



Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та природокористування

Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики
та обчислювальної техніки
Кафедра автоматизації, електротехнічних
та комп'ютерно-інтегрованих технологій

04-03-229

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до курсового проекту з навчальної дисципліни

«СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
спеціальністю

141 „Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-методичною
комісією зі спеціальності
141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
Протокол № 1 від 04 вересня 2018 р.

Рівне – 2018



Методичні вказівки до курсового проекту з навчальної дисципліни «Системи електропостачання» для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання / Давиденко В. А., Давиденко Н. В. – Рівне : НУВГП, 2018. – 32 с.

Укладачі:

Давиденко В. А., к.т.н., доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій;

Давиденко Н. В., к.т.н., старший викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Відповідальний за випуск: Древецький В. В., д.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

© В. А. Давиденко, 2018

© Н. В. Давиденко, 2018

© НУВГП, 2018



	Стор.
ВСТУП	4
1. ЗАВДАННЯ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	5
2. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ	7
2.1. Зміст і обсяг проекту	7
2.2. Оформлення проекту	8
2.3. Орієнтовний зміст пояснюючої записки курсового проекту	8
3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	9
3.1. Умови проектування	9
3.2. Розрахунок електричних навантажень	9
3.3. Вибір числа та потужності трансформаторів	12
3.4. Вибір місць для розміщення трансформаторних підстанцій	15
3.5. Компенсація реактивної потужності	16
3.6. Розрахунок перерізу ліній електропередачі	17
3.7. Розрахунок струму КЗ	17
4. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ	20
4.1. Приклад розрахунку освітлювальних навантажень	20
4.2. Приклад вибору кількості і потужності трансформаторів ЦТП і компенсуючих пристроїв	20
4.3. Приклад розрахунку навантаження на шинах ВН ЦТП	21
4.4. Приклад розрахунку ЕН на вищих рівнях СЕП	22
4.5. Приклад вибору перерізу КЛ	23
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	25
ДОДАТОК	26



Електропостачальна система (ЕПС) промислового підприємства, яка складається з електричних мереж напругою до 1000 В та вище, трансформаторних та перетворювальних підстанцій, призначена для подавання електроенергії від джерела живлення до електроприймачів в достатній кількості і необхідній якості згідно з вимогами виробництва.

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 з вимог, що висуваються до проектів систем електропостачання, є надійність електропостачання споживачів. Надійність електропостачання забезпечується завдяки вибору найбільш досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням структурного резервування, пристроїв автоматики і релейного захисту.

Складові елементи СЕП вибирають за розрахунковим електричним навантаженням. Зниження розрахункових навантажень спричиняє перегрів елементів системи електропостачання і прискорення їх зносу, завищення розрахункових навантажень спричиняє зайві капіталовкладення та збільшення витрат на системи електропостачання. Так, бачимо, яке значення має розробка і впровадження в практику проектування систем електропостачання науково обґрунтованих і достатньо точних методів розрахунку електричних навантажень.

Метою курсового проектування є систематизація і розширення теоретичних знань студентів щодо проектування систем електропостачання промислових об'єктів, розвиток аналітичного і творчого мислення.

У процесі виконання проекту студенти повинні здобути та закріпити навички з розрахунку навантажень, самостійного прийняття рішень щодо вибору оптимальних схем електропостачання і їх складових, вибору засобів компенсації реактивної потужності, вибору високовольтної апаратури тощо.



1. ЗАВДАННЯ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Виконати проектування мережі електропостачання цеху заводу, перелік обладнання якого та його характеристики згідно з варіанта наведено в індивідуальному бланку завдання.

Виконати проектування мережі електропостачання заводу, виробничу галузь та генеральний план якого згідно з варіанта наведено в індивідуальному бланку завдання (приклад генерального плану наведено на рис. 1.1 та переліку об'єктів наведено в таблиці 1.2).

Джерелом живлення підприємства виступають шини 10 кВ районна підстанція РПС 110/35/10. Потужність КЗ на шинах ДЖ та відстань до джерела живлення вибрати згідно з варіанта з таблиці 1.1. Встановлену потужність цехів визначати з урахуванням коригувального коефіцієнту згідно варіанту.

Таблиця 1.1

Інформація до проектування СЕП підприємства

№ варіанта	Коригувальний коефіцієнт потужності	Віддаль до ДЖ L , км	$S''_{КЗ}$, МВА	T_m , год/рік
1	1	5,0	90	3560
2	1,1	7,0	75	4370
3	0,9	5,5	80	3080
4	0,8	6,5	85	5330
5	1,15	4,0	70	4960
6	1,25	3,5	105	4140
7	0,7	6,0	95	4345
8	1,2	4,5	65	4255
9	0,85	7,5	100	3700
0	0,95	8,0	110	2700

Розрахункове силове навантаження на рівні цеху визначати методом коефіцієнту використання.

Розрахункове освітлювальне навантаження визначити методом питомого освітлювального навантаження.

Вибір підстанцій здійснювати з урахуванням компенсації реактивної потужності (в низьковольтній та в високовольтній мережі).

Вибір місця встановлення РП здійснювати з урахуванням картограми електричних навантажень.

Розміщення РП та трансформаторних підстанцій, порядок їх за живлення, а також картограму електричних навантажень на нести на генплан підприємства.

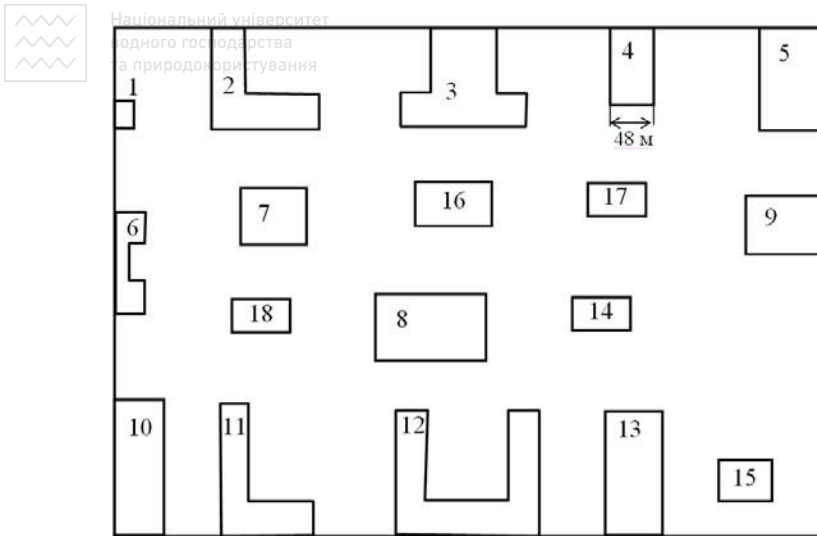


Рис. 1.1. Генеральний план заводу для 1-10 варіантів
Примітка. Розмір сторін будівель має бути кратним 6.

Таблиця 1.2
Відомості про електричні навантаження заводу

№ цеху	Найменування цехів	Встановлена потужність P_n , кВт
1	Прохідна	20
2	Механічний цех № 1	1950
3	Ливарна кольорового лиття	1200
4	Ковальський цех	1300
5	Склад готової продукції	120
6	Заводоуправління	130
7	Термічний цех	820
8	Центральна лабораторія і КБ	520
9	Ремонтно-механічний цех	850
10	Гараж	125
11	Механічний цех № 2	2500
12	Ливарна чорного лиття	2100
13	Цех термічної обробки	1900
14	Компресорна	2800
15	Насосна	600
16	Заготівельний цех	1100
17	Цех фарбування	650
18	Інструментальний цех	830



2. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

водного господарства
та природокористування

2.1. Зміст і обсяг проекту

Завдання на курсове проектування видається студентам керівником проекту.

