

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувач кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«___» _____ 2023 р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Системи забезпечення споживачів електричною енергією

на тему: «Обґрунтування вибору комутаційного-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності в системі електропостачання підприємства.»

Виконав :

студент IV курсу, групи ОЕ-91

Касіма Іван _____

Керівник:

Доцент Володимир Прокопенко _____

Консультанти:

Охорона праці та пожежна безпека д.т.н., проф.Третьякова Л.Д

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль _____

(назва розділу)

к.т.н., доц. Черкашина Г.І

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2023

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та
енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма: Системи забезпечення споживачів електричною енергією

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувач кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«___» _____ 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Касімі Івану Ігоровичу

1. Тема проєкту «Обґрунтування вибору комутаційного-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності в системі електропостачання підприємства»,

керівник проєкту доцент Володимир Прокопенко, затверджені наказом по університету від «27» травня 2023 р. №037

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту “16” червня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту: Схема електропостачання, дані про навантаження промислового цеху, тип та довжини кабельних ліній

4. Перелік розділів, які мають бути розроблені

а) Загальна частина - Загальні відомості про конструкцію компенсації реактивної потужності

б) електрична частина: - Вибір елементів системи електропостачання.

в) релейний захист: - Вибір елементів захисту електричної мережі.

г) охорона праці: - Охорона праці та пожежна безпека під час монтажу установки компенсації реактивної потужності

д) Обґрунтування вибору комутаційного-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності в системі електропостачання підприємства

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Загальна схема мережі

2. Схема живлення цеху

3. Принципова схема установки компенсації реактивної потужності

4. Схема підключення конденсаторної установки

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Релейний захист та автоматика</i>	<i>к.т.н., доц. Калінчик В.П.</i>		
<i>Розрахунки токів к.з.</i>	<i>к.т.н., доц. Белоха Г.С</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., доц. Черкашина Г.І</i>		

7. Дата видачі завдання "17" травня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проєкту

студентом Касіма І. І.

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
	Розрахунок електричної частини	20.05.-05.06.23	
	Розрахунок релейної частини	25.05-27.05.23	
	Розрахунок токів короткого замикання	27.05-04.06.23	
	Обґрунтування вибору комутаційного-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності в системі електропостачання підприємства	20.05.-05.06.23	
	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки	04.06-10.06.23	
	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-13.06.23	
	Захист дисертації	19.06.23	

Студент
Керівник проєкту

Іван Касіма
Володимир Прокопенко

РЕФЕРАТ

У бакалаврському дипломному проєкті проведено розрахунок навантажень цехової мережі та підприємства в цілому. Були вибрані основні елементи системи електроживлення (СЕП), які забезпечують нормальне функціонування об'єкта. Проєкт містить 96 сторінок, 15 рисунків-16 23 таблиці, бібліографічних найменування-22 та 6 додатків-

У спеціальній частині роботи проведено розгляд необхідності компенсації реактивної потужності, вимоги щодо даних пристроїв та запропоновано засоби компенсації реактивної потужності, які дозволять знизити ці втрати.

Ключові слова: ЕЛЕКТРИЧНІ МЕРЕЖІ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, РЕАКТИВНА ПОТУЖНІСТЬ.

REPORT

The bachelor's thesis includes the calculation of loads for the workshop network and the entire enterprise. The main components of the power supply system (PSS) that ensure the normal functioning of the facility were selected. The thesis consists of 96 pages and includes 15 figures, 23 tables, bibliography with 22 references and 6 appendices.

In the special section of the thesis, the necessity of reactive power compensation was discussed, along with the requirements for the corresponding devices. Proposed measures for reactive power compensation were presented, aiming to reduce these losses.

Keywords: ELECTRICAL NETWORKS, POWER SUPPLY, REACTIVE POWER.

.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 Загальні відомості про Металообробний цех.....	9
1.1 Комутаційні апарати	9
1.2 Комутаційні апарати для напруг до 1кВ	9
1.3 Комутаційні апарати для напруги вище 1 кВ.....	13
1.4 Компенсація реактивної потужності	16
1.5 Споживачі реактивної потужності на промислових підприємствах	17
1.6 Способи компенсації реактивної потужності	18
Висновок.....	18
2. Розробка загальної схема електропостачання промислового підприємства	20
2.1 Умови проектування	20
2.2 Визначення розрахункових електричних навантажень електромеханічного цеху.....	22
2.2.1 Загальна інформація щодо методики проведення розрахунку	22
2.2.2 Вихідні дані для проведення розрахунку	23
2.2.3 Розрахунок електричних навантажень електромеханічного цеху.....	25
2.2.3.1 Освітлення	30
2.3 Вибір конденсаторів і трансформаторів.....	33
2.3.1 Вибір батарей статичних конденсаторів на напрузі до 1000 В.....	34
2.4 Визначення центру живлення	34
2.5 Розрахунок живлячих і розподільчих мереж.....	35
2.5.1 Розрахунок к перерізу розподільних мереж 10 кВ	35
2.5.2 Перевірка електричних мереж на відповідність вимогам до показників якості електричної енергії	39
2.6 Комутаційна апаратура розподільної мережі.....	41
2.7 Розрахунок струмів короткого замикання.....	41
2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі вище 1 кВ	41
2.7.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережах нижче 1000 В.....	50
2.8 Релейний захист та автоматика	57
2.8.1 загальні вимоги до РЗА в мережах 10/0,4 кВ;	57
2.8.2 Вибір і перевірка селективності елементів РЗА	58

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.9	Організація обліку електричної енергії на оброблювальному цеху.....	60
2.10	Економічні характеристики проекту	61
2.10.1	Порядок приєднання до електричних мереж.....	61
2.10.2	Розрахунок вартості приєднання до електричних мереж ОСР.....	62
	Висновок.....	64
3	Обґрунтування вибору комутаційного-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності в системі електропостачання підприємства.	65
3.1	Апаратура живлячої мережі	65
3.1.2	Апаратура розподільчої мережі.....	65
3.2	Компенсація реактивної потужності	70
3.2.1	Обрахунок компенсації реактивної потужності	70
3.2.2	Необхідність компенсації реактивної потужності.....	71
3.2.3	Вимоги нормативно правових документів (ПУЕ,ПТЕ).....	73
	Висновок.....	84
4.	Охорона праці та пожежна безпека під час монтажу установки компенсації реактивної потужності	86
4.1	Технічні характеристики установки з компенсації потужності та основні показники умов праці та Пожежної безпеки.....	86
4.2	Перелік робіт, які плануються до виконання, та показники умов праці для таких робіт	87
4.4	Визначення необхідних технічних та організаційних заходів з безпеки праці	89
4.5	Вибір засобів індивідуального захисту для мінімізації небезпечних чинників під час монтажу установки з компенсації потужності.....	90
4.6	Вибір заходів із запобігання виникненню пожеж	91
4.7	Необхідний рівень заземлення та створення умов експлуатації	92
	Висновок.....	94
	Висновки.....	95
	Перелік використаних джерел.	96
	Додаток А	97
	Додаток Б –	98
	Додаток В.....	100
	Додаток Г	103
	Додаток Д.....	104

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Компенсуючі установки (КУ) в електричних розподільчих мережах вимагають врахування відповідних значень потужностей КУ і їх розташування, що дозволяє значно знизити втрати електроенергії. Існує кілька способів розв'язання цієї задачі для врахування економічно доцільного рівня компенсації.

Представлені методи розрахунку КРП (компенсації реактивної потужності) в електричних розподільчих мережах враховують оцінку початкового стану мережі (без компенсуючих установок) і кінцевого стану мережі (з установкою компенсації в усіх вузлах навантаження). Проміжний процес переходу від початкового до кінцевого стану не розглядається. Тобто припускається, що всі КУ можуть бути встановлені одночасно відповідно до результатів розрахунків, і проміжні кроки затвердження результатів не беруться до уваги.

Вказані методи розрахунку КРП в електричних розподільчих мережах базуються на одночасному розрахунку для енергетичної системи і споживачів, що дозволяє зберігати інтереси обох сторін. Такий підхід доцільно використовувати, коли розподільні електричні мережі перебувають на балансі держави. Однак на ринку ця умова не завжди є справедливою, оскільки енергетична система і споживачі перебувають у відносинах виробника та споживача реактивної енергії. Сам споживач вирішує, яку кількість реактивної енергії використовувати (купувати).

В умовах ринку розподільні електричні мережі можуть економічно впроваджувати КУ незалежно одна від одної, хоча фізично вони є взаємопов'язаними. Ускладненість розрахунків КРП за існуючими методами призводить до складності прогнозування і контролю формування плати за реактивну енергію, що не сприяє встановленню КУ. Тому необхідно розглядати розділення електричної мережі під час розрахунку КРП.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО МЕТАЛООБРОБНИЙ ЦЕХ

1.1 Комутаційні апарати

Всі процеси замикання і розмикання мережі називають комутацією. Ці функції виконує спеціальне обладнання. Воно встановлюється в самих різних ланцюгах і забезпечує нормальне функціонування системи. Комутаційні апарати являють собою пристрої, які покликані подавати або припиняти надходження електричного струму в мережу.

Сьогодні застосовується безліч різновидів представлених агрегатів. Вони відрізняються конструкцією і специфікою дії. Щоб правильно вибрати агрегат, необхідно розглянути існуючі види та їх особливості.

Призначення комутаційних апаратів зводиться до процесу пропускання електроенергії завдяки замиканню і розмиканню ланцюга. Сьогодні всі існуючі агрегати цього типу можна розділити на дві категорії. До першої групи належать контактні (механічні) прилади, а до другої - безконтактні (напівпровідникові або газорозрядні) різновиди.

Найбільш часто зустрічаними приладами комутаційного типу є вимикачі, рубильники, контактори, реле, запобіжники. Вони мають певні особливості, які необхідно враховувати при виборі. Купувати комутаційний прилад необхідно відповідно до умов експлуатації.

Представлені агрегати можуть мати у своїй конструкції кілька полюсів. Їх кількість може становити від одного до чотирьох. Відповідно до цього показника прилади також поділяють на групи. Найчастіше у продажу представлені двополюсні вироби. Вони мають два положення - "вимкнено" або "увімкнено".

1.2 Комутаційні апарати для напруг до 1кВ

Неавтоматичні вимикачі призначені для від'єднання окремих знеструмлених частин від напруги або включення і відключення електричного кола в нормальних режимах при токах, що не перевищують 0,2 - 1 номінального струму

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимикача. До них відносяться неавтоматичні вимикачі рубас типу (рубильники) і пакетні вимикачі і перемикачі.

Перемикач - Контактний комутаційний апарат, призначений для перемикань електричних ланцюгів. Пакетні перемикачі та вимикачі випускаються одно-, дво- і триполюсними на номінальні струми 20 - 400 А постійного струму при напрузі 220 В і на 63 - 250 А змінного струму при напрузі 380 В. Найбільша частота перемиканні - 300 на годину.

рубильник - Призначений для ручного включення і відключення ланцюгів постійного і змінного струму, забезпечують видимий розрив ланцюга.

Гасіння дуги змінного струму здійснюється за рахунок близько катодного електричної міцності (150-250 В), що має місце при переходетока через нуль. Довжина ножа в рубильниках змінного струму вибирається по механічним умовам.

Застосування дугогасильних камер забезпечує гасіння дуги при відключенні номінальних струмів рубильниками постійного струму 220 В і змінного струму 380 В. При напрузі 440 і 500 В відключаються струми складають 0,5 номінального. Дугогасительніе камери запобігають викид іонізованих газів, тому перекриттів на корпус або між струмоведучими частинами не відбувається.

Запобіжник - Це комутаційний електричний апарат, призначений для відключення захищається ланцюга руйнуванням спеціально передбачених для цього струмоведучих частин під дією струму, що перевищує певне значення.

Основними елементами запобіжника є корпус, плавкахставка (плавкий елемент), контактна частина, дугогасительное пристрій і дугогасительная середу.

Запобіжники виготовляються на напругу змінного струму 36, 220, 380, 660 В і постійного струму 24, 110, 220, 440 В.

Запобіжники характеризуються номінальним струмом плавкої вставки, т. Е. Струмом, на який розрахована плавка вставка для тривалої роботи. Сам запобіжник характеризується номінальним струмом запобіжника (підстави), що дорівнює найбільшому з номінальних струмів плавких вставок, призначених для даної конструкції запобіжника.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запобіжники до 1 кВ виготовляються на номінальні струми до 1000 А. Чим більше протікає струм, тим менше час плавлення. Ця залежність називається захисної (час-струмової) характеристикою запобіжника

Запобіжники не повинні відключати електричний ланцюг при протіканні умовного струму неплавлення і повинні відключати ланцюг при протіканні умовного струму плавлення протягом певного часу, що залежить від номінального струму (ГОСТ 17242-79 Е). Наприклад при номінальних токах 10-25 А плавках вставка не повинна плавитися протягом 1 год при токах 130% номінального і повинна плавитися протягом того ж часу при токах 175% номінального.

Щоб зменшити час спрацьовування запобіжника, застосовуються:

1) плавкі вставки з різного матеріалу, спеціальної форми, а також використовується металургійний ефект.

2) Найбільш поширеними матеріалами плавких вставок є мідь, цинк, алюміній, свинець і срібло. При великих номінальних токах плавках вставка виконується з паралельних дротів або тонких мідних смуг. Прискорення плавлення вставки досягається також застосуванням плавкою вставки спеціальної форми. При токах КЗ вузькі ділянки нагріваються настільки швидко, що відведення тепла майже не відбувається. Вставка перегорє одночасно в декількох звужених місцях, перш ніж струм КЗ досягне свого сталого значення в ланцюзі постійного струму або ударного струму в колі змінного струму. Струм КЗ при цьому обмежується до значення іогр (В 2 - 5 разів). Таке явище називається струмообмежувальним дією запобіжника. Електродинамічні сили в ланцюзі, захищеної таким запобіжником, настільки зменшуються, що в деяких випадках струмопровідні частини і апарати не вимагають перевірки по електродинамічній стійкості [2].

Гасіння електричної дуги, що виникає після перегорання плавкої вставки, має здійснюватися в можливо короткий час. Час гасіння дуги залежить від конструкції запобіжника.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільший струм, який запобіжник може відключити без будь-яких пошкоджень або деформацій, називається граничним струмом відключення.

Автоматичний вимикач призначений для комутації ланцюгів при аварійних режимах, а також нечастих (від 6 до 30 на добу) оперативних включень і відключень електричних ланцюгів (ГОСТ 9098-78Е).

Автоматичні вимикачі виготовляють для ланцюгів змінного до 1000 В і постійного струму до 440 В одно-, двох-, трьох- і чотирьохполюсні на поминальні струми від 6,3 до 6300 А.

Автоматичні вимикачі мають реле прямої дії, звані расцепителями, які забезпечують відключення при перевантаженнях, КЗ, зниженні напруги. Відключення може відбуватися без відержки часу або з витримкою. За власним часу відключення $t_{с. про}$ (проміжок від моменту, коли контрольований параметр перевершив встановлене для нього значення, до моменту початку розбіжності контактів) розрізняють нормальні вимикачі ($t_{с. про} = 0,02 - 1$ с), вимикачі з витримкою часу (селективні) та швидкодіючі вимикачі ($t_{с. про} < 0,005$ з).

Нормальні і селективні автоматичні вимикачі струмообмежувальним дією не володіють. Швидкодіючі вимикачі, так само як запобіжники, мають струмообмежувальним дією, так як відключають ланцюг до того, як струм в ній досягне значний t_y .

Автоматичні вимикачі виготовляють з ручним і руховим приводом, в стаціонарному або висувному виконанні.

Вимикач розрахований на комутацію гранично відключаються і включаються струмів в циклі операцій 0 - П - ВО - П - ВО при номінальній напрузі. Тут Про - відключення, П - пауза (до 180 с), по - включення, відключення.

У сучасних вимикачах застосовуються напівпровідникові расцепители, які забезпечують більш високу точність спрацьовування по струму і часу.

Контактор - Це двопозиційний комутаційний апарат з самоповерненням, призначений для частих комутацій струмів, які перевищують струми перевантаження, і приводяться в дію приводом.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Контактори виготовляють на струми 4 - 4000 А і напруги: до 750 В постійного струму і 660 (1140) В змінного. Припускають 600 – 1500 перемикачів в годину, а спеціальні до 14000 включень в годину. Залежно від категорії можуть бути розраховані на комутацію до 10 номінальних струмів.

Контактори розраховані на роботу в уривчасто-тривалому, тривалому, повторно-короткочасному або короткочасному режимах.

Вони не мають пристроїв, що реагують на перевантаження або КЗ. Основними елементами контакторів є головні контакти, дугогасительное пристрій, електромагнітна система і допоміжні контакти.

Пускач - Це комутаційний апарат, призначений для пуску, зупинки і захисту електродвигуна. Магнітні пускачі складаються з електромагнітного контактора, вбудованих теплових реле і допоміжних контактів. Пускачі можуть бути реверсивними і нереверсивними, у відкритому, захищеному і пилебризгонепроніцаемом виконанні, з тепловим реле або без них. Магнітні пускачі застосовуються для управління електродвигунами змінного струму напругою до 660 В, потужністю до 75 кВт.

1.3 Комутаційні апарати для напруги вище 1 кВ

Роз'єднувач - Це контактний комутаційний апарат, перепризначений для відключення і включення електричного кола без струму або з незначним струмом, який для забезпечення безпеки має між контактами у відключеному положенні ізоляційний проміжок.

При ремонтних роботах роз'єднувачем створюється видимий розрив між частинами, що залишилися під напругою, і апаратами, виведеними в ремонт. Роз'єднувачами не можна відключати струми навантаження, так як їх контактна система не має дугогасильних пристроїв і в разі помилкового відключення струмів навантаження виникає стійка дуга, яка може привести до міжфазних КЗ і нещасних випадків з обслуговуючим персоналом, перед операцією роз'єднувачем ланцюг повинна бути розімкнута вимикачем.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для спрощення схем електроустановок допускається використовувати роз'єднувачі для виробництва наступних операцій:

1) відключення і включення нейтралей трансформаторів і заземлюючих дугогасних реакторів за відсутності в мережі замикання на землю;

2) відключення зарядного струму шин і устаткування всіх напруг (крім батарей конденсаторів);

3) відключення навантажувального струму до 15 А триполюсними роз'єднувачами зовнішньої установки при напрузі 10 кВ і вище.

Роз'єднувачем дозволяється також проводити операції, якщо він надійно шунтований низкоомною паралельним ланцюгом (шінносоединительним або обхідним вимикачем). Віддільниками і роз'єднувачами дозволяється відключати і включати незначний намагнічує струм силових трансформаторів і зарядний струм повітряних і кабельних ліній.

Вимоги що ставлять до роз'єднувачів:

1) створення видимого розриву в повітрі, електрична міцність якого відповідає максимальному імпульсному напрузі;

2) електродинамічна і термічна стійкість при протіканні струмів КЗ;

3) виняток самовільних відключень;

4) чітке включення і відключення при найгірших умовах роботи (обмерзання, сніг, вітер).

Роз'єднувачі по числу полюсів можуть бути одно- і триполюсними, за родом установки - для внутрішніх і зовнішніх установок, по конструкції - рубає, поворотного, що котиться, пантографіческого і підвісного типу. За способом установки розрізняють роз'єднувачі з вертикальним і горизонтальним розташуванням ножів.

Заземлювальні ножі роз'єднувача мають механічне блокування, що не роздільно включати їх при включених головних ножах, для управління заземлюючими ножами використовується ручний привід. У включеному і

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимкненому становище роз'єднувач надійно фіксується системою важелів приводу, щоб виключити мимовільне відключення або включення.

Короткозамикач - Це комутаційний апарат, призначений для створення штучного КЗ в електричному ланцюзі.

Застосовуються в спрощених схемах підстанції для того, щоб забезпечити відключення пошкодженої трансформатора після створення штучного КЗ дією релейного захисту живильної лінії. В установках 35 кВ застосовують 2 полюса короткозамикача, при спрацьовуванні яких створюється штучне двофазне КЗ. в установках з заземленою нейтраллю (110 кВ і вище) застосовується один полюс. Привід короткозамикателя має пружину, яка забезпечує включення заземлювального ножа на нерухомий контакт, що знаходиться під напругою. Імпульс для роботи приводу подається від релейного захисту, відключення проводиться в ручну. При включення короткозамикача щоб уникнути виникнення дуги і можуть пошкодити машину необхідно забезпечити високу швидкість руху ножа. В існуючих конструкціях час включення складає 0,12 - 0,25 с.

Відокремлювач - Зовні не відрізняється від роз'єднувача, але у нього для відключення є пружинний привід. Включення отделителя проводиться в ручну. Вони можуть мати заземлювальні ножі. Недоліком існуючих конструкцій отделителей є досить великий час відключення (0,4 - 0,5 с.). Отделители можуть відключати знеструмлену ланцюг або струм намагнічування трансформатора (не більше 20 А).

