

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

Інститут електроенергетики  
(інститут)  
Електротехнічний факультет  
(факультет)  
Кафедра Відновлюваних джерел енергії  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню магістра**  
(бакалавра, спеціаліста,  
магістра)

студента Дикого Владислава Петровича  
(ПІБ)

академічної групи 141М-17-3  
(шифр)

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії  
(офіційна назва)

на тему Аналіз методів забезпечення зниження втрат напруги в  
живлячих мережах підприємства

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Шкрабець Ф. П.			
розділів:				
Розділ 1	Шкрабець Ф.П.			
Розділ 2	Шкрабець Ф.П.			
Розділ 3	Тимошенко Л.В.			
<b>Рецензент</b>				
<b>Нормоконтролер</b>	Циценков Д.В.			

Дніпро  
2018

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**  
завідувач кафедри  
Відновлюваних джерел енергії  
(повна назва)

Шкрабець Ф.П.  
\_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище, ініціали)

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**

**кваліфікаційної роботи ступеню** \_\_\_\_\_ **магістра**  
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента \_\_\_\_\_ **Дикого В.П.** \_\_\_\_\_ академічної групи \_\_\_\_\_ **141М-17-3** \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності \_\_\_\_\_ **141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка** \_\_\_\_\_  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_

за освітньо-професійною програмою \_\_\_\_\_ **Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії** \_\_\_\_\_  
(офіційна назва)

на тему \_\_\_\_\_ **Аналіз методів забезпечення зниження втрат напруги в** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ **живлячих мережах підприємства** \_\_\_\_\_

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ **12.11.18** № \_\_\_\_\_ **1913-л** \_\_\_\_\_

<b>Розділ</b>	<b>Зміст</b>	<b>Термін виконання</b>

**Завдання видано** \_\_\_\_\_ (підпис керівника) \_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

**Дата видачі** **10.10.2018**

**Дата подання до екзаменаційної комісії** **26.12.18**

**Прийнято до виконання** \_\_\_\_\_ (підпис студента) \_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

## Реферат

Пояснювальна записка: сторінок – 63, рисунків – 15, таблиць – 12, джерела посилань – 15.

Тема магістерського диплома: Аналіз методів забезпечення зниження втрат напруги в живильних мережах підприємства.

У першому розділі проведено характеристика переробної промисловості наведена її структура, приведена технологічна послідовність процесу виробництва цукру.

У другому розділі зроблено розрахунок характеристик цукрового заводу, розрахунок компенсації реактивної потужності, запропоновано впровадження СЕС для зниження втрат і розрахунок СЕС.

У техніко-економічному розділу проведені розрахунки вартості впровадження даних проекту, а також розрахована економічна ефективність від їх впровадження. Також розрахований період окупності розроблених систем електропостачання.

**ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНІ БАТАРЕЇ, ПОТЕНЦІАЛ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.**

## **Abstract**

Explanatory note: pages – 63, figures – 15, tables – 12, source – 15.

Theme of Master's Degree: Analysis of methods for reducing voltage losses in the supply networks of the enterprise.

In the first section, the characteristic of the processing industry is given, its structure is given, and the technological sequence of the sugar production process is given.

In the second section, the characteristics of the sugar factory are calculated, the calculation of reactive power compensation, the introduction of SES is proposed to reduce losses and the calculation of SES.

In the technical and economic section, the cost of implementing the project data was calculated, and the economic efficiency of their implementation was calculated. Also calculated the payback period of the developed power supply systems.

RENEWABLE SOURCES OF ENERGY, SOLAR BATTERIES, POTENTIAL, ELECTRICAL SUPPLY, COMPENSATION OF REACTIVE POWER.

## Зміст

<b>Список умовних позначень</b> .....	7
<b>Вступ</b> .....	8
<b>1. Технологічна частина</b> .....	10
1.1 Характеристика галузі .....	10
1.2 Ресурси, що витрачаються .....	14
1.3 Галузева структура переробної промисловості України .....	17
1.4 Технологічна схема обробки цукрових буряків і виробництва цукру .....	18
1.5 Висновки по розділу .....	26
<b>2. Спеціальна частина</b> .....	27
2.1 Характеристика споживачів і схеми зовнішнього електропостачання цукрового заводу .....	27
2.2 Розрахункові навантаження цехів .....	29
2.3 Дослідження ефективності методів забезпечення рівня напруги в живильних мережах .....	36
2.3.1 Поперечна компенсація втрат у мережі до 1 кВ та на 6 кВ .	36
2.3.2 Поздовжня компенсація втрат .....	43
2.3.3 Впровадження джерела ВДЕ .....	46
2.4 Висновки по розділу .....	53
<b>3. Економічний розділ</b> .....	54
3.1 Техніко-економічне обґрунтування .....	54
3.2 Розрахунок капітальних витрат .....	55
3.3 Розрахунок експлуатаційних витрат .....	57
3.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань .....	58
3.3.2 Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання .....	58
3.4 Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування .....	59
3.5 Визначення показників економічної ефективності .....	62

	6
3.6 Висновки по розділу 3 .....	62
<b>Висновки</b> .....	63
<b>Список використаної літератури</b> .....	64
<b>Додаток А</b> .....	66

## Список умовних позначень

ДПП – головна знижувальних підстанція;

ТП – трансформаторна підстанція;

СЕС – сонячна електростанція;

БК – батарея конденсаторна;

ЛЕП – лінія електропередачі;

ППК – пристрій поздовжньої компенсації;

ФЕМ – фото електричний модуль;

MPPT – відстеження точки максимальної потужності;

NASA – Національне Управління по Аеронавтиці і Космосу;

## Вступ

Такого як сьогодні розвитку альтернативних джерел енергії слід було очікувати. Катастрофічне погіршення екологічної ситуації у світі, а також необґрунтована економічна залежність від традиційних джерел, призвели до того, що вчені почали оцінювати енергетичний потенціал природних явищ і поступово знайшли методи його використання. Так, зараз людство має можливість використовувати енергію сонця, вітру, руху води, тепла та ін.

Кількість сонячного випромінювання, що потрапляє на Землю, настільки велика, що в кілька десятків тисяч разів перевищує потребу в ньому всього людства. Це означає, що при правильній організації використання цієї енергії на всій планеті, людство зможе забезпечити себе постійним потоком електроенергії всього з одного джерела. При цьому, завдяки його відновлюваності, ми не зможемо перевищити свої потреби і привести до нестачі ресурсів.

Розвиток технічної та законодавчої бази відновлюваних джерел енергетики і стійкі тенденції зростання вартості паливно-енергетичних ресурсів вже сьогодні визначають техніко-економічну перевагу електростанцій, які використовують відновлювані джерела енергії. Очевидно, що в перспективі ці переваги будуть збільшуватися, розширюючи сфери застосування відновлюваної енергетики та збільшуючи її внесок у світовий енергетичний баланс.

Основний тренд пов'язаний з переходом до використання цих установок в якості регулярного джерела, а не тільки для резервної потужності, що в підсумку призводить до доповнення великої централізованої генерації в енергосистемі і до її заміщення при збереженні зв'язку між ними.

**Об'єкт дослідження** – процеси генерації та споживання електричної енергії.

**Предмет дослідження** – фотоелектричні станції.



**Мета дослідження.** Метою дослідження є аналіз методів забезпечення зниження втрат напруги підприємства та економічного ефекту від компенсації споживання електроенергії в підприємстві за рахунок СЕС.

**Основні задачі дослідження:**

- аналіз переробної промисловості та вибір впровадження досліду
- приведення характеристики споживачів, схеми зовнішнього електропостачання цукрового заводу та розрахунок навантажень.
- розрахунок поперечної компенсації втрат.
- розрахунок поздовжньої компенсації втрат.
- розрахувати сонячну електростанцію.
- виконати техніко-економічні розрахунки.

**Наукова новизна роботи** полягає у аналізі ефективності компенсації навантаження електроспоживання за рахунок сонячних електростанцій.

**Практична цінність роботи** полягає в розробці рекомендацій щодо використання СЕС для компенсації навантажень на підприємстві.

**Економічний ефект** полягає в можливості зменшення витрат на оплату електричної енергії з мережі за рахунок енергії, виробленої СЕС.

**Соціальний ефект** – використання сонячних електростанцій дозволяє покращити екологічний стан та підвищити заробітну плату за рахунок економії коштів підприємством.

## 1. Технологічна частина

### 1.1 Характеристика галузі

Переробна промисловість посідає значне місце у функціонально-галузевої структурі агропромислового комплексу і розвивається у тісному взаємозв'язку з центральною його ланкою – сільським господарством. Споживаючи понад 50% продукції сільського господарства України, вона значною мірою забезпечує тваринництво кормовими ресурсами за рахунок вторинних відходів виробництва і вироблюваних кормових продуктів. Харчова промисловість України представлена більш як 40 спеціалізованими галузями і виробництвами, які об'єднано в харчосмакову, м'ясну, молочну і рибну промисловість. Харчову продукцію виробляють також підприємства борошномельно-круп'яної промисловості та комбікормової промисловості, частково мікробіологічної промисловості, громадського харчування, ряд інших підприємств.

У дореволюційний період в Україні зростання харчової промисловості як галузі індустріального виробництва почалося в основному з другої половини XIX ст. Заводське виробництво цукру з'явилося дещо раніше. Першу цукроварню в Україні збудовано в 1824 р. у с. Трощині (тепер Канівського району Черкаської області). У 1913 р. з 242 цукрових заводів Росії 203 діяли в Україні. Технічне оснащення цукрової промисловості було вищим ніж інших галузей харчової промисловості. До рівня фабричного виробництва наблизилася спиртова промисловість, в якій переважали підприємства капіталістичного типу. Виробництво вина було розвинуте на Півдні України. Паро механізовані заводи діяли в олійна-жировій промисловості. У 1913 р. в Україні було понад 2000 дрібних олійниць. Інші галузі харчосмакової промисловості були менш розвинуті. Консервну продукцію виробляли 34 напівкустарні

підприємства, зосереджені переважно в Херсонській, Таврійській та Київській губерніях. Потреба у хлібних та хлібобулочних виробках задовольнялася головним чином за рахунок домашнього виготовлення; у великих містах хлібопечення було представлене дрібними пекарнями. В кондитерській промисловості переважало кустарне виробництво; невеликі підприємства фабричного типу діяли в Києві, Одесі, Харкові та інших містах. Пивоваріння, хоч і мало високу питому вагу в загальному виробництві (у 1913 р. в Україні було 218 пивзаводів з 628 у країні), характеризувалося сезонністю виробництва і було зосереджене лише у великих містах.

Сіль добували дрібні солепромисловці, які орендували ділянки на морському узбережжі в Криму. Шахтне видобування солі в Донбасі (Артемівськ, Слов'янськ) та на Закарпатті (Солотвина) тільки почало розвиватись. У тютюновій промисловості навіть на великих фабриках механізація робіт була дуже низькою. На рівні ремесла і, рідше, мануфактури перебували й інші виробництва. М'ясна і молочна промисловість у дореволюційний період в Україні тільки почала розвиватися. Худобу переробляли переважно на дрібних кустарних бойнях у великих містах і промислових центрах. Молочна промисловість була представлена (1913 р.) 96 дрібними підприємствами, які в основному виробляли тваринне масло. Продукція з незбираного молока вироблялася на невеликому заводі у місті Одесі – одному з трьох підприємств такого типу, які діяли на той час у Росії. Близько 80% риби в Україні виловлювали в прибережних зонах Азовського та Чорного морів пасивними засобами лову. Частина вилову припадала на внутрішні водойми та великі річки. У 1913 р. в Україні діяло 1365 так званих великих підприємств, які виробляли продовольчі товари; на них припадало 43,5% валової продукції галузі.

За роки Радянської влади розвиток усіх галузей харчової промисловості України був тісно пов'язаний з індустріалізацією і

колективізацією сільського господарства країни. Було створено нові галузі – м'ясопереробну, молокопереробну, маргаринову, маслоробну, консервну та ін. Створення нових галузей та їх розвиток поліпшили галузеву структуру харчової промисловості.

Значення багатьох галузей харчової промисловості в системі суспільного виробництва визначається передусім тим, що їх продукція призначена для відновлення головної виробничої сили суспільства – робочої сили. Головне завдання харчування – забезпечення потреби організму в речовинах, відновлюючи витрачену енергію. Важлива роль харчової промисловості в тому, що вона полегшує домашню працю; фабричне виробництво харчових продуктів у розфасованому та упакованому вигляді скорочує трудові затрати працівників торгівлі, час споживачів на придбання продуктів.

Перероблюючи швидкопсувну сировину в транспортабельні продукти та продукти, які довго зберігаються, харчова промисловість забезпечує можливість міжрайонного обміну та дає змогу подолати сезонність споживання сільськогосподарської сировини, яка швидко псується. Харчова промисловість покликана забезпечити продуктами спеціального призначення різний контингент населення країни (космонавти, підводники, альпіністи, хворі та ін.), виробити сировину для решти галузей народного господарства: спирт, сіль, крохмаль, технічні жири, рослинне масло, пух, сировину для медичних препаратів. Відходи харчової промисловості (жом, рибне борошно та ін.) використовуються в сільському господарстві як компоненти кормів для тварин. Харчова промисловість своєю чергою пов'язана з іншими галузями народного господарства. Насамперед із сільським господарством, оскільки воно є основним постачальником сировини; з машинобудуванням (забезпечення технологічним обладнанням); ліською та целюлозно-паперовою промисловістю (забезпечення папером, картоном, фанерою, деревиною);

хімічною (забезпечення скляною і полімерною тарою, лаками, фарбами) та ін.

Співпраця з іншими країнами допомагає збагатити асортимент харчових продуктів в країні і забезпечити реалізацію вітчизняної продукції, обмінюватися найбільш прогресивними технологіями та устаткуванням.

Основна мета харчової промисловості – постійно задовольняти попит та потреби населення у високоякісних продуктах широкого асортименту задля збалансованого раціону харчування.

Невід'ємною частиною науково-технічного прогресу в харчовій промисловості є підвищення якості та біологічної цінності продуктів харчування. У наш час велика роль відводиться технологіям виробництва харчових продуктів, які ґрунтуються практично на всіх фундаментальних науках.

У 1940 р. частка України у загальносоюзному випуску продукції становила: з виробництва цукру – 73%, консервів – 31%, кондитерських виробів – 24,3%, олії – 19,9%, м'яса промислової переробки -19,3%.

