

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

# **СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

Методичні вказівки

до виконання розрахункової роботи з дисципліни

Київ – 2016

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

# **СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

## Методичні вказівки

до виконання розрахункової роботи з дисципліни  
для студентів напряму підготовки  
6.050601 «Теплоенергетика»  
за спеціальністю «Енергетичний менеджмент»

*Рекомендовано Вченою радою ІЕЕ НТУУ «КПІ»*

Київ  
НТУУ «КПІ»  
2016

Системи електропостачання [Електронний ресурс] : метод. вказівки до викон. розрахункової роботи з дисципліни для студ. напряму підготов. 6.050601 «Теплоенергетика» за спеціальністю «Енергетичний менеджмент» / Нац. техн. ун-т України «Київський політехнічний інститут» ; уклад. : В.А. Попов, А.О. Журавльов, О.С. Ярмолюк. – К. : Вид-во НТУУ «КПІ», 2016. – 34 с.

*Гриф надано Вченою радою ІЕЕ НТУУ «КПІ»  
(Протокол № 9 від 15.02.2016 р.)*

Е л е к т р о н н е   н а в ч а л ь н е   в и д а н н я

# **СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

## **Методичні вказівки**

до виконання розрахункової роботи з дисципліни  
для студентів напряму підготовки  
6.050601 «Теплоенергетика»  
за спеціальністю «Енергетичний менеджмент»

Укладачі:	Попов Володимир Андрійович, к.т.н., доц. Журавльов Андрій Олександрович, ст. викл. Ярмолюк Олена Сергіївна, к.т.н., ас.
Відповідальний Редактор	Федосенко Микола Миколайович, к.т.н., доц.
Рецензент	Зайченко Стефан Володимирович, д.т.н., проф.

*За редакцією укладачів*

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	5
ВСТУП.....	6
1. ЗАВДАННЯ ТА ПОЧАТКОВІ ДАНІ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ.....	7
1.1. Завдання.....	7
1.2. Початкові дані.....	11
2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ.....	15
2.1. Розрахунок електричних навантажень.....	15
2.1.1. Розрахунок електричних навантажень цеху промислового об'єкту.....	15
2.1.2. Розрахунок електричних навантажень житлових і громадських будинків.....	22
2.1.3. Визначення розрахункових навантажень на вищих ієрархічних рівнях електропостачальних систем.....	25
2.2. Вибір провідників.....	28
Додаток А Таблиця до виконання розрахунку електричних навантажень промислових об'єктів (форма Ф636-90).....	32
Додаток Б Перелік рекомендованої літератури.....	33

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВН – висока напруга;

в.о. – відносні одиниці;

ГПП – головна понижувальна підстанція;

ЕН – електричне навантаження;

ЕП – електроприймачі;

ЕПС – електропостачальна система;

КЗ – коротке замикання;

НН – низька напруга;

РП – розподільний пункт;

СД – синхронний двигун;

СП – силовий пункт;

ТП – трансформаторна підстанція;

ЩО – щит освітлення.

## ВСТУП

Метою дисципліни «Системи електропостачання» є формування у студентів здібностей вирішувати широке коло питань, пов'язаних із визначенням розрахункових навантажень, вибором загальної структури та параметрів елементів електропостачальних систем (ЕПС), розрахунком втрат потужності й електричної енергії та обґрунтуванням заходів щодо їх зменшення, раціональною компенсацією реактивної потужності, забезпеченням надійності електропостачання й якості електричної енергії згідно з типовими завданнями їх майбутньої діяльності у сфері проектування та експлуатації ЕПС, вирішення питань енергозбереження та управління енергоспоживанням.

Зміст розрахункової роботи проекту полягає у тому, що студенти на підставі отриманого від викладача варіанту повинні виписати початкові данні та визначити розрахункові навантаження промислових та комунально-побутових споживачів, вибрати за діючими нормами відповідний переріз ліній низької та середньої напруг, розрахувати навантаження живлячої підстанції та перевірити можливість використання трансформатору заданої потужності при відомому добовому графіку навантаження. Також повинні визначити місця розташування комутаційних і захисних апаратів з нанесенням їх на розрахункову схему ЕПС.

Варіант до виконання розрахункової роботи видається студенту викладачем-консультантом та складається з двох цифр «Х-Х». Перша цифра відповідає номеру схеми (цифра «1» – розрахункова схема наведена на рис. 1.1., цифра «2» – розрахункова схема наведена на рис. 1.2), друга цифра – безпосередньо номер варіанту (від 1 до 10).

# 1. ЗАВДАННЯ ТА ПОЧАТКОВІ ДАНІ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

## 1.1. Завдання

Визначити розрахункові навантаження та вибрати параметри елементів ЕПС, наведеної на рис. 1.1 або рис. 1.2. Зазначені розрахунки включають наступні етапи:

1. Визначити розрахункове навантаження силових пунктів (СП): СП 1, СП 2, щита освітлення (ЩО), а також на шинах НН та ВН трансформатору цехової трансформаторної підстанції ТП 4 (рис. 1.1), або ТП 3 (рис. 1.2).

Від силового пункту СП 1 отримають живлення наступні електроприймачі (ЕП):

- $n_1$  витяжних вентиляторів потужністю  $p_{н1}$  кВт;
- $n_2$  конвеєрів потужністю  $p_{н2}$  кВт;
- $n_3$  повітрянагрівачів потужністю  $p_{н3}$  кВт;
- $n_4$  полірувальних верстатів потужністю  $p_{н4}$  кВт;
- $n_5$  шліфувальних верстатів потужністю  $p_{н5}$  кВт;
- $n_6$  шліфувальних верстатів потужністю  $p_{н6}$  кВт.

Від силового пункту СП 2 отримають живлення:

- $n_5$  шліфувальних верстатів потужністю  $p_{н5}$  кВт;
- $n_6$  шліфувальних верстатів потужністю  $p_{н6}$  кВт;
- $n_7$  фрезерних верстатів потужністю  $p_{н7}$  кВт;
- $n_8$  фрезерних верстатів потужністю  $p_{н8}$  кВт;
- $n_9$  механічних пресів потужністю  $p_{н9}$  кВт;
- $n_{10}$  токарних верстатів потужністю  $p_{н10}$  кВт.

Питоме навантаження освітлення цеху площею  $F$ , м<sup>2</sup>, становить  $P_{\text{шт}}$ , кВт/м<sup>2</sup>.

Дані для розрахунків наведено у таблиці 1.1.

Навантаження цеху № 2 прийняти рівним навантаженню цеху № 1 (для схеми електропостачання рис. 1.1).

*Розрахунок електричних навантажень цеху № 1 виконати з використанням таблиці А.1 (додаток А).*

2. Знайти розрахункове навантаження на вводах будинків  $A, B, C, D$  (схема електропостачання рис. 1.1), або  $E, F, G, K, L, M$  (схема електропостачання рис. 1.2) у нормальному та післяаварійному режимах роботи.

Знайти розрахункове навантаження на шинах НН трансформаторної підстанції ТП 1 у нормальному та післяаварійному режимах роботи.

У схемі електропостачання рис. 1.2 ланки  $E-F, G-K, L-M$  у нормальному режимі розімкнуті. Дані для розрахунків наведено у таблиці 1.2.

3. Визначити переріз ліній НН, які живлять будинки  $A, B, C, D$  (схема електропостачання рис. 1.1), або  $F, K, M$  (схема електропостачання рис. 1.2). Допустима втрата напруги становить 5 %. Довжина ланок мережі НН  $L$  (м) наведено у таблицях 1.3 та 1.4. У схемі електропостачання рис. 1.2 ланки  $E-F, G-K, L-M$  у нормальному режимі розімкнені.

