

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК  
СЕКЦІЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Зав. кафедри КН  
\_\_\_\_\_ А. С. Довбиш  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

# Кваліфікаційна робота магістра

зі спеціальності 151-Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології  
на тему:

*“Система керування підстанцією 110/10 кВ”*

Керівник роботи: \_\_\_\_\_ С. В. Соколов

дипломник:

студент гр. СУмдн-91П \_\_\_\_\_ О. О. Белінський

Суми – 2020 р

## Реферат

Белінський Олександр Олексійович. Система керування підстанцією 110/10 кВ. – Комп'ютерний набір тексту. – Кваліфікаційна робота магістра зі спеціальності 151 -"Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології". – Сумський державний університет, Суми, 2020.– 91 сторінка пояснювальної записки, до складу якої входять 6 рисунків, 39 таблиць, 18 джерел інформації, графічно конструкторська документація складається з презентації.

Ключові слова: мікропроцесорна система захисту, мікропроцесор, аналогово-цифровий перетворювач, мережа.

Робота присвячена розробці системи керування підстанцією 110/10 кВ з використанням мікропроцесорного пристрою типу МРЗС–05. Проведено перевірочний розрахунок електропостачання підстанції, оцінку надійності підстанції. Розглянуто застосування релейного захисту і автоматики, пристрій, призначення РЗА. У результаті, представлений комплект конструкторської документації, що задовольняє всім поставленим завданням.

## Summary

Belinsky Alexander Alekseevich. Control system of the 110/10 kV substation. - Computer typing. - Qualifying work of the master on a specialty 151 - "Automation and computer-integrated technologies". - Sumy State University, Sumy, 2020.– 91 pages of explanatory note, which includes 6 figures, 39 tables, 18 sources of information, graphic design documentation consists of a presentation.

Keywords: microprocessor protection system, microprocessor, analog-to-digital converter, network.

The work is devoted to the development of a control system for a 110/10 kV substation using a microprocessor device of the MRZS-05 type. A test calculation of the power supply of the substation, assessment of the reliability of the substation was performed. The application of relay protection and automation, device, purpose of relay protection devices are considered. As a result, a set of design documentation is presented, which satisfies all the tasks.

# СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: “Комп'ютерних наук”

Секції: Секція комп'ютеризованих систем управління

Спеціальність: 151 - "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. Кафедри КН

\_\_\_\_\_ А. С. Довбиш

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра студенту:

Белінському Олександрю Олексійовичу

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: “Система керування підстанцією 110/10 кВ”.

затверджена наказом по університету

від 19 листопада 2020 р № 1797-III

2. Термін здачі студентом закінченої роботи: 28.11.2020г

3. Вихідні дані до роботи: Завдання кафедри, матеріали переддипломної практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

1. ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДСТАНЦІЇ

2. НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПІДСТАНЦІЇ

3. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ І АВТОМАТИКА, ПРИСТРІЙ, ПРИЗНАЧЕННЯ РЗА

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5. Перелік графічного матеріалу:

1. СТРУКТУРНА СХЕМА МРЗС-05

2. СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ МРЗС-05

3. СХЕМА КОЛА НАПРУГИ І СИГНАЛІЗАЦІЇ ПІДСТАНЦІЇ 110/10 КВ

4. СХЕМА СТРУМОВИХ КІЛ ПІДСТАНЦІЇ 110/10 КВ

5. ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА БЛОКА МАКСИМАЛЬНОГО СТРУМОВОГО ЗАХИСТУ (МТЗ) З  
МОЖЛИВІСТЮ БЛОКУВАННЯ МІНІМАЛЬНОЮ НАПРУГОЮ (МТЗБН)

6. (ПЛАКАТ) КАЛЬКУЛЯЦІЯ СОБІВАРТОСТІ ПРОДУКТУ

6. Дата видачі завдання 7.10.20.

Керівник

\_\_\_\_\_ С. В. Соколов

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ О.О. Белінський

(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів кваліфікаційної роботи магістра	Терміни виконання етапів		Примітка
		початку	закінчення	
1.	АНАЛІЗ ЗАВДАННЯМ КАФЕДРИ. ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДСТАНЦІЇ	14.10.20	29.10.20	
2.	НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПІДСТАНЦІЇ	29.10.20	03.11.20	
3.	РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ І АВТОМАТИКА, ПРИСТРІЙ, ПРИЗНАЧЕННЯ РЗА	03.11.20	13.11.20	
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ	13.11.20	14.11.20	
5.	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.	14.11.20	15.11.20	
6.	РОЗРОБКА ГРАФІЧНОЇ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРОЕКТУ	15.11.20	20.11.20	
7.	ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ, ГРАФІЧНОЇ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	20.11.20	23.11.20	
8.	ПРЕДСТАВЛЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТЕРА КЕРІВНИКУ І ОДЕРЖАННЯ ВІДГУКУ	23.11.20	28.11.20	
9.	ЗДАЧА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ МАГІСТЕРА ДЛЯ РЕЦЕНЗУВАННЯ	28.11.20	03.12.20	

Студент

\_\_\_\_\_ О. О. Белінський

(підпис)

Керівник:

\_\_\_\_\_ С. В. Соколов

(підпис)

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	7
ВСТУП .....	8
1. ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДСТАНЦІЇ .....	10
1.1. Вплив навколишнього середовища на роботу підстанції .....	10
1.2. Перевірка місця положення підстанції .....	10
1.3. Перевірка вибору числа і потужності трансформаторів .....	16
1.4. Аналіз схемного вирішення підстанції .....	19
1.5. Визначення струмів короткого замикання.....	24
1.6. Вибір електроустаткування підстанції .....	25
2. НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПІДСТАНЦІЇ..	35
2.1. Надійність тупикових підстанцій.....	35
2.2. Розрахунок показників надійності елементів схеми .....	36
2.3. Розрахунок надійності схеми електропостачання .....	54
2.4. Облік резервування .....	60
3. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ І АВТОМАТИКА .....	62
3.1 Призначення РЗА .....	62
3.2 Основні органи релейного захисту .....	63
3.3 Пристрій мікропроцесорного захисту, автоматики, контролю і управління.....	64
4. Економічна частина .....	68
4.1. Витрати і прибуток як інструмент аналізу діяльності підприємства .....	68
4.2. Акціонерне товариство як форма приватизації. ....	73
4.3. Розрахунок повної собівартості продукту, що розробляється.....	74
4.4. Розрахунок ціни продукту.....	76
5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	80
5.1 Аналіз потенційно небезпечних чинників при розробці і експлуатації системи. .....	80
5.2 Заземлення підстанції. ....	85
ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	90

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВРП – відкритий розподільний пристрій.

ЛЕП – лінія електропередач.

ЦЕН – центр електричних навантажень.

ЦРП – центральний розподільний пункт.

РП – розподільний пункт.

КТП – комплектна трансформаторна підстанція.

РПН – регулювання під напругою.

ВН – напруга на високій стороні.

СН – напруга на середній стороні.

НН – напруга на низькій стороні.

ПБВ – перемикання без збудження.

АПВ – автоматичне повторне включення.

ОД – віддільник.

КЗ – коротке замикання.

ЗРУ – закритий розподільний пристрій.

ЕДС – електрорушійна сила.

КРУ – комплектний розподільний пристрій.

## ВСТУП

Електрична енергія є найбільш зручним і дешевим видом енергії. Широке розповсюдження електричної енергії обумовлене відносною легкістю її отримання, перетворення і можливістю її передачі на великі відстані. Величезну роль в системах електропостачання грають електричні підстанції – електроустановки, призначені для перетворення і розподілу електроенергії. Вони є важливою ланкою в системі електропостачання. Тому розгляд роботи електричних підстанцій є важливим етапом в підготовці грамотного фахівця.

При проектуванні підстанції прагнуть використовувати типові рішення, схеми і елементи, що приводить до уніфікації устаткування підстанції і як наслідок до здешевлення обслуговування і проектувальної вартості. Але на практиці, при проектуванні підстанції доводиться враховувати особливості місцерозташування і інші початкові умови.

Розвиток промисловості і сільського господарства нерозривно пов'язаного із зростанням енергоспоживання. Підстанція призначена для живлення комунально-побутових і промислових споживачів району, у зв'язку з інтенсивним будівництвом в цих районах. Підстанція є типовою тупиковою підстанцією на відпаюваннях. Такі підстанції дуже багато знаходиться в експлуатації на сьогоднішній день.

У зв'язку з тим, що існуючі розподільні мережі експлуатуються на напругу 4 кВ, а для районів нової забудови повинно вводиться напруга 10 кВ, на підстанції встановлені триобмоткових трансформаторів 110/10 кВ. Підстанція приєднується до двохланцюгового відгалуження від лінії 110 кВ і на стороні 110 кВ комутується по схемі «блок лінія – трансформатор».

З моменту пуску підстанції мінялися вимоги до устаткування, воно оновлювалося, змінювалися навантаження споживачів підстанції. Перевірочний аналіз проводиться для встановлення відповідності встановленій потужності трансформаторів, потужностям споживачів одержуючих живлення від підстанції, а також встановленого устаткування вимогам сучасного етапу. Розрахунок включає визначення розрахункових навантажень, вибір потужностей і числа трансформаторів, розрахунок розподільних мереж, вибір електричних апаратів і струмоведучих частин розподільних пристроїв (РУ) підстанції, вибір схеми. Перевіряється також оптимальність експлуатованої схеми електропостачання, устаткування підстанції. З цією метою виконуються розрахунки потужності і струмів короткого замикання.

У даному проекті розглядається надійність функціонування устаткування підстанції і, пов'язана з цим можливість безперебійного забезпечення споживачів електроенергією.



Для оптимально вирішення системи електропостачання проводиться техніко-економічне порівняння декількох варіантів і вибирається найекономічніше вигідний з них (порівнюються варіанти приблизно однакові по надійності).

# **1. ПЕРЕВІРОЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДСТАНЦІЇ**

## **1.1. Вплив навколишнього середовища на роботу підстанції.**

Конструктивне виконання електричних мереж визначається умовами навколишнього середовища. В області багато крупних підприємств, що мають джерела викидів в атмосферу. Практично у всіх виробництвах застосовуються хімічні речовини. Не дивлячись на установку очисних фільтрів, відпрацьовані речовини у величезних кількостях викидаються в атмосферу, а від туди з осіданнями потрапляють на ВРП підстанції. Тому при виборі типу електроустаткування треба враховувати склад навколишнього повітря, тобто місцезнаходження підстанції щодо промислового підприємства. Екологічно несприятлива атмосфера робить вплив на електроустаткування підстанцій що знаходиться на відкритому повітрі. Враховуючи близькість розташування ВРП, ізоляція приймається посиленою.

Окрім шкідливих викидів в атмосферу промислових підприємств на роботу підстанції впливає температура навколишнього середовища. Оскільки підстанція розташовується в помірних широтах, то характерні зміна температури навколишнього середовища протягом року. Взимку температура навколишнього середовища доходить до  $-30^{\circ}\text{C}$ , а влітку до  $+30^{\circ}\text{C}$ . Таке коливання температури не може не позначатися на устаткуванні. Зміна температури навколишнього середовища негативно позначається на електроустаткуванні. Так взимку при морозах необхідна установка обігріву в шафах приводів комутаційної апаратури. У масляних вимикачах також необхідно підтримувати температуру масла в заданих межах, для цього передбачений пристрій для підігріву масла, це веде до зростання вартості устаткування, збільшення споживання енергії на власні потреби.

Необхідно враховувати кліматичні, атмосферні умови в місці розташування підстанції при проектуванні і виборі устаткування для ВРП. У даному районі розрахункова температура повітря складає  $26^{\circ}\text{C}$ , температура найхолоднішої п'ятиденки  $-26^{\circ}\text{C}$ , нормативний натиск вітру  $40\text{ кгс/см}^2$ , район по ожеледі – 3, середня висота сніжного покриву  $57\text{ см}$ , нормативне снігове навантаження  $100\text{ кгс/см}^2$ .

## **1.2. Перевірка місця розташування підстанції.**

При виборі схеми електропостачання істотну допомогу надає картограма електричних навантажень. Картограмою називають план, на якому зображена середня інтенсивність розподілу навантажень приймачів електроенергії. Для її побудови на плані указують у відповідному масштабі електричне навантаження у вигляді кругів, площа яких прямо пропорційна потужності електричних приймачів. Як центр круга вибирають центр

електричного навантаження (ЦЕН) приймача, а радіус круга відповідає розрахунковій потужності приймача електричної енергії; значення його знаходимо з умови рівності розрахункової потужності  $P_i$  площі круга [1]

$$P_i = \pi \cdot r_{ai}^2 \cdot m$$

де  $r_{ai}$  – радіус круга, см;  
 $m$  – масштаб картограми, кВт/см<sup>2</sup>;

Тоді

$$r_3^1 = \frac{U_{PACЧ}}{I_3} = \frac{125}{63} = 1,98 \text{ Ом}, \quad (1.1)$$

Проведемо розрахунок по формулі (1.1) для ЦРП - одного з основних споживачів підстанції

$$r_{ai} = \sqrt{\frac{P_i}{\pi * m}} = \sqrt{\frac{6629,4}{3,14 \cdot 100}} = 4,594 \text{ см.}$$

Радіуси кіл для побудови картограми реактивних навантажень визначаємо аналогічно. Вибраний для побудови картограми навантажень масштаб  $m=100$  кВт/см<sup>2</sup>. Передбачувані електричні навантаження приймачів, а також відповідні значення радіусів кіл приведені в таблиці. 1.1, картограма навантажень показана на рисунку 1.1.

Для знаходження центру розсіяння ЦЕН і розміщення підстанції необхідно знайти умовний центр електричних навантажень. Підстанцію слід розташовувати якомога ближче до цього центру і по можливості в зоні розсіяння. Це дозволяє понизити витрату електричної енергії, зменшити витрату провідникового матеріалу за рахунок скорочення протяжності кабельних ліній і наближення високої напруги до центру споживання електричної енергії.

Для визначення умовного центру електричних навантажень скористаємося методикою визначення центру тяжіння однорідних, плоских фігур складної форми. Враховувати третю координату  $z$  не має сенсу, оскільки споживачі електричної енергії розміщені приблизно на одному рівні. Перепад рельєфу не більше 10х15 м.

Таблиця 1.1 - Початкових даних для побудови картограми навантажень

Найменування споживача	Навантаження		Коефіцієнт потужності	Радіус кола, мм для навантаження		Координати м	
	Активна $P_i$ , кВт	Реактивна $Q_i$ , кВар		Активною $r_{ai}$	Реактивною $r_{pi}$	$X_i$	$Y_i$
1.ЦРП	6629,4	3757,05	0,87	45,94	34,58	1575	2475
2.КТП РЕУ	194	48,62	0,97	7,86	3,93	1625	625
3.РП19	663	410,89	0,85	14,53	11,44	2100	1050
4.РП-32	176	94,99	0,88	7,48	5,50	1775	125
5.РП-45	918	568,93	0,85	17,09	13,46	475	2025
6.РП-26	2476,8	1469,65	0,86	28,08	21,63	650	1050
7.РП Насосна	28,14	31,18	0,67	2,99	3,15	1450	800
8.ТЯГ №13	167,04	94,67	0,87	7,29	5,49	2225	900

9.ТП-339	133,5	68,39	0,89	6,52	4,67	1400	600
10.ТП-349	42,5	26,34	0,85	3,68	2,90	1475	400
11.Подстан- ция «Цукор- завод»	13430	8323,17	0,85	65,38	51,47	500	2075

Для визначення умовного центру електричних навантажень скористаємося методикою визначення центру тяжіння однорідних, плоских фігур складної форми. Враховувати третю координату  $z$  не має сенсу, оскільки споживачі електричної енергії розміщені приблизно на одному рівні. Перепад рельєфу не більше 1015 м.

Координати центру активних електричних навантажень

$$x_{0a} = \frac{\sum_{i=1}^{11} P_i * x_i}{\sum_{i=1}^{11} P_i} ; \quad y_{0a} = \frac{\sum_{i=1}^{11} P_i * y_i}{\sum_{i=1}^{11} P_i} . \quad (1.2)$$

де  $x_i, y_i$  – координати  $i$  – го споживача.

Розрахунок координат центру активних навантажень по формулах (1.2) проводимо використовуючи координати розташування навантажень, приведені в таблиці 1.1. Отримаємо наступні координати  $x_{0a}=880$  м;  $y_{0a} = 2005$  м.

Координати центру реактивних електричних навантажень визначаються аналогічно

$$x_{0p} = \frac{\sum_{i=1}^{11} Q_i * x_i}{\sum_{i=1}^{11} Q_i} ; \quad y_{0p} = \frac{\sum_{i=1}^{11} Q_i * y_i}{\sum_{i=1}^{11} Q_i} . \quad (1.2)$$

Всі відомі методи знаходження ЦЕН зводяться до того, що центр електричних навантажень визначається, як деяка постійна крапка на плані. Дослідження показали, що

таке положення не можна вважати за правильне і ЦЕН слід розглядати як деякий умовний центр, оскільки визначення його ще не вирішує до кінця завдання вибору місцеположення підстанції. Річ у тому, що положення, знайдене по тому або іншому математичному методу умовного центру електричних навантажень не буде постійним. Це пояснюється зміною споживаній приймачами потужності, розвитком підприємства.

Відповідно до сказаного вище ЦЕН описує на плані фігуру складної форми. Тому правильніше говорити не про ЦЕН як деякій постійній крапці на плані, а про зону розсіяння ЦЕН. Зона розсіяння може визначатися для статичного стану системи і з урахуванням динаміки (розвитку) системи електропостачання.

Для визначення зони розсіяння ЦЕН необхідно перш за все знайти закон розподілу координат ЦЕН. Зазвичай припускають, що розподіл випадкових координат ЦЕН слідує нормальному закону розподілу (закону Гауса-Лапласа), тобто [2]

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x} * \exp\left(-\frac{(x - a_x)^2}{2 * \sigma_x^2}\right); \quad f(y) = \frac{1}{\sigma_y} * \exp\left(-\frac{(y - a_y)^2}{2 * \sigma_y^2}\right),$$

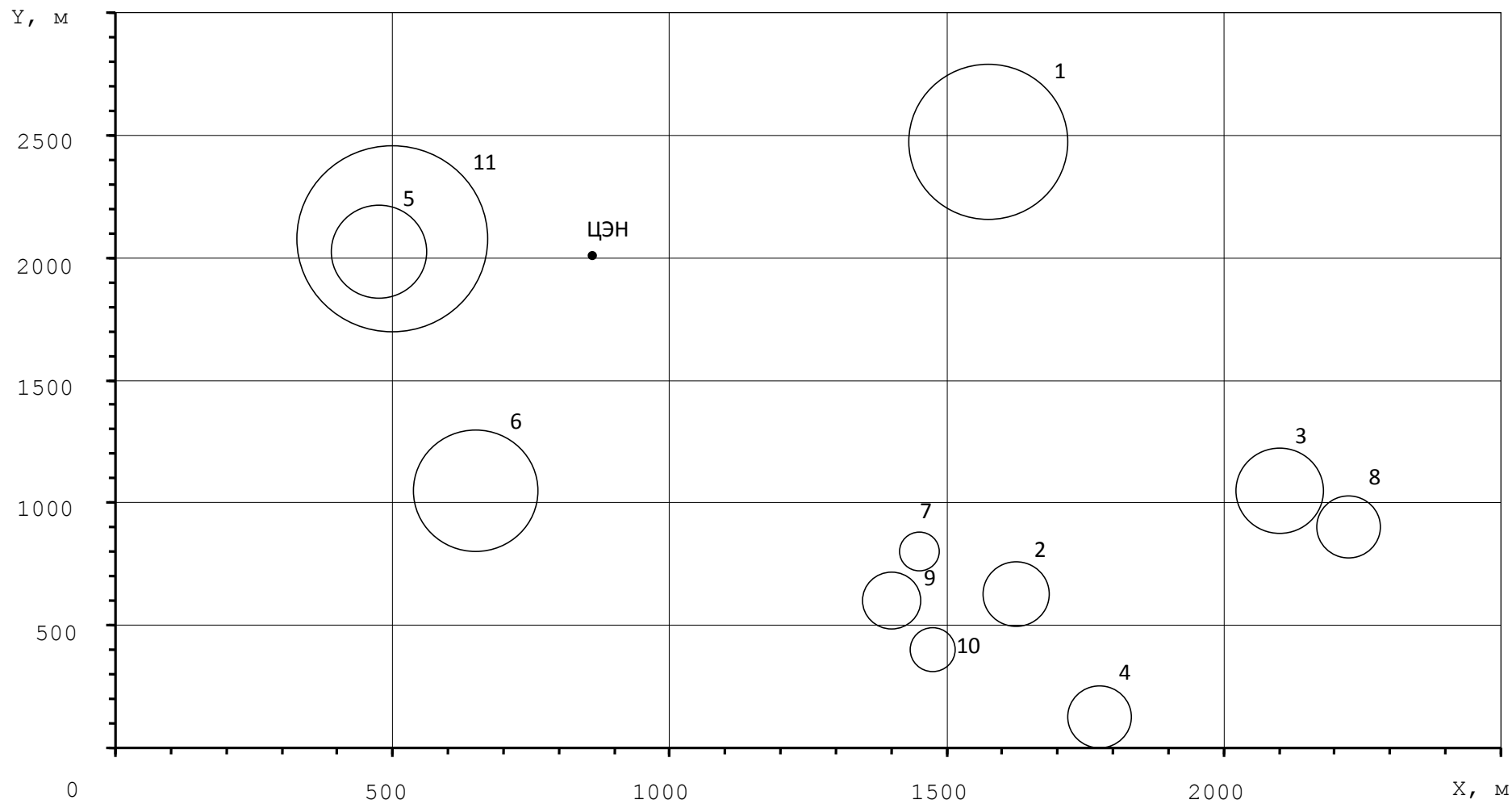


Рисунок 1.1 - Картограмма активних навантажень.

