

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт

«Релейний захист на базі інтегральних мікросхем»

з дисципліни «Релейний захист та автоматика в системах електропостачання для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання

2016

Методичні вказівки до лабораторних робіт «Релейний захист на базі інтегральних мікросхем» з дисципліни «Релейний захист та автоматика в системах електропостачання» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної та заочної форм навчання / Укл. : П.В. Махлін, О.І. Кузьменко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 34 с.

Укладачі:

Махлін П.В., доцент,
к.т.н.
Кузьменко О.І., зав.лаб.

Рецензент:

Метельський В.П.,
професор, к.т.н.

Відповідальний за випуск:

Метельський В.П.,
професор, к.т.н.

Затверджено
на засіданні НМК
«Електротехнічного факультету»

Протокол №1 від 20.08.16

Затверджено
на засіданні кафедри
“Електропостачання
промислових підприємств”

Протокол № 1 від 19.08.16

ЗМІСТ

1. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 «Струмовий чотирьохступінчатий захист нульової послідовності»	4
1.1 Вступ	
1.2 Основні теоретичні зведення	4
1.3 Мета роботи	15
1.4 Програма роботи	15
1.5 Проведення тестових перевірок струмового спрямованого захисту нульової послідовності	17
1.6 Виставляння уставок спрацьовування струмового спрямованого захисту нульової послідовності	17
1.7 Перевірка уставок спрацьовування по струму	18
1.8 Зміст звіту	19
 2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 «Дистанційний захист ліній електропередач»	 20
2.1 Вступ	20
2.2 Основні теоретичні зведення	20
2.3 Мета роботи	26
2.4 Програма роботи	26
2.5 Основні методичні рекомендації	27
2.6 Зміст звіту	34
Перелік посилань	34

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

«СТРУМОВИЙ ЧОТИРЬОХСТУПІНЧАТИЙ ЗАХИСТ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ»

1.1 Вступ

Пристрій чотирьохступінчатого струмового спрямованого захисту нульової послідовності від коротких замикань на землю виконано на основі інтегральних мікросхем і входить у комплект шаф типу ШДЕ 2801 і ШДЕ 2802, призначених для захистів ліній електропередач на напруги 110-330 кВ.

1.2 Основні теоретичні зведення

1.2.1 Чотирьохступінчатий струмовий спрямований захист нульової послідовності.

Струмові спрямовані захисти – це захисти що, реагують на значення струму і напрямку потужності к.з., спрямовані струмові захисти крім вимірювального органу, органу витримки часу і виконавчого органу, мають орган, що визначає напрямку потужності – реле напрямку потужності.

Напрямок потужності визначається кутом між струмами к.з. і залишковою напругою. Органи струму нульової послідовності підключаються до фільтру струмів нульової послідовності, а ланцюги напруги (в реле напрямку потужності) підключається до фільтру напруги нульової послідовності.

Перший ступінь захисту являє собою струмову відсічку без витримки часу і вибирається за умовами відбудови від потроєного значення періодичної складової струму нульової послідовності ($3 \cdot I_0$), що проходить у місці встановлення захисту при замиканні на землю на шинах протилежної підстанції:

$$I_{ocz}^I \geq K_{omc} \cdot 3 \cdot I_{ocz}, \quad (1.1)$$

а також при короткочасному неповнофазному режимі ($3 \cdot I_{0nen}$):

$$I_{ocz}^I \geq K_{отс} \cdot 3 \cdot I_{0нел}, \quad (1.2)$$

де $K_{отс}$ – коефіцієнт відбудови, що враховує похибку реле, похибку розрахунку, вплив аперіодичної складової і необхідний запас, $K_{отс}=1,3$.

Умова (1.2) може не враховуватися, якщо час спрацьовування захисту більше часу можливого неповнофазного режиму, що виникає при неодноразовості включення фаз вимикача.

Якщо на лініях, що захищаються, встановлюється пристрій однофазного АПВ, то струм спрацьовування першого ступеню захисту визначається за умовою (1.2), у якому $3 \cdot I_{0нел}$ – максимальне значення потроєного струму нульової послідовності, що проходить у місці встановлення захисту в неповнофазному режимі.

Другий ступінь захисту являє собою струмову відсічку з витримкою часу. Струм спрацьовування другого ступеню вибирається за наступними умовами:

- відбудова від потроєного струму нульової послідовності, що протікає в місці встановлення захисту при замиканні на землю автотрансформатора, підключеного до шин протилежної підстанції на стороні суміжної напруги;
- узгодження з першим ступенем захисту суміжної лінії;
- відбудови від потроєного струму нульової послідовності, що проходить у місці встановлення захисту у неповнофазному режимі, який виникає в циклі однофазного АПВ на лінії, що захищається або суміжній лінії;
- відбудови захисту по останній умові не потрібна, якщо витримка часу спрацьовування другого ступеню захисту перевищує час неповнофазного режиму або передбачений вивід з дії розглянутого захисту на час циклу однофазного АПВ.

Витримка часу другого ступеню захисту повинна бути погоджена з витримками часу ступенів захистів попередніх елементів з якими виконується узгодження ліній (рис. 1.1. характеристики 1, 3, 5, 7) чи автотрансформаторів.

Струм спрацьовування другого ступеню захисту вибирається за наступними формулами (приймається значення більше з отриманих):

$$I_{ocz}^{II} \geq K_{отс} \cdot 3 \cdot I_{оз}, \quad (1.3)$$

$$I_{ocz}^{II} \geq K_{omc} \cdot 3 \cdot I_{opac}, \quad (1.4)$$

$$I_{ocz}^{II} \geq K_{omc} \cdot 3 \cdot I_{онен}, \quad (1.5)$$

де $3 \cdot I_{ocz}$ – максимальне значення періодичної складової потроєного початкового струму нульової послідовності, що проходить у місці встановлення захисту при замиканні на землю за автотрансформатором протилежної підстанції на стороні, мережі з ефективно заземленою нейтраллю;

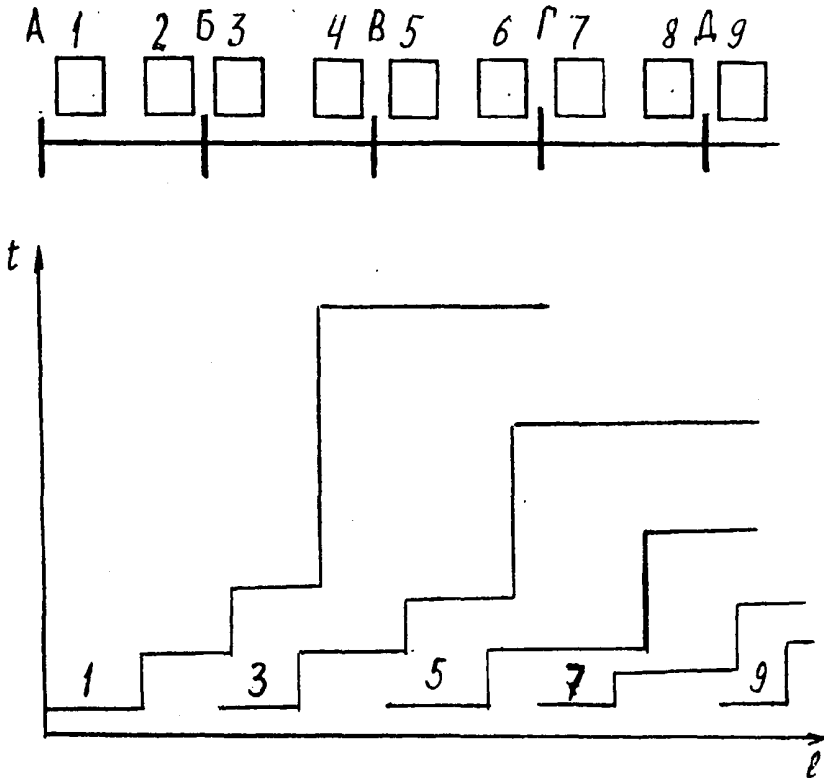


Рисунок 1.1 – Характеристики витримок часу струмового захисту

$3 \cdot I_{орасч}$ – розрахункове максимальне значення періодичної складової потроєного струму нульової послідовності, що проходить у місці встановлення захисту при замиканні на землю наприкінці зони, що захищається першим ступенем захисту суміжного елемента;

$3 \cdot I_{онеп}$ – максимальне значення потроєного струму нульової послідовності, що проходить у місці встановлення захисту в неповнофазному режимі в циклі однофазного АПВ на лінії, що захищається чи суміжній лінії;

$K_{омс}$ – коефіцієнт відбудови:

$K_{омс} = 1,2$ для виразів (1.3) і (1.5)

$K_{омс} = 1,1$ для виразу (1.4)

Третій ступінь захисту, також як і другий, являє собою струмову відсічку з витримкою часу.

