

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут електроенергетики
(інститут)

Електротехнічний факультет
(факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студента Казначеев Максим В`ячеславович

(П.І.Б.)

академічної групи 151-17-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

за **освітньо-професійною програмою** 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу управління освітленням пасажирського вагону

(назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Заславський О.М.			
Провідний консультант	доц. Заславський О.М.			
Розробка апаратного забезпечення системи управління	доц. Соснін К.В.			
Розробка програмного забезпечення системи управління	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірjuвальних систем
(повна назва)

Ткачов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавр

студенту Казначєєв М.В. академічної групи 151-17-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу управління освітленням пасажирського вагону

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	11.05.2021
Розробка апаратного забезпечення системи управління	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою управління, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	18.05.2021
Визначення моделі об'єкта управління	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта управління. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи управління.	01.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	05.06.2021

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

Заславський О.М.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі

04.05.2021

Дата подання до екзаменаційної комісії

10.06.2021

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Казначєєв М.В.

(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки – система автоматичного управління електрообладнанням пасажирського вагону.

Предмет розробки – підсистеми управління освітленням пасажирського вагону.

У якості об'єкта управління виступає підсистема освітлення пасажирського купейного вагону, яка є частиною системи управління електрообладнанням пасажирського вагону.

Актуальність роботи підтримується необхідністю модернізації систем управління яка використовуються з 70 років минулого століття та стала морально та фізично застарілою.

Розроблені схеми автоматизації, принципова електрична схема підсистеми управління освітленням пасажирського купейного вагону.

Розроблена модель об'єкту – системи електропостачання та управління освітленням пасажирського купейного вагону.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту управління, та може бути використана для подальшої розробки системи управління. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення, та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії. Отримана модель може бути використана для розробки програмного забезпечення підсистеми управління освітленням.

Результати техніко-економічного обґрунтування ефективності результатів розробки і впровадження автоматизованої системи управління опалювального обладнання.

Проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблено інженерно-технічні заходи по охороні праці і виконано розрахунок штучного освітлення.

ГЕНЕРАТОР, АКУМУЛЯТОР, ОСВІТЛЕННЯ, СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ.

ЗМІСТ

Зміст	4
Перелік скорочень	7
Вступ.....	8
1 Стан питання та постановка завдання.....	9
1.1 Галузь промисловості	9
1.2 Технологічний процес.....	15
1.3 Об'єкт управління	17
1.3.1 Системи електропостачання	17
1.3.2 Електричні споживачі	20
1.3.3 Регулювання джерел електричної енергії.....	21
1.3.4 Освітлення вагонів	23
1.4 Система управління освітленням	25
1.5 Формулювання задачі дослідження	26
1.6 Висновки за розділом.....	27
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	28
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління	28
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	29
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління.....	30
2.3.1 Вибір датчиків	30
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	32
2.3.3 Вибір пристроїв управління	33
2.3.4 Вибір джерел живлення	39
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	41
2.5 Розробка схеми електричної принципової	42

	5
2.6 Висновки за розділом.....	43
3 Визначення моделі об'єкта управління	44
3.1 Загальні відомості	44
3.2 Модель системи електромережі.....	46
3.3.1 Модель генератора	46
3.3.2 Модель акумуляторної батареї	48
3.3.2 Сумісна модель акумулятора та навантаження мережі	51
3.4 Висновки за розділом.....	57
4 Економічна частина	58
4.1 Загальні відомості	58
4.2 Техніко-економічне обґрунтування розробки.....	58
4.3 Розрахунок капітальних витрат	59
4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення	60
4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення	60
4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту	62
4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат	64
4.4.1 Амортизація основних фондів	64
4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати.....	65
4.4.3 Відрахування на соціальні заходи	66
4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт	66
4.4.5 Витрати на електроенергію	66
4.4.6 Інші витрати.....	66
4.5 Висновки	68
5 Охорона праці	69
5.1 Розробка ефективної системи освітлення в приміщеннях з ПОЕМ	69
5.2 Дослідження впливу роботи за комп'ютером на втомлюваність людини	74

	6
5.3 Висновки за розділом.....	76
Висновки	77
Перелік посилань.....	78
Додаток А.....	82
Додаток Б.....	83
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	84
Відгук.....	86
Рецензія	87

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АБ	– акумуляторна батарея;
ВВ	– високовольтний;
ОУ	– об'єкт управління
САУ	– система автоматичного управління
ПЛК	– програмований логічний контролер
ПІД-регулятор	– пропорційно-інтегрально-диференційний регулятор
ЕОМ	– електронна обчислювальна машина

ВСТУП

Електрообладнання сучасного пасажирського вагона є різнотипним та складним за своєю будовою. Постійне удосконалення електрообладнання, яке пов'язане з підвищенням безпеки руху та комфортних умов пасажирів, призвело до збільшення кількості споживачів електроенергії та ускладнення систем регулювання, контролю, захисту та сигналізації пасажирських вагонів.

Робота вагонного електрообладнання має ряд характерних особливостей. Воно працює у складних умовах та знаходиться під дією вібрації, змінних температурних режимів, атмосферних опадів, вітру, конденсату та вологи. Експлуатація, пошук відмов та відновлення працездатного стану електрообладнання вимагає значних часових та матеріальних витрат. Тому знання конструкції та принципу дії електрообладнання пасажирських вагонів – це один з напрямків гарантування безпеки руху та ефективності експлуатації рухомого складу залізниць України.

Електричне обладнання вагонів різних типів принципово не відрізняється між собою та має багато спільного, але конструктивна воно дуже різноманітне та існує багато різних комплексів електрообладнання вітчизняного та закордонного виробництва [5].

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Вагони серії 61-779 спроектовані та побудовані за технічними вимогами Укрзалізниці на Крюківському вагонобудівному заводі. Експлуатацію першого українського поїзда «Столичний експрес», сформованого з вагонів цієї серії, розпочато у 2002 році. В теперішній час на залізницях України експлуатується більше 300 вагонів серії 61-779 різних моделей (рис. 1.1), також багато вагонів побудовано на експорт для залізниць Білорусі (більше 80), Казахстану (більше 100), Таджикистану (15 вагонів).



Рисунок 1.1 – Вагон мод. 61-779В

Вагони включають системи, що дозволяють забезпечити сервіс та послуги для пасажирів на високому сучасному рівні.

Висока енергозабезпеченість вагонів серії 61-779 гарантує підтримання нормальних кліматичних умов в будь-яку пору року. Застосування сучасних рішень у галузі інформаційних технологій та діагностики дозволило скоротити час і витрати на обслуговування вузлів вагона, а завдяки використанню сучасних туалетних систем замкненого типу зменшилось забруднення навколишнього середовища [7].

1.1 Галузь промисловості

Електричне обладнання, яке застосовується в сучасних пасажирських вагонах, використовується для створення пасажирам необхідних комфортних

умов, приготування та зберігання їжі у вагонах-ресторанах, радіомовлення та роботи пристроїв зв'язку, полегшення праці поїзної бригади та гарантування безпеки руху поїздів.

За призначенням вагонне електрообладнання можна розподілити на такі основні групи: джерела електричної енергії (генератори та акумуляторні батареї); перетворювачі, які змінюють напругу або струм та перетворюють один рід струму в інший або частоту змінного струму; електричні приводи вентиляторів, насосів, компресорів та ін.; електронагрівальні пристрої; електричне освітлення вагонів з лампами розжарювання, люмінесцентними або світлодіодними; апаратура автоматичного керування та регулювання для вмикання і вимикання різних споживачів електроенергії та регулювання температури, напруги та інших параметрів; пристрої захисту джерел електроенергії та споживачів; апаратура автоматичного контролю з датчиками, сигнальними лампами, індикаторами та електровимірювальними приладами; телерадіоапаратура; вагонна електрична мережа. Електричне обладнання розміщується всередині та зовні вагона (рис. 1.2, 1.3) [5].

Всередині вагона встановлені споживачі електричної енергії, апаратура управління, захисту, контролю та сигналізації. Це освітлювальні пристрої, двигун вентиляційного агрегату, нагрівальні елементи кип'ятильника, електричних печей та калорифера, двигун циркуляційного насоса, розподільний щит та ін. В розподільному щиті (шафі) встановлена захисна і регулювальна апаратура, а також електровимірювальні прилади (амперметри, вольтметри), індикатори, дисплеї та сигнальні лампи, функціональні блоки апаратури і автоматична пожежна сигналізація з елементами пожежогасіння.

Під вагоном розміщені джерела електричної енергії, а також обладнання, яке за своїми габаритними розмірами та умовами роботи не може бути розміщене всередині вагона. Це генератор, акумуляторна батарея, перетворювач люмінесцентного освітлення, двигуни компресора та вентилятора конденсатора установки охолодження повітря, високовольні контактори та запобіжники та електричні мережі і міжвагонні з'єднання.

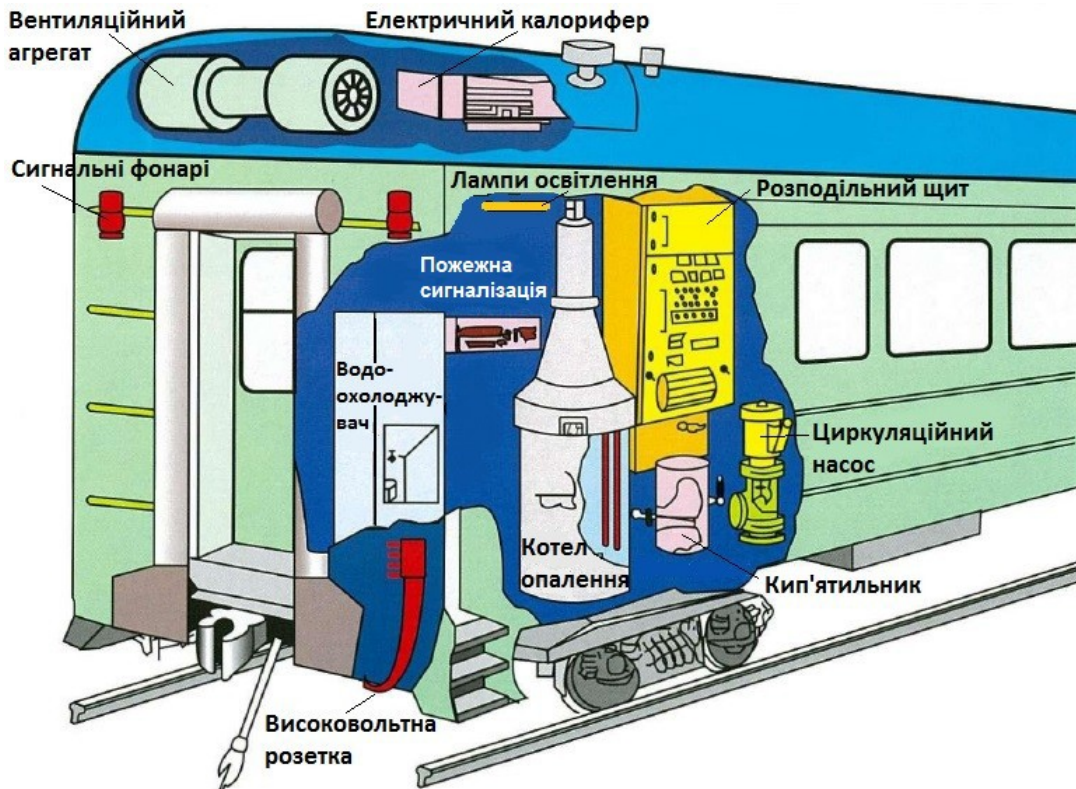


Рисунок 1.2 - Внутрішнє електрообладнання пасажирського вагона

Електричне обладнання пасажирських вагонів працює в складних умовах. У процесі експлуатації на нього діють значні динамічні зусилля, які виникають в результаті вібрації та поштовхів, особливо при великих швидкостях руху та при маневрових роботах. Динамічні сили, що діють на електрообладнання, можуть привести до обриву проводів і обмоток (особливо в місцях їх з'єднань), появи тріщини і псування електроізоляційних матеріалів, прискореного зносу осей і підшипників в електромеханізмах і приладах, порушення нормальної роботи пружних і рухливих елементів (пружин, якорів електромагнітів і т.п.).

На вагоні значна кількість різного електрообладнання встановлена зовні кузова вагона. Тому взимку, при низьких температурах (до -50°C), знижується механічна міцність окремих деталей електричних машин, апаратів та приладів. Внаслідок підвищення в'язкості мастила виникають значні моменти опору, які ускладнюють роботу електричних машин та механізмів, знижують коефіцієнт їх корисної дії. При низьких температурах більшість ізоляційних матеріалів стають крихкими, у них з'являються тріщини. Зменшується також ємність акумуляторних батарей. Літом при підвищених температурах (особливо в

південних районах) робота електрообладнання також утруднена: погіршуються умови охолодження електричного обладнання.

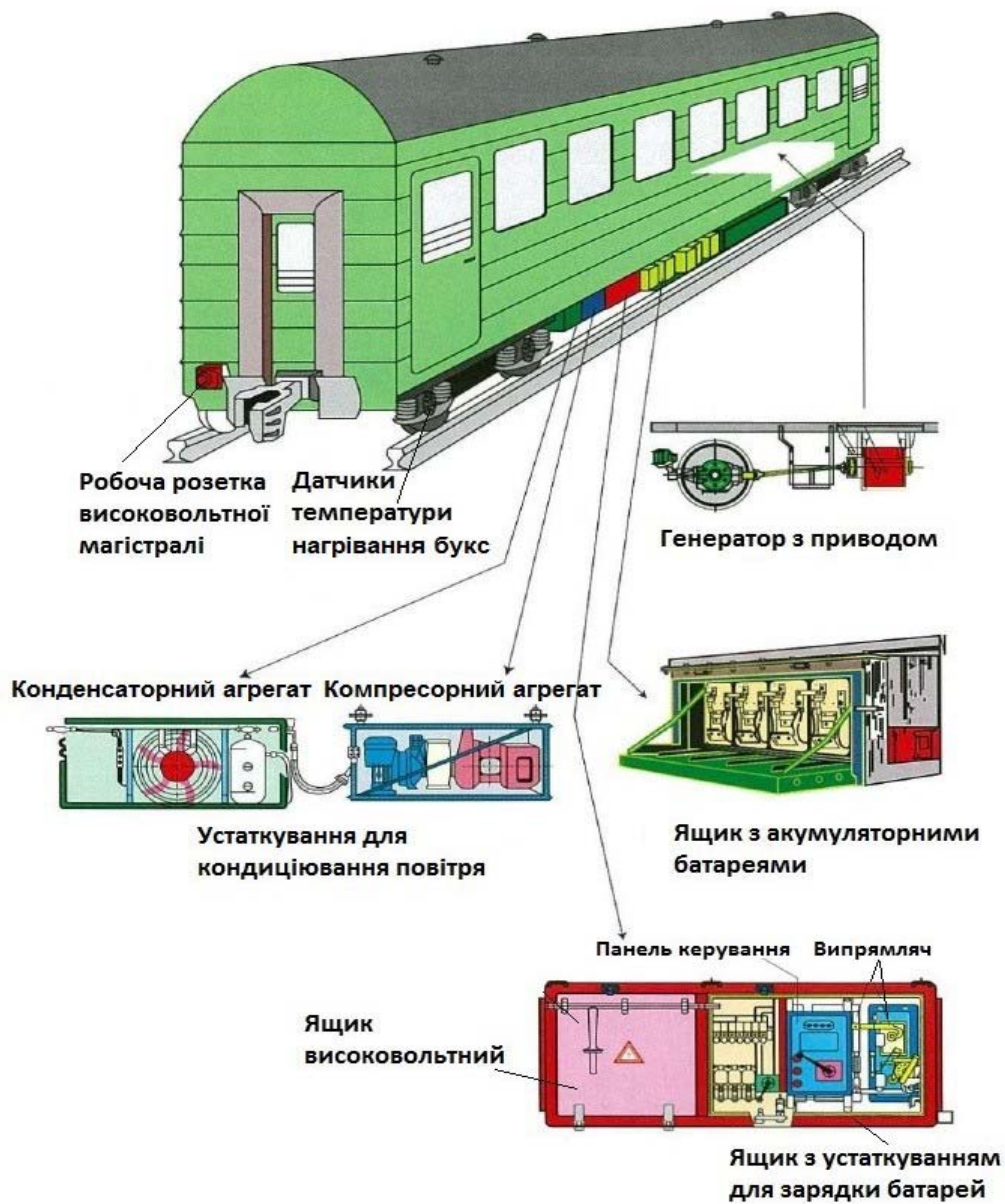


Рисунок 1.3 - Зовнішнє електрообладнання пасажирського вагона

Широкий діапазон температур, сильний вітер, дощ, сніг, ожеледь, бруд, пил також значно ускладнюють роботу електрообладнання та його обслуговування в експлуатації.

Встановлене у вагоні електрообладнання повинне мати якомога меншу масу та габаритні розміри, так як ці параметри впливають на економічні показники роботи рухомого складу. Особливо жорсткі вимоги ставляться до

розмірів електрообладнання, встановленого ззовні та під вагоном, так як воно обов'язково повинне вписуватись в габаритні розміри рухомого складу.

На розподільній шафі вимикачі і перемикачі, електровимірювальні прилади, сигнальні лампи, дисплей та інше монтуються так, щоб рукоятки вимикачів, шкали приладів, дисплей і головки сигнальних ламп розташовувалися на лицьових панелях. Це забезпечує спостереження за режимами роботи обладнання і дозволяє здійснювати необхідні перемикання. Пакетні вимикачі встановлюють безпосередньо на панелі або на кронштейнах. Широко використовуються рейки для встановлення елементів. Елементи управління, які рідко використовуються, зазвичай встановлюють всередині шафи. Користування ними здійснюється при відкритих дверях.

Внутрішня проводка виконується проводами, які групуються в джгути, що укладаються в спеціальні монтажні жолоби. З'єднання зовнішніх проводів вагона в шафі здійснюється через пружинні затискачі. Всі проводи мають чітке і довготривале маркування. Для гарантування безпеки обслуговуючого персоналу апарати та прилади, а також всі металеві конструкції шафи мають бути заземлені, тобто мати електричне з'єднання з корпусом вагона.

У системі електрозабезпечення вагонів повинна передбачатись апаратура для захисту джерел електроенергії, споживачів та електричної мережі від перевантажень та коротких замикань, недопустимого підвищення або зниження напруги. Захист від коротких замикань повинен бути швидкодіючим, а від перенавантажень – з витримкою часу, який залежить від перевантаження. Захист від недопустимого підвищення напруги запобігає несправності електрообладнання від дії значних напруг, які можуть виникати при відмовах регульовальної апаратури генератора та обриві кола акумуляторної батареї. Захист від недопустимого зниження напруги запобігає глибоким розрядкам батареї, її пошкодженню, а також нестійкій роботі комутуючої апаратури при напругах, суттєво менших номінальних.

Крім того, повинні бути блокувальні пристрої, які запобігають виходу з ладу основних елементів електрообладнання при неправильних діях обслуговуючого персоналу, та апарати, які забезпечують можливість живлення

основних споживачів (освітлення, вентиляція) від резервного джерела електричної енергії (акумуляторної батареї) або від сусідніх вагонів у разі несправності основного джерела енергії на даному вагоні.

Електричні машини, апарати та прилади повинні встановлюватись на вагоні так, щоб полегшити їх обслуговування, перевірку, монтаж, демонтаж та ремонт на шляху слідувань та на короткочасних зупинках. Для прискорення виявлення несправностей в розгалуженій електричній мережі вагона та забезпечення її ремонту мережу розподіляють на окремі ділянки шляхом встановлення розпаєчних коробок. У деяких вагонах для швидкої перевірки несправності генератора та акумуляторної батареї встановлюють спеціальні затискачі для роз'єднання цих елементів з мережею та вмикання до них контрольно-вимірювальних приладів.

Схема електрозабезпечення вагонів виконується двопровідною із встановленням захисних апаратів у плюсовому та мінусовому колах кожного джерела електричної енергії, споживача або групи споживачів.