Отделители і короткозамикачі відкритої конструкції недостатньо надійно працюють в несприятливих погодних умовах (мороз, ожеледь), спостерігалися випадки відмови в роботі. У зв'язку з цим розроблено отделители і короткозамикачі з контактною системою, розташованої в закритій камері, заповненій елегазом.

Запобіжники - високої напруги мають те ж саме призначення і принцип дії, що і запобіжники до 1 кВ. Запобіжники з дрібнозернистим наповнювачем (серія ПК) виконуються на напруги 3, 6, 10, 35 кВ і номінальні струми відповідно 400, 300, 200 і 40 А. Ці запобіжники мають струмообмежувальним ефектом, повне час

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відключення при токах КЗ 0,005 - 0,007 с. Швидке гасіння дуги у вузьких каналах між зернами кварцу призводить до перенапруженням, небезпечним для ізоляції установки. Для зниження перенапруги штучно затягують гасіння дуги, застосовуючи плавкі вставки різного перетину по довжині або плавкі вставки з іскровими проміжками, включені паралельно основним робочим вставкам. Спочатку розплавляється робоча вставка, при якій виникла перенапруженні пробивається іскровий проміжок допоміжної вставки, яка також перегорає. Сумарний час спрацьовування запобіжника при великих кратностях струмів не перевищує 0,008с.

Також застосовуються запобіжники з автогазовий гасінням (вихлопні типу ПВТ) і розроблені керовані запобіжники (крім плавкою вставки є контакти, які можна відключити впливаючи приводом, відключення проводитися після перегорання плавкої вставки).

Обмежувачі ударного струму - це надшвидкодіючі комутаційні апарати вибухового дії на великі номінальні струми для установок 6 - 30 кВ.

1.4 Компенсація реактивної потужності

Реактивна потужність на ряду з активною потужністю враховується постачальником електроенергії, а отже, підлягає оплаті по тарифах, тому становить значну частину рахунку за електроенергію.

В даний час, компенсація реактивної потужності є важливим фактором та дозволяє вирішити питання енергозбереження практично на будь-якому підприємстві.

Всі індукційні (електромагнітні) машини та пристрої, що працюють у складі систем змінного струму, перетворюють електричну енергію, яка постачається від генераторів енергосистеми, в механічну роботу та тепло. Для здійснення такого перетворення необхідне утворення магнітних полів в машинах, і ці поля пов'язані з іншою формою енергії – «реактивною» енергією, яка забезпечується енергосистемою або іншими додатковими джерелами.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для компенсації реактивної потужності використовуються різні пристрої на основі статичних або синхронних елементів.

Використання конденсаторних установок для компенсації реактивної потужності дозволяє: розвантажити живлячі лінії електропередачі, трансформатори і розподільні пристрої; понизити витрати на оплату електроенергії; при використанні визначеного типу установок понизити рівень вищих гармонік; подавити мереживі перешкоди, понизити несиметрію фаз; зробити розподільні мережі надійнішими та економнішими.

1.5 Споживачі реактивної потужності на промислових підприємствах асинхронні двигуни -45-65%

електропечі -8%;

Споживачі реактивної потужності

напівпровідникові перетворювачі та повітряні електричні лінії –10% трансформатори всіх ступенів трансформації –20-25%.

Заходи з підвищення коефіцієнта потужності в електроустановках

До заходів першої групи відносяться:

1)підвищення завантаження асинхронних двигунів;

ліквідація режиму роботи асинхронних двигунів без навантаження шляхом

2)установлення обмежувачів холостого ходу, коли між операційний період більший 10с;

3)перемикання обмоток статора асинхронних електродвигунів напругою до 1000В із трикутника на зірку, якщо їх завантаження менше 40% (знижує потужність двигуна в 3 рази);

4)плавне регулювання напруги за допомогою тиристорних пристроїв;

До другої групи компенсації реактивної потужності відноситься встановлення

компенсуючих пристроїв.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір типу, потужності і місця встановлення пристроїв компенсації

1) найбільший економічний ефект досягається при розміщенні засобів компенсації безпосередньо поблизу електроприймача;

2) статистичні конденсатори можуть встановлюватися поблизу одиничного навантаження, з великим терміном навантаження;

3) індивідуальна компенсація найбільш ефективна і доцільна для потужних електроприймачів, але супроводжується відключенням компенсуючого пристрою з відключенням споживача;

4) синхронні двигуни, які працюють з перезбудженням поля, можуть також бути використанні для підвищення коефіцієнта потужності.

1.6 Способи компенсації реактивної потужності

В системі електропостачання для компенсації реактивної потужності використовуються батареї статичних конденсаторів (БСК) симетричного виконання. Порівняно із іншими компенсувальними пристроями вони мають низку переваг, що дозволяє одночасно із компенсацією використовувати їх для покращення якості електроенергії

Сучасні конденсаторні батареї характеризуються малими діелектричними втратами (0,25 Вт/кВАр для 0,4 кВ і 0,07 Вт/кВАр для 10кВ), терміном служби більше 100 000 годин, високою стабільністю пускового струму, широким діапазоном робочих температур від -40 °С до 50 °С, наявністю сухого екологічного діелектрика, мають вмонтовані розрядні опори та захист від перенапруг, який може мати місце в момент комутації. Це забезпечує їх високу надійність роботи. Розширено діапазон номінальних потужностей конденсаторних батарей: напругою 0,4 кВ - від 1,5 кВАр і напругою 6,3 кВ - від 25 кВАр. Використання сучасних матеріалів дозволило зменшити габаритні розміри конденсаторів.

Висновок

Вибір комутаційно-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності є важливою складовою системи електропостачання підприємства. В даній роботі було обґрунтовано вибір цих елементів для металообробного цеху.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення ефективної роботи системи електропостачання підприємства були розглянуті вимоги до комутаційно-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності. Були запропоновані засоби компенсації, які дозволять знизити втрати та покращити якість електропостачання.

Отже, обґрунтування вибору комутаційно-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності є важливим кроком у побудові ефективної системи електропостачання металообробного цеху підприємства.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Умови проектування

Вимоги до визначення характеристик та особливостей об'єкту проектування

Об'єктом проектування є ремонтно-механічний цех. Характеристики та особливості об'єкту проектування розглядається в ДБН Б.2.2-12:2019 розділу: «ВИРОБНИЧІ ТЕРИТОРІЇ».

До виробничих відносяться території : промислової, науково-виробничої, транспортної, складської та комунальної забудови. Виробничі території слід розподіляти на такі структурні елементи: технополіси, технопарки, індустриальні парки, промислові зони, промислові райони, групи підприємств, окремі підприємства та об'єкти [3].

Також використовується ДСТУ-Н Б В.2.5-80-2015 розділ: «ЦЕХ МЕРЕЖІ ПІДСТАНЦІЙ».

Цех знаходиться у Автозаводському районі

Ґрунти в межах ЕП – чорноземи

Каркас будівлі цеху змонтований з бетонних блоків.

Розміри цеху $A \times B \times H = 35 \times 45 \times 10$ м.

Всі ЕП працюють на трьохфазному змінному струмі промислової частоти 50 Гц і напрузі 380 В

Нормативне регулювання питань класифікації і визначення загальних характеристик електроприймачів (за видом струму, номінальними напругами, надійністю електропостачання і т. ін.)

Категорії надійності [1] електропостачання визначають залежно від технології основного виробництва споживача електроенергії згідно з вимогами ПУЕ «Глава 1.2 розділ: категорії електроприймачів і забезпечення надійності електропостачання»

Згідно з НАПБ Б.03.002-2007 Приміщення та будівлі за вибухопожежною та пожежною

небезпекою підрозділяються на категорії А, Б, В, Г і Д.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У випадку ремонтно-механічного категорія пожежної небезпеки Г: негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес променистого тепла, іскор і полум'я; горючі гази, рідини і тверді горючі речовини, які спалюються або утилізуються у вигляді палива.

Класифікація пожеженебезпечних та вибухонебезпечних зон визначається НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок».

Даний цех відноситься до пожежонебезпечної зони класу П-Па – простір у приміщенні, у якому знаходяться тверді горючі речовини та матеріали, а за вибухонебезпечною зоною відноситься до класу 20 – простір, у якому під час нормальної експлуатації вибухонебезпечний пил у вигляді хмари присутній постійно або часто в кількості, достатній для утворення небезпечної концентрації суміші з повітрям, і (або) простір, де можуть утворюватися пилові шари непередбаченої або надмірної товщини.

Ступінь захисту обладнання цеху визначається з ГОСТ 14254-2015 (ІЕС 60529:2013). У кожного обладнання має бути зазначений ступінь захисту, що забезпечується оболонкою, вказується кодом IP.

Особливості визначення характеристик джерела живлення для об'єкту проектування

В даному пункті відзначається від якої підстанції планується живлення об'єкту, зв'язки з іншими елементами, наявність або відсутність генеруючих об'єктів або двигунів також відстань від об'єкту до РП.

Схеми живлення з одним приймальним пунктом електроенергії використовують, як правило, у разі відсутності спеціальних вимог до надійності живлення і компактному розподіленні навантажень.

Дані особливості визначаються згідно з ДСТУ-Н Б В.2.5-80-2015, пунктами 6.1, 6.2, 6.5, 6.6, 6.8. Надійність живлення ЕП I та, як правило, II категорій забезпечують незалежно від їх потужності і місця в системі електропостачання. В необхідних випадках на нижчих ступенях електропостачання передбачають підвищену надійність живлення навіть порівняно з вищими ступенями, але без

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значних витрат, використовуючи для ЕП I категорії найпростішу автоматику безпосередньо на цехових розподільних пунктах (збірках),

Для електропостачання підприємств, як правило, застосовують підстанції з простими схемами і переважно відкритої установки трансформаторів

Кількість трансформаторів, які встановлюють на підстанції, що живить споживачів I та II категорій, слід застосовувати не більше двох трансформаторів.

Особливості формування лінійної складової приєднання (траси проходження) до електричних мереж ОСР

У випадку лінійного приєднання, за Кодексом системи розподілу:

Послуга з приєднання електроустановок замовника до системи розподілу є платною послугою та надається ОСР відповідно до умов договору про приєднання.

Якщо в межах території, на якій розташовані електроустановки або передбачається будівництво нових електроустановок замовника здійснюють свою діяльність декілька ОСР, замовник може обрати будь-якого ОСР для отримання послуги з приєднання.

Споживач має право без погодження з ОСР та укладення договору про приєднання в межах дозволеної йому до використання потужності підключити власні струмоприймачі або струмоприймачі організації, яка виконує роботи або надає послуги цьому суб'єкту господарювання за договором на його території.

Приєднання електроустановок замовника на території, що підлягає комплексній забудові (мікрорайон/квартал, вулиця), здійснюється відповідно до умов цього розділу після виконання ОСР, який здійснює на цій території ліцензовану діяльність, електрифікації території, що підлягає комплексній забудові, згідно з планами забудови відповідної території.

2.2 Визначення розрахункових електричних навантажень електромеханічного цеху

2.2.1 Загальна інформація щодо методики проведення розрахунку

Правильне визначення електричного навантаження та його вірне розподіл між силовими пунктами (СП), розташованими в будівлі центральної підстанції (ЦПП), є ключовими факторами при розрахунках силових навантажень.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Неправильне збільшення навантаження може призвести до надмірного використання провідникових матеріалів і підвищення вартості будівництва. Навпаки, неправильне зниження навантаження може призвести до обмеження пропускної здатності електричної мережі і нездатності електропостачання працювати належним чином. Тому, правильність розрахунку електричних навантажень є важливим і основним фактором при проектуванні та використанні електричної мережі.

Наразі існує три основні методи для розрахунку електричних навантажень:

Коефіцієнт попиту: цей метод враховує очікувану електричну потужність, основу на сподіваному споживанні електроенергії. Використання коефіцієнта попиту дозволяє врахувати пікові навантаження та забезпечити необхідну електропотужність.

Упорядковані діаграми: цей метод використовує графічне представлення електричних навантажень на основі статистичних даних. Він дозволяє здійснити прогнозування навантажень на основі історичних змін у споживанні електроенергії.

Питоме споживання електроенергії на одиницю виготовленої продукції: цей метод базується на відношенні споживаної електроенергії до кількості виготовленої продукції. Він використовується для оцінки електричних навантажень у виробничих процесах, де кількість виробленої продукції є ключовим фактором.

Запропоновано структуру електропостачання електромеханічного цеху промислового підприємства (кількість та номінальну потужність цехових трансформаторів розташування силових розподільних пунктів та щитків освітлення, схему живлення окремих електроприймачів (ЕП) та визначено розрахункові навантаження на шинах розподільчих пунктів та цехових трансформаторів

2.2.2 Вихідні дані для проведення розрахунку

Рисунок 2.1 показує план розміщення електроприймачів в цеху

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

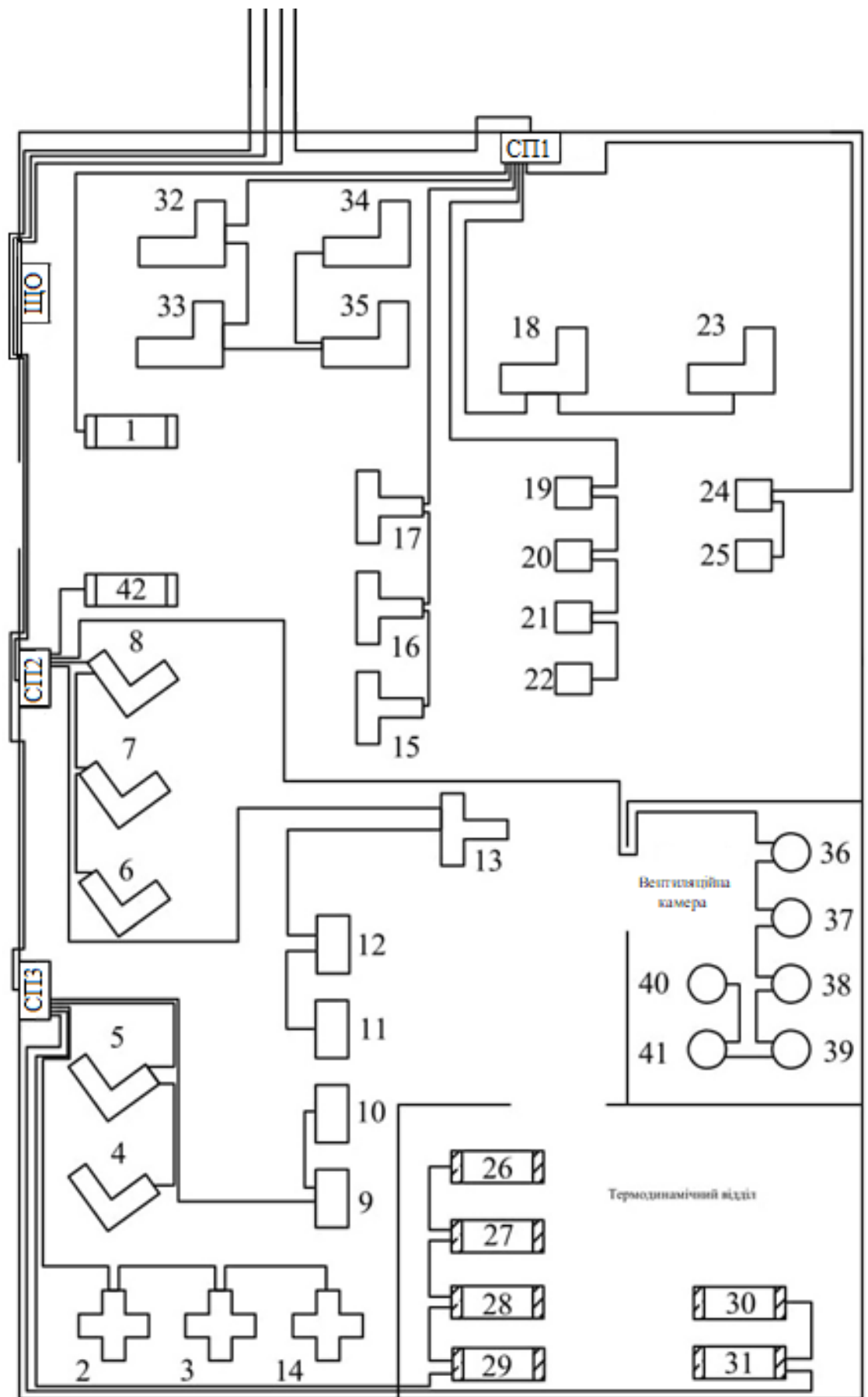


Рисунок 2.1 - План розміщення ЕП металообробного цеху

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ОЕ-91-06.037

Арк.

24

В таблиці 2.1 дані про електроприймачі

Таблиця 2.1 – Дані про електроприймачі металообробного цеху

№ СП	Номери на плані цеху	Назва ЕП	Кількість n, шт	K_B	$\cos\varphi$	Номінальна потужність P_n , кВт
СП1	1	Мостовий кран, ТВ = 25 %	1	0,12	0,5	30
	15 – 17	Вертикально свердлильні верстати	3	0,14	0,5	6,2
	18, 23, 32 – 35	Заточувальні верстати	6	0,25	0,65	8
	19 – 22, 24, 25	Фрезерувальні верстати	6	0,22	0,55	10
СП2	6 - 8	Токарно-револьверні верстати	3	0,15	0,5	12,5
	42	Мостовий кран, ТВ = 25 %	1	0,12	0,5	30
	11 – 12	Шліфувальні верстати	2	0,2	0,5	4,2
	13	Вертикально-свердлильні верстати	1	0,14	0,5	6,2
	36 – 41	Вентиляція	6	0,5	0,7	8,2
СП3	2 – 3, 14	Строгальні верстати	3	0,18	0,55	16,2
	4 – 5	Токарно-револьверні верстати	2	0,15	0,5	12,5
	9 – 10	Шліфувальні верстати	2	0,2	0,5	4,2
	26 – 29	Електричні печі опору	4	0,8	0,92	50
	30 – 31	Електричні індукційні печі	2	0,6	0,9	26

2.2.3 Розрахунок електричних навантажень електромеханічного цеху

Розрахунок електричних навантажень цеху обробки корпусних деталей виконаємо методом розрахункових коефіцієнтів.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Номінальна активна потужність групи ЕП розраховується за формулою:

$$P_H = nP_{Hi},$$

де n - кількість ЕП, P_{Hi} - номінальна потужність строгального верстата.

$$P_H = 3 * 16,2 = 48,6 \text{ кВт.}$$

2. Проміжна активна та реактивна потужності визначаються за формулою:

$$P_{пр} = P_{H\Sigma} K_v,$$

$$Q_{пр} = P_{пр} \operatorname{tg}\varphi,$$

де K_v - коефіцієнт використання;

$$P_{пр} = 48,6 * 0,18 = 8,748 \text{ кВт.}$$

$$P_{QR} = 8.748 * 1,52 = 13,3 \text{ кВар.}$$

Для інших споживачів проводимо аналогічні розрахунки та зводимо до таблиці 2.2.