Струм спрацьовування третього ступеню захисту вибирається за умовами:

- узгодження з другим ступенем захисту суміжної чи з другим ступенем захисту від замикань на землю автотрансформатора, чи з першим ступенем захисту від замикань на землю автотрансформатора, якщо другий ступінь розглянутого захисту відстроєний від замикань на землю на шинах цієї напруги;

- відбудови від потроєного струму нульової послідовності, що проходить у місці встановлення захисту при неповнофазному режимі, що виникають у циклі однофазного АПВ на лінії, що захищається чи суміжної лінії.

Витримка часу спрацьовування третього ступеню захисту повинна бути погоджена з витримками часу відповідних ступенів захистів суміжних ліній та інших елементів.

Струм спрацьовування третього ступеню захисту вибирається більшим з отриманих значень за формулами (1.4) і (1.5), але при цьому $3 \cdot I_{орас}$ – розрахункове максимальне значення періодичної складової потроєного початкового струму нульової послідовності, що проходить у місці встановлення захисту, при замиканні на землю наприкінці зони, що захищається третім ступенем захисту суміжного елемента.

Четвертий ступінь захисту представляє собою максимальний струмовий спрямований захист нульової послідовності.

Якщо витримка четвертого ступеню захисту дорівнює чи менше, ніж витримка часу захисту від замикань між фазами на пошкоджено-

му елементі, то її струм спрацьовування відстроюється від струму небалансу в нульовому проводі трансформаторів струму при зовнішніх замиканнях між фазами:

$$I_{ocz}^{IV} = K_{omc} \cdot K_{nep} \cdot I_{onbu}, \quad (1.6)$$

де $K_{omc}=1,25$;

K_{nep} – коефіцієнт, що враховує збільшення струму небалансу в перехідному режимі: при витримках часу розглянутого ступеню:

$$t_{cz}^{IV} = 0,1; K_{nep}=2; \text{ при } t_{cz}^{IV} = 0,3 \text{ с};$$

$$K_{nep}=1,5; \text{ при } t_{cz}^{IV} = 0,5 \div 0,6 \text{ с}; K_{nep}=I;$$

I_{onbu} – струм небалансу в нульовому проводі трансформаторів струму в усталеному режимі при розглянутих зовнішніх трифазних к.з.:

$$I_{onbu} = K_{nb} \cdot I_{roz}, \quad (1.7)$$

I_{roz} – максимальне значення струму при трифазних к.з.;

K_{nb} – коефіцієнт небалансу:

при $I_{roz} = (2 \div 3) \cdot I_{ном}$, $K_{nb}=0,05$;

при $I_{roz} \leq 0,8 \cdot I_{к10}$ ($I_{к10}$ – струм граничної кратності ТТ)

$K_{nb} = 0,05 \div 0,1$ при $I_{roz} \geq 0,8 \cdot I_{к10}$, значення K_{nb} визначається за спеціальною методикою розрахунку в кожному конкретному випадку.

Струм спрацьовування розглянутого ступеню захисту перевіряється за умовою відстройки від сумарного струму небалансу в нульовому проводі трансформаторів струму в максимальному навантажувальному режимі:

$$I_{ocz} = \frac{K_{omc}}{K_e} \cdot (I_{onb} + 3 \cdot I_{onp}), \quad (1.8)$$

A1

Блок живлення БРЕ2310			П0210	Р119	Р119	
Е1	Е2	Е3	Е4	Е5	Е6	

A2

	Л103	К104	Б101	С101	С101	С101	Д102 Е7			И102 Е8	Е9
	Е1	Е2	Е3	Е4	Е5	Е6		Е10	Е11	Е12	Д103 Е13

A3

	М101	Л102	Л101		В0122	В0111	Т101						Т104	
					Е4	Е5	Е6						Е7	
					Р101	Р102	И101		Н106	Т1032	Т102	Т1031	Д105	
	Е1	Е2	Е3		Е8	Е9	Е10	Е11	Е12	Е13	Е14	Е15	Е16	

A4

П0110		П0210				Р115	В0123	Л108	Л109	В0111	М104	Т1031	Д105
Е1		Е2				Е3	Е4	Е5	Е6	Е7	Е8	Е9	Е10
	И106	И106	С106	С106	С106	С107	С107	С107	Д113				Д112
	Е11	Е12	Е13	Е14	Е15	Е16	Е17	Е18	Е20				Е20

Рисунок 1.2 – Розташування блоків у шафі ШДЕ 2801

де $I_{онб}$ – струм небалансу в нульовому проводі трансформаторів струму в максимальному навантажувальному режимі розрахований по (1.7), при цьому $I_{роз}$ – розрахунковий струм максимального навантажувального режиму;

$3 \cdot I_{онр}$ – потросний струм нульової послідовності, обумовлений несиметрією в системі;

K_g – коефіцієнт повернення реле.

Дозволяюче реле напрямку потужності, використовуване в розглянутому захисті відбудовується від напруги небалансу нульової послідовності в реле при хитаннях, асинхронному ході, несинхронному включенні, трифазних к.з. за трансформаторами (автотрансформаторами) підстанцій даного і протилежного кінців лінії. Напряга спрацьовування реле напрямку потужності відбудовується від сумарної напруги небалансу в нормальному навантажувальному режимі:

$$U_{осз} = \frac{K_{омс}}{K_g} \cdot (U_{онб} + 3 \cdot U_{онр}), \quad (1.9)$$

де $U_{онб}$ – напруга небалансу на реле в розглянутому режимі, приведене до обмотки високої напруги трансформатора напруги;

$3 \cdot U_{онр}$ – потроєна напруга нульової послідовності, обумовлена несиметрією.

Витримка часу спрацьовування четвертого ступеню вибирається по ступінчатому принципу та узгоджується з витримкою часу третього ступеню суміжної лінії.

1.2.2 Стислі відомості про комплекти релейного захисту шафи типу ШДЕ 2801 (ШДЕ 2802).

Шафа типу ШДЕ 2801 містить основний комплект релейного захисту, до складу якої входять триступінчатий дистанційний захист, струмовий захист, що складається з чотиріступінчатого струмового захисту нульової послідовності від замикань на землю і струмової відсічки від багатозафазних к.з., реле струму для пристрою резервування при відмовленні вимикачів; блок живлення потужністю 50 Вт.

Шафа типу ШДЕ 2802 крім цього містить резервний комплект двоступінчатого дистанційного захисту від багатозафазних к.з. і резер-

вний комплект двоступінчастого струмового захисту нульової послідовності, а також блок живлення потужністю 15 Вт.

Розташування блоків у шафах захистів типу ШДЕ 2801 і ШДЕ 2802 показано на рис. 1.2.

1.2.3 Орган струму струмового захисту нульової послідовності блоку типу Т103.

На рис. 1.3 показана структурна схема органа струму:

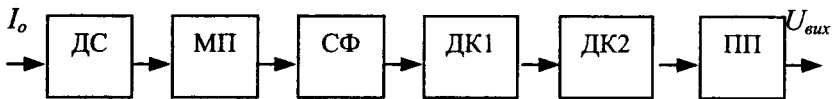


Рисунок 1.3 – Структурна схема органа струму

У схемі прийняті наступні позначення:

ДС – датчик струму нульової послідовності;

МП – масштабний підсилювач;

СФ – селективний фільтр;

ДК1, ДК2 – двопорогові компаратори;

ПП – підсилювач потужності.

Сигнал від датчика струму подається на вхід масштабного підсилювача, виконаного на основі операційного підсилювача (ОП) А1 (рис. 1.4). Регулювання уставки органа по струму спрацьовування забезпечується зміною вхідного опору ОП і опору його зворотного зв'язку.