У 1944 р. виробництво найважливіших харчових продуктів зменшилося проти 1940 р. у 7-13 разів. Але вже у 1952 р. за загальним обсягом виробництва продукції вона перевищила довоєнний рівень. На зміцнення матеріально-технічної бази харчової промисловості й поліпшення умов праці у 1971-1980 рр. було спрямовано 4,6 млрд крб, у тому числі 2,4 млрд крб за 1976-1980 рр. Було збудовано близько 160 нових об'єктів, розширено, реконструйовано і технічно переоснащено понад 500 підприємств. Зокрема, введено в дію великі цукрові заводи у Київській, Львівській, Полтавській, Тернопільській і Хмельницькій областях, соле шахти в Донецькій та Закарпатській областях, найбільший в Європі оліє екстракційний завод у м. Пологи (Запорізька обл.), ряд консервних підприємств[1].

## 1.2 Ресурси, що витрачаються

Хлібопекарне та макаронне виробництво. Макаронні вироби виготовляють тільки з продуктів помелу пшениці. В хлібопекарному виробництві використовують борошно з пшениці та жита, як домішки можна використовувати борошно з ячменю, кукурудзи та вівса.

В Україні вирощують м'яку та тверду пшеницю. М'яка буває ярова та озима. З твердої поширеніша ярова. Тверді пшениці використовують у макаронному виробництві. Також можна використовувати м'яку (склоподібність не менше 60%).

Якість питної води визначається стандартом. На кожному хлібозаводі має бути запас холодної води, розрахований на 8 год роботи, та гарячої – на 4 год роботи. Для приготування тіста на 100 кг борошна витрачають від 35 до 75 л питної води. В рецептуру деяких хлібобулочних виробів входить кухонна сіль у кількостях від 1 до 2,5% від маси борошна. В хлібо-пекарстві використовують пресовані, сухі та рідкі дріжджі, а також дріжджове молоко. Витрата пресованих дріжджів – 0,5-3% від маси борошна, рідких – 20- 35% від маси борошна. Також використовують цукор-пісок, жир. Цукор-пісок додають у кількості 2,5-30% від маси борошна. Жир вносять у кількості до 20-30%, здебільшого це маргарин.

Цукрове виробництво. Сировиною для виробництва цукру є цукрова тростина та цукровий буряк. Цукрову тростину вирощують на Кубі, в Мексиці, Індії. Товщина стебла – до 50 мм, висота – до 4 м. Вміст сахарози в стеблах – 12-15%. Але врожайність велика, і з одного гектара отримують цукру в два рази більше, ніж з буряку.

Цукровий буряк – використовують коренеплоди першого року розвитку. Маса коренеплодів у середньому 200-500 г. У коренеплоді

приблизно 75% води та 25% сухої речовини. На добу завод потребує 2-3 тис. т цукрового буряку.

Крохмальне виробництво. Крохмаль виробляють з картоплі та кукурудзи. У складі картоплі в середньому 25% сухої речовини, з них 18,5% крохмалю; близько 2% азотних речовин; 1% клітковини; 0,9% мінеральних речовин; 0,8% цукрів; 0,2% жиру; 0,6% – пектинових речовин, пектозанів та ін. Витрата води під час миття картоплі – 200-400% від маси картоплі. Вихід крохмалю становить 15,7% до переробленої сировини, втрати крохмалю – 2,8%. Коефіцієнт вилучення крохмалю для рентабельного підприємства – 82-88%. Сировина для виробництва кукурудзяного крохмалю – зерно кукурудзи. Вміст крохмалю в ньому – 70% маси сухого зерна. Також у зерні є і білки (10-13%) та жири (6,5%). Використовують сірчисту кислоту при замочуванні, щоб зерно не проростало (концентрація 30, у воді 0,15-0,20%).

Кондитерське виробництво. Сировиною для кондитерських виробів є цукор, глюкоза, патока, мед, жири, молоко та молочні продукти, яйця та яйце продукти, какао-боби, горіхи, фруктово-ягідні напівфабрикати, борошно, крохмаль, смакові та ароматичні речовини, хімічні розпушувачі та ін. Цукор використовується у вигляді цукру-піску та водного розчину (сиропу). Глюкоза надходить у вигляді білого кристалічного порошку. Патока використовується як анти кристалізатор. Борошно використовують переважно першого та вищого сортів. Жири використовують як структуроутворювачі. Вони також підвищують харчову цінність виробів. Молоко використовують натуральне, згущене, сухе; яйця (яєчний порошок, білок, жовток, меланж). При виробництві цукерок, начинок та інших виробів використовують ядра горіхів та насіння олійних рослин (мигдаль, фундук, волоський горіх, арахіс, кунжутне та соняшникове насіння).

При виробництві шоколаду та какао-порошку основним видом сировини є какао-боби (зерна дерева какао). Фруктово-ягідна сировина –

це пульпа, пюре, цукати, заспиртовані ягоди. Також використовують харчові кислоти – винну, лимонну, молочну, яблучну. Ароматичні добавки – це ароматичні речовини: природні ефірні масла та синтетичні (есенції).

Також використовують такі види сировини, як розпушувачі, харчові барвники, емульгатори, консерванти тощо.

Спиртове та лікєро-горілчане виробництво. Основним видом сировини у виробництві харчового спирту є рослинна сировина, яка багата на крохмаль (зернові культури, картопля), цукор (меляса, цукровий буряк) та клітковину (деревина).

Картопля – найкращий вид сировини для виробництва спирту. З одиниці посівної площі картоплі можна отримати в три рази більше крохмалю, ніж із зернових культур, а отже, більше спирту. Крім того, картопляний крохмаль дає більш високий вихід спирту. На спирт переробляють технічні сорти картоплі.

Також можуть використовуватись зернові культури для одержання солоду, необхідного для обцукрювання крохмалю, та для безпосереднього виготовлення спирту. Для солоду використовують ячмінь, просо, жито, овес. Для отримання спирту використовують жито, пшеницю, ячмінь, кукурудзу, овес та просо. Мелясу використовують для виробництва спирту, хлібопекарних дріжджів та ін.

Підприємства спиртової промисловості використовують значну кількість води. Джерела води – ставки, річки, артезіанські свердловини. Важливим показником якості води є жорсткість, окиснюваність, бактеріальна чистота. Розрізняють жорсткість загальну, карбонатну та некарбонатну. Вода має відповідати вимогам питної води, крім того, небажано використовувати воду з високою карбонатною жорсткістю та лужністю[2].



### 1.3 Галузева структура переробної промисловості України

Кількість реалізованої продукції переробної промисловості в 2017 р

- Харчова промисловість – 32,2% (\$ 16,9 млрд)
- Металургія – 27,9% (\$ 14,7 млрд)
- Машинобудування – 10,7% (\$ 5,6 млрд)
- Хімічна промисловість – 9,1% (\$ 4,8 млрд)
- Промисловість будматеріалів – 5,0% (\$ 2,6 млрд)
- Виробництво коксу та коксопродуктів – 3,2% (\$ 1,7 млрд)
- Нафтопереробка – 2,7% (\$ 1,4 млрд)
- Виробництво паперу та паперової продукції – 2,4% (\$ 1,2 млрд)
- Інші галузі – 6,8% (\$ 3,5 млрд)
- 



Рисунок 1.1- Галузева діаграма переробної промисловості України в 2017 [3]

#### **1.4 Технологічна схема обробки цукрових буряків і виробництва цукру**

Характеристика продукції, сировини і напівфабрикатів. Цукор – практично чиста сахароза ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ), що володіє солодким смаком, легко і повністю засвоюється організмом, сприяє швидкому відновленню витраченої енергії. Сахароза – це дисахарид, який під дією кислоти або ферменту розщеплюється на глюкозу і фруктозу (інвертний цукор). Сахароза може перебувати в двох станах: кристалічному і аморфному.

За хімічною природою цукор є слабкою багато основною кислотою, що дає з оксидами лужних і лужноземельних металів сполуки – сахарат. Інвертний цукор завдяки фруктозі гігроскопічен. Він оберігає варення від зацукровування, уповільнює процес черствіння хліба, оберігає від висихання кондитерські вироби (мармелад, пастилу, зефір, помадку і ін.). Сахароза добре розчиняється в воді, при підвищенні температури її розчинність зростає. У розчинах сахароза є сильним дегідратором. Вона легко утворює пересичені розчини, кристалізація в яких починається тільки при наявності центрів кристалізації. Швидкість цього процесу залежить від температури, в'язкості розчину і коефіцієнта пересичення.

Початковою сировиною для отримання цукру є цукрові буряки і цукрова тростина. Завдяки більш високій врожайності цукрового очерету в порівнянні з цукровими буряками з кожного гектара його посівів отримують цукру приблизно в 2 рази більше, хоча вміст сахарози в стеблах цукрової тростини дещо менше, ніж в цукровому буряку.

Цукрова промисловість випускає наступні види цукру:

- цукор пісок – сипучий харчовий продукт білого кольору (без грудок), що має солодкий смак без сторонніх присмаків і запахів (з вмістом вологи не більше 0,14%, сахарози щонайменше 99,75%, металодомішок не більше 3 мг на 1 кг цукру, з розмірами на більш 0,3 мм);

- цукор рідкий – рідкий харчовий продукт світло-жовтого кольору, солодкий на смак, без сторонніх присмаків і запахів (з вмістом сахарози менше 99,80% для вищої категорії і не менше 99,5% для першої категорії, з вмістом сухих речовин не менше 64%);

- цукор рафінад – кусковий пресований цукор, рафінадний цукор-пісок і рафинадная пудра білого кольору, солодкі на смак, без сторонніх присмаків і запахів (з вмістом сахарози щонайменше 99,9%, редукуючих речовин не більше 0,03%, вологи не більше 0,2%).

Особливості виробництва і споживання готової продукції. На всіх цукрових заводах Росії діє типова схема отримання цукру – піску з цукрових буряків з безперервним обессахариванієм бурякової стружки, пресуванням жому і поверненням жомопресової води в дифузійну установку, вапняно-углекислотной очищенням дифузійного соку, трьома кристалізаціями і аффінацією жовтого цукру III кристалізаціями. У коренеплодах цукрових буряків міститься 20...25% сухих речовин, з них вміст сахарози коливається від 14 до 18%. Сахарозу витягують з буряка дифузійним способом. Отриманий дифузійний сік містить 15...16% сухих речовин, з них 14...15% сахарози і близько 2% несахаров. Щоб позбутися від несахаров проводять очистку дифузійного соку вапном (дефекація) з наступним видаленням її надлишку діоксидом вуглецю (сатурація). Для зниження кольоровості і лужності фільтрований сік II сатурації обробляють діоксидом сірки (сульфітація). Згущення соку ведуть в два етапи: спочатку його згущують на випарній установці до змісту сухих речовин 55...65% (при цьому сахароза ще не кристалізується), а потім після додаткового очищення в'язкий сироп на вакуум-апараті згущують до змісту сухих речовин 92, 5...93,5% і отримують утфель. Готовий утфель I кристалізації центрифугують, отримуючи кристали цукру і два оттека. Цукор-пісок вивантажують з центрифуги з вмістом вологи 0,8...1% і висушують гарячим повітрям температурою 105...110 ° С до 0,14% (при

безтарного зберігання масова частка вологи в цукрі-піску повинна бути 0,03...0,04%).

Норма споживання сахарози становить 75 г в день, включаючи цукор, що знаходиться в інших харчових продуктах. В даний час в Росії діє 95 цукрових заводів, що переробляють на добу 280 тис. Т буряка. Період збирання цукрових буряків триває 40 .. .50 добу. в році. Середня виробнича потужність одного заводу становить 2,84 тис. Т переробки буряків на добу з коефіцієнтом вилучення цукру з буряка 72%.

Стадії технологічного процесу. Процес отримання цукру-піску на цукрових заводах складається з наступних стадій:

- подача буряків і очищення її від домішок;
- отримання дифузійного соку з бурякової стружки;
- очищення дифузійного соку;
- згущення соку випаровуванням;
- варіння утфелю і отримання кристалічного цукру;
- сушка, охолодження і зберігання цукру-піску.

Характеристика комплексів устаткування. Лінія починається з комплексу устаткування для підготовки буряків до виробництва, що складається з свеклопод'ємних установок, гідротранспортера, песколовушки, ботволушки, Каменелушки і водоотделителя, а також бурякомийне машини.

Ведучий комплекс обладнання лінії складається з конвеєра з магнітним сепаратором, бурякорізки, ваг, дифузійної установки, шнекового преса і сушарки для жому.

Наступний комплекс обладнання представляють фільтри з нагрівальним пристроєм, апарати попередньої та основної дефекації, сатуратори, відстійники, сульфитатори і фільтри.

Найбільш енергоємним комплексом обладнання лінії є випарна установка з концентратором, а також вакуум-апарати, мішалки і центрифуги.

Завершальний комплекс обладнання лінії складається з Віброконвейєри, сушильно-охолоджувальної установки і вібросита.

Машинно-апаратурна схема лінії виробництва цукру-піску з цукрових буряків представлена на рис. 1.2.

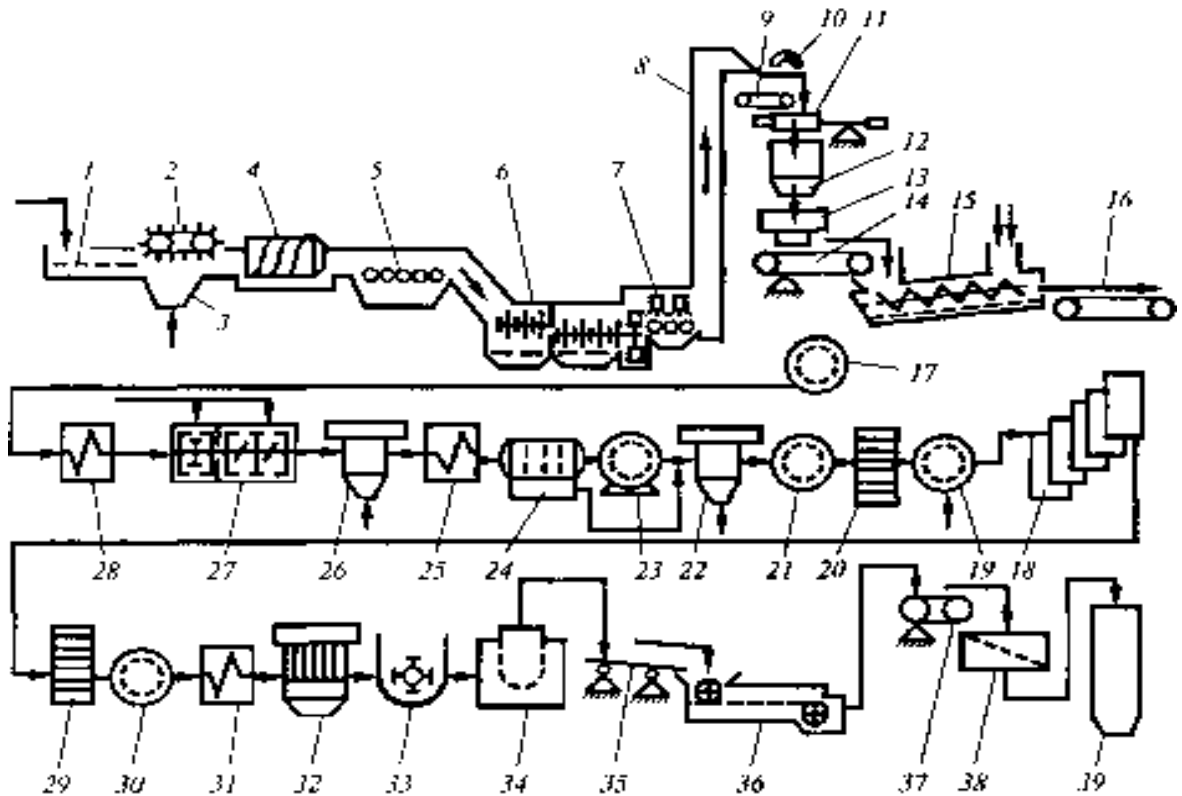


Рисунок 1.2- Схема лінії виробництва цукру-піску з цукрових буряків.

