

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 визначення економічної ефективності при використанні двох різних світильників”

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма Електротехнічні системи електроспоживання

Виконав студент гр. ЕТдн-74п

Клименко В.Ю

Керівник, старший викладач

Єфімов Г.П

Кваліфікаційна робота

Захищена на засіданні ДЕК

“ ____ ” _____ 2021 р.

Голова ДЕК

Горбуль В.Ю.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Клименко В'ячеслава Юрійовича

Тема роботи: “ Розрахунок режимів роботи електричних мереж та визначення економічної ефективності при використанні двох різних світильників ”

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;
- визначення економічної ефективності при використанні двох різних світильників.

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	Економічна ефективність при використанні двох різних світильників.	31.05.-04.06.2021	
5	Оформлення роботи	05.06.-10.06.2021	

Студент гр ЕТдн-74п _____

Клименко В.Ю.

Керівник роботи _____

Єфімов Г.П.

РЕФЕРАТ

с. 59, Рис. 12, табл. 18, кресл. 2.

Бібліографічний опис: “ Розрахунок режимів роботи електричних мереж та визначення економічної ефективності при використанні двох різних світильників.”[Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спеціальність 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”; Освітня програма Електротехнічні системи електроспоживання / Клименко В.Ю.; керівник Г.П. Єфімов. - Суми: СумДУ, 2021. - 59 с.

Ключові слова: електрична 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. Економічна ефективність при використанні двох різних світильників.

Перелік умовних позначень

ПС – понижувальна підстанція

ПЛ – повітряна лінія

ВН – вища напруга

СН – середня напруга

НН – низька напруга

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	6
1.1	Розрахунок параметрів ліній і трансформаторів підстанцій	7
1.2	Вибір напруги ліній	7
1.3	Розрахунок параметрів ліній і трансформаторів	9
1.4	Складання розрахункової схеми заміщення мережі	13
2	Розрахунок електричної частини підстанції 110/10 кВ	24
2.1	Вибір потужності силових трансформаторів	24
2.2	Вибір схеми електричних з'єднань підстанції	26
2.3	Вибір трансформаторів власних потреб	27
2.4	Розрахунок струмів короткого замикання	30
2.5	Вибір високовольтних електричних апаратів РП і струмоведучих частин	32
2.6	Вибір електровимірювальних трансформаторів струму і напруги	35
2.7	Вибір ошиновки розподільчих пристроїв (РП)	38
2.8	Компонування роздільних пристроїв 110 кВ і конструктивна частина	39
2.9	Компонування роздільних пристроїв 6-10 кВ і конструкційна частина	40
3	Розрахунок релейного захисту	41
3.1	Призначення і область застосування захисту типу ДЗС-21	41
3.2	Технічні дані трансформаторів, що захищаються	42
3.3	Розрахунок диференційного захисту на реле ДЗС -21	43
4.	визначення економічної ефективності при використанні двох різних світильників	50
	Висновки	54
	Література	55
	Додатки	57

					<i>БР.5.6.14.1.238.ПЗ.ЕТ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Клименко В.Ю.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Ефімов Г.П.</i>				5	59
<i>Реценз.</i>					<i>СУМДУзр.ЕТдн-74п</i>		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>		<i>Лебединський І</i>					

Вступ

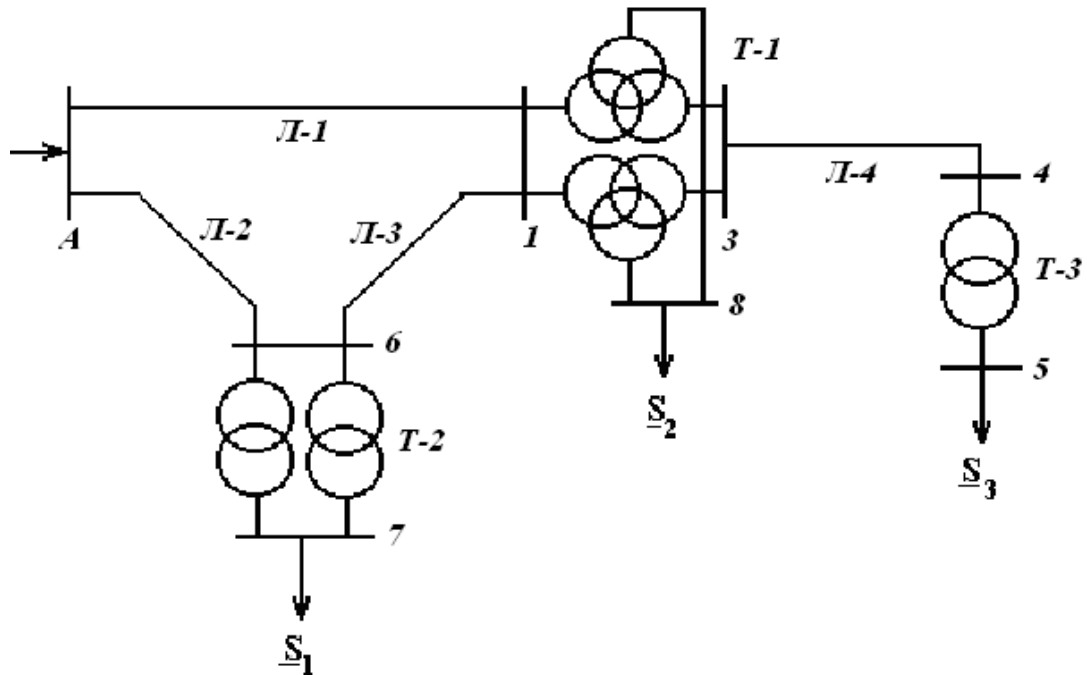
Енергетика - це ключовий фактор у світі на межі третього тисячоліття. Без того чи іншого виду енергії не можна уявити собі життя людства. Еволюція способу життя, зростання населення планети, неухильне розвиток виробництва і практично будь-яка активна діяльність людини пов'язані з ростом споживання різної енергії. Таким чином очевидно, що проблема енергозбереження і, як наслідок, обліку споживання енергоресурсів надзвичайно актуальна як на державному рівні, так і для окремо взятих підприємств, в першу чергу - промислових.

В процесі виконання роботи необхідно вирішити наступні завдання :

- По заданим навантаженням і довжині ліній вибрати напругу мережі;
- По напрузі мережі і навантажень вибрати тип проводів повітряних ліній ;
- По напрузі мережі і навантажень вибрати трансформатори ;
- 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 гілках намагнічування трансформаторів і реактивної потужності, що генерується лініями);
- Виконати розрахунок нормального режиму замкнутої мережі (всі лінії включені в роботу) для двох випадків: режим максимального навантаження (задані) і режим максимального навантаження (прийняти рівною 50% від заданої). Визначити напруги в вузлах мережі, втрати напруги і втрати потужності в мережі. Виконати аналіз отриманих результатів .
- Рахуючи 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;
- при необхідності запропонувати способи регулювання напруги в вузлах навантаження.

					БР.5.6.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Розрахунок параметрів ліній і трансформаторів підстанцій



Малюнок 1.1. Однолінійна електрична схема заданої електричної мережі
На малюнку 1 представлена схема з'єднань заданої електричної мережі. Дана мережа харчується від джерела напруги А.

Схема містить 4 лінії електропередач (ЛЕП):

- лінія Л-1 довжина 45 км
- лінія Л-2 довжина 30 км
- лінія Л-3 довжина 30 км
- лінія Л-4 довжина 10 км

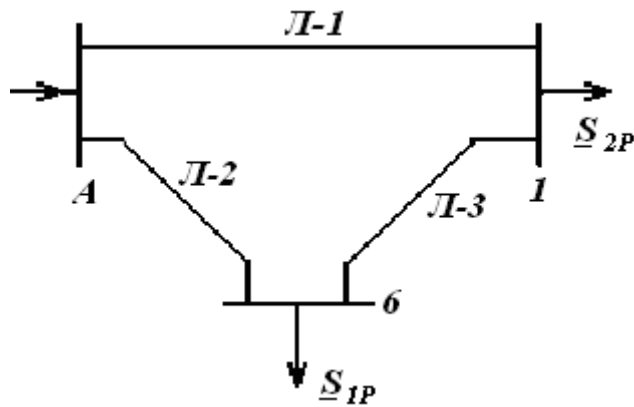
До обмотці нижчого напруги Т-2 підключена $S - 170 + j30$ МВА. Через лінію Л-1 підключений трансформатор Т-1, до обмотки нижчої напруги якого, підключений через лінію Л-4 трансформатор Т-3 з навантаженням $S - 320 + j10$ МВА. До обмотки середньої напруги трансформатора Т-1 підключений споживач потужністю $S - 230 + j15$ МВА.

1.2 Вибір напруги ліній

Приймемо навантаження вузла 6 рівній навантаження вузла 7, а навантаження вузла 1 рівній навантаження вузлів 5 і 8.

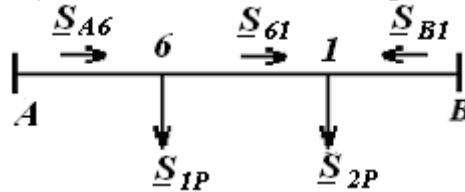
Зобразимо замкнуту мережу, що складається з ліній Л-1, Л-2, Л-3 (малюнок 2).

										Арк.
										7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



Малюнок 1.2 Замкнута мережа

Розімкніть замкнуту мережу, наведену на малюнку 2, за джерелом живлення А (малюнок 3), позначемо потужності на ділянки мережі.



Малюнок 1.3 Розімкнута мережа

Визначаємо потужності на ділянках розімкнутої мережі

$$\underline{S}_{A6} = \frac{\underline{S}_{1P}l_{6B} + \underline{S}_{2P}l_{IB}}{l_{AB}} = 67,14 + j32,43 \text{ MVA},$$

$$\underline{S}_{6I} = \underline{S}_{A6} - \underline{S}_{1P} = -2,85 + j2,14 \text{ MVA}$$

$$\underline{S}_{BI} = \underline{S}_{2P} - \underline{S}_{6I} = 42,854 + j22,85 \text{ MVA}.$$

Визначимо напруги на ділянках замкнутої мережі (малюнок 2).

$$U_L = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{L} + \frac{2500}{P_L}}}$$

Таблиця 1.1 Напруження на ділянках мережі

номер ділянки	Л-1	Л-2	Л-3
Довжина ділянки, км	45	30	30
Напруга ділянки, кВ	120	33	136

Приймаємо напруга в замкнутій мережі 110 кВ.

Визначаємо струми проводів ліній

$$I = \frac{S_L}{\sqrt{3}U_L}$$

Таблиця 1.2 Струми на ділянках мережі

Лінія	Л-1	Л-2	Л-3
Струм, А	280	200	430

Вибираємо марки проводів

Таблиця 1.3 Марка проводів

лінія	Л-1	Л-2	Л-3
Марка і переріз провода	АС-185	АС-240	АС-120

Лінія Л-4 15 км провід АС-70

1.2 Розрахунок потужностей трансформаторів підстанцій

Підстанція з трансформатором Т-1.

Потужність трансформатора Т-1 визначається сумою потужностей навантажень $\underline{S}_2, \underline{S}_3, \dots$

$$\underline{S}_{T-1} = \underline{S}_3 + \underline{S}_2 = 50 + j25 \text{ МВА} .$$

Підстанція з трансформатором Т-2

Потужність трансформатора визначається по потужності навантаження $\underline{S}_1 70 + j 30 \text{ МВА}$.

Потужність підстанції з трансформатором Т-3 визначається потужністю навантаження $\underline{S}_3 20 + j 10 \text{ МВА}$.

Вибір трансформаторів

Використовуємо таблицю взятую з довідника з відповідними даними [4]

Тип трансформаторів: Т-1 АТДЦТН-63000/220/110

Т-2 ТРДЦН- 10 0000/220

Т-3 ТДН-40000/110

1.3 Розрахунок параметрів ліній і трансформаторів.

1.3.1 Розрахуємо параметри ліній в даній схемі

За даними умови (1.2.1.) Знаходимо:

Питомий активний опір лінії (R_o) знаходимо за каталожними даними [3]: $R_o = 0,099 \text{ Ом / км}$,

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Питомий реактивний опір лінії (X_0) знаходимо за каталожними даними [3]: $X_0 = 0,155 \text{ Ом / км}$,

Питома місткість провідності лінії (b_0) знаходимо за каталожними даними [3]: $b_0 = 2,78 * 10^{-6} \text{ См / км}$.

Довжина лінії $l_1 = 45 \text{ км}$, (1.2.1.)

