

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра «Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент»

“Допущено до захисту”

Зав. кафедри ЕТС та ЕМ

канд. техн. наук, професор

Петро ПЛІШКОВ

“ ” 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ

ВИЩОЇ ОСВІТИ

на тему:

**« Модернізація системи енергопостачання
студмістечка Центральноукраїнського
національного технічного університету»**

Виконав здобувач вищої освіти

IV курсу, групи ЕНМ–19,

ОПП «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»

спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

Василь БОНДАРЕНКО

« » 2023 р.

Керівник роботи

Проф., докт. техн. наук

Василь КЛИМЕНКО

« » 2023 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ЕТС та ЕМ

_____ Петро ПЛІШКОВ

«_____» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Бондаренка Василя Михайловича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Модернізація системи енергопостачання студмістечка

Центральноукраїнського національного технічного університету

Modernization of the energy supply system of the campus of Central Ukrainian
National Technical University

2. Керівник роботи Клименко Василь Васильович, докт. техн. наук, професор

(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 01.06.2023 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи. Метою роботи є проектування системи енергопостачання студмістечка ЦНТУ. Для досягнення поставленої мети роботи необхідно вирішити наступні завдання: 1. Провести розрахунок електричних і теплових навантажень. 2. Провести розрахунок картограми навантажень. 3. Здійснити техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання. 4. Провести розрахунок режимів реактивної потужності системи електропостачання. 5. Здійснити вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства. 6. Провести розрахунок струмів коротких замкнень та здійснити вибір високовольтного обладнання. 7. Провести розрахунок спеціального розділу роботи.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальний розділ</i>	<i>доц. Гарасьва Н.Ю.</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
<i>1</i>	<i>Розрахунок електричних та теплових навантажень</i>	<i>10.04-12.04</i>	
<i>2</i>	<i>Картограма електричних та теплових навантажень</i>	<i>13.04-23.04</i>	
<i>3</i>	<i>Техніко-економічне обґрунтування вибору схем електропостачання</i>	<i>24.04-26.04</i>	
<i>4</i>	<i>Режими реактивної потужності системи електропостачання</i>	<i>27.04-1.05</i>	
<i>5</i>	<i>Вибір кількості та потужності трансформаторів підприємства</i>	<i>2.05-5.05</i>	
<i>6</i>	<i>Розрахунок струмів коротких замкнень та вибір високовольтного обладнання</i>	<i>6.05-9.05</i>	
<i>7</i>	<i>Спеціальний розділ</i>	<i>10.05-28.05</i>	
<i>8</i>	<i>Оформлення презентаційної частини БКР</i>	<i>29.05-30.05</i>	
<i>9</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки БКР</i>	<i>31.05-1.06</i>	

Дата видачі завдання
«___» _____ 2023 р.

Підпис керівника _____

Василь КЛИМЕНКО

Завдання прийнято до виконання
«___» _____ 2023 р.

Підпис здобувача _____

Василь БОНДАРЕНКО

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 71 с.; 11 рис.; 34 табл.; 9 джерел

Бондаренко В. М. Модернізація системи енергопостачання студмістечка Центральноукраїнського національного технічного університету. – Рукопис.

Бакалаврська робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, 2023 рік.

Бакалаврська робота присвячена модернізації системи енергопостачання студмістечка. В роботі вирішувались питання розрахунку: теплових та електричних навантажень, визначення режимів реактивної потужності, розрахунку струмів коротких замикань, вибір схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання та вибір високовольтного обладнання системи електропостачання.

Спеціальний розділ роботи присвячено вирішенню задачі модернізації системи теплопостачання студмістечка. Для вибору оптимального варіанту енергопостачання проводилося техніко-економічне порівняння варіантів теплогенерації.

Ключові слова: теплові навантаження, трансформаторна підстанція, реактивна потужність, струми короткого замикання, теплогенерація

ABSTRACT

Qualification work: 71 p.; 11 Fig.; 34 tables; 9 sources

BONDARENKO V. M. Development of the glass plant's power supply system. – Manuscript.

Bachelor's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

Bachelor's thesis on specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics", OPP "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics". – Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2023.

The bachelor thesis is devoted to the modernization of the energy supply system of the campus. The work dealt with the calculation of thermal and electrical loads, determination of reactive power modes, calculation of short-circuit currents, selection of external and internal power supply schemes, and selection of high-voltage equipment of the power supply system.

A special section of the work is dedicated to solving the problem of modernizing the heating system of the campus. To choose the optimal energy supply option, a technical and economic comparison of heat generation options was carried out.

Keywords: heat loads, transformer substation, reactive power, short-circuit currents, heat generation

ЗМІСТ

2. ВСТУП.....	8
2.1. СТИСЛА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА.....	9
2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	11
2.1. Розрахунок електричних навантажень гуртожитків.....	11
2.2. Електричні навантаження вище 1000 В.	18
3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ	20
3.1. Розрахунок силових теплових навантажень	20
3.2. Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію	21
3.3. Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання.	22
3.4. Розрахунок та побудова графіків теплового споживання	25
3.5. Побудова графіків електричних навантажень	28
4. ПОБУДОВА КАРТОГРАМИ ЦЕНТРУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....	35
5. ВИБІР НАПРУГИ ТА ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗОВНІШНЬОГО І ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	37
5.1. Вибір напруги та схеми зовнішнього електропостачання.	37
5.2. Вибір напруг та схем внутрішнього електропостачання.	37
6. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДСТАНЦІЙ ПІДПРИЄМСТВА.	47
6.1. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ГЗП.	47
6.2. ВИБІР КІЛЬКОСТІ, ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ (ТП).	47
7. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ І ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	50

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бондаренко В.			Модернізація системи енергопостачання студмістечка Центральноукраїнського національного технічного університету	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Клименко В.					6	68
						ЦНТУ зр. ЕНМ-19		
Н. контр.								
Затвер.		Плешков П.Г.						

7.1. Розрахунок струмів короткого замикання	50
7.2. Вибір кабелів напругою 10 кВ студмістечка	57
7.3. Вибір електричних апаратів високої напруги	59
8. МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ	
СТУДМІСТЕЧКА	62
8.1. Розрахунок енергетичних балансів.	62
8.2. Аналіз системи теплопостачання гуртожитків студмістечка	64
8.3. Розрахунок вибору енергоносія	67
ВИСНОВОК	70
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	71

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		7

ВСТУП

У енергетичній програмі України сформульовані основні завдання розвитку промисловості шляхом зростання продуктивності та використання прискореного науково-технічного прогресу.

Економічний розвиток будь-якої країни та всіх галузей господарства залежить від рівня розвитку електроенергетики. Прискорений розвиток електроенергетики є основою для збільшення технічного прогресу, підвищення продуктивності праці і, відповідно, збільшення виробництва.

В електропостачанні споживачів, ці завдання спрямовані на поліпшення проектно-конструкторських розробок, раціональне використання надійного електричного обладнання, зниження невиробничих витрат електроенергії під час передачі, розподілу та споживання.

Розвиток і складність систем електропостачання міст, посилення вимог до економічності та надійності їх функціонування в умовах змінної структури і характеру споживачів електроенергії, впровадження систем керування розподілом та споживання електроенергії на базі сучасних обчислювальних технологій ставлять перед нами завдання підготовки висококваліфікованих інженерів. Питання якості та точності обліку спожитої електричної енергії є важливими для споживачів міст, і забезпечення цих параметрів є основним завданням інженерних підрозділів країни.

Створення систем електропостачання міст, які забезпечують енергозбереження і зменшують негативний вплив на навколишнє середовище, є ще одним важливим завданням. Під час проектування вирішуються ці завдання шляхом вибору оптимальних, економічних схем, сучасного обладнання і максимальної автоматизації з використанням енергоресурсів.

В даній роботі ставиться задача модернізація системи енергопостачання студмістечка Центральноукраїнського національного технічного університету

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8

1. СТИСЛА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ

Студмістечко складається з чотирьох гуртожитків, що розташовані на території Кіровоградського національного технічного університету по проспекту Університетському.

Гуртожиток № 4. Будівля була збудована у 1973 році. Гуртожиток являє собою цегляний дев'ятиповерховий будинок із двома ліфтами, орієнтовано головним фасадом на Північ. Будинок двосекційний, із блоковим компонуванням житлових приміщень, з'єднаних сходово-ліфтовими холами. Блок налічує 8 кімнат, хол, кухню. В кімнати розраховані на 2 або 5 проживаючих. Будинок також має підвально-службові приміщення.

Зовнішні стіни: цегляні, з білої цегли, товщиною 510 мм. Зовнішня обробка: розшивка. Переkritтя і покриття: збірні залізобетонні круглопустотні плити 300 мм. Покрівля: плоска, малосхильна, кут нахилу 3^0 , рулонна (багатошаровий рубероїдний килим, керамзит). Цокольний поверх висотою 1м., висота житлових приміщень 2,8 м. Загальна площа оскління: складає 641,4 м².

Загальна опалювальна площа: 4887 м², об'єм – 29450 м³

Гуртожиток №3. Будівля була збудована у 1980 році. Гуртожиток являє собою цегляний дев'ятиповерховий будинок із двома ліфтами, орієнтовано головним фасадом на Схід. Будинок двосекційний, із блоковим компонуванням житлових приміщень, з'єднаних сходово-ліфтовими холами. Блок налічує 8 кімнат, хол, кухню, санвузол, душ. В одній кімнаті проживає по три або чотири чоловіки. В гуртожитку 633 місця. Будинок також має підвально-службові приміщення.

Тип будівлі – житловий. Зовнішні стіни: цегляні, з білої цегли, товщиною 510мм. Зовнішня обробка: розшивка. Переkritтя і покриття: збірні залізобетонні круглопустотні плити товщиною 300мм. Покрівля: плоска, малосхильна, кут нахилу 3^0 , рулонна (багатошаровий рубероїдний килим, керамзит). Цокольний поверх висотою 1,9м., висота житлових приміщень 2,8м.

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					9

Загальна площа оскління: складає 515м². Загальна житлово-опалювальна площа: 3662,75м², об'єм –29617,5м³.

Гуртожиток №1 Будівля була збудована у 1973 році. Гуртожиток являє собою цегляний п'ятиповерховий будинок, орієнтовано головним фасадом на Схід. Будинок коридорного типу, з'єднаних сходово-ліфтовими холами. на етажі знаходиться від 30 до 34 8 кімнат, хол, кухню, санвузол, душ. В одній кімнаті проживає по два або три чоловіки. В гуртожитку 333 місця. Будинок також має підвально-службові приміщення.

Тип будівлі – житловий. Зовнішні стіни: цегляні, з червоної цегли, товщиною 510 мм. Зовнішня обробка: розшивка. Переkritтя і покриття: збірні залізобетонні круглопустотні плити товщиною 300мм. Покрівля: плоска, малосхильна, кут нахилу 3⁰, рулонна (багатошаровий рубероїдний килим, керамзит). Цокольний поверх висотою 1,9м., висота житлових приміщень 2,8 м.

Загальна площа оскління: складає 362 м². Загальна житлово-опалювальна площа: 3708,2 м², об'єм –17340 м³

Гуртожиток №2. Будівля була збудована у 1976 році. Гуртожиток являє собою цегляний п'ятиповерховий будинок, орієнтовано головним фасадом на Схід. Будинок коридорного типу, з'єднаних сходово-ліфтовими холами. на етажі знаходиться від 30 до 34 8 кімнат, хол, кухню, санвузол, душ. В одній кімнаті проживає по два або три чоловіки. В гуртожитку 333 місця. Будинок також має підвально-службові приміщення.

Тип будівлі – житловий. Зовнішні стіни: цегляні, з червоної цегли, товщиною 510 мм. Зовнішня обробка: розшивка. Переkritтя і покриття: збірні залізобетонні круглопустотні плити товщиною 300мм. Покрівля: плоска, малосхильна, кут нахилу 3⁰, рулонна (багатошаровий рубероїдний килим, керамзит). Цокольний поверх висотою 1,9м., висота житлових приміщень 2,8 м.

Загальна площа оскління: складає 396 м². Загальна житлово-опалювальна площа: 4050 м², об'єм –15744 м³

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		10

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1. Розрахунок електричних навантажень гуртожитків

Розрахункове електричне навантаження квартир, приведене до вводу житлового будинку, визначається по формулі:

$$P_{\text{кв}} = P_{\text{кв.уд}} \cdot n, \quad (2.1)$$

де $P_{\text{кв}}$ – розрахункове електричне навантаження кімнати, кВт; $P_{\text{кв.уд}}$ – питоме розрахункове електричне навантаження електроприймачів кімнат (будинків), визначається згідно таблиці 5.1 [2], кВт/ кімната; n – кількість квартир.

Розрахункове навантаження силових електроприймачів, приведене до вводу житлового будинку, визначається за формулою:

$$P_{\text{с}} = P_{\text{р.л.}} + P_{\text{стп}} \quad (2.2)$$

де $P_{\text{с}}$ – розрахункове навантаження силових електроприймачів, кВт;
 $P_{\text{р.л.}}$ - потужність ліфтових установок, кВт;

$$P_{\text{р.л.}} = n_{\text{л}} \cdot K_{\text{с}} \cdot P_{\text{нi}} \quad (2.3)$$

$K_{\text{с}}$ – коефіцієнт попиту, визначається по таблиці 5.2[2]

$n_{\text{л}}$ – кількість ліфтових установок;

$P_{\text{нi}}$ – встановлена потужність електродвигуна ліфта, кВт;

$P_{\text{стп}}$ – потужність електродвигунів санітарно-технічних пристроїв (насоси водопостачання, вентилятори і т. д.), кВт;

$$P_{\text{стп.}} = n \cdot K_{\text{с}} \cdot P_{\text{стп}} \quad (2.4)$$

де $K_{\text{с}}$ – коефіцієнт попиту, визначається по таблиці 5.3[2]

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

$P_{стп}$ – встановлена потужність електродвигунів санітарно-технічних пристроїв, кВт.

Розраховане електричне навантаження житлового будинку (квартир і силових електроприймачів) – $P_{р.ж.д.}$, кВт, визначається по формулі 5.5:

$$P_{р.ж.д.} = P_{кв} + K_y \cdot P_c \quad (2.5)$$

де $P_{кв}$ – розрахункове електричне навантаження квартир, приведене до вводу житлового будинку, кВт.

P_c – розрахункове навантаження силових електроприймачів житлового будинку, кВт;

K_y – коефіцієнт участі в максимумі навантаження силових електроприймачів;

$$K_y = 0,9.$$

Розрахункові коефіцієнти реактивної потужності житлових будинків слід приймати по таблиці 5.4[2].

