

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня освіти

на тему:

**«АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ПОТУЖНОСТІ В
СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА»**

Виконав: студент VII курсу

групи Ен – 71 спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Верховинець С. Ю.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник: Чабан А. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Сиротюк С. В.

(прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
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**

Верховинцю Степану Юрієвичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Автоматичне регулювання коефіцієнта потужності в системі електропостачання підприємства»

керівник роботи д.т.н., професор Чабан А. В.

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

затверджені наказом Львівського НУП № 171 / к - с від 8.03.2024 р.

2. Строк подання студентом роботи 6.12.2024 р.

3. Вихідні дані

технічна документація, науково-технічна і довідкова література

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

Вступ

1. Огляд методів та засобів аналізу режимів та коенсації реактивної потужності

2. Моделювання режимів роботи електричної мережі

3. Покращання пропускних властивостей лєп та якості напруги у вузлах мережі

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Техніко-економічна оцінка

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 8.03.2024 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>8.03.2024 – 25.04.2024</i>	
2.	<i>Розрахунок та вибір обладнання, Побудова моделі, проведення досліджень. (II-III розділи роботи).</i>	<i>26.04.2024 – 1.10.2024</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>2.10.2024 – 24.11.2024</i>	
4.	<i>Кінцеве оформлення кваліфікаційної роботи та оформлення ілюстративних матеріалів, таблиць, здача 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 Верховинець С. Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи Чабан А. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 621.313:63

Верховинець С. Ю. «Автоматичне регулювання коефіцієнта потужності в системі електропостачання підприємства». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 58 с. текстової частини, 19 таблиць, 9 рисунків, 24 джерела посилання.

Об'єкт дослідження: пристрій компенсації реактивної потужності навантаження у системі електропостачання підприємства.

Мета роботи: забезпечення покращення енергоефективності електропостачання підприємства за рахунок використання пристрою компенсації реактивної потужності навантаження.

Предмет дослідження: робота системи електропостачання підприємства із пристроєм компенсації реактивної потужності навантаження.

Завдання дослідження: зробити аналіз підприємства, дати обґрунтування теми роботи, провести розрахунок електропостачання та вибрати необхідне обладнання, зокрема пристрій компенсації, здійснити побудову моделі системи електропостачання із пристроєм компенсації реактивної потужності навантаження, провести дослідження її роботи, розглянути питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, визначити термін окупності запропонованої системи.

У кваліфікаційній роботі: проаналізовано підприємство, дано обґрунтування теми роботи, проведено розрахунок електропостачання та вибрано необхідне обладнання, зокрема пристрій компенсації, здійснено побудову моделі системи електропостачання із пристроєм компенсації реактивної потужності навантаження, проведено дослідження її роботи, розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, визначено термін окупності запропонованої системи.

Ключові слова: реактивна потужність навантаження, електропостачання, коефіцієнт потужності, компенсація реактивної потужності навантаження, мікропроцесорний регулятор, моделювання.

ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1 Характеристика об'єкту роботи.....	7
1.1 Характеристика підприємства.....	7
1.2 Обґрунтування теми роботи.....	10
Розділ 2 Електропостачання підприємства	11
2.1 Схема електричної мережі та розташування ТП 10/0,4 кВ	11
2.2 Визначення розрахункового навантаження	12
2.3 Визначення розрахункових навантажень ліній електричної мережі 0,38 кВ	13
2.4 Вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ	15
2.5 Визначення відхилень напруги споживачів	17
2.6 Вибір перерізів проводів і розрахунок проводів	19
2.7 Визначення втрат електроенергії в електричній мережі	22
2.8 Вибір типу і конструкції трансформаторної підстанції	24
2.9 Розрахунок аварійних режимів	24
2.10 Вибір і розрахунки захисту від аварійних режимів	28
2.11 Розрахунок потужності пристрою компенсації реактивної потужності навантаження	32
2.12 Система автоматичного керування реактивною потужністю навантаження підприємства	34
Розділ 3 Моделювання системи електропостачання	35
Розділ 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	41
4.1 Аналіз стану охорони праці	41
4.2 Планування заходів з покращання охорони праці	44
4.3 Логіко-імітаційне моделювання процесів виникнення травм та аварій....	47
4.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях	51
Розділ 5 Ефективність прийнятих рішень	54
Висновки	56
Перелік джерел посилань	57

ВСТУП

Постачання електроенергії на виробничі потужності підприємств має важливе значення. Електроенергія є одним з найбільш універсальних видів енергії. Вона використовується для забезпечення життєдіяльності різних промислових, комунальних і побутових об'єктів. Електроенергія є засобом виробництва, що забезпечує освітлення та живлення широкого спектру обладнання, включаючи електродвигуни, комп'ютерну техніку, засоби автоматизації, хімічну промисловість, машинобудування, переробне та медичне обладнання. Вона також є сировиною для нагрівачів, які перетворюють електроенергію на тепло. Багато приладів електрифіковані. Це означає, що електроенергія виробляється, передається, розподіляється і перетворюється в країні в дуже великих масштабах. Тому її раціональне використання має велике значення як для електроенергетики, так і для споживачів електроенергії, а також для енерго- та ресурсоефективності, навколишнього середовища та національної безпеки. Тому експлуатація електростанцій має важливе значення для оцінки продуктивності кожного об'єкта і забезпечення оптимального режиму роботи та умов експлуатації в кожному конкретному випадку.

Сучасні методи експлуатації дозволяють детально оцінити режими роботи обладнання та умови експлуатації за допомогою моделювання. Проблемно-орієнтоване програмне забезпечення, зокрема математичне середовище MATLAB/Simulink, є простим у використанні; MATLAB/Simulink можна використовувати для дослідження роботи окремих елементів, таких як напівпровідникові елементи, окремі споживачі, прилади, електродвигуни, системи електроприводу, енергосистеми різного рівня напруги, потужності та конфігурації. Його можна використовувати для навчання.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ РОБОТИ

1.1 Характеристика підприємства

Державне підприємство Львівського обласного управління лісового та мисливського господарства "Сколівське лісове господарство" розташоване в південно-західній частині Львівської області, на території 3 колишніх адміністративних районів: Сколівського, Стрийського та Турківського.

Загальна площа лісу становить 22 881 га, з яких 20 110 га або 88% покриті лісовою рослинністю.

У сортовій структурі переважають хвойні ліси, їх частка становить понад 50%. Серед них ялини займають площу 8,8 тис. га, а ялиці - 1,2 тис. га. деревостан переважає серед листяних насаджень, де основною породою є лісовий бук, площа якого становить 8,8 тис. га.

Загальний запас деревини становить 620 млн кбм, середній запас у лісовому масиві - 308 кбм/га, а середній вік насаджень - 69 років. Згідно з віковою структурою, молоді насадження займають 4,2 тис.га або 21%. Частка стиглих і зарослих лісів становить 4,4 тис. га, тобто 22% площі лісів, при середньому запасі 408 кбм/га.

Природно-заповідний фонд підприємств загальною площею 2,4 тис.га становить 10,3% або 11,7% від загальної площі лісів.

Компанія займається полюванням з 2000 року.

Загальна площа мисливських угідь становить 29,0 тис. га, у тому числі лісів – 13,8 тис. га, полів – 0,3 тис. га, водно-болотних угідь – 43,1 тис. га.

Щороку компанія проводить посадку нових рослин на площі 150-180 гектарів. У кожному лісництві є кілька тимчасових лісопосадок, де щорічно вирощується понад 150 мільйонів стандартних саджанців таких порід дерев, як ялиця, ялина, бук, клен, дуб і модрина.

Насіння лісових порід заготовлюються на постійних лісонасінних ділянках загальним обсягом 1,5-2,0 тонни.

Розрахункова площа лісосіки становить 32,8 тис.м3 ліквідної деревини.

Щорічно лісгоспи будують 1,5 км лісовозних доріг, проводяться поточні ремонти.

Поліпшення лісозаготівель і якісного складу лісів здійснюється на площі близько 500 га, в тому числі лісозаготівлі лісогосподарського призначення – 280 га, з яких на 245 га припадає від 25,0 до 30,0 тис.м3 рідкої деревини для молодняку, одержуваної в результаті лісогосподарської діяльності, з яких близько 60% припадає на бізнес. Загальний обсяг виробництва рідкої деревини становить від 56 до 62 000 тонн. м3.

Окрім лісозаготівельної діяльності, компанія також займається побічним використанням деревини. Пасіка функціонує на території Оровського лісового заповідника, де вирощуються Лікарські рослини, з яких створюються чаї "Галицькі букети", "Орфей", "натхнення" та "Бескиди".

З метою популяризації професії лісника серед дітей та молоді, розвитку їх громадської активності з охорони та примноження лісових ресурсів у себе на батьківщині на підприємствах функціонують лісогосподарські Відділення 2-х шкіл. На території офісу компанії створено центр екологічної освіти. Щорічно серед учнів школи проводяться конкурси та виставки малюнків, робіт, виробів з дерева.

Пилорама ДП "Сколівського лісового господарства" спеціалізується на переробці деревини та виготовленні вагонки, дошки, підлоги.

На території підприємства є вантажний майданчик з козловим краном, деревообробний цех та сушильний цех рис. 1.1. Основне енергосилове обладнання зосереджене в деревообробному цеху:

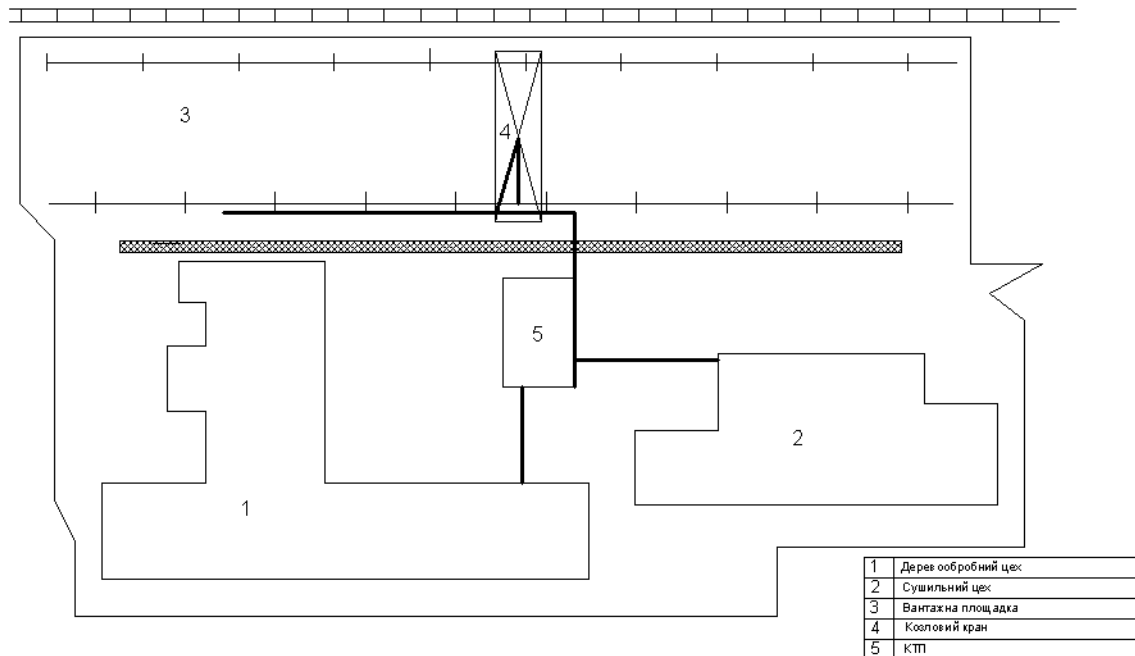


Рисунок 1.1 – План схема підприємства

- верстат стругання ПАРК – 7 2 шт. * 17,7 кВт;
- верстат паркетний ПАРК – 8 1 шт. * 5,7 кВт;
- верстат стругальний С16 – 4А 1 шт. * 25.3 кВт;
- система вентиляцій ЦПА – 4 – 8 1 шт. * 20 кВт;
- лісорозпилююча рама 2Р75 – 1 1шт * 120 кВт;
- верстат торцювальний ЦМЕ – 3 1шт. * 6,4 кВт;
- верстат прирізний ЦДК – 4 1 шт. * 13 кВт;
- верстат прирізний ЦМ – 80 1 шт. * 7,8 кВт;
- верстат торцювальний ЦПА – 40 1 шт * 10,8 кВт;
- пневмотранспортер ЦП – 4 – 70 1шт. * 10 кВт;
- рейсмус СР – 6 – 8 1 шт. * 8 кВт;
- фуганок СР – 4 – 2 1 шт. * 4,9 кВт;

- фрезер СФ – 4 1 шт. * 4,9 кВт;
- стрічкова пилорама 1 шт. * 7 кВт.