Тоді :

Активний опір лінії знаходиться по формулі [1]:

$$R_{л1} = R_0 * l_1 = 0,099 * 45 = 4,455 \text{ Ом.}$$

Реактивний опір лінії знаходиться по формулі [1]:

$$X_{л1} = X_0 * l_1 = 0,155 * 45 = 6,975 \text{ Ом.}$$

Зарядна потужність знаходиться за формулою [1]:

$$Q_{л1} = U^2 * b_0 * l_1 / 2 = 220^2 * 2,78 * 10^{-6} * 30 / 2 = 3,03 \text{ МВАр.}$$

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

Таблиця 1.4 Вихідні параметри ліній [3]

	$R_0 \text{ Ом / км}$	$X_0 \text{ Ом / км}$	$b_0 \text{ См / км}$
Л-1	0,099	0,155	0,000278
Л-2	0,12	0,41	0,000264
Л-3	0,25	0,43	0,000269
Л-4	0,43	0,44	0,000257

Параметри лінії Л-2

$$R_{л2} = R_0 * l_2 = 0,12 * 30 = 3,60 \text{ Ом.}$$

$$X_{л2} = X_0 * l_2 = 0,41 * 30 = 12,30 \text{ Ом.}$$

$$Q_{л2} = U^2 * b_0 * l_1 / 2 = 220^2 * 2,64 * 10^{-6} * 30 / 2 = 1,92 \text{ МВАр.}$$

Параметри лінії Л-3

$$R_{л3} = R_0 * l_3 = 0,25 * 30 = 7,50 \text{ Ом.}$$

$$X_{л3} = X_0 * l_3 = 0,43 * 30 = 12,90 \text{ Ом.}$$

$$Q_{л3} = U^2 * b_0 * l_1 / 2 = 220^2 * 2,69 * 10^{-6} * 30 / 2 = 1,95 \text{ МВАр.}$$

Параметри лінії Л-4

$$R_{л4} = R_0 * l_4 = 0,43 * 10 = 4,30 \text{ Ом.}$$

$$X_{л4} = X_0 * l_4 = 0,44 * 10 = 4,40 \text{ Ом.}$$

$$Q_{л4} = U^2 * b_0 * l_1 / 2 = 110^2 * 2,61 * 10^{-6} * 15 / 2 = 0,155 \text{ МВАр.}$$

										Арк.
										10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Розрахуємо параметри трансформаторів в даній схемі

Розрахуємо параметри трансформатора Т-1

Таблиця 1.5 Параметри трансформатора Т-1 [3]

Тип	S _{ном} МВА	каталожні дані								
		U _{ном} обмоток, кВ			U _{до} , %			ΔP_k ,	ΔP_x ,	I_x ,
		ВН	СН	НН	В- С	В-Н	С-Н	кВт	кВт	%
АТДЦТН- 63000/220/110	63	230	121	38,5	11	35,7	21,9	215	45	0,5

Таблиця 1.6 Продовження

R _T Ом			X _T Ом			ΔQ_x кВАр
ВН	СН	НН	ВН	СН	НН	
1,4	1,4	2,8	104	0	195,6	315

В каталозі задані напруги відповідні досвіду К.З., використовуючи котрі можна знайти напруги К.З. в кожній обмотці за формулами [3]. Знайдемо напруги КЗ для променів схеми заміщення:

$$U_{KB} = 0,5(U_{KB-C} + U_{KB-H} - U_{KC-H}) = 0,5(11 + 35,7 - 21,9) = 12,4 \%$$

$$U_{KC} = 0,5(U_{KB-C} - U_{KB-H} + U_{KC-H}) = 0$$

$$U_{KH} = 0,5(-U_{KB-C} + U_{KB-H} + U_{KC-H}) = 0,5(-11 + 35,7 + 21,9) = 23,3 \%$$

Параметри схеми заміщення паралельно включених АТ-1

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

Опір двох паралельно працюючих трансформаторів [3]

$$R_{TB} = R_{TC} = 0,5 * 1,4 = 0,7 \text{ Ом}$$

$$R_{TH} = 0,5 * R'_{TH} = 0,5 * 2,8 = 1,4 \text{ Ом.}$$

$$X_{TB} = 0,5 * X'_{TB} = 0,5 * 104 = 52 \text{ Ом.}$$

$$X_{TB} = 0,5 * X'_{TC} = 0.$$

											Арк.
											11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$X_{ТН}=0,5 \cdot X'_{ТН}=0,5 \cdot 195,6=97,8 \text{ Ом.}$$

$$\Delta S_{ХТ1}=2\Delta P'_{Х}+j2\Delta Q'_{Х}=0,09+j0,63 \text{ МВА.}$$

Розрахуємо параметри трансформатора Т-2

Таблиця 1.7 Параметри трансформатора Т-2 [5]

Тип	Номинальна потужність, МВА	Поеднання зусиль, кВ		Втрати, кВт		Напруга КЗ,%	Струм ХХ,%
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТРДЦН- 10 0000/220	100	230	11	115	360	12	0,7

Розрахуємо опори і втрати х.х. для другого трансформатора:

Активний опір обумовлено втратами активної потужності в усіх обмотках трансформатора і знаходиться з досвіду К.З. за формулою [3]:

$$R'_{\text{общ}} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{НОМ}^2}{S_{НОМ}^2} = \frac{360 \cdot 230^2 \cdot 10^3}{100000^2} = 1,90 \text{ Ом}$$

По напрузі К.З. можна знайти реактивний опір в кожній обмотці трансформатора [3]:

$$X'_{\text{общ}} = \frac{U_K \cdot U_{НОМ}^2}{100 \cdot S_{НОМ}} = \frac{12 \cdot 230^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 100000} = 63,48 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо також втрати реактивної потужності з досвіду х.х. за формулою [1]

$$\Delta Q'_{Х} = \frac{I_X \cdot S_{НОМ}}{100} = \frac{0,7 \cdot 100000}{100} = 0,7 \text{ МВАр.}$$

. Аналогічно 2.2.1.2. знайдемо параметри схеми заміщення паралельно включених Т-2: [3]

$$R_{\text{заг}} = 0,5 \cdot R'_{\text{заг}} = 0,5 \cdot 1,74 = 0,95 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{заг}} = 0,5 \cdot X'_{\text{заг}} = 0,5 \cdot 58,08 = 31,74 \text{ Ом}$$

$$\Delta S_{ХТ2} = 2\Delta P'_{Х} + j 2\Delta Q'_{Х} = 0,23 + j 1,4 \text{ МВА.}$$

Розрахуємо параметри трансформатора Т-3

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.8. Параметри трансформатора Т-3

Тип	Номинальна потужність, МВА	Поєднання зусиль, кВ		Втрати, кВт		Напруга КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТДН-40000/110	40	115	38,5	34	17 0	10,5	0,55

Аналогічно розрахуємо опір і втрати ХХ для третього трансформатора: [3]

$$R_{\text{общ}} = \frac{\Delta P_K \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ}}^2} = \frac{170 \cdot 115^2 \cdot 10^3}{40000^2} = 1,41 \text{ Ом.}$$

$$X_{\text{общ}} = \frac{U_K \cdot U_{\text{НОМ}}^2}{100 \cdot S_{\text{НОМ}}} = \frac{10,5 \cdot 115^2 \cdot 10^3}{100 \cdot 40000} = 34,72 \text{ Ом.}$$

$$\Delta Q_X = \frac{I_X \cdot S_{\text{НОМ}}}{100} = \frac{0,55 \cdot 40000}{100} = 0,220 \text{ МВАр.}$$

$$\Delta S_{\text{ХТЗ}} = \Delta P'_X + j\Delta Q_X = 0,034 + j0,220 \text{ МВА.}$$

1.4. Складання розрахункової схеми заміщення мережі

Пояснення спрощеної схеми заміщення

Приймаємо точку 1 - шина підключена до ліній 1 і 3 з одного боку і до групи трансформаторів Т-1.

Приймаємо точку 2 - середня точка трансформаторів Т-1.

Приймаємо точку 3 - шина 110 кВ підключена до трансформатора Т-1 з однією сторони і до Т-3 з іншого.

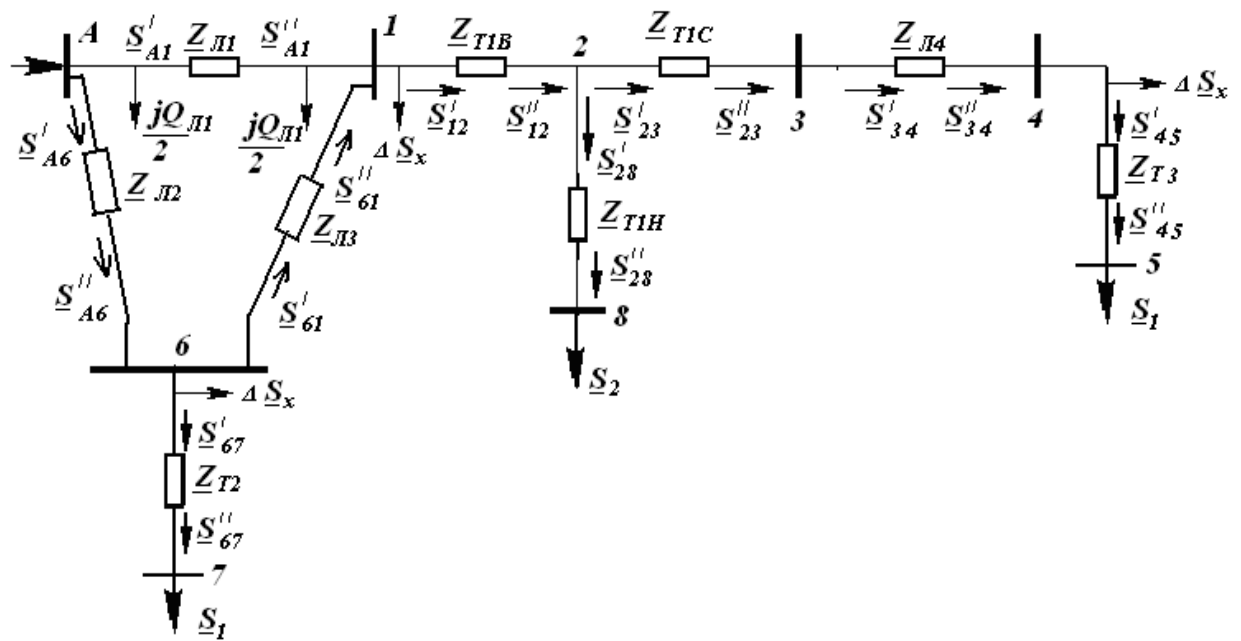
Приймаємо точку 5 - шина підключена до трансформатора Т-3 з однієї сторони і до навантаження S_3 з іншої.

Приймаємо точку 6 - шина підключена до ліній 2 і 3 з одного боку і до групи трансформаторів Т-2 з іншого.

Приймаємо точку 7 - шина підключена до Т-2 з одного боку і до навантаження S_1 з іншої.

Приймаємо точку 8 - шина підключена до Т-1 з одного боку і до навантаження S_2 з іншої.

									Арк.
									13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ				



Малюнок 1.4 Схема заміщення мережі

При розрахунку потужностей йдемо в напрямку від відомих потужностей потр е Бітела до шуканої потужності на вході ланцюга розрахункової згідно зі схемою заміщення (використовуючи формули [1], [2]).

Розраховуємо потужність в точці 5

$$S_{56} = S_3 + \Delta S_{XT3} + Z_{T3} * \frac{S_3^2}{U^2_{nom_t3}} =$$

$$20 + j10 + 0.034 + 0.22j + \frac{(20^2 + 10^2)(1,405 + j34,715)}{115^2} = 20,09 + j11.53$$

Розраховуємо потужність в середині лінії Л4

$$S_{450} = S_{56} - jQ_{c45} = 20,09 + j11.53 - j0.155 = 20,09 + j11.37$$

Розраховуємо потужність входить в лінію Л4:

$$S_{45} = S_{450} + Z_{45} * \frac{S_{450}^2}{U^2_{nom45}} - jQ_{c45} =$$

$$20,09 + j11.37 + \frac{(20,09^2 + 11,37^2)(4,30 + j4,40)}{110^2} - j0.155 = 20,28 + j11.41$$

1.4. 1 Розраховуємо потужність на середній обмотці напруги трансформатора Т-1:

$$S_{ts} = S_{45} + Z_{s*} * \frac{S_{45}^2}{U^2_{nom_ts}} = 20,28 + j11.41 + \frac{(20,28^2 + 11,41^2) * 0.7}{121^2} = 20,30 + j11.42$$

									Арк.
									14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розраховуємо потужність на нижчій обмотці напруги трансформатора Т-1:

$$S_{tn} = S_2 + Z_{n*} \frac{S_2^2}{U^2_{nom_tn}} = 30 + j15 + \frac{(30^2 + 15^2)(1,4 + j97,8)}{38,5^2} = 31,06 + j89,22$$