Неприпустимі витрати струму через ізоляцію струмоведучих частин електричного обладнання у вагонних електричних колах наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Необхідний опір ізоляції у електромережах вагона

№ п/п	Характер опору	Вимоги	Примітки
1 Електрообладнання напругою до 1 000 В			
1.1	Мінімальний опір ізоляції для електрообладнання з напругою до 110 В нормальні кліматичні умови підвищена вологість	0,5 МОм 0,3 МОм	
	Мінімальний опір ізоляції для електрообладнання з напругою до 1 000 В нормальні кліматичні умови підвищена вологість	1 МОм 1 МОм	
1.2	Опір ізоляції акумуляторних батарей нормальні кліматичні умови підвищена вологість	50 кОм 30 кОм	Див. також пункт 2.1
2 Електрообладнання напругою більше ніж 1 000 В			
2.1	Опір ізоляції склад з 24 вагонів	Не менше ніж 1,2 МОм	
2.2	Опір ізоляції в одному вагоні	Не менше ніж 20 МОм	
2.3	Опір ізоляції нагріваючих елементів котла	Не менше ніж 3 МОм	
2.4	Опір ізоляції одно нагрівального елемента котла	Не менше ніж 100 МОм	
2.5	Опір ізоляції магістралі після ТО-3	Не менше ніж 30 МОм	

У кожному системі електрозабезпечення включають сигналізацію замикання (неприпустимого витоку) електромережі на корпус вагона.

З метою обмеження перенапруги при комутаційних та аварійних режимах у всіх системах електрозабезпечення застосовують захист від перенапруги, який спрацьовує в залежності від швидкості наростання напруги.

Електричний провід повинен мати міцну морозостійку ізоляцію, стійку проти загорання та дії нафтопродуктів (дизельне паливо, мастила та їх пари, бензин).

Монтаж проводів повинен бути таким, щоб при русі поїзда ізоляція їх не перетиралась і не порушувалась внаслідок дії підвищеної вологи. Для цього застосовується провід з підвищеним опором ізоляції, просочений протигнільним складом, а прокладення проводів здійснюється в металевих трубах, металевих кожухах та металорукавах. Світильники, вимикачі, розетки та розпаєчні коробки встановлюють в ізольовані металеві коробки, під які при монтажі до конструкцій вагона підкладаються прокладки із азбесту. Місця встановлення електричних апаратів також захищають від конструкцій вагона, які можуть загорітися, шаром азбесту. У вагонах з високовольтним обладнанням передбачається встановлення швидкодіючого вимикача, який знімає високу напругу з вагонної мережі при аварійних ситуаціях.

1.2 Технологічний процес

Існуючі системи електропостачання пасажирських вагонів у залежності від розташування джерел електричної енергії та їх використання поділяються на основні групи: системи автономного, централізованого та змішаного електропостачання [5]. Застосування тієї або іншої системи зумовлене споживанням електроенергії в пасажирських вагонах та швидкістю їх руху.

Значення сумарної потужності, яка припадає на один вагон, при наявності на ньому різноманітних електричних споживачів подано в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Сумарна потужність, яка припадає на один вагон

система освітлення	електро- побутові прилади	кола сигналізації	електро- кип'ятильник	примусова вентиляція	кондиціонування	електроопалення	Потужність, яка споживається, кВт
+	+	+					2,5 – 4
+	+	+	+	+			6,5 – 10
+	+	+	+	+	+		20 – 30
+	+	+	+	+	+	+	>50

Отже, по мірі оснащення пасажирських вагонів різноманітним електрообладнанням значно зростає потужність електричних споживачів вагона, що вимагає відповідного збільшення потужності системи електропостачання.

У пасажирському вагоні із системою автономного електропостачання є власні джерела електричної енергії (генератор та акумуляторна батарея), які забезпечують живлення споживачів електроенергії при русі та на зупинках. Генератор приводиться в обертання від осі колісної пари вагона. Перевагою системи автономного електропостачання є повна її незалежність від зовнішнього джерела живлення, що дозволяє експлуатувати вагони в будь-якому поїзді, на будь-якому напрямку, при будь-якому виді локомотивної тяги. Проте в цьому випадку в кожному вагоні необхідно встановлювати генератор з приводом, акумуляторну батарею та регульовальні пристрої, що істотно збільшує масу поїзного електрообладнання та ускладнює його експлуатацію та ремонт.

В системах централізованого електропостачання живлення споживачів у всіх вагонах поїзда здійснюється від локомотива або спеціального вагона-електростанції. Джерелами електроенергії є дизель-генераторні агрегати тепловоза або вагона-електростанції, або контактна мережа електрифікованої залізниці, енергія від якої надходить споживачам безпосередньо за допомогою струмоприймача електровоза та поїзної електромагістралі або через відповідні перетворювачі. При централізованому електрозабезпеченні всі споживачі в поїзді живляться від одного або декількох джерел електроенергії великої потужності. Це суттєво зменшує масу, вартість, габаритні розміри джерел, які припадають на 1 кВт потужності, та підвищує їх ККД. Пасажирські вагони при

цьому звільняються від значної частини електрообладнання, що зменшує масу поїзда, спрощує експлуатацію електрообладнання та знижує затрати на ремонт. Недоліки системи централізованого електропостачання полягають в погіршенні експлуатаційної маневреності кожного вагона. Переформування поїздів та передача вагонів з одного поїзда в інший без порушення нормального електропостачання в цьому випадку значно обмежуються. При несправності, а також відчепленні вагона-електростанції або локомотива, який живить состав, пасажирські вагони практично залишаються без електроенергії.

В пасажирських поїздах, які використовуються на електрифікованих напрямках, широко застосовується також комбінована (змішана) система електропостачання, при якій в одному вагоні деякі споживачі (низьковольтні) живляться від власного джерела електричної енергії, а інші (високовольтні) – від локомотива.

1.3 Об'єкт управління

1.3.1 Системи електропостачання

Вагони з системою автономного електропостачання найбільш ефективно використовуються на неелектрифікованих ділянках залізниці. При цьому енергозабезпечення всіх споживачів вагона (у тому числі системи опалення) здійснюється тільки за рахунок власних джерел енергії (генератора, акумуляторної батареї, твердого палива). Автономне електропостачання застосовується на малій кількості пасажирських вагонів ранніх років побудови.

В системах електропостачання, які розглядаються, застосовується постійний струм. Це пояснюється тим, що на вагоні встановлюється акумуляторна батарея, яка є резервним та аварійним джерелом живлення. Акумуляторна батарея виробляє постійний струм, тому споживачі також повинні бути розраховані на роботу на постійному струмі. Крім того, в системах з приводом від осі колісної пари генератор працює зі змінною частотою обертання, яка пропорційна швидкості руху поїзда. При використанні генератора постійного струму стабілізувати його напругу при зменшенні частоти обертання простіше, ніж частоту струму. Постійний струм для живлення системи

електропостачання може бути отриманий не тільки від генератора постійного струму, а й від генератора змінного струму. Проте в цьому випадку споживачів та акумуляторну батарею підключають до джерела через випрямляч.

Основним джерелом енергії є генератор, що зв'язаний з колісною парою вагона за допомогою спеціального привода. Під час руху поїзда обертання передається від колісної пари генератору, який виробляє електричну енергію. У вагонах без установок кондиціонування повітря потужність генератора звичайно не перевищує 10 кВт, а в вагонах з кондиціонуванням вона досягає 20-30 кВт.

Умови роботи генератора в системах з приводом від осі колісної пари значно відрізняються від стаціонарних: частота обертання генератора і відповідно його напруга змінюється в залежності від руху поїзда; потужність генератора при малій швидкості руху поїзда значно зменшується і може не забезпечити живлення споживачів; полярність генератора постійного струму змінюється при зміні напрямку руху вагона; генератор не тільки живить споживачів, але і заряджає акумуляторну батарею. У зв'язку з цим генератор повинен мати таку систему автоматичного регулювання, яка забезпечила б отримання електричної енергії необхідної якості.

Існують різні варіанти системи, яка розглядається, з генераторами постійного і змінного струму різної потужності: з генератором постійного струму з паралельним або змішаним збудженням та з індукторним генератором змінного струму з напівпровідниковим випрямлячем.

Як резервне або аварійне джерело енергії використовується акумуляторна батарея, яка живить основні споживачі поїзда з непрацюючим генератором (при його несправності, на стоянці), а також при малій швидкості руху поїзда, коли генератор не розвиває необхідної потужності. Крім цього, акумуляторна батарея сприймає піки навантаження, які виникають при одночасному ввімкненні декількох споживачів великої потужності, запуску електричних двигунів, короточасних перевантажень та ін. Це дозволяє зменшити потрібну потужність генератора, а отже, його габаритні розміри та масу.

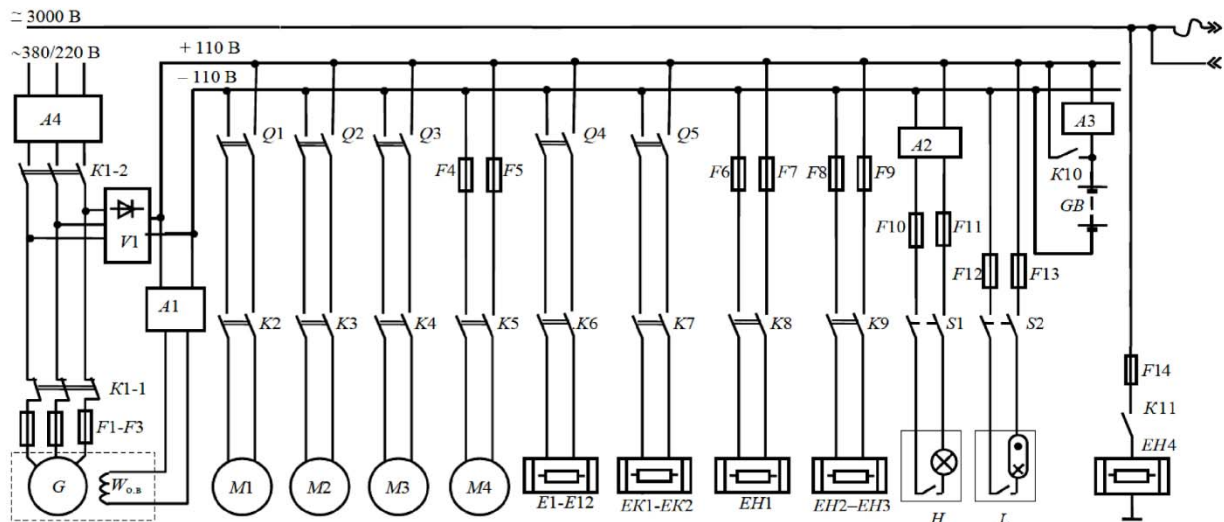
На пасажирських вагонах встановлюють лужні та кислотні акумуляторні батареї. Ємність батареї у вагоні з порівняно невеликою витратою електроенергії

(освітлення, вентиляції) складає 250...300 А*год. Вибирається вона з таким розрахунком, щоб було забезпечення живлення основних споживачів протягом декількох годин перебування вагона в пунктах обертання та відстою. Для вагонів з установками кондиціонування повітря, для яких характерна велика витрата енергії, використовувати громіздкі батареї для електропостачання споживачів протягом декількох годин нераціонально. Тому сучасні вагони з потужними споживачами обладнують генератором постійного або змінного струму, зчленованим з трифазним асинхронним двигуном, а на станціях, де планується тривала стоянка вагонів, цей двигун підключають до місцевої електричної мережі. Ємність акумуляторної батареї вибирають в цьому випадку також (300...450 А*год), щоб можна було забезпечити енергією споживачів при малій швидкості руху, на проміжних станціях та при аварійному режимі зі зменшеним навантаженням. На час відстою вагона двигуна-генераторний агрегат подає живлення основним споживачам та підзаряджає акумуляторну батарею.

Паралельна робота джерел електроенергії декількох вагонів звичайно не передбачається. Проте всі вагони обладнані підвагоною електромагістраллю та міжвагонними з'єднаннями, які дозволяють при виході з ладу генератора на будь-якому вагоні здійснювати живлення частини споживачів, які знаходяться на ньому, від джерел електричної енергії сусідніх вагонів.

Змішана система електрозабезпечення набуває в даний час найбільш широкого застосування на вагонах пасажирського парку завдяки своїй універсальності. Структурна схема електрообладнання пасажирського вагона зі змішаною системою електропостачання подана на рис. 1.4 [6].

Виконання покладених функцій на електрообладнання вимагає при проектуванні вагона здійснення комплексу робіт, пов'язаних із забезпеченням розподілу енергії, електричного захисту, вимірювання параметрів і діагностування роботи окремих складових частин, управління роботою систем вагона, в тому числі в автоматичному режимі.



G – генератор, $W_{o.g.}$ – обмотка збудження генератора; GB – акумуляторна батарея; A1 – регулятор напруги генератора; A2 – регулятор напруги мережі освітлення лампами розжарення; A3 – зарядний пристрій; A4 – блок зовнішнього джерела електроенергії (ввідний пристрій); V1 – діодний випрямний міст; M1 – M4 – електродвигуни приводів компресора, вентилятора вагона, вентилятора конденсатора, водяного насоса; H – мережа ламп розжарювання; L – мережа люмінесцентних ламп; EK1 – EK2 – нагрівальні елементи електрокалорифера; E1 – E12 – електропечі; EH1 – електрокип’ятильник; EH2-EH3 – електронагрівачі баків гарячої води; EH4 – електронагрівачі котла; Q1 – Q5 – автоматичні вимикачі; F1 – F5 – плавкі запобіжники; K1 – K10 – контактори; S1 – S2 – вимикачі

Рисунок. 1.4 - Змішана система електрозабезпечення

1.3.2 Електричні споживачі

В залежності від вимог електроспоживачів до якості електричної енергії їх можна розділити на три групи: а) споживачі, які живляться постійною напругою (це головним чином джерела світла), лампи розжарювання, дуже чутливі до зміни напруги (при зниженні напруги на 10 % світловий потік їх зменшується на 20 %, а термін служби при підвищенні напруги на 10 % скорочується на 30- 50 %). В люмінесцентних лампах відхилення напруги на 1 % викликає зміну світлового потоку на 2-2,5 %, а при зменшенні напруги більше ніж на 10 % в порівнянні з номінальною ці лампи повністю гаснуть; б) споживачі, для яких несуттєво строге підтримання постійної напруги (електродвигуни вентиляторів, компресорів, насосів, пилососів, електронагрівальні прилади та ін.). Проте при зниженні напруги у електродвигунах постійного струму зменшується частота обертання, в електродвигунах змінного струму – значення найбільшого моменту, а в електронагрівальних приладах – кількість тепла, яке віддається; в) акумуляторні батареї в режимі зарядки, які повинні жити постійною напругою або напругою, яка змінюється в залежності від ступеня зарядки батареї.

Для заряджання акумуляторної батареї необхідна більш висока напруга, ніж для живлення споживачів. У вагонах з установками кондиціонування повітря номінальна напруга в мережі освітлення складає 110 В, а кінцева напруга при підзарядженні – 140-150 В. У зв'язку з цим багато систем електропостачання має постійну напругу для живлення споживачів та напругу, яка змінюється в процесі зарядки та розрядки акумуляторної батареї, яку підключають паралельно генератору. Для живлення споживачів першої групи служить окрема електромережа (мережа освітлення) із стабілізованою напругою. Споживачі другої групи із значно більшою потужністю в більшості випадків підключаються паралельно акумуляторній батареї та генератору і працюють при напрузі, яка змінюється в деяких межах.

1.3.3 Регулювання джерел електричної енергії

Для того, щоб створити необхідні умови для надійної роботи споживачів електричної енергії, в систему електропостачання пасажирських вагонів вводяться перемикальні та регулювальні пристрої, які автоматично стабілізують її за заданим законом незалежно від швидкості поїзда та змінювання навантаження; обмежують потужність, яка віддається генератором, забезпечують постійну його полярність незалежно від напрямку руху поїзда; вмикають та вимикають генератор при досягненні визначеної швидкості руху поїзда; змінюють напругу зарядки батареї в міру підвищення її ЕРС, а також в залежності від навколишньої температури; стабілізують напругу, яка подається споживачам першої групи; підтримують напругу при навантаженні якомога ближче до номінального значення при живленні від акумуляторної батареї; забезпечують можливість живлення споживачів та зарядки акумуляторної батареї від стаціонарної електричної мережі.

Система автономного електропостачання з генератором змінного струму застосовується на пасажирських вагонах без установок кондиціонування повітря: (ЦМВО-66, 61-505), поштових (61-516, 22сб), вантажно-поштових (24сб), для перевезення спецконтингенту (61-512); та з кондиціонуванням повітря (61-504) [5].

При електрозабезпеченні вагонів від генераторів змінного струму генератор та основна регулювальна апаратура не мають ковзких або електричних контактів, які переключаються. Це сприяє підвищенню надійності системи, збільшенню строку служби електрообладнання та спрощенню його обслуговування.

На пасажирських вагонах з установками кондиціювання повітря застосовується система електропостачання ЭВ-13. Основним джерелом живлення в ній є індукторний генератор змінного струму потужністю 30 кВА з однією трифазною обмоткою якоря Я1 (рис. 1.5); від неї через випрямляч В1 живляться силові електричні споживачі вагона М1 та ЕН.

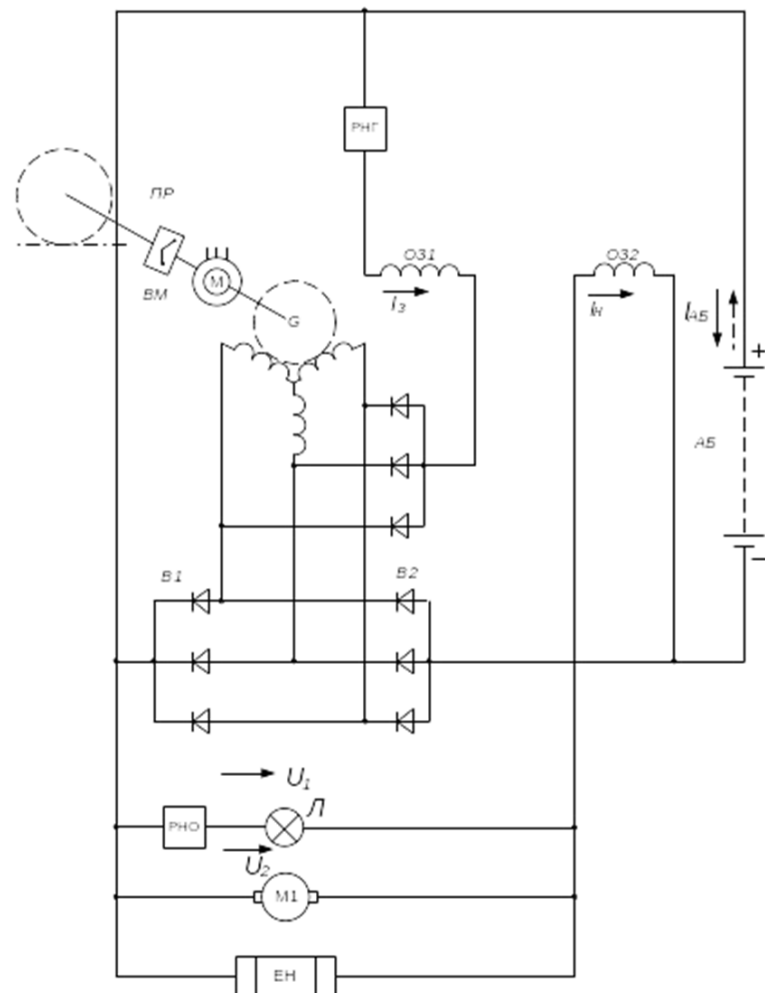


Рисунок 1.5 - Спрощені схема автономного електропостачання пасажирських вагонів з генераторами змінного струму

До виходу випрямляча В1 підключена акумуляторна батарея АБ, яка заряджається від генератора, а при непрацюючому генераторі – живить електричні споживачі. Регулюється напруга генератора автоматично тиристорним регулятором напруги РНГ, який підключений до генератора через випрямляч В2 та змінює струм I_z в паралельній обмотці збудження генератора ОЗ1. Регулятор РНГ знижує також напругу генератора при перенавантаженнях, забезпечуючи обмеження його струму. Послідовна обмотка збудження ОЗ2 увімкнена в коло навантаження і через неї протікає струм навантаження I_n . Лампи Л мережі освітлення живляться від генератора через регулятор РНО, який стабілізує напругу в мережі освітлення на рівні 110 В. На тривалих стоянках в парках формування та відстою генератор приводиться в обертання від електродвигуна М трифазного змінного струму, який підключається до стаціонарної мережі.