Сигнал з масштабного підсилювача – U_A надходить на вхід селективного фільтра, виконаного на основі ОП А2. За допомогою фільтра проводиться відстройка органа струму від аперіодичної і вищих гармонійних складових.

З виходу фільтра сигнал надходить на вхід двопорогового компаратора, виконаного на ОП А3 (рис. 1.5), у ланцюзі зворотного зв'язку знаходиться випрямний міст VS1. Дія компаратора заснована на порівнянні струму i_p , що протікає через опори на вході ОП А3 (R14, R15, R16) з струмом i_{on} , що протікає по діодам випрямного моста VS1 через опори R19 і R20. При $i_{on}^{om} < i_p < i_{on}^n$ усі діоди VS1 відкриті, опір зворотного зв'язку ОП $R_{oc} \approx 0$. Напруга на виході ОП $U_{A3} \approx 0$. Якщо ця умова перестає виконуватися, то діоди випрямного мосту VS1 закри-

ваються

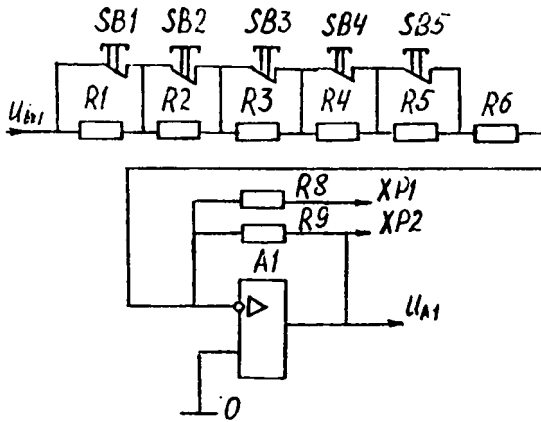


Рисунок 1.4 – Масштабний підсилювач

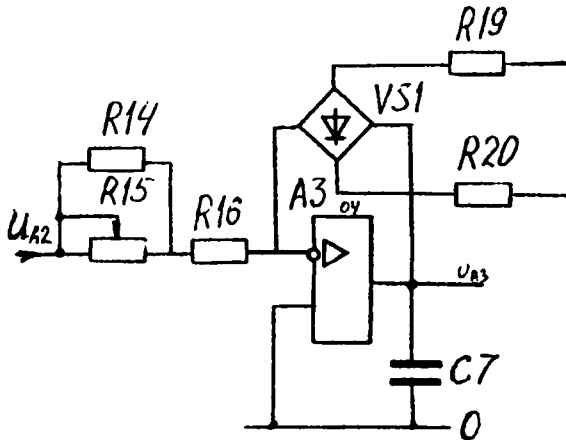


Рисунок 1.5 – Допороговий компаратор

ваються - опір зворотного зв'язку ОП різко зростає, а напруга на виході ОП досягає максимально можливого значення (рис. 1.6).

До виходу ОП АЗ підключений двопороговий компаратор на ОП А4 (рис. 1.7), що здійснює перетворення двополярних сигналів в од-

нополярні.

При $U_{A3} \approx 0$ усі діоди випрямного моста VS2 відкриті під дією струмів, що протікають через опори R22 і R23.

Напруга на конденсаторі C8 дорівнює падінню напруги на відкритих діодах VS2 і має позитивну полярність відносно неінвертуючого входу ОП А4, отже напруга на виході ОП А4 максимально можлива по абсолютному значенню негативного знака. З появою імпульсу на вході VS2, він закривається і конденсатор C8 перезаряджається через R17 і одержує негативну полярність відносно неінвертуючого входу ОП А4.

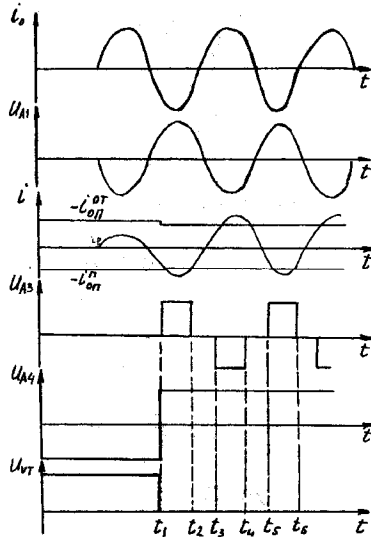


Рисунок 1.6 – Часові діаграми органа струму

Опори резисторів ($R22=R23 \gg R17$) підібрані таким чином, що зворотна зміна полярності напруги на конденсаторі C8 може відбутися тільки в тому випадку, якщо більше ніж 10 мс (половина періоду основної частоти) $U_{A3} \approx 0$. Тому з появою імпульсів на виході ОП А3 протягом кожного напівперіоду (умова спрацьовування струмового органа) на виході ОП А4 напруга буде мати стійко позитивну полярність.

З виходу ОП А4 напруга подається на базу транзистора VT, що виконує функцію підсилювача потужності (рис. 1.8). При негативній полярності напруги на виході ОП А4 транзистор VT закритий. При

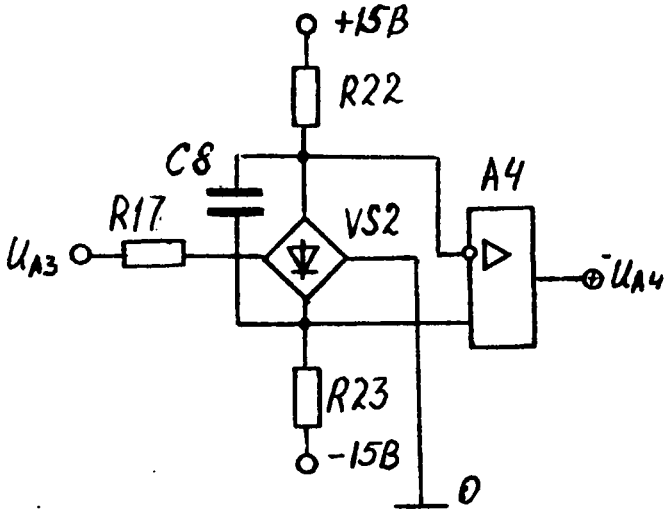


Рисунок 1.7 – Допороговий компаратор

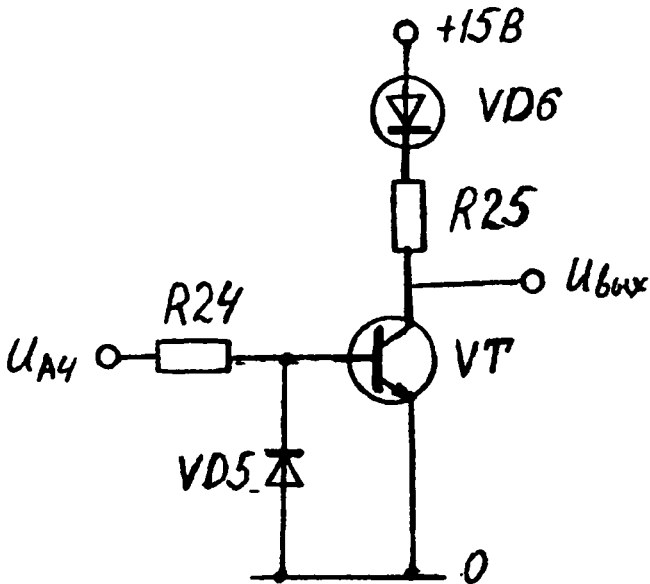


Рисунок 1.8 – Підсилювач потужності

позитивній полярності напруги транзистор VT відкривається і через світлодіод VD6 протікає струм і він загоряється. При закритому положенні транзистора VT (орган струму у неспрацьованому стані) напруга на виході струмового органа $U_{вих} \approx 15 \text{ В}$, а при відкритому транзисторі VT (орган струму у спрацьованому стані) $U_{вих} \approx 0$.

Діод VD5 обмежує негативну напругу на базі транзистора VT.

1.3 Мета роботи

1.3.1 Вивчення принципів побудови струмових захистів нульової послідовності.

1.3.2 Ознайомлення з пристроями струмових захистів, виконаних на основі інтегральних мікросхем на базі комплектів шаф типу ШДЕ 2801 і ШДЕ 2802.