де  $a_x, a_y$  – математичні очікування випадкових координат;

$\sigma_x^2, \sigma_y^2$  – дисперсії випадкових координат.

Математичні очікування випадкових координат в нашому випадку - це координати ЦЕН

$$a_x = x_0; \quad a_y = y_0.$$

Якщо ввести позначення

$$h_x = \frac{1}{\sigma_x * \sqrt{2}}; \quad h_y = \frac{1}{\sigma_y * \sqrt{2}}, \quad (1.3)$$

звані заходами потужності випадкових величин, закон розподілу запишеться в наступному вигляді

$$f(x) = \frac{h_x}{\sqrt{\pi}} * e^{-h_x^2 * x^2}; \quad f(y) = \frac{h_y}{\sqrt{\pi}} * e^{-h_y^2 * y^2}.$$

Оскільки координати  $x$  і  $y$  змінюються одночасно те від одновимірної площини розподілу вірогідності досліджуваних величин можна перейти до двовимірної функції розподілу вірогідності випадкових незалежних координат

$$f(x, y) = \frac{h_x * h_y}{\pi} * e^{-(h_x^2 * x^2 + h_y^2 * y^2)}.$$

Зона розсіяння центру електричних навантажень є еліпсом, як перетином поверхні нормального розподілу, піввісь якого рівні

$$R_x = \frac{\sqrt{3}}{h_x}; \quad R_y = \frac{\sqrt{3}}{h_y}. \quad (1.4)$$

Форма еліпса залежить від співвідношень

$$\sigma_x^2 = \sum_{i=1}^{11} P_{xi} * (x_i + x_{0a})^2; \quad \sigma_y^2 = \sum_{i=1}^{11} P_{yi} * (y_i + y_{0a})^2,$$

де  $P_{xi}, P_{yi}$  – вірогідність появи  $x_i, y_i$ :

$$P_{xi} = P_{yi} = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^{11} P_i}.$$

З урахуванням цього виразу дисперсія випадкових координат визначається таким чином:

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^{11} P_i * (x_i - x_0)^2}{\sum_{i=1}^{11} P_i}; \quad \sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^{11} P_i * (y_i - y_0)^2}{\sum_{i=1}^{11} P_i}.$$

Тоді по формулі (1.3) знаходимо



$$h_x = \frac{1}{\sigma_x * \sqrt{2}} = \frac{1}{531 * \sqrt{2}} = 0,00133 \text{ м}^{-1};$$

$$h_y = \frac{1}{\sigma_y * \sqrt{2}} = \frac{1}{491 * \sqrt{2}} = 0,00144 \text{ м}^{-1}.$$

Використовуючи формулу (1.4) знаходимо піввісь еліпса зони розсіяння

$$R_x = \frac{\sqrt{3}}{h_x} = \frac{\sqrt{3}}{0,00133} = 1302,3 \text{ м};$$

$$R_y = \frac{\sqrt{3}}{h_y} = \frac{\sqrt{3}}{0,00144} = 1202,8 \text{ м}.$$

Оскільки відмінність між осями еліпса не перевищує 10% те можна прийняти  $h_x=h_y=h^*$ , тоді еліпс перетвориться в довірчий круг, радіус якого визначається з виразу

$$R = \frac{\sqrt{3}}{h} = \frac{\sqrt{3}}{0,001385} = 1250 \text{ м},$$

де

Як показала практика проектування і експлуатації системи електропостачання, розташування міської підстанції не завжди можливо в зоні розсіяння ЦЕН. У нашому випадку підстанція призначена для живлення насамперед споживачів електричної енергії і те, що її має в своєму розпорядженні істотний чин обмежується існуючою забудовою.

Зсув підстанції із зони розсіяння ЦЕН приводить до погіршення техніко-економічних показників системи електропостачання і є не бажаним. Тому необхідно оцінити до чого приводить зсув.

Знайдений центр активного навантаження побудований на мал. 1.1. З малюнка видно, що реальне розташування підстанції не є оптимальним і продиктовано існуючою забудовою. Хоча сьогоднішнє місцезнаходження підстанції не саме якнайкраще з погляду втрат електроенергії, воно потрапляє в зону розсіяння центру електричних навантажень.

Таблиця 1.2 - Даного до побудови зони розсіяння

Дисперсія випадкових координат		Середньоквадратичне відхилення		Міра точності випадкових величин		Піввісь еліпса розсіяння		Радіус кола розсіяння
$\sigma_{x2}$	$\sigma_{y2}$	$\sigma_x$	$\sigma_y$	hX	hY	RX	Ry	R
282439,3	241509,1	531	491	0,00133	0,00144	1302,3	1202,8	1250

### 1.3 Перевірка вибору числа і потужності трансформаторів

Трансформатори відносяться до основного устаткування підстанції і правильний технічно і економічно обґрунтований вибір їх типу, числа і потужності необхідний для раціонального електропостачання споживачів електричною енергією.

Вибір трансформаторів полягає у визначенні їх числа, типу і номінальної потужності. До основних параметрів трансформатора відносяться номінальна потужність, напруга, струм; напруга короткого замикання; струм холостого ходу; втрати холостого ходу і короткого замикання.

На підстанції в даний час ухвалено рішення про установку двох трансформаторів однакової потужності по простій, надійній і економічній схемі з віддільниками і короткозамикачами на стороні вищої напруги без вимикачів на цю напругу. При цьому простими конструктивними рішеннями можна врахувати можливий розвиток із збереженням схеми і установкою трансформаторів більшої потужності.

Перед початком розрахунку потрібно визначити категорію електроприймачів, одержуючи живлення від підстанції. Підстанція здійснює електропостачання приймачів першої і другої категорії, перебої в електропостачанні яких неприпустимо. У зв'язку з цим при виборі типу і числа трансформаторів необхідно враховувати надійність електропостачання і можливість резервування. Надійність електропостачання забезпечується за рахунок установки на підстанції двох трансформаторів. Слід добиватися як економічно доцільного режиму роботи, так і відповідного резервування живлення приймачів при відключенні одного з трансформаторів, причому навантаження трансформатора в нормальних умовах не повинне (по нагріву) викликати природного скорочення терміну його служби. Тому на підстанції застосована, схема двохтрансформаторної підстанції. Встановлено два трансформатори з РПН типу ТДТН 40000/110. Цей трансформатор має регулювання напруги в нейтралі (16% (( 9 ступенів) обмотки ВН і додаткове регулювання з ПБВ на стороні СН (2,5%. Таке рішення відповідає вимогам по надійності електропостачання. Для перевірки правильності ухваленого рішення проведемо розрахунок заснований на техніко-економічному порівнянні двох варіантів. Як альтернативний варіант розглянемо варіант, де замість двох трансформаторів встановлено чотири трансформатори меншої потужності.

При виникненні пошкоджень або виведенні одного трансформатора в ремонт, що залишився повинен забезпечувати споживану споживачами потужність. Покриття може здійснюватися не тільки за рахунок використання номінальної потужності трансформаторів,

але і за рахунок їх перевантажувальної здатності (в цілях зменшення настановної потужності трансформаторів).

При проектуванні визначення типу і потужності трансформаторів проводиться на основі техніко-економічних розрахунків. Для оцінки правильності ухваленого рішення по установці двох трансформаторів типу ТДТН 40000/110 на підстанції проведемо порівняльний аналіз двох варіантів.

Максимальна повна розрахункова потужність приймачів, що живлять від вибраних трансформаторів рівна 34560 кВА. Середня розрахункова повна потужність приймачів рівна 31154 кВА. Середньорічна температура рівна 50С. Оскільки підстанція забезпечує електроенергією споживачів першої і другої категорії і враховуючи необхідність 100%-ного резервування, номінальна потужність одного трансформатора з двох що розглядаються рівна

$$S_{c.t.} \geq 0,714 \cdot \frac{S_{МАКС}}{(n-1)} = 0,714 \cdot \frac{34560}{(2-1)} = 24675,84 \text{ кВА}$$

Дана номінальна потужність відповідає сьогоdnішньому розподілу потужностей, коли основний споживач підстанції – Сахзавод працює не на повну потужність. Насправді підстанція розрахована на передачу більшій потужності. Вибір типу, потужності і числа трансформаторів проведемо за сьогоdnішніми розрахунковими даними.

Порівняємо два варіанти установки двох трансформаторів або чотири трансформатора. З довідника [3] вибираємо два трифазні трансформатори типу ТДТН-40000/110 і чотири трифазних трансформаторів ТДНТ – 25000/110. Паспортні дані представлені в таблиці. 1.3,1.4.

Таблиця 1.3 - Паспортних даних першого варіанту трансформатора

Тип трансформатора	U <sub>ВН</sub> кВ	U <sub>СН</sub> кВ	U <sub>сн</sub> кВ	n шт.	Δ P <sub>ХХ</sub> кВт	Δ P <sub>кз</sub> кВт	I <sub>ХХ</sub> %	U <sub>кз</sub> %	Ціна, грн.
ТДТН- 40000/110	115	11	6,6	2	50	230	0,9	10,5	117000

Таблиця 1.4 - Паспортних даних другого варіанту трансформатора

Тип трансформатора	U <sub>ВН</sub> кВ	U <sub>СН</sub> кВ	U <sub>сн</sub> кВ	n шт.	Δ P <sub>ХХ</sub> кВт	Δ P <sub>КЗ</sub> кВт	I <sub>ХХ</sub> %	U <sub>кз</sub> %	Ціна, грн.
ТДТН- 25000/110	242	110	6,6	4	36	145	1	10,5	91000

Потужність трансформаторів необхідно визначати з урахуванням його перевантажувальної здатності. Систематична перевантажувальна здатність можна характеризувати коефіцієнтом заповнення графіка рисунок 1.2.

$$\kappa_{3.Г.} = \frac{S_{CP}}{S_{МАКС}} = \frac{31154}{34560} = 0,9$$

Допустиме перевантаження трансформатора в годинник максимуму рівне

$$S_{ДОП1} = 0,3 \cdot S_{Н.Т.П.} \cdot (1 - \kappa_{3.Г.}) = 0,3 \cdot 40000 \cdot (1 - 0,9) = 1200 \text{ кВ(А)} \quad (3.3)$$

$$S_{ДОП2} = 0,3 \cdot S_{Н.Т.П.} \cdot (1 - \kappa_{3.Г.}) = 0,3 \cdot 50000 \cdot (1 - 0,9) = 1500 \text{ кВ(А)} \quad (3.4)$$

Тоді коефіцієнт завантаження визначається

$$\kappa_{3.Т.1} = \frac{S_{МАКС}}{n \cdot S_{Н.П.Т.}} = \frac{34560}{2 \cdot 40000} = 0,43$$

$$\kappa_{3.Т.2} = \frac{S_{МАКС}}{n \cdot S_{Н.П.Т.}} = \frac{34560}{4 \cdot 25000} = 0,35$$

Визначуваний коефіцієнт допустимого перевантаження *мл* трансформатора взимку

$$мл1 = 1 - \kappa_{3.т.1} = 1 - 0,43 = 0,57$$

$$мл2 = 1 - \kappa_{3.т.2} = 1 - 0,35 = 0,65$$

Перевантаження не повинне перевищувати 15%, тому приймемо *мл*=0,15. Сумарний коефіцієнт кратності допустимого перевантаження рівний

$$M_{Л1} = 1 + \frac{S_{ДОП1}}{S_{Н.Т.1}} + M_{Л} = 1 + \frac{1200}{40000} + 0,15 = 1,18;$$

$$M_{Л2} = 1 + \frac{S_{ДОП1}}{S_{Н.Т.2}} + M_{Л} = 1 + \frac{1500}{2 \cdot 25000} + 0,15 = 1,18.$$

Допустиме перевантаження на трансформатори з урахуванням допустимого систематичного перевантаження в номінальному режимі рівне

$$\kappa_{3.Т.1} = M_{Л1} \cdot S_{Н.Т.1} = 1,18 \cdot 2 \cdot 40000 = 94400 > 34560 \text{ кВ(А);}$$

$$\kappa_{3.Т.2} = M_{Л2} \cdot S_{Н.Т.2} = 1,18 \cdot 4 \cdot 25000 = 118000 > 34560 \text{ кВ(А)}$$

З приведенного розрахунку можна зробити вивід про те, що обидва варіанти задовольняють поставленим умовам.

Порівнюючи отримані дані можна зробити вивід, що обидва варіанти забезпечують необхідною потужністю споживачів, обидва варіанти забезпечують необхідну надійність відповідно до категорії споживачів електричної енергії. Установа трансформаторів по другому варіанту забезпечить велику потужність. Але в нашому випадку це не є необхідним, оскільки підстанція працює з істотним недовантаженням. Установа чотирьох трансформаторів приведе до ускладнення схеми, збільшиться число комутаційних апаратів, що приведе до збільшення капітальних вкладень і експлуатаційних витрат. Перший варіант є раціональнішим. Розрахунок показав, обґрунтованість використання два трансформатора ТДТН-40000/110, замість чотирьох трансформаторів ТДТН-25000/110.

#### **1.4. Аналіз схемного вирішення підстанції**

Головна схема електричних з'єднань підстанції — це сукупність основного електроустаткування (трансформатори, лінії), збірних шин, комутаційною і іншої первинної апаратури зі всіма виконаними між ними з'єднаннями.

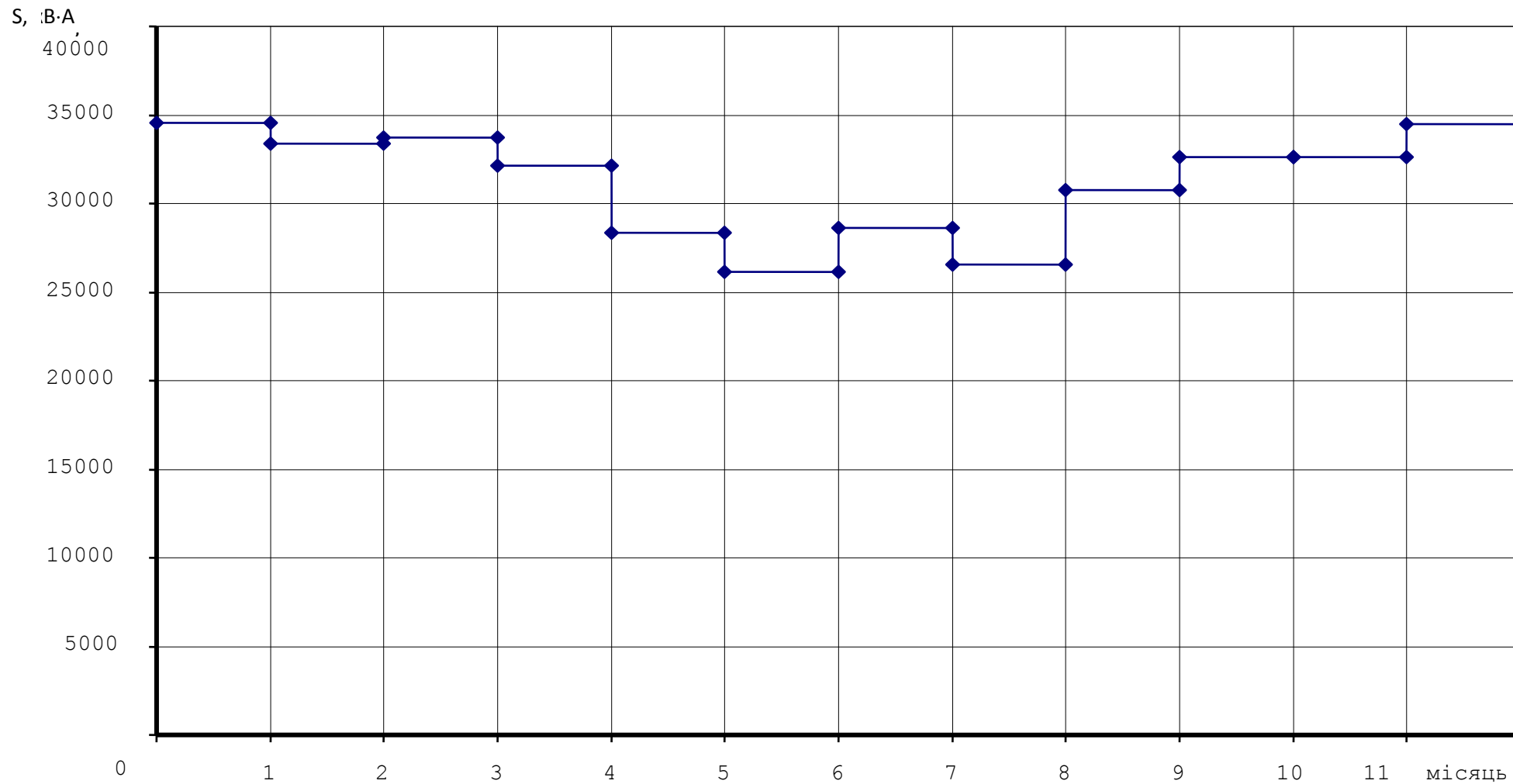


Рисунок 1.2. - Річний графік навантажень підстанції

Вибір головної схеми є визначальний при проектуванні електричної частини підстанції, оскільки він визначає повний склад елементів і зв'язків між ними. Вибрана головна схема є початковою при складанні принципової схеми електричних з'єднань, схем власних потреб, схем вторинних з'єднань, монтажних схем і так далі.

При виборі схеми електроустановок повинні враховуватися різні чинники: значення і роль підстанції для енергосистеми; положення підстанції в енергосистемі, схеми і напруга прилеглих мереж; категорія споживачів по ступеню надійності електропостачання; перспектива розширення підстанції і прилеглої ділянки мережі. Зі всього комплексу умов, що впливають на вибір головної схеми підстанції, можна виділити основні вимоги:

- надійність електропостачання споживачів;
- оперативна гнучкість електричної схеми;
- економічна доцільність.

Підстанція отримує живлення по лінії 110 кВ, приєднується до двохланцюгового відгалуження від лінії 110 кВ підстанції здійснюється пониження напруги від 110 кВ до 10 і 6 кВ. Електроенергія поступає на відкритий розподільний пристрій 110 кВ по двохланцюговому повітрю ЛЕП, потім трансформується і розподіляється між споживачами в закритому розподільному пристрої 6,10 кВ. На підстанції застосована широко використовувана сьогодні для тупикових підстанцій спрощена схема з віддільниками і короткозамикачами з боку вищої напруги. Відмова від установки вимикача (масляного або повітря) дає економію капітальних і експлуатаційних витрат, скорочує терміни споруди, скорочується чисельність персоналу по ремонту і експлуатації.

Замість вимикача на стороні вищої напруги встановлений короткозамыкатели і віддільники, і відключення що живить лінії відбувається за допомогою спрацьовування головного вимикача. У разі виникнення пошкодження на трансформаторі або шинах підстанції пристрою релейного захисту трансформатора дає сигнал короткозамыкателю. Він створює штучне коротке замикання в лінії. Лінія відключається лінійним захистом. Після цього в безструмову паузу відключається віддільник пошкодженого трансформатора і АПВ знову включає лінію. Перемичка на стороні вищої напруги збільшує маневреність тупикової підстанції.

