

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Центр заочної, вечірньої та дистанційної форми навчання
Кафедра електроенергетики

Робота допущена до захисту

Зав. кафедри електроенергетики

_____ Лебединський І.Л.
“ ____ ” _____ 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Тема “Розрахунок режимів роботи електричних мереж та перевірка ефективності природного освітлення у приміщенні підстанції”

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електротехнічні системи електроспоживання

Виконав студент гр. ЕТдн-74п

Мінченко В.В.

Керівник, старший викладач

Єфімов Г.П.

Кваліфікаційна робота

Захищена на засіданні ДЕК

“ ____ ” _____ 2021 г

Голова ДЕК

Горбуль В.Ю.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Мінченко Віктора Вікторовича

Тема роботи: “Розрахунок режимів роботи електричних мереж та перевірка ефективності природного освітлення у приміщенні підстанції”

1

затверджено наказом по університету № _____ від _____

2 Термін здачі студентом завершеної роботи

3 Вихідні дані до роботи задана схема електричної мережі, споживачі мережі, їх потужність і категорія

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити)

- розрахунок електричної мережі;
- розрахунок електричної частини підстанції;
- розрахунок релейного захисту;
- перевірка ефективності природного освітлення у приміщенні підстанції.

5 Список графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- схема мережі;
- електрична схема підстанції.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок електричної мережі	19.05.-22.05.2021	
2	Розрахунок електричної частини підстанції	23.05.-26.05.2021	
3	Розрахунок релейного захисту	25.05.-30.05.2021	
4	перевірка ефективності природного освітлення у приміщенні підстанції.	31.05.-04.06.2021	
5	Оформлення роботи	05.06.-10.06.2021	

Студент гр ЕТдн-74п _____

Мінченко В.В.

.

Керівник роботи _____

Єфімов Г.П.

РЕФЕРАТ

с. 70, Рис. 12, табл. 22, кресл. 2.

1.Бібліографічний опис: “ Розрахунок режимів роботи електричних мереж та перевірка ефективності природного освітлення у приміщенні підстанції ”

[Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спеціальність 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”; Освітня програма Електротехнічні системи електроспоживання Мінченко В.В.

мережа, споживач, категорія, потужність, трансформатор, ЛЕП, провід, опір, напруга, схема заміщення, поточкорозподіл, вимикач, роз'єднувач, трансформатор струму, трансформатор напруги, трифазне коротке замикання, диференційний струмовий захист трансформатора, втрати потужності в мережі.

электрическая сеть, потребитель, категория, мощность, трансформатор, ЛЭП, провод, сопротивление, напряжение, схема замещения, потокораспределение, выключатель, разъединитель, трансформатор тока, трансформатор напряжения, трехфазное короткое замыкание, дифференциальная токовая защита трансформатора, потери мощности в сети.

electric network, consumer, category, power, transformer, power line, wire, resistance, voltage, equivalent circuit, flow distribution, switch, disconnecter, current transformer, voltage transformer, three-phase short circuit, transformer differential current protection, power loss in the network.

Короткий огляд – Розрахунок режимів роботи електричної мережі. Розрахунок струмів короткого замикання. Розрахунок електричної частини підстанції. Розрахунок релейного захисту силового трансформатора. перевірка ефективності природного освітлення у приміщенні підстанції

Перелік умовних позначень

ПС – понижувальна підстанція

ПЛ – повітряна лінія

ВН – вища напруга

СН – середня напруга

НН – низька напруга

НН РЕМ – розподільні мережі

ТВЕ – технічні втрати електроенергії

ТС – трансформатор струму

ТН – трансформатор напруги

КЗ – коротке замикання

РПН – регулювання під навантаженням

РП – розподільний пристрій

СКЗ – струм короткого замикання

ПУЕ – Правила улаштування електроустановок

ПВБ – повітряні вимикачі з металевими гасильними камерами

ПВП – повітряний вимикач посилений за швидкістю відновлювальної напруги

КРПЕ – комплектні розподільчі пристрої з елегазової ізоляцією

ЗРП – закритий РП

Зміст

	Вступ	7
1	Вихідні дані	10
1.1	Розрахунок електричної мережі	11
2	Розрахунок електричної частини підстанції 110/10 кВ	29
2.1	Вибір потужності силових трансформаторів	29
2.2	Вибір схеми електричних з'єднань підстанції	32
2.3	Вибір трансформаторів власних потреб	33
2.4	Розрахунок струмів короткого замикання	35
2.5	Вибір високовольтних електричних апаратів РП і струмоведучих частин	37
2.6	Вибір електровимірювальних трансформаторів струму і напруги	41
2.7	Вибір ошиновки розподільчих пристроїв (РП)	45
2.8	Компонування роздільних пристроїв 110 кВ і конструктивна частина	46
2.9	Компонування роздільних пристроїв 6-10 кВ і конструкційна частина	47
3	Розрахунок релейного захисту	48
3.1	Релейний захист силового трансформатора ТДН-10000/220/10-У1	48
4	Перевірка ефективності природного освітлення у приміщенні підстанції	65
	Висновки	68
	Література	69

					БР.5.141.265.ПЗ.ЕТ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Мінченко В.в.</i>			Розрахунок режимів роботи електричних мереж та заземлення для стаціонарної установки	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Єфімов Г.П.</i>				5	70	
<i>Реценз.</i>						СумДУер.ЕТдн-74п		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>		<i>Лебединский И</i>						

ВСТУП

По розвитку енергетики країни можна судити про її економічний, політичний та соціологічний рівень розвитку. Мабуть, не знайдеться в сьогоденній Україні такий населений пункт, до якого не була б підведена електроенергія. Вона використовується повсюди. Основна частина електроенергії виробляється на великих електростанціях (ТЕС, АЕС, ГЕС), шляхом перетворення теплової, механічної або хімічної енергії природних джерел. Крім того, як електроносії на електростанціях можуть використовуватись вітер, тепло земних надр, морські припливи, тепло сонячного проміння, проте такі електростанції малопотужні, внаслідок чого вони мають місцеве значення. Електростанції об'єднуються між собою в енергетичні системи.

Повітряними лініями 500 і 700 кВ об'єднують потужні енергосистеми. Також їх використовують для передачі великих потужностей на великі відстані. Повітряні лінії напругою 220 і 330 кВ використовуються для електропостачання великих промислових районів, а також для зв'язку між окремими енергосистемами. Живлення підстанцій від енергосистем і для зв'язку між підстанціями використовуються повітряні лінії напругою 35, 10 кВ. Для розподілу електроенергії між сільськогосподарськими споживачами використовують розподільні лінії напругою 10 та 0,4 кВ. [5

Виробництво електроенергії, передача її до споживачів нерозривно пов'язані з втратами при перетворенні різних видів енергії в електричну: в генераторах, трансформаторах і лініях електропередачі. У процесі виробництва, передачі, розподілу та споживання електроенергії можуть виникати різні ненормальні режими роботи електроустановок, які негативно впливають на надійність та економічність електропостачання. Тому головною задачею електропостачання є зменшення втрат електроенергії в процесі її виробництва, передачі, розподілу й споживання та підвищення його надійності й економічності.

					<i>БР.5.141.265.ПЗ.</i>	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для підвищення надійності електропостачання можуть бути використані різні організаційні та технічні заходи: підвищення вимог до обслуговуючого персоналу; раціональна організація поточних та капітальних ремонтів; застосування досягнень науки і техніки при пошуку та ліквідації пошкоджень; забезпечення аварійних запасів матеріалів та апаратури; підвищення надійності окремих елементів мереж; мережеве та місцеве резервування; автоматизація електричних мереж із застосуванням сучасних систем релейного захисту, автоматичного управління та контролю ненормальних і аварійних режимів; застосування пристроїв телемеханіки.

Для зменшення втрат електроенергії та підвищення економічності електропостачання проводяться наступні заходи: підтримування оптимальних рівнів напруги на шинах трансформаторних підстанцій; відключення одного із трансформаторів в режимах малих навантажень на двотрансформаторних підстанціях; вирівнювання навантажень фаз; Встановлення в мережах компенсаторів реактивної потужності; застосування на ТП пристроїв РПН та ПСН; заміна недовантажених та перенавантажених трансформаторів; переведення електричних мереж на більш високу номінальну напругу.

Потрібно відмітити, що для досягнення максимальної надійності та ефективності електропостачання всі перелічені заходи повинні враховувати, як економічну користь від їх використання, так і додаткові витрати на їх впровадження.

В даній бакалаврській роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити питомі параметри ЛЕП і каталожні дані трансформаторів. Виконати розрахунок параметрів схеми заміщення лінії і трансформаторів. Визначити наведені до сторони ВН навантаження трансформаторів (з урахуванням втрат в обмотках трансформаторів).

- скласти розрахункову схему заміщення мережі та визначити розрахункові навантаження вузлів мережі (з урахуванням втрат в гілки намаг-

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ.</i>	<i>Лист</i>
						8
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

нічування трансформаторів і реактивної потужності, що генерується лініями);

- вважаючи лінію Л-1 аварійно відключеною, виконати розрахунок режиму розімкнутої мережі. Визначити напругу у вузлах мережі, втрати напруги і втрати потужності в гілках. Перевірити допустимість режиму за рівнями напруг і по нагріванню проводів;

- виконати розрахунок нормального режиму замкнутої мережі (всі лінії включені в роботу). Визначити напруги в вузлах мережі, втрати напруги і втрати потужності в мережі. Виконати аналіз отриманих результатів

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ.</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

1.1 Вихідні параметри для виконання розрахунку

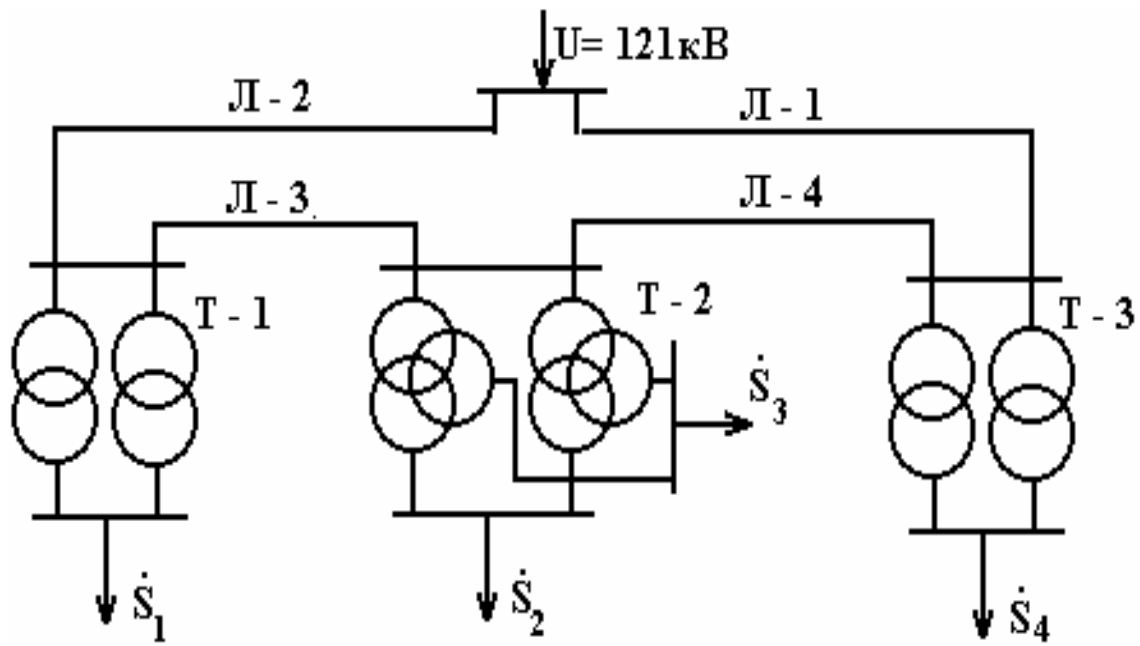


Рисунок 1.1 Вихідна схема електричної мережі

1.1.1 Марка дроти Довжина ПЛ.

Л-1 АС-185 55 км .

Л-2 АС-185 43 км .

Л-3 АС-150 35 км .

Л-4 АС-150 31 км .

1.1.2 Тип трансформаторів

Т-1 ТДН-40

Т-2 ТД-40

Т-3 ТДН-40

1.1.3 Потужності навантажень

S -1 25+ j 18 (МВА)

S-2 20 j10 (МВА)

S-3 22+ j12 (МВА)

S -4 14+ j 7 (МВА)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР.5.141. 265.ПЗ.

Лист

10

1.2 Розрахунок електричної мережі

1.2.1 Розрахунок параметрів ліній:

1.2.1.1 Параметри лінії Л-1 (АС-185/29)

За даними умови знаходимо

Питомий активний опір лінії (R_o) знаходимо за каталожними даними [2]

$$R_o = 0,162 \text{ Ом / км.}$$

Питомий реактивний опір лінії (X_o) знаходимо по каталожним даними [2]

$$X_o = 0,413 \text{ Ом / км.}$$

Питома місткість провідність лінії (b_o) знаходимо за каталожними даними [2]

$$b_o = 2,75 \times 10^{-6} \text{ См / км.}$$

$$\text{Довжина лінії } l_1 = 50 \text{ км.}$$

Тоді активний опір лінії знаходиться по формулі

$$R_{л1} = R_o \times l_1 = 0,162 \times 55 = 8,91 \text{ Ом.}$$

Реактивний опір лінії знаходиться по формулі

$$X_{л1} = X_o \times l_1 = 0,413 \times 55 = 22,72 \text{ Ом.}$$

Зарядна потужність знаходиться за формулою

$$Q_{л1} = U^2 \times b_o \times l_1 / 2 = 110^2 \times 2,75 \times 10^{-6} \times 55 / 2 = 0,85 \text{ МВАр.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок активного і реактивного опорів, а також зарядної потужності для інших ліній.

1.2.1.2 Параметри лінії Л-2 (АС-185/29)

$$R_o = 0,162 \text{ Ом / км, } X_o = 0,413 \text{ Ом / км, } b_o = 2,75 \times 10^{-6} \text{ См / км.}$$

$$R_{л2} = R_o \times l_2 = 0,162 \times 43 = 6,97 \text{ Ом } X_{л2} = X_o \times l_2 = 0,413 \times 43 = 17,75 \text{ Ом.}$$

$$Q_{л2} = U^2 \times b_o \times l_2 / 2 = 110^2 \times 2,75 \times 10^{-6} \times 403 / 2 = 0,76 \text{ МВАр.}$$

1.2.1.3 Параметри лінії Л-3 (АС-150/24)

$$R_o = 0,198 \text{ Ом / км, } X_o = 0,42 \text{ Ом / км, } b_o = 2,7 \times 10^{-6} \text{ См / км.}$$

$$R_{л3} = R_o \times l_3 = 0,198 \times 35 = 6,93 \text{ Ом. } X_{л3} = X_o \times l_3 = 0,42 \times 35 = 14,7 \text{ Ом.}$$

$$Q_{л3} = U^2 \times b_o \times l_3 / 2 = 110^2 \times 2,7 \times 10^{-6} \times 35 / 2 = 0,58 \text{ МВАр.}$$

1.2.1.4 Параметри лінії Л-4 (АС-150/24)

$$R_o = 0,198 \text{ Ом / км, } X_o = 0,42 \text{ Ом / км, } b_o = 2,7 \times 10^{-6} \text{ См / км.}$$

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

$$R_{л} = R_0 \times 1_4 = 0,198 \times 31 = 5,94 \text{ Ом. } X_{л} = X_0 \times 1_4 = 0,42 \times 31 = 13,06 \text{ Ом.}$$

$$Q_{л4} = U^2 \times b_0 \times 1_4 / 2 = 110^2 \times 2,7 \times 10^{-6} \times 31 / 2 = 0,59 \text{ МВАр.}$$

1.2.2 Расчет параметров трансформаторов

1.2.2 Розрахунок параметрів трансформаторів

1.2.2.1 Параметри трансформатора Т-1

Згідно [3], параметри трансформатора Т-1. Тип ТДН-40000/121 / 38,5

$$S_{НОМ} = 40 \text{ МВА.}$$

$U_{НОМ}$, по обмотках $U_{ВН}$ -121 кВ, $U_{НН}$ -38,5 кВ.

$$U_{до} = 10,5\%.$$

$$P_{к} = 170 \text{ кВт} = 0,17 \text{ МВт. } P_{х} = 34 \text{ кВт} = 0,034 \text{ МВт.}$$

$$I_{х} = 0,55\%.$$

Розраховуємо параметри трансформатора Т-1

Активний опір обумовлено втратами активної потужності в усіх обмотках трансформатора і знаходиться з досвіду К.З. за формулою

$$R'_{Т1} = \frac{\Delta P_{к} \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2} = \frac{170 \cdot 110^2 \cdot 10^3}{40000^2} = 1,2 \text{ Ом.}$$

По напрузі К.З. знаходимо реактивний опір трансформатора

$$X'_{Т1} = \frac{U_{к} \cdot U_{НОМ}^2}{100 \cdot S_{НОМ}} = \frac{10,5 \cdot 110^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 40000} = 32 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо також втрати реактивної потужності з досвіду Х.Х. за формулою

$$\Delta Q'_{ХТ1} = \frac{I_{х} \cdot S_{НОМ}}{100} = \frac{0,55 \cdot 40000}{100} = 0,22 \text{ МВАр.}$$

Параметри схеми заміщення паралельно включених АТ-1

Так як у вихідній схемі в ланцюг включені два паралельно працюючих про д нотіпних трансформатора, то для спрощення розрахункової схеми можливі спрощення

$$1) \text{ Опір двох паралельно працюючих трансформаторів } R_{Т1} = 0,5 \times R'_{Т1} = 0,5 \times 1,2 = 0,6 \text{ Ом.}$$

$$X_{Т1} = 0,5 \times X'_{Т1} = 0,5 \times 32 = 16 \text{ Ом.}$$

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

2) Втрати потужності Х.Х. першого трансформатора можна записати:

$$\Delta S_{XT1} = 2\Delta P'_{XT1} + j 2\Delta Q'_{XT1} = 0,08 + j 0,44 \text{ МВА.}$$

Аналогічно розраховуємо параметри інших трансформаторів.