Текстовою частиною проекту є пояснювальна записка (ПЗ), обсяг якої становить 60-70 сторінок. У тексті ПЗ коротко викладається методика розрахунків, виконується обґрунтування прийнятих рішень, наводяться необхідні для розрахунків формули і схеми. Результати розрахунків представляються у табличній формі, а пояснення до них виконуються на конкретному прикладі. ПЗ до курсового проекту включає в себе титульний лист, завдання з вихідними даними, зміст, вступ, основну частину проекту, список використаних джерел, додаток.

Зміст складається з розділів і підрозділів ПЗ із зазначенням їх розташування по сторінках.

Вступ розкриває сутність вирішуваних завдань.

Основна частина ПЗ включає в себе наступні питання:

- а) визначення силових електричних навантажень цеху;
- б) визначення силових електричних навантажень зводу;
- в) розрахунок освітлювального навантаження цехів заводу;
- г) визначення повних навантажень на шини НН ЦТП.
- д) розрахунок картограми ЕН та визначення місця ЦЕН;
- е) вибір числа і потужності трансформаторів на цеховій підстанції з одночасним вибором низьковольтних компенсуючих пристроїв;
- є) остаточний вибір пристроїв компенсації реактивної потужності для задоволення вимог енергосистеми щодо споживання реактивної потужності в години максимуму активного навантаження;
- ж) вибір та розрахунок зовнішньої розподільчої мережі СЕП;
- з) вибір та розрахунок внутрішньозаводської розподільчої мережі;
- и) розрахунок струмів короткого замикання;
- і) перевірка перерізу провідників на термічну стійкість струму КЗ;
- ї) вибір, розрахунок і перевірку комутаційних апаратів;

Графічна частина проекту включає в себе:

- генеральний план підприємства з нанесенням розташування ЦТП та РП, внутрішньозаводської мережі та картограми ЕН.



1.2 Оформлення проекту

водного господарства
та природокористування

Під час оформлення курсового проекту обов'язкове дотримання вимог ЕСКД. ПЗ проекту виконують на аркушах паперу формату А4 рукописним або машинописним способом через 2 інтервали (у випадку комп'ютерного набору: шрифт - Times New Roman, 14 pt, інтервал – 1,5). Текст розташовують на одному боці аркуша. Кожен розділ ПЗ позначають порядковим номером арабськими цифрами, якщо в розділі є підрозділи, то їх позначають порядковими номерами, перед якими стоїть номер розділу. У тексті ПЗ повинні міститися всі необхідні схеми, рисунки і таблиці, розташовані в порядку викладення.

1.3. Орієнтовний зміст пояснюючої записки курсового проекту

ВСТУП

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА УМОВИ ПРОЕКТУВАННЯ

2 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Визначення розрахункових електричних навантажень

2.1.1 Розрахунок силових електричних навантажень

2.1.2 Розрахунок освітлювальних навантажень

2.2 Побудова картограми і визначення теоретичного ЦЕН

2.3 Розрахунок повного навантаження на шинах НН трансформаторів

2.4 Вибір числа та потужності ЦТП та компенсуючих пристроїв

2.5 Компенсація реактивної потужності

2.5.1 Визначення потужності КУ заводу

2.5.2 Визначення потужності високовольтних ККУ

2.6 Визначення електричних навантажень на вищих рівнях СЕП

2.7 Розрахунок зовнішнього електропостачання

2.8 Вибір схеми внутрішньозаводського електропостачання

2.8.1 Вибір схеми внутрішньозаводського електропостачання

2.8.2 Вибір перерізу КЛ внутрішньозаводської мережі

2.9 Розрахунок струмів короткого замикання

2.10 Перевірка вибраних перерізів КЛ на термічну стійкість струмам КЗ

3. ШЛЯХИ ЕКОНОМІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ СЕП

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

ДОДАТОК



3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

3.1. Умови проектування

1. Характеристика об'єкта проектування

Наводиться загальна стисла характеристика об'єкту проектування: перелік корпусів, цехів, підрозділів; режим роботи підприємства.

2. Характеристика споживачів електричної енергії

За наявності високовольтних споживачів вказується їх призначення, кількість, потужність, якщо це двигуни, то синхронні чи асинхронні, окремо наводиться інформація по споживачах постійного струму або високої частоти. При відсутності високовольтних споживачів вказується, що силові споживачі живляться від мережі 0,4 кВ.

Визначається частка споживачів першої, другої і третьої категорії за надійністю електропостачання, вказуються споживачі, які належать до першої категорії надійності.

У випадку живлення від СЕП об'єкта сторонніх споживачів вказується їх активне і реактивне навантаження або загальні відомості для подальших розрахунків.

3. Характеристика цехів об'єкта, особливості їх електропостачання

Наводиться аналіз приміщень об'єкту проектування з точки зору середовища, в якому буде працювати електрообладнання (наприклад, сире (підвищена корозія), значне пилоутворення, вибухонебезпечне) та робиться висновок щодо електрообладнання та мереж, які повинні використовуватися в цих приміщеннях.

4. Характеристика джерела живлення

Приводяться можливі варіанти живлення об'єкта проектування від районних підстанцій, вказуються рівні напруги на підстанціях, потужності короткого замикання на шинах підстанцій, відстань підстанцій від об'єкта.

3.2. Розрахунок електричних навантажень

1. Розрахункове силове навантаження

Розрахунок електричних навантажень цеху (детальний перелік обладнання якого задано в індивідуальному бланку завдання) згідно [12] та [13] виконують за методом коефіцієнта розрахункової активної потужності K_p (модифікований метод упорядкованих діаграм).

Для інших об'єктів заводу розрахункове силове навантаження визначається орієнтовно за встановленою потужністю і середньою

величиною коефіцієнту використання K_e . Номінальну потужність цеху приймають за табл. 9. Розрахункове навантаження приймачів за цим методом визначається так:

$$P_{p.c} = K_e P_n ; \quad (3.1)$$

$$Q_{p.c} = P_{p.c} \operatorname{tg} \varphi . \quad (3.2)$$

2. Визначення освітлювальних навантажень виконується після повного світлотехнічного розрахунку, вибору типу та числа світильників.

З метою спрощення на всіх етапах проектування дозволяється замість повного розрахунку користуватися таблицями питомої потужності. При цьому враховується площа приміщення, його висота, точність виконуваної роботи, характер відбивання поверхонь.

Послідовність визначення розрахункового навантаження методом питомого освітлювального навантаження загального рівномірного освітлення на освітлювану площу:

а) визначають розряд роботи за точністю; вибирають систему освітлення; вибирають тип джерела світла; вибирають освітлювальну арматуру; визначають необхідну освітленість;

б) визначають питому потужність освітлення;

в) 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 розрізнати. Роботи найвищої точності (коли необхідно розрізнати 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, 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 (150-200 лк – для ЛБ і 300 – 500 лк – для ЛД), тоді як для ламп розжарювання – 30–50 лк. 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 запилених, задимлених та ін приміщень. Аварійне освітлення нормується 0,5 лк;

Після цього, за таблицями знаходять питому потужність освітлення, $P_{н.о}$.

Сумарна встановлена потужність освітлювальних електроприймачів:

$$P_{н.о} = P_{н.т} F, \quad (3.3)$$

де F – освітлювана площа, м². Площу промислових приміщень розраховують за масштабом згідно генерального плану; $P_{н.т}$ – питома густина освітлювального навантаження, Вт/м², для вибраного типу світильників залежно від коефіцієнту від коефіцієнту запасу K_z та нормованої освітленості, яку визначаємо залежно від розряду робіт.