Розраховуємо потужність на вищій обмотці напруги трансформатора Т-1:

$$S_{tv} = S_{ts} + S_{tn} = 20,30 + j11,57 + 31,06 + j89,22 = 51,37 + j100,64$$

Розраховуємо сумарну потужність навантаження в шині 3

$$S_{sum3} = S_{tv} + \Delta S_{XT1} + Z_{v*} = 51,37 + j100,64 + 0,09 + j0,63 + 51,63 +$$

j113,82

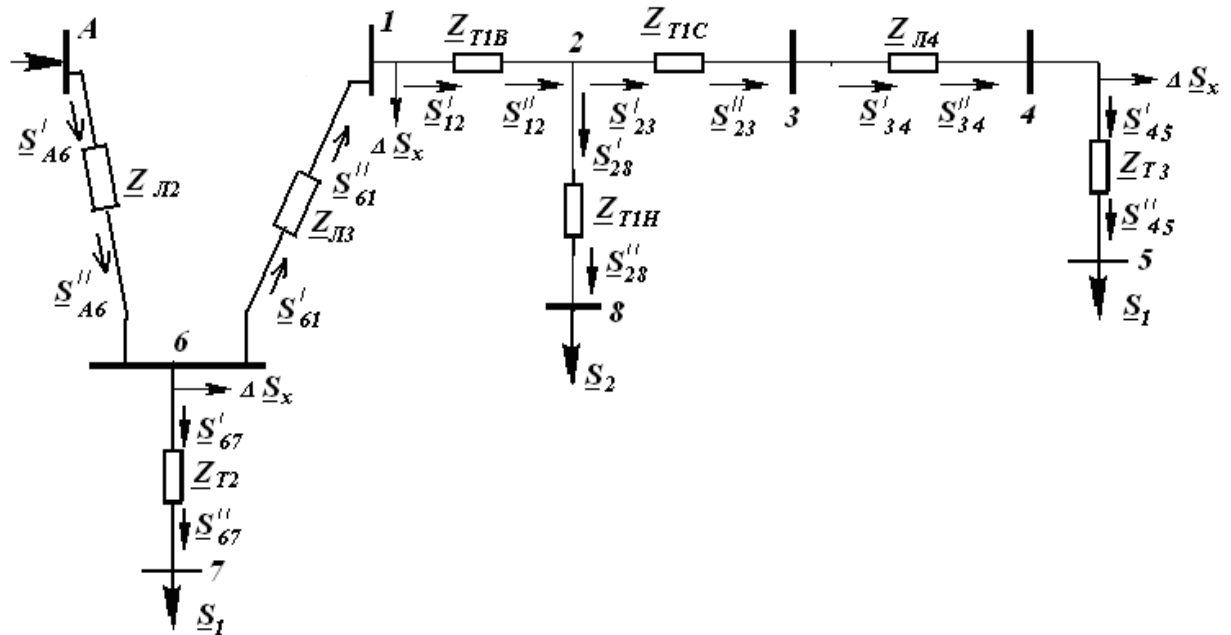
Розраховуємо сумарну потужність навантаження в точці 2

$$S_{sum3} = S_{tv} + \Delta S_{XT1} + Z_{v*} \frac{S_{tv}^2}{U^2_{nom}} =$$

$$= 51,37 + j100,64 + 0,09 + j0,63 + \frac{(51,37^2 + 100,64^2)(0,7 + j52)}{230^2} = 51,63 + j113,82$$

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

**1.4.2. Розрахунок аварійного режиму роботи мережі (лінія Л-1 - відключена)
Розрахунок потужностей аварійного режиму роботи мережі**



Малюнок 1.4.1 Аварійний режим

Розраховуємо потужність в середині лінії Л3

$$S_{320} = S_{3\text{sum}} - jQc32 = 51.63 + j114.01 - j1.95 = 51.63 + j111.87$$

Розраховуємо потужність відходить в лінію Л3 від шини 2:

$$S_{32} = S_{320} + Z_{32} * \frac{S_{320}^2}{U^2 \text{ном}32} - jQc32 =$$

$$51.63 + j111.87 + \frac{(51.63^2 + 111.87^2)(7.5 + j12.9)}{220^2} - j1.95 = 54.02 + j115.98$$

Розраховуємо потужність в середині лінії Л2

$$S_{120} = S_{32} + S_{2\text{sum}} - jQc12 = 54.02 + j115.98 + 70.44 + j38.36 - j1.92 = 124.46 + j152.42$$

Розраховуємо потужність відходить в лінію Л2 з шини 1:

$$S_{12} = S_{120} + Z_{12} * \frac{S_{120}^2}{U^2 \text{ном}12} - jQc12 =$$

$$124.46 + j152.42 + \frac{(124.46^2 + 152.42^2)(3.6 + j12.30)}{220^2} - j1.92 = 127.33 + j160.3$$

1.4.3. Розрахунок напруг аварійного режиму роботи мережі

Визначаємо напругу шини 2:

$$U_2 = U_1 - \Delta U_{12} = U_1 - \frac{P_{12} \cdot R_{Л2} + Q_{12} \cdot X_{Л2}}{U_1} - j \frac{P_{12} \cdot X_{Л2} - Q_{12} \cdot R_{Л2}}{U_1} = \quad [2]$$
$$= 242 - \frac{127,33 \cdot 3,6 + 160,34 \cdot 12,30}{242} - j \frac{127,33 \cdot 12,30 - 160,34 \cdot 3,6}{242} = 231,95 + j4,086 \text{ кВ.}$$

$$|U_2| = 231,99 \text{ кВ.}$$

Визначаємо напругу шини 3 :

$$U_3 = U_2 - \Delta U_{32} = U_2 - \frac{P_{32} \cdot R_{Л3} + Q_{32} \cdot X_{Л3}}{U_2} - j \frac{P_{32} \cdot X_{Л3} - Q_{32} \cdot R_{Л3}}{U_2}$$
$$= 231,99 - \frac{54,02 \cdot 7,5 + 115,98 \cdot 12,9}{231,88} - j \frac{54,02 \cdot 12,9 - 115,98 \cdot 7,5}{231,88} = 223,669 + j0,752 \text{ кВ.}$$

$$|U_3| = 223,80 \text{ кВ.}$$

Визначаємо напругу середньої точки трансформатора Т-1:

$$U_9 = U_3 - \Delta U_{39} = U_3 - \frac{P_{sum3} \cdot R_{ТБ} + Q_{sum3} \cdot X_{ТБ}}{U_3} - j \frac{P_{sum3} \cdot X_{ТБ} - Q_{sum3} \cdot R_{ТБ}}{U_3}$$
$$= 223,80 - \frac{51,63 \cdot 0,7 + 114,01 \cdot 52}{223,67} - j \frac{51,63 \cdot 52 - 114,01 \cdot 0,7}{223,67} = 197,00 - j11,645 \text{ кВ}$$

$$|U_9| = 197,328 \text{ кВ.}$$

Визначаємо напругу на стороні нижчої напруги трансформатора Т-1:

$$U_{70} = U_9 - \Delta U_{97} = U_9 - \frac{P_{in} \cdot R_{ТН} + Q_{in} \cdot X_{ТН}}{U_{70}} - j \frac{P_{in} \cdot X_{ТН} - Q_{in} \cdot R_{ТН}}{U_{70}}$$
$$= 197,328 - \frac{31,06 \cdot 1,4 + 89,23 \cdot 97,8}{197,347} - j \frac{31,06 \cdot 97,8 - 89,23 \cdot 1,4}{197,347} = 147,028 - j24,74 \text{ кВ.}$$

$$|U_{70}| = 149,149 \text{ кВ.}$$

Визначаємо коефіцієнт трансформації на стороні нижчої є го напруги трансформатора Т-1:

$$n_{ВН} = \frac{U_{ВН_НОМ}}{U_{НН_НОМ}} = \frac{230}{38,5} = 5,974.$$

Визначаємо напругу шини 3 :

$$U_7 = U_{70} / n_{ВН} = 149,149 / 5,974 = 24,966 \text{ кВ.}$$

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Визначаємо напругу на стороні середньої напруги трансформатора Т-1:

$$U_{40} = U_9 - \Delta U_{94} = U_4 - \frac{P_{1s} \cdot R_{TC} + Q_{1s} \cdot X_{TC}}{U_{70}} - j \frac{P_{1s} \cdot X_{TC} - Q_{1s} \cdot R_{TC}}{U_{70}} =$$

$$= 197.328 - \frac{20,30 \cdot 0,7 + 11,57 \cdot 0}{197,347} - j \frac{20,30 \cdot 0 - 11,57 \cdot 0,7}{197,347} = 197.274 + j357.543 \text{ кВ.}$$

$$|U_{40}| = 197.256 \text{ кВ.}$$

Визначаємо коефіцієнт трансформації на стороні середньої напруги трансформатора Т-1 :

$$n_{BC} = \frac{U_{BH_НОМ}}{U_{CH_НОМ}} = \frac{230}{121} = 1,9.$$

Визначаємо напругу шини 4 :

$$U_4 = U_{40} / n_{BC} = 197,274 / 1,9 = 103,773 \text{ кВ}$$

Визначаємо напругу шини 5 :

$$U_5 = U_4 - \Delta U_{45} = U_4 - \frac{P_{45} \cdot R_{Л4} + Q_{45} \cdot X_{Л4}}{U_4} - j \frac{P_{45} \cdot X_{Л4} - Q_{45} \cdot R_{Л4}}{U_4} =$$

$$= 103,773 - \frac{20,28 \cdot 4,3 + 11,57 \cdot 4,4}{103,773} - j \frac{20,28 \cdot 4,4 - 11,57 \cdot 4,3}{103,773} = 102,450 - j0.38 \text{ кВ.}$$

$$|U_5| = 102,450 \text{ кВ.}$$

Визначаємо напругу на стороні нижчої напруги трансформатора Т-3:

$$U_{60} = U_5 - \Delta U_{65} = U_5 - \frac{P_{56} \cdot R_{T3} + Q_{56} \cdot X_{T3}}{U_{70}} - j \frac{P_{56} \cdot X_{T3} - Q_{56} \cdot R_{T3}}{U_{70}} =$$

$$= 102.453 - \frac{20,09 \cdot 1,41 + 11,53 \cdot 34,72}{102,453} - j \frac{20,09 \cdot 34,72 - 11,53 \cdot 1,41}{102,453} = 98.294 - j7.043 \text{ кВ.}$$

$$|U_{60}| = 98.491 \text{ кВ.}$$

Визначаємо коефіцієнт трансформації на стороні нижчої напруги трансформатора Т-3 :

$$n_{T3} = \frac{U_{BH_НОМ}}{U_{HH_НОМ}} = \frac{115}{38,5} = 2,987$$

Визначаємо напругу шини 6 :

$$U_6 = U_{60} / n_{T3} = 98.491 / 2.987 = 32.973 \text{ кВ.}$$

Визначаємо напругу на стороні нижчої напруги трансформатора Т-2:

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{80} = U_2 - \Delta U_{28} = U_2 - \frac{P_{sum2} \cdot R_{T2} + Q_{sum2} \cdot X_{T2}}{U_2} - j \frac{P_{sum2} \cdot X_{T2} - Q_{sum2} \cdot R_{T2}}{U_2} =$$

$$= 231.88 - \frac{70.44 \cdot 1.9 + 38.36 \cdot 63.48}{231.88} - j \frac{70.44 \cdot 63.48 - 38.36 \cdot 1.9}{231.88} = 220.799 - j18.968 \text{ кВ}$$

$$|U_{80}| = 221.623 \text{ кВ.}$$

Визначаємо коефіцієнт трансформації на стороні нижчої напруги трансформатора Т-2 :

$$n_{T2} = \frac{U_{BH_НОМ}}{U_{HH_НОМ}} = \frac{230}{11} = 20.91$$

Визначаємо напругу шини 8 :

$$U_8 = U_{80} / n_{T2} = 221.612 / 20.91 = 10.6 \text{ кВ}$$

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

Розрахунок режиму замкнутої мережі виконується так само, як мережі з двостороннім живленням при однакових напругах джерел живлення [□1]□. Розрахункова схема кільцевої мережі, умовно розрізаної по шинам джерела живлення, має вигляд, представлений на малюнку

Вибираються напрямки потужностей, як наближення приймаються напруги у всіх вузлах рівними номінальному і визначається струморозподіл на окремих ділянках мережі без урахування втрат в ній.