4. Визначити переріз ліній  $L_1$  та  $L_2$  розподільної мережі 10 кВ. Навантаження  $S_{\text{ТП}}$  (кВ·А) та коефіцієнт реактивної потужності  $\cos \varphi$  (в.о.) ТП 2, ТП 3, ТП 5 для схеми електропостачання рис. 1.1 наведено у таблиці 1.5; навантаження  $S_{\text{ТП}}$  (кВ·А) та коефіцієнт реактивної потужності  $\cos \varphi$  (в.о.) ТП 1, ТП 2, ТП 4, ТП 6–ТП 10 (для схеми електропостачання рис. 1.2) наведено у таблиці 1.6.

У схемі електропостачання рис. 1.2, ланка мережі ТП 5–ТП 6 у нормальному режимі розімкнута.

5. Визначити розрахункове активне та реактивне навантаження на шинах НН підстанції 110/10 кВ, враховуючи навантаження ліній  $L_1, L_2$  та  $L_3$ , а також приєднане до шин навантаження  $S_1$  та  $S_2$ . Значення приєднаних навантажень  $S_1$  та  $S_2$  (МВ·А) та коефіцієнт реактивної потужності  $\cos \varphi$  (в.о.) наведено у таблиці 1.7.

6. Перевірити можливість використання на підстанції трансформатора потужністю  $S_{\text{тр.н}} < S_{\text{мах}}$ . Якщо сумарне навантаження трансформатора змінюється протягом доби у відповідності з графіком, який наведено у відносних одиницях у таблиці 1.7. Тривалість кожної ординати графіку  $S_i^*$  становить 2 год.



