

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання курсової роботи
з дисципліни**

«РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ І АВТОМАТИКА»

(для студентів 4 курсу денної і 4, 5 курсів заочної форм навчання
за напрямом 6.050701 “Електротехніка та електротехнології”
спеціальності “Електротехнічні системи електроспоживання”)

Харків
ХНАМГ
2012

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Релейний захист і автоматика» (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання за напрямом 6.050701 “Електротехніка та електротехнології” за спеціальністю "Електротехнічні системи електроспоживання") / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Ю. В. Володимиров, Д. В. Рум'янцев. – Х.: ХНАМГ, 2012. - 23 с.

Укладачі: Ю. В. Володимиров,
Д. В. Рум'янцев

Рецензент: к. т. н. , доц. Д. С. Шимук

Рекомендовано кафедрою електропостачання міст,
протокол № 4 від 12.11.2010 р.

ЗМІСТ

1.	ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ	4
1.1.	Обсяг і зміст курсової роботи	5
1.2.	Використовування початкових даних варіантів розрахунку	5
2.	ПЕРЕЛІК ЗАДАЧ	7
3.	РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ	8
4.	РОЗРАХУНОК ЗАХИСТІВ І ПЕРЕВІРКА ЇХНЬОЇ ЧУТЛИВОСТІ	11
4.1.	Максимальний струмовий захист (МСЗ) ліній і трансформаторів	11
4.2.	Струмове відсічення	11
4.3.	Диференційний захист трансформатора	12
4.4.	Диференційний направлений захист паралельних ліній	13
4.5.	Дистанційний захист ліній	14
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ	18
	ДОДАТОК	19

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

За КР було обрано розрахунок окремих захистів елементів електричної мережі (рис. 1). Початкові дані для розрахунку було наведено в додатку.

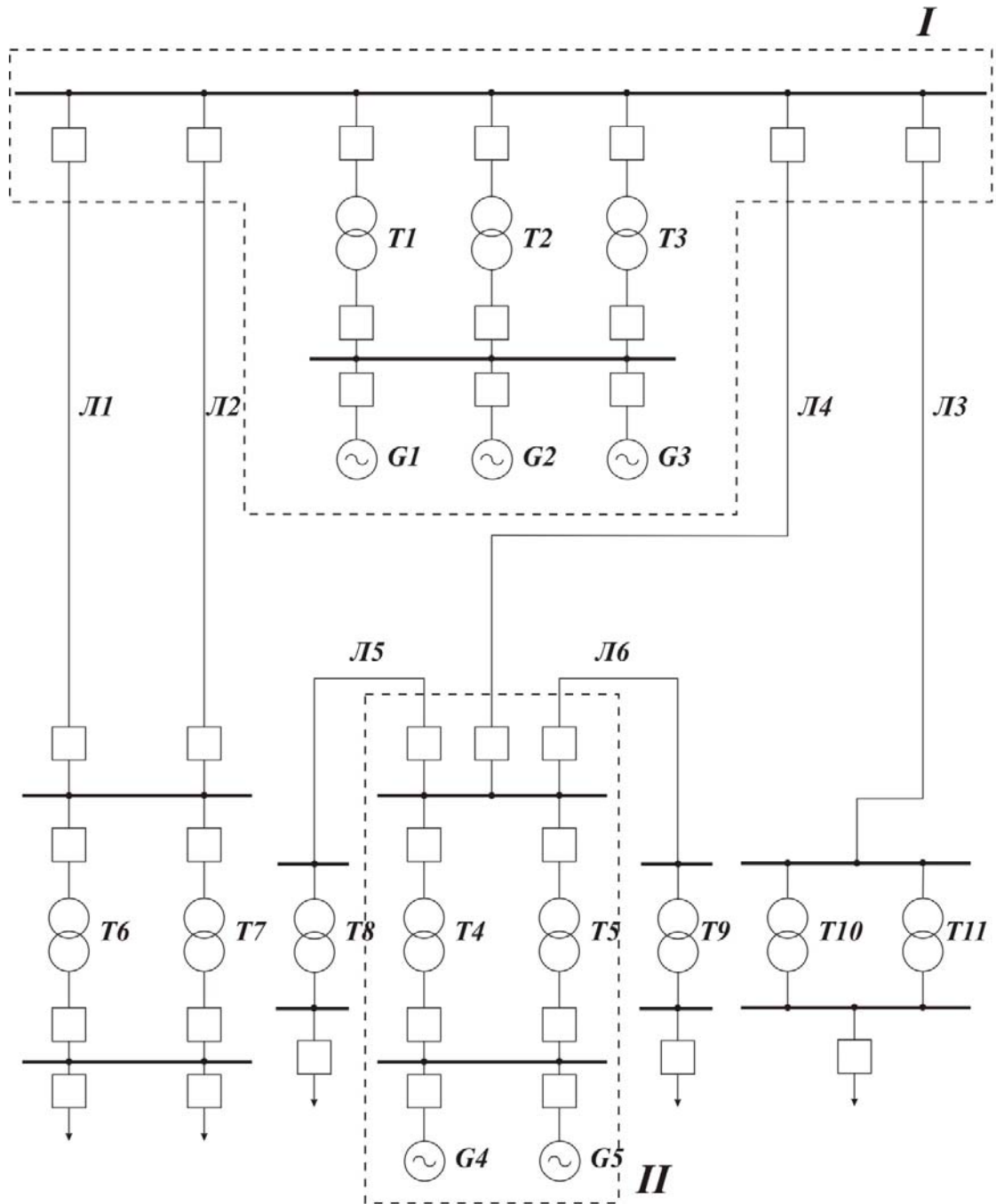


Рис 1, – Схема електричної мережі

1.1. Обсяг і зміст курсової роботи

Для виконання завдання необхідно для кожного варіанта провести наступні розрахунки:

- обрати місце розташування розрахункових точок і розрахувати струми короткого замикання (к.з.) в об'єкті, необхідному для визначення струму спрацьовування і коефіцієнта чутливості захисту, що розраховується;
- визначити струми нормального і максимального навантажувальних режимів;
- обрати трансформатори струму;
- визначити струм спрацьовування захисту, що розраховується;
- перевірити чутливість захисту, що розраховується, при роботі його як основного й резервного;
- дати рекомендації щодо вживання іншого, більш чутливого захисту, якщо чутливість захисту, що розраховується, не задовольняє вимогам ПУЕ;
- викреслити принципову (суміщену та розгорнену) схему захисту, що розраховується.

Завдання оформлюється у вигляді пояснювальної записки, виконаної на листах білого паперу формату 210x297 мм (допускається оформлення в шкільних зошитах у клітинку) і що містить 15 – 25 сторінок. Графічна частина КР у вигляді принципів електричних схем виконується на таких же листах або міліметровці.

1.2. Використання початкових даних варіантів розрахунку

1.2.1. На схемі електричної мережі (див. рис. 1) генератори електростанції включені за схемою, що вживається на ТЕЦ (є система шин генераторної напруги). За потужності 100 МВт і вище генератори за звичай включаються у блоці з трансформатором відповідної потужності, тому в завданнях із генераторами такої потужності слід приймати схему ГРЕС (блоки генератора – трансформатор без шин генераторної напруги і без вимикачів між ними).

1.2.2. У всіх варіантах завдання електричну систему приймати такою, що має потужність S_{∞} , яка дорівнює збільшеній учетверо сумарній потужності синхронних генераторів G-1 – G-3. На схемі не було вказано опір системи. Він визначається за потужністю системи та її опору. В розрахунках приймати $X_c = 5\%$ (у відносних одиницях).

1.2.3. При визначенні чутливості захистів доводиться визначати струми к.з. у мінімальному режимі. Таким режимом є відключення одного з генераторів (блоків) станції та зменшення на 10 % потужності системи.

1.2.4. На схемі й в додатку не була вказана потужність навантаження. Її слід визначати за потужністю живлячих трансформаторів, маючи на увазі, що трансформатори в нормальному режимі завантажуються приблизно на 85 % номінальної потужності.

1.2.5. До задачі розрахунку релейного захисту входить визначення мінімальних коефіцієнтів чутливості захисту. Допустимі значення цих коефіцієнтів визначаються «Правилами устрою електроустановок» (ПУЕ) [1], зазначені у відповідних розділах методичних вказівок. Якщо значення, отримані за допомогою розрахунків, нижчі за допустимі (що може мати місце), то слід використовувати шляхи підвищення чутливості; якщо це не допомагає, то вказати, який захист варто застосувати в такому випадку.

1.2.6. Захист ліній у мережах із заземленою нейтраллю (110 кВ і вище) може бути як загальним для всіх видів к.з., так і роздільним у вигляді комплекту захисту від міжфазних к.з. і окремого комплекту захисту від однофазних к.з. Роздільний захист, як зазначено в курсах релейного захисту, забезпечує високу чутливість і швидкодію за однофазних к.з. і має, як правило, застосовуватися в захистах ліній.

1.2.7. При виборі типу трансформатора струму й визначенні допустимого навантаження на них слід приймати загальні для всіх завдань дані: довжину кабелю від трансформатора струму до місця установки реле – 100 м, перетин кабелю 2,5 або 4 мм² (мідь), опір струмової обмотки одного реле – 0,1 Ом, струмова погрішність, що допускається, — до 10 %.

2. ПЕРЕЛІК ЗАДАЧ

Відповідно до заданого варіанта студент має виконати розрахунок одного з нижче перерахованих захистів:

- 1) максимального струменевого захисту лінії електропередачі Л3;
- 2) струмового відсічення та максимального струменевого захисту блоку лінії електропередачі Л3 – трансформатор Т10, Т11;
- 3) максимального струменевого спрямованого захисту лінії електропередачі Л4;
- 4) дистанційного захисту для лінії електропередачі Л4 – Л5 (для Л4 з боку шин станції I);
- 5) поперечного струменевого диференційного направленої захисту ліній Л1 і Л2;
- 6) максимального струменевого захисту і струменевого відсічення блоку – лінія Л5 – трансформатор Т8;
- 7) диференційного захисту трансформатора Т1;
- 8) диференційного захисту трансформатора Т4;
- 9) диференційного захисту синхронного генератора G1 ;
- 10) диференціального захисту блоку «генератор G1 – трансформатор Т1»;
- 11) диференційного захисту блоку «генератор G4 – трансформатор Т4»;
- 12) максимального струменевого захисту від зовнішніх к.з. для синхронного генератора G2;
- 13) максимального струмового захисту від зовнішніх к.з. для синхронного генератора G4;
- 14) максимального струменевого захисту від зовнішніх к.з. для трансформатора Т1;
- 15) максимального струменевого захисту від зовнішніх к.з. для трансформатора Т4;
- 16) максимального струменевого захисту від зовнішніх к.з. для трансформатора Т5;
- 17) максимального струменевого захисту від зовнішніх к.з. для трансформатора Т10;
- 18) диференційного захисту для трансформатора Т7;
- 19) максимального струменевого захисту від зовнішніх к.з. для блоку «генератор G2 – трансформатор Т2»;
- 20) максимального струменевого захисту від зовнішніх к.з. для блоку «генератор G4 – трансформатор Т4».

3. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

При складанні схеми заміщення можна опори елементів схеми приводити до базисних умов або вести розрахунок в іменованих одиницях (в омах).

Для генераторів, трансформаторів, реакторів у каталогах і довідниках задаються відносні опори $Z_{*ном}$ – за номінальних умов. Приведення їх до базисних умов здійснюється за формулою

$$Z_{*б} = Z_{*ном} \cdot \frac{S_{б} \cdot U_{ном}^2}{S_{ном} \cdot U_{б}^2}, \quad (1)$$

що для трансформатора $Z_{*ном}$ відповідає напрузі к.з.

Для ліній відомий погонний опір (в омах на кілометр), що дорівнює в середньому $Z_n = 0,45$ Ом/км; $X_n = 0,4$ Ом/км. Приведення до базисних умов здійснюється за наступною формулою:

$$X_{*бл} = X_{л} \cdot \frac{S_{б}}{U_{б}^2}. \quad (2)$$

Напруги і ЕРС, задані у відносних одиницях за номінальних умов $U_{*ном}$, де

$$U_{*ном} = \frac{U}{U_{ном}} \quad (3)$$

перераховуються на базисні $U_{*б}$ за виразом

$$U_{*б} = U_{*ном} \cdot \frac{U_{ном}}{U_{б}}. \quad (4)$$

Якщо за $U_{*б}$, прийняти $U_{ном}$, то вирази спрощуються, оскільки

$$\frac{U_{ном}}{U_{б}} = 1.$$

При розрахунку в іменованих одиницях опору системи й генераторів (в омах) визначаються за формулою:

$$X = \frac{X_* \%}{100} \cdot \frac{U_n^2}{S_n} . \quad (5)$$

Для трансформатора замість $X_* \%$ вводиться $U_{*K} \%$

Урахування активного опору проводиться, якщо $R_\Sigma > \frac{X_\Sigma}{3}$, де R_Σ і X_Σ – результуючі опори відносно місця к.з. у схемах заміщення.

У всіх генераторів, реакторів і трансформаторів $R_p > \frac{X_p}{3}$, тому при розрахунках к.з. в колах із реакторами нехтують активним опором реакторів, генераторів і трансформаторів.

Елементи схеми заміщення і ЕРС різних ступенів трансформації приводять до одного ступеня – основного.

При виконанні курсової роботи дозволено користуватися наближеним розрахунком, за якого за базисну напругу на кожному ступені трансформації U_ϕ , окрім реакторів, приймається середня номінальна напруга, що відповідає цьому ступеню.

Реактори однієї номінальної напруги можуть установлюватися, на боці меншої номінальної напруги (наприклад, реактор 10 кВ в мережі 6 кВ), яку треба врахувати при розрахунку. Опір реактора (заданий у відносних одиницях Z_*) у цьому випадку перераховується в омах:

$$Z = \frac{Z_{*ном} \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot I_{ном}} = \frac{Z \% \cdot U_{ном}}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{ном}},$$

а потім стосовно обраного основного ступеня – за наступним співвідношенням :

$$Z_{прив} = \frac{Z \cdot U_{ср.осн}^2}{U_{ср}^2} \quad (6)$$

Наближений розрахунок прийнятний лише для вибору електричних апаратів, а для реального захисту може дати надмірну погрішність, але в КР допускається для спрощення розрахунків.

При виборі уставок швидкодіючих релейних захистів (і часом до 0,1÷0,2 с) необхідно визначати початкові надперехідні струми (діюче значення періодичної складової струму в початковий момент к.з.). Аперіодична складова струму к.з. враховується введенням коефіцієнта аперіодичності ($\kappa_d \approx 1,3$).

За наявності поблизу місця к.з. потужних електродвигунів їхні параметри мають враховуватися як джерела живлення місця к.з.

У середньому для асинхронного двигуна $\varepsilon_*'' = 1,1$, а $X_*'' = \frac{I}{I_{\text{пуск}}} = \frac{1}{I_{*\text{пуск}}}$; для синхронного двигуна $\varepsilon_*'' = 1,1$, а $X_*'' = 0,2$.

Для узагальненого навантаження відносні величини, зараховані до повної потужності в мегавольтамперах і середньої номінальної напруги ступеня, де вони встановлені, приймають $\varepsilon_*'' = 0,85$; $X_*'' = 0,35$.

Для резервних і основних захистів із часом дії більше 0,2 с розраховуються струми к.з. у сталому режимі з використанням кривих загасання струмів (метод розрахункових кривих) для генераторів з автоматичним регулюванням збудження.

Якщо сумарний опір генератора X_d і мережі X_k до місця к.з. в схемі прямої послідовності, віднесене до номінальної потужності генератора, більше трьох, то загасання може не враховуватися. При декількох джерелах живлення к.з. це належить до сумарного опору кожного з «променів» схеми заміщення.

