

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

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра автоматизації енергосистем

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ О.І. Толочко
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ____ ” _____ 20__ р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності (спеціалізації) 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка (Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії)
на тему: Релейний захист обладнання головної схеми ГАЕС _____

Виконав: студент 4 курсу, ЕК-зг61-01
(шифр групи)

Хаян Дмитро Юрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник: асистент Заколюдажний В. В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

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

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 20__ року

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Плакати: 1. Схема електричних з'єднань головної схеми ГАЕС. 2. Розташування релейного захисту головної схеми ГАЕС. 3. Опис релейного захисту блоку генератор-трансформатор REG670.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 28 квітня 2020р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз головної схеми ГАЕС та її обладнання		
2	Опис обладнання головної схеми ГАЕС		
3	Розрахунок струмів КЗ ГАЕС		
4	Вивчення вимог до релейного захисту обладнання станцій		
5	Вибір релейного захисту обладнання станції		
6	Опис мікропроцесорних пристроїв релейного захисту		
7	Розрахунок уставок релейного захисту блоку генератор-трансформатор		
8	Оформлення пояснювальної записки		
9	Оформлення графічної частини		

Студент

(підпис)

Хаян Д.Ю.
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Заколюдажний В.В.
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено керівника дипломного проекту (роботи)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект виконаний на 58 аркушах та містить в собі 8 таблиць та 13 рисунків, 3 креслення, 10 посилань.

Об'єкт дослідження – гідроакумуляуюча електрична станція з 3 блоками.

Предмет дослідження – релейний захист ліній, трансформаторів, шин та блоку генератор-трансформатор.

Мета дослідження – вибір та перевірка релейного захисту головної схеми гідроакумуляуючої електростанції.

Виконано опис підстанції, розрахунок струмів трифазного короткого замикання, вибір та опис релейного захисту, розрахунок уставок захисту блоку генератор-трансформатор.

Ключові слова: КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ, ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ ЗАХИСТ, УСТАВКИ СПРАЦЮВАННЯ, БЛОК ГЕНЕРАТОР-ТРАНСФОРМАТОР, АВВ.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

The diploma project is executed on 58 sheets and contains 8 tables and 13 figures, 3 drawing, 10 references.

The object of the study - pumped-storage hydroelectricity with 3 units.

The subject of research - relay protection of lines, transformers, buses and generator-transformer unit.

A main - selection and check of relay protection of the main circuit of pumped-storage hydroelectricity.

The description of the substation, the calculation of the currents of the three-phase short circuit, the selection and description of the relay protection, the calculation of the protection settings of the generator-transformer unit are performed.

KEYWORDS: SHORT LOADS, RELAY PROTECTION, DIFFERENTIAL PROTECTION, OPERATION SETTINGS, GENERATOR-TRANSFORMER UNIT, ABB

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
1. ОПИС ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНЦІЇ	11
1.1. Загальні характеристики станції	11
1.2. Основне обладнання станції та його технічні характеристики	12
1.3. Розрахунок струмів короткого замикання на станції	16
Висновки	25
2. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ОБЛАДНАННЯ ГОЛОВНОЇ СХЕМИ ГАЕС	26
2.1. Вимоги до релейного захисту обладнання головної схеми ГАЕС.....	26
2.1.1. Захист блоків генератор-трансформатор	26
2.1.2. Захист трансформаторів	28
2.1.3. Захист повітряних ліній 6 кВ	30
2.1.4. Захист повітряних ліній 330 кВ	31
2.1.5. Захист шин	33
2.2. Релейний захист обладнання головної схеми ГАЕС	35
Висновки	39
3. МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ЗАХИСТ ОБЛАДНАННЯ ГОЛОВНОЇ СХЕМИ ГАЕС.....	40
3.1. Характеристики мікропроцесорних пристроїв обладнання головної схеми ГАЕС	40
3.1.1. Мікропроцесорний пристрій захисту блоку генератор-трансформатор REG670	40
3.1.2. Мікропроцесорний пристрій захисту трансформатора RET670	42
3.1.3. Мікропроцесорний пристрій захисту шин REB670.....	46
3.1.4. Мікропроцесорний пристрій захисту ліній REL670.....	49
3.2. Розрахунок уставок релейного захисту REG670.....	51
3.2.1. Розрахуємо параметри схеми заміщення	51
3.2.2. Розрахунок поздовжнього диференційного захисту генератора	52
3.2.3. Розрахунок поперечного диференційного захисту генератора	54

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

3.2.4. Розрахунок уставок захисту від замикань на землю в обмотці статора	54
3.2.5. Розрахунок уставок струмового захисту зворотної послідовності ...	55
3.2.6. Розрахунок уставок захисту статора від симетричних перевантажень	56
3.2.7. Розрахунок уставок захисту обмотки ротора генератора від перевантажень	56
3.2.8. Розрахунок уставок захисту від втрати збудження	56
3.2.9. Розрахунок уставок резервного диференційного захисту генератора від міжфазних КЗ.....	57
3.2.10 . Розрахунок уставок захисту від перенапруг.....	57
3.2.11 Розрахунок уставок диференційного захисту трансформатора блоку	58
Висновки	60
ВИСНОВКИ.....	61
ЛІТЕРАТУРА	62

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АВР – автоматичне включення резерв;

АПВ – автоматичне повторне включення;

ВН – висока напруга;

ВЧ – високочастотний;

ГЕС – гідроелектростанція;

ГАЕС – гудроакомулююса електростанція;

КЗ – коротке замикання;

ЛЕП – лінії електропередач;

МПРЗА – мікропроцесорні пристрої релейного захисту та автоматики;

МСЗ – максимальний струмовий захист;

НН – низька напруга;

ПС – підстанція;

ПУЕ – правила улаштування електроустановок;

РЗ – релейний захист;

РП – розподільчий пункт;

СВ – струмова відсічка;

ТН – трансформатор напруги;

ТС – трансформатор струму.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Гідроакумулючі електростанції стали невід'ємною частиною енергосистем більшості країн світу. Гідроенергетика – єдина «зелена» галузь енергетики, що може зібрати надлишок енергії та зберегти його до того моменту, коли в мережі буде дефіцит. Крім того, гідроелектростанції, на відміну від сонце- та вітро-, не залежать від погодних умов напряду і можуть генерувати електроенергію в будь-який час.

Використання даних станцій значно полегшує процес вирівнювання графіка навантажень в енергосистемах, дозволяє легше регулювати частоту, а також формувати аварійний енергорезерв.

В електроенергетичній системі відбуваються постійні збурення. Ці збурення можуть мати плановий характер: вимкнення та увімкнення генераторів, добова зміна рівня генерування електричної енергії на електричних станціях, режимні перемикання в електроенергетичній мережі тощо, але бувають випадки, коли дані зміни не заплановані і виникають через ненормальні режими роботи чи аварійні ситуації.

Тому задля повноцінного та безвідмовного функціонування гудроакумулюючих електростанцій їх необхідно забезпечити сучасними пристроями релейного захисту. Більшість з цих пристроїв мікропроцесорні. Вони дозволяють максимально швидко реагувати на будь-які коливання енергії.

Дуже важливо й вкрай необхідно слідкувати за найменшими відхиленнями в роботі генераторів, адже саме їх робота, точніше неточності в роботі, можуть викликати серйозні аварії в усій енергосистемі.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ОПИС ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНЦІЇ

1.1. Загальні характеристики станції

Дністровська ГАЕС — одна з найбільших у світі гідроакумуючих електростанцій — на річці Дністер. Повний об'єм верхнього басейну складає 41,3 млн м³. Основними функціями Дністровської ГАЕС є регулювання частоти і графіка навантажень в енергосистемі України, формування аварійного енергорезерву.

Дністровська ГАЕС входить до складу Дністровського комплексного гідровузла, що включає так само Дністровську ГЕС-1 і Дністровську ГЕС-2.

Встановлена електрична потужність станції у генеруючому режимі складає 2268 МВт, у насосному режимі — 2947 МВт.

До складу ГАЕС входять: верхнє водоймище; водоприймач; напірні підвідні водоводи; будівля ГАЕС; відвідні водоводи; водовипуск; відвідний канал; нижнє водосховище з комплексом захисних споруд.

Основним обладнанням станції є сім насосів-турбін типу ОРО 170-В-730 та сім гідрогенераторів-двигунів типу СВО- 1250/260-40 УХЛ (три на розглядаємих трьох блоках станції, ще 4 на 4-му блоці).

Електричний блок ГАЕС з генератором-двигуном (ГД) номінальною потужністю 324 МВт в турбінному і 421 МВт в насосному режимах, з трансформатором 430 МВА, 347/15, 75кВ та заходи ВЛ-330кВ приєднуються через відповідні вимикачі до КРУЕ-330 кВ.

Дві секції шин 330 кВ живлять три лінії 330 кВ: Дністровська ГЕС-1, Ладизинська ТЕС та Барська.

Приєднання генератора-двигуна до блочного трансформатора проводиться пофазно екранованими струмопроводами з вбудованими

					3 6 3 0 8 3 4 3 0 2 2 5 0						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розро	0	Хаян			Опис основних технічних характеристик станції	Літ.	Арк.	Акрушіє			
Перевір.		Заколодяжний						11	15		
Реценз.											
Н. Контр.		Настенко.									
Затверд.		Толочко									
					. - 61-01						

апаратами (ТС, ТН, ОПН) через два вимикача – прямий і реверсивний (для генераторного і насосного режимів) з двома паралельно включеними роз'єднувачами. Зміна напрямку обертання гідроагрегату, залежно від режиму його роботи, (турбінний або насосний) здійснюється зміною порядку чергування фаз на затискачах генератора-двигуна.

Силовий перетворювальний трансформатор установки для частотного перетворювача приєднується до обмотки НН 15,75 кВ блочного трансформатора через роз'єднувач і вимикач 15,75 кВ.

Система збудження – ГД статична тиристорна з приєднанням трансформатора збудження до обмотки 15,75 кВ НН блочного трансформатора через роз'єднувач 15,75 кВ.

На ГАЕС встановлено комплектний розподільчий пристрій 6 кВ. КРУ-6 кВ виконується за схемою «одна система шин секціонована вимикачем», що складається з 80 комірок.

1.2. Основне обладнання станції та його технічні характеристики

Основним обладнанням станції є генератори-двигуни типу СВО-1250/260-40 УХЛ. Генератори призначені для перетворення механічної енергії, в електричну енергію. Параметри генератора-двигуна станції наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Номінальні дані генератора-двигуна

Найменування параметрів	Режим генератора	Режим двигуна
Номінальна потужність, МВА/МВт	360/324	430/416
Номінальна напруга, В	15750	15750
Номінальний коеф. потужності	0,9	0,979
Номінальна частота обертання, об/хв.	150	150
Частота, Гц	50	50
Номінальний струм, А	13200	15765
Струм збудження холостого ходу, А	1170	1170
Номінальний струм збудження, А	1900	1850

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

продовження таблиці 1.1

Маховий момент ротора	6000	
Схема з'єднання фаз обмотки статора	Зірка	
Коефіцієнт корисної дії, %	98,6	98,8

Для перетворення змінного струму однієї напруги в змінний струм іншої напруги використовуються силові трансформатори. Для поєднання КРУЕ 330 кВ та генератора-двигуна використовується трифазний двообмотковий трансформатор ТДЦ-430000/330 У1, а для приєднання КРУ 6 кВ використовується трансформатор ТДНС-1000/35 У1. Характеристики силових трансформаторів станції наведені в таблиці 1.2 [1].

Таблиця 1.2 - Параметри силових трансформаторів

Найменування	$S_{но}$ м, МВ А	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	P_x , кВт	P_k , кВт	$U_{к.з.}$, %	I_x , %
ТДЦ-430000/330 У1	430	330	15,75	300	790	12,5	0,45
ТДНС-1000/35 У1	10	15,75	6,3	12	60	8	0,75

В системі збудження генератора-двигуна використовуються трансформатори збудження. Для першого блоку встановлено трансформатор ТАТ/Р, а для другого та третього Resiblok фірми "ABB". Технічні характеристики трансформаторів збудження наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики трансформаторів збудження

Найменування	$S_{ном}$, МВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	Група з'єднань
ТАТ/Р	2,42	15,75	0,82	У/Д-11
Resiblok	2,885	15,75	0,884	У/Д-11

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Для зручності вимірів та для безпечного підключення релейного захисту використовуються трансформатори струму та трансформатори напруги. Вони перетворюють великі значення струмів (напруг) до значень величин зручних для вимірів. Параметри цих трансформаторів наведені в таблицях 1.4 [1] та 1.5

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики трансформаторів струму

Тип трансформатора	$U_{\text{ном}}, \text{кВ}$	$I_{\text{ном1}}, \text{А}$	$I_{\text{ном2}}, \text{А}$	$I_{\text{тер}}, \text{А}$	$t_{\text{тер}}, \text{с}$	Клас точності
ТШЛ-20-1	20	16000	5	120	3	0,2
ТШЛ-20-1	20	2000	5	190	3	0,5
ТШЛ-20-1	20	1000	5	190	3	5Р
АВВ 25кВ	25	16000	5	-	-	0,2
АВВ 330кВ	330	1000-2000	1	50	3	0,2

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики трансформаторів напруги

Тип трансформатора	$U_{\text{ном}}, \text{кВ}$	$U_{\text{ном1}}, \text{В}$	$U_{\text{ном2}}, \text{В}$	$S_{\text{ном}} \text{ВА}$	Клас точності	$S_{\text{гран}} \text{ВА}$
ЗНОЛ.06-15 УЗ	15	$15750/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$	300	3	630
АВВ 330 кВ	330	$347000/\sqrt{3}$	$100/\sqrt{3}$			
НОМ -10	10	10000	100	300	3	630
НТМИ – 10	10	10000	100	500	3	1000

Комутаційне обладнання станції представлено роз'єднувачами та вимикачами. Перші використовуються при проведенні ремонтних робіт для того щоб створити видимий розрив кіл при їх відключенні, параметри роз'єднувачів наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Параметри роз'єднувачів

Назва	U _{ном} , кВ	I _{ном} , А	I _{дин.} , кА	I _{терм.ст} , кА
PBO-10/400	10	400	40	16
ABB, Hase	24	25000	320	
ABB, HECPS-5Sp	25,3	17500	360	
РЗЧ-20-16000 УЗ.1.	20	16000	320	125
РРЧЗ-16-20/6300 МУЗ	20	6300	700	200
РРЧЗ-1а-20/6300 МУЗ	20	6300	700	200
РРЧЗ-2-20/6300 МУЗ	20	6300	700	200
Disconnector 16- 20/6300	20	6300	700	200
ELK-TK3	330	2000	-	50 кА/3с

Вимикачі слугують для захисту ліній та елементів станції від коротких замикань та теплових навантажень. Технічні характеристики приведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Параметри вимикачів

Назва	U _{ном} , кВ	I _{ном.відкл} , кА	I _{ном} ,	I _{дин} . "
HECS-130XL	23,5	360	18000	130
HGI 2	17,5	50	6300	138
HGI 3	21	63	8000	190
ELK-SP3-2000	330	63	2000	50

Захисне обладнання станції представлено струмообмежуючими реакторами, що використовуються для обмеження струмів короткого замикання в електроустановках, їх параметри наведені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Параметри струмообмежуючих реакторів

Тип реактора	$U_{\text{ном}}, \text{кВ}$	$I_{\text{ном}}, \text{А}$	Індуктивний опір, Ом
LCM-2000/0	15,75	4300	0,69
LCM-800/0	15,75	2500	0,628
XYSR 0,63 ohm	15,8	3400	0,628
XYSR 0,25 ohm	15,75	2300	0,251

Крім наведеного обладнання на станції встановлені обмежувачі перенапруг, та заземлювачі, а також високочастотні загороджувачі, конденсатори та фільтри приєднання.