В приводі генератора передбачена відцентрова муфта ВМ, яка відключає двигун- генераторний агрегат від колісної пари на стоянках.

1.3.4 Освітлення вагонів

У приміщеннях вагона повинна створюватися освітленість, зазначена у відповідних нормах, що забезпечує створення необхідного комфорту для пасажирів. Норми визначають найменшу освітленість основних робочих поверхонь вагона, полиць приміщення, столика в купе і горизонтальної площі над краями диванів або сидінь для пасажирів на рівні 0,8 м від підлоги. У багажних і поштових вагонах нормуються освітленість столу багажних роздавальників, столу для сортування кореспонденції, підлоги в кладових та ін.

За способами розміщення світильників у виробничих приміщеннях і у вагонах розрізняють системи загального і комбінованого освітлення. При загальному освітленні світильники встановлюють тільки у верхній зоні приміщення – безпосередньо на поверхні стелі або підвішують до неї. Вони називаються світильниками загального освітлення. До них відносяться світильники купе, коридорів, туалетів і тамбурів. Загальне освітлення підрозділяється на рівномірне і локалізоване. При рівномірному освітленні

світильники встановлюють рядами на визначеній відстані один від одного і між рядами. Загальне рівномірне освітлення має найбільше поширення (наприклад, у міжбласних пасажирських вагонах). Для створення більш високої освітленості окремих ділянок приміщення застосовують локалізоване освітлення. Однак воно не набуло поширення в пасажирських вагонах.

При комбінованому освітленні в приміщеннях передбачають загальне освітлення, як правило, з рівномірним розміщенням світильників, і місцеве освітлення світильниками, встановленими на робочих місцях. Такий вид освітлення набув поширення в електроцеху вагонних депо.

Різні за функціональним призначенням частини освітлювальної установки називаються видами освітлення.

Штучне освітлення може бути двох основних видів: робоче й аварійне. Робоче освітлення створює в приміщеннях вагонів необхідну за нормами освітленість у нормальних умовах. Аварійне освітлення діє у випадку припинення живлення освітлювальних навантажень від основного джерела електричної енергії. Для аварійного освітлення виділяють, як правило, частину світильників, що передбачаються для робочого освітлення. Живлення цих світильників часто здійснюють від акумуляторної батареї, а як джерело світла використовують лампи розжарювання.

У пасажирських вагонах розрізняють також чергове і службове освітлення. Чергове освітлення діє в нічний час, коли пасажирі сплять. Освітленість, створювана черговим освітленням, не нормується. У загальних нормах штучного освітлення міститься тільки рекомендація виділяти на чергове освітлення частину світильників робочого освітлення. Службове освітлення вмикається провідниками в міру потреби, до нього відносяться: освітлення сходинок вагона, котлових відділень, номерних знаків вагонів, а також освітлення для огляду автозчеплення, генератора, батареї та ін.

Для визначення потужності освітлювального навантаження використовується метод питомої потужності, встановленої на одиницю площі. Цей метод передбачає спочатку визначення потужності освітлювального

навантаження для кожного приміщення вагона окремо, а потім сумарну для всього вагона.

Потужність освітлювального навантаження для кожного з приміщень вагона розраховують за формулою, Вт,

$$P_{оп} = p * F_{п}, \quad (1.1)$$

де p – питома потужність освітлювального навантаження для даного виду приміщення, тобто потужність на одиницю площі цього приміщення, Вт/м² (табл. 1.4);

$F_{п}$ – площа приміщення, м².

Таблиця 1.4 - Питома потужність освітлювального навантаження для приміщень пасажирського вагону

Приміщення вагона	Питома потужність освітлювального навантаження p , Вт/м ²		
	ламп накаливання	люмінесцентних ламп	світлодіодних ламп
Купе жорсткого вагона	12 – 18	10 – 20	2 – 5
Купе м'якого вагона	12 – 22	10 – 20	3 – 5
Відділення плацкартного вагона, салон міжбласного вагона	10 – 15	6 – 10	3 – 4
Коридори, проходи	8 – 10	6 – 10	2 – 3
Туалет	10 – 12	—	3 – 5
Тамбури	8 – 11	—	2 – 3
Інші приміщення	8 – 10	—	2 – 3

Потужність освітлювального навантаження всього вагона, Вт

$$P_{ОВ} = \Sigma P_{ОП} \quad (1.2)$$

1.4 Система управління освітленням

Освітлення вагонів за параметрами системи електропостачання розбито на три основні групи:

- основне освітлення;
- робоче освітлення;
- аварійне освітлення.

У режимі стоянки вагона всі електроустановки живляться від акумуляторної батареї, якщо напруга в електромережі більше 140 В (140...150 В) дозволяється включати основне освітлення. Якщо напруга в мережі більше 100 В

- допускається робота робочого освітлення, а якщо напруга нижче 87 В, нема заряду акумулятора то допускається робота тільки зовнішнього габаритного освітлення (та частково аварійного освітлення, комутованого з ним в один ланцюг живлення). Заряд акумулятора здійснюється тільки зі швидкістю руху понад 42 км/год.

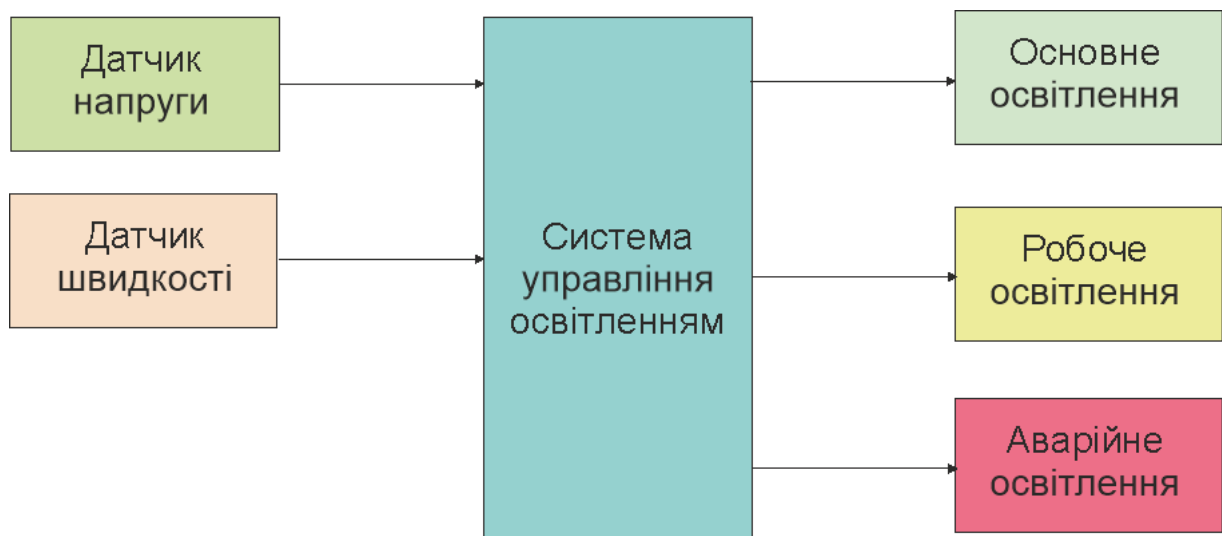


Рисунок 1.6 – Структурна схема системи управління освітленням

Таким чином у системі управління освітлення треба контролювати напругу мережі та швидкість руху вагону, щоб формувати три сигнали для дозволу роботи освітлення: 87 В, 100 В та 140 В.

1.5 Формулювання задачі дослідження

У кваліфікаційній роботі, в якості об'єкту управління, обрано електрообладнання для освітлення вагону.

Необхідно розробити систему управління, яка буде відповідати вимогам технологічного процесу, наведених раніше при його огляді.

Створити модель живлення електромережі вагону, та змоделювати роботу системи управління освітленням вагону.

1.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта управління виступає електрообладнання для освітлення вагону. Головною метою роботи є розробка моделі системи електромережі живлення вагону. Актуальність роботи пояснюється необхідністю модернізації систем управління вагону які використовуються з 70 років минулого століття та вже встали морально та фізично застарілими.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління

В якості об'єкта управління виступає електрообладнання для освітлення вагону. Вхідними параметрами об'єкту управління є дискретні сигнали управління трьома групами обладнання освітлення вагону, умовно позначеними пороговими значеннями дозволу роботи: 87 В, 100 В, 140 В. Вихідними параметрами об'єкту управління є поточна напруга електромережі вагону, та датчик швидкості руху вагону, для визначення порогового значення – швидкості руху більше 42 км/г.

Виходячи з цього, підсистема управління повинна мати датчики напруги електромережі, датчик швидкості руху, пристрій управління та під'єднання до загальнопромислової мережі, та три сигнали для управління групами світильників для освітлення вагону, умовно позначеними - 87 В, 100 В, 140 В (рис. 2.1).

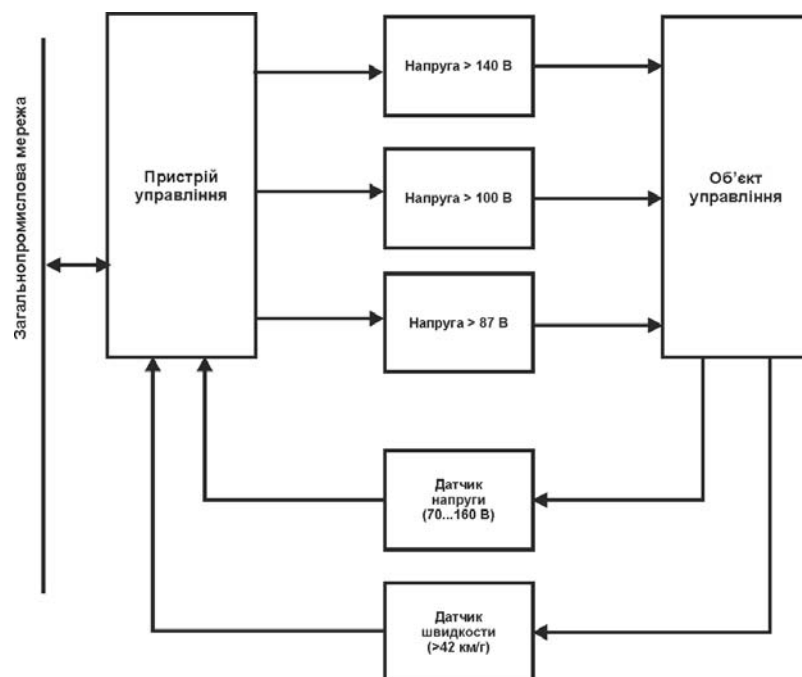


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи управління освітленням вагону

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Виходячи з вимог підсистема що розробляється повинна забезпечувати управління групами світильників і тому відповідає підсистемі автоматизованого управління технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики – напруги електромережі та швидкості руху вагону), еталони стану обладнання (технологічні параметри, порогові значення – 42 км/г, 87 В, 100 В, 140 В), система автоматичного управління обладнанням, програма управління, яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для управління освітленням у вагоні, протиаварійний захист, блок переводу до ручного режиму управління, та виконавчі пристрої (ланцюги управління – 87 В, 100 В, 140 В).

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рис. 2.2. Дана структура забезпечує управління освітленням вагону, і є складовою системи управління електрообладнанням пасажирського вагону.



Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

Таким чином, згідно з вимогами, підсистема що розробляється представляє собою апаратно програмний комплекс, до якого входять датчики напруги електромережі і швидкості руху вагону, об'єкт управління, пристрій управління, в якості котрого згідно з вимогами повинен виступати програмований логічний контролер, та сигнали дозволу роботи для груп світильників - 87 В, 100 В, 140 В.

2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління

2.3.1 Вибір датчиків

Головною задачею підсистеми що розробляється є управління групами світильників. Порогові значення 87 В, 100 В, 140 В для електромережі вагону контролюються за сигналом датчика напруги, а порогове значення швидкості руху вагона 42 км/г за сигналами датчику руху. Датчики повинні мати стандартний струмовий інтерфейс для підключення до програмованого логічного контролера.

Виходячи з цього, для вимірювання постійної напруги електромережі обрано датчик WBE418U13 (рис. 2.3), який є перетворювачем з діапазоном вимірювання 0÷200 В, та який має вбудований перетворювач напруги до стандартного струмового сигналу 4÷20 мА. Датчик побудовано за принципом оптичної ізоляції і завадостійкий метод вимірювання напруги постійного струму в режимі реального часу від електричної мережі або електричного контуру

Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1.



Рисунок 2.3 – Датчик постійної напруги WBE418U13

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика WBE418U13

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Електронний перетворювач
2	Діапазон вимірюваної постійної напруги, °С	0÷200
3	Клас допуску	1
4	Точність, °В	±0.25
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	4÷20
6	Напруга живлення для вторинного контуру В	12÷36
7	Потужність споживання для первинного контуру напруги живлення, Вт	1

Для вимірювання швидкості руху поїзду обрано енкодер Autronics E40H8-1800-3-N-24 який має 1 800 імпульсів на оберт, та три канали А, В, Z (рис. 2.4). Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.2.



Рисунок 2.4 – Датчик E40H8-1 800-3-N-24

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики датчика E40H8-1 800-3-N-24

Найменування параметра	Значення
Тип	оптичний
Матеріал	пластик
Максимальна швидкість, об/хв	3600
Максимальна частота обертання, кГц	180
Інтерфейс	A, B, Z
Напруга живлення, В	5÷24
Споживана потужність, Вт	1
Ступінь захисту	IP50

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Датчики

Назва параметру	Кількість	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Точність	Значення виходу	Період оновлення	Напруга живлення
Напруга електромережі	1	Електронний перетворювач	Аналоговий	0-200 В	0.25 В	4-20 мА В	0,1 с	1 Вт
Швидкість руху	1	Енкодер	Дискретний	0÷3600 об/хв	0.001 імп/об	0÷24 В	180 кГц	1 Вт

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Для управління групами освітлення обрано



Рисунок 2.5 – Контактор АВВ АF09-30-10-11

3-полюсний контактор АВВ загального призначення АВВ АF09-30-10-11 з котушкою управління на постійному струмі 24 В використовується для перемикання трифазних електродвигунів і інженерних ланцюгів живлення до 700 В змінного струму або 220 В постійного струму. Їх можна використовувати для багатьох інших завдань.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики контактора АВВ АF09-30-10-11

Найменування параметра	Значення
Напруга комутації, В	~380 / -220 В
Потужність комутації, кВт	9,0
Постійна напруга котушки управління, В	20...60
Струм постійної напруги котушки управління, мА	50...18
Ступінь захисту	IP20

На підставі наведеного вище для виконавчих пристроїв, та їх технічних характеристик складена табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Виконавчих пристроїв

№	Назва параметру	Кількість	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Сигнал дозволу роботи	3	Електромагнітний	Дискретний	вимк./вкл..	Нелінійний	0÷24 В	0,1 с	24 В	1,2 Вт

2.3.3 Вибір пристроїв управління

Відповідно вимогам до підсистеми управління освітленням у вагоні, в якості пристрою управління, будемо використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення реакції на змінення температури. Крім того контролер повинен мати не менш 1 Кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми управління.

Виходячи з того, що до контролеру повинні бути підключені два датчики (напруги електромережі зі струмовим інтерфейсом $4\div 20$ мА, та швидкості руху - трьох канальний енкодер) контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить підключення лише обране обладнання, та забезпечить легке розширення подальшого функціоналу.

Так як підсистема управління освітленням повинна інтегруватися у систему управління електрообладнанням, то бажано мати послідовний інтерфейс передачі даних типу RS-485 (як один з найбільш розповсюджених).

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 Кбати, об'єм робочої пам'яті 96 Кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.6). Технічні характеристики контролеру наведені в табл. 2.5.



Рисунок 2.6 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	CPU 214SER
2	Пам'ять, Кбайт	144
3	Робоча пам'ять, Кбайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
7	Час виконання команди над словом, мкс	1,8
8	Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0
9	RS-485 інтерфейс	Присутній
10	Напруга живлення, В	24
11	Споживана потужність, Вт	5

Датчик напруги електромережі має стандартний струмовий сигнал $4 \div 20$ мА. Для підключення датчиків температури обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40 який має чотири аналогові входи (рис. 2.7). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.6.



Рисунок 2.7 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	$4 \div 20$
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6

Схема підключення датчика напруги до модуля аналогового вводу наведена на рис. 2.8.

Відповідно до схеми підключення модуль має чотири незалежні канали, к кожному з яких може бути підключено джерело струму. До позитивного входу датчика підключається позитивний вихід джерела напруги. Вихід датчика, який виступає в якості джерела струму, підключається до відповідного каналу модуля аналогового вводу 2, 4, 6, 8. Земляний вихід модуля аналогового вводу 3, 5, 7, 9 підключається до земляного контакту джерела напруги.

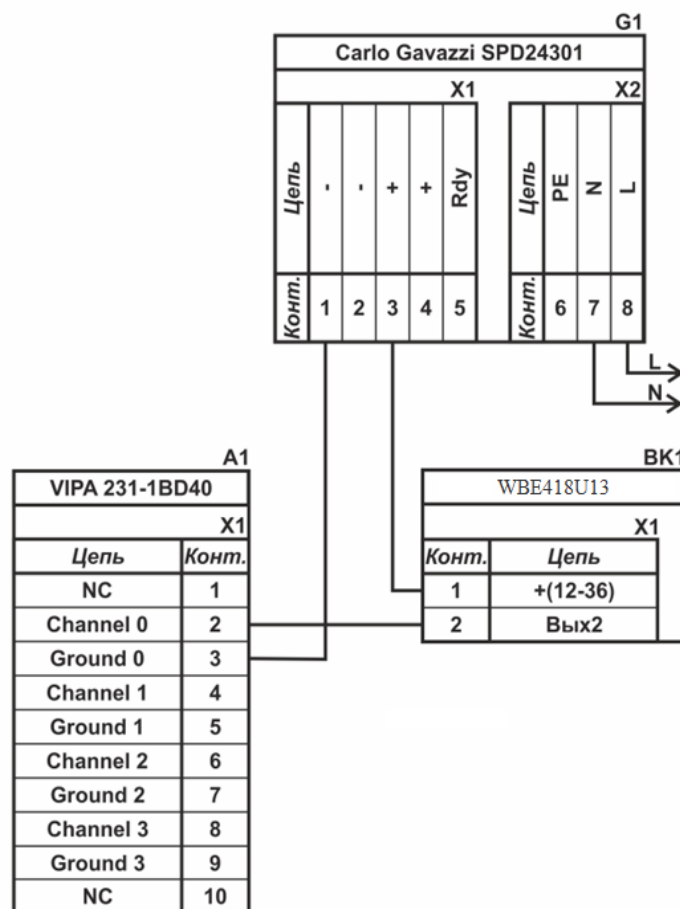


Рисунок 2.8 – Схема підключення датчика напруги

Датчики руху є датчиком с трьох каналним енкодером. Для його підключення обрано функціональний модуль лічильника VIPA 250-1BA00 (рис. 2.9). Технічні характеристики модулю наведені в табл. 2.7.

Схема підключення датчика швидкості руху вагона до функціонального модуля VIPA 250-1BS00 наведена на рис. 2.10.