4. РОЗРАХУНОК ЗАХИСТІВ І ПЕРЕВІРКА ЇХНЬОЇ ЧУТЛИВОСТІ

4.1. Максимальний струмовий захист (МСЗ) ліній і трансформаторів

Струм спрацьовування струмових реле визначається за максимальним робочим струмом ліній або номінальним струмом трансформатора з урахуванням його підвищення після відключення к.з. (за рахунок струмів самозапуску двигунів), коефіцієнта повернення реле, коефіцієнта надійності й коефіцієнта трансформації трансформаторів струму:

$$i_{cp} = \frac{\kappa_n \cdot \kappa_{cз} \cdot \kappa_{cx}}{\kappa_n} \cdot \frac{I_{раб.макс}}{n_{ТТ}}, \quad (7)$$

де $\kappa_{cз}$ – коефіцієнт, що враховує збільшення струму при самозапуску двигунів; обирається в межах 1÷3, за відсутності даних для вибору приймається середнє значення;

κ_n – коефіцієнт повернення реле; приймається 0,85;

κ_n – коефіцієнт надійності; приймається 1,1÷1,2.

κ_{cx} – коефіцієнт схеми, що дорівнює одиниці або $\sqrt{3}$ залежно від схеми включення трансформаторів струму та реле.

Чутливість захисту перевіряється в максимальному режимі мережі для того типу к.з., на який має реагувати захист; за такого режиму має місце якнайменше значення струму к.з. Чутливість захисту характеризується коефіцієнтом чутливості (відношення мінімального струму к.з. в реле до струму його спрацьовування).

Коефіцієнт чутливості при к.з. у кінці лінії, на якій установлений захист, або за трансформатором має бути не менше 1,5 (перевірка чутливості захисту як основного). При к.з. в кінці подальшої лінії коефіцієнт чутливості має бути не менше 1,2 (перевірка чутливості захисту, як резервного).

Підвищення чутливості МСЗ трансформаторів можна досягти введенням блокування захисту від реле мінімальної напруги, що дозволяє не враховувати самозапуск двигунів і струмів перевантажень при виборі струму спрацьовування струмових реле.

4.2. Струмове відсічення

Уставка струмового відсічення вибирається на 30 – 40 % більшої, ніж струм к.з. у кінці лінії (або за трансформатором блоку) в максимальному режимі мережі. Чутливість захисту визначається в такому ж режимі, як і в п.4.1, але характеризується зоною захисту в цьому режимі. Відсічення вважається доцільним,

якщо воно захищає в максимальному режимі більше 25 % лінії (або всю лінію у випадку блоку лінія – трансформатор). Визначення зони може проводитися аналітично або графічно. Відсічення не може бути єдиним захистом і доповнюється МСЗ із витримкою часу, вибір якого також входить до завдання.

Час дії відсічення приймається $0,7 \div 1$ с для відбудови швидкодіючих захистів попередніх елементів і одночасно від кидків намагнічувального струму трансформаторів, і частково від аперіодичної складової струму к.з.

4.3. Диференціальний захист трансформатора

Диференціальний захист трансформатора може виконуватися за допомогою реле РНТ-565 (без гальмівних обмоток) або реле серії ДЗТ із гальмівними обмотками за недостатньої чутливості захисту.

Струм спрацьовування реле обирається з урахуванням відбудови від струму небалансу, протікаючого в реле за зовнішніх для трансформатора к.з. і від кидків намагнічувального струму, при включенні трансформатора.

За першою умовою (для первинних струмів):

$$I_{сз} = \kappa_n \cdot I_{нб.макс} \quad (8)$$

де κ_n приймається 1,3 для реле типу РНТ і 1,5 – для реле типу ДЗТ, а струм небалансу визначається за к.з. на виводах трансформатора за виразом:

$$I_{нб.макс} = \left(\kappa_a \cdot \frac{f\%}{100} + \Delta u\% + \Delta i_{впр} \right) \cdot I_{кз.макс} \quad (9)$$

де $f\%$ – максимально допустима погрішність трансформаторів струму ($f\% = 10\%$);

$\Delta u\%$ – погрішність, що характеризується наявністю регулювання напруги під навантаженням (що дорівнює максимальному відсотку регулювання);

$\Delta i\%$ – погрішність від неповного вирівнювання вторинних струмів трансформатора (заздалегідь приймається в 5 %);

$I_{кз.макс}$ – струм зовнішнього трифазного к.з. у максимальному режимі;

κ_a – коефіцієнт аперіодичної складової струму к.з., що приймається для РНТ у 1,0.

За другою умовою:

$$I_{сз} = \kappa_p \cdot I_{ном.тр} \quad (10)$$

При розрахунку ДЗТ враховується тільки друга умова.

До завдання входить вибір кількості витків робочої та зрівняльної обмоток реле РНТ, гальмівних обмоток (при використанні реле ДЗТ), а також перевірка чутливості захисту, при якому слід врахувати схему з'єднання трансформатора струму, вибрати режим мережі й вид к.з. (при них коефіцієнт чутливості мінімальний). Допустиме значення коефіцієнта чутливості – 2,0.

4.4. Диференціальний направлений захист паралельних ліній

Струм спрацьовування струмових реле обирається з необхідності відбудови:

- від максимального струму небалансу за найбільш важкого зовнішнього к.з.;
- від сумарного робочого струму двох ліній із урахуванням коефіцієнта повернення реле;
- від струму, що протікає в непошкоджених фазах.

Струм небалансу визначається за виразом (9); береться приймається струмів зовнішнього к.з., що протікає по одній лінії.

