

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**  
**ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ**  
**ТЕХНОЛОГІЙ**  
**КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
другого (магістерського) рівня освіти

на тему:

**«АНАЛІЗ ТА ВИБІР ЗАСОБІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ**  
**ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**  
**БУДІВЕЛЬНО-ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА»**

Виконав: студент VI курсу  
групи Ен-61 спеціальності  
141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

\_\_\_\_\_ Скуріхін Д. Р.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: \_\_\_\_\_ Гречин Д. П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_ Сиротюк С. В.

**ДУБЛЯНИ 2024**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти – *другий (магістерський) рівень*

Спеціальність 141 «*Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ (підпис)

к.т.н., доцент Левонюк В. Р.  
(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 202\_\_ року

З А В Д А Н Н Я  
на кваліфікаційну роботу студенту  
Скурухину Денису Романовичу

Тема роботи: «Аналіз та вибір засобів компенсації реактивної потужності в системі електрозабезпечення будівельно-виробничого підприємства»

Керівник роботи доцент, к.т.н Гречин Д. П.  
(наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом по університету від «12» вересня 2024 р. № 616 /к-с

1. Строк подання студентом роботи 6.12.2024 р.
2. Вихідні дані до роботи  
технічна документація, науково-технічна і довідкова література, законодавча та нормативна база України з питань охорони праці.
3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Характеристика об'єкту роботи
2. Аналіз питання компенсації реактивної потужності навантаження
3. Система компенсації реактивної потужності навантаження в системі електрозабезпечення
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
5. Ефективність прийнятих рішень

Висновки

Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

*Графічний матеріал подається у вигляді презентації*

6. Консультанти з розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконан ня
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	<i>Дробот І. М., ст.викладач</i>			
4	<i>Городецький І. М. к.т.н., доцент</i>			

7 Дата видачі завдання 12.09.2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ етапу	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	<i>Отримання завдання. Вивчення рекомендованої літератури за темою КР, написання аналітичного огляду кваліфікаційної роботи, вивчення об'єкту (I розділ роботи).</i>	<i>12.09.2024 – 25.09.2024</i>	
2.	<i>Розрахунок та вибір обладнання, Побудова моделі, проведення досліджень. (II-III розділи роботи).</i>	<i>26.09.2024 – 1.11.2024</i>	
3.	<i>Розроблення та обґрунтування пропозицій щодо реалізації результатів роботи. Розроблення питань з охорони праці, Написання економічної частини. (IV- V розділи роботи).</i>	<i>2.11.2024 – 24.11.2024</i>	
4.	<i>Кінцеве оформлення кваліфікаційної роботи та оформлення ілюстративних матеріалів, таблиць, задача КР на рецензування.</i>	<i>25.11.2024 – 1.12.2024</i>	
5.	<i>Підготовка до захисту в ЕК (написання доповіді). Пробний захист на кафедрі, виправлення зауважень. Завершення кваліфікаційної роботи в цілому</i>	<i>2.12.2024 – 6.12.2024</i>	

Студент Скуріхін Д. Р.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи Гречин Д. П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 621.313:63

## Р Е Ф Е Р А Т

Скуріхін Д. Р. «Аналіз та вибір засобів компенсації реактивної потужності в системі електрозабезпечення будівельно-виробничого підприємства». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 58 с. текстової частини, 5 таблиць, 30 рисунків, 24 джерела посилання.

**Об'єкт дослідження:** системи компенсації реактивної потужності навантаження в системі електропостачання будівельно-виробничого підприємства.

**Мета роботи:** є підвищення енергоефективності системи електрозабезпечення підприємства та обґрунтування вибору системи компенсації реактивної потужності навантаження в системі електропостачання.

**Предмет дослідження:** робота системи компенсації реактивної потужності навантаження в системі електропостачання.

**Завдання дослідження:** проаналізувати підприємство, обґрунтувати тему кваліфікаційної роботи, проаналізувати питання компенсації реактивної потужності навантаження, провести аналіз та розрахунок елементів системи електропостачання та вибрати пристрій компенсації реактивної потужності навантаження, побудувати модель системи регулювання коефіцієнта потужності та дослідити її роботу, розглянути питання охорони праці та розрахувати термін окупності.

У кваліфікаційній роботі: проаналізовано підприємство, обґрунтовано тему роботи, проаналізовано питання компенсації реактивної потужності навантаження, проведено аналіз та розрахунок елементів системи електропостачання та вибрано пристрій компенсації реактивної потужності навантаження, побудовано модель системи регулювання коефіцієнта потужності та досліджено її роботу, розглянуто питання охорони праці та розраховано термін окупності.

**Ключові слова:** електропостачання, реактивна потужність навантаження, коефіцієнт потужності, мікропроцесорний регулятор, модель, графічна залежність.

## ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1 Характеристика об'єкту роботи.....	8
1.1 Інженерно-технічна характеристика підприємства.....	8
1.2 Обґрунтування теми роботи.....	10
Розділ 2 Аналіз питання компенсації реактивної потужності навантаження	13
2.1 Організаційні заходи компенсації реактивної потужності .....	13
2.2 Мікропроцесорні регулятори реактивної потужності.....	14
Розділ 3 Система компенсації реактивної потужності навантаження в системі електрозабезпечення .....	20
3.1 Аналіз системи електрозабезпечення .....	20
3.2 Вибір пристрою компенсації реактивної потужності навантаження ....	27
3.3 Побудова та дослідження моделі системи компенсації реактивної потужності навантаження в системі електрозабезпечення .....	29
Розділ 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях .....	38
4.1 Аналіз стану охорони праці .....	38
4.2 Планування заходів з покращання охорони праці .....	41
4.3 Оцінка рівня небезпеки виникнення травм .....	43
4.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях .....	49
Розділ 5 Ефективність прийнятих рішень .....	52
5.1 Розрахунок перетікання реактивної енергії .....	52
5.2 Розрахунок терміну окупності .....	54
Висновки .....	57
Перелік джерел посилань .....	58

## ВСТУП

Електрична енергія – один з найпоширеніших видів енергії, що використовується людством. Вона передається з високою швидкістю від місця вироблення до місця використання, легко перетворюється в інші види енергії (наприклад, теплову), легко розподіляється і передається споживачеві в цілому, її параметри можна легко контролювати і регулювати. Ці характеристики, а також відсутність шкідливих викидів у навколишнє середовище при її перетворенні, призвели до її поширення в народногосподарському комплексі України.

Електрична енергія утворюється в процесі навмисного перетворення основних природних форм виробництва енергії, таких як хімічна, Механічна, ядерна і т.д. це енергія електричного струму, яка утворюється і присутня в електромагнітному полі. Загальною характеристикою енергії є здатність працювати. Головною особливістю процесів вироблення і використання електроенергії є їх синхронність, що робить практично неможливим накопичення електричної енергії в чистому вигляді для подальшого використання.

Сьогодні велика частина виробленої електроенергії використовується для приведення в рух різних механізмів (електропривод) близько 15% електроенергії споживається електротермічними процесами в промисловості, зростає використання електроенергії в повсякденному житті, особливо використання електронагріву для гарячого водопостачання та обігріву приміщень, для живлення холодильників, кондиціонерів та інші електричні приймачі.

Без електричної енергії, як вдома, так і на роботі, неможливо уявити життя сучасних людей. Атомні, теплові та гідроелектростанції (АЕС, теплові та гідроелектростанції з гідроелектростанціями) Передача електричної енергії від основного джерела живлення до споживача здійснюється по

електричних проводах напругою 6, 10, 35, 110, іноді 220 кВ і підстанціях, що утворюють місцеву електричну мережу. Для підвищення економічної ефективності цих мереж вони об'єднуються в високовольтні лінії (220 і 330 кВ) і регіональні системи, утворюючи об'єднану енергосистему за допомогою системних підстанцій і ліній ще більш високої напруги (500 і 750 кВ).

Споживачі електричної енергії, в тому числі промислові підприємства, отримують електроенергію з системи електропостачання, яка є невід'ємною частиною енергосистеми.

Сучасні системи електропостачання промислових підприємств, міст, сільського господарства і транспорту повинні забезпечувати з максимальною економічною ефективністю показники якості і надійності електричної енергії, які відповідають рівню технологічного розвитку, споживання електроенергії і задовольняють вимогам споживачів. По суті, на етапі проектування об'єкта необхідно закласти в систему електропостачання таке технічне рішення, яке забезпечить виконання заданих умов. Це завдання ускладнюється тим, що з часом передумови можуть змінитися як з точки зору величини електричного навантаження, розташування території, так і енергосистеми, сторонніх споживачів і т. д.

Світове споживання енергії на душу населення становить 1,9 тонни умовного палива на рік. Це означає, що в усьому світі для потреб людини виробляється величезна кількість палива, а його запаси обмежені. Це означає необхідність пошуку альтернативних джерел енергії та впровадження економічних та енергозберігаючих технологій. Це 2 основні глобальні проблеми: енергетика і енергоспоживання.

## РОЗДІЛ 1

### ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ РОБОТИ

#### 1.1 Інженерно-технічна характеристика підприємства

За основу ми вибрали підприємство ВАТ «Яворівський завод ЗБК», яке займається виготовленням залізобетонних конструкцій різного типу. Для забезпечення виробничого процесу на підприємстві створена інженерно-технічна служба, яка складається з двох основних служб: служба головного енергетика, служба головного механіка. Та допоміжних відділів: адміністративно господарський, охорони праці, охорони заводу.

Електропостачання заводу здійснюється високовольтною лінією 10кВ ЛТ-39/10. електротехнічного служб головного енергетика обслуговує: ЗКТП-309 2×630 кВА, розподільчі та силовіпристрої, електроприводи технологічних процесів (частотні перетворювачі та системи плавного пуску), електроосвітлення підприємства, виробничих, складських та офісних приміщень, електрообладнання механізмів та машин по виготовленню, та упакуванню готової продукції, електронавантажувачів, електронавантажувачів, підвісних кран-балок 5т, зварювальне обладнання, електрообладнання пресів.

Сумарна встановлена потужність електрообладнання на підприємстві становить 1,5 МВт. За 2023 р. було спожито електроенергії 1586 тис.кВт. Підприємству дозволене споживання на рівні 750кВт/год.

Водозабезпечення заводу реалізують від двох свердловин та мережі. Вся вода обліковується і накопичується в ємності: із свердловин в резервуар V – 120м<sup>3</sup>, на технічні потреби; із мережі в резервуар V – 20м<sup>3</sup> на побутові та технічні потреби. Середньодобове споживання води становить близько 65-80м<sup>3</sup>.



Опалення в холодну пору року здійснюють проточними електроводонагрівачами, електроротли типу «ТИТАН» різної потужності: 15кВт – 105кВт, залежно від розмірів приміщень та допустимої температури. Вода на побутові потреби нагрівається електробойлерами об'ємом 25-300літрів.

Компенсація реактивної потужності є найдешевшим і ефективним засобом поліпшення техніко-економічних показників електропостачання, зниження всіх видів втрат електроенергії.

Найбільш ефективним способом зниження споживання реактивної потужності з мережі є використання блоків компенсації реактивної потужності (конденсаторних батарей, синхронних двигунів, синхронних компенсаторів). При підключенні компенсатора до мережі знижуються втрати потужності і напруги.

Режим роботи конденсаторного обладнання повинен виключати можливість роботи підприємств з підвищеними коефіцієнтами потужності. У зв'язку з цим найбільш доцільним є використання автоматичного регулювання потужності конденсаторної установки по напрузі, часу і іншим параметрам.

## **1.2 Обґрунтування теми роботи**

Значення коефіцієнта потужності некомпенсованого устаткування наведені в табл.1.1. В оптимальному режимі показник повинен прямувати до одиниці і відповідати нормативним вимогам.

Реактивна потужність, споживана промисловими підприємствами в кожній точці мережі, визначається величиною намагніченої потужності, необхідної для окремих елементів електроустановок, розташованих за цією точкою в напрямку передачі енергії. Реактивне навантаження на підприємство не залишається незмінним протягом більш-менш тривалого

часу, причому не тільки протягом місяця в році, а й протягом 1 виробничої зміни. Ці навантаження постійно змінюються в залежності від виробничої програми окремого струмоприймача, ступеня навантаження і відносної тривалості включення, коливань напруги в мережі, якості обслуговування обладнання експлуатаційним і ремонтним персоналом та інших факторів.

Використання компенсації реактивної потужності є ефективним і найдешевшим шляхом підвищення техніко-економічних показників в електропостачанні, що зменшує всі види втрат електроенергії.

Залежно від типу використовуваного обладнання електричні навантаження діляться на активні, індуктивні і ємнісні. Споживачі часто мають змішані активно-індукційні навантаження.

Активна енергія перетворюється в корисну – теплову, механічну та ін. енергії. Реактивна енергія призначення для створення електромагнітних полів в освітлювальних приладах, зварювальних трансформаторах, дроселях, індукційних печах, трансформаторах, електродвигунах.

Таблиця.1.1 – Значення коефіцієнта потужності

Тип навантаження	Приблизний коефіцієнт потужності
Лампа денного світла	0,5-0,6
Електродугова піч	0,6-0,8
Зварювальний апарат постійного струму	0,5-0,6
Індукційна піч	0,2-0,6
Асинхронний електродвигун 100-250 кВт	0,8-0,9
Асинхронний електродвигун до 100кВт	0,6-0,8

За допомогою приділення уваги реактивній потужності можна розв'язати важливі завдання, а саме: підвищення економічності мережі

загалом та окремих частин (за рахунок компенсації реактивної потужності), регулювання напруги, підвищення стійкості вузлів навантажень, сприяння стійкості паралельної роботи генераторів станцій та систем.

У загальному випадку формула для визначення реактивної потужності має вигляд  $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ . Це позитивне значення для запізненого струму (індуктивне навантаження -  $0 < \varphi < 180$ ) і негативне для випереджаючого струму (ємнісне навантаження -  $-180 < \varphi < 360$ ). Насправді споживання (або вироблення) реактивної потужності часто характеризується коефіцієнтом потужності:

$$\cos \varphi = P/S, \quad (1.1)$$

або коефіцієнтом реактивної потужності:

$$\operatorname{tg} \varphi = Q/P. \quad (1.2)$$

З точки зору аналізу режиму в умовах, коли значення  $\cos \varphi$  велике, вважається, що значення  $\operatorname{tg} \varphi$  краще відображає вплив реактивної потужності на явище.