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

Визначаємо потужність на ділянці 13

$$S_{13} = \frac{S_{sum3} \cdot (Z_{32} + Z_{12}) + S_{sum2} \cdot Z_{12}}{Z_{13} + Z_{32} + Z_{12}} =$$

$$= \frac{(51.63 + j114.01) \cdot (12.90 + j7.5 + 3.6 + j12.3) + (70.44 + j38.36) \cdot (3.6 + j12.3)}{4.455 + j6.975 + 12.90 + j7.5 + 3.6 + j12.3} = 64.71 + j74.84$$

Тоді потужність на ділянці 32

$$S_{32} = S_{13} - S_{sum3} = 64.71 + j74.84 - 51.63 - j114.01 = 13.09 - j39.17$$

Тоді потужність на ділянці 12

$$S_{12} = S_{32} - S_{sum2} = 13.09 - j39.17 - 70.44 - j38.36 = -57.35 - j77.53$$

Таким чином отримуємо точку розриву «2». Схема заміщення отриманої ланцюга (з урахуванням точки розриву) показана на малюнку:

										Арк.
										19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ					

Розрахунок потужностей нормального режиму роботи мережі

Розраховуємо потужність в середині лінії Л2:

$$S_{120} = S_{2\text{sum}} - jQ_{c12} = 70.44 + j38.36 - j1.92 = 70.44 + j37.40$$

Розраховуємо потужність відходить в лінію Л2 з шини 1:

$$S_{12} = S_{120} + Z_{12} * \frac{S_{120}^2}{U^2_{\text{nom}_12}} - \frac{jQ_{c12}}{2} =$$
$$= 70.44 + j37.40 + \frac{(70.44^2 + 37.40^2)(3.6 + j12.30)}{220^2} - jQ_{c12} = 70.91 + j38.06$$

Розраховуємо потужність в середині лінії Л3:

$$S_{320} = S_{\text{sum}2} - jQ_{c32} = 70.44 + j38.36 - j1.95 = 70.44 + j37.38$$

Розраховуємо потужність відходить в лінію Л3 з шини 3:

$$S_{23} = S_{320} + Z_{32} * \frac{S_{320}^2}{U^2_{\text{nom}_32}} - jQ_{c32} =$$
$$70.44 + j37.38 + \frac{(70.44^2 + 37.38^2)(7.5 + j12.9)}{220^2} - j1.95 = 71.42 + j38.10$$

Розраховуємо сумарну потужність підходить до шини 3 по лінії Л1:

$$S_{\text{sum}32} = S_{\text{sum}3} + S_{32} = 71.42 + j38.10 + 51.63 + j114.01 = 123.05 + j152.11$$

Розраховуємо потужність в середині лінії

$$S_{130} = S_{\text{sum}32} - j \frac{Q_{c13}}{2} = 123.05 + j152.11 - \frac{3.027}{2} = 123.05 + j150.6$$

Розраховуємо потужність відходить в лінію Л1 з шини 1:

$$S_{13} = S_{130} + Z_{13} * \frac{S_{130}^2}{U^2_{\text{nom}_13}} - \frac{jQ_{c13}}{2} =$$
$$123.05 + j150.6 + \frac{(123.05^2 + 150.6^2)(4.46 + j6.98)}{220^2} - \frac{3.027}{2} = 126.53 + j154.54$$

Розрахунок напруг аварійного режиму роботи мережі

Визначаємо напругу шини 2:

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U_{22}=U_1-\Delta U_{12}= U_1 - \frac{P_{12} \cdot R_{Л2} + Q_{12} \cdot X_{Л2}}{U_1} - j \frac{P_{12} \cdot X_{Л2} - Q_{12} \cdot R_{Л2}}{U_1} = \quad [2]$$

$$242 - \frac{127,36 \cdot 3,6 + 162,55 \cdot 12,30}{242} - j \frac{127,36 \cdot 12,30 - 162,55 \cdot 3,6}{242} = 239,01 - j3,038 \text{ кВ.}$$

$$|U_{22}| = 239,03 \text{ кВ}$$

$$U_3 = U_1 - \Delta U_{13} = U_1 - \frac{P_{13} \cdot R_{Л1} + Q_{13} \cdot X_{Л1}}{U_1} - j \frac{P_{13} \cdot X_{Л1} - Q_{13} \cdot R_{Л1}}{U_1} =$$

$$242 - \frac{127,36 \cdot 3,6 + 162,55 \cdot 12,30}{242} - j \frac{127,36 \cdot 12,30 - 162,55 \cdot 3,6}{242} = 235,217 - j0,802 \text{ кВ.}$$

$$|U_3| = 235,218 \text{ кВ}$$

$$U_{21} = U_3 - \Delta U_{32} = U_3 - \frac{P_{32} \cdot R_{Л3} + Q_{32} \cdot X_{Л3}}{U_3} - j \frac{P_{32} \cdot X_{Л3} - Q_{32} \cdot R_{Л3}}{U_3} =$$

$$235,218 - \frac{71,42 \cdot 7,5 + 38,1 \cdot 12,9}{235,218} - j \frac{71,42 \cdot 12,9 - 38,1 \cdot 7,5}{235,218} = 230,858 - j3,519 \text{ кВ}$$

$$|U_{21}| = 230,867 \text{ кВ}$$

Похибка по напрузі в точці розриву

$$\delta U = \frac{|U_{22} - U_{21}| \cdot 100\%}{U_{22}} = \frac{(239,03 - 230,87) \cdot 100\%}{239,03} = 3,415 \%$$

Розрахунок нормального режиму ($S = 0,5 S_{max}$)

Розрахуємо розрахункові потужності при $S = 0,5 S_{max}$

$$S_{56} = S_3 + \Delta S_{XT3} + Z_{T3} \cdot \frac{S_3^2}{U_{nom_t3}^2} =$$

$$10 + j5 + 0,034 + 0,22j + \frac{(10^2 + 5^2)(1,405 + j34,715)}{115^2} = 10,05 + j5,55$$

$$S_{450} = S_{56} - \frac{JQc45}{2} = 10,05 + j5,55 - j \frac{0,155}{2} = 10,05 + j5,47$$

$$S_{45} = S_{450} + Z_{45} \cdot \frac{S_{450}^2}{U_{nom_45}^2} - \frac{JQc45}{2} =$$

$$10,05 + j5,47 + \frac{(10,05^2 + 5,47^2)(4,30 + j4,40)}{110^2} - j \frac{0,155}{2} = 10,09 + j5,44$$

										Арк.
										21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ

$$S_{ts} = S_{45} + Z_{s*} \frac{S_{456}^2}{U^2 nom_s} = 10,09 + j5,44 + \frac{(10,09^2 + 5,44^2) * 0,7}{121^2} = 10,10 + j5,44$$

$$S_{tn} = S_2 + Z_{n*} \frac{S_2^2}{U^2 nom_n} = 10,10 + j5,44 + \frac{(10,10^2 + 5,44^2)(1,4 + J97,8)}{38,5^2} = 15,27 + j26,06$$

$$S_{tv} = S_{ts} + S_{tn} = 10,10 + j5,44 + 15,27 + j26,06 = 25,37 + j31,50$$

$$S_{sum3} = S_{tv} + \Delta S_{XT1} + Z_{v*} \frac{S_{tv}^2}{U^2 nom_tv} =$$

$$25,37 + j31,50 + 0,09 + j0,63 + \frac{(25,37^2 + 31,50^2)(0,7 + J52)}{230^2} = 25,48 + j33,73$$

$$S_{sum2} = S_1 + \Delta S_{XT2} + Z_{t2*} \frac{S_1^2}{U^2 nom_t2} =$$

$$35 + j15 + 0,23 + j1,4 + \frac{(35^2 + 15^2)(1,90 + J63,48)}{230^2} = 35,28 + j18,14$$

Розраховуємо потужності в характерних точках (для замкненого кола):

$$S_{120} = S_{sum} - j \frac{Q_{c12}}{2} = 35,28 + j18,14 - j \frac{1,92}{2} = 35,28 + j17,18$$

$$S_{12} = S_{120} + Z_{12*} \frac{S_{120}^2}{U^2 nom_12} - \frac{JQ_{c12}}{2} =$$

$$35,28 + j17,18 + \frac{(35,28^2 + 17,18^2)(3,6 + J12,30)}{220^2} - j \frac{1,92}{2} = 35,40 + j16,61$$

$$S_{320} = S_{sum2} - j \frac{Q_{c32}}{2} = 35,28 + j17,18 - j \frac{1,95}{2} = 35,28 + j17,16$$

$$S_{32} = S_{320} + Z_{32*} \frac{S_{320}^2}{U^2 nom_32} - \frac{JQ_{c32}}{2} =$$

$$35,28 + j17,16 + \frac{(35,28^2 + 17,16^2)(7,5 + J12,9)}{220^2} - j \frac{1,95}{2} = 35,52 + j16,60$$

$$S_{sum32} = S_{sum3} + S_{32} = 35,52 + j16,60 + 25,48 + j33,73 = 61 + j50,33$$

$$S_{130} = S_{sum32} - j \frac{Q_{c13}}{2} = 61 + j50,33 - j \frac{3,027}{2} = 61 + j48,82$$

$$S_{13} = S_{130} + Z_{13*} \frac{S_{130}^2}{U^2 nom_13} - \frac{JQ_{c13}}{2} =$$

						БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

$$61+j48.82+\frac{(61^2+48,82^2)(4,46+J6,98)}{220^2}-j\frac{3,027}{2}=61.56+j48.18$$

Розраховуємо напруги в характерних точках (для замкненого кола):

$$U_{22}=U_1-\Delta U_{12}=U_1-\frac{P_{12}\cdot R_{Л2}+Q_{12}\cdot X_{Л2}}{U_1}-j\frac{P_{12}\cdot X_{Л2}-Q_{12}\cdot R_{Л2}}{U_1}=\$$

$$242-\frac{35,40\cdot 3,6+16,61\cdot 12,30}{242}-j\frac{35,40\cdot 12,30-16,61\cdot 3,6}{242}=240,63-j1,551\text{ кВ.}$$

$$|U_{22}|=240,633\text{ кВ}$$

$$U_3=U_1-\Delta U_{13}=U_1-\frac{P_{13}\cdot R_{Л1}+Q_{13}\cdot X_{Л1}}{U_1}-j\frac{P_{13}\cdot X_{Л1}-Q_{13}\cdot R_{Л1}}{U_1}=\$$

$$242-\frac{61,56\cdot 3,6+48,18\cdot 12,30}{242}-j\frac{61,56\cdot 12,30-48,18\cdot 3,6}{242}=239,478-j0,887\text{ кВ.}$$

$$|U_3|=239,479\text{кВ}$$

$$U_{21}=U_3-\Delta U_{32}=U_3-\frac{P_{32}\cdot R_{Л3}+Q_{32}\cdot X_{Л3}}{U_3}-j\frac{P_{32}\cdot X_{Л3}-Q_{32}\cdot R_{Л3}}{U_3}=\$$

$$239,479-\frac{35,52\cdot 7,5+16,6\cdot 12,9}{239,479}-j\frac{35,52\cdot 12,9-16,6\cdot 7,5}{239,479}=237,477-j2.288\text{ кВ}$$

$$|U_{21}|=237.477\text{кВ}$$

Похибка по напрузі в точці розриву

$$\delta U = \frac{|U_{22} - U_{21}| \cdot 100\%}{U_{22}} = \frac{(240,633 - 237,477) \cdot 100\%}{240,633} = 1,312\%$$

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Розрахунок електричної частини підстанції.

110/10 кВ.

Вихідні дані

1. Потужність та тип трансформатора $S_H = 16$ МВА.
2. Потужність короткого замикання $S_{к.з} = 5100$ МВА.
3. Живильна лінія 110 кВ опір ліній $X_L = 5,04$ Ом.
4. Опір трансформатора $X_T = 88$ Ом.

Таблиця 13 - Вихідні дані для проектування навантаження споживачів у плинні доби

Номер варіа-	Навантаження в % від потужності											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
5	45	45	60	90	90	70	70	95	95	130	150	100

2.1. Вибір потужності силових трансформаторів

Для підстанцій були вибрані трансформатори потужності $S=16$ МВА типу ТМН. Більш точніше вибрані трансформатори, враховуючи графік навантаження рис.2.1.

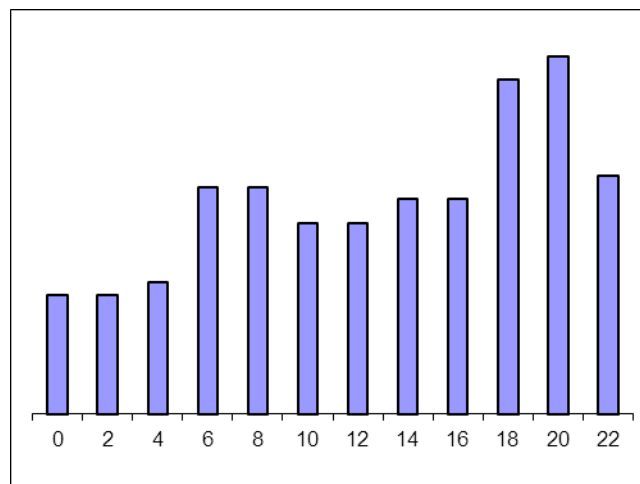


Рис.2.1. Графік навантаження підстанції.

