфікса **-teen**. При цьому числівники **three** та **five** змінюються: **three – thirteen, five – fifteen**. Числівники цієї групи мають два наголоси – на першому і на другому складі, але коли вони слугують означенням іменника, наголос робиться тільки на першому складі.

Числівники, що означають десятки, утворюються за допомогою суфікса **-ty** з відповідних числівників першого десятка. При цьому числівники **two, three, four, five** змінюються: **two – twenty, three – thirty, four – forty, five – fifty**. Числівники цієї групи мають наголос на перший склад.

Між десятками і одиницями, що слідують за ними ставиться дефіс.

Коли перед числівниками *hundred, thousand, million* стоїть інший числівник, ці числівники не мають закінчення *-s*. Але коли вони виражають неозначену кількість, вони можуть мати закінчення *-s*: **hundreds of students, thousands of people**.

Перед числівниками **hundred, thousand, million** ставиться неозначений артикль **a** або числівник **one**: **a (one) hundred, a (one) thousand, a (one) million**.

У складених числівниках у межах кожних трьох розрядів перед десятками, а якщо їх немає – перед одиницями, ставиться сполучник **and**: **two million three hundred and sixty-five thousand three hundred and seventy-three (2,365,373), six thousand and seventy-three (6,073), six thousand and three (6.003)**.

Якщо кількісні числівники записуються цифрами, то кожні три розряди справа наліво відділяються комою: 45,904,832,756.

3.1.2. Порядкові числівники (**ordinal numerals**)

Утворення порядкових числівників показано у наведеній нижче таблиці:

1 st – 12 th	13 th – 19 th	20 th – 90 th	100 th і більше
1st first	13th thirteenth	20th twentieth	100th hundredth
2nd second	14th fourteenth	21st twenty-first	101st hundred an first
3rd third	15th fifteenth	22nd twenty-second	102nd hundred and second
4th fourth	16th sixteenth	30th thirtieth	i. т. ін.
5th fifth	17th	40th fortieth	200th two hundredth
6th sixth	seventeenth	50th fiftieth	201st two hundred and first
7th seventh	18th eighteenth	60th sixtieth	i т.ін.
8th eighth	19 th nineteenth	70th seventieth	300th three hundredth
9th ninth		80th eightieth	400th three hundredth
10th tenth		90th ninetieth	1,000th thousandth
11th eleventh			1,001st thousand and first
12th twelfth			1,002nd thousand and second
			i т. ін.
			1,000,000 th millionth

Іменник, що визначається порядковим числівником, вживається з означеним артиклем **the**. Але якщо числівник має значення **інший, ще один**, вживається неозначений артикль **a (an)**.

У складених порядкових чисельниках молодший розряд виражений порядковим чисельником, а решта – кількісними чисельниками.

При означенні номерів розділів, сторінок, параграфів, частин книги, актів п'єс та ін. порядкові чисельники часто замінюють кількісними:

the first part – part one; the twenty first page – page twenty one.

Кількісні чисельники вживаються також для означення номерів будинків, кімнат, трамваїв, автобусів, розмірів взуття та одягу.

Хронологічні дати виражаються кількісними числівниками.

Слово *year* після позначення року не вживається, але іноді вживається перед ним: **in the year nineteen and ninety-eight (nineteen ninety-eight)**.

Дати позначаються порядковими або кількісними числівниками:

17th September, 2009; September 17, 2009.

3.1.3. Дробові числівники (**fractional numerals**)

У простих дробах чисельник виражається кількісним числівником, а знаменник – порядковим, наприклад, $\frac{5}{6}$ - **five sixths**. Якщо чисельник перевищує одиницю, знаменник має форму множини.

Прості дроби, у яких чисельник дорівнює одиниці, виражаються словами: **a half (one half) - $\frac{1}{2}$, a third (one third) - $\frac{1}{3}$, a fourth (one fourth, a quarter, one quarter) - $\frac{1}{4}$, a fifth (one fifth) - $\frac{1}{5}$,**

Змішаний дріб складається з кількісного числівника, що виражає цілу частину, і простого дробу, що виражає дробову частину, які поєднані сполучником **and**.

Іменник після простого дробу вживається у однині, а після змішаного дробу - у множині, включаючи й випадок, коли ціла частина дорівнює одиниці: $\frac{5}{7}$ kilometer, $\frac{1}{2}$ kilometer, $4\frac{3}{8}$ kilometers, $1\frac{3}{8}$ kilometers (читається **five seventh of a kilometer, half a kilometer, four and three eighth kilometers, one and three eighth kilometers**). Якщо іменник стоїть після цілої частини змішаного дробу, яка дорівнює одинці, то він вживається у однині: **one kilometer and two ninth - 1 kilometer and $\frac{2}{9}$.**

У десяткових дробах ціла частина відділяється від дробової крапкою, яка читається як **point**. При читанні десяткового дробу усі цифри читаються окремо. Нуль читається як **zero** або **nought** (у британському варіанті мови). Якщо ціла частина дорівнює нулю, вона може опущена при читанні. Приклади: **two point one seven four (2.174), zero point tree five one (0.351), point tree five one (0.351 або .351), three two point three zero five (32.305) або thirty two point three zero five.**

Коли ціла частина дорівнює нулю, іменник, що стоїть після дробу вживається у однині, а коли вона не є нуль, то іменник після дробу ставиться у множині: **zero point five six of a Volt (0.56 Volt), one point four five Volts (1.45 Volts).**

3.2. Переклад термінів

3.2.1. Префіксальні терміни

Префікс extra- часто надає термінові значення "поза (чимось)", "понад (щось)".

Префікс mis- надає дієсловам та іменникам значення протилежного смислу, неправильності, незадовільності.

Префікс *multy-* при перекладі передається як "багато-", "мульти-", "полі-", складними термінами із словами "груповий", "колективний", "універсальний", або шляхом опису.

Префікс *non-* при перекладі передається префіксом "не-", словами "відсутність", "небажання" тощо, або терміном що має смисл, протилежний основі англійського слова.

Префікс *over-* має значення "зверху", "більше", "поза", "надмірно", й перекладається з використанням префіксів або слів, що відображають ці значення.

Префікс *self-* має значення "свій", "себе", "самостійний, автоматичний".

Префікс *sub-* вказує на розташування під чимось (знизу), неповну міру певної властивості, підпорядковане становище в певній ієрархії.

За допомогою префікса *in-* утворюються прикметники (іменники), що мають значення заперечення якості, неможливості або відсутності дії, а також дієслова із значеннями заперечення дії, позбавлення того, що зазначено в основі слова, видалення чи видобування.

Терміни з префіксом *under-* вказують на розташування під чимось, підлеглість або незначну важливість, недостатність неповноту.

3.2.2. Суфіксальні терміни

За допомогою суфікса *-er/or* утворюються від дієслівних або іменних основ іменники, що означають людину або машину. Такі іменники визначають рід занять, звички постійне заняття, суспільний стан, вік або місце проживання людини; машину, пристрій, елемент або предмет із спеціальною функцією.

Суфікс *-less* утворює від іменників прикметники, що означають позбавлення чогось, неможливість якоїсь дії.

Суфікс іменників та прикметників *-oid* має значення "подібний", "схожий".

3.2.3. Складні терміни

Терміни, побудовані за моделлю "іменник (1) – іменник (2)" перекладаються:

складним терміном, де іменник (2) перекладається іменником-означенням у родовому відмінку, який слідує за означуваним іменником (1)

складним терміном, де іменник (1) перекладається прикметником, який передує означуваному іменнику (2)

складним терміном, де іменник (1) є прикладкою до іменника (2)

складним терміном, де іменник (1) при перекладі перетворюється у прийменниково-іменникове словосполучення

складним терміном, де іменник (1) при перекладі перетворюється у словосполучення. в якому міститься безпосередній відповідник цього іменника.

При перекладі термінів, побудованих за моделлю "(іменник (1) – Present Participle) – іменник (2)", іменник (2) перекладається українським іменником, а словосполучення, позначене у дужках, перекладається як:

підрядне означуване речення, у якому Present Participle перетворюється у присудок, а іменник – у додаток

простий прикметник

складний прикметник.

При перекладі термінів, побудованих за моделлю "(іменник (1) – Past Participle) – іменник (2)", іменник (2) перекладається українським іменником, а словосполучення, позначене у дужках, перекладається як:

підрядне означальне речення, у якому Past Participle перетворюється у присудок, а іменник – у додаток

означальним словосполученням, де англійському дієприкметнику відповідає український прикметник або дієприкметник

означальним прийменниково-іменниковим словосполученням.

У термінах, побудованих за моделлю "(прикметник – Present Participle) - іменник" перша частина (показана у моделі у дужках) перекладається як:

складний прикметник з двох основ – прислівникової, числівникової основи та прикметника

простим прикметником

підрядним означальним реченням, де перший компонент англійського слова перетворений в обставину, а другий – в присудок.

У термінах, побудованих за моделлю "(прикметник – Past Participle) - іменник" друга частина перекладається іменником, а перша частина (показана у моделі у дужках) як:

простий прикметник

складний прикметник

означальне словосполучення, у якому дієприкметнику Past Participle відповідає український прикметник або дієприкметник, а англійському прикметникові – український іменник чи прислівник

означальним прийменниково-іменниковим словосполученням

підрядним реченням, де Past Participle трансформовано у присудок.

У термінах, побудованих за моделлю "(числівник – Past Participle) - іменник" перша частина (показана у моделі у дужках) перекладається як:

У термінах, побудованих за моделлю "(прикметник – Present Participle) - іменник" іменник перекладається українським іменником, а перша частина (показана у моделі у дужках) як:

складний прикметник, що складається з основи числівника та прикметника

означальним прийменниково-іменниковим словосполученням

підрядним означальним реченням, як правило, з присудком типу "мати" й додатком, який відповідає основі Past Participle.

3.2.4. Складні терміни, що містять особові імена

Деякі такі англійські терміни є похідними від прізвищ.

Інші являють собою термінологічні сполучення, що містять прізвище у загальному або присвійному відмінку. У перекладі таких термінів прізвище може подаватися як пост-позиційне означення у родовому відмінку або з прийменником "за" у орудному відмінку; як присвійний прикметник; як словосполучення з використанням слів "спосіб", "метод" тощо; як прізвище-прикладка; як опис з вилученням прізвища.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Випишіть з тексту уроку числівники разом із зазначеними одиницями виміру й напишіть їх англійською мовою словами.

Exercise 3

Запишіть перелічені нижче терміни, а також їх переклад українською мовою. При цьому напишіть спочатку переклад слова, як наукового або технічного терміну, і далі - декілька його значень при загальноповсякденному використанні.

Relationship, magnetism, current, magnet, shaft, coil, conductor, circuit, drive, plant, blade, demand, enrich, pipe.

Exercise 4

Запишіть словами англійською мовою наступні порядкові числівники:

тридцять четвертий, сімдесят третій, вісімдесят другий, дев'яносто сьомий, дев'яносто восьмий, сорок дев'ятий, сто десятий, двісті перший, тисяча другий, мільйон стотисячний.

Exercise 5

У таблиці наведені англійські терміни та назви і позначення деяких одиниць виміру з області електротехніки та їх визначення. Прочитайте їх та підберіть українськомовний аналог кожного з наведених термінів.

Англійський термін	Визначення терміну	Українськомовний аналог терміну
Alternating voltage	A voltage which periodically changes its polarity	
Alternating current	(AC)- A current which periodically changes its direction	
Alternator	An alternating current generator	
Ambient temperature	The temperature of the air, water, or surrounding earth. Conductor ampacity is corrected for changes in ambient temperature including temperatures below 86°F. The cooling effect can	

	increase the current carrying capacity of the conductor. (Review Section 310-10 of the Electrical Code for more understanding)	
Ammeter	An electric meter used to measure current, calibrated in amperes	
Amplification	Procedure of expanding the strength of a signal	
Amplifier	A device use to increase the strength of a signal	
Amplitude	The maximum value of a wave	
Analog switch	An analog switch (sometimes just called a "switch") is a switching device capable of switching or routing analog signals (meaning signals that can have any level within a specified legal range), based on the level of a digital control signal. Commonly implemented using a "transmission gate," an analog switch performs a function similar to that of a relay	
Arc	Sparking that results when undesirable current flows between two points of differing potential. This may be due to leakage through the intermediate insulation or a leakage path due to contamination	
Arc-chute	A device that employs the deionization principle to confine and extinguish an arc	
Attenuation	The reduction of a signal from one point to another. For an electrical surge, attenuation refers to the reduction of an incoming surge by a limiter (attenuator). Wire resistance, arresters, power conditioners attenuate surges to varying degrees	
Battery	A device for turning chemical energy into electrical energy	
Battery fuel gauge	A feature or device that measures the accumulated energy added to and removed from a battery, allowing accurate estimates of battery charge level	
Bipolar inputs	An input which accommodates signals both above and below ground	
Booster	A generator inserted in series in a circuit to add or subtract from the circuit voltage	
Busbar	A heavy rigid conductor used for high voltage feeders	
Cable	An assembly of two or more wires	
Capacitance	The property of a capacitor that determines the quantity of electric energy that it can store	
Capacitor	A device consisting of two conducting surfaces separated by an insulator and having the ability of storing electric energy. Also called a condenser	
Circuit	A continuous path for the flow of electricity	
Conductor	Metal wires and cables that allow the flow of electrical current	
Controller	A device or group of devices that serves to govern, in some predetermined manner, the	

	electric power delivered to the apparatus to which it is connected	
Converter	A device which changes electrical energy from one form to another.	
Coplanar line	A line which is in the same plane as another line. Any two intersecting lines must lie in the same plane, and therefore be coplanar	
Current	The movement of electrons through a conductor. Measured in amperes and its symbol is "I"	
Cycle	One complete wave of positive and negative values of an alternating current. (See "Hertz")	
Device	A unit of an electrical system that is intended to carry but not utilize electric energy	
Dielectric	The insulating material between the plates of a capacitor	
Diode	Any two-electrode device that conducts in only one direction	
Direct current	A current is a continuous flow of electric current from positive to negative poles	
Eddy current	Localized currents induced in an iron core by alternating magnetic flux. These currents translate into losses (heat) and their minimization is an important factor in lamination design	
Efficiency	The efficiency of an electrical machine or apparatus is the ratio of its useful power output to its total power input	
Electromotive force	A synonym for voltage, usually restricted to generated voltage	
Embedded system	A system in which the computer (generally a microcontroller or microprocessor) is included as an integral part of the system	
Enclosure	The case or housing of apparatus, or the fence or walls surrounding an installation to prevent personnel from accidentally contacting energized parts or to protect the equipment from physical damage	
Energized	Electrically connected to a source of voltage	
Energy	The capacity for doing work	
Equipment	A general term including material, fittings, devices, appliances, luminaires (fixtures), apparatus, and the like used as a part of, or in connection with, an electrical installation	
Equipment grounding conductor	The conductor used to connect the non-current-carrying metal parts of equipment, raceways, and other enclosures to the system grounded conductor, the grounding electrode conductor, or both, at the service equipment or at the source of a separately derived system	
Explosionproof	Apparatus enclosed in a case that is capable of withstanding an explosion of a specified gas or vapor that may occur within it and of preventing the ignition of a specified gas or vapor	

	surrounding the enclosure by sparks, flashes, or explosion of the gas or vapor within, and that operates at such an external temperature that a surrounding flammable atmosphere will not be ignited thereby	
Farad	The unit of measure for capacitance. It is the capacitance of a capacitor in which an applied voltage of one volt will store a charge of one coulomb. The more practical units of capacitance are the microfarad and picofarad	
Feeder	All circuit conductors between the service equipment, the source of a separately derived system, or other power supply source and the final branch-circuit overcurrent device	
Field	A term commonly used to describe the stationary (Stator) member of a DC Motor. The field provides the magnetic field with which the mechanically rotating (Armature or Rotor) member interacts	
Filament	In a directly heated electron tube, a heating element which also serves as the emitter	
Flux	The magnetic field which is established around an energized conductor or permanent magnet. The field is represented by flux lines creating a flux pattern between opposite poles. The density of the flux lines is a measure of the strength of the magnetic field	
Form factor	The ratio of the r.m.s. to the average value of a periodic wave	
Frequency	The rate at which alternating current makes a complete cycle of reversals. It is expressed in cycles per second. In the U.S. 60 cycles (Hz) is the standard while in other countries 50 Hz (cycles) is more common. The frequency of the AC will affect the speed of a motor	
Full load current	The current flowing through the line when the motor is operating at full-load torque and full-load speed with rated frequency and voltage applied to the motor terminals	
Full load torque	That torque of a motor necessary to produce its rated horsepower at full-load speed, sometimes referred to as running torque	
Fuse	An overcurrent protective device with a circuit opening fusible part that is heated and severed by the passage of overcurrent through it	
Generator	A machine designed for the production of electric power	
Ground	A conducting connection, whether intentional or accidental, between an electrical circuit or equipment and the earth or to some conducting body that serves in place of the earth	

Grounded	Connected to earth or to some conducting body that serves in place of the earth	
Grounded conductor	A system or circuit conductor that is intentionally grounded	
Grounding conductor	A conductor used to connect equipment or the grounded circuit of a wiring system to a grounding electrode or electrodes	
Harmonic distortion	The presence of frequencies in the output of a device that are not present in the input signal	
Henry	The basic unit of inductance. One henry is the inductance which induces a cemf of 1 volt when the current is changing at the rate of 1 ampere per second	
Hertz	A measurement of frequency. One hertz is equal to one inverse second (1/s); that is, one cycle per second, where a cycle is the duration between similar portions of a wave. HZ	
High voltage	Voltage exceeds 600 volts	
Hydroelectric power	Power produced by using the power of water to turn the shaft of a generator	
Impedance	Impedance, represented by the symbol Z, is a measure of the opposition to electrical flow. It is measured in ohms	
Impedance	Forces which resist current flow in AC circuits, i.e. resistance, inductive reactance, capacitive reactance	
Inductance	The ability of a coil to store energy and oppose changes in current flowing through it. A function of the cross sectional area, number of turns of coil, length of coil and core material	
Induction motor	An alternating current motor, either single phase or polyphase, comprising independent primary and secondary windings, in which the secondary receives power from the primary by electromagnetic induction	
Inductive load	An inductive load is a load in which the current lags behind the voltage across the load. (See Non-Inductive Load)	
Instrument transformer	A transformer (current or potential) suitable for use with measuring instruments; i.e., one in which the conditions of the current, voltage and phase angle in the primary circuit are represented with acceptable accuracy in the secondary circuit	
KVA	(Kilovolt amperes) (volts times amperes) divided by 1000. 1 KVA=1000 VA. KVA is actual measured power (apparent power) and is used for circuit sizing	
KW	(Kilowatts) watts divided by 1000. KW is real power and is important in sizing Uninterruptible Power Supplies, motor generators or other power conditioners. One thousand watts. Expressed by kW	

KWH	Kilowatt hours) KW times hours. A measurement of power and time used by utilities for billing purposes	
Lagging load	An inductive load with current lagging voltage. Since inductors tend to resist changes in current, the current flow through an inductive circuit will lag behind the voltage. The number of electrical degrees between voltage and current is known as the "phase angle". The cosine of this angle is equal to the power factor (linear loads only)	
Linear load	A load in which the current relationship to voltage is constant based on a relatively constant load impedance	
Linear regulator	A voltage regulator that is placed between a supply and the load and provides a constant voltage by varying its effective resistance	
Litium-ion battery	Lithium and lithium-ion: A number of battery chemistries are based on the element lithium, a highly-reactive metallic element. Lithium-based batteries are common in two applications: Power for portable equipment such as cell phones, laptops, and MP3 players; and low-power, long-life applications such as powering memory elements and clocks	
Live parts	Energized conductive components	
Load	The amount of power used	
Load balancing	Switching the various loads on a multi-phase feeder to equalize the current in each line	
Merphy's law	"Anything that can go wrong, will"	
Motor	A machine which converts electrical power into mechanical power	
Motor control center	An assembly of one or more enclosed sections having a common power bus and principally containing motor control units	
Motor induction type	An alternating current motor, either single phase or polyphase, comprising independent primary and secondary windings, in which the secondary receives power from the primary by electromagnetic induction	
Motor synchronous type	An alternating current motor which operates at the speed of rotation of the magnetic flux	
Motor-generator set	A conversion device consisting of one or more motors mechanically coupled to one or more generators	
Nominal voltage	The normal or designed voltage level	
Non-inductive load	A non-inductive load	
Ohm	The derived unit for electrical resistance or impedance; one ohm equals one volt per ampere. The unit of electrical resistance. Represented by R	
Ohmmeter	An instrument for measuring resistance in ohms	

Oscillator	An electronic device for converting dc energy into ac energy	
Outlet	A point on the wiring system at which current is taken to supply utilization equipment	
Output-to-input ratio	The ratio between the sensed current and the output current of the amplifier	
Overcurrent	Any current in excess of the rated current of equipment or the ampacity of a conductor. It may result from overload, short circuit, or ground fault	
Overload	Operation of equipment in excess of normal, full-load rating, or of a conductor in excess of rated ampacity that, when it persists for a sufficient length of time, would cause damage or dangerous overheating. A fault, such as a short circuit or ground fault, is not an overload	
Overvoltage protection	Overvoltage Protector (OVP) refers to a circuit that protects downstream circuitry from damage due to excessive voltage. An OVP monitors the DC voltage coming from an external power source, such as an off-line power supply or a battery, and protects the rest of the connected circuitry using one of two methods: a crowbar clamp circuit or a series-connected switch	
Peak-to-peak value	The maximum voltage change occurring during one cycle of alternating voltage or current. The total amount of voltage between the positive peak and the negative peak of one cycle or twice the peak value	
Period	The time required for the current to pass through one cycle	
Phase	The fractional part of the period of a sinusoidal wave, usually expressed in electrical degrees and referenced to the origin	
Phase angle	(See "Phase Difference")	
Phase difference	The difference in phase between two sinusoidal waves having the same period, usually expressed in electrical degrees. The voltage wave is generally taken as the reference, so in an inductive circuit the current lags the voltage, and in a capacitive circuit the current leads the voltage. Sometimes called the phase angle	
Polyphase	A general term applied to any system of more than a single phase. This term is ordinarily applied to symmetrical systems	
Potential transformer	A transformer designed for shunt or parallel connection in its primary circuit, with the ratio of transformation appearing as a ratio of potential differences	
Power	Rate of work, equals work divided by time	
Power factor	Watts divided by voltamps (VA), KW divided by KVA. Power factor: leading and lagging of voltage versus current caused by inductive or	

	capacitive loads, and 2) harmonic power factor: from nonlinear current	
Primary	The windings of a transformer which receive energy from the supply circuit	
Pulsating current.	Direct current which changes regularly in magnitude	
Rainproof	Constructed, protected, or treated so as to prevent rain from interfering with the successful operation of the apparatus under specified test conditions	
Raintight	Constructed or protected so that exposure to a beating rain will not result in the entrance of water under specified test conditions	
Rating	The rating of an electrical device includes (1) the normal r.m.s. current which it is designed to carry, (2) the normal r.m.s. volt-age of the circuit in which it is intended to operate, (3) the normal frequency of the current and the interruption (or withstand) rating of the device. (See Interrupting Rating)	
Reactance	Opposition to the flow of alternating current. Capacitive reactance is the opposition offered by capacitor, and inductive reactance is the opposition offered by a coil or other inductance	
Reactive factor	The ratio of the reactive volt-amperes to the apparent power	
Reactive volt amperes	The product of the voltage, current and the sine of the phase difference between them. Expressed in vars	
Rectifier	An electrical device used to change AC power into DC power. A battery charger is a rectifier	
Relay	A device which is operative by variation in the conditions of one electric circuit to effect the operation of other devices in the same or another electric circuit	
Remote-control circuit	Any electric circuit that controls any other circuit through a relay or an equivalent device	
Resistance	Resistance, represented by the symbol R and measured in ohms, is a measure of the opposition to electrical flow in DC systems. Resistance is the voltage across an element divided by the current ($R = V/I$)	
Rheostat	An adjustable resistor constructed so that its resistance may be changed without opening the circuit	
Rotor	The rotating member of a generator	
Secondary	The windings which receive the energy by induction from the primary	
Single-phase	A term characterizing a circuit energized by a single alternating voltage source	
Slip rings	The rotating contacts which are connected to the loops of a generator	
Smart phone	A phone with a microprocessor, memory, screen,	

	and built-in modem. The smart phone combines some of the capabilities of a PC in a handset device and typically include Internet connectivity	
Solar photovoltaic system	The total components and subsystems that, in combination, convert solar energy into electrical energy suitable for connection to a utilization load	
Stator	The stationary coils of a generator	
Structure	That which is built or constructed	
Surge	A short duration high voltage condition	
Synchronous motor	An alternating current motor which operates at the speed of rotation of the magnetic flux	
Thermal protector	(as applied to motors). A protective device for assembly as an integral part of a motor or motor-compressor that, when properly applied, protects the motor against dangerous overheating due to overload and failure to start	
Thermally protected	(as applied to motors). The words Thermally Protected appearing on the nameplate of a motor or motor-compressor indicate that the motor is provided with a thermal protector	
Three phase	A term characterizing a combination of three circuits energized by alternating voltage sources which differ in phase by one-third of a cycle, 120 degrees	
Transformer	A static electrical device which , by electromagnetic induction, regenerates AC power from one circuit into another. Transformers are also used to change voltage from one level to another. See also: Potential Transformer, Current Transformer, Instrument Transformer, and Autotransformer	
Two-phase	A term characterizing a combination of two circuits energized by alternating voltage sources which differ in phase by a quarter of a cycle, 90 degrees.	
Ventilated	Provided with a means to permit circulation of air sufficient to remove an excess of heat, fumes, or vapors	
Volt	The unit of voltage or potential difference. The unit of electromotive force, electrical pressure, or difference of potential. Represented by E or V	
Volt Amperes	The product of the voltage across a circuit and the current in the circuit. Expressed in VA	
Voltage	Electrical pressure, the force which causes current to flow through a conductor	
Voltage (of a	The greatest root-mean-square (rms) (effective)	

circuit)	difference of potential between any two conductors of the circuit concerned	
Voltage drop	The loss of voltage between the input to a device and the output from a device due to the internal impedance or resistance of the device. In all electrical systems, the conductors should be sized so that the voltage drop never exceeds 3% for power, heating, and lighting loads or combinations of these. Furthermore, the maximum total voltage drop for conductors for feeders and branch circuits combined should never exceed 5%	
Voltage ratio	The voltage ratio of a transformer is the ratio of the r.m.s. primary terminal voltage to the r.m.s. secondary current, under specified conditions of load	
Voltage to ground	For grounded circuits, the voltage between the given conductor and that point or conductor of the circuit that is grounded; for ungrounded circuits, the greatest voltage between the given conductor and any other conductor of the circuit	
Voltage, nominal	A nominal value assigned to a circuit or system for the purpose of conveniently designating its voltage class (e.g., 120/240 volts, 480Y/277 volts, 600 volts). The actual voltage at which a circuit operates can vary from the nominal within a range that permits satisfactory operation of equipment	
Watt	The unit of power. Equal to one joule per second. The unit of electrical power. Represented by P or W	
Weatherproof	Constructed or protected so that exposure to the weather will not interfere with successful operation	

CHAPTER 2 THE FIELD OF MATHEMATICS

LESSON 2.1

1. TEXT

ADDITION AND SUBTRACTION

Addition is the mathematical process of putting things together. The plus sign "+" means that numbers are added together. For example, there are $3 + 2$ apples—meaning three apples and two other apples—which is the same as five apples, since $3 + 2 = 5$. Besides counts of fruit, addition can also represent combining other physical and abstract quantities using different kinds of numbers: negative numbers, fractions, irrational numbers, vectors, and more.

As a mathematical operation, addition follows several important patterns. It is commutative, meaning that order does not matter, and it is associative, meaning that one can add more than two numbers. Repeated addition of 1 is the same as counting; addition of 0 does not change a number. Addition also obeys predictable rules concerning related operations such as subtraction and multiplication. All of these rules can be proven, starting with the addition of natural numbers and generalizing up through the real numbers and beyond. General binary operations that continue these patterns are studied in abstract algebra.

Addition is written using the plus sign "+" between the terms. The result is expressed with an equals sign. For example,

$$1 + 1 = 2 \text{ (verbally, "one plus one equals two")}$$

$$2 + 2 = 4 \text{ (verbally, "two plus two equals four")}$$

$$5 + 4 + 2 = 11$$

$$3 + 3 + 3 + 3 = 12$$

There are also situations where addition is "understood" even though no symbol appears:

Columnar addition:

– A column of numbers, with the last number in the column underlined, usually indicates that the numbers in the column are to be added, with the sum written below the underlined number.

– A whole number followed immediately by a fraction indicates the sum of the two, called a mixed number. For example,

$$3\frac{1}{2} = 3 + \frac{1}{2} = 3.5.$$

This notation can cause confusion since in most other contexts juxtaposition denotes multiplication instead.

The numbers or the objects to be added are generally called the "terms", the "addends", or the "summands"; this terminology carries over to the summation of multiple terms. This is to be distinguished from factors, which are multiplied. Some authors call the first addend the augend. In fact, during the Renaissance, many authors did not consider the first addend an "addend" at all. Today, due to the

symmetry of addition, "augend" is rarely used, and both terms are generally called addends.

Subtraction is one of the four basic arithmetic operations; it is the inverse of addition, meaning that if we start with any number and add any number and then subtract the same number we added, we return to the number we started with. Subtraction is denoted by a minus sign.

The traditional names for the parts of the formula

$$c - b = a$$

are *minuend* (c) – *subtrahend* (b) = *difference* (a). The words "minuend" and "subtrahend" are uncommon in modern usage. Instead we say that c and $-b$ are terms, and treat subtraction as addition of the opposite. The answer is still called the *difference*.

Subtraction is used to model four related processes:

1. From a given collection, take away (subtract) a given number of objects. For example, 5 apples minus 2 apples leaves 3 apples.
2. From a given measurement, take away a quantity measured in the same units. If I weigh 200 pounds, and lose 10 pounds, then I weigh $200 - 10 = 190$ pounds.
3. Compare two like quantities to find the difference between them. For example, the difference between \$800 and \$600 is $\$800 - \$600 = \$200$. Also known as *comparative subtraction*.
4. To find the distance between two locations at a fixed distance from starting point. For example if, on a given highway, you see a mileage marker that says 150 meters and later see a mileage marker that says 160 meters, you have traveled $160 - 150 = 10$ meters.

In mathematics, it is often useful to view or even define subtraction as a kind of addition, the addition of the opposite. We can view $7 - 3 = 4$ as the sum of two terms: seven and negative three. This perspective allows us to apply to subtraction all of the familiar rules and nomenclature of addition. Subtraction is not associative or commutative— in fact, it is anticommutative— but addition of signed numbers is both.

2. VOCABULARY

addition – додавання

sign – знак

besides – крім того, також

to represent – зображувати,
представляти

fraction – дріб

irrational – ірраціональний

a mathematical operation –
математична операція

pattern – приклад, схема, модель

to add – додавати

to obey – підкорятися

binary operation – бінарна
операція

equals sign – знак рівності

verbally – усно

subtraction – віднімання

multiplication – множення

rule – правило

term – термін

column – стовпець

addend – другий доданок

symmetry – симетрія

formula – формула

minuend – зменшуване

subtrahend – від'ємник

difference – різниця

to define – визначати

negative – від'ємний

instead – замість

3. GRAMMATICAL NOTES

Утворення множини іменників

Іменники в англійській мові поділяються на злічувані (countable nouns) і незлічувані (uncountable nouns).

Злічувані іменники означають предмети, які можна полічити: **a chair** *стілець*, **an engineer** *інженер*, **a question** *запитання*.

Незлічувані іменники — це назви речовин і багатьох абстрактних понять, які не піддаються лічбі: **water** *вода*, **milk** *молоко*, **freedom** *свобода*, **friendship** *дружба* та ін.

Злічувані іменники вживаються в однині (the singular) і множині (the plural). Незлічувані іменники множини не мають. Більшість іменників у англійській мові утворюють множину додаванням до форми однини закінчення -(e)s.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Дайте відповідь на наступні запитання.

1) What is addition?

2) How the numbers or the objects to be added are generally called?

3) What is subtraction?

4) Name the traditional names for the parts of the formula $c - b = a$.

5) Say the following expressions:

$100 + 12 = 112$, $20 + 82 = 102$, $5 + 4 + 215 = 224$, $95 - 80 = 15$.

6) What important patterns addition follows?

7) What kind of numbers addition uses?

8) Can we define subtraction as a kind of addition?

- 9) What is *the difference*?
10) What kind of signs are used for addition and subtraction?

Exercise 3

Перекладіть англійською

- 1) Додавання представляє собою одну з базових математичних операцій.
- 2) При додаванні ми можемо використовувати різні види чисел.
- 3) Математична операція додавання має декілька важливих властивостей.
- 4) Об'єкти або числа, які додаються мають спеціальну назву.
- 5) Операція віднімання позначається спеціальним знаком.
- 6) Іноді буває доцільно визначати віднімання як вид додавання.
- 7) Щоб отримати сім, треба від десяти відняти три.
- 8) Додавання і віднімання є зворотними операціями.

Exercise 4

Знайдіть у тексті 10-15 іменників та проаналізуйте їх.

LESSON 2.2

1. TEXT

MULTIPLICATION AND DIVISION

Multiplication is the mathematical operation of scaling one number by another. It is one of the four basic operations in elementary arithmetic (the others being addition, subtraction and division).

Multiplication is defined for whole numbers in terms of repeated addition; for example, 4 multiplied by 3 (often said as "4 times 3") can be calculated by adding 3 copies of 4 together:

$$4+4+4=12$$

Multiplication of rational numbers (fractions) and real numbers is defined by systematic generalization of this basic idea.

Multiplication can also be visualized as counting objects arranged in a rectangle (for whole numbers) or as finding the area of a rectangle whose sides have given lengths (for numbers generally). The inverse of multiplication is division: as 4 times 3 is equal to 12, so 12 divided by 3 is equal to 4.

Multiplication is generalized further to other types of numbers (such as complex numbers) and to more abstract constructs such as matrices.

Multiplication is written using the multiplication sign "×" between the terms. The result is expressed with an equals sign. For example,

$2 \times 3 = 6$ (verbally, "two times three equals six")

$$3 \times 4 = 12$$

$$2 \times 3 \times 5 = 6 \times 5 = 30$$

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 32$$

There are several other common notations for multiplication:

- Multiplication is sometimes denoted by either a middle dot or a period: $5 \cdot 2$ or $5 . 2$. The middle dot is standard in the United States, the United Kingdom, and other countries where the period is used as a decimal point. In some countries that use a comma as a decimal point (such as in Greece), the period is used for multiplication instead.
- The asterisk (as in $5 * 2$) is often used in programming languages because it appears on every keyboard and is easier to see on older monitors. This usage originated in the FORTRAN programming language.
- In algebra, multiplication involving variables is often written as a juxtaposition (e.g. xy for x times y or $5x$ for five times x). This notation can also be used for numbers that are surrounded by parentheses (e.g. $5(2)$ or $(5)(2)$ for five times two).

The numbers to be multiplied are generally called the "factors" or "multiplicands". When thinking of multiplication as repeated addition, the number to be multiplied is called the "multiplicand", while the number of multiples is called the "multiplier". In algebra, a number that is the multiplier of a variable or expression (e.g. the 3 in $3xy^2$) is called a coefficient.

The result of a multiplication is called a product, and is a multiple of each factor that is an integer. For example 15 is the product of 3 and 5, and is both a multiple of 3 and a multiple of 5.

In mathematics, especially in elementary arithmetic, *division* is an arithmetic operation which is the inverse of multiplication. Specifically, if c times b equals a , written:

$$c \times b = a$$

where b is not zero, then a divided by b equals c , written:

$$\frac{a}{b} = c$$

For instance, $\frac{6}{3} = 2$ since $2 \times 3 = 6$.

In the above expression, a is called the *dividend*, b the *divisor* and c the *quotient*. Conceptually, division describes two distinct but related settings. *Partitioning* involves taking a set of size a and forming b groups that are equal in size. The size of each group formed, c , is the quotient of a and b . *Quotative* division involves taking a set of size a and forming groups of size b . The number of groups of this size that can be formed, c , is the quotient of a and b .

Teaching division usually leads to the concept of fractions being introduced to students. Unlike addition, subtraction, and multiplication, the set of all integers is not closed under division. Dividing two integers may result in a remainder. To complete

the division of the remainder, the number system is extended to include fractions or rational numbers as they are more generally called.

Division is often shown in algebra and science by placing the *dividend* over the *divisor* with a horizontal line, also called a vinculum or fraction bar, between them. For example, a divided by b is written

$$\frac{a}{b}$$

This can be read out loud as "a divided by b", "a by b" or "a over b". A way to express division all on one line is to write the *dividend*, or numerator then a slash, then the *divisor*, or denominator like this: a/b .

This is the usual way to specify division in most computer programming languages since it can easily be typed as a simple sequence of characters.

Any of these forms can be used to display a fraction. A fraction is a division expression where both dividend and divisor are integers (although typically called the *numerator* and *denominator*), and there is no implication that the division needs to be evaluated further.

2. VOCABULARY

rational numbers – раціональні числа

generalization – узагальнення

to arrange – приводити в порядок, класифікувати

rectangle – прямокутник

area – площа

length – довжина

division – ділення

equal – рівний

complex numbers – комплексні числа

matrices – матриці

a decimal point – десяткова крапка

a comma – кома

the asterisk – зірочка

programming languages – мови програмування

parentheses – круглі дужки

multiplicand – множене

multiplier – множник

dividend – ділиме

concept – ідея, концепція

sequence – послідовність, ряд

divisor – дільник

quotient – частка

numerator – чисельник

denominator – знаменник

implication – смисл, значення

3. GRAMMATICAL NOTES

Правила правопису множини іменників

На письмі більшість іменників мають у множині закінчення -s. Закінчення -es додається, якщо:

а) іменник в однині закінчується на **-s, -ss, -sh, -ch, -tch, -x**:

a bus *автобус* — buses

a lunch *сніданок* — lunches

б) іменник в однині закінчується на -у з попередньою приголосною; при цьому у змінюється на і:

a story *оповідання* — stories a fly *муха* — flies

в) іменник в однині закінчується на -о з попередньою приголосною:

a hero *герой* — heroes

a tomato *помідор* — tomatoes

Винятки: a piano *рояль* — pianos a photo *фото* — photos

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Дайте відповідь на наступні запитання.

- 1) What is multiplication?
- 2) How multiplication is defined for whole numbers?
- 3) Where the asterisk is often used?
- 4) How multiplication can be visualized?
- 5) Has multiplication the inverse? Name it.
- 6) What is division?
- 7) Name the traditional names for the parts of the formula $\frac{a}{b} = c$.
- 8) Where a vinculum or fraction bar is used?
- 9) When such terms as the numerator and denominator are used?
- 10) What kind of signs are used for multiplication and division?

Exercise 3

Перекладіть англійською.

- 1) Операція множення може бути визначена як послідовне додавання.
- 2) Для позначення множення використовуються декілька знаків.
- 3) Знак «зірочка» досить часто використовується у мовах програмування.
- 4) Число яке множиться називається множимим.
- 5) Число на яке множимо називається множителем.
- 6) Ділення є операцією зворотною до множення.
- 7) Число, яке ділиться називається ділимим.
- 8) Для позначення ділення використовуються різні знаки.

Exercise 4

Знайдіть у тексті 10 іменників у множині та проаналізуйте як вона утворюється.

LESSON 2.3

1. TEXT

NUMBERS

A *number* is a mathematical object used in counting and measuring. A notational symbol which represents a number is called a numeral, but in common usage the word number is used for both the abstract object and the symbol, as well as for the word for the number. In addition to their use in counting and measuring, numerals are often used for labels (telephone numbers), for ordering (serial numbers), and for codes (ISBNs). In mathematics, the definition of number has been extended over the years to include such numbers as zero, negative numbers, rational numbers, irrational numbers, and complex numbers.

Certain procedures which input one or more numbers and output a number are called numerical operations. Unary operations input a single number and output a single number. For example, the successor operation adds one to an integer: the successor of 4 is 5. More common are binary operations which input two numbers and output a single number. Examples of binary operations include addition, subtraction, multiplication, division, and exponentiation. The study of numerical operations is called arithmetic.

The branch of mathematics that studies structure in number systems, by means of topics such as groups, rings and fields, is called abstract algebra.

The most familiar numbers are the natural numbers or counting numbers: one, two, three,

In the base ten number system, in almost universal use today for arithmetic operations, the symbols for natural numbers are written using ten digits: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, and 9. In this base ten system, the rightmost digit of a natural number has a place value of one, and every other digit has a place value ten times that of the place value of the digit to its right. The symbol for the set of all natural numbers is N .

Negative numbers are numbers that are less than zero. They are the opposite of positive numbers. For example, if a positive number indicates a bank deposit, then a negative number indicates a withdrawal of the same amount. Negative numbers are usually written by writing a negative sign (also called a minus sign) in front of the number they are the opposite of. Thus the opposite of 7 is written -7 . When the set of negative numbers is combined with the natural numbers and zero, the result is the set of integer numbers, also called integers.

A rational number is a number that can be expressed as a fraction with an integer numerator and a non-zero natural number denominator.

The *real numbers* include all of the measuring numbers. Real numbers are usually written using decimal numerals, in which a decimal point is placed to the right of the digit with place value one.

Moving to a greater level of abstraction, the real numbers can be extended to the *complex numbers*. This set of numbers arose, historically, from the question of whether a negative number can have a square root. This led to the invention of a new number: the square root of negative one, denoted by *i*, a symbol assigned by Leonhard Euler, and called the *imaginary unit*. The complex numbers consist of all numbers of the form $a + bi$ *a* and *b* are real numbers. In the expression $a + bi$, the real number *a* is called the *real part* and *bi* is called the *imaginary part*. If the real part of a complex number is zero, then the number is called an imaginary number or is referred to as *purely imaginary*; if the imaginary part is zero, then the number is a real number.

2. VOCABULARY

counting – обчислення

measuring – вимірювання

definition – визначення

zero – нуль

familiar – звичний

opposite – протилежність

imaginary – уявний

invention – винахід

real part – дійсна частина

imaginary part – уявна частина

natural numbers – натуральні числа

rational number – раціональні числа

fraction – дріб

exponentiation – піднесення до ступеня

number system – система счислення

zero – нуль

to indicate – показувати

withdrawal – вилучення

amount – кількість

set – набір

digit – розряд

purely imaginary – чисто уявний

3. GRAMMATICAL NOTES

Окремі випадки утворення множини іменників

У деяких іменниках, що в однині закінчуються на -f або -fe, у множині f змінюється на v з додаванням закінчення -(e)s; буквосполучення -ves вимовляється [vz]:

a wife *дружина* — wives, a leaf *лист* — leaves, a shelf *полиця* — shelves, a calf *теля* — calves, a wolf *вовк* — wolves, a knife *ніж* — knives, a half *половина* — halves, a life *життя* — lives.

Множина деяких іменників утворюється зміною кореневого голосного (без додавання закінчення):

a man *чоловік* — men, a woman *жінка* — women, a foot, *нога* — feet.

Іменники **sheep** *вівця*, **deer** *олень*, **swine** *свиня*, **fish** *риба* та назви деяких порід риб мають однакову форму в однині і множині.

Деякі іменники латинського і грецького походження зберігають форми множини, які вони мали в цих мовах:

a phenomenon *явище* — phenomena, a crisis *криза* — crises, a radius *радіус* — radii.

Більш детально питання утворення множини іменників дивіться у граматичному довіднику.

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Дайте відповідь на наступні запитання.

- 1) What is a number?
- 2) Has the definition of number been extended over the years?
- 3) What was the result of this extension?
- 4) What is the successor operation?
- 5) What do you know about abstract algebra?
- 6) What is negative numbers?
- 7) What is a rational number?
- 8) What is a real number?
- 9) Tell about the invention of a complex number.
- 10) What is the imaginary unit?

Exercise 3

Перекладіть англійською.

- 1) Для обчислювання та вимірювання ми користуємось числами.
- 2) Поняття числа з роками постійно розширювалося.
- 3) Абстрактна алгебра – це розділ математики, що вивчає структури у числових системах.
- 4) Натуральні числа є найбільш розповсюдженими.
- 5) Від'ємні числа – це числа, що менші за нуль.
- 6) Якщо число можна зобразити як відношення цілого чисельника та ненульового знаменника, таке число називається раціональним.
- 7) У комплексного числа є дійсна та уявна частини.
- 8) Квадратний корінь з числа «-1» позначається символом «i».
- 9) Важливий внесок у розвиток теорії комплексних чисел було внесено Леонардом Ейлером.

Exercise 4

Наведіть самостійно декілька прикладів окремих випадків утворення множини іменників.

LESSON 2.4

1. TEXT

FUNCTION

The mathematical concept of a *function* expresses dependence between two quantities, one of which is known and the other which is produced. A function associates a single output to each input element drawn from a fixed set, such as the real numbers, although different inputs may have the same output.

There are many ways to give a function: by a formula, by a plot or graph, by an algorithm that computes it, or by a description of its properties. Sometimes, a function is described through its relationship to other functions (for example, inverse function). In applied disciplines, functions are frequently specified by their tables of values or by a formula. Not all types of description can be given for every possible function, and one must make a firm distinction between the *function* itself and multiple *ways of presenting* or *visualizing* it.

One idea of enormous importance in all of mathematics is composition of functions: if z is a function of y and y is a function of x , then z is a function of x . We may describe it informally by saying that the composite function is obtained by using the output of the first function as the input of the second one. This feature of functions distinguishes them from other mathematical constructs, such as numbers or figures, and provides the theory of functions with its most powerful structure.

Mathematical functions are denoted frequently by letters, and the standard notation for the output of a function f with the input x is $f(x)$. A function may be defined only for certain inputs, and the collection of all acceptable inputs of the function is called its domain. The set of all resulting outputs is called the image of the function.

For example, the expression $f(x) = x^2$ describes a function f of a variable x , which, depending on the context, may be an integer, a real or complex number or even an element of a group.

Let us specify that x is an integer; then this function relates each input, x , with a single output, x^2 , obtained from x by squaring. Thus, the input of 3 is related to the output of 9, the input of 1 to the output of 1, and the input of -2 to the output of 4, and we write $f(3) = 9$, $f(1)=1$, $f(-2)=4$. Since every integer can be squared, the domain of this function consists of all integers, while its image is the set of perfect

squares. If we choose integers as the codomain as well, we find that many numbers, such as 2, 3, and 6, are in the codomain but not the image.

It is a usual practice in mathematics to introduce functions with temporary names like f ; in the next paragraph we might define $f(x) = 2x+1$, and then $f(3) = 7$. When a name for the function is not needed, often the form $y = x^2$ is used.

2. VOCABULARY

concept – концепція

dependence – залежність

quantity – величина

to associate – об'єднувати

a plot – графік

algorithm – алгоритм

a description – опис

relationship – зв'язок

distinction – різниця, характерна риса

to visualize – робити наочним

enormous – величезний

informally – неформально

to obtain – здобувати

to distinguish – відрізнати

frequently – часто

domain – область визначення

the image of the function –
область значень функції

particular – окремий

range – область значень функції

squaring – зведення в квадрат

3. GRAMMATICAL NOTES

Відмінки іменників

Відмінок — це форма іменника, що виражає зв'язок цього іменника з іншими словами в реченні.

Порівняймо українські речення *Я малюю олівцем* і *Я малюю олівець*. У першому реченні *олівець* є знаряддя дії (це виражено формою орудного відмінка), а в другому — об'єктом дії (на що вказує форма знахідного відмінка).

На відміну від української мови, де є шість відмінків іменника, в англійській мові їх лише два: загальний (the Common Case) і присвійний (the Possessive Case).

Загальний відмінок не має спеціальних відмінкових закінчень. Зв'язок іменника в загальному відмінку з іншими словами виражається прийменниками, а також місцем, яке іменник займає в реченні. Так, англійським відповідником першого з наведених вище українських речень (*Я малюю олівцем*) є *I am drawing with a pencil*, а другого (*Я малюю олівець*) — *I am drawing a pencil*. Знаряддя дії виражено тут загальним відмінком з

прийменником **with**, а об'єкт дії — загальним відмінком іменника (без прийменника), що стоїть після дієслова-присудка.

Іменник у загальному відмінку з прийменником **to** або **for** може відповідати українському іменнику в давальному відмінку:

He bought a ball **for** his son.

Він купив м'яч **синові**.

Сполучення іменника в загальному відмінку з прийменником **of** здебільшого відповідає українському родовому відмінку:

the back **of the chair**

спинка стільця

Загальний відмінок іменника з прийменниками **by** і **with** часто виражає такі відношення між словами, які в українській мові передаються орудним відмінком:

The letter was written

"Лист був написаний олів-

with a pencil.

цем.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Дайте відповідь на наступні запитання:

- 1) What is a function?
- 2) Are there many ways to give a function? Name them.
- 3) What is a domain of a function?
- 4) What is a range of a function?
- 5) How mathematical functions are denoted?
- 6) What do you know about the idea of composition of functions?
- 7) Make several examples of a function.

Exercise 3

Перекладіть англійською:

- 1) Існує багато засобів представити функцію.
- 2) Вираз $f(x) = x^2$, вказує на те, що $f(x)$ є функцією від змінної x .
- 3) Функцію можна задати за допомогою формули, графіка, алгоритму чи за допомогою опису її властивостей.
- 4) Якщо z є функцією від y , а y в свою чергу є функцією від x , то z є функцією від x .

- 5) Функція ставить у відповідність кожному значенню вхідної величини відповідне значення вихідної.
- 6) Слід відзначити, що різним значенням вхідної величини можуть відповідати однакові значення вихідної величини.
- 7) Вивченням властивостей функцій займається розділ математики “Теорія функцій”.

Exercise 4

Наведіть самостійно декілька прикладів з тексту випадків загального та присвійного відмінків.

LESSON 2.5

1. TEXT

MATRIX

In mathematics, a *matrix* (plural matrices, or less commonly matrixes) is a rectangular array of numbers, as shown at the right. In addition to a number of elementary, entrywise operations such as matrix addition a key notion is matrix multiplication. The latter operation connects matrices to linear transformations, i.e. higher-dimensional analogs of linear functions, i.e., functions of the form $f(x) = c \cdot x$, where c is a constant. This map corresponds to a matrix with one row and column, with entry c . In general matrices are used to keep track of the coefficients of linear equations and to record other data that depend on multiple parameters. This concept was also one of the historical roots of matrices.

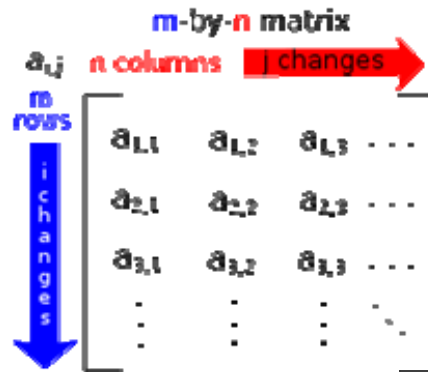


Figure 2.1 – A matrix

In the particular case of square matrices, matrices with equal number of columns and rows, more refined data are attached to matrices, notably the determinant, inverse matrices, which both govern solution properties of the system of linear equation belonging to the matrix, and eigenvalues and eigenvectors.

Matrices find many applications. Physics makes use of them in various domains, for example in geometrical optics and matrix mechanics. The latter also led to studying in more detail matrices with an infinite number of rows and columns. Chemistry makes use of them in various ways, particularly since the use of quantum theory to discuss molecular bonding and spectroscopy. Good examples are the overlap matrix and the Fock

matrix using in solving the Roothaan equations to obtain the molecular orbitals of the Hartree–Fock method. Matrices encoding distances of knot points in a graph, such as cities connected by roads, are used in graph theory, and computer graphics use matrices to encode projections of three-dimensional space onto a two-dimensional screen. Matrix calculus generalizes classical analytical notions such as derivatives of functions or exponentials to matrices. The latter is a recurring need in solving ordinary differential equations.

Due to their widespread use, considerable effort has been made to develop efficient methods of matrix computing, particularly if the matrices are big. To this end, there are several matrix decomposition methods, which express matrices as products of other matrices, whose inverses, products etc. are easier to compute. Sparse matrices, matrices which have few non-zero entries, which occur, for example, in simulating mechanical experiments using the finite element method, often allow for more specifically tailored algorithms performing these tasks.

Matrices are described by the field of matrix theory. The close relationship of matrices with linear transformations makes the former a key notion of linear algebra. Other types of entries, such as elements in more general mathematical fields or even rings are also used. Matrices consisting of only one column or row are called vectors, while higher-dimensional, e.g. three-dimensional, arrays of numbers are called tensors.

2. VOCABULARY

matrix – матриця

rectangular – прямокутний

array – масив

matrix addition – матричне додавання

linear transformation – лінійне перетворення

entry – дані таблиці

coefficient – коефіцієнт

square matrix – квадратна матриця

determinant – визначник

inverse matrix – зворотна матриця

to govern – керувати, визначати

eigenvalue – власне значення

eigenvector – власний вектор

quantum theory – квантова теорія

molecular bonding –

молекулярний зв'язок

overlap – перекриття, накладення

molecular orbitals – молекулярні орбіталі

three-dimensional space – тривимірний простір

matrix calculus – матричне числення

derivative – похідна

exponential – показова функція

ordinary differential equation – звичайне диференціальне рівняння

efficient – ефективний, раціональний

to this end... – з цією метою ...

tailored algorithms – спеціально
виконані алгоритми

tensor – тензор

3. GRAMMATICAL NOTES

Присвійний відмінок

Присвійний відмінок відповідає на запитання **whose?** (*чий?, чия?, чий?, чий?*).

Присвійний відмінок однини утворюється додаванням до іменника апострофа і закінчення –s: Jack's friends.

Якщо іменник в однині закінчується на -s, -ss, -x, то на письмі в присвійному відмінку додається здебільшого тільки апостроф, хоча звичайне позначення -'s також можливе: James' (або James's) coat.

У присвійному відмінку вживаються в основному іменники, що означають назви істот:

my friend's mother

мати мого друга.

Більш детально це питання дивіться у граматичному довіднику.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2.

Дайте відповідь на наступні запитання:

- 1) What is a matrix?
- 2) What connects matrices to linear transformations?
- 3) What are square matrices?
- 4) Tell about the application of matrices in physics and chemistry.
- 5) Tell about the other applications of matrices.
- 6) What are sparse matrices?
- 7) How matrices consisting of only one column or row are called?
- 8) What field of mathematics studies matrices?

Exercise 3.

Перекладіть англійською:

- 1) Матриця представляє собою масив чисел.
- 2) Матриці мають відношення до коефіцієнтів лінійних рівнянь.

- 3) Якщо кількість рядків та стовпців матриці співпадають, вона називається квадратною.
- 4) Таке поняття як визначник, відноситься тільки до квадратної матриці.
- 5) Матриці знайшли використання у різних галузях знань.
- 6) Математики розробили багато методів обчислення матриць.
- 7) Існує спеціальний розділ математики, який займається виключно матрицями – теорія матриць.
- 8) Вектори являють собою окремий випадок матриці.

Exercise 4

Наведіть самостійно декілька прикладів утворення присвійного відмінку.

LESSON 2.6

1. TEXT

TRIGONOMETRY

Trigonometry is a branch of mathematics that deals with triangles, particularly those plane triangles in which one angle has 90 degrees (*right triangles*). Trigonometry deals with relationships between the sides and the angles of triangles and with the trigonometric functions, which describe those relationships.

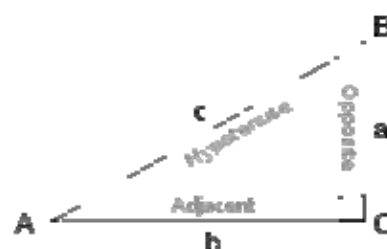
Trigonometry has applications in both pure mathematics and in applied mathematics, where it is essential in many branches of science and technology. It is usually taught in secondary schools either as a separate course or as part of a precalculus course. Trigonometry is informally called "trig".

A branch of trigonometry, called spherical trigonometry, studies triangles on spheres, and is important in astronomy and navigation.

If one angle of a triangle is 90 degrees and one of the other angles is known, the third is thereby fixed, because the three angles of any triangle add up to 180 degrees. The two acute angles therefore add up to 90 degrees: they are complementary angles. The shape of a right triangle is completely determined, up to similarity, by the angles. This means that once one of the other angles is known, the ratios of the various sides are always the same regardless of the overall size of the triangle. These ratios are given by the following trigonometric functions of the known angle A , where a , b and c refer to the lengths of the sides in the accompanying figure:

- The *sine* function (\sin), defined as the ratio of the side opposite the angle to the hypotenuse.

$$\sin A = \frac{\text{opposite}}{\text{hypotenuse}} = \frac{a}{c}.$$



- The *cosine* function (cos), defined as the ratio of the adjacent leg to the hypotenuse.

$$\cos A = \frac{\text{adjacent}}{\text{hypotenuse}} = \frac{b}{c}.$$

Figure 2.2 – A right triangle

- The *tangent* function (tan), defined as the ratio of the opposite leg to the adjacent leg.

$$\tan A = \frac{\text{opposite}}{\text{adjacent}} = \frac{a}{b} = \frac{\sin A}{\cos A}.$$

The *hypotenuse* is the side opposite to the 90 degree angle in a right triangle; it is the longest side of the triangle, and one of the two sides adjacent to angle *A*. The *adjacent leg* is the other side that is adjacent to angle *A*. The *opposite side* is the side that is opposite to angle *A*. The terms *perpendicular* and *base* are sometimes used for the opposite and adjacent sides respectively. Many people find it easy to remember what sides of the right triangle are equal to sine, cosine, or tangent, by memorizing the word SOH-CAH-TOA.

The *reciprocals* of these functions are named the *cosecant* (csc or cosec), *secant* (sec) and *cotangent* (cot), respectively. The *inverse functions* are called the *arcsine*, *arccosine*, and *arctangent*, respectively. There are arithmetic relations between these functions, which are known as *trigonometric identities*.

With these functions one can answer virtually all questions about arbitrary triangles by using the *law of sines* and the *law of cosines*. These laws can be used to compute the remaining angles and sides of any triangle as soon as two sides and an angle or two angles and a side or three sides are known. These laws are useful in all branches of geometry, since every *polygon* may be described as a finite combination of triangles.

The above definitions apply to angles between 0 and 90 degrees (0 and $\pi/2$ radians) only. Using the *unit circle*, one can extend them to all positive and negative arguments. The trigonometric functions are *periodic*, with a period of 360 degrees or 2π radians. That means their values repeat at those intervals.

The trigonometric functions can be defined in other ways besides the geometrical definitions above, using tools from *calculus* and *infinite series*. With these definitions the trigonometric functions can be defined for *complex numbers*. The complex function *cis* is particularly useful

$$\text{cis } x = \cos x + i \sin x = e^{ix}.$$

2.VOCABULARY

trigonometry – тригонометрія
branch – відгалуження
triangle – трикутник
plane triangle – плоский трикутник
angle – кут

right triangles – прямокутний трикутник
relationship – зв'язок
trigonometric function – тригонометрична функція

pure mathematics – чиста математика
applied mathematics – прикладна математика
spherical trigonometry – сферична тригонометрія
sphere – сфера, куля
thereby – таким чином
complementary angles – додаткові кути
similarity – подібність
ratio – відношення
to refer – відноситися
to accompany – супроводжувати
sine function – функція синус

cosine function – функція косинус
tangent function – функція тангенс
adjacent leg – прилеглий катет
hypotenuse – гіпотенуза
perpendicular – перпендикуляр
base – основа
reciprocal – протилежність
polygon – багатокутник
unit circle – одиничне коло
periodic – періодичний

3. GRAMMATICAL NOTES

Вживання іменників у функції означення

Означення, що стоїть перед означуваним словом, називається препозитивним (prepositive attribute): the **Kyiv** Metro *київське метро*.

Означення, що стоїть після означуваного слова, називається постпозитивним (postpositive attribute): the works **by Ch. Dickens** *твори Ч. Діккенса*.

У функції означення може вживатися:

а) іменник у загальному відмінку з прийменником (найчастіше з of); таке означення стоїть після означуваного іменника, тобто є постпозитивним: the centre **of the town** *центр міста*.

б) іменник у присвійному відмінку, як правило, без прийменника; таке означення стоїть перед означуваним іменником, тобто є препозитивним: **Victor's** friends *Вікторові друзі*.

Означення, виражене іменником у присвійному відмінку з прийменником of, стоїть після означуваного іменника: a novel **of Dreiser's** *один з романів Драйзера*.

в) іменник у загальному відмінку без прийменника; таке означення завжди стоїть перед означуваним іменником:

I went to the **bathroom** door.

She had no winter jacket.

Я пішов до дверей ванної кімнати.

У неї не було зимового жакета.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2.

Дайте відповідь на наступні запитання:

- 1) What is trigonometry?
- 2) What is spherical trigonometry?
- 3) What is the sine function?
- 4) What is the cosine function?
- 5) What is the tangent function?
- 6) Name the reciprocals of the above-mentioned functions.
- 7) Name the inverse functions of the above-mentioned functions.
- 8) What is the hypotenuse?
- 9) What do you know about the law of sines and the law of cosines?

Exercise 3.

Перекладіть англійською:

- 1) Тригонометрія тісно пов'язана з таким поняттям як трикутник.
- 2) Зв'язки між сторонами та кутами трикутників описуються за допомогою тригонометричних функцій.
- 3) Вивчення тригонометрії починається у середній школі.
- 4) Тригонометрія використовується як у чистій, так і в прикладній математиці.
- 5) Знання тригонометрії необхідне у таких галузях, як астрономія та навігація.
- 6) У прямокутного трикутника є гіпотенуза, протилежний та прилеглий катети.
- 7) Синус – це відношення протилежного катету до гіпотенузи.
- 8) Функція тангенс визначається як відношення протилежного катету до прилеглого.
- 9) Формула синусів та формула косинусів використовуються для будь-якого трикутника.
- 10) Багатокутник можна представити у вигляді комбінації трикутників.

Exercise 4

Наведіть декілька прикладів з тексту вживання іменників у функції означення.

LESSON 2.7

1. TEXT

TRIANGLE

A *triangle* is one of the basic shapes of geometry: a polygon with three corners or vertices and three sides or edges which are line segments. A triangle with vertices A , B , and C is denoted $\triangle ABC$.

In Euclidean geometry any three non-collinear points determine a unique triangle and a unique plane (i.e. a two-dimensional Euclidean space).

Triangles can be classified according to the relative lengths of their sides:

- In an *equilateral triangle*, all sides are the same length. An equilateral triangle is also a regular polygon with all angles 60° .
- In an *isosceles triangle*, two sides are equal in length. (Traditionally, *only* two sides equal, but sometimes *at least* two.) An isosceles triangle also has two equal angles: the angles opposite the two equal sides.
- In a *scalene triangle*, all sides and internal angles are different from one another.



Figure 2.3 – Triangles

Triangles can also be classified according to their internal angles, measured here in degrees. Mostly, triangles are divided between those that contain one 90° angle (called a right angle), and those that don't contain a right angle. (It can have one 90° angle at most. Otherwise, it becomes a rectangle).

A triangle that does not contain a right angle is called an oblique triangle. One that does is a right triangle.

There are two types of oblique triangles, those with all the internal angles smaller than 90° , and those with one angle larger than 90° .

The obtuse triangle contains the larger than 90° angle, known as an obtuse angle. The acute triangle is composed of three acute angles, the same as saying that all three of its angles are smaller than 90° .

A right triangle (or right-angled triangle, formerly called a rectangled triangle) has one 90° internal angle (a right angle). The side opposite to the right angle is the hypotenuse; it is the longest side in the right triangle. The other two sides are the *legs* or *catheti* (singular: *cathetus*) of the triangle. Right triangles conform to the Pythagorean theorem: the sum of the squares of the two legs is equal to the square of the hypotenuse; i.e., $a^2 + b^2 = c^2$, where a and b are the legs and c is the hypotenuse. See also Special right triangles.

An equilateral triangle is an acute triangle (like the one shown below), but not all acute triangles are equilateral triangles.

2. VOCABULARY

basic shapes – базові фігури

vertex (pl. vertices) – вершина

edge – сторона

non-collinear points – неколінеарні точки

unique – єдиний в своєму роді, унікальний

Euclidean space – Евклідов простір

equilateral triangle – рівносторонній трикутник

regular polygon – правильний багатокутник

an isosceles triangle – рівнобедрений трикутник

a scalene triangle – нерівносторонній трикутник

internal angles – внутрішні угли

degree – градус

a right angle – прямий кут

otherwise – інакше, або ж, в протилежному випадку

an oblique triangle – неправильний трикутник

obtuse triangle – тупокутний трикутник

acute triangle – гострокутний трикутник

legs (or catheti) – катети

the sum of the squares – сума квадратів

the Pythagorean theorem – теорема Піфагора

3. GRAMMATICAL NOTES

Артикль

В англійській мові перед іменниками вживається особливе службове слово — артикль.

В англійській мові є два артиклі — неозначений (the indefinite article) і означений (the definite article). В українській мові артиклів немає.

Неозначений артикль має дві форми: a і an.

Форма a вживається перед словами, що починаються з приголосного звука: a woman, a good engineer.

Форма **an** вживається перед словами, що починаються з голосного звука: an old woman, an engineer.

Неозначений артикль походить від староанглійського числівника **an** *один*, тому він вживається лише перед злічуваними іменниками в однині.

Означений артикль має одну форму the.

Означений артикль походить від вказівного займенника **that** *той* і вживається перед іменниками в однині і множині.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Дайте відповідь на наступні запитання:

- 1) What is a triangle?
- 2) What is an equilateral triangle?
- 3) What is an oblique triangle?
- 4) What is a right triangle?
- 5) What is a scalene triangle?
- 6) What is an obtuse triangle?

