



Національний
водного господарства

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

04-03-230

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи 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 самостійної роботи з навчальної дисципліни «Системи електропостачання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 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., доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій,
Давиденко Н. В., старший викладач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Відповідальний за випуск: Древецький В. В., зав. кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій

© В. А. Давиденко, 2018
© Н. В. Давиденко, 2018
© НУВГП, 2018



	Стор.
ВСТУП	4
1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ	5
1.1. Визначення електричних навантажень	5
1.1.1. Розрахункові навантаження на різних рівнях СЕП	5
1.1.2. Розрахунок силового навантаження	7
1.1.3. Визначення освітлювального навантаження	11
1.1.4. Визначення навантаження на шинах цехової ТП	12
1.2. Вибір кількості і потужності трансформаторів ЦТП і компенсуючих пристроїв	13
1.3. Розрахунок низьковольтних розподільчих мереж	14
1.3.1. Схеми низьковольтних силових розподільчих мереж ...	15
1.3.2. Визначення розрахункового струму	15
1.3.3. Вибір перерізів кабелів, проводів	16
1.3.4. Вибір перерізів шинопроводів	17
1.3.5. Вибір силових розподільних пунктів	17
2. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ	19
2.1. Приклад розрахунку навантаження цеху	19
2.1.1. Приклад розрахунку силового навантаження	19
2.1.2. Приклад розрахунку освітлювального навантаження ...	20
2.1.3. Приклад розрахунку повного навантаження	21
2.2. Приклад вибору кількості і потужності трансформаторів ЦТП і компенсуючих пристроїв	22
3. ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	23
4. ПЕРЕЛІК ТЕОРЕТИЧНИХ ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ	25
Перелік літератури	27
Додаток	28



Вступ

Метою вивчення дисципліни є отримання студентами уявлення про системи електропостачання, засвоєння основних методів розрахунку електричних навантажень, ознайомлення з вимогами до схем електропостачання споживачів електроенергії, шляхи вирішення задач проектування зовнішніх та внутрішніх мереж системи електропостачання.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є системи електропостачання сучасних промислових підприємств, методи визначення розрахункового навантаження промислових підприємств, схеми зовнішнього, внутрішнього та цехового електропостачання промислових підприємств.

Основні завдання навчальної дисципліни полягають у формуванні системи теоретичних знань про методологічні основи проектування систем електропостачання промислових об'єктів, основних методів розрахунку електричних навантажень, вибору схем та розрахунку мереж зовнішнього, внутрішнього та цехового електропостачання, ознайомлення з вимогами та шляхами вирішення задач проектування та експлуатації систем електропостачання, оволодіння методами технічних розрахунків, комплексного проектування й оптимізаційного аналізу систем електропостачання промислових підприємств, а також вироблення навичок їх застосування отриманих знань під час проектування систем електропостачання і у практичній інженерній діяльності.

Одним з основних завдань самостійної роботи студентів є закріплення у студентів знань теоретичного курсу. Крім того, самостійне вирішення практичних завдань дає змогу краще зрозуміти принципи розрахунку електричних навантажень та проектування системи електропостачання промислового підприємства. Самостійна робота студентів – важливий метод засвоєння і закріплення, поглиблення та узагальнення теоретичних знань та практичних навичок, отриманих під час вивчення матеріалу.



1.1. Визначення електричних навантажень

1.1.1. Розрахункові навантаження на різних рівнях СЕП

Знання електричних навантажень необхідне для вибору і перевірки провідників (шин, кабелів і інших) і трансформаторів на пропускну здатність, а також для розрахунку втрат і відхилень напруги, вибору захисту і компенсуючих пристроїв.

Під час проектування зазвичай визначають [1,2,3,4]:

а) середнє за максимально завантаженою зміну $P_{с.зм}$ і середньорічне $P_{ср}$ навантаження. Величина $P_{с.зм}$ необхідна для визначення розрахункового активного навантаження P_p , а величина $P_{ср}$ для визначення річних втрат електроенергії;

б) розрахункове активне P_p і реактивне Q_p навантаження. Ці величини необхідні для розрахунку мереж за умовами допустимого нагріву, вибору потужності трансформаторів і перетворювачів, а також для визначення максимальних втрат потужності, відхилень і втрат напруги;

в) максимальне короткочасне (пусковий або піковий струм) I_n ; ця величина необхідна для перевірки коливань напруги, визначення струму спрацювання релейного захисту, вибору плавких вставок запобіжників і перевірки електричних мереж за умовами самозапуску двигунів.

В системі електропостачання промислового підприємства існує кілька рівнів визначення розрахункових електричних навантажень (рисунок 1.1):

а) визначення розрахункового навантаження, створюваного одним приймачем напругою до 1000 В (рівень 1) – необхідне для вибору перерізу проводу або кабелю, що підходить до даного приймача, і апарату, за допомогою якого проводиться приєднання приймача до силової розподільчої шафи (ШС) або розподільчої лінії (ШРА);

б) визначення розрахункового навантаження, створюваного групою приймачів, напругою до 1000 В (рівень 2) - необхідне для вибору перерізу радіальної лінії або розподільчої магістралі, що живлять групу приймачів, і апарату, через який приєднано дану групу приймачів до головного силової розподільної шафи або живильної магістралі, перерізу ліній, що відходять від шин 0,4 кВ цехової ТП;

в) визначення розрахункового навантаження на шинах нижчої напруги цехової ТП (рівень 3) – необхідне для вибору трансформаторів цехової ТП, а також відповідних комутаційних апаратів;