Більше споживачів електроенергії має активно-індуктивне характер, потужність їх навантаження записують у вигляді:

$$\dot{S} = P + jQ. \quad (1.3)$$

З огляду на особливості реактивної складової потужності, необхідно враховувати вплив на вибір обладнання і режимних параметрів вже на стадії проектування. Якщо компенсація реактивної потужності не передбачена, то передбачаються мережеві елементи (Трансформатори, лінії електропередачі і т.д.) необхідно вибирати відповідно до максимальної навантажувальної здатності, яка визначається активним і реактивним компонентами:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (1.4)$$

Природний коефіцієнт реактивної потужності в промисловості дорівнює  $\operatorname{tg} \varphi = (1,02 \dots 1,33)$ , це означає, що значення реактивної потужності може бути активним, тобто реактивна потужність має більший вплив на вибір параметрів обладнання, ніж активна.

Зниження споживання реактивної потужності споживачами може бути досягнуто за допомогою організаційних і технічних заходів.

Найбільш ефективним і результативним способом зниження споживання реактивної потужності з мережі є використання пристроїв компенсації реактивної потужності (конденсаторних батарей, синхронних двигунів, синхронних компенсаторів). При підключенні компенсатора до мережі знижуються втрати потужності і напруги. На практиці коефіцієнт потужності після компенсації становить від 0,93 до 0,99.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ ПИТАННЯ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ

#### 2.1 Організаційні заходи компенсації реактивної потужності

Зниження споживання реактивної потужності споживачами може бути досягнуто за допомогою організаційних і технічних заходів. В першу чергу необхідно продумати і застосувати організаційні заходи, оскільки вони не вимагають значних витрат. Враховуючи, що основне споживання реактивної потужності здійснюється трансформаторами, асинхронними двигунами і вентильними перетворювачами, перш за все, необхідно проаналізувати їх роботу і схему в наступних аспектах:

- застосування оптимальних силових схем та систем керування перетворювачів;
- заміна мало завантажених трансформаторів на менш потужні;
- застосування синхронних двигунів замість асинхронних;
- оптимізація технологічних процесів із збільшенням коефіцієнтів використання основного обладнання;
- можливість зниження напруги на двигунах з систематичним недовантаженням;
- обмеження тривалості неробочого ходу двигунів та зварювальних трансформаторів;
- заміна мало завантажених асинхронних двигунів двигунами меншої потужності.

Завжди рекомендується використовувати асинхронні двигуни та трансформатори з низьким енергоспоживанням, якщо коефіцієнт використання менше 0,45. Заміна не рекомендується, якщо коефіцієнт

використання перевищує 0,7. При навантаженні від 0,45 до 0,7 доцільність заміни повинна бути обґрунтована спеціальними розрахунками. При розрахунку враховується не тільки зниження втрат активної потужності, але і вартість двигуна і робіт по його заміні, а також витрати на компенсацію реактивної потужності.

Обмеження тривалості неробочого ходу двигуна і зварювального трансформатора знижує відносне споживання реактивної потужності і застосовується на підприємствах з нестабільними технічними процесами, коли можлива тривала непрацездатність обладнання в режимі очікування.

## **2.2 Мікропроцесорні регулятори реактивної потужності**

В даний час для контролю і регулювання компенсації реактивної потужності використовується мікропроцесорний контролер: PFR-16, MRM-12, DCRK, Varlogic, DCRJ і т.д.

Мікропроцесор обробляє контрольовану інформацію і, ґрунтуючись на показниках, отриманих в ході її обробки, включає або вимикає відповідний конденсатор з урахуванням заданих налаштувань. Стан регулятора змінюється в залежності від встановленого часу спрацьовування. Пристрій автоматично управляє повторним включенням кожного конденсатора, запобігаючи його повний розряд. Акумулятор разом з регулятором працює автоматично і підтримує значення коефіцієнта потужності на довільно встановленому рівні. Використовуваний алгоритм управління дозволяє вибрати спосіб і кількість підключень, а також оптимально використовувати наявні конденсатори.

### **DCRK**

Основні параметри:

- цифрове програмування;
- кількість ступенів 5, 7, 8 і 12;

- корпус розміром 96x96 мм, 5-ступінчаста або 7-ступінчаста конфігурація;

- корпус розміром 144x144 мм з 8-ступінчастою або 12-ступінчастою конфігурацією;

- захист конденсатора від перевантаження по струму;

- внутрішня захист панелі управління від перегріву;

- інтерфейс програмування TTL / RS232;

- автоматичне настроювання;

- настроюваний сигнал тривоги.

Технічна характеристика:

- Напруга живлення і управління  $U_e 380-415V$  (стандартне);

- Напруга живлення і управління  $U_e 220/415/440/480/ 525 V$  (за запитом);

- Номінальна частота 50/60 Гц;

- Споживана потужність 6,2 ВА (DCRK5/7) і 5 ВА (DCRK8/12);

- Номінальний струм  $I_e 5A$ ;

- Регулювання індуктивного коефіцієнта потужності 0,8-ємнісного 0,8;

- Вимірювання напруги 0,85..1,1 $U_e$ ;

- Вимірювання струму -2,5%... 120%;

- Вимірювання температури -30..+85°C;

- Вимірювання перевантаження конденсатора 0...250%;

- Час перерахунку ступенів становить 5...240 секунд;

- Ступінь захисту IP41 (DCRK8/12) і IP54 (DCRK5/7).

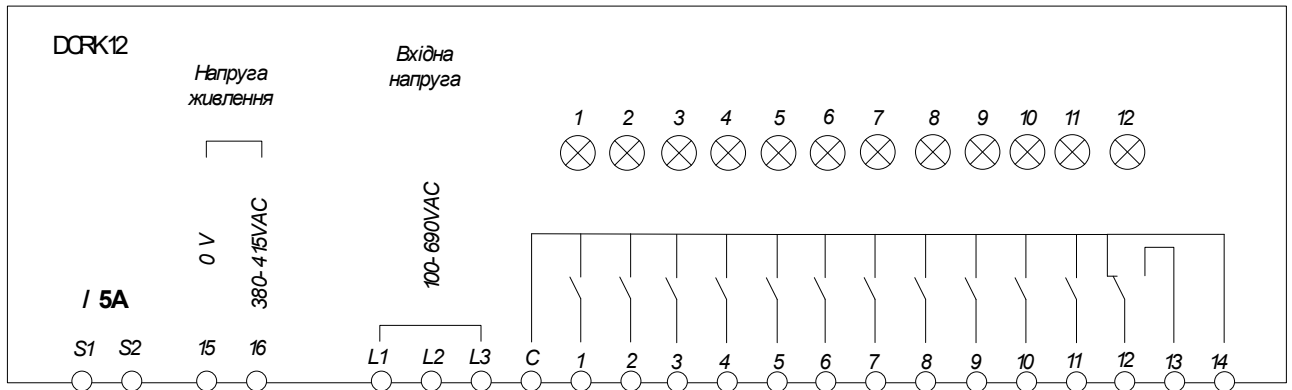


Рисунок 2.1 – Мікропроцесорний регулятор DCRK

### MRM-12

Конструкція регулятора з 15 керуючими контактами компактна і може бути встановлена в центрі шафи з конденсаторною батареєю. Чутливість вимірювальної схеми дозволяє використовувати трансформатори струму зі збільшеними номінальними характеристиками. Вбудовані годинник дозволяють включати конденсатор акумуляторної батареї для компенсації реактивної потужності при неробочому ході силового трансформатора, навіть якщо струм навантаження дорівнює нулю.

Технічні характеристики:

- номінальна частота 50 Гц;
- кількість ступенів 5, 7, 8 та 12
- номінальна напруга (на замовлення) 100/230/400/500/660 В;
- межі коливання напруги -20%...+20%;
- споживана потужність 15 ВА;



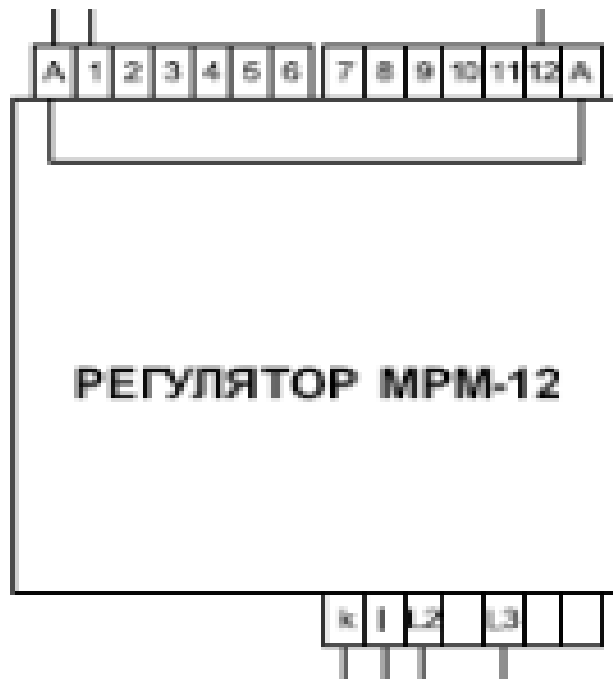


Рисунок 2.2 – Мікропроцесорний регулятор МРМ-12

- максимальний вимірюваний струм 6 А;
- номінальний струм 5 А з вимірювального трансформатора;
- мінімальний вимірюваний струм 30 мА;
- діапазон робочих температур  $-50^{\circ}\text{C} \dots 500^{\circ}\text{C}$ ;
- споживана потужність 2,5 ВА;
- клас точності 1.

### **DCRJ**

Алгоритм управління забезпечує нормальну роботу пристрою навіть в системах, що характеризуються коефіцієнтами гармонік. Коефіцієнт потужності системи регулюється групою комутуючих конденсаторів своєчасно і точно на основі розрахованої реактивної потужності системи. В результаті значно скорочується кількість перемикачів і підвищується ефективність використання конденсаторних батарей.

Основні параметри.

- 8- або 12-ступенева конфігурація в корпусі 144x144 мм;
- цифрове програмування;
- подвійний дисплей;

- захист від перевантажувального струму конденсаторів;
- розділений вхід вимірювання напруги;
- сенсорний контроль температури щита керування;
- внутрішній та зовнішній захист від перегріву;
- автоматична настройка;
- інтерфейс програмування RS485;
- вимірювання гармонік струму і напруги;
- конфігуровані аварійні сигнали;
- журнал станів;
- можливість роботи в мережі середньої напруги.

Технічні характеристики:

- номінальна частота 50/60 Гц;
- подвійна напруга живлення і керування  $U_e$  100-690 В (стандарт);
- споживана потужність 0,3ВА;
- регулювання коефіцієнта потужності 0,8 індуктивного- 0,8 ємнісного;
- номінальний струм  $I_e$  5А;
- вимірювання напруги 85...760 В;
- вимірювання струму 2,5%... 120%  $I_e$ ;
- вимірювання перевантаження конденсаторів 0...250%;
- вимірювання температури -40...+85°C;
- час перекомутації ступеней 5...240с;
- ступінь захисту IP41.

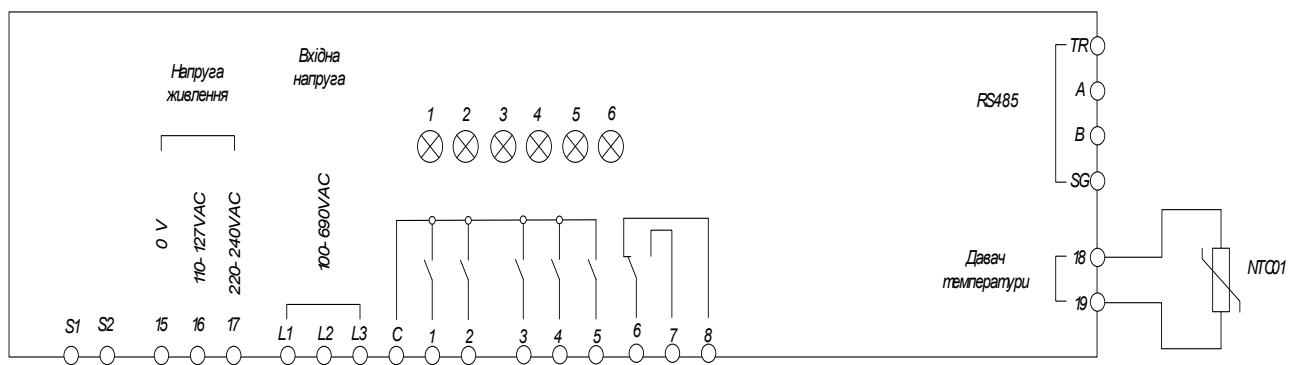


Рисунок 2.3 – Мікропроцесорний регулятор DCRJ

## Varlogic NR12

Регулятор має налаштованим порогом чутливості по струму і захистом від перенапруги. Має такі функції як: функція блокування при дуже малому навантаженні; функція попереднього завдання значень напруги, коефіцієнта потужності, затримки часу.

Основні технічні параметри регулятора:

- Живлення приладу -220В 50 Гц;
- Кількість ступенів 12;
- Регулювання захисту по напрузі (установок) в діапазоні100-480В;
- Номінальна напруга контрольованої мережі ~ 380В або ~ 220В;
- Чутливість тракту вимірювання сигналу від трансформатора струму 20мА;
- Діапазон робочих струмів входу від трансформатора струму ~0-5А  
~ 0-5А.

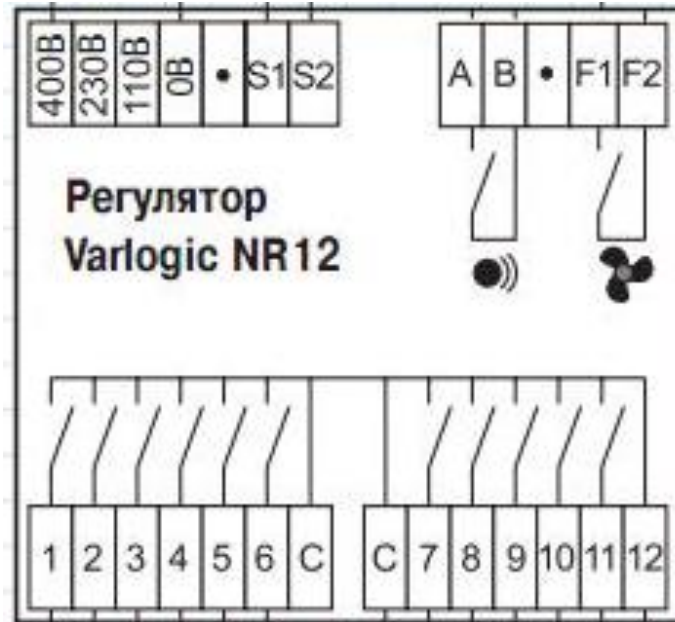


Рисунок 2.12 – Мікропроцесорний регулятор Varlogic NR12

Для даного будівельно-виробничого підприємства обираємо мікропроцесорний регулятор фірми Lovato DCRJ.