1.2.2.2 Параметри трансформатора Т-2

Табличні параметри трансформатора Т-2 [3]

Тип: ТД-40000/121/38,5/11 $S_{НОМ}=40$ МВА.

$U_{ВН}=110$ кВ, $U_{СН}=35$ кВ, $U_{НН}=11$ кВ.

$U_{К\text{ ВС}}=10,5\%$, $U_{К\text{ ВН}}=17,5\%$, $U_{К\text{ СН}}=6,5\%$.

$\Delta P_{К}=200$ кВт = 0,2 МВт. $\Delta P_{Х}=39$ кВт = 0,039 МВт.

$I_{Х}=0,6\%$.

$$R_{\text{общ2}} = \frac{\Delta P_{К} \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2} = \frac{200 \cdot 110^2 \cdot 10^3}{40000^2} = 1,6 \text{ Ом,}$$

$$R_{2В}=R_{2С}=R_{2Н}=0,5 \times R_{\text{общ2}}=0,5 \times 1,6=0,8 \text{ Ом,}$$

де $R_{ТВ}$ - активний опір обмотки вищої напруги трансформатора,

$R_{ТС}$ - активний опір обмотки середньої напруги трансформатора,

$R_{ТН}$ - активний опір обмотки нижчої напруги трансформатора.

$$U_{КВ2}=0,5(U_{КВ-С}+U_{КВ-Н}-U_{КС-Н})=0,5(10,5+17,5-6,5)=21,5 \%$$

$$U_{КС2}=0,5(U_{КВ-С}-U_{КВ-Н}+U_{КС-Н})=0$$

$$U_{КН2}=0,5(-U_{КВ-С}+U_{КВ-Н}+U_{КС-Н})=0,5(-10,5+17,5+6,5)=13,5 \%$$

За знайденими напругами К.З. в кожній обмотці можна знайти реактивний опір в кожній обмотці трансформатора

$$X_{2В} = \frac{U_{КВ} \cdot U_{НОМ}^2}{100 \cdot S_{НОМ}} = \frac{21,5 \cdot 110^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 40000} = 64 \text{ Ом.}$$

$$X_{2С}=0.$$

$$X_{2Н} = \frac{U_{КВ} \cdot U_{НОМ}^2}{100 \cdot S_{НОМ}} = \frac{13,5 \cdot 110^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 40000} = 40 \text{ Ом.}$$

					<i>БР.5.141. 265ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Розраховуємо також втрати реактивної потужності з досвіду Х.Х. за формулою

$$\Delta Q_{XT2} = \frac{I_x \cdot S_{НОМ}}{100} \frac{0,6 \cdot 40000}{100} = 0,24 \text{ МВАр.}$$

Параметри схеми заміщення паралельно включених АТ-2

Так як у вихідній схемі в ланцюг включені два паралельно працюючих однотипних трансформатора, то для спрощення розрахункової схеми можливі спрощення :

1) Опір двох паралельно працюючих трансформаторів:

$$R_{2B} = R_{2C} = R_{2H} = 0,5 \times R_{B2} = 0,5 \times 0,8 = 0,4 \text{ Ом.}$$

$$X_{T2B} = 0,5 \times X_{B2} = 0,5 \times 64 = 32 \text{ Ом.}$$

$$X_{T2B} = 0,5 \times X_{C2} = 0.$$

$$X_{T2H} = 0,5 \times X_{H2} = 0,5 \times 40 = 20 \text{ Ом.}$$

Втрати потужності Х.Х. первого трансформатора

$$\Delta S_{XT2} = 2\Delta P'_{XT2} + j2\Delta Q'_{XT2} = 0,08 + j0,48 \text{ МВА.}$$

1.2.2.3 Параметри трансформатора Т-3

Параметри трансформатора Т-3 Тип ТДН-40000/121/38,5

$$S_{НОМ} = 40 \text{ МВА.}$$

$$U_{НОМ \text{ ВН}} = 121 \text{ кВ, } U_{НОМ \text{ НН}} = 38,5 \text{ кВ.}$$

$$U_K = 10,5\%.$$

Потужність короткого замикання $\Delta P_K = 170 \text{ кВт} = 0,17 \text{ МВт.}$

Потужність холостого ходу $\Delta P_X = 34 \text{ кВт} = 0,034 \text{ МВт.}$

Струм холостого ходу $I_X = 0,55\%.$

Розраховуємо параметри трансформатора Т-3

$$R'_{T3} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2} = \frac{170 \cdot 110^2 \cdot 10^3}{40000^2} = 1,2 \text{ Ом.}$$

$$X'_{T3} = \frac{U_K \cdot U_{НОМ}^2}{100 \cdot S_{НОМ}} = \frac{10,5 \cdot 110^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 40000} = 32 \text{ Ом.}$$

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Delta Q'_{\text{ХТЗ}} = \frac{I_x \cdot S_{\text{НОМ}}}{100} \frac{0,55 \cdot 40000}{100} = 0,22 \text{ МВАр.}$$

Параметри схеми заміщення паралельно включених АТ-3:

$$R_{\text{ТЗ}} = 0,5 * R'_{\text{ТЗ}} = 0,5 * 1,2 = 0,6 \text{ Ом.}$$

$$X_{\text{ТЗ}} = 0,5 * X'_{\text{ТЗ}} = 0,5 * 32 = 16 \text{ Ом.}$$

$$\Delta S_{\text{ХТЗ}} = 2\Delta P'_{\text{ХТЗ}} + j2\Delta Q'_{\text{ХТЗ}} = 0,07 + j0,44 \text{ МВА.}$$

1.3 Складання розрахункової схеми заміщення мережі

1.3.1 Спрощення схеми заміщення

Для полегшення розуміння схеми заміщення доцільно ввести індексацію контрольних вузлів і точок ланцюга:

Приймаємо т.1 - шина живлення мережі.

Приймаємо т.2 - шина живлення Т-1.

Приймаємо т.3 - шина живлення Т-2.

Приймаємо т.4 - шина живлення Т-3.

Приймаємо т.5 - шина живлення навантаження S_1 .

Приймаємо т.6-середня точка Т-2.

Приймаємо т.7 - шина живлення навантаження S_2 .

Приймаємо т.8 - шина живлення навантаження S_3 .

Приймаємо т.9 - шина живлення навантаження S_4 .

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

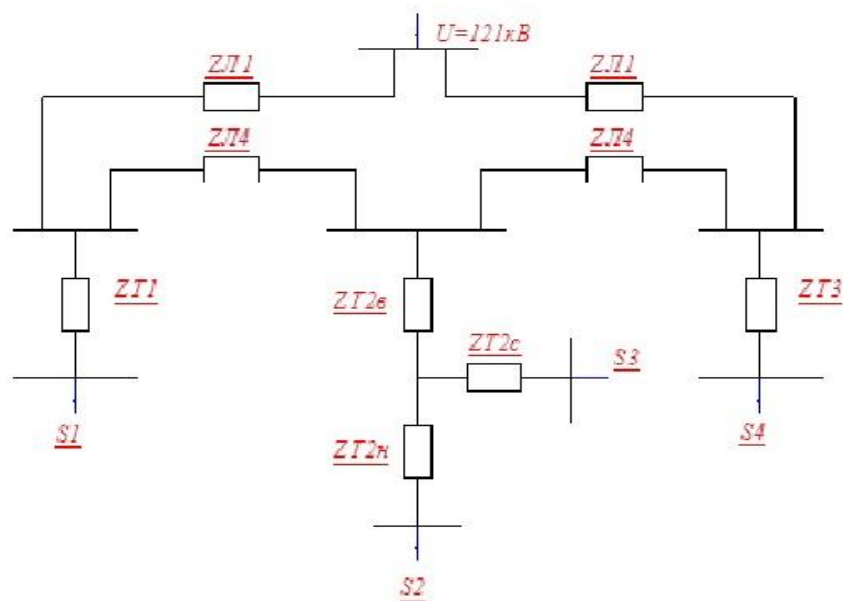


Рисунок 1.2 Схема заміщення

1.3.2 Розрахунок потужностей в точках схеми в нормальному режимі роботи мережі

Розрахунок проводиться згідно рис. 1.2

При розрахунку потужностей йдемо в напрямку від відомих потужностей споживача до шуканої потужності на вході ланцюга розрахункової згідно зі схемою заміщення.

1.3.2.1 Розраховуємо потужність на початку ділянки 2-5

$$S_{25} = S_1 + \Delta S_{T1} + \Delta S_{XT1}.$$

$$\Delta S_{T1} = Z_{T1} \left(\frac{S}{U_{НОМ}} \right)^2 = (0,6 + j16) \left(\frac{25^2 + 10^2}{110^2} \right) = 0,04 + j0,96 \text{ МВА.}$$

$$S_{25} = 25 + j8 + 0,04 + j0,96 + 0,08 + j0,44 = 25,12 + j8,4 \text{ МВА.}$$

1.3.2.2 Розраховуємо потужність на початку ділянки 4-9

$$S_{49} = S_4 + \Delta S_{T3} + \Delta S_{XT3}$$

$$\Delta S_{T3} = Z_{T3} \left(\frac{S}{U_{НОМ}} \right)^2 = (0,6 + j16) \left(\frac{10^2 + 5^2}{110^2} \right) = 0,01 + j0,17 \text{ МВА.}$$

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$$S_{49}=14+j7+0,01+j0,17+0,08+j0,44=12,49+j4,21 \text{ МВА.}$$

1.3.2.3 Розраховуємо потужність на початку ділянки 6-7

$$S_{67}= S_2+\Delta S_{T2H}$$

$$\Delta S_{T2H}=Z_{T2H}\left(\frac{S}{U_{НОМ}}\right)^2=(0,4+j20)\left(\frac{15^2+10^2}{110^2}\right)=0,01+j0,54 \text{ МВА.}$$

$$S_{67}=20+j10+0,01+j0,54=20,01+j10,54 \text{ МВА.}$$

1.3.2.4 Розраховуємо потужність на початку ділянки 6-8

$$S_{68}= S_3+\Delta S_{T2C}$$

$$\Delta S_{T2C}=Z_{T2C}\left(\frac{S}{U_{НОМ}}\right)^2=(0,4)\left(\frac{20^2+10^2}{110^2}\right)=0,02 \text{ МВА.}$$

$$S_{68}=22+j12+0,02=22,02+j12 \text{ МВА.}$$

1.3.2.5 Розраховуємо потужність на кінці ділянки 3-6

$$S'_{36}= S_{67}+\Delta S_{68}=20,01+j10,54+20,02+j10=40,03+j20,54 \text{ МВА.}$$

1.3.2.6 Розраховуємо потужність на початку ділянки 3-6

$$S_{36}= S'_{36}+\Delta S_{T2B}+\Delta S_{XT2}$$

$$\Delta S_{T2B}=Z_{T2B}\left(\frac{S}{U_{НОМ}}\right)^2=(0,4+j32)\left(\frac{35,03^2+20,54^2}{110^2}\right)=0,05+j4,36 \text{ МВА.}$$

$$S_{36}=40,03+j20,54+0,05+j4,36+0,08+j0,48=41,33+j25,38 \text{ МВА.}$$

Расчет разомкнутой сети (аварийный режим)

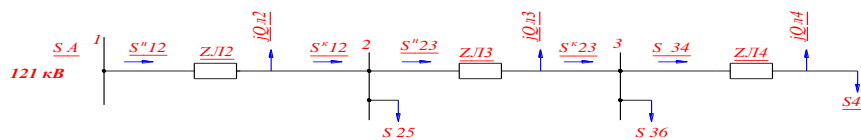


Рисунок 1.3 Схема заміщення розімкненої мережі

1.3.3 Розрахунок потужності аварійного режиму роботи мережі (лінія Л-1 – відключена

Розрахунок проводиться згідно рисунок 1.3.3

Индексы К и Н – соответственно конец и начало участка сети.

1.3.3.1 Розраховуємо потужність S_{34}

$$S_{34} = S_{49} + \Delta S_{Л4} - jQ_{Л4}$$

$$\Delta S_{Л4} = Z_{Л4} \left(\frac{S}{U_{НОМ}} \right)^2 = (5,9 + j12,6) \left(\frac{10,09^2 + 5,61^2}{110^2} \right) = 0,06 + j0,14 \text{ МВА.}$$

$$S_{34} = 12,49 + j4,21 + 0,06 + j0,14 - j0,5 = 12,49 + j4,21 \text{ МВА.}$$

1.3.3.2 1 Розраховуємо потужність S_{23}^K

$$S_{23}^K = S_{34} + S_{36} = 12,49 + j4,21 + 35,16 + j25,38 = 47,65 + j29,99 \text{ МВА.}$$

1.3.3.3 1 Розраховуємо потужність S_{23}^H

$$S_{23}^H = S_{23}^K + \Delta S_{Л3} - jQ_{Л3}$$

$$\Delta S_{Л3} = Z_{Л3} \left(\frac{S}{U_{НОМ}} \right)^2 = (5,9 + j12,6) \left(\frac{45,31^2 + 30,63^2}{110^2} \right) = 1,46 + j3,11 \text{ МВА.}$$

$$S_{23}^H = 47,65 + j29,99 + 1,46 + j3,11 - j0,5 = 49,11 + j33,05 \text{ МВА.}$$

1.3.3.4 1 Розраховуємо потужність S_{12}^K

$$S_{12}^K = S_{23}^H + S_{25} = 49,11 + j33,05 + 25,12 + j11,4 = 74,23 + j44,45 \text{ МВА.}$$

1.3.3.5 1 Розраховуємо потужність S_{12}^H

$$S_{12}^H = S_{12}^K + \Delta S_{Л2} - jQ_{Л2}$$

$$\Delta S_{Л2} = Z_{Л2} \left(\frac{S}{U_{НОМ}} \right)^2 = (6,5 + j16,5) \left(\frac{71,89^2 + 44,64^2}{110^2} \right) = 3,85 + j9,76 \text{ МВА.}$$

$$S_{12}^H = 74,23 + j44,45 + 3,85 + j9,76 - j0,7 = 78,08 + j53,51 \text{ МВА.}$$

1.3.3.6 1 Розраховуємо потужність S_A

$$S_A = S_{12}^H = 78,08 + j53,51 \text{ МВА.}$$

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

1.3.4 Напряга в вузлах мережі

Знаходимо напругу у вузлах мережі, використовуючи напругу на шині джерела живлення і знайдені на попередньому етапі потужності на початку кожної ділянки мережі як вихідні дані.

1.3.4.1. Визначаємо напругу U_2

$$U_2 = U_1 - \frac{P_{12}^H \cdot R_{Л2} + Q_{12}^H \cdot X_{Л2}}{U_1} - j \frac{P_{12}^H \cdot X_{Л2} - Q_{12}^H \cdot R_{Л2}}{U_1} =$$
$$= 121 - \frac{75,73 \cdot 6,5 + 53,7 \cdot 16,5}{121} - j \frac{75,73 \cdot 16,5 - 53,7 \cdot 6,5}{121} =$$
$$= 109,61 - j7,44 \text{ кВ.}$$

Модуль напруги $|U_2| = 109,86 \text{ кВ.}$

Розрахунок напруги на інших шині мережі виконується аналогічно

1.3.4.2 Визначаємо напругу шини 3

$$U_3 = U_2 - \frac{P_{23}^H \cdot R_{Л3} + Q_{23}^H \cdot X_{Л3}}{U_2} - j \frac{P_{23}^H \cdot X_{Л3} - Q_{23}^H \cdot R_{Л3}}{U_2} =$$
$$= 109,86 - \frac{46,77 \cdot 5,9 + 33,24 \cdot 12,6}{109,86} - j \frac{46,77 \cdot 12,6 - 33,24 \cdot 5,9}{109,86} =$$
$$= 103,54 - j3,58 \text{ кВ.}$$

Модуль напруги $|U_3| = 103,48 \text{ кВ.}$

1.3.4.3 Визначаємо напругу шини 4

$$U_4 = U_3 - \frac{P_{23} \cdot R_{Л4} + Q_{23} \cdot X_{Л4}}{U_3} - j \frac{P_{23} \cdot X_{Л4} - Q_{23} \cdot R_{Л4}}{U_3} =$$
$$= 103,6 - \frac{10,15 \cdot 5,9 + 5,25 \cdot 12,6}{103,6} - j \frac{10,15 \cdot 12,6 - 5,25 \cdot 5,9}{103,6} =$$
$$= 102,38 - j0,94 \text{ кВ}$$

Модуль напруги $|U_4| = 101,34 \text{ кВ.}$

1.3.4.4 Визначаємо напругу шини 5

$$U_5' = U_2 \cdot \frac{P_{25} \cdot R_{T1} + Q_{25} \cdot X_{T1}}{U_2} - j \frac{P_{25} \cdot X_{T1} - Q_{25} \cdot R_{T1}}{U_2} =$$
$$= 109,86 - \frac{25,12 \cdot 0,6 + 11,4 \cdot 16}{109,86} - j \frac{25,12 \cdot 16 - 11,4 \cdot 0,6}{109,86} =$$
$$= 108,06 - j3,6 \text{ кВ.}$$

Модуль напруги $|U_5'| = 108,92 \text{ кВ.}$

Знаходимо коефіцієнт трансформації, це відношення напруги на обмотці середньої напруги до напруги на обмотці нижчого напруги:

$$n_{ВН} = \frac{U_{CH_НОМ}}{U_{НН_НОМ}} = \frac{110}{35} = 3,14.$$

Використовуючи коефіцієнт трансформації, наводимо отримане напруга е ня до напруги на обмотці нижчого напруги:

$$U_5 = U_5' / n_{ВН} = 108,92 / 3,14 = 34,68 \text{ кВ.}$$

1.3.4.5 Знаходимо напругу шини 7

$$U_7' = U_3 -$$

$$\frac{P_{36} \cdot (R_{T2B} + R_{T2H}) + Q_{36} \cdot (X_{T2B} + X_{T2H})}{U_3} - j \frac{P_{36} \cdot (X_{T2B} + X_{T2H}) - Q_{36} \cdot (R_{T2B} + R_{T2H})}{U_3} =$$
$$= 103,6 - \frac{35,16 \cdot 0,8 + 25,78 \cdot 52}{103,6} - j \frac{35,16 \cdot 52 - 25,78 \cdot 0,8}{103,6} =$$
$$= 97,39 - j17,45 \text{ кВ.}$$

