

Магістерська кваліфікаційна робота
На тему: "ДОСЛІДЖЕННЯ
ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕЖИМІВ РОБОТИ
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ПРИ
НЕСИМЕТРИЧНИХ КОРОТКИХ
ЗАМИКАННЯХ"

Виконав: Видмиш А.А.

Керівник: Свиридов М.П.

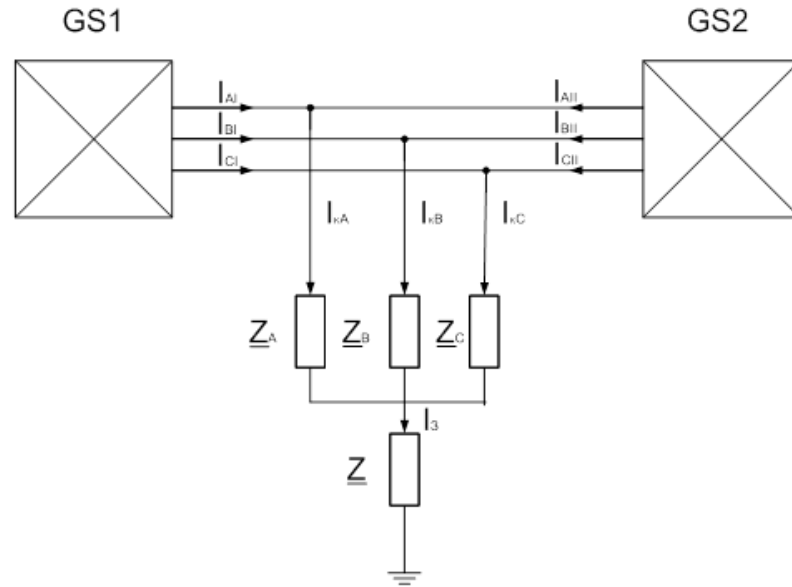
Вінниця 2017

Вступ

- **Актуальність теми.** Характерною особливістю сучасного розвитку електричних систем (ЕС) є постійне ускладнення систем автоматичного управління. Крім названих існує ряд інших тенденцій: збільшення потужностей комутаційних апаратів, ріст максимальних рівнів струмів КЗ та інше. Саме тому для забезпечення надійної та ефективної роботи енергосистем необхідний ретельний аналіз перехідних процесів.
- Електрична система – це умовно виділена частина електроенергетичної системи, в якій відбуваються виробіток, перетворення, передача та споживання електричної енергії. В результаті аварійних ситуацій у системі виникають перехідні процеси, при яких відбувається перехід від одного режиму до іншого.
- Режим роботи системи – це сукупність процесів, характеризуючи роботу електричної системи та її стан в любий момент часу. Параметри режиму: напруги, потужності та ін. – пов'язані між собою параметрами системи. Параметри системи: опори, провідності, коефіцієнти трансформації, постійні часу та ін. – визначаються фізичними властивостями елементів.
- Таким чином, 95% струмів короткого замикання, які виникають в електричних системах – це струми несиметричних коротких замикань. Тому їх дослідження є актуальною задачею.