## РОЗДІЛ 3

# СИСТЕМА КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 3.1 Аналіз системи електрозабезпечення

Технічні умови:

- напруга приєднання – 10кВ;
- категорія надійності - третя;
- дозволена приєднана потужність -750кВт.

Джерело електропостачання - ПС-35/10кВ № 39 «Старичі» (Яворівський РЕМ), схема електропостачання господарства приведена на рис 3.1.

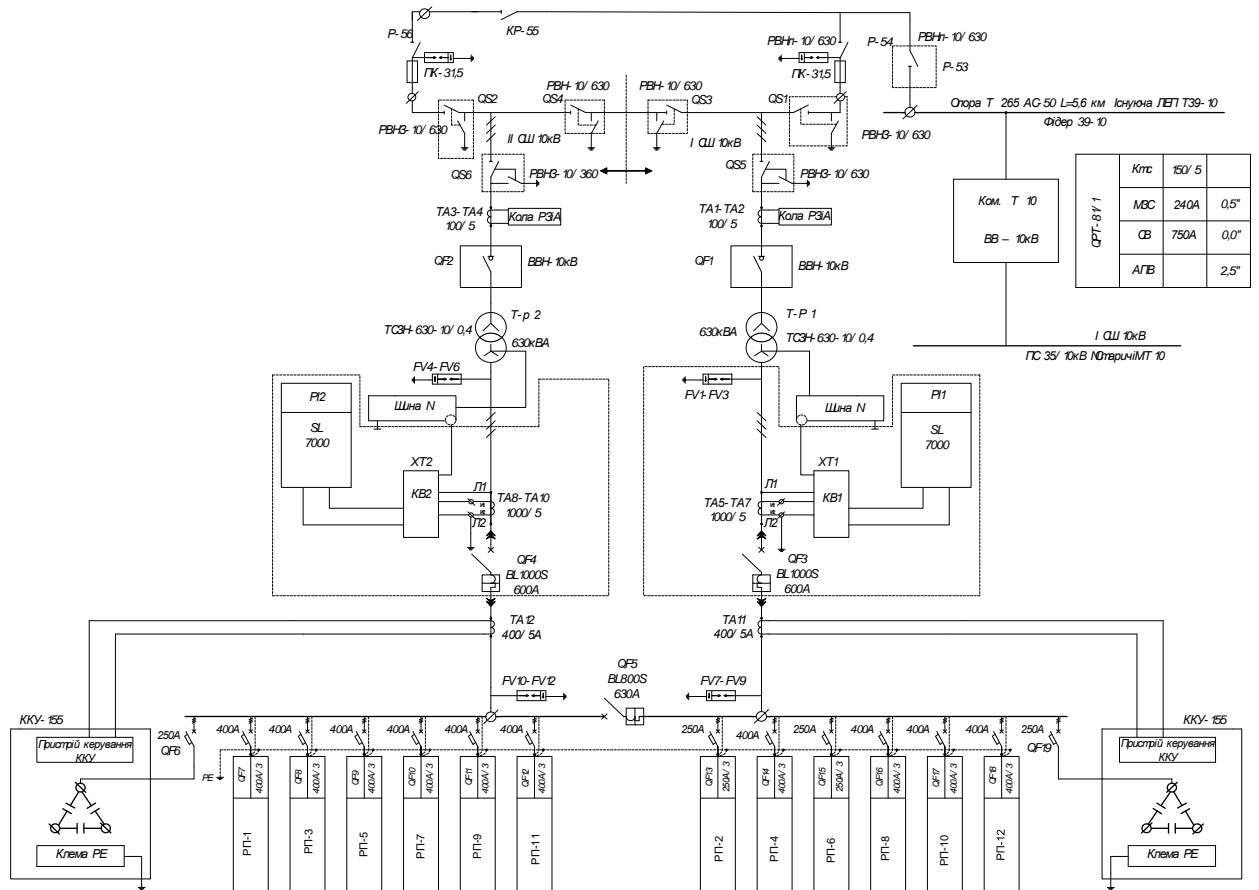


Рисунок 3.1 - Схема електропостачання підприємства

Точка приєднання - ПЛ-10кВ - основна, РЛ-10кВ Л Т39-10 опора №265, резервна-дизельгенератор 0,4кВ. Р-30кВт.

## Електротехнічні рішення та розрахунок технічних характеристик трансформатора

Дозволена потужність максимального навантаження  $P_{\text{тах}} = 750$  кВт.

Потужність трансформатора

Згідно [9] коефіцієнти потужності для трансформаторних підстанцій напругою 10/0,4кВ приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Коефіцієнти потужності трансформаторних підстанцій

Трансформаторні підстанції	Коефіцієнт потужності ( $\cos\varphi$ ) в максимум навантаження	
	Денний	Вечірній
ТП 10/0,4кВ з виробничим навантаженням	0,7	0,75
ТП 10/0,4кВ з комунально-побутовим навантаженням	0,9	0,92

Допустима повна потужність максимального навантаження при некомпенсованій реактивній потужності ( $\cos\varphi = 0,7$ ):

$$S_{\text{тах}} = \frac{P_{\text{тах}}}{\cos\varphi} = \frac{750}{0,7} = 1071 \text{кВ} \cdot \text{А}. \quad (3.1)$$

Повна потужність максимального навантаження при компенсації реактивної потужності: до  $\cos\varphi = 0,95$ :

$$S_{\text{тах}} = \frac{P_{\text{тах}}}{\cos\varphi} = \frac{750}{0,95} = 790 \text{кВ} \cdot \text{А}. \quad (3.2)$$

Виходячи із прийнятої схеми електропостачання від двох трансформаторів, повна потужність одного трансформатора повинна бути не менше:

$$S_{\text{Тр}} \geq \frac{S_n}{2} = \frac{1071}{2} = 535,5 \text{кВ} \cdot \text{А}. \quad (3.3)$$

Вибираємо трансформатор стандартної потужності для 3-х фазних КТП зовнішньої установки.

$$S_{\text{Н.Т}} = 630 \text{кВ} \cdot \text{А},$$

$$P_{\text{Н.Т}} = S_{\text{Н}} \cdot \cos \varphi_{\text{мр}} = 630 \cdot 0.8 = 504 \text{кВт}. \quad (3.4)$$

Приймаємо трансформатор серії ТСЗН-630/10/0,4 УЗ.

### **Розрахунок навантаження трансформатора серії ТСЗН**

Графік навантаження сухого трансформатора ТСЗН-630 кВА наведені на рис. 3.2.

Навантаження розраховано для базової температури  $t_1 = +30^\circ\text{C}$  літо та  $t_2 = +10^\circ\text{C}$  на інші періоди року.

У трансформаторі серії ТСЗН використовують ізоляцію класу Н типу "NOMEX" із максимальною температурою перегріву обмоток  $125^\circ\text{C}$ .

Розрахунок допустимого навантаження трансформатора здійснюємо із умови, що навантаження обмежується тільки нагрівом обмоток.

Режим тривалого навантаження  $-t_1 = +30^\circ\text{C}$  - літо. Критичним періодом експлуатації трансформатора є літній сезон, який повинен відповідати умовам допустимих навантажень. При температурі  $-t_1 = +30^\circ\text{C}$  трансформатор забезпечує тривале навантаження  $S_{\text{Н}} = 630 \text{кВА}$  на 100% без обмеження за часом (згідно з даними, показаними на рис.3.2 і 3.3.).

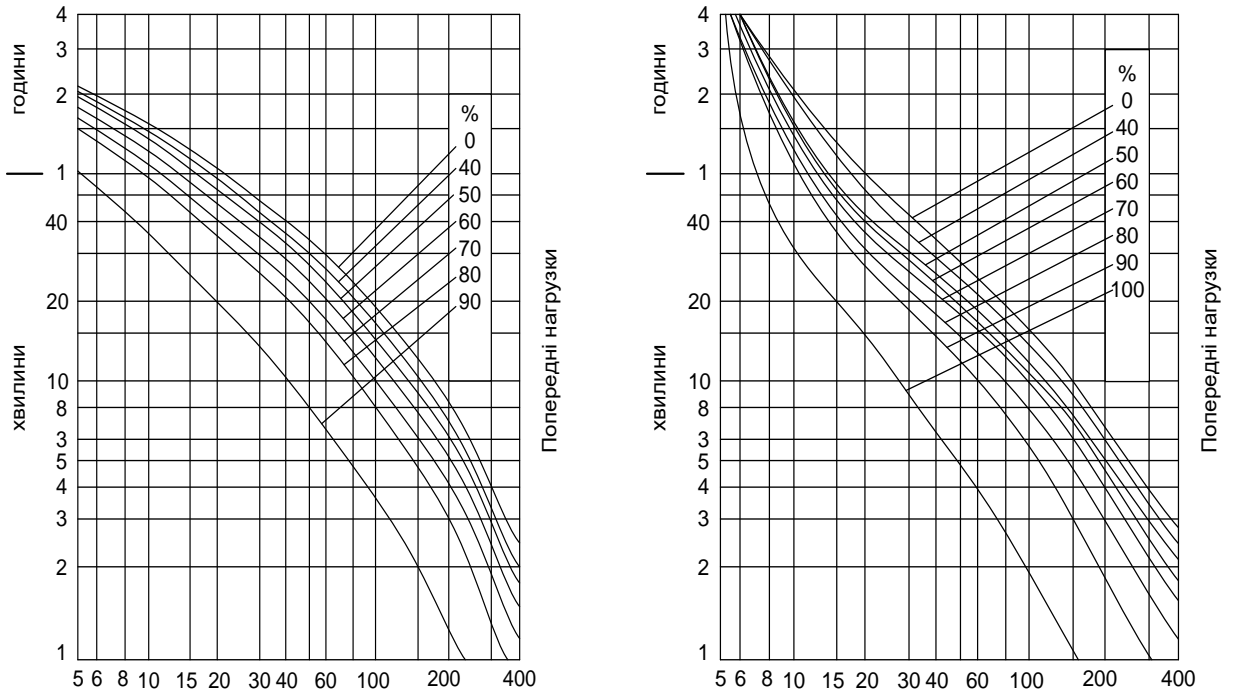


Рисунок 3.2 – Графічні залежності тривалості можливих перенавантажень.

40°C

30°C

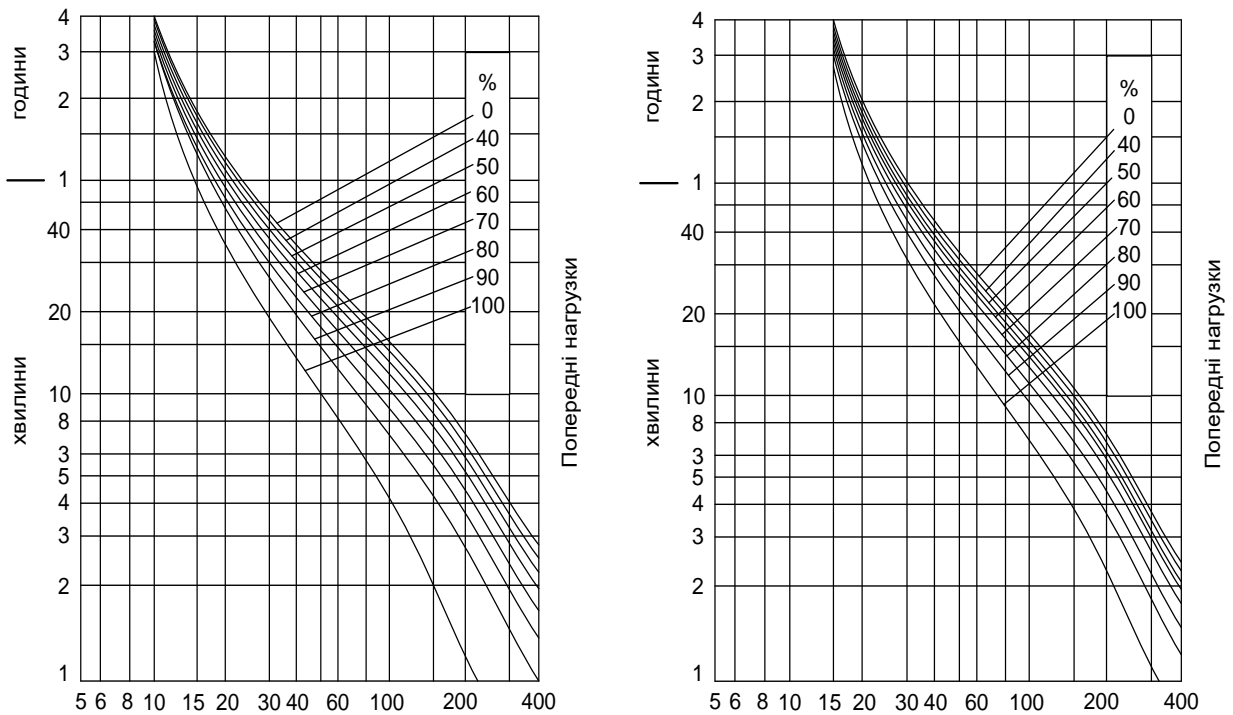


Рисунок 3.3 – Графічні залежності допустимих перенавантажень, % при температурі зовнішнього середовища.