При експлуатації спрощених підстанцій виявилися істотні недоліки в роботі ОД і короткозамыкача відкритого виконання. Час спрацьовування цих апаратів великий, що утрудняє автоматичне повторне включення (АПВ) головного вимикача і викликає розвиток виниклого в трансформаторі пошкодження. Крім того, включення короткозамыкателя

викликає різке зниження напруги в електричній мережі. Застосування телеотключаючого імпульсу дозволяє уникнути зниження напруги, що викликається включенням короткозамкатель. В даний час ОД і короткозамкатель модернізують, поміщаючи контакти в закриті оболонки заповнені електричним маслом.

Підстанція має дві секції шин по 6 кВ і дві секції шин по 10 кВ. Із ЗРУ по кабельних лініях 6 і 10 кВ електрична енергія передається споживачам. Для розподілу енергії по кабельних лініях 6 і 10 кВ використовується радіальна схема. Радіальна схема вибрана з ряду причин: споживачі електроенергії розміщені у різних напрямках від підстанції; радіальна схема надійніша в порівнянні з магістральною схемою; у даній схемі електрична енергія передається прямо до приймачів, без відгалужень на шляху для живлення інших споживачів.

Кожен з двох трансформаторів живить свої секції шини 6 і 10 кВ з одним вимикачем на ланцюг. Шини сполучені секційним вимикачем. Ця схема вибрана через те, що до шин приєднана велика кількість приймачів, а також враховується необхідність сто процентного резервування. Обидві системи шин знаходяться в роботі при відповідному фіксованому розподілі всіх приєднань. У нормальному режимі роботи секційний вимикач відключений і кожен трансформатор живить свою секцію шин. При виході з ладу одного з трансформаторів, він відключається, спрацьовує секційний вимикач і живлення всіх споживачів проводиться через другий трансформатор. Такий розподіл приєднань збільшує надійність схеми. Проте ця схема має свої недоліки. Так пошкодження шиносоединительного вимикача рівноцінно короткому замиканню на обох системах шин, тобто приводить до відключення всіх приєднань.

### **1.5 Визначення струмів короткого замикання**

Коротким замиканням (КЗ) називається порушення нормальної роботи електричної установки, викликане замиканням фаз між собою, а в системах з ізольованою нейтраллю також замикання фаз на землю. Такий режим є найважчим для елементів системи. І саме по ньому проводять вибір і перевірку електроустаткування підстанції.

При коротких замиканнях струми у фазах збільшуються, а напруга знижується. Як правило, в місці КЗ. виникає електрична дуга, яка разом з опором шляху струму утворює перехідний опір. Непосередственне КЗ. без перехідного опору в місці пошкодження називається металевим КЗ. Зневага перехідним опором значно спрощує розрахунок і дає максимально можливе за одних і тих же початкових умов значення струму КЗ. для вибору апаратури необхідний саме цей розрахунок.

При розрахунку струмів КЗ. приймемо наступні допущення [4]:



- не враховуються ємкості, а отже і ємкісні струми в кабельній лінії;
- трифазний ланцюг вважається за симетричний, опори фаз рівними один одному;
- відсутнє насичення сталі електричних машин
- не враховуються струми намагнічення трансформаторів;
- не враховується зрушення по фазі  $\varepsilon$ .д.с. різних джерел живлення, що входять в розрахункову схему;
- не враховується вплив регулювання коефіцієнта трансформації силових трансформаторів на величину напруги короткого замикання (УКЗ%) цих трансформаторів;
- не враховуються перехідні опори в місці короткого замикання.

Вказані допущення приводять до незначного перебільшення струмів короткого замикання (погрішність не перевищує 10%, що допустимо)[2]. Розрахункова схема підстанції приведена на мал. 1.4. На розрахунковій схемі в однолінійному зображенні указуються джерела живлення (в даному випадку енергосистема) і елементи мережі (лінії електропередач, трансформатори), що зв'язують джерела живлення з точками К.З.; а так само параметри всіх елементів, необхідних для розрахунку струмів К.З. Схему заміщення підстанції для розрахунку струму короткого замикання мал. 1.5 складають по розрахунковій схемі. Для цього всі елементи схеми замінюються відповідними опорами В цілях спрощення розрахунку для кожного електричного ступеня в розрахунковій схемі замість її дійсної напруги на шинах вказана середня напруга  $U_{ср}$ , кВ.

Найбільші струми К.З. у нашій схемі можуть виникнути при відключених секційних вимикачах. Розглянемо цей режим, визначимо струми К.З. в точках К-1, К-2, К-3 очевидно, що в точках К-4, К-5, К-6, струми будуть такими ж із-за симетричності схеми.

Для розрахунку струмів короткого замикання в точках К-1, К-2, К-3 необхідно визначити індуктивні опори всіх елементів схеми. Визначимо опори всіх елементів схеми рис.1.4 і приведемо їх до базисної напруги 115 кВ. Розрахунки представлені в таблиці 1.5.

Крапки, для яких проведемо розрахунок струмів короткого замикання, вказані на розрахунковій схемі рис.1.5. Розрахунки стійкого, ударного струмів короткого замикання і потужності короткого замикання в цих крапках приведені в таблиці 1.6.

### **1.6 Вибір електроустаткування підстанції**

Спочатку проведемо вибір токоведущих частин. Підстанція отримує живлення по повітряній двохланцюговій лінії електропередач 110 кВ. При виборі перетину проводів необхідно враховувати ряд технічних і економічних чинників:

- нагріваючи від тривалого виділення тепла робочим струмом;
- нагріваючи від короткочасного виділення тепла струмом короткого замикання;
- падіння напруги в проводах повітряної лінії від струму, що проходить, в нормальному і аварійному режимах;

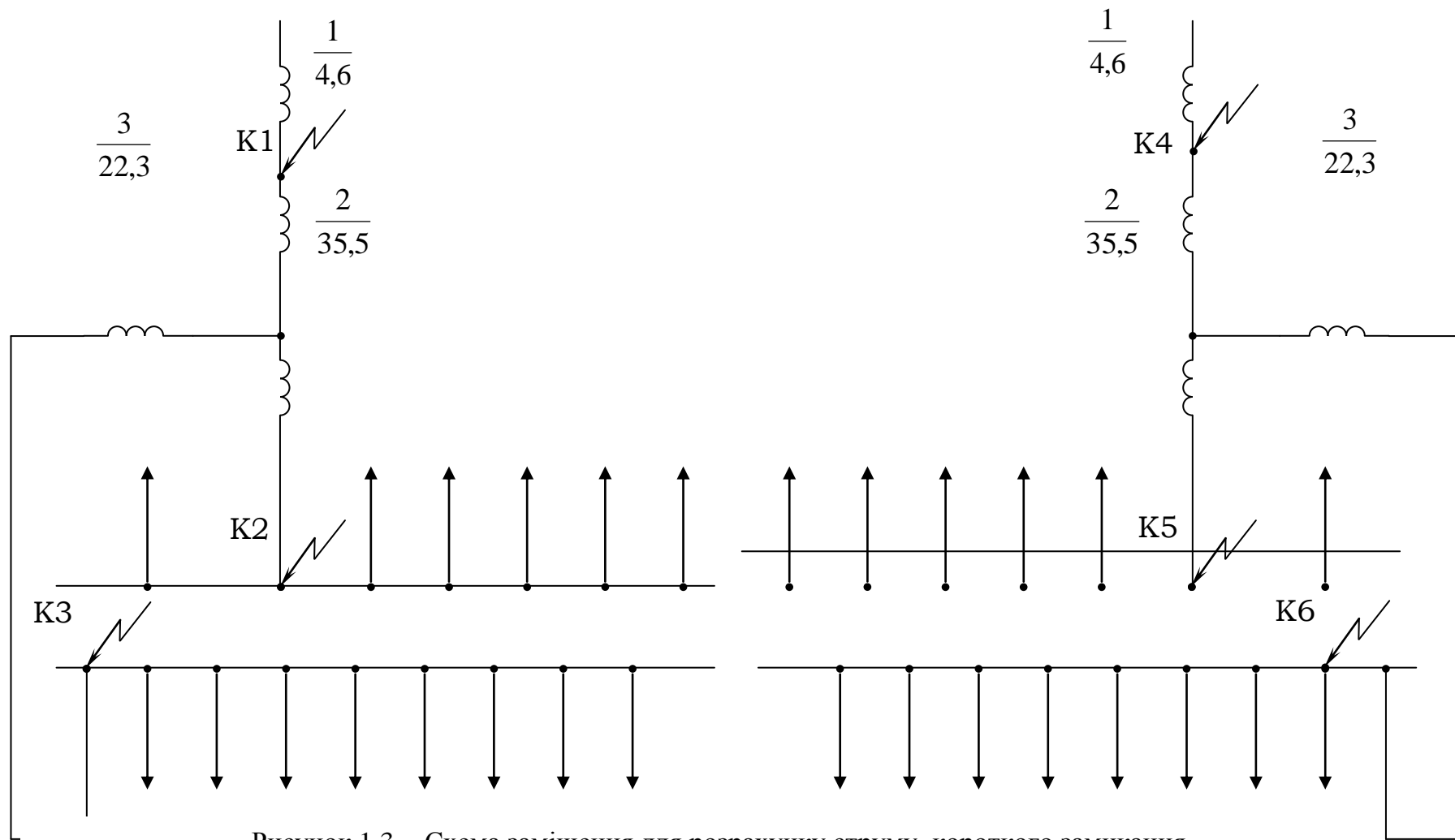


Рисунок 1.3. - Схема заміщення для розрахунку струму короткого замикання

- механічна міцність — стійкість до механічного навантаження (власна вага, ожеледь, вітер);

- коронування — чинник, залежний від величини вживаної напруги, перетину дроту і властивостей навколишнього середовища.

Розрахунок проводів для ліній електропередач 110 кВ проведемо по економічній щільності струму  $j_{\text{ЭК}}$  [3.]. При розрахунку по економічній щільності струму перетин проводів вибирається по

виразу

$$F = \frac{I}{j_{\text{ЭК}}}. \quad (1.5)$$

Таблиця 1.5

Розрахунок опорів елементів схеми приведені до 115 кВ

№ п/п	Найменування величини	Розрахункова формула	Числове значення
1	Опір лінії електропередач 110 кВ при погонному опорі лінії $X_{ЛП} = 0,4 \text{ Ом/км}$ . $X1, \text{ Ом}$	$X_{ЛП} \cdot l$	$0,4 \cdot 11,5 = 4,6$
2	Опір трансформатора в % $U_{KB}\%$ $U_{KC}\%$ $U_{KH}\%$	$0,5 \cdot (G_{IK_{B-C}} + G_{IK_{B-H}} - G_{IK_{C-H}})$ $0,5 \cdot (G_{IK_{B-C}} + G_{IK_{C-H}} - G_{IK_{B-H}})$ $0,5 \cdot (G_{IK_{B-H}} + G_{IK_{C-H}} - G_{IK_{B-C}})$	$0,5 \cdot (10,5 + 17,5 - 6,5) = 10,75$ $0,5 \cdot (10,5 + 6,6 - 17,5) = -0,25$ $0,5 \cdot (17,5 + 6,5 - 10,5) = 6,75$
3	Опір трансформатора, Ом $X_{2b}$ $X_{3c}$ $X_{4h}$	$\frac{U_{KB} \cdot U_{CP2}^2 \cdot 10^3}{100 \cdot S_{TH}}$ - $\frac{U_{KC} \cdot U_{CP2}^2 \cdot 10^3}{100 \cdot S_{TH}}$	$\frac{10,75 \cdot 115^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 40000} = 35,5$ 0 $\frac{6,75 \cdot 115^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 40000} = 22,3$

Таблиця 1.6

## Розрахунок струмів короткого замикання

Точка КЗ	Опір, результуючий, приведенне до УБ =115 кВ, Ом	Періодична складова струму КЗ, I <sup>11</sup> = I <sub>к</sub> кА на стороні			Ударний струм КЗ I <sub>у</sub> = I <sup>11</sup> · √2 · 1,8, кА	Потужність КЗ S <sub>кз</sub> = √3 · U <sub>н</sub> · I <sup>11</sup> , МВ(А)
		110 кВ	10 кВ	6 кВ		
К1	4,6	$I^{11} = \frac{U_{\text{CP.BH}}}{\sqrt{3} \cdot X_{\text{PE3}}}$ $= \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 4,6} = 14,43$	-	-	36,73	2874,25
К3	4,6+35,5+22,3=62,4	$I^{11} = \frac{U_{\text{CP.BH}}}{\sqrt{3} \cdot X_{\text{PE3}}}$ $= \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 62,4} = 1,06$	-	$I_{\text{CH}}^{11} = I_{\text{BH}}^{11} \cdot \frac{U_{\text{CP.BH}}}{U_{\text{CP.CH}}} =$ $= 1,06 \frac{115}{6,6} = 18,47$	47,02	211,14
К2	4,6+35,5=40,1	$I^{11} = \frac{U_{\text{CP.BH}}}{\sqrt{3} \cdot X_{\text{PE3}}}$ $= \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 40,1} = 1,66$	$I_{\text{CH}}^{11} = I_{\text{BH}}^{11} \cdot \frac{U_{\text{CP.BH}}}{U_{\text{CP.CH}}} =$ $= 1,66 \frac{115}{11} = 17,35$	-	44,17	330,56

Тоді, по (1.5) для лінії електропередач 110 кВ при розрахунковому струмі  $I=181$  А перетин рівний

$$F = \frac{I}{j_{\text{ЭК}}} = \frac{181}{1,0} = 181 \text{ мм}^2$$

де  $j_{\text{ЭК}} = 1,0$  А/мм<sup>2</sup>.

По набутих значень вибираємо марку дроту. Для двохланцюгової лінії напругою 110 кВ — АС – 185/29. Для остаточного обґрунтування вибору даної марки дроту необхідно перевірити по допустимій втраті напруги.

$$\Delta U = \frac{P \cdot R \cdot l + Q \cdot x \cdot l}{U}, \quad (1.6)$$

де  $P$  - активна потужність, кВт;

$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi$  - реактивна потужність, кВар;

$R = \frac{l}{\gamma \cdot F}$  - активний опір лінії, Ом/км.;

$x = x_0 \cdot l$  - індуктивний опір лінії, Ом/км.;

$U$  – напруга мережі, кВ.

Використовуючи формулу (1.6) визначаємо втрату напруги для лінії

$$\Delta U = \frac{P \cdot R \cdot l + Q \cdot x \cdot l}{U} = \frac{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 320 \cdot 0,8 \cdot 11,5 \cdot (0,088 + 0,75 \cdot 0,2)}{110} = 1214 \text{ В}$$

Визначимо допустиму втрату напруги в лінії. Допускається втрата напруги в лінії не більше 7%

$$\Delta U_{\text{доп}} = \frac{U}{100} \cdot 7 = \frac{110000}{100} \cdot 7 = 7700, \text{ В.}$$

Як видно з розрахунку розрахункове значення втрат напруги в лінії на багато менше допустимих втрат напруги, це пояснюється малою довжиною лінії, отже, даний дріт підходить.

Надійна робота підстанції може бути забезпечена тільки тоді, коли кожен вибраний апарат відповідає як умовам номінального режиму роботи, так і умовам роботи при коротких замиканнях. Тому електроустановки спочатку вибирають по номінальних параметрах, а потім здійснюють перевірку на дію струмів короткого замикання.

Проведемо вибір ВРП. Відповідно до схеми підстанції необхідно вибрати раз'єдинители, віддільників, короткозамыкатели і розрядники.

На підстанції застосовуються раз'єдинители РНДЗ-110/1000. Вони відносяться до раз'єдинителям горизонтально-поворотного типу. У цих раз'єдинителях головний ніж складається з двох частин, які переміщуються в горизонтальній площині при повороті колонок ізоляторів, на яких закріплені. У горизонтально-поворотних раз'єдинителях при відключенні ніж як би «ламається» на дві частини, тому полегшується робота приводу у разі обмерзання контактів. Вибір раз'єдинителей і віддільників проводиться по напрузі установки, по струму, по електродинамічній стійкості і по термічній стійкості.

На підстанції застосована схема з короткозамыкателями і віддільниками на стороні вищої напруги. Проведемо вибір даного устаткування. Короткозамыкачі вибираємо по номінальній напрузі, струму К.З., по електродинамічній стійкості і по термічній стійкості. Параметри вибору раз'єдинителей, віддільників і короткозамыкателей на напругу 110 кВ зведені в таблиці. 1.7.

Встановлені на підстанції раз'єдинители, віддільники і короткозамыкатели повністю задовольняють умовам вибору, тому їх вибір слід визнати вірним.

На підстанції прийняті наступні засоби захисту трансформатора від перенапружень: з боку 110 кВ встановлений вентиляний розрядник РВС-110; з боку 6 кВ - РВП-6; з боку 10 кВ - РВП-10.

При виборі розрядників необхідно враховувати наступні електричні параметри:

- номінальна напруга указує, в якій мережі може застосовуватися даний розрядник. Якщо він буде встановлений в мережу з меншою номінальною напругою, чим вказано на його паспорті, захист буде неефективний, а якщо з великою напругою, то розрядник при спрацьовуванні руйнуватиметься;

- імпульсна пробивна напруга. При виборі розрядника його вольт-секундна характеристика повинна лежати нижче за вольт-секундною характеристикою ізоляції, що захищається, не менше чим на 25%. Якщо вольт-секундна характеристика розрядника розташовуватиметься вище

вольт-секундною характеристикою ізоляції, що захищається, то розрядник не захистить ізоляцію від перенапруженні;

- напруга УОСТ, що залишається, є падінням напруги на опорі резистора при певному імпульсному струмі. Напруга, що залишається, і близьке до нього за значенням пробивна напруга мають бути на 20-25% нижче за пробивну напругу ізоляції, що захищається;



- межа обриваних струмів, що визначається максимально і мінімально допустимим значенням струму короткого замикання при якому вже можливе гасіння дуги, але ще не відбувається руйнування розрядника.

Таблиця 1.7 - Параметрів вибору раз'єдинителів, віддільників і короткозамикачів

Тип електроустаткування	Розрахунковий параметр електричного ланцюга		Каталожні дані устаткування		Умова вибору
РЛНД – 1 – 110У – 1000	Уном, з, кВ	110	Уном, кВ	110	$U_{ном, з} \leq U_{ном}$
	Іном, з, А	181	Іном, А	1000	$I_{ном, з} \leq I_{ном}$
	Іп, з, кА	12	Іп, кА	31,5	$I_{п, з} \leq I_{п}$
	Іу, з, кА	37	Іу, з, кА	80	$I_{у, з} \leq I_{у}$
	Вк, кА·з	9	Ітер, кА	31,5/4	$V_k \leq I_{тер} \cdot t_{тер}$
ОД – 110 – 630	Уном, з, кВ	110	Уном, кВ	110	$U_{ном, з} \leq U_{ном}$
	Іном, з, А	181	Іном, А	630	$I_{ном, з} \leq I_{ном}$
	Іу, з, кА	37	Іу, з, кА	80	$I_{у, з} \leq I_{у}$
	Вк, кА·з	11	Ітер, кА	31,5/3	$V_k \leq I_{тер} \cdot t_{тер}$
КЗ– 110	Уном, з, кВ	110	Уном, кВ	110	$U_{ном, з} \leq U_{ном}$
	Іу, з, кА	37	Іу, з, кА	51	$I_{у, з} \leq I_{у}$
	Вк, кА·з	11	Ітер, кА	12,5/3	$V_k \leq I_{тер} \cdot t_{тер}$

На підстанції всі вимикачі установленні внутрішньої установки. Закритий розподільний пристрій 4,10 кВ у виконання з шафами КРУ. Всі вимикачі є маломасляними типу ВМПЕ-10 на візках викочувань. Перевіримо правильність вибраних ввідних вимикачів для приєднання нижчої і середньої обмоток трансформатора відповідно до шин 4 і 10 кВ, а так само секційних вимикачів.

Вимикач є основним апаратом на підстанції. Найбільш важкою операцією для вимикача є відключення трифазного короткого замикання і включення на тих, що існують коротке замикання. До вимикачів пред'являються наступні вимоги[5]:

- надійне відключення будь-яких струмів;
- швидкість дії, тобто найменший час відключення;

- придатність для швидкодіючого автоматичного повторного включення;
- можливість пофазного (пополюсного) управління;
- легкість ревізії і огляду контактів;
- взриво- і пожаробезопасность;
- зручність транспортування і експлуатації.

Вимикачі високої напруги вибираються по номінальній напрузі, струму, номінальному струму відключення, по ударному струму, по термічній стійкості. Параметри вибору вимикачів приведені в таблиці. 1.8.

Проведений розрахунок показує, що даний тип вимикачів підходить для експлуатації на підстанції. У третьому розділі приведена економічна оцінка варіанту установки вакуумних вимикачів замість маломасляних.

