

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ**



ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Луцького національного технічного університету

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки
до виконання курсової роботи
для здобувачів фахової передвищої освіти
освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
галузь знань 14 Електрична інженерія
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
денної форми навчання

Луцьк 2021

УДК 621.31:658 (07)

Е62

До друку

Директор ТФК Луцького НТУ _____ О.О. Герасимчук

Рекомендовано до видання Навчально-методичною радою ТФК Луцького НТУ,
протокол № від « » _____ 2021 року.

Голова Навчально методичної ради ТФК Луцького НТУ _____ С.В. Буснюк

Розглянуто і схвалено на засіданні ВЦК «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» ТФК Луцького НТУ,
протокол № від « » _____ 2021 року.

Голова ВЦК _____ М.М. Євсюк

Укладач: _____ В.А. Давиденко, к.т.н., викладач Технічного фахового коледжу ЛНТУ
_____ М.М. Євсюк, к.т.н., викладач Технічного фахового коледжу ЛНТУ

Рецензент: _____ Л.В. Давиденко, д.т.н., доцент, професор кафедри електричної інженерії ЛНТУ

Відповідальний за випуск: _____ М.М. Євсюк, голова ВЦК «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Е62 **Електропостачання** [Текст]: методичні вказівки до виконання курсової роботи для здобувачів для здобувачів фахової передвищої освіти освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузь знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної форми навчання / уклад. В.А. Давиденко, М.М. Євсюк. Луцьк : ТФК ЛНТУ, 2021. 72 с.

Видання містить теоретичні відомості та індивідуальні завдання, необхідні для засвоєння основних положень та набуття практичних навичок з дисципліни. Призначене для здобувачів фахової передвищої освіти освітньо-професійної програми „Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка” денної форми навчання спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка форми навчання.

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	5
ПЕРЕДМОВА	6
1. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ ..	7
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ	9
2.1 Рівні СЕП	9
2.2 Розрахунок силових навантажень цехової мережі	9
2.3 Розрахунок освітлювальних навантажень	14
2.4 Розрахунок сумарних навантажень підприємства	16
2.5 Приклади розрахунку електричних навантажень	16
2.5.1 Приклад розрахунку силових навантажень цехової мережі	16
2.5.2 Приклад розрахунку освітлювальних навантажень	18
2.5.3 Приклад розрахунку сумарних навантажень підприємства	18
3 ВИБІР КІЛЬКОСТІ І ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦЕХОВИХ ТП І КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ	19
3.1 Вибір кількості і потужності цехових трансформаторів	19
3.2 Вибір кількості і потужності компенсуючих пристроїв	20
3.3 Приклад розрахунку вибору кількості і потужності цехових трансформаторів і компенсуючих пристроїв	20
4 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ СЕП	21
4.1 Розрахунок і вибір перерізу кабельної лінії мережі зовнішнього електропостачання	21
4.2 Розрахунок і вибір перерізу кабельної лінії мережі внутрішнього електропостачання	22
4.3 Розрахунок і вибір перерізу мережі живлення механічної дільниці	23
4.4 Приклад розрахунку і вибір перерізів провідників СЕП	24
4.4.1. Приклад розрахунку і вибору перерізу кабельної лінії мережі зовнішнього електропостачання	24
4.4.2. Приклад розрахунку і вибору перерізу мережі внутрішнього електропостачання	25
5 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ	25
5.1 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання	26
5.2 Розрахунок струмів однофазного короткого замикання	27
5.3 Перевірка перерізу кабельної лінії за умовою термічної стійкості	27
5.4 Приклад розрахунку струмів короткого замикання	27
5.4.1 Приклад розрахунку струмів трифазного короткого замикання	27
5.4.2 Приклад розрахунку струмів однофазного короткого замикання ...	30
5.4.3 Приклад перевірки перерізу кабельної лінії за умовою термічної стійкості	30
6 ВИБІР І ПЕРЕВІРКА КОМУТАЦІЙНО-ЗАХИСНОЇ АПАРАТУРИ	30
6.1 Вибір і перевірка комутаційно-захисної апаратури напругою більше 1кВ	32
6.1.1 Вибір та перевірка комірок вимикачів навантаження	32
6.1.2 Вибір та перевірка вимикачів навантаження	32
6.1.3 Перевірка високовольтних запобіжників	33
6.1.4 Вибір та перевірка роз'єднувачів	33

6.2 Вибір і перевірка електричних апаратів напругою до 1кВ	34
6.2.1 Вибір силових шаф низької напруги трансформаторної підстанції .	34
6.2.2 Вибір та перевірка розподільних силових шаф цехової мережі	35
6.2.3 Перевірка автоматичних вимикачів	36
ЛІТЕРАТУРА	40
ДОДАТКИ	41
Додаток А. Вихідні дані	41
Додаток Б. Технічні дані автоматичних вимикачів напругою до 1000В	48
Додаток В. Технічні дані силових трансформаторів, розподільних пристроїв ТП, конденсаторних установок і розподільних пунктів.....	51
Додаток Г. Допустимі значення струмів струмопровідних частин	55
Додаток Д. Опори струмопровідних елементів і силових трансформаторів ...	57
Додаток Е. Додаткові довідникові дані	59
Додаток Ж. Умовні позначення електрообладнання на планах і схемах	61
Додаток К. Оформлення пояснювальної записки	68
Додаток Л. Орієнтовний перелік питань при захисті курсової роботи	69

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ВН	–	висока напруга
ЕЕС	–	електроенергетична система
ЕО	–	електрообладнання
ЕП	–	електроприймач
КЗ	–	коротке замикання (електроустановки, трансформатора,...)
ККУ	–	комплектна конденсаторна установка
КРП	–	комплектний розподільний пристрій
КТП	–	комплектна трансформаторна підстанція
НН	–	низька напруга
ПУЕ	–	правила улаштування електроустановок
РП	–	розподільний пункт 6, 10кВ або 0,4 кВ
СЕП	–	система електропостачання
СРШ	–	силова розподільна шафа
ТП	–	трансформаторна підстанція
ХХ	–	холостий хід (трансформатора)
ЦЕН	–	центр електричних навантажень
ЦРП	–	центральний розподільний пункт
ЦТП	–	цехова трансформаторна підстанція
ШМ	–	шинопровід магістральний
ШР	–	шинопровід розподільний

ПЕРЕДМОВА

Проектування систем електропостачання промислових підприємств є складною і відповідальною задачею. Прийняття проектних рішень безпосередньо впливає на об'єм і трудомісткість монтажних робіт, зручність та безпечність експлуатації електротехнічних установок систем електропостачання.

Основною вимогою, що висувається до проектів систем електропостачання, є надійність електропостачання споживачів. Надійність електропостачання забезпечується вибором найбільш досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням структурного резервування.

Методичні вказівки призначені до виконання курсової роботи з дисципліни «Електропостачання» для здобувачів передвищої освіти спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою курсової роботи є закріплення теоретичних знань та набуття навиків самостійної роботи з нормативною, довідниковою, методичною та навчальною літературою для розробки системи електропостачання промислового підприємства.

У процесі курсової роботи здобувач освіти повинен навчитися розраховувати електричні навантаження на основі рівня електропостачання, вибирати кількість і потужність цехових трансформаторів та пристроїв компенсації реактивної потужності, вибирати схему і розраховувати перерізи ліній живлення зовнішнього, внутрішнього та цехового електропостачання, розраховувати струми короткого замикання, вибирати та перевіряти основне комутаційно-захисне обладнання СЕП підприємства.

1. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

При виконанні курсової роботи необхідно спроектувати систему електропостачання дільниці механічної цеху промислового підприємства.

Курсова робота виконується у відповідності з індивідуальним завданням студента. Вихідні дані до виконання курсової роботи наведені у додатку А.

Пояснювальна записка є технічним документом курсової роботи і повинна оформлюватись відповідно до вимог єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД). Пояснювальна записка виконується на форматі А4 і складається з 40-45 сторінок друкованого тексту формату А4 (297x210 мм). Вимоги до тексту: інтервал – 1,5; шрифт - Times New Roman, 14пт.

Структура пояснювальної записки курсової роботи складається з:

- титульної сторінки (див. додаток К1);
- завдання (див. додаток К2);
- реферату (див. додаток К3);
- змісту;
- переліку скорочень (за потреби; оформлення - див. додаток К4);
- вступу;
- основних розділів (1-5):
 1. Вихідні дані до проектування.
 2. Розрахунок електричних навантажень.
 3. Вибір трансформаторів ТП та ККУ СЕП.
 4. Розрахунок мережі зовнішнього електропостачання.
 5. Розрахунок мережі внутрішнього та цехового електропостачання.
- переліку посилань (літератури);
- додатків.

Основні розділи курсової роботи можуть бути доповнені підрозділами за необхідності. Послідовність викладення матеріалу у пояснювальній записці, повинна відповідати змісту заданої курсової роботи. Всі розділи записки повинні викладатись грамотно і за можливості коротко.

Титульна сторінка та бланк завдання не нумеруються. Усі наступні сторінки пояснювальної записки нумеруються арабськими цифрами (4, 5, ...). Зміст та кожний основний розділ (1-5) пояснювальної записки курсової роботи наводяться з нової сторінки. Перша сторінка кожного нового розділу (крім вступу та переліку елементів) повинна містити унизу якої є великий штамп, інші сторінки - малий штамп (додаток Л). У штампах зазначається шифр роботи:

КР. 001.XXX.000 ПЗ

Під xxx розуміється шифр номера залікової книжки студента

У додатках наводиться однолінійна схема СЕП механічного цеху (схема електрична принципова, додаток К5) та перелік елементів (додаток К6). Креслення необхідно виконувати у відповідності з вимогами єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД) з дотриманням стандартів позначень і масштабу (додаток Ж).

Виконана та оформлена згідно вимог курсова робота здається на перевірку викладачу. Викладач перевіряє роботу, підписує її (за умови відсутності зауважень) і допускає до захисту. Курсова робота, до виконання якої є зауваження, повертається

на доопрацювання.

На захисті студент доповідає про свою роботу: доводить тему завдання, дає коротку характеристику об'єкта проектування, повідомляє основні технічні рішення, які він застосував. Під час захисту курсової роботи, студенту можуть бути задані запитання, як стосовно прийнятих в курсовій роботі рішень, так і по всьому курсу предмету. Орієнтовний перелік питань наводиться у додатку М.

При оцінюванні курсової роботи враховується її зміст, обґрунтованість прийнятих рішень, якість та послідовність викладення матеріалу, розрахунків, наявність оригінальних розробок, зовнішнє оформлення та якість відповідей на питання викладачів під час захисту. Після захисту виставляється диференційована оцінка.

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1 Рівні СЕП

Під час розрахунку електричних навантажень в системі електропостачання, виділяють шість характерних рівнів (рис. 2.1), які відрізняються за характером електроспоживання і, відповідно, способом розрахунку.

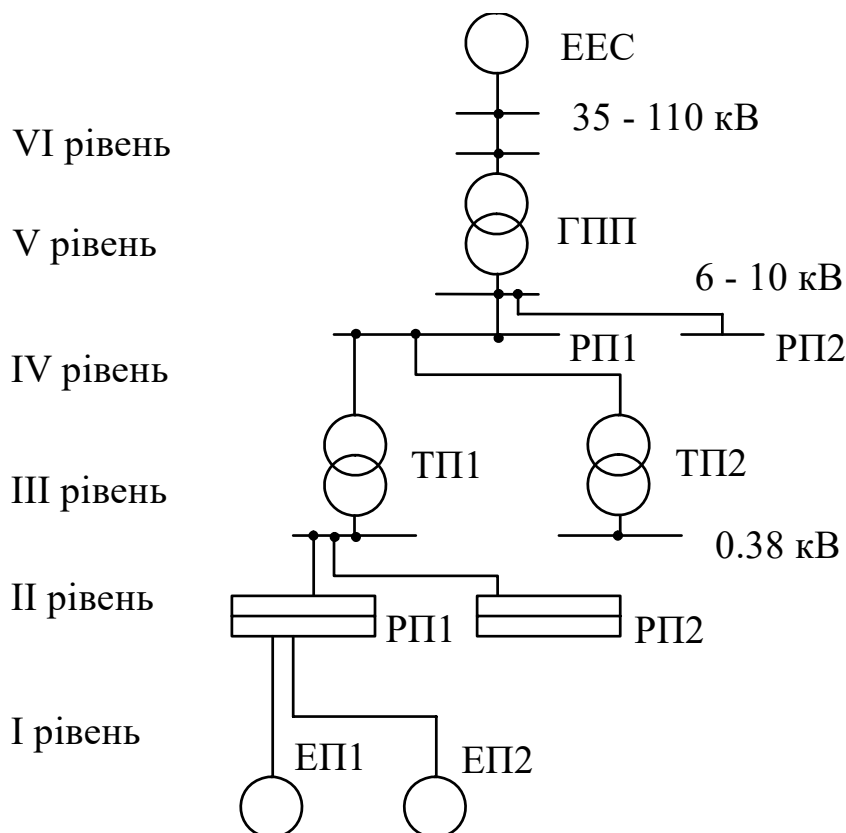


Рисунок 2.1 – Рівні електропостачання:

I – окремі електроприймачі; II – розподільні щити, пункти, шинопроводи;
III – шини 0,38кВ ТП; IV – шини РП 10 (6)кВ; V – шини 10 (6) кВ ГПП;
VI – шини 110 (35) кВ ГПП.

Розрахунок електричних навантажень виконується знизу вгору у два етапи: спочатку визначають навантаження цехів і підприємства в цілому, потім вибирають схеми електропостачання і визначають розрахункові навантаження для кожної конкретної лінії електропередач. Допускається спочатку скласти схему цехової мережі і на її основі виконати розрахунок електричних навантажень цехової мережі.

2.2 Розрахунок силових навантажень

Розрахункові навантаження ліній, від яких живляться окремі електроприймачі (ЕП) (I рівень), приймаються рівними номінальним значенням потужності ЕП:

$$P_p = P_n; \quad (2.1)$$

$$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.2)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.3)$$

де P_n – номінальна активна потужність ЕП; $\operatorname{tg} \varphi_n$ – номінальний коефіцієнт реактивної потужності, $\operatorname{tg} \varphi$ вираховується за величиною $\cos \varphi$:

$$\operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} [\arccos(\cos \varphi)] \quad (2.4)$$

Номинальні величини визначають за паспортними даними ЕП. У разі відсутності паспортних даних, приймають $\operatorname{tg} \varphi_H = 0,75$ – для ЕП тривалого режиму роботи і $\operatorname{tg} \varphi_H = 0,87$ – для ЕП повторно-короткочасного.

Для ЕП повторно-короткочасного режиму номінальна потужність приводиться до тривалого режиму роботи

$$P_H = P_{\text{пасп.}} \cdot \sqrt{T_{\text{ПВ.пасп.}}} \quad (2.5)$$

де $P_{\text{пасп.}}$, $T_{\text{ПВ.пасп.}}$ – паспортні номінальна потужність і відносна тривалість повторного ввімкнення.

На II і III рівнях електропостачання використовують метод модифікованих упорядкованих діаграм (метод розрахункових коефіцієнтів) [1-4].

На другому рівні електропостачання навантаження на лінію живлення створюється групою ЕП, які приєднані до пункту розподілу електроенергії (ПРЕ), наприклад, силового розподільчого пункту (РП), силової розподільчої шафи (РШ), розподільчого шинопроводу.

Для розрахунку навантажень необхідні вихідні дані:

- кількість і номінальна потужність ЕП;
- коефіцієнт використання по активній потужності ЕП;
- коефіцієнт активної потужності.

Всі ЕП розподіляються на характерні категорії з однаковими коефіцієнтами використання та коефіцієнтами потужності.

Значення загальної потужності однотипних ЕП :

$$P_n = n \cdot p_n, \quad (2.6)$$

де n - кількість ЕП, p_n - потужність одного ЕП.

Середньозважений (груповий) коефіцієнт використання групи різних ЕП:

$$K_{\text{в.гр}} = \frac{\sum_i k_{\text{в}i} P_{\text{н}i}}{\sum_i P_{\text{н}i}}, \quad (2.7)$$

де $k_{\text{в}}$ - коефіцієнт використання ЕП, приймають за довідниками. Значення коефіцієнтів використання для деяких ЕП наведено в табл. 2.1.

Ефективне число ЕП в групі:

$$n_e = \frac{\left(\sum_i P_{\text{н}i} \right)^2}{\sum_i n_i p_{\text{н}i}^2}, \quad (2.8)$$

Обчислене значення n_e округлюється до найближчого меншого цілого числа.

Якщо $n_e > n$, або якщо:

$$\frac{P_{\text{ном. max}}}{P_{\text{ном. min}}} = m \leq 3 \quad (2.9)$$

(де $p_{\text{ном. min}}$ – номінальна потужність найменш потужного ЕП групи, $p_{\text{ном. max}}$ – номінальна потужність найбільш потужного ЕП групи)

то слід приймати:

$$n_e = n. \quad (2.10)$$

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнтів використання ЕП

Найменування механізмів і апаратів	K_e	$\cos \varphi$
Металорізальні верстати дрібносерійного виробництва з нормальним режимом роботи (токарні, фрезерні, сверлильні, точильні, карусельні тощо)	0,14	0,5
Металорізальні верстати крупносерійного виробництва з нормальним режимом роботи (токарні, фрезерні, сверлильні, точильні, карусельні тощо)	0,16	0,6
Металорізальні верстати з важким режимом роботи (штампувальні преси, автомати, револьверні, обдирочні, зубофрезерні, а також крупні токарні, строгальні, фрезерні, карусельні, розточувальні)	0,17	0,65
Вентилятори, сантехнічна вентиляція	0,6	0,8
Насоси, компресори	0,7	0,8
Крани, тельфери	0,1	0,5
Зварювальні трансформатори	0,25	0,35
Зварювальні машини (стикові й точкові)	0,2	0,6
Печі опору, сушильні шафи, нагрівальні прибори	0,75	0,95

Коефіцієнт розрахункового навантаження K_p визначають за таблицею за ефективним числом ЕП n_e , груповим коефіцієнтом використання $K_{в.зр.}$ і постійної часу нагріву (T_0). Для мереж напругою до 1 кВ, що живлять розподільчі пункти й шинопроводи, щити приймають постійну часу нагріву $T_0 = 10$ хв. і значення K_p визначають за табл. 2.2.

Якщо обраховане значення $K_{в.зр.}$ знаходиться між значеннями, наведеними в таблиці, то шукане значення K_p :

$$K_p = (K_{p2} - K_{p1}) \frac{K_B - K_{B1}}{K_{B2} - K_{B1}} + K_{p1} \quad (2.11)$$

Розрахункова активна потужність на шинах ПРЄ:

$$P_p = K_p \cdot \sum_i (k_{Bi} P_{ni}) \quad (2.12)$$

Якщо $P_p < p_{ном. max}$, то приймають $P_p = p_{ном. max}$.

Розрахункова реактивна потужність на шинах ПРЄ:

$$Q_p = \begin{cases} 1,1 \sum_i (k_{ei} P_{ni} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i), & \text{якщо } n_e \leq 10; \\ \sum_i (k_{ei} P_{ni} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i), & \text{якщо } n_e > 10, \end{cases} \quad (2.13)$$

Повна розрахункова потужність на шинах ПРЄ:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (2.14)$$

Коефіцієнт потужності для групи ЕП:

$$\cos \varphi = \frac{P_p}{S_p}; \operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_p}{P_p}$$

Розрахунковий струм на шинах ПРЄ:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (2.15)$$

де U_n - напруга цехової мережі 0,38 кВ.

