

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи (РГЗ)
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
денної і заочної форм здобуття освіти
за спеціальностями

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
015.33 Професійна освіта («Енергетика, електротехніка та електромеханіка»)

Електронний ресурс

Рецензенти:

А. М. Чернюк – кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки та електроенергетики навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія»;

І. С. Варшамова – кандидат технічних наук, доцент кафедри електричних апаратів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

*Затверджено до розміщення в мережі Інтернет рішенням
Науково-методичної ради Харківського національного
університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 7 від 28 лютого 2025 року)*

Е 50

Електрична частина станцій та підстанцій : методичні вказівки до виконання самостійної роботи (РГЗ) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня денної і заочної форм здобуття освіти за спеціальностями 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 015.33 Професійна освіта («Енергетика, електротехніка та електромеханіка») [Електронний ресурс] / уклад.: І. В. Пантелєєва, О. М. Пономаренко. – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2025. – (PDF 16 с.)

Дані методичні вказівки містять методику та практичне рішення задач з дисципліни та мають метою допомогти здобувачам більш глибоко осмислити й закріпити матеріал лекційного курсу, а також набути практичних навичок у виконанні інженерних розрахунків в електроенергетиці. Рішення задач передбачає керівництво викладача, однак методика, яка приведена у методичних вказівках, дозволяє здобувачам вищої освіти самостійно вирішувати завдання.

УДК 621.316(0.75.5)

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2024

© Пантелєєва І. В., Пономаренко О. М.,
уклад., 2024

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Типи електричних станцій та режими їх роботи	7
1.1. Побудова річного графіка навантаження по тривалості електростанцій та визначення її основних техніко-економічних показників	7
2. Завдання на РГЗ	11
3. Визначення допустимості роботи трансформатора протягом доби	14
Список використаних джерел	17

ВСТУП

Практика постановки та подальшого розвитку дисципліни «Електрична частина станцій та підстанцій» в УПА показала, що при вдосконаленні підготовки здобувачів важливу роль грають якісно поставлені практичні заняття. Вони дозволяють здобувачам глибше осмислювати та закріплювати матеріал лекційного курсу, а також отримувати перші навички інженерних розрахунків на прикладах конкретних електроенергетичних завдань [1, 2].

Завдання відповідають розділам робочої навчальної програми дисципліни «Електрична частина станцій та підстанцій».

Вивчення дисципліни базується на знанні загально інженерних курсів: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», а також спеціальних курсів: «Електричні машини», «Електричні мережі і системи», «Електричні апарати», тощо.

Значення дисципліни у рішенні загальних енергетичних задач полягає в тому, що вона дозволяє визначити вимоги до великих енергоустановок і до окремих їх елементів, знайти підхід до підвищення надійності і економічності не тільки окремих елементів, а й всієї енергосистеми у цілому, знайти принципи побудови та схеми з'єднання основних енергоустановок, їх переваги та недоліки, вплив на навколишнє середовище електростанцій та підстанцій [3, 4, 5].

Мета вивчення дисципліни – формування знань в області електричних систем, придбання навичок розрахунку широкого спектра практичних задач.

1. ТИПИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ТА РЕЖИМИ ЇХ РОБОТИ

1.1. Побудова річного графіка навантаження по тривалості електростанції та визначення її основних техніко-економічних показників

Річний графік навантаження за тривалістю будується на основі добових усереднених графіків для зимового та літнього днів, які задаються у табличній формі.

Розглянемо приклад. Станція типу ТЕЦ -2X100МВт, встановлена потужність якої $P_{вст} = 200\text{МВт}$.