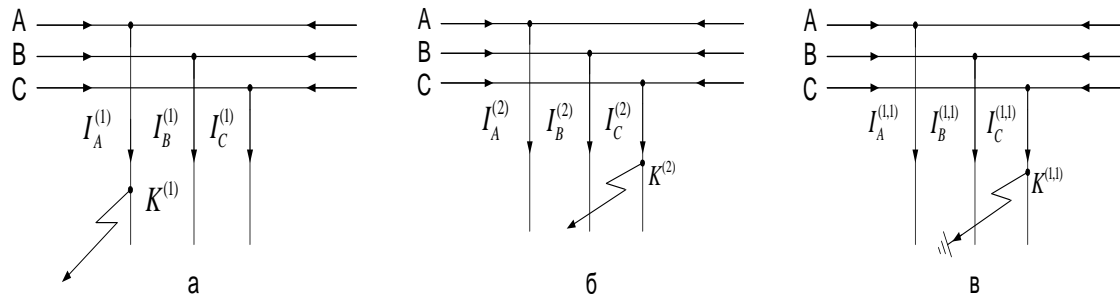
- **Мета роботи:** дослідження і аналіз несиметричних коротких замикань.
- **Об'єкт:** високовольтні електричні мережі.
- **Задачі, які планується розв'язати:**
 - - навести основні теоретичні положення несиметричних коротких замикань;
 - - побудова векторних діаграм струмів і напруг при несиметричних коротких замиканнях;
 - - аналіз методів розрахунку несиметричних коротких замикань;
 - - розробка алгоритмів визначення струмів при поперечній несиметрії;
 - - розробка контрольних завдань для перевірки знань студентів по електромагнітним перехідним процесам;
 - - техніко-економічні питання магістерської кваліфікаційної роботи;
 - - розглянути питання охорони праці щодо виявлення небезпечних та шкідливих факторів.

Розрахункова схема одноразової поперечної несиметрії в трифазній системі напруг

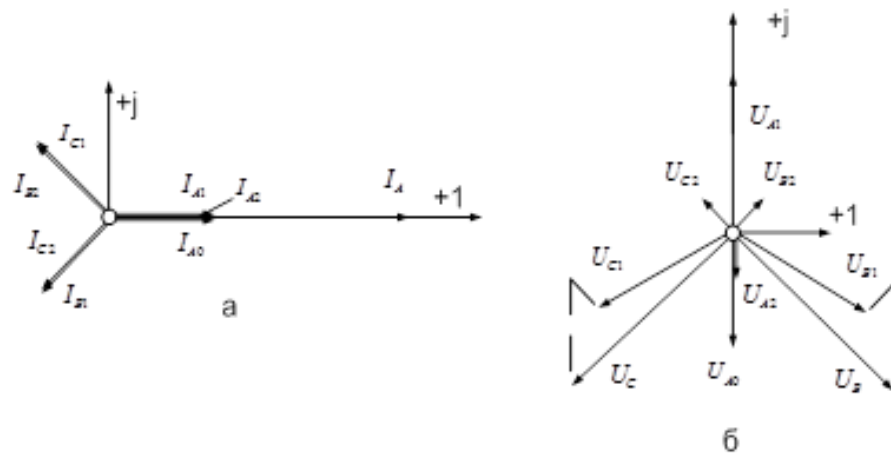


Розрахункові схеми несиметричного КЗ:

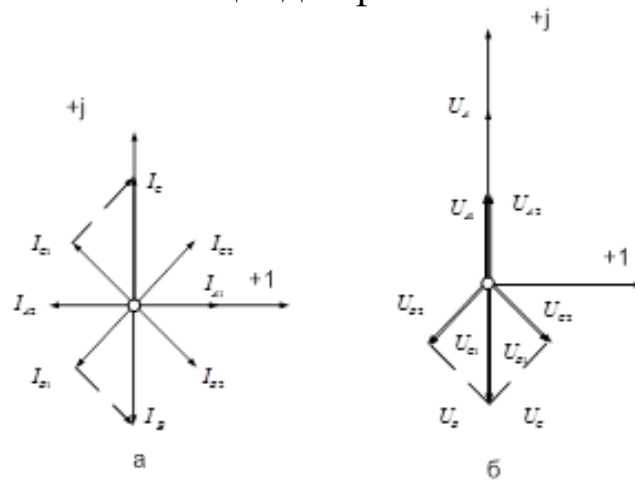
а - однофазного; б - двофазного; в - двофазного на землю



Векторні діаграми струмів і напруг несиметричних коротких замикань.