Таблиця 2.2 - Значення коефіцієнтів розрахункової потужності K_p для живлячих мереж напругою до 1000 В [3]

n_e	Коефіцієнт використання K_e								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14	1,0
2	6,22	4,33	3,39	2,45	1,98	1,60	1,33	1,14	1,0
3	4,05	2,89	2,31	1,74	1,45	1,34	1,22	1,14	1,0
4	3,24	2,35	1,91	1,47	1,25	1,21	1,12	1,06	1,0
5	2,84	2,09	1,72	1,35	1,16	1,16	1,08	1,03	1,0
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,14	1,13	1,06	1,01	1,0
7	2,49	1,86	1,54	1,23	1,12	1,10	1,04	1,0	1,0
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,10	1,08	1,02	1,0	1,0
9	2,27	1,71	1,43	1,16	1,09	1,07	1,01	1,0	1,0
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,07	1,05	1,0	1,0	1,0
11	2,11	1,61	1,35	1,1	1,06	1,04	1,0	1,0	1,0
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,05	1,03	1,0	1,0	1,0
13	1,99	1,52	1,29	1,06	1,04	1,01	1,0	1,0	1,0
14	1,94	1,49	1,27	1,05	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0
15	1,89	1,46	1,250	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
17	1,81	1,41	1,21	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
18	1,78	1,39	1,19	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
19	1,75	1,36	1,17	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	1,72	1,35	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
21	1,69	1,33	1,15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
22	1,67	1,31	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
23	1,64	1,30	1,12	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
24	1,62	1,28	1,11	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,6	1,27	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	1,51	1,21	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
35	1,44	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40	1,4	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45	1,35	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50	1,3	1,07	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
70	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
90	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Результати розрахунку електричного навантаження зводяться в таблицю за формою Ф636-92 (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Розрахунок електричних навантажень за формою Ф636-92

Вихідні дані								Розрахункові величини			Ефективне число ЕП n_e	Коефіцієнт розрахункової потужності, K_p	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p, A
по завданню технологів					довідникові дані								Активна, $P_p, кВт$	Реактивна $Q_p, кВАр$	Повна $S_p, кВА$	
Поз.	Найменування ЕП	Кількість ЕП n , шт.	Встановлена потужність кВт		Коефіцієнт використання, K_e	Коефіцієнт потужності		$K_v \cdot P_{ном}$	$K_e \cdot P_{ном} \cdot tg\phi$	$n \cdot p_{2ном}$						
			Одного ЕП $p_{ном}$	Загальна $P_{ном} = n \cdot p_{ном}$		$cos\phi$	$tg\phi$									
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
1	ЕП ₁															
2	ЕП ₂															
...	...															
n	ЕП _n															
	Всього по ПРЕ ₁															
	...															
	Всього по ПРЕ _m															
	Третій рівень															
	Робоче освітлення															
	Аварійне освітлення															
	Разом по цеху															

На третьому рівні електропостачання через значну кількість ЕП (шини НН цехових трансформаторів, магістральні шинопроводи, загалом по цеху, корпусу) допускається ефективне число ЕП визначати за спрощеною формулою:

$$n_e = \frac{2 \sum_i P_{ni}}{P_{n.\max}}, \quad (2.16)$$

де $P_{n.\max}$ - номінальна активна потужність найбільш потужного ЕП цеху.

Для магістральних шинопроводів і цехових трансформаторів приймають постійну часу нагріву $T_0=2,5$ год. і значення K_p визначають за табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення коефіцієнтів розрахункового максимуму навантаження K_M на шинах НН цехових трансформаторів і магістральних шинопроводів напругою до 1000В ($T_0 = 2,5$ год.)

n_e	Коефіцієнт використання							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	$\geq 0,7$
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1
3	2,4	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1	0,97
5	1,31	1,12	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,93
6-8	1,2	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9-10	1,1	0,97	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10-25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25-50	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,8	0,85	0,85
>50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8

Розрахункова активна потужність на III рівні:

$$P_p = K_p \cdot \sum_i (k_{Bi} P_{ni}) \quad (2.17)$$

Розрахункова реактивна потужність на III рівні:

$$Q_p = K_p \sum_i (k_{ei} P_{ni} \cdot \operatorname{tg} \varphi) = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (2.18)$$

2.3 Розрахунок освітлювальних навантажень

Для спрощення розрахунку навантажень на етапі проектування СЕП дозволяється для розрахунку освітлювального навантаження використовувати значення питомої освітлювальної потужності. При цьому враховується площа приміщення, його висота, точність виконуваної роботи, характер відбивання поверхонь.

Порядок розрахунку освітлювального навантаження освітлення:

- визначають розряд роботи за точністю; вибирають систему освітлення, тип джерела світла, освітлювальну арматуру; визначають необхідну освітленість [5];
- визначають питому потужність освітлення;
- визначають розрахункову потужність за методом коефіцієнта попиту з урахуванням втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі.

Примітки:

1. Розряд роботи за точністю залежить від мінімального розміру об'єкта, який необхідно розрізнити. Роботи найвищої точності (коли необхідно розрізнити об'єкти розміром до 0,15 мм) відносять до I розряду;

2. При проектуванні електричного освітлення приміщень використовують: систему загального освітлення з рівномірним або локалізованим розміщенням світильників; систему комбінованого освітлення, яка складається з загального і місцевого освітлення. Вибір системи освітлення залежить від характеру виробництва;

3. При виборі джерела світла перевагу краще віддавати люмінесцентним лампам або газорозрядним лампам високого тиску ДРЛ, НЛВД, ДРИ, які мають високу світлову віддачу, більш правильну кольоропередачу, великий термін служіння. Недоліки люмінесцентних ламп: працюють при плюсовій температурі; пульсації світлового потоку, стробоскопічний ефект, підвищена зона зорового комфорту (150-200лк – для ЛБ і 300 – 500лк – для ЛД), тоді як для ламп розжарювання – 30–50лк. Лампи високого тиску доцільно застосовувати у виробничих приміщеннях VI, VIII і IX розрядів, в приміщеннях з високою стелею для зовнішнього освітлення;

4. При виборі освітлювальної арматури треба враховувати характер середовища (вологість, запиленість і т. п.);

5. Необхідну освітленість визначають за розрядом роботи, в залежності від вибраної системи освітлення і типу світильників з таблиць і з врахуванням коефіцієнта запасу для випадку запиленних, задимлених та інших приміщень. Аварійне освітлення нормується 0,5лк;

6. За таблицями знаходять питому потужність освітлення, ρ_o ;

7. Розрахункова активна потужність освітлення:

$$P_{p.o.} = K_{пра} \cdot K_{н.о} \cdot \rho_{н.о} \cdot F \cdot 10^{-3}; \quad (2.19)$$

де $K_{н.о}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження; $K_{пра}$ – коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі (для ламп типу ДРЛ $K_{пра} = 1,1$; для люмінесцентних ламп низького тиску стартерних $K_{пра} = 1,2$, безстартерних $K_{пра} = 1,35$); F – площа приміщення.

$$K_{п.о} = \begin{cases} 0,95 - \text{великі виробничі приміщення;} \\ 0,8 - \text{порівняно невеликі виробничі приміщення;} \\ 0,6 - \text{склади, підстанції;} \\ 1,0 - \text{аварійне освітлення.} \end{cases}$$

8. Розрахункова реактивна потужність освітлення:

$$Q_{p.o.} = P_{p.o.} \cdot \operatorname{tg} \varphi_o; \quad (2.20)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_o$ - відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_o$ залежно від типу джерела світла: $\cos \varphi_o = 1$ - для ламп розжарювання; $\cos \varphi_o = 0,95$ - для люмінесцентних ламп; $\cos \varphi_o = 0,5$ - для ламп ДРЛ.

Повна потужність робочого освітлювального навантаження цеху:

$$S_{p.o.} = \sqrt{P_{p.o.}^2 + Q_{p.o.}^2}; \quad (2.21)$$

Розрахунковий струм робочого освітленого навантаження:

$$I_{p.o} = \frac{S_{p.o}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (2.22)$$

Розрахункові потужності аварійного освітлення приймаються на рівні 10% від робочого освітлення:

$$P_{p.a.o} = 0,1 \cdot P_{p.o.} \quad (2.23)$$

$$Q_{p.a.o} = 0,1 \cdot Q_{p.o.} \quad (2.24)$$

2.4 Розрахунок сумарних навантажень

Сумарне розрахункове активне та реактивне навантаження (цеху, корпусу):

$$P_{p\Sigma} = P_p + P_{p.o.} + P_{p.a.o} \quad (2.25)$$

$$Q_{p\Sigma} = Q_p + Q_{p.o.} + Q_{p.a.o} \quad (2.26)$$

Якщо від проекрованої ТП цеху передбачається живлення щитка зовнішнього освітлення (території підприємства), то під час визначення сумарного навантаження враховують навантаження на освітлення території, яке обчислюють з врахуванням площі освітлення території та питомої встановленої потужності освітлення території. Приймають: $p_{н.о.т} = 1$ Вт/м². Для спрощення розрахунків на етапі проектування СЕП допускається приймати освітлювальне навантаження території на рівні 10% від робочого освітлення.

Сумарне повне розрахункове навантаження цеху:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} \quad (2.27)$$

2.5 Приклади розрахунку електричних навантажень

2.5.1 Приклад розрахунку силових навантажень цехової мережі

У табл. 2.5 наведений приклад заповнення розрахункової таблиці за формою Ф636-92 для визначення навантажень цехової мережі (дільниці).

Розрахункові навантаження по ПРЄ1 визначаються в такій послідовності:

$$K_{в.зр} = \frac{\sum_i k_{vi} P_{ni}}{\sum_i P_{ni}} = \frac{19,91}{90,5} = 0,22$$

$$n_e = \frac{\left(\sum_i P_{ni} \right)^2}{\sum_i n_i P_{ni}^2} = \frac{90,5^2}{1180,75} = 7$$

За табл. 2.2 знаходять $K_p = 1,5$ і обчислюють

$$P_p = K_p \cdot \sum_i (k_{Bi} P_{ni}) = 1,5 \cdot 19,91 = 29,87 \text{ кВт};$$

$$Q_p = 1,1 \sum_i (k_{vi} P_{ni} \cdot \text{tg} \varphi_i) = 1,1 \cdot 23,28 = 25,61 \text{ кВАр};$$

Таблиця 2.5 – Розрахунок силового навантаження електроприймачів

Вихідні дані								Розрахункові величини			Ефективне число ЕП n_e	Коефіцієнт розрахункової потужності, K_p	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p, A
по завданню технологів					довідникові дані								Активна, P_p , кВт	Реактивна Q_p , кВАр	Повна S_p , кВА	
Поз.	Найменування ЕП	Кількість ЕП n , шт.	Встановлена потужність кВт		Коефіцієнт використання, K_e	Коефіцієнт потужності		$K_v \cdot P_{ном}$	$K_e \cdot P_{ном} \cdot tg\varphi$	$n \cdot p_{ном}$						
			Одного ЕП $p_{ном}$	Загальна $P_{ном} = n \cdot p_{ном}$		$\cos\varphi$	$tg\varphi$									
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.
1	Автомат ковальський	3	11,5	34,5	0,22	0,65	1,17	7,59	8,87	396,75	—	—	—	—	—	—
2	Молот пневматичний	4	14	56	0,22	0,65	1,17	12,32	14,40	784	—	—	—	—	—	—
	Всього по ПРЕ1	7	—	90,5	0,22	0,76	0,86	19,91	23,28	1180,75	7	1,5	29,87	25,61	39,34	59,77
3	Вентиляційна установка	2	3,5	7	0,75	0,85	0,62	5,25	3,25	24,5	—	—	—	—	—	—
4	Молот кувальний	6	14	84	0,22	0,65	1,17	18,48	21,61	1176	—	—	—	—	—	—
	Всього по ПРЕ2	8	—	91	0,26	0,77	0,84	23,73	24,9	1200,5	7	1,38	32,75	27,35	42,66	64,82
5	Верстат розточувальний	3	5	15	0,14	0,60	1,33	2,1	2,80	75	—	—	—	—	—	—
6	Верстат шліфувальний	2	6,5	13	0,14	0,60	1,33	1,82	2,43	84,5	—	—	—	—	—	—
7	Верстат фрезерувальний	2	5,5	11	0,14	0,60	1,33	1,54	2,05	60,5	—	—	—	—	—	—
	Всього по ПРЕ3	7	—	39	0,14	0,79	0,78	5,46	7,3	220	7	1,88	10,26	8,01	13,02	19,78
	Третій рівень	22	—	220,5	0,22	0,66	1,13	49,1	55,42	2601,25	19	0,81	39,77	44,89	59,97	91,12

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{29,87^2 + 25,61^2} = 39,34 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{39,34}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 59,77 \text{ А.}$$

Аналогічно обчислюють розрахункові навантаження по ППЕ2 та ППЕ3. Підсумовують отримані значення, отримують відповідні значення по 5, 9 та 10 стовпцях на третьому рівні, на основі яких розраховують $K_{в,зр}$, n_e та визначають K_p за табл. 2.3. Обчислюють P_p , Q_p , S_p та I_p на третьому рівні (загалом по цеху).

2.5.2 Приклад розрахунку освітлювальних навантажень

Розрахунок освітлювального навантажень об'єктів підприємства виконуємо методом питомого освітлювального навантаження. Результати розрахунку наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок освітлювальних навантажень

Назва об'єкта	F , m^2	$\rho_{п.т.о.}$, $Вт/m^2$	$K_{н.о}$	$K_{пра}$	$P_{р.о.}$, $кВт$	$Q_{р.о.}$, $кВАр$	$S_{р.о.}$, $кВА$
Цех №1	1544	15	0,95	1,2	26,4	8,7	27,8
Цех №2	1030	15	0,95	1,2	17,63	5,82	18,6
Цех №3	1544	15	0,95	1,2	26,4	8,7	27,8

2.5.3 Приклад розрахунку сумарних навантажень підприємства

Сумарні навантаження низьковольтної мережі підприємства обчислюють з урахуванням силового та освітлювального навантаження цехів. Результати розрахунку наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Сумарні навантаження мережі низької напруги.

Розрахункова потужність	Цех №1	Цех №2	Цех №3
P_p , $кВт$	211,2	73,5	156,0
$P_{р.о.}$, $кВт$	26,4	17,63	26,4
$P_{р.Σ}$, $кВт$	237,6	91,13	182,4
Q_p , $кВАр$	164,74	57,33	89,0
$Q_{р.о.}$, $кВАр$	8,7	5,82	8,7
$Q_{р.Σ}$, $кВАр$	173,44	63,15	97,7
S_p , $кВА$	267,85	93,2	180,0
$S_{р.о.}$, $кВА$	27,8	18,6	27,8
$S_{р.Σ}$ $кВА$	295,65	111,8	207,8

3 ВИБІР КІЛЬКОСТІ І ПОТУЖНОСТІ ЦЕХОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ І КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Вибір кількості і потужності цехових трансформаторів

Потужність і кількість цехових ТП істотно впливають на техніко-економічні показники як заводської, так і цехових мереж. Встановлено, що при виборі вирішальним є вплив цехових мереж. Вибір кількості і потужності цехових трансформаторів повинен виконуватися на основі ТЕР виходячи із питомої густини навантажень, повного розрахункового навантаження об'єкта (корпуса, цехи, відділення), вартості електроенергії, оптимального рівня компенсації реактивної потужності в електричній мережі 0,38 кВ тощо.

При визначенні числа і потужності трансформаторів цехових ТП враховують:

- а) надійність електропостачання, зокрема для споживачів I категорії доцільно використовувати двотрансформаторні ТП;
- б) економічність цехових і заводської мереж;
- в) доцільність уніфікації підстанцій (однотипність підстанцій забезпечує можливість використання меншого числа резервних трансформаторів).

Для забезпечення мінімальних втрат в трансформаторах та ЛЕП на рівні вищої напруги СЕП передбачають компенсацію реактивної потужності в мережі до 1 кВ.

Номінальна потужність трансформаторів цехових ТП визначається за умови передачі через трансформатор лише активної потужності:

$$S_{ном.Т} \geq \frac{P_{p\Sigma}}{N \cdot k_3}, \quad (3.1)$$

де $S_{ном.Т}$ - номінальна потужність трансформатора, яка обирається зі стандартного ряду потужностей трансформаторів; $P_{p\Sigma}$ - розрахункова активна потужність на шини 0,4 кВ ТП, визначена з урахування силового навантаження на III рівні, освітлювального навантаження цеху та території; k_3 - коефіцієнт завантаження згідно [3]: для споживачів III категорії $k_3 = 0,9 \div 0,95$; для споживачів II категорії $k_3 = 0,7 \div 0,8$; для споживачів I категорії $k_3 = 0,65 \div 0,7$; N - кількість трансформаторів.

На основі експериментальних досліджень обґрунтовано, що номінальну потужність цехових ТП доцільно вибирати за питомою густиною навантаження на 1м^2 площі цеху (σ):

$$\sigma = \frac{S_p}{F}, \quad (3.2)$$

де S_p - сумарне навантаження цеху; F - площа цеху.

Згідно [3], якщо $\sigma < 0,2$ кВА/м², то доцільно застосовувати трансформатори потужністю 400 кВ·А, 630 кВА і 1000 кВА; якщо густина навантаження $\sigma = (0,2 \div 0,3)$ кВА/м² - трансформатори потужністю 1600 кВА; якщо $\sigma > 0,3$ кВ·А/м², то доцільно порівняти трансформатори потужністю 1600 кВ·А і 2500 кВ·А.

Кількість типорозмірів трансформаторів на одному підприємстві має бути мінімальною.

При цьому живлення ЕП I та II категорії передбачають від двотрансформаторних підстанцій.

Мінімальна кількість цехових трансформаторів, необхідну для живлення розрахункової активної навантаження [1, 2, 6, 7]:

$$N_{\min} = \frac{P_p}{K_3 S_T} + \Delta N, \quad (3.3)$$

де P_p – сумарне розрахункове навантаження, кВт; K_3 – коефіцієнт завантаження трансформатора; S_T – номінальна потужність трансформатора, кВА; ΔN – добавка до цілого числа (у випадку малих значень N_{\min} доцільним приймати додатні значення ΔN , оскільки в іншому випадку існує ризик недостатньої пропускну здатності трансформаторної підстанції).

Оптимальна кількість трансформаторів:

$$N_{\text{opt}} = N_{\min} + m, \quad (3.4)$$

де m – додаткова кількість трансформаторів (рис.4.7, [7]); N_{\min} – мінімально необхідна кількість цехових трансформаторів.

3.2 Вибір кількості і потужності компенсуючих пристроїв

Найбільша реактивна потужність, яку можливо передавати через цехові трансформатори у мережу до 1кВ:

$$Q_{\max.T} = \sqrt{(N \cdot S_n \cdot k_3)^2 - P_{p\Sigma}^2} \quad (3.5)$$

Потужність низьковольтної конденсаторної установки:

$$Q_{нк} = Q_{p\Sigma} - Q_{\max.T} \quad (3.6)$$

Якщо цехова живильна мережа виконана тільки кабелями, то комплектні конденсаторні установки (ККУ) рекомендується приєднувати до шин РУ НН цехової ТП. Для застосування приймається найближча стандартна величина потужності ККУ $Q_{ККУ}$, яка вибирається за табл. В.3.

Якщо $Q_{нк} < 0$, то приймають $Q_{нк} = 0$, тобто встановлення компенсуючих пристроїв на стороні низької напруги підстанції не потрібно.

3.3 Приклад розрахунку вибору кількості і потужності цехових трансформаторів і компенсуючих пристроїв

Для розрахунку приймаємо, що на підприємстві згідно завдання є електроприймачі II категорії, тому передбачаємо встановлення 2-х трансформаторів у ТП. Коефіцієнт завантаження трансформатора приймаємо згідно [3] рівним: $K_3 = 0,8$. Розрахункові навантаження цехової ТП на шинах низької напруги з врахуванням освітлювальних навантажень (робочого, аварійного, освітлення території): $P_{p\Sigma} = 525$ кВт; $Q_{p\Sigma} = 229$ кВАр.

Повне розрахункове навантаження цехової ТП:

$$S_{p.ТП} = \sqrt{525^2 + 229^2} = 575 \text{ кВА}.$$

Потужність трансформаторів цехової ТП:

$$S_{\text{ном.Т}} \geq \frac{P_{p\Sigma}}{N \cdot k_3}$$

$$\frac{P_{p\Sigma}}{N \cdot k_3} = \frac{525}{2 \cdot 0,8} = 328 \text{ кВт}.$$

Приймаємо стандартну потужність трансформаторів 400кВА.

Найбільша реактивна потужність, яку можливо передавати через цехові трансформатори у мережу до 1кВ визначається за формулою:

$$Q_{\max.T} = \sqrt{(N \cdot S_n \cdot k_3)^2 - P_{p\Sigma}^2}$$

$$Q_{\max.T} = \sqrt{(2 \cdot 400 \cdot 0,8)^2 - 525^2} = 366 \text{ кВАр.}$$

Потужність НКУ:

$$Q_{HK} = Q_{pTP} - Q_{\max.T},$$

$$Q_{HK} = 339 - 366 = -27 \text{ кВАр.}$$

Отримане значення $Q_{HK} < 0$, тому приймаємо $Q_{HK1} = 0$.

Отже, трансформатори вибраної потужності можуть пропустити всю реактивну потужність зі сторони високої напруги у мережу до 1кВ підприємства [1].