Місячне споживання електроенергії від 4,0 до 6,0 тис. кВт*год.

1.2 Обґрунтування теми роботи

Втрати та переоплати у виробництві збільшують собівартість продукції, а отже, знижують конкурентоспроможність та прибутковість. Високий рівень енергоспоживання призводить до перевитрат металів для мережі, генераторів і трансформаторів, знижуючи ефективність системи електропостачання та збільшуючи витрати палива на кВт-год виробленої електроенергії. Електродвигуни, що працюють недовантаженими, створюють непродуктивні навантаження на трансформатори електростанцій та підстанцій. При низьких значеннях збільшуються втрати енергії в провідниках, і для утримання втрат на постійному рівні необхідно збільшувати переріз проводів. Якщо коефіцієнт потужності занадто низький, при оплаті рахунків за електроенергію стягується додаткова плата.

Тому з вищевказаних причин дуже бажано компенсувати реактивну потужність навантаження, що сприяє поліпшенню техніко-економічних показників виробництва. Сучасні методи аналізу та дослідження процесів в системах електропостачання використовують моделювання для вивчення різних систем і режимів роботи.

РОЗДІЛ 2

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Схема електричної мережі та розташування ТП 10/0,4 кВ

Трансформаторну підстанцію розміщуємо у електричному центрі навантаження мережі рис. 2.1. Оптимальне місцем розташування трансформаторної підстанції мережі буде вузол позначений індексом “0”. У цьому випадку від виводів низької напруги 0,4 кВ буде житися два фідери : А – вузол 1; Б – вузли 2,3,4.

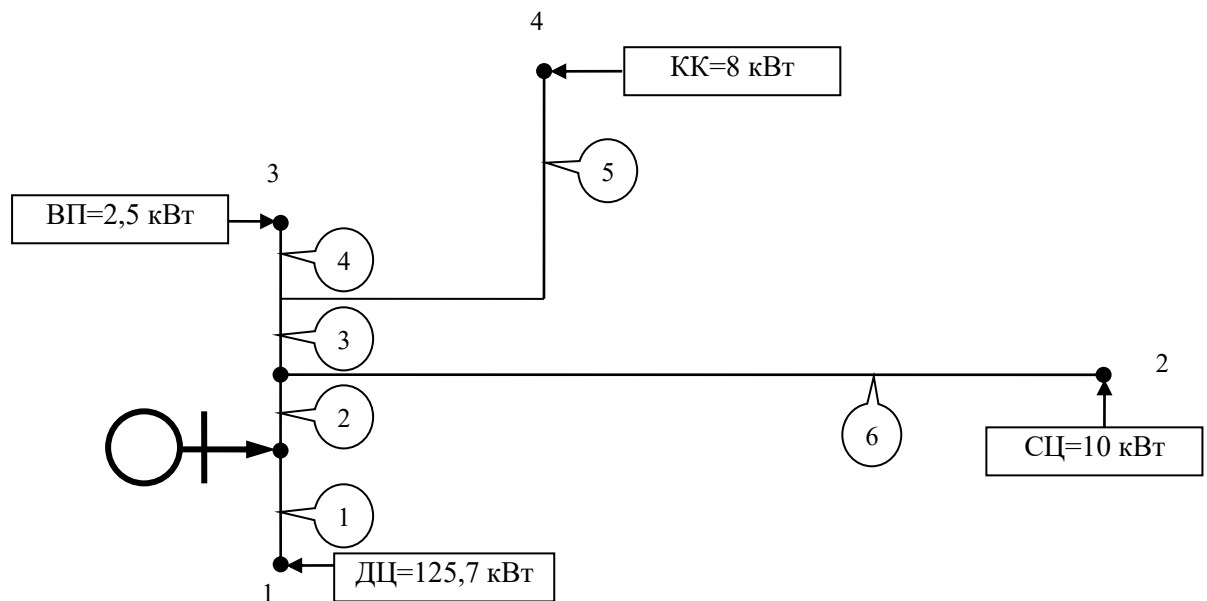


Рисунок 2.1 – Схема та розрахункові навантаження вузлів електричної мережі 0,38 кВ.

2.2 Визначення розрахункового навантаження ТП 10/0,4 кВ

Спочатку окремо сумуємо ці навантаження для шин трансформаторної підстанції.

Таблиця 2.1 – Навантаження деревообробного цеху

Деревообробний цех	Назва цеху	Тип обладнання	Потужність Р, кВт	№ п/п
	Паркетний цех	ПАРК-7	17,7	1
		ПАРК-7	17,7	2
		ПАРК-8	5,7	3
		С16-4А	25,3	4
		ЦА-4-8	20,0	5
	Цех заготовки пиломатеріалів	ЦМЕ-3	6,4	6
		ЦДК-4	13,0	7
		ЦМ-80	7,8	8
		ЦПА-40	10,8	9
		Піаніно	2	10
		ЦП-4-70	10,0	11
		ТгПА-3	1,0	12
		Пилорама	110	13
	Столярний цех	СР-6-8	8,0	14
		СР-4-2	4,9	15
		СФ-4	4,9	16
		Стрічкова	7,0	17

Розрахункове навантаження на фідері А трансформаторної підстанції визначаємо за формулою:

$$P_{1к} = k_o \cdot \sum P_{об} = 0,76 \cdot (1 + 2) = 2,28 \text{ кВт}$$

$$P_{2к} = k_o \cdot \sum P_{об} = 0,41 \cdot (17,7 + 17,7 + 5,7 + 6,4 + 13 + 7,8 + 10,8 + 10 + 8 + 4,9 + 4,9 + 7) = 43,9 \text{ кВт}$$

$$P_{3к} = k_o \cdot \sum P_{об} = 0,76 \cdot (25,3 + 20) = 34,4 \text{ кВт}$$

k_0 - коефіцієнт одночасності, 0,41;

$P_{об}$ - потужність одного об'єкта.

Визначаємо загальну потужність деревообробного цеху та отримуємо:

$$P_{зн} = k_o \cdot \sum P_{об} + \Delta P_{1к} = k_o (P_{2к} + P_{3к} + P_{13}) + \Delta P_{1к} = 125,7 \text{ кВт}$$

де, $\Delta P(P_{1к})$ - добавка залежить від $P_{МЕНШЕ}$.

Таблиця 2.2 – Навантаження по цехах

параметри	Деревообробний цех	Сушильний цех	Вантажна площадка	Козловий кран
Потужність P , кВт	125,7	10	2,5	8

Розрахункове навантаження трансформаторної підстанції знаходимо шляхом сумування відповідно навантаження всіх об'єктів господарства і додаємо до отриманого.

Активне розрахункове навантаження фідера Б:

$$P_{\phi Б} = k_o \cdot \sum P_{об} = 0,66 \cdot (10 + 2,5 + 8) = 13,53 \text{ кВт}$$

Загальна потужність необхідної трансформаторної підстанції:

$$P_{\Sigma} = P_{зн} + \Delta P_{\phi Б} = 125,7 + 8,5 = 134,2 \text{ кВт}$$

Повне розрахункове навантаження визначимо, взявши за значення відповідних величин коефіцієнтів потужності ($\cos \varphi = 0,9$):

$$S_{\Sigma} = \left(\frac{P_{\Sigma}}{\cos \varphi} \right) = \frac{134,2}{0,9} = 149 \text{ кВА}.$$

2.3 Визначення розрахункових навантажень ліній електричної мережі 0,38 кВ

Щоб визначити навантаження на розрахункову лінію, ми спочатку складаємо таблицю, яка пов'язує навантаження з різними лініями мережі. Порядковий номер лінії позначений кружком на малюнку. 2.1. Кожен стовпець у таблиці відповідає порядковому номеру лінії та відповідній величині максимального активного навантаження, що подається цією лінією. Таблиця дозволяє визначити розрахункове навантаження для кожної лінії в електричній мережі 0,38 кВ.

Отримайте розрахункове активне навантаження електричної мережі 0,38 кВ, підсумовуючи значення по всіх лініях.

Таблиця 2.3 – Розрахункові активні навантаження мережі 0,38 кВ

Лінія	1	2	3	4	5	6
$P, \text{кВт}$	125,7	13,53	7,98	2,5	8	10

Повні значення розрахункового навантаження мережі 0,38 кВ визначимо за значеннями відповідних величин коефіцієнтів потужності:

$$S_{\Sigma} = \left(\frac{P_1}{\cos \varphi} \right) = \frac{125,7}{0,9} = 139,7 \text{ кВА}$$

Підставивши відповідні значення потужностей та $\cos \varphi_i$ в формулу, що подана вище, отримаємо повні навантаження ліній, дані розрахунків заносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункові повні навантаження мережі 0,38 кВ

Лінія	1	2	3	4	5	6
$S, \text{кВА}$	139,7	15	8,87	2,8	8,9	11,1

Значення розрахункових реактивних навантажень ліній мережі 0,38 кВ визначаємо за виразом:

$$Q_i = P_i \cdot \operatorname{tg} \varphi = 125,7 \cdot 0,48 = 60,3 \text{ кВАр}$$

де, ($\operatorname{tg} \varphi = 0,48$).

Результати розрахунку для інших ліній заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 - Розрахункові реактивні навантаження мережі 0,38 кВ

Лінія	1	2	3	4	5	6
$Q, \text{кВАр}$	60,3	6,5	3,8	1,2	3,84	4,8

Значення струмові навантаження мережі 0,38 кВ визначаємо за виразом:

$$I_1 = \frac{S_1}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{139,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 212 \text{ А}.$$

Результат проведеного розрахунку заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 - Розрахункові струмові навантаження мережі 0,38 кВ

Лінія	1	2	3	4	5	6
I, A	212	22,8	13,5	4,26	13,54	16,9

2.4 Вибір трансформаторів підстанції 10/0,4 кВ

Враховуючи, що до шини підстанції підключені тільки споживачі II і III категорій, Зовнішнє електропостачання підприємства може бути встановлено на підстанції через 1 повітряний провід 10 кВ і 1 трансформатор 10/0,4 кВ. Принципова схема проектованої мережі показана на малюнку 2.2.

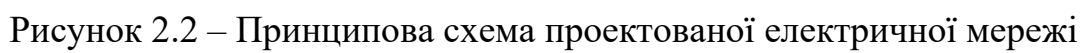
Згідно з рекомендаціями, потужність трансформатора визначається співвідношенням:

$$S_T \geq \frac{S_{POЗP}}{k_{II}} = \frac{149}{1,4} = 106,4 \text{ кВА}$$

де, $S_{POЗP}$ – значення розрахункової потужності на шинах 0,4 кВ підстанції;

k_{II} – значення допустимого коефіцієнта перевантаження трансформатора. k_{II} вибирають у діапазоні від 1,34 до 1,75 в залежності від температури навколишнього середовища, k_{II} вважаємо рівним 1,4.

Із довідника вибираємо трансформатор типу ТМ 160 10/0,4 кВ. Трансформатор має 5 відгалужень на стороні більш високої напруги: 0, 2,5%, 5% від номінальної напруги цієї обмотки. Перемикання відгалужень можливо тільки при вимкненому стані всіх обмоток трансформатора (перемикання РВЗ без збудження).



