

СПЕЦІАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

**Програма дисципліни, методичні вказівки до її
самостійного вивчення та контрольні завдання
для студентів заочної форми
навчання спеціальності**

**141 – «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка», спеціалізації
«Електротехнічні системи
електроспоживання»**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

СПЕЦІАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

**Програма дисципліни, методичні вказівки до її
самостійного вивчення та контрольні завдання
для студентів заочної форми
навчання спеціальності
141 – «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка», спеціалізації
«Електротехнічні системи
електроспоживання»**

Вінниця
ВНТУ
2017

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 10 від 16.06.2016 р.)

Рецензенти:

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

Спеціальні питання електропостачання. Програма дисципліни, методичні вказівки до її вивчення та контрольні завдання для студентів заочної форми навчання спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електротехнічні системи електроспоживання». /Уклад. М. Й. Бурбело, О. В. Бабенко, Ю. В. Лобода. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 33 с.

Методичні вказівки містять програму дисципліни, методичні вказівки до її самостійного вивчення. Наведені методичні рекомендації для підготовки до заліку, а також завдання на контрольну роботу.

ЗМІСТ

1 Організація вивчення дисципліни	4
2 Загальні вказівки щодо організації самостійної роботи. Інформаційний обсяг дисципліни	6
3 Завдання, задачі для самостійної та індивідуальної роботи студентів.....	8
4 Приклад розв'язування задач.....	10
5 Контроль індивідуальної роботи та СРС	15
6 Тестові завдання	17
7 Завдання до виконання контрольної роботи студентами заочної форми навчання	19
8 Приклад розв'язування задач контрольної роботи.....	22
9 Запитання до іспиту дисципліни	29
Перелік літератури	30

1 ОРГАНІЗАЦІЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Спеціальні питання електропостачання» є електропостачання технологічних установок промислових підприємств з різкозмінними та імпульсними навантаженнями, а також особливості виконання електроустановок в пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зонах і агресивних середовищах.

Міждисциплінарні зв'язки: матеріал дисципліни базується на знаннях студентів з дисциплін: «Системи електропостачання», «Електротехнологічні установки та пристрої». З урахуванням знань дисципліни «Спеціальні питання електропостачання» виконується дипломний проект, магістерська кваліфікаційна робота.

Мета викладання навчальної дисципліни полягає в тому, щоб оволодіти основними принципами побудови, функціонування та методами розрахунку електропостачання технологічних установок промислових підприємств з різкозмінними та імпульсними навантаженнями та особливостями виконання електроустановок в пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зонах і агресивних середовищах.

Основні завдання вивчення дисципліни:

- ознайомитись із сучасними методами розрахунку електричних навантажень промислових підприємств з різкозмінними навантаженнями;
- засвоїти методи розрахунку цехових мереж з різкозмінними навантаженнями;
- ознайомитись з методами розрахунку компенсації реактивної потужності за умов несиметрії та несинусоїдності напруги живлення.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні **знати**:

- методи розрахунку електричних навантажень промислових підприємств з різкозмінними та імпульсними навантаженнями,
- типові схеми цехових та заводських мереж систем електропостачання промислових підприємств з різкозмінними навантаженнями,
- умови вибору основних елементів систем електропостачання промислових підприємств з різкозмінними навантаженнями;

вміти:

- вибирати переріз струмоведучих провідників, їх тип і спосіб прокладання, комутаційно-захисні апарати за різкозмінних навантажень;
- оцінити допустимість навантажень ліній електропередач, силових трансформаторів за різкозмінних навантажень.

Для студентів заочної форми навчання передбачені такі форми вивчення матеріалу: курс лекцій під час установчої сесії; виконання лабораторних робіт; самостійна робота студентів над літературою відповідно до викладеної далі програми дисципліни; виконання контрольної роботи (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 6 (3)	Галузь знань <u>14 – Електрична інженерія</u> (шифр і назва)	Нормативна	
Модулів – 2 (1)	спеціальності <u>141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка спеціалізації Електротехнічні системи електроспоживання</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2 (1)		1	2
Індивідуальне науково-дослідне завдання (реферати, розрахункові, графічні, розрахунково-графічні роботи, контрольні роботи, що виконуються під час СРС (домашні контрольні роботи), курсові, дипломні проекти (роботи) та ін. визначаються робочим навчальним планом чи рішенням кафедри)		Семестр	
Загальна кількість годин – 180 (90)		2-й	3-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 6	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр (спеціаліст)	36 год (18 год)	10 год (5 год)
		Практичні, семінарські	
		18 год (9 год)	10 год (відс)
		Лабораторні	
		18 год (9 год)	5 год (5 год)
		Курсовий проект	
		-	-
		Самостійна робота	
108 год (54год)	155 год (80 год)		
Вид контролю: іспит			

Примітка. В дужках вказана кількість кредитів, модулів і годин для спеціалістів.

2 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ ДИСЦИПЛІНИ

Під час самостійного вивчення програмних питань можна дати такі методичні вказівки загального характеру:

1. Починати вивчення потрібно з перегляду матеріалу конспекту лекцій, потім можна приступити до вивчення навчального матеріалу за підручниками, навчальними посібниками, методичними вказівками.

2. Приступити до розв'язування задач краще тоді, коли ви маєте певні знання з теоретичних питань.

3. Роботу з бібліотечними фондами та дистанційними джерелами з метою пошуку необхідної інформації краще розпочати з перегляду доступних Internet-ресурсів за вказаною темою.

4. На завершення здійснюють опрацювання матеріалу за першоджерелами, науковою і спеціальною літературою.

Інформаційний обсяг дисципліни

Змістовий модуль 1

Тема 1 Моделювання різкозмінних та імпульсних графіків навантажень

Математичні моделі різкозмінних графіків навантажень. Розрахункове навантаження електроприймача (ЕП) з великою нерівномірністю графіків навантажень. Моделі індивідуальних та групових імпульсних графіків навантажень. Визначення рорахункових навантажень ЕП з імпульсним режимом роботи. Розрахунок максимальних значень пікових навантажень ЕП з імпульсним режимом роботи.

[1], [3] С. 8–101, С. 102–166.

Тема 2 Електропостачання установок контактного та дугового електрозварювання

Визначення розрахункових навантажень установок контактного електрозварювання (УКЕ). Розрахунок пікових навантажень УКЕ. Особливості побудови цехових мереж УКЕ. Розрахунок втрат напруги в мережах живлення УКЕ. Установки дугового електрозварювання (УДЕ). Визначення розрахункових навантажень УДЕ. Розрахунок пікових навантажень УДЕ. Особливості побудови цехових мереж УДЕ.

[1], [3], [4].

Тема 3 Електропостачання дугових печей

Схеми електропостачання підприємств з ДСП. Розрахунок коливань напруги. Розрахунок несинусоїдності. Характеристика руднотермічних печей (РТП) змінного струму. Схеми електропостачання РТП. Поперечна та поздовжня ємнісна компенсація реактивної потужності.

[5].

Тема 4 Електропостачання в пожежонебезпечних і вибухонебезпечних середовищах. Класифікація пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зон. Вимоги до виконання електрообладнання. Особливості виконання електропроводок в пожежонебезпечних і вибухонебезпечних зонах. Вибір комутаційних апаратів.

[2], с. 4–67, С. 183–194, С. 206–226.

Тема 5 Електропостачання в середовищах, відмінних від нормальних

Електропостачання в корозійних середовищах. Електропостачання в хімічно активних середовищах. Електропостачання в жарких середовищах. Електропостачання у вологих, сирих, особливо сирих середовищах.

[2], С. 68–138, С. 195–205.

Змістовий модуль 2 (згідно з програмою підготовки магістрів)

Тема 6 Динамічна компенсація реактивної потужності

Розрахунок потужності статичних тиристорних компенсаторів (СТК). Моделювання роботи комплексу ДСП-СТК. Розрахунок силових фільтрів. Моделювання силових пасивних і активних фільтрів.

[5].

Тема 7 Компенсація ємнісних струмів замикання на землю

Електричні мережі з компенсованою нейтраллю. Пристрої компенсації ємнісних струмів на землю. Вимірювання в мережах з компенсованою нейтраллю. Налагодження дугогасильних реакторів. Ефективність використання пристроїв компенсації ємнісних струмів замикання на землю.

[2], С. 139–182.

Тема 8 Електропостачання технологічних установок з потужними електроприводами

Груповий вибіг електродвигунів. Пуск і самозапуск електродвигунів. Недоліки існуючих пристроїв автоматичного ввімкнення резерву (АВР) та необхідність розробки швидкодіючих АВР. Схеми швидкодіючих АВР. Динамічна компенсація пускових струмів двигунів.