Технічні дані вибраних трансформаторів наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні дані трансформаторів

$S_{н.т}, \text{кВт}$	$\Delta P_X, \text{кВт}$	$\Delta P_{K3}, \text{кВт}$	$u_k, \%$	$i_0, \%$
400	1,45	5,5	4,5	2,1

4 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ СЕП

4.1 Розрахунок і вибір перерізу кабельної лінії мережі зовнішнього електропостачання

Система зовнішнього електропостачання включає в себе схему електропостачання та джерела живлення підприємства. Основними умовами проектування раціональної системи зовнішнього електропостачання є надійність, економічність та якість електричної енергії в мережі.

У курсовій роботі, згідно вихідних даних, електропостачання цехової ТП підприємства виконується кабельними лініями (КЛ), що прокладені у траншеї.

За джерело живлення підприємства прийнято центральний РП з напругою на шинах 10 (6) кВ.

Вибір перерізу КЛ напругою 10 (6) кВ здійснюється за нормальним режимом навантаження, а перевірка вибраного перерізу – за максимальним режимом навантаження і на стійкість за аварійним режимом. Перевірку за умовами коронування, а також на механічну міцність жил кабелів робити не потрібно.

Переріз кабельної лінії напругою вище 1 кВ у нормальному режимі роботи вибирається за розрахунковим струмом.

Переріз вибираємо за умовою нагріву струмом нормального режиму:

$$I_{p.l} \leq I_{\partial} = K_{cep} K_{np} I_{\partial.m}, \quad (4.1)$$

де $I_{p.l}$ – розрахунковий струм на шинах ВН ТП; K_{cep} – поправковий коефіцієнт, що враховує середньорічну температуру навколишнього середовища; K_{np} – поправковий коефіцієнт на кількість працюючих кабелів, прокладених в одній траншеї; $I_{\partial.m}$ – табличне значення тривало допустимого струму кабеля [8].

Вибраний переріз провідників необхідно перевірити на нагрівання струмом максимального навантаження. Для цього допустимий для вибраного провідника струм порівнюють із струмом утяженого (форсованого, післяаварійного) режиму:

$$K_{nep} \cdot I'_{\partial.op} \geq I_{утяж} = 2 \cdot I_{p.l} \quad (4.2)$$

де K_{nep} – коефіцієнт допустимого перевантаження, згідно [8].

За розрахунковий струм лінії може бути прийнятий номінальний струм трансформатора на шинах ВН:

$$I_{н.т} = \frac{S_{н.т}}{\sqrt{3} \cdot U_{н.ВН}}, \quad (4.3)$$

де $S_{н.т}$ – номінальна потужність трансформатора; $U_{н.ВН}$ – номінальна напруга трансформатора на стороні ВН.

Умова перевірки на нагрівання струмом максимального навантаження матиме вигляд:

$$K_{пер} \cdot I'_{доп} \geq I_{утяж} = I_{н.т} \cdot K_{рез}, \quad (4.4)$$

$K_{рез}$ – коефіцієнт резервування, для однострансформаторних підстанцій приймається $K_{рез} = 1,0$; для двотрансформаторних $K_{рез} = 1,4$.

Вибраний переріз лінії живлення перевіряється за втратами напруги. Втрати напруги в лінії визначаються за формулою:

$$\Delta U_{л} = \frac{P_{л} \cdot R_{л} + Q_{л} \cdot X_{л}}{10 \cdot U_{н}^2}, \quad (4.5)$$

де $P_{л}$, $Q_{л}$ – відповідно активна та реактивна розрахункові потужності, що передаються по лінії; $R_{л}$, $X_{л}$ – відповідно активний та реактивний опір лінії; $U_{н}$ – номінальна напруга мережі.

Для кабелів напругою більше 1кВ записується марка кабелю, номінальна напруга, кількість силових жил і їх переріз, довжина. Наприклад: ААШВ-10-(3x120), 1,2 км.

4.2 Розрахунок і вибір перерізу кабельної лінії мережі внутрішнього електропостачання

Мережа внутрішнього електропостачання проектного підприємства – це кабельні лінії напругою до 1кВ. Схему внутрішнього електропостачання виконуємо кабельними лініями, що прокладаються у траншеї (найчастіше кабелями, що мають захисну броню).

Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагрівання їх електричним струмом. Вибір перерізу кабелів при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового за умови:

$$I'_{доп} \geq I_{р.ц} = \frac{S_{р.ц}}{n \sqrt{3} \cdot U_{н}}, \quad (4.6)$$

де $S_{р.ц}$ - повне розрахункове навантаження лінії, кВА; $U_{ном} = 0,38$ кВ – напруга живлення електроприймачів; n – кількість кабелів, прокладених до цеху (в курсовій роботі визначається з урахуванням кількості встановлених ввідних розподільчих пунктів).

Допустимий тривалий струм для кабелів із врахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов визначається з врахуванням поправкових коефіцієнтів:

$$I'_{доп} = K_{сер} K_{пр} K_{нопр} I_{доп}, \quad (4.7)$$

де $K_{сер}$ - поправковий коефіцієнт на температуру середовища; $K_{пр}$ - поправковий коефіцієнт на кількість працюючих кабелів, що лежать поряд у землі; $K_{нопр}$ -

поправковий коефіцієнт для 4-х жильних проводів, якщо допустимі тривалі струми взяті як для 3-х жильних.

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до значних втрат активної потужності та напруги. Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарата (виконується після вибору захисних апаратів).

Форсований режим в електричних мережах напругою до 1кВ буває досить рідко.

Таким чином, остаточно вибирається лише той переріз кабелю, для якого виконуються усі наведені вище умови перевірки.

При виборі перерізу кабелів іноді замість одного кабелю більшого перерізу доцільно вибрати два (чи три) кабелі меншого перерізу, що полегшує умови прокладання. Крім того, допустимий струм кабелю більшого перерізу менший ніж у двох (трьох) кабелів сумарного перерізу.

Для кабелів напругою до 1кВ записується марка кабелю, кількість силових жил і їх переріз, спосіб прокладання, довжина. Наприклад: АВВГ-(3х120+1х35) Ск, 25м, де Ск – прокладання на скобах.

4.3 Розрахунок і вибір перерізу мережі живлення дільниці

В електричних мережах напругою до 1кВ переріз проводу (кабелю) розподільних мереж вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі:

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{p1} \quad (4.8)$$

де I_{p1} - розрахунковий струм 1-го рівня СЕП (номінальний струм ЕП).

Допустимий тривалий струм для проводів $I_{\text{доп}}$ з полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами залежно від перерізу, способу прокладання, кількості проводів наводиться в табл. 1.3.5 ПУЕ та в таблиці Г.4.

Для остаточного вибору перерізу слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за механічною міцністю, допустимою втратою напруги та за умови відповідності захисному апарату. Переріз провідників приймається за виконання всіх наведених вище умов.

За умовою механічної міцності мінімальний переріз алюмінієвих проводів – 2,5мм², мідних – 1,5 мм².

Втрати напруги у проводах визначаються за (4.5).

Розрахункові струми, що живлять окремі електроспоживачі, визначаються як сума номінальних струмів двигунів, що встановлені на приймачі:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi \cdot \eta}, \quad (4.9)$$

а розрахункові струми, що живлять групу електроприймачів – за розрахунковою потужністю за формулою:

$$I_{p1} = \frac{S_{p1}}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (4.10)$$

де S_{p1} - розрахунковий струм 1-го рівня електропостачання

Розрахунковий струм кабельної лінії, що живить цеховий розподільчий пункт (силову розподільну шафу) дільниці:

$$I_{p2} = \frac{S_{p2}}{n\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (4.11)$$

де n – число ліній, що визначається кількістю прийнятих до встановлення цехових розподільчих пунктів (шаф); S_{p2} – розрахункова потужність ЕП на II рівні СЕП.

4.4 Приклад розрахунку і вибір перерізів провідників СЕП

4.4.1 Приклад розрахунку і вибору перерізу кабельної лінії мережі зовнішнього електропостачання

Згідно вихідних даних (приймаються із завдання і попередніх обчислень) джерелом живлення проектованого підприємства є діючий розподільчий пункт з класом напруги 10кВ, який знаходиться на відстані 160 м.

Передачу електроенергії від джерела живлення до трансформаторної підстанції підприємства виконуємо кабельними лініями.

Враховуючи наявність споживачів II категорії за надійністю електропостачання, для розрахунку доцільно прийняти дві паралельно прокладені в траншеї кабельні лінії з відстанню між ними 100мм.

Вибір перерізу ліній здійснимо за розрахунковим струмом:

$$I_{н.м} = I_{рн} = \frac{S_{н.м}}{\sqrt{3}U_{н.ВН}},$$

$$I_{рн} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 23,2 \text{ А.}$$

За табл. Г.1 попередньо вибираємо кабель марки ААШв-10 з перерізом жил 16мм², для якого тривале допустиме струмове навантаження становить $I_{дон} = 75 \text{ А}$.

Вибраний переріз кабелю перевіряємо на нагрівання за величиною струму його максимального навантаження. Для двох ліній в якості форсованого приймаємо струм післяаварійного режиму, коли одна живляча лінія вийшла з ладу з врахуванням перевантажувальної здатності трансформатора:

$$I_{ра} = \frac{1,4S_{н.м}}{\sqrt{3}U_H} \quad (4.12)$$

$$I_{ра} = \frac{1,4 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 32,4 \text{ А}$$

Для цього допустимий для вибраного провідника струм порівнюють із струмом його форсованого режиму (I_{ϕ}):

$$K_{пер} \cdot I'_{дон} \geq I_{\phi}, \quad (4.13)$$

де $K_{пер}$ – коефіцієнт допустимого перевантаження, приймається $K_{пер} = 1$.

Допустимий струм з врахуванням поправкових коефіцієнтів визначається так:

$$I'_{дон} = K_{нр} \cdot K_{сер} \cdot I_{дон}, \quad (4.14)$$

де $K_{нр}$ – коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поряд, приймається $K_{нр} = 0,9$; $K_{сер}$ – поправковий коефіцієнт на температуру оточуючого середовища, приймається $K_{сер} = 1$.

$$I'_{дон} = 0,9 \cdot 1 \cdot 75 = 67,5 \text{ А}$$

$$1 \cdot 67,5 = 67,5 \text{ А} \geq I_{\phi} = 32,4 \text{ А.}$$

Перевірку вибраних КЛ на втрати напруги не проводимо. Довжини КЛ незначні, тому напруга у кінці лінії мало буде відрізнятись від напруги на початку лінії.

4.4.2 Приклад розрахунку і вибору перерізу мережі внутрішнього електропостачання

Схему внутрішнього електропостачання виконуємо кабельними лініями, що прокладаються у траншеї за радіальною схемою.

Згідно [1] використовуємо кабель марки АВБбшв.

Вибір перерізу кабелів виконуємо за розрахунковим струмом за умови:

$$I'_{доп} \geq I_{р.ц} = \frac{S_{р.ц}}{n\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (4.15)$$

де $S_{р.ц}$ - повне розрахункове навантаження лінії, що живить цех, кВА (згідно таблиці 2.7); $U_n = 0,38$ кВ – напруга живлення електроприймачів.

Допустимий тривалий струм для кабелів із врахуванням умов прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов визначається з врахуванням поправкових коефіцієнтів:

$$I'_{доп} = K_{сер} K_{пр} K_{нопр} I_{доп}, \quad (4.16)$$

де $K_{сер}$ - поправковий коефіцієнт на температуру середовища, приймаємо $K_{сер}=1$; $K_{пр}$ - поправковий коефіцієнт на кількість працюючих кабелів, що лежать поряд у землі, приймаємо $K_{пр} = 0,92$ для двох паралельних ліній, (табл. Е.2); $K_{нопр}$ - поправковий коефіцієнт для 4-х жильних проводів, якщо допустимі тривалі струми взяті як для 3-х жильних, приймаємо $K_{нопр} = 0,92$ (табл. Г.3).

результати розрахунку зведено в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок перерізу жил кабельних ліній

Кабельна лінія	$S_{р.ц}$, кВА	$I_{р.ц}$, А	$I_{доп}$, А	$I'_{доп}$, А	к-сть КЛ, шт	Переріз, мм ²
До цеху №1	295,65	427,2	270	233,5	4	120
До цеху №2	111,8	161,6	200	173	2	70
До цеху №3	207,8	300,3	200	173	4	70

У таблиці 4.1 кількість КЛ вказана з урахуванням кількості ввідних РП за умови забезпечення резервного живлення для електроприймачів II категорії надійності електропостачання.

Перевірку вибраних кабельних ліній на втрати напруги не проводимо, оскільки довжини КЛ незначні, а отже напруга у кінці лінії практично не буде відрізнятися від напруги на початку лінії.

5 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Однією з причин порушення нормального режиму роботи СЕП є виникнення короткого замикання в мережі або в елементах електрообладнання внаслідок пошкодження ізоляції або неправильних дій обслуговуючого персоналу.

Для зниження збитків, обумовлених виходом з ладу електрообладнання при протіканні струмів короткого замикання, а також швидкого відновлення нормального режиму роботи системи електропостачання необхідно правильно визначити струми короткого замикання і за ними вибирати електрообладнання, захисну апаратуру і засоби обмеження струмів короткого замикання.

5.1 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання

Розрахунковим видом КЗ для вибору та перевірки параметрів електрообладнання приймаємо трифазне коротке замикання.

Для розрахунку струмів КЗ складається розрахункова схема СЕП, що являє собою спрощену однолінійну, на якій вказуються всі елементи СЕП та їх параметри, що впливають на струм КЗ (рис. 5.1).

В курсовій роботі розрахунок струмів КЗ доцільно проводити в іменованих одиницях.

Опір джерела живлення визначаємо за формулою:

$$Z_C = X_C = \frac{U_{C.H}}{\sqrt{3} \cdot I_{K3}^{(3)}} \quad (5.1)$$

де $U_{C.H}$ - середня напруга на шинах джерела живлення (для 10 кВ приймається $U_{C.H} = 10,5$ кВ, для 6 кВ - $U_{C.H} = 6,3$ кВ); $I_{K3}^{(3)}$ - струм трифазного КЗ на шинах джерела живлення (т. К1).

Опори кабельної лінії:

$$R_{кл} = r_0 \cdot l, \quad (5.2)$$

$$X_{кл} = x_0 \cdot l, \quad (5.3)$$

де r_0 - питомий активний опір вибраного перерізу кабельної лінії, табл. Д1; x_0 - питомий реактивний опір вибраного перерізу кабельної лінії, табл. Д1; l - довжина кабельної лінії від джерела живлення до ТП (згідно завдання).

Діюче значення струму КЗ у розрахункових точках визначається за формулою:

$$I_{K3} = \frac{U_{C.H}}{\sqrt{3} Z_{\Sigma}}, \quad (5.4)$$

де Z_{Σ} - сумарний повний опір елементів СЕП до точки КЗ на схемі, Ом.

Ударне значення струму КЗ у розрахункових точках визначається за формулою:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{K3} \cdot K_{y\partial}, \quad (5.5)$$

де $k_{y\partial}$ - ударний коефіцієнт згідно [1], рис. 6.2.

Для визначення струмів КЗ в низьковольтній мережі опори елементів СЕП вищої напруги приводяться до напруги 0,4кВ:

$$X_{\Sigma 10;0,4} = X_{\Sigma 10} \cdot K_T^2 \quad (5.6)$$

$$R_{\Sigma 10;0,4} = R_{\Sigma 10} \cdot K_T^2 \quad (5.7)$$

де $K_T = \frac{U_{HH}}{U_{BH}}$ - коефіцієнт трансформації цехового силового трансформатора

приведений до низької напруги.

Опори цехового трансформатора залежать від потужності вибраного цехового силового трансформатора і визначаються за табл. Д3.

Для визначення струму КЗ низьковольтної мережі (т. К3-К5) додатково до основного опору, враховується опір перехідних контактів автоматичних вимикачів. На етапі проектування СЕП для визначення струмів КЗ рекомендовано в розрахункову схему вводити додатковий активний опір $R_{\partial\partial\partial}$, значення якого приймають: 0,015Ом – для розподільних щитів підстанцій (т. К3); 0,020Ом – для головних (первинних) цехових розподільних щитів, для електроприймачів, які

живляться безпосередньо від ТП; 0,025Ом – для вторинних цехових розподільних пунктів і на затискачах електроприймачів, які живляться від первинних розподільних щитів або пунктів (т. К4); 0,030Ом – для електроприймачів, які живляться від вторинних розподільних пунктів (К5).

5.2 Розрахунок струмів однофазного короткого замикання

Струми однофазного КЗ для низьковольтної мережі визначається за формулою:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_{\phi.n}}{\frac{Z_K^{(1)}}{3} + Z_{n.m} \cdot l}, \quad (5.8)$$

де $U_{\phi.n}$ - номінальна фазна напруга, В; $Z_K^{(1)}$ - повний опір струму однофазного КЗ, приймається за табл. Д.3; $Z_{\phi.n}$ - опір петлі „фаза-нуль” провідникової продукції (табл. Д1); l - відстань до місця КЗ, м.

4.3 Перевірка перерізу кабельної лінії за умовою термічної стійкості

Щоб остаточно визначити придатність до експлуатації вибраних перерізів КЛ необхідно провести їх перевірку на термічну стійкість, за умови:

$$F \geq F_{\min}, \quad (5.9)$$

де F_{\min} - мінімально допустимий переріз кабелю за умовою термічної стійкості.

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C}, \quad (5.10)$$

де B_K – тепловий імпульс струму КЗ, $\text{кА}^2\text{с}$; C – коефіцієнт, що враховує тип та матеріал провідника (табл. Е3).

Тепловий імпульс струму КЗ

$$B_K = I_K^2 (t_{\text{отк}} + T_a), \quad (5.11)$$

де $t_{\text{отк}} = 0,2\text{с}$ – час вимкнення лінії [1]; $T_a = 0,01\text{с}$ – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ.

Отримане значення F_{\min} округлюємо до ближнього стандартного перерізу кабелю. Якщо попередньо вибраний переріз кабелю за розрахунковим струмом (п.3.1) менший за отриманий, то потрібно збільшити його до отриманого. В іншому випадку все залишається без змін.

5.4 Приклад розрахунку струмів короткого замикання

5.4.1 Приклад розрахунку струмів трифазного короткого замикання

Розрахунковим видом КЗ для вибору та перевірки параметрів електрообладнання приймаємо трифазне коротке замикання.

Для розрахунку струмів КЗ складаємо розрахункову схему СЕП, що являє собою спрощену однолінійну, на якій вказані всі елементи СЕП і їх параметри, що впливають на струм КЗ, які вибрані чи розраховані раніше (рис. 4.1).

Розрахунок струмів короткого замикання проведемо в іменованих одиницях.

Струм трифазного КЗ на шинах джерела живлення (т. К1) заданий за умовою і становить 3кА.

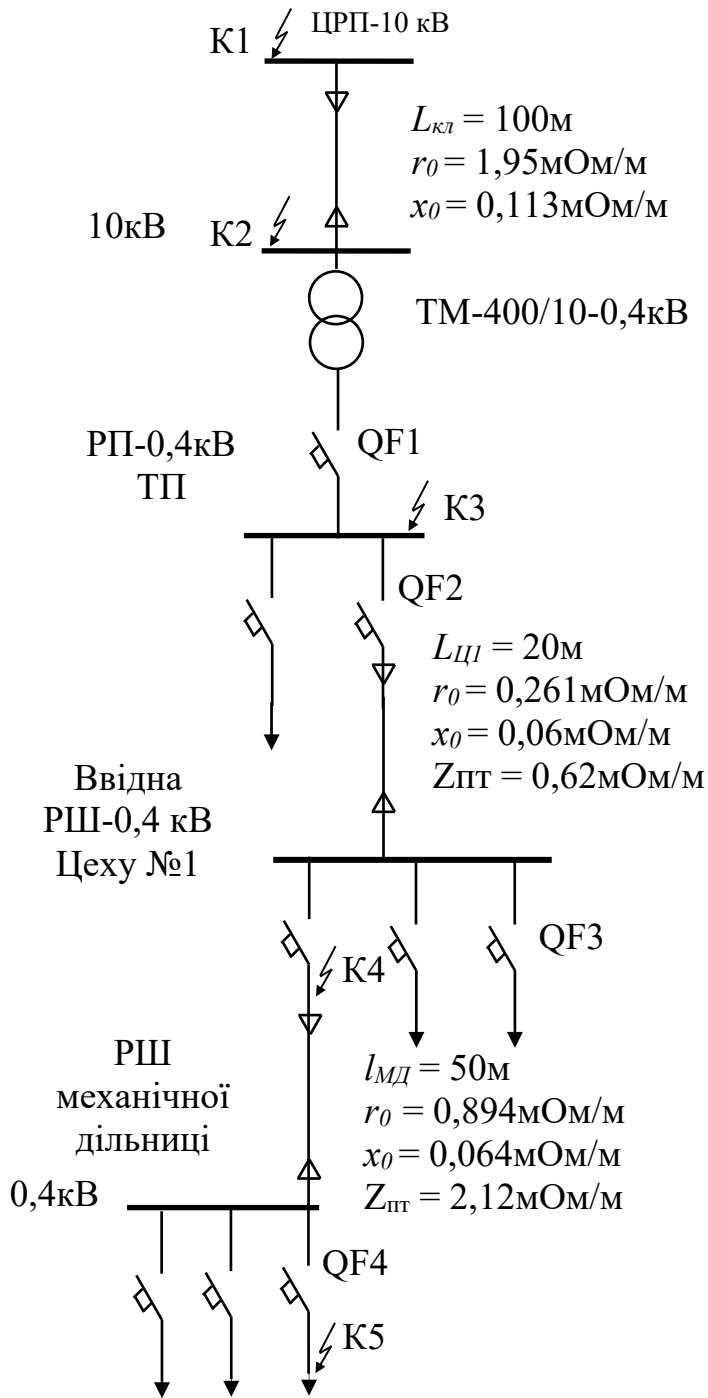


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема для визначення струмів К3.