Таблиця 2.7 - Паспортні дані трансформатора

$S_{ном}$	$U_{вном}$	$U_{нном}$	Схема та група з'єднань	ΔP_{HX}	ΔP_{K3}	U_{K3}	I_{HX}
кВА	кВ	кВ		кВт	кВт	%	%
160	10	0,4	Y / Y _{H-0}	0,51	2,65	4,5	2,8

Приведені до вищої напруги параметри трансформатора:

$$\text{активний опір} - r_T = P_{K3} \cdot \frac{U_{вном}^2}{S_{ном}^2 \cdot 10^{-3}} = 16,6 \text{ Ом};$$

$$\text{повний опір} - z_T = \frac{U_{K3}}{100} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}^2 \cdot 10^{-3}} = 45 \text{ Ом};$$

$$\text{реактивний опір} - x_T = \sqrt{z_T^2 - r_T^2} = 41,7 \text{ Ом}.$$

2.5 Визначення відхилень напруги в споживачів

Таблиця відхилень напруги складена з урахуванням регулювання напруги шляхом перемикавання гілки обмотки трансформатора. Відхилення розраховане для 2 режимів: максимального навантаження (100%) і мінімального навантаження (25%). У таблиці всі напруги вказані у відсотках від номінальної напруги. Він показує напругу на низьковольтній шині підстанції 110/10 або 35/10 кВ (для 2 режимів) і подає його на лінію 10 кВ (вихідні дані). Підстанція 4 кВ; напруга на шині 0,4 кВ цієї підстанції розраховується з урахуванням втрат напруги на трансформаторах і добавках з використанням PBZ, а допустима втрата напруги в мережі становить 0,38 кВ, втрата напруги становить 100% при навантаженні і майже 2,5% при навантаженні на внутрішню мережу. електропроводка будинку і приміщень, допустимі втрати напруги на вводі в будинок і приміщення ми розглядаємо саме так. 25%. Значення втрат напруги в мережі 0,38 кВ використовується для перевірки точності обраних перетинів

проводів цих мереж. Оскільки вибрані перерізи проводів можуть бути трохи більшими, ніж потрібно відповідно до допустимих втрат напруги, після розрахунку введіть фактичні втрати напруги для цих ділянок передачі в таблицю. Результати розрахунку його режиму, наведені в таблиці відхилень напруги, повинні відповідати вимогам щодо відхилень напруги від споживача в межах 5% від номінальної напруги.

Таблиця 2.8 – Відхилення напруги в елементах електричної мережі

Елемент Електропередачі	Відхилення напруги , %							
	На шинах 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ				У найбільш віддаленому вузлі			
	Навант.100%		Навант. 25%		Навант. 100%		Навант. 25%	
	оцінка	Розрах	оцінка	Розрах	оцінка	розрах	оцінка	розрах
Шини 10 кВ ТП 110/10 Кв	+5	+5	0	0	+5	+5	0	0
Втрата в ЛЕП 10 кВ	-4	-1,05	-1	-0,26	-4	-1,05	-1	-0,26
Трансформатор 10/0,4 кВ:								
Втрата	-4	-4,2	-1	-1,05	-4	-4,2	-1	-1,05
Надбавка	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Мережа 0,38 кВ	0	0	0	0	-5	-0,658	-1,2	-0,164
Споживач	+2	+4,75	+3	+3,69	-3	-4,1	1	+3,52

Примітка. За найбільш електрично віддалений вузол беремо 1.

Враховуючи втрату напруги на лінії електропередачі 10 кВ і враховуючи втрату напруги, пропорційну навантаженню, виберіть додаткову напругу, яка повинна подаватися РВЗ трансформатора підстанції 10/0,4 кВ, щоб відповідати вимогам стандарту якості електроенергії відповідно до стандарту відхилення напруги на клеммах споживача. При виборі відгалуження РВЗ слід враховувати, що стосовно до номінальної напруги мережі (0,38 кВ) добавка може здійснюватися в наступному ступені: 0 +2,5% +5% +7,5% +10% від номінальної напруги.

Згідно з наведеними вище зауваженнями, таблиця для оцінки відхилення напруги вузлів проекрованої електричної мережі складається у вигляді таблиці 2.8 (стовпець використовується в якості оцінки).

Після вибору параметрів трансформатора і ліній електричної мережі напругою 10 і 0,38 кВ заповніть стовпці цієї таблиці, які вказані в якості розрахункових, а потім виберіть відгалуження трансформатора і лінії напругою 10 і 0,38 кВ.

2.6 Вибір перерізів проводів і розрахунок проводів

Розрахунок мережі 0,38 кВ

Згідно з рекомендаціями ПУЕ, провід основної лінії напругою 0,38 кВ слід вибирати таким чином, щоб кількість різних ділянок однієї основної лінії було мінімальним. Виходячи зі стану сталості поперечного перерізу і однакового значення коефіцієнта потужності всіх ділянок магістралі, очевидну втрату напруги в ній можна визначити за такою формулою:

$$\Delta U = \Delta U_a + \Delta U_p,$$

де,

ΔU_a – значення активної складової втрати напруги;

ΔU_p – значення реактивної складової втрати напруги.

Оскільки відносний реактивний опір не дуже сильно залежить від площі поперечного перерізу дроту лінії 0,38 кВ, перш ніж приступити до розрахунку, ми можемо припустити, що він не змінився на всіх лініях (нехай $x_0=0,35$ Ом/км).

Згідно з таблицею 2.8, при 100% - ної роботі мережі очікувана втрата напруги для кожного джерела живлення в мережі 0,38 кВ не повинна перевищувати 5% ($380 \cdot 0,05 = 19$ В).

Значення реактивної складової втрати напруги у магістралі 0-1:

$$\Delta U_{p0-1} = \frac{x_o}{U_{ном}} Q_1 \cdot l_1 = \frac{0,35}{0,38} 60,3 \cdot 0,02 = 1,11 \text{ В},$$

значення допустимої активної складової напруги:

$$\Delta U_{ad} = \Delta U_{\partial} - \Delta U_{p1} = 19 - 1,11 = 17,89 \text{ В},$$

розрахункове значення перерізу проводів магістралі 0-1:

$$F_{розp1} = \frac{P_1 \cdot l_1}{U_{ном} \cdot \Delta U_{a1} \cdot g} = \frac{125,7 \cdot 0,02}{0,38 \cdot 17,89 \cdot 32 \cdot 10^6} = 115 \text{ мм}^2,$$

де,

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

Проводимо аналогічний розрахунок значень перерізів проводів інших магістралей, таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахункові перерізи проводів мережі 0,38 кВ

Магістраль	0-1	0-3	0-4	0-2
Очікуваний переріз, F мм ²	115	10	32	45

Грунтуючись на стандартній номенклатурі марок проводів, ми беремо відповідне номінальний поперечний переріз проводу лінії електропередачі 0,38 кВ і коригуємо фактичні втрати напруги в залежності від перетину за формулою.:

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

Втрати напруги у магістралі 0-1 будуть становити:

$$\Delta U = \sqrt{3}(0,25 \cdot 0,92 + 0,293 \cdot 0,39) 212 \cdot 0,02 = 2,53 \text{ В}.$$

Аналогічно визначаємо втрату напруги для інших ділянок мережі 0,38 кВ, таблиця 2.10.

Таблиця 2.10 – Втрати напруги в проводах

№ ділянки	1	3-5	4	2-6
Втрати напруги на ділянках, $\Delta U, \%$	0,658	0,442	0,023	0,482

Параметри прийнятих проводів відображено в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Параметри проводів електричної мережі 0,38 кВ

Лінія мережі 0,38 кВ	Марка проводу	$R_0, \text{Ом/км}$	$x_0, \text{Ом/км}$	Допустимий струм, А
1	A-120	0,25	0,293	375
2,6	A-50	0,64	0,297	215
3,5	A-35	0,92	0,308	170
4	A-25	1,146	0,377	136

З розрахунків видно, що вимоги по допустимих втрат напруги в режимі максимального навантаження мережі дотримані для всіх мереж.

Розрахунок мережі 10 кВ

Дотримуючись тієї ж послідовності, виберемо переріз дроту лінії 10 кВ за умови, що допустима втрата напруги тут становить 4% ($100000 \cdot 0,04 = 400 \text{ В}$).

В результаті отримали:

реактивна складова втрати напруги:

$$\Delta U_{p10} = \frac{x_0}{U_{ном}} Q_{10} \cdot l_{10} = \frac{0,35}{10} 64,37 \cdot 5 = 11,2 \text{ В},$$

допустима активна складова напруги буде:

$$\Delta U_{a10д} = \Delta U_{д} - \Delta U_{p10} = 400 - 11,2 = 388,8 \text{ В},$$

тоді значення розрахункове перерізу провода магістралі 10 кВ становить:

$$F_{розp10} = \frac{P_{10} \cdot l_{10}}{U_{ном} \cdot \Delta U_{a10} \cdot g} = \frac{134,1 \cdot 5}{10 \cdot 388,8 \cdot 32 \cdot 10^6} = 5,3 \text{ мм}^2,$$

$$\Delta U = \sqrt{3}(1,46 \cdot 0,92 + 0,377 \cdot 0,39)8,6 \cdot 5 = 105 \text{ В.}$$

що значить 1,05 % .

Фактичні значення відхилень напруги в Елементах електричної мережі наведені в таблиці 2.8 в стовпці, зазначеному в якості розрахункових значень. Враховуючи, що у внутрішній мережі житлово-комунального господарства втрати оцінюються в 0...-2,5%, за нормативом відхилення напруги видно, що необхідна якість електроенергії забезпечується за всіма параметрами.

2.7 Визначення втрат електроенергії в електричній мережі

Прогнозовані втрати електроенергії в електричній мережі складаються з вартості мережі напругою 10 кВ, втрати в мережі напругою 0,38 кВ і втрати в трансформаторі напругою 10/0,4 кВ.

Значення втрати електроенергії у мережі 10 кВ:

$$\Delta W_{10} = \sum_{i=1}^n 3 \cdot I_{\max,i}^2 \cdot r_i \cdot \tau, = 3 \cdot 8,6^2 \cdot 5,73 \cdot 2139 \cdot 10^{-3} = 2719 \text{ кВт} \times \text{год},$$

де,

$I_{10\max}$ - струм в мережі 10 кВ;

$r_{10\max}$ – значення активного опору проводів заданої ділянки;

τ - час втрат (проміжок часу за який при $P_{\max}$ в лінії втрати дорівнювали б дійсним втратам при роботі електроустановки.

$$\tau = 0,69 \cdot T_{\max} = 0,69 \cdot 3100 = 2139 \text{ год};$$

де, $T_{\max}$ – значення часу використання максимуму.

Аналогічно визначаємо втрати електроенергії у мережі 0,38 кВ, дані розрахунків заносимо в таблицю 2.12.

Таблиця 2.12 – Втрати електроенергії в мережі 0,38 кВ

№ лінії	1	2	3	4	5	6	$\sum_{i=1}^{12} W_{0,38}$
$\Delta W_{0,38i}$ кВт×год	1442	21,3	10,7	1,7	70,3	105,5	1651,7

Постійних втрати електроенергії у трансформаторі 10/0,4 кВ (не залежать від потужності навантаження):

$$\Delta W_c = \Delta P_{нх} \cdot 8760 = 0,51 \cdot 8760 = 4467,6 \text{ кВт} \times \text{год}$$

де,

$\Delta P_{н.х.}$ - втрати в трансформаторі при неробочому ході;

змінних втрати електроенергії у трансформаторі 10/0,4 кВ (залежать від потужності навантаження):

$$\Delta W_0 = \Delta P_{кз} \left(\frac{S_{\Sigma}}{S_{ном}} \right)^2 \tau = 2,65 \cdot \left(\frac{149}{160} \right)^2 2139 = 4914,4 \text{ кВт} \times \text{год},$$

де, $S_{\Sigma вч}$ - максимальне навантаження трансформатора.

Значення втрат електроенергії у проєктованій електричній мережі:

постійні - $\Delta W_{ном} = \Delta W_c = 4467,6 \text{ кВт} \times \text{год};$

змінні - $\Delta W_{зм} = \Delta W_{10} + \Delta W_0 + \Delta W_{0,38} = 2719 + 4914,4 + 1651,7 = 9285,1 \text{ кВт} \times \text{год}$

сумарні - $\Delta W = \Delta W_{ном} + \Delta W_{зм} = 4467,6 + 9285,1 = 13752,7 \text{ кВт} \times \text{год}.$

2.8 Вибір типу і конструкції трансформаторної підстанції

Приймаємо повноцінну підстанцію КТП-0.38-160-10/0. 4 кВ для живлення проєктованої мережі. Підстанція виконана у вигляді блоку з наступними основними вузлами: вступної розеткою 10 кВ, розподільної

розеткою 0,38 кВ, силовим трансформатором потужністю 160 кВА. Введення-виведення 10 кВ складається з трифазного роз'єднувача з заземлюючим ножом, встановленого на найближчій опорі лінії 10 кВ, вентильного розрядника для захисту пристрою від атмосферних і комутаційних перенапруг напругою від 10 кВ. на вході силового трансформатора напругою 10 кВ встановлені запобіжники для захисту трансформатора від багатofазного короткого замикання.