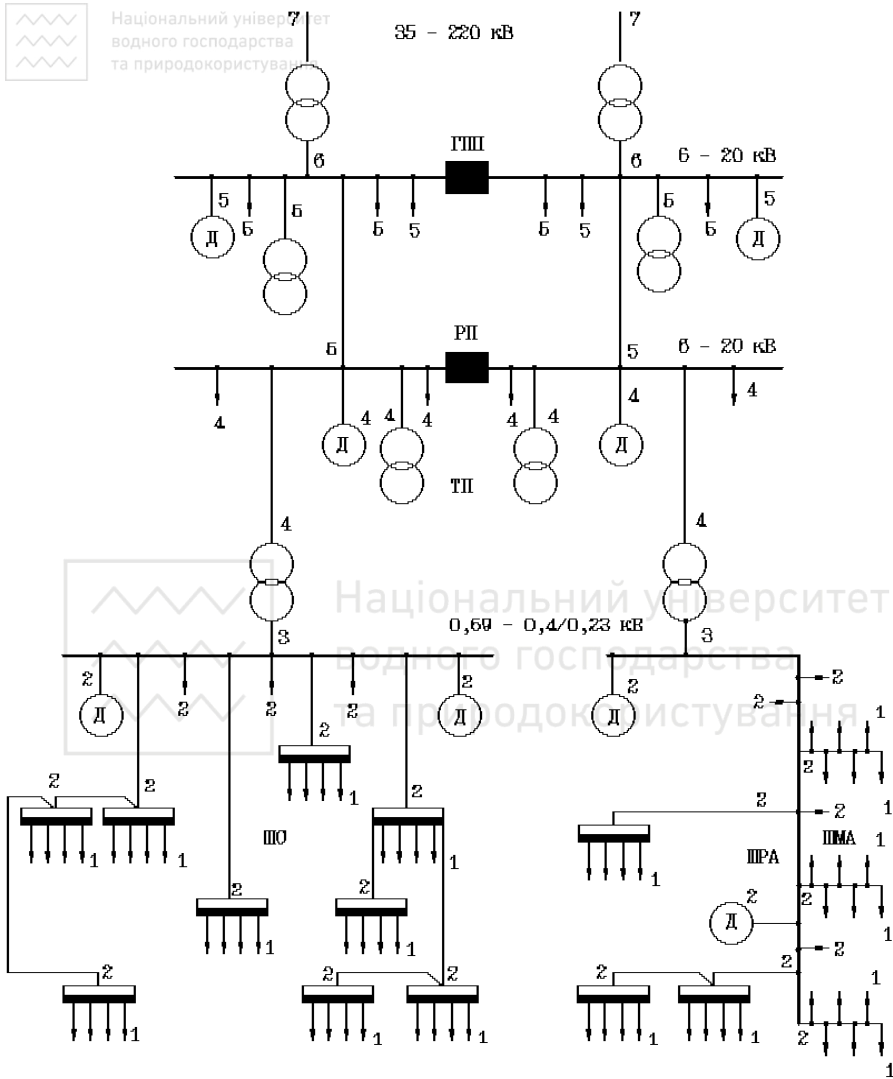


Рис. 1.1. Ієрархічна будова СЕП

г) визначення розрахункового навантаження на шинах 10 (6, 20) кВ цехових трансформаторів з урахуванням втрат в трансформаторах (рівень 4) та окремих високовольтних електроприймачів – необхідне для вибору перерізу проводів ліній, що відходять від шин РП і живлять цехові трансформатори і приймачі високої напруги, для вибору відповідних комутаційних апаратів;

д) визначення загального розрахункового навантаження на шинах РП (рівень 5) – необхідне для вибору перерізу і матеріалу шин 10 (6, 20)

кВ РП, перерізу ліній, що живлять РП, відповідної комутаційної апаратури. У разі, якщо від шин ГПП безпосередньо живляться цехові трансформатори або приймачі, рівень 5 відповідає рівню 6;

е) визначення загальної розрахункового навантаження на шинах ГПП (рівень 6) – необхідне для вибору числа і потужності знижувальних трансформаторів ГПП, вибору перерізу і матеріалу шин ГПП комутаційних апаратів, що встановлюються на стороні нижчої напруги трансформаторів ГПП;

ж) визначення розрахункового навантаження на стороні вищої напруги (35 – 220 кВ) трансформаторів ГПП з урахуванням втрат в трансформаторах (рівень 7) – необхідне для вибору перерізу повітряних ліній, що живлять трансформатори ГПП, комутаційних апаратів.

1.1.2. Розрахунок силового навантаження

Розрахунок електричних навантажень цеху, будь-якого вузла СЕП (силового розподільного пункту, силової шафи, секції шин, щитів станцій управління цехової трансформаторної підстанції тощо) згідно [5] та [6] виконують за методом коефіцієнта розрахункової активної потужності K_p (модифікований метод упорядкованих діаграм).

Під час розрахунку електричних навантажень всі ЕП розподіляються на характерні групи з однаковими K_e і $\cos\phi$. При цьому резервні електроприймачі, ремонтні зварювальні трансформатори і інші ремонтні електроприймачі, а також електроприймачі, що працюють короткочасно (пожежні насоси, засувки, вентиля тощо), не враховуються.

Для багатодвигунових ЕП враховуються всі одночасно працюючі електродвигуни даного приводу. Якщо серед цих електродвигунів є такі, що одночасно вмикаються (з ідентичним режимом роботи), то вони враховуються в розрахунку як один ЕП з номінальною потужністю, яка дорівнює сумі номінальних потужностей одночасно працюючих двигунів. Номінальні потужності електродвигунів з повторно-короткочасним режимом роботи не зводяться до тривалого режиму ($P_{TB} = 100\%$).

Під час розрахунку електричних навантажень живлячих мереж до 1 кВ вузли живлення групуються по територіальному розміщенню ЕП (по ділянках цеху, відділеннях тощо).

Розрахунок виконують по формі Ф636-92 [6]. Вихідні дані для розрахунку (графи 1-6) заповнюються на підставі отриманих від технологів, сантехніків та інших фахівців таблиць-завдань на проектування електротехнічної частини (графи 1-4) і відповідно до довідкових матеріалів (графи 5, 6), в яких наведені значення коефіцієнтів використання K_e і коефіцієнтів реактивної потужності $\cos\phi$ для індивідуальних ЕП. У графах 2 і 4 наводять дані лише робочих ЕП.



Розрахунок силового навантаження (Форма Ф 636 – 92)

Вихідні дані						Розрахункові величини							
по завданню технологів				довідникові дані									
Найменування ЕП	Кількість ЕП n , шт.	Встановлена потужність кВт		Коефіцієнт використання, K_e	Коефіцієнт потужності $\cos\varphi/tg\varphi$	Середня потужність		Ефективне число ЕП n_e	коефіцієнт розрахункової потужності $K_{\text{роз}}$	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм $I_{\text{р.А}}$
		Одного ЕП $P_{\text{ном}}$	Загальна $P_{\text{ном}} = n \cdot P_{\text{ном}}$			Активна, кВт $K_a \cdot P_{\text{ном}}$	Реактивна, кВАр $K_e \cdot P_{\text{ном}} \cdot tg\varphi$			Активна, P_p , кВт	Реактивна Q_p , кВАр	Повна S_p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Порядок розрахунку (згідно з [6]):

1. Для кожної характерної групи ЕП визначають середню активну і реактивну потужність. Середня активна потужність:

$$P_{с.м} = K_e \cdot P_{ном.} = K_e \cdot n \cdot P_{ном.} \quad (1.1)$$

де $P_{ном.}$ – сумарна номінальна потужність ЕП групи – групова номінальна (встановлена) потужність, кВт;

$P_{ном.}$ - номінальна (встановлена) потужність одного ЕП групи - потужність, позначена на табличці або в його паспорті. Для агрегатів з багатодвигунним приводом номінальною потужністю є найбільша сума номінальних потужностей одночасно працюючих двигунів;

n – кількість ЕП в групі;

K_e – коефіцієнт використання активної потужності ЕП групи.

Середня реактивна потужність:

$$Q_{с.м} = P_{ном.} \cdot K_e \cdot tg\varphi, \quad (1.2)$$

де $tg\varphi$ – коефіцієнт потужності, що відповідає $\cos\varphi$.

2. Обчислюють груповий (середньозважений) коефіцієнт використання вузла живлення:

$$K_{е.гр.} = \frac{\sum_{i=1}^m (P_{ном.i} \cdot K_{е.i})}{\sum_{i=1}^m P_{ном.i}} \quad (1.3)$$

де $P_{ном.i}$ – номінальна потужність i -ої групи ЕП;



m – кількість груп ЕП.

$k_{e.i}$ – коефіцієнт використання активної потужності i -ої групи ЕП.