1.3. Розрахунок струмів короткого замикання на станції

Розрахунок струмів короткого замикання виконаємо для 4 точок:

K1 – на системі шин 330 кВ

K2 – ввід силового трансформатора НН (430 МВА-15 кВ)

K3 – ввід силового трансформатора ВН (10 МВА-15 кВ)

K4 – на системі шин 6 кВ

Для виконання розрахунку струмів K3 приведемо розрахункову схему станції рис.1.1

Приводимо параметри елементів схеми заміщення до базисних
За базисну потужність приймаємо потужність трьох генераторів [2]:

$$S_{\text{б}} = S_{\text{с}} = 1080 \text{ МВА}$$

$$U_{\text{б1}} = 330 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{б2}} = 15 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{б3}} = 6 \text{ кВ}$$

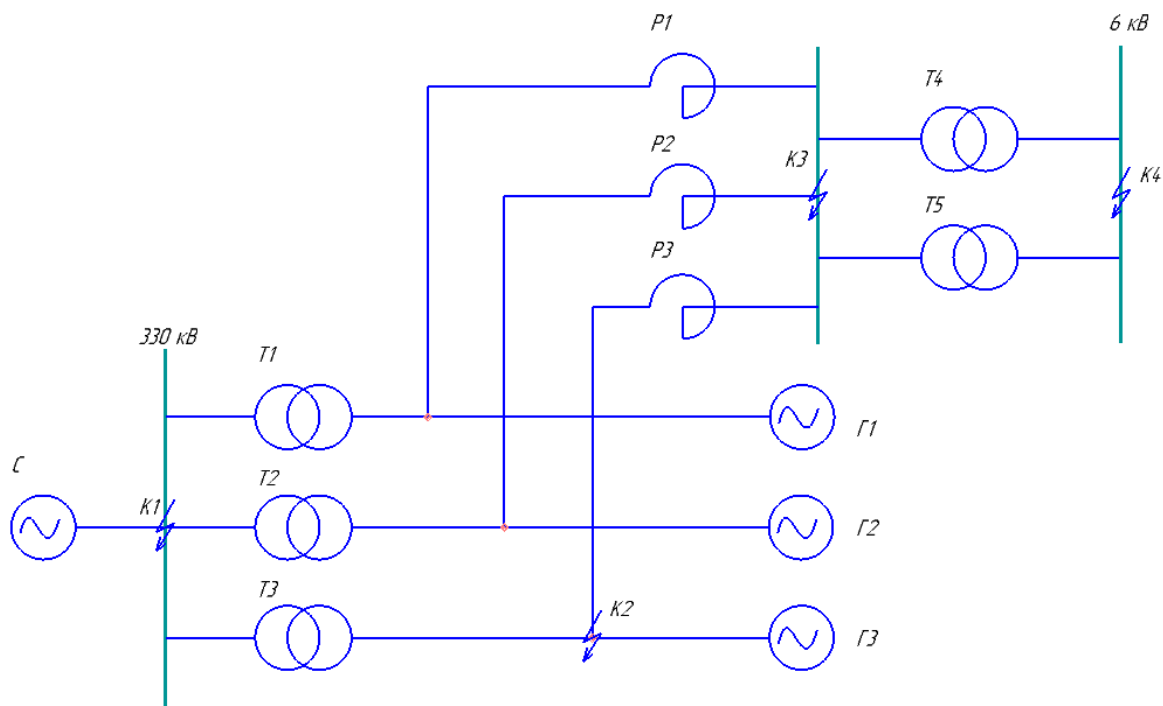


Рисунок 1.1 – Розрахункова схема станції

Приведемо до базисних умов опір генераторів:

$$x_{Г1} = x_{Г2} = x_{Г3} = x_d'' \cdot \frac{S_6}{S_r} = 0,2 \cdot \frac{1080}{360} = 0,6 \text{ в. о}$$

ЕДС всіх генераторів приймаємо рівним:

$$E_{Г1} = E_{Г2} = E_{Г3} = 1,1 \text{ в. о}$$

Приведемо до базисних умов опір трансформаторів:

$$x_{Т1В} = x_{Т2В} = x_{Т3В} = 0,125 \cdot \frac{U_{КВ-Н}}{100} \frac{S_6}{S_{Т6}} = 0,125 \cdot \frac{12,5}{100} \frac{1080}{430} = 0,039 \text{ в. о}$$

$$x_{Т1Н} = x_{Т2Н} = x_{Т3Н} = 1,75 \cdot \frac{U_{КВ-Н}}{100} \frac{S_6}{S_{Т6}} = 1,75 \cdot \frac{12,5}{100} \frac{1080}{430} = 0,549 \text{ в. о}$$

$$x_{Т4В} = x_{Т5В} = 0,125 \cdot \frac{U_{КВ-Н}}{100} \frac{S_6}{S_{Т6}} = 0,125 \cdot \frac{8}{100} \frac{1080}{10} = 1,08 \text{ в. о}$$

$$x_{Т4Н} = x_{Т5Н} = 1,75 \cdot \frac{U_{КВ-Н}}{100} \frac{S_6}{S_{Т6}} = 1,75 \cdot \frac{8}{100} \frac{1080}{10} = 15,12 \text{ в. о}$$

Опори реакторів [2]:

$$x_{p1} = x_{p2} = x_{p3} = x' \cdot \frac{S_6}{U_{62}^2} = 0,628 \cdot \frac{1080}{15^2} = 3,014 \text{ в. о}$$

Розрахуємо струми для базисних умов:

$$I_{61} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6(330)}} = \frac{1080}{\sqrt{3} \cdot 330} = 1,889 \text{ кА}$$

$$I_{62} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6(15)}} = \frac{1080}{\sqrt{3} \cdot 15} = 41,569 \text{ кА}$$

$$I_{63} = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_{6(6)}} = \frac{1080}{\sqrt{3} \cdot 6} = 103,92 \text{ кА}$$

Нехай $x_c = 1 \text{ в. о}$, $E_c = 1 \text{ в. о}$

Згідно з розрахунковою схемою складаємо схему заміщення (рис. 1.2) замінюючи електромагнітні зв'язки електричними. Генератори вводимо в схему заміщення як ЕДС з опором, решта елементів як опори. Розрахунок струмів КЗ будемо виконувати у відносних одиницях.

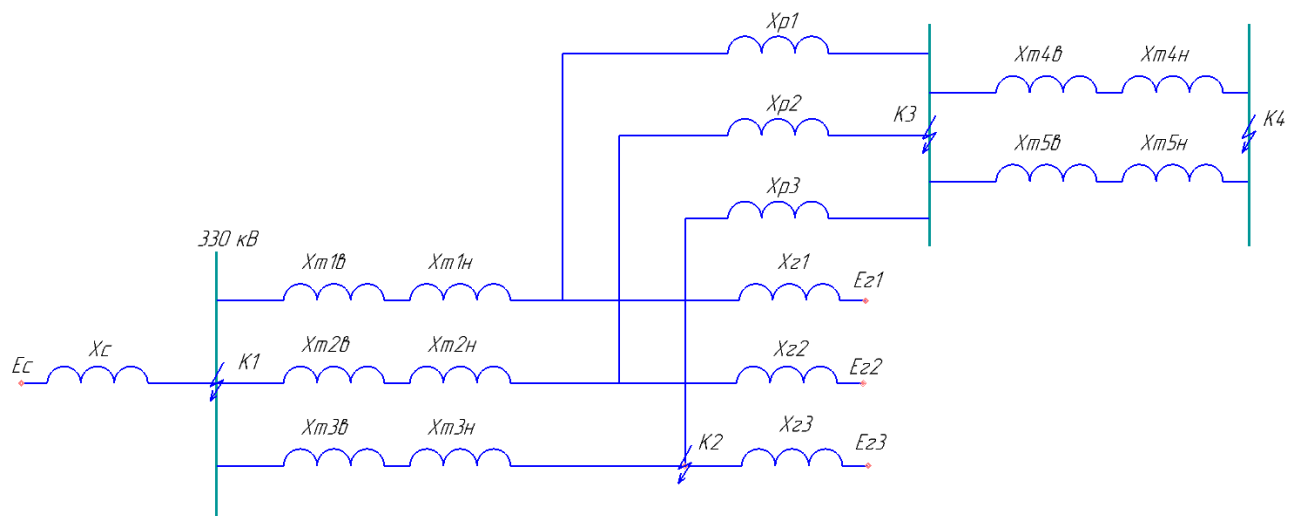


Рисунок 1.2 – Схема заміщення станції

Перетворимо схему заміщення до найпростішого вигляду

$$x_{T1} = x_{T2} = x_{T3} = x_{T1B} + x_{T1H} = 0,039 + 0,549 = 0,588 \text{ в. о}$$

$$x_{T4} = x_{T5} = x_{T4B} + x_{T4H} = 1,08 + 15,12 = 16,2 \text{ в. о}$$

Після виконаних перетворень отримуємо спрощену схему заміщення рис. 1.3.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

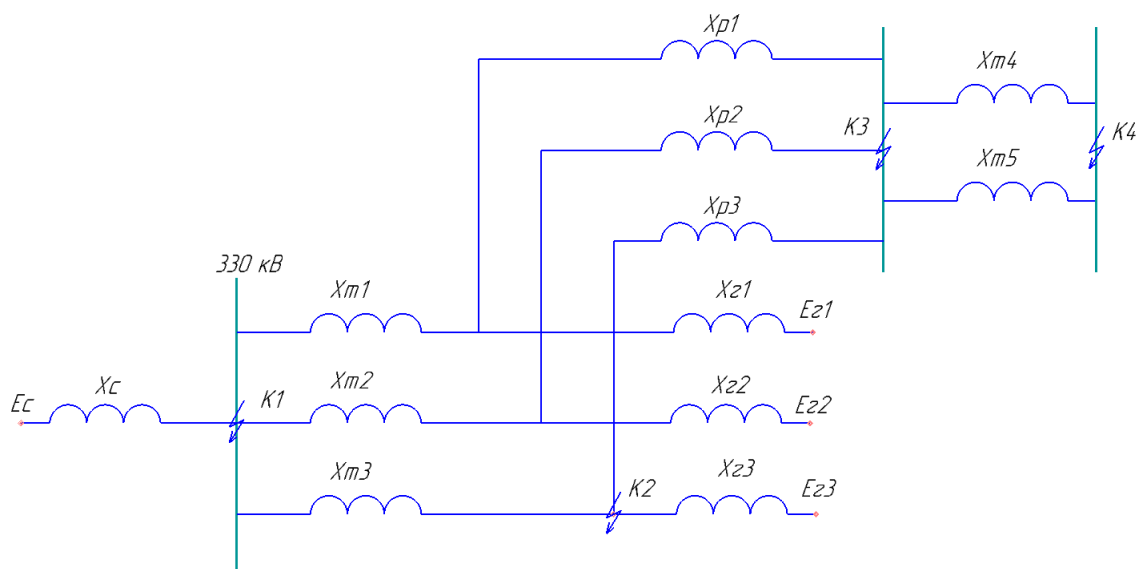


Рисунок 1.3 – Спрощена схема заміщення станції

Розрахунок струмів КЗ в точці К1

Наведемо схему заміщення для розрахунку струму КЗ в точці К1 (рис.1.4)

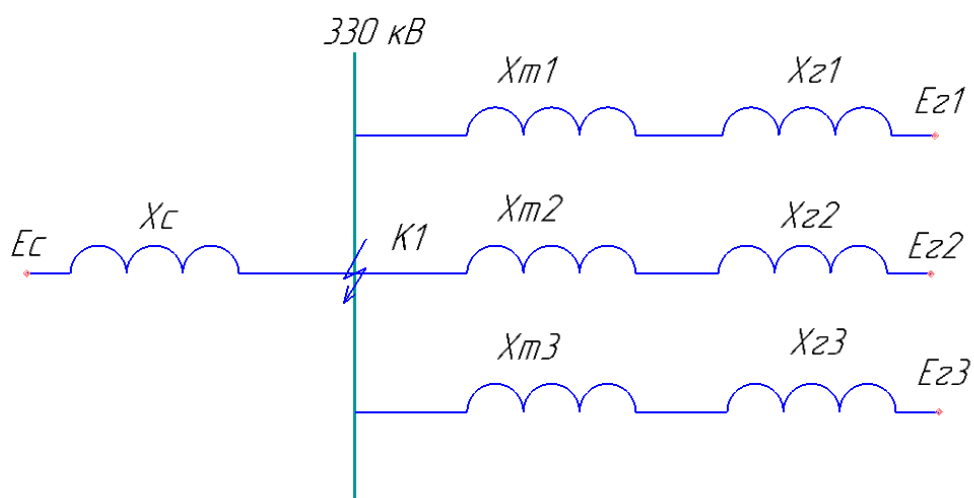


Рисунок 1.4 – Спрощена схема заміщення станції при КЗ в точці К1

Знайдемо еквівалентний опір для точки К1:

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_{T1} + x_{r1} = 0,588 + 0,6 = 1,188 \text{ в. о.}$$

$$\frac{1}{x_{e1}} = \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} + \frac{1}{x_3} + \frac{1}{x_c} = \frac{1}{1,188} + \frac{1}{1,188} + \frac{1}{1,188} + \frac{1}{1} = 3,525 \text{ в. о.}$$

$$x_{e1} = \frac{1}{3,525} = 0,284 \text{ в. о.}$$

Струм трифазного КЗ:

$$I_{\text{кз1}} = \frac{E_e}{x_{e1}} \cdot I_{\text{б1}} = \frac{4}{0,284} \cdot 1,889 = 26,6 \text{ кА}$$

Знаходимо ударний струм КЗ

Приймаємо $K_y = 1,78$,

$$\text{тоді: } i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\text{кз1}} = \sqrt{2} \cdot 1,78 \cdot 26,6 = 66,96 \text{ кА.}$$

Розрахунок струмів КЗ в точці К2

Наведемо схему заміщення для розрахунку струму КЗ в точці К2 (рис.1.5)

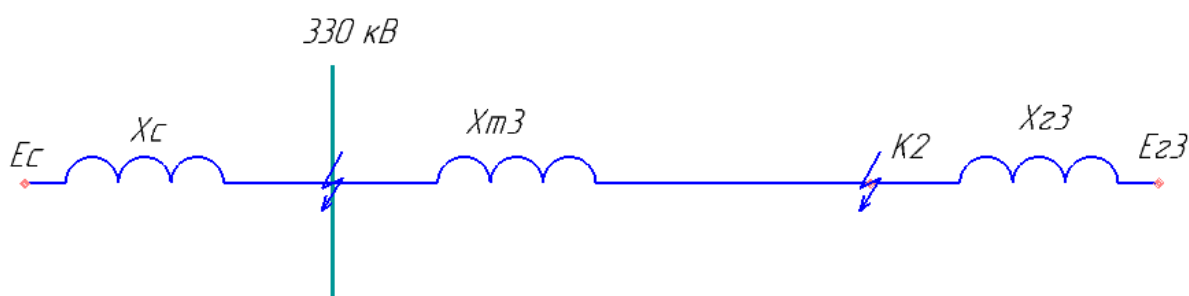


Рисунок 1.5 – Спрощена схема заміщення станції при КЗ в точці К2

Знайдемо еквівалентний опір для точки К2:

$$x_{2-1} = x_{\text{т3}} + x_c = 0,588 + 1 = 1,588 \text{ в. о}$$

$$x_{e2} = \frac{x_{2-1} x_{\text{г3}}}{x_{2-1} + x_{\text{г3}}} = \frac{1,588 \cdot 0,6}{1,588 + 0,6} = 0,435 \text{ в. о.}$$

Струм трифазного КЗ:

$$I_{\text{кз2}} = \frac{E_{e2}}{x_{e1}} \cdot I_{\text{б2}} = \frac{2}{0,435} \cdot 41,569 = 191,121 \text{ кА}$$

Знаходимо ударний струм КЗ

Прийmemo $K_y = 1,38$,

$$\text{тоді: } i_{\text{уд1}} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{\text{кз2}} = \sqrt{2} \cdot 1,38 \cdot 191,121 = 481,111 \text{ кА.}$$

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Розрахунок струмів КЗ в точці КЗ

Наведемо схему заміщення для розрахунку струму КЗ в точці КЗ (рис.1.6)

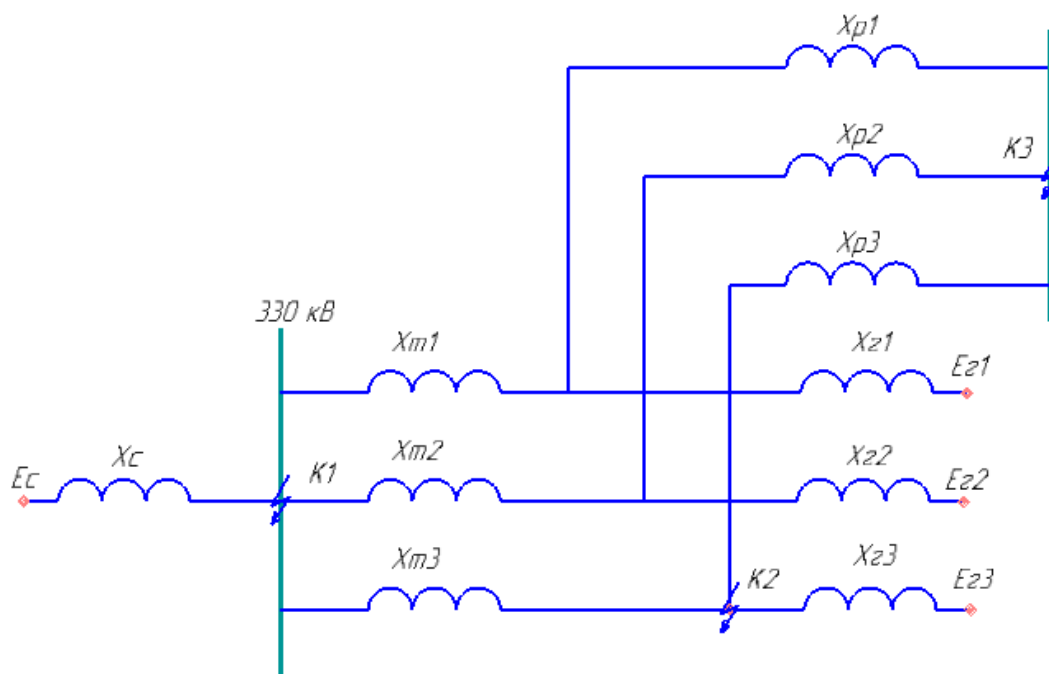


Рисунок 1.6 – Спрощена схема заміщення станції при КЗ в точці КЗ

Знайдемо еквівалентний опір для точки КЗ.

Перетворюємо схему зірки $x_{T1}, x_{Г1}, x_{P1}$ в трикутник $x_{ТГ1}, x_{ГР1}, x_{РТ1}$. Аналогічні перетворення виконуємо й з зірками $x_{T2}, x_{Г2}, x_{P2}$ та $x_{T3}, x_{Г3}, x_{P3}$. Перетворену схему відобразимо на рис. 1.7.

$$x_{ТГ1} = x_{ТГ2} = x_{ТГ3} = \frac{x_{T1}x_{Г1} + x_{T1}x_{P1} + x_{Г1}x_{P1}}{x_{P1}} = \frac{0,588 \cdot 0,6 + 0,588 \cdot 3,014 + 0,6 \cdot 3,014}{3,014} = 1,355 \text{ в. о.}$$

$$x_{ГР1} = x_{ГР2} = x_{ГР3} = \frac{x_{T1}x_{Г1} + x_{T1}x_{P1} + x_{Г1}x_{P1}}{x_{T1}} = \frac{0,588 \cdot 0,6 + 0,588 \cdot 3,014 + 0,6 \cdot 3,014}{0,588} = 6,944 \text{ в. о.}$$

$$x_{РТ1} = x_{РТ2} = x_{РТ3} = \frac{x_{T1}x_{Г1} + x_{T1}x_{P1} + x_{Г1}x_{P1}}{x_{Г1}} = \frac{0,588 \cdot 0,6 + 0,588 \cdot 3,014 + 0,6 \cdot 3,014}{0,6} = 6,805 \text{ в. о.}$$

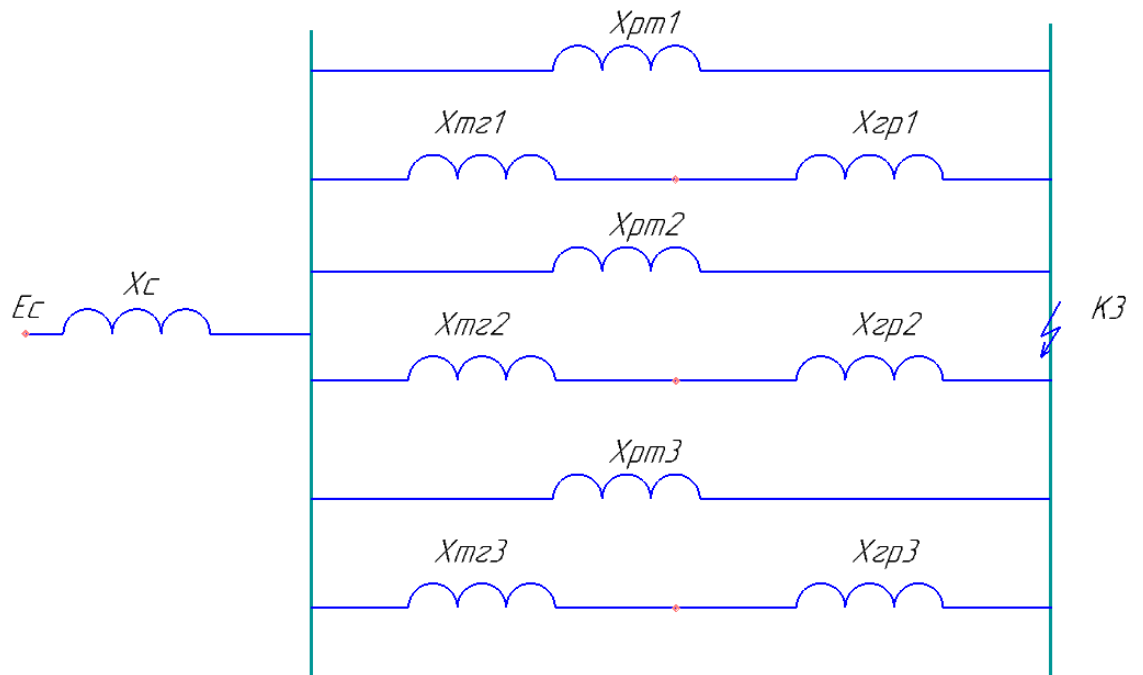


Рисунок 1.7 – Спрощена схема заміщення станції при КЗ в точці КЗ після перетворень

Знайдемо опір паралельних елементів схеми:

$$\begin{aligned} \frac{1}{x_{3,1}} &= \frac{1}{x_{pt1}} + \frac{1}{(x_{gp1} + x_{tg1})} + \frac{1}{x_{pt2}} + \frac{1}{(x_{gp2} + x_{tg2})} + \frac{1}{x_{pt3}} + \frac{1}{(x_{gp3} + x_{tg3})} = \\ &= \frac{1}{1,355} + \frac{1}{(6,944 + 6,805)} + \frac{1}{1,355} + \frac{1}{(6,944 + 6,805)} + \\ &+ \frac{1}{1,355} + \frac{1}{(6,944 + 6,805)} = 2,432 \text{ в. о.} \end{aligned}$$

$$x_{3,1} = \frac{1}{2,432} = 0,411 \text{ в. о.}$$

$$x_{e3} = x_c + x_{3,1} = 1 + 0,411 = 1,411 \text{ в. о.}$$

Струм трифазного КЗ:

$$I_{кз3} = \frac{E_{e3}}{x_{e3}} \cdot I_{б2} = \frac{4}{1,411} \cdot 41,569 = 117,843 \text{ кА}$$

Ударний струм короткого замикання

Прийmemo $K_y = 1,37$ тоді:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{кз3} = \sqrt{2} \cdot 1,37 \cdot 117,843 = 228,317 \text{ кА}$$

Розрахунок струмів КЗ в точці К4

Наведемо схему заміщення для розрахунку струму КЗ в точці К4 (рис.1.8)

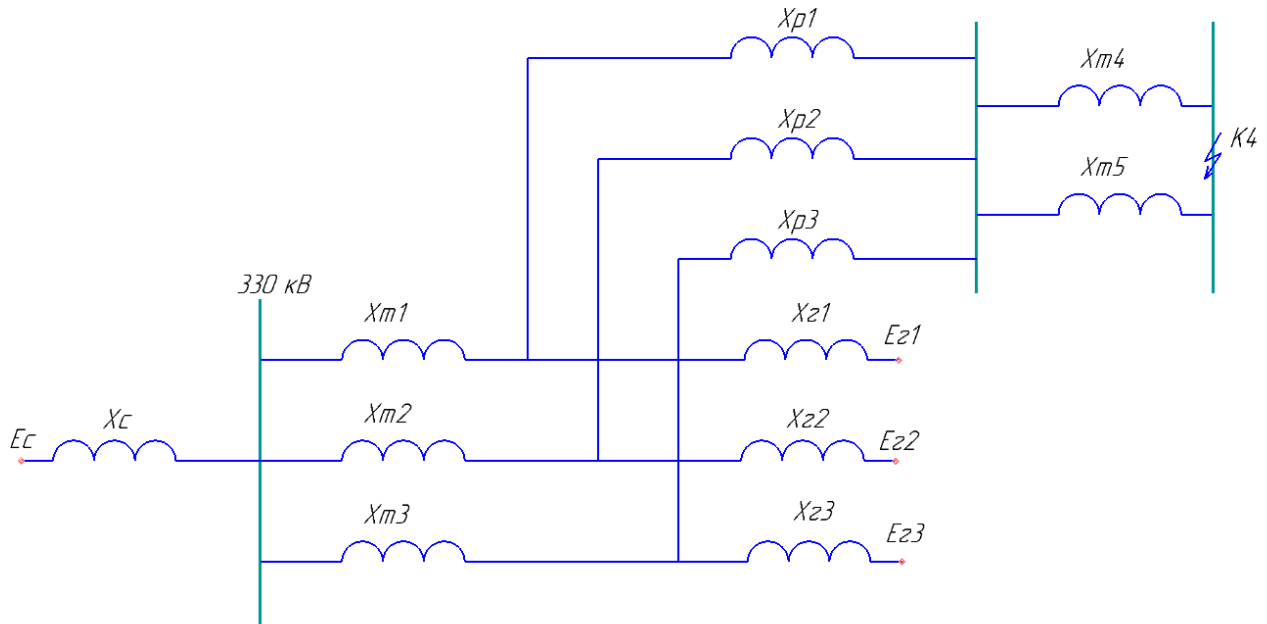


Рисунок 1.8 – Спрощена схема заміщення станції при КЗ в точці К4

Знайдемо еквівалентний опір для точки К4.