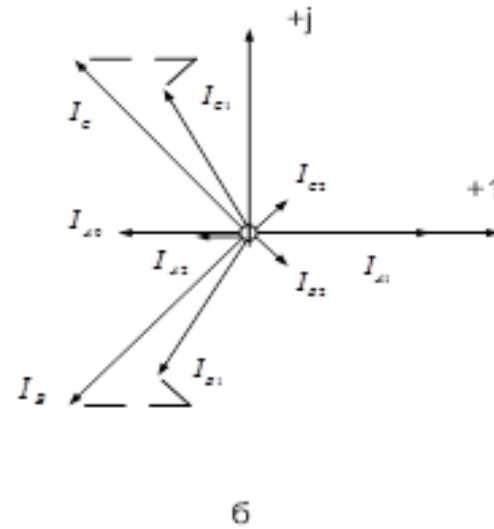
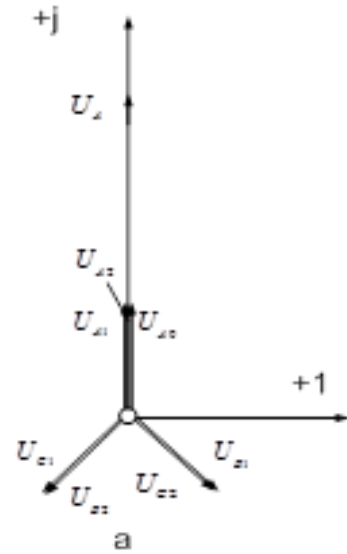


Векторні діаграми фазних струмів (а) і напруг (б) та їх симетричних складових у місці однофазного КЗ

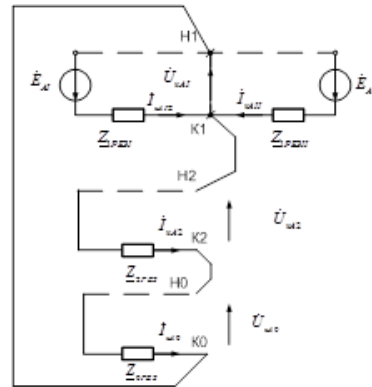


Векторні діаграми фазних струмів (а) і напруг (б) та їх симетричних складових у місці двофазного КЗ.

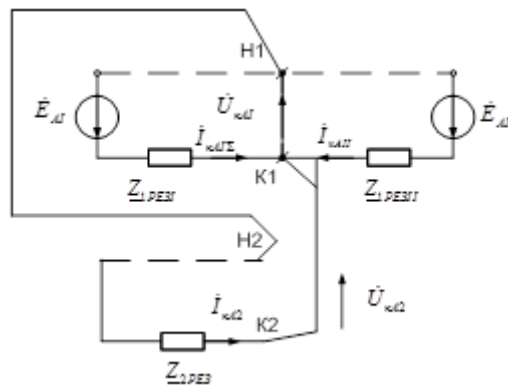
Векторні діаграми фазних напруг (а) і струмів (б) та їх симетричних складових у місці двофазного КЗ на землю.