Опір джерела живлення:

$$Z_C = X_C = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 3} = 2,02 \text{ Ом}$$

Опори кабельної лінії:

- активний:

$$R_{кл} = 1,95 \cdot 0,1 = 0,195 \text{ Ом};$$

- реактивний:

$$X_{кл} = 0,113 \cdot 0,1 = 0,011 \text{ Ом.}$$

Діюче значення струму К3 у т. К1 (5.4)

$$I_{K2} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,195^2 + (2,02 + 0,011)^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,195^2 + 2,031^2}} = 2,97 \text{ кА}$$

Ударне значення струму КЗ у т. К1 (5.5)

$$i_{y\partial K2} = 1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,97 = 5,87 \text{ кА}$$

де $k_{y\partial} = 1,4$ – ударний коефіцієнт згідно [1], рис. 6.2 .

Розрахункові опори під час розрахунку струму КЗ в мережі напругою до 1 кВ обчислюють в МОм.

Для визначення струмів КЗ низьковольтної мережі приведемо опори СЕП вищої напруги до напруги 0,4к В (за 5.6 і 5.7):

$$X_{\Sigma 10;0,4} = 2310 \cdot \left(\frac{0,4}{10}\right)^2 = 3,7 \text{ МОм};$$

$$R_{\Sigma 10;0,4} = 195 \cdot \left(\frac{0,4}{10}\right)^2 = 0,31 \text{ МОм.}$$

Опори цехового трансформатора визначаємо за табл.Д3 і приймаємо:

$$x_T = 5,5 \text{ МОм}; \quad r_T = 17,1 \text{ МОм.}$$

Для визначення струму КЗ низьковольтної мережі (КЗ-К5) перехідний опір в точці КЗ враховуємо шляхом внесення в схему додаткового опору.

Струм трифазного КЗ у т. К3 з врахуванням додаткового опору:

$$I_{K3} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,31 + 17,1 + 15)^2 + (3,7 + 5,5)^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(17,41 + 15)^2 + 9,2^2}} = 6,9 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial K3} = 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 6,9 = 10,7 \text{ кА,}$$

де $k_{y\partial} = 1,1$ – ударний коефіцієнт згідно [1], рис. 6.2 .

Струм трифазного КЗ у т.К4 з врахуванням додаткового опору:

$$I_{K4}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(17,41 + 20 \cdot 0,261 / 2 + 25)^2 + (9,2 + 20 \cdot 0,06 / 2)^2}}$$

$$= \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(18,7 + 25)^2 + 9,5^2}} = 5,2 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial K4} = 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 5,2 = 8 \text{ кА,}$$

де $k_{y\partial} = 1,1$ – ударний коефіцієнт згідно [1], рис. 6.2 .

Струм трифазного КЗ у т. К5 з врахуванням додаткового опору:

$$I_{K5}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(18,7 + 0,894 \cdot 50 + 30)^2 + (9,5 + 50 \cdot 0,064)^2}}$$

$$= \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(63,4 + 30)^2 + 12,65^2}} = 2,45 \text{ кА}$$

$$i_{y\partial K5} = 1,05 \cdot \sqrt{2} \cdot 2,45 = 3,64 \text{ кА,}$$

де $k_{y\partial} = 1,05$ – ударний коефіцієнт згідно [1], рис. 6.2 .

5.4.2 Приклад розрахунку струму однофазного короткого замикання

Струми однофазного КЗ визначаємо для низьковольтної мережі за формулою:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_{\phi.n}}{\frac{Z_K^{(1)}}{3} + Z_{n.m} \cdot l}, \quad (4.8)$$

де $U_{\phi.n}$ - номінальна фазна напруга, В; $Z_K^{(1)} = 195$ мОм, приймається за табл.Д.3; $Z_{\phi.n}$ - опір петлі „фаза-нуль” (табл. Д.1); l - відстань до місця КЗ, м.

Для КЛ: ТП-ВРШ цеху №1 приймаємо: $Z_{n.m} = 0,62$ мОм; для КЛ: ВРШ-ШР: $Z_{n.m} = 2,12$ мОм.

Визначимо струм однофазного КЗ в т. К3:

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{220}{195 / 3} = 3,385 \text{ кА}$$

Струм однофазного КЗ в т. К4:

$$I_{K4}^{(1)} = \frac{220}{65 + 20 \cdot 0,62 / 2} = 3,21 \text{ кА}$$

Струм однофазного КЗ у т. К5:

$$I_{K5}^{(1)} = \frac{220}{71,2 + 50 \cdot 2,12} = 1,26 \text{ кА.}$$

5.4.3 Приклад розрахунку перерізу КЛ за умовою термічної стійкості

Щоб остаточно визначити придатність до експлуатації вибраних перерізів КЛ необхідно провести їх перевірку на термічну стійкість, за умови (5.9). Для цього спочатку визначаємо тепловий імпульс струму КЗ за (5.11):

$$B_K = 0,21 \cdot 2,97^2 = 1,85 \text{ кА}^2\text{с.}$$

де $t_{отк} = 0,2$ с – час вимкнення лінії [1]; $T_a = 0,01$ с – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ [1].

Визначимо мінімально-допустимий переріз жили кабеля напругою 10кВ:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{1,85 \cdot 10^6}}{94} = 14,5 \text{ мм}^2 < 16 \text{ мм}^2,$$

де $C = 94 \text{ А}^2\text{с/мм}^2$ – для алюмінієвих жил при напрузі 10кВ.

Отримане значення F_{\min} округлюємо до ближнього стандартного перерізу кабелю, приймаємо $F_{\min} = 16 \text{ мм}^2$. Умова (5.9) виконується: $16 \text{ мм}^2 = 16 \text{ мм}^2$.

Отже, приймаємо дві кабельні лінії: ААШв –10 - (3х16)мм².

6. ВИБІР І ПЕРЕВІРКА КОМУТАЦІЙНО-ЗАХИСНОЇ АПАРАТУРИ

Струмопровідні частини (шини, кабелі) і всі види апаратів (вимикачі, роз'єднувачі, запобіжники) для електроустановок, повинні вибиратись у відповідності з обчисленими максимальними розрахунковими величинами (струмами, напругами, потужностями, відключення) для нормального режиму і режиму короткого замикання. Для правильного вибору порівнюють вказані розрахункові величини з допустимими значеннями для струмопровідних частин і високовольтного обладнання.

Вибір і перевірка всіх електричних апаратів напругою до та понад 1кВ мають відповідати таким умовам:

1) міцності ізоляції для роботи в тривалому режимі та короткочасних перенапругах:

$$U_M \leq U_H, \quad (6.1)$$

де U_M - напруга електричної мережі; U_H - номінальна напруга електричного апарата (ЕА);

2) допустимого нагрівання струмами в тривалому режимі:

$$I_{розр} \leq I_{ном}, \quad (6.2)$$

де $I_{розр}$ - максимальне (форсоване) значення величини сили струму; $I_{ном}$ - номінальний струм ЕА;

3) комутаційній здатності ЕА при дії струмів КЗ:

$$I_{КЗ}^{(3)} \leq I_{СТ.Н}, \quad (6.3)$$

де $I_{КЗ}^{(3)}$ - розрахункова величина струму трифазного КЗ, у місці де встановлено ЕА; $I_{СТ.Н}$ - гранична комутаційна стійкість ЕА до дії струмів КЗ;

4) струму електродинамічної стійкості:

$$i_{уд} \leq i_{СТ.ДИН}, \quad (6.4)$$

де $i_{уд}$ - розрахунковий ударний струм; $i_{СТ.ДИН}$ - динамічна стійкість ЕА до дії струмів КЗ;

5) допустимому струму термічної стійкості ЕА I_T за допустимий час термічної стійкості t :

$$B_K \leq I_T^2 t, \quad (6.5)$$

де B_K - розрахунковий тепловий імпульс струму КЗ за (5.11); I_T, t - довідникові дані струму термічної стійкості ЕА протягом певного часу;

6) відповідності навколишньому середовищу, роду встановлення, конструктивному виконанню та ін..

Умови вибору за пунктами 1), 2) і 6) однакові для всіх ЕА і пояснень не потребують. Особливості вибору за пунктами 3), 4) і 5) для кожного електричного апарата наводяться нижче.

Для зручності проведення перевірки обладнання умови вибору проводяться у табличній формі (табл. 6.1)

Таблиця 6.1 – Умови вибору і перевірки обладнання.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$		
$I_{розр} \leq I_{ном}$		
$I_{КЗ}^{(3)} \leq I_{СТ.Н}$		
$i_{уд} \leq i_{СТ.ДИН}$		
$B_K \leq I_T^2 t$		

У цьому розділі проводиться вибір і перевірка комутаційно-захисної апаратури напругою до і більше 1кВ, що безпосередньо встановлюється на стороні ВН цехової

ТП, на стороні НН цехової ТП, та для механічної дільниці цеху №1 розподільної мережі.

Вибір ЕА повинен проводитися для елементів електричного кола, які наведені на схемі електропостачання. Однолінійна схема електропостачання проектованого підприємства наведена у додатку К6.

6.1 Вибір і перевірка комутаційно-захисної апаратури напругою вище 1кВ

Вибір ВН апаратури ЦТП проводимо на основі розрахункових даних, що наведені вище у прикладі.

6.1.1 Вибір та перевірка комірок вимикачів навантаження

Комірки з вимикачами навантаження (КВН) встановлюються в РУ-10кВ цехової трансформаторної підстанції. З довідника (табл. В5) вибираємо КВН типу КСО – 393 внутрішньої установки, яка має такі технічні дані:

- номінальна напруга – 10кВ;
- номінальний струм головних кіл - 630А;
- номінальний струм збірних шин – 630А;
- номінальний струм відключення – 20кА;
- струм електродинамічної стійкості – 41кА;
- струм термічної стійкості, за час 3с – 20кА;
- струм плавкої вставки запобіжників – 40А.

Умови вибору і перевірки комірок вимикачів навантаження наведені у таблиці

6.2

Таблиця 6.2 – Умови вибору і перевірки комірок вимикачів навантаження.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	10кВ	10кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	32,4А	630А
$I_{КЗ}^{(3)} \leq I_{СТ.Н}$	2,97кА	20кА
$i_{уд} \leq i_{СТ.ДИН}$	5,87кА	41кА
$B_K \leq I_T^2 t$	$2,97^2 \cdot 0,21 = 1,86 \text{кА}^2 \text{с}$	$20^2 \cdot 3 = 48 \text{кА}^2 \text{с}$

Умови вибору виконуються. Приймаємо до встановлення КВН типу КСО – 393 в РУ-10кВ цехової ТП.

6.1.2 Вибір та перевірка вимикачів навантаження

Для комутації електричного струму до приймачів, захисту силового трансформатора за довідником вибираємо вимикачі навантаження типу ВНР (QW1, QW2) і ВНПР (QW3, QW4) із запобіжниками, якими комплектуються вибрані комірки КСО – 393.

Вимикачі навантаження мають такі технічні дані:

- номінальна напруга – 10 кВ;
- номінальний струм – 630 А;
- номінальний струм відключення – 10 кА;
- струм термічної стійкості за $t = 1\text{с}$ – 5 кА;
- струм динамічної стійкості – 20 кА.

Умови вибору і перевірки вимикачів навантаження наведені у таблиці 6.3

Таблиця 6.3 – Умови вибору і перевірки комірок вимикачів навантаження.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	10кВ	10кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	32,4А	630А
$I_{КЗ}^{(3)} \leq I_{СТ.Н}$	2,97кА	10кА
$i_{y0} \leq i_{СТ.ДИН}$	5,87кА	20кА
$B_K \leq I_T^2 t$	$2,97^2 \cdot 0,21 = 1,86 \text{кА}^2 \text{с}$	$4^2 \cdot 3 = 48 \text{кА}^2 \text{с}$

Умови вибору виконуються. Приймаємо вибрані вимикачі навантаження до встановлення.

6.1.3 Перевірка високовольтних запобіжників

Для захисту силових трансформаторів зі сторони ВН встановлюються запобіжники типу ПКТ-10, якими комплектуються вимикачі навантаження ВНР-10 (QW3, QW4).

Технічні дані запобіжника:

- номінальна напруга – 10 кВ;
- номінальний струм патрона – 100 А;
- номінальний струм плавкої вставки – 40 А;
- номінальний струм відключення – 31,5 кА.

Умови вибору і перевірки високовольтних запобіжників наведені у таблиці 6.4

Таблиця 6.4 – Умови вибору і перевірки високовольтних запобіжників.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	10кВ	10кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	32,4А	100А
$I_{розр} \leq I_{ном.ПВ}$	32,4А	40А
$I_{КЗ}^{(3)} \leq I_{СТ.Н}$	2,97кА	10кА

Умови вибору виконуються. Отже приймаємо вибрані високовольтні запобіжники до встановлення.

6.1.4 Вибір та перевірка роз'єднувачів

Для вмикання та вимикання під напругою ділянок електричного кола при відсутності навантажувального струму та забезпечення безпечного виконання робіт на знеструмленій ділянці використовуємо роз'єднувачі.

Попередньо вибираємо роз'єднувачі типу РВ(3)-10 (QS1, QS2) із такими технічними даними:

- номінальна напруга – 10 кВ;
- номінальний струм – 630 А;
- струм термічної стійкості – $t = 3 \text{с} - 20 \text{кА}$;
- струм електродинамічної стійкості – 51 кА.

Умови вибору і перевірки роз'єднувачів наведені у таблиці 6.6.

Таблиця 6.5 – Умови вибору і перевірки роз'єднувачів.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	10кВ	10кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	32,4А	630А
$i_{уд} \leq i_{ст.дин}$	5,87кА	51кА
$B_K \leq I_T^2 t$	$2,97^2 \cdot 0,21 = 1,86 \text{кА}^2 \text{с}$	$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{кА}^2 \text{с}$

Умови вибору виконуються. Приймаємо до встановлення роз'єднувачі типу РВ(3)-10.

6.2 Вибір і перевірка електричних апаратів напругою до 1кВ

В електричній мережі до 1кВ вибір комутаційно-захисної апаратури, захистів і перерізу провідників взаємопов'язаний.

Для захисту електричних мереж напругою до 1кВ застосовують автоматичні повітряні вимикачі і плавкі запобіжники.

ПУЕ регламентує в електроустановках до 1кВ за режимом КЗ перевіряти лише розподільні щити, струмопроводи і розподільні шафи.

Струмообмежувальні запобіжники й автомати, а також автомати, у яких струм вимикання перевищує найбільше можливе значення струму КЗ, не вимагають перевірки їх стійкості до наскрізних струмів КЗ (на електродинамічну стійкість).

Умови вибору цих апаратів відповідають наведеним вище у пунктах 1) - 6) умовам, а особливості вибору за пунктами 3) – 5) пояснюються нижче на основі прикладу.

Типи автоматів і запобіжників не вибирають, бо вони є елементами шаф розподільного пристрою НН ЦТП, СРЩ, силових пунктів та збірок, шино провідів, тому для автоматів вибирають номінальний струм автомата та розчеплювачів, струми спрацювання розчеплювачів, а для запобіжників – номінальний струм патрона та номінальний струм плавкої вставки.

Вибір автоматів та запобіжників зумовлений місцем їх встановлення в схемі електропостачання.

Вибір НН апаратури ЦТП проводимо на основі розрахункових даних, що наведені вище у прикладі.

6.2.1 Вибір силових шаф низької напруги трансформаторної підстанції

Комплектність шаф РУ-0,4кВ трансформаторної підстанції вибираємо за даним таблиці В.1.

Ввідну і секційну шафи вибираємо за умови можливої їх роботи при перевантаженнях у аварійних режимах. Для цього визначимо максимальний розрахунковий струм на стороні НН за умови роботи трансформатора при перевантаженні ($1,4 \cdot S_{н.т}$):

$$I_{p.max} = \frac{1,4 S_{н.т}}{\sqrt{3} U_{НН}}, \quad (6.6)$$

$$I_{p\max} = I_{\phi} = \frac{1,4 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 812 \text{ A},$$

та розрахунковий струм секційної шафи визначаємо за формулою:

$$I_{p.c} = \frac{0,7 S_{н.т}}{\sqrt{3} U_{HH}}, \quad (6.7)$$

$$I_{p.c} = \frac{0,7 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 406 \text{ A}$$

Розподільні (лінійні) шафи вибираємо за кількістю приєднань і розрахунковому струму згідно даних таблиці 4.1.

За таблицею В.1 вибираємо шафи РУ-0,4кВ ЦТП:

- ввідна ШНВ-1, ввідний вимикач ВА55-41;
- секційна ШНС-1, секційний вимикач ВА55-39;
- лінійна ШНЛ-1, лінійні вимикачі ВА52-35 – 2шт.

Стійкість ошиновки вибраних шаф до дії ударних струмів КЗ – 50кА.

Перевіримо вибрані шафи за напругою та стійкістю до дії ударних струмів КЗ за умов:

$$U_M \leq U_H \quad (6.8)$$

$$0,4\text{кВ} = 0,4\text{кВ}$$

$$i_{y\phi} \leq i_{ст.дин} \quad (6.9)$$

$$50 \text{ кА} > 10,7 \text{ кА},$$

де $i_{y\phi КЗ} = 10,7 \text{ кА}$, за розрахунковими даними (п. 4.4.1).

Умови вибору виконуються.

6.2.2 Вибір та перевірка розподільних силових шаф цехової мережі

Силові шафи, що встановлюємо в цехах (дільницях) вибираємо з врахуванням умов середовища робочої зони, кількості підключених електроприймачів і розрахунковому навантаженню.

У додатку В наведена комплектність розподільних пристроїв низької напруги КТП Хмельницького заводу комплектних трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів ПР 8501, ПР 8504 та ПР.8506.

Розподільні пункти з вимикачами на вводі слід застосовувати лише при відсутності на початку лінії живлення вимикача з захистом, наприклад, при глухій відпайці від магістрального шинопровода. В інших випадках рекомендується використовувати розподільні пункти з рубильниками на вводі.

Для цеху №1 (за відсутності достовірних даних) попередньо вибираємо силову розподільчу шафу типу ПР 8501-1153, технічні дані якої (табл. В.6):

- номінальна напруга – 380В;
- номінальний струм шафи – 630А;
- тип вимикачів на відходячих лініях ВА 51-35 (4 шт.);
- кількість відходячих ліній – 4 шт;
- стійкість ошиновки до струмів КЗ – 15кА.

Умови вибору і перевірки розподільної силової шафи цеху №1 наведені у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Умови вибору і перевірки СРШ цеху

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	400В	660В
$I_{розр} \leq I_{ном}$	427,2А	630А
$i_{уд} \leq i_{СТ.ДИН}$	$i_{удК4} = 8\text{кА}$	15кА
кількість приєднань	4	4

Умови вибору виконуються. Отже, остаточно приймаємо до встановлення в цеху ввідну СРШ типу ПР 8501-1153 (А1, додаток К5).

Для механічної дільниці цеху №1 попередньо вибираємо силову розподільчу шафу типу ПР 8501-1149 (А2, додаток К5), технічні дані якої (табл. В.6):

- номінальна напруга – 380В;
- номінальний струм шафи – 630А;
- тип вимикачів на лініях, що відходять ВА 51-31 (6 шт.);
- кількість ліній, що відходять – 6 шт;
- стійкість ошиновки до струмів КЗ – 15кА.