Перетворюємо схему зірки $x_{T1}, x_{Г1}, x_{p1}$ в трикутник $x_{ТГ1}, x_{Гp1}, x_{pT1}$. Аналогічні перетворення виконуємо й з зірками $x_{T2}, x_{Г2}, x_{p2}$ та $x_{T3}, x_{Г3}, x_{p3}$. Об'єднуємо паралельно з'єднані опори x_{T4}, x_{T5} . Перетворену схему відобразимо на рис. 1.9.

$$x_{ТГ1} = x_{ТГ2} = x_{ТГ3} = \frac{x_{T1}x_{Г1} + x_{T1}x_{p1} + x_{Г1}x_{p1}}{x_{p1}} = \frac{0,588 \cdot 0,6 + 0,588 \cdot 3,014 + 0,6 \cdot 3,014}{3,014} = 1,355 \text{ в. о.}$$

$$x_{Гp1} = x_{Гp2} = x_{Гp3} = \frac{x_{T1}x_{Г1} + x_{T1}x_{p1} + x_{Г1}x_{p1}}{x_{T1}} = \frac{0,588 \cdot 0,6 + 0,588 \cdot 3,014 + 0,6 \cdot 3,014}{0,588} = 6,944 \text{ в. о.}$$

$$x_{pt1} = x_{pt2} = x_{pt3} = \frac{x_{T1}x_{r1} + x_{T1}x_{p1} + x_{r1}x_{p1}}{x_{r1}} = \frac{0,588 \cdot 0,6 + 0,588 \cdot 3,014 + 0,6 \cdot 3,014}{0,6} = 6,805 \text{ в. о.}$$

$$x_{4_5} = \frac{x_{T4}x_{T5}}{x_{T4} + x_{T5}} = \frac{16,2 \cdot 16,2}{16,2 + 16,2} = 8,1 \text{ в. о.}$$

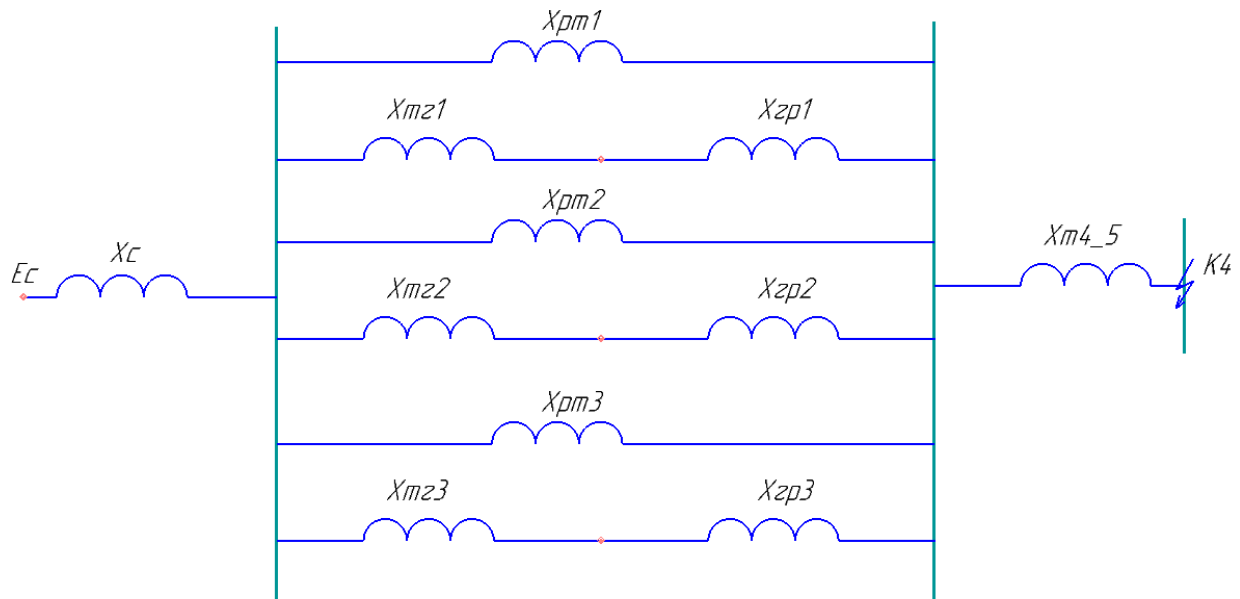


Рисунок 1.9 – Спрощена схема заміщення станції при КЗ в точці К4 після перетворень

Знайдемо опір паралельних елементів схеми:

$$\begin{aligned} \frac{1}{x_{4_1}} &= \frac{1}{x_{pt1}} + \frac{1}{(x_{rp1} + x_{Tr1})} + \frac{1}{x_{pt2}} + \frac{1}{(x_{rp2} + x_{Tr2})} + \frac{1}{x_{pt3}} + \frac{1}{(x_{rp3} + x_{Tr3})} = \\ &= \frac{1}{1,355} + \frac{1}{(6,944 + 6,805)} + \frac{1}{1,355} + \frac{1}{(6,944 + 6,805)} + \frac{1}{1,355} + \frac{1}{(6,944 + 6,805)} = \\ &= \frac{1}{1,355} + \frac{1}{(6,944 + 6,805)} = 2,432 \text{ в. о.} \end{aligned}$$

$$x_{4_1} = \frac{1}{2,432} = 0,411 \text{ в. о.}$$

$$x_{e4} = x_c + x_{4_1} + x_{4_5} = 1 + 0,411 + 8,1 = 9,511 \text{ в. о.}$$

Струм трифазного КЗ:

$$I_{K34} = \frac{E_{e4}}{x_{e4}} \cdot I_{63} = \frac{4,3}{9,511} \cdot 103,92 = 46,98 \text{ кА}$$

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Ударний струм короткого замикання

Прийmemo $K_y = 1,36$ тоді:

$$i_{уд1} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{кз3} = \sqrt{2} \cdot 1,36 \cdot 294,599 = 110,673 \text{ кА}$$

Висновки

Для розгляду теми диплому «Релейний захист обладнання головної схеми ГАЕС» було обрано одну з найбільших у світі гідроакумулюючих електростанцій - Дністровська ГАЕС. Було виконано опис станції, перераховано основне обладнання, а також наведено його технічні характеристики. Для розрахунку струмів КЗ обрано чотири точки : К1 – на системі шин 330 кВ ; К2 – ввід силового трансформатора НН (430 МВА-15 кВ); К3 – ввід силового трансформатора ВН (10 МВА-15 кВ); К4 – на системі шин 6 кВ. Для них було розраховано еквівалентний опір, Струм трифазного короткого замикання та ударний струм короткого замикання.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ОБЛАДНАННЯ ГОЛОВНОЇ СХЕМИ ГАЕС

2.1. Вимоги до релейного захисту обладнання головної схеми ГАЕС

2.1.1. Захист блоків генератор-трансформатор

Захист блоків генератор-трансформатор має включати в себе захисти генератора, блокового трансформатора, трансформатора (трансформаторів) власних потреб, випрямного трансформатора в системі паралельного самозбудження та безщіткового збудження, а також ошиновки від блокового трансформатора до системи шин ВРУ[3].

Доцільно використовувати МПРЗА, які спрощують виконання релейного захисту, а також мають більше можливостей щодо реалізації уставок та схемних рішень.

Захист блоків потужністю понад 120 МВт має бути виконано з двох взаємно резервованих систем захисту, кожна з яких має бути повністю незалежною від іншої. Відмова в одній системі захистів не має призводити до недопустимого збільшення часу вимкнення пошкодженого обладнання другою системою захисту. У цьому разі, за можливості, рекомендовано виконувати незалежні системи захисту з різними принципами дії. Так, для резервування диференціальних захистів генератора і трансформаторів (блокового та власних потреб) може бути виконано диференціальний захист блока, який має охоплювати не лише генератор і блоковий трансформатор, а й ошиновку від блокового трансформатора до трансформаторів власних потреб.

Незалежні пристрої РЗА мають бути максимально розділено за колами трансформаторів струму та напруги, джерелами живлення і колами керування на постійному оперативному струмі, за вихідними колами і дискретними входами.

					3 6 3 0 8 3 4 3 0 2 2 5 0								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розро	0	Хаян			Релейний захист обладнання головної схеми ГАЕС				Лім.	Арк.	Акрушіє		
Перевір.		Заколодяжний									26	14	
Реценз.									, - 61-01				
Н. Контр.		Настенко.											
Затверд.		Толочко											

Для блоків генератор-трансформатор з генераторами потужністю, більше ніж 10 МВт, потрібно передбачати пристрої РЗА від таких видів пошкоджень і ненормальних режимів роботи:

- замикань на землю в обмотці статора та в колах генераторної напруги;
- багатофазних замикань у обмотці статора генератора і на його виводах;
- замикань між витками однієї фази у обмотці статора турбогенератора (для генераторів, які мають два або три паралельних витки обмотки статора);
- багатофазних замикань у обмотках і на виводах трансформаторів;
- однофазних замикань на землю в обмотці трансформатора та на її виводах, приєднаних до мережі з великими струмами замикання на землю;
- замикань між витками в обмотках трансформаторів;
- зовнішніх КЗ;
- перевантаження генератора струмами зворотної послідовності (для блоків з генераторами потужністю, більше ніж 30 МВт);
- симетричного перевантаження обмотки статора генератора і обмоток трансформатора;
- перевантаження обмотки ротора генератора струмом збудження (для турбогенераторів із безпосереднім охолодженням провідників обмоток і для гідрогенераторів);
- підвищення напруги на обмотці ротора;
- підвищення напруги на обмотці статора генератора і трансформаторі блока;
- замикань на землю в одній точці кола збудження;
- асинхронного режиму із втратою збудження;
- зниження/підвищення частоти (перезбудження генератора і трансформатора);
- зворотної потужності (для турбогенераторів потужністю, більше ніж 120 МВт);
- відмови вимикачів (блокового, генераторного);
- пошкоджень усередині трансформаторів (виділення газів, зниження рівня мас, скидання або підвищення тиску в баках);

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– випадкового ввімкнення генератора в мережу (для блоків з генераторами потужністю, більше ніж 300 МВт) [3].

На блоках з генераторами потужністю 30 МВт і більше треба передбачати захист від замикань на землю в колі генераторної напруги, яка охоплює всю обмотку статора. Дублюючий комплект захисту повинен захищати не менше ніж 85 % обмотки статора. Його дозволяється виконувати за іншим принципом дії. Має бути забезпечено налаштування зазначеного захисту від КЗ на землю на шинах ВН і на власних потребах.

2.1.2. Захист трансформаторів

Для трансформаторів треба передбачати пристрої релейного захисту від таких видів пошкоджень і ненормальних режимів роботи:

- 1) багатофазних замикань у обмотках і на виводах;
- 2) однофазних коротких замикань на землю, що виникають в обмотці та на виводах з глухозаземленою нейтраллю;
- 3) виткових замикань у обмотках;
- 4) струмів у обмотках, зумовлених зовнішніми КЗ;
- 5) струмів у обмотках, зумовлених перевантаженням;
- 6) зниження рівня масла;
- 7) втрата охолодження;
- 8) однофазних КЗ на землю в мережах 3 – 10 кВ з ізольованою нейтраллю, в якій вимкнення однофазних замикань на землю є необхідним згідно з вимогами безпеки [3].

Потрібно застосовувати МПРЗА, які мають кращу здатність до налаштування, більші можливості компенсації впливу перехідних процесів та більшу гнучкість в реалізації уставок та схемних рішень.

Газовий захист від пошкоджень усередині бака, які супроводжуються виділенням газу, і від зниження рівня масла треба передбачати для: трансформаторів потужністю 6,3 МВ·А і більше; Газовий захист можна встановлювати також на трансформаторах потужністю 1 – 4 МВ·А. Газовий захист має діяти на сигнал у разі слабкого газоутворення і зниження рівня

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

масла та на вимкнення за інтенсивного газоутворення і подальшого зниження рівня масла.

Для захисту від пошкоджень на виводах, а також від внутрішніх пошкоджень треба передбачати:

1) поздовжній диференціальний струмовий захист без витримки часу на трансформаторах потужністю 6,3 МВ·А і більше. Для трансформаторів 330 кВ і вище потрібно передбачати дублюючі комплекти поздовжніх диференціальних струмових захистів. Для трансформаторів 220 кВ потужністю 125 МВ·А і вище дублюючі комплекти поздовжніх диференціальних струмових захистів потрібно передбачати в разі неефективності дальнього резервування. У разі застосування двох комплектів поздовжнього диференціального струмового захисту допускається сумішувати їх у одному мікропроцесорному пристрої з резервними ступінчастими захистами (дистанційними та струмовими).

2) струмову відсічку без витримки часу, яку встановлюють з боку живлення і яка охоплює частину обмотки трансформатора, якщо не передбачено диференціального захисту, і ступінь МСЗ з витримкою часу, узгодженою з захистами сторін СН та НН.

На трансформаторах потужністю 1 МВ·А і більше як захист від струмів в обмотках, зумовлених зовнішніми багатofазними КЗ, має бути передбачено такі захисти з дією на вимикання на знижувальних трансформаторах – максимальний струмовий захист з комбінованим пуском напруги або без нього; на потужних знижувальних трансформаторах за наявності двостороннього живлення можна застосовувати струмовий захист зворотної послідовності від несиметричних КЗ і максимальний струмовий захист з мінімальним пуском напруги від симетричних КЗ [3].