Значення потужності навантаження трансформатора за максимально дозволеної потужності  $P_d=750\text{кВт}$ , при однаковому навантаженні на кожен трансформатор та коефіцієнті потужності  $\cos\varphi=0,7$ :

$$S_{nk} = \frac{P_d}{2 \cos \varphi_k} = \frac{750}{2 \cdot 0,7} = 535 \text{кВ} \cdot \text{А}. \quad (3.5)$$

Значення потужності навантаження трансформатора за максимально дозволеної потужності  $P_d=750\text{кВт}$ , при однаковому навантаженні на кожен трансформатор та при компенсації реактивної потужності навантаження до рівня коефіцієнта потужності  $\cos \varphi_k=0,95$ :

$$S_{nk} = \frac{P_d}{2 \cos \varphi_k} = \frac{750}{2 \cdot 0,95} = 394 \text{кВ} \cdot \text{А}. \quad (3.6)$$

### **Розрахунок коефіцієнтів запасу потужності трансформатора**

Якщо трансформатор працює за схемою взаємного резервування, то при перемиканні електроустановки на живлення від 1 трансформатора необхідно визначити коефіцієнт резервування потужності трансформатора в схемі живлення установки від 1 трансформатора і тимчасові рамки навантаження трансформатора.

Значення коефіцієнта запасу потужності навантаження трансформатора при температурі  $t_1 = + 30^\circ\text{C}$  та коефіцієнті потужності  $\cos \varphi = 0,7$

$$k_{зп} = \left(1 - \frac{S_n}{S_H}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{535}{630}\right) \cdot 100 = 15,1\%. \quad (3.7)$$

Значення коефіцієнта запасу потужності навантаження трансформатора при температурі  $t_1 = + 30^\circ\text{C}$  та коефіцієнті потужності  $\cos \varphi = 0,7$

$$k_{зп} = \left(1 - \frac{S_{nk}}{S_H}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{394}{630}\right) \cdot 100 = 37,4\%. \quad (3.8)$$

### **Режим перевантаження**

При 25%-відсотковому перевантаженні час роботи трансформатора при температурі  $t_1 = +30^\circ\text{C}$ , і навантаженні 500кВА ( при  $\cos\varphi=0,7$ ), перевантаження не повинно перевищувати 30хв. Максимальне значення потужності на яку трансформатор при цьому може бути ввімнений:

$$S_{доп} = 630 \cdot 1,25 = 787 \text{кВА}.$$



За 25% відсоткового перевантаженні час роботи трансформатора, при навантаженні 394кВА (при  $\cos\varphi=0,95$ ), не має бути більше 45хв. Значення допустимої потужності трансформатора:

$$S_{\text{доп}} = 630 \cdot 1,25 = 787\text{кВА.}$$

отже

- значення допустимої повної потужності трансформатора ( $S_{\text{доп}}=787\text{кВА.}$ ) знаходиться в допустимих межах максимальної потужності навантаження ( $S_{\text{max}} = 790\text{кВА.}$ ).
- трансформатор можна завантажувати на повну потужність ( $S_{\text{доп}}=787\text{кВА.}$ ) при вентиляванні трансформаторного відсіку КТП та наявності термодатчиків, розташованих біля обмоток трансформатора.

### **Вибір КТП та апаратів захисту трансформаторів**

Приймаємо КТП типу 2КТПГС-630/10/0.4-В2 У1 на базі трансформатора серії ТСЗН-630/10/0,4 УЗ.

Умовне позначення

ТСЗН-Х/10 УЗ

ТС – трифазний трансформатор, сухий;

З – охолодження природне при захисному виконанні,

Н – ізоляція обмоток «NOMEX»,

Х – значення номінальної потужності кВа,

УЗ – тип кліматичного виконання і категорії розташування по ГОСТ 15150-69.

Умови експлуатації.

Відносна вологість повітря не більше 80% при температурі +25°C; значення температури навколишнього середовища: від -25°C до +40°C. Висота розташування над рівнем моря – не більше 1000 м; умови навколишнього середовища без струмопровідної пилуки не вибухонебезпечна.

Захист трансформатора на стороні високої напруги 10 кВ у високовольтних комірках КТП розташовано вакуумні вимикачі QF1, QF2 типу ВВЕЛ-10-10/630.

Для розмикання лінії 10 кВ у високовольтних комірках КТП розташовано роз'єднувачі типу РВНЗ-10/630:

- QS3, QS4 - секційні роз'єднувачі;
- QS1, QS2 - на обидвох вводах КТП;
- QS5, QS6 - перед вакуумними вимикачами QF1, QF2.

### **Комутаційні апарати**

Значення навантаження трансформатора при максимальній потужності  $P_d=750\text{кВт}$ , однаковому навантаженні на кожен трансформатор та компенсованні реактивної потужності до рівня  $\cos\varphi_k=0,95$ :

$$S_{nk} = \frac{P_d}{2 \cos \varphi_k} = \frac{750}{2 \cdot 0,95} = 394\text{кВ} \cdot \text{А}. \quad (3.17)$$

Значення номінального струму становить:

$$I_n = \frac{S_{nk}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{394000}{1,73 \cdot 380} = 600\text{А}. \quad (3.18)$$

Для реалізації захисту трансформатора по стороні низької напруги вибираємо автоматичний вимикач ВЛ1000S із номінальним струмом  $I=1000\text{ А}$ , розчеплювач максимального струму SE-BL-J1000-DTV3.

### **Повітряні лінії електропередач 10кВ**

Траса повітряної лінії, марка і переріз проводів:

основна лінія ПЛ-10 кВ Л Т-39-10 (точка приєднання - опора №265) -  $L=0,3\text{км}$ , марка проводу АС-50.

Технічні характеристики проводу АС-50:

- переріз алюмінію -  $50\text{ мм}^2$ ;
- діаметр сталі -  $3,2\text{ мм}$ ;
- діаметр проводу -  $9,6\text{ мм}$ ;
- допустимий струм -  $185\text{ А}$ ;

- опір постійному струму при 20°C, не більше - 0,592 Ом/км.

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,37 \text{ А.} \quad (3.20)$$

Переріз проводу (АС-50) ліній електропередачі згідно нормативних вимог ( $I_p = 36,37 \text{ А}$ ) < [ $I_d = 185 \text{ А}$ ], від точки приєднання - опора №265 до ТП-309.

### **3.2 Вибір пристрою компенсації реактивної потужності навантаження**

Розрахункова реактивна потужність для даного споживача з виробничим навантаженням

( $\cos \varphi = 0,8$ ), яку необхідно компенсувати:

$$Q_{\text{нав}} = P_{\text{нав}} \cdot \left( \text{tg}(\arccos(\cos \varphi_{\text{нав}})) - \text{tg}(\arccos(\cos \varphi_{\text{баж}})) \right); \quad (3.21)$$

$$Q_{\text{нав}} = 375 \cdot (\text{tg}(\arccos(0,8)) - \text{tg}(\arccos 0,95)) = 155 \text{ (кВАр)},$$

де  $\cos \varphi_{\text{баж}}$  — бажане значення коефіцієнта потужності.

Відповідно до отриманих розрахункових значень реактивної потужності навантаження  $Q_{\text{нав}}$  для її компенсації необхідно на кожен трансформатор встановити компенсаційну конденсаторну установку ККУ-155 із автоматизованим регулюванням потужності в межах 155 кВАр. Це забезпечує виключення подачі реактивної потужності у мережу. Потужність першої ступені – 5 кВАр, другої ступені – 10 кВАр, третьої ступені – 20 кВАр, четвертої ступені – 40 кВАр і п'ятої ступені – 80 кВАр. Ряд включень ступенів 1:2:4:8:16.

При наявності електроустановки потужністю понад 50 кВт рекомендується встановити індивідуальне компенсаційне обладнання. У цьому випадку потужність компенсаційного пристрою, підключеного до блоку КТР, знижується за рахунок індивідуальної компенсації реактивної

потужності.

Регулятор реактивної потужності автоматично управляє підключенням конденсаторної батареї для компенсації індукованої реактивної потужності і підтримки бажаного коефіцієнта потужності. На цифровому дисплеї відображається інформація про стан конденсаторної батареї (підключеного каскаду), значення коефіцієнта потужності ( $\cos \varphi$ ) в мережі, інших тимчасових параметрах електромережі, виникненні помилок і пошкоджень, а також про стан конфігурації.

Мікропроцесори регуляторів, які працюють на основі унікального запатентованого алгоритму FCP (Fast Computerized Program), виконують оптимальне управління компенсацією реактивної потужності і слідкує за поточним станом компенсації.

Таблиця 3.2 – Характеристика регулятора

Вимірювання:	True RMS: регулятор обчислює реактивну потужність і на її основі підключає або відключає конденсаторні батареї.
Алгоритм:	FCP (Fast Computerized Program) – регулятор обчислює кількість ступенів, необхідних для компенсації індуктивної потужності і включає їх в єдиний цикл.
Виходи:	до 5 (computer 6m) ступенів.
Дисплей	3 – позиційний, цифровий LCD – семисегментний.
Підключення:	3 – фазне. Вимірювання 2 – квадратне.
Конфігурація:	Налаштування конфігурації регулятора з лицьової панелі (три кнопки).
Повідомлення про помилки і пошкодження:	При виявленні помилок вимірювання струму (підключення), а також, якщо коефіцієнт потужності перевищує норму і досягнення встановленого.
Корпус:	Щитовий монтаж (DIN 43 700): 144×144м.

Досвід вдосконалення попередньої конструкції і фактичного тестування обладнання дозволив розробити надійні і недорогі регулятори, що відповідають вимогам як чутливих енергетичних систем, так і користувачів цих систем.

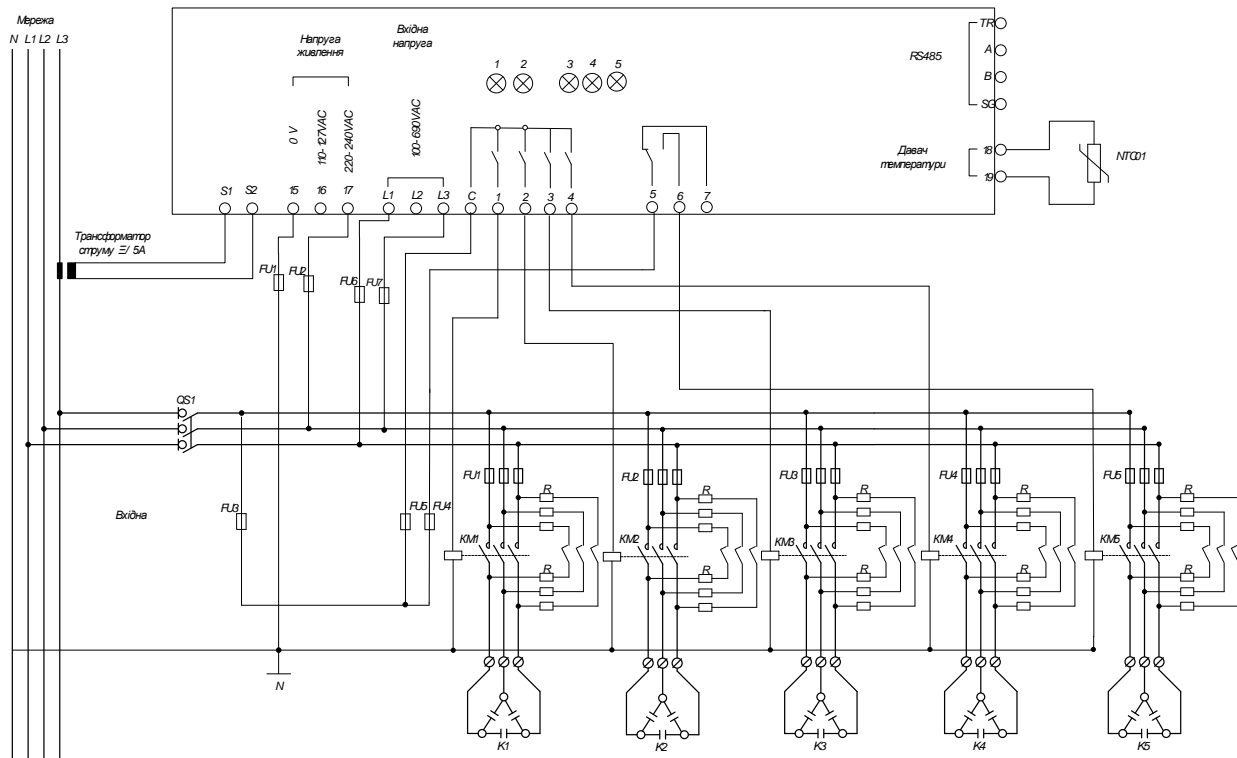


Рисунок 3.4 – Схема пристрою компенсації реактивної потужності навантаження

### 3.3 Побудова та дослідження моделі системи компенсації реактивної потужності навантаження в системі електрозабезпечення

Для побудови системи компенсації реактивної потужності навантаження необхідно змоделювати елементи енергосистеми і зібрати їх в модель. Моделювання здійснюємо в середовищі MATLAB/Simulink. Ряд елементів вибираємо із бібліотеки а саме:

- Джерело змінної напруги

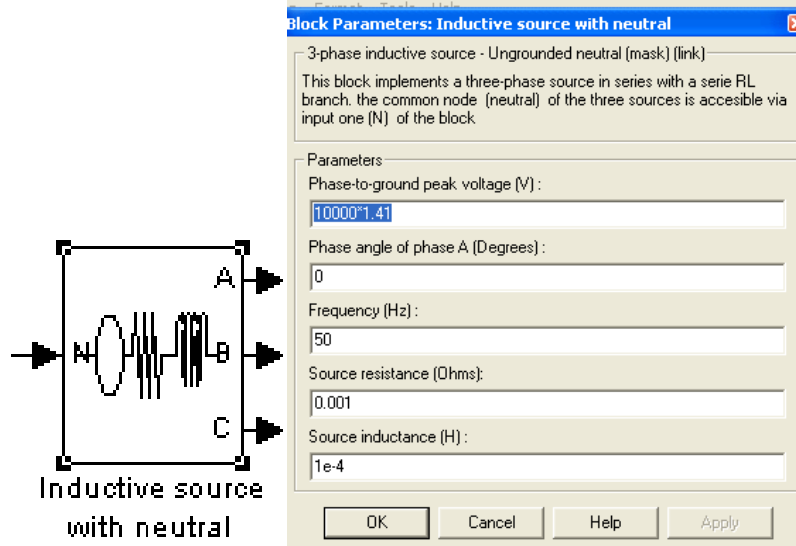


Рисунок 3.4 – Джерело із таблицею налаштування параметрів.