[6], С. 80–197, [7].

Тема 9. Підвищення ефективності компенсуючих установок.

Загальні положення підвищення ефективності використання компенсуючих установок при заданій вхідній реактивній потужності. Підвищення ефективності автоматичного управління потужністю компенсуючих установок.

[9, 10].

3 ЗАВДАННЯ, ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Приклад 3.1. Розрахувати ефективне навантаження установок контактного електрозварювання (УКЕ) (табл. 3.1) наближеним методом.

Таблиця 3.1 – Розрахунок навантажень УКЕ

УКЕ	S_{Π}	K_{yi}	S_{ci}	S_{ei}^2	$D(S_i)$	Кількість
3ф. 01	800	0,0236	18,8	14991	14637	1
3ф. 02	1320	0,0147	19,1	25200	24830	2 почергово
2ф. 03	880	0,0062	5,45	4790	4760	2 почергово
2ф. 04	560	0,0062	3,47	1940	1930	4
1ф. 05	520	0,0059	3,05	1577	1568	3
1ф. МТП-75	60	0,020	1,2	72	70,6	4
1ф. МТП-200	100	0,020	2,0	200	196	2 одночасно
1ф. МТПГ-75	90	0,027	2,43	219	213	2 одночасно

Приклад 3.2. Розподілити УКЕ (табл. 3.1) рівномірно між фазами. Визначити два найбільш завантажених плеча. Двофазні УКЕ привести до трифазних.

Приклад 3.3. Для двох найбільш завантажених фаз виконати розрахунок навантажень трифазних УКЕ з незалежним режимом роботи.

Приклад 3.4. Для двох найбільш завантажених фаз виконати розрахунок навантажень однофазних УКЕ з незалежним режимом роботи.

Приклад 3.5. Для двох найбільш завантажених фаз виконати розрахунок навантажень трифазних УКЕ з почерговим режимом роботи.

Приклад 3.6. Для двох найбільш завантажених фаз виконати розрахунок навантажень для однофазних УКЕ з почерговим режимом роботи.

Приклад 3.7. Розрахувати ефективне навантаження УКЕ одночасної роботи потужністю 100 і 90 кВ·А з коефіцієнтом увімкнення відповідно 0,02 і 0,027.

Приклад 3.8. Розрахувати ефективне навантаження усіх УКЕ за результатами, отриманими під час розв'язування прикладів 3.2...3.3.

Приклад 3.9. Розрахувати пікове навантаження УКЕ (табл. 3.1) наближеним методом.

Приклад 3.10. Розрахувати пікове навантаження УКЕ (табл. 3.1) уточненим методом.

Приклад 3.11. До реконструкції схеми електропостачання підприємства ДСП одержують живлення від обмоток 35 кВ трансформаторів 110/35/6 кВ (рис. 3.1), після реконструкції – з виводу обмотки середньої напруги 110 кВ автотрансформаторів 220/110/35 кВ потужністю 200 МВ·А (рис. 3.2), «загальна точка» приєднання спокійного і різко-

змінного навантаження вноситься в точку, де потужність КЗ складає 3200 МВ·А. Визначити коливання напруги до і після реконструкції.

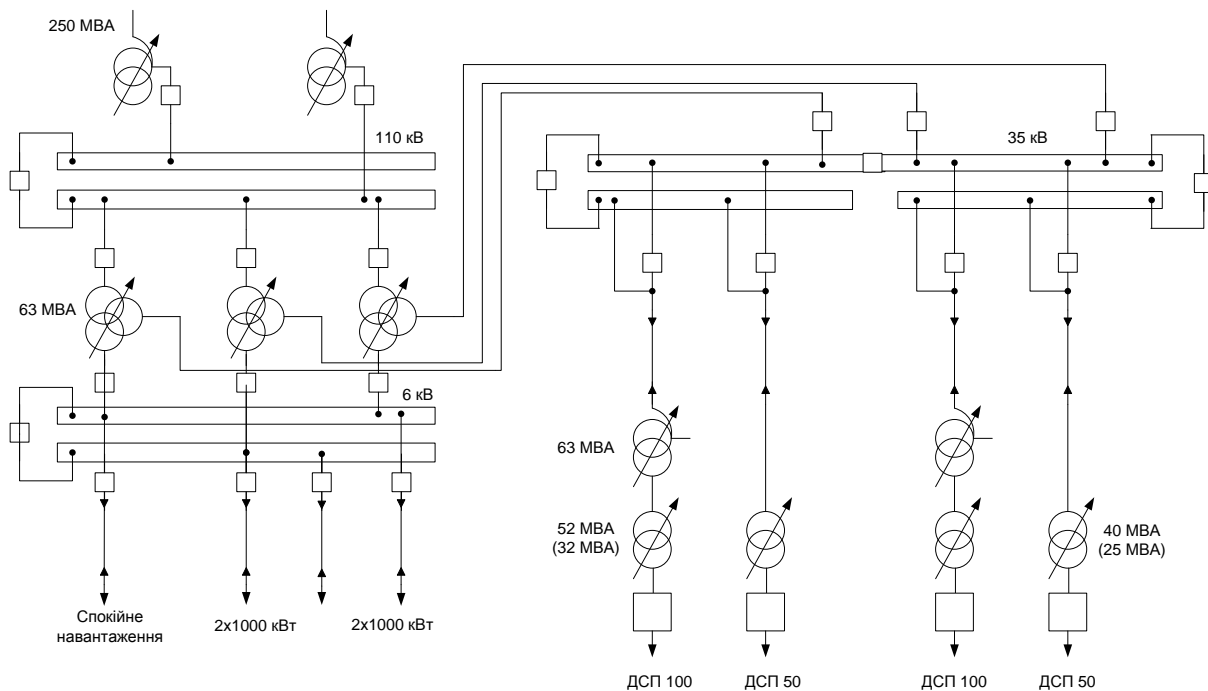


Рисунок 3.1 – Схема електропостачання підприємства (до реконструкції)

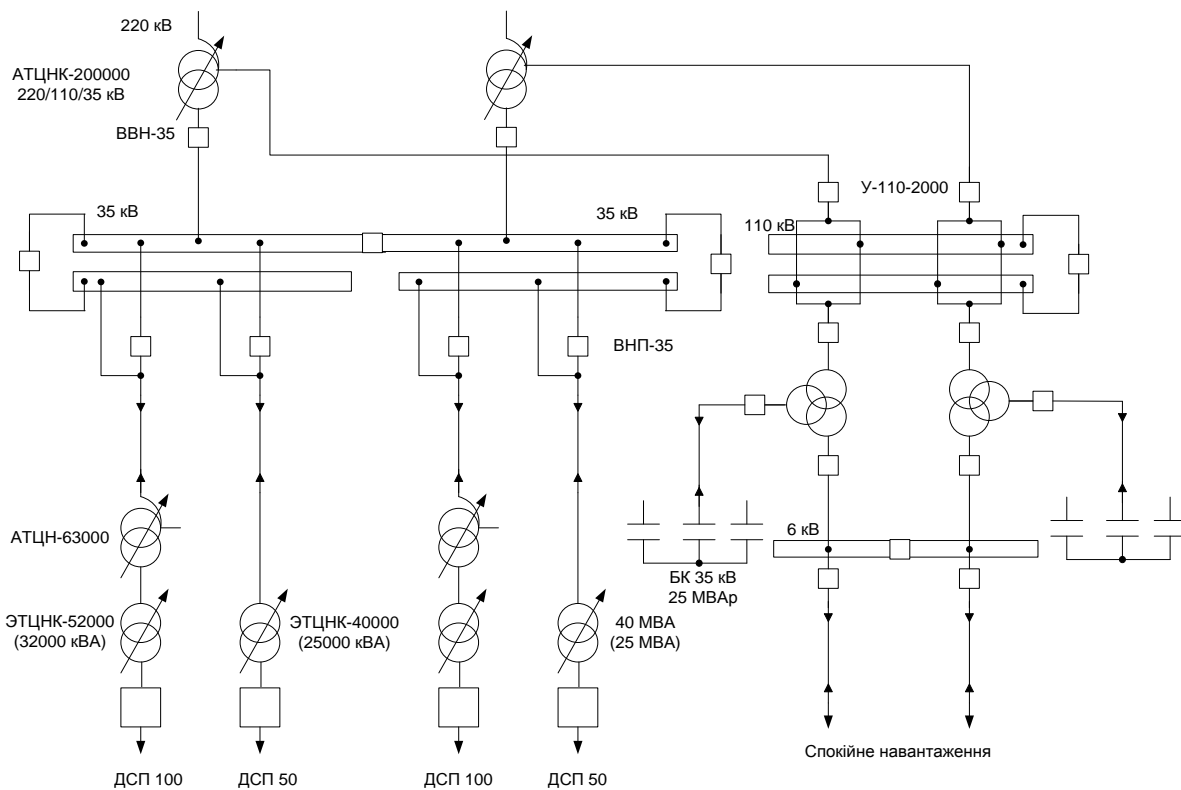


Рисунок 3.2 – Схема електропостачання підприємства (після реконструкції)

4 ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

Приклад 4.1. Розрахувати ефективне навантаження УКЕ (табл. 4.1) наближеним та уточненим методами.

