

Вінницький національний технічний університет

Кафедра електричних станцій та систем

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ПРИ НЕСИМЕТРИЧНИХ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ

Виконав: ст. гр. ЕСМ-16м

Антіпов Олексій Геннадійович

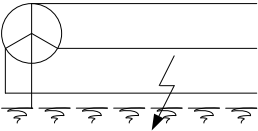
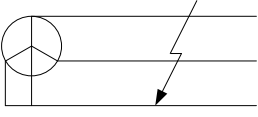
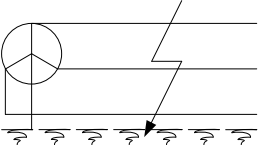
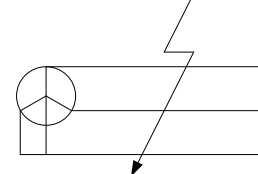
Керівник : к. т. н., проф. каф. ЕСС

Свиридов Микола Павлович

Вінниця 2018

Ймовірність коротких замикань

Коротке замкнення – це непередбачене нормальними умовами експлуатації замкнення між фазами чи між фазою та землею.

Вид короткого замикання та його позначення	Принципова схема	Відносна ймовірність КЗ (%) у мережах різних напруг, кВ				
		6...20	35	110	220	500
Однофазне К ⁽¹⁾		61	67	83	88	95
Двофазне К ⁽²⁾		17	18	5	3	2
Двофазне на землю К ^(1,1)		11	7	8	7	2
Трифазне К ⁽³⁾		11	8	4	2	1

Причина виникнення і наслідки коротких замикань

Зі всіх причин виникнення КЗ можливо виділити декілька головних:

- 1) порушення ізоляції електрообладнання, викликане її старінням, забрудненням поверхні ізоляторів, механічними пошкодженнями;
- 2) механічні пошкодження елементів електричної мережі (обрив проводу лінії електропередачі та ін.);
- 3) навмисні КЗ, викликані дією короткозамикачів;
- 4) перекриття струмопровідних частин тваринами та птицями;
- 5) помилки персоналу підстанцій при проведенні перемикань.

Зменшення кількості КЗ в електричних системах залежить від обов'язкового дотримання Правил технічної експлуатації електроустановок та підвищення якості продукції електротехнічної промисловості.

Можна виділити кілька наслідків КЗ:

1. Системні аварії, викликані порушенням стійкості системи. Це найнебезпечніший наслідок коротких замикань, який призводить до значних техніко-економічних збитків.
2. Термічне ушкодження електроустаткування, пов'язане з його неприпустимим нагріванням струмами КЗ.
3. Механічне ушкодження електроустаткування, викликане впливом значних електромагнітних сил між струмопровідними частинами.
4. Погіршення умов роботи споживачів. При зниженні напруги, наприклад до 60...70 % від номінальної, протягом 1 с і більше можлива зупинка двигунів промислових підприємств, що у свою чергу може викликати порушення технологічного процесу, яке призводить до економічних збитків.
5. Наведення при несиметричних КЗ у сусідніх лініях зв'язку й сигналізації ЕРС, небезпечних для обслуговуючого персоналу.

Схеми заміщення трансформаторів та автотрансформаторів при трифазному короткому замиканні

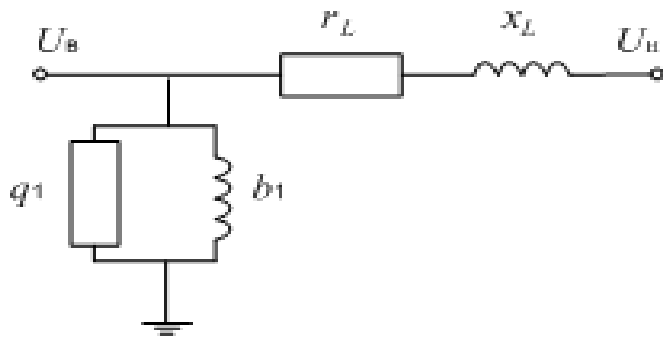


Схема заміщення двообмоткового трансформатора

$$x = \frac{U_{\hat{e}} \%}{100} \frac{U_{\hat{i}\hat{i}\hat{i}}^2}{S_{\hat{i}\hat{i}\hat{i}}} \cdot \hat{E}_{\hat{o}}^2$$