Умови вибору і перевірки розподільної силової шафи механічної дільниці цеху №1 наведені у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Умови вибору і перевірки СРШ дільниці.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	400В	660В
$I_{розр} \leq I_{ном}$	87А	630А
$i_{уд} \leq i_{СТ.ДИН}$	$i_{удК5} = 3,64\text{кА}$	15кА
кількість приєднань	4 (з табл..3.2)	6

Умови вибору виконуються. Приймаємо до встановлення в дільниці цеху СРШ типу ПР 8501-1149 (А2, додаток К5).

6.2.3 Перевірка автоматичних вимикачів

При перевірці автоматичних вимикачів, враховуємо наступні вимоги [1]:

- номінальна напруга вимикача не повинна бути нижчою напруги мережі:

$$U_M \leq U_H \quad (6.10)$$

- вимикаюча здатність повинна бути розрахована на максимальні струми КЗ, що проходять по елементу, який захищається:

$$I_{н.відк} \geq I_{К.мах}^{(3)} \quad (6.11)$$

- номінальний струм розчеплювача повинен бути не меншим найбільшого розрахункового струму навантаження:

$$I_{н.розч} \geq k_{відс} I_M, \quad (6.12)$$

де $I_{н.розч}$ – номінальний струм розчеплювача.

Значення $k_{відс}$ автоматичних вимикачів визначається з умов надійності відстроювання захисту від перевантажень і його неспрацювання (повернення) при (після) пуску або самозапуску.

Струмова відсічка автоматичного вимикача повинна бути відлаштована від пікового (пускового) струму:

$$I_{с.в} \geq k_n I_{п}, \quad (6.13)$$

де $I_{с.в}$ – струм спрацювання відсічки;

k_n – коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки.

Значення $k_{відс}$ і k_n для різних типів вимикачів наведені в табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Розрахункові коефіцієнти автоматичних вимикачів

Тип автомата	Розчеплювач		$k_{відс}$	k_n
ВА, А3700, АП50	комбінований		1	2,1
ВА, А3700, А3790	напівпровідниковий		1,1	1,5
"Електрон"	напівпровідниковий	РМТ	1,27	1,6
		МТЗ-1	1	2,2

Вибраний вимикач перевіряють на чутливість до струмів однофазного КЗ:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_K^{(1)}}{3} \quad (6.14)$$

При виборі вимикачів перевагу слід віддавати вимикачам серії ВА (додаток Б).

За табл. Б.7 визначаємо технічні дані автоматичного вимикача ВА 55-41 і ВА 55-39 та проводимо аналогічні перевірки.

Таблиця 6.8 – Автоматичні вимикачі серії ВА 55-41 з напівпровідниковим розчеплювачем (селективні).

Тип	Номинальний струм вимикача, А	$\frac{I_{н.розч}}{I_{ном.в}}$	$\frac{I_{с.н/п}}{I_{н.розч}}$	Струм спрацювання н/п розчеплювача, кА	Граничний струм комутаційної здатності, кА
ВА 55-41	1000, 630, 400, 250	0,63; 0,8; 1,0	2, 3, 5, 7, 10	25	60

Умови вибору і перевірки вимикачів серії ВА 55-41 наведені у таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Умови вибору і перевірки автомат. вимикачів серії ВА 55-41.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	400В	400В
$I_{\phi} = I_{p \max} \leq I_{ном}$	812А	1000А
$I_{\phi} \leq I_{н.розч}$	812А	1000А
$k_{відс} I_{\phi} \leq I_{н.розч}$	$1,1 \cdot 812 = 893А$	1000А
$k_n I_{\phi} \leq I_{с.ем}$	$1,5 \cdot 812 = 1218А$	$2 \cdot 1000 = 2000А$
$I_{К.маж}^{(3)} \leq I_{н.відк}$	$I_{К.3}^{(3)} = 6,9кА$	60кА
$\frac{I_K^{(1)}}{3} \geq I_{н.розч}$	$3385 / 3 = 1128А$	1000А

Умови вибору і перевірки вимикачів серії ВА 55-41 виконуються (QF1, QF2 додаток К5).

Таблиця 6.10 – Автоматичні вимикачі серії ВА 55-39 з напівпровідниковим розчеплювачем (селективні).

Тип	Номинальний струм вимикача, А	$\frac{I_{н.розч}}{I_{ном.в}}$	$\frac{I_{с.н/п}}{I_{н.розч}}$	Струм спрацювання н/п розчеплювача, кА	Граничний струм комутаційної здатності, кА
ВА 55-39	630, 400, 250, 160	0,63; 0,8; 1,0	2, 3, 5, 7, 10	25	47,5

Таблиця 6.11 – Умови вибору і перевірки автомат. вимикача серії ВА 55-39.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	400В	400В
$I_{рс} \leq I_{ном}$	406А	630А
$I_{рс} \leq I_{н.розч}$	406А	630А
$k_{відс} I_{рс} \leq I_{н.розч}$	$1,1 \cdot 406 = 447А$	630А
$k_n I_{рс} \leq I_{с.ем}$	$1,5 \cdot 406 = 609А$	$2 \cdot 630 = 1260А$
$I_{К.макс}^{(3)} \leq I_{н.відк}$	$I_{К.3}^{(3)} = 6,9кА$	47,5кА
$\frac{I_K^{(1)}}{3} \geq I_{н.розч}$	$3385 / 3 = 1128А$	630А

Умови вибору і перевірки вимикача серії ВА 55-39 виконуються.

За табл. Б.5 визначаємо технічні дані лінійних автоматичн. вимикачів ВА52-36.

Таблиця 6.12 – Автоматичні вимикачі серії ВА52-35 з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.розч}}$	Струм відключення, кА
ВА 52-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	12	16

Таблиця 6.13 – Умови вибору і перевірки автомат. вимикачів серії ВА 52-36.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	400В	400В
$I_{р2.макс} \leq I_{ном}$	$427,2 / 2 = 213,6А$	250А
$I_{р2} \leq I_{н.розч}$	$427,2 / 2 = 213,6А; 161,6А;$ $300,3 / 2 = 150,2А$	250А; 200А; 160А
$k_{відс} I_{р2} \leq 1,25 I_{н.розч}$	$1,0 \cdot 213,6 = 213,6А;$ $1,0 \cdot 161,6 = 161,6А;$ $1,0 \cdot 150,2 = 150,2А$	$1,25 \cdot 250 = 312А;$ $1,25 \cdot 200 = 250А;$ $1,25 \cdot 160 = 200А$
$k_n I_{р2} \leq I_{с.ем}$	$2,1 \cdot 213,6 = 448,6А;$ $2,1 \cdot 161,6 = 340А;$ $2,1 \cdot 150,2 = 312,5А$	$12 \cdot 250 = 3000А;$ $12 \cdot 200 = 2400А;$ $12 \cdot 160 = 1920А$
$I_{К.макс}^{(3)} \leq I_{н.відк}$	$I_{К.3}^{(3)} = 6,9кА$	16кА
$\frac{I_K^{(1)}}{3} \geq I_{н.розч}$	$3385 / 3 = 1128А$	250А

Умови вибору і перевірки вимикачів серії ВА 52-35 виконуються (QF3-QF10).

За табл. Б.5 визначаємо технічні дані лінійних автоматичн. вимикачів ВА51-36.

Таблиця 6.14 – Автоматичні вимикачі серії ВА51-35 з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.розч}}$	Струм відключення, кА
ВА 51-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	12	6

Таблиця 6.15 – Умови вибору і перевірки автомат. вимикачів серії ВА 51-36.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	400В	400В
$I_{p2, макс} \leq I_{ном}$	87А	250А
$I_{p2} \leq I_{н.розч}$	87А	100А
$k_{відс} I_{p2} \leq 1,25 I_{н.розч}$	$1,0 \cdot 87 = 87А$	$1,25 \cdot 100 = 125А$
$k_n I_{p2} \leq I_{с.ем}$	$5 \cdot 87 = 435А$	$12 \cdot 100 = 1200А$
$I_{К.макс}^{(3)} \leq I_{н.відк}$	$I_{К.4}^{(3)} = 5,2кА$	6кА
$\frac{I_K^{(1)}}{3} \geq I_{н.розч}$	$3210 / 3 = 1070А$	100А

Умови вибору і перевірки вимикачів серії ВА 51-35 виконуються (QF12-QF16). За табл. Б.3 визначаємо технічні дані лінійних автоматичн. вимикачів ВА51-31.

Таблиця 6.16 – Автоматичні вимикачі серії ВА51-31 з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.розч}}$	Струм відключення, кА
ВА 51-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	3; 7; 10	6

Таблиця 6.16 – Умови вибору і перевірки автомат. вимикачів серії ВА 51-31.

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_M \leq U_H$	400В	400В
$I_{p1, макс} \leq I_{ном}$	48А	100А
$I_{p1} \leq I_{н.розч}$	48А; 13,5А; 19,1А; 2,52А	50А; 31,5А; 50А; 16А
$k_{відс} I_{p1} \leq 1,25 I_{н.розч}$	$1,0 \cdot 48 = 48А$; $1,0 \cdot 13,5 = 13,5А$; $1,0 \cdot 19,1 = 19,1А$; $1,0 \cdot 2,52 = 2,52А$	$1,25 \cdot 50 = 62,5А$; $1,25 \cdot 31,5 = 40А$; $1,25 \cdot 50 = 62,5А$; $1,25 \cdot 16 = 20А$
$k_n I_{p1} \leq I_{с.ем}$	$5 \cdot 48 = 240А$; $5 \cdot 13,5 = 67,5А$; $5 \cdot 19,1 = 95,5А$.	$7 \cdot 50 = 350А$; $7 \cdot 31,5 = 220,5А$; $7 \cdot 50 = 350А$.
$I_{К.макс}^{(3)} \leq I_{н.відк}$	$I_{К.5}^{(3)} = 2,45кА$	6кА
$\frac{I_K^{(1)}}{3} \geq I_{н.розч}$	$1260 / 3 = 420А$	100А

Умови вибору і перевірки вимикачів серії ВА 51-31 виконуються (QF16-QF21).
Однолінійна схема електропостачання механічної дільниці цеху промислового підприємства наведена у додатку К5.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. Суми : ВТД «Університетська книга», 2016. 153с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. Суми : ВТД «Університетська книга», 2017. 280с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.5-80-2015 Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств.
4. Указания по расчету электрических нагрузок РТМ 36.18.32.4-92. Технический циркуляр ВНИПИ Тяжпромэлектропроект № 359-92 от 30 июля 1992 г. (Настанова по виконанню розрахунків електричного навантаження)
5. Электротехнический справочник. В 4 т. Т.4: Использование электрической энергии / Под общ. ред. В.Г. Герасимова и др. Москва: МЭИ, 2017. 696 с.
6. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: Навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2015. 148 с.
7. Давиденко Л.В., Коменда Н.В., Євсюк М.М., Коменда Т.І., Давиденко В.А. Основи електропостачання. Практикум: навчальний посібник. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2016. 224 с.
8. Правила улаштування електроустановок. Київ : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
9. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. Київ : ДЕРЖСПОЖИВ СТАНДАРТ України, 2009. 51 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Вихідні дані

Таблиця А.1 - Вихідні дані для розрахунку електричних навантажень та СЕП цеху

Вихідні дані	Остання цифра номера залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Відстань від ДЖ до ЦТП, м	100	120	140	160	180	200	110	130	150	170
Струм трифазного КЗ на шинах ДЖ, кА	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
К-сть змін	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Категорія надійності ЕП	II, III	III	II, III	III	II, III	III	II	III	II, III	III
Встановлена потужність ЕП цеху $P_{вст}$, кВт	Вказано в темі курсової роботи згідно варіанту									
Груповий коефіцієнт використання на шинах ТП $K_{в.гр.}$	0,3	0,4	0,35	0,45	0,25	0,6	0,3	0,2	0,35	0,5
Коефіцієнт розрахункового навантаження на шинах ТП K_p	0,85	0,9	0,85	0,94	0,83	0,92	0,85	0,96	0,85	0,93
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi$	0,87	0,68	0,65	0,79	0,75	0,69	0,82	0,79	0,79	0,79
Відстань від РУ-0,4 ЦТП до ввідного розподільчого пункту цеху, м	50	60	70	55	65	45	35	40	30	55
Відстань від ввідного розподільчого пункту шафи цеху №1 до СРП ділянки, м	20	25	25	30	20	25	30	35	30	25
Площа цеху F_u , м ²	1872	1980	1440	1728	2520	2160	1800	1152	1584	2592
Питома густина освітлювального навантаження $\rho_{п.о.}$, Вт/м ²	11	12	13	14	15	16	15	14	13	12

Таблиця А.2 – Основні параметри електроприймачів дільниці цеху

№ вар.	Назва електроприймачів	Тип, марка	<i>n</i> , шт.	P_H , кВт	k_B	$\cos\varphi$
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1	Верстат круглошліфувальний	3Н130В	2	4,5	0,14	0,5
	Верстат плоскошліфувальний	3Б722	2	3,0	0,14	0,5
	Верстат горизонтально-фрезерний	6Р81	3	7,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-фрезерний	ФТ-11	3	5,5	0,17	0,65
	Верстат універсально-фрезерний	ВФ131	1	15,0	0,17	0,65
	Верстат токарно-гвинторізний	16К20	2	11,0	0,17	0,65
	Електропіч	СШО	1	10,0	0,6	0,95
	Вентиляція	ВУ-5х1,1	1	5,5	0,7	0,8
2	Верстат координатно-розточний	2Д450	2	4,0	0,17	0,65
	Верстат токарний	С193Н	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-свердлильний	Н-15-2	1	2,2	0,14	0,5
	Верстат універсально-заточувальний	ВЗУ – 2	1	2,2	0,14	0,5
	Верстат відрізний	8544	1	2,8	0,12	0,5
	Прес	П-2044	4	4,0	0,17	0,65
	Компресор	В6000	2	5,5	0,6	0,8
	Вентиляція	ВУ-5х1,1	1	5,5	0,8	0,8
	3	Прес-ножиці комбіновані	ПНК-63	2	7,5	0,2
Електрозварювальний апарат		ТД-10	1	10	0,2	0,4
Верстат універсальний фрезерний		6М82	2	5,5	0,17	0,65
Верстат фрезерний		СФ-15	2	5,5	0,17	0,65
Верстат вертикально-фрезерний		6Р81	2	10,0	0,17	0,65
Вентиляційна установка		ВУ	4	1,1	0,8	0,8
4		Верстат вертикально-свердлильний	1А125	1	2,2	0,14
	Верстат заточувальний	2А135	1	2,2	0,14	0,5
	Верстат токарно-гвинторізний	1К62	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат токарний	16К20	2	11,0	0,17	0,65
	Верстат шліфувальний	16А25М	2	4,0	0,17	0,65
	Електропіч	СНО	3	10,0	0,6	0,8
	Вентиляційна установка	ВУ	1	4,4	0,8	0,8
	5	Верстат фрезерний	6М82	1	7,5	0,17
Верстат вертикально-фрезерний		6Р81	1	10,0	0,17	0,65
Верстат горизонтально-фрезерний		6Г81	1	5,5	0,17	0,65
Верстат шліфувальний		16А25М	2	4,0	0,16	0,6
Верстат токарно-гвинторізний		1К62	2	5,5	0,17	0,65
Верстат токарний		16К25М	3	5,5	0,17	0,65
Вентиляційна установка		ВУ	2	4,0	0,7	0,8

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
6	Верстат свердлильний	2Н118	2	1,5	0,14	0,5
	Верстат заточувальний	2А135	3	2,2	0,14	0,5
	Електрозварювальний апарат	ТД-10	2	10,0	0,2	0,4
	Установка витяжна	ВУ-2000	2	3,0	0,8	0,95
	Приточна установка	ПУ -2000	1	4,0	0,8	0,8
	Компресорна установка	К-10-20	3	4,0	0,6	0,85
	Верстат токарно-гвинторізний	16К20	2	11,0	0,17	0,65
7	Верстат токарно-гвинторізний	16К20	2	11,0	0,17	0,65
	Верстат токарний	11Ф40	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-фрезерний	6Р13	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат горизонтально-фрезерний	6Р82Г	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат фрезерний	ФСПУ-5,5У	2	5,5	0,17	0,65
	Установка витяжна	ВУ-4	1	4,0	0,75	0,8
	Компресорна установка	К-10-20	1	4,0	0,5	0,85
8	Верстат плоскошліфувальний	3Б161	2	4,0	0,14	0,5
	Верстат внутрішньошліфувальний	СШ162	2	5,5	0,14	0,5
	Верстат радіально-свердлильний	2М58-1	1	13,0	0,2	0,65
	Верстат вертикально-свердлильний	2Н125	1	2,2	0,2	0,65
	Верстат заточувальний	3В642	1	1,1	0,2	0,65
	Прес електричний	П-3625	1	4,0	0,4	0,65
	Електрозварювальний апарат	ТЗ-5	1	5,0	0,2	0,4
	Електропіч	СНО-4	2	4,0	0,8	0,75
	Вентиляційна установка	ВУ-1,5	3	1,5	0,8	0,75
9	Верстат плоскошліфувальний	3Е710А	3	4,0	0,14	0,5
	Верстат внутрішньо-шліфувальний	3Б722	3	5,5	0,17	0,65
	Прес-ножиці комбіновані	ІW45	1	2,4	0,2	0,5
	Верстат фрезерний	ФСПУ-5,5У	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат фрезерний	6М82	3	6,5	0,17	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ-2	3	2,0	0,8	0,75
10	Прес-ножиці комбіновані	ПНК-63-6	2	6,0	0,2	0,65
	Електрозварювальний апарат	ТД-6000	2	6,0	0,2	0,4
	Верстат круглошліфувальний	3Н130В	2	4,0	0,17	0,65
	Верстат плоскошліфувальний	3Д754	1	15,0	0,17	0,65
	Верстат горизонтально-фрезерний	6Р81	3	6,0	0,17	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ-2	3	2,0	0,75	0,75
11	Верстат круглошліфувальний	3Н130В	2	4,0	0,17	0,65
	Верстат плоскошліфувальний	3Д740А	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат горизонтально- фрезерний	6Р81	2	6,0	0,17	0,65
	Верстат вертикально-фрезерний	ФТ-11	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат універсально-фрезерний	ВМ131	2	15,0	0,17	0,65
	Верстат токарно-гвинторізний	1А616	2	11,0	0,17	0,65
	Електропіч	СНО	1	10,0	0,6	0,95
	Вентиляція	ВУ-5x1,1	1	5,5	0,7	0,8

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
12	Верстат координатно-розточний	2Д450	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат токарний	16Л20	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-свердлильний	2Н125	2	2,2	0,12	0,4
	Верстат універсально-заточувальний	ВЗУ – 2,2	2	2,2	0,12	0,4
	Верстат відрізний	8Б72	1	1,5	0,12	0,4
	Прес	П-2044	3	4,0	0,17	0,65
	Компресор	КУ-6	2	6,0	0,6	0,8
	Вентиляція	ВУ-5х1,1	1	5,5	0,8	0,8
13	Прес-ножиці комбіновані	ПНК-63-20	2	6,0	0,2	0,65
	Електрозварювальний апарат	ТД-6000	2	6,0	0,2	0,4
	Верстат універсальний фрезерний	6М82	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат фрезерний	СФ-15	2	11,0	0,17	0,65
	Верстат вертикально-фрезерний	6Р81	1	7,5	0,17	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ	4	1,1	0,8	0,8
14	Верстат вертикально-свердлильний	2Н135	2	4,0	0,14	0,5
	Верстат заточувальний	2А135	2	2,2	0,14	0,5
	Верстат токарно-гвинторізний	1К62	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат токарний	16К20	2	11,0	0,17	0,65
	Верстат шліфувальний	16А25М	2	4,0	0,17	0,5
	Електропіч	СНО	2	10,0	0,6	0,8
	Вентиляційна установка	ВУ	1	4,4	0,8	0,8
15	Верстат фрезерний	6М82	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-фрезерний	6Р81	3	7,5	0,17	0,65
	Верстат горизонтально-фрезерний	6Г81	1	5,5	0,17	0,65
	Верстат шліфувальний	1А25М	2	4,0	0,16	0,65
	Верстат токарно-гвинторізний	16К62	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат токарний	16К20	3	11,0	0,17	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ	2	2,2	0,7	0,8
16	Верстат свердлильний	ПНК-20	3	1,1	0,14	0,5
	Верстат заточувальний	2А135	3	2,0	0,14	0,5
	Верстат вертикально-фрезерний	6Р81	3	7,5	0,17	0,65
	Електрозварювальний апарат	ТД-4000	4	4,0	0,2	0,4
	Установка витяжна	ВУ-3000	2	3,0	0,8	0,95
	Приточна установка	ПУ-4000	2	4,0	0,8	0,8
	Компресорна установка	К-10-4	3	4,0	0,6	0,85
17	Верстат токарно-гвинторізний	1К62Б	2	11,0	0,17	0,65
	Верстат токарний	16К20	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-фрезерний	6Р13	2	4,0	0,17	0,65
	Верстат горизонтально-фрезерний	6Р82Г	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат фрезерний	ФСПУ-7,5У	2	7,5	0,17	0,65
	Установка витяжна	ВУ-4000	1	4,0	0,75	0,8
	Компресорна установка	К-10-20	1	4,0	0,5	0,85