Приводимо приклад розрахунку навантаження гуртожитків приєднаних до ТП-429

До ТП – 429, підключені два дев'ятиповерхові гуртожитки №3 та №4 . Визначимо електричні навантаження цих будівель по поверхах:

По таблиці 5.6[2] визначаємо: $P_{кв.уд.15} = 3,2$ кВт/кв. і $P_{кв.уд.12} = 2,8$ кВт/кв.

$$\begin{aligned} P_{кв.уд.14} &= P_{кв.уд.15} - ((P_{кв.уд.15} - P_{кв.уд.12}) / 100) \cdot (14 - 12) = \\ &= 3,2 - ((2,8 - 3,2) / 100) \cdot (14 - 12) = 2,8 \text{ кВт / кварт.} \end{aligned}$$

$$P_{кв} = P_{кв.уд.112} \cdot n = 2,8 \cdot 14 = 25,2 \text{ кВт}$$

У будинку є 2 ліфтових установки і 2 насоси водопостачання, тоді розрахункове навантаження силових електроприймачів визначається

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					12

Згідно таблиці 5.2[2] $K_c = 0,8$. Встановлена потужність електродвигуна ліфта $P_{л} = 7$ кВт, приведена до ПВ = 100%

$$P_{р.л.} = 0,8 \cdot 2 \cdot 7 = 11,2 \text{ кВт}$$

де $K_c = 1$ – коефіцієнт попиту СТП, визначається по таблиці 5.3[2]

Встановлена потужність електродвигунів санітарно-технічних пристроїв $P_{стп} = 9$ кВт, тоді

$$P_{стп} = 1 \cdot 2 \cdot 9 = 18 \text{ кВт.}$$

Розрахункове силове навантаження електроспоживачів, що підведена до житлового будинку:

$$P_c = 11,2 + 18 = 29,2 \text{ кВт.}$$

Розрахункове навантаження житлового будинку:

$$P_{р.ж.д.} = \sum P_{кв.і.} + K_y \cdot P_c$$

де $K_y = 0,9$

$$P_{р.ж.д.} = 25,2 + 39,2 + 39,2 + 39,2 + 39,2 + 39,2 + 39,2 + 39,2 + 39,2 + 0,9 \cdot 29,2 = 365,08 \text{ кВт}$$

Розрахунковий коефіцієнт реактивної потужності

$$Q_{р.л.} = P_{р.л.} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

де $\operatorname{tg} \varphi = 0,2$

$$Q_{кв} = 365,08 \cdot 0,2 = 67,76 \text{ кВар}$$

Реактивна потужність ліфтових установок

$$Q_{р.л.} = P_{р.л.} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

де $\operatorname{tg} \varphi = 1,17$ (таблиця 5.4[2])

									Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					13

$$Q_{р.л.} = 11,2 \cdot 1,17 = 13,1 \text{ кВар}$$

Реактивна потужність насосів водопостачання

$$Q_{стп} = P_{стп} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

де $\operatorname{tg} \varphi = 0,75$ (таблиця 5.4)

$$Q_{стп.} = 18 \cdot 0,75 = 13,5 \text{ кВар}$$

Тоді

$$Q_{р.ж.д.} = Q_{кв.} + Q_{р.л.} + Q_{ст.у.} = 67,76 + 13,1 + 13,5 = 94,34 \text{ кВар.}$$

Розрахунок електричних навантажень інших гуртожитків, що приєднані до ТП-429 та приводимо до таблиці 2.1

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		14

Таблиця 2.1. Розрахунок електричних навантажень студмістечка

Найменування об'єкту	Кількість квартир	Питоме навантаження, кВт/кв	Розрахункове навантаження квартири, кВт	tgφ _{кв}	Кількість ліфтових установок	Потужність двигунів ліфту, кВт	Коефіцієнт попиту ліфтових	tgφ _{ліфт}	Кількість СТП	Потужність СТП, кВт	Коефіцієнт попиту СТП	tgφ _{стп}	Розрахункове силове навантаження		
													P _p , кВт	Q, кВар	S, кВА
Гуртожиток №4															
1 поверх	14	1,80	25,2	0,2	0	0	0	1,17	2	9	1	0,75	41,4	18,5	45,4
2 поверх	14	2,80	39,2	0,2	0	0	0	1,17				0,75	39,2	7,8	40,0
3 поверх	14	2,80	39,2	0,2	0	0	0	1,17				0,75	39,2	7,8	40,0
4 поверх	14	2,80	39,2	0,2	0	0	0	1,17				0,75	39,2	7,8	40,0
5 поверх	14	2,80	39,2	0,2	0	0	0	1,17				0,75	39,2	7,8	40,0
6 поверх	14	2,80	39,2	0,2	0	0	0	1,17				0,75	39,2	7,8	40,0
7 поверх	14	2,80	39,2	0,2	0	0	0	1,17				0,75	39,2	7,8	40,0
8 поверх	14	2,80	39,2	0,2	0	0	0	1,17				0,75	39,2	7,8	40,0
9 поверх	14	2,80	39,2	0,2	2	7	0,8	1,17				0,75	49,28	20,9	53,5
Всього по гуртожитку													365,08	94,364	377,1
Гуртожиток №3															
1 поверх	10	1,80	18	0,2	0	0	0	1,17	2	9	1	0,75	34,2	17,1	38,2
2 поверх	16	2,60	41,6	0,2	0	0	0	1,17				0,75	41,6	8,3	42,4
3 поверх	16	2,60	41,6	0,2	0	0	0	1,17				0,75	41,6	8,3	42,4
4 поверх	16	2,60	41,6	0,2	0	0	0	1,17				0,75	41,6	8,3	42,4

продовження таблиці 2.1

Найменування об'єкту	Кількість квартир	Питоме навантаження, кВт/кв	Розрахункове навантаження квартири, кВт	tgφ _{кв}	Кількість ліфтових установок	Потужність двигунів ліфту, кВт	Коефіцієнт попиту ліфтових	tgφ _{ліфт.}	Кількість СТП	Потужність СТП, кВт	Коефіцієнт попиту СТП	tgφ _{стп}	Розрахункове силове навантаження		
													P _p , кВт	Q, кВар	S, кВА
5 поверх	16	2,60	41,6	0,2	0	0	0	1,17				0,75	41,6	8,3	42,4
6 поверх	16	2,60	41,6	0,2	0	0	0	1,17				0,75	41,6	8,3	42,4
7 поверх	16	2,60	41,6	0,2	0	0	0	1,17				0,75	41,6	8,3	42,4
8 поверх	16	2,60	41,6	0,2	0	0	0	1,17				0,75	41,6	8,3	42,4
9 поверх	16	2,60	41,6	0,2	2	7	0,85	1,17				0,75	52,31	22,2	56,8
Всього по гуртожитку													377,71	97,583	390,1
Гуртожиток №2															
1 поверх	10	2,00	20	0,2	0	0	0	1,17	2	5	1	0,75	29	11,5	31,2
2 поверх	30	2,00	60	0,2	0	0	0	1,17				0,75	60	12,0	61,2
3 поверх	30	2,00	60	0,2	0	0	0	1,17				0,75	60	12,0	61,2
4 поверх	30	2,00	60	0,2	0	0	0	1,17				0,75	60	12,0	61,2
5 поверх	30	2,00	60	0,2	0	0	0	1,17				0,75	60	12,0	61,2
Всього по гуртожитку													269	59,5	275,5
Гуртожиток №1															
1 поверх	10	1,80	18	0,2	0	0	0	1,17	2	5	1	0,75	27	11,1	29,2
2 поверх	31	2,10	65,1	0,2	0	0	0	1,17				0,75	65,1	13,0	66,4
3 поверх	31	2,10	65,1	0,2	0	0	0	1,17				0,75	65,1	13,0	66,4

продовження таблиці 2.1

Найменування об'єкту	Кількість квартир	Питоме навантаження, кВт/кв	Розрахункове навантаження квартири, кВт	$\text{tg}\varphi_{\text{кв}}$	Кількість ліфтових установок	Потужність двигунів ліфту, кВт	Коефіцієнт попиту ліфтових установок	$\text{tg}\varphi_{\text{ліфт}}$	Кількість СТП	Потужність СТП, кВт	Коефіцієнт попиту СТП	$\text{tg}\varphi_{\text{стп}}$	Розрахункове силове навантаження		
													Р _p , кВт	Q, кВар	S, кВА
4 поверх	31	2,10	65,1	0,2	0	0	0	1,17				0,75	65,1	13,0	66,4
5 поверх	31	2,10	65,1	0,2	0	0	0	1,17				0,75	65,1	13,0	66,4
Всього по гуртожитку													287,4	63,18	294,3
Всього по студмістечку													1299,2	314,63	1336,7

2.2. Електричні навантаження вище 1000 В

Розрахункові електричні навантаження міських мереж 10 кВ визначаються шляхом перемноження загальної суми навантажень трансформаторів окремих ТП, що приєднані до даного компонента мережі, на коефіцієнт, що враховує поєднання найбільших значень їх навантажень. Коефіцієнт потужності для лінії 10 кВ під час піку навантаження приймається на рівні 0,98.

Розрахункові навантаження на шинах 10 кВ ЦП визначаються з урахуванням невідповідності найбільших значень навантажень споживачів міських розподільних мереж та мереж промислових підприємств шляхом перемноження загальної суми їх розрахункових навантажень на коефіцієнт поєднання максимумів.

Розрахункове електричне навантаження лінії, якщо воно перевищує 1 кВ при живленні споживачів у житлових будинках визначається:

$$P_{р.л.} = P_{зд.мах} + \sum K_{уi} P_{зд i} \quad (2.6)$$

де $P_{р.л.}$ – розрахункове електричне навантаження ліній до 1 кВ, кВт;
 $P_{зд.мах}$ – найбільше навантаження будівель з числа будівель, що живляться по лінії, кВт; $P_{зд i}$ – розрахункове навантаження інших будівель, що живляться по лінії, кВт; $K_{уi}$ – коефіцієнт участі в максимумі електричних навантажень громадських будівель.

Для прикладу наведено розрахунок втрат в трансформаторах ТП № 1:

$$\Delta P = n \cdot (\Delta P_X + \Delta P_K \cdot K_3^2) = 2 \cdot (0,95 + 5,5 \cdot 0,74^2) = 9 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q = n \cdot \left(\frac{2 \cdot \dot{O}}{100} \cdot S_H + \frac{U_K}{100} \cdot S_H \cdot K_C^2 \right) = 2 \cdot \left(\frac{0,95}{100} \cdot 400 + \frac{4,5}{100} \cdot 400 \cdot 0,74^2 \right) = 24,3 \text{ кВар}$$

Аналогічно розраховуються втрати в трансформаторах у інших ТП.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		18

Таблиця 2.2. Розрахункове навантаження в мережі вище 1000 В

Наменування об'єкту	Кількість кімнат	Питоме навантаження, кВт/кв	Встановлене навантаження, кВт	tgφ	Максимальне навантаження споживача		Ky	Розрахункове навантаження		
					Рм, кВт	Qм, кВар		Рр, кВт	Qр, кВар	Sp, кВА
ТП-1										
Гуртожиток №4										
Всього по гурт. №4	126	1,73	218,40	0,2	244,68	70,284	0,9	220,212	44,04	224,57
Гуртожиток №3										
Всього по гурт. №3	138	1,74	243,4	0,2	270,31	76,103	0,9	220,212	44,0424	224,57
Кафедра МЕ	8	0,5	4	0,2	4	0,8	0,85	3,4	0,68	3,47
Втрати в КЛ-0,4 кВ								61,7	12,3	62,88
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-1								505,5	101,1	515,49
Втратив тран-рах ТП	2	400						9,0	24,3	
Всього на шинах 10 кВ ТП-1								576,1	137,7	592,36
ТП-2										
Гуртожиток 2										
Всього по гурт. №2	130	1,44	192	0,2	201	45,9	0,9	180,9	36,18	184,48
Гуртожиток №1										
Всього по гурт. №1	134	1,466	202,03	0,2	211,03	47,91	0,9	180,9	36,18	184,48
Стоматологічний кабінет			4	1,17			0,85	3,4	3,978	5,23
Сауна			6	1,17			0,75	4,5	5,265	6,93
Втрати в КЛ-0,4 кВ								51,8	11,4	53,00
Всього на шинах 0,4 кВ ТП-2								421,5	93,0	431,60
Втратив тран-рах ТП	2	400						7,8	22,0	
Всього на шинах 10 кВ ТП-2								481,1	126,5	497,40
Всього на шинах 10 кВ							0,98	1036,04	258,909	1067,90

3. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

3.1. Розрахунок силових теплових навантажень

Теплове споживання залежить від опалювальної площі приміщення, питомої опалювальної характеристики будівлі, а також від температури зовнішнього повітря..

Розрахункові параметри зовнішнього повітря приймаються в залежності від пункту розташування об'єкту і приведені для м. Кропивницького.

Таблиця 3.1. Кліматологічні дані м. Кропивницького за опалювальний період

Тривалість опалюв. періоду, n_o , дів	Температура зовнішнього повітря в холодний період, °С			
	розрахункова для опалення, $t_{p.o.}$	середня		Число дів з $t_{p.v.} < t_{p.o.}$, n_{op}
		опалювального періоду, $t_{сер.о.}$	найбільш холодного місяця $t_{сер. х.м.}$	
185	-21	-1,0	-12,6	18

Розрахункове теплове навантаження на опалення приймають, Гкал/год:

$$Q_o^p = q_o \cdot S_o \cdot (t_{в.р.} - t_{p.o.}) \quad (3.1)$$

де q_o – питома опалювальна характеристика будівлі, Гкал/м²;

S_o – опалювальна площа, м²;

$t_{в.р.}$ – розрахункова температура повітря всередині опалювального приміщення, °С;

$t_{p.o.}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення, °С;

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
					20

В якості прикладу виконаємо розрахунок теплових навантажень на опалення для гуртожитку №4. Дані для розрахунку: $t_{в.р.} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $q_o = 1,25 \text{ Вт/(м}^3\cdot^{\circ}\text{C)}$; $V_3 = 29450 \text{ м}^3$.

Теплове навантаження на опалення:

$$Q_o^p = (1 + \mu) q_o V_3 (t_{в.р.} - t_{р.о.}) = (1 + 0,25) \cdot 1,25 \cdot 29450 \cdot (18 - (-21)) = 7020 \text{ кВт}$$

Розрахунок теплового навантаження на опалення інших будівель здійснюється аналогічно. Результати розрахунку приведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Результати розрахунку теплових навантажень на опалення

№ п\п	Найменування підрозділу	F, м ²	V, м ³	q _o , Вт/м ³ ·°C	t _{в.р.} , °C	Q _o ^p , кВт
1	Гуртожиток №4	4887	29450	1,25	18	1794,61
2	Гуртожиток №3	4716	28296	1,25	18	1724,29
3	Гуртожиток №2	2624	15744	1,25	18	959,40
4	Гуртожиток №1	2890	17340	1,25	18	1056,66

3.2. Розрахунок теплових навантажень на вентиляцію

Розрахункове теплове навантаження на вентиляцію визначають по укрупненим показникам. Для промислових підприємств:

$$Q_v^p = q_v V_3 (t_{в.р.} - t_{р.в.}) \quad (3.2)$$

де q_v – питома вентиляційна характеристика будівлі, Вт/(м³·°C);

$t_{р.в.}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для систем вентиляції, °C;

Дані для розрахунку: $t_{в.р.} = 16 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $q_v = 0,465 \text{ Вт/}(\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$; $V_3 = 144000 \text{ м}^3$.

