

В.А. Попов, В.В. Ткаченко, І.В. Притискач
О.С. Ярмолук, А.О. Журавльов

СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ



В.А. Попов, В.В. Ткаченко, І.В. Притискач
О.С. Ярмолюк, А.О. Журавльов

СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Методичні вказівки

*для студентів напряму підготовки
«Електротехніка та електротехнології»
за спеціальністю «Енергетичний менеджмент»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2017

Системи електропостачання [Електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни для студентів напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» за спеціальністю «Енергетичний менеджмент» / Укладачі : В.А. Попов, В.В. Ткаченко, І.В. Притискач, О.С. Ярмолук, А.О. Журавльов. – К. : КПІ м. Ігоря Сікорського, 2017. – 68 с.

*Гриф надано Вченою радою ІЕЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського
(Протокол № 2 від 25.09.2017 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 курсового проекту з дисципліни
для студентів напряму підготовки
6.050701 «Електротехніка та електротехнології»
за спеціальністю «Енергетичний менеджмент»

Укладачі:

*Попов Володимир Андрійович, д.т.н., проф.
Ткаченко Вадим Владиславович, к.т.н., доц.
Притискач Іван Васильович, к.т.н., ст. викл.
Ярмолук Олена Сергіївна, к.т.н., ст. викл.
Журавльов Андрій Олександрович, ст. викл.*

Відповідальний
редактор

М.М. Федосенко, к.т.н., доц.

Рецензент

О.В. Данілін, к.т.н., доц.

За редакцією укладачів

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1 ЗАВДАННЯ ТА ПОЧАТКОВІ ДАНІ.....	8
1.1 Завдання.....	8
1.2 Початкові дані.....	14
2 ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА.....	21
2.1 Структура записки.....	21
2.2 Комплектація записки.....	22
3 ВИМОГИ ДО СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАПИСКИ.....	23
3.1 Зміст.....	23
3.2 Вступ.....	23
3.3 Основна частина.....	23
3.4 Додатки.....	24
4 ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.....	25
4.1 Загальні вимоги.....	25
4.2 Мова.....	27
4.3 Вимоги до тексту.....	28
4.4 Оформлення структурних елементів.....	28
4.5 Нумерація сторінок записки.....	29
4.6 Нумерація розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів.....	29
4.7 Ілюстрації.....	30
4.8 Таблиці.....	31
4.9 Переліки.....	33
4.10 Примітки.....	35
4.11 Формули та рівняння.....	35
4.12 Оформлення переліку використаних джерел.....	38
4.13 Оформлення додатків.....	39

	5
4.14 Скорочення та власні назви.....	40
4.15 Числа і знаки.....	41
5 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.....	43
5.1 Розрахунок електричних навантажень.....	43
5.1.1 Розрахунок електричних навантажень цеху промислового об'єкту.....	43
5.1.2 Розрахунок електричних навантажень житлових і громадських будинків.....	50
5.1.3 Визначення розрахункових навантажень на вищих ієрархічних рівнях СЕП.....	53
5.2 Вибір провідників.....	56
5.3 Розрахунок очікуваної величини недоотриманої електроенергії.....	60
5.4 Розрахунок технічних втрат електричної енергії в елементах СЕП.....	61
5.4.1 Метод поелементних розрахунків.....	61
5.4.2 Метод середніх навантажень.....	61
5.4.3 Метод кількості годин найбільших втрат.....	62
Додаток А Титульний аркуш та бланк завдання до курсового проекту.....	64
Додаток Б Приклад оформлення змісту.....	67
Додаток В Приклад оформлення переліку використаних джерел.....	68

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

в.о. – відносні одиниці;
ГПП – головна понижувальна підстанція;
ЕН – електричне навантаження;
ЕП – електроприймач;
КЗ – коротке замикання;
КЛ – кабельна лінія;
КРП – комплектний розподільний пункт;
НН – низька напруга;
РП – розподільний пункт;
СЕП – системи електропостачання;
СП – силовий пункт;
ЦРП – центральний розподільний пункт;
ЩО – щит освітлення.

ВСТУП

Курсове проектування – це невід’ємна та важлива частина навчального процесу у вищих навчальних закладах, головною метою якого є набуття студентами навичок самостійної роботи щодо вирішення питань як теоретичного, так і практичного спрямування.

Методичні вказівки призначені для систематизації та викладення основних вимог щодо виконання та оформлення курсових проектів (робіт), які ґрунтуються на існуючих нормативних матеріалах та галузевих стандартах.

Курсовий проект – це атестаційна робота студентів вищих навчальних закладів з дисципліни, що передбачена навчальним планом. Складається з пояснювальної записки та одного аркуша графічної частини.

Курсовий проект є завершальним етапом вивчення дисципліни «Системи електропостачання» і спрямовано на систематизацію та розширення теоретичних знань студентів, розвиток аналітичного та творчого мислення, виконання розрахункових і графічних робіт, а також закріплення навичок використання сучасної обчислювальної техніки.

1.1. Завдання

[illegible]

Рисунок 1.1 – Розрахункова схема електропостачання

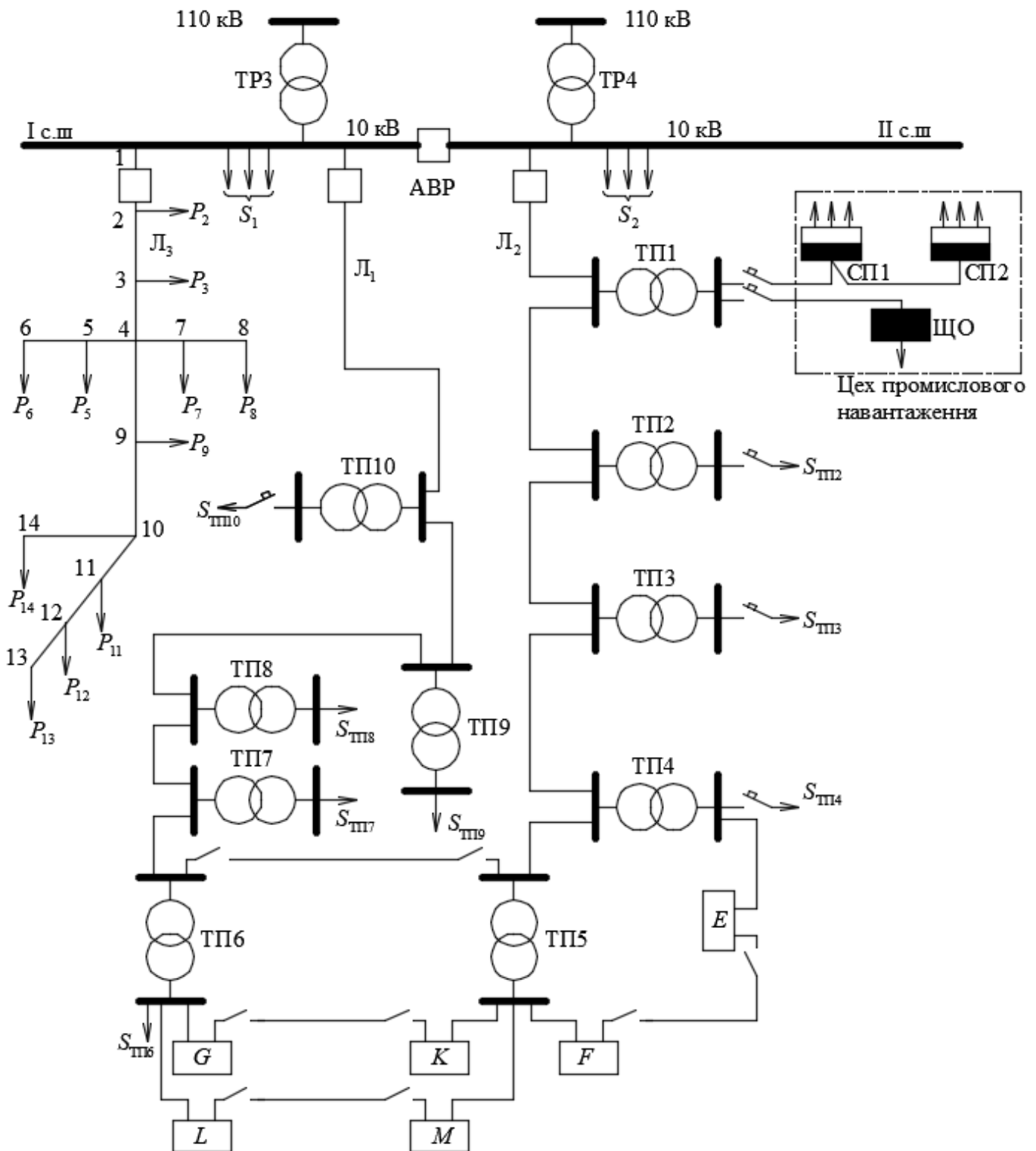


Рисунок 1.2 – Розрахункова схема електропостачання

Зазначені розрахунки включають наступні етапи:

1 Визначити розрахункове навантаження силових пунктів (СП): СП1 та СП2, щита освітлення (ЩО), а також на шинах низької (НН) та високої (ВН) напруг трансформатору цехової трансформаторної підстанції (ТП) ТП1.

Від силового пункту СП1 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 СП2 отримають живлення наступні ЕП:

- 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 , м², становить $p_{\text{пит}}$, кВт/м².

Дані для розрахунків наведено у таблиці 1.1.

2 Знайти розрахункове навантаження на вводах будинків A , B , C , D (схема електропостачання рис. 1.1) у нормальному та післяаварійному режимах роботи.

Знайти розрахункове навантаження на вводах будинків E , F , G , K , L , M (схема електропостачання рис. 1.2) у нормальному режимі роботи. У схемі електропостачання рис. 1.2 ланки $E-F$, $G-K$, $L-M$ у нормальному режимі розімкнені.

Знайти розрахункове навантаження на шинах НН трансформаторної підстанції ТП5 у нормальному та післяаварійному режимах роботи.

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)

Визначити переріз ліній НН, які живлять будинки або F , K , M (схема електропостачання рис. 1.2). У схемі електропостачання рис. 1.2 ланки $E-F$, $G-K$, $L-M$ у нормальному режимі розімкнено.

Допустима втрата напруги становить 5 %. Довжина ланок мережі НН L , м наведено у таблицях 1.3 та 1.4.