1.4 Програма роботи

1.4.1 Вивчити принцип дії і функції органів струму.

1.4.2 Розрахувати і виставити уставки спрацьовування чотирьох ступенів струмового захисту нульової послідовності.

1.4.3 Зібрати схему для перевірки характеристик спрацьовування органів струмового захисту.

1.4.4 Перевірити уставки спрацьовування органів струмового захисту.

1.5 Проведення тестових перевірок струмового спрямованого захисту нульової послідовності

1.5.1 Блок тестових перевірок U1011 переставити в положення для проведення перевірок.

1.5.2 Включити автомат живлення панелі захисту SF1 і блок живлення. На блоці H1061 загоряється світлодіод "Відсутнє $3 \cdot U_0$ ".

1.5.3 Провести перевірку захисту по першому тесту, для чого натиснути кнопку 1 на блоці U1011. При цьому повинні загорітися такі світлодіоди: на блоках T1031, T1021, T032 – спрацьовування вимірювальних органів першого, другого, третього і четвертого ступенів захисту; на блоці M1011 – "Р" спрацьовування органу напрямку поту-

жності дозволяючого реле на блоці Л1010 – "2Т", "1Т" – спрацьовування першого і другого ступенів захисту, "УТ" – прискорення другого і третього ступенів при відключенні вимикача, "тест правлений"; на блоці Л1020 – "ШТ", "1УТ" – спрацьовування третього і четвертого ступенів, "УТП" – прискорення при спрацьовуванні захисту паралельної лінії, "ВЧТ" – прискорення при подачі сигналу по каналах високочастотного зв'язку, $У_{п.р.}$ – прискорення при виникненні неповнофазних режимів.

1.5.4 Провести перевірку по другому тесту, для чого натиснути на кнопку 2 на блоці U1011. При цьому на блоці M1011 гасне світлодіод "Р" і загоряється "Б" - спрацьовування блокуючого реле напрямку потужності.

1.5.5 Провести перевірку захисту по третьому тесту, для чого натиснути кнопку 3 на блоці U1011. При цьому гаснуть світлодіоди на блоках Т1031, Т1021, Т1032, Н1061.

1.5.6 Після проведення тестового контролю кнопки на блоці 1011 повертаються у початкове положення шляхом повторного натискання, крім того гаситься світлова сигналізація (натисканням червоної кнопки на двері шафи).

1.5.7 Блок U1011 переставляється в робоче положення.

1.6 Виставляння уставок спрацьовування струмового спрямованого захисту нульової послідовності

1.6.1 Виставити уставку по струму спрацьовування першого ступеню:

$$I_{yct}^I = K_1 \cdot (1 + \sum n_i), \quad (1.10)$$

де K_1 – коефіцієнт, виставлений на блоці перетворювача струму і напруги Д1051 $K_1=0,35; 1,05; 3,5$;

$\sum n_i$ – сума коефіцієнтів виставлених на блоці реле струму Т1031 (для першого ступеню): $n_1 = 0,1$; $n_2=0,2$; $n_3=0,4$; $n_4=0,8$; $n_5=1,6$. Підібрати значення K_1 і $\sum n_i$ щоб одержуване значення струму спрацьовування було найближче до розрахункового значення, а потім виставити їх на блоках Д1051 і Т1031, відповідно.

1.6.2 Виставити уставку по струму спрацьовування другого ступеню:

$$I_{yсм}^{II} = K_2 \cdot (1 + \sum n_i), \quad (1.11)$$

де K_2 – коефіцієнт, що виставляється на блоці Д1051:

$K_2 = 0,15; 0,45; 1,5;$

$\sum n_i$ – сума коефіцієнтів, що виставляються на блоці реле струму Т1031 (для другого ступеню) $n_1 = 0,1; n_2 = 0,2; n_3 = 0,4; n_4 = 0,8; n_5 = 1,6$. Підбір значень K_2 і $\sum n_i$ здійснюється аналогічно першому ступеню.

1.6.3 Виставити уставку по струму спрацьовування третього ступеню:

$$I_{yсм}^{III} = K_3 \cdot (1 + \sum n_i), \quad (1.12)$$

де K_3 – коефіцієнт, що виставляється на блоці Д1051:

$K_3 = 0,1; 0,3; 1,0;$

$\sum n_i$ – сума коефіцієнтів, що виставляються на блоці реле струму Т1021: $n_1 = 0,1; n_2 = 0,2; n_3 = 0,4; n_4 = 0,8; n_5 = 1,6$. Добірка значень K_3 і $\sum n_i$ здійснюється аналогічно першому ступеню.

1.6.4 Виставити уставку по струму спрацьовування четвертого ступеня:

$$I_{yсм}^{IV} = K_4 \cdot (1 + \sum n_i), \quad (1.12)$$

де K_4 – коефіцієнт, що виставляється на блоці Д1051: $K_4 = 0,05; 0,15; 0,5;$

$\sum n_i$ – сума коефіцієнтів, що виставляються на блоці реле струму Т1032: $n_1 = 0,1; n_2 = 0,2; n_3 = 0,4; n_4 = 0,8; n_5 = 1,6$.

1.6.5 Виставити уставки спрацьовування за часом для першого та другого ступеней на блоці витримки часу В0111 по виразу (1.13) та для третього і четвертого ступенів на блоці В0122 по виразу (1.14):

$$T = 0,05 + \sum t_i, \quad (1.13)$$

$$T = 0,01 + \sum t_i, \quad (1.14)$$

де $\sum t_i$ – сума витримок часу, що виставляється на вищевказаних блоках для першого і другого ступенів:

$t_i = 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6$.

для третього і четвертого ступенів:

$t_i = 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2$.

1.6.6 Виставити уставки спрацьовування дозволяючого реле напрямку потужності (РНП). Напруга спрацьовування:

$$U_{cp} = 0,5 \cdot (1 + \sum n_i), \quad (1.15)$$

де $\sum n_i$ – сума коефіцієнтів, що виставляються на блоці М1011 (для напрямку потужності дозволяючого реле)

$n_i = 0,5; 1,0; 2,0$

Струм спрацьовування:

$$I_{cp} = K_M \cdot (1 + \sum m_i), \quad (1.16)$$

де K_M – коефіцієнт, виставлений на блоці перетворювачів струму Д1051, $K_M = 0,04$

$\sum m_i$ – сума коефіцієнтів, що виставляються на блоці І1011 (для дозволяючого реле),

$m_i = 0,5; 1,0; 2,0$.

Підібрати значення $\sum n_i$ і $\sum m_i$ такими, щоб одержуване значення струму спрацьовування і напруги спрацьовування реле були найближчі до розрахункового значення, потім виставити їх на блоці М1011.

1.6.7 Виставити уставки спрацьовування блокуючого реле напрямку потужності аналогічно дозволяю чого реле на блоці М1011.

1.7 Перевірка уставок спрацьовування по струму

1.7.1 Ознайомитися з призначенням і розташуванням перемикачів, клем, затискачів вимірювальних приладів пристрою для перевірки

релейного захисту типу В5053.

1.7.2 Зібрати схему для перевірки уставок спрацьовування струмового спрямованого захисту нульової послідовності від пристрою типу В5053. При цьому замість робочих роз'ємів використовуються іспитові.

1.7.3 Встановити перемикачі пристрою В5053 у наступні положення: S2=⊗, S3 – "вим.", S4 – межа виміру амперметра, S6 – "∼I_T", S7 – "∼I_T", S8 – "спрац.", S9 – "115", S10 – "вим.", S11 – "вим.", S12 – "вим.", S13 – "вим.", S15 – межа вимірюваного струму, S16 – "10, 25, 50 А", S17 – "10,25,100 А", S18 – "АО", S19 – "1А", S20 – "прямо", S21 – "О", S23 – "360", S25 – "внутр.", S26 – "АО", S27 – "вим.", S28 – "вим.", S29 – "вим.", S30 – "вим.", S31 – "2 ф.к.з."

1.7.4 Включити ланцюга оперативного струму: автомат SF1 і тумблер на блоці живлення шафи релейного захисту.

1.7.5 Перемикачі S10, S28 перевести в положення "вкл."

1.7.6 Підвищуючи плавно струм перевірити уставку спрацьовування реле струму першого ступеню. Спрацьовування реле струму визначається по загорянню світлодіода на блоці Т1031.