Exercise 3

Перекладіть англійською:

- 1) Трикутник – одна з основних фігур геометрії, що має три вершини та три сторони.
- 2) Для визначення трикутника або площини необхідно мати три не колінеарні точки.
- 3) Для класифікації трикутників, розглядають відносні довжини їх сторін.
- 4) Рівносторонній трикутник можна розуміти як правильний багатокутник з кутами рівними 60° .
- 5) Окреме місце серед трикутників посідають прямокутні трикутники.
- 6) У прямокутного трикутника один з кутів дорівнює 90° .
- 7) У гострокутного трикутника всі кути менші за 90° .
- 8) Трикутник, який має тільки або, як іноді кажуть, по меншій мірі 2 рівні сторони називається рівнобічним.
- 9) Як називається трикутник, у якого один з кутів більше 90° .
- 10) Трикутник з вершинами А, В С позначається як $\triangle ABC$.

Exercise 4

Наведіть декілька прикладів з тексту вживання артиклів.

LESSON 2.8

1. TEXT

EQUATION

An *equation* is a mathematical statement, in symbols, that two things are exactly the same (or equivalent). Equations are written with an equal sign, as in

$$2 + 3 = 5.$$

$$9 - 2 = 7.$$

The equation above is an example of an equality: a proposition which states that two constants are equal. Equalities may be true or false.

Equations are often used to state the equality of two expressions containing one or more variables. In the reals we can say, for example, that for any given value of x it is true that

$$x(x - 1) = x^2 - x.$$

The equation above is an example of an identity, that is, an equation that is true regardless of the values of any variables that appear in it. The following equation is not an identity:

$$x^2 - x = 0.$$

It is false for an infinite number of values of x , and true for only two, the roots or solutions of the equation, $x = 0$ and $x = 1$. Therefore, if the equation is known to be true, it carries information about the value of x . To solve an equation means to find its solutions.

Many authors reserve the term *equation* for an equality which is not an identity. The distinction between the two concepts can be subtle; for example,

$$(x + 1)^2 = x^2 + 2x + 1$$

is an identity, while

$$(x + 1)^2 = 2x^2 + x + 1$$

is an equation, whose roots are $x = 0$ and $x = 1$. Whether a statement is meant to be an identity or an equation, carrying information about its variables can usually be determined from its context.

Letters from the beginning of the alphabet like $a, b, c...$ often denote constants in the context of the discussion at hand, while letters from end of the alphabet, like $x, y, z...$, are usually reserved for the variables, a convention initiated by Descartes.

2.VOCABULARY

equation – рівняння

a mathematical statement – математичний вираз

exactly – точно

an equal sign – знак рівності

equality – рівність

a proposition – твердження

variable – змінна

in the reals... – за допомогою дійсних чисел

given value – задана величина
an identity – тотожність
regardless of the values – незалежно від значень
solution – рішення
distinction – різниця
subtle – незначний

letter – буква
to denote – означати
to reserve – призначати, резервувати
a convention – прийняте правило
to initiate – починати, ініціювати

3. GRAMMATICAL NOTES

Основні функції означеного і неозначеного артикля

Іменник вживається з неозначеним артиклем, коли називають будь-який предмет з усього класу однорідних предметів.

This is **a table**.

Це стіл.

Вживаючи речення такого типу, називають предмет, на який вказують. Цей предмет є одним з тих, що називаються словом *table* на відміну від *chair*, *bed*, *window* тощо:

I need **a pencil**.

Мені потрібен олівець.

Тут мається на увазі будь-який олівець, а не ручка, гумка, лінійка тощо, тобто один з предметів, що називаються словом *pencil*.

His father is **a doctor**.

Його батько — лікар.

Неозначений артикль вжито перед іменником, що називає особу за її професією, тобто його батько є одним з тих, кого ми називаємо словом **doctor** на відміну від *teacher*, *worker* і т.д.

Іменник вживається з означеним артиклем, коли мова йде про певний предмет (або предмети), виділений із класу предметів, до якого він належить.

Вживання означеного артикля свідчить про те, що співрозмовникам (або тому, хто читає чи пише) з ситуації (контексту) зрозуміло, про який саме предмет йдеться.

My watch is on **the table**.

Мій годинник на столі.

У цьому реченні говориться не про будь-який стіл взагалі, а про цілком певний стіл, скажімо, той, що стоїть у цій кімнаті.

Більш детально це питання розглядається у граматичному довіднику.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Дайте відповідь на наступні запитання:

- 1) What is an equation?
- 2) What sign equations are written with?
- 3) What does it mean to solve an equation?
- 4) What is the root of the equation?
- 5) Letters $a, b, c...$ often denote ... What do they denote?
- 6) Letters from end of the alphabet, like $x, y, z...$, are usually reserved ... For what?

Exercise 3

Перекладіть англійською:

- 1) Рівняння показує, що два вирази є рівними.
- 2) Для запису рівняння використовується знак рівності.
- 3) Вирішити рівняння – значить знайти його корені.
- 4) Досить часто поняття «рівняння» використовують для позначення тотожності.
- 5) Для позначення коефіцієнтів рівнянь використовують початкові букви алфавіту.
- 6) Для позначення змінних використовують кінцеві букви алфавіту.
- 7) Традиція позначення змінних та коефіцієнтів була започаткована видатним французьким математиком Декартом.

Exercise 4

Проаналізуйте виходячи з тексту вживання артиклів.

LESSON 2.9

1. TEXT

LIMIT OF A FUNCTION. DERIVATIVE

In mathematics, the limit of a function is a fundamental concept in calculus and analysis concerning the behavior of that function near a particular input. Informally, a function assigns an output $f(x)$ to every input x . The function has a limit L at an input p if $f(x)$ is "close" to L whenever x is "close" to p . In other words, $f(x)$ becomes closer and closer to L as x moves closer and closer to p . More specifically, when f is applied to each input sufficiently close to p , the result is an output value that is

arbitrarily close to L . If the inputs "close" to p are taken to values that are very different, the limit is said to not exist.

Suppose the limit of f as x approaches p is L :

$$\lim_{x \rightarrow p} f(x) = L$$

if and only if for every real $\varepsilon > 0$ there exists a real $\delta > 0$ such that $0 < |x - p| < \delta$ implies $|f(x) - L| < \varepsilon$. Note that the value of the limit does not depend on the value of $f(p)$.

A more general definition applies for functions defined on subsets of the real line. Let (a,b) be an open interval in \mathbf{R} , and p a point of (a,b) . Let f be a real-valued function defined on all of (a,b) except possibly at p . We then say that the limit of f as x approaches p is L if and only if, for every real $\varepsilon > 0$ there exists a real $\delta > 0$ such that $0 < |x - p| < \delta$ and $x \in (a,b)$ implies $|f(x) - L| < \varepsilon$. Note that the limit does not depend on $f(p)$ being well-defined.

In calculus, a branch of mathematics, the derivative is a measure of how a function changes as its input changes. Loosely speaking, a derivative can be thought of as how much a quantity is changing at a given point. For example, the derivative of the position (or distance) of a vehicle with respect to time is the instantaneous velocity (respectively, instantaneous speed) at which the vehicle is traveling. Conversely, the integral of the velocity over time is the vehicle's position.

The derivative of a function at a chosen input value describes the best linear approximation of the function near that input value. For a real-valued function of a single real variable, the derivative at a point equals the slope of the tangent line to the graph of the function at that point. In higher dimensions, the derivative of a function at a point is a linear transformation called the linearization. A closely related notion is the differential of a function.

The process of finding a derivative is called differentiation. The fundamental theorem of calculus states that differentiation is the reverse process to integration. Differentiation is a method to compute the rate at which a dependent output y , changes with respect to the change in the independent input x . This rate of change is called the derivative of y with respect to x . In more precise language, the dependence of y upon x means that y is a function of x . If x and y are real numbers, and if the graph of y is plotted against x , the derivative measures the slope of this graph at each point. This functional relationship is often denoted $y = f(x)$, where f denotes the function.

The simplest case is when y is a linear function of x , meaning that the graph of y against x is a straight line. In this case, $y = f(x) = m x + c$, for real numbers m and c , and the slope m is given by

$$m = \frac{\text{change in } y}{\text{change in } x} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

where the symbol Δ (the uppercase form of the Greek letter Delta) is an abbreviation for "change in." This formula is true because

$$y + \Delta y = f(x + \Delta x) = m(x + \Delta x) + c = m x + c + m \Delta x = y + m \Delta x.$$

It follows that $\Delta y = m \Delta x$.

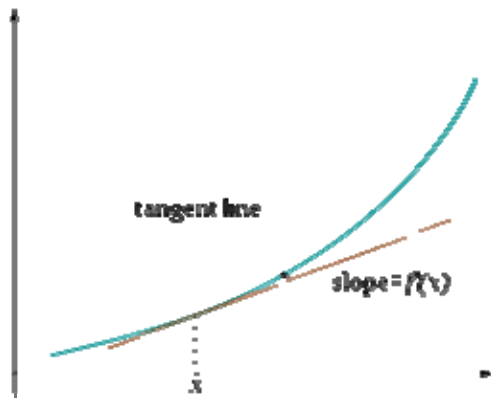


Figure 2.4 – The tangent line at $(x, f(x))$

This gives an exact value for the slope of a straight line. If the function f is not linear (i.e. its graph is not a straight line), however, then the change in y divided by the change in x varies: differentiation is a method to find an exact value for this rate of change at any given value of x .

The idea, illustrated by Figures 1-3, is to compute the rate of change as the limiting value of the ratio of the differences $\Delta y / \Delta x$ as Δx becomes infinitely small.

In Leibniz's notation, such an infinitesimal change in x is denoted by dx , and the derivative of y with respect to x is written

$$\frac{dy}{dx}$$

suggesting the ratio of two infinitesimal quantities. (The above expression is read as "the derivative of y with respect to x ", "d y by d x ", or "d y over d x ". The oral form "d y d x " is often used conversationally, although it may lead to confusion.)

The most common approach to turn this intuitive idea into a precise definition uses limits, but there are other methods, such as non-standard analysis.

2. VOCABULARY

limit of a function – ліміт функції

to assign – призначати, встановлювати

whenever – коли б не

arbitrarily – будь як

to exist – існувати

to imply – припускати, передбачати

a vehicle – транспортний засіб

with respect to ... – що стосується, у відношенні до ...

instantaneous velocity – миттєва швидкість

conversely – навпаки

precise – точний

functional relationship – функціональний зв'язок

an abbreviation – скорочення

the slope of a straight line – нахил прямої

infinitesimal change – безкінечно мале змінення

although – хоча

approach – підхід

3. GRAMMATICAL NOTES

Прикметник

Прикметники в англійській мові не змінюються ні за числами, ні за родами, ні за відмінками. Прикметники в англійській мові змінюються лише за ступенями порівняння. Якісні прикметники в англійській мові мають основну форму (the positive degree), вищий ступінь порівняння (the comparative degree) і найвищий (the superlative degree).

Форми вищого і найвищого ступенів порівняння прикметників можуть бути, як і в українській мові, простими і складеними.

Прості форми ступенів порівняння утворюються додаванням до основної форми прикметника закінчення -er у вищому і -est у найвищому ступені:

cold — colder — coldest

Складені форми ступенів порівняння утворюються додаванням до основної форми прикметника слова *more* *більш* у вищому ступені і *most* *найбільший*—у найвищому.

dangerous — more dangerous — most dangerous.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Дайте відповідь на наступні запитання:

- 1) What is the limit of a function?
- 2) How the process of finding a derivative is called?
- 3) What does the symbol Δ mean?
- 4) The derivative at a point equals ... What ?
- 5) Is there any connection between differentiation and integration?
- 6) What can you say about Leibniz's notation of the derivative?

Exercise 3

Перекладіть англійською:

- 1) Концепція «ліміту» займає важливе місце в математиці.
- 2) Припустимо, що функція f визначена на всьому інтервалі (a,b) .

- 3) Похідна показує як змінюється функція при зміні її аргументу.
- 4) Миттєва швидкість транспортного засобу є похідною від його положення.
- 5) Щоб знайти положення транспортного засобу треба проінтегрувати його миттєву швидкість.
- 6) Диференціювання – процес знайдення похідної.
- 7) Похідна у даній точці дорівнює тангенсу кута нахила дотичної у даній точці.
- 8) $\frac{dy}{dx}$ – це відношення нескінченно малого змінення функції до нескінченно малого змінення аргументу.

Exercise 4

Знайдіть у тексті прикметники та проаналізуйте їх.

LESSON 2.10

1. TEXT

INTEGRAL

Integration is an important concept in mathematics, specifically in the field of calculus and, more broadly, mathematical analysis. Given a function f of a real variable x and an interval $[a, b]$ of the real line, the *integral*

$$\int_a^b f(x) dx,$$

is defined informally to be the net signed area of the region in the xy -plane bounded by the graph of f , the x -axis, and the vertical lines $x = a$ and $x = b$.

The term "integral" may also refer to the notion of antiderivative, a function F whose derivative is the given function f . In this case it is called an *indefinite integral*, while the integrals discussed in this article are termed *definite integrals*. Some authors maintain a distinction between antiderivatives and indefinite integrals.

The principles of integration were formulated independently by Isaac Newton and Gottfried Leibniz in the late seventeenth century. Through the fundamental theorem of calculus, which they independently developed, integration is connected with differentiation: if f is a continuous real-valued function defined on a closed interval $[a, b]$, then, once an antiderivative F of f is known, the definite integral of f over that interval is given by

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a).$$

Integrals and derivatives became the basic tools of calculus, with numerous applications in science and engineering. A rigorous mathematical definition of the integral was given by Bernhard Riemann. It is based on a limiting procedure which

approximates the area of a curvilinear region by breaking the region into thin vertical slabs. Beginning in the nineteenth century, more sophisticated notions of integral began to appear, where the type of the function as well as the domain over which the integration is performed has been generalised. A line integral is defined for functions of two or three variables, and the interval of integration $[a, b]$ is replaced by a certain curve connecting two points on the plane or in the space. In a surface integral, the curve is replaced by a piece of a surface in the three-dimensional space. Integrals of differential forms play a fundamental role in modern differential geometry. These generalizations of integral first arose from the needs of physics, and they play an important role in the formulation of many physical laws, notably those of electrodynamics. Modern concepts of integration are based on the abstract mathematical theory known as Lebesgue integration, developed by Henri Lebesgue.

If a function has an integral, it is said to be *integrable*. The function for which the integral is calculated is called the *integrand*. The region over which a function is being integrated is called the *domain of integration*. If the integral does not have a domain of integration, it is considered indefinite (one with a domain is considered definite). In general, the integrand may be a function of more than one variable, and the domain of integration may be an area, volume, a higher dimensional region, or even an abstract space that does not have a geometric structure in any usual sense.

The simplest case, the integral of a real-valued function f of one real variable x on the interval $[a, b]$, is denoted by

$$\int_a^b f(x) dx.$$

The \int sign, an elongated "s", represents integration; a and b are the *lower limit* and *upper limit* of integration, defining the domain of integration; f is the integrand, to be evaluated as x varies over the interval $[a, b]$; and dx is the variable of integration. In correct mathematical typography, the dx is separated from the integrand by a space (as shown). Some authors use an upright d (that is, dx instead of dx).

The variable of integration dx has different interpretations depending on the theory being used. For example, it can be seen as strictly a notation indicating that x is a dummy variable of integration, as a reflection of the weights in the Riemann sum, a measure (in Lebesgue integration and its extensions), an infinitesimal (in non-standard analysis) or as an independent mathematical quantity: a differential form. More complicated cases may vary the notation slightly.

2. VOCABULARY

integration – інтегрування

the field of calculus – область числення

mathematical analysis – математичний аналіз

region – область, зона

graph – графік

axis – вісь

antiderivative – “антипохідна”

indefinite integral – невизначений інтеграл

definite integrals – визначений інтеграл

a closed interval – замкнений інтервал

tool – інструмент

rigorous – точний, суворий

to approximate – наближати,
апроксимувати

a curvilinear region – криволінійна
область

vertical slabs – вертикальні блоки

line integral – лінійний інтеграл

surface integral – інтеграл по поверхні

integrable – що піддається
інтегруванню

integrand – підінтегральний
вираз

to elongate – розтягувати,
подовжувати

lower limit – нижня межа

upper limit – верхня межа

dummy variable – фіктивна
змінна

3. GRAMMATICAL NOTES

Прості форми ступенів порівняння мають прикметники:

а) усі односкладові прикметники:

short — shorter — shortest

б) двоскладові прикметники, що закінчуються на -у, **-er, -le, -ow**:

heavy — heavier — heaviest, simple — simpler — simplest, narrow — narrower — narrowest

в) двоскладові прикметники з наголосом на другому складі:

polite — politer — politest

Складені форми ступенів порівняння мають усі багатоскладові прикметники (з кількістю складів більше двох), а також двоскладові прикметники з наголосом на першому складі, крім тих, що закінчуються на -у, **-er, -le, -ow**:

difficult — **more** difficult — **most** difficult famous — **more** famous — **most** famous

4. EXERCISES

Exercise 1.

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Дайте відповідь на наступні запитання:

- 1) What is an integral?
- 2) What is the difference between an indefinite and definite integral?
- 3) Who were the authors of the principles of integration?
- 4) Who developed the modern concept of integration?

- 5) What function is called integrable?
- 6) What is the domain of integration?
- 7) What sign represents integration?
- 8) How the limits of the definite integral are called?

Exercise 3

Перекладіть англійською:

- 1) Інтегрування є важливою частиною математичного аналізу.
- 2) Великий внесок у розвиток теорії інтегрування були внесені англійським вченим Ньютоном та німецьким вченим Лейбницем.
- 3) Деякі автори підручників пов'язують термін «інтеграл» з поняттям «антипохідна».
- 4) Строге визначення інтегралу було дано Бернардом Ріманом.
- 5) Інтегрування та диференціювання тісно пов'язані між собою.
- 6) Для позначення інтегрування використовується спеціальний знак, схожий на витягнуту букву «S».
- 7) Область інтегрування вказується верхньою та нижньою межею інтегрування.

Exercise 4

Складіть самостійно декілька прикладів простих форм ступенів порівняння прикметників.

LESSON 2.11

1. TEXT

BASIC GEOMETRIC SHAPES AND FIGURES

The three pillars of geometry are points, lines, and planes: A point is an undefined term used to describe for example a location on a map. A point has no length, width, or thickness and we often use a dot to represent it. Points are usually labeled with uppercase letters. Line is another basic term of geometry. Like a point, a line is an undefined term used to describe a tightly stretched thread or a laser beam. We can say that a line is a straight arrangement of points. A line has no thickness but its length goes on forever in two directions. A line is often named by a lowercase letter.

The subset of the line k consisting of all points between A and B together with A and B forms a line segment denoted by AB . We call A the left endpoint and B the right endpoint. The distance between the endpoints is known as the length of the line segment and will be denoted by AB . Two line segments with the same length are said to be congruent. Any three or more points that belong to the same line are called collinear.

Three noncollinear points (also known as coplanar points) determine a plane, which is yet another undefined term used to describe a flat space such as a tabletop. Subsets of a plane are called plane shapes or plane figures. We have already discussed a geometric figure, namely, a line. Another important example of a geometric figure is the concept of an angle. By an angle we mean the opening between two line segments that have a common endpoint, known as the vertex. The line segments are called the sides of the angle. If one of the line segments of an angle is horizontal and the other is vertical then we call the angle a right angle. Note that the sides of an angle partition the plane into two regions, the interior and the exterior of the angle. Two angles with the same opening are said to be congruent.

A triangle is a closed figure composed exactly of three line segments called the sides. The points of intersection of any two line segments is called a vertex. Thus, a triangle has three vertices. Also, a triangle has three interior angles. Triangles may be classified according to their angles and sides. If exactly one of the angles is a right angle then the triangle is called a right triangle. A triangle with three congruent sides is called an equilateral triangle. A triangle with two or more congruent sides is called an isosceles triangle. A triangle with no congruent sides is called a scalene triangle.

By a quadrilateral we mean a closed figure with exactly four line segments (or sides). Quadrilaterals are classified as follows:

- A trapezoid is a quadrilateral that has exactly one pair of parallel sides. Model: the middle part of a bike frame.
- An isosceles trapezoid is a quadrilateral with exactly two parallel sides and the remaining two sides are congruent. Model: A water glass silhouette.
- A parallelogram is a quadrilateral in which each pair of opposite sides is parallel.
- A rhombus is a parallelogram that has four congruent sides. Model: diamond.
- A kite is a quadrilateral with two nonoverlapping pairs of adjacent sides that are the same length. Model: a kite.
- A rectangle is a parallelogram that has four right angles. Model: a door.
- A square is a rectangle that has four congruent sides. Model: Floor tile.

Let's name some important solid figures.

A parallelepiped is a solid figure having six faces, of which every opposite two are parallel.

A cube is a rectangular parallelepiped which has the three edges terminated in one of the solid angles equal to one another.

A prism is a solid figure having any number of faces, two of which are similar and equal rectilinear figures, so placed as to have their corresponding sides parallel, and the rest parallelograms.

A pyramid is a solid figure, having any number of faces, one of which is a triangle or other rectilinear figure, and the rest triangles which have a common vertex, and for their bases the sides of the first triangle or rectilinear figure.

A sphere is a solid figure, every point in the surface of which is at the same distance from a certain point within the figure, which is called the *centre*.

A cylinder is a solid figure, the surface of which is partly plane and partly curved; the plane portions being two equal and parallel circles, and the curved portions such, that any point being taken in the circumference of either circle, the straight line which is drawn through it parallel to the line joining their centers lies wholly in the surface.

A cone is a solid figure, the surface of which is partly plane, and partly curved; the plane portion being a circle, and the curved portion such, that if any point be taken in the circumference of the circle, the straight line which joins it with a certain point without the plane of the circle, lies wholly in the surface.

2. VOCABULARY

plane – площина

pillar – колона, стовп

location – розташування,
місцезнаходження

tightly – міцно, строго

beam – промінь

a lowercase letter – маленька буква

a line segment – лінійний сегмент

congruent – конгруентний

coplanar points – компланарні точки

the opening – простір

a rhombus – ромб

a parallelogram – паралелограм

intersection – перетин

quadrilaterals – чотирикутники

a trapezoid – трапеці́д

a kite – “змі́й”

a parallelepiped – паралелепіпед

a cube – куб

a prism – призма

a pyramid – піраміда

a sphere – сфера

a cylinder – циліндр

a cone – конус

3. GRAMMATICAL NOTES

В англійській мові номери сторінок, параграфів, розділів, частин книг, актів п'єс позначаються звичайно не порядковими, а кількісними числівниками, які ставляться після означуваного іменника. Іменник у таких сполученнях вживається без артикля:

Page twenty-five.

Part three.

Сторінка двадцять п'ята.

Частина третя.

Chapter six.

Розділ шостий.

Act two.

Акт другий (дія друга).

Кількісними числівниками позначаються також номери будинків, квартир і кімнат, трамваїв, тролейбусів, розміри одягу і взуття:

Room one hundred and ten.

Кімната сто десята.

Size thirty-seven.

Розмір тридцять сьомий.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Дайте відповідь на наступні запитання:

- 1) Name the three pillars of geometry?
- 2) What do you know about triangles?
- 3) What kind of triangles do you know?
- 4) What are quadrilaterals?
- 5) What is the difference between a rhombus and a parallelogram?
- 6) Make examples of rectangle-shaped things from your everyday life.

Exercise 3

Перекладіть англійською:

- 1) Точка, лінія та площина є базовими елементами геометрії.
- 2) У точки не має довжини, товщини та ширини.
- 3) Трикутник – це замкнена фігура, що має три сторони.
- 4) Для позначення точки використовують великі літери.
- 5) На рисунку 1 стрілки вказують на той факт, що лінія має нескінченну довжину.
- 6) Три та більше точок, що лежать на одній прямій називаються колінеарними.
- 7) Для того, щоб визначити площину треба мати 3 неколінеарні точки.
- 8) У паралелограма протилежні сторони паралельні.
- 9) Звичайні вхідні двері мають форму прямокутника.

Exercise 4

Знайдіть у тексті чисельники та проаналізуйте їх.

CHAPTER 3 THE FIELD OF PHYSICS

LESSON 3.1

1. TEXT

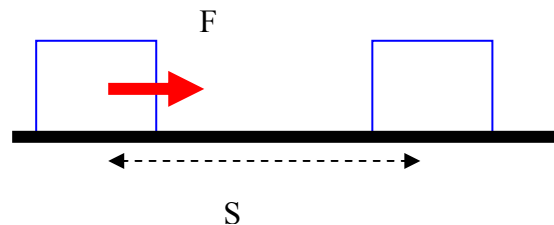
WORK ENERGY AND POWER

Imagine a porter carrying a load on his head. Is he doing any work? Yes, one would say! He would be paid for carrying that load from one place to another. But in terms of Physics he is not doing any work! Again, imagine a man pushing a wall? Do you think he is doing any work? Well, his muscles are contracting and expanding. He may even be sweating. But in Physics, we would say he is not doing any work!

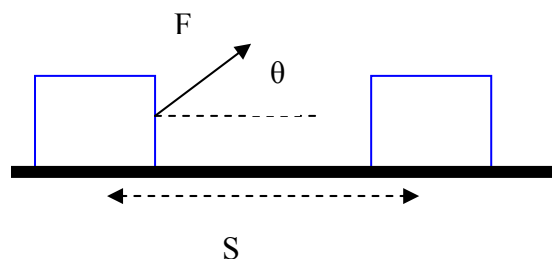
If the porter is carrying a very heavy load for a long distance, we would say he has lot of energy. By this, we mean that he has lot of stamina. If a car can run at a very high speed, we say it is very powerful. So, we relate power to speed. However, it means something different in Physics. Let us understand what is meant by work, power and energy in Physics.

Work

Consider the simplest possible case of work done. A force 'F' is acting on an object. The object has a displacement 'S' in the direction of the force. Then the work done is the product of force and displacement.



What will happen in the case when the applied force is not in the direction of displacement but rather at an angle to it. In such a case we will consider the component of force in the direction of displacement. This component will be effective in doing work as shown.



Component of force in the direction of displacement is $F \cos \theta$.

$$W = (F \cos \theta) S = F \cdot S$$

Work done is a scalar quantity.

Cases where work is not done

Let us consider some cases where work is not done:

- Work is zero if applied force is zero ($W=0$ if $F=0$): If a block is moving on a smooth horizontal surface (frictionless), no work will be done. Note that the block may have large displacement but no work gets done.
- Work is zero if $\cos \theta$ is zero or $\theta = \pi/2$. This explains why no work is done by the porter in carrying the load. As the porter carries the load by lifting it upwards and the moving forward it is obvious the angle between the force applied by the porter and the displacement is 90° .



Work done is zero when displacement is zero.

This happens when a man pushes a wall. There is no displacement of the wall. Thus, there is no work done. Similarly when a car is moving on a road, there will be a frictional force applied by the road on the. There will be work done by the frictional force on the car. What is the work done on the road by the car? From Newton's third law we can say that to every action, there is an equal and opposite reaction. Thus the force applied by the road on the car will be equal and opposite to the force applied by the car on the road.

Since, there is no displacement of the road, there will be no work done on the road.

Units of Work

Since work done $W = F \cdot S$, its units are force times length. The SI unit of work is Newton-meter (Nm). Another name for it is Joule (J).

$$1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$$

The unit of work in cgs system is **dyne cm** or **erg**

Note that $1 \text{ J} = 10^7 \text{ ergs}$.

The dimensional formula of work is $[ML^2T^{-2}]$

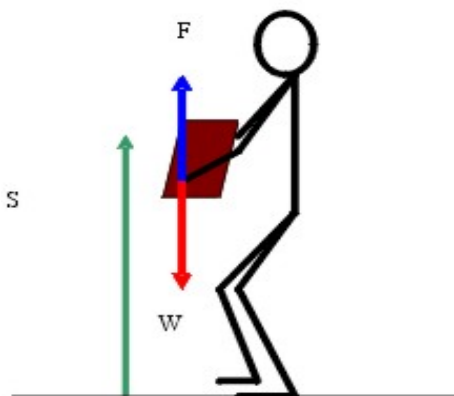
Table 1

System	Unit of work	Name of the combined unit
SI	Newton meter (Nm)	Joule
cgs	Dyne centimeter (dyne-cm)	Erg

Positive and Negative Work

We have seen the situations when the work done is zero. Work done can also be positive or negative. When $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$, work done is positive as $\cos \theta$ is positive. Work done by a force is positive if the applied force has a component in the direction

of the displacement. When a body is falling down, the force of gravitation is acting in the downward direction. The displacement is also in the downward direction. Thus the work done by the gravitational force on the body is positive. Consider the same body being lifted in the upward direction. In this case, the force of gravity is acting in the downward direction. But, the displacement of the body is in the upward direction. Since the angle between the force and displacement is 180° , the work done by the gravitational force on the body is negative



Note, that in this case the work done by the applied force which is lifting the body up is positive since the angle between the applied force and displacement is positive.

Thus work done by the applied force which is lifting up the body is positive since the angle between the applied force and displacement is positive. Thus work done is negative when $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ as $\cos \theta$ is negative. We can also say that work done by a force is negative if the applied force has a component in a direction opposite to the displacement.

Similarly, frictional force is always opposing the relative motion of the body. When a body is dragged along a rough surface, the frictional force will be acting in the direction opposite to the displacement. The angle between the frictional force and the displacement of the body will be 180° . Thus, the work done by the frictional force will be negative.

2. VOCABULARY

porter - носій

load - техн. навантаження

push - штовхати

muscle(s) - м'яз(и)

contract - **expand**-скорочуватись – розтягуватись

sweat-піт, спітніти

stamina-витривалість

consider-розглядати

power - техн. потужність

displacement-техн. переміщення, іноді – об'єм

product-мат. добуток

to apply-техн. прикладати (зусилля,

тиск, напругу)

component of force -техн. складова (зусилля)

scalar quantity -техн. скалярна величина

friction-тертя

surface-поверхня

opposite(to smth)-протилежно (чому-л)

unit-одиниця виміру

SI (System International)-міжнародна система одиниць (СІ)

cgs-СГС (сантиметр – грам- секунда) – система вимірювань

dyne-дина (одиниця сили в системі СГС)

downward-вниз
upwards-вгору
relative-відносно

figure -техн рисунок, таблиця, число
in terms of Physics-в поняттях фізики

3. GRAMMATICAL NOTES

1. Зверніть увагу на використання наступних прийменників:
in the direction of
at an angle to
work is done by
applied by smth on smth
2. В технічній літературі речення зазвичай починаються з таких введних оборотів:

Thus	таким образом
Obvious	очевидно
Similarly	аналогично
Since	поэтому, отсюда следует
Note	отметьте
Therefore	следовательно
Hence	поэтому, следовательно

4. EXERCISES

Exercise 1.

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перекладіть англійською
навантаження
витривалість
переміщення
добуток
скалярна величина
відносно
рисунок

Exercise 3

Перекладіть англійською

Коли людина несе вантаж, ми говоримо, що вона виконує роботу
Тіло переміщується вздовж жорсткої поверхні
Вважатимемо, що тертя відсутнє.

Йому треба платити за роботу.

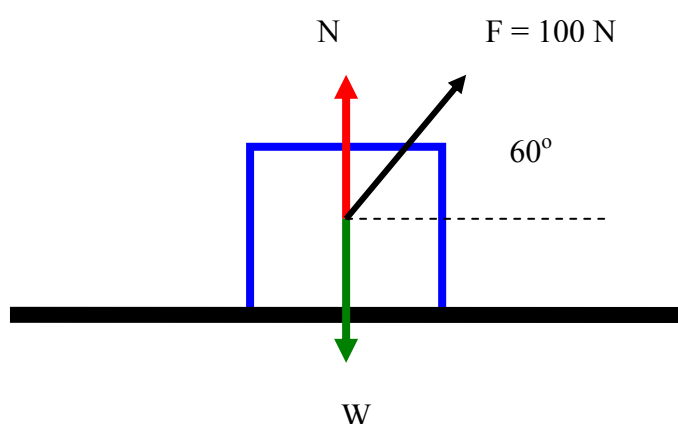
Exercise 4

Укладіть з наступними фразами речення

in the direction of
at an angle to
work is done by
applied by smth on smth

Exercise 5

Виконайте завдання і опишіть процес виконання.



A box is dragged across a floor by a 100N force directed 60o above the horizontal. How much work does the force do in pulling the object 8m?

LESSON 3.2

1. TEXT

CALORIC, CALORIES, HEAT AND ENERGY

It has long been understood that heat is a form of energy. But this has not always been so, and indeed generally accepted until the middle of the nineteenth century. Before then, heat was treated as though it were some sort of “imponderable (weightless) fluid” known as *caloric*, which could flow out of one body into another. It is true that as long ago as 1799 Humphrey Davy showed that ice could be melted merely by rubbing two pieces together without the need of any “caloric”, and indeed this could not be explained by the “caloric” theory. Davy argued – quite correctly – that friction between two bodies must generate “a motion or vibration of the corpuscles of bodies”, and that the observation of the melting of ice by rubbing alone showed that “we may reasonably conclude that this motion or vibration is heat”.

Likewise at about the same time Benjamin Thompson, Count Rumford, showed that the boring of cannon continuously produced heat in proportion to the amount of work done in the boring process, and the amount of heat that could be so produced was apparently inexhaustible. This again should have sounded the death knell of the caloric theory, and, like Davy, Rumford correctly suggested that heat is a form of motion.

In spite of this evidence and the arguments of Davy and Rumford, it wasn't until the middle of the nineteenth century that caloric theory finally died, and this was a result of the famous experiments of James Prescott Joule to determine the *mechanical equivalent of heat*.

In the nineteenth century (and continuing to today) the metric unit of heat was the *calorie* (the quantity of heat required to raise the temperature of a gram of water through one Celsius degree), and the imperial unit was the *British Thermal Unit* (the quantity of heat required to raise the temperature of a pound of water through one Fahrenheit degree). What Joule did was to show that the expenditure of a carefully measured amount of work always produced the same carefully measured amount of heat. He did this by using falling weights to drive a set of rotating paddles to stir up a quantity of water in a calorimeter, the motion (kinetic energy) of the water being damped by a system of fixed vanes inside the calorimeter. The amount of energy expended was determined by the loss of potential energy of the falling weights, and the amount of heat generated was determined by the rise in temperature of the water.

He deduced that the “mechanical equivalent of heat” is 772 foot-pounds per British thermal unit. That is, 772 foot-pounds of work will raise the temperature of a pound of water through one Fahrenheit degree. In more familiar metric units, the mechanical equivalent of heat is 4.2 joules per calorie. He wrote: “If my views be correct,... the temperature of the river Niagara will be raised about one fifth of a degree by its fall of 160 feet.”

(*Exercise:* Verify this by calculation or by measurement, whichever you find more convenient.)

Once we have accepted that heat is but a form of energy, there should be no further need for separate units, and the joule will serve for both. That being so, we can interpret Joule's experiment not so much as determining the “mechanical equivalent of heat”, but rather as a measurement of the specific heat capacity of water.

In spite of this, the calorie is still (regrettably) used extensively today. Part of the reason for this is that, in measuring heat capacities, we often drop a hot sample into water and measure the rise in temperature of the water. This tells us rather directly what the heat capacity of the sample is in calories – i.e. the heat capacity relative to that of water. We suspect, however, that the calorie remains with us not for scientific reasons, but because old habits die hard.

2. VOCABULARY

caloric – теплота, <i>син.</i> heat	death knell <i>фраз.</i> вбивчий привід
accept приймати, визнавати	evidence доказ
treat відноситься	In spite of... незважаючи на...
imponderable – невесомий	quantity кількість
fluid жидкість	to require вимагати
to flow текти, <i>ім.</i> течія	degree градус, ступінь
merely тільки, просто (від <i>mere</i> – простий, лише)	a pound – фунт (0,4569 кг)
rubbing – тертя, натирання	expenditure витрати
to argue – доводити, стверджувати	to measure вимірювати
corpuscles – частка	paddle лопатка, весло
observation – спостереження	to stir up перемішувати
melting – танення	to damp зменшувати, послаблювати
we may reasonably conclude that... - можемо справедливо стверджувати, що	to deduce робити припущення
likewise подібним чином	to verify перевіряти
boring свердління	specific heat capacity – питома теплова ємність
apparently вочевидь	regrettably нажаль
	sample зразок
	to suspect підозрювати

3. GRAMMATICAL NOTES

Порядок слів

Зверніть увагу, що характеристика іменника зазвичай дається після нього:
the engine tested – двигун, що випробується.

Знайдіть в даному тексті речення, в яких використовується зворотній порядок слів:

work done
the amount of energy expended
the amount of heat generated
Знайдіть інші вирази.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перекладіть українською.

1. To verify results by calculation.
2. Energy measurement.
3. Iron can be welded merely by rubbing two pieces together.
4. Friction between two bodies generates a vibration of their molecules.
5. To determine the mechanical equivalent of heat.
6. The metric unit of heat was the *calorie*.
7. He did this by using falling weights to drive a set of rotating paddles to stir up a quantity of water.
8. The amount of energy expended.
9. Not so much as... but rather as...
10. Old habits die hard.

Exercise 3

Перекладіть англійською, використовуючи відповідні прислівники.

1. Тепло є видом енергії.
2. Витекти з одного тіла в інше.
3. Пояснювати певною теорією.
4. Приблизно в той же час...
5. Незважаючи на доказ...
6. Кількість теплоти.
7. Підняти температуру одного грама води на один градус.
8. Кількість витраченої енергії.
9. Визначати за допомогою калориметру.
10. Оскільки це було так...

Exercise 4

Створіть речення англійською з наступними виразами

1. to be treated as...
2. known as...
3. can't be explained by...
4. to show that...
5. likewise...
6. in spite of (despite on)...
7. to measure

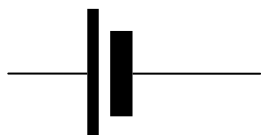
LESSON 3.3

1. TEXT

BATTERIES, RESISTORS AND OHM'S LAW

An electric *cell* consists of two different metals, or carbon and a metal, called the *poles*, immersed or dipped into a liquid or some sort of a wet, conducting paste, known as the *electrolyte*, and, because of some chemical difference between *the two poles* and the electrolyte, there exists a small potential difference (typically of the order of one or two volts) between the poles. This potential difference is much smaller than the hundreds of thousands of volts that may be obtained in typical laboratory experiments in electrostatics, and the electric field between the poles is also correspondingly small. *Definition.* The potential difference across the poles of a cell when no current is being taken from it is called the *electromotive force* (EMF) of the cell.

The circuit symbol for a cell is drawn thus:



The longer, thin line represents the positive pole and the shorter, thick line represents the negative pole.

Several cells connected together form a *battery* of cells. Thus in principle a single cell should strictly be called just that – a *cell* – and the word *battery* should be restricted to a battery of several cells. However, in practice, most people use the word *battery* to mean either literally a battery of several cells, or a single cell.

In the cheaper types of flashlight battery (cell), the negative pole, made of zinc, is the outer casing of the cell, while the positive pole is a central carbon rod. The rather dirty mess that is the electrolyte is a mixture that is probably known only to the manufacturer, though it probably includes manganese oxide and ammonium chloride and perhaps such goo as flour or glue and goodness knows what else. Other types have a positive pole of nickelic hydroxide and a negative pole of cadmium metal in a potassium hydroxide electrolyte. A 12-volt car battery is typically a battery of 6 cells in series, in which the positive poles are lead oxide PbO_2 , the negative poles are metallic lead and the electrolyte is sulphuric acid. In some batteries, after they are exhausted, the poles are irreversibly damaged and the battery has to be discarded. In others, such as the nickel-cadmium or lead-acid cells, the chemical reaction is reversible, and so the cells can be recharged. I have heard the word “accumulator” used for a rechargeable battery, particularly the lead-acid car battery, but I don’t know how general that usage is.

Obviously the purpose of a battery is to extract a current from it. An *electrolytic cell* is quite the opposite. In an electrolytic cell, an electric current is forced into it from outside. This may be done in a laboratory, for example, to study the flow of electricity through an electrolyte, or in industrial processes such as electroplating. In

an electrolytic cell, the current is forced into the cell by two *electrodes*, one of which (the *anode*) is maintained at a higher potential than the other (the *cathode*). The electrolyte contains positive ions (*cations*) and negative ions (*anions*), which can flow through the electrolyte. Naturally, the positive ions (cations) flow towards the negative electrode (the cathode) and the negative ions (the anions) flow towards the positive electrode (the anode).

The direction of flow of electricity in an electrolytic cell is the opposite from the flow when a battery is being used to power an external circuit, and the roles of the two poles or electrodes are reversed. Thus some writers will refer to the *positive* pole of a *battery* as the “cathode”. It is not surprising therefore, that many a student (and, one might even guess, many a professor and textbook writer) has become confused over the words cathode and anode. The situation is not eased by referring to negatively charged electrons in a gaseous discharge tube as “cathode rays”.

Resistance and Ohm’s Law. When current flows in a *metal*, the current is carried exclusively by means of negatively charged electrons, and therefore the current is carried exclusively by means of particles that are moving in the opposite direction to the conventional flow of electricity. Thus “electricity” flows from a point of high potential to a point of lower potential; electrons move from a point of low potential to a point of higher potential.

When a potential difference U is applied across a resistor, the ratio of the potential difference across the resistor to the current I that flows through it is called the *resistance*, R , of the resistor. Thus

$$U = I \times R.$$

This equation, which defines resistance, appears at first glance to say that *the current through a resistor is proportional to the potential difference across it*, and this is *Ohm’s Law*. Equation, however, implies a simple proportionality between U and I only if R is constant and independent of I or of U . In practice, when a current flows through a resistor, the resistor becomes hot, and its resistance increases – and then U and I are no longer linearly proportional to one another. Thus one would have to state Ohm’s Law in the form that *the current through a resistor is proportional to the potential difference across it, provided that the temperature is held constant*. Even so, there are some substances (and various electronic devices) in which the resistance is not independent of the applied potential difference even at constant temperature. Thus it is better to regard equation as a definition of resistance rather than as a fundamental law, while also accepting that it is a good description of the behavior of most real substances under a wide variety of conditions as long as the temperature is held constant.

2. VOCABULARY

carbon – вуглець, вугілля

to immerse – погрузити

dipped – втоплений

electrolyte – електроліт

potential difference – різниця потенціалів

of the order of – порядку (напр. порядку кількох вольт)

electromotive force, EMF – електрорушійна сила, ЕРС

positive (negative) pole – позитивний (негативний) полюс

strictly – строго, точно

zinc – цинк

carbon rod – вуглецевий стрижень

manganese oxide – оксид марганцю

ammonium chloride – хлористий амоній (нашатирний спирт)

goo – мастило, речовина для склеювання

flour – борошно, дрібний матеріал

glue – клей

nickelic hydroxide – гідроксид нікелю

potassium hydroxide – КОН, їдкий калій, каустична сода

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст, звертаючи увагу на використання визначених артиклів перед чисельниками.

Exercise 2

Перекладіть вирази

1. Exists a small potential difference.
2. Electric field between the poles.
3. Potential difference across the poles.
4. Cells connected together.
5. The outer casing of the cell.
6. Rather dirty mess.
7. The battery has to be discarded.
8. The word is “accumulator” used for a rechargeable battery.
9. The direction of flow of electricity in an electrolytic cell

Exercise 3

1. Паста, що проводить струм.
2. Хімія різниці
3. Батарея із шести послідовно з'єднаних елементів
4. Символічне зображення гальванічного елемента.

(connected) in series – послідовно (з'єднані)

sulphuric acid – сірчана кислота

lead oxide – оксид свинцю

irreversibly damaged – невідновлювано пошкоджені

discard – відбракувати

electroplating – гальванічне покриття

to maintain – експлуатувати, підтримувати

to power – живити, надавати живлення

to imply – означати, мати в собі, передбачати

electronic device – електронний пристрій

casing – облонка

5. Позитивний електрод, зроблений з гідроксиду нікелю.
6. Призначення гальванічного елементу – утворення електричного струму.
7. Електричний струм подається в електролітичній ланці.
8. Струм підтримується виключно негативно зарядженими електронами.
9. Різниця потенціалів, що прикладена до резистора.
10. Закон Ома полягає у відображенні пропорційності між струмом та напругою на резисторі.

Exercise 4.

Поясніть англійською усно:

- що є гальванічним елементом?
- що таке електроліт?
- з яких матеріалів можуть бути створені електроди?
- яка різниця між батареєю та пристроєм для гальванічної обробки?
- в чому полягає закон Ома?

LESSON 3.4

1. TEXT

MAGNETIC EFFECT OF AN ELECTRIC CURRENT

Most of us are familiar with the more obvious properties of magnets and compass needles. A magnet, often in the form of a short iron bar, will attract small pieces of iron such as nails and paper clips. Two magnets will either attract each other or repel each other, depending upon their orientation. If a bar magnet is placed on a sheet of paper and iron filings are scattered around the magnet, the iron filings arrange themselves in a manner that reminds us of the electric field lines surrounding an electric dipole. All in all, a bar magnet has some properties that are quite similar to those of an electric dipole.

The region of space around a magnet within which it exerts its magic influence is called a *magnetic field*, and its geometry is rather similar to that of the electric field around an electric dipole – although its *nature* seems a little different.

The geometry of the magnetic field (demonstrated, for example, with iron filings) then *greatly* resembled the geometry of an electric dipole field. Indeed it looked as though a magnet had two *poles* (analogous to, but not the same as, electric charges), and that one of them acts as a *source* for magnetic field lines (i.e. field lines diverge from it), and the other acts as a *sink* (i.e. field lines converge to it). Rather than calling the poles “positive” and “negative”, we somewhat arbitrarily call them “north” and “south” poles, the “north” pole being the source and the “south” pole the sink. By experimenting with two or more magnets, we find that like poles repel and unlike poles attract.

We also observe that a freely-suspended magnet (i.e. a compass needle) will orient itself so that one end points approximately north, and the other points approximately south, and it is these poles that are called the “north” and “south” poles of the magnet.

Since unlike poles attract, we deduce that Earth itself acts as a giant magnet, with a south magnetic pole somewhere in the Arctic and a north magnetic pole in the Antarctic. The Arctic magnetic pole is at present in Bathurst Island in northern Canada and is usually marked in atlases as the “North Magnetic Pole”, though magnetically it is a *sink*, rather than a source. The Antarctic magnetic pole is at present just offshore from Wilkes Land in the Antarctic continent. The Antarctic magnetic pole is a *source*, although it is usually marked in atlases as the “South Magnetic Pole”. Unfortunately this means that the Earth’s magnetic pole in the Arctic is really a south magnetic pole, and the pole in the Antarctic is a north magnetic pole.

The resemblance of the magnetic field of a bar magnet to a dipole field, and the *very* close resemblance of a “Robison Ball-ended Magnet” to a dipole, with a point source (the north pole) at one end and a point sink (the south pole) at the other, is, however, deceptive.

In truth a magnetic field has *no* sources and *no* sinks. This is even expressed as one of Maxwell’s equations, $\text{div } \mathbf{B} = 0$, as being one of the defining characteristics of a magnetic field. The magnetic lines of force always form closed loops. *Inside* a bar magnet (even inside the connecting rod of a Robison magnet) the magnetic field lines are directed from the south pole to the north pole. If a magnet, even a Robison magnet, is cut in two, we do not isolate two separate poles. Instead each half of the magnet becomes a dipolar magnet itself.

2. VOCABULARY

obvious - очевидно

iron bar залізна решітка

to attract притягувати,

to repel відштовхувати

nail гвоздь,

paper clip скріпка для паперу

to scatter розкид(ув)ати

to surround оточувати

to exert викликати (дію)

source джерело

sink приймач, стік

to diverge переломлювати

to converge з’єднуватись

to suspend підвішувати

Bathurst Island острів

Батерст (Канада)

Wilkes Land Земля Уїлкса

(Антарктида)

resemblance подібність

loop контур

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перекладіть українською

1. To be familiar with smth...
2. To attract small pieces.
3. Similar properties.
4. To exert magnetic influence
5. To resemble the geometry.
6. One acts as a source, the other as a sink.
7. Freely-suspended magnet.
8. The resemblance is deceptive.
9. The magnetic field has no sources and no sinks.
10. If a magnet is cut in two...

Exercise 3

Перекладіть англійською, звертаючи увагу на прислівники

1. Очевидні властивості магнітів.
2. В залежності від орієнтації.
3. Манерою, що нагадує про електричне поле.
4. Природа магнітного поля, схоже, дещо відрізняється від природи електричного.
5. Ми вільно називаємо полюси магнітів «північним» та «південним».
6. Магнітне поле описується рівняннями Максвелла.
7. Лінії магнітного поля завжди формують замкнені контури.

Exercise 4

Надайте відповіді.

1. What is magnetic field?
2. How can you describe the geometry of the magnetic field?
3. What are magnetic poles?
4. Where are the Earth's magnetic poles situated?
5. What is the principal difference between electric and magnetic field?

CHAPTER 4 THE FIELD OF FUNDAMENTALS OF ELECTRICAL ENGINEERING

LESSON 4.1

1. TEXT

DEFINITION OF ELECTRIC CIRCUIT

An electric circuit is a collection of electrical devices and components connected together for the purpose of processing information or energy in electrical form. An electric circuit may be described mathematically by ordinary differential equations, which may be linear or nonlinear, and which may or may not be time varying. The practical effect of this restriction is that the physical dimensions are small compared to the wavelength of electrical signals. Many devices and systems use circuits in their design.

Electric Charge. In circuit theory, we postulate the existence of an indivisible unit of charge. There are two kinds of charge, called *negative* and *positive* charge. The negatively charged particle is called an *electron*. Positive charges may be atoms that have lost electrons, called *ions*; in crystalline structures, electron deficiencies, called *holes*, act as positively charged particles. In the International System of Units (SI), the unit of charge is the coulomb (C). The charge on one electron is $1.60219 \cdot 10^{-19}$ C.

Electric Current. The flow or motion of charged particles is called an *electric current*. In SI units, one of the fundamental units is the ampere (A). The definition is such that a charge flow rate of 1 A is equivalent to 1 C/s. By convention, we speak of current as the flow of positive charges. When it is necessary to consider the flow of negative charges, we use appropriate modifiers. In an electric circuit, it is necessary to control the path of current flow so that the device operates as intended.

Voltage. The motion of charged particles either requires the expenditure of energy or is accompanied by the release of energy. The voltage, at a point in space, is defined as the work per unit charge (joules/coulomb) required to move a charge from a point of zero voltage to the point in question.

Magnetic and Dielectric Circuits. Magnetic and electric fields may be controlled by suitable arrangements of appropriate materials. Magnetic examples include the magnetic fields of motors, generators, and tape recorders. Dielectric examples include certain types of microphones. The fields themselves are called *fluxes* or *flux fields*. Magnetic fields are developed by magnetomotive forces. Electric fields are developed by voltages (also called *electromotive forces*, a term that is now less common). As with electric circuits, the dimensions for dielectric and magnetic circuits are small compared to a wavelength. In practice, the circuits are frequently nonlinear. It is also desired to confine the magnetic or electric flux to a prescribed path.

Sources of Voltage or Electric Potential Difference. A voltage is caused by the separation of opposite electric charges and represents the work per unit charge (joules/coulomb) required to move the charges from one point to the other. This separation may be forced by physical motion, or it may be initiated or complemented by thermal, chemical, magnetic, or radiation causes.

2. VOCABULARY

definition – визначення, чіткість, різкість

device – пристрій

to **devise** – винаходити

purpose – намір, мета, призначення

dimension – розмір, розмірність

compare – порівнювати

wavelength – довжина хвилі

design – розрахунок, проект

charge – заряд

circuit – електричне коло

electric current – електричний струм

flux, flux field – потік, поле потоку

induction – індукція

particle – частка

junction – з'єднання

thermocouple – термопара

current density – щільність струму

semiconductor – напівпровідник

3. GRAMMATICAL NOTES

ПОСЛІДОВНІСТЬ ЧАСІВ (SEQUENCE OF TENSES)

В англійській мові час дієслова в придатному реченні залежить від часу, у якому вжите дієслово в головному реченні. Вживання часів у придатних реченнях головним чином додаткових, підкоряється наступним правилам послідовності часів:

1. Якщо присудок головного речення виражено дієсловом в одній з форм теперішнього часу (Present Indefinite або Present Perfect) або майбутнього часу (Future Indefinite), то дієслово в придатному реченні вживається в будь-якому часі, потрібному за змістом:

He **knows** 1. you **are** busy.

that: 2. you **were** busy.

3. you **will be** busy.

He **has** 1. he **receives** letters from

said that: her.

2. he **has received** a letter.

3. he **received** a letter yesterday.

4. he **will receive** a letter to-morrow.

Він 1. ви зайняті.

знає, 2. ви були зайняті.

що: 3. ви будете зайняті.

Він 1. він одержує від неї листи.

сказав, 2. він одержав листа.

що:

3. він одержав листа учора.

4. він одержить листа завтра.

2. Якщо присудок головного речення виражено дієсловом в одній з форм минулого часу (Past Indefinite), то форми теперішнього і майбутнього часів не

можуть вживатися в підрядному реченні. В цьому випадку дієслово підрядного речення вживається в одній з форм минулого часу або майбутнього в минулому (Future in the Past):

а) Для вираження дії, одночасної з дією головного речення, дієслово підрядного речення вживається в Past Indefinite або Past Continuous:

I **was sure** that you **knew** her address. Я був упевнений, що ви знаєте її адресу.

I **thought** that he **was waiting** for me in the entrance hall. Я думав, що він чекає на мене у вестибюлі.

Примітка. Іноді для виразу одночасної дії у підрядному реченні вживається Past Perfect або Past Perfect Continuous:

I knew that he **had been ill** for a long time. Я знав, що він давно хворий.

(Якби у головному реченні був використаний теперішній час, то у підрядному була б вжита форма Present Perfect: I know that he has been ill for a long time.)

I knew that he **had been living** in Dnipropetrovsk for five years. Я знав, що він живе в Дніпропетровську п'ять років.

(Як що у головному реченні використовувався теперішній час, то в підрядному була вжита форма Present Perfect Continuous: I know that he has been living in Dnipropetrovsk for five years.)

б) Для виразу дії, що передує дії головного речення, дієслово підрядного речення вживається в **Past Perfect**:

I was sure that **he had left** Dnipropetrovsk. Я був впевнений, що він поїхав з Дніпропетровська.

He **said** that he **had lost** his watch. Він казав, що загубив годинника.

They **informed** us that they **had sent** the books by post. Вони повідомили нам, що вони відіслали книги поштовою посилкою.

Примітка. Попередня дія може бути виражена також в Past Indefinite або Past Continuous, коли час здійснення дії визначено або такими позначками часу, як in 1925, two years ago, yesterday, або іншими підрядними реченнями обставини часу:

I **thought** that he graduated from the University **in 2008**. Я думав, що він закінчив університет в 2008 р.

She **said** that he **left** Dnipropetrovsk **two years ago**. Вона казала, що він поїхав з Дніпропетровська два роки тому.

He **said** that he **went** to the theatre **yesterday**. Він казав, що він був учора у театрі.

I **knew** that she **saw** him **when she was** in Kiev. Я знав, що вона бачила його, коли була у Києві.

She **said** that she **was working** when I **rang her up**. Вона казала, що вона працювала, коли я їй зателефонував.

Однак, з такими зазначеннями часу, як *the day before, three days before, two years before* і т.п., що виражає минулий час по відношенню до другого минулого моменту, вживається *Past Perfect*:

He said that he had gone to the theatre the day before. Він казав, що він був у театрі напередодні.

в) Для вираження майбутньої дії по відношенню до дії головного речення, дієслово в придатному реченні вживається в одній з форм майбутнього у минулому (*Future in the Past*), що виражає майбутню дію по відношенню до минулого моменту:

I hoped that I would find him at home. Я сподівався, що застану його у будинку.

He said that he would try to come in time. Він казав, що намагається прийти вчасно.

I was sure that they would arrive in the evening. Я був впевнений, що вони приїдуть ввечері.

Якщо дієслово головного речення знаходиться в минулому часі *Future in the Past* то воно вживається й у тому випадку, коли час дії є майбутнім також і стосовно до моменту мовлення:

He said that he would return tomorrow Він казав, що повернеться завтра.

Примітка. *Future in the Past* вживається також у реченнях, що за формою не підпорядковані іншим реченням, але логічно з ними пов'язані:

He looked at the sky. Soon it would rain and he would have to look for shelter. Він подивився у небо. Невдовзі піде дощ, і йому прийдеться шукати притулок.

Варто звернути увагу на розбіжності в використанні часів у додатковому придатному реченні в українській та англійській мовах, коли дієслово головного речення знаходиться в минулому часі.

В українській мові в такому реченні для вираження дії, одночасної з дією головного речення, вживається теперішній час. В англійській мові дієслово в цьому випадку не може стояти в одній з форм теперішнього часу, а вживається в **Past Indefinite** або **Past Continuous**:

Він запитав мене, де я мешкаю. **He asked me where I lived.**

Я був упевнений, що він чекає на мене в бібліотеці. **I was sure that he was waiting for me in the library.**

Для вираження дії, що передуює дії головного речення, в українській мові у додаткових придатних реченнях вживається минулий час. В англійській мові в цьому випадку вживається *Past Perfect*:

Я думав, що ви читали цю книгу. **I thought that you had read that book.**

Я був впевнений, що він поїхав до Львова. **I was sure that he had gone to Lviv.**

Проте слід мати на увазі, що теперішній час в українській мові у додаткових реченнях може в деяких випадках відповідати також *Past Perfect* або

Past Perfect Continuous:

Він казав, що він **знає** її вже декілька років.

He said that he had known her for several years.

Я **думав**, що він вже досить давно працює на цьому підприємстві.

I thought that he had been working at that factory for a long time.

Цю розбіжність у вживанні часів в української і англійської мовах необхідно враховувати також при перекладі з англійської мови на українську. Past Indefinite і Past Continuous у додатковому придатному реченні (за наявності минулого часу в головному реченні) необхідно перекладати на українську мову теперішнім часом, а Past Perfect - минулим часом.

I was sure that **he spoke** French very well.

Я був впевнений, що він добре розмовляє французькою.

I was told that he was waiting for me downstairs

Мені казали, що він чекає на мене внизу.

He **wired** to us that the steamer **had arrived**.

Він зателеграфував нам, що пароплав прибув.

Разом з тим необхідно мати на увазі, що Past Perfect і Perfect Continuous іноді перекладається і теперішнім часом:

I learnt that he had been Director of that institute for about ten years.

Я **довідався**, що він вже біля десяти років є директором цього інституту.

I was told that he had been working at a new invention for a long time.

Мені **казали**, що він вже багато часу **працює над новим винаходом**.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Turn the following sentences into reported speech.

1. "I can't see you this afternoon because I've got a lot to do", Ann told me. 2. "Those were good times for my family", Jack said. 3. "You must check everything", the director said. 4. Keith said, "There is a letter for you on the table." 5. "I haven't spoken to Mary since last week", Gloria said. 6. Jane said, "I haven't finished my homework yet." 7. "We don't want to watch a film tonight," the children said. 8. "They are working over a new project now", Mr. Stone explained. 9. "We'll start our work on time", they promised. 10. "You should make a decision", he told us.

Exercise 2.

Change the following sentences according to the example. Underline the changed verb forms. Write as many sentences as possible.

1. In copper, the evolution of heat is greater when the current flows from hot to cold parts, and less when the current flows from cold to hot. In iron, the effect is the reverse. Discovery of this phenomenon in 1854 is credited to Sir William Thomson.

Example: In 1854 Sir William Thomson found that in copper the evolution of heat was greater when the current flew from hot to cold parts.

2. Refrigerators are constructed using this principle. Since the Joule effect produces heat in the conductors leading to the junction, the Peltier cooling must be greater than the Joule effect in that region for refrigeration to be successful. This phenomenon was discovered by Jean Peltier, a French physicist, in 1834.

3. If the metals are iron and copper, and if one junction is kept in ice while the other is kept in boiling water, current passes from copper to iron across the hot junction. The resulting device is called a thermocouple, and these devices find wide application in temperature measurement systems. This phenomenon was discovered in 1821 by Thomas Johann Seebeck.

Exercise 3.

Translate into English:

1. Він сподівається, що заняття відбудуться сьогодні. 2. Вона думає, що він був на лекції. 3. він сказав, що завтра піде до лікарні. 4. Я знав, що вона хворіє два тижні. 5. Я знав, що вона хворіла два тижні. 6. Він сказав, що дощ іде вже біля двох глдин. 7. Він сказав, що дощ шов біля двох годин.

Exercise 4.

Translate into Ukrainian:

1. I knew that it had been raining as the roofs were wet. 2. He said that he had just been speaking to her about it. 3. I knew that he saw her when he was in Poltava. 4. She said that she was working when I rang her up. 5. I thought that she lived in Donetsk till the entered Kharkov University. 6. I was sure that he went to Lviv after he received the telegram from his father.

LESSON 4.2

1. TEXT

FARADAY'S LAW OF INDUCTION

According to Faraday's law, in any closed linear path in space, when the magnetic flux ψ surrounded by the path varies with time, a voltage is induced around the path equal to the negative rate of change of the flux in webers per second.

$$V = -\frac{\partial \psi}{\partial t} \text{ volts.} \quad (4.1)$$

The minus sign denotes that the direction of the induced voltage is such as to produce a current opposing the flux. If the flux is changing at a constant rate, the voltage is numerically equal to the increase or decrease in Weber's in 1 s.

The closed linear path (or circuit) is the boundary of a surface and is a geometric line having length but infinitesimal thickness and not having branches in parallel. It can vary in shape or position.

If a loop of wire of negligible cross section occupies the same place and has the same motion as the path just considered, the voltage n will tend to drive a current of electricity around the wire, and this voltage can be measured by a galvanometer or voltmeter connected in the loop of wire. As with the path, the loop of wire is not to have branches in parallel; if it has, the problem of calculating the voltage shown by an instrument is more complicated and involves the resistances of the branches.

For accurate results, the simple Eq. (4.1) cannot be applied to metallic circuits having finite cross section. In some cases, the finite conductor can be considered as being divided into a large number of filaments connected in parallel, each having its own induced voltage and its own resistance. In other cases, such as the common ones of D.C. generators and motors and homopolar generators, where there are sliding and moving contacts between conductors of finite cross section, the induced voltage between neighboring points is to be calculated for various parts of the conductors. These can then be summed up or integrated. For methods of computing the induced voltage between two points, see text on electromagnetic theory.

In cases such as a D.C. machine or a homopolar generator, there may at all times be a conducting path for current to flow, and this may be called a *circuit*, but it is not a closed linear circuit without parallel branches and of infinitesimal cross section, and therefore, Eq. (4.1) does not strictly apply to such a circuit in its entirety, even though, approximately correct numerical results can sometimes be obtained.

If such a practical circuit or current path is made to enclose more magnetic flux by a process of connecting one parallel branch conductor in place of another, then such a change in enclosed flux does not correspond to a voltage according to Eq. (4.1). Although it is possible in some cases to describe a loop of wire having infinitesimal cross section and sliding contacts for which Eq. (4.1) gives correct numerical results, the equation is not reliable, without qualification, for cases of finite cross section and sliding contacts. It is advisable not to use equations involving $\partial\psi/\partial t$ directly on complete circuits where there are sliding or moving contacts.

Where there are no sliding or moving contacts, if a coil has N turns of wire in series closely wound together so that the cross section of the coil is negligible compared with the area enclosed by the coil, or if the flux is so confined within an iron core that it is enclosed by all N turns alike, the voltage induced in the coil is

$$V = -N \frac{\partial\psi}{\partial t}, \text{ volts} \quad (4.2)$$

In such a case, $N \cdot \psi$ is called the *number of interlinkages of lines of magnetic flux with the coil*, or simply, the *flux linkage*.

For the preceding equations, the change in flux may be due to relative motion between the coil and the magnetomotive force (mmf, the agent producing the flux), as in a rotating-field generator; it may be due to change in the reluctance of the magnetic circuit, as in an inductor-type alternator or microphone, variations in the primary current producing the flux, as in a transformer, variations in the current in the secondary coil itself, or due to change in shape or orientation of the loop of coil. For further study, refer to the Web site:

<http://www.lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/induct/faraday.htm>.

2. VOCABULARY

path – шлях, контур, вітка

produce – представляти, виробляти

intensity – інтенсивність

complicate - ускладнювати

involve – входить до складу

filament – нитка розжарювання,
плавка вставка

increase – зростати, збільшуватися

straight – натяг, деформація

wire – дріт, провід

branch – відгалуження, вітка

permeability – магнітна проникність

homopolar – однополюсний

coil – виток, котушка

flux linkage – потокозчеплення

complicate – ускладнювати

3. GRAMMATICAL NOTES

ПОСЛІДОВНІСТЬ ЧАСІВ В СКЛАДНИХ РЕЧЕННЯХ З ДЕКІЛЬКОМА ПРИДАТНИМИ

Викладені правила послідовності часів діють також у тих випадках, коли придатне речення підпорядковується не головному, а іншому придатному реченню. Час дієслова придатного речення, що підпорядковане іншому придатному реченню, залежить від часу дієслова цього іншого придатного речення, а не від дієслова головного речення:

He says that he **read** in yesterday's newspaper that in Ukraine prices of foodstuffs **were rising** again.

Він говорить, що читав у вчорашньої газеті, що в Україні ціни на продукти знову підвищуються.

У другому придатному реченні дієслово *were rising* вживається в Past Continuous, тому що воно виражає тривалу дію, одночасну з дією *read* першого придатного речення.

He said that Andrew **had** told her that he was writing a new play.

Вона казала, що Андрій говорив їй, що він пише нову п'єсу.

У другому придатному реченні дієслово *was writing* вживається в Past Continuous, тому що воно висловлює тривалу дію, в одночас з дією *had told* першого придатного речення.