Рисунок 2.9 – Функціональний модуль 250-1BS00

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики функціонального модуля 250-1BS00

Найменування параметра	Значення
Тип	FM 250S
Кількість каналів	2/4
Розрядність лічильника, біт	32/16
Довжина екранованого провідника, м	600
Споживана потужність, Вт	2.5

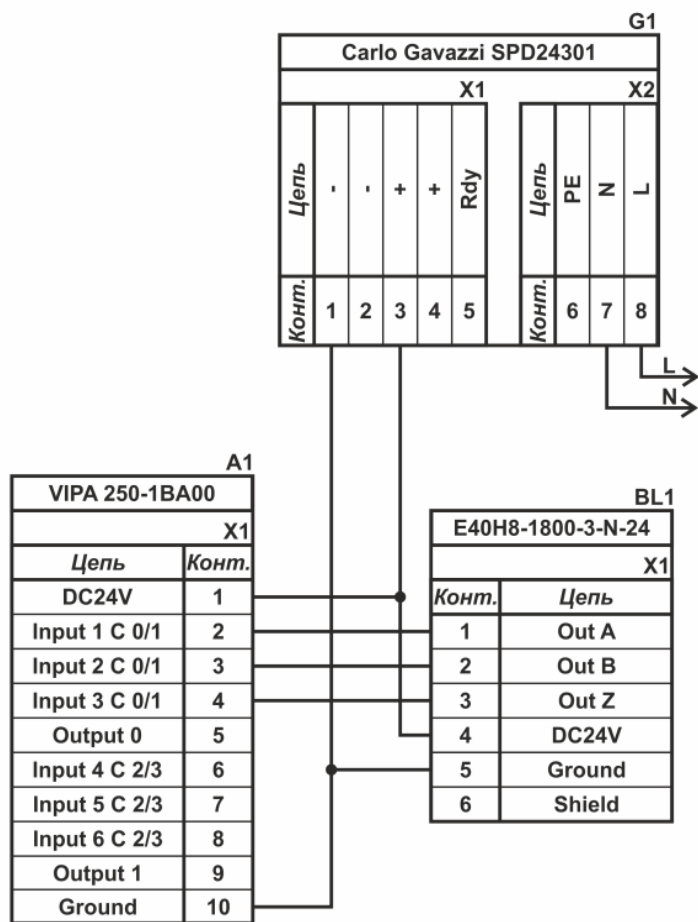


Рисунок 2.10 – Схема підключення датчика швидкості

Згідно з технічною документацією модуль має два або чотири лічильні канали. В якості лічильників будуть використовуватися 32 бітні регістри тому у цьому режимі він має два канали. До входів модуля підключені виходи енкодера А, В та Z, що забезпечує отримання програмованим логічним контролером від лічильника кількості імпульсів енкодера, при цьому лічильник автоматично визначає напрям обертання енкодера.

Входи управління контакторами дозволу роботи 87 В, 110 В, 140 В є дискретним та управляються напругою +24 В. Для їх підключення обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00 (рис. 2.11). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.8.



Рисунок 2.11 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 222
2	Кількість каналів	8
3	Тип каналу	Дискретний
4	Діапазон вихідного сигналу, В	0÷24
5	Максимальний струм вихідного сигналу, А	1
6	Довжина екранованого провідника, м	600
7	Споживана потужність, Вт	2

Схема підключення одного з трьох контакторів («87 В») до модуля дискретного виводу наведена на рис. 2.12. Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних каналів, кожний з яких може бути використаний для управління дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. Відповідний вихід модуля 2

підключено до входу «87 В». Земляний вихід «87 В» підключено до земляного входу блока живлення. Аналогічно підключено контактори «110 В» та «140 В», - до відповідних виходів модуля VIPA 222-1BF00 №3 та №4.

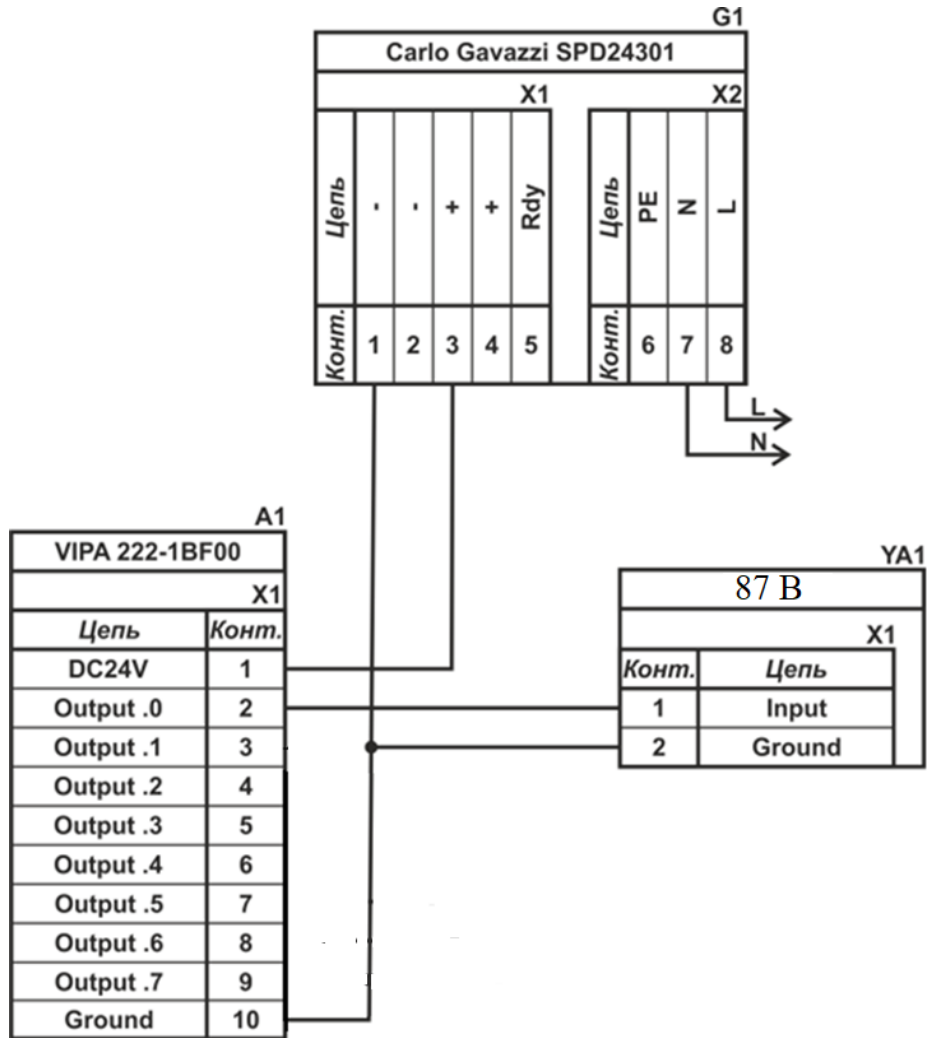


Рисунок 2.12 – Схема підключення контактора АВВ АF09-30-10-11 «87 В»

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Пристрій управління та його модулі

№	Назва модуля	Пристрій	Кількість	Напруга живлення	Потужність споживання
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	1	24 В	5.00 Вт
2	VIPA 250-1BS00	Функціональний модуль	1	24 В	2.5 Вт
		Датчик швидкості E40H8-1800-3-N-24	1	24 В	1.0 Вт
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	1	24 В	0.60 Вт
		Датчик напруги електромережі	1	24 В	1.00 Вт
3	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	1	24 В	2.00 Вт
		«87 В», «110 В», «140 В»	3	24 В	3,6 Вт

2.3.4 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер та його модулі мають напругу живлення +24 В. Загальна потужність споживання програмованого логічного контролера та його модулів:

$$P = 5.0 + 1.0 + 2.0 = 8.0 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролеру та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.13). Технічні характеристики блока живлення наведені в табл. 2.10.



Рисунок 2.13 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

№	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	~85÷~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рис. 2.14.

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для датчиків напруги та контакторів які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 1.0 + 3.6 = 4.6 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчиків та виконавчого пристрою у якості джерела живлення обрано блок живлення такий самий як і для програмованого логічного контролера SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

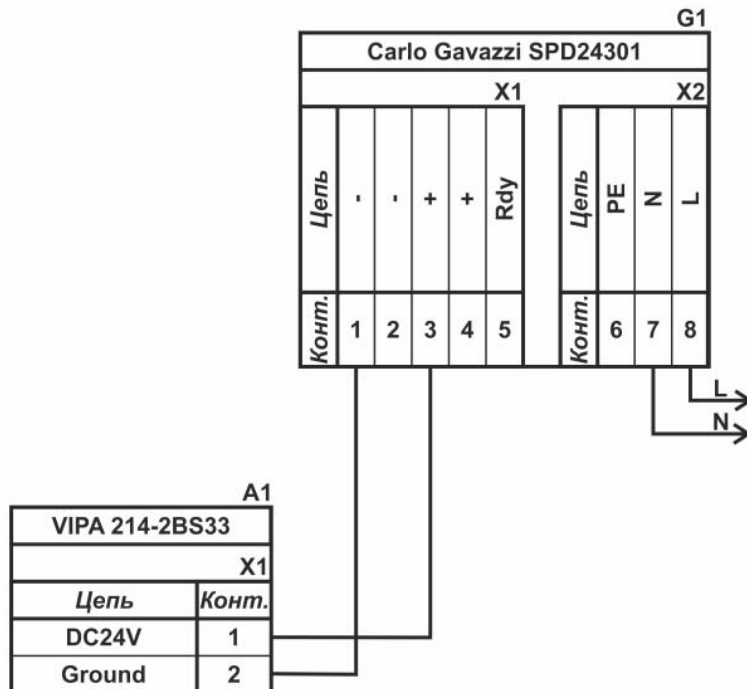


Рисунок 2.14 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На основі вимог до підсистеми управління освітленням у вагоні та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.15.

У якості пристрою управління використовується програмований логічний контролер UY 5. Програмований логічний контролер підключено до системи управління обладнанням вагону, за що відповідає контролер більш високого рівня UY 6, зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Поточна напруга електромережі вимірюється за допомогою датчика температури EE 1-1, виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача ET 1-2 перетворюється в стандартний струмовий сигнал $4\div 20$ мА.

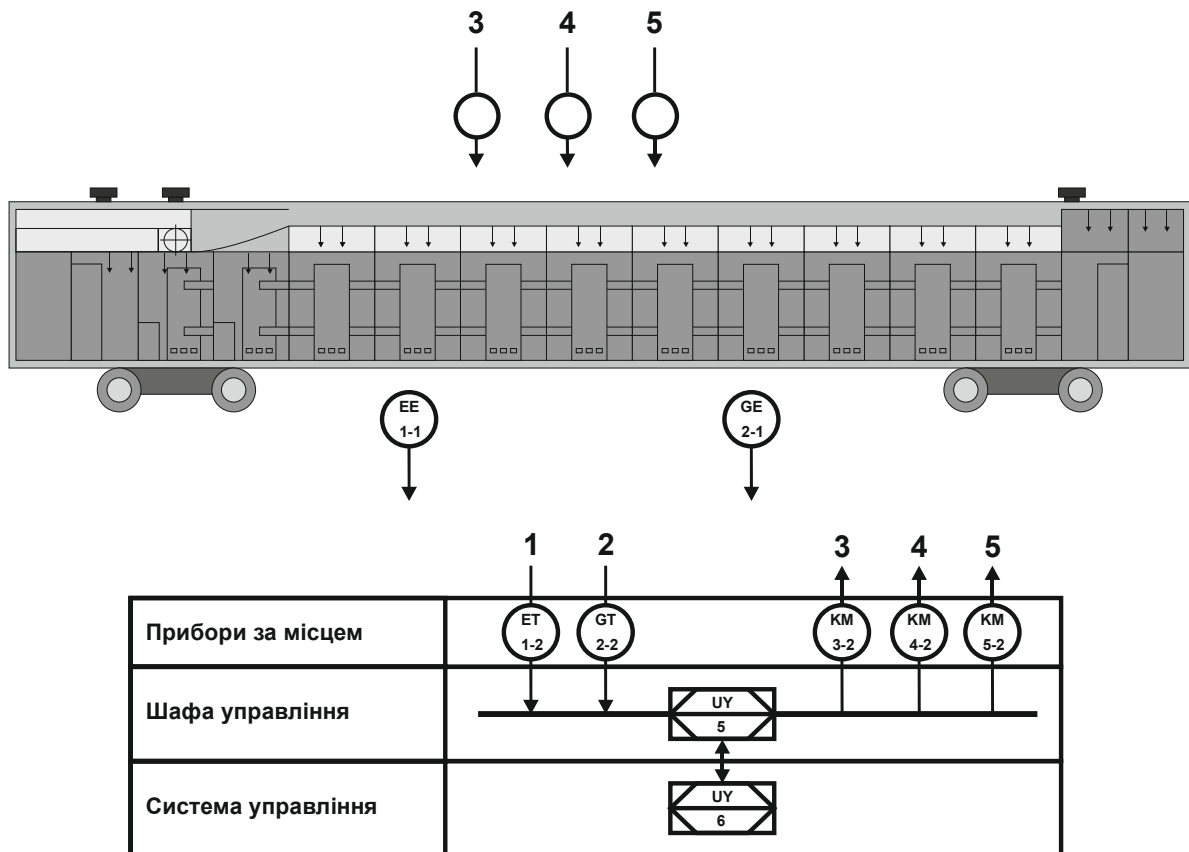


Рисунок 2.13 – Функціональна схема автоматизації системи управління освітленням у вагоні

Поточна швидкість руху вагону вимірюється за допомогою енкодера GE 1-1, вимірне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача частотна-фазового зсуву ET 1-2 перетворюється в стандартний сигнал енкодера.

На підставі значення поточної напруги и швидкості руху програмований логічний контролер UY 5 формує керуючі впливи «87 В», «100 В», «110 В», які за допомогою відповідних контакторів формують сигнали управління освітленням вагон.

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи управління освітленням вагону (рис. 2.14).

В системі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), датчику напруги WBE418U13 (BK1) та датчику швидкості руху E40H8-1 800-3-N-24 (BK2).

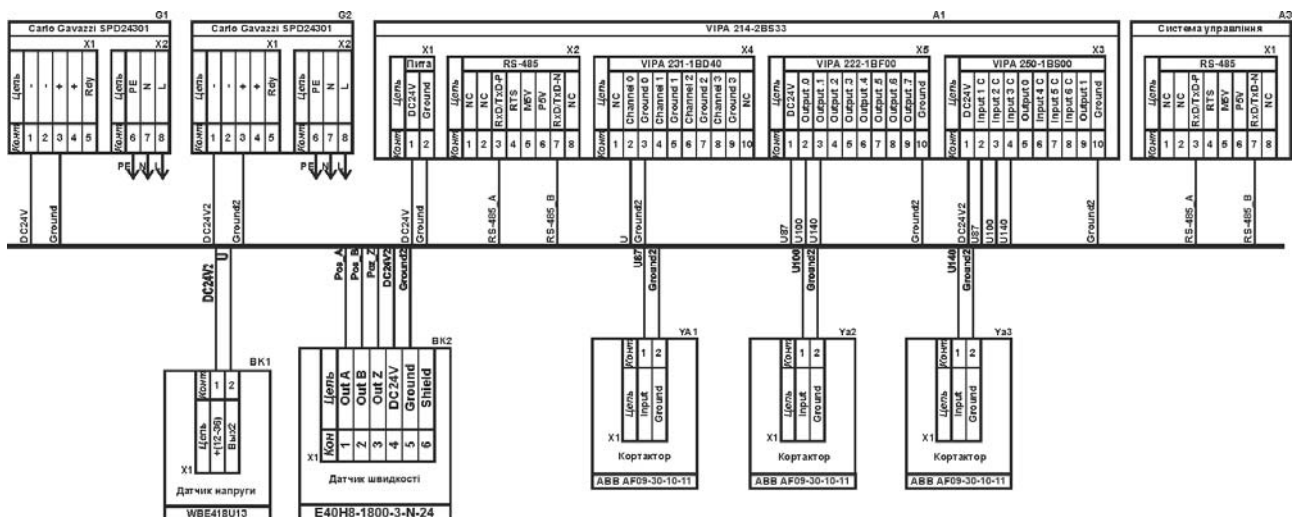


Рисунок 2.14 – Схема електрична принципова підсистеми управління

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та системою управління вагону (A3) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2).

Вимірювання поточної напруги електромережі виконує аналоговий датчик WBE418U13(BK1), який підключено до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X4) до каналу 0 за допомогою стандартного струмового сигналу 4÷20 мА.

Контроль швидкості руху контролюється за сигналами енкодера - датчик E40H8-1 800-3-N-24 (BK2) який підключено до живлення 24 В.

Управління контакторами Ya1...Ya3 типу АВВ AF09-30-10-11 здійснюється відповідно через модуль виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5) через ланцюги КМ1...КМ3. При наявності на вході контакторів напруги +24 В вони підключають відповідні схеми управління освітлення, а при вимиканні напруги він самостійно повертається до початкового вимкненого стану.

2.6 Висновки за розділом

У якості об'єкта управління виступає електрообладнання освітлення пасажирського купейного вагону.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми управління освітленням пасажирського купейного вагону, розроблена схема автоматизації та принципова системи управління.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Загальні відомості

Система освітлення вагона призначена для освітлення всього салону вагону в звичайному і аварійному режимах і світлової сигналізації. Ланцюги освітлення живляться від стабілізованої напруги 140 В від вбудованого генератора або акумулятора. Вагон має люмінесцентні (світлодіодні) освітлювальні лампи і лампи розжарювання. Люмінесцентні лампи встановлюються у всіх приміщеннях вагону, крім туалетів, тамбурів і котельні. У світильник вбудовані дві люмінесцентні лампи по 20 Вт і одна лампа розжарювання потужністю 15 Вт.

Світильники з лампами розжарювання потужністю 40 Вт встановлюються тамбурах в зоні входних дверей і в туалетах, а над столом провідника в службовому кубе - лампа потужністю 25 Вт. У котельні над входом є лампа у вибухонебезпечному світильнику. На торцевих стінках вагону встановлені сигнальні вогні в пластиковому корпусі з лампами розжарювання потужністю 40 Вт. Над кожним ліжком є лампа місцевого освітлення «Софіт» з лампою розжарювання потужністю 10 Вт і вбудованим вимикачем. Ланцюги освітлення живляться від включення панелі управління. Крім того, в купе і кондуктора є індивідуальні вимикачі. В аварійному режимі і при живині від сусіднього вагону можуть використатися тільки світильники з лампами розжарювання.

Освітлення вагонів за параметрами системи електропостачання розбито на три основні групи:

- основне освітлення;
- робоче освітлення;
- аварійне освітлення.

У режимі стоянки вагона всі електроустановки живляться від акумуляторної батареї.

Якщо напруга в електромережі більше 140 В дозволяється включати основне освітлення.

Якщо напруга в мережі більше 100 В - допускається робота робочого освітлення.

Якщо напруга нижче 87 В то допускається робота тільки зовнішнього габаритного освітлення (та частково аварійного освітлення, комутованого з ним в один ланцюг живлення).

Заряд акумулятора здійснюється тільки зі швидкістю руху понад 42 км/год.

Таким чином можна сформулювати наступне - в якості об'єкта управління виступає електрообладнання для освітлення вагону. Вхідними параметрами об'єкту управління є дискретні сигнали управління трьома групами обладнання освітлення вагону, умовно позначеними пороговими значеннями дозволу роботи: 87 В, 100 В, 140 В. Вихідними параметрами об'єкту управління є поточна напруга електромережі вагону, та датчик швидкості руху вагону, для визначення порогового значення – швидкості руху більше 42 км/г.

Виходячи з цього, підсистема управління повинна мати датчики напруги електромережі, датчик швидкості руху, пристрій управління та під'єднання до загально промислової мережі, та три сигнали для управління групами світильників для освітлення вагону, умовно позначеними - 87 В, 100 В, 140 В.

Для випробування роботи моделі системи управління, також треба побудувати модель роботи системи живлення, тобто мати повноцінний ланцюжок пов'язаного обладнання: колесо вагону – трансмісія – генератор – акумулятор – система управління освітленням.

Як правило, джерелами живлення постійної напруги 140 В на пасажирських вагонах є:

- підвагонний генератор (рух) типу DCG-4435 потужністю 34 кВА;
- 390 А·h акумулятор (зупинка);
- зовнішня мережа (з тривала зупинка) трифазний струм 380 В, 50 Гц через трансформатор;
- живлення з сусіднього вагону.

При побудові моделі системи електроживлення вагону будемо враховувати тільки перші два пункти – генератор і акумулятор.

Під час руху електропостачання забезпечується безконтактним генератором 34 кВА. Коли вагон рухається, генератор отримує обертання від колісної пари через редуктор, встановлену на середній частині осі пари коліс, карданний вал і еластичне зчеплення. Трифазний струм 116 В, 170 А, що виробляється генератором, через запобіжник 200 А, встановлений в підвагонному блоці і кулачковий перемикач надходить до випрямляча і подається споживачам і заряджає акумулятор. Напруга генератора регулюється тиристорним регулятором напруги. Якщо швидкість руху нижче, то напруга генератора буде нижче напруги акумулятора, діоди випрямляча не пропустять зворотній струм від батареї до генератора, а споживачі будуть житися від батареї.

