

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 02 » вересня 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Луціву Віктору Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка заходів зниження втрат електричної енергії в системі електропостачання промислового підприємства

Керівник роботи Костик Любов Миколаївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» вересня 2020 року № 4/7-619

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Електрична схема підприємства, план розташування обладнання в цехах, плани цехів підприємства, графік навантаження трансформаторної підстанції.

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

1. План підприємства із картограмою електричних навантажень 1л. ф – А1

2. Схема електропостачання розподільчої мережі 10/0,4 кВ 1л. ф – А1

3. Схема електропостачання розподільчих мереж 0,4 кВ 1л. ф – А1

4. План розміщення електросилового обладнання механічного цеху 1л. ф – А1

5. План освітлювальної мережі механічного цеху 1л. ф – А1

6. Релейний захист кабельної лінії 10 кВ 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		
Нормоконтроль	Вакуленко О.О., старший викладач		

7. Дата видачі завдання

02 вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	10.09.2020	
2	Аналітичний розділ	20.10.2020	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	15.11.2020	
4	Проектно-конструкторський розділ	01.12.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.2020	
6	Висновки	10.12.2020	
7	Оформлення пояснювальної записки	20.12.2020	
8	Оформлення графічної частини	20.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

Луців В. В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Костик Л. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Луців В. В. Розробка заходів зниження втрат електричної енергії в системі електропостачання промислового підприємства. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕмз-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2020.

Стор.– 69; рис. - 2; табл. - 16; креслень - 6; джерел - 18; додатків - .

У кваліфікаційній роботі магістра здійснено розробку заходів щодо безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства.

Проведений розрахунок навантаження, вибрано силові трансформатори та спроектовано нову схему електропостачання. Також вибрано тип та необхідну потужність компенсуючих пристроїв.

Реконструйовано головну схему трансформаторної підстанції ТП-3930 із заміною силового та комутаційного обладнання. Також виконано заміну застралілого силового та комутаційного обладнання в розподільчих пунктах напругою 0,4 кВ.

За результатами розрахунку струмів короткого замикання було спроектовано схему релейного захисту кабельної лінії.

Перелік ключових слів: РОЗПОДІЛЬЧИЙ ПРИСТРІЙ, ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, ТРАНСФОРМАТОР, ВИМИКАЧ НАВАНТАЖЕННЯ, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, РУБИЛЬНИК.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Заходи по зниженню втрат електричної енергії в розподільних мережах	9
1.2 Особливості впровадження заходів із зниження втрат електричної енергії на промислових підприємствах	10
1.3 Обґрунтування реконструкції РП-10 кВ	18
1.4 Висновки до розділу 1	19
2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Визначення електричних навантажень по об'єкту	20
2.1.1 Розрахунок повного навантаження виробництва	20
2.1.2 Розрахунок освітлювального навантаження підприємства	22
2.1.3 Визначення повної потужності підприємства	23
2.2 Вибір схем електропостачання, місця розташування ТП, кількості і потужності силових трансформаторів	23
2.2.1 Коротка характеристика джерел живлення	23
2.2.2 Побудова картограми навантажень та визначення центру електричних навантажень	24
2.2.3 Уточнення місця розташування ТП	27
2.2.4 Визначення кількості і потужності силових трансформаторів	27
2.2.5 Уточнення схеми електропостачання заводу	28
2.3 Визначення необхідної потужності компенсуючих пристроїв	29
2.4 Розрахунок струмів короткого замикання	30
2.4.1 Розрахунок струмів короткого замикання на шинах ВН ТП	30
2.4.2 Розрахунок струмів короткого замикання на шинах НН ТП (точка К2)	36
2.5 Висновки до розділу 2	38

	5
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Вибір обладнання для реконструйованої частини системи електропостачання	39
3.1.1 Вибір обладнання для сторони вищої напруги	
3.1.2 Вибір обладнання для сторони нижчої напруги	46
3.2 Релейний захист кабельної лінії 10 кВ	50
3.2.1 Розрахунок уставок струмової відсічки	50
3.2.2 Розрахунок уставок максимального струмового захисту	51
3.3 Розрахунок цехової силової мережі	52
3.4 Розрахунок електроосвітлення ремонтно-механічного цеху	54
3.5 Висновки до розділу 3	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
4.1 Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки	58
4.2 Основні способи захисту в надзвичайних ситуаціях	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68

ВСТУП

Актуальність проблеми.

Втрати електричної енергії в електричних мережах діючих промислових підприємств один з основних показників економічності роботи усієї системи електропостачання (СЕП), ефективності електроспоживання, стану системи обліку електроенергії.

Проблема зниження втрат електроенергії в елементах СЕП діючих промислових підприємств України залишається актуальною, незважаючи на помітне зниження фактичних втрат потужності останнім часом (з 21 % в 2010 р. до 13 % в 2020 р. [1]). Ці показники значно перевищують середньостатистичні значення показників промислово розвинених країн Європи (близько 7 %[1])

Сучасний стан СЕП діючих промислових підприємств країни наочно відображає проблеми, які вимагають реконструкції і технічного переоснащення систем, вдосконалення методів їх експлуатації. Причиною цьому являється морально і фізично застаріле електроустаткування, незадовільний стан і не відповідності світовим стандартам методів обліку електроенергії, неефективне регулювання електроспоживання.

У зв'язку з відпрацюванням технічних ресурсів електрообладнання, із розширенням виробництва та зростанням навантажень технологічних процесів значна кількість підприємств в Україні потребує реконструкції електрогосподарства.

Для раціонального використання матеріальних та трудових ресурсів, досягнення високих і стабільних темпів росту об'єму виробництва необхідно проводити технічне та технологічне переобладнання виробничого процесу. Велику роль відіграє економне використання енергетичних ресурсів.

На підприємствах необхідно запроваджувати автоматизовані системи обліку електроенергії і керування електроспоживачами. Це дасть можливість здійснити технічний обмін використаної електроенергії, що в свою чергу створить умови для правильного використання і можливості її економії.

Так зокрема, в даній роботі висвітлено реконструкцію електропостачання винного заводу. Остання реконструкція тут проводилась в 1975 р. Електрообладнання, що експлуатується, у зв'язку з довгим терміном його використання та відпрацюванням технічного ресурсу (зокрема силових трансформаторів), з розширенням виробництва потребує заміни на нове, яке в свою чергу забезпечить надійність в експлуатації системи електропостачання.

Мета і завдання дослідження.

Основною метою роботи є розробка заходів щодо безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства шляхом реконструкції схеми електропостачання.

Поставлена в роботі мета вимагає вирішення наступних задач:

- аналіз заходів із зниженню втрат електричної енергії в розподільних мережах промислових підприємств;
- аналіз та впровадження заходів із зниження втрат електричної енергії на промислових підприємствах
- розрахунок електричних навантажень по підприємству, відповідно до яких провести вибір та перевірку струмоведучих частин (кабелі, провода шини), силові трансформатори;
- вибір схеми електропостачання, місця розташування ТП, кількості і потужності силових трансформаторів;
- розрахунок струмів короткого замикання;
- вибір пристроїв релейного захисту та автоматики, кіл сигналізації, та пристроїв компенсації реактивної потужності;
- розрахунок освітлювального навантаження, побудова схеми освітлення, та вибір пристроїв джерел світла.

Об'єкт дослідження – системи електропостачання промислового підприємства.

Предмет дослідження – розробка технічних заходів забезпечення безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства.

Наукова новизна отриманих результатів.

– Дістало подальший розвиток розробка та впровадження заходів для забезпечення безперебійної роботи електричного обладнання промислових підприємств, шляхом реконструкції схеми електропостачання, що дозволить знизити витрати на споживання електричної енергії.

Практичне значення отриманих результатів.

Впровадження розроблених у роботі заходів дозволить забезпечити надійність роботи електроенергетичного обладнання, та знизити собівартість продукції.

Апробація. Основні положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“ (2020), на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (18 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 69 сторінки.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Заходи по зниженню втрат електричної енергії в розподільних мережах

На думку міжнародних експертів, відносні втрати електроенергії при її передачі і розподілі в електричних мережах більшості країн можна вважати задовільними, якщо вони не перевищують 4-5%. Втрати електроенергії на рівні 10% можна вважати максимально допустимими з точки зору фізики передачі електроенергії по мережах. Це підтверджується і докризовим рівнем втрат електроенергії, у більшості енергосистем колишнього СРСР, який не перевищував, як правило, 10%. Оскільки сьогодні цей рівень виріс в 1,5-2, а по окремих електромережових підприємствах - навіть в 3 рази, очевидно, що на тлі змін господарського механізму в енергетиці, кризи економіки, що відбуваються, в країні проблема зниження втрат електроенергії в електричних мережах не лише не втратила свою актуальність, а навпаки - висунулася в одне із завдань забезпечення фінансової стабільності організацій.

В умовах загального спаду навантаження і відсутності засобів на розвиток, реконструкцію і технічне переозброєння електричних мереж стає усе більш очевидним, що кожен вкладений рубель у вдосконалення системи обліку сьогодні окупається значно швидше, ніж витрати на підвищення пропускної спроможності мереж і навіть на компенсацію реактивної потужності. Вдосконалення обліку електроенергії в сучасних умовах дозволяє отримати прямий і досить швидкий ефект. Зокрема, за оцінками фахівців, тільки заміна старих, переважно "малоамперних" однофазних лічильників класу 2,5 на нові класу 2,0 підвищує збір засобів за передану споживачам електроенергію на 10-20%. У грошовому вираженні в Україні в цілому це складає близько 100 млн. грн в рік. Нижня межа цього інтервалу відповідає тарифам на електроенергію, верхня - можливому їх збільшенню.

Вирішальне значення при виборі тих або інших заходів по вдосконаленню

обліку і місць їх проведення мають розрахунки і аналіз допустимих і фактичних небалансів електроенергії на електростанціях, підстанціях і в електричних мережах відповідно до постанови НКРЕКП від 14.03.2018 № 307.

Проте одних знань і умінь недостатньо. У енергопостачальних організацій, має бути розроблена, затверджена система заохочення за зниження втрат електроенергії в мережах, виявлення розкрадань електроенергії з обов'язковим залишенням частини отриманому прибутку від зниження втрат (до 50%) у розпорядженні персоналу, що отримав цей прибуток.

Потрібні, очевидно, нові підходи до нормування втрат електроенергії в мережах, які повинні враховувати не лише їх технічну складову, але і систематичну складову погрешностей розрахунку втрат і системи обліку електроенергії.

Дуже важливий контроль з боку керівників енергосистеми, підприємств, районів, електромереж і за ефективністю роботи контролерів, майстрів і монтерів РЕМ з метою запобігання отриманню особистого доходу безпосередньо з винуватців розкрадань.

Має бути створений такий економічний механізм, який ставив би в пряму залежність преміювання персоналу від його активності і ефективності в області зниження втрат.

1.2 Особливості впровадження заходів із зниження втрат електричної енергії на промислових підприємствах

Структура фактичних втрат електроенергії при її передачі в розподільних мережах може бути представлена у виді:

$$\Delta E_{\text{факт}} = \Delta E_{\text{норм}} + \Delta E_{\text{над}} \quad (1.1)$$

де $\Delta E_{\text{факт}}$, $\Delta E_{\text{норм}}$, $\Delta E_{\text{над}}$ – фактичні, нормативні, наднормативні втрати електроенергії відповідно.

Фактичні втрати – це звітні втрати, визначувані по лічильниках, як різниця між вступом електроенергії в мережу підприємства і корисною реалізацією

енергії власними споживачами.

Нормативні втрати – граничний показник економічності розподілу і споживання електроенергії при виконанні певних регламентованих умов експлуатації [2]. Нормативні втрати визначають розрахунковим шляхом.

Наднормативні втрати викликані порушенням технології розподілу і споживання електроенергії в умовах експлуатації:

- зношеністю обладнання (елементів мережі, трансформаторів);
- низькою якістю електроенергії (несиметрія навантаження, несинусоїдність форми кривої напруги);
- неповнофазним режимом роботи елементів мережі;
- аварійними перемиканнями в розподільних мережах;
- надмірними перетіканнями реактивної потужності;
- низькою точністю обліку споживання електроенергії із-за погрішності вимірювальних приладів.

Ці порушення погіршують надійне і якісне електропостачання споживачів і викликають економічний збиток [1, 2].

Сучасний стан СЕП діючих промислових підприємств країни наочно відображає проблеми, які вимагають реконструкції і технічного переоснащення систем, вдосконалення методів їх експлуатації. Причиною цьому є морально і фізично застаріле електрообладнання, незадовільний стан і не відповідності світовим стандартам методів обліку електроенергії, неефективне регулювання електроспоживання.

На практиці в промислових нерозгалужених мережах із зосередженим навантаженням технологічні втрати на передачу корисно відпущеної електроенергії визначають з урахуванням наднормативних втрат відповідними коефіцієнтами:

- ступінь впливу зношеності обладнання визначається коефіцієнтом зносу $K_{zn} = 1,1$;
- при несиметрії завантаження в умовах відсутності змін струму по фазах коефіцієнт несиметрії застосовують рівним $K_{несим} = 1,5$;

- несинусоїдність форми кривої напруги враховується по коефіцієнтах приросту втрат від зниження якості електроенергії, що приймається в межах $K_{як} = 1,1$.