I thought that **he** would **tell** her that he **intended** to go the Crimea. Я думав, що він скаже їй, що він має намір поїхати до Криму.

У другому придатному реченні дієслово **intended** використане в Past Indefinite, тому що воно виражає дію, одночасну з дією **would tell** першого придатного речення (Future in the Past-would tell-розглядається як форма минулого часу).

I thought that she **knew** that he **had taken** the first place in the chess tournament. Я думав, що вона знає, що він посів перше місце в шахматному турнірі.

В другому придатному реченні дієслово вжите в Past Perfect - **had taken**, - тому що воно виражає дію, що передує дії **knew** першого придатного речення.

Вживання часів у придатному реченні, що підпорядковане дієприкметниковому звороту, залежить від того, чи відповідає за значенням дієприкметниковий зворот придатному реченню з дієсловом у теперішньому або минулому часі:

Knowing (= As she knows) that he **is** very busy, she does not want to ring him up. Знаючи (= тому що вона знає), що він дуже зайнятий, вона не хоче йому телефонувати.

Knowing (=As I knew) that he worked at that office, I rang him up. Знаючи (=тому що я знав), що він працює у цій установі, я йому зателефонував.

ВИПАДКИ ВИКЛЮЧЕННЯ З ПРАВИЛ ПОСЛІДОВНОСТІ ЧАСІВ

Коли дієслово у додатковому придатному реченні виражає загальновідомий факт, він може бути в Present Indefinite і в тому випадку, коли дієслово головного речення знаходиться в минулому часі:

The teacher told the children that water **boils** at 100 degrees centigrade. Вчитель казав дітям, що вода кипить при 100 градусах за Цельсієм.

Galileo **proved** that the earth **moves** round the sun. Галілей довів, що земля рухається навколо сонця.

Примітка. В цьому випадку, однак, у придатному реченні може стояти і Past Tense, відповідно до правила послідовності часів: The teacher told the children that water boiled at 100 degrees centigrade.

Дієслово у визначальних придатних реченнях, а також придатних причинних і порівняних, може вживатися у часах Present і Future й в тому випадку, коли дієслово головного речення знаходиться в минулому часі:

My brother told me about the book which you are **reading**. Мій брат казав мені про книгу, яку ви читаете.

The goods **were loaded on the** steamer "Pskov", which will **arrive** at Odessa in a few days. Товари були завантажені до пароплаву «Псков», що прибуде в Одесу через кілька днів.

He **was not** able to translate the article because **he does not know** English well enough. Він не зміг перекласти цю статтю, тому що він не знає досить добре англійської мови.

He **refused** to go to the theatre as he **will have** an examination in Political Economy in a few days. Він відмовився піти до театру, так як у нього відбудеться іспит з політичної економії через декілька днів.

He **was** once stronger than he **is now**. Він колись був сильніше, ніж зараз.

It **was** not so cold yesterday as it is today. Учора не було так холодно, як сьогодні.

Дієслова **must, should i ought** використовуються в придатному реченні незалежно від того, у якому часі знаходиться дієслово головного речення:

He **tells (told)** us that we **mustn't** cross the road against the red light. Він говорить (сказав) нам, що ми не повинні перетинати вулицю на червоне світло.

He **says (said)** that **I ought to** send her a telegram at once. Він говорить (сказав), що треба надіслати їй негайно телеграму.

I tell (told) him that he **should** consult a doctor. Я говорю (сказав) йому, що необхідно порадитися із лікарем.

Дієслово **must**, однак, у деяких випадках замінюється на **had to**:

She said that she **had to** answer the letter at once. Вона казала, що вона мусить негайно відповісти на лист.

Форма Infinitive вживається незалежно від того, у якому часі знаходиться дієслово головного речення:

It is (was) necessary that he send us the documents. Необхідно було (необхідно), щоб він надіслав нам документи.

ПЕРЕХІДНІ І НЕПЕРЕХІДНІ ДІЄСЛОВА (TRANSITIVE AND INTRANSITIVE VERBS)

В англійській мові, як і в українській, одні дієслова можуть мати при собі пряме доповнення, тобто висловлювати дію, що безпосередньо переходить на яку-небудь особу або предмет, а інші дієслова не можуть мати при собі прямого доповнення.

Дієслова, які можуть мати при собі пряме доповнення, називаються перехідними:

He **invited** me to the concert. Він запросив мене на концерт.

I read newspapers in the evening. Я читаю газети ввечері.

Дієслова, які не можуть мати при собі прямого доповнення, називаються неперехідними:

I live in Dnipropetrovsk. Я мешкаю у Дніпропетровську.

My father **arrived** yesterday. Мій батько приїхав учора.

В англійській мові дуже часто одне і те саме дієслово може бути

This work **ought to be done** at once.
You needn't do it.

Цю роботу треба терміново виконати.
Вам не треба цього робити.

1. Модальні дієслова є недостатніми дієсловами (Defective Verbs), тому що вони не мають всіх форм, які мають інші дієслова. Дієслова **can** і **may** мають форму теперішнього часу і форму минулого часу: **can - could, may-might**. Дієслова **must, ought** і мають тільки форму теперішнього часу. Модальні дієслова не мають неособових форм - інфінітива, дієприкметника й герундія.

2. Інфінітив, що стоїть після цих дієслів, використовується без частки **to**. Виключення становить дієслово **ought**, за яким іде інфінітив с **to: I can do it. Я можу зробити це. You may take it. Ви можете взяти це. I must go there. Я повинен пійти туди. You needn't do it. Вам не треба робити цього.**

Але: **You ought to help him. Вам варто було б допомогти йому.**

В 3-й особі однини теперішнього часу модальні дієслова не мають закінчення - **s: He can do it. He may take it. He must go there. He ought to help him. Need he do it?**

4. Запитальна форма утвориться без допоміжного дієслова **to do**, причому модальне дієслово ставиться перед підметом:

Can you do it? May I take it? Must he go there? Ought he to help him? Need he do it?

5. Заперечна форма утвориться за допомогою частки **not**, що ставиться безпосередньо після модального дієслова. В теперішньому часі **can** пишеться разом с **not: He cannot do it. You may not take it. He must not go there. He ought not to help him. He need not do it.**

6. В розмовній речі в заперечній формі зазвичай використовуються наступні скорочення:

cannot =**can't**

must not =**mustn't**

may not =**mayn't**

ought not =**oughtn't**

could not =**couldn't**

need not =**needn't**

might not =**mightn't**

4. EXERCISES

Exercise 1.

Underline the correct word.

1. You **may/must** not run in the corridors. It's dangerous.

2. He **may/mays** be very busy now.

3. **Can/Should** I ask you a question?

4. You **must/shouldn't** stay at home if you are ill.

5. Tommy **cannot/could not** tell the time when he was a four years old.

6. You **might/needn't** clean the windows. I've already done this.

7. My book **can't/mustn't** be in the house. I've already looked everywhere.

8. You **needn't/mustn't** do the shopping. I'll do it later.

9. I **have to / can** wear a uniform at work.

10. I will **can/be able to** give you the book next week.

Exercise 2.

Translate into English:

1. Він говорить, що чув учора, професор Іванов працює зараз у Вашингтоні. 2. Я впевнений, що вона думала, що він візьме участь у експедиції. 3. Я знав, що вона отримує листи від брата кожний тиждень. 4. Він говорить (казав) нам, що ми не повинні переходити вулицю на червоне світло світлофора. 5. Він говорить (казав), що мені потрібно надіслати їй негайно телеграму. 6. Я говорю (казав) йому, що йому необхідно порадитись з лікарем. 7. Необхідно (було необхідним), щоб він надіслав нам документи.

Exercise 3.

Translate into Ukrainian:

1. I read a newspaper in the evening. 2. Student Petrenko invited me to the concert. 3. He received a telegramme yesterday. 4. Will you put on your coat? He took off his hat. 5. They put off the meeting till Monday.

LESSON 4.3.

1. TEXT

FLUX PLOTTING

Flux plotting by a graphic process is useful for determining the properties of magnetic and other fields in air. The field of flux required is usually uniform along one dimension, and a cross section of it is drawn. The field is usually required between two essentially equal magnetic potential lines such as two iron surfaces. The field map consists of lines of force and equipotential lines which must intersect at right angles. For the graphic method, a field map of curvilinear squares is recommended when the problem is two dimensional. The squares are of different sizes, but the number of lines of force crossing every square is the same.

In sketching the field map, first draw those lines which can be drawn by symmetry. If parts of the two equipotential lines are straight and parallel to each other, the field map in the space between them will consist of lines which are practically straight, parallel, and equidistant. These can be drawn in. Then extend the series of curvilinear squares into other parts of the field, making sure, first, that all the angles are right angles and, second, that in each square the two diameters are equal, except in regions where the squares are evidently distorted, as near sharp comers of iron or regions occupied by current-carrying conductors. The diameters of a curvilinear square may be taken to be the distances between midpoints of opposite sides.

The magnetic field map near an iron corner is drawn as if the iron had a small fillet, that is, a line issues from an angle of 90° at 45° to the surface.

Inside a conductor which carries current, the magnetic field map is not made up of curvilinear squares, as in free space or air. In such cases, special rules for the spacing of the lines must be used. The equipotential lines converge to a point called the *kernel*.

Computer-based methods are now commonly available to do the detailed work, but the principles are unchanged.

Force on a Conductor Carrying a Current in a Magnetic Field. Let a conductor of length l m carrying a current of i A be placed in a magnetic field, the density of which is B in Teslas. The force tending to move the conductor across the field is

$$F = B \cdot l \cdot i, \text{ Newtons} \quad (4.3)$$

This formula presupposes that the direction of the axis of the conductor is at right angle to the direction of the field. If the directions of i and B form an angle a , the expression must be multiplied by $\sin a$.

The force F is perpendicular to both i and B , and its direction is determined by the right-handed-screw rule. The effect of the magnetic field produced by the conductor itself is increase in the original flux density B on one side of the conductor and decrease on the other side. The conductor tends to move away from the denser field. A closed metallic circuit carrying current tends to move so as to enclose the greatest possible number of lines of magnetic force.

2. VOCABULARY

require – потребувати
extend – протягувати
square – квадратний
evidence – очевидно

distorted – спотворений, викривлений
insulator – ізолятор, діелектрик
bus bar – шинопровід

3. GRAMMATICAL NOTES

ДІЄСЛОВО *can (could)*

Дієслово **can** у сполученні з Indefinite Infinitive вживається для вираження можливості або здатності зробити дію й перекладається на українську мову за допомогою *можу, умію*.

Can, як *і можу (можеш, може й т.д.)* в українській мові, може ставитися до теперішнього й майбутнього часу:

I can do it now.

Я можу зробити це зараз.

I can speak English.

Я вмю говорити англійською мовою.

He can finish his work next week.

Він може закінчити свою роботу наступного тижня.

Can у сполученні з Indefinite Infinitive Passive перекладається на українську мову за допомогою *може, можуть* з інфінітивом пасивного стану або *можна* з інфінітивом дійсного стану:

This work **can be done** at once.

Ця робота може бути зроблена негайно.

Цю роботу можна зробити негайно.

The steamer **can be discharged** to-morrow.

Пароплав може бути розвантажений завтра.

Пароплав можна розвантажити завтра.

ДІЄСЛОВО *may (might)*

Дієслово **may** у сполученні з Indefinite Infinitive вживається для вираження дозволу й перекладається на українську мову за допомогою *можу (можеш, может й т.д.)*:

You **may take** my dictionary.

Ви можете (вам дозволяється) взяти мій словник.

May I come in?

Можна увійти?

Для вираження дозволу **may** вживається тільки в теперішньому часі. У минулому часі для вираження дозволу в прямому мовленні вживається не дієслово **might**, а дієслово **to allow** *дозволяти* в пасивному стані: He **was allowed** to go there. *Йому дозволили піти туди.* **To be allowed** вживається також замість відсутніх форм дієслова **may**: He **has been allowed** to go there. *Йому дозволили піти туди.* He **will be allowed** to go there. *Йому дозволять піти туди.*

Примітка. Для вираження значення, протилежного дієслову **may**, тобто для вираження заборони, поряд з **may not (mayn't)** *не можна* вживається **must not (mustn't)**:

You **mayn't smoke** here.

Вам не можливо палити тут.

You **mustn't smoke** here.

Вам не повинні палити тут.

ДІЄСЛОВО *must*

Дієслово **must** у сполученні з Indefinite Infinitive вживається для виразу необхідності здійснення дії в силу певних обставин, а також для вираження наказу або поради. На українську мову **must** перекладається *повинен, потрібно, треба*.

Must, як і *повинен, потрібно, треба* в українській мові, може ставитися до теперішнього й до майбутнього часу:

I must do it now (небхіді ність у силу обставин).

Я повинен (мені потрібно, треба) зробити це тепер.

He **must go** there to-morrow. (необхідність у силу обставин).

Він повинен (йому потрібно, треба) піти туди завтра.

You must post the letter at once. (наказ).

Ви повинні (вам потрібно, треба) відправити листа негайно.

You must consult a doctor. (порада). Ви повинні (вам потрібно, треба) порадитися з лікарем.

Must в сполученні с Indefinite Infinitive Passive перекладається на українську мову за допомогою *повинен, повинні* з інфінітивом пасивного стану або *потрібно, треба* з інфінітивом дійсного стану:

This work **must be done** at once. Цю робота треба бути зробити негайно.

Цю роботу потрібно (треба) зробити негайно.

The steamer **must be discharged** to-morrow. Пароплав треба буде розвантажити завтра.

Пароплав потрібно (треба) розвантажити завтра.

Примітка. Заперечна форма дієслова **must-must not (mustn't)** – означає заборону, тобто є протилежною за значенням дієслову **may**:

May I do it? - No, **you mustn't**

Можна мені зробити це? - Ні, не можна.

Для вираження значення, протилежного значенню **must**, тобто для вираження відсутності необхідності, використовується **needn't** *не мусить, не повинен, не треба*:

You **needn't do it now**. Ви не повинні (вам не потрібно не треба) робити це зараз.

He **needn't go** there to-morrow. Він не мусить (йому не треба) іти туди завтра.

Таким чином, на питання **Must I go there?** *Чи треба мені (чи належно мені) іти туди?* можливі відповіді: Yes, you **must**. *Так, потрібно* або: No, **needn't**. *Ні, не потрібно*.

Поряд с **must** використовується теперішній час дієслова **to have** у сполученні с інфінітивом с часткою **to**, коли мова йде про необхідність здійснення дії в силу певних обставин. Дієслово **to have**, проте, не використовується замість **must** для вираження наказу або поради:

I must do it now. = **I have to do it now.** Я повинен зробити це зараз.

He must go there to-morrow. = **He has to go there to-morrow.** Він мусить піти туди завтра.

to go there to-morrow.

Для вираження належності в минулому й майбутньому замість **must** використовується дієслово **to have** у минулому і майбутньому часі в сполученні з інфінітивом і часткою **to**:

I had to go there. Я повинен був (мені треба було, мені довелося) піти туди.

I shall have to do it. Я повинен буду (мені треба буде, мені прийдеться) це зробити.

Примітка. У непрякій мові, що залежить від дієслова у минулому часі, **must** в одних випадках не замінюється, а в інших - замінюється на **had to**.

Must вживається також для вираження припущення, що промовець вважає цілком правдоподібним:

I. В сполученні с Indefinite Infinitive для вираження припущення, що стосується теперішнього часу. **Must** у цьому випадку перекладається на українську мову за допомогою *мусить бути, імовірно*, а інфінітив -дієсловом у теперішньому часі. Сполучення **must** з інфінітивом може перекладатися на українську мову також сполученням *повинен* з інфінітивом:

He must know her address. Він, мусить (імовірно), знати її адресу.

Він повинен знати її адресу.

He must be in the library now. Він, повинен бути (імовірно), зараз у бібліотеці.

Він повинен бути зараз у бібліотеці.

2. Після **must** вживається Continuous Infinitive, коли виказується припущення, що дія відбувається в момент мовлення:

Where is he? - **He must be walking** in the garden. Де він? - Він, мабуть, гуляє в саду.

3. У сполученні з Perfect Infinitive для вираження припущення яке відноситься до минулого. **Must** у таких випадках перекладається на українську мову за допомогою *мабуть, імовірно*, а інфінітив - дієсловом у минулому часі:

They **must have forgotten** to send us a copy of the telegram with their letter. Вони, мабуть (імовірно), забули прикласти копію телеграми до свого листа.

The cases **must have been damaged** during the unloading of the vessel. Ящики, мабуть (імовірно), були ушкоджені під час розвантаження судна.

Примітка. 1. Для вираження припущення, що стосується майбутнього, **must** не вживається. Такі українські речення, як *Погода, імовірно, зміниться завтра, Лекція, імовірно, буде цікавою* перекладаються на англійську мову: The weather will probably change tomorrow, The lecture will probably be interesting.

2. Дієслово **must**, що виражає припущення, не вживається в заперечних реченнях. Такі українські речення, як *Він, мабуть, не знає про це, Він, імовірно, не бачив її* перекладаються на англійську мову: He probably doesn't know about it, He probably didn't see her.

Дієслово **ought** *повинен, треба, варто було б* у сполученні з Indefinite Infinitive вживається для вираження морального боргу або поради, що стосується сьогодення або майбутнього:

He ought to help his friend. Він повинен (йому треба було б) допомогти своєму другові.

You ought to be more careful. Ви повинні (вам належить) бути більш обережні.

Ought у сполученні з Perfect Infinitive вживається відносно минулого і виражає те, що особа, про яку йде мова не виконала свого боргу або вчинила,

на думку промовця, неправильно, тобто виражає осудження або докір:
 You **ought to** have done it yesterday. Ви повинні були (вам варто було б) зробити це вчора.
 He **ought not to have sent** that cable. Він не повинен був (йому не треба було б) посилати цю телеграму.

Поряд з **ought** може вживатися дієслово **should**.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Rephrase the following sentences in as many ways as possible.

1. **I advise you** to buy this book.
You should / ought to buy this book.
2. **It isn't necessary** for him to take the exam again.
3. You **are not allowed to** eat and drink in the classroom.
4. We **are obliged to** clock in and out every day.
5. **It wasn't necessary** for John to attend the seminar.
6. They **were obliged to** go to the meeting last week.
7. You **had better** book your flight early.
8. **It is forbidden** to copy files without the manager's permission.
9. **I'm sure** Peter misunderstood my instructions.
10. I'm sorry, but you **are not allowed to** enter the room.

Exercise 2.

Complete the sentences writing in the correct modal verbs.

1. For accurate results, the simple Eq. (4.2) _____ be applied to metallic circuits having finite cross section. In some cases, the finite conductor _____ be considered as being divided into a large number of filaments connected in parallel, each having its own induced voltage and its own resistance. In other cases, such as the common ones of D.C. generators and motors and homopolar generators, where there are sliding and moving contacts between conductors of finite cross section, the induced voltage between neighboring points _____ be calculated for various parts of the conductors. These _____ then be summed up or integrated. For methods of computing the induced voltage between two points, see text on electromagnetic theory. (cannot; is to; can; can)
2. The field map consists of lines of force and equipotential lines which _____ intersect at right angles. In sketching the field map, first draw those lines which _____ be drawn by symmetry. (can; must)

3. The natural frequency (resonance) of mechanical vibration of the conductors _____ add still further to the maximum force, so a factor of safety _____ be used in connection with Eq. (4.16) for calculating stresses on bus bars. (may; should)

Exercise 3.

Translate into English:

1. Він не може цього думати. (=Не може бути, щоб він це думав.) 2. Вони не в змозі приїхати завтра. (=Не може бути, щоб вони приїхали завтра.) 3. Невже вам подобається цей фільм? 4. Він не може сидіти у саду, так як йде дощ. (=Не може бути, щоб він сидів зараз у саду, так як йде дощ.) 5. Невже вони чекають на вас у таку пізню годину?

Exercise 4.

Translate into Ukrainian:

1. He can do it himself. 2. They may come to-night. 3. I must speak to him. 4. This work ought to be done at once. 5. You needn't do it. 6. This work can't be done at once. 7. The steamer can't be unloaded tomorrow.

LESSON 4.4.

1. TEXT

CHANGES OF RESISTANCE WITH TEMPERATURE

The resistance of a conductor varies with the temperature. The resistance of metals and most alloys increases with the temperature, while the resistance of carbon and electrolytes decreases with the temperature.

For usual conditions, as for about 100°C change in temperature, the resistance at a temperature t_2 is given by

$$R_{t_2} = R_{t_1} \cdot [1 + \alpha_{t_1} \cdot (t_2 - t_1)], \quad (4.4)$$

where R_{t_1} is the resistance at an initial temperature t_1 and α_{t_1} is called the *temperature coefficient of resistance* of the material for the initial temperature t_1 . For copper having a conductivity of 100% of the International Annealed Copper Standard, $\alpha_{20} = 0.00393$, where temperatures are in degree Celsius.

An equation giving the same results as Eq. (4.4), for copper of 100% conductivity, is

$$\frac{R_{t2}}{R_{t1}} = \frac{234.4 + t_2}{234.4 + t_1}, \quad (4.5)$$

where -234.4 is called the *inferred absolute zero* because if the relation held (which it does not over such a large range), the resistance at that temperature would be zero. For hard-drawn copper of 97.3% conductivity, the numerical constant in Eq. (4.5) is changed to 241.5.

For 100% conductivity copper

$$\alpha_{t1} = \frac{1}{234.4 + t_1} \quad (2.6)$$

When R_{t1} and R_{t2} have been measured, as at the beginning and end of a heat run, the "temperature rise by resistance" for 100% conductivity copper is given by

$$t_2 - t_1 = \frac{R_{t2} - R_{t1}}{R_{t1}} \cdot (234.4 + t_1) \quad (4.7)$$

Inductors. An inductor is a circuit element whose behavior is described by the fact that it stores electromagnetic energy in its magnetic field. This feature gives it many interesting and valuable characteristics. In its most elementary form, an inductor is formed by winding a coil of wire, often copper, around a form that may or may not contain ferromagnetic materials. In this section, the behavior of the device at its terminal is discussed. Later, in the sections, on magnetic circuits, the device itself will be discussed.

Inductance. The property of the inductor that is useful in circuit analysis is called *inductance*. Inductance may be defined by either of the following equations:

$$v = L \frac{di}{dt} \quad i = \frac{1}{L_0} \int v(\tau) \cdot d\tau + i(0) \quad (4.8)$$

or

$$W = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2 \quad (4.9)$$

where L = coefficient of self-inductance; i = current through the coil of wire; v = voltage across the inductor terminals; W = energy stored in the magnetic field.

Mutual Inductance. If two coils are wound on the same coil form, or if they exist in close proximity, then a changing current in one coil will induce a voltage in the second coil. This effect forms the basis for transformers, one of the most pervasive of all electrical devices in use. The dots represent the direction of winding of the coils on the coil form in relation to the current and voltage reference directions. The equations become

$$v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}, \quad v_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt} \quad (4.10)$$

Mutual inductance also can be a source of problems in electrical systems. One example is the problem, now largely solved, of cross talk from one telephone line to another.

Charge Storage. A capacitor is a circuit element that is described through its principal function, which is to store electric energy. This property is called *capacitance*. In its simplest form, a capacitor is built with two conducting plates separated by a dielectric. These equations further describe the capacitor

$$i = C \frac{dv}{dt}, \quad v(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i(\tau) \cdot d\tau \quad (4.11)$$

or

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u^2 \quad (4.12)$$

where W = energy stored in the capacitor; τ = dummy variable representing time; C = capacitance in farads.

2. VOCABULARY

length- довжина, відстань

resist- чинити опір, опиратися

conductor - провідник, провід

alloy - домішка, сплав

infere - робити висновок

inductor - котушка

behavior - поведінка

capacitor - ємність

pervade - розповсюджуватися

3. GRAMMATICAL NOTES

ДІЄСЛОВО *need*

1. Дієслово **need** у сполученні з Indefinite Infinitive використовується для вираження необхідності зробити дію із значенням *потрібно, треба*. **Need** вживається тільки у формі Present Indefinite у запитальних і заперечних реченнях:

Need he come here?

Чи потрібно йому приходити сюди?

You **needn't come** so early.

Вам не потрібно приходити так рано

He **needn't hurry**.

Йому не треба поспішати.

З іншого боку, в заперечній відповіді на питання з дієсловом **must** використовується **needn't**:

Must I go there at once?

Чи потрібно мені (чи маю я) піти туди зараз-же?

No, you **needn't**.

Ні, не треба.

2. **Need not (needn't)** у сполученні с Perfect Infinitive використовується по відношенню до минулого часу і виражає, що особі про яку йде мова, не було необхідності (потреби) чинити дію:

Your **needn't have come** so early.

Вам не треба було (вам не було необхідності) потреби приходити так рано.

Дієслово **to be** вживається в сполученні з інфінітивом із часткою **to** для вираження необхідності зробити дію відповідно до попередньої домовленості або заздалегідь наміченого плану. **Te be** у цьому випадку має модальне значення.

Дієслово **to be** у теперішньому часі - *am, is, are* перекладається на українську мову *повинен, повинні* й виражає необхідність здійснювати дії в теперішньому або майбутньому часі (як і *повинен, повинні* в українській мові):

They **are to begin** this work at once.

Вони повинні почати цю роботу негайно.

He is **to come** here to-morrow.

Він повинен прийти сюди завтра.

Дієслово **to be** у минулому часі - **was, were** - перекладається на українську мову *повинен був, повинні були*.

Was, were у сполученні з інфінітивом у формі Indefinite виражає дію, що повинна була відбутися в минулому. Це сполучення не вказує, чи відбулася дія або не відбулася, і це стає зрозумілим лише із усього змісту промови:

I was to send him a telegram, but I forgot.

Я повинен був надіслати йому телеграму, але я забув.

The goods **were to be delivered** at the end of the month.

Товари повинні були бути доставлені наприкінці місяця.

Was, were в сполученні з інфінітивом у формі Perfect виражає дію, що повинна була відбутися в минулому, але не відбулася:

I was to have finished my work yesterday.

Я повинен був закінчити свою роботу вчора (та не закінчив).

В майбутньому часі дієслово **to be** для вираження належності не вживається.

Примітка. Коли після дієслова **to be** іде інфінітив у пасивному стані, дієслово **to be** окрім обов'язаності іноді виражає також можливість:

Such books **are to be found** in all

Такі книги можливо знайти у всіх

libraries.

бібліотеках.

Many new beautiful buildings **are to be seen** in the streets of Kyiv

У Києві можливо побачити багато нових гарних будинків.

Дієслово **to have** вживається в сполученні з деякими іменниками, втрачаючи своє основне значення *мати, володіти* і створюючи із ними змістовне ціле. До таких сполучень відносяться: *to have dinner обідати; to have breakfast снідати; to have supper вечеряти; to have a rest відпочивати; to have a talk розмовляти; to have a quarrel посваритися; to have a walk погуляти; to have a smoke покурити; to have a good time добре провести час* та ін.

У цих випадках запитальна й заперечна форми дієслова **to have** в Present і Past Indefinite утворюються за допомогою допоміжного дієслова **to do**:

When **do you have** dinner?

Коли ви обідаєте?

Did you have a good rest last summer?

Чи добре ви відпочили останнього літа?

We **didn't have** supper at home yesterday.

Ми вчора не вечеряли дома.

Дієслово **to have** вживається в сполученні з інфінітивом і часткою **to** для вираження необхідності зробити дію в силу деяких обставин. **To have** у цьому випадку має модальне значення. Дієслово **to have** у теперішньому часі - **have, has** - перекладається на українську мову як *повинен, необхідно, треба, доводиться*, у минулому часі - **had** - *повинен був, необхідно було, треба було, довелося*, а у майбутньому - **shall have, will have** - *повинен буду, необхідно буде, треба буде, прийдеться*.

I have to get up early on Mondays.

Я мушу (мені потрібно, треба, доводиться) вставати рано по понеділках.

They **had to go** there.

Вони мусять (їм потрібно було, треба було, їм довелося) піти туди.

He will have to do it.

Він мусить (йому потрібно буде, треба буде, йому прийдеться) це зробити.

Примітка. Варто мати на увазі, що **had to** вживається для вираження дії, що повинна була відбутися та дійсно відбулася.

Питальна й заперечна форми Present і Past Indefinite дієслова **to have** зі значенням повинності звичайно утворюються за допомогою допоміжного дієслова **to do**:

Do you have to write this exercise?

Ви мусити написати цю вправу?

You **don't have to write** this exercise.

Вам не потрібно писати цю вправу.

Did they have to go there? Чи потрібно їм було йти туди?

They **didn't have** to go there. Їм не потрібно було йти туди.

У розмовному реченні поряд з **have, has** для вираження необхідності вживаються **have got, has got**:

I've got (I have got) to do it.=I have to do it. Я мушу зробити це.

He's got (he has got) to write it. =He has to write it. Він мусить написати це.

НЕОСОБОВІ ФОРМИ ДІЄСЛОВА (*NON-FINITE FORMS OF THE VERB*) ІНФІНІТИВ (THE INFINITIVE)

Інфінітив (невизначена форма дієслова) являє собою неособову дієслівну форму, що тільки називає дію, не вказуючи ні особи, ні числа. Інфінітив відповідає на питання *що робити? що зробити?*: to read *читати, прочитати*; to write *писати, написати*; to buy *купувати, купити*; to sell *давати, продати*.

Формальною ознакою інфінітива є частка **to**, що не має самостійного значення і не приймає наголосу. Однак частка **to** перед інфінітивом часто опускається.

Інфінітив може служити в реченні:

1. Підметом:

To skate is pleasant. Ковзатися приємно.

2. Називною частиною присудка:

Your duty was **to inform** me about it immediately. Вашим обов'язком було повідомити мені про це негайно.

3. Частиною складеного дієслівного присудка:

She began **to translate** the article. Вона почала перекладати статтю.

4. Доповненням:

I asked him **to help** me. Я попросив його допомогти мені.

5. Визначенням:

He expressed a desire **to help** me. Він виразив бажання допомогти мені.

6. Обставиною:

I went to the station **to see off** a friend. Я поїхав на вокзал, щоб проводити приятеля.

Дієслівні властивості інфінітива виявляються в наступному:

1. Інфінітив може мати пряме доповнення:

I told him **to post the letter**. Я наказав йому відправити листа.

2. Інфінітив може визначатися прислівником:

I asked him **to speak slowly**. Я попросив його говорити повільно.

3. Інфінітив має форми часу і стану.

В англійській мові перехідні дієслова мають чотири форми інфінітива в дійсному стані й дві форми в пасивному стані.

Tense	Active	Passive
Indefinite Continuous Perfect Perfect Continuous	to ask to be asking to have asked to have been asking	to be asked – to have been asked –

Тільки для двох форм інфінітива, а саме Indefinite Infinitive Active і Indefinite Infinitive Passive, є відповідні форми в українській мові: **to ask** *запитувати*, **to be asked** *бути запитаним (запитаним)*. Для інших форм інфінітива в українській мові немає відповідних форм, і вони не можуть перекладатися на українську мову ізольовано, тобто поза реченням. Continuous Infinitive - **to be asking** - вживається із значенням *запитувати у якій-небудь визначений момент*. Perfect Infinitive - **to have asked** – *запитати, до якого-небудь моменту*, Perfect Continuous Infinitive - **to have been asking** - *запитувати на протязі відрізка часу, що попереджає якому-небудь моменту*, і Perfect Infinitive Passive- **to have been asked-** *бути запитаним (запитаним) до якого-небудь моменту*.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Complete the sentences with the correct infinitive tense.

- 1.He has grown taller. – He seems to have grown taller.
- 2.He is getting used to his new job. – He appears _____
- 3.Kate makes friends easily. – Kate tends _____
- 4.He has finished the report. – He claims _____
- 5.They have sailed round the world. – They are reported _____

Exercise 2.

Translate into English:

1. Треба йому приходити сюди?
2. Вам потрібен тривалий відпочинок.
3. Я мушу (мені треба, необхідно) піти туди зараз (завтра).
4. Ви мусите (потрібно вам) туди іти?
5. Ми мусимо зустрітися о сьомій годині.
6. Мої друзі мусять приїхати завтра..

Exercise 3.

Translate into Ukrainian:

1. He needn't hurry.
2. This work needn't be done.
3. The goods needn't have been sent by aeroplane.
4. You need a long rest.
5. I don't need your book any longer.
6. We needed the dictionary badly.
7. I'll need your advice.

LESSON 4.5.

1. TEXT

MAXWELL'S EQUATIONS

Throughout much of the nineteenth century, engineers and physicists developed the theories that describe electricity and magnetism and their interrelations. In contemporary vector calculus notation, four equations can be written to describe the basic theory of electromagnetic fields. Collectively, they are known as *Maxwell's equations*, recognizing the work of James Clerk Maxwell's, a Scottish physicist, who solidified the theory. (Some writers consider only the first two as Maxwell's equations, calling the last two as supplementary equations.) The following symbols will be used in the description of Maxwell's equations:

E electric field intensity;	vol (or V) enclosed volume in space;
D electric flux density;	L length of boundary around a surface;
H magnetic field intensity;	ρ electric charge density per unit volume;
B magnetic flux density;	J electric current density.

Faraday's Law. Faraday observed that a time-varying magnetic field develops a voltage that can be observed and measured. This law is the basis for inductors. One common form of expressing the law is the equation

$$v = -\frac{d\psi}{dt}$$

where v is the voltage induced by the changing flux. The negative sign expresses the principle of conservation of energy, indicating that the direction of the voltage is such as to oppose the changing flux. This effect is known as *Lenz's law*.

In vector calculus notation, Faraday's law can be written in both integral and differential form. In integral form, the equation is

$$\oint E \cdot dL = \int_S \frac{\partial B}{\partial t} \cdot dS$$

where the line integral completely encircles the surface over which the surface integral is taken. In differential (point) form, Faraday's law becomes

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}.$$

Ampere's Law. French physicist Andre-Marie Ampere developed the relation between magnetic field intensity and electric current that is a dual of Faraday's law. The current consists of two components, a steady or constant component and a time-varying component usually called *displacement current*. In vector calculus notation, Ampere's law is written first in integral form and then in differential form

$$\oint H \cdot dL = I + \int_S \frac{\partial D}{\partial t} \cdot dS;$$

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t}.$$

For more information, please refer to the Web site

<http://www.ee.byu.edu/em/amplaw2.htm>.

Gauss's Law. Carl F. Gauss, a German physicist, stated the principle that the displacement current flowing over the surface of a region (volume) in space is equal to the charge enclosed. In integral and differential form, respectively, this law is written

$$\int_S D \cdot dS = \int_{vol} \rho \cdot dV ;$$

$$\nabla \cdot D = \rho .$$

For further study, please refer to the Web site

<http://www.ee.byu.edu/ee/em/eleclaw.htm>.

Gauss's Law for Magnetics. One of the postulates of electromagnetism is that there are no free magnetic charges but these charges always exist in pairs. While searches are continually being made, and some claims of discovery of free charges have been made, the postulate is still adequate to explain observations in cases of interest here. A consequence of this postulate is that, for magnetics, Gauss's law become

$$\oint B \cdot dS = 0 ;$$

$$\nabla \cdot B = 0 .$$

Kirchhoff's Laws. In the analysis and design of electric circuits, a fundamental principle implies that the dimensions are small. This means that it is possible to neglect the spatial variations in electromagnetic quantities. Another way of saying this is that the dimensions of the circuit are small compared with the wavelengths of the electromagnetic quantities and thus that it is necessary to consider only time variations. This means that Maxwell's equations, which are partial integrodifferential equations, become ordinary integrodifferential equations in which the independent variable is time, represented by t .

Kirchhoff's Current Law. The assumption of small dimensions means that no free electric charges can exist in the region in which a circuit is being analyzed. Thus, Gauss's law (in integral form) becomes

$$\sum i = 0$$

at any point in the circuit. The points of interest usually will be *nodes*, points at which three or more wires connect circuit elements together. This law will be abbreviated KCL and was enunciated by German physicist, Gustav Robert Kirchhoff. It is one of the two fundamental principles of circuit analysis.

Kirchhoff's Voltage Law. The second fundamental principle, abbreviated KVL, follows from applying the assumption of small size to Faraday's law in integral form. Since the circuit is small, it is possible to take the surface integral of magnetic flux

density as zero and then to state that the sum of voltages around any closed path is zero. In equation form, it can be written as

$$\sum v = 0.$$

2. VOCABULARY

throughout - крізь, по всьому

contemporary - сучасний, одночасний

displacement - зміщення

solidifield - соленоїдальне поле

supplementary - додатковий

density - густина, питома вага

assumption - припущення

surface - поверхня

steady - стаціонарний режим,
усталений режим

3. GRAMMATICAL NOTES

ГЕРУНДІЙ (GERUND)

Герундій являє собою *неособову* дієслівну форму, що виражає назву дії та має як властивості іменника, так і властивості дієслова. В українській мові відповідна форма відсутня. Функції герундія багато в чому збігаються з функціями інфінітива, який також поєднує властивості іменника із властивостями дієслова. Герундій, однак, має більше властивостей іменника, ніж інфінітив.

Володючи властивостями іменника, герундій може служити в реченні:

1. Підметом:

Reading is her favorite occupation.

Читання - її улюблене заняття.

2. Іменною частиною складеного присудка:

Her greatest pleasure **is reading**.

Її найбільше задоволення - це читання.

3. Часткою складеного дієслівного присудка:

He finished **reading** the book.

Він скінчив читати книгу.

4. Прямим доповненням:

I remember **reading** it.

Я пам'ятаю, що читав це.

5. Прийменниковим непрямым доповненням:

I am fond of **reading**.

Я люблю читання (читати).

6. Визначальником:

I had the pleasure **of reading** in the newspaper of your success.

Я мав задоволення прочитати у газеті про ваш успіх.

7. Обставиною:

After **reading the** letter I put it into the drawer.

Після того як я прочитав лист(прочитавши листа), я поклав його у ящик стола (шухляду).

Як і іменник, герундій може сполучатися із прийменниками та визначатися присвійним займенником або іменником у присвійному відмінку:

I think of **going to the south** in the autumn.

Я думаю поїхати на південь восени.

We insisted on **their chartering** vessel at once. Ми наполягали на тому, щоб вони негайно зафрахтовали судно.

We objected to the **buyer's paying** only part of the invoice amount. Ми заперечували проти того, щоб покупець заплатив тільки частину суми фактури.

Дієслівні властивості герундія виражаються в наступному:

1. Герундій може мати пряме доповнення:

I remember **reading this** book. Я пам'ятаю, що читав цю книгу.

2. Герундій може визначатися прислівником:

He likes **reading aloud**. Він любить читати вголос.

3. Герундій має форми часу й стану:

Tense	Active	Passive
Indefinite	reading	being read
Perfect	having read	having been read

Форми герундія збігаються з формами дієприкметників, і їхнє утворення відбувається за правилами, за якими утворюють форми дієприкметників.

В українській мові немає форм, що відповідають формам герундія, через що ізолювано, поза реченням, вони не можуть бути перекладені на українську мову.

Indefinite Gerund Active, тим не менш, за своїм значенням наближається до українського віддієслівного іменника: reading *читання*, smoking *паління*, waiting *очікування*.

ДІЄПРИКМЕТНИК (THE PARTICIPLE) ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Дієприкметник в англійській мові являє собою особисту дієслівну форму, що поряд із властивостями дієслова має властивості прикметника або прислівника.

Маючи властивості прикметника, дієприкметник служить визначенням до іменника. У цій функції воно відповідає українському дієприкметнику:

We visited one of the largest plants **producing** tractors in our country. Ми відвідали один із великих заводів, що виробляє трактори у нашій державі.

A broken cup lay on the table. Розбита чашка лежала на столі.

Маючи властивості прислівника, дієприкметник слугує обставиною, що визначає дію, яка виражена присудком. У цій функції він відповідає українському дієприслівнику:

He sat at the table **thinking**. Він сидів біля стола замислившись.

Standing on the bank of the river, he watched the dockers at work. Стоячи на березі річки, він спостерігав, як працюють докери.

Маючи властивості дієслова, дієприкметник

а) може мати доповнення:

Signing the letter the manager asked the secretary to send it off at once. Підписавши лист, завідувач попросив секретаря відправити його негайно.

б) може визначатися прислівником:

Packing his things **quickly** he hurried Швидко спакувавши свої речі, він
to the station поспішив на вокзал.

в) має форми часу й стану.

Перехідні дієслова мають дві форми прислівника дійсного стану й три форми дієприкметника пасивного стану:

	Active	Passive
Present	asking	being asked
Past	-	asked
Perfect	having asked	having been asked

Неперехідні дієслова мають три форми дієприкметника дійсного стану:

	Active
Present	coming
Past	come
Perfect	having come

4. EXERCISES

Exercise 1.

Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or gerund form.

1. A capacitor is a circuit element that is described through its principal function, which is **to store** (store) electric energy. 2. At times it is useful _____ (evaluate) materials and media by _____ (compare) their energy storage capability on a unit volume basis. 3. In contemporary vector calculus notation, four equations can be written _____ (describe) the basic theory of electromagnetic fields. 4. This means that it is possible _____ (neglect) the spatial variations in electromagnetic quantities. 5. Another way of _____ (say) this is that the dimensions of the circuit are small compared with the wavelengths of the electromagnetic quantities and thus that it is necessary _____ (consider) only time variations. 6. The second fundamental principle, abbreviated KVL, follows from _____ (apply) the assumption of small size to Faraday's law in integral form. 7. In circuit analysis, the goal is _____ (start) with a connected set of circuit elements such as resistors, capacitors, operational amplifiers, and other devices, and _____ (find) the voltages across and currents through each element, additional quantities, such as power dissipated, are often computed. 8. _____ (energize) the circuit, sources of electric energy must be connected.

Exercise 2.

Read the sentences. Point out the Participle forms and complete the chart below.

1. Collectively, they are known as Maxwell's equations, recognizing the work of James Clerk Maxwell's, a Scottish physicist, who solidified the theory. 2. Some writers consider only the first two as Maxwell's equations, calling the last two as supplementary equations. 3. One common form of expressing the law is the equation

$$v = -\frac{d\psi}{dt}$$

where v is the voltage induced by the changing flux. 4. The negative sign expresses the principle of conservation of energy, indicating that the direction of the voltage is such as to oppose the changing flux. 5. This effect is known as Lenz's law. 6. The current consists of two components, a steady or constant component and a time-varying component usually called displacement current. 7. These expressions have three identifying characteristics.

Participle I	Participle II

Exercise 3.

Translate into English:

1. Йому подобається запрошувати до себе своїх друзів. 2. Я пом'ятаю, що показував їй цього листа. 3. Він ввійшов до кімнати, не помітивши її. 4. Мої ботинки необхідно відремонтувати. 5. Цю сукню необхідно випрати. 6. Ці сорочки необхідно висушити. 7. Цю книгу варто прочитати.

Exercise 4.

Translate into Ukrainian:

1. I think of going to the south in autumn. 2. We insist on their taking part in this expedition. 3. He objected to his son's going to the south. 4. Reading is his favourite occupation. 5. He finished reading the book. 5. On coming home he began to read. 6. I remember seeing her there.

LESSON 4.6.

TEXT

DC, AC SOURCES

DC Sources.

Some sources, such as batteries, deliver electric energy at a nearly constant voltage, and thus they are modeled as constant voltage sources. The term *dc sources* basically means *direct-current sources*, but it has come to stand for constant sources as well.

AC Sources. Most of the electric energy used in the world is generated, distributed, and utilized in sinusoidal form. Thus, beginning with Charles P. Steinmetz, a German-American electrical engineer, much effort has been devoted to finding efficient ways to analyze and design circuits that operate under sinusoidal excitation conditions. Sources of this type are frequently called ac (for alternating current) sources. The most general expression for a voltage in sinusoidal form is of the type

$$v(t) = V_m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f + \alpha) = V_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \alpha)$$

and, for a current

$$i(t) = I_m \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f + \beta) = I_m \cdot \cos(\omega \cdot t + \beta)$$

Some writers use sine functions instead of cosine functions, but this has only the effect of changing the angles α and β .

These expressions have three identifying characteristics, the maximum or peak value (V or I), the phase angle (α or β), and the frequency f , measured in hertz (Hz) or cycles per second, or ω , measured in radians/second. A powerful method of circuit analysis depends on these observations. It is called *phasor analysis*.

The Imaginary Operator. A term that arises frequently in phasor analysis is the imaginary operator

$$j = \sqrt{-1}.$$

Electrical engineers use j , since i is reserved as the symbol for current. Mathematicians, physicists, and others are more likely to use i for the imaginary operator.

Euler's Relation. A relationship between trigonometric and exponential functions, known as *Euler's relation*, plays an important role in phasor analysis. The equation is

$$e^{jx} = \cos x + j \cdot \sin x$$

If this equation is solved for the trigonometric terms, the result is

$$\cos x = \frac{e^{jx} + e^{-jx}}{2}$$

$$\sin x = \frac{e^{jx} - e^{-jx}}{2}$$

In phasor analysis, this equation is used by writing it as

$$e^{j(\omega \cdot t + \alpha)} = \cos(\omega \cdot t + \alpha) + j \cdot \sin(\omega \cdot t + \alpha)$$

Thus, it is observed that the cosine term in the preceding expressions for voltage and current is equal to the real-part term from Euler's relation. Thus, it will be seen possible to substitute the general exponential term for the cosine term in the source expressions, then, to find the solution (currents and voltages) to the exponential excitation, and finally, to take the real part of the result to get the final answer.

Steady-State Solutions. When the complete solution for current and voltage in a linear, stable, time-invariant circuit is found, two types of terms are found. One type of term, called the *complementary function* or *transient solution*, depends only on the elements in the circuit and the initial energy stored in the circuit when the forcing function is connected. If the circuit is stable, this term typically becomes very small in a short time.

The second type of term, called the *particular integral* or *steady-state solution*, depends on the circuit elements and configuration and also on the forcing function. If the forcing function is a single-frequency sinusoidal function, then it can be shown that the steady-state solution will contain terms at this same frequency but with differing amplitudes and phases. The goal of phasor analysis is to find the amplitudes and phases of the voltages and currents in the solution as efficiently as possible, since the frequency is known to be the same as the frequency of the forcing function.

3. VOCABULARY

deliver - звільняти

utilization - використання

finding - висновок

efficient - кваліфікований, ефективний

precede - передувати

excitable - збуджений

complet - повний, завершений

transient - перехідний, нестационарний

particular - особливий, особовий

4. GRAMMATICAL NOTES

ПРИСЛІВНИК (THE ADVERB)

Прислівником називається частина мови, що вказує на ознаку дії або на різні обставини, при яких протікає дія. Прислівник ставиться до дієслова і показує як, де, коли т.п. відбувається дія.

He works **hard**.

He lives **here**.

I have not met him **lately**.

Він працює ретельно.

Він живе тут.

Я його не зустрівав останнім часом.

Прислівник може також ставитися до прикметника або іншого прислівника, вказуючи на їх ознаки:

He is a **very** good student.

Він дуже добрий студент.

She translated the article **quite** well.

Вона переклала статтю досить добре.

У реченні прислівник служить обставиною.

КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИСЛІВНИКІВ ЗА ЗНАЧЕННЯ ІХ ВИКОРИСТАННЯ

1. За своїм значенням прислівники поділяються на наступні основні групи:

а. Прислівника місця: **here** тут, сюди, **there** там, туди, **where** де, куди, **inside** всередину, усередині, **outside** зовнішній, зовні, **above** вище, зверху, **below** знизу, нижче, **somewhere**, **anywhere** де-небудь, куди-небудь, **nowhere** ніде, нікуди, **elsewhere** де-небудь у іншому місці та ін.:

He will stay **there** until June.

Він залишиться там до червня.

I opened the box and saw that there was nothing inside.

Я відкрив коробку й побачив, що всередині нічого нема.

1) Прислівник **somewhere** вживається в стверджувальних реченнях:

I left my umbrella **somewhere**.

Я десь залишив свою парасольку.

2) Прислівник **anywhere** використовується у запитальних і заперечних реченнях:

Are you going anywhere to-morrow?

Ідете ви куди-небудь завтра?

I can't find my dictionary **anywhere**.

Я ніде не можу знайти свого словника.

3) Прислівник **nowhere** вживається у коротких відповідях:

Where did you go after supper?
Nowhere.

- Куди ви ходили після вечері? -
Нікуди.

У інших випадках прислівник **nowhere** використовується дуже рідко; замість його звичайно використовується **not ... anywhere**:

They went **nowhere** after supper.
did not go anywhere after supper.

Вони нікуди не ходили після вечері.

Nowhere використовується з дієсловом в стверджувальній формі, оскільки в англійському реченні можливо тільки одне заперечення.

2. Прислівник часу: **now** зараз, *тепер*, **when** коли, **then** тоді, **to-day** сьогодні, **yesterday** вчора, **to-morrow** завтра, **before** колись, *раніше*, **lately** до недавнього часу, *(за) останній час*, **recently** нещодавно, *днями*, **once** один раз, *колись*, **ever** коли-небудь, *колись*, **never** ніколи, **always** завжди, **often** часто, **seldom** рідко, **usually** звичайно, *зазвичай* **sometimes** іноді, **already**, **yet** уже, **(not)...yet**, *ще (ні)*, **still** усе ще, **since** з тих пір і ін.:

I was very busy **yesterday**.

Я був дуже зайнят вчора.

He **usually** goes to bed at eleven o'clock.

Він звичайно лягає об одинадцятій годині.

He left Kyiv in 1993, and I haven't seen him **since**.

Він поїхав з Києва в 1993 р.і я не бачив його з тих пір.

1) Прислівник **never** вживається з дієсловом в стверджувальній формі, оскільки в англійському реченні можливо тільки одне заперечення:

I have **never** been there.

Я ніколи там не був.

2) Прислівник **yet** у значенні *вже* використовується тільки у запитальних реченнях. Прислівник **already** *вже* у запитальних реченнях використовується при вираженні подиву з приводу того, що подія відбулася так швидко:

Have you finished your work yet?

Ви вже скінчили вашу роботу?

Have you finished **already**?

Вы вже скінчили? (Як, вже скінчили?)

3. Прислівника міри й ступеня: **much** *багато*, **little** *мало*, **very** *дуже*, **too** *занадто*, **so** *так*, *таким чином* **enough** *достатньо*, **hardly**, **scarcely** *ледве*, **nearly**, **almost** *майже* і ін.

1) Прислівник **much** *багато* використовується, головним чином, у запитальних і заперечних реченнях. В стверджувальних реченнях замість **much** звичайно використовується **a lot, a great deal**:

Has he read **much**?

Він багато читав?

He hasn't read **much**.

Він небагато читав.

He has read **a lot (a great deal)**.

Він багато читав.

Прислівник **much**, однак, використовується в стверджувальних реченнях, коли він визначається прислівниками **very, rather, too, so, as, how**:

He reads **very much**.

Він дуже багато читає.

He plays football **too much**.

Він занадто багато грає у футбол.

2) Прислівник **little** *мало* використовується, як і **much**, в стверджувальних реченнях, коли він визначається прислівниками **very, rather, too, so, as, how**. Коли **little** не визначається цими прислівниками, воно звичайно замінюється на **not ... much**:

He doesn't read **much** (*замість*: He reads little).

She doesn't speak **much** about it (*замість*: she speaks little about it).

3) Прислівники **very** *дуже*, **too** *занадто*, **so** *так* і **how** *як* визначають прикметник або прислівник:

He is **very** clever.

Він дуже розумний.

You are walking **too** fast.

Ви йдете занадто швидко.

He was **so** glad to see me.

Він був такий радий бачити мене.

How late it is!

Як пізно!

Для визначення дієслова або дієприкметника минулого часу ці прислівники не можуть використатися самостійно, а вживаються в сполученні з прислівником **much**, який у цьому випадку окремо на українську мову неперекладається:

He was **very much** interested in what I said.

Він дуже зацікавився тим, що я сказав.

I was **too much** surprised to say anything.

Я був занадто здивований, щоб казати що-небудь.

I want to see him **so much**.

Я так хочу його бачити.

You know **how much** I like my work.

Ви знаєте, як я люблю свою роботу.

Таким чином, українськи прислівники *дуже, занадто, так, як* перекладаються на англійську мову за допомогою **very, too, so, how**, коли вони визначають прикметник або прислівник, і за допомогою **very much, too much, so much, how much**, коли вони визначають дієслово або дієприкметник минулого часу:

Він дуже розумний чоловік.

He is a **very** clever man.

Я **дуже** люблю свою роботу.

I like my work **very much**.

4) Прислівники **hardly** і **scarcely** вживаються із значенням *ледь*:

I could **hardly (scarcely)** understand him. Я ледь міг зрозуміти його.

Hardly та **scarcely** часто використовуються у сполученні з **any, anybody, anything, anywhere, ever**. В цьому випадку вони відповідають українському прислівнику *майже* у заперечних реченнях:

There were **hardly (scarcely)** any people in the street. На вулиці майже не було людей.

There was **hardly (scarcely)** any water in the well. В колодязі майже не було води.

I **hardly (scarcely)** ever see him. Я майже ніколи його не бачу.

5) Прислівники **nearly** та **almost** *майже, мало не, трохи не* використовуються в заперечних реченнях. Коли **nearly** і **almost** ставляться до дієслова, вони можуть також мати значення *ледве не*:

I've **nearly (almost)** finished my work. Я майже закінчив свою роботу.

I **nearly (almost)** made a mistake. Я **ледве не** зробив помилки.

I **nearly (almost)** fell. Я **ледве не** впав.

Nearly і **almost** *майже* не вживаються в заперечних реченнях.

4. Прислівника образа дії: **well** *добре*, **fast, quickly** *швидко*, **slowly** *повільно*, **quietly** *спокійно, тихо*, **easily** *легко* та ін. Більшість прислівників цієї групи утворюються від прикметників за допомогою суфікса **-ly**, що є формальною ознакою прислівника в англійській мові:

Have you rested **well**? Чи добре ви відпочили?

He came into the room very **quickly**. Він увійшов у кімнату дуже швидко.

5. EXERCISES

Exercise 1.

Identify the adjective or the adverb in each sentence, as in the example.

1. Tom is very clever. – *adjective*
2. He slowly left the room.
3. The exam was difficult.
4. Sue's project is rather interesting.
5. Laser beams are used extensively in surgery.
6. She quietly closed the door.

7. It's easy to make mistakes.
8. Roger was late for work every day last week.
9. He tried hard to solve the problem.
10. They hardly know anyone in this town.

Exercise 2.

Complete the sentences using the adverbs in brackets.

1. They will clean the house. (tomorrow)
2. They have been talking. (for an hour / quietly / in the office)
3. She read the paper. (on the train / carefully)
4. James has been playing on his computer. (all evening / in his room)
5. He knew he had made the right choice .(then)
6. His plan was brilliant. (absolutely)
7. They were confused. (totally)
8. The question was difficult. (rather)

Exercise 3.

Translate into English:

1. Він працює дуже швидко.
2. Ви там довго мешкамитиме?
3. Ми не ходили далеко сьогодні.
4. Літак летів дуже низько.
5. Він дуже небагато читає.
6. Ціна дуже низька.
7. Йдіть прямо по вулиці, а потім зверніть ліворуч.

Exercise 4.

Translate into Ukrainian:

1. Unfortunately, he wasn't at home when we came.
2. You will probably find this book in the library.
3. Why are you late?
4. It was warm, so I went for a walk.
5. He took fast train to Kyiv.
6. He returned from a long journey.

LESSON 4.7

1. TEXT

REACTIVE VOLTAMPERES

When the voltage across a device and the current through a device are given, respectively, by

$$v(t) = V_m \cos(\omega \cdot t + \alpha)$$

and

$$i(t) = I_m \cos(\omega \cdot t + \alpha)$$

a computation of the power delivered to the device as a function of time shows

$$p(t) = \frac{V_m \cdot I_m}{2} \cdot [\cos(\alpha - \beta) + \cos(\omega t + \alpha + \beta)]$$

In addition to the constant term that represents the average power, there is a double-frequency term that represents energy that is interchanged between the electric and magnetic fields of the device and the source. This quantity is called by the term *reactive voltamperes* (vars). It may be shown that

$$\text{var} = \frac{V_m \cdot I_m}{2} \cdot \sin(\alpha - \beta)$$

and

$$\text{var} = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \sin(\alpha - \beta)$$

Power and Vars. If the phasor voltage across a device and the phasor current through the device are given, respectively, by

$$V_1 = V_{\text{eff}} \cdot e^{j\alpha}$$

and

$$I_2 = I_{\text{eff}} \cdot e^{j\beta}$$

$$VA = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}^* = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot [\cos(\alpha - \beta) + j \cdot \sin(\alpha - \beta)]$$

where * represents the complex conjugate, which may be used to find both average power and vars. The real part of the expression is the average power, while the imaginary part is the vars.

Circuit Reduction Techniques. When a circuit analyst wishes to find the current through or the voltage across one of the elements that make up a circuit, as opposed to a complete analysis, it is often desirable to systematically replace elements in a way that leaves the target elements unchanged, but simplifies the remainder in a variety of ways. The most common techniques include series/parallel combinations, wye/delta (or tee/pi) combinations, and the Thevenin-Norton theorem.

Series Elements. Two or more electrical elements that carry the same current are defined as being in series. Figure 4.1 shows a variety of equivalents for elements connected in series.

Parallel Elements. Two or more electrical elements that are connected across the same voltage are defined as being in parallel.

Wye-Delta Connections. A set of three elements may be connected either as a wye, shown in Fig. 4.2a, or a delta, shown in Fig. 4.2b. These are also called *tee* and *pi* connections, respectively. The equations give equivalents, in terms of resistors, for converting between these connection forms

$$R_c = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_1}; R_b = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_2};$$

$$R_a = \frac{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}{R_3};$$

$$R_1 = \frac{R_a \cdot R_b}{R_a + R_b + R_c}; R_2 = \frac{R_a \cdot R_b}{R_a + R_b + R_c}; R_3 = \frac{R_a \cdot R_b}{R_a + R_b + R_c}.$$

In practice, application of one of these conversion pairs will lead to additional series or parallel combinations that can be further simplified.

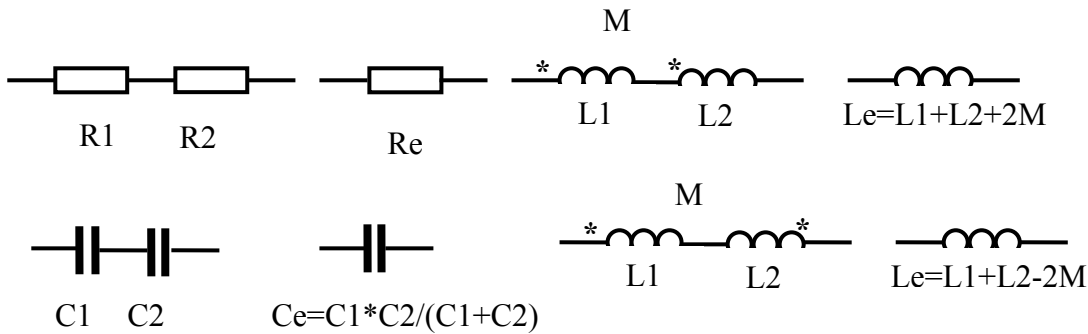


FIGURE 4.1 Parallel-connected elements and equivalents: (a) resistors in parallel; (b) capacitors in parallel; (c) inductors in parallel, aiding fluxes; (d) inductors in parallel, opposing fluxes.

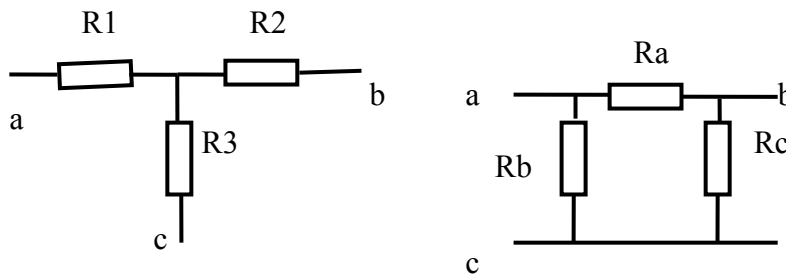


FIGURE 4.2 (a) Wye-connected elements; (b) delta-connected elements

Thevenin-Norton Theorem. The Thevenin theorem and its dual, the Norton theorem, provide the engineer with a convenient way of characterizing a network at a terminal pair. The method is most useful when one is considering various loads connected to a pair of output terminals. The equivalent can be determined analytically, and in some cases, experimentally. Terms used in these paragraphs are defined in Fig. 4.3.

Thevenin Theorem. This theorem states that at a terminal pair, any linear network can be replaced by a voltage source in series with a resistance (or impedance). It is possible to show that the voltage is equal to the voltage at the terminal pair when the external load is removed (open circuited), and that the resistance is equal to the resistance calculated or measured at the terminal pair with all independent sources de-energized. De-energization of an independent source

means that the source voltage or current is set to zero but that the source resistance (impedance) is unchanged. Controlled (or dependent) sources are not changed or de-energized.

Norton Theorem. This theorem states that at a terminal pair, any linear network can be replaced by a current source in parallel with a resistance (or impedance). It is possible to show that the current is equal to the current that flows through the short-circuited, terminal pair when the external load is short circuited, and that the resistance is equal to the resistance calculated or measured at the terminal pair with all independent sources de-energized. De-energization of an independent source means that the source voltage or current is set to zero but that the source resistance (impedance) is unchanged. Controlled (or dependent) sources are not changed or de-energized.

Thevenin-Norton Comparison. If the Thevenin equivalent of a circuit is known, then it is possible to find the Norton equivalent by using the equation

$$V = I \cdot R$$

as indicated in Fig. 4.3.

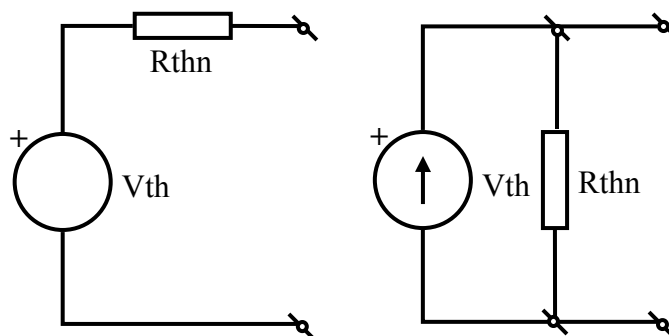


FIGURE 4.3 (a) Thevenin equivalent circuit model; (b) Norton equivalent circuit model.

2. VOCABULARY

average - середнє арифметичне

unchange - незмінний

conversion - перетворення, зміна

network - мережа, розрахункова
схема, коло

convene - складати, збирати

pair - пара, двопровідна лінія

measure - міра, вимірювання

essential - суттєвий, важливий

terminal - затискач, кінцевий апарат

3. GRAMMATICAL NOTES

ПРИСЛІВНИК (THE ADVERB)

До прислівників відносяться також слова **too, also, either, else, only, even.**

Too і **also** *також, теж* вживаються в стверджувальних і питальних реченнях, при чому **too** більше вживано в розмовній мові, ніж **also**. **Either** *також, теж* вживається в заперечних реченнях:

I will be there **too**.

Я теж буду там.

Have you been there **too**?

Ви теж були там?

They **also** agreed with me.

Вони теж погодилися зі мною.

I have not seen him **either**.

Я теж не бачив його.

Else у значенні *ще* використовується з питальними займенниками та прислівниками, а також с невизначеними займенниками і прислівниками, похідними від **some, any, no**:

What else must I do?

Що ще я повинен зробити?

Where else did you go?

Куди ще ви ходили?

Ask **somebody else** about it.

Запитайте ще кого-небудь про це.

Are you going **anywhere else** after that? Ви підете куди-небудь після цього?

Else вживається також зі значенням *інакше, у протилежному випадку, але*. В цьому випадку йому часто передуює **or**.

Прислівник не тільки визначає дієслово, прикметник або інший прислівник, але також може служити:

1. Питальним словом, з якого починається питальне речення. До таких прислівників відносяться: **when?** коли?, **where?** де?, **why?** чому?, **how?** як?.

When did your arrive?

Коли ви приїхали?

Where are you going?

Чому ви так думаєте?

Why do you think so?

Куди ви їдете?

How will he do it?

Як він це зробить?

2. Для з'єднання речень, а саме:

а) для з'єднання незалежних речень. До таких прислівників відносяться: **so-тому, таким чином, отже, therefore** тому, **then** потім, **тоді, however** проте, **однак, nevertheless** тим не менш, **still, yet** – тим не менш, усе ж, **besides** крім того, **moreover** поперх того, крім того, **otherwise, else, or else** інакше, у протилежному випадку, а то:

It was late, **so** I went home.

Було пізно, тому я пішов додому.

It's very fine weather for a walk, but **yet**

Гарна погода для прогулянки, та все

I don't think I'll go out.

ж таки я не думаю виходити.

Go at **once, otherwise (or else)** you will miss your train.

Ідіть негайно, інакше ви запізнитесь на потяг.

б) для приєднання підрядного речення до головного. До таких прислівників відносяться: **when** коли, **where** де, **why** чому, **how** як:

He called **when** I was busy.

Він зайшов, коли я був зайнятий.

I do not know **where** he lives.

Я не знаю, де він живе.

I can't understand **why** he is late.

Я не можу зрозуміти, чому він спізнюється.

I want to know **how** you do it.

Я хочу знати, як ви це робите.

Прислівник **once** вживається для з'єднання речень, що відповідають в українській мові *коли вже* або *варто тільки ... як (и)*:

Once you have promised, you must do it. Коли вже ви обіцяли, то мусити це зробити.
Once you show any fear, the dog will attack you. **Варто тільки** вам виявити страх, як собака нападе на вас.

ФОРМИ ПРИСЛІВНИКІВ

Прислівники поділяються за формою на дві групи: прості й похідні.