Модуль напруги $|U_7'| = 99,84 \text{ кВ.}$

Находим коэффициент трансформации, это отношение напряжения на обмотке среднего напряжения к напряжению на обмотке низшего напряжения:

$$n_{ВН} = \frac{U_{CH_НОМ}}{U_{НН_НОМ}} = \frac{110}{10} = 11.$$

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Используя коэффициент трансформации приводим полученное напряжение к напряжению на обмотке низшего напряжения:

$$U_7 = U_7' / n_{ВН} = 99,84 / 11 = 9,07 \text{ кВ.}$$

1.3.4.6 Определяем напряжение шины 8

$$U_8' = U_3 -$$

$$\frac{P_{36} \cdot (R_{T2B} + R_{T2C}) + Q_{36} \cdot (X_{T2B} + X_{T2C})}{U_3} - j \frac{P_{36} \cdot (X_{T2B} + X_{T2C}) - Q_{36} \cdot (R_{T2B} + R_{T2C})}{U_3} =$$

$$= 103,6 - \frac{35,16 \cdot 0,8 + 25,78 \cdot 32}{103,6} - j \frac{35,13 \cdot 32 - 25,78 \cdot 0,8}{103,6} =$$

$$= 97,39 - j10,66 \text{ кВ.}$$

Модуль напряжения $|U_8'| = 98,84 \text{ кВ.}$

Определяем коэффициент трансформации, это отношение напряжения на обмотке среднего напряжения к напряжению на обмотке низшего напряжения:

$$n_{ВН} = \frac{U_{СН_НОМ}}{U_{НН_НОМ}} = \frac{110}{35} = 3,14.$$

Используя коэффициент трансформации приводим полученное напряжение к напряжению на обмотке низшего напряжения:

$$U_8 = U_8' / n_{ВН} = 98,84 / 3,14 = 31,47 \text{ кВ.}$$

1.3.4.7 Определяем напряжение шины 9

$$U_9' = U_4 - \frac{P_{49} \cdot R_{T3} + Q_{49} \cdot X_{T3}}{U_4} - j \frac{P_{49} \cdot X_{T3} - Q_{49} \cdot R_{T3}}{U_4} =$$

$$= 102,4 - \frac{10,09 \cdot 0,6 + 5,61 \cdot 16}{102,4} - j \frac{10,09 \cdot 16 - 5,61 \cdot 0,6}{102,4} =$$

$$= 101,46 - j1,54 \text{ кВ.}$$

Модуль напряуги $|U_9'| = 101,123 \text{ кВ.}$

					<i>БР.5.141. 265..ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Знаходимо коефіцієнт трансформації, це відношення напруги на обмотці середньої напруги до напруги на обмотці нижчого напруги:

$$n_{ВН} = \frac{U_{CH_НОМ}}{U_{НН_НОМ}} = \frac{110}{35} = 3,14.$$

Використовуючи коефіцієнт трансформації, наводимо отримане напру- га е ня до напруги на обмотці нижчого напруги:

$$U_5 = U_5' / n_{ВН} = 101,123 / 3,14 = 32,2 \text{ кВ.}$$

1.3.5 Розрахунок потужності нормального режиму замкнутої мережі ($S = S_{max}$)

Розрахунок виконаний по схемі рисунок 1.4

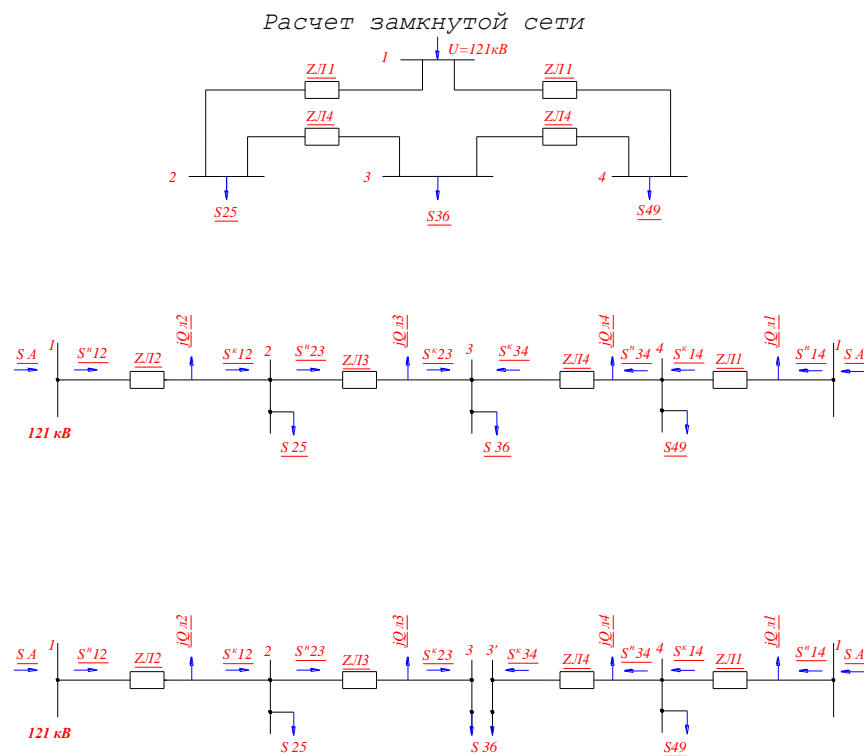


Рисунок 1.4 Схема заміщення замкнутої мережі

Розрахунок режиму замкнутої мережі виконується так само, як мережі з двосторо н ним харчуванням при однакових напругах джерел живлення. Розрахункова схема кільцевої мережі, умовно розрізається по шині дже- рела живлення.

Розраховуємо потужності на ділянках мережі з двостороннім живленням, для цього визначаємо потужність на головних ділянках:

$$S_{12} = \frac{S_{25}(Z_{Л3} + Z_{Л4} + Z_{Л1}) + S_{36}(Z_{Л4} + Z_{Л1}) + S_{49}(Z_{Л1})}{Z_{Л1} + Z_{Л2} + Z_{Л3} + Z_{Л4}} =$$

$$= \frac{(25,12 + j11,4)(19,9 - j45,9) + (10,09 + j5,61)(8,1 - j20,7) + (35,16 + j25,38)(14 - j33,3)}{26,4 - j62,4} =$$

$$= 41,36 + j23,5 \text{ МВА.}$$

$$S_{14} = \frac{S_{49}(Z_3 + Z_4 + Z_2) + S_{36}(Z_2 + Z_3) + S_{25}(Z_2)}{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4} =$$

$$= \frac{(10,09 + j5,61)(18,3 - j41,7) + (35,16 + j25,38)(12,4 - j29,1) + (25,12 + j11,4)(6,5 - j16,5)}{24,6 - j62,5} =$$

$$= 29,23 + j18,58 \text{ МВА.}$$

1.3.5.3 Перевірка

$$S_{12} + S_{14} = S_{25} + S_{36} + S_{49}$$

$$41,36 + j23,5 + 29,23 + j18,58 = 25,12 + j11,4 + 35,16 + j25,38 + 10,09 + j5,61$$

$$70,47 + j42,38 \approx 70,37 + j42,39$$

Похибка обчислень становить $\delta P = 0\%$, $\delta Q = 0,0\%$ що набагато менше необхідної точності обчислення 2% .

$$1.3.5.4 \quad S_{23} = S_{12} - S_{25} = 40,61 + j23,82 - 25,12 - j11,4 = 15,44 + j12,32 \text{ МВА.}$$

$$1.3.5.5 \quad S_{43} = S_{14} - S_{49} = 29,76 + j18,57 - 10,09 - j5,61 = 19,77 + j12,55 \text{ МВА.}$$

Використовуючи схему, отримані чисельні значення і напрямки потужностей можна знайти точку потокоподілу .

Точка потокоподілу знаходиться в Т.3, виробляємо розмикання мережі в цій точці і виробляємо розрахунок кожної з розімкнутих мереж окремо.

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

1.3.6 Розрахунок втрат потужності

1.3.6.1 Знаходимо потужність в кінці ділянки 1-2

$$S_{12}^K = S_{12}^H - \Delta S_{Л2} + jQ_{Л2}$$

$$\Delta S_{Л2} = Z_{Л2} \left(\frac{S}{U_{НОМ}} \right)^2 = (6,5 + j16,5) \left(\frac{40,61^2 + 23,82^2}{110^2} \right) = 1,19 + j3,02 \text{ МВА.}$$

$$S_{12}^K = 40,61 + j23,82 - 1,19 - j3,02 + j0,7 = 39,12 + j21,48 \text{ МВА.}$$

1.3.6.2 Знаходимо потужність на початку ділянки 2-3

$$S_{23}^H = S_{12}^K - S_{25} = 39,42 + j21,5 - 25,12 - j11,4 = 14,27 + j10,9 \text{ МВА.}$$

1.3.6.3 Знаходимо потужність в кінці ділянки 2-3

$$S_{23}^K = S_{87}^H - \Delta S_{Л3} + jQ_{Л3}$$

$$\Delta S_{Л3} = Z_{Л3} \left(\frac{S}{U_{НОМ}} \right)^2 = (5,9 + j12,6) \left(\frac{14,3^2 + 10,1^2}{110^2} \right) = 0,15 + j0,32 \text{ МВА.}$$

$$S_{23}^K = 14,3 + j10,1 - 0,15 - j0,32 + j0,5 = 14,5 + j10,27 \text{ МВА.}$$

1.3.6.4 Знаходимо потужність в кінці ділянки 1-4

$$S_{14}^K = S_{14}^H - \Delta S_{Л1} + jQ_{Л1}$$

$$\Delta S_{Л1} = Z_{Л1} \left(\frac{S}{U_{НОМ}} \right)^2 = (8,1 + j20,7) \left(\frac{29,76^2 + 18,57^2}{110^2} \right) = 0,82 + j2,11 \text{ МВА.}$$

$$S_{14}^K = 29,76 + j18,57 - 0,82 - j2,11 + j0,8 = 28,84 + j17,28 \text{ МВА.}$$

1.3.6.5 Знаходимо потужність на початку ділянки 4-3

$$S_{43}^H = S_{14}^K - S_{49} = 28,94 + j17,26 - 10,09 - j5,61 = 18,75 + j11,62 \text{ МВА.}$$

1.3.6.6 Знаходимо потужність в кінці ділянки 4-3

$$S_{43}^K = S_{43}^H - \Delta S_{Л4} + jQ_{Л4}$$

$$\Delta S_{Л4} = Z_{Л4} \left(\frac{S}{U_{НОМ}} \right)^2 = (5,9 + j12,6) \left(\frac{18,85^2 + 11,65^2}{110^2} \right) = 0,22 + j0,53 \text{ МВА.}$$

$$S_{43}^K = 18,85 + j11,65 - 0,22 - j0,53 + j0,5 = 18,63 + j11,62 \text{ МВА.}$$

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

1. 3.7 Напряга в контрольных точках мережі

1.3.7.1 Знаходимо напрягу U_2

$$U_2 = U_1 - \frac{P_{12}^H \cdot R_{Л2} + Q_{12}^H \cdot X_{Л2}}{U_1} - j \frac{P_{12}^H \cdot X_{Л2} - Q_{12}^H \cdot R_{Л2}}{U_1} =$$
$$= 121 - \frac{40,61 \cdot 6,5 + 23,82 \cdot 16,5}{121} - j \frac{40,61 \cdot 16,5 - 23,82 \cdot 6,5}{121} =$$
$$= 115,38 - j4,23 \text{ кВ.}$$

Модуль напряги $|U_2| = 115,65 \text{ кВ.}$

1.3.7.2 Знаходимо напрягу шини 3

$$U_3 = U_2 - \frac{P_{23}^H \cdot R_{Л3} + Q_{23}^H \cdot X_{Л3}}{U_2} - j \frac{P_{23}^H \cdot X_{Л3} - Q_{23}^H \cdot R_{Л3}}{U_2} =$$
$$= 115,65 - \frac{14,3 \cdot 5,9 + 10,1 \cdot 12,6}{115,65} - j \frac{14,3 \cdot 12,6 - 10,1 \cdot 5,9}{115,65} =$$
$$= 113,32 - j1,02 \text{ кВ.}$$

Модуль напряги $|U_3| = 113,78 \text{ кВ.}$

1.3.7.3 Знаходимо напрягу шини 4

$$U_4 = U_1 - \frac{P_{14}^H \cdot R_{Л1} + Q_{14}^H \cdot X_{Л1}}{U_1} - j \frac{P_{14}^H \cdot X_{Л1} - Q_{14}^H \cdot R_{Л1}}{U_1} =$$
$$= 121 - \frac{29,76 \cdot 8,1 + 18,57 \cdot 20,7}{121} - j \frac{29,76 \cdot 20,7 - 18,57 \cdot 8,1}{121} =$$
$$= 115,93 - j3,74 \text{ кВ}$$

Модуль напряги $|U_4| = 115,92 \text{ кВ.}$

1.3.7.4 Знаходимо напрягу шини 3'

$$U_{3'} = U_4 - \frac{P_{43}^H \cdot R_{Л4} + Q_{43}^H \cdot X_{Л4}}{U_4} - j \frac{P_{43}^H \cdot X_{Л4} - Q_{43}^H \cdot R_{Л4}}{U_4} =$$
$$= 115,89 - \frac{18,85 \cdot 5,9 + 11,65 \cdot 12,6}{115,89} - j \frac{18,85 \cdot 12,6 - 11,65 \cdot 5,9}{115,89} =$$
$$= 113,67 - j1,36 \text{ кВ.}$$

Модуль напряги $|U_3| = 113,66 \text{ кВ.}$

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

Напряга в точці поточкороздела, знайдені в результаті розрахунку обох розомкннутих схем практично однакові

$$\text{Похибка: } (|U_3'| - |U_3|) \cdot 100 / |U_3| = 0,09\%$$

Що дотримується необхідну точність розрахунку

$$\text{Приймаємо } |U_3| = 113,7 \text{ кВ.}$$

1.3.7.5 Знаходимо напругу шини 5

$$\begin{aligned} U_5' &= U_2 - \frac{P_{25} \cdot R_{T1} + Q_{25} \cdot X_{T1}}{U_2} - j \frac{P_{25} \cdot X_{T1} - Q_{25} \cdot R_{T1}}{U_2} = \\ &= 115,65 - \frac{25,12 \cdot 0,6 + 11,4 \cdot 16}{115,65} - j \frac{25,12 \cdot 16 - 11,4 \cdot 0,6}{115,65} = \\ &= 113,83 - j3,48 \text{ кВ.} \end{aligned}$$

Модуль напруги $|U_5'| = 114,2$ кВ.

Знаходимо коефіцієнт трансформації, це відношення напруги на обмотці середньої напруги до напруги на обмотці нижчого напруги:

$$n_{ВН} = \frac{U_{CH_НОМ}}{U_{НН_НОМ}} = \frac{110}{35} = 3,14.$$

Використовуючи коефіцієнт трансформації, наводимо отриману напругу до напруги на обмотці нижчої напруги:

$$U_5 = U_5' / n_{ВН} = 114,2 / 3,14 = 36,37 \text{ кВ.}$$

1.3.7.6 5 Знаходимо напругу шини 7

$$U_7' = U_3 -$$

$$\begin{aligned} & \frac{P_{36} \cdot (R_{T2B} + R_{T2H}) + Q_{36} \cdot (X_{T2B} + X_{T2H})}{U_3} - j \frac{P_{36} \cdot (X_{T2B} + X_{T2H}) - Q_{36} \cdot (R_{T2B} + R_{T2H})}{U_3} = \\ &= 113,8 - \frac{35,16 \cdot 0,8 + 25,78 \cdot 52}{113,8} - j \frac{35,13 \cdot 52 - 25,78 \cdot 0,8}{113,8} = \\ &= 101,85 - j15,7 \text{ кВ.} \end{aligned}$$

Модуль напруги $|U_7'| = 102,9$ кВ.

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Знаходимо коефіцієнт трансформації, це відношення напруги на обмотці середньої напруги до напруги на обмотці нижчого напруги:

$$n_{ВН} = \frac{U_{CH_НОМ}}{U_{НН_НОМ}} = \frac{110}{10} = 11.$$

Використовуючи коефіцієнт трансформації, наводимо отриману напругу до напруги на обмотці нижчої напруги:

$$U_7 = U_7' / n_{ВН} = 102,9 / 11 = 9,35 \text{ кВ.}$$

1.3.7. Знаходимо напругу шини 8

$$U_8' = U_3 -$$

$$\frac{P_{36} \cdot (R_{T2B} + R_{T2C}) + Q_{36} \cdot (X_{T2B} + X_{T2C})}{U_3} - j \frac{P_{36} \cdot (X_{T2B} + X_{T2C}) - Q_{36} \cdot (R_{T2B} + R_{T2C})}{U_3} =$$

$$= 113,8 - \frac{35,16 \cdot 0,8 + 25,78 \cdot 32}{113,8} - j \frac{35,13 \cdot 32 - 25,78 \cdot 0,8}{113,8} =$$

$$= 106,65 - j9,57 \text{ кВ.}$$

$$\text{Модуль напруги } U_8' = 106,55 \text{ кВ.}$$

Знаходимо коефіцієнт трансформації, це відношення напруги на обмотці середньої напруги до напруги на обмотці нижчого напруги:

$$n_{ВН} = \frac{U_{CH_НОМ}}{U_{НН_НОМ}} = \frac{110}{35} = 3,14.$$

Використовуючи коефіцієнт трансформації, наводимо отриману напругу до напруги на обмотці нижчої напруги:

$$U_8 = U_8' / n_{ВН} = 106,55 / 3,14 = 33,9 \text{ кВ.}$$

1.3.7.8 Знаходимо напругу шини 9

$$U_9' = U_4 - \frac{P_{49} \cdot R_{T3} + Q_{49} \cdot X_{T3}}{U_4} - j \frac{P_{49} \cdot X_{T3} - Q_{49} \cdot R_{T3}}{U_4} =$$

$$= 115,89 - \frac{10,09 \cdot 0,6 + 5,61 \cdot 16}{115,89} - j \frac{10,09 \cdot 16 - 5,61 \cdot 0,6}{115,89} =$$

$$= 115,66 - j1,24 \text{ кВ.}$$

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Модуль напруги $U_9' = 115,23$ кВ.