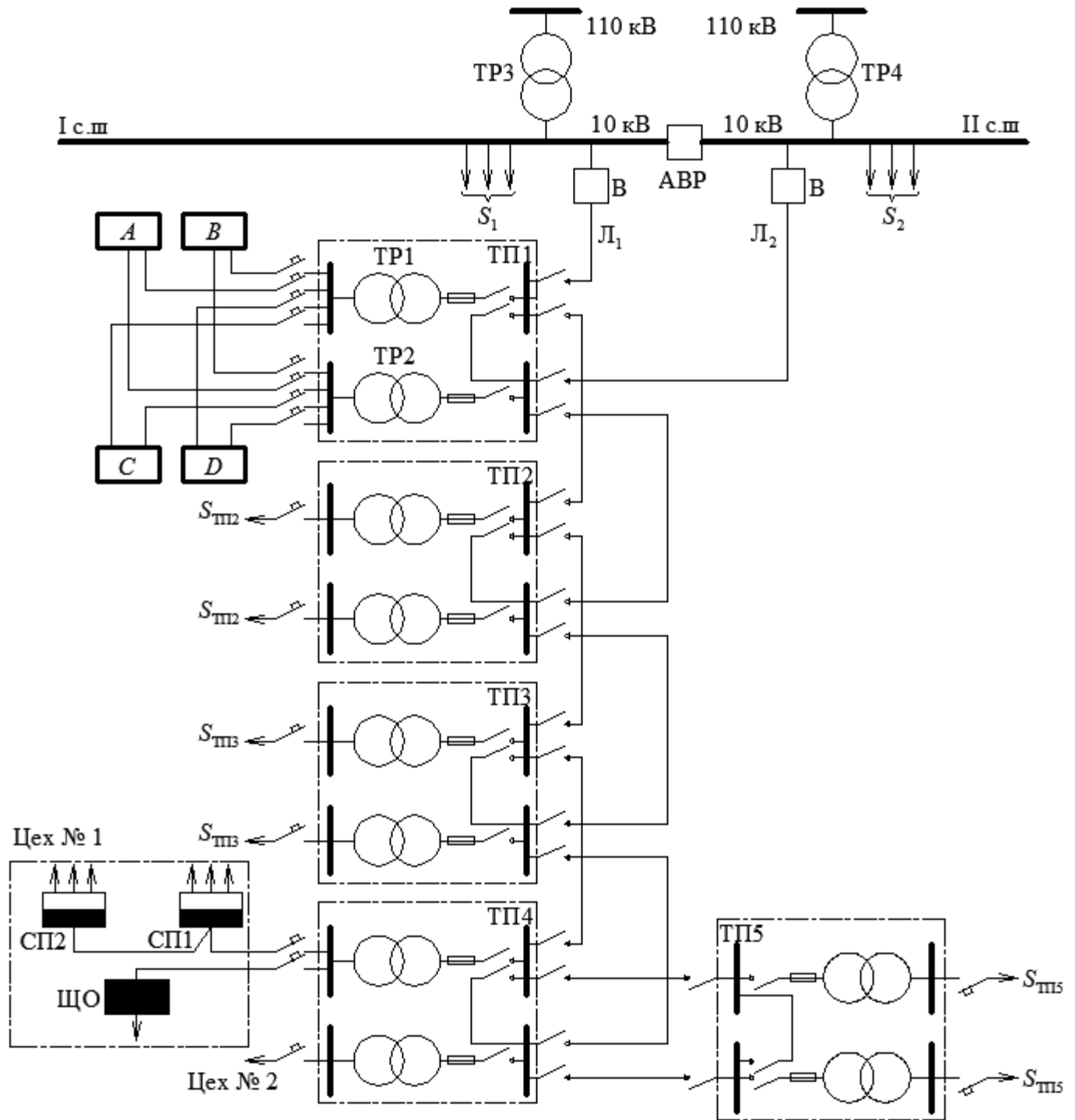


Рисунок 1.1 – Схема електропостачання

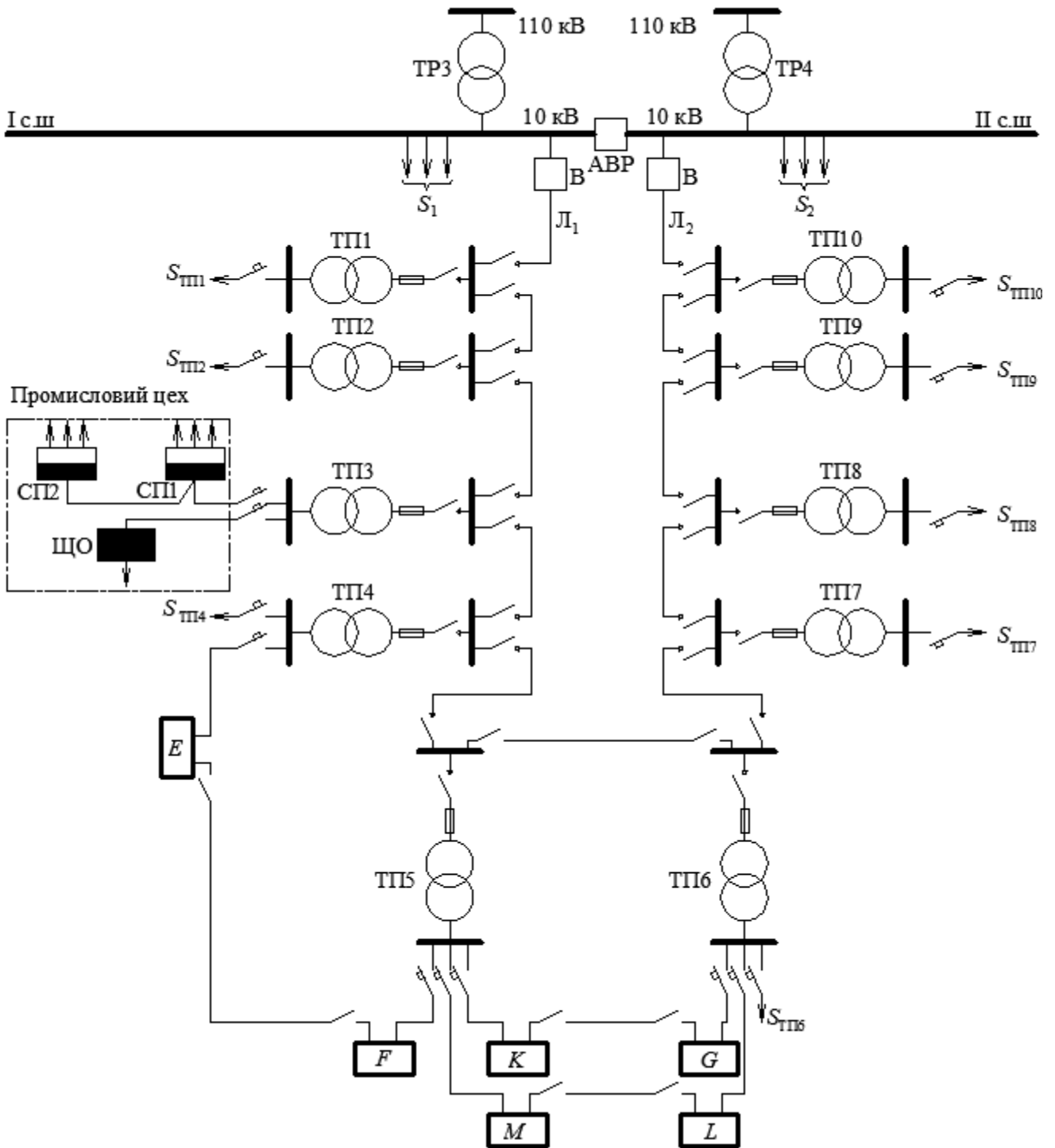


Рисунок 1.2 – Схема електропостачання

## 1.2. Початкові дані

Початкові дані вибираються згідно варіантів та наведено у таблицях 1.1–1.7.

Таблиця 1.1 – Параметри для визначення розрахункового навантаження цеху промислового підприємства

Параметри	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$n_1$	4	4	2	2	1	1	2	2	1	1
$n_2$	2	4	1	3	1	3	2	3	1	3
$n_3$	5	4	3	2	5	4	3	2	4	2
$n_4$	4	5	6	6	5	5	4	3	2	2
$n_5$	19	20	26	14	10	12	20	18	10	16
$n_6$	9	4	6	10	12	10	8	6	6	10
$n_7$	10	18	6	12	10	6	8	12	10	12
$n_8$	2	3	4	6	6	2	10	4	8	8
$n_9$	2	3	1	2	3	2	1	3	3	3
$n_{10}$	10	12	14	16	20	22	20	16	30	24
$p_{н1}$	12,0	12,0	10,5	10,5	20,0	20,0	12,0	12,0	20,0	20,0
$p_{н2}$	16,0	16,0	8,5	16,0	10,5	10,5	12,0	6,5	12,0	10,0
$p_{н3}$	2,0	4,0	12,0	6,0	18,0	6,0	28,0	4,5	6,0	8,0
$p_{н4}$	34,0	22,0	34,0	4,5	22,0	30,0	16,0	22,0	30,0	15,0
$p_{н5}$	4,0	6,0	6,0	12,0	10,0	16,0	6,0	8,0	6,0	4,5
$p_{н6}$	8,0	2,2	2,2	4,0	6,0	12,0	24,0	24,0	12,0	6,5
$p_{н7}$	4,2	2,2	6,4	3,6	4,5	6,2	4,4	2,2	6,2	8,5
$p_{н8}$	16,0	12,0	2,2	24,0	16,0	24,0	18,0	10,0	12,0	2,4
$p_{н9}$	60,0	42,0	62,0	28,0	28,0	34,0	60,0	32,0	40,0	26,0
$p_{н10}$	12,5	4,0	6,0	4,0	2,5	4,5	6,5	4,2	5,5	5,0
$F$	16000	12000	8000	10000	10000	6000	8000	5000	8000	10000
$P_{пит}$	0,02	0,025	0,035	0,02	0,015	0,02	0,025	0,025	0,02	0,02

де  $n$  – кількість ЕП, од.;

$p_n$  – номінальна потужність одного ЕП, кВт;

$F$  – площа цеху, м<sup>2</sup>;

$P_{пит}$  – питоме навантаження приладів загального освітлення, кВт/м<sup>2</sup>.

Таблиця 1.2 – Характеристики комунально-побутових споживачів для визначення розрахункового навантаження

Об'єкт	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Житловий будинок, газові плити, 9 поверхів, 3 секції, 108 помешкань	<i>E, F</i>		<i>L</i>	<i>E</i>						
Житловий будинок, газові плити, 9 поверхів, 4 секції, 216 помешкань		<i>B</i>		<i>B</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>A, B</i>	<i>D</i>
Житловий будинок, газові плити, 5 поверхів, 4 секції, 80 помешкань	<i>K</i>	<i>E, F, M</i>	<i>M</i>	<i>C, F</i>	<i>E, G</i>	<i>E</i>	<i>G, K</i>	<i>F, K</i>	<i>F</i>	<i>E, G</i>
Житловий будинок, газові плити, 5 поверхів, 2 секції, 60 помешкань		<i>G, L</i>	<i>E, F</i>	<i>K</i>	<i>F, L</i>	<i>F, G, L</i>	<i>E</i>	<i>G, M</i>	<i>G, K, M</i>	<i>F</i>
Житловий будинок, електричні плити, 16 поверхів, 2 секції, 128 помешкань	<i>A, B</i>		<i>B, C</i>			<i>C</i>		<i>B</i>		<i>C</i>
Житловий будинок, електричні плити, 24 поверхи, 4 секції, 284 помешкання		<i>A</i>			<i>B, C</i>		<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	
Дитячий садок, 128 місць	<i>L</i>		<i>K</i>	<i>L</i>	<i>K, M</i>		<i>L</i>		<i>L</i>	
Дитячий садок, 200 місць із харчоблоком		<i>D</i>			<i>D</i>		<i>A</i>			
Школа, 1000 учнів із харчоблоком	<i>C</i>		<i>A</i>				<i>D</i>		<i>D</i>	<i>A</i>
Супермаркет з площею торг. залу 1000 м <sup>2</sup>		<i>C</i>	<i>D</i>	<i>A</i>						
Промтоварний магазин з площею торг. залу 600 м <sup>2</sup>			<i>G</i>	<i>M</i>				<i>L</i>	<i>E</i>	<i>M</i>
Продовольчий магазин з площею торг. залу 200 м <sup>2</sup>	<i>M</i>						<i>M</i>	<i>E</i>		
Кінотеатр на 800 місць	<i>D</i>			<i>D</i>	<i>A</i>					
Ресторан на 250 місць						<i>D</i>		<i>D</i>		
Готель на 400 місць				<i>G</i>		<i>B</i>				<i>B</i>
Кафе на 100 місць	<i>G</i>					<i>K</i>	<i>F</i>			<i>K</i>
Перукарня на 20 роб. місць		<i>K</i>				<i>M</i>				<i>L</i>

Таблиця 1.3 – Довжина ліній НН (м) (для схеми електропостачання рис. 1.1)

Ланка	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТП-А	60	80	90	40	60	50	80	70	90	50
ТП-В	30	80	100	110	80	80	60	80	60	100
ТП-С	100	40	40	60	100	100	120	90	30	40
ТП-Д	80	50	60	80	40	70	50	60	80	90

Таблиця 1.4 – Довжина ліній НН (м) (для схеми електропостачання рис. 1.2)

Ланка	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТП–Е	60	40	90	40	60	50	70	30	20	80
ТП–F	30	80	30	60	40	70	50	100	80	30
Е–F	40	60	40	30	70	40	90	60	60	80
ТП–G	50	60	50	80	90	40	80	80	50	60
ТП–K	80	60	80	70	20	40	60	90	70	20
G–K	40	100	60	90	30	60	40	20	30	30
ТП–L	30	40	50	50	60	80	40	60	50	60
ТП–M	60	70	40	30	70	60	30	80	90	50
L–M	90	50	70	40	50	50	50	50	20	40

Таблиця 1.5 – Навантаження на один трансформатор ТП (кВ·А) та коефіцієнт реактивної потужності (в.о.) (для схеми електропостачання рис. 1.1)