4 Визначити переріз ліній L_1 та L_2 розподільної мережі 10 кВ.

Навантаження $S_{\text{ТП}}$ (кВ·А) ТП2–ТП4 для схеми електропостачання рис. 1.1 наведено у таблиці 1.5

Навантаження $S_{\text{ТП}}$ (кВ·А) ТП2–ТП4, ТП6–ТП10 (для схеми електропостачання рис. 1.2) наведено у таблиці 1.6. У схемі електропостачання рис. 1.2, ланка мережі ТП5–ТП6 у нормальному режимі розімкнута.

5 Розрахувати очікувану величину недовідпущеної електричної енергії у повітряній лінії L_3 . Параметри надійності: середнє питоме значення параметру потоку відмов лінії ω_0 (відмов/рік на км лінії), середній загальний час відновлення електропостачання τ_v (год), середній час локалізації пошкодження τ_l (год), а також навантаження вузлів P_2 – P_{14} (кВт) та довжини ланок лінії L (км) наведено у таблицях 1.7 та 1.8.

6 Визначити рівень зниження очікуваної величини недовідпущеної електричної енергії після розміщення роз'єднувачів на ланках, що зазначено у таблиці 1.9.

7 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 наведено у таблиці 1.10.

8 Перевірити можливість використання на підстанції трансформатора потужністю $S_{\text{тр.н}} < S_{\text{max}}$. Якщо сумарне навантаження трансформатора змінюється протягом доби у відповідності з графіком, який наведено у відносних одиницях у таблиці 1.10. Тривалість кожної ординати графіку S_i^* становить дві години.

9 Визначити активні та реактивні річні втрати активної електричної енергії у повітряній лінії 35 кВ і трансформаторах підстанції 35/10 кВ номінальною потужністю $S_{\text{тр.н}}$ (рис. 1.3 та 1.4), використовуючи два з наступних методів:

- метод поелементних розрахунків;
- метод середніх навантажень: варіанти 6–10;

- метод числа годин найбільших втрат: варіанти 1–5.

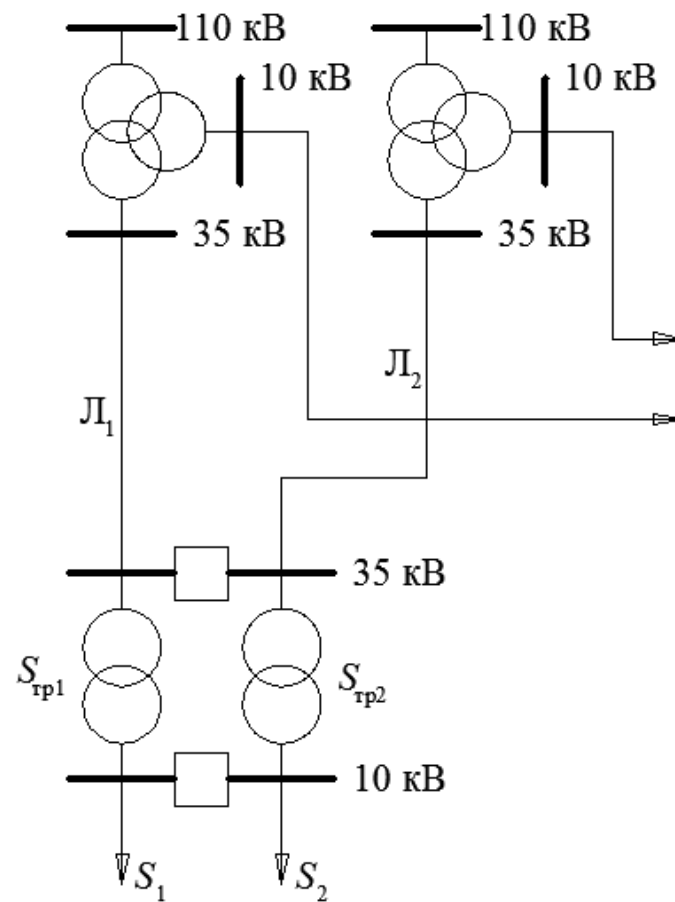


Рисунок 1.3 – Розрахункова схема електропостачання

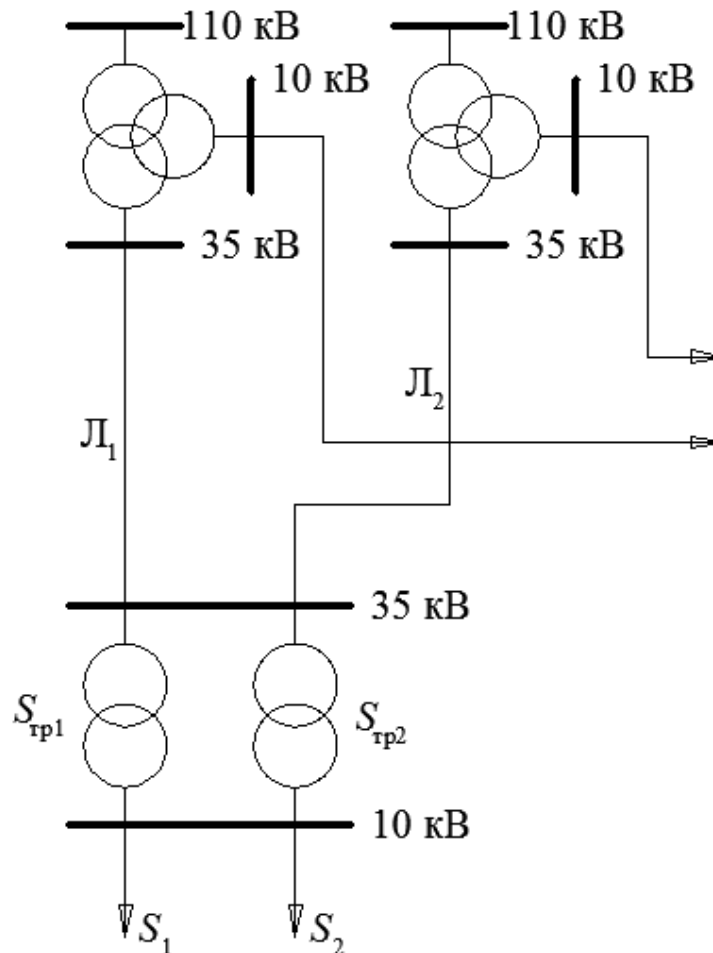


Рисунок 1.4 – Розрахункова схема електропостачання

Скласти баланс річних витрат електричної енергії.

Параметри повітряної лінії 35 кВ (переріз F , мм² та довжина L , км), номінальна потужність та параметри трансформаторів 35/10 кВ наведено у таблиці 1.11. Від підстанції 35/10 кВ живляться дві групи споживачів: S_1 та S_2 . Споживачі S_1 працюють n_1 діб згідно графіка P'_1 , Q'_1 та n_2 діб за графіком P''_1 , Q''_1 . Відповідно, споживачі S_2 працюють n_1 діб згідно графіка P'_2 , Q'_2 та n_2 діб за графіком P''_2 , Q''_2 . Решту часу ($365 - n_1 - n_2$) діб трансформатори та лінія відключені.

Чотириступеневі (тривалість кожної ступені – шість годин) добові графіки навантаження у відносних одиницях $(\frac{P_t}{\max P_t}, \frac{Q_t}{\max Q_t})$, та максимальне навантаження кожного споживача ($P_{1\max}$, $Q_{1\max}$, $P_{2\max}$, $Q_{2\max}$) наведено у таблицях 1.12 та 1.13.

Річний відпуск активної та реактивної електричної енергії A_{P1} , A_{P2} , A_{Q1} , A_{Q2} та максимальне річне активне та реактивне навантаження, ліній Л₁ ($P_{1\max}$, $Q_{1\max}$) та Л₂ ($P_{2\max}$, $Q_{2\max}$) наведено у таблиці 1.14 (схема рис. 1.3) та таблиці 1.15 (схема рис. 1.4).

10 На кресленні (формат А3) зображуються: електрична схема з зазначенням всіх вимикачів, роз'єднувачів, пристроїв для регулювання напруги, довжини ліній, марки та перерізи проводів, номінальні напруги ліній; типи, номінальні потужності трансформаторів.

1.2 Початкові дані

Початкові дані вибираються згідно варіантів та наведено у таблицях 1.1–1.15.

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

де n – кількість електроприймачів;

p_n – номінальна потужність одного ЕП, кВт;

F – площа цеху, м²;

$p_{пит}$ – питоме навантаження приладів загального освітлення, кВт/м².

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 торгівельної зали 1000 м ²		<i>C</i>	<i>D</i>	<i>A</i>						
Промтоварний магазин з площею торгівельної зали 600 м ²			<i>G</i>	<i>M</i>				<i>L</i>	<i>E</i>	<i>M</i>
Продовольчий магазин з площею торгівельної зали 200 м ²	<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 робочих місць		<i>K</i>				<i>M</i>				<i>L</i>

Таблиця 1.3 – Довжина ліній низької напруги (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–D	80	50	60	80	40	70	50	60	80	90

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

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

Таблиця 1.5 – Навантаження на один трансформатор ТП (кВ·А) (для схеми електропостачання рис. 1.1)

ТП	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{\text{ТП } 2}$	420	510	380	460	500	400	680	400	460	520
$\cos\varphi_{\text{ТП } 2}$	0,95	0,95	0,82	0,9	0,86	0,9	0,95	0,9	0,98	0,96
$S_{\text{ТП } 3}$	300	420	350	500	530	500	380	210	520	400
$\cos\varphi_{\text{ТП } 3}$	0,92	0,88	0,96	0,9	0,8	0,96	0,82	0,98	0,86	0,88
$S_{\text{ТП } 4}$	400	500	410	460	380	400	460	380	300	350
$\cos\varphi_{\text{ТП } 4}$	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) (для схеми електропостачання рис. 1.2)