Теплове навантаження на опалення, кВт:

$$Q_v^p = q_v V_3 (t_{в.р.} - t_{п.в.}) = 0,465 \cdot 144000 \cdot (16 - (-9)) = 1540 \text{ кВт}$$

Розрахунок теплового навантаження на вентиляцію для інших гуртожитків здійснюється аналогічно. Результати розрахунку приведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Результати розрахунку теплового навантаження на вентиляцію

№ п/п	Найменування підрозділу	F, м ²	V, м ³	q _v , Вт/м ³ · °C	t _{в.р.} , °C	Q _v ^p , кВт
1	Гуртожиток №4	4887	29450	0,279	18	221,85
2	Гуртожиток №3	4716	28296	0,279	18	213,15
3	Гуртожиток №2	2624	15744	0,279	18	118,60
4	Гуртожиток №1	2890	17340	0,279	18	130,62

3.3. Розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання

Середнє навантаження гарячого водопостачання за тиждень в опалювальний період, Вт:

$$Q_{г.з.}^{сер.т.} = \frac{amc_v(t_{г.} - t_{х.})}{n_c} \quad (3.3)$$

де a – норма витрати гарячої води з $t_{г.}$ на 1 споживача, л/добу, приймається рівною 25 л на 1 людину для громадських будівель [3];

m – число споживачів;

c_v – теплоємність води, 4190 Дж/(кг · К);

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		22

t_{Γ} – температура гарячої води приймається не менше 50 °С і не більше 75 °С для закритих систем теплопостачання;

t_x – температура холодної води, °С: приймається літом 15 °С; зимою 5 °С.

n_c – розрахункова тривалість подачі теплоти на гаряче водопостачання, с/добу; для трьохзмінного графіку роботи підприємства $n_c = 86400$ с/добу;

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання в літній період, Вт:

$$Q_{\Gamma.Л.}^{\text{сер.т.}} = Q_{\Gamma.З.}^{\text{сер.т.}} \frac{t_{\Gamma} - t_{x.Л.}}{t_{\Gamma} - t_{x.З.}} \beta \quad (3.4)$$

де $t_{x.Л.}$ – температура холодної води в літній період, °С;

$t_{x.З.}$ – температура холодної води в зимовий період, °С;

β – коефіцієнт, що враховує зниження витрати води на гаряче водопостачання в літній період по відношенню до витрати води в опалювальний період (при відсутності даних приймають $\beta = 0,8$ за виключенням підприємств, курортів і південних міст, для яких $\beta = 1$).

Розрахункове максимальне теплове навантаження гарячого водопостачання, Вт:

$$Q_{\Gamma.В.}^{\text{max}} = \chi Q_{\Gamma.}^{\text{сер.т.}} \quad (3.5)$$

де χ – розрахунковий коефіцієнт часової нерівномірності; для житлових і громадських будівель $\chi = 2,4$.

В якості прикладу виконаємо розрахунок теплових навантажень на гаряче водопостачання для. Кількість проживаючих людей складає 348.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		23

Середньогодинне навантаження на гаряче водопостачання в зимовий період:

$$Q_{\text{Г.З.}}^{\text{сер.т.}} = \frac{amc_{\text{в}}(t_{\text{Г}} - t_{\text{х}})}{n_{\text{с}}} = \frac{25 \cdot 348 \cdot 4,19(55 - 5)}{8 \cdot 3600} = 63,29 \text{ кВт}$$

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання в літній період:

$$Q_{\text{а.а.}}^{\text{н.д.д.}} = Q_{\text{а.а.}}^{\text{н.д.д.}} \frac{t_{\text{а}} - t_{\text{д.д.}}}{t_{\text{а}} - t_{\text{д.а.}}} \beta = 63,29 \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 50,63 \text{ кВт}$$

Розрахункове максимальне теплове навантаження гарячого водопостачання в зимовий період:

$$Q_{\text{Г.В.}}^{\text{max}} = \chi Q_{\text{Г.}}^{\text{сер.т.}} = 2,4 \cdot 63,29 = 151,8 \text{ кВт.}$$

Розрахункове максимальне теплове навантаження гарячого водопостачання в літній період, кВт:

$$Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{max}} = \chi Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{сер.т.}} = 2,4 \cdot 50,63 = 121,5 \text{ кВт.}$$

Результати розрахунку теплових навантажень на гаряче водопостачання для інших підрозділів підприємства приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. Результати розрахунку теплових навантажень на гаряче водопостачання.

№ п/п	Найменування підрозділу	м, люд.	$Q_{\text{Г.З.}}^{\text{сер.т.}}$	$Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{сер.т.}}$	$Q_{\text{Г.З.}}^{\text{max}}$	$Q_{\text{Г.Л.}}^{\text{max}}$
1	Гуртожиток №4	348	63,29	50,63	151,89	121,51
2	Гуртожиток №3	401	72,92	58,34	175,02	140,02
3	Гуртожиток №2	254	46,19	36,95	110,86	88,69
4	Гуртожиток №1	247	44,92	35,94	107,81	86,24
Всього по студмістечку		1262	229,50	183,60	318,11	550,81

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		24

Загальне максимальне теплове навантаження підприємства приведене в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. Теплове навантаження підприємства

№ п/п	Найменування підрозділу	Q_o^p , кВт	Q_B^p , кВт	$Q_{г.з.}^{max}$, кВт	Q_{Σ}
1	Гуртожиток №4	1794,61	221,85	151,89	2168,34
2	Гуртожиток №3	1724,29	213,15	175,02	2112,46
3	Гуртожиток №2	959,40	118,60	110,86	1188,86
4	Гуртожиток №1	1056,66	130,62	107,81	1295,08
Всього по студмістечку		5427,79	5534,95	684,22	550,81

3.4. Розрахунок та побудова графіків теплового споживання

Для побудови годинних графіків витрати теплоти на опалення достатньо використати два значення теплового навантаження Q_o^p при температурах $t_3 = t_{p.o.}$ і $t_3 = +8$ °С.

Для побудови річного графіка по місяцям, визначають розрахункові навантаження на опалення для кожного місяця опалювального періоду за формулою:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{в.р.} - t_3}{t_{в.р.} - t_{p.o.}} \right) \quad (3.7.)$$

Визначимо використовуючи формулу перерахунку (3.7.) годинні витрати на опалення при температурі зовні повітря $t_3 = +8$ °С, Гкал/год:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{\text{д.д.}} - t_{\text{г}}}{t_{\text{д.д.}} - t_{\text{д.г.}}} \right) = 5427 \cdot \left(\frac{18 - 8}{18 + 21} \right) = 1356$$

Годинні витрати при температурі зовні повітря $t_3 = -25$ °С, Гкал/год:

$$Q_o = Q_o^p \left(\frac{t_{\text{д.д.}} - t_{\text{г}}}{t_{\text{д.д.}} - t_{\text{д.г.}}} \right) = 5427 \cdot \left(\frac{18 + 25}{18 + 21} \right) = 5834$$

Знаходимо тривалості стояння температур зовнішнього повітря в годинах з інтервалом 5 °С і тривалість опалювального сезону для м. Кропивницького $n_0 = 6836$ год. Результати зводимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6. Тривалість стояння температур зовнішнього повітря

Величина	Температура зовнішнього повітря, °С							
	-35 -30	-30 -25	-25 -20	-20 -15	-15 -10	-10 -5	-5 0	0 +8
Тривал., n , год.	1	5	36	166	502	1128	2352	4484
Темпер., °С	-30 і нижче	-25 і нижче	-20 і нижче	-15 і нижче	-10 і нижче	-5 і нижче	0 і нижче	+8 і нижче
$\sum n$, год.	1	6	41	202	668	1630	3480	6836

Дані про споживання теплової енергії за тривалістю приведені на табл. 3.7.

№	Найменування підрозділу	t _р , °C	Q _{о^р} , кВт	Q _{в^р} , кВт	Q _{г.з.} , кВт	Q _{г.л.} , кВт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Гуртожиток №4	18	1794,61	221,85	151,89	121,51	1448,0	1410,1	1149,8	721,3	121,5	121,5	121,5	121,5	121,5	721,3	1063,0	1317,9
2	Гуртожиток №3	18	1724,29	213,15	175,02	140,02	1420,4	1383,9	1133,8	722,1	140,0	140,0	140,0	140,0	140,0	722,1	1050,4	1295,3
3	Гуртожиток №2	18	959,40	118,60	110,86	88,69	803,78	783,49	644,32	415,28	88,69	88,69	88,69	88,69	88,69	415,28	597,94	734,20
4	Гуртожиток №1	18	1056,66	130,62	107,81	86,24	870,97	848,62	695,35	443,09	86,24	86,24	86,24	86,24	86,24	443,09	644,26	794,33
	Всього		5534,95	684,22	550,81	440,65	4548,4	4431,3	3628,5	2307,1	440,6	440,6	440,6	440,6	440,6	2307,1	3360,8	4147,0

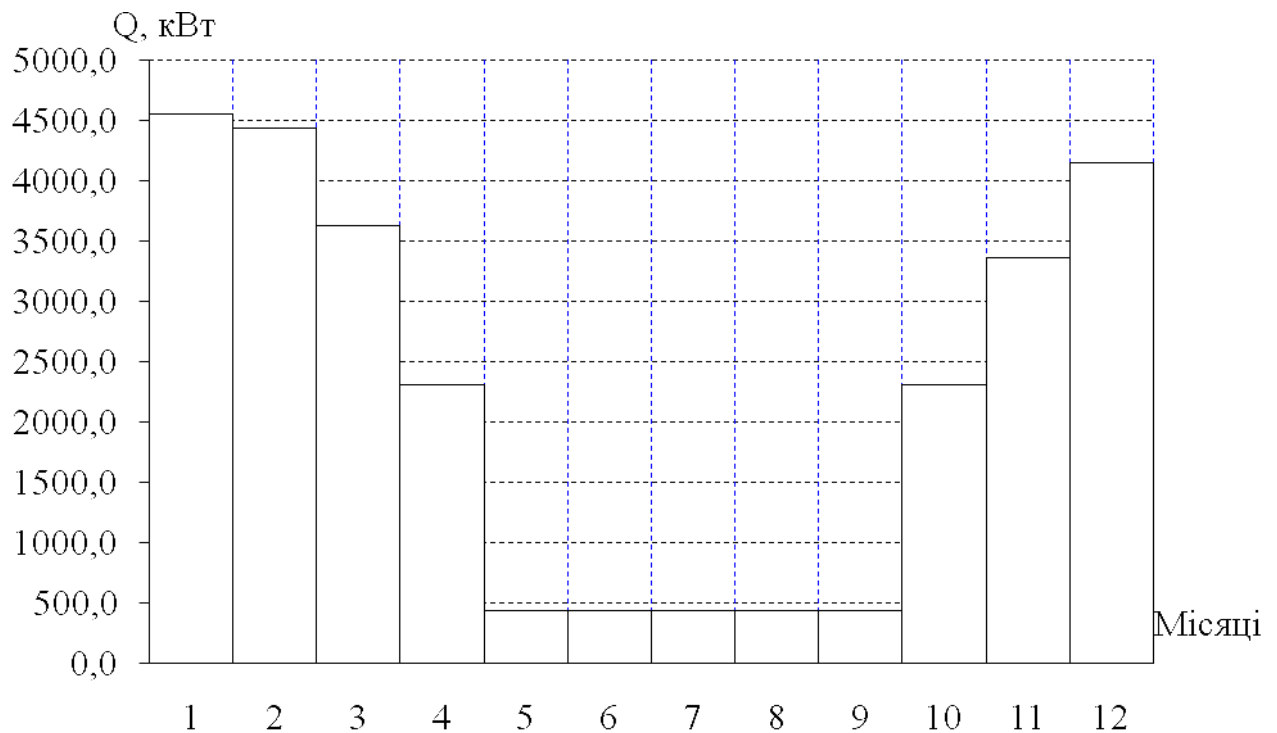


Рис. 3.1 Річний графік споживання теплової енергії

3.5. Побудова графіків електричних навантажень

При виконанні ряду розрахунків необхідні данні, котрі визначаються за графіками електричних навантажень. На підставі річного графіка визначаються річні витрати активної енергії, час використання максимального навантаження і максимальних втрат.

Річні витрати активної енергії, кВт*год:

$$W_p = \sum_{i=1}^{365} P_i * t_i \quad (6.1)$$

де P_i - ордината і-ї сходинки графіка, кВт; t_i - тривалість і-ї ступені, годин.

Річні витрати реактивної енергії квар*год:

$$V_p = \sum_{i=1}^{365} Q_i * t_i \quad (6.2)$$

де Q_i - ордината і-ї сходинки графіка, квар; t_i - тривалість і-ї ступені, годин.

Час використання максимального навантаження:

$$T_m = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_p} \quad (6.3)$$

Час максимальних втрат, годин:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_m}{10^4})^2 8760 \quad (6.4)$$

Розрахунок графіків електричних навантажень приведений в таблицях 3.8, 3.9, а графіки на рисунках 3.1- 3.5.

Таблиця 3.8. Активне навантаження по сезонам року

Години	Навантаження робочої доби				Навантаження вихідної доби			
	%	Зима (Р _{зр}), кВт	%	Літо (Р _{лр}), кВт	%	Зима (Р _{зв}), кВт	%	Літо (Р _{лв}), кВт
1	70	725,2	70	616,4	70	725,2	59	616,44
2	51	528,4	51	449,1	51	528,4	43	449,12
3	38	393,7	38	334,6	38	393,7	32	334,64
4	35	362,6	35	308,2	35	362,6	29	308,22
5	34	352,3	34	299,4	34	352,3	28	299,41
6	34	352,3	34	299,4	34	352,3	28	299,41
7	52	538,7	52	457,9	35	362,6	29	308,22
8	60	621,6	60	528,4	42	435,1	35	369,87
9	51	528,4	51	449,1	45	466,2	38	396,3
10	47	486,9	47	413,9	47	486,9	39	413,9
11	49	507,7	49	431,5	49	507,7	41	431,5
12	51	528,4	51	449,1	51	528,4	43	449,1
13	61	632,0	61	537,2	61	632,0	51	537,2
14	67	694,1	67	590,0	67	694,1	56	590,0
15	71	735,6	71	625,2	71	735,6	60	625,2
16	78	808,1	78	686,9	78	808,1	66	686,9
17	88	911,7	88	775,0	79	818,5	67	695,7
18	93	963,5	93	819,0	78	808,1	66	686,9
19	92	953,2	92	810,2	78	808,1	66	686,9

Продовження таблиці 3.8

Години	Навантаження робочої доби				Навантаження вихідної доби			
	%	Зима ($P_{зр}$), кВт	%	Літо ($P_{лр}$), кВт	%	Зима ($P_{зв}$), кВт	%	Літо ($P_{лв}$), кВт
20	100	1036,0	100	880,6	88	911,7	74	775,0
21	98	1015,3	98	863,0	93	963,5	79	819,0
22	93	963,5	93	819,0	90	932,4	76	792,6
23	83	859,9	83	730,9	83	859,9	70	730,9
24	76	787,4	76	669,3	80	828,8	68	704,5
Σдобове		16286,5		13843,54		15302,28		13006,93

Таблиця 3.9. Реактивне навантаження по сезонам року

Години	Навантаження робочої доби				Навантаження вихідної доби			
	%	Зима ($Q_{зр}$), кВар	%	Літо ($Q_{лр}$), кВар	%	Зима ($Q_{зв}$), кВар	%	Літо ($Q_{лв}$), кВар
1	70	181,2	70	154,1	70	181,2	59	154,1
2	51	132,0	51	112,2	51	132,0	43	112,2
3	38	98,4	38	83,6	38	98,4	32	83,6
4	35	90,6	35	77,0	35	90,6	29	77,0
5	34	88,0	34	74,8	34	88,0	28	74,8
6	34	88,0	34	74,8	34	88,0	28	74,8
7	52	134,6	52	114,4	35	90,6	29	77,0
8	60	155,3	60	132,0	42	108,7	35	92,4
9	51	132,0	51	112,2	45	116,5	38	99,0
10	47	121,7	47	103,4	47	121,7	39	103,4
11	49	126,9	49	107,8	49	126,9	41	107,8
12	51	132,0	51	112,2	51	132,0	43	112,2
13	61	157,9	61	134,2	61	157,9	51	134,2
14	67	173,5	67	147,4	67	173,5	56	147,4
15	71	183,8	71	156,3	71	183,8	60	156,3
16	78	201,9	78	171,7	78	201,9	66	171,7
17	88	227,8	88	193,7	79	204,5	67	173,9
18	93	240,8	93	204,7	78	201,9	66	171,7
19	92	238,2	92	202,5	78	201,9	66	171,7