Таблиця.2.2

№ СП	Номери на плані цеху	Назва ЕП	Кількість	K_v	$\cos \varphi$	Номінальна потужність	$\operatorname{tg}\varphi$	P_H	$P_{пр}$	$Q_{пр}$
СП1	1	Мостовий кран, ТВ=25%	1	0,12	,5	30	1,73	30	3,6	6,228
	15-17	Вертикально-свердлильні верстати	3	0,14	0,5	6,2	1,73	18,6	2,604	4,505
	8, 23, 32-35	Заточувальні верстати	6	0,25	0,65	8	1,17	48	12	14,04
	9-22, 24, 25	Фрезерувальні верстати	6	0,22	0,55	10	1,51	60	13,2	19,93

Продовження таблиці.2.2

СП2	6-8	Токарно револьв ерні верстати	3	0,15	0,5	12,5	1,73	37,5	5,625	9,731
	42	Мостов ий кран, ТВ=25%	1	0,12	0,5	30	1,73	30	3,6	6,228
	11-12	Шліфув альні верстати	2	0,2	0,5	4,2	1,73	8,4	1,68	2,906
	13	Вертика льно- свердли льні верстати	1	0,14	0,5	6,2	1,73	6,2	0,868	1,502
	36-41	Вентиля ція	6	0,5	0,7	8,2	1,02	49,2	24,6	25,09
	СП3	2-3, 14	Строгал ьні верстати	3	0,18	0,55	16,2	1,51	48,6	8,748
4-5		Токарно револьв ерні верстати	2	0,15	0,5	12,5	1,73	25	3,75	6,488
9-10		Шліфув альні верстати	2	0,2	0,5	4,2	1,73	8,4	1,68	2,906
26-29		Електри чні печі опору	4	0,8	0,92	50	0,43	200	160	68,8
30-31		Електри чні печі індукцій ні	2	0,6	0,9	26	0,48	552	31.2	14.98

3. Розраховуємо номінальну групову активну потужність:

Для СП1:

$$P_n = \sum_{i=1}^n P_{ni} = 18,6 + 30 + 48 + 60 = 156,6 \text{ кВт.}$$

Сумарна кількість електроприймачів для СП1:

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m n_i,$$

$$n_{\Sigma\text{СП1}} = 1 + 3 + 6 + 6 = 16$$

4. Серед всіх споживачів СП1 шукаємо з максимальною і мінімальною потужностями:

$$P_{\min\text{СП1}} = 6,2\text{кВт},$$

$$P_{\max\text{СП1}} = 30\text{кВт},$$

$$m = \frac{P_{\max\text{СП1}}}{P_{\min\text{СП1}}} = \frac{30}{6,2} = 4,84$$

Сумарна проміжна активна і реактивна потужності для СП1:

$$P_{\Pi} = \sum_{i=1}^n P_{\text{пр}i},$$

де $\sum P_{\text{пр}}$ - сума активних проміжних потужностей для СП1,

$$P_{\Pi\text{СП1}} = 3,6 + 2,6 + 12 + 13,2 = 31,4 \text{ кВт},$$

$$Q_{\Pi} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{пр}i},$$

де $\sum Q_{\text{пр}}$ - сума реактивних проміжних потужностей для СП1.

$$Q_{\Pi\text{СП1}} = 6,24 + 4,51 + 14,03 + 20,04 = 44,82 \text{ квар.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання всього силового пункту:

$$K_{\epsilon} = \frac{P_{\Pi}}{P_{\Pi\Sigma}},$$

де P_{Π} - сумарна проміжна потужності для СП1;

$P_{\Pi\Sigma}$ - сумарна номінальна потужність для СП1;

$$K_{\text{вСП1}} = \frac{31,4}{156,6} = 0,2.$$

Розрахункове значення ефективної кількості ЕП:

$$n_{\text{p.e}} = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}})^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}}^2} = \frac{156,6^2}{30^2 + 3 * 6,2^2 + 6 * 8^2 + 6 * 10^2} = 12,26.$$

Знайдене значення не округлюють до меншого цілого числа. $n_{\text{p.e}} = 12$

										Арк.
										28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ОЕ-91-06.037

Визначаємо розрахункову активну потужність:

$$P_p = \kappa_p \sum P_{\Pi},$$

$$P_{pСП1} = 31,4 \cdot 1,23 = 38,63 \text{ кВт.}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність:

$$n_e > 10 \quad Q_p = Q_{np}, \text{ тоді}$$

$$Q_p = Q_{np} = 44,82 \text{ кВар, при } n_e = 12 > 10$$

Повна розрахункова потужність для СП1:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

$$S_{pСП1} = \sqrt{38,63^2 + 44,82^2} = 59,17 \text{ кВА.}$$

Знайдемо розрахунковий струм для СП1:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$

$$I_{pСП1} = \frac{59,17}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 89,9 \text{ А.}$$

Для СП2 та СП3 проведемо аналогічні розрахунки та зведемо до таблиці 1.13.

Розраховуємо сумарне силове навантаження цеху:

Сумарна к-сть електроприймачів 42 шт.

Номінальна групова активна потужність:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{Hi} = 156,6 + 93,8 + 285,4 = 535,8 \text{ кВт.}$$

Мінімальна та максимальна потужність електроприймачів:

$$P_{\min СП 1} = 4,2 \text{ кВт,}$$

$$P_{\max СП 1} = 50 \text{ кВт,}$$

$$m = \frac{P_{\max СП 1}}{P_{\min СП 1}} = \frac{50}{4,2} = 11,9 \text{ .}$$

Проміжна сумарна активна та реактивна потужності:

$$P_{\Pi} = \sum_{i=1}^n P_{\Pi p}, = 273,16,$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\Pi} = \sum_{i=1}^n Q_{\Pi pi}, = 191,35.$$

Розраховуємо коефіцієнт використання:

$$K_{\theta} = \frac{P_{\Pi CH}}{P_{\Pi \Sigma}},$$

$$K_{\theta СП1} = \frac{273,16}{621,9} = 0,44.$$

Ефективне число ЕП:

$$n_e = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{\Pi i}}{P_{\Pi max}}$$

$$n_{e СП1} = \frac{2 \cdot 285,4}{50} = 21,4.$$

Визначимо коефіцієнт розрахункового навантаження при $n_{e СП1} = 21$:

$$K_p = 0,85.$$

Сумарна розрахункова активна потужність для СП1:

$$P_p = P_{\Pi} K_p,$$

$$P_{p CH} = 258,78 \cdot 0,85 = 219,97 \text{ кВт.}$$

Визначимо розрахункову реактивну потужність:

$$Q_p = K_p Q_{\Pi p},$$

$$Q_p = 0,85 \cdot 173,24 = 147,25 \text{ кВт.}$$

Повна розрахункова потужність силового навантаження:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

$$S_{p CH} = \sqrt{219,97^2 + 147,25^2} = 264,7 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм для СП1:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H},$$

$$I_{p CH} = \frac{264,7}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 402,18 \text{ А.}$$

2.2.3.1 Освітлення [11]

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначенню розрахункових навантажень освітлювальних установок, як правило, передують розрахунки електричного освітлення проєктованого цеху, яке поділяють на робоче та аварійне.

Потрібний потік ламп в кожному світильнику Φ знаходиться з формули:

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot K_z \cdot F \cdot z}{\eta};$$

Коефіцієнт використання η залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стін $\rho_{ст}$, стелі ρ_c , робочої поверхні ρ_p , та від показника приміщення i , який враховує співвідношення розмірів приміщення. Приймаємо:

$$\rho_{ст} = 0,7$$

$$\rho_c = 0,5$$

$$\rho_p = 0,3$$

Коефіцієнт запасу $K_z = 1,5$.

Мінімальна освітленість $E_{\min} = 200$ лк.

Коефіцієнт нерівномірності $z = 1,1$.

Площа приміщення:

$$F = A \cdot B,$$

$$F = 30 \cdot 40 = 1200 \text{ м}^2.$$

Визначимо показник, який враховує співвідношення розмірів приміщення (індекс приміщення) для світильника ПВЛ:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)},$$

$$h = H - h_c - h_p,$$

$$H = 16\text{м}, h_p = 0,8\text{м}, h_c = 6,7\text{м}.$$

$$h = 16 - 6,7 - 0,8 = 8,5\text{м}.$$

Звідси:

$$i = \frac{30 \cdot 40}{16 \cdot (30 + 40)} = 2,01,$$

$$\eta = 0,36.$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Світловий потік однієї лампи, необхідний для забезпечення заданої мінімальної освітленості:

Нормоване значення освітленості для цеху дорівнює 200 лк. Коефіцієнт мінімальної освітленості $z = 1,1$. Вибираємо значення коефіцієнту запасу $k_3 = 1,5$.

Оберемо лампу типу LM POWERLUX, яка має наступні характеристики:

$$\Phi_{л} = 1800 \text{ лм}, P_{л} = 70 \text{ Вт } U = 220 \text{ В.}$$

Світловий потік:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 1200 \cdot 1,1}{0,36} = 1100000 \text{ лм.}$$

Кількість світильників:

$$N_{св} = \frac{\Phi}{N_{л} \Phi_{л}},$$
$$N = \frac{11000000}{2 \cdot 6800} = 88,71 \approx 90 \text{ шт.}$$

Використовуємо люмінесцентну лампа типу LM POWERLUX; Потужність ламп 70Вт, $\cos \varphi$ не менше 0,8, тоді $\text{tg} \varphi = 0,75$.

Визначаємо активну потужність освітлювального навантаження при коефіцієнті попиту ($K_{п} = 0,85$) та коефіцієнті, що враховує додаткові втрати потужності у пускорегулюючій апаратурі $K_{пра} = 1,25$:

$$P_{осв} = n P_{л} K_{п} K_{пра},$$
$$P_{осв} = 90 \cdot 0,07 \cdot 0,85 \cdot 1,25 = 13,39 \text{ кВт.}$$

Визначаємо реактивну потужність освітлювального навантаження:

$$Q_{осв} = P_{осв} \text{tg} \varphi,$$
$$Q_{осв} = 14,06 \cdot 0,75 = 10,04 \text{ квар.}$$

Світильники аварійного освітлення розмістимо рівномірно по всій площі приміщення, значення освітленості при аварійному освітлені для цеху обробки деталей рекомендується брати 5 % від норми робочого освітлення, але не менш як 5 та не більше 30 лк. Для освітлення використаємо VIS-25-E27.

$$P_{ав} = 0,05 P_{осв},$$
$$P_{ав} = 0,05 \cdot 14,06 = 0,67 \text{ кВт.}$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо повне освітлювальне навантаження:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}\Sigma}^2 + Q_{\text{осв}\Sigma}^2},$$

$$P_{\text{осв}\Sigma} = P_{\text{осв}} + P_{\text{ав}},$$

$$P_{\text{осв}\Sigma} = 13,39 + 0,67 = 14,06 \text{ кВт},$$

$$S = \sqrt{14,06^2 + 10,04^2} = 17,27 \text{ кВА}.$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 1.2.

Активна потужність на шинах НН:

$$P_{\text{НН}} = P_p + P_{\text{осв}},$$

$$P_{\text{НН}} = 219,97 + 14,06 = 234,02 \text{ кВт}.$$

Реактивна потужність на шинах НН:

$$Q_{\text{НН}} = Q_p + Q_{\text{осв}},$$

$$Q_{\text{НН}} = 147,25 + 10,04 = 157,3 \text{ квар}.$$

Повна потужність на шинах НН:

$$S_{\text{НН}} = \sqrt{P_{\text{НН}}^2 + Q_{\text{НН}}^2},$$

$$S_{\text{НН}} = \sqrt{234,02^2 + 157,3^2} = 281,97 \text{ кВА}.$$

Втрати в трансформаторі:

$$\Delta P_{\text{тр}} = (0,02 \div 0,03) S_{\text{НН}} = 0,02 \cdot 234,02 = 5,64 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0,1 S_{\text{НН}} = 0,1 \cdot 281,97 = 28,2 \text{ квар}.$$

Визначаємо потужність на шинах ВН:

$$S_{\text{ВН}} = \sqrt{P_{\text{ВН}}^2 + Q_{\text{ВН}}^2},$$

$$P_{\text{ВН}} = P_{\text{НН}} + \Delta P_{\text{тр}} = 234,02 + 5,64 = 239,66 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ВН}} = Q_{\text{НН}} + \Delta Q_{\text{тр}} = 157,3 + 28,2 = 185,49 \text{ квар},$$

$$S_{\text{ВН}} = \sqrt{239,66^2 + 185,49^2} = 303,06 \text{ кВА}.$$

Таблиця 2,3 в (Додаток Б)

2.3 Вибір конденсаторів і трансформаторів

При виборі варто опиратися на найбільше можливе навантаження трансформаторів в післяаварійному режимі.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зосереджене навантаження $S_3 (P_3, Q_3)$ та $S_4 (P_4, Q_4)$:

$$S_3 = \sqrt{P_3^2 + Q_3^2} = \sqrt{50^2 + 12^2} = 51,42 \text{ МВ} \cdot \text{А},$$

$$S_4 = \sqrt{P_4^2 + Q_4^2} = \sqrt{45^2 + 10^2} = 46,1 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

Розрахуємо навантаження на шинах 10 кВ живлячої підстанції:

$$P_{\text{сш1}} = K_{\text{см}} (P_{\text{Л14}} + P_{\text{Л15}} + P_3) = 0,8 \cdot (2063,06 + 510 + 50 \cdot 10^3) = 42058,45 \text{ кВт} = 42,058 \text{ МВт},$$

$$Q_{\text{сш1}} = K_{\text{см}} (Q_{\text{Л14}} + Q_{\text{Л15}} + Q_3) = 0,8 \cdot (652,73 + 246,993 + 12 \cdot 10^3) = 10319,78 \text{ квар} = 10,319 \text{ Мвар},$$

$$S_{\text{сш1}} = \sqrt{P_{\text{сш1}}^2 + Q_{\text{сш1}}^2} = \sqrt{42,058^2 + 10,319^2} = 43,31 \text{ МВ} \cdot \text{А},$$

$$P_{\text{сш2}} = K_{\text{см}} (P_{\text{Л13}} + P_4) = 0,85 \cdot (2288,06 + 45 \cdot 10^3) = 40194,85 \text{ кВт} = 40,195 \text{ МВт},$$

$$Q_{\text{сш2}} = K_{\text{см}} (Q_{\text{Л13}} + Q_4) = 0,85 \cdot (727,73 + 10 \cdot 10^3) = 9118,57 \text{ квар} = 9,119 \text{ Мвар},$$

$$S_{\text{сш2}} = \sqrt{P_{\text{сш2}}^2 + Q_{\text{сш2}}^2} = \sqrt{40,195^2 + 9,119^2} = 41,11 \text{ МВ} \cdot \text{А}.$$

2.5 Розрахунок живлячих і розподільчих мереж

Головною складовою схеми електропостачання даного цеху є розподільчий пункт (РП), який працює на напрузі 6 або 10 кВ. З огляду на велику кількість споживачів з високою потужністю, вирішено обрати РП з номінальною потужністю 10 кВ, щоб уникнути більших втрат електроенергії під час передачі.

Розподільну підстанцію 10 кВ обладнали двома трансформаторами моделі ТМН-80000/110 та двома повітряними лініями 110 кВ. Ці лінії в свою чергу з'єднуються з джерелом живлення, яке забезпечує електроенергією всіх споживачів.

2.5.1 Розрахунок к перерізу розподільних мереж 10 кВ

Технічні вимоги до вибору мінімально припустимого перерізу в мережах напругою понад 10 кВ

1. Струмове навантаження будь-якої ділянки в нормальному режимі не повинне перевищувати допустимої величини, визначеної з врахуванням умов прокладки лінії:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2,$$

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ОЕ-91-06.037

Для Л1 і Л2 обираємо кабель АПвП 3×35 з $I_d=119$ А, а для Л3 і Л4 обираємо кабель АПвП 5×95 $I_d=203$ А.

2.5.2 Перевірка електричних мереж на відповідність вимогам до показників якості електричної енергії

В таблиці 2.8 показані нормативні відхилення напруги в мережі

Таблиця 2.8

Втрати напруги у розподільчій мережі $\Delta U_c\%$	0-2,5	2,5-5	5-7,5	7,5-10	>10
Добавка напруги ЕТ%	0	2,5	5	7,5	10
Номер відгалуження	1	2	3	4	5

Сфера застосування добавок напруги РТ

Втрати напруги у ділянках розподільчої мережі обчислюється:

$$U_{\%} = \frac{PR + QX}{10 \cdot U_H^2}$$

Вибір відгалуження трансформатора проводять за умови допустимого усталеного відхилення напруги у споживачів. У режимі максимальний навантажень напруга на затискачах найвіддаленіших ЕП не повинна бути нижча за $0,95U_H$, тобто $\delta U_y \geq -5\%$. Максимальним беруть розрахункове навантаження, а мінімальним навантаження, яке становить 25...30% від розрахункового.

Забезпечення зазначених вище відхилень напруги на затискачах електроприймачів може бути здійснене в результаті раціонального вибору робочих відгалужень розподільчих трансформаторів і закону регулювання напруги в центрі живлення.

$$\delta U_y = E_n + E_T - \beta(\Delta U_c + \Delta U_T + \Delta U_H),$$

Значення ΔU_c і ΔU_T розраховуємо за формулою

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{10U_H^2},$$

Розрахунки величин ΔU_c і ΔU_T в % представлені в таблицях 2,8 2.9 і 2.10.

Розрахуємо навантаження на початку ліній, в кінці ліній та втрати потужності на прикладі ділянки ТП3-ТП4:

$$\Delta P_{ТП3-ТП4} = \frac{(P_{ТП4} + \Delta P_{ТП4})^2 + (Q_{ТП4} + \Delta Q_{ТП4})^2}{U_H^2} r_0 L_{ТП3-ТП4} 10^{-3},$$

$$\Delta P_{\text{ТП3-ТП4}} = \frac{(348,85 + 3,72)^2 + (132,43 + 23,79)^2}{10^2} \cdot 0,868 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}$$

$$= 0,65 \text{кВт}, \Delta Q_{\text{ТП3-ТП4}}$$

$$= \frac{(P_{\text{ТП4}} + \Delta P_{\text{ТП4}})^2 + (Q_{\text{ТП4}} + \Delta Q_{\text{ТП4}})^2}{U_H^2} \cdot x_0 \cdot L_{\text{ТП3-ТП4}} \cdot 10^{-3},$$

$$\Delta Q_{\text{ТП3-ТП4}} = \frac{(348,85 + 3,72)^2 + (132,43 + 23,79)^2}{10^2} \cdot 0,095 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 70,6 \text{квар},$$

$$P_{\text{ТП3-ТП4}} = P_{\text{ТП4}} + \Delta P_{\text{ТП3-ТП4}} + \Delta P_{\text{ТП4}},$$

$$P_{\text{ТП3-ТП4}} = 348,85 + 0,65 + 3,72 = 353,22 \text{кВт},$$

$$Q_{\text{ТП3-ТП4}} = Q_{\text{ТП4}} + \Delta Q_{\text{ТП3-ТП4}} + \Delta Q_{\text{ТП4}},$$

$$Q_{\text{ТП3-ТП4}} = 132,14 + 70,6 + 23,79 = 226,53 \text{квар}.$$

Таблиця 2.8

Ділянка мережі	r_0 , Ом/км	X_0 , Ом/км	L, Км	ΔP , кВт	ΔQ , квар	P, кВт	Q, квар	ΔU_c , %
п/ст-РП	0,32	0,083	1,3	23,982	6,220	2312,042	733,950	1,041
РП-ТП1	0,868	0,095	0,8	14,166	1,550	1325,274	549,799	0,962
ТП1-ТП2	0,868	0,095	0,6	5,634	0,617	960,872	407,089	0,524
ТП2-ТП3	0,868	0,095	0,3	1,476	0,162	695,592	290,032	0,189
ТП3-ТП4	0,868	0,095	0,5	0,645	70,6	353,215	156,001	0,161

Таблиця 2,9 - Втрати напруги на ділянках мережі

Номинальна потужність і № ТП	P, кВт	R, Ом	Q, квар	X, Ом	Z, Ом	ΔU_T , %
ТП1	418,67	1,915	166,070	8,518	8,730	2,216
ТП2	352,57	1,915	155,930	8,518	8,730	2,003
ТП3	418,67	1,915	166,070	8,518	8,730	2,216
ТП4	352,57	1,915	155,930	8,518	8,730	2,003

Таблиця 2.10 - Втрати напруги на ТП

№ ТП	ΔU_c , %	E_T , %
ТП1	2,003	0
ТП2	2,527	2,5
ТП3	2,716	2,5
ТП4	2,877	2,5

Приймаємо кількість ступенів регулювання напруги $n = 2$.

Величина E'_T вибирається виходячи з того, щоб на шинах 0,4 кВ РТ, підключеного безпосередньо до шин РП відхилення напруги не перевищувало б

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

верхнього припустимої межі δU_y . З огляду на те, що в цьому випадку $\beta=1$, $E_T=0$; $\Delta U_C=0$; $\Delta U_H=0\%$, одержуємо:

$$E''_{\Pi} = \delta U_y + \Delta U_T = 5 + 2,11 = 7,11 \% ,$$

Величина $E''_{\Pi}(B)$ визначається з тієї умови, щоб відхилення напруги на шинах 0,4 кВ першого РТ, що має найбільшу величину E_T , не перевищувало б верхнього припустимої межі δU_y .

Оскільки в цьому випадку $\beta=\beta_{\min}=0,25$; $\Delta U_H=0\%$, то:

$$E''_{\Pi}(B) = \delta U_y - E_T + \beta C_{T_{\min}},$$

$$E''_{\Pi}(B) = 5 - 2,5 + 0,25 * (2,527 + 2,11) = 3,659\%.$$

Величина $E''_{\Pi}(H)$ визначається виходячи з того, щоб відхилення напруги в найбільш віддаленого споживача останнього ТП не було менше нижньої припустимої межі δU_{yB} . Оскільки в цьому випадку $\beta = \beta_{\min} = 0.25$, $E_T = 0$, то :

$$E''_{\Pi}(H) = \delta U^B_{\text{доп}} - E_T + \beta C_{T_{H_{\min}}},$$

$$E''_{\Pi}(H) = -5 - 0 + 0,25 \cdot (2,003 + 2,11 + 7,5) = -2,096\%.$$

Середнє значення у мінімальному режимі:

$$E''_{\Pi} = \frac{E''_{\Pi}(B) + E''_{\Pi}(H)}{2} = \frac{3,659 + (-2,09)}{2} = 0,7 \%$$

2.6 Комутаційна апаратура розподільної мережі

Обґрунтування вибору комутаційної апаратури знаходиться в розділі 3

2.7 Розрахунок струмів короткого замикання

Порушення нормального режиму роботи систем електропостачання часто виникає внаслідок короткого замикання (КЗ), що сталося в мережі або в елементах електрообладнання через пошкоджену ізоляцію або неправильні дії обслуговуючого персоналу. Основна мета розрахунку струмів КЗ полягає у забезпеченні динамічної та термічної стійкості елементів системи електропостачання під час аварійних режимів роботи. Методики розрахунків струмів КЗ поділяються на два види: для напруги вище 1 кВ та для напруги нижче 1 кВ. Розрахунок струмів короткого замикання виконується для найбільш характерних точок, де передбачається встановлення пристроїв захисту.