Знаходимо коефіцієнт трансформації, це відношення напруги на обмотці середньої напруги до напруги на обмотці нижчого напруги:

$$n_{ВН} = \frac{U_{CH_НОМ}}{U_{НН_НОМ}} = \frac{110}{35} = 3,14.$$

$$U_9 = U_9' / n_{ВН} = 115,23 / 3,14 = 36,69 \text{ кВ.}$$

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

2. Розрахунок електричної частини підстанції 110/10 кВ.

1. Потужність та тип трансформатора $S_H = 10$ МВА. ТМН-10000/110
2. Потужність короткого замикання $S_{к.с} = 3000$ МВА.
3. Живильна лінія 110 кВ опір ліній $X_L = 3,9$ Ом
4. Опір трансформатора $X_T = 142$ Ом.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для проектування навантаження спо- живачів у плинні доби

Номер варіанта / годин	Навантаження в % від потужності											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
4	40	50	60	95	85	70	70	95	95	120	150	105

Вибрано потужність силових трансформаторів і трансформаторів власних потреб, прийнята головна схема з'єднань, обране основне устаткування й ошиновка.

Ключові слова.

Підстанції, трансформатор, вимикач, роз'єднувач, шини, трансформатор струму, трансформатор напруги.

- 1 Вибір потужності силових трансформаторів.
- 2 Вибір схеми електричних з'єднань підстанцій.
- 3 Вибір трансформаторів власних потреб.
- 4 Розрахунок струмів короткого замикання.
- 5 Вибір високовольтних апаратів РП електричних частин.
- 6 Вибір електровимірювальних трансформаторів струму і напруги.
- 7 Вибір ошиновки РП.
- 8 Компонування РП 110 кВ і конструктивна частина.
- 9 Компонування РП 6-10 кВ і конструктивна частина.

2.1. Вибір потужності силових трансформаторів

Для підстанцій були вибрані трансформатори потужності $S = 10000$ МВА типу ТМН. Більш точніше вибрані трансформатори, враховуючи графік навантаження рис.2.1.

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

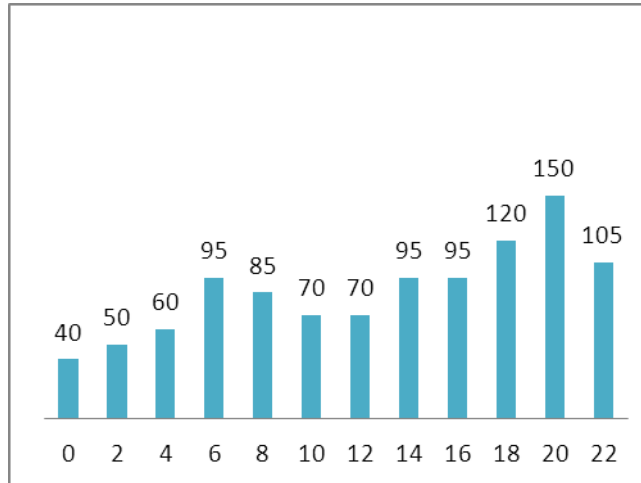


Рис.2.1. Графік навантаження підстанції.

Таблиця 2.1 - Навантаження споживачів на протязі доби

Час	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
$S_{НОМ}, \%$	40	50	60	95	85	70	70	95	95	120	150	105
$S, \text{МВА}$	12,8	16	19,2	30,1	27,2	22,4	22,4	30,1	30,1	38,4	48,8	33,5

Для перевірки правильності вибору трансформатора реальний графік навантаження перетворюємо в двоступінчатий. Початкове навантаження еквівалентного графіку визначається по формулі:

$$K_1 = \frac{1}{S_{НОМ}} \cdot \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + \dots + S_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (1.1),$$

де S_1, S_2, \dots, S_n - власне навантаження першої, другої, n -го ступені графіку навантаження, розташованій нижче лінії номінальної потужності трансформатора, t_1, t_2, \dots, t_n - тривалість ступені, година

$$K_1 = \frac{1}{10} \cdot \sqrt{\frac{4^2 \cdot 2 + 5^2 \cdot 2 + 6^2 \cdot 2 + 9,5^2 \cdot 2 + 8,5^2 \cdot 2 + 7}{2 + 2 + 2 + 4 + 4}} = 0,83$$

Аналогічно визначається другий ступінь еквівалентного графіку, але при цьому беруться ступені, розташовані вище лінії номінальної потужності трансформатора :

$$K_2 = \frac{1}{S_H} \cdot \sqrt{\frac{S_1^2 t_1 + S_2^2 t_2 + \dots + S_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}} \quad (1.2),$$

де S_1, S_2, \dots, S_n - навантаження вище лінії номінальної потужності трансформатора.

$$K_2 = \frac{1}{10} \cdot \sqrt{\frac{12^2 \cdot 2 + 15^2 \cdot 2 + 10,5^2 \cdot 2}{2+2+2}} = 1,21$$

Максимальне перевантаження трансформатора складає

$$K_{MAX} = \frac{S_{MAX}}{S_{НОМ}} \quad (3.3),$$

де S_{MAX} - максимальне навантаження трансформатора по графіку навантаження.

$$K_{MAX} = \frac{15}{10} = 1,5$$

Попереднє значення необхідно порівняти зі значенням $K'_2 = K_2 \cdot 0,9K_{MAX}$ і якщо значення K'_2 більше значення K_2 остаточно приймаємо $K_2 = K'_2$.

Так як $K'_2 = 1,21 < 0,9 \cdot 1,5 = 1,35 < 1,35$

$$K_2 = 1,35$$

По Госту 14209-85 з урахуванням еквівалентної температури зимового періоду ($-1^\circ C$) і часу перевантаження $t_{час}$, знаходимо значення перевантаження допустиме $t = часв$ для трансформаторів з системою охолодження Д. Порівнюємо значенням K_2 по Госту і реальне. Якщо значення K_2 по Госту менше, ніж реальне це означає, що трансформатор вибраний неправильно і необхідно вибрати трансформатор більшої потужності. Для надійності приймаємо два трансформатори типу ТРДН. У разі виходу з ладу одного трансформатора, інший забезпечить живлення споживача без обмеження.

Оскільки по Госту 14209-85 $K_2 = 1,5 > 1,35$ - трансформатор вибраний правильно.

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

2.2. Вибір схеми електричних з'єднань підстанції

Основна схема електричних з'єднань повинна задовольняти такі вимоги:

- забезпечувати надійність електропостачання в нормальних і післяаварійних режимах;
- враховувати перспективи розвитку;
- допускати можливість розширення;
- забезпечувати можливість виконання ремонтних і експлуатаційних робіт на окремих елементах схеми і без відключення приєднань.

При цьому варто застосовувати найпростіші схеми. Для тупикової схеми рекомендується застосовувати схему «два блоки з вимикачем у колах трансформатора і неавтоматичною перемичкою».

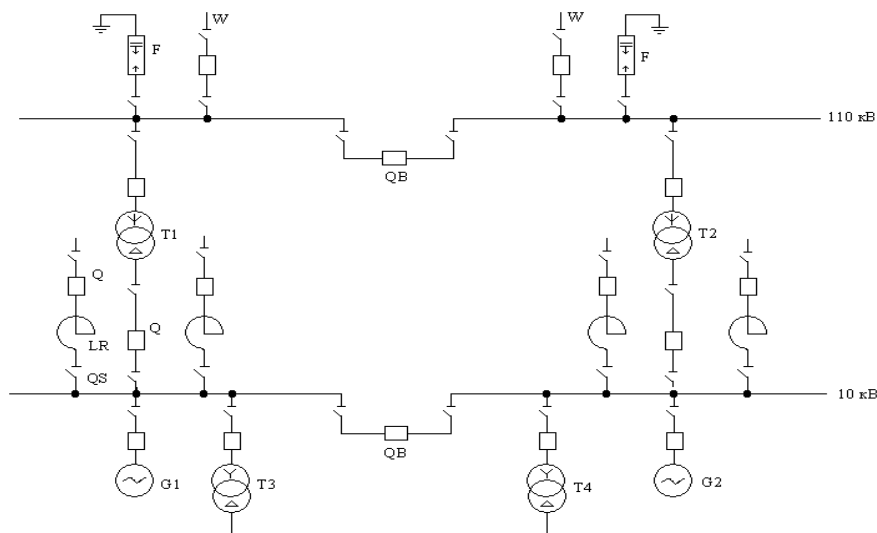


Рисунок 2.1 - Однолінійна схема електростанції середньої потужності з РП 110 і 10 кВ:

Q- вимикач; QS –раз'єднувач; QB- вимикач секційний; W- лінія

2.3. Вибір трансформаторів власних потреб

Приймачами – власниками власних потреб є:

- оперативні кола
- електродвигуни, системи охолодження силових трансформаторів, висвітлення і електроопалення приміщень;
- електропідігрівання комутаційної апаратури і т.д.

Сумарна розрахункова потужність приймача власних потреб визначається з урахуванням коефіцієнтів попиту. Розрахунок потужності приймача власних потреб наведений у табл.2.2

Таблиця 2.2- Розрахунок потужності приймача власних потреб

№ п / п	Найменування споживача	Кількість одиниць	Потужність одиниць кВт	Коеф. по пи ту	cos φ	Споживана Потужність кВт
1	Охолодження трансформаторів	2	3	0,8 2	0,8 6	5,72
2	Підігрів високовольтних вимикачів зовнішньої установки	2	1,8	1	1	3,6
3	Підігрів проводів роз'єднувачів зовнішньої установки	6	0,6	1	1	3,6
4	Опалення, освітлення, вентиляція закритого РП	1	5	0,6 5	0,9 5	3,42
5	Освітлення ВРП	1	2	0,6 5	0,9 3	1,35
Сумарне вивантаження власних потреб кВа						17,69

На підстанції передбачається установка 2 трансформаторів власних потреб. Номінальна потужність вибирається з умов $S_{TCH} \geq S_{CH}$
де S_{TCH} – потужність трансформатора власних потреб, кВа
 S_{CH} – потужність споживачів власних потреб, кВа.

Ремонтне навантаження на підстанції можна брати таким, що дорівнює
 $S_{TSP} 20-25$ кВа

Під час ввімкнення цього навантаження на один трансформатор допускається його перевантаження на 20%. Потужність трансформатора для забезпечення живлення навантаження власних потреб з урахуванням ремонтних навантажень

$$S_{\text{ТСН}} = \frac{S_{\text{гнр}} + S_{\text{СН}}}{1,2} = \frac{17,69 + 20}{1,2} = 31,41 \text{кВа}$$

Беремо стандартну потужність трансформатора $S_{\text{ТСН}}=40$ кВа. Остаточно для живлення споживача власних потреб беремо два трансформатори стандартної потужності, ТМ -40/10

Схема живлення власних потреб рис. 2.3.

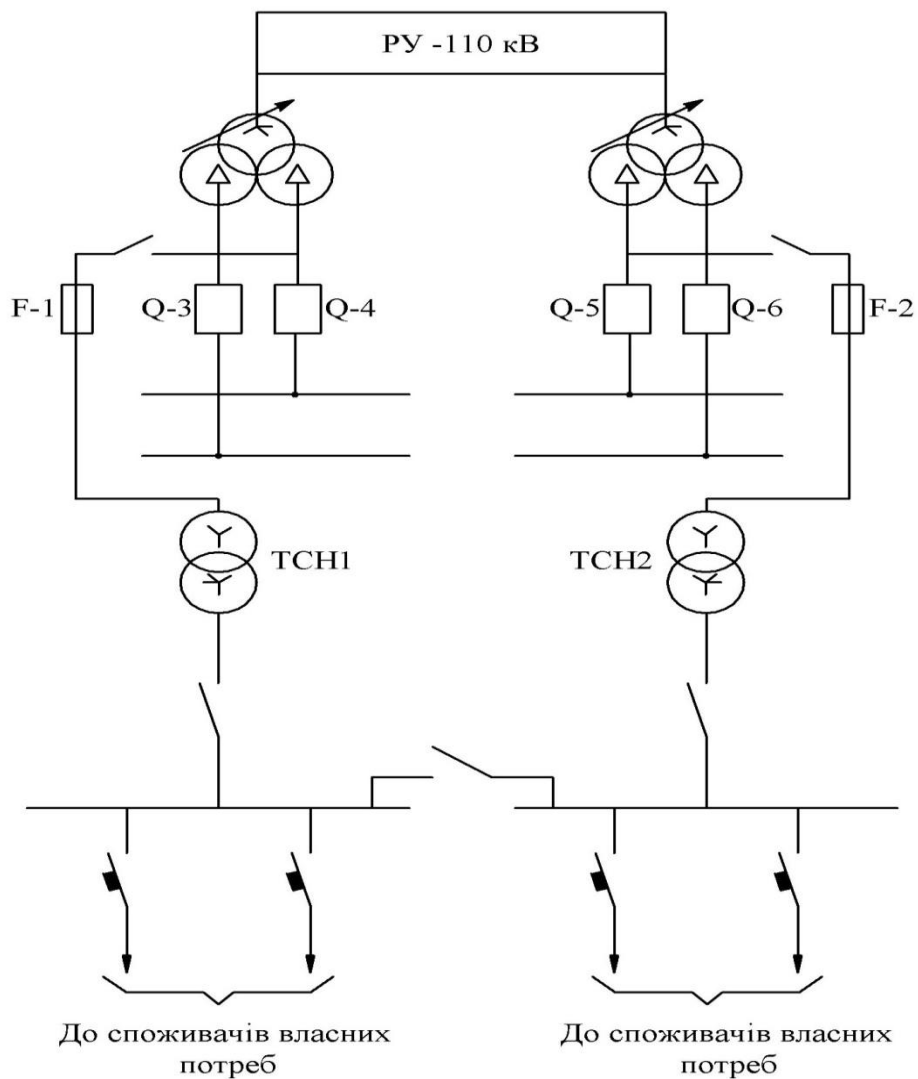


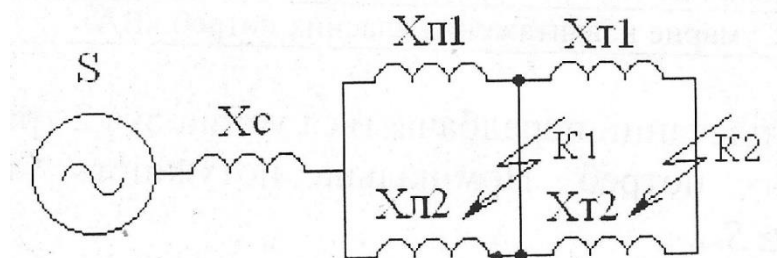
Рисунок. 2.3 Схема живлення власних потреб

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

2.4. Розрахунок струмів короткого замикання

Значення струмів короткого замикання необхідні для правильного вибору устаткування на стороні 110 кВ і 10 кВ. Підстанція живлення за двома тупиковими лініями: схеми заміщення для розрахунку струмів короткого замикання наведена на рисунок 2.4

Розрахунок струмів короткого замикання виконаємо в іменованій системі одиниць. Потужність короткого замикання на шинах 110 кВ центра живлення складає $S_C = 3000$ МВА



Мал. 4.1. – Схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання

Опір системи дорівнює

$$X_c = \frac{U_B}{S_C}, \text{ Ом} \quad X_c = \frac{110^2}{3000} = 4,03 \text{ Ом}$$

Опір працюючих ліній $X_L = 3,9$ Ом; трансформаторів $X_T = 142$ Ом

Періодична складова СКЗ у точці K_1

$$I_{k1} = \frac{U_B}{\sqrt{3}(X_C + X_L)} = \frac{110}{1,73(4,03 + 3,9)} = 8,03 \text{ кА}$$

Та сама у точці K_2 приведена до напруги вищої сторони

$$I_{k2}^B = \frac{U_B}{\sqrt{3}(X_C + X_L + X_T)} = \frac{110}{1,73(4,03 + 3,9 + 142)} = 0,424 \text{ кА}$$

Реальний СКЗ у точці K_2

$$I_{k2} = I_{k2}^B \cdot \frac{110}{10} = 0,424 \cdot \frac{110}{10} = 4,66 \text{ кА}$$

Ударний струм

У точці K_1 : $I_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{k1} = 1,41 \cdot 1,61 \cdot 8,03 = 18,22 \text{ кА}$

У точці K_2 : $I_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{k2} = 1,41 \cdot 1,61 \cdot 4,66 = 10,58 \text{ кА}$

Допустимо, що амплітуда ЕДС і періодична складова ТКЗ незмінні за часом, тому через час, який дорівнює часу відключення

$$I_{нт} = I_{k1} \text{ кА для точк } K_1; I_{k1} = 8,03 \text{ кА}$$

$$I_{нт} = I_{k2} \text{ кА для точк } K_2; I_{k2} = 4,66 \text{ кА}$$

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

А періодична складова ТКЗ до моменту розбіжності контактів вимикача

$$I_a = \sqrt{2} \cdot I_k \cdot e^{-\frac{t}{T_a}} \text{ кА}$$

$$I_{a1} = 1,41 \cdot 8,73 \cdot e^{-\frac{0,06}{0,025}} = 1,1 \text{ кА}$$

$$I_{a1} = 1,41 \cdot 4,86 \cdot e^{-\frac{0,1}{0,005}} = 0,86 \text{ кА}$$

Де T_a – постійна часу загасення аперіодичної складової для K_1 ;

$T_a = 0,025$ с, для K_2 - $T_a = 0,05$ с.

Інтеграл джоуля

для K_1 : $V_R = I_{к1}^2 (T + T_a) = I_{к1}^2 (0,06 \cdot 0,025) \text{ кА}^2 \text{ с}$

для K_2 : $V_R = I_{к2}^2 (T + T_a) = I_{к2}^2 (0,1 \cdot 0,05) \text{ кА}^2 \text{ с}$

для K_1 ; $V_R = 8,73^2 (0,06 + 0,025) = 6,48 \text{ кА}^2 \text{ с}$

для K_2 ; $V_R = 4,68^2 (0,1 + 0,005) = 3,28 \text{ кА}^2 \text{ с}$

Таблиця 2.3.- Значення струмів короткого замикання

Струми короткого замикання	СКЗ у початковий момент часу	Ударний СКЗ i_y , кА	СКЗ у момент витрати контактів вимикача, кА	Аперіод складова СКЗ, i_a кА	Інтеграл Джоуля V_k кА ² с
Шини 110 кВ (K_1)			8,03	1,1	6,48
Шини 10 кВ (K_2)	4,66	10,58	4,66	0,86	3,28

2.5. Вибір високовольтних електричних апаратів РП і струмоведучих частин

Високовольтні електричні апарати вибираються за умовою тривалого режиму роботи і перевіряються за умовами коротких замикань. При цьому для апаратів виконується :

- 1) вибір за напругою;
- 2) вибір за нагріванням при тривалих струмах;
- 3) перевірка на електродинамічну стійкість;
- 4) перевірка на термічну стійкість
- 5) вибір з виконання (для зовнішньої або внутрішньої установки);

Вибору підлягають:

- вимикачі на боці вищої напруги;
- вступні вимикачі на боці 10 кВ
- секційні вимикачі на боці 10 кВ
- вимикачі лінії, що входять, 10 кВ; роз'єднувачі вищої напруги;
- трансформатори типу і напруги 110 кВ і 10 кВ.