Прості прислівники: **here тут, сюди, there там, туди, now тепер, almost майже, soon незабаром** і ін.

Похідні прислівники. До цієї групи відносяться прислівники, утворені від імен прикметників за допомогою суфікса **-ly**: **easily легко, quietly спокійно, slowly повільно** й т.п. Ряд прислівників утворені від інших частин мови: **daily щодня, weekly щотижня, monthly щомісячно** і ін.

Ряд прислівників - **fast, long, far, little, much, early, daily** і ін. - відрізняються за формою від відповідних їм прикметників.

Такі прислівники можна відрізнити від прикметників за виконуємою ними ролі в реченні, маючи на увазі, що прикметники визначають іменник, а прислівника - дієслово, прикметник або інший прислівник:

Прикметник

He took a **fast** train to Sochi. - Він поїхав швидким поїздом до Сочі.

He returned from a **long** journey. - Він вернувся з довгої подорожі.

Vladivostok is in the **Far** East. - Владивосток знаходиться на далекому Сході.

We have very **little** time. - У нас обмаль часу.

We have not **had much** snow. - Цієї зими не було багато снігу.

He drew a **straight** line. - Він провів пряму лінію.

They left Moscow in the **early** autumn. - Вони виїхали з Москви ранньої восени.

" Evening Dnepr " is a **daily** newspaper. - "Вечірній Днепр" щоденна газета.

Прислівник

He speaks very **fast**. - Він говорить дуже швидко.

Have you been waiting **long**? - Ви чекаєте давно?

We have not walked **far** to-day. - Ми не ходили далеко сьогодні.

He reads very **little**. - Він дуже мало читає.

He reads very **much**. - Він дуже багато читає.

Go **straight** down the street, then turn to the left. - Ідіть прямо по вулиці, потім поверніть ліворуч.

I always get up **early**. - Я завжди встаю рано.

I see him **daily**. - Я бачу його щодня.

Деякі прислівники мають дві форми: одну, що співпадає з відповідним прикметником, і іншу, що скінчується на **-ly**. При цьому прислівник, що скінчується на **-ly**, відрізняється за значенням від прислівника, що збігається за формою с прикметником:

Прикметник	Прислівник, що збігається за формою із прикметником	Найвищий ступінь
He is a hard worker. Він старанний працівник.	He works hard . Він працює ретельно.	I could hardly understand him. Я ледь міг зрозуміти його.
He returned in the late autumn. Він вернувся пізньої осені.	I went to bed late last night. Ліг спати пізно вчора ввечері.	I have not seen him lately . Я його не бачив останнім часом .
He is studying the history of the Near Est. Він вивчає історію Близького Сходу .	He lives quite near . Він живе зовсім близько .	It is nearly five o'clock. Майже п'ята година.

Ряд прислівників вживається в поєднанні з деякими дієсловами, утворюючи з цими дієсловами одне поняття. Значення дієслова при цьому змінюється залежно від прислівника, у сполученні з яким він вживається. До числа таких прислівників відносяться: **about, across, along, around, away, back, by, down, in, on, off, out, over, through, under, up** і ін.

У деяких випадках значення сполучення дієслова із прислівником виходить зі значень слів, що входять до складу сполучення:

to come back вертатися (**to come** приходити, **back** назад, зворотно)

to go away піти (**to go** ідти, **away** геть)

to go down спускатися (**to go** ідти, **down** долу)

В інших випадках значення поєднання не відповідає значенням його складових елементів:

to make out розуміти (**to make** робити, **out** поза)

to put out гасити (**to put** класти, **out** поза)

to give in уступати, здаватися (**to give** давати, **in** усередині)

4. EXERCISES

Exercise 1.

Underline the correct item.

1. The equivalent can be determined **analytical** / **analytically**, and in some cases, **experimental** / **experimentally**. 2. The **effective** / **effectively** value is **common** / **commonly** used to describe the requirements of ac systems. 3. Sources of this type are **frequent** / **frequently** called ac (for alternating current) sources. 4. The term dc sources **basic** / **basically** means direct-current sources, but it has come to stand for

constant sources as well. 5. One terminal may not be **common** / **commonly** to both pairs. 6. Thus, it is observed that the cosine term in the preceding expressions for voltage and current is **equal** / **equal** to the real-part term from Euler's relation. 7. If the current flow between a terminal pair is **proportional** / **proportionally** to the voltage across another pair, then the appropriate model is a voltage-controlled current source (VCCS). 8. When a circuit analyst wishes to find the current through or the voltage across one of the elements that make up a circuit, as opposed to a **complete** / **completely** analysis, it is often desirable to **systematical** / **systematically** replace elements in a way that leaves the target elements unchanged, but simplifies the remainder in a variety of ways.

Exercise 2. Translate into English:

1. Він залишиться дома до червня. 2. Я відчинив шухляду і побачив, що там нічого немає. 3. Я десь залишив свою парасольку. 4. Ви завтра куди-небудь йдете? 5. Вони нікуди не пішли після вечері. 6. Вокзал далеко? 7. Ми учора далеко ходили.

Exercise 3.

Translate into Ukrainian:

1. He had a loud voice. 2. Don't talk so loud (loudly). 3. He walked at slow pace. 4. He walked slow (slowly). 5. She made a quick movement. 6. He ran very quick (quickly). 7..She doesn't like bright colours. 8. The sun is shining bright (brightly).

LESSON 4.8.

TEXT

SOLUTION OF NODAL AND LOOP CURRENT EQUATIONS

Solution of Nodal Equations. In BC and ΦC (sinusoidal steady-state) circuits, the Y terms are numerical terms. Calculators that handle matrices and mathematical software programs for computers permit rapid solutions. Ordinary determinant methods also suffice. The result will be a set of values for the various voltages, all determined with respect to the reference node voltage. If the terms in the equation are generalized admittances, then the solution will be a quotient of polynomials in the Laplace transform variable s . More is said about such solutions in that section.

Solution of Loop Current Equations. In DC and AC (sinusoidal steady-state) circuits, the Z terms are numerical terms. Calculators that handle matrices and mathematical software programs for computers facilitate the numerical work. Ordinary determinant methods also suffice. The result will be a set of values for the various loop currents, from which the actual element currents can be readily obtained. If the terms in the equation are generalized admittances, then the solution will be a

quotient of polynomials in the Laplace transform variable s . More is said about such solutions in those paragraphs.

Sinusoidal Steady-State Example. Figure 4.4 shows a circuit with a current source, two resistors, two capacitors, and one inductor. (The network is scaled.) The current source has a frequency of 2 rad/s and is sinusoidal. Figure 4.4 *b* shows the circuit prepared for phasor analysis. The equations that follow show the writing of KCL equations for two voltages and their solution, which is shown as a phasor and as a time function

$$2 = V_1 \cdot (1 + j \cdot 2.00 - j \cdot 0.25) - V_2 \cdot (-j \cdot 0.25)$$

$$0 = -V_2 \cdot (-j \cdot 0.25) + V_1 \cdot (1 + j \cdot 2.00 - j \cdot 0.25)$$

$$V_2 = 0.0615 - j \cdot 10.77 = 0.124 \cdot e^{j \cdot 2.6224} (\text{angle_in_radians})$$

$$V_2(t) = 0.124 \cdot \cos(\omega \cdot t + 2.6224) = 0.124 \cdot \cos(\omega \cdot t + 2.6224) = 0.124 \cdot \cos(\omega \cdot t + 150.25)$$

Computer Methods. The rapid development of computers in the last few years has led to the development of many programs written for the purpose of analyzing electric circuits. Because of their rapid analysis capability, they also are effective in design of new circuits. Programs exist for personal computers, minicomputers, and mainframe computers. Probably the most popular is MathCAD, which is an acronym for Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis. The personal computer version of this program is MathCAD. Most of these programs are in the public domain in the United States. It is convenient to discuss how a circuit is described to a computer program and what data are available in an analysis.

MathCAD Circuit Description. The analysis of a circuit with MathCAD or another program requires the analyst to describe the circuit completely. Every node is identified, and each branch is described by type, numerical value, and nodes to which it is connected $e^{j(a1+a2)}$. Active devices such as transistors and operational amplifiers can be included in the description, and the program library contains complete data for many commonly used electronic elements.

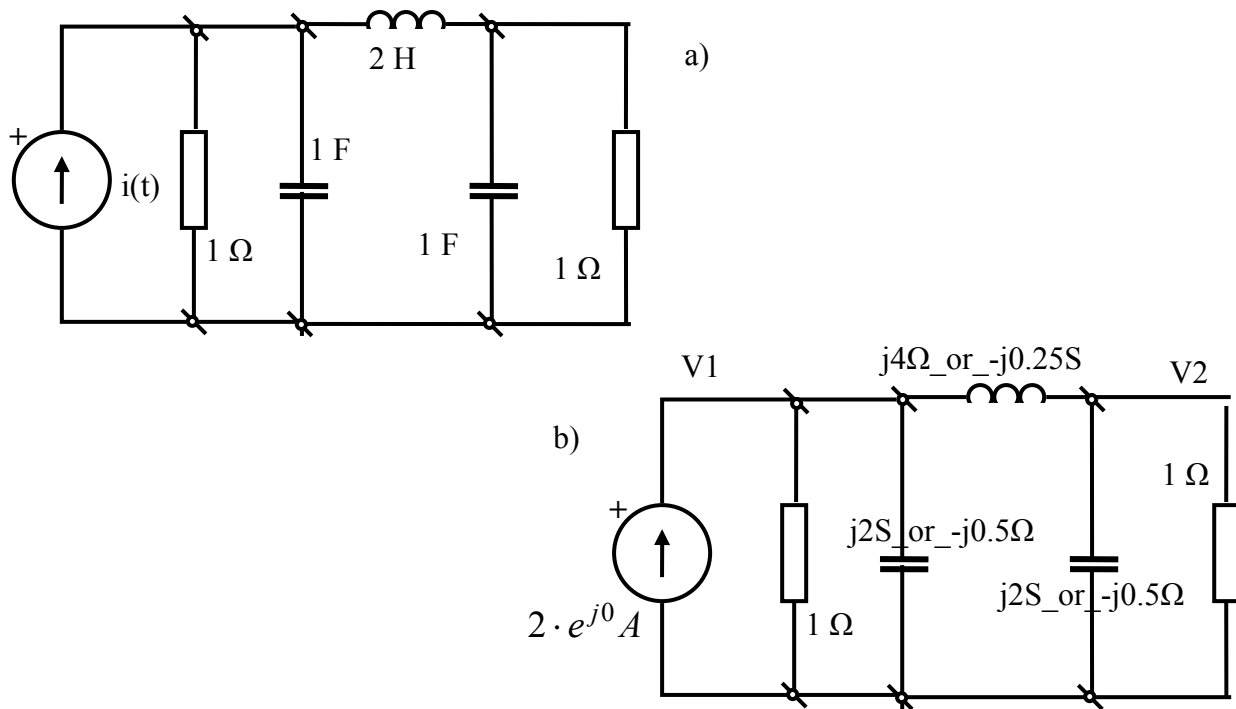


FIGURE 4.4 Sinusoidal steady-state analysis example: (a) circuit with sinusoidal source and two nodes; (b) phasor domain equivalent circuit.

MathCAD Analysis Results. The analyst has a lot of control over what analysis results are computed. If a circuit is resistive, then a DC analysis is readily performed. This analysis is easily expanded to do a sensitivity analysis, which is a consideration of how results change when certain components change. Further, such analyses can be done both for linear and nonlinear circuits.

If the analyst wishes, a sinusoidal steady-state analysis is then possible. This includes *small-signal analysis*, a consideration of how well circuits such as amplifiers amplify signals which appear as currents or voltages. A frequency response is possible, and the results may be graphed with a variety of independent variables.

Other possible analyses include noise analyses — a study of the effect of electrical noise on circuit performance — and distortion analyses. Still others include transient response studies, which are most important in circuit design. The results may be graphed in a variety of useful ways. References give useful information.

Additional Programs. A major advantage of these computer methods is that they work well for all types of circuit - low or high power, low or high frequency, power or communications. This is true even though the program's name might indicate otherwise. However, in some types of analysis, special programs have been developed to facilitate design and analysis. For example, power systems are often described by circuits that have more than 1000 nodes but very few nonzero entries in the circuit matrix. These special characteristics have led to the development of efficient programs for such studies. Several references address these issues.

$$V_{\text{source}} := 30\text{V}$$

$$R1 := 3\ \Omega \quad R4 := 1.5\ \Omega \quad R7 := 1\ \Omega$$

$$\begin{aligned}
R2 &:= 6\Omega & R5 &:= 3\Omega & R8 &:= 1\Omega \\
R3 &:= 3\Omega & R6 &:= 1.5\Omega & R9 &:= 1\Omega \\
R_{loop3} &:= R7 + R8 + R9 \\
R_{loop2} &:= R4 + R6 + 1 / (1/R5 + 1/R_{loop3}) \\
R_{loop1} &:= R1 + R3 + 1 / (1/R2 + 1/R_{loop2}) \\
I &:= V_{source} / R_{loop1} \\
I &= 3.5A
\end{aligned}$$

FIGURE 4.5 MathCAD equation.

2. VOCABULARY

node - вузол

reference - еталонний

complete - доповнюючий

capable - здатний

rapid - швидкий

purpose - мета, намір

completely - завершений, закінчений

further - далі, окрім того

frequency - частота

3. GRAMMATICAL NOTES

СТУПЕНІ ПОРІВНЯННЯ ПРИСЛІВНИКІВ

Богато прислівників (головним чином прислівники способу дії) можуть мати ступені порівняння, які утворюються так само, як і ступені порівняння прикметників.

Односкладові прислівники утворюють порівняльний ступінь шляхом додавання суфікса **-er**, а найвищий ступінь - суфікса **-est** до форми позитивної ступені.

Так само утворить ступені порівняння двоскладовий прислівник **early**:

Позитивна ступінь	Порівняльна ступінь	Найвища ступінь
fast швидко	faster швидше	fastest швидше всього (усіх)
hard ретельно	harder старанніше, більш ретельно	hardest старанніше всього (усіх)
late пізно	later пізніше	latest пізніше всього (усіх)
soon швидко	sooner швидше	soonest швидше за все (усіх)
early рано	earlier раніше	earliest раніше за все (усіх)

Прислівники, утворені від прикметників за допомогою суфікса **-ly**, утворюють порівняльний ступінь за допомогою **more**, а найвищий ступінь за допомогою **most**:

Позитивна ступінь	Порівняльна ступінь	Найвища ступінь
clearly ясно bravely хоробро	more clearly ясніше, більш ясно more bravely хоробріше, більш хоробро	most clearly ясніше всього (усіх) most bravely хоробріше усього (усіх)
correctly правильно	more correctly вірніше, більш правильно	most correctly вірніше всього
cautiously обережно	more cautiously обережніше, більше обережно	most cautiously обережніше усього (усіх)

Ступені порівняння прислівників **often** часто, **quickly** швидко, **slowly** повільно утворюються обома способами:

Позитивна ступінь	Порівняльна ступінь	Найвища ступінь
often	oftener more often	oftenest most often
quickly	quicker more quickly	quickest most quickly
slowly	slower more slowly	slowest most slowly

Наступні прислівники, як і відповідні їм прикметники, утворюють ступеня порівняння не за правилом:

Позитивна ступінь	Порівняльна ступінь	Найвища ступінь
well добре	better краще	best краще від усіх
badly погано	worse ще поганіше	worst поганіше від усіх
much багато	more більше	most більше від усіх
little мало	less менше	least менше за усіх
far далеко	farther, further далі	farthest, furthest далі від усіх

Коли за прислівником у найвищому ступені треба (або мається на увазі) прийменниковий зворот з **of**, тобто коли він відповідає в українській мові найвищій ступені прислівника, утвореній за допомогою займенника *усіх* (*краще усіх, гірше усіх, вірніше усіх* і т.і.), прислівник може вживатися як без артикля, так і з артиклем **the**.

Коли прийменниковий зворот з **of** відсутній (і не мається на увазі), тобто коли прислівник відповідає в українській мові найвищій ступені прислівника,

утвореній за допомогою займенника *всього* (*краще всього, поганіше всього, правильніший за усе, і т.і.*), артикль не вживається:

Which of the boys works **(the) best** (of all the boys)? Хто із цих хлопчиків працює краще всіх?

I work **best** in the morning. Я найкраще працюю ранком.

Peter came late, Gleb came later and Oleg came **(the) latest** (of all). Петро прийшов пізно, Гліб прийшов пізніше, а Олег прийшов пізніше всіх.

I come home **latest** on Mondays. Пізніше всього приходжу додому по понеділках.

МІСТО ПРИСЛІВНИКА В РЕЧЕННІ

Прислівники образу дії ставляться безпосередньо після дієслова, якщо дієслово є неперехідним:

He walked **slowly**. Він йшов повільно.

The sun shines **brightly**. Сонце світить яскраво.

Коли дієслово є перехідним, прислівник ставиться або після доповнення або перед дієсловом. Прислівник не може стояти між дієсловом і доповненням:

He answered the question **calmly**. Він спокійно відповів на питання.

He **calmly** answered the question

He translated the article **easily**. Він легко переклав статтю.

He **easily** translated the article.

Коли за дієсловом іде інфінітив, прислівник ставиться перед дієсловом:

He **flatly** refused to answer the question. Він рішуче відмовився відповідати на запитання.

Прислівники невизначеного часу **always, often, seldom, ever, never, just, already, yet, usually, generally, sometimes, still, soon, once** і ін. - ставляться поперед дієслова:

He **always** comes early. Він завжди приходить рано.

He **often** goes there. Він часто ходить туди.

I **usually** get up at seven o'clock. Я звичайно встаю о сьомій годині ранку.

I **once** went there with my brother. Одного разу (колись) був там з твоїм братом.

Однак ці прислівники ставляться після дієслова **to be**:

He is **always** here at five o'clock. Він завжди тут о п'ятій годині.

He is **never** late for the lectures. Він ніколи не спізнюється на лекції.

Коли дієслово вживано у складній формі, прислівник невизначеного часу ставиться поміж допоміжним і смисловим дієсловом:

I shall **never** forget it. Я цього ніколи не забуду.

He has **just** left. Він тільки що пішов.

Якщо є два допоміжних дієслова, то прислівники ставляться після першого:

He has **just** been asked to take part in that work. Його тільки що запросили взяти участь у цій роботі.

Примітка. Те саме відноситься і до заперечній частки **not**: He has **not** been asked to take part in that work.

Прислівники невизначеного часу ставляться між модальним дієсловом і інфінітивом:

You must **never** get off the tram when it is moving. Ви ніколи не повинні сходити з трамваю, коли він рухається.

I can **always** prove it to be true. Я завжди можу довести, що це вірно.

Коли дія виражена дієсловом **have** з інфінітивом, прислівник невизначеного часу ставиться перед дієсловом **have**:

I **often** have to go there. Мені часто доводиться туди ходити.

Коли дія виражена сполученням **used** з інфінітивом, прислівник невизначеного часу ставиться перед **used**:

You **always** used to agree with me. Ви завжди погоджувалися зі мною.

Прислівник **yet** у значенні *ще* може стояти або після частки **not**, або після дієслова, а при наявності доповнення - після доповнення:

I have not **yet** read the letter. Я ще не читав листа.

I have not read the letter **yet**

Прислівник **yet** у значенні *вже* розташовується у кінці речення:

Have you read the newspaper **yet**? Ви вже читали газету?

Прислівник **sometimes** може стояти як поперед дієслова, так і на початку або в кінці речення:

I **sometimes** go there (Sometimes I go there, I go there sometimes). Я іноді ходжу туди.

Прислівники часу **to-morrow**, **to-day**, **yesterday** можуть стояти або на початку або наприкінці речення:

Tomorrow I will go there. Завтра я піду туди.

I have seen him **today**. Я бачив його сьогодні.

Прислівники **before** *раніше*, *колись*, **lately** *недавно*, *(за) останній час* і **recently** *недавно*, *на днях* звичайно розташовуються наприкінці речення:

I have seen this film **before**. Я бачив цей фільм раніше.

I have not been there **lately**. Я там не був останній час.

Якщо прислівники місця й часу розташовані на прикінці речення, то прислівник місця передує прислівнику часу:

I met him **there yesterday**. Я зустрів його там вчора.

Прислівники, що визначають прикметники або інші прислівники, ставляться поперед словами, які вони визначають:

I am very **glad** to see you. Я дуже радий вас бачити.

He speaks English **quite** well. Він розмовляє англійською цілком добре.

Винятком є прислівник **enough** *досить*, *достатньо*, що ставиться після прикметника або прислівника, а також після дієслова:

My coat is warm **enough**. Моє пальто досить тепле.

You know English well **enough** to read this book. Ви знаєте англійську мову досить добре, щоб прочитати цю книгу.

He does not work **enough**

Він недостатньо працює.

Примітка. **Enough** може також визначати іменник, будучи в цьому випадку прикметником. Прикметник **enough** зазвичай розташований перед іменником, не може іноді стояти й після нього:

Don't hurry, we have **enough** time(=time **enough**).
Не поспішайте, у нас досить часу.

Прислівники too, either *так само, також* ставляться наприкінці речення:

I shall be there **too**. Я так само буду там.

I have not seen him **either**. Я також ненавидів його.

Too зі значенням *занадто* ставиться поперед слова, яке воно визначає:

There are too many mistakes in your dictation.
У вашому диктанті занадто багато помилок.

4. EXERCISES

Exercise 1.

Write the comparative and superlative forms of the following adverbs.

- | | | |
|----------------|-------|-------|
| 1. efficiently | _____ | _____ |
| 2. hard | _____ | _____ |
| 3. peacefully | _____ | _____ |
| 4. early | _____ | _____ |
| 5. easily | _____ | _____ |
| 6. badly | _____ | _____ |
| 7. well | _____ | _____ |
| 8. far | _____ | _____ |
| 9. greatly | _____ | _____ |
| 10. fast | _____ | _____ |

Exercise 2. Translate into English:

1. Він завжди приходиться рано. 2. Він часто туди ходить. 3. Я зазвичай підіймаюсь о сьомій годині. 4. Я завжди це буду пам'ятати 5. Він тільки що пішов. 6. Він ніколи не запізнюється на лекції. 7.

Exercise 3. Translate into Ukrainian:

1. She works much (far) harder than you. 2. They came much (far) later than I did. 3. He can work still (yet) faster. 4. Tomorrow I'll get up still (yet) earlier. 5. He came by far (far) the latest. 6. She works much the fastest.

CHAPTER 5 THE FIELD OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

LESSON 5.1

1. TEXT

AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

Automatic Control Systems permeate life in all advanced societies today. Technological developments have made it possible to

- travel to the moon;
- explore outer space.
- the space shuttle;
- space station;
- robot;
- industry control, such as the control of temperature, pressure, fluid, lever.

Some Terminologies

Control system is an interconnection of components forming a system configuration that will provide a desired system response.

Reference input (Desired output): excitation applied to a control system from an external source. The reference signal produced by the reference selector. It is the actual signal input to control system.

Disturbance input: a disturbance input signal to the system that has an unwanted effect on the system output.

Output (controlled variable): the quantity that must be maintained at a prescribed value, i.e., it must follow the command input without responding to disturbance inputs.

Feedback: the output of a system that is returned to modify the input.

Error: the difference between the input and the output.

Open-loop control system: a system in which the output has no effect upon the input signal.

Feedback element: the unit provides the measurement value for feeding back the output quantity, or a function of the output, in order to compare it with the reference.

Actuating signal (error signal): the signal that is the difference between the reference input and the feedback signal. It is the input to the control unit that causes the output to have the desired value.

Negative feedback: the output signal is feed back so that it subtracts from the input signal.

Closed-loop control system – A system in which the output has an effect upon the input quantity in such a manner as to maintain the desired output value. That is, a system that uses a measurement of the output and compares it with the desired output.

Control systems are used to achieve:

- (1) increased productivity;
- (2) improved performance of a device or system.

The control of an industrial process (manufacturing, production, and so on) by automatic rather than manual means is often called automation. Automation is used to improve productivity and obtain high-quality products.

History of automatic control

The first automatic feedback controller used in an industrial process is generally agreed to be James Watt's fly ball regulator, developed in 1769 for controlling the speed of a steam engine. Shown in Fig.1.

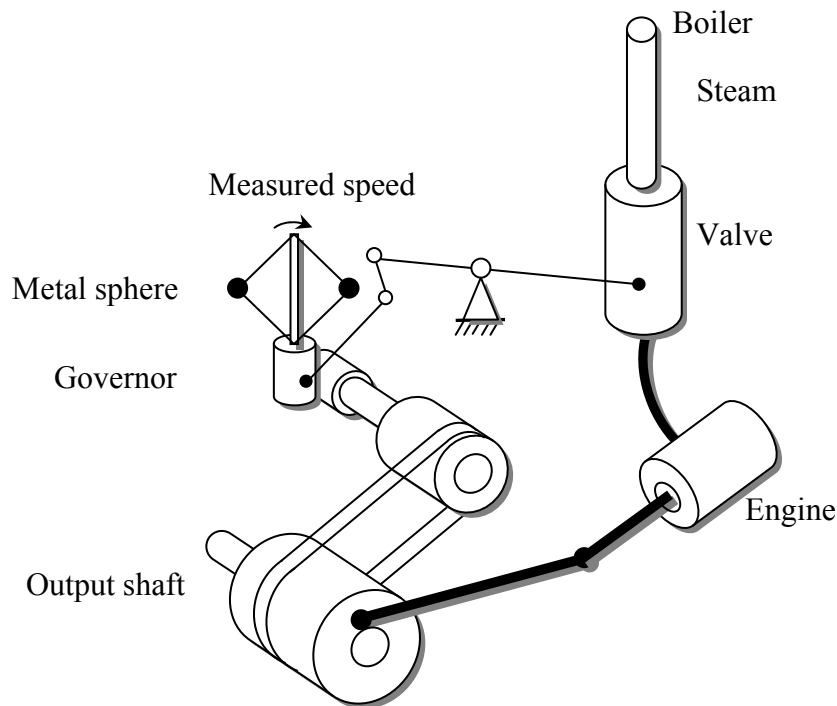


FIGURE 1. Fly ball regulator

The all-mechanical device, shown in fig.1. measured the speed of the output shaft and utilized the movement of the flyball with speed to control the valve and therefore the amount of steam entering the engine. As the speed increases, the ball weights rise and move away from the shaft axis, thus closing the valve. The flyweights require power from the engine to turn and therefore cause the speed measurement to be less accurate.

2. VOCABULARY

control system – система керування

desired output – затребуваний (очікуваний, необхідний) вихід (регулятора, системи керування, датчиків координат)

disturbance input – вхід впливу

reference input – вхід для подання сигналу керування

applied – прикладний, практичний

unwanted effect – небажаний вплив

збурення

disturbance input – збурюючий
ВПЛИВ

error - похибка

excitation – активізація, збудження

flyweight – центробіжний вантаж

interconnection – взаємозв'язок,
з'єднання, об'єднуючий зв'язок

maintain - підтримувати

negative feedback – негативний
зворотній зв'язок

open-loop control

system – розімкнена система

output - вихід

rise – підвищення

value – величина, цінність, вартість

feedback element – давач (*пристрій
для виміру вихідної координати, що
керується*) координати

(*ефект, наслідок від впливу*)

error signal – сигнал за похибкою

actual – фактичний, існуючий,

engine – двигун, машина, паровоз

governor – регулятор, пристрій
керування

prescribe – призначати, доручувати

controller – регулятор,
пристрій керування

closed-loop control

system – замкнена система
керування

controlled variable – змінна, що
керується

increases – збільшення

feedback – зворотний зв'язок

follow – слідити, супроводжувати,

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перепишіть наступні речення та зробіть їх синтаксичний розбір.

1. At the same time, engineers were taught more math and science so that concepts could be understood and examined at a more fundamental level.

2. By the early 1960s, control engineers already began to recognize a shift from their previously practically-oriented subject to an abstract and theory-oriented one.

3. Today automatic control emphasizes mathematical rigor and theory over the hands-on, application-oriented approach of the 1930s.

4. On the other end of the academic/industry spectrum, when automatic control is used in industry, newly developed theory is rarely used.

Exercise 3

Перекладіть на українську мову речення.

1. Before World War II, developments in automatic control were divided among several diverse disciplines. 2. One of these problems, process control, emerged with a heavy industrial focus, and automatic control was used to create the highest quality product at the lowest cost. 3. Each area of interest provided a different culture, a different terminology, and different tools with which to solve its problems. 4. Such a division between the groups prevented the discussion necessary to move beyond simple design of mechanisms and towards a theoretical foundation for automatic control. 5. However, most of the emphasis on theory came after the war. 6. In addition, educators prompted the study of more mathematics and science so that students could take new and more creative directions in research through a more thorough understanding of the fundamentals. 7. Unfortunately for many of these critics, theory had become more important in developing techniques to manage the more complex systems that were being studied after the war. 8. Indeed, while this progression of events defined “the gap” in automatic control, it was the researchers themselves who influenced the shift of their subject from practice to theory. 9. Computers were an obvious choice as a simple platform on which to test new control systems. 10. Thus, the development of new tools such as modeling and computers widened “the gap” by removing a need for practical implementations on real equipment.

Exercise 4

1. Оберіть коректні переклади речень:

- *a drawing **in** crayon, the people **in** question* –
 - ***in** the controller* –
 - *the sphere was **in** the table, not on it* –
 - *she lives **in** Milan* –
 - *the sphere is **on** the engine*
 - *we sat **on** the floor* –
 - *the key's **in** my pocket* –
- особи, про яких йдеться мова;
 - у регуляторі;
 - шар був у столі, не на цьому;
 - вона живе у Мілані;
 - шар на двигуні;
 - ми сиділи на полу;
 - ключі у моєму кармані.

Exercise 5

Choose the correct words in the conversations (оберіть коректні слова у діалозі).

1: Oh, look. Here's a photo taken in my classroom at primary school. Can you recognise me in / on it?

2: No, I don't think so. Unless that's you right in/ at the back.

1: No, that's not me. I'm the one standing in/ at the corner.

LESSON 5.2

1. TEXT

THE EVOLUTION OF AUTOMATIC CONTROL

In the 1930s, automatic control was still an engineer's dominion. Engineers in a variety of fields used automatic control principles: process and instrumentation engineers used controllers to regulate temperatures and pressures, mechanical engineers used regulators to control the speed of engines, and telephone engineers designed feedback controllers to build linear amplifiers. Despite its common use, a large fraction of the control engineering process consisted of "trial and error" methods with little analysis involved if any at all. A. Ivanoff stated in 1933 that "the science of the automatic regulation of temperature is at present in the anomalous position of having erected a vast practical edifice on negligible theoretical foundations."

For many of the industries using controllers and regulators, economy and practicality led to a "good enough" approach to the discipline of automatic control. Today automatic control emphasizes mathematical rigor and theory over the hands-on, application-oriented approach of the 1930s. For example, one sample undergraduate textbook requires previous knowledge of Laplace transforms, modeling and studying dynamic response with differential equations, and matrix algebra – all relatively advanced mathematical subjects.

While it remains ambiguous to classify papers as theory-based or application-based, only about 35% of regular (non-invited) papers presented at the 2004 American Control Conference were application/hardware-based.

On the other end of the academic/industry spectrum, when automatic control is used in industry, newly developed theory is rarely used. Over 90% of industrial control applications use Proportional-Integral-Derivative (PID) controllers first described in 1922.⁴

By the early 1960s, control engineers already began to recognize a shift from their previously practically-oriented subject to an abstract and theory-oriented one. This phenomenon was even given a name – "The Gap." As evidence to support this gap, George Axelby, the editor of the IRE Transactions on Automatic Control, calculated that in the first six years of the Transactions from 1956 to 1961, 57% of the two hundred published papers could be classified as "highly theoretical." However, from 1959 to 1961 Axelby classified 80% of papers as "highly theoretical." By 1965 Axelby would write another editorial describing "The Gap" and a special meeting was held on "Bridging the Gap Between Theory and Practice" in New York

in 1964. However, questions remained about how, when, and why this gap formed. As in any engineering discipline, the synergy between a subject's theorists and practitioners is critical to the development of both the theory and practice of that discipline. Automatic control's shift from an experimental subject to a highly theoretical one finds its origins in the research organizations developed during World War II, the formation of automatic control as an academic discipline shortly afterwards, and the development of new tools to solve increasingly complex problems. The National Defense Research Committee (NDRC) and its successor, the Office of Scientific Research and Development (OSRD), brought together the diverse groups investigating automatic control in the 1930s. While each group had previously developed its own vocabulary and theory tied to specific applications, the convergence of ideas brought on by the war exposed the fundamental theories of feedback control. After the war, when academia absorbed automatic control, these theories were abstracted from their original applications in the military and industry allowing new insights to be shared and developed more easily. At the same time, engineers were taught more math and science so that concepts could be understood and examined at a more fundamental level. In addition, academia's demand for originality and rigor as well as new, complex application areas introduced a great deal of complexity into the problems automatic control was supposed to solve. To deal with this added complexity, abstraction through modeling and simulation using analog and digital computers was critical. This seemingly simple progression of events would determine not only how and when "the gap" formed, but also why theory took such a prominent role in a previously practical discipline.

In order to improve the quality of their product at a lower cost, the process industries (chemical industry, metals, pasteurization, etc.), began investing in automatic controllers by the early 20th century. Temperature control provides a good example that was common to many industries. For example, the chemical industry might wish to maintain a reaction at a specific temperature ($\pm 5C^0$). Before automatic controllers, a human operator might have been used to adjust the flow rate of one of the reactants while watching a thermometer. If the reaction could be improved by maintaining a temperature within $\pm 1oC$, a human operator might not even be able to react fast enough. However, an automatic controller could both maintain this temperature and save the cost of the human operator.

The first controllers developed for the process control industries were simple on/off controllers much like a thermostat. Once a certain temperature was reached, the flow of the reactant would be turned off. When the temperature reached another given point, the reactant flow would be turned back on. Proportional control offered an improvement to on/off controllers by providing a continuous gain instead of binary switch. Instead of a human flipping a switch to turn the reactant flow off or on, he might use a knob to adjust it instead. If the difference between the desired temperature and measured temperature was large, the operator might turn the knob a lot. If the difference was small, a smaller turn would work. While on/off control was simple, it tended to have significant stability problems. Often the timing between turning something on and off was such that the system overcompensated for small

changes in temperature which would lead to wild temperature swings. While proportional control was still intuitive, it was also an attempt to help solve this stability problem. Proportional controllers could also become unstable, although it was less likely that they would do. The final improvement to proportional controllers before World War II was to add integral (reset) and derivative (rate) terms to the controller. An integral term was used to remove steady-state error from the system. Small errors between the desired temperature and measured temperature occasionally did not provide enough mechanical power to move the valve. Integral control allowed the error to build to a point where the valve would be moved and the error would become zero. Derivative control allowed for faster control by also using the error's rate of change in the controller.

While these controllers were generally specialized mechanisms designed to solve immediate industrial problems, there were also a small number of individuals examining the theory behind these controllers. Nicolas Minorsky analyzed the three terms (proportional, integral, and derivative) of PID controllers as early as 1922 while studying the automatic steering of ships at sea. While not overly complex, his analysis used differential equations to model the dynamics of the ship and controller and provided some constraints to ensure stability. While Minorsky's work was not well known, in the early 1930s A. Ivanoff also attempted to provide a more theoretical basis for process controllers, specifically for temperature regulation. Ivanoff provided a general rule for system stability involving phase shift and loop gain, but some inaccurate assumptions later in his text reduced the general importance of his analysis.

Despite this small theoretical base, most of the controllers built and used in industrial applications prior to the war used a more heuristic approach to development. In the minds of most process control engineers, the controller was replacing a human operator and was therefore designed to accomplish what a human would accomplish in the same position. In addition, Bennett argues that theoretical advances were few due to heavy competition between companies and the lack of publication or information sharing that resulted. Low profit margins in the process industries may also have kept basic research to a minimum. In the 1930s, process control remained heavily skewed towards practice over theory.

2. VOCABULARY

automatic control – автоматичне керування

automatically controlled object – об'єкт, що керується автоматично

control the speed of engines – керування швидкістю двигуна (*парового, внутрішнього згорання*)

convergence – зближення, збіжність, сходження в одній крапці

vocabulary – словник, термінологія

tied – пов'язаний, з'єднаний

controlled physical process –
фізичний процес,
що керується

derivative - похідна

derivative control – регулювання за
похідною
(швидкістю)

emphasizes - підкреслює

feedback – зворотний зв'язок

improve – покращувати, поліпшити

Laplace transforms – перетворення
Лапласу

linear amplifiers – лінійні
підсилювачі

power amplifier – підсилювач
потужності

pressure – тиск, стиснення

previously – завчасно, заздалегідь

regulator – регулятор

simulation - моделювання

to improve – поліпшення

on/off controllers – релейні
контролери

despite – не дивлячись на...

gap – люфт, щілина (розбіжність)

error's rate – оцінювання (вимір)
похибки

heuristic – евристичний

complex – безліч, сукупність,
комплекс, група

demand – вимога, необхідність,
запитання (звернення)

human operator – людина
(оператор)

supposed to solve – очікуване
рішення

feedback control – керування за
зворотнім
зв'язком

hands-on – практичний (*практично-орієнтований*)

synergy – сумісна діяльність,
спрямованість

afterwards - пізніше, потім

despite – не дивлячись на...

process control – керування
виробничим процесом

quality – якість

early – ранній, початковий

heuristic approach – евристичний
підхід

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перепишіть наступні речення та зробіть їх синтаксичний розбір.

1. At the same time, engineers were taught more math and science so that concepts could be understood and examined at a more fundamental level.

2. By the early 1960s, control engineers already began to recognize a shift from their previously practically-oriented subject to an abstract and theory-oriented one.

3. Today automatic control emphasizes mathematical rigor and theory over the hands-on, application-oriented approach of the 1930s.

4. On the other end of the academic/industry spectrum, when automatic control is used in industry, newly developed theory is rarely used.

Exercise 3

Перекладіть на українську мову речення.

1. Before World War II, developments in automatic control were divided among several diverse disciplines. 2. One of these problems, process control, emerged with a heavy industrial focus, and automatic control was used to create the highest quality product at the lowest cost. 3. Each area of interest provided a different culture, a different terminology, and different tools with which to solve its problems. 4. Such a division between the groups prevented the discussion necessary to move beyond simple design of mechanisms and towards a theoretical foundation for automatic control. 5. However, most of the emphasis on theory came after the war. 6. In addition, educators prompted the study of more mathematics and science so that students could take new and more creative directions in research through a more thorough understanding of the fundamentals. 7. Unfortunately for many of these critics, theory had become more important in developing techniques to manage the more complex systems that were being studied after the war. 8. Indeed, while this progression of events defined “the gap” in automatic control, it was the researchers themselves who influenced the shift of their subject from practice to theory. 9. Computers were an obvious choice as a simple platform on which to test new control systems. 10. Thus, the development of new tools such as modeling and computers widened “the gap” by removing a need for practical implementations on real equipment.

Exercise 4

Choose the correct words in the conversations (оберіть коректні слова у діалозі).

1: I don't understand this.

2: What?

1: Well, I want to check something with the college, but it says in / on this letter that I must give a reference number when I phone, and I can't find it.

2: It's in / on the first page.

1: Oops! So it is. Thanks.

1: Where's your sister?

2: *She's at / in wedding.*

1: *Oh? Where?*

2: At/In Paris.

1: *Who's getting married?*

2: She is.

1: Oh.

LESSON 5.3

1. TEXT

FEEDBACK AMPLIFIERS

Process control was only one industry where feedback controllers were taking root. Bell Labs and AT&T had a significant impact on the development of feedback controllers while trying to build a nation-wide long-distance telephone network. By 1915, the first transcontinental phone line had been established between the East Coast of the United States and San Francisco. While this was a significant achievement by itself, the line only delivered a minimal bandwidth and a three minute call cost approximately twenty dollars. Obviously, new techniques were needed to turn long-distance phone service into a commodity.

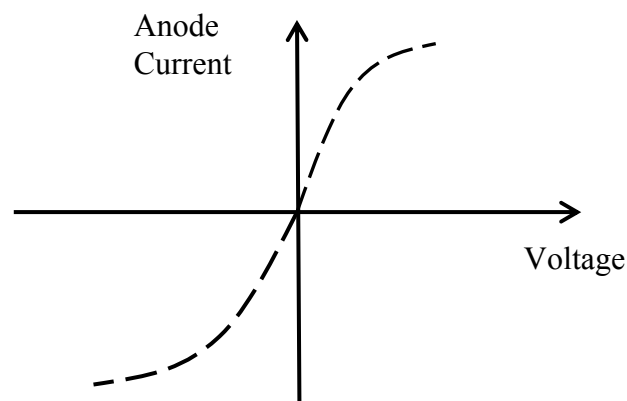


FIGURE 1. Vacuum tube nonlinearity. In a linear device, the anode current would be proportional to the grid voltage and this curve would become a straight line.

The first transcontinental phone line required loading coils and repeaters to maintain the voice signal over a certain distance while transmitting. These components were necessary because resistance inherent in any transmission line will cause a signal to decay as it moves through the wire, requiring the use of signal amplifiers along the wire to maintain the signal. However, these amplifiers had their own set of problems: as seen in Figure 1 the vacuum tube amplifiers used in the 1915 transcontinental line were highly nonlinear which reduced quality as well as the ability to use one line to carry several different voice signals (required to reduce cost).

This nonlinearity meant that if one person sang a perfect C into the amplifier, it would sound quite different at the output. In order to improve quality and allow several voice signals to be sent over the same line, a linear amplifier was required. To accomplish this task, Harold Black of Bell Labs' System Development Department developed the first negative feedback amplifier in 1927. By using a passive feedback network whose components were relatively linear to reduce the gain of a standard nonlinear amplifier, he could also increase the linearity of that amplifier. While it remains unclear how well Black understood the implications of his discovery, his feedback amplifier became a basic building block for long-distance telephony. However, despite significant improvement to linearity, feeding the output signal back into the input of Black's amplifier produced the same stability problems seen in process controllers. With the large research staff of AT&T and Bell Labs available to study this problem, Harry Nyquist of AT&T Research soon devised a graphical technique to test if a particular amplifier design would become unstable. Hendrick Bode followed this by developing a graphical design method where amplifiers could be built to avoid instability. Both of these techniques provided tests on loop gain and phase shift similar to Ivanoff's work in process controllers. However, it is important to note that while both Nyquist and Bode developed techniques that could be used generically in automatic control, they did so with the specific aim of supporting vacuum tube amplifiers and were not necessarily aware of the wider implications of their work.

2. VOCABULARY

ability – здатність, можливість
робити щось,

accomplish – здійснювати, досягати

achievement – досягнення, успіх

along – вздовж за... , у тому ж
напрямі,

amplifier - підсилювач

anode - анод

any – будь який, скільки не будь,
будь-який

approximately - приблизно

as well as – також як,
а також, заодно

avoid – уклонятися, відмінити,
робити недійсним

bandwidth – смуга пропускання

between – між

build – конструкція, форма,
будувати

nation-wide – національна (*мережа*)

necessary – необхідний, потрібний

need – необхідність, потрібність
у чомусь, нестача

negative feedback – негативний
зворотній зв'язок

network - мережа

nonlinearity – нелінійність

obviously – вочевидь

own – свій, власний

particular – рідкісний, особливий

passive – пасивний

perfect – ідеальний

quite – суцільно, майже

reduced – зменшений, занижений

carry – везти, провозити, проводити, переносити, (*carry a good choice* – надавати широкий вибір)

cause – причина, підгрунття

certain – точний, точно визначений, перевірений

coils wire – обмоточний провід

commodity – річ, що споживається, зручність, перевага

components - деталі

cost – ціна, вартість, витрати, розцінювати

curve – крива (лінія), дуга

decay – згасання, ослаблення,

delivered – доставлений, переданий

different – інший, другий, несхожий

established – встановлена

gain – підсилення, приріст, додавання

highly – значно, суттєво

impact – удар, щільне притиснення, значно впливати

implications of his discovery – значення його відкриття

improve – поліпшувати, вдосконалювати

inherent - властивий

long-distance – міжнародний, далекий, континентальний

loop – петля

maintain – підтримувати, зберігати

relatively – відносно, у порівнянні

repeaters – повторювач

resistance – опір, протидія

root – засновник, першопричина

send – посилати, направляти

service – служба, робота, обслуговування

several – декілька

significant – знак, символ, важливий

sing – співати, наспівувати (*минулий час - sang*)

soon – незабаром

straight – прямий, вертикальний

techniques – метод, методика, технологія

transmitting – передаточний, передача, що перекачує, що транспортує

trying – важкий, тяжкий

tube – тунель, камера, радіолампа

turn – обертання, зміна напрямку, вигин

unclear – незрозумілий, туманний

unstable – нестабільний, нестійкий

voice – голос

while – проміжок часу, час

wire - провід

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

While mathematical modeling abstracted problems away from their physical representation, modern computing would take the story the rest of the way. Many

histories have been written on the evolution of computing, but for the purposes of automatic control, modern computing originated with Charles Babbage in the 19th century and his description of an “analytical machine” capable of performing any calculation a user required. This description was first realized by the Harvard Mark I, and more importantly the Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC) during World War II. In an interesting parallel to the work on automatic control during the war, the ENIAC was built to help solve fire control problems by computing targeting trajectories. Similar to automatic control, automatic computing removed humans from the loop in order to improve accuracy, time to completion, and cost.

While digital computers such as the ENIAC were first built during World War II to perform tedious calculations, analog computers had an early history in automatic control as simulators. As a precursor to the analog computer, George Philbrick built hardware equivalent circuits of processes in the 1930s to simulate and test process controllers. Additionally, servomechanisms were used in some of the earliest analog computers such as Vannevar Bush’s differential analyzer which were later used to test fire control algorithms during the war. By the late 1950s digital computing was becoming more popular and finding uses other than simply crunching numbers. George West advocated using digital computers as an integral part in the design process of control systems to reduce design cost.

Exercise 2

Перепишіть наступні речення та зробіть їх синтаксичний розбір.

1. Computers were an obvious choice as a simple platform on which to test new control systems.

2. Thus, the development of new tools such as modeling and computers widened “the gap” by removing a need for practical implementations on real equipment.

3. Despite automatic control’s strong foothold in practice during the 1930s, theory had become the primary research effort in automatic control by the early 1960s.

4. Researchers built a base of knowledge in automatic control from their textbooks and papers, many of which presented the design of theories instead of mechanisms.

Exercise 3

Перекладіть на українську мову речення.

1. In fact, great efforts were made to appeal to industrial members in large control societies and many early researchers expressed a desire for the field to remain connected to its roots in practice. 2. Additionally, modeling and computing allowed researchers to avoid the laboratory entirely by testing their theories on a model instead of a real system. 3. But block diagrams and mathematical abstractions

allowed more than simple aids in communication. 4. However, perhaps more importantly, automatic control was made more accessible in that it was now a problem which could be solved on paper instead of in the laboratory. 5. The language and diagrams used to analyze automatic control systems were moving the subject away from physical systems and towards systems simply described by an evolving meta-language. 6. By associating each physical component with an electrical equivalent that behaved similarly, circuit tools (or the circuits themselves) could be used to analyze the system more simply than dealing with a more difficult mechanical model. 7. Even the more generic block diagram at right still referenced the flow control seen in the more specific diagram at left by drawing the measured variable as a flow. 8. Equivalent circuits had been used previously in communication engineering to provide a more abstract means of designing filters. 9. Prior to this discovery, techniques to analyze control systems were highly application-specific. 10. Instead of fluid flows and motor torques, problems could be framed as signal manipulation within a generic dynamic system.

Exercise 4

Choose the correct words in the conversations (оберіть коректні слова у діалозі).

1: *What was that?*

2: What?

1: I'm sure I saw a face at/in the window.

2: Don't be silly. It's the television, reflected on / in the glass.

1: Did you see Yves in / at the dance?

2: No, of course not. He went back to / in France last week.

1: But I'm sure I saw him in / on the bus yesterday. In fact, he waved to me when we arrived to/at the bus station.

2: How strange. We'll have to investigate what he's up to!

LESSON 5.4

1. TEXT

SERVOMECHANISMS

Yet a third application of automatic control may be found in the development of analog computers at MIT in the 1930s. Analog computers were used to define a model of a much larger system such as an electrical power grid in the case of Vannevar Bush's Network Analyzer. In order to solve the mathematics associated with these large network problems, Bush also began designing machines to calculate certain integrals. These machines, such as the Product Intergraph, solved integral equations by requiring human operators to track a given signal by sliding a pointer

attached to a linear potentiometer. This tracking was subject to human errors as well as being incredibly tedious. To alleviate this problem, one of Bush's students, Harold Hazen, automated this process with the servomechanism.

In his 1934 seminal paper on the theory of servomechanisms, Harold Hazen defined a servomechanism as a device whose output element "...is so actuated as to make the difference between the output and input indications tend to zero." In this sense, the servomechanism tracks, or follows, a given input signal. Hazen also described the servomechanism as a power amplifier where low power inputs could be used to control high power outputs. While this statement seems to draw a connection to the feedback amplifiers at Bell Labs, Hazen did not make this connection originally. Instead, describing a servomechanism as a power amplifier simply meant that a small knob connected to a potentiometer drawing very little current could be used to control the position of a high current, high torque motor as shown in Figure 2.

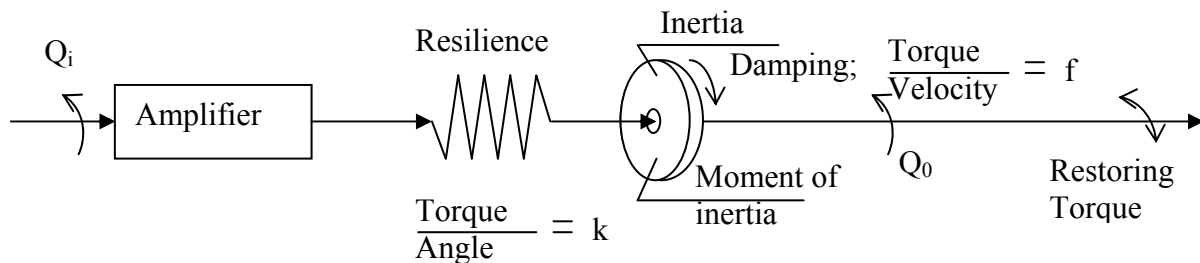


Figure 1 Hazen's drawing of a generic servomechanism. The output angle q_0 follows the input angle q_i even though q_0 may be the shaft of a large motor and the input may be controlled by a small knob.

Servomechanisms grew up in an academic culture quite different from the industrial culture of process control and feedback amplifiers. As such, while Hazen was primarily concerned with the mechanism itself, he also took time to develop some corresponding theory to support his mechanism. In "Theory of Servo-Mechanisms," Hazen studied the dynamic response and stability which were important aspects of his application. In addition, in a relatively thorough literature review, Hazen cited a large number of papers on process control and automatic steering, recognizing the fact that his work might have a broader outlook. Despite this effort, he did not find the connection to Nyquist's previously published paper from Bell Labs, and it would take a war to bring these groups together.

Because the hardware and mechanisms used for process controllers, feedback amplifiers, and servomechanisms were so different, connections between the three subjects were not immediately obvious. However, all three applications attempted to solve similar problems through the use of feeding an output signal back to the input. For example, process controllers were generally designed to maintain a certain measurement or reference point, but this is simply a subset of the signal tracking that feedback amplifiers and servomechanisms accomplished. Hazen made the connection between his work and previous studies of gyro stabilization and industrial controllers in his theory paper, but it appears that in general, very little was communicated between the three groups which emerged independently. Each group contributed its

own account of the theory that supported its mechanisms although the theory was heavily tied to the particular application or mechanism. Because of this, pre-war work in automatic control remained rooted in its practice instead of theory.

2. VOCABULARY

academic – академічний,
педагогічний, науковий

actuate – приводити в дію,
викликати дію

alleviate – полегшення,
пом'якшення

analog computers – аналоговий
комп'ютер

angle – кут

associated – пов'язаний, зчеплений

attached – прив'язаний, закріплений

attempt – спроба

bring – приносити, доставляти,
призводити

broader than the invention – ширше
ніж відкриття

certain – точний, визначений

concerned – зацікавлений, зайнятий
(чимось), заклопотаний

corresponding - відповідний

culture – культура, розвиток

damping – гасіння, демпфування

define – визначати, надавати
визначення

describing – зображення, опис

designing – планування,
проектування

develop – розвивати

draw – кількість чого не будь,
тяжіння, волочіння

effort – спроба, зусилля

equation – вирівнювання, стабілізація,
рівняння

grid – сітка, решітка

grow – збільшувати, підсилюватися,
брати початок

mathematics - математика

measurement – вимір

might – енергія, міць

model – модель, макет, шаблон

originally – по-перше, спочатку,
вперше, на початку

pointer - вказівка

potentiometer - потенціометр

power – потужність, міць

primarily – на початку, спочатку

quite – зовсім, цілком, безумовно

recognizing – що розпізнає, впізнає

requirements – затребувані засоби

resilience – гнучкість, еластичність

response – відповідь, відлуння

restoring – поновлення,

seminal – початковий

sense – сенс

servomechanism - сервопривод

shaft – ручка, вал, вісь

simply – легко, просто

sliding – диференціальний, що
сковзає

solve – розв'язувати (*задачу*),
знаходити вихід (з проблеми)

statement – заява, формулювання

steering – керування (*рульове, за
допомогою (на основі) механічної*

hardware – металеві вироби, частини (*елементи*) комп'ютера

hereinafter cited – у подальшому носить назву

human operators – оператор (машиніст)

incredibly – занадто, через край

indication – вказівка, підказка, знак, позначення

inertia – інерція, інерційність

instead - замість

integral – цілий. повний, загальнооб'ємний

knob – вузол, набалдашник, шароподібна ручка, вип'ячування

частини

such as – наприклад

support – підтримка, допомога

tedious – нудний, затяжний

tend – мати тенденцію, схилитися до чогось, мати схильність

third – третій, третина

torque – момент, що обертає

track – слід, ряд, підхід

velocity – швидкість

yet – все ще, поки що

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

In order to move beyond the intuition and simple techniques used previously in designing automatic controllers, the fundamentals of automatic control would be developed for the first time during World War II. In general, the war was a transformative time for science and engineering in the United States. The scale associated with efforts like the Manhattan Project and MIT's Radiation Laboratory was beyond what had previously occurred in scientific inquiry.

In a 1944 letter to Vannevar Bush, who had since taken over the job of organizing wartime research, President Roosevelt praised Bush for the "unique experiment of team-work and cooperation in coordinating scientific research and in applying existing scientific knowledge to the solution of the technical problems paramount in war." While the results of this research were extraordinary, the organization and coordination required to accomplish them was perhaps more so. In particular for automatic control, the war offered a unique convergence of previously independent studies. During the war, control engineers were tasked with solving the specific problem of fire control – shooting down enemy aircraft from land or sea. Many of the mechanisms developed before the war would find further application on this project. For example, precise control of large guns was an excellent application for Hazen's servomechanisms, and the techniques developed at Bell Labs to test and design for stability became an important component in stabilizing these new weapons. In addition, process control engineers donated previous expertise on analog

simulation and pneumatic components. Bissell summarized well when he described this merger of diverse groups as generating «an enormously fruitful cross-fertilization of ideas».

In addition to simply sharing ideas among the different groups, World War II also provided the impetus to effectively merge these groups create an entirely separate discipline of automatic control. Previously, organization had been lacking in the field, but automatic control was folded into Bush's National Defense Research Committee (NDRC) powerhouse along with other scientific endeavors. While groups working on separate applications had previously developed their own terminologies based on the application itself and the application culture, the war forced the creation of a new and universal vocabulary for automatic control along with a unified theory to build upon. To fund this early effort in basic automatic control research, the contract system used during the war by NDRC and OSRD benefited the exploration of the theory of automatic control by ensuring that basic research was not neglected. After the war, this contract system would continue to provide the money necessary for automatic control engineers to place a greater focus on theory than application in the coming years.

Exercise 2

Перепишіть наступні речення та зробіть їх синтаксичний розбір.

1. Each of these individuals had a strong background based in mathematics and theory, and the group immediately began to tackle the fire control problem from a mathematical perspective by examining systems, statistical analyses of errors, and analog electronic simulators instead of focusing on specific hardware.

2. However, this group was broken up within a year when the NDRC had grown so large that it required reorganization into the Office of Scientific Research and Development (OSRD)

3. "Control" is the design and analysis of sensors, actuators, and computational systems (analog or digital) to modify the behavior of physical systems.

4. Time-varying system is a system for which one or more of the parameters of the system may vary as a function of time.

Exercise 3

Перекладіть на українську мову речення.

1. A closed-loop control system uses a measurement of the output and feedback of the signal to compare it with the desired output (reference of command).

2. For most cases, the advantages far outweigh the disadvantages, and a feedback system is utilized. 3. Therefore it is necessary to consider the additional complexity and the problem of stability when designing a control system. 4. Control theory is a foundation for many fields, including industrial automation. 5. Motion control systems often play a vital part of product manufacturing, assembly, and distribution. 6. Multiple skills are required to understand the tradeoffs for a systems approach to the problem, including needs analysis, specifications, component source selection, and subsystems integration. 7. The components of a typical servo-controlled motion

control system may include an operator interface, motion control computer, control Compensator, electronic drive amplifiers, actuator, sensors and transducers, and the necessary interconnections. 8. The operator interface may include a combination of switches, indicators, and displays, including a computer keyboard and a monitor or display. 9. The control compensator is a special program in the motion control computer. 10. The sensors and transducers record the measurements of position or velocity that are used for feedback to the controller.

CHAPTER 6 THE FIELD OF COMPUTERS AND PROGRAMMING

LESSON 6.1

1. TEXT

COMPUTER

A computer is a machine that manipulates data according to a set of instructions. Although mechanical examples of computers have existed through much of recorded human history, the first electronic computers were developed in the mid-20th century (1940–1945). These were the size of a large room, consuming as much power as several hundred modern personal computers (PCs). Modern computers based on integrated circuits are millions to billions of times more capable than the early machines, and occupy a fraction of the space. Simple computers are small enough to fit into a wristwatch, and can be powered by a watch battery. Personal computers in their various forms are icons of the Information Age and are what most people think of as "computers". The embedded computers found in many devices from MP3 players to fighter aircraft and from toys to industrial robots are however the most numerous. The ability to store and execute lists of instructions called programs makes computers extremely versatile, distinguishing them from calculators. The Church–Turing thesis is a mathematical statement of this versatility: any computer with a certain minimum capability is, in principle, capable of performing the same tasks that any other computer can perform. Therefore computers ranging from a mobile phone to a supercomputer are all able to perform the same computational tasks, given enough time and storage capacity.

The first use of the word "computer" was recorded in 1613, referring to a person who carried out calculations, or computations, and the word continued to be used in that sense until the middle of the 20th century. From the end of the 19th century onwards though, the word began to take on its more familiar meaning, describing a machine that carries out computations.

A succession of steadily more powerful and flexible computing devices were constructed in the 1930s and 1940s, gradually adding the key features that are seen in modern computers. The use of digital electronics (largely invented by Claude Shannon in 1937) and more flexible programmability were vitally important steps, but defining one point along this road as "the first digital electronic computer" is difficult. Shannon 1940 notable achievements include:

- Konrad Zuse's electromechanical "Z machines". The Z3 (1941) was the first working machine featuring binary arithmetic, including floating point arithmetic and a measure of programmability. In 1998 the Z3 was proved to be Turing complete, therefore being the world's first operational computer.
- The non-programmable Atanasoff–Berry Computer (1941) which used vacuum tube based computation, binary numbers, and regenerative capacitor memory. The

use of regenerative memory allowed it to be much more compact than its peers (being approximately the size of a large desk or workbench), since intermediate results could be stored and then fed back into the same set of computation elements.

– The secret British Colossus computers (1943), which had limited programmability but demonstrated that a device using thousands of tubes could be reasonably reliable and electronically reprogrammable. It was used for breaking German wartime codes.

– The Harvard Mark I (1944), a large-scale electromechanical computer with limited programmability.

– The U.S. Army's Ballistic Research Laboratory ENIAC (1946), which used decimal arithmetic and is sometimes called the first general purpose electronic computer (since Konrad Zuse's Z3 of 1941 used electromagnets instead of electronics). Initially, however, ENIAC had an inflexible architecture which essentially required rewiring to change its programming.

Several developers of ENIAC, recognizing its flaws, came up with a far more flexible and elegant design, which came to be known as the "stored program architecture" or von Neumann architecture. This design was first formally described by John von Neumann in the paper *First Draft of a Report on the EDVAC*, distributed in 1945. A number of projects to develop computers based on the stored-program architecture commenced around this time, the first of these being completed in Great Britain. The first to be demonstrated working was the Manchester Small-Scale Experimental Machine (SSEM or "Baby"), while the EDSAC, completed a year after SSEM, was the first practical implementation of the stored program design. Shortly thereafter, the machine originally described by von Neumann's paper—EDVAC—was completed but did not see full-time use for an additional two years.

Nearly all modern computers implement some form of the stored-program architecture, making it the single trait by which the word "computer" is now defined. While the technologies used in computers have changed dramatically since the first electronic, general-purpose computers of the 1940s, most still use the von Neumann architecture. Computers using vacuum tubes as their electronic elements were in use throughout the 1950s, but by the 1960s had been largely replaced by transistor-based machines, which were smaller, faster, cheaper to produce, required less power, and were more reliable. The first transistorised computer was demonstrated at the University of Manchester in 1953. In the 1970s, integrated circuit technology and the subsequent creation of microprocessors, such as the Intel 4004, further decreased size and cost and further increased speed and reliability of computers. By the late 1970s, many products such as video recorders contained dedicated computers called microcontrollers, and they started to appear as a replacement to mechanical controls in domestic appliances such as washing machines. The 1980s witnessed home computers and the now ubiquitous personal computer. With the evolution of the Internet, personal computers are becoming as common as the television and the telephone in the household. Modern smartphones are fully-programmable computers in their own right, and as of 2009 may well be the most common form of such computers in existence.

2. VOCABULARY

in the mid-20th century – в середині 20 сторіччя

modern personal computers – сучасні персональні комп'ютери

integrated circuit – мікросхема

embedded computers – вбудовані комп'ютери

MP3 player – MP3 програвач

industrial robots – промислові роботи

versatile – різносторонній, гнучкий

supercomputer – надпотужна ЕОМ, суперкомп'ютер

onwards – в подальшому, з цього часу

flexible computing device – гнучкий обчислювальний пристрій

digital electronics – цифрова електроніка

to feature – бути характерною рисою, відрізнятися

programmability – програмованість

tube – трубка

capacitor memory – ємкісний запам'ятовуючий пристрій

peer – подібний

wartime codes – військові коди

transistor-based machines – машина, яка працює на транзисторах

microprocessor – мікропроцесор

dedicated computer – спеціалізована ЕОМ

microcontroller – мікроконтролер

ubiquitous – широко розповсюджений

3. GRAMMATICAL NOTES

Проста (синтетична) форма наказового способу дієслова-присудка може перекладатися кількома способами.

В інструкціях, вказівках і т.ін. вона перекладається неозначеною формою дієслова або формою наказового способу другої особи множини:

Do not apply brakes suddenly. Не гальмуйте різко.

Remove ice by application of hot water. Усуньте лід, застосовуючи теплу воду.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перескажіть текст.

Exercise 3

Перекладіть англійською

1. В 1613 році вперше був використаний термін «комп'ютер».
2. Під час Великої Вітчизняної війни комп'ютер також використовувався для зламування кодів.
3. В Манчестерському університеті вперше був продемонстрований комп'ютер, що працював на транзисторах.
4. Неможливо представити сучасний світ без використання комп'ютерів.
5. Персональні комп'ютери використовуються майже у кожній родині і стали такими ж необхідними, як телебачення та телефон.

Exercise 4

Складіть декілька прикладів використання правила, яке наводиться у розділі Grammatical notes.

LESSON 6.2

1. TEXT

COMPUTER ARCHITECTURE

In computer science, computer architecture is the conceptual design and fundamental operational structure of a computer system. It is a blueprint and functional description of requirements and design implementations for the various parts of a computer, focusing largely on the way by which the central processing unit (CPU) performs internally and accesses addresses in memory.

It may also be defined as the science and art of selecting and interconnecting hardware components to create computers that meet functional, performance and cost goals.

Computer architecture comprises at least three main subcategories:

- Instruction set architecture, or ISA, is the abstract image of a computing system that is seen by a machine language (or assembly language) programmer, including the instruction set, word size, memory address modes, processor registers, and address and data formats.
- Microarchitecture, also known as Computer organization is a lower level, more concrete and detailed, description of the system that involves how the constituent parts of the system are interconnected and how they interoperate in order to implement the ISA. The size of a computer's cache for instance, is an organizational issue that generally has nothing to do with the ISA.

– System Design which includes all of the other hardware components within a computing system such as:

1. System interconnects such as computer buses and switches
2. Memory controllers and hierarchies
3. CPU off-load mechanisms such as direct memory access (DMA)
4. Issues like multiprocessing.

The term “architecture” in computer literature can be traced to the work of Lyle R. Johnson and Frederick P. Brooks, Jr., members in 1959 of the Machine Organization department in IBM’s main research center. Johnson had the opportunity to write a proprietary research communication about Stretch, an IBM-developed supercomputer for Los Alamos Scientific Laboratory. In attempting to characterize his chosen level of detail for discussing the luxuriously embellished computer, he noted that his description of formats, instruction types, hardware parameters, and speed enhancements was at the level of “system architecture” – a term that seemed more useful than “machine organization”. Subsequently, Brooks, one of the Stretch designers, started Chapter 2 of a book (Planning a Computer System: Project Stretch, ed. W. Buchholz, 1962) by writing, “Computer architecture, like other architecture, is the art of determining the needs of the user of a structure and then designing to meet those needs as effectively as possible within economic and technological constraints”.