- Трансформатор

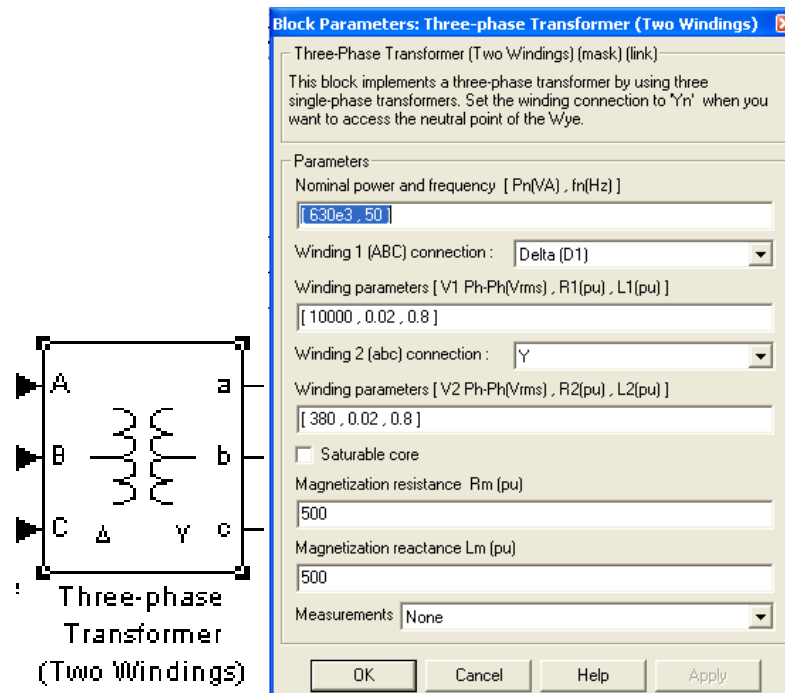


Рисунок 3.5 – Трансформатор з таблицею налаштування параметрів.

- Вимірювач напруги і струму

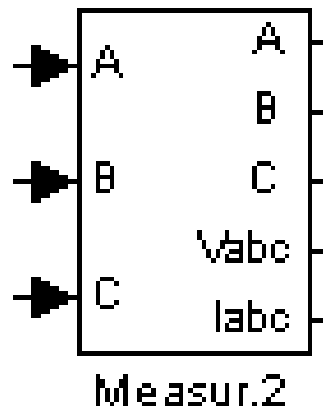


Рисунок 3.6– Вимірювач напруги і струму.

- Необхідне навантаження з RL

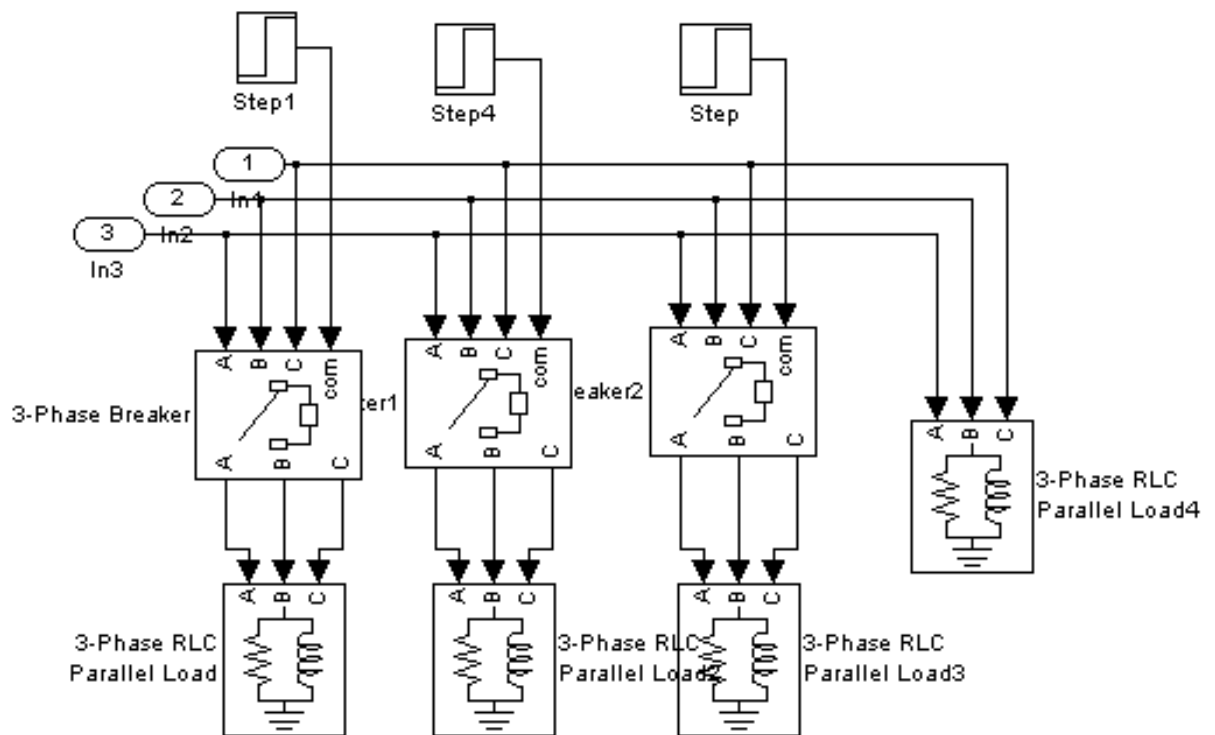


Рисунок 3.7 – Змінне навантаження RL в системі.

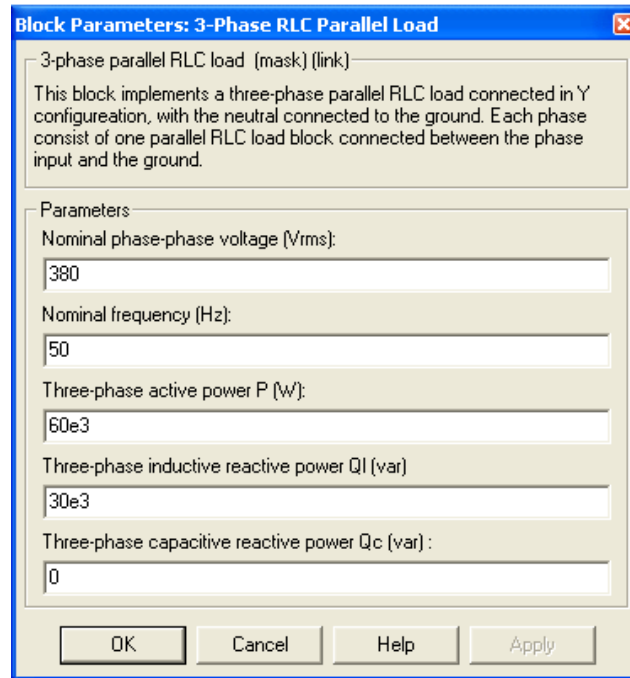


Рисунок 3.8 – Таблиця налаштування параметрів навантаження.

- Конденсаторні вузли

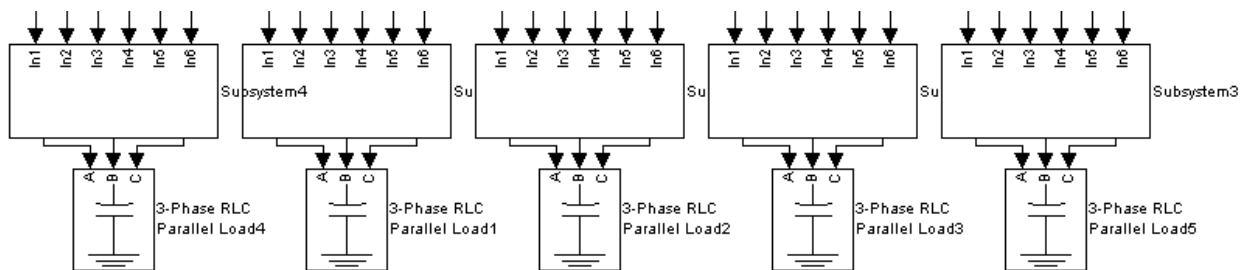


Рисунок 3.9 – Конденсаторні батареї

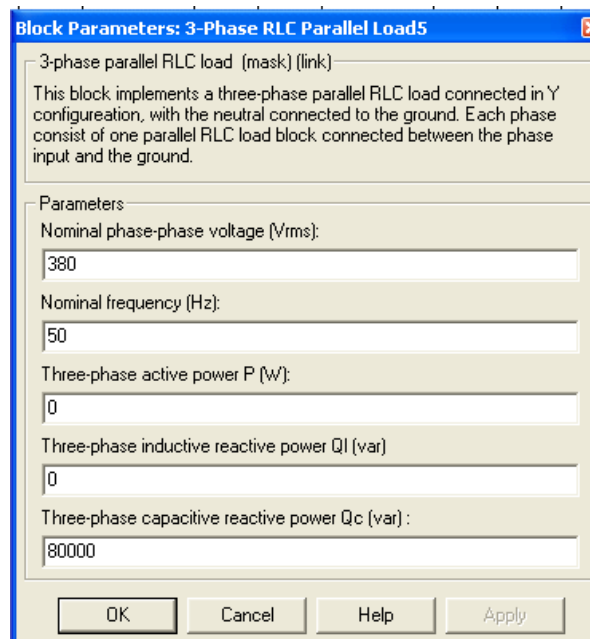


Рисунок 3.10 – Таблиця налаштування параметрів конденсаторних батарей.



Далі йдуть нестандартні елементи схеми:

- Вимірювання коефіцієнта потужності

Оскільки навантаження симетричне, то ми визначаємо коефіцієнт потужності однієї фази. Будова блока Subsystem1 зображена на рис.

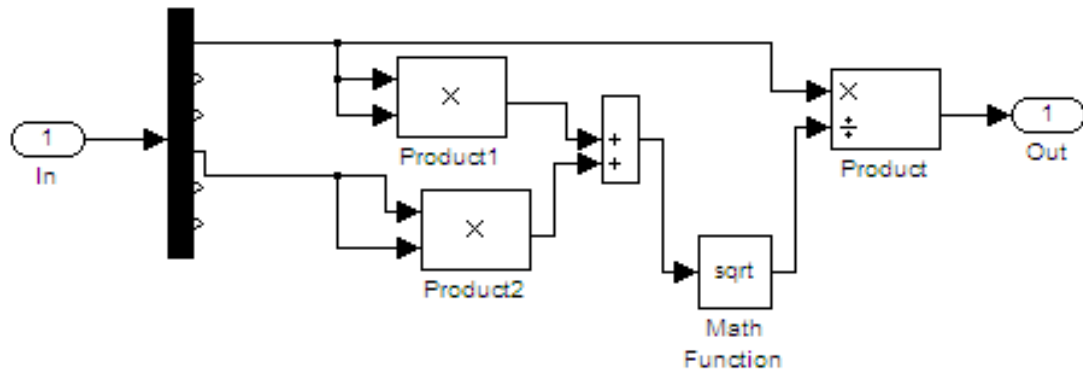


Рисунок 3.11 – Будова блоку Measurement

- Модель регулятора створено самостійно зображено на рис.3.16.

Реальний мікропроцесорний регулятор реактивної потужності виконує декілька функцій, а саме за допомогою трансформатора струму та напруги вимірюються значення струму та напруги відповідно, на основі отриманих даних вираховується реальне значення коефіцієнта потужності, та потреба в певному значенні потужності конденсаторних батарей. В результаті отриманої інформації на виході регулятора формується вихідний сигнал, який підмикає чи відмикає конденсаторні батареї певної потужності. Логіка роботи наближено описується блок-схемою зображеною на рис.3.12. При побудові моделі даного пристрою ми певним чином спростили алгоритм його роботи. При побудові моделі даного пристрою ми використовуємо трифазний стандартний вимірювальний блок Measur. Отримані значення напруги і струму подаються на опрацювання регулятором.

Для визначення обхідної потужності конденсаторних батарей визначаємо потужність яка вже включена в систему. Далі включаємо конденсаторні батареї на певну величину оскільки в нас батареї на різні номінали, потрібно сформуванати на виході регулятора такий сигнал щоб він оптимально використав ті номінали, які ми задали, саме для забезпечення

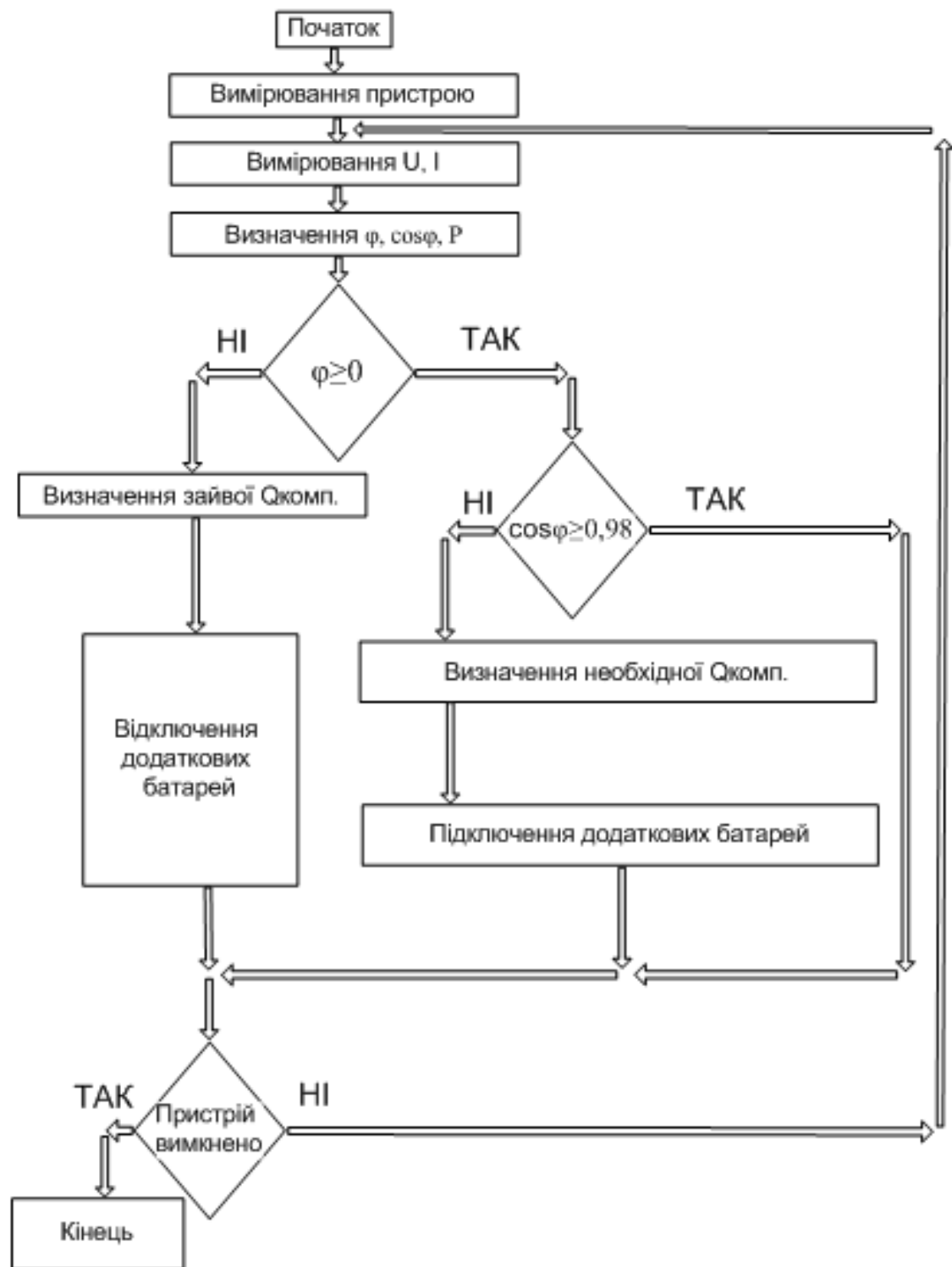


Рисунок 3.12 – Алгоритм роботи регулятора реактивної потужності плавності регулювання. Для цього нам потрібно сигнал (потужність) що необхідно додати, який виходить із підсилювача Gain5, додати до сигнал (потужність яка вже включена). Визначивши сумарну потужність