3. Обчислюють ефективну кількість електроприймачів.

Для кожного вузла живлення (розподільний пункт, шафа, збірка, розподільний шинопровід, щит станцій управління) ефективну кількість електроприймачів n_e рекомендується визначати за формулою:

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^m P_{ном.i} \right)^2}{\sum_{i=1}^m (n_i \cdot P_{ном.i}^2)}, \quad (1.4)$$

де n_e – кількість однорідних за режимом роботи ЕП однакової потужності, яке дає те ж значення розрахункового максимуму (P_p), що і група з реального числа ЕП (n), різних за потужністю і режиму роботи;

$\sum_{i=1}^m P_{ном.i}$ – сумарна встановлена потужність ЕП вузла живлення;

$P_{ном.i}$ – номінальна (встановлена) потужність i -го ЕП, кВт.

Під час розрахунку електричних навантажень магістрального шинопроводу, на шинах ЦТП, в цілому по цеху, підприємству ефективне число електроприймачів визначають за спрощеною формулою:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^m P_{ном.i}}{P_{ном.max}}, \quad (1.5)$$

де $P_{ном.max}$ – номінальна потужність найбільш потужного ЕП цеху.

Обчислене значення n_e округлюється до найближчого меншого цілого числа. Якщо $n_e < 4$ рекомендується використовувати номограму (рисунок Д.1). Якщо $n_e > n$, або якщо:

$$\frac{P_{ном.max}}{P_{ном.min}} = m \leq 3, \quad (1.6)$$


де $P_{ном.min}$ – номінальна потужність найменш потужного ЕП групи, то слід приймати:

$$n_e = n. \quad (1.7)$$

4. Визначають коефіцієнт розрахункової активної потужності k_p залежно від значення групового коефіцієнта використання ($K_{в.гр.}$), ефективного числа ЕП (n_e) і постійної часу нагріву (T_0).

Постійну часу нагріву приймають:

- $T_0 = 10$ хв. - для мереж напругою до 1 кВ, що живлять розподільчі пункти й шинопроводи, щити. Значення K_p для цих мереж залежно від $K_{в.гр.}$ і n_e приймають за табл. Д.3;

 $T_0=2,5$ год. - для магістральних шинопроводів і цехових трансформаторів. Значення K_p приймають за табл. Д.2.

5. Обчислюють розрахункову активну та реактивну потужність вузла живлення.

Розрахункова активна потужність вузла живлення:

$$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^m (P_{ном.i} \cdot K_{\epsilon.i}), \quad (1.8)$$

Якщо значення розрахункової потужності P_p виявиться меншим номінальної потужності найбільш потужного ЕП, то слід прийняти:

$$P_p = P_{номmax}. \quad (1.9)$$

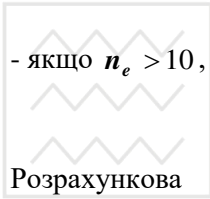
Розрахункова реактивна потужність для мереж напругою до 1 кВ, що живлять розподільчі пункти й шинопроводи, щити, залежно від n_e визначається за формулами:

- якщо $n_e \leq 10$, то:

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum_{i=1}^m (P_{ном.i} \cdot K_{\epsilon.i} \cdot tg \varphi_i), \quad (1.10)$$

- якщо $n_e > 10$, то:

$$Q_p = \sum_{i=1}^m (P_{ном.i} \cdot K_{\epsilon.i} \cdot tg \varphi_i), \quad (1.11)$$

 Розрахункова реактивна потужність для магістральних шинопроводів і на шинах цехових трансформаторних підстанцій незалежно від n_e визначається за формулою:

$$Q_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^m (P_{ном.i} \cdot K_{\epsilon.i} \cdot tg \varphi_i), \quad (1.12)$$

6. Обчислюють повну розрахункову потужність вузла живлення:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (1.13)$$

У випадку спільного живлення силового та освітлювального навантаження повна розрахункова потужність вузла живлення визначається за формулою:

$$S_p = \sqrt{(P_{p.c} + P_{p.o})^2 + (Q_{p.c} + Q_{p.o})^2}, \quad (1.14)$$

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.

7. Для мереж напругою до 1 кВ, що живлять розподільчі пункти й шинопроводи, щити тощо, обчислюють розрахунковий струм:



$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (1.15)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга мережі.

Результати розрахунку зводять в таблицю (згідно форми Ф 636-92).

1.1.3. Визначення освітлювального навантаження

Виконується після повного світлотехнічного розрахунку, вибору типу та числа світильників.

Для спрощення дозволяється замість повного розрахунку користуватися таблицями питомої освітлювальної потужності.

При цьому фактичну питому потужність освітлювальних установок знаходять за типом світильника, площею освітлювального приміщення та висотою підвісу світильника, а також враховується точність виконуваної роботи, характер відбивання поверхонь.

Послідовність визначення освітлювального розрахункового навантаження методом питомої освітлювальної потужності загального рівномірного освітлення на освітлювану площу:

а) визначають розряд роботи за точністю; вибирають систему освітлення; вибирають тип джерела світла; вибирають освітлювальну арматуру; визначають необхідну нормовану освітленість E , лк, [7]; визначають коефіцієнт запасу [8, 9]

б) визначають питому потужність освітлення [8, 9];

в) визначають розрахункову потужність за методом коефіцієнта попиту з урахуванням втрат потужності в пускорегульовальній апаратурі.

Сумарна встановлена потужність освітлювальних електроприймачів:

$$P_{н.о} = P_{ном} F, \quad (1.16)$$

де F – освітлювана площа, м². Площу промислових приміщень розраховують за масштабом згідно генерального плану;

$P_{ном}$ – питома густина освітлювального навантаження, Вт/м², для вибраного типу світильників.

Розрахункову потужність групи освітлювальних установок розраховують методом коефіцієнту попиту.

Розрахункове активне освітлювальне навантаження [1, 2, 10]:

$$P_{р.о} = K_n P_{н.о}, \quad (1.17)$$

де K_n – коефіцієнт попиту, що залежить від характеру освітлювального приміщення (табл. Д.9).

Реактивне навантаження освітлювальних електроприймачів:

$$Q_{р.о} = P_{р.о} \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.18)$$

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.

$$P_{p.o} = K_{пра} K_n P_{н.о}. \quad (1.19)$$

Результати розрахунку представляють в табличній формі (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Розрахунок освітлювального навантаження

Назва об'єкта	F , м ²	E , лк	$\operatorname{tg} \varphi$	h , м	Тип лампи	K_3	P_{num} , Вт/м ²	$P_{н.о}$, кВт	$K_{пра}$	K_n	$P_{p.o}$, кВт	$Q_{p.o}$, кВАр

1.1.4. Визначення навантаження на шинах цехової ТП

Повне розрахункове навантаження [2,3,4]:

$$S_{p3} = \sqrt{(P_{p3})^2 + (Q_{p3})^2} = \sqrt{(P_{p.c} + P_{p.o})^2 + (Q_{p.c} + Q_{p.o})^2}, \quad (1.20)$$

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

За S_{p3} вибирають кількість та потужність цехових трансформаторів, перевіряють шин цехової ТП, комутаційно-захисну апаратуру на стороні НН.