Пристрій і принцип дії лінії. Цукрові буряки подається в завод з бурячної або з кагатні поля. За гідравлічному конвеєру вона надходить до буряко-насосів і піднімається на висоту до 20 м. Подальше переміщення її для здійснення різних операцій технологічного процесу відбувається самопливом. По довжині гідравлічного конвеєра 1. Послідовно встановлені соломо-пастки 2, Каменю-пастки 4 і водо-роздільники 5. Це технологічне обладнання призначене для відділення легких (солома, бадилля) і важких (пісок, каміння) домішок, а також для відділення транспортерно-мийної води. Для інтенсифікації процесу уловлювання соломи і бадилля в

поглиблення 3 подається повітря. Цукрові буряки після водо-відокремлювачів надходять в мийну машину 6.

Мийна машина призначена для остаточного очищення буряків (кількість прилиплої землі становить при ручному прибиранні 3...5% буряка, а при механізованому прибиранні комбайнами – 8...10%).

Кількість води, яка подається на мийку буряка, залежить від ступеня її забрудненості, конструкції машини і в середньому становить 60...100% до маси буряка. У стічні води гідравлічного конвеєра і мийної машини потрапляють відламалися хвостики буряка, невеликі шматочки і дрібні коренеплоди (всього 1...3% до маси буряка), тому транспортерно-мийні води попередньо направляються в сепаратор для відділення від них хвостиків і шматочків буряка, які після обробки надходять на стрічковий конвеєр 14.

Відмита цукрові буряки зрошується чистою водою зі спеціальних пристроїв 7, піднімається елеватором 8 і надходить на конвеєр 9, де електромагніт 10 відокремлює металеві предмети, які випадково потрапили в буряк. Потім буряк зважують на терезах 11 і з бункера 12 направляють в подрібнюючі машини-бурякорізки 13. Стружка повинна бути рівною, пружною і без мезги, пластинчастого або ромбовидного перетину, товщиною 0,5...1,0 мм.

Бурякова стружка з подрібнюючих машин за допомогою стрічкового конвеєра 14, на якому встановлені конвеєрні ваги, подається в дифузійну установку 15.

Цукор, розчинений в буряковому соку коренеплоду, витягується з клітин противоточною дифузією, при якій стружка надходить в головну частину агрегату і рухається до хвостової частини, віддаючи цукор шляхом дифузії в рухому назустріч екстрагенту висолаживающую воду. З кінця хвостової частини агрегату виводиться стружка з малою концентрацією цукру, а екстрагент, збагачений цукром, виводиться як дифузійний сік. З 100 кг буряка отримують приблизно 120 кг дифузійного соку. Жом відводиться

з дифузійних установок конвеєром 16 в цех для пресування, сушіння та брикетування.

Дифузійний сік пропускається через фільтр 17, підігрівається в пристрої 28 і направляється в апарати попередньої та основної дефекації 27, де він очищається в результаті коагуляції білків і барвників і осадження ряду аніонів, що дають нерозчинні солі з іоном кальцію, що містяться в вапняному молоці (розчин вапна). Вапняне молоко вводиться в сік за допомогою дозуючих пристроїв.

Дефекований сік подається в котел першої сатурації 26, де він додатково очищається шляхом адсорбції розчинних несахаров і особливо фарбувальних речовин на поверхні частинок дрібного осаду  $\text{CaCO}_3$ , який утворюється при пропущенні діоксиду вуглецю через дефекований сік. Сік першої сатурації подається через підігрівач 25 в гравітаційний відстійник 24. У відстійниках сік ділиться на дві фракції: освітлену (80% всього соку) і згущену суспензію, що надходить на вакуум-фільтри 23.

Фільтрований сік першої сатурації направляється в апарати другої сатурації 22, де з нього видаляється вапно у вигляді  $\text{CaCO}_3$ .

Сік другої сатурації подається на фільтри 21. Соки цукрового виробництва припадає фільтрувати кілька разів. Залежно від мети фільтрування використовуються різні схеми процесу і фільтрувальне обладнання.

Відфільтрований сік з фільтра 21 подається в котел сульфитації 20. Мета сульфитації – зменшення кольоровості соку шляхом обробки його діоксидом сірки, який отримують при спалюванні сірки.

Сульфітований сік направляють на станцію фільтрів 19, а потім транспортують через підігрівачі в перший корпус випарної станції 18. Випарні установки призначені для послідовного згущення очищеного соку другої сатурації до концентрації густого сиропу; при цьому вміст сухих речовин в продукті збільшується з 14...16% в першому корпусі до 65...70% (згущений сироп) в останньому. Свіжий пар надходить тільки в перший

корпус, а наступні корпусу обігриваються соковим паром попереднього корпусу. Площа поверхні нагрівання випарної станції цукрового заводу продуктивністю 5000 т буряка на добу становить 10 000 м<sup>2</sup>.

Утриманий сироп направляється в сульфитатор 29, а потім на станцію фільтрації 30. Фільтрований сироп підігривається в підігривач 31, звідки надходить в вакуум-апарати першого продукту 32. Сироп в вакуум-апаратах уварюється до пересичення, цукор виділяється у вигляді кристалів. Продукт, отриманий після уварювання, називається Утфель. Він містить близько 7,5% води і близько 55% викристалізувався цукру.

Сироп уварюють в періодично діючих вакуум-апаратах. Утфель першої кристалізації з вакуум-апаратів надходить в приймальну Утфелемішалку 33, звідки його направляють в розподільну мішалку, а потім в центрифуги 34, де під дією відцентрової сили кристали цукру відділяються від межкристалльної рідини. Ця рідина називається першим відтік. Чистота першого оттека 75...78%, що значно нижче чистоти утфелю.

Щоб отримати з центрифуги білий цукор, його кристали промивають невеликою кількістю гарячої води – пробелівають. При пробеліванні частина цукру розчиняється, тому з центрифуги відходить відтік більш високої чистоти – другий відтік.

Другий і перший набряки подають в вакуум-апарат другий (останній) кристалізації, де отримують утфель другий кристалізації, що містить близько 50% кристалічного цукру. Цей утфель поступово охолоджують до температури 40 ° С при перемішуванні в Утфелемішалки – кристалізаторах. При цьому додатково викристалізовується ще кілька цукру. Нарешті, утфель другий кристалізації направляється в центрифуги, де від кристалів цукру відокремлюється меляса, яка є відходом цукрового виробництва, так як отримання з неї цукру шляхом подальшого згущення і кристалізації нерентабельно. Жовтий цукор другий кристалізації рафінують першим відтік, отриманий утфель направляється в розподільну



мішалку, а потім в центрифуги. Отриманий цукор розчиняється, і сік надходить в лінію виробництва.

Білий цукор, вивантажуваний з центрифуг 34, має температуру  $70^{\circ}\text{C}$  і вологість 0,5% при пробеліванні паром або вологість 1,5% при пробеліванні водою. Він потрапляє на віброконвеєр 35 і транспортується в сушильно-охолоджувальну установку 36.

Після сушіння цукор-пісок надходить на ваговій стрічковий конвеєр 37 і далі на вібросито 38. Грудочки цукру відділяються, розчиняються і повертаються в продуктивний цех. Товарний цукор-пісок надходить в силосні башти 39 (склади тривалого зберігання)[4].

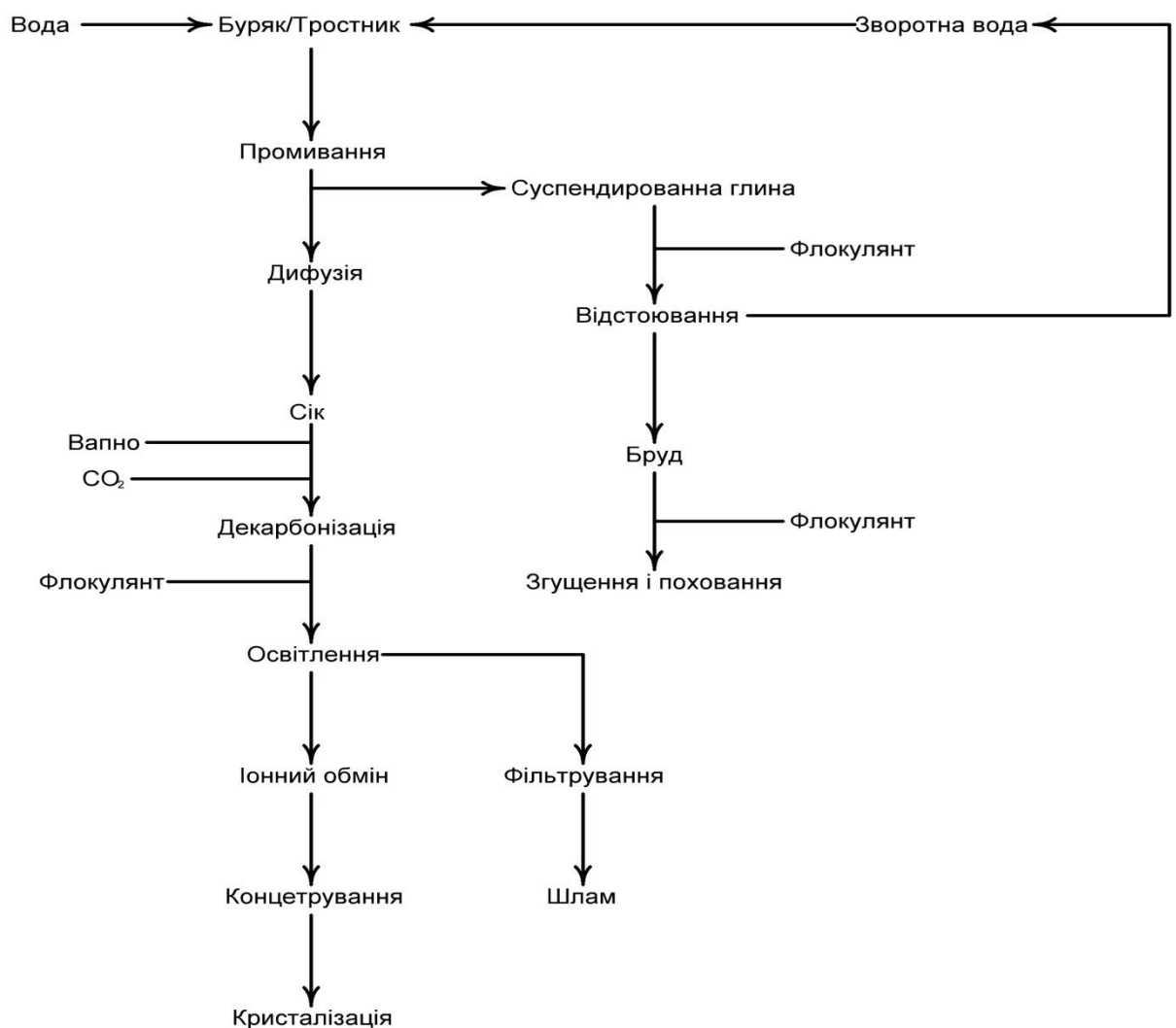


Рисунок 1.3 Технологічна схема виробництва цукру.

## **1.5 Висновки по розділу 1**

В цьому розділі були проведена структура та характеристика переробної промисловості та які ресурси витрачаються для переробки у переробній промисловості, було детально розглянута технологія переробки буряку на цукор та описано сам процес переробки.

## 2. Спеціальна частина

### 2.1 Характеристика споживачів і схеми зовнішнього електропостачання цукрового заводу

Харчування можливо здійснити від підстанції енергосистеми, на якій встановлені два три обмоткових трансформатора потужністю 15000 кВА кожен, з первинною напругою 110 кВ і вторинним – 35, 20, 10 і 6 кВ.

Потужність системи 800 МВА; реактивний опір системи на стороні 110 кВ, віднесене до потужності системи 0,5.

Відстань від підстанції енергосистеми до заводу 12,7 км.

Таблиця 2.1 Відомість електричних навантажень цукрового заводу

№ по плану	Найменування цеху	Встановлена потужність, кВт
1	Цех рафінації	820
2	Виварювальне відділення	560
3	Цех розрізання і варіння буряка	850
4	Склад буряка (транспортери)	340
5	Склад готової продукції	160
6	Насосна	700
7	Ремонтно-механічний цех	480
8	ЦЗЛ	120
9	Їдальня	260
10	Гараж	80
11	Заводоуправління	90

Споживачем електроенергії називається електроприймач або група електроприймачів, об'єднаних технологічним процесом і розміщуються на певній території. Приймачем електричної енергії

(електроприймача) називається апарат, агрегат, механізм, призначений для перетворення електричної енергії в інший вид.

Систематизація споживачів електроенергії здійснюється зазвичай за такими основними експлуатаційно-технічним признакам: виробничим призначенням, виробничим зв'язкам, режимам роботи, потужності, напрузі, роду струму, територіальним розміщенню, вимогам до надійності електропостачання, стабільності розташування електроприймачів.

При проектуванні електропостачання підприємства досить систематизувати споживачів за надійністю електропостачання, режимам роботи, потужності, напрузі і роду струму, використовуючи інші ознаки як допоміжні.

Таблиця 2.2 – Категорійність споживачів.

