

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему:

«ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦЕХУ ГАРЯЧОГО ЦИНКУВАННЯ З АВТОМАТИЗОВАНОЮ КОМПЕНСАЦІЄЮ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ»

Виконав: студент IV курсу
групи Ен – 41 спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ **Огородник А. Р.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник: _____ **Коробка С. В.**
(прізвище та ініціали)

Рецензент: _____ **Гречин Д. П.**
(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2024

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) рівень

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Сиротюк С. В.

(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ ____ ” _____ 202__ року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Огородник Андрій Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Електрозабезпечення цеху гарячого цинкування з автоматизованою компенсацією реактивної потужності навантаження»

керівник роботи к.т.н., доцент Коробка С. В.

(наук. ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом Львівського НАУ 641/к-с від 27.11.2023 р.

2. Строк подання студентом роботи 14.06.24 р.

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1 Характеристика підприємства

2 Розрахунок електрозабезпечення цеху

3 Автоматизована компенсація реактивної потужності навантаження

4 Охорона праці та довкілля

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 розділів

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

7. Дата видачі завдання 27.11.23 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Виконання аналізу вихідних даних для проектування</i>	<i>27.11.2023 – 31.01.2024</i>	
2	<i>Розроблення та розрахунок схеми електрозабезпечення</i>	<i>1.02.2024 – 17.03.2024</i>	
3	<i>Автоматизована компенсація реактивної потужності</i>	<i>20.03.2024 – 21.04.2024</i>	
4	<i>Виконання структурно-функціонального аналізу процесу та розробка моделі травмонезбезпечних та аварійних ситуацій</i>	<i>24.05.2024 – 5.05.2024</i>	
5	<i>Вивчення питання охорони довкілля та здійснення техніко-економічної оцінки прийнятих рішень</i>	<i>8.05.2024 – 19.05.2024</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та презентації</i>	<i>22.05.2024 – 2.06.2024</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>5.06.2024 – 14.06.2024</i>	

Студент _____ Огородник А. Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Коробка С. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 621.313 (076.1)

Огородник А. Р. «Електрозабезпечення цеху гарячого цинкування з автоматизованою компенсацією реактивної потужності навантаження». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 37 с. текстової частини, 12 таблиць, 8 рисунків, 16 джерел.

Мета роботи: реалізувати систему електрозабезпечення цеху гарячого цинкування з автоматизованою компенсацією реактивної потужності навантаження.

Завдання роботи: подати стислу характеристику підприємства, обґрунтувати тему кваліфікаційної роботи. Розробити та розрахувати електричну схему електропостачання, вибрати перерізи та марки проводів електричних мереж, а також трансформаторної підстанції. Запропонувати систему компенсації реактивної потужності навантаження. Розкрити основні питання охорони праці та довкілля. Виконати економічний розрахунок, та визначити строк окупності.

Ключові слова: цеху гарячого цинкування, електропостачання, трансформаторна підстанція, проводи живлення, компенсація реактивної потужності, способи регулювання, конденсаторна установка, мікропроцесорний регулятор, строк окупності.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА.....	7
1.1 Загальна характеристика	7
1.2 Оґрунтування теми роботи.....	9
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦЕХУ.....	10
2.1 Визначення розрахункових навантажень.....	11
2.2 Вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ	13
2.3 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж	14
2.4 Релейний захист	16
РОЗДІЛ 3 АВТОМАТИЗОВАНА КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖ- НОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ.....	19
3.1. Способи регулювання реактивної потужності конденсаторів.....	19
3.3. Розрахунок потужності батарей компенсації	21
3.4. Схема керування реактивною потужністю	23
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ	24
4.1 Структурно – функціональний аналіз процесу електропостачання споживачів.....	24
4.2 Обґрунтування організаційно – технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу	26
4.2.1 Правила техніки безпеки при обслуговуванні електрообладнання	26
4.2.2 Протипожежні заходи на об’єкті.....	27
4.2.3 Розрахунок заземлення.....	28
4.3 Захист цивільного населення.....	30
4.4 Охорона довкілля	31
РОЗДІЛ 5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	33
ВИСНОВКИ	35
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	36

ВСТУП

Охорона довкілля є одним із пріоритетних напрямів розвитку України та забезпечення її екологічної безпеки. Коріння екологічної кризи глибоко в аварії на Чорнобильській АЕС та надмірному антропогенному навантаженні, що зрештою призвело до засвоєння природного середовища та швидкого зниження якісних характеристик. Територія України насичена технічно небезпечними об'єктами. Рівень забруднення довкілля в окремих регіонах України досяг критичних позначок.

Як уже зазначалося, основними забруднювачами повітря є енергетичні, металургійні та транспортні підприємства. Величезне значення має питання про те, які причини екологічної небезпеки є найважливішими. Загалом на електротехнічну промисловість припадає 25-35% загальних викидів CO₂ у різних країнах, і ця частка зростає зі збільшенням валового національного продукту.

Усі ТЕС у всьому світі виробляють 80% загальної енергії та спричиняють 50% промислових викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Тільки підземний видобуток вугілля викидає в атмосферу 0,42 кг пилу, 0,6 кг оксидів сірки, 0,11 кг оксидів азоту, 1 кг оксидів вуглецю та інших компонентів на кожен тону видобутого твердого палива.

При переробці однієї тонни нафти утворюється 3,44 кг вуглеводнів, 0,89 кг оксидів сірки, 0,4 кг оксидів вуглецю, 0,09 кг оксидів азоту і 0,03 кг сіркового дню.

У зв'язку зі зменшенням використання природного газу в енергетиці та збільшенням споживання вугілля з неякісним вмістом золи та сірки очікується збільшення викидів та погіршення екологічної ситуації.

Отже, досягнення національної екологічної безпеки можливо лише за умови підвищення енергетичної безпеки за всіма аспектами та елементами ефективності виробництва, перетворення, передачі та використання ПЕС.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Загальна характеристика

Цех гарячого цинкування «Першої української цинковні» знаходиться в ТзОВ «Екран». Юридична адреса «Першої української цинковні» Львівська область м. Стрий вул. Промислова 7А. Виробнича потужність становить 5 т/год.

У 2007 році був збудований у м.Стрий завод гарячого цинкування – Перша українська цинковня.

У сфері антикорозійного захисту працює перший в Україні завод цинкування. Компанія постійно відстежує та впроваджує нові розробки та вдосконалення. Зараз компанія обслуговує потреби українських компаній у 16 регіонах України та співпрацює як з малими та середніми підприємствами, так і з компаніями зі світовим ім'ям. Продукція сертифікована Українською системою сертифікації УкрСЕП-РО.

Влітку 2011 року наша компанія пройшла незалежний сертифікаційний аудит ТЮФ ЗЮД Україна, за результатами якого завод гарячого цинкування отримав сертифікат відповідності міжнародному стандарту якості ISO 9001: 2008, ISO 1461: 2009.

Ця сертифікація представляє новий рівень відносин із споживачами, постачальниками та партнерами та підвищує професіоналізм нашого персоналу в сферах контролю якості, узгодженості виробництва та контролю всіх процесів.

Найближчим часом планується запровадження Європейської системи управління навколишнім середовищем ISO 14000. Завод є першим в Україні, побудованим за новітніми стандартами та підходами до бізнес-процесів і ефективно працює завдяки інноваційним технологіям та сучасному обладнанню.