Втрати активної потужності в трансформаторах ЦТП [1,2]:

$$\Delta P_T = \frac{1}{n} K_3^2 \Delta P_{кз} + n \cdot \Delta P_{xx}, \quad (1.21)$$

де $\Delta P_{кз}$, ΔP_{xx} - відповідно навантажувальні втрати і втрати неробочого режиму (холостого ходу) (табл. Д.10);

n - кількість трансформаторів;

K_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора

Втрати реактивної потужності в трансформаторах ЦТП:

$$\Delta Q_T = n \cdot (K_3^2 \Delta Q_{наг} + \Delta Q_{xx}), \quad (1.22)$$

де $\Delta Q_{наг}$, ΔQ_{xx} - відповідно реактивні навантажувальні втрати і втрати неробочого режиму (холостого ходу):

Розрахункове навантаження на рівні ВН ЦТП визначаємо з врахуванням втрат потужності в цехових трансформаторах.

Розрахункове навантаження на стороні ВН ЦТП:



$$S_{p4} = \sqrt{(P_{p3} + \Delta P_T)^2 + (Q_{p3} + \Delta Q_T - Q_{икф})^2}, \quad (1.23)$$

де P_{p3}, Q_{p3} – розрахункова активна і реактивна потужності на стороні НН ЦТП;

$Q_{икф}$ – встановлена (номінальна) потужність низьковольтних компенсуючих пристроїв.

За S_{p4} вибирають переріз кабельної лінії, що живить ЦТП, комутаційно-захисну апаратуру на стороні ВН ЦТП.

1.2. Вибір кількості і потужності трансформаторів ЦТП і компенсуючих пристроїв

Під час проектування компенсуючі пристрої вибирають одночасно з усіма елементами СЕП. Найбільшим економічним є розташування засобів компенсації реактивної потужності поблизу ЕП з найбільшим споживанням реактивної потужності.

Живлення ЕП I-ї та II-ї категорії передбачають від двотрансформаторних підстанцій [5]. Однотрансформаторні підстанції рекомендується застосовувати для живлення ЕП III категорії, якщо перерва електропостачання, необхідна для заміни пошкодженого трансформатора, не перевищує 1 доби. ЕП III категорії замість двох однотрансформаторних підстанцій може бути встановлена одна двотрансформаторна підстанція без облаштування АВР, з повним навантаженням трансформаторів в нормальному режимі.

На основі експериментальних досліджень обґрунтовано, що номінальну потужність ЦТП (яка вибирається, як правило, однаковою для всієї групи цехових трансформаторів потужного цеху) доцільно вибирати за питомою густиною навантаження цеху [1, 2]:

$$\sigma = \frac{S_p}{F}, \quad (1.24)$$

де S_p – розрахункове навантаження об'єкту, кВА;

F – площа об'єкту, м².

Якщо значення густини навантаження 0,2 кВ·А/м² і більше доцільно застосовувати трансформатори потужністю 400 кВ·А, 630 кВ·А і 1000 кВ·А; якщо густина навантаження (0,2÷0,3) кВ·А/м² економічною є потужність трансформаторів 1600 кВ·А; якщо густина навантаження більше ніж 0,3 кВ·А/м² доцільно порівняти трансформатори потужністю 1600 кВ·А і 2500 кВ·А [1, 2, 5]. Кількість типорозмірів трансформаторів на одному підприємстві має бути мінімальною [5].

Для кожної групи цехових трансформаторів однакової потужності визначається мінімальна їх кількість, необхідну для живлення розрахункової активної навантаження [1, 2]:

$$N_{min} = \frac{P_p}{K_s S_T} + \Delta N, \quad (1.25)$$

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

Завантаження ЦТП залежить від категорії надійності електропостачання, числа трансформаторів та способу резервування.

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

Оптимальна кількість трансформаторів:

$$N_{opt} = N_{min} + m, \quad (1.26)$$

де m – додаткова кількість трансформаторів (рис.4.7, [2]);

N_{min} - мінімально необхідна кількість цехових трансформаторів.

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

$$Q_{maxT} = \sqrt{(N_{opt} K_s S_T)^2 - P_{\Sigma}^2}. \quad (1.27)$$

Потужність конденсаторних батарей на напругу до 1 кВ:

$$Q_{нк1} = Q_{\Sigma} - Q_{maxT}, \quad (1.28)$$

де Q_{Σ} – сумарне розрахункове реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну. Якщо $Q_{ie1} < 0$, то установка НБК не потрібна.

Додаткова потужність НБК для зменшення втрат в трансформаторі:

$$Q_{нк2} = Q_{\Sigma} - Q_{нк1\phi} - \gamma N_{opt} S_T, \quad (1.29)$$

де γ – розрахунковий коефіцієнт (рис.4.8, 4.9 [2]), який залежить від коефіцієнтів K_{p1} і K_{p2} та схеми живлення ЦТП ([2], 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:

$$Q_{нк} = Q_{нк1\phi} + Q_{нк2\phi}, \quad (1.30)$$

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

1.3. Розрахунок низьковольтних розподільчих мереж

Основним завданням розрахунку є вибір перерізів кабелів, проводів і шинопроводів та захисних апаратів для всіх рівнів системи електропостачання на напрузі до 1 кВ.



1.3.1. Схеми низьковольтних силових розподільчих мереж

Структурно силові низьковольтні розподільчі електричні мережі мають дві частини (рис. 1.2):

- верхній рівень - силові живлячі мережі (СЖМ) - забезпечують передачу і розподіл електроенергії серед розподільчих пунктів (РП), від яких живляться електроприймачі або вторинні розподільчі пункти.

- нижній рівень - силові розподільчі мережі (СРМ) - забезпечують передачу і розподіл електроенергії від РП до електроприймачів

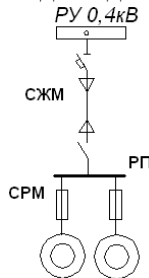


Рис. 1.2. Структура силових низьковольтних розподільчих мереж

Силові живлячі мережі (СЖМ) можуть мати різні схеми: радіальні, магістральні, змішані тощо (рис. 1.3).

Радіальні схеми мають найбільшу надійність і вимагають найбільших витрат. Магістральні схеми дозволяють дешевше виконати СЖМ. Більш поширеними є змішані схеми, що поєднують в собі елементи радіальних і магістральних схем одночасно.

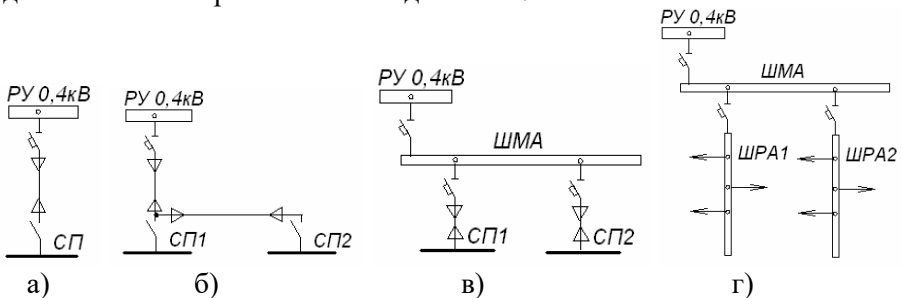


Рис. 1.3. Схеми низьковольтних розподільчих мереж:

- а) – радіальна; б) магістральна, виконана кабелями; в) магістральна, виконана магістральним шинопроводом та розподільчими пунктами; г) магістральна, виконана магістральним і розподільчим шинопроводами

1.3.2. Визначення розрахункового струму

Розрахункові струми ліній, що живлять окремі електроспоживачі, визначаються як сума номінальних струмів двигунів електроприймача:



$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном} \cdot \eta_{ном}}, \quad (1.31)$$

де $U_{ном}$ – напруга живлення електроприймачів.