Розподільчий джерело живлення напругою 0,38 кВ розташований в нижній шафі. Вимикач встановлюється на клемі силового трансформатора напругою 0,4 кВ, ніж встановлюється з боку лінії напругою 0,38 кВ, встановлюється вентильний розрядник для захисту від перенапруги, потім підключається комплект 3-фазних трансформаторів струму для живлення ланцюга обліку активної енергії і підключається теплове реле 2-фазний (фаза А і фаза В) С) Підключіть комплект трансформаторів струму для захисту силового трансформатора від перевантаження. Включення, вимикання і захист від короткого замикання 3 ліній 0,38 кВ здійснюється автоматичним вимикачем АЗВ10. Клеми для подачі живлення на лінії вуличного освітлення захищені запобіжниками. Лінії вуличного освітлення можуть бути включені вручну або за допомогою фотореле.

2.9 Розрахунок аварійних режимів

Розрахунок аварійних струмів необхідний для вибору обладнання підстанції, а також для проектування захисту від цих струмів. Проект передбачає активну підтримку і використовує модульний метод для розрахунку аварійного струму в заданих одиницях виміру. Для розрахунку ми побудуємо схему еквівалентності 1 фази, показану нижче. Схема еквівалентності показує значення параметрів усіх елементів, приведених до відповідної базової напруги.

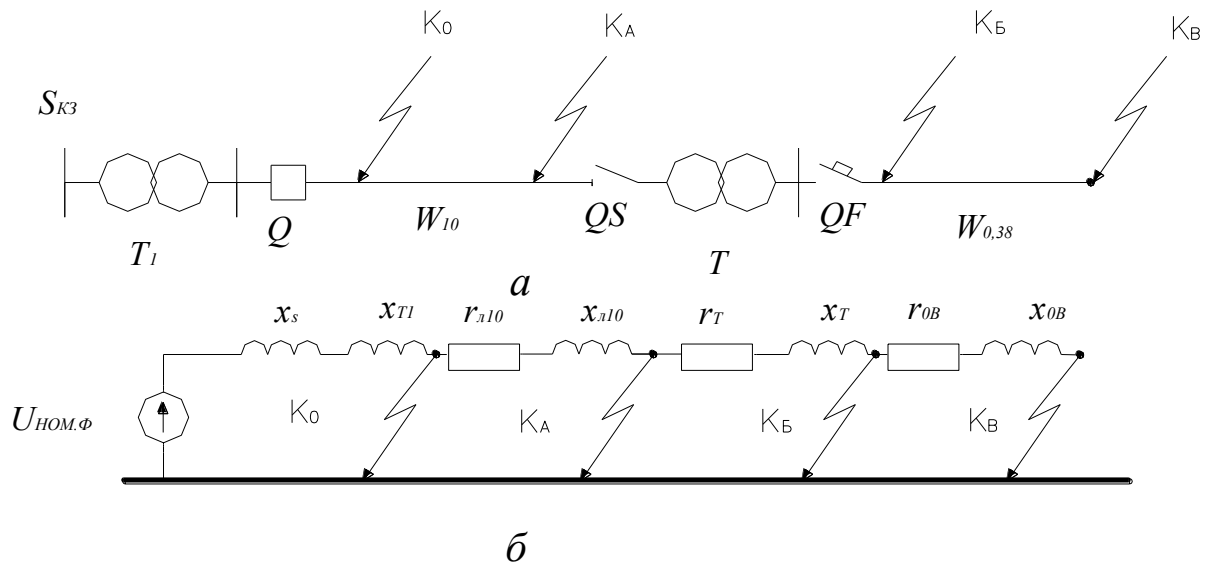


Рисунок 2.3 – Зображення принципової (а) та заступної (б) схеми для визначення струмів короткого замикання

Для того щоб визначити струми короткого замикання на стороні 10 кВ при короткому замиканні у точці K_a або K_b опори подають приведеними до напруги 10кВ:

Значення еквівалентного опору системи 110 кВ:

$$x_s = \frac{U_{НОМ}^2}{S_{K3}} = \frac{10^2}{450} = 0,22 \text{ Ом};$$

S_{K3} - значення потужності короткого замикання на шинах ВН підстанції, МВА;

$U_{НОМ}$ - значення базисної номінальної напруги кВ.

реактивний опір трансформатора 110/10 кВ:

$$x_{m1} = \frac{U_{K3} \cdot U_{НОМ}^2}{100 \cdot S_{m1}} = \frac{4,5 \cdot 10^2}{100 \cdot 8} = 0,56 \text{ Ом};$$

Значенням активного опору трансформатора знехтуємо так як $r_T \approx 0$;

опори лінії 10 кВ - $x_{л10} = 5 \cdot 0,377 = 1,9 \text{ Ом}$ $r_{л10} = 5 \cdot 1,146 = 5,73 \text{ Ом}$

Визначимо значення сумарного опору і струму для трифазного та двофазного к.з. на початку лінії 10 кВ (точка К₀):

$$z_{\Sigma 0} = x_s + x_{Tl} = 0.22 + 0.56 = 0.78 \text{ Ом};$$

$$I^{(3)}_{\kappa 0} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 0}} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 0.78} = 7410 \text{ А}$$

$$I^{(2)}_{\kappa 0} = 0.87 \cdot I^{(3)}_{\kappa 0} = 0.87 \cdot 7410 = 6447 \text{ А}$$

Значення сумарного опору і струму з боку обмотки високої напруги трансформатора 10/0,4 кВ під час трифазного і двофазного к.з. уточні а:

$$Z_{\Sigma a} = \sqrt{(x_s + x_{m1} + x_{л10})^2 + r_{л10}^2} = 6.32 \text{ Ом}$$

$$I^{(3)}_{\kappa a} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma a}} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 6.32} = 914 \text{ А}$$

$$I^{(2)}_{\kappa a} = 0.87 \cdot I^{(3)}_{\kappa a} = 0.87 \cdot 914 = 795 \text{ А}$$

Значення сумарного опору і струму при трифазному і двофазному к.з. у точці б визначимо аналогічно:

$$Z_{\Sigma б} = \sqrt{(x_s + x_{m1} + x_{л10} + x_m)^2 + (r_{л10} + r_m)^2} = 22.5 \text{ Ом}$$

$$I^{(3)}_{\kappa б} = \frac{1000 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma б}} = \frac{1000 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 22.5} = 256.9 \text{ А}$$

$$I^{(2)}_{\kappa б} = 0.87 \cdot I^{(3)}_{\kappa б} = 0.87 \cdot 256.9 = 223.5 \text{ А}$$

Значення струму з боку 0,4 кВ трансформатора 10/0,4 кВ під час к.з. у точці б визначаємо за формулою:

$$I^{(3)}_{\kappa бн} = \frac{U_{В.ном}}{U_{Н.ном}} \cdot I^{(3)}_{\kappa б} = \frac{10}{0.4} \cdot 256.9 = 6422 \text{ А}$$

$$I^{(2)}_{\kappa бн} = 0.87 \cdot I^{(3)}_{\kappa бн} = 0.87 \cdot 6422 = 5587 \text{ А}$$

Значення опорів електричної мережі 10 кВ та системи 110 кВ є набагато меншими від визначеного опору трансформатора 10/0,4 кВ. Отже при розрахунку струму к. з. в мережі 0,38 кВ вони мало впливають на значення струмів, а тому ними можна знехтувати. Аналогічно, визначаємо струми к. з. у найбільш електрично віддалених вузлах мережі 0,38 кВ, для яких отримаємо сумарні опори короткого замикання:

$$Z_{\Sigma B} = Z_{\Sigma B} \left(\frac{U_{Н.НОМ}}{U_{В.НОМ}} \right)^2 + Z_{0B} ,$$

де для вузлів в=1, 2,3,4 відповідно отримаємо:

Таблиця 2.13 – Опори і струми короткого замикання

Параметри №П/П	Z_{0B} , Ом	$Z_{\Sigma B}$, Ом	$I_{K.BH}^{(3)}$, А	$I_{K.BH}^{(2)}$, А
1	0,0077	0,12	1830	1592
2	0,07	0,18	1201	1044
3	0,028	0,14	1556	1354
4	0,08	0,19	1143	994

При визначенні струмів однофазних к. з. у найбільш електрично віддалених вузлах мережі 0,38 кВ використаємо формулу:

$$I_{K.BH}^{(1)} = \frac{U}{\sqrt{3} \left(\frac{Z_{T0}}{3} + Z_{PB} \right)},$$

де, Z_{T0} - значення опору нульової послідовності трансформатора при замиканні фази на корпус, $Z_{T0}=1,63$ Ом;

Z_{PB} - значення опору петлі “фаза-нульовий провід” для відповідного вузла короткого замикання (в= 1,2,3,4) який визначаємо з виразу:

$$Z_{PB} = \frac{Z_{0B}}{3} (2 + 3, 5).$$

Отримані результати представлені у таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 - Опір петлі “фаза-нульовий провід” для відповідного вузла короткого замикання

№ П/П	1	2	3	4
Z_{PB}	0,011	0,1	0,043	0,12

Отже значення струмів однофазного замикання на землю:

$$I^{(1)}_{K1} = 395 \text{ A}$$

$$I^{(1)}_{K2} = 338 \text{ A}$$

$$I^{(1)}_{K3} = 374 \text{ A}$$

$$I^{(1)}_{K4} = 331 \text{ A}.$$

2.10 Вибір і розрахунки захисту від аварійних режимів

Захист лінії 0,38 кВ, трансформатора підстанції 10/0, 4 кВ і лінії живлення 10 кВ повинні бути узгоджені один з одним і забезпечувати надійний захист всіх елементів мережі. Для захисту ліній 0,38 кВ використовуються напівпровідникові, теплові та електромагнітні роз'єднувачі, вбудовані в автомати. У деяких конструкціях автоматів використовуються роз'єднувачі, що поєднують в собі теплові і електромагнітні елементи. Машина також працює від спеціального електромагнітного роз'єднувача, підключеного до нульового проводу, або від реле максимального струму, підключеного до нульового проводу. Дистанційний неавтоматичний електромагнітний роз'єднувач забезпечує захист від однофазних коротких замикань в тих випадках, коли захист від двофазних і трифазних коротких замикань недостатньо чутлива до одиночних - коротке замикання фаз. Тепловий роз'єднувач автомата забезпечує тимчасову затримку, яка зменшується в міру збільшення струму перевантаження захищається лінії. Електромагнітні і напівпровідникові роз'єднувачі спрацьовують практично миттєво і захищають лінію від коротких замикань. У комбінованому роз'єднувачі також діють теплові та електромагнітні елементи.

Релейний захист трансформатора 10/0,4 кВ

Захист трансформаторів 10/0,4 кВ потужністю до 630 кВА реалізують за допомогою плавких запобіжників, встановлених зі сторони напруги 10 кВ.

Вибір запобіжників для захисту трансформатора, здійснюють за наступними критеріями:

- значенням номінального струму плавкої вставки, який співставляють із номінальним струмом трансформатора – $I_{BCT} \approx 2I_{T.HOM}$.
- значенням номінальної напруги мережі – $U_{ЗАП} = U_{НОМ}$;
- значенням номінального струму вимкнення, який повинен бути більшим від значення максимального струму к.з. у місці встановлення – $I_{Н.ВИМК} \geq I_{КЗ.МАКС}$;

Згідно вказаного переліку вимог для захисту трансформатора у нашій електричній мережі вибираємо плавкий запобіжник ПКТ-10-10-31,5УЗ таблиці 15.

Оскільки максимальне значення струму к. з. у точці (а) становить 795 кА бачимо, що вибраний запобіжник нам підходить.

Таблиця 2.15 – Параметри запобіжника ПКТ-10-10-31,5УЗ

Номінальна напруга, кВ	Номінальний струм, А	Номінальний струм вимкнення, кА
10	16	42,5

Релейний захист електричної мережі 0,38 кВ

Для захисту мережі 0,38 кВ вибраної схеми КТП у нульові проводи фідерів встановлюють струмові реле, вони під час спрацювання здійснюють вплив на обмотку незалежного розчеплювача, реалізовано автоматичними вимикачами типу АЗ710Б, які вибрали з наступних критеріїв:

- значення номінальної напруги мережі – $U_{АВТ} = U_{НОМ}$;

- значення номінального струму автоматичного вимикача, що має бути більшим від струму навантаження $I_{cn} \geq 1,4 \cdot I_{нав}$.