Комплексні схеми заміщення

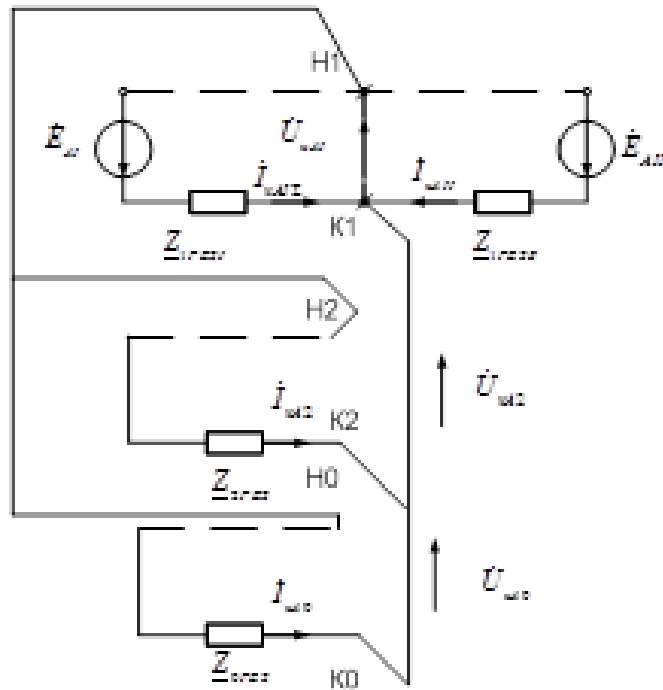


Комплексна схема заміщення для особливої фази А при однофазному КЗ

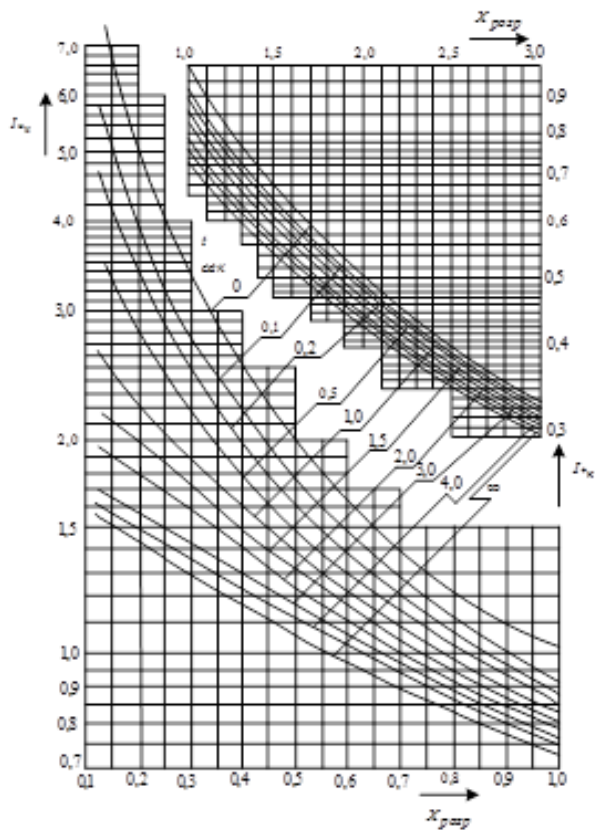


Комплексна схема заміщення для особливої фази А при двофазному КЗ

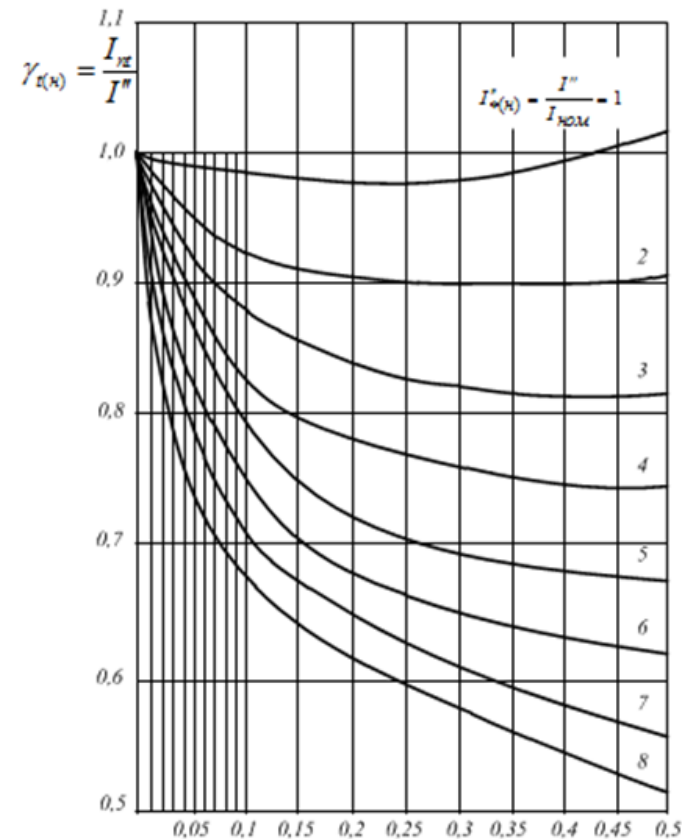
Комплексна схема заміщення для особливої фази А при двофазному КЗ на землю