Таблиця 1.8 - Параметрів вибору вимикачів

Тип електроустановки	Розрахунковий параметр електричного ланцюга		Каталожні дані устаткування		Умова вибору
	Уном,з, кВ		Уном, кВ		
ВМПЕ -10 -3150 (введення 6 кВ)	Уном,з, кВ	6	Уном, кВ	10	$U_{ном,з} \leq U_{ном}$
	Іном,з, А	800	Іном, А	3150	$I_{ном,з} \leq I_{ном}$
	Ікз, кА	18,47	Іотк, кА	31,5	$I_{кз} \leq I_{отк}$
	Skз, МВ·А	211,14	Sотк,МВ·А	350	$S_{кз} \leq S_{отк}$
	Іу,з, кА	47,02	Іу, кА	64	$I_{у,з} \leq I_{у}$
ВМПЕ -10 - 3150 (введення 10 кВ)	Уном,з, кВ	10	Уном, кВ	10	$U_{ном,з} \leq U_{ном}$
	Іном,з, А	800	Іном, А	3150	$I_{ном,з} \leq I_{ном}$
	Ікз, кА	17,35	Іотк, кА	31,5	$I_{кз} \leq I_{отк}$
	Skз, МВ·А	330,56	Sотк,МВ·А	350	$S_{кз} \leq S_{отк}$
	Іу,з, кА	44,17	Іу, кА	80	$I_{у,з} \leq I_{у}$

## 2. НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПІДСТАНЦІЇ

### 2.1. Надійність роботи тупикових підстанцій

Сьогодні методи аналізу надійності використовуються вже в багатьох галузях техніки. Проте проблема надійності в її кількісній постановці при проектуванні і експлуатації систем електропостачання незвичайно складна. Так для розгляду питань надійності, при експлуатації систем електропостачання необхідно врахувати як сучасні досягнення сучасної теорії надійності, так і специфіку функціонування систем силового типу, схильних в значній мірі впливу несприятливих дій зовнішнього середовища і безпосередньо пов'язаних з електричною системою.

Більшість споруджуваних останнім часом тупикових підстанцій мають з боку високої напруги спрощену схему з віддільником і короткозамкатель. На підстанції застосована схема блок трансформатор-лінія

Захист трансформатора діє на вимикач 4-10 кВ і на короткозамкатель. Останній створює штучне коротке замикання (при напрузі 110 кВ – однофазное) в лінії. Лінія відключається лінійним захистом. Після цього в бестокову паузу відключається віддільник пошкодженого трансформатора і АПВ знову включає лінію.

Експлуатаційна надійність схеми через відсутність вимикачів дуже висока[6]. Крім того відмова від установки вимикача (масляного або повітря) дає економію капітальних і експлуатаційних витрат, скорочує терміни споруди. Так, наприклад, вартість осередку силового трансформатора ВРП-110 кВ з ОД більш ніж в три рази менше вартості такого ж осередку з повітряним вимикачем ВВН-110.

Відповідно до необхідна чисельність monterів по ремонту і експлуатаційному обслуговуванню 10 осередків з ОД складає 0,16 чіл., а 10 осередків з ВВН-110 - 1,38 чіл [7].

## 2.2. Розрахунок показників надійності елементів схеми

Модель відмов і відновлення силового трансформатора. Розглянемо трансформатор як елемент, що умовно складається з двох послідовно сполучених елементів, в одному з яких можуть з'являтися раптові відмови, а в іншому – поступові [8]. Раптові відмови з'являються унаслідок різкої, раптової зміни основних параметрів під впливом одного або декількох випадкових чинників зовнішнього середовища або унаслідок помилок обслуговуючого персоналу. При поступових відмовах спостерігається плавна, поступова зміна параметра елементів в результаті зносу окремих частин або всього елемента в цілому.

Вірогідність безвідмовної роботи представимо твором вірогідності

$$P_{mp}(t) = P_{e(t)} * P_{u(t)}, \quad (2.1)$$

де  $P_{e(t)}$  і  $P_{u(t)}$  — відповідно вірогідності безвідмовної роботи умовних елементів, відповідних раптовій і поступовій відмові в наслідку зносу.

У теорії надійності як основний розподіл часу безвідмовної роботи при раптових відмовах приймається показовий розподіл

$$P(t > T) = e^{-\lambda t}. \quad (2.2)$$

Поступові відмови трансформатора відбувається в основному унаслідок зносу ізоляції. Знос можна описати законом розподілу Вейбулла-гнєденко

$$P(t > T) = e^{-c(t-t_0)^k}, \quad (2.3)$$

де  $t_0$  — поріг чутливості, тобто елемент гарантовано не відмовить, в інтервалі часу від 0 до  $t_0$  може дорівнювати нулю. Тоді остаточно маємо

$$P_{mp}(t) = e^{-te-ct^k}. \quad (2.4)$$

Причинами раптових відмов трансформатора є пошкодження введень трансформатора унаслідок перекриття контактних з'єднань, витік масла. Причинами поступових відмов у свою чергу будуть порушення ізоляції обмоток унаслідок виникнення зовнішніх і внутрішніх перенапружень, крізних струмів коротких замикань і дефектів виготовлення. На підставі прийнятих критеріїв виділимо два статистичні ряди для раптових і поступових відмов таблиці. 2.1.

Параметр показового закону ( знаходимо по формулі:

$$\lambda = \frac{1}{x_{cp}};$$

$$\lambda = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i},$$
(2.5)

де  $x_{cp}$ — середнє значення напрацювань на відмову.

Середній час безвідмовної роботи визначимо по формулі

$$\overline{T}_{Imp} = \frac{1}{\lambda_{Imp}}.$$
(2.6)

Таблиця 2.1 - Статистичний ряд раптових і поступових відмов силового трансформатора

Y, ч	Y, ч	Y, ч	X, ч	X, ч	X, ч
61039	57546	53529	43774	45022	45850
59612	55392	51355	41283	42078	42906
57981	53986	60205	38793	39628	40455
56107	52062	58217	36302	36728	37554
54349	60483	56438	44608	45436	46264
52573	58564	55216	41664	42492	43320
60761	56854	52914	39215	40041	40869
58783	55739	50785	36581	37141	37967
		54733			38380
<b>Y<sub>cp</sub></b>		<b>?t</b>	<b>T</b>		<b>?</b>
56209		1827	40974		2,44057E-05

Оцінімо параметри розподілу Вейбулла-гнєденко [8]. Для цього обчислимо середнє значення напрацювання на відмову

$$y_{cp} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i. \quad (2.7)$$

Розіб'ємо вибірку на інтервали, які виберемо по формулі

$$\Delta t = \frac{y_{max} - y_{min}}{1 + 3,3 \lg m}. \quad (2.8)$$

Підрахуємо скільки відмов потрапило в кожен з отриманих інтервалів

Таблиця 2.2

інтервали	1	2	3	4	5	6
<b>мін</b>	50785	52612	54439	56265	58092	59919
<b>макс</b>	52612	54439	56265	58092	59919	61746
<b>1</b>	52573	54349	57981	56107	59612	61039
<b>2</b>	52062	53986	57546	55392	58783	60761
<b>3</b>	51355	53529	56854	55739	58564	60483
<b>4</b>	50785	52914	56438	55261	58217	60205
<b>Y<sub>ср</sub></b>	51694	53695	57205	55444	58794	60622
<b>p<sub>i</sub></b>	0,16	0,16	0,16	0,2	0,16	0,16
<b>D</b>	?	?	1/?	<b>C</b>	<b>T</b>	?
8734345	2955	0,052578	0,045	1,63E-106	56209	1,779E-05

Відносну частоту подій визначаємо по формулі

$$p_i = m_i / m. \quad (2.9)$$

Визначимо середнє значення для кожного інтервалу

$$\bar{y}_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} y_{ij}. \quad (2.10)$$

Обчислимо значення дисперсії  $D$  за формулою

$$D = \sum_{i=1}^R (\bar{y}_i - \bar{y}_{cp})^2 \cdot p_i. \quad (2.11)$$

Визначимо середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{D}. \quad (2.12)$$

Обчислимо коефіцієнт варіації за формулою

$$\bar{v} = \frac{\sigma}{\bar{y}_{cp}}. \quad (2.13)$$

По номограмі [8] знаходимо значення параметра форми  $1/\alpha = 0,31$ . По знайденим значенням обчислимо параметр масштабу  $c$  розподілу Вейбула-гнєденко :

$$c = \left( \frac{\bar{y}_{cp}}{\Gamma(1 + \frac{1}{\alpha})} \right)^{-\alpha}; \quad (2.14)$$

$$\Gamma(1,0351) = 0,987.$$

Середній час безвідмовної роботи для розподілу Вейбула-гнєденко визначимо по формулі

$$\bar{T}_{2mp} = \frac{\Gamma(1 + 1/\alpha)}{c^{1/\alpha}}; \quad (2.15)$$

$$\lambda_{2mp} = 1/\bar{T}_{2mp} = 0,00002. \quad (2.16)$$

Інтенсивність відновлення визначимо за даними статистичного ряду представленому в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 Статистичний ряд часу відновлення раптових і поступових відмов силового трансформатора

<b>ВІДНОВЛЕННЯ</b>			
15,8	18,7	22,4	26,1
18,2	21,7	25,4	20,5
21,2	24,7	17,6	23,6
24,2	17,1	20,1	26,5
16,4	19,5	22,9	27,2
<b>T=21,49</b>		<b>%=0,0465333</b>	

Інтенсивність відновлення визначимо по формулі

$$\mu_{mp} = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i}. \quad (2.17)$$

Вірогідність відновлення силових трансформаторів визначимо по формулі

$$P_{вос.тр} = 1 - e^{-\mu_{mp} t}. \quad (2.18)^{\mu}$$

Результати розрахунків по формулах (2.1) -(2.18) представлені в таблиці. 2.1, 2.2, 2.3.

Модель відмов автоматичного вимикача. Розглянемо масляний вимикач як елемент складається з двох елементів, в одному з яких може з'явитися раптова відмова, а в іншому поступовий [8]. Вірогідність безвідмовної роботи представлена формулою

$$P_{вк}(t) = P_{в(t)} * P_{п(t)},$$

де  $P_{в(t)}$  і  $P_{п(t)}$  — відповідно вірогідності безвідмовної роботи умовних елементів відповідних раптовій і поступовій відмові в наслідку зносу.

Поступові відмови вимикача відбуваються в наслідку зносу дугогасительних камер і контактів. Причинами раптової відмови є: неспрацьовування приводів, механічні пошкодження, перекриття ізоляції при зовнішніх і внутрішніх перенапруженнях. На



підставі прийнятих критеріїв сформуємо два статистичні ряди представлених в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Статистичний ряд раптових і поступових відмов ввідного масляного вимикача

X, ч	X, ч	X, ч	Y, ч	Y, ч	Y, ч
7842	8557	8554	8961	11568	7568
8749	10412	10715	10052	14008	11434
10436	11238	11102	8499	14699	9918
12650	11476	12317	10955	11463	8079
15540	20379	15451	10662	11650	14350
9452	11510	13480	9462	9734	17044
6358	6693	7752	17465	16484	13927
7075	7683	6958	16155	17535	16736
					10349
<b>T</b>		<b>?</b>	<b>Y<sub>ср</sub></b>		<b>ii</b>
10516		9,5E-05	12350		8,1E-05

Згідно теорії надійності раптові відмови мають показовий закон розподілу напрацювання на відмову

Параметр показового закону розподілу опеределим по формулі (2.5)

де  $x_{ср}$ — середнее значення напрацювань на відмову.

Середній час безвідмовної роботи визначимо по формулі (2.6).

Поступові відмови вимикача мають наступний закон розподілу

$$P_u(t) = \sum_{i=0}^{R-1} \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!} e^{-\lambda t} \quad (2.19)$$

де  $\lambda_0$  – це інтенсивність спрацьовування вимикача, яка визначається за даними статистичного ряду

$$\lambda_0 = \frac{I}{\frac{1}{m} \sum_I y_i};$$

$R$ — допустиме число відключень.

Припускаючи, що комутуючий струм розподілений по нормальному закону між максимальним і мінімальним значенням. Визначимо витрату  $p$

$$p_\rho = \frac{I_{max} I_{min}}{\sum I} \times \frac{\lg I_{max} - \lg I_{min}}{I_{max} - I_{min}};$$

$$\sigma_\rho = \sqrt{\frac{I_{max} I_{min}}{(\sum I)^2} - p_\rho^2}.$$

де  $I_{max}$  і  $I_{min}$ — максимальний і мінімальний комутований струм;

$\sum I$ — твір номінального струму відключення на гарантоване число відключень.

Допустиме число відключень визначимо по формулі

$$R = \left[ \frac{1,3\sigma_\rho}{2p_\rho} + \sqrt{\frac{1,3\sigma_\rho}{2p_\rho} + \frac{1}{p_\rho}} \right]^2$$

Середній час безвідмовної роботи при поступових відмовах

$$\overline{T_{2\epsilon}} = \frac{R}{\lambda_0}$$

Інтенсивність відновлення визначимо за даними з таблиці 2.5 і формулі (2.17).

Таблиця 2.5 - Статистичний ряд часу відновлення раптових і поступових відмов ввідного масляного вимикача

відновлення			
16,6	20,0	22,8	19,8
25,6	25,9	19,6	21,4
18,0	24,6	19,4	21,2
18,4	22,0	17,1	18,6
21,3	21,1	17,5	17,5
<b>T=20,4196</b>		<b>M=0,04897</b>	

Таблиця 2.6 Результатів розрахунків

I <sub>max</sub>	I <sub>min</sub>	n	I <sub>откл</sub>
7,5	5	20	20
Π	p•	□□	до
400	0,0066	0,01381	121

Інтенсивність відновлення визначимо по формулі

$$\mu_{вк} = \frac{I}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i}$$

Вірогідність відновлення масляного вимикача визначається по формулі

$$P_{вос.вк} = 1 - e^{-\mu}$$

Результати розрахунків по приведених вище формулах зведені в таблиці. 2.4, 2.5, 2.6.

Аналогічно проведемо розрахунки для секційного масляного вимикача. Початкові дані і результати розрахунків зведені в таблиці. 2.7, 2.8, 2.9.

Таблиця 2.7. - Статистичний ряд раптових і поступових відмов секційного масляного вимикача

<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>	<b>Y, ч</b>	<b>Y, ч</b>	<b>Y, ч</b>
8341,45	9107,29	9104	9637	12466	8128
9313,07	11096,7	11422,3	10820	15119	12321
11123	11982,9	11837	9137	15871	10675
13500	12238,5	13142	11801	12352	8682
16607,9	21820,4	16512,2	11483	12556	15490
10066,5	12275,9	14392,1	10180	10475	18424
6752,77	7111,97	8245,21	18883	17814	15031
7520,51	8170,86	7394,87	17455	18960	18088
					11143
<b>T</b>		<b>?</b>	<b>Y<sub>ср</sub></b>		<b>EE</b>
11212		8,9E-05	13320		7,5E-05

Таблиця 2.8. - Статистичний ряд часу відновлення раптових і поступових відмов секційного масляного вимикача

<b>відновлення</b>			
16,5	19,9	22,6	19,7
25,5	25,8	19,5	21,2
17,9	24,5	19,3	21,0
18,3	21,8	17,0	18,5
21,1	20,9	17,4	17,4
<b>T=20,2969</b>		<b>•=0,04927</b>	

Таблиця 2.9.- Результати розрахунків

I <sub>max</sub>	I <sub>min</sub>	n	I <sub>откл</sub>
5,5	4	20	20
∅	p.	S <sub>s</sub>	до
400	0,00507	0,01057	162

Модель відмов повітряної лінії електропередач. ЛЕП розглянемо як елемент умовно складається з двох послідовно сполучених елементів. У одному з яких може з'явитися раптова відмова, а в іншому поступовий. Вірогідність безвідмовної роботи представимо як твір вірогідності двох незалежних подій сполучених послідовно щодо надійності [8]

$$P_{ЛЕП}(t) = P_{e(t)} * P_{u(t)}.$$

Подальший розрахунок проведемо як і для трансформатора. Статистичні дані приведені в таблиці 2.10 приведені до одиничної довжини 1 км., як для раптових і поступових відмов.

Таблиця 2.10. - Статистичний ряд раптових і поступових відмов для ЛЕП

X, грам	X, грам	X, грам	Y, грам	Y, грам	Y, грам
174,11	203,04	179,13	309,12	326,04	343,86
180,83	41213	187,67	316,75	334,17	351,59
189,38	208,17	194,54	324,5	341,94	313,62
201,33	177,41	211,58	332,25	349,68	321,37
206,46	185,96	196,21	340,02	312,08	329,12
175,72	192,79	213,29	347,75	319,82	338,01
184,25	204,75	197,92	310,54	327,58	345,78
191,08	209,88	215,67	318,29	336,09	363,25

У теорії надійності як основний розподіл часу безвідмовної роботи при раптових відмовах ЛЕП приймається показовий розподіл

$$P(t > T) = e^{-\lambda t}$$

Поступові відмови ЛЕП відбуваються в основному унаслідок зносу ізоляції. Знос можна описати законом розподілу Вейбула-гніденко.

$$P(t > T) = e^{-c(t-t_0)}$$

де  $t_0$  — поріг чутливості, тобто елемент гарантовано не відмовить, в інтервалі часу від 0 до  $t_0$  може дорівнювати нулю. Тоді остаточно маємо

$$P_{ЛЕП}(t) = e^{-te-ct^\lambda}.$$

Параметр показового закону ( знаходимо по формулі

$$\lambda_{ЛЕП} = \frac{1}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i}.$$

де  $x_{cp}$  — середнє значення напрацювань на відмову.

Середній час безвідмовної роботи визначимо по формулі

$$\overline{T}_{ЛЕП} = \frac{1}{\lambda_{ЛЕП}}.$$

Оцінимо параметри розподілу Вейбула-гніденко. Для цього обчислимо середнє значення напрацювання на відмову

$$y_{cp} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_i.$$

Розіб'ємо вибірку  $y$  на інтервали, які виберемо по формулі

$$\Delta t = \frac{y_{max} - y_{min}}{1 + 3,3 \lg m}$$

Підрахуємо скільки відмов потрапило в кожен з отриманих інтервалів

Таблиця - 2.11

інтервали	1	2	3	4	5	6
<b>мін</b>	309,12	318,86	328,61	338,35	348,10	357,84
<b>макс</b>	319	329	338	348	358	368
<b>1</b>	309,12	316,75	324,5	332,25	340,02	347,75
<b>2</b>	310,54	318,29	326,04	334,17	341,94	349,68
<b>3</b>	312,08	319,82	327,58	336,09	343,86	351,59
<b>4</b>	313,62	321,37	329,12	338,01	345,78	363,25
<b>Үср</b>	311	319	327	335	343	353
<b>рi</b>	0,1666666	0,1666666	0,1666666	0,16667	0,16667	0,16667
<b>D</b>	<b>s</b>	<b>n</b>	<b>1/a</b>	<b>C</b>	<b>T</b>	<b>I</b>
199	14	0,0425237	0,035	5,7E-73	331	0,00302

Относительную частоту подій визначаємо по формулі

$$p_i = m_i / m.$$

Визначимо середнє значення для кожного інтервалу

$$\bar{y}_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^m y_{ij}.$$

Обчислимо значення дисперсії  $D$  за формулою

$$D = \sum_{i=1}^R (\bar{y}_i - \bar{y}_{cp})^2 \cdot p_i$$

Визначимо середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{D}.$$

Обчислимо коефіцієнт варіації за формулою

$$\bar{v} = \frac{\sigma}{y_{cp}}$$

По номограмі знаходимо значення параметра форми [8]  $1/\alpha=0,36$ . По знайдених значеннях обчислимо параметр масштабу  $c$  розподілу Вейбула-гнєденко

$$c = \left( \frac{\bar{y}_{cp}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)} \right)^{-\alpha};$$

$$\Gamma(1,36)=0,8902$$

Середній час безвідмовної роботи для розподілу Вейбула-гнєденко визначимо по формулі

$$\bar{T}_{2ЛЭП} = \frac{\Gamma\left(1 + 1/\alpha\right)}{c^{1/\alpha}};$$

$$\lambda_{2ЛЭП} = 1/m_{2ЛЭП}$$

У таблиці 2.10 представлений статистичний ряд відновлення відмов ЛЕП. Інтенсивність відновлення визначимо по формулі (2.17).