1.7.7 Плавно знижуючи струм визначити струм повернення реле (по загасанню світлодіода на блоці Т1031) і розрахувати коефіцієнт повернення

$$K_{\sigma} = \frac{I_{\sigma.p.}}{I_{c.p.}}, \quad (1.17)$$

де $I_{c.p.}$, $I_{\sigma.p.}$ – значення струмів спрацьовування і повернення реле.

1.7.8 Перевірити уставки спрацьовування по струму і визначити коефіцієнти повернення другого (блок Т1031 для другого ступеню) третього (блок Т1021) і четвертого (блок Т1032) ступенів аналогічно першому ступеню.

1.8 Зміст звіту

1.8.1 Технічні дані комплектів захистів.

1.8.2 Дані розрахунку уставок, та виставлені уставки.

1.8.3 Показання приладів при перевірці уставок спрацьовування струмових органів захистів і коефіцієнтів повернення.

1.8.4 Опис проведених дослідів.

1.8.5 Висновки про проведену роботу.

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

«ДИСТАНЦІЙНИЙ ЗАХИСТ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ»

2.1 Вступ

Пристрій дистанційного захисту виконано на основі інтегральних мікросхем і входить у комплект шаф типу ШДЕ 2801 і ШДЕ 2802, призначених для захисту ліній електропередач на напругу 110-330 кВ.

2.2 Основні теоретичні зведення

У складних електричних мережах струмові і струмові спрямовані захисти не завжди забезпечують вимоги по селективності, швидкодії і чутливості. У багатьох випадках доцільно застосовувати дистанційний захист.

Дистанційний захист реагує на зміни відношення напруги до струму в місці встановлення захисту. Це відношення називається опором на затискках реле опору. При включенні реле опору на міжфазну напругу і різницю струмів тих же фаз цей опір при усіх видах міжфазних коротких замикань (к.з.) пропорційний відстані від місця встановлення захисту до місця к.з.

Захист приходить у дію при зниженні напруги і збільшенні струму, що має місце при к.з. Основним вимірювальним органом дистанційного захисту є реле опору.

Дистанційний захист виконується триступінчатим. Параметрами кожного ступеню є довжина зони, що захищається, і час спрацювання. На лініях із двостороннім живленням захист виконується спрямованим, а витримки часу виконуються по зустрічно-ступінчатому принципу.

Основними органами захисту є: дистанційні (вимірювальні) органи й органи витримки часу.

Для запобігання спрацювання дистанційного захисту при виникненні хитань передбачається блокування.

Для запобігання помилкової дії захисту при несправностях у ланцюгах змінної напруги також передбачається спеціальне блокування.

При побудові реле опору застосований принцип порівняння вели-

чин по фазі, що забезпечує відстройку від помилкових дій спрямованих реле опору при відсутності однієї з величин.

Принцип дії реле опору пояснюється на основі узагальненої структурної схеми на рисунку 2.1.

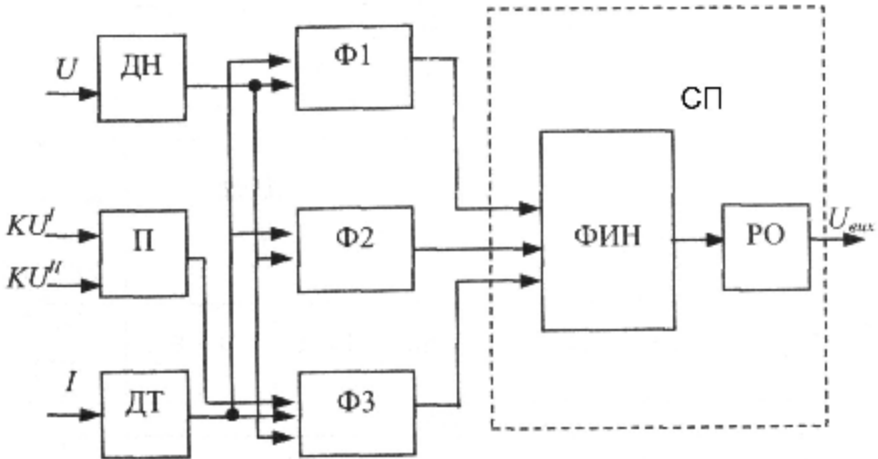


Рисунок 2.1 – Структурна схема реле опору

U, I – міжфазна напруга та різниця фазних струмів, які підводяться до реле опору;

KU', KU'' – напруги, які підводяться до блока пам'яті $П$, пропорційні міжфазним напругам інших фаз;

$U_{вих}$ – вихідний сигнал реле;

$ДН, ДТ$ – датчики (перетворювачі) напруги та струму;

$\Phi 1, \Phi 2, \Phi 3$ – формувачі порівнювальних величин синусоїдальних напруг E_1, E_2, E_3 ;

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= K_{11} \cdot U + K_{12} \cdot I, \\ E_2 &= K_{11} \cdot U + K_{22} \cdot I, \\ E_3 &= K_{11} \cdot U + K_{32} \cdot I \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

де K_{11} – коефіцієнт передачі по ланцюгам напруги;

K_{12}, K_{22}, K_{32} – комплексні коефіцієнти передачі по ланцюгам

струму для формування особих точок Z_1, Z_2, Z_3 характеристики реле опору;

ΦIH – формувач імпульсів незбіжності;

PO – реагуючий орган;

$СП$ – схема порівняння величин $E_1 - E_3$ по фазі, що складається з ΦIH і PO .

Реле опору I ступеню.

Характеристика спрацьовування реле опору I ступеню (рис. 2.2) формується шляхом порівняння фаз трьох напруг:

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= K_{11} \cdot I \cdot (Z - Z_1), Z_1 = -\frac{K_{12}}{K_{11}}, \\ E_2 &= K_{11} \cdot I \cdot (Z - Z_2), Z_2 = -\frac{K_{22}}{K_{11}}, \\ E_3 &= K_{11} \cdot I \cdot (Z - Z_3), Z_3 = -\frac{K_{32}}{K_{11}}, \end{aligned} \right\} \quad (2.2)$$

де K_n – комплексний коефіцієнт передачі блоку пам'яті, який забезпечує збіг фази величин $K_{11}ZI$ і $K_n U_\phi$ і запам'ятовування на якийсь час величини $E_n = K_n U_\phi$;

U_ϕ – напруга фази до якої не підключене розглянуте реле опору.

Величини E_1, E_2, E_3 сформовані відповідно до (2.2) на виході формувачів Φ_1, Φ_2, Φ_3 (рис. 2.2) надходять на вхід ΦIH і перетворюються наступним чином: при збігу по знаку всіх порівнюваних величин виходить позитивний імпульс, а при розбіжності – негативний. Реагуючий орган PO інтегрує поступаючі з ΦIH сигнали і спрацьовує при перевищенні інтегральним значенням (e_u) граничної напруги U_n .

На рис. 2.2 (а) показані криві величин E_1, E_2, E_3 , імпульси на виході ΦIH і їхні інтегральні значення при к.з. поза зоною дії, а на рис. 2.2 (б) – при к.з. у зоні дії.