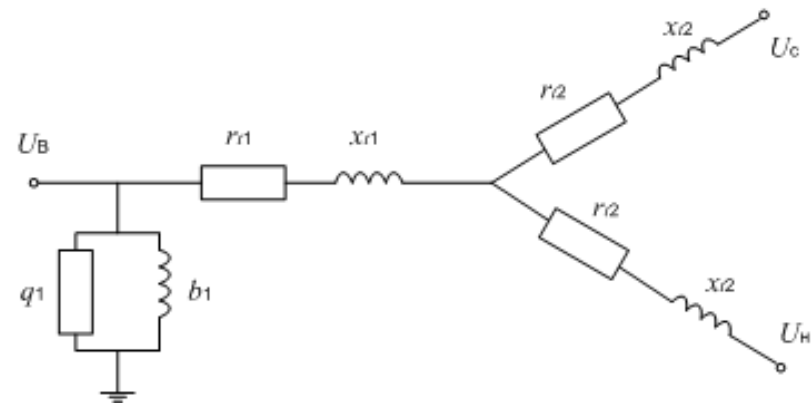


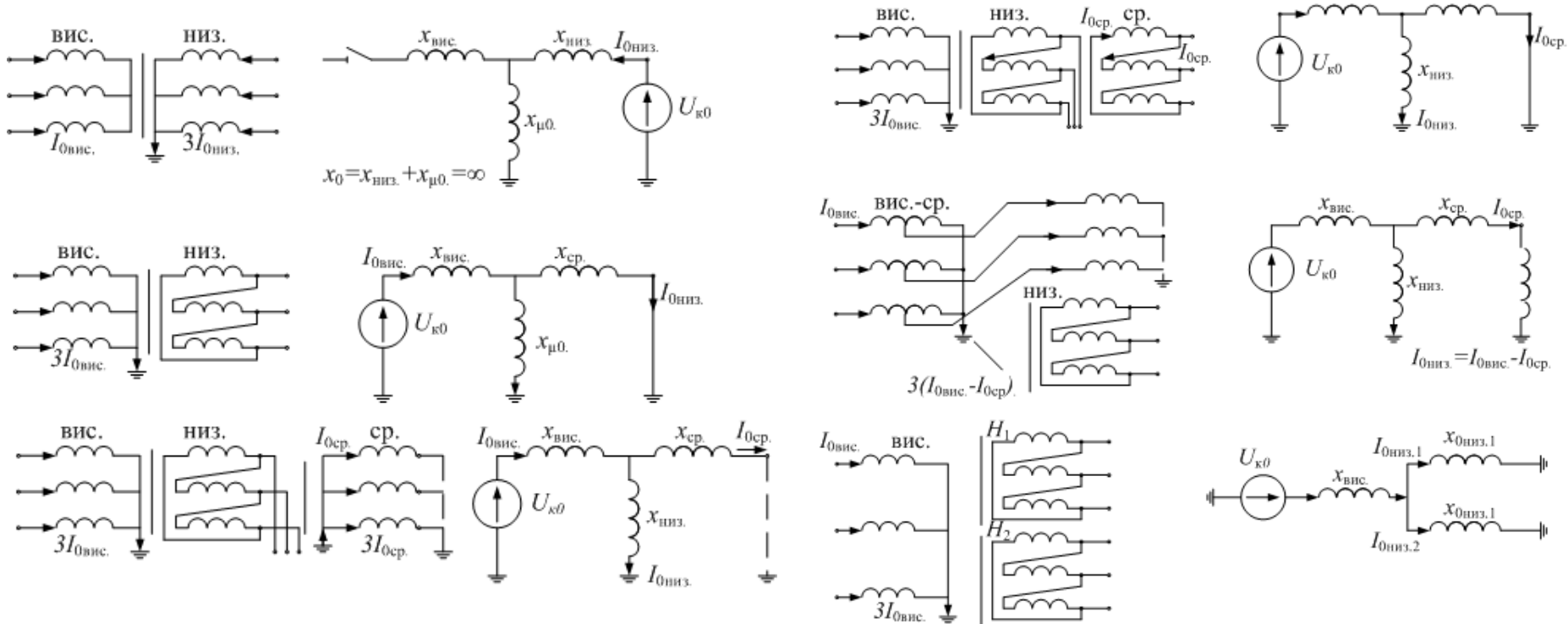
Схема заміщення триобмоткового трансформатора