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

Таблиця 1.7 – Параметри для визначення показників надійності електропостачання

Параметри	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ω_0	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,3	0,35	0,25	0,15
$\tau_{\text{в}}$	6	6	6	5	5	4	3	4	5	4
$\tau_{\text{л}}$	2	3	2	1	2	1	1	2	2	1
L_{1-2}	0,6	0,8	1,2	0,7	0,4	2,4	1,8	1,2	1,6	0,8
L_{2-3}	0,7	1,4	1,5	0,3	2,1	0,4	0,3	0,8	1,1	0,3
L_{3-4}	1,2	0,5	0,7	0,9	0,2	1,6	1,7	0,4	0,2	0,6
L_{4-5}	2,4	0,3	1,1	0,9	0,7	1,9	1,1	0,8	1,3	0,1
L_{5-6}	0,5	0,2	0,7	0,4	1,5	1,9	0,9	2,4	0,7	0,3
L_{4-7}	0,1	1,7	2,1	0,5	1,1	0,3	1,1	0,4	0,6	0,9
L_{7-8}	1,1	0,9	0,7	0,6	1,2	0,5	0,9	0,7	0,4	0,9
L_{8-9} (схема рис. 1.1) або L_{4-9} (схема рис. 1.2)	2,4	1,1	0,9	0,6	0,2	1,9	1,1	0,7	2,0	1,3
L_{9-10}	1,5	0,5	0,7	1,2	2,1	0,4	0,7	1,3	0,4	0,5
L_{8-11} (схема рис. 1.1) або L_{10-11} (схема рис. 1.2)	1,7	0,2	0,7	0,1	0,3	0,9	1,2	0,2	0,3	1,5
L_{11-12}	2,1	0,7	1,1	0,2	0,4	0,2	0,6	1,1	0,7	0,3
L_{12-13}	0,6	1,1	0,4	0,3	1,1	0,7	0,1	0,9	0,5	1,2
L_{11-14} (схема рис. 1.1) або L_{10-14} (схема рис. 1.2)	1,2	0,3	0,5	0,7	0,2	1,3	1,4	0,7	0,2	1,4

де ω_0 – середнє питоме значення параметру потоку відмов лінії, пошкодження/рік на 1 км лінії;

$\tau_{\text{в}}$ – загальний час відновлення електропостачання, год;

$\tau_{\text{л}}$ – час локалізації пошкодження, год;

L_i – довжина ланки ПЛ, км.

Таблиця 1.8 – Середнє навантаження у вузлах лінії Л₃, кВт

Навантаження вузлів	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_2	60	50	30	70	20	120	200	140	70	25
P_3	210	120	30	50	100	70	140	20	60	30
P_5	70	30	100	30	20	20	100	60	40	100
P_6	90	20	30	50	10	140	70	20	30	30
P_7	100	70	50	40	70	200	120	110	30	50
P_8 (схема рис. 1.2)	210	100	20	100	110	50	50	100	50	60
P_9	120	45	120	20	30	10	100	50	30	60
P_{10} (схема рис. 1.1)	60	110	40	70	50	30	10	20	10	20
P_{11} (схема рис. 1.2)	40	20	70	59	20	70	60	40	210	30
P_{12}	10	70	90	10	70	40	120	10	140	210
P_{13}	70	30	40	40	40	20	30	30	50	100
P_{14}	50	100	160	60	50	100	70	70	200	35

Примітка. Для всіх вузлів навантаження прийняти $\cos \varphi = 0,9$.

Таблиця 1.9 – Ланки лінії Л₃, де розміщені роз'єднувачі

Схема	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Рис. 1.1	4-7	3-4	8-9	3-4	4-5	2-3	4-7	3-4	4-7	3-4
	8-11	7-8	11-12	8-11	7-8	8-11	11-12	11-12	8-9	11-12
Рис. 1.2	4-5	3-4	4-9	3-4	4-5	2-3	4-7	3-4	4-7	4-9
	10-11	10-11	11-12	9-10	10-11	10-11	10-11	11-12	11-12	10-11

Таблиця 1.10 – 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^* – прономовані значення ординат загального графіку навантаження трансформаторів підстанції, яке визначається як сума навантажень відповідних розподільчих ліній та приєданого навантаження.

Тривалість кожної ординати – 2 години.

Таблиця 1.11 – Параметри лінії та трансформаторів

Варіант	Лінія 35 кВ		Трансформатори 35/10 кВ				
	F , мм ²	L , км	$S_{тр.н}$, МВ·А	$P_{нх}$, кВт	$P_{кз}$, кВт	$u_{кз}$, %	$I_{нх}$, %
1	95	20	10	14,5	65,0	7,5	0,8
2	95	25	10	14,5	65,0	7,5	0,8
3	95	30	10	14,5	65,0	7,5	0,8
4	120	20	10	14,5	65,0	7,5	0,8
5	120	25	10	14,5	65,0	7,5	0,8
6	120	30	16	23,0	90,0	8,0	0,75
7	120	15	16	23,0	90,0	8,0	0,75
8	150	20	16	23,0	90,0	8,0	0,75
9	150	25	16	23,0	90,0	8,0	0,75
10	150	30	16	23,0	90,0	8,0	0,75

Таблиця 1.12 – Навантаження споживачів S_1

Параметри	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n_1	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
P'_{11}, Q'_{11}	0,4	0,3	0,2	0,2	0,8	0,5	0,7	0,3	0,8	0,3
P'_{12}, Q'_{12}	1,0	0,5	0,8	1,0	0,6	1,0	0,9	0,7	0,7	0,5
P'_{13}, Q'_{13}	0,6	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	1,0	0,6	1,0
P'_{14}, Q'_{14}	0,2	0,7	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6	0,4	1,0	0,8
n_2	200	200	190	175	160	140	130	130	110	110
P''_{11}, Q''_{11}	0,5	0,6	0,3	0,3	0,6	0,4	0,6	0,4	0,7	0,4
P''_{12}, Q''_{12}	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	0,5	0,4	0,3
P''_{13}, Q''_{13}	1,0	1,0	0,9	0,7	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,7
P''_{14}, Q''_{14}	0,3	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6	0,8	0,9
$P_{1\max}$, МВт	8,5	8,0	8,2	7,5	8,0	12,0	12,5	13,0	12,5	11,0
$Q_{1\max}$, Мвар	3,0	3,0	2,5	2,5	3,5	5,0	6,0	7,0	6,0	5,0
A_{P1} , МВт год	44370	48000	44182	37553	46272	66960	74775	63492	74100	57882
A_{Q1} , Мвар год	15660	18000	13470	12518	20244	27900	35892	34188	35568	26310

Таблиця 1.13 – Навантаження споживачів S_2

Параметри	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n_1 , діб	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
P'_{21}, Q'_{21}	0,3	0,4	0,7	0,3	0,7	0,2	0,6	0,4	0,5	0,7
P'_{22}, Q'_{22}	0,9	0,6	1,0	0,9	0,8	1,0	0,2	0,6	0,6	1,0
P'_{23}, Q'_{23}	0,7	0,7	0,8	1,0	1,0	0,9	0,7	0,9	0,8	0,9
P'_{24}, Q'_{24}	1,0	1,0	0,5	0,8	0,5	0,4	0,9	0,5	0,9	0,4
n_2 , діб	200	200	190	175	160	140	130	130	110	110
P''_{21}, Q''_{21}	0,2	0,3	0,4	0,4	0,7	0,3	0,8	0,3	0,4	0,6
P''_{22}, Q''_{22}	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8
P''_{23}, Q''_{23}	0,8	0,9	0,7	0,9	0,8	0,7	0,6	0,9	0,9	0,7
P''_{24}, Q''_{24}	0,7	0,8	1,0	0,6	0,6	0,5	1,0	0,7	0,5	0,4
$P_{2\max}$, МВт	8,0	6,0	7,2	8,5	7,5	13,0	11,0	12,0	11,5	12,0
$Q_{1\max}$, Мвар	2,0	2,5	3,5	3,0	3,5	5,0	4,0	6,0	5,0	6,0
A_{P2} , МВт год	42000	33552	44194	51638	47970	64116	58146	61416	63411	71640
A_{Q1} , Мвар год	10500	13980	21483	18225	22386	24660	21144	30708	27570	35820

Таблиця 1.14 – Відпуск електроенергії у мережу (схема рис. 1.3)

Параметри	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A_{Pл1}$, МВт год	45016	42772	46924	46292	49438	70827	69159	65318	72503	68726
$P_{л1max}$, МВт	8,3	7,12	7,51	7,93	8,24	13,87	10,59	12,66	12,23	11,78
$A_{Qл1}$, Мвар год	17685	20615	23308	20320	27433	37909	36131	41410	42462	42055
$Q_{л1max}$, Мвар	3,47	3,55	3,74	3,61	4,76	7,93	5,76	8,5	7,55	7,59
$A_{Pл2}$, МВт год	45016	42772	46924	46292	49438	70827	69159	65318	72503	68726
$P_{л2max}$, МВт	8,3	7,12	7,51	7,93	8,24	13,87	10,59	12,66	12,23	11,78
$A_{Qл2}$, Мвар год	17685	20615	23308	20320	27433	37909	36131	41410	42462	42055
$Q_{л2max}$, Мвар	3,47	3,55	3,74	3,61	4,76	7,93	5,76	8,5	7,55	7,59

Таблиця 1.15 – Відпуск електроенергії у мережу (схема рис. 1.4)

Параметри	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$A_{Pл1}$, МВт год	46559	50740	46970	38846	48534	72247	78443	66584	78595	61378
$P_{л1max}$, МВт	9,04	8,59	8,89	7,85	8,52	13,28	13,28	13,92	13,48	11,88
$A_{Qл1}$, Мвар год	21067	24182	19413	16374	26229	39527	46021	43814	48518	36059
$Q_{л1max}$, Мвар	4,27	4,28	3,92	3,48	4,82	7,74	8,1	9,77	8,78	7,39
$A_{Pл2}$, МВт год	43771	35016	47132	53847	50381	69540	60385	64107	66664	76737
$P_{л2max}$, МВт	8,44	6,34	7,81	8,95	7,97	14,47	11,55	11,41	11,0	13,09
$A_{Qл2}$, Мвар год	14976	17488	27693	24553	28734	36566	27554	39163	37092	49778
$Q_{л2max}$, Мвар	3,07	3,27	4,75	4,26	4,7	8,13	5,52	7,28	6,37	8,93

2 ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Текстовою частиною проекту є пояснювальна записка, обсяг якої складає 30–40 сторінок. У тексті записки стисло викладається методика розрахунків, подається обґрунтування прийнятих рішень, наводяться необхідні для розрахунків формули та схеми.

