

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования

«Юго-Западный государственный университет»

(ЮЗГУ)

Кафедра электроснабжения

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ О.Г. Локтионова

«___» _____ 2014 г.

Методические указания к выполнению расчётно-
графической работы
«Расчёт несимметричной трёхфазной цепи методом
симметричных составляющих»

Для студентов направления подготовки 140400.62

Курск 2014

УДК 621.301

Составитель Л.В. Плесконос

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения

А.Л. Овчинников

Методическое указание к выполнению расчетно-графической работы «Расчёт несимметричной трёхфазной цепи методом симметричных составляющих»./ Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Л.В.Плесконос. Курск, 2014. 18 с., рис. 1, табл. 2, прил. 1 Библиогр.: 3.

Излагаются методические указания и теоретический материал, необходимый для выполнения работы.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утверждённой учебно-методическим объединением по специальностям направления «Электроэнергетика».

Предназначены для студентов направления подготовки 140400.62.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать .Формат 60x84 1/16/
Усл печ. л. Уч.-изд.л. Тираж Заказ .Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94.

Задание к выполнению РГР

Симметричная трехфазная цепь питается от трехфазного генератора с симметричной системой ЭДС, фазные обмотки которого соединены в звезду.

В результате одного из указанных в таблице 1 повреждений линии, соединяющей генератор и нагрузку, в цепи возникает поперечный или продольный несимметричный участок (рисунок 1).

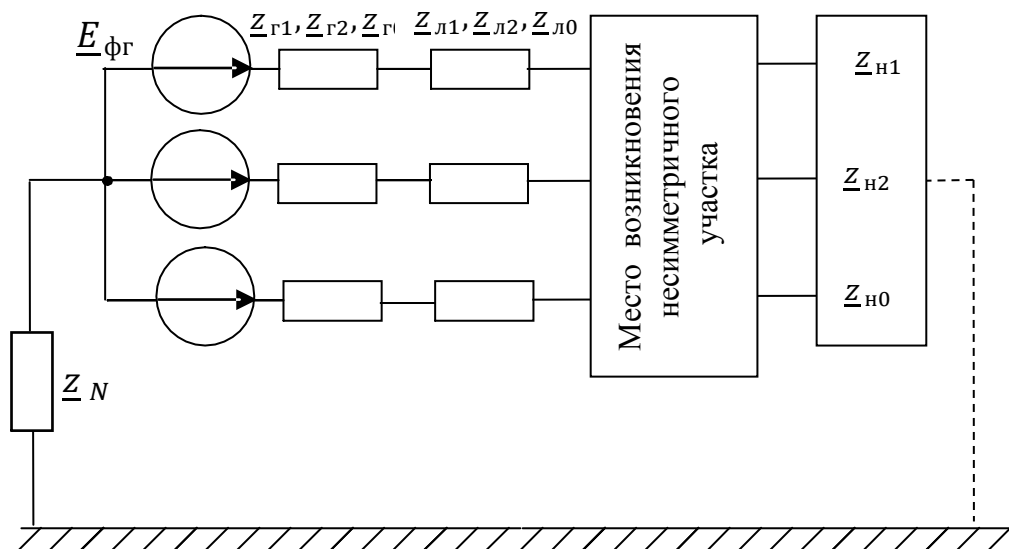


Рис. 1. Схема несимметричной трехфазной цепи

Методом симметричных составляющих определить фазные токи и фазные напряжения несимметричного участка и построить векторные диаграммы найденных фазных токов и напряжений и их симметричных составляющих.

Вид повреждения линии, схема соединения нагрузки, а также фазные сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей для генератора, линии и нагрузки выбираются из таблицы 1 по номеру студента в списке группы (или по двум последним цифрам номера зачетки для студентов заочной формы обучения). Фазная ЭДС генератора и сопротивление нейтрального провода выбираются из таблицы 2 по номеру группы, который устанавливает преподаватель. При выполнении РГЗ составить трехфазную схему, в которой указать конкретные схему несимметричного участка соединения приемника, соответствующие заданному варианту.