Таблиця 4.1 – Розрахунок навантажень незалежних однофазних УКЕ

УКЕ	S_{Pi}	K_{yi}	S_{ci}	S_{ei}^2	$D(S_i)$	Приєднання до фаз
01-№ 1	100	0,05	5	500	475	<i>AB</i>
01-№ 2	100	0,05	5	500	475	<i>AB</i>
02-№ 1	75	0,05	3,75	281,25	267,2	<i>BC</i>
02-№ 2	75	0,05	3,75	281,25	267,2	<i>BC</i>
02-№ 3	75	0,05	3,75	281,25	267,2	<i>CA</i>
03-№ 1	40	0,05	2	80	76	<i>BC</i>
03-№ 2	40	0,05	2	80	76	<i>CA</i>
03-№ 3	40	0,05	2	80	76	<i>CA</i>
03-№ 4	40	0,05	2	80	76	<i>CA</i>
Усього			29,25		2055,6	

Згідно з наближеним методом:

$$S_c = 1,16S_c^{(1)} = 1,16 \cdot 29,25 = 33,93 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$D(S) = 2D(S^{(1)}) = 2 \cdot 2055,6 = 4111,2 \text{ кВ}\cdot\text{А}^2;$$

$$S_e = \sqrt{33,93^2 + 4111,2} = 72,5 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Виконаємо розрахунок за фазою *A*, навантаження якої створюється плечами *AB* та *CA* :

$$S_c = \sqrt{3} \cdot (2 \cdot 5 + 1 \cdot 3,75 + 3 \cdot 2) = 34,2 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$D(S) = 3 \cdot (2 \cdot 475 + 1 \cdot 267,2 + 3 \cdot 76) = 4335,6 \text{ кВ}\cdot\text{А}^2;$$

$$S_e = \sqrt{34,2^2 + 4335,6} = 74,2 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Розрахунок за фазою *B* (навантаженнями плеч *AB* та *BC*):

$$S_c = \sqrt{3} \cdot (10 + 9,5) = 33,8 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

$$D(S) = 3 \cdot (950 + 610,4) = 4681 \text{ кВ}\cdot\text{А}^2.$$

Ефективна повна потужність

$$S_e = \sqrt{33,8^2 + 4681} = 76,3 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Отже, фаза *B* є більш завантаженою.

Приклад 4.2. Розрахувати пікове навантаження УКЕ (табл. 4.2) наближеним та уточненим методами.

Таблиця 4.2 – Наближений розрахунок пікових навантажень за плечем *AB*

УКЕ	S_i	a_i	$S_{\Pi i}$	K_{yi}	$S_{\Pi i} K_{yi}$	$S_{\Pi i}^2$	$S_{\Pi i}^2 K_{yi}$
01-№ 1	100	2	200	0,05	10	40000	2000
01-№ 2	100	2	200	0,05	10	40000	2000
02-№ 1	75	0,5	37,5	0,05	1,875	1406,25	70,3125
02-№ 2	75	0,5	37,5	0,05	1,875	1406,25	70,3125
02-№ 3	75	0,5	37,5	0,05	1,875	1406,25	70,3125
03-№ 1	40	0,5	20	0,05	1	400	20
03-№ 2	40	0,5	20	0,05	1	400	20
03-№ 3	40	0,5	20	0,05	1	400	20
03-№ 4	40	0,5	20	0,05	1	400	20
Усього			592,5	0,05	29,625	85819	4290,938

Згідно з наближеним методом ефективне число УКЕ $n_e = 4,09$.

Пікове навантаження групи зварювальних машин для $n_e K_{yc} = 0,2045$:

$$S_{\Pi} = S_c + \beta \sqrt{D(S)} = 29,6 + 6,5 \sqrt{4075,5} = 445 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Уточнений розрахунок теж проводимо за плечем U_{AB} . Кількість одночасно увімкнених УКЕ із загальної кількості $n = 9$ групи УКЕ $m = 4$ шт. Пікове навантаження групи зварювальних машин

$$S_{\Pi} = 2 \cdot 200 + 2 \cdot 37,5 = 475 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Приклад 4.3. На підприємстві ДСП живлять напругою 6 кВ та 35 кВ від головної понижувальної підстанції (ГПП) (рис. 4.1). Від шин 6 кВ живлять також плавноміне навантаження. Потужність системи

$S_{кз} = 3200 \text{ МВ} \cdot \text{А}$. Напруги КЗ триобмоткових трансформаторів мають такі значення

$$U_{кВН-СН} = 10,5\%; U_{кВН-НН} = 17\%; U_{кСН-НН} = 6\% .$$

Необхідно визначити коливання напруги на шинах 6 кВ приєднання плавномінного навантаження.

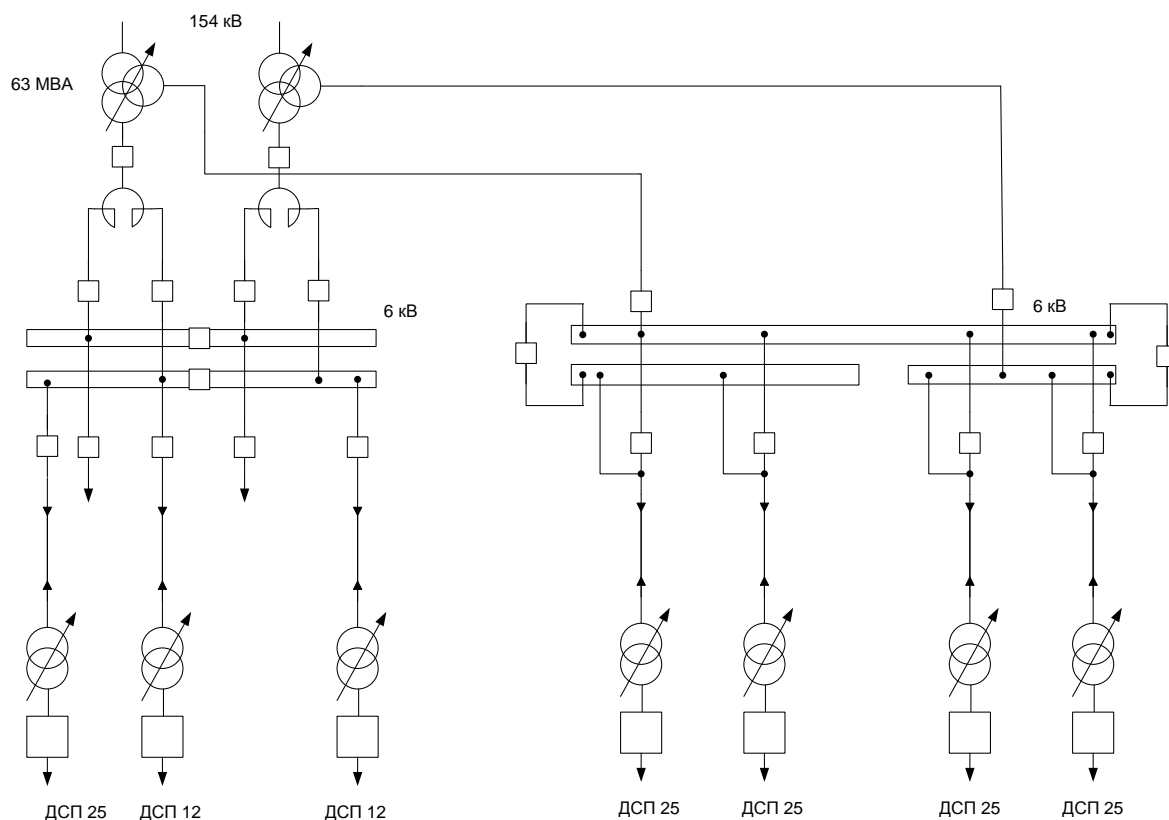


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

Розв'язування. Опір системи у разі $S_{кз} = 3200 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ складає

$$X_c = \frac{U^2}{S_{кз}} = \frac{10,5^2}{3200} = 0,031 \text{ Ом}.$$

Звичайно напруги КЗ триобмоткових трансформаторів мають такі значення

$$U_{кВН-СН} = 10,5\%; U_{кВН-НН} = 17\%; U_{кСН-НН} = 6\% .$$

Потужність КЗ на низькій стороні трансформатора визначається індуктивними опорами обмоток ВН та НН трансформатора

$$U_{кВН} = 0,5(U_{кВН-СН} + U_{кВН-НН} - U_{кСН-НН}) = 10,5\%;$$

$$U_{кНН} = 0,5(-U_{кВН-СН} + U_{кВН-НН} + U_{кСН-НН}) = 6,5\%.$$

Опори обмоток ВН та НН трансформатора

$$X_{ВН} = \frac{U_{кВН}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_T} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{10,5^2}{63} = 0,184 \text{ Ом};$$

$$X_{НН} = \frac{U_{кНН}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_T} = \frac{6,5}{100} \cdot \frac{10,5^2}{63} = 0,114 \text{ Ом}.$$