The exact form of a computer system depends on the constraints and goals for which it was optimized. Computer architectures usually trade off standards, cost, memory capacity, latency and throughput. Sometimes other considerations, such as features, size, weight, reliability, expandability and power consumption are factors as well.

The most common scheme carefully chooses the bottleneck that most reduces the computer's speed. Ideally, the cost is allocated proportionally to assure that the data rate is nearly the same for all parts of the computer, with the most costly part being the slowest. This is how skillful commercial integrators optimize personal computers.

Computer performance is often described in terms of clock speed (usually in MHz or GHz). This refers to the cycles per second of the main clock of the CPU. However, this metric is somewhat misleading, as a machine with a higher clock rate may not necessarily have higher performance.

Power consumption is another design criterion that factors in the design of modern computers. Power efficiency can often be traded for performance or cost benefits. With the increasing power density of modern circuits as the number of transistors per chip scales (Moore's law), power efficiency has increased in importance. Recent processor designs such as the Intel Core 2 put more emphasis on increasing power efficiency. Also, in the world of embedded computing, power efficiency has long been and remains the primary design goal next to performance.

2. VOCABULARY

blueprint – план, програма, проект	proprietary – власний, оригінальний
central processing unit (CPU) – центральний процесор ЕОМ	enhancement – покращення, розширення, збільшення
hardware – апаратне забезпечення, обладнання	technological constraints – технологічні обмеження
to comprise – включати в себе	latency – прихована можливість
subcategory – підкатегорія	throughput – пропускна можливість
processor registers – реєстри процесора	to trade off – йти на компроміс, бути компромісом
address and data formats – формати даних та адресу	reliability – надійність
to interoperate – взаємодіяти	expandability – можливість розширення
cache – кеш, кеш-пам'ять	bottleneck – перешкода, вузький прохід
interconnect – з'єднаний елемент, з'єднуваний дріт	to allocate – розміщувати
bus – шина, інформаційний канал	clock speed – тактова частота
switch – ключ, комутатор	power consumption – споживання енергії
hierarchy – ієрархія	
off-load – розвантаження	

3. GRAMMATICAL NOTES

У реченнях метатекстового характеру (що звичайно регулюють перебіг комунікації) форма наказового способу перекладається формою першої особи множини майбутнього часу:

Consider first the following claim. Розглянемо спочатку наступну тезу.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перескажіть текст.

Exercise 3

Перекладіть англійською

1. Цікаво, що вперше вираз «архітектура комп'ютера» був використаний в роботі Л.Джонсона.
2. Спеціально для наукової лабораторії в Лос-Аламосі був створений потужний суперкомп'ютер.
3. Структура ЕОМ в значній мірі залежить від економічних та технологічних обмежень.
4. Одним з важливіших критеріїв сучасних ЕОМ є споживання енергії.
5. Конкретна реалізація комп'ютерної системи залежить від тих цілей, які перед нею ставляться.

Exercise 4

Складіть декілька прикладів використання правила, яке наводиться у розділі Grammatical notes.

LESSON 6.3

1. TEXT

CENTRAL PROCESSING UNIT

The Central Processing Unit (CPU) or the processor is the portion of a computer system that carries out the instructions of a computer program, and is the primary element carrying out the computer's functions. This term has been in use in the computer industry at least since the early 1960s. The form, design and implementation of CPUs have changed dramatically since the earliest examples, but their fundamental operation remains much the same.

Early CPUs were custom-designed as a part of a larger, sometimes one-of-a-kind, computer. However, this costly method of designing custom CPUs for a particular application has largely given way to the development of mass-produced processors that are made for one or many purposes. This standardization trend generally began in the era of discrete transistor mainframes and minicomputers and has rapidly accelerated with the popularization of the integrated circuit (IC). The IC has allowed increasingly complex CPUs to be designed and manufactured to tolerances on the order of nanometers. Both the miniaturization and standardization of CPUs have increased the presence of these digital devices in modern life far beyond the limited application of dedicated computing machines. Modern microprocessors appear in everything from automobiles to cell phones and children's toys.

The fundamental operation of most CPUs, regardless of the physical form they take, is to execute a sequence of stored instructions called a program. The program is represented by a series of numbers that are kept in some kind of computer memory. There are four steps that nearly all CPUs use in their operation: fetch, decode, execute, and writeback. The first step, fetch, involves retrieving an instruction (which is represented by a number or sequence of numbers) from program memory. The location in program memory is determined by a program counter (PC), which stores a number that identifies the current position in the program. In other words, the program counter keeps track of the CPU's place in the current program. After an instruction is fetched, the PC is incremented by the length of the instruction word in terms of memory units. Often the instruction to be fetched must be retrieved from relatively slow memory, causing the CPU to stall while waiting for the instruction to be returned. This issue is largely addressed in modern processors by caches and pipeline architectures (see below).

The instruction that the CPU fetches from memory is used to determine what the CPU is to do. In the decode step, the instruction is broken up into parts that have significance to other portions of the CPU. The way in which the numerical instruction value is interpreted is defined by the CPU's instruction set architecture (ISA). Often, one group of numbers in the instruction, called the opcode, indicates which operation to perform. The remaining parts of the number usually provide information required for that instruction, such as operands for an addition operation. Such operands may be given as a constant value (called an immediate value), or as a place to locate a value: a register or a memory address, as determined by some addressing mode. In older designs the portions of the CPU responsible for instruction decoding were unchangeable hardware devices. However, in more abstract and complicated CPUs and ISAs, a microprogram is often used to assist in translating instructions into various configuration signals for the CPU. This microprogram is sometimes rewritable so that it can be modified to change the way the CPU decodes instructions even after it has been manufactured.

After the fetch and decode steps, the execute step is performed. During this step, various portions of the CPU are connected so they can perform the desired operation. If, for instance, an addition operation was requested, an arithmetic logic unit (ALU) will be connected to a set of inputs and a set of outputs. The inputs provide the numbers to be added, and the outputs will contain the final sum. The ALU contains the circuitry to perform simple arithmetic and logical operations on the inputs (like addition and bitwise operations). If the addition operation produces a result too large for the CPU to handle, an arithmetic overflow flag in a flags register may also be set.

The final step, writeback, simply "writes back" the results of the execute step to some form of memory. Very often the results are written to some internal CPU register for quick access by subsequent instructions. In other cases results may be written to slower, but cheaper and larger, main memory. Some types of instructions manipulate the program counter rather than directly produce result data. These are generally called "jumps" and facilitate behavior like loops, conditional program

execution (through the use of a conditional jump), and functions in programs. Many instructions will also change the state of digits in a "flags" register. These flags can be used to influence how a program behaves, since they often indicate the outcome of various operations. For example, one type of "compare" instruction considers two values and sets a number in the flags register according to which one is greater. This flag could then be used by a later jump instruction to determine program flow.

After the execution of the instruction and writeback of the resulting data, the entire process repeats, with the next instruction cycle normally fetching the next-in-sequence instruction because of the incremented value in the program counter. If the completed instruction was a jump, the program counter will be modified to contain the address of the instruction that was jumped to, and program execution continues normally. In more complex CPUs than the one described here, multiple instructions can be fetched, decoded, and executed simultaneously. This section describes what is generally referred to as the "Classic RISC pipeline," which in fact is quite common among the simple CPUs used in many electronic devices (often called microcontroller). It largely ignores the important role of CPU cache, and therefore the access stage of the pipeline.

2. VOCABULARY

implementation – виконання, реалізація

custom-designed – сконструйований за замовленням

mainframe – великий комп'ютер, головна машина

minicomputer – мінікомп'ютер

tolerance – стійкість, допустиме відхилення

nanometer – нанометр

cell phone – сотовий телефон

fetch – вибірка

writeback – зворотний запис

to stall – зупинятися

pipeline – магістраль, конвеєр

operand – операнд

register – регістр

arithmetic logic unit – арифметичний логічний пристрій

circuitry – схема

bitwise operations – операції з бітами

subsequent – наступний

program execution – виконання програми

flags register – регістр "флагів"

RISC (Reduced Instruction Set Construction) – архітектура обчислень з обмеженим набором команд, РИСК

3. GRAMMATICAL NOTES

Модель "let + іменник-додаток + інфінітив" перекладається сполученням "(не)хай" з формою майбутнього часу, словами "припустимо, що ..." та формою теперішнього або майбутнього часу дієслова-присудка у складі підрядного з'ясувального речення:

Let this be written as (7). Хай це буде записано як (7).

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перескажіть текст.

Exercise 3

Перекладіть англійською

1. Виконання інструкцій програм в ЕОМ здійснює центральний процесор.
2. Мікропроцесори використовуються навіть в дитячих іграшках.
3. У своїй роботі центральний процесор виконує спеціальні дії. Це ... (треба завершити).
4. Арифметичні та логічні операції виконує арифметично-логічний пристрій.
5. Не слідуює недооцінювати роль кеш-пам'яті у роботі центрального процесора.

Exercise 4

Складіть декілька прикладів використання правила, яке наводиться у розділі Grammatical notes.

LESSON 6.4

1. TEXT

PASCAL (PROGRAMMING LANGUAGE)

Pascal is an influential imperative and procedural programming language, designed in 1968/9 and published in 1970 by Niklaus Wirth as a small and efficient language intended to encourage good programming practices using structured programming and data structuring.

A derivative known as Object Pascal was designed for object oriented programming.

Pascal is based on the ALGOL programming language and named in honor of the French mathematician and philosopher Blaise Pascal. Wirth subsequently developed the Modula-2 and Oberon, languages similar to Pascal. Before, and leading up to Pascal, Wirth developed the language Euler, followed by Algol-W.

Initially, Pascal was largely, but not exclusively, intended to teach students structured programming. Generations of students have used Pascal as an introductory language in undergraduate courses. Variants of Pascal have also frequently been used for everything from research projects to PC games and embedded systems. Newer Pascal compilers exist which are widely used.

GCC, the Gnu C Compiler, was originally written in Pascal. Pascal was the primary high-level language used for development in the Apple Lisa, and in the early years of the Mac; parts of the original Macintosh operating system were hand-translated into Motorola 68000 assembly language from the Pascal sources. The popular typesetting system TeX by Donald E. Knuth was written in WEB, the original literate programming system, based on DEC PDP-10 Pascal, while an application like Total Commander was written in Delphi (i.e. Object Pascal).

Object Pascal is still widely used for developing Windows applications such as Skype.

Wirth's intention was to create an efficient language (regarding both compilation speed and generated code) based on so-called structured programming, a concept which had recently become popular. Pascal has its roots in the Algol 60 language, but also introduced concepts and mechanisms which (on top of Algol's scalars and arrays) enabled programmers to define their own complex (structured) datatypes, and also made it easier to build dynamic and recursive data structures such as lists, trees and graphs. Important features included for this were records, enumerations, subranges, dynamically allocated variables with associated pointers, and sets. To make this possible and meaningful, Pascal has a strong typing on all objects, which means that one type of data cannot be converted or interpreted as another without explicit conversions. Similar mechanisms are standard in many programming languages today. Other languages that influenced Pascal's development were COBOL, Simula 67, and Wirth's own Algol-W.

Pascal, like many programming languages of today (but unlike most languages in the C family), allows nested procedure definitions to any level of depth, and also

allows most kinds of definitions and declarations inside procedures and functions. This enables a very simple and coherent syntax where a complete program is syntactically nearly identical to a single procedure or function (except for the keyword itself, of course).

Pascal, in its original form, is a purely procedural language and includes the traditional array of Algol-like control structures with reserved words such as if, then, else, while, for, and so on. However, Pascal also has many data structuring facilities and other abstractions which were not included in the original Algol60, like type definitions, records, pointers, enumerations, and sets. Such constructs were in part inherited or inspired from Simula67, Algol68, Niklaus Wirth's own Algol-W and suggestions by C. A. R. Hoare.

2. VOCABULARY

imperative – безумовний, виконуючий

procedural – процедурний

structured programming – структурне програмування

undergraduate courses – початкові курси

compiler – компілюючі програма

source – вихідна програма, джерело

typesetting – набір

programmer – програміст

datatype – тип даних

recursive data – рекурсивні дані

enumeration – перелік, облік, перерахунок

subrange – піддіапазон

pointer – покажчик

set – набір, група

explicit – ясний, точний, детальний

conversion – перетворення, конверсія

programming languages – мови програмування

nested procedure – вложена, процедура

coherent – пов'язаний, зчеплений

to inherit – успадкувати

3. GRAMMATICAL NOTES

Модель "Let me + інфінітив" перекладається як " 'дозвольте мені' + неозначена форма дієслова" або " 'хочу/слід' + неозначена форма дієслова", а іноді — формою першої особи множини майбутнього часу

Let me state the question in a slightly different way. Поставимо питання дещо по-іншому.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перескажіть текст.

Exercise 3

Перекладіть англійською

1. Розробником мови програмування Pascal є Ніклаус Вірт.
2. Цю мову програмування планувалось використовувати для навчання програмуванню студентів молодших курсів.
3. Використовуючи Pascal, програмісти мають можливість визначати свої власні типи даних.
4. Широкого застосування набув Object Pascal, що застосовується при розробці програм для операційної системи Windows.
5. Ніклаус Вірт намагався створити ефективну мову програмування, яка б базувалася на концепції структурного програмування.

Exercise 4

Складіть декілька прикладів використання правила, яке наводиться у розділі Grammatical notes.

LESSON 6.5

1. TEXT

C++ (PROGRAMMING LANGUAGE)

C++ (pronounced "See plus plus") is a statically typed, free-form, multi-paradigm, compiled, general-purpose programming language. It is regarded as a middle-level language, as it comprises a combination of both high-level and low-level language features. It was developed by Bjarne Stroustrup starting in 1979 at Bell Labs as an enhancement to the C programming language and originally named "C with Classes". It was renamed C++ in 1983.

C++ is widely used in the software industry, and remains one of the most popular languages ever created. Some of its application domains include systems software, application software, device drivers, embedded software, high-performance server and client applications, and entertainment software such as video games. Several groups provide both free and proprietary C++ compiler software, including the GNU Project, Microsoft, Intel, Borland and others.

C++ is also used for hardware design, where design is initially described in C++, then analyzed, architecturally constrained, and scheduled to create a register transfer level hardware description language via high-level synthesis.

The language began as enhancements to C, first adding classes, then virtual functions, operator overloading, multiple inheritance, templates, and exception handling among other features. After years of development, the C++ programming language standard was ratified in 1998 as ISO/IEC 14882:1998. That standard is still current, but is amended by the 2003 technical corrigendum, ISO/IEC 14882:2003. The next standard version (known informally as C++0x) is in development.

Stroustrup began work on "C with Classes" in 1979. The idea of creating a new language originated from Stroustrup's experience in programming for his Ph.D. thesis. Stroustrup found that Simula had features that were very helpful for large software development, but the language was too slow for practical use, while BCPL was fast but too low-level to be suitable for large software development. When Stroustrup started working in AT&T Bell Labs, he had the problem of analyzing the UNIX kernel with respect to distributed computing. Remembering his Ph.D. experience, Stroustrup set out to enhance the C language with Simula-like features. C was chosen because it was general-purpose, fast, portable and widely used. Besides C and Simula, some other languages that inspired him were ALGOL 68, Ada, CLU and ML. At first, the class, derived class, strong type checking, inlining, and default argument features were added to C via Cfront. The first commercial release occurred in October 1985.

In 1983, the name of the language was changed from C with Classes to C++ (++ being the increment operator in C and C++). New features were added including virtual functions, function name and operator overloading, references, constants, user-controlled free-store memory control, improved type checking, and BCPL style single-line comments with two forward slashes (*//*). In 1985, the first edition of *The C++ Programming Language* was released, providing an important reference to the language, since there was not yet an official standard. Release 2.0 of C++ came in 1989. New features included multiple inheritance, abstract classes, static member functions, const member functions, and protected members. In 1990, *The Annotated C++ Reference Manual* was published. This work became the basis for the future standard. Late addition of features included templates, exceptions, namespaces, new casts, and a Boolean type.

As the C++ language evolved, a standard library also evolved with it. The first addition to the C++ standard library was the stream I/O library which provided facilities to replace the traditional C functions such as `printf` and `scanf`. Later, among

the most significant additions to the standard library, was the Standard Template Library.

C++ continues to be used and is one of the preferred programming languages to develop professional applications. The language has gone from being mostly Western to attracting programmers from all over the world.

2. VOCABULARY

statically typed – статично визначений

free-form language – мова програмування вільної форми

middle-level language – мова програмування середнього рівня

high-level language – мова програмування високого рівня

low-level language – мова програмування низького рівня

enhancement – розширення

systems software – системне програмне забезпечення

application software – прикладне програмне забезпечення

device driver – драйвер приладу

operator overloading – перевантаження оператора

multiple inheritance – множинне наслідування

template – шаблон

exception handling – реакція на особу ситуацію

corrigendum – виправлення

Ph.D. – доктор філософії

thesis – дисертація

kernel – ядро (внутрішня резидентна частина операційної системи)

distributed computing – розподілена система ЕОМ

increment operator – оператор інкрементування

type checking – перевірка печаті

namespace – простір імен

cast – перетворення типів

Boolean type – логічний тип даних

stream – потік

3. GRAMMATICAL NOTES

Модель "Let us + інфінітив" звичайно перекладається формою першої особи множини наказового способу або майбутнього часу дійсного способу:

Let us observe, furthermore, that the hypothesis receives support as well from the results shown in Table 7. Зауважимо, крім того, що ця гіпотеза підтверджується також результатами, наведеними у таблиці 7.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перескажіть текст.

Exercise 3

Перекладіть англійською

1. Мова програмування C++ виникла з мови C та спочатку мала назву «C з класами».
2. C++ став дуже популярним серед програмістів.
3. Автором C++ є Бьєрн Страуструп, який розпочав роботу над нею коли писав свою дисертацію.
4. По мірі розвитку C++ розвивалась також її стандартна бібліотека.
5. Ця мова програмування займає важливе місце серед інших і використовується при створенні професійних програм.

Exercise 4

Складіть декілька прикладів використання правила, яке наводиться у розділі Grammatical notes.

LESSON 6.6

1. TEXT

OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING

Object-oriented programming (OOP) is a programming paradigm that uses "objects" – data structures consisting of datafields and methods together with their interactions – to design applications and computer programs. Programming techniques may include features such as information hiding, data abstraction, encapsulation, modularity, polymorphism, and inheritance. It was not commonly used in mainstream software application development until the early 1990s. Many modern programming languages now support OOP.

An object is actually a discrete bundle of functions and procedures, all relating to a particular real-world concept such as a bank account holder or hockey player in a

computer game. Other pieces of software can access the object only by calling its functions and procedures that have been allowed to be called by outsiders. Isolating objects in this way makes their software easy to manage and keep track of.

For example, the hockey player's functions might include one to reveal the player's current position on the field, and another to instruct the player to pass the puck. The account holder's functions might include one to reveal the current balance or to draw out a sum.

Object-oriented programming has roots that can be traced to the 1960s. As hardware and software became increasingly complex, quality was often compromised. Researchers studied ways to maintain software quality and developed object-oriented programming in part to address common problems by strongly emphasizing discrete, reusable units of programming logic. The methodology focuses on data rather than processes, with programs composed of self-sufficient modules (objects) each containing all the information needed to manipulate its own data structure. This is in contrast to the existing modular programming which had been dominant for many years that focused on the function of a module, rather than specifically the data, but equally provided for code reuse, and self-sufficient reusable units of programming logic, enabling collaboration through the use of linked modules (subroutines). This more conventional approach, which still persists, tends to consider data and behavior separately.

An object-oriented program may thus be viewed as a collection of interacting objects, as opposed to the conventional model, in which a program is seen as a list of tasks (subroutines) to perform. In OOP, each object is capable of receiving messages, processing data, and sending messages to other objects and can be viewed as an independent 'machine' with a distinct role or responsibility. The actions (or "operators") on these objects are closely associated with the object. For example, the data structures tend to 'carry their own operators around with them' (or at least "inherit" them from a similar object or class).

The Simula programming language was the first to introduce the concepts underlying object-oriented programming (objects, classes, subclasses, virtual methods, coroutines, and discrete event simulation) as a superset of Algol. Simula also used automatic garbage collection which had been invented earlier for the functional programming language Lisp. Simula was used for physical modeling, such as models to study and improve the movement of ships and their content through cargo ports. Smalltalk was the first programming language to be called "object-oriented".

2. VOCABULARY

object-oriented programming	–	data abstraction	–	абстракція даних
об'єктно-орієнтоване програмування				
datafield	–	encapsulation	–	інкапсуляція
область даних				
hiding	–	modularity	–	модульність
переховування				

polymorphism – поліморфізм
inheritance – наслідування
mainstream – основна тенденція
to keep track of – слідити (за чимось)
puck – шайба (хокей)
to draw out a sum – брати гроші
modular programming – модульне програмування
code reuse – повторне використання коду (основна методологія, яка

використовується для скорочення трудових затрат при проектуванні складних систем)

collaboration – співпраця

subroutine – підпрограма

coroutine – спільна (під)програма, алгоритм

superset – розширений набір, комплект

cargo – вантаж, вантажний

3. GRAMMATICAL NOTES

В англійській науково-технічній літературі присудок або частина присудка можуть зазнавати інверсії, тобто виноситися у позицію перед підметом на початок речення. У багатьох випадках у перекладі зберігається порядок слів оригіналу, незалежно від того, яка частина присудка знаходиться у реченні перед підметом:

Of special interest should be the first article in Chapter II. Особливий інтерес має становити перша стаття у главі II.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перескажіть текст.

Exercise 3

Перекладіть англійською

1. Об'єкти – це структури даних, що використовуються для створення комп'ютерних програм.

2. Simula була першою мовою програмування, яка застосувала концепцію об'єктно-орієнтованого програмування.

3. Об'єктно-орієнтовану програму можна розуміти як набір об'єктів, що взаємодіють між собою.
4. Рух кораблів через вантажний порт є об'єктом для фізичного моделювання.
5. Довгий час домінуючим серед програмістів було модульне програмування.

Exercise 4

Складіть декілька прикладів використання правила, яке наводиться у розділі Grammatical notes.

LESSON 6.7

1. TEXT

MICROSOFT OFFICE

Microsoft Office is an office suite of interrelated desktop applications, servers and services for the Microsoft Windows and Mac OS X operating systems. Microsoft Office was introduced by Microsoft in 1989 for Macintosh, with a version for Windows in 1990. Initially a marketing term for a bundled set of applications, the first version of Office contained Microsoft Word, Microsoft Excel, and Microsoft PowerPoint. Additionally, a "Pro" (Professional) version of Office included Microsoft Access and Schedule Plus. Over the years, Office applications have grown substantially closer with shared features such as a common spell checker, OLE data integration and Microsoft Visual Basic for Applications scripting language. Microsoft also positions Office as a development platform for line-of-business software under the Office Business Applications (OBA) brand.

The current versions are Office 2007 for Windows which was released on January 30, 2007, and Office 2008 for Mac OS X, released January 15, 2008. Office 2007/Office 2008 introduced a new user interface and new Office Open XML document formats (docx, xlsx, pptx). Consequently, Microsoft has made available, free of charge, an add-on known as the Microsoft Office Compatibility Pack to allow Office 2000-2003 for Windows and Office 2004 for Mac editions to open, edit, and save documents created under the new formats for Office 2007.

According to Forrester Research, as of June 2009, some version of Microsoft Office is used in 80% of enterprises and the latest Office versions hold roughly 80% of those installations.

Microsoft Word is a word processor and was previously considered to be the main program in Office. Its proprietary DOC format is considered a de facto standard, although Word 2007 can also use a new XML-based, Microsoft Office-optimized format called .DOCX which has been standardized by Ecma International as Office Open XML and its SP2 update will support ODF and PDF. Word is also

available in some editions of Microsoft Works. It is available for the Windows and Mac platforms. The first version of Word, released in the autumn of 1983, was for the DOS operating system and had the distinction of introducing the mouse to a broad population. Word 1.0 could be purchased with a bundled mouse, though one was not required. The following spring Apple introduced the Mac, and Microsoft released Word for the Mac, which became the most popular Mac application and which, like all Mac apps, required the use of a mouse.

Microsoft Excel is a spreadsheet program which originally competed with the dominant Lotus 1-2-3, but eventually outsold it. It is available for the Windows and Mac platforms. The current Mac version (Office 2008) has removed Visual Basic functionality so macros cannot be used and those generated in previous iterations of Office no longer work. Microsoft announced in May 2008, that Visual Basic would be returning to Excel in future versions

Microsoft Outlook, not to be confused with Outlook Express, is a personal information manager and e-mail communication software. The replacement for Windows Messaging, Microsoft Mail and Schedule+ (Plus) starting in Office 97, it includes an e-mail client, calendar, task manager and address book. Although historically it has been offered for the Mac, the closest to an equivalent for Mac OS X is Microsoft Entourage, which offers a slightly different feature set. Office 2010 for Mac will reintroduce Outlook, replacing Entourage.

Microsoft PowerPoint is a popular presentation program for Windows and Mac. It is used to create slideshows, composed of text, graphics, movies and other objects, which can be displayed on-screen and navigated through by the presenter or printed out on transparencies or slides. This is convenient for school or work presentations. Office Mobile for Windows Mobile 5.0 and later features a version of PowerPoint called PowerPoint Mobile. Movies, videos, sounds and music, as well as Wordart and Autoshapes can be added to slideshows.

Microsoft Office Access, previously known as Microsoft Access, is a relational database management system from Microsoft that combines the relational Microsoft Jet Database Engine with a graphical user interface and software development tools. It is a member of the Microsoft Office suite of applications and is included in the Professional and higher versions for Office and also sold separately.

2. VOCABULARY

bundled set – стандартний набір

spell checker – програма пошуку помилок

OLE (object linking and embedding) – зв'язування та упровадження об'єктів

release – випускати

free of charge – безкоштовний

add-on – доповнення

proprietary – власний, оригінальний

update – оновлення (даних), нова версія

spreadsheet – електронна таблиця

to outsell – продаватися краще

communication software – програмне забезпечення для передачі повідомлень

task manager – диспетчер задач

presentation – презентація

slideshow – слайд-шоу

navigate – керувати

presenter – той, хто веде програму, презентацію

transparency – прозора плівка, прозорість

slide – слайд

database management – керування базою даних

3. GRAMMATICAL NOTES

Часто інверсія присудка або його частини супроводжується емпатичним виділенням обставини або/та заперечення:

Nowhere can we see such rapid progress as in computing technologies. Ніде більше не спостерігається такого швидкого прогресу, як у комп'ютерних технологіях.
Only then can such classes be determined. Лише тоді можна визначити такі класи.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перескажіть текст.

Exercise 3

Перекладіть англійською

1. MS Office вперше був представлений для операційної системи Macintosh в 1989 році.
2. Професійна версія MS Office налічувала в собі такі програми ... (треба завершити та перекласти).
3. За даними досліджень близько 80% підприємств використовують програми пакету MS Office.
4. Для ефективного керування базами даних використовують програму Microsoft Office Access.
5. Був час коли Microsoft Excell конкурував з програмою Lotus 1-2-3.

Exercise 4

Складіть декілька прикладів використання правила, яке наводиться у розділі Grammatical notes.

LESSON 6.8

1. TEXT

THE INTERNET

The Internet is a global system of interconnected computer networks that use the standard Internet Protocol Suite (TCP/IP) to serve billions of users worldwide. It is a network of networks that consists of millions of private and public, academic, business, and government networks of local to global scope that are linked by a broad array of electronic and optical networking technologies. The Internet carries a vast array of information resources and services, most notably the inter-linked hypertext documents of the World Wide Web (WWW) and the infrastructure to support electronic mail.

Most traditional communications media, such as telephone and television services, are reshaped or redefined using the technologies of the Internet, giving rise to services such as Voice over Internet Protocol (VoIP) and IPTV. Newspaper publishing has been reshaped into Web sites, blogging, and web feeds. The Internet has enabled or accelerated the creation of new forms of human interactions through instant messaging, Internet forums, and social networking sites.

The origins of the Internet reach back to the 1960s when the United States funded research projects of its military agencies to build robust, fault-tolerant and distributed computer networks. This research and a period of civilian funding of a new U.S. backbone by the National Science Foundation spawned worldwide participation in the development of new networking technologies and led to the commercialization of an international network in the mid 1990s, and resulted in the following popularization of countless applications in virtually every aspect of modern human life. As of 2009, an estimated quarter of Earth's population uses the services of the Internet.

The Internet has no centralized governance in either technological implementation or policies for access and usage; each constituent network sets its own standards. Only the overarching definitions of the two principal name spaces in the Internet, the Internet Protocol address space and the Domain Name System, are directed by a maintainer organization, the Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN). The technical underpinning and standardization of the core protocols (IPv4 and IPv6) is an activity of the Internet Engineering Task Force (IETF), a non-profit organization of loosely-affiliated international participants that anyone may associate with by contributing technical expertise.

The terms Internet and World Wide Web are often used in everyday speech without much distinction. However, the Internet and the World Wide Web are not one and the same. The Internet is a global data communications system. It is a hardware and software infrastructure that provides connectivity between computers. In contrast, the Web is one of the services communicated via the Internet. It is a collection of interconnected documents and other resources, linked by hyperlinks and URLs. The term the Internet, when referring to the Internet, has traditionally been

treated as a proper noun and written with an initial capital letter. There is a trend to regard it as a generic term or common noun and thus write it as "the internet", without the capital.

The complex communications infrastructure of the Internet consists of its hardware components and a system of software layers that control various aspects of the architecture. While the hardware can often be used to support other software systems, it is the design and the rigorous standardization process of the software architecture that characterizes the Internet and provides the foundation for its scalability and success.

The Internet has enabled entirely new forms of social interaction, activities, and organizing, thanks to its basic features such as widespread usability and access. Social networking websites such as Facebook and MySpace have created a new form of socialization and interaction. Users of these sites are able to add a wide variety of information to their personal pages, to pursue common interests, and to connect with others. It is also possible to find a large circle of existing acquaintances, especially if a site allows users to represent themselves by their given names, and to allow communication among existing groups of people.

2. VOCABULARY

TCP/IP (transmission control protocol/internet protocol) – протокол керування передачею / міжмережевий протокол

computer networks – комп'ютерні мережі

communications media – засоби інформації

social networking sites – сайти соціальних мереж

fault-tolerant – відмовостійкий, малочутливий до пошкодження

backbone (network) – базова (мережа)

to spawn – створювати

as of 2009 – що стосується 2009 року

constituent – складовий

underpinning – основа, обґрунтування

loosely-affiliated – вільнопідключаємий

hyperlink – гіперссилка

URL (uniform resource locator) – універсальна адреса ресурсу

generic – загальний

social interaction – соціальна взаємодія

to pursue – переслідувати

acquaintance – знайомство, знайомий

given name – власне ім'я, ім'я (на відміну від прізвища)

3. GRAMMATICAL NOTES

Варто відмітити переклад інвертованого з метою емпізи предикатива у підрядних допустових реченнях, коли предикатив винесено у позицію перед

підметом або навіть перед сполучниками *as, though, however* тощо, які у таких випадках перекладаються як "хоч" або "хоч який би". У перекладі предикатив зберігає свою позицію на початку речення у випадку вживання останньої сполучної фрази:

We have to mention some figures, uncertain as some of them are. Потрібно навести деякі дані, хоча окремі з них є непевними.

Якщо у таких підрядних реченнях вжито займенник *it* у функції підмета, то цей займенник перекладається відповідним іменником, а іменник, у свою чергу – відповідним займенником:

Useful as it is, the book has two general shortcomings. Хоча ця книга й корисна, вона все ж має два загальних недоліки.

4. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перескажіть текст.

Exercise 3

Перекладіть англійською

1. За підрахунками вчених, близько чверті населення Землі використовують Internet.
2. З появою Internet з'явилися нові форми соціальних взаємодій.
3. За допомогою Internet люди знаходять своїх друзів, знайомих та родичів.
4. Internet та World Wide Web часто використовують як синоніми, але насправді між цими поняттями є різниця.
5. Зародження мережі Internet відноситься до 1960-х років, коли вона використовувалася військовими США.

Exercise 4

Складіть декілька прикладів використання правила, яке наводиться у розділі Grammatical notes.

CHAPTER 7 THE FIELD OF MECHANICS

LESSON 7.1

1. TEXT

INTRODUCTION TO MECHANICS

The progress of technology confronts the engineer with a wide variety of problems connected with the design, manufacture and operation of various machines, motors and structures. Despite the diversity of problems that arise, their solution at least in part, is based on certain general principles common to all of them, namely, the laws governing the motion and equilibrium of material bodies.

The science, which treats of the general laws of motion and equilibrium of material bodies, is called theoretical, or general, mechanics. Theoretical mechanics constitutes one of the scientific bedrocks of modern engineering.

By motion in mechanics we mean mechanical motion, i.e., any change in the relative positions of material bodies in space which occurs in the course of time.

According to the nature of the problems treated, mechanics is divided into statics, kinematics, and dynamics. Statics studies the forces and the conditions of equilibrium of material bodies subjected to the action of forces. Kinematics deals with the general properties of the motion of bodies. Dynamics studies the laws of motion of material bodies under the action of forces.

According to the nature of the objects under study, theoretical mechanics is subdivided into: mechanics of a particle, i. e., of a body whose dimensions can be neglected in studying its motion or equilibrium, and systems of particles; mechanics of a rigid body, i. e., a body whose deformation can be neglected; mechanics of bodies of variable mass; mechanics of deformable bodies; mechanics of liquids; mechanics of gases.

The general course of theoretical mechanics conventionally treats of the mechanics of particles and rigid bodies and the general laws of motion of systems of particles.

The Subject of Statics

Statics is the branch of mechanics which studies the laws of composition of forces and the conditions of equilibrium of material bodies under the action of forces. Equilibrium is the state of rest of a body relative to other material bodies. General mechanics deals essentially with equilibrium of solids.

All solid bodies change the shape to a certain extent when subjected to external forces. This is known as deformation. In order to ensure the necessary strength of engineering structures and elements, the material and dimensions of various parts are chosen in such a way that the deformation under specified loads would remain tolerably small.

This makes it possible, in studying the general conditions of equilibrium, to treat solid bodies as undeformable or absolutely rigid, ignoring the small deformations that actually occur. A perfectly rigid body is said to be one in which the distance between any pair of particles is always constant. In solving problems of statics bodies are considered as perfectly rigid.

For a rigid body to be in equilibrium when subjected to the action of a system of forces, the system must satisfy certain conditions of equilibrium. The determination of these conditions is one of the principal problems of statics. In order to find out the equilibrium conditions and to solve other problems one must know the principles of the composition of forces, the principles of replacing one force system by another and, particularly, the reduction of a given force system to as simple a form as possible. Accordingly, statics of rigid bodies treats of two basic problems:

1) composition of forces and reduction of force system to as simple a form as possible, and

2) determination of the conditions for the equilibrium of force system acting on rigid bodies.

The state of equilibrium or motion of a given body depends on its mechanical interaction with other bodies. The quantitative measure of the mechanical interaction of material bodies is called force. Force is a vector quantity. Its action on a body is characterized by its magnitude, direction, and point of application.

We shall call any set of forces acting on rigid body a force system.

We shall also use the following definitions:

A body not connected with other bodies and which from any given position can be displaced in any direction in space is called a free body.

If a force system acting on a free rigid body can be replaced by another force system without disturbing the body's initial condition of rest or motion, the two systems are said to be equivalent.

If a free rigid body can remain at rest under the action of a force system, that system is said to be balanced or equivalent to zero.

A resultant is a single force capable of replacing the action of a system of forces on rigid body. A force equal in magnitude, collinear with, and opposite in direction to the resultant is called an equilibrant force.

Forces acting on a rigid body can be divided into two groups: the external and internal forces. External forces represent the action of other material bodies on the particles of a given body. Internal forces are those with which the particles of a given body act on each other.

A force applied to one point of a body is called a concentrated force. Forces acting on all the points of a given volume or given area of a body are called distributed force. A concentrated force is a purely notional concept, insofar as it is actually impossible to apply a force to a single point of a body.

Axioms of Statics

There are some fundamental principles in statics, which are called axioms. Some of these principles are corollaries of the fundamental laws of dynamics.

1st Axiom. A free rigid body subjected to the action of two forces can be in equilibrium if, and only if, the two forces are equal in magnitude, collinear, and opposite in direction.

Since we know that a free body subjected to the action of a single force can not be in equilibrium, the first axiom defines the simplest balanced force system.

2nd Axiom. The action of given force system on a rigid body remains unchanged if another balanced force system is added to, or subtracted from, the original system.

It follows that two force systems differing from each other by a balanced system are equivalent.

Corollary. The point of application of force acting on a rigid body can be transferred to any other point on the line of action of the force without altering its effect.

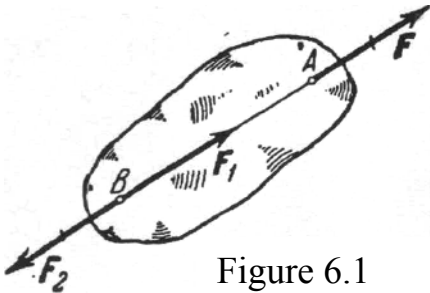


Figure 6.1

Consider a rigid body with a force \bar{F} applied at a point A (Fig. 6.1). In accordance with the 2nd Axiom we can apply to the arbitrary point B on the line of action of the force \bar{F} a balanced system \bar{F}_1, \bar{F}_2 such that $\bar{F}_1 = \bar{F}$ and $\bar{F}_2 = -\bar{F}$. From the 1st Axiom it follows that forces \bar{F} and \bar{F}_2 also form a balanced system and

cancel each other. Thus, we have only force \bar{F}_1 , equal to \bar{F} in magnitude and direction, with the point of application shifted to point B.

It should be noted that this corollary holds good only for forces acting on perfectly rigid bodies.

3rd Axiom. Two forces applied at one point of a body have as the resultant a force applied at the same point and represented by the diagonal of a parallelogram constructed with the two given forces as its sides (Fig.6.2).

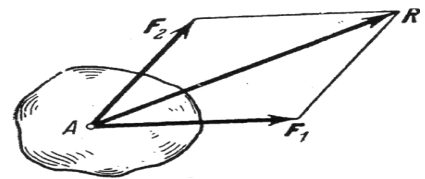


Figure 6.2

It is well known that vector R is called the geometrical sum of the vectors \bar{F}_1 and \bar{F}_2 :

$$\bar{R} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2$$

Hence, the 3 axiom can also be formulated as follows:

the resultant of two forces applied at one point of a body is the geometrical sum of those forces and is applied at that point.

It is very important discriminate between concepts of a sum of forces and their resultant.

4th Axiom. To any action of one material body on another there is always an equal and oppositely directed reaction.

This axiom represents the 3rd law of the dynamics. The law of action and reaction is one of the fundamental principles of mechanics. It follows from it that when a body A acts on a body B with a force \vec{F} , body B simultaneously acts on body A with a force \vec{F}' equal in magnitude, collinear with, and opposite in sense to force \vec{F} ($\vec{F}' = -\vec{F}$).

5th Axiom. If a freely deformable body subjected to the action of forces is in equilibrium, the state of equilibrium will not be disturbed if the body solidifies (becomes rigid).

This axiom, which is called principle of solidification, can also be formulated as follows: if a deformable body is in equilibrium, the forces acting on it satisfy the conditions for the equilibrium of rigid body.

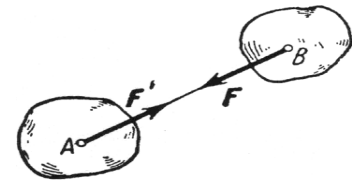


Figure 6.3

The axiom of solidification is widely employed in engineering problems. It makes it possible to determine equilibrium conditions by treating a deformable body or structure as a rigid one and to apply to it the methods of rigid - body statics.

2. VOCABULARY

action дія	constant постійний
apply прикладати	deformable деформований
area площа	deformation деформація
balanced зрівноважений	design проект; проектувати
body тіло	determination визначення
free ~ вільне тіло	dimension розмір
material ~ матеріальне тіло	direction напрям
solid ~ тверде тіло	displace переміщувати
collinear колінеарний	distance відстань
composition додавання, складання	dynamics динаміка
concept поняття	engineer інженер
notional ~ умовне поняття	equilibrium рівновага
condition умова	conditions of ~ умови рівноваги
connect з'єднувати	equivalent еквівалентний

force сила	quantity кількість
concentrated ~ зосереджена сила	reduction зведення, зменшення
distributed ~ розподілена сила	replacing заміна
equilibrant ~ зрівноважуюча сила	rest покій
external ~ зовнішня сила	resultant рівнодійна
internal ~ внутрішня сила	rigid жорсткий
gas газ	absolutely ~ абсолютно жорсткий
initial початковий	perfectly ~ ідеально жорсткий
interaction взаємодія	satisfy задовольняти
kinematics кінематика	shape форма
law закон	space простір
liquid рідина, рідкий	solids тверді тіла
load вага, навантаження; навантажувати	solution рішення
magnitude величина, амплітуда	state стан
manufacture виробництво, виробляти	strength міцність
measure міра	structure споруда
mechanics механіка	system система
motion рух	technology технологія
neglect нехтувати	undeformable недеформований, недеформівний
opposite протилежний	variable змінний
particle частинка	vector вектор
point точка	volume об'єм
~of application точка прикладення	axiom аксіома
problem проблема, задача	corollary висновок
	add додавати

subtract віднімати

differ відрізнятись

transfer переносити

alter відрізнятись

consider розглядати

arbitrary довільний

line лінія

cancel відмінити

equal рівний, рівнятися

shift зсув

diagonal діагональ

parallelogram паралелограм

side бік

hence таким чином, отже

formulate формулювати

discriminate відрізняти

reaction реакція

simultaneous одночасний

solidify твердіти

disturb збурювати

treat трактувати, розглядати мати справу, поводитися

3.EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перекладіть англійською

Статика – розділ теоретичної механіки, в якому викладаються загальні відомості про сили та встановлюються умови рівноваги матеріальних тіл під дією різних систем сил. Умови рівноваги істотно залежать від того, яке це тіло – тверде, рідке або газоподібне. В курсі теоретичної механіки розглядають задачі про рівновагу твердих тіл. Виходячи з означення в статистиці розв'язують дві основні задачі:

-додавання сил і зведення даної системи сил до найпростішої – її еквівалентної;

-визначення умов рівноваги системи сил, що діють на тіло.

Сила у механіці є кількісна міра механічної взаємодії одного тіла з іншим. Сила взаємодії є векторна величина, яка характеризується трьома параметрами: модулем, лінією дії й точкою прикладення. Сукупність кількох сил, що діють на тіло, називається системою сил. Дві системи сил, які однаково впливають на тіло, називаються еквівалентними.

Сила, яка еквівалентна заданій системі сил, є рівнодійна сила. Сила, яка дорівнює за модулем рівнодійній і протилежна їй за напрямом, є зрівноважуюча. Система сил, яка не порушує стану рівноваги тіл, називається зрівноваженою системою, або системою, яка еквівалентна нулю.

Exercise 3

Перекладіть українською

1. There is much that is right in this account.
2. And there are a few errors of fact here.
3. There is indeed very little to be said about this problem of mechanics.
4. There is no reason why this cannot be made explicit.
5. There are a number of reasons to use this theorem.
6. These papers show that currently there are more issues than answers.
7. There has been a revolution in the technology due to development of mechanics in the last five of decades.
8. There exists an obvious alternative method of solution.
9. There follow a relatively brief conclusion: two force systems are equivalent.
10. There is no such an effective method of analytical dynamics than that one.

Exercise 4

Перекладіть англійською

1. В отриманих результатах є розбіжності. 2. Існує багато методів вирішення проблем динамки. 3. В лабораторії механіки нещодавно був розроблений новий метод. 4. На це тіло діє якась сила. 5. Слід зробити багато вимірювань діючих сил. 6. Слід брати до уваги три аспекти під час доказу цієї теореми. 7. Щоб тіла підтримувати у русі, в якому вони знаходяться, має бути якась діюча сила. 8. Здається, існують значні розбіжності між рішеннями однієї задачі різними студентами. 9. В цьому звіті багато нових досліджень. 10. Необхідна аксіома статички тут не згадується.

Exercise 5

Перекладіть українською

When several forces of different magnitude and direction act upon a body, they constitute a system of forces. If all the forces in a system lie in a single plane, it is called a coplanar force system. If the line of action of all the forces in a system pass through a single point it is called a concurrent force system. In a system of parallel forces all the forces are parallel to each other. If the line of action of all forces lies along a single line then it is called a collinear force system.

A rigid body may be defined as a body in which the relative positions of any two particles do not change under the action of the forces. A particle may be defined as an object which has no size. Such a body cannot exist theoretically, but when dealing

with problems involving distances considerably larger when compared to the size of the body, the size of the body can be neglected without sacrificing accuracy.

Point force is yet another idealization very commonly used in mechanics. There are many similar idealizations assumed in mechanics to find the solution for practical problems, however, without sacrificing the optimum accuracy required.

LESSON 7.2

1. TEXT

CONSTRAINTS AND THEIR REACTIONS

A body whose displacement in space is restricted by other bodies either connected to or in contact with it is called a constrained body. We shall call a constraint anything that restricts the displacement of a given body in space.

A body acted upon by a force or forces whose displacement is restricted by a constraint acts on that constraint with a force which is called the load or pressure acting on that constraint. At the same time, according to the axiom of statics, the constraint reacts with a force of the same magnitude and opposite sense. The force, with which a constraint acts on a body thereby restricting its displacement, is called the force of reaction of the constraint, or simply the reaction of the constraint.

All forces which are not the reactions of constraints are called applied or active forces. The magnitude and direction of active forces do not depend on the other forces acting on a given body. The difference between a force of constraint and an active force is that the magnitude of the former always depends on the active forces and is not therefore immediately apparent.

The reactions of constraints are determined by solving corresponding problems of statics. The reaction of a constraint points away from the direction in which the given constraint prevents a body's displacement.

The correct determination of the direction of reactions is of great importance in solving problems. Let us therefore consider the direction of reactions of some common types of constraints.

1. *Smooth surface or support.* A smooth surface is one whose friction can be neglected in the first approximation. Such a surface prevents the displacement of a body perpendicular (normal) to both contacting surfaces at their point of contact (Fig.6.4).

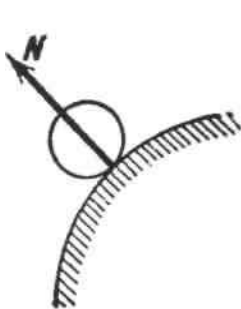


Figure 6.4.

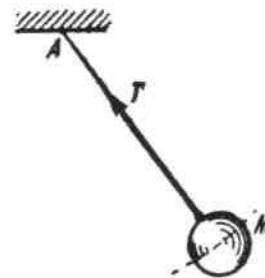
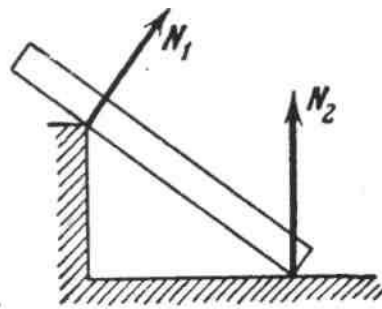


Figure 6.5

Therefore, the action of a smooth surface or support is directed normal to both contacting surfaces at their point of contact and is applied at that point.

If one of the contacting surfaces is a point then the reaction is directed normal to the other surface.

2. *String.* A constraint provided by a flexible inextensible string (Fig.6.5) prevents a body M from receding from the point of

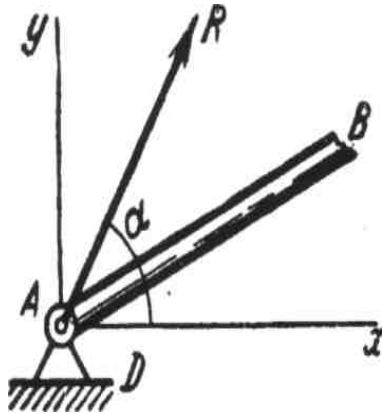


Figure 6.6a.

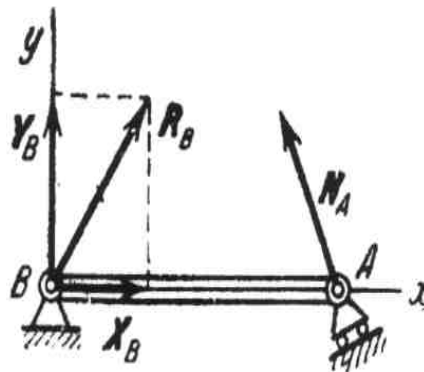


Figure 6.6b.

suspension of the string in the direction AM . The reaction T of the string is thus directed along the string towards the point of suspension.

3. *Cylindrical Pin (Bearing).* When two bodies are joined by means of a pin passing through holes in them, the connection is called a pin joint or hinge. Body AB in Fig.3a is hinged to support D and can rotate freely in the plane of the figure about the axis of the joint. At the same time, point A can not be displaced in any direction perpendicular to the axis. Thus, the reaction R of a pin can have any direction in the plane perpendicular to the axis of the joint (Fig.6.6a).

It is very important to discriminate between bearings and moved cylindrical pin (roller support). The main difference is that in moved cylindrical pin its axis can move along fixed plane. Thus, its reaction is normal to this fixed plane (Fig.6.6b).

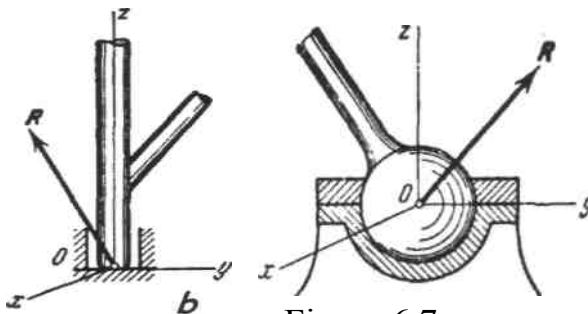


Figure 6.7.

4. *Ball - and - Socket joint and step bearing.* This type of the constraint prevents displacements in any direction (Fig. 6.7). Examples of such a constraint are a ball - pivot and a step bearing. The reaction \bar{R} of a ball - and - socket joint or step bearing has any direction in space.

Neither magnitude R nor its direction in space is immediately apparent.

5. *Rod.* Let a rod of a negligible weight and secured by hinges at its ends be the constraint of a certain structure. Then only two forces applied at its ends act on the rod. If rod is in equilibrium, the forces, according to the 1st axiom, must be collinear and directed along the axis of the rod. Consequently, a rod subjected to forces applied at its tips, where the weight of the rod is negligible, can be only under tension or under compression, i. e., reaction of a rod is directed along its axis.

Finally, let's consider the axiom of constraints which permits to reduce the problems of equilibrium of constrained bodies to study of free ones: any constrained body can be treated as a free body relieved from its constraints, provided the latter are represented by their reactions.

2. VOCABULARY

restrict обмежувати	in the first approximation у першому приближенні
connect з'єднувати	perpendicular перпендикуляр
contact контакт; контактувати	therefore тому
constraint накладений зв'язок	string нитка
constrained body пов'язане тіло	flexible гнучкий
act діяти	inextensible нерозтяжний
load навантаження	recede віддаляти
pressure тиск	point of suspension точка підвісу
react протидіяти	towards в напрямку
opposite sense протилежний напрямок	cylindrical pin (bearing) циліндричний шарнір
reaction реакція	join з'єднувати
active force активна сила	pin палець
immediately apparent наперед відомий (визначений)	pass проходити
point точка, зазначати	hole отвір
prevent запобігати	connection з'єднання
smooth surface гладка поверхня	hinge шарнір
support опора; підтримувати	rotate обертати, обертатись
friction тертя	free вільний
neglect нехтувати	discriminate відрізнати
	roller support рухома опора

ball - and - socket joint шарова
опора

step bearing підп'ятник

rod стрижень

negligible яким можна нехтувати,

weight вага

secure міцний надійний;

закріплений

collinear колінеарний

subject зазнавати

tip кінець

tension розтяг

compression тиск

relieve звільняти

3.EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перекладіть українською

1. Constraints are needed to fix any body in space. Ideal ones are constraints whose friction can be neglected.
2. No serious difficulties are foreseen in the construction of the machine, if one were desired.
3. The classical mechanics is concerned with three laws of Newton. The one that modern science deals with most of all is the second law of dynamics.
4. In examining data on the stability of motion, one can discount unusual cases.
5. One must ask what corollaries follow from the theorem of the motion of the centre of mass of a system.
6. One frequently wonders whether a particular idea is Newton's or someone else's.
7. When one sees a table, his memory automatically introduces previous experience with tables.
8. One sorely misses references to fundamental works in the field of Mechanics.
9. If, for some reason, one wishes to avoid this, it is, of course, possible.
10. Further evidence emerges when one considers other patterns.

Exercise 3

Запам'ятайте наступні словосполучення та утворіть речення з ними.

one believes that... вважають, що...

one knows that... відомо, що...

one must expect that... слід очікувати, що...

one can easily understand that... легко можна зрозуміти, що...

one may well (ask) є всі підстави (запитати)

one is faced with the difficulty (trouble, problem) виникає трудність (стає проблема)

one cannot fail (to do it) не можна не (зробити цього)

Exercise 4

Перекладіть українською

A beam may be defined as a structural element, which has one dimension (length) considerably larger than the other two dimensions, namely, breadth and depth and is supported at a few points. Due to applied loads reactions develop at supports, and the system of forces consisting of applied loads and reactions of constraints keep the beam in equilibrium. The nature of reactions depends upon the type of constraints. If the beam rests simply on a support it is called a simple-support. In such case the reaction at the support is at right angles to the support, the beam is free to move in the direction of its axis, and also it is free to rotate about the support.

In the case of roller support, beam end is supported on rollers. In such cases, reaction is normal to the support since rollers can be treated as frictionless. At a hinged end, a beam cannot move in any direction. However, it can rotate about the support. Hence the support will not develop any resisting moment, but it can develop reaction in any direction.

At fixed supports the beam end is not free to translate or rotate. Translation is prevented by developing support reaction in any required direction.

Exercise 5

Перекладіть англійською

Матеріальні тіла поділяються на вільні і невільні. Все те, що обмежує переміщення даного тіла в просторі, являє собою в'язі. Сили, з якими в'язі діють на тіло, називаються реакціями в'язей. Якщо на тіло накладені в'язі, то воно називається невільним, а якщо в'язі не накладені – то вільним.

Всяке невільне тіло можна перетворити у вільне, відкинувши накладені на нього в'язі і замінивши їх дію реакціями в'язей. Реакції в'язей залежать від дії зовнішніх сил.

Реакція ідеально гладкої поверхні спрямована по нормалі до неї.

Реакція стрижня спрямована вздовж його осі, а реакція нитки – вздовж нитки до точки підвісу (нитка працює тільки на розтяг).

Циліндричним шарніром називається в'язь, що допускає обертання тіла навколо осі, яка проходить через центр шарніра.

Реакція нерухомого шарніра перпендикулярна до осі шарніра і має невідомі модуль та напрям. Тому при розв'язанні задач повну реакцію розкладають на дві складові. Реакція рухомого шарніра спрямована перпендикулярно до опорної поверхні.

Тіла, які з'єднані сферичним шарніром, мають змогу як завгодно повертатись одне відносно одного навколо центра шарніра. Реакція сферичного шарніра проходить через центр шарніра і має невідомі модуль і напрям.

LESSON 7.3

1. TEXT

INTRODUCTION TO KINEMATICS

Kinematics is a part of mechanics, which treats of the geometrical aspects of the motion of bodies, without taking into account their inertia, i.e., mass or the forces acting on them.

On the one hand, kinematics is an introduction to dynamics, insofar as the fundamental concepts and relationships of kinematics have to be understood before studying the motion of bodies taking into account the action of forces. On the other hand, the methods of kinematics are in themselves of practical importance, for example in studying the transmission of motion in mechanisms.

By motion in kinematics is meant the relative displacement with time of a body in space with respect to other bodies.

In order to locate a moving body or particle we assume a coordinate system, which we call the frame of reference or reference system, to be fixed relative to the body with respect to which the motion is being considered. If the coordinates of all the points of a body remain constant within a given frame of reference, the body is said to be at rest relative to that reference system. If, on the other hand, the coordinates of any points of the body change with time, the body is said to be in motion relative to the given frame of reference.

Any motion in space takes place with time. In mechanics we deal with three - dimensional Euclidean space. Time in mechanics is considered as universal, i.e., as passing simultaneously in all frames of reference. Time is continuously varying quantity. In problems of kinematics, time is taken as an independent variable or argument. All other variables are regarded as changing with time, i.e., as functions of time. Any given instant of time is specified by the number of seconds that has passed between the initial and the given time. The difference between successive instants of time is called the time interval.

The principles of kinematics, evolved from and confirmed by practical experience, are based on the axioms of geometry. No other laws or axioms are necessary for the kinematics study of motion.

For the solution of problems of kinematics, the motion under consideration has to be described. To describe the motion or the law of motion, of a given body kinematically means to specify the position of that body relative to a given frame of reference for any moment of time.

The principal problem of kinematics is that of determining all the kinematics characteristics of the motion of a body as a whole or of any of its particles (path, velocity, acceleration, etc.) when the law of motion is known.

As a rule, the study of kinematics begins with an investigation of the simplest object - a particle, proceeding later to the examination of the kinematics of rigid body.

There are three methods of describing motion: the natural method, the coordinate method and the vector one. Let us consider all of them.

1) Natural Method of Describing Motion

The continuous curve described by a particle moving with respect to a given frame of reference is called the path of that particle. If the path is a straight line, the motion is said to be rectilinear, if the path is a curve, the motion is curvilinear.

Let the curve AB in Fig. 1 be the path of a particle M moving with respect to a frame of reference $OXYZ$. Take any fixed point O on the path as the origin of another frame of reference. Taking the path as an arc-coordinate axis, assume the positive and negative directions, as is done with rectangular axes. The position of the particle M on the path is now specified by a single coordinate S , equal to the distance from O to M measured along the arc of the path and taken with the appropriate sign.

The distance S changes with time. In order to know the position of M on the path at any instant, we must know the relation $S=S(t)$. This relation expresses the law of motion of particle M along its path.

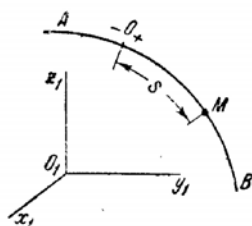


Figure. 6.8

Thus, in order to describe the motion of a particle by the natural method, a problem must state the path of the particle, the origin on the path, showing the positive and negative directions, the equation of the particle's motion along the path.

Note that S denotes the moving particle's position, not the distance traveled by it. The natural method is convenient when the particle's path is known at once.

2) Coordinate Method of Describing Motion

A particle's path may not be known, that is why the coordinate method is employed more frequently.

The position of a particle with respect to a given frame of reference $OXYZ$ can be specified by its Cartesian coordinates x, y, z (Fig.6.9). If we want to know the equation of motion of a particle, i.e. its location in space at any instant, we must know its coordinates for any moment of time: $x=x(t)$, $y=y(t)$, $z=z(t)$. These equations are ones of motion of a particle in terms of the Cartesian rectangular coordinates. They describe the curvilinear motion of a particle by the coordinate method. It's obvious, that if a particle moves in one plane, then we shall obtain two equations of motion.

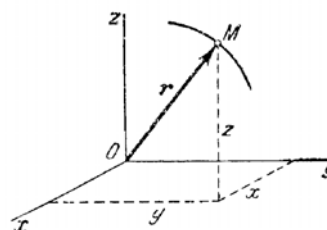


Figure. 6.9

Equations of motion are, at the same time, ones of the particle's paths in parametric form. By eliminating time t we can obtain the equation of the path in the usual form.

3) Vector Method of Describing Motion.

Let a particle M be moving relative to any frame of reference $OXYZ$. The position of the particle at any instant can be specified by a vector \vec{r} drawn from the origin O to the particle M . Vector \vec{r} is called the radius- vector of the particle M .

When the particle moves, the vector \vec{r} changes with time both in magnitude and direction. Thus, \vec{r} is a variable vector (a vector-function) depending on the argument t : $\vec{r} = \vec{r}(t)$. This equation describes curvilinear motion of a particle in vector form and can be used to construct a vector \vec{r} for any particular moment of time and to determine the position of the moving particle at that instant.

The locus of the tips of vector \vec{r} defines the path of the moving particle. The vector method is convenient for establishing general dependencies, as it describes a particle's motion in terms of one vector equation instead of the three scalar equations.

Velocity of a Particle

One of the basic Kinematics' characteristics of motion of a particle is a vector quantity called velocity.

Let a moving particle occupy at time t a position M defined by the radius vector \vec{r} , and at time t_1 a position M_1 defined by the radius vector \vec{r}_1 (Fig.6.10). The displacement during the time interval $\Delta t = t_1 - t$ is defined by a vector $\overline{MM_1}$ which we shall call the displacement vector of the particle. From triangle OMM_1 we obtain $\vec{r} + \overline{MM_1} = \vec{r}_1$, whence

$$\overline{MM_1} = \vec{r}_1 - \vec{r} = \Delta \vec{r}.$$

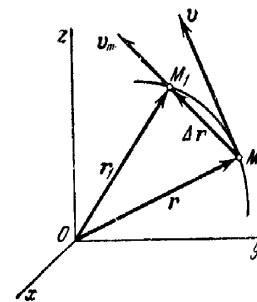


Figure. 6.10

The ratio $\vec{V}_{av} = \frac{\overline{MM_1}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$ is called the average

velocity of the particle during the given time interval Δt .

Obviously, the smaller the time interval $\Delta t = t_1 - t$, the more precisely the average velocity will characterize the particle's motion. To obtain a characteristic of motion independent of the choice of the time interval the concept of instantaneous velocity is

introduced. It is a vector quantity \vec{V} towards which the average velocity \vec{V}_{av} tends when the time interval Δt tends to zero

$$\vec{V} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\vec{V}_{av}) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

Thus, the vector of instantaneous velocity of a particle is equal to the first derivative of the radius vector of the particle with respect to time:

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

As the limiting direction of the secant MM1 is a tangent, the vector of instantaneous velocity is tangent to the path of the particle in the direction of motion.

Acceleration of a Particle

Acceleration characterizes the time rate of change of velocity in magnitude and direction.

Let a moving particle have a velocity \vec{V} at a given time t , and a velocity \vec{V}_1 at time t_1 . The increase in velocity in the time interval $\Delta t = t_1 - t$ is $\Delta\vec{V} = \vec{V}_1 - \vec{V}$. The ratio of the velocity increment vector $\Delta\vec{V}$ to the corresponding time interval Δt defines the vector of average acceleration of the particle in the given time interval:

$$\vec{W}_{av} = \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}.$$

The instantaneous acceleration at a given time t is defined as the vector quantity \vec{W} towards which the average acceleration \vec{W}_{av} tends when the time interval Δt tends to zero:

$$\vec{W} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t} = \frac{d\vec{V}}{dt},$$

or

$$\vec{W} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}.$$

Hence, the instantaneous acceleration of a particle is equal to the first derivative of the velocity vector or the second derivative of the radius-vector of the particle with respect to time.

In general case, the acceleration vector \vec{W} lies in the osculating plane and is directed towards the inside of the curve.

The osculating plane through a point M on a curve may be defined as the limiting position of a plane through points M, M1 and M2 of the given curve when points M1 and M2 tends to M.

The osculating plane of a plane curve is coincident with the plane of the curve and is common for all its points.

2. VOCABULARY

inertia інерція

mass маса

transmission передача

with respect to відносно до

frame of reference система відліку

three – dimensional
трьохмірний

independent variable
незалежна змінна

argument аргумент

function функція

instant момент часу

position положення

path траєкторія

velocity швидкість

acceleration прискорення

continuous неперервний

curve крива

rectilinear прямолінійний

curvilinear криволінійний

axes вісь

arc дуга

equation рівняння

coordinate координата

location положення

move рухатися

radius радіус

vector вектор

dependence залежність

fixed нерухомий

positive позитивний

negative негативний

rectangular прямокутний

locus місцеположення

osculating plane стична
площина

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перекладіть англійською

Кінематика – розділ теоретичної механіки, який вивчає механічний рух матеріальної точки, системи матеріальних точок і абсолютно твердого тіла в просторі часі, без урахування сил, які спричиняють цей рух.

В основі класичної механіки лежить поняття про абстрактний геометричний простір – тривимірний евклідовий простір. Час перебігає рівномірно, неперервно, однаково в усіх частинах всесвіту незалежно від таких явищ, які в ньому відбуваються.

Положення тіла визначається відносно яких-небудь інших тіл. Тіла, які визначають положення рухомих тіл, називають системами відліку. З цими тілами пов'язують деяку систему координат, наприклад прямокутну (декартову), і визначають положення кожної точки рухомого тіла.

Кінематика поділяється на кінематику точки і твердого тіла. Основна задача кінематики точки – визначення закону її руху і кінематичних характеристик руху. Законом руху називається залежність між положеннями точки у вибраній системі відліку із часом.

Основна задача кінематики абсолютно твердого тіла – визначення закону руху тіл в цілому і кожної точки тіла окремо.

Exercise 3

Перекладіть українською

1. One might try to explain this theorem. 2. One could simply accept this principle of virtual displacements. 3. One can hardly disagree with this research strategy. 4. As one might guess, these topics are highly interdependent. 5. One is not required to know much about the theory before reading it. 6. One must note all the exceptions, even if one defers their consideration for later study. 7. One does not need to be a believer in this theory to feel that some useful information has been lost here. 8. One can hardly object to this as a sort of first approach. 9. One must be very careful in drawing conclusions from these data, however. 10. The student offered explications of the theorem; but they are brief and one is erroneous.