Назва цеху	Категорійність споживачів
Цех рафінації	2
Виварювальне відділення	2
Цех різання і варіння буряка	2
Склад буряка (транспортери)	2
Склад готової продукції	3
насосна	1
Ремонтно-механічний цех	2
ЦЗЛ	2
Їдальня	3
Гараж	3
Заводоуправління	3

## 2.2 Розрахункові навантаження цехів

Начальні параметри приведені у таблиці 2.6

Розрахунок показаний для п'яти цехів інші цехи будуть розраховані у Microsoft Excel та приведенні у таблиці 2.6

Розрахунок активного навантаження для перших п'яти цехів:

$$P_1 = P_{H1} \cdot K_{C1} = 820 \cdot 0,8 = 656 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_{H2} \cdot K_{C2} = 560 \cdot 0,8 = 448 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_{H3} \cdot K_{C3} = 850 \cdot 0,8 = 680 \text{ кВт};$$

$$P_4 = P_{H4} \cdot K_{C4} = 340 \cdot 0,7 = 238 \text{ кВт};$$

$$P_5 = P_{H5} \cdot K_{C5} = 160 \cdot 0,7 = 112 \text{ кВт}.$$

Розрахунок реактивного навантаження для перших п'яти цехів:

$$Q_1 = P_1 \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 = 656 \cdot 1 = 656 \text{ кВар};$$

$$Q_2 = P_2 \cdot \operatorname{tg}\varphi_2 = 448 \cdot 1 = 448 \text{ кВар};$$

$$Q_3 = P_3 \cdot \operatorname{tg}\varphi_3 = 680 \cdot 0,88 = 598,4 \text{ кВар};$$

$$Q_4 = P_4 \cdot \operatorname{tg}\varphi_4 = 238 \cdot 1,73 = 411,74 \text{ кВар};$$

$$Q_5 = P_5 \cdot \operatorname{tg}\varphi_5 = 112 \cdot 1,73 = 193,76 \text{ кВар}.$$

Розрахунок повного навантаження для перших п'яти цехів:

$$S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{656^2 + 656^2} = 927,72 \text{ кВА};$$

$$S_2 = \sqrt{P_2^2 + Q_2^2} = \sqrt{448^2 + 448^2} = 633,57 \text{ кВА};$$

$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2} = \sqrt{680^2 + 598,4^2} = 905,8 \text{ кВА};$$

$$S_4 = \sqrt{P_4^2 + Q_4^2} = \sqrt{238^2 + 411,74^2} = 475,58 \text{ кВА};$$

$$S_5 = \sqrt{P_5^2 + Q_5^2} = \sqrt{112^2 + 193,76^2} = 223,8 \text{ кВА.}$$

Для споживаної повної потужності розрахуємо робоче освітлення і потім підсумуємо навантаження цехів і робочого освітлення.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнта  $P_{уд}$  в залежності від об'єкта або цеху

Назва цеху	$P_{уд}$ , [Вт/м <sup>2</sup> ]
Цех рафінації	9-11
Виварювальне відділення	8-9
Цех різання і варіння буряка	10-12
Склад буряка (транспортери)	13-14
Склад готової продукції	10-11
насосна	8-9
Ремонтно-механічний цех	7
ЦЗЛ	8-9
Їдальня	5-6
Гараж	12
Заводоуправління	15

Таблиця 2.4 – Значення коефіцієнта  $k_{co}$  в залежності від типу об'єкта або цеху

Коефіцієнт попиту	Будівлі та споруди
$k_{co} = 1$	Дрібні виробничі будівлі, аварійне та евакуаційне освітлення, зовнішнє освітлення
$k_{co} = 0,95$	Будинки, які є великими прольотами або складаються з них
$k_{co} = 0,8$	Адміністративні, побутові, лабораторні, будівлі промислових підприємств

Продовження таблиці 2.4

$k_{CO} = 0,7$	Будинки управління
$k_{CO} = 0,6$	Складські будівлі, що складаються з дрібних окремих приміщень.

Таблиця 2.5 – Розміри цехів підприємства

№ Цеху	S, м <sup>2</sup>
1	5589
2	8201,3
3	9720
4	18711
5	2065,5
6	1296
7	1215
8	1458
9	1296
10	708,8
11	911,3

Як джерела освітлення використовуємо газорозрядні лампи, у яких  $\cos\varphi = 0,95$  і ( $\operatorname{tg}\varphi = 0,33$ ).

Розрахунок активного навантаження робочого освітлення для перших п'яти цехів:

$$P_{PO1} = P_{уд1} \cdot S_1 \cdot k_{CO} = 11 \cdot 5589 \cdot 0,8 = 49,1 \text{ кВт};$$

$$P_{PO2} = P_{уд2} \cdot S_2 \cdot k_{CO} = 9 \cdot 8201,3 \cdot 0,8 = 59 \text{ кВт};$$

$$P_{PO3} = P_{уд3} \cdot S_3 \cdot k_{CO} = 12 \cdot 9720 \cdot 0,8 = 93,3 \text{ кВт};$$

$$P_{PO4} = P_{уд4} \cdot S_4 \cdot k_{CO} = 14 \cdot 18711 \cdot 0,95 = 248,8 \text{ кВт};$$

$$P_{PO5} = P_{уд5} \cdot S_5 \cdot k_{CO} = 11 \cdot 2065,5 \cdot 0,8 = 18,2 \text{ кВт};$$

де –  $P_{уд}$ - питоме навантаження, [Вт/м<sup>2</sup>];

F- площа, м<sup>2</sup>;

$k_{CO}$  – Коефіцієнт попиту освітлення.

Розрахунок реактивної навантаження робочого освітлення для перших п'яти цехів:

$$Q_{PO1} = 0,75 \cdot P_{PO1} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 0,75 \cdot 49,1 \cdot 0,33 = 12 \text{ кВар};$$

$$Q_{PO2} = 0,75 \cdot P_{PO2} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 0,75 \cdot 59 \cdot 0,33 = 14,6 \text{ кВар};$$

$$Q_{PO3} = 0,75 \cdot P_{PO3} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 0,75 \cdot 93,3 \cdot 0,33 = 23,1 \text{ кВар};$$

$$Q_{PO4} = 0,75 \cdot P_{PO4} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 0,75 \cdot 248,8 \cdot 0,33 = 61,6 \text{ кВар};$$

$$Q_{PO5} = 0,75 \cdot P_{PO5} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 0,75 \cdot 18,2 \cdot 0,33 = 4,5 \text{ кВар}.$$

Розрахунок повного навантаження робочого освітлення для перших п'яти цехів:

$$S_{PO1} = \sqrt{P_{PO1}^2 + Q_{PO1}^2} = \sqrt{49,1^2 + 12^2} = 50,5 \text{ кВА};$$

$$S_{PO2} = \sqrt{P_{PO2}^2 + Q_{PO2}^2} = \sqrt{59^2 + 14,6^2} = 60,7 \text{ кВА};$$

$$S_{PO3} = \sqrt{P_{PO3}^2 + Q_{PO3}^2} = \sqrt{93,3^2 + 23,1^2} = 96,1 \text{ кВА};$$

$$S_{PO4} = \sqrt{P_{PO4}^2 + Q_{PO4}^2} = \sqrt{248,8^2 + 61,6^2} = 256,3 \text{ кВА};$$

$$S_{PO5} = \sqrt{P_{PO5}^2 + Q_{PO5}^2} = \sqrt{18,2^2 + 4,5^2} = 18,7 \text{ кВА}.$$

Зведемо результати розрахунків навантажень цехів і робочого освітлення в підсумкову таблицю 2.6



Таблиця 2.6 Розрахункові навантаження цехів

№	Найменування цеху	Встановлена потужність, кВт	tgφ	Cos φ	Kc	Розрахункове навантаження цеху			Розрахункове навантаження робочого освітлення			Сумарне навантаження		
						P, кВт	Q, кВар	S, кВА	Ppo, кВт	Qpo, кВар	Spo, кВА	P+Ppo	Q+Qpo	S+Spo
1	Цех рафінації	820	1	0,7	0,8	656	656	927,7	49,1	12	50,5	705,1	668	978,2
2	Виварювальне відділення	560	1	0,7	0,8	448	448	633,5	59	14,6	60,7	507	462,6	694,2
3	Цех різання і варіння буряка	850	0,88	0,75	0,8	680	598,4	905,8	93,3	23,1	96,1	773,3	621,5	1001,9
4	Склад буряка	340	1,73	0,5	0,7	238	411,7	475,6	248,8	61,6	256,3	486,8	473,3	731,9
5	Склад готової продукції	160	1,73	0,5	0,7	112	193,7	223,8	18,2	4,5	18,7	130,2	198,2	242,5
6	Насосна	700	0,6	0,8	0,8	560	336	653,1	93,3	23,1	96,1	653,3	359,1	749,2
7	Ремонтно-механічний цех	480	0,88	0,75	0,8	384	337,9	511,5	68	16,8	70	452	354,7	581,5
8	ЦЗЛ	120	0,88	0,75	0,85	102	89,7	135,9	105	26	108,2	205	115,7	244,1
9	Їдальня	260	0,88	0,75	0,9	234	205,9	311,7	62,2	15,4	64,1	296,2	221,3	375,8
10	Гараж	80	1,2	0,65	0,8	64	76,8	100	68	16,8	70	132	93,6	170
11	Заводоуправління	90	1,2	0,65	0,8	72	86,4	112,5	109,3	27	112,6	181,3	113,4	225,1
Сума		<b>4460</b>				<b>3550</b>	<b>3440</b>	<b>4991</b>	<b>974,2</b>	<b>240,9</b>	<b>1003,3</b>	<b>4524,2</b>	<b>3681,4</b>	<b>5994</b>

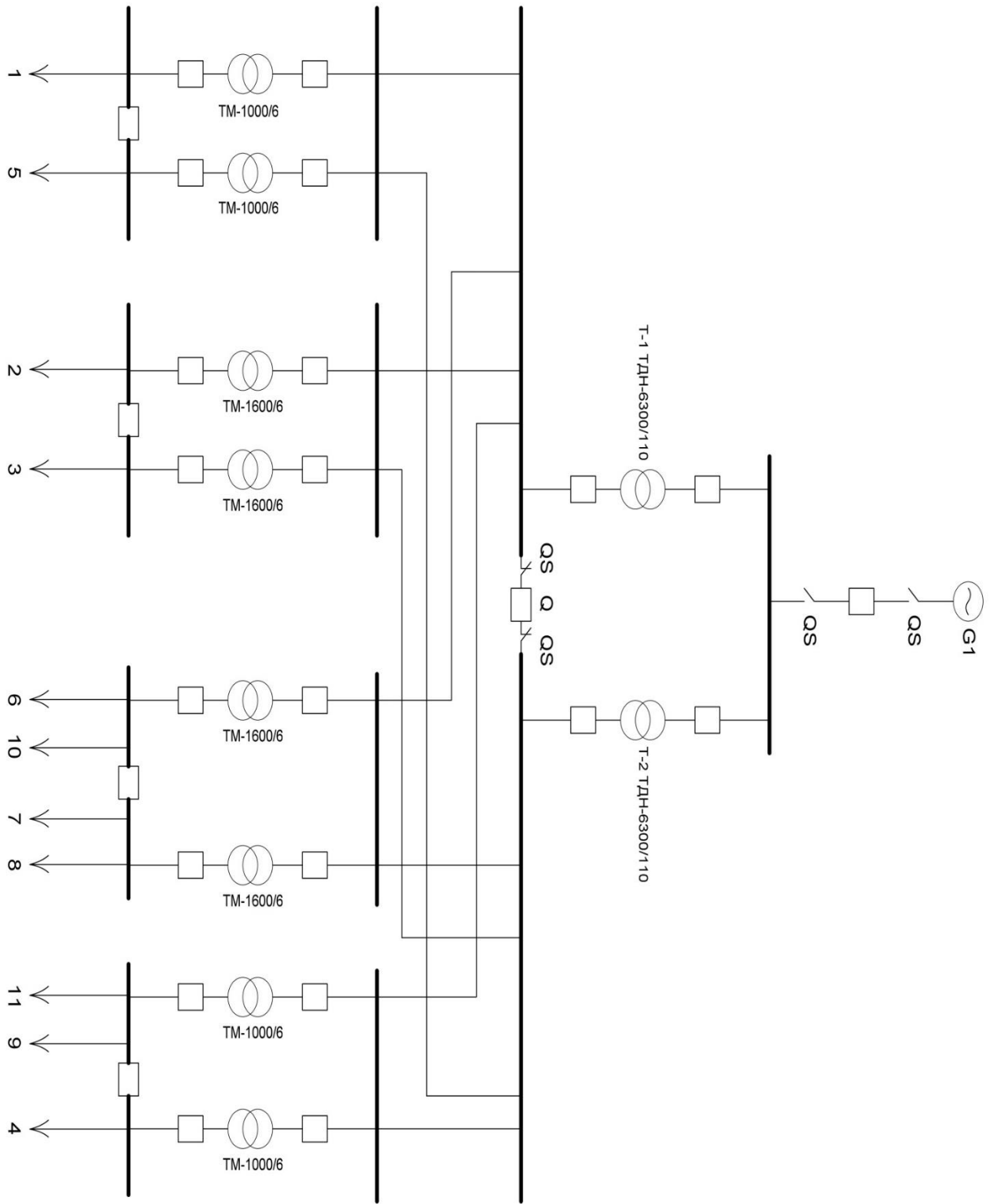


Рисунок 2.1 Схема постачання цукрового заводу

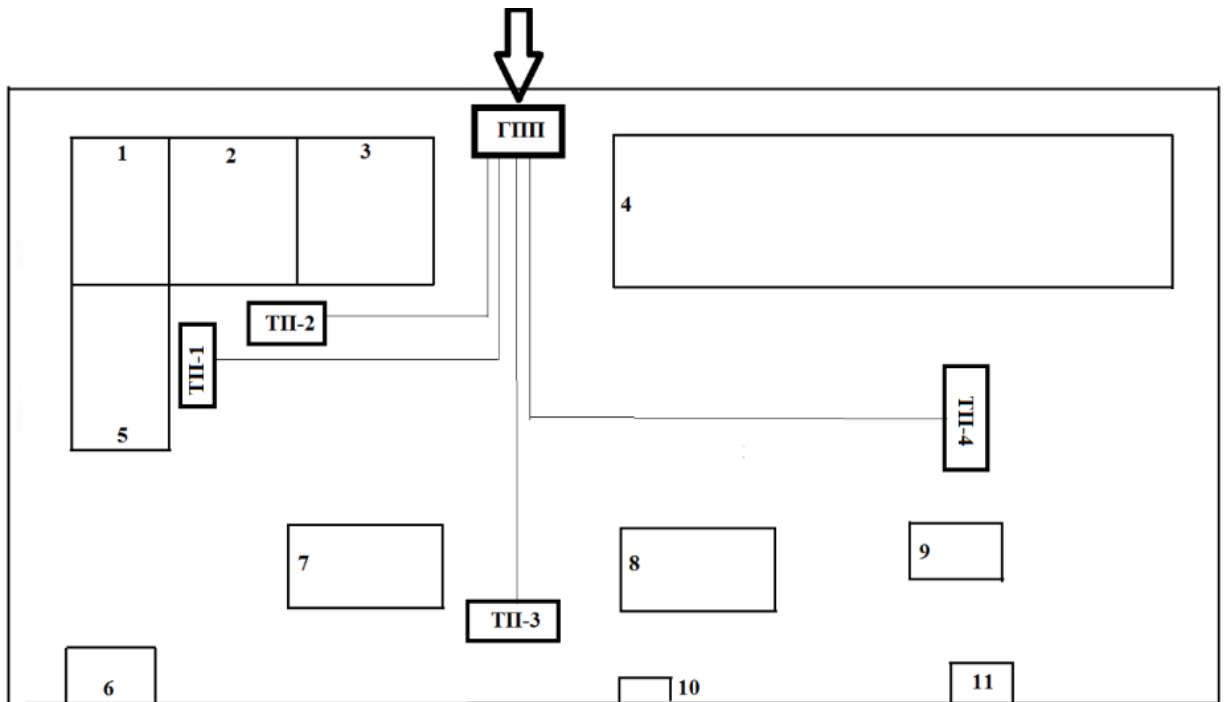


Рисунок 2.2 План розташування ГПП і ТП цукрового заводу

Згідно, схеми постачання і схеми розташування ГПП і ТП розіб'ємо навантаження цехів по ТП, дані зведемо в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Навантаження цехів підприємства згідно, підключення до ТП