ТП	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{ТП 2}$	420	510	380	460	500	400	680	400	460	520
$\cos\varphi_{ТП 2}$	0,95	0,95	0,82	0,9	0,86	0,9	0,95	0,9	0,98	0,96
$S_{ТП 3}$	300	420	350	500	530	500	380	210	520	400
$\cos\varphi_{ТП 3}$	0,92	0,88	0,96	0,9	0,8	0,96	0,82	0,98	0,86	0,88
$S_{ТП 5}$	400	500	410	460	380	400	460	380	300	350
$\cos\varphi_{ТП 5}$	0,86	0,9	1	0,95	0,92	0,98	0,9	0,86	0,9	0,9

Таблиця 1.6 – Навантаження на один трансформатор ТП (кВ·А) та коефіцієнт реактивної потужності (в.о.) (для схеми електропостачання рис. 1.2)

ТП	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{ТП 1}$	420	510	380	460	500	400	680	400	460	520
$\cos\varphi_{ТП 1}$	0,95	0,95	0,82	0,9	0,86	0,9	0,95	0,9	0,98	0,96
$S_{ТП 2}$	300	420	350	500	530	500	380	210	520	400
$\cos\varphi_{ТП 2}$	0,92	0,88	0,96	0,9	0,8	0,96	0,82	0,98	0,86	0,88
$S_{ТП 4}$	400	500	410	460	380	400	460	380	300	350
$\cos\varphi_{ТП 4}$	0,86	0,9	1	0,95	0,92	0,98	0,9	0,86	0,9	0,9
$S_{ТП 6}$	320	300	500	300	280	560	500	380	400	500
$\cos\varphi_{ТП 6}$	0,93	0,85	0,9	0,96	0,92	0,86	0,9	0,92	0,93	0,8
$S_{ТП 7}$	410	120	300	420	420	400	410	520	400	520
$\cos\varphi_{ТП 7}$	0,9	0,93	0,85	0,95	0,95	0,98	0,88	0,88	0,95	1
$S_{ТП 8}$	280	560	280	560	500	520	480	270	350	560
$\cos\varphi_{ТП 8}$	0,9	0,96	0,86	0,92	0,9	0,9	0,93	0,94	0,88	0,94
$S_{ТП 9}$	520	520	460	400	380	600	300	490	320	480
$\cos\varphi_{ТП 9}$	0,95	0,85	0,9	0,95	0,89	0,8	0,86	0,78	0,9	0,86
$S_{ТП 10}$	400	510	380	380	200	400	190	510	360	500
$\cos\varphi_{ТП 10}$	0,92	0,9	0,96	0,88	1	0,78	0,92	0,98	0,94	0,9

Таблиця 1.7 – Параметри для перевірки перевантажувальної здатності трансформаторів підстанції

Параметри	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_1, S_2$	54	34	36	52	18	31	51	19	53	55
$S_1^*$	0,3	0,2	0,5	0,4	0,6	0,8	0,4	0,3	0,5	0,8
$S_2^*$	0,5	0,7	0,5	0,7	0,7	0,9	0,3	0,8	0,6	0,7
$S_3^*$	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7	0,2	0,9	0,7	0,8
$S_4^*$	0,7	0,9	0,9	1,0	0,9	0,6	0,6	1,0	0,8	0,9
$S_5^*$	0,6	1,0	0,9	0,8	0,9	0,4	0,8	0,9	0,9	0,6
$S_6^*$	0,2	0,7	1,0	0,6	0,7	0,5	0,9	0,7	1,0	0,8
$S_7^*$	0,9	0,6	1,0	0,9	1,0	0,8	1,0	0,6	1,0	0,9
$S_8^*$	1,0	0,6	0,7	1,0	1,0	0,9	1,0	0,8	0,7	1,0
$S_9^*$	1,0	0,5	0,6	1,0	0,8	1,0	1,0	0,9	0,6	1,0
$S_{10}^*$	0,8	0,5	0,8	0,7	0,7	0,9	0,9	1,0	0,9	0,5
$S_{11}^*$	0,7	0,4	0,7	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0	0,8	0,3
$S_{12}^*$	0,6	0,3	0,5	0,6	0,5	0,7	0,8	0,7	0,7	0,2

де  $S_1, S_2$ , МВ·А,  $\cos \varphi = 0,94$  – приєднані до шин підстанції навантаження, визначені для режиму максимальних навантажень;

$S_i^*$  – пронормовані значення ординат загального графіку навантаження трансформаторів підстанції, яке визначається як сума навантажень відповідних розподільних ліній і приєданого навантаження.

Тривалість кожної ординати – 2 год.

## 2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

### 2.1. Розрахунок електричних навантажень

#### 2.1.1. Розрахунок електричних навантажень цеху промислового об'єкту

Розрахунки електричних навантажень (ЕН) цеху промислового об'єкту виконують окремо для кожного рівня (вузла) електричної мережі цеху: окремий ЕП, силовий розподільний пункт СП, розподільний щиток освітлення ЩО, розподільна лінія (шинопровід) НН, магістральний шинопровід, шини НН цехової ТП, шини ВН цехової ТП.

У проектній практиці України на даний час розрахунок ЕН силових ЕП здійснюють за методом розрахункових коефіцієнтів.

На першому рівні ЕПС (один ЕП) розрахункові потужності  $P_{p.i}$ ,  $Q_{p.i}$  ЕП тривалого режиму роботи приймаються рівними їх номінальним потужностям  $P_{н.i}$ ,  $Q_{н.i}$ , причому  $Q_{н.i}$  знаходять за виразом

$$Q_{н.i} = P_{н.i} \operatorname{tg} \varphi_i,$$

де  $P_{н.i}$  беруть за даними позначень заводської таблички або паспорта ЕП;

$\operatorname{tg} \varphi_i$  – довідкове значення коефіцієнта реактивної потужності.

На другому рівні ЕПС (розподільні шинопроводи, лінії, що живлять розподільні щити, освітлювальні щитки та силові пункти) окремо розглядають силові ЕП й освітлювальні установки.

Розрахунок електричних навантажень силових ЕП  $P_{p.c}$ ,  $Q_{p.c}$  ведуть за алгоритмом і формулами, наведеними в таблиці 2.1, розбив їх на характерні категорії з однаковими  $P_{н.i}$ ,  $K_{в.i}$ ,  $\cos \varphi_i$  у кожній  $j$ -й категорії, тобто  $P_{н.j} = P_{н.i}$ ,  $K_{в.j} = K_{в.i}$ ,  $\cos \varphi_j = \cos \varphi_i$ . При цьому слід враховувати наступне.

1. Резервні ЕП, ремонтні зварювальні апарати й інші ремонтні ЕП, а також ЕП, що працюють короткочасно (пожежні насоси, засувки, вентилі та ін.) не

враховують.

2. Для приводів з кількома двигунами враховують всі одночасно працюючі електродвигуни даного приводу. Якщо серед цих двигунів маються такі, що одночасно вмикаються, то їх враховують у розрахунках як один ЕП номінальної потужності, яка дорівнює сумі номінальних потужностей одночасно працюючих двигунів.

3. У разі вмикання однофазного ЕП потужністю  $P_{н.i}^{(1)}$  на фазну напругу його враховують у графі 2 таблиці 2.1 як еквівалентний трифазний ЕП з номінальними потужностями:

$$P_{н.i} = 3P_{н.i}^{(1)}, \quad Q_{н.i} = 3P_{н.i}^{(1)} \operatorname{tg}\varphi_i^{(1)},$$

де  $\operatorname{tg}\varphi_i^{(1)}$  – коефіцієнт потужності  $i$ -го однофазного ЕП.