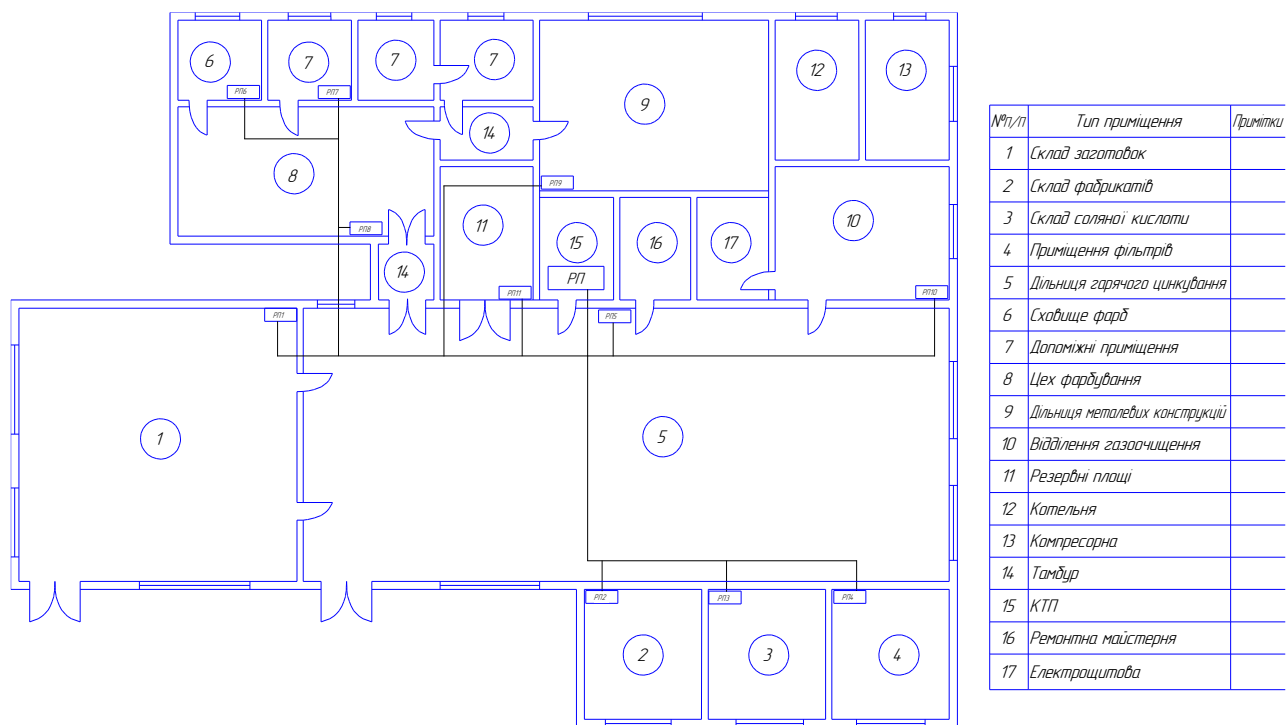


Рисунок 1.1 – План-схема цеху гарячого цинкування

У технічному процесі використовуються тільки найкращі матеріали та хімікати від провідних європейських виробників. Поряд з цинком використовують алюміній і нікель. Це надає продукту більш красивий зовнішній вигляд і покращує корозійну стійкість покриття.

Загальна площа фабрики становить понад 7000 квадратних метрів, на фабриці створено понад 50 робочих місць. Виробничі потужності заводу дозволяють оцинковувати понад 2000 тон металоконструкцій на місяць.

Іноземна лінія гарячого цинкування оснащена системою фільтрації та очищення та відповідає всім українським та європейським вимогам щодо екології, охорони навколишнього середовища та техніки безпеки.

Перша українська цинковня надає наступні додаткові послуги: оформлення митних документів на вантаж; послуги з доставки виробів на цинкування та до клієнта; додаткові роботи: очистка різьби, сортування, спеціальне пакування та маркування виробів після цинкування; безкоштовне консультування щодо підготовки до гарячого цинкування; інформує щодо надійних постачальників готових металоконструкцій, виробів та металу; обслуговування в системі експрес.

1.2 Обґрунтування теми роботи

Вся електрична енергія, що виробляється на електростанціях і підстанціях і споживається в різних приймальних пристроях, класифікується як активна енергія і реактивна енергія. Активна енергія забезпечує корисну роботу електроприймачів, таких як електродвигуни, печі, освітлювальні, зварювальні апарати та інші, і перетворюється в них на механічну, теплову, світлову та інші види енергії.

Реактивна енергія не виконує корисної роботи, але витрачається на створення магнітного потоку в асинхронних двигунах, трансформаторах, синхронних машинах та іншому електричному обладнанні, і ця робота була пов'язана з намагніченням сталевих сердечників. Реактивна енергія надходить від джерела живлення (наприклад, генератора) до навантаження, а потім назад до джерела живлення. Наявність реактивної енергії в електромережі істотно впливає на її роботу та економічні показники.

Коефіцієнтом потужності називається величина $\cos \varphi$, тому що вона показує, яка частка загальної потужності генератора чи трансформатора перетворюється на активну потужність. Через збільшення реактивної потужності $\cos \varphi$ зменшується, і встановлена потужність генераторів і трансформаторів не може бути повністю використана. Наприклад, якщо трансформатор має встановлену потужність 1000 кВА, при значенні коефіцієнта потужності навантаження 0,5 з нього можна використати лише 500 кВт активної потужності без перевантаження по струму. Якщо коефіцієнт потужності навантаження збільшити до 0,85, тоді на виході буде 850 кВт, що в 1,7 рази більше.

На підприємствах-виробниках асинхронні двигуни є основними споживачами реактивної енергії, на них припадає приблизно 65-70% загальної реактивної енергії. Трансформатор споживає 20-25% і близько 10% йде на повітряну мережу та інші пристрої, що живляться. Дуже важливим є питання розумного енергоспоживання. Розподіл споживання електроенергії та виставлення рахунків за електроенергію є важливими для раціонального використання.

Важливим фактором у цій задачі є значення коефіцієнта потужності.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦЕХУ

Виготовлення продукції із використанням процесу гарячого цинкування в промислових масштабах без використання електричної енергії є неможливим.

Таблиця 2.1 – Структура цеху гарячого цинкування

№ на схемі	Позначення
1	Склад заготовок
2	Склад фабрикатів
3	Склад соляної кислоти
4	Приміщення фільтрів
5	Цех гарячого цинкування
6	Склад фарб
7	Допоміжне приміщення
8	Цех фарбування
9	Дільниця виготовлення металоко- нструкцій
10	Відділ газоочищення
11	Резерв
12	Котельна
13	Компресорна
14	Тамбур
15	ЗТП
16	Ремонтна майстерня
17	Щитова

Для забезпечення технологічного процесу необхідне використання великої кількості енергії, як теплової так і електричної. Всі без виключення технологіч-

ні лінії та потоки передбачають живлення від джерела змінного струму. В свою чергу безперебійне електропостачання вибраного об'єкта дозволить використувати його потенціал на повну потужність і уникнути збоїв у технологічному процесі цинкування.

З метою забезпечення надійної роботи системи електропостачання господарства проводимо розрахунок живильної підстанції 10/0,4 кВ, ліній електропередачі високої та низької напруги. При розрахунку враховуємо існуючі електричні навантаження виробничого об'єкта.

Для розрахунку скористаємось ustalеними значеннями потужності технологічного обладнання, а не номінальними значеннями потужності кожного споживача зокрема.

Розрахункові навантаження вузлів занесені до таблиці 2.1.

Запропонована схема та розрахункові навантаження вузлів електричної мережі 0,38 кВ зображено на рис 2.1.

Закрита трансформаторна підстанція ЗТП 10/0,4 кВ розташована безпосередньо в самому приміщенні цеху гарячого цинкування, в самому центрі електричного навантаження для зменшення втрат в низьковольтних мережах. Від шин 0,4 кВ підстанції живить 11 ліній виконаних кабелем ВВГ.

2.1 Визначення розрахункових навантажень

Складаємо таблицю розрахункових навантажень ліній. Значення номеру лінії відзначено у кружках на схемі рис.2.1.

Таблиця 2.2 – Усталені значення потужності

Вузол	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$P_{уст}$	20	54	60	21	12	14	42	6	68	62	50

Таблиця 2.3 – Розрахункові навантаження ліній

Лінія	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$P_{уст}$	20	54	60	21	12	14	42	6	68	62	50

Розрахункові навантаження ліній таблиця 2.3 відповідають значенням потужності таблиця 2.2.