Для вибору апаратів і струмоведучих частин необхідно визначити струми нормального і після аварійного режимів. Визначення струмів виконується для випадку установки на підстанції силового трансформатора. Розрахованого відповідно до графіка навантаження підстанції.

Максимальний струм на зовнішньому боці

$$I_{\max} = \frac{1,4S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times 110} = \frac{1,4 \times 32000}{1,73 \times 110} = 233,56 \text{ А}$$

Струм у колі вступних вимикачів на боці 10 кВ

$$I_{10}^{\text{в}} = \frac{1,4S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times 10} = \frac{1,4 \times 132000}{1,73 \times 10} = 2589,25 \text{ А}$$

Струм у колі секційного вимикача

$$I_{10}^{\text{св}} = \frac{0,7S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times 10} = \frac{0,7 \times 32000}{1,73 \times 10} = 1294,62 \text{ А}$$

Струм у колі лінії, що входить (якщо від підстанції відходить 10 ліній)

$$I_{10}^{\text{мк}} = \frac{1,4S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times 10 \times 10} = \frac{1,4 \times 32000}{1,73 \times 10 \times 10} = 258,92 \text{ А}$$

Вибір вимикачів наведений у таблиці 3. Каталожні параметри вимикачів узяті з [5]

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	110 кВ	110 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	233,56А	2000 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	8,03 кА	40 кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	18,22 кА	102 кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	8,03 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	1,1 кА	15,99 кА
$B_k \leq I_t^2 t_r$	6,48 кА ² ·С	112 кА ² ·С

Вибираємо ВВБМ -110Б-31,5/2000 У1

Обраний вимикач повинний цілком задовольняти умови вибору. На боці низької напруги рекомендується вибирати вакумні вимикачі

t-розрахунковий час розбіжності контактів після початку КЗ. Для вимикачів на вищій стороні $t=0.06$ с , на нижчій стороні $t=0.1$ с.

$$\text{У точці } K_1 \quad I_a = \sqrt{21} \cdot e^{\frac{0,06}{0,025}} = 1,1 \text{ кА}$$

$$\text{У точці } K_1 \quad I_a = \sqrt{21} \cdot e^{\frac{0,1}{0,05}} = 0,86 \text{ кА}$$

Таблиця 2.4- Вибір вимикачів у колі трансформатора на боці 10 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	10 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	2589,25 А	1600 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	4,66 кА	38 кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	10,58 кА	86 кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	4,66 кА	38 кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	0,86 кА	8,2 кА
$B_k \leq I_t^2 t_r$	3,28 кА ² ·С	215 кА ² ·С

Таблиця 2.5- Вибір секційного вимикача на боці 10 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	10 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	1294,62 А	1600 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	4,66 кА	38 кА
$i_y \leq I_{прСКВ}$	10,58 кА	86 кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	4,66 кА	38 кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	0,86 кА	8,2 кА
$B_k \leq I_t^2 t_r$	3,28 кА ² · С	215 кА ² · С

Таблиця 2.6- Вибір вимикачів на лінію, що відходить, 10 кВ

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	10 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	258,92 А	1600 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	4,66 кА	38 кА
$i_y \leq I_{прСКВ}$	10,58 кА	86 кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	4,68 кА	38 кА
$I_{ат} \leq I_{а ном}$	0,86 кА	8 кА
$B_k \leq I_t^2 t_r$	3,28 кА ² · С	215 кА ² · С

Вибираєм вауумний вимикач ВВ/TEL-10 35/630-У2

У таблиці 2.7 наведений вибір роз'єднувачів на боці , 110 кВ, роз'єднувачі необхідні з одним і двома комплектами ножів, що заземлюють

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	110 кВ	110 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	233,56 А	1000 А
$i_{уд} \leq I_{прСКВ}$	18,22 кА	80 кА
$B_k \leq I_t^2 t_r$	6,48 кА ² ·С	992 кА ² ·С

Рекомендується брати до установки на боці 110 кВ роз'єднувачі типу РНД31-110 УХЛІ і РНД 32-110/1000 УХЛІ.

										Лист
										40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Да-						

БР.5.141. 265.ПЗ

2.6. Вибір електровимірювальних трансформаторів струму і напруги

Для ввімкнення електровимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту необхідна установка трансформаторів струму і напруги. У даному проекті релейний захист детально не розробляється, тому перевірку трансформаторів за вторинним навантаженням виконуємо з урахуванням ввімкнення тільки вимірювальних приладів.

У ланцюзі силового трансформатора з боку нижчої напруги встановлюється амперметр, вольтметр, варметр, лічильники активної і реактивної енергії, на шинах 110 кВ – вольтметр із перемикачем для виміру трьох між фазових напруг, на секційному вимикачі 10 кВ – амперметр, на лініях, що відходять, 10 кВ – амперметр, лічильники активної і реактивної енергій. Розрахунок вторинного навантаження трансформатора струму наведений у таблиці 8.

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41

Таблиця 2.8- Вторинне навантаження трансформаторів струму

Прилад	Тип	Клас	Навантаження по фазах		
			А	В	С
Амперметр	Э-335	1	0,5	0,5	0,5
Ваттметр	ДЗ50	1,5	0,5	-	0,5
Варметр	ДЗ45	1,5	0,5	-	0,5
Лічильник активної енергії	САЗ	1	2,5	-	2,5
Лічильник реактивної енергії	СР-4	1,5	2,5	-	2,5
Сумарне навантаження струму в колі силового тр-ра з боку НН			6,5	0,5	6,5
Сумарне навантаження струму в колі секції . Вимикать на НН			0,5	0,5	0,5
Сумарне навантаження струму в колі силового тр-ра на боці ВН			0,5	0,5	0,5
Сумарне навантаження струму в колі відхідної лінії			0,5	0,5	0,5

Вибір трансформатора струму наведений у таблиці 2. 9.

Таблиця 2.9 Вибір трансформатора струму в колі силового трансформатора на боці вищої напруги

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	110 кВ	110 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	233,56 А	50-600 А
$i_v \leq I_{прСКВ}$	18,22 кА	62-124 кА
$B_k \leq I_t^2 t_r$	6,48 кА ² · С	162,5 кА ² · С
$Z_H \leq Z_{H ном}$	1,25 кА	4 кА

Для перевірки за вторинним навантаженням визначаємо опір приладів

$$Z_{прил} = \frac{S_{прил}}{I^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом}$$

Тоді опір сполучних проводів може бути

$$Z_{пр} = Z_{ном} - Z_{прил} - Z_k$$

Де: $Z_{ном}$ – номінальний опір навантаження, Ом;

$Z_{прил}$ – опір приладів, Ом;

Z_k – опір контактів, Ом.

$$Z_{пр} = 4 - 0,02 - 0,1 = 3,88 \text{ Ом.}$$

Перетин сполучних проводів за умовами механічної міцності повинний бути не менш ніж 4 мм² для алюмінієвих жил.

Перетин жил при довжині кабеля L=160м

$$Z_{пр} = P \frac{L}{F}$$

Де: p – питомий опір алюмінію, 0,0283, Ом×мм;

F – перетин жил, мм²;

$$F = \frac{0,028 \times 160}{4} = 1,13 \text{ Ом.}$$

Загальний опір струмового кола

$$Z_H = Z_{прил} + Z_k + Z_{пр} = 0,02 + 0,1 + 1,13 = 1,25, \text{ Ом,}$$

Що менше ніж 4 Ом, припустимих при роботі трансформатора в класі точності 1.

Трансформатор струму ТфзН-110-1У1 відповідає умовам вибору.

Таблиця 2.10- Вибір трансформатора струму у колі силового трансформатора на боці нижчої напруги

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	10 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	2589,25 А	3000 А
$i_y \leq i_{дин}$	10,58 кА	-
$B_k \leq I_t^2 t_T$	3,28 кА ² · С	74,42 кА ² · С
$Z_H \leq Z_{H ном}$	1,25 кА	4 кА

Перевірка за вторинним навантаженням виконується аналогічно. Рекомендується вибрати трансформатор ТШЛК-10У3

Таблиця 2.11- Вибір трансформатора струму на лінії що відходить

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	10 кВ	10 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	258,92 А	5200 А
$i_y \leq i_{дин}$	10,58 кА	250 кА
$B_k \leq I_t^2 t_T$	3,28 кА ² · С	74,42 кА ² · С
$Z_H \leq Z_{H ном}$	1,25 кА	4 кА

Беремо до установки трансформатор струму ТП1-10-У3
Як трансформатори напруги вибираємо на боці 110 кВ трансформатори НКФ-110-58, на боці 10 кВ ЗНОЛ06-10-У3

2.7. Вибір ошиновки розподільчих пристроїв (РП)

Ошиновку в РП 110 кВ виконують, як правило, сталевалюмінієвими проводами марки АС, при цьому перетин шин повинен бути не менше 70 мм² (за умовами коронування). Вибір перетину здійснюється за довгостроково припустимому струмові. При максимальному робочому до 200 А вибираємо перетин 70 мм² із припустимим струмом 265 А мінімальний перетин, виходячи з умов термічної стійкості, визначається за формулою

$$F = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{57 \times 10^3}}{91 \times 10^{-3}} = 25 \text{ мм}^2$$

де $C = \frac{91 \times 10^{-3} \text{ кАс}}{\text{мм}^2}$

Перетин 70мм² підходить і за термічною стійкістю, але живильну підстанцію лінії виконують проводом АС-95, тому і для оцінки підстанції беремо АС-95.

Ошиновка закритих РП 10 кВ виконується твердими шинами. Вибір перетину також виконується за допустимим струмом. Тверді шини повинні бути перевірені на динамічні дії струмів КЗ і на можливість виникнення резонансних явищ. Зазначені явища не виникають при КЗ, якщо власна частота коливань шин менше 30 і більше 200 Гц. Частота власних коливань для алюмінієвих шин визначається за формулою

$$F_o = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{\gamma}{q}},$$

де l -довжина прольоту між ізоляторами $l=1,5\text{м}$;

γ - момент інерції поперечного перерізу шини щодо осі, перпендикулярної до напрямку згинаючої сили, см⁴;

$$q = \frac{\pi}{4} (d^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} (30^2 - 25^2) = 2.15$$

$$\gamma = \frac{\pi}{64} (d^2 - d^2) = \frac{\pi}{64} (30^2 - 25^2) = 205$$

$$F_u = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{\gamma}{q}} = \frac{173,2}{1,5^2} \sqrt{\frac{205}{2,15}} = 777 > 200 \text{ Гц}$$

де q -розрахункова механічна напруга у матеріалі шин, $l=1,5\text{м}$;

де $q_{\text{доп}}=75 \text{ МПА}$ – допустима механічна напруга в матеріалі шин для алюмінієвого сплаву ДДЗТГ

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

2.8. Компонування роздільних пристроїв 110 кВ і конструктивна частина

Підстанції (ПС) 110 кВ споруджують, як правило, відкритими, заводського виготовлення. Її рекомендується проектувати переважно комплектними, заводського виготовлення.

Спорудження закритих ПС напругою 110 кВ, допускається в таких випадках: розміщення ПС із трансформаторами 16 МВА і вище на службовій території міст, розміщення ПС на території міст, коли це допускається містобудівним міркуванням.

Розміщення ПС із великими сніжними заметами у зонах сильних промислових викидів і в прибережних зонах із сильно засоленою атмосферою.

На ПС 110 кВ спрощенням схеми на боці ВН з мінімальною кількістю апаратури, розміщеної в районах із забрудненою атмосферою, рекомендується відкрита установка устаткування ВН і трансформаторів з посиленою зовнішньою ізоляцією.

На ПС електропостачання промислових підприємств передбачається водяне опалення, приєднане до теплових мереж підприємств. Будинки ЗРП (закритих РП) допускається виконувати як окремо розміщені, так і зблокованими з будинками РПУ в тому числі і по вертикалі.

КРПЕ, напругою 110 кВ і вище, беруть при технікоекономічному обґрунтуванні при стиснутих умовах, а також у районах із забрудненою атмосферою. Трансформатори 110 кВ варто установлювати відкритими, а у районах із забрудненою атмосферою з посиленою ізоляцією. У ЗРП 110 кВ і в закритих камерах трансформаторів необхідно передбачати стаціонарні вантажопідйомні пристрої або можливість застосування вантажопідйомних пристроїв (самохідних, пересувних) для механізації ремонту і технічного обслуговування.

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

2.9. Компонування роздільних пристроїв 6-10 кВ і конструкційна частина

РП 6-10 кВ для комплектних трансформаторів ПС виконується у вигляді КРПН або КРП, встановлених у закритих приміщеннях. РП 6 і 10 кВ закритого типу (у будинках, у тому числі з УТБ або полегшених конструкцій типу панелі „сендвіч” та ін.

можуть застосовуватися:

а) у районах, де за кліматичними умовами (забруднення атмосфери або наявність сніжних заметів або курних віднесень) неможливе застосування КРПН;

б) при кількості шаф більше ніж 25;

в) при наявності техніко-економічного обґрунтування.

У ЗРП 6 і 10 кВ рекомендується встановлювати шафи КРП заводського виготовлення.

КРП заводського виготовлення. Для їхнього ремонту і збереження видатного візка у ЗРП варто передбачити спеціальне місце.

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
						47
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Розрахунок релейного захисту

3.1. Релейний захист силового трансформатора ТДН-10000/220/10-У1

На підстанції встановлений трифазний двохобмотковий маслonaповнений силовий трансформатор типу ТДН-10000/220/10 класу напруги 220 кВ.

ТДН-10000/220/10-цестаціонарний трифазний силовий масляний двохобмотковий трансформатор загального призначення з регулюванням напруги піднавантаженням, з системою охолодження виду «Д» - примусовою циркуляцією повітря і природною циркуляцією масла, призначений для роботи в помірному кліматі в умовах зовнішньої установки. Кліматичне виконання У, категорія розміщення 1 по ГОСТ 15150.

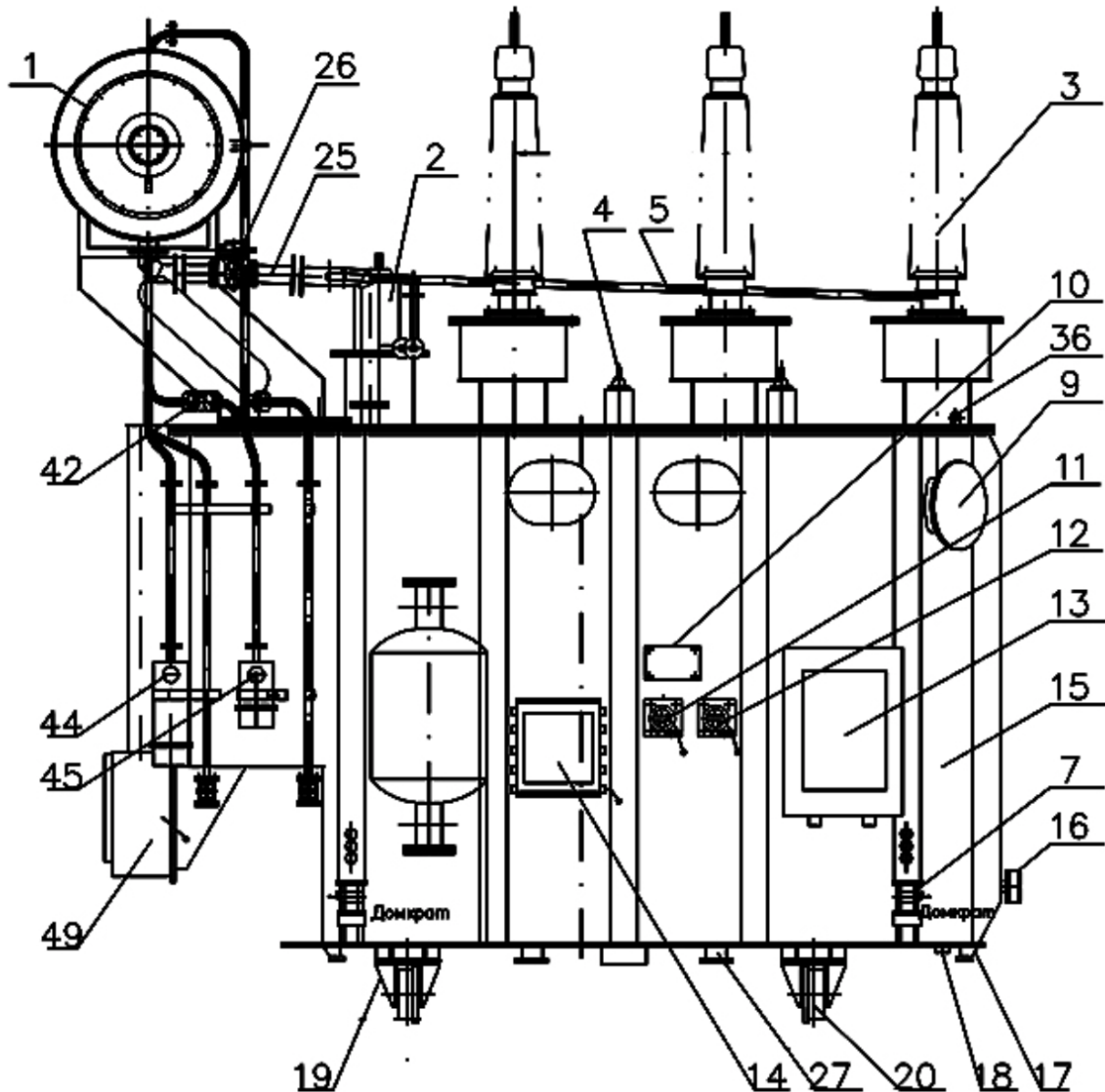
					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		48