Графоаналітичні методи розрахунку періодичного струму короткого замикання



Розрахункові криві типового турбогенератора без АРЗ



Криві зміни в часі струму короткого замикання від синхронної машини

Варіант 1

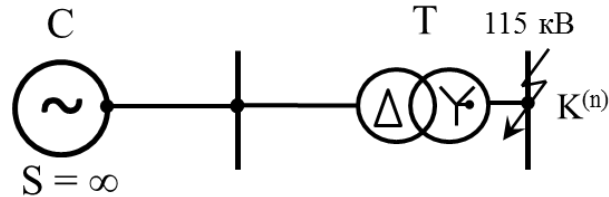


Рисунок 4.1 Розрахункова схема

В розрахунковій схемі (рисунок 4.1) заданий опір трансформатора $x_{mp} = 66,47 \text{ Ом}$, приведений до напруги 115 кВ. Потрібно визначити невідомі величини, які характеризують несиметричне коротке замикання.

Для двофазного короткого замикання характерно

$$X_{\Sigma 0} = \infty ; I_{A0} = 0 ; I_A = 0 ; I_3 = 0 ; U_{A0} = 0 ; U_{BC} = 0 .$$

Відповідно до розрахункової схеми

$$x_{mp} = x_{\Sigma I} = x_{\Sigma II} = 66,47 \text{ Ом} ;$$

$$x_{\text{доо}}^{(2)} = x_{\Sigma II} = 66,47 \text{ Ом} ;$$

$$I_{AI}^{(2)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (x_{\Sigma I} + x_{\text{доо}}^{(2)})} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot (66,47 + 66,47)} = 0,5 \text{ кА} ;$$

$$I_{AI}^{(2)} = -I_{AII}^{(2)} = -0,5 \text{ кА} ;$$

$$|I_B| = |I_C| = \sqrt{3} \cdot I_{AI}^{(2)} = \sqrt{3} \cdot 0,5 = 0,865 \text{ кА} ;$$

$$U_{AI}^{(2)} = U_{AII}^{(2)} = I_{AI}^{(2)} \cdot x_{\text{доо}}^{(2)} = 0,5 \cdot 66,47 = 33,235 \text{ кВ} ;$$

$$U_A = U_{AI}^{(2)} + U_{AII}^{(2)} = 2U_{AI}^{(2)} = 2 \cdot 33,235 = 66,47 \text{ кВ} ;$$

$$|U_B| = |U_C| = U_{AI}^{(2)} = 33,235 \text{ кВ} ;$$

$$|U_{AB}| = |U_{CA}| = 3 \cdot U_{AI}^{(2)} = 3 \cdot 33,235 = 99,705 \text{ кВ}$$

Варіант 2

В розрахунковій схемі (рисунок 4.1) заданий опір прямої послідовності $x_{\Sigma I} = 41,54 \text{ Ом}$, приведений до напруги 115 кВ. Потрібно визначити невідомі величини, які характеризують несиметричне коротке замикання.

Для двофазного короткого замикання характерно

$$X_{\Sigma 0} = \infty ; I_{A0} = 0 ; I_A = 0 ; I_3 = 0 ; U_{A0} = 0 ; U_{BC} = 0 .$$

Відповідно до розрахункової схеми

$$x_{\Sigma I} = x_{mp} = x_{\Sigma II} = 41,54 \text{ Ом} ;$$

$$x_{\text{доо}}^{(2)} = x_{\Sigma II} = 41,54 \text{ Ом} ;$$

$$I_{AI}^{(2)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (x_{\Sigma I} + x_{\text{доо}}^{(2)})} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot (41,54 + 41,54)} = 0,8 \text{ кА} ;$$

$$I_{AI}^{(2)} = -I_{AII}^{(2)} = -0,8 \text{ кА} ;$$

$$|I_B| = |I_C| = \sqrt{3} \cdot I_{AI}^{(2)} = \sqrt{3} \cdot 0,8 = 1,384 \text{ кА} ;$$