Вірогідність відновлення ЛЕП визначається по формулі

$$P_{вос.ЛЭП} = 1 - e^{-\lambda t}$$

Таблиця 2.12- Статистичний ряд відновлення раптових і поступових відмов ЛЕП

відновлення			
7,1	9,2	11,3	13,4
8,9	10,9	13	8,6
10,7	12,7	8,1	10,3
12,3	4,8	9,9	12,1
4,5	9,6	11,7	18,8
<b>T=10,395</b>		<b>M=0,0962</b>	



Результати розрахунків по приведених вище формулах зведені в таблиці. 2.10, 2.11, 2.12.

Модель відмов і відновлення для разъединителей. Представимо разъединитель як елемент складається з одного елементу з раптовою відмовою, з показовим законом розподілу напрацювання на відмову (2.1). Статистичний ряд напрацювань на відмову і часу відновлення представлений в таблиці 2.13, 2.14.

Параметр показового закону ( знаходимо по формулі

$$\lambda = \frac{I}{x_{cp}};$$

$$\lambda_{раз} = \frac{I}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i}.$$

де  $x_{cp}$ — середнее значення напрацювань на відмову.

Середній час безвідмовної роботи визначимо по формулі

$$\overline{T}_{раз} = \frac{I}{\lambda_{раз}}$$

Таблица 2.13. - Статистичний ряд раптових відмов разъединителей

Х, грам	Х, грам	Х, грам	Х, грам
6,64	7,40	6,68	7,13
7,06	7,17	7,44	7,06
6,86	7,12	7,20	7,22
7,20	6,98	6,83	7,11
6,79	6,83	7,24	7,48
<b>T=7</b>		<b>I=0,14143</b>	

Інтенсивність відновлення визначимо по формулі (2.17)

Вірогідність відновлення разъединителей визначається

$$P_{вос.раз} = 1 - e^{-\mu}.$$

Таблиця 2.14- Статистичний ряд часу відновлення разъединителей

<b>відновлення</b>			
8,3	6	6,2	7
7,5	8	8,3	7,2
9,1	9,2	10,9	9
6,8	10,4	9,4	8,1
10,1	7,1	8,5	6,1
<b>T=8,16</b>		<b>I=0,12255</b>	

Результати розрахунків по приведених вище формулах зведені в таблиці. 2.13, 2.14.

Модель відмов і відновлення для віддільників і короткозамыкателей. Для віддільників і короткозамыкателей складемо модель аналогічну разъединителям і проведемо подібний розрахунок. Початкові дані і результати розрахунку зведемо в таблицю 2.15, 2.16, 2.17.

Таблиця 2.15 - Статистичний ряд раптових відмов віддільників

<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>
31377	35695	31623	34179
33786	34416	35974	33762
32653	34130	34558	34679
34579	33325	32455	34091
32231	32471	34825	36149
<b>T=33848</b>		<b>I=3E-05</b>	

Таблиця 2.16 - Статистичний ряд часу відновлення віддільників

<b>ВІДНОВЛЕННЯ</b>			
8,1	5,9	6,1	6,9
7,4	7,8	8,1	7,1
8,9	9,0	10,6	8,8
6,7	10,2	9,2	7,9
9,9	7,0	8,3	6,0
<b>T=7,98933</b>		<b>I=0,12517</b>	

Таблиця 2.17 Статистичний ряд раптових відмов короткозамыкателей

<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>
32430	36893	32685	35326
34920	35570	37181	34895
33749	35275	35718	35842
35739	34443	33544	35235
33312	33560	35993	37362
<b>T=</b>	34984	<b>??</b>	2,9E-05

Таблиця 2.18 - Статистичний ряд часу відновлення короткозамыкателей

<b>ВІДНОВЛЕННЯ</b>			
8,3	6	6,2	7
7,5	8	8,3	7,2
9,1	9,2	10,9	9
6,8	10,4	9,4	8,1
10,1	7,1	8,5	6,1
<b>T=8,16</b>		<b>I=0,12255</b>	

Модель відмов і відновлення для шин. Розглядаємо два типи шин: живлячі шини, що йдуть від трансформатора до ввідного вимикача; секції шини. Оскільки шини голі те для них застосуємо показовий закон розподілу раптових відмов [8]. Причиною раптових відмов є дія струмів короткого замикання. Розрахунок проведемо аналогічно результати розрахунків зведемо в таблиці 2.19, 2.20

2.21, 2.22.

Таблиця 2.19. -Статистичний ряд раптових відмов живлячих шин

<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>
760215	856936	768768	867865
1001326	870594	1001022	874998
794916	905950	964405	814378
969966	956631	840253	903270
888089	806707	894381	823804
<b>T=878224</b>		<b>I=1,14E-06</b>	

Таблиця 2.20. - Статистичний ряд часу відновлення живлячих шин

<b>відновлення</b>			
2,1	2,9	2,3	3,5
3,7	3,8	3,8	3,9
3,0	4,3	3,0	3,7
4,4	3,9	4,7	2,4
3,3	3,6	3,1	4,2
<b>T=3,48353</b>		<b>I=0,28707</b>	

Таблиця 2.21. - Статистичний ряд раптових відмов секцій шин

<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>	<b>X, ч</b>
760215	856936	768768	867865
1001326	870594	1001022	874998
794916	905950	964405	814378
969966	956631	840253	903270
888089	806707	894381	823804
<b>T=878224</b>		<b>I=1,1E-06</b>	

Таблиця 2.22 - Статистичний ряд часу відновлення секцій шин

<b>відновлення</b>			
2,0	2,7	2,2	3,3
3,5	3,6	3,6	3,7
2,8	4,2	2,8	3,5
4,3	3,7	4,5	2,3
3,1	3,4	2,9	4,1
<b>T=3,33011</b>		<b>I=0,30029</b>	

На підставі отриманих показників надійності елементів можна визначити надійність всієї схеми.

### 2.3 Розрахунок надійності схеми електропостачання

Розрахунок послідовних з'єднань. Розрахунок проведемо аналітичним методом. Представляємо зв'язку між елементами у вигляді послідовних і паралельного їх з'єднання, описуємо відключення споживачів. Поетапне еквівалентирование розрахункової схеми мал. 1.3. з послідовно і паралельно сполучених елементів дозволяє оцінити показники надійності схеми електропостачання. Аналіз системи послідовно сполучених, відновлюваних елементів проводитимемо з урахуванням двох умов: перше при відмові одного елемента інтенсивності відмови елементів, що залишилися в роботі, не змінюються; друге відновлення не обмежене, тобто будь-який елемент, що відмовив, починає негайно відновлюватися.

Для електротехнічного устаткування прийнято виділяти чотири складових часу відновлення

$$\tau = t_{OB} + t_{OP} + t_L + t_{OB}$$

де  $t_{OB}$  – час виявлення;  $t_{OP}$  – час організації;  $t_L$  – час ліквідації відмови;  $t_{OB}$  – час опробування і включення в роботу.

після відмови. Інтенсивність відновлення Оскільки кожна складова є випадковою величиною зі своїм законом розподілу, інтенсивність відновлення є величиною не постійною. Проте на підставі теореми теорії відновлення з достатньою точністю можна скористатися показовим законом розподілу. Інтенсивність відновлення визначається за даними статистичного ряду  $Z_1..Z_n$ , де  $Z_i$  – час відновлення

$$\mu = \frac{1}{\frac{1}{n} \cdot \sum_1^n Z_i}. \quad (2.20)$$

Інтенсивність відновлення всіх елементів схеми була розрахована в попередньому розділі.

Для системи з  $n$  послідовно сполучених відновлюваних елементів сумарна інтенсивність відмовивши ланцюгу може бути знайдена по виразу

$$\Lambda = \sum_1^n \frac{1}{T_i}. \quad (2.21)$$

Середній час безвідмовної роботи послідовного ланцюга

$$T_{CP} = 1/\Lambda. \quad (2.22)$$

Середній час відновлення

$$\tau_{CP} = \frac{1}{\Lambda} \cdot \sum_1^n \frac{1}{T_i \cdot \mu_i} \quad (2.23)$$

Вірогідність безвідмовної роботи системи з n послідовно сполучених елементів на інтервалі часу від 0 до t0

$$P = e^{-t\Lambda} \quad (2.24)^A$$

Коефіцієнт готовності

$$K = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + \tau_{CP}} \quad (2.25)$$

При розрахунку враховуємо, що самі шини і ввідні вимикачі на 6 і 10 кВ однакові, і розглядатимемо надійність електропостачання по одному з нижчої напруги, спростимо початкову схему мал. 2.1. до розрахункової мал. 2.2.

Розрахуємо послідовні ланки схеми, представленої на мал. 3. Оскільки схема складається з двох однакових відносно надійності паралельних гілок, то проведемо розрахунок тільки для однієї гілки. Спростимо схему для цього кожен послідовний ланцюжок елементів замінимо на еквівалентний відносно надійності елемент E1 і E2 см мал. 2.3. Тоді замінимо послідовно сполучені елементи: Л1.1, Л1.2, Р1, О1, Кз1, Т1.1, Т1.2, Ш1, В1.1, В1.2, ШЗ на еквівалентний елемент E1 см мал. 2.3. Характеристики надійності даного елемента визначимо по виразах (2.21) -(2.25).

Інтенсивність відмов

$$\begin{aligned} L = & 1/T_{Л1.1} + 1/T_{Л1.2} + 1/T_{Р1} + 1/T_{О1} + 1/T_{КЗ1} + 1/T_{Т1.1} + 1/T_{Т1.2} + 1/T_{Ш1} + \\ & 1/T_{В1.1} + 1/T_{В1.2} + 1/T_{ШЗ} = 5.8/1699440 + 5.8/2899560 + 1/61320 + \\ & + 1/33848 + 1/34984 + 1/40974 + 1/56209 + 1/878224 + \\ & + 1/11212 + 1/13320 + 1/878224 = 0.000289, \text{ ч}^{-1}. \end{aligned}$$

Середній час безвідмовної роботи послідовного ланцюга

$$T_{CP} = 1/L = 1/0.000289 = 3460 \text{ ч.}$$

Середній час відновлення

$$\begin{aligned} \tau_{CP} = & \frac{1}{\Lambda} \cdot \sum_1^n \frac{1}{T_i \cdot \mu_i} = \frac{1}{0,000289} \left( \frac{5.8}{1699440 \cdot 0.0962} + \frac{5.8}{2899560 \cdot 0.0962} + \frac{1}{61320 \cdot 0.1225} \right. \\ & + \frac{1}{33848 \cdot 0.12517} + \frac{1}{34984 \cdot 0.1225} + \frac{1}{40974 \cdot 0.465} + \frac{1}{56209 \cdot 0.465} + \frac{1}{878224 \cdot 0.3003} \\ & \left. + \frac{1}{11212 \cdot 0.0493} + \frac{1}{13320 \cdot 0.0493} + \frac{1}{878224 \cdot 0.287} \right) = 14,14 \text{ ч.} \end{aligned}$$

Рисунок 2.1. - Схема електропостачання у відношенні надійності

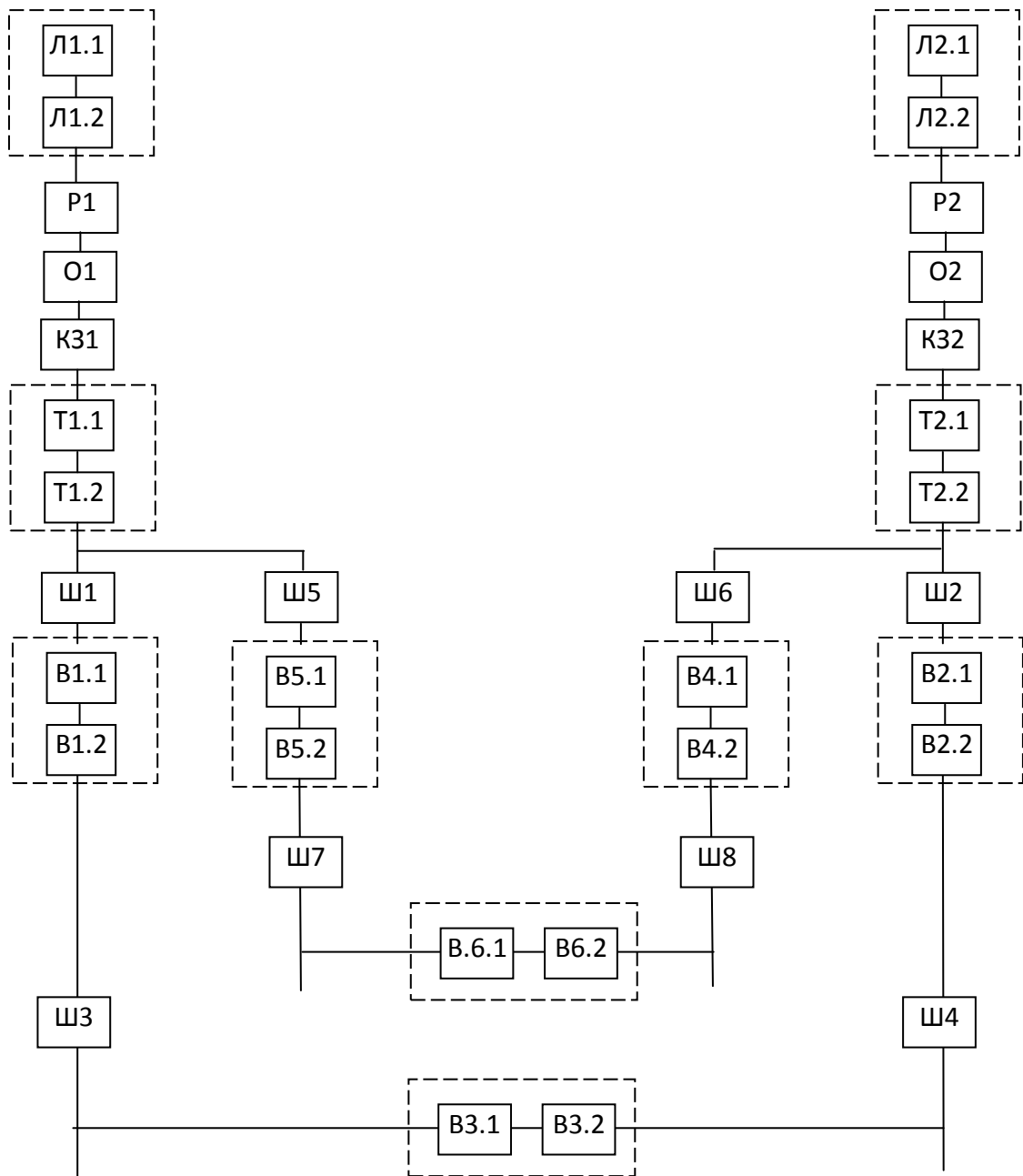
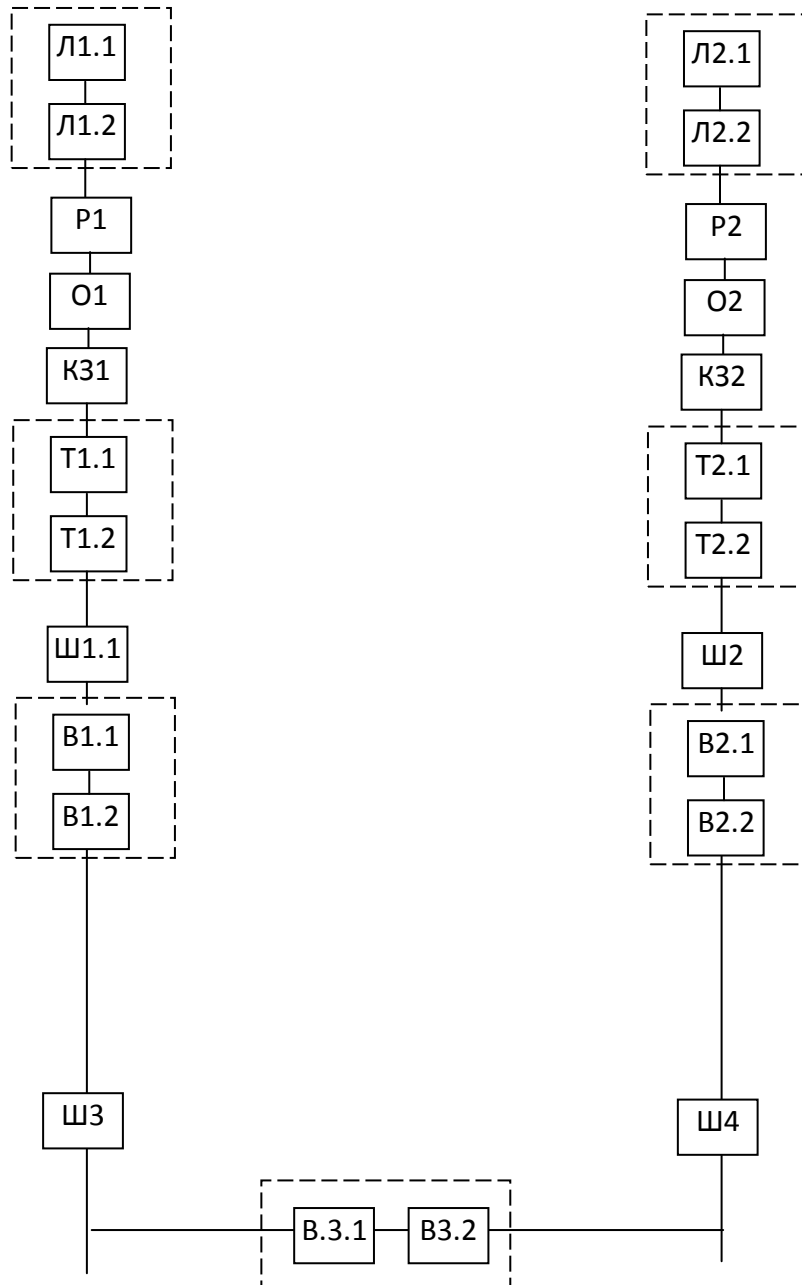




Рисунок 2.2. - Спрощена схема електропостачання в  
відношенні надійності



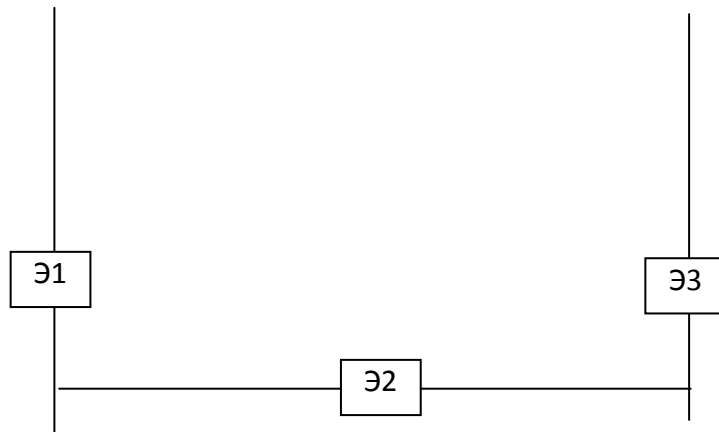


Рисунок 2.3. - Еквівалентна схема



Рисунок 2.4. - Перетворена еквівалентна схема

Среднее час безвідмовної роботи послідовного ланцюга

$$T_{CP} = 1/1/0.000289 = 3460 \text{ Л, ч.}$$

Середній час відновлення

$$\tau_{CP} = \frac{1}{\Lambda} \cdot \sum_1^n \frac{1}{T_i \cdot \mu_i} = \frac{1}{0,000289} \left( \frac{5.8}{1699440 \cdot 0.0962} + \frac{5.8}{2899560 \cdot 0.0962} + \frac{1}{61320 \cdot 0.1225} \right. \\ \left. \frac{1}{33848 \cdot 0.12517} + \frac{1}{34984 \cdot 0.1225} + \frac{1}{40974 \cdot 0.465} + \frac{1}{56209 \cdot 0.465} + \frac{1}{878224 \cdot 0.3003} \right. \\ \left. \frac{1}{11212 \cdot 0.0493} + \frac{1}{13320 \cdot 0.0493} + \frac{1}{878224 \cdot 0.287} \right) = 14,14 \text{ ч.}$$

Інтенсивність відновлення можна визначити як величину, зворотну середньому часу відновлення

$$\mu_i = \frac{1}{\tau_{CPi}} = \frac{1}{14,14} = 0,07 \text{ ч}^{-1}.$$

Коефіцієнт готовності

$$K = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + \tau_{CP}} = \frac{3460}{3460 + 14,14} = 0,996.$$

Секційний вимикач, представлений відносно надійності як два послідовно включених елементу замінимий на один еквівалентний E2 див. рис.2.3., і проведемо його розрахунок.