перераховуємо її до нашого кроку, в нас мінімальний крок переключання є 5кВА, отже ми ділимо цей сигнал на 5000. Тоді ми визначаємо певну величину тобто керуючий сигнал в десятковому значенні. Далі ми перетворюємо цей сигнал у двійкову систему числення з допомогою блоку Subsystem1 який зображений на рис. 3.13. На виході з якого ми отримуємо так званий двійковий код наприклад 11010. Оскільки ми зробили регулятор на 5 виводів відповідно на якому виході буде 1, а на якому 0 визначається які батареї в нас підключаються, а які йдуть на відключення. При побудові даної моделі ми досліджували два стани: коли система розімкнена, коли система замкнена. Навантаження змодельювали таким чином щоб мати понижене значення коефіцієнта потужності для видимої потреби компенсації реактивної потужності яке показано на рис. 3.14.

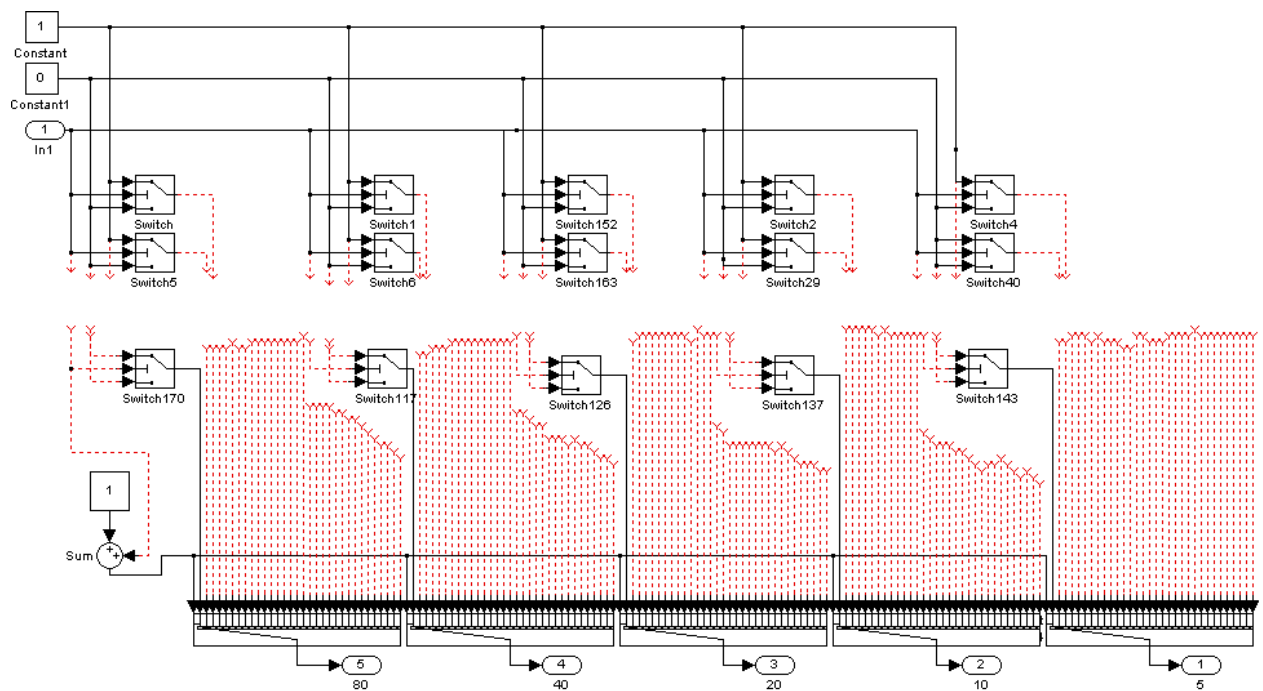


Рисунок 3.13 – Будова блоку Subsystem1

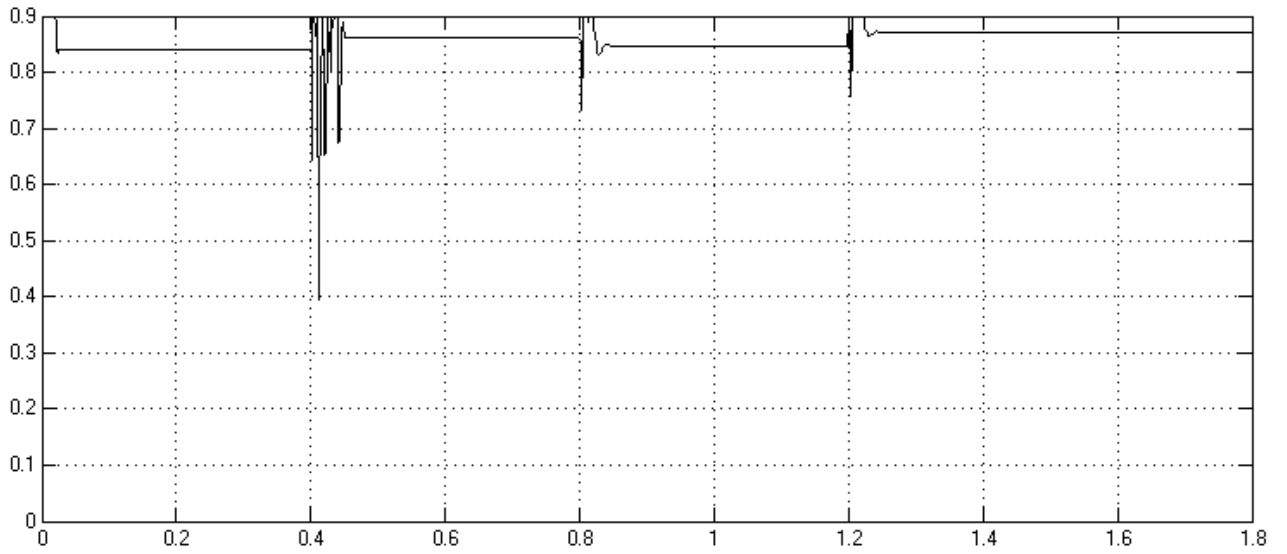


Рисунок 3.14 – Графік коефіцієнта потужності без компенсації реактивної потужності

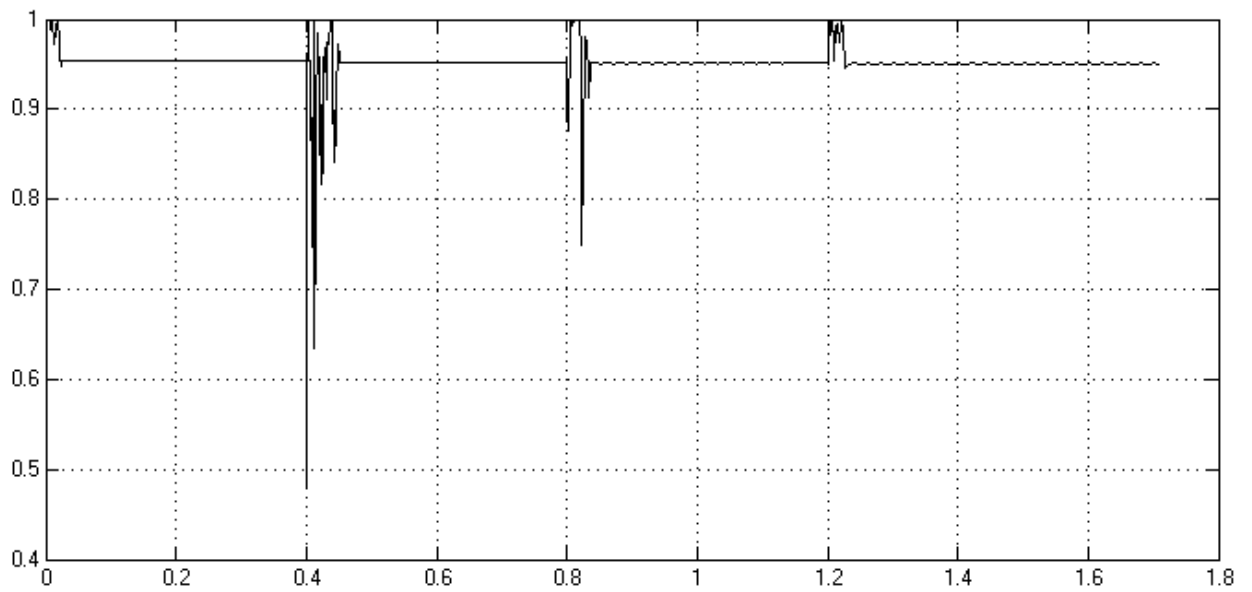


Рисунок 3.15 – Графік перехідного процесу з компенсацією

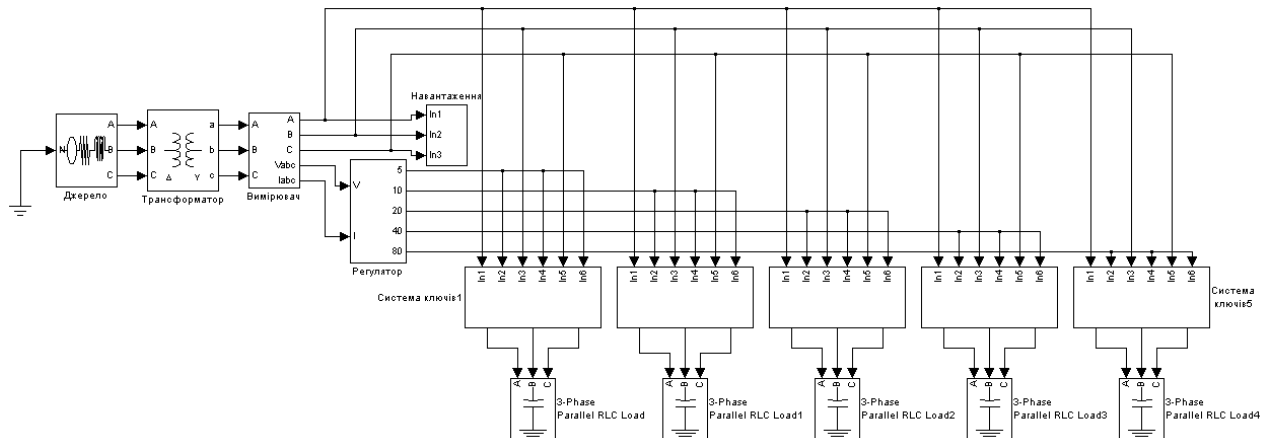


Рисунок 3.16 - Модель системи електропостачання з регулятором коефіцієнта потужності

Коли запустили систему на виконання отримали наступний графік перехідного процесу з компенсацією зображений на рис. 3.15. з якого видно що дана система забезпечує компенсацію в необхідних межах, коефіцієнт потужності на належному рівні більше ніж 0,92 .

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Аналіз стану охорони праці

Охорона праці при будівництві електричних мереж та електрообладнання цивільного призначення забезпечується прийняттям всіх проектних рішень, котрі враховують умови безпеки праці, запобігання виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж та вибухів.

Для забезпечення персоналу безпеки та нормальних санітарних умов праці проектом передбачається:

Облаштування захисних заземлень та заземлювальних провідників у відповідності з вимогами розділу 12 ДБН.В. 2.5-23-2003 , а також вимогами глави 1.7. ПУЕ до електроустановок напругою до 1кВ .

Опір розтікання заземлювального пристрою повинен бути не більше 40м.

Якість заземлення повинна бути перевірена перед повторним запуском об'єкта під час реконструкції, шляхом вимірювання опору розтікання заземлювальних пристроїв.

При виконанні електромонтажних, будівельних і експлуатаційних робіт повинні виконуватися вимоги наступних документів:

- ГОСТ 12.1.013-78;
- СНІП ІІІ-4-80;

"Правила облаштування електроустановок", ПУЕ, 6-те видання.

"Правила технічної експлуатації магістральних і внутрішньо зонних мереж" , ч.4;

"Правила техніки безпеки при електромонтажних і налагоджувальних роботах".

- "Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок", ДНАОП-0.00-1.32.01.