Струм у непошкоджених фазах:

$$I_{\text{кфаз}} = I_{\text{нагр}} + \kappa \cdot I_0,$$

де I_0 – струм нульової послідовності у схемі заміщення;

$\kappa \cdot I_0$ – частина цього струму, що протікає в пошкодженій лінії (в межі $\kappa = 1$).

Визначальною умовою є, звичайно, друге; третє не враховується, якщо комплект захисту від міжфазних к.з. виводиться з дії за однофазних к.з.

Чутливість захисту перевіряється у двох режимах.

І. При к.з. в точці, що дорівнює чутливості захистів, установлених на кінцях ліній (рис. 2, а). Якщо струми спрацьовування реле на живлячому й живленому кінці ЛЕП складають відповідно $I_{\text{срА}}$ і $I_{\text{срВ}}$, а довжини ЛЕП тотожні, то віддаленість точки рівних чутливостей від живленого кінця ЛЕП визначається наступним рівнянням:

$$l_r = \frac{I_{\text{срВ}}}{I_{\text{срА}} + I_{\text{срВ}}} \cdot l. \quad (11)$$

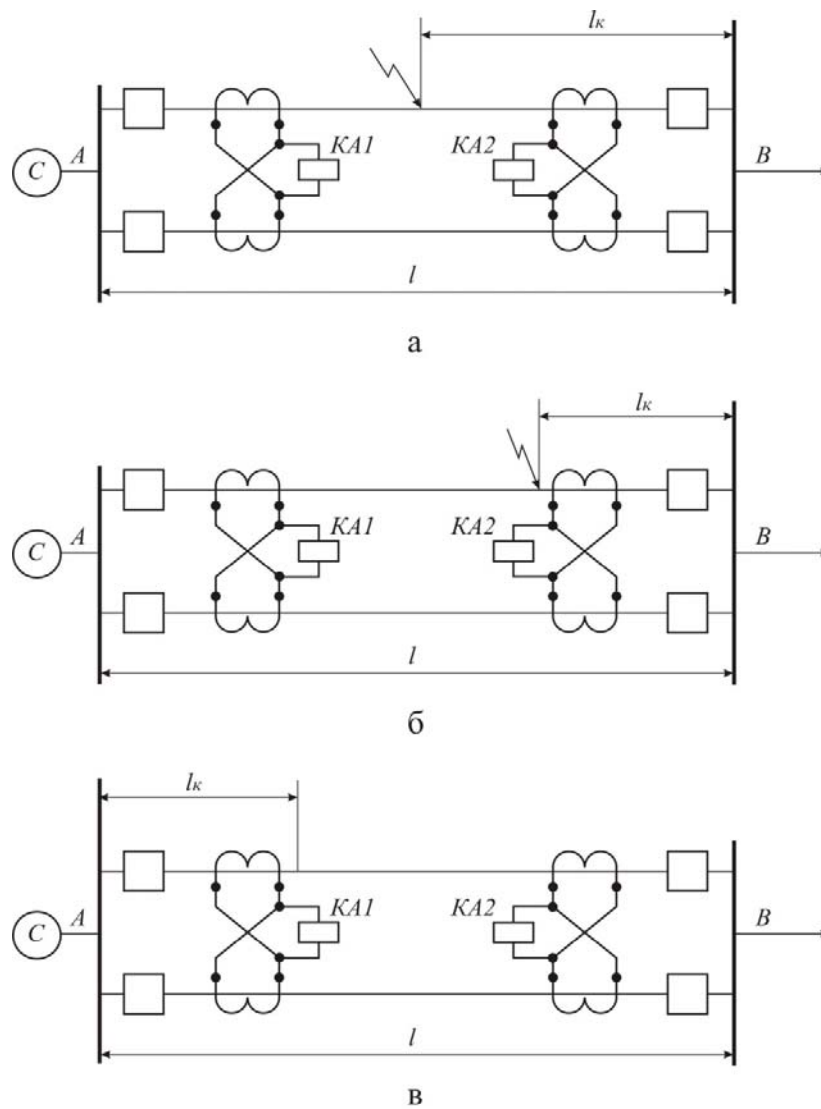


Рис 2. – Визначення чутливості поперечного струмового диференційного спрямованого захисту,

При рівних струмах спрацьовування обох захистів ця точка знаходиться всередині лінії.

II. При к.з. у зоні каскадної (почергової) дії захистів, тобто при к.з. на кінцях однієї з ліній після відключення найближчого до цього місця вимикача (рис. 2, б; 2, в).

У першому випадку коефіцієнт чутливості має бути не менше 2, у другому – не менше 1,5. Підвищення чутливості захисту можливе шляхом введення блокування за допомогою реле мінімальної напруги, що знімає другу умову вибору струму спрацьовування струмових реле.

4.5. Дистанційний захист ліній

Розраховується захист лінії Л4, що відходить від шин вищої напруги станції І (див. рис. 1). Для визначення величини першої зони (ступеня) захисту Z'_{L-4} дані подальшої лінії не використовуються:

$$Z'_{L-4} = \kappa_{зан} \cdot Z_{L-4}, \quad (12)$$

Для вибору другої зони Z''_{L-4} заздалегідь визначаються довжина й опір першої зони $Z'_{L-5(6)}$ подальшої лінії Л5 або Л6. Друга зона:

$$Z''_{L-4} = (Z_{L-4} + \kappa_{разв} \cdot Z'_{L-5}) \cdot \kappa_{зан}, \quad (13)$$

де $\kappa_{разв}$ – відношення струму к.з. у лінії Л5 до струму к.з. у кінці першої зони лінії Л5;

$\kappa_{зан}$ – коефіцієнт (запасу), що приймається в 0,85.