У разі вмикання однофазного ЕП на лінійну напругу він враховується у графі 2 таблиці 2.1 як еквівалентний трифазний ЕП з номінальними потужностями:

$$P_{н.i} = \sqrt{3}P_{н.i}^{(1)}, \quad Q_{н.i} = \sqrt{3}P_{н.i}^{(1)} \operatorname{tg}\varphi_i^{(1)}.$$



Таблиця 2.1 – Розрахунок електричних навантажень силових електроприймачів наругою до 1000 В

Назва $j$ -ї категорії ЕП	Кількість ЕП $n_i$ , шт	Вихідні дані				Проміжні потужності	
		від технологів		за довідковими даними		Активна $P_{п.j} = K_{в.j} P_{н.j}$ , кВт	Реактивна $Q_{п.j} = K_{в.j} P_{н.j} \operatorname{tg} \varphi_j$ , квар
		Номінальна (встановлена) активна потужність, кВт		Коефіцієнт використання $K_{в.j} = K_{в.i}$ , в.о.	Коефіцієнт потужності/ реактивної потужності $\cos \varphi_j / \operatorname{tg} \varphi_j =$ $= \cos \varphi_i / \operatorname{tg} \varphi_i$		
		одного ЕП $P_{н.i}$	загальна $P_{н.j} = n_i P_{н.i}$				
1	2	3	4	5	6	7	8
Ванни	3	40	120	0,6	0,65/1,17	72	84,24
Випрямлячі	6	100	600	0,6	0,8/0,75	360	270
Вентилятори	2	22	44	0,7	0,8/0,75	30,8	23,1
Разом:	11		764	0,61	0,77/0,82	462,8	377,34

Закінчення таблиці 2.1

Проміжні величини			Розрахункові навантаження			
$n_i P_{н.i}^2$	Ефективна кількість ЕП $n_e$ , шт	Коефіцієнт розрахункової активної потужності $K_p$ , в.о.	Активна потужність $P_p = K_p P_{п}$ , кВт	Реактивна потужність, $Q_p = 1,1 Q_{п}$ , якщо $n_e \leq 10$ , $Q_p = Q_{п}$ , якщо $n_e > 10$ , квар	Повна потужність $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$ , кВ·А	Струм, $I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_H}$ , А
9	10	11	12	13	14	15
4800						
60000						
968						
65768	8,88	1,02	472,06	415,07	628,58	955,06

Групу однофазних ЕП намагаються розподілити за фазами електричної мережі рівномірно за їх номінальною активною потужністю. Якщо рівномірність  $\Delta P_{\text{нр}}$  цього розподілу не перевищує 15 % відносно загальної номінальної потужності трифазних і однофазних ЕП в групі, однофазні ЕП представляють у розрахунках як еквівалентну групу трифазних ЕП тієї ж сумарної номінальної потужності. У разі перевищення вказаної нерівномірності номінальну потужність еквівалентної групи трифазних ЕП приймають рівною потроєному значенню потужності найбільш завантаженої фази  $P_{\text{н.ф.мак}}$ .

4. Величину  $n_e$  (підсумковий рядок графі 10 таблиці 2.1) розраховують за формулою

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{\text{н.і}})^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{н.і}}^2},$$

у якій величини  $\sum_{i=1}^n P_{\text{н.і}}$ ,  $\sum_{i=1}^n P_{\text{н.і}}^2$  беруть з підсумкових рядків граф 4 і 9 таблиці 2.1 відповідно. Знайдене значення  $n_e$  округлюють до меншого цілого числа.

5. Величину розрахункового коефіцієнта  $K_p$  (графа 11 таблиці 2.1) знаходять за відповідною довідковою таблицею у функції величини  $n_e$  (графа 10 таблиці 2.1) і групового середньозваженого коефіцієнта використання  $K_v$ , який розраховують у підсумковому рядку графі 5 таблиці 2.1 за виразом

$$K_v = \frac{\sum_{j=1}^l P_{\text{п.і}}}{\sum_{j=1}^l P_{\text{н.і}}} = \frac{\sum_{i=1}^n (K_{\text{в.і}} P_{\text{н.і}})}{\sum_{i=1}^n P_{\text{н.і}}},$$

де  $L$  – кількість категорій ЕП, що підключено до даної лінії.

Величини  $\sum_{j=1}^n P_{\text{п.і}}$ ,  $\sum_{j=1}^n P_{\text{н.і}}$  знаходять у підсумковому рядку граф 7 і 4

таблиці 2.1.

6. Величини  $P_p$ ,  $Q_p$  розраховують за формулами граф 12 і 13 відповідно і розміщують у підсумковий рядок цих граф. При цьому величини  $P_{п.}$ ,  $Q_{п.}$  беруть відповідно з підсумкового рядка цих граф. У разі, якщо розрахункова потужність  $P_p$  виявиться меншою за номінальну потужність найбільш потужного ЕП  $P_{н.і.маж}$ , рекомендується приймати  $P_p = P_{н.і.маж}$ .

7. Величини  $S_p$  і  $I_p$  (підсумковий рядок граф 14, 15 таблиці 2.1) розраховують за формулами, наведеними у цих графах.

Для визначення ЕН освітлювальних установок використовується методи питомої потужності та коефіцієнта попиту.

Для знаходження питомої фактичної потужності  $P_{п.о}$  ЕН освітлювальних установок використовують наступні дані: тип світильника, коефіцієнт запасу  $k_{з.ф}$ , мінімальна освітленість  $E_{табл}$ , висота приміщення  $H$ , площа освітлювального приміщення  $S$  ( $F$ ). За обраним типом світильника, площею освітлювального приміщення та висотою підвісу світильників визначаємо питому потужність загального рівномірного освітлення ( $Вт/м^2$ ), необхідну для забезпечення зазначеної норми освітленості за формулою

$$P_{п.о} = P_{п.о.табл} \frac{E_{ф}}{E_{табл}} \frac{k_{з.ф}}{k_{з.табл}} k_{\rho},$$

де  $P_{п.о.табл}$  – питома потужність освітлювальної установки,  $Вт/м^2$ ;

$E_{ф}$  – фактична норма освітленості для виконуваного виду робіт, лк;

$k_{з.ф}$  – фактичний коефіцієнт запасу для виконуваного виду робіт, в.о.;

$k_{з.табл}$  – табличний коефіцієнт запасу для виконуваного виду робіт, в.о.;

$k_{\rho}$  – коефіцієнт зміни відбиття від поверхонь приміщення, в.о.

Розрахункові ЕН освітлювальних установок знаходять за виразами:

$$P_{р.о} = P_{м.о} = K_{п.о} P_{н.о}, \quad Q_{р.о} = Q_{м.о} = K_{п.о} P_{н.о} \operatorname{tg} \varphi_o, \quad (2.1)$$

де  $K_{п.о}$  – коефіцієнт попиту навантаження освітлювальних установок;

$P_{н.о}$  – номінальна їх потужність;

$\operatorname{tg}\varphi_0$  – коефіцієнт реактивної потужності цих установок.

Величину  $P_{н.о}$  розраховують за виразом

$$P_{н.о} = K_{\text{дод}} P_{п.о} S,$$

де  $K_{\text{дод}}$  – додатковий коефіцієнт, який враховує втрати у пускорегулювальній апаратурі освітлювальних установок і на даний час приймають рівним: 1,25 – для люмінесцентних ламп зі стартерною схемою запалювання і 1,3 – за безстартерних схем запалювання; 1,15 – для ламп ДРІ, ДНаТ; 1,12 – для ламп ДРЛ; 1,1 – для ламп ДКсТ; 1,0 – для ламп розжарення;

$P_{п.о}$  – питома навантаження освітлювальних установок.

Оскільки за довідковими даними,  $K_{п.о}$ , як правило, є відношення максимальних активних навантажень освітлювальних установок до номінального навантаження, максимальні навантаження, що розраховані за формулами (2.1) є максимальними навантаженнями, які приймають рівними розрахунковим навантаженням.