Таблиця 1.1. – Дані для прикладу

ГОДИНИ	0-4	4-8	8-10	10-12	12-16	16-18	18-20	20-24
$\frac{P_{із}}{P_{вст}} 100\%$	30	40	80	90	90	80	40	30
$\frac{P_{іл}}{P_{вст}} 100\%$	20	30	60	70	70	60	30	20

1) Необхідно розрахувати ступені добових графіків:

$$P_{1з} = 60 \text{ МВт}$$

$$P_{1л} = 40 \text{ МВт};$$

$$P_{2з} = 80 \text{ МВт}$$

$$P_{2л} = 60 \text{ МВт};$$

$$P_{3з} = 160 \text{ МВт}$$

$$P_{3л} = 120 \text{ МВт};$$

$$P_{4з} = 180 \text{ МВт}$$

$$P_{4л} = 140 \text{ МВт};$$

$$P_{5з} = 180 \text{ МВт}$$

$$P_{5л} = 140 \text{ МВт};$$

$$P_{6з} = 160 \text{ МВт}$$

$$P_{6л} = 120 \text{ МВт};$$

$$P_{7з} = 80 \text{ МВт}$$

$$P_{7л} = 60 \text{ МВт};$$

$$P_{8з} = 60 \text{ МВт}$$

$$P_{8л} = 40 \text{ МВт}.$$

2) В одній системі ординат будемо обидва графіка.

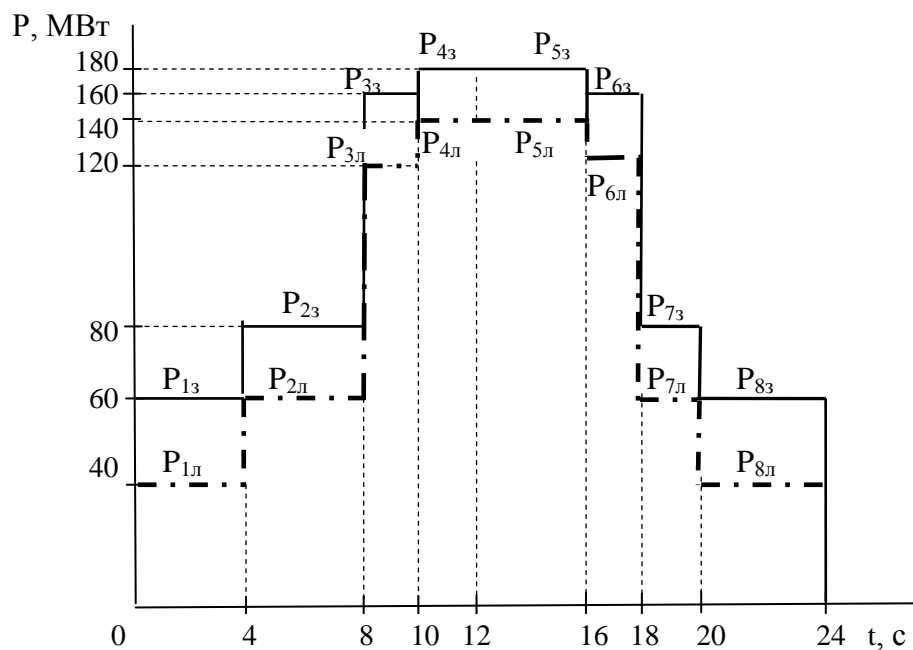


Рисунок 1.1. – Усереднені добові графіки навантаження

3) Побудова річного графіка навантаження по тривалості. Для спрощення розрахунків приймається, що взимку - 183 дні, влітку – 182, кількість годин у році – 8760. Річний графік має теж ступінчастий, але спадаючий характер. Починається його побудова з найбільшого значення потужності. Одночасно розраховують інтервали часу для кожного ступеню.