2.1 Структура записки

Пояснювальну записку до проекту (роботи) умовно поділяють на частини:

- а) вступна частина:
 - 1) титульний аркуш;
 - 2) завдання до проекту (роботи);
 - 3) зміст;
- б) основна частина:
 - 1) вступ;
 - 2) основна частина проекту (розділи записки);
 - 3) перелік посилань;
- в) додатки.

Титульний аркуш і бланк завдання для курсового проекту видається студентові на кафедрі. Зовнішній вигляд титульного аркуш пояснювальної записки, а також бланка завдання наведені у додатку А.

У завданні на курсовий проект обов'язково зазначають: термін завершення проекту;

- вихідні дані для проекту – визначається джерело надходження інформації і даних, необхідних для курсового проектування, а також основні групи даних, які використовуються для оформлення проекту;
- зміст розрахунково-пояснювальної записки – стисло наводять перелік питань, які підлягають розробці у курсовому проекті (роботі);
- перелік графічного матеріалу;

- зазначається прізвище керівника курсового проекту;
- календарний план – визначаються основні етапи курсового проекту, а також терміни їх виконання.

2.2 Комплектація записки

Для курсових проектів (робіт) рекомендується послідовність розміщення матеріалів, яка наведена нижче.

Зміст розташовується безпосередньо після завдання та календарного плану виконання проекту (роботи), починаючи з нової сторінки.

Додатки розміщують після основної частини проекту (роботи).

Пояснювальна записка курсового проекту переплітається у прозорий скорозшивач. Креслення виконане на форматі А1 вкладається останнім аркушем, який складено у відповідності до ЄСКД ГОСТ 2.501-88 «Правила учета и хранения».

3 ВИМОГИ ДО СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАПИСКИ

3.1 Зміст

До змісту обов'язково включають дані про структурні елементи пояснювальної записки: вступ, послідовно перелічені назви усіх розділів, підрозділів, пунктів і підпунктів (якщо вони мають заголовки) проекту, перелік посилань (перелік використаних джерел), назви додатків і номери сторінок.

Зміст складають, якщо записка містить не менше двох розділів, або один розділ і додаток при загальній кількості сторінок не менше десяти.

Приклад оформлення змісту наведений у додатку Б. Вимоги до структурних елементів основної частини та додатків наведено у розділі 4.

3.2 Вступ

У курсових проектах (роботах) вступ розміщується на окремій сторінці (сторінках).

У вступі формулюють мету роботи та завдання, які необхідно вирішити. Наводять:

- оцінку сучасного стану проблеми;
- розкривають суть розв'язуваних задач і їх господарське значення;
- світові тенденції розв'язання поставлених задач;
- мету роботи та галузь застосування.

3.3 Основна частина

Мета пояснювальної записки – це виклад відомостей про об'єкт (предмет) проектування або науково-технічну розробку, які є необхідними і достатніми для розкриття самої роботи та її результатів.

Особливу увагу приділяють новизні, а також сумісності, взаємозамінності, надійності, заходам безпеки експлуатації елементів СЕП, екології, ресурсозбереженню та ін.

Якщо у роботі необхідно навести додаткові дані, що не мають суттєвого вливу на зміст проектування та структуру проекту (або не мають безпосереднього відношення до предмету проектування), їх вміщують у додатках.

Зміст проекту викладають, поділяючи матеріал на розділи. Розділи можуть поділятися на пункти або на підрозділи і пункти. Пункти, якщо це необхідно, поділяються на підпункти. Кожен пункт і підпункт повинен містити закінчену інформацію. За необхідності текст проекту може складатись лише з пунктів.

3.4 Додатки

У додатках вміщують матеріал, який:

а) є необхідним для повноти записки, але включення якого до її основної частини може змінити впорядковане і логічне уявлення про роботу (додаткові ілюстрації або таблиці, текст допоміжного характеру, конструкторські документи (схеми, креслення та ін.));

б) матеріали, які через великий обсяг, специфіку викладання або форму подання не можуть бути внесені до основної частини (оригінали фотографій, проміжні математичні формули; розрахунки, інструкції, методики, повні тексти комп'ютерних програм, що були розроблені під час або для проектування тощо);

в) додатковий перелік джерел, на які не було посилань у записці.

4 ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

4.1 Загальні вимоги

Пояснювальну записку виконують згідно з ДСТУ 3008-95 та ГОСТ 2.105-95 на аркушах формату А4 (210х297 мм). За необхідності допускається використання аркушів форматів А5 (148х210 мм) та А3 (297х420 мм).

Для кожного аркуша графічної частини згідно з ГОСТ 2.104-68 передбачений основний напис, зображений на рис. 4.1. Для другого аркуша документа пояснювальної записки (зміст) передбачений основний напис, який зображено на рис. 4.2.

					(2)				
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(1)	Літера		Маса	Масштаб
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		(4)	(5)	(6)	
Розробник						Аркуш (7)		Аркушів (8)	
Перевірив									
Т.контр.					(3)	(9)			
(10)	(11)	(12)	(13)						
Н.контр.									
Затверд.									

Рисунок 4.1 – Основний напис для аркушів графічного матеріалу

					(2)				
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(1)	Літера		Аркуш	Аркушів
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		(4)	(7)	(8)	
Розробник						(9)			
Перевірив									
(10)	(11)	(12)	(13)						
Н.контр.									
Затверд.									

Рисунок 4.2 – Основний напис перших сторінок текстових документів

У відповідних графах вказуються:

граф 1 – тема проекту (наприклад, «Електропостачання молокозаводу. Пояснювальна записка»);

граф 2 – позначення пояснювальної записки згідно з ГОСТ 2.201-80. Для

курсового проектування у графу 2 записують шифр, що складається послідовно із початкових букв навчального закладу, порядкового номера роботи (проекту), номера залікової книжки. Решту знаків заповнюють нулями і дописують ПЗ (пояснювальна записка).

Порядкові номери проектів та робіт:

- 001 – Дипломний проект;
- 002 – Дипломна робота;
- 003 – Електричні машини;
- 004 – Виробництво та розподіл електроенергії;
- 005 – Електропостачання промислових та муніципальних об'єктів;
- 006 – Обчислювальна техніка, алгоритмічні мови та програмне забезпечення;
- 007 – Інженерна графіка;
- 008 – Промислова електроніка;
- 009 – Економіка та організація виробництва;
- 010 – Основи теплотехніки;
- 011 – Споживачі електричної енергії;
- 012 – Автоматизований електропривод;
- 013 – Релейний захист та автоматика;
- 014 – Енергетичний контроль;
- 015 – Інші.

Наприклад, шифр НТУУ.0055302.000 ПЗ означає: Національний технічний університет України, курсова робота з курсу « Електропостачання промислових та муніципальних об'єктів», номер залікової книжки 5302, пояснювальна записка.

графа 3 – позначення матеріалу (тільки для креслень деталей);

графа 4 – літера, що присвоєна даному документу згідно з ГОСТ 2.103-68. Для курсових проектів (робіт) проставляється літера «У», для дипломних проектів – літера «Д»;

графа 5 – маса у кілограмах;

графа 6 – масштаб (масштаби зображень та їх позначення (наприклад, 1:200, 1:500 та ін.) на креслення встановлюються стандартом);

граф 7 – порядковий номер аркуша;

граф 8 – загальна кількість аркушів записки (графу заповнюють тільки на першому аркуші записки);

граф 9 – назва або індекс підприємства, що випустило документ (для навчальних проектів вказують: факультет (ІЕЕ), гр.);

граф 10 – характер роботи, виконаний особою, яка підписує документ (Т.контроль – технічний контроль, Н.контроль – нормоконтроль);

граф 11 – прізвища осіб, що підписали документ;

граф 12 – підписи осіб, прізвища яких вказані у графі 11;

граф 13 – дата підписання документа;

графи 14–18 – графи таблиці змін, в які у разі необхідності вноситься відповідна інформація про зміни на кресленнях.

Для наступних аркушів пояснювальної записки використовується напис, зображений на рис. 4.3.

					(2)	Арк.
(14)	(15)	(16)	(17)	(18)		(7)
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 4.3 – Основний напис текстових документів

Під час курсового проектування дозволяється не заповнювати графи форми, наданої на рис. 4.3, крім граfi 7.

4.2 Мова

Курсовий проект (робота) оформлюється українською мовою. З метою сприяння процесу активного функціонування державної мови у науковій сфері, а також проектуванні, активізації процесу становлення української наукової термінології в усіх галузях науки студентам **рекомендується** використовувати українську мову для написання дипломних (курсoвих) проектів (робіт).

Дозволяється використовувати також англійську, німецьку, французьку (або іншу іноземну мову), але у цьому випадку захист роботи повинен відбуватися у присутності запрошеного фахівця з кафедри іноземної мови.

4.3 Вимоги до тексту

Пояснювальна записка виконується машинним (за допомогою комп'ютерної техніки) способом, на одному боці аркуша білого паперу формату А4 (210x297 мм).

З використанням комп'ютерної техніки (текстовий редактор Word) текст друкується шрифтом 14-го розміру з одинарним інтервалом.

Текст розміщують наступним чином:

- відстань від рамки на початку або кінці рядка до тексту не менше 5 мм;
- відстань від верхнього або нижнього рядка тексту до верхньої або нижньої рамки форми не менше 10 мм;
- відстань між заголовками підрозділів або пунктів і подальшим або попереднім текстом має бути один рядок;
- абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж усього тексту записки і дорівнювати 10–15 мм.

Під час виконання записки необхідно дотримуватись рівномірної щільності, контрастності та чіткості зображення. Всі лінії, літери, цифри і знаки повинні бути одного кольору впродовж усього тексту.

Оформлення тексту, ілюстрацій і таблиць за машинного способу має відповідати вимогам цих вказівок з урахуванням можливостей комп'ютерної техніки.

Помилки, описки та графічні неточності допускається виправляти підчищенням або зафарбуванням білою фарбою та нанесенням на тому ж місці або між рядками виправленого зображення, але не більше чотирьох виправлень на сторінку.

4.4 Оформлення структурних елементів

Заголовки структурних частин курсового проекту (роботи) «ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ», «ЗМІСТ», «ВСТУП», «ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ», а також заголовки розділів слід розташовувати посередині рядка і друкувати великим літерами без крапки у кінці, не підкреслюючи.

Кожну структурну частину роботи треба починати з нової сторінки.