Розрахункові потужності лінії, що живить силове й освітлювальне навантаження, знаходять за виразами:

$$P_p = P_{p.c} + P_{p.o}, \quad (2.2)$$

$$Q_p = Q_{p.c} + Q_{p.o}, \quad (2.3)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.4)$$

На третьому рівні ЕПС (магістральні шинопроводи, шини 0,4 кВ цехових ТП) також розраховують окремо ЕН силових та освітлювальних установок. Порядок розрахунку  $P_{p.c}$ ,  $Q_{p.c}$  є аналогічним розрахунку ЕН на другому рівні за такими

відмінностями:

1. Величину  $n_e$  знаходять за спрощеною формулою

$$n_e = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{н.і}}{P_{н.і.маx}}.$$

Тому всі силові ЕП групують у таблиці рядками за характерними категоріями незалежно від їх  $P_{н.і}$ , а у графі 3 вказують максимальну  $P_{н.і.маx}$  і мінімальну  $P_{н.і.мін}$  активні потужності одного ЕП даної категорії, тобто  $P_{н.і.маx} / P_{н.і.мін}$ . Величину

$\sum_{i=1}^n P_{н.і}^2$  ( графа 9 таблиці 2.1) не розраховують.

Якщо величина  $n_e$  виявиться більшою за сумарну кількість ЕП  $n$  або якщо  $P_{н.і.маx} / P_{н.і.мін} \leq 3$ , приймають  $n_e = n$ .

2. Величину  $K_p$  знаходять за відповідними довідковими даними.

Розрахунок  $P_{р.о}$ ,  $Q_{р.о}$  і сумарних розрахункових навантажень силових і освітлювальних установок  $P_p$ ,  $Q_p$ ,  $S_p$  здійснюють аналогічно другому рівню (формули (2.2)–(2.4)).

На четвертому рівні ЕПС (кабелі 6 (10) кВ, що живлять ТП), розрахункові активну  $P_{р.6(10)ТПj}$  та реактивну  $Q_{р.6(10)ТПj}$  потужності  $j$ -х ТП знаходять за виразами:

$$P_{р.6(10)ТПj} = P_{р.0,4ТПjс} + P_{р.0,4ТПjo} + \Delta P_{тТПj},$$

$$Q_{р.6(10)ТПj} = Q_{р.0,4ТПjс} + Q_{р.0,4ТПjo} + \Delta Q_{тТПj} - Q_{ку.ТПj},$$

де  $P_{р.0,4ТПjс}$ ,  $Q_{р.0,4ТПjс}$ ,  $P_{р.0,4ТПjo}$ ,  $Q_{р.0,4ТПjo}$  – розрахункові навантаження силових і освітлювальних установок на стороні 0,4 кВ  $j$ -ї ТП;

$\Delta P_{тТПj}$ ,  $\Delta Q_{тТПj}$  – втрати потужності у трансформаторах  $j$ -ї ТП;

$Q_{ку.ТПj}$  – сумарна реактивна потужність компенсуючих установок на стороні 0,4 кВ  $j$ -ї ТП (конденсаторні батареї, симетрокомпенсуючі та фільтрокомпенсуючі

установки тощо).

Втрати активної  $\Delta P_{\text{ТП}j}$  (кВт) та реактивної  $\Delta Q_{\text{ТП}j}$  (квар) потужностей у трансформаторах можна орієнтовно оцінити за виразами:

$$\Delta P_{\text{ТП}j} = 0,025 S_{\text{р.6(10)ТП}j}, \quad \Delta Q_{\text{ТП}j} = 0,1 S_{\text{р.6(10)ТП}j},$$

де повна потужність  $S_{\text{р.6(10)ТП}j}$   $j$ -ї ТП знаходять наступним чином

$$S_{\text{р.6(10)ТП}j} = \sqrt{P_{\text{р.6(10)ТП}j}^2 + Q_{\text{р.6(10)ТП}j}^2}.$$

### 2.1.2. Розрахунок електричних навантажень житлових і громадських будинків

Основою для визначення розрахункових навантажень в ЕПС міст є ДНБ В.2.5.-23-2010. Як розрахункові ЕН житлових і громадських будинків приймають максимальні навантаження, тобто півгодинні максимуми середніх навантажень.

ЕН окремих житлових будинків визначають у залежності від виду та рівня електрифікації житла. Вони охоплюють навантаження освітлення загальнобудинкових приміщень. В описі жител повинно вказуватись кількість квартир у будинку, а також кількість секцій, що характеризує кількість ліфтових установок.

Розрахункові навантаження групи жител (квартир) з однаковим питомим навантаженням  $P_{\text{п.ж}}$  визначають за формулами

$$P_{\text{р.ж}} = P_{\text{п.ж}} N, \quad Q_{\text{р.ж}} = P_{\text{п.ж}} N \operatorname{tg} \varphi_{\text{ж}},$$

де  $N$  – кількість жител (квартир), приєднаних до вводу в будівлю, лінії НН, шин ТП;

$\operatorname{tg} \varphi_{\text{ж}}$  – коефіцієнт реактивної потужності жител.

Розрахункове навантаження силових ЕП житлового будинку  $P_{p.cил}$  (кВт), що приведене до вводу напругою 380 В, визначають за виразом

$$P_{p.c} = \sum_{i=1}^n P_{л.i} K_{п.л.i} + \sum_{j=1}^m P_{c.j} K_{п.c.j},$$

де  $P_{л.i}$  – встановлена потужність електричного двигуна  $i$ -го ліфта за паспортом, кВт;

$K_{п.л.i}$  – коефіцієнт попиту для двигуна  $i$ -го ліфта, який визначається у залежності від кількості ліфтових установок та кількості поверхів будинку;

$n$  – кількість ліфтових установок;

$P_{c.j}$  – встановлена потужність електричного двигуна  $j$ -ї сантехнічної установки за паспортом, кВт;

$K_{п.c.j}$  – коефіцієнт попиту для двигуна  $j$ -ї сантехнічної установки;

$m$  – кількість сантехнічних установок.

Розрахункове навантаження житлового будинку  $P_{p.ж.б}$  (кВт) у цілому за умови, коли найбільшим складником є навантаження від жителів, обчислюють за виразом

$$P_{p.ж.б} = P_{p.ж} + 0,9P_{p.c} + \sum_{i=1}^n (P_{p.гр.i} K_{y.i}),$$

$$Q_{p.ж.б} = P_{p.ж} \operatorname{tg}\varphi_{p.ж} + 0,9P_{p.c} \operatorname{tg}\varphi_{p.c} + \sum_{i=1}^n (P_{p.гр.i} K_{y.i} \operatorname{tg}\varphi_{p.гр.i}),$$

де  $P_{p.ж}$  – розрахункове навантаження ЕП квартир будинку, кВт;

$P_{p.c}$  – розрахункове навантаження силових ЕП житлового будинку, кВт;

$P_{p.гр.i}$  – розрахункове навантаження  $i$ -го вбудованого чи прибудованого громадського приміщення, що живиться від електрощитової житлового будинку, кВт;

$K_{yi}$  – коефіцієнт участі в максимумі навантажень квартир і силових ЕП  $i$ -го житлового будинку навантажень вбудованих і прибудованих приміщень;

$n$  – кількість вбудованих чи прибудованих громадських приміщень.

Розрахунок ЕН будівель громадського призначення виконують за укрупненими питомими ЕН  $P_{п.гр.б}$ , кВт на одиницю за виразами:

$$P_{р.гр.б} = P_{п.гр.б} N, \quad Q_{р.гр.б} = P_{п.гр.б} N \operatorname{tg}\varphi_{гр.б},$$

де  $N$  – кількість одиниць об'єкту (учнів, ліжко-місць, квадратних метрів площі тощо).

Розрахункове активне навантаження ТП, що спільно живить житлові та громадські будинки, на боці низької напруги  $P_{р.0,4ТПj}$  визначають за виразом

$$P_{р.0,4ТПj} = P_{р.маx} + \sum_{i=1}^m (K_i P_{р.i}),$$

де  $P_{р.маx}$  – розрахункове максимальне навантаження однотипних будинків або окремого споживача, кВт;

$P_{р.i}$  – розрахункове навантаження  $i$ -ї групи інших споживачів, які живляться від даного ТП, кВт;

$m$  – кількість груп споживачів без групи з  $P_{р.маx}$ .

