

Вінницький національний технічний університет

Кафедра електричних станцій та систем

Магістерська кваліфікаційна робота
на тему
**Дослідження режимів роботи
електричних мереж
при поперечній несиметрії**

Виконав: ст. гр. ЕСМ-16м

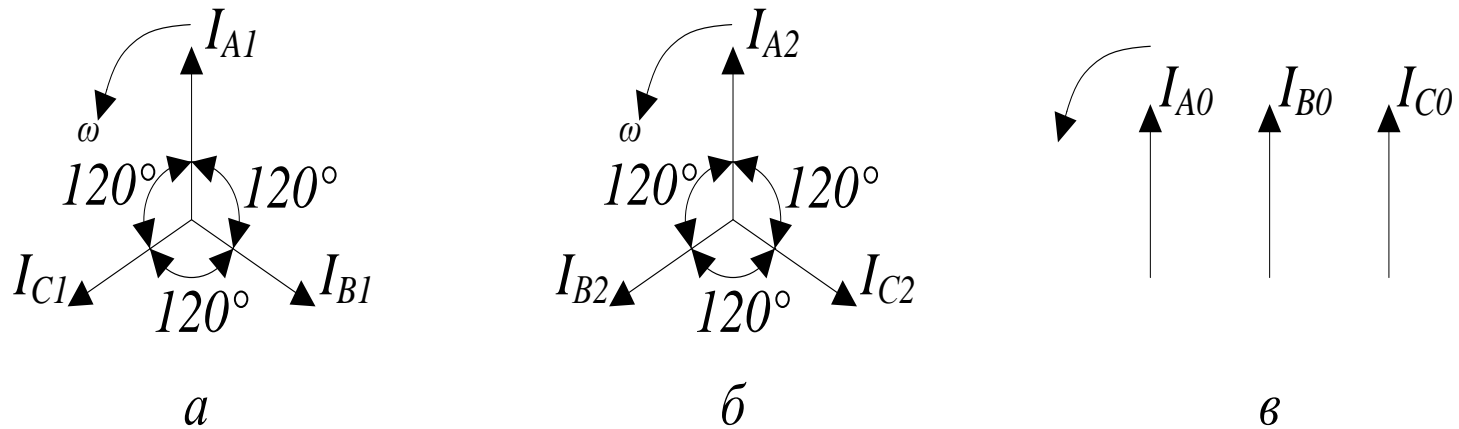
Пилипенко Костянтин Сергійович

Керівник : к. т. н., проф. каф. ЕСС

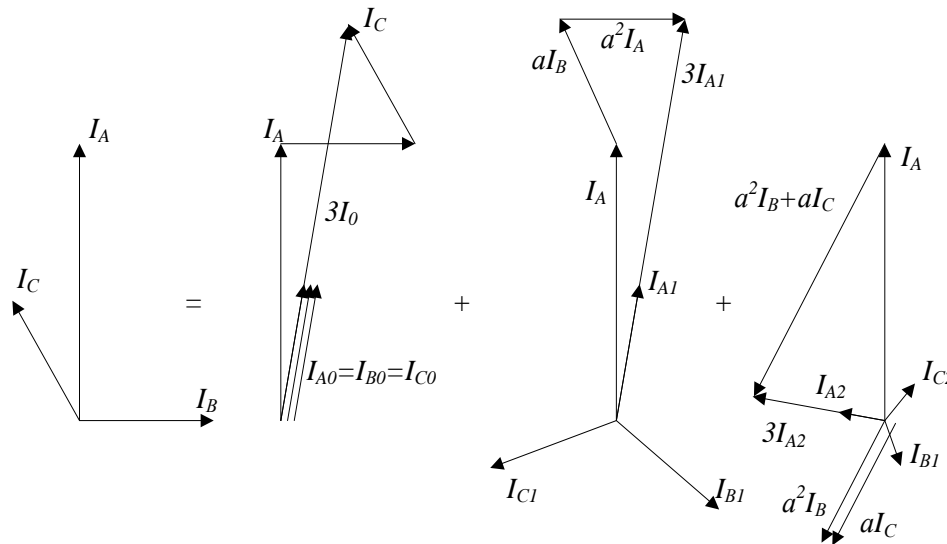