Заголовки підрозділів, пунктів і підпунктів записки слід починати з абзацного відступу та друкувати маленькими літерами, крім першої великої, не підкреслюючи,

без крапки у кінці. Якщо заголовок складається з двох і більше речень, їх розділяють крапкою. Перенесення слів у заголовку розділу не допускається.

Відстань між основами рядків заголовку, а також між двома заголовками приймають такою, як у тексті.

Не допускається розміщувати назву підрозділу, а також пункту й підпункту, у нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту.

4.5 Нумерація сторінок записки

Нумерацію сторінок починають рахувати з титульного аркуша, але на всіх аркушах, що передують структурному елементу «ЗМІСТ», номери сторінок не проставляються.

Сторінки записки слід нумерувати арабськими цифрами, дотримуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту. Пояснювальна записка до курсового проекту (роботи) оформлюється на аркушах з рамками (див. рис. 4.2 і 4.3). Номер сторінки проставляється у відповідній графі штампу.

У штампі першої сторінки пояснювальної записки з змістом у відповідних графах ставлять порядковий номер сторінки та загальну кількість сторінок записки.

Ілюстрації і таблиці, які розміщені на окремих сторінках, включають до загальної нумерації записки.

4.6 Нумерація розділів, підрозділів, пунктів, підпунктів

Розділи, підрозділи, пункти, підпункти записки нумеруються арабськими цифрами.

Розділи записки повинні мати порядкову нумерацію у межах викладення її суті та позначатися арабськими цифрами без крапки, наприклад: 1, 2, 3, 4 і т.д.

Підрозділи повинні мати порядкову нумерацію у межах кожного розділу. Номер підрозділу складається з номера розділу та порядкового номера підрозділу, відокремленого крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять, наприклад: 1.1 (перший підпункт першого розділу), 1.2, 1.3 і т.д.

Пункти повинні мати порядкову нумерацію у межах кожного розділу або

підрозділу. Номер пункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу та порядкового номера пункту, відокремленого крапками. Після номера пункту крапку не ставлять, наприклад: 1.1.1, 1.1.2 і т.д.

Номер підпункту складається з номера розділу, порядкового номера підрозділу, порядкового номера пункту і порядкового номера підпункту, відокремлених крапками, наприклад: 1.1.1.1, 1.1.1.2 і т.д.

4.7 Ілюстрації

Ілюстрації (креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотографії) слід розміщувати у записці безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації мають бути посилання у пояснювальній записці.

Креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми, розміщені у записці, мають бути виконані відповідно до вимог стандартів «Единой системы конструкторской документации» та «Единой системы программной документации».

Ілюстрації можуть мати назву, яку розміщують безпосередньо під ними. За необхідності під ілюстрацією розміщують пояснювальні дані (підрисунковий текст).

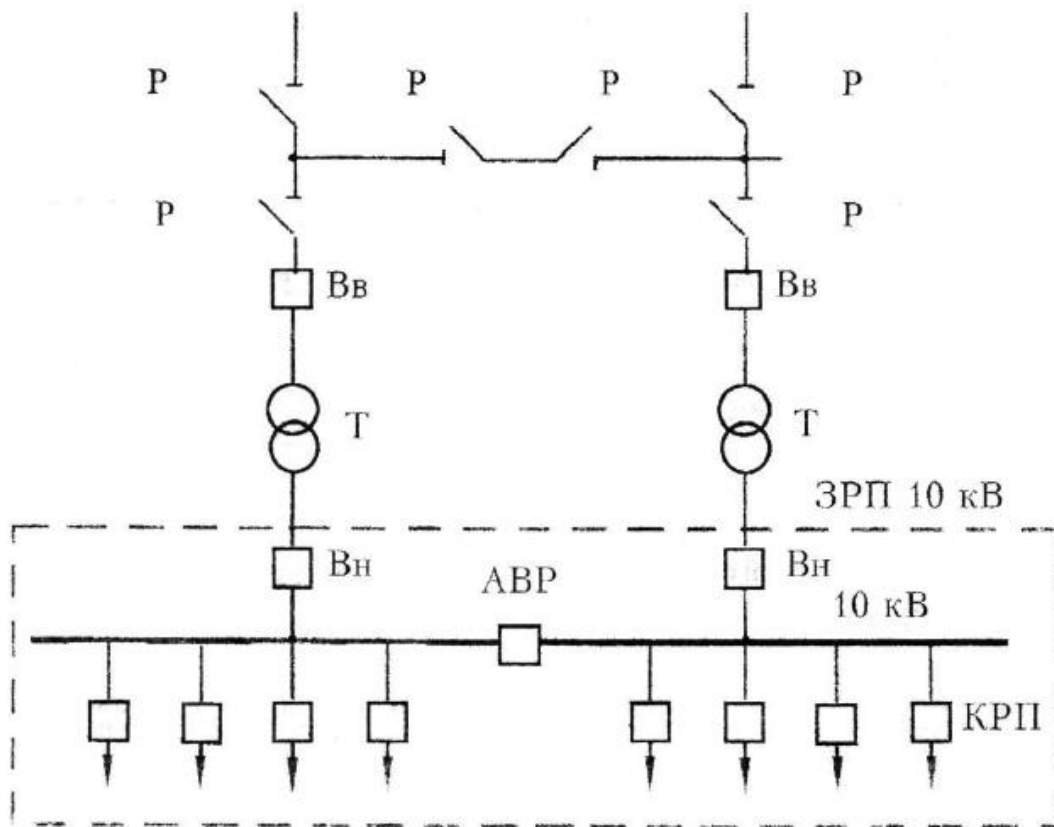
Ілюстрація позначається словом «Рисунок – __», яке разом з назвою ілюстрації розміщують після пояснювальних даних, наприклад: «Рисунок 3.1 – Схема розміщення».

Ілюстрації слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією у межах розділу, за винятком ілюстрацій, наведених у додатках.

Номер ілюстрації складається з номера розділу і порядкового номера ілюстрації, відокремлених крапкою, наприклад: рисунок 3.2 – другий рисунок третього розділу.

Якщо у записці вміщено тільки одну ілюстрацію, її також нумерують згідно з наведеними правилами.

Розміщувати рисунки слід так, щоб їх можна було читати без повороту рукопису. Якщо це неможливо – ілюстрації розміщують так, щоб рукопис треба було повернути за стрілкою годинника.



Р – роз'єднувач напругою 110 кВ; ВВ, ВН – високовольні вимикачі напругою відповідно 110 та 10 кВ; Т – трансформатор; ЗРП – закритий розподільчий пристрій; АВР – автоматичне введення резерву; КРП – комплексний розподільчий пристрій

Рисунок 4.4 – Схема електричної підстанції 110/10 кВ

Ілюстрації, за необхідністю, можуть бути перелічені у змісті з зазначенням їх номерів, назви та номерів сторінок, на яких вони розміщені.

Правила оформлення посилань на ілюстрації дивись 4.13 та 4.15.

4.8 Таблиці

Цифровий матеріал, як правило, оформлюють у вигляді таблиць відповідно до рис. 4.5.

Таблицю слід розташовувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці мають бути посилання у тексті записки.

Таблиці слід нумерувати арабськими цифрами порядковою нумерацією у межах розділу, за винятком таблиць, що наводяться у додатках. Якщо записка містить

заголовків та підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Заголовки і підзаголовки граф вказують в однині.

Горизонтальні та вертикальні лінії, які розмежовують рядки таблиці, а також лінії зліва, справа і знизу можна не проводити, якщо їх відсутність не ускладнює користування таблицею. Висота рядків у будь-якому випадку повинна бути не менше 8 мм, діагональний поділ заголовків таблиці не допускається.

Стовпці таблиці нумерують лише тоді, коли на них є посилання у тексті роботи або коли таблиця продовжується на наступній сторінці.

Розміщувати таблиці слід так, щоб їх можна було читати без повороту рукопису; якщо це неможливо – таблицю розташовують так, щоб рукопис треба було повернути за стрілкою годинника.

Вводити окрему графу «Одиниці вимірювання» не допускається. Позначення одиниць розміщують:

- у тематичному заголовку, якщо всі дані, які наведені у таблиці, мають одну одиницю вимірювання;
- у заголовках граф (колонок), відокремлюючи їх комою, якщо всі параметри у графі мають однакову одиницю вимірювання;
- у боковикі поряд з назвою параметра, відокремлюючи їх комою, якщо всі параметри у рядку мають одну одиницю виміру.

Текст, який повторюється у таблиці, і складається з одного слова, допускається замінювати лапками («»). Якщо текст, що повторюється, складається з двох або більше слів, то при першому повторі його замінюють словами «Те ж», а далі лапками. Ставити лапки замість цифр, знаків, марок, символів не допускається.

Якщо назва у боковикі записана у кілька рядків, то у сусідніх графах числові дані записують на рівні останнього рядка, а текстовий матеріал починають на рівні першого рядка. Якщо цифрові або інші дані у таблиці не наводять, то ставлять прочерк.

Цифри у графах розміщують так, щоб класи чисел були один під другим, а числові величини мали однакову кількість десяткових знаків.

Для скорочення тексту заголовків і підзаголовків граф таблиці, окремі поняття

заміняють літерними позначеннями, якщо вони пояснені у тексті або наведені у ілюстраціях, наприклад: D – діаметр, L – довжина. Показники з однаковим літерним позначенням згруповують послідовно у порядку зростання індексів, наприклад D_1 , D_2 , D_3 тощо.

Таблиці за необхідності можуть бути наведені у змісті із зазначенням їх номерів, назв (якщо вони є) та номерів сторінок, на яких вони розміщені.

4.9 Переліки

Переліки, якщо потрібно, можуть бути наведені всередині пунктів або підпунктів. Перед переліком ставлять двокрапку.

Перед кожною позицією переліку слід ставити малу літеру української абетки з дужкою або, не нумеруючи, – дефіс (перший рівень деталізації).

Для подальшої деталізації переліку слід використовувати арабські цифри з дужкою (другий рівень деталізації). Наприклад:

- а) маса (вага);
- б) габаритні розміри:
 - 1) довжина;
 - 2) ширина;
 - 3) висота
- в) кількість.

Переліки першого рівня деталізації друкують малими літерами з абзацного відступу, другого – з відступом відносно місця розташування переліків першого рівня.