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
18	Верстат плоскошліфувальний	ЗД740А	1	7,5	0,17	0,65
	Верстат внутрішньо-шліфувальний	ЗБ722	1	5,5	0,14	0,5
	Верстат радіально-свердлильний	2Ш55	2	4,0	0,16	0,65
	Верстат вертикально-свердлильний	2Н125	2	2,2	0,14	0,5
	Верстат заточувальний	ЗВ642	2	1,1	0,17	0,5
	Прес електричний	П-3625	2	4,0	0,4	0,7
	Електрозварювальний апарат	ТЗ-11-380	2	11,0	0,2	0,4
	Електропіч	СНО-7,5	1	7,5	0,8	0,75
	Вентиляційна установка	ВУ-1,5	4	1,5	0,8	0,75
19	Верстат плоскошліфувальний	ЗБ161	2	4,0	0,14	0,5
	Верстат внутрішньошліфувальний	ЗК228В	2	5,5	0,17	0,65
	Прес-ножиці комбіновані	ІW45	2	4,0	0,16	0,5
	Верстат фрезерний	ФСПУ-5,5У	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат фрезерний	6М82	3	7,5	0,17	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ-2	3	2,2	0,8	0,75
20	Прес-ножиці комбіновані	ПНК-63-20	1	6,0	0,2	0,65
	Електрозварювальний апарат	ТД-3000	2	6,0	0,2	0,4
	Верстат кругло-шліфувальний	ЗН130В	3	4,0	0,17	0,65
	Верстат плоско-шліфувальний	ЗБ722	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат горизонтально- фрезерний	6Р81	3	7,5	0,2	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ-2	3	2,2	0,75	0,75
21	Верстат круглошліфувальний	ЗЕ110	1	4,0	0,14	0,5
	Верстат плоскошліфувальний	ЗЕ711ВФ	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат горизонтально- фрезерний	6Р81	3	7,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-фрезерний	ФТ-11	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат універсально-фрезерний	ВМ131	2	15,0	0,2	0,65
	Верстат токарно-гвинторізний	16К20П	2	11,0	0,17	0,65
	Електропіч	СШО	2	10,0	0,6	0,95
	Вентиляція	ВУ-5x1,1	1	5,5	0,7	0,8
22	Верстат координатно-розточний	2Д450	2	4,0	0,17	0,65
	Верстат токарний	К193Н	3	5,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-свердлильний	2Н118	1	1,5	0,12	0,4
	Верстат універсально-заточувальний	ВЗУ-2	2	2,2	0,12	0,4
	Верстат смуговідрізний	8Б545	1	4,1	0,14	0,5
	Прес	П-2044	2	4,0	0,17	0,65
	Компресор	КУ-6	2	6,0	0,6	0,8
	Вентиляція	ВУ-4x1,1	1	4,4	0,65	0,8
23	Прес-ножиці комбіновані	ПНК-63-20	3	6,0	0,2	0,65
	Електрозварювальний апарат	ТДЗ-11	2	11,0	0,2	0,4
	Верстат універсальний фрезерний	6М82	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат фрезерний	СФ-15	2	6,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-фрезерний	6Р81	2	7,5	0,17	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ-1,5	4	1,5	0,8	0,8

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
24	Верстат вертикально-свердлильний	2Н125Л	2	2,2	0,14	0,5
	Верстат заточувальний	2А135	1	2,2	0,14	0,5
	Верстат токарно-гвинторізний	1К62	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат токарний	16К20	3	4,0	0,17	0,65
	Верстат шліфувальний	16А25М	2	4,0	0,17	0,65
	Електропіч	СНО-	3	6,0	0,6	0,8
	Вентиляційна установка	ВУ	1	4,4	0,8	0,8
25	Верстат фрезерний	6М82	1	7,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-фрезерний	6Р81	1	5,5	0,17	0,65
	Верстат горизонтально-фрезерний	6Г81	1	5,5	0,17	0,65
	Верстат шліфувальний	16А25М	2	4,0	0,17	0,65
	Верстат токарно-гвинторізний	1К62	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат токарний	16К20	3	11,0	0,17	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ	2	4,0	0,7	0,8
26	Верстат радіально-свердлильний	2Р53	3	5,5	0,17	0,65
	Верстат заточувальний	2А135	3	2,0	0,12	0,5
	Верстат внутрішньошліфувальний	3К229В	2	7,5	0,17	0,65
	Електрозварювальний апарат	ТД-4000	2	4,0	0,2	0,4
	Установка витяжна	ВУ-3000	2	3,0	0,8	0,95
	Приточна установка	ПУ-4000	1	4,0	0,8	0,8
	Компресорна установка	К-10-20-4	3	4,0	0,6	0,85
27	Верстат токарно-гвинторізний	1К62Б	2	11,0	0,17	0,65
	Верстат токарний	16К20	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-фрезерний	6Р13	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат горизонтально-фрезерний	6Р82Г	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат фрезерний	ФСПУ-5,5У	2	5,5	0,17	0,65
	Установка витяжна	ВУ -2000	1	4,0	0,75	0,8
	Компресорна установка	К-10-20	1	4,0	0,5	0,8
28	Верстат плоскошліфувальний	3Е711В	2	4,0	0,17	0,65
	Верстат внутрішньо-шліфувальний	3Б722	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат радіально-свердлильний	2М57	1	7,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-свердлильний	ВС-1258	1	2,2	0,14	0,5
	Верстат заточувальний	3В642	1	1,1	0,14	0,5
	Прес електричний	П-3625	1	4,5	0,4	0,7
	Електрозварювальний апарат	ТЗ-5-380/220	1	5,0	0,2	0,4
	Електропіч	СНО-4	2	4,0	0,8	0,75
	Вентиляційна установка	ВУ-1,5	3	1,5	0,8	0,75
29	Верстат плоскошліфувальний	3Д7740В	3	11,0	0,17	0,65
	Верстат внутрішньо-шліфувальний	3Б722	3	5,5	0,17	0,65
	Прес-ножиці комбіновані	ІW45	1	2,2	0,14	0,5
	Верстат фрезерний	ФСПУ-5,5У	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат фрезерний	6М82	3	7,5	0,17	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ-2	3	2,0	0,8	0,75

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
30	Прес-ножиці комбіновані	ПНК-63-20	2	6,0	0,2	0,65
	Електрозварювальний апарат	ТД-7,5	2	7,5	0,2	0,4
	Верстат круглошліфувальний	3М150	2	4,0	0,17	0,65
	Верстат плоскошліфувальний	3Е710А	2	4,0	0,17	0,65
	Верстат горизонтально-фрезерний	6Р81	3	7,5	0,2	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ-2	3	2,0	0,75	0,75
31	Верстат внутрішньо-шліфувальний	3Б722	3	5,5	0,17	0,65
	Прес-ножиці комбіновані	ІW45	2	2,2	0,14	0,5
	Верстат фрезерний	ФСПУ-5,5У	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат фрезерний	6М82	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат токарно-гвинторізний	1К62	2	5,5	0,17	0,65
	Верстат токарний	16К20	2	7,5	0,17	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ	2	4,0	0,7	0,8
32	Верстат координатно-розточний	2Д450	2	4,0	0,17	0,65
	Верстат токарний	К193Н	2	6,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-свердлильний	2Н118	1	1,5	0,12	0,4
	Верстат універсально-заточувальний	ВЗУ-2	3	4,2	0,12	0,4
	Верстат смуговідрізний	8Б545	1	2,5	0,14	0,5
	Прес	П-2044	3	3,5	0,17	0,65
	Компресор	КУ-6	2	6,0	0,6	0,8
	Вентиляція	ВУ-4x1,1	1	4,4	0,65	0,8
33	Верстат плоскошліфувальний	3Е711В	2	4,5	0,17	0,65
	Верстат внутрішньо-шліфувальний	3Б722	2	7,5	0,17	0,65
	Верстат радіально-свердлильний	2М57	1	7,5	0,17	0,65
	Верстат вертикально-свердлильний	ВС-1258	2	3,2	0,14	0,5
	Верстат заточувальний	3В642	1	2,1	0,14	0,5
	Прес електричний	П-3625	2	4,5	0,4	0,7
	Електрозварювальний апарат	ТЗ-5-380/220	1	5,0	0,2	0,4
	Електропіч	СНО-4	2	4,0	0,8	0,75
	Вентиляційна установка	ВУ-1,5	3	1,5	0,8	0,75
34	Прес-ножиці комбіновані	ПНК-63-20	1	6,0	0,2	0,65
	Електрозварювальний апарат	ТД-3000	2	7,0	0,2	0,4
	Верстат кругло-шліфувальний	3Н130В	3	5,0	0,17	0,65
	Верстат плоско-шліфувальний	3Б722	4	4,5	0,17	0,65
	Верстат горизонтально- фрезерний	6Р81	3	7,5	0,2	0,65
	Вентиляційна установка	ВУ-2	3	2,5	0,75	0,75
35	Верстат свердлильний	ПНК-20	3	2,1	0,14	0,5
	Верстат заточувальний	2А135	4	3,0	0,14	0,5
	Верстат вертикально-фрезерний	6Р81	4	5,5	0,17	0,65
	Електрозварювальний апарат	ТД-4000	2	4,0	0,2	0,4
	Установка витяжна	ВУ-3000	2	3,0	0,8	0,95
	Приточна установка	ПУ-4000	2	2,0	0,8	0,8
	Компресорна установка	К-10-4	3	4,5	0,6	0,85

Технічні дані автоматичних вимикачів напругою до 1000В

Таблиця Б.1 – Автоматичні вимикачі серії АЕ 20М

Тип	$I_{ном.в.}$, А	$I_{н.розч.}$, А	Граничний струм комутаційної здатності, кА
АЕ 2040М	1,6	0,6 – 1,6	1,5
	12,5	2 – 12,5	1,5
	63	16 – 63	4,5
АЕ 2050М	12,5	10 – 12,5	2,4
	25	16 – 25	3,5
	100	31,5 – 100	6
АЕ 2060М	25	16 – 25	3,5
	40	31,5 – 40	6
	100	50 – 100	9
	160	125 – 160	11,5

Таблиця Б.2 – Автоматичні вимикачі серії А3700 з напівпровідниковими розчеплювачами

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	Струм спрацювання напівпровідникового розчеплювача, А	Миттєве значення номинального струму відключення, кА
А3714 Б	32	32; 25; 20; 16	1600	14
	40	40; 32; 25; 20	1600	18
	80	80; 63; 50; 40	1600	35
	160	160; 125; 100; 80	1600	75
А3724 Б	160	160; 125; 100; 80	2500	75
	250	250; 200; 160	2500	75
А3734 Б (А3794 Б)	250	250; 200; 160	4000	100
	400	400; 320; 250	4000	100
А3744 Б	400	400; 320; 250	6300	100
	630	630; 500; 400	6300	100
А3734 С (А3794 С)	250	250; 200; 160	—	50
	400	400; 320; 250	—	50
А3744 С	400	400; 320; 250	—	60
	630	630; 500; 400	—	60

Таблиця Б.3 – Автоматичні вимикачі серії ВА51 (ВА-81) з тепловими і електромагнітними розчеплювачами

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.розч}}$	Діюче значення номинального струму відключення, кА
ВА 51-25	25	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25	7, 10	6
ВА 51-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	3, 7, 10	6
ВА 51-33	160	80; 100; 125; 160	10	6
ВА 51-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	12	6
ВА 51-37	400	250; 320; 400	10	6
ВА 51-39	630	400; 500; 630	10	6

Таблиця Б.4 – Автоматичні вимикачі серії ВА51Г з тепловим і електромагнітним розчеплювачами для керування і захисту асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.розч}}$	Діюче значення номінального струму відключення, кА
ВА 51Г-25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12; 16; 20; 25	14	6
ВА 51Г-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	14	6
ВА 51Г-33	160	80; 100; 125; 160	14	6

Таблиця Б.5 – Автоматичні вимикачі серії ВА52 з тепловим і електромагнітним розчеплювачами

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм розчеплювача, А	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.розч}}$	Струм відключення, кА
ВА 52-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	3; 7; 10	16
ВА 52-33	160	80; 100; 125; 160	10	16
ВА 52-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	12	16
ВА 52-37	400	250; 320; 400	10	16
ВА 52-39	630	250; 320; 400; 500; 630	10	16
ВА 52Г-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	14	16
ВА 52Г-33	160	80; 100; 125; 160	14	16

Таблиця Б.6 – Автоматичні вимикачі серії ВА53, (ВА83), ВА54 з напівпровідниковим розчеплювачем (неселективні)

Тип	Номинальний струм вимикача, А	$\frac{I_{н.розч}}{I_{номв}}$	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.розч}}$	Граничний струм, кА
ВА 53-37	400; 250; 160	0,63; 0,8; 1,0	2; 3; 5; 7; 10	47,5
ВА 53-39	630; 400; 250; 160	Те ж	Те ж	55
ВА 83-41	1000; 630; 400; 250	Те ж	2; 3; 5; 7; (10)	60
ВА 53-43	1600	Те ж	Те ж	80
ВА 54-37	400; 250; 160	Те ж	2; 3; 5; 7; 10	87
ВА 54-39	630; 500; 400	Те ж	Те ж	100
ВА 54-41	1000	Те ж	2; 3; 5; 7	150

Таблиця Б.7 – Автоматичні вимикачі серії ВА 55, (ВА 85), ВА 75 з напів-провідниковим розчеплювачем (селективні)

Тип	Номинальний струм вимикача, А	$\frac{I_{н.розч}}{I_{НОМВ}}$	$\frac{I_{с.ем}}{I_{н.розч}}$	Струм спрацювання н/п розчеплювача, кА	Граничний струм комутаційної здатності, кА
ВА 55-37	400; 250; 160	0,63; 0,8; 1,0	2; 3; 5; 7; 10	20	32,5
ВА 55-39	630; 400; 250; 160	Те ж	Те ж	25	47,5
ВА 85-41	1000; 630; 400; 250	Те ж	2; 3; 5; 7; (10)	25	60
ВА 55-43	1600	Те ж	Те ж	31	80
ВА 75-45	2500	Те ж	Те ж	36	60
ВА 75-47	2500 4000	Те ж Те ж	2; 3; 5 Те ж	36 45	70 70

Таблиця Б.8 – Автоматичні вимикачі серії ВА23

Тип	Номинальний струм вимикача, А	Номинальний струм максимального розчеплювача, А	Струм спрацювання електромагнітного розчеплювача (в зоні КЗ), кратна $I_{н.розч.}$	Граничний струм комутаційної здатності, кА
ВА 23-29	63	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	5; 7; 10	12,5
ВА 23Б-29	63	6,3; 10; 16	7	12,5
ВА 23Г-29	63	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	14	12,5

Технічні дані силових трансформаторів, розподільних пристроїв ТП, комірок КСО-393, конденсаторних установок і розподільних пунктів

Таблиця В.1 – Технічні дані трифазних масляних двообмоткових трансформаторів.

Тип	S _{ном} кВА	Номинальна напруга, кВ		Витрати, кВт		Напру га КЗ, %	Струм XX, %	Схема і група з'єднань обмоток
		ВН	НН	XX	КЗ			
ТМ-25	25	6 або 10	0,4	0,13	0,6	4,5	3,2	Y/Y _н -0 Y/Z _н -11
ТМ-40	40	6 або 10	0,4	0,175	0,88	4,5	3	Y/Y _н -0
ТМ-63	63	6 або 10	0,4	0,24	1,28	4,5	2,8	Y/Y _н -0 Y/Z _н -11
ТМ-100	100	6 або 10	0,4	0,33	1,97	4,5	2,6	Y/Y _н -0 Y/Z _н -11
ТМ-160	160	6 або 10	0,4	0,51	2,65	4,5	2,4	Y/Y _н -0 Y/Z _н -11
ТМ-250	250	6 або 10	0,4	0,74	3,7	6,5	2,3	Y/Y _н -0 Δ/Z _н -11
ТМ-400	400	6 або 10	0,4	0,95	5,5	4,5	2,1	Y/Y _н -0 Δ/Z _н -11
ТМ-630	630	6 або 10	0,4	1,31	7,6	5,5	2	Y/Y _н -0 Δ/Z _н -11
ТМ-1000	1000	6 або 10	0,4	2,45	12,2	5,5	1,4	Y/Y _н -0 Δ/Z _н -11

Таблиця В.2 – Комплектність розподільних пристроїв КТП

Тип підстанції	КТП-400	КТП-630	КТП-1000
Тип ввідної шафи Ввідний вимикач Лінійні вимикачі	ШНВ-1 ВА55-39 ВА52-35-2шт ВА51-35-1шт	ШНВ-2 ВА55-41 ВА53-39-2шт (ВА55-39)	ШНВ-3 ВА55-43 ВА53-39-2шт (ВА55-39)
Тип секційної шафи Секційний вимикач Лінійні вимикачі	ШНС-1 ВА55-39 ВА52-35-2шт ВА51-35-1шт	ШНС-2 ВА55-41 ВА53-39-2шт (ВА55-39)	ШНС-3 ВА55-43 ВА53-39-2шт (ВА55-39)
Тип лінійної шафи Лінійні вимикачі	ШНЛ-1 ВА52-35-3шт ВА51-35-2шт	ШНЛ-3 ВА52-39-5шт (ВА51-39)	ШНЛ-4 ВА51-39-5шт (ВА53-39)

Позначення шаф: Ш – шафа, Н – низьковольтна, В – вводу, С – секційна, Л – лінійна.

Таблиця В.3 – Технічні дані комплектних конденсаторних установок напругою 0,4кВ.