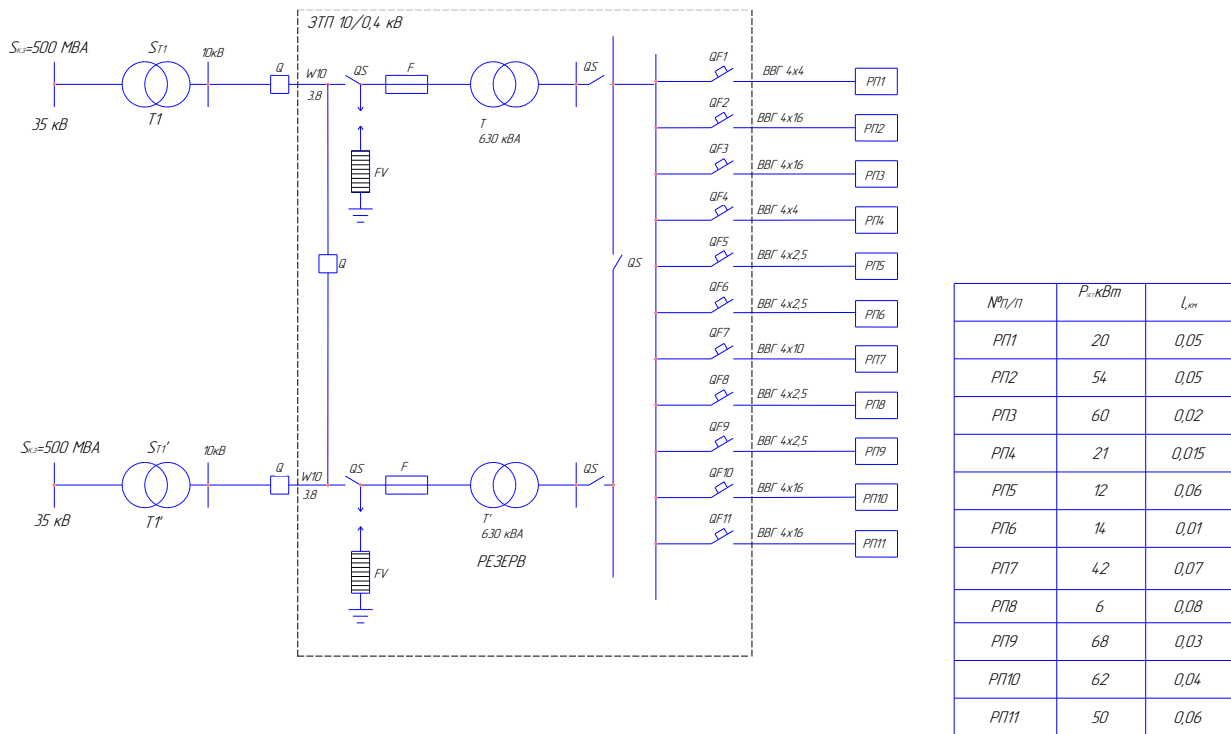


Рисунок 2.1 – Схема проектуваної мережі

Значення розрахункової повної потужності навантаження мережі 0,38 кВ з врахування коефіцієнта потужності таблиця 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункові повні навантаження мережі 0,38 кВ.

Лінія	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
S_i , кВА	25,6	69,2	76,9	26,9	15,4	18	53,8	7,7	87,2	79,5	64,1

Розраховуємо значення реактивної потужності навантаження ліній 0,38 кВ:

$$Q_i = P_i \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{кВАр}; \quad (2.1)$$

Таблиця 2.5 – Розрахункові реактивні навантаження мережі 0,38 кВАр

Лінія	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Q_i , кВАр	16	43,2	48	16,8	9,6	11,2	33,6	4,8	54,4	49,6	40

Струмове навантаження:

$$I_i = \frac{S_i}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \text{А}; \quad (2.2)$$

Таблиця 2.6 – Розрахункові струмові навантаження мережі 0,38 кВ

Лінія	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I, А	37	100	111,5	39	23,3	26	78	11,2	126	115	93

2.2 Вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ

Розраховуємо величину потужності трансформаторів трансформаторної підстанції, за сумарним навантаженням мережі 0,38 кВ:

$$P_{\Sigma} = \sum P_n = 409 \text{ кВт.}$$

Сумарна повна потужність мережі, при коефіцієнті потужності $\cos\varphi=0,8$:

$$S_{\Sigma} = \frac{P_{\Sigma}}{\cos\varphi}, \quad (2.3)$$

$$S_{\Sigma} = \frac{409}{0,78} = 524,6 \text{ кВА.}$$

Розрахункова потужність трансформатора:

$$S_{\text{розр}} = S_T, \quad (2.4)$$

$$S_{\text{розр}} = S_T = 524,6 \text{ кВА.}$$

Оскільки наш підприємство є споживачем I категорій, тому зовнішнє живлення здійснюємо по двох повітряних лінії 10 кВ, а трансформаторна підстанція комплектується двома трансформаторами 10/0,4 кВ, один робочий другий резервний. Принципова схема мережі зображена на рисунку 2.1.

Вибираємо трансформатор типу ТМ-630-10/0,4 кВ. У трансформатора, стандартно є 5 відгалужень зі сторони вищої напруги: $0, \pm 2,5\%, \pm 5\%$ від номінального значення напруги цієї обмотки. Перемикання між відгалуженнями здійснюють лише без навантаження (ПБЗ – перемикання без збудження).

Таблиця 2.7 – Паспортні дані трансформатора ТМ-630-10/0,4 кВ.

$S_{\text{НОМ}}$	$U_{\text{В НОМ}}$	$U_{\text{Н НОМ}}$	Схема та група з'єднань	$\Delta P_{\text{НХ}}$	$\Delta P_{\text{КЗ}}$	$U_{\text{КЗ}}$	$I_{\text{НХ}}$
кВА	кВ	кВ		кВт	кВт	%	%
630	10	0,4	Y/Y _н -0	1,5	7,6	5,5	2,5

Визначаємо параметри трансформатора, приведені до обмотки високої напруги трансформатора :

- повний опір – $z_T = \frac{U_{кз}}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном} \cdot 10^{-3}} = 8,7 \text{ Ом};$
- активний опір – $r_T = P_{кз} \cdot \frac{U_{Вном}^2}{S_{ном}^2 \cdot 10^{-3}} = 1,9 \text{ Ом};$
- реактивний опір – $x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = 8,5 \text{ Ом}.$

Наша запроектована мережа 0,38 кВ буде заживлена від закритої трансформаторної підстанції ЗТП-630-10/0,4 кВ. Підстанція складається із блока із наступними основними вузлами: два силових трансформатори потужністю 630 кВА (один основний, другий – резервний), розподільний пристрій 0,38 кВ, розподільний пристрій 10 кВ.

2.3 Вибір перерізів проводів і розрахунок мереж

Розрахунок мережі 10 кВ

Визначаємо значення активної складової втрати напруги у високовольтній мережі:

$$\Delta U_p = \frac{x_o}{U_{ном}} Q \cdot l, \quad (2.5)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{10000} 327,2 \cdot 2000 = 22,9 \text{ В}.$$

Значення активної складової напруги:

$$\Delta U_{ад} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_p, \quad (2.6)$$

$$\Delta U_{ад} = 400 - 22,9 = 377,1 \text{ В}.$$

Переріз проводу магістралі 10 кВ:

$$F_{розр} = \frac{P \cdot l}{U_{ном} \cdot \Delta U_a \cdot g}, \quad (2.7)$$

де: $g=32 \cdot 10^{-6} \text{ См/м}$ – питома провідність алюмінію.

$$F_{розр} = \frac{409 \cdot 2000}{10000 \cdot 377,1 \cdot 32 \cdot 10^{-6}} = 7,0 \text{ мм}^2.$$

За вимогами ПУЕ значення мінімального перерізу сталелегуючого про-
воду марки АС для лінії 10 кВ становить 25 мм² табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Параметри проводів електричної мережі 10 кВ

Лінія мережі 10 кВ	Марка про- воду	r_0 , Ом/км	x_0 , Ом/км	Допустимий струм, А
ТП 35 кВ - ТП 10 кВ	АС-25	1,146	0,377	136

$$\Delta U = \sqrt{3} \left(r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi \right) \sum_{i=1}^n I_i \cdot l_i, \quad (2.8)$$

де: I_i , l_i – струм та довжина i -ї ділянки магістралі; n – кількість ділянок магіст-
ралі; r_0 , x_0 – значення питомих опорів лінії електропередачі активного і реакти-
вного; $\Delta U_a, \Delta U_p$ – значення складових втрати напруги активної та реактивної.