Таблиця №2.1 - Навантаження споживачів на протязі доби

Часы	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
$S_{ном}, \%$	45	45	60	90	90	70	70	95	95	130	150	100
$S, \text{МВА}$	7,2	7,2	9,6	14,4	14,4	11,2	11,2	15,2	15,2	20,8	24	16

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ						Арк.
											24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

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

$$K_1 = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{\frac{7,2^2 \cdot 4 + 9,6^2 \cdot 2 + 14,4^2 \cdot 4 + 11,2^2 \cdot 4 + 15,2^2 \cdot 4}{4 + 2 + 4 + 4 + 4}} = 0,83$$

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.

$$K_2 = \frac{1}{16} \cdot \sqrt{\frac{20,8^2 \cdot 2 + 24^2 \cdot 2 + 16^2 \cdot 2}{2 + 2 + 2}} = 1,24$$

Максимальне перевантаження трансформатора складає

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

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

$$K_{MAX} = \frac{15}{16} = 1,5$$

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

Так як $K'_2 = 1,24 < 0,9 \cdot 1,5 = 1,21 < 1,35$

$K_2 = 1,35$

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

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».

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

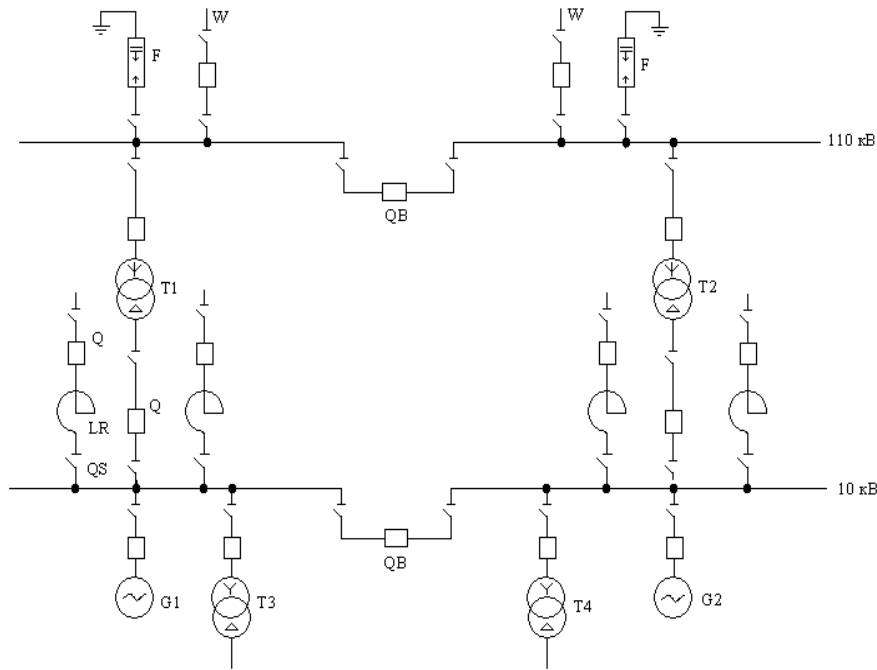


Рисунок 2.2 - Однолінійна схема електростанції середньої потужності з
РП 110 і 10 кВ:

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. 1.

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2- Розрахунок потужності приймача власних потреб

№ п / п	Найменування споживача	Кількість одиниць	Потужність одиниць кВт	Ко-еф. по-питу	cos φ	Спожи-вана Потуж-ність кВт
1	Охолодження трансформаторів	2	3	0,82	0,86	5,72
2	Підігрів високовольтних вимикачів зовнішньої установки	2	1,8	1	1	3,6
3	Підігрів проводів роз'єднувачі в зовнішньої установки	6	0,6	1	1	3,6
4	Опалення, освітлення, вентиляція закритого РП	1	5	0,65	0,95	3,42
5	Освітлення ВРП	1	2	0,65	0,93	1,35
Сумарне вивантаження власних потреб кВа						17,69

На підстанції передбачається установка 2 трансформаторів власних потреб.

Номінальна потужність вибирається з умов $S_{ТСН} \geq S_{СН}$

де $S_{ТСН}$ – потужність трансформатора власних потреб, кВа

$S_{СН}$ – потужність споживачів власних потреб, кВа.

Ремонтне навантаження на підстанції можна брати таким, що дорівнює

$S_{ТСР}$ 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

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

Беремо стандартну потужність трансформатора $S_{ТСН}=40$ кВа. Остаточну для живлення споживача власних потреб беремо два трансформатори стандартної

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ

потужності, ТМ -40/10

Схема живлення власних потреб рис. 2.3.

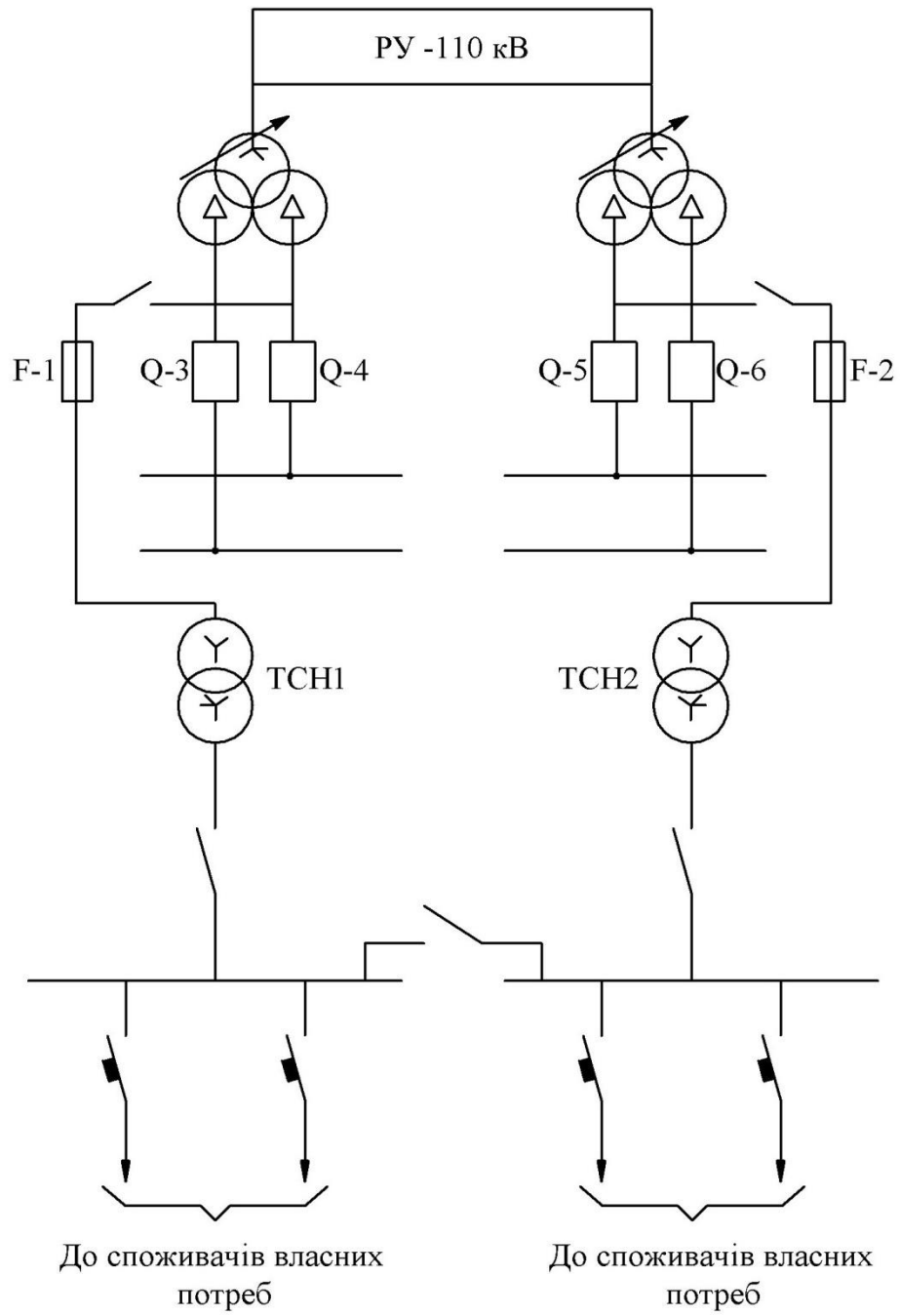


рис. 2.3.Схема живлення власних потреб

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ

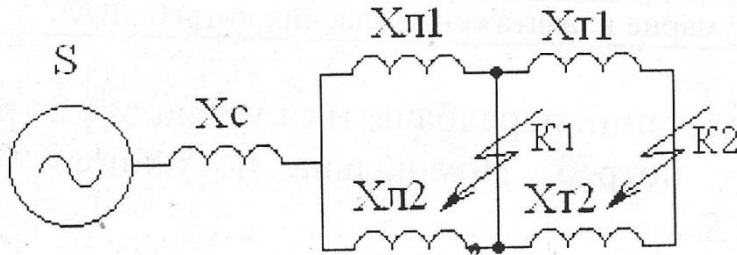
Арк.

29

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 мал.2.4.

Розрахунок струмів короткого замикання виконаємо в іменованій системі одиниць. Потужність короткого замикання на шинах 110 кВ центра живлення складає $S_C = 2800$ МВА



Мал. 2.4. – Схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання

Опір системи дорівнює

$$X_c = \frac{U_B}{S_C}, \text{ Ом} \quad X_c = \frac{110^2}{5100} = 2,4 \text{ Ом}$$

Опір працюючих ліній $X_L = 5,04$ Ом; трансформаторів $X_T = 88$ Ом

Періодична складова СКЗ у точці K_1

$$I_{k1} = \frac{U_B}{\sqrt{3}(X_C + X_L)} = \frac{110}{1,73(4,3 + 5,04)} = 6,8 \text{ кА}$$

Та сама у точці K_2 приведена до напруги вищої сторони

$$I_{k2} = \frac{U_B}{\sqrt{3}(X_C + X_L + X_T)} = \frac{110}{1,73(4,3 + 5,04 + 88)} = 0,65 \text{ кА}$$

Реальний СКЗ у точці K_2

$$I_{k2} = I_{k2} \cdot \frac{110}{10} = 0,65 \cdot \frac{110}{10} = 6,5 \text{ кА}$$

Ударний струм

У точці K_1 : $I_{уд1} = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{k1} = 1,41 \cdot 1,61 \cdot 6,8 = 19,8 \text{ кА}$

У точці K_2 : $I_{уд2} = \sqrt{2} \cdot 1,61 \cdot I_{k2} = 1,41 \cdot 1,61 \cdot 6,5 = 14,75 \text{ кА}$

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

$$I_{nt} = I_{k1} \text{ кА для точк } K_1; I_{k1} = 6,8 \text{ кА}$$

$$I_{nt} = I_{k2} \text{ кА для точк } K_2; I_{k2} = 6,5 \text{ кА}$$

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ 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 :
$$W_R = I_{k1}^2 (T + T_a) = I_{k1}^2 (0,06 + 0,025) \text{ кА}^2 \text{ с}$$

для K_2 :
$$W_R = I_{k2}^2 (T + T_a) = I_{k2}^2 (0,1 + 0,05) \text{ кА}^2 \text{ с}$$

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

для K_2 ;
$$W_R = 6,5^2 (0,1 + 0,005) = 3,28 \text{ кА}^2 \text{ с}$$

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 W_k кА ² с
Шини 110 кВ (K_1)			6,8	1,1	6,48
Шини 10 кВ (K_2)	6,5	14,75	6,5	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

$$I_{\max} = \frac{1,4S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times 110} = \frac{1,4 \times 10000}{1,73 \times 110} = 73,56 \text{ А}$$

Струм у колі вступних вимикачів на боці 10 кВ

$$I_{10}^{\text{в}} = \frac{1,4S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times 10} = \frac{1,4 \times 10000}{1,73 \times 10} = 809,25 \text{ А}$$

Струм у колі секційного вимикача

$$I_{10}^{\text{с.в.}} = \frac{0,7S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times 10} = \frac{0,7 \times 10000}{1,73 \times 10} = 404,62 \text{ А}$$

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

$$I_{10}^{\max} = \frac{1,4S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \times 10 \times 10} = \frac{1,4 \times 10000}{1,73 \times 10 \times 10} = 80,92 \text{ А}$$

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

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова вибору	Розрахункові значення	Каталожні значення
$U_C \leq U_H$	110 кВ	110 кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$	73,56 А	2000 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	6,8 кА	40 кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	19,82 кА	102 кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	6,8 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
$I_{расч} \leq I_{ном}$	809,25 А	1600 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	6,5 кА	38 кА
$I_{уд} \leq I_{СКВ}$	14,75 кА	86 кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	6,5 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
$I_{расч} \leq I_{ном}$	404,62 А	1600 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	6,5 кА	38 кА
$i_y \leq I_{прСКВ}$	14,75 кА	86 кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	6,5 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
$I_{расч} \leq I_{ном}$	404,62 А	1600 А
$I_{ПО} \leq I_{прСКВ}$	6,5 кА	38 кА
$i_y \leq I_{прСКВ}$	14,75 кА	86 кА
$I_{нт} \leq I_{откНом}$	6,5 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

Вибираємо 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
$I_{расч} \leq I_{ном}$	73,56 А	1000 А
$i_{уд} \leq I_{прСКВ}$	19,82 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.