Накид навантаження $\Delta Q_2 = 12$ Мвар викликає часткові втрати напруги до реактора, а, отже, і на суміжній вітці реактора

$$\Delta U'_1 = \frac{\Delta Q_2 (X_c + X_{ВН} + X_{НН})}{U_2} = \frac{12 \cdot 10^6 \cdot 0,329}{10,5 \cdot 10^3} 100 \approx 3,8\%.$$

У разі застосування здвоєнних реакторів виникають додаткові втрати напруги на його вітках за рахунок магнітного зв'язку між ними

$$\Delta U_1 = \frac{Q_1 X_p}{U_1} - \frac{Q_2 K X_p}{U_2}; \quad \Delta U_2 = \frac{Q_2 X_p}{U_2} - \frac{Q_1 K X_p}{U_1},$$

де K – коефіцієнт зв'язку віток реактора ($K \approx 0,5 \dots 0,6$).

Накид навантаження $\Delta Q_2 = 12$ Мвар викликає часткові втрати напруги на суміжній вітці здвоєного реактора

$$\Delta U''_1 = -\frac{\Delta Q_2 K X_p}{U_2} = -\frac{12 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,3}{10,5 \cdot 10^3} 100 = -1,7\%.$$

Отже, сумарні втрати становлять

$$\Delta U_1 = \Delta U'_1 + \Delta U''_1 = 3,8 - 1,7 = 2,1\%.$$

За розділення різкозмінного та спокійного навантажень з використанням триобмоткових трансформаторів розрахунок виконують в такій послідовності. Оскільки

$$U_{\text{кСН}} = 0,5(U_{\text{кВН-СН}} - U_{\text{кВН-НН}} + U_{\text{кСН-НН}}) = 0,$$

то накид навантаження $\Delta Q_3 = 25 \text{ Мвар}$ викликає втрати напруги в точці К

$$\Delta U_{\text{К}} = \frac{\Delta Q_3 (X_{\text{с}} + X_{\text{ВН}})}{U_2} = \frac{25 \cdot 10^6 \cdot 0,215}{10,5 \cdot 10^3} 100 \approx 5,1\%.$$

5 КОНТРОЛЬ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ТА СРС

Запитання для вхідного контролю знань

1. Методи визначення електричних навантажень, їх точність, область застосування.
2. Схеми внутрішньоцехового електропостачання.
3. Методи розрахунку цехових розподільних мереж. Сформулюйте задачу вибору перерізів цехових розподільних мереж за технічними умовами.
4. Основні типи комутаційного обладнання, що застосовується в електричних мережах напругою до 1000 В, його вибір і область застосування.
5. Схеми внутрішньозаводського електропостачання.
6. Методи розрахунку внутрішньозаводських розподільних мереж. Методи і технічні умови визначення перерізів провідників електричних мереж промислових підприємств.
7. Основні типи комутаційного обладнання, що застосовується в електричних мережах напругою вище 1000 В, його вибір і область застосування.
8. Схеми зовнішнього електропостачання.
9. Схеми підключення ГПП до мережі 35–110 кВ енергосистем.
10. Методи розрахунку мереж живлення підприємств.
11. Основні положення аналітичного методу розрахунку надійності системи електроспоживання
12. Які шляхи підвищення надійності електропостачання для підприємства (при проектуванні та експлуатації)?
13. Техніко-економічне обґрунтування технічних рішень при проектуванні систем електропостачання.
14. Перелік задач і методи їх розв'язування при проектуванні підстанцій і розподільних пристроїв.
15. Перелік задач і методи їх розв'язування при проектуванні компенсації реактивної потужності в електричних мережах промислових підприємств.
16. Способи і технічні засоби керування реактивною потужністю.

Запитання до колоквиуму 1

1. Яка відмінність між розрахунковим навантаженням за температурою нагріву та найбільшим усередненим на ковзному інтервалі часу значенням струму?
2. За якою величиною вибирають провідники для окремих УКЕ? Поясніть чому.
3. Наближена методика розрахунку ефективного навантаження УКЕ. Наведіть приклад.
4. Уточнена методика розрахунку ефективного навантаження УКЕ.

Наведіть приклад.

5. Наближена методика розрахунку пікового навантаження УКЕ. Наведіть приклад.

6. Уточнена методика розрахунку пікового навантаження УКЕ. Наведіть приклад.

7. Методика розрахунку втрат напруги в радіальних мережах УКЕ. Наведіть приклад.

8. Методика розрахунку втрат напруги в магістральних мережах УКЕ. Наведіть приклад.

9. Схеми електропостачання УКЕ.

10. З яких умов вибирають трансформатори трансформаторної підстанції (ТП) та шинопроводи для УКЕ?

11. З яких умов вибирають комутаційно-захисні апарати для УКЕ?

12. Характеристика ДСП як споживача. Електрообладнання ДСП. Схеми коротких мереж.

13. Схеми електропостачання підприємств з ДСП.

14. Розрахунок коливань напруги в мережах живлення ДСП. Наведіть приклад.

15. Застосування СТК для зменшення коливань напруги в мережах живлення ДСП. Вибір потужності СТК.

16. Розрахунок несинусоїдності в мережах живлення ДСП. Наведіть приклад.

17. Вибір силових фільтрів в мережах живлення ДСП. Наведіть приклад.

18. Схеми електропостачання ртутнотермічних печей (РТП) з поперечною ємнісною компенсацією реактивної потужності.

19. Схеми електропостачання РТП з поздовжньою ємнісною компенсацією реактивної потужності.

20. Вибір групи електродвигунів у разі короткочасного переривання електропостачання.

21. Вимоги до виконання електроустановок та електропроводок в пожежонебезпечних зонах.

22. Вимоги до виконання електроустановок та електропроводок у вибухонебезпечних зонах.

6 ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ

Тести з дисципліни «Спеціальні питання електропостачання» мають двісті тестових запитань (завдань), з яких створено п'ять варіантів тестів по 40 тестових запитань. Орієнтовний час тривалості роботи студентів над тестовими завданнями одного варіанта складає 45 хвилин.

Критерій оцінювання знань під час тестування – це правильність відповідей та їх кількість. Знання оцінюються за кількісною ознакою. Результати відповідей кожного студента на тестові завдання комплекту оцінюються за чотирибальною шкалою за критеріями:

Кількість правильних відповідей на тестові завдання	Оцінка
35 – 40	Відмінно
29 – 34	Добре
22 – 28	Задовільно
менш ніж 22	Незадовільно

Приклади тестових завдань

1. Переваги конденсаторних установок як додаткових джерел реактивної енергії:

а) можливість розміщення в будь-яких вузлах електричної мережі, простота влаштування, зменшення коливань і покращення синусоїдності напруги;

б) простота влаштування і експлуатації, малі втрати потужності, можливість розміщення в будь-яких вузлах схеми;

в) простота влаштування, можливість регулювання напруги, малі втрати потужності в конденсаторах;

г) можливість розміщення в будь-яких вузлах схеми та регулювання потужності.

2. Недоліки конденсаторних установок як додаткових джерел реактивної енергії:

а) неможливість плавного регулювання напруги, чутливість до струмів вищих гармонік, погіршення симетрії напруги;

б) неможливість споживання реактивної потужності, наявність втрат потужності, виникнення резонансних явищ при наявності струмів вищих гармонік;

в) залежність Q_K від U , неможливість плавного регулювання потужності та споживання реактивної потужності, виникнення резонансних явищ при наявності струмів вищих гармонік;

г) залежність Q_K від U , неможливість плавного регулювання напруги, погіршення синусоїдності симетрії U .