$$\Delta U = \sqrt{3} (1,146 \cdot 0,78 + 0,377 \cdot 0,78) \frac{760}{25} \cdot 2,0 = 122 \text{ В (1,2 \%)}.$$

Значення втрати напруги в обмотках трансформатора 10/0,4 кВ за макси-
мального навантаження:

$$\Delta U = \frac{I_H}{k_{тр}} \cdot Z_m = \frac{760}{25} \cdot 8,7 = 265 \text{ В (2,7\%)}.$$

Розрахунок мережі 0,38 кВ

Реактивна складова втрати напруги у магістралі 0-1:

$$\Delta U_p = \frac{x_0}{U_{ном}} \left(Q_1 \cdot l_1 \right), \quad (2.9)$$

$$\Delta U_p = \frac{0,35}{0,38} (16 \cdot 0,05) = 0,75 \text{ В}.$$

Значення допустимої активної складової напруги:

$$\Delta U_{ад0-1} = \Delta U_\delta - \Delta U_p = 19 - 0,75 = 18,25 \text{ В}.$$

Розрахункове значення перерізу проводів магістралі 0-1:

Таблиця 2.9 - Параметри проводів електричних мереж ліній 0,38 кВ

Лінія мережі 0,38 кВ	Марка про- воду	Допустимий струм, А
1	ВВГ4×4	49
2	ВВГ4×16	115
3	ВВГ4×16	115
4	ВВГ4×4	49
5	ВВГ4×2,5	38
6	ВВГ4×2,5	38
7	ВВГ4×10	90
8	ВВГ4×2,5	38
9	ВВГ4×25	150
10	ВВГ4×16	115
11	ВВГ4×16	115

$$F_{0-1розр} = \frac{P_1 \cdot l_1}{U_{ном} \cdot \Delta U_{ад0-1} \cdot g}, \quad (2.10)$$

$$F_{0-1розр} = \frac{16 \cdot 0,05}{0,4 \cdot 18,25 \cdot 32 \cdot 10^6} = 3,4 \text{ мм}^2.$$

Аналогічно розраховуємо інші магістралі.

Згідно стандартних марок проводів вибираємо необхідні номінальні перерізи проводів електричної мережі 0,38 кВ таблиця 2.9.

2.4 Релейний захист електричної мережі 10 кВ

Згідно Правил улаштування електроустановок на лінії 10 кВ, що має одностороннє живленням встановлюється двоступінчастий струмовий захист, йо-

го перша ступінь виконується у вигляді струмової відсічки, а друга, як максимальний струмовий захист із залежною чи незалежною витримкою часу.

З боку підстанції 110/10 кВ на лінії 10 кВ, що живить ТП 10/0,4 кВ вибираємо трансформатори струму типу ТПЛК-50 у фазах А і С, що мають коефіцієнти трансформації 10/5 ($I_{ТС}=100 \text{ A} > I_{Т.НОМ}=50 \text{ A}$).

Значення струму спрацювання відсічки:

$$I_{с.з.в.} = k_H \cdot I_{к.з.овн} = 1,2 \cdot 572 = 686,4 \text{ A},$$

де

$I_{к.з.овн}$ – значення максимального зовнішнього струму к. з., що визначається як струм у місці встановлення захисту при к. з. на стороні низької напруги трансформатора 10/0,4 кВ;

$k_H=1,2$ – коефіцієнт надійності, для реле РТ-40.

Значення струму спрацювання реле:

$$I_{с.р.в.} = \frac{I_{с.з.в.}}{n_{мс}} = \frac{686,4}{10/5} = 343,2 \text{ A}.$$

Значення чутливості спрацювання відсічки перевіряємо за струмом двофазного к. з. у кінці лінії:

$$k_{ч.в.} = \frac{I^{(2)}_{к.min}}{I_{с.з.в.}} = \frac{1794}{343,2} > 1,5.$$

тому, у даному випадку, згідно ПУЕ відсічка може бути застосована як основний захист лінії.

Друга ступінь захисту для лінії 10 кВ електричної мережі – це максимальний струмовий захист, на основі реле непрямої дії РТ-40 і реле часу РВ-122.

Значення струму спрацювання захисту:

$$I_{с.з.} = \frac{k_H \cdot k_3}{k_{П}} \cdot I_{max.p} = \frac{1,2 \cdot 1}{0,8} \cdot 30,3 = 45,5 \text{ A},$$

де:

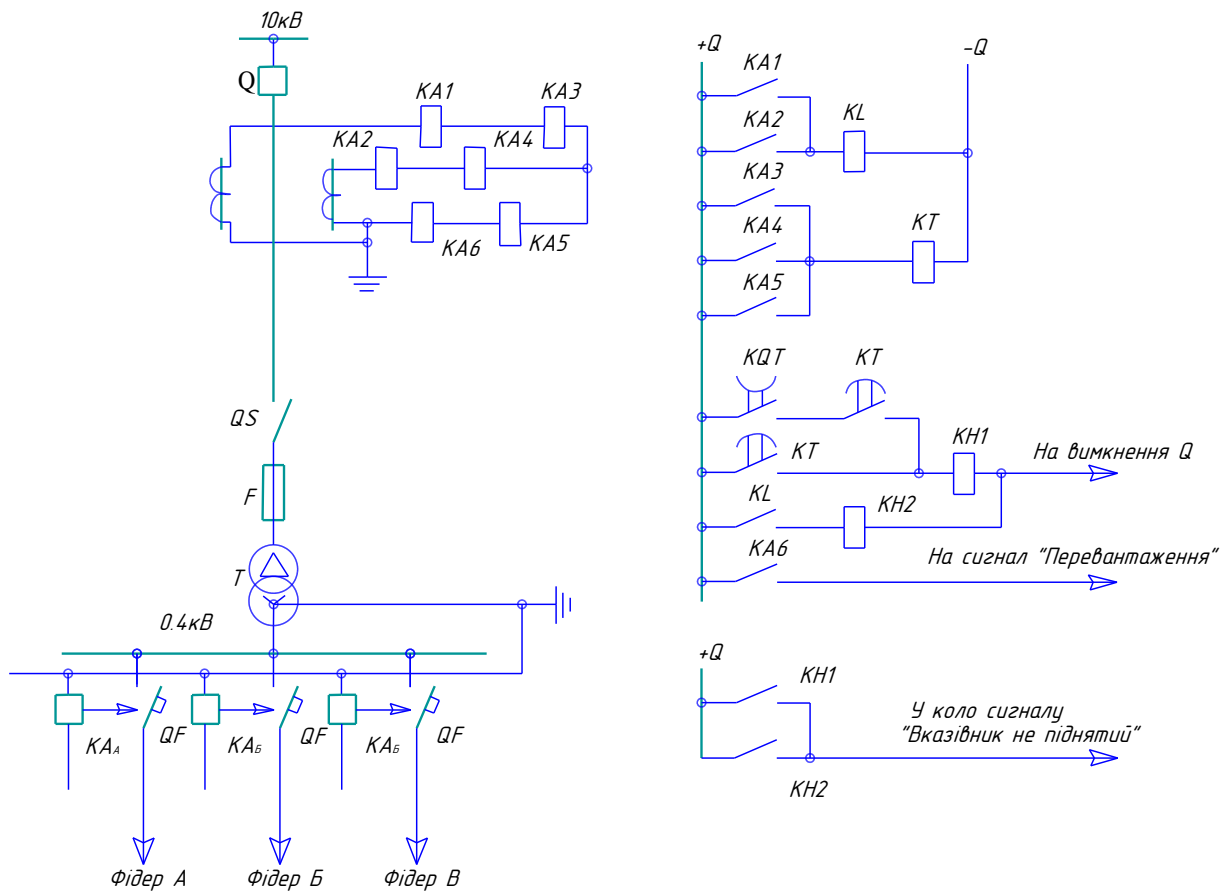
$k_{П}$ - коефіцієнт повернення;

$I_{max.p}$ - максимальний робочий струм лінії.

$$I_{max.p} = \frac{S_{\Sigma вч}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{425}{\sqrt{3} \cdot 10} = 30,3 \text{ A}.$$

Струм спрацювання реле:

$$I_{c.p} = \frac{I_{c.з.}}{n_{mc}} = \frac{45,5}{10/5} = 22,75 \text{ A.}$$



ТС	Трансформатори струму ТПЛК-10
КА1-КА6	Реле струму типу РТ-40
КТ	Реле часу типу РВ-122
КЛ	Проміжне реле типу РН-23 чи РН-251
КН1, КН2	Вказівне реле типу РУ-1
КQT	Контакт реле положення "вимкнено" вимикача Q
КА _А , КА _Б	Реле струму в нейтралах ліній 0,38 кВ

Рисунок 2.2 – Принципова схема релейного захисту електричної мережі.