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

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 шині 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 енергії. Розрахунок вторинного навантаження трансформатора струму наведений у таблиці 8.

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	Д350	1,5	0,5	-	0,5
Варметр	Д345	1,5	0,5	-	0,5
Лічильник активної енергії	СА3	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. Вимикач 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 таблицях 9-11

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
$I_{расч} \leq I_{ном}$	73,56 А	50-600 А
$i_y \leq I_{прСКВ}$	19,82 кА	62-124 кА
$B_k \leq I_t^2 t_T$	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

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

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

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

										Арк.
										36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

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
$I_{расч} \leq I_{ном}$	809,25 А	2000 А
$i_y \leq i_{дин}$	10,62 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
$I_{расч} \leq I_{ном}$	80,92 А	5200 А
$i_y \leq i_{дин}$	10,62 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, сталелегатурними 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

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

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

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

$$F_0 = \frac{173,2}{l^2} \sqrt{\frac{\gamma}{q}},$$

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;

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

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

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

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

									Арк.
									38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ

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 встановлювати 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.

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Розрахунок релейного захисту

3.1 Призначення і область застосування захисту типу ДЗС-21

Диференційний захист типу ДЗС-21 (ДЗС-23) призначений для використання в якості основного захисту силових трансформаторів, автотрансформаторів і блоків генератор-трансформатор, генератор-автотрансформатор при всіх видах КЗ [11].

Виконання захисту трифазне із загальним виходом трьох фаз у ДЗС-21 і пофазним виходом у ДЗС-23, що дозволяє його використання в якості основного захисту групи однофазних силових трансформаторів або автотрансформаторів.

Використання в захисті нових принципів налагодження від кидків намагнічувального струму силових трансформаторів (автотрансформаторів) і перехідних струмів небалансу в поєднанні з використанням гальмування від струмів плечей захисту для налагодження від сталих і перехідних струмів небалансу дозволяє знизити мінімальну уставку по струму спрацьовування захисту до $0,3 \cdot I_{НОМ}$ трансформатора [11].

Використання напівпровідникової елементної бази дозволило крім збільшення чутливості в ряді випадків зменшити споживану захистом потужність колами змінного і постійного струму і підвищити швидкодію в порівнянні з диференційними захистами на електромеханічних реле типів РНС-560 і ДЗС-11.

Спеціальне виконання вхідних кіл по змінному струму забезпечує правильну роботу захисту при похибці трансформаторів струму до 40 %. З урахуванням низької споживаної потужності в колах змінного струму це може при необхідності полегшити вибір трансформаторів струму для диференційного захисту типу ДЗС-21 (ДЗС-23) за кривими граничної кратності.

Захист типу ДЗС-21 призначений для роботи при живленні від мережі постійного оперативного струму напругою 220 або 110 кВ і від блоків живлення з номінальною вихідною напругою випрямленого струму 110 кВ.

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

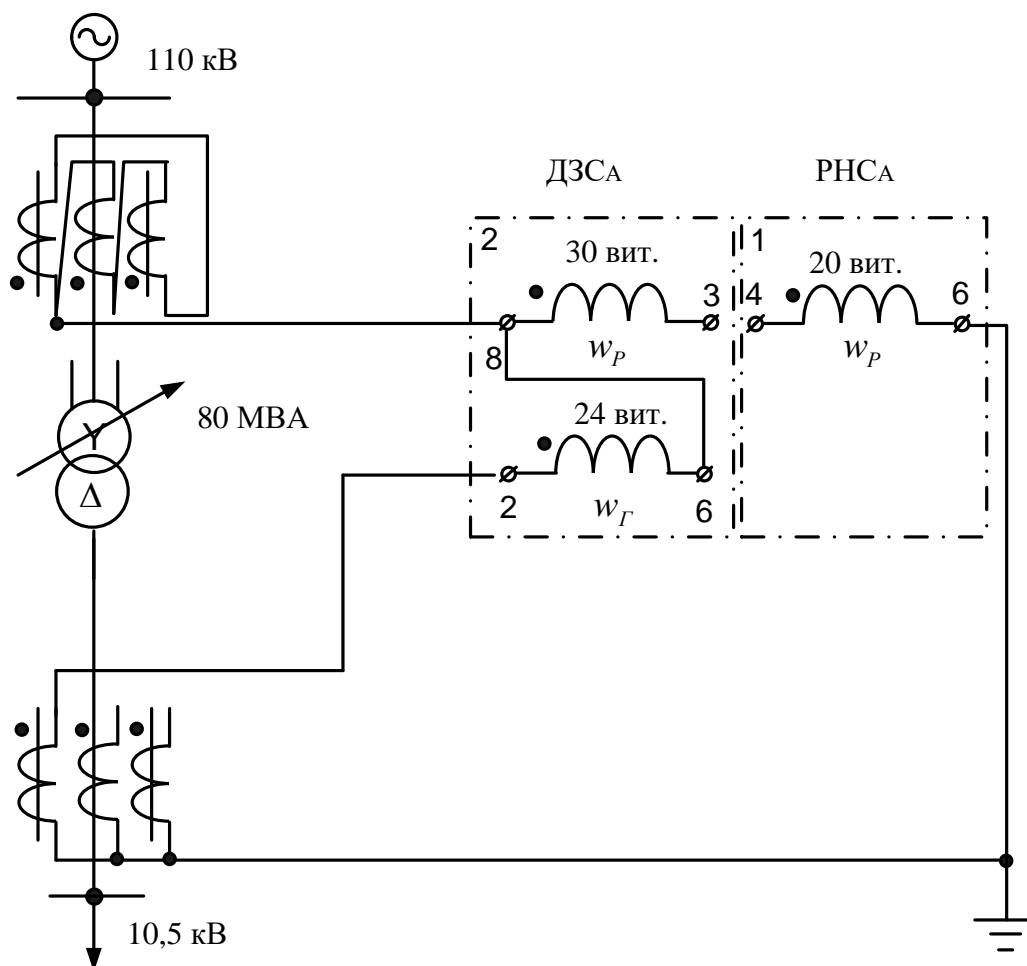


Рисунок 3.1– Принципова схема включення реле ДЗС-21

3.2 Технічні дані трансформатора, що захищаєть

Трансформатор силовий двообмотковий з розщепленою обмоткою низької напруги типу ТДНЦ-80000/110 призначений для зв'язку електричних мереж напругою 110 і 10 кВ.

Структура умовного позначення:

ТДЦ-80000/110

Т – трансформатор;

Р – розщеплена обмотка;

Д – двообмотковий;

Н – з регулюванням напруги під навантаженням;

										Арк.
										42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Ц – охолодження з примусовою циркуляцією мастила та повітря з ненаправленим потоком мастила;

80000 – номінальна потужність, кВ·А;

110 – клас напруги обмотки ВН, кВ;

Висота установки над рівнем моря не більше 1000 м. Температура навколишнього повітря від мінус 45 до 40°C.

Технічні характеристики трансформатора:

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

$$\Delta P_K = 310 \text{ кВт},$$

$$\Delta P_X = 70 \text{ кВт},$$

$$I_X = 0,6 \%,$$

$$U_B = 121 \text{ кВ},$$

$$U_H = 10,5 \text{ кВ},$$

$$\text{РПН} \pm 6 \times 2,5 \%,$$

$$K_3 = 0,576$$

3.3 Розрахунок диференційного струмового захисту трансформатора, виконаного з реле типу ДЗС-21

У цьому пункті дано розрахунок диференційного струмового захисту трансформатора ТДЦ-80000/110 кВ потужністю 80 МВА. Трансформатор має вбудоване регулювання напруги під навантаженням (РПН) [12].

Опір трансформатора (таблиця 1.6) – $R_T = 0,71 \text{ Ом}$, $X_T = 19,2 \text{ Ом}$

$$R_{T1} = R_{T2} = 2R_T = 1,42 \text{ Ом.}$$

$$X_{T1} = X_{T2} = 2X_T = 38,4 \text{ Ом.}$$

Визначимо струм короткого замикання на шинах трансформатора:

$$I_{к.макс}^{(3)} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot (X_{с.макс} + X_{в.мін})}$$

$$X_{с.макс} = X_{a2} + X_{m2} = 1,911 + 54,5 = 56,31 \text{ Ом}$$

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$X_{c.\min} = X_{c.\max} = 56,31 \text{ Ом}$$

$$X_{..min} = X_{T.\text{ном}} \cdot (1 - \Delta U)^2 = 40,34 \cdot (1 - 0,16)^2 = 28,46 \text{ Ом}$$

$$X_{T.\max} = X_{T.\text{ном}} \cdot (1 + \Delta U)^2 = 40,34 \cdot (1 + 0,16)^2 = 54,3 \text{ Ом}$$

$$X_{B.\min} = X_{T.\min} = 28,46 \text{ Ом}$$

$$X_{B.\max} = X_{T.\max} = 52,27 \text{ Ом}$$

Тоді:

$$I_{к.\max}^{(3)} = \frac{U_{вс.\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot (X_{c.\max} + X_{в.\min})} = \frac{121}{\sqrt{3} \cdot (56,31 + 28,46)} = 0,8 \text{ кА}$$

$$I_{к.\min}^{(2)} = \frac{U_{вс.\text{ном}}}{2 \cdot (X_{c.\min} + X_{в.\max})} = \frac{121}{2 \cdot (56,31 + 54,3)} = 0,52 \text{ кА}$$

Визначимо первинні номінальні струми

$$I_{\text{номВН}} = \frac{S_{TP}}{\sqrt{3} \cdot U_{cp}} = \frac{80000}{\sqrt{3} \cdot 121} = 382,2 \text{ А}$$

$$I_{\text{номНН}} = \frac{S_{TP}}{\sqrt{3} \cdot U_{cp}} = \frac{80000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 4404 \text{ А}$$

Розрахунковим є реле типу ДЗС-21. Для нього струм спрацьовування захисту вибирається за умовами:

а) налагодження від кидка намагнічуючого струму:

$$I_{с.з} = k_{\text{відс}} \cdot I_{\text{ном}} = 0,3 \cdot 382,2 \text{ А}$$

б) налагодження від струму небалансу при КЗ на ВН

$$I_{с.з} = k_3 \cdot (k_{\text{від}} \cdot \varepsilon + \Delta U) \cdot I_{к.\max}^{(3)} = 1,5 (1,0 \cdot 0,1 + 0,16) \cdot 800 = 311,22 \text{ А}$$

Струм спрацьовування захисту вибираємо рівним 311,22 А.

Далі розрахунок параметрів зведемо в таблицю 3.1.

										Арк.
										44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 3.1 – Розрахункові параметри

Найменування величини	Позначення і метод визначення	110 кВ	10 кВ
Первинний струм на сторонах трансформатора, що захищається, А	$I_{ном} = \frac{S_{ном.прох}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$	382,2	4404
Схема з'єднання трансформаторів струму	–	Δ	Y
Коефіцієнт схеми	$K_{сх}$	$\sqrt{3}$	1
Коефіцієнт трансформації трансформаторів струму	K_I	600/5	5000/5
Вторинний струм в плечах захисту, А	$I_{ном.В} = \frac{I_{ном} \cdot k_{сх}}{K_I}$	4,57	3,47

Вторинні струми:

$$I_{в.ном} = \frac{I_{ном} \cdot K_{сх}}{K_I}$$

$$I_{в.ном_I} = \frac{382 \cdot \sqrt{3} \cdot 5}{600} = 4,57 \text{ А}, \quad I_{в.ном_{II}} = \frac{4404 \cdot 1 \cdot 5}{5000} = 4,4 \text{ А}$$

Виберемо відгалуження трансформаторів струму. Дані розрахунку наведемо в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок трансформаторів струму

№ п/п	Найменування величини	Позначення і метод визначення	Числове значення для сторони	
			110 кВ	10 кВ
1	Номінальний струм прийнятого відгалуження трансформатора на основній стороні, А	$I_{вдг.ном.осн} \leq I_{ном.в.осн}$	4,6	–

Продовження таблиці 3.2

№ п/п	Найменування величини	Позначення і метод визначення	Числове значення для сторони	
			110 кВ	10 кВ
2	Розрахунковий струм відгалуження автотрансформаторів струму на неосновних сторонах, А	$I_{\text{ВІДГ. РОЗР. НЕОСН}} =$ $= I_{\text{НОМ. В. НЕОСН}} \frac{I_{\text{ВІД. НОМ. ОСН}}}{I_{\text{НОМ. В. ОСН}}}$	—	$3,5 \cdot \frac{4,6}{4,6} = 3,5$
3	Тип автотрансформаторів струму, які включаються в плече захисту	—	—	АТ-31
4	Номінальний струм використовуваного відгалуження автотрансформаторів струму, до якого підводяться вторинні струми в плечі захисту, А	—	—	3,6
5	Номер використовуваного відгалуження автотрансформаторів струму, до якого підводяться вторинні струми	—	—	1 – 9
6	Номер використовуваного відгалуження автотрансформаторів струму, до якого підключається реле	—	—	1 – 11
7	Номінальний струм використовуваного відгалуження автотрансформаторів	$I_{\text{НОМ. ВІД}_{\text{TAV}}}$	—	4,25