Величина $\kappa_{разв}$ визначається з урахуванням наявності станції ІІ:

$$\kappa_{разв} = \frac{I_{к(L-5)}}{I_{к(L-4)}}. \quad (14)$$

Другою умовою для вибору опору спрацьовування другого ступеня (зони) дистанційного захисту є його відбудова струму к.з. за трансформатором електростанції ІІ (при схемі ТЕЦ на її шинах генераторної напруги);

$$Z''_{L-4} = (Z_{L-4} + \kappa_T \cdot Z_{TP}) \cdot \kappa_{зан}, \quad (15)$$

де Z_{TP} – опір трансформатора ГРЕС-2 (або двох паралельно включених трансформаторів ТЕЦ2);

$\kappa_T = \frac{I_{к(T)}}{I_{к(L-4)}}$ – коефіцієнт токорозподілу, що дорівнює відношенню струму к.з.

у трансформаторі до струму к.з. у лінії Л4 у такому режимі, коли струм $I_{к(T)}$ має мінімальне, а $I_{к(L-4)}$ максимальне значення.

За остаточну величину опору спрацьовування другої зони приймається найменша з двох величин, що визначається рівнянням (13), (15).

При схемі ГРЕС станції ІІ вибір опору спрацьовування 2-ї зони за умовою відробітку від к.з. за трансформатором не проводиться, оскільки блок має швидкодійний захист за цих к.з.

Вибране Z''_I перевіряється за умовою надійної дії (чутливості) при к.з. на шинах вищої напруги електростанції II:

$$\kappa_{\text{ч}} = \frac{Z''_I}{Z_{Л-4}}. \quad (16)$$

Цей коефіцієнт чутливості має бути не менше 1,25. Якщо $\kappa_{\text{ч}} \leq 1,25$, тобто друга зона ненадійно охоплює лінію, що захищається, то її можна відбудувати не від першої, а від кінця другої зони захисту Л5 (або Л6). При цьому, час дії другої зони захисту Л4 приймається на ступінь селективності більше, ніж час дії другої зони захисту Л5, а $Z''_{Л-4}$ визначається за виразом (13), у якому замість $Z'_{Л-5}$ слід прийняти $Z''_{Л-5}$.

Третя зона дистанційного захисту Л4 має резервувати захисти ліній, що відходять від шин електростанції II.

Опір спрацьовування Z''_I третьої зони захисту Л4 відбудовується від режиму навантаження, а час дії третьої зони захисту обирається з умови селективності (як у максимальному струмовому спрямованому захисті).

Як пускові органи третьої зони дистанційного захисту, лінії Л4 можуть використовуватися струмові реле (за недостатньої чутливості) або реле мінімального опору. Струм спрацьовування струмових пускових органів вибирається так само, як і для максимального струмового захисту.

Якщо у якості пускового органу дистанційного захисту Л4 використовується ненаправлене реле опору, то його опір спрацьовування відбудовується від мінімального розрахункового опору $Z_{\text{роб. макс}}$ на затисках реле, яке відповідає струму максимального режиму навантаження $I_{\text{роб. макс}}$ і мінімальній лінійній робочій напрузі $U_{\text{роб. мін}}$ на шинах електростанції I:

$$Z_{\text{роб. мін}} = \frac{U_{\text{роб. мін}}}{\kappa_3 \cdot I_{\text{роб. макс}} \cdot \sqrt{3}}, \quad (17)$$

де κ_3 – коефіцієнт, що враховує самозапуск електродвигунів.

За умови надійного повернення пускового органу в найгірших умовах:

$$Z''_{Л-4} = \frac{I_{\text{роб. мінб}}}{\kappa_n \cdot \kappa_n}, \quad (18)$$

де κ_n – коефіцієнт надійності, що враховує погрішність реле (1,1÷1,2);

κ_n – коефіцієнт повернення реле.

Чутливість пускового реле опору перевіряється за к.з. в кінці лінії Л4 і в кінці зони резервування:

$$K_Z'' = \frac{Z_{Л-4}''}{Z_{к.макс}}, \quad (19)$$

де $Z_{к макс}$ – найбільший опір на клеммах реле при к.з. у розрахунковій точці.
Відповідно до ПУЕ 1,2.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Правила устройства электроустановок ПУЭ. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 640 с.
2. Авербух А.М. Релейная защита в задачах с решениями и примерами. - М.: Энергия, 1975. - 416 с.
3. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. - М.: Энергия, 1964. - 704 с.
4. Федосеев А.М. Релейная защита электрических систем. -М.: Энергия, IS76. - 560 с.
5. Федосеев А.М. Релейная защита электроэнергетических систем. Релейная защита сетей. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 520
6. Беркович М.А. и др. Основы техники релейной защиты. -М.: Знергоатомиздат, 1984. - 376 с.
7. Руководящие указания по релейной защите. - Вып. 1 - 13. -М. Л.: ГЭИ, 1984.
8. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей. - Л.: Знергоатомиздат, 1985. - 296 с.
9. Фабрикант В.Л., Андреев В.А., Бондаренко Е.В. Задачник по релейной защите. - М.: Высш.шк., 1971. - 608 с.