Свиридов Микола Павлович

Вінниця 2018

Метод симетричних складових

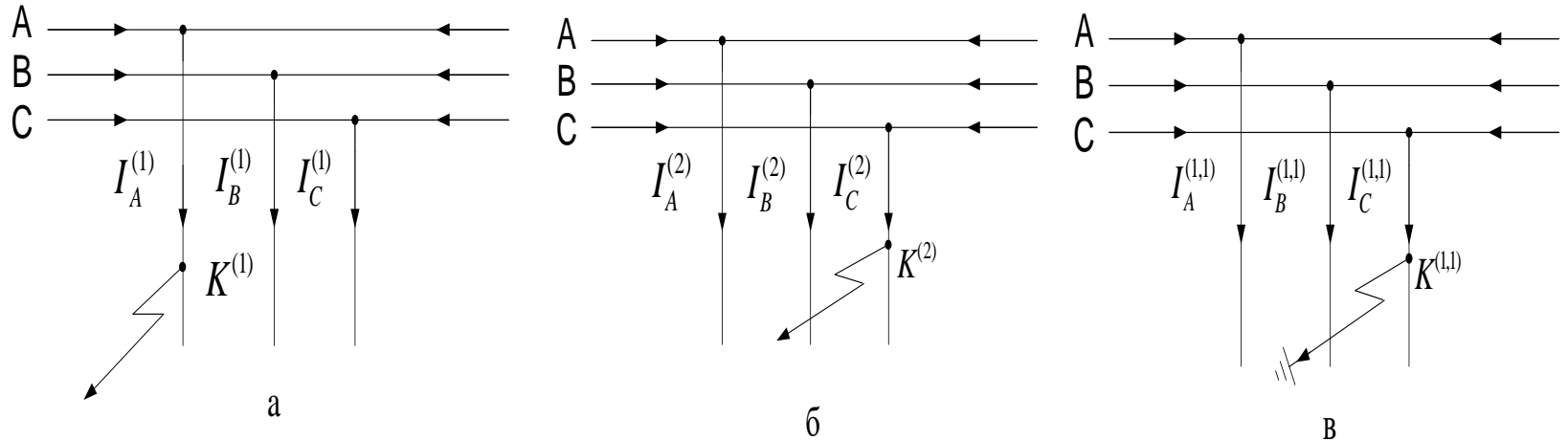
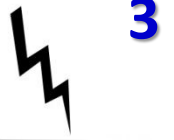


Система струмів прямої (а), зворотної (б) та нульової (в) послідовностей

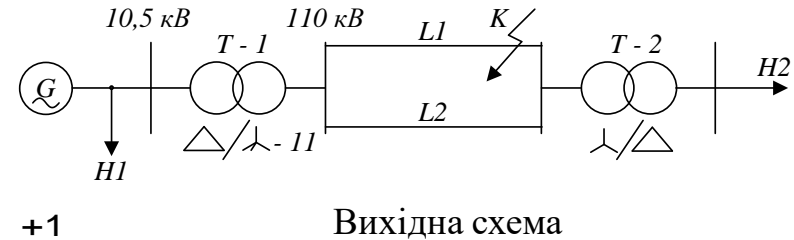
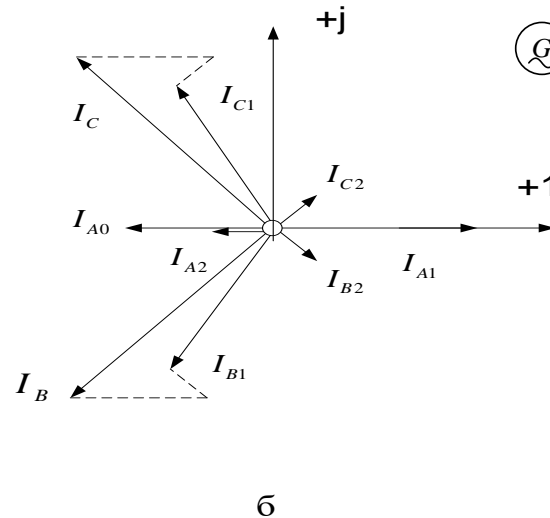
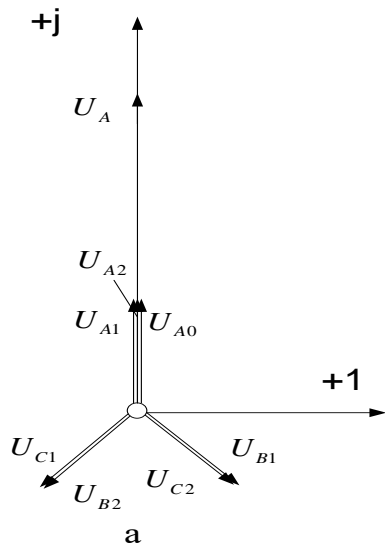