Продовження таблиці 3.9

Години	Навантаження робочої доби				Навантаження вихідної доби			
	%	Зима ($Q_{зр}$), кВар	%	Літо ($Q_{лр}$), кВар	%	Зима ($Q_{зв}$), кВар	%	Літо ($Q_{лв}$), кВар
20	100	258,9	100	220,1	88	227,8	74	193,7
21	98	253,7	98	215,7	93	240,8	79	204,7
22	93	240,8	93	204,7	90	233,0	76	198,1
23	83	214,9	83	182,7	86	222,7	73	189,3
24	76	196,8	76	167,3	80	207,1	68	176,1
$\Sigma_{\text{добове}}$		4070,056		3459,5		3831,86		3257,1

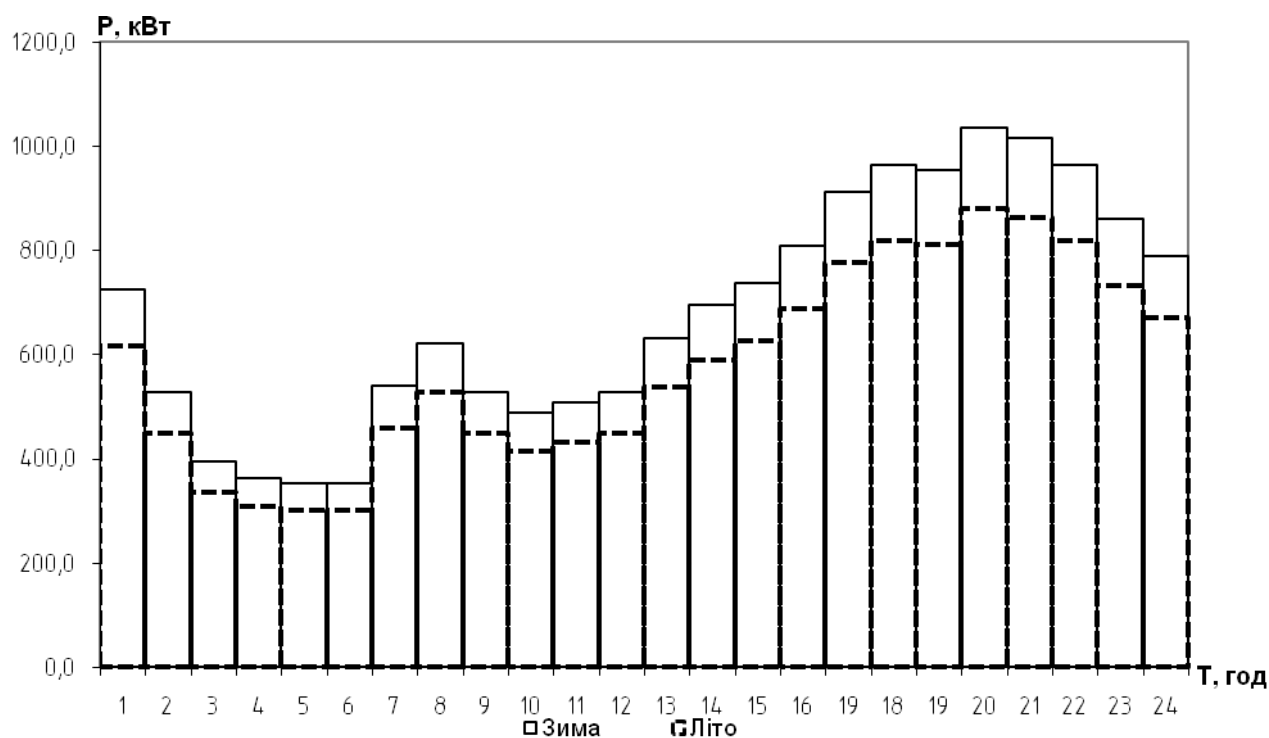


Рис. 3.2 . Активне навантаження в робочий день

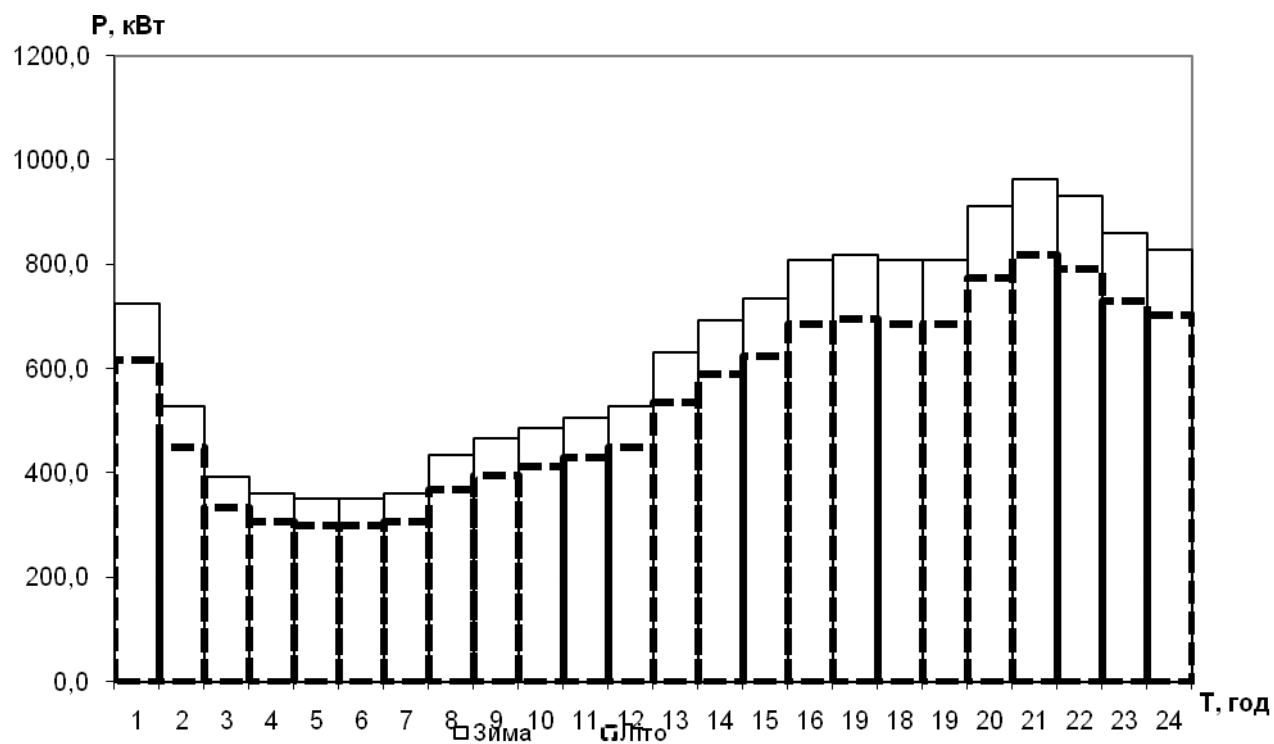


Рис. 3.3 . Активне навантаження у вихідний день

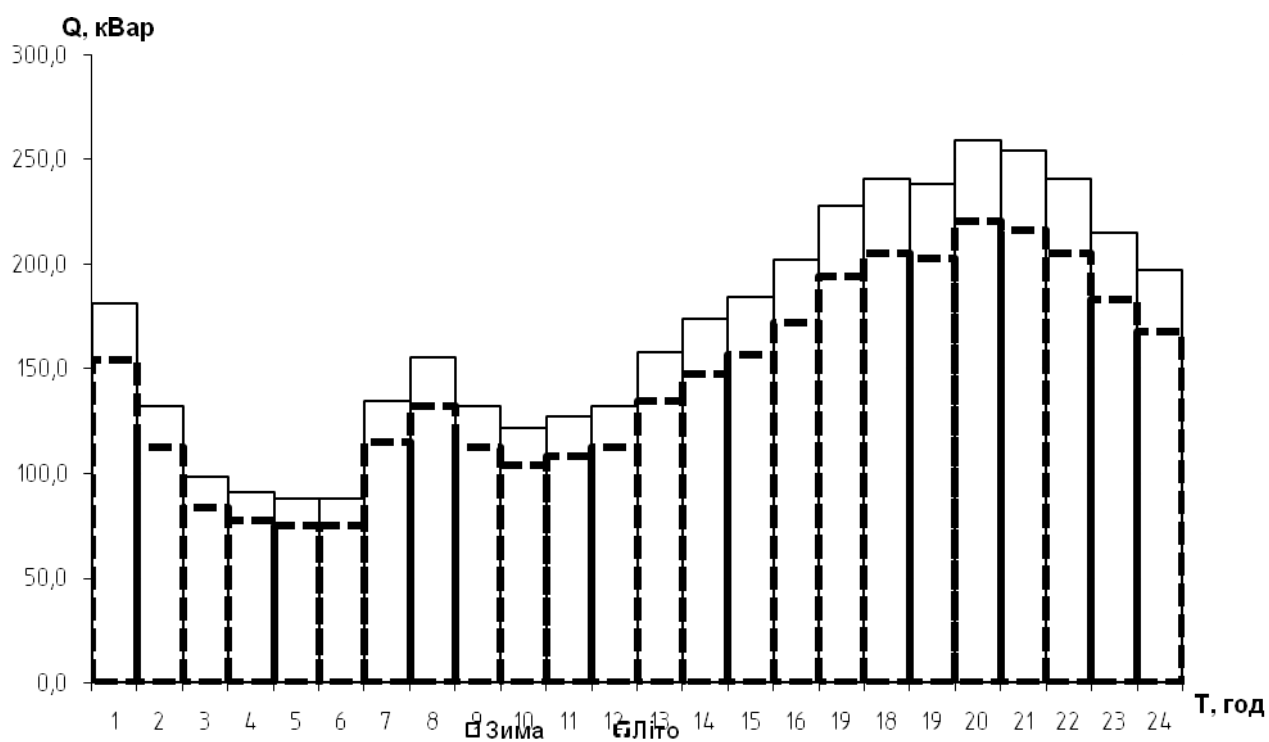


Рис. 3.4 . Реактивне навантаження в робочий день

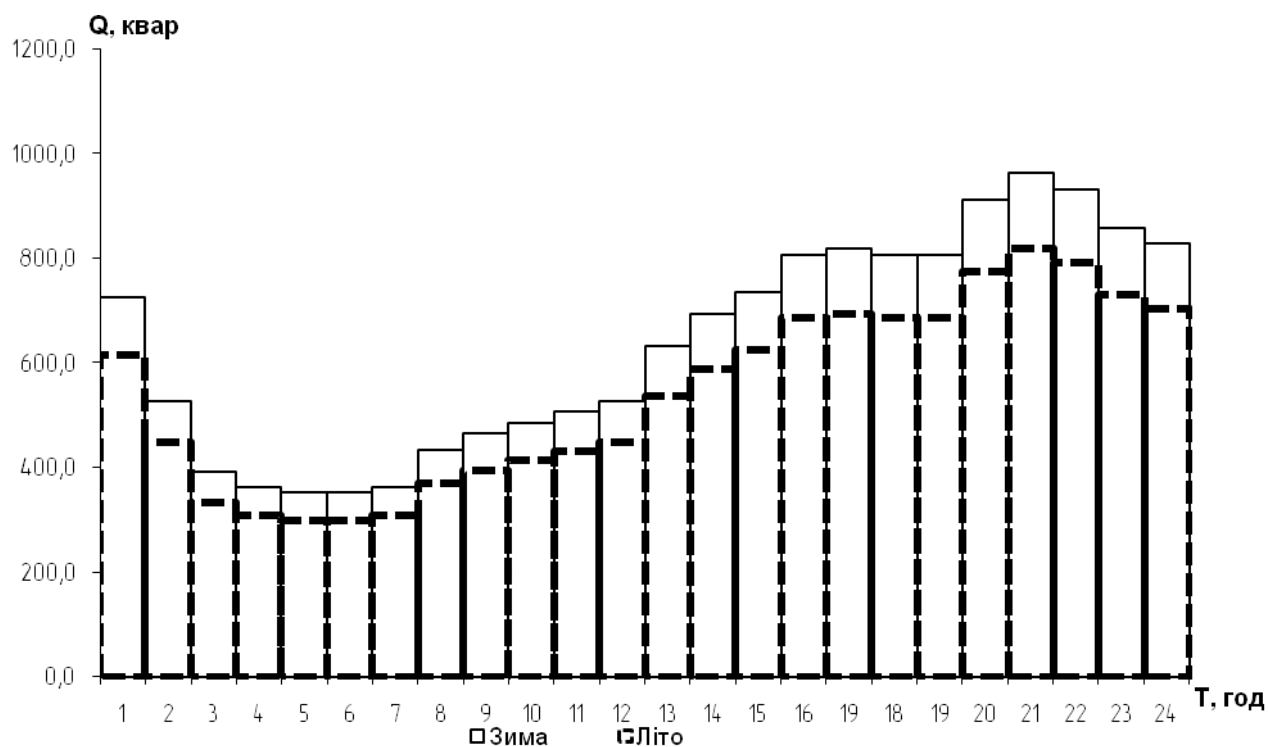


Рис. 3.5 . Реактивне навантаження у вихідний день

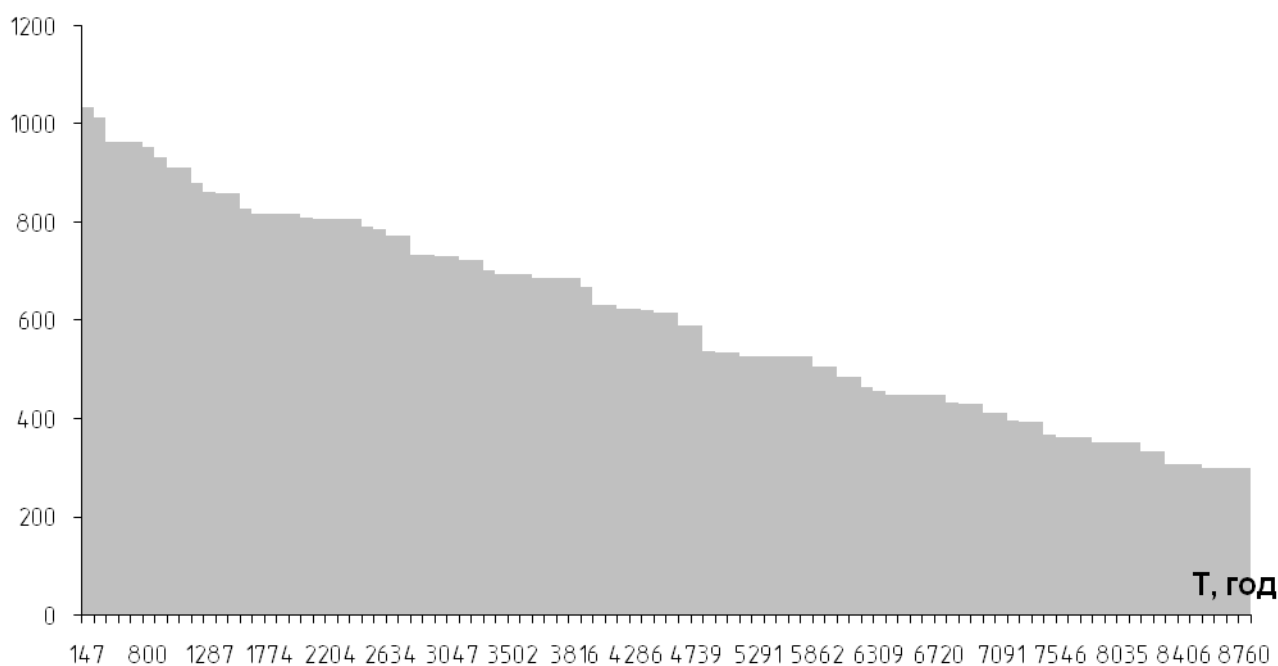


Рис. 3.6 Річний графік

Річні витрати активної та реактивної енергії :

$$W_p = P_{зр\Sigma} \cdot 147 + P_{зв\Sigma} \cdot 65 + P_{лр\Sigma} \cdot 105 + P_{лв\Sigma} \cdot 48 =$$

$$= 16287 \cdot 147 + 15302 \cdot 65 + 13844 \cdot 105 + 13007 \cdot 48 = 5466669,4 \text{ кВт*год};$$

$$V_p = Q_{зр\Sigma} \cdot 143 + Q_{зв\Sigma} \cdot 65 + Q_{лр\Sigma} \cdot 105 + Q_{лв\Sigma} \cdot 48 =$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		33

$$= 4070 \cdot 147 + 3831,9 \cdot 65 + 3460 \cdot 105 + 3257 \cdot 48 = 1366961,6 \text{ квар*год.}$$

Час використання максимуму навантаження:

$$T_M = \frac{\sqrt{W_p^2 + V_p^2}}{S_p} = \frac{\sqrt{5466669,4^2 + 1366962^2}}{1068} = 5270 \text{ год}$$

Час максимальних втрат:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_M}{10^4})^2 8760 = (0,124 + 5276,70/10000)^2 8760 = 3720,1 \text{ год.}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		34

4. Побудова картограми центру електричних та теплових навантажень

Для визначення місць розташування центру електричних навантажень та ТП на генеральний студмістечка наноситься картограма електричних навантажень. При побудові картограми для кожного ТП визначається радіус кола, площа якого у вибраному масштабі дорівнює його розрахунковому навантаженню P_p .