Важливо підкреслити, що житлові будинки з газовими плитами й електроплитами розглядаються як різні об'єкти. У той же час усі житлові будинки з однакою характером приготування їжі розглядаються як **один об'єкт**. Тобто, попередньо для них підраховується загальна кількість квартир та ліфтів і загальне розрахункове навантаження визначається вже на підставі цих інтегральних показників.

Для окремого  $i$ -го споживача розрахункове реактивне навантаження  $Q_{р.i}$



(квар) визначають за активним навантаженням  $P_{p,i}$  (кВт) за виразом

$$Q_{p,i} = P_{p,i} \operatorname{tg} \varphi_i,$$

де  $\operatorname{tg} \varphi_i$  – коефіцієнт реактивної потужності.

Таким чином, розрахункове реактивне навантаження  $i$ -ї ТП  $Q_{p,0,4ТПj}$  визначають за виразом

$$Q_{p,0,4ТПj} = P_{p,\max} \operatorname{tg} \varphi_{\max} + \sum_{i=1}^n (K_i P_{p,i} \operatorname{tg} \varphi_i).$$

Повну розрахункову потужність ТП  $S_{p,0,4ТПj}$  (кВ·А) визначають за виразом

$$S_{p,0,4ТПj} = \sqrt{P_{p,0,4ТПj}^2 + Q_{p,0,4ТПj}^2}.$$

### 2.1.3. Визначення розрахункових навантажень на вищих ієрархічних рівнях електропостачальних систем

Навантаження п'ятого рівня ЕПС промислових об'єктів (шини 6 (10) кВ центрального розподільного пункту, розподільного пункту (РП), головної понижувальної підстанції (ГПП)) знаходять окремо для ТП і високовольтних ЕП, що живляться від цих шин, з урахуванням установок КРП.

Величини  $P_{p,ТПj}$ ,  $Q_{p,ТПj}$   $j$ -х ТП знаходять так як на четвертому рівні.

Розрахункові потужності  $P_{p,в}$ ,  $Q_{p,в}$  високовольтних ЕП розраховують аналогічно другому рівню (таблиця 2.1) з врахуванням таких особливостей:

1. Якщо від технологів можливо одержати дані фактичних (технологічних) коефіцієнтів завантаження  $K_{з,j} = K_{з,i}$   $i$ -х ЕП  $j$ -ї категорії, то в графу 5 замість  $K_{в,j}$  заноситься  $K_{з,j}$ , а в графу 7 – значення  $K_{з,j} P_{н,j}$ .

2. Для синхронного двигуна (СД) величина генерованої  $Q_{СД}$  реактивної

потужності на даному етапі розрахунку приймається рівною нулю.

3. Величини  $n_c$  і  $K_B$  не розраховують, а значення  $K_p$  приймається рівним одиниці. При цьому:

$$P_{p.в} = P_{п.в}, \quad Q_{p.в} = Q_{п.в},$$

де  $P_{п.в}$ ,  $Q_{п.в}$  – проміжні значення активної та реактивної потужностей високовольтних ЕП.

Розрахункові навантаження, наприклад, на шинах 10 кВ, від яких одержують живлення  $m$  ТП і високовольтні ЕП, знаходять за виразами:

$$P_{p.10} = K_o \left( \sum_{j=1}^m P_{p.ТПj} + P_{p.10} \right), \quad Q_{p.10} = K_o \left( \sum_{j=1}^m Q_{p.ТПj} + Q_{p.10} - Q_{КУ.10} \right),$$

де  $K_o$  – коефіцієнт одночасності розрахункових навантажень різних ЕП;

$Q_{КУ.10}$  – сумарна потужність конденсаторної установки (конденсаторні батареї напругою 10 кВ, СД).

Величину  $K_o$  знаходять у залежності від коефіцієнта  $K_B$ , а також від кількості  $n$  приєднань споживачів до шин, для яких проводять розрахунки. При цьому величину  $K_B$  розраховують за формулою

$$K_B = \frac{\sum_{j=1}^m P_{п.ТПj} + P_{п.в}}{\sum_{j=1}^m P_{н.ТПj} + P_{н.в}},$$

де індексами «п» і «н» позначені проміжні та відповідно номінальні значення активних потужностей ЕП ТП і високовольтних ЕП.

На шостому рівні ЕПС (лінії напругою 35–220 кВ, що живлять

трансформатори ГПП) до розрахункових навантажень  $P_{p.10}$ ,  $Q_{p.10}$  додаються втрати потужностей у трансформаторах ГПП  $\Delta P_{\text{ГПП}}$ ,  $\Delta Q_{\text{ГПП}}$ . Наприклад, для ліній 110 кВ:

$$P_{p.110} = P_{p.10} + \Delta P_{\text{ГПП}}, \quad Q_{p.110} = Q_{p.10} + \Delta Q_{\text{ГПП}},$$

На даний час більшості промислових об'єктів України електропостачальна компанія задає рівень споживаної реактивної електроенергії на межі балансової належності  $Q_{\text{сп}} = 0$ . Якщо цією межею, наприклад, є шини 10 кВ ГПП, то:

$$Q_{p.10} = 0, \quad Q_{p.110} = \Delta Q_{\text{ГПП}},$$

Тобто вибір потужності трансформаторів ГПП здійснюють за  $S_{p.10} = P_{p.10}$ , а ліній 110 кВ – за  $S_{p.110}$ , що розраховують за виразом

$$S_{p.110} = \sqrt{(P_{p.10} + \Delta P_{\text{ГПП}})^2 + \Delta Q_{\text{ГПП}}^2},$$

Якщо  $Q_{\text{сп}} \neq 0$ , то:

$$Q_{p.10} = Q_{\text{сп}}, \quad Q_{p.110} = Q_{\text{сп}} + \Delta Q_{\text{ГПП}},$$

У ЕПС міст розрахункове навантаження розподільних ліній 6 (10) кВ визначається множенням суми розрахункових навантажень окремих ТП  $P_{p.ТПi}$  на боці напруги 6 (10) кВ на коефіцієнт  $K_{o.m}$ , який враховує одночасність максимумів цих навантажень, за виразом

$$P_{p.l} = K_{o.m} \sum_{i=1}^n P_{p.ТПi}.$$

При цьому коефіцієнт  $K_{o.m}$  приймають залежно від кількості ТП, що живляться від відповідної ланки розподільної лінії.

Розрахункове навантаження на шинах на напругу 6 (10) кВ центра живлення визначають множенням суми розрахункових навантажень споживачів міської мережі та мережі промислових підприємств на коефіцієнт  $K_{o.m}$ , який враховує одночасність максимумів навантажень цих мереж, за виразом

$$P_{p.ЦЖ} = K_{o.m} \sum_{i=1}^n P_{p.ТПi}.$$

Значення коефіцієнтів  $K_{o.m}$  для цього випадку наведено у відповідній довідковій таблиці.

## 2.2. Вибір провідників

Під вибором провідників ЕПС розуміють вибір їх типів, кількості та перерізів, а також способів їх прокладання.

В електричних мережах промислових об'єктів на напругу до 1000 В як провідники використовують проводи, кабелі та шинопроводи, а на напругу понад 1000 В – проводи, кабелі та струмопроводи.

В електричних мережах цивільного призначення на напругу до 1000 В як провідники використовують проводи та кабелі; в останні роки стояки в багатоповерхових житлових і громадських будинках виконують шинопроводами. У цих електричних мережах на напругу понад 1000 В застосовують проводи та кабелі.

Для окремого ЕП лінія живлення вибирається за допустимим струмом навантаження у нормальному режимі роботи. За розрахунковий струм приймають його номінальний струм  $I_n$ .

Результати вибору струмовідних частин наводять в таблицях. Як наприклад, у таблиці 2.2 наведено вибір проводів, наприклад, марки АПВ групи ЕП.