Розрахункові струми ліній, що живлять групу електроприймачів – за розрахунковою потужністю групи (вузла живлення):

$$I_{розр.2} = \frac{S_{р.2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (1.32)$$

де $S_{р.2}$ - розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання;

1.3.3. Вибір перерізів кабелів, проводів

Для мереж напругою до 1 кВ визначальним у виборі перерізу провідника є технічні вимоги та умови: нагрів провідників розрахунковим струмом, їх механічна міцність, втрати напруги, термічна стійкість до струмів КЗ.

Перерізи проводів і жил кабелів низьковольтних розподільчих мереж напругою до 1000 В вибирають з урахуванням виконання умови допустимого нагріву струмом навантаження в нормальному режимі:

$$I_p \leq I_{доп}; \quad (1.33)$$

де I_p – розрахунковий струм нормального режиму;

$I_{доп}$ – допустиме струмове навантаження [11].

Обраний за умовами нагріву тривалим струмом переріз провідника перевіряється:

- за нагрівом струмом післяаварійного режиму:

$$I_{н/ав} \leq K_{пер} \cdot K_{сер} \cdot I_{доп}, \quad (1.34)$$

де $K_{сер}$ - поправковий коефіцієнт на температуру середовища; $K_{пер}$ - допустимий коефіцієнт перевантаження залежно від попереднього навантаження і часу перевантаження.

- на допустиму втрату напруги (може виконуватися вибірково).

Втрати напруги в мережі:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{розр} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi), \text{ В}; \quad (1.35)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{розр}}{U_{ном}} \cdot (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%, \quad (1.36)$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot (P_p \cdot R + Q_p \cdot X)}{U_{ном}^2} \cdot 100\%, \quad (1.37)$$

де $I_{розр}$ – розрахунковий струм лінії;

R, X – відповідно активний та індуктивний опір лінії; $\cos \varphi, \sin \varphi$ - відповідають коефіцієнту потужності в кінці лінії;

$P_{розр}$, $Q_{розр}$ – розрахункове навантаження лінії.

Обраний переріз провідника за умовами нагріву повинен бути погодженим з апаратом захисту цього провідника:

$$K_{пр} I_{доп} \geq K_{зах} I_3, \quad (1.38)$$

де $K_{зах}$ – коефіцієнт захисту або кратність захисту, тобто відношення тривало допустимого струму для проводу або кабелю до номінального струму або струму уставки спрацювання захисного апарату при перевантаженні або КЗ (параметра захисного пристрою) [11];

I_3 – номінальний струм або струм спрацювання захисного пристрою.

1.3.4. Вибір перерізів шинопроводів

Комплектні магістральні шинопроводи типу ШМА і розподільні шинопроводи типу ШРА обираються виходячи з таких умов:

1) за розрахунковим струмом:

$$I_{ном.Ш} \geq I_{розр}, \quad (1.39)$$

де $I_{розр}$ – розрахунковий струм шинопроводу. У випадку схеми типу «блок трансформатор магістраль» розрахунковий струм приймають рівним номінальному струму цехового трансформатора;

2) за електродинамічною стійкістю струмам КЗ:

$$i_{y0} < i_{дин}, \quad (1.40)$$

де i_{y0} – розрахунковий ударний струм КЗ на початку шинопроводу;

$i_{дин}$ – струм динамічної стійкості, тобто допустимий ударний струм

КЗ для даного типу шинопроводу;

3) за втратою напруги:

- для магістрального шинопроводу втрати напруги:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot \sum_{i=1}^n (I_{розр} \cdot l)}{U_{ном}} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%, \quad (1.41)$$

де $\sum_{i=1}^n (I_{розр} \cdot l)$ – сума моментів струмових навантажень шинопроводу,

А·км.

- для розподільчих шинопроводах з рівномірним навантаженням:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,5 \cdot I_{розр} \cdot l}{U_{ном}} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%. \quad (1.42)$$

1.3.5. Вибір силових розподільних пунктів

Для прийому і розподілу електроенергії до груп споживачів використовують силові розподільчі шафи і пункти. Вони комплектуються на вході рубильником, а на виводах запобіжниками (серії СП-62, ШР11,

ЩРС1) або автоматичним вимикачами (серії ПР-9000; ПР85; ПР21) однополюсними чи триполюсними з комбінованими (тепловими чи електромагнітними) або електромагнітними розчеплювачами.

Розподільні пункти вибирають за: ступенем захисту, номінальним струмом введення, кількістю ліній, що відходять, типом захисного апарату (з запобіжниками або з автоматичними вимикачами) і номінального струму апаратів для приєднань. Якщо лінії, що відходять, відходять необхідно захищати тільки від струмів КЗ, то доцільно використовувати РП з запобіжниками. За необхідності захисту ліній від струмів КЗ і перевантаження слід вибрати розподільні пункти з автоматичними вимикачами.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



2. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ

2.1. Приклад розрахунку навантаження цеху

2.1.1. Приклад розрахунку силового навантаження цеху

Розрахунок виконуємо згідно рекомендацій п. 1.1.2.

Таблиця 2.1

Приклад розрахунку силового навантаження (Форма Ф 636 – 92)