3. Переваги регульованих конденсаторних установок над нерегульованими:

а) дозволяють забезпечити мінімальні втрати потужності, зумовлені споживанням реактивної енергії;

б) забезпечують мінімальні втрати потужності, зумовлені споживанням реактивної потужності і покращують симетрію напруги;

в) забезпечують мінімальні втрати потужності, зумовлені споживанням реактивної потужності і не допускають перекомпенсації реактивної потужності;

г) забезпечують мінімальні втрати потужності, зумовлені споживанням реактивної потужності і покращують синусоїдність напруги.

4. Переваги статичних тиристорних компенсаторів:

а) можливість плавного регулювання реактивної потужності, генерації та споживання реактивної потужності, відсутність шумів та вібрації;

б) можливість плавного регулювання реактивної потужності, зменшення коливання напруги, відсутність вібрації;

в) можливість генерації та споживання реактивної потужності, зменшення несинусоїдності напруги, плавне регулювання реактивної потужності;

г) можливість плавного регулювання, генерації та споживання реактивної потужності, зменшення провалів напруги.

5. Недоліки статичних тиристорних компенсаторів:

а) більша питома вартість порівняно з конденсаторними установками, погіршення симетрії напруги, більші втрати активної потужності, зумовлені генерацією реактивної потужності;

б) більші втрати активної потужності, зумовлені генерацією реактивної потужності, погіршення синусоїдності напруги, більша питома вартість;

в) більша питома вартість порівняно з конденсаторами, більші втрати активної потужності, зумовлені генерацією реактивної потужності;

г) більші втрати активної потужності, зумовлені генерацією реактивної потужності, більша питома вартість, збільшення глибини провалу напруги.

6. В яких схемах електропостачання доцільного використовувати подвійні реактори з протилежно ввімкненими обмотками?

а) за наявності електроприймачів із різкозмінним навантаженням;

б) за наявності нерівномірного графіка навантаження;

в) за наявності струмів вищих гармонік;

г) за наявності несиметрії напруг.

7. Якими електричними навантаженнями зумовлені коливання напруги за різкозмінних навантажень?

а) коливанням споживання активної енергії;

б) коливанням споживання реактивного енергії;

в) коливанням активного і реактивного навантажень;

г) коливанням реактивного навантаження і наявністю струмів вищих гармонік.

Відповіді на тестові завдання можна дати на сайті центру дистанційного навчання ВНТУ.

7 ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТАМИ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Контрольна робота з дисципліни «Спеціальні питання електропостачання» складається з двох задач практичного змісту і одного запитання. Вибір варіанта завдання на контрольну роботу виконують за останніми двома цифрами залікової книжки студента. При цьому, якщо дві останні цифри номера складають числа більше 19, то номер варіанта визначається так:

$$N - 20n,$$

де N – число, що утворене двома останніми цифрами номера залікової книжки студента;

n – ціла частина частки від ділення $N/20$.

Задача 1. Розрахувати ефективне та пікове навантаження УКЕ, наведених в табл. 7.1, вибрати кабель для їх групового живлення, перевірити вибраний кабель за втратами напруги. Коефіцієнт увімкнення усіх УКЕ дорівнює 0,01, відстань від ТП до УКЕ становить 30 м.

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для задачі 1

Варіант	Потужності однофазних УКЕ, кВ·А, на фазах			Потужності двофазної УКЕ, кВ·А, на фазах			Потужність трифазної УКЕ, кВ·А
	АВ	АВ	ВС	ВС	СА	СА	
1	80	120	50	100	-	100	400
2	50	100	50	-	200	200	500
3	80	200	100	150	-	150	600
4	100	150	200	100	100	-	800
5	200	100	50	150	-	150	400
6	300	100	150	-	200	200	500
7	100	200	250	200	-	200	600
8	150	100	100	-	200	200	800
9	60	200	100	100	-	100	400
10	50	100	150	-	200	200	500
11	250	100	50	150	-	150	600
12	200	150	150	-	250	250	800
13	100	50	200	300	300	-	400
14	200	100	50	-	200	200	500
15	50	100	150	200	-	200	600
16	300	80	50	-	200	200	800
17	160	100	50	150	-	150	400
18	200	100	70	-	250	250	500
19	280	250	150	300	300	-	600
20	150	200	150	-	200	200	800

Задача 2. На підприємстві (рис. 7.1) ДСП та спокійне навантаження живляться напругою 6 кВ від ГПП 110/6. Необхідно визначити коливання напруги на шинах приєднання ДСП та спокійного навантаження. В табл. 7.2 наведено: тип трансформатора потужність короткого замикання на шинах 6 кВ, накид навантаження ΔQ_2 , тип зведеного реактора.

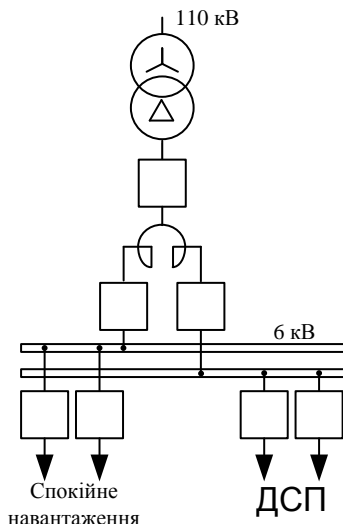


Рисунок 7.1 – Схема електропостачання підприємства

Таблиця 7.2 – Вихідні дані для задачі 2

Варі-ант	Тип трансформатора	$S_{\text{кз}},$ МВ·А	$\Delta Q_2,$ Мвар	Тип реактора
1	ТМН 6300/110	1000	3	РБСДГ 10-2×1600-0,25
2	ТДН 10000/110	1500	5	РБСДГ 10-2×1600-0,35
3	ТДН 16000/110	2000	8	РБСДГ 10-2×2500-0,14
4	ТДН 25000/110	2500	12	РБСДГ 10-2×2500-0,20
5	ТМН 6300/110	1100	2,5	РБСДГ 10-2×1600-0,25
6	ТДН 10000/110	1600	4,5	РБСДГ 10-2×1600-0,35
7	ТДН 16000/110	2100	7,5	РБСДГ 10-2×2500-0,14
8	ТДН 25000/110	2600	11,5	РБСДГ 10-2×2500-0,20
9	ТМН 6300/110	1200	3,5	РБСДГ 10-2×1600-0,25
10	ТДН 10000/110	1700	5,5	РБСДГ 10-2×1600-0,35
11	ТДН 16000/110	2200	8,5	РБСДГ 10-2×2500-0,14
12	ТДН 25000/110	2700	12,5	РБСДГ 10-2×2500-0,20
13	ТМН 6300/110	1300	2	РБСДГ 10-2×1600-0,25
14	ТДН 10000/110	1800	4	РБСДГ 10-2×1600-0,35
15	ТДН 16000/110	2300	7	РБСДГ 10-2×2500-0,14
16	ТДН 25000/110	2800	11	РБСДГ 10-2×2500-0,20
17	ТМН 6300/110	1400	1,5	РБСДГ 10-2×1600-0,25
18	ТДН 10000/110	1900	3,5	РБСДГ 10-2×1600-0,35
19	ТДН 16000/110	2400	6,5	РБСДГ 10-2×2500-0,14
20	ТДН 25000/110	2900	10,5	РБСДГ 10-2×2500-0,20

Запитання для контрольної роботи

1. Як вибирають провідники для окремих УКЕ?
2. Наближена методика розрахунку ефективного навантаження УКЕ. Наведіть приклад.
3. Уточнена методика розрахунку ефективного навантаження УКЕ. Наведіть приклад.
4. Наближена методика розрахунку пікового навантаження УКЕ. Наведіть приклад.
5. Уточнена методика розрахунку пікового навантаження УКЕ. Наведіть приклад.
6. Методика розрахунку втрат напруги в радіальних мережах УКЕ. Наведіть приклад.
7. Методика розрахунку втрат напруги в магістральних мережах УКЕ. Наведіть приклад.
8. Схеми електропостачання УКЕ.
9. З яких умов вибирають трансформатори ТП та шинопроводи для УКЕ?
10. З яких умов вибирають комутаційно-захисні апарати для УКЕ?
11. Характеристика ДСП як споживача. Електрообладнання ДСП. Схеми коротких мереж.
12. Схеми електропостачання підприємств з ДСП.
13. Розрахунок коливань напруги в мережах живлення ДСП. Наведіть приклад.
14. Застосування СТК для зменшення коливань напруги в мережах живлення ДСП. Вибір потужності СТК.
15. Розрахунок несинусоїдності в мережах живлення ДСП. Наведіть приклад.
16. Вибір силових фільтрів в мережах живлення ДСП. Наведіть приклад.
17. Схеми електропостачання РТП з поперечною ємнісною компенсацією реактивної потужності.
18. Схеми електропостачання РТП з поздовжньою ємнісною компенсацією реактивної потужності.
19. Вимоги до виконання електроустановок та електропроводок в пожежонебезпечних зонах.
20. Вимоги до виконання електроустановок та електропроводок у вибухонебезпечних зонах.