Для забезпечення надійного монтажу металоконструкцій, обладнання , ЛЕП і кабелів , а також безпечних умов експлуатації та обслуговування обладнання необхідно виконати:

- заземлення металевих не струмопровідних частин устаткування, металевих оболонок (екранів) кабелів у відповідності з вимогами ДБН.В. 2.5-23-2003, СНП 3.05.06-85, ВСН 1-77 та вимог технічної документації на обладнання , яке використовується та ДНАОП 0.00-1.32.01

- Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок;

- Обладнання розмістити у відповідності з вимогами виробника з максимально можливою зручністю для обслуговування (легкий доступ при профілактиці, заміні блоків та виконання ремонтних робіт.

З метою виявлення причин виробничих травм і професійних захворювань проводиться аналіз стану охорони праці згідно із Законом України "Про охорону праці" тут розробляються конкретні заходи щодо поліпшення стану охорони праці, забезпечуються відповідною документацією, фінансовими і матеріальними ресурсами. На підприємстві з метою контролю за здійсненням заходів з техніки безпеки, проведенням профілактичних оглядів та організацією навчання працівників правилам і нормам з техніки безпеки створена комісія з охорони праці. Про результати заходів щодо охорони праці свідчать дані про динаміку наявності на підприємстві нещасних випадків, пов'язаних з порушенням правил техніки безпеки на виробництві.

При майже постійній чисельності працівників, кількість нещасних випадків значно знизилась, а кількість днів непрацездатності скоротилась більше, ніж у двічі.

Як відомо, психофізичні умови праці впливають на нервово-психічне навантаження працівника. З метою їх поліпшення на підприємствах при розстановці кадрів необхідно врахувати їх фізіологічні особливості (вік, стать, стан здоров'я та ін.), прагнути створити сприятливий психологічний мікроклімат у виробничих підрозділах.

Особливу увагу треба приділяти організації праці пенсіонерів, яка в сільському господарстві ще має значну питому вагу. Їх працю найдоцільніше організовувати, створюючи окремі ланки, адже ці люди мають приблизно однакову працездатність і спільні інтереси. Є можливість встановити їм знижені норми виробітку, пільговий розпорядок тощо.

### **Правила технічної експлуатації конденсаторних установок**

Конденсаторні установки, їх розміщення та захист повинні відповідати вимогам ПУЕ. Допускається застосування суміщеної пускової апаратури конденсаторних батарей, що не мають автоматичного регулювання потужності, з пусковою апаратурою технологічного обладнання, тобто здійснення індивідуальної (групової) компенсацію реактивної потужності.

Конденсаторна установка повинна бути в технічному стані, що забезпечує її тривалу та надійну роботу. Керування режимом роботи конденсаторної установки, як правило, повинне бути автоматичним, якщо в разі ручного керування неможливо забезпечити необхідну якість електроенергії. Умови праці при експлуатації конденсаторних установок та використання засобів індивідуального захисту повинні здійснюватись відповідно до вимог ДНАОП 0.00-1.21-98 (Z0093-98) та пунктів 5.7.19, 5.7.21 цих правил.

### **Техніка безпеки при монтажі і обслуговуванні конденсаторних установок**

Пристрої, що забезпечують безпеку працівників розділяються на:

- 1) індивідуальні захисні пристрої;



- 2) огорожі;
- 3) запобіжні пристрої.

Індивідуальні захисні пристрої призначаються для кожного працівника окремо; сюди відносяться: запобіжні (захисні) окуляри, спецодяг й спецвзуття, шоломи і щитки для електрозварників, рятувальні пояси і когті для тих, що працюють на висоті.

Огорожі застосовуються для того, щоб не допустити людину до небезпечного місця, а також застерегти від небезпечних предметів і можливого падіння з висоти.

Запобіжні пристрої призначаються для усунення небезпеки в належний момент.

Розробка та вживання ефективних заходів запобігання аварійним і травмонебезпечним ситуаціям можливі лише при завчасному виявленні тих небезпек, з яких починаються процеси їх формування. Оскільки небезпечні умови не завжди завчасно можна виявити, а для вивчення небезпечних дій іноді потрібно багато часу, щоб зібрати статистичний матеріал, то і методи виявлення цих небезпек повинні бути відповідно диференційовані.

#### **4.2 Планування заходів з покращання охорони праці**

До заходів щодо покращення умов праці належать всі види діяльності, спрямовані на попередження, нейтралізацію або зменшення негативної дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівників.

Рівень умов праці оцінюють порівнянням фактичним і нормативних значень узагальнених (групових) показників.

Заходи щодо поліпшення умов праці здійснюють з метою створення безпечних умов праці шляхом:

- доведення до нормативного рівня показників виробничого середовища за елементами умов праці;

– захисту працівників від дії небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

До показників ефективності заходів щодо поліпшення умов праці належать:

а) зміни стану умов праці:

- зміна кількості засобів виробництва, приведених у відповідність до вимог стандартів безпеки праці;
- покращання санітарно-гігієнічних показників;
- покращання психофізичних показників, зменшення фізичних і нервово-психічних навантажень, в т.ч. монотонних умов праці;
- покращання естетичних показників, раціональне компонування робочих місць і впорядкування робочих приміщень;

б) соціальні результати заходів:

- збільшення кількості робочих місць, що відповідають нормативним вимогам;
- зниження рівня виробничого травматизму;
- зменшення кількості випадків професійних захворювань;
- зменшення плинності кадрів через незадовільні умови праці;
- престиж та задоволення працею.

Економічні результати заходів щодо поліпшення умов праці виражаються у вигляді економії за рахунок зменшення збитків внаслідок аварій, нещасних випадків і професійних захворювань у економіці в цілому та на кожному підприємстві зокрема.

Отже, на покращання умов з охорони праці потрібно виділити кошти на відновлення вентиляційних систем у ремонтних майстернях, естетично оформити приміщення офісу, відновити кабінет з охорони праці, поновити протипожежний інвентар. Кошти виділити у сумі 3000 грн. з доходу господарства.

При виконанні електромонтажних, будівельних і експлуатаційних робіт повинні виконуватися вимоги наступних документів:

- ГОСТ 12.1.013-78;
- СНП ІІІ-4-80;

"Правила облаштування електроустановок", ПУЕ, 6-те видання.

"Правила технічної експлуатації магістральних і внутрішньо зонних мереж" , ч.4;

"Правила техніки безпеки при електромонтажних і налагоджувальних роботах".

- "Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок", ДНАОП-0.00-1.32.01.

### **4.3 Оцінка рівня небезпеки виникнення травм**

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Для того, щоб оцінку рівня небезпеки певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірностей будь-якого випадкового явища. Основні принципи даного методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця виявляють виробничі небезпеки аварійні та травмонебезпечні ситуації. При оцінці ситуації визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логіко імітаційної моделі. Після цього будують модель ("дерево помилок і відмов оператора"). При цьому важливе значення має правильний вибір головної випадкової події. Головна випадкова подія в даному випадку травма, модель якої побудована на (рис. 4.1). Для побудови даної моделі ("дерева") травми використовують оператори "І" та "АБО", після цього виконують набір ситуацій, які призвели до цієї події, яку вибрано як головною, після визначення

ситуації, що привела до травми визначаємо інші такі події, що входять до кожної такої ситуації. Процес побудови моделі триває поки не будуть здійснені усі базові події, що визначають межу моделі.

Небажана подія – втрата працездатності робітника, який працював з обладнанням по переробці зерна із-за отримання травми від ураження струмом.

Початкова подія – у нашому випадку початкова подія це є травма робітника під час роботи.

Події, які можуть впливати на хід подій за час від початкової до небажаної події: наявність струму на корпусі електрообладнання; дотик робітника оголеними частинами тіла до корпусу.

Інтервал часу від початкової до небажаної події залежить від величини струму, який є на корпусі.

Чинники та обставини, які впливають на хід подій за час від початкової до небажаної події можуть бути такими:

Наявність струму на корпусі обладнання:

- а) відсутність захисного заземлення:
  - не виконувалося заземлення;
  - пошкоджено захисне заземлення.
- б) пошкодження ізоляції та вихід з ладу складових машини:
  - відсутність профілактичних заходів;
  - спрацювання складових машин;
  - неправильна експлуатація.

Дотик робітника оголеними частинами тіла до корпусу електрообладнання:

- а) недотримання правил техніки безпеки:
  - відсутність захисного щита;
  - недотримання правил вибору взуття;
  - незнання правил техніки безпеки;

б) невикористання засобів індивідуального захисту та відповідного інструменту:

- відсутність засобів індивідуального захисту;
- халатність робітника.

Зв'язок подій, факторів та обставин за час від початкової події до небажаної події:

Сучасними науковцями вже доказано, що стан робочого місця впливає не тільки на умови роботи, але процес виробництва в цілому. Такі чинники, відсутність засобів індивідуального захисту, невиконання профілактичних заходів щодо огляду робочого місця, нехтування правилами техніки безпеки можуть бути причиною травмування робітника.

Назвати можливі заходи та засоби запобігання дії шкідливого чинника

Для нашого випадку це є:

- проведення профілактичних заходів;
- збільшення асигнування на заходи з охорони праці;
- завчасне проведення інструктажів з охорони праці.

Таблиця 4.1 – Ймовірності подій виникнення небезпеки

Шифр	Назва події	Ймовірність
P <sub>1</sub>	Відсутність захисного заземлення	0,03
P <sub>2</sub>	Пошкодження захисного заземлення	0,01
P <sub>3</sub>	Спрацювання складових машини	0,1
P <sub>4</sub>	Неправильна експлуатація машини	0,02
P <sub>5</sub>	Відсутність профілактичних заходів	0,1
P <sub>6</sub>	Відсутність захисного щита	0,1
P <sub>7</sub>	Недотримання правил вибору взуття	0,1
P <sub>8</sub>	Незнання правил техніки безпеки	0,2
P <sub>9</sub>	Відсутність засобів індивідуального захисту	0,3
P <sub>10</sub>	Халатність	0,05

Назвати можливе втручання людини в процес та можливі помилки при цьому:

Людина може втручатися у любую подію, це досить природно. Щодо конкретного випадку, то на першому етапі, це втручання людини у виробничий процес, тобто дотримання правил техніки безпеки, проведення профілактичного огляду перед початком роботи, відкинути халатність під час виконання операцій.

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі. Потім модель представляємо до математичного виконання ймовірностей випадкових подій, застосовуючи формули:

1. Базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора "І" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події  $P_3$  можна визначити так:

$$P_3 = P_1 P_2 \quad (4.1)$$

2. За допомогою оператора "І" три події з ймовірностями  $P_1$ ,  $P_2$  і  $P_3$  формують четверту випадкову подію. Тоді ймовірність цієї події  $P_4$  обчислюють так:

$$P_4 = P_1 P_2 P_3 \cdot \text{л.} \quad (4.2)$$

3. Оператор "І" об'єднує  $n$  події з ймовірностями  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ , ...,  $P_n$  тоді ймовірність вихідної події  $P$  буде

$$P = P_1 P_2 \dots P_n \quad (4.3)$$

4. Дві базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора "АБО" входять до третьої події. Тоді ймовірність  $P_3$  буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 P_2 \quad (4.4)$$

5. Оператор "АБО" об'єднує три базові події з ймовірностями  $P_1, P_2, P_3$ , які за допомогою цього оператора входять у наступні події з ймовірністю  $P_4$ . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_2 P_3 - P_1 P_3 + P_1 P_2 P_3 \quad (4.5)$$

б. Якщо до оператора "АБО" входять чотири і більше випадкових базових події з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення, аж поки не залишаться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції. Так поступово обчислюючи ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Для проведення обчислень ймовірності травми використовуємо логіко-імітаційну модель процесу її формування (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електрообладнанням

Підставивши дані ймовірностей базових подій у формулу (4.4), Отримаємо ймовірність події 13:

$$P_{13} = 0,03 + 0,01 - 0,03 \cdot 0,01 = 0,0397.$$

Аналогічно визначаємо ймовірність інших подій:

$$P_{11} = P_4 + P_5 - P_4 P_5 ; \quad (4.6)$$

$$P_{11} = 0,02 + 0,1 \cdot 0,02 \cdot 0,1 = 0,118.$$

$$P_{12} = P_6 + P_7 - P_6 P_7 ; \quad (4.7)$$

$$P_{12} = 0,1 + 0,1 \cdot 0,1 \cdot 0,1 = 0,19.$$

$$P_{16} = P_9 + P_{10} - P_9 P_{10} ; \quad (4.8)$$

$$P_{16} = 0,3 + 0,05 \cdot 0,3 \cdot 0,05 = 0,335.$$

$$P_{14} = P_{11} P_5 ; \quad (4.9)$$

$$P_{14} = 0,118 \cdot 0,1 = 0,0118.$$

$$P_{15} = P_{12} P_8 ; \quad (4.10)$$

$$P_{15} = 0,19 \cdot 0,2 = 0,028.$$

$$P_{17} = P_{13} + P_{14} - P_{13} P_{14} ; \quad (4.11)$$

$$P_{17} = 0,0397 + 0,0118 - 0,0397 \cdot 0,0118 = 0,051.$$

$$P_{18} = P_{15} \cdot P_{16} ; \quad (4.12)$$

$$P_{18} = 0,028 \cdot 0,335 = 0,0094.$$

$$P_{19} = P_{17} + P_{18} - P_{17} \cdot P_{18} ; \quad (4.13)$$

$$P_{19} = 0,0094 + 0,051 - 0,0094 \cdot 0,051 = 0,0599.$$

Таким чином на під час роботи електрообладнання переробного підприємства при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 5,99 травми. Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень працюючих, поліпшити контроль та виготовити необхідну кількість 313, профілактичних засобів за всіма вимогами безпеки), то можна побачити на моделі шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки – до 1.



#### 4.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Цивільний захист – це система організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів, які здійснюються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підпорядкованими їм силами і засобами, підприємствами, установами та організаціями незалежно від форм власності, добровільними рятувальними формуваннями, що забезпечують виконання цих заходів з метою запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій, які загрожують життю та здоров'ю людей, завдають матеріальних збитків у мирний час і в особливий період.

Цивільний захист здійснюється з метою:

- Реалізації державної політики, спрямованої на забезпечення безпеки та захисту населення територій, матеріальних та культурних цінностей, докiлля від негативних наслідків надзвичайних ситуацій у мирний час та в особливий період.
- Подолання наслідків надзвичайних ситуацій, у тому числі наслідків надзвичайних ситуацій на територіях іноземних держав відповідно до міжнародних договорів України, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України.