Початкові дані						Розрахункові величини							
По завданню технологів				за довідни- ками									
Найменування ЕП	Кількість ЕП, шт	Встанов- лена потуж- ність, кВт		K_e	Коефіцієнт використання, K_c	Середня потужність		Ефективне число ЕП n_e	коefficient розрахункової потужності, K_p	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм I_p, A
		Одного ЕП $P_{ном}$	Загальна $P_{ц} = n \cdot P_{ном}$			Активна, кВт $K_w \cdot P_{ном}$	Реактивна, кВАр $K_c \cdot P_{ном} \cdot tg \varphi$			Активна, P_p , кВт	Реактивна Q_p , кВАр	Повна S_p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Група 1</i>													
Верстат шліфувальний	3	3,5	10,5	0,14	0,6/ 1,33	1,47	1,96						
Верстат сверлильний	2	2,2	4,4	0,14	0,6/ 1,33	0,616	0,82						
Верстат розточний	1	3,2	3,2	0,14	0,6/ 1,33	0,448	0,60						
Верстат фрезерний	1	5,5	5,5	0,14	0,6/ 1,33	0,77	1,03						
Верстат гвинторізний	3	1,5	4,5	0,14	0,6/ 1,33	0,63	0,84						
Верстат токальний	2	5,6	11,2	0,14	0,6/ 1,33	1,568	2,09						
Верстат точильний	2	1,7	3,4	0,14	0,6/ 1,33	0,476	0,63						
Вертикально- свердильний	4	1,5	6	0,14	0,6/ 1,33	0,84	1,12		-	-	-	-	-
Вентиляційна установка	2	2,5	5	0,65	0,8/ 0,75	3,25	2,44		-	-	-	-	-
Повітряна завіса	2	1,6	3,2	0,8	0,75/ 0,88	2,56	2,26		-	-	-	-	-
Разом по групі 1	22		56,9	0,22		12,628	13,79	17	1,28	16,16	13,89	21,24	32,28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Група 2</i>													
Верстат деревообробний	2	6,5	13	0,14	0,6/ 1,33	1,82	2,43						
Станок циркулярний	2	2,5	5	0,14	0,6/ 1,33	0,7	0,93						
Станок фуговальний	2	3,5	7	0,14	0,6/ 1,33	0,98	1,31						
Рейсмусовий станок	2	5	10	0,14	0,6/ 1,33	1,4	1,87						
Прес	2	7,5	15	0,17	0,6/ 1,33	2,55	3,87						
Калорифер	2	5,5	11	0,6	0,8/ 0,75	6,6	5,82						
Вентиляційна установка	2	1,5	3	0,75	0,75/ 0,88	2,25	1,69						
Разом по групі 2	14		64	0,25		16,3	17,91	11,74	1,22	19,89	17,91	26,76	40,66
						приймаємо		11					
<i>Група 3</i>													
Молот	1	12	12	0,24	0,65/ 1,17	2,88	3,37						
Прес штампувальний	1	14	14	0,17	0,55/ 1,52	2,38	3,61						
Тельфер	2	3,5	7	0,1	0,5/ 1,73	0,7	1,21						
Верстат свердильний	2	4,5	9	0,16	0,6/ 1,33	1,44	1,92						
Верстат шліфувальний	2	3,5	7	0,16	0,6/ 1,33	1,12	1,49						
Круглошліфувальний верстат	2	7,6	15,2	0,2	0,6/ 1,33	3,04	4,05						
Піч закалювальна	2	8,5	17	0,7	0,95/ 0,33	11,9	3,91						
Вентустановка	3	1,5	4,5	0,75	0,8/ 0,75	3,375	2,53						
Разом по групі 3	11		85,7	0,24		20,875	13,91	22,14	1,23	25,68	13,91	29,20	44,37
						приймаємо		11					

Примітка: ефективну кількість електроприймачів n_e визначаємо за формулою (4); значення K_p залежно від $K_{в.гр.}$ і n_e приймаємо за табл. Д.3.

2.1.2. Приклад розрахунку освітлювального навантаження

Освітлювальні навантаження визначаємо методом питомого освітлювального навантаження. Площу цеху визначаємо з генплану; питоме освітлювальне навантаження - згідно довідникових матеріалів з урахуванням необхідної освітленості, типу ламп, висоти підвісу світильника та площі цеху (див. п. 1.1.3) (або наближено за табл. Д.5)



Сумарна потужність освітлювальних електроприймачів, згідно:

$$P_{н.о} = 17 \cdot 630 = 10,71 \text{ кВт},$$

де $P_{н.о} = 17 \text{ Вт/м}^2$ при нормативній освітленості $E = 200 \text{ лк}$, коефіцієнти запасу $K_z = 1,5$ і висоті підвісу $h = 6 \text{ м}$; $F = 630 \text{ м}^2$ (згідно завдання або по генеральному плану).

Розрахункова освітлювальна активна потужність:

$$P_{р.о} = 1,1 \cdot 0,9 \cdot 10,71 = 10,6 \text{ кВт},$$

де $K_{пра} = 1,1$; $K_n = 0,9$ (табл. Д.6).

Розрахункова освітлювальна реактивна потужність:

$$Q_{р.о} = 10,6 \cdot 0,48 = 5,1 \text{ кВАр},$$

де $\text{tg } \varphi = 0,48$.

2.1.3. Приклад розрахунку повного навантаження цеху

Приклад представлення результатів розрахунку повного навантаження по цеху (силове навантаження груп ЕП та освітлювальне навантаження цеху розраховується на попередніх етапах).

Таблиця 2.2

Приклад розрахунку силового навантаження цеху
(Форма Ф 636 – 92)

Найменування ЕП	Початкові дані					Розрахункові величини								
	Кількість ЕП, шт	Встановлена потужність, кВт	Загальна	Груповий коефіцієнт використання, K_g	Коефіцієнт потужності $\cos \varphi / \text{tg } \varphi$	Середня потужність		Ефективне число ЕП n_e	коefficient розрахункової потужності K_p	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм $I_p, \text{ А}$	
						Активна, кВт	Реактивна, кВАр			Активна, P_p , кВт	Реактивна Q_p , кВАр	Повна S_p , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Група 1	22	5,6	56,9	0,22		12,63	13,79							
Група 2	14	7,5	64	0,25		16,3	17,91							
Група 3	11	14	85,7	0,24		20,87	13,91							
Разом силове	47	14	206,6	0,24		49,80	45,61	29,51	0,75	37,35	34,21	50,65	76,95	
						приймаємо		29						
Освітлювальне										10,6	5,1	11,76	17,87	
Разом по цеху										47,95	39,3	62		

Примітка: ефективну кількість електроприймачів n_e визначаємо за формулою (5); значення K_p приймаємо за табл. Д.2.



2.2. 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;

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; $K_{\gamma} = 0,8$; $S_T = 250$ кВА; $\Delta N = 0,77$.

Оптимальна кількість трансформаторів:

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

де $m = 0$ ([2], рис.9.4).

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

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

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

Сумарна потужність конденсаторних батарей на напругу до 1 кВ:

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

Оскільки $Q_{\text{нк1}} > 0$, то використовуємо три УКРП-0,4-25-5У3 і $Q_{\text{нк1ф}} = 75$ кВАр.

Додаткова сумарна потужність НБК для даної групи трансформаторів:

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

де $\gamma = 0,5$ ([2], стор.237, 238).

Оскільки $Q_{\text{нк2}} < 0$, то для даної групи трансформаторів реактивна потужність $Q_{\text{нк2ф}}$ приймається рівною нулю.

Сумарна розрахункова потужність НБК:

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

де $Q_{\text{нк1ф}} = 75$ кВАр; $Q_{\text{нк2ф}} = 0$ кВАр.



3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Міністерство
водного господарства
та природокористування

Задача 1. Визначити розрахункове навантаження ремонтно-механічного цеху розміром (54 x 24) м, висотою 6 м. Розряд зорових робіт – **IV**, нормована освітленість для загального освітлення – 200 лк. Перелік споживачів цеху вибирається згідно бланку індивідуального завдання. Обладнання цеху та вихідні дані для розрахунку вибрати згідно варіанту з таблиці 3.1. Електрообладнання розподілити рівномірно між 4 цеховими розподільчими пунктами.