Розкладання несиметричної системи струмів на симетричні складові

Несиметричні короткі замикання



Розрахункові схеми несиметричного КЗ: а - однофазного; б - двофазного; в - двофазного на землю



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

Просте коротке замикання на землю

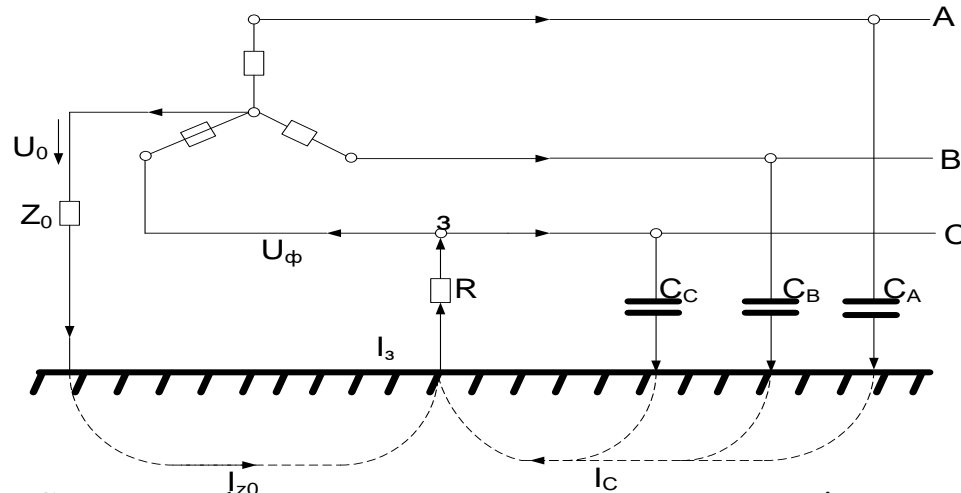
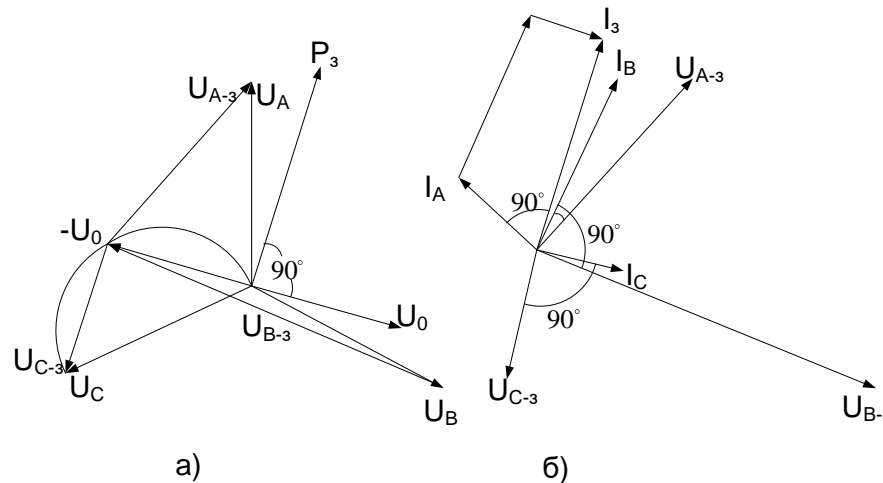