$$\Delta T_1 = 6 \cdot 183 = 1098 \text{ г};$$

$$\Delta T_2 = 4 \cdot 183 = 732 \text{ г};$$

$$\Delta T_3 = 6 \cdot 182 = 1092 \text{ г};$$

$$\Delta T_4 = 4 \cdot 182 = 728 \text{ г};$$

$$\Delta T_5 = 6 \cdot 183 = 1098 \text{ г};$$

$$\Delta T_6 = 8 \cdot 183 + 6 \cdot 182 = 2556 \text{ г};$$

$$\Delta T_7 = 8 \cdot 182 = 1456 \text{ г}.$$

$$\Sigma \Delta T_i = 8760 \text{ г}.$$

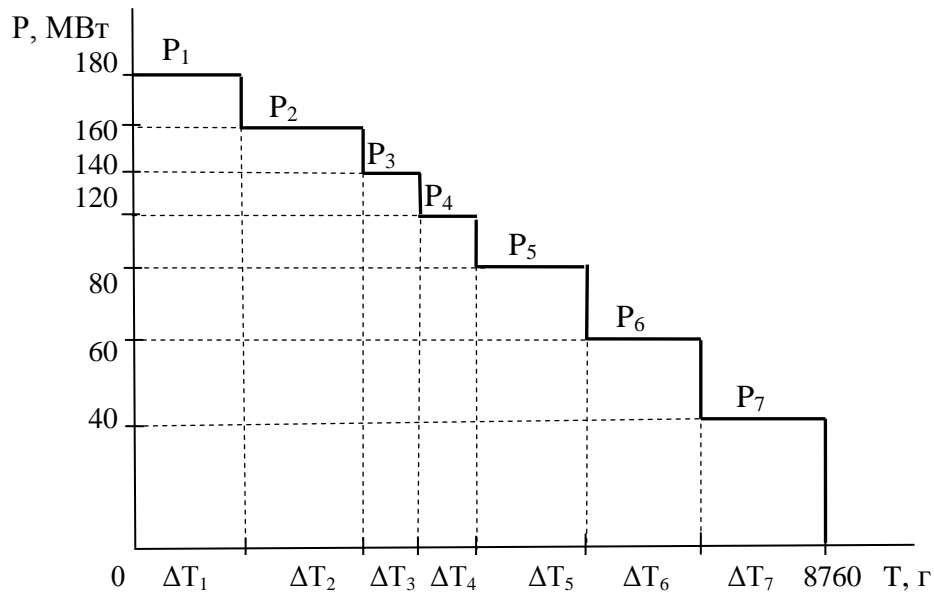


Рисунок 2.2. – Річний графік навантаження

4) Розрахунок кількості виробленої за рік електроенергії:

$$W_p = \sum P_i \cdot \Delta T_i, \text{ МВт}\cdot\text{г};$$

$$W_p = 180 \cdot 1098 + 160 \cdot 732 + 140 \cdot 1092 + 120 \cdot 728 + 80 \cdot 1098 + 60 \cdot 2556 + 40 \cdot 1456 = 854440 \text{ МВт}\cdot\text{г}.$$

5) Коефіцієнт навантаження:

$$K_H = \frac{W_p}{P_{\max} \cdot T_p},$$

$$K_H = \frac{854440}{180 \cdot 8760} = 0,542.$$

6) Коефіцієнт встановленої потужності:

$$K_{\text{вст}} = \frac{W_p}{P_{\text{вст}} \cdot T_p},$$

$$K_{\text{вст}} = \frac{854440}{200 \cdot 8760} = 0,488.$$

7) Річна кількість годин використання максимальної потужності:

$$T_{\max} = \frac{W_p}{P_{\max}},$$

$$T_{\max} = \frac{854440}{180} = 4747 \text{ г}.$$

8) Кількість годин роботи електростанції з встановленою потужністю протягом року:

$$T_{\text{вст}} = \frac{W_p}{P_{\text{вст}}},$$
$$T_{\text{вст}} = \frac{854440}{200} = 4272 \text{ г.}$$

9) Коефіцієнт резерву:

$$K_p = \frac{P_{\text{вст}}}{P_{\text{max}}},$$
$$K_p = \frac{200}{180} = 1,11.$$

10) Коефіцієнт нерівномірності графіка:

$$K_{\text{нр}} = \frac{P_{\text{min}}}{P_{\text{max}}},$$
$$K_{\text{нр}} = \frac{40}{180} = 0,22.$$

Далі, за результатами розрахунку робиться висновок про роботу електростанції протягом року.

2. ЗАВДАННЯ НА РГЗ

Завдання до РГЗ видається здобувачу освіти в перший тиждень семестру.