Умова спрацьовування реагуючого органа: $e_u > U_n$.

$$\frac{t_z}{t_p} = \frac{t_{nc}}{t_c} > K, \quad (1.3)$$

де t_z, t_p – постійні часу, відповідно, заряду і розряду інтегрую-

чого елемента реагуючого органа;

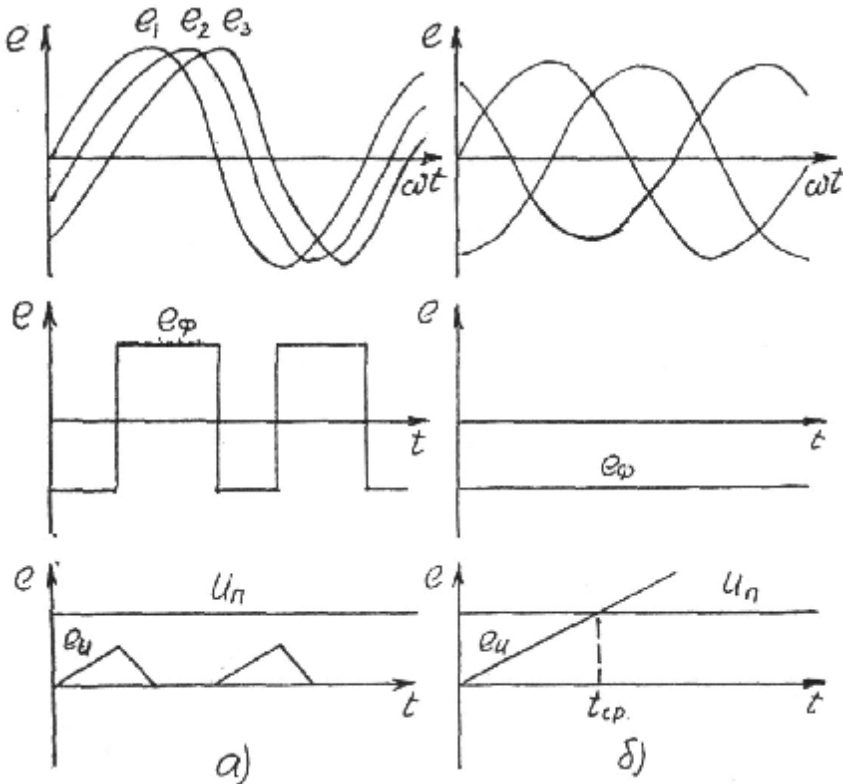
K – коефіцієнт, що визначає уставку спрацьовування реагуючого органа;

$$t_{nc} = \frac{a}{w}, t_c = p - \frac{a}{w},$$

де a – найбільше значення кута між векторами E_1, E_2, E_3 .

Граничний кут спрацьовування:

$$a_{cp} \geq \frac{K \cdot p}{1 + K}.$$



а) – к.з. поза зоною дії; б) – к.з. у зоні дії

Рисунок 2.2 – Часові діаграми роботи схеми порівняння

На рис. 1.4. показана область спрацьовування реле опору I ступеню, що представляє собою окружність, на якій знаходяться три характерні точки Z_1, Z_2, Z_3 .

При трьох порівнюваних величинах E_1, E_2, E_3 у трикутнику $Z_1Z_2Z_3$ виходить більш висока швидкодія, чим в іншій частині кола, тому що в цій зоні має місце безперервна розбіжність напруг E_1, E_2, E_3 . Кут спрацьовування $a_{cp} = 2p / 3$, як видно з рис 2.3 при $Z=Z' - a_{cp} < a'$, при $Z=Z'' - a_{cp} < a''$. Мінімальний час спрацьовування реле 6,7 мс. Для надійності роботи обраний час спрацьовування 10 мс. Для реле опору I ступеню застосовується реагуючий орган іншого виду, що порівнює час розбіжності фаз напруг E_1, E_2, E_3 з часом збігу.

Реле опору II ступеню.

Характеристика спрацьовування реле опору II ступеню формується шляхом порівняння фаз чотирьох величин:

$$\left. \begin{aligned} E_1 &= K_{11} \cdot I \cdot (Z - Z_1), Z_1 = -\frac{K_{12}}{K_{11}}, \\ E_2 &= K_{11} \cdot I \cdot (Z - Z_2), Z_2 = -\frac{K_{22}}{K_{11}}, \\ E_3 &= K_{11} \cdot I \cdot (Z - Z_3), Z_3 = -\frac{K_{32}}{K_{11}}, \\ E_4 &= K_{11} \cdot I \cdot (Z - Z_4), Z_4 = -\frac{K_{42}}{K_{11}}. \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

Для реле опору II ступеню використовується реагуючий орган першого виду, що забезпечує порівняння часу розбіжності з заданим значенням і використовується для формування багатокутних характеристик. Характеристика спрацьовування реле опору II ступеню має форму чотирикутника, що охоплює початок координат (для надійного спрацьовування при близьких к.з.) – рис. 2.4.

При ушкодженні в зоні, що захищається, $Z=Z'$ кут $a_{cp} < a'$, а при ушкодженні поза зоною, що захищається, $Z=Z''$ кут $a_{cp} < a''$.

Напруги $E_1 \div E_4$, отримані на виходах формувачів $\Phi_1 \div \Phi_4$ поступають на вхід ΦIH – формується імпульсний сигнал e_ϕ . Реагуючий орган інтегрує сигнал протягом часу розбіжності і порівнює його з заданим

значенням. Спрацювання відбувається при перевищенні значення граничної напруги U_n при $t_{nc}=10$ мс, що відповідає $a_{cp}=p$. Уставка спрацювання по тривалості обрана 15 мс, що поліпшує стабільність характеристик реле опору.

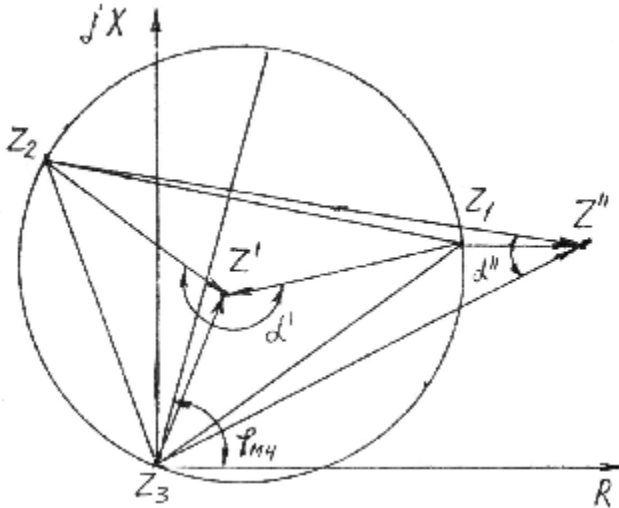


Рисунок 2.3 – Характеристика спрацювання реле опору I ступеню

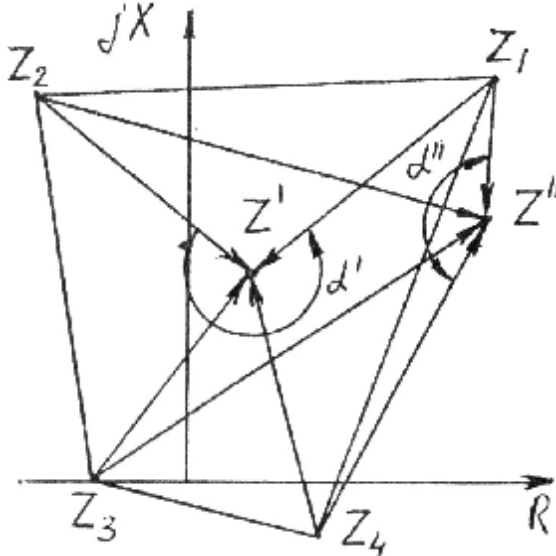


Рисунок 2.4 – Характеристика спрацьовування реле опору II ступеню
Реле опору III ступеню.

Характеристика спрацьовування реле опору III ступеню формується шляхом порівняння по фазі трьох величин і являє собою трикутник (рис. 2.5) з наступними нахилами сторін до осі R: $Z_2Z_3 - 115 \pm 5^\circ$, $Z_1Z_3 - 47 \pm 5^\circ$, Z_1Z_2 – від 15° до 0° . При цьому використовується реагуючий орган першого виду. Кут спрацьовування $\alpha_{cp} = p$, витримка часу 20 мс.

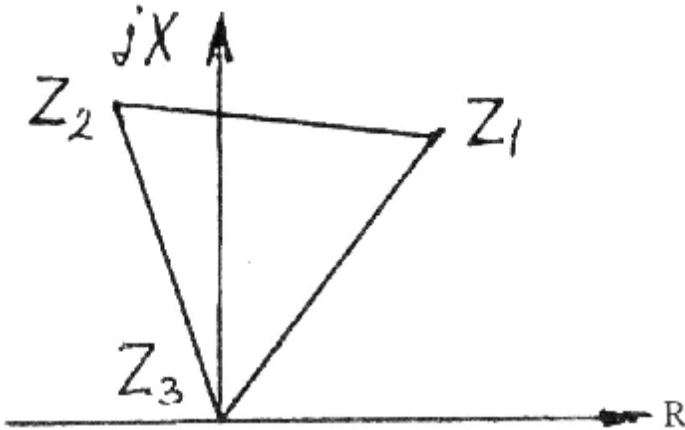


Рисунок 2.5 – Характеристика спрацьовування реле опору II ступеню

2.3 Мета роботи

2.3.1 Вивчення принципів побудови дистанційних захистів.