Відповіді на запитання повинні викладатись своїми словами чітко і зрозуміло, бути повними та конкретними. Схеми (якщо це потрібно) зображають відповідно до державних стандартів на графічні позначення. В кінці роботи наводять список використаної літератури. Контрольну роботу треба писати чітко та акуратно, залишати поля для поміток рецензента.

8 ПРИКЛАД РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Приклад розв'язування задачі 1. На зварювальній дільниці цеху встановлено три УКЕ, які працюють незалежно і мають такі характеристики: № 1 – однофазна, $S_{\Pi i}(1\phi) = 75 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, $K_{y1} = 0,02$; № 2 – двофазна, $S_{\Pi i}(2\phi) = 100 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, $K_{y1} = 0,02$; № 3 – трифазна, $S_{\Pi i}(3\phi) = 150 \text{ кВ}\cdot\text{А}$, $K_{y1} = 0,02$. Визначити ефективне та пікове навантаження РП, від якого заживлені УКЕ. Вибрати переріз кабельної лінії. Визначити втрати напруги за пікового навантаження. Довжина лінії становить 30 м.

Розв'язування

1. Сформуємо розрахункову таблицю (табл. 8.1) для розрахунку навантаження наближеним методом.

Таблиця 8.1 – Розрахункова таблиця

УКЕ	$S_{\Pi i}$	K_{y1}	S_{c1}	S_{e1}^2	$D(S_i)$
№ 1(1ф)	75	0,02	1,5	112,5	110,25
№ 2(2ф)	100	0,02	2	200	196
№ 3(3ф)	150	0,02	3	450	441

Середнє навантаження однофазної УКЕ:

$$S_{c1} = S_{\Pi 1} \cdot K_{y1} = 75 \cdot 0,02 = 1,5 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}.$$

Її ефективна потужність в квадратах:

$$S_{e1}^2 = S_{\Pi 1}^2 \cdot K_{y1} = 75^2 \cdot 0,02 = 112,5 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}^2.$$

Дисперсія:

$$D(S_1) = S_{e1}^2 - S_{c1}^2 = 112,5 - 1,5^2 = 110,25 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}^2.$$

Ці ж показники для усього РП:

$$S_c = S_c^{(3)} + 1,08S_c^{(2)} + 1,16S_c^{(1)} = 3 + 1,08 \cdot 2 + 1,16 \cdot 1,5 = 6,9 \text{ (кВ}\cdot\text{А)};$$

$$D(S) = D(S^{(3)}) + 1,25D(S^{(2)}) + 2D(S^{(1)}) = 441 + 1,25 \cdot 196 + 2 \cdot 110,25 = 906,5 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}^2;$$

$$S_e = \sqrt{6,9^2 + 906,5} = 30,88 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Розрахунок ефективного навантаження точним способом.

Розподілимо однофазні і двофазні УКЕ в трифазній мережі за умови найбільш рівномірного навантаження фаз (табл. 8.2).

Таблиця 8.2 – Розрахункова таблиця після розподілення УКЕ між фазами

УКЕ	$S_{\Pi i}$	K_{yi}	S_{ci}	S_{ei}^2	$D(S_i)$	Приєднання до фаз
№ 1(1ф)	75	0,02	1,5	112,5	110,25	<i>AB</i>
№ 2(2ф)	100	0,02	2	200	196	<i>BC, CA</i>
№ 3(3ф)	150	0,02	3	450	441	<i>AB, BC, CA</i>

Виконаємо розрахунок відносно фази *C* (табл. 8.3). Оскільки два плеча двофазної УКЕ приєднано до цієї фази, то її відносять до трифазної, потужність якої

$$S_{\Pi}^{(3)} \approx 1,5S_{\Pi}^{(2)} \approx 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ (кВ} \cdot \text{А)}.$$

Таблиця 8.3 – Розрахункова таблиця відносно фази *C* після приведення двофазної УКЕ до трифазної

УКЕ	$S_{\Pi i}$	K_{yi}	S_{ci}	S_{ei}^2	$D(S_i)$	Приєднання до фаз
№ 1(1ф)	75	0,02	1,5	112,5	110,25	<i>AB</i>
№ 2(2ф)	150	0,02	3	450	441	<i>BC, CA</i>
№ 3(3ф)	150	0,02	3	450	441	<i>AB, BC, CA</i>

Середнє навантаження групи УКЕ дорівнює

$$S_c = \sum_{i=1}^{n^{(3)}} S_{ci}^{(3)} + \sqrt{3} \left(\sum_{i=1}^{n_{AB}} S_{ci}^{(1)} + \sum_{i=1}^{n_{CA}} S_{ci}^{(1)} \right) = 3 + 3 + \sqrt{3}(0) = 6 \text{ (кВ} \cdot \text{А)}.$$

Дисперсія групи УКЕ дорівнює

$$D(S) = \sum_{i=1}^{n^{(3)}} D(S_i^{(3)}) + 3 \left(\sum_{i=1}^{n_{BC}} D(S_i^{(1)}) + \sum_{i=1}^{n_{CA}} D(S_i^{(1)}) \right) = 441 + 441 = 882 \text{ (кВ} \cdot \text{А)}^2;$$

Ефективна потужність групи УКЕ відносно фази *C* дорівнює

$$S_e = \sqrt{S_c^2 + D(S)} = \sqrt{6^2 + 882} = 30,3 \text{ (кВ} \cdot \text{А)}.$$

Виконаємо розрахунок відносно фази *A* (табл. 8.4). Оскільки одне плече двофазної УКЕ приєднано до цієї фази, то її відносять до однофазної, потужність якої

$$S_{\Pi i}^{(1)} \approx 0,5 S_{\Pi i}^{(2)} \approx 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}.$$

Таблиця 8.4 – Розрахункова таблиця відносно фази *A* із врахуванням приведення двофазної УКЕ до однофазної

УКЕ	$S_{\Pi i}$	K_{yi}	S_{ci}	S_{ei}^2	$D(S_i)$	Приєднання до фаз
№ 1(1ф)	75	0,02	1,5	112,5	110,25	<i>AB</i>
№ 2(2ф)	50	0,02	1	50	49	<i>BC, CA</i>
№ 3(3ф)	150	0,02	3	450	441	<i>AB, BC, CA</i>

Середнє навантаження групи УКЕ дорівнює

$$S_c = \sum_{i=1}^{n^{(3)}} S_{ci}^{(3)} + \sqrt{3} \left(\sum_{i=1}^{n_{AB}} S_{ci}^{(1)} + \sum_{i=1}^{n_{CA}} S_{ci}^{(1)} \right) = 3 + \sqrt{3}(1,5 + 1) = 7,3 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}.$$

Дисперсія групи УКЕ дорівнює

$$D(S) = \sum_{i=1}^{n^{(3)}} D(S_i^{(3)}) + 3 \left(\sum_{i=1}^{n_{AB}} D(S_i^{(1)}) + \sum_{i=1}^{n_{CA}} D(S_i^{(1)}) \right) = 441 + 3 \cdot (110,25 + 49) = 918,8 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}^2.$$

Ефективна потужність групи УКЕ відносно фази *A* дорівнює

$$S_e = \sqrt{S_c^2 + D(S)} = \sqrt{7,3^2 + 918,8} = 31,2 \text{ (кВ}\cdot\text{А)}.$$

Якщо за основну взяти фазу *B*, то результат розрахунку буде аналогічним.

Таким чином, найбільш завантаженими є фази *A* та *B* і розрахунковий струм буде визначатись, виходячи з ефективних потужностей, що розраховані відносно цих фаз.

2. Розрахунок пікових навантажень виконаємо відносно найбільш завантаженого плеча *AB* (табл. 8.5).