Враховуючи відносну стабільність перерахованих коефіцієнтів, вищезгадані порушення виражають одним коефіцієнтом, який визначається для промислових підприємств виразом:

$$K_{пт} = K_{зн} \cdot K_{нес} \cdot K_{як} = 1,1 \cdot 1,05 \cdot 1,2 = 1,38. \quad (1.2)$$

Тоді технологічні втрати на передачу корисно відпущеної електроенергії визначиться згідно виразу:

$$\Delta E_{пт} = 1,38 \cdot K_{\phi}^2 \cdot \frac{\Delta E_{пт}^2 + W_{пт}^2}{U_{ном}^2 \cdot T} \cdot r_{пт} \cdot l_{пт}, \quad (1.3)$$

де K_{ϕ} – коефіцієнт форми графіку електричного навантаження, що залежить від неперервності графіку:

$$\text{при } K_{нерівн.} = \frac{P_{\min}}{P_{\max}} = 0,8 \dots 0,9 \quad K_{\phi} = 1,01;$$

$$\text{при } K_{нерівн.} = \frac{P_{\min}}{P_{\max}} = 0,6 \dots 0,7 \quad K_{\phi} = 1,03;$$

$E_{пт}$, $W_{пт}$ – загальний корисний відпуск відповідно до активної і реактивної електроенергії, $кВт \cdot год$, $кВАр \cdot год$.

T – тривалість розрахункового періоду, години (доба 24 години);

$r_{пт}$ – питомий активний опір струмоведучих частин, Ом/км;

$l_{пт}$ – протяжність струмоведучих частин, км.

Окрім перерахованих причин значних втрат електроенергії у внутрішньозаводських мережах являються і неоптимальні, неконтрольовані режими роботи як окремих електроприймачів (ЕП), так і їх груп, нераціональна конфігурація схем електропостачання споживачів, незадовільний комерційний облік електроенергії, незадовільний стан матеріальної бази СЕП.

У зв'язку з тим, що заходи із зниження втрат досить дорогі, слід віддавати перевагу (особливо на діючих підприємствах) організаційним заходам, що як

правило, не вимагають значних витрат на їх реалізацію. Це оптимізація завантаження електрообладнання при їх експлуатації, перерозподіл навантаження між цеховими трансформаторами для забезпечення їх оптимального коефіцієнта завантаження, обмеження роботи електрообладнання на х.х., відключення незавантажених цехових трансформаторів з перекладом його навантаження по автоматизованих перемичках нижчої напруги на трансформатор, що залишився в роботі (черговий), скороченням часу (тривалість) ремонтних режимів.

Проте в сучасних умовах знизити втрати електроенергії у внутрішньозаводських мережах можливо тільки істотними вкладеннями в реконструкцію і модернізацію СЕП на усіх її щаблях і в першу чергу впровадженням сучасного електричного обладнання.

У загальній структурі витрат електроенергії на її транспортування і розподіл частина втрат електроенергії в трансформаторах перевищує 20 %.

Принципово новим методом зниження втрат х.х. у трансформаторах являється використання надпровідникових матеріалів. Впровадження високотемпературних надпровідників дає можливість зниження втрат навантажень, зниження маси трансформаторів до 40 %, обмеження струмів к.з., зниження реактивного опору і підвищення в два рази здатності навантаження трансформаторів; це так звані енергозберігаючі трансформатори серії ТМГ-12.

Використання надпровідникових трансформаторів дає можливість удосконалювати СЕП промислових підприємств, знизити вартість електроустановок, істотно підвищити ефективність роботи підприємств.

Втрати х.х. супроводжуються витратами у декілька разів більшими, ніж навантаження і особливо значні у трансформаторів малих потужностей. Відключення незавантажених цехових трансформаторів в години нічних провалів графіку електричних навантажень забезпечує економію електроенергії, визначувану за виразом:

$$\Delta W_T \approx \frac{S_{HT} \cdot t_{відкл} \cdot (5K + 0,5)}{100}, \text{ кВт}, \quad (1.4)$$

Де S_{HT} – відключаюча трансформаторна потужність;

$t_{відкл}$ – час відключення;

K – коефіцієнт, який залежить від числа шаблів трансформації,
 $K = 0,2 \div 0,8$.

Втрати активної потужності в цехових двообвиткових трансформаторах визначають за виразом:

$$\Delta P_T = \Delta P_{X.X.} + K_3^2 \cdot \Delta P_{K.3.} + K_E \frac{S_{H.Tp}}{100} \cdot (i_{X.X.} + K_3^2 \cdot U_{K.3.}), \text{ кВт}, \quad (1.5)$$

де $\Delta P_{X.X.}, \text{ кВт}; \Delta P_{K.3.}, \text{ кВт}; i_{X.X.}, \%; U_{K.3.}, \%; S_{H.Tp}, \text{ кВт}$ – каталожні дані трансформатора;

K_E – економічний еквівалент реактивної потужності, який визначається при двообвитковому силовому трансформаторі за виразом:

$$K_E = \frac{2\Delta Q_{TP} + Q_{CEP}}{U_{НОМ}^2} \cdot r_{(H)} \cdot 10^3 + \text{кВт/МВАр},$$

$$\text{де } \Delta Q_{TP} = \Delta Q_{X.X.} + K_3^2 + \frac{2 + Q_{CEP}}{U_{НОМ}^2} + \Delta Q_{K.3.}.$$

Особливу увагу необхідно приділяти зниженню втрат електроенергії в електричних мережах 0,4-10 кВ, протяжність яких значна (60 % протяжності усіх електромереж країни). На цій напрузі здійснюється електропостачання кінцевої ланки в СЕП промислових підприємств.

Знизити втрати в струмоведучих частинах можливо шляхом зміни топології мережі, переходом на систему глибокого вводу, переобладнанням трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ в цілях зниження протяжності мереж 0,38 кВ; переважним використанням блокових схем і магістральних схем живлення групи цехових трансформаторів, перспективним перекладом внутрішньозаводської мережі на більш високі рівні напруги. Типова сучасна схема внутрішньоцехової мережі 0,4 кВ представлена на рис. 1.1.

Найбільш низького рівня втрат можна досягти за рахунок впровадження самонесучих ізольованих проводів (СІП). Це дасть можливість знизити втрати електроенергії до мінімально можливих значень (у Фінляндії нині більше 80 %

У внутрішньозаводській мережі діючих промислових підприємств найбільші складнощі при розрахунку втрат в елементах систем виникають при оцінці втрат в електродвигунах через відсутність режимної інформації.

Втрати потужності в асинхронних і синхронних двигунах напругою 6-10 кВ визначають за виразом:

$$\Delta P_{ДВ} = P_H \left[K_1 (K_{3(ДВ)}^2 - 1) + 1 \right] \frac{1 - \eta_H}{\eta_H}, \text{ кВт}, \quad (1.7)$$

де P_H , η_H відповідно номінальні значення потужності і ККД двигуна, які приймаються згідно каталожних даних;

$K_{3(ДВ)}$ – середньорічний коефіцієнт завантаження двигуна по активній потужності, $K_{3(ДВ)} = \frac{P_{СГ}}{P_H}$;

K_1 – коефіцієнт розділення втрат двигуна (розділення змінних і постійних втрат в електродвигунах).

У практичних розрахунках значення величини K_1 , визначають, користуючись графіком залежності $K_1 = f(P_H)$, (рис. 1.2.).

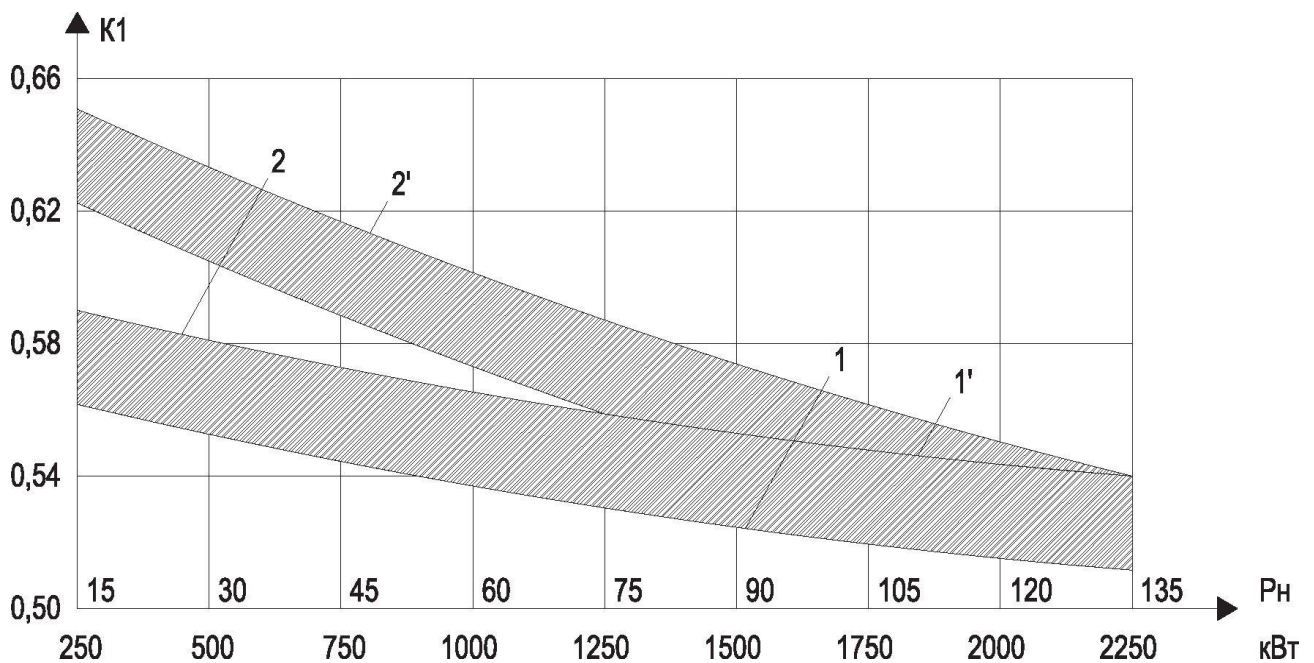


Рисунок 1.2 – Зона заміщення змінної складовою втрат для асинхронних і синхронних двигунів

Аналогічно розраховують втрати активної потужності в електродвигунах напругою до 1 кВ. Проте відсутність метрологічного забезпечення, що не дозволяє оцінити середньорічний коефіцієнт завантаження кожного двигуна, допускає приймати в практичних розрахунках в якості коефіцієнта завантаження усіх низьковольтних двигунів, що живляться від одного трансформатора, - коефіцієнт завантаження цього трансформатора. Тоді втрати активної потужності в i -му двигуні можуть бути визначені згідно виразу:

$$\Delta P_{ДВ} = P_{Hi} \left[K_{1(i)} \left(K_{3(ТР)}^2 - 1 \right) + 1 \right] \frac{1 - \eta_H}{\eta_H}, \text{ кВт}, \quad (1.8)$$

де $K_{1(i)}$ – коефіцієнт розділення втрат, який визначається залежно від номінальної потужності двигуна згідно графіку [2-2', рис. 1.2];

$$K_{3(ТР)} – \text{коефіцієнт завантаження трансформатора, } K_{3(ТР)} = \frac{S_{СГ(ТР)}}{P_{H.ТР}}.$$

Оскільки навантаження в мережі до 1 кВ формується деяким (m) числом двигунів різної встановленої потужності і з різним ККД, то при розрахунках втрат активної потужності в низьковольтних двигунах вводиться поняття еквівалентної середньої номінальної (встановленої) потужності електродвигунів, що живляться від одного трансформатора. Потужність еквівалентного двигуна:

$$P_{H(E)} = \sum_1^m \frac{P_{Hi}}{n_{E\Phi}}, \text{ кВт},$$

де $\sum_1^m P_{Hi}$ – сума номінальних потужностей електродвигунів, що живляться від одного трансформатора;

$n_{E\Phi}$ – приведенне (ефективне) число електродвигунів.

Відповідно до номінальної потужності еквівалентного двигуна визначають його ККД за довідковими даними.

Втрати активної потужності усіх m двигунів, підключених до одного трансформатора, визначають за виразом:

$$\Delta P_{ДВ(ТР)} = \frac{1 - \eta_{H(E)}}{\eta_{H(E)}} \left[K_1 \left(K_{E(ТР)}^2 - 1 \right) + 1 \right] \cdot n_{E\Phi} \cdot P_{H(E)}, \text{ кВт}, \quad (1.9)$$

де K_1 – коефіцієнт розділення втрат, який визначається за графіком (рис. 1.2), для еквівалентного двигуна.

1.3 Обґрунтування реконструкції РП-10 кВ

Силові трансформатори 10/0,4 кВ, що встановлені на заводській електропідстанції ТП-3930 експлуатуються з 1974 р. (30 років).

Остання реконструкція електрогосподарства проводилась в 1975 р.

Автоматичні вимикачі, що забезпечують захист елементів електромережі від короткого замикання експлуатуються 25-30 років.

Частина кабельних ліній 0,4 кВ потрібно замінити новими кабельними лініями у зв'язку з довгим терміном використання.

Багатолітня експлуатація РП-0,4 кВ ТП-3930 і РП-0,4 №2 без реконструкції і поступове збільшення кількості електроприймачів, приєднаних до шин цього РП, перенасичення панелей РП вимикачами поверх проектної кількості (в зв'язку з цим прокладка кабельних ліній здійснена в край стиснених умовах з грубими порушеннями ПУЕ) не відповідає безпечній експлуатації електроустановок.