4.10 Примітки

Примітки вміщують у записці за необхідності пояснення змісту тексту, таблиці або ілюстрації, їх розташовують безпосередньо після тексту, таблиці, ілюстрацій, яких вони стосуються. У вступній частині розміщувати примітки не допускається.

Одну примітку не нумерують. Слово «Примітка» пишуть (друкують) з великої літери з абзацного відступу. Після слова «Примітка» ставлять крапку, і з великої літери у тому ж рядку подають текст примітки.

Приклад:

Примітка. _____

Декілька приміток нумерують послідовно арабськими цифрами з крапкою. Після слова «Примітки» ставлять двокрапку і з нового рядка з абзацу після номера примітки з великої літери подають текст примітки.

Приклад:

Примітки:

1. _____

2. _____

4.11 Формули та рівняння

Формули та рівняння розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині рядка. Вище і нижче кожної формули або рівняння повинно бути залишено не менше одного вільного рядка.

Формули та рівняння у записці (за винятком формул і рівнянь, наведених у додатках) слід нумерувати порядковою нумерацією у межах розділу. Номер формули або рівняння складається з номера розділу та порядкового номера формули або рівняння, відокремлених крапкою, наприклад, формула (1.3) – третя формула першого розділу. Нумерувати слід лише ті формули, на які є посилання у наступному тексті. Інші нумерувати не рекомендується.

Номер формули або рівняння зазначають на рівні формули або рівняння у дужках у крайньому правому положенні на рядку. У разі, якщо номер формули не вміщується у рядку з формулою, його переносять у наступний рядок.

Пояснення значень символів і числових коефіцієнтів, що входять до формули чи рівняння, слід наводити безпосередньо під формулою у тій послідовності, в якій вони наведені у формулі чи рівнянні. Перший рядок починають з нового рядка словом «де» з абзацного відступу без двокрапки, наприклад:

Відомо, що втрати активної потужності, кВт, у трифазному шинопроводі у загальному випадку без врахування втрат у конструкціях, дорівнює

$$\Delta P_{\text{ш}} = (I_A^2 R_A + I_B^2 R_B + I_C^2 R_C) \cdot 10^{-3}, \quad (4.1)$$

де I_A , I_B , I_C – струми у фазах, А;

R_A , R_B , R_C – активний опір відповідних фаз, Ом.

Під час рівномірного навантаження фаз $I_A = I_B = I_C = I$ і однакових активних опор фаз ($R_A = R_B = R_C = R$), з урахуванням коефіцієнту додаткових витрат ($k_{\text{д.в}}$) маємо:

$$\Delta P_{\text{ш}} = 3I^2 R k_{\text{д.в}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.2)$$

Після пояснення символу наводять одиниці виміру, які використовуються у даній формулі. Найбільш часто вживані одиниці виміру:

- а) сила струму – А (ампер), кА (кілоампер);
- б) напруга – В (вольт), кВ (кіловольт);
- в) повна потужність – В·А (вольтампер), кВ·А (кіловольтампер), МВ·А (мегавольтампер);
- г) потужність активна – Вт (ват), кВт (кіловат), МВт (мегаватт);
- д) потужність реактивна – вар (вар), квар (кіловар), Мвар (мегавар);
- е) електричний опір – Ом (ом), мОм (міліом).

Якщо наводиться пояснення значень символів і числових коефіцієнтів після формули ставиться кома (,). У іншому випадку – ставлять крапку (.).

Підставлення значень у формули здійснюється після запису формули та

пояснення величин, що входять у формулу чи рівняння.

Допускається не повторювати літерні позначення під час підставлення значень, якщо розрахунок йде безпосередньо після запису формули і її розшифровки.

Наприклад, номінальну величину струму $I_{\text{НОМ}}$ (А) двигуна можна розрахувати за формулою:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}} \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} U_{\text{НОМ}} \cos \varphi_{\text{НОМ}} \eta_{\text{НОМ}}}, \quad (4.3)$$

де $P_{\text{НОМ}}$ – номінальна потужність, кВт;

$U_{\text{НОМ}}$ – номінальна напруга, В;

$\cos \varphi_{\text{НОМ}}$ – номінальний коефіцієнт потужності, в.о.;

$\eta_{\text{НОМ}}$ – номінальний коефіцієнт корисної дії, в.о.

Підставивши у формулу відповідні значення отримаємо величину номінального струму:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{109,5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,57 \cdot 0,88} = 331,67 \text{ А.}$$

Переносити формули чи рівняння на наступний рядок допускається тільки на знаках виконуваних операцій, повторюючи знак операції на початку наступного рядка. Таким чином, якщо рівняння не вміщується в один рядок, його слід перенести після знака рівності (=) або після знаків плюс (+), мінус (-), множення (x) і ділення (:).

Формули, що йдуть одна за одною і не розділені текстом, відокремлюють комою, а після останньої ставлять крапку.

Наприклад:

$$I'' = I_{nt} = I_{\infty} = \frac{I_6}{\sqrt{r_{\Sigma*}^2 + x_{\Sigma*}^2}}, \quad (4.4)$$

$$I'' = \frac{I_6}{z_{\Sigma}^*}, \quad (4.4)$$

Якщо у записі тільки одна формула чи рівняння, їх також нумерують за наведеними вимогами.

4.12 Оформлення переліку використаних джерел

Перелік використаних джерел – елемент бібліографічного апарату, який містить бібліографічні описи використаних джерел і розміщується основної частини.

Бібліографічний опис використаних джерел складають безпосередньо за друкованим текстом або виписують з каталогів і бібліографічних покажчиків повністю без пропусків будь-яких елементів, скорочення назв тощо. Завдяки цьому можна уникнути повторних перевірок, вставок пропущених відомостей.

Джерела можна розміщувати у такий спосіб: за порядком появи посилань у тексті (найбільш зручний для користування та рекомендований при написанні курсового проекту (роботи)), в алфавітному порядку прізвищ перших авторів або заголовків, у хронологічному порядку.

Відомості про джерела, які включені до списку, необхідно подавати відповідно до вимог державного стандарту з обов'язковим наведенням назв праць. Зокрема потрібну інформацію щодо згаданих вимог можна одержати із таких стандартів: ДСТУ 3582-97 «Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила», ГОСТ 7.1-84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления», ГОСТ 7.12-93 «Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила».

Приклад оформлення переліку використаних джерел наведено у додатку В.

4.13 Посилання

Бібліографічні описи у переліку посилань подають у порядку, за яким вони вперше згадуються у тексті. Порядкові номери описів у переліку є посиланнями у тексті (номер посилання).

У відповідних місцях тексту повинні бути посилання, які оформлюються у квадратні дужки, наприклад: «... згідно з методикою розрахунку, описаною в [6], отримуємо ...» , «... згідно з табл. 10.1 [4] ...».

Посилання у тексті записки на джерела слід зазначити порядковим номером за переліком посилань, виділеним двома квадратними дужками, наприклад: «...у роботах [1–5]...».

При посиланнях на розділи, підрозділи, пункти, підпункти, ілюстрації, таблиці, формули, рівняння, додатки пояснювальної записки зазначають їх номери. Приклади запису посилань: «... у розділі 4 ...», «... дивись 2.1 ...», «... за 3.3.4 ...», «...відповідно до 2.3.4.1 ...», «... на рис. 1.3 ...» або «...на рисунку 1.3 ...», «... у таблиці 3.2 ...», «...(див. табл. 3.2)...», «... за формулою (3.1) ...», «...у рівняннях (1.23)–(1.25) ...», «... у додатку Б ...».

4.13 Оформлення додатків

Додатки оформлюють як продовження документа. При цьому додатки повинні мати наскрізну нумерацію сторінок, загальну з документом. Всі додатки повинні бути перераховані у змісті. Розташування додатків повинно бути за порядком появи посилань на них у тексті.

Кожен додаток (якщо їх кілька) починають з нової сторінки. Додаток повинен мати заголовок, написаний (надрукований) вгорі малими літерами (крім першої великої) симетрично відносно тексту сторінки. Посередині рядка над заголовком малими літерами з першої великої повинно бути надруковано слово «Додаток __» і велика літера, що його позначає.

Додатки слід позначати послідовно літерами української абетки, за винятком літер «Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ъ» наприклад: додаток А, додаток Б і т.д. Якщо в пояснювальній записці один додаток, він позначається як додаток А.

За необхідності текст додатків може поділятися на розділи, підрозділи, пункти та підпункти, які слід нумерувати у межах кожного додатку. У такому випадку перед кожним номером ставлять позначення додатку (літеру) і крапку (див. додаток Г, рис. Г.1).

Ілюстрації, таблиці, формули та рівняння, що є у тексті додатку, слід нумерувати у межах кожного додатку, наприклад: рисунок Б.3 – третій рисунок додатку Б; таблиця А.2 – друга таблиця додатку А; формула (А.1) – перша формула додатку А.

Якщо у додатку одна ілюстрація, одна таблиця, одна формула чи одне рівняння, їх також нумерують, наприклад: рисунок А.1, таблиця А.1, формула (В.1).

У посиланнях у тексті додатку на ілюстрації, таблиці, формули, рівняння, рекомендується писати: «... на рисунку А.2 ...», «... у таблиці Б.3 ...», або «... у табл. Б.3 ...», «... за формулою (В.1) ...», «... у рівнянні (Г.2) ...».

Джерела, що використовуються тільки у додатках, розглядаються незалежно від тих, що використовуються у основній частині роботи, і повинні бути перелічені наприкінці кожного додатку у переліку посилань.

4.14 Скорочення та власні назви

Скорочення слів у тексті та підписах під ілюстраціями, як правило, не допускається. Виключеннями є загальноприйняті скорочення: у кінці фрази – і т.д. (і так далі), і т.п. (і тому подібне), і т.ін. (і таке інше), і ін. (і інше); при посиланнях – див. (дивись), табл. (таблиця), рис. (рисунок), ст. (сторінка), п. (пункт), пп. (пункти), розд. (розділ, розділи), р. (рік), рр. (роки).

Не допускається скорочувати слова, якщо під час використання цих скорочень можливе різне розуміння тексту.

Дозволяється використовувати скорочення слів і словосполучень, характерних для певної галузі або області діяльності. Записують такі скорочення безпосередньо у тексті (у дужках після повної назви або під час першого входження у текст), наприклад: повітряна лінія (ПЛ).

Непотрібно скорочувати слова і словосполучення: графа, рівняння, формула, так як, наприклад, таким чином, тобто, так званий.