Розрахункове активне освітлювальне навантаження:

$$P_{р.о} = K_n P_{н.о}, \quad (3.4)$$

де K_n – коефіцієнт попиту, що залежить від характеру освітлювального приміщення.

Реактивне сумарне навантаження освітлювальних електроприймачів:

$$Q_{р.о} = P_{р.о} \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.5)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ – відповідає коефіцієнту потужності: для ламп розжарювання $\cos \varphi = 1$; для люмінесцентних ламп $\cos \varphi = 0,92$; для ламп ДРЛ та ДРИ з компенсованими ПРА $\cos \varphi = 0,85$. Для зовнішнього освітлення $\cos \varphi$ не менше 0,85. Використання джерел світла без індивідуальної компенсації реактивної потужності не рекомендується.

Для газорозрядних ламп слід враховувати коефіцієнт $K_{пра}$, що відображає втрати потужності в пускорегулюючій апаратурі.

$$P_{р.о} = K_{пра} K_n P_{н.о}. \quad (3.6)$$

$$K_{ПРА} = \begin{cases} 1,1 - \text{ДРЛ}; \\ 1,2 - \text{люмінесцентні-стартерні}; \\ 1,3 - 1,35 - \text{люмінесцентні-безстартерні}; \end{cases}$$

Для проїздів та доріг прийнята освітленість 0,5 лк, для відкритих виробничих майданчиків – 5 лк; освітленість по лінії межі території для

потреб охорони (у нічний час) – 0,5 лк.

Освітлення проїздів та доріг, відкритих виробничих майданчиків, а також освітлення для потреб охорони виконується світильниками зовнішнього освітлення із ртутними або натрієвими лампами, що встановлюються на залізобетонних опорах вздовж підприємства, а також на покрівлях та стінах будівель на кронштейнах.

3. Повне розрахункове навантаження на шинах розподільчого пристрою 0,4 кВ, необхідне для вибору числа та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій, згідно ієрархічного підходу, визначаємо на основі середнього навантаження за максимально завантаженою зміну та розрахункового освітлювального навантаження:

$$S_p = \sqrt{(P_{p.c} + P_{p.o})^2 + (Q_{p.c} + Q_{p.o})^2} = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (3.7)$$

де $P_{p.c}$, $Q_{p.c}$ – активна і реактивна потужність силових споживачів; $P_{p.o}$, $Q_{p.o}$ – активна і реактивна потужність освітлювальних установок.

4. Розрахунок електричних навантажень на вищих рівнях СЕП виконують згідно ієрархічного підходу з урахуванням розрахункового навантаження нижчих рівнів (силового та освітлювального), потужності низьковольтних та високовольтних джерел компенсації реактивної потужності, втрат в елементах СЕП, обмежень щодо використання реактивної потужності в години максимуму енергосистеми, коефіцієнту одночасності максимумів навантаження, а також активної та реактивної потужності споживачів інших об'єктів, які отримують живлення від СЕП проєктованого підприємства (якщо такі передбачені умовами проєктування).

Коефіцієнт одночасності K_o (одночасності) максимумів навантаження, приймається:

Шини:

6-10 кВ – 0,6÷0,8

Промислові підприємства з режимом роботи:

- тризмінний – 0,85

- двозмінний – 0,7÷0,75

3.3. Вибір числа та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій

Розрізняють два випадки вибору номінальної потужності цехових трансформаторів:

1. Підприємство з невеликим (1-2) числом встановлюваних трансформаторів.

2. Велике промислове підприємство з приєднанням до мережі 6-10 кВ великої кількості трансформаторів;

У першому випадку (один-два трансформатора) визначається мінімально можлива потужність трансформатора

$$S_{T.min} = \frac{P_p}{K_3 N_T}, \quad (3.8)$$

де N_T – кількість трансформаторів.

Отримане значення потужності округлюється до найближчого більшого значення з ряду номінальних потужностей цехових трансформаторів: 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1600, 2500 кВ·А.

У другому випадку слід проводити вибір одиничної потужності і мінімального числа цехових трансформаторів.

На основі експериментальних досліджень обґрунтовано, що номінальну потужність цехових ТП (яка вибирається, як правило, однаковою для всієї групи цехових трансформаторів потужного цеху) доцільно вибирати за питомою густиною навантаження на 1 м² площі цеху:

$$\sigma = \frac{S_p}{F}, \quad (3.9)$$

де S_p – розрахункове навантаження об'єкту, кВА; F – площа об'єкту, м².

При густині питомого навантаження цеху до 0,2 кВ·А/м² доцільно використовувати трансформатори потужністю 630...1000 кВ·А, а при густині 0,2...0,3 кВ·А/м² та вище – трансформатори потужністю 1600...2500 кВ·А. Трансформатори потужністю менш 630 кВ·А використовуються при малій густині навантажень в основному на невеликих підприємствах та розглядають можливість використання одно трансформаторних ЦТП.

Для кожної групи цехових трансформаторів однакової потужності визначається мінімальна їх кількість, необхідну для живлення розрахункової активної навантаження

$$N_{min} = \frac{P_p}{K_3 S_T} + \Delta N, \quad (3.10)$$

де P_p – сумарне розрахункове навантаження, кВт; K_3 – коефіцієнт завантаження трансформатора; S_T – номінальна потужність трансформатора, кВА; ΔN – добавка до найближчого цілого числа.

Завантаження цехових ТП залежить від категорії надійності електропостачання, числа трансформаторів та способу резервування. Для трансформаторів цехових ТП рекомендується приймати наступні коефіцієнти завантаження:

- у випадку переважання споживачів I категорії надійності електропостачання $K_3=0,65\dots 0,7$;

- у випадку переважання споживачів II категорії надійності електропостачання для однострансформаторних ТП з взаємним резервуванням трансформаторів на низькій напрузі $K_3=0,7\dots 0,8$;

- у випадку переважання споживачів II категорії надійності електропостачання і наявності централізованого (складського) резерву трансформаторів, а також при навантаженнях категорії III $K_3=0,9\dots 0,95$.

Отримане значення $N_{T,min}$ округлюється до більшого цілого числа.

Оптимальна кількість трансформаторів:

$$N_{opt} = N_{min} + m, \quad (3.11)$$

де m – додаткова кількість трансформаторів ([9], стор.104); N_{min} – мінімально необхідна кількість цехових трансформаторів.

Реактивна потужність (кВАр), яку вигідно передати в мережу до 1 кВ:

$$Q_{maxT} = \sqrt{(N_{opt} K_3 S_T)^2 - P_\Sigma^2}. \quad (3.12)$$

Потужність конденсаторних батарей на напругу до 1 кВ:

$$Q_{нк1} = Q_\Sigma - Q_{maxT}, \quad (3.13)$$

де Q_Σ – сумарне розрахункове реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну. Якщо $Q_{нк1} < 0$, то установка НБК не потрібна.

Додаткова потужність НБК для зменшення втрат в трансформаторі:

$$Q_{нк2} = Q_\Sigma - Q_{нк1\phi} - \gamma N_{opt} S_T, \quad (3.14)$$

де γ – розрахунковий коефіцієнт, який залежить від розрахункових параметрів K_{p1} і K_{p2} та схеми живлення трансформаторних підстанцій ([9], табл.4.6, 4.7).

Якщо $Q_{нк2} < 0$, то для даної групи трансформаторів реактивна потужність $Q_{нк2}$ приймається рівною нулю.