Автоматичні вимикачі, що встановлені в РП-0,4 кВ № 1 і № 2 експлуатуються біля 30 років. Їх здатність виконати захист електроустановок в цілому, а також відповідність захисних характеристик паспортним даним заводів-виробників цих апаратів, ніким не гарантується.

У зв'язку з довгим терміном експлуатації та відпрацюванням технічного ресурсу трансформаторів, з розширенням виробництва передбачається реконструкція існуючої ТП-3930, з демонтажем існуючих силових трансформаторів 2×630 кВА.

1.4 Висновки до розділу 1

Зниження втрат електроенергії у внутрішньозаводських мережах досягається заходами, які компенсують порушення технології розподілу і споживання електроенергії, які викликають наднормативні втрати.

Критерієм ефективності заходів із зниження втрат електричної енергії є надійне, якісне і економічне електропостачання споживачів.

Враховуючи особливість структури електроспоживання, в якій істотну долю складають технологічні установки (ДСП, зварювання, термообробка) у внутрішньозаводській мережі рекомендується комбінована (поперечна і подовжня) компенсація реактивної потужності КРМ.

Значну долю в загальних втратах електроенергії займають комерційні втрати. Основний напрям зниження комерційних втрат – впровадження автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) з використанням електронних лічильників класу 0,2, що дозволяють робити багатотарифний облік електроенергії, дистанційне зчитування показників, коефіцієнтів, що враховують нормовані показники якості електроенергії і надійність роботи вузлів навантаження.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Визначення електричних навантажень по об'єкту

2.1.1 Розрахунок повного навантаження виробництва

Розрахунок проведемо на прикладі котельної.

Визначення середньої активної та реактивної потужності за найнавантаженішу зміну цеху.

Сумарна потужність електроприймачів котельні складає 241,4 кВт:

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H = 0,3 \cdot 241,4 = 72,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CM} = 72,4 \cdot 0,75 = 54,3 \text{ кВар.}$$

Знаходимо значення m :

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}} = \frac{30}{3} = 10.$$

Визначаємо ефективне число електричних приймачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_H}{P_{H \max}} = \frac{2 \cdot 241,4}{30} = 16.$$

Для визначення розрахункової потужності P_p , знаходимо коефіцієнт максимуму, [3]:

$$K_M = f(n_e; K_B); \quad K_M = 1,09.$$

Знаходимо P_p й Q_p цеху:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM} = 1,09 \cdot 72,4 = 78,9 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_{CM} = 54,3 \text{ кВар.}$$

тому що $n_e > 10$.

Проведемо розрахунок повного навантаження струмоприймачів:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{78,9^2 + 54,3^2} = 95,78 \text{ кВА.}$$

Аналогічно розраховується навантаження для інших цехів заводу і результати зводяться у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантаження споживачів винного заводу

№ п/п	Найменування вузлів і груп електроприймачів (ЕП)	К-сть ЕП	Установлена пот. ЕП, $P_{ном}$, кВт		$m = \frac{P_{д,макс}}{P_{н,мін}}$	K_e	$\cos \varphi / \operatorname{tg} \varphi$	Середнє навантаження за макс. завант. зміну		n_e	Км	Максимальне розрахункове навантаження		
			Одного ЕП max/min	сумарне $\Sigma P_{ном}$				$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, кВар			P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВ·А
1	Цех шампанізації (гол.корп.)	104	22,5/0,37	304	61	0,3	0,9/0,48	91,2	43,8	27	1,07	97,6	43,8	106,98
2	Виноматеріальні цеха	88	22/0,27	385,5	81	0,3	0,9/0,48	115,7	55,5	35	1,06	122,6	55,5	134,58
3	Посудо-гарний цех, склад	13	7/0,5	48,95	14	0,3	0,8/0,75	14,7	11	14	1,12	16,5	11	19,831
4	Компресорна	33	200/0,6	1571	333	0,3	0,9/0,48	471,4	226,3	16	1,09	513,8	226,3	561,43
5	Котельна	23	30/3	241,4	10	0,3	0,8/0,75	72,4	54,3	16	1,09	78,9	54,3	95,779
6	Ремонтно-механічний цех	32	16,2/0,25	118,7	63	0,3	0,75/0,88	35,6	31,3	14	1,15	40,9	31,3	51,502
7	Столярний цех	9	11/0,37	37,07	30	0,3	0,7/1,02	9,3	9,5	7	1,18	11	10,45	15,172
8	Мюзельний цех	10	23/0,11	101,7	219	0,4	0,85/0,62	40,7	25,2	9	1,0	40,7	27,72	49,243
9	Гараж, пральня	10	22/0,6	55,1	37	0,3	0,8/0,75	16,5	12,4	5	1,19	19,6	13,64	23,879
10	Водоспоживання, (навантаження субабонентів)	18	75/1,7	517,1	44	0,3	0,9/0,48	155,1	74,4	14	1,12	173,7	74,4	188,96
11	Адмінкорпус		2,5/0,1	51,1	25	0,8	0,9/0,48	40,9	19,6	41	1,05	42,9	19,6	47,165
12	Освітлення			169,4		0,6	0,85/0,62	101,6				101,64		
	Усього по заводу	344		3601				1165,1	563,3			1260	568	1382

2.1.2 Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Проведемо розрахунок потужності, що витрачається на освітлення:

$$P_{p.o} = P_{num} \cdot F,$$

де $P_{p.o}$ – розрахункове освітлювальне навантаження, кВт;

F – площа приміщення, m^2 .

Приймаємо по [1]:

для освітлення виробничих приміщень:

$$P_{num} = 10 \div 15 \text{ Вт} / m^2 ;$$

для допоміжних виробничих приміщень:

$$P_{num} = 8 \div 10 \text{ Вт} / m^2 ;$$

для складів:

$$P_{num} = 4 \text{ Вт} / m^2 .$$

Визначаємо потужність, яка витрачається на освітлення котельні:

загальна площа приміщення: $F = 510 m^2$,

$$P_{p.o} = 510 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 5,1 \text{ кВт} .$$

Аналогічно розраховуємо потужність, яка витрачається на освітлення інших цехів та виробничих приміщень і результати заносимо у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Потужність освітлення цехів та виробничих приміщень

№ п/п	Найменування приміщень	F, m^2	$P_{p.o}, \text{кВт}$	$P_{num}, \text{Вт}/m^2$
1	Цех шампанізації	3598,5	53,98	15
2	Виноматеріальний цех	4282,85	42,83	10
3	Посудо-тарний цех, склад готової продукції	1452	11,62	8
4	Компресорна	1176,2	11,76	10
5	Котельна	510	5,1	10
6	Ремонтно-механічний цех	955,9	9,56	10
7	Столярний цех	454,8	3,64	8
8	Мюзельний цех	250	2	8
9	Гараж, пральня	881,96	7,06	8
10	Водоспоживання	123	0,98	8
11	Адмінкорпус	635,66	9,53	15
12	Склади	2831,02	11,32	4

Усього по підприємству	17151,89	169,4	
------------------------	----------	-------	--

2.1.3 Визначення повної потужності підприємства

Враховуючи економічно обґрунтовані величини реактивної потужності, яку енергосистема може передавати промисловим підприємствам у період максимуму та мінімуму навантаження енергосистеми $Q_{e1}=0,2 \cdot Q_p$ і $Q_{e2}=0$ розрахункова потужність визначається за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + (0,2 \cdot Q_p)^2} = \sqrt{1260^2 + (0,2 \cdot 568)^2} = 1265 \text{ кВА.}$$

Вибір потужності компенсувальних пристроїв буде розраховано після уточнення потужності трансформаторів.

2.2 Вибір схем електропостачання, місця розташування ТП, кількості і потужності силових трансформаторів

2.2.1 Коротка характеристика джерел живлення

Схема зовнішнього електропостачання підприємства складається з кабельних вводів вищої напруги, комутаційних апаратів, силових трансформаторів та ліній низької напруги.

Так як джерела живлення та потужність, що споживається, знаходяться в межах пропускної здатності ліній 10 кВ, то електроенергія підводиться до розподільчого пункту, який служить для прийому та розподілення електроенергії.

На території заводу розміщена окремо розташована існуюча трансформаторна підстанція потужністю 2×630 кВА міський номер ТП-3930 із відбудованим розподільчим щитом 10 кВ і щитом 0,4 кВ.

Розподільчий щит складається із 8 комірок типу КСО-386 по 4 комірки на кожен секцію, з'єднаних шинним містком. В приміщенні щита 10 кВ є місце для розміщення чотирьох додаткових комірок.

Електропостачання здійснюється двома вводами від ТП-3779, ТП-5066 на I секцію шин і двома вводами від ТП-4270 та РП-146 на II секцію шин (див. графічна частина дипломного проекту).

В ТП-3930 встановлені 2 трансформатори потужністю 630 кВА в окремих камерах від яких виконано живлення 0,4 кВ. Щит встановлено в окремому приміщенні і він складається з 10 панелей типу ЩО-70. Вільного місця для встановлення додаткового щита 0,4 кВ немає.

Електропостачання будівель і споруд заводу виконано кабельними лініями від щита 0,4 кВ ТП-3930.

Для підключення електроспоживачів головного корпусу, цеху готової продукції і виносховища 1, 2, 3 в будівлі виносховища № 2 розміщена електрощитова, яка в свою чергу одержує живлення від щита 0,4 кВ ТП-3930.

Магістральні мережі живлення до будівель і споруд заводу прокладається в землі по території заводу.

У зв'язку з відпрацюванням технічного ресурсу ТП 2×630 кВА і з розширенням виробництва та зростанням навантаження технологічного процесу встановлюється нова КТП.

2.2.2 Побудова картограми навантажень та визначення центру електричних навантажень

Координати умовного центру електричних навантажень визначаємо, виходячи з виразу:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i}$$

де x_0, y_0 – координати електричних навантажень підприємства;

x_i, y_i – координати електричних навантажень i -го цеху;

P_i – розрахункове навантаження i -го цеху.

При побудові картограми враховуємо тільки активні навантаження.

$$P_i = P_p + P_0,$$

де P_0 – розрахункове навантаження внутрішнього освітлення споруд:

$$P_0 = K_c \cdot P_{н.о.},$$

де K_c – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

$P_{н.о.}$ – номінальна напруга освітлювального навантаження, яка дорівнює:

$$P_{н.о.} = P_{н.т.} \cdot F,$$

де $P_{н.т.}$ – питома освітлювальна навантаження, Вт/м²;

F – площа приміщення, м².

$$F = a \cdot b \cdot c \cdot m^2,$$

де a – довжина будинку, м;

b – ширина будинку, м;

c – кількість поверхів;

m – масштаб за генпланом, $m = 1 : 500$.

Радіус кола i -го цеху можна визначити за формулою:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{m' \cdot \pi}},$$

де m' – масштаб площі кола, який вибирається з міркувань наочності картограми, кВт/мм²;

Приймаємо $m' = 0,05$ кВт/мм².

Кут, що обмежує сектор освітлювального навантаження:

$$\alpha = (P_0/P_p) \cdot 360^\circ.$$

Розрахунок центру електричного навантаження виконаємо на прикладі котельні.

Визначаємо повну розрахункову потужність котельної:

$$P_i = P_p + P;$$

$$P_i = 78,9 + 5,1 = 84 \text{ кВт.}$$

Визначаємо радіус кола i -го цеху:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{m' \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{84}{0,05 \cdot 3,14}} = 23,1 \text{ мм.}$$

Кут, що обмежує сектор освітлювального навантаження:

$$\alpha = (P_0/P_p) \cdot 360^\circ = (5,1/80,4) \cdot 360^\circ = 22,3^\circ.$$

Знаходимо відстані відносно осей, побудованих на генплані:

Для котельної – $x_1 = 157$ м; $y_1 = 22,5$ м.

Для інших корпусів – дані наведені у табл. 2.3.

Тоді координати умовного центра електричного навантаження:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i} = 577 \text{ м};$$

$$y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i} = 48 \text{ м}.$$

Результати розрахунку зведені у табл. 2.3.

Центр графічних навантажень по заводу:

$$x_0 = 575 \text{ м}; \quad y_0 = 152 \text{ м}.$$

Картограма навантаження приведена на листі 1 графічної частини.

Таблиця 2.3 – Розрахунок центрів електричних навантажень цехів

Найменування приміщень	P_0 , кВт	P_p , кВт	α_0	P_i , кВт	R_i , мм	y_0 , мм	x_0 , мм
Цех шампанізації (гол.корп.)	53.98	97.6	149.1	151.58	31,3	53	427
Виноматеріальні цеха	42.83	122.6	125.8	165.43	32,4	120	582
Посудо-тарнрий цех, склад	11.62	16.5	203.5	28.12	13,4	160	411
Компресорна	11.76	513.8	8.2	525.56	57,9	196	539
Котельна	5.1	78.9	23.3	84	23,1	48	577
Ремонтно-механічний цех	9.56	40.9	84.1	50.46	18	259	599
Столярний цех	3.64	11	119.1	14.64	9,7	317	577
Мюзельний цех	2	40.7	17.7	42.7	16,5	402	494
Гараж, пральня	7.06	19.6	129.7	26.66	13	77	740
Водоспоживання	0.98	173.7	3	174.68	33,4	150	231
Адмін. корпус	9.53	42.9	80	52.43	18,4	34	250

2.2.3 Уточнення місця розташування ТП

Трансформаторна підстанція встановлюється ближче до центру електричного навантаження таким чином, щоб вона не заважала технологічному процесу.