У тексті не допускається скорочення позначення одиниць фізичних величин, якщо вони використовуються без цифр, за виключенням одиниць фізичних величин у заголовках таблиць і у розшифровках літерних позначень, що входять до формул.

Слова *maximum*, *minimum* і номінальний бажано використовувати у скороченому вигляді для індексів (*max*, *min* і *ном*). У тексті необхідно писати максимум, мінімум і номінальний.

Прізвища, назви установ, організацій, фірм та інші власні назви у записі наводять мовою оригіналу.

Для виконавця записують ім'я (або першу літеру імені з крапкою) та прізвище (за бажанням автора після імені вказують по батькові). Для керівника курсового проекту при наявності у відповідних графах місця записують вчений ступінь, вчене звання, ім'я (або перша літера імені з крапкою) та прізвище.

4.15 Числа і знаки

Після цифрових величин повинні ставитись умовні позначення одиниць вимірювання, а у тексті, навпаки, їх повні назви: 17,5 кг, але «кілька кілограмів». Не можна поєднувати текст з умовними та математичними позначеннями, наприклад, не « t° нагріву», а «температура нагріву»; не «швидкість = 5 м/с», а «швидкість дорівнює 5 м/с».

У тексті не допускається використовувати без числових або літерних значень:

- математичні символи та знаки: *Log*, *Lg*, *Ln* (логарифм), *sin*, *cos*, *tg*, *ctg* (тригонометричні функції), 0 (нуль), = (дорівнює), \neq (не дорівнює), \geq (більше або рівне), \leq (менше або дорівнює) тощо.

- знаки: № (номер), % (відсоток), $^{\circ}$ (градус), Ø (діаметр) і ін.

У тексті пишуть словами «нуль», «номер» тощо. Знаки №, % та ін. при позначенні множини числа не подвоюються.

Не допускається ставити тире перед цифровими величинами, щоб не плутати його із знаком мінус. Замість цього знаку для величин, що мають від'ємне значення, писати слово «мінус».

Числа до дев'яти без розмірності потрібно писати у тексті словами, понад дев'ять цифрами (наприклад, «три криві», «10 значень»); числа з розмірністю пишуться цифрами, а без розмірності – словами, наприклад, «відстань – не більше 2 м»; «котушку перевірити два рази».

Порядкові числівники пишуть цифрами з родовими закінченнями (наприклад, «9-й день»). При декількох порядкових числівниках закінчення узгоджується з останнім з них (наприклад, «3, 4, 5-й графіки»).

Кількісні числівники пишуться без закінчень, наприклад, «у 20 випадках», «на 10 аркушах». Не допускаються також закінчення в датах (наприклад, «21 квітня»).

У проекті необхідно використовувати одиниці системи SI. Якщо виміри проводяться в інших одиницях, переведення їх в одиниці SI обов'язкове.

Елементи дати можуть бути оформлені у словесно-цифровому варіанті (наприклад, 29 січня 1993 року) або арабськими цифрами у рядок у такій послідовності: рік, місяць, число (наприклад, дату 1 жовтня 1993 року слід оформлювати так: 1993.10.01. або 93.10.01).

5 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

5.1 Розрахунок електричних навантажень

5.1.1 Розрахунок електричних навантажень цеху промислового об'єкту

Розрахунки електричного навантаження (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) низької напруги, магістральний шинопровід, шини низької напруги цехової ТП, шини високої напруги цехової ТП.

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

На першому рівні СЕП (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 СЕП (розподільні шинопроводи, лінії, що живлять розподільні щити, освітлювальні щитки та силові пункти) окремо розглядають силові ЕП і освітлювальні установки.

Розрахунок електричних навантажень силових ЕП $P_{p,c}$, $Q_{p,c}$ ведуть за алгоритмом і формулами, наведеними в таблиці 5.1, 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 5.1 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 5.1 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 5.1 – 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			
		Номінальна (встановлена) активна потужність, кВт		Коефіцієнт використання $K_{\text{в.}j} = K_{\text{в.}i}$, в.о.	Коефіцієнт потужності/ реактивної потужності $\cos\varphi_j / \text{tg}\varphi_j =$ $= \cos\varphi_i / \text{tg}\varphi_i$	Активна $P_{\text{п.}j} = K_{\text{в.}j} P_{\text{н.}j}$, кВт	Реактивна $Q_{\text{п.}j} = K_{\text{в.}j} P_{\text{н.}j} \text{tg}\varphi_j$, квар
		одного ЕП $P_{\text{н.}i}$	загальна $P_{\text{н.}j} = n_i P_{\text{н.}i}$				
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 табл. 5.1

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 $S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$, кВт·А	Струм, $I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_n}$, 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 5.1) 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 5.1 відповідно. Знайдене значення n_e округлюють до меншого цілого числа.

5 Величину розрахункового коефіцієнта K_p (графа 11 таблиці 5.1) знаходять за відповідною довідковою таблицею у функції величини n_e (графа 10 таблиці 5.1) і групового середньозваженого коефіцієнта використання K_v , який розраховують у підсумковому рядку графі 5 таблиці 5.1 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 5.1.

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_{Σ} , Q_{Σ} беруть відповідно з підсумкового рядка цих граф. У разі, якщо розрахункова потужність P_p виявиться меншою за номінальну потужність найбільш потужного ЕП $P_{н.і.макс}$, рекомендується приймати $P_p = P_{н.і.макс}$.

7 Величини S_p і I_p (підсумковий рядок граф 14, 15 таблиці 5.1) 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 . 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

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

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

E_{ϕ} – 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_p – коефіцієнт зміни відбиття від поверхонь приміщення, в.о.

Розрахункові ЕН освітлювальних установок знаходять за виразами:

$$P_{р.о} = P_{м.о} = K_{п.о} P_{н.о}, \quad Q_{р.о} = Q_{м.о} = K_{п.о} P_{н.о} \operatorname{tg} \varphi_o, \quad (5.1)$$

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 розжарювання;

$P_{п.о}$ – питоме 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 (5.1) є максимальними навантаженнями, які приймають рівними розрахунковим навантаженням.

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

$$P_p = P_{p.c} + P_{p.o}, \quad (5.2)$$

$$Q_p = Q_{p.c} + Q_{p.o}, \quad (5.3)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (5.4)$$

На третьому рівні СЕП (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_c 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 5.1) 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 (5.2)–(5.4)).

На четвертому рівні СЕП (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:

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

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

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

$\Delta P_{ТПj}$, $\Delta Q_{ТПj}$ – 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 $\Delta P_{ТПj}$ (кВт) та реактивної $\Delta Q_{ТПj}$ (квар) потужностей у

трансформаторах можна орієнтовно оцінити за виразами:

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

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

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

5.1.2 Розрахунок електричних навантажень житлових і громадських будинків

Основою для визначення розрахункових навантажень в СЕП 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 житл (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 $P_{\text{р.сил}}$ (кВт), що приведені до вводу напругою 380 В, визначають за виразом

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

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;

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

$K_{п.с.j}$ – 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 жител, 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;

$K_{y.i}$ – 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:

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

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 $P_{p.0,4ТПj}$ визначають за виразом

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

де $P_{p.\max}$ – розрахункове максимальне навантаження однотипних будинків або окремого споживача, кВт;

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

m – кількість груп споживачів без групи з $P_{p.\max}$.

Важливо підкреслити, що житлові будинки з газовими плитами й електроплитами розглядаються як різні об'єкти. У той же час усі житлові будинки з однаковим 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 $Q_{p.i}$ (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

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

5.1.3 Визначення розрахункових навантажень на вищих ієрархічних рівнях СЕП

Навантаження п'ятого рівня СЕП промислових об'єктів (шини 6 (10) кВ ЦРП, розподільний пункт (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 5.1) 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 СД величина генерованої $Q_{сд}$ реактивної потужності на даному етапі розрахунку приймається рівною нулю.

3 Величини n_e і K_v 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 КУ (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 СЕП (лінії напругою 35–220 кВ, що живлять трансформатори ГПП) до розрахункових навантажень $P_{p.10}$, $Q_{p.10}$ додаються втрати потужностей у трансформаторах ГПП $\Delta P_{ГПП}$, $\Delta Q_{ГПП}$. Наприклад, для ліній 110 кВ:

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

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

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

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

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

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 ЦЖ 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

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

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

довідковій таблиці.

5.2 Вибір провідників

Під вибором провідників СЕП 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 5.2 наведено вибір проводів марки АПВ групи ЕП.

Таблиця 5.2 – 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:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2, \quad (5.5)$$

$$I_{p.п/a} \leq I_{доп} K_1 K_2 K_3,$$

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

$I_{доп}$ – 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 ПЛ 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

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

Для магістральних ліній, виконаних одним перерізом, умови (5.5) та (5.6) 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 ΔU_p , $\Delta U_{\text{доп}}$ – розрахункова та допустима втрата напруги у мережі відповідно.

Величину ΔU_p у відсотках розраховують за однією з формул:

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

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

$$I_{\text{доп}} \geq K_z I_z,$$

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

K_z – коефіцієнт кратності захисту;

I_z – 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

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

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

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

C – термічний коефіцієнт.

Зокрема, для кабелів 10 кВ з алюмінієвими жилами і 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 ПЛ рекомендовані мінімальні значення перерізів проводів залежно від напруги, які одночасно забезпечують умови економічності, механічної міцності та коронування.

5.3 Розрахунок очікуваної величини недоотриманої електроенергії

Для оцінки очікуваної величини недоотриманої електроенергії можна використовувати так звану структурно-логічну матрицю. Принцип її формування полягає в наступному. Рядки матриці відповідають вузлам мережі, які представлені середніми значеннями своїх навантажень. Стовпці матриці відповідають ділянкам мережі, які характеризуються їх довжинами. Комірки матриці заповнюють значеннями часу відновлення електропостачання, яке необхідне для відновлення живлення даного вузла мережі (рядок матриці) у разі пошкодження на відповідній ділянці лінії (стовпець матриці), враховуючи всі встановлені в мережі комутаційні та захисні апарати і резервні джерела живлення (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 – Структурно-логічна матриця

Навантаження вузла	Ланки лінії				
	L_{1-2}	L_{2-3}	L_{3-4}	...	L_{11-14}
$P_{\text{сер}2}$				$\tau_{\text{в}}$	
$P_{\text{сер}3}$				$\tau_{\text{л}}$	

...
$P_{\text{сер}14}$				$\tau_{\text{в}}$	

На підставі даної матриці сумарна величина недоотриманої електроенергії може бути обчислена за виразом

$$A_{P.\text{нед}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \omega_0 L_i P_{\text{сер}.j} \tau_{i,j},$$

де ω_0 – середнє питоме значення параметру потоку відмов лінії, відмов/рік на км лінії;

L_i – довжина i -ї ланки, км;

$P_{\text{сер}.j}$ – середнє (за рік) навантаження вузла j , кВт;

$\tau_{i,j}$ – значення часу відновлення електропостачання, занесені на попередньому етапі у відповідні комірки структурно-логічної матриці, год;

m – кількість вузлів навантажень;

n – кількість ділянок даної лінії.