$$x_1 = x_{\hat{a}} = \frac{U_{\hat{e}(\hat{a}-\hat{n})} + U_{\hat{e}(\hat{a}-\hat{i})} - U_{\hat{e}(\hat{n}-\hat{i})}}{2} \frac{U_{\hat{i}\hat{i}\hat{i}}^2}{100 S_{\hat{i}\hat{i}\hat{i}}} \cdot \hat{E}_{\hat{o}}^2$$

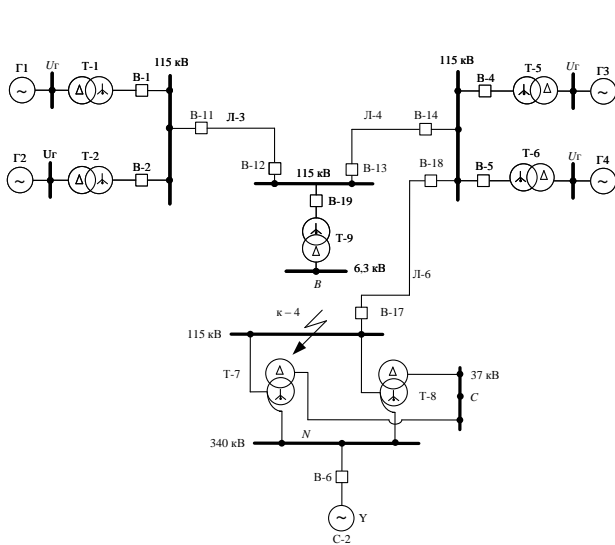
$$x_2 = x_{\hat{n}} = \frac{U_{\hat{e}(\hat{a}-\hat{n})} - U_{\hat{e}(\hat{a}-\hat{i})} + U_{\hat{e}(\hat{n}-\hat{i})}}{2} \frac{U_{\hat{i}\hat{i}\hat{i}}^2}{100 S_{\hat{i}\hat{i}\hat{i}}} \cdot \hat{E}_{\hat{o}}^2$$

$$x_3 = x_{\hat{i}} = \frac{-U_{\hat{e}(\hat{a}-\hat{n})} + U_{\hat{e}(\hat{a}-\hat{i})} + U_{\hat{e}(\hat{n}-\hat{i})}}{2} \frac{U_{\hat{i}\hat{i}\hat{i}}^2}{100 S_{\hat{i}\hat{i}\hat{i}}} \cdot \hat{E}_{\hat{o}}^2$$

Схеми заміщення трансформаторів та автотрансформаторів струмам нульової послідовності