Сумарна розрахункова потужність НБК:

$$Q_{нк} = Q_{нк1\phi} + Q_{нк2\phi}, \quad (3.15)$$

де $Q_{нк1\phi}$, $Q_{нк2\phi}$ – фактичні сумарні потужності батарей, кВАр.

Підприємства невеликої потужності живляться напругою 10(6) кВ. Оскільки напруга зовнішньої і внутрішньої заводських мереж однакова, то для приймання і розподілення електроенергії споруджують центральну розподільну підстанцію (ЦРП) напругою 10(6) кВ. ЦРП розміщують таким чином, щоб не було зворотних перетоків енергії.

Для вибору місць розташування ЦРП будується картограма і визначається центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень будують на кресленні генерального плану підприємства. Навантаження кожного з цехів зображується колом, площа якого пропорційна розрахунковій активності потужності.

Радіус кола, який характеризує величину навантаження визначається:

$$r = \sqrt{\frac{P_p}{\pi m}}, \quad (3.16)$$

де m – мірило, кВт/см², вибирається довільно; $P_{заг}$ – повне розрахункове навантаження об'єкту, кВт:

$$P_p = P_{p.c.} + P_{p.o.}. \quad (3.17)$$

Під час графічної побудови центр кола суміщають з геометричним центром зображеного на генплані контуру цеха. Масштаб вибирають так, щоб побудована картограма наглядно відображала співвідношення потужностей цехів.

Для відображення характеру навантаження об'єктів в кожному колі виділимо сектор, що відповідає освітлювальному навантаженню:

$$\alpha = \frac{360 P_{p.o.}}{P_p}, \quad (3.18)$$

де α – величина сектора в градусах .

Теоретичний центр навантажень визначаємо як точку з координатами:

$$X_u = \frac{\sum (P_{p_i} \cdot x_i)}{\sum P_{p_i}}; \quad (3.19)$$

$$Y_u = \frac{\sum (P_{p_i} \cdot y_i)}{\sum P_{p_i}}. \quad (3.20)$$

У випадку рівномірного розподілу навантажень при розміщенні ЦРП в ЦЕН, витрати на спорудження заводської мережі будуть мінімальними.



3.5. Компенсація реактивної потужності

водного господарства
та природокористування

Під час проектування компенсуючі пристрої вибирають одночасно з усіма елементами СЕП, оскільки за рахунок використання засобів компенсації зменшуються струми, що протікають по мережі.

Варіанти компенсації реактивної потужності:

- 1 Без компенсації реактивної потужності.
- 2 Групова компенсація нерегульованими низьковольтними конденсаторними батареями .
- 3 Індивідуальна компенсація нерегульованими конденсаторними батареями спареними з електроприймачами.
- 4 Загальна компенсація нерегульованими високовольтними конденсаторними батареями.
- 5 Компенсація конденсаторними батареями керованими за часом.
- 6 Компенсація автоматичними конденсаторними установками низької напруги.
- 7 Компенсація за допомогою автоматичної системи регулювання реактивної потужності синхронного двигуна.
- 8 Компенсація статичними тиристорними компенсаторами.

Найбільша сумарна реактивна потужність підприємства в період максимуму активних навантажень в енергосистемі дорівнює

$$Q_{maxI} = K_{nc} \cdot Q_p, \quad (3.21)$$

де K_{nc} – коефіцієнт, що враховує неспівпадання в часі найбільшого активного навантаження в енергосистемі і реактивної потужності підприємства. Приймається залежно від галузі промисловості.

Сумарна потужність компенсуючих пристроїв $Q_{\kappa\Sigma}$, яка визначається балансом реактивної потужності на межі розподілу підприємства і енергосистеми в період найбільшого активного навантаження:

$$Q_{\kappa\Sigma} = Q_{\kappa I} = Q_{maxI} - Q_{EI}. \quad (3.22)$$

Сумарна потужність БК напругою до 1 кВ, що розділяється між окремими трансформаторами цеху, пропорційно їх реактивним навантаженням.

Після вибору КУ в мережах напругою до 1 кВ сумарна потужність КУ в мережі 6-10 кВ:

$$Q_{\kappa 6} = Q_{\Sigma\kappa} - Q_{\kappa n}. \quad (3.23)$$

Під час визначення потужності високовольтних компенсуючих пристроїв слід враховувати незкомпенсовану реактивну потужність на шинах 6-10 кВ кожного трансформатора цехової трансформаторної підстанції. Сумарна реактивна потужність ВКБ розподіляється між

шинами 10 кВ ЦРП, окремими РП та ПС і округляється до найближчої стандартної потужності ККУ. Встановлення окремих ВБК рекомендується передбачати на тих РП, де реактивне навантаження відповідає потужності ВБК і є технічна можливість їх приєднання.

До кожної секції РП рекомендується підключати компенсуючі пристрої однакової потужності, але не менше 450 кВАр. У випадку меншої потужності ВБК її розподіляють між ЦТП пропорційно їх навантаженню (докомпенсують з низького боку – встановлюють додаткові НКБ, або замінюють вибрані раніше НБК на більш потужні) або встановлюють БК на живильній ПС, якщо вона належить промислового підприємству.

3.6. Розрахунок перерізу ліній електропередачі

Вибір перерізу проводів повітряних ліній та жил кабелів вимагає розрахунку струмів нормального і утяженого режимів.

Шкала стандартних перетинів проводів повітряних ліній і жил кабельних ліній електропередачі:

6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300, 400, 500, ... мм²

Переріз жил кабелів напругою 10 кВ вибираємо за умовою нагріву довготривалим розрахунковим струмом утяженого режиму

Вибраний переріз перевіряють за технічними умовами:

- 1) нагрівом струмом навантаження в нормальному режимі
- 2) нагрівом струмом післяаварійного режиму (для подвійних ліній з врахуванням перевантажувальної здатності кабелів)

3) втратою напруги. Розрахунок електричних мереж на втрату напруги повинен забезпечувати необхідні (по ДСТУ 13109-97) рівні напруги на затискачах електроприймачів як в максимальному, так і в мінімальному режимах навантаження.

- 4) термічною стійкістю струму короткого замикання.

Дозволяється не перевіряти:

- на термічну стійкість кабелі, захищені плавкими запобіжниками з будь-яким номінальним струмом;
- за допустимою втратою напруги кабелі внутрішньозаводських високовольтних розподільчих мереж через їх малу довжину.

3.7. Розрахунок струму КЗ

Основною причиною порушення нормального режиму роботи СЕП є виникнення короткого замикання в мережі або в елементах електрообладнання внаслідок пошкодження ізоляції або неправильних

дій обслуговуючого персоналу.

Вихідними даними для розрахунку струмів короткого замикання є прийнята схема електропостачання та величина потужності короткого замикання на шинах районної підстанції. Розрахунок струмів короткого замикання виконується для найбільш характерних точок, в яких передбачається встановлення апаратів захисту.

Для розрахунку струму КЗ складають схему, яка відповідає нормальному режиму роботи СЕП. На цій схемі зображають всі елементи СЕП з позначенням типів та номінальних параметрів, які повинні бути враховані в короткозамкненому колі. В розрахункову схему вносять джерела живлення (живильну систему, генератори) та усі елементи СЕП (силові трансформатори, автотрансформатори, кабельні лінії, реактори), через які проходить струм аварійного режиму. Додаткові джерела живлення точки КЗ — синхронні компенсатори та потужні синхронні двигуни (1 МВА і більше) — слід враховувати лише тоді, коли вони мають необхідну електричну віддаленість від місця КЗ і їх участь істотна.

На розрахунковій схемі фіксуються розрахункові точки КЗ.