Технічні характеристики трансформатора

Найменування і розмірність показника	ТДН-10000/220/10-У1	
Кліматичне виконання і категорія розміщення	У1	
Номинальна потужність, кВА	обмотка ВН	10000
	обмотка НН	10000
Номинальна частота, Гц	50	
ОСхема и група підключення обмоток	Ун/Δ-11	
Номинальне значення напруги, кВ	ВН	230
	НН	10
ступені регулювання РПН в нейтралі ВН	11,6;12;12,6%	
Вид системи охолодження	Д	
пересування трансформатора	поперечно-поздовжнє	
Ширина колії, мм	повздовжнього переміщення	1524
Форма ковзаник	з ребордою поворотні	
Напруга живлення, В	ланцюгів управління	~220
	ланцюгів сигналізації	=220
	двигунів РПН	~380
Коефіцієнт трансформації Т	600-300-200-150-100/5А	
Сердечник №1 (клас/нагр./кратність)	0.5S/30ВА/20	
Сердечник №2 (клас/нагр./кратність)	5P/30ВА/20	
Газове реле трансформатора	на 2 незалежних сигнальних і 2 незалежних відключаючого контакту	
Защитне реле РПН	на 2 незалежних контактів	
Високовольтні вводи 220 кВ	з твердою RIP ізоляцією	
Зовнішня ізоляція	категорії II (Б) по ГОСТ 9920-89	
Маса, кг	активної частини	30900
	масла, необх. для роботи	13700
	транспортна	40600
	повна	44600
Відправка (з маслом/без масла)	з маслом	
Масло для доливки (сухое, очищеное)	в комплекті поставки	
Габаритні розміри: довжина х ширина (В) х висота (Н), мм	6197 x 3650 x 3680	
Повний термін служби, років	25	

Основні конструктивні елементи

ВиглядспередуТДН-10000/220/10:



Специфікація:

1. Розширювач; 2. Введення нейтралі ВН; 3. Введення ВН; 4. Введення НН; 5. Труба для відведення газу з установок трансформаторів струму; 7. Скоба для стропування при підйомі трансформатора; 9. Люки для оглядів ввводів ВН; 10. Табличка трансформатора; 11. Термометр манометричний (сигналяційний); 12. Термометр манометричний; 13. Шафадуття; 14. Коробка клемна; 15. Бак трансформатора;

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

16. Затвор поворотнийдисковий DN 80 для зливу масла з бака; 17. Пристосування для зачалування при поздовжнійперекатці трансформатора; 18. Пробка для зливузалишківолії з бака; 19. Каретка; 20. Каток; 25. Масло-провод; 26. Реле газове трансформатора; 27. Пристосування для зачалуван-ня при поперечному перекочуванні трансформатора; 36. Скоба для стро-пування при підйомікришки; 42. Реле захисного пристрою РПН; 44. По-вітряна сушарка трансформатора; 45. Повітряна сушарка пристрою РПН; 49. Привід пристрою РПН.

3.2. Пошкодження і не нормальні режими роботи трансформатора ТДН-10000/220/10-У1

Основні види пошкоджень

Основними видами пошкоджень є багатофазні КЗ в обмотках і на виводах трансформатора, а також «пожежасталі» магнітопроводу. Однофазні ушкодження бувають двох видів: на землю і між витками обмотки (витковізамикання). Найбільш ймовірні однофазні і багатофазні КЗ на виводах трансформаторів і однофазні виткові замикання в обмотках. Захист на КЗ ви-конується з дією на відключення пошкодженого трансформатора. Для обме-ження розмірів руйнувань її виконують швидкодіючою.

Замикання однієї фази на землю небезпечно для обмоток, приєдна-них до мереж із глухозаземленими нейтраліями. У цьому випадкузахист пови-нен відключати трансформатор і при однофазних КЗ у його обмотках на зем-лю. При виткових замиканнях, у замкнених витках виникає значний струм, що руйнує ізоляцію і магнітопровід трансформатора, тому такі пошкодження по-винні відключатися швидкодіючим захистом.

Небезпечним внутрішнім пошкодженням є також «пожежа сталі» магнітопроводу, що виникає при порушенні ізоляціїміж листами магнітопро-воду, щоведе до збільшення втрат на перемагнічування і вихрові струми. Втрати викликають місцеве нагрівання сталі, щоведе до подальшого руй-нування ізоляції

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

Захист, заснований на використанні електричних величин, на цей вид пошкодження теж не реагує, тому виникає необхідність у застосуванні спеціального захисту від виткових замикань і від «пожежі стали».

Для обмеження розміру руйнування захист від пошкоджень у трансформаторі повинен діяти швидко. Пошкодження, що супроводжуються великими струмами КЗ, повинні відключатися без витримки часу з $t = 0,05 - 0,1$ с .

Не нормальні режими роботи

Найбільш постійним ненормальним режимом роботи трансформаторів є поява в них сверхструмів, тобто струмів, що перевищують номінальний струм обмоток трансформаторів. Зверхструми в трансформаторі виникають при зовнішніх КЗ, хитаннях і перевантаженнях. Останні виникають унаслідок самозапуск електродвигунів, збільшення навантаження в результаті відключення паралельнопрацюючого трансформатора, автоматичного підключення навантаження при дії АВР і т.п.

При зовнішньому КЗ, викликаних пошкодженнях на шинах трансформатора абоневідімкнувшимися пошкодженням на відхідному від шин приєднанні, по трансформатору проходять струми КЗ $I_{кз} > I_{ном}$, що нагрівають його обмотки понадприпустиме значення, що може привести до пошкодження трансформатора. Оскільки зовнішнє КЗ супроводжується зниженням напруги в мережі, захист повинен діяти з мінімальною витримкою часу, необхідної для селективності .

Перевантаження трансформаторів не впливає на роботу системи електропостачання в цілому, тому що воно звичайно не супроводжується зниженням напруги. Крім того, сверхструми перевантаження відносно не великі і їхнє проходження припустиме протягом деякого часу, достатнього для того, щоб було вжито заходів до розвантаження. Найбільш часто виникають короточасні перевантаження які ліквідуються самостійно, які також небезпечні для

										Лист
										52
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

трансформатора через їхню нетривалість. На підстанціях ліквідація тривалого перевантаження повинна вироблятися автоматично відзахисту, відключенням менш відповідальних споживачів або трансформатора, що перевантажився.

Таким чином, захист трансформатора від перевантаження повинен діяти на відключення тільки в тому випадку, коли перевантаження не може бути усунуте автоматично. В усіх інших випадках захист повинен діяти на сигнал або автоматично робити його розвантаження. Захист від перевантажень виконується, як правило реагуюч на струм.

До ненормальних режимів роботи трансформаторів відноситься так само неприпустиме зниження рівня оливи, що може відбутися, наприклад, внаслідок пошкодження бака.

Перевантаження устаткування, викликане збільшенням струму сверхномінального значення. Номінальним називається максимальний струм, що допускається для даного устаткування протягом необмеженого часу. Якщо струм, що проходить по устаткуванню, перевищує номінальне значення, то за рахунок виділюваного ним додаткового тепла температура струмоведучих частин і ізоляції через якийсь час перевершує припустиму величину, що приводить до прискореного зносу ізоляції і її ушкодженню. Для попередження ушкодження устаткування при його перевантаженні необхідно прийняти міри до розвантаження або відключення устаткування.

3.3. Релейний захист трансформатора ТДН-10000/220/10-У1

Для трансформаторів потужністю 10 МВ·А з напругою на високій стороні 220 кВ низькою 10 кВ повинні бути передбачені пристрої релейного захисту від наступних видів ушкоджень і ненормальних режимів роботи [1]:

						Лист
						53
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

БР.5.141. 265.ПЗ

- багатофазних КЗ в обмотках і на виводах;
 - однофазних коротких замикань на землю в обмотках і на виводах, приєднаних до мережі з глухозаземленою нейтраллю;
 - виткових замикань в обмотках;
 - струмів в обмотках, обумовлених зовнішнім КЗ;
 - струмів в обмотках, обумовлених перевантаженням;
 - зниження рівня олії;
- однофазних замикань на землю на стороні 10 кВ.

1) Для захисту від пошкоджень на виводах трансформатора ТДН-10000/220/10-У1, а також від внутрішніх пошкоджень згідно з ПУЕ [1] приймаємо для встановлення: поздовжній диференціальний струмовий захист у зв'язку з тим що потужність трансформатора, що захищається, становить 10 МВА тобто більше ніж 6,3 МВА для яких ПУЕ вимагає встановлення поздовжнього диференціального захисту без витримки часу. Поздовжній диференціальний струмовий захист потрібно виконувати із відстроєних відстрибків струму намагнічування, перехідних і сталих струмів, для реалізації цих вимог застосовуємо спеціальне реле струму (в реле реалізована гальмівна обмотка) ДЗТ-11. На трансформаторі ТДН-10000/220/6-У1 потужністю 10 МВА допускається виконувати захист з реле струму ДЗТ-11, відстроєними за струмом спрацьовування відстрибків струму намагнічування і перехідних начень струмів небалансу (диференціальна відсічка), якщо при цьому забезпечено необхідну чутливість.

2) У зв'язку з тим що потужність трансформатора, що захищається, становить 10 МВА залежно від ймовірності та значення можливого перевантаження необхідно передбачати максимальний струмовий захист від струмів, зумовлених перевантаженням обмоток, з дією на сигнал.

Для підстанцій без постійного чергування персоналу допускається передбачати дію цього захисту на автоматичне розвантаження або вимкнення (за неможливості ліквідації перевантаження іншими засобами).

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

Газовий захис відпошкоджень усередині бака, які супроводжуються виділенням газу, і від зниження рівня масла. У зв'язку з тим що потужність трансформатора, що захищається, становить 10 МВА тобто більше ніж 6,3 МВА для яких ПУЕ вимагає встановлення газового захисту від пошкодження усередині бака. Газовий захист діє на сигнал у разі слабого газоутворення і зниження рівня масла та на вимкнення за інтенсивного газоутворення і подальшого зниження рівня масла. Захист від зниження рівня масла має бути виконаний також у вигляді окремого реле рівня в розширювачі трансформатора (з дією на сигнал), а також у вигляді окремого реле рівня масла в баку контактора РПН, з дією на відключення. Газові захисти треба виконувати з дією на вимкнення вимикачів з усіх боків з заборону АПВ, пуском пожежогасіння та на закриття відсічних клапанів.

3.3.1 Розрахунок захистів трансформатора ТДН-10000/220/10-У1

3.3.2 Розрахунок поздовжнього диференціального захисту трансформатора

для захисту від пошкоджень на виводах трансформатора ТДН-10000/220/10, а також від внутрішніх пошкоджень згідно з ПУЕ [1] приймаємо для встановлення: поздовжній диференціальний струмовий захист у зв'язку з тим що потужність трансформатора, що захищається, становить 10 МВА тобто більше ніж 6,3 МВА для яких ПУЕ вимагає встановлення поздовжнього диференціального захисту без витримки часу. Поздовжній диференціальний струмовий захист потрібно виконувати із відстроєнням відстрибків струму намагнічування, перехідних і сталих струмів, для реалізації цих вимог застосовуємо спеціальне реле струму ДЗТ-11 (в реле реалізована гальмівна обмотка). На трансформаторі ТДН-10000/220/б потужністю 10 МВА допускається виконувати захист з реле струму ДЗТ-11, відстроєними за струмом спрацьовування від стрибків струму намагнічування і

перехідних значень струмів небалансу (диференціальна відсічка), якщо при цьому забезпечено необхідну чутливість.

Порядок розрахунку:

Визначимо номінальні струми високої сторони силового трансформатора:

$$I_{\text{ном.ВН}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{U_{\text{ном.ВН}} \cdot \sqrt{3}} = \frac{10 \cdot 10^6}{220 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{3}} = 26,3 \text{ А}$$

Визначимо номінальні струми низької сторони силового трансформатора:

$$I_{\text{ном.НН}} = \frac{S_{\text{ном.тр}}}{U_{\text{ном.НН}} \cdot \sqrt{3}} = \frac{10 \cdot 10^6}{6 \cdot 10^3 \cdot \sqrt{3}} = 963,4 \text{ А}$$

де, $S_{\text{ном.тр}}$ - номінальна потужність трансформатора, МВА

$U_{\text{ном.ВН}}$ – номінальна напруга трансформатора на високій стороні, кВ

$U_{\text{ном.НН}}$ - номінальна напруга трансформатора на низькій стороні, кВ

По номінальному струму високої сторони трансформатора вибираємо трансформатори струму типу ТОГФ – 220 (УХЛ1) 150/5.

По номінальному струму низької сторони трансформатора вибираємо трансформатори струму типу ТОГФ–220(УХЛ1) 1000/5.

Коефіцієнт схеми з'єднання трансформаторів струму на високій стороні:

$$K_{\text{сх.ВН}} = \sqrt{3}$$

Визначаємо коефіцієнти трансформації трансформаторів струму:

$$K_{\text{ТАВН}} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{150}{5} = 30,$$

$$K_{\text{ТАНН}} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{1000}{5} = 200.$$

Визначимо вторинні струми в плечах захисту, що відповідають номінальній-потужності трансформатора:

$$I_{2\text{ном.ВН}} = \frac{K_{\text{сх.ВН}} \cdot I_{\text{номВН}}}{K_{\text{ТАВН}}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 26,3}{10} = 4,54 \text{ А}$$

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$I_{2\text{ном.НН}} = \frac{K_{\text{сх.ВН}} \cdot I_{\text{номНН}}}{K_{\text{ТАНН}}} = \frac{1 \cdot 963,4}{200} = 4,82 \text{ А}$$

Тому що $I_{2\text{ном.НН}} = 4,82 \text{ А} > I_{2\text{ном.ВН}} = 4,34 \text{ А}$, то висока сторона є основною стороною.

Визначаємо первинний струм спрацьовування захисту за умови відстройки від кидка намагнічуючих струмів:

$$I_{\text{СЗ}} = 1,3 \cdot I_{\text{ном.ВН}} = 1,3 \cdot 26,3 = 34,19 \text{ А}$$

де, 1,3 – коефіцієнт надійності для диференціального реле типу ДЗТ-11.

Знаходимо розрахунковий струм спрацьовування реле, приведений до основної сторони ВН:

$$I_{\text{СР}} = \frac{K_{\text{сх.ВН}}}{K_{\text{ТАВН}}} \cdot I_{\text{СЗ}} = \frac{\sqrt{3}}{30} \cdot 34,19 = 1,97 \text{ А}$$

Для розрахунку числа витків гальмівної обмотки реле визначимо струм небалансу:

$$I_{\text{НБ}} = I_{\text{НБ}}^{\text{I}} + I_{\text{НБ}}^{\text{II}} + I_{\text{НБ}}^{\text{III}}$$

де $I_{\text{НБ}}^{\text{I}}$ – складова, обумовлена різницею намагнічуючих струмів трансформаторів в плечах захисту;

$I_{\text{НБ}}^{\text{II}}$ – складова, обумовлена наявністю РПН у трансформаторів;

$I_{\text{НБ}}^{\text{III}}$ – складова, обумовлена відмінністю числа розрахункових і прийнятих витків реле на неосновній стороні.

$$I_{\text{НБ}}^{\text{I}} = K_{\text{ОДН}} \cdot K_{\text{ПЕР}} \cdot \varepsilon \cdot I_{\text{К.МАХ}}^{(3)}$$

де, $k_{\text{ОДН}} = 1$ - коефіцієнт що, враховує тип трансформаторів струму, які утворюють плечі захисту, для однотипних ТА $k_{\text{ОДН}} = 0,5$, для різнотипних $k_{\text{ОДН}} = 1$.

$k_{\text{ПЕР}} = 1$ - коефіцієнт, що враховує перехідний режим;

$\varepsilon = 0,1$ - відносне значення повної похибки трансформатора струму:

$I_{\text{К.МАХ}}^{(3)}$ – періодична складова струму при розрахунковому зовнішньому трифазному КЗ.

										Лист
										57
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

По параметрах схеми заміщення елементів мережі визначаємо максимальний струм короткого замикання при КЗ у середині трансформатора.

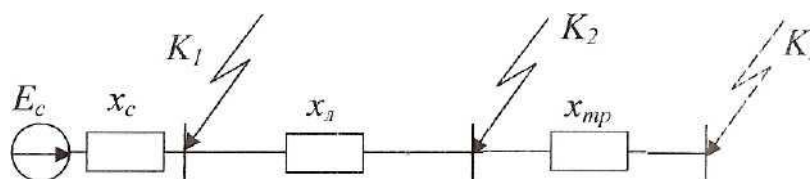


Рисунок 4.1 - Розрахункова схема заміщення

$$I_{K.MAX}^{(3)} = \frac{U_{ВН}}{\sqrt{3} \cdot (x_{C.MAX} + x_d + x_{ТР.МИН})},$$

де, $x_{ТР.МАХ}$ - опір обмотки вищої напруги трансформатора в максимальному режимі.

Визначаємо опір системи у максимальному режимі:

$$x_{C.MAX} = \frac{U_H^2}{S_{k.max}^{\prime\prime}} = \frac{(220 \cdot 10^3)^2}{2500 \cdot 10^6} = 19,36 \text{ Ом};$$

$$x_{C.MIN} = \frac{U_6^2}{S_{кз мин}^{\prime\prime}} = \frac{U_6^2}{0,85 \cdot S_{кз макс}^{\prime\prime}} = \frac{(220 \cdot 10^3)^2}{0,85 \cdot 2500 \cdot 10^6} = 22,77 \text{ Ом};$$

де, $S_{кз макс}^{\prime\prime} = 2500 \text{ МВ}\cdot\text{А}$ – потужність максимального КЗ.