2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі вище 1 кВ

2.7.1.1 Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані розрахункової схеми:

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T1: ТДТН-80000/110; $S_{HT} = 80$ МВА; $U_{BH}=115$ кВ; $U_{CH}=38,5$ кВ; $U_{HH}=10,5$ кВ; $P_{HX}=53$ кВт; $P_{K3}=290$ кВт; $u_{KB-C}=10,5$ %; $u_{KB-H}=18$ %; $u_{KC-H}=7$ %; $I_{HX}=0,5$ %; з'єднання обмоток: УН/Д/Д.

Повітряна лінія ПЛ1: АС-150, $l=15$ км, $X_{01}=0,42$ Ом/км, $R_{01}=0,198$ Ом/км, $X_{0ПЛ1}=3,5X_{01}$ Ом/км, $R_{0ПЛ1}=3,5R_{01}$ Ом/км;

Кабельна лінія КЛ1: АПвП 3х35, $l=2,5$ км, $X_{01}=0,095$ Ом/км, $R_{01}=0,868$ Ом/км;

Кабельна лінія КЛ2: АПвП 3х35, $l=4,1$ км, $X_{02}=0,095$ Ом/км, $R_{02}=0,868$ Ом/км;

Розрахункова схема наведена на рисунку 2.2

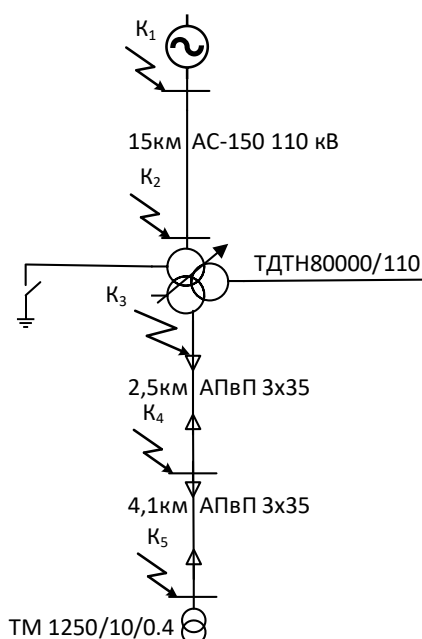


Рисунок 2.2 Розрахункова схема

2.7.1.2 Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі вище 1 кВ

Розраховуємо опори елементів схеми заміщення у іменованих одиницях . За базисну напругу приймаємо $U_c = 115$ кВ . По розрахунковій схемі складають схему заміщення, що зображена на рисунку 2.3

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

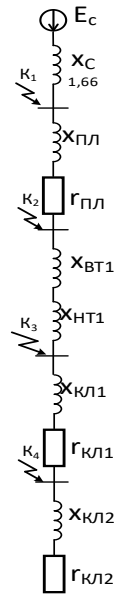


Рисунок 2.3- Схема заміщення

Розрахуємо ЕРС та опір системи за формулами:

$$E_c = \frac{U_H}{\sqrt{3}} \quad (2.51)$$

$$E_c = \frac{115}{\sqrt{3}} = 66,47 \text{ кВ,}$$

$$X_c = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{відкл}}}, \quad (2.52)$$

$$X_c = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 40} = 1,66 \text{ Ом.}$$

Активний та реактивний опори лінії розраховуються наступним чином:

$$R_L = r_0 \cdot l_L, \quad (2.53)$$

$$X_L = x_0 \cdot l. \quad (2.54)$$

Розраховуємо активний і індуктивний опори ПЛ1:

$$R_{\text{ПЛ1}} = 0,198 \cdot 15 = 2,97 \text{ Ом,}$$

$$X_{\text{ПЛ1}} = 0,42 \cdot 15 = 6,3 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо активний і індуктивний опори КЛ1:

$$R_{\text{КЛ1}} = r_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2, \quad (2.55)$$

$$R_{\text{КЛ1}} = 0,868 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{115}{10,5}\right)^2 = 260,3 \text{ Ом,}$$

$$X_{\text{КЛ1}} = x_0 \cdot l \cdot \left(\frac{U_1}{U_{c2}}\right)^2, \quad (2.56)$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_{кЛ1} = 0,095 \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{115}{10,5}\right)^2 = 28.48 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо активний і індуктивний опори КЛ2:

$$R_{кЛ2} = 0,868 \cdot 4,1 \cdot \left(\frac{115}{10,5}\right)^2 = 426.89 \text{ Ом,}$$

$$X_{кЛ2} = 0,095 \cdot 4,1 \cdot \left(\frac{115}{10,5}\right)^2 = 46.72 \text{ Ом,}$$

Опори трансформатора Т1:

$$X_{вТ} = \frac{u_{вН-сН\%} + u_{вН-нН\%} - u_{сН-нН\%}}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{U_H^2}{S_H}, \quad (2.57)$$

$$X_{нТ} = \frac{u_{вН-нН\%} + u_{сН-нН\%} - u_{вН-сН\%}}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{U_H^2}{S_H}, \quad (2.58)$$

$$X_{ст} = \frac{u_{вН-сН\%} + u_{сН-нН\%} - u_{вН-нН\%}}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{U_H^2}{S_H}. \quad (2.59)$$

Отримуємо:

$$X_{вТ} = \frac{10,5 + 18 - 7}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{115^2}{80} = 17,77 \text{ Ом,}$$

$$X_{нТ} = \frac{18 + 7 - 10,5}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{115^2}{80} = 11,98 \text{ Ом,}$$

$$X_{ст} = \frac{10,5 + 7 - 18}{2 \cdot 100\%} \cdot \frac{115^2}{80} = -0,41 \approx 0 \text{ Ом.}$$

2.7.1.3 Розрахунок струмів трифазного КЗ

Еквівалентуємо схему заміщення відносно точок КЗ. На рисунку 2.4 показана еквівалентна схема заміщення для точки КЗ.

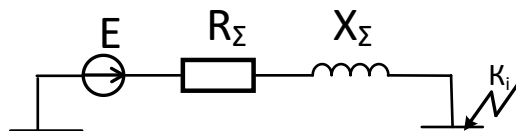


Рисунок 2.4- Еквівалентна схема заміщення для точки КЗ.

Враховуючи велику електричну віддаленість точок КЗ від системи, періодична складова струму КЗ приймається незатухаючою і визначається за формулою:

$$I''_i = I_{i_t} = I_{i_\infty} = \frac{E_c}{\sqrt{R_{\Sigma i}^2 + X_{\Sigma i}^2}}. \quad (2.60)$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $I_i'', I_{it}, I_{i\infty}$ – діючі значення відповідно надперехідного струму, періодичного складника струму КЗ для довільного моменту часу t та усталеного струму трифазного КЗ.

Постійну часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання визначається за формулою:

$$T_{aki} = \frac{x_{\Sigma i}}{\omega \cdot r_{\Sigma i}}. \quad (2.61)$$

Ударний коефіцієнт визначається за формулою:

$$k_{уди} = 1 + e^{-0,01 T_{aki}}. \quad (2.62)$$

Ударний струм КЗ визначається за формулою:

$$i_{уди} = \sqrt{2} \cdot k_{уди} \cdot I_i''. \quad (2.63)$$

Найбільші діючі значення повного струму короткого замикання визначаються за формулою:

$$I_{ді} = I_i'' \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{уди} - 1)^2}, \quad (2.64)$$

Значення теплового імпульсу розраховується за формулою:

$$B_{кі} = I_i''^2 \cdot (T_{aki} + t_{відімк}), \quad (2.65)$$

де, $t_{відімк} = t_3 + t_{вим} = 0,1 + 0,08 = 0,18$ с – час від початку КЗ до його вимикання.

Еквівалентні активний і реактивний опори до точки К5 розраховуємо за формулами:

$$X_{\Sigma 5} = X_c + X_{пл1} + X_{вт} + X_{нт} + X_{кл1} + X_{кл2}, \quad (2.61)$$

$$X_{\Sigma 5} = 1,66 + 6,3 + 28,8 + 11,98 + 17,77 + 46,72 = 111,15 \text{ Ом},$$

$$R_{\Sigma 5} = R_{пл1} + R_{кл1} + R_{кл2} \quad (2.66)$$

$$R_{\Sigma} = 2,97 + 260,3 + 426,89 = 690,16 \text{ Ом}.$$

Періодична складова струму КЗ для точки К5:

$$I_5''^{115} = \frac{66,47}{\sqrt{111,15^2 + 690,16^2}} = 0,095 \text{ кА},$$

$$I_5''^{10,5} = 0,095 \cdot \frac{115}{10,5} = 1,04 \text{ кА}.$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо постійну часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання для К5:

$$T_{ак5} = \frac{690.16}{314 \cdot 111.15} = 0,019 \text{ с.}$$

Ударний коефіцієнт для точки К5:

$$k_{уд5} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,019}} = 1.59 \text{ с.}$$

Ударний струм КЗ для точки К5:

$$i_{уд5} = \sqrt{2} \cdot 1.59 \cdot 1,04 = 2,33 \text{ кА.}$$

Найбільше діюче значення повного струму короткого замикання для точки К5:

$$I_{д5} = 1,04 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1.59 - 1)^2} = 1,35 \text{ кА.}$$

Значення теплового імпульсу для точки К5:

$$B_{к5} = 1,04^2 \cdot (0,18 + 0,019) = 0,22 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Аналогічно здійснимо розрахунки для всіх точок та зведемо в таблицю 2.11

Таблиця 2.11- Результати розрахунків струмів КЗ

Точка	$R_{\Sigma i}$	$X_{\Sigma i}$	$I'_{i}, \text{кА}$	$T_{aki}, \text{с}$	$k_{уди}$	$i_{уди}, \text{кА}$	$I_{yi}, \text{кА}$	$B_{ki}, \text{кА}^2 \cdot \text{с}$
К2	7,96	2.97	8,5	0,0085	1,31	15,7	17,14	14,38
К3	36,76	2.97	19,7	0,03	1,72	47,9	28,1	8,1
К4	263.27	56,83	2.69	0,014	1,48	5.6	3.25	1.4
К5	690.16	111,15	1,04	0,019	1.56	2,33	1,35	0,22

2.7.1.4 Розрахунок однофазного короткого замикання

Однофазне коротке замикання відбувається, коли в трифазній електроенергетичній системі з глухо- або ефективно заземленими нейтраліями силових елементів з'єднується земля лише з однією фазою. Для розрахунку однофазного короткого замикання необхідно скласти схеми заміщення прямої, зворотної і нульової послідовності. В цих схемах вказуються лише ЕРС прямої

послідовності джерел живлення та симетричні складові напруги в місці короткого замикання.

Виконаємо розрахунок струму однофазного КЗ на стороні 110 кВ . Розрахуємо еквівалентний опір прямої послідовності, та покажемо на рис.2.5;2.6

$$X_{рез1} = X_c + X_{пл1} = 1,66 + 4,62 = 6,28 \text{ Ом},$$

$$R_{рез1} = R_{пл1} = 2.97 \text{ Ом}.$$

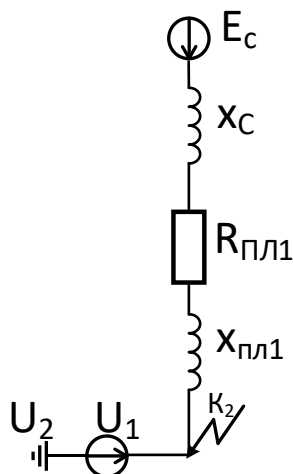


Рисунок 2.5- СЗ прямої послідовності та зворотної послідовності

Розрахуємо еквівалентний опір зворотної послідовності:

$$X_{рез2} = X_{рез1} = X_c + X_{пл1} = 1,66 + 4,62 = 6,28 \text{ Ом},$$

$$R_{рез2} = R_{рез1} = R_{пл1} = 0,192 \text{ Ом}.$$

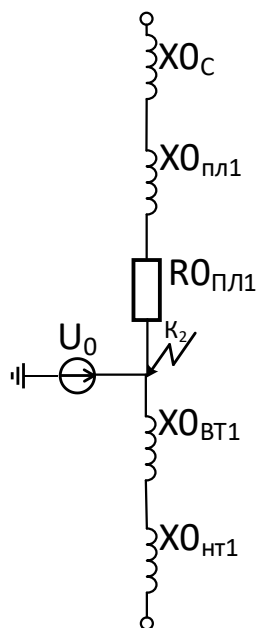


Рисунок 2.6- СЗ нульової послідовності

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опори елементів СЗ нульової послідовності співпадають з опорами СЗ трифазного КЗ, окрім опорів повітряної лінії, тому розрахуємо їх:

$$X_{0пл1} = 3,5 \cdot 0,42 \cdot 15 = 22 \text{ Ом},$$

$$R_{0пл1} = 3,5 \cdot 0,192 \cdot 15 = 10,4 \text{ Ом}.$$

Еквівалентуємо схему заміщення нульової послідовності до найпростішого вигляду: Проводимо повне еквівалентування схеми заміщення нульової послідовності до найпростішого вигляду (рисунок 2.7).

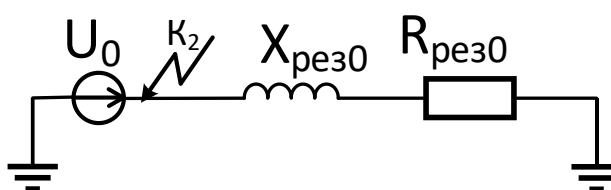


Рисунок 2.7- Еквівалентна схема заміщення нульової послідовності

Розраховуємо результуючі опори нульової послідовності відносно точки

$K_2^{(1)}$:

$$X_{рез01} = X_{0с} + X_{0пл}, \quad (2.67)$$

$$X_{рез02} = X_{0вн} + X_{0нн}, \quad (2.68)$$

$$X_{рез0} = \frac{X_{рез01} \cdot X_{рез02}}{X_{рез01} + X_{рез02}}, \quad (2.69)$$

$$R_{рез0} = \frac{R_{рез01} \cdot R_{рез02}}{R_{рез01} + R_{рез02}}. \quad (2.70)$$

$$X_{рез01} = 0,41 + 22 = 22,4 \text{ Ом},$$

$$X_{рез02} = 17,77 + 11,98 = 29,75 \text{ Ом},$$

$$X_{рез0} = \frac{22,4 \cdot 29,75}{22,4 + 29,75} = 12,8 \text{ Ом},$$

$$R_{рез0} = \frac{10,4 \cdot 0}{10,4 + 0} = 0 \text{ Ом}.$$

Визначаємо додатковий опір однофазного КЗ:

$$\Delta X_{\Sigma}^{(1)} = X_{рез01} + X_{рез02}, \quad (2.71)$$

$$\Delta R_{\Sigma}^{(1)} = R_{рез01} + R_{рез02}. \quad (2.72)$$

$$\Delta X_{\Sigma}^{(1)} = 22,4 + 29,75 = 52 \text{ Ом},$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta R_{\Sigma}^{(1)} = 10.4 + 0 = 10.4 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо сумарний опір однофазного КЗ:

$$X_{\Sigma}^{(1)} = X_{\text{рез1}} + \Delta X_{\Sigma}^{(1)}, \quad (2.73)$$

$$R_{\Sigma}^{(1)} = R_{\text{рез1}} + \Delta R_{\Sigma}^{(1)}. \quad (2.74)$$

$$X_{\Sigma}^{(1)} = 22 + 52 = 74 \text{ Ом,}$$

$$R_{\Sigma}^{(1)} = 10,4 + 10,4 = 20,8 \text{ Ом}$$

Розраховуємо діюче значення надперехідного струму КЗ в пошкодженій фазі

$$I_2''^{(1)} = \frac{m^{(1)} E_c}{\sqrt{(X_{1\Sigma} + \Delta X_{\Sigma}^{(1)})^2 + (R_{1\Sigma} + \Delta R_{\Sigma}^{(1)})^2}}. \quad (2.75)$$

де $m^{(1)} = 3$ – для однофазного КЗ.

$$I_2''^{(1)} = \frac{3 \cdot 66,4}{\sqrt{(74+52)^2 + (20,8+10,4)^2}} = 1,5 \text{ кА.}$$

Визначимо постійну часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання:

$$T_{aki} = \frac{X_{\Sigma}^{(1)}}{\omega \cdot R_{\Sigma}^{(1)}}. \quad (2.76)$$

$$T_{ak2} = \frac{74}{314 \cdot 20.8} = 0,011 \text{ с.}$$

Розраховуємо ударний коефіцієнт при однофазному КЗ:

$$k_{уди} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{ak2}}}. \quad (2.77)$$

$$k_{уд1} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,011}} = 1,4.$$

Розраховуємо ударний струм при однофазному КЗ:

$$i_{уди} = \sqrt{2} \cdot k_{уди} \cdot I_{K1}^{(1)}. \quad (2.78)$$

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 1,5 = 3 \text{ кА кА.}$$

Розраховуємо найбільше діюче значення повного струму короткого замикання:

$$I_d = I_{K1}''^{(1)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{уди} - 1)^2}. \quad (2.79)$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримуємо:

$$I_{д1} = I_{д1} = 1,5 \cdot \sqrt{1 + 2(1,4 - 1)^2} = 1,7 \text{ кА},$$

$$B_{к1} = 1,5^2 \cdot (0,011 + 0,18) = 0,43 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

2.7.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережах нижче 1000 В

Помітний вплив на величину струмів КЗ в мережах напругою до 1 кВ мають опори збірних шин та їх з'єднань, трансформаторів струму, розмикаючих котушок автоматичних вимикачів та ін. Також помітно впливати можуть опори контактних з'єднань – болтових з'єднань шин, зажимних контактів апаратів, а також перехідний опір контакта в місці КЗ. Тому при розрахунках необхідно враховувати усі активні та індуктивні опори короткозамкнутого кола. Розрахунок струмів КЗ будемо проводити в іменованих одиницях. Параметри елементів розрахункової схеми приводять до ступеню напруги мережі, на якому розглядається точка КЗ.

Розрахункова схема зображена на рисунку 2.8.

Вихідні дані:

Трансформатор: тип ТМ-1250/10/0,4; $S_H = 1250 \text{ кВ} \cdot \text{А}$; $u_{нв} = 10 \text{ кВ}$; $u_{нн} = 0,4 \text{ кВ}$; $\Delta P_{кз} = 14,7 \text{ кВт}$; $U_K = 5,5\%$;

Шини приєднання трансформатора до щита 0,4 кВ : $l_{ш} = 5 \text{ м}$; метал – АІ;
 $r_{ш.о} = 0,1 \text{ Ом} / \text{км}$; $x_{ш.о} = 0,13 \text{ Ом} / \text{км}$; $S = 80 \times 8 \text{ мм}^2$.

Трансформатор струму ТС: $r_{ТС} = 0,2 \text{ мОм}$, $x_{ТС} = 0,05 \text{ мОм}$.

Опори котушок включення автоматичних вимикачів: $X_{кв.сф} = 0,07 \text{ мОм}$;
 $R_{кв.сф} = 0,13 \text{ мОм}$.