Трансформаторну підстанцію КТП-0,4 кВ розташовуємо в існуючій споруді поблизу ТП-3930, в виробничому корпусі, що приближує її до електроприймачів.

Вбудована підстанція знаходиться в середині цеху біля його зовнішньої стіни; не має перепон з точки зору архітектурного оформлення цеху або забезпечення необхідних проїздів.

Монтаж та обслуговування здійснюється через зовнішні ворота підстанції.

2.2.4 Визначення кількості і потужності силових трансформаторів

При виборі потужності трансформаторів слід виходити з раціонального їх навантаження при нормальному режимі роботи.

Значення коефіцієнта навантаження визначається виходячи з можливості подальшого резервування при виході з роботи одного трансформатора з урахуванням допустимого перевантаження трансформатора, що залишився в роботі.

Враховуючи допустиме перенавантаження трансформатора розраховуємо номінальну потужність за формулою:

$$S_{\text{ном.т.розр}} = \frac{S_p}{1,4};$$

$$S_{\text{ном.т.розр}} = \frac{1265}{1,4} = 904 \text{ кВА},$$

де 1,4 – коефіцієнт, який враховує допустиме перенавантаження трансформатора.

Кількість трансформаторів на КТП:

$$n_{\text{т}} = 2.$$

Обираємо трансформатор з номінальною потужністю найближчою більшою з стандартного ряду номінальних потужностей:

$$S_{\text{ном.т}} = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А} \approx S_{\text{ном.т.розр}} = 904 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

2×ТМЗ-1000/10/0,4.

Коефіцієнт завантаження трансформаторів на КТП:

$$\beta_{\text{т}} = \frac{S_p}{S_{\Sigma\text{ном.тт}}} = \frac{1265}{2000} = 0,633,$$

де $S_{\Sigma\text{ном.т}} = S_{\text{ном.т}} \cdot n_{\text{т}} = 1000 \cdot 2 = 2000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$.

Рекомендується (до збільшення навантаження по заводу) один силовий трансформатор тримати в технічному резерві. Тоді коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_3 \leq \frac{S_p}{S_{\text{ном.т}}};$$

$$K_3 \leq \frac{1265}{1000} \leq 1,27,$$

що допускається конструктивними даними трансформатора.

Інших варіантів вибору трансформаторів бути не може.

2.2.5 Уточнення схеми електропостачання заводу

В існуючій споруді поблизу ТП-3930 проектується нова КТП-10/0,4 кВ з двома трансформаторами потужністю 1000 кВА (із комплектних шаф ШНВ, ШНС, ШНЛ та панелей ЩО-90).

РП-10 кВ існуючої ПТ-3930 реконструюється по схемі виносних трансформаторів, з додатковим встановленням двох камер КСО.

Реконструюється і РП-0,4 кВ з метою максимального збереження зовнішнього кабельного господарства заводу і недопущення повного розриту території діючого підприємства.

Панелі щита низької напруги залишено існуючими (з необхідною калібровкою існуючих захисних апаратів, заміною і встановленням нових).

Живлення від даного щита залишено лише по тих фідерах, що значно “збережуть” існуюче (діюче) кабельне господарство заводу і виключать необхідність земляних робіт на значній частині території.

Таким чином, щоб розвантажити частину приєднань встановлюємо три кабельні збірки (ЗК-5) зовнішнього виконання настінно, на існуючих кабелях, поблизу їх існуючого вводу в РП-0,4 кВт № 2, яке в свою чергу ліквідується через “старіння” будівлі.

Кабельні збірки живляться від нової підстанції (панелі ЩО-90) через щит старого ТП-3930.

Підключення збірок виконати існуючими кабелями прокладеними в траншеї від РП-0,4 кВ № 1 шляхом перезаводки по два кабелі на кожну збірку (без їх розрізання).

Залишається також живлення гаража, щит навісу механічного цеху і зовнішнє освітлення.

В котельні (на шляху живлення існуючих щитів) встановити ящик з двома перекидними рубильниками, що живиться від кабельної збірки ЗК-5 № 1.

Всі інші фідери “старого” РП-0,4 кВ ТП-3930 переключити на РП-0,4 кВ нового КТП. Щит підключається до щита КТП (панелі ЩО-90) і навантаження переходить в навантаження нового щита.

2.3 Визначення необхідної потужності компенсуючих пристроїв

Оптимальне значення реактивної потужності, яку доцільно передати через трансформатори ТП [1]:

$$Q_T = \sqrt{(n_T \cdot S_{ном.т} \cdot \beta) - (P_P)^2} ;$$

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 1000 \cdot 0,633)^2 - (1260)^2} = 123 \text{ кВАр},$$

де $S_{ном.т} = 1000$ кВА – потужність одного трансформатора на трансформаторній підстанції;

$n_T = 2$ шт – кількість трансформаторів на ТП;

β – коефіцієнт завантаження цехових трансформаторів;

P_p – розрахункова потужність електроприймачів.

Сумарна потужність низьковольтної батареї конденсаторів НБК для даної групи трансформаторів:

$$Q_{нк1} = Q_p - Q_T ;$$

$$Q_{нк1} = 568 - 123 = 445 \text{ кВАр.}$$

Додаткова сумарна потужність НБК для даної групи трансформаторів:

$$Q_{нк2} = Q_p - Q_{нк1} - \gamma \cdot n_T \cdot S_T ,$$

де γ – розрахунковий коефіцієнт:

$$\gamma = \frac{K_1}{30} = \frac{11}{30} = 0,36 ,$$

K_1 – коефіцієнт, що враховує кількість змін роботи підприємства [1].

$$Q_{нк2} = 568 - 445 - 0,36 \cdot 2 \cdot 1000 = -597 \text{ кВАр.}$$

Якщо $Q_{нк2} < 0$, то приймаємо $Q_{нк2} = 0$.

Сумарна розрахункова потужність НБК

$$Q_{нк} = Q_{нк1} + Q_{нк2} ;$$

$$Q_{нк} = 455 + 0 = 455 \text{ кВАр.}$$

Вибираємо дві конденсаторні установки типу УКМ-0,4-225-37,5 УЗ.

Номинальна потужність 225 кВАр; номинальна потужність ступеня регулювання – 37,5 кВАр.

Конденсаторні установки встановлюємо на новій КТП .

2.4 Розрахунок струмів короткого замикання

2.4.1 Розрахунок струмів короткого замикання на шинах ВН ТП

Можливі 4 варіанта живлення заводу. Із листа 2 виберемо окремі варіанти кожної лінії електроспоживання від міської мережі та наведемо їх принципові схеми підключення.

Струми короткого замикання розраховуємо для чотирьох варіантів.

Розрахунок струмів короткого замикання ведемо для I-ї лінії електроспоживання для т. К₁. Аналогічно приводимо розрахунок для інших точок і результати заносимо в табл. 2.4.

Завод, що проектується отримує електроенергію від системи. За базову потужність для розрахунку струму короткого замикання приймаємо потужність:

$$S_{\bar{o}} = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А};$$

потужність короткого замикання на шинах джерела живлення:

$$S_{ск} = S_c'' = S_{c\infty} = 88,8 \text{ МВ} \cdot \text{А},$$

реактивний опір:

$$X_{\bar{o}c} = S_{\bar{o}} / S_{ск};$$

$$X_{\bar{o}c} = 100 / 88,8 = 1,13.$$

Номинальна напруга:

$$U_H = 10 \text{ кВ}.$$

Опори елементів схеми заміщення кабельної лінії для т.К₁:

- реактивний опір:

$$X_{л} = X_0 \cdot l = 0,081 \cdot 8,74 = 0,708,$$

де X_0 – погонний опір лінії, $X_0 = 0,081 \text{ Ом}$;

l – сумарна довжина кабельної лінії, км,

приведений до базисного:

$$X_{\bar{o}л} = \frac{X_{\bar{o}л} \cdot S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}}^2} = \frac{0,708 \cdot 100}{10^2} = 0,708,$$

- активний опір:

$$r_{л} = r_0 \cdot l = 0,271 \cdot 8,74 = 2,369,$$

де r_0 – погонний активний опір лінії, $r_0 = 0,271 \text{ Ом}$,

l – сумарна довжина кабельної лінії, км,

приведений до базисного:

$$r_{\bar{o}л} = \frac{r_{\bar{o}л} \cdot S_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}}^2} = \frac{2,369 \cdot 100}{10^2} = 2,369,$$

результуючий опір до точки короткого замикання:

$$X_p = \sum X;$$

$$X_p = \sum X = 1,84,$$

повний опір:

$$Z_p = \sqrt{r_{\text{ол}}^2 + X_p^2};$$

$$Z_p = \sqrt{1,615^2 + 1,84^2} = 1,669.$$

Потужність короткого замикання:

$$S_p = \frac{S_{\text{б}}}{X_p};$$

$$S_K = \frac{100}{1,84} = 54,3.$$

Періодична складова струму короткого замикання, кА:

$$I = I_{0,0} = I_K = \frac{S_K}{U_n \cdot \sqrt{3}};$$

$$I = I_{0,0} = I_K = \frac{54,3}{10 \cdot \sqrt{3}} = 3,14 \text{ кА.}$$

Амплітуда ударного струму короткого замикання:

$$i_{y\partial} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K,$$

де $K_y = 1,8$ – ударний коефіцієнт [1],

$$i_{y\partial} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,14 = 8 \text{ кА.}$$

Розрахунок теплового імпульсу при короткому замиканні, $\text{А}^2 \cdot \text{с}$:

$$B_K = I_{0,0}^2 \cdot t,$$

де t – час дії струму короткого замикання, що дорівнює сумі часу спрацювання релейного захисту та часу спрацювання вимикача:

$$t = 0,05 + 0,3 = 0,35 \text{ с.};$$

$$B_K = 3,14^2 \cdot 0,35 = 3,45 \text{ А}^2 \cdot \text{с.}$$

Аналогічно розраховуємо струми короткого замикання для інших трьох ліній електроживлення і розрахунок приводимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку струмів короткого замикання

Найменування	Одиниці виміру	Числові значення в точках:															
		Лінія Л-1			Лінія Л-2				Лінія Л-3			Лінія Л-4					
		Куренівська п/ст. - К _{п/ст}	К _{рп} - (РП-18)	К ₁ - (ТП-3930)	Кабельна п/ст	К _{рп} - (РП-146)	К _{тп} - (ТП-3930)	К ₁ - (ТП-5287)	Куренівська п/ст. - К _{п/ст}	К _{рп} - (РП-361)	К _{тп} - (ТП-3930)	К ₁ - (ТП-4061)	Приорска п/ст	К _{рп} - (РП-111)	К _{тп} - (ТП-3930)	К ₁ - (ТП-1162)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Номінальна напруга	кВ	10,2	10,0	10,0	10,2	10,0	10,0	10,0	10,2	10,0	10,0	10,0	10,2	10,0	10,0	10,0	
Потужність к.з. на шинах джерела живлення	МВА		277	88,8		285	272,5	188,8		277	239	199,5		179	125	98	
Базисна потужність	МВА	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
Реактивний опір, X_{bc}	в.о.		0,361	1,13		0,358		0,53	0,361	0,361		0,509		0,560	0,8	1,02	

Продовження таблиці 2.4

Лінія		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
		на 1 км, X	Ом			0,077	0,081		0,077	0,081	0,082		0,080	0,081	0,083		0,075	0,081	0,081
Результуючий опір до місця к.з.		реактивний опір	на l км, X_l	Ом		0,765	0,708		0,173	0,273	0,536		0,142	0,284	0,527	0,308	0,446	0,539	
		приведений до базисного	В.О.		0765	0,708		0,173	0,273	0,536		0,142	0,284	0,527	0,308	0,446	0,539		
		активний опір	на 1 км, r	Ом		0162	0,271		0,168	0,206	0,273		0,248	0,239	0,231	0,130	0,153	0,316	
		на l км, r_l	Ом		1,615	2,369		0,375	0,693	1,781		0,44	0,838	1,473	0,534	0,843	2,107		
		приведений до базисного	В.О.		1,615	2,369		0,375	0,693	1,781		0,44	0,838	1,473	0,534	0,843	2,107		
		активний	Ом		1,615	2,369		0,375	0,693	1,781		0,44	0,838	1,473	0,534	0,843	2,107		
	реактивний, X_P	Ом		1,126	1,84		0,531	0,64	1,07		0,503	0,702	1,036	0,868	1,246	1,559			
	повний	В.О		1,969	3,00		0,650	0,982	2,14		0,669	1,09	1,80	1,504	2,621				

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Потужність короткого замикання	МВА	277	88,8	54,3	285	188,8	156,2	93,5	277	199,5	142,5	96,5	179	98,0	80,3	38,2
Періодична складова струму к.з.	кА	15,99	5,13	3,14	16,1	11,3	9,02	5,1	15,9	11,5	8,23	5,57	10,1	5,66	4,64	2,21
Ударний коефіцієнт	-	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Амплітуда ударного струму к.з.	-	40,7	13,1	8,0	41,0	28,8	23	13,8	40,7	29,0	25,8	14,2	25,8	14,4	11,8	5,63
Тепловий імпульс	A ² ·с	89,5	9,21	3,45	90,9	44,5	28,5	9,1	89,5	46,5	23,7	10,85	36	11,2	7,5	1,7

2.4.2 Розрахунок струмів короткого замикання на шинах НН ТП (точка К2)

Орієнтуючись на більш тяжкий випадок струмів короткого замикання високої сторони розраховуємо струми короткого замикання на стороні 0,4 кВ.