$S_{кз мин}^{\prime\prime} = 0,85 \cdot S_{кз макс}^{\prime\prime}$ - потужність мінімального КЗ. $S_{кз мин}^{\prime\prime} = 0,85 \cdot 2500 = 2125 \text{ МВА}$

Розрахуємо опір трансформатора в мінімальному режимі:

$$x_{ТР.МИН} = \frac{U_{K.MIN}}{100} \cdot \frac{(U_{ВН} \cdot (1 - \Delta U))^2}{S_{ТР.НОМ}} = \frac{11,5}{100} \cdot \frac{(220 \cdot 10^3 (1 - 0,12))^2}{10 \cdot 10^3} = 43 \text{ Ом}$$

де, ΔU - ступінь регулювання трансформатора в максимальному режимі

$$\Delta U = 12.$$

Розрахуємо опір трансформатора в максимальному режимі:

$$x_{ТР.МАХ} = \frac{U_{K.MAX}}{100} \cdot \frac{(U_{ВН} \cdot (1 + \Delta U))^2}{S_{ТР.НОМ}} = \frac{12,36}{100} \cdot \frac{(220 \cdot 10^3 (1 + 0,12))^2}{10 \cdot 10^3} = 66 \text{ Ом}$$

Розрахуємо максимальний струм короткого замикання при КЗ всередині трансформатора:

$$I_{K.MAX}^{(3)} = \frac{U_{\text{макс.ВН}}}{\sqrt{3} \cdot (x_{C.MAX} + x_{TR.MIN})} = \frac{220 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (19,36 + 43)} = 2039,2 \text{ А}$$

Розрахуємо мінімальний струм короткого замикання при КЗ всередині трансформатора:

$$I_{K.MIN}^{(3)} = \frac{U_{\text{макс.ВН}}}{\sqrt{3} \cdot (x_{C.MIN} + x_{TR.MAX})} = \frac{220 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot (22,7 + 66)} = 1432,6 \text{ А}$$

де, $x_{TR.MAX}$ - опір трансформатора в максимальному режимі.

Струм двофазного короткого замикання в мінімальному режимі буде дорівнювати:

$$I_{K.MIN}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{K.MIN}^{(3)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1432,6 = 1239,2 \text{ А}$$

Тоді

$$I_{\text{НБ}}^I = 1 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 2039,2 = 203,92 \text{ А}$$

$$I_{\text{НБ}}^{II} = (\Delta U_{\alpha} \cdot k_{\alpha} + \Delta U_{\beta} \cdot k_{\beta}) \cdot I_{K.MAX}^{(3)}$$

де, k_{α}, k_{β} - коефіцієнти поточкорозподілу рівні відношенню складових струмів розрахункового зовнішнього КЗ, що проходять на стороні, де проводиться регулювання напруги, до струму на стороні, де розглядається КЗ;

$\Delta U_{\alpha}, \Delta U_{\beta}$ - відносні похибки, обумовлені регулюванням напруги і прийняті рівними половині діапазону регулювання.

$$I_{\text{НБ}}^{II} = 0,12 \cdot 2039,2 = 244,7 \text{ А}$$

Визначимо число витків робочої обмотки реле, що включаються в плече захисту з боку ВН:

$$W_{\text{ВН.РОЗР}} = \frac{F_{\text{СП}}}{I_{\text{СП}}} = \frac{100}{1,97} = 50,7$$

Уточнюємо $I_{c.p.}$

											Лист
											59
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							

БР.5.141. 265.ПЗ

$$I_{c.p.} = \frac{100}{50} = 2 \text{ A}$$

де, $F_{СП} = 100 \text{ A} \cdot \text{В}$ - мінімальна МДС спрацьовування захисту. Приймаємо число витків на основній стороні $W_{ВН}$ - 50 витків.

Визначаємо число витків робочої обмотки реле, що включаються в плече захисту боку НН:

$$W_{НН.РОЗР} = \frac{W_{ВН} \cdot I_{2НОМ.НН}}{I_{2НОМ.ВН}} = \frac{50 \cdot 4,82}{4,54} = 53,01$$

Приймаємо $W_{НН} = 53$ витка.

Визначаємо повний струм небалансу з обліком третьої складової

$$\begin{aligned} I_{НБ} &= I_{НБ}^I + I_{НБ}^{II} + I_{НБ}^{III} = I_{НБ}^I + I_{НБ}^{II} + \left| \frac{W_{НН} - W_{НН.РОЗР}}{W_{НН.РОЗР}} \right| \cdot I_{К.МАХ}^{(3)} \\ &= 203,92 + 244,7 + \left| \frac{53 - 53,01}{53,01} \right| \cdot 2039,2 = 452,5 \text{ A} \end{aligned}$$

Розрахуємо число витків гальмової обмотки реле, що включаються в плече захисту з боку низької напруги:

$$W_{Г.РОЗР} = \frac{k_{Н} \cdot I_{НБ} \cdot W_{НН}}{I_{К.МАХ}^{(3)} \cdot \text{tg}\alpha}$$

де, $k_{Н} = 1,3$ – коефіцієнт надійності який враховує похибку реле і необхідний запас;

$\text{tg}\alpha$ – тангенс кута нахилу до гальмової характеристики реле, що відповідає мінімальному гальмуванню для реле типу ДЗТ-11 $\text{tg}\alpha = 0,87$.

$$W_{Г.РОЗР} = \frac{1,3 \cdot 452,5 \cdot 53}{2039,2 \cdot 0,87} = 17,57$$

Приймаємо $W_{Г} = 18$ витків.

Визначаємо коефіцієнт чутливості диференціального захисту трансформатора:

					Лист
					60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.МІН}}^{(2)}}{I_{\text{СЗ}}} = \frac{1239,2}{34,2} = 36 > 2$$

$$I_{\text{с.з.}} = I_{\text{с.р.ВН}} \cdot \frac{K_{\text{ВН}}}{\sqrt{3}} = 1,97 \cdot \frac{30}{1,73} = 34,2 \text{ А}$$

Таким чином, чутливість захисту достатня.

4.1.2 Розрахунок максимального струмовогозахисту трансформатора

На стороні вищої напруги трансформатора передбачається установка максимального струмовогозахисту (МСЗ) з витримкою часу.

Максимальний робочий струм трансформатора зі сторони вищої напруги буде дорівнювати:

$$I_{\text{р.МАХ}} = 1,4 \cdot I_{\text{НОМ}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{НОМ.ТР}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ.ВН}}} = \frac{1,4 \cdot 10 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 10^3} = 36,78 \text{ А}$$

де, 1,4 – коефіцієнт що враховує довготривале припустиме перенавантаження при відключенні одного трансформатора.

Струм спрацьовування захисту буде дорівнювати:

$$I_{\text{СЗ}} = \frac{K_{\text{СЗП}} \cdot K_{\text{Н}}}{K_{\text{П}}} \cdot I_{\text{р.МАХ}} = \frac{3 \cdot 1,15}{0,9} \cdot 36,78 = 141 \text{ А}$$

де, $K_{\text{сзп}}$ – коефіцієнт самозапуску навантаження після відключення зовнішнього КЗ, приймаємо $K_{\text{сзп}} = 3$.

$K_{\text{Н}}$ – коефіцієнт надійності (для статичних реле $K_{\text{Н}} = 1,15$);

$K_{\text{П}}$ – коефіцієнт повернення реле (для статичних $K_{\text{П}} = 0,9$).

Струм спрацьовування реле:

$$I_{\text{СР}} = \frac{K_{\text{сх.ВН}}}{K_{\text{ТАВН}}} \cdot I_{\text{СЗ}} = \frac{\sqrt{3}}{30} \cdot 141 = 8,13 \text{ А}$$

де, $K_{\text{сх}}$ – коефіцієнт схеми з'єднання трансформаторів струму.

Визначаємо коефіцієнт чутливості захисту:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.МІН}}^{(2)}}{I_{\text{СЗ}}} = \frac{1239,2}{141} = 8,8 > 1,5$$

Чутливість захисту задовільняє вимогу.

						Лист
						61
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Первинний струм спрацювання відстроєний від номінального струму трансформатора:

$$I_{CЗ} = \frac{K_H}{K_{\Pi}} \cdot I_{P.MAX} = \frac{1,15}{0,9} \cdot 36,78 = 46,99 \text{ A}$$

де, K_H - коефіцієнт надійності(для статичних реле РС-40 $K_H = 1,15$);

K_{Π} - коефіцієнт повернення реле(для статичних реле РС-40 $K_{\Pi} = 0,9$).

Струм спрацювання реле:

$$I_{CP} = \frac{K_{CX.BH}}{K_{BH}} \cdot I_{CЗ} = \frac{\sqrt{3}}{30} \cdot 46,99 = 2,7 \text{ A}$$

де, K_{CX} - коефіцієнт схеми з'єднання трансформаторів струму.

Приймаємо до установки реле типу РС-40 з межами струму спрацювання 5 - 10 А при послідовному з'єднанні котушок.

Напруга спрацювання захисту мінімальної напруги:

$$U_{CЗ} \leq \frac{U_{min}}{K_H \cdot K_{\Pi}} = \frac{0,85 \cdot 6,0 \cdot 10^3}{1,2 \cdot 1,1} = 2463 \text{ В}$$

Напруга небалансу фільтра:

$$U_{CЗ} = 0,7 \cdot U_H = 0,7 \cdot 6 \cdot 10^3 = 4200 \text{ В}$$

де, U_{min} – мінімальна залишкова напруга в місці встановлення трансформатора напруги, в умовах самозапуску після відключення зовнішнього К.З.($U_{min} = 0,9 - 0,85 U_{НОМ}$)

K_H – коефіцієнт відстроювання, $K_H = 1,2$;

K_{Π} – коефіцієнт повернення реле мінімальної напруги, $K_{\Pi} = 1,1$.

Визначаємо коефіцієнт чутливост спрацювання захисту мінімальної напруги:

$$K_{\checkmark} = \frac{U_{C.З.}}{U_{min}} = \frac{4200}{2463} = 1,7 > 1,5$$

										Лист
										62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						

Тобто чутливість задовольняє вимогам ПУЕ, оскільки більше 1,5.

Напряга спрацювання реле мінімальної напруги:

$$U_{CP} = \frac{U_{C3}}{K_U} = \frac{4200}{100} = 42,0 \text{ В}$$

де, K_U – коефіцієнт трансформації трансформатора напруги.

Приймаємо до установки реле типу РН-54/160 з межами напруги спрацювання 40 - 80 В при послідовному з'єднанні котушок.

Напряга спрацювання захисту фільтру-реле напруги зворотної послідовності типу РНФ1М приймається більше ніж напруга небалансу:

$$U_{2C3} = 0,06 \cdot U_{ном} = 0,06 \cdot 100 = 6 \text{ В}$$

де, $U_{ном}$ – номінальна вторинна напруга вимірювального трансформатора напруги.

Визначаємо коефіцієнт чутливості струмового реле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{K.MIN}^{(2)}}{I_{C3}} = \frac{1239,2}{46,99} = 26 > 1,5$$

Тобто чутливість реле струму задовольняє вимогам ПУЕ, оскільки більше 1,5.

Час спрацювання МСЗ вибираємо за умовою забезпечення селективності:
 $t_{c.3.1} = 1 \text{ с}$.

Вибираємо реле часу РВ 01 з уставками 0,1 – 5 сек.

Час спрацювання МСЗ трансформатора буде дорівнювати:

Оскільки на статичному реле виконується захист, то приймаємо до встановлення $\Delta t = 0,3 \text{ с}$

$$\Delta t = t_{\text{відкл}} + \Delta t_{kt1} + \Delta t_{kt2} + t_3 = 0,3 \text{ с}$$

$$t_{CB} = t_{\text{відл}} + \Delta t = 1 + 0,3 = 1,3 \text{ с}$$

$$t_{BH} = t_{CB} + \Delta t = 1,3 + 0,3 = 1,6 \text{ с}$$

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		63

4.1.3 Розрахунок захисту трансформатора від перевантаження

Струм спрацьовування захисту від перевантаження можна визначити по вираженню

$$I_{\text{СЗ.ПЕР}} = \frac{K_{\text{Н}}}{K_{\text{В}}} \cdot I_{\text{ТР.НОМ}}$$

де, $K_{\text{Н}} = 1,05$ – коефіцієнт надійності;

$K_{\text{П}}$ - коефіцієнт повернення (для статичних реле $K_{\text{П}} = 0,9$);

$$I_{\text{ТР.НОМ}} = \frac{S_{\text{ТР.НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ВН}}} = \frac{10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220} = 26,3 \text{ А}$$

$$I_{\text{СЗ.ПЕР}} = \frac{1,05}{0,9} \cdot 26,3 = 30,6 \text{ А}$$

Струм спрацьовування реле:

$$I_{\text{СР}} = \frac{K_{\text{СХ}}}{K_{\text{ВН}}} \cdot I_{\text{СЗ}} = \frac{\sqrt{3}}{30} \cdot 30,6 = 1,76 \text{ А}$$

Захист виконується на реле РС40М – 1/8 з межами струму спрацьовування 1,0 - 8,3 А при паралельному з'єднанні котушок.

Визначаємо коефіцієнт чутливості струмового реле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{К.МІН}}^{(2)}}{I_{\text{СЗ}}} = \frac{1239,2}{30,6} = 40 > 1,5$$

Тобто чутливість реле струму задовольняє вимогам ПУЕ, оскільки більше 1,5.

Час спрацьовування МСЗ від перевантажень приймаємо: $t_{\text{с.з}} = 0,1$ с.

Вибираємо реле часу РВ 01 з уставками 0,1 - 5 сек.

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		64

4. Перевірка ефективність природного освітлення у приміщенні підстанції.

Дано:

Розміри віконного прорізу (висота × ширина): (1,7×1,2) м;

Кількість вікон: 2;

Висота від підлоги до підвіконня: 0,8 м;

Вікна розміщені вздовж: довшої стіни;

Вікна будівлі орієнтовані на: південь;

Середньозважений коефіцієнт відбиття внутрішніх поверхонь: 0,5

Найбільше віддалення робочого місця від вікна: 3 м

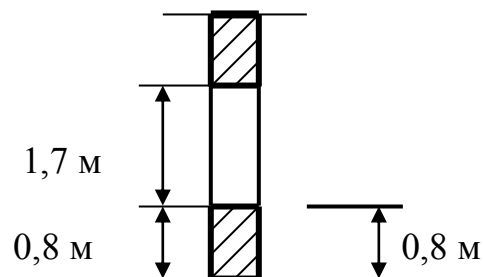
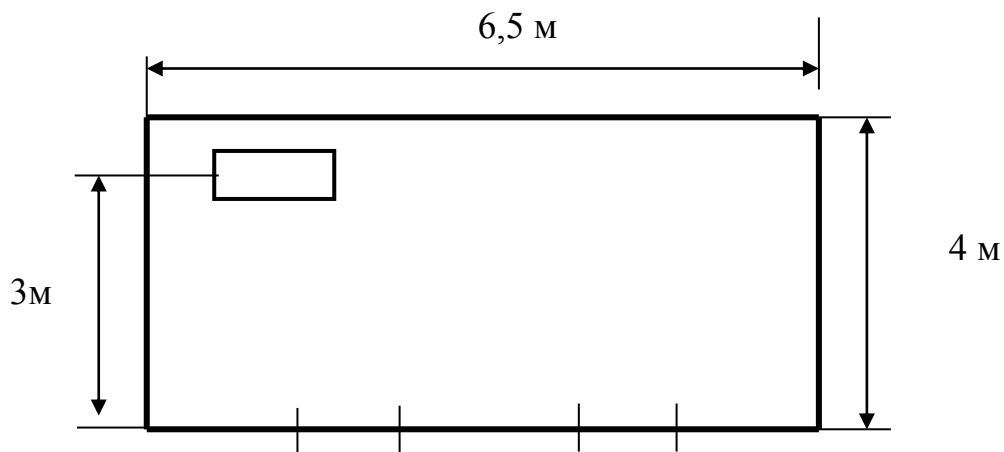
Габарити приміщення:

- довжина – 6,5 м,

- ширина – 4 м,

- висота – 4 м.

Рішення



Для оцінювання ефективності природного освітлення в приміщенні необхідно відповісти на запитання: чи відповідає фактичне значення освітлення нормованому за СНиП II-4-79.

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		65

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) для четвертого світлового поясу України e_{IV} , визначається, %, за формулою:

$$e_{IV} = e_{III} \cdot m \cdot c,$$

де e_{III} – нормоване значення КПО для III світлового поясу за СНиП II-4-79. Для економічного відділу, у якому виконуються роботи III розряду (середньої точності), для бокового освітлення $e_{III}=1,5\%$;

m – коефіцієнт світлового клімату (для України $m=0,9$);

c – коефіцієнт сонячності (визначається за (1. таблиця 6.3)) $c=0,75$.

З формули:

$$100 \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_k \cdot n_o \cdot K_3 \cdot K_{зд}}{t_o \cdot r_1}$$

фактичне значення КПО для приміщення відділу буде дорівнювати:

$$e_\phi = \frac{100 \cdot S_o \cdot t_o \cdot r_1}{S_n \cdot n_o \cdot K_3 \cdot K_{зд}},$$

де S_o – площа усіх вікон у приміщенні: $S_o=2 \cdot 1,7 \cdot 1,2=4,08 \text{ м}^2$;

S_n – площа підлоги у приміщенні: $S_n=6,5 \cdot 4=26 \text{ м}^2$;

t_o – загальний коефіцієнт світлопропускання віконного прорізу. Для віконних прорізів громадських споруд, не обладнаних сонцезахисними пристроями: $t_o=0,5$;

K_3 – коефіцієнт запасу, береться в межах $K_3=1,3 - 1,5$: $K_3=1,3$;

$K_{зд}$ – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон будинками, що розташовані навпроти, при їх відсутності $K_{зд}=1$;

r_1 – коефіцієнт, що враховує відбивання світла від внутрішніх поверхонь приміщення. Беремо з (1. таблиця 6.4):

а) відношення глибини приміщення до висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна:

$$\frac{4}{0,8 - 0,8 + 1,7} = 2,4$$

б) відношення відстані розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення:

$$\frac{3}{4} = 0,75$$

в) відношення довжини приміщення до його глибини:

$$\frac{6,5}{4} = 1,625$$
$$r_1 = 1,7$$

n_o – світлова характеристика вікна, вибирається із (1. таблиця 6.5): $n_o=13$

$$e_\phi = \frac{100 \cdot 4,08 \cdot 0,5 \cdot 1,7}{26 \cdot 13 \cdot 1,3 \cdot 1} = \frac{346,8}{439,4} = 0,79\%$$

					Лист
					66
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	БР.5.141. 265.ПЗ

$$e_{IV}=1,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75=1,01\%.$$

Співставляючи фактичне значення КПО з нормованим значенням КПО ми бачимо, що природне освітлення не достатньо ефективне у відділі, тому проводимо збільшення відстані найбільш віддаленого робочого місця до 3,5 м, при цьому відношення відстані розрахункової точки від зовнішньої стіни до глибини приміщення буде рівне:

$$\frac{3,5}{4} = 0,875$$

тому значення коефіцієнта $r_1=2,4$

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot 4,08 \cdot 0,5 \cdot 2,4}{26 \cdot 13 \cdot 1,3 \cdot 1} = \frac{489,6}{439,4} = 1,11\%$$

Отже природне освітлення достатньо ефективне.