У завданні РГЗ містяться задачі по двох напрямках проєктування:

а) проєктування головної схеми електричних станцій та підстанцій містить у собі наступні показники, що характеризують об'єкт:

- тип електростанції та підстанції;
- число і потужність агрегатів, встановлених на електростанції та підстанції;
- напруга видачі потужності із шин електростанції;
- навантаження розподільних пристроїв (РП);
- потужність к.з. від системи; максимальне навантаження підстанції, S_{MAX} , МВА;
- довжина ПЛЕП, $L_{Л}$, км.

б) усереднені, добові графіки навантаження для побудови річного графіку.

Вихідні дані приведені в таблиці 2.1. Варіант завдання в таблиці визначається керівником.

Таблиця 2.1. – Вихідні дані

№ варіанту	Години	0-4	4-8	8-10	10-12	12-14	14-18	18-20	20-22	22-24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1(31)	$P_{ГЗ}/P_{ВСТ})100\%$	30	50	70	80	75	90	100	80	60
	$P_{ГЗ}/P_{ВСТ})100\%$	20	40	45	60	65	80	90	85	30
2(32)	$P_{ГЗ}/P_{ВСТ})100\%$	20	30	40	50	60	80	100	70	40
	$P_{ГЗ}/P_{ВСТ})100\%$	35	45	50	60	65	70	95	100	50
3(33)	$P_{ГЗ}/P_{ВСТ})100\%$	15	25	40	45	60	100	80	85	60
	$P_{ГЗ}/P_{ВСТ})100\%$	10	20	30	40	50	60	95	60	45
4(34)	$P_{ГЗ}/P_{ВСТ})100\%$	20	30	35	40	60	80	100	50	30
	$P_{ГЗ}/P_{ВСТ})100\%$	20	30	40	45	50	60	95	80	60
5(35)	$P_{ГЗ}/P_{ВСТ})100\%$	30	45	60	65	70	85	100	90	70
	$P_{ГЗ}/P_{ВСТ})100\%$	10	20	25	30	30	40	90	60	30

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6(36)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	40	55	65	60	70	95	70	35
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	15	25	20	30	35	50	75	80	60
7(37)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	45	60	65	60	80	100	70	60
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	25	40	50	45	85	90	75	50
8(38)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	30	40	50	60	80	100	70	40
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	30	40	50	60	95	60	45
9(39)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	30	35	40	60	80	100	50	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	25	30	30	40	90	60	30
10(40)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	25	35	48	60	80	100	85	40	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	30	55	70	95	80	70	80	50
11(41)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	40	55	65	60	70	95	70	35
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	30	40	50	60	95	60	45
12(42)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	30	35	40	60	80	100	50	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	25	30	30	40	90	60	30
13(43)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	30	40	50	60	80	100	70	40
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	30	35	50	60	70	100	70	20
14(44)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	30	40	50	60	80	100	70	40
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	30	40	50	60	95	60	45
15(45)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	40	55	65	60	70	95	70	35
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	25	30	30	40	90	60	30
16(46)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	30	35	40	60	80	100	50	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	30	40	50	60	95	60	45
17(47)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	25	35	48	60	80	100	85	40	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	25	35	30	40	95	60	30
18(48)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	45	60	65	60	80	100	70	60
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	30	55	70	95	80	70	80	50
19(49)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	40	55	65	60	70	95	70	35
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	25	30	30	40	90	60	30
20(50)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	30	35	40	60	80	100	50	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	30	40	50	60	80	100	70	40
21(51)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	40	55	65	60	70	95	70	35
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	25	30	45	40	90	50	30

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
22(52)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	30	35	55	60	80	100	40	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	30	40	50	60	95	60	45
23(53)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	35	48	60	85	100	85	40	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	25	30	30	40	90	60	30
24(54)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	25	35	48	60	80	100	85	40	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	45	60	65	60	80	100	70	60
25(55)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	20	30	35	40	60	80	100	50	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	25	30	30	40	90	60	30
26(56)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	25	35	45	60	80	100	95	40	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	30	55	70	95	80	70	80	50
27(57)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	45	60	65	60	80	100	70	60
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	25	35	48	60	80	100	85	40	30
28(58)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	40	55	65	60	70	100	70	35
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	20	30	40	50	60	95	60	45
29(59)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	25	25	30	25	40	90	60	30
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	10	30	55	70	95	80	70	80	50
30(60)	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	30	45	60	65	60	80	100	70	60
	$P_{\text{В}}/P_{\text{ВСТ}}100\%$	15	20	25	30	50	40	90	60	30

3. ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМОСТІ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА ПРОТЯГОМ ДОБИ

Мета завдання – здобути у здобувачів вищої освіти навичок аналізувати допустимість роботи силових трансформаторів у заданому режимі.