Exercise 4

Перекладіть англійською

1. Відомо, що теоретична механіка-фундаментальна наука. 2. Схожість теорем, яку ми знаходимо, не випадкова. 3. Вважають, що динаміка-найскладніший розділ механіки. 4. Слід очікувати, що під дією постійної сили точка рухається рівномірно прискорено. 5. Легко зрозуміти, що під дією однієї сили тіло не може бути у стані рівноваги. 6. Якщо знати загальні теореми динаміки, легко пояснити багато явищ. 7. Є всі підстави задати питання-чому це тіло не обертається? 8. Чим більше навчаєшся, тим більше знаєш. 9. Під час рішення рівнянь руху механічної системи виникають великі математичні труднощі. 10. Неможливо не знати теоретичну механіку і бути інженером.

Exercise 5

Перекладіть українською

Kinematics is the branch of mechanics, which deals with the motion of bodies' problems without referring to the forces causing the motion of the body. A body is said to be in motion if it is changing its position with respect to a reference point. For all engineering problems any fixed point on the earth is an implied reference point. The distance moved by the body in time is the distance measured along its path. Distance is a scalar quantity since it has only magnitude. Displacement of the body in a time interval may be defined as the linear distance between the two positions of the body in the beginning and the end of the time interval. Since displacement has magnitude and direction, it is a vector quantity.

LESSON 7.4

1. TEXT

INTRODUCTION TO DYNAMICS

Dynamics is that section of mechanics, which treats of the laws of motion of material bodies subjected to the action of forces.

The motion of bodies from a purely geometrical point of view was discussed in kinematics. Unlike kinematics, in dynamics the motion of bodies is investigated in connection with the acting forces and the inertia of the material bodies themselves.

The concept of force as a quantity characterizing the measure of mechanical interaction of material bodies is introduced in statics. But in statics we treated all forces as constant, without considering the possibility of their changing with time. In real systems, though, alongside of constant forces (gravity can generally be regarded as an example of a constant force) a body is often subjected to the action of variable forces whose magnitudes and directions change when the body moves. Variable forces may be both applied (active) forces and the reactions of constraints.

Experience shows that variable forces may depend in some specific ways on time, on the position of a body, or on its velocity (examples of dependence on time are furnished by the traction force of an electric locomotive whose rheostat is gradually switched on or off, or the force causing the vibration of a foundation of a motor with a poorly centered shaft; the Newtonian force of gravitation or the elastic force of a spring depend on the position of a body; the resistance experienced by a body moving through air or water depends on the velocity). In dynamics we shall deal with such forces alongside of constant forces. The laws for the composition and resolution of variable forces are the same as for constant ones.

The concept of inertia of bodies arises when we compare the results of the action of an identical force on different material bodies. Experience shows that if the same force is applied to two different bodies initially at rest and free from any other actions, in the most general case the bodies will travel different distances and acquire different velocities in the same interval of time.

Inertia is the property of material bodies to resist a change in their velocity under the action of applied forces. If, for example, the velocity of one body changes

slower than that of another body subjected to the same force, the former is said to have greater inertia, and vice-versa. The inertia of any body depends on the amount of matter which it contains.

The quantitative measure of the inertia of body, which depends on the quantity of matter in the body, is called the mass of that body. In mechanics mass m is treated as a scalar quantity, which is positive and constant for every body. The measurement of mass will be discussed in the following article.

In the most general case the motion of a body depends not only on its aggregate mass and the applied forces, the nature of motion may also depend on the dimensions of the body and the mutual position of its particles (i.e., on the distribution of its mass).

In the initial course of dynamics, in order to neglect the influence of the dimensions and the distribution of the mass of a body, the concept of a material point, or particle, is introduced.

A particle is a material body (a body possessing mass) the size of which can be neglected in investigating its motion.

Actually any body can be treated as a particle when the distances traveled by its points are very great as compared with the size of the body itself. Furthermore, in the dynamics of systems, a body in translatory motion can always be considered as a particle of mass equal to the mass of the whole body.

Finally, the parts into which we shall mentally divide bodies in analyzing any of their dynamic characteristics can also be treated as material points.

Obviously, the investigation of the motion of a single particle should precede the investigation of systems of particles, and in particular of rigid bodies. Accordingly, the course of dynamics is conventionally subdivided into particle dynamics and the dynamics of systems of particles.

The study of dynamics is based on a number of laws generalizing the results of a wide range of experiments and observations of the motions of bodies—laws that have been verified in the long course of human history.

The First Law (the Inertia Law): a particle free from any external influences continues in its state of rest, or of uniform rectilinear motion, except in so far as it is compelled to change that state by impressed forces. The motion of a body not subjected to any force is called motion under no forces, or inertial motion.

The inertia law states one of the basic properties of matter: that of being always in motion. It establishes the equivalence, for material bodies, of the states of rest and of motion under no forces.

A frame of reference for which the inertia law is valid is called an inertial system (or, conventionally, a fixed system). Experience shows that, for our solar system, an inertial frame of reference has its origin in the center of the sun and its axes pointed towards the so-called "fixed" stars. In solving most engineering problems a sufficient degree of accuracy is obtained by assuming any frame of reference connected with the earth to be an inertial system.

The Second Law (the Fundamental Law of Dynamics) establishes the mode in which the velocity of a particle changes under the action of a force. It states: the

product of the mass of a particle and the acceleration imparted to it by a force is proportional to the acting force; the acceleration takes place in the direction of the force. Mathematically this law is expressed by the vector equation:

$$m\vec{w} = \vec{F}$$

The second law of dynamics, like the first, is valid only for an inertial system. It can be immediately seen from the law that the measure of the inertia of a particle is its mass, since two different particles subjected to the action of the same force receive the same acceleration only if their masses are equal; if their masses are different, the particle with the larger mass (i.e., the more inert one) will receive a smaller acceleration, and vice versa.

A set of forces acting on a particle can, as we know, be replaced by a single resultant \vec{R} equal to the geometrical sum of those forces. In this case the equation expressing the fundamental law of dynamics acquires the form:

$$m\vec{w} = \vec{R} \text{ or } m\vec{w} = \sum \vec{F}_k$$

Measure of mass. Second law makes it possible to determine the mass of a body if its acceleration in translator motion and the acting force are known. It has been established experimentally that under the action of the force of gravitation \vec{P} all bodies falling to the earth (from a small height and in vacuum) possess the same acceleration g , this is known as the acceleration of gravity or of free fall. Applying

the second law to this motion, we obtain $mg = P$, whence $m = \frac{P}{g}$.

Thus, the mass of a body is equal to its weight divided by the acceleration of gravity g .

The Third Law (the Law of Action and Reaction) establishes the character of mechanical interaction between material bodies. For two particles it states: two particles exert on each other forces equal in magnitude and acting in opposite directions along the straight line connecting the two particles.

It should be noted that the forces of interaction between free particles (or bodies) do not form a balanced system, as they act on different objects.

The third law of dynamics, which establishes the character of interaction of material particles, plays an important part in the dynamics of systems.

There are two types of problems in dynamics

The problems of dynamics for a free particle are: 1) knowing the equation of motion of a particle, to determine the force acting on it (the first problem of dynamics), 2) knowing the forces acting on a particle, to determine its equation of motion (the second, or principal, problem of dynamics).

Both problems are solved with the help of the second law of dynamics, since it gives the relation between acceleration, i.e., the quantity characterizing the motion of a particle, and the forces acting on it.

In engineering it is often necessary to investigate constrained motions of a particle, i.e., cases when constraints attached to a particle compel it to move along a given fixed surface or curve.

In such cases we shall use, as in statics, the axiom of constraints, which states that any constrained particle can be treated as a free one detached from its constraints provided the latter is represented by their reactions \vec{N} . Then the fundamental law of dynamics for the constrained motion of a particle takes the form:

$$m\vec{w} = \sum \vec{F}^a_k + \vec{N}$$

where \vec{F}^a_k denotes the applied forces acting on the particle.

For constrained motion, the first problem of dynamics will usually be: to determine the reactions of the constraints acting on a particle if the motion and applied forces are known. The second (principal) problem of dynamics for such motion will pose two questions: knowing the applied forces, to determine: a) the equation of motion of the particle and b) the reaction of its constraints.

2. VOCABULARY

purely geometrical point of view чисто геометрична точка зору	amount сума
discuss обговорювати, дискутувати	matter матерія
in connection with у зв'язку з	contain містити, мати в собі
inertia інерція	quantitative measure кількісна міра
quantity кількість	mutual взаємний
mechanical interaction механічна взаємодія	distribution розподіл
possibility можливість	influence вплив, впливати
alongside of поряд з	as compared with у порівнянні з
gravity гравітація	translatory motion поступальний рух
regard вважати	divide ділити
move рухати, рухатися	obviously очевидно
dependence залежність	precede передувати
furnish постачати, забезпечувати	in particular зокрема
traction force сила тяги	observation спостереження
electric locomotive електровоз	verify перевіряти
rheostat реостат	external зовнішній

gradual поступовий	uniform рівномірний
switch on включати	solar system сонячна система
switch off виключати	establish встановлювати
elastic force пружна сила	equivalence еквівалентність
vibration коливання, вібрація	so called так званий
foundation фундамент	sufficient достатній
spring пружина	degree ступінь
shaft вал	accuracy точність
resistance опір	impart наділяти
deal with мати справу	proportional пропорційний
compare порівнювати	height висота
acquire придбавати, набувати	vacuum вакуум
property властивість	free fall вільне падіння
resist чинити опір	whence звідки
change змінювати	exert чинити

3.EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перекладіть англійською

Динаміка – розділ теоретичної механіки, в якому вивчається рух матеріальних тіл під дією прикладених до них сил.

Під матеріальними тілами розуміють матеріальну точку, систему матеріальних точок або абсолютно тверде тіло. Матеріальна точка – це матеріальне тіло, розмірами якого для даної задачі нехтують. Системою матеріальних точок називається така сукупність точок, в якій положення і рух кожної точки залежить від положення і руху всіх інших. Абсолютно тверде тіло - незмінна система, відстань між будь-якими точками якої залишається

незмінною. У класичній механіці розглядають рух немалих матеріальних об'єктів зі швидкостями, малими порівняно зі швидкістю світла ($3 \cdot 10^8$ км/с).

Властивість матеріальних тіл швидко або повільно змінювати швидкість свого руху під дією прикладених сил – інертність. Кількісною мірою інертності матеріальних тіла є маса. Маса тіла взагалі змінна величина. Сили бувають сталі і несталі. Несталі сили можуть бути залежними від переміщення (сили тяжіння, сили пружності), від часу (сили тяги), від швидкості (сили опору).

Exercise 3

Перекладіть речення, звертаючи увагу на переклад займенників this/these, that/those:

1. This has the same effect.
2. Those were insufficient proofs.
3. That is not true.
4. This is a theorem to which we return later.
5. These are serious restrictions to the mechanical use of many principles.
6. And now we turn to other cases of reduction of coplanar force system.
7. They can use other theorems of dynamics, although these are rather simpler.
8. That is the method used by only a few researchers.
9. This is a study of a specific case of motion.
10. This is why it is useful to use D'Alembert's principle.

Exercise 4

Перекладіть англійською

1. Це дещо заплутало доказ теореми.
2. Це, певно, буде зовсім недоречним.
3. Ось де між цими методами є великі розбіжності.
4. Цим я хочу сказати, що така ознака дуже істотна.
5. Цим завершується доведення теореми (або: На цьому завершується доведення теореми).
6. Це — найкращі підходи до вирішення проблеми.
7. Ось деякі теореми, які ми будемо розглядати в динаміці.
8. Такі деякі недоліки інтегрування рівнянь руху.
9. Вони почасти впливають із законів Ньютона.
10. То були лише перші кроки вивчення теоретичної механіки.

Exercise 5

Перекладіть українською

Lack of availability of accurate time measuring devices delayed the development of dynamics as compared to that of statics. Galileo (1564-1642) made useful observations, which led to development of dynamics. Sir Isaac Newton (1642-1727)

generalized Galileo's observations and came out with experimental proof for what are known as Newton's first law and second law. These are formulated in such a way:

-everybody continues in its state of rest or of uniform motion, unless it is acted by some external agency (or a body acted by a balanced system of forces has no acceleration);

-rate of change of momentum is directly proportional to the impressed force, and takes in the direction, in which the force acts.

It may be observed that the Newton's first law is only a particular case of the second law. That is when the resultant force is zero, the acceleration also will be zero.

LESSON 7.5

1. TEXT

INTRODUCTION TO THE DYNAMICS OF A SYSTEM

A mechanical system is defined as such a collection of material points (particles) or bodies in which the position or motion of each particle or body of the system depends on the position and motion of all the other particles or bodies. We shall thus regard a material body as a system of its particles.

A classical example of a mechanical system is the solar system, all the component bodies of which are connected by the forces of their mutual attraction.

A collection of bodies not connected by interacting forces does not comprise a mechanical system (e.g., a group of flying aircraft). In this summary we shall consider only mechanical systems, calling them just "systems" for short.

The forces acting on the particles or bodies of a system can be subdivided into external and internal forces.

External forces are defined as the forces exerted on the members of a system by particles or bodies not belonging to the given system. Internal forces are defined as the forces of interaction between the members of the same system. We shall denote external forces by the symbol \vec{F}^e , and internal forces by the symbol \vec{F}^i . Both external and internal forces can be either active forces or the reactions of constraints. The division of forces into external and internal is purely relative, and it depends on the extent of the system whose motion is being investigated. In considering the motion of the solar system as a whole, for example, the gravitational attraction of the sun acting on the earth is an internal force; in investigating the earth's motion about the sun, the same force is external.

Internal forces possess the following properties:

1. *The geometrical sum (the principal vector) of all the internal forces of a system is zero.* This follows from the third law of dynamics, which states that any two particles of a system (Fig.6.11) act on each other with equal and oppositely directed forces \vec{F}^i_{12} and \vec{F}^i_{21} , the sum of which is zero. Since the same is true for any pair of particles of a system, then

$$\sum \vec{F}^i_k = 0.$$

2. The sum of the moments (the principal moment) of all the internal forces of a system with respect to any centre or axis is zero. For if we take an arbitrary centre O , it is apparent from Fig.1 that $\vec{m}_0(\vec{F}^i_{12}) + \vec{m}_0(\vec{F}^i_{21}) = 0$. The same result holds good for the moments about any axis. Hence, for the system as a whole we have

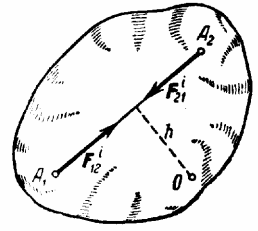


Figure.6.11

$$\sum \vec{m}_0(\vec{F}^i_k) = 0 \text{ or } \sum m_x(\vec{F}^i_k) = 0.$$

It does not follow from the above, however, that the internal forces are mutually balanced and do not affect the motion of the system, for they are applied to different particles or bodies and may cause their mutual displacement. The internal forces will be balanced only when a given system is a rigid body.

The motion of a system depends, besides the acting forces, on its total mass and the distribution of this mass. The *mass of a system* is equal to the arithmetical sum of the masses of all the particles or bodies comprising it:

$$M = \sum m_k.$$

The distribution of mass is characterized primarily by the location of a point called the centre of mass. *The centre of mass or centre of inertia, of a system is defined as a geometrical point C whose coordinates are given by the equations:*

$$x_C = \frac{\sum m_k x_k}{M}, \quad y_C = \frac{\sum m_k y_k}{M}, \quad z_C = \frac{\sum m_k z_k}{M}.$$

where m_k is the mass of a particle of the system, and x_k, y_k, z_k are its coordinates.

If the position of a centre of mass is defined by its radius vector \vec{r}_c , we can obtain the following expression

$$\vec{r}_c = \frac{\sum m_k \vec{r}_k}{M},$$

where \vec{r}_k is the radius vector of a particle of the system.

For a body in a uniform gravitational field, the centre of mass coincides with the centre of gravity. The concepts of centre of gravity and centre of mass, however, are not identical. The concept of centre of gravity, as the point through which the resultant of the forces of gravity passes, has meaning only for a rigid body in a uniform field of gravity. The concept of centre of mass, as a characteristic of the distribution of mass in a system, on the other hand, has meaning for any system of particles or bodies, regardless of whether a given system is subjected to the action of forces or not.

The position of centre of mass does not characterize completely the distribution of mass in a system. For if in the system in Fig.6.12 the distance h of each of two identical spheres A and B from the axis Oz is increased by the same quantity, the location of the centre of mass will not change, though the distribution of mass will change and influence the motion of the system (all other conditions remaining the same, the rotation about axis Oz will be slower).

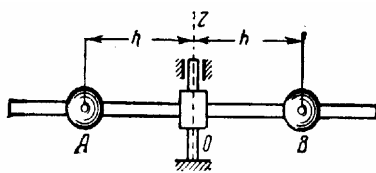


Figure.6.12

Accordingly, another characteristic of the distribution of mass, called the moment of inertia, is introduced in mechanics. *The moment of inertia of a body with respect to a given axis Oz is defined as a scalar quantity equal to the sum of the masses of the particles of the body, each multiplied by the square of its perpendicular distance from the axis:*

$$J_z = \sum m_k h_k^2.$$

It will be shown further on that moment of inertia plays the same part in the rotational motion of a body as mass does in translatory motion, i.e., *moment of inertia is a measure of a body's inertia in rotational motion.*

The moment of inertia of a body is equal to the sum of the moments of inertia of all its parts with respect to the same axis. For a material point located at a distance h from an axis, $J_z = mh^2$. The dimension of moment of inertia in the technical system of units is $[J] = \text{kgm-sec}^2$.

The concept of *radius of gyration* is often employed in calculations. The radius of gyration of a body with respect to an axis Oz is a linear quantity ρ defined by the equation

$$J_z = M\rho^2,$$

where M is the mass of the body.

It follows from the definition that geometrically the radius of gyration is equal to the distance from the axis Oz to a point, such that if the mass of the whole body were concentrated in it the moment of inertia of the point would be equal to the moment of inertia of the whole body. Knowing the radius of gyration, we can obtain the moment of inertia of a body and vice-versa.

2. VOCABULARY

mechanical system механічна система	sum сума
component компонента, частина	centre of mass центр мас
collection сукупність	centre of inertia центр інерції
attraction притягання	uniform gravitational field однорідне поле тяжіння
comprise включати	centre of gravity центр тяжіння
aircraft літак	concept поняття
subdivided розділений	meaning значення
internal force внутрішня сила	regardless незалежно від
external force зовнішня сила	sphere сфера
denote позначати	increase збільшуватись

principal vector головний вектор	moment of inertia момент інерції
oppositely directed протилежно спрямований	multiply множити
principal moment головний момент	perpendicular distance найкоротша відстань
with respect to відносно до	further on у подальшому
it is apparent очевидно	rotational motion обертальний рух
moment of inertia момент інерції	radius of gyration радіус інерції
hence отже	vice – versa навпаки
distribution розподіл	mutually balanced взаємно зрівноважений

3.EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Перекладіть англійською

Механічна система – система матеріальних точок (тіл), в якій положення або рух кожної точки (тіла) залежить від положення і руху всіх інших.

На кожну точку механічної системи діють як зовнішні, так і внутрішні сили. Зовнішні сили - це сили, що діють на систему з боку тіл, які не входять у дану систему. Внутрішні сили - сили взаємодії між точками даної системи.

Маса механічної системи дорівнює алгебраїчній сумі мас тіл, що входять до системи.

В однорідному полі сил ваги центр мас збігається з центром ваги.

Положення центра мас характеризує розподіл мас системи неповністю. Тому вводять ще одну характеристику – момент інерції. Моментом інерції тіла відносно даної осі називається скалярна величина, що дорівнює сумі добутків мас усіх точок тіла (системи) на квадрати їх відстаней від цієї осі. Момент інерції виражається в кілограмах на квадратний метр (кг.м²).

Радіус інерції тіла визначає ту відстань від осі до точки, де треба зосередити всю масу тіла, щоб момент інерції однієї цієї точки дорівнював моменту інерції всього тіла.

Exercise 3

Запам'ятайте значення наступних виразів, в яких займенник **it** виконує функцію підмета і складіть з ними речення:

- it is found that...** визнано; виявлено, що...
- it will be noted that...** слід відзначити, що...
- it is taken for granted that...** приймається без доказів, що...
- it appears that...** виявляється; певно, що...
- it follows that...** випливає (можна зробити висновок), що...
- it takes (time, efforts)** потрібний (час, зусилля)
- it is appropriate (to use...)** доречно (використовувати)
- it is helpful** корисно
- it is not necessary that...** не обов'язково, щоб...
- it is only natural that...** цілком природньо, що...
- it is well (to ask)** доречно (запитати, задати питання)
- it is common observation that...** загальновідомо, що...
- it is (of) common occurrence that...** звичайно; часто буває так, що...
- it is common (usual) practice (to use)** звичайно (використовують), прийнято використовувати)

Exercise 4

Перекладіть українською

1. It is worthwhile to try (trying) another approach.
2. In ancient times it was believed that the earth was flat.
3. I found it easy to understand the professor.
4. It seems that this approach is better than that one.
5. It is thought that mechanics is a very difficult science.
6. It is known that mass is a measure of inertia of bodies.
7. It is important to make up the equation of motion.
8. It is important that this theorem was understood.
9. It is common observation that mass is a fundamental notion of dynamics.
10. It will be remembered that some hypotheses were put forward in the last decade.
11. It is hoped that the theorem will be helpful.
12. It will be recalled that decimal system is used throughout the paper.
13. It is the purpose of the lecture to present new theorems of dynamics.
14. It is well to introduce a new concept at this point.
15. It was suggested by professor to apply another method.

Exercise 5

Перекладіть українською та перескажіть наступний текст

Moment of inertia of a body about any axis is defined as the sum total of product of its elemental masses and square of their distance from the axis. This term has no physical meaning. It is only a mathematical term, which will be very useful in studying rotation of rigid body. Since moment of inertia is product of mass and square of distance, its unit is $N - m - \text{sec}^2$. No name has been assigned to this unit. Hence, it may be simply called as unit.

Radius of gyration is that distance, which when squared and multiplied with the total mass of the body gives the moment of inertia of the body. In other words, radius of gyration is the distance at which the entire mass can be assumed to be concentrated such that the moment of inertia of the actual body and the concentrated mass is the same.

Moment of inertia of simple bodies can be determined from its definition. The following steps have to be done: 1) take a general element; 2) write down the expression for mass of the element and its distance from the axis; 3) integrate the product of the square of this distance and elemental mass between suitable limits such that the entire mass of the body is covered.

CHAPTER 8 THE FIELD OF ELECTRONICS

LESSON 8.1

1. TEXT

VOLTAGE CONTROL WITH DC SUPPLY

For the sake of simplicity we will begin by exploring the problem of *controlling* the *voltage* across *resistive load*, fed from a *constant-voltage source* such a *battery*.

Two different methods are shown in Figure 8.1.

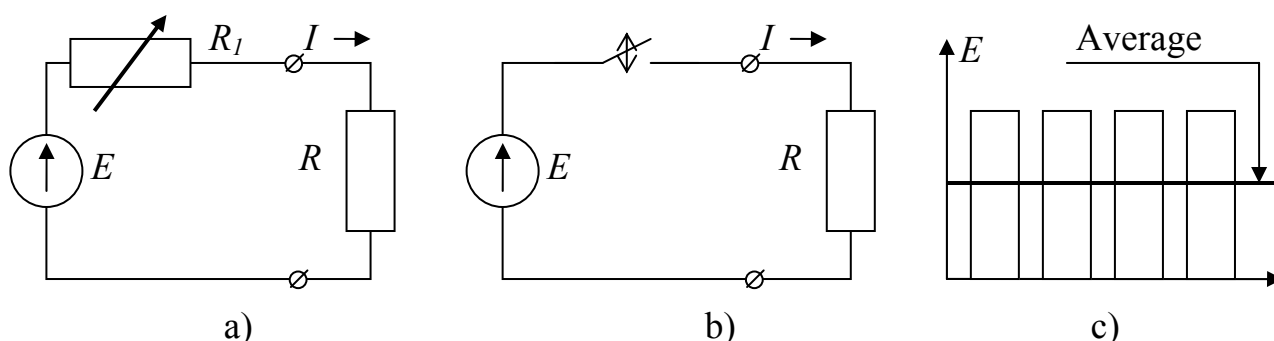


Figure 8.1. Methods of obtaining a voltage output from a constant voltage

Method (a) (Figure 8.1,a) uses a variable resistor R_1 to varies a voltage at the resistive load R . Resistor R_1 absorbs whatever fraction of the electromagnetic force (e.m.f.) E . It provides smooth control over the full range from 0 to E .

The snag of the method is that power is wasted in the control resistor R_1 .

Instead the manually operated control resistor R_1 often is used a transistor. The transistor is connected with its collector and emitter terminals in series with the voltage source and load resistor. In this case, of course, the transistor is a variable resistor, but a rather special one in which the effective collector-emitter resistance can be controlled over a wide range by means of the base-emitter current.

The method of voltage control at the resistive load has a very low efficiency.

Other method (Figure 8.1,b) uses the mechanical or electronic switch. By operating the switch repetitively and varying the ratio of on/off time, the average load voltage can be varied continuously between 0 (switch off all the time) to E (switch on all the time) (Figure 8.1,c).

The circuit shown in Figure 8.1,b is often referred to as a '*chopper*', because the e.m.f. E is '*chopped*' on and off.

When a constant repetition *frequency* is used, and the width of the *pulse* is varied to control the mean output voltage, the arrangement is known as '*pulse width modulation*' (PWM). An alternative approach is to keep the width of the on pulses constant, but vary their repetition rate. This approach is known as *pulse frequency modulation* (PFM).

2. VOCABULARY

control	керування, регулювання	collector-emitter resistance	колекторно-емітерний опір
voltage	напруга	base-emitter current	базово-емітерний струм
resistive load	резистивне навантаження	switch	перемикач, комутаційний пристрій
constant-voltage source	джерело постійної напруги	chopper	переривач, інвертор
battery	батарея (акумулятор)	frequency	частота
resistor	резистор	pulse	пульс, пульсація
electromagnetic force	електромагнітна сила	pulse width modulation (PWM)	широтно-імпульсна модуляція (ШІМ)
transistor	транзистор	pulse frequency modulation (PFM)	частотно-імпульсна модуляція (ЧІМ)
collector	колектор		
emitter	емітер		
terminal	затиск, клема		

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Відповісти англійською мовою письмово на наступні запитання:

1. Які контакти є у транзистора?
2. Як підключається транзистор до навантаження у випадку,

розглянутому у тексті?

3. Як регулюється змінний опір транзистора при регулюванні середньої напруги на навантаженні?

4. У чому полягає недолік регулювання транзистором як змінним опором?

Exercise 3

Викладіть у письмовій формі англійською мовою у чому полягає різниця у методах регулювання напруги при живленні від джерела постійної напруги.

Exercise 4

Відповісти письмово англійською мовою на запитання:

What are the differences between pulse width modulation and pulse frequency modulation?

LESSON 8.2

1. TEXT

CHOPPERS (TRANSISTORS)

Obviously a mechanical *switch* (look lesson 8.1, Figure 8.1,b) would be unsuitable, and could not be expected to last long when pulsed at high *frequency*. So, an *electronic power switch* is used instead (Figure 8.2,a).

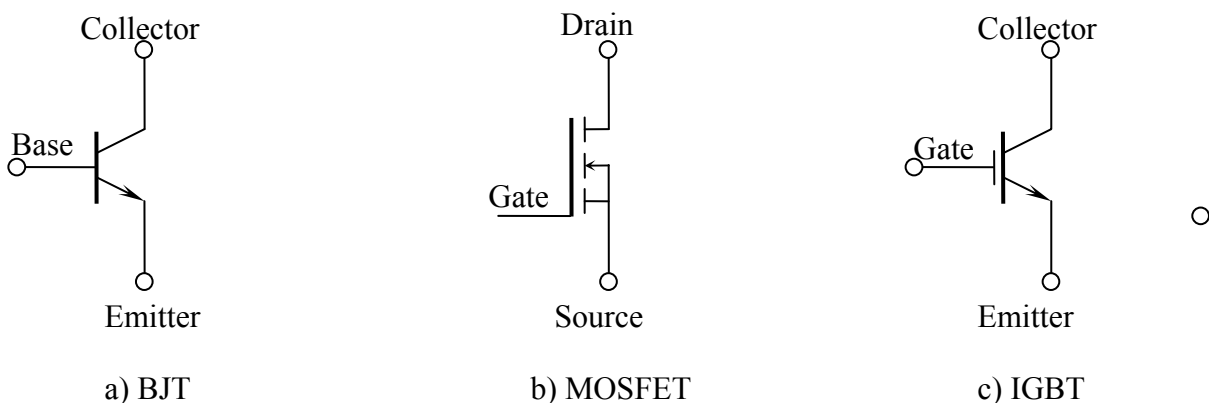


Figure 8.2. Electronic devices (transistors):

BJT – bipolar junction transistor;

IGBT – insulated gate bipolar transistor;

MOSFET – metal oxide semiconductor field effect transistor;

BJT. Historically the bipolar junction transistor was the first to be used for power switching. It has been widely used in inverters for drives, mainly in applications ranging up to a few kilowatts and several hundred volts.

A transistor can be used as an effective controllable resistor due to the resistance between collector and emitter depends on the current in the base-emitter junction.

Like mechanical switch the transistor would have to be able to provide infinite resistance (switch off) or zero resistance (switch on).

The main (load) current flows into the collector C and out of the emitter E, as shown by the arrow on the device symbol (Figure 8.2,a).

To switch the transistor on (i.e. to make the resistance of the collector –emitter circuit low, so that load current can flow), a small current must be caused to flow from the transistor base B to the emitter. When the base-emitter current is zero, the resistance of the collector-emitter circuit is very high, and the device is switch off.

MOSFET. Since the 1980s the power MOSFET has superseded the BJT in inverters for drives.

Like BJT, the MOSFET is a three-terminal device. The main (load) current flows into the drain D and out of the source S (Figure 8.2,b). Unlike the BJT, which is controlled by the base current, the MOSFET is controlled by the gate-source voltage.

To turn the device on, the gate-source voltage must be comfortably above a threshold of a few volts. When the voltage is first applied to the gate G, currents flow in the parasitic gate-source and gate-drain capacitances. Due to the capacitances have been charged the input current to the gate is negligible, so the steady-state gate power is minimal.

To turn the device off the gate-source voltage must be held below the threshold level.

IGBT. The IGBT is a hybrid device which combines the best features of the MOSFET (i.e. ease of gate turn on/off from lower power logic circuits) and the BJT (relatively low power dissipation in the main collector-emitter circuit). Therefore they are particularly well suited to the medium power, medium voltage range (up to several hundred kilowatts).

2. VOCABULARY

switch	вмикач/вимикач/ перемикач, комутатор, ключ, вмикати/вимикати/ перемикати	power switch	силовий ключ
		transistor	транзистор
		bipolar junction transistor	біполярний плоскінний транзистор
frequency	частота		
electronic	електронний	power switching	силове включення/ переключення

inverter	інвертор		транзистора
drive	привод	source	клема "витік" (витікання) польового транзистора
kilowatt	кіловат		
volt	вольт	gate	клема "затвор" польового транзистора
resistor	резистор		
resistance	опір	gate-source voltage	напруга переходу "затвор-витік"
collector	колектор	threshold	порог, порогова величина
emitter	емітер	capacitance	ємність, ємнісний опір
base	база	parasitic gate- source capacitance	паразитна ємність переходу "затвор- витік"
base-emitter junction	перехід "база- емітер"	gate-drain capacitance	паразитна ємність переходу "затвор- стік"
switch off	вимкнено	charge	заряд, зарядження
switch on	ввімкнено	steady-state gate power	встановлена потужність на клемі "затвор"
main	магістральна лінія живлення	logic circuit	схема/мікросхема логіки
load	навантаження	dissipation	розсіювання, потужність розсіювання
circuit	схема, коло, контур		
collector – emitter circuit	коло "колектор- емітер"		
current	струм		
base-emitter current	струм кола "база- емітер"		
three-terminal device	триполюсник		
drain	клема "стік" (стікання) польового		

3.EXCERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на запитання "Якою є одна з причин використання електронних ключів замість механічних?"

Exercise 3

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на запитання "Яка конструкція **BJT** транзистора?"

Exercise 4

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на запитання "Яка конструкція **MOSFET** транзистора?"

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на запитання "Яка конструкція **IGBT** транзистора?"

Exercise 6

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на наступні запитання:

1. What are the demands for the switch by condition of the transistors?
2. What types of transistors are used for medium power and voltage range?
3. What type of transistor is controlled by the gate-source voltage?

LESSON 8.3

1. TEXT

CHOPPERS (THYRISTORS)

The conventional thyristor is an electronic switch, with two main *terminals* (*anode* and *cathode*) and 'switch-on' terminal (*gate*), as shown in Figure 8.3.1,a.

Current can only flow in the forward direction, from anode to cathode.

The thyristor will *conduct* in the forward direction as soon as gate current pulse is applied and anode voltage potential will higher than cathode voltage potential. In this case the anode-cathode current *builds up* rapidly. Only the current reaches the 'latching' level, the gate current pulse can be removed and the device will remain 'on'.



Figure 8.3 Electronic devices (thyristors):

T – conventional thyristor;

GTO – gate turn-off thyristor.

Once established, the anode-cathode current cannot be interrupted by any gate signal. The *nonconducting state* can only be restored after the anode-cathode current has reduced to zero, and has remained at zero for the turn-off time (typically 100-200 μ s). When a thyristor is conducting it approximates to a closed switch with a forward drop of only at about 2 V over a wide range of current.

GTO. The GTO (Figure 8.3,b) is turned on by a pulse of current in the *gate-cathode circuit* in much the same way as a *conventional thyristor*. But unlike an *ordinary thyristor*, which cannot be turned off by gate action, the GTO can be turned off by a negative *gate-cathode current*. The main (load) current flows from anode to cathode, as in a conventional thyristor. The twin arrowed paths on the gate lead (Figure 8.3,b) indicate that control action is achieved by both forward and *reverse gate currents*. The GTO has considerably higher voltage and current ratings (up to 3 kV and 2 kA) than other devices have been learned before. Therefore the GTO is used in high-power electronic systems.

Comparing the thyristor and transistor the primary reason for the use of thyristor is that they are cheaper and their voltage and current ratings extend to higher levels than power transistors.

2. VOCABULARY

terminal	затиск, клемма	state	непровідності
anode	анод	gate-cathode circuit	коло затвор-катод
cathode	катод	conventional thyristor	традиційний тиристор
gate	база, затвор	ordinary thyristor	традиційний, звичайний тиристор
conduct	проводити	gate-cathode current	струм переходу затвор-катод
build up	збирати, монтувати	reverse gate	зворотний струм
latching	затискання, фіксація		
nonconducting	стан		

current

затвору

3.EXCERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Відповісти англійською мовою письмово на наступні запитання:

1. Які контакти є у звичайного тиристора?
2. Які контакти є у GTO тиристора?

Exercise 3

Викладіть у письмовій формі англійською мовою які умови включення звичайного тиристора?

Exercise 4

Викладіть у письмовій формі англійською мовою які умови виключення звичайного тиристора?

Exercise 5

Відповісти письмово англійською мовою на запитання:

1. What comparing characteristic of the GTO thyristor is better then T thyristor?
2. What comparing characteristic of the transistor is better then thyristor?

LESSON 8.4

1. TEXT

CHOPPER WITH INDUCTIVE LOAD

So far (Lesson 8.1) we have looked at chopper control of *resistive load*, but in a *drives* context the load will usually mean the *winding* of a machine which will invariably be inductive.

Chopper control of inductive loads is much the same as for resistive loads, but we have to be careful to prevent the appearance of dangerously high voltages each time the inductive load is 'switched off'.

The root of the problem lies with the energy stored in *magnetic field* of the *inductance* L . When an inductance L carries a current I , the energy stored in the magnetic field W is given by

$$W = \frac{LI^2}{2}.$$

The voltage and current in an inductance are related by the equation

$$V = L \frac{di}{dt},$$

where di/dt – is derivative of instantaneous current by time.

The *self-induced voltage* V is proportional to the rate of change of current so when we open the switch in the order to force the current to zero quickly, a very large voltage is created in the inductance. This large voltage is a hazard for a electronic switch. Therefore a *freewheel diode* D is used in a scheme with power electronic switch (Figure 8.4).

When the transistor is on, current I flows through the load, but not through the diode, which is said to be *reverse-biased* (i.e. the applied voltage is trying unsuccessfully to push current down through the diode) (Figure 8.4,a).

When the transistor is turned off, the current through it and the source E drops very quickly to zero. But the stored energy in the inductance L means that its current cannot suddenly disappear. So, since there is no longer a path through the transistor, the current diverts into the only other route available, and flows upwards through the low-resistance path offered by the diode, as shown in Figure 8.4,b.

The current will continue until the energy stored in the inductance is *dissipated* as heat in the load resistor R (mainly) and diode.

The current *waveform* during chopping will then be as shown in Figure 8.4,c. The current rises and falls exponentially with a *time-constant* of L/R , though it never reaches anywhere near its *steady-state value*.

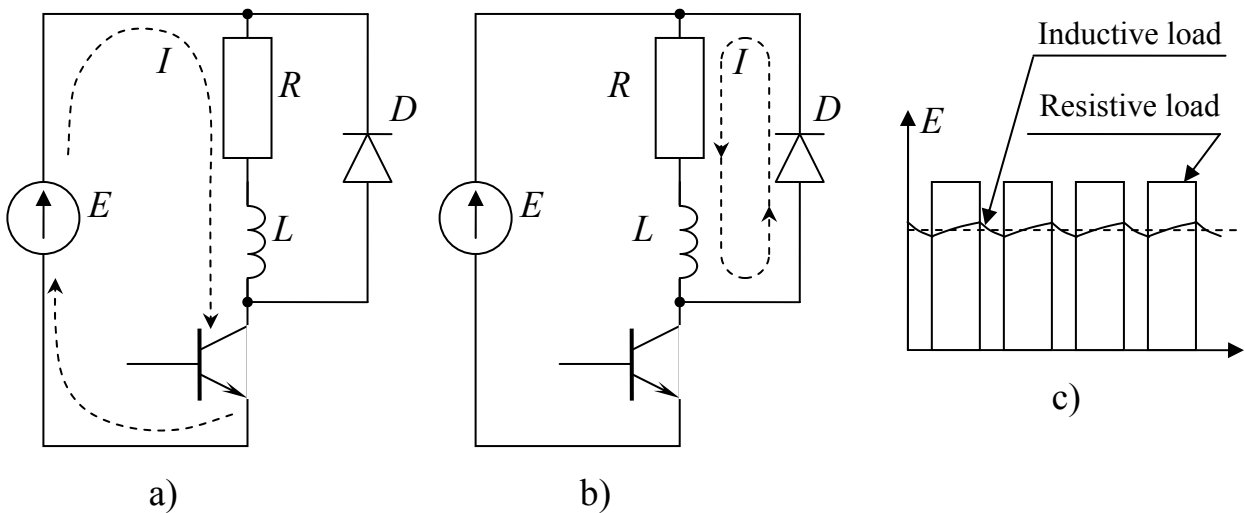


Figure 8.4. Chopper-type voltage regulation

2. VOCABULARY

resistive load	резистивне (активне) навантаження	drive	привод
		winding	обмотка

inductance	індуктивність		напрямку
magnetic field	магнітне поле	dissipate	дисипація, розсіювання
self-induced voltage	напруга самоіндукції	waveform	форма хвилі
freewheel diode	зворотний діод	time-constant	постійна часу
reverse-biased	зміщений у зворотному	steady-state value	стале значення

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Відповісти англійською мовою письмово на наступні запитання:

1. У чому проблема живлення на індуктивне навантаження?
2. Для чого потрібний зворотний діод?

Exercise 3

Викладіть у письмовій формі англійською мовою яким чином формується середнє значення напруги.

Exercise 4

Відповісти письмово англійською мовою на запитання:

Will there be any change if we replace the transistor by thyristor?

LESSON 8.5

1. TEXT

RECTIFIER WITH RESISTIVE LOAD

The *simplest phase-controlled rectifier* circuit is shown in Figure 8.5.1. When the supply voltage is positive (anode voltage potential is higher than cathode voltage potential), the thyristor blocks *forward current* until the gate pulse arrives. During this time the voltage across the resistive load is zero. As soon as a *firing pulse* is delivered to the gate-cathode circuit (this point is marked by angle α in Figure 8.5) the device turns on. The load voltage becomes equal to the supply voltage this time. When the supply voltage reaches zero, so does the current. At this point the *thyristor*

regains its blocking ability and no current flows during the negative *half-cycle*. The mean voltage can be controlled by varying the angle α of the firing pulses.

We can see that the output voltage of simplest phase-controlled rectifier is so poor because it is used only a half of supply voltage wave.

If the converter comprises four thyristors, connected in *bridge formation* (Figure 8.6), it can be used the negative half part of supply voltage. In this case the top of the load can be connected via T1 to terminal A of the mains, or via T2 to terminal B of the mains. Likewise the bottom of the load can be connected to A or to B via T3 or T4, respectively. Thyristor T1 and T4 are fired together when terminal A of the supply is positive. On the other half-cycle, when terminal B is positive, thyristors T2 and T3 are fired simultaneously. At every instant the load is either connected to the mains by the pair of the switches T1 and T4, or T2 and T3, or it is disconnected.

The load voltage therefore consists of rectified chunks of mains voltage. It is much smoother than the single-pulse circuit (Figure 8.5).

The *three-phase bridge* has six thyristors (only two more than the single-phase 2-pulse bridge), but the output voltage waveform is vastly better, as shown in Figure 8.7. There are now six pulses of the output voltage per mains cycle, hence the description "six pulse". The thyristors are again fired in pairs (one in the top half of the bridge and one – from the different leg – in the bottom half), and each thyristor carries the output current for one third of the time. As in the single-phase converter, the *delay angle* controls the output voltage.

The mean output voltage can be shown to be given by

$$V_{dc} = V_{d0} \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right),$$

where $V_{d0} = \frac{2}{\pi} \sqrt{2} \cdot V_{rms}$ – the rectified voltage for $\alpha = 0$, V_{rms} – *root-mean-square* (*r.m.s.*) voltage of the incoming mains.

From equation we see that with resistive load the d.c. voltage can be varied from a maximum of V_{d0} down to zero by varying α from 0° to 180° .

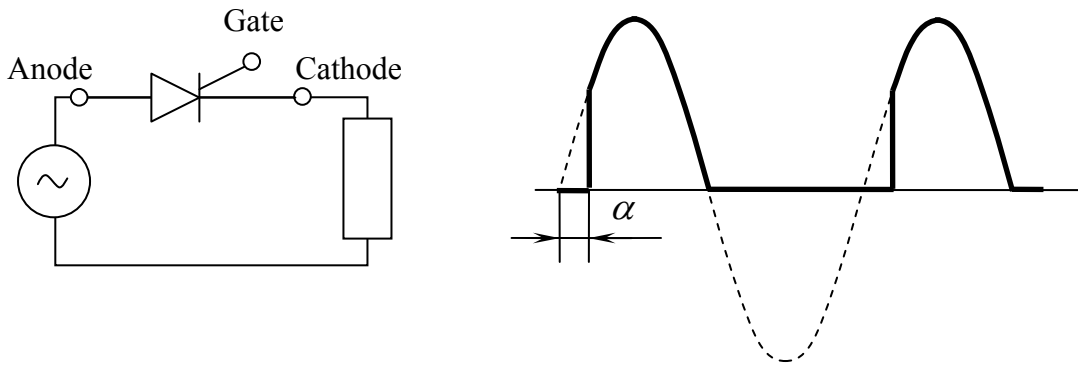


Figure 8.5 Simple single-pulse thyristor-controlled rectifier

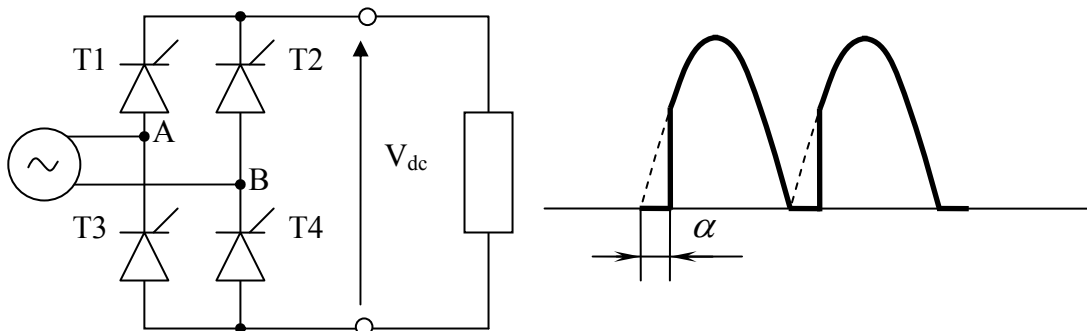


Figure 8.6 Single-phase 2-pulse thyristor-controlled rectifier

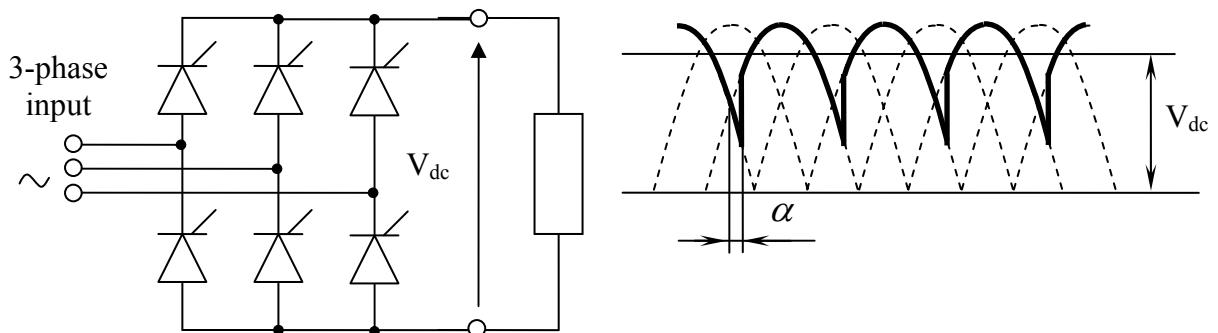


Figure 8.7 Three-phase fully-controlled thyristor converter

2. VOCABULARY

Simple single-pulse thyristor-controlled rectifier	Простий однопульсний керований тиристорний випрямляч	forward current	прямий струм
Single-phase 2-pulse thyristor-controlled rectifier	Однофазний двопульсний керований тиристорний випрямляч	thyristor regains its blocking ability	тиристор відновлює свої можливості замикати
Three-phase fully-controlled thyristor converter	Трифазний повністю керований тиристорний перетворювач	half-cycle bridge formation	півперіод мостова схема
firing pulse	імпульс запалювання	three-phase bridge	трифазний міст
		root-mean-square (r.m.s.)	середньоквадратичний, діючий, ефективний
		delay angle	кут затримки

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на запитання:

1. Чим відрізняються схеми 8.5-8.7?
2. Що таке кут запалювання?
3. На що впливає кут запалювання?

Exercise 3

Викладіть у письмовій формі англійською мовою роботу простого однопульсного керованого тиристорного випрямляча.

Exercise 4

Викладіть у письмовій формі англійською мовою роботу однофазного двопульсного керованого тиристорного випрямляча.

Exercise 5

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на наступне запитання:
How does three-phase fully-controlled thyristor converter work?

LESSON 8.6

1. TEXT

RECTIFIER WITH INDUCTIVE LOAD

We have seen earlier (Lesson 8.4) that the current cannot change instantaneously in an inductive load. We must therefore expect the behavior of the converter with an inductive load to differ from that with a resistive load, in which the current can change instantaneously. With the resistive load the output voltage is never negative (Figure 8.8, a). Because of the electromagnetic force was created in the inductance load the current through a pair of conducting thyristor falls to zero smoothly. As a result, the pair of thyristors is as long switch on as the thyristor's current smoothes down to zero. On the other hand, a *reverse biased voltage* will arise across one of the pair thyristors, which will set up the *nonconducting state* of this thyristor. Before a new device can *takeover conduction*, it must not only have a higher anode potential, but it must also receive a firing pulse. Anyway at every instant the load is connected directly to the mains supply, and the load voltage always consists of chunks of the supply voltage as are shown in Figure 8.8, b.

The *changeover* to be delayed beyond the *point of natural commutation* by the angle α . The maximum mean voltage V_{d0} is obtained when α is zero, and is the same as for the resistive load (Lesson 8.4). It is easy to show that the mean d.c. voltage is now related to α by

$$V_{dc} = V_{d0} \cos \alpha .$$

This equation indicates that we can control the mean output voltage by controlling α , though the variation of mean voltage with α is different from that for resistive load (Lesson 8.4). We also see that when α is greater than 90° the mean output voltage is negative. The fact that we can obtain a nett negative output voltage with an inductive load contrasts sharply with the resistive load case, where the output voltage could never be negative. This facility allows the converter to return energy from the load to the supply.

The three-phase bridge has only two more thyristors than the single-phase bridge, but the output voltage waveform is vastly better, as shown in Figure 8.9.

There are now six pulses of the output voltage per mains cycle, hence the description "six-pulse". The thyristors are again fired in pairs (one in the top half of the bridge and one – from the different leg – in the bottom half), and each thyristor carries the output current for one third of the time.

In this case the *rectified voltage* for $\alpha = 0$ is

$$V_{d0} = \frac{3}{\pi} \sqrt{2} \cdot V_{rms}$$

where V_{rms} – root-mean-square (r.m.s.) voltage of the incoming mains.

We note that we can obtain the full range of output voltage from $+V_{d0}$ to $-V_{d0}$.

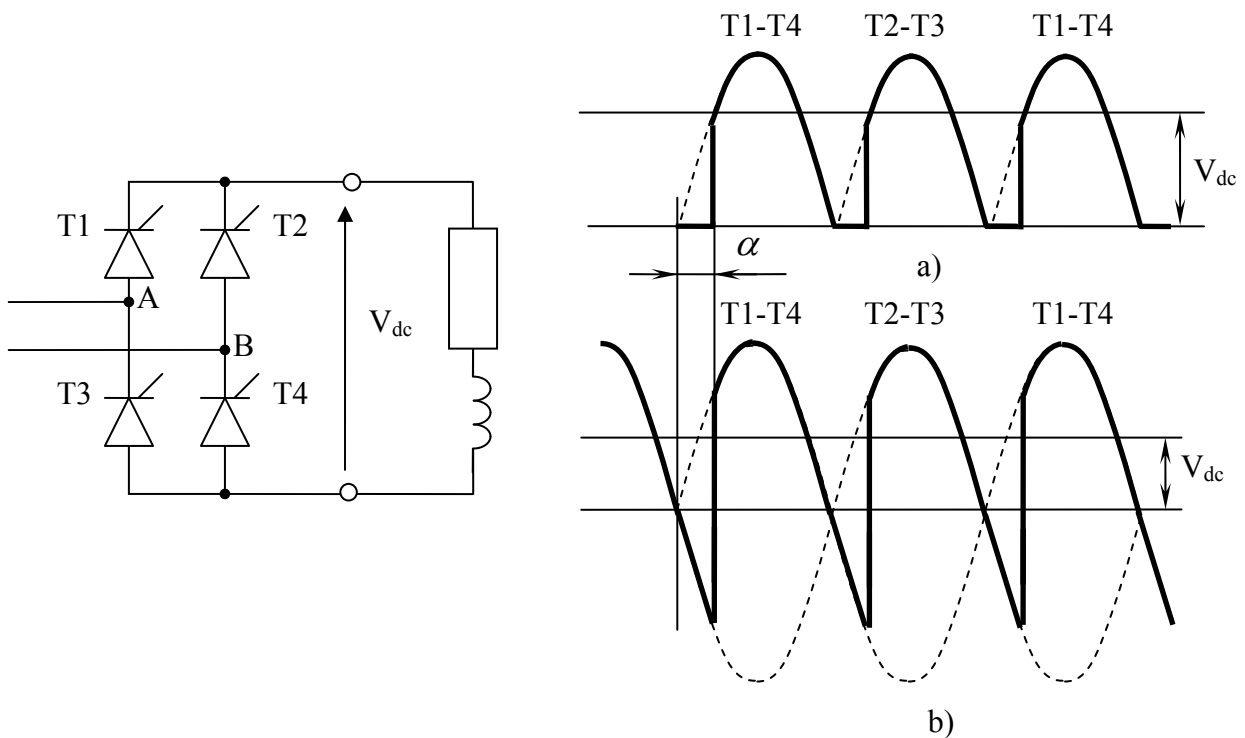


Figure 8.8 Output voltage waveform of single-phase fully-controlled rectifier supplying: a) an active load; b) an inductive load

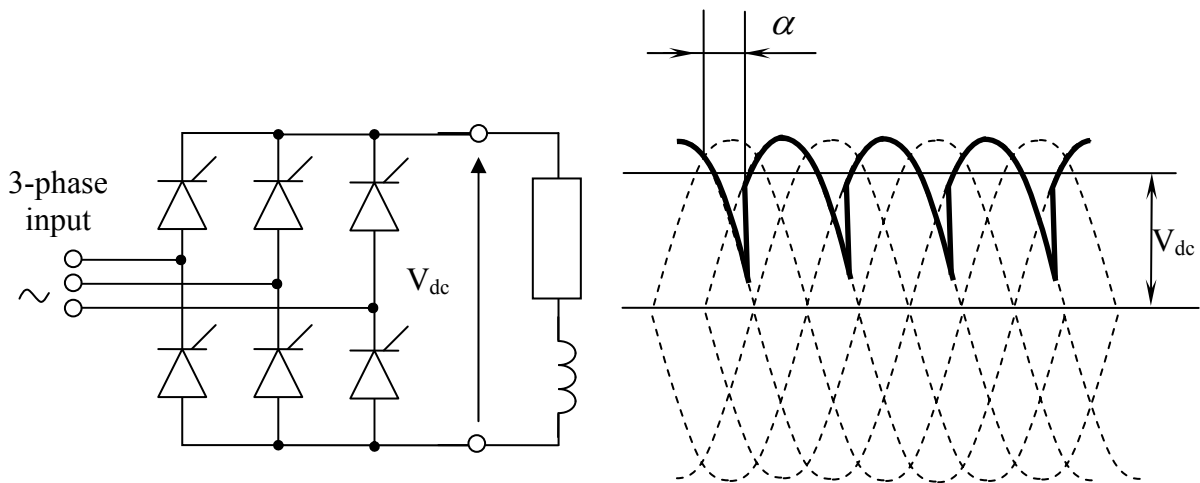


Figure 8.9 Output voltage waveform of three-phase fully-controlled thyristor converter

2. VOCABULARY

reverse biased voltage	зворотно змiщена напруга	changeover	перехiд, переключення
nonconducting state	непровiдний стан	point of natural commutation	точка природної комутації
takeover conduction	захват провiдного стану	rectified voltage	випрямлена напруга

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Вiдповiсти у письмовiй формi англiйською мовою на запитання:

1. Що таке точка природної комутації?
2. Чим визначається випрямлена напруга?
3. Яка форма випрямленої (вихідної) напруги краще (рис.8.8 або рис.8.9)?

Exercise 3

Вiдповiсти у письмовiй формi англiйською мовою наступнi запитання:

1. What is the difference between resistive and inductive load?
2. Is there any negative voltage on the resistive load?
3. Is there any negative voltage on the inductive load?

LESSON 8.7

1. TEXT

SINGLE-PHASE INVERTER

We can illustrate the basis of inverter operation by considering the single-phase example shown in Figure 8.10. This inverter uses bipolar transistors as the switching elements, with diodes (not shown) to provide the *freewheel paths* needed when the load is inductive.

The input voltage is obtained usually by rectifying the incoming constant-frequency mains. The output voltage is taken from terminals "A" and "B" as shown in Figure 8.10.

When transistors T1 and T4 are switched on, the load voltage is positive, and equal to the d.c. link voltage, while when T2 and T3 are on it is negative. If no devices are switched on, the output voltage is zero. Typical output voltage waveforms at low and high switching frequencies are shown in Figure 8.11, a) and b), respectively.

The output waveform is clearly not a sine wave, but at least it is *alternating* and symmetrical.

The effect of varying the switching frequency is shown in Figure 8.11, from which we can see that the amplitude of the fundamental component of voltage remains constant, regardless of frequency. But unfortunately very often we need to be able to change the voltage in proportion to the frequency.

There are two ways in which the amplitude of the output voltage can be controlled. First, if the d.c. link is provided from a.c. mains via a controlled rectifier or from a battery via a chopper, the d.c. link voltage can be varied.

The second method achieves voltage control by *pulse-width-modulation (PWM)* within the inverter itself. A cheaper uncontrolled rectifier can be used to provide a constant-voltage d.c. link.

The principle of voltage control by PWM is illustrated in Figure 8.12. At *low-output* frequencies, a low-output voltage is usually required, so one of each pair of devices is used to chop the voltage, the *mark-space ratio* being varied to achieve the desired voltage at the output. The low fundamental voltage component at low frequency is shown dotted in Figure 8.12, a). At a higher frequency a higher voltage is needed, so the chopping device is allowed to conduct for a longer fraction of each cycle, giving the higher fundamental output as shown in Figure 8.12, b).

Inverter with the configuration shown in Figure 8.10 is subject to a potentially damaging condition which can arise if both transistors in one "leg" of the inverter inadvertently turn on simultaneously. This should never happen if the devices are

switched correctly. If something goes wrong and both devices are on together – even for a very short time – they form a short-circuit across the d.c. link. This fault condition is referred to as "*shoot-through*" because a high current is established very rapidly, destroying the devices.

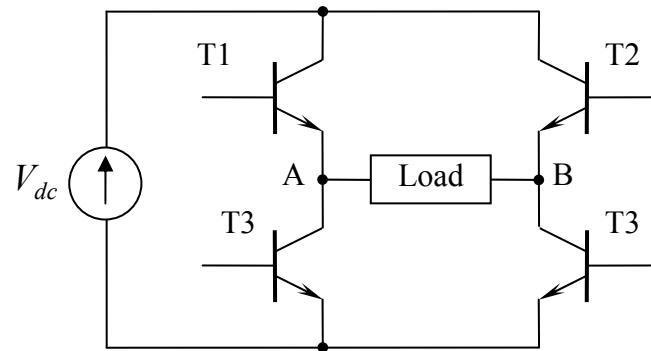


Figure 8.10 Inverter circuit for single-phase output

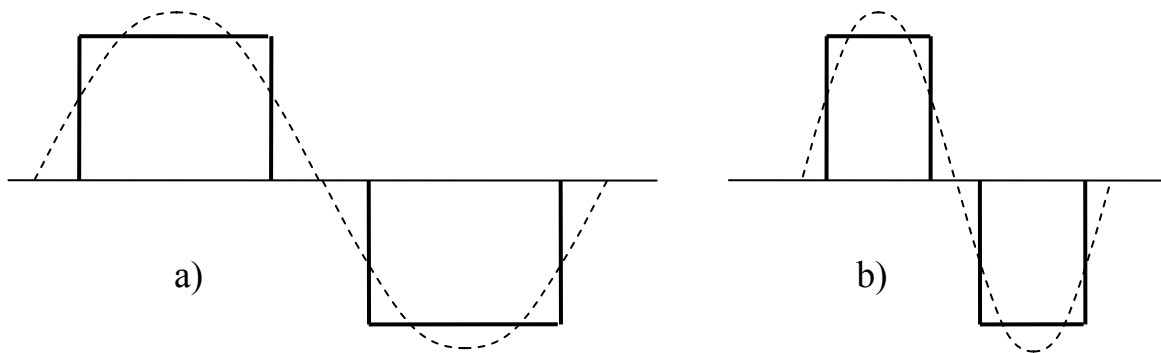


Figure 8.11 Inverter output voltage waveform – resistive load

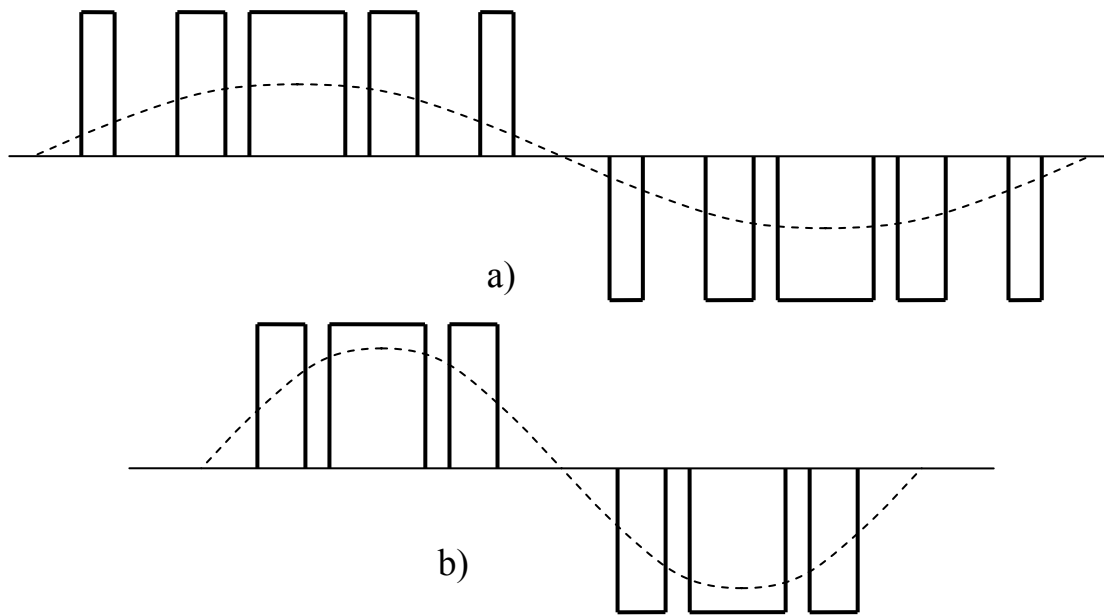


Figure 8.12 Inverter output voltage control

2. VOCABULARY

freewheel path	зворотній напрямок	(PWM)	модуляція
mark-space ratio	коефіцієнт заповнення	low-output	низький рівень вихідного сигналу
alternating	знакозмінний	simultaneous	одночасний, синхронний; спільний
pulse-width-modulation	широтно-імпульсна	shoot-through	пробій

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на запитання:

1. Який вид має вхідна напруга інвертора?
2. Який вид має вихідна напруга інвертора?

Exercise 3

Викладіть у письмовій формі англійською мовою у чому полягає принцип широтно-імпульсної модуляції.

Exercise 4

Викладіть у письмовій формі англійською мовою принцип регулювання напруги інвертора при широтно-імпульсній модуляції ключів.

Exercise 5

Викладіть у письмовій формі англійською мовою який аварійний режим роботи може бути при некоректній роботі ключів?

LESSON 8.8

1. TEXT

THREE-PHASE INVERTER WITH PULSE-WIDTH-MODULATION

A 3-phase output can be obtained by adding only two more switches to the four needed for a single-phase inverter, giving the typical power-circuit configuration shown in Figure 8.13. As usual, a *freewheel diode* is required in parallel with each transistor to protect against *overvoltages* caused by an inductive (motor) load. So far we have emphasized the importance of being able to control the amplitude of the *fundamental output voltage* by modulating the width of the pulses which make up the output waveform. If this was the only requirement, we would have an infinite range of modulation patterns which would be sufficient. But as well as the right fundamental amplitude, we want the harmonic content to be minimized, i.e. we want the output waveform to be as close as possible to a pure sine wave. It is particularly important to limit the amplitude of the *low-order harmonics*.

The number, width, and spacing of the pulses is therefore optimized to keep the harmonic content as low as possible. A *host of sophisticated strategies* have been developed, almost all using a microprocessor-based system to store and (or) generate the modulation *patterns*. There is an obvious advantage in using a high switching frequency, since there are then more pulses to play with. *Ultrasonic frequencies* are now widely used, and as devices improve the *switching frequencies* continue to rise. Most manufacturers claim their particular system is better than the competition, but it is not clear which will ultimately emerge as best for motor operation. Some early schemes used comparatively few pulses per cycle, and changed the number of pulses in discrete steps rather than smoothly. These inverters were noisy and irritating.

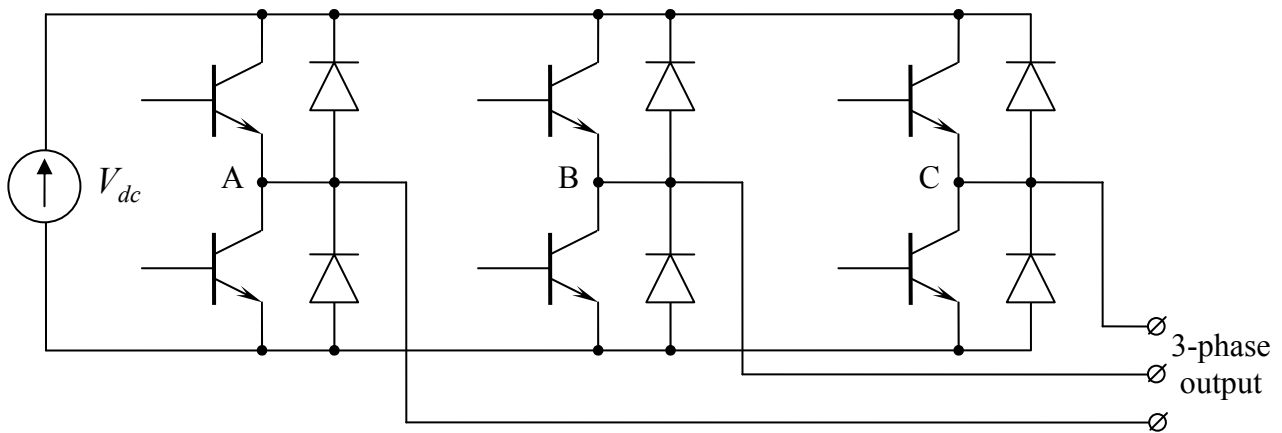


Figure 8.13 Three-phase inverter power circuit

2. VOCABULARY

freewheel diode	діод зворотного напрямку (зворотній діод)
fundamental output voltage	основна хвиля (гармоніка) вихідної напруги
overvoltage	перенапруга
low-order harmonics	гармоніки низького порядку (низькі гармоніки)
host of sophisticated strategy	величина удосконалена стратегія
pattern	послідовність (імпульсів)
ultrasonic frequency	надзвукова частота
switching frequencies	частота включень

3.EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте й перекладіть текст.