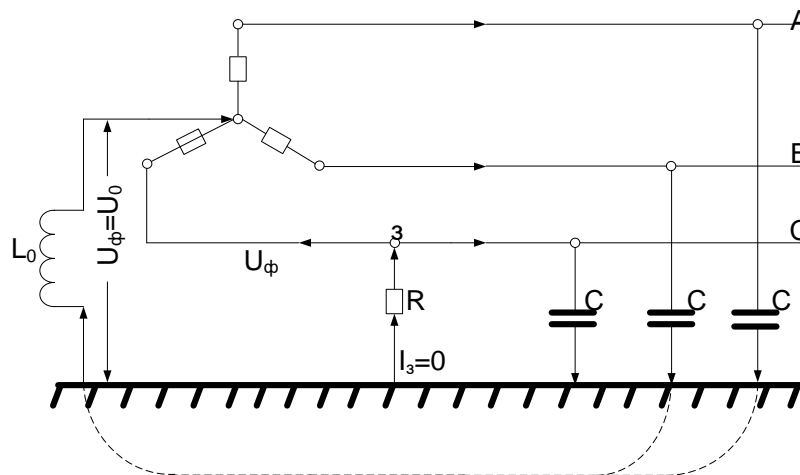
Схема однофазного замикання на землю в системі



Векторні діаграми однофазного замикання на землю в мережі з ізольованою нейтраллю

Компенсація ємнісного струму однофазного замикання на землю

5



Компенсація ємнісного струму замикання на землю

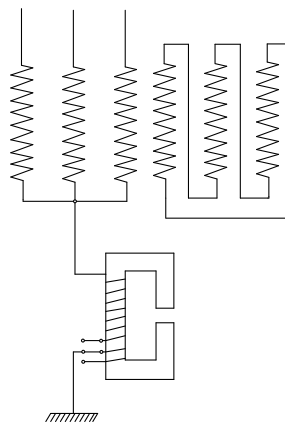
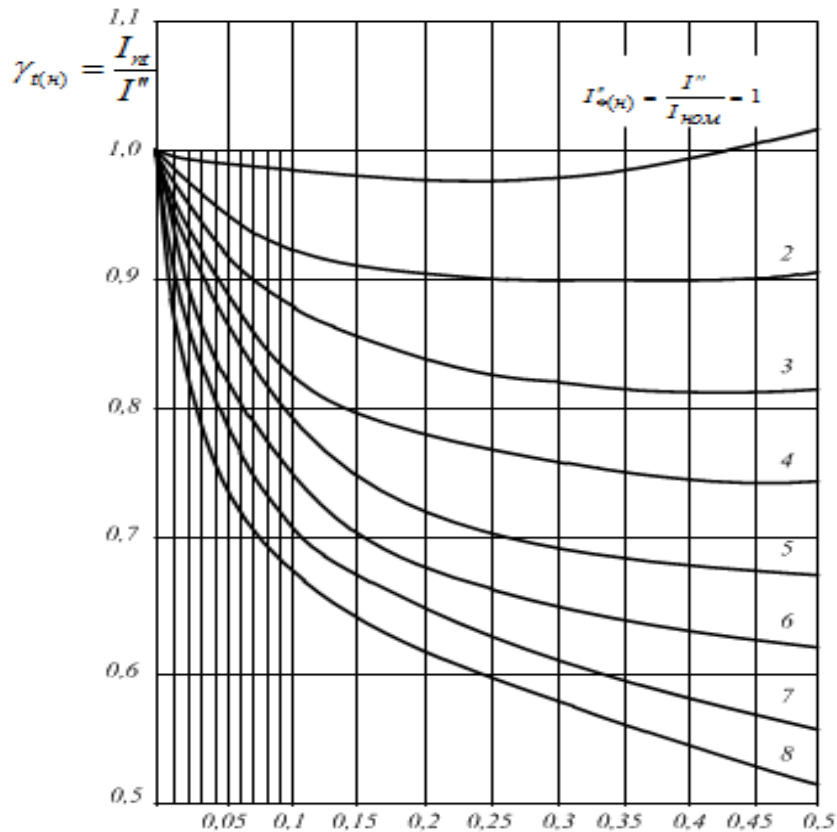
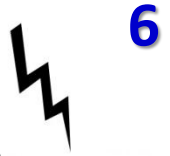
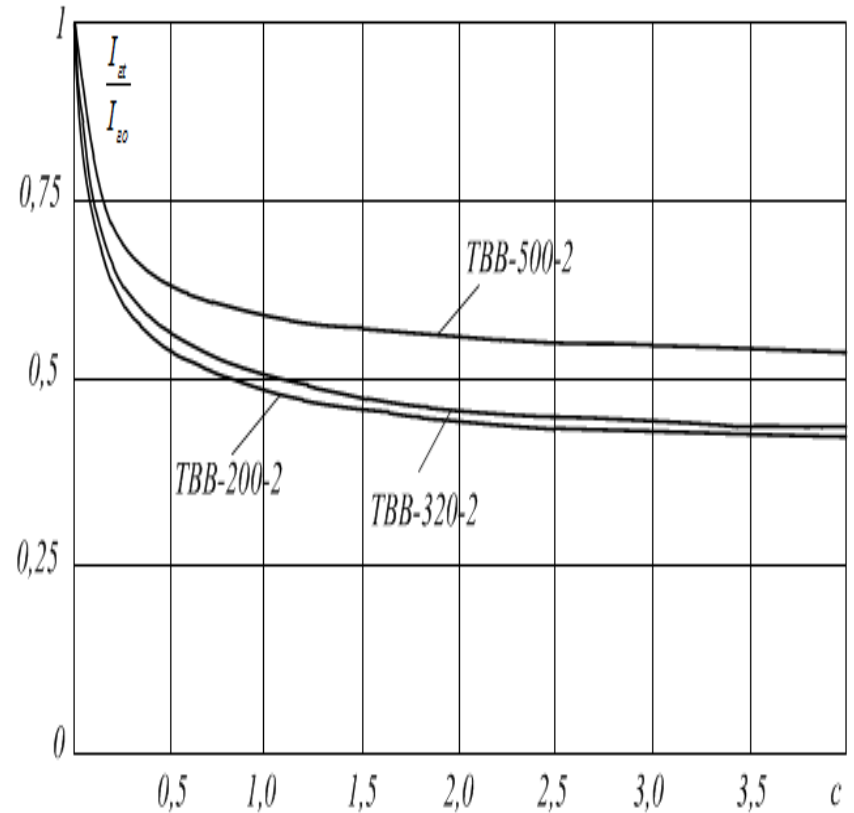