2.3.2 Ознайомлення з пристроями дистанційних захистів, виконаних на основі інтегральних мікросхем на базі комплектів шаф типу ШДЕ 2801 і ШДЕ 2802.

2.4 Програма роботи

2.4.1 Вивчити принцип дії і функції реле опору.

2.4.2 Провести розрахунок уставок ступенів дистанційного захисту.

2.4.3 Виставити уставки спрацьовування трьох ступенів дистан-

ційного захисту.

2.4.4 Зібрати схему для перевірки характеристик спрацьовування ступенів дистанційного.

2.4.5 Перевірити характеристику спрацьовування реле опору трьох ступенів.

2.5 Основні методичні рекомендації

2.5.1 Вибір параметрів спрацьовування захисту зі ступінчатою характеристикою.

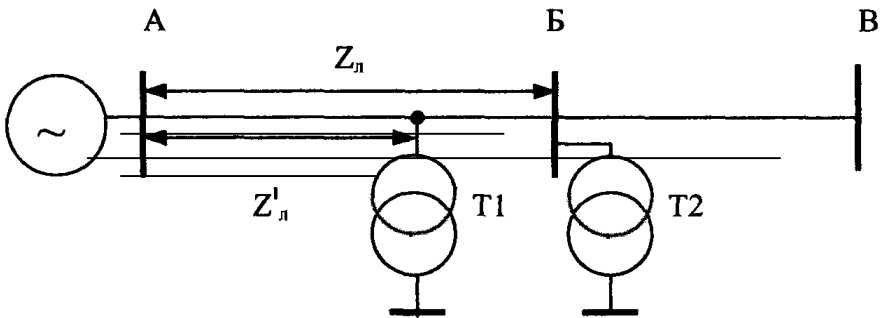


Рисунок 2.6 – Вибір параметрів спрацьовування ступенів дистанційного захисту

Перший ступінь.

Опір спрацьовування захисту вибирається:

- за умовою відстройки від к.з. на шинах підстанції Б:

$$Z'_{сз} = K_n \cdot Z_{л}; \quad (2.5)$$

- за умовою відстройки від к.з. за трансформатором T1:

$$Z'_{сз} = K_n \cdot (Z'_{л} + Z_{T1}), \quad (2.6)$$

де $Z_{л}$ – опір лінії, що захищається (АБ);

$Z'_{л}$ – опір ділянки лінії від підстанції А до місця підключення

трансформатора Т1;

$K_n = 0,8 \div 0,85$ – коефіцієнт надійності;

Z_{T1} – опір трансформатора Т1.

Примітка. Номінальна напруга і струм лінії, її переріз і довжина, а також потужність силового трансформатора Т1 задаються викладачем, а розрахунок параметрів – Z_n , Z'_n , Z_{T1} виконується за даними довідкової літератури.

Другий ступінь.

Опір спрацьовування захисту вибирається:

- за умовою узгодження з першим ступенем захисту суміжної лінії БВ:

$$Z''_{c3A} = K_n \cdot (Z_n + K'_n \cdot Z'_{c3B}) = K_n \cdot (Z_n + K'_n \cdot Z'_{n(BB)}); \quad (2.7)$$

- за умовою відстроювання від к.з. за трансформатором Т2:

$$Z''_{c3A} = K_n \cdot (Z_n + Z_{T2}), \quad (2.8)$$

де $K_n = 0,8$ – коефіцієнт надійності;

$Z_{n(BB)}$ – опір лінії БВ.

Опір спрацьовування вибирається найменшим з отриманих значень і перевіряється за коефіцієнтом чутливості:

$$K''_q = \frac{Z''_{c3A}}{Z_n} \geq 1,25. \quad (2.9)$$

Якщо ця умова не задовольняється, то значення Z''_{c3A} збільшується.

Витримка часу спрацьовувань другого ступеню захисту вибирається на ступінь селективності (Δt) більше, ніж час спрацьовування першого ступеню підстанції Б:

$$t''_A = t'_B + \Delta t, \quad (2.10)$$

де $\Delta t = 0,5$ с; $t'_B = 0$.

Третій ступінь.

Опір спрацьовування третього ступеню вибирається з умови відстройки від мінімально можливого опору в робочому режимі з урахуванням запуску електродвигунів:

$$Z'''_{c3} = \frac{U_{роб.мин}}{\sqrt{3} \cdot I_{роб.мах} \cdot K_n \cdot K_e \cdot K_{c3} \cdot \cos(j_{роб} - j_{pмах})}, \quad (2.11)$$

де $U_{роб.мин}$ – мінімальна робоча напруга мережі;

$I_{роб.мах}$ – максимальний робочий струм;

K_e – коефіцієнт повернення реле, $K_e = 1,05$;

K_{c3} – коефіцієнт, що враховує самозапуск електродвигунів, $K_{c3} = 2,5$;

K_n – коефіцієнт надійності, $K_n = 1,2$;

$j_{роб}$ – фазовий кут між $U_{роб.мин}$ і $I_{роб.мах}$;

$j_{pмах}$ – кут максимальної чутливості захисту (прийнятий рівним куту лінії).

Примітка. При розрахунку опору спрацьовування третього ступеню захисту прийняти $j_{роб} = j_{pмах}$, а $I_{роб.мах} = 1,2 I_{ном}$.

Після визначення опорів спрацьовування захисту визначаються опори спрацьовування реле кожного ступеню:

$$Z'_{cp} = \frac{Z'_{c3} \cdot K_{ТТ}}{K_{ТН}}, Z''_{cp} = \frac{Z''_{c3} \cdot K_{ТТ}}{K_{ТН}}, Z'''_{cp} = \frac{Z'''_{c3} \cdot K_{ТТ}}{K_{ТН}}, \quad (2.12)$$

де $K_{ТТ}$, $K_{ТН}$ – коефіцієнти трансформації трансформаторів струму і напруги.

2.5.2 Проведення тестових перевірок дистанційного захисту.

2.5.2.1 Блок для тестових перевірок захисту U1021 переставити в осередок для проведення перевірок.

2.5.2.2 Включити автомат живлення панелі захисту SF1 і блок живлення панелі.

2.5.2.3 Провести тестову перевірку реле опору, включеного на фази А і В, для чого натиснути і повернути фішку АВ на блоці U1021. При цьому повинні загорятися наступні світлодіоди:

- на блоці K1040 – "Б" (швидкодіючий захист), "М" (повільнодіючий захист);

- на блоці реле опору фази АВ C1011 – "І", "ІІ", "ІІІ";

- на блоці Л1030 – "І_д", "І - ІІ_д", "ІІ_д", "У_д", "тест испр."

2.5.2.4 Після проведення тестового контролю фішка АВ на блоці U1021 піднімається і гаситься сигналізація (натисканням червоної кнопки на двері шафи).

2.5.2.5 Тестова перевірка реле опорів на фазах ВС і СА проводиться аналогічно.

2.5.2.6 Після тестової перевірки блок U1021 переставляється в робоче положення.

2.5.3 Послідовність проведення операцій при виставленні уставок спрацьовування реле опору.

2.5.3.1 Визначити число витків (у відсотках стосовно повного числа витків) проміжного трансформатора блоку перетворювача напруги для І ступеню:

$$N = \frac{Z_{\min}}{Z_{\text{уч}}}} \cdot 100\%, \quad (2.13)$$

де $Z_{\min}$ – мінімальний опір спрацьовування реле опору І ступеню, значення якого вибирається за коефіцієнтом $K1$:

$$K1 = 1 \quad Z_{\min} = 5 \text{ Ом},$$

$$K1 = 0,5 \quad Z_{\min} = 2,5 \text{ Ом},$$

$$K1 = 0,25 \quad Z_{\min} = 1,25 \text{ Ом},$$

$Z_{\text{уч}}$ – розрахунковий опір спрацьовування реле І ступеню.

2.5.3.2 Виставити на блоці перетворювачів струму Д1031 коефіцієнт $K1$, обраний при розрахунках по п.2.5.3.1.