При виборі потужності трансформаторів не можливо керуватись тільки їх номінальною потужністю, тому що в реальних умовах температура охолоджуючого середовища, умови установки трансформатора можуть відрізнятись від прийнятих. Досвід експлуатації показує, що трансформатор може працювати частину доби з перевантаженням, коли в іншу частину доби його навантаження менше номінального.

Допустиме систематичне навантаження трансформатора більше його номінальної потужності можливе за рахунок нерівномірності навантаження протягом доби.

Для виконання задачі необхідно побудувати добовий графік навантаження для заданого типу трансформатора. Добовий графік задається у вигляді таблиці 3.1:

Таблиця 3.1. – Добовий графік

години	0 - 4	4 - 8	8 -10	10 -12	12 -14	14 -17	17 -20	20 -24
$\frac{S_i}{S_H} \cdot 100\%$	30	40	50	120	60	120	50	30

ТРДН – 80,

де S_i - і-та ступінь добового графіка навантаження;

S_H – номінальна потужність трансформатора, у даному випадку:

$$S_H = 80 \text{ МВА.}$$

Алгоритм виконання завдання наступний:

1) будується добовий графік:

$$S_1 = 24 \text{ МВА}$$

$$S_5 = 48 \text{ МВА}$$

$$S_2 = 32 \text{ МВА}$$

$$S_6 = 96 \text{ МВА}$$

$$S_3 = 40 \text{ МВА}$$

$$S_7 = 40 \text{ МВА}$$

$$S_4 = 96 \text{ МВА}$$

$$S_8 = 24 \text{ МВА}$$

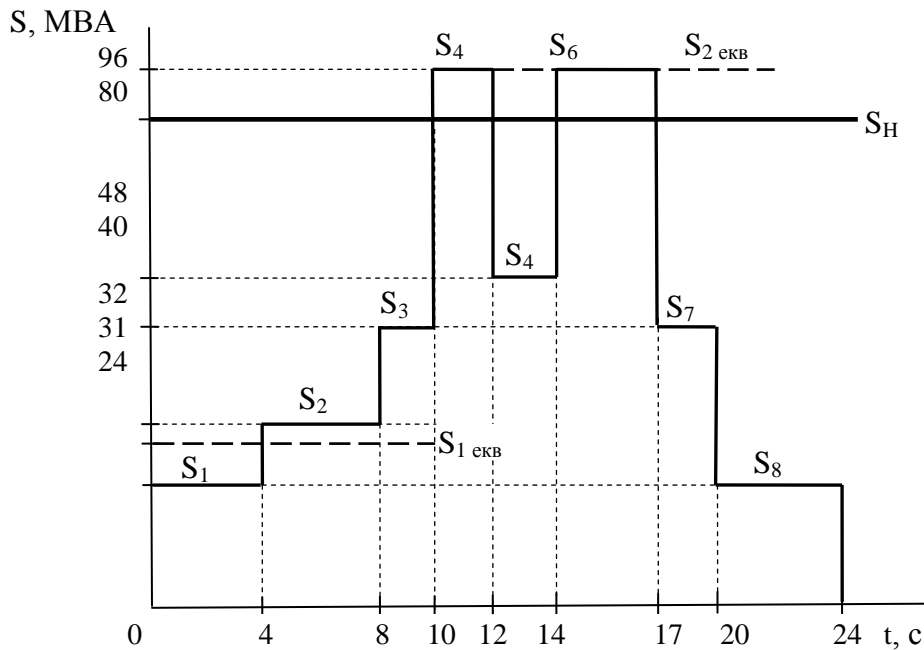


Рис. 3.1. – Добовий графік навантаження трансформатора

2) Побудований багатоступеневий графік необхідно перетворити у еквівалентний двохступеневий графік (по відносному зносу ізоляції), для чого треба відкласти значення потужності, яке відповідає значенню S_H . У даному випадку – це 80 МВА.