Згідно умови к. з. на стороні низької напруги трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ, чутливість максимального струмового захисту (як резервного для трансформатора):

$$k_q = \frac{I^{(2)}_{К.б.}}{I_{c.з.}} = \frac{478}{45,5} = 10,5 > 1,2.$$

РОЗДІЛ 3

АВТОМАТИЗОВАНА КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ

Для компенсації реактивної потужності навантаження до мережі під'єднують технічні засоби які здійснюють компенсацію реактивної потужності.

Технічні пристрої компенсації реактивної потужності навантаження складаються із приладів або систем обліку реактивної енергії; компенсувальних установок, засобів регулювання потужності компенсувальних установок.

Основні види компенсувальних установок, що використовують в системах електропостачання для компенсації реактивної потужності навантаження – це: конденсаторні установки, синхронні компенсатори; синхронні двигуни, статичні компенсатори.

3.1 Способи регулювання реактивної потужності

Синхронні двигуни

У синхронному двигунів величина і характер реактивної потужності змінюються в залежності від значення струму збудження, у обмотці ротора.

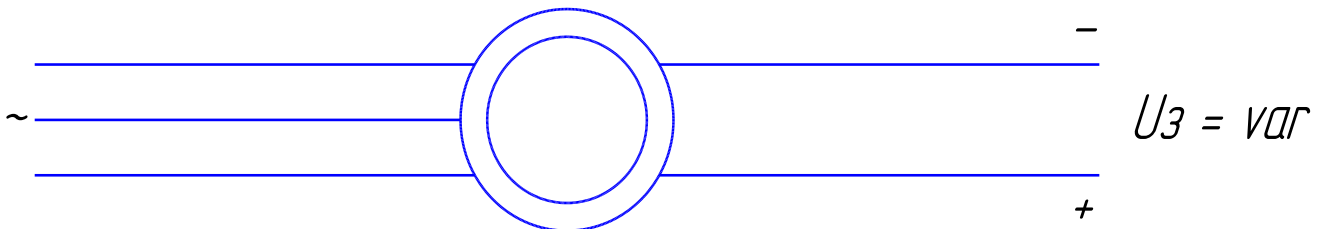


Рисунок 3.1 – Синхронний двигун

Регулювання зміною напруги

Регулювання напруги, прикладеної до конденсаторів, здійснює зміну потужності, що пропорційна квадрату напруги.

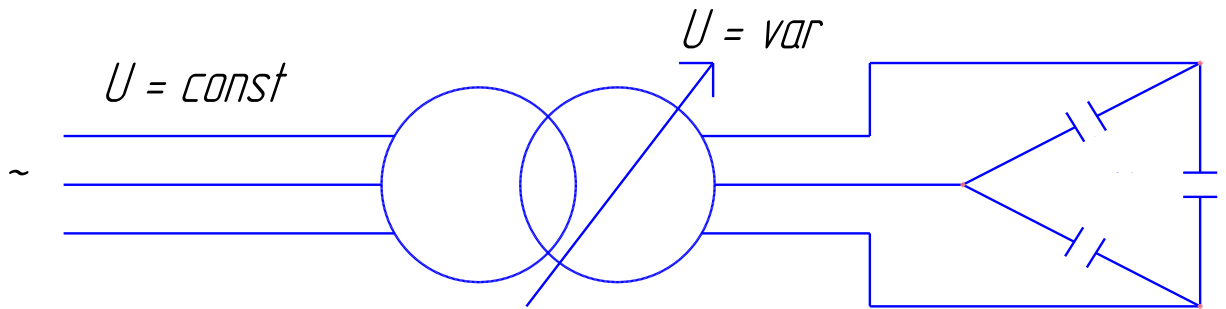


Рисунок 3.2 – Схема регулювання потужності статичного елемента зміною напруги

Регулювання зміною частоти

Потужність реактивних статичних елементів залежать від частоти. Для цього використовують перетворювачі частоти різних типів.

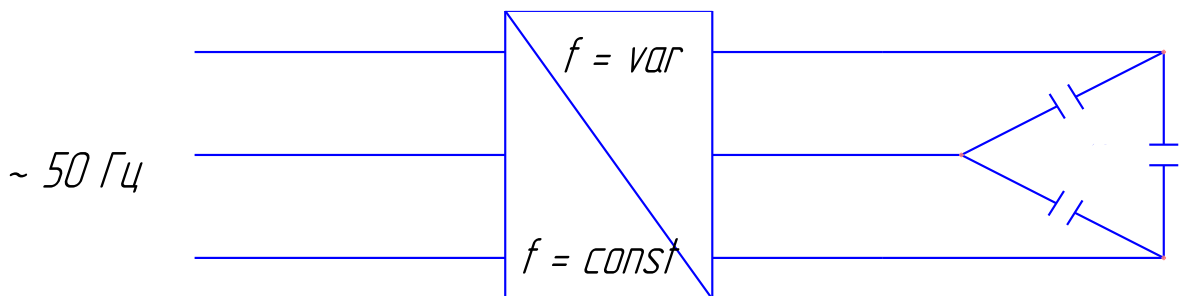


Рисунок 3.3 – Принципова схема регулювання зміною частоти

Регулювання зміною опору

Ступенєво змінювати потужність, шляхом ввімкнення вимкнення конденсаторних батарей.

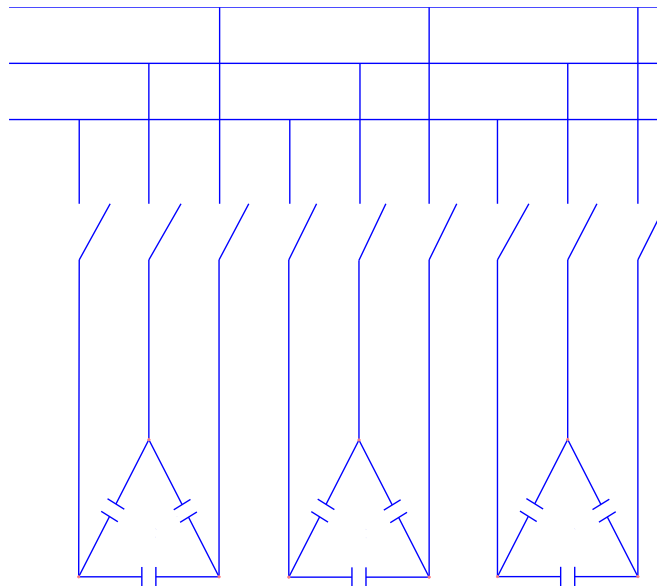


Рисунок 3.4 – Схема регулювання кількістю батарей

Після проведеного аналізу ми прийшли до висновку, використати останній метод компенсації.

3.2 Розрахунок потужності батарей компенсації

Для компенсації реактивної потужності навантаження необхідну потужність статичних конденсаторів визначаємо за формулою

$$Q = P(\operatorname{tg}\phi_1 - \operatorname{tg}\phi_2). \quad (3.4)$$

де Q – значення шуканої реактивної потужності батарей конденсаторів (кВАр);

P – значення активної потужності силової установки (кВт);

ϕ_1 – значення кута зсуву фаз до компенсації;

ϕ_2 – значення кута зсуву фаз після компенсації.

Для цього необхідно визначити значення $\operatorname{tg}\phi_1$ і $\operatorname{tg}\phi_2$.