Складаємо схему заміщення для даної схеми для напруги 0,4 кВ.

Розрахунок проводимо в відносних одиницях для II-ї лінії електроспоживання від РП-146.

Приймаємо базову потужність для розрахунку струму к.з.:

$$S_b = 100 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Опори кабельних ліній схеми заміщення, що йдуть від джерела живлення до ТП в приведених одиницях (див табл. 2.4):

$$r_{л1}^* = 0,693, \quad x_{л1}^* = 0,64, \quad z_{л1} = 0,982;$$

Опори елементів схеми заміщення кабельної лінії що живлять ТП: реактивний опір:

$$x_{л} = x_0 \cdot l;$$

$$x_{л} = 0,081 \cdot 0,085 = 0,007 \text{ Ом} \cdot \text{км},$$

де x_0 – погонний опір лінії, $x_0 = 0,081 \text{ Ом [1]}$;

l – довжина кабельної лінії, км.

Приведемо до базисного:

$$x_{бл} = \frac{x_{л} \cdot S_b}{U_b^2};$$

$$x_{бл} = \frac{0,007 \cdot 100}{0,4^2} = 4,375,$$

- активний опір:

$$r_{л} = r_0 \cdot l;$$

$$r_{л} = 0,153 \cdot 0,085 = 0,013 \text{ Ом} \cdot \text{км},$$

де r_0 – погонний активний опір лінії, $r_0 = 0,153 \text{ Ом, [1]}$;

l – довжина кабельної лінії, км.

Приведемо до базисного:

$$r_{\delta Л} = \frac{r_{Л} \cdot S_{\delta}}{U_{\delta}^2};$$

$$r_{\delta Л} = \frac{0,013 \cdot 100}{0,4^2} = 8,125.$$

- повний опір:

$$z_{Л2} = \sqrt{r_{Л}^2 + x_{Л}^2};$$

$$z_{Л2} = \sqrt{4,375^2 + 8,125^2} = 9,228.$$

Сумарний розрахунковий опір лінії:

$$x_{\Sigma} = z_{кл1} + z_{кл2};$$

$$x_{\Sigma} = 0,982 + 9,228 = 10,21.$$

Опір трансформаторів:

$$x_T = \left(\frac{U_k \%}{100} \right) \cdot \left(\frac{S_{\delta}}{S_{ном.Т}} \right) = \left(\frac{5,3}{100} \right) \cdot \left(\frac{100}{1000} \right) = 0,0053,$$

де $U_k\%$ – напруга короткого замикання трансформатора (за паспортними даними $U_k=5,32\%$);

$S_{ном.т.}$ – номінальна потужність трансформатора.

Розрахунковий опір до точки короткого замикання:

$$x_P = x_{\Sigma} + x_T;$$

$$x_P = 10,21 + 0,0053 = 10,215.$$

Потужність короткого замикання:

$$S_K = \frac{S_{\delta}}{x_P};$$

$$S_K = \frac{100}{10,215} = 9,79.$$

Періодична складова струму короткого замикання, кА:

$$I = I_{0.0} = I_K = \frac{S_K}{U_n \cdot \sqrt{3}};$$

$$I = I_{0.0} = I_K = \frac{9,76}{0,4 \cdot \sqrt{3}} = 14,1 \text{ кА.}$$

Амплітуда ударного струму короткого замикання:

$$i_{y\partial} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K,$$

де $K_y = 1,4$ – ударний коефіцієнт [1],

$$i_{y\partial} = 1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 14,1 = 28 \text{ кА.}$$

Розрахунок теплового імпульсу при короткому замиканні, $A^2 \cdot c$:

$$B_K = I_{0,0}^2 \cdot t,$$

де t – час дії струму короткого замикання, що дорівнює сумі часу спрацювання релейного захисту та часу спрацювання вимикача:

$$t = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ с;}$$

$$B_K = 14,1^2 \cdot 0,15 = 30 \text{ A}^2 \cdot \text{с.}$$

2.5 Висновки до розділу 2

В даному розділі розраховано електричні навантаження підприємства, відповідно до яких проведено вибір та перевірка струмоведучих частин (кабелі, провода та шини), силові трансформатори.

Також, відповідно до розрахованих електричних навантажень розраховано втрати, коливання і відхилень напруги мережі, а також здійснено вибір пристроїв релейного захисту та автоматики, кіл сигналізації, та пристроїв компенсації реактивної потужності.

Виходячи з раціонального навантаження при нормальному режимі роботи проведено вибір потужності силових трансформаторів. Для полегшення роботи щодо розміщення підстанції на генеральний план підприємства, нанесено картограму навантажень.

Здійснено розрахунок та вибір пристроїв компенсації реактивної потужності, що є одним з основних етапів зменшення витрат електроенергії, а також підвищення ефективності функціонування електричних установок.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір обладнання для реконструйованої частини системи електропостачання

3.1.1 Вибір обладнання для сторони вищої напруги

Перевірка обладнання сторони ВН живильних підстанцій.

Камера 10 кВ, шафного виконання типу КСО-366-3НУЗ, $I_H = 630$ А з вимикачами навантаження ВНз-16 – 4 шт.

Перевіримо можливість використання вимикачів навантаження живильних підстанцій від кабельних ліній. Складаємо таблицю порівняння розрахункових даних з допустимими, табл. 3.1.

Номінальна напруга вимикача– 10 кВ.

Номінальний струм вимикача – 400 А

Розрахунковий струм:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H};$$

$$I_P = \frac{1265}{\sqrt{3} \cdot 10} = 73 \text{ А.}$$

Таблиця 3.1 – Порівняння розрахункових даних з допустимими вимикача навантаження ВНз-16

Розрахункові дані від				Допустимі значення
РП-146	ТП-4270	ТП-3779	ТП-5066	
$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ	$U_{уст} = 10$ кВ
$I_{р.ф.} = 73$ А	$I_{р.ф.} = 73$ А	$I_{р.ф.} = 73$ А	$I_{р.ф.} = 73$ А	$I_{д.н.} = 400$ А
$I_{к.з.} = 9,02$ кА	$I_{к.з.} = 3,14$ кА	$I_{к.з.} = 8,23$ кА	$I_{к.з.} = 4,64$ кА	$I_{д.ст.} = 30$ кА
$B = 28,5$ кА ² с	$B = 3,45$ кА ² с	$B = 23,7$ кА ² с	$B = 7,54$ кА ² с	$I^2_{\tau} \cdot \tau = 250$ кА ² с

Розрахунковий фактичний струм до трансформатора:

$$I_{P.Ф} = \frac{S_{H.ТР}}{\sqrt{3} \cdot U_H};$$

$$I_{p.\phi} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ A.}$$

Камера 10 кВ, шафного виконання типу $KCO-366-4HY3, I_H = 630 \text{ A}$ з вимикачами навантаження $VHP-10/630-20 - 2$ шт (табл 3.2) і запобіжниками ПКЗ-10/100/100-12,5УЗ (табл 3.3).

Таблиця 3.2 – Порівняння розрахункових даних з допустимими вимикача навантаження $VHP-10/630-20$

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$
$I_{p.\phi} = 57,7 \text{ A}$	$I_{д.н.} = 630 \text{ A}$
$I_{к.з.} = 9,02 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 20 \text{ кА}$
$B = 28,5 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\tau}^2 \cdot \tau = 100 \text{ кА}^2\text{с}$

Таблиця 3.3 – Порівняння розрахункових даних з допустимими запобіжника $ПКЗ-10/100/100-12,5УЗ$

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_{ан} = 10 \text{ кВ}$	$U_{мер} = 10 \text{ кВ}$
$I_{p.\phi} = 57,7 \text{ A}$	$I_{н.плавк.вст.} = 100 \text{ A}$

Таблиця 3.4 – Порівняння розрахункових даних з допустимими роз'єднувача типу $PB3 10/400-IIIУЗ$

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$
$I_{p.\phi} = 73 \text{ A}$	$I_H = 400 \text{ A}$
$I_{к.з.} = 9,02 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 41 \text{ кА}$
$B = 28,5 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\tau}^2 \cdot \tau = 3721 \text{ кА}^2\text{с}$

Вибір та перевірка кабельних ліній 10 кВ

Для нормальної передачі електроенергії необхідно правильно вибрати переріз кабелів.

Кабельні лінії повинні забезпечувати постачання приймачів електроенергією, забезпечувати необхідну пропускну здатність, мати температуру в допустимих границях.

Можливі варіанти живлення заводу здійснюються 4 кабельними лініями 10 кВ, табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Можливі варіанти живлення заводу кабельними лініями

Живлення від:	марка кабелю
РП-146	<i>ААБ</i> –10 – 3×120
ТП-4270	<i>ААБ</i> –10 – 3×95
ТП-3779	<i>АСБ</i> –10 – 3×120
ТП-5066	<i>ААБ</i> –10 – 3×120

Перевірку приводимо для кабельної лінії з найменшим перерізом.

Нормальний розрахунковий струм:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H};$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{1265}{\sqrt{3} \cdot 10} = 73 \text{ А.}$$

Максимальний розрахунковий струм, А:

$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot I_{\text{норм}};$$

$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot 73 = 146 \text{ А.}$$

Економічно вигідний переріз, мм²:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{j_{\text{ек}}},$$

де $j_{\text{ек}}$ – економічна густина струму кабельних ліній [1].

$$S_{\text{ек}} = \frac{73}{1,2} = 61 \text{ мм}^2.$$

По економічно вигідному перерізу вибираємо стандартний переріз КЛ [2]:

$$S_{\text{ст}} \geq S_{\text{ек}};$$

$$S_{\text{ст}} = 70 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 61 \text{ мм}^2.$$

Живлення виконується кабелем більшого перерізу $S = 95 \text{ мм}^2$.

Перевіряємо даний кабель за умовою допустимого нагріву [1]:

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{мах}}.$$

Допустиме тривале струмове навантаження на кабель, А:

$$I_{\text{доп}} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{\text{н.д.}};$$

$$I_{\text{доп}} = 0,9 \cdot 1 \cdot 200 = 180 \text{ А},$$

де $I_{\text{н.д.}}$ – допустиме тривале струмове навантаження на кабель при нормальних умовах прокладки [1],

K_1 – поправочний коефіцієнт на температуру оточуючого середовища [6],

K_2 – поправочний коефіцієнт на число прокладених у траншеї кабелів [6].

Так як

$$I_{\text{доп}} = 180 \text{ А} > I_{\text{мах}} = 176 \text{ А},$$

то вибраний переріз кабелю, що задовільняє умові нормального теплового режиму.

Перевірка кабелю на термічну стійкість:

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_K}}{C};$$

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{28,4 \cdot 10^6}}{90} = 59 \text{ мм}^2,$$

де C – нормативний коефіцієнт; для алюмінію $C = 90$ [1].

Умова термічної стійкості виконується:

$$S_{\text{min}} \leq S_{\text{ст}};$$

$$59 \text{ мм}^2 < 95 \text{ мм}^2.$$

Вибір кабелів від ГПП до ТП

Вибираємо кабельну лінію 10 кВ прокладену в траншеї до трансформаторів.

Визначаємо струми нормального та максимального режимів, А:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}};$$

$$I_{норм} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ А};$$

$$I_{max} = \frac{1,4 \cdot S_{н.тр}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}};$$

$$I_{max} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 81 \text{ А.}$$

Економічно вигідний переріз:

$$S_{ек} = \frac{I_{max}}{j_{ек}} \text{ мм}^2;$$

$$S_{ек} = \frac{81}{1,2} = 68 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо стандартний переріз кабельної лінії:

$$S_{ст} \geq S_{ек};$$

$$S_{ст} = 70 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 68 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо попередньо два кабелі типу ААБ-10-3×70.

Перевіряємо вибраний кабель за умовою допустимого нагріву.

$$I_{н.д.} = 165 \text{ А.}$$

Допустиме тривале струмове навантаження на кабель, А:

$$I_{дон} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 165 = 134 \text{ А};$$

$$I_{дон} = 134 \text{ А} > I_{max} = 81 \text{ А.}$$

Вибраний переріз кабелю задовільняє умові нормального теплового режиму.

Перевірка кабелю на термічну стійкість:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{48,4 \cdot 10^6}}{90} = 77 \text{ мм}^2.$$

Умова термічної стійкості $S_{min} \leq S_{ст}$ не виконується:

$$77 \text{ мм}^2 > 70 \text{ мм}^2.$$

Отже вибираємо кабель на порядок вище типу ААБ-10-3×95, $I_{дон} = 205 \text{ А}$.

Вибір трансформаторів струму

Для встановлення на кабельних лініях 10 кВ, що відходять до трансформаторів, приймаємо трансформатор струму типу ТПЛ – 10 [2] з $I_{ном} = 75$ А, клас точності 0,5, номінальне навантаження вторинної обмотки $Z_{2н} = 0,4$ Ом.