Exercise 2

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на запитання:
"Для чого необхідний зворотній діод?"

Exercise 3

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на запитання:
"Яким чином керується амплітуда основної гармоніки вихідної напруги?"

Exercise 4

Відповісти у письмовій формі англійською мовою на запитання:
"Скільки, приблизно, імпульсів на період припадає при широтно-імпульсному керуванні інвертором?"

Exercise 5

Викладіть у письмовій формі англійською мовою яким чином зменшують кількість гармонічних складових у вихідній напрузі?

Exercise 6

Викладіть у письмовій формі англійською мовою у чому полягає основна стратегія керування інверторами?

LESSON 9.1

1. TEXT

CONSTRUCTION OF DIRECT-CURRENT ELECTRICAL MACHINES

The machine shown diagrammatically in Fig. 9.1 is typical of modern construction. The yoke is a soft-iron ring which rolled into shape from a flat steel slab with ends butt-welded together. Feet are attached by welding to support the machine.

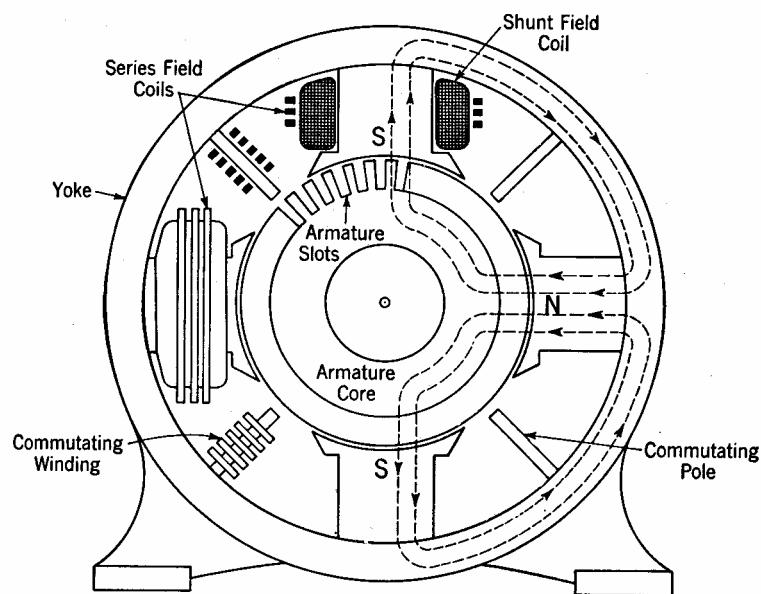


Fig. 9.1. Magnetic circuit of a DC machine

The field poles are usually composed of a number of laminations of steel punchings about 1.5 ... 2.5 mm thick that are stacked and riveted together. The poles are bolted to the inside cylindrical surface of the yoke. The field coil may be composed of many turns of fine wire connected across the terminals of the machine to provide a shunt field or a few turns of heavy conductor through which the load current flows to provide a series field. In many cases a combination of both shunt and series field is provided. The coil is insulated from the pole structure. It is held in place by the pole tip extensions.

The magnetic circuit is completed by the armature core, which is built up of laminations of 0.35 mm thick. The laminations have slots and teeth punched in them. The laminations are assembled on the shaft to give the necessary axial length and clamped in position by end brackets. The slots in most larger machines have straight sides so that performed coils of the armature winding of rectangular cross section

shape may be inserted. The slots are notched at the tips so as to hold insulating wedges. In small machines it is usual to use semiclosed slots.

The armature winding is placed in the slots on the surface of the armature (Fig. 9.2).

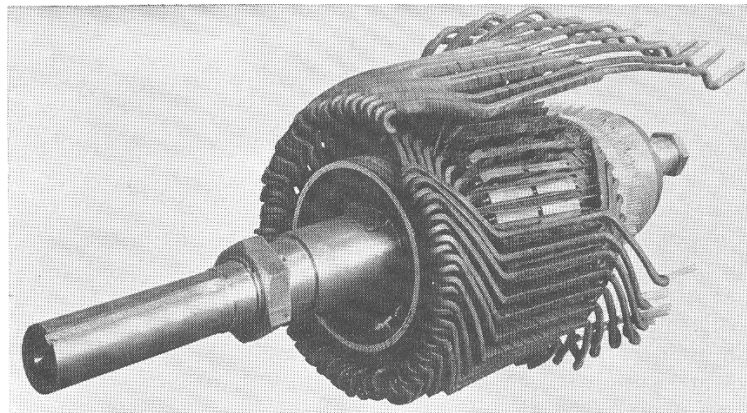


Fig. 9.2. Armature core of a DC motor in process of being wound

In order to have both coil sides cutting flux, one side of a coil is in a slot under the north pole and the other side is in a slot under the adjacent south pole. One coil side will be in the top of the slot and the other will be in the bottom of a slot at a distance of about one pole pitch (Fig. 9.3). The armature winding coils are connected in series and form electrically closed path. Their ends are connected to commutator bars.

There are two types of winding that are in common use for DC armatures. In one type the coil ends are connected to the adjacent commutator bars. Such a winding is called lap, or parallel, armature winding. In the other type each coil is connected to commutator bars approximately two pole pitches apart. This type is called wave, or series, winding.

The commutator (Fig. 9.4) is composed of wedge-shaped copper bars and sheet-mica insulation of the same shape. These bars and mica sheets are alternated around periphery to form a cylindrical surface. The molded mica insulation fits into the conical-shaped portion of the commutator formed by the wedge-shaped part of the commutator bar. The two retainer rings and the entire assembly are held together by the collar and clamp ring. This assembly is pressed on the shaft.

The external connections to the armature are provided by carbon blocks called brushes (Fig.9.5) that are pressed against exterior surface of the commutator. The brushes sometimes have metallic dust mixed with the carbon to reduce the resistance.

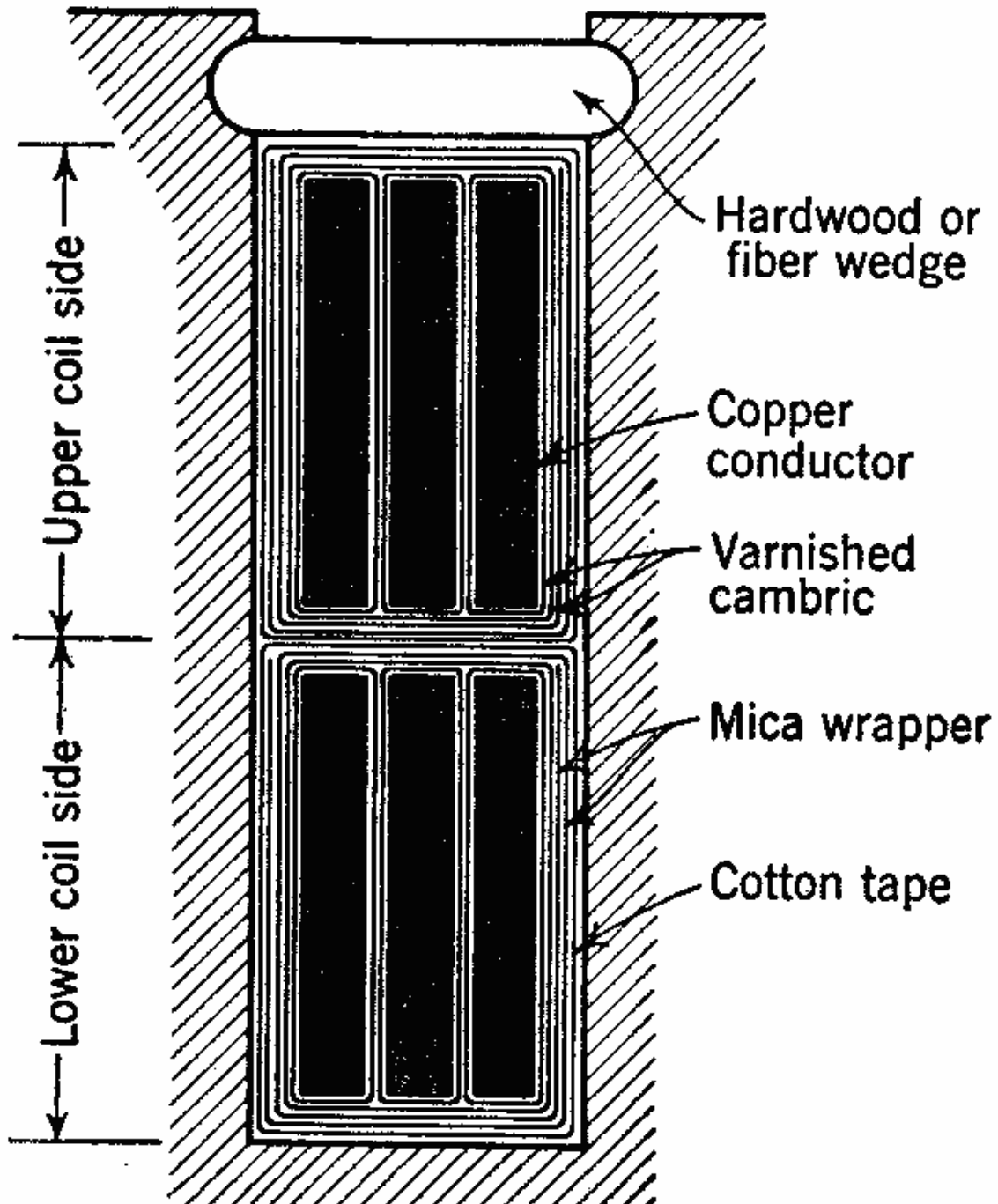


Fig. 9.3. Cross section of armature slot showing coils in place

The brushes are supported in insulated brush holders that permit each brush to be pressed against the commutator by its individual spring. The electrical current connection to the brushes is provided through flexible wires called pigtails. Except the very large machines the brushes are supported from the end shields (Fig. 9.6).

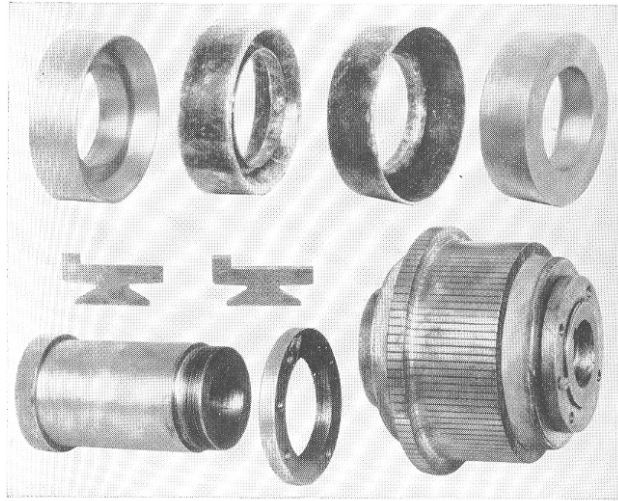


Fig. 9.4. Construction of a commutator for a DC machine

The narrow poles with series field windings that are located between the main poles (Fig. 9.1) provide reduction sparking in brush contact during commutation. These poles are called commutating poles or interpoles.

The bearings are normally supported from end shields that are bolted to the yoke. They may be either sleeve or ball bearings, depending upon service conditions.

The end shields also vary according to the service requirements but will usually have openings through which the brushes and commutator may be serviced.

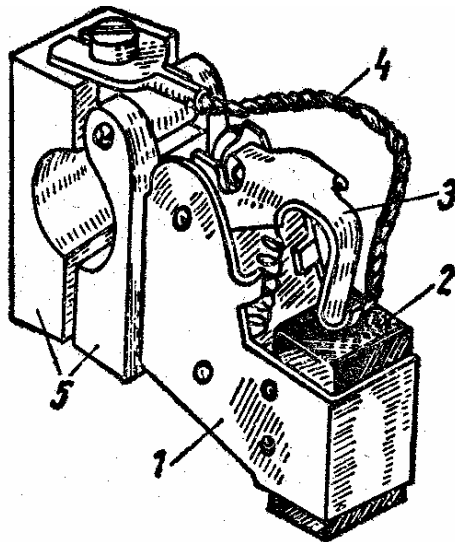


Fig.9.5. Brush in brush holder:

1 – box, 2 – brush, 3 – press device, 4 - pigtail, 5- clamping shoes

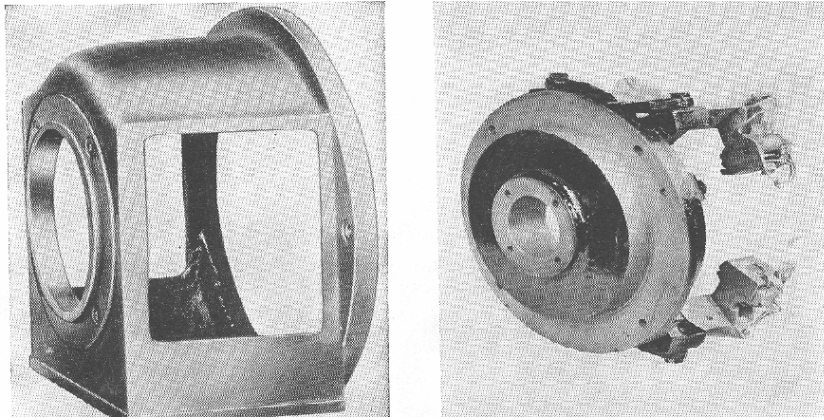


Fig. 9.6. End shield and ball-bearing housing with brush yoke and brush rigging

2. VOCABULARY

foot	лапа
butt-welded	зварений у торець
yoke	ярмо, станина
end bracket	удерживающая нажимная шайба
laminations of steel punching	сталеві штамповані листи
stack	набирати (пакет)
rivet	клепати, заклепувати
field coil	катушка обмотки збудження
fine wire	тонкий провід
shunt field	паралельне збудження, обмотка паралельного збудження
heavy conductor	товстий провід, провід великого перерізу
series field	послідовне збудження, обмотка послідовного збудження
insulated	ізольований
pole tip extension	розширена частина полюсного наконечника
magnetic circuit	магнітне коло
armature core	маннітопровід (осердя) якоря
slot	паз
shaft	вал
axial length	осьова довжина

lamination	лист (пластина) осердя
semiclosed slot	напівзакритий паз
notch	робити зарубки
wedge	клин
brush	щітка
pole pitch	полюсний крок
commutator bar	пластина колектора
winding	обмотка
lap, or parallel, armature winding	петльова, або паралельна обмотка
wave , or series, winding	хвильова, або послідовна обмотка
wedge-shaped copper bar	мідна пластина клинової форми
sheet-mica insulation	пластинчаста міканітова ізоляція
conical-shaped portion	частина (участок, деталь) конічної форми
retainer rings	утримувальні кільця
collar	затискне кільце, шайба
clamp ring	затисаюче кільце
brush holder	щікотримач
pigtail	гнучкий вивід щітки
end shields	підшипникові щити
sparking	іскріння
commutation	комутація
commutating poles or interpoles	додаткові полюси
bearins	підшипник
sleeve or ball bearins	підшипник ковзання або шарикопідшипник

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

При проектуванні електричних машин наслідують ціль найбільш економічного використання матеріалів і завдяки цьому отримати найбільш дешеву та ефективну машину. Один із шляхів досягнення цього є зменшення кількості ізоляції і збільшення сумарної кількості міді у пазу. Це означає, що менша кількість витків у секції є переважна, ніж велика кількість витків. З цієї причини у малих машинах постійного струму середньої напруги перевага надається хвильовим обмоткам.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. What types of the armature winding can you name?
2. What is the difference between these types of winding?
3. How are external connections to the armature circuit provided?
4. What function do the narrow poles located between the main ones provide?
5. By what way are the poles fixed to the yoke?
6. What shape do the armature slots have?

LESSON 9.2

1. TEXT

COMMUTATION IN DIRECT-CURRENT MACHINES

When the armature rotates, each coil of a DC machine armature winding passes a brush, and the current in that coil is suddenly reversed.

Fig.9.7 shows the brush in contact with single commutator segment at the point midway between the north and south poles. Let the coil c is under the north pole and moving toward the south pole. The arrowheads show the two equal currents I_c coming through the winding from opposite directions and uniting to leave the winding at segment 3.

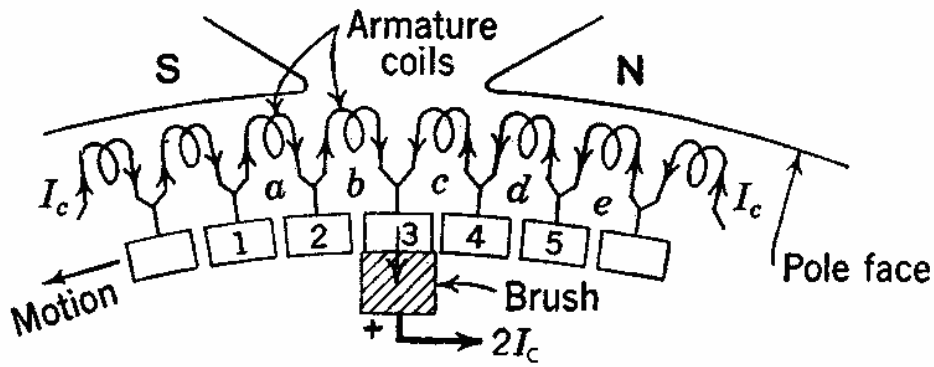


Fig. 9.7. Initial position of commutator

Fig. 9.8 shows the winding and commutator a fraction of a second later, with the coil c short-circuited by the brush. Coil c is now midway between the two poles and is not cutting the flux from either pole. The current flowing in coil c begins to die down.

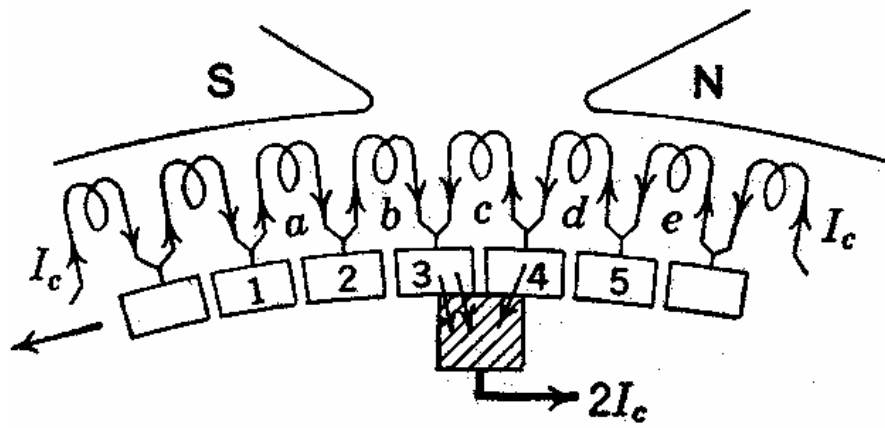


Fig. 9.8. Coil c is short-circuited by the brush

An instant later, segment 3 has broken contact with the brush, as shown in Fig. 9.3, and coil c is thus suddenly thrown in series with the row of coils under the south pole, and the current I_c coming through these coils must now flow through coil c . That is the current in coil c has been reversed.

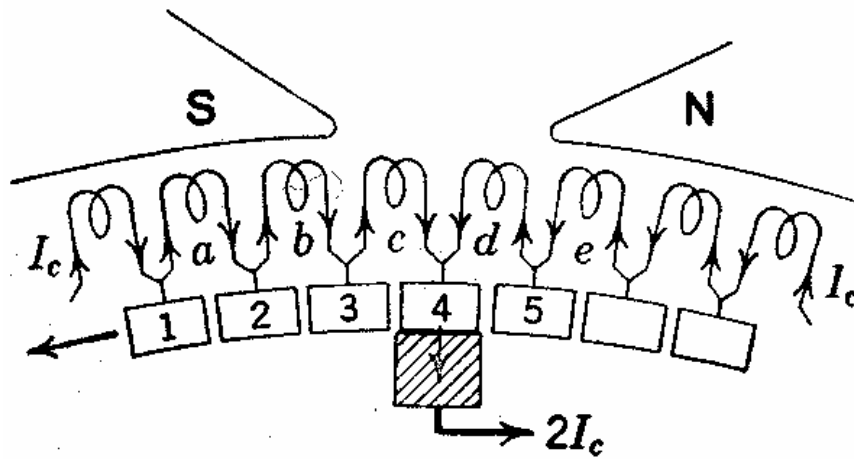


Fig. 9.9. The brush is in contact with segment 4

The operation of reversing the current in an armature current by means of the brush and commutator segments is called commutation.

The coil, owing to self-induction, resists the reversal of the current. The current flowing in each coil has created a local magnetic field encircling the conductors of that coil only. In the process of this current and the coil field changing, an EMF is being induced in the coil to maintain the current. The magnitude of this EMF of self-induction is directly proportional to the rapidity of the reversal. Thus if at the instant when commutator segment 3 is just breaking contact with the brush, then the current in coil c is still flowing in the same direction as when the coil was to the right of the brush, then the current in coil c is called upon to reverse practically in zero time. The opposing EMF of self-induction is therefore very large and the result is that that current continues to flow directly from segment 3 even after contact is broken. This flow of current through the air gap between the segment and the brush constitutes a spark and burns the commutator.

Continuous sparking, if at all severe, causes rapid deterioration of the commutator. Commutation was one of the most important problems facing the designers of d-c machines and its solution was essential to their success.

In practice, carbon brushes are generally used and there is an appreciable resistance at the brush contacts. The effect of this resistance is to aid commutation, because, as the contact area between segment 3 and the brush continuously decreases to zero, the resistance of this path continuously increases, as the resistance of the path being inversely proportional to its cross-sectional area, and throttles off the current that is flowing along this path, thus gradually forcing the current to reverse in coil c . This throttling, or pinching-off action, of high-resistance brushes aids commutation but is not sufficient to constitute a solution of the problem.

The time available for the reversal of the current is the time during which the coil is short-circuited by the brush. What is really required, therefore, is to produce in some way in that coil, during the time that it is short-circuited, an EMF of the proper magnitude and direction to cause complete reversal of the current in the time available.

This is accomplished in practice by placing a small pole, called an interpole, or a commutating pole over a short-circuited coil, as shown in Fig. 9-10. The polarity of the interpole, in the case of generator will, of course, be opposite to that of the pole from which the coil has just come. In the case of a d-c motor the polarity of the interpole should be the same that of the pole from which the coil has just come.

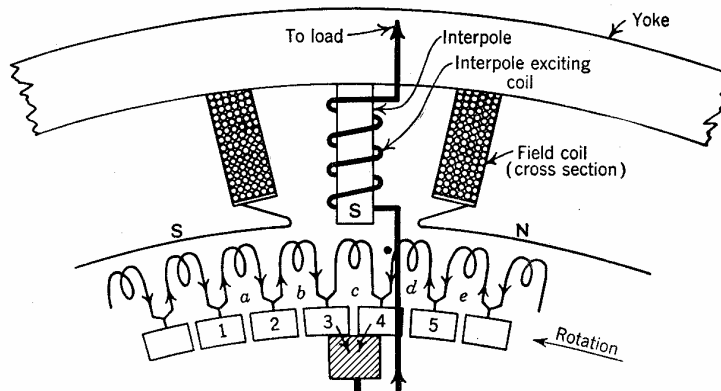


Fig. 9.10. Interpole and method of exciting it

The EMF required to reverse the current in the coil is directly proportional to that current. This is accomplished by making excite the interpole. The output current is passed around a few turns of heavy copper conductor on the interpole and care is taken to see that there is enough iron in it so that it will not become saturated at any load current that the machine can be expected to carry. The magnetic flux of interpole is then directly proportional to the load current.

Interpole design calculations are not sufficiently precise to enable the designer to provide an interpole of exactly the correct strength. It must therefore be adjusted on the test floor. This is done by varying the reluctance of the magnetic circuit. To facilitate this adjustment, brass and steel shims may be inserted between the interpole base and the yoke. Then if the interpole is too strong, a steel shim is removed and replaced by a brass shim. Another possible way of adjusting the strength of the interpole is to change the number of turns on the exciting coil, but this is apt to be an expensive alteration on account of large size of the conductor .

Once the interpole is properly adjusted, it remains in adjustment.

2. VOCABULARY

reverse

змінювати напрям на протилежний,
реверсувати

alteration

зміна, переробка

arrowhead

вістря стрілки

short-circuited

короткозамкнений

cut the flux

перетинати потік

owing to self-induction

внаслідок самоіндукції

resist

чинити опір

induce	індукувати
magnitude	величина (значення величини)
rapidity	швидкість
instant	мить
air gap	повітряний проміжок
constitute	утворювати
spark	іскра
burn	горіти, обпалювати, вигоряти
deterioration	погіршення стану, руйнування, псування, зношування, зношення
designers of DC machines	проектувальники машин постійного струму
carbon	вуглець, вугілля, графіт
cross-sectional area	площа перерізу
throttle off the current	зменшувати струм
pinching-off action	придушувальна дія
accomplish	здійснювати, виконувати, удосконалювати
saturated	насичений
load current	струм навантаження
precise	точний, виразний, ідеальний
on the test floor	на підставі (за допомогою) випробувань
reluctance	магнітний опір
brass	латунь
shims	прокладка, прошарок, тонка планка, клин, підклинювати, вставляти клин
apt	придатний, відповідний, здатний, можливий
commutator segment	пластина колектора

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

Практично усі сучасні генератори ш двигуни постійного струму, за винятком таких, що мають малі розміри, обладнані додатковими полюсами. У малих машинах, що не мають додаткових полюсів, задовільна комутація може бути отримана шляхом зміщення щіток відносно геометричної нейтралі. Таке зміщення у генераторах повинно бути у напрямку обертання, а у двигунах у протилежному напрямі. У машинах без додаткових полюсів щітки встановлюють звичайно у положення, що дає хорошу комутацію приблизно при $2/3$ від повного навантаження.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. What process in DC machine is called the commutation?
2. How does the contact resistance at the leaving brush edge vary under the armature rotation?
3. By what means is direct proportionality of an interpole field strength to the armature current provided?
4. Is it possible to avoid the armature coils commutation at a DC machine operation?
5. Do the commutating poles effect the load current?
6. What polarity must the interpole have for sparking suppression?

LESSON 9.3

1. TEXT

ARMATURE REACTION IN DC MACHINES

Figure 9.11 shows the magnetic flux produced in a two-pole direct-current machine by the field current, when there is no current flowing in the armature winding. The flux density is practically uniform over the pole faces.

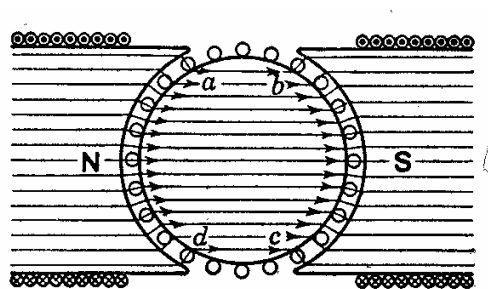


Fig.9.11. Magnetic field produced by the field current

Figure 9.12 shows the magnetic flux produced by the armature current when there is no current flowing in the field coils. The currents, flowing downward in all the armature conductors under the right-hand pole and up in all the conductors under the left-hand pole, magnetize the armature in a direction that may be determined by the corkscrew rule, and the lines return through the pole faces to complete the magnetic circuit.

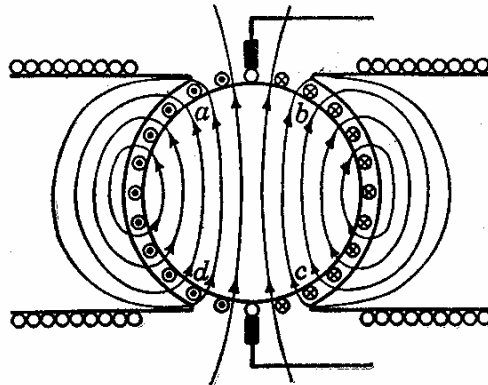


Fig. 9.12. Magnetic field produced by the armature current

Figure 9.13 shows the resultant distribution of magnetic flux when, as under load conditions, the armature is carrying current and the field coils are excited; Fig. 9.13 is obtained by combining the magnetic fields of Fig. 9.11 and 9.12. Under pole tips *a* and *c* the magnetic field due to the current in the armature is opposite in direction to that due to the current in the field coils, while under tips *b* and *d* the two magnetic fields are in the same direction. Consequently, the armature current has the effect of weakening the magnetic field under pole tips *a* and *c* and of strengthening it under pole tips *b* and *d*. That is, the flux is crowded to pole tips *b* and *d*. The effect on the machine magnetic field produced by the armature current (or in other words, by the armature magnetic field) is called **the armature reaction**. The flux, reacting with the current-carrying armature conductors, creates a torque. In the case of a generator this torque opposes the rotation, and the engine driving the generator must provide torque to overcome it. In the case of a motor, this torque produces the rotation.

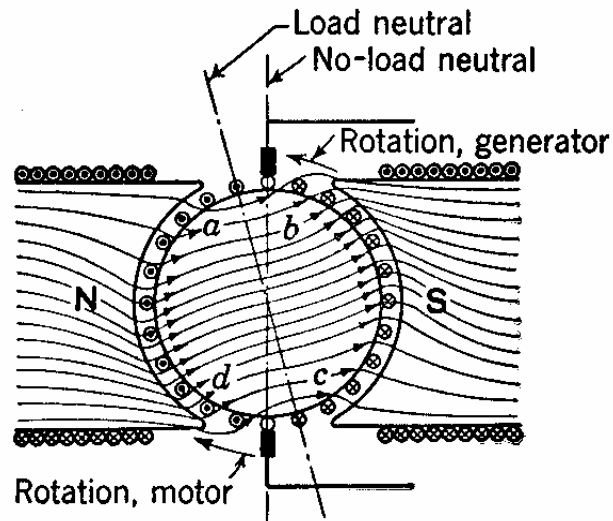


Fig. 9.13. Resultant magnetic field of a DC machine

One effect that results from the crowding of the magnetic flux to the pole tips is that the total flux is somewhat reduced. This is really a saturation effect. The increase in the flux density under pole tips *b* and *d* is not so great as the decrease under pole tips *a* and *c*, owing to saturation effects at *b* and *d*.

Since the magnetic axis of the armature winding is perpendicular to the magnetic axis of the field coils, the magnetic effect produced by the armature current is called **the cross-magnetizing effect of armature reaction**.

The neutral of a DC machine may be defined as that plane, through the axis of the armature, which also includes the dividing line, on the armature surface, that separates the area in which flux is entering the armature from the area in which flux is leaving the armature. The no-load neutral bisects the angle formed by the axes of adjacent poles (180° in the case of a two-pole machine), but under load the neutral is shifted as shown in Fig. 9.13. In the case of a generator the shift is in the direction of rotation. In the case of a motor it is in the opposite direction to rotation.

2. VOCABULARY

magnetic flux	магнітний потік
field current	струм збудження
armature	якір
winding	обмотка
flux density	магнітна індукція
uniform	рівномірний
pole face	полюсний наконечник
magnetize	намагнічувати
corkscrew rule	правило буравчика
pole tip	край полюса, полюсній наконечник
armature reaction	реакція якоря
react with	взаємодіяти з
torque	обертальний момент
engine driving the generator	приводний двигун генератора
rotation	обертання
the cross-magnetizing effect of armature reaction	поперечна реакція якоря
neutral plane	нейтраль
no-load neutral	геометрична нейтраль
under load the neutral is shifted	при навантаженні нейтраль зсувається (фізична нейтраль зсунута відносно геометричної)

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

Якщо генератор постійного струму має додаткові полюси, то щітки встановлюються на геометричній нейтралі. Магнітний потік, що утворюється струмом провідників якоря, спрямований протилежно до до поля додаткових полюсів. Збільшення повітряного зазору також збільшує магнітний опір головного магнітного шляху. Для утворення потрібного основного потоку у цьому разі необхідно збільшити кількість ампер-витків обмотки збудження головних полюсів.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. Must the machine driving a generator provide greater torque at the generator load increase?
2. For what reason is the effect produced by the armature current called the cross magnetizing effect of armature reaction?
3. In what direction does the neutral shift in a generator?
4. In what direction does the neutral shift in a motor?
5. How does the no-load neutral divide the angle formed by the axes of adjacent poles?
6. How may the neutral of a DC machine be defined?

LESSON 9.4

1. TEXT

DIRECT-CURRENT GENERATORS

Shunt generators (Fig. 9.14, a) are used to supply a constant-voltage circuit. In this circuit load is added, or power is made available, by connecting the load across the circuit. Since constant voltage is desired, it is important to know the variation of generator voltage with load. This should be done not only for its immediate practical value but also for better understanding of the interrelationship of causes and effects of currents, magnetomotive forces, and resistance drops in the machine.

The voltage of the shunt generator is reduced slightly as the load is increased. This reduction results from several causes, the effects of which are cumulative. In the first place, the resistance drop in the armature increases with load and so is subtracted from the generated voltage to obtain the terminal voltage. Secondly, the armature reaction distorts the field, causing a reduction in net flux and generated voltage. Thirdly, the resultant reduction in voltage at the armature terminals caused by these first two effects reduces the current in the shunt field that is connected to the armature, and this still further reduces the terminal voltage.

These effects are not excessive as long as the load does not go beyond the rated value (the rated load is the load that the machine can carry continuously without overheating). At higher loads, however, a rapid decrease in voltage is obtained, as shown in Fig. 9-15. In this diagram a normal load-voltage characteristic for a shunt generator is drawn. It is noted that the voltage drops gradually at first; and then, as the effects begin to act on each other, the voltage drops off very rapidly so that at two or three times normal load current the condition of operation will become unstable and the voltage will drop almost to zero; the current will also be reduced.

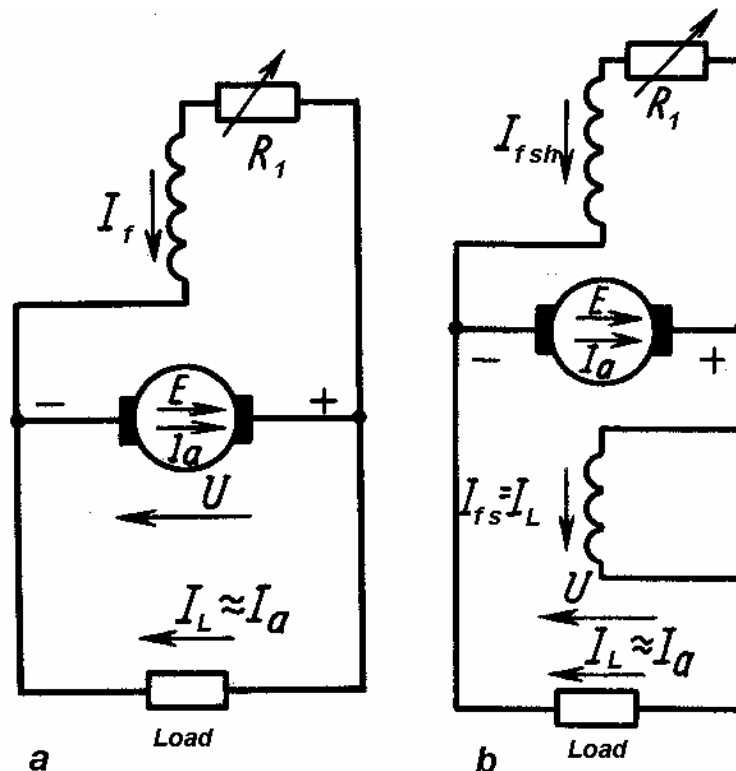


Fig. 9.14. Diagrams of DC generators:
 a – shunt generator; b – compound generator

Such voltage variation with load is often unsatisfactory and two solutions are used. The first is to use an automatic voltage regulator that will vary the magnitude of the current in the shunt field so as to maintain the terminal voltage constant. Many of these devices are now commercially available and are being extensively used to control the terminal voltage of generators. The alternate method uses a few turns of

series field in addition to the shunt field (Fig. 9.14, b). It is the older method and although still important, it is not usually preferred to the voltage regulator. In this case, the additional magnetomotive force of the few turns of series winding (see Fig. 9.16) cause an increase of flux and generated voltage so that the terminal voltage is maintained or even increased with load. Such machines are called compound generators, and the series-field windings are compound windings. Even in such machines, however, the effects of armature drop and armature reaction will

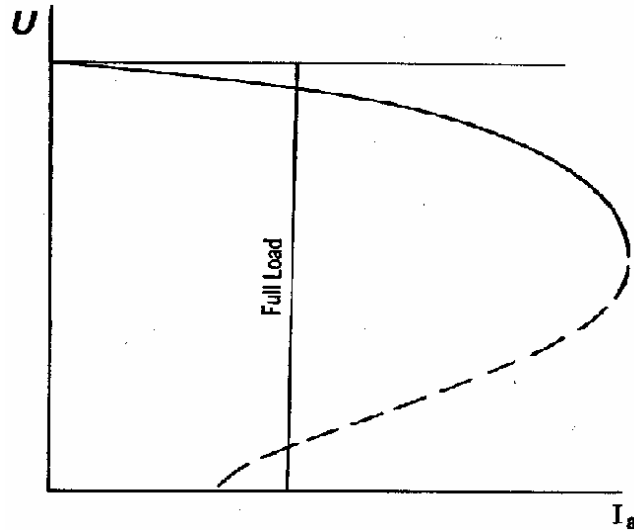


Fig.9.15. Load-voltage characteristics of a shunt generator

cause the curve to eventually drop. When just enough series turns are used to cause the full-load voltage to be the same as the no-load voltage, the machine is said to be flat-compounded. When enough series turns are used so that the voltage at full load is greater than at no load, it is said to be overcompounded. The percentage compounding is specified in terms of the voltage rise at full load above no load divided by the no-load voltage.

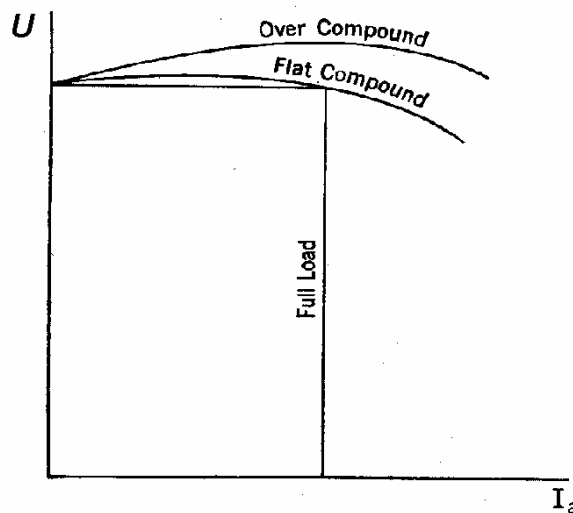


Fig.9.16. Load-voltage characteristics of a compound generator

The rating of a generator normally depends upon the amount of current and power that it can deliver without overheating. Resistance losses in the armature and field circuits, and iron losses all produce heat in the machine. This heat causes the temperature of the machine to rise until the cooling effects of machine ventilation take away as much as is produced. Since the losses increase with load, the equilibrium temperature will also increase until a temperature is reached that will damage the insulation. Machines are normally rated on the basis of the maximum load they can carry without exceeding a safe temperature. This is usually based on continuous operation, but in some cases of known intermittent loads they are rated on the basis of load they can carry for 10 minutes, 20 minutes, or some other specified time.

Although the heating limitation is the usual determining factor in rating of generators, commutation may become the limiting factor in some short-time ratings.

2. VOCABULARY

shunt generator	генератор паралельного збудження
interrelationship	взаємозалежність
magnetomotive force	магніторушійна сила
resistance drop	падіння напруги в опорі
terminal voltage	напруга на затискачах
rated value	номінальне значення
overheating	перегрів
load-voltage characteristic	характеристика, що виражає залежність напруги генератора від навантаження (зовнішня характеристика генератора)
operation will become unstable	робота (режим) стане нестійкою
the voltage will drop almost to zero	напруга впаде майже до нуля
automatic voltage regulator	автоматичний регулятор напруги
maintain the terminal voltage constant	підтримувати напругу на затискачах постійною
the devices are now commercially available	зараз такі пристрої наявні у продажу
series field	обмотка послідовного збудження, поле обмотки послідовного збудження
compound generator	генератор змішаного збудження
series-field winding	обмотка послідовного збудження

armature drop	падіння напруги у якорі
eventually	у підсумку, кінець кінцем, врешті-решт
series turns	обвитки послідовної обмотки
full-load voltage	напруга при повному навантаженні
no-load voltage	напруга неробочого ходу
flat compounding	плоске компаундування
overcompounded	перекомпаундований
compounding	компаундування
resistance losses	втрати в електричному опорі
iron losses	втрати у сталі, магнітні втрати
equilibrium temperature	рівноважна температура
damage the insulation	ушкоджувати ізоляцію
exceeding a safe temperature	перевищення безпечної (припустимої) температури
intermittent load	переривчасте навантаження
specified time	встановлений або визначений час
limiting factor	обмежувальна обставина, обмежувальний фактор

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

Номінальні дані генератора звичайно визначаються струмом і потужністю, що він може віддавати без перегрівання. Втрати в електричному опорі якоря та кола збудження, магнітні втрати потужності продукують тепло у машині. Це тепло викликає зростання температури машини, доки дія охолоджуюча дія вентиляції не видалить стільки тепла, скільки його виробляється у машині. Так як втрати збільшуються з навантаженням, температура рівноваги також буде збільшуватися, поки вона не досягне значення, за якого виникає пошкодження ізоляції. Номінальні дані машин

звичайно встановлюються на підставі максимального навантаження, яке вони можуть нести без перевищення безпечної температури.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. What reasons cause reduction of the shunt-generator voltage with load?
2. What solutions are used for decrease of the shunt generators voltage variation?
3. What machines are called the compound generators?
4. When may a compound generator be said to be flat-compounded?
5. When may a compound generator be said to be overcompounded?
6. Under what conditions is reduction of a shunt-generator voltage not excessive?

LESSON 9.5

1. TEXT

DIRECT-CURRENT MOTORS

Direct-current motors are identical in construction with DC generators, and ordinarily the same machine may be used either as motor or generator. The essential difference is in the direction of current flowing in the armature conductors. In the case of the generator, the armature is driven by a prime mover, and the current flow is in the direction of EMF generation. In the case of the motor the current flows in a direction opposite to that of voltage generation and thus the force on the conductors, instead of retarding motion, is in a direction that will continue the motion.

The voltage generated in a motor (i.e. the electromotive force induced due to the armature rotation) is computed as

$$E_a = c_0 \Phi \Omega$$

where E_a is the motor EMF, c_0 is a constant of the machine, Φ is the main field flux, and Ω is the speed in radians per second.

The applied voltage is

$$U = E_a + I_a R_a$$

where E_a is the motor-generated voltage, I_a is the armature current, R_a is the armature circuit resistance, and U is the impressed or circuit voltage.

The torque produced in a motor

$$M = c_0 \Phi I_a$$

where M is the motor torque, Φ is the main field flux, I_a is the armature current.

In a motor one of the important operating characteristics is the variation of speed with load. In a shunt motor (Fig. 9.17) the field circuit is connected across the line, and as long as the line voltage remains constant, the field excitation also remains constant.

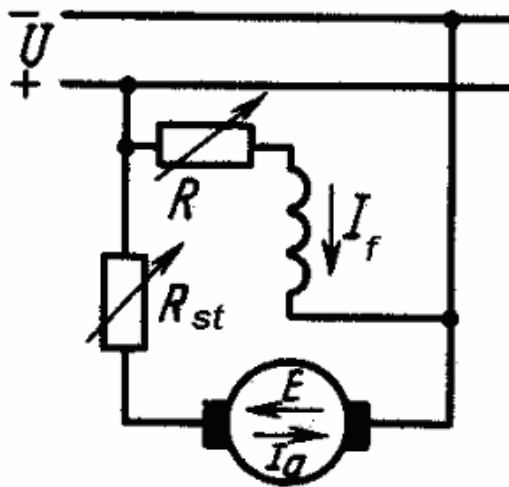


Fig. 9.17. Shunt motor circuit diagram

The torque will be directly proportional to armature current. The armature resistance drop varies from about 5 per cent in large DC motors to about 10 per cent in small motors. A variation of from 5 to 10 per cent will therefore be required in the motor-generated voltage (i.e. in the armature EMF).

Since the field flux was assumed to be constant, the EMF is directly proportional to speed, and therefore only a 5 to 10 per cent drop in speed is normally expected of a shunt motor when full load is placed on it.

Actually the effect of armature reaction causes some reduction of the field flux. Due to that, in the first place, the armature current must be increased slightly to overcome the reduction in torque produced by the lowered magnitude of field flux. As far as speed is concerned the lowered value of field flux requires a corresponding increase in speed to obtain the necessary generated voltage to limit the armature current. This effect tends to compensate for the effect of armature resistance drop in reducing the speed.

The magnitude of the effect of armature reaction will depend upon the degree of saturation of the field circuit. In modern machines where maximum use is made of the magnetic materials, the effect of armature reaction may not only completely

neutralize the effect of the armature resistance drop on the speed of the motor, but may actually cause an increase in speed as load is applied to the motor shaft. Under conditions of overload this increase in speed may become critical, and so it is customary to add a few turns of series winding to the main field to hold the total field flux constant or even increase it. Such a winding is known as a stabilizing winding.

To summarize, therefore, the speed of a shunt motor is essentially constant, regardless of the load applied to the motor shaft. This characteristic is highly desirable for many types of loads

For many loads it is desirable that the speed be reduced somewhat as the torque is increased. To obtain such a characteristic it is only necessary to operate the machine on a lower portion of the magnetization curve at no load and add some turns of series windings to the main field. Such DC motors are called compound motors (Fig. 9.18). The effect is similar to that of the stabilizing winding, but since saturation effects are negligible, a definite increase of field flux results with increase in load. Since the flux increases with load, a speed reduction is necessary in order that the motor counter-electromotive force may be reduced to a value that will allow the necessary armature current to flow.

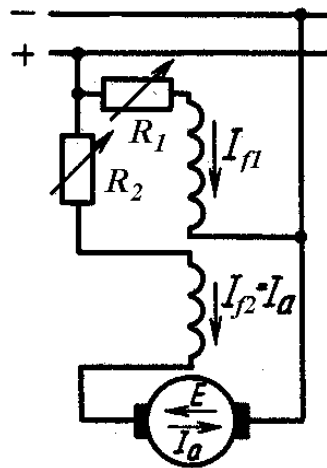


Fig. 9.18. Compound motor circuit diagram

The speed reduction at full load may be controlled by the magnitude of the series field. Thus, it is possible to obtain a wide variety of speed-current curves, as is indicated in Fig. 9.19.

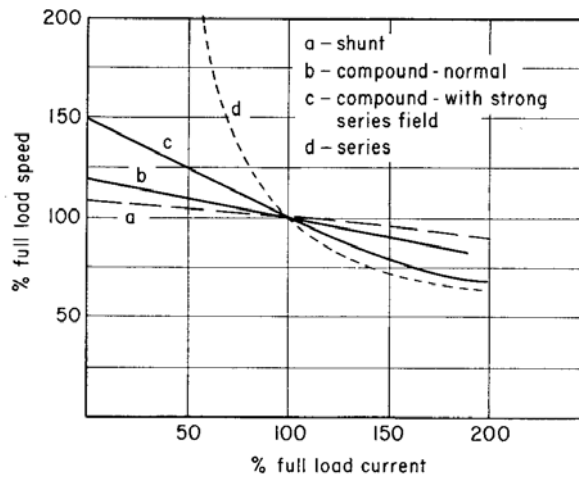


Fig. 9.19. Typical speed-current curves of DC motors

In certain types of loads, such as in electric railways and crane hoists, constant speed is not desired, but very large torque at low speeds is important. In such motor applications it is customary to omit the shunt-field winding entirely and use only the series-field winding (Fig. 9.20). Such motors are known as series motors.

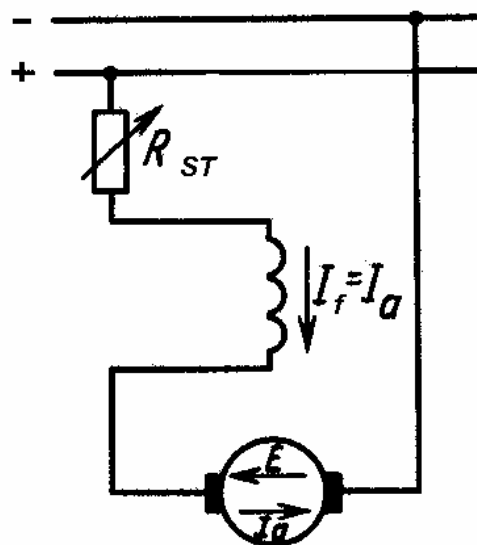


Fig. 9.20. Series motor circuit

Since the field flux is proportional to armature current (at field values below saturation), the torque is proportional to the square of the armature current. If the effects of the armature resistance drop and of saturation are neglected, the speed may be said to be inversely proportional to the armature current. The speed is inversely proportional to the square root of the torque. The tendency of the series motor to increase in speed without limit as the retarding torque is removed makes it a very dangerous machine unless the motor is permanently connected to a load that will itself limit the speed. Its use is normally restricted to traction applications (that is, streetcars, electric locomotives, and suburban trains) and crane hoists, where the

motor is permanently geared to the load and there is enough residual load to adequately limit the speed.

Many small motors are wound as series motors. They may be used on either DC or AC, since the torque remains in the same direction when both armature and field are reversed. They are called universal motors and are often used on electrical appliances, such as vacuum cleaners and sewing machines.

The previous discussion of DC motors has assumed that they were operating at normal speed and has considered the changes in speed with load in order that sufficient armature current would flow to produce the proper torque. In general, the armature resistance drop is a small part (5 to 10 per cent) of the impressed voltage.

When the motor is stationary, as at starting, there is no counter-electromotive force, so the entire voltage must be absorbed in the $I_a R_a$ drop of the armature circuit. Excessive armature currents would be damaging to both the motor and the power circuit, and so it is normal to limit the starting current to approximately twice full-load current. This limitation is largely determined by the ability of the commutator and brushes to handle only this amount of armature current without sparking.

The motor current at starting is limited by a resistor inserted in the armature circuit. Sections of this resistor are then shorted out in sequence as the motor armature develops speed. The use of a starting resistor is common to all types of DC motors. The starting resistor is gradually shorted out.

To reverse a DC motor, it is customary to reverse the armature leads, remaining direction of the field current unchanged. But the effect of the speed reversal can be also achieved by reversing leads of the field winding, remaining unchanged the direction of the armature current.

The direct-current motors are often used for variable speed service. The speed will vary inversely with magnitude of the field flux, and directly with the magnitude of the voltage impressed. The armature voltage can be varied by changing the voltage applied across its terminals. The armature voltage is often varied by inserting resistance in the power circuit as in starting.

2. VOCABULARY

direct-current motor	двигун постійного струму
prime mover	первинний двигун
force on the conductors	сила, що діє на провідники
retarding	гальмовний
speed in radians per second	кутова швидкість у радіанах за секунду
applied voltage	прикладена напруга
impressed or circuit voltage	прикладена напруга або напруга кола
torque	обертальний момент

operating characteristic	робоча характеристика
variation of speed with load	зміна швидкості у залежності від навантаження
shunt motor	двигун паралельного збудження
field circuit	коло збудження
field excitation	збудження (магнітного) поля
resistance drop	падіння напруги на електричному опорі
field flux	потік збудження
armature	якір
effect of armature reaction	вплив реакції якоря
degree of saturation	ступінь насичення
motor shaft	вал двигуна
overload	перевантажування
stabilizing winding	стабілізувальна обмотка
essentially constant speed	у сутності незмінний швидкість
magnetization curve	крива намагнічування
compound motors	двигун змішаного збудження
motor counter-electromotive force	проти- електрорушійна сила двигуна
speed-current curves	крива залежності швидкості від струму (електромеханічна, або швидкісна характеристика)
electric railway	електрифікована залізниця
crane hoist	піднімальний кран
series-field winding	обмотка послідовного збудження
series motor	двигун послідовного збудження
retarding torque	гальмівний момент
traction applications	застосування для тяги
residual load	остаточне навантаження
motor is permanently geared to the load	двигун, постійно приєднаний до навантажувального пристрою
electrical appliances	електричні прилади, електричне обладнання
vacuum cleaner	пилосос

sewing machine	швейна машина
power circuit	коло живлення
twice full-load current	струм подвійного навантаження
short out in sequence as the motor armature develops speed	закорочувати послідовно у міру того, як зростає швидкість якоря

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

Електрорушійна сила, що генерується у двигуні, розраховується таким же чином, що і у генераторі. Однак, так як вона протидіє протіканню струму у двигуні, її іноді називають протиелектрорушійною силою двигуна. Вона пропорційна потоку головних полюсів і швидкості обертання. У обох випадках, генератора і двигуна, наявні сили, що діють на якір. Якщо навантаження двигуна зменшується, його обертальний момент, спричинений струмом якоря, перебільшує необхідний для подолання зменшеного гальмівного моменту, і двигун повинен уповільнюватися. Зворотна ЕРС двигуна регулює силу струму. Якщо генератор з додатковими полюсами використовується як двигун, полярність додаткових полюсів автоматично змінюється на потрібну, так як їх обмотка збудження приєднана послідовно якорем, і тому їх полярність змінюється, коли змінюється напрям струму якоря.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. How may the speed reduction of a compound motor at full load be controlled?
2. What is the dependence of the shunt motor torque against the armature current?
3. Under what conditions does the field excitation of a shunt motor remain constant?

4. What for is the stabilizing winding added to the main field winding of a shunt motor?
5. Why is the torque of a series motor proportional to armature current?
6. Why cannot the retarding torque acting on the shaft of a series motor be removed?

LESSON 9.6

1. TEXT

TRANSFORMERS

In order that electrical energy may be transmitted economically over long distances, high voltages must be used; but in order that electric circuits may be safely handled, low voltages are necessary for distribution. The AC transformer is a piece of apparatus by means of which electrical energy can be received at one voltage and delivered at another voltage either higher or lower.

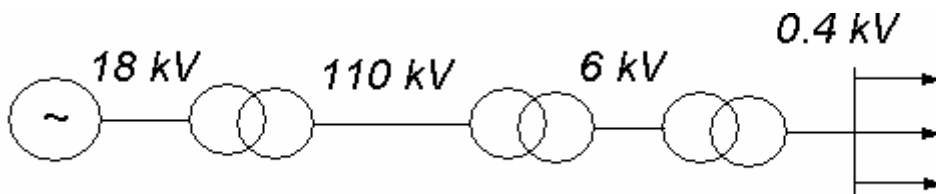


Fig. 9.21. Electrical energy transmission

A transformer consists essentially of two separate windings on an iron core; one receives energy and is called the primary, and the other delivers energy and is called the secondary.

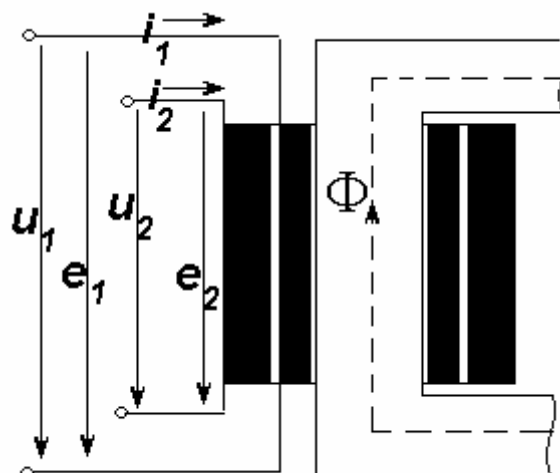


Fig. 9.22. Principle of transformer structure

The symbols e_1 and i_1 denote the instantaneous values of the voltage and current impressed on the primary by the power supply system. The symbols e_2 and i_2 denote the instantaneous values of the output voltage and current of the secondary. The arrowheads merely show which directions are chosen to be regarded as positive. This flux generates a counter electromotive force in the primary which limits the current drawn from the supply. The same flux system generates an electromotive force in the second winding, or secondary, to which the load is connected. This secondary electromotive force causes current to be supplied to the load.

Hence power is transferred electromagnetically from the primary to the secondary winding which supplies it electrically to the load. Little power is lost in such a transformation. Efficiencies may range from 97 to 99 per cent on modern units.

The ratio of the primary and secondary voltages depends upon the ratio of turns on the respective windings. Step-up transformers have more turns on the secondary than on the primary; step-down transformers have the reverse ratio. The magnetic core is built up of laminations of high-grade silicon or other sheet steel, which are sometimes insulated from each other by varnish, though frequently the surface coating of iron oxide is employed to minimize eddy-current losses in the core. The usual thickness of laminations for 60 cycles is 0.014 in. Thicknesses of 0.020 in. are common for 25-cycle transformers.

Two losses, due to the varying flux, occur in the iron core: the eddy-current and the hysteresis losses.

The windings of transformers are made of copper wire or strap. Heavy current capacity requires conductors of large cross section. Two types of coil construction are commonly used: (1) concentric and (2) "pancake" or interleaved. In each, spacers are provided between adjacent coils to permit dissipation of heat from the windings either by ventilation or by liquid cooling medium.

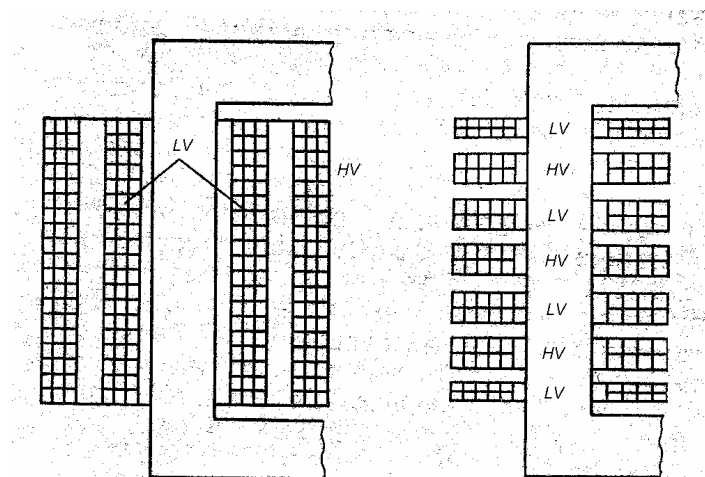


Fig. 9.23. Coils construction: concentric (left) and interleaved (right)

Double cotton, single cotton with an underlayer of enamel, or synthetic enamel insulation is most commonly used as conductor covering, particularly for wire

windings. In addition, strips of insulating paper are placed between layers, and the completed coil is taped and impregnated with insulating compound. Molded plastics and glass have been used for insulation. Silicones are frequently used when high-temperature operation is required.

The end turns on the coils of a high-voltage transformer require special insulation. This is necessary because of the distributed capacity of the transformer windings which exposes the end-turn insulation to great voltage strains when the transformer is switched on and when surges occur on the line.

All the losses in a transformer are dissipated as heat from the windings and core. The losses are small, but unsafe temperatures will be reached if special cooling means are not provided.

Small transformers for metering and power uses are cooled by natural radiation and convection of heat from their surfaces.

In oil-immersed, self-cooled construction, the transformer is immersed in a tank filled with oil. Heated oil rises through the circulating ducts of the winding and cools on its downward path against the sides of the tank. The oil gives up its heat to the sides of the tank, from which it is then radiated to the air. Large capacities require corrugations on the surface of the tank or radiating jackets to increase the surface area.

One of the important problems in transformer construction is that of getting the leads from the external circuit into the transformer case. On transformers of lower voltages this has been accomplished by using bushings of porcelain around the conductor at the point of entry. For higher voltages, it is necessary to increase the bushing sizes. In modern transformers the problem is met by the use of large porcelain or composition bushings for potentials as high as 33,000 volts; above that voltage the condenser and oil-filled types are used.

When an electric circuit is supplied with a voltage, that circuit must take sufficient current from the source to build up a counterelectromotive force equal and opposite to the voltage applied. Thus the counterelectromotive is made up essentially of a voltage produced by the action of the flux on the primary turns. The instantaneous value of this counterelectromotive force is

$$e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

where w_1 is the number of turns on the primary winding and Φ is the instantaneous value of the flux in the core. Assuming the primary resistance to be zero, the applied voltage u_1 (instantaneous value) is equal and opposite to e_1 or

$$u_1 = w_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (2)$$

If the applied voltage is sinusoidal, that is $u_1 = U_{1m} \sin 2\pi ft$, then

$$\begin{aligned}
e_1 &= -u_1 = E_{1m} \sin(2\pi ft - \pi) \\
E_{1m} &= U_{1m} \\
\Phi &= \Phi_m (2\pi ft - \pi/2) \\
\Phi_m &= \frac{E_{1m}}{2\pi f w_1}
\end{aligned} \tag{3}$$

Thus if u_1 is sinusoidal, the EMF e_1 and the flux must be sine waves.

To obtain the root mean square values, divide the maximum values by $\sqrt{2}$:

$$U_1 = \frac{U_{1m}}{\sqrt{2}}, \quad E_1 = \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}}. \tag{4}$$

There exists a 90° relationship between Φ and e_1 . From equations 3 and 4 the expression for the EMF root mean square value becomes

$$E_1 = \frac{2\pi f w_1 \Phi_m}{\sqrt{2}} \approx 4.44 f w_1 \Phi_m. \tag{5}$$

Since the flux in the core is produced by an exciting current, this current i_{ex} must be in time phase with it.

It is now evident from the above equations that a given value of the rms voltage U_1 will require the same rms value E_1 . The flux must be 90° ahead of the EMF e_1 and it must be fixed for a given value of U_1 and f .

The secondary winding having w_2 turns is placed on the same core, an electromotive force will be produced in it by the flux Φ . The magnitude of this voltage e_2 is directly proportional to the number of turns w_2 , and

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}, \tag{6}$$

and since both voltages e_1 and e_2 are produced by the same flux, they must be in time phase. For the present, let it be assumed that all the flux Φ links both windings. Then if a resistance is connected to the secondary, a current i_2 will flow from it in time phase with e_2 . This current will tend to produce a flux Φ_2 . However, the primary must keep the total flux constant at a value Φ in the direction shown. This is accomplished by the primary only through its production of another flux, $-\Phi_2$. To produce $-\Phi_2$ the primary must carry another additional current agreed in the direction with Φ_2 . The

additional magnetomotive force of the primary necessary to counteract the magnetoforce $i_2 w_2$ requires a load component of current i_{1L} . Consequently

$$i_{1L} = -i_2 \frac{w_2}{w_1}. \quad (7)$$

The total current i_1 in the primary, when w_2 is supplying the above load, is the sum

$$i_1 = i_{ex} + i_{1L} = i_{ex} - i_2 \frac{w_2}{w_1}, \quad (8)$$

and the resultant flux under condition of load is Φ . The primary winding is therefore self-regulating in that it draws a load component of current only when it is needed to neutralize magnetomotive forces of secondary circuit or circuits. The above analysis is based on the ideal transformer with no winding resistances or core losses and no leakage fluxes. When these are taken into consideration the above analysis is slightly modified.

The no-load current of a transformer is composed of the exciting current i_{ex} plus another component resulting from the effect of the core. It should be remembered that hysteresis produces core losses, and to supply such losses the primary no-load current must contain a power component (a component in phase with the applied voltage). Since some electrical conduction is always present in the transformer core, the flux Φ will cause eddy currents to flow in all sections of the core. A well-laminated core is highly resistive. The eddy currents therefore flow inside the surface of the core in the same direction as the current i_2 flows on the outside in the secondary coils. These eddy currents will cause a primary current in time phase with u_1 . The combined effect of hysteresis and eddy currents is to produce the current $i_{(h+e)}$.

The no-load current is $i_n = i_{ex} + i_{(h+e)}$, and the primary current under load equals to

$$i_1 = i_n - i_2 \frac{w_2}{w_1} \quad (9)$$

The quantity

$$n_{12} = \frac{e_1}{e_2} = \frac{E_{1m}}{E_{2m}} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2} \quad (10)$$

is called the transformer (transformation) or turns ratio.

In complex form, for the ideal transformer

$$\underline{U}_1 = -\underline{E}_1, \quad \underline{U}_2 = \underline{E}_2, \quad \underline{E}_1 = -j \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} w_1 \Phi_m, \quad \underline{E}_2 = -j \frac{2\pi f}{\sqrt{2}} w_2 \Phi_m, \quad n_{12} = \frac{E_1}{E_2} \quad (11)$$

The primary current under load is

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_n - \frac{\underline{I}_2}{n_{12}} \quad (12)$$

The vector (phasor) diagram for the ideal transformer is shown in Fig. 9.24.