5.4 Розрахунок технічних втрат електричної енергії в елементах СЕП

5.4.1 Метод поелементних розрахунків

Втрати активної потужності на ділянках мережі обчислюються за виразом

$$\Delta P_{i,i+1,t} = 3I_{i,i+1,t}^2 r_{i,i+1}, \text{ або } \Delta P_{i,i+1,t} = 3r_{i,i+1} \frac{P_{i,i+1,t}^2 + Q_{i,i+1,t}^2}{(U_{i,t} + U_{i+1,t})^2},$$

де $I_{i,i+1}$, $P_{i,i+1}$, $Q_{i,i+1}$ – навантаження, що протікають ділянками i , $i+1$ з опором $r_{i,i+1}$;

U_i , U_{i+1} – напруга у початковій і кінцевій точках (i та $i+1$) даної ділянки розподільної лінії.

Втрати електроенергії для окремих ділянок мережі за деякий (звітний) період T

(час роботи) визначають шляхом послідовного підсумовування значень втрат потужності, обчислених відповідно до попередньої формули

$$\Delta A_{Pi,i+1} = \sum_{t=1}^{T_p} \Delta P_{i,i+1,t} t_{i,i+1}. \quad (5.7)$$

5.4.2 Метод середніх навантажень

Відповідно до даного методу втрати енергії у сукупності ділянок лінії $\Delta A_{Pл}$ розподільної мережі за розрахунковий період часу T_p обчислюють за виразом

$$\Delta A_{Pл} = \Delta P_{ср} T_p K_f^2, \quad (5.8)$$

де $\Delta P_{ср}$ – втрати потужності в лінії з середніми за розрахунковий період T значеннями електричних навантажень;

K_f – коефіцієнт форми графіка навантаження за розрахунковий період, який знаходять за одним з виразів:

$$K_f^2 = \frac{1 + 2K_3}{3K_3}, \text{ або } K_f^2 = \left(\frac{1090}{T_{\max}} + 0,876 \right)^2,$$

де $K_3 = \frac{P_{ср}}{P_{\max}}$ – коефіцієнт заповнення графіка електричних навантажень;

$T_{\max} = \frac{A_P}{P_{\max}}$ – річна кількість годин використання найбільшого значення

електричних навантажень;

P_{\max} – найбільше навантаження в річному графіку електричних навантажень;

A_P – річне споживання активної електроенергії.

5.4.3 Метод кількості годин найбільших втрат

Відповідно до даного методу

$$\Delta A_{P_{\text{Л}}} = \Delta P_{\text{max}} \tau_{\text{max}}, \quad (5.9)$$

де τ_{max} — час максимальних втрат.

Для визначення значень τ_{max} найчастіше застосовують одну з наступних емпіричних формул:

$$\tau_{\text{max}} = \frac{K_3 + 2K_3^2}{3} T_{\text{p}}, \text{ або } \tau_{\text{max}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{max}}}{10^4} \right)^2 T_{\text{p}}.$$

Втрати потужності в трансформаторах є сумою змінних втрат, обумовлених ЕН, і постійних втрат, які є втратами неробочого ходу. Їх розраховують за виразами:

$$\Delta P_{\text{T}} = 3I^2 r_{\text{T}} + P_{\text{н.х}} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} r_{\text{T}} + \Delta P_{\text{н.х}}, \quad \Delta Q_{\text{T}} = 3I^2 x_{\text{T}} + \Delta Q_{\text{н.х}} = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} x_{\text{T}} + \Delta Q_{\text{н.х}}.$$

Аналогічні розрахунки можна виконати, використовуючи каталожні дані трансформаторів, за формулами

$$\Delta P_{\text{т.ТПі}} = n_{\text{T}} (\Delta P_{\text{н.х}} + K_3^2 \Delta P_{\text{к}}), \quad \Delta Q_{\text{т.ТПі}} = n_{\text{T}} \left(\frac{I_{\text{н.х}}}{100} S_{\text{н.т}} + K_3^2 \frac{U_{\text{к}} S_{\text{н.т}}}{100} \right).$$

Змінні втрати електричної енергії, залежні від навантаження, визначають аналогічно тому, як це пропонувалося для розподільних ліній за формулами (5.7)–(5.9).

Постійні втрати електроенергії або втрати неробочого ходу в трансформаторі залежать лише від часу його увімкнення (роботи) $T_{\text{в}}$, протягом якого трансформатор знаходиться під напругою. Їх розраховують за виразом

$$\Delta A_{\text{н.х}} = P_{\text{н.х}} T_{\text{в}}.$$

Додаток А

Титульний аркуш та бланк завдання до курсового проекту

Форма № Н-6.01

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

(повна назва кафедри, циклової комісії)

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

з дисципліни «Системи електропостачання»

(назва дисципліни)

на тему: «Вибір елементів схеми електропостачання»

Студента (ки) 4 курсу групи ОН-
напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та
електротехнології»
спеціальності «Енергетичний менеджмент»

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник _____
(науковий ступінь, посада, вчене звання, прізвище та ініціали)

Національна оцінка _____
Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Члени комісії

_____	_____
(підпис)	(науковий ступінь, посада, вчене звання, прізвище та ініціали)
_____	_____
(підпис)	(науковий ступінь, посада, вчене звання, прізвище та ініціали)
_____	_____
(підпис)	(науковий ступінь, посада, вчене звання, прізвище та ініціали)

КПІ ім. Ігоря Сікорського					
(назва вищого навчального закладу)					
Кафедра		електропостачання			
Дисципліна		Системи електропостачання			
Спеціальність		Енергетичний менеджмент			
Курс	4	Група	ОН-	Семестр	7

ЗАВДАННЯ

на курсовий проект студента

(прізвище, ім'я, по батькові)	
1 Тема роботи	Вибір елементів схеми електропостачання
2 Термін здачі студентом закінченої роботи	18.12.2017
3 Початкові дані до роботи	Згідно методичних вказівок у відповідності до варіанту
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають обробці)	
1. Визначення розрахункових навантажень у системах електропостачання промислових підприємств.	
2. Визначення розрахункових навантажень у системах електропостачання міст.	
3. Визначення перерізу ліній напругою до 1 кВ.	
4. Визначення перерізу ліній напругою 10 кВ.	
5. Розрахунок очікуваної величини недовідпущеної електричної енергії у повітряній лінії.	
6. Визначення рівня зниження очікуваної величини недовідпущеної електричної енергії у повітряній лінії.	
7. Визначення розрахункових навантажень на шинах 10 кВ підстанції.	
8. Перевірка можливості використання на підстанції трансформатора.	
9. Визначення річних втрат активної електричної енергії.	
5 Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)	
1 План розташування електрообладнання та розводки електричної мережі.	
6 Дата видачі завдання	25.09.2017

Календарний план

№	Назва етапів курсового проекту	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення розрахункових навантажень у системах електропостачання промислових підприємств		
2	Визначення розрахункових навантажень у системах електропостачання міст.		
3	Визначення перерізу ліній напругою до 1 кВ		
4	Визначення перерізу ліній напругою 10 кВ		
5	Розрахунок очікуваної величини недовідпущеної електричної енергії у повітряній лінії.		
6	Визначення рівня зниження очікуваної величини недовідпущеної електричної енергії у повітряній лінії.		
7	Визначення розрахункових навантажень на шинах 10 кВ підстанції.		
8	Перевірка можливості використання на підстанції трансформатора.		
9	Визначення річних втрат активної електричної енергії.		
10	Графічна частина		
11	Оформлення пояснювальної записки		
Студент			
		(підпис)	
Керівник			
		(підпис)	(прізвище, ім'я, по батькові)
«	»	2017	р.

Додаток Б
Приклад оформлення змісту

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ ТА ПОЧАТКОВІ ДАНІ.....	4
ВСТУП.....	5
1 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	6
2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ МІСТ.....	9
2.1 Розрахункове навантаження при нормальному режимі роботи.....	9
2.2 Розрахункове навантаження при післяаварійному режимі роботи.....	11
3 ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕРІЗУ ЛІНІЙ НАПРУГОЮ ДО 1 кВ.....	13
4 ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕРІЗУ ЛІНІЙ НАПРУГОЮ 10 кВ.....	15
5 РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОЇ ВЕЛИЧИНИ НЕДОВІДПУЩЕНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ПОВІТРЯНІЙ ЛІНІЇ.....	17
6 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ЗНИЖЕННЯ ОЧІКУВАНОЇ ВЕЛИЧИНИ НЕДОВІДПУЩЕНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ПОВІТРЯНІЙ ЛІНІЇ.....	19
7 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ШИНАХ 10 кВ ПІДСТАНЦІЇ.....	21
8 ПЕРЕВІРКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НА ПІДСТАНЦІЇ ТРАНСФОРМАТОРА.....	22
9 ВИЗНАЧЕННЯ РІЧНИХ ВТРАТ АКТИВНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	24
9.1 Методом по елементних розрахунків.....	24
9.2 Методом числа найбільших втрат.....	34
ВИСНОВКИ.....	39
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40

Додаток В

Приклад оформлення переліку використаних джерел

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств [Текст] : підручник / В.Є Шестеренко. – Вінниця : Нова Книга, 2004. – 656 с.
- 2 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.
- 3 Правила улаштування електроустановок [Текст] : вид. 3-є, перероб. і доп. – Офіц. вид. – К. : Мінпаливенерго України, 2010. – 736 с.
- 4 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.
- 5 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : ДНАОП 0.00-1.21-98. – Офіц. вид. – К. : Держбуд України, 2001. – 24 с.