Схема дугогасильного пристрою

Метод типових кривих

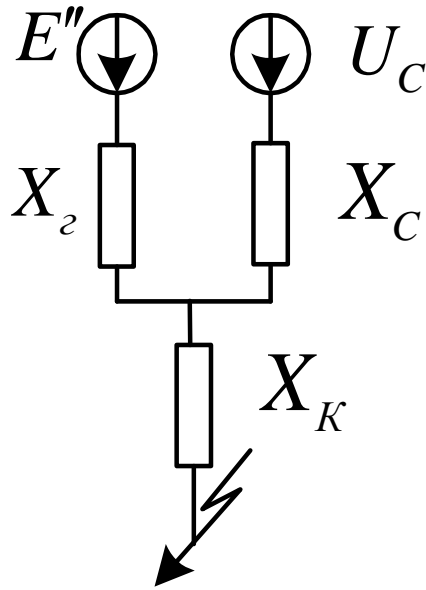


Криві зміни в часі струму короткого замикання від синхронної машини

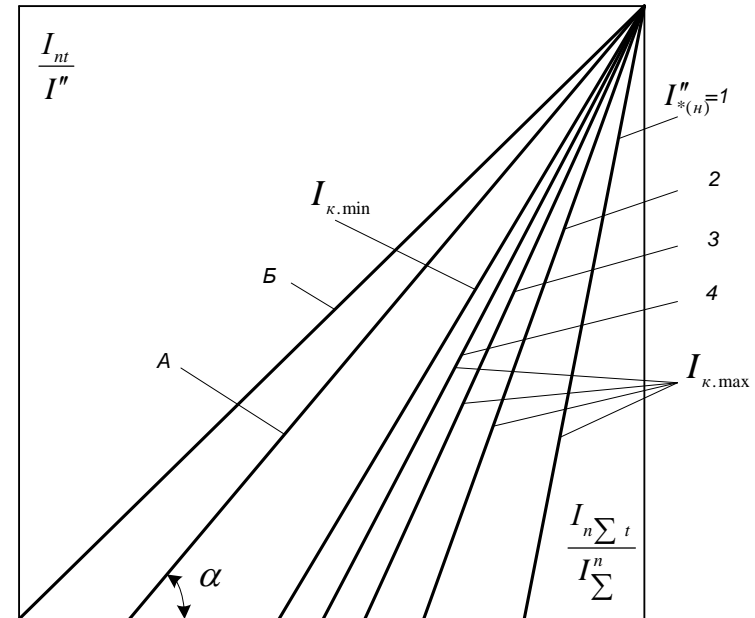


Криві зміни в часі струму короткого замикання турбогенераторів типу ТВВ-200-2, ТВВ-320-2 і ТВВ-500-2 при коротких замиканнях на виводах машин

Урахування впливу системи у методі типових кривих