Розрахунок струмів трифазного і несиметричного коротких замикань



Розрахункова схема

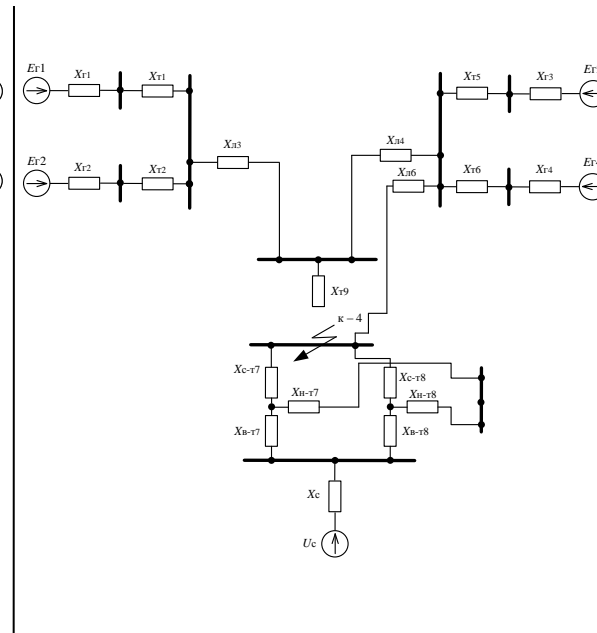


Схема заміщення
для трифазного КЗ

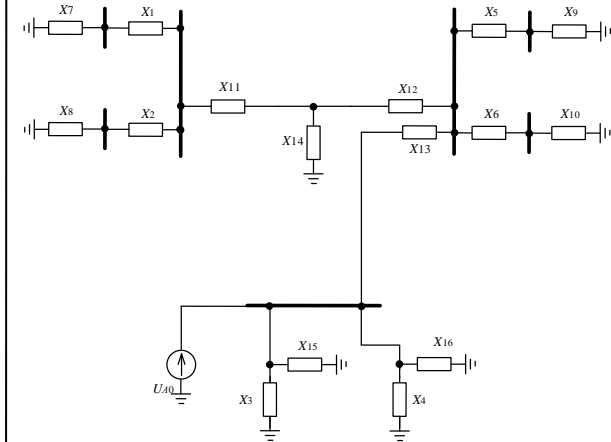



Схема заміщення
нульової послідовності

$$\hat{E}^{(3)} : i_y = 20,726(\hat{e}\text{À}); I_{\hat{E}_{Ct=0,1}} = 12,064(\hat{e}\text{À}); I_{y_{\Sigma}} = 8,058(\hat{e}\text{À})$$

$$\hat{E}^{(1,1)} : I_{\hat{E}_{Ct=0,15}} = 7,266(\hat{e}\text{À})$$

Контрольні і тестові завдання для перевірки знань студентів


 Міністерство освіти і науки України
 Вінницький національний технічний університет
 Факультет електроенергетики
 Кафедра електричних станцій та систем

Підсумкове (триместрове) оцінювання знань

Оцінювання залишкових знань

ТЕСТ
 із дисципліни «Перехідні процеси»
 Частина I
 «Електромагнітні перехідні процеси»
 Час виконання – 90 хвилин.

Тест складається з 5 завдань різних форм. Відповіді на завдання потрібно позначати в додатку до тестового завдання відповідного варіанту.

Інструкція щодо використання тестового завдання

- Тестові завдання виконані в двох формах: форма А – потрібно вибрати одну правильну відповідь із наведених п'яти варіантів; форма Б – потрібно розв'язати тестове завдання і отримані числові відповіді записати у додатку.
- Біля кожного номера завдання наведена кількість балів, що відповідає правильній відповіді.
- У разі необхідності потрібно використовувати як чернетку вільні від тексту місця в тестовому завданні.
- На останній сторінці тестового завдання наведені деякі довідкові матеріали і таблиця оцінювання виконаних тестів.
- Максимальна кількість балів, яку може набрати студент складає 90.
- Необхідні розрахунки і записи кінцевих результатів в додатку (форма Б) здійснювати з точністю до трьох знаків після коми.
- У разі помилкового позначення відповіді в додатку до тестового завдання, виправлення потрібно здійснювати таким чином:

форма А форма Б

3,174
 2-368

Форма А

Завдання 1.1; 1.2 мають п'ять варіантів відповіді, серед яких лише один правильний. Виберіть правильний, на Вашу думку, варіант відповіді, позначте його в додатку до тестового завдання згідно з інструкцією.