Опори контактів автоматичних вимикачів: $r_{ксф} = 0,14 \text{ мОм}$, $R_{б.к} = 0,003 \text{ мОм}$

КЛЗ: АВВГ 5х95, $l=0,06 \text{ км}$, $X_{03}=0,320 \text{ Ом/км}$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

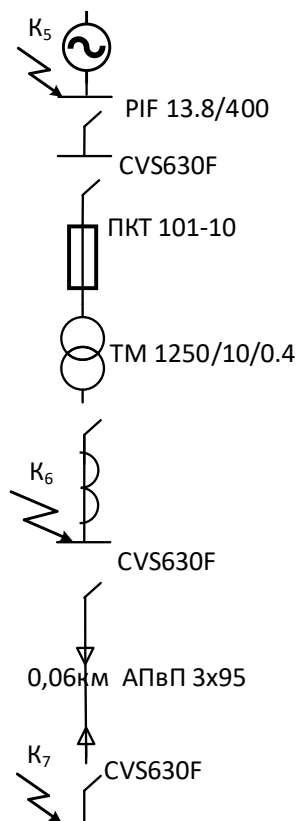


Рисунок 2.8- Розрахункова схема

Розраховуємо параметри схеми заміщення у іменованих одиницях: Опір системи:

$$X_c = \frac{U_{HH}^2}{\sqrt{3} I_4^{(3)} U_{HB}} \quad (2.80)$$

$$X_c = \frac{0,4^2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 1,45 \cdot 10,5} = 6,06 \text{ мОм.}$$

Опори трансформатора:

$$R_m = \frac{\Delta P_{K3} U_{HH}^2 10^6}{S_H^2} \quad (2.81)$$

$$R_m = \frac{7,6 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{1250^2} = 1,5 \text{ мОм.}$$

$$X_m = \sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{K3}}{S_H}\right)^2} \cdot \frac{(U_{HH})^2 \cdot 10^6}{S_H} \quad (2.82)$$

$$X_m = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{7,6}{630}\right)^2} \cdot \frac{(0,4)^2 \cdot 10^6}{1250} = 6,87 \text{ мОм.}$$

Опори шин:

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{ш} = R_{ш.0} \cdot l_{ш} \cdot 10^3, \quad (2.83)$$

$$R_{ш} = 0,1 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,5 \text{ мОм},$$

$$X_{ш} = X_{ш.0} \cdot l_{ш} \cdot 10^3, \quad (2.84)$$

$$X_{ш} = 0,13 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,65 \text{ мОм}.$$

Активний та індуктивний опори лінії КЛЗ:

$$R_{кЛЗ} = R_{0кЛЗ} \cdot l_{кЛЗ} \cdot 10^3 \quad (2.85)$$

$$X_{кЛЗ} = X_{0кЛЗ} \cdot l_{кЛЗ} \cdot 10^3 \quad (2.86)$$

$$R_{кЛЗ} = 0,868 \cdot 0,06 \cdot 10^3 = 5,2 \text{ мОм}$$

$$X_{кЛЗ} = 0,095 \cdot 0,06 \cdot 10^3 = 5,7 \text{ мОм}$$

Активний опір одного болтового контактного з'єднання, згідно

$$R_{б.к} = 0,003 \text{ мОм}.$$

2.7.2.1 Розрахунок струму трифазного КЗ

Будуємо схему заміщення для визначення струмів КЗ в точках К1 – К2
рисунок 2.9.

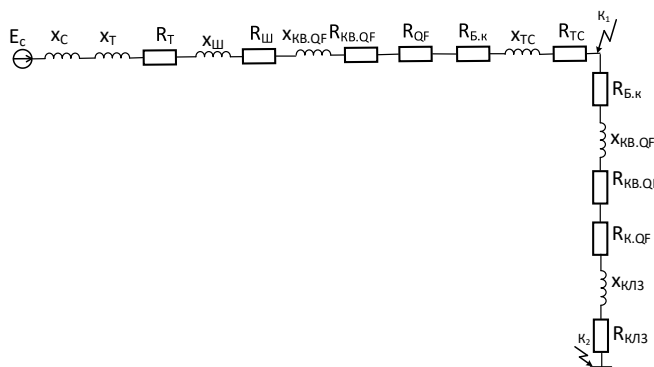


Рисунок 2.9- Схема заміщення

Еквівалентуємо схему заміщення та розраховуємо результуючі опори:

$$R_{\Sigma K1} = R_m + R_{ш} + R_{кв.оф} + R_{к.оф} + 4 \cdot R_{б.к} + R_{тс}, \quad (2.87)$$

$$R_{\Sigma K1} = 6,06 + 6,87 + 0,07 + 0,65 + 0,05 = 13,7 \text{ мОм},$$

$$X_{\Sigma K1} = X_c + X_T + X_{кв.оф} + X_{ш} + X_{тс}, \quad (2.88)$$

$$X_{\Sigma K1} = 0,5 + 4 \cdot 0,003 + 1,5 + 0,14 + 0,2 + 0,13 = 2,48 \text{ мОм}.$$

Розрахуємо діюче значення надперехідного струму трифазного КЗ:

$$I_1^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{лн} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2}}, \quad (2.89)$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_1^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{13,7^2 + 2,48^2}} = 17,41 \text{ кА.}$$

Розраховуємо постійну часу загасання аперіодичного струму КЗ:

$$T_{aki1} = \frac{x_i}{\omega + r_i} = \frac{13,7}{314 \cdot 2,48} = 0,017 \text{ с.}$$

Розраховуємо значення теплового імпульсу:

$$B_{k1}^{(3)} = 17,41^2 \cdot (0,17 + 0,18) = 59,71 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Розраховуємо ударний коефіцієнт:

$$k_{уд1} = 1 + e^{\frac{-0,001}{T_{aki}}}, \quad (2.90)$$

$$k_{уд1} = 1 + e^{\frac{-0,001}{0,017}} = 1,55 \text{ с.}$$

Розраховуємо ударний струм для точки К1:

$$I_{y1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot k_{уд1}^{(3)} \cdot I_1^{(3)} \quad (2.91)$$

$$I_{y1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,55 \cdot 17,41 = 38,16 \text{ кА.}$$

Розраховуємо найбільше діюче значення повторного струму короткого замикання:

$$I_{y1}^{(3)} = I_1^{(3)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{уд1}^{(3)} - 1)^2} \quad (2.92)$$

$$I_{y1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,836 \cdot 6,996 = 18,165 \text{ кА.}$$

Аналогічним чином робимо розрахунки для точки К2. Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.13

2.7.2.2 Розрахунок струму однофазного КЗ

Зробимо розрахунок струму однофазного КЗ в точці К1. Складаємо схему заміщення прямої послідовності, яка зображена на рисунку 2.10.

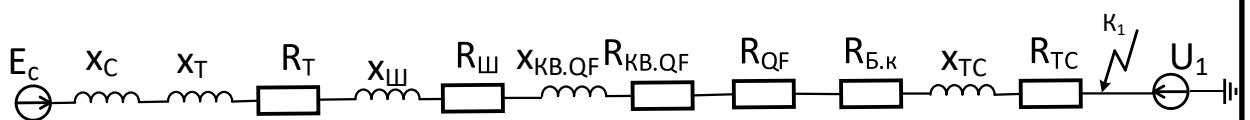


Рисунок 2.10- Схема заміщення прямої послідовності

$$R_{\Sigma K1} = R_T + R_{Ш} + R_{КВ, SF} + R_{К, SF} + 4 \cdot R_{Б, К} + R_{TC}, \quad (2.93)$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_{\Sigma K1} = (X_c + X_t + X_{KB.SF} + X_{Tc}) \quad (2.94)$$

$$X_{\Sigma K1} = 6,06 + 6,87 + 0,07 + 0,65 + 0,5 = 14,15 \text{ мОм},$$

$$R_{\Sigma K1} = 0,5 + 4 \cdot 0,003 + 0,13 + 1,5 + 0,14 + 0,2 = 2,48 \text{ мОм}.$$

Схема заміщення зворотної послідовності така ж, як і схема прямої послідовності, тільки без ЕРС показана на рисунку 2.11

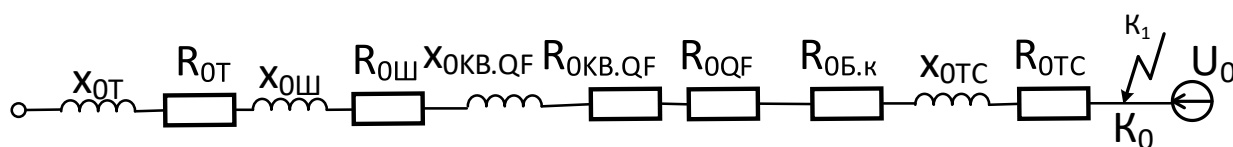


Рисунок 2.11 - Схема заміщення нульової послідовності

Питомі опори нульової послідовності шин:

$$X_{0ш} = 8,5X_{ш}, \quad (2.95)$$

$$R_{0ш} = 10R_{ш}. \quad (2.96)$$

$$X_{0ш} = 8,5 \cdot 0,65 = 5,53 \text{ мОм},$$

$$R_{0ш} = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ мОм}.$$

Розрахуємо еквівалентні активний та індуктивні опори нульової послідовності для точки К1:

$$R_{0\Sigma K1} = R_{0T} + R_{0ш} + R_{0КВ.SF} + R_{0К.SF} + 4 \cdot R_{0Б.к} + R_{0ТС}, \quad (2.97)$$

$$X_{0\Sigma K1} = (X_{0T} + X_{0ш} + X_{0КВ.QF0} + X_{Tc0}) \quad (2.98)$$

$$R_{0\Sigma K1} = 1,5 + 4 \cdot 0,003 + 0,13 + 0,14 + 5 + 0,2 = 6,98 \text{ мОм},$$

$$X_{0\Sigma K1} = 6,87 + 0,07 + 5,53 + 0,05 = 12,52 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного КЗ:

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{(1,05 \cdot U_{HH}) \cdot 10^3 \cdot m^{(1)}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot r_{\Sigma 1} + r_{\Sigma 0})^2 + (2 \cdot x_{\Sigma 1} + x_{\Sigma 0})^2}} \quad (2.99)$$

$$I_{K1}^{(1)} = \frac{(1,05 \cdot 0,4) \cdot 10^3 \cdot 3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot 2,48 + 6,982)^2 + (2 \cdot 14,15 + 12,52)^2}} = 17,1 \text{ кА}.$$

Розраховуємо постійну часу загасання аперіодичного струму КЗ:

$$T_{ак1}^{(1)} = \frac{2 \cdot x_1 + x_7}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (2 \cdot R_1 + R_7)}, \quad (2.100)$$

									Арк.
									54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ОЕ-91-06.037

$$T_{ак1}^{(1)} = \frac{2 \cdot 14,15 + 12,52}{314 \cdot (2 \cdot 2,48 + 6,98)} = 0,01 \text{ с.}$$

Розраховуємо ударний коефіцієнт:

$$k_{уді} = 1 + e^{\frac{-0,001}{T_{ак1}}}, \quad (2.101)$$

$$k_{уд1} = 1 + e^{\frac{-0,001}{0,01}} = 1,36.$$

Розраховуємо ударний струм для точки К1:

$$I_{уд1}^{(1)} = \sqrt{2} \cdot k_{уд1} \cdot I''_{к1}, \quad (2.102)$$

$$i_{уд1}^{(1)} = \sqrt{2} \cdot 1,36 \cdot 17,1 = 32,88 \text{ кА.}$$

Розраховуємо найбільше діюче значення повторного струму короткого замикання:

$$I_{д1}^{(1)} = I''_{к1} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{уд1} - 1)^2}, \quad (2.103)$$

$$I_{д1}^{(1)} = 17,1 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,36 - 1)^2} = 19,18 \text{ кА.}$$

Розраховуємо значення теплового імпульсу:

$$B_{к1}^{(1)} = I''_{к1}^2 \cdot (t_{відім} + T_{к1}^{(1)}), \quad (2.104)$$

$$B_{к1}^{(1)} = 8,987^2 \cdot (0,18 + 0,01) = 55,55 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

$$\text{де } t_{відімк} = t_з + t_{вим} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ с.}$$

Результати всіх розрахунків для мережі нижче 1 кВ заносимо до таблиці 2.12

Таблиця 2.13- Результати розрахунків для мережі нижче 1 кВ

Точка КЗ	U_i , кВ	$x_{\Sigma i}$, МОм	$r_{\Sigma i}$, МОм	I_i'' , кА	$T_{акi}$, с	$k_{удi}$	$i_{удi}$, кА	I_{yi} , кА	B_{ki} , кА ² ·с
К1 ⁽³⁾	0,4	13,7	2,48	17,41	0,0017	1,55	18,165	38,16	59,71
К1 ⁽¹⁾	0,4	12,52	6,98	17,1	0,01	1,36	32,88	19,18	55,55
К2 ⁽³⁾	0,4	19,4	7,68	11,62	0,008	1,28	21,03	12,49	13,26

2.7.2.3. Перевірка вибраних комутаційних апаратів і провідників та висновки;

В таблиці 2.13 показано перевірку комутаційних апаратів за струму КЗ

					ОЕ-91-06.037				Арк.
									55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

фактори, що впливають на безпеку та надійність електроустановок. Точність та акуратність цих розрахунків мають критичне значення для забезпечення ефективності, стабільності та безпеки електричних систем у промислових цехах

2.8 Релейний захист та автоматика

2.8.1 загальні вимоги до РЗА в мережах 10/0,4 кВ;

Селективність, також відома як вибірковість, означає можливість захисту системи відключати лише пошкоджений елемент за допомогою його вимикачів.

Надійність: Прострої РЗА повинні працювати надійно і беззбійно протягом тривалого періоду. Вони повинні виявляти пошкодження, короткі замикання та інші несправності в системі та вчасно активувати відключення або інші захисні дії.

Швидкодія: Пристрої РЗА повинні працювати швидко, спрацьовуючи при появі несправностей в системі. Швидка реакція дозволяє мінімізувати пошкодження та запобігти подальшому поширенню несправності.

Захист від ложних спрацьовувань: Прострої РЗА повинні бути надійними в розпізнаванні справжніх несправностей і уникати ложних спрацьовувань. Це допомагає уникнути непотрібного відключення та зберігає нормальну роботу системи.

Простота в експлуатації: Прострої РЗА повинні бути легкими у встановленні, налаштуванні та обслуговуванні. Це спрощує роботу операторів і технічного персоналу.

Відповідність нормам та стандартам: Прострої РЗА повинні відповідати встановленим нормам та стандартам щодо безпеки, якості та надійності. Вони повинні бути сертифіковані і відповідати всім вимогам, що регулюють їх використання в електроенергетичних системах.

Сумісність та інтеграція: Прострої РЗА повинні бути сумісними з іншими компонентами системи та здатними до інтеграції з іншими автоматичними системами контролю та управління.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Моніторинг та діагностика: Прострої РЗА повинні мати можливість моніторингу та діагностики свого стану та працездатності. Це дозволяє виявляти потенційні проблеми та вживати запобіжних заходів заздалегідь.

Енергоефективність: Прострої РЗА повинні бути енергоефективними, споживати мінімум електроенергії та ефективно використовувати її для своєї роботи.

Система резервного живлення: Прострої РЗА можуть бути оснащені системою резервного живлення для забезпечення їх працездатності в разі відключення основного джерела живлення.

Ці загальні вимоги допомагають забезпечити ефективний та надійний захист електроенергетичних систем і забезпечити безперебійне електропостачання для споживачів.

2.8.2 Вибір і перевірка селективності елементів РЗА

Максимальний струмовий захист

За допомогою МСЗ здійснюється захист від коротких замикань у розподільчих мережах 10 кВ. Розрахунок МСЗ полягає у виборі струму спрацювання захисту, струму спрацювання реле, часу спрацювання захисту. При виборі струму спрацювання максимального струмового захисту необхідно забезпечити не спрацювання захисту при проходженні струмів після аварійних режимів.

Струм спрацьовування захисту :

$$I_{сз} = \frac{K_n * K_{сз}}{K_v} * I_{роб. max}$$

Де K_n – коефіцієнт надійності, приймаємо рівним 1,2 (реле типу РТ – 80);

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

K_v - коефіцієнт повернення реле, приймаємо 0,8.

$$I_{с.з} = \frac{1,2 * 2,2}{0,8} * 72,25 = 238,4 \text{ А}$$

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тобто був менш чутливий, ніж попередній, розташований далі від джерела і ближче до місця ушкодження;

Час спрацювання захисту підбирається з умови селективності захисту і термічної стійкості елемента, що захищається:

$$t_{с.з} = t_{відкл.вим.} + t_{с.рз.},$$

де $t_{відкл.вим.}$ – час відключення вимикача SM10/1250, рівний 0,1 с.;

$t_{с.рз.}$ – час спрацювання релейного захисту, приймається 0,4 с.

$$t_{с.з.} = 0,1 + 0,4 = 0,5 \text{ с.}$$

Схема максимального струмового захисту наведена на рисунку 2.12

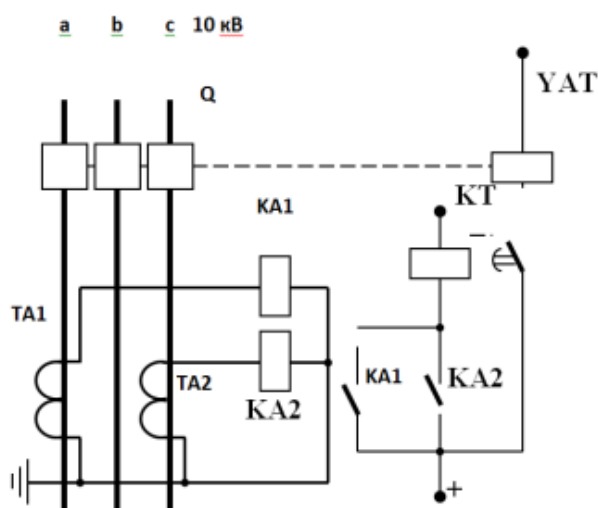


Рисунок 2.12- Схема максимального струмового захисту

2.9 Організація обліку електричної енергії на оброблювальному цеху.

Організація обліку електричної енергії на оброблювальному цеху може включати в себе використання системи автоматизованого обліку електроенергії (АСКОЕ). Система АСКОЕ є комплексним рішенням, яке забезпечує точний облік та моніторинг електроенергії в режимі реального часу. Основні складові та функції системи АСКОЕ включають:

Встановлення сучасних лічильників з можливістю зчитування даних дистанційно. Це дозволяє автоматично збирати інформацію про споживання електроенергії без необхідності фізичного зчитування лічильників.

Контроль і моніторинг: Система АСКОЕ надає можливість контролювати та моніторити споживання електроенергії в режимі реального часу. Це дозволяє

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оперативно виявляти відхилення в споживанні, аналізувати енергоефективність та приймати відповідні рішення для оптимізації споживання електроенергії.

Збір та аналіз даних: Система АСКОЕ збирає дані про споживання електроенергії, які можуть бути аналізовані для виявлення тенденцій, встановлення норм та виявлення потенційних проблем з енергоспоживанням. Це дозволяє здійснювати ефективне планування та управління енергетичними ресурсами цеху.

Звітність: Система АСКОЕ надає можливість створювати звіти та аналітичні дані щодо споживання електроенергії. Це допомагає зрозуміти структуру та розподіл енергоспоживання у цеху, виявляти зайві витрати та приймати рішення щодо оптимізації енергетичних процесів.

Застосування системи АСКОЕ у організації обліку електричної енергії на Оброблювальному цеху допомагає покращити контроль та ефективність енергоспоживання, а також забезпечує точний облік та аналіз даних. Це дозволяє знизити витрати на електроенергію, підвищити енергоефективність та зменшити вплив на навколишнє середовище.

2.10 Економічні характеристики проекту

2.10.1 Порядок приєднання до електричних мереж

Звернення до мережевої організації: Спочатку необхідно звернутися до мережевої організації, яка займається електропостачанням в даній територіальній зоні. Можна звернутися до місцевого філіалу енергопостачальної компанії або до органу, відповідального за регулювання енергетики.

Тимчасове приєднання електроустановок це надання замовнику оператором системи розподілу послуги із тимчасового створення технічної можливості для передачі (прийняття) електричної енергії у місце приєднання електроустановки замовника, відповідної потужності до електричних мереж оператора системи розподілу (у тому числі новозбудованих) електричної енергії необхідного обсягу з дотриманням показників її якості та надійності, у тому числі тимчасової зміни технічних параметрів.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для отримання проекту договору про тимчасове приєднання замовник звертається до оператора системи розподілу за місцем розташування його електроустановок із заявою про тимчасове приєднання, до заяви про тимчасове приєднання додаються такі документи:

2.10.2 Розрахунок вартості приєднання до електричних мереж ОСР

Вартість приєднання до електричних мереж обслуговуючого енергопостачальника (ОСР) може бути розрахована залежно від різних факторів, таких як тип споживача, потужність приєднання, відстань до електричних мереж, технічні умови тощо Щоб розрахувати вартість приєднання до електричних мереж ОСР, необхідно звернутися до конкретного енергопостачальника та отримати від нього інформацію щодо процедури приєднання та вартості.