Захист від струмів, зумовлених зовнішніми багато-фазними КЗ, треба встановлювати на двообмоткових трансформаторах з боку основного живлення.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

2.1.3. Захист повітряних ліній 6 кВ

Для ліній у мережах 3 – 10 кВ з ізольованою нейтраллю (у тому числі й з нейтраллю, заземленою через дугогасний реактор) треба передбачати пристрої РЗА від багатофазних і однофазних замикань на землю.

Захист від багатофазних замикань треба виконувати в двофазній схемі і приєднувати в однакові фази по всій мережі задля забезпечення найбільшої кількості вимкнень при подвійних замиканнях на землю лише одного місця пошкодження. Захист має бути виконано дво- або трирелейним залежно від вимог чутливості та надійності.

При односторонньому живленні одиночні лінії від багатофазних замикань необхідно встановлювати, як правило, двоступінчастий струмовий захист, перший ступінь захисту виконується струмовою відсічкою, а другий ступінь захисту необхідно виконати у вигляді МСЗ з незалежною характеристикою витримки часу або залежною характеристикою витримки часу.

Від однофазних КЗ на землю захист треба виконувати з використанням селективного захисту, який подає сигнал, а також з селективним захистом, вимикатиме вимикач при необхідності згідно з вимогами безпеки також використовується селективний захист з дією на вимкнення (не за вимогами безпеки) і можливістю відновлення нормального режиму за допомогою АПВ коли така дія є обґрунтованою; – пристрою контролю ізоляції; при цьому відшукування пошкодженого елемента треба виконувати спеціальними пристроями; як виняток допускається відшукувати пошкоджений елемент почерговим вимкненням приєднань.

Захист від однофазних замикань на землю має бути виконаним, як правило, з використанням трансформаторів струму нульової послідовності. Захист у першу чергу має реагувати на сталі замикання на землю; допускається також застосовувати пристрої, які реєструють короточасні замикання без забезпечення повторності дії. Захист від однофазних замикань на землю, який діє на вимкнення без витримки часу за вимогами безпеки або

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діє на вимкнення в разі обґрунтування доцільності такої дії, має вимикати лише елемент, що живить пошкоджену ділянку. При цьому як резервний по відношенню до захисту, що діє на вимкнення за вимоги безпеки, має бути передбачено захист, який виконують у вигляді захисту нульової послідовності з витримкою часу близько 0,5 с, і який діє на вимкнення всієї електрично зв'язаної мережі – системи (секції) шин або живильного трансформатора. Селективний захист від однофазних замикань на землю без витримки часу, якщо його виконують без пуску по напрузі нульової послідовності, повинен бути відстроєним від кидка зарядного струму лінії в разі її включення.

2.1.4. Захист повітряних ліній 330 кВ

Для ліній у мережах 110 – 750 кВ з ефективно заземленою нейтраллю треба передбачати пристрої РЗА від багатofазних замикань, від замикань на землю, від неповнофазного режиму та від перевантажень. Потрібно застосовувати МПРЗА, які є більш швидкодійними, мають кращу здатність до налаштування, більші можливості компенсації впливу перехідних процесів і більшу гнучкість у реалізації уставок і схемних рішень.

Захисти має бути обладнано функціями або пристроями, які блокують їх дію в разі коливань або асинхронного ходу, за яких імовірно зайві спрацьовування захисту [3] .

Для ліній 330 кВ і вище як основний треба передбачати захист, що діє без уповільнення в разі КЗ у будь-якій точці ділянки, яку захищають.

Під час оцінювання забезпечення вимог стійкості виходячи зі значень залишкової напруги необхідно керуватися таким: 1) для одиночного зв'язку між електростанціями або енергосистемами залишкову напругу має бути перевірено на шинах підстанцій та електростанцій цього зв'язку у разі КЗ на їх шинах і лініях, які відходять від цих шин; для одиночного зв'язку, що містить частину ділянок з паралельними лініями, – також у разі КЗ на кожній із цих паралельних ліній; 2) за наявності декількох зв'язків між електростанціями або енергосистемами значення залишкової напруги треба

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевіряти на шинах лише тих підстанцій або електростанцій, які з'єднано цими зв'язками; у разі КЗ – на лініях зв'язків та на інших лініях, які живляться від їх шин, а також на лініях, що живляться від шин проміжних підстанцій зв'язків; 3) залишкову напругу має бути перевірено в разі КЗ у кінцізони, охоплюваної першим ступенем захисту в режимі каскадного вимкнення пошкодження, тобто після вимкнення вимикача з протилежного кінця лінії захистом без витримки часу.

На лінії з одностороннім живленням для захисту від багатовазних кз необхідно встановлювати ступінчасті струмові захисти або ступінчасті захисти струму і напруги. Якщо такі захисти не задовольняють вимогам чутливості або швидкості вимкнення пошкодження, то треба передбачати ступінчастий дистанційний захист. У останньому випадку як додатковий захист рекомендовано застосовувати струмову відсічку без витримки часу. Від замикань на землю треба передбачати, як правило, ступінчастий струмовий направлений або ненаправлений захист нульової послідовності. Захист треба встановлювати, як правило, лише з тих боків, звідки може подаватися живлення. На лініях має бути передбачено захист від неповнофазного режиму, виконаний з контролем неперемикання фаз і спрацьовування струмового органу чутливого ступеня захисту від струмів нульової послідовності з дією на передачу команди на вимкнення протилежного кінця, зупин ВЧ передавача (за наявності такої можливості), і на сигнал черговому персоналу. На лініях рекомендовано встановлювати захист від перевантаження, виконаний як максимальний струмовий, що діє з незалежною витримкою часу на сигнал черговому персоналу зі струмом спрацьовування, максимально допустимим з точки зору навантаження лінії.

Для ліній, які складаються з декількох послідовних ділянок, з метою спрощення допускається застосовувати неселективні ступінчасті захисти струму і напруги (від багатозазних замикань) і ступінчасті струмові захисти нульової послідовності (від замикань на землю) у поєднанні з пристроями почергового АПВ.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На одиночних лініях, які живляться з двох або більше боків (останнє – на лініях з відгалуженнями) як за наявності, так і за відсутності обхідних зв'язків, а також на лініях, що входять до кільцевої мережі з однією точкою живлення, від багатофазних замикань як резервний або основний треба застосовувати ступінчастий дистанційний захист (останнє – лише на лініях 110 – 220 кВ). Як додатковий захист рекомендовано застосовувати струмову відсічку без витримки часу. Від замикань на землю можна передбачати, як правило, ступінчастий струмовий направлений або ненаправлений захист нульової послідовності; додатково; у разі застосування МПРЗА можна використовувати дистанційний захист від однофазних КЗ за належної ефективності його використання.

Як основний захист від багатофазних замикань на приймальному кінці головних ділянок кільцевої мережі з однією точкою живлення рекомендовано застосовувати одноступінчастий струмовий направлений захист; на інших одиночних лініях (переважно 110 кВ) в окремих випадках допускається застосовувати ступінчасті струмові захисти або ступінчастий захист струму і напруги, виконуючи їх за потреби направленими. Захист потрібно установлювати, як правило, лише з тих боків, звідки може подаватися живлення.

Під час виконання основного захисту, як резервні захисти необхідно застосовувати: – від багатофазних КЗ, як правило, – дистанційні захисти, у разі МПРЗА – переважно п'ятиступінчасті з виконанням дії одного із ступенів у зворотному напрямку; – від замикань на землю – ступінчасті струмові направлені або ненаправлені захисти нульової послідовності, а за відсутності ускладнень під час виконання, пов'язаних із впливом взаємодукції, наявністю відгалужень тощо, – також однофазні дистанційні захисти.

2.1.5. Захист шин

Для збірних шин 110 кВ і вище електростанцій і підстанцій необхідно передбачати окремі пристрої РЗА у разі:

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) двох систем шин (подвійна система шин, полупотрнн схема тощо) і одинокної секціонованої системи шин;

2) одинокної несекціонованої системи шин, якщо вимкнення пошкоджень на шинах дією захистів приєднаних елементів є неприпустимим за умов

Як захист збірних шин електростанцій і підстанцій 35 кВ і вище необхідно передбачати, як правило, диференціальний струмовий захист без витримки часу, що охоплює всі елементи, приєднані до системи або секції шин. Захист треба виконувати із застосуванням спеціальних реле струму, налаштованих від спрацювань за перехідних і сталих струмів небалансу (наприклад, реле, увімкнених через насичувані трансформатори струму, реле з гальмуванням).

У разі приєднання трансформатора (автотрансформатора) 330 кВ і вище більш ніж через один вимикач рекомендовано передбачати диференціальний струмовий захист ошиновки даної сторони трансформатора.

Диференціальний захист треба виконувати з пристроєм контролю справності вторинних кіл задіяних трансформаторів струму, який діє з витримкою часу на виведення захисту з роботи і на сигналізацію несправності струмових кіл. Небаланс диференціального захисту в разі застосування МПРЗА треба фіксувати на внутрішньому реєстраторі аварійних подій, а в разі його збільшення рекомендовано забезпечувати дію на попереджувальну сигналізацію.

Для секціонованих шин 6 – 10 кВ електростанцій має бути передбачено двоступінчастий неповний диференціальний захист, перший ступінь якого виконано у вигляді струмової відсічки за струмом і напругою або дистанційного захисту, а другий – у вигляді максимального струмового захисту (МСЗ). Захист має діяти на вимкнення живильних приєднань і трансформатора власних потреб.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для секціонованих шин 6 – 10 кВ електростанцій із генераторами потужністю 12 МВт і менше допускається не передбачати спеціального захисту; при цьому ліквідацію КЗ на шинах треба здійснювати дією максимальних струмових захистів генераторів.

Спеціальних пристроїв РЗА для одиночної секціонованої та подвійної систем шин 6 – 10 кВ знижувальних підстанцій, як правило, не треба передбачати, а ліквідацію КЗ на шинах треба здійснювати дією захистів трансформаторів від зовнішніх КЗ і захистів, установлених на секційному або шиноз'єднувальному вимикачі. Рекомендовано застосовувати логічний захист шин, виконаний на основі окремих ступенів максимального струмового захисту з боку НН трансформаторів, секційного або шиноз'єднувального вимикача, з блокуванням його спрацьовування в разі факту пуску МСЗ приєднань, які живляться від даного вводу трансформаторів, з урахуванням можливої дії АВР. З метою підвищення чутливості і прискорення дії захисту шин потужних підстанцій допускається застосовувати захист, увімкнений на суму струмів живильних елементів. За наявності реакторів на лініях, які відходять від шин підстанцій, захист шин допускається виконувати аналогічно до захисту шин електростанцій.

2.2. Релейний захист обладнання головної схеми ГАЕС

Захист всього релейного захисту на станції обирається відповідно до вищезазначених вимог та з урахуванням того що захист має бути сучасним і відповідати всім необхідним умовам.

Релейний захист блоків генератор-трансформатор.

На розглядаємій основній схемі гідроакumuлюючої електростанції встановлено три блоки генератор-трансформатор, кожен з яких повинен мати свій релейний захист, а також автоматику.

Оскільки потужність кожного блоку 360 МВА в режимі генератора захист блоків генератор трансформатор має бути виконано з двох взаєморезервованих систем. Причому ці системи мають бути повністю

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

незалежні одна від одної. Дублюючий комплект захисту повинен захищати не менше ніж 85 % обмотки статора.

Згідно з ПУЕ на генераторах потужністю вище ніж 160 МВт потрібно встановити:

- поздовжній диференційний захист від внутрішніх міжфазних КЗ в обмотці статора;
- поперечний диференційний захист від виткових замикань в обмотці статора;
- захист від однофазних замикань на землю в обмотці статора;
- захист від зовнішніх симетричних к.з.;
- захист обмотки статора від підвищення напруги за неробочого ходу;
- захист від несиметричних к.з. та несиметричних перевантажень обмотки статора;
- захист обмотки статора від симетричних перевантажень;
- захист обмотки ротора від перевантажень;
- захист кіл збудження від замикань на землю в одному місці;
- захист кіл збудження від замикань на землю в двох місцях.

Основним захистом обираємо диференційний захист фірми «ABB» REG 670. Так само й для резервного захисту обираємо захист фірми «ABB» REG 670.

Релейний захист трансформаторів.

Для захисту трансформаторів використовується кілька видів релейного захисту.

1. Диференційний захист трансформатора є основним захистом трансформатора і служить для захисту від коротких замикань обмоток трансформатора і струмопроводів, що знаходяться в зоні дії даного захисту.
2. Газовий захист є одним з основних захистів трансформатора. Даний захист призначений для відключення трансформатора 110 кВ та

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вище від мережі в разі виникнення внутрішніх пошкоджень в баку силового трансформатора.

3. Для більшої надійності крім основних захистів для силового трансформатора передбачається резервний захист - ступінчастий струмовий захист кожної з обмоток.

Для кожної з обмоток трансформатора передбачається окремий максимальний струмовий захист (МТЗ) на кілька щаблів. Для кожного ступеня захисту встановлюється своя уставка спрацювання по струму і часу спрацювання.

Також МТЗ силового трансформатора резервують захисту приєднань, що відходять, які живляться від даного трансформатора, спрацьовує в разі їх відмови.

МТЗ здійснює захист від двох- і трифазних коротких замикань. Для захисту від однофазних замикань на землю обмотка високої напруги 330 кВ має струмовий захист нульової послідовності.

Крім захистів для трансформаторів встановлюється також і автоматика.

Якщо на підстанції працює два або більше трансформаторів, то при падінні напруги до неприпустимих величин, або при знеструмленні трансформатора захист мінімальної напруги впливає на пристрій автоматичного включення резерву (АВР). Цей пристрій здійснює включення секційних або шиноз'єднувальних вимикачів, забезпечуючи живлення споживачів від резервного джерела живлення - силового трансформатора.

На ввідних вимикачах низької напруги трансформатора встановлюємо автоматичне повторне включення вимикача (АПВ), яке одноразово відновлює живлення трансформатора в разі його відключення дією того чи іншого захисту.