Завдання 1.1	8 балів
---------------------	----------------

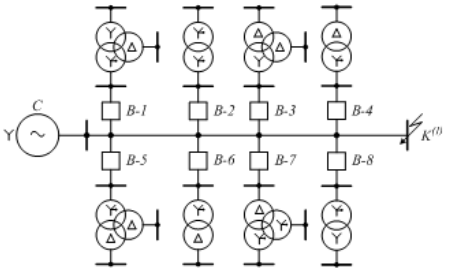
Укажіть вираз, за яким визначається миттєве значення періодичного струму короткого замикання i_n :

А	$i_n = I_{мх} \sin(\omega t + \alpha - \arctg \frac{x_k}{r_k})$
Б	$i_n = I_{мх} \sin(2\omega t + \alpha - \arctg \frac{x_k}{r_k})$
В	$i_n = I_{мх} \sin(\omega t + \alpha + \arctg \frac{x_k}{r_k})$
Г	$i_n = I_{мх} \sin(\omega t + \alpha - \arctg \frac{x_k}{r_k})$
Д	$i_n = I_{мх} \sin(\omega t + \alpha - \arctg \frac{r_k}{x_k})$

Чернетка

Завдання 1.2	20 балів
---------------------	-----------------

Знайдіть результуючий опір нульової послідовності електричної мережі (див. рисунок). Вважати, що опори двообмоткових трансформаторів і опори кожної обмотки триобмоткових трансформаторів однакові і дорівнюють 10 Ом. Вимикачі В-1 і В-4 відключені.



форма А форма Б

3,174
 2-368

Контрольні і тестові завдання для перевірки знань студентів

А	Б	В	Г	Д
10,565 Ом	5,0 Ом	8,3 Ом	6,0 Ом	9,5 Ом

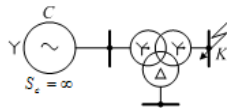
Чернетка

Форма Б

Розв'яжіть завдання 1.3-1.5. Одержані числові відповіді запишіть в додатку до тестового завдання. Необхідні розрахунки і записи кінцевих результатів здійснювати з точністю до трьох знаків після коми.

Завдання 1.3 **20 балів**

Знайдіть відношення періодичних струмів $I_n^{(3)} / I_n^{(1)}$ при коротких замиканнях в точці К (див. рисунок). Вважати, що опори кожної обмотки триобмоткового трансформатора, приведені до напруги точки короткого замикання, рівні між собою.



Відповідь
 $I_n^{(3)} / I_n^{(1)} =$

Чернетка

Чернетка

Завдання 1.4 **12 балів**

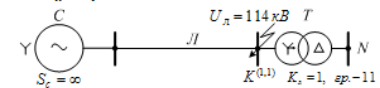
Величина опору, визначена в системі відносних одиниць при базових умовах $S_{б1} = 50$ МВ·А і $U_{б1} = 115$ кВ, складає $x_{*(б1)} = 3,5$. Визначити значення цього опору $x_{*(б2)}$ в системі відносних одиниць при таких базових умовах $S_{б2} = 100$ МВ·А; $U_{б2} = 37$ кВ.

Відповідь
 $x_{*(б2)} =$ в.о.

Чернетка

Завдання 1.5 **3×10=30 балів**

Обчисліть модулі лінійних напруг $|U_{AB}|$, $|U_{BC}|$, $|U_{CA}|$ в точці N (див. рисунок), якщо $x_N = x_*$, а лінійний коефіцієнт трансформації $K_x = 1$. [20]



Відповідь

$ U_{AB} =$	кВ	$ U_{BC} =$	кВ	$ U_{CA} =$	кВ
--------------	----	--------------	----	--------------	----

Чернетка

Контрольні і тестові завдання для перевірки знань студентів

ДОДАТОК

до тестового завдання

із дисципліни: «Електромагнітні перехідні процеси»