№	№ ТП	Найменування цеху	$\Sigma P$ , кВт	$\Sigma Q$ , кВар	$\Sigma S$ , кВА	Трансформатор
1	ТП-1	Цех рафінації	835,3	866,2	1220,7	2×ТМ-1000/6
5		Склад готової продукції				
2	ТП-2	Випарювальне відділення	1280,3	1084,1	1695,9	2×ТМ-1600/6
3		Цех різання і варіння буряка				
6	ТП-3	Насосна	1442,3	923,1	1744,8	2×ТМ-1600/6
7		Ремонтно-механічний цех				

Продовження таблиці 2.7

8		ЦЗЛ				
10		гараж				
4	ТП-4	Склад буряка (транспортери)	964,3	808	1332,8	2×ТМ-1000/6
9		їдальня				
11		заводоуправління				

### 2.3 Дослідження ефективності методів забезпечення рівня напруги в живильних мережах

#### 2.3.1 Поперечна компенсація втрат у мережі до 1кВ та на 6кВ

Найбільша реактивна потужність, яку можуть передавати в мережу напругою до 1000 В, силові трансформатори розраховується за формулою:

Розрахунок для ТП1-ТП4

$$Q_{T1} = \sqrt{(n \cdot \beta \cdot S_H)^2 - P_{\text{мсум}}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 835,3^2} = 1123 \text{ кВар};$$

$$Q_{T2} = \sqrt{(n \cdot \beta \cdot S_H)^2 - P_{\text{мсум}}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,73 \cdot 1600)^2 - 1280,3^2} = 1954 \text{ кВар};$$

$$Q_{T3} = \sqrt{(n \cdot \beta \cdot S_H)^2 - P_{\text{мсум}}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,66 \cdot 1600)^2 - 1442,3^2} = 1543 \text{ кВар};$$

$$Q_{T4} = \sqrt{(n \cdot \beta \cdot S_H)^2 - P_{\text{мсум}}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 1000)^2 - 964,3^2} \\ = 1015 \text{ кВар},$$

де  $n$ ,  $\beta$ ,  $S_H$  – відповідно кількість, коефіцієнт завантаження і номінальна потужність силових трансформаторів;  $P_{\text{мсум}}$  – розрахункова максимальна активне навантаження споживачів напругою до 1000 В.

Розрахунок потужності компенсуючих установок (батареї конденсаторів) слід визначати для вузлів схеми напругою до 1000 В. Сумарна потужність батарей конденсаторів на стороні до 1000 В:

$$Q_{\text{БКН1}} = Q_{\text{МН}} - Q_{\text{Т}} = 866,2 - 1123 = -256,7 \text{ кВар};$$

$$Q_{\text{БКН2}} = Q_{\text{МН}} - Q_{\text{Т}} = 1084,1 - 1954 = -870 \text{ кВар};$$

$$Q_{\text{БКН3}} = Q_{\text{МН}} - Q_{\text{Т}} = 923,1 - 1543 = -620 \text{ кВар};$$

$$Q_{\text{БКН4}} = Q_{\text{МН}} - Q_{\text{Т}} = 808 - 1015 = -207 \text{ кВар}.$$

де  $Q_{\text{МН}}$  – розрахункова максимальна реактивна навантаження споживачів напругою до 1000 В.

Так як  $Q_{\text{БКН}} > 0$  – установка батарей конденсаторів на стороні напругою 0,4 кВ не потрібно.

Розрахункова реактивна навантаження в мережі 6 кВ промислових підприємств визначається за виразами:

Реактивну потужність на напрузі 6 кВ знаходимо виходячи з того, що споживається в мережі до 1000 В, а отже знаходиться вона буде за формулою:

$$Q_{\text{В}} = Q_{\text{Тмакс}} = 3681 \text{ кВар}.$$

Знаючи розрахункову реактивну навантаження в мережі 6 кВ, розраховується необхідну потужність конденсаторної батареї:

$$Q_{\text{с1}} = Q_{\text{с1}} = P_{\text{мсум}} \cdot 0,3 = 4524 \cdot 0,3 = 1357 \text{ кВар},$$

де 0,3 коефіцієнт реактивне потужність в пікові години навантаження

$$Q_{\text{БКВ}} = Q_{\text{В}} - Q_{\text{с1}} = 3681 - 1357 = 2324 \text{ кВар}.$$

Потрібно два конденсатора УКЛ(П)56(57)-6,3-1200 УЗ [5, 6, 8].

Перевірка балансу реактивної потужності

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{Бкв.ном}} + Q_{\text{с1}};$$

$$3681 < 2400 + 1357;$$

$$3681 < 3757;$$

Конденсаторні батареї успішно будуть компенсувати потрібну потужність.

Поперечна компенсація застосовується для зменшення перетоків реактивної потужності в мережі. В цьому випадку БК підключають паралельно навантаженні на шини 6 кВ підстанцій. Це призводить до зменшення втрат напруги і потужності у всій мережі до місця підключення батарей конденсаторів. Розглянемо цей випадок на прикладі простої мережі, показаної на рисунку 2.3



Рисунок 2.3 – Ділянка мережі

Для компенсації прийнято використовувати два конденсатора (УКРМ57 6-1200) технічні дані наведені в таблиці

Коефіцієнт реактивної потужності до компенсації:

$$\text{tg}\varphi_1 = \frac{Q_{\text{нагр}}}{P_{\text{нагр}}} = \frac{3681}{4524} = 0,81$$

А після компенсації:

$$\operatorname{tg}\varphi_2 = \frac{(Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{БК}})}{P_{\text{нагр}}} = \frac{(3681 - 2400)}{4524} = 0,28.$$

Так як  $\operatorname{tg}\varphi_2 < \operatorname{tg}\varphi_1$ , то  $\cos\varphi_2 > \cos\varphi_1$ .  $0,28 < 0,81$ , то  $0,96 > 0,77$ .

До компенсації втрати потужності складають:

$$\Delta P - \Delta P' = \frac{P_{\text{нагр}}^2 + Q_{\text{нагр}}^2}{U_{\text{нагр}}^2} \cdot R_{\text{леп}} = \frac{4524^2 + 3681^2}{6^2} \cdot 0,61 = 576 \text{ кВт},$$

де  $R_{\text{леп}} = 0,61$  активний опір

А після компенсації:

$$\begin{aligned} \Delta P - \Delta P' &= \frac{P_{\text{нагр}}^2 + (Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{БК}})^2}{U_{\text{нагр}}^2} \cdot R_{\text{леп}} = \\ &= \frac{4524^2 + (3681 - 2400)^2}{6^2} \cdot 0,61 = 374 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Зменшення втрат потужності після компенсації складе:

$$\begin{aligned} \Delta P - \Delta P' &= \frac{(2Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{БК}})^2 - Q_{\text{БК}}^2}{U_{\text{нагр}}^2} \cdot R_{\text{леп}} = \\ &= \frac{(2 \cdot 3681 - 2400)^2 - 2400^2}{6^2} \cdot 0,61 = 417,2 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Повна потужність, що передається по лінії, до компенсації

$$S_{\text{леп}} = \frac{P_{\text{нагр}}}{\cos\varphi_1} = \frac{4524}{0,77} = 5875 \text{ кВА}.$$

А після компенсації

$$S'_{\text{леп}} = \frac{P_{\text{нагр}}}{\cos\varphi_2} = \frac{4524}{0,96} = 4712 \text{ кВА.}$$

Повна потужність, що передається по лінії, після компенсації зменшується обернено пропорційно значенням коефіцієнтів потужності після компенсації [7].

Втрати напруги до компенсації в трифазній лінії можуть бути визначені, як:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{нагр}}R_{\text{леп}} + Q_{\text{нагр}}X_{\text{леп}}}{U_{\text{нагр}}} = \frac{4524 \cdot 0,61 + 3681 \cdot 0,06}{6} = 496 \text{ В.}$$

де  $X_{\text{леп}} = 0,06$  Ом індуктивное сопротивление.

Втрати напруги після компенсації в трифазній лінії можуть бути визначені, як:

$$\begin{aligned} \Delta U' &= \frac{P_{\text{нагр}}R_{\text{леп}} + (Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{БК}})X_{\text{леп}}}{U_{\text{нагр}}} = \\ &= \frac{4524 \cdot 0,61 + (3681 - 2400) \cdot 0,06}{6} = 472 \text{ В.} \end{aligned}$$

Зменшення втрати напруги:

$$\begin{aligned} \Delta U - \Delta U' &= \frac{P_{\text{нагр}}R_{\text{лэп}} + Q_{\text{нагр}}X_{\text{лэп}}}{U_{\text{нагр}}} - \frac{P_{\text{нагр}}R_{\text{лэп}} + (Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{БК}})X_{\text{лэп}}}{U_{\text{нагр}}} = \\ &= \frac{Q_{\text{БК}}X_{\text{лэп}}}{U_{\text{нагр}}} = \frac{2400 \cdot 0,06}{6} = 24 \text{ В.} \end{aligned}$$

Втрати напруги при неповному навантаженні до компенсації складе:



$$\Delta U'' = \frac{k(P_{\text{нагр}}R_{\text{лэп}} + Q_{\text{нагр}}X_{\text{лэп}})}{U_{\text{нагр}}} = \frac{0,3 \cdot (4524 \cdot 0,61 + 3681 \cdot 0,06)}{6} \\ = 149 \text{ В.}$$

де  $k$  – коефіцієнт, що враховує зменшення навантаження.

Зменшення втрат напруги при неповному навантаженні:

$$\Delta U - \Delta U'' = (1 - k) \frac{P_{\text{нагр}}R_{\text{лэп}} + Q_{\text{нагр}}X_{\text{лэп}}}{U_{\text{нагр}}} = (1 - k) \cdot \Delta U = \\ = (1 - 0,3) \cdot 496 = 347 \text{ В.}$$

Після компенсації втрати напруги при неповному навантаженні:

$$\Delta U''' = \frac{kP_{\text{нагр}}R_{\text{лэп}} + (kQ_{\text{нагр}} - Q_{\text{БК}})X_{\text{лэп}}}{U_{\text{нагр}}} = \\ = \frac{0,3 \cdot 4524 \cdot 0,61 + (0,3 \cdot 3681 - 2400) \cdot 0,06}{6} = 125 \text{ В.}$$

Зменшення втрати напруги при неповному навантаженні після компенсації:

$$\Delta U - \Delta U' \\ = \frac{P_{\text{нагр}}R_{\text{лэп}} + (Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{БК}})X_{\text{лэп}}}{U_{\text{нагр}}} - \\ - \frac{kP_{\text{нагр}}R_{\text{лэп}} + (kQ_{\text{нагр}} - Q_{\text{БК}})X_{\text{лэп}}}{U_{\text{нагр}}} = \\ = \frac{P_{\text{нагр}}R_{\text{лэп}} + Q_{\text{нагр}}X_{\text{лэп}} - k(P_{\text{нагр}}R_{\text{лэп}} + Q_{\text{нагр}}X_{\text{лэп}})}{U_{\text{нагр}}} = \\ = (1 - k) \frac{P_{\text{нагр}}R_{\text{лэп}} + Q_{\text{нагр}}X_{\text{лэп}}}{U_{\text{нагр}}} = (1 - k)\Delta U = \\ = (1 - 0,3) \cdot 496 = 347 \text{ В.}$$

При зменшенні навантаження коливання напруги залишаються незмінними, як до компенсації, так і після, але рівень напруги буде вище. (Зі співвідношення), оскільки зменшення втрати напруги залежить тільки від  $Q_{БК}$  і  $X_{ЛЕП}$ , які є постійними величинами. Звідси можна зробити висновок, що при поперечної компенсації рівень напруги в мережі підвищується на постійну величину і залежить від реактивного опору елементів і потужності БК [7,8].

Векторні діаграми струмів і потужностей показані на Рисунку 2.4.