Після встановлення пристрою компенсації реактивної потужності навантаження значення коефіцієнта потужності має бути $\cos\phi_2 \geq 0,92$. Тому;

$$\operatorname{tg}\phi_2 = \frac{\sin \phi_2}{\cos \phi_2} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi_2}}{\cos \phi_2} = \frac{\sqrt{1 - 0,92^2}}{0,92} = 0,426.$$

Отже коефіцієнт потужності при середній активній потужності $P=300$ кВА за становить $\cos\phi_1=0,85$. Тому

$$\operatorname{tg}\phi_1 = \frac{\sin\phi_1}{\cos\phi_1} = \frac{\sqrt{1-\cos^2\phi_1}}{\cos\phi_1} = \frac{\sqrt{1-0,78^2}}{0,78} = 0,802.$$

Визначаємо значення реактивної потужності конденсаторних батарей

$$Q = 409 \cdot (0,802 - 0,426) = 153,8 \text{ кВАр.}$$

Із проведеного розрахунку, ми бачимо, що мінімальне значення необхідної реактивної потужності при середньому значенні активної потужності $P=300$ кВА при максимально завантаженій зміні становить $Q=58,2$ кВАр.

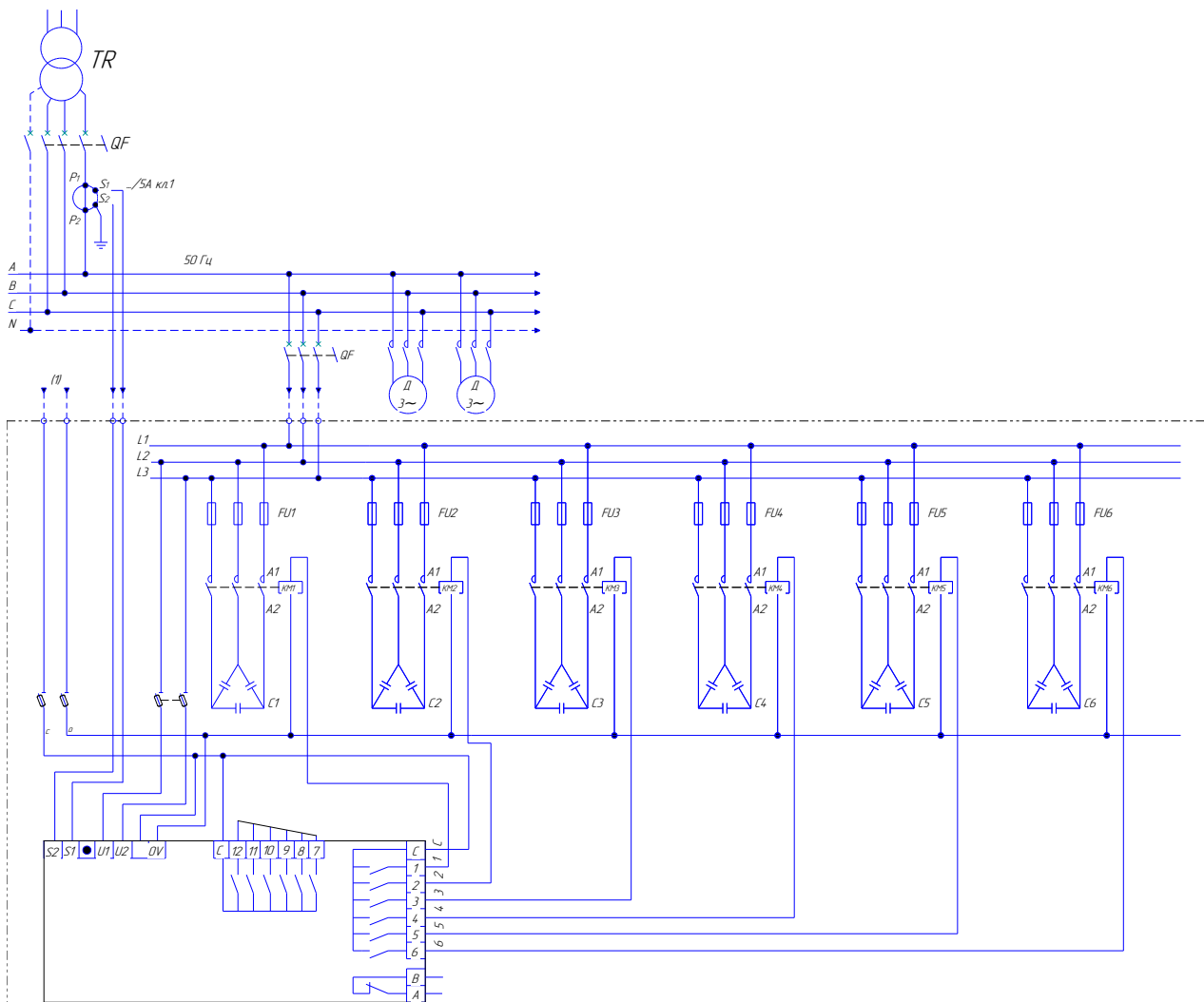


Рисунок 3.5 - Схема пристрою компенсації реактивної потужності.

Проведемо розрахунок необхідної потужності для забезпечення максимального коефіцієнта потужності $\cos\phi_1=1$.

$$\operatorname{tg} \phi_1 = \frac{\sin \phi_1}{\cos \phi_1} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi_1}}{\cos \phi_1} = \frac{\sqrt{1 - 1^2}}{1} = 0.$$

Розраховуємо значення реактивної потужності конденсаторних батарей

$$Q = 409 \cdot (0,62 - 0) = 253,6 \text{ кВАр}.$$

3.2 Схема керування реактивною потужністю

Згідно проведеного розрахунку, вибираємо автоматичний пристрій компенсації реактивної потужності навантаження із потужністю 250 кВАр, що має ступінчасте регулювання. Даний пристрій у своєму складі має шість батарей: 2 по 10 кВАр і 15 кВАр, і по одній 20 кВАр, 80 кВАр, 100 кВАр; автоматичне керування здійснюється мікропроцесорним регулятором автоматичної корекції коефіцієнта потужності Varlogic R12, фірми Schneider Electric рисунок 3.5.

За допомогою даної схеми керування здійснюється дискретне регулювання потужності конденсаторних батарей пристрою компенсації від 10 до 250 кВАр із малим кроком. Мікропроцесорним регулятором здійснюється автоматичне керування коефіцієнта потужності, що забезпечить належну роботу даної системи.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Структурно – функціональний аналіз процесу електропостачання споживачів

Розробка та вживання ефективних заходів запобігання аварійним і травмо-небезпечним 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.

Таблиця 4.1 – Аналіз процесів формування та виникнення аварійних та травмо-небезпечних ситуацій при виконанні різних робіт

Вид роботи	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобіг. небезпеч. ситуацій
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Проведення ремонту кабельної лінії	не проведено закорочення жил кабеля після вимкнення напруги. НУ1 Відсутність необхідних вимірювальних приладів НУ2.	Нехтування правилами ТБ НД1. Користування невідповідним інструментом. НД2.	Ураження струмом	Траума	Проведення додаткових інструктажів з ТБ

<p style="text-align: center;">Модель процесу</p> <p style="text-align: center;"> НУ → НД → НС → Т НУ → НД → </p>					
<p>Роботи по ремонту трансформаторної підстанції.</p>	<p>Опір заземлюючого контура перевищує допустимі норми. НУ1.</p> <p>Опір ізоляції обмоток трансформатора не відповідає нормі НУ2.</p>	<p>Проведення ремонтних робіт несправним і непристосованим для проведення даного виду робіт, інструментом.</p> <p>НД1 Працюючий знаходиться у небезпечній зоні</p> <p style="text-align: center;">НД₂</p>	<p>Вихід з ладу електрообладнання.</p> <p>НС1.</p> <p>Ураження струмом</p> <p>НС2.</p>	<p>Аварійна ситуація.</p> <p>Травма.</p>	<p>Забезпечення обслуговуючого персоналу необхідним і справним інструментом.</p>
<p style="text-align: center;">Модель процесу.</p> <p style="text-align: center;"> НУ1 → НД1 → НС1 → АС+Т НУ2 → НД2 → НС2 → </p>					

4.2 Обґрунтування організаційно – технічних рекомендацій стосовно безпечного перебігу виробничого процесу

4.2.1 Правила техніки безпеки при обслуговуванні електрообладнання

1. Загальні положення

Безпечна і безаварійна робота споживчих трансформаторних підстанцій забезпечується своєчасним проведенням встановленого експлуатаційного обслуговування та ремонтних робіт – технічних доглядів та поточних ремонтів, які є складовою частиною системи планово-запобіжного ремонту електрообладнання.