Розрахункова схема для визначення струму короткого замикання від синхронної машини з врахуванням енергосистеми



Залежність $I_{n\Sigma t} / I_{\Sigma}^n = f(I_{nt} / I'')$
при постійному відношенні I'' / I_{Σ}^n
і різних значеннях $I''_{*(H)}$

Процес перетворення схем заміщення

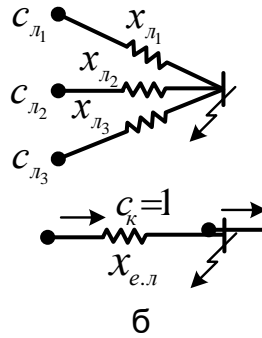
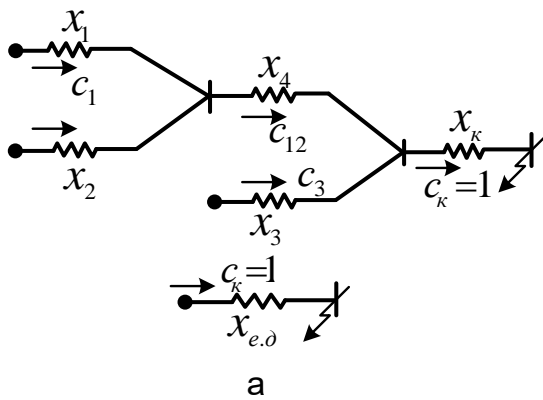
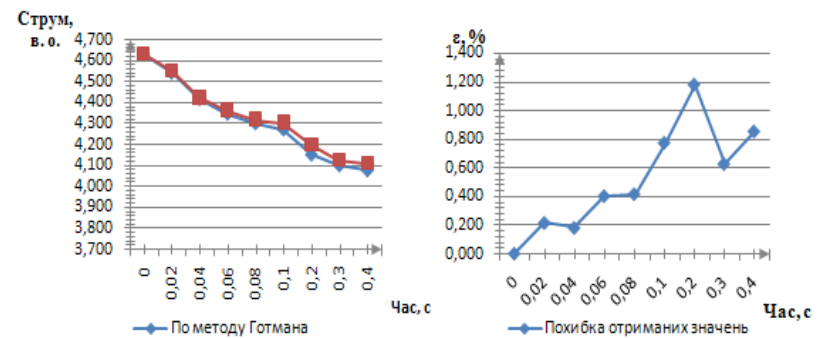
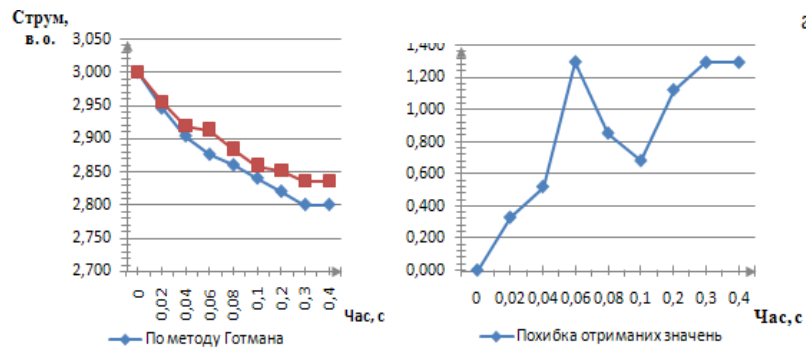
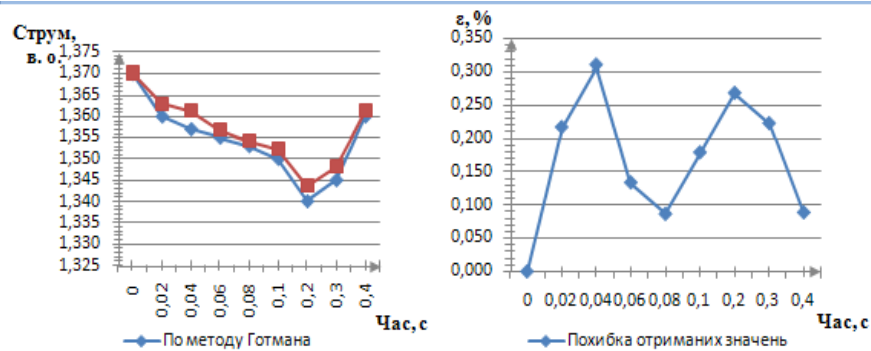