Вважаємо, що:

$$I_p = I_{ном} = \frac{S_{ном.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}};$$

$$I_p = I_{ном} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ А.}$$

Вибираємо ТПЛ 10-75/5.

$$U_m = 10 \text{ кВ} = U_n = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{ном} = 75 \text{ А} > I_{ном} = 57,7 \text{ А};$$

$$I_\tau^2 \cdot \tau = 135 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B = 28,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Одна із умов роботи, при виконанні якої забезпечується вибраний для даного трансформатора струму клас точності його роботи, якщо $(I_1 / I_{ном}) \cdot 100\%$ знаходиться у діапазоні 100 - 120% .

Вважаємо, що:

$$I_1 = I_{макс} = 1,4 \cdot I_{ном};$$

$$I_1 = I_{макс} = 1,4 \cdot 57,7 = 81 \text{ А.}$$

В результаті:

$$\frac{I_1}{I_{ном}} \cdot 100\% = \frac{81}{75} \cdot 100\% = 108\% \approx 100 - 120\% .$$

Отже трансформатор струму в максимальному режимі працюватиме з завантаженням на 8% більшим від номінального, що допускається і відповідає умові його роботи у заданому класі точності.

Для того, щоб підключені прилади працювали в заданому класу точності необхідно щоб вторинне сумарне навантаження від приладів не перевищувало номінального навантаження вторинної обмотки трансформатора струму.

Таблиця 3.6 – Вторинне навантаження приладів

Назва приладів	Навантаження	
	Фаза А	Фаза С
Амперметр–378	0.02	-
Навантаження всіх приладів, $Z_{\Sigma np}$	0.02	-

Виходячи з умови допустимого навантаження на трансформатор струму, для його роботи в необхідному класу точності:

$$Z_{2н} \geq Z_{2р} = Z_K + Z_{\Sigma np} + Z_{\Pi},$$

При кількості приладів, що приєднані до вторинної обмотки трансформатора струму, менше трох приймаємо $Z_K = 0,05$ Ом.

З табл. 3.6 $Z_{\Sigma np} = 0,02$ Ом.

Прийнявши $Z_{2к} = Z_{2р}$ а $Z_{\Pi} \approx r_{\Pi}$, визначимо максимальне значення опору $r_{\Pi}(Z_{\Pi})$ при роботі трансформатора струму у заданому класі точності, Ом:

$$r_{\Pi} = Z_{2н} - Z_{\Sigma np} - Z_K = 0,4 - 0,02 - 0,05 = 0,33 \text{ Ом.}$$

Найменший переріз проводів, що задовольняє умову роботи трансформатора струму у необхідному класі точності:

$$S = \rho \cdot \frac{l_p}{r_{\Pi}};$$

$$S = 0,028 \cdot \frac{15}{0,33} = 1,3 \text{ мм}^2,$$

де ρ – питомий опір проводу, Ом·мм²/м, для алюмінію $\rho = 0,028$ Ом·мм²/м;

l_p – розрахункова довжина проводу, м.

За ПУЕ, виходячи з вимог механічної стійкості (міцності) контрольних кабелів, якими з'єднуються вимірювальні прилади, переріз алюмінієвих проводів S має бути не меншим від 2,5 мм², тобто $S_{CT}^{min} = 2,5$ мм².

В результаті вибираємо контрольний кабель типу АКВРГ-10 з $S_{CT} = 2,5$ мм², що задовольняє умову механічної стійкості.

Визначимо дійсне навантаження трансформатора струму:

$$Z_{2р} = Z_K + Z_{\Sigma np} + r_{\Pi};$$

$$Z_{2p} = Z_K + Z_{\Sigma np} + r_{II} = 0,1 + 0,02 + 0,168 = 0,288 \text{ Ом},$$

де r_{II} – дійсне значення опору проводів, що з'єднують трансформатори струму з приладами:

$$r_{II} = \rho \cdot \frac{l_p}{S_{CT}};$$

$$r_{II} = 0,028 \cdot \frac{15}{2,5} = 0,168 \text{ Ом}$$

Отже:

$$Z_{2н} = 0,4 \text{ Ом} > Z_{2p} = 0,288 \text{ Ом}.$$

Трансформатори струму типу ТПЛ - 10 на кабельних лініях 10 кВ, що відходять від РП, з підключеними до них приладами будуть працювати у заданому класі точності.

3.1.2 Вибір обладнання для сторони нижчої напруги

Вибір шаф низької напруги

В приміщенні КТП-2×1000 кВА встановлюємо таке обладнання:

- ввідні шафи низької напруги типу ШНВ-3У3 та лінійний - ШНЛ-7У3;
- секційна шафа низької напруги типу ШНС-2У3;
- щит із панелей ЩО-90, які з'єднані від шаф низької напруги шинними мостами АДЗІТ-2 (10×100). Прокладка виконана на зварних конструкціях по опорних ізоляторах ИО-1-2,5ОУ (15 шт);
- панелі щита ЩО-94 – 2 шт., для підключення субабонентів.

Встановити ящики обліку електроенергії з лічильниками Євро-Альфа, які переносяться із ТП-3930.

Панелі щита низької напруги ТП-3930 типу ЩО70-2 залишено існуючими з деякими змінами існуючих захисних апаратів і встановленням нових.

Вибір комутаційного обладнання

На низькій стороні проектованої системи електропостачання заводу вибираємо рубильники, автоматичні вимикачі, за допомогою яких відбувається

комутування мережі та захист її від струмів короткого замикання; запобіжники – захист від струмів короткого замикання.

Визначаємо струми нормального та максимального режимів на стороні низької напруги від трансформатора, А:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}};$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443 \text{ А};$$

$$I_{\text{Р.мах}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}};$$

$$I_{\text{Р.мах}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2021 \text{ А}.$$

Таблиця 3.7 – Порівняння розрахункових даних з допустимими вимикача вводу низької напруги Э-25С-УЗ

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_{\text{н}} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{авт}} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{\text{р.ф.}} = 2021 \text{ А}$	$I_{\text{ном.}} = 2500 \text{ А}$
$I_{\text{к.з.}} = 14,1 \text{ кА}$	$I_{\text{д.ст.}} = 50 \text{ кА}$
$B = 30 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\tau}^2 \cdot \tau = 300 \text{ кА}^2\text{с}$

Вимикач шафи ШНЛ ВА–5541 (табл.3.8), $P_p = 60 \text{ кВт}$, $I_p = 87 \text{ А}$.

Секційний рубильник щита ЩО–90 РЕ–1946, $P_p = 820 \text{ кВт}$, $I_p = 1184 \text{ А}$.

Секційний рубильник щита ТП–3930 РБ–2000 – існуючий, (табл. 3.10).
 $P_p = 320 \text{ кВт}$, $I_p = 462 \text{ А}$.

Таблиця 3.8 – Порівняння розрахункових даних з допустимими вимикача шафи ШНЛ ВА–5541

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_{\text{н}} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{\text{авт}} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{\text{р.ф.}} = 87 \text{ А}$	$I_{\text{ном.}} = 1000 \text{ А}$
$I_{\text{к.з.}} = 14,1 \text{ кА}$	$I_{\text{д.ст.}} = 40 \text{ кА}$
$B = 30 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\tau}^2 \cdot \tau = 441 \text{ кА}^2\text{с}$

Таблиця 3.9 – Порівняння розрахункових даних з допустимими секційного рубильник щита *ЩО – 90 РЕ – 1946*

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_{н.мер.} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_n = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{р.ф.} = 1184 \text{ А}$	$I_{ном.} = 1600 \text{ А}$
$I_{к.з.} = 14,1 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 100 \text{ кА}$
$B = 30 \text{ кА}^2\text{с}$	$I^2_{\tau} \cdot \tau = 3200 \text{ кА}^2\text{с}$

Таблиця 3.10 – Порівняння розрахункових даних з допустимими секційного рубильник щита *ТП – 3930 РБ – 2000*

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_{н.мер.} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_n = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{р.ф.} = 462 \text{ А}$	$I_{ном.} = 2000 \text{ А}$
$I_{к.з.} = 14,1 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 120 \text{ кА}$
$B = 30 \text{ кА}^2\text{с}$	$I^2_{\tau} \cdot \tau = 5000 \text{ кА}^2\text{с}$

Вибір комутаційного обладнання та струмоведучих елементів відходячих ліній

Розглянемо на прикладі вибору обладнання до розподільчого пункту РП-8 (виноматеріальний цех №3), $I_p = 65 \text{ А}$.

Вибираємо вимикач *ВА – 5541*, табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Порівняння розрахункових даних з допустимими автоматичного вимикач *ВА – 5541*

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_n = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{авт} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{р.ф.} = 65 \text{ А}$	$I_{ном.} = 120 \text{ А}$
$I_{к.з.} = 14,1 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 25 \text{ кА}$
$B = 30 \text{ кА}^2\text{с}$	$I^2_{\tau} \cdot \tau = 100 \text{ кА}^2\text{с}$

Вибираємо кабельну лінію прокладену в траншеї довжиною 50 м.

Економічно вигідний переріз, мм^2 :

$$S_{ек} = \frac{65}{1,2} = 54 \text{ мм}^2.$$

По економічно вигідному перерізу вибираємо стандартний переріз КЛ:

$$S_{см} \geq S_{ек};$$

$$S_{см} = 70 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 54 \text{ мм}^2;$$

$$I_{н.д.} = 165 \text{ А.}$$

Перевіряємо даний кабель за умовою допустимого нагріву [1]:

$$I_{дон} > I_{мах};$$

$$I_P = I_{мах} = 65 \text{ А.}$$

Допустиме тривале струмове навантаження на кабель, А:

$$I_{дон} = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 165 = 110 \text{ А};$$

$$I_{дон} = 110 \text{ А} > I_{мах} = 65 \text{ А.}$$

Вибраний переріз задовольняє умові нормального теплового режиму.

Перевірка кабелю на термічну стійкість:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C};$$

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{28,4 \cdot 10^6}}{90} = 59 \text{ мм}^2,$$

де C – нормативний коефіцієнт; для алюмінію $C = 90$ [1].

Умова термічної стійкості виконується:

$$S_{\min} \leq S_{см};$$

$$59 \text{ мм}^2 < 70 \text{ мм}^2.$$

Встановлений розподільчий пункт типу СПА-77 з вхідним рубільником на номінальний струм $I_H = 400 \text{ А}$, та автоматичними вимикачами АЕ-2063.

3.2 Релейний захист кабельної лінії 10 кВ

3.2.1 Розрахунок уставок струмової відсічки

На проектних КЛ з однобічним живленням, які відходять від шин підстанцій, струмові відсічки повинні бути виконанні без витримки часу і зона дії повинна бути визначена при умові всіх КЗ.

Неселективна відсічка повинна застосовуватись із пристроями АВР та АПВ, які виправляють повністю, або частково неселективність дії захисту.

Струм дії неселективної відсічки знайдемо за формулою :

$$I_{c.v.} = \frac{U_{c.лін.}}{\sqrt{3} \cdot K_n \cdot (Z_{c.лін.} + K_o \cdot Z_{c.лін.})},$$

де $U_{c.лін.}$ – міжфазна напруга живлення енергосистеми в лінійному режимі,

$$U_{c.лін.} = 0,9 \cdot 10,5 = 9,45 \text{ кВ},$$

$Z_{c.лін.}$ – опір енергосистеми до місця встановлення відсічки (приймаємо : $Z_{c.лін.} = 0,982$ Ом (див. розрахунок струмів к. з.));

K_o – коефіцієнт, який відображає $U_{зал.}$ в місці установки відсічки від трьохфазного КЗ, $K_o = 1$;

$K_n = 1,1$ – коефіцієнт надійності.

Тоді:

$$I_{c.v.} = \frac{9450}{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot (0,982 + 1 \cdot 0,982)} = 2,525 \text{ кА}.$$

Струм спрацювання реле, А :

$$I_{c.p.} = I_{c.v.} \cdot \frac{K_{c.x.}^{(3)}}{n_m};$$

$$I_{c.p.} = 2,525 \cdot \frac{1}{20} = 126,25 \text{ А},$$

де $n_m = \frac{100}{5} = 20$ – коефіцієнт трансформації.

Знайдемо чутливість відсічки, А:

$$K = \frac{I_{к.мін.}}{I_{св}};$$

$$K = \frac{10000}{2525} = 3,9 > 2.$$

Для струмових відсічок ПУЕ, встановлених на лінії, K_c повинен бути не менше 2 при КЗ в місці встановлення.

Отже виходячи з розрахунків даний релейний захист підходить по коефіцієнту чутливості.

3.2.2 Розрахунок уставок максимального струмового захисту

Розрахунок часу спрацювання МСЗ.

Час спрацювання МСЗ кабельних ліній узгоджується із часом спрацювання попереднього ступеню захисту :

$$t_{з.с.} = t_{non.} + \Delta t,$$

де Δt – ступінь селективності , 0,5 с.

$$t_{non.} = 1,2 + 0,045 = 1,245 \text{ с};$$

$$t_{з.с.} = 1,245 + 0,5 = 1,74 \text{ с}.$$

Розрахунок струму спрацювання МСЗ.