Оскільки силові трансформатори потужністю 430 МВА знаходяться в блоці з генератором, то захист для них виноується відповідно як для блочних, але додатково встановлюємо газовий захист.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для релейного захисту трансформаторів потужністю 10 МВА обираємо мікропроцесорний диференційний струмовий захист «АВВ», який дозволить використовувати лише пристрої захисту для трансформатора, це безпосередньо захист «АВВ» та газовий захист. Основним та резервним захистом трансформаторів обираємо пристрій АВВ RET670.

Релейний захист шин

Для захисту шин напругою 330 кВ необхідно передбачити встановлення диференційного струмового захисту без витримки часу, який буде захищати всі елементи приєднані до шин.

Як основний захист обираємо мікропроцесорний пристрій фірми АВВ REB 670.

Резервний захист шин виконуємо так само з використанням мікропроцесорного диференційного релейного захисту шин АВВ REB 670.

Для захисту шин 6 кВ використовується спеціальний інтелектуальний пристрій захисту шин, призначений для управління, контролю і пофазного захисту одиночних шин від коротких замикань. Перший ступінь якого виконано у вигляді струмової відсічки за струмом і напругою або дистанційного захисту, а другий – у вигляді максимального струмового захисту. Захист має діяти на вимкнення живильних приєднань і трансформатора власних потреб.

Релейний захист ліній 330 кВ

На кожній стороні ЛЕП 330кВ потрібно встановити комплекс релейного захисту та автоматики, що складається не менше ніж з двох пристроїв релейного захисту від усіх видів КЗ (основного і резервного). При цьому мікропроцесорний термінал релейного захисту, незалежно від кількості виконуваних ним функцій, є одним пристроєм релейного захисту. При цьому повинні розглядатися наступні варіанти:

1) диференційно-фазний захист і комплект ступіньчастих захистів (дистанційний і спрямований захист нульової послідовності);

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) продовжній диференціальний захист і комплект ступінчастих захистів;

3) два комплекти ступінчастих захистів з передачею блокуючого (перший комплект) і дозволяючого (другий комплект) сигналів.

Для забезпечення взаємодії полукомплектів швидкодіючих захистів повинні використовуватися високочастотні канали зв'язку, кабельні лінії зв'язку і волоконно-оптичні лінії зв'язку.

Для виконання всіх вищезазначених умов Основним захистом обираємо дистанційний захист ліній електропередач ABB REL670.

Резервний захист ліній виконуємо дистанційним захистом ліній електропередач ABB REL670.

Висновки

В даному розділі були розглянуті вимоги дорелейного захисту основного обладнання станції, а саме для : блоку генератор-трансформатор, силових трансформаторів, повітряних ліній 330 кВ, шин. А також обрано захист для даних елементів.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

3. МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ЗАХИСТ ОБЛАДНАННЯ ГОЛОВНОЇ СХЕМИ ГАЕС

3.1. Характеристики мікропроцесорних пристроїв обладнання головної схеми ГАЕС

3.1.1. Мікропроцесорний пристрій захисту блоку генератор- трансформатор REG670

Компанія АББ пропонує повний комплекс рішень для захисту генераторів і блоків «генератор-трансформатор» всіх типів і розмірів. Як частина сімейства Relion, захисту генератора REG670 реалізують всі основні принципи стандарту МЕК 61850.

Система захисту генератора на базі пристроїв REG670 відповідає умовам максимальної надійності та доступності. Селектор внутрішніх / зовнішніх пошкоджень диференційного захисту, що працює на базі струму зворотної послідовності, забезпечує швидкодіючий і селективне спрацювання захисту.

Унікальні функції основного захисту в змозі виконувати селективне виявлення і усунення всіх видів пошкоджень на 100% обмотки статора. Алгоритм виявлення може застосовуватися для створення інтелектуальних, вузькоспеціалізованих функцій з метою удосконалення системи захисту і розширення її можливостей з урахуванням особливих вимог енергоустановки, наприклад, при зміні умов її роботи [5].

Пристрій REG670 (Рис. 3.1.) застосовується для захисту, управління та моніторингу генераторів і блоків "Генератор-трансформатор" на будь-яких типах електростанцій малої і великої потужності. Пристрій містить велику бібліотеку захистів, задовольняє вимогам, які пред'являються до релейного захисту генераторів. Велика кількість аналогових входів, а також велика бібліотека функцій, дозволяють реалізувати безліч функцій захисту в одному

					3 6 3 0 8 3 4 3 0 2 2 5 0									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										
Розро	0	Хаян			Мікропроцесорний захист обладнання головної схеми ГАЕС					Лім.	Арк.	Акрушіє		
Перевір.		Заколодяжний										40	23	
Реценз.										, - 61-01				
Н. Контр.		Настенко.												
Затверд.		Толочко												

ІЕУ. У типовому застосуванні два ІЕУ захисту здатні забезпечити всі необхідні функціональні можливості з високим ступенем резервування.



Рисунок 3.1. - Мікропроцесорний пристрій захисту блоку генератор-трансформатор REG670

REG670 також може застосовуватися для захисту і управління шунтуючих реакторів. До його складу входять як традиційний захист 95% обмотки статора від замикань на землю, так і захист 100% обмотки на принципі накладення 3-й гармоніки. При використанні принципу накладення забезпечується захист 100% обмотки статора електричної машини, включаючи нейтраль, при будь-яких робочих режимах роботи. Заснована на 3-й гармоніці 100% -ва захист статора від замикань на землю працює за принципом порівняння напруг. Захист 100% обмотки статора від замикань на землю з використанням принципу накладення функціонує навіть у випадку, коли генератор знаходиться в неробочому стані. У захистах від асинхронного режиму, від недозбудження, від замикань ротора на землю, по струму зворотної послідовності та інших застосовуються випробувані і добре зарекомендували себе алгоритми [9].

Включений до складу REG670 диференційний захист адаптований для захисту генераторів, в яких перехідні процеси мають великі постійні часу і де потрібно малий час відключення. Так як може використовуватися кілька

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

примірників функцій захисту, то один пристрій передбачає захист декількох об'єктів. Пристрій, що включає в себе основні функції захисту генератора, також може забезпечити захист трансформатора власних потреб. Таким чином, цей принцип пропонує дуже економічні технічні рішення. Пристрій REG670 також дозволяє реалізувати моніторинг. Безліч значень параметрів може відображатися на екрані дисплея місцевого інтерфейсу «Людина-машина» [5].

Передача даних здійснюється по оптичним каналах зв'язку, які не реагують на перешкоди вторинних ланцюгів. Завдяки використанню запатентованого алгоритму пристрій REG670 (або будь-який інший виріб серії 670) може відстежувати значення частоти системи в широкому діапазоні від 9 Гц до 95 Гц (для енергосистем з номінальною частотою 50 Гц). Для цього бажано підводити в пристрій трифазну напругу з висновків генератора. Потім ІЕУ, застосувавши алгоритм фільтрації, буде виконувати правильне вимір векторів всіх підключених до ІЕУ сигналів струмів і напруги. Зазначена функціональна можливість є важливою для коректної роботи захисту в умовах запуску і відключення електричної машини.

3.1.2. Мікропроцесорний пристрій захисту трансформатора RET670

Для захисту силових трансформаторів і реакторів і для управління ними компанія АВВ пропонує ряд пристроїв, придатних для застосування в різних умовах. Інтелектуальні електронні пристрої забезпечують швидкодіючий вибіркового захист підвищувальних трансформаторів з двома і трьома обмотками, а також спеціальних трансформаторів для залізничного транспорту.

Пристрої для захисту трансформаторів компанії АВВ належать до сімейства пристроїв Relion, реалізують основні функції, передбачені стандартом МЕК 61850, і є показовим прикладом впровадження передової технології компанії АВВ і досвіду застосування виробленого нею устаткування.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтелектуальні електронні пристрої RET670 (рис. 3.3) забезпечують швидкодіючий вибірковий захист і моніторинг трансформаторів всіх типів, а також управління ними, наприклад, трансформаторів з двома або трьома обмотками.



Рисунок 3.3 - Мікропроцесорний пристрій захисту трансформатора RET670

Крім цього, пристрій RET670 забезпечує сучасний захист автотрансформаторів, фазорегулювальних трансформаторів і струмообмежуючих реакторів, включаючи функції управління цим обладнанням. Завдяки наявності до 6 трифазних входів для гальмування диференційного захисту, пристрої можуть застосовуватися в схемах з декількома вимикачами на будь-якій стороні трансформатора. Покращені комунікаційні можливості пристроїв RET670 дають можливість їх інтеграції в систему автоматизації підстанції або використання в якості незалежних багатфункціональних модулів [6].

Цей пристрій підтримує селективний роздільний швидкодіючий захист, функції моніторингу та управління дво- і триобмоткових трансформаторів, шунтуючих реакторів, автотрансформаторів, підвищувальних трансформаторів і блоків генератор-трансформатор, фазозсувних

трансформаторів, спеціальних трансформаторів, що встановлені на тягових підстанціях. Даний релейний захист добре пристосований для роботи на різних частотах, він гарно адаптується до коливань частоти при аномальних режимах роботи, та режимах що виникають під час пуску чи зупинки генераторів. Диференційний захист, що вбудовано в ІЕУ можна використовувати з різними ТС, адже він має дуже низькі вимоги до них. Відбудова захисту відбувається від насичення ТС з використанням функції диференційного захисту, який використовує елементи гальмування по другій гармоніці також враховується форма хвилі, при перезбудженні ТС спрацьовує орган блокування, що реагує на п'яту гармоніку, дані елементи призводять до спрацювання захисту [6].

Задля забезпечення високої чутливості до пошкоджень з малими струмами КЗ використовують диференційний захист, в якому міститься чутливий орган. Дія чутливого органу базується на порівнянні напрямків струмів саме зворотної послідовності з виміряним значенням. При КЗ на землю, як основний вид релейного захисту даний пристрій має кілька функцій диференційного захисту, а саме низькоомного дифзахисту від КЗ на землю. Дана функція дозволяє розпізнати внутрішні та зовнішні КЗ, щоб забезпечити максимальну надійність.

Наявна функція високоомного дифзахисту, зазвичай її застосовують в багатьох випадках, таких як:

- Диференційний захист нульової послідовності
- Диференційний захист автотрансформаторів
- Диференційний захист шунтуючих реакторів
- Диференційний захист Т-подібних фідерів
- Диференційний захист шин
- Диференційний захист генераторів

RET670 отримує різноманітні сигнали тривоги через дискретні входи, а також він може спрацювати при певних показах з газового

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реле, датчиків тиску. Даний пристрій можна використовувати як резервний.

Дискретні входи мають високу перешкодозахищеність для запобігання помилкового спрацювання через КЗ на землю в мережах оперативного постійного струму.

В пристрої вбудований дистанційний захист, який може захистити від пошкоджень в енергосистемі чи від внутрішніх пошкоджень трансформатора.

Якщо використовувати пристрій як резервний, то він має функції МТЗ трьох послідовностей струмів й може працювати як спрямований захист. Даний пристрій обладнаний захистом від теплового перевантаження, реагує на підвищення чи зниження частоти чи напруги, а також захищає від перезбудження [6].

До всіх вимикачів силового трансформатора задля резервування відключень вимикачів та для отримання найшвидшої реакції застосовується функція ПРВВ. Для збереження інформації про аномальні режими роботи використовують реєстратори подій, які зберігають інформацію для користувача про стан об'єкта і про спрацювання захистів для подальшого аналізу аварій. Пристрій може забезпечуватися повноцінними функціями управління і оперативних блокувань. Частини електричної системи, що знаходяться в режимі коливань один щодо одного, можуть бути розділені в близькому до центру хитань точці, забезпечивши тим самим їх стійкість при поділі. RET670 застосовують в системах процесу MEK61850-9-2LE з застосуванням до 6 польових пристроїв сполучення (MU) в Залежно від функціональних можливостей пристрою.

Для відбудови АВР та його логіки використовується логіка пристрою, що виконана за допомогою графічного інструмента. Під час налагодження пристрою та в процесі його тестування за допомогою графічного інструменту можна перевірити роботу пристрою в реальному часі.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.3. Мікропроцесорний пристрій захисту шин REB670

REB670 (рис.3.4) - інтелектуальний електронний пристрій (ІЕУ) для захисту шин, який забезпечує комплексне управління системами шин.



Рисунок 3.3 - Мікропроцесорний пристрій захисту шин REB670

Швидкодіючий надійний та селективний пристрій диференційного захисту може використовуватися для захисту :

- Шин (одиначною чи подвійною системою шин з використанням обхідної системи шин чи без її використання з різними варіантами використання секційних вимикачів)
- Т-подібних фідерів
- В кільцевій схемі шин

Пристрій може застосовуватися в мережах середньої (СН), високі (ВН) і надвисокої роздільної (СВН) напруги з частотою системи 50 або 60 Гц.

Пристрій здатний виявляти всі види внутрішніх ушкоджень між фазами і фази на землю в мережах з глухим заземленням нейтралі або заземлених через низький опір, а також внутрішні міжфазні замикання в мережах з ізолюваною або заземленою через високий опір нейтраллю.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наявність у пристрої захисту шин вхідних ланцюгів ТН дозволяє спільно використовувати функціональні можливості захистів по напрузі, наприклад, пуск при зниженні напруги, захист від підвищення напруги нейтралі, функції по потужності, а також функції обліку та реєстрації напруги при анормальних режимах. Однак слід врахувати, що додавання вхідних ланцюгів ТН зменшить кількість доступних входів ТС (загальне число аналогових входів для даного виробу обмежена 24). Пристрій пред'являє низькі вимоги до трансформаторів струму (ТС). Застосування проміжних ТС також не потрібно. Для всіх застосувань можливо поєднувати різні номінальні значення вторинних струмів ТС (1А або 5А) в одній зоні, яка захищається.

Вирівнювання коефіцієнтів трансформації виконується цифровим способом з допомогою уставок. Для забезпечення швидкодії та селективності застосовується цифровий захист, а саме низькоомний диференційний захист, він дозволяє реагувати на КЗ в зоні захисту. Для отримання потрібної чутливості пристрою при будь-яких внутрішніх пошкодженнях визначається мінімальне значення пуску по диференційному струму.