3.2 Модель системи електромережі

3.3.1 Модель генератора

На рис. 3.1 представлена схема моделі системи електромережі вагону складена у Matcad.

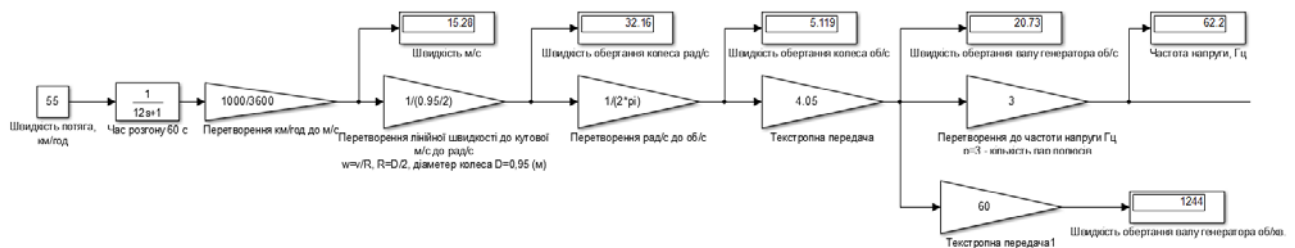


Рисунок 3.1 – Модель генератора

На схемі представлено наступні компоненти:

- блок констант – завдання швидкості руху вагону (потягу) для моделювання, км/г;
- аперіодична ланка першого порядку – параметри розгону вагону до швидкості 100 км/г (60 с);
- ланка підсилювання - перетворення км/год до м/с (1 000 / 3 600);

- ланка підсилювання - перетворення лінійної швидкості до кутової м / с до рад / с, $w = v / R$, $R = D / 2$, діаметр колеса $D = 0,95$ м ($1 / (0,95 / 2)$);
- ланка підсилювання - перетворення рад/с до об/с ($1 / (2 * \pi)$);
- ланка підсилювання – трансмісія (1:4,05);
- ланка підсилювання – перетворення частоти обертів валу генератора до частоти напруги, Гц ($p = 3$ - кількість пар полюсів на трифазному генераторі).

На схемі моделі розмішені цифрові індикатори, які показують числові значення моделювання.

Для завданої швидкості руху вагону 55 км / г змодельовані значення є наступними:

- швидкість м/с: 15,28;
- швидкість обертання колеса, рад/с 32,16;
- швидкість обертання колеса, об./с 5,119;
- швидкість обертання валу генератора, об./с (об./хв.) 20,73 (949,9);
- частота напруги, Гц 62,2;

На рис. 3.2, рис. 3.3 показано моделювання роботи генератора при розгону вагону з 0 до 42 км/год.

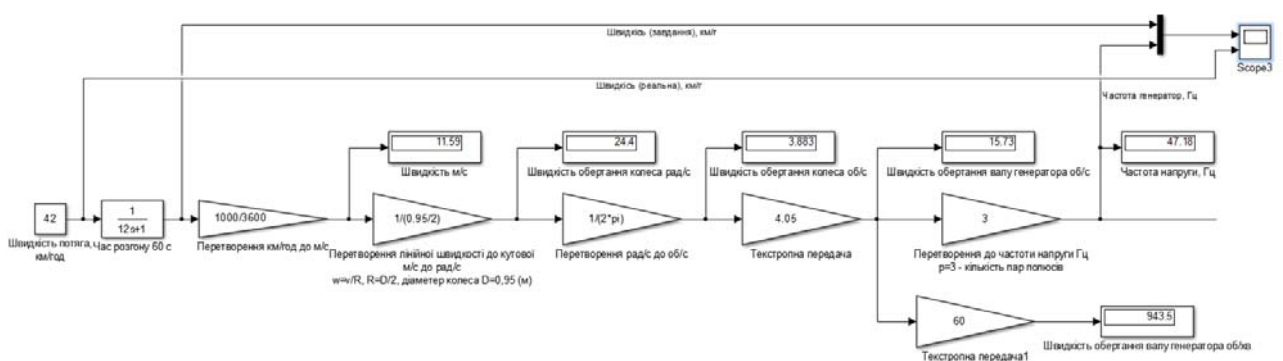


Рисунок 3.2 – Моделювання роботи генератора

Для порогового значення моменту підключення генератора до мережі живлення вагону, який визначається швидкістю руху потягу 42 км / г, частота

генератора становитиме 47,5 Гц. Значення цієї частоти у подальшому будуть фігурувати при розробці моделі акумуляторної батареї.

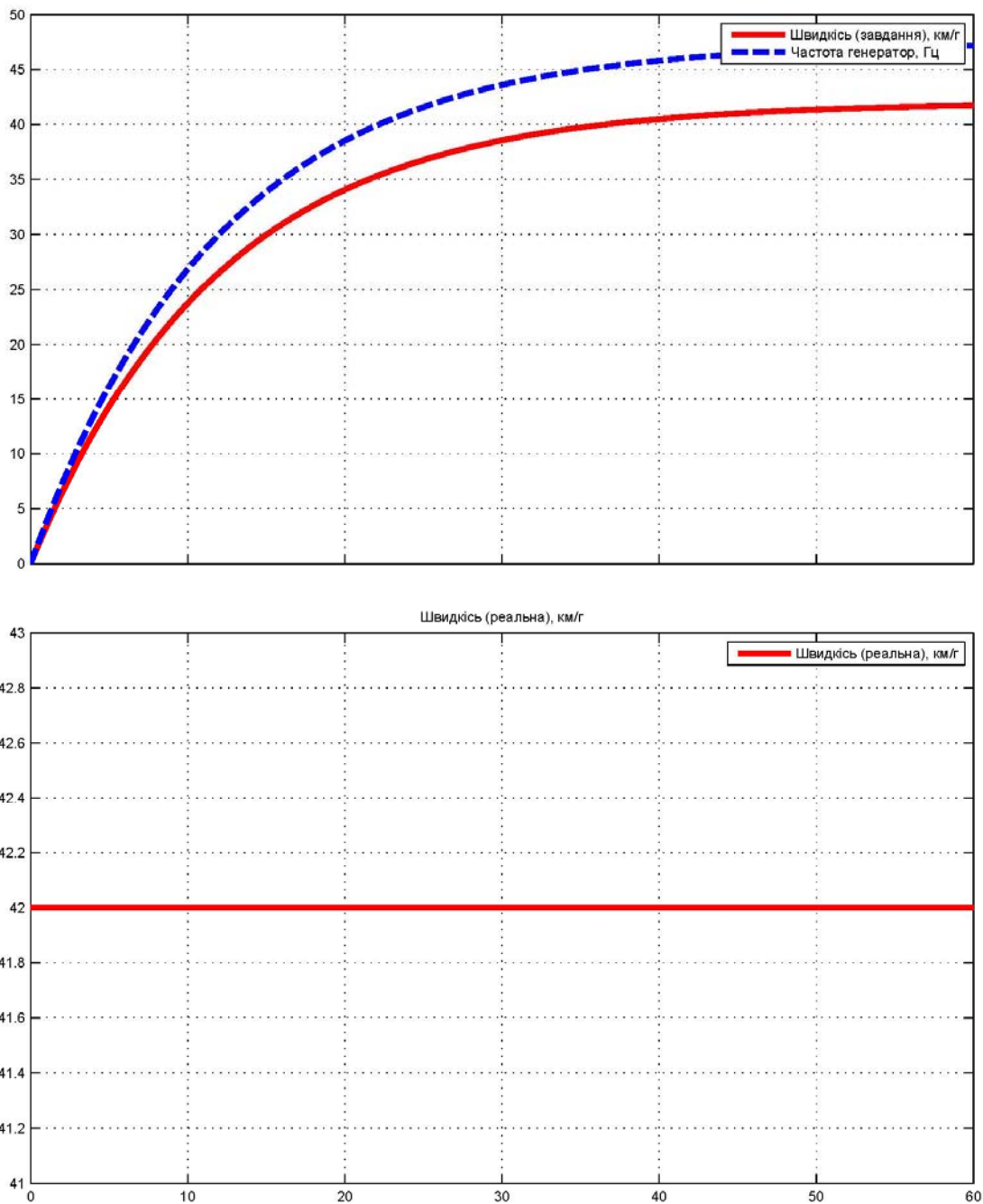


Рисунок 3.2 – Результат моделювання роботи генератора

3.3.2 Модель акумуляторної батареї

На рис. 3.3 – показано модель акумулятора у вигляді блоку.

Модель має наступні входи:

- frequency – частота генератора, Гц;

- voltageIn - вхідна напруга, В;
- powerIn - споживання, Вт (навантаження);
- energyStart - початкова енергія (заряд), %.

Модель має наступні виходи:

- voltageOut - вихідна напруга, В;
- energy – поточний заряд акумулятора, %.

Основні параметри моделювання:

- максимальна енергія, А*ч: 250;
- номінальна напруга елемента («банки»), В: 1,2;
- напруга акумулятора, В: 150;
- кількість елементів («банок»), од: $150/1,2=125$;
- час дискретизації для моделювання, с: 1;



Рисунок 3.3 – Модель акумулятора

Модель представляє собою програмний код, який імітує розряд та заряд батареї в залежності від стану поточних вхідних і вихідних сигналів.

Текст програми моделі акумулятора:

```
function [voltageOut, energy] = accumulator(frequency, voltageIn, powerIn, energyStart)
```

```
% frequency - Частота, Гц
% voltageIn - Вхідна напруга, В
% powerIn - Споживання, Вт
% energyStart - Початкова енергія (заряд), %
% voltageOut - Вихідна напруга, В
% energy - Заряд акумулятора, %
```

```
persistent sEnergy;
persistent sEnergyMax;
```

```

persistent sIAh;
persistent sUnom;
persistent sUacc;
persistent sN;
persistent sSampleTime;
if (isempty(sEnergy))
    % Максимальна енергія, А*ч
    sEnergyMax = 250.0;
    % Номінальна напруга елемента, В
    sUnom = 1.2;
    % Напруга акумулятора, В
    sUacc = 150.0;
    % Кількість елементів
    sN = ceil(sUacc / sUnom);
    % Час дискретизації
    sSampleTime = 1;

    sEnergy = energyStart / 100.0 * sEnergyMax * sUacc * 3600 / sN;
end

if (frequency < 47.5)
    voltageOut = discharging(sEnergy) * sN;
    sEnergy = sEnergy - powerIn / sN * sSampleTime;
    if (sEnergy <= 0)
        sEnergy = 0;
        voltageOut = 0;
    end
else
    voltageOut = 0;
    sEnergy = sEnergy + sEnergyMax / sN * 2 * charging(sEnergy) * sSampleTime;
    if (sEnergy > (sEnergyMax * sUacc * 3600 / sN))
        sEnergy = sEnergyMax * sUacc * 3600 / sN;
    end
end

energy = sEnergy * 100 / sEnergyMax / sUacc / 3600 * sN;
if (energy > 100)
    energy = 100;
end

function voltage = charging(energy)
    p1 = 1.056e-30;
    p2 = -3.422e-24;
    p3 = 4.693e-18;
    p4 = -3.168e-12;
    p5 = 1.074e-06;
    p6 = 1.234;

    voltage = p1 * energy^5 + p2 * energy^4 + p3 * energy^3 + p4 * energy^2 + p5 * energy
+ p6;
end

function voltage = discharging(energy)

```

% Максимальна ємність акумулятора, А*ч

IAh = 250.0;

% Номінальна напруга елемента, В

Unom = 1.2;

% Напруга акумулятора, В

Uacc = 150.0;

% Максимальна енергія елемента, Дж

W = IAh * Uacc * 3600 / ceil(Uacc / Unom);

p1 = 4.152e-30;

p2 = -1.198e-23;

p3 = 1.344e-17;

p4 = -7.137e-12;

p5 = 1.843e-06;

p6 = 1.001;

voltage = p1 * energy^5 + p2 * energy^4 + p3 * energy^3 + p4 * energy^2 + p5 * energy
+ p6;

end

3.3.2 Сумісна модель акумулятора та навантаження мережі

На рис. 3.4 представлена сумісна модель акумулятора та навантаження мережі.

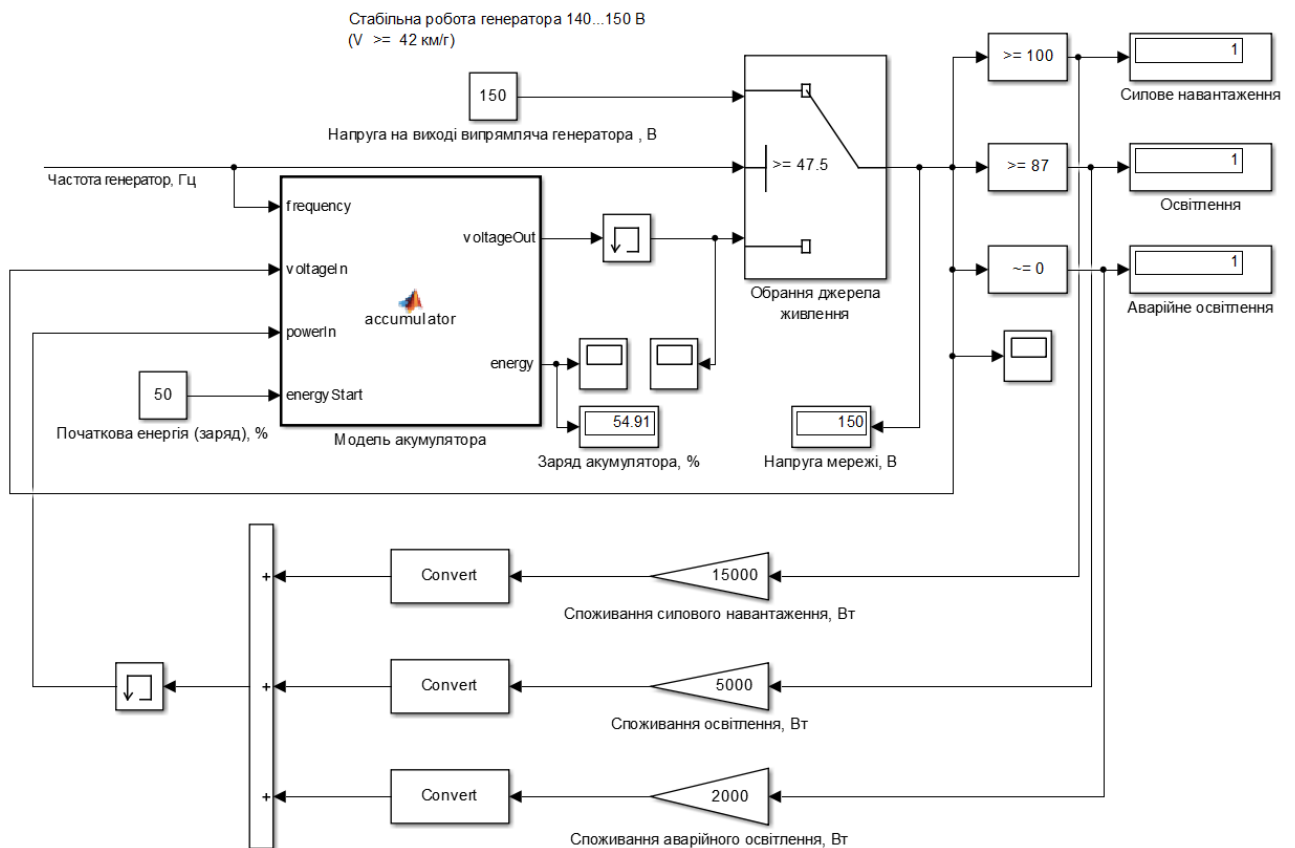


Рисунок 3.4 – Сумісна модель акумулятора та навантаження електромережі

На вхід моделі акумуляторної батареї та двопозиційного комутатора подається частота генератора. Якщо частота генератора перевищить порогове значення 47,5 Гц (швидкість руху вагону більше 42 км/г), то вважається, що генератор вийшов на стабільно роботу і здатний забезпечити максимальну потужність споживачів вагону від мережі 150 В. Крім освітлення в модель додано обладнання силове, яке сформована сумарною потужність по ланцюгам живлення 87 В, 110 В та 150 В, щоб моделювати реальне навантаження для процесу заряду та розряду акумуляторної батареї у часі.

Слід зазначити, що аварійне освітлення працює до повного розряду акумуляторної батареї.

Блоки логічного перетворення для порогових значень напруги 87 В 100 В дозволяють роботу відповідних груп споживачів. Стан цих блоків відображається цифровими індикаторами 0 – вимкнено, 1 – увімкнено відповідне навантаження електромережі.

На рис. 3.4 показано процес розряду та заряду акумулятора на виході моделі акумулятора «Energy (%)», при початковому заряди 50%. Як видно з графіку при розгоні вагону з 0 до 60 км/г, пороговий момент швидкості руху 42 км/г буде досягнуто приблизно на 13 с. До цього часу тривав розряд акумулятора, а після почався процес заряду. Це все відповідає максимальному навантаженню на електромережу (усім групам споживачів дозволена робота).

На рис. 3.5 для прикладу, ще показано один варіант графіків процесу розряду та заряду акумулятора для сигналу на виході моделі акумулятора «Energy» (%), при початковому заряди 30%. Але для моделювання вдвічі коротшому інтервалі часу.