Інтенсивність відмов

$$L = 1/TB3.1 + 1/TB3.2 = 1/10516 + 1/12350 = 0.000176, \text{ ч}^{-1}.$$

Середній час безвідмовної роботи послідовного ланцюга

$$T_{CP} = 1/1/0.000176 = 5679 \text{ Л, ч.}$$

Середній час відновлення

$$\tau_{CP} = \frac{1}{\Lambda} \cdot \sum_1^n \frac{1}{T_i \cdot \mu_i} = \frac{1}{0,000176} \left( \frac{1}{10516 \cdot 0.0489} + \frac{1}{12350 \cdot 0.0489} \right) = 20,45 \text{ ч}$$

Інтенсивність відновлення можна визначити як величину, зворотну середньому часу відновлення

$$\mu_i = \frac{1}{\tau_{CPi}} = \frac{1}{20,45} = 0,049 \text{ ч}^{-1}.$$

Коефіцієнт готовності

$$K = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + \tau_{CP}} = \frac{5679}{5679 + 20,45} = 0,9964.$$

Далі визначимо параметри послідовного з'єднання елементів E1 і E2 по виразах (2.21) -(2.25)

Інтенсивність відмов

$$\Lambda = 1/Te1 + 1/me2 = 1/3460 + 1/5679 = 0.000465, \text{ ч}^{-1}.$$

Середній час безвідмовної роботи послідовного ланцюга

$$T_{CP} = 1/1/0.000465 = 2150 \text{ Л, ч.}$$

Середній час відновлення

$$\tau_{CP} = \frac{1}{\Lambda} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_i \cdot \mu_i} = \frac{1}{0,000465} \left( \frac{1}{3460 \cdot 0,07} + \frac{1}{5679 \cdot 0,049} \right) = 16,6 \text{ ч.}$$

Інтенсивність відновлення можна визначити як величину, зворотну середньому часу відновлення

$$\mu_i = \frac{1}{\tau_{CPi}} = \frac{1}{16,6} = 0,06 \text{ ч}^{-1}.$$

Коефіцієнт готовності

$$K = \frac{T_{CP}}{T_{CP} + \tau_{CP}} = \frac{2150}{2150 + 16,4} = 0,9924$$

Схема перетвориться до вигляду, представленого на мал. 2.4.

## 2.4 Облік резервування

Аналіз систем паралельно сполучених відновлюваних елементів проводитимемо з урахуванням чотирьох умов [9]:

- резервний елемент працює в навантаженому режимі;
- відновлення елементів, що відмовили, не обмежено;
- під час відновлення в елементах не можуть виникати вторинні відмови;
- збіг моментів настання двох різних подій вважаємо практично за неможливе.

Інтенсивність відмов кожного з елементів  $\Lambda_i$  знайдена в попередньому розрахунку.

Інтенсивність відновлення можна визначити як величину, зворотну середньому часу відновлення

$$\mu_i = \frac{1}{\tau_{CPi}}.$$

Визначимо вірогідність кожного з чотирьох станів для стаціонарного режиму.

Система може знаходитися в чотирьох станах, три з яких є працездатними, четверте – відмова:

- обидва елементи працюють;
- відмовив перший елемент;
- відмовив другий елемент;
- відмовили обидва елементи.

Вірогідність першого стану

$$p_1 = \frac{\mu_1 \cdot \mu_2}{(\Lambda_1 + \mu_1)(\Lambda_2 + \mu_2)}.$$

Вірогідність другого стану

$$p_2 = \frac{\Lambda_1 \cdot \mu_2}{(\Lambda_1 + \mu_1)(\Lambda_2 + \mu_2)}.$$

Вірогідність третього стану

$$p_3 = \frac{\mu_1 \cdot \Lambda_2}{(\Lambda_1 + \mu_1)(\Lambda_2 + \mu_2)}.$$

Вірогідність четвертого стану

$$p_4 = \frac{\Lambda_1 \Lambda_2}{(\Lambda_1 + \mu_1)(\Lambda_2 + \mu_2)}.$$

Коефіцієнт готовності системи

$$KS = p_1 + p_2 + p_3.$$

Коефіцієнт простою системи

$$RS = p_4.$$

Визначивши коефіцієнт простою, коефіцієнт готовності знайдемо як

$$KS = 1 - p_4.$$

Вірогідність четвертого стану

$$\begin{aligned} p_4 &= \frac{\Lambda_{\text{Э3}} \Lambda_{\text{Э12}}}{(\Lambda_{\text{Э3}} + \mu_{\text{Э3}})(\Lambda_{\text{Э12}} + \mu_{\text{Э12}})} = \\ &= \frac{0,000465 \cdot 0,000289}{(0,000289 + 0,07)(0,000465 + 0,06)} = 0,000032. \end{aligned}$$

Коефіцієнт готовності

$$KS = 1 - p_4 = 1 - 0,000032 = 0,999968$$

Інтенсивність відмови системи з двох взаєморезервируючих елементів

$$\begin{aligned} \Lambda_S &= \Lambda_{\text{E3}} \cdot R_{\text{Э3}} + \Lambda_{\text{E12}} \cdot R_{\text{Э12}} = 0,000289(1 - 0,996) \cdot \\ &+ 0,000465(1 - 0,9924) = 0,00000469. \end{aligned}$$

Середній час безвідмовної роботи системи

$$TCPS = 1/\Lambda_S = 1/0,00000469 = 213219 \text{ ч.}$$

Для більшої частини елементів електричних систем відношення  $\lambda = 10^{-3} \mu \dots 10^{-4}$ , тому

в межах  $t \leq 4 \dots 5tB$  справедливе співвідношення

$$M_S = M_{\text{E3}} + M_{\text{Э12}} = 0,07 + 0,06 = 0,13.$$

Оскільки обмеження на відновлення не вводилося, то

$$\tau_{CPS} = \frac{\tau_{CP1} \cdot \tau_{CP2}}{\tau_{CP1} + \tau_{CP2}} = \frac{14,14 \cdot 16,6}{14,14 + 16,6} = 7,64 \text{ ч.}$$

Таким чином результати обчислень показують, що існуюча схема підстанція

"Краснополье" володіє достатньою надійністю.

### 3. Релейний захист і автоматика, пристрій, призначення РЗА

#### 3.1 Призначення РЗА

Релейний захист призначений для захисту електроустановок від пошкоджень. В більшості випадків в місці КЗ виникає електрична дуга з високою температурою що приводить до руйнування токоведущих частин ізоляторів і електроапаратів. при КЗ до місця пошкодження підходять великі струми вимірювані 1000А які перегрівають не пошкоджені токоведущі частини і можуть викликати додаткові пошкодження до місця аварії і одночасно в мережі пов'язаних з местомом пошкодження відбувається глибоке пониження напруги що може привести до повної зупинки двигунів і порушенням нормальної роботи генераторів. При відключенні вимикачів пошкодженого елемента гасне електрична дуга в місці короткого замикання припиняється проходження аварійного струму і відновлюється нормальна напруга на непошкодженій частині установки або мережі.

Таким чином основним призначенням РЗА є виявлення в місці КЗ і швидке автоматичне відключення вимикачів пошкодженої ділянки мережі від основної непошкодженої установки або мережі .

Другим призначенням РЗ є виявлення порушень нормальних явищ роботи устаткування і подача попереджувальних сигналів обслуговуючого персоналу або відключення устаткування з витримкою часу.

Основні вимоги до релейного захисту

1) швидкодія

Релейний захист повинен забезпечувати можливий найменший час КЗ

2) селективність

Селективністю називається здатність РЗ виявляти місце пошкодження і відключати його тільки найближчим до нього вимикачами.

3) Чутливість

Це здатність РЗ почати працювати при всіх видах пошкоджень в межах встановленої зони її дії

4) надійність

Захист повинен правильно і безвідмовно діяти на відключення вимикачів устаткування при всіх її пошкодженнях і порушення нормального режиму роботи для дії при яких вона призначена і не діяти в нормальних умовах а також при таких пошкодженнях режим

нормальної роботи при яких дія даної захит не передбачено і повинен діяти інший захит.

### 3.2 Основні органи РЗ

1) Пускові органи безпосередньо і безперервно контролюють стан і режим роботи того, що захищається, устаткування і реагує на виникнення КЗ і порушення нормального режиму роботи

2) Вимірювальні органи. На вимірювальні органи покладатися завдання певного місця і характеру пошкодження і ухвалення рішення необхідності дії захиту

3) Логічна частина є схемою яка запускає пусковий орган і зіставляє послідовність і дію вимірювальних органів проводить відключення вимикачів миттєво або з витримкою часу миттєво запускає інші пристрої і подає стрибав і так далі

Стумові захиту .одним з ознак виникнення КЗ є збільшення струму в лінії. Ця ознака використовується для виконання захит званих стумовими, стумових захиту підрозділяються на максимальних захиту(МТЗ) і стумові відсічення (ТО) .главное відмінність між цими захитами полягають в способи забезпечення селективності дії. МТЗ діє з витримкою часу, а ТО без витримки часу.

З недавнього часу українська промисловість випускає пристрої мікропроцесорного захиту. автоматики. контролю і управління приєднань 6-35кВ (МРЗС –05) .Это пристрій є найбільш кращим серед інших пристроїв воно володіє безліччю виконуваних функцій Устрійство МРЗС використовується як захит повітряних і кабельних ліній напругою 6-35кВ. що працюють з ізольованою і компенсованою нейтраллю.

До складу пристрою входять:

- максимальна 3-х ступінчастий стумовий захит від міжфазних коротких замикань з обмежено-залежною витримкою часу: перший ступінь – стумове відсічення; другий ступінь з незалежною або залежною від струму витримкою часу; третій ступінь з незалежною витримкою часу; 3-х ступінчастий міжфазний захит з можливістю блокування мінімальною напругою;

- ненапрямлений захит по струму нульової послідовності (захит від замикань на землю);

- захит по мінімальній і максимальній напрузі (ЗН). При цьому можливе блокування захиту по мінімальній напрузі струмом у всіх трьох фазах;

- пристрій резервування відмови вимикача (УРОВ);

- автоматичне повторне включення (АПВ);

- пристрій автоматичного частотного розвантаження спецчерги (АЧРСО);

- блок прискорення МТЗ для швидкого відключення приєднання при включенні його на коротке замикання від АПВ або ручного включення;

- блок включення, що формує сигнал певної тривалості на включення вимикача;

- блок відключення, що формує сигнал певної тривалості на відключення вимикача.

У пристрої МРЗС також передбачені додаткові функції, що роблять його зручним в експлуатації.

Додаткові функції включають:

- реєстрацію і зберігання дискретних (вхідних, вихідних) і аналогових сигналів при аварії;

- реєстрацію і зберігання інформації про спрацьовування органів захисту і автоматики з прив'язкою їх до поточної дати і часу;

- реєстрацію і зберігання останньої аварії (гарантовано);

- експлуатаційні вимірювання струмів, напруги, частоти, активної і реактивної потужності;

- контроль ресурсу вимикача по кількості циклів спрацьовування;

- контрольні функції (контроль програмного забезпечення, контроль зовнішніх вимірювальних трансформаторів, контроль справності котушок вихідних реле).

МРЗС забезпечує контроль і вимірювання наступних величин:

- лінійної напруги змінного струму з номінальним значенням  $U_n=100\text{В}$  частотою 50 Гц від 10 до 150 % від номінальної напруги з погрішністю вимірювань не більше 5 % і від 2 до 10 % від номінальної напруги з погрішністю вимірювань не більше 10 %;

- фазних струмів частотою 50 Гц з номінальним значенням  $I_n=5\text{ А}$  в межах від 0,05 до  $30 I_n$  з погрішністю вимірювань не більше 5 %;

- струму нульової послідовності з погрішністю вимірювань не більше 5% від 0,05 до 2 А, а в межах від 0,005 до 0,05 А не більше 10 %;

- частоти в мережі в межах від 45 до 51 Гц погрішністю вимірювань не більше 0,02 Гц;

- активній і реактивній потужності в межах номінальних вимірювальних струмів і напруги в нормальному режимі з погрішністю вимірювань не більше 5% при значеннях вимірюваної потужності більше  $0,2(I_n U_n)$

### **3.3 Пристрій мікропроцесорного захисту, автоматики, контролю і управління**

МРЗС є мікропроцесорною системою, реалізованою на базі сигнального процесора ADSP2115.



Структурна схема МРЗС-05 приведена на листі 1 ГЧ .

Блок датчиків струму і напруги БДТН-05-МРЗС Рсги.468171.008-05 призначений для гальванічної розв'язки від вторинних ланцюгів вимірювальних трансформаторів струму і напруги, для узгодження рівнів струмів  $i(t)$ , напруги  $u(t)$  з рівнем вхідних аналогових сигналів вузла аналого-цифрового перетворювача (АЦП) блоку БВ-МРЗС.

Блок обчислювача БВ-МРЗС. (Рсги.467444.007) призначений для виконання аналого-цифрового перетворення вхідних аналогових сигналів  $i(t)$ ,  $u(t)$  в цифрові сигнали  $i(nT)$ ,  $u(nT)$ ; виконання всіх функцій вимірювання, захит, автоматики, діагности, реєстрації аварійних подій з прив'язкою до реального часу; налаштування МРЗС; управління всемікрограмно-доступними блоками(БДВВ-МРЗС, 2БД-МРЗС); проходить обмін інформації із зовнішніми пристроями і користувачем.

Блок інтерфейсний БІ-МРЗС Рсги.467119.006 призначений для підключення МРЗС до комп'ютера через інтерфейс RS232, а так само в локальну мережу через інтерфейс RS485. За допомогою комп'ютера є можливість провести налаштування МРЗС, записати уставки, рахувати зареєстровані аварійні події.

Блок дискретних входів виходів БДВВ-МРЗС Рсги.467119.005 призначений для гальванічної розв'язки МРЗС, узгодження по рівню і прочитування в обчислювач восьми вхідних дискретних сигналів, і вихід на сім реле.

Блок дисплейний 2БД-МРЗС Рсги.467846.005 містить рідкокристалічний індикатор (два рядки по 16 символів в рядку), чотири кнопки, сім світлодіодів і призначений для організації взаємодії користувача з МРЗС:

- налаштування і конфігурації;
- введення уставок;
- установки часу;
- виводи на індикатор поточної інформації про аварійні події;
- сигналізації про всі спрацьовування систем захисту через світлодіоди.

На вхідні обмотки трансформаторів МРЗС (блок БДТН-05-МРЗС) поступають струми  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $Z_{i0}$ , напруга  $U_A$ ,  $U_B$ ,  $U_C$ ,  $Z_{u0}$ .

Номінальна лінійна вхідна напруга трансформаторів напруги – 100 В. Номінальний струм трансформаторів струму – 5 А; номінальний струм трансформатора  $Z_{i0}$ –0,1 А.

У вторинних обмотках трансформаторів струму коштують резистори, що погоджують. З виходів обмоток трансформаторів через низькочастотні фільтри RC-аналогові сигнали  $i_a(t)$ ,  $i_b(t)$ ,  $i_c(t)$ ,  $Z_{i0}(t)$ ,  $u_a(t)$ ,  $u_b(t)$ ,  $u_c(t)$ ,  $Z_{u0}(t)$  поступають на вхід АЦП,

де проводиться перетворення їх в п'ятнадцятиразрядные двійкові коди, що прочитуються процесором блоку обчислювача.

У процесорі проводиться цифрова обробка сигналів:

- виконуються перетворення Фур'є;
- обчислюються значення струмів IA, що діють, IB, IC, Ziо;
- обчислюються значення напруги UA, що діють, UB, UC, Zuо;
- обчислюються кути фазових зрушень між всіма струмами і напругою;
- проводиться розрахунок активної потужності, реактивної потужності, частоти мережі.

Коефіцієнти трансформації станційних трансформаторів струму і напруги вводяться при конфігурації МРЗС. Сигнали з дискретних входів блоку БДВВ-МРЗС через магістраль прочитуються в блок БВ-МРЗС. Загальна кількість дискретних входів – вісім. Рівень логічного «нуля» - від 0 до 100 Ст.

Рівень логічної «одиниці» - від 150 до 250 Ст.

Всі дискретні входи можуть бути як прямими, так і інверсними не залежно один від одного.

МТЗ від міжфазних коротких замикань призначена для захисту приєднань 6-35 кВ при двофазних і трифазних коротких замиканнях.

Функціональна схема роботи МТЗ при міжфазних коротких замиканнях приведена в додатку. Блок реалізований програмно. Захист має три ступені.

Кожен із ступенів має уставку по струму спрацьовування пускового органу (ПО) і за часом спрацьовування. При спрацьовуванні струмових ПО будь-якому із ступенів МТЗ (Ісп( Іуст), запускаються таймери цих же ступенів, які, відлічивши встановлений час, впливають на виході реле.

Другий ступінь з время-токозависимой витримкою часу і з незалежною витримкою часу одночасно не використовуються.

Після спрацьовування будь-який із ступенів відбувається пуск УРОВ, а також пуск АПВ, якщо воно повинне працювати після спрацьовування даного ступеня.

При будь-якому включенні приєднання на коротке замикання проводиться спрацьовування другого або третього ступенів, що задаються, по ланцюгу прискорення при включенні.

Через дискретні входи МТЗ можна статично блокувати, а також проводити її включення/відключення.

Активні сигнали «Стат. Бл Мт31бн», «Стат. Бл Мт32бн», «Стат. Бл Мт33бн», забезпечують можливість роботи існуючого ступеня Мт3 без блокування по напрузі.

В тому разі якщо, відключення МТЗ проводиться через дискретний вхід, то подальше включення необхідно обов'язково проводити через дискретний вхід.

Перелік виконуваних функцій МРЗС

МРЗС забезпечує контроль і вимірювання наступних величин:

-лінійних напруга змінного струму з номінальним значенням  $U_n=100\text{В}$  частотою 50 Гц від 10 до 150 % від номінальної напруги з погрішністю вимірювань не більше 55 і від 2 до 10% від номінальної напруги з погрішністю вимірювань не більше 10 %;

-фазних струмів частотою 50 Гц з номінальним значенням  $I_n=5\text{а}$  в межах від 0,05 до 30  $I_n$  з погрішністю вимірювань не більше 5 %;

-струму нульової послідовності з погрішністю вимірювань не більше 5 %; від 0,05 до 2 А. а в межах від 0,005 до 0,05А не більше 10 %;

вартості устаткування, збільшенню споживання енергії на власні потреби.

Необхідно враховувати кліматичні, атмосферні умови в місці розташування підстанції при проектуванні і виборі устаткування для КРИЧУ. У даному районі розрахункова температура повітря складає  $26^{\circ\text{C}}$ , температура найхолоднішої п'ятиденки -  $26^{\circ\text{C}}$ , нормативний натиск вітру  $40\text{ кгс/см}^2$ , район по ожеледі – 3, середня висота сніжного покриву 57 см, нормативне снігове навантаження  $100\text{ кгс/см}^2$ .

При виборі схеми електропостачання істотну допомогу надає картограма електричних навантажень. Картограмою називають план, на якому зображена середня інтенсивність розподілу навантажень приймачів електроенергії. Для її побудови

## 4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Витрати і прибуток як інструмент аналізу діяльності підприємства

Будь-який з даних варіантів господарського заходу володіє цілим рядом достоїнств і недоліків. Вартісні оцінки є єдиною основою, тобто формою показників, що дозволяє порівняти ці різномірні величини, що припускають безліч технічних, соціальних і економічних характеристик. Подібна оцінка може бути виконана тільки через два види показників: *доходи* і *витрати*.

*Доходи* характеризують *вигоду*, яку отримують підприємства від реалізації заходу. *Витрати* (витрати) відображають ту *економічну ціну* (витрати різного виду ресурсів), яку підприємства повинні платити за реалізацію заходу. *Різниця* між доходами і витратами (витратами) складає той чистий економічний результат - *прибуток*, який отримує підприємство.

Взаємозв'язок між вказаними величинами характеризує наведена вище формула ( $\Xi = P - Z$ ). В даному випадку як ефект може розглядатися величина чистого прибутку ( $\Xi = \Pi$ ), а як результат - об'єм валового доходу ( $P = D$ ), т.е.

$$\Pi = D - Z .$$

*Доходи*. Величина отриманого підприємством доходу може бути виражена формулою

$$D = \sum_{i=1}^n Q_i C_i T_i ,$$

де  $Q_i$  — об'єм  $i$ -го виду продукції, часу, що реалізовується в одиницю (доба, місяць, рік); ця величина вимірюється натуральними одиницями: шт., кг, т, м, умовними одиницями, пр.;  $C_i$  - ціна одиниці  $i$ -го виду продукції, що реалізовується (грн./шт.; грн./кг; грн./т і так далі);  $T_i$  — період часу, протягом якого реалізується  $i$ -й вид продукції (місяців, років).