Таблиця 3.1

Вихідні дані для розрахунку

№ з/п	Найменування устаткування	P _{ном} , кВт одного ЕП	K _B	tg φ	Кількість обладнання за варіантом (шт.)									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Токарно-гвинторізний верстат	11	0,16	1,73	1	3	4	5	6	2	4	6	3	1
2	Токарно-гвинторізний верстат	4	0,16	1,73	4	2	5	4	6	8	9	10	11	13
3	Токарно-гвинторізний верстат	4	0,16	1,73	5	4	3	3	5	6	7	8	9	10
4	Токарно-гвинторізний верстат	15	0,16	1,73	3	5	7	4	1	2	3	3	4	3
5	Токарно-револьверний верстат	5	0,17	1,17	4	6	6	4	3	4	5	6	7	8
6	Довбальний верстат	4	0,14	2,29	5	7	5	6	7	2	6	7	8	9
7	Поперечно-стругальний верстат	11	0,17	1,17	3	6	4	7	2	3	1	5	4	3
8	Універсально-фрезерний верстат	2	0,13	1,98	7	5	8	6	8	9	10	2	11	12
9	Універсально-фрезерний верстат	6	0,13	1,98	8	4	9	5	5	6	7	6	3	7
10	Горизонтально-фрезерний верстат	4	0,12	1,98	4	5	12	15	5	6	7	6	5	1
11	Вертикально-фрезерний верстат	13	0,12	1,98	3	6	8	3	2	3	4	3	2	2
12	Зубофрезерний верстат	1	0,17	1,17	8	7	9	15	13	14	15	3	16	17
13	Універсальний зубофрезерний верстат	7	0,17	1,17	7	6	8	4	6	3	4	6	7	6
14	Круглошліфувальний верстат	20	0,25	1,17	2	5	7	2	1	5	2	3	4	3
15	Плоскошліфувальний верстат	12	0,25	1,17	5	6	9	4	6	3	4	5	4	3
16	Внутрішньошліфувальний верстат	11	0,25	1,17	3	7	9	3	1	2	3	4	5	6
17	Вертикально-свердильний верстат	3	0,14	1,73	12	8	2	7	7	6	7	8	9	10
18	Радіально-свердильний верстат	6	0,14	1,73	8	1	9	7	6	5	4	5	6	7
19	Настільно-свердильний верстат	1	0,14	1,73	4	13	14	11	10	14	15	16	11	10
20	Координатно-розточувальний верстат	6	0,13	1,73	5	5	6	4	3	2	5	6	8	9
21	Універсальний заточувальний верстат	2	0,13	1,73	8	9	3	10	11	12	15	16	11	10
22	Кран-балка електрична підвісна	5	0,1	1,73	6	6	5	2	7	8	9	5	6	8



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
23	Вентилятор	7	0,65	0,75	5	6	7	8	4	9	4	5	6	8
24	Відрізний верстат з ножівковою пилкою	2	0,2	1,17	11	12	11	13	14	7	15	14	13	14
25	Ножиці	7	0,2	1,17	3	2	3	4	5	4	3	4	6	6
26	Пресс листозагинальний	15	0,17	1,17	2	3	4	5	6	4	3	1	3	2
27	Пресс кривошипний	10	0,17	1,17	2	4	3	5	6	5	4	4	3	3
28	Настільно-свердильний верстат	1	0,14	1,73	12	14	17	16	15	13	12	11	10	6
29	Обдирочно-шліфувальний верстат	3	0,25	1,17	6	7	8	9	10	12	3	4	2	5
30	Радіально-свердильний верстат	7	0,14	1,73	6	7	8	9	5	7	9	5	7	8
31	Трубовідрізний верстат	2,8	0,2	1,17	5	6	7	8	9	5	4	6	8	9
32	Верстат трубозгинальний	7	0,2	1,17	3	4	5	6	6	6	7	7	8	2
33	Перетворювач зварювальний	28	0,3	1,73	1	2	3	3	3	2	3	4	3	1
34	Машина електрозварювальна точкова	45	0,3	1,33	1	2	2	3	2	1	1	5	2	2
35	Машина електрозварювальна шовна	17,5	0,3	1,02	3	4	5	4	5	4	4	5	4	3
36	Трансформатор зварювальний	12	0,3	1,73	3	4	4	4	3	3	4	5	6	7
37	Кран мостовий електричний	24	0,1	1,73	3	4	5	6	2	6	7	6	5	4
38	Вентилятор	10	0,65	0,75	3	4	4	3	4	5	5	4	4	
39	Молот пневматичний кувальний	10	0,2	1,17	3	4	4	5	5	5	6	6	6	6
40	Горно двоогневе	1	0,5	0,88	14	2	16	17	18	19	21	22	23	24
41	Вентилятор дугтьовий	1,2	0,8	0,75	4	12	13	14	15	16	17	18	19	11
42	Обдирочно-точильний верстат	3	0,17	1,17	13	3	10	9	8	7	7	9	8	6
43	Електропіч опору камерна з щитом керування (950 С)	45	0,5	0,33	1	2	3	3	4	3	3	2	1	2
44	Вентилятор	4,5	0,65	0,75	9	8	7	5	4	3	4	6	7	9
45	Кран-балка електрична підвісна	4,8	0,1	1,73	5	6	7	4	6	6	7	4	7	8
46	Електропіч опору шахтна з щитом керування	24	0,7	0,33	1	2	3	2	2	3	2	1	3	2
47	Шафа електрична сушильна	1,1	0,7	0,62	11	13	10	14	11	12	6	13	14	15
48	Вентилятор	2,8	0,65	0,75	6	7	8	9	7	8	9	6	10	11
49	Вентилятор	7	0,65	0,75	7	8	9	5	6	9	4	7	8	3

Задача 2. З урахуванням розрахункового навантаження цеху вибрати потужність та кількість цехових трансформаторів (цехових трансформаторних підстанцій) та низьковольтних компенсуючих пристроїв. Споживачі цеху належать до II категорії за надійністю електропостачання.

Задача 3. Вибрати схему та розрахувати цехову розподільчу мережу електропостачання споживачів електроенергії цеху. (План розташування обладнання скласти самостійно з урахуванням переліку та кількості обладнання згідно варіанту).



4. ПЕРЕЛІК ТЕОРЕТИЧНИХ ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

водного господарства
та природокористування

Тема 1. Загальна характеристика систем електропостачання

Сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку систем електропостачання. Основні поняття та визначення. Джерела живлення в СЕП промислових підприємств. Характеристика категорійності споживачів та їх СЕП за надійністю електропостачання. Спрощена структура СЕП.

Тема 2. Графіки електричних навантажень

Поняття електричного навантаження. Графіки електричних навантажень: індивідуальні, групові, річні. Основні фізичні величини, що характеризують графіки навантажень промислових підприємств.

Тема 3. Розрахунок електричних навантажень в СЕП

Основні характеристики електричних навантажень: індивідуальних електроприймачів, групи електроприймачів. Розрахункові електричні навантаження.

Методи визначення електричних навантажень: основні - коефіцієнта попиту, статистичний, упорядкованих діаграм, модифікований метод впорядкованих діаграм; додаткові - питомої витрати електроенергії на одиницю продукції, питомої густини навантаження.

Визначення середніх і середньоквадратичних навантажень. Розрахунок максимальних, пікових навантажень. Визначення навантажень однофазних електроприймачів на трифазну мережу. Визначення електричних навантажень від освітлювальних установок промислових підприємств.