	струму, до якого підключається реле			
--	-------------------------------------	--	--	--

Продовження таблиці 3.2

№ п/п	Найменування величини	Позначення і метод визначення	Числове значення для сторони	
			110 кВ	10 кВ
8	Номінальний струм прийнятого відгалуження трансреактора реле на неосновних сторонах, А	—	—	4,6
9	Номер використовуваного відгалуження трансреактора реле	—	7	5
10	Розрахунковий струм відгалуження проміжних трансформаторів струму кола гальмування реле, А	$I_{\text{від.гальм.ном}}$	4,6	$\frac{3,5 \times 4,6}{3,6} = 4,47$
11	Номінальний струм прийнятого відгалуження приставки і проміжних трансформаторів струму, А	$I_{\text{від.гальм.ном}}$	5	5
12	Номер використовуваного відгалуження приставки і проміжних трансформаторів струму реле	—	1	1

Визначаємо первинний гальмовий струм, відповідний початку гальмування [12]:

$$I_{\text{п.гальм.поч}} = 0,5 I_{\text{ном}} \left(k_{\text{струмI}} \frac{I_{\text{відг.гальм.номI}}}{I_{\text{відг.гальм.розрI}}} + k_{\text{струмII}} \frac{I_{\text{відг.гальм.номII}}}{I_{\text{відг.гальм.розрII}}} \right) =$$

$$= 0,5 \cdot 382 \left(1 \frac{5}{4,6} + 1 \frac{5}{4,47} \right) = 348,8 \text{ А}$$

									Арк.
									47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ				

де $k_{\text{струм.І}} = 1$, $k_{\text{струм.ІІ}} = 1$ – коефіцієнти струморозподілу, відповідно для сторін І (110 кВ), ІІ (10 кВ) в розглянутому режимі.

Визначаємо струм небалансу в режимі, відповідному початку гальмування:

$$I_{\text{нб.гальм.поч}} = \left(k_{\text{пер}} \cdot k_{\text{одн}} \cdot \varepsilon + \Delta U_{\text{СН}} \langle k_{\text{ІІ}} + \frac{I_{\text{відв.розр.ІІ}} - I_{\text{відв.ном.ІІ}}}{I_{\text{відв.розр.ІІ}}} \right) I_{\text{н.гальм.поч}} =$$

$$= \left(1 \cdot 1 \cdot 0,05 + 0,16 \cdot 1 + \frac{3,5 - 3,6}{3,5} \right) \cdot 348,79 = 83,211 \text{ А}$$

Визначимо первинний мінімальний струм спрацьовування захисту (його чутливого органу) за наступними умовами:

1) налагодження від розрахункового первинного струму небалансу в режимі, відповідному початку гальмування:

$$I_{\text{с.з.мін}} \geq k_z I_{\text{нб.гальм.поч}} = 1,5 \cdot 83,211 = 124,82 \text{ А};$$

2) налагодження від кидка струму намагнічування:

$$I_{\text{с.з.мін}} = 0,3 I_{\text{ном}} = 0,3 \cdot 382 = 94,9 \text{ А}$$

За розрахункове приймається більше з отриманих розрахункових значень:

$$I_{\text{с.з.мін}} = 124,82 \text{ А}$$

Розрахуємо відносний мінімальний струм спрацьовування реле (його чутливого органу) при відсутності гальмування. За розрахункову приймається сторона ВН.

$$I_{*с.р.мін} = \frac{I_{\text{с.з.мін}} \frac{U_{\text{ср.ном}}}{U_{\text{номІІ}}} k_{\text{сх}}}{K_I K_{\text{TL}} I_{\text{відв.номТАV}}} = \frac{124,82 \cdot \frac{121}{121} \cdot \sqrt{3}}{\frac{600}{5} \cdot \frac{3,6}{4,6} \cdot 4,6} = 0,5 \text{ А}$$

Знайдемо максимальний розрахунковий струм небалансу $I_{\text{нб.розр}}$ при зовнішньому трифазному КЗ на стороні низької напруги:

									Арк.
									48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ				

$$I_{нб.розр} = \left(k_{пер} k_{одн} \varepsilon + \Delta U_{II} k_{токII} + \frac{I_{відв.розрII} - I_{відв.номII}}{I_{відв.розрII}} \right) I_{к.макс}^{(3)} =$$

$$= \left(2 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,16 \cdot 1 + \left| \frac{3,5 - 3,6}{3,6} \right| \right) \cdot 800 = 309,47 \text{ A}$$

Визначимо коефіцієнт гальмування захисту:

$$K_{гальм} = \frac{k_3 I_{*нб.розр} \frac{I_{в.ном.осн} - I_{*ср.мін}}{I_{відв.ном.осн}}}{0,5 \cdot \sum I_{*гальм.розр.n} \frac{I_{відв.гал.розр.n} - I_{*гальм.поч}}{I_{відв.гальм.ном.n}}} =$$

$$= \frac{1,5 \cdot \frac{309,47}{382} \cdot \frac{4,6}{4,6} - 0,5}{0,5 \cdot \frac{800 \cdot 1}{382} \cdot \left(\frac{4,6}{5} + \frac{4,47}{5} \right) - 0,6} = 0,57$$

де $I_{в.ном.осн}$, $I_{відв.ном.осн}$, $I_{відв.гал.розр.n}$, $I_{відв.гальм.ном.n}$ – значення струмів;

$I_{*гальм.поч} = 0,6$ – відносний вторинний струм початку гальмування, оскільки гальмування здійснюється тільки від груп ТС на приймальних сторонах.

Визначаємо первинний струм спрацьовування відсічення по умові налагодження від максимального первинного струму небалансу при перехідному режимі зовнішнього КЗ на шинах 110 кВ:

$$I_{с.відс.розр} = k_3 \cdot I_{нб.розр} = 1,5 \cdot 367,08 = 550,62 \text{ A},$$

де

$$I_{нб.розр} = \left(k_{пер} k_{одн} \varepsilon + \Delta U_{II} k_{струмII} + \frac{I_{відв.розрII} - I_{відв.номII}}{I_{відв.розрII}} \right) I_{к.макс}^{(3)} = \left(3 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0,16 \cdot 1 + \frac{4,6 - 4,6}{4,6} \right) \cdot 800 = 367,1 \text{ A}$$

Знайдемо відносний розрахунковий струм спрацьовування відсічення [14]:

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	

$$I_{*c.відс.розр} = \frac{I_{c.відс.розр} \cdot k_{cx}}{K_I K_{TL} I_{відв.номTAV}} = \frac{550,62 \cdot \sqrt{3}}{\frac{600}{5} \cdot \frac{3,6}{4,6} \cdot 4,6} = 2,208$$

Відносна уставка відсічення приймається рівною 6, що відповідає струму спрацьовування відсічення:

$$I_{c.відс} = 6 \cdot I_{відв.ном} = 6 \cdot 4,6 \cdot \frac{600}{\sqrt{3} \cdot 5} = 1914,45 \text{ A.}$$

Коефіцієнт чутливості захисту (його чутливого органу)

$$k_u^{(m)} = \frac{I_{к.мін}^{(m)} \cdot K_{cx.n}^{(m)}}{I_{c.з} \cdot K_{cx.n}^{(3)}}$$

При КЗ між фазами на стороні низької напруги:

$$k_u^{(3)} = \frac{520 \cdot \sqrt{3}}{124,82 \cdot \sqrt{3}} = 4,17$$

Коефіцієнт чутливості більший двох, що задовольняє умові установки захисту.

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Розрахунок економічного ефекту при використанні двох різних світильників

Для розрахунку економічного ефекту при використанні двох різних типів світильників необхідно знайти об'єм витрат при впровадженні даних заходів. Для проектування системи освітлення було вибрано 2 типи світильників: ГСП і ЛСП, з лампами відповідно ДРІ-250 і ЛБ-80. У таблиці 4.1 приведені технічні характеристики цих освітлювальних приладів.

Таблиця 4.1 Технічна характеристика ГСП і ЛСП

Найменування	Тип світильника	
	ГСП	ЛСП
Тип лампи	ДРІ-250	ЛБ-80
Потужність, Вт	250	80
Світловий потік, лм	19000	5400
Термін служби, ч	10000	2500

Вартість всіх світильників які необхідно встановити:

$$C_{св} = (C_c + C_l \cdot N) \cdot n,$$

де - ціна одного світильника, грн.;

C_l - ціна однієї лампи, грн.;

N - кількість ламп в світильнику, штук;

n - кількість світильників, штук [10].

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників ГСП, враховуючи, що їх необхідно встановити 42 штуки, ціна яких грн., а ціна ламп ДРІ-250 – 78,61 грн., складає:

$$C_{св1} = (267,71 + 78,61 \cdot 1) \cdot 42 = 14545,44 \text{ (грн.)}.$$

Вартість освітлювальних приладів при використанні світильників ЛСП (84 штуки по 275,87 грн., по 2 лампи в світильнику, вартістю 10,67 грн.) по формулі (10.10):

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{св2} = (275,87 + 10,67 \cdot 2) \cdot 84 = 24965,64 \text{ (грн.)}$$

Кількість споживаної електричної енергії за рік:

$$K = k \cdot N_l \cdot n \cdot N,$$

де - час напрацювання лампи, ч;

N_l - потужність лампи, кВт.

Для ламп час роботи складає 2500 годин за рік.

Споживана електроенергія при використанні світильників ГСП складає:

$$K_1 = 2500 \cdot 0,25 \cdot 42 \cdot 1 = 26250 \text{ (кВт/год)}.$$

При використанні світильників ЛСП згідно формули :

$$K_2 = 2500 \cdot 0,08 \cdot 84 \cdot 2 = 33600 \text{ (кВт/год)}.$$

Вартість споживаної електричної енергії за рік:

$$C_{ЕЛ} = K \cdot C_{ел},$$

де $=0,25$ грн./кВт – ціна на електричну енергію.

Для світильників ГСП вона складає по формулі:

$$C_{ЕЛ1} = 26250 \cdot 0,25 = 6562,5 \text{ грн.}$$

Вартість споживаної електричної енергії для світильників ЛСП:

$$C_{ЕЛ2} = 33600 \cdot 0,25 = 8400 \text{ грн.}$$

Річна економія споживання електричної енергії при установці світильників ГСП:

$$E_{ел} = C_{ЕЛ2} - C_{ЕЛ1} = 8400 - 6562,5 = 1837,5 \text{ (грн.)}$$

Річні витрати по експлуатації світильників:

$$C_{експл} = G \cdot C_l + C_{ЕЛ},$$

де - витрата ламп в рік, штук.

Для ДРІ-250 - 5 штук, для ЛБ-80 - 40 штук.

Річні витрати згідно формули:

-для світильників ГСП:

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{експл1}} = 5 \cdot 78,61 + 6562,5 = 6955,55 \text{ (грн.)};$$

-для світильників ЛСП:

$$C_{\text{експл2}} = 40 \cdot 10,67 + 8400 = 8826,8 \text{ (грн.)}.$$

Річна економія по експлуатації світильників ГСП чим при використанні ЛСП:

$$E_{\text{експл}} = C_{\text{експл2}} - C_{\text{експл1}} = 8826,8 - 6955,55 = 1871,25 \text{ (грн.)}.$$

Економія при установці освітлювальних приладів:

$$E_{\text{уст}} = C_{\text{уст2}} \cdot n_2 - C_{\text{уст1}} \cdot n_1 = 107,2 \cdot 42 - 43 \cdot 84 = 890,4 \text{ (грн.)},$$

де - ціна монтажу одного світильника, грн. Ціна монтажу ДРІ-250 складає 107,4 грн., а ЛБ-80 – 43 гривни.

Загальна економія заходу :

$$E = E_{\text{експл}} + E_{\text{уст}} = 1871,25 + 890,4 = 2761,65 \text{ (грн.)}.$$

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 «Розрахунок економічного ефекту при використанні двох різних світильників» розглянуті питання по заміні світильників на більш економічні.

					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 Методичні вказівки до виконання курсового проекту на тему „Розрахунок замкнутої електричної мережі” з курсу „Електричні системи та мережі” / укладачі: І. Л. Лебединський, С. М. Лебедка, 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/487586c140e2946c28be31bcbd800a3.pdf>
- 6 Розрахунки електричних мереж при їх проектуванні. Навчальний посібник. Лук'яненко Ю.В., Остапчук Ж.І., Кулик В.В. / Вінниця: ВДТУ, 2002.–116 с.
<http://kulykvv.vk.vntu.edu.ua/file/posibn/cf207246a5ffede8257f5b865a7b60d9.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.
- 8 Гаряжа В. М. Конспект лекцій з курсу «Електрична частина станцій та пі-
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.p
df

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.