Дана формула є ключем до розуміння механізму реалізації ефектів будь-якого упровадженого заходу. У частности, зміни, що привносяться ним, можуть надавати дію на доходи підприємства по наступних трьом напрямам:

- через зміну *об'єму* продукції, що реалізовується, в одиницю часу (зміна кількісних показників продуктивності);
- через зміну *ціни* одиниці продукції (зміна якісних характеристик продукції);
- через зміну *тимчасового періоду* дії економічного процесу.

Слід підкреслити, що для обґрунтування рішень розрахунки ефективності повинні відображати не поточний стан параметрів економічної системи, на їх динаміку, тобто ступінь впливу змін, що привносяться заходом.

Схематично це може бути виражено формулою

$$\Delta D = \sum_{i=1}^n Q_{i2} C_{i2} T_{i2} - \sum_{i=1}^n Q_{i1} C_{i1} T_{i1},$$

де показники з індексом 1 характеризують економічні параметри системи до проведення заходу, а з індексом 2 - після його реалізації.

*Витрати (витрати)* - Іншою компонентой, що визначає розмір економічного ефекту, є величина *витрат*, або *витрат*, пов'язаних з реалізацією даного заходу. У загальному вигляді повну величину вказаних витрат за період дії заходу можна виразити формулою

$$Z_{\text{пол}} = K + C_{\text{тек}},$$

де *До* - *капітальні* вкладення, тобто витрати до основних фондів (будівлі, споруди, устаткування, ін.); основна особливість даного виду витрат полягає в тому, що вони вносяться один раз на декілька років (термін служби основних фондів); тому капітальні вкладення називають ще *одноразовими витратами*; *Стік* - величина *поточних (експлуатаційних)* витрат; це витрати на сировину і матеріали, електроенергію, заробітну плату персоналу, оренду приміщень, різні види послуг, платежі, пр.; відмітною особливістю поточних витрат є те, що вони вносяться («течуть») впродовж поточного періоду часу (місяця, кварталу, року).

В тому випадку, якщо *капітальні вкладення* пов'язані з придбанням або модернізацією нової техніки, їх повна величина може бути умовно представлена двома складовими:

$$K = K_{осн} + K_{сop} ,$$

де  $K_{осн}$  - вартість придбання основного технологічного устаткування;  $K_{сop}$  - величина супутніх капітальних вкладень, тобто вартість транспортування (якщо вона не включена в ціну), монтажу, комунікацій, площ, де буде встановлено устаткування, ін.

В тому випадку, якщо капітальні вкладення вносяться не відразу, а по частинах (наприклад, термін будівництва і введення в експлуатацію промислового об'єкту розтягнувся на декілька років), сумарна величина капітальних вкладень має бути приведена до одного терміну з урахуванням чинника часу:

$$K = \sum_{i=1}^n K_i (1+r)^{T-i} ,$$

де  $K_i$  - величина капітальних вкладень, здійснюваних в  $i$ -м році;  $r$  - норматив приведення (дисконтування);  $T$  - рік, до якого приводяться капітальні вкладення;  $i$  — номер поточного року.

Слід зазначити ще одну особливість капітальних вкладень. Їх сумарна величина, внесена одиноразово, практично не залежить від інтенсивності використання основних фондів, на які витрачені ці засоби. Вони існують, навіть якщо введені в експлуатацію об'єкт взагалі не випускає продукцію. На відміну від общей суми капітальних вкладень їх питома величина з розрахунку на одиницю продукції природним образом змінюється у міру збільшення об'єму продукції, що випускається. Адже чим більше на відповідному обладнанні випускається продукції, тим менше за капітальних вкладення доводиться на її одиницю.

Інакше поведуться *поточні (експлуатаційні) витрати*. За невеликим винятком (адже основні фонди потрібно підтримувати навіть в непрацюючому стані), цей вид витрат вноситься («тече») лише в ході виробничого процесу.

Сумарна величина *поточних витрат*, як вже було відмічено вищим, пов'язана з обсягом виробництва, терміном реалізації господарського заходу, іншими внутрі- і внешнепроизводственными характеристиками. Залежно від умов, в яких виявляється вплив перерахованих чинників, змінюється і характер розрахунку поточних витрат. У загальному вигляді це може бути виражено декількома ключовими схемами.

**Поточні питомі витрати, що не змінюються.** Дана ситуація припускає найбільш простий випадок, коли питомі значення поточних витрат (з розрахунку на одиницю продукції і/або одиницю часу) не змінюються впродовж тривалого періоду. Залежно від ключового чинника, який впливає на сумарну величину витрат, можуть бути використані наступні розрахункові формули.

Ключовий чинник - час виробничого процесу:

$$C_{тек} = C_t \cdot T,$$

де  $C_t$  - питомі поточні витрати з розрахунку на одиницю часу (грн./час; грн./год; грн./станкочас, грн./нормочас, ін.);  $T$  - час реалізації заходу (година, рік, станкочас, нормочас).

Ключовий чинник - об'єм виробничої продукції:

$$C_{тек} = C_n \cdot N,$$

де  $C_n$  - питомі поточні витрати з розрахунку на одиницю об'єму вироблюваної (що реалізовується) продукції (грн./шт.; грн./кг; грн./т; грн./м; грн./м<sup>2</sup>; грн./м<sup>3</sup>; грн./л; грн./кВт·год; грн./т·км, грн./км, грн./грн. продукції, ін.);  $N$  - об'єм продукції, проведеної за час реалізації заходу (шт., кг, т, м, м<sup>2</sup>, м<sup>3</sup>, л, кВт·год, км., т·км., грн. продукції, ін.).

Розглянутий вище методичний підхід має ще одне застосування (окрім згаданих випадків, коли питомі витрати носять відносно стабільний характер). Він може використовуватися для укрупнених орієнтовних розрахунків, в яких коливаннями поточних витрат можна просто нехтувати.

**Питомі поточні витрати, що змінюються.** Дана ситуація припускає зміну питомих значень експлуатаційних витрат з часом. Причинами подібних змін можуть бути:

- зміна умов роботи (наприклад, ускладнення умовий добычи корисних копалини);
- зміна цін на використовувані види ресурсів (зокрема, будматеріали, енергоносії, природні ресурси, ін.);
- зміна рівня заробітної плати;
- зміна технічних і економічних параметрів производственных процесів.

При цьому слід враховувати дві протилежні тенденції дії різних груп чинників на величину удельних витрат.

*Позитивна* тенденція обумовлена дією сприятливих чинників, сприяючих *зниженню* питомих витрат. Це може бути пов'язано з поступовим вдосконаленням продукції, збільшенням обсягу випуску і дією ефектів зростання масштабу виробництва, що знижує собівартість одиниці продукції.

*Негативна* тенденція обумовлена процесами, ведучими до *підвищення* питомих витрат. Це пов'язано з декількома причинами, серед яких:

- фізичний знос техніки і погіршення її технічних параметрів, що веде до збільшення витратних показників (в частині, матеріаломісткості і енергоємності продукції), а також до погіршення якості продукції, що випускається, і неминучого зниження її ціни;

- моральне старіння продукції, що випускається, що обумовлює зниження цін на неї;

- насичення ринку даним видом продукції, що веде сразу к двом несприятливим наслідкам: зниженню об'єму реалізації і падінню цін.

Доречно звернути увагу на одну важливу деталь. Зниження цін на продукцію, що реалізовується, веде до зростання питомих витрат виробництва. Це пояснюється дуже просто: якщо загальна сума витрат залишається на колишньому рівні, а сума реалізованої продукції (у вартісному виразі) знижується, то виробництво одиниці продукції обходиться все дорожчим.

Розрахункова формула визначення сумарної величини поточних витрат при їх нестабільній питомій величині має вигляд

$$C_{\text{тек}} = \sum_{i=1}^n C_i,$$

де  $C_i$  - сума поточних витрат в  $i$ -м періоді часу (зокрема, року).

Метою і засобом розрахунків по наведених вище формулам є показники економічної ефективності.



#### 4.2. Акціонерне товариство як форма приватизації.

*Акціонерним товариством* називається товариство, статутний фонд якого роздільний на паї у вигляді акцій рівної номінальної вартості і яке відповідає по своїх зобов'язаннях тільки майном даного суспільства. Акціонери відповідають по зобов'язаннях суспільства тільки в межах акцій, що є у них. Акціонерні суспільства бувають двох видів: відкриті (акції суспільства розповсюджуються шляхом відкритої підписки і купівлі-продажу на біржах) і закриті (акції розподіляються між засновниками суспільства і не можуть розповсюджуватися шляхом підписки, купуватися і продаватися на біржі).

Учасники акціонерного суспільства, які створили уставний фонд, формують органи управління, колективно розподіляють щорічний прибуток суспільства і ліквідаційну прибуток у разі продажу суспільства.

Акції можуть продаватися, надаватися в заставу і тому подібне без згоди решти акціонерів. Акціонери можуть купувати, продавати або передавати третім особам свої акції. Розмір статутного фонду акціонерного суспільства має бути не нижче за суму, еквівалентну 1250 мінімальним заробітним платам. В той же час для інших господарських суспільств згідно Закону України «Про господарські суспільства» ця сума має бути не нижче за суму, еквівалентною 625 мінімальним заробітним платам.

### **4.3 Розрахунок повної собівартості продукту, що розробляється**

Собівартість продукту - це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на його виробництво і збут. Витрати на виробництво формують виробничу собівартість, а витрати на виробництво і збут - повну собівартість. Розрахунок собівартості продукту за статтями витрат називається калькуляцією. Калькуляція собівартості програмного продукту здійснюється відповідно «Типовому положенню з планування, обліку і калькуляції собівартості продукції (робіт, послуг) в промисловості». /Ссылка на літературу: Типове положення з планування, обліку і калькуляції собівартості продукції. Затверджено КМ. України від 26 квітня 1996 № 473 // Бізнес. - № 32-35/.

Витрати, пов'язані з виробництвом і збутом (реалізацією) продукту (пристрої МРЗС-05) групуються за наступними статтями:

1. Матеріали і комплектуючі вироби.
2. Основна заробітна плата.
3. Додаткова заробітна плата.
4. Відрахування на соціальні заходи.
5. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування.
6. Загальновиробничі витрати.
7. Адміністративні витрати.
8. Витрати на збут.

#### 4.3.1 Матеріали і комплектуючі вироби.

Розглядаються виходячи з відомостей на матеріали, сировину, що комплектують, операцію з розрахунку на 1 одиницю випуску.

Таблиця 4.1

#### Матеріали і комплектуючі вироби

Найменування	Кількість	Вартість, грн.
Пристрій МРЗС-05	1	25000
Провідники	10 м	1000
Сумарна вартість купувальних виробів (Сп)		26000

#### 4.3.2 Витрати на основну заробітну плату (З<sub>о</sub>):

$$Z_o = t \cdot ЧКА = 10 \cdot 25 \cdot 1 \cdot 2 = 500 \text{ грн}, \quad (4.1)$$

де Т - сумарна трудомісткість розробки продукту (година). Визначається експертним шляхом виходячи з фактично витраченого часу на виробництво і наладку продукту;

Ч - середня годинна тарифна ставка 1 робочого, який задіяний у виробництві продукту, грн./час;

До - коефіцієнт трудової участі (розрядності);

А - кількість працівників задіяних у виробництві.

4.3.3 *Додаткова заробітна плата (10?30% від  $Z_0$ ):*

$$Z_d = Z_0 \cdot \frac{K_d}{100} = 500 \cdot \frac{20}{100} = 100 \text{ грн}, \quad (4.2)$$

де  $K_d$  - відсоток додаткової заробітної плати.

4.3.4 *Відрахування на соціальні заходи містять відрахування від суми основної і додаткової зарплати по встановлених ставках*

- на обов'язкове державне пенсійне страхування - 33,2%;
- на державне страхування від нещасних випадків - 0,9%;
- на обов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття - 1,3%;
- у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності і витратами, обумовленими народженням дитини і похованням, - 1,5%)

$$H_{см} = (Z_0 + Z_d) \cdot \frac{36,9}{100} = (500 + 100) \cdot \frac{36,9}{100} = 221,4 \text{ грн} \quad (4.3)$$

4.3.5 *Витрати на утримання і експлуатацію устаткування:*

*Якщо устаткування знаходиться на балансі підприємства.*

Витрати на зміст і експлуатацію устаткування (РСЕО) = основна зарплата \* %РСЭО, визначається з відомостей за аналізом повної собівартості продукту (в середньому 120-150%).

$$Z_{ue} = z_0 \cdot 150\% = 500 \cdot 150\% = 750 \text{ грн} \quad (4.4)$$

4.3.6 *Загальновиробничі витрати.*

Є витратами, пов'язаними з управлінням підрозділом, витратами на службові відрядження співробітників підрозділу (цехи), амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загальцехового призначення і так далі

Визначаються у розмірі 130-250% від основної зарплати.

$$Z_{обц} = z_o \cdot 250\% = 500 \cdot 250\% = 1250 \text{ грн} \quad (4.5)$$

#### 4.3.7 Виробнича собівартість продукту.

$$P_c = c_n + Z_o + Z_d + H_{см} + Z_{уе} + Z_{обц} = 26000 + 500 + 100 + 221,4 + 750 + 1250 = 28821,4 \text{ грн} \quad (4.6)$$

#### 4.3.8 Адміністративні витрати.

Можуть включати:

- витрати, пов'язані з управлінням підприємства;
- витрати на службові відрядження адміністрації підприємства;
- витрати на пожежну і сторожову охорону;
- витрати, пов'язані з підготовкою (навчанням) і перепідготовкою кадрів;
- витрати на перевезення працівників до місця роботи і назад;
- витрати на сплату відсотків за фінансові кредити, а також відсотків за товарні і комерційні кредити; витрати, пов'язані із сплатою відсотків за користування матеріальними цінностями, узяними в оренду (лізинг);
- витрати, пов'язані з оплатою послуг комерційних банків і інших кредитно-фінансових установ;
- податки, відрахування.

Визначаються у розмірі 140-200% від основної зарплати.

$$Z_a = z_o \cdot 200\% = 500 \cdot 200\% = 1000 \text{ грн} \quad (4.7)$$

#### 4.3.9 Витрати на збут.

Включають витрати на рекламу і передпродажну підготовку продукту. Орієнтування ці витрати визначаються у розмірі 5-10% від виробничої собівартості.

$$Z_c = p_c \cdot 10\% = 28821,4 \cdot 10\% = 2882,14 \text{ грн} \quad (4.8)$$

#### 4.3.10 Повна собівартість продукту.

$$C = p_c + z_a + z_c = 28821,4 + 1000 + 2882,14 = 32703,54 \text{ грн} \quad (4.9)$$

#### 4.3.11 Калькуляція собівартості продукту зводиться в таблицю

Таблиця 4.4 - Калькуляція собівартості продукту

<b>Найменування статей калькуляції</b>	<b>Величина, грн</b>
Матеріали і комплектуючі вироби.	26000
Основна заробітна плата	500
Додаткова заробітна плата	100
Відрахування на соціальні заходи	221,4
Витрати на утримання і експлуатацію устаткування	750
Загальновиробничі витрати	1250
Адміністративні витрати	1000
Витрати на збут	2882,14
<b>Повна собівартість продукту</b>	<b>32703,54</b>

#### 4.4. Розрахунок ціни продукту

У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: с/с плюс прибуток, забезпечення фіксованого об'єму прибули, залежно від рівня попиту.

Розрахунок оптової ціни продукту проведемо по схемі «собівартість плюс прибуток».

$$Ц_{opt} = З + П \quad (4.10)$$

де З - собівартість програмного продукту

П - величина прибули.

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції встановлюваного підприємством:

$$R = \frac{П}{С} \cdot 100\%, \quad (4.11)$$

де  $R$  - рентабельність продукції (продукту), приймається в розмірі до 35%.

Тоді оптова ціна програмного продукту визначається:

$$C_{opt} = C + \frac{R \cdot C}{100} = 32703,54 + \frac{35\% \cdot 32703,54}{100} = 44149,78 \text{ грн}, \quad (4.12)$$

Позитивні сторони даної методики полягають в її простоті, комплексній очевидності такої функції ціни як відшкодування витрат на виробництво і забезпечення прибутковості від створення і реалізації продукту. Недолік даної методики полягає в тому, що вона майже не враховує ринкові чинники ціноутворення і перш за все попит. Проте в умовах ринкової економіки існують ситуації, якщо підприємствам доцільно її застосовувати: в умовах відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності продукції з боку держави, виконанні одноразових замовлень, виготовленні оригінальної продукції.

Необхідно відзначити, що для встановлення реальної ціни яка б відповідала умовам існуючого ринку програмних продуктів, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

$$C_{розн} = c_{opt} \cdot 1,2 = 44149,78 \cdot 1,2 = 52280,93 \text{ грн} \quad (4.13)$$

де 20% ПДВ

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Аналіз потенційно небезпечних чинників при розробці і експлуатації системи.

Темою моєї роботи є система керування підстанцією 110/10 кВ.

Таблиця 5.1.- Перелік і розташування джерел небезпеки на об'єкті проектування

Вид джерела небезпеки	Об'єкт - джерело небезпеки	
	назва	місцезнаходження
1.Джерело електромагнітної небезпеки	силовий трансформатор, високовольтні лінії	ВРП-110/10КВ
2.Джерело пожежної небезпеки	трансформаторне масло, горючі конструкції	ВРП-110/10КВ (силові трансформатори, вимикачі), приміщення обслуговуючого персоналу
3. Вибухонебезпечне джерело	трансформаторне масло	ВРП-110/10КВ (силові трансформатори, вимикачі)
4. Джерело шуму	трансформатор	підстанція

Управління всією системою вестиме оператора. Оператор може контролювати роботу системи прочитуючи дані з монітора.

Наявний в даний час в нашій країні комплекс розроблених організаційних заходів і технічних засобів захисту, накопичений передовий досвід роботи ряду обчислювальних центрів показує, що є можливість добитися значно великих успіхів в справі усунення дії на працюючих небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Проте стан умов праці і його безпеки у ряді ВЦ ще не задовольняють сучасним вимогам. Оператори МРЗС-05 на далі ЕОМ, оператори підготовки даних, програмісти і інші працівники ВЦ ще стикаються з дією таких фізично небезпечних і шкідливих виробничих чинників, як підвищений рівень шуму, підвищена температура зовнішнього середовища, відсутність



або недостатня освітленість робочої зони, електричний струм, статична електрика та інші.

Багато співробітників ВЦ пов'язано з дією таких психофізичних чинників, як розумове перенапруження, перенапруження зорових і слухових аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження. Дія вказаних несприятливих чинників призводить до зниження працездатності, викликане стомленням, що розвивається. Поява і розвиток стомлення пов'язана із змінами, що виникають під час роботи в центральній нервовій системі, з гальмівними процесами в корі головного мозку. Наприклад сильний шум викликає труднощі з розпізнаванням кольірних сигналів, знижує швидкість сприйняття кольору, гостроту зору, зорову адаптацію, порушує сприйняття візуальної інформації, зменшує на 5-12% продуктивність праці. Тривала дія шуму з рівнем звукового тиску 90 дБ знижує продуктивність праці на 30-60 %.

Медичні обстеження працівників ВЦ показали, що окрім зниження продуктивності праці, високі рівні шуму приводять до погіршення слуху. Тривале знаходження людини в зоні комбінованої дії різних несприятливих чинників може привести до професійного захворювання. Аналіз травматизму серед працівників ВЦ показує, що в основному нещасні випадки походять від дії фізично небезпечних виробничих чинників при заправці носія інформації на барабан, що обертається, при зняттю кожусі, при виконанні співробітниками невластивих ним робіт. На другому місці випадки, пов'язані з дією електричного струму.

Електричні установки, до яких відноситься практично все устаткування ЕОМ (МРЗС-05), представляють для людини велику потенційну небезпеку, оскільки в процесі експлуатації або проведенні профілактичних робіт чоловік може торкнутися частин, що знаходяться під напругою. Специфічна небезпека електроустановок: токоведущі провідники, корпусу ЕОМ і іншого устаткування, що опинився під напругою в результаті пошкодження (пробою) ізоляції, не подають яких-небудь сигналів, які попереджають людину про небезпеку. Реакція людини на електричний струм виникає лише при протіканні останньої через тіло людини. Виключно важливе значення для запобігання електротравматизму має правильна організація обслуговування електроустановок ВЦ, що діють, проведення ремонтних, монтажних і профілактичних робіт. При цьому під правильною організацією розуміється строге виконання низки організаційних і технічних заходів і засобів, встановлених "Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів і правила техніки безпеки, що діють, при експлуатації електроустановок споживачів" (ПТЕ і ПТБ споживачів) і "Правила установки електроустановок" (ПУЕ).