Схема	Розрахункові формули
	$c_1 = \frac{c_{12} \cdot X_2 + (E_1 - E_2) / I_{\Sigma}}{X_1 + X_2};$ $c_2 = \frac{c_{12} \cdot X_1 + (E_2 - E_1) / I_{\Sigma}}{X_1 + X_2};$
	$c_1, c_2, c_3 - \text{відомі};$ $c_{21} = \frac{c_1 \cdot X_1 + c_2 \cdot X_2}{X_{21}};$ $c_{31} = \frac{c_1 \cdot X_1 + c_3 \cdot X_3}{X_{31}};$ $c_{23} = \frac{c_2 \cdot X_2 - c_3 \cdot X_3}{X_{23}};$
	$c_{21}, c_{31}, c_{23} - \text{відомі};$ $c_1 = c_{21} + c_{31};$ $c_2 = c_{21} + c_{23};$ $c_3 = c_{31} - c_{23}.$

До розрахунку за індивідуальною змінною

Основні формули розрахунку коефіцієнтів
струморозподілу

Результати розрахунків



Графічне відображення результатів розрахунків при $x_1 = 0,315$, $x_2 = 0,5$, $x_3 \neq 0$:

а) $I_1''^{\Gamma} / I_{НОМ} = 1$; б) $I_1''^{\Gamma} / I_{НОМ} = 2$; в) $I_1''^{\Gamma} / I_{НОМ} = 3$

Визначення величини похибки



t, c	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,2	0,3	0,4
$x_3 = 0,662; I_1^{\Gamma} / I_{ном} = 1; I_1^{K} / I_{ном} = 0,913; \gamma^K \neq \gamma^{\Gamma}$									
γ^K	1	0,991	0,989	0,986	0,984	0,982	0,971	0,976	0,991
t, c	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1	0,2	0,3	0,4
$x_3 = 0,662; I_1^{\Gamma} / I_{ном} = 1; I_1^{K} / I_{ном} = 0,913; \gamma^K \neq \gamma^{\Gamma}$									
γ^{Γ}	1	0,99	0,987	0,985	0,983	0,98	0,97	0,975	0,99
$I_{3t}^K, \text{в.о.}$	1,231	1,223	1,221	1,218	1,217	1,215	1,205	1,209	1,223
$I_{3t}^{\Gamma}, \text{в.о.}$	1,231	1,221	1,218	1,216	1,214	1,211	1,201	1,206	1,221
$\varepsilon, \%$	0	0,146	0,243	0,182	0,197	0,294	0,293	0,256	0,146
$x_3 = 0,167; I^{\Gamma} / I_{ном} = 2; I^{K} / I_{ном} = 1,926; \gamma^K \neq \gamma^{\Gamma}$									
γ^K	1	0,975	0,955	0,95	0,938	0,92	0,918	0,91	0,91
γ^{Γ}	1	0,973	0,952	0,938	0,93	0,92	0,91	0,9	0,9
$I_{3t}^K, \text{в.о.}$	2,625	2,576	2,537	2,528	2,504	2,469	2,465	2,450	2,450
$I_{3t}^{\Gamma}, \text{в.о.}$	2,625	2,571	2,529	2,501	2,485	2,465	2,445	2,425	2,425
$\varepsilon, \%$	0	0,207	0,332	1,066	0,777	0,173	0,833	1,023	1,023
$x_3 = 0,04; I^{\Gamma} / I_{ном} = 3; I^{K} / I_{ном} = 2,973 \approx 3; \gamma^K = \gamma^{\Gamma} = \gamma$									
γ^K	1	0,972	0,929	0,903	0,892	0,885	0,85	0,827	0,82
γ^{Γ}	1	0,97	0,928	0,905	0,89	0,88	0,84	0,823	0,815
$I_{3t}^K, \text{в.о.}$	4,019	3,935	3,807	3,730	3,697	3,676	3,572	3,503	3,482
$I_{3t}^{\Gamma}, \text{в.о.}$	4,019	3,929	3,803	3,734	3,689	3,659	3,539	3,488	3,464
$\varepsilon, \%$	0,000	0,167	0,116	0,109	0,220	0,472	0,931	0,442	0,536