Тип ККУ	Потужність, кВАр	Номінальний струм, А	Номінал ввідного запобіжника, А	Ступінь регулювання, кВАр
УКРМ (АКУ)-0,4-25-5	25	36,25	63	5
УКРМ (АКУ)-0,4-35-5	35	50,75	80	5
УКРМ (АКУ)-0,4-45-5	45	65,25	100	5
УКРМ (АКУ)-0,4-50-10	50	72,5	125	10
УКРМ (АКУ)-0,4-55-10	55	79,75	125	10
УКРМ (АКУ)-0,4-60-10	60	87	160	10
УКРМ (АКУ)-0,4-70-10	70	101,5	160	10
УКРМ (АКУ)-0,4-80-10	80	116	200	10
УКРМ (АКУ)-0,4-90-10	90	130,5	225	10
УКРМ (АКУ)-0,4-100-10	100	145	250	10
УКРМ (АКУ)-0,4-110-10	110	159,5	250	10
УКРМ (АКУ)-0,4-120-20	120	174	250	20
УКРМ (АКУ)-0,4-140-20	140	203	315	20
УКРМ (АКУ)-0,4-150-10	150	217,5	315	10
УКРМ (АКУ)-0,4-160-20	160	232	400	20
УКРМ (АКУ)-0,4-180-20	180	261	400	20
УКРМ (АКУ)-0,4-200-20	200	290	400	20
УКРМ (АКУ)-0,4-220-20	220	319	500	20
УКРМ (АКУ)-0,4-240-20	240	148	500	20
УКРМ (АКУ)-0,4-260-20	260	377	630	20
УКРМ (АКУ)-0,4-320-20	320	464	800	20
УКРМ (АКУ)-0,4-360-40	360	522	800	40
УКРМ (АКУ)-0,4-400-40	400	580	800	40
УКРМ (АКУ)-0,4-520-40	520	754	1250	40
УКРМ (АКУ)-0,4-540-60	540	783	1250	60

Таблиця В.4 – Технічні дані роз'єднувачів внутрішньої установки

Тип	Напруга, КВ	Номінальний струм, А	Амплітуда граничного наскрізного струму КЗ, кА	Граничний струм терм. стійкості кА/С		Тип приводу
				головних ножів	заземляючих ножів	
РВ, РВФ РВФЗ	6	400	41	16/4	-	ПР- 10; ПР- 11
		630	52	20/4	20/1	
		1000	100	40/4	31,5/1	
РВ, РВО, РВЗ	10	400	41	16/4	16/1	ПР- 10, ПР- 11
		630	52	20/4	20/1	
		1000	100	31,5/1	31,5/1	
РВФ, РВФЗ	10	2000	85	31,5/1	31,5/1	

Таблиця В.5 – Технічні дані комірок КСО-393 внутрішньої установки

Назва параметра	Одиниця виміру	Значення параметра
Номінальна напруга	кВ	6; 10
Найбільша робоча напруга	кВ	7,2; 12
Номінальний струм головних кіл	А	630; 800; 1000
Номінальний струм збірних шин	А	630; 1000
Номінальний струм відключення	кА	20; 25; 31,5
Струм електродинамічної стійкості	кА	41
Струм термічної стійкості, за час 3с	кА	20; 31,5
Струм плавкої вставки запобіжників: для 10кВ	А	31,5; 40; 63; 80; 100
для 6кВ	А	31,5; 40; 80; 100; 125

Таблиця В.6 – Комплектування розподільного пункту ПР 8501-1000 (630А)

Номера схем шаф				Число відхідних ліній	
з рубиль- ником на вводі	з ввідним вимикачем			ВА 51-31	ВА 51-35
	ВА 51-39	ВА 55-39	ВА 56-39	16-100 А	100-250 А
149	090	115	140	6	–
150	091	116	141	8	–
151	092	117	142	10	–
152	093	118	143	12	–
153	094	119	144	–	4
154	095	120	145	2	2
155	096	121	146	4	2
156	097	122	147	6	2
157	098	123	148	8	2

Таблиця В.7 – Розподільні пункти ПР 8504-3000-21УЗ, ПР 8504-3000-54УЗ (навісне виконання); ПР 8504-7000-21УЗ, ПР 8504-7000-54УЗ (наземне виконання); утоплене ПР 8504-1000-21УЗ

Номер схеми	З ввідним вимикачем	Число відхідних ліній (з вимикачем АЕ 2056)
70	ВА 51-35 (250А)	4
72	ВА 51-39 (400А)	6
74	ВА 51-39 (630А)	8
76	ВА 51-39 (630А)	12

Таблиця В.8 – Розподільні пункти ПР 8505-1000-21УЗ (навісне виконання) ПР 8505-7000-21УЗ (наземне виконання) з рубильником ВР 32-35 ВЗ 1250-32УХЛЗ (250А)

Номер схеми	Число відхідних ліній		Номер схеми	Число відхідних ліній	
	АЕ 2044	АЕ 2046		АЕ 2044	АЕ 2046
02	12	–	22	12	4
04	–	4	24	6	6
06	6	2	26	30	–
08	18	–	28	–	10
10	–	6	30	24	2
12	12	2	32	18	4
14	6	4	34	12	6
16	24	–	36	6	8
18	–	8	38	–	12
20	18	2			

Таблиця В.9 – Розподільні пункти ПР 8505-1000-21УЗ (навісне виконання) ПР 8505-7000-21УЗ (наземне виконання) з рубильником ВР 32-37 ВЗ 1250-32УХЛЗ (400А)

Номер схеми	Число відхідних ліній		Номер схеми	Число відхідних ліній	
	АЕ 2044	АЕ 2046		АЕ 2044	АЕ 2046
40	18	–	58	30	–
42	–	6	60	–	10
44	12	2	62	24	2
46	6	4	64	18	4
48	24	-	66	12	6
50	-	8	68	6	8
52	18	2	70	–	–
54	12	4	72	–	–
56	6	6			

Допустимі значення струмів струмопровідних частин

Таблиця Г.1 – Допустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами з паперовою ізоляцією в свинцевій або алюмінієвій оболонці, прокладених в землі

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А для кабелів		
	трижильних напругою, кВ		чотирижильних до 1 кВ
	6	10	
10	60	–	65
16	80	75	90
25	105	90	115
35	125	115	135
50	155	140	165
70	190	165	200
95	225	205	240
120	260	240	270
150	300	275	305
185	340	310	345
240	390	355	–

Таблиця Г.2 – Допустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами з паперовою ізоляцією в свинцевій або алюмінієвій оболонці, що прокладені в повітрі

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А для кабелів		
	трижильних напругою, кВ		чотирижильних до 1 кВ
	6	10	
10	42	-	45
16	50	46	60
25	70	65	75
35	85	80	95
50	110	105	110
70	135	130	140
95	165	155	165
120	190	185	200
150	225	210	230
185	250	235	260
240	290	270	-

Таблиця Г.3 – Допустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами з гумовою або пластмасовою ізоляцією в свинцевій, полівінілхлоридній і гумовій оболонках, броньованих і неброньованих

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Трижильних при прокладці		Переріз струмопровідної жили, мм ²	Трижильних при прокладці	
	в повітрі	в землі		в повітрі	в землі
2,5	19	29	50	110	175
4	27	38	70	140	210
6	32	46	95	170	225
10	42	70	120	200	295
16	60	90	150	235	335
25	75	115	185	270	385
35	90	140	-	-	-

Примітка. Допустимі тривалі струми для чотирижильних кабелів з пластмасовою ізоляцією на напругу до 1 кВ можуть вибиратися за цією таблицею, як для трижильних кабелів, але з коефіцієнтом 0,92.

Таблиця Г.4 – Допустимий тривалий струм для проводів з гумовою полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для проводів прокладених					
	відкрито	в одній трубі				
		двох одножильних	трьох одножильних	чотирьох одножильних	одного дво-жильного	одного три-жильного
2	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—



Опори струмопровідних елементів і силових трансформаторів

Таблиця Д.1 – Питомі опори кабелів з алюмінієвими жилами, мОм/м

Переріз жил, мм ²	r_0	x_0			$Z_{\phi-H}$
		до 1кВ	6кВ	10кВ	
(4×2,5)	12,5	0,104	-	-	29,64
3×4 + 1×2,5 (4×4)	7,81	0,095	-	-	24,08 (18,52)
3×6 + 1×4 (4×6)	5,21	0,09	-	-	14,43 (12,34)
3×10 + 1×6 (4×10)	3,12	0,073	-	-	9,88 (7,41)
3×16 + 1×10 (4×16)	1,95	0,068	0,103	0,113	5,92 (4,43)
3×25 + 1×16 (4×25)	1,25	0,066	0,091	0,1	3,70 (2,96)
3×35 + 1×16 (4×35)	0,894	0,064	0,087	0,095	3,35 (2,12)
3×50 + 1×25 (4×50)	0,625	0,063	0,083	0,09	2,22 (1,48)
3×70 + 1×35 (4×70)	0,447	0,061	0,08	0,086	1,59 (1,06)
3×95 + 1×50 (4×95)	0,329	0,06	0,078	0,083	1,13 (0,48)
3×120+1×50 (4×120)	0,261	0,06	0,076	0,081	1,05 (0,62)
3×150 + 1×70	0,208	0,06	0,074	0,079	0,82
3×185 + 1×70	0,169	0,06	0,073	0,077	0,73
3×240 + 1×95	0,13	0,059	0,071	0,071	0,59

Примітка. Для напруг 6кВ і 10кВ питомі опори кабелів приймаються за перерізом фазних жил.

Таблиця Д.2 – Опори понижувальних трансформаторів 10(6)/0,4кВ, мОм [1]

З'єднання обмоток	$S_{НОМ.Т.}$, кВ·А	U_k , %	R_T	X_T	R_{0T}	X_{0T}	Z_{0T}
	100	4,5	31,5	65	254	582	779
	160	4,5	16,6	41,7	151	367	486
	250	4,5	9,4	27,2	96,5	235	311
	400	4,5	5,5	17,1	55,6	149	195
	630	5,5	3,1	13,6	30,2	95,8	128
	1000	5,5	1,7	8,6	19,6	60,6	81
	1600	5,5	1	5,4	16,3	50,0	63,5
	160	4,5	16,6	41,7	16,6	41,7	135
	250	4,5	9,4	27,2	9,4	27,2	86,3
	400	4,5	5,9	17	5,9	17	54
	630	5,5	3,4	13,5	3,4	13,5	42
	1000	5,5	1,9	8,6	1,9	8,6	26,4
	1600	5,5	1,1	5,4	1,1	5,4	16,5
	2500	5,5	0,64	3,46	0,64	3,46	10,56

Таблиця Д.3 – Питомі опори шинопроводів, мОм/м

Тип шинопроводу	$I_{НОМ.Ш}, А$	$R_{Ш}$	$X_{Ш}$	$Z_{Ф-Н}$
ШМА 68П	4000	0,013	0,015	0,103
Те ж	2500	0,02	0,02	0,112
ШМА 73(16)	1600	0,031	0,022	0,160
ШМА4	3200	0,015	0,007	0,053
Те ж	2500	0,017	0,008	0,082
“	1600	0,03	0,014	0,087
“	1250	0,034	0,016	0,086
ШРА73	630	0,1	0,13	0,33
Те ж	400	0,15	0,17	0,38
“	250	0,21	0,21	0,59
ШРА 4	630	0,1	0,13	—
Те ж	400	0,15	0,17	—
“	250	0,21	0,21	—

Додаток Е

Додаткові довідникові дані

Таблиця Е.1 - Поправкові коефіцієнти на кількість працюючих кабелів, що лежать поряд в землі (в трубах та без труб)

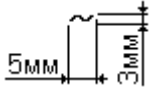
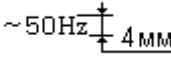
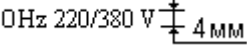
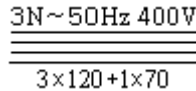
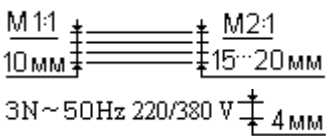
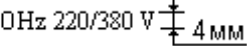

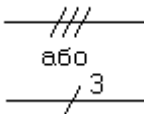
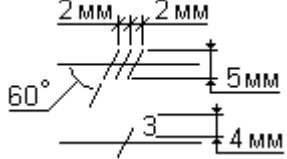
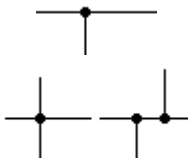


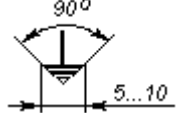
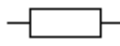
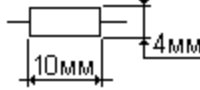


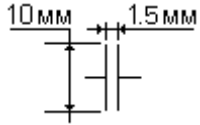
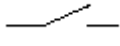
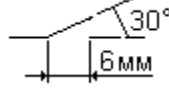
Відстань на світлі, мм;	Кількість кабелів					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

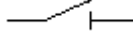
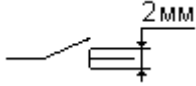

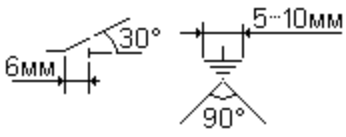
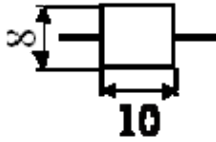

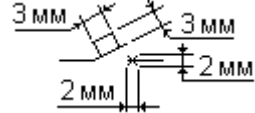
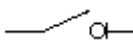
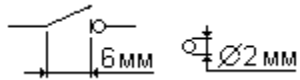

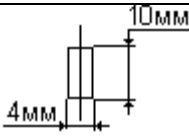

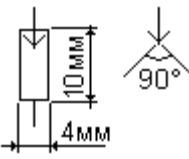

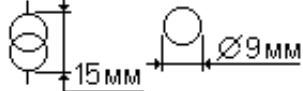

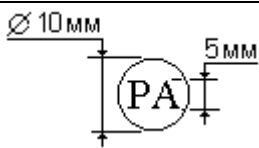

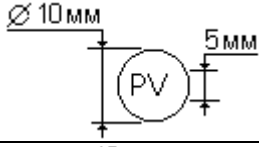

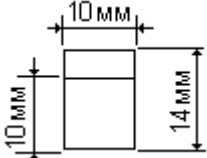

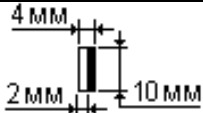
Таблиця Е.3 - Значення коефіцієнта С для кабелів напругою 6 та 10кВ

Дроти, кабелі	Коефіцієнт С, $Ас^{1/2}/мм^2$, для кабелів напругою	
	6кВ	10кВ
Кабелі з алюмінієвими суцільними жилами й паперовою ізоляцією	92	94
Кабелі з алюмінієвими багатодротовими жилами й паперовою ізоляцією	98	100
Кабелі з мідними суцільними жилами й паперовою ізоляцією	140	143
Кабелі з мідними багатодротовими жилами й паперовою ізоляцією	147	150
Кабелі з алюмінієвими жилами з гумовою чи полівінілхлоридною ізоляцією	75	78
Кабелі з мідними жилами з гумовою чи полівінілхлоридною ізоляцією	114	118
Кабелі з алюмінієвими жилами з гумовою та пластмасовою ізоляцією	62	65
Кабелі з мідними жилами з гумовою та пластмасовою ізоляцією	94	98

Умовні позначення електрообладнання на планах і схемах

Таблиця Ж1- Умовні позначення електрообладнання на планах і схемах

№ п/п	Назва елемента	Позначення	Зображення	Розміри
1.	2.	3.	4.	5.
<i>Вид струму та напруги</i>				
1	Струм змінний Напруга змінна		~	
2	Струм змінний однофазний		~50Hz або ~50Гц	~50Hz 
3	Струм змінний трифазний		3N~50Hz 220/380 V або 3N~50Гц 220/380 V	3N~50Hz 220/380 V 
4	Мережа змінного струму напругою 400V, частотою 50 Hz, 3 провідники перерізом 120 мм ² , один провідник перерізом 70 мм ²		3N~50Hz 400V  3x120+1x70	M1:1  M2:1 10мм 15...20мм 3N~50Hz 220/380 V 
<i>Лінії електричного зв'язку (провідники)</i>				
5	Лінії електричного зв'язку: прокладені проводи, кабелі, шини (загальне позначення)			Товщина лінії 0,3...0,4 мм
6	Зображення трипровідної мережі в однолінійній схемі		 або / 3	
7	Відгалудження провідників: однієї лінії двох ліній			Товщина лінії 0,3...0,4 мм 
<i>Позначення заземлення</i>				
8	Заземлення			
<i>Резистори ГОСТ - 2.728 - 74</i>				
9	Резистор постійний	R		
<i>Конденсатори ГОСТ 2.728 -74</i>				
10	Конденсатор постійної ємності	C	 або 	
<i>Електричне силове обладнання</i>				
11	Рубильник	QS		

1.	2.	3.	4.	5.
12	Роз'єднувач	QS		
13	Роз'єднувач із заземляючими ножами	QSQ		
14	Вимикач високовольтний	QF		
15	Вимикач автоматичний	QF		
16	Вимикач навантаження	QW		
<i>Запобіжники</i>				
17	Запобіжник	FU		
<i>Розрядники ГОСТ 2.727 - 68</i>				
18	Розрядник: - загальне позначення	FV		
<i>Трансформатори</i>				
19	Трансформатор двообмотковий силовий	TV		
<i>Прилади електровимірювальні</i>				
20	Амперметр	PA		
21	Вольтметр	PV		
22	Лічильник активної та реактивної енергії	PIK		
23	Розподільчий пункт (РП) (чорна частина до контуру будівлі)	A		

Оформлення пояснювальної записки

Зразок оформлення титульної сторінки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ЛУЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Циклова комісія:
Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка

КУРСОВА РОБОТА

З дисципліни «ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ»

НА ТЕМУ: «Проектування системи електропостачання дільниці
механічного цеху встановленою потужністю XXX кВт»

Виконав: здобувач передвищої освіти
4 курсу, групи 41-ЕТ
спеціальності 141 Електротехніка,
електроенергетика та електромеханіка
Іванов Сергій Миколайович
(прізвище, ім'я, по-батькові)

Керівник: к.т.н., доцент Давиденко В.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Національна шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) (прізвище та ініціали)

м. Луцьк – 2021 рік

*Примітка. Під XXX розуміється величина номінальної встановленої
потужності механічної дільниці згідно завдання.*

Технічний фаховий коледж Луцького національного технічного університету

(назва вищого навчального закладу)

Циклова комісія Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Дисципліна Електропостачання

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Курс IV Група 41-ЕТ Семестр VII

ЗАВДАННЯ

на курсовий проект (роботу) здобувача передвищої освіти

Іванову Сергію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування системи електропостачання ділянки механічного цеху встановленою потужністю XXX кВт

2. Строк здачі студентом закінченого проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту: встановлена потужність обладнання цеху – XXX кВт; категорія надійності ЕП – II; відстань до джерела живлення – XX км; струм трифазного КЗ на шинах джерела живлення – XX кА; склад електроприймачів ділянки цеху; встановлена потужність обладнання ділянки цеху – XXX кВт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці):
Розрахунок електричних навантажень. Вибір трансформаторів ТП та ККУ СЕП. Розрахунок мережі зовнішнього електропостачання. Розрахунок мережі внутрішнього та цехового електропостачання.

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

Однолінійна схема електропостачання цеху

Однолінійна схема електропостачання ділянки цеху

6. Дата видачі завдання _____

Здобувач передвищої освіти _____
(підпис)

Іванов Сергій Миколайович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник _____
(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

“ ” _____ 20__ р.

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка містить:
40 стор., 1 рис., 9 табл., 4 літературних джерела, 2 додатки.

Об'єктом проектування є електропостачання дільниці.

Мета роботи – розробити оптимальну схему електропостачання дільниці механічного цеху.

Вихідними даними для проектування СЕП є : відомості про джерело живлення, встановлена потужність електрообладнання дільниці і цеху, категорія надійності електропостачання електроприймачів.

Результатом роботи є розрахунок електричних навантажень на різних рівнях електропостачання, вибір кількості та потужності цехових трансформаторів з врахуванням компенсації реактивної потужності на стороні 0,4кВ, вибір, вибір і розрахунок зовнішнього, внутрішнього електропостачання та цехової силової мережі; розрахунок струмів короткого замикання, вибір і перевірка електричних апаратів.