Залежно від категорії приміщення необхідно прийняти певні заходи, що забезпечують достатню електробезпеку при експлуатації і ремонті електроустаткування. Так, в приміщеннях з підвищеною небезпекою електроінструменти, переносні світильники мають бути виконані з подвійною ізоляцією або їх напруга живлення не повинна перевищувати 42В. У ВЦ до таких приміщень можуть бути віднесені приміщення машинного залу, приміщення для розміщення сервісної і периферійної апаратури. У особливо небезпечних же приміщеннях напруга живлення переносних світильників не повинно перевищувати 12В, а робота з напругою не вище 42В вирішується тільки із застосуванням СИЗИЙ (діелектричних рукавичок, килимків і тому подібне). Роботи без зняття напруги на токоведущих частинах і поблизу них, роботи проводяться безпосередньо на цих частинах або при наближенні до них на відстань менш встановленого ПЕУ. До цих робіт можна віднести роботи по наладці окремих вузлів, блоків. При виконанні такого роду робіт в електроустановках до 1000В необхідне застосування певних технічних і організаційних заходів, таких як:

огорожі, розташовані поблизу робочого місця і інших струмоведучих частин, до яких можливий випадковий дотик;

робота в діелектричних рукавичках, або стоячи на діелектричному килимку;

застосування інструменту з ізолюючими рукоятками, за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Роботи цього вигляду винні виконуються не менше чим двома працівниками.

Відповідно до ПТЕ і ПТБ споживачам і обслуговуючому персоналу електроустановок пред'являються наступні вимоги:

особи, що не досягли 18-річного віку, не можуть бути допущені до робіт в електроустановках;

обличчя не повинні мати каліцтв і хвороб, що заважають виробничій роботі;

обличчя повинні після відповідної теоретичної і практичної підготовки пройти перевірку знань і мати посвідчення на доступ до робіт в електроустановках.

У ВЦ розрядні струми статичної електрики найчастіше виникають при дотику до будь-якого з елементів ЕОМ. Такі розряди небезпеки для людини не представляють, але окрім неприємних відчуттів вони можуть привести до виходу з ладу ЕОМ. Для зниження

величини виникаючих зарядів статичної електрики у ВЦ покриття технологічної полови слід виконувати з одношарового полівінілхлоридного антистатичного лінолеуму. Іншим методом захисту є нейтралізація заряду статичної електрики іонізованим газом. У промисловості широко застосовуються радіоактивні нейтралізатори. До загальних заходів захисту від статичної електрики у ВЦ можна віднести загальні і місцеве зволоження повітря.

Згідно «Гранично допустимим рівням дії постійних магнітних полів при роботі з магнітними пристроями і магнітними матеріалами» № 1742—77 напруженість постійного поля на робочому місці не повинна перевищувати 8 кА/м, а магнітних полів промислової частоти приймається залежно від тривалості імпульсу, тривалості паузи між імпульсами і загального часу дії протягом робочого дня.

У випадку, якщо напруженість поля перевищує допустимі значення або тривалість перебування людини в електричному або магнітному полі не відповідає допустимим значенням, повинні застосовуватися певні методи і засоби захисту залежно від характеру і місцезнаходження джерел полів і умов опромінювання персоналу: захист часом, захист відстанню, вибір оптимальних геометричних параметрів установок, повітряних ліній (ВЛ) і КРИЧУ (відкритих розподільних пристроїв), стаціонарні і переносні екрануючі пристрої (екрани), спеціальні засоби індивідуальної захисту.

Для виготовлення будівельних конструкцій використовуються, як правило, цеглина, залізобетон, скло, метал і інші негорючі матеріали. Застосування дерева має бути обмежене, а у разі використання, необхідно просочувати його вогнезахисними складами. У ВЦ протипожежні перешкоди у вигляді перегородок з матеріалів, що не згорають, встановлюють між машинними залами.

До засобів гасіння пожежі, призначених для локалізації невеликих спалахів, відносяться пожежні стовбури, внутрішні пожежні водопроводи, вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри і тому подібне

У будівлях ВЦ пожежні крани встановлюються в коридорах, на майданчиках сходових кліток і входів. Вода використовується для гасіння пожеж в приміщеннях програмістів, бібліотеках, допоміжних і службових приміщеннях. Застосування води в машинних залах ЕОМ, сховищах носіїв інформації, приміщеннях контрольно-вимірювальних приладів зважаючи на небезпеку пошкодження або повного виходу з ладу дорогого устаткування можливо у виняткових випадках, коли пожежа приймає загрозливо

крупні розміри. При цьому кількість води має бути мінімальною, а пристрої ЕОМ необхідно захистити від попадання води, накриваючи їх брезентом або полотном.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. По вигляду використовуваної речовини вогнегасники підрозділяються на наступні основні групи:

У виробничих приміщеннях ВЦ застосовуються головним чином углекислотные вогнегасники, гідністю яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереження електронного устаткування, діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу.

Відповідно до “Типових правил пожежної безпеки для промислових підприємств”, зали ЕОМ, приміщення для зовнішніх пристроїв, що запам'ятовують, підготовки даних, сервісної апаратури, архівів, копіює-розмножувального устаткування і тому подібне необхідно обладнати димовими пожежними извещателями. У цих приміщеннях на початку пожежі при горінні різних пластмасових, ізоляційних матеріалів і паперових виробів виділяється значна кількість диму і мало теплоти.

## 5.2. Заземлення підстанції.

Одному з основних мерів робіт, що забезпечують безпеку, в електроустановках є захисне заземлення. Заходи від дотику до частин що нормально не знаходиться під напругою, але опинився під напругою є надійні заземлення корпусів електроустаткування і конструктивних металевих частин електроустановок.

До заземлень підстанцій пред'являються особливі вимоги [12]. Розрахунок заземляючих пристроїв зводиться до розрахунку заземлителя, оскільки заземляючі провідники в більшості випадків приймаються за умовами механічної міцності і стійкості до корозії по ПТЕ і ПУЕ [13]. Розрахунок опору заземлителя проводиться в наступному порядку:

Встановлюється необхідне по ПУЕ допустимий опір заземляючого пристрою;

Визначається розрахунковий питомий опір ґрунту  $\rho_{расч}$ . З урахуванням коефіцієнтів тих, що враховують висихання ґрунту літом і промерзання зимою, що підвищують;

Визначається розрахунковий опір розтіканню одного вертикального електроду  $R_{BO}$ ;

Визначається зразкове число вертикальних заземлителів  $n$  при заздалегідь прийнятому коефіцієнті використання  $\eta_B$ ;

Визначається опір розтіканню горизонтальних електродів  $R_G$ ;

Уточнюється необхідний опір розтіканню вертикальних електродів з урахуванням провідності горизонтальних з'єднань;

Уточнюється число вертикальних електродів з урахуванням коефіцієнта використання.

Опір заземляючого пристрою в електроустановках напругою вище 1000 В з великими струмами замикання на землю не повинно перевищувати 0,5 Ом. У нашому випадку потрібно розрахувати контурний заземлитель підстанції з наступними даними. Ґрунт в місці споруди підстанції – мул і пісок дрібний вологий середній щільності. Кліматична зона - третя. Додатково як заземлення використовується система трос-опора з опором заземлення 1,3 Ом. Оскільки для сторони 110 кВ потрібний опір заземлення 0,5 Ом, перевіримо величину опору заземлення для сторони 10 кВ. У мережах з незаземленою нейтраллю заземляючий пристрій заземлень підстанцій високої напруги повинен мати опір

$$r_3 \leq \frac{U_{PACЧ}}{I_{PACЧ}} = \frac{125}{65} = 1,92 \text{ Ом}$$

де  $U_{PACЧ}$  – розрахункову напругу приймаємо 125 В, оскільки заземлюючий пристрій використовується також і для установок підстанції напругою до 1000 В;

$I_{PACЧ}$  – повний струм замикання фази на землю.

Таким чином як розрахунковий приймається опір  $r_3 = 0,5$  Ом.

Опір штучного заземлителя розраховується з урахуванням використання системи трос- опора. Це опір  $R_n$  можна обчислити таким чином

$$\frac{1}{R_n} = \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_C} = \frac{1}{0,5} - \frac{1}{1,3} = 1,23 \text{ См};$$

$$R_n = \frac{1}{1,23} = 0,812 \text{ Ом}$$

де  $r_C$  – опір системи трос – опора.

Питомий опір ґрунту, що рекомендується для попередніх розрахунків, в місці споруди заземлителя для нашого ґрунту складає 30 Омм. Коефіцієнти  $K_r$  і  $K_B$ , що підвищують, рівні відповідно 3,5 і 1,5. Визначаються з таблиць [14] для горизонтальних протяжних електродів при глибині заставляння 0,8 м і для вертикальних електродів при глибині заставляння вершини 0,5..0,8 м. Як вертикальні електроди застосовуються електроди, виготовлені з круглої сталі діаметром 12 мм, завдовжки 5 м з одним вигостреним кінцем. До них приєднуються горизонтальні електроди – смуги 304 ×мм<sup>2</sup>, приварені до верхніх кінців вертикальних. Розрахунковий питомий опір для горизонтальних електродів

$$\rho_{расч.г} = K_{гг} \rho = 3,530 = 105 \cdot \rho \cdot \text{Омм};$$

$$\rho_{расч.в} = K_{вг} \rho = 1,530 = 45 \cdot \rho \cdot \text{Омм}$$

де  $\rho_{гг}$  – питомий опір ґрунту.

Визначимо опір розтіканню одного вертикального електроду при зануренні нижче рівня землі на 0,8 м

$$R_{BO} = \frac{\rho_{расч.в}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right),$$

де  $l$  – довжина вертикального електроду, дорівнює 5 м;

$d$  – діаметр вертикального електроду, рівний 0,012 м;

$t$  – геометричний параметр, в даному випадку рівний  $l/2 + 0,8$  м.

Таким чином

$$t = l/2 + 0,8 = 5/2 + 0,8 = 3,3 \text{ м};$$

$$R_{BO} = \frac{\rho_{расч.в}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) = \frac{45}{2 \cdot \pi \cdot 5} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 1}{4 \cdot 3,3 - 1} \right) = 11,26 \text{ Ом}.$$

Визначимо зразкове число вертикальних електродів при попередньому коефіцієнті використання, прийнятому рівним  $\eta_B = 0,6$

$$n = \frac{R_{BO}}{\eta_B \cdot R_n} = \frac{11,26}{0,6 \cdot 0,812} = 23,1.$$

Визначимо опір розтіканню горизонтальних електродів. Коефіцієнт використання сполучної смуги в контурі при числі електродів близько 20 і відношенні між відстанями між вертикальними електродами і їх довжиною, рівному 1 рівний по таблицях  $\eta_{\epsilon=0,27}$ .

Опір розтіканню смуги по периметру контура ( $l=296,4$ ) рівний

$$R_{\Gamma} = \frac{l}{\eta_{\Gamma}} \cdot \frac{\rho_{расч.г}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln \frac{2 \cdot l^2}{\epsilon \cdot t} = \frac{1}{0,27} \cdot \frac{105}{2 \cdot \pi \cdot 296,4} \cdot \ln \frac{2 \cdot 296,4^2}{0,03 \cdot 1,15} = 3,22 \text{ Ом}$$

де  $y = 30$  мм – ширина смуги.

Уточнене число вертикальних електродів визначається при коефіцієнті використання  $\eta_{\epsilon=0,47}$ , прийнятого при числі електродів близько 20 і відношенні відстаней між вертикальними електродами і їх довжині рівному 1.

$$n = \frac{R_{BO}}{\eta_B \cdot R_n} = \frac{11,26}{0,47 \cdot 1,08} = 22,2$$

Остаточно приймаємо 22 вертикальних електроду. Всі з'єднання елементів заземляючих пристроїв, у тому числі і перетини, виконуються зваркою в нахльостування. У входів і виходів на територію КРИЧУ має бути забезпечене вирівнювання потенціалів шляхом укладання двох смуг на відстані 1 і 2 м від заземлителя на глибині 1 і 1,5 м відповідно. Відстань від меж заземлителя до огорожі з внутрішньої сторони належного бути не менше 3 м. Число і місцезрешташування заземлювачів представлені на мал. 5.1.

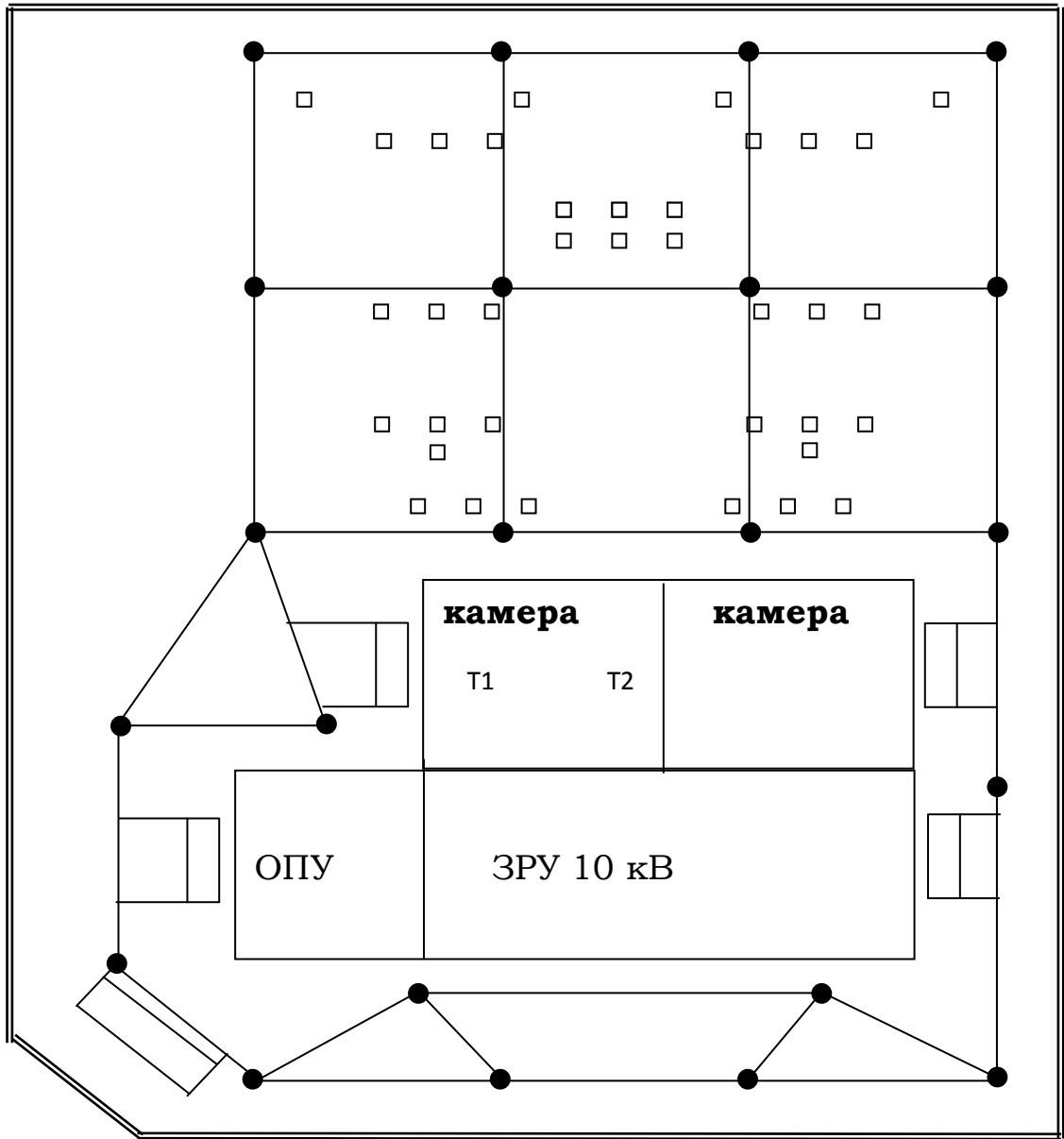


Рисунок 5.1. - Місце розташування заземлювачів на території підстанції



## ВИСНОВКИ

Перед енергетикою коштують відповідальні завдання по раціональному витрачання електричної енергії. Великого значення набуває впровадження прогресивних і раціональних рішень в області електропостачання. Це можливо тільки при правильному розрахунку режимів електроспоживання і виборі елементів системи електропостачання, ліній електропередач, живлячих і розподільних мереж. Вибір всіх ці елементів проводиться на підставі електричних навантажень, тому вірне визначення електричних навантажень є вирішальним чинником при проектуванні. На підставі електричних навантажень вибирається місце розташування підстанції. Правильне розміщення знижуючої підстанції дозволяє істотно понизити втрати електричної енергії.

У даній роботі проведений аналіз роботи підстанції і проведений вибір електроустаткування необхідного для роботи. При виборі числа трансформаторів було оцінено два варіанти і вибраний якнайкращий за економічними показниками – варіант установки двох трансформаторів ТДТН 40000/110. Вибір перетину проводів проведений по економічній щільності струму, але найбільш точні результати можна отримати використовуючи метод економічних інтервалів. При виборі електроустаткування розглядалися різні типи устаткування і вибрані ті, які задовольняють як в номінальному, так і в аварійному режимах. Розглянутий варіант заміни маломасляних вимикачів вакуумними. Проведено визначення надійності електропостачання даної підстанції і вірогідність відмови устаткування. Результати обчислень показують, що існуюча схема підстанція володіє достатньою надійністю. Середній час безвідмовної роботи системи складає 24,3 р. Система має коефіцієнт стаціонарної готовності рівний 0,999968.

У економічній частині роботи розглянута питання раціонального обслуговування і експлуатації електроустаткування. На прикладі ремонту трансформатора власних потреб підстанції був представлений метод мережевого планування при організації ремонтних робіт. Проведено техніко-економічне порівняння двох варіантів установки трансформаторів.

Таким чином, в даному дипломному проекті були розглянуті всі основні питання ефективної роботи підстанції. Отримані знання стануть в нагоді для подальшої роботи на підприємстві.

## СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Довідник по проектуванню електроенергетичних систем./Под ред. С.С. Рокотяна і І.М. Шапіро.–М.: Енергоатоміздат, 2015.–352 с.
2. Федоров А.А., Каменева в.В. Основи електропостачання промислових підприємств.–М.: Енергоатоміздат, 2016.–472с.
3. Гачків І.П, Кувшинський Н. Н., Неклепаєв Б. Н. Електрическа частина електростанцій і підстанцій: Довідкові матеріали для курсового і дипломного проектування. – М.: Енергія, 2018. – 456 с.
4. Ульянов С.А. Короткі замикання в електричних системах. – М.: Госенергоїздат, 2018. – 280 с.
5. Баптіданов Л. Н., Тараса В. І. Електрооборудовані електричних станцій і підстанцій.–М.: Госенергоїздат, 2016. – 408 с.
6. Гук Ю.Б. Основи надійності електроенергетичних установок. – Л.: , 2016– 478 с.
7. Овчаренко А. С., Рабінович М. Л. Техніко-економіческа ефективність систем електропостачання промислових підприємств. Київ.: Техніка, 2017. – 172 с.
8. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of electrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 2015.
9. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-IECON, November 2015.
10. Синягин А. Н., Афанасьєв Н. А., Новіков С. А. Система планово-запобіжного ремонту устаткування і мереж промислової енергетики. –М.: Енергоатоміздат, 2014. - 448 с.
11. Рожкова Л. Д., Козулін В. С. Електрооборудовні станцій і підстанцій. – М.: Енергоатоміздат, 2017. – 648 с.
12. Долин П. А. Основи техніки безпеки в електроустановках. – М.: Енергія, 2019. – 408 с.
13. Nyman, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2018. — 287 с.
14. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2003.
15. Блок С. М., Обушев Р. До., Паперно Л. Би.. Допомога до курсового і дипломного проектування для електроенергетичних спеціальностей вузів.–М.: Висш. шк., 2000. – 383 с.

16. Базукин С. С., Ларіонов В. П. Пінталь Ю. С. Техніка високої напруги: Ізоляція і перенапруження в електричних системах. – М.: Енергоатоміздат, 2016. – 464 с.
17. Атаманюк Ст. Р., Ширшев А Р., Акинмов Н. І. Гражданська оборона. – М.: Висш. шк., 2016. – 207 с.
18. Економіка підприємства: Навчальний посібник / Під общ. ред. д. э. н., проф. Л. Р. Мірошника. – Суми: ІТД «Університетська книга», 2002. – 632 с.