Таблиця 8.5 – Наближений розрахунок пікових навантажень відносно найбільш завантаженого плеча *AB*

УКЕ	S_i	a_i	$S_{\Pi i}$	K_{yi}	$S_{\Pi i} K_{yi}$	$S_{\Pi i}^2$	$S_{\Pi i}^2 K_{yi}$
№ 1(1ф)	75	2	150	0,02	3	22500	450
№ 2(2ф)	100	0,5	50	0,02	1	2500	50
№ 3(3ф)	150	1	150	0,02	3	22500	450
Усього	325		350	0,02	7	47500	950

Ефективне число УКЕ

$$n_e = \frac{(\sum S_{ni})^2}{\sum S_{ni}^2} = \frac{350^2}{47500} = 2,58.$$

Пікове навантаження групи зварювальних машин для $n_e K_{yc} = 0,05$:

$$S_{\pi} = S_c + \beta \sqrt{D(S)} = 7 + 8\sqrt{901} = 247 \text{ кВ}\cdot\text{А}.$$

Уточнений розрахунок. Ймовірність одночасного увімкнення $m = 2$ установок із загальної кількості $n = 3$ за формулою Бернуллі

$$p_m = C_n^m K_y^m (1 - K_y)^{n-m} = \frac{3!}{1! \cdot 2!} 0,02^2 (1 - 0,02) = 0,0012.$$

Вказана ймовірність формується одночасним увімкнення одно- і трифазної УКЕ, одно- і двофазної УКЕ, дво- і трифазної УКЕ. Ймовірність одночасного увімкнення однофазної і трифазної установок втричі менша, однак також висока $p = 0,0004 > 0,0001$. Отже, пікову потужність знаходять як суму пікових потужностей одно- і трифазної УКЕ $S_{\pi} = 300 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

3. Вибір кабелів. Для живлення РП вибираємо кабель АВВГ (4×16) з

$$I_{\text{доп}} = 0,92 \cdot 60 = 55 \text{ А},$$

що більше

$$I_e = S_e / (\sqrt{3} U_{\text{ном}}) = 31,2 \cdot 10^3 / (\sqrt{3} \cdot 380) = 47,4 \text{ А}.$$

Питомі опори кабелю $r = 2,4 \text{ мОм/м}$, $x = 0,084 \text{ мОм/м}$.

Визначимо втрати напруги за пікового струмового навантаження

$$\begin{aligned} I_n &= S_n / (\sqrt{3} U_{\text{ном}}) = 300 \cdot 10^3 / (\sqrt{3} \cdot 380) = 455,8 \text{ А}; \\ \Delta U_n &= \sqrt{3} I_n (r \cos \phi + x \sin \phi) l = \\ &= \sqrt{3} \cdot 455,8 (2,4 \cdot 0,6 + 0,084 \cdot 0,8) \cdot 10^{-3} \cdot 30 = 35,7 \text{ В}. \end{aligned}$$

Отже, втрати напруги не перевищують 10%, що є допустимим. Однак переріз жил кабелю бажано збільшити.

Приклад розв'язування завдання 2. На підприємстві ДСП та спокійне навантаження живляться напругою 6 кВ від ГПП (рис. 4.1). Необхідно визначити коливання напруги на шини приєднання ДСП та спокійного навантаження і обґрунтувати заходи щодо його зниження. Тип трансформатора ТДН 10000/110.

Розв'язування

1. Визначення опору системи, Ом

$$X_c = \frac{U^2}{S_{кз}},$$

де U – напруга, відносно якої визначається опір системи, кВ;

$S_{кз}$ – потужність короткого замикання на шини 6 кВ,

Опір системи для $S_{кз} = 3200 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ складає

$$X_c = \frac{U^2}{S_{кз}} = \frac{6,6^2}{3200} = 0,014 \text{ Ом.}$$

2. Визначення опору трансформатора, Ом:

$$X_T = \frac{10 \cdot U_k \cdot U_n^2}{S_{ном}},$$

де U_k – напруга короткого замикання трансформатора, %;

U_n – номінальна напруга трансформатора (відносно якої визначається опір обмотки), кВ;

$S_{ном}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА.

Для трансформатора ТДН 10000/110: $U_k = 10,5\%$; $U_n = 6,6 \text{ кВ}$; $S_{ном} = 10000 \text{ кВА}$, тоді

$$X_T = \frac{10 \cdot 10,5 \cdot 6,6^2}{10000} = 0,46 \text{ (Ом).}$$

3. Коливання напруги до реактора, що викликане накидом навантаження, %

$$\delta U'_1 = \frac{\Delta Q_2 (X_c + X_T)}{U^2} \cdot 100,$$

де ΔQ_2 – накид навантаження, вар;

U – напруга на шинах, В,
Для $\Delta Q_2 = 6$ Мвар:

$$\delta U'_1 = \frac{6 \cdot 10^6 (0,014 + 0,46)}{6600^2} \cdot 100 = 6,49 \%$$

4. Коливання напруги на суміжній вітці зведеного реактора РБСДГ 10-2×2500-0,14 ($X_p = 0,14$ Ом) (на шині з ДСП), %

$$\delta U''_{1сп.н} = -\frac{\Delta Q_2 K X_p}{U^2} \cdot 100,$$

де X_p – опір реактора, Ом;

K – коефіцієнт зв'язку віток реактора ($K \approx 0,5 \dots 0,6$).

Тоді

$$\delta U''_{1сп.н} = -\frac{6 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,14}{6600^2} \cdot 100 = -0,96 \%$$

5. Сумарні коливання напруги на шині із спокійним навантаженням, %

$$\begin{aligned} \delta U_{1сп.н} &= \delta U'_1 + \delta U''_{1сп.н}; \\ \delta U_{1сп.н} &= \delta U'_1 + \delta U''_{1сп.н} = 6,49 - 0,96 = 5,52 \%. \end{aligned}$$

6. Додаткові коливання напруги на шинах ДСП за рахунок реактора

$$\begin{aligned} \delta U''_{1ДСП} &= \frac{\Delta Q_2 X_p}{U^2} \cdot 100; \\ \delta U''_{1ДСП} &= \frac{6 \cdot 10^6 \cdot 0,14}{6600^2} \cdot 100 = 1,93 \%. \end{aligned}$$

7. Сумарні коливання напруги на шинах ДСП, %

$$\begin{aligned} \delta U_{1ДСП} &= \delta U'_1 + \delta U''_{1ДСП}; \\ \delta U_{1ДСП} &= \delta U'_1 + \delta U''_{1ДСП} = 6,49 + 1,93 = 8,42 \%. \end{aligned}$$

8. Розглянемо можливість використання трансформатора ТДН 16000/110 з такими характеристиками $U_k = 10,5\%$; $U_H = 6,6$ кВ; $S_{ном} = 16000$ кВА.

Результати розрахунку:

$$X_T = \frac{10 \cdot 10,5 \cdot 6,6^2}{16000} = 0,29 \text{ (Ом);}$$

$$\delta U'_1 = \frac{6 \cdot 10^6 (0,014 + 0,29)}{6600^2} \cdot 100 = 4,13\%;$$

$$\delta U''_{1cn.n} = -\frac{6 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 0,14}{6600^2} \cdot 100 = -0,96\%;$$

$$\delta U''_{1ДСП} = -\frac{6 \cdot 10^6 \cdot 0,14}{6600^2} \cdot 100 = -1,93\%;$$

$$\delta U_{1cn.n} = 4,13 - 0,96 = 3,16\%;$$

$$\delta U_{1ДСП} = 4,13 + 1,93 = 6,06\%.$$

Таким чином коливання напруги знизились приблизно на 2%.