Двигуни, з'єднані з точкою КЗ через автотрансформатори, триобмоткові трансформатори, двообмоткові трансформатори з розщепленою обмоткою низької напруги, здвоєні струмообмежуючі реактори, можуть не враховуватися.

Комутаційну апаратуру (вимикачі, роз'єднувачі), а також з'єднувальні кабелі та шини розподільчих пристроїв при розрахунках струмів КЗ в мережі напругою вище 1 кВ не враховують через незначну величину їх опорів.

За розрахунковою схемою складають однолінійну схему заміщення. Складаючи схему заміщення всі без винятку елементи розрахункової схеми замінюють відповідними електричними опорами, а для джерел живлення, крім цього, вказують значення ЕРС.

При цьому нерідко (особливо для високовольтних мереж) враховують тільки індуктивні опори елементів, нехтуючи активними, унаслідок їх порівняно невеликої величини.

При складанні схеми зручно використовувати запис дробом: в чисельнику - порядковий номер елемента; в знаменнику - значення його параметра.

Визначення параметрів схеми заміщення полягає в зведенні опорів та ЕРС елементів різних ступенів трансформації розрахункової схеми до одного рівня, який приймають за основний (базовий). Розрахунок рекомендується виконувати у відносних базисних одиницях.

Перетворення (згортання) схеми виконується у напрямку від джерела живлення до точки КЗ. Перетворення схеми заміщення до

найпростішого вигляду відносно точки КЗ проводиться поступово з використанням різних способів, відомих в теорії лінійних кіл. Визначення результируючого опору та результируючої ЕРС схеми заміщення необхідне для розрахунку струмів короткого замикання. Воно полягає у поступовому перетворенні схеми до одного еквівалентного елемента, який має опір $X_{рез}$ або $R_{рез}$ і $X_{рез}$ та ЕРС $E_{рез}$, що радіально з'єднаний з точкою КЗ.

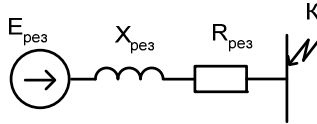


Рис. 3.1. Схеми заміщення, зведена до найпростішого виду.

Для спрощення схеми заміщення:

- паралельно або послідовно увімкнені опори елементів замінюють одним еквівалентним;
- перетворюють трикутник в еквівалентну зірку або навпаки (при необхідності).
- замінюють одним еквівалентним джерелом два або кілька джерел живлення (наприклад, об'єднання двох електричних станцій).

Початкове надперехідне значення струму КЗ визначають за відомими результируючим опором та ЕРС схеми заміщення, зведеної до найпростішого вигляду, залежно від одиниць зведення параметрів елементів до базових умов:

$$I_{кз}'' = \frac{E_{рез}^*}{X_{рез}^*} \cdot I_{\delta} \quad (3.24)$$

де I_{δ} - базисний струм:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta}}; \quad \text{або} \quad I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{осн}} \quad (3.25)$$

Ударний струм короткого замикання визначають за відомим значенням надперехідного струму КЗ та ударним коефіцієнтом, який обраховують або приймають усереднено:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{кз}'', \quad (3.26)$$

де k_y - ударний коефіцієнт. В практичних розрахунках приймають:

- $k_y = 1,8$ – у випадку КЗ на шинах підстанцій мережі живлення;
- $k_y = 1,37$ - у випадку КЗ в розподільчій мережі СЕП.



4. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ

4.1. Приклад розрахунку освітлювальних навантажень

Для визначення освітлювальних навантажень використовуємо метод питомого освітлювального навантаження загального рівномірного освітлення на освітлювану площу.

Площу цеху визначаємо з генплану. Питоме освітлювальне навантаження визначаємо згідно довідникових матеріалів з урахуванням необхідної освітленості, типу ламп, висоти підвісу світильника та площі цеху.

Результати розрахунку зводимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1

Розрахунок освітлювального навантаження

Назва об'єкта	F , м ²	E , лк	h , м	$P_{пит}$, Вт/м ²	K_z	$K_{пра}$	Тип лампи	K_n	$P_{н.о}$ Вт	$P_{р.о}$ кВт	$Q_{р.о}$ кВАр
1 Виробничий корпус №3	648	100	6	16	1,5	1,1	ДРЛ	0,8	10368	9,12	3,01
2 Виробничий корпус №2	1380	100	6	16,2	1,5	1,1	ДРЛ	0,8	22356	19,67	6,49
3 Виробничий корпус №1	1500	150	6	17,5	1,3	1,1	ДРЛ	0,8	26250	23,1	7,62
4 Гараж	256	75	6	14,1	1,3	1,1	ДРЛ	0,7	3609,6	2,78	0,92
5 Кузня	288	150	4	17	1,3	1,2	ЛЦ	0,85	4896	4,99	1,65
6 Контора	672	200	3	19,5	1,3	1,2	ЛЦ	0,95	13104	14,9	4,93
7 Склад готової продукції	360	75	6	15	1,5	1	ЛР	0,6	5400	3,24	0
8 Насосна	64	75	4	14,2	1,3	1	ЛР	0,7	908,8	0,63	0
9 Термоцех	1056	100	6	16	1,5	1,1	ДРЛ	0,8	16896	14,87	4,91
10 Столярний цех	240	150	4	17,1	1,3	1,2	ЛЦ	0,85	4104	4,18	1,38
11 Склад матеріалів	280	75	6	15	1,3	1	ЛР	0,6	4200	2,52	0
Разом									112092	100,05	30,91

4.2. Приклад вибору кількості і потужності трансформаторів ЦТП і компенсуючих пристроїв

Розрахункове навантаження цеху: $P_{p3} = 445,15$ кВт; $Q_{p3} = 447,37$ кВАр; $S_{p3} = 631,11$ кВА; $F = 6300$ м²;

Розрахунки виконуємо згідно рекомендацій п.3.3.



Вибираємо потужність трансформатора за питомою густиною навантаження, яку визначаємо:

$$\sigma = \frac{631,11}{6300} = 0,1 \text{ кВА/м}^2.$$

Вибираємо до встановлення трансформатори потужністю 250 кВА.

Мінімально необхідна кількість трансформаторів для живлення найбільшого розрахункового навантаження:

$$N_{min} = \frac{445,15}{0,8 \cdot 250} + 0,77 = 3,$$

де $P_{\Sigma} = 445,15$ кВт; $K_z = 0,8$; $S_T = 250$ кВА; $\Delta N = 0,77$.

Оптимальна кількість трансформаторів:

$$N_{opt} = 3 + 0 = 3,$$

Найбільша реактивну потужність, яку вигідно передати через трансформатори в мережу до 1 кВ:

$$Q_{maxT} = \sqrt{(3 \cdot 0,8 \cdot 250)^2 - 445,15^2} = 402,3 \text{ кВАр},$$

де $K_z = 0,8$ ([2], стор.234); $S_T = 250$ кВА; $P_{\Sigma} = 445,15$ кВт.

Сумарна потужність конденсаторних батарей на напругу до 1 кВ:

$$Q_{нк1} = 447,37 - 402,3 = 45,07 \text{ кВАр}.$$

Оскільки $Q_{нк1} > 0$, то використовуємо три УКРП-0,4-25-5УЗ і $Q_{нк1\phi} = 75$ кВАр.

Додаткова сумарна потужність НБК для даної групи трансформаторів:

$$Q_{нк2} = 447,37 - 75 - 0,5 \cdot 3 \cdot 250 = -2,63 \text{ кВАр},$$

де $\gamma = 0,5$.

Оскільки $Q_{нк2} < 0$, то для даної групи трансформаторів реактивна потужність $Q_{нк2\phi}$ приймається рівною нулю.