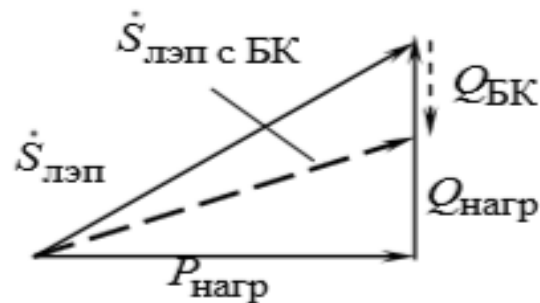


Рисунок 2.4 – Векторна діаграма потужності

Векторна діаграма напруг наведена на рисунку 2.5

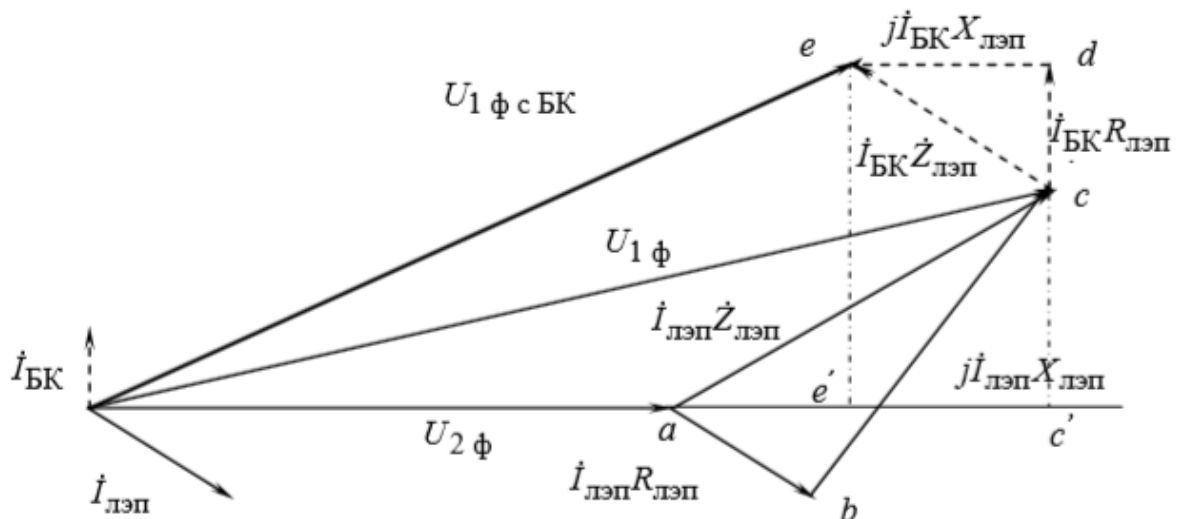


Рисунок 2.5 – Векторна діаграма напруг

Склавши напругу в кінці передачі з падінням напруги в реактивному і активному опорах ліній електропередачі від струму навантаження, отримаємо значення падіння напруги на качана передачі. На ВД це трикутник  $abc$ .  $U_1\phi$  є величина фазної напруги на качана передачі до підключення конденсаторної установки. Відрізок  $ac$  чисельного дорівнює втраті напруги в мережі. Для того, щоб визначити величину з БК  $U_1\phi$  необхідно побудувати трикутник  $cde$ . Це трикутник падіння напруги від струму батареї конденсаторів в опорах ліній електропередачі. З'єднаємо точку  $e$  з точкою качана координат. Видно, що фазна напруга на качана ліній електропередачі після установки батареї конденсаторів з БК  $U_1\phi$  по модулю менше напруги  $U_1\phi$ . Величина втрати напруги після установки БК чисельно дорівнює відрізку  $ae'$ . Порівнюючи відрізки  $ac$  і  $ae'$  можна помітити, що підключення батареї конденсаторів призводить до зменшення втрати напруги. Таким чином, при поперечної компенсації, в залежності від реактивного опору елементів установки і потужності конденсаторів змінюється рівень напруги в мережі [8,9,10,11].

### 2.3.2 Поздовжня компенсація втрат

Поздовжня компенсація застосовується для зменшення реактивного опору ЛЕП. Включивши послідовно у розтин ліній електропередачі батарею конденсаторів, можна забезпечити поздовжню компенсацію. Побудуємо векторну діаграму напруг з пристроєм поздовжньої компенсації (далі ППК) для наступної мережі, яку можна бачити на Рисунку 2.6.

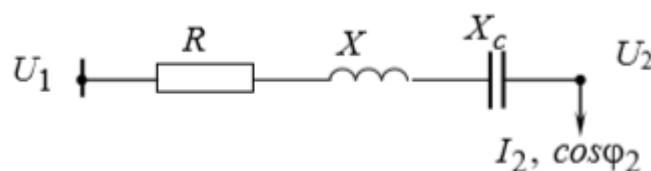


Рисунок 2.6 – Застосування ППК в мережі

Векторна діаграма напруг до застосування ППК аналогічна векторній діаграмі для ЛЕП з одним навантаженням як на рис. 2.7.

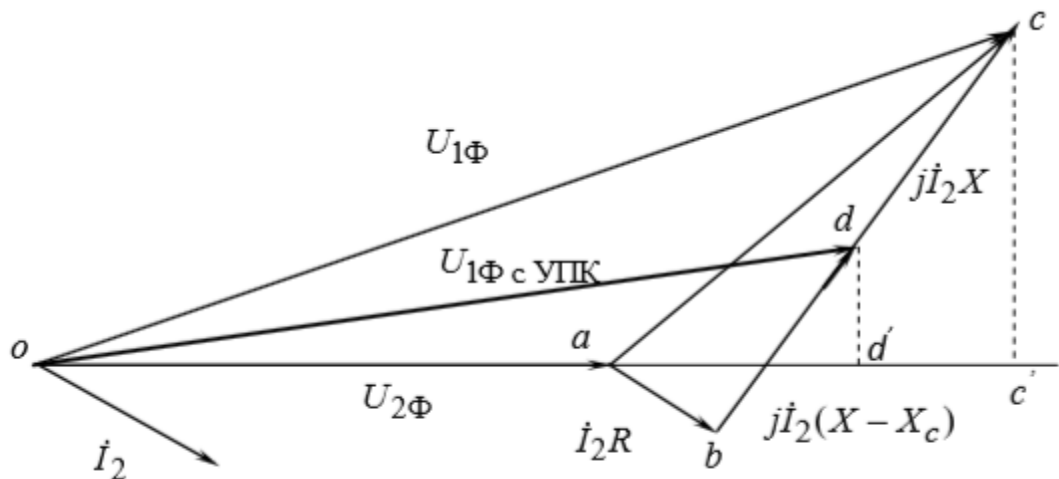


Рисунок 2.7 – Векторна діаграма напруг при використанні ППК

Результатом побудови є величина напруги на початку передачі  $U_{1\phi}$ . При введенні ППК у розтин ЛЕП зменшується індуктивний опір мережі і складова падіння напруги в реактивному опорі – відрізок  $bd$  замість  $bc$ . Поєднуючи початок координат з точкою  $d$  і отримуємо вектор напруги на початку передачі при використанні ППК. Оцінимо вплив ППК на складові падіння напруги. Поздовжня (відрізок  $ac'$ ) і поперечна (відрізок  $cc'$ ) складові падіння напруги в вихідній мережі рівні:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\phi} &= I_2(R \cdot \cos\varphi_2 + X \cdot \sin\varphi_2) = 576,8 \cdot (0,61 \cdot 0,96 + 0,06 \cdot 0,28) = \\ &= 347,5 \text{ В;} \end{aligned}$$

$$\delta U_{\phi} = I_2(R \cos\varphi_2 - X \sin\varphi_2) = 576,8 \cdot (0,61 \cdot 0,96 - 0,06 \cdot 0,28) = 328 \text{ В.}$$

При компенсації:

– поздовжня (відрізок  $ad'$ )

$$\begin{aligned} \Delta U_{\phi}^{\text{УПК}} &= I_2[R \cos\varphi_2 + (X - X_c) \sin\varphi_2] = \\ &= 576,8 \cdot [0,61 \cdot 0,96 + (0,06 - 0,64) \cdot 0,28] = 244,1 \text{ В;} \end{aligned}$$

– поперечна (відрізок  $dd'$ )

$$\begin{aligned}\Delta U_{\phi}^{\text{ППК}} &= I_2[(X - X_c)\cos\varphi_2 - R\sin\varphi_2] = \\ &= 576,8 \cdot [(0,06 - 0,64) \cdot 0,96 - 0,61 \cdot 0,28] = -419,6 \text{ В};\end{aligned}$$

$$X_c = X + Rctg\varphi_2 = 0,06 + 0,61 \cdot 0,96 = 0,64 \text{ Ом.}$$

За величиною  $X$  підбирають потужність батареї конденсаторів. На практиці частіше за все не застосовують повну компенсацію і опір ППК розраховують з втрати напруги, яка забезпечує бажаний рівень напруги в мережі. З формули для розрахунку втрати напруги з урахуванням ППК видно, що застосування конденсаторів доцільно при значній реактивній складовій струму, тобто коли  $tg_2$  білиок до одиниці. При малих значеннях  $tg_2$  втрата напруги в ЛЕП визначається в основному активним опором.

Переваги ППК:

- автоматичне і без інерційною регулювання напруги;
- збільшення стійкості системи;
- відсутність рухомих частин робить установки простими і надійними в експлуатації;
- при однаковому регулюючому ефекті потужність БК, обраної тільки для регулювання напруги, менше ніж при поперечної компенсації.

Недоліки:

- складні в експлуатації;
- дорогі установки;
- можливі резонансні явища, які викликають коливання роторів двигунів, миготіння ламп розжарювання;
- обмежені можливості регулювання послідовними конденсаторами;
- збільшення струмів короткого замикання;

– при коротких замиканнях виникає небезпека появи на конденсаторах високої напруги. Тому для шунтування БК при коротких замиканнях застосовують швидкодіючі розрядники;

– шунтування ППК відбувається в той момент, коли система електропостачання найбільше потребує ній[8,9,10,11].

### 2.3.3 Впровадження джерела ВДЕ

Впровадження сонячної електростанції для компенсування реактивної потужності за допомогою регулюючого  $\cos\varphi$  у інверторі, та також додаткових знижень витрат на споживання електричної енергії, але слід пам'ятати що компенсація буде відбуватися на протязі дня поки СЕС виробляє електричну енергію, це говорить о том що неможливо повністю відказатися від конденсаторних установок якщо підприємство працює у 2 зміни.

#### 2.3.3.1 Розрахунок фотогальванічної системи

Для розрахунку візьмемо площу даху найбільшого будівлі Цукрового заводу:

- Довжина  $c = 210\text{м} = 210 \cdot 10^3 \text{ мм}$ ;

- Ширина  $d = 62\text{м} = 62 \cdot 10^3 \text{ мм}$ .

Вихідні дані:

Кут нахилу панелі:  $\alpha = 15^\circ$ ;

Горизонтальна довжина масиву:  $B = 49600 \text{ мм}$ ;

Висота від поверхні до масиву:  $a = 0,5\text{мм}$ ;

Широта місцевості розміщення: СЕС  $N = 49^\circ 34'$ ;

Параметри обраної панелі(В\*Ш\*Т):  $1650 \times 992 \times 35 \text{ мм}$ .

Визначаємо кут нахилу сонця влітку

$$\beta_{max} = 90 + \theta_{л} - N = 90 + 23,5 - 49,34 = 64^\circ.$$

Визначаємо кут нахилу сонця взимку

$$\beta_{max} = 90 - \theta_3 - N = 90 - 23,5 - 49,34 = 17^\circ,$$

де  $\theta_L, \theta_3$  – кут нахилу земної осі влітку і взимку відповідно:

$$(\theta_L = 23,5^\circ; \theta_3 = -23,5).$$

Визначаємо проекцію сонячних панелей на поверхню будівлі

$$B' = \cos\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right) \cdot B = \cos\left(\frac{15 \cdot 3,14}{180}\right) \cdot 992 = 958 \text{ мм.}$$

Знаходимо лінійну довжину масиву

$$D = \sin\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right) \cdot B = \sin\left(\frac{15 \cdot 3,14}{180}\right) \cdot 992 = 257 \text{ мм.}$$

Розраховуємо відстань від поверхні до верхньої точки масиву

$$A = D + a = 257 + 343 = 600 \text{ мм.}$$

На підставі зроблених розрахунків і наявних даних знаходимо необхідну відстань між масивами сонячних панелей:

$$l = \frac{D}{\tan\left(\frac{\beta_{min} \cdot \pi}{180}\right)} = \frac{257}{\tan\left(\frac{17 \cdot 3,14}{180}\right)} = 841 \text{ мм.}$$

Тоді загальна періодичність розстановки знаходиться за формулою:

$$L = l + B' = 841 + 958 = 1799 \text{ мм.}$$

Відповідно, кількість рядів, розміщених на даху будівлі визначається:

$$N_{\text{м}} = \frac{d}{L} = \frac{62 \cdot 10^3}{1799} = 34.$$

Розстановка масивів сонячних панелей з горизонтальним розташуванням модулів з урахуванням зони затінення представлена на рис. 2.8

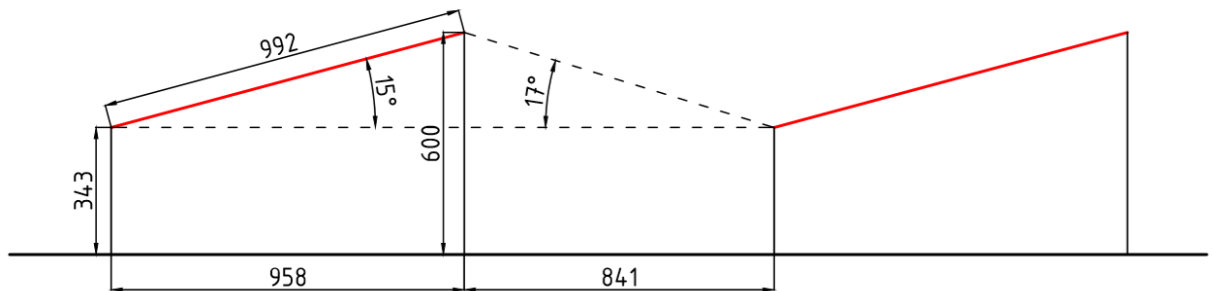


Рисунок 2.8 Розташування ФЕМ на даху Складу буряка

Обрана панель Risen RSM60-6-260P/4BB характеристики якої зазначені в табл. 2.8

Таблиця 2.8 – Основні параметри фотогальванічних панелей типу Risen RSM60-6-260P/4BB

Параметр	Значення параметра
Тип модуля	полікристал
Напруга, В	24
Потужність, Вт	260
Напруга при макс. потужності, В	30,60
Струм при макс. потужності, В	8,50



Продовження таблиці 2.8

Напруга холостого ходу, В	37,80
Струм короткого замикання, А	9,04
Тип конекторів	МС4
Відхилення потужності	±3%
Коефіцієнт втрати потужності (температурний), % /°С	-0,39
Розміри	1650x992x35
Вага	18

Встановлена потужність Risen RSM60-6-260P/4BB розраховується наступним чином:

$$\sum P_{\text{СЕС}} = N_{\text{СЕС}} \cdot P_{\text{НП}} = 4340 \cdot 260 = 1128,4 \text{ кВт.}$$

Виходячи з отриманого значення встановленої потужності вибираємо інвертор з урахуванням втрат в ньому. Параметри обраного інвертора наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Основні параметри інвертора типу SUNGROW SG80KTL

Параметр	Значення параметра
Вхідні параметри інвертора SUNGROW SG80KTL	
Максимальне значення напруги при постійному струмі, В	1000
Оптимальний діапазон напруги, В	570 / 850
Номінальна вхідна напруга, В	710
Максимальний вхідний струм, А	144

## Продовження таблиці 2.9

Максимальний постійний струм короткого замикання, А	200
Вихідні параметри інвертора SUNGROW SG80KTL	
Вихідна потужність змінного струму, Вт	80000
Номинальна частота сеті / Діапазон частот сеті, Гц	50 / 45 – 55 , 60 / 55 – 65
Коефіцієнт потужності при номінальній потужності / Регульований коефіцієнт потужності	> 0,99 / 0,8 ведучий – 0,8 відстаючий
Максимальний вихідний струм змінного струму, А	116
Діапазон змінної напруги, В	310 – 480
Номинальна змінна напруга, В	230 / 400
Максимальний вхідний струм, А	144
Ступінь захисту	IP65
Вага, Кг	65

Кількість інверторів: 9шт. Обраний інвертор має 18 МРРТ входи, до кожного з яких може приєднати 18 ланцюжків з послідовно з'єднаних ФЕМ. Напруга ланцюжка має бути достатньою для отримання максимальних значень вироблення енергії. Діапазон напруг, що відповідає виробленню максимальних значень енергії з ФЕМ сонячного випромінювання, що надходить на поверхню, становить 570-850 В для кожного приєднання. Таким чином доцільно використовувати 3 з'єднання по 27 ФЕМ для одного входу МРРТ для кожного інвертора[12].