Значення номінальної напруги автоматичного вимикача:

$$U_{ABT} = 660B > U_{НОМ} = 380B.$$

Вибераємо номінальні струми розчеплювачів із довідника (які є номінальними струмами автоматичних вимикачів) для фідерів:

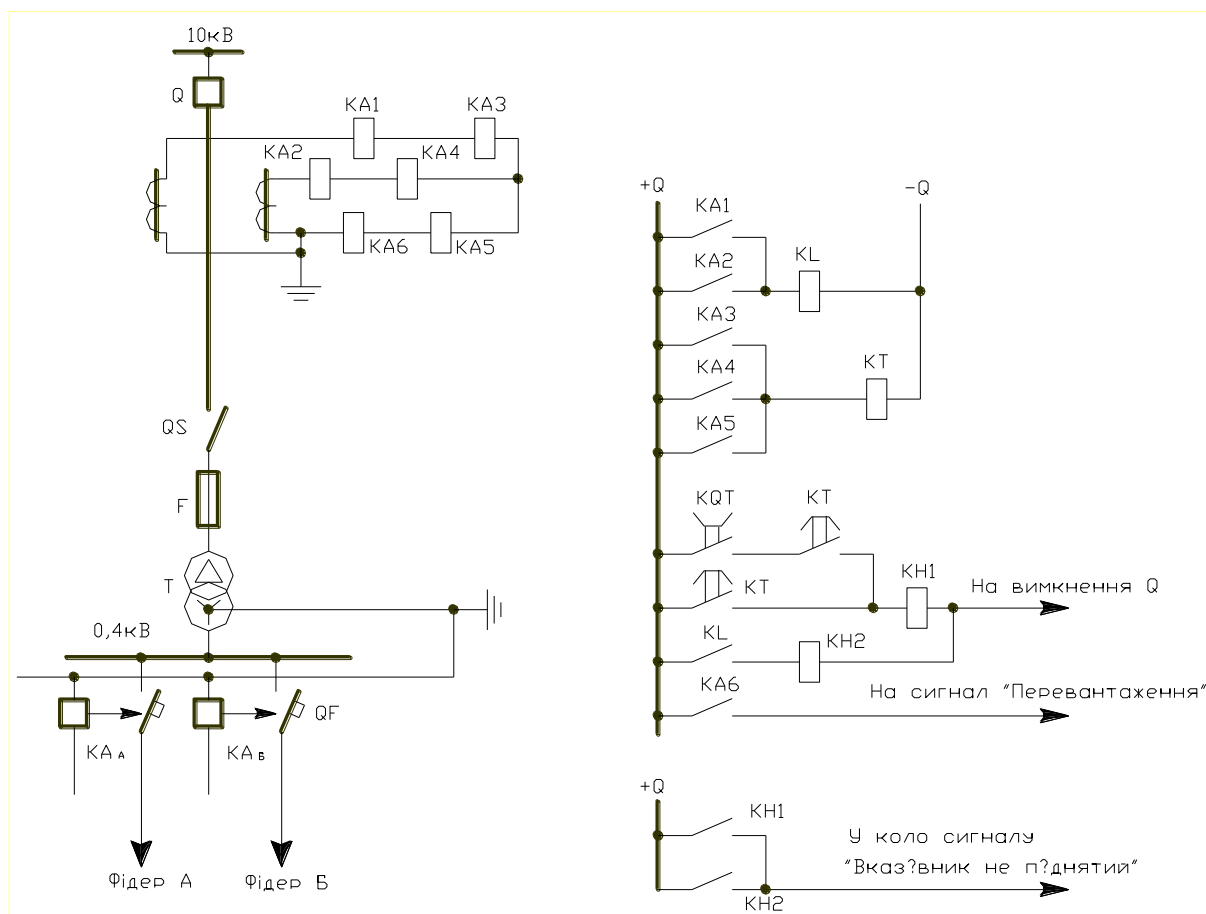
А ➔ $I_{HAB,A} = 212 A; I_{cn} = 1,4 \cdot 212 = 296,8 A \quad I_{PB,A} = 320 A;$

Б ➔ $I_{HAB,B} = 35,23 A; ; I_{cn} = 1,4 \cdot 22,8 = 31,92 A \quad I_{PB,B} = 40 A.$

Релейний захист електричної мережі 10 кВ

Керуючись вимогами ПУЕ, на лініях з одностороннім живленням 10 кВ встановлюється двоступінчастий струмовий захист, перша ступінь якого реалізована у вигляді струмової відсічки, а друга – як максимальний струмовий захист з витримкою часу.

З боку підстанції 110/10 кВ на лінії 10 кВ, що здійснює живлення ТП 10/0,4 кВ вибираємо трансформатори струму типу ТПЛК-10 у фазах А і С (коефіцієнти трансформації 10/5, $I_{ITC} = 10 A > I_{T.НОМ} = 3,64 A$). Схема двоступінчастого струмового захисту показана на рис.2.4.



$KA_A - KA_B$	Реле струму в нейтралах ліній 0,38 кВ
$KA1-KA6$	Реле струму типу РТ-40
KT	Реле часу типу РВ-122
$KH1, KH2$	Вказівні реле типу РУ-1
KL	Проміжне реле типу РП-23 чи РП-251
KQT	Контакт реле положення “вимкнено” вимикача Q
$KA1-KA6$	Реле струму типу РТ-40
TC	Трансформатор струму ТПЛК-10

Рисунок 2.4 – Схема релейного захисту проектованої електричної мережі

2.11 Розрахунок потужності пристрою компенсації реактивної потужності навантаження

Необхідна потужність пристрою компенсації реактивної потужності навантаження визначаємо по формулі

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

де Q – значення реактивна потужність батареї конденсаторів (кВАр);

ϕ_1 – значення кута зсуву фаз до компенсації;

ϕ_2 – значення кута зсуву фаз після компенсації;

P – значення активної потужності силової установки (кВт).

Визначаємо значення $\operatorname{tg} \phi_1$ і $\operatorname{tg} \phi_2$.

Після встановлення пристрою компенсації реактивної потужності навантаження коефіцієнт потужності повинен становити $\cos \phi_2 \geq 0,92$.

$$\operatorname{tg} \phi_2 = \frac{\sin \phi_2}{\cos \phi_2} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi_2}}{\cos \phi_2}$$

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

Поточний рівень коефіцієнта потужності при активній потужності $P=155$ кВт за становить $\cos \phi_1=0,85$.

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

$$\operatorname{tg} \phi_1 = \frac{\sqrt{1 - 0,85^2}}{0,85} = 0,62.$$

Розраховуємо потужність пристрою компенсації реактивної потужності навантаження

$$Q = 155 \cdot (0,62 - 0,426) = 30 \text{ кВАр}.$$

Отже, мінімальне потужність пристрою компенсації реактивної потужності навантаження при активній потужності $P=155$ кВт становить $Q=30$ кВАр.

Щоб забезпечити максимальне значення коефіцієнта потужності $\cos \phi_1=1$ визначимо необхідну потужність пристрою компенсації.

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

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

Отже потужність пристрою компенсації реактивної потужності навантаження

$$Q = 155 \cdot (0,62 - 0) = 96 \text{ кВАр.}$$

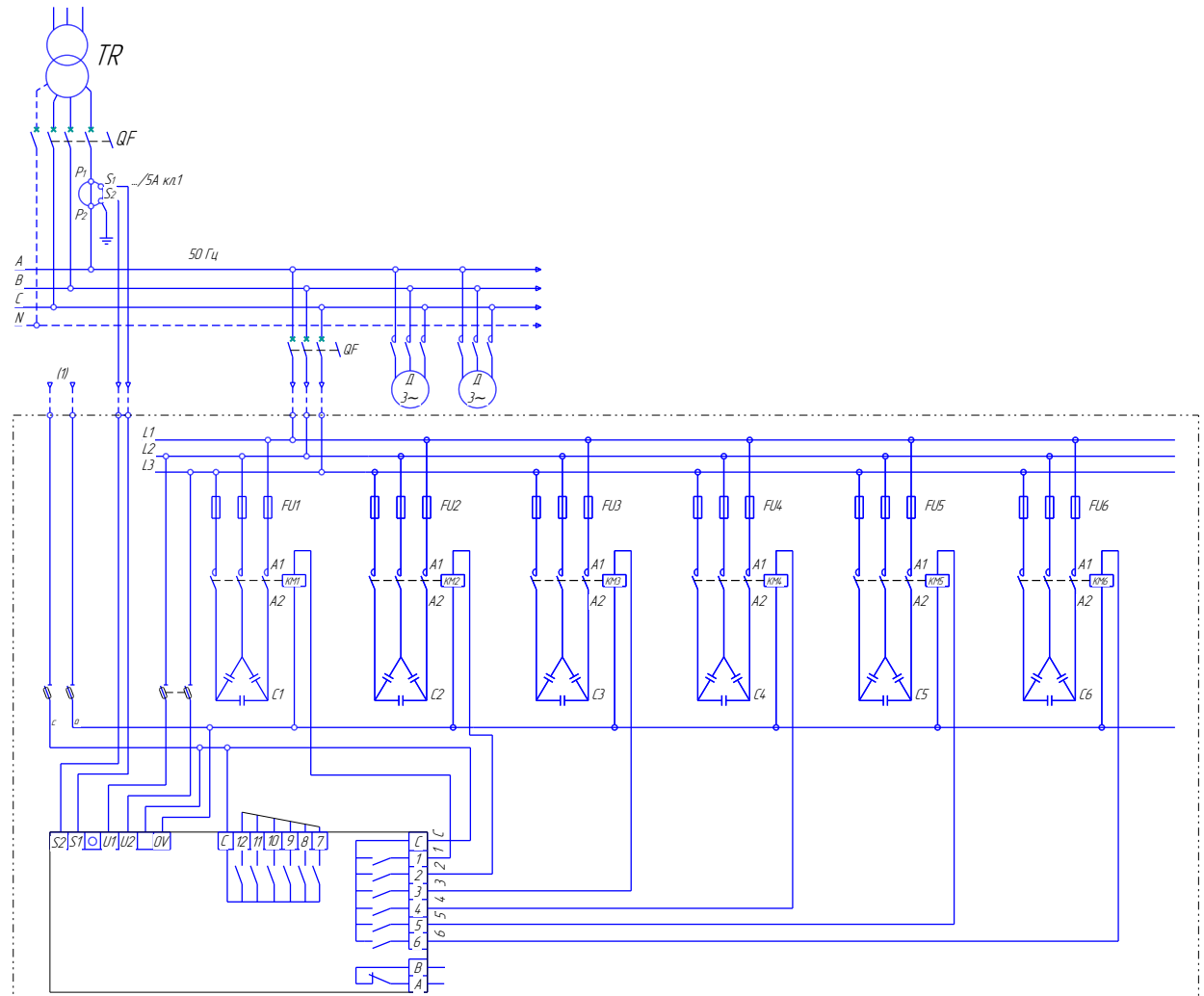


Рисунок 2.5 – Схема автоматичної регулювання коефіцієнта потужності навантаження підприємства.

2.12 Система автоматичного керування реактивною потужністю навантаження підприємства

За отриманим розрахунком вибираєм пристрій компенсації реактивної потужності із автоматизованим мікропроцесорним регулятором потужності 90 кВАр із ступінчастим регулюванням фірми Schneider Electric. Дана установка складається із шести батарей по 15 кВАр; автоматичним перемиканням буде керувати мікропроцесорний регулятор коефіцієнта потужності Varlogic R12.

Схема автоматичного (рис. 2.5) керування компенсацією реактивної потужності навантаження споживачів підприємства побудована на мікроконтролері Varlogic R12 фірми Schneider Electric. Даний мікроконтролер живиться від мережі напругою 380В, а також відслідковується значення струму через від трансформатор струму. Мікроконтролер опрацьовує отримані значення напруги і струму визначає значення коефіцієнта потужності і відповідно дає команди на замикання і розмикання ключів 1 – 6, які подають живлення на обмотки контакторів КМ1 – КМ6, які здійснюють вмикання конденсаторів у мережу. У пристрої є захист від перегріву передньої панелі і перевантаження конденсаторних батарей.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Для дослідження роботи системи електропостачання підприємства нам необхідно» побудувати її модель в математичному середовищі MATLAB/Simulink.