Таблиця 2.2 – Вибір перерізу проводів, які живлять споживачів від СЩ 8

Найменування ЕП	$P_n$ , кВт	$I_n$ , А	Марка проводу	$I_{\text{доп}}$ , А	Діаметр труби $d$ , мм
Вентилятор	62	65	АПВ 4×25	75	40
Плоскошліфувальний верстат	16	21	АПВ 4×10	45	25
·	·	·	·		·
·	·	·	·		·
·	·	·	·		·
Кран-балка	30	40	АПВ 4×16	60	35

Вибір перерізу струмовідних частин провідників, що живлять групу ЕП, здійснюють за розрахунковим струмом цих частин за умовою допустимого нагрівання у нормальному та післяаварійному режимах згідно виразів:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2, \quad (2.5)$$

$$I_{p.п/а} \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2 K_3, \quad (2.6)$$

де  $I_p$ ,  $I_{p.п/а}$  – розрахункові струми в нормальному та післяаварійному режимах роботи ЕПС;

$I_{\text{доп}}$  – тривало-допустимий струм на один провідник за нормальних умов, А;

$K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  – поправні коефіцієнти, що залежать від температури землі та повітря ( $K_1$ ), від кількості кабелів, прокладених в одній траншеї або одному кабельному каналі ( $K_2$ ), від допустимого короткочасного перевантаження лінії ( $K_3$ ); для повітряних ліній приймають  $K_2 = 0$ .

Розрахункову потужність магістральної лінії, наприклад, на напругу 10 кВ визначають згідно електричної схеми живлення і розрахункових потужностей лінії за виразом

$$S_{p.л} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^z P_{p.10i}\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^z Q_{p.10i}\right)^2},$$

де  $P_{p.10i}$ ,  $Q_{p.10i}$  – відповідно розрахункова активна та реактивна потужності лінії  $i$ -го трансформатора з врахуванням втрат у трансформаторах;  
 $z$  – кількість трансформаторів в лінії.

Розрахунковий струм в нормальному режимі (А) визначають як

$$I_{p.л} = \frac{S_{p.л}}{\sqrt{3}U_H}.$$

Для магістральних ліній, виконаних одним перерізом, умови (2.5) та (2.6) мають виконуватись для ділянки, що працює у найбільш важких умовах.

Вибрана мережа живлення перевіряється за допустимою втратою напруги у мережі до найбільш віддаленого ЕП за виразом

$$\Delta U_p \leq \Delta U_{\text{доп}},$$

де  $\Delta U_p$ ,  $\Delta U_{\text{доп}}$  – розрахункова та допустима втрата напруги у мережі відповідно.

Величину  $\Delta U_p$  у відсотках розраховують за однією з формул:

$$\Delta U_p = \sum_{i=1}^z \frac{(P_i r_{0i} + Q_i x_{0i}) L_i}{10U_H^2}, \quad \Delta U_p = \frac{\sum_{i=1}^z \sqrt{3} I_i L_i (r_{0i} \cos \varphi_i + x_{0i} \sin \varphi_i) 100}{U_H},$$

де  $P_i$ ,  $Q_i$ ,  $I_i$  – відповідні навантаження  $i$ -ї ділянки мережі, відповідно кВт, квар, А;

$r_{0i}$ ,  $x_{0i}$  – питомі погонні активний і реактивний опори однієї фази проводу або кабелю, Ом/км ;

$L_i$  – довжина  $i$ -ї ділянки мережі в км;

$z$  – кількість ділянок мережі;

$U_n$  – номінальна напруга мережі, кВ.

У післяаварійних режимах допускається збільшення вказаних значень на 5 %.

Особливістю вибору провідників на напругу до 1000 В є їх перевірка на захищеність, тобто чи відповідає вибраний переріз провідника параметрам захисного апарату, яку здійснюють за виразом

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 I_3,$$

де  $I_{\text{доп}}$  – допустимий струм вибраного провідника, визначений з урахуванням умов його прокладання;

$K_3$  – коефіцієнт кратності захисту;

$I_3$  – номінальний струм або струм спрацьовування захисного апарату.

Особливістю вибору кабелів на напругу понад 1000 В є їх перевірка на термічну стійкість струмам короткого замикання (КЗ), яку здійснюють за виразом

$$F_{\text{КЛ}}^{\text{min}} = \frac{I_{\Sigma}^{(3)} \sqrt{t_{\text{п}}}}{C},$$

де  $I_{\Sigma}^{(3)}$  – сумарний струм КЗ від енергосистеми з врахуванням наявних в ЕПС СД;

$t_{\text{п}}$  – приведений розрахунковий час (час відмикання КЗ);

$C$  – термічний коефіцієнт.

Зокрема, для кабелів 10 кВ з алюмінієвими жилами та полівінілхлоридною або гумовою ізоляцією  $C = 75 \text{ Ас}^2/\text{мм}^2$ , для аналогічних кабелів з поліетиленовою ізоляцією  $C = 62 \text{ Ас}^2/\text{мм}^2$ .

Для повітряних ліній рекомендовано мінімальні значення перерізів проводів залежно від напруги, які одночасно забезпечують умови економічності, механічної міцності та коронування.





## Додаток Б

### Перелік рекомендованої літератури до виконання розрахункової роботи

1. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств [Текст] : підручник / В.Є. Шестеренко. – Вінниця : Нова Книга, 2004. – 656 с.

2. Денисенко М.А. Методичні вказівки та завдання до курсового проектування з курсу «Електропостачання промислових підприємств» для студентів спеціалізації «Електропостачання промислових підприємств» [Текст] / М.А. Денисенко, О.І. Соловей, Є.М. Іншеков. – К. : НТУУ «КПІ», 1994. – 64 с.

3. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : ДБН В.2.5-23:2010. – Офіц. вид. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 104 с. – Державні будівельні норми України.

4. Правила улаштування електроустановок [Текст] : вид. 3-є, перероб. і доп. – Офіц. вид. – К. : Мінпаливенерго України, 2010. – 736 с.

5. Князевский Б.А. Монтаж и эксплуатация промышленных электроустановок [Текст] / Б.А. Князевский, Л.Е. Трунковский. – М. : Энергия, 1984. – 175 с.

6. Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения : ГОСТ 13109-97. – [Действующий от 1999-01-01]. – На замену ГОСТ 13109-87.

7. Веников В.А. Электрические системы. Режимы работы электрических систем и сетей [Текст] / В.А. Веников. – М. : Высшая школа, 1975. – 344 с.

8. Веников В.А. Регулирование напряжения в электроэнергетических системах [Текст] / В.А. Веников, В.И. Идельчик, М.С. Лисеев. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 209 с.

9. Переходные процессы в системах электроснабжения [Текст] : учеб. для ВУЗов / Г.Г. Пивняк, В.Н. Винославский, А.Я. Рыбалко, Л.И. Несен ; под ред.

Г.Г. Пивняка. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат; Днепропетровск : Национальный горный университет, 2003. – 548 с.

10. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст] : учебник для ВУЗов / В.А. Андреев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2006. – 639 с.

11. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей [Текст] / М.А. Шабад. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Ленингр. отделение Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.

12. Беркович М.А. Основы техники и эксплуатации релейной защиты [Текст] / М.А. Беркович, В.А. Семенов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергия, 1971. – 584 с.

13. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : ДНАОП 0.00-1.21-98. – Офіц. вид. – К. : Держбуд України, 2001. – 24 с.

14. Заклади охорони здоров'я. Санітарно-гігієнічні вимоги : ДБН В.2.2-10-2001. – Офіц. вид. – К. : Держбуд України, 2001. – 15 с. – Державні будівельні норми України.

15. Литвиненко Г. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування [Текст] / Г. Литвиненко, Л. Третьякова. – К. : Лібра, 2008. – 318 с.

16. Естественное и искусственное освещение : СНиП 23-05-95. – Действителен с 1996-01-01. – Офіц. изд. – М., 1995. – 35 с. – Строительные нормы и правила России.