Таблица 1

№ вари - анта	Вид повреждения линии	Схема соеди- нения нагруз-ки	Генератор			Линия			Нагрузка		
			$\underline{Z}_{г1}$	$\underline{Z}_{г2}$	$\underline{Z}_{г0}$	$\underline{Z}_{л1}$	$\underline{Z}_{л2}$	$\underline{Z}_{л0}$	$\underline{Z}_{н1}$	$\underline{Z}_{н2}$	$\underline{Z}_{н0}$
			Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом	Ом
1	к.з. фазы В на землю		$j20$	$j15$	$j5$	$5+j3$	$3+j2$	$1+j1$	$25+j10$	$30+j20$	$10+j5$
2	к.з. фазы С на землю		$j22$	$j17$	$j7$	$7+j3$	$5+j2$	$2+j1$	$30+j20$	$45+j30$	$15+j10$
3	к.з. фазы А и В на землю		$j24$	$j19$	$j9$	$5+j5$	$3+j4$	$1+j3$	$40+j30$	$50+j40$	$25+j5$
4	к.з. фазы В и С на землю		$j26$	$j21$	$j11$	$7+j6$	$5+j4$	$3+j3$	$55+j40$	$60+j50$	$25+j20$
5	к.з. фазы А и С на землю		$j28$	$j23$	$j13$	$9+j6$	$7+j4$	$5+j3$	$40+j50$	$55+j60$	$20+j25$
6	к.з. фаз А и В		$j30$	$j25$	$j15$	$7+j8$	$5+j6$	$3+j5$	$30+j20$	$40+j30$	$20+j10$
7	к.з. фаз В и С		$j32$	$j27$	$j17$	$3+j3$	$2+j2$	$1+j1$	$25+j30$	$30+j40$	$10+j15$
8	к.з. фаз А и С		$j34$	$j29$	$j19$	$4+j3$	$3+j2$	$2+j1$	$10+j20$	$25+j30$	$5+j10$
9	обрыв фаз А		$j36$	$j31$	$j21$	$3+j4$	$2+j3$	$1+j2$	$60+j60$	$70+j80$	$15+j10$
10	обрыв фаз С		$j38$	$j33$	$j23$	$6+j3$	$4+j2$	$3+j1$	$70+j75$	$90+j80$	$15+j15$
11	обрыв фаз А и В		$j40$	$j35$	$j25$	$7+j3$	$5+j2$	$4+j1$	$25+j15$	$35+j30$	$15+j10$
12	обрыв фаз В и С		$j42$	$j37$	$j27$	$6+j4$	$4+j3$	$3+j2$	$35+j25$	$45+j35$	$20+j20$
13	обрыв фаз А и С		$j44$	$j41$	$j31$	$5+j3$	$3+j2$	$1+j1$	$20+j10$	$30+j20$	$10+j5$
14	к.з. фазы А на землю		$j46$	$j43$	$j33$	$7+j3$	$5+j2$	$2+j1$	$30+j20$	$40+j30$	$15+j10$
15	к.з. фазы В на землю		$j48$	$j45$	$j35$	$5+j5$	$3+j4$	$1+j3$	$40+j30$	$50+j40$	$20+j5$
16	к.з. фазы С на землю		$j50$	$j47$	$j37$	$7+j6$	$5+j4$	$3+j3$	$50+j40$	$60+j50$	$25+j20$

Продолжение таблицы 1

17	к.з. фаз А и В		$j58$	$j55$	$j45$	$4+j3$	$3+j2$	$2+j1$	$10+j20$	$20+j30$	$5+j10$
18	к.з. фаз В и С		$j60$	$j57$	$j47$	$3+j4$	$2+j3$	$1+j2$	$60+j60$	$70+j80$	$10+j10$
19	к.з. фаз А и С		$j62$	$j59$	$j49$	$6+j3$	$4+j2$	$3+j1$	$70+j70$	$90+j80$	$15+j15$
20	обрыв фазы А		$j64$	$j61$	$j51$	$7+j3$	$5+j2$	$4+j1$	$25+j15$	$35+j25$	$15+j10$
21	обрыв фазы В		$j66$	$j63$	$j53$	$6+j4$	$4+j3$	$3+j2$	$35+j25$	$45+j35$	$20+j15$
22	обрыв фазы С		$j68$	$j65$	$j55$	$5+j3$	$3+j2$	$1+j1$	$45+j35$	$55+j45$	$25+j10$
23	к.з. фазы А на землю	Δ	$j70$	$j67$	$j57$	$5+j3$	$3+j2$	$1+j1$	$40+j20$	$50+j30$	$25+j10$
24	к.з. фазы В на землю	Δ	$j72$	$j69$	$j59$	$7+j3$	$5+j2$	$2+j1$	$20+j40$	$30+j50$	$10+j25$
25	к.з. фазы С на землю	Δ	$j74$	$j71$	$j61$	$5+j5$	$3+j4$	$1+j3$	$20+j20$	$30+j30$	$15+j10$

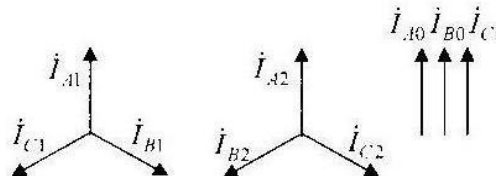
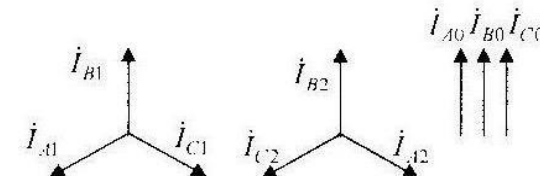
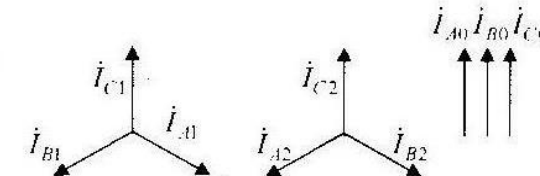
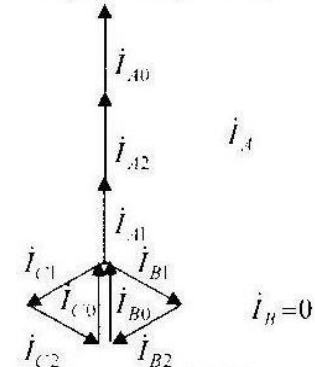
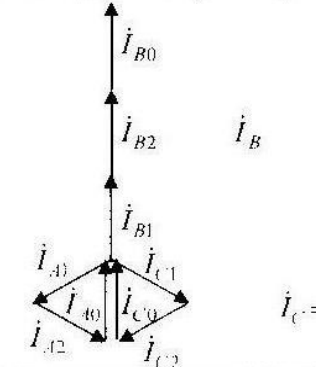