Напруга одного ланцюга, що підключається до інвертора, розраховується за формулою:

$$U_u = U_{mn} \cdot N_u = 30,6 \cdot 27 = 826,2 \text{ В.}$$

Отримана напруга знаходиться в межах:

$$570 < 826,2 < 850.$$

### Значення величини сонячної інсоляції, кВт/ч\*м<sup>2</sup>

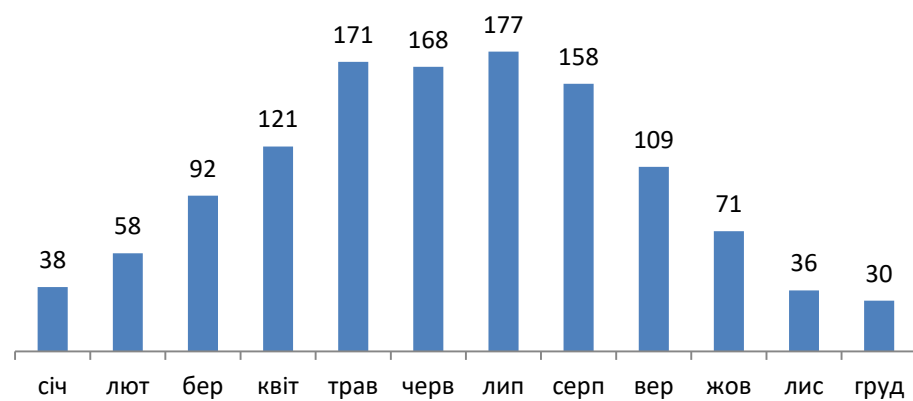


Рисунок 2.9 – Згідно з даними NASA, сонячна інсоляція на території у м. Кобиляки на горизонтальній поверхні в зазначені GMT-години (кВт / м<sup>2</sup>) [13].

На основі даних рисунку 2.9 розраховуємо кількість виробленої потужності СЕС за місяць, розрахунок робимо у Microsoft Excel та зводимо у рисунок 2.10.

### Значення величини згенерованої електроенергії СЕС, МВт/ч

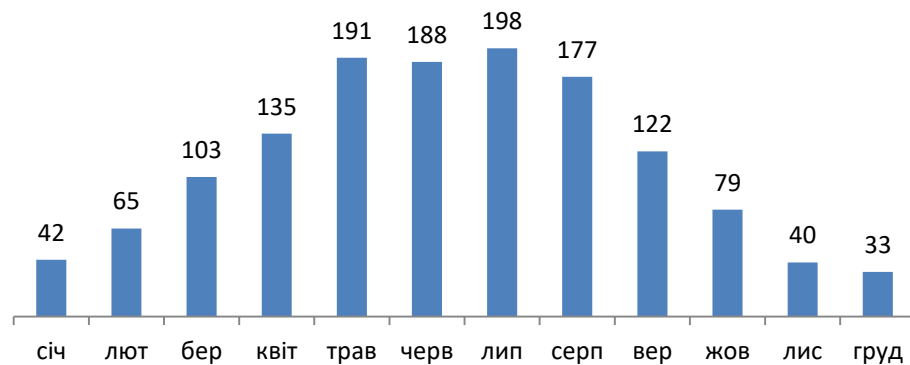


Рисунок 2.10 – Значення величини згенерованої електроенергії СЕС

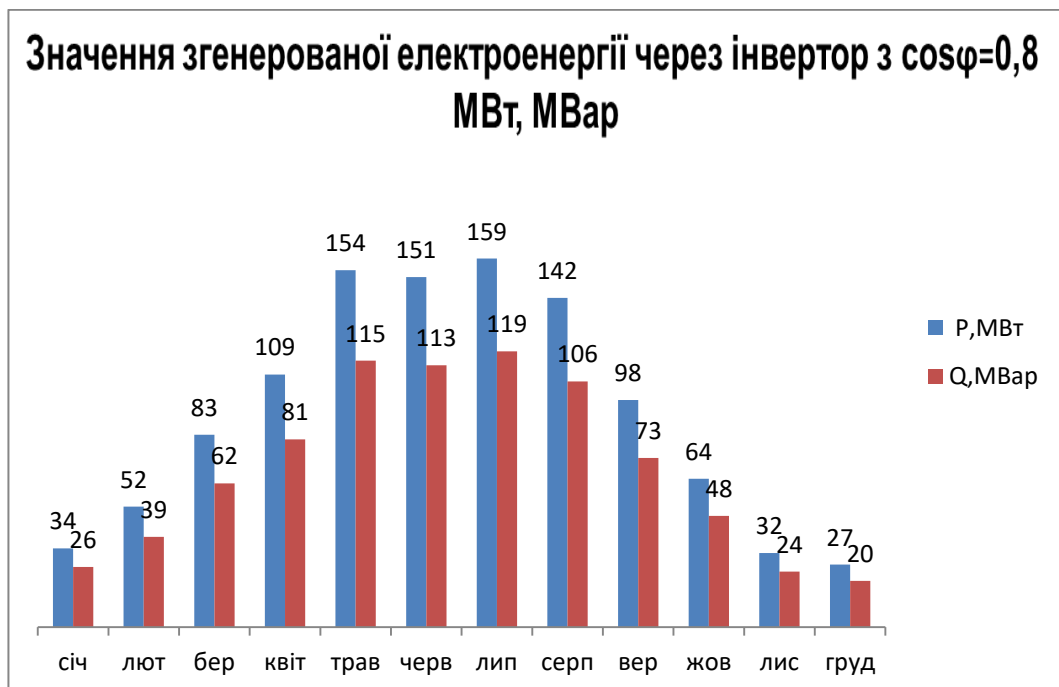


Рисунок 2.11 – Значення згенерованої активної та реактивної потужності СЕС

Розраховуємо реактивну потужність яку зможе виробляти СЕС:

$$Q_{\text{ФЕМ}} = (\sum P_{\text{ФЕМ}} \cdot \cos\varphi_{\text{СЕС}}) \cdot \text{tg}\varphi_{\text{СЕС}} = (1128,4 \cdot 0,8) \cdot 0,75 = 676,8 \text{ кВар.}$$

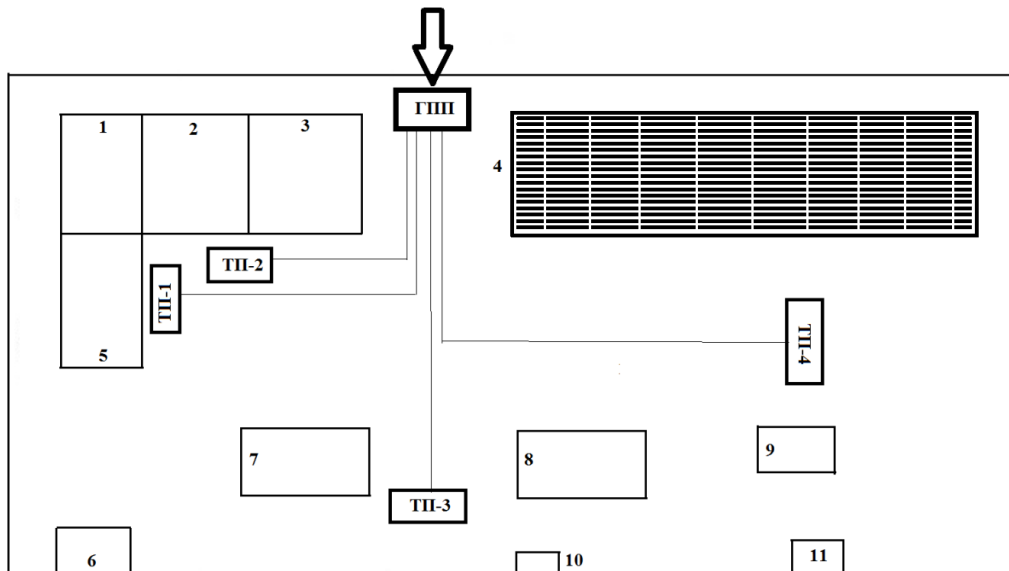


Рисунок 2.12 розташування СЕС на даху складу буряка.

Розраховуємо реактивну потужність яку будуть компенсувати конденсаторні батареї колі СЕС теж буде компенсувати:

$$Q_{КУ} = Q_{БКВ.НОМ} - Q_{ФЕМ} = 2400 - 676,8 = 1723,2 \text{ кВар.}$$

#### 2.4 Висновки по розділу 2

У спеціальному розділі був проведений розрахунок навантажень підприємства, характеристика та категорійність, розглянута його план та схема електроживлення далі зроблено розрахунок поперечної та повздовжньої компенсації та було вибрано дві конденсаторні установки УКЛ(П)56(57)-6,3-1200 УЗ, далі була впроваджена СЕС в якості джерела компенсації реактивної потужності завдяки регулюючому  $\cos\phi$  інвертора, та для покращення якості живлення підприємства, для розрахунку СЕС були використані такі сонячні панелі та інвертора: TRINA SOLAR 260P, SUNGROW SG80KTL. Наглядно показано скільки може компенсувати СЕС реактивної потужності.

### 3. Економічний розділ

#### 3.1 Техніко-економічне обґрунтування

Актуальність сонячної енергетики стає дедалі більше, тому що сонячна енергія є екологічно чистою. Друга причина актуальності використання сонячної енергії полягає в її ресурс ємності.

Всього за 9 хвилин Земля отримує більше енергії від Сонця, ніж людство виробляє за весь рік. Ця енергія постачається безкоштовно і не впливає на навколишнє середовище.

Передача, компенсація і розподіл електричної енергії є одним з найбільш високо витратних виробництв. Тому зниження виробничих витрат служить головним фактором зростання ефективності функціонування електропостачання фотогальванічної станції. В даному дипломному проекті розглядається розробка електропостачання Цукрового заводу в г.Кобилякі, а саме постачання за допомогою сонячних панелей, які рекомендуються встановлювати на даху одного будинку заводу.

Зокрема, вибрано і пораховано необхідне обладнання: інвертори, сонячні панелі, конденсаторні установки в мережі заводу.

Дані технологічні нововведення забезпечують компенсацію реактивної потужності, частково споживання енергії з мережі і екологічні аспекти по скільки є без відхідним[14].

Метою даного розділу є економічне обґрунтування вибору обладнання:

- розрахунок капітальних витрат на придбання і монтаж електротехнічного обладнання;
- розрахунок річних експлуатаційних витрат на утримання і обслуговування об'єкта проектування;
- розрахунок термінів окупності об'єкта та економію від впровадження об'єкта.

### 3.2 Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів та нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Проектні капітальні інвестиції в обладнання та будівельно-монтажні роботи визначаються на основі цін і розцінок, наведених в прайс-листах оптових цін на електрообладнання, ціників на монтаж електроустаткування та інших довідкових матеріалів або за фактичними витратами[14,15].

При визначенні величини проектних капіталовкладень можна скористатися формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}} \left( \sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{\text{тр}} + Z_{\text{мн}}, \text{ тис.грн,}$$

де,  $K_{\text{об}} \left( \sum_{i=1}^k C_i \right) = 20\,682\,939$  тис. грн. – сумарна вартість комплектуючих

$i$ -го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

$k$  – кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{\text{тзс}}$  – транспортно-підготовчі витрати = 30 000 грн. згідно даних компанії перевізника <https://ua.transportica.com> ;

$Z_{\text{мн}}$  – вартість монтажно-налагоджувальних робіт;

Витрати на покупку технічних засобів і комплектуючих представлені і зведені в таблицю 3.1

Витрати на монтажно-налагоджувальні роботи визначаються за формулою:

$$\begin{aligned} Z_{\text{М(Н)}} &= \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_d \cdot K_{\text{СМ}} \cdot K_{\text{пр}} = (12 \cdot 40 \cdot 810) \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = \\ &= 564\,537 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Таблиця 3.1-капітальні вкладення технічного устаткування та комплектуючих

№	Найменування комплектуючих пристроїв	Од. виміру	Кількість, шт.	Вартість, тис. грн.	
				за одиницю	всього
1	Конденсаторна установка УКРМ57 6-1200	грн.	2	101 732	203464
2	Сонячні панелі TRINA SOLAR 260P	грн.	4340	3979	17268860
3	Інвертор SUNGROW SG80KTL	грн.	9	356735	3210615
Всього за обладнання					20682939
3	Монтажно-налагоджувальні роботи				564537
4	Транспортно-підготовчі роботи				30000
В сумі					21277476

де,  $Ч_i$  – чисельність працівників, необхідних для виконання необхідного обсягу роботи, чол;

$a_i$  – тарифна ставка працівника за одну годину роботи, грн;

$t_i$  – час, необхідний для виконання певного обсягу роботи;

$K_d$  – коефіцієнт, що враховує розмір доплати;

$K_{CM}$  – коефіцієнт, який враховує єдиний соціальний внесок;

$K_{np}$  – коефіцієнт, який враховує інші витрати на виконання монтажний робіт.