Модель системи електропостачання показано на рисунку 3.1. Основні елементи системи: трифазне джерело живлення 10 кВ, трифазний трансформатор 10/0,4 кВ, шість ліній електропередачі ZL1 – ZL6, чотири споживачі Z1 – Z4.

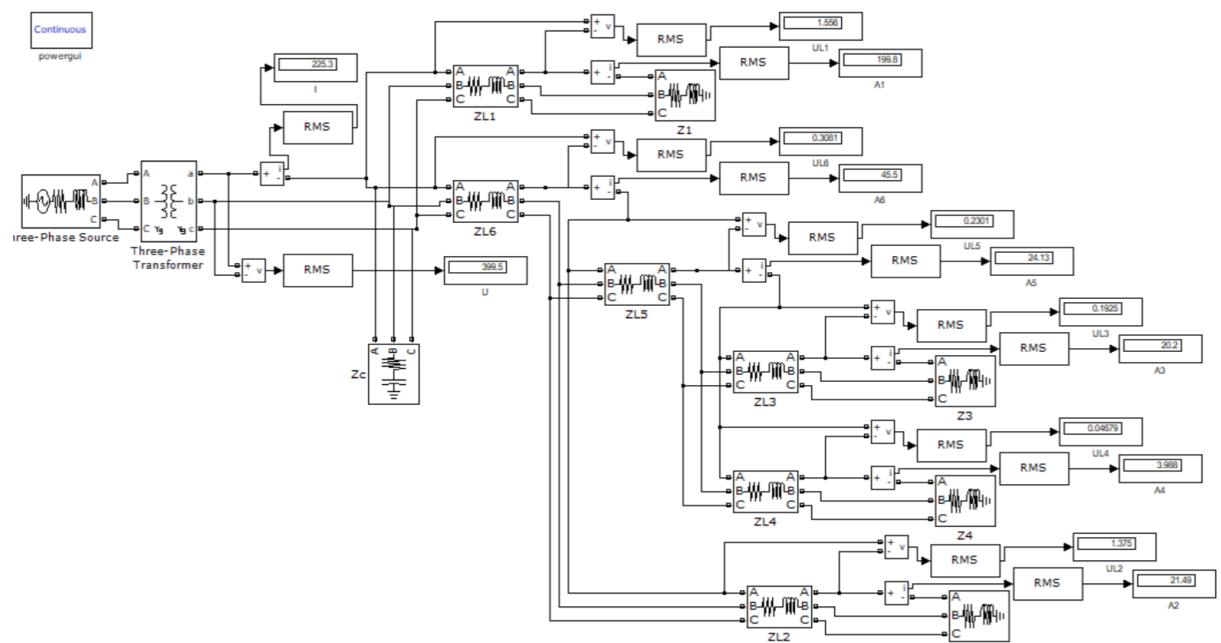


Рисунок 3.1 –Структурно-математична модель системи електропостачання підприємства

Параметри мережі електропостачання для побудови моделі показано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри ліній електропостачання підприємства

Номер лінії	Довжина лінії, км	Активний опір лінії, Ом	Реактивний опір лінії, Ом	Індуктивність лінії, Гн
1	0,02	0,005	0,006	0,000019
2	0,09	0,058	0,027	0,000086
3	0,01	0,009	0,003	0,00001
4	0,065	0,011	0,004	0,000013
5	0,01	0,009	0,003	0,00001
6	0,01	0,006	0,003	0,00001

Параметри моделі беремо із другого розділу таблиці 2.3 та 2.5.

Експериментальні дослідження проводимо наступні:

- 1) робота системи електропостачання без пристрою компенсації;
- 2) ввімкнення пристрою компенсації реактивної потужності навантаження потужністю 30 кВАр;
- 3) ввімкнення пристрою компенсації реактивної потужності навантаження потужністю 90 кВАр;
- 4) ввімкнення пристрою компенсації реактивної потужності навантаження потужністю 60 кВАр;

Отримані результати досліджень відображено у таблицях 3.2, 3.3. А саме значення струму по лініях мережі електропостачання та втрата напруги у лінії.

У перших графах відображено результати розрахунку у другому розділі, а наступні значення експериментальні, отримані в результаті моделювання трьох режимів роботи.

Таблиця 3.2 – Результати експериментального дослідження стуму у лініях електропостачання підприємства

Дослід	I _{сум} , А	I ₁ , А	I ₂ , А	I ₃ , А	I ₄ , А	I ₅ ,А	I ₆ , А
1 – розрахункове значення	228,9	212	22,8	13,5	4,3	13,5	16,9
2 – значення без компенсації	225,5	183,8	19,8	18,57	3,7	22,2	41,9
3 – значення із компенсацією, 30 кВАР	219,1	189,1	20,3	19,1	3,8	22,9	43,1
4 – значення із компенсацією, 90 кВАР	225,3	199,8	21,5	20,2	4,0	24,1	45,5
5 – значення із компенсацією, 60 кВАР	218,1	194,4	20,9	19,65	3,9	23,5	44,3

Для кращої наочної оцінки отриманих результатів експериментальних досліджень за матеріалами таблиці 3.2 будемо діаграму рис. 3.2.

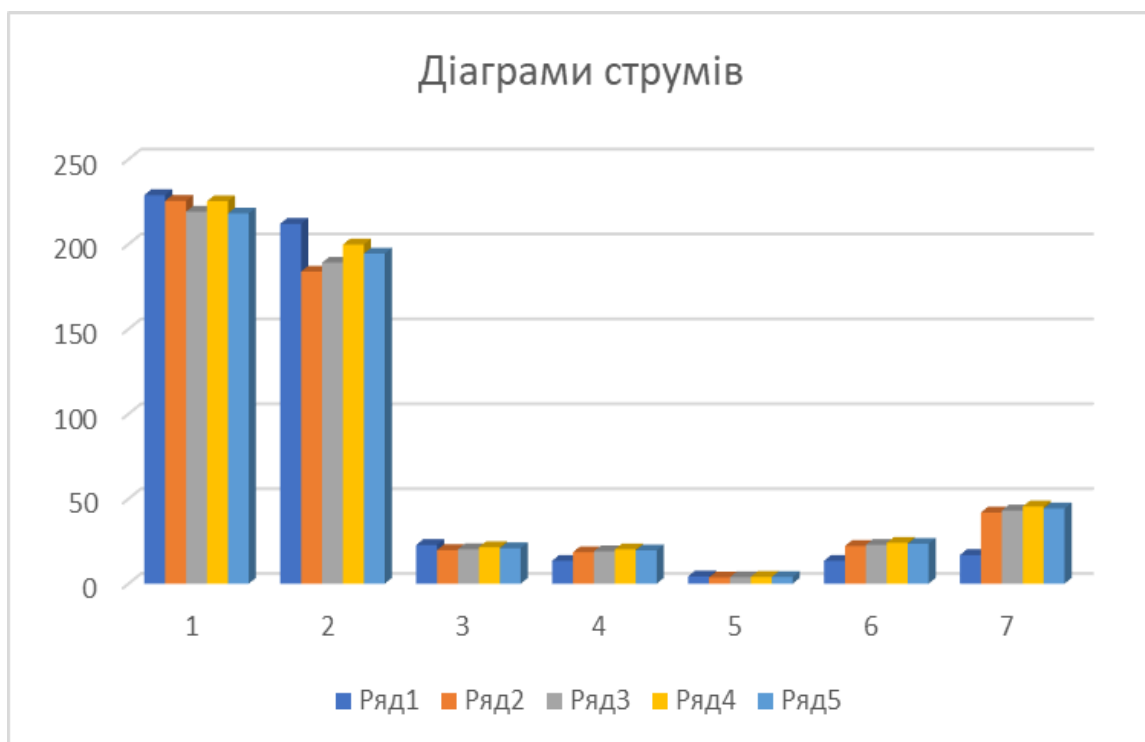


Рисунок 3.2 – Результати проведених досліджень струму у лініях електропостачання підприємства

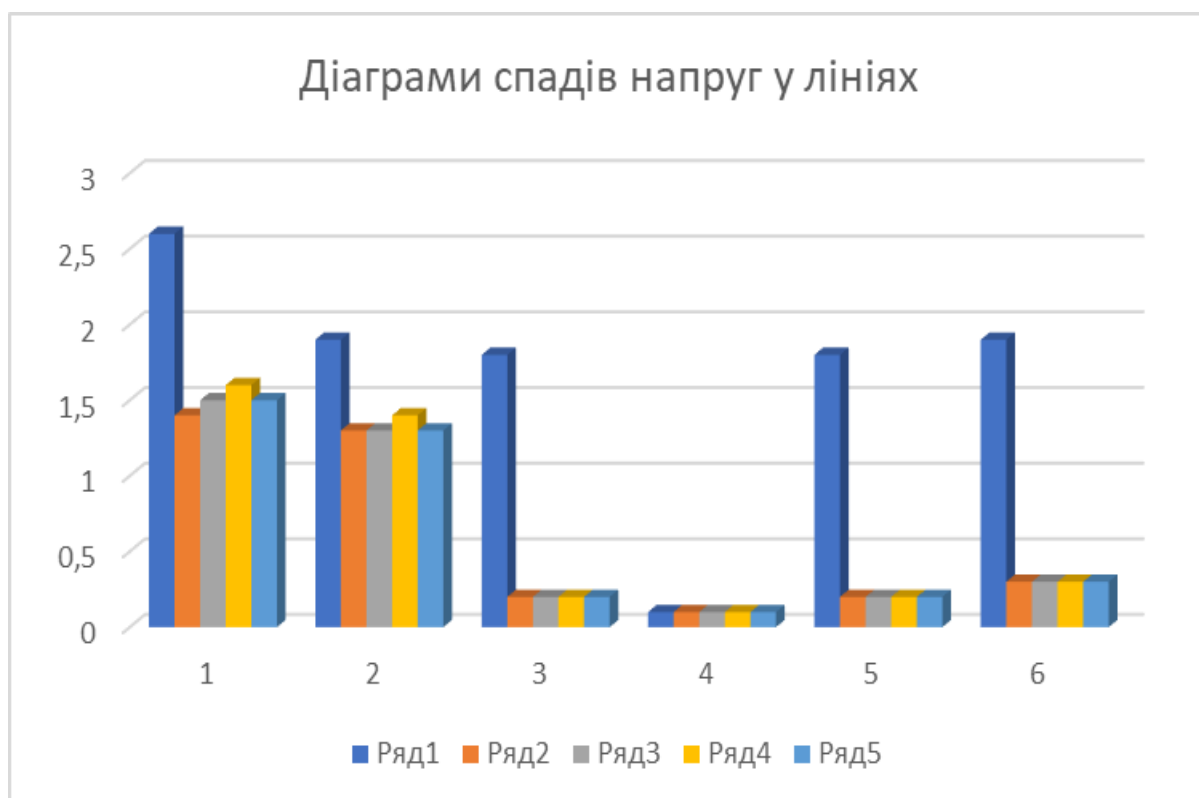


Рисунок 3.3 – Результати проведених досліджень спаду напруги у лініях електропостачання підприємства

Таблиця 3.3 – Результати експериментального дослідження спаду напруги у лініях електропостачання підприємства

Дослід	UL1, В	UL2, В	UL3, В	UL4, В	UL5, В	UL6, В
1 – розрахункове значення	2,6	1,9	1,8	0,1	1,8	1,9
2 – значення без компенсації	1,4	1,3	0,2	0,1	0,2	0,3
3 – значення із компенсацією, 30 кВАР	1,5	1,3	0,2	0,1	0,2	0,3
4 – значення із компенсацією, 90 кВАР	1,6	1,4	0,2	0,1	0,2	0,3
4 – значення із компенсацією, 60 кВАР	1,5	1,3	0,2	0,1	0,2	0,3

Для кращої наочної оцінки отриманих результатів експериментальних досліджень за матеріалами таблиці 3.3 будемо діаграму рис. 3.3.