ДОДАТОК

Номер варіанта	Номери за- дач, що розв'язуються	Генератори Г1, Г2, Г3, Г4, Г5					
		P,	$\cos \varphi$	U_G	$I_{ном}$	X_d	X_2
		МВт		кВ	кА	%	%
1	1,7	30	0,8	6,3	3,44	15,3	18,7
2	1,8	30	0,8	10,5	2,065	14,3	17,4
3	2,9	30	0,8	11,5	1,885	13	15,9
4	2,18	30	0,8	6,3	3,44	15,3	18,7
5	3,9	30	0,8	10,5	2,06	14,3	17,4
6	3,7	30	0,8	11,5	1,88	13	16,9
7	2,7	50	0,8	6,3	5,73	13,36	05,3
8	3,18	50	0,8	6,3	5,73	13,30	16,3
9	1,18	55	0,8	11	3,462	12,3	15,0
10	1,9	55	0,8	11,5	3,462	12,3	15,0
11	4,7	60	0,8	6,3	6,88	19,53	23,8
12	4,2	60	0,8	10,5	5,129	14,6	17,8
13	4,13	60	0,8	11	3,94	12,53	15,3
14	4,14	55	0,8	10,5	3,78	13,61	16,6
15	4,15	100	0,85	10,5	6,475	18,26	22,3
16	6,1	100	0,85	10,5	6,475	15,93	19,45
17	5,15	100	0,85	10,5	6,475	18,26	22,3
18	6,16	100	0,85	10,5	6,475	15,93	19,4
19	6,17	120	0,85	10,5	6,875	21,4	26,1
20	5,17	150	0,85	18	5,67	21,3	26
21	5,19	150	0,85	18	5,67	21,3	26
22	6,19	150	0,85	18	5,67	21,3	25
23	5,20	200	0,85	15,75	8,625	19,06	23,2
24	6,20	200	0,85	15,75	8,625	18,05	22
25	5,11	200	0,85	15,75	8,625	19	23,2
26	6,11	200	0,85	15,75	8,625	20	24,9
27	1,1	300	0,85	20	10,2	19,5	21,1
28	2,1	300	0,85	20	10,2	20,3	24,8
29	3,1	150	0,85	18	5,67	21,3	26
30	4,1	150	0,85	18	5,67	21,3	26
31	5,9	150	0,85	18	5,67	21,3	26
32	6,9	100	0,85	10,5	6,475	18,26	22,3
33	1,11	100	0,85	10,5	6,475	15,93	19,45
34	2,11	100	0,85	10,5	6,475	15,39	19,45
35	3,11	100	0,85	10,5	6,475	18,26	23,3
36	4,11	100	0,85	10,5	6,475	18,26	22,3
37	5,16	100	0,85	10,5	6,475	18,26	22,3

Продовження ДОДАТКА

Номер варіанта	Трансф. Т1-Т5			Трансф. Т10;Т11			Трансф. Т6;Т7		
	S	U	U	S	U	U	S	U	U
	МВА	кВ	%	МВА	кВ	%	МВА	кВ	%
1	40	38,5	8,5	10	10,5	7,5	16	10,5	8
2	40	38,8	8,5	16	10,5	8	16	6,3	10
3	40	38,5	8,5	25	10,5	9,5	10	10,5	7,5
4	40	115	10,5	6,3	11	10,5	16	11	10,5
5	40	115	10,5	10	11	10,5	10	11	10,5
6	40	115	10,5	16	11	10,5	6,3	11	10,5
7	80	121	10,5	10	11	10,5	6,3	11	10,5
8	80	242	11	125	10,5	11	80	10,5	11
9	80	121	10,5	16	11	10,5	40	10,5	10,5
10	80	242	11	125	10,5	11	125	10,5	11
11	80	121	10,5	25	10,5	10,5	25	10,5	10,5
12	80	242	11	ВО	10,5	11	80	10,5	10,5
13	80	242	11	125	10,5	11	80	10,5	10,5
14	80	242	11	80	10,5	11	80	10,5	10,5
15	125	242	11	125	10,5	11	125	10,5	11
16	125	242	11	80	10,5	11	125	10,5	11
17	125	242	11	80	10,5	11	125	10,5	11
18	125	242	11	125	10,5	11	125	10,5	11
19	200	242	11	80	10,5	11	80	10,5	11
20	200	242	11	125	10,5	11	125	10,5	11
21	200	242	11	200	13,8	11	125	10,5	11
22	200	242	11	80	10,5	11	200	13,8	11
23	250	242	11	80	10,5	11	80	10,5	11
24	250	242	11	63	11	12	80	10,5	11
25	250	242	11	32	6,6	12	100	11	12
26	260	242	11	63	11	12	63	11	12
27	400	242	11	100	11	12	80	10,5	11
28	400	242	11	80	10,5	11	80	10,5	11
29	200	242	11	80	10,5	11	80	10,5	11
30	200	242	11	63	11	12	100	11	12
31	200	242	11	63	11	12	63	11	12
32	125	242	11	100	11	12	63	11	12
33	125	242	11	32	6,6	12	100	11	12
34	125	242	11	63	11	12	100	11	12
35	125	242	11	32	6,6	12	100	11	12
36	125	242	11	63	11	12	100	11	12
37	125	242	11	32	6,6	12	50	10,5	11