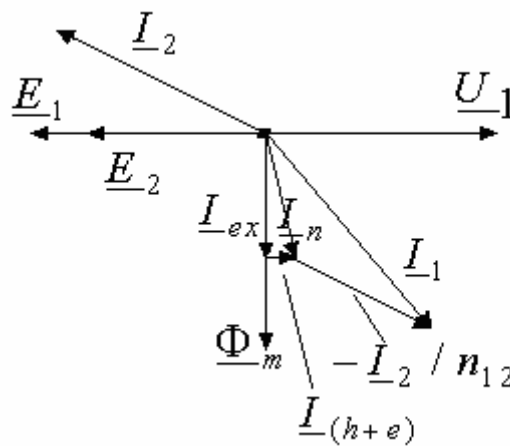


Fig. 9.24. Vector diagram of ideal transformer

2. VOCABULARY

transformer	трансформатор
transmit	передавати
in order	з метою; для того, щоб
distribution	розподіл
apparatus	апарат
transmission	передача
iron core	сталеве осердя
primary	первинна обмотка
secondary	вторинна обмотка
instantaneous value	миттєве значення

secondary electromotive force transferred electromagnetically	вторинна електрорушійна сила що передається електромагнітним шляхом
efficiency	коефіцієнт корисної дії, ефективність
primary and secondary voltages	первинна і вторинна напруги
ratio of turns	відношення числа обвитків
step-up transformer	підвищувальний трансформатор
step-down transformer	знижувальний трансформатор
lamination	лист (пластина) осердя
high-grade silicon sheet steel	листова сталь із великим змістом кремнію
varnish	лак
iron oxide	оксид заліза
eddy-current	вихровий струм
losses	втрати
hysteresis losses	втрати на гістерезис
copper wire or strap	мідний провід або шина
concentric (winding)	концентрична (обмотка)
"pancake" or interleaved (winding)	плоска або чергувальна (обмотка)
spacer	дистанційна розпорка
dissipation of heat	розсіювання тепла
liquid cooling medium	рідинний охолоджувальний засіб (агент)
enamel	емаль
synthetic enamel	синтетична емаль
tape	обертати стрічкою
impregnate	просочувати
molded	пресований, литий
end turns	кінцеві обвитки
distributed capacity	розподілена ємність
voltage strains	перенапруги
surge	стрибок, накид, викид
natural radiation and convection	природне випромінювання та конвекція
oil-immersed	погружений в олію

duct	канал
radiating jackets	випромінювальна оболонка
bushing	прохідний ізолятор, ввід
porcelain	фарфор
number of turns	кількість обвитків
core	осердя, магнітопровід
exciting current	намагнічувальний струм
be in time phase	співпадати за фазою
rms voltage	діюче значення напруги
rms value	діюче значення
the flux Φ links both windings	потік Φ зчіплюється з обома обмотками
additional current agreed in the direction with Φ_2 .	додатковий струм відповідає за напрямом потокові Φ_2
load component	навантажувальна складова
self-regulating	само-регульований
ideal transformer	ідеальний трансформатор
leakage fluxes	потоки розсіювання
hysteresis	гістерезис
power component (a component in phase with the applied voltage)	активна складова (складова, що співпадає за фазою із прикладеною напругою)
transformer core	осердя (магнітопровід) трансформатора
vector (phasor) diagram	векторна діаграма

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

За допомогою трансформаторів електроенергія, що генерується на гідроелектростанції при порівняно низькій напрузі, перетворюється за допомогою підвищувального трансформатора з метою її підвищення і передається по високовольтній лінії до міст та промислових підприємств. Потім вона за допомогою знижувальних трансформаторів понижується до значення, яке має перевагу при використанні у містах або на заводах. Звичайно мають декілька ступенів зниження напруги, щоб отримати найбільш економічні розподіл електроенергії і систему споживання.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. Of what parts does a transformer consist?
2. What upon does the ratio of primary and secondary voltages depend?
3. What kinds of losses occur in a transformer?
4. Describe the self-cooling system of an oil-immersed transformer.
5. What is the phase difference between the transformer magnetic flux and the electromotive forces induced in its windings?
6. Does the primary current depend upon the load current flowing through the secondary?

LESSON 9.7

1. TEXT

THREE PHASE ALTERNATING-CURRENT GENERATORS

Placing three phase windings on the machine, each of which is similar to one another, we obtain a three-phase alternator. Such a machine, with three similar

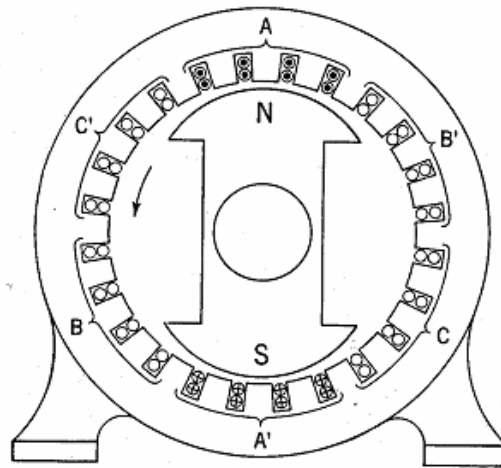


Fig. 9.25. Elementary diagram of a three-phase alternator

windings, is shown in Fig. 9.25, and each group of conductors is labeled. The winding in the vertical axis is designated as phase A. The winding designated as phase B is 120 deg around the periphery, and phase C is 240 deg around the periphery. The voltages generated in these phases are shown in Fig. 9.26.

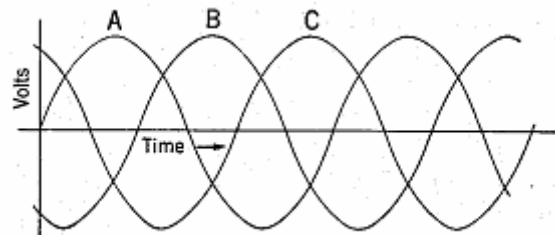
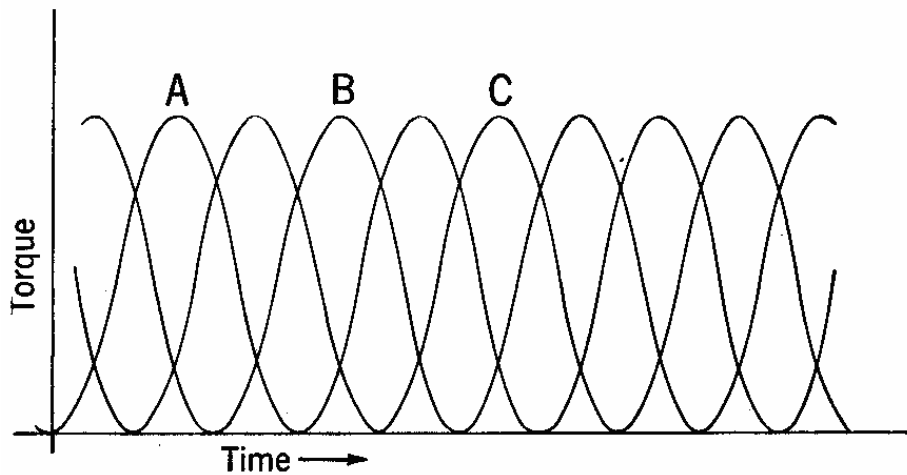


Fig. 9.26. Phase voltages in three-phase winding

If identical resistors are connected to each phase, balanced currents -that is, currents that are equal in magnitude and 120 deg apart in time-will result. For each phase, the torque on the generator will vary with time. The torque in each of the three phases is plotted in Fig. 9.27.

The sum of the torque in all three phases at any instant will be observed to be a constant. This constant value is three times the average value of each phase. This constant torque may be visualized in another way. When the rotor is on the axis of phase A, current in that phase is a maximum; hence the retarding torque is a maximum. As the rotor moves from the axis of phase A to that of phase B, the torque of phase A decreases but that of phase B increases. In this way each phase picks up its share of the retarding torque as the windings come under the influence of the field poles. This constant torque of three-phase machines (either generators or motors) is one of their important characteristics, because it permits greater capacity in the same size machine or the same capacity in a smaller and cheaper machine than with single phase.



Torque in a Three Phase Generator with Resistance Load

Fig. 9.27. Torque in three-phase generator with resistance load

The property of uniform torque is not limited to three-phase machines but is common to all polyphase machines. Since nearly all of the polyphase equipment in the United States is three-phase, discussion in this text will be limited primarily to three-phase equipment.

The three-phase windings in the machine of Fig. 9.25 are independent and may supply three independent single-phase systems. This, however, does not save copper in the distribution system, so the coils are always interconnected to form a three-phase generator.

This can be done in either of two ways. If one end of each coil is connected to a common terminal in such a manner that the voltages of the other terminals are 120 deg apart, the machine is said to be Y-connected. If the windings are connected so as to close on themselves, the machine is said to be Δ -connected. It should be observed that the proper phase relationships must be maintained in making this connection, or the sum of the voltages around the circuit will not be zero and a short circuit will result.

In large generators that supply transmission and distribution transformers, the Y connection is usually preferred, as it provides an easy method of establishing ground potential, holds the insulation stress to a minimum, and makes it possible to use simple, yet sensitive, differential relays to disconnect the machine in case of insulation failure.

The windings of AC machines are somewhat less complicated than those of DC machines. Each phase is simply an arrangement of coils that will cause the voltages to add. In the winding in Fig. 9.25, all conductors of one phase are located within a 60 deg phase belt. This requires that the coils have full pole pitch between coil sides.

The length of the end connections can be reduced and copper saved by using slightly less than full pitch. In some slots, this places the coil sides of two adjacent phases in the same slot. A slightly reduced total voltage is obtained, but the wave form of the voltage is improved and smoother operation of the machine results. The

magnetomotive force of the armature is also more nearly sinusoidal in its distribution around the periphery of the armature, so most machines have armature windings with a coil pitch that is less than the pole pitch.

2. VOCABULARY

three phase winding	трифазна обмотка
three-phase alternator	трифазний генератор
balanced currents	симетрична система струмів
average value	середнє значення
visualize	наочно уявляти, ясно представляти
rotor	ротор
retarding torque	гальмівний момент
field poles	полюса магнітного поля збудження
interconnected	взаємозв'язаний
Y-connected	з'єднаний зіркою
Δ -connected	з'єднаний трикутником
establishing ground potential	встановити потенціал землі
differential relay	диференційне реле
insulation failure	пошкодження ізоляції
AC machine	машина змінного струму
full pitch	повний крок
adjacent	суміжний, сусідній
form of the voltage wave	форма кривої напруги
sinusoidal	синусоїдний
pole pitch	полюсний крок, полюсна поділлка

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

Напруга збудження не залежить від напруги генератора змінного струму і має звичайно значення порядку 120 В. У випадку високовольтних генераторів струм збудження може перебільшувати струм машини при повному навантаженні. Явнополюсна конструкція ротора використовується у мало- та

середньо швидкісних генераторах, що сконструйовані для приводу від гідравлічних турбін та дизельних двигунів. Кількість пар полюсів дорівнює потрібній частоті, поділеній на частоту обертання в обертах за секунду. Низьконапірна водяна турбіна повинна бути мало-швидкісним агрегатом, і генератори на 60 Гц для малонапірних гідроелектростанцій виготовлені з 128 полюсами.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. Which is the shift of the phases of a three-phase AC machine around its periphery?
2. What is the reason for using three-phase generators with interconnected phase coils?
3. Why is the Y connection preferred in large generators?
4. Can the length of the coils end connections be reduced?
5. What is effect of the slight reduction of the end connections on generator operation?
6. What is influence of the coils pitch shortening on the magnetomotive force distribution?

LESSON 9.8

1. TEXT

ROTATING ARMATURE FIELD OF THREE-PHASE SYNCHRONOUS GENERATOR

The machine shown in Fig. 9.25 has two poles, so that a complete revolution of the rotor in one second produces 1 cps of alternating current. Sixty revolutions per second, or 3600 rpm, would be required, therefore, to generate 60 cps.

A four-pole generator is shown in Fig. 9.28. In this machine, only one-half revolution is required to complete the magnetic cycle with respect to the armature, and so for 60 cps the speed is only 1800 rpm.

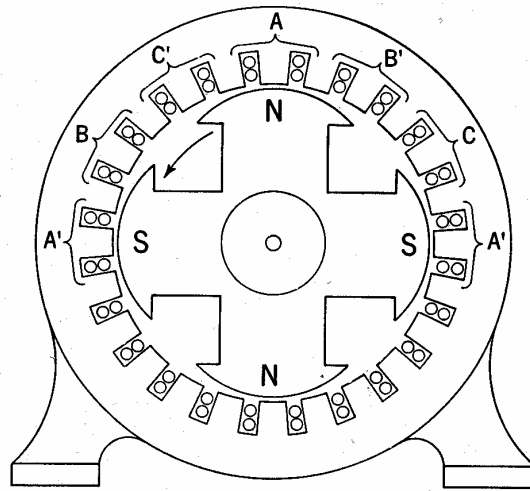


FIG. 9.28. Elementary four-pole alternator.

The relationship among speed, frequency, and number of poles may be stated as follows:

$$f = \frac{pn}{60} \text{ or } n = \frac{60f}{p}$$

where f = frequency in cycles per second, p = number of pole pairs and n = rotational speed in revolutions per minute (rpm). For high-speed prime movers, such as steam turbines, two- or four-pole generators are most common, whereas for the slower-speed water turbines many poles are required for the 60-cycle frequency. For instance, the 180-rpm water turbines at Boulder Dam require 40 poles to produce 60 cps.

It has been assumed in previous discussions that with unity power factor the current reaches a maximum when the axis of the pole is in the center of the coil. This assumption is not correct since the air-gap flux is determined by the resultant of the magnetomotive forces of the DC field winding and of the armature. In order to understand the operation of AC generators and motors, it is necessary to determine the character of the armature reaction and the manner of its combining with the DC field in a synchronous generator .

If the current in phase A of Fig. 9.25 is a maximum when the pole axis is vertical, as shown in the diagram, then the magnetomotive force of phase A is horizontal, producing a south pole on the right-hand side of the armature. As the rotor turns in a counterclockwise direction, successive phase belts will reach maximum currents. The south pole at the right side of the armature caused by phase A will be succeeded by a similar pole at the top of the armature caused first by phase C' and then by phase B. Thus the south pole caused by the armature currents follows around the periphery of the armature at the same speed as the rotor, always lagging behind the north pole of the rotor. (Since the armature south pole attracts the rotor north pole and repels the rotor south pole, it is necessary to drive the rotor against this retarding

force, which provides an alternate concept to the "force on a conductor" explanation of generator torque.) The air-gap flux will be the resultant of the magnetomotive force of the main field winding and of the armature reaction, which in this case will produce a flux that reaches the axis of the phase belt later than the pole axis. In order for the current to reach maximum when the pole axis coincides with the center of the phase belt, the current must lead the voltage in time phase.

It is usual for the current in an AC generator to lag behind the voltage in time phase; therefore, the current maximum is not normally reached in any phase until after the pole axis has passed some distance beyond the center of the phase belt. This causes the south pole produced on the armature to be much nearer the south pole of the rotor than the north pole and effectively reduces the magnitude of the resultant magnetomotive force. This will cause a decrease in the air-gap flux and in the terminal voltage. In order for the voltage to be maintained it is necessary to increase the rotor magnetomotive force so that the resultant flux is the same as before, even though the armature MMF is partially opposed to the rotor MMF.

Thus with an alternating-current generator supplying a load having a lagging power factor, the field current must be greater than with unity power factor.

By similar analysis, if the load has a greatly leading power factor, the current in any phase will reach a maximum before the pole axis reaches the center of the phase belt.

Thus a south pole on the armature will shift forward and be much closer to the north pole of the rotor.

This will cause an increase in resultant MMF and a corresponding increase in air-gap flux and terminal voltage. When the generator has a leading-power-factor load, it is necessary to reduce the field current of the rotor in order to maintain the terminal voltage constant.

To summarize, the time variation of currents in the armature coils (which are fixed in position) of a poly-phase alternator cause magnetic poles to be produced on the armature; these poles rotate around the surface of the armature at synchronous speed.

If the currents are lagging behind the voltage in time phase, the poles not only tend to retard the motion of the rotor but also tend to reduce the magnitude of the air-gap flux. If the current is leading the voltage in time phase, the poles still tend to retard the motion of the rotor, but an increase in air-gap flux results.

A more detailed analysis of the currents and magnetomotive forces described above is often helpful in understanding how the time-varying currents in the different phases produce the rotating magnetic field. The alternator shown in Fig. 9.28 will be used as the basis for study.

The upper portion of the stator is shown unrolled or flattened out in the upper portion of Fig. 9.29. In this figure along the right side are shown the time variations of the three-phase currents. Vertical lines marked t_0, t_1, t_2, t_3 , etc., show successive instants of time for the successive magnetomotive forces that are shown along the left portion of the figure.

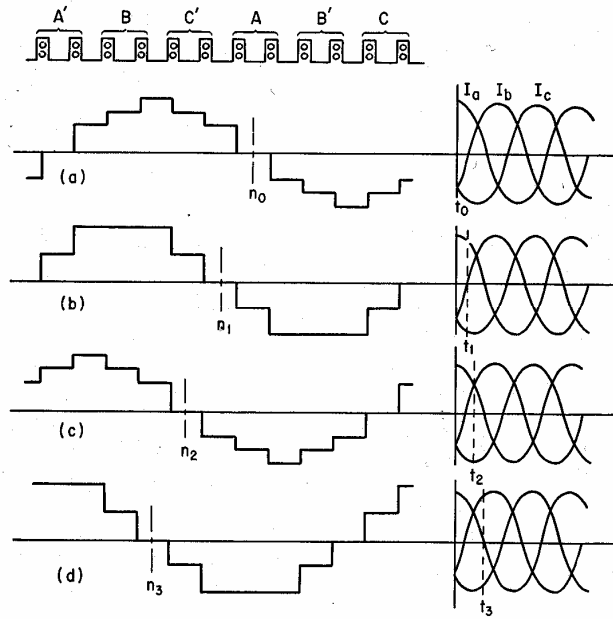


FIG. 9.29. Balanced poly-phase currents flowing in an alternator winding produce a magnetomotive force that rotates around the armature but is essentially constant in magnitude.

The phase belts are marked as in Fig. 9.28 with A or A' to indicate that in one group of phase conductors the current is flowing in one direction, whereas in the next adjacent group of the same phase, the current is flowing in the opposite direction. In this diagram positive current in the time-variation diagram at the right indicates that current is flowing into the paper in A, B, or C, but flowing out of the paper in A', B', or C'.

At time t_0 , as shown in (a) of the diagram, the current in A is a maximum positive, whereas the currents in B and C are one-half magnitude negative. In order to analyze the magnetomotive force, the neutral position n_0 will be assumed* between the two slots of A phase. The magnetomotive force will then be plotted against the space position around the air gap. In progressing to the left, a slot containing two coil sides of phase A is first met. Since maximum current is flowing into the paper in these coil sides, the MMF diagram will show an increase of two units in the space between phases A and C'. A slot of C' is next met and since the current in C is negative, the current in C' is positive; so the MMF diagram is again increased. This time the current in each coil side is one-half magnitude; so the two coil sides together give only one unit increase in MMF. When the second slot of C' is met, a second increase of one unit is obtained. When the first slot of B is reached, it is observed that with negative current the MMF decreases one unit since the B current is one-half magnitude. The second slot produces a second unit decrease in MMF. When the first slot of A' is reached, the MMF drops two units (A' current is negative) to bring it back to zero. When moving to the right of the neutral point, a similar curve in the negative direction will be obtained. It is noted that this step curve is a fair approximation to a sine wave and may be so assumed in elementary analysis.

In diagram (b) the time is 30 time degrees, or $1/720$ sec later, and is shown at t_1 on the diagram at the right. It is noted here that A is 0.86 positive, B is zero, and C is 0.86 negative. A neutral n_1 is assumed to be 30 deg to the left of n_0 and again the MMF analysis is made. The first slot of C' steps the MMF up 1.73 units and the second slot steps it up another 1.73 units. Since B has zero current, it produces no effect, while A' steps the MMF down 1.73 units for each slot and returns the MMF to zero. The negative portion of the curve is again to the right of N_1 . The curve (b) is of a different shape from curve (a), but it will be noted that it has approximately the same equivalent sine wave. The maximum value of this sine wave will be below the maximum of (a) and above the maximum of (b), so that it will be slightly less than 4 and somewhat more than 3.46.

In diagram (c) the neutral point n_2 is chosen 30 deg to the left of n_1 and the time t_2 is 30 deg later than t_1 . The current in C is a maximum negative, while both A and B are one-half maximum positive. The analysis of slot MMF's gives a curve that is identical with (a) but displaced from (a) by 60 electrical space degrees, or one-third of the distance between the axis of adjacent poles.

In diagram (d) the time t_3 is 30 deg later than t_2 and 90 deg later than t_0 . The current in A is zero, while that in B is 0.86 positive and that in C is 0.86 negative. The neutral is assumed at n_3 , which is 30 electrical space degrees to the left of n_2 and the form of the curve is similar to the curve of (b).

The analysis of the change in wave form is beyond the scope of this text. The objective of the analysis here presented is to demonstrate how currents that are changing in magnitude in coils that are fixed in position in the machine can produce a magnetomotive force that is essentially constant in magnitude, but which is shifting in space at the same speed as the field poles of the alternator. These conclusions are more concisely and accurately given in the following statement:

When balanced three-phase currents are flowing in the armature of an alternator (or an induction motor), a magnetomotive force is produced that is fixed in magnitude and rotates around the armature at synchronous speed.

The above is a general statement and may be qualified to add that as long as the power factor is constant, the position of the armature-reaction magnetomotive force is fixed with respect to the field of an alternator. As discussed previously, the armature reaction with unity power factor causes the resultant flux to reach a maximum after the pole axis has passed a specified point on the armature.

When the power factor of the load current is lagging, a component of the magnetomotive force opposes the main field flux. When the current leads the voltage by an angle that is greater than the angle by which the resultant flux lags the pole axis, a component of the armature magnetomotive force aids the main field flux.

2. VOCABULARY

rotating field

обертове (магнітне) поле

synchronous generator	синхронний генератор
revolution	обертання, оберт
cps = cycles per second	періодів на секунду
rpm = revolutions per minute	обертів на хвилину
high-speed prime mover	швидкісний первинний двигун
steam turbine	парова турбіна
slower-speed water turbines	водяна турбіна низької швидкості
axis of the pole	вісь полюса
air-gap flux	потік повітряного проміжку
character of the armature reaction	характер реакції якоря
counterclockwise direction	напря́м проти стрілки годинника
attract	притягати(сь)
repel	відштовхувати(сь)
to drive the rotor against this retarding force	приводити ротор до руху проти цієї гальмівної сили
lead the voltage in time phase	випереджати напругу за фазою
to lag behind the voltage in time phase	відставати від напруги за фазою
resultant magnetomotive force	підсумкова магніторухійна сила
armature MMF	МРС якоря
lagging power factor	відстаючий коефіцієнт потужності
leading power factor	випереджаючий коефіцієнт потужності
armature coils	секції якоря
synchronous speed	синхронна швидкість
unrolled or flattened out	розгорнутий або розпрямлений
successive instants of time	послідовні моменти часу
step curve	ступінчаста крива
fair approximation to a sine wave	хороша апроксимація синусоїдною хвилею
concisely	стисло
accurately	точно
induction motor	асинхронний двигун
rotate	обертати(сь)
unity power factor	коефіцієнт потужності, що дорівнює одиниці

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

Обертове поле двополюсної машини обертається з частотою 3600 об/хв. при живленні від системи з частотою 60 Гц і 1500 об/хв. при частоті 25 Гц. Щоб отримати меншу швидкість поля, треба збільшити кількість магнітних полюсів, що утворюються обмоткою якоря і кількість полюсів ротора синхронної машини. Швидкість обертового магнітного поля називається синхронною швидкістю. Відстань між центрами двох сусідніх полюсів, яка вимірюється уздовж кола повітряного зазору, називається полюсною поділкою.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. What rotation frequency is required in a two pole machine to generate the voltage of 60 Hz?
2. By what reason is not the current maximum in any phase usually reached until after a pole axis has passed some distance beyond the center of the phase belt?
3. Why must the field current of a generator operating at a lagging power factor be greater than with unity power factor?
4. Under what conditions is the armature magnetomotive force rotating at synchronous speed fixed in magnitude?
5. In what case the magnetomotive force of a synchronous generator opposes the main field flux?
6. Does the armature magnetomotive force aid the main field flux when the current leads voltage by the time phase of 90 deg?

LESSON 9.9

1. TEXT

PRINCIPLE OF OPERATION OF SYNCHRONOUS MOTORS

The stator of the synchronous motor is identical with that of the AC generator but the rotor, as shown in Fig. 9.30, is a combination of

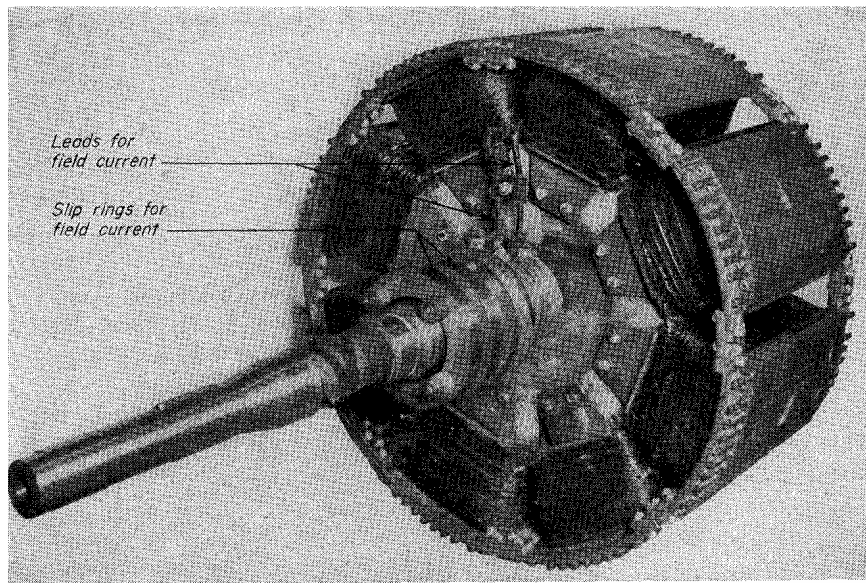


FIG. 9.30. Rotor of a synchronous motor

the rotors of the generator and the induction motor. It consists of an ordinary salient pole generator rotor with a squirrel-cage winding carried in slots cut in the pole faces.

No field current is supplied to the poles when starting, and the motor therefore starts as an ordinary induction motor; that is, the armature currents produce a revolving magnetic field which cuts the squirrel-cage rotor bars and generates EMF in them. The resulting currents in the bars create the driving torque.

As soon as the rotor has come up to speed and is running with a slip of, say, 2 or 3 per cent, a DC field current is gradually applied to the field windings on the rotor poles, the magnetized poles lock with the revolving field produced by the armature currents, and the rotor then runs at synchronous speed.

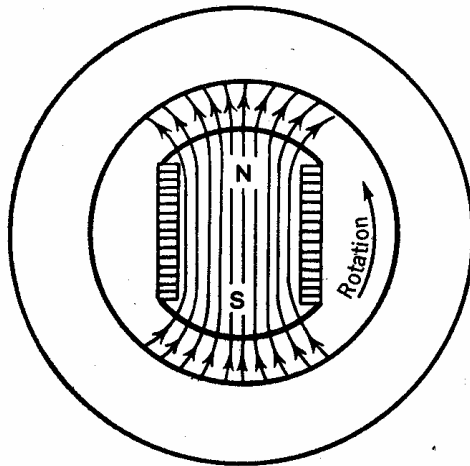


FIG. 9.31. Magnetic field and rotor position of a two-pole synchronous motor when the brake torque is zero

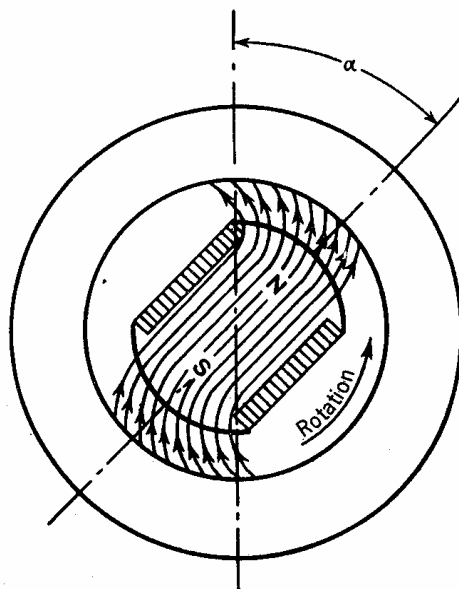


FIG. 9.32. Magnetic field and rotor position under load

The torque which holds the rotor poles in synchronism with the revolving field produced by the armature currents is the same torque that swings an ordinary magnetic-compass needle into line with the earth's magnetic field. If the rotor, or the compass needle, is exactly lined up with the magnetic field, as in Fig. 9.31, there is no torque, and this represents the condition of zero brake load; but if the rotor, or the compass needle, is deflected away from the line of the field by some mechanical means, as in Fig. 9.32, a torque is developed, which increases as the deflection is increased, becoming a maximum at a deflection of 90° from the line of the field. Any further increase of brake torque will cause the rotor to pull out of synchronism and stop.

Once the rotor has pulled into synchronism, the squirrel cage takes no further part in the steady-state operation of the motor, because it is not being cut by the flux and therefore carries no current. However, any sudden change in the brake load causes the rotor to oscillate about its position of dynamic balance in the rotating field. This oscillation induces EMFs in the squirrel-cage bars and thus causes currents to flow in them, with the result that electromagnetic forces act on the bars to oppose the oscillation. Thus the squirrel cage acts to stabilize the position of the rotor relative to the rotating field. This is an important function, of the squirrel cage, as otherwise the oscillations would sometimes be large enough to cause the rotor to pull out of synchronism.

The transmission of power by means of an AC generator and a synchronous motor is similar in many ways to the transmission of power by means of a flexible spring coupling such as shown in Fig. 9.33.

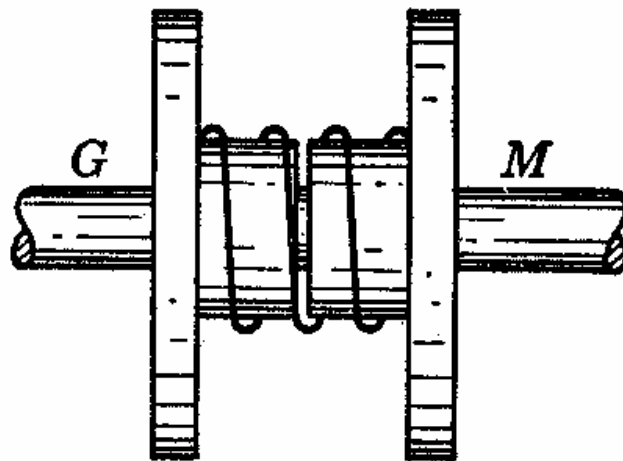


FIG. 9.33. Mechanical analogy to a synchronous motor.

If the load on the side M is increased, the spring stretches and M drops back through a small angle relative to G, but both continue thereafter to rotate at normal speed.

2. VOCABULARY

synchronous motor

синхронний двигун

salient pole

явно виражений полюс

squirrel-cage winding

обмотка у вигляді білячої клітки

starting

пуск

revolving magnetic field

обертове магнітне поле

squirrel-cage rotor bars

стержні білячої клітки ротора

driving torque	обертвий момент
come up to speed	набирати швидкість
slip	ковзання
rotor poles	полюси ротора
magnetized poles lock with	намагнічені полюси зчіпляються з
synchronous speed	синхронна швидкість
brake torque	гальмівний момент
under load	при навантаженні
synchronism	синхронізм
swing	повертати, коливати, махати; качання коливання, розмах
magnetic-compass needle	стрілка магнітного компасу
earth's magnetic field	магнітне поле землі
deflect away	відхилятися за допомогою чогось
by some mechanical means	за допомогою якогось механічного засобу
pull out of synchronism	випадати з синхронізму
position of dynamic balance	положення динамічної рівноваги
oscillate	вібрувати, коливатися, качатися
squirrel-cage bars	стержні білячої клітки
flexible spring	гнучка пружина
stretch	витягуватись, розтягатись, розпрямлюватись

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

Якщо синхронний двигун використовується тільки для регулювання коефіцієнта потужності і не з'єднується з механічним навантаженням, його

звичайно називають синхронним компенсатором. Коли синхронний компенсатор несе повне реактивне навантаження з випереджальним струмом, струм випереджає напругу на $88-90^\circ$, у залежності від розміру машини. Звичайний компенсатор має коефіцієнт потужності близько до 0.5 відсотків при частоті 50 Гц.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. Of what pieces does the rotor of a salient pole generator consist?
2. Please, describe the procedure of a synchronous motor starting?
3. To what is the synchronous motor torque equal if the rotor poles are exactly lined up with the magnetic field?
4. Does the squirrel cage take part in the steady-state operation of a synchronous motor after the rotor has pulled into synchronism?
5. Describe the squirrel cage of a synchronous motor function as a damper of the rotor oscillations.
6. What mechanical analogy could be applied for explanation of power transmission by means of a synchronous machine?

LESSON 9.10

1. TEXT

CONSTRUCTION AND PRINCIPLE OF INDUCTION MOTORS

Most electric power utilization occurs either in lights, in heating for industrial or domestic purposes, or in the development of mechanical energy. The greatest usefulness, from an industrial point of view, is in supplying the mechanical energy to turn the wheels of industry. Although DC motors are used for many special applications, by far the most common type of industrial motor is the squirrel-cage induction motor. These motors are unusually free from maintenance, many motors operating for years with no more attention than to see that the bearings are properly lubricated and the windings periodically cleaned. In an induction motor the rotor conductors have current produced in them by the inductive action of stator currents. No direct electrical connection to the rotor is provided. The rotor of the induction motor acts, therefore, in a manner very similar to the secondary of a transformer in so far as the rotor current is concerned. The fundamental motor principle of force on conductors carrying current and being located in a strong magnetic field still is the basis of operation.

The stator winding of an induction motor is essentially the same as the stator of an alternator. The coils are wound in the same way, are fitted into slots in the laminated iron structure, and are connected similarly. The connection may be either Y or Δ and these connections have the same advantages as in the alternator. Balanced currents give a magnetomotive force that rotates around the periphery of the armature at synchronous speed.

The first requirement of the rotor of the induction motor is that it must provide a magnetic path of low reluctance for the rotating flux of the stator. This is provided by a stack of sheet-steel punchings which are riveted together and mounted on the rotor shaft. Bars of copper (or other metal) are inserted into the rotor slots (without insulation), and these bars are brazed to copper or brass rings at both ends. This forms a copper structure very similar to some small cages that were formerly popular for exercising captive squirrels, and so the windings are called squirrel-cage windings.

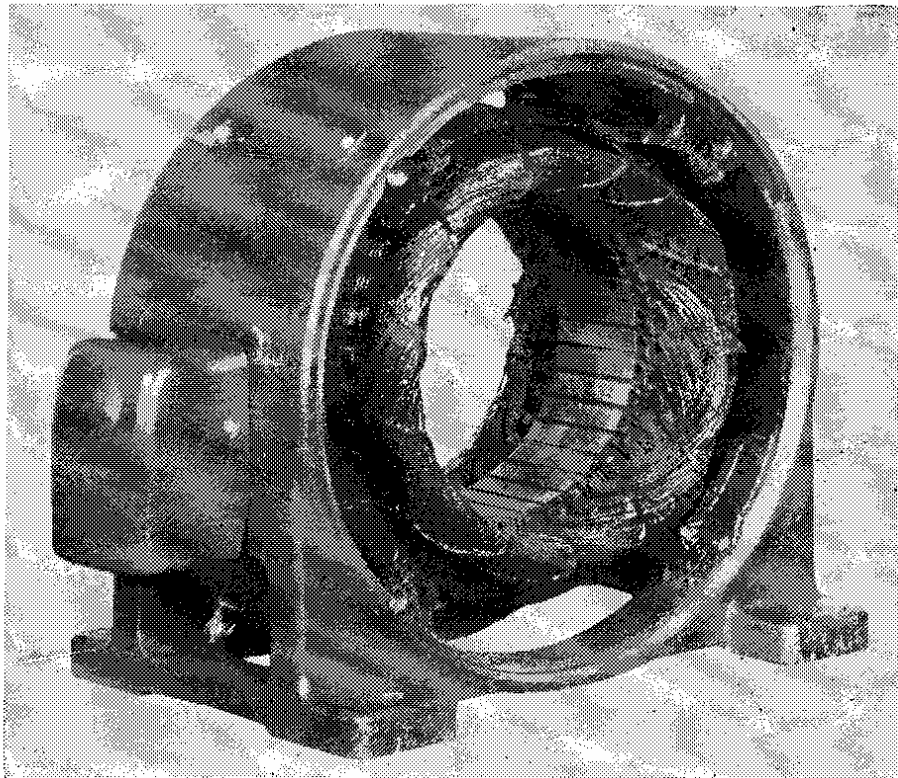


Fig. 9.34. Typical induction motor stator with balanced polyphase winding

A later development in construction of these rotors is the use of aluminum in a die-casting process to produce this conducting structure. Such a rotor structure is shown in Fig. 9.35, 9.36. Figure 9.35 shows the completed rotor mounted on the motor shaft, while Fig.9.36 of the diagram shows the cast unit after the iron has been dissolved by acid.

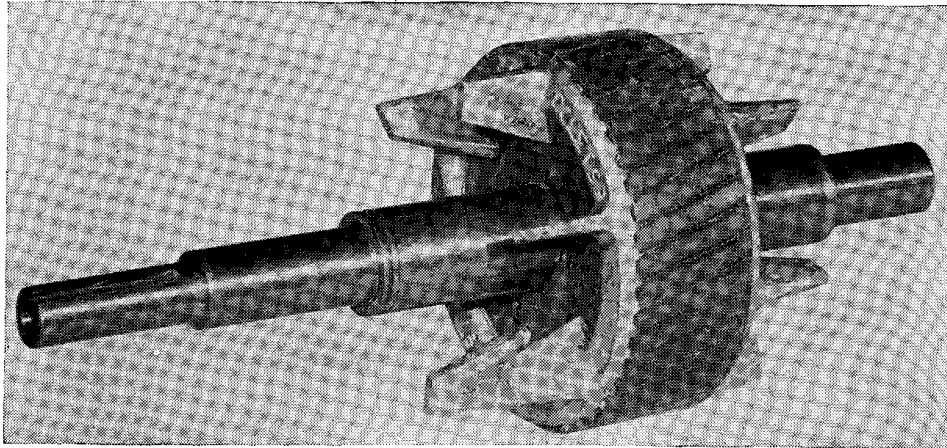


Fig. 9.35. Squirrel-cage rotor

Insulation is not required because of the very low voltages involved. Furthermore, current flowing in the iron will also produce torque, so that it is really not too important that the rotor be laminated

A polyphase voltage, when impressed on the stator windings, will produce a flux that rotates around the air gap. Since the resistance of these stator windings is relatively low, the current is limited by the reactance. The reactance voltage (for low resistance) is equal and opposite the impressed voltage. It follows that the rotating flux for the induction motor must have the same magnitude as though the stator were a synchronous generator.

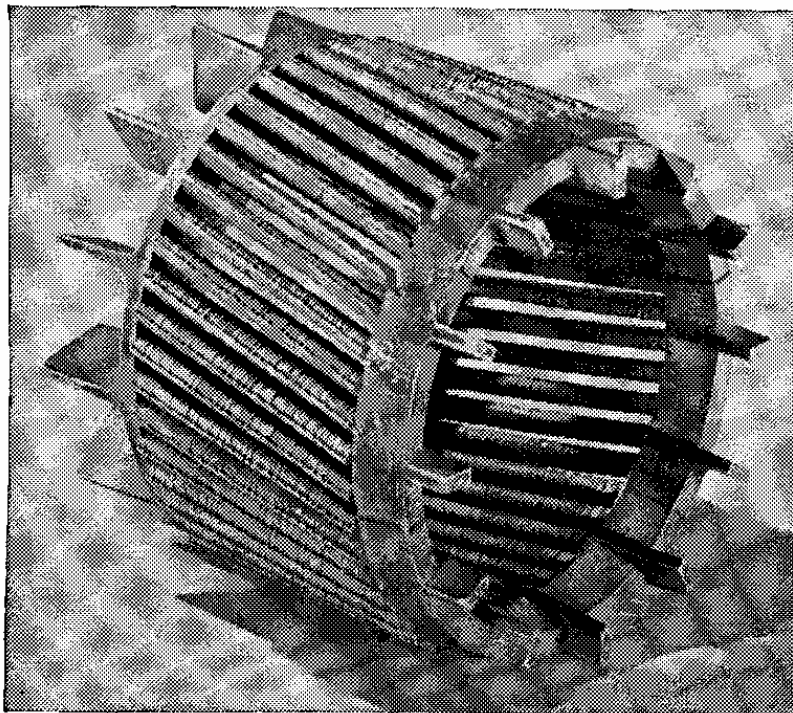


Fig. 9.36. Squirrel-cage winding for induction rotor

In the synchronous generator the MMF is supplied by the DC field. In the induction motor the magnetomotive force is provided by balanced currents flowing in the stator windings. These currents lag behind the impressed voltage by almost 90 deg in time phase and are called the exciting currents. The magnitude of these exciting currents depends upon the reluctance of the flux path. Since a major portion of this reluctance is in the air gap, it is kept as small as possible. The lower magnitude of the exciting current improves the power factor of the motor when operating at full load.

The difference between synchronous and actual speed is important in induction-motor performance and has been given a descriptive name. It is called slip and is defined as:

$$\text{slip} = \frac{\text{synchronous speed} - \text{actual speed}}{\text{synchronous speed}}$$

In a four-pole motor, having a synchronous speed of 1800 rpm and a full-load speed of 1740 rpm, the slip would be

$$\text{slip} = \frac{1800 - 1740}{1800} = 0.03 \text{ (or 3 per cent).}$$

When the rotor is stationary, as at starting, the rotating field cuts the rotor conductors at the same rate and frequency as the stator conductors. The rotor frequency at standstill is therefore the same as the power-line frequency. As the rotor gains speed, the relative motion is reduced. As synchronous speed is approached, the frequency of the voltage generated in the rotor conductors approaches zero.

The frequency is therefore directly proportional to slip, so

$$f_r = sf$$

where f_r is the rotor frequency, f is the line frequency, and s is the slip. The rate at which the rotor conductors cut the air-gap flux and the magnitude of the resultant rotor voltage are proportional to the slip. Since the rotor conductors are short-circuited by the end rings, currents will flow in the same direction, and for small values of slip in approximately the same phase, as the voltages that are generated.

The effect of the rotating air-gap flux on the rotor will be analyzed by first assuming that the rotor is turning at synchronous speed. Under this condition the flux is stationary with respect to the rotor and no voltage is generated in the rotor conductors. When the rotor slows down, a relative motion between the air-gap flux and

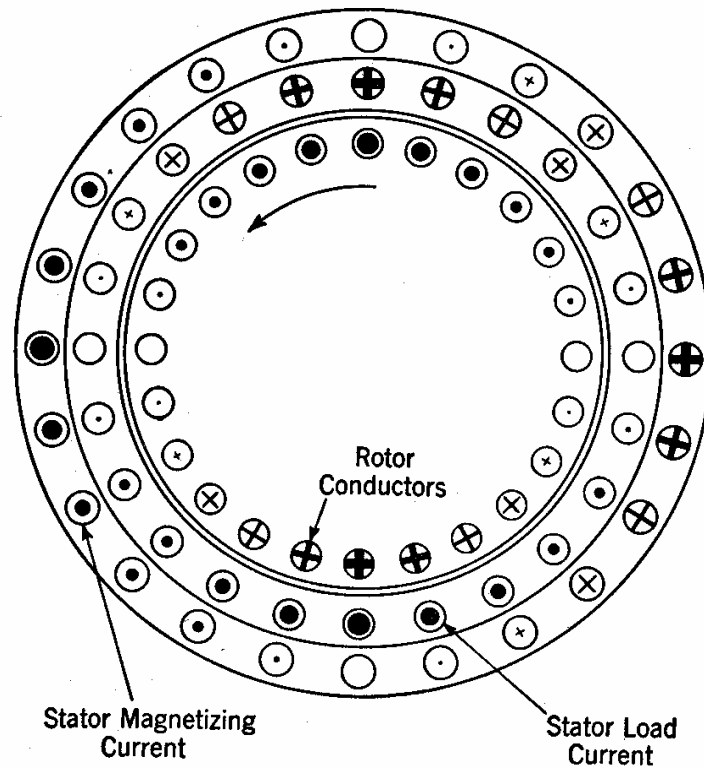


Fig. 9.37. Components of current in an induction motor.

rotor conductors develops, thus producing a voltage in these conductors. The force produced by-current flowing in the same direction as the generated voltage is in such a direction as to oppose the relative motion of the conductor and the magnetic field. In the induction motor the relative motion is reduced when the rotor approaches more nearly synchronous speed. As the rotor slows down, therefore, it develops additional torque. This torque tends to bring it back to synchronous speed.

The distribution of rotor currents around the periphery of the rotor will follow the distribution of air-gap flux which produces them. Since the flux varies sinusoidally around the air gap, the current distribution will also be so distributed. In Fig. 9.37 this is shown diagrammatically. The flux is shown vertically, produced by a stator magnetizing-current distribution as indicated on the outer ring. The flux, which is sinusoidally distributed, will produce voltages in proportion to the flux. The currents, where limited by resistance only, will be directly proportional to the voltages and so will be distributed as shown in the inner, or rotor, ring of conductors. To say this in another way, there is a space wave of current density around the periphery of the rotor. This rotor current reacts on the stator in the same way that the secondary of a transformer reacts on the primary. That is, a primary, or stator, current must flow to neutralize the rotor magnetomotive force, and this is shown in the middle ring of Fig. 9.37. With the rotor MMF neutralized, the air-gap flux remains constant in magnitude. When the maximum of the current space wave is in phase with the flux maximum, the torque distribution around the periphery will be a double-frequency sine wave with an average value equal to one-half of the maximum. The

torque under these conditions is proportional to the product of the flux and the current.

$$M = K_{\phi} I$$

When the slip is relatively large, the frequency of the voltage in the rotor bars is sufficient that the reactance cannot be neglected and it is necessary to analyze the motor action on an AC basis. The rotor current is thus equal to

$$\underline{I}_r = \frac{\underline{E}_r}{R_r + jX_r} \quad \text{and} \quad I_r = \frac{E_r}{\sqrt{R_r^2 + X_r^2}}$$

where the values are rotor currents, voltages, resistances, and reactances. The current lags behind the voltage, and since the voltage is in phase with the flux, there will be a phase angle between the space distribution of the flux and of the current that is equal to the time-phase angle between current and voltage. The torque then becomes not only proportional to the magnitude of the flux and current but also to the cosine of the angle of phase difference.

$$M = K_{\phi} I_r \cos \theta .$$

2. VOCABULARY

Most electric power utilization occurs	у більшості випадків використання електричної енергії відбувається
free from maintenance	не потребує обслуговування
squirrel-cage induction motor	асинхронний двигун з білячою кліткою
motors operating for years	двигуни працюють роками
bearings are properly lubricated	підшипники змащуються належним чином
so far as the rotor current is concerned	що стосується струму ротора
stator winding	обмотка статора
is essentially the same	практично такий же
slots in the laminated iron structure	пази у складеній з листів сталевій конструкції
balanced currents	симетрична система струмів
magnetic path of low reluctance	магнітний путь з малим магнітним опором

rotating flux	обертвий потік
stack of sheet-steel punchings	пакет сталевих штампованих листів
riveted together	скріплені разом
rotor shaft	вал ротора
bars are brazed to copper or brass rings	припаяні до мідних або латунних кілець
squirrel-cage windings	короткозамкнена обмотка типу білячої клітки
balanced polyphase winding	симетрична багатофазна обмотка
completed rotor	завершений (готовий) ротор
dissolved by acid	розчинений за допомогою кислоти
current flowing in the iron	струм, що тече у залізі
reactance voltage	напруга на реактивному опорі
exciting currents	намагнічуючі струми
reluctance	магнітний опір
actual speed	фактична швидкість
motor performance	робота двигуна
descriptive name	визначальна назва
slip	ковзання
four-pole motor	чотирьохполюсний двигун
full-load speed	швидкість при повному навантаженні
when the rotor is stationary	коли ротор нерухомий
at starting	під час пуску
rotating field cuts the rotor conductors	обертове поле пересікає провідники ротора
at standstill	під час нерухомості
rotor gains speed	ротор набирає швидкість
relative motion	відносний рух
end rings	замикаючі кільця
rotor is turning at synchronous speed	ротор обертається із синхронною швидкістю
flux is stationary	потік є незмінний
slow down	уповільнювати(сь)
distribution of rotor currents	розподіл струмів ротора
distribution of air-gap flux	розподіл потоку у повітряному

sinusoidally	проміжку
space wave of current density	за законом синуса
torque distribution	просторова хвиля густини струму
double-frequency sine wave	розподіл моменту
average value	синусоїдна хвиля подвійної частоти
phase difference	середнє значення
	різниця фаз

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

Асинхронні двигуни завжди споживають відстаючий струм. Вони мають коефіцієнт потужності при повному навантаженні близько 0,8 для двигуна 1 кВт, 1800 об/хв., 0,9 для двигуна 100 кВт, 1200 об/хв., 0,84 для двигуна 100 кВт, 600 об/хв. коефіцієнт потужності зменшується зі зменшенням навантаження і може бути 0,2 за неробочого ходу. Асинхронні двигуни мають таку ж синхронну швидкість, що і синхронні двигуни. Швидкість при повному навантаженні може бути меншою за синхронну десь на 2 – 4 відсотки. За допомогою асинхронних двигунів можна отримати будь-яку швидкість від близько 96 відсотків від синхронної до нуля шляхом зміни опору у колі ротора.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. What type of electrical motors is the most common type of industrial application?
2. Why is insulation of the squirrel cage copper bars not required?
3. By what is obtaining of the magnetomotive force in induction motor provided?
4. What is called the slip of an induction motor?

5. What value has the slip of the induction motor operating at 50 Hz, 1455 rpm and having 4 poles?

6. What dependence takes place between the induction motor rotor frequency and the slip?

LESSON 9.11

1. TEXT

OPERATING CHARACTERISTICS OF SQUIRREL-CAGE AND WOUND-ROTOR INDUCTION MOTORS

Induction motor operating characteristics are usually shown by curves of torque vs. speed and current vs. speed with constant impressed voltage.

The condition of maximum torque is a critical point in the analysis; and since it usually comes at about 0.15 slip, the curves naturally fall into two different sections, one of which is at small values of slip (under 0.10) and the other at large values of slip (over 1/3). At low values of slip the reactance has little effect, since it is both smaller than, and in quadrature with, the resistance. The rotor current then becomes

$$I_r = \frac{E'_r s}{\sqrt{R_r^2 + (X'_r s)^2}} \approx \frac{E'_r}{R_r} s \quad \text{where } s < 1/10$$

The torque then becomes

$$M = K_\phi E'_r R_r \frac{s}{R_r^2 + (X'_r s)^2} \approx \frac{K_\phi E'_r}{R_r} s = K' s$$

These approximate equations show that the rotor current and the torque both vary directly with the slip at small values of slip. This is shown by the straight portion of the curves of Fig. 9.38, where the torque and current both rise rapidly as the speed drops below synchronous. This is the normal operating range of the motor.

At high values of slip the resistance is a negligible factor in the impedance, so the current and torque equations become

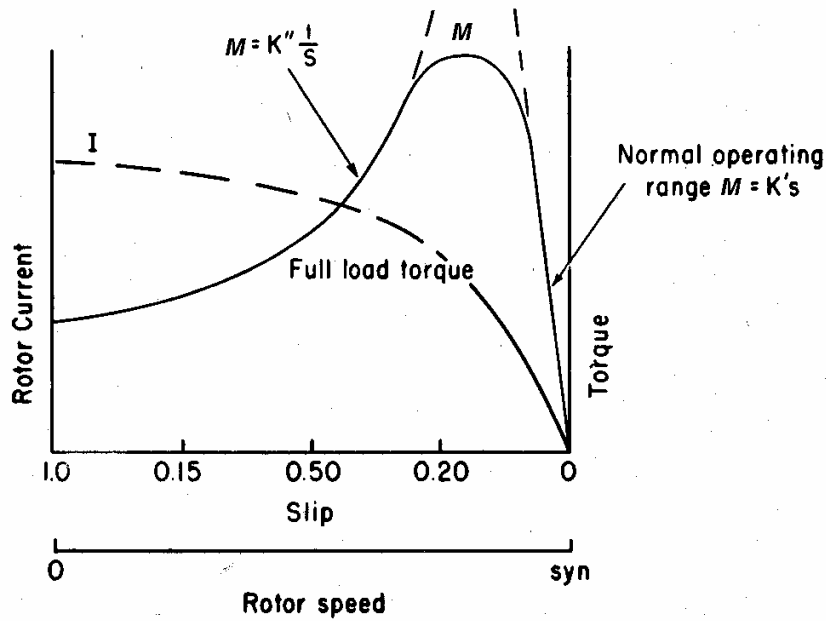


Fig. 9.38. Variation of induction motor torque with slip

$$I_r = \frac{E'_r s}{\sqrt{R_r^2 + (X'_r s)^2}} \approx \frac{E'_r}{X'_r} s \quad \text{where } s > 1/3$$

$$M = K_\phi E'_r R_r \frac{s}{R_r^2 + (X'_r s)^2} \approx \frac{K_\phi E'_r R_r}{(X'_r)^2} \frac{1}{s} = K'' \frac{1}{s} \quad \text{where } s > 1/3$$

These approximate equations show that the current tends to become constant for speeds below 2/3 of synchronous. The torque, on the other hand, varies inversely with slip and so tends to increase as the slip decreases. These relations are shown in the curves of Fig. 9.38.

These motor characteristics may be interpreted physically on the basis that for low values of slip the power factor is relatively high, and so the torque is almost directly proportional to current since the flux is assumed constant. At high values of slip the current is approximately constant, and so the angle of space-phase difference between flux and current becomes the controlling factor. An inspection of the approximate equation for torque at high slip shows that the rotor resistance is included as one of the factors of K'' . If, therefore, the rotor resistance is increased by some means, the torque, at low speeds, will also be increased. This increase of torque can also be attributed to an effective decrease of the phase difference between the flux and the current.

For values of slip between 1/10 and 1/3 the above approximations do not hold, and it becomes necessary to use the exact equations. The maximum torque condition occurs in this range, and the two approximate curve sections are joined by a transition curve.

The effect of voltage variation on motor operation is important and can be determined from the above equations. The flux is reduced in direct proportion to the impressed voltage. Since the secondary current is dependent upon the flux, this will

also be reduced in direct proportion to the voltage. The torque at any slip, therefore, will vary as the square of the voltage.

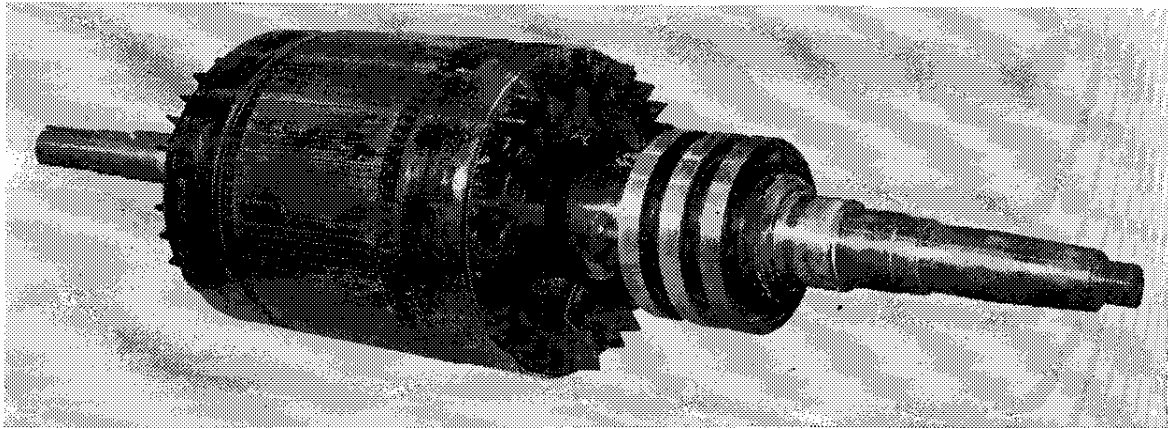


Fig. 9.39. A wound rotor for a variable speed induction motor

A particular type of induction motor that is used extensively to drive variable-speed centrifugal pumps, fans, hoists, and cranes is known as the wound-rotor induction motor. In this motor the rotor uses a punching similar to that shown in E of Fig. 9.40. A three-phase winding is used with the ends brought out to slip rings as shown in Fig. 9.39. These slip rings are connected to a three-phase resistor, in which the resistance may be gradually reduced. It is thus possible to change the effective rotor resistance over a wide range.

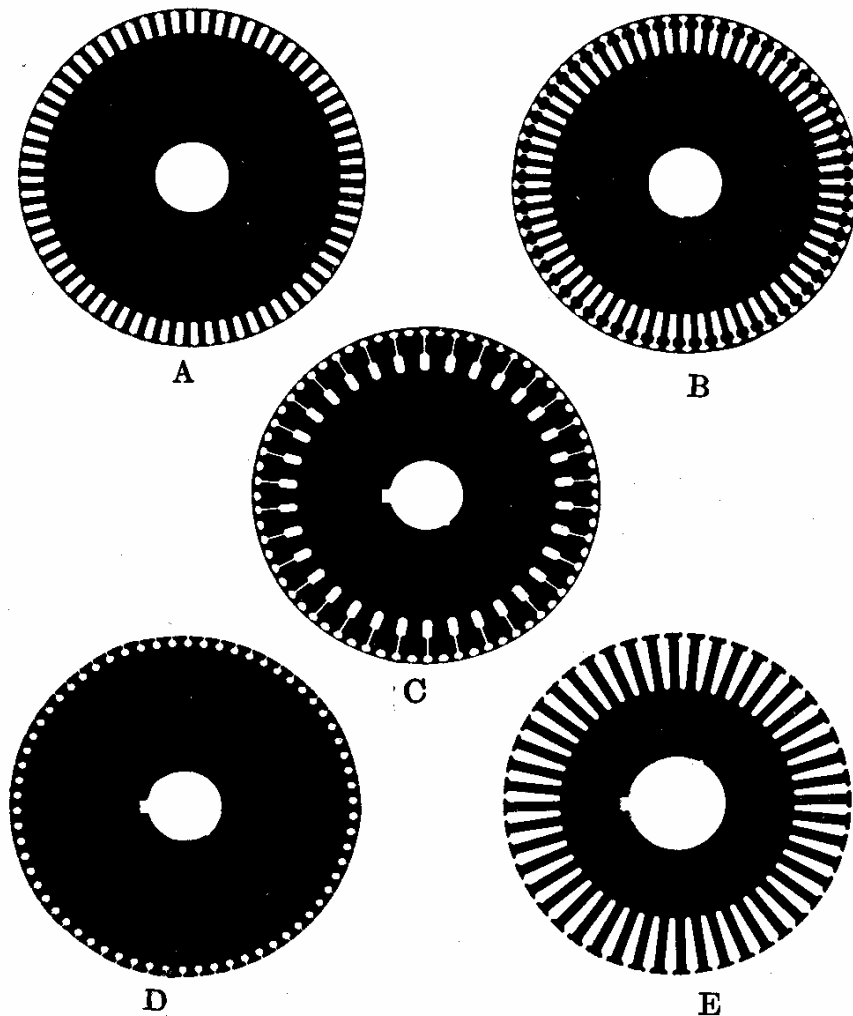


Fig. 9.40. Typical rotor laminations for induction motors

In the previous analysis it was found that the torque of an induction motor is proportional to the rotor current in the operating range. If the rotor resistance is increased to twice its previous value, it will require twice the slip to obtain the same rotor current. This produces a reduction in speed for the same torque. In Fig. 9.41 are shown speed-torque curves for a typical wound-rotor induction motor. The curve that rises most steeply with slip has no external resistance in the circuit and is similar to the torque curve previously studied. The adjacent curve has an added resistance of about one and one-half times that of the rotor, and so increases the slip at rated torque from 4 to 10 per cent. The slope of the torque curves is increased rapidly with increase in rotor resistance.

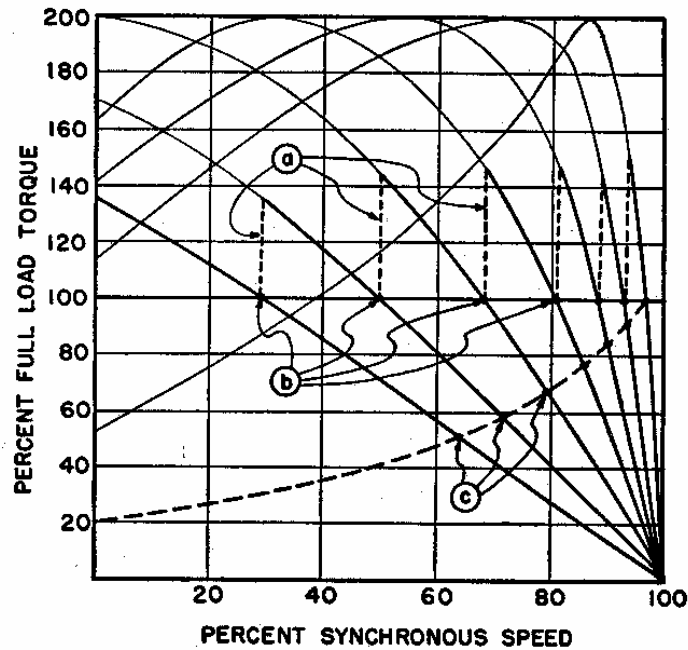


Fig. 9.41. A seven-point control for a wound rotor induction motor

When starting a load having constant full-load torque, the rotor resistance is gradually decreased so that the operation follows the dotted lines indicated by "a". The stabilized speed for each of these conditions is shown by "b". The stabilized speed for a load having variable torque (such as a pump) is shown by "c".

The rotor efficiency of an induction motor may be shown to be equal to the ratio of actual to synchronous speed. When the speed of the induction motor is reduced by rotor resistance, the efficiency is also reduced. In the case of pumps and blowers the horsepower required drops very rapidly with speed, so a net reduction of power is obtained by increasing the rotor resistance in a wound-rotor motor to reduce the speed, in spite of the lowered efficiency. Wound-rotor motors are started by gradually reducing the rotor resistance from the maximum value. Under these conditions, the starting current of the wound-rotor motor is equivalent (in per cent of full-load values) to the starting torque required by the load. This is a real advantage under some conditions.

The disadvantage of the wound-rotor motor and control is a very considerable increase in cost over the ordinary squirrel-cage motor and the additional maintenance of slip rings, brushes, and controller.

2. VOCABULARY

operating characteristic

робоча характеристика

wound-rotor induction motor

асинхронний двигун з фазним ротором

curve of torque vs. speed; (vs. = versus)

крива залежності моменту від

maximum torque	швидкості
the curve naturally fall into two different sections	максимальний момент
in quadrature with	крива фактично розпадається на два різні частки
approximate equations	у квадратурі, під прямим кутом
drops below synchronous	приблизні рівняння
negligible factor	спадає нижче синхронної
may be interpreted physically	знехтуваний фактор
since the flux is assumed constant	може бути пояснений фізично
inspection	так як потік прийнято постійним
approximations	перевірка, дослідження
impressed voltage	наближення, апроксимація,
particular type	приблизне значення
the ends brought out to slip rings	прикладена напруга
over a wide range	особливий вид (тип)
increased to twice its previous value	кінці виведені на контактні кільця
speed-torque curve	у широких межах
steeply	збільшений удвічі до його попереднього значення
external resistance	крива залежності між швидкістю і моментом
adjacent curve	круто
rated torque	зовнішній резистор
slope	сусідня (прилегла) крива
seven-point	номінальний момент
rotor efficiency	уклін
blower	семи-точковий
horsepower	ККД ротора
net reduction	вентилятор
starting current	потужність
considerable	кінцеве зниження
ordinary	пусковий струм
	суттєвий
	звичайний

3. EXERCISES

Exercise 1

Прочитайте і перекладіть текст уроку.

Exercise 2

Перекладіть англійською мовою наступні речення:

Головним недоліком короткозамкненого двигуна з малим опором ротора є те, що він споживає великий пусковий струм і утворює малий пусковий момент. Ця проблема може бути подолана шляхом застосування подвійних білячих кліток на одному й тому ж роторі. Одна з білячих кліток розташована близько до поверхні повітряного зазору, де реактивний опір низький. У ній площа провідника мала і активний опір великий. Другу закладено глибоко у роторі, так що вона має великий реактивний опір. Однак площа її провідників велика, і вона має малий активний опір. Під час пуску великий реактивний опір внутрішньої клітки попереджує виникнення у ній великого струму і обмежує пусковий струм двигуна. Великий опір зовнішньої клітки сприяє отриманню великого пускового моменту. Коли ротор набирає швидкості, частота струмів ротора і реактивний опір зменшуються, активний опір дорівнює опорю двох паралельно з'єднаних кліток. Таким чином ця конструкція дає великий пусковий момент при відносно низькому пусковому струмі утворює двигун з високим ККД і порівняно малому ковзанні при нормальному навантаженні.

Exercise 3

Дайте відповіді англійською мовою на запитання, використовуючи текст уроку.

1. What dependencies represent induction motor operating characteristics?
2. Into what sections do the induction motor operating characteristics fall?
3. How the rotor efficiency of an induction motor is determined using synchronous and actual speed?
4. What is disadvantage of the wound rotor motor?
5. What is construction of the wound rotor?
6. How the speed of a wound rotor motor does change when the resistance connected to the slip rings is increased?

Навчальне видання

Іванов Олексій Борисович
Бешта Олександр Степанович
Долгов Олександр Михайлович
Балахонцев Олександр Васильович
Хілов Віктор Сергійович
Введенська Тетяна Юріївна
Азюковський Олександр Олександрович
Сьомін Андрій Олександрович

**АНГЛІЙСЬКА МОВА ДЛЯ СТУДЕНТІВ
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Навчальний посібник

Видано за редакцією авторів.

Підп. до друку 05.08.2013. Формат 30x42/4.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 18,3.
Обл.-вид. арк. 23,9. Тираж 100 пр. Зам. №

Підготовлено до друку та видруковано в Державному ВНЗ
«Національний гірничий університет»

49000, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.