Студент _____

Курс _____, група _____

Варіант 1

Завдання 1.1	8 балів	A	B	B	Г	Д	
Завдання 1.2	20 балів	A	B	B	Г	Д	
Завдання 1.3	30 балів	$I^{(2)}/I^{(1)} =$					
Завдання 1.4	12 балів	$x_{\text{в.о.}} =$					
Завдання 1.5	30 балів	$U_{AB}^r =$	кВ	$U_{BC}^r =$	кВ	$U_{CA}^r =$	кВ

Довідковий матеріал

Таблиця 1.1 – Значення додаткового опору $x_{\text{доп}}^{(n)}$ і коефіцієнта $m^{(n)}$.

Вид замикання	(n)	$x_{\text{доп}}^{(n)}$	$m^{(n)}$
Трифазне	(3)	0	1
Двофазне	(2)	x_D	$\sqrt{3}$
Однофазне	(1)	$x_D + x_0$	3
Двофазне на землю	(1,1)	$\frac{x_D \cdot x_0}{x_D + x_0}$	$\sqrt{3} \sqrt{1 - \frac{x_D \cdot x_0}{(x_D + x_0)^2}}$

Таблиця 1.2 – Таблиця знань тригонометричних функцій деяких кутів.

α	0°	30°	45°	60°	90°
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
$\operatorname{tg} \alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	не існує
$\operatorname{ctg} \alpha$	не існує	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0

Таблиця 1.3 – Таблиця оцінювання тестових завдань.

% балів від трудомісткості дисципліни	За 12-бальною системою	За шкалою ESTC	За національною шкалою	За тестове завдання 90
$97 \leq B < 100$	5+	A	Відмінно	88 – 90
$94 \leq B < 97$	5			85 – 87
$91 \leq B < 94$	5-			82 – 84
$85 \leq B < 91$	4+	B	Добре	77 – 81
$80 \leq B < 85$	4	C		72 – 76
$75 \leq B < 80$	4-			68 – 71
$71 \leq B < 75$	3+	D	Задовільно	64 – 67
$68 \leq B < 71$	3	E		62 – 63
$65 \leq B < 68$	3-			59 – 61
$40 \leq B < 65$	*	FX	Незадовільно	36 – 58
$27 \leq B < 40$	2+	F	Незадовільно	25 – 35
$14 \leq B < 27$	2			13 – 24
$0 \leq B < 14$	2-			0 – 12

Висновки

1. Наведена класифікація різних видів коротких замикань, розглянута природа їх виникнення і дана характеристика негативних наслідків аварійних режимів.
2. Представлені основні припущення, що приймаються при розрахунках струмів короткого замикання. Показані різні способи представлення основних елементів в схемах заміщення для розрахунку електромагнітного перехідного процесу в залежності вимог до точності результатів, цілей розрахунку і впливу на процес дослідження.
3. Наведені принципи побудови схем заміщення прямої, зворотної і нульової послідовностей при розрахунках струмів несиметричного короткого замикання. Розглянуті особливості представлення трансформаторів і автотрансформаторів в схемах заміщення нульової послідовності.
4. Наведені результати розрахунку струмів трифазного і несиметричного коротких замикань в електричній мережі з різними джерелами електроенергії. Величина струмів короткого замикання на напрузі 115 кВ складає: $I_{\hat{E}C_{t=0,15}}^{(1,1)} = 7,266 (\hat{A})$; $I_{\hat{E}C_{t=0,1}}^{(3)} = 12,064 (\hat{A})$.
5. Розроблені тести по електромагнітним перехідним процесам для перевірки поточного і залишкового рівня знань студентів. Наведена інструкція щодо використання тестового завдання, бальна оцінка окремих тестів, а також необхідний довідковий матеріал для їх виконання.
6. В економічній частині магістерської роботи проведені розрахунки переходу підприємства на диференційовані тарифи, а в розділі охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях розглянуті питання пожежної безпеки та заходів безпеки у питаннях охорони праці.

Дякую за увагу!!!