Струм спрацювання захисту розраховується від $I_{роб.} = 115 \text{ А}$ за формулою:

$$I_{с.з.} = K_{з.} \cdot K_{с.з.} \cdot \frac{I_{роб.}}{K_{в.}},$$

де $K_{в.} = 0,85$ – коефіцієнт повернення ;

$K_{с.з.} = 2,2$ – коефіцієнт самозапуску.

$$I_{с.з.} = 1,1 \cdot 2,2 \cdot \frac{156,2}{0,85} = 444,7 \text{ А};$$

$$I_{сп.} = I_{с.з.} \cdot \frac{K_{с.х.}}{K_m};$$

$$I_{сп.} = 444,7 \cdot \frac{1}{20} = 22,2 \text{ А},$$

$I_{сп.}$ – струм спрацювання реле.

Знайдемо коефіцієнт чутливості МСЗ:

$$K = \frac{I_{к.мін.}}{I_{с.з.}} > 1,5;$$

$$K = 0,87 \cdot \frac{10000}{444,7} = 22,48 > 1,5.$$

Максимальний струмовий захист забезпечує умову чутливості.

3.3 Розрахунок цехової силової мережі

Розглянемо ремонтно-механічний цех.

По відношенню надійності електропостачання ремонтно-механічного цеху електроприймачі майстерні відносяться до споживачів III категорії.

Основними струмоприймачами є асинхронні електродвигуни на напругу 380 В і освітлення. Живлення, пуск і захист здійснюється силовими пунктами типу ПР24.

Живлення розподільчих пунктів здійснюється від щита 0,4 кВ нової КТП через РП-42.

Магістральна і розподільча мережа виконана кабелем марки ААВГ на лотках, в трубах в підлозі.

На прикладі розглянемо токарно-гвинторізний верстат 1К62 (на плані з позиційним позначенням №2 листа графічної частини).

Вибір апарату захисту.

Номінальна потужність двигуна $P_{ном} = 11,125$ кВт, $\cos\varphi = 0,8$.

Розрахунковий струм, А:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi};$$

$$I_p = \frac{11,125}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 21 \text{ А.}$$

Вибираємо автомат марки АЕ-20, з номінальним струмом $I_n = 32$ А.

Перевірка вибраних даних АВ:

- $U_{ном} = 380 \text{ В} = U_{мережі} = 380 \text{ В};$
- $I_{розч.а} = 25 \text{ А} > I_p = 21 \text{ А};$
- $I_{ном.а} = 32 \text{ А} > I_{розч.а} = 25 \text{ А};$
- $I_{сп.а} = 160 \text{ А} > 1,25 I_{пик} = 1,25 \cdot 105 = 131,3 \text{ А},$

де $I_{розч.а}$ – струм розчеплювана АВ;

$I_{сп.а}$ – струм спрацювання АВ;

$I_{ном.а}$ – номінальний струм;

$I_{пик}$ – піковий струм.

Аналогічно вибираємо автоматичні вимикачі для усіх видів двигунів з умови, що номінальний струм автомата більше номінального струму двигуна (лист графічної частини).

Вибір кабелів цехової мережі.

Вибір перерізів проводів та жил кабелів цехової мережі вибирають по допустимому нагріванню струму у відповідності до апарату захисту.

Розрахунковий струм провідника:

$$I_{пп} \geq \frac{I_3 \cdot K_3}{K_{II}};$$

$$I_{пп} \geq \frac{32 \cdot 1}{1,15} = 28 \text{ А},$$

де I_3 – номінальний струм апарату захисту,

$K_{зах}$ – коефіцієнт захисту, для нормального приміщення $K_{зах} = 1$;

K_{II} – поправочний коефіцієнт на умови прокладки проводів.

Вибираємо кабель марки АВВГ 3×6+1×4 з $I_{дон} = 32 \text{ А}$.

Для дистанційного керування АД застосовуємо пускачі. При виконанні з тепловим реле пускачі виконують функцію захисту АД від довгострокових навантажень від струмів, виникаючих при обриві однієї фази. Тому умовою вибору пускача є:

$$I_{н.пуск} \geq I_{н.дв.}$$

Вибираємо пускач серії ПМА-20 з номінальним струмом встановлення нагрівачого елемента теплового реле $I_m = 25 \text{ A}$.

3.4 Розрахунок електроосвітлення ремонтно-механічного цеху

При проектуванні світлотехнічної частини вибирають:

- а) джерело світла;
- б) освітленість та коефіцієнт запасу;
- в) системи та види освітлення;
- г) світильники, їх розташування та висоту підвісу;
- д) визначають встановлену освітлювальну потужність цеху.

Освітлювальна установка (ОУ) повинна забезпечувати нормальне та безпечне освітлення для виконання виробничого процесу. Важливим фактором, який визначає якість освітлювальної установки є гарна уявність предметів, які освітлюються.

Існують обов'язкові для всіх організацій правила та норми влаштування штучного освітлення. Вони визначають розміри найменшої освітленості в залежності від розміру об'єктів розміщення, ступеню контрасту предметів, що розглядаються, розряд виконуваних робіт.

Розглянемо приклад розрахунку освітлення приміщення інструментального відділення ремонтно-механічної майстерні.

Світильники в основних приміщеннях механічної майстерні прийняті з люмінесцентними лампами, в допоміжних відділеннях – з лампами розжарювання.

Робоче освітлення виконано на напругу 220 В, ремонтне і аварійне – 36 В.

Приміщення інструментального відділення знаходиться на відмітці 3,600.

Вихідні дані:

$$a = 4,0 \text{ м};$$

$$b = 7,0 \text{ м};$$

$$E_n = 200 \text{ лк};$$

$$h_p = 3,3 \text{ м};$$

де a, b – розміри приміщення;

E_n – нормована освітленість приміщення;

h_p – розрахункова висота приміщення;

Так як в приміщенні відсутній темний піл, то коефіцієнт відображення приміщення:

- коефіцієнт відбивання стелі $P_{ст.} = 0,5$;
- коефіцієнт відбивання стін $P_c = 0,5$;
- коефіцієнт відбивання розрахункової поверхні $P_p = 0,3$.

Характер приміщення при пожежонебезпеці та вибухонебезпечні П-П. Вибираємо джерелом освітлення люмінесцентні лампи (ЛЛ) низького тиску типу ЛБ з паспортним значенням світлового потоку $\Phi = 3200$ лм.

Коефіцієнт запасу ОУ з ЛЛ: $K = 1,5$.

Коефіцієнт запасу на нерівномірність освітлення з ЛЛ: $z = 1,1$.

Вибираємо тип світильника ЛП 002.

Тип кривої сили світла: $\Gamma - 1$.

Розраховуємо індекс приміщення:

$$i = \frac{(a \cdot b)}{h_p \cdot (a + b)} = \frac{(4 \cdot 7)}{3,3 \cdot (4 + 7)} = 0,77.$$

Для заданих відбиваючих властивостей приміщення та відповідним типом кривої сили світла $\Gamma-1$ для вибраного типу світильника коефіцієнт використання ОУ $\eta = 0,45$.

Відстань між світильниками:

$$L = \lambda \cdot h_p = 0,48 \cdot 3,3 = 1,6 \text{ м},$$

де λ – відношення відстані між світильниками до розрахункової висоти.

Тоді число рядків буде:

$$N = \frac{a - L}{L} + 1 = \frac{4 - 1,6}{1,6} + 1 = 2 \text{ ряди.}$$

Для розрахунку вибираємо 2 ряди світильників.

Проводимо розрахунок потужності ОУ з ЛЛ при числі рядів, який дорівнює двом та при вибраних типах ламп світильників. Світловий потік одного ряда буде складати:

$$\Phi' = \frac{a \cdot b \cdot k \cdot z \cdot E_n}{N \cdot \eta};$$

$$\Phi' = \frac{4 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 200}{2 \cdot 0,45} = 10266,7 \text{ лм.}$$

Розрахункова кількість світильників в ряді:

$$n_{\text{св}} = \frac{\Phi'}{\Phi};$$

$$n_{\text{св}} = \frac{10266,7}{3200} = 3,2.$$

В кожному ряді ставимо по 3 світильники. Розрахунок фактичного освітлення:

$$E_{\text{роз}} = \frac{\Phi_l \cdot N \cdot n_{\text{св}} \cdot \eta}{k \cdot z \cdot a \cdot b};$$

$$E_{\text{роз}} = \frac{3200 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,45}{1,5 \cdot 1,1 \cdot 4 \cdot 7} = 187 \text{ лк.}$$

Розраховуємо відносну похибку:

$$\nu = \frac{187 - 200}{200} \cdot 100\% = -6,5\%.$$

Оцінка результату розрахунку повинна знаходитись в межах:

$$-10\% < \nu < +20\%,$$

тобто розрахунок задовольняє умовам. Отже приміщення освітлюється двома рядами світильників ЛЛ 002 2×40.

Розрахунок освітлення проєктованого цеху в інших приміщеннях проводиться аналогічно даному. Розрахункові дані приведені в графічній частині дипломного проєкту.

Допоміжне освітлення цеху виконано за допомогою підвісних ламп розжарювання.

Мережа електроосвітлення виконана кабелем марки АВВГ та АПВ.

3.5 Висновки до розділу 3

Відповідно до технологічних процесів на підприємстві та наявного електричного обладнання було скомпонована внутрішню електричну мережу. Відповідно характеристик силових електроприймачів і іншого технологічного електричного обладнання згідно умов вибору, проведено розрахунок за здійснено вибір перерізів жил кабелів та проводів, марку та номінальні параметри захисної апаратури.

Проведено розрахунок потужності на вводі електричної мережі, відповідно до якого здійснено вибір електричного обладнання вводу зовнішніх мереж у будівлю підприємства, складена специфікація на електричне обладнання і елементи внутрішніх кабельних ліній.

Подано схемо-технічне вирішення надійного забезпечення електричною енергією струмоприймачів, розрахунок електричних навантажень силової та освітлювальної мережі, пристроїв захисту та автоматики, довжини та січення провідникових матеріалів, струмів к.з., схеми під'єднання до існуючої системи електропостачання споживачів та заземлення виробництва електроприймачів котельні.

Важливим резервом підвищення продуктивності праці і якості продукції є ефективне використання світла. Для цього у роботі передбачені наступні умови: виробничі приміщення освітлюються світильниками з напрямленим світловим потоком, який забезпечує нормативну освітленість на рівні висоти робочої поверхні; на щитку освітлювальному встановлені сучасні автоматичні вимикачі: однополюсні - для комутації електричних кіл освітлювальної мережі виробничих ділянок й побутового приміщення та двополюсні з розчепленням фазного й нульового проводу - для вимкнення розеток.

Вибір сучасних елементів системи електропостачання комплексу виробничого обладнання підприємства дозволив зменшити втрати електроенергії, а також підвищити надійність її постачання.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки

На кожному підприємстві при експлуатації електрообладнання користуються нормативно-технічною документацією з безпечної експлуатації електроспоживачів: “Закон України про Охорону праці”, ПУЕ, ПТЕ і ПТБ у відповідності до якої електроустановки допущені до експлуатації.

До нормативно-технічної документації входять:

- акти прийому робіт;
- генеральний план ділянки на якому нанесені споруди і підземні електротехнічні комутації;
- акти випробувань і наладки електрообладнання;
- акти прийому електроустановок в експлуатацію;
- виконавчі робочі схеми первинних і вторинних електричних з'єднань;
- технічний паспорт електрообладнання;
- інструкції по обслуговуванню електроустановок, а також посадові інструкції по кожному робочому місцю.

Крім того, на кожному цеху необхідно мати:

- паспортні карти або журнал з описанням електрообладнання і засобів захисту із вказанням технічних даних, а також присвоєння інвентарних номерів;
- креслення електрообладнання, електроустановок і споруд, комплекти креслень запасних частин, виконавчі креслення повітряних і кабельних трас;
- креслення підземних кабельних трас і заземлюючі пристрої з прив'язками до будівельних споруд, а також з вказанням місць установки з'єднувальних муфт і перемикань з іншими комунікаціями;
- загальні схеми електропостачання, складені по підприємству в цілому і по окремим цехам та ділянкам;

- комплект експлуатаційних інструкцій по обслуговуванню електроустановок цеха, ділянки і комплект посадових інструкцій по кожному робочому місцю і інструкцій по охороні праці.

Всі зміни в електроустановка, які вносяться в процесі експлуатації, повинні відображатися в схемах і кресленнях відразу за підписом особи, яка відповідає за електрогосподарство, з вказанням його посади і дати внесення змін.

Заходи з електробезпеки поділяються на організаційні та технічні.

До організаційних заходів, що забезпечують безпеку виконання робіт в електроустановках відносяться:

- оформлення робіт нарядом-допуском, розпорядженням або переліком робіт, що виконують в порядку технічної експлуатації;

- допуск до роботи;

- наряд під час виконання робіт;

- оформлення перерв в роботі, переводи бригади на інше робоче місце, закінчення роботи

В процесі роботи заводу персонал повинен систематично проходити інструктаж з техніки безпеки. На робочих місцях повинні бути інструкції по обслуговуванню обладнання, правила техніки безпеки, плакати та попереджувальні написи.

Особи, що обслуговують електроустановки, проходять медогляд, навчання безпечним методам роботи, перевірку знань кваліфікаційної групи по ТБ.

Технічні заходи.

Для захисту людей в умовах виробничого процесу застосовуються:

- безпечні струми;

- ізоляція проводів;

- механічні огороження;

- захисні заземлення;

- занулення;

- блокування пристроїв;

- захисні засоби.

Захисне заземлення - це заземлення, виконане з метою захисту людей від замикань на землю, або корпус.