Нахил диференційної характеристики спрацювання в алгоритмі фіксований і становить 53%.

Для забезпечення стійкості від зовнішніх КЗ необхідно щоб ТС не насичувався протягом 2 мс. Сучасний алгоритм для визначення розімкнутих ланцюгів трансформаторів струму дозволяє забезпечити не спрацювання диференційного захисту при даній несправності. Чутлива уставка пристрою призначена для визначення внутрішніх КЗ на землю при низькоомному заземленні нейтралі. Якщо пристрою необхідно забезпечити високу чутливість диференційного захисту шин це також виконується за допомогою чутливої уставки [8].

Гнучкий, алгоритм вибору зон забезпечує простоту адаптації до найбільш часто застосовуваних схемам підстанцій, наприклад, до схеми з

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

однією системою шин з обхідною шиною чи без її використання, з подвійною системою шин з обхідний шиною або без неї, до полуторною схемою, кільцевої схемою і іншими варіантами виконання систем шин.

Програмно-керований алгоритм вибору зон забезпечує:

- Динамічне підключення вимірюваних струмів ТС до відповідної диференціальної зони.
- Поєднання двох диф. зон, якщо це потрібно (наприклад, при перекладі навантаження)
- Селективна робота дифзахисту забезпечує відключення тільки підключених до пошкодженої зони вимикачів.
- Коректний розподіл команд резервного відключення від вбудованих або зовнішніх функцій ПРВВ на суміжні вимикачі.
- Просте поєднання шиноз'єднувальних вимикачів з кількома чи одним ТС в певні схеми захисту.
- Перевірка стану роз'єднувача/Вимикача

Для найшвидшого селективного відключення при пошкодженнях в мертвій зоні або між ТС та вимикачем використовується сучасна логіка пристрою, яка має функцію ПРВВ та може захищати зону між вимикачем та роз'єднувачем. Пристрій гарно підходить для захисту пошкоджень фідерів або шиноз'єднувальних вимикачах [8].

Доступні для замовлення функції ПРВВ, по одній на кожну трифазну групу ТС, забезпечують надійну резервну захист вимикачів підстанції. Доступні для замовлення чотириступінчасті ненаправлення функції МТЗ, по одній на кожну трифазну групу ТС, забезпечують далеке резервування захистів підключених фідерів і підстанцій на віддаленому кінці. Доступні для замовлення захисту по напрузі і по частоті відкривають можливості реалізувати додатковий критерій для захисту шин по зниженню напруги або незалежну захист від зниження / підвищення напруги шини в пристрої захисту шин.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.4. Мікропроцесорний пристрій захисту ліній REL670

Інтелектуальні електронні пристрої (ІЕУ) дистанційній захисту ліній електропередачі REL670 (рис.3.4) надають широкі можливості для захисту повітряних і кабельних ліній і їх комбінацій.



Рисунок 3.4 - Мікропроцесорний пристрій захисту ліній REL670

Пристрої містять повносхемну дистанційну захист з селективним однофазним і трифазним відключенням і АПВ з синхронізацією і контролем синхронізму, а також виконують виявлення хитань потужності. Оснащені великим набором логіки схем зв'язку. ІЕУ з п'ятьма зонами дистанційній захисту від міжфазних замикань і замикань на землю дозволяють захищати повітряні і кабельні лінії електропередачі високої напруги в енергосистемах з заземленою через опір і глухозаземленою нейтраллю [7].

ІЕУ також містить функцію максимального струмового захисту за нульовою послідовності і широкий набір схем зв'язку, які дозволяють виявляти замикання на землю через великий опір і оперативно усувати їх.

Доступні дистанційні захисту з полігональної або кругової характеристикою спрацьовування. Повносхемная дистанційна захист забезпечує високу чутливість захисту ліній електропередачі та пред'являє низькі вимоги до зв'язку з віддаленим кінцем лінії. Незалежне вимір і завдання уставок для всіх шести зон забезпечує гнучкість її застосування для

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всіх типів ліній електропередачі. Функції відбудови від навантаження і адаптивної компенсації також включені до її складу.

Сучасні технічні рішення дозволяють отримувати малі часи відключення менш одного циклу промислової частоти.

Пристрій також включає варіант для використання в мережах з ізолюваною нейтраллю або нейтраллю, заземленою через опір. Для можливості відключення тільки однієї лінії при подвійних замиканнях на землю є логіка переваги фази [7].

Функція АПВ з декількома циклами має логіку пріоритетів в схемах з двома вимикачами на приєднання. Вона взаємодіє з функцією контролю синхронізму для реалізації швидкодіючого АПВ або АПВ з витримкою часу.

Для захисту Т-образних фідерів і лінійних реакторів може застосовуватися високоомний диференціальний захист.

Струмівий відсічення фазна і від замикань на землю, чотирехступенчатая спрямована або ненаправлена фазна МТЗ з витримкою часу, струмівий захист від замикань на землю, чутлива захист від замикань на землю для мереж з непрямым заземленням нейтралі, захист від теплового перевантаження і двоступеневі захисту від поніження- і підвищення напруги - це функції захисту, наявні в пристрої, які дозволяють задовольнити будь-які вимоги застосування.

Дистанційний захист від міжфазних замикань і замикань на землю, а також спрямована струмівий захист від замикань на землю можуть мати схему зв'язку для обміну даними з віддаленим кінцем лінії для реалізації релейного захисту з каналом зв'язку. ІЕУ також може містити повноцінні функції управління та оперативних блокувань, включаючи взаємодію з функцією контролю синхронізму, що дозволяє поєднувати основну і резервну управління.

Є функція захисту від втрати синхронізму, призначена для поділу розташованих близько до електричного центру частин енергосистеми при виникненні асинхронного режиму роботи. REL670 застосовується в системах

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з процесом MEK61850-9-2LE з застосуванням до 4 польових пристроїв сполучення (MU) в Залежно від функціональних можливостей пристрою. Кожне польове пристрій сполучення (MU) має 8 аналогових каналів вимірювання (зазвичай 4 струму і 4 напруги). Можна вільно поєднувати застосування традиційних аналогових каналів і вимірювань, отриманих від польових пристроїв сполучення.

3.2. Розрахунок уставок релейного захисту REG670

3.2.1. Розрахуємо параметри схеми заміщення

ЕРС системи приймаємо рівною 1в.о. За базову потужність приймаємо потужність генератора:

$$S_{\text{б}} = S_{\text{г}} = 360 \text{ МВА}$$

Базисні напруги рівні середнім номінальним значенням:

$$U_{\text{б1}} = 330 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{б2}} = 15 \text{ кВ}$$

$$U_{\text{б3}} = 6 \text{ кВ}$$

Базисні струми:

$$I_{\text{б1}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б(330)}}} = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 330} = 0,63 \text{ кА}$$

$$I_{\text{б2}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б(15)}}} = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 15} = 13,856 \text{ кА}$$

$$I_{\text{б3}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{б(6)}}} = \frac{360}{\sqrt{3} \cdot 6} = 34,64 \text{ кА}$$

Приведемо до базисних умов опір генераторів:

Надперехідний опір:

$$x''_{\text{г1}} = x_d'' \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{г}}} = 0,2 \cdot \frac{360}{360} = 0,2 \text{ в. о}$$

Надперехідний ЕРС генератора:

$$E''_{\text{г1}} = 1 + x_d'' \cdot \sin \varphi_{\text{нг}} = 1 + 0,2 \cdot \sin \arccos 0,9 = 1,18 \text{ в. о}$$

Перехідний опір:

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x'_{г1} = x_d \cdot \frac{S_6}{S_r} = 0,258 \cdot \frac{360}{360} = 0,258 \text{ в. о}$$

Перехідний ЕРС генератора:

$$E'_{г1} = 1 + x_d \cdot \sin \varphi_{нг} = 1 + 0,258 \cdot \sin \arccos 0,9 = 1,232 \text{ в. о}$$

Приведемо до базисних умов опір трансформаторів:

$$x_{т1в} = \frac{U_{кв-н}}{100} \frac{S_6}{S_{т6}} = \frac{12,5}{100} \frac{360}{430} = 0,105 \text{ в. о}$$

3.2.2. Розрахунок поздовжнього диференційного захисту генератора

Струм небалансу, що виникає в номінальному режимі роботи генератора:

$$I_{нбном} = \varepsilon k_o I_{номг} = 0,05 \cdot 1 \cdot 13200 = 660 \text{ А}$$

Мінімальний струм спрацювання захисту

$$I_{сзмін} = k_{н1} I_{нбном} = 2 \cdot 660 = 1320 \text{ А}$$

Приймаємо мінімальний струм спрацювання захисту 1320 А.

Знаходимо уставку захисту, яка визначається в відносних одиницях:

$$I_{сзмін*} = \frac{I_{сзмін}}{I_{номг}} = \frac{1320}{13200} = 0,1 \text{ в. о.}$$

Приймаємо уставку по мінімальному струму спрацювання захисту

$$I_{сзмін*} = 0,1 \text{ в. о.}$$

Струм блокування, при перевищенні якого захист повинен блокуватися, визначається виходячи з допустимого перевантаження генератора. Для генератора з безпосереднім охолодженням обмотки статора максимальний струм перевантажувального режиму становить:

$$I_{доп.перев} = 1,5 I_{номг} = 1,5 \cdot 13200 = 19800 \text{ А}$$

Тоді струм блокування

$$I_{блок} = 1,2 I_{доп.перев} = 1,2 \cdot 19800 = 23760 \text{ А}$$

Визначаємо уставку захисту, що встановлюється в відносних номінальних одиницях:

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{блок*}} = \frac{I_{\text{блок}}}{I_{\text{номг}}} = \frac{23760}{13200} = 1,8 \text{ в. о.}$$

Приймаємо уставку по струму блокування $I_{\text{блок*}} = 1,8 \text{ в. о.}$

Максимальний струм небалансу в захисті при протіканні по плечах захисту струмів, рівних струму блокування:

$$I_{\text{нбрз}} = \varepsilon k_o I_{\text{блок}} = 0,05 \cdot 1 \cdot 23760 = 1188 \text{ А}$$

Мінімальний коефіцієнт гальмування, при якому забезпечується селективна робота захисту:

$$k_{\text{тмин}} = \frac{k_{\text{н2}} \cdot I_{\text{нбрз}}}{I_{\text{блок}}} = \frac{1,5 \cdot 1188}{23760} = 0,075 \text{ в. о.}$$

Оскільки значення коефіцієнта гальмування, яке встановлюється в захисті, лежить в діапазоні від 0,2 до 0,5, приймаємо $k_{\text{т}} = 0,2$

Для визначення уставки диференційної відсічки необхідно визначити максимальні струми небалансу при розрахунковому зовнішньому короткому замиканні і при асинхронному ході генератора.

Максимальний струм зовнішнього короткого протікає по генератору при трифазному короткому замиканні на виводах нижчої напруги трансформатора блоку. Струм короткого замикання в цьому режимі складає:

$$I_{\text{кзг}} = \frac{E''_{\text{г1}}}{x''_{\text{г1}}} I_{\text{номг}} = \frac{1,18}{0,2} 13,2 = 77,88 \text{ кА}$$

Максимальний струм при асинхронному ході генератора

$$I_{\text{ахг}} = \frac{E'_{\text{г1}} + U_c}{x'_{\text{г1}} + x_{\text{т1в}} + x_c} I_{\text{номг}} = \frac{1,232 + 1}{0,258 + 0,105 + 0,5} 13,2 = 34,13 \text{ кА}$$

Розрахунковим є більший з отриманих струмів.

Максимальний розрахунковий струм небалансу

$$I_{\text{нбрзр}} = \varepsilon k_o I_{\text{кзг}} = 0,1 \cdot 1 \cdot 77,88 = 7,788 \text{ кА}$$

Мінімальний струм спрацювання диференційної відсічки

$$I_{\text{спрвідс}} = k_{\text{відс}} I_{\text{нбрзр}} = 1,5 \cdot 7,788 = 11,682 \text{ кА}$$

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Визначаємо уставку захисту, що встановлюється в відносних номінальних одиницях:

$$I_{\text{спрвїдс*}} = \frac{I_{\text{спрвїдс}}}{I_{\text{номг}}} = \frac{11,682}{13,2} = 0,885 \text{ в. о.}$$

Приймаємо уставку по струму спрацювання диференційної відсічки
 $I_{\text{спрвїдс*}} = 5 \text{ в. о.}$

3.2.3. Розрахунок поперечного диференційного захисту генератора

Первинний струм спрацювання захисту

$$I_{\text{сз}} = 0,2I_{\text{номг}} = 0,2 \cdot 13200 = 2640 \text{ А}$$

Вторинний струм спрацювання захисту

$$I_{\text{сп}} = \frac{I_{\text{сз}}}{k_{\text{тс}}} = \frac{2640}{1500/5} = 8,8 \text{ А.}$$

Приймаємо уставку по струму спрацювання захисту 8,8 А.

3.2.4. Розрахунок уставок захисту від замикань на землю в обмотці статора

Міжобмоткова ємність блочного трансформатора на одну фазу

$$C_{\text{МО}} = \frac{\sqrt{S}}{U_{\text{ВН}}} = \frac{\sqrt{430000}}{330} = 1,98 \text{ нФ}$$

Ємність обмотки нижчої напруги блочного трансформатора щодо землі на одну фазу:

$$C_{\text{Т}} = 1,3 \frac{\sqrt{S}}{U_{\text{НН}} + 13 + 0,2\sqrt{S}} = 1,3 \frac{\sqrt{430000}}{15 + 13 + 0,2\sqrt{430000}} = 5,356 \text{ нФ}$$

Ємність обмотки статора генератора щодо землі на три фази дорівнює 0,91 мкФ

$$U_{0\Gamma} = kU_{0\text{ВН}} \frac{C_{\text{МО}}}{C_{\text{МО}} + C_{\text{Т}} + C_{\text{Г}}} = 0,5 \frac{330}{\sqrt{3}} \frac{1,98}{1,98 + 5,356 + 910/3} = 0,607 \text{ кВ}$$

Напруга спрацювання у вторинних величинах становить

$$U_{\text{сп}} = \frac{U_{0\Gamma}}{k_{\text{tv}}} = \frac{607}{\frac{20000}{\sqrt{3}} / \frac{100}{3}} = 1,752 \text{ В}$$

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки для забезпечення надійної відбудови від однофазних коротких замикань в мережі вищої напруги необхідно, щоб уставка не менше ніж в 1,3 рази перевищувала розрахункову напругу спрацювання, приймаємо значення уставки органу, що реагує на напругу основної гармоніки, 2,2776 В. При цьому відпадає необхідність використовувати блокування по зворотній послідовності.