Оскільки вартість встановлює (ОСР), то можемо підвести підсумки необхідного для закупівля матеріалу, данні занесено в таблиці 2.1 5

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таблиця 2.15 Специфікація обладнання, виробів і матеріалів

Позиція	Найменування та технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод - виготовлення	Одиниці виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	Світильник	LGT-Prm-Orion-ML-150	9405 40	LEDVANCE	шт	42	5.2	
2	Силовий трансформатор	ТМН-8000/110	8504	Запорожтрансформатор	шт	2	104000	
3	Силовий трансформатор	ТМ-1250/10/0,4	8504	Запорожтрансформатор	шт	2	2700	
4	Кабель	АПВП 3*35	8544	ЮЖКАБЕЛЬ	км	6.6	3420	
5	Кабель	АВВГ 5*95	8544	ЮЖКАБЕЛЬ	км	0.06	9000	
6	ПЛ	АС150	8544	ЮЖКАБЕЛЬ	км	15	952	
7	Конденсаторна батарея	РКкм-11-150-0-ОРТ		Новотехелектро	шт	1	200	
8	Силовий вимикач	GL 312 F1	8536	GE Grid Solution	шт	2	40	
9	Силовий вимикач	SM6-24	8536	schneider electric	шт	1	30	
10	Автоматичний вимикач	BA63 63A	8531 20	schneider electric	шт	3	1	
11	Автоматичний вимикач	CVS630F	8532 20	schneider electric	шт	2	5	
12	Автоматичний вимикач	CVS160B	8533 20	schneider electric	шт	2	5	
13	Автоматичний вимикач	CVS100F	8534 20	schneider electric	шт	1	2	
14	Автоматичний вимикач	EZ9F34332 32A	8535 20	schneider electric	шт	1	1	
15	Автоматичний вимикач	EZ9F34316 16A	8536 20	schneider electric	шт	1	1	
16	Силовий роз'єднувач	РЛНДз-10/400 УХЛ1	8536	Укрелектро	шт	1	33	
17	Трансформатор струму	ТПЛ-10-30/5	8546 20 00 10	Запорожтрансформатор	шт	3	15	
18	Трансформатор струму	ТШ-0,66-2 2000/5	8546 20 00 10	Запорожтрансформатор	шт	3	4	
19	Трансформатор напруги	НОЛП-ЕК-10-М1-10000/100-0,5-100-У2-Б-КЭАЗ	8546 20 00 10	Запорожтрансформатор	шт	3	25	

Висновок

В розділі "Розробка загальної схеми електропостачання промислового підприємства" була проведена детальна робота з розробки загальної схеми електропостачання для виробничого об'єкта.

В результаті досліджень і аналізу було визначено потреби підприємства щодо надійного та стабільного електропостачання. Були враховані різні аспекти, включаючи потужність навантаження, джерела енергії.

На основі цього аналізу була розроблена загальна схема електропостачання, включаючи розподільчі пункти, головні лінії живлення, комутаційні пристрої та захисні пристрої. Було враховано оптимальне розміщення обладнання та ліній живлення для забезпечення ефективного функціонування системи.

Крім того, виконано розрахунки навантажень та втрат електроенергії, що дозволило встановити оптимальні параметри системи. Запропоновані рішення щодо вибору обладнання та застосування засобів компенсації реактивної потужності дозволять підприємству досягти ефективного використання електроенергії та знизити втрати енергії.

Отже, розділ "Розробка загальної схеми електропостачання промислового підприємства" надає необхідну базу для подальшої реалізації та впровадження ефективної системи електропостачання на підприємстві.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОМУТАЦІЙНОГО-ЗАХИСНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Апаратура живлячої мережі

Для забезпечення надійної та безперервної роботи обраних пристроїв, номінальні параметри кожного з них повинні відповідати розрахунковим величинам у нормальному та аварійному режимах, а також у разі короткого замикання (КЗ). Під час вибору цих пристроїв, важливо порівнювати розрахункові величини з даними, які зазначені в каталозі. Таким чином, для забезпечення надійності і безперебійної роботи, розрахункові значення повинні бути меншими або рівними допустимим значенням

Для транспортування електроенергії від джерела живлення (ДЖ) до розподільчої підстанції (РП), використовуються дві повітряні лінії АСО 150. Відстань між ДЖ та РП становить 15 км. РП підключена до двох трансформаторів ТМН -80000/110, кожен з яких живиться зазначеними повітряними лініями.

На стороні високої напруги (ВН) цих трансформаторів, розташовуються елегазові вимикачі ЗАР1 в кількості двох штук.

На стороні низької напруги (НН) цих трансформаторів знаходиться один силовий вимикач SM6-24

3.1.2 Апаратура розподільчої мережі

Таблиця 3.1 – Вибір вимикачів потужності

U , кВ	Параметри елемента	Розрахункові дані (максимальні)	Каталожні дані	Умови вибору
110	Номінальна напруга, кВ	$U_p = 110$	$U_{\text{НОМ}} = 110$	$U_p \leq U_{\text{НОМ}}$
	Номінальний струм, А	$I_p = 567$	$I_{\text{НОМ}} = 4000$	$I_p < I_{\text{НОМ}}$

Продовження таблиці 3.1

10	Номінальна напруга, кВ	$U_p = 10$	$U_{\text{НОМ}} = 10$	$U_p \leq U_{\text{НОМ}}$
	Номінальний струм, А	$I_{\text{р.норм}} = 423$	$I_{\text{НОМ}} = 630$	$I_{\text{р.норм}} < I_{\text{НОМ}}$

Таблиця 3.2 – Вибір автоматичних вимикачів цеху

ЕП	Розрахунковий струм, А	Номінальний струм, $I_{\text{НОМ}}$, А	Умова вибору	Тип вимикача
1...39	7,5...122,44	16...125	$I_p < I_{\text{НОМ}}$	CVS100F
СП1	89.9	160	$I_p < I_{\text{НОМ}}$	CVS160B
СП2	82.3	160	$I_p < I_{\text{НОМ}}$	CVS160B
СП3	330.3	630	$I_p < I_{\text{НОМ}}$	CVS630F
ЩО	26.2	32	$I_p < I_{\text{НОМ}}$	CVS100F
Шини НН	428	630	$I_p < I_{\text{НОМ}}$	cVS630F

Таблиця 3.3 – Вибір роз'єднувачів

U , кВ	Параметри елемента	Розрахункові дані (максимальні)	Каталожні дані	Умови вибору
10	Номінальна напруга, кВ	$U_p = 10$	$U_{\text{НОМ}} = 10$	$U_p \leq U_{\text{НОМ}}$
	Номінальний струм, А	$I_{\text{р.норм}} = 138.62$	$I_{\text{НОМ}} = 630$	$I_{\text{р.норм}} < I_{\text{НОМ}}$

Проведемо порівняння автоматичних вимикачів від різних компаній таких як CHINT та Schneider electric. Інформацію беремо з [4], [5]

На рисунку 3.1 показано вигляд автоматичних вимикачів різних компаній.



Рисунок 3.1 -Вигляд автоматичних вимикачів різних компаній

Автоматичні вимикачі мають такі данні

Таблиця 3.4 порівняння вимикачів

Параметри автоматичних вимикачів	CHINT	Schnider
Максимальний струм А при 40 °С	500	600
Час спрацювання МС	0.8	0.1
Механічна стійкість (цикли)	8000	15000
Електрична стійкість (циклів при 415в)	1500	4000
Діапазон регулювання теплового захисту	400/500	420...600

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ОЕ-91-06.037

Арк.

67

Криві продуктивності роботи автоматичних вимикачів

Performance Curves

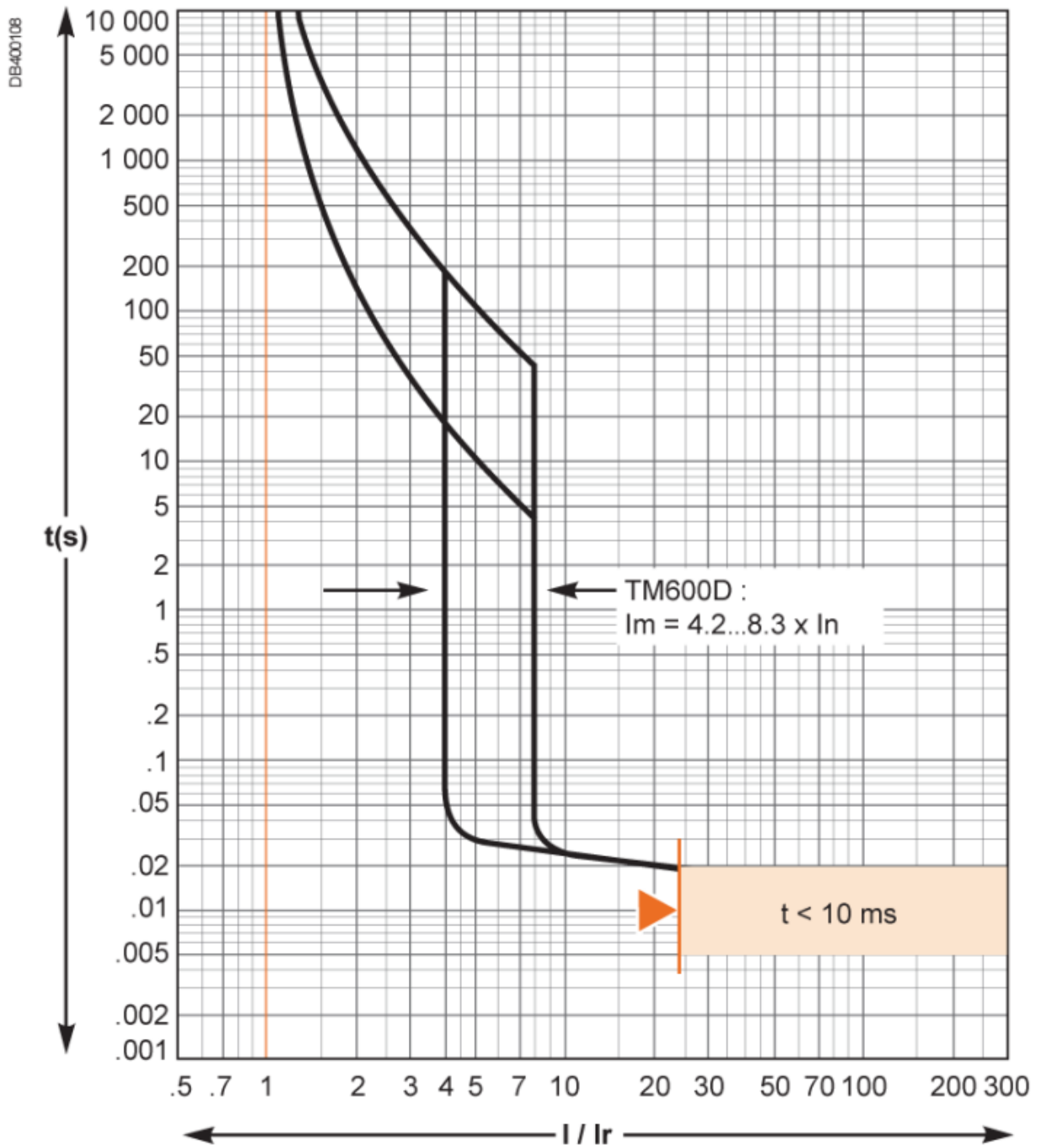


Рисунок 3.2 -Крива Schnider

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ОЕ-91-06.037

Арк.

68

ефективність. Вони пропонують розумні функції, захист від перевантажень та короткого замикання, що робить їх досить привабливими для різних застосувань.

Репутація на ринку: Schneider є відомим і впливовим гравцем на ринку автоматичних вимикачів. Вони мають довгу і успішну історію, а також отримали позитивні відгуки від клієнтів та фахівців з галузі.

Узагалі, Schneider автоматичні вимикачі вищі за якістю, технічними характеристиками та інноваційними можливостями порівняно з CHINT. Враховуючи ці фактори, Schneider є переважаючим вибором при порівнянні обох брендів.

3.2 Компенсація реактивної потужності

3.2.1 Обрахунок компенсації реактивної потужності

В розділі 2.2 було проведено розрахунок реактивної енергії, яку буде споживати підприємство. Однак, з метою зниження витрат на електроенергію, підприємство планує встановити конденсаторні батареї (БСК) на стороні 0,4 кВ трансформаторної підстанції ЦПП. Це дозволить досягти максимальної компенсації реактивної енергії. Після цього ми проведемо розрахунки для визначення необхідної кількості та номіналу конденсаторних батарей для ЦПП.

Враховуючи відсутність споживання або генерації реактивної енергії, ми можемо скористатися $\cos\varphi = 1$ цим фактом та значеннями активної та реактивної потужностей для розрахунку необхідних значень конденсаторних батарей.

$$\alpha = \cos^{-1}0,99 = 8,11^\circ$$

$$Q'_{цех} = P_{цех} \cdot tg(\alpha)$$

$$Q'_{цех} = 185,4 \cdot tg(8,11) = 26,42 \text{ квар}$$

$$Q_{КБ} = Q_{цех} - Q'_{цех}$$

де $Q'_{цех}$ - реактивна потужність ЦПП, яка має бути компенсована, квар.

$Q_{КБ}$ - реактивна потужність КБ, квар.

$$Q_{КБ} = 185,4 - 26,42 = 158,98 \text{ квар}$$

Отже, для компенсації реактивної потужності нам знадобиться конденсаторна батарея об'ємом 158.98 квар. Важливо відмітити, що не всі верстати будуть

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працювати протягом усього часу, тому потужність, яка буде генеруватися в мережу, не буде настільки великою. Враховуючи це, ми оберемо батареї з меншим номіналом.

Для даного цеху я обрав 2 батареї з номіналом 75 квар кожна, загальний номінал яких становитиме 150 квар.

3.2.2 Необхідність компенсації реактивної потужності

При нормальних робочих умовах всі електричні споживачі, чий режі супроводжується постійним виникненням і зникненням магнітних полів (риклад, індукційні двигуни, обладнання зварювання, світлова дуга Домнесцентні лампи) забирають від мереж не тільки активну, але тако уктивну реактивну потужність (квар). Ця реактивна потужність необхідна для нормальної роботи обладнання і в той же час може бути розглянута як небажане додаткове навантаження мережі.

Коефіцієнт потужності споживача $\cos\phi$ визначається як співвідношенн споживаної активної потужності до повної потужності, дійсно взятої з мережі (кВ до кВА).

Чим ближче значення $\cos\phi$ до одиниці, тим менше частка взятої з ережі реактивної потужності.

Приклад: при $\cos\phi = 1$ для передачі 500 кВ в мережі змінного струму 400 В необхідний струм значенням 722 А, Для передачі тієї ж активної потужності при коефіцієнті $\cos\phi = 0,6$ значення струму підвищується до 1303 А. Відповідно все обладнання мережі живлення, передачі і розподілу енергії повинні бути розраховані на великі навантаження. Крім того, в результаті великих навантажень строк експлуатації цього обладнання може знизитись. На рисунку 2.1 показано приклад двох споживачів індуктивного

характеру, які отримують однакову активну потужність, але при різному коефіцієнті потужності де:

=- споживач №1

- споживач №2

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сказане вище є основною причиною того, що електропостачальне підприємство вимагає від споживачів зниження частки реактивної потужності і використовує для цього спеціальні тарифи на реактивну потужність.

Доцільність:

- з поліпшенням коефіцієнта потужності споживач може знизити загальні витрати на електроенергію;

- зменшення реактивного навантаження дозволяє виробникові електроенергії при тій же загальній потужності забезпечити електропостачання додатковим споживачам:

- поліпшення коефіцієнта потужності зменшує навантаження компонентів розподільної мережі, що продовжує термін їх служби та покращує економічні показники.

Дієвим і ефективним способом зниження споживаної з мережі реактивної потужності є застосування засобів компенсації реактивної потужності (конденсаторних батарей, синхронних двигунів). За рахунок приєднання до мережі компенсуючого пристрою (КП) зменшуються втрати потужності. Після компенсації знаходиться в межах від 0,93 до 0,99.

3.2.3 Вимоги нормативно правових документів (ПУЕ, ПТЕ)

3.2.3.1 Вимоги ПУЕ

3.2.3.1.1 Визначення

Конденсаторна установка є електричною системою, яка включає в себе компоненти, такі як конденсатори, вимикачі, роз'єднувачі, розрядні резистори, пристрої регулювання, захисту та ошиновку..

Конденсаторна установка може бути складена з однієї або кількох конденсаторних батарей, або з окремих одиночних конденсаторів, які підключаються до електричної мережі за допомогою комутаційних апаратів.

Конденсаторною батареєю називається група одиночних конденсаторів електрично з'єднаних між собою.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одиночним конденсатором називається конструктивне з'єднання одного або декількох конденсаторних елементів у загальному корпусі з зовнішніми висновками.

Термін «конденсатор» використовується тоді, коли не має необхідності підкреслювати різні значення термінів «одиночний конденсатор» і конденсаторна батарея».

Конденсаторним елементом (секцією) називається неподільна частина конденсатора, що складається з струмопровідних об'єктів (електродів), розділених діелектриком.

Послідовним при паралельно-послідовному з'єднанні конденсаторів у фазі батареї називається частина батареї, що складається з паралельно включених конденсаторів.

3.2.3.1.2 Схема електричних з'єднань, вибір обладнання

Конденсаторні установки можуть бути підключені до електричної мережі за допомогою окремого апарату, призначеного лише для увімкнення та вимкнення конденсаторів, або за допомогою загального апарату, який також включає силовий трансформатор, асинхронний електродвигун або інший електроприймач. Ці схеми можуть бути використані для будь-якої напруги конденсаторної установки..

Конденсаторні батареї на напругу вище 10 кВ збираються з однофазних конденсаторів, з'єднаних паралельно-послідовно. Число послідовних рядів конденсаторів вибирається таким чином, щоб при нормальних режимах роботи струмове навантаження на конденсатори не перевищувало номінального значення. Число конденсаторів в ряду повинна бути, щоб при відключенні одного з них через перегорання запобіжника напруга, на конденсаторах ряду, що залишилися, не перевищувала 110%

Зазвичай, конденсаторні батареї з напругою 10 кВ і нижче складаються з конденсаторів, які мають номінальну напругу, що дорівнює номінальній напрузі мережі. При цьому окремі конденсатори можуть безпечно працювати при напрузі, яка не перевищує 110% від їх номінальної напруги. У трифазних батареях однофазні конденсатори з'єднуються в трикутник або зірку. Також можливе

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

послідовне або паралельно-послідовне з'єднання однофазних конденсаторів в кожній фазі трифазної батареї..

При виборі вимикача для конденсаторної батареї необхідно враховувати наявність паралельно підключених конденсаторних батарей (наприклад, на загальні шини). Якщо це необхідно, слід передбачити пристрої, які зменшують перенапругу струму в момент включення батареї.

Роз'єднувач конденсаторної батареї має бути обладнаний заземлювальними ножами, які заблоковані разом з самим роз'єднувачем. Роз'єднувачі конденсаторної батареї повинні бути заблоковані разом з вимикачем батареї. Крім того, конденсатори повинні мати розрядні пристрої.

Рекомендується використовувати конденсатори з вбудованими розрядними резисторами для батарей. Однак, допускається встановлення конденсаторів без вбудованих розрядних резисторів, якщо до виводів окремого конденсатора або послідовного ряду конденсаторів підключено розрядний пристрій. Розрядні пристрої можуть бути відсутні на батареях до 1 кВ, якщо вони приєднані до мережі через трансформатор і між батареєю та трансформатором відсутні комутаційні апарати.

Як розрядні пристрої можуть застосовуватися:

1) трансформатори напруги або пристрої з активно-індуктивним опором для конденсаторних установок вище 1 кВ;

2) пристрої з активним або активно-індуктивним опором для конденсаторних установок до 1 кВ. Для досягнення економічного режиму роботи електричних мереж із змінним графіком реактивного навантаження слід застосовувати автоматичне регулювання потужності конденсаторної установки шляхом підключення і відключення її в цілому або в окремих її частин.

Апарати і струмопровідні частини в ланцюгу конденсаторної батареї повинні допускати тривале перевантаження струмом, що становить 130% від номінального струму батареї.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.3.1.3 Захист

Конденсаторні установки в цілому повинні мати захист від струмів КЗ, до діє на відключення без витримки часу. Захист повинен бути налагодженим від струмів включення установки і поштовхів струму при перевантаженнях.

Конденсаторна установка повинна бути обладнана захистом від перевищення напруги, який автоматично відключає батарею у разі перевищення допустимого рівня напруги. Відключення установки повинно здійснюватися зі затримкою від 3 до 5 хвилин. Повторне підключення конденсаторної установки можливе лише після зниження напруги в мережі до номінального значення, проте не раніше ніж через 5 хвилин після відключення. Захист не є необхідним, якщо батарея вибрана з урахуванням максимально можливого значення напруги в ланцюзі, таким чином, що напруга на будь-якому окремому конденсаторі не буде тривало перевищувати 110% від номінального значення.

У разі можливого перевантаження конденсаторів струмами вищих гармонік, необхідно передбачити релейний захист, який автоматично відключає конденсаторну установку з витримкою часу, якщо діюче значення струму на окремих конденсаторах перевищує 130% від їх номінального значення..

Для конденсаторної батареї, що має дві або більше паралельні гілки, рекомендовано застосовувати захист, що спрацьовує при порушенні рівності струмів гілок.

Для батарей з паралельно-послідовним включенням конденсаторів, конденсатори з напругою вище 1,0 кВ мають бути захищені зовнішнім запобіжником, який активується при перевищенні напруги і пробої конденсатора. Конденсатори з напругою 1,0 кВ і нижче повинні мати вбудовані в корпус запобіжники - по одному на кожну секцію, які спрацьовують при пробі відповідної секції.

На батареях, де використовується схема з'єднання кількох секцій, необхідно забезпечити захист кожної секції від короткого замикання (КЗ), незалежно від захисту всієї конденсаторної установки. Якщо кожен окремий конденсатор має власний зовнішній або вбудований запобіжник, то такий захист не є обов'язковим.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Захист секції має гарантувати надійне відключення секції у випадку найменшого або найбільшого значення струму КЗ в даній точці мережі.