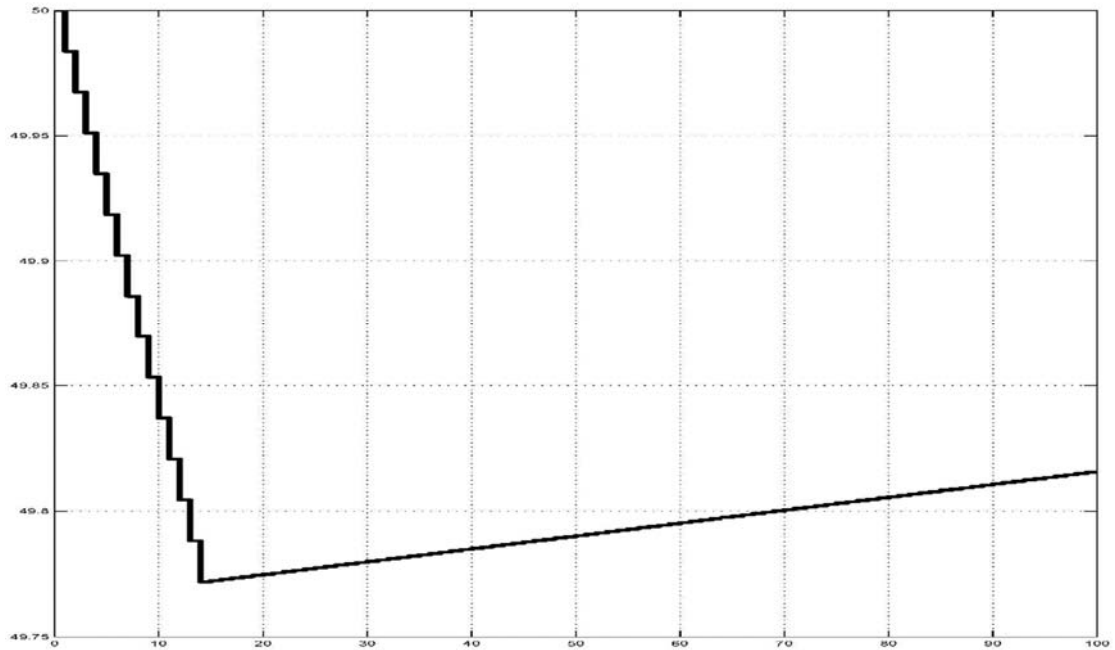


Рисунок 3.4 – Розряд та заряд акумулятора (вихід моделі Energy), при початковому стані 50% заряду, швидкість руху 60 км/г

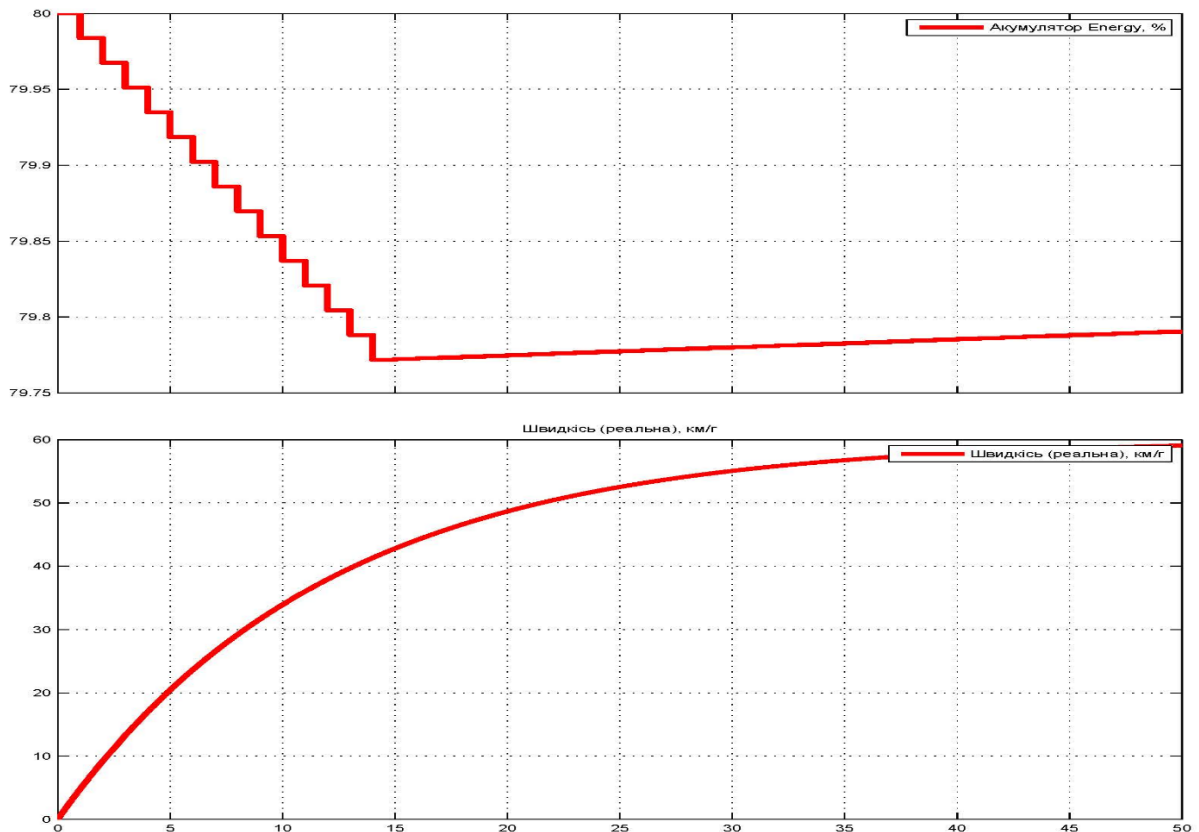


Рисунок 3.5 – Розряд та заряд акумулятора (вихід моделі Energy), при початковому стані 80% заряду, швидкість руху 60 км/г

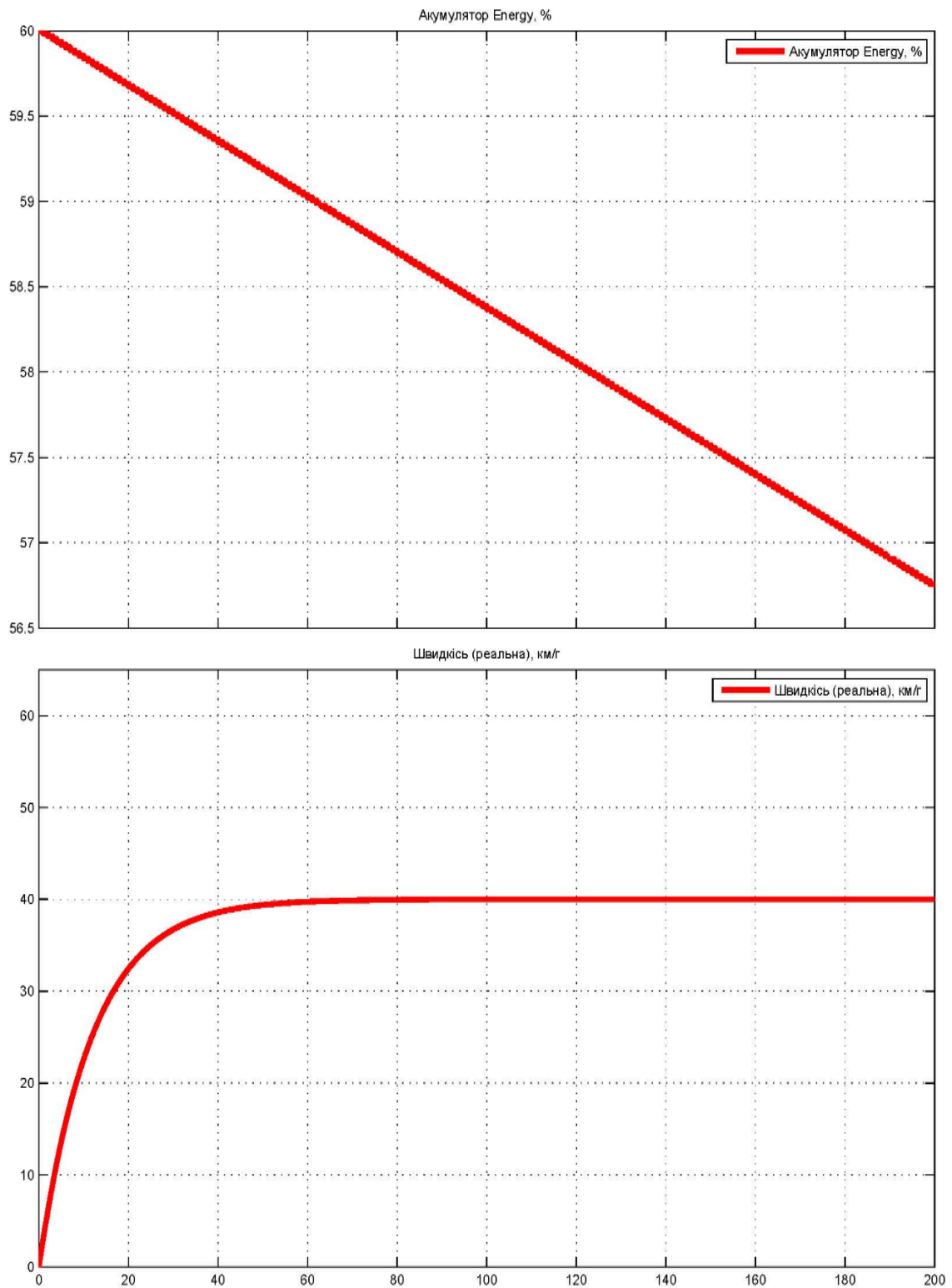


Рисунок 3.6 – Розряд акумулятора (вихід моделі Energy), при початковому стані 60% заряду, швидкість руху 40 км/г

На рис. 3.7 показано графік процесу розряду акумулятора для сигналу на виході моделі акумулятора «VoltageEnergy» (В), при початковому заряди 100%, час моделювання 6 100 с. Графік розряду акумулятора не лінійний.

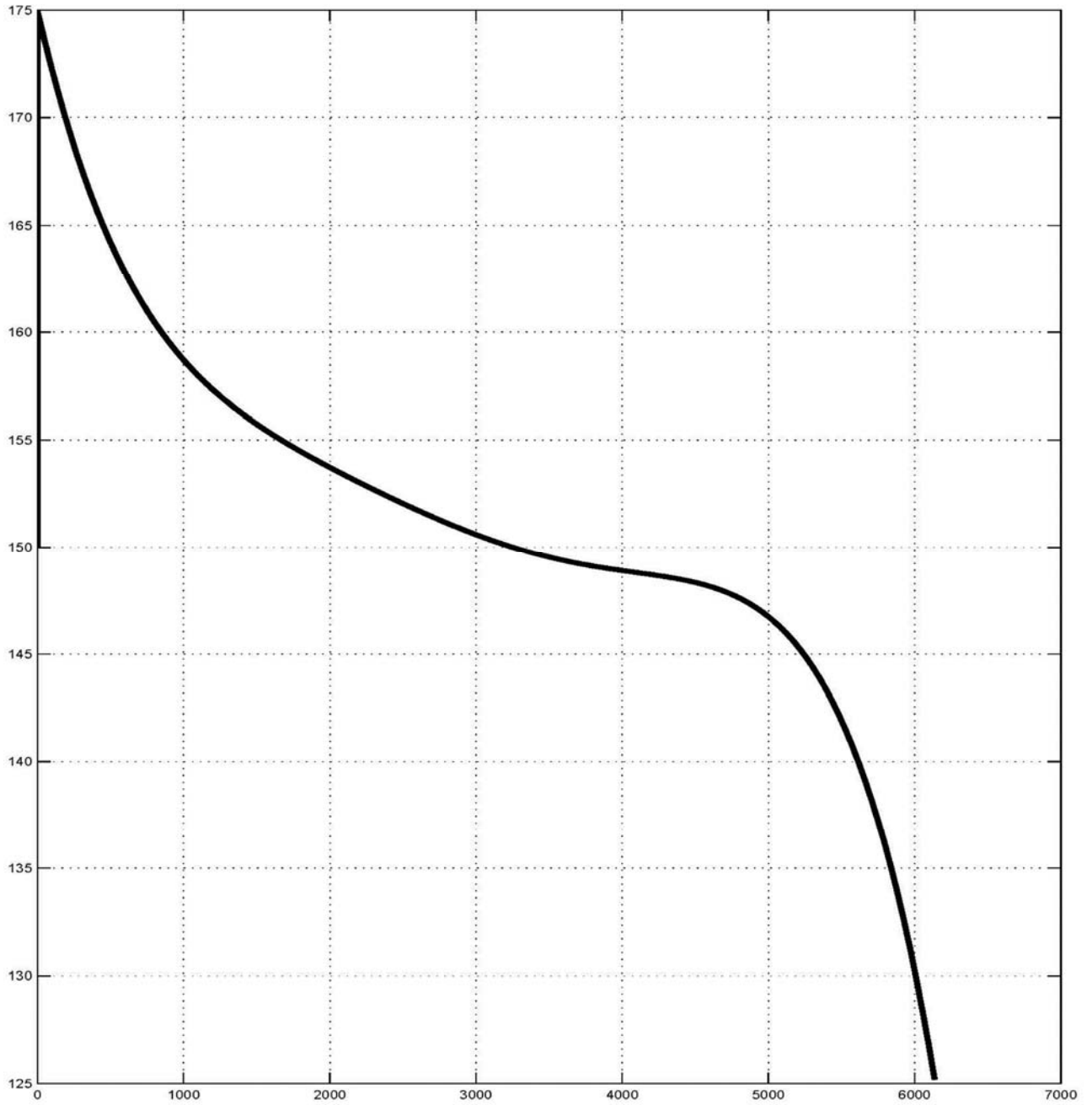


Рисунок 3.7 – Розряд акумулятора (вихід моделі VoltageEnergy), при початковому стані 100% заряду, швидкість руху 40 км/г

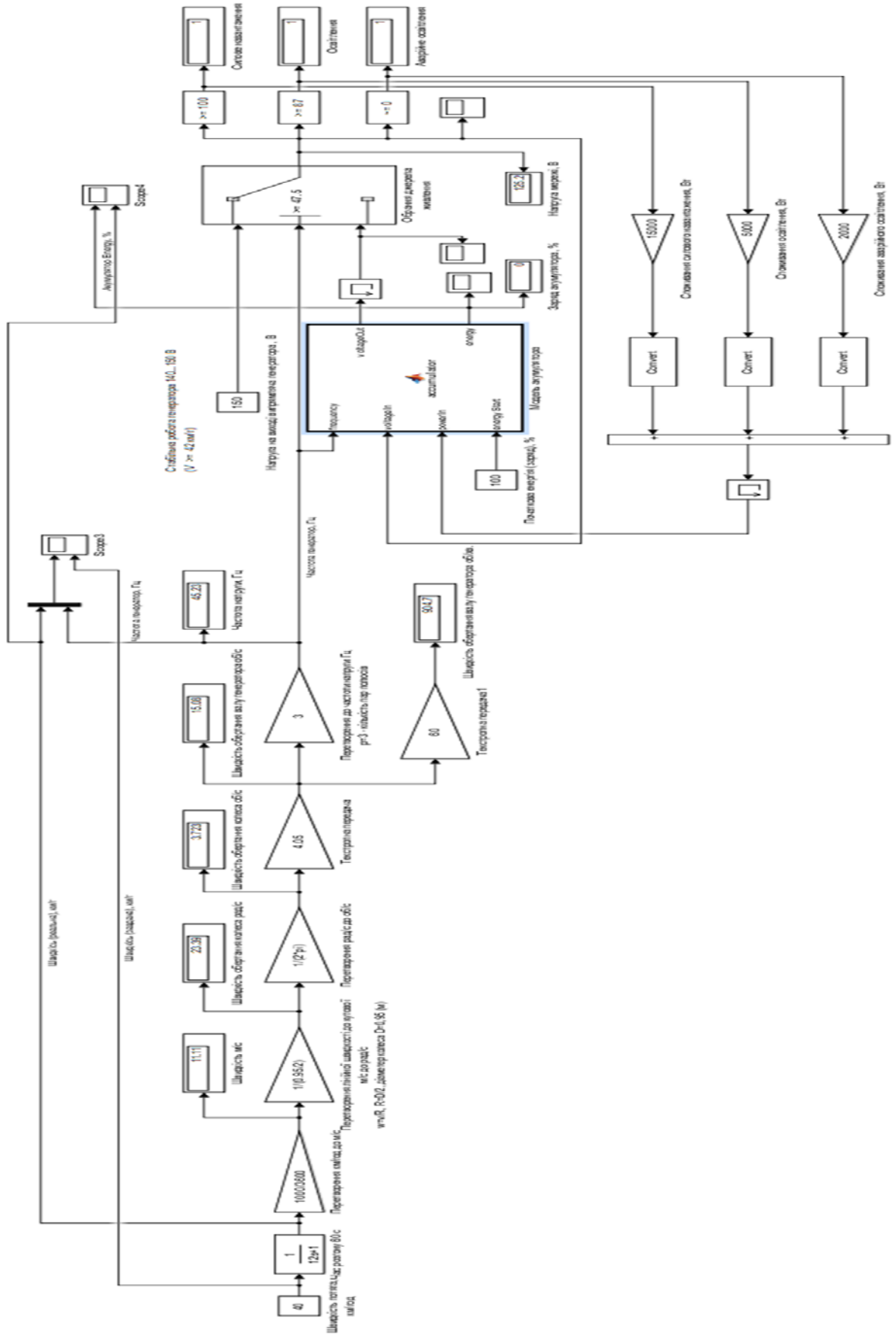


Рисунок 3.7 – Повна схема моделювання генератора, акумулятора та навантаження електромережі

3.4 Висновки за розділом

В процесі виконання кваліфікаційної роботи виконано розробку віх необхідних моделей, як потрібні для дослідження об'єкта управління, в якості якого система управління освітленням вагону.

Модель виробки містить наступні компоненти:

- модель генератора;
- модель акумуляторної батареї;
- модель системи управління навантаженням електромережі вагону.

Досліджена робота усіх моделей.

Модель досліджені для режиму заряду та розряду акумуляторної батареї.

Усі моделі можна вважати адекватними і можуть бути використання для моделювання поведінки об'єкта контролю при побудові системи контролю управління електрообладнанням вагону.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Загальні відомості

У господарство залізничного транспорту, у тому числі і облаштування автоматики і зв'язку, щорічно вкладаються великі кошти. Правильно визначити їх напрям, вибрати економічно найбільш доцільний варіант - завдання великої важливості. У зв'язку з цим при проектуванні нових облаштувань автоматики і зв'язку техніко-економічному обґрунтуванню надається велике значення.

При проектуванні будь-якого пристрою обов'язковою умовою являється економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень.

Під техніко-економічним обґрунтуванням розуміється розгляд усіх вирішуваних питань не лише з технічного боку, але і сточування зору їх економічної ефективності.

Техніко-економічне обґрунтування означає по-перше, що проєктований об'єкт повинен відповідати певним технічним вимогам(нормам, стандартам, спеціальним вказівкам і інструкціям), що визначають нормальну роботу об'єкту в заданих умовах, і, по-друге, задовольняти економічним вимогам за одноразовими витратами, експлуатаційними витратами(собівартості продукції), надійністю, споживанням електроенергії і тому подібне

Мета техніко-економічних обґрунтувань - довести доцільність проєктованого будівництва, пристроїв, апаратури, приладів і тому подібне

4.2 Техніко-економічне обґрунтування розробки

У кваліфікаційній роботі розроблена система управління (СУ) електроустаткуванням для освітлення пасажирського вагону. СУ призначена для автоматизованого управління електроустаткуванням пасажирського вагону. При впровадженні системи очікується економічний ефект за рахунок:

- зниження капітальних витрат на придбання і монтаж засобів СУ за рахунок застосування дешевшої панелі управління і контролера вітчизняного виробництва;

- зниження витрат на розробку і впровадження програмного забезпечення ПЗ СУ.

Для визначення витрат на розробку СУ, а також визначення економічної доцільності при впровадженні цієї системи управління, зробимо розрахунок капітальних витрат, визначимо і проаналізуємо показники економічної ефективності проекту.

4.3 Розрахунок капітальних витрат

Розрахуємо капітальні витрати, що пов'язані з виготовленням та впровадженням системи керування. Визначення проектних капітальних витрат проводиться за такою формулою:

$$K_{\text{пр}} = C_{\text{об}} + D_{\text{тр}} + M_{\text{мн}} \quad (4.1)$$

де $C_{\text{об}}$ – витрати на комплектуючі вироби;

$D_{\text{тр}}$ – витрати на транспортно-заготівельні витрати;

$M_{\text{мн}}$ – витрати на монтаж і налагодження системи.

Вартість комплектуючих деталей наведена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість комплектуючих системи

№ п/п	Найменування виробів згідно проектних розробок	Одиниця виміру	Кількість	Оптова ціна за од., грн.	Сума, грн.
1	Контролер VIPA 313-5BF13	од.	1	21320	21320
2	Модуль живлення PS307-1EA00 (5A) (AC220 V/ DC24 V, 5 A)	од.	1	3900	3900
3	Датчик температури	од.	1	690	690
4	Джерело живлення Carlo Gavazzi SPD24301	од.	2	1585	3170
5	Кабель КВВГ 4x1, 20 (м)	м	15	16	240
6	Кабель КПВВ-ВП 4x2x0.51	м	10	15	150
					29470

Витрати на транспортно-заготівельні і складські витрати визначаються по всіх розділах в залежності від вартості обладнання матеріалів, виробів, конструкцій, беруться 8 % від загальної вартості.

$$D_{\text{тр}} = C_{\text{об}} \times 0,08 \quad (4.2)$$

де $C_{\text{об}}$ – вартість комплектуючих, грн.

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають

$$D_{\text{тр}} = 29470 * 0,08 = 2357,6 \text{ грн.}$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаємо на рівні 7% від вартості обладнання.

$$M_{\text{МН}} = C_{\text{об}} \times 0,07 \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складуть

$$M_{\text{МН}} = 29470 * 0,07 = 2062,9 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок капітальних витрат на програмне забезпечення

4.3.1 Розрахунок часу на розробку програмного забезпечення

Трудомісткість розробки програмного забезпечення розраховується за формулою:

$$t = t_o + t_u + t_a + t_n + t_{\text{от}} + t_g \quad (4.4)$$

де t_o - витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;

t_u - витрати праці на дослідження алгоритму рішення завдання;

t_a - витрати праці на обробку блок-схеми алгоритму;

t_n - витрати праці на програмування по готовій блок-схемі;

$t_{\text{от}}$ - витрати праці на налаштування програм на ЕОМ;

t_g - витрати праці на підготовку документації по завданню.

Складові витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів у програмному забезпеченні.