Радіус кола визначається за формулою:

$$R = \sqrt{\frac{P_0}{\pi \cdot m}} = \sqrt{\frac{126,24}{3,14 \cdot 0,2}} = 14,17 \text{ мм} \quad (4.1)$$

де m - масштаб кола, кВт/мм².

Таблиця 4.1. Дані для побудови картограми електричних навантажень та розрахунку умовного центру електричних навантажень.

№ п/п	Найменування	$P^{0,4\text{сил}}$, кВт	$P^{0,4\text{жил}}$, кВт	P_p , кВт	m	α	R , мм	x , м	y , м	P^*x , кВт м	P^*y , кВт м
	Гуртожиток №4	26,28	218,40	244,68	0,05	38,7	39,47	25,00	75,00	6117,00	18351,00
	Гуртожиток №3	26,91	243,4	270,31	0,05	35,8	41,48	75,00	102,00	20273,25	27571,62
	Гуртожиток №2	9,0	192,00	201,00	0,05	16,1	35,77	208,00	67,00	41808,00	13467,00
	Гуртожиток №1	9,0	202,03	211,03	0,05	15,4	36,65	261,00	67,00	55078,83	14139,01
				927						123277,08	73528,63

Найкраще розподільчий пристрій розміщати в умовному центрі електричних навантажень. Координати центра електричних навантажень визначаються за формулами:

$$x_0 = \sum_{i=1}^n x_i P_i / \sum_{i=1}^n P_i = 123277,08/927 = 133 \text{ м}; \quad (4.2)$$

$$y_0 = \sum_{i=1}^n y_i P_i / \sum_{i=1}^n P_i = 73528,63/927 = 79 \text{ м}; \quad (4.3)$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

де n - кількість розрахункових точок;

x_i та y_i - координати i -го споживача на генеральному плані;

P_i - розрахункове навантаження i -го споживача.

При розрахунку центра електричного навантаження було розраховано, що він знаходиться в координатах $X = 133$ м, $Y = 73$ м. При співставленні цієї точки з генпланом студмістечка виникає проблема розташування трансформаторної підстанції. Проблема полягає в тому, що ТП за своїм розташуванням сприяє виникненню перетоків електричної енергії. Зважаючи на цю причину ТП підприємства необхідно змістити згідно рекомендацій в сторону живлення. Нове розміщення ТП показано на генплані.

Розрахунок центру теплових навантажень ведеться аналогічно вище приведеному розрахунку. Результат розрахунку приводимо в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Розрахунок картограми теплових навантажень

№ п/п	Найменування підрозділу	Q_o^p	Q_B^p	$Q_{г.з.}^{max}$	Q_{Σ}	R, мм	α_B , град	$\alpha_{г.в.}$, град	X, м	Y, м	QX, кВт•м	QY, кВт•м
1	Гуртожиток №4	1794,6	221,85	151,89	2168,3	186	37	25	25	75	54208,6	162625,8
2	Гуртожиток №3	1724,3	213,15	175,02	2112,4	183	36	30	75	102	158434,6	215471,0
3	Гуртожиток №2	959,40	118,60	110,86	1188,8	138	36	34	208	67	247282,9	79653,6
4	Гуртожиток №1	1056,6	130,62	107,81	1295,1	144	36	30	261	67	338016,8	86770,6
		5534,95	684,22	545,57	6764,75						797942,9	544521,0

Координати центра теплових навантажень (ЦТН) визначаються за формулами:

$$x_0 = \sum_{i=1}^n x_i P_i / \sum_{i=1}^n P_i = 797942,9 / 6764,75 = 118 \text{ м};$$

$$y_0 = \sum_{i=1}^n y_i P_i / \sum_{i=1}^n P_i = 544521,0 / 6764,75 = 80 \text{ м};$$

Центр теплових навантажень також розташований в місці в якому при встановленні розподільчого пункту теплопостачання виникне потреба у зворотніх перетоках від системи теплопостачання. Для встановлення автономного джерела теплопостачання студмістечка отримані ЦТН координати можуть прийняті для подальшого проектування.

5. Вибір напруги та електричних схем зовнішнього і внутрішнього електропостачання

5.1. Вибір напруги та схеми зовнішнього електропостачання

Розподільчі мережі 10 кВ рекомендується використовувати для сучасних міських, комунально-побутових і громадських споживачів. Доцільність споруди РП 10(6) кВ повинна обґрунтовуватися техніко-економічним розрахунком. Навантаження РП на розрахунковий термін повинне складати на шинах 10 кВ не менше 7 Мвт.

Кінцеве проектне рішення вибирається зрівнянням приведених затрат по варіантам.

Приведені затрати по і-му варіанту:

$$Z_i = E_n \cdot K_i + C_i + C_{\text{пот.і}} + U_i, \quad (5.1)$$

де E_n - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K_i - сумарні капітальні вкладення, тис. грн.;

C_i - затрати по передачі та розподіленню електроенергії, тис. грн./рік;

$C_{\text{пот.і}}$ - вартість втрат електроенергії, тис. грн./рік;

U_i - імовірний збиток від перерв в електропостачанні, тис. грн./рік.

Вигіднішим вважається той варіант, який має менші приведені затрати. Якщо різниця між приведеними затратами для різних варіантів не перевищує 10%, то варіанти вважаються рівноцінними. В даній роботі живлення електропостачання можливе від ЦРП-8 з встановленою номінальною напругою 10 кВ, тому порівняння зовнішніх варіантів не проводимо.

5.2. Вибір напруг та схем внутрішнього електропостачання

При петльовій, замкнутій і радіальній схемах розподільних мереж 10 кВ повинні застосовуватися ТП, як правило, з одним трансформатором.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		37

Комунально-побутові та громадські споживачі з рівнем забудови 9 поверхів і вище належать до II категорії за надійністю електропостачання.

В даному проекті порівнюємо два варіанти живлення магістральну схемою та радіальну схему живлення ТП 10/0,4 кВ.

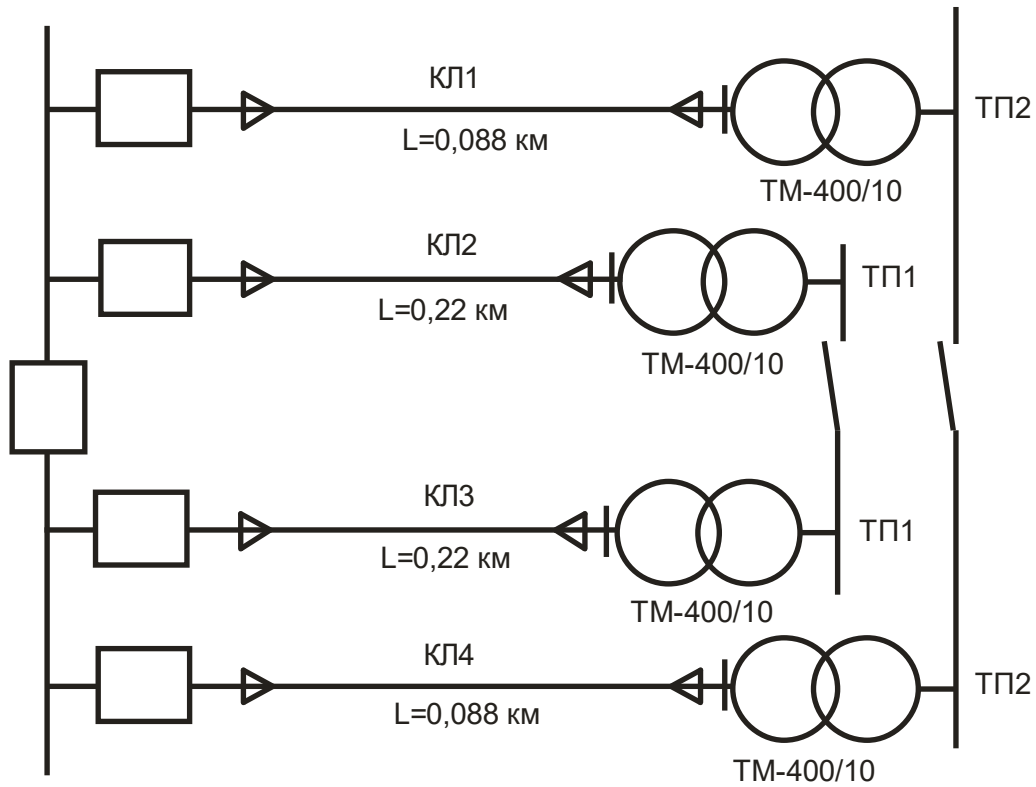


Рис. 5.1 Радіальна схема електропостачання

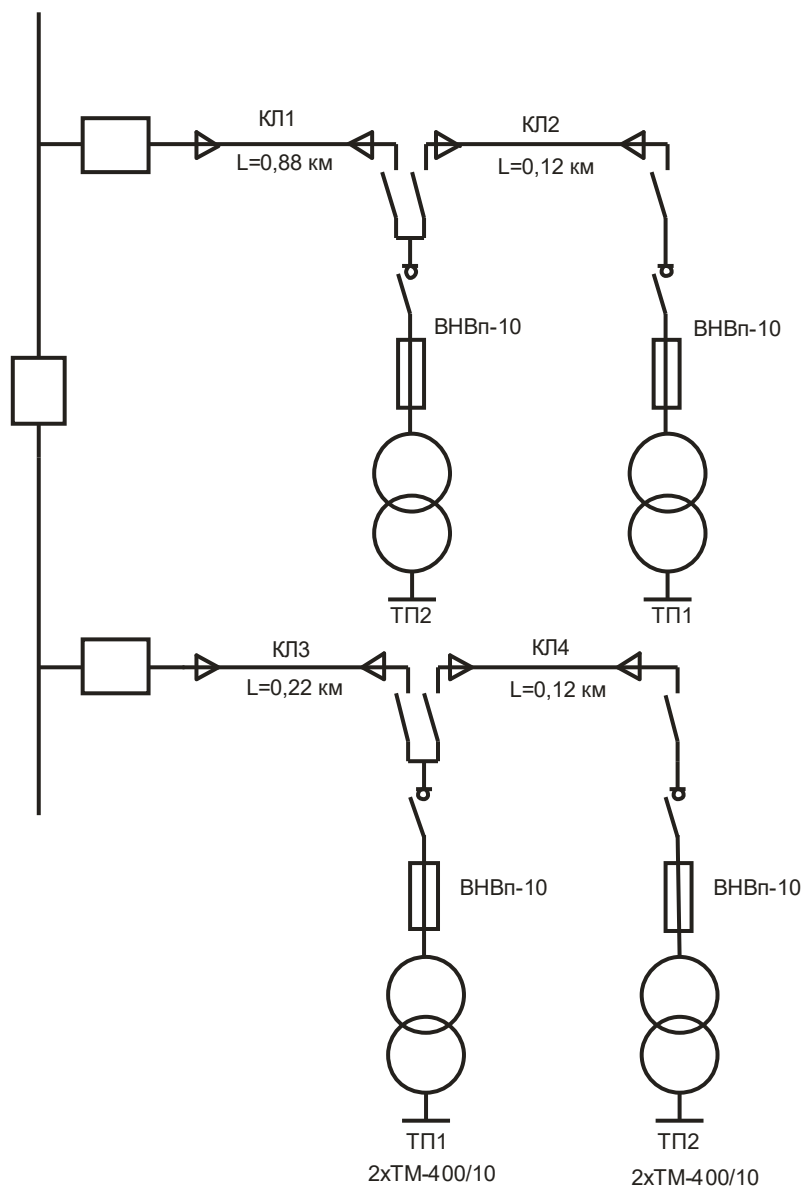


Рис. 5.2 Магістральна схема електропостачання

Приведемо приклад розрахунку втрат кабельною лінією (КЛІ).

$U_H = 10$ кВ; довжина кабельної лінії $l_{КЛІ} = 0,11$ км.

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3} \cdot U_i} = \frac{1067}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 30,8 \text{ А};$$

Площа перерізу кабельної лінії:

$$F_{ек} = I_p / J_{ек} = 30,84 / 1,1 = 28,03 \text{ мм}^2$$

де $j_{ек} = 1,1$ А/мм² – економічна щільність струму приймається по табл. 1.3.36 [9] при $T_m = 5276$ год. Приймаємо стандартний переріз 35 мм² кабелю. Приймаємо кабель марки ААШв – 10 (3 х 35). Кількість $n = 1$

Для даного кабелю допустимий тривалий струм $I_{доп} = 115$ А, втрати потужності на 1 км $P_{1км} = 11$ кВт/км, вартістю $K_0 = 43$ тис. грн/км.

Допустимий довготривалий струм навантаження з урахуванням кількості кабелів, що працюють в одній траншеї:

$$I_{доп}' = I_{доп} \cdot K_n = 115 \cdot 1,0 = 115 \text{ А};$$

де K_n – поправочний коефіцієнт на кількість працюючих кабелів в одній траншеї (табл. 1.3.26. [9]), для $n_{кл} = 1$ $K_n = 1$

Коефіцієнт попереднього завантаження кабеля

$$K_z = I_p / (n \cdot I_{доп}') = 30,8 / (1 \cdot 115) = 0,27$$

При виході зі строю однієї лінії, інша забезпечить живлення навантаження

$$I_{авар}' = n \cdot I_{доп}' \cdot K_{а.п} = 1 \cdot 115 \cdot 1,35 = 155,3 > I_{р.ав} = 62 \text{ А}$$

Отже живлення забезпечуватиметься нормально.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		40

Втрати потужності та енергії в лінії:

$$\Delta \mathcal{E}_1 = \Delta P_{\text{л}} \Delta t = 0,212 \cdot 3862 = 819,17444 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{\text{1км}} \Delta l \Delta K_z^2 = 11 \cdot 0,11 \cdot 0,3^2 = 0,21211 \text{ кВт}$$

Сумарна довжина кабельної лінії

$$l_{\Delta} = l_{\text{КЛ}} \cdot n = 0,11 \cdot 1 = 0,11 \text{ км}$$

$n_{\text{л}}$ - кількість кабельних ліній в одному ланцюгу, шт

$$C_{\text{втрат}} = \Delta \mathcal{E}_1 \Delta C_0 = 819,174 \cdot 4,8 = 3932 = 3,93 \text{ тис. грн.}$$

де C_0 – вартість 1 кВт·год електроенергії; згідно з діючими тарифами $C_0 = 4,8 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$.