2.5.3.3 Виставити на блоці перетворювачів напруги Д1020 для І ступеню значення N найближче більше до отриманого в п. 2.5.3.1.

2.5.3.4 Ознайомитися з призначенням і розташуванням перемикачів, клем, затисків вимірювальних приладів пристрою для перевірки релейного захисту типу У5053.

2.5.3.5 Зібрати схему для перевірки характеристик спрацьовуван-

ня дистанційного захисту від пристрою типу У5053 використовуючи при цьому іспитові роз'єми замість робочих.

Призначення рознімів:

SG1 – для ланцюгів струму;

SG2 – для підключення ланцюгів напруги при з'єднанні обмоток трансформатора напруги за схемою розімкнутого трикутника;

SG3 – для підключення ланцюгів напруги при з'єднанні обмоток трансформатора напруги в "зірку".

Між крайніми затискачами SG3 встановити перемички для зборки ланцюгів оперативного струму.

2.5.3.6 Включити ланцюга оперативного струму: включити автомат SF1 і тумблер на блоці живлення шафи релейного захисту.

2.5.3.7 Подати живлення від мережі 380 В на пристрій для перевірки релейного захисту. Перемикачі пристрою для перевірки релейного захисту повинні бути в наступних положеннях:

S2 – $\otimes$, S3 – "вим.", S4 – "5А", S6 – " $\sim I_T$ ", S7 – " $\sim I_T$ ", S8 – "спрац.", S9 – "115", S10 – "вим.", S11 – "вим.", S12 – "вим.", S13 – "вим.", S15 – "1А", S16 – "10, 25, 50 А", S17 – "10, 25, 100 А", S18 – "АВ", S19 – "5А", S20 – "прямо", S21 – "20", S23 – "360°", S25 – "внутр.", S26 – "АВ", S27 – "вим.", S28 – "вим.", S29 – "вим.", S30 – "вим.", S31 – "2 ф.к.з.".

2.5.3.8 При проведенні перевірки характеристик спрацьовування перемикачі S10 і S28 перевести в положення "ввим.".

2.5.3.9 Виставити на пристрої У5053 кут максимальної чутливості – 75°, струм 1 А и напругу 100 В між фазами А і В.

2.5.3.10 При зниженні напруги перевірити уставку спрацьовування реле опору I ступеню. Спрацьовування реле визначається по загорянню світодіоду на лицьовій панелі відповідного блоку С101.

Опір спрацьовування визначається за наступною формулою:

$$Z_{cp} = \frac{U_{cp}}{2 \cdot I}. \quad (2.14)$$

2.5.3.11 Визначити напругу на пристрої У5053, при якому $Z_{cp}=Z_{yct}$ при тому же струмі I_{AB} :

$$U_{cp} = 2 \cdot I \cdot Z_{yct}, \quad (2.15)$$

і виставити його.

2.5.3.12 Провести регулювання опору спрацьовування реле за допомогою елементів плавного регулювання на блоці С101 (по загорянню світодіода).

2.5.3.13 Перевірити уставку спрацьовування реле після плавного регулювання аналогічно п.2.5.3.10.

2.5.3.14 Підвищуючи напругу до загасання світодіода, визначити напругу (U_{ep}) і опір повернення реле:

$$Z_{ep} = \frac{U_{ep}}{2 \cdot I}, \quad (2.16)$$

а потім розрахувати коефіцієнт повернення реле:

$$K_g = \frac{Z_{ep}}{Z_{cp}} \leq 1.05. \quad (2.17)$$

2.5.3.15 Визначити характеристику спрацьовування реле опору. Для цього визначається опір спрацьовування реле при різних фазових кутах у межах від 0 до 360° відповідно до п. 2.5.3.10.

2.5.3.16 Знизити до нуля струм і напругу на пристрої У5053 і переключити S18 і S26 у положення “BC”. Виставити уставки спрацьовування реле опору I ступеню, включених на різницю фаз В і С за п. 2.5.3.9 - 2.5.3.15.

2.5.3.17 Знизити струм і напругу на пристрої У5053 до нуля і переключити S18 і S26 у положення “CA”. Виставити уставки спрацьовування реле опору I ступеню, включеного на різницю фаз С і А за п. 2.5.3.9 - 2.5.3.15.

2.5.3.18 Визначити число витків (у відсотках стосовно повного числа витків) проміжного трансформатора блоку перетворювача напруги для реле опору II ступеню за (2.13) аналогічно п. 2.5.3.1 (Z_{yct} – розрахунковий опір спрацьовування реле II ступеню). Вибір коефіцієнта $K1$ аналогічний.

2.5.3.19 Виставити на блоці Д1041 коефіцієнт $K1$, що обраний при розрахунку за п. 2.5.3.18.

2.5.3.20 Виставити на блоці перетворювача напруги Д1020 (для II ступеню) значення N найближче більше до отриманого в п. 2.5.3.18.

2.5.3.21 Виставити і перевірити уставку спрацьовування реле опору II ступеню, а також визначити коефіцієнт повернення реле за п. 2.5.3.9 - 2.5.3.17.

2.5.3.22 Визначити число витків (у відсотках стосовно повного числа витків) проміжного трансформатора блоку перетворювачів напруги для реле опору III ступеню за (2.13) аналогічно п.2.5.3.1. (Z_{ycm} – розрахунковий опір спрацьовування реле III ступеню, а величина Z_{min} вибирається за наступними коефіцієнтами $K1$:

$$\begin{array}{ll} K1 = 2 & Z_{min} = 10 \text{ Ом}, \\ K1 = 1 & Z_{min} = 5 \text{ Ом}, \\ K1 = 0,5 & Z_{min} = 2,5 \text{ Ом}, \end{array}$$

2.5.3.23 Виставити на блоці Д1041 коефіцієнт $K1$, що обраний при розрахунку за п. 2.5.3.22.

2.5.3.24 Виставити на блоці перетворювача напруги Д1020 (для III ступеню) значення N , найближче більше до отриманого в п.2.5.3.22.

2.5.3.25 Виставити і перевірити уставки спрацьовування реле опору III ступеню, а також визначити коефіцієнт повернення реле за п. 2.5.3.9 - 2.5.3.17.

2.5.3.26 Виставити час спрацьовування реле опору I ступеню на блоці В0111 шляхом ступінчастого регулювання:

$$t'_{cp} = 0.05 + \sum t'_i, \quad (2.18)$$

де $\sum t'_i$ – сума проміжків часу, виставлена на блоці В0111.

2.5.3.27 Виставити час спрацьовування реле опору II ступеню на блоці В0112 шляхом ступінчастого регулювання:

$$t''_{cp} = 0.05 + \sum t''_i, \quad (2.19)$$

де $\sum t''_i$ – сума проміжків часу, виставлена на блоці В0112 для II ступеню.

2.5.3.28 Виставити час спрацьовування реле опору III ступеню на блоці В0112 шляхом ступінчастого регулювання:

$$t'''_{cp} = 0.05 + \sum t'''_i \quad (2.20)$$

$\sum t''_i$ – сума проміжків часу виставлена на блоці B0112 для III ступеню.

2.6 Зміст звіту

Звіт про проведену лабораторну роботу повинний містити.

2.6.1 Технічні дані застосовуваних комплектів захистів.

2.6.2 Розрахунок опорів спрацьовування триступінчатого дистанційного захисту.

2.6.3 Дані розрахунку уставок спрацьовування, що виставляються.

2.6.4 Показання приладів при виставлянні уставок спрацьовування і рисунки характеристики спрацьовування реле опорів трьох ступенів захисту.

2.6.5 Опис проведених дослідів.

2.6.6 Висновки про проведену роботу.

Перелік посилань

1. Андреев В.А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения.- М.: Высшая школа, 1985.

2. Беркович М.А., Молчанов В.В., Семенов В.А. – Основы техники релейной защиты - М: Энергоатомиздат, 1984.

3. Руководящие указания по релейной защите, вып.7. Дистанционная защита линий 35-330 кВ - М: Энергия, 1968.

4. Бирг А.Н., Нудельман Г.С., Федоров З.К. и др. Устройства дистанционной и токовой защит типов ШДЭ 2801 и ШДЭ 2802 - М.: Энергоатомиздат, 1988.