Сумарна розрахункова потужність НБК:

$$Q_{нк} = 75 + 0 = 75 \text{ кВАр},$$

де $Q_{нк1\phi} = 75$ кВАр; $Q_{нк2\phi} = 0$ кВАр.

4.3. Приклад розрахунку навантаження на шинах ВН ЦТП

Розрахункове навантаження на стороні ВН ЦТП:

$$S_{p4} = \sqrt{(P_{p3} + \Delta P_T)^2 + (Q_{p3} + \Delta Q_T - Q_{нк\phi})^2}, \quad (4.1)$$

де P_{p3}, Q_{p3} – розрахункова активна і реактивна потужності на НН ЦТП;
 $Q_{икф}$ – встановлена потужність низьковольтних компенсуючих пристроїв;
 $\Delta P_T, \Delta Q_T$ – втрати активної і реактивної потужності в трансформаторі ЦТП:

$$\Delta P_m = (K_3^2 \Delta P_{кз} + \Delta P_0), \quad (4.2)$$

де $\Delta P_{кз}, \Delta P_0$ – відповідно навантажувальні втрати і втрати неробочого режиму трансформатора; K_3 – дійсний коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_{p3}}{n \cdot S_{номТ}}, \quad (4.3)$$

де $S_{номТ}$ – номінальна потужність трансформатора; n – кількість трансформаторів; S_{p3} – розрахункове навантаження на шинах НН трансформаторної підстанції з урахуванням компенсації реактивної потужності:

$$S_{p3} = \sqrt{(P_{p3})^2 + (Q_{p3} - Q_{икф})^2}, \quad (4.4)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2
 Розрахункове навантаження на рівні ВН ЦТП

P_{p3} , кВт	Q_{p3} , кВар	S_T , кВА	K_3	ΔP_0 , кВт	$\Delta P_{к}$, кВт	Втрати в трансформаторах		$Q_{икф}$, кВАр	P_{p4} , кВт	Q_{p4} , кВАр	S_{p4} , кВА
						ΔP_T , кВт	ΔQ_T , кВт				
366,64	346,57	400	0,63	1,45	5,5	7,27	37	0	373,91	383,57	535,67

4.4. Приклад розрахунку ЕН на вищих рівнях СЕП

Сумарне розрахункове навантаження заводу на рівні напруги 10 кВ складає: активне - 15436,12 кВт; реактивне - 15436,12 кВАр. Дозволена до використання в години максимуму енергосистеми реактивна потужність $Q_{e.max} = 4200$ кВАр. Коефіцієнт одночасності максимумів $K_o=0,7$.

Визначимо навантаження на секціях шин ЦРП-10 кВ.

Розрахункову повну потужність визначаємо по розрахункових активних і реактивних навантаженнях об'єктів, потужності силових електроприймачів напругою вище 1 кВ, розрахункову потужність, яка споживається на освітлення території заводу, і встановлену потужність

компенсуючих пристроїв. Розрахункова активна потужність на шинах ЦТП:

$$P_{p5} = \sum P_{p4} \cdot K_o + P_{p.o.тер.} + \Delta P_{к.у.}, \quad (4.5)$$

де K_o – коефіцієнт різночасності максимумів силового навантаження;
 $\Delta P_{к.у.}$ – втрати активної потужності в компенсуючих пристроях напругою вище 1кВ (якщо передбачено встановлення);
 $P_{p.o.т.}$ – розрахункова потужність, яка споживається на освітлення території:

$$P_{p.o.тер.} = F \cdot P_{num.oc}, \quad (4.6)$$

де F – площа освітлювальної території; $P_{num.oc} = 1,5 \cdot 10^{-3}$ кВт/м² – питома потужність на освітлювану площу.

$$P_{p.o.тер.} = 235500 \cdot 0,0015 = 353,25 \text{ кВт.}$$

Активне навантаження на шинах НН ГПП складає:

$$P_{p5} = 15436,12 \cdot 0,7 + 8,1 + 353,25 = 11166,634 \text{ кВт.}$$

Розрахункова реактивна потужність на шинах НН ГПП:

$$Q_{p5} = Q_{e \max}. \quad (4.7)$$

$$Q_{p5} = 4200 \text{ кВАр.}$$

4.5. Приклад вибору перерізу КЛ

Сумарне розрахункове навантаження заводу на шинах високої напруги 10 кВ ЦТП складає: активне – 373,91 кВт; реактивне – 183,57 кВАр.

Довжина лінії $L=1,5$ км.

Вибір перерізу КЛ виконуємо за нагрівом тривалим струмом розрахункового режиму.

Розрахунковий струм кабелю:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (4.8)$$

де n – число проводів; S_p – розрахункова потужність.

$$I_p = \frac{\sqrt{373,91^2 + 183,57^2}}{2\sqrt{3} \cdot 10} = \frac{416,55}{2\sqrt{3} \cdot 10} = 12,02 \text{ А.}$$

Вибираємо кабель типу ААШвУ-10 перерізом (3х16) мм², для якого табличне значення допустимого струму становить 75 А.

Попередньо вибраний переріз перевіряємо за умовою нагріву струмом нормального режиму



$$I_p \leq I'_d = k_1 k_2 I_d, \quad (4.9)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує середньорічну температуру навколишнього середовища. Приймаємо $k_1 = 1,06$ – для кабелів 10 кВ, прокладених в землі; k_2 – поправковий коефіцієнт на кількість прокладених в одній траншеї кабелів $k_2 = 0,9$; I_d – допустимий струм кабелю.

$$12,02 \text{ А} < 1,06 \cdot 0,9 \cdot 75 = 71,55 \text{ А}.$$

Перевіримо вибраний провід на нагрів струмом післяаварійного режиму. В післяаварійному режимі дозволяється перевантажувати КЛ на 35% на час ліквідації аварії при коефіцієнті завантаження 0,6.

$$I_{n/ав} = 2I_p \leq 1,35k_1 I_d. \quad (4.10)$$

$$2 \cdot 12,02 = 24,04 \text{ А} < 1,35 \cdot 1,06 \cdot 75 = 107,32 \text{ А}.$$

Як видно з розрахунків вибраний переріз має значний запас по нагріву розрахунковими струмами нормального і післяаварійного режимів.

Втрати напруги в лінії, % :

$$\Delta U = \frac{P \cdot r_0 l + Q \cdot x_0 l}{10U_n^2}, \quad (4.11)$$

де l – довжина лінії, км; r_0, x_0 – питомий активний і реактивний опори лінії, Ом, (табл. 7.28, [6]); P, Q – активна і реактивна потужності що передається через КЛ (кВт, кВАр); U_n – номінальна напруга, кВ.

$$\Delta U \leq \Delta U_{дон} = 5\%, \quad (4.12)$$

де $\Delta U_{дон}$ – допустимі відхилення напруги для мереж вище 1кВ.

$$\Delta U = \frac{373,91 \cdot 1,94 \cdot 1,5 + 183,57 \cdot 0,113 \cdot 1,5}{10 \cdot 10^2} = 1,02\%$$

Попередньо вибраний переріз задовольняє необхідні умови.



1. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. основи електроенергетики та електропостачання: підручник. Львів : В-во Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 436 с.
2. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. 148 с.
3. Зорин В. В., Тисленко В. В. Системы электроснабжения общего назначения. Чернигов : ЧГТУ, 2005. 341 с.
4. Шкрабець Ф. П. Електропостачання: навч. посіб. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Дніпропетровськ : НГУ, 2015. 540 с.
5. Правила улаштування електроустановок. Харків : В-во «Індустрія», 2014. 796 с.
6. Кабышев А. В., Обухов С. Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию. Томск : Том. политехн. ун-т., 2005. 168 с.
7. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для студентов высших учебных заведений. Москва : Интермет Инжиниринг, 2005. 672 с.
8. Конохова Е. А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования. Москва : Издательство «Мастерство», 2002. 320 с.
9. Федоров А. А., Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. Москва : Энергоатомиздат, 1987. 368 с.
10. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет / А. С. Овчаренко и др. Киев : Техніка, 1985. 185 с.
11. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю. Г. Барыбина и др. Москва : Энергоатомиздат, 1991. 568 с.
12. ДСТУ-Н Б В.2.5-80-2015 Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Київ, 2015. 83 с.
13. 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). Москва, 1992. 32 с.



ДОДАТОК

Таблиця Д.1

Питома потужність освітлювального навантаження, Вт/м²

Найменування об'єкта	$P_{\text{пит,о}}$
Ливарні і плавильні цехи	12–19
Механічні і складальні цехи	11–16
Електрозварювальні та термічні цехи	13–15
Інструментальні цехи	15–16
Деревообробні та модельні цехи	15–18
Блоки допоміжних цехів	17–18
Інженерні корпуси	16–20
Центральні заводські лабораторії	20–27
Заводи гірничо-шахтного устаткування	10–13
Освітлення території	1

Таблиця Д.2

Значення коефіцієнту попиту для робочого освітлення

Характеристика об'єкту	Коефіцієнт попиту K_n
Дрібні виробничі будівлі та торгові приміщення	0,95
Великі виробничі споруди, складені з окремих крупних прогонів	0,9
Виробничі споруди, складені з декількох окремих приміщень	0,8
Адміністративно-побутові споруди, інженерно-лабораторні корпуси, бібліотеки	0,85
Конторсько-побутові та лабораторні будівлі	0,75
Складські будови і електричні підстанції	0,6
Аварійне освітлення	1,0



Питома потужність загального рівномірного освітлення світильників з
лампами типу ДРЛ

$H_p, \text{ м}$	$F, \text{ м}^2$	Питома потужність світильників з КСС, Вт/м ²							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
3-4	10-15	14,9	12,0	9,8	7,8	6,5	-	-	-
	15-20	11,2	9,5	8,3	6,7	5,6	-	-	-
	20-30	8,5	7,4	7,1	5,9	5,0	-	-	-
	30-50	6,8	6,0	6,0	5,1	4,5	-	-	-
	50-120	5,8	5,2	4,9	4,3	3,9	-	-	-
	120-300	4,9	4,4	4,1	3,7	3,5	-	-	-
	> 300	3,9	3,7	3,5	3,4	3,2	-	-	-
4-6	10-17	28,5	18,4	15,7	10,8	8,2	8,5	-	-
	17-25	17,4	13,6	11,2	8,5	7,0	7,0	-	-
	25-35	12,5	11,2	8,9	7,1	6,0	6,1	-	-
	35-50	9,8	8,5	7,6	6,2	5,4	5,3	-	-
	50-80	7,1	6,5	6,5	5,5	4,7	4,6	-	-
	80-150	6,4	5,7	5,5	4,7	4,2	4,1	-	-
	150-400	5,4	4,8	4,5	4,0	3,7	3,6	-	-
> 400	4,2	3,9	3,7	3,4	3,3	3,3	-	-	
6-8	50-65	13,0	11,2	9,0	7,3	6,0	5,9	5,4	-
	65-90	10,4	8,9	7,8	6,5	5,5	5,4	5,0	-
	90-135	7,8	6,9	6,8	5,7	4,9	4,8	4,6	-
	135-250	6,5	5,8	5,8	5,0	4,3	4,2	4,1	-
	250-500	5,7	5,1	4,8	4,2	3,8	3,8	3,8	-
	> 500	4,2	3,9	3,7	3,4	3,3	3,8	3,3	-
8-12	70-100	17,4	13,6	11,2	8,5	7,0	6,8	6,1	-
	100-130	13,6	11,2	9,2	7,3	6,1	5,9	5,4	-
	130-200	9,8	8,5	7,6	6,3	5,4	5,3	4,9	-
	200-300	7,5	6,5	6,5	5,5	4,8	4,7	4,4	-
	300-600	6,4	5,7	5,6	4,8	4,2	4,1	4,1	-
	600-1500	5,4	4,9	4,5	4,1	3,7	3,7	3,6	-
	> 1500	4,2	3,9	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3	-
12-16	130-200	-	13,6	11,2	8,4	7,0	6,8	6,3	5,4
	200-350	-	9,5	8,0	6,8	5,7	5,5	5,1	4,6
	350-600	-	6,6	6,7	5,6	4,8	4,7	4,5	4,2
	600-1300	-	5,6	5,4	4,7	4,2	4,1	4,0	3,7
	1300-4000	-	4,6	4,3	3,8	3,6	3,5	3,5	3,3
	> 4000	-	3,9	3,7	3,4	3,3	3,3	3,3	3,2

Примітка. $E=100$ лк; $\rho_{\text{п}} = 0,5$; $\rho_{\text{с}} = 0,3$; $\rho_{\text{р}} = 0,1$; $K_3 = 1,5$; $z = 1,15$; умовний ККД = 100 %.



Питома потужність загального рівномірного освітлення світильників з лампами типу ДРИ

H_p , м	F , м ²	Питома потужність світильників з КСС, Вт/м ²							
		Д-1	Д-2	Д-3	Г-1	Г-2	Г-3	К-1	К-2
3-4	10-15	9,7	7,8	6,3	5,1	4,2	4,0	-	-
	15-20	7,2	6,1	5,3	4,3	3,6	3,6	-	-
	20-30	5,5	4,8	4,6	3,8	3,3	3,2	-	-
	30-50	4,4	3,9	3,9	3,3	2,9	2,8	-	-
	50-120	3,7	3,4	3,2	2,8	2,5	2,5	-	-
	120-300	3,2	2,8	2,6	2,4	2,2	2,2	-	-
	> 300	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	-	-
4-6	10-17	18,4	11,9	10,1	7,0	5,3	5,5	-	-
	17-25	11,3	8,8	7,2	5,5	4,5	4,5	-	-
	25-35	8,1	7,2	5,8	4,6	3,9	4,0	-	-
	35-50	6,3	5,5	4,9	4,1	3,5	3,4	-	-
	50-80	4,6	4,2	4,2	3,6	3,1	3,0	-	-
	80-150	4,1	3,7	3,6	3,1	2,7	2,7	-	-
	150-400	3,5	3,1	2,9	2,6	2,4	2,3	-	-
> 400	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	2,1	-	-	
6-8	50-65	8,4	7,2	5,8	4,7	3,9	3,8	3,5	-
	65-90	6,8	5,8	5,1	4,2	3,6	3,5	3,2	-
	90-135	5,1	4,5	4,4	3,7	3,2	3,1	3,0	-
	135-250	4,2	3,8	3,8	3,2	2,8	2,7	2,7	-
	250-500	3,7	3,3	3,1	2,7	2,5	2,4	2,4	-
	> 500	2,7	2,5	2,4	2,2	2,2	2,1	2,1	-
8-12	70-100	11,8	8,8	7,2	5,5	4,5	4,4	4,0	-
	100-130	8,2	7,2	6,0	4,7	4,0	3,8	3,5	-
	130-200	6,3	5,5	4,9	4,0	3,5	3,4	3,2	-
	200-300	4,8	4,2	4,2	3,6	3,1	3,0	2,9	-
	300-600	4,1	3,7	3,8	3,4	2,7	2,7	2,6	-
	600-1500	3,5	3,2	2,9	2,6	2,4	2,4	2,3	-
	> 1500	2,7	2,4	2,4	2,2	2,1	2,1	2,1	3,5
12-16	150-200	-	8,8	7,2	5,5	4,5	4,4	4,1	3,0
	200-350	-	6,1	5,2	4,4	3,7	3,6	3,3	2,7
	350-600	-	4,3	4,8	3,6	3,4	3,0	2,9	2,4
	600-1300	-	3,6	3,5	3,0	2,7	2,8	2,6	2,2
	1300-4000	-	3,0	2,5	2,5	2,3	2,3	2,3	2,1
	> 4000	-	2,5	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	-

Примітка. $E=100$ лк; $\rho_n = 0,5$; $\rho_c = 0,3$; $\rho_p = 0,1$; $K_3 = 1,5$; $z = 1,15$; умовний ККД = 100 %.