Необхідно вибирати схему електричних з'єднань конденсаторних батарей та запобіжників таким чином, щоб будь-яке пошкодження ізоляції окремих конденсаторів не призводило до пошкодження їх корпусів. Для захисту конденсаторів вище 1 кВ повинні застосовуватися запобіжники, що обмежують значення струму КЗ.

Зовнішні запобіжники конденсаторів повинні мати покажчики їх перегорання. Захист конденсаторних установок від грозових перенапруг повинна передбачатися в тих випадках і тими ж засобами.

3.2.3.1.4 Електричні вимірювання

Необхідно використовувати постійні пристрої для вимірювання струму в кожній фазі з метою контролювання ємності фаз конденсаторної установки. Для конденсаторних установок потужністю до 400 квар допускається вимір струму тільки в одній фазі.

Реактивна енергія, видана в мережу конденсаторами, повинна враховуватися відповідно до вимог [п.1.5.1]. 2.2.1.5 Встановлення конденсаторних установок

Конструкція конденсаторної установки повинна відповідати умовам навколишнього середовища.

Конденсаторні установки із загальною масою масла понад 600 кг в кожній повинні бути розташовані в окремому приміщенні, що відповідає вимогам вогнестійкості, наведеними в 4.2.76 [3], з виходом назовні або в загальне приміщення.

Конденсаторні установки, які мають загальну масу масла понад 600 кг в кожній, а також установки, де використовуються конденсатори з негорючою рідиною, можуть бути розміщені у приміщеннях розподільних установок з напругою до 1 кВ або в основних і допоміжних приміщеннях виробництва, що відповідають категоріям Г і Д з протипожежних перспектив.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При внутрішньому розташуванні конденсаторної установки з загальною масою масла понад 600 кг та напругою понад 1 кВ, під самою установкою повинен бути встановлений масляний приймач, який розрахований на 200% загальної маси масла у всіх конденсаторах. Проте, при зовнішньому розташуванні конденсаторів цей масляний приймач не є необхідним.

Конденсаторні установки, розміщені в загальному приміщенні, повинні мати сітчасті огороження або захисні кожухи. Також мають бути виконані пристрої, що запобігають розтіканню синтетичної рідини по кабельних каналах і підлозі приміщення у разі порушення герметичності корпусів конденсаторів і забезпечено видалення парів рідини з приміщення.

Відстань між конденсаторами має бути не менше 50 мм і має вибиратися за умовами охолодження конденсатора і забезпечення ізоляційних відстаней.

Показники перегорання зовнішніх запобіжників конденсатора повинні бути доступні для огляду при роботі батареї. Температура навколишнього повітря не повинна виходити за верхню і нижню межі, встановлені стандартами або технічними умовами на конденсатори відповідного типу.

Приміщення або шафи конденсаторної установки повинно мати окрему систему природної вентиляції, якщо вона не забезпечує зниження температури повітря у приміщенні до найбільшої допустимої, необхідно застосовувати штучну вентиляцію.

Для конденсаторів, які встановлені на відкритому повітрі, враховується наявність сонячного випромінювання. Конденсатори на відкритому повітрі рекомендовано встановлювати так, щоб негативний вплив на них сонячної реакції було найменшим.

З'єднання виводів конденсаторів між собою і приєднання їх до шин повинні виконуватися гнучкими перемичками.

Конструкції, на які встановлюються конденсатори, виконуються з негорючих матеріалів. При виборі способу кріплення конденсаторів необхідно враховувати теплове розширення корпусу конденсатора.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлення зовні приміщення масло заповнених конденсаторів повинно бути виконано відповідно до протипожежних вимог, групами, потужністю не більше 30 Мвар кожна. Відстань між групами однієї конденсаторної установки повинно бути не менше 4 м, а між групами цих конденсаторних установок не менше 6 м.

В одному приміщенні з конденсаторами допускається установка розрядних резисторів, роз'єднувачів, вимикачів навантаження, малооб'ємних вимикачів і вимірювальних трансформаторів.

При розподілі конденсаторних батарей на частини рекомендується розташовувати їх таким чином, щоб було забезпечено безпеку робіт на кожній частині окремо, при включених інших.

На конденсаторній установці повинно передбачатися пристосування для заземлення несучих металевих конструкцій, які можуть перебувати під напругою при роботі установки.

3.2.3 Вимоги ПТЕ

Вимоги [8] поширюються на конденсаторні установки на напругу від 0,22 кВ до частотою 50 Гц, що використовуються для компенсації реактивної потужності і регулювання напруги та приєднуються паралельно індуктивним елементам електричної мережі споживача. Конденсаторні установки, їх розміщення та захист повинні відповідати вимогам п.2.2.1. Допускається застосування суміщеної пекової апаратури конденсаторних батарей, що не мають автоматичного обладнання, тобто здійснення індивідуальної (групової) компенсації реактивної потужності.

Конденсаторна установка повинна перебувати в стані, що гарантує її довготривалу та надійну роботу. Зазвичай, режим роботи конденсаторної установки має бути автоматичним, якщо неможливо досягти необхідної якості електроенергії через ручне керування. Умови експлуатації конденсаторних установок, включаючи використання засобів індивідуального захисту, повинні

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідати вимогам Правил безпеки під час роботи з електроустановками (ПАОП).

Вибір типу, потужності, місця встановлення та режиму роботи компенсуючих пристроїв здійснюється проектною або спеціалізованою організацією згідно з технічними умовами, встановленими електропередавальною організацією, щодо підключення електроустановок, технічних характеристик та режимів роботи електроустановок споживачів з урахуванням вимог, визначених чинними нормативними документами з компенсації реактивної потужності (НД 3).

Розміщення конденсаторів та їх режими роботи повинні відповідати принципам максимального зниження втрат активної потужності через реактивні компоненти з урахуванням вимог щодо забезпечення стабільного рівня напруги на приймачах.

У паспорті конденсаторної батареї повинен бути вказаний перелік даних, який включає порядковий номер, заводський номер та характеристики кожного конденсатора, такі як встановлення, номінальна напруга, потужність і ємність. Ці дані повинні відповідати інформації, наведеній на паспортній таблиці, яка надається виробником конденсаторної батареї. У приміщеннях (шафах) конденсаторних батарей (незалежно від їх навантажень розташування) повинні бути:

1) однолінійна принципова схема конденсаторної установки із визначенням номінального значення сили струму запобіжників, які захищають окремі конденсатори, всю конденсаторну установку або її частину, а також значення уставки реле максимального струму в разі застосування захисного реле;

2) стаціонарні пристрої пофазного вимірювання струму. Для конденсаторних установок потужністю до 400 квар допускається застосування одного пристрою що перемикається між фазами;

3) термометр або датчик вимірювання температури навколишнього повітря;

4) спеціальна шланга для контрольного розрядження конденсаторів; - резервний запас запобіжників на відповідні номінальні струми плавких вставок;

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) первинні засоби пожежогасіння (необхідна кількість первинних жобів пожежогасіння та їх види визначаються відповідно до НАПБА та НД питань пожежної безпеки).

Пристрої для вимірювання температури необхідно розташовувати в найгарячішому місці батареї посередині між конденсаторами. При цьому повинно бути забезпечено можливість спостереження за його показами без вимкнення конденсаторної установки і зняття огорожі.

Якщо температура повітря в місці встановлення конденсаторів опускається нижче гранично допустимої мінусової температури, зазначеної на паспортних табличках, то запуск конденсаторної установки забороняється. Для увімкнення конденсаторної установки необхідно, щоб температура повітря в місці встановлення досягла значення, вказаного у паспорті, і тільки після цього можна провести запуск установки.

Температура повітря в місці встановлення конденсаторів повинна дотримуватись максимального значення, зазначеного на паспортних табличках. Якщо ця температура перевищує максимальне значення, необхідно вжити заходів для підвищення ефективності вентиляції. У разі, якщо протягом однієї години температура не знижується, конденсаторна установка повинна бути вимкнена.

Для порушення режиму перетікання реактивної потужності з електричних мереж споживачів, якщо такий режим не обумовлено електропередавальною організацією, конденсаторні установки включаються від електромереж в неробочі години підприємства.

У конденсаторних установках з напругою понад 1 кВ розрядні пристрої повинні бути постійно підключені до конденсаторів, тому в колі резисторів і конденсаторів не допускається використання комутаційних апаратів. Щодо конденсаторних установок з напругою до 1 кВ, для економії електроенергії рекомендується використовувати автоматичне підключення розрядних пристроїв в момент активації конденсаторів. У випадку, коли конденсаторна батарея розділена на секції, кожна з них має власний комплект комутаційних апаратів, які вимикають

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

окремі секції за необхідністю. Для конденсаторів з вбудованими розрядними резисторами додаткові зовнішні розрядні пристрої не потрібні.

Використання вимикачів для увімкнення та вимкнення конденсаторних установок з напругою 1 кВ та вище є забороненим. Всі процедури, пов'язані з увімкненням та вимкненням батареї конденсаторів, повинні виконуватися згідно вимог і правил безпеки електроенергетичних систем. Забороняється вмикати конденсаторну батарею, якщо напруга на збірних шинах перевищує максимально допустиме значення для даного типу конденсаторів. Перед вимкненням конденсаторної установки необхідно переконатися про справність розрядного пристрою шляхом зовнішнього огляду.

Під час заміни випалених або несправних запобіжників на конденсаторній батареї, процедура виконується на вимкненій установці після проведення контрольного розряду всіх конденсаторів за допомогою спеціальної штанги. У випадку наявності індивідуального захисту, контрольний розряд здійснюється шляхом послідовного замикання всіх виводів кожного конденсатора, який входить до складу вимкненої батареї. В разі групового захисту виконується замикання відповідних шин в ошиновці батареї..

У разі вимкнення конденсаторної установки, що була вимкнена дією захистів, допускається після вимкнення, а для конденсаторів на напругу 660 В і нижче не раніше ніж через 1 хвилину.

Увімкнення конденсаторної установки, що була вимкнена дією захистів допускається після з'ясування й усунення причини, що викликала її вимкнення.

Огляд конденсаторної установки без вимкнення здійснюється з періодичністю:

- 1) на об'єктах з постійним чергуванням працівників не рідше ніж раз на добу;
- 2) на об'єктах без постійного чергування працівників не рідше ніж раз на місяць.

Під час огляду конденсаторної установки перевіряють:

- 1) справність огорожі, цілісність замків, відсутність сторонніх предметів;

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2) відсутність пилу, бруду, тріщин на ізоляторах;
- 3) температуру навколишнього повітря в найгарячішому місці приміщення, в якому встановлена батарея;
- 4) відсутність спучування стінок конденсаторів та слідів витікання просочувальної рідини (масла, совтола тощо) з них;
- 5) наявність плям просочувальної рідини не є причиною для зняття конденсаторів з експлуатації такі конденсатори слід узяти під нагляд
- б) шкідливість плавких вставок (зовнішнім оглядом) у запобіжниках відкритого типу;
- 7) значення сили струму і рівномірність навантаження окремих фаз конденсаторів;
- 8) батареї - значення напруги на шинах конденсаторної установки або на шинах найближчої РУ;
- 9) справність кола розрядного пристрою;
- 10) справність усіх конденсаторів (зовнішнім оглядом) електричної схеми увімкнення батареї конденсаторів (струмопровідних шин, зезамлення, роз'єднувачів, вимикачів, тощо);
- 11) наявність і справність блокування для безпечної експлуатації;
- 12) наявність і справність засобів захисту (спеціальної штанги тощо) та засобів гасіння пожежі;

Позачергові огляди конденсаторних установок здійснюються у разі:

- 1) появи розрядів (тріску) у конденсаторних батареях;
- 2) підвищення напруги на затискачах або температури навколишнього середовища до значень, близьких до граничнодопустимих. Про результати огляду повинен бути зроблений відповідний запис в оперативному журналі.

Експлуатація конденсаторних батарей забороняється у таких випадках:

- 1) перевищує 110% від його номінальної напруги або напруги на шинах, до якого значення напруги на виводах одиночного конденсатора приєднано конденсаторні батареї, становить понад 110% від номінального значення напруги конденсаторів;

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) за значень температури навколишнього повітря, які знаходяться поза граничнодопустимих для конденсаторів даного типу відповідно до паспортних даних конденсаторних установок;

3) при наявності спучування стінок конденсаторів;

4) наявності навантаження фаз конденсаторної установки понад 10% від середнього значення сили струму

5) при збільшенні сили струму батареї понад 30% від її номінального значення;

6) при крапельній течі просочувальної рідини;

7) при пошкодженні фарфорового ізолятора

Конденсатори, просочені трихлордефінолом, повинні мати на корпусі біля таблички з паспортними даними розпізнавальний знак у вигляді рівностороннього трикутника жовтого кольору. Під час технічного обслуговування конденсаторів, у яких як просочувальний діелектрик використовується трихлордифініл, необхідно вживати заходів для запобігання його потраплянню в навколишнє середовище. Просочені терихлордефінолом конденсатори, що вийшли з ладу, за відсутніх умов їх утилізації мають бути знищені у місцях, визначених санітарно епідеміологічними службами. Капітальний ремонт конденсаторних установок необхідно проводити не раніше ніж один раз на 8 років. Поточні ремонти конденсаторних установок необхідно проводити щорічно.

Висновок

Були вибрані основні елементи системи електроживлення (СЕП), які відповідають вимогам нормального функціонування об'єкта. Ці елементи мають високу надійність і забезпечують стабільну постачання електроенергії.

Розглянута необхідність компенсації реактивної потужності, оскільки виявлено, що втрати активної енергії від перетоків реактивної потужності є значними. Для зниження цих втрат запропоновано використовувати засоби компенсації реактивної потужності.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги до комутаційного-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності були визначені з урахуванням особливостей системи електропостачання підприємства. Ці вимоги включають надійність, ефективність, економічність та забезпечення вимог безпеки.

Вибрані засоби компенсації реактивної потужності дозволять знизити втрати активної енергії від перетоків реактивної потужності та покращити ефективність електропостачання підприємства.

Загальні висновки підтверджують необхідність обраного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності для забезпечення стабільного та ефективного електропостачання підприємства.

Окрім того, розглянуто вимоги під час монтажу установки компенсації реактивної потужності. Вказані необхідні для цього норми охорони праці та пожежної безпеки. Персонал, що займається монтажем, повинен мати необхідні знання та навички для виконання робіт безпечно

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 4.2

	Габаритні розміри шафи, мм	2000x3200x800
	Вага, кг	810(1050)
	Ступінь захисту конструкції	IP 54
	Охолодження	примусове

4.2 Перелік робіт, які плануються до виконання, та показники умов праці для таких робіт.

Для встановлення установки компенсації реактивної потужності, а конкретно БСК електростанції необхідно встановити обсяги та послідовність виконання робіт [8] та відповідний кількісний склад монтажної бригади [8] та необхідну групу з електробезпеки. Інформацію зведемо до таблиці 4.3. Визначаємо показники умов праці для особливостей та типів робіт зазначених в пункті 4.2 згідно [16]. Інформація представлена в таблиці 4.4.

Таблиця 4.3 – Послідовність виконання робіт

Вид робіт	Спосіб доставки і розгрузки	Період виконання	Кількісний склад бригади	Група з електробезпеки
Підготовка до виконання робіт та встановлення обладнання: – Підготовка робочого проекту – Доставка працівників на місце проведення робіт	Доставка робочої бригади виконується раніше замовленим транспортом	На термін дії оперативної заявки	Група до 4 осіб	I
Доставка конденсаторної батареї, та комплектуючих	Транспорт, механічна вигрузка, підйомний механізм	1 день	2 особи	I

Продовження таблиці 4.3

Інсталяційні роботи, з'єднання основних вузлів	Транспорт, механічна вигрузка	5 робочих днів	Група до 4 осіб	IV і вище
Установка заземлення	Доставка обладнання транспортном	5 днів	2 та більше осіб	IV і вище
Проведення електровимірювань та пусконаладжування станції	Транспорт, механічна вигрузка	1 день	2 особи	IV і вище

Таблиця 4.4 - Чинники умов праці та їх показники

Найменування Чинника[9]	Основні характеристики	Числове значення показника	Визначення допустимості або шкідливості показників
Параметри Мікроклімату [10]	Температура повітря	(15...28) С	Допустимі
	Вологість	(40...60) %	Допустимі
	Швидкість вітру	0,5 м/с	Допустимі
Важкість праці	Переміщення вантажів	До 10 кг	
	Робоче положення	«стоячи», «стоячи зігнувшись»	Шкідливі
	Статичні та динамічні навантаження	200 - 240 Вт (201 -250 ккал/год.)	Допустимі
	Категорія робіт	II-б категорія	Допустимі
	Приміщення в просторі	10,5 км	Допустиме
Напруженість праці	Тривалість зосередженого спостереження	50% робочого часу	Допустиме згідно ДСН 3.3.6.042-99
	Тривалість активних дій	60% робочого часу	
	Змінність	1 зміна – 8 годин	
	Напруженість органів чуття: зір	20% робочого часу	

Продовження таблиці 4.4

Шум	Рівень шуму	90 дБА	$L_{\text{доп}} = 85$ шкідливе
Напруга	Рівень напруги	10 кВ	$U_{\text{доп}} = 6В$ шкідливе
Електричний струм	Струм	150 А	$I_{\text{доп}} = 0,6А$
Вібрація	Вібрація	1,1 мм/с	Допустиме
Робота на висоті	Висота	1м	Допустиме

4.4 Визначення необхідних технічних та організаційних заходів з безпеки праці

Монтаж установки компенсації реактивної потужності поєднує переважно інсталяційні роботи, що пов'язані з монтажем електротехнічного устаткування.

Таблиця 4.6 - Технічні і організаційні заходи [14]

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники, характеристики
Організаційні заходи з електробезпеки		
Категорія робіт щодо заходів безпеки	Роботи без напруги	Інструктаж - допуск до проведення монтажу
Ізоляція	Робоча, струмопровідних частин	Полівінілхлорид $R = 10^{15} \text{ Ом}$ $tg \varphi = 0.02$
Технічні заходи		
Захисна зона	Обмежити можливість потрапляння сторонніх осіб на територію проведення робіт	Огороджувальна стрічка на відстані 2,5 м від місця проведення робіт
Захисне заземлення	Заземлення для БСК	ЗП розміщений у контурі підстанції 1,2 Ом

Продовження таблиці 4.6

Організаційні заходи під час роботи з електроустаткуванням		
Перевірка кваліфікації працівників	Перевірка фізичного стану перед початком виконання роботи. Перевірка інформативної обізнаності, перевірка посвідчень	Перед початком виконання робіт, працівникам необхідно пройти медичний огляд, перевірку знань з техніки безпеки та пожежної безпеки.
Забезпечення безпечних умов праці	Дотримання безпечних умов під час монтажу електроустаткування.	Перевірка обізнаності працівників, щодо плану проведення монтажних робіт, порядку інсталяції та техніки безпеки під час роботи з електроустаткуванням.
Цільовий інструктаж	Перед початком виконання робіт, проведення інструктажу	Необхідність використання індивідуальних засобів захисту; Дотримання техніки безпеки під час монтажних робіт; Перевірка стану обладнання перед початком робіт; Чіткість виконання плану інсталяційних робіт.

4.5 Вибір засобів індивідуального захисту для мінімізації небезпечних чинників під час монтажу установки з компенсації потужності

Необхідність використання засобів індивідуального захисту є надзвичайно високою, адже виконуються саме монтажні роботи які можуть спричинити до механічних пошкоджень та уражень струмом під час інсталяції електроустаткування

Тому перед початком виконання робіт необхідно впевнитись у справності засобів захисту та їх відповідності нормам контролю.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.7 – Перелік засобів індивідуального захисту

Види ЗІЗ	Призначення	Маркування	Термін використання	Технічні характеристики
Захисний одяг	Захист від механічних ушкоджень	Комбінезон робочий	1 рік	Під час робіт усіх видів
Захисне взуття	Захист від механічних ушкоджень	Взуття робоче з сталлюю вставкою	1 рік	Під час робіт усіх видів
Захист рук	Захист від механічних ушкоджень	Рукавички з поліуретановим покриттям	12 робочих змін	Під час монтажних робіт
Захист голови	Захист від механічних ушкоджень	Каска від механічних та електротехнічних ушкоджень	3 роки	Під час робіт усіх видів
Захист очей	Захист від механічних ушкоджень	Захисні окуляри прозорі	2 роки	Під час інсталяції обладнання

4.6 Вибір заходів із запобігання виникненню пожеж

БСК повинна забезпечуватися надійною системою контролю виникнення пожеж. Також необхідне встановлення окремих приладів автоматичного відключення окремих елементів системи під час виникнення коротких замикань та засобів пожежогасіння відповідно до правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України[7]

Таблиця 4.8 – Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

Група заходів [16]	Технічні характеристики	Критерії вибору
Технічні заходи		
Ящик з піском	Ящик к для піску повинен мати місткість 3,0 м3 та бути укомплектований совковою лопатою. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.	На території підстанції
Вуглекислотний вогнегасник ВВК-3,5	Пересувний, тривалість дії 30 с, довжина струмені 4м	На території встановлюються пожежні щити
Організаційні заходи		
Регулярні перевірки справності обладнання	Проведення перевірок і огляду обладнання пожежогасіння.	Відділ з охорони праці

4.7 Необхідний рівень заземлення та створення умов експлуатації

Для захисту від коротких замикань у силових цілях конденсаторів у такі від перевантаження за струмом, ступені оснащуються циліндричними запобіжниками, що встановлюється в тримачі моєї ступені $Fu 1x...2x$.