Цивільний захист базується на наступних принципах:

- Гарантування державою громадянам конституційного права на захист життя, здоров'я та їх майна, а юридичним особам – права на безпечне функціонування.
- Добровільності при залученні людей до здійснення заходів у сфері цивільного захисту, пов'язаних з ризиком для життя і здоров'я.
- Комплексного підходу до вирішення завдань цивільного захисту.

- Створення системи раціональної превентивної безпеки з метою максимально можливого економічно обґрунтованого зменшення ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій і мінімізації їх наслідків.

- Територіальності та функціональності єдиної системи цивільного захисту

- Мінімізації заподіяння шкоди довкіллю.

Основними завданнями цивільного захисту є:

- Збір та аналітичне опрацювання інформації про надзвичайні ситуації.

- Прогнозування та оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій.

- Здійснення нагляду і контролю у сфері цивільного захисту.

- Розробка і виконання законодавчих та інших нормативно - правових актів, дотримання норм і стандартів у сфері цивільного захисту.

- Розробка і здійснення запобіжних заходів у сфері цивільного захисту.

- Створення, збереження і раціональне використання матеріальних ресурсів необхідних для запобігання надзвичайним ситуаціям.

- Розробка та виконання науково-технічних програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям.

- Оперативне оповіщення населення про виникнення або загрозу виникнення НС, своєчасне достовірне інформування про обстановку яка складається та заходи, що вживаються для запобігання надзвичайним ситуаціям та подолання їх наслідків.

- Організація захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, надання невідкладної психологічної, медичної та іншої допомоги потерпілим.

- Проведення невідкладних робіт із ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та організація життєзабезпечення постраждалого населення.

- Забезпечення постійної готовності сил та засобів цивільного захисту до запобігання надзвичайним ситуаціям та ліквідації їх наслідків.

- Надання з використанням засобів цивільного захисту оперативної допомоги населенню в разі виникнення несприятливих побутових або нестандартних ситуацій.

Навчання населення способам захисту в разі виникнення надзвичайних, несприятливих побутових або нестандартних ситуацій та організація тренувань.

## РОЗДІЛ 5

### ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

#### 5.1 Розрахунок перетікання реактивної електроенергії

Оплата при споживанні і генерації реактивної електроенергії визначають за трьома величинами:

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 - \Pi_3, \text{ (грн.)} \quad (5.1)$$

де  $\Pi_1$  – значення основної оплати за спожиту і генеровану реактивну електроенергію;

$\Pi_2$  – надбавка до оплати при недостатньому обладнанні електричної мережі споживача засобами КРП;

$\Pi_3$  – знижка при оплаті при споживанні і генерації реактивної електроенергії при участі споживача в оптимальному добовому регулюванні режиму мережі електропередавальної організації в розрахунковий період.

Значення основної оплати за споживану і генеровану реактивну електроенергію визначають за формулою:

$$\Pi_1 = \sum_1^n \sum_{i=1}^3 (WQ_{\text{сп}} + K \cdot WQ_{\text{Г}}) \cdot D \cdot T, \text{ (грн.)} \quad (5.2)$$

$$\Pi_1 = \sum_1^1 (900000 + 3 \cdot 0) \cdot 0.0927 \cdot 5.85 = 488066 \text{ грн.}$$

де  $n$  – кількість точок розрахункового обліку реактивної енергії;

$WQ_{\text{сп}}$  – значення споживання реактивної енергії у місці обліку за розрахунковий період, кВАр·год.;

$WQ_{\text{Г}}$  – значення генерації реактивної енергії в мережу електропередавальної організації у місці обліку за розрахунковий період, кВАр·год.;

$K = 3$  – значення нормативного коефіцієнта, що враховує збитки в енергосистемі від генерації реактивної електроенергії з мережі споживача;

$D$  – економічний еквівалент реактивної потужності (ЕЕРП), який характеризує частку впливу реактивного перетікання в точці обліку, а також на техніко-економічні показники в розрахунковому режимі, кВт/кВАр;

$T$  – значення ціна на електроенергію, , 5,85 грн. / кВт·год.

Значення надбавки за недостатній рівень обладнання електричної мережі споживача пристроями компенсації реактивної потужності навантаження визначають згідно формули

$$P_2 = P_1 \cdot C_{\text{баз}} \cdot (K_\varphi - 1), \text{ (грн.)} \quad (5.3)$$

$$P_2 = 488066 \cdot 1 \cdot (1.0025 - 1) = 1220 \text{ грн.}$$

Де  $K_\varphi$  – значення коефіцієнта, який вибирають в залежності від фактичного коефіцієнта потужності у споживача  $\text{tg}\varphi$  в середньому за розрахунковий період;

$P_1$  - сумарна основна плата;

$C_{\text{баз}} = 1,0$  – значення нормативного базового коефіцієнта стимулювання капітальних вкладень у засоби КРП в електричній мережі споживача.

При розрахунку вводимо зону нечутливості надбавки  $P_2$  по споживанню реактивної потужності, яка обмежується граничним коефіцієнтом потужності –  $\cos\varphi_r = 0,97$  ( $\text{tg}\varphi_r=0,25$ );

Надбавка починає працювати, при фактичному коефіцієнті потужності менше значення  $\cos\varphi_r$ .

Фактичне значення коефіцієнта потужності споживача за розрахунковий період визначається згідно формули

$$\text{tg}\varphi = WQ_{\text{сп}}/WP, \quad (5.4)$$

$$\text{tg}\varphi = 900000/2940000 = 0.3$$

де  $WQ_{\text{сп}}$  – значення спожитої реактивної електроенергії, кВАр·год;

$WP$  – значення спожитої активної електроенергії, кВт·год.

При отриманні значення  $\text{tg}\varphi$  більше 2,00 для вибору  $K_\varphi$  береться  $\text{tg}\varphi = 2,00$ .

Значення споживання реактивної електроенергії у місці, де відсутні прилади обліку, береться рівним споживанню активної електроенергії при врахуванні нормативного коефіцієнта потужності ( $\text{tg}\varphi_{\text{H}}$ ), який дорівнює:

- тягові підстанцій залізничного транспорту постійного струму, метрополітену і міського електротранспорту - 0,5;
- тягові підстанцій залізничного транспорту змінного струму - 1,0;
- для інших споживачів - 0,8 .

отже:

$$W Q_{\text{сп}} = \text{tg}\varphi_{\text{H}} \cdot W P = 0.8 \cdot 2940000 = 2352000 \text{ кВАр} \cdot \text{г.} \quad (5.5)$$

## 5.2 Розрахунок терміну окупності

Значення вартості втрат електроенергії в мережі енергосистеми до компенсації реактивної потужності:

$$W P_{\text{ц}} = W P \cdot T, \text{ (грн.)} \quad (5.6)$$

$$W P_{\text{ц}} = 2940000 \cdot 5,85 = 17199000 \text{ грн.};$$

при  $\cos\varphi = 0.8$

$$Q_{\text{сп}} = W P \cdot \text{tg}(\arccos(0.8)), \text{ кВА,} \quad (5.7)$$

$$Q_{\text{сп}} = 2940000 \cdot 0,75 = 2205000 \text{ кВА.}$$

$$Q_{\text{сп}_{\text{ц}}} = Q_{\text{сп}} \cdot T_Q, \text{ (грн.)} \quad (5.8)$$

$$Q_{\text{сп}_{\text{ц}}} = 2205000 \cdot 0,085 = 187425 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{зар}} = W P_{\text{ц}} + Q_{\text{сп}_{\text{ц}}}, \quad (5.9)$$

$$T_{\text{зар1.}} = 17199000 + 187425 = 17386425 \text{ грн.}$$

Значення вартості втрат електроенергії в мережі енергосистеми після компенсації реактивної потужності:

$$W P_{\text{ц}} = 2940000 \cdot 5,85 = 17199000 \text{ грн.};$$

при  $\cos\varphi = 0.95$

$$Q_{\text{сп}} = W P \cdot \text{tg}(\arccos(0.328)), \text{ кВА,} \quad (5.10)$$

$$Q_{\text{сп}} = 2940000 \cdot 0,328 = 964320 \text{ кВА.}$$

$$Q_{спц} = 964320 \cdot 0.085 = 81967 \text{ грн.}$$

$$T_{заг2} = 17199000 + 81967 = 17280967 \text{ грн.}$$

Оскільки, у нас система компенсації реактивної потужності автоматизована, тому експлуатаційні витрати мінімальні. Згідно правил БЕЕС (Безпечної Експлуатації Електроустановок Споживачів) обхід по електролінії 0,4кВ проводиться один раз в тиждень, одним електриком.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Вартість системи компенсації, грн	143760
Значення коефіцієнта потужності до компенсації	0,8
Значення коефіцієнта потужності після компенсації	0,95
Вартість втрат енергії до компенсації, грн	17386425
Вартість втрат енергії після компенсації, грн	17280967
Експлуатаційні витрати, грн	150000
Термін окупності, років	1,15

Отже до експлуатаційних витрат входить:

- вартість установки;
- обслуговування.

$$E_{\text{вит.}} = M + O, \text{ (грн);} \quad (5.11)$$

де  $E_{\text{вит}}$  - Експлуатаційні витрати;

$M$  – Вартість установки;

$O$  – Обслуговування персоналом.

$$E_{\text{вит.}} = 143760 + 6240 = 150000 \text{ грн.}$$

Річний ефект розраховуємо за формулою:

$$P_{\text{еф.}} = T_{\text{заг1.}} - T_{\text{заг2}} + E_{\text{вит.}} (\text{грн.}); \quad (5.12)$$

$$P_{\text{еф.}} = 17386425 - 17280967 + 150000 = 255458 \text{ грн.}$$

Термін окупності визначаємо наступним чином:

$$T_{\text{ок.}} = (K + E_{\text{вит}}) / P_{\text{еф.}}; \quad (5.13)$$

$K$  – капітальні вкладення 143760 грн.

$$T_{\text{ок.}} = (143760 + 150000) / 255458 = 1,15 \text{ років.}$$

Зведемо розрахункові значення у таблицю, яка наведена в табл. 5.1



## ВИСНОВКИ

1 В кваліфікаційній роботі дано інженерно-технічну характеристику ВАТ «Яворівський завод ЗБК» та обґрунтовано тему роботи, а саме важливість питання компенсації реактивної потужності навантаження.

2 В даній роботі увагу було приділено компенсації реактивної потужності, проаналізовано організаційні заходи щодо зменшення споживання реактивної потужності, проаналізовано мікропроцесорні регулятори . реактивної потужності представлені на ринку електротехнічної продукції.

3 Проаналізовано питання електропостачання підприємства, а саме розраховано параметри ряду елементів, зокрема пристрою компенсації реактивної потужності навантаження. Крім того побудували модель електрозабезпечення господарства електричної енергії. Для дослідження роботи моделі системи електропостачання провели моделювання роботи без компенсатора та з компенсатором. З якого видно, що установка до компенсації має низький коефіцієнт потужності, а при ввімкненні компенсатора коефіцієнт зростає до 0,95. Для забезпечення належного значення коефіцієнта потужності на підприємстві ми запропонували використати мікропроцесорний регулятор реактивної потужності навантаження DCRJ5, який автоматично постійно відслідковує поточне значення коефіцієнта потужності та при потребі корегує його, шляхом ввімкнення-вимкнення конденсаторних батарей.

4 Проаналізовано питання охорони праці.

5 Розрахована економічна оцінка, де вказані сумарні витрати на електроенергію за рік, наведена ціна конденсаторної установки та пораховано термін її окупності, який становить 1,15 року.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. ДБН В.2.5-23-2003. Державний комітет України з будівництва та архітектури. Київ. 2004.
2. Технічні умови: „ Електропостачання виробничих приміщень ТзОВ «Сніжка-Україна» розташованих за адресою: Львівська обл., м. Яворів, вул. Привокзальна, 1а».
3. Ристхейн Э.М. Электроснабжение промышленных установок. М.: Энергоатомиздат, 1991. 424с.
4. В. Шевчук, М. Пилипчук, Н. Карпенко, та ін. Довідник з питань економіки та фінансування природокористування і природоохоронної діяльності. Видавництво «Геопринт». Київ, 2000. – 412с.
5. "Правила охорони електричних мереж", Київ, 1997
6. Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750кВ (ГКД-341.004.001-94). Київ. Міненерго України, 1994. 139с.
7. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. ДНАОП 0.00-1.32-01. Київ 2001.
8. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів. Вид. 2-е, доправ. та доп. Г.Г. Півняк, В.М. Винославский, А.Я. Рибалко, Л.І. Несен Дніпропетровськ. Національний гірничий університет. 2002. 597 с.
9. Шелепетень Т.М. Захисна автоматика електричних мереж. Львів. Вид-во «Дичандр», 2002. 157с.
10. Основи електроенергетики та електропостачання. А.А. Маліновський, Б.К. Хохулін. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2007. 380 с.
11. «Правила техніки безпеки при електромонтажних і налагоджувальних роботах». Київ 2006. 190 с.
12. «Правила технічної експлуатації магістральних і внутрішньо зонних мереж». Міністерство палива та енергетики. Київ 2007. 230 с.

13. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В. Основи охорони праці. Підручник для професійно-технічних закладів. Київ: Вікторія. 2001. 192 с.
14. В. Ц. Жилдецький Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша. 2005.
15. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. 2003 р. 135 с.
16. Маліновський А. А. Основи електропостачання: навч. посіб. А. А.
17. Маліновський, Б.К. Хохулін. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка». 2005. 324 с.
18. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. Основи електроенергетики та електропостачання: підручник. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». 2009 р. 436 с.
19. Малинівський С. М. Загальна електротехніка. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2001 р. 596 с.
20. Мірошник О. В., Трунова І. М. Організація технічної експлуатації енергетичного устаткування підприємств АПК. Харків: ПП ЧЕРВЯК, 2005 р. 128 с.
21. Паначевський Б. І. Загальна електротехніка. Київ: Каравела, 2004 р. 440 с.
22. Правила улаштування електроустановок. Харків: Форт, 2009 р. 736 с.
23. Сегеда М.І Теоретичні основи електротехніки: Навч.посіб. Тернопіль, ТДУ, 2003. 350 с.
24. Титаренко М. В. Електротехніка: навч. посіб. для студентів інженерно-технічних (не електротехнічних) спеціальностей вузів. Київ: Кондор, 2015 р. 240 с.