Результати розрахунків по варіантам електропостачання зводимо до таблиць 5.1-5.7.

.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41

Таблиця 5.1. Розрахунок параметрів кабельних ліній

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	I _{ф.р.} , А	F _{ек} , мм ²	F _{ст} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _з
КЛ-1	592,0	2,0	17,1	68,4	15,6	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,07
КЛ-2	497,0	2,0	14,4	57,5	13,1	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,06
КЛ-3	497,0	2,0	14,4	57,5	13,1	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,06
КЛ-4	592,0	2,0	17,1	68,4	15,6	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,07

Таблиця 5.2 . Розрахунок втрат електричної енергії в кабельній мережі схеми

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	K _з	l, км	ΔРл, кВт	ΔЕл, кВт*год	С _о , грн/кВт	С _{втр} , тис. грн
КЛ-1	592	2	17,11	0,07	0,088	0,011	41,4	4,8	0,1987
КЛ-2	497	2	14,364	0,06	0,22	0,019	72,9	4,8	0,3499
КЛ-3	497	2	14,364	0,06	0,088	0,008	29,2	4,8	0,1402
КЛ-4	592	2	17,11	0,07	0,22	0,027	103,4	4,8	0,4963
Всього							246,9		1,1851

Таблиця 5.3. Розрахунок параметрів кабельних ліній

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	I _{ф.р.} , А	F _{ек} , мм ²	F _{ст} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _з
КЛ1	1067,00	2,00	30,84	61,68	28,03	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,13
КЛ2	497,00	2,00	14,36	28,73	13,06	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,06
КЛ3	1067,00	2,00	30,84	61,68	28,03	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,13
КЛ4	497,00	2,00	14,36	28,73	13,06	35	ААШВ(3 × 35)	115	0,06

Таблиця 5.4. Розрахунок втрат електричної енергії в кабельній мережі схеми

№ КЛ на схемі	Sp, кВА	n	I _p , А	K _з	l, км	ΔРл, кВт	ΔЕл, кВт*год	С _о , грн/кВт	С _{втр} , т. грн
КЛ1	1067	2	30,838	0,13	0,088	0,035	134,4	4,8	0,6451
КЛ2	497	2	14,364	0,06	0,12	0,010	39,8	4,8	0,191
КЛ3	1067	2	30,838	0,13	0,22	0,087	336,0	4,8	1,6128
КЛ4	497	2	14,364	0,06	0,12	0,010	39,8	4,8	0,191
						0,142	550		2,64

Таблиця 5.5. Розрахунок капітальних вкладень

№ п/п	Найменування об'єкту	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис. грн	Вартість всього, тис. грн
І варіант	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються	шт	4	42	168
	Кабельна лінія типу				
	ААШв(3 × 35)	км	1,1	43	46,268
	Траншея	км	1,2	19,9	23,55
	Всього по КЛ з урахуванням траншеї				69,82
	Всього				237,82

Вим.		
Арк.		
№ документа		
Підпис		
Дата		
44	Арк.	

продовження таблиці 5.5

№ п/п	Найменування об'єкту	Одиниця	Кількість	Вартість одиниці, тис. грн	Вартість всього, тис. грн
ІІ варіант	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ, що встановлюються на ЦРП	шт	2	42	84
	ААШв(3 × 35)	км	0,8	43	33,884
	ААШв(3 × 50)	км		42	0
	Траншея	км	0,89	19,9	17,25
	Всього по КЛ з урахуванням траншеї				51,13
	Шафи з вимикачами навантаження, що додатково встановлюються	шт	4	24	96,00
	Всього				231,13

Вим.	
Арк.	
№ документа	
Підпис	
Дата	
45	Арк.

Таблиця 5.6 . Розрахунок поточних витрат

№ п/п	Найменування об'єкту	K _i , тис грн	P _a , %	C _a , %	P _с , %	C _с , %	C _п , тис грн
I варіант	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ	168	15	25,20	5	8,40	33,60
	Кабельні лінії з урахуванням траншеї	69,82	5	3,49	5	3,49	6,98
	Всього	237,82		28,69		11,89	40,58
II варіант	Шафи КРУ з вимикачами 10 кВ	84	15	12,60	5	4,20	16,80
	Кабельні лінії з урахуванням траншеї	51,13	5	2,56	5	2,56	5,11
	Шафи з вимикачами навантаження, що додатково встановлюються	96	15	14,40	5	4,80	19,20
	Всього	231,13		29,56		11,56	41,11

Таблиця 5.7. Розрахунок приведених витрат по варіантах

Показники	Варіант	
	1	2
Капіталовкладення	237,82	231,13
Поточні затрати	40,58	41,11
Вартість втрат електроенергії	1,18	2,64
Приведені витрати	70,30	71,49

За приведеними витратами варіанти практично рівноцінні, тому приймаємо, той варіант при якому менша вартість втрат електроенергії. Тобто для подальшого проектування використовуємо радіальну схему живлення споживачів студмістечка.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		46

6. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ПІДСТАНЦІЙ ПІДПРИЄМСТВА

6.1. Вибір кількості та потужності трансформаторів ГЗП

Вибір кількості трансформаторів залежить від вимог до надійності електропостачання споживачів, які живляться від підстанції і є, таким чином, техніко-економічним завданням. В даній роботі проектування головної знижувальної підстанції не планується, тому вибір трансформаторів, що встановлюються на ГЗП не проводимо.

6.2. Вибір кількості, потужності трансформаторних підстанцій (ТП)

У районах малоповерхової забудови потужність трансформаторів ТП залежно від щільності навантаження на шинах 0,4 кВ рекомендується приймати згідно таблиці 3.1.

Таблиця 6.1 – Потужність трансформаторів

Щільність навантаження, МВт/км ²	Потужність трансформаторів ТП, кВА
від 0,8 до 1,0	1·160
понад 1,0 до 2,0	1·250
понад 2,0 до 5,0	1·400
понад 5,0 до 8,0	1·630

У районах багатоповерхової забудови (9 поверхів і вище) при щільності навантаження 8 МВт / км² і більш оптимальне навантаження РП повинна складати: при напрузі 10 кВ – 12 МВт.

Проводимо розрахунок потужності трансформаторів ТП.

Для ТП №1:

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

Потужність силових трансформаторів:

$$S_{\text{тр п}} = S_{\text{р}} / n = 592 / 1,4(2-1) = 423 \text{ кВА}$$

Приймаємо найближче значення з стандартного ряду потужностей і вибираємо трансформатор марки ТМ - 400/10. Приймаємо до встановлення КТП 10/0,4 Хмельницького заводу трансформаторних підстанцій.

Коефіцієнт завантаження в нормальному режимі:

$$K_z = S_{\text{р}} / (n S_{\text{тр}}) = 592 / (2 \cdot 400) = 0,74$$

Потрібне відключення споживачів III категорії в аварійному режимі 54 кВА .

Для ТП №2: вибираємо потужність силових трансформаторів:

$$S_{\text{тр п}} = S_{\text{р}} / n = 497 / 1,4 = 355,6 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт завантаження в нормальному режимі:

$$K_z = S_{\text{р}} / S_{\text{тр}} = 497 / 2 \cdot 400 = 0,62$$

Не потрібне відключення споживачів III категорії в аварійному режимі.

Результати розрахунків зводимо до таблиці 6.2.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		48

Таблиця 6.2. Вибір потужності та місця розташування цехових трансформаторів

№ ТП	N, шт	S _{роз} , кВ·А	Навантаження	Марка	K ₃	$S_{ном} > S_p / K_1$	$S_{ном} > S_p / K_2$	Тип КТП
1	2	592	Гуртожитки №3,4	ТМ-400-10/0,4	0,74	400>299	400>211	Вбудована
2	2	497	Гуртожитки №1,2	ТМ-400-10/0,4	0,62	400>261	400>177	Вбудована

7. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМКНЕНЬ ТА ВИБІР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБЛАДНАННЯ І ВИСОКОВОЛЬТНИХ МЕРЕЖ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

7.1. Розрахунок струмів короткого замикання

Для розрахунку струмів короткого замикання складається розрахункова схема в однолінійному виді. За розрахунковою схемою складається схема заміщення. Схема заміщення спрощується в еквівалентну схему.

У відповідності зі схемою заміщення, значення періодичної складової струму КЗ визначається:

$$I_{n0} = I'' = \frac{E_{\Sigma}''}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{рез}^2 + X_{рез}^2}}, \quad (7.1)$$

де E_{Σ}'' – результуюча надперехідна ЕРС, кВ;

$X_{рез}$ – результуючий опір, де розраховується струм КЗ, Ом.

У випадку великої віддаленості точки КЗ від джерел живлення вважається, що точка КЗ живиться від джерела нескінченної потужності, що означає:

$$S_{КЗ} = \infty, x_c = 0, E_{\Sigma}'' = U_c = \text{const.}$$

Ударний струм КЗ:

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot K_{y0} \cdot I'', \quad (7.2)$$

де $K_{y0} = 1 + e^{-0,01/Ta}$ – ударний коефіцієнт

де Ta – стала часу затухання аперіодичної складової струму КЗ, с:

$$Ta = \frac{X_{рез}}{\omega R_{рез}},$$

де $X_{рез}$ $R_{рез}$ - відповідно результуючі індуктивний і активний опори кола КЗ.

Перед розрахунком струмів КЗ складається розрахункова схема, за якою визначають точки, в яких необхідно розрахувати струми КЗ (рис. 7.1.).

За розрахунковою схемою складається схема заміщення, на якій всі елементи представлені у вигляді опорів (рис. 7.2).

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		50

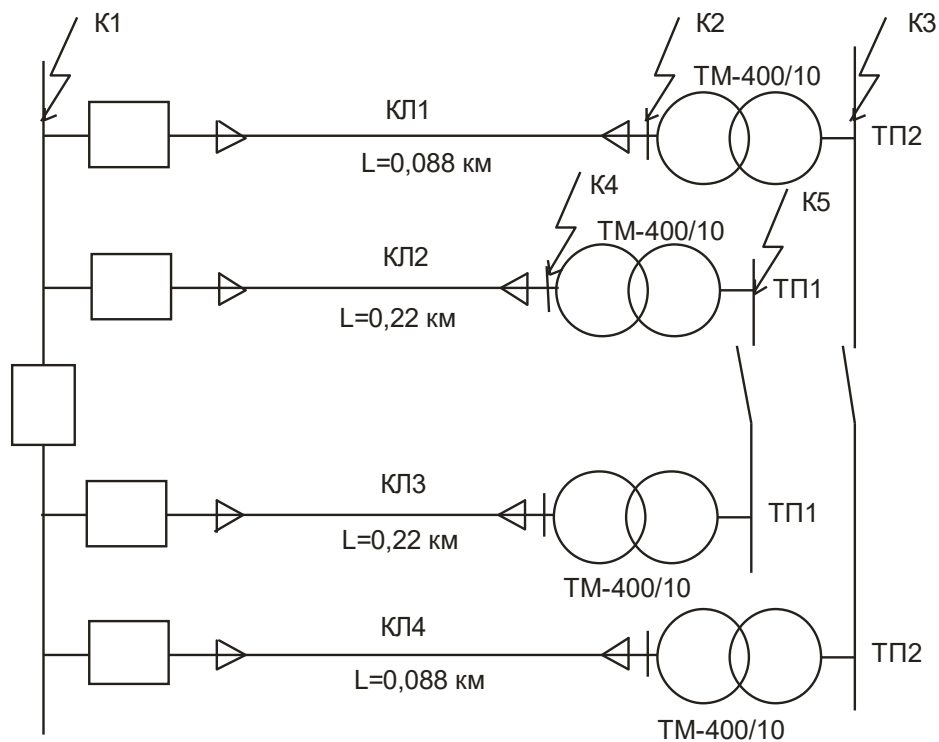


Рис. 7.1. Схема для розрахунку струмів КЗ

Для розрахунку струмів короткого замикання приведемо схему заміщення для однієї секції шин, так як на іншій струми будуть однакові.

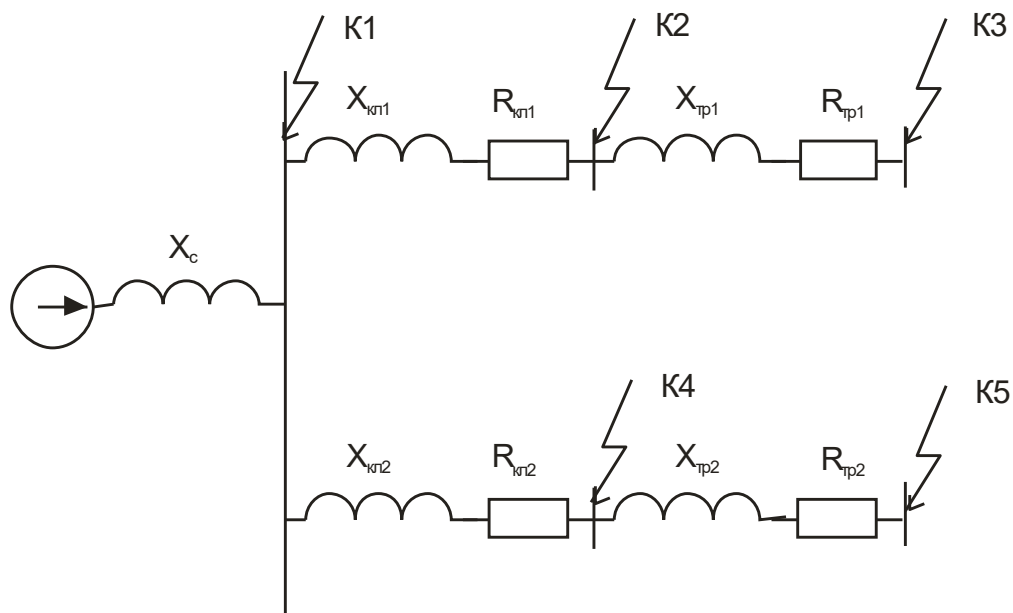


Рис. 7.2 Схема заміщення розрахункової схеми

Перед розрахунком струмів к.з. складається розрахункова схема, по якій визначають точки, в яких необхідно розрахувати струми к.з. (рис. 7.1).

По розрахунковій схемі складається схема заміщення, на якій всі елементи представлені у вигляді опорів (рис. 7.2).

Проведемо розрахунок опорів елементів схеми.

Система:

$$X_c = \frac{U_c^2}{S_{к.з.}} = \frac{10,5^2}{63} = 1,75 \text{ Ом}$$

$$R_c = \frac{R_c}{25} = \frac{1,75}{25} = 0,07 \text{ Ом}$$

Кабельна лінія 1 х АСБ (3 х 240):

$$R_{кл} = \frac{r_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,129 \cdot 5}{1} = 0,645 \text{ Ом}$$

$$X_{кл} = \frac{x_0 \cdot l}{n_{кл}} = \frac{0,075 \cdot 5}{1} = 0,38 \text{ Ом}$$

Результуючий опір до точки К₁:

$$X_{K1} = X_c + X_{кл} = 1,75 + 0,38 = 2,13 \text{ Ом}$$

$$R_{K1} = R_c + R_{кл} = 0,07 + 0,645 = 0,715 \text{ Ом}$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,715^2 + 2,13^2} = 2,247 \text{ Ом}$$

Надперехідний струм в точці К₁ (від системи):

$$I''_{K1(c)} = \frac{U_{ср.ном.}}{\sqrt{3}Z_{K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,247} = 2,7 \text{ кА}$$

Стала часу в точці К₁:

$$T_{a1} = \frac{X_{K1}}{\omega R_{K1}} = \frac{2,13}{314 \cdot 0,715} = 0,0095 \text{ с}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		52

Ударний струм в точці К₁:

$$k_{y\partial 1} = 1 + e^{\frac{-0.01}{T_{a1}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0095}} = 1,349$$

Ударний струм в точці К₁ від системи:

$$i_{y\partial 1(c)} = \sqrt{2} k_{y\partial} I''_{K1(c)} = \sqrt{2} \cdot 1,349 \cdot 2,7 = 5,15 \text{ кА}$$

Для подальшого розрахунку струмів к.з. необхідно вибрати кабелі до підстанцій та високовольтного навантаження. Виконаємо вибір кабеля від шин 10 кВ ЦРП до ТП-10/0,4. Інші кабелі вибираються аналогічно.