Всі роботи, ремонтні і пов'язані з лабораторними вимірюваннями, для проведення яких необхідно підніматись на площадку трансформатора, повинні виконувати два висококваліфікованих електрики, які добре обізнані з правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів, і мають кваліфікацію з техніки безпеки: один не нижче 4 групи, другий – не нижче 3 групи.

2. Вимоги правил техніки безпеки перед початком роботи

Для початку роботи на площадці трансформатора спочатку вимикають рубильники або автоматичні вимикачі щита низької напруги, виймають плавкі вставки запобіжників, запирають шафу і вивішують попереджувальні плакати. Потім, одягши діелектричні рукавиці і калоші, вимикають привод роз'єднувача і, впевнившись із землі в тому, що роз'єднувач дійсно вимкнувся, закривають його на замок.

3. Вимоги правил техніки безпеки під час

Виконавши ці операції, підніміться на площадку, надівають діелектричні рукавиці і за допомогою покажчика напруги перевіряють відсутність напруги на всіх фазах трансформатора, після чого виймають плавкі вставки запобіжників високої напруги. Потім, приєднавши один кінець переносного заземлення до заземлюючого пристрою, накладають його на струмоведучі частини високовольтних запобіжників. Після цього можна приступити до роботи на площадці трансформатора.

Якщо для виконання ремонтних чи експлуатаційних робіт треба піднятися вище трансформатора до роз'єднувача, то необхідно лінію, що живить дану підстанцію, вимкнути роз'єднувачем, якщо він є на цій лінії, або відімкнути лінію від джерела живлення. Тільки після цього виконують зазначені роботи.

Якщо на підстанції необхідно замінити трансформатор, то пред опусканням і підніманням його треба повністю вимкнути напругу з підстанції, заземлити лінію живлення і переконатись у міцності конструкції підстанції.

4.Вимоги правил техніки після закінчення роботи

Після закінчення всіх робіт на трансформаторній підстанції перед її вмиканням необхідно виконати такі технічні операції: встановити запобіжники високої напруги, зняти переносні тимчасові заземлення; коли всі працівники зйдуть з трансформаторної підстанції, закрити і замкнути складувану металеву драбину; відімкнути щит низької напруги підстанції і зняти плакати з техніки безпеки; якщо тимчасове переносне заземлення встановлене на лінії, його також треба зняти і після цього доповісти черговому на живильній підстанції про те, що всі роботи закінчені, тимчасове заземлення зняте, можна подавати напругу; одержавши на це дозвіл, ввімкнути роз'єднувач і з землі перевірити, чи всі ножі роз'єднувача зайшли в затискачі.

Перевірити покажчиком напруги наявність струму на всіх трьох фазах головного рубильника розподільного щита низької напруги, вмикають всі рубильники або автоматичні вимикачі споживачів і замикають розподільчий щит на замок.

4.2.2 Протипожежні заходи на об'єкті

Для запобігання пожеж на об'єкті розроблено організаційні, експлуатаційні, технічні режимного характеру, пожежно-евакуаційні, профілактичні заходи.

До організаційних заходів відносяться правила розміщення машин, що обслуговують ферму ВРХ, обладнання, матеріалів з дотримання певних проходів, не допускається захаращення приміщень, проходів і т.д.; навчання працівників протипожежної безпеки.

Експлуатаційні заходи передбачають такі режими експлуатації установок, в результаті яких повністю виключається можливість виникнення іскор і полум'я при роботі установок, контакт нагрітих деталей обладнання з легко займистими матеріалами.

До технічних належать заходи, що стосуються правильного монтажу та експлуатації обладнання.

До засобів, що мають режимний характер відносять заборону куріння, запалювання сірників, правильного зберігання легкозаймистих матеріалів, постійний контроль за вогнебезпечними матеріалами.

Профілактичні заходи передбачають своєчасне встановлення первинних заходів вогнегасіння, а також підтримання в справному стані водопровідної системи. Заходи запобігання пожеж від розрядів статичної та атмосферної енергії, зводиться до встановлення заземлення і блискавкозахисту.

4.2.3 Розрахунок заземлення

Проводиться в залежності від характеру ґрунту і способу забивання стержнів.

Розраховуємо заземлюючий контур підстанції напругою 10/0,4 кВ з глохо-заземленою нейтралю. Характер ґрунту – чорнозем з $\rho=2 \cdot 10^4$ Ом·см. Кліматична зона – IV ($K_c = 1,2$, $K_n = 1,5$). Струм замикання на землю в мережі становить 50 А.

В відповідності з діючими правилами, опір заземлюючого пристрою повинен становити

$$R = \frac{125}{I_3} = \frac{125}{50} = 2,5 \text{ Ом}, \quad (4.1)$$

де I_3 – струм замикання на землю, А.

Приймаємо 3 Ом.

Контур заземлення розміщуємо в ряд з $a = 5$ м, $l = 2,5$ м. В якості стержневого заземлювача приймаємо кутникові сталь 50x50x5 мм, а протяжного – пластинчасту сталь 40x4 мм.

Опір одиночного стержня становить:

$$R_o = 0.00318 \rho \cdot K_c, \text{ Ом}, \quad (4.2)$$

де K_c – коефіцієнт сезонності для стержневого заземлювача ($K_c = 1,2$).

$$R_o = 0.00318 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot 1.2 = 76.32 \text{ Ом}.$$

Число стержнів приймаємо 15. При цьому коефіцієнт використання стержневих заземлювачів становить $\eta_c = 0,7$. Опір всіх стержнів розтікання струму становить:

$$R_c = \frac{R_o}{n \cdot \eta_c}, \text{ Ом}, \quad (4.3)$$

де n – число стержнів, шт.

$$R_c = \frac{76.32}{15 \cdot 0.7} = 7.3 \text{ Ом}.$$

Довжина протяжного заземлювача становить $l = 35$ м (3500 см); приймаємо $t = 50$ см, $b = 0,4$ см. Опір протяжного заземлювача становить:

$$R_{np} = \frac{0,366}{l} \cdot \rho \cdot 2 \cdot \lg \frac{2 \cdot l^2}{t \cdot b}, \text{ Ом} \quad (4.4)$$

$$R_{np} = \frac{0,366}{3500} \cdot 1,2 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot \lg \frac{2 \cdot 3500^2}{0,4 \cdot 50} = 3,2 \text{ Ом}.$$

Коефіцієнт використання протяжного заземлювача $\eta_n = 0,71$.

Дійсний опір протяжного заземлення становить:

$$R_n = \frac{R_{np}}{\eta_n} = \frac{3,2}{0,71} = 4,5 \text{ Ом}. \quad (4.5)$$

Опір всього заземлюючого пристрою становить:

$$R_u = \frac{R_c \cdot R_n}{R_c + R_n} = \frac{4.5 \cdot 7.3}{4.5 + 7.3} = 2.78 < 3 \text{ Ом}. \quad (4.6)$$

Отже, число стержнів вибрано вірно.

4.3 Захист цивільного населення

Забезпечення захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань держави.

Актуальність проблеми забезпечення природо – техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Захист населення є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами влад, органами управління з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення, підпорядкованими їм силами та підприємств, що забезпечують виконання організаційних, інженерно – технічних, санітарно – гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Загрози життєво важливих інтересів громадян, держави, суспільства поділяються на зовнішні та внутрішні і виникають під час надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру та воєнних конфліктів.

Принципи захисту впливають з основних положень Женевської конвенції щодо захисту жертв війни та додаткових протоколів до неї, можливого характеру воєнних дій, реальних можливостей держави щодо створення матеріальної бази захисту. З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має право проводити спеціальні заходи.

1. Оповіщення та інформування, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та об'єктових систем оповіщення населення.

2. Спостереження і контроль за довкіллям, продуктами харчування і водою забезпечується створенням і підтримкою в постійній готовності загально-

державної і територіальних систем спостереження і контролю з включенням до існуючих сил та засобів контролю незалежно від підпорядкованості.

3. Укриття в захисних спорудах, якому підлягає усе населення відповідно до приналежності, досягається створенням фонду захисних споруд.

4. Евакуаційні заходи, які проводяться в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також у воєнний час, основним способом захисту населення є евакуація і розміщення його у позаміській зоні.

5. Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ІТЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

6. Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

7. Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно – господарських, режимно – обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

8. Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

4.4 Охорона довкілля

Вода є однією з найбільш необхідних і найпоширеніших речовин. Вона необхідна для життя, оскільки бере участь у кожному процесі, що відбувається в рослинах і тваринах. Вона є потужним розчинником і живі організми використовують водні речовини — такі, як кров і трави; соки — для підтримання своїх біологічних процесів. Насправді, ми, люди, майже на 70 відсотків складаємося з води. Останні підрахунки визначили загальний об'єм води на нашій планеті вра-

жаючою цифрою — 1385 мільйонів кубічних кілометрів. Якби Земля являла собою правильну сферу, цієї кількості було б достатньо, щоб покрити її на глибину 2650 метрів.

Лише незначна частина цієї води годиться для використання людиною. Абсолютна більшість цієї колосальної маси — це гіркувата-солоня морська вода непридатна для життя та технічного використання. У 1990 році ми споживали майже 5000 куб. км води на рік, в десять разів більше ніж у 1900 році. І навіть у цьому випадку об'єм прісної води в нашому розпорядженні все ще становить близько 13000 куб. км на рік. Це забезпечується шляхом функціонування власної системи дистиляції і розподілу природи, гідрологічного циклу.

Основна маса забруднень повітря припадає на спалювання органічних енергоносіїв (вугілля, нафти, газу, торфу, сланці» деревини), у містах до 60 % забруднень дає автотранспорт. Забруднення повітря стало великою соціальною і економічною проблемою для багатьох розвинених країн, особливо для великих міст, промислових агломерацій. Сьогодні в містах забруднення повітря в 15 разів вище, ніж у сільській місцевості і в 150 разів вище, ніж над океаном. У промислових районах на добу випадає понад 1 т пилу нп 1 кв. км. у забруднених містах на рік більш як 1 кг на 1 кв.м пилу і сажі.

Щоб очистити гази від твердих домішок, їх пропускають через камеру, в якій з допомогою гравітаційних електростатичних, термічних, відцентрових або інерційних сил частинки відкидаються (віддаляються) з газового потоку.

Частіше використовуються комбінації з кількох способів: спочатку грубе очищення, при якому вловлюються великі частинки, потім тонке — вилучаються дрібніші частинки. Грубе очищення здійснюється в осадкових камерах.

РОЗДІЛ 5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Проведем укрупнений розрахунок економічних показників.

Система компенсації складається із: мікропроцесорного регулятора, конденсаторних батарей; комутаційні контактори.

Отже ринкова вартість системи становить $K = 135\ 000$ грн.

Річне споживання електроенергії становить $W = 800\ 000$ кВт·год. Ціна 1 кВт·год. становить $C = 4,32$ грн. Отже річна оплата за електроенергію

$$B = W \cdot C. \quad (5.1)$$

$$B = 800\ 000 \cdot 4,32 = 3\ 456\ 000 \text{ грн.}$$

Проведемо розрахунок експлуатаційних витрат.

Амортизаційні відрахування (15%)

$$A = 0,15 \cdot K. \quad (5.2)$$

$$A = 0,15 \cdot 27\ 000 = 20\ 250 \text{ грн.}$$

Вартість переоплати за електроенергію, визначається низьким значенням коефіцієнта потужності, а саме 0,8, тому необхідно платити додатково 7%, від вартості спожитої електроенергії

$$B_{\text{втр}} = 3\ 456\ 000 \cdot 0,07 = 241\ 920 \text{ грн.}$$

Значення витрат на поточний ремонт V_p становить 10% від значення капітальних вкладень, $V_p = 13\ 500$ грн.

Вартість обслуговування електрообладнання становить 10% від видатків на поточний ремонт та амортизаційні відрахування:

$$B_{\text{обсл}} = 0,1(A_v + V_p). \quad (5.3)$$

$$B_{\text{обсл}} = 0,1(20\ 250 + 13\ 500) = 3\ 375 \text{ грн.}$$

Отримані результати розрахунку зводимо у таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Експлуатаційні витрати

Показник	Величина, грн
A_B	20 250
B_p	13 500
$B_{обсл}$	3 375
Разом (B_e)	37 125

Значення строку окупності:

$$T = (K + B_e) / B_{втр}, \quad (5.4)$$

$$T = (135\,000 + 37\,125) / 241\,920 = 0,7 \text{ року.}$$

Зведемо розрахункові значення у таблицю 5.2.

Таблиця 5.2 – Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Кількість спожитої електроенергії, кВт·год/рік	800 000
Вартість 1 кВт·год, грн	4,32
Вартість спожитої електроенергії в рік, грн	3 456 000
Значення коефіцієнта потужності, до компенсації	0,8
Надбавка, при платі за електроенергію, %	7
грн.	241 920
Експлуатаційні витрати, грн	37 125
Вартість системи компенсації, грн	135 000
Значення коефіцієнта потужності, після компенсації	0,92
Строк окупності, років	0,7

ВИСНОВКИ

1 У кваліфікаційній роботі було подано стислу характеристику підприємства, обґрунтовано тему кваліфікаційної роботи.

2 Запропоновано електричну схему електропостачання, проаналізовано споживачів електроенергії, розраховано та вибрано перерізи та марки проводів електричних мереж, а також закритої трансформаторної підстанції потужністю 630 кВА.

3 Було запропоновано систему компенсації реактивної потужності навантаження на базі мікропроцесорного регулятора автоматичного регулювання коефіцієнта потужності Varlogic R12 фірми Schneider Electric та вибрано конденсаторні батареї для ступінчатої зміни потужності. Запропонована система компенсації повинна підтримувати значення коефіцієнта потужності не лише на рівні 0,9, але і вище, порядку 0,96. Така система дещо дорожча, але при вищому значенні коефіцієнта потужності необхідно менше платити за електроенергію.

4 Було розкрито основні питання охорони праці та довкілля.

5 Було проведено економічний розрахунок, який показав економічну доцільність запропонованої системи, оскільки строк окупності становить 0,7 року.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Василега П.О. Електропостачання. Суми. Університетська книга, 2008. 415 с.
2. Варецький Ю.О. Методичні настанови та завдання до курсового проекту для студентів спеціальності 6.091.900. Львів. ЛНАУ, 2004 р. 54 с.
3. Електромеханичні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник. М.Г.Попов іч, О.Ю.Лозинський, В.Б.Клепиков та ін.; За ред. М.Г.Поповіча, О.Ю.Лозинського. Київ: Либідь, 2005 р. 680 с.
4. Видмиш А.А. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навчальний посібник. А. А. Видмиш, С. М. Бабій, В. В. Петрусь. Вінниця: ВНТУ, 2012 р. 96 с.
5. Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній (за ред. Жулая Є.Л.). Київ: Вища освіта, 2001 р. 288 с.
6. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум/ Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2003 р. 135 с.
7. Матвійчук В.А., Стаднік М.І., Рубаненко О.О. Електропривод виробничих машин і механізмів. Навчальний посібник з виконання курсової роботи. Вінниця: ВНАУ, 2016 р. 320 с.
8. Колб А. А. Теорія електроприводу. Навчальний посібник. Донецьк: Національний гірничий університет, 2006 р. 511 с.
9. Браславський І.Я., Ішматов З.Ш. Реалізація енергоощадних технологій на основі регульованих асинхронних електроприводів. Київ: Електроінформ. 2003 р. 15 с.
10. Ю. М. Лаврієнко Електропривод. Підручник. Київ: Ліра-К 2009 р. 504с.
11. Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній. Київ: Вища освіта, 2001 р. 288 с.

12. Ярошенко Л.В. Лабораторний практикум з електропривода та електрообладнання: Навчальний посібник. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010 р. 192 с.
13. Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993 р. 267 с.
14. Основи охорони праці. Купник М.П. і ін. Київ: Основа, 2000 р. 41с.
15. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98. Офіц.вид. К. Держбуд України, 2001 р. 24 с.
16. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В. Основи охорони праці. Підручник для професійно-технічних закладів. Київ: Вікторія. 2001. 192 с.
17. В. Ц. Жилдецький Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша. 2005.
16. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. 2003 р. 135 с.