3.2.5. Розрахунок уставок струмового захисту зворотної послідовності

Сигнальний орган. Оскільки об'єктом, що захищається є генератор, приймаємо струм спрацювання сигнального органу рівним 0,05 Іном. Витримка часу повинна бути відбудована від витягів часу резервних захистів.

Пусковий орган. Оскільки пусковий орган повинен надійно повертатися при струмі спрацювання сигнального органу, приймаємо струм спрацювання пускового органу рівним 0,06 Іном [10].

Інтегральний орган. Основною уставкою інтегрального органу є допустимий час протікання струму зворотної послідовності, рівного номінальному. Для встановленого на даній станції генератора $A = 8$.

Струмова відсічка. Визначаємо величину струму зворотної послідовності, що протікає через генератор при двофазному короткому замиканні на виводах в відносних номінальних одиницях:

$$I_{2Г*} = \frac{U_{Г*}}{X''_* + X_{2*}} = \frac{1}{0,2 + 0,211} = 2,433$$

Звідси допустимий час спрацювання відсічки

$$t_{ср} \leq \frac{A}{(I_{2Г*})^2} = \frac{8}{2,433^2} = 1,351 \text{ с}$$

Струм спрацювання відсічки для забезпечення чутливості до двофазних коротких замикань на виводах генератора

$$I_{ср*} = \frac{I_{2Г*}}{K_{чув}} = \frac{2,433}{1,2} = 2,028 \text{ в. о.}$$

Приймаємо значення струму спрацювання 2,028.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.6. Розрахунок уставок захисту статора від симетричних перевантажень

Сигнальний орган. Струм спрацювання сигнального органу вибирається з умови відбудови від тривало допустимих перевантажень генератора:

$$I_{\text{срсигн}} = \frac{K_H}{K_B} I_{\text{номг}} = \frac{1,05}{0,98} 1 = 1,071 \text{ в. о.}$$

Приймаємо найближче більше значення 1,08.

Пусковий орган. Струм спрацювання пускового органу вибирається з умови забезпечення пуску при перевантаженні, допустимий час якої менше години. З цієї умови, приймаємо

$$I_{\text{српуск}} = 1,1 I_{\text{номг}} = 1,1 \cdot 1 = 1,1 \text{ в. о.}$$

3.2.7. Розрахунок уставок захисту обмотки ротора генератора від перевантажень

Сигнальний орган. Низький рівень допустимого перевантаження обмотки ротора розглянутого генератора при допустимій тривалості 60 хв змушує мати струм спрацювання сигнального органу мінімально можливим, що забезпечує повернення органу при номінальному навантаженні. Виходячи з цього приймаємо коефіцієнт надійності рівним 1,02 [10].

Тоді маємо:

$$I_{\text{срсигн}} = \frac{K_H}{K_B} I_{\text{ротном}} = \frac{1,02}{0,98} 1 = 1,041 \text{ в. о.}$$

Пусковий орган. Струм спрацювання пускового органу вибирається з умови забезпечення пуску при перевантаженні, допустимий час якої менше години. З цієї умови відповідно приймаємо:

$$I_{\text{српуск}} = 1,06 I_{\text{номвозб}} = 1,06 \cdot 1 = 1,06 \text{ в. о.}$$

3.2.8. Розрахунок уставок захисту від втрати збудження

Основний канал. Максимальний опір характеристики спрацювання:

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{уст} = 1,1X_d \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}} = 1,1 \cdot 1,698 \frac{15^2}{360} = 1,167 \text{ Ом.}$$

Зсув характеристики спрацювання уздовж уявної осі в напрямку кута максимальної чутливості

$$Z_{см} = 0,4X'_d \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}} = 0,4 \cdot 0,258 \frac{15^2}{360} = 0,065 \text{ Ом.}$$

Час спрацювання основного каналу приймаємо рівним 1 с.

Додатковий канал. Приймаються наступні рекомендовані уставки часу додаткового каналу: максимальний час знаходження вектора опору виміру поза зоною спрацювання $t_{в0}=0,5$ с, мінімальний час знаходження вектора опору в зоні спрацювання $t_{ср}=2,0$ с.

3.2.9. Розрахунок уставок резервного диференційного захисту генератора від міжфазних КЗ

Опір спрацювання захисту. Опір виміру при найбільшому реально можливому навантаженні генератора

$$Z_{нав} = \frac{0,95U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot 1,5I_{ном}} = \frac{0,95 \cdot 15}{\sqrt{3} \cdot 1,5 \cdot 13,2} = 0,415 \text{ Ом}$$

Опір спрацювання захисту з дистанційним органом, який має кругову характеристику:

$$Z_{сз} = \frac{Z_{нав}}{K_H K_B \cos \varphi_{максчув} - \varphi_{нав}} = \frac{0,41}{1,2 \cdot 1,05 \cdot \cos(90 - 31,8)} = 0,6177 \text{ Ом}$$

Опір зсуву характеристики спрацювання. Максимальний опір зсуву характеристики спрацювання

$$Z_{сммакс} = 0,5X'_Г = 0,5 \cdot 0,258 = 0,129 \text{ Ом}$$

3.2.10. Розрахунок уставок захисту від перенапруг

Напруга спрацювання. Первинна напруга спрацювання захисту

$$U_{сз} = 1,2U_{номГ} = 1,2 \cdot 15 = 18 \text{ кВ}$$

					141.6121.003.ДБ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Струм спрацювання блокуючих реле. блокування захисту проводиться при протіканні по генератору струму навантаження. Для цього первинний струм спрацювання:

$$I_{\text{блок}} = 0,1I_{\text{номг}} = 0,1 \cdot 13,2 = 1,32 \text{ кА}$$

3.2.11 Розрахунок уставок диференційного захисту трансформатора блоку

Визначення коефіцієнта гальмування. Спочатку визначаємо коефіцієнт небалансу [10].

Складова коефіцієнта небалансу, що забезпечує відокремлення від небалансу, викликаного похибками трансформаторів струму:

$$K'_{\text{нб}} = K_{\text{пер}} \varepsilon = 2 \cdot 0,1 = 0,2$$

Складова коефіцієнта небалансу, що забезпечує відокремлення від небалансу, викликаного регулюванням коефіцієнта трансформації трансформатора, що захищається, дорівнює нулю, оскільки даний трансформатор не має ніяких засобів регулювання:

$$K''_{\text{нб}} = 0$$

Складова коефіцієнта небалансу, що забезпечує відокремлення від небалансу, викликаного неточністю узгодження плечей струмів:

$$K'''_{\text{нб}} = 0,03$$

Сумарний коефіцієнт небалансу:

$$K_{\text{нб}} = K'_{\text{нб}} + K''_{\text{нб}} + K'''_{\text{нб}} = 0,2 + 0 + 0,03 = 0,23$$

Розрахунковий коефіцієнт гальмування:

$$K_T = K_n K_{\text{нб}} = 1,2 \cdot 0,23 = 0,276$$

Приймаємо найближче більше значення коефіцієнта гальмування $K_T = 0,28$

Визначення мінімального струму спрацювання. для надійної відбудови від однополярних кидків намагнічувального струму приймаємо значення уставки мінімального струму спрацювання захисту рівним 0,3.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення початкового струму гальмування. Значення початкового струму гальмування при прийнятих значеннях коефіцієнта гальмування і мінімального струму спрацювання захисту дорівнює:

$$I_{\text{почт}} = \frac{I_{\text{срмін}}}{K_T} = \frac{0,3}{0,276} = 1,087 \text{ в. о.}$$

Визначення струму блокування. Струм гальмування, при якому здійснюється блокування захисту в режимі зовнішнього пошкодження, для трансформаторів, що працюють в блоці, визначається перевантажувальною здатністю генератора. Тому приймаємо

$$I_{\text{блоктр}} = I_{\text{блокт}} \frac{S_{\text{номг}}}{S_{\text{номт}}} = 1,8 \frac{360}{430} = 1,5077 \text{ в. о.}$$

Приймаємо $I_{\text{блоктр}} = 1,6$

Визначення струму спрацювання відсічки. Спочатку знаходимо розрахунковий струм небалансу [10].

При короткому замиканні на стороні вищої напруги струм, що протікає через зону захисту, визначається тільки параметрами блоку і становить

$$I_{\text{к2*баз}} = \frac{E''_q}{x''_Г + x_{Тб}} = \frac{1,091}{0,173 + 0,122} = 3,698 \text{ в. о.}$$

При короткому замиканні в генераторі струм, що протікає через зону захисту, обумовлений зовнішніми джерелами і становить:

$$I_{\text{к1*баз}} = 6,852 \text{ в. о.}$$

При асинхронному режимі роботи генератора максимальний струм, що протікає через зону захисту:

$$I_{\text{ар*баз}} = \frac{E'_q + E_{\text{екв}}}{x'_Г + x_{Тб} + x_{\text{екв}}} = \frac{1,091 + 1,026}{0,258 + 0,122 + 0,15} = 3,994 \text{ в. о.}$$

Таким чином, розрахунковим є струм короткого замикання на виводах захищається генератора $I_{\text{к1*баз}} = 6,852 \text{ в. о.}$

Складова струму небалансу, обумовлена похибками трансформаторів струму:

$$I'_{\text{нб}} = k_{\text{пер}} \varepsilon k_o I_{\text{к1*баз}} = 2 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 6,852 = 1,37 \text{ кА}$$

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Складова струму небалансу, обумовлена регулюванням коефіцієнта трансформації трансформатора, що захищається, дорівнює нулю, оскільки даний трансформатор не має ніяких засобів регулювання:

$$I''_{\text{нб}} = 0$$

Складова струму небалансу, обумовлена неточністю узгодження плечей струмів:

$$I'''_{\text{нб}} = k_{\text{соогл}} I_{\text{к1*баз}} = 0,03 \cdot 6,852 = 0,206$$

Сумарний струм небалансу:

$$I_{\text{нб}} = I'_{\text{нб}} + I''_{\text{нб}} + I'''_{\text{нб}} = 1,37 + 0 + 0,206 = 1,576$$

Струм спрацювання відсічки при умові налагодження від максимального струму небалансу, виражений у відносних номінальних одиницях:

$$I_{\text{сз*ном}} \geq I_{\text{нб}} \frac{S_{\text{номг}}}{S_{\text{номт}}} = 1,576 \frac{360}{430} = 1,319 \text{ в. о.}$$

Струм спрацювання відсічки за умови налагодження від кидка намагнічувального струму:

$$I_{\text{сз*ном}} \geq 6,5$$

Остаточно приймаємо уставку диференційної струмової відсічки:

$$I_{\text{сз*ном}} = 6,5$$

Чутливість зазвичай не перевіряється, оскільки при струмі спрацювання чутливої частини захисту (0,3 ... 0,4) Іном вона реагує на всі внутрішні пошкодження.

Висновки

Опис основного мікропроцесорного релейного захисту, що запропоновано для використання на станції описано в даному розділі. Також проведено детальний розрахунок релейного захисту блоку генератор-трансформатор REG670.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі розглядається одна з найбільших гідроакомулюючих енергостанцій у світі – це «Дністровська ГАЕС». Головною метою даної роботи було обрання релейного захисту для даної станції.

Опис, основні характеристики станції та технічні характеристики обладнання наведені в першому розділі дипломної роботи. Також виконано розрахунок струмів короткого замикання для чотирьох точок з номінальними напругами 330 кВ, 15 кВ та 6 кВ.

Вимоги до всіх типів релейного захисту, які рекомендовано встановити на станції детально описано у другому розділі. Для прикладу обрано сучасні пристрої релейного захисту фірми “ABB” для наступних елементів схеми: блок генератор-трансформатор, силовий трансформатор, лінії 330 кВ, шини 330 кВ та фідери.

Інформація про обрані пристрої, їх основні характеристики та можливості захистів описані в третьому розділі. Найбільша увага приділена пристрою REG670. Виконано детальний розрахунок уставок для мікропроцесорного релейного захисту блоку генератор-трансформатор REG670.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: 4-е изд. Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
2. Ю.В. Коровин, Е.И. Пахомов, К.Е. Горшков. Расчёт токов короткого замыкания в электрических системах: учебное пособие. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 114 с.
3. Правила улаштування електроустановок : 2010. – Офіц. вид. – К. :Форт : Мінпаливенерго України. 2010.– 692с.
4. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Навчальний посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – 500 с.
5. REG670 - Устройство защиты генератора: веб-сайт. URL: <https://new.abb.com/substation-automation/ru/oborudovanie-dlaavtomatizacii/zashita-i-upravlenie/zashita-generatorov/reg670>
6. RET670 - Устройство защиты трансформаторов в магистральных сетях: веб-сайт. URL: <https://new.abb.com/substation-automation/ru/oborudovanie-dlaavtomatizacii/zashita-i-upravlenie/zashita-transformatorov/ret670>
7. REL670 - Дистанционная защита линий электропередачи: веб-сайт. URL: <https://new.abb.com/substation-automation/ru/oborudovanie-dlaavtomatizacii/zashita-i-upravlenie/distancionnaya-zashita-linii/rel670>
8. REB670 - Устройство защиты шин: веб-сайт. URL: <https://new.abb.com/substation-automation/ru/oborudovanie-dlaavtomatizacii/zashita-i-upravlenie/zashita-shin/reb-670>
9. Устройство защиты генератора REG670 версия 2.1 Руководство по продукту [каталог]. Швеция : Copyright 2016 ABB. – 145 с.
10. В.Е. Глазырин, А.И. Шалин Расчет уставок микропроцессорной релейной защиты блока генератор-трансформатор. Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2009. –130 с.

					141.6121.003.ДБ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		