Розрахунковий струм кабельної лінії:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{cp.ном}} = \frac{1067,9}{2 \cdot 1,73 \cdot 10,5} = 29,36 \text{ А}$$

Площа поперечного перерізу кабельної лінії:

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{29,36}{1,2} = 24,47 \text{ мм}^2$$

Тепловий імпульс від струму к.з.:

$$B_k = I_{K1}''^2 (t_{p.з. min} + T_a) = 2,7^2 (1,365 + 0,0095) = 10,02 \text{ кА}^2\text{с}$$

Мінімальний переріз кабельної лінії за умовою термічної стійкості:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{10,02} \cdot 10^3 = 33,67 \text{ мм}^2$$

Обираємо кабель марки ААШв - (3 х 35).

Технічні дані кабелю:

$$r_0 = 0,89 \text{ Ом/км}$$

$$x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}$$

$$I_{дон} = 115 \text{ А}$$

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
					53

Опір кабельної лінії:

$$R_{\kappa\lambda} = r_0 \cdot l_{\kappa\lambda} = 0,89 \cdot 0,088 = 0,078 \text{ Ом}$$

$$X_{\kappa\lambda} = x_0 \cdot l_{\kappa\lambda} = 0,095 \cdot 0,088 = 0,008 \text{ Ом}$$

Параметри інших кабельних ліній 10 кВ приведені в таблиці 7.1.1.

Результуючий опір до точки К₂:

$$X_{K2} = X_{K1} + X_{\kappa\lambda} = 2,13 + 0,008 = 2,138 \text{ Ом}$$

$$R_{K2} = R_{K1} + R_{\kappa\lambda} = 0,715 + 0,078 = 0,793 \text{ Ом}$$

$$Z_{K2} = \sqrt{R_{K2}^2 + X_{K2}^2} = \sqrt{0,793^2 + 2,138^2} = 2,28 \text{ Ом}$$

Надперехідний струм в точці К₂:

$$I''_{K2} = \frac{U_{\text{ср.ном.}}}{\sqrt{3}Z_{K2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 2,28} = 2,66 \text{ кА}$$

Стала часу в точці К₂:

$$T_{a2} = \frac{X_{K2}}{\omega R_{K2}} = \frac{2,138}{314 \cdot 0,793} = 0,0086 \text{ с}$$

Ударний струм в точці К₂:

$$k_{y\partial 2} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a2}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,0086}} = 1,313$$

Ударний струм в точці К₂:

$$i_{y\partial 2} = \sqrt{2}k_{y\partial} I''_{K2} = \sqrt{2} \cdot 1,313 \cdot 2,66 = 4,94 \text{ кА}$$

Опір цехового трансформатора (ТМ-400/10/0,4):

$$R_{\text{тр}} = \frac{\Delta P_{\kappa} U_{\text{ср.ном.}}^2}{S_{\text{ном}}^2} = \frac{5,5 \cdot 10,5^2}{400^2} \cdot 10^3 = 3,79 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{тр}} = \frac{U_{\kappa, \%} U_{\text{ср.ном.}}^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{4,5 \cdot 10,5^2}{400} \cdot 10 = 12,403 \text{ Ом}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

Результуючий опір до точки К₃ (приведений до сторони 0,4 кВ):

$$X_{K3} = (X_{K2} + X_{mp}) \left(\frac{U_{нн}}{U_{6н}} \right)^2 = 2,138 + 12,403 \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0211 \text{ Ом}$$

$$R_{K3} = (R_{K2} + R_{mp}) \left(\frac{U_{нн}}{U_{6н}} \right)^2 = (0,793 + 3,79) \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,0067 \text{ Ом}$$

$$Z_{K3} = \sqrt{R_{K3}^2 + X_{K3}^2} = \sqrt{0,0067^2 + 0,0211^2} = 0,0221 \text{ Ом}$$

Надперехідний струм в точці К₃:

$$I''_{K3} = \frac{U_{cp.ном.}}{\sqrt{3} Z_{K3}} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,0221} = 10,45 \text{ кА}$$

Стала часу в точці К₃:

$$T_{a3} = \frac{X_{K3}}{\omega R_{K3}} = \frac{0,0211}{314 \cdot 0,0067} = 0,01 \text{ с}$$

Ударний струм в точці К₃:

$$k_{y\partial 3} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{a3}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,01}} = 1,368$$

Ударний струм в точці К₃:

$$i_{y\partial 3} = \sqrt{2} k_{y\partial} I''_{K3} = \sqrt{2} \cdot 1,368 \cdot 10,45 = 20,22 \text{ кА}$$

Струми к.з. в інших точках СЕП розраховуються аналогічно. Результати розрахунку приведені в таблиці 7.1.2.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		55

Таблиця 7.1. Параметри кабельних ліній 10 кВ

<i>№ КЛ</i>	<i>l, км</i>	<i>r₀, Ом/км</i>	<i>x₀, Ом/км</i>	<i>R, Ом</i>	<i>X, Ом</i>
1	0,088	0,890	0,095	0,078	0,008
2	0,220	0,890	0,095	0,196	0,021
3	0,220	0,890	0,095	0,196	0,021
4	0,088	0,890	0,095	0,078	0,008

Таблиця 7.2. Результати розрахунку струмів КЗ

<i>№ точки к.з.</i>	<i>Тип елементу</i>	<i>R, Ом</i>	<i>X, Ом</i>	<i>I_к" , кА</i>	<i>T_а, с</i>	<i>k_{уд}</i>	<i>i_{уд}, кА</i>
1	ГПП-ЦРП-8	0,7150	2,1300	2,70	0,0095	1,349	5,15
2	КЛ1	0,7930	2,1380	2,66	0,0086	1,313	4,94
3	ТП10/0,4 кВ	0,0067	0,0211	10,45	0,0100	1,368	20,22
4	КЛ2	0,9110	2,1510	2,60	0,0075	1,264	4,65
5	ТП10/0,4 кВ	0,0068	0,0211	10,40	0,0099	1,364	20,06
6	КЛ3	0,9110	2,1510	2,60	0,0075	1,264	4,65
7	ТП10/0,4 кВ	0,0068	0,0211	10,40	0,0099	1,364	20,06
8	КЛ4	0,7930	2,1380	2,66	0,0086	1,313	4,94
9	ТП10/0,4 кВ	0,0067	0,0211	10,45	0,0100	1,368	20,22

7.2. Вибір кабелів напругою 10 кВ студмістечка

Проведемо вибір КЛ 10 кВ від шин 10 кВ підстанції до КЛ1

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{n\sqrt{3}U_{cp.ном}} = \frac{1067,9}{2 \cdot 1,72 \cdot 10,5} = 29,36 \text{ А}$$

Площа поперечного перерізу КЛ-1 (при $T_{max} = 5276$ год. $j_{ек} = 1,2 \text{ А/мм}^2$).

$$F_{ек} = \frac{I_p}{j_{ек}} = \frac{29,36}{1,2} = 24,47 \text{ мм}^2$$

Приймаємо до встановлення КЛ марки ААШв - 2 х (3 х 35) з доп. струмом $I_{доп} = 115 \text{ А}$.

Перевірка кабеля за допустимим струмовим навантаженням:

$$I_p = 29,36 \text{ А} \leq K_n \cdot I_{дон} = 0,9 \cdot 115 = 103,5 \text{ А}$$

Перевірка кабеля за умовою роботи в аварійному режимі:

$$I_{ав} = 58,72 \text{ А} \leq K_{ан} \cdot K'_n \cdot I_{дон} = 1,35 \cdot 1 \cdot 115 = 155,25 \text{ А}$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{K1}^2 (t_{p.з. min} + T_a) = 2,7^2 (1,365 + 0,0095) = 33,67 \text{ кА}^2\text{с}$$

Мінімальна площа поперечного перерізу КЛ за умовою термічної стійкості:

$$F_{min} = \frac{1}{C} \sqrt{B_k} = \frac{1}{94} \sqrt{10,02 \cdot 10^3} = 33,67 \text{ мм}^2$$

Результати вибору КЛ 10 кВ приведені в таблиці 7.2.1.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

Таблиця 7.2.1. Вибір кабельних ліній 10 кВ заводської мережі

№ КЛ	n, шт	S _p , МВА	I _p , А	I _{р.ав.} , А	F _{ек} , мм ²	B _к , кА ² с	F _{мін} , мм ²	Марка кабеля	I _{доп} , А	K _n	K _n I _{доп} , А	K _{ан}	K' _n	K _{ан} K' _n I _{доп} , А
1	1	533,95	29,36	58,72	24,47	10,02	33,67	1 х ААШВ-10(3х35)	115	0,9	103,5	1,35	1	155,25
2	1	296,2	16,31	32,62	13,59	10,02	33,67	1 х ААШВ-10(3х35)	115	0,9	103,5	1,35	1	155,25
3	1	296,2	16,31	32,62	13,59	10,02	33,67	1 х ААШВ-10(3х35)	115	0,9	103,5	1,35	1	155,25
4	1	533,95	29,36	58,72	24,47	10,02	33,67	1 х ААШВ-10(3х35)	115	0,9	103,5	1,35	1	155,25

7.3. Вибір електричних апаратів високої напруги

Обираємо для встановлення вакуумний вимикач типу ВР1-10-20/630 У2.

Таблиця 7.3.1. Вибір вимикачів на вводі напругою 10 кВ

Параметр вимикача	Умова вибору	Розрахунок
Номінальна напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Довготривалий струм, кА	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$93,08 \leq 630$
Відключаюча здатність: - симетричний струм: - аперіодична складова: - повний струм:	$I_{n\tau} \leq I_{відкл.ном}$ $i_{a\tau} \leq \sqrt{2}\beta_n I_{відкл.ном}$ $\sqrt{2}I_{n\tau} + i_{a\tau} \leq \sqrt{2}I_{ном.відкл}(1 + \beta_n)$	$2,7 \leq 20$ $0 \leq 11,31$ $1,41 \cdot 2,7 + 0 < 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $3,82 \leq 39,6$
Динамічна стійкість: - симетричний струм: - ударний струм:	$I'' \leq I_{дин.ст}$ $i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст}$	$2,7 \leq 52$ $5,15 \leq 132,37$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$9,12 \leq 1200$

Найменший час від початку к.з. до моменту розходження дугогасячих контактів:

$$\tau = t_{пз.мин} + t_{с.в} = 0,5 + 0,042 = 0,542 \text{ с}$$

Аперіодична складова струму к.з. для моменту розходження контактів:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 2,7 \cdot e^{\frac{-0,542}{0,0095}} = 0 \text{ кА}$$

Тепловий імпульс від струму к.з.:

$$B_k = I''^2 (t_{с.в.} + t_{пз.мах} + T_a) = 2,7^2 (0,042 + 1,2 + 0,0095) = 9,12 \text{ кА}^2\text{с}$$

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		59

Таблиця 7.3.2. Вибір секційного вимикача напругою 10 кВ

Параметр вимикача	Умова вибору	Розрахунок
Номінальна напруга, кВ	$U_{уст} \leq U_{ном}$	$10 \leq 10$
Довготривалий струм, кА	$I_{роб.форс} \leq I_{ном}$	$46,54 \leq 630$
Відключаюча здатність: - симетричний струм: - аперіодична складова: - повний струм:	$I_{n\tau} \leq I_{відкл.ном}$ $i_{a\tau} \leq \sqrt{2}\beta_n I_{відкл.ном}$ $\sqrt{2}I_{n\tau} + i_{a\tau} \leq$ $\leq \sqrt{2}I_{ном.відкл} (1 + \beta_n)$	$2,7 \leq 20$ $0 \leq 11,31$ $1,41 \cdot 2,7 + 0 <$ $< 1,41 \cdot 20 \cdot (1 + 0,4)$ $3,82 \leq 39,6$
Динамічна стійкість: - симетричний струм: - ударний струм:	$I'' \leq I_{дин.ст}$ $i_y \leq 1,8\sqrt{2}I_{дин.ст}$	$2,7 \leq 52$ $5,15 \leq 132,37$
Термічна стійкість	$B_k \leq I_{TH}^2 t_{TH}$	$10,58 \leq 1200$

Найменший час від початку к.з. до моменту розходження дугогасячих контактів:

$$\tau = t_{пз.мин} + t_{с.в} = 0,7 + 0,042 = 0,742 \text{ с}$$

Аперіодична складова струму к.з. для моменту розходження контактів:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2}I'' e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 1,41 \cdot 2,7 \cdot e^{\frac{-0,742}{0,0095}} = 0 \text{ кА}$$

Тепловий імпульс від струму к.з.:

$$B_k = I''^2 (t_{с.в.} + t_{пз.мак} + T_a) = 2,7^2 (0,042 + 1,4 + 0,0095) = 10,58 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

Обираємо для встановлення вакуумний вимикач типу ВР1-10-20/630 У2.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		60

Вибір обмежувачів перенапруги

Захист від атмосферних перенапруги є важливою задачею в електричних системах. Одним з елементів цього захисту є обмежувачі перенапруги, які мають певні функції і призначення.

Обмежувачі ОПН-10 перенапруги використовуються для захисту електричних пристроїв, обладнання та систем від можливих перенапруги, які можуть виникнути внаслідок атмосферних розрядів, включаючи блискавку. Вони працюють як "повідомники" для перенапруги, спрямовуючи ці перенапруги по шляху з мінімальним опором і захищаючи обладнання від пошкоджень.

Призначення обмежувачів перенапруги полягає в тому, щоб відвести надлишкову енергію перенапруги від системи і спрямувати її в незапобіжні напрямки, такі як земля або блискавкоприймачі. Вони забезпечують шлях найменшого опору для перенапруги, дозволяючи їм уникати пристроїв та обладнання, які потребують захисту.

Основні функції обмежувачів перенапруги включають відвід перенапруги від захищеного обладнання, поглинання і розподіл енергії перенапруги, а також забезпечення безпечної роботи системи після відбиття перенапруги.

На стороні 10 кВ обираємо обмежувачі перенапруги типу ОПН-10.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		61

8. МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ СТУДМІСТЕЧКА

8.1. Розрахунок енергетичних балансів

Для аналізу ефективності використання енергії і палива у виробничих процесах, розробки прогресивних норм витрати енергії і палива по підприємству в цілому, складання енергетичного балансу є необхідним. Цей процес також дозволяє визначити зміну структури енергоспоживання і виявити ефективність заміни енергоносіїв на більш економічні.

Крім того, складання енергетичного балансу допомагає виявити потребу в енергії і паливі в перспективі і раціонально забезпечити його енергетичні потреби з різних джерел.

Всі ці фактори сприяють ефективному управлінню енергетичними ресурсами підприємства та забезпечують оптимальне використання енергії та палива, що є важливими аспектами його діяльності.

В таблиці 8.1 наведений розподіл електричної енергії між підрозділами студмістечка.