$$U_{AI}^{(2)} = U_{AII}^{(2)} = I_{AI}^{(2)} \cdot x_{\text{доо}}^{(2)} = 0,8 \cdot 41,54 = 33,235 \text{ кВ} ;$$

$$U_A = U_{AI}^{(2)} + U_{AII}^{(2)} = 2U_{AI}^{(2)} = 2 \cdot 33,235 = 66,47 \text{ кВ} ;$$

$$|U_B| = |U_C| = U_{AI}^{(2)} = 33,235 \text{ кВ} ;$$

$$|U_{AB}| = |U_{CA}| = 3 \cdot U_{AI}^{(2)} = 3 \cdot 33,235 = 99,705 \text{ кВ} .$$

Варіант 3

В розрахунковій схемі (рисунок 4.1) заданий опір зворотної послідовності $x_{\Sigma II} = 33,235 \text{ Ом}$, приведений до напруги 115 кВ. Потрібно визначити невідомі величини, які характеризують несиметричне коротке замикання.

Для двофазного короткого замикання характерно

$$X_{\Sigma 0} = \infty ; I_{A0} = 0 ; I_A = 0 ; I_3 = 0 ; U_{A0} = 0 ; U_{BC} = 0 .$$

Відповідно до розрахункової схеми

$$x_{\Sigma II} = x_{mp} = x_{\Sigma I} = 33,235 \text{ Ом} ;$$

$$x_{\text{доо}}^{(2)} = x_{\Sigma II} = 33,235 \text{ Ом} ;$$

$$I_{AI}^{(2)} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot (x_{\Sigma I} + x_{\text{доо}}^{(2)})} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot (33,235 + 33,235)} = 1,0 \text{ кА} ;$$

$$I_{AI}^{(2)} = -I_{AII}^{(2)} = -1,0 \text{ кА} ;$$

$$|I_B| = |I_C| = \sqrt{3} \cdot I_{AI}^{(2)} = \sqrt{3} \cdot 1,0 = 1,732 \text{ кА} ;$$

$$U_{AI}^{(2)} = U_{AII}^{(2)} = I_{AI}^{(2)} \cdot x_{\text{доо}}^{(2)} = 1,0 \cdot 33,235 = 33,235 \text{ кВ} ;$$

$$U_A = U_{AI}^{(2)} + U_{AII}^{(2)} = 2U_{AI}^{(2)} = 2 \cdot 33,235 = 66,47 \text{ кВ} ;$$

$$|U_B| = |U_C| = U_{AI}^{(2)} = 33,235 \text{ кВ} ;$$

$$|U_{AB}| = |U_{CA}| = 3 \cdot U_{AI}^{(2)} = 3 \cdot 33,235 = 99,705 \text{ кВ} .$$

Висновки

- 1. Розглянуті теоретичні положення і наведені розрахункові формули при дослідженні несиметричних режимів роботи електричної системи. Проведені дослідження несиметричних коротких замикань (поперечна несиметрія).
- 2. Наведені розрахункові формули методу симетричних складових – як основного методу дослідження несиметричних режимів роботи електричної системи. Показано природній зв'язок між симетричними складовими струмів і напруг, який визначається умовами короткого замикання і доведено незалежність розрахунків окремих складових за законами Ома і Кірхгофа.
- 3. Наведені розрахункові формули для визначення несиметричних коротких замикань, побудовані векторні діаграми струмів і напруг в точці короткого замикання, представлені основні положення правила еквівалентності прямої послідовності.
- 4. Розроблено 29 контрольних завдань для перевірки знань студентів по електромагнітним перехідним процесам.
- 5. Розрахована собівартість передачі електричної енергії.
- 6. Розглянуті заходи щодо виявлення небезпечних та шкідливих факторів.
- 7. Наведені теоретичні дослідження і розрахунки в магістерській кваліфікаційній роботі можуть бути використані при дослідженні відповідних режимів в реальних електричних мережах.

Дякую за увагу !