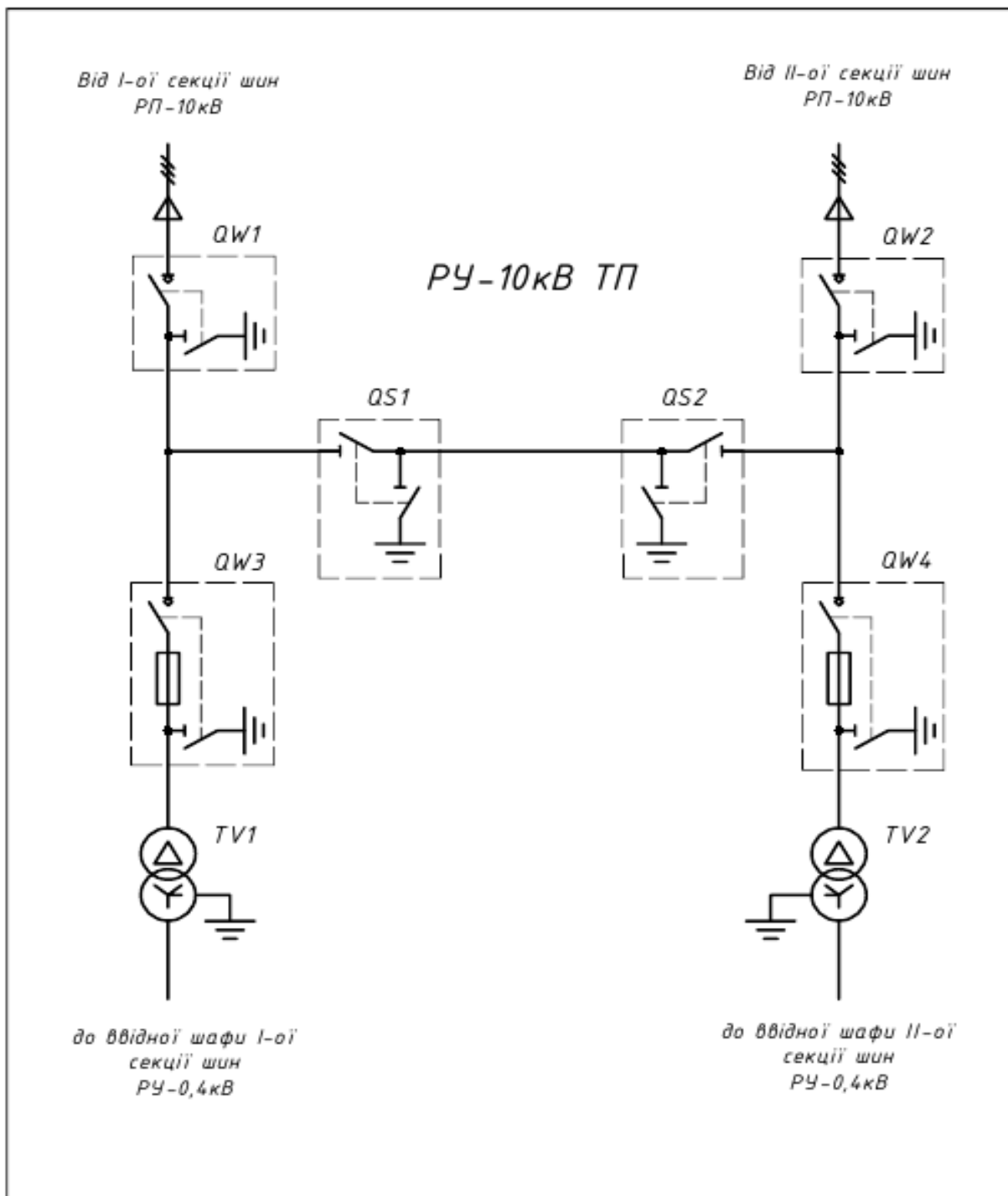
**ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧ, ЕЛЕКТРИЧНЕ
НАВАНТАЖЕННЯ, НАПРУГА, СТРУМ, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ,
ТРАНСФОРМАТОР, КАБЕЛЬНА ЛІНІЯ, ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ,
КОНДЕНСАТОРНА УСТАНОВКА.**

Примітка. Реферат наводиться з нової сторінки, без штамп.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

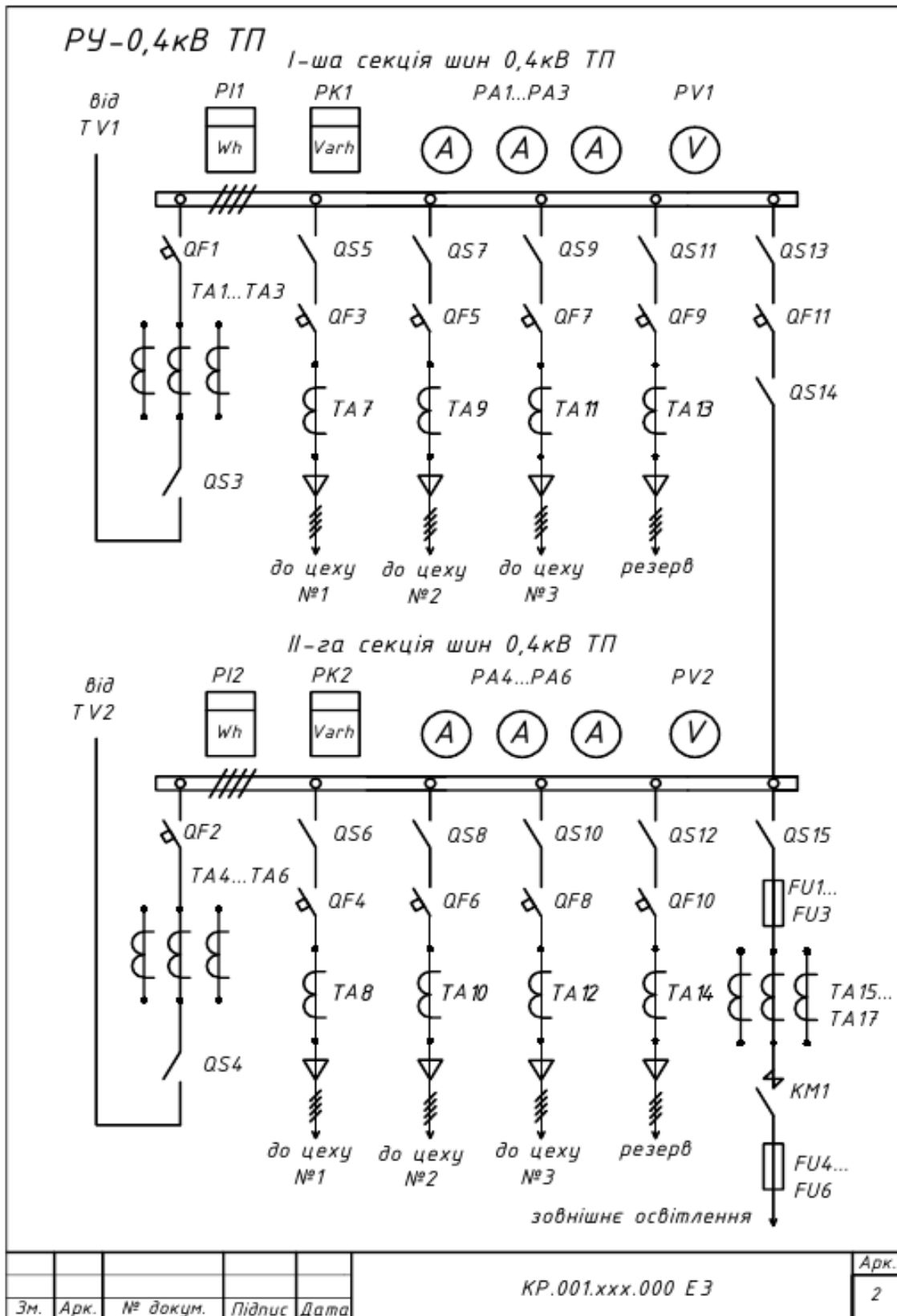
ВН	–	висока напруга
ЕО	–	електрообладнання
ЕП	–	електроприймач
КЗ	–	коротке замикання (електроустановки, трансформатора,...)
ККУ	–	комплектна конденсаторна установка
КРП	–	комплектний розподільний пристрій
НН	–	низька напруга
ПУЕ	–	правила улаштування електроустановок
РП	–	розподільний пункт 6, 10кВ або 0,4кВ
СЕП	–	система електропостачання
СРШ	–	силова розподільна шафа
ЦРП	–	центральний розподільний пункт
ЦТП	–	цехова трансформаторна підстанція

Зразок оформлення однолінійної схеми електропостачання

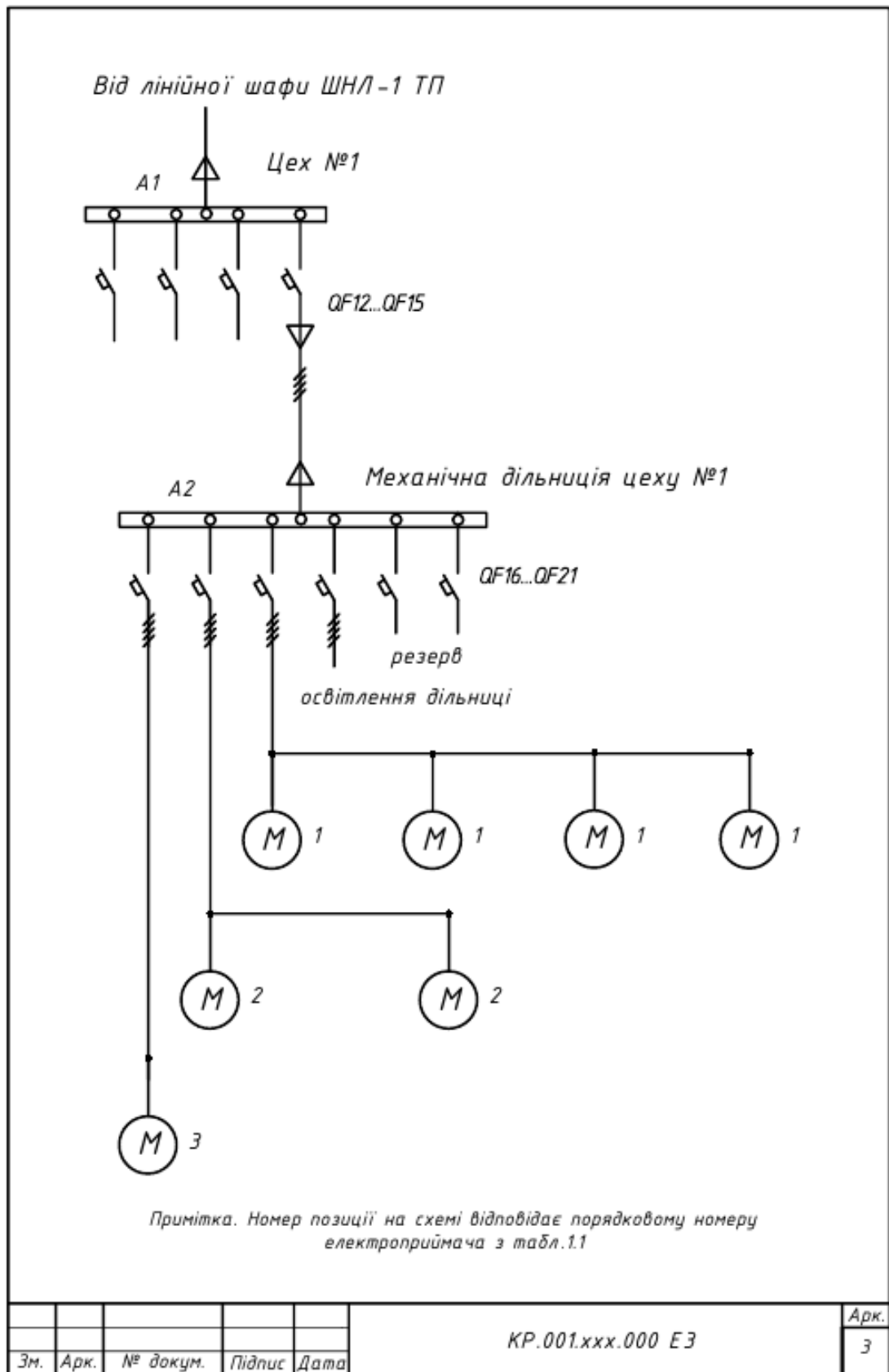


					КР.001.ххх.000 ЕЗ			
					Розробка системи електропостачання механічної дільниці з встановленою потужністю ХХХкВ цеху №1 промислового підприємства. Схема однолінійна електрична принципова	Літера	Маса	Мірила
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		У		
Розробив		Іванов С.М.						
Перевір.		Евсюк М.М.						
Т. контр.						Аркуш 1	Аркушів 3	
Н. контр.						ТК Луцького НТУ, гр. 41-ЕПС		
Затвер.								

Примітка. Схема наводиться з нової сторінки, унизу якої є великий штамп. Під ххх розуміється шифр номера залікової книжки студента.



Примітка. Продовження схеми наводиться з нової сторінки, унизу якої є малий штамп. Під ххх розуміється шифр номера залікової книжки студента.



Примітка. Продовження схеми наводиться з нової сторінки, унизу якої є малий штамп. Під ххх розуміється шифр номера залікової книжки студента.

Додаток К6
Зразок оформлення переліку елементів

Поз. позначення	Назва	К-ть	Примітка	
A1	Шафа розподільна ПР 8501-1152 ТУ 32.484.460-95	1		
A2	Шафа розподільна ПР 8501-1149 ТУ 32.484.460-95	1		
FU1...FU6	Запобіжник плавкий ПРС-40 ГОСТ 58.584.45-95	6		
KM1	Пускач магнітний ПМЛ 110004 ГОСТ 37.685.38-92	1		
PA1...PA6	Амперметр Е-3080 ГОСТ 35435-92	6		
PI1...PI3	Лічильник активної енергії СА4У ГОСТ 35657-90	3		
PK1, PK2	Лічильник реактивної енергії СР4У ГОСТ 37688-90	4		
PV1, PV2	Вольтметр Е-3080 ГОСТ 35435-92	2		
QF1, QF2	Вимикач автоматичний ВА 55-41, ГОСТ 54537-92	2		
QF3,...QF10	Вимикач автоматичний ВА 52-35, ГОСТ 54537-92	8		
QF11	Вимикач автоматичний ВА 55-39, ГОСТ 54537-92			
QF12,...QF15	Вимикач автоматичний ВА 51-35, ГОСТ 54537-92	4		
QF16,...QF21	Вимикач автоматичний ВА 51-31, ГОСТ 54537-92	6		
QW1, QW2	Вимикач навантаження ВНР-10-630 ГОСТ 36326-92	2		
QW3, QW4	Вимикач навантаження ВНР-10-630 ГОСТ 36326-92	2		
QS1, QS2	Роз'єднувач РВ(З)-10-630 ТУ 35.656.858-95	2		
QS3,QS15	Рубильник Р-19, І _н =1600А ТУ 16.255.255-92	13		
TA1..TA17	Трансформатор струму Т-0,66 ГОСТ 46465-95	17		
TV1,TV2	Трансформатор силовий ТМ-400/10/0,4 ГОСТ 56737-92	2		
КР.001.ххх.000. ПЕЗ				
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	
Розробив	Іванов С.М.			
Перевірив	Євсюк М.М.			
Н. контр.				
Затверд.				
<p><i>Розробка системи електропостачання механічної дільниці з встановленою потужністю електрообладнання ХХХ кВт цеху №1 промислового підприємства. Схема однолінійна електрична принципова. Перелік елементів</i></p>				
		Літера	Аркуш	Аркушів
		у	1	1
				ТК Луцького НТУ, 41-ЕПС

Примітка. Під ххх розуміється шифр номера залікової книжки студента. До переліку елементів заносяться ЕА, які були вибрані і перевірені у р.5.

Форми основного напису

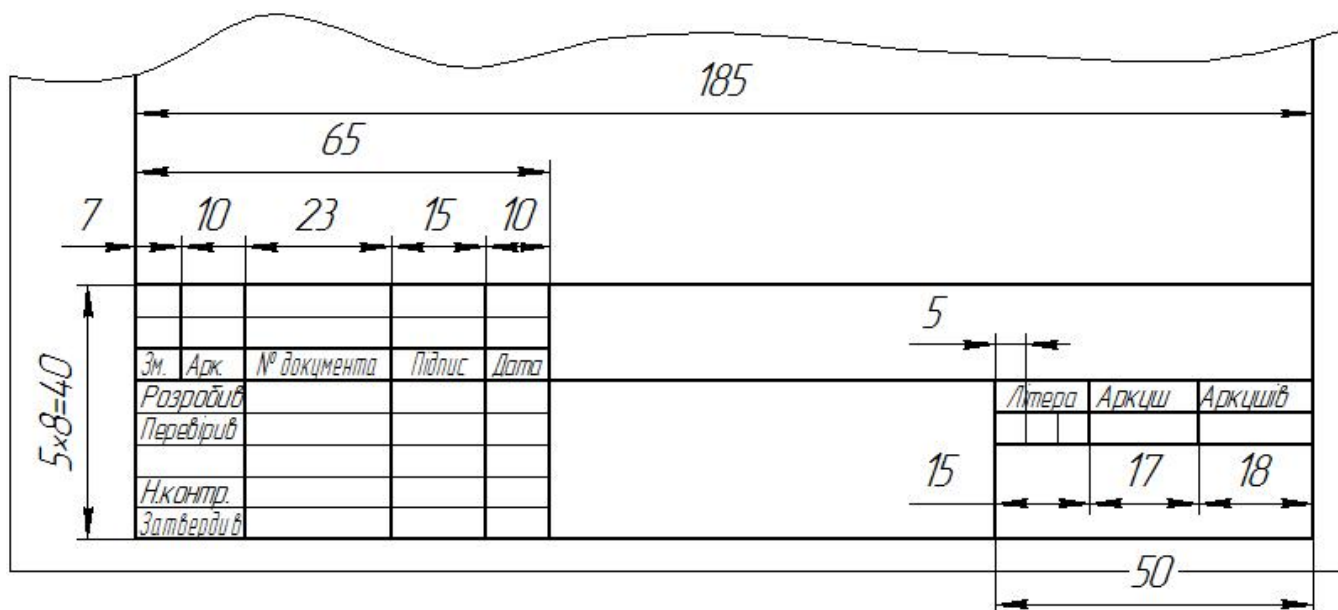


Рисунок Л.1 - Форма основного напису 185x40 мм

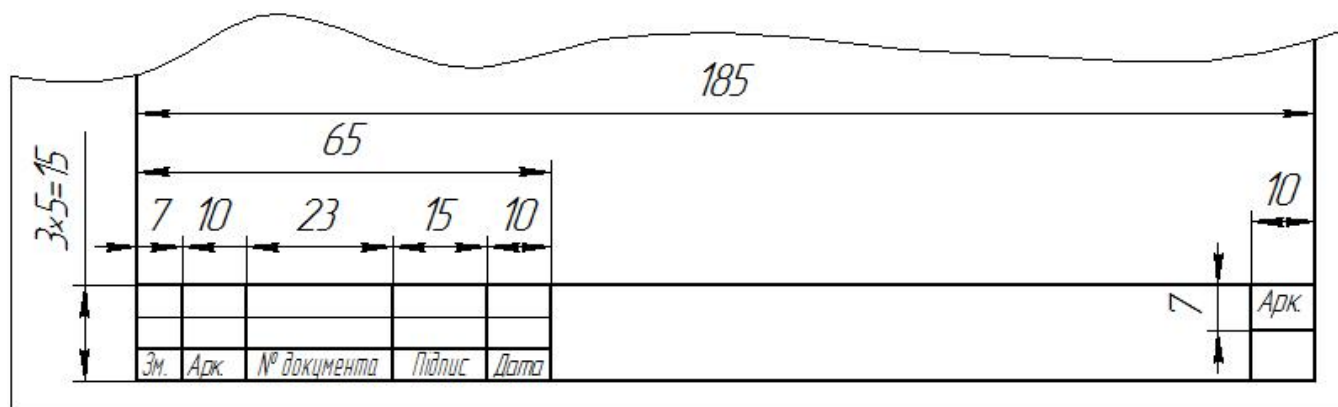


Рисунок Л.2 - Форма основного напису 185x15 мм

Орієнтовний перелік питань при захисті курсової роботи

1. Наведіть умови вибору місця встановлення цехової ТП?
2. Як розрізняють цехові ТП за місцем їх розташування?
3. Вибір комплектних шинопроводів ШМА та ШРА типу для мережі до 1кВ. Коли їх доцільно застосовувати в цехових мережах?
4. Наведіть умови вибору автоматичних вимикачів у мережах до 1кВ.
5. Що таке коефіцієнт завантаження трансформатора? Вибір коефіцієнта завантаження трансформатора цехової ТП залежно від категорії надійності електропостачання електроприймачів.
6. Наведіть вимоги до вибору схеми цехової силової мережі?
7. Які напруги застосовують у цехових мережах?
8. Особливості розрахунку трифазного короткого замикання для мереж понад 1кВ.
9. Конструктивне виконання цехової розподільної мережі.
10. Які струми КЗ підлягають розрахунку для вибору та перевірки стійкості електричних апаратів та струмопровідних частин електрообладнання?
11. Особливості розрахунку струмів однофазного КЗ для електричної мережі до 1кВ.
12. Особливості розрахунку трифазного короткого замикання для мереж до 1кВ.
13. Охарактеризуйте вибір перерізу проводів, кабелів за нагрівом розрахунковим струмом для мережі до 1кВ.
14. Охарактеризуйте вибір перерізу проводів, кабелів за економічною густиною струму.
15. Як визначають розрахункові навантаження на першому рівні електропостачання?
16. Як визначають розрахункові навантаження на другому і третьому рівнях електропостачання?
17. Що таке ефективне число електроприймачів? Як його визначають?
18. Особливості виконання схем зовнішнього електропостачання залежно від категорії надійності електропостачання споживачів.
19. Вкажіть загальні умови вибору електричних апаратів напругою більше 1кВ (за якими параметрами вибираються).
20. Як визначаються розрахункові навантаження (активне, реактивне і повне) на першому рівні електропостачання?
21. Виконання компенсації реактивної потужності в електричних мережах загального призначення напругою до 1кВ.
22. За якими умовами здійснюється вибір силових розподільних шаф та пунктів?
23. Конструктивне виконання цехової ТП.
24. Як здійснюється узгодження перерізу провідників з апаратами захисту?
25. Перевірка перерізів кабельних ліній за умовою термічної стійкості до дії струмів КЗ?

E62

Електропостачання [Текст]: методичні вказівки до виконання курсової роботи для здобувачів для здобувачів фахової передвищої освіти освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузь знань 14 Електрична інженерія спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка денної форми навчання / уклад. В.А. Давиденко, М.М. Євсюк. Луцьк : ТФК ЛНТУ, 2021. 72 с.

Комп'ютерний набір

В.А. Давиденко

Редактор

М.М. Євсюк

Підп. до друку ____ . ____ .2021р.
Формат 60x84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.
Ум. друк. арк. 4,5.
Наклад 50 прим.

Відділ іміджу та промоції
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – відділ іміджу та промоції Луцького НТУ