Продовження ДОДАТКА

Номер варіанта	Трансф. Т1-Т5			Л1 Л2		
	S	U	U	l	X_n	X_0/X_1
	МВА	кВ	%	км	Ом/км на фазу	
1	40	10,5	8,5	20	0,384	5,5
2	40	10,5	8,5	22	0,384	4,7
3	40	10,5	8,5	50	0,403	3
4	40	10,5	10,5	120	0,42	5,5
5	40	10,5	10,5	110	0,433	4,7
6	40	10,5	10,5	80	0,433	3
7	80	10,5	10,5	120	0,450	5,5
8	125	10,5	11	220	0,43	4,7
9	80	10,5	10,5	75	0,401	3
10	125	10,5	11	180	0,301	5,5
11	80	10,5	10,5	150	0,429	4,7
12	125	10,5	11	200	0,43	3
13	125	10,5	11	186	0,43	5,5
14	125	10,5	11	210	0,43	4,7
15	125	10,5	11	135	0,301	3
16	250	13,6	11	145	0,301	5,5
17	200	18	11	125	0,301	4,7
18	200	18	11	130	0,301	3
19	250	13,8	11	210	0,43	5,5
20	200	18	11	110	0,301	4,7
21	200	18	11	200	0,301	3
22	250	17	11	140	0,403	5,5
23	400	20	11	225	0,43	4,7
24	250	13,8	11	100	0,43	3
25	250	13,8	11	135	0,422	5,5
26	400	20	11	220	0,43	4,7
27	400	20	11	205	0,43	3
28	400	20	11	250	0,43	4,7
29	200	15,75	11	245	0,43	5,5
30	200	15,75	11	205	0,422	3
31	200	15,75	11	240	0,43	4,7
32	250	10,5	11	190	0,43	5,5
33	250	10,5	11	165	0,422	3
34	250	10,5	11	180	0,422	5,5
35	250	10,5	11	175	0,422	3
36	250	10,5	11	185	0,422	5,5
37	250	10,5	11	225	0,43	4,7

Продовження ДОДАТКА

Номер варіанта	Л3			Л4			Л5, Л6		
	l	X_n	X_0/X_I	l	X_n	X_0/X_I	l	X_n	X_0/X_I
	км	Ом/км на фазу		км	Ом/км на фазу		км	Ом/км на фазу	
1	60	0,384	3	7,5	0,384	2	45	0,384	2
2	60	0,384	3	65	0,398	3	50	0,384	3
3	20	0,384	2	40	0,384	2	45	0,384	2
4	150	0,443	3,5	110	0,45	3,5	60	0,401	3,5
5	120	0,423	3	95	0,45	3	65	0,401	3
6	100	0,409	2	125	0,45	2	75	0,401	2
7	125	0,423	3,5	105	0,44	3,5	65	0,382	3,5
8	200	0,376	3	240	0,422	3	155	0,43	3
9	135	0,409	2	65	0,401	2	45	0,382	2
10	190	0,301	3,5	200	0,404	3,5	225	0,422	3,5
11	140	0,392	3	20	0,409	3	20	0,382	3
12	150	0,301	2	190	0,422	2	230	0,422	2
13	125	0,301	3,5	185	0,414	3,5	210	0,422	3,5
14	200	0,414	3	180	0,414	3	195	0,422	3
15	110	0,301	2	200	0,414	2	225	0,422	2
16	250	0,414	3,5	180	0,301	3,5	120	0,309	3,5
17	100	0,301	3	150	0,301	3	140	0,306	3
18	140	0,301	2	185	0,414	2	225	0,403	2
19	220	0,414	3,5	205	0,306	3,5	160	0,309	3,5
20	240	0,301	3	250	0,43	3	150	0,309	3
21	150	0,305	2	195	0,43	2	160	0,309	2
22	210	0,414	3,5	175	0,309	3,5	180	0,309	3,5
23	215	0,414	3	145	0,306	3	100	0,306	3
24	250	0,422	2	250	0,43	2	135	0,309	2
25	245	0,43	3,5	225	0,43	3,5	155	0,309	3,5
26	225	0,422	3	245	0,41	3	160	0,403	3
27	250	0,306	2	155	0,403	2	155	0,305	2
28	245	0,414	3	120	0,309	3	175	0,305	3
29	220	0,414	3,5	140	0,43	3,5	195	0,309	3,5
30	250	0,422	2	230	0,43	2	230	0,403	2
31	245	0,422	3	215	0,43	3	110	0,403	3
32	215	0,306	3	165	0,301	3,5	180	0,306	3,5
33	245	0,43	2	120	0,301	3,5	160	0,306	2
34	240	0,422	3,5	110	0,301	2	180	0,41	3,5
35	225	0,43	2	110	0,306	2	175	0,41	2
36	240	0,422	4,5	120	0,306	3,5	155	0,41	3,5
37	245	0,43	3	200	0,301	4	165	0,306	3

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання курсової роботи
з дисципліни «**Релейний захист і автоматика**»
(для студентів 4 курсу денної і 4, 5 курсів заочної форм навчання
за напрямом 6.050701 “Електротехніка та електротехнології” спеціальності
“Електротехнічні системи електроспоживання”)

Укладачі: **Володимиров** Юрій Валентинович,
Рум’янцев Дмитро Валерійович

Відповідальний за випуск *В. А. Маляренко*

Редактор *К.В. Дюкар*

Комп’ютерне верстання *Д. В. Рум’янцев*

План 2010, поз. 239 М

Підп. до друку 03.12.2010

Друк на ризографі.

Тираж 50 пр.

Формат 60 x 841/16

Ум.-друк. арк. 0,9

Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб’єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011