3) Визначити значення першого та другого ступеня графіка:

$$S_{1\text{екв}} = \sqrt{\frac{S_1^2 \cdot \Delta t_1 + S_2^2 \cdot \Delta t_2 + S_3^2 \cdot \Delta t_3}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3}}$$

до першого перевищення потужності від S_H

$$S_{1\text{екв}} = \sqrt{\frac{24^2 \cdot 4 + 32^2 \cdot 4 + 40^2 \cdot 2}{4 + 4 + 2}} \cong 31 \text{ МВА,}$$

$$S_{2\text{екв}} = \sqrt{\frac{S_4^2 \cdot \Delta t_4 + S_6^2 \cdot \Delta t_6}{\Delta t_4 + \Delta t_6}}$$

всі ступені, які знаходяться вище S_H

$$S_{2\text{екв}} = \sqrt{\frac{96^2 \cdot 2 + 96^2 \cdot 3}{2 + 3}} = 96 \text{ МВА.}$$

4) Розрахувати:

а) коефіцієнт начального навантаження:

$$K_1 = \frac{S_{1\text{екв}}}{S_H},$$

$$K_1 = \frac{31}{80} = 0,39.$$

б) коефіцієнт перевантаження:

$$K_2 = \frac{S_{2\text{екв}}}{S_H},$$

$$K_2 = \frac{96}{80} = 1,2.$$

5) Визначити розрахунковий час перевантаження по графіку:

$$t_{\text{роз}} = 5 \text{ годин.}$$

б) Для заданого типу трансформатора визначити номер графіка навантажувальної здатності $K_2 = f(k_1)$ по ДОСТ 14209-99 у залежності від його потужності, типу охолодження та температури навколишнього середовища: графік №19.

7) Визначити по графіку допустимий час перевантаження:

$$t_{\text{доп}} = 6 \text{ годин.}$$

8) Висновок:

Так як $t_{\text{доп}} > t_{\text{роз}}$ ($6_2 > 5_2$), трансформатор може працювати протягом доби по заданому графіку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Остапчук О.В., Денисюк П.Л., Матеєнко Ю.П. Електрична частина станцій та підстанцій. Навчальний посібник. – Київ: КПУ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 182 с.
2. Пантелєєва І.В. Електрична частина станцій та підстанцій. Конспект лекцій. Для здобувачів денної форми навчання ОС «бакалавр» спец. 141 Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка УПА – Харків: 2021. – 81.
3. Остапчук О.В., Бондаренко О.Л. Проектування електричних станцій. Навчальний посібник. – Київ, 2023. – 153 с.
4. Пантелєєва І.В. Електрична частина станцій та підстанцій. Методичні вказівки до виконання практичних занять. – Харків, 2021. – 23 с.
5. Козлов В.Д. Електрична частина станцій та підстанцій. Підручник. – Київ: НАНУ, 2018. – 312 с.
6. <https://gtmarket.ru/ratings.info/>
7. <https://uaenergy.com.ua/>
8. <https://mpe.kmu.gov.ua/>

Електронне видання комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимі

ПАНТЄЛЄЄВА Ірина Вікторівна
ПОНОМАРЕНКО Олена Михайлівна

ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи (РГЗ)
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
денної і заочної форм здобуття освіти
за спеціальностями

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
015.33 Професійна освіта («Енергетика, електротехніка та електромеханіка»)

В авторській редакції

Підписано до розміщення 28.02.2025. Гарнітура Times New Roman.
Ум. друк. арк. 1,69. Обсяг 0,478 Мб. Зам. № 78/25.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,
61022, м. Харків, майдан Свободи, 4.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3367 від 13.01.2009
Видавництво ХНУ імені В. Н. Каразіна