Умовне кількість операторів у програмі:

$$Q = q \times c(1 + p), \quad (4.5)$$

де q – кількість операторів, які у програмі, приймаємо $q = 42$ (виходячи з ПЗ на мові Matlab);

c – коефіцієнт складності програми;

p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки.

Коефіцієнт складності «с» програми визначає відносну складність програми по відношенню до типового завданням, складність якого відповідає. Приймаємо $s=1,35$.

Коефіцієнт корегування програми «р» визначає збільшення обсягу робіт за рахунок внесення змін в алгоритм або програму в результаті уточнення постановки завдання. Величина р приймемо рівною 0,1.

Таким чином, для програми, описаної в кваліфікаційній роботі:

$$Q = 42 * 1,35(1+0,1) = 62,37.$$

Оцінка витрат праці на підготовку і опис завдання в даній кваліфікаційній роботі складають 35 люд.-годин.

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з урахуванням уточнення опису та кваліфікації програміста за формулою:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (4.6)$$

де B - коефіцієнт збільшення витрат праці приймаємо $B = 1,5$;

k - коефіцієнт кваліфікації програміста, які визначається залежно від стажу роботи за спеціальністю.

У нашому випадку коефіцієнт кваліфікації програміста становить $k=1,2$.

Для розроблювального програмного забезпечення:

$$t_u = \frac{62,37 * 1,5}{80 * 1,2} = 1 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати на розробку алгоритму рішення завдання визначаються за формулою:

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (4.7)$$

Для розроблювального програмного забезпечення:

$$t_a = \frac{62,37}{20 * 1,2} = 3 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати праці на складання програми по готовій блок-схемі алгоритму визначаються за формулою:

$$t_n = \frac{Q}{(20...25) \cdot k}, \text{ люд.-годин} \quad (4.8)$$

Для розроблювального програмного продукту:

$$t_n = \frac{62,37}{20 * 1.2} = 3 \text{ люд. -годин.}$$

Витрати праці на налагодження програми на ЕОМ розраховуються за формулою:

$$t_{\text{нал}} = \frac{Q}{(4...5) \cdot k}, \text{ ЛЮД.-ГОДИН} \quad (4.9)$$

Для конкретного програмного продукту:

Витрати праці на підготовку документації по завданню визначаються за формулою:

$$t_d = t_{\text{др}} + t_{\text{до}}, \text{ люд.-год,} \quad (4.10)$$

де $t_{\text{др}}$ – трудомісткість підготовки матеріалів до написання;

$t_{\text{до}}$ – трудомісткість редагування, друку та оформлення документації.

$$t_{\text{др}} = Q / (15...20) \cdot k, \quad (4.11)$$

$$t_{\text{до}} = 0,75 t_{\text{др}} \quad (4.12)$$

$$t_{\text{до}} = 0,75 * 2,88 = 2 \text{ люд.-год.}$$

Для програмного забезпечення, що розроблено в кваліфікаційної роботі:

$$t_d = 3 + 2 = 5 \text{ люд.-год.}$$

Трудомісткість розробки програмного забезпечення становитиме:

$$t = 30 + 1 + 3 + 3 + 10 + 5 = 57 \text{ людино-годин.}$$

4.3.2 Розрахунок витрат на розробку програмного продукту

Витрати на розробку програмного продукту включають витрати на заробітну плату розробника програми $Z_{\text{зп}}$ і вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ $Z_{\text{мі}}$

$$K_{\text{пз}} = Z_{\text{зп}} + Z_{\text{мі}}, \text{ грн.} \quad (4.13)$$

Заробітна плата розробника програмного забезпечення:

$$Z_{\text{зп}} = t \cdot C_{\text{спр}}, \text{ грн.} \quad (4.14)$$

де t – загальна трудомісткість обробки програмного забезпечення;

$C_{\text{пр}}$ – середня годинна тарифна ставка програміста становить:

$$C_{\text{пр}} = 100 \text{ грн./час.}$$

Заробітна плата за розробку програмного забезпечення дорівнює:

$$Z_{\text{зп}} = 100 * 85 = 8500 \text{ грн.}$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ:

$$Z_{\text{мв}} = t_{\text{нал}} C_{\text{мч}}, \text{ грн.} \quad (4.15)$$

де $t_{\text{нал}}$ – трудомісткість налагодження програми на ЕОМ, людино-годин;

$C_{\text{мч}}$ - вартість машино-години ЕОМ, грн. / год ($C_{\text{мч}} = 10 \text{ грн. / год}$).

$$Z_{\text{мв}} = 10 * 10 = 100 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення системи керування становитимуть:

$$K_{\text{ПЗ}} = 8500 + 100 = 8600 \text{ грн.}$$

Очікувана тривалість розробки програмного забезпечення:

$$T = \frac{t}{B_k \cdot F_p}, \text{ міс.} \quad (4.16)$$

де B_k – кількість розробників, так як програма в кваліфікаційні роботи розроблялася однією людиною, то $B_k = 1$;

F_p – місячний фонд робочого часу ($F_p = 176 \text{ годин}$).

Визначимо тривалість розробки ПЗ:

$$t_{\text{нал}} = \frac{57}{1 * 176} = 0,32 \text{ міс.}$$

Розрахувавши всі показники використовуємо формулу 4.1 і розраховуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{пр}} = 29470 + 2357,6 + 2062,9 + 8600 = 42490,5 \text{ грн.}$$

Вартість системи керування, що знаходиться в експлуатації становить 23000,0 грн.

Використовувана система в розрахунках прийнята за базовий варіант.

$$\Delta K = K_{\text{пр}} - K_{\text{баз}} = 42490,5 - 23000,0 = 42490,5 - 19490,5 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати розраховуються за формулою:

$$C_e = C_a + C_z + C_{ВКП} + C_{p.o.} + C_{ee} + C_{інш}, \quad (4.17)$$

де C_e - річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування;

C_a - амортизація основних фондів;

C_z - заробітна плата обслуговуючого персоналу;

$C_{іншa}$ - відрахування на соціальні заходи;

$C_{p.o.}$ - витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання;

C_{ee} - вартість електроенергії;

$C_{інш}$ - інші витрати.

Визначимо експлуатаційні витрати при впровадженні системи керування.

4.4.1 Амортизація основних фондів

Залежно від групи, до якої віднесено той, чи інший об'єкт основних засобів, встановлено мінімально-допустимі строки їх амортизації.

Обладнання, розробленої в кваліфікаційній роботі системи керування, належить до 4 групи (машини та обладнання). Передбачуваний термін експлуатації системи становить 3 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визначається за формулою:

$$H_a = (2 / T) * 100\% \quad (4.18)$$

де T - термін корисного використання об'єкта;

H_a - норма амортизації.

$$C_a = (ПВ * H_a) / 100\%, \quad (4.19)$$

де C_a - амортизація основних фондів (річна);

$ПВ$ - первинна вартість, дорівнює капітальним витратам $ПВ = K$.

Отже, норма амортизації для проектованої системи керування складе:

$$H_a = (2/3) * 100\% = 66\%$$

Сума амортизації для проектованої і базової системи становитиме:

$$C_{a.pr} = 42490,5 * 0,66 = 28043,73 \text{ грн.}$$

$$C_{a.баз} = 23000,0 * 0,66 = 15180 \text{ грн.}$$

4.4.2 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{ном.рік} = (T_k - T_{вих.св} - T_{відп}) * T_{зм}, \text{ ГОДИН} \quad (4.20)$$

де T_k – календарний фонд робочого часу, 365 днів;

$T_{вих.св}$ – вихідні дні та свята, 114 дні;

$T_{відп}$ – відпустка, 21 день;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, 8 год.

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{ном.рік} = (365 - 114 - 21) * 8 = 1\,840 \text{ годин.}$$

Для керування процесом задіяні 1 оператор НМІ, 2 технологи і 1 спеціаліст з електроустаткування.

Після впровадження проектованої системи керування штат персоналу не зміниться, отже заробітна плата і відрахування на соціальні заходи будуть однакові.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Розрахунок заробітної плати персоналу

п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол	Годинна тарифна ставка, грн. / ч.	Номінальний річний фонд робочого часу (годину)	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
	Налад.електро-обладнання	1	30	1840	66500	5520	4655	76675
	Технолог	2	28	1840	105100	10310	7357	122767
	Інженер-електронщик	1	32	1840	74880	7488	5241,6	87610
	Разом							287051,6

$$C_{з.pr} = C_{з.баз} = 287051,6 \text{ грн.}$$

4.4.3 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються за формулою:

$$C_{\text{Спер}} = 0,18 * C_3 \quad (4.21)$$

$$C_{\text{с.пр}} = C_{\text{с.баз}} = 0,18 * 287051,6 = 51669,29 \text{ грн.}$$

4.4.4 Розрахунок витрат на технічне обслуговування та ремонт

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5% від величини капітальних витрат:

$$C_{\text{то.гр}} = 0,05 \cdot K \quad (4.22)$$

$$C_{\text{р.о.пр}} = 0,05 * 42490,5 = 2124,53 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{р.о.баз}} = 0,05 * 23000,0 = 1150 \text{ грн.}$$

4.4.5 Витрати на електроенергію

Розрахуємо вартість електроенергії, споживаної системою керування, розробленої у проекті:

$$C_{\text{еє}} = K_e * K_{\text{др}} * ds * T \quad (4.23)$$

де K_e – кількість електроенергії, спожите проектованою системою керування за годину, 0,4 кВт * год;

$K_{\text{др}}$ – кількість робочих днів у році ($K_{\text{др}} = 365 - 114 = 251$ день);

ds – тривалість зміни, 8 годин;

T – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 2,26 грн. за кВт без ПДВ. З урахуванням ПДВ тариф $T = 2,26 * 1,2 = 2,712$ грн).

$$C_{\text{еє.пр}} = 0,4 * 251 * 8 * 2,712 = 2178,28 \text{ грн.}$$

Кількість електроенергії, спожите системою керування, що знаходиться в експлуатації – 0,5 кВт * год

$$C_{\text{еє.баз}} = 0,5 * 251 * 8 * 1,96 = 1967,84 \text{ грн.}$$

4.4.6 Інші витрати

Інші витрати з експлуатації об'єкта проектування включають витрати з

охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = C_3 \cdot 0,04 \text{ грн.} \quad (4.24)$$

$$C_{\text{інш.пр}} = C_{\text{інш.баз}} = 287051,6 \cdot 0,04 = 11482,06 \text{ грн.}$$

За формулою 4.17 розраховуємо річні експлуатаційні витрати для проектного та базового варіантів:

$$C_{\text{пр}} = 28043,73 + 287051,6 + 51669,29 + 2124,53 + 2178,28 + 11482,06 = 382549,49 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{баз}} = 15180 + 287051,6 + 51669,29 + 1150 + 1967,84 + 11482,06 = 368500,79 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.3 – Експлуатаційні витрати

Назва показника	Базовий варіант	Проектний варіант
Амортизація	15180	28043,73
Фонд заробітної плати	254031	254031
Відрахування на соціальні виплати	51669,29	51669,29
Ремонт та технічне обслуговування	1150,3	2124,53
Електроенергія	1967,8	2178,3
Інше	11482	11482
Загалом	368500,79	382549,49

Таким чином, економія експлуатаційних витрат становитиме:

$$\Delta C = C_{\text{пр}} - C_{\text{баз}}, \text{ грн.} \quad (4.25)$$

$$\Delta C = 382549,49 - 368500,79 = 14\,048,7 \text{ грн.}$$

4.5 Висновки

Таблиця 4.3 - Економічні показники

Найменування показників	Од. вимірювання	Показники базового варіанту системи	Показники проектного варіанту системи
Капітальні витрати	грн.	23000,0	42490,50
Експлуатаційні витрати, всього	грн.	368500,79	382549,49 -
В тому числі: - амортизація	грн.	15180	28043,73
- заробітна плата обслуговуючого персоналу	грн.	254031	254031
- відрахування на соціальні заходи	грн.	51669,29	51669,29
- технічне обслуговування та поточний ремонт системи керування	грн.	1150,3	2124,53
- вартість споживаної електроенергії	грн.	1967,8	2178,3
- інші витрати	грн.	11482	11482
Додатковий прибуток	грн.	-	17130,32
Річний економічний ефект	грн.	-	17274,8
Коефіцієнт ефективності			0,18
Термін окупності капітальних вкладень	років	-	5,55

При впровадженні проектованої системи капітальні витрати складають 42,5 тис. грн. Річні експлуатаційні витрати, пов'язані з впровадженням системи 382,6 тис. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Розробка ефективної системи освітлення в приміщеннях з ПОЕМ

Виконувати роботу за енерговитратами можна віднести до категорії легкої І б. Отже, з таблиці видно, що мікроклімат приміщення забезпечує комфортні умови роботи (не викликає значного напруження терморегуляції). По природному освітленню кут падіння світла достатній для ефективного виконання роботи працівниками, тому що робочі поверхні близько біля вікна. Світловий коефіцієнт розраховувався в залежності від площі заскленої поверхні вікон до площі підлоги. За природного освітлення кут падіння світла є достатнім для ефективного виконання роботи, тому що робочі поверхні знаходяться близько біля вікна. В кабінеті забезпечується добра інсоляція і хороше (але не оптимальне) природне освітлення. Час інсоляції становить 5-6 годин. Світловий коефіцієнт розраховувався залежно від площі заскленої поверхні вікон до площі підлоги. Світловий коефіцієнт 1,6, що є нормою.

Гігієнічна оцінка штучної освітленості вказала на її недостатність.

Штучне освітлення поверхні екрану ПЕОМ не знаходиться в межах норми і становить 200 лк (норма не менше 300 лк). У відповідності до таблиці враховуючи специфіку роботи операторів обов'язково необхідні технічні методи підвищення умов праці роботи за комп'ютером. У приміщенні розташовано 5 комп'ютерів. Для якісного зображення, запобігання стомлювання очей та зменшення помітного блимання екрану частота кадрової розгортки звичайного монітора з роздільною здатністю 1024x768 повинна бути не менше 75 Гц.

З рекомендацій поліпшення умов праці і переведення їх в клас (1-оптимальний) необхідно використовувати в світильниках більш потужні світлодіодні лампи в денний час і в вечірній час (комбіноване освітлення): люмінесцентні лампи типу ЛБ і КЛЛ або світлодіодні.

Важливо забезпечити відповідну рівномірність освітлення та зменшити глибини пульсації освітленості. Для цього можна скористатись різними способами:

- включенням ламп в світильниках з люмінесцентними лампами за схемами, що забезпечують живлення частини ламп відстаючим, а частини ламп випереджаючим струмом;
- почерговим приєднанням сусідніх світильників в ряду (рідше сусідніх рядів) до різних фаз мережі;
- придбання світлотехнічного обладнання (світильників, ламп, ПРА), а також комп'ютерної техніки за погодженням з відділом охорони праці на основі обґрунтованого вибору, а не випадковою закупівлі.
- необхідно використовувати люмінесцентні лампи більшої потужності в системі загального освітлення;
- необхідно використовувати люмінесцентні лампи більшої потужності в системі місцевого освітлення, але енергетично і економічно менш витратних;
- для зменшення сліпучого дії пропонуємо збільшити висоту підвісу світильників загального освітлення, зменшити яскравість ламп в світильниках установкою арматури з оптимальним захисним кутом молочного світла з розсіюєчим склом.

На основі проведеного аналізу була поставлена задача з визначення кількості світильників та розрахунку їх місця розташування для забезпечення освітленості, яка відповідає поставленим завданням - психофізіологічної і гігієнічної оцінці ефективності умов світлодіодного освітлення. Так, зміни функціонального стану органу зору пропонується оцінювати на підставі досліджень визначення розумової працездатності та уваги пов'язаної з центральною ланкою органу зору. Для вирішення цих завдань скористались програмою DIALux.

В якості базових ДС для порівняння зі світлодіодними були обрані люмінесцентні лампи (ЛЛ). Вони були досить широко і глибоко обстежені з точки зору психофізіологічного і гігієнічного впливу їх випромінювання на організм людини. Впливу люмінесцентного освітлення на роботу зорового аналізатора присвячена велика кількість робіт різних фахівців і вчених, де

встановлено позитивний вплив випромінювання ЛЛ на орган зору і організм в цілому при грамотному виконанні освітлювальної установки (ОУ). Для експериментальних досліджень були обрані світильники наступних виробників: корейського підприємства ТОВ «Непесов» (світильники ADV / К 414/600 / IP65 / IP6); ТОВ «ОСП Корпорація ВАТРА» – світлотехнічне виробниче підприємство, що займається проектуванням, конструюванням та виготовленням освітлювальних приладів. Вимоги до кількісних і якісних показників загального освітлення в приміщеннях громадських і адміністративних будівель, де виробляються зорові роботи розряду а-2, обраного нами за базовий, представлені в табл. 5.1. Для розрахунку кількості скористались відповідним калькулятором (рис. 5.1).

Таблиця 5.1 – Нормовані кількісні та якісні показники світлового середовища основних приміщень громадських і адміністративних будівель

Номер	Площина нормування світла (G - горизонт- В - вертикально,	Розрядження та підзарядки роботи	Освітлення у верхній частині загального освітлення,	Пульсація вісника, не більше
Основні приміщення громадських та адміністративних будівель	G-0.8 (0,8)	а-2 (2)	400	10

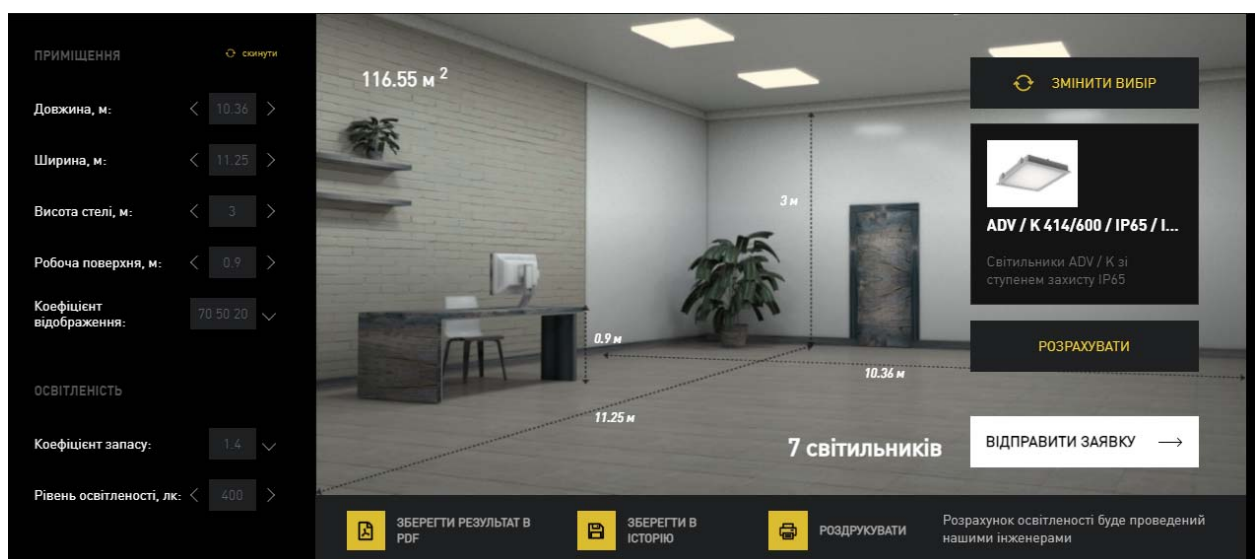


Рисунок 5.1 – Калькулятор для розрахунку кількості світильників

В якості моделі зорової роботи обрана робота розумового і Коректорська типу тривалістю 90 хв. робота протягом 1,5 год по обраної моделі еквівалента по зорового стомлення роботі в реальних виробничих умовах протягом повного робочого дня.

Експериментальні дослідження проводилися при трьох рівнях освітленості, які є найбільш характерними для виконання зорових робіт в приміщеннях різного функціонального призначення: 200, 400 і 1 000 лк. Крім цього, варіювалася колірна гамма температури $T_{\text{цв}}$ випромінювання ДС: 3 000, 4 000 і 5 000 К.