Втрати активної потужності цехових трансформаторів

S_T , кВА	$\Delta P_{x,x}$, кВт	$\Delta P_{к.з}$, кВт	ΔP , кВт при K_3					
			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1x250	0,78	3,7	1,7	2,1	2,6	3,1	3,8	4,5
1x400	1,08	5,5	2,5	3,1	3,8	4,6	5,5	6,6
1x630	1,68	7,6	3,6	4,4	5,4	6,5	7,8	9,3
1x1000	2,45	12,2	5,5	6,8	8,4	10,3	12,3	14,7
1x1600	3,3	18	7,8	9,8	12,1	14,8	17,9	21,3
1x2500	4,6	24	10,6	13,2	16,4	20	24	28,6

Таблиця Д.6

Втрати активної потужності цехових трансформаторів

S_T , кВА	$\Delta Q_{x,x}$, квар	$\Delta Q_{нагр}$, квар	ΔQ , квар при K_3					
			0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1x250	5,8	11,3	9	10	11	13	15	17
1x400	6,25	18	10	12	14	17	20	23
1x630	11,4	35	20	24	29	34	40	46
1x1000	14	55	28	34	41	49	59	69
1x1600	19	95	43	54	66	80	97	115
1x2500	25	150	63	79	99	120	147	175

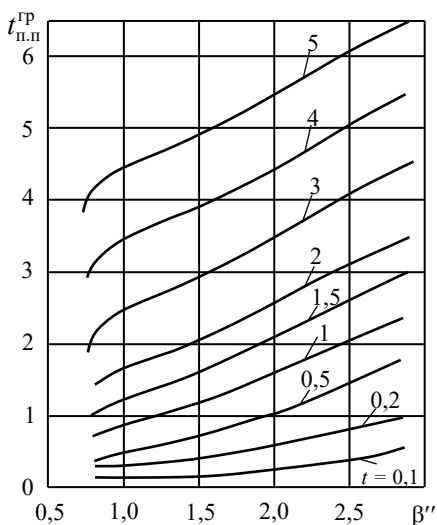


Рис. Д.1. Криві приведенного часу для періодичної складової струму КЗ



Значення параметру C_T для кабелів

Характеристика кабелів	$C_T, A \cdot c^{1/2}/mm^2$
Кабелі до 10кВ: – з мідними жилами – з алюмінієвими жилами	140 90
Кабелі 20-30кВ: – з мідними жилами – з алюмінієвими жилами	105 70
Кабелі та ізольовані провідники з полівінілхлоридною або гумовою ізоляцією: – з мідними жилами – з алюмінієвими жилами	120 75
Кабелі та ізольовані провідники з олівінілхлоридною ізоляцією: – з мідними жилами – з алюмінієвими жилами	103 65



Допустимі значення температури нагріву жил кабелів з паперовою просоченою ізоляцією

Номинальна напруга, кВ	Тривало допустима температура нагріву жил, °C		Максимальна допустима температура нагріву жил, °C	
	одножильних (в окремій оболонці по кожній жилі)	3 поясною ізоляцією	у разі перевантаження	у разі струму КЗ
1	80	80	105	250
6	-	80/65	105/90	200
10	-	70/60	90/80	200
20 і 35	65	-	-	130

Примітка. У чисельнику наведено значення температури для кабелів з ізоляцією, просоченою неспливаючою сумішшю, і кабелів з ізоляцією, просоченою в'язкою ізоляційною маслоканіфольною сумішшю; в знаменнику - для кабелів з ізоляцією, просоченою в'язкою сумішшю, яка містить поліетиленовий віск - загусник.



Коригувальні коефіцієнти, які враховують залежність допустимого тривалого струму навантаження кабелів з паперовою просоченою ізоляцією від температури навколишнього середовища

Номінальна напруга кабелю, кВ	Значення коригувального коефіцієнта залежно від температури навколишнього середовища, °С										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Прокладання в повітрі											
1-6	1,2	1,17	1,13	1,09	1,04	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,74
10	1,24	1,2	1,15	1,11	1,05	1	0,94	0,88	0,81	0,74	0,67
20-35	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
Прокладання в землі											
1-6	1,11	1,08	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,73	0,73	0,68
10	1,13	1,09	1,04	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,74	0,67	0,6
20-35	1,14	1,1	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55
1-6	1,11	1,08	1,04	1	0,96	0,92	0,88	0,83	0,73	0,73	0,68
10	1,13	1,09	1,04	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,74	0,67	0,6
20-35	1,14	1,1	1,05	1	0,95	0,89	0,84	0,77	0,71	0,63	0,55



Таблиця Д.10

Коригувальний коефіцієнт на кількість кабелів з паперовою просоченою ізоляцією, які лежать поряд у землі (у трубах або без них)

Відстань між кабелями в просвіті, мм	Коефіцієнт за кількості 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 Д.11

Допустиме короткочасне перевантаження для кабелів напругою до 10 кВ з паперовою просоченою ізоляцією

Коефіцієнт попереднього навантаження	Спосіб прокладання	Допустиме перевантаження щодо номінального за тривалості максимуму, годин		
		0,5	1,0	3,0
		0,6	у землі	1,35
у повітрі	1,25		1,15	1,10
у трубах (у землі)	1,20		1,10	1,0
0,8	у землі	1,20	1,15	1,10
	у повітрі	1,15	1,10	1,05
	у трубах (у землі)	1,10	1,05	1,00



Допустиме на період ліквідації післяаварійного режиму перевантаження для кабелів напругою до 10 кВ з паперовою просоченою ізоляцією

Коефіцієнт попереднього навантаження	Спосіб прокладання	Допустиме перевантаження щодо номінального за тривалості максимуму, годин		
		0,5	1,0	3,0
0,6	у землі	1,5	1,35	1,25
	у повітрі	1,35	1,25	1,25
	у трубах (у землі)	1,3	1,20	1,15
0,8	у землі	1,35	1,25	1,20
	у повітрі	1,3	1,25	1,25
	у трубах (у землі)	1,2	1,15	1,10

Таблиця Д.13

Допустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами з паперовою ізоляцією в свинцевій або алюмінієвій оболонці

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А для кабелів					
	трижильних напругою, кВ				чотирижильних до 1 кВ	
	6		10		до 1 кВ	
	в повітрі	в землі	в повітрі	в землі	в повітрі	в землі
10	42	60	-	45	65	
16	50	80	46	75	60	90
25	70	105	65	90	75	115
35	85	125	80	115	95	135
50	110	155	105	140	110	165
70	135	190	130	165	140	200
95	165	225	155	205	165	240
120	190	260	185	240	200	270
150	225	300	210	275	230	305
185	250	340	235	310	260	345
240	290	390	270	355	-	-