Можна використати другий спосіб провівши збільшення розмірів вікна, а саме збільшуємо ширину вікна до 1,7 м, отже загальна площа вікон буде рівна:

$$S_o=2 \cdot 1,7 \cdot 1,7=5,78 \text{ м}^2$$

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot 5,78 \cdot 0,5 \cdot 1,7}{26 \cdot 13 \cdot 1,3 \cdot 1} = \frac{491,3}{439,4} = 1,12\%$$

Отже природне освітлення також достатньо ефективне.
проводимо збільшення розмірів вікна, а саме збільшуємо ширину вікна до 1,7 м, отже загальна площа вікон буде рівна:

$$S_o=2 \cdot 1,7 \cdot 1,7=5,78 \text{ м}^2$$

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot 5,78 \cdot 0,5 \cdot 1,7}{26 \cdot 13 \cdot 1,3 \cdot 1} = \frac{491,3}{439,4} = 1,12\%$$

Отже природне освітлення достатньо ефективне.

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		67

Висновки

У розділі «Розрахунок електричної мережі» знайдено потоки потужностей в мережі при нормальному режимі роботи. Знайдено також падіння потужностей в елементах мережі. Розглянуто величини напруг в точках мережі з урахуванням поздовжніх і поперечних складових.

У розділі «Розрахунок електричної частини станцій і підстанцій» вибрано основне обладнання підстанції: вимикачі, роз'єднувачі, вимірювальні трансформатори струму і напруги, основні силові трансформатори перевірені за графіком навантаження підстанції, зазначений необхідний мінімальний набір вимірювальних приладів для установки на підстанції.

У розділі «Розрахунок релейного захисту» проведені розрахунки релейного захисту трансформатора.

У розділі «Перевірка ефективність природного освітлення у приміщенні підстанції» розглянуті питання розрахунку ефективності природного освітлення у приміщенні підстанції.

					БР.5.141. 265.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		68

Література

- 1 Електричні мережі та системи. Підручник. Сегеда М.С. / Третє видання, доповнене та перероблене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. 540 с. ISBN 978-617-607-831-9
- 2 Електричні системи та мережі : конспект лекцій / укладачі: І. Л. Лебединський, В. І. Романовський, Т. М. Загородня. – Суми: Сумський державний університет, 2018.– 214 с.
- 3 3202 Методичні вказівки до виконання курсового проекту на тему „Розрахунок замкнутої електричної мережі” з курсу „Електричні системи та мережі” / укладачі: І. Л. Лебединський, С. М. Лебеда, В. І. Романовський, В. В. Волохін. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 40 с.
- 4 Правила улаштування електроустановок - 5-те вид., переробл. й доповн. – Харьков, Форт, 2014. – 782 с.
- 5 Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. / С.С. Ананичева, А.Л. Мызин, С.Н. Шелюг. ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2005. - 52 с
<http://www.energyland.info/files/library/487586c140e2946c28be316bcb d800a3.pdf>
- 6 Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні. Навчальний посібник. Лук’яненко Ю.В., Остапчук Ж.І., Кулик В.В. / Вінниця: ВДТУ, 2002.–116с.
<http://kulykvv.vk.vntu.edu.ua/file/posibn/cf207246a5ffede8257f5b865a7 b60d9. pdf>
- 7 СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-54:2011. Визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання. Київ. Міністерства енергетики та вугільної промисловості України № 399 від 21.06.2013.

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		69

8 Гаряжа В. М. Конспект лекцій з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій».

http://eprints.kname.edu.ua/48453/1/2015_%D0%BF%D0%B5%D1%87_89%20%D0%9B

[%20%D0%9A%D1%83%D1%80%D1%81%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA.pdf](#)

9 Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Електрична частина станцій та підстанцій» (для слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання (за видами)) / Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : В. М. Гаряжа, Є. Д. Дьяков, Г. В. Капустін. – Х. : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015.– 44 с.

10 Сегеда М.С., Гапанович В.Г., Олійник В.П., Покровський К.Б. Проектування структурних схем електростанцій та підстанцій: навч. посіб. – Львів: Вид-во НУ «ЛП», 2010.

11 Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2015. – 504 с.

12 Методичні вказівки до проведення практичних занять з курсу «Релейний захист та автоматика» / Харк. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Д. С. Шимук. – Х.: ХНУМГ, 2013 – 60 с.

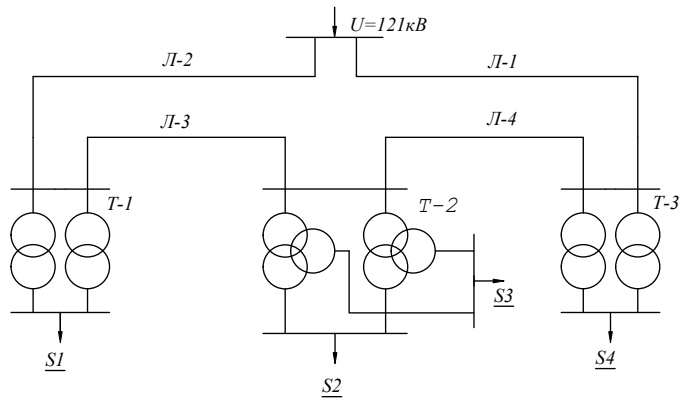
13 Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / Г.Г. Півняк, І.В. Жежеленко, Ю.А. Папаїка, Л.І. Несен, за ред. Г.Г. Півняка М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 5-те вид., доопрац. та допов. – Дніпро : НГУ, 2016. – 600 с

14 ДСТУ ІЕС 60909-0:2007. Струми короткого замикання у трифазних системах змінного струму. Частина 0. Обчислення сили струму (ІЕС 60909-0:2001, ІДТ).

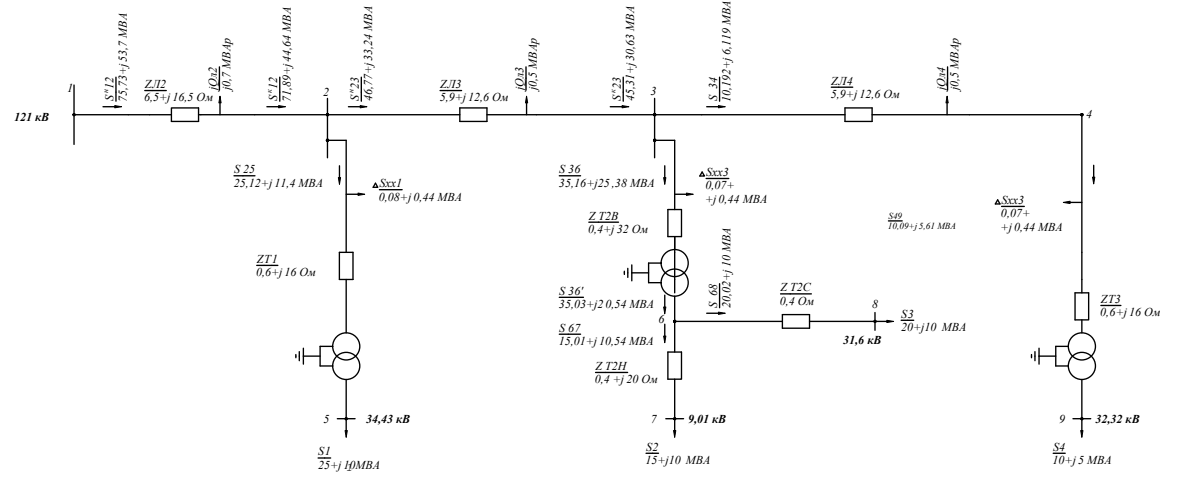
15 ДСТУ ІЕС 60909-4:2008. Струми короткого замикання у трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму

					<i>БР.5.141. 265.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		70

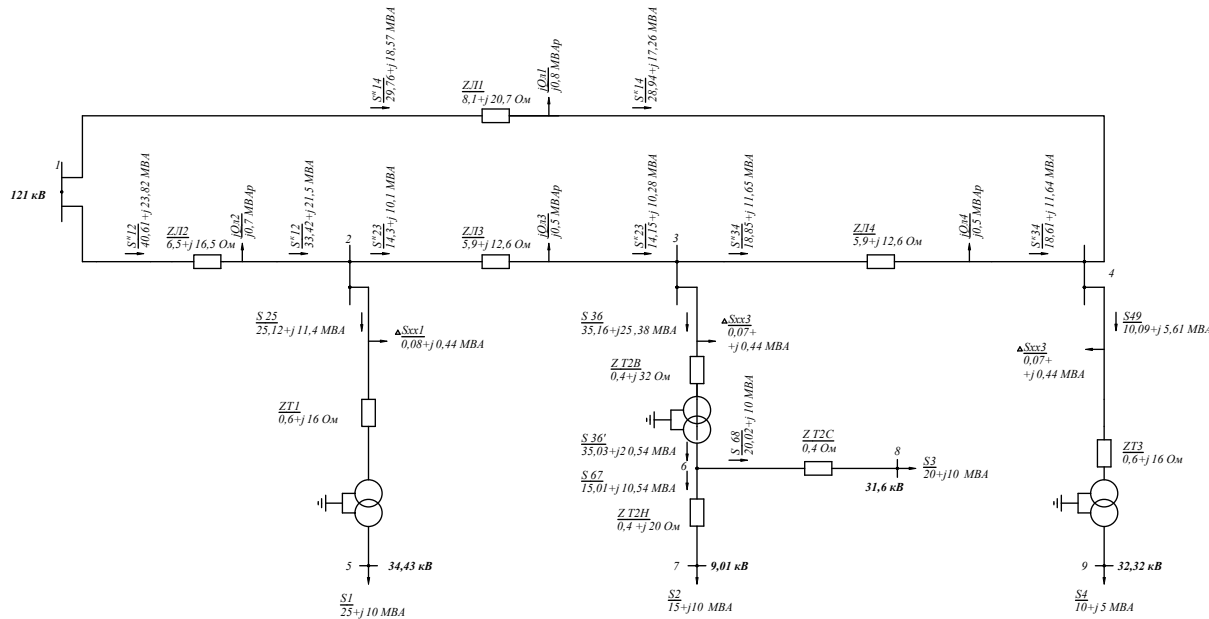
Початкова схема мережі



Розрахункова схема заміщення розімкнутої мережі



озрахункова схема заміщення замкнутої мережі при S=Smax



Назва параметру мережі	Розімкнута	Замкнута S=Smax	Замкнута S=Smax
Сумарна потужність споживачів, МВА	70+35	70+35	35+17,5
Потужність, що споживається на місцях споживачів, МВА	75,73+35,7	75,73+35,7	35,27+20,35
Потери потужності в мережі, МВА	5,73+15,7	5,73+15,7	0,27+7,85
Навантаження на навантаження S1, кВт	34,43	36,2	37
Навантаження на навантаження S2, кВт	9,01	9,66	10,2
Навантаження на навантаження S3, кВт	31,6	34	36,2
Навантаження на навантаження S4, кВт	32,32	36,4	37,2
Потери потужності в лінії Л-1, МВА		0,82+3,11	0,32+1,01
Потери потужності в лінії Л-2, МВА		3,85+3,76	1,19+3,02
Потери потужності в лінії Л-3, МВА		1,46+3,11	0,08+3,01
Потери потужності в лінії Л-4, МВА		0,08+3,14	0,09+3,02

БР.5.141.265.ГЧ.ЕТ

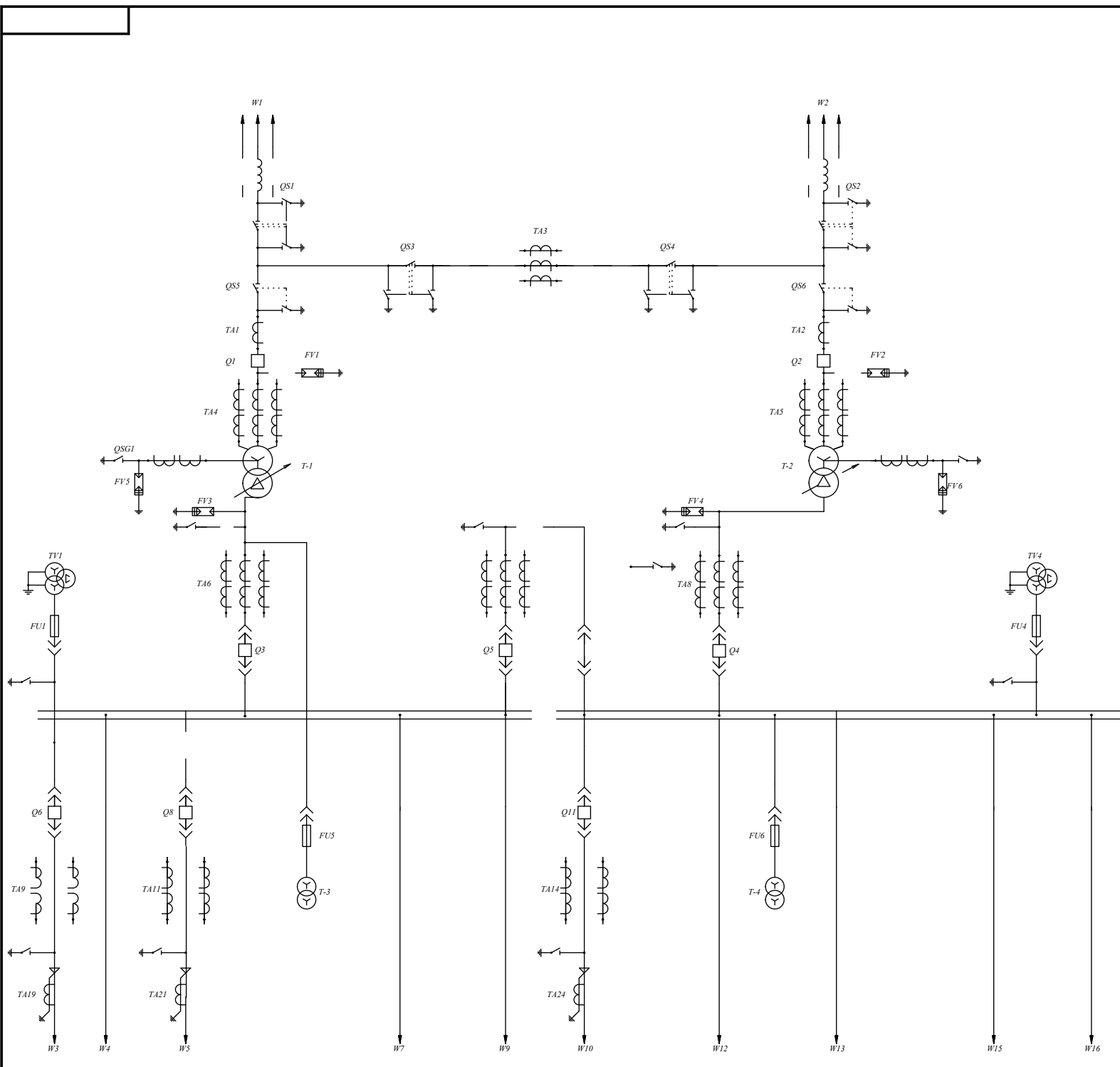
Ім'я	Лист	№ документа	Листів	Дата	Листів	Масштаб	Масштаб
Виконав							
Перевірив							
Г. конст.							
Г. контр.							
УТВ.							

Листів 2 Листів 2

Сум'Г, гр. ЕТД-74п

Початкова та розрахункова схеми електричної мережі при нормальному та аварійному режимах роботи

Схеми електропостачання споживачів



Перелік апаратури

Форм. Знак	Поз	Обозначение	Наименование	К.ч.к	Прим.
	1	T1, T2	Тр-р силовой ТД-32000/110	2	
	2	Q1, Q2	Выключатель ВВМ-110Б-31,5/2000У1	2	
	3	Q3 - Q5	Выключатель ВВУ-35А-40/2000У1	3	
	4	QS1, QS2, QS3, QS4	Разъединитель наружной установки РНД31-110/1000 УХЛ1	4	
	5	QS5, QS6	Разъединитель наружной установки РНД31-110/1000 УХЛ1	2	
	6	Q6 - Q15	Выключатель ВВУ-35А-40/2000У1	10	
	7	TA1, TA2, TA3	Трансформатор тока ТФЗМ-110-У1	3	
	8	TA4, TA5	Трансформатор тока встроенный НКФ-110-58	2	
	9	FV1, FV2	Разрядник вентильный РВС-110 МУ1	2	
	10	FV3, FV4	Разрядник вентильный РВ11-35 МУ1	2	
	11	FV5, FV6	Разрядник вентильный РВС-15+РВС-35	12	
	12	QSG1, QSG2	Заземлитель однополюсный ЗОН-110М	2	
	13	TA6 - TA8	Трансформатор тока ТФЗМ35-У1	3	
	14	T3, T4	Трансформатор собственных нужд ТМ-40/35	2	
	15	FU1-FU6	Предохранитель ПКН 001-10 У1	6	
	16	TV1-TV4	Трансформатор напряжения ЗНОЛ-35	4	
	17	TA9 - TA18	Трансформатор тока	28	
	18	TA19 - TA28	Трансформатор тока ТФЗМ35-У1	14	

Мин. Дата				И. дата				Поступ. Дата				Схема понижающей подстанции 110/35 кВ			
Рисован				Масштаб В.Б.				Лист 1				Итого 1			
Экз. №				Контракт				Лист 1				Итого 1			
Исполнитель				Контракт				Лист 1				Итого 1			
Зам. инж.				Лицензия				Лист 1				Итого 1			

ОУМДУ ЕТДН-74П