Тема 4. Компенсація реактивної потужності в умовах підприємства

Основні споживачі реактивної потужності. Передача реактивної потужності через мережу. Негативні наслідки передачі реактивної потужності. Способи підвищення коефіцієнту потужності.

Джерела реактивної потужності. Методи та способи компенсації реактивної потужності. Індивідуальна та групова компенсація реактивної потужності.

Визначення потужності компенсуючих пристроїв промислового підприємства. Компенсація реактивної потужності в електричних мережах загального призначення напругою до 1кВ. Розподіл потужності конденсаторних установок в цеховій мережі напругою до 1 кВ.



Режими роботи компенсуючих пристроїв. Схеми вмикання батарей статичних конденсаторів в мережу.

Тема 5. Розподільчі електричні мережі напругою до 1 кВ

Призначення і класифікація низьковольтних розподільчих мереж. Вимоги до електромереж напругою до 1 кВ. Схеми низьковольтних силових розподільчих мереж. Рекомендації щодо вибору схем виконання низьковольтної мережі.

Вибір напруги для живлення цехових електроприймачів. Схеми цехових (внутрішніх) розподільчих мереж. Сумісне живлення освітлювального і силового навантаження. Конструктивне виконання цехових електричних мереж. Розподільчі і силові пункти (шафи).

Загальні вимоги та особливості розрахунку низьковольтних розподільчих мереж. Розрахунок та вибір перерізу проводів та кабелів. Вибір шинопроводів. Вибір цехових силових розподільних пунктів. Комутаційні та захисні апарати НН. Вибір і перевірка електричних апаратів напругою до 1кВ.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



1. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. 148 с.
2. Федоров А. А., Старкова Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. Москва : Энергоатомиздат. 1987. 368 с.
3. Шкрабець Ф.П. Електропостачання. Дніпропетровськ : НГУ, 2015. 540 с.
4. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для студентов высших учебных заведений. Москва: Интернет Инжиниринг, 2005. 672 с.
5. ДСТУ-Н Б В.2.5-80-2015 Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Київ, 2015. 83 с.
6. 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.
7. Долин П. А. Справочник по технике безопасности. Москва : Энергоиздат, 1982.
8. Электротехнический справочник. В 3т. Т.3 : В 2 кн. Кн. 2. Использование электрической энергии. / Под общ. Ред. И. Н. Орлова. Москва : Энергоатомиздат, 1988. 560 с.
9. Справочная книга по светотехнике. / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. Москва : Энергоатомиздат, 1983. 360 с.
10. Справочник по проектированию электроснабжения / Под. ред. Ю. Г. Барыбина и др. – Москва: Энергоатомиздат. 1990. 568 с.
11. Правила улаштування електроустановок. Харків: В-во «Індустрія», 2014 796 с.
12. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. Основи електроенергетики та електропостачання: Підручник. Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 436 с.
13. Кабышев А. В., Обухов С. Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. Пособие. Томск : Том. политехн. ун-т, 2005. 168 с.
14. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть станций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Москва : Энергоатомиздат, 1989. 608 с.



ДОДАТОК

Таблиця Д.1

Рекомендовані значення коефіцієнтів [10]

Найменування механізмів і апаратів	K_e	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$
Металорізальні верстати дрібносерійного виробництва з нормальним режимом роботи (токарні, фрезерні, сверлильні, точильні, карусельні і т. і.)	0,14	0,5	1,73
Металорізальні верстати крупносерійного виробництва з нормальним режимом роботи (ті самі)	0,16	0,6	1,33
Металорізальні верстати з важким режимом роботи (штампувальні преси, автомати, револьверні, обдирочні, зубофрезерні, а також крупні токарні, строгальні, фрезерні, карусельні, розточувальні)	0,17	0,65	1,17
Переносний електроінструмент	0,06	0,65	1Д7
Вентилятори, сантехнічна вентиляція	0,6	0,8	0,75
Насоси, компресори, дизельгенератори	0,7	0,8	0,75
Крани, тельфери	0,1	0,5	1,73
Зварювальні трансформатори	0,25	0,35	2,67
Зварювальні машини (стикові й точкові)	0,2	0,6	1,33
Печі опору, сушильні шафи, нагрівальні прибори	0,75	0,95	0,33

Таблиця Д.2

Значення коефіцієнтів розрахункового навантаження K_p на шинах НН цехових трансформаторів та для магістральних шинопроводів напругою до 1 кВ [6]

n_e	Коефіцієнт використання K_e							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 та більше
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	1,0
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1,0
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,0	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
Більше 50	0,65	0,65	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8



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



Значення коефіцієнтів одночасності K_o для визначення розрахункового навантаження на шини 6 (10) кВ РП та ГПП [6]

Середньозважений коефіцієнт використання, K_o	Число приєднаних 6 (10) кВ на збірних шинях РП, ГПП			
	2 - 4	5 - 8	9 - 25	більше 25
до 0,3	0,9	0,8	0,75	0,7
от 0,3 до 0,5	0,95	0,9	0,85	0,8
от 0,5 до 0,8	1,0	0,95	0,9	0,85
понад 0,8	1,0	1,0	0,95	0,9

Таблиця Д.5

Питома потужність освітлювального навантаження, Вт/м²

Найменування об'єкта	$P_{пит,о}$
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.6

Значення коефіцієнту попиту K_n для робочого освітлення [8]

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
Канторсько-побутові та лабораторні будівлі	0,75
Складські будови і електричні підстанції	0,6
Аварійне освітлення	1,0



Параметри двообмоткових трансформаторів [2]

Тип	Втрати, κBt		Напруга КЗ, %	Струм ХХ, %
	Х.Х	К.З.		
ТМ-25/10	0,125	0,6	4,5	3,2
ТМ-40/10	0,18	0,88	4,5	3
ТМ-63/10	0,265	1,28	4,5	2,8
ТМ-100/10	0,365	1,97	4,5	2,6
ТМ-160/10	0,54	2,65	4,5	2,4
ТМ-250/10	1,05	3,7	4,5	2,3
ТМ-400/10	1,45	5,5	4,5	2,1
ТМ-630/10	2,27	7,6	5,5	2
ТМ-1000/10	3,8	12,7	5,5	3
ТМ-1600/10	3,3	16,5	5,5	1,3
ТМ-2500/10	6,2	25	5,5	3,5
ТМ-1600/35	3,65	18	6,5	1,4
ТМ-2500/35	5,1	23,5	6,5	1,1
ТМ-4000/35	6,7	33,5	7,5	1
ТМ-6300/35	9,4	46,5	7,5	0,9
ТМН-10000/110	18	60	10,5	0,9
ТДН-16000/110	26	85	10,5	0,85
ТРДН-25000/110	36	120	10,5	0,75

Таблиця Д.8

Питомі опори шинопроводів, $мОм/м$

Тип шинопроводу	$I_{НОМ.Ш}, A$	$R_{Ш}$	$X_{Ш}$	$Z_{Ф-Н}$
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	–



Національний університет
водного господарства
та природокористування



Національний університет
водного господарства
та природокористування