Перед обладнанням експериментальних приміщень світильниками варіанти освітлення були змодельовані в програмі DIALux. Це дозволило виконати вимоги нормативних документів, що пред'являються до загального освітлення громадських та адміністративних будівель. Моделювання варіантів освітлення за допомогою програми DIALux визначило висоту підвісу світильників, що забезпечує на робочій поверхні освітленість $E = 1\ 000$ лк (рис. 5.2...рис. 5.4). Інші, більш низькі, рівні освітленості створювалися диммерування світлового потоку.

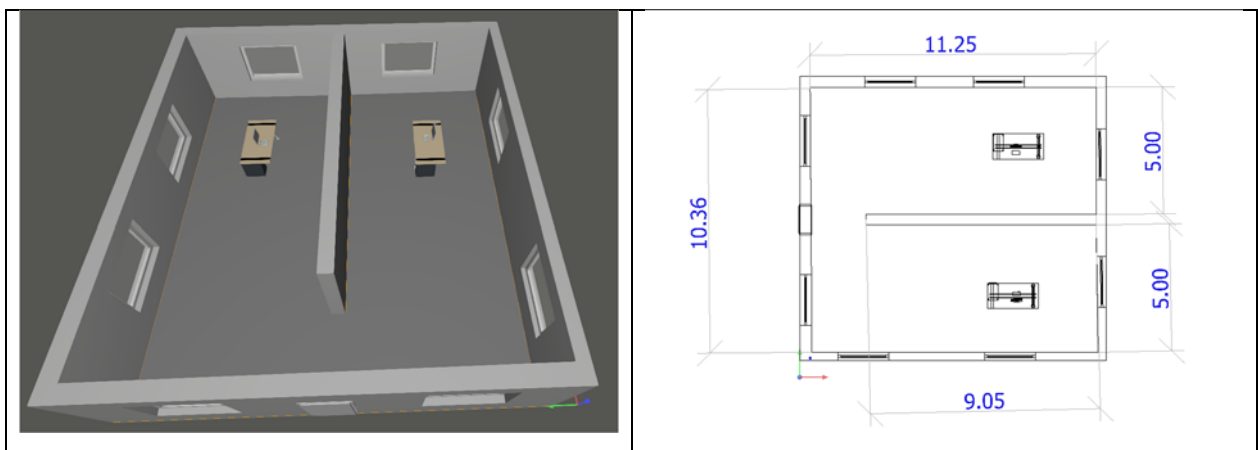


Рисунок 5.2 – Загальний вигляд приміщення з робочим столом з ПЕОМ

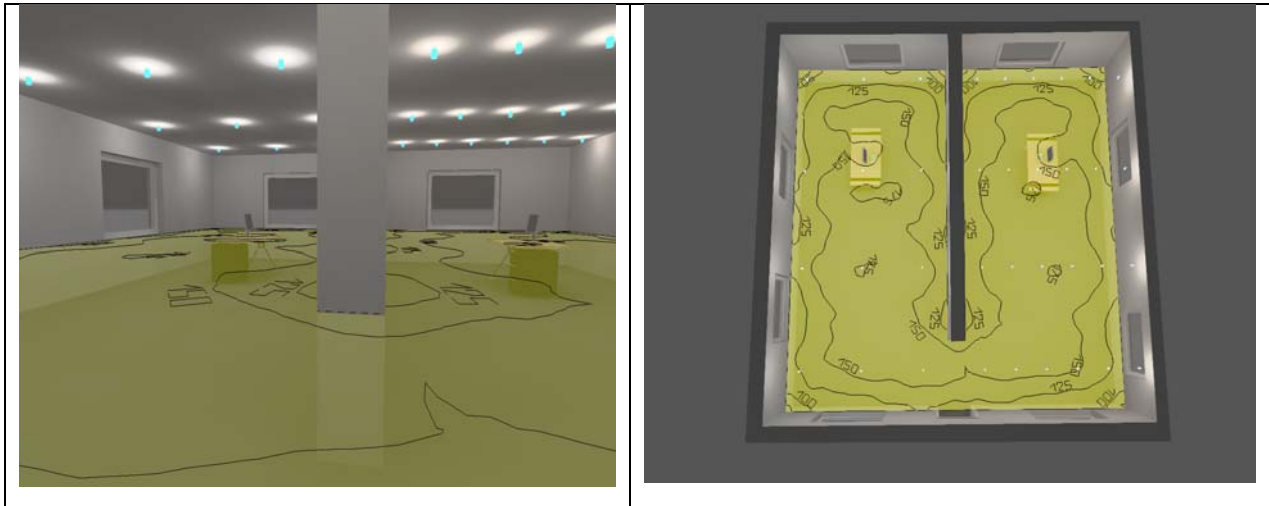


Рисунок 5.3 – Визначення рівномірності освітлення люмінесцентними лампами

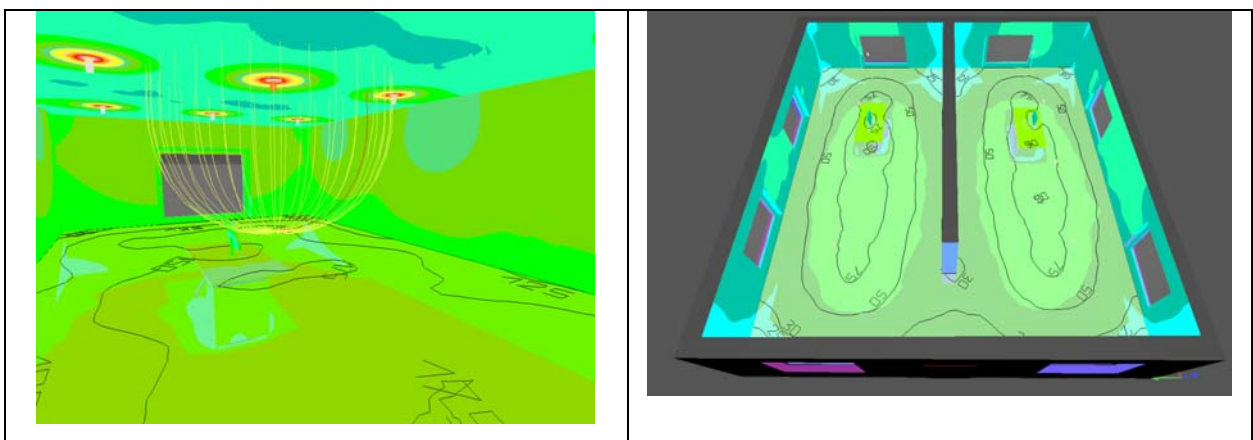


Рисунок 5.4 – Визначення рівномірності освітлення світлодіодними лампами

Отримані в ході досліджень результати дозволяють сформулювати вимоги для розташування світлодіодного освітлення і розробити практичні рекомендації щодо реалізації освітлення зі світлодіодними ДС, які сприятимуть оптимізації умов праці при виконанні напружених розумових і зорових робіт. Також матеріали даний розрахунок дозволяє внесення змін у розташування ламп, що визначають вимоги до кількісних і якісних показників ОУ, виконуваних на основі світлодіодних ДС. Пропоновані зміни пов'язані з уточненням рекомендованих значень колірної температури $T_{cв}$, об'єднаного показника дискомфорту UGR і коефіцієнта пульсації освітленості.

5.2 Дослідження впливу роботи за комп'ютером на втомлюваність людини

У дослідженнях брали добровільну участь студенти віком 20-25 років. Попереднє обстеження учасників експерименту включало визначення рефракції, гостроти зору, а також проведення комп'ютерної томограми сітківки. у всіх відібраних спостерігачів рефракція була переважно емпетропічна, гострота зору на обидва ока - 1,0, світло-колірного без патології. Крім цього, студенти пройшли електрокардіографічне обстеження і електроенцефалографічне дослідження функціональної активності головного мозку.

Відібрані спостерігачі в кількості 60 чоловік були випадковим чином розбиті на дві групи по 30 чоловік у кожній: контрольна (експеримент при люмінесцентному освітленні) і основна (експеримент при світлодіодному освітленні). число спостерігачів і кількість експериментів визначалося згідно з вимогами отримання статистично достовірних даних і заданої тривалості часу проведення досліджень.

Перед початком експериментальних досліджень всі спостерігачі пройшли 10-денне тренування по методикам досліджень до отримання стабільних результатів.

Після закінчення експериментальних досліджень ми провели повторне обстеження спостерігачів пройшли повторне обстеження, щоб виявити, чи не має світлодіодне освітлення негативного впливу на орган зору і соматичний статус організму людини. результати експерименту заносилися в спеціальні протоколи, на підставі яких проводилась їх статистична обробка за допомогою пакета Statistica 6.0, після чого робилися відповідні висновки про ефективність умов освітлення.

Згідно з результатами досліджень, проведених за допомогою розробленої комплексної методики психофізіологічної і гігієнічної оцінки, нами був складений психофізіологічний портрет «стомлення», що дає цілісне уявлення про вплив світлодіодного освітлення на орган зору і організм людини в цілому.

Проведення серії аналогічних експериментів показало, що розроблена комплексна методика психофізіологічної і гігієнічної оцінки ефективності світлодіодного освітлення успішно пройшла апробацію в лабораторних умовах.

В ході досліджень також було встановлено, що світлодіодне освітлення не викликає шкідливого впливу на орган зору і організм людини в цілому. Мали місце при виконанні зорових робіт зміни досліджених функціональних показників органів зору й організму входять до відповідних кордону фізіологічних коливань і мають оборотний характер.

Як інтегральних показників ефективності світлодіодного освітлення нами були запропоновані ступінь зорового стомлення і зорової працездатності. У табл. 2 для досліджених умов освітлення представлено результати розрахунку зорового стомлення (ЗС) по динаміці тимчасового порогу ахроматичної адіспаропії.

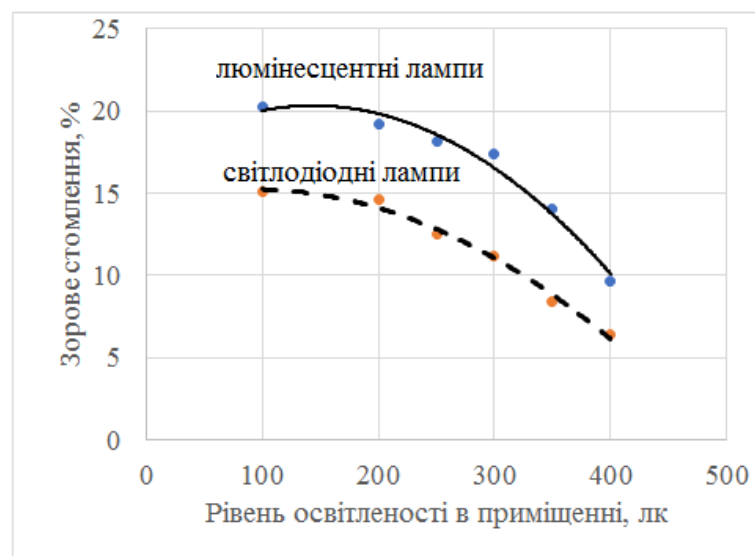


Рисунок 5.5 - Залежність зорового стомлення від освітленості приміщення

Показник зорового стомлення A розраховувався за формулою:

$$A = \left(1 - \frac{t_j}{t_i}\right) 100\% \quad (5.1)$$

де A - зорове стомлення;

t_j - час ахроматичної адіспаропії після зорової роботи;

t_i - час ахроматичної адіспаропії до зорової роботи.

Згідно табл. 5.2, з ростом рівня освітленості зорове стомлення знижується.

Таблиця 5.2 - Зорове стомлення (за даними часу ахроматичної адіспаропії)
в різних умовах освітлення

Рівень освітленості, лк	Зорове стомлення від люмінесцентних ламп, %	Зорове стомлення від світлодіодних ламп, %
100	20,3	15,1
200	19,2	14,6
250	18,2	12,5
300	17,4	11,2
350	16,6	8,4
400	9,7	6,4

Розрахунки показали, що при $E = 400$ лк зорове стомлення недостовірно ($p > 0,05$) при всіх досліджених значеннях $T_{цв}$ як при люмінесцентному, так і при світлодіодному освітленні. Також було встановлено, що при світлодіодному освітленні в процесі півторагодинний зорово-напруженої роботи розвивається менше. Найменша ЗС при світлодіодному освітленні характерно для $T_{цв} = 4\ 000$ К і $T_{цв} = 5\ 000$ К при рівні освітленості $E = 400$ лк.

5.3 Висновки за розділом

У цьому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблені інженерно-технічні заходи по охороні праці.

ВИСНОВКИ

У якості об'єкта управління виступає система управління освітленням пасажирського купейного вагону. Головною метою роботи є розробка моделі системи електрозабезпечення пасажирського купейного вагону. Актуальність роботи підтримується необхідністю модернізації систем управління які використовуються з 70 років минулого століття та вже встали морально та фізично застарілими.

В кваліфікаційній роботі проведено аналіз технологічного процесу забезпечення освітлення пасажирського купейного вагону.

Відповідно до вимог до системи управління виконаний вибір апаратного забезпечення автоматизованої системи управління технологічним обладнанням.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об'єкту управління та може бути використана для подальшої розробки системи управління.

Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи управління.

Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення та модифікації програмного коду з метою підвищення швидкодії.

Проведені техніко-економічні розрахунки по створенню і експлуатації автоматизованої системи управління освітленням пасажирського купейного вагону.

Проведений аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників, розроблені інженерно-технічні заходи по охороні праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rVf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Електричне обладнання вагонів: Навч. посібник /В.В. Бондаренко, В.В. Обуховський, В.М. Шатаєв. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 258 с, рис. 112, табл. 36. ISBN 978-617-654-050-2
6. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни “системи управління, контролю та діагностики енергетичного обладнання пасажирських вагонів / Укладачі: В.В. Бондаренко, Д.І. Скуріхін -Харків, 2017

7. Е.В.Білошицький, Рухомий склад залізниць і тяга поїздів. - Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2018, № 1 (73).
8. Лазаренко А.А., Хованський С.О. Моделювання теплового стану пасажирського вагону купейного типу з комбінованою системою опалення. Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.): тези доповідей. Суми: Сумський державний університет, 2020. с. 323.
9. Електричне обладнання вагонів: Навч. посібник /В.В. Бондаренко, В.В. Обуховський, В.М. Шатаєв. –Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 258 с, рис. 112, табл. 36. ISBN 978-617-654-050-2
10. Зыков Ю.В. Расчёт и выбор энергетического оборудования пассажирского вагона и вагоноремонтного предприятия: Методическое пособие УрГУПС, –Екатеринбург, 2009, –66 с.
11. Вагоны и вагонное хозяйство: Методическое руководство к дипломному проектированию /В.Ф. Лапшин, М.В. Орлов, А.Г. Пяткова и др.; Под общ. ред. проф. М.В. Орлова. 2-е изд., доп. и испр. –Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2005, –120 с.
12. Силаев Ф.А. Разработка и исследование системы электроснабжения пассажирского вагона нового поколения /Четырнадцатая Междунар. науч.-технич. конф. студентов и аспирантов: тез. докл. В3 т. Т. 2. Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. –М.: Издательский дом МЭИ, 2008, –с. 127–129.
13. Инструкция по эксплуатации автоматизированной системы контроля подвижного состава в пути следования (АСК ПС), 2000.
14. Правила охраны труда на железнодорожных станциях.- Минск, 2003.
15. Инструкция по пожарной безопасности.–Гомель, 1998.
16. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

17. Справочник проектировщика АСУТП под ред. Г.Д. Смелянского –М; 1983 г.
18. Руководство по проектированию систем автоматического управления, под ред. проф. В.А. Бесекерского, –М.: Высшая школа, 1983 г.
19. А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие.; –М.: Энергия, 1980, –512 с.
20. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.0.003-74 (1999) ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
21. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2000.
22. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
23. ДСТУ Б.А.3.2-12:2009. Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги
24. ДНАОП 0.03-33.14-85. Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях.
25. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.
26. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2001.
27. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2011. – 235с
28. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207.
29. Охорона праці в галузі. Конспект лекцій для студентів Інституту електроенергетики. / Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2013. – 86 с.

30. Методичні рекомендації з виконання заходів стосовно охорони праці при роботі з ПЕОМ та розрахунку освітлення у дипломних проектах студентів усіх спеціальностей/ Уклад. В.І. Голінько, В.Ю. Фрундін, Ю.І. Чеберячко, М.Ю. Іконніков. - Дніпропетровськ: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2013.- 12 с.
31. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Державні санітарні правила і норми. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин
32. ДСТУ 7234:2011 Дизайн і ергономіка. Обладнання виробниче. Загальні вимоги дизайну та ергономіки
33. ДСТУ 7950:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце під час виконання робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги.
34. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги
35. ДСТУ 3191-95 (ГОСТ 12 2.137-96) Обладнання для кондиціонування повітря та вентиляції
36. Електроний ресурс: <https://studref.com/508660/tehnika/kontaktory>
37. Електроний ресурс: <https://en.ppt-online.org/231525>
38. Електроний ресурс: <http://m.ua.wbacsensor.com/voltage-sensor/ac-voltage-sensor/dc-voltage-transducer-input-0-150v-dc-output.html>
39. Електроний ресурс: https://abb-elektro.com.ua/nizkovoltnoe-oborudovanie/3583-kontaktor-korpusnyj-1-no-9a-24-60dsabb-af09-30-10-11.html?gclid=CjwKCAjw_JuGBhBkEiwA1xmbRZQxWIPXAуcymf_jMQHНМр0klxbТ3otmv56NkotHtLOWoKA-ofqhxBoCaGIQAvD_BwE

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.17.01.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.17.07.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.17.07.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.17.07.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.17.07.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.17.07.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.17.07.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Казначеев		25.05.21		1	1
П. конс.					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-17-1		
Н. контр.							
					Відомість проекту		

ДОДАТОК Б

Перелік компонентів для схеми електричної принципової

Позиційне позначення	Найменування	Кількість	Примітка
A1	ПЛК VIPA 214-2BS33	1	
A1-X4	Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40	1	
A1-X4	Модуль функціональний VIPA 250-1BS00	1	
A1-X5	Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00	1	
A3	Система управління мікрокліматом вагону	1	
BK1	Датчик напруги WBE418U13	1	
BK2	Датчик швидкості Autonics E40H8-1800-3-N-24	1	
G1, G2	Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301	2	
YA1...YA3	Контактор ABB AF09-30-10-11	3	

			Підп.	Дата	КІВС.КВР.151.17.07.ПЕЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.		25.05.21	Автоматизація процесу управління освітленням пасажирського вагону. Перелік елементів	Літ.	Аркуш	Аркушів			
Розробив		Казначесв					1	1			
Перевірів											
Н. контроль											
Перевірів											
						НТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-17-1					

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління освітленням пасажирського вагону », студента гр. 151-17-1 Казначеев Максим
В`ячеславович

Метою є розробка автоматизованої системи управління освітленням залізничного пасажирського вагону, для удосконалення існуючої системи управління.

В якості об'єкта управління виступає обладнання освітлення, для якого виконується розробка системи автоматичного управління освітленням вагону. Вхідними параметрами об'єкту управління є сигнали дискретного управління контакторами дозволу роботи для систематизованих груп світильників. Вихідними параметрами об'єкту управління є напруга системи електроживлення вагону, та швидкість руху вагону. Система управління освітленням під'єднання до загально промислової мережі системі управління усім електрообладнанням вагону.

Основними функціями системи є формування, або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді. Система дослідження формує керуючий вплив у якості котрого виступає потужність нагріву за рахунок якої виконується нагрів води у котлу.

Така система може бути затребувана для будь-яких вагонів, де використовуються аналогічні схеми освітлення.

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «_____».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку «_____», а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ доц. Заславський О.М.

___.06.2021

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління освітленням пасажирського вагону », студента гр. 151-17-1 Казначеев Максим В`ячеславович

1. Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті - перевірки знань і ступеня підготовленості студента за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».
2. Актуальність роботи полягає в тому, що розробка та дослідження нової системи управління дозволить зменшити вплив основних недоліків технологічного обладнання.
3. Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи управління.
4. Повнота і глибина вирішення завдань, поставлених в завданні на кваліфікаційну роботу достатня.
5. В рамках кваліфікаційної роботи було визначено структуру регулятора та побудована його модель.
6. В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки «_____», за умови відповідного захисту.
7. Студент Казначеев Максим В`ячеславович присвоєння йому кваліфікації «бакалавр» за спеціальністю «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Рецензент, _____

____.06.2021