Витрати на демонтаж старого обладнання відсутні. Інші витрати також відсутні. Таким чином, капітальні інвестиції на здійснення проектного варіанту складають:

$$K_{\text{пр}} = 20\,682\,939 + 564\,537 + 30\,000 = 21\,277\,476 \text{ грн.}$$

### 3.3 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (наприклад, рік), виражені в грошовій формі. До експлуатаційних витрат відносяться:

1. Амортизаційні відрахування ( $C_a$ );
2. Заробітна плата обслуговуючого персоналу ( $C_z$ );
3. Відрахування на соціальні заходи ( $C_c$ );
4. Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання  
( $C_t$ );
5. Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування  
( $C_e$ );
6. Інші витрати ( $C_{\text{пр}}$ ).

Пропонована до установки сонячна електростанція є повністю автономною і не вимагає постійної присутності оператора або обслуговуючого персоналу.

Інші витрати відраховуються в розмірі 4% від заробітної плати обслуговуючого персоналу, тому що система не вимагає постійної присутності оператора або обслуговуючого персоналу то інші витрати зводимо до нуля.

Річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування визначаються за формулою:

$$C = C_a + C_z + C_c + C_{\text{пр}} + C_e + C_t, \quad \text{грн.}$$

### 3.3.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річний фонд амортизаційних відрахувань визначається у відсотках від суми капітальних інвестицій за видами основних фондів і нематеріальних активів по розділах зведення капітальних витрат для проектного варіанту[15].

Норму амортизації для нового обладнання розрахуємо за формулою:

$$H_A = \frac{\Phi_{\Pi} - Л}{\Phi_{\Pi} \cdot T_{\Pi}} \cdot 100\% = \frac{20682939 - 10500}{20682939 \cdot 12} = 0,083 \approx 8,3\%$$

де,  $\Phi_{\Pi}$  – первісна вартість об'єкта основних засобів;

$Л$  – розрахункова ліквідаційна вартість основних засобів =0;

$T_{\Pi}$  – строк корисного використання (амортизаційний період);

Тоді річні амортизаційні відрахування за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_{\Pi} \cdot H_A}{100} = \frac{20682939 \cdot 8,3}{100} = 1\,716\,683 \text{ грн}$$

### 3.3.2 Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання

Обслуговування сонячної фотогоальванічної системи передбачає:

1. очищення сонячних панелей в зимовий період часу;
2. очистку від бруду і пилу в літній період часу;

Річні витрати на поточний ремонт та обслуговування обладнання можуть бути знайдені за формулою:

$$C_T = \sum_{i=1}^n (R_i \cdot t_i \cdot m_i \cdot R_{\Sigma i} + \frac{S_i + \Pi_i}{T_i} \cdot T_{\Phi})$$

де,  $n$  – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;  $Ri$  – годинна ставка робітників, що виконують ремонт. Ставка електромонтера по ремонту електроустаткування становить 34 грн;

$ti$  – трудомісткість одного ремонту при категорії тяжкості ремонту в одну ремонтну одиницю, в залежності від виду ремонту, ч / од., при середньому ремонті 6 ч / од.;

$mi$  – число ремонтів за рік, од., приймається 1;

$R\sum i$  – сумарна категорія тяжкості ремонту в залежності від виду електрообладнання, так як потужність від 5 до 10 кВт, то приймається 1,3;

$Si$  – вартість однотипних замінних елементів, грн.; складають 410 грн.;

$Pi$  – кількість однотипних замінних елементів, од., 5 од.;

$Ti$  – середній термін служби деталей даного типу, ч., Приймаємо 43 200 год;  $Tф$  – число годин роботи обладнання в рік, ч.; 3 600 год.

$$C_T = 34 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 1,3 + \frac{410 \cdot 5}{43200} \cdot 3600 = 436 \text{ грн.}$$

Тоді річні експлуатаційні витрати становлять:

$$\begin{aligned} C &= C_a + C_z + C_c + C_{пр} + C_э + C_T = 1\,716\,683 + 436 \\ &= 1\,717\,119 \text{ грн.} \end{aligned}$$

### **3.4 Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування**

Для сонячної електростанції на 1128 кВт. Для визначення рівня ставок тарифів для кожного періоду у день та ночі та всіх сезонів встановлюються такі тарифні коефіцієнти та тривалість періодів, таблиця 3.2.

Таблиця 3.2. Тарифні коефіцієнти та тривалість періодів

Період часу	Ніч	День
Тарифні коефіцієнти	0,5	1
Тривалість	23:00-07:00	07:00-23:00

Користь багато тарифній системи полягає в тому, що:

- економляться кошти на оплату електрики;
- знижується навантаження на систему енергопостачання в пікові години;
- враховуються інтереси і споживача, і постачальника.

Станом на грудень 2018 року, ставка роздрібного тарифу на електричну енергію становить 168 коп / кВт · год.

Тариф для відповідної зони доби визначається за формулою:

$$T_e = T \cdot k_{и}, \left( \frac{\text{коп.}}{\text{кВт}} \cdot \text{год.} \right),$$

де,  $T$  – тариф для відповідної категорії побутових споживачів, грн. / кВт · год.;

$k_{и}$  – тарифний коефіцієнт для відповідної зони доби, тоді визначенням тариф для трьох періодів часу:

$$T_{Н} = 1,68 \cdot 0,5 = 0,84 \frac{\text{коп.}}{\text{кВт}} \cdot \text{год.};$$

$$T_{Д} = 1,68 \cdot 1 = 1,68 \frac{\text{коп.}}{\text{кВт}} \cdot \text{год.}$$

Середньодобове споживання електричної енергії Сахарним заводом, спожитої в нічну зону доби становить:  $E_{Н} = 0$  кВт · год. по тому що завод вночі не працює.

Середньодобове споживання електричної енергії Сахарним заводом, спожитої в денну зону доби становить:  $E_D = 72\,384 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$

Розмір платежу за електроенергію в добу:

$$P_D = 72\,384 \cdot 1,68 = 121\,605 \text{ грн.}$$

Загальний розмір платежу за 1 сезон:

$$P_C = P_D \cdot 30 \cdot 3 = 121\,605 \cdot 30 \cdot 3 = 10\,944\,450 \text{ грн.}$$

Зробимо аналогічний розрахунок вартості електроенергії після компенсації для 4 сезонів і результат заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 вартість електроенергії після компенсації для 4 сезонів

Сезон	Вартість енергії без урахування сонячної електростанції, грн.	Вартість енергії з урахуванням компенсації, грн.	Зміна вартості електроенергії, грн.
Зима	10 944 450	10 160 989	783 461
Весна	10 944 450	8 556 738	2 387 712
Літо	10 944 450	7 816 794	3 127 656
Осінь	10 944 450	9 601 366	1 343 084
Всього	43 777 800	36 135 887	7 641 913

$$E_{КП} = E_{КР} - C = 7\,641\,913 - 1\,717\,119 = 5\,924\,794 \text{ грн.}$$

### 3.5 Визначення показників економічної ефективності

Оцінка економічної ефективності розглянутих в магістерській дисертації технічних і організаційних рішень здійснюється на основі визначення та аналізу наступних показників:

Розрахунковий коефіцієнт ефективності капітальних витрат:

$$E_{P3} = \frac{E_{K\Pi}}{K_{\Pi}} = \frac{5\,924\,794}{21\,277\,476} = 0,28 \text{ частка.}$$

Період окупності складе:

$$T_{ок} = \frac{K_{\Pi}}{E_{K\Pi}} = \frac{21\,277\,476}{5\,924\,794} = 3,6 \text{ років.}$$

Для даного проекту період окупності повинен бути менше 12 років[15].

### 3.6 Висновки по розділу 3

В результаті виконання техніко-економічного аналізу був зроблений розрахунок вартості впроваджуваних проектів, капітальні витрати яких склали 21 277 476 грн. для сонячної електростанції на 1128 кВт. Також розрахована економічна ефективність від його впровадження. Було встановлено, що при використанні такої системи відбувається економія коштів і дана система окупається приблизно 3,6 років. Для даного проекту період окупності повинен бути менше 12 років. Тобто для часткової компенсації витрат на електроенергію у сахарному заводі, СЕС являться гарним вибором.

## Висновки

В даному магістерському дипломі були проведені такі дослідження та розрахунки:

– Розвиток та характеристика переробної промисловості , аналіз ресурсів які витрачаються та структура реалізації продукції різних галузей переробної промисловості.

– Приведена характеристика та технологічні процеси по переробці буряку у цукор.

– Приведена характеристика та категорійність, розрахунок навантажень цукрового заводу.

– Розрахунок поперечної та повздовжньої компенсації реактивного навантаження та було вибрано дві конденсаторні установки УКЛ(П)56(57)-6,3-1200 УЗ.

– Впровадження СЕС в якості джерела компенсації реактивної потужності для СЕС були використані такі сонячні панелі та інвертора: Risen RSM60-6-260P/4BB, SUNGROW SG80KTL.

– Зроблено розрахунок вартості використання таких систем. Розрахована економічна ефективність від його впровадження. Отримано термін окупності, за яким можна говорити про ефективність такого проекту.

## Список використаної літератури

1. Інтернет ресурс: «навчальні матеріали онлайн». Режим доступу : [https://pidruchniki.com/68581/ekologiya/pererobna\\_promislovist](https://pidruchniki.com/68581/ekologiya/pererobna_promislovist)
2. Інтернет ресурс: «навчальні матеріали онлайн». Режим доступу : [https://pidruchniki.com/68582/ekologiya/resursi\\_vitrachayutsya#21](https://pidruchniki.com/68582/ekologiya/resursi_vitrachayutsya#21)
3. Інтернет ресурс: «wikipedia». Режим доступу : [https://uk.wikipedia.org/wiki/Промисловість\\_України#Переробна\\_промисловість](https://uk.wikipedia.org/wiki/Промисловість_України#Переробна_промисловість)
4. Інтернет ресурс: «studopedia». Режим доступу : [https://studopedia.su/14\\_52488\\_harakteristika-produktsii-sirovini-i-napivfabrikativ.html](https://studopedia.su/14_52488_harakteristika-produktsii-sirovini-i-napivfabrikativ.html)
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни "Електрична частина станцій та підстанцій. Електропостачання",/Упоряд.: Ф.П. Шкрабець, О.В. Остапчук – Д.: Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2016. –28 с.
6. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергети-ческих специальностей / Под ред. В.И. Блок. – М.: Высш. шк., 1981. – 304 с.
7. Колюхова Е. А. К 64 Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. – М.: Издательство «Мастерство», 2002.-320 с: ил. ISBN 5-294-00063-6
8. Інтернет ресурс: «electrograd». Режим доступу : [https://electrograd.com.ua/product\\_kompensator-reaktivnoj-moschnosti-ukrm-6-10-kv.html](https://electrograd.com.ua/product_kompensator-reaktivnoj-moschnosti-ukrm-6-10-kv.html)
9. Інтернет ресурс: «library.eltech». Режим доступу : <http://library.eltech.ru/files/vkr/bakalavri/2404/2016%20%D0%92%D0%9A%D0%A0%20240424%20%D0%A0%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B2%20%D0%98.%D0%92..PDF>



10. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посіб / Ф.П. Шкрабець; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НТУ, 2015. – 540 с.
11. Федоров А.А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования: Учебн. пособие для вузов./ А.А. Федоров, Л.Е. Старкова – М.: Энергоато-миздат, 1987. – 368 с.
12. Інтернет ресурс: «sungrowpower». Режим доступу : [https://en.sungrowpower.com/product\\_view?id=150](https://en.sungrowpower.com/product_view?id=150)
13. NASA Prediction of Worldwide Energy Resource [Электронный ресурс] // NASA – POWER – Режим доступа: <https://power.larc.nasa.gov>
14. Климова Г.Н. Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий: учебное пособие/ Г.Н. Климова, А.В. Кабышев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – с.
15. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломної роботи для студентів напряму підготовки 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укладачі: Л.В. Тимошенко, І.В. Шереметьєва – Дніпропетровськ: НГУ, 2017. – 15 с.

**Приложение А**

## Ведомость материалов дипломного проекта

№ п/п	Формат	Обозначение	Наименование	Кол-во страниц	Приме чание
1	A4		Пояснительная записка	88	
2	A4		Графическая часть (презентация)	15	

**ВІДГУК**

на магістерську роботу студента групи 141м-17-3 Дикого В.П.  
на тему "Аналіз методів забезпечення зниження втрат напруги  
в живлячих мережах підприємства"

Магістерська кваліфікаційна робота представлена пояснювальною запискою обсягом 66 сторінок, яка складається з пояснювальної записки обсягом 63 сторінки, списку використаної літератури з 15 найменувань та 1 додатку. Графічна частина, представлена презентацією яка містить 15 слайдів формату А4.

Об'єктом дослідження є процеси генерації та споживання електричної енергії на переробному підприємстві (цукровий завод).

Мета даної роботи – є аналіз методів забезпечення зниження втрат напруги підприємства та економічного ефекту від компенсації споживання електроенергії в підприємстві за рахунок СЕС.

Значення напруги у вузлі визначається балансом потужностей і в першу чергу реактивних. Напряга є локальним параметром. Будь який приймач електричної енергії проектують і конструюють так, щоб він експлуатувався при номінальній напрузі і частоті, що забезпечує оптимальні технічно-економічні характеристики приймача. Важливі характеристики напруги установлені ДСТУ 13109-97 – відхилення напруги, розмах зміни напруги, доза коливань напруги, тривалість провалу напруги та імпульсна напруга. При цьому однією з найважливіших характеристик напруги є відхилення напруги і питання регулювання напруги важливе.

Основний тренд пов'язаний з переходом до використання цих установок в якості регулярного джерела, а не тільки для резервної потужності, що в підсумку призводить до доповнення великої централізованої генерації в енергосистемі і до її заміщення при збереженні зв'язку між ними.

В якості об'єкта дослідження було вибрано переробне підприємство розташоване на значній відстані від живлячих мереж, яке споживає з мережі значну реактивну потужність. Враховуючі особливості сучасних мережевих інверторів була поставлена задача дослідити, наскільки можливо його використовувати для компенсації реактивної потужності. З поставленою задачею студент впорався.

Розділ "Економічне обґрунтування" виконаний відповідно до поставленого завдання.

Зауважень до магістерської роботи немає.

В цілому, магістерська робота виконана на високому рівні, простежується логічний зв'язок між розділами, всі розрахунки проведені у відповідності із загальноприйнятими методиками. Основна мета досягнута, поставлені задачі виконані.

Проект заслуговує оцінки «відмінно» (95 балів), а його автор Дикий Владислав Петрович присвоєння кваліфікації "інженер-електрик в електроенергетичній сфері".

Керівник,

д.т.н, професор

завідувач кафедри

відновлюваних джерел енергії

Ф.П. Шкрабець