Таблиця 8.1. Таблиця для побудови мапи потоків електроенергії

№ п/п	Назва підрозділу	P_p , кВт	Q_p , квар	W , кВт·год	V , квар·год	W , %	V , %
1	Гуртожиток №4	244,7	70,2	1290931,7	370375,2	26,4	29,2
2	Гуртожиток №3	270,3	76,1	1426155,6	401503,6	29,2	31,7
3	Гуртожиток №2	201,0	45,9	1060476	242168,4	21,7	19,1
4	Гуртожиток №1	211,0	47,9	1113394,3	252720,4	22,8	20,0
Всього				4890957,5	1266767,6	100	100

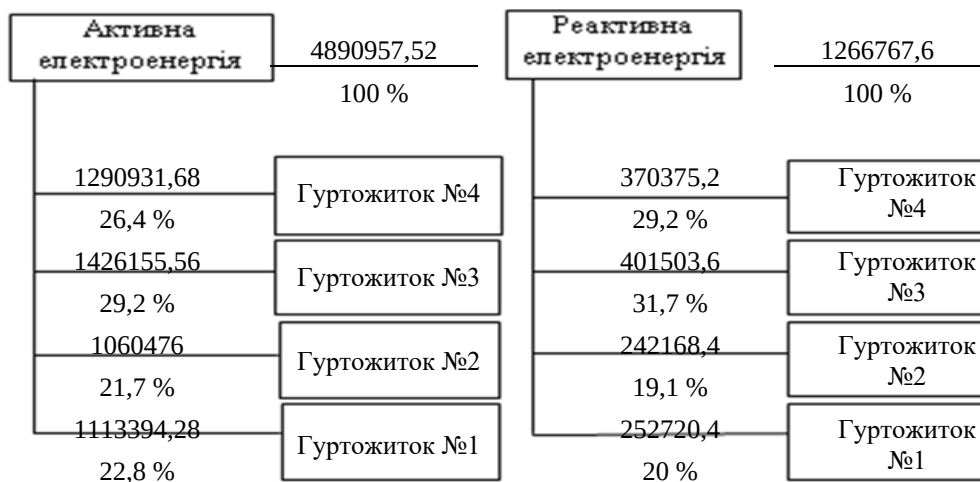


Рис.8.1 Розподіл електричної енергії в студмістечку

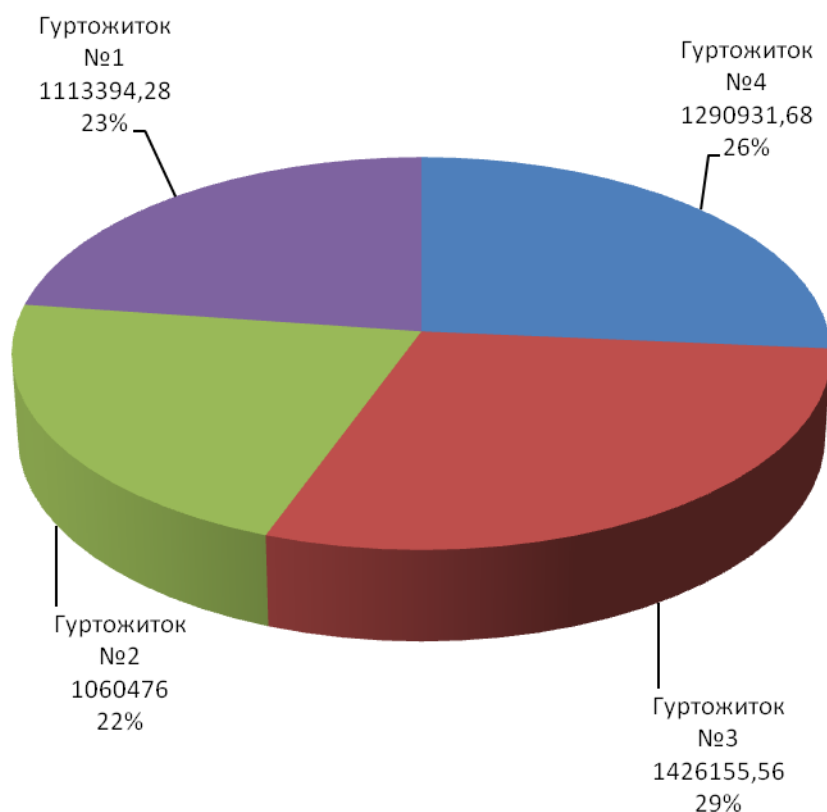


Рис. 8.2. Колова діаграма споживання активної електроенергії підрозділами підприємства.

В якості прикладу формування паливо-енергетичних балансів приведемо ПЕБ гуртожитку №4. В таблиці 8.2. приведено споживання енергоресурсів

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		63

протягом року по гуртожитку № 4.

Таблиця 8.2. Річний баланс споживання

Енергоносії	Річне споживання	Гкал	% вкладу	Річні затрати, грн.	Доля річних затрат, %
Ел/енергія кВт·год.	486076	417,93	47,42	121519	46,89
Тепло, Гкал	463,33	463,33	52,58	128018	49,39
Вода, м ³	6170,56	-	-	43317,3	16,71
Всього		881,26	100	292854	100

8.2. Аналіз системи теплопостачання гуртожитків студмістечка

Студмістечко отримує теплову енергію від централізованої системи теплопостачання міста.

Основні компоненти централізованої системи теплопостачання студмістечка включають:

Теплові мережі: це система трубопроводів, яка транспортує тепло від теплової станції до споживачів. Вони можуть прокладатися підземними або надземними маршрутами і забезпечувати ефективну передачу тепла на великі відстані.

Тепловий пункт, який забезпечують розподіл тепла між гуртожитками та навчальними корпусами. Вони регулюють температуру і тиск теплоносія і забезпечують передачу тепла до систем опалення і гарячого водопостачання в будинках і промислових спорудах.

Споживачі: це гуртожитки, які отримують тепло з централізованої системи. Вони використовують тепло для опалення приміщень і нагрівання води.

В таблиці 8.1 наведені результати розрахунку теплової потреби студмістечка для теплопостачання гуртожитків.

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Таблиця 8.1. Теплова потужність студмістечка.

№ п/п	Найменування підрозділу	Q_o^p , кВт	Q_b^p , кВт	$Q_{г.з.}^{max}$, кВт	Q_{Σ}
1	Гуртожиток №4	1794,61	221,85	151,89	2168,34
2	Гуртожиток №3	1724,29	213,15	175,02	2112,46
3	Гуртожиток №2	959,40	118,60	110,86	1188,86
4	Гуртожиток №1	1056,66	130,62	107,81	1295,08
Всього по студмістечку		5729	904	801	6937

Централізоване та локальне теплопостачання є двома основними підходами до забезпечення тепла споживачам. Давайте зробимо порівняльний аналіз цих двох систем. В таблиці 8.2 наведено порівняльний аналіз централізованої та локальної систем теплопостачання.

Таблиця 8.2. Порівняльний аналіз централізованої та локальної систем теплопостачання

Централізоване теплопостачання	Локальне теплопостачання
Масштаб	
Централізована система призначена для постачання тепла великій кількості споживачів, таким як міста або великі комплекси будинків	Локальне теплопостачання використовується для окремих будинків, комплексів або невеликих територій
Ефективність	
В централізованій системі тепло виробляється в центральних теплових станціях, що дозволяє використовувати ефективні технології та джерела енергії. Крім того, забезпечується оптимальне використання тепла і палива завдяки централізованому керуванню та моніторингу	Локальна система дозволяє споживачам контролювати своє власне теплопостачання і забезпечувати більшу гнучкість у виборі джерела енергії, наприклад, газового котла, сонячних колекторів або теплового насоса. Проте, ефективність може залежати від якості і підтримки обладнання.

Продовження таблиці 8.2

Централізоване теплопостачання	Локальне теплопостачання
Інфраструктура	
Централізована система вимагає будівництва та підтримки складної мережі теплопроводів, теплових станцій і підстанцій, що може бути витратним та часо- та працезатратним процесом	Локальна система потребує встановлення обладнання безпосередньо на місці споживання, таке як котли або теплові насоси, та мережі розподілу в межах будівель або комплексів. Інфраструктура локального теплопостачання зазвичай менш складна порівняно з централізованою системою.
Вартість	
Зазвичай централізоване теплопостачання має менші витрати для споживачів, оскільки витрати на будівництво та експлуатацію розподіляються між багатьма споживачами. Втім, ціни на тепло можуть бути залежними від зовнішніх факторів, таких як зміни цін на паливо	Локальне теплопостачання може бути вигідним з економічної точки зору для окремих споживачів, особливо якщо вони мають доступ до дешевих альтернативних джерел енергії. Однак, вартість може бути вищою для окремих споживачів, особливо при обслуговуванні відносно невеликої кількості споживачів.

Обрання між централізованим та локальним теплопостачанням залежить від різних факторів, таких як розмір споживача, доступні джерела енергії, ефективність, вартість і можливості розвитку інфраструктури.

Зважаючи на значну зношеність теплових мереж студмістечка, відсутність належної теплоізоляції трубопроводів системи теплопостачання та недотримання централізованою системою теплопостачання температурного графіку теплоносія впровадження системи локального теплопостачання студмістечка носить актуальний характер. Для визначення ефективності впровадження системи локального теплопостачання визначимо доцільність

Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Арк.

використання локальної котельні на твердих видах відновлювального палива.

8.3. Розрахунок вибору енергоносія

Давайте розглянемо приклад переходу від системи тепlopостачання з котельнею на природньому газі на біомасу, зокрема на пелети деревини. В таблиці 8.3 наведені дані про річне споживання теплової енергії гуртожитками студмістечка.

Таблиця 8.3 Річне споживання теплової енергії

Найменування	V, м ³	t _{вн}	t _{сер.о}	n _о	q _о кДж/ м ³ год°С	Q ^{рік} _{розр,} ГДж	Q ^{рік} _{реал,} ГДж	Q ^{рік} _{норм,} ГДж
Гуртожиток №1	17340,00	18	-0,3	180	1,25	1779,08	1228,7	2080,8
Гуртожиток №2	15744,00	18	-0,3	180	1,25	1615,33	1115,7	1889,3
Гуртожиток №3	28301,00	18	-0,3	180	1,25	2903,68	2005,5	3396,1
Гуртожиток №4	29450,00	18	-0,3	180	1,25	3021,57	2086,9	3534,0

Припустимо, що котельня для живлення студмістечка споживає щорічно 1 000 МВт природного газу для опалення і гарячого водопостачання.

Вивчення характеристик нового палива: Проведені дослідження показують, що пелети деревини мають енергетичну вмістливість 4,2 МВт/тонна та їх вартість складає 4000 грн/тонна.

Аналіз вимог технології: Встановлення пелетного котла та заміна паливного обладнання для спалювання пелет. Необхідна також система для завантаження пелет в котел та система очищення димових газів.

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		67

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		68

$$139,9 \text{ т} \cdot 4000 \text{ грн/т} = 559600 \text{ грн.}$$

Таблиця 8.4. Розрахунок річної потреби в дерев'яних пелетах

Назва підрозділу	$Q_{\text{розр}}^{\text{рік}}$ ГДж	$Q_{\text{розр}}^{\text{рік}}$ Гкал	$V_{\text{ум}}$, кг	$V_{\text{нат}}$, кг	$C_{\text{нат}}$, грн
Гуртожиток 1	1779,08	421,6	75474	140166	560663
Гуртожиток 2	1615,33	382,8	685279	127265	509059
Гуртожиток 3	2903,68	688,2	123183	228768	915072
Гуртожиток 4	3021,57	716,1	128184	238056	952224

Виходячи з вартості 1 Гкал в системі централізованого теплопостачання та вартості альтернативного палива можна легко визначити економію за рахунок використання дерев'яних пелет.

Таблиця 8.5. Розрахунок річної економії на енергоносії

Назва підрозділу	$Q_{\text{розр}}^{\text{рік}}$ Гкал	$C_{\text{енергоносій}}$ грн/Гкал	$V_{\text{нат}}$, кг	$C_{\text{енергоносій}}$ грн/т	$C_{\text{нат}}$, грн	$C_{\text{цтп}}$, грн
Гуртожиток 1	421,6	2190	140166	4000	560663	923396
Гуртожиток 2	382,8	2190	127265	4000	509059	838405
Гуртожиток 3	688,2	2190	228768	4000	915072	1507097
Гуртожиток 4	716,1	2190	238056	4000	952224	1568285
Всього					2937018	4837183

Річна економія за рахунок заміни енергоносія становить:

$$\Delta E = \sum_{i=1}^4 C_{\text{цтп},i} - \sum_{i=1}^4 C_{\text{нат},i} = 4837183 - 2937018 = 1900164 \text{ грн.}$$

					Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	
					69

ВИСНОВОК

В роботі виконано модернізацію системи енергопостачання студмістечка Центральноукраїнського національного технічного університету. В роботі визначені електричні навантаження підрозділів студмістечка.

Виконано розрахунок електричних навантажень побутових споживачів та населення. При виборі варіантів електропостачання порівнювались схеми живлення споживачів магістральними лініями та радіальними лініями

За приведеними витратами найбільш вигідний виявився варіант радіальними лініями. Для внутрішнього електропостачання мереж 0,4 кВ приймаємо схему з радіальними лініями згідно вимог. (інструкція по проектуванню електричних мереж міст).

При виборі високовольтного устаткування, виконаний розрахунок струмів короткого замикання. В результаті розрахунку були вибрано комутаційне і захисне устаткування, що встановлюється на ЦРП-8 та виконана перевірка можливості підключення до шин 10 кВ.

В спеціальному розділі виконано аналіз електроспоживання. За отриманими даними побудовані баланси енергетичних потоків для студмістечку. За балансом енергії видно, що найбільшу частку енергоресурсів складають теплові витрати, тому необхідно зазначити, що найбільший резерви енергії можна отримати через заощадження теплової енергії. Проведено аналіз плати за енергоносія та досліджена можливість впровадження локального теплопостачання

						Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		70

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Плешков П.Г., Гарасьова Н.Ю., Коновалов І.В., Мануйлов В.Ф. Проектування електричного освітлення промислових підприємств: Навчальний посібник.- Кіровоград:РВЛ КНТУ, 2007.-231с., 42 іл., 46 табл.
2. Методичні вказівки для виконання курсового проекту для напрямку 6.050701 „Електротехніка та електротехнології” зі спеціальностей 7.000008 „Енергетичний менеджмент”, 7.090603 „Електротехнічні системи електроспоживання” . Плешков П.Г., Савеленко І.В., Котиш А.І.- Кіровоград: КНТУ, 2009 – 112 с.
3. Електротехнічні системи електроспоживання : [навч. посіб.] / П. Г. Плешков, В. В. Зінзура, Н. Ю. Гарасьова [та ін.] ; за заг. ред. П. Г. Плешкова. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – 208 с.
4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту (електропостачання заводу) для студентів 4-5 курсів спеціальності 8.090603 ”Електротехнічні системи електроспоживання” усіх форм навчання / Укл.: П.Г. Плешков, А.Г. Котиш, А.Ю. Орлович. – Кіровоград:КДТУ, 2004. – 133.с.
5. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017. – 617 с.
6. Електропостачання: підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
7. Надійність електроенергетичних систем і електричних мереж: підручник / А. В. Журахівський, С. В. Казанський, Ю. П. Матеєнко, О. Р. Пастух. – Київ.: КПІ ім.. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – 456 с.
8. Рудницький В. Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування : навчальний посібник / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2007. – 280 с.
9. Перехідні процеси в системах електропостачання / Г. Г. Півняк, В. Н. Винославський, А. Я. Рибалко, Л. І. Несен та ін. – Дніпропетровськ : Вид-во НГА України, 2000. – 378 с.

										Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						71