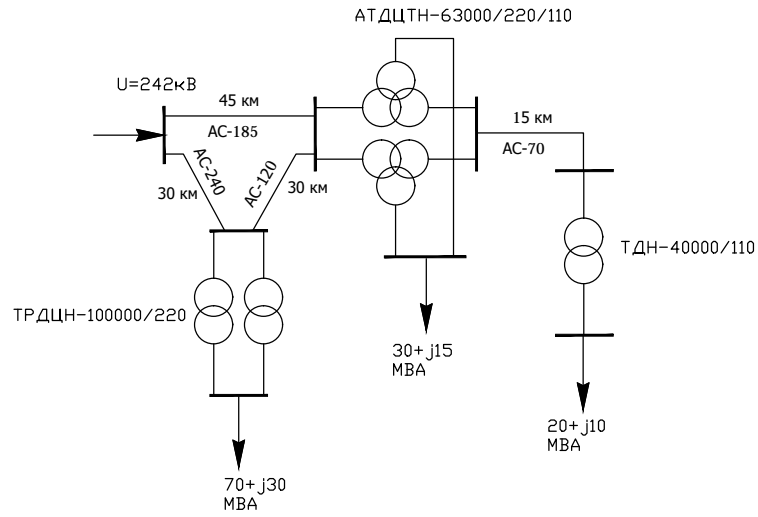
10 Сегеда М.С., Гапанович В.Г., Олійник В.П., Покровський К.Б. Проектування структурних схем електростанцій та підстанцій: навч. посіб. – Львів: Вид-во НУ «ЛП», 2010.

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

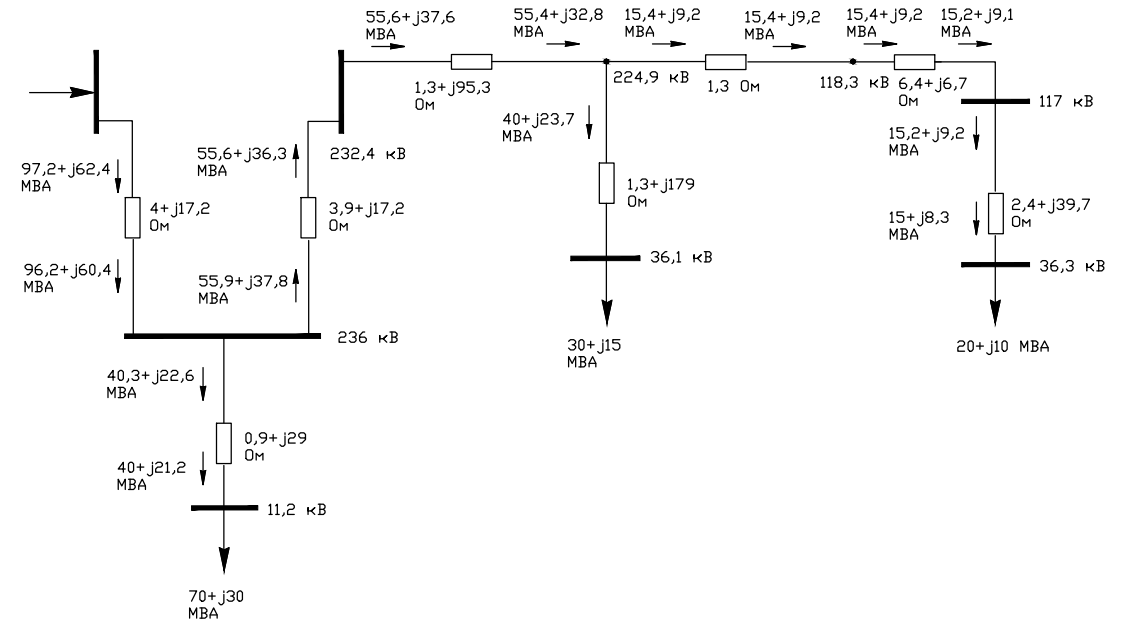
					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Додатки

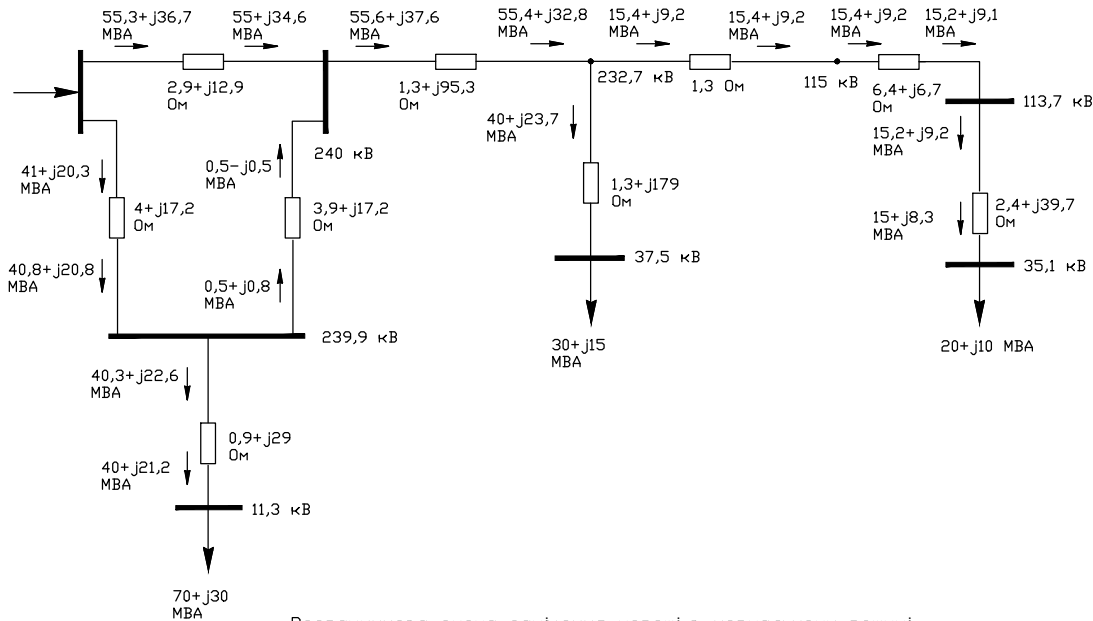
					БР.5.141.238.ПЗ.ЕТ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Початкова схема заданої мережі



Розрахункова схема заміщення мережі в аварійному режимі роботи



Розрахункова схема заміщення мережі в нормальному режимі роботи

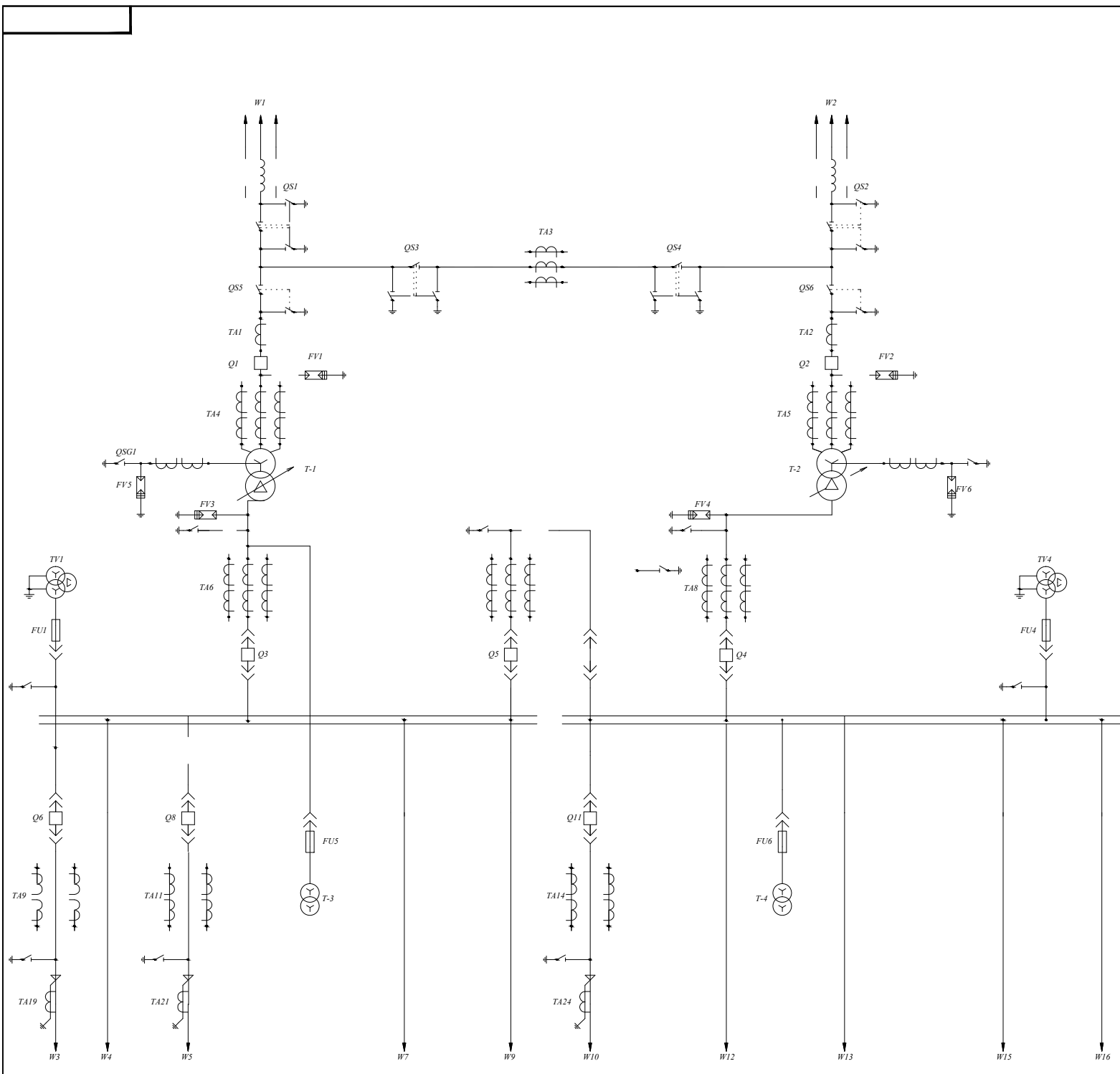
Розрахункові дані потужностей в лініях і напруг

Нормальний режим роботи мережі							
S _{л1} , MVA	S _{л2} , MVA	S _{л3} , MVA	S _{л4} , MVA	S _{л5} , MVA	S _{л6} , MVA	S _{л7} , MVA	S _{л8} , MVA
55,3+ j36,7	55,6+ j37,6	15,4+ j9,2	15,4+ j9,2	15,2+ j9,2	41+ j20,3	0,5- j0,5	40,3+ j22,6
U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ
240	232,7	115	113,7	35,1	239,9	11,3	37,5
Аварійний режим роботи мережі							
S _{л2} , MVA	S _{л3} , MVA	S _{л4} , MVA	S _{л5} , MVA	S _{л6} , MVA	S _{л7} , MVA	S _{л8} , MVA	S _{л9} , MVA
55,6+ j37,6	15,4+ j9,2	15,4+ j9,2	15,2+ j9,2	97,2+ j62,4	55,9+ j37,8	40,3+ j22,6	40+ j23,7
U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ	U _л , кВ
232,4	224,9	118,3	117	36,3	236	11,2	36,1

БР.5.141.238.ГЧ.ЕТ

№	Док.	№ документа	Політика	Дата	Початкова і розрахункові схеми заміщення електричної мережі в нормальному і аварійному режимах роботи	Автор	Лист	Копіює
Розроб.	Каченко ВР					У		
Перевір.	Євдоким ГЛ							
Типов.								
Ілюстра.								
Інв.	Левченко							

Лист 1 / Листів 2
СумГУ, ЕТДН-74П



Перелік апаратури

Форми	Знач	Поз	Обозначение	Наименование	к-ть	Прим.
		1	T1, T2	Тр-р силовой ТДГ-32000/110	2	
		2	Q1, Q2	Выключатель ВВВМ-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 ТФМ-110-У1	3	
		8	TA4, TA5	Трансформатор тока встроенный НКФ 110-58	2	
		9	FV1, FV2	Разрядник вентиляционный РВС-110 МУ1	2	
		10	FV3, FV4	Разрядник вентиляционный РВП-35 МУ1	2	
		11	FV5, FV6	Разрядник вентиляционный РВС-15+РВС-35	12	
		12	QSG1, QSG2	Заземлитель однополюсный ЗОН-110М	2	
		13	TA6 - TA8	Трансформатор тока ТФМЗС-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 ТФМЗС-У1	14	

				БР 5.141.238.Г4 ЕТ		
Изд. лист	И. документ	Порядок	Дата	Схема понижучей станции 110/35 кВ		
Рисунки	Колонки	В.Л.				
Конструктор	Инженер	Зд.кар.	Лаборант	Лист 1	Листов 1	
				СумУЕТгн-74н		