Після проведеного дослідження та отриманих експериментальних даних моделювання видно різницю між розрахунковим значенням струмів у лініях ряд 1 та отриманим результатом моделювання ряд 2. Розрахункове значення сумарного струму, а також першої, другої і четвертої лінії більше

ніж експериментальної і значення струмів у третій, п'ятій і шостій лініях менше від експериментального значення. При застосуванні пристрою компенсації реактивної потужності навантаження потужністю 30 кВАр сумарний струм зменшується а струми у всіх інших лініях трохи зростають. При використанні пристрою компенсації потужністю 90 кВАр сумарний струм зростає порівняно із попереднім значенням. Застосування пристрою компенсації із проміжним значенням потужності 60 кВАр ми отримуємо мінімальне значення струму порівняно із усіма попередніми значеннями. А тому ми бачимо ефективність використання пристрою компенсації реактивної потужності навантаження.

Результати спаду напруги у лініях відрізняються розрахункові і експериментальні, проте всі значення знаходяться у допустимих межах.

Дані експерименти проводились при роботі системи електропостачання практично при максимальному завантаженні підприємства по споживаній потужності. У випадку реальної роботи електромережі при роботі із недовантаженням потреба у компенсації реактивної потужності навантаження буде гострішою і тому 90 кВАр пристрою компенсації буде доречне.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз стану охорони праці

Аналіз стану охорони праці на підприємстві виконується з метою виявлення причин і факторів незадовільного стану безпеки виробництва, які найбільше впливають на результати діяльності підприємства й на визначення заходів щодо поліпшення умов та охорони праці.

Оцінка рівня стану охорони праці в підрозділах здійснюється відділом охорони праці та спеціалізованими комісіями за результатами періодичного контролю за відповідний період на підставі статистики травматизму, аналізу усунення порушень, виявлених під час попереднього контролю, зазначених у приписах інженерів охорони праці, органів нагляду та ін.

Стан охорони праці необхідно оцінювати на основі показників, їх чисельної оцінки та при порівнянні із заданими чи базовими значеннями.

Система показників потрібна для того, щоб:

- планувати і прогнозувати стан охорони праці на перспективу у вигляді цільових завдань;
- об'єктивно оцінювати фактичний стан охорони праці й ефективність функціонування системи управління, а також ступінь вирішення цільових завдань (досягнення мети);
- порівнювати в оцінюваному періоді діяльність підприємств у галузі охорони праці, які мають різний характер виробництва;
- використовувати показники як вихідну інформацію для економічного регулювання;

- вибирати пріоритетні напрями діяльності (оптимальні варіанти), які забезпечували б ефективне функціонування системи за обмежених ресурсів.

Практика свідчить, що для оцінки стану охорони праці можуть застосовуватися як оцінні, так і аналітичні показники.

Серед найбільш поширених оцінних показників стану охорони праці слід виділити традиційні коефіцієнти частоти ($K_{ч.т}$) та тяжкості травматизму ($K_{т.т}$). Крім них, для оцінки стану можуть бути використані й такі оцінні показники:

- чисельність потерпілих у результаті нещасних випадків із втратою працездатності більш ніж на один робочий день (абсолютне число за даними статистики);
- загальна кількість днів втрати працездатності по всіх нещасних випадках з урахуванням перехідних;
- коефіцієнт частоти смертельного травматизму ($K_{ч.с}$);
- відносні коефіцієнти частоти ($K_{ч.т.в}$) та тяжкості ($K_{т.т.в}$), що обчислюються як відношення $K_{ч.т}$ та $K_{т.т}$ до базових завдань $K_{ч.т.б}$ і $K_{т.т.б}$, тобто

$$K_{ч.т.в} = K_{ч.т} / K_{ч.т.б} \quad (4.1)$$

$$K_{т.т.в} = K_{т.т} / K_{т.т.б} \quad (4.2)$$

Серед усіх оцінних показників відносні коефіцієнти частоти та тяжкості травматизму найбільше відповідають цільовій стратегії управління, оскільки базові значення показників можуть періодично коригуватися в міру наближення до них чи за їх перевищенням. Тоді робота підприємства (підрозділу) оцінюватиметься як задовільна.

Виділяють також аналітичні показники. До них можна віднести:

- загальний показник травматизму;

- чисельність потерпілих у результаті нещасних випадків із втратою працездатності менш ніж на один робочий день (за даними статистики);
- загальні фактичні витрати на відшкодування шкоди потерпілим (за бухгалтерськими даними) або сума страхових внесків з урахуванням прийняття Закону України «Про загальнообов’язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності»;
- загальні фактичні витрати, вкладені в цільові заходи охорони праці (за бухгалтерськими даними).

Аналіз може провадитися і за іншими, більш специфічними параметрами та напрямками, характерними для конкретних виробництв, наприклад за кількістю нещасних випадків на облікову одиницю виробленої продукції у натуральному чи грошовому виразі, на 10 млн відпрацьованих годин тощо. Аналогічний підхід може бути й до статистики професійно зумовлених захворювань.

На основі кількісних та інших показників роботи підприємства в галузі безпеки праці може здійснюватися й якісна оцінка стану охорони праці: задовільний стан, незадовільний стан чи вкрай незадовільний стан. З цією метою мають бути встановлені чіткі, об’єктивні межі даного розподілу.

Стан охорони праці вважається незадовільним за наявності в підрозділі в оцінюваному періоді хоча б одного з перелічених факторів, одного й більше травматичних випадків чи/і аварійних ситуацій, порушень, що виявляються повторно по закінченні терміну усунення; порушень, пов’язаних з явною чи потенційною небезпекою для здоров’я і життя людей, значними негативними технічними чи екологічними наслідками (так званих критичних порушень), а також виявлених у момент проведення періодичного (квартального) контролю. У разі відсутності в підрозділі

зазначених факторів стан охорони праці оцінюється задовільно. Стан охорони праці вважається вкрай незадовільним за наявності групових чи смертельних випадків.

Оцінка стану охорони праці за результатами роботи за рік здійснюється щодо тих самих категорій, виходячи з переважаючої оцінки за результатами періодичного контролю. Якщо охорона праці була оцінена більше ніж в одному кварталі незадовільною за результатами року, вона не може бути оцінена позитивною, тобто задовільною. У разі, якщо хоча б в одному з кварталів робота підрозділу оцінювалась як вкрай незадовільна за результатами року, вона повинна бути визнана також незадовільною.

4.2 Планування заходів з покращення охорони праці

Завдяки постійному розвитку науки і техніки виникає можливість, а в деяких випадках і необхідність подальшого вдосконалення умов праці. Систематичне їх поліпшення на діючих підприємствах повинно, здійснюватися адміністрацією підприємства шляхом щорічного виконання номенклатурних заходів, що забезпечують попередження нещасних випадків, оздоровлення і загальне поліпшення умов праці.

Розробка номенклатури заходів з охорони праці починається задовго до укладення колективного договору. Вона складається з конкретних заходів, що сприяють в подальшому поліпшенню умов праці в господарстві в порівнянні з досягнутими, і здійснюється на підставі пропозицій робітників і службовців господарства, аналізу причин відбулися нещасних випадків і захворювань, а також приписів технічних інспекторів державних інспекцій з охорони праці. До них належать такі заходи

Впровадження нових машин, технологічних процесів та ін .;
Заходи, спрямовані на підтримку стану охорони праці на досягнутому рівні (утримання та поточний ремонт захисних огорожень і пристосувань, вентиляції, опалення та ін.);

Проведення обов'язкових заходів щодо навчання (інструктажі, курсове навчання);

Придбання індивідуальних засобів захисту і забезпечення робочих лікувально-профілактичним харчуванням;

Колірна обробка, обладнання і будівель як один з елементів їх змісту;

Благоустрій території (влаштування та поліпшення доріг, пішохідних доріжок, озеленення та ін.);

Поліпшення або ліквідація забруднення повітряного і водного басейнів прилеглих житлових районів.

Ці заходи виконуються за спеціальними планами організаційно-технічного вдосконалення виробництва.

Проект номенклатурних заходів складається, керівниками виробничих діляниць, головними спеціалістами галузей і старшими інженерами (інженерами) з техніки безпеки відповідно по ділянках, галузям (відділам) і господарству в цілому спільно з членами комісії з охорони праці при місцевому комітеті профспілки.

Захід має бути конкретним і мати чітке назву, наприклад, зробити естакаду для навішування стогометатель на трактор, зробити і встановити питні фонтанчики та ін. Термін виконання заходу необхідно встановлювати з урахуванням його важливості для забезпечення безпеки праці, необхідного обсягу роботи і календарної дати, до якої воно приурочується.

Проект номенклатурних заходів обговорюється на загальних зборах колективу або узгоджується з місцевим комітетом профспілки. Потім він оформляється спеціальною угодою адміністрації підприємства з профспілковою організацією, що додається до колективного договору або є самостійним документом в організаціях, де колективний договір не укладається.

На заходи, що увійшли в угоду з охорони праці, повинна бути технічна документація. Вони забезпечуються матеріальними ресурсами, а також грошовими коштами, загальна сума яких залежить від сформованих

у господарстві умов (технічної оснащеності, кліматичних умов та ін.). У практиці господарств зустрічаються випадки, коли на виконання номенклатурних заходів виділяється 20 руб. і більше в розрахунку на одного середньорічного штатного працівника.

Виконання угоди з охорони праці контролюється вищестоящою господарською організацією та профспівковою організацією даного підприємства.

Контроль з боку вищестоящої господарської організації здійснюється за складеною адміністрацією підприємства річної звітності про освоєння коштів, обумовлених вищевказаним угодою. Звітність підписується керівником підприємства, головним бухгалтером, а також головою ФЗМК профспівки.

Контроль з боку профспівки полягає в періодичних перевірках ходу виконання угоди (конкретних його пунктів) комісією з охорони праці при місцевому комітеті профспівки підприємства з обов'язковим обговоренням їх результатів на розширених засіданнях місцевого комітету. При цьому можуть вноситися корективи в угоду як за характером окремих заходів, так і за термінами їх виконання.

За невиконання номенклатурних заходів з охорони праці або використання не за призначенням коштів, виділених на ці цілі, адміністрація підприємства відповідно до чинного законодавства притягується до дисциплінарної або адміністративної відповідальності.

Своєчасне планування і здійснення заходів з охорони праці - один з важливих чинників створення здорових і безпечних умов праці, підвищення його продуктивності і, отже, успішного виконання господарських завдань.

4.3 Логіко-імітаційне моделювання процесів виникнення травм та аварій

В безпеці життєдіяльності для вивчення процесів формування небезпечних ситуацій використовуються логіко-імітаційні моделі, які інакше називаються „ деревом помилок ” або „ деревом несправностей і помилок оператора ” за їх загальний вигляд, що нагадує галузисту крону дерева.

Сучасна наука з безпеки життєдіяльності широко використовує логіко-імітаційні моделі для вивчення процесів виникнення та формування природних, соціальних, техногенних та інших видів небезпечних ситуацій.

Основні принципи побудови моделі такі. Спочатку визначають, так звану, головну подію. Головна подія – це і є та небезпечна ситуація, модель якої ми будемо будувати (аварія, травма, катастрофа тощо). Головна подія графічно позначається подвійним прямокутником і записується зверху аркуша. Головна подія завжди тільки одна в моделі. Далі починають логічно міркувати, які події привели до головної, тобто визначають причини цієї події. Їх записують під головною. Графічно їх позначають по-різному: ромб - нерозкрита подія (подія, яка вимагає проведення відповідних додаткових досліджень); прямокутник - проміжна подія (подія, причини якої ми можемо визначити); овал-подія-умова, що використовується з оператором „ЗАБОРОНА”; хатка (п’ятикутник, в якому один з боків є основою)- подія, яка може відбутися або не відбутися; трикутник (рівносторонній трикутник) – символ перенесення. Наступний етап побудови моделі-визначення виду логічного зв’язку, що пов’язує головну подію з подіями-причинами. Оскільки дані моделі є логічними, то всі події в них зв’язані логічними зв’язками. Графічно ці зв’язки позначаються за допомогою символів-операторів або логічних операторів. Найчастіше використовуються оператори „І” та „АБО”.

Далі визначають причини подій, що були причинами головної події. Визначають вид цих подій та логічні оператори, які пов'язують ці події з попередніми. Таким чином, ми визначаємо логічну послідовність подій, що призвела до небезпечної ситуації. Нарешті, визначають, так звані, базові або кінцеві події. Графічно вони зображуються у вигляді кола. Будь-яка модель закінчується саме такими подіями. Це події, з яких починається процес формування небезпеки.

Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Необхідно звернути увагу на те, що при побудові логіко-імітаційної моделі першою ми визначаємо головну подію, а останніми – базові події. Але в житті все відбувається навпаки. Спочатку відбуваються базові події, які дають поштовх для розвитку „ ланцюжку ” наступних подій, що призводять, в кінці кінців, до головної події, тобто, до небезпечної ситуації.

Таким чином, логіко-імітаційні моделі дають можливість виявити послідовність подій, що призводять до виникнення небезпечної ситуації. Знаючи цю послідовність, ми можемо на будь-якій стадії перервати її та запобігти виникненню небезпеки. Саме тому логіко-імітаційні моделі мають велике практичне значення для вивчення механізмів зародження та формування небезпечних ситуацій.

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 "I" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити так:

$$P_3 = P_1 P_2 \quad (4.3)$$

Таблиця 4.1 - Ймовірності подій виникнення небезпеки в пташнику

Шифр	Назва події	Ймовірність
P ₁	Відсутність захисного заземлення	0,01
P ₂	Пошкодження захисного заземлення	0,03
P ₃	Неправильна експлуатація електрообладнання	0,03
P ₄	Спрацювання електротехнічних засобів захисту	0,075
P ₅	Відсутність профілактичних заходів	0,15
P ₆	Відсутність захисного щита	0,16
P ₇	Недотримання правил техніки безпеки	0,14
P ₈	Незнання правил техніки безпеки	0,1
P ₉	Відсутність спецодягу	0,21
P ₁₀	Халатність працівників	0,15

2. За допомогою оператора "І" три події з ймовірностями P₁ P₂ і P₃ формують четверту випадкову подію. Тоді ймовірність цієї події P₄ обчислюють так:

$$P_4 = P_1 P_2 P_3 \cdot l \quad (4.4)$$

3. Оператор "І" об'єднує п події з ймовірностями P₁ P₂, P₃, ..., P_n тоді ймовірність вихідної події Р буде

$$P = P_1 P_2 \dots P_n. \quad (4.5)$$

4. Дві базові події з ймовірностями P₁ і P₂ за допомогою оператора "АБО" входять до третьої події. Тоді ймовірність P₃ буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 P_2. \quad (4.6)$$

5. Оператор "АБО" об'єднує три базові події з ймовірностями P₁, P₂, P₃, які за допомогою цього оператора входять у наступні події з ймовірністю P₄. Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_2 P_3 - P_1 P_3 + P_1 P_2 P_3. \quad (4.7)$$

6. 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).

Підставивши дані ймовірностей базових подій у формулу (4.6), Отримаємо ймовірність події 13:

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

Аналогічно визначаємо ймовірність інших подій:

$$P_{11} = P_4 + P_5 - P_4 P_5 = 0,03 + 0,075 - 0,03 \cdot 0,75 = 0,0825.$$

$$P_{12} = P_6 + P_7 - P_6 P_7 = 0,16 + 0,15 - 0,16 \cdot 0,15 = 0,2635.$$

$$P_{16} = P_9 + P_{10} - P_9 P_{10} = 0,14 + 0,1 - 0,14 \cdot 0,1 = 0,1795.$$

$$P_{14} = P_{11} P_5 = 0,0825 \cdot 0,15 = 0,0123.$$

$$P_{15} = P_{12} P_8 = 0,2635 \cdot 0,1 = 0,02635.$$

$$P_{17} = P_{13} + P_{14} - P_{13} P_{14} = 0,0397 + 0,0123 - 0,0397 \cdot 0,0123 = 0,0515.$$

$$P_{18} = P_{15} - P_{16} = 0,1795 - 0,02635 = 0,15315.$$

$$P_{19} = P_{17} + P_{18} - P_{17} P_{18} = 0,0515 + 0,15315 - 0,0515 \cdot 0,15315 = 0,1967.$$

Таким чином під час роботи вентиляційної установки при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 0,19 травми. Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень працюючих, поліпшити контроль та виготовити необхідну кількість 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.

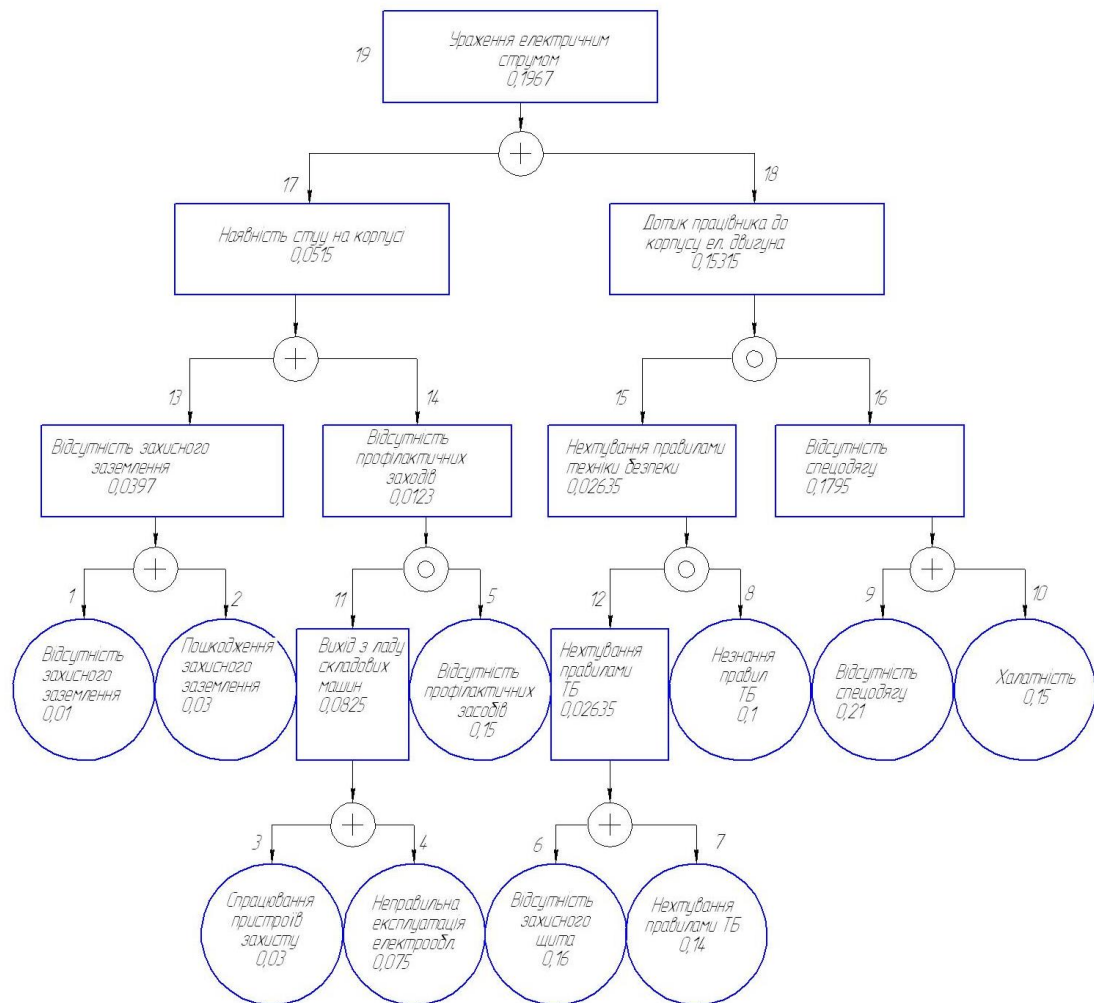


Рисунок 4.1 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травм під час роботи вентиляційної установки

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

При виникненні аварійної ситуації працівник повинен:

1. Припинити роботу, виключити верстати, машини, обладнання, усунути джерело небезпеки, якщо це можливо, покинути небезпечну зону. При порушенні герметичності устаткування, трубопроводів або арматури перекрити частину технологічного ланцюга, яка вийшла з ладу.
2. При появі у приміщенні випарів шкідливих речовин або газів, кількість яких у повітрі робочої зони перевищує норму (ГДК), негайно включити аварійну вентиляцію.

3. При раптовому відключенні електроенергії, замиканні електричного струму на корпус устаткування, що відбувається при торканні металевих частин устаткування, негайно виключити і зупинити устаткування.

4. Попередити працюючих про небезпеку.

5. Повідомити керівника підприємства, чергового електрика про виникнення аварійної ситуації.

6. Допомогати в усуненні аварійної ситуації.

7. При виникненні пожежі вжити заходи щодо її гасіння з допомогою вогнегасників та інших засобів, також негайно викликати пожежну охорону (за номером 101) і повідомити керівництво.

8. При нещасних випадках із людьми необхідно надати першу долікарську допомогу, викликати швидку медичну допомогу за тел. - 03, поставити до відома керівництво, вжити заходи для збереження обставин при яких трапився нещасний випадок, якщо це не створює загрози для життя і здоров'я інших працівників.

9. У випадку загоряння необхідно:зачинити вікна, кватирки, відключити електроприлади, вентиляцію, винести у безпечне місце горючі рідини;

10. Приступити до гасіння загоряння, застосовуючи первинні засоби пожеже-гасіння.

Полум'я необхідно гасити наступними засобами:

- при загорянні рідин, які змішуються з водою - будь-яким вогнегасником, струменем води, піском, одіялом;
- при загорянні речовин, які не змішуються з водою – вогнегасниками порошковими, вуглекислотними, піском, покривалами;
- для гасіння палаючої електропроводки, електроприладів необхідно спочатку відключити від електромережі: вимкнути з розетки, або вимкнути рубильник на електрощиті і гасити порошковим або вуглекислотним вогнегасником;

- при загорянні легкозаймистих речовин для гасіння застосовують будь-які вогнегасники, пісок, покривала;

- для гасіння палаючих дерев'яних частин застосовують будь-які засоби пожежогасіння.

11. Ужити заходів для евакуації та збереження матеріальних цінностей.

12. Після прибуття пожежних підрозділів виконувати розпорядження керівника гасіння.

РОЗДІЛ 5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

На підприємстві річне споживання електроенергії становить орієнтовно $W=230\,000$ кВт·год. При вартості 1 кВт·год. $C=5,85$ грн. Проведемо визначення вартості оплати за електроенергію

$$B = W \cdot C.$$

$$B = 230000 \cdot 5,85 = 1\,345\,000 \text{ грн.}$$

При значенні коефіцієнта потужності нижче від необхідного, орієнтовно 0,85, необхідно платити надбавку за електроенергію близько 7%

$$H = 1\,345\,000 \cdot 0,07 = 94\,185 \text{ грн.}$$

Якщо не платити надбавку, при належному значенні коефіцієнта потужності, то ці кошти зекономляться.

Пристрій компенсації складається із: конденсаторних батарей, мікропроцесорного регулятора, комутаційних контакторів. І його вартість становить: $K = 47500$ грн.

Строк окупності:

$$T = K / H,$$

Підставимо значення

$$T = 47\,500 / 94\,185 = 0,5 \text{ року.}$$

Отримані розрахункові результати показано у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники

Показник	Значення
Кількість спожитої електроенергії, кВт·год/рік	230 000
Вартість 1 кВт·год, грн	5,85
Вартість спожитої електроенергії в рік, грн	1 345 000
Значення коефіцієнта потужності, до компенсації	0,85
Надбавка, при платі за електроенергію, %	7
грн.	94 185
Вартість системи компенсації, грн	47500
Значення коефіцієнта потужності, після компенсації	0,92
Надбавка, при платі за електроенергію, %	0
грн	0
Термін окупності, років	0,5

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз підприємства, його діяльності, та обґрунтовано тему кваліфікаційної роботи.
2. Проведено планування системи електропостачання підприємства. Проведено розрахунок електропостачання підприємства та вибір обладнання, а саме ліній електропостачання, трансформаторної підстанції. Проаналізовано аварійні режими та запропоновано до використання схему захисту трансформаторної підстанції. Розраховано та вибрано пристрій компенсації реактивної потужності навантаження системи електропостачання підприємства який працює автоматично.
3. Розраховано параметри та побудовано модель системи електропостачання підприємства. Проведено експериментальне дослідження роботи моделі системи електропостачання, у режимах без компенсації, та з компенсацією при різних значеннях потужності пристрою компенсації. Результати експерименту показало високу ефективність використання пристрою компенсації.
4. Проаналізовано актуальні питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.
5. Проведено розрахунок, щодо ефективності використання пристрою компенсації який показав, що термін окупності становить 0,5 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. Винославський, 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 зонових 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.