Для захисту ланцюгів вимірювання та керування застосовують запобіжники $Fu 8.14, 51.52.61.62$. які встановлюють у "пробочних" тримачах.

Для захисту від КЗ на шинах в інших аварійних режимів установки служить ВЗВ. Для правильної роботи захистів, сигнали положення ВЗВ вводяться в схему керування установки.

Для можливості створення видимого розриву після відключення установки від мережі застосовується ввідний роз'єднувач QS із заземлювачем QSK,

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщений у комірці введення установки. Конструкція вступного роз'єднувача забезпечує видимий розрив силових ланцюгів у відключеному стані. Трансформатори струму ТАС 1... ТАС3 і амперметри РАС1... РАС3 призначені для вимірювання та індикації власного струму установки в кожній із фаз. Для обмеження доступу до шаф установки за наявності напруги на вводі (увімкненому ВЗВ) передбачено електромагнітні замки КQ1... КОЗ, що блокують двері всіх шаф комірок конденсаторів, а також електромагнітний замок на ручний привід основних ножів вступного роз'єднувача КОС. Для забезпечення нормального температурного режиму роботи установки в ній передбачено систему примусової вентиляції, що забезпечує охолодження обладнання ступенів до допустимої величини. Система забезпечена термостатичними датчиками і працює незалежно від інших систем.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок

Під час монтажу установки компенсаційної потужності для компенсації реактивної енергії, дуже важливо дотримуватися принципів охорони праці для забезпечення безпеки працівників. Ось деякі висновки, які можуть бути зроблені з цього питання:

Під час монтажу установки компенсаційної потужності для компенсації реактивної енергії, дуже важливо дотримуватися принципів охорони праці для забезпечення безпеки працівників. Ось деякі висновки, які можуть бути зроблені з цього питання:

Перед початком монтажу необхідно провести оцінку ризиків та підготувати план безпеки. Це допоможе ідентифікувати потенційні небезпеки та прийняти відповідні заходи з попередження та контролю.

Забезпечення належного підготовлення працівників, включаючи надання необхідної інструкції з безпеки та навчання щодо правильного використання інструментів, обладнання та захисного спорядження.

Застосування відповідних заходів безпеки під час монтажу, включаючи правильне підключення та заземлення обладнання, захист від електричних ризиків, правильну маркування та ізоляцію проводів тощо.

Проведення періодичних перевірок безпеки під час монтажних робіт, щоб впевнитися, що всі процедури безпеки дотримуються належним чином.

Врахування специфічних вимог і стандартів безпеки для електротехнічних робіт під час монтажу установки компенсаційної потужності.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Для забезпечення ефективної роботи системи електропостачання підприємства були розглянуті вимоги до комутаційно-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності. Були запропоновані засоби компенсації, які дозволять знизити втрати та покращити якість електропостачання

2. Розрахунок навантажень цехової мережі та підприємства в цілому підтвердив необхідність вибору відповідного комутаційного-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності для забезпечення нормального функціонування системи електропостачання.

Основні елементи системи електроживлення (СЕП), вибрані на основі проведеного дослідження, забезпечують стабільну та надійну подачу електроенергії, що важливо для ефективної роботи підприємства.

3. Розгляд необхідності компенсації реактивної потужності виявив значні втрати активної енергії від перетоків реактивної потужності. Запропоновані засоби компенсації реактивної потужності спрямовані на зниження цих втрат та покращення ефективності електропостачання.

Вимоги до комутаційного-захисного обладнання та засобів компенсації реактивної потужності визначені з урахуванням особливостей системи електропостачання підприємства, зокрема їх надійність, ефективність, економічність та вимоги безпеки.

4. Застосування вибраних засобів компенсації реактивної потужності дозволить зменшити втрати активної енергії від перетоків реактивної потужності та поліпшити ефективність електропостачання підприємства.

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..

1. А. А. Маліновський, Б.К. Хохулі «Основи електропостачання», Львів: Львівська політехніка, 2005..
2. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів. (n.d.). Офіційний Вебпортал Парламенту України. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06>
3. Про затвердження Правил улаштування електроустановок. (n.d.). Офіційний Вебпортал Парламенту України.,
4. (n.d.). Moulded Case Circuit Breakers. CHINT GLOBAL. <https://chintglobal.com/products/nm8n-moulded-case-circuit-breaker->
5. (n.d.). Circuit breaker EasyPact. Schneider Electric. <https://www.se.com/ww/en/work/products/master-ranges/pact-series/>
6. Технічний опис і інструкція по експлуатації И Є. ККМ 11 150 0 ОРТ 51 Н 12213В СЕРСЗ
7. Наказ №491 від 26.09.2018/Міністерство палива та енергетики України
8. НПАОП 40.1-1.21-98 “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”.
9. ДСН 3.3.6.042-99 “Санітарні норми виробничих приміщень”.
10. ДСН 3.3.6.042-9 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».
11. ДБН В.2.5-28-06 “Природне і штучне освітлення”.
12. ДБН В.1.1.7-2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва».
13. ДБН В.1.2-7 «Державні будівельні норми України».
14. НАПБ А.01.001 «Правила пожежної безпеки в Україні».
15. НАПБ Б.03.002 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
16. ДБН В.2.5-56 «державні будівельні норми України. Системи протипожежного захисту».

					ОЕ-91-06.037	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А
данні для перерізів КЛ

Лінія	Кількість і номінальний переріз жил, мм ²	Допустиме струмове навантаження, $I_{доп} A$	I_P, A	$R_0, Ом$	$F_P, мм^2$	$\Delta U, \%$	$P_i, кВт$	$Q_i, квар$
ТП1-А1	4×185	291	418,9	0,164	101,1	2,98	262	85,8
ТП1-А2	4×185	291	418,9	0,164	101,1	2,98	262	85,8
ТП1-Б1	4×70	155	192,2	0,443	46,7	3,71	121	36,8
ТП1-Б2	4×70	155	192,2	0,443	46,7	3,71	121	36,8
ТП2-В1	4×185	291	367,0	0,164	89,3	2,63	231,6	68,7
ТП2-В2	4×185	291	367,0	0,164	89,3	2,63	231,6	68,7
ТП2-В3	4×185	291	367,0	0,164	89,3	2,63	231,6	68,7
ТП2-Е	4×25	82	91,5	1,2	21,7	4,68	56,3	21,4
ТП3-Л1	4×16	62	19,6	1,91	3,7	1,59	12	4,8
ТП3-Л2	4×16	62	19,6	1,91	3,7	1,59	12	4,8
ТП3-М	4×16	62	45,4	1,91	6,7	3,84	29	7,3
ТП3-Н-С	4×95	190	248,7	0,32	59,0	3,39	153	58,1

ДОДАТОК Б –

Таблиця-2.3

	Електроприйма чі	к-сть	Номінальна потужність		Кв	tg	Кр	Проміжне навантаження		n	Розрахункові навантаження		
			одног о	загаль на				Рр	Qp		Рр	Qp	Sp
СП 1	Мостовий кран, ТВ = 25 %	1	30	30	0,12	1,7		3,6	6,24				
	Вертикально- свердлильні верстати	3	6,2	18,6	0,14	1,7		2,6	4,51				
	Заточувальні верстати	6	8	48	0,25	1,2		12	14,03				
	Фрезерувальні верстати	6	10	60	0,22	1,5		13,2	20,04				
	16		54,2	156,6	0,2		1,2 3	31,4	44,82	1 6	38,63	44,82	59,17
СП 2	Токарно- револьверні верстати	3	12,5	37,5	0,01 5	1,7		5,63	9,74				
	Мостовий кран, ТВ = 25 %	1	30	30	0,12	1,7		3,6	6,24				
	Шліфувальні верстати	2	4,2	8,4	0,2	1,7		1,68	2,91				
	Вертикально- свердлильні верстати	1	6,2	6,2	0,14	1,7		0,87	1,5				
	Вентиляція	6	8,2	49,2	0,5	1		24,6	25,1				

		3	1	48,6	93,8	0,33		1,2 1	30,75	35,75	7	37,24	39,32	54,15
СП 3	Строгальні верстати	3		16,2	48,6	0,18	1,5		8,75	13,28				
	Токарно- револьверні верстати	2		12,5	25	0,15	1,7		3,75	6,5				
	Шліфувальні верстати	2		4,2	8,4	0,2	1,7		1,68	2,91				
	Електричні печі опору	4		50	200	0,8	0,4		160	68,16				
	Електричні печі індукційні	2		26	52	0,6	0,5		31,2	15,11				
	\sum СП3	13		92,7	285,4	0,69		1	196,63	92,68	1 3	196,63	92,68	217,38
	\sum СП1 + \sum СП2 + \sum СП3	42		535,8	0,48				258,78	173,24	2 1	272,5	176,82	330,7
	ЩО											14,06	10,04	17,27
	Шини НН 0,4кВ											234	157,29	281,97
	Втрати трансформатора											5,64	28,2	28,76
	Шини ВН 10кВ											239,66	185,49	303,06

ДОДАТОК В

Заява про приєднання електроустановки певної потужності до Типового договору

Вхідний № <u>1</u> (заповнюється ОСР під час подання заяви замовником)	Дата реєстрації <u>13.06.2023</u> (заповнюється ОСР під час подання заяви замовником)
Кому:	
Оператор системи розподілу АТ "Полтаваобленерго"	Керівнику Оператора системи розподілу Директор сервісного центру Гонка О.М.
Від кого:	
Найменування або ПІБ фізичної особи – замовника послуги з приєднання до електричних мереж	Касіма Іван Ігорович
Номер запису про право власності та реєстраційний номер об'єкта нерухомого майна в Державному реєстрі речових прав на нерухоме майно	11222333
Унікальний номер запису в Єдиному державному демографічному реєстрі (за наявності)	11111111-11111
Індивідуальний податковий номер (для юридичної особи)	11111111
Наявність/відсутність статусу платника єдиного податку	-
Реєстраційний номер облікової картки платника податків (для фізичних осіб, які через свої релігійні переконання відмовляються від прийняття реєстраційного номера облікової картки платника податків та повідомили про це відповідний орган і мають відмітку в паспорті (або слово «відмова» у разі, якщо паспорт виготовлений у формі картки) – серія та номер паспорта) (за наявності)	1111111111
Код ЄДРПОУ (для юридичної особи)	-
Банківські реквізити замовника	-
Характеристика об'єкта замовника:	
Назва об'єкта	Металообробний цех
Місце розташування	М. Кременчук. вулиця Свіштовська
Функціональне призначення об'єкта	Металообробний цех
Вихідні дані щодо параметрів електроустановок замовника:	
Мета приєднання (нове приєднання/зміна технічних параметрів)	Нове приєднання
Дозволена потужність відповідно до умов договору про надання послуг з розподілу електричної енергії	Потужність, кВт
	Ступінь напруги в точці приєд ання, кВ
	Номер договору на розподіл
	Дата договору на розподіл

	-	0,4	11111	13.06.2023	
Замовлена до приєднання потужність, кВт	330				
Величина максимального розрахункового (прогнозованого) навантаження з урахуванням існуючої дозволеної (приєднаної) потужності, кВт	330				
Ступінь напруги в точці приєднання, кВ (0,23/0,4/10)	0,4				
Категорія надійності, кВт	I категорія надійності електропостачання	II категорія надійності електропостачання	III категорія надійності електропостачання		
	217	0	113		
Графік введення потужностей за роками (заповнюється замовником, юридичною особою або фізичною особою-підприємцем):					
Рік введення потужності	Величина максимального розрахункового (прогнозованого) навантаження з урахуванням існуючої дозволеної (приєднаної) потужності, кВт	Категорія надійності електропостачання			Прогнозована дата введення об'єкта замовника в експлуатацію
		I категорія надійності електропостачання	II категорія надійності електропостачання	III категорія надійності електропостачання	
2023	330	217	0	113	2023
Режим роботи електроустановок замовника		Цілодобово			
Відомості щодо встановленої потужності електроопалювальних та електронагрівальних установок, кухонних електроплит тощо (назва, кВт)		-			
Відомості щодо встановленої потужності генеруючих установок приватних домогосподарств		Ти		Потужність, кВт	
		П			
		-		-	
Відомості щодо встановлення точки приєднання (межі балансової належності електроустановок замовника та ОСР) на території земельної ділянки замовника (ЗАПЕРЕЧУЮ/НЕ ЗАПЕРЕЧУЮ)		Не заперечую			
Інформація про бажання замовника здійснювати проєктування лінійної частини приєднання (самостійно / оператором системи розподілу (послуга «під ключ»))		оператором системи розподілу (послуга «під ключ»)			
Додаткова інформація, що може бути надана замовником за його згодою, у тому числі про необхідність приєднання за тимчасовою схемою електрозабезпечення будівельних механізмів		-			
Необхідність приєднання будівельних струмоприймачів, кВт		-			
Живлення будівельних струмоприймачів передбачити від електроустановок зовнішнього електрозабезпечення об'єкта за будови після реалізації проєкту зовнішнього електропостачання об'єкта за будови (ТАК/НІ)		НІ			
Приєднання електроустановок замовника до електричних мереж суб'єкта господарювання, який не є ОСР (ТАК/НІ)		НІ			
Відомості щодо вибору постачальника послуги комерційного обліку (ОСР/інший ППКО)		ОСР			
Про результати розгляду цієї заяви прошу інформувати мене:					
за місцем подання заяви (ТАК/НІ)		ТАК			
електронною поштою (необхідно вказати адресу)					

поштою (необхідно вказати поштову адресу)	-
Номер мобільного телефону	

Прошу надати послугу з приєднання електроустановок до електричних мереж та здійснити комплекс заходів з приєднання та первинного підключення електроустановок до електричних мереж. Оплату отриманих послуг гарантую.

До заяви про приєднання додаються документи:

- 1) **копія паспорта** у разі відсутності унікального номера запису в Єдиному державному демографічному реєстрі (для фізичних осіб);
- 2) належним чином оформлений документ, що посвідчує право на представництво інтересів особи у випадку подання заяви представником;
- 3) **копія документа, що підтверджує право власності чи користування об'єктом нерухомого майна** у разі відсутності відомостей у Державному реєстрі речових прав на нерухоме майно;
- 4) **графічні матеріали із зазначенням (вказанням) місця розташування об'єкта (об'єктів) замовника**, земельної ділянки замовника та прогнозованої точки приєднання (для об'єктів, що приєднуються до електричних мереж уперше);
- 5) ТEO (у визначених цим Кодексом випадках, в інших випадках – за наявності);
- 6) інформаційна довідка-повідомлення (довільної форми) щодо наявності або відсутності намірів брати участь в аукціоні з розподілу річної квоти підтримки.

У разі приєднання фотоелектричної станції, що розташована на об'єкті архітектури (дах, фасад), технічних засобів телекомунікації на об'єкті архітектури до заяви про приєднання додатково додаються:

- 1) копія документа, що підтверджує право власності чи користування об'єктом архітектури або право власності чи користування частиною об'єкта архітектури (дах, фасад) (у разі приєднання фотоелектричної станції);
- 2) копія договору з доступу (у випадку приєднання технічних засобів телекомунікації відповідно до Закону України «Про доступ до об'єктів будівництва, транспорту, електроенергетики з метою розвитку телекомунікаційних мереж»);
- 3) графічні матеріали із зазначенням (вказанням) місця розташування об'єкта (об'єктів) замовника, земельної ділянки замовника та прогнозованої точки приєднання (для об'єктів, що приєднуються до електричних мереж уперше);
- 4) лист-погодження від власника об'єкта архітектури, на якому буде здійснено будівництво та експлуатацію фотоелектричної станції, технічних засобів телекомунікації, щодо надання дозволу на улаштування точки приєднання на межі земельної ділянки власника об'єкта архітектури, на якому буде розташована відповідна фотоелектрична станція, технічні засоби телекомунікації.

У разі приєднання індустріального парку, створеного відповідно до вимог законодавства України, замовником з приєднання індустріального парку додатково до заяви додаються:

- 1) копія документа на право власності чи користування земельною ділянкою, кадастрові номери земельних ділянок, на яких створено індустріальний парк;
- 2) копія витягу з Реєстру індустріальних (промислових) парків;
- 3) копія договору про створення та функціонування індустріального парку (якщо замовником послуги з приєднання індустріального парку є керуюча компанія індустріального парку).

У разі приєднання до електричних мереж суб'єкта господарювання згідно з пунктом 4.1.11 глави 4.1 розділу IV Кодексу систем розподілу, затвердженого постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 310, до заяви про приєднання додаються технічні вимоги та/або вихідні дані, отримані від суб'єкта господарювання.

**Відповідальність за достовірність даних, наданих у заяві, несе заявник.
Достовірність наданих даних підтверджую**

_____ (дата) (підпис)

Підтверджує згоду на автоматизовану обробку його персональних даних згідно з чинним законодавством та можливу їх передачу третім особам, які мають право на отримання цих даних згідно з чинним законодавством, у тому числі щодо кількісних та/або вартісних обсягів наданих за Договором послуг.

_____ (підпис)

ДОДАТОК Г

Таблиця Г 1 – Технічні характеристики силових трансформаторів типу ТМ

Номінальна потужність S_n , кВ·А	Номінальна напруга на високій стороні $U_{ВН}$, кВ	Номінальна напруга на низькій стороні $U_{НН}$, кВ	Потужність короткого замикання P_k , Вт	Потужність холостого ходу $P_{х.х}$, Вт	Напруга короткого замикання U_k , %	Струм холостого ходу $I_{х.х}$, %
100	10	0,4	1970	305	4,5	2,2
160	10	0,4	2650	460	4,5	2
250	10	0,4	3700	560	4,5	1,9
400	10	0,4	5500	830	4,5	1,5
630	10	0,4	7600	1050	5,5	1,8
1000	10	0,4	10800	1550	5,5	1,2

Таблиця Г 2 – Коефіцієнти суміщення максимумів навантажень міських електромереж і промислових підприємств

Час максимуму навантаження		Коефіцієнти суміщення максимумів навантажень міських електромереж і промислових підприємств залежно від відношення розрахункового навантаження промпідприємств до навантаження міських електромереж						
		20 %	60 %	100 %	150 %	200 %	300 %	400 %
Ранок	Електроплити	0,75	0,8	0,85	0,88	0,9	0,92	0,95
	Газові плити	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,87	0,9
Вечір	Електроплити	0,85	0,65	0,55	0,45	0,4	0,3	0,3
	Газові плити	0,9	0,85	0,8	0,76	0,75	0,7	0,7

ДОДАТОК Д

Таблиця Д 1 – Допустиме струмове навантаження й опори для трижильних кабельних ліній (КЛ) марки АПвП з алюмінієвими жилами з ізоляцією з шитого поліетилену, з зовнішньою оболонкою з поліетилену або сополімера поліетилену, на номінальну напругу 10 кВ

Кількість і номінальний переріз жил, мм ²	Опір жил, Ом/км		Допустиме струмове навантаження, А	
	Активний	Індуктивний	У землі	У повітрі
3×35	0,868	0,095	119	132
3×50	0,641	0,090	140	158
3×70	0,443	0,086	171	196
3×95	0,320	0,083	203	236
3×120	0,253	0,081	232	273
3×150	0,206	0,079	260	309
3×185	0,164	0,077	294	355
3×240	0,125	0,075	340	415

ДОДАТОК Е

Таблиця Е 1 – Допустиме струмове навантаження й опори для чотирижильних КЛ марки **АВВГ** із **алюмінієвими** жилами з полівінілхлоридною ізоляцією та зовнішньою оболонкою, на номінальну напругу до 1000 В

Кількість і номінальний переріз жил, мм ²	Опір жил, Ом/км		Допустиме струмове навантаження, А	
	Активний	Індуктивний	У землі	У повітрі
4×2,5	12,1	0,104	26	20
4×4	7,41	0,095	34	27
4×6	5,11	0,090	41	34
4×10	3,08	0,073	55	47
4×16	1,91	0,0675	72	62
4×25	1,20	0,0662	93	82
4×35	0,868	0,0637	113	101
4×50	0,641	0,0625	137	126
4×70	0,443	0,0612	166	155
4×95	0,320	0,0602	197	190
4×120	0,253	0,0602	224	219
4×150	0,206	0,0596	255	254
4×185	0,164	0,0596	286	291
4×240	0,125	0,0587	330	343