Результати розрахунків при $x_1 = 0,315$ та $x_2 = 0,8$



Висновки

1. Наведені основні теоретичні положення методу симетричних складових, а також розрахункові формули, що характеризують двофазне, однофазне і двофазне коротке замикання на землю. Представлені векторні діаграми струмів і напруг для кожного короткого замикання.

2. Розроблений загальний порядок розрахунку струмів несиметричного короткого замикання на основі правила еквівалентності прямої послідовності. Наведені результати розрахунку струму двофазного короткого замикання на землю в нерозгалуженій електричній мережі.

3. У мережах з ізолюваною нейтраллю можна допускати роботу повітряних і кабельних ліній електропередавання з замиканням на землю до ліквідації пошкодження. У цьому випадку до пошуку місця пошкодження персонал повинен приступати негайно і усунути його в найкоротший термін. У мережах з компенсацією ємнісних струмів тривалість замикання на землю не повинна перевищувати допустимої тривалості безперервної роботи дугогасних реакторів.

4. У мережах 6–20 кВ з ПЛ на залізобетонних і металевих опорах і у всіх мережах 35 кВ дугогасні реактори необхідно застосовувати за величини ємнісного струму замикання на землю більшої ніж 10 А. Можна допускати застосування компенсації в мережах 6–35 кВ також за значень ємнісного струму менших від наведених вище. Для компенсації ємнісних струмів замикання на землю в мережах необхідно застосовувати заземлювальні дугогасні реактори з автоматичними або ручним регулюванням струму. Під час проектування нових енерго об'єктів або модернізації електричних мереж передбачити тільки автоматичне регулювання компенсації ємнісних струмів.

5. Вимірювання ємнісних струмів замикання на землю, напруг несиметрії та зміщення нейтралі в мережах з компенсацією ємнісного струму необхідно проводити під час введення в експлуатацію дугогасних реакторів і значних змін схеми мережі, але не рідше ніж один раз на 6 років. Вимірювання струмів дугогасних реакторів і струмів замикання на землю у разі настроювань виконують за необхідністю. У мережах 6–35 кВ з ізолюваною нейтраллю розрахунки ємнісних струмів замикання на землю необхідно проводити під час введення даної мережі в експлуатацію, а також у разі зміни схеми мережі.

6. Проведений аналіз графоаналітичних методів розрахунку струмів короткого замикання з урахуванням наближеного впливу системи на величину результуючого струму аварійного режиму.

7. Встановлені відносні похибки у визначенні струмів короткого замикання різними методами. Встановлений можливий характер зростання відносних похибок в залежності від часу перехідного процесу і електричної віддаленості точки короткого замикання від можливих джерел електроенергії.

8. Наведені теоретичні дослідження і розрахунки в магістерській дипломній роботі можуть бути використані при дослідженні аналогічних режимів в реальних електричних мережах, а також у навчальному процесі при розрахунках струмів короткого замикання.

Дякую за увагу!!!