Захисне відключення - система захисту, що забезпечує автоматичне відключення електроустановки.

На підприємстві повинні проводитись протипожежні інструктажі.

Всі працівники підприємства зобов'язані знати та неухильно виконувати правила пожежної безпеки. Для цього з робітниками проводиться пожежно-технічний мінімум, де їх знайомлять з методами гасіння пожеж і засобів, що використовуються для цього.

Головним завданням пожежної безпеки є забезпечення працюючих комфортними умовами праці, зберігання матеріальних цінностей, а також забезпечення неперервного виробничого процесу.

Основними причинами пожеж на підприємствах харчової промисловості є необережна робота з відкритим вогнем, застосування пошкоджених, вогнегасників які не відповідають класу вибухонебезпечності.

Пожежна безпека заводу забезпечується системою запобігання пожеж і пожежного захисту. Пофарбування зовнішньої поверхні обладнання, яка нагрівається, повинне проводитись жаростійкою фарбою.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно проводити організаційні заходи. До них відносяться:

- організація пожежної охорони;
- навчання працюючих;
- розробка і застосування норм та правил.

Пожежна профілактика - це найбільш важлива частина протипожежних заходів і уявляє собою єдиний комплекс організаційних та технічних заходів по попередженню та локалізації пожеж та вибухів.

Головними та найбільш частими причинами горіння, пожеж, вибухів є:

1. порушення правил пожежної безпеки;
2. порушення режиму технологічного процесу;
3. несправність обладнання;

4. самозапалювання, грозові розряди.

Причинами пожеж являються також короткі замикання та струмові навантаження провідників. Електрична дуга може визвати запалення розташованих поблизу горючих матеріалів і маслонаповнених апаратів.

В приміщеннях підприємства передбачені засоби для гасіння пожежі. В електричних установках гасіння пожежі відбувається за допомогою повітряно-механічної піни піноутворювачем (ПО-1 та ПО-6).

Ручні вогнегасники типів ОУ-5 та ОУ-8 передбачені для гасіння невеликих джерел вогню всіх видів.

При виникненні пожеж, якщо електрична установка не відключена та знаходиться під напругою, виникає небезпека враження електричним струмом. Необхідно зняти напругу, а потім гасити її. Якщо напругу зняти не можна, то припускається гасіння установки при дотриманні особистих засобів електробезпеки. На заводі плануються такі протипожежні заходи:

1. На основі даних по вибухо- та пожежонебезпеці технологічних процесів визначені класи вибухо-пожежонебезпеки згідно ПУЕ та здійснено вибір електричного обладнання, електричного освітлення та електричної апаратури.

2. Пускова та розподільча апаратура винесена з вибухонебезпечних приміщень у електрощитові. Світильники вибрані відповідно класу та групі вибухонебезпечної суміші.

3. Розподільчі шафи, пускова апаратура у цехах розташовані у місцях доступних для обслуговування з проходами не менше за 0,8 м від технологічного обладнання.

Згідно ПУЕ приміщення на підприємстві по вибухо- та пожежонебезпеці класифікують (табл 4.1).

Таблиця 4.1 – Перелік вибухо-пожеженебезпечних приміщень на підприємстві

№	Найменування приміщень	Категорії з вибухо-пожеже небезпеки	Клас приміщення згідно умов навколишнього середовища
1	Складські приміщення	В	П-Па
2	ГРП	А	В-Іа
3	Дільниця зарядки, акумуляторів електрокара в посудо-тарному цеху, лікерному відділенні	А	В-І
4	Зарядка гаража	А	В-І
5	Склад красок гаража	А	В-І
6	Машинний зал аміачної компресорної	А	В-Іб
7	Камера витяжних вентиляторів із машинного залу	А	В-Іб

Вибухонебезпечною вважається зона в приміщенні в межах до 5 м. по горизонталі і вертикалі від технологічного апарату із якого можливе виділення горючих газів, або парів легкозаймистих речовин, якщо об'єм вибухонебезпечної суміші рівний або більший 5% вільного об'єму приміщення.

Пожеженебезпечною зоною називається простір в приміщеннях і поза приміщеннями в межах якого постійно чи періодично обертаються горючі речовини і в якому вони можуть знаходитись при нормальному технологічному процесі, або при його порушеннях.

4.2 Основні способи захисту в надзвичайних ситуаціях

Захист від вражаючих чинників надзвичайних ситуацій мирного і військового часу досягається максимальним здійсненням усіх захисних заходів відповідно до положення „Про єдину державну систему запобігання та реагування на НС техногенного та природного характеру”, найкращим використанням усіх способів і засобів. Основними способами захисту населення в надзвичайних ситуаціях є:

- евакуація населення;
- інженерний захист населення і територій;
- радіаційний і хімічний захист;
- медичний захист.

Укриття населення в захисних спорудах.

Захисні споруди поділяються на сховища, протирадіаційні укриття (ПРУ) і споруди подвійного призначення.

Споруди подвійного призначення забезпечувати захист від розрахункової дії вражаючих чинників ядерної зброї і звичайних засобів ураження (без урахування прямого попадання), бактерійних (біологічних) засобів, отруйних речовин, а також, при необхідності, від катастрофічного затоплення, аварійно хімічно небезпечних речовин, радіоактивних продуктів при руйнуванні ядерних енергоустановок, високих температур і продуктів горіння при пожежах.

Протирадіаційні укриття призначені для забезпечення захисту від дії іонізуючих випромінювань при радіоактивному зараженні (забрудненні) місцевості і допускають безперервне перебування в них розрахункової кількості впродовж двох діб.

Сховища – це споруди, які забезпечують частковий захист від повітряної ударної хвилі, світлового випромінювання і уламків зруйнованих будівель, а також знижують дію проникаючої радіації і радіоактивних випромінювань, крім того захищають від негоди і інших несприятливих умов.

До сховищ відносяться:

- траншеї;
- підвали і підпілля (з лісоматеріалів і інших місцевих матеріалів);
- землянки, навіси;
- цокольні і перші поверхи знань і інші заглиблені приміщення.

Евакуація населення

Евакуація населення – комплекс заходів по організованому вивезенню (виводу) населення із зон надзвичайної ситуації або вірогідної надзвичайної ситуації (НС) природного і техногенного характеру і його короткочасному

розміщенню в завчасно підготовлених за умовами першочергового життєзабезпечення безпечних (поза зонами дії вражаючих чинників джерела НС) районах. Евакуація вважається закінченою, коли увесь суб'єкт евакуації населення буде вивезено (виведено) за межі зони дії вражаючих чинників джерела НС у безпечні райони.

Евакуація планується і здійснюється автомобільним і залізничним транспортом, незалежно від форм власності і не зайнятого військовими і іншими особливо важливими перевезеннями по мобілізаційних планах.

Евакуйоване населення розміщується в громадських і адміністративних будівлях (санаторіях, пансіонатах, будинках відпочинку, дитячих оздоровчих таборах і т. д.), житлових будинках незалежно від форм власності і відомчій підлеглості, в опалюваних будинках дачних кооперативів і садівничих товариств на підставі ордерів (приписів), що видаються органами місцевого самоврядування.

Застосування засобів індивідуального захисту

По призначенню засобу індивідуального захисту підрозділяються на засоби індивідуального захисту органів дихання і засобу захисту шкіри.

До засобів індивідуального захисту органів дихання фільтруючого типу, відносяться протигази, респіратори і прості засоби захисту типу протипилових тканинних масок і ватно-марлевих пов'язок.

До засобів захисту шкіри відноситься спеціальний захисний одяг, що виготовляється з прогумованих і інших тканин ізолюючого типу, а також побутовий одяг з поліетиленових і інших волого- і пиленепроникних матеріалів.

Заходи медичного захисту плануються заздалегідь і включають:

- прогноз медико-санітарних наслідків можливих НС;
- створення сил і засобів медичної служби і підтримка їх в готовності до дій з призначення;
- створення гарантованих запасів медико-санітарного майна з урахуванням характеру і масштабу можливих НС, у тому числі і медичних засобів індивідуального захисту.

Конкретні заходи по захисту працівників організації і усього населення у разі виникнення ЧС передбачаються планами дій з попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру організацій і органів влади.

Дії працівників організації у разі загрози НС носять попереджувальний характер: зміцнення будівельних конструкцій, закриття, при необхідності вікон щитами, створення запасу продуктів і води на 2 ÷ 3 діб на випадок евакуації у безпечний район, підготовка автономних джерел освітлення і тому подібне

При виникненні надзвичайної ситуації – відключається електро- і газопостачання, гаситься вогонь в печах. Подальші дії залежать від виду природної НС, наприклад укриття в найбільш безпечних, внутрішніх приміщеннях будівель, що не мають віконних отворів.

Багато в чому конкретний порядок дій працівників організацій у випадках загрози і виникнення НС визначається Планом дій з попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру організації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі здійснено розробку заходів щодо безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства шляхом реконструкції схеми електропостачання.

Отримані наступні результати:

1. Зниження втрат електроенергії у внутрішньозаводських мережах досягається заходами, які компенсують порушення технології розподілу і споживання електроенергії, які викликають наднормативні втрати. Критерієм ефективності заходів із зниження втрат електричної енергії є надійне, якісне і економічне електропостачання споживачів.

2. Розраховано електричні навантаження підприємства, відповідно до яких проведено вибір та перевірка струмоведучих частин (кабелі, провода та шини), силові трансформатори.

3. Відповідно до розрахованих електричних навантажень розраховано втрати, колювання і відхилень напруги мережі, а також здійснено вибір пристроїв релейного захисту та автоматики, кіл сигналізації, та пристроїв компенсації реактивної потужності.

4. Виходячи з раціонального навантаження при нормальному режимі роботи проведено вибір потужності силових трансформаторів. Для полегшення роботи щодо розміщення підстанції на генеральний план підприємства, нанесено картограму навантажень.

5. Відповідно до технологічних процесів на підприємстві та наявного електричного обладнання були скомпонована внутрішню електричну мережу.

6. Здійснено розрахунок та вибір пристроїв компенсації реактивної потужності, що є одним з основних етапів зменшення витрат електроенергії, а також підвищення ефективності функціонування електричних установок.

7. Важливим резервом підвищення продуктивності праці і якості продукції є ефективне використання світла. Для цього у роботі передбачені наступні умови: виробничі приміщення освітлюються світильниками з напрямленим

світловим потоком, який забезпечує нормативну освітленість на рівні висоти робочої поверхні; на щитку освітлювальному встановлені сучасні автоматичні вимикачі: однополюсні – для комутації електричних кіл освітлювальної мережі виробничих ділянок й побутового приміщення та двополюсні з розчепленням фазного й нульового проводу – для вимкнення розеток.

Вибір сучасних елементів системи електропостачання комплексу виробничого обладнання дозволив зменшити втрати електроенергії, а також підвищити надійність її постачання

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Буцьо З. Ю., Мартинюк В. І. Аналіз втрат електричної енергії в електромережах усіх рівнів напруги в енергосистемах провідних зарубіжних країн та України. Енергетика та електрофікація, № 2, 2020 р.
2. Зеркалов Д.В. Енергозбереження в Україні [Електронний ресурс] : У п'яти книгах. Книга друга: Організація використання енергоресурсів. Довідник / Д. В. Зеркалов. – Електрон. дані. – К. : Основа, 2009.
3. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
4. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.
5. ДНАОП 0.00-2.32-2001 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
6. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. «Основи електропостачання», Національний університет «Львівська політехніка», 2005.
7. М.С. Сегеда «Електричні мережі та системи». Підручник - Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007.
8. Вказівки з розрахунку електричних навантажень Розрахунок електричних навантажень РТМ 36.18 32.4 92.
9. Сірий О. М. Розрахунки при проектуванні та реконструкції системи електропостачання промислових підприємств: Навч. Посібник / О. М. Сірий , В. Є. Шестеренко – Київ, 1993 – 592 с.
10. Релейний захист і автоматика в системах електропостачання [Текст] : навч. посібник для студ. електротехнічних спец. вищ. навч. закладів України / П. П. Говоров [та ін.] ; Харківська держ. академія міського господарства. — К. : [б.в.], 1996. — 228 с.

11. Буряк В. М. Експлуатація електрообладнання систем електропостачання [Текст] : навч. посіб. [для студ. електротехн. спец. вищ. навч. закл.] / В. М. Буряк. — 2-ге вид., переробл. та випр. — Х. : Тимченко, 2008.

12. Зорін В.В., Штогрін Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи: навчальний посібник для студентів вищ. техн. навч. закл.— Ніжин ТОВ “Видавництво”Аспект-поліграф”, 2011. – 248 с.

13. Бурбело М. Й. – Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків [Текст] : [Навч. посіб. для вищ. навч. закл.] / М.Й.Бурбело ; Вінниц. нац. техн. ун-т. — [2-е вид., перероб. і допов.]. — Вінниця : Універсум, 2005. — 147 с.

14. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.

15. В.В. Принц, В.М. Цимбалістий Електричні мережі. Монтаж, обслуговування та ремонт Львів :Оріяна – Нова, 2003р

16. В.Є. Шестеренко. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Вінниця, 2004р.

17. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.

18. Заходи зниження втрат в системі електропостачання : Матеріали ІХ Міжн. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів ["Актуальні задачі сучасних технологій "], (Тернопіль, 25-26 лист. 2020 р.) / М-во освіти і науки України, Терн. нац. техн. універ.