9 ЗАПИТАННЯ ДО ІСПИТУ З ДИСЦИПЛІНИ

1. Математичні моделі різкозмінних навантажень.
2. Математичні моделі імпульсних навантажень.
3. Наближена методика розрахунку ефективного навантаження УКЕ.
4. Уточнена методика розрахунку ефективного навантаження УКЕ.
5. Методика розрахунку пікового навантаження УКЕ.
6. Методика розрахунку втрат напруги в радіальних мережах УКЕ.
7. Методика розрахунку втрат напруги в магістральних мережах УКЕ.
8. Схеми електропостачання УКЕ.
9. З яких умов вибирають трансформатори ТП та шинопроводи для УКЕ?
10. З яких умов вибирають комутаційно-захисні апарати для УКЕ?
11. Як вибирають провідники для окремих УКЕ?
12. Схеми електропостачання підприємств з ДСП.
13. Розрахунок коливань напруги в мережах живлення ДСП.
14. Застосування СТК для зменшення коливань напруги в мережах живлення ДСП. Вибір потужності СТК.
15. Розрахунок несинусоїдності в мережах живлення ДСП.
16. Вибір силових фільтрів в мережах живлення ДСП.
17. Схеми електропостачання РТП з поперечною ємнісною компенсацією реактивної потужності.
18. Схеми електропостачання РТП з поздовжньою ємнісною компенсацією реактивної потужності.
19. Самозапуск електродвигунів з використанням швидкодіючих АВР.
20. Вимоги до виконання електроустановок та електропроводок в пожежо-небезпечних зонах.
21. Вимоги до виконання електроустановок та електропроводок у вибухо-небезпечних зонах.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Денисенко М. А. Спеціальні питання електропостачання. Ч. 1. : Вибір елементів електропостачальних систем на основі стохастичного моделювання процесів, що відбуваються в них : навчальний посібник / Денисенко М. А. – К. : НТУУ «КПІ», 2009. – 288 с.
2. Денисенко М. А. Спеціальні питання електропостачання Ч. II. Електропостачання в середовищах відмінних від нормальних. Компенсація ємнісних струмів замикання на землю : навчальний посібник / Денисенко М. А. – К. : НТУ «КПІ», 2012. – 244 с.
3. Шидловский А. К. Расчеты электрических нагрузок систем электроснабжения промышленных предприятий / Шидловский А. К., Вагин Г. Я., Куренный Э. Г. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 224 с.
4. Вагин Г. Я. Режимы электросварочных машин / Вагин Г. Я. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 192 с.
5. Эффективные режимы работы электротехнологических установок / [Жежеленко И. В., Божко В. М., Вагин Г. Я., Рабинович М. Л.]. – К. : Техніка, 1987. – 183 с.
6. Гамазин С. И. Переходные процессы в системах промышленного электроснабжения, обусловленные электродвигательной нагрузкой / Гамазин С. И., Ставцев В. А., Цырук С. А. – М. : Изд. МЭИ, 1997. – 424 с.
7. Бурбело М. Й. Динамічна компенсація реактивної потужності в перехідних режимах електроприводів : [монографія] / М. Й. Бурбело, А. В. Гадай: – Вінниця : УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2010. – 104 с.
8. Ковалев И. Н. Выбор компенсирующих устройств при проектировании электрических сетей / Ковалев И. Н. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 200 с.
9. Рогальський Б. С. Компенсація реактивної потужності. Методи розрахунку, способи та технічні засоби управління / Рогальський Б. С. – Вінниця : УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2006. – 236 с.

Додаткова

10. Справочник по проектированию электроснабжения ; [под ред. Ю. Г. Барыбина и др.] – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
11. Борисов Б. П. Электроснабжение электротехнологических установок / Б. П. Борисов, Г. Я. Вагин. – К. : Наукова думка, 1985. – 244 с.
12. Повышение эффективности использования электроэнергии в системах электротехнологии : [Монография] / Б. П. Борисов, Г. Я. Вагин, А. Б. Лоскутов, А. К. Шидловский. – К. : Наукова думка, 1990. – 240 с.

13. Данцис Я. Б. Емкостная компенсация реактивных нагрузок мощных токоприемников промышленных предприятий / Я. Б. Данцис, Г. М. Жилов. – Л. : Энергия, 1980. – 176 с.
14. Беляев А. В. Противоаварийное управление в узлах нагрузки с синхронными электродвигателями большой мощности / Беляев А. В. – М. : НТФ «Энергопресс», «Энергетик», 2004. – 79 с.
15. Денисенко М. А. Вихідні дані для розрахунку навантажень електричних мереж, що живлять установки для контактного електрозварювання / М. А. Денисенко, М. Ю. Голованов // Промелектро / Інформаційний збірник. – 2009. – № 1. – С. 16–22.
16. Денисенко М. А. Щодо методів розрахунку електричних навантажень промислових об'єктів / М. А. Денисенко // Промелектро / Інформаційний збірник. – 2008. – № 1. – С. 22–29.
17. Денисенко Н. А. Розрахунок електричних навантажень за нагріванням установок для контактного електрозварювання / Н. А. Денисенко // Промелектро / Інформаційний збірник. – 2009. – № 3. – С. 52 – 60.
18. Денисенко Н. А. Розрахунок пікових навантажень, що створюють установки для контактного електрозварювання в електричних мережах / Н. А. Денисенко // Промелектро / Інформаційний збірник. – 2009. – № 4. – С. 8–18.
19. Денисенко Н. А. Определение экономической мощности и числа цеховых трансформаторов, питающих установки для контактной электро-сварки / Н. А. Денисенко, Ю. М. Клепов // Промышленная энергетика / Произв. техн. журнал. – 1978. – № 4. – С. 24–27.
20. Денисенко Н. А. Розрахунок втрат напруги в електричних мережах, що живлять установки для контактного електрозварювання / Н. А. Денисенко // Промелектро / Інформаційний збірник. – 2009. – № 5. – С. 31–40.
21. Денисенко Н. А. Розрахунок втрат напруги в петлевих електричних мережах, що живлять установки для контактного електрозварювання / Н. А. Денисенко, О. А. Федун // Промелектро / Інформаційний збірник. – 2009. – № 6. – С. 33 – 42.
22. Денисенко Н. А. Продольно-емкостная компенсация на подстанциях, питающих сварочные машины / Н. А. Денисенко, Г. Г. Панченко // Промышленная энергетика / Произв. техн. журнал. – 1977. – № 5. – С. 51 – 53.
23. Денисенко Н. А. Применение индивидуальных установок продольно-емкостной компенсации реактивной мощности трубоэлектросварочных станков / Н. А. Денисенко, Г. Г. Панченко, В. И. Очеретько, Е. М. Иншеков // Известия вузов. Электромеханика. – 1986. – № 12. – С. 63 – 65.
24. Денисенко М. А. Застосування багатофункціональних адаптивних фільтро-компенсуючих пристроїв в електрометалургії / Н. А. Денисенко,

О. Б. Козаченко, Ю. Є. Лосицький // Промелектро / Інформаційний збірник. – 2008. – № 5. – С. 3 – 11.

25. Божко В. М. Ограничение колебаний напряжения на основе схемных решений / В. М. Божко // Промелектро / Інформаційний збірник. – 2009. – № 6. – С. 43 – 46.

26. Николаев А. А. Повышение эффективности работы статического тиристорного компенсатора сверхмощной дуговой сталеплавильной печи: автореф. дис. на здобування наукового ступеня канд. техн. наук. специальности электротехнические комплексы и системы / Николаев А. А. – Магнитогорск, 2009. – 20 с.

27. Использование статического тиристорного компенсатора сверхмощной дуговой сталеплавильной печи для обеспечения устойчивости электроэнергетической системы и повышения надежности внутриводского электроснабжения [Электронный ресурс] / А. А. Николаев, Г. П. Корнилов, М. М. Тухватулин и др. // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал (Russian Internet Journal of Industrial Engineering) – 2014. – № 1. – С. 59–69.

28. Фомин А. В. Анализ методик обоснования мощности статического тиристорного компенсатора для сталеплавильных печей / А. В. Фомин // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2010. – С. 34–46.

29. Вагин Г. Я. Повышение качества электроэнергии и компенсация реактивной мощности на металлургических предприятиях с дуговыми печами / Г. Я. Вагин, А. А. Севостьянов, С. Н. Юртаев // Электрика. – 2009. – № 10. – С. 7–11.

30. Сивокобиленко В. Ф. Спосіб підвищення надійності електроживлення в системах електропостачання з двигунним навантаженням / В. Ф. Сивокобиленко, С. В. Деркачов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 2. – С. 84–88.

31. Быстродействующее устройство АВР с однократным принципом определения нарушения нормального электроснабжения потребителей / [В. А. Жуков, В. М. Пупин, С. И. Гамазин и др.] // Электрооборудование: Эксплуатация и ремонт. – 2011. – № 9. – С. 11–18.

32. 30 ms High Speed Transfer System (HSTS): Product Description [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://library.e.abb.com/public/3c152094a12155f9c1257860003ac3a2/HSTS_Product%20Description_GB_23032011.pdf (дата звернення 12.06.2016). — Назва з екрана.

33. Киреева Э. Современные устройства быстродействующего АВР / Э. Киреева, В. Пупин, Д. Гумиров // Главный энергетик. – 2005. – № 11. – С. 23–25.

34. Никулов И. Комплекс БАВР. Быстродействие повышает надёжность электроснабжения / И. Никулов, В. Жуков, В. Пупин // Новости электротехники. – 2012. – № 4. – С. 2–4.

Навчальне видання

СПЕЦІАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Програма дисципліни, методичні вказівки до її самостійного вивчення та контрольні завдання для студентів заочної форми навчання спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електротехнічні системи електроспоживання»

Редактор В. Дружиніна
Коректор З. Поліщук

Укладачі: Бурбело Михайло Йосипович
Бабенко Олексій Вікторович
Лобода Юрій Васильович

Оригінал-макет підготував Ю. Лобода

Підписано до друку 15.05.2017 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 1,91
Наклад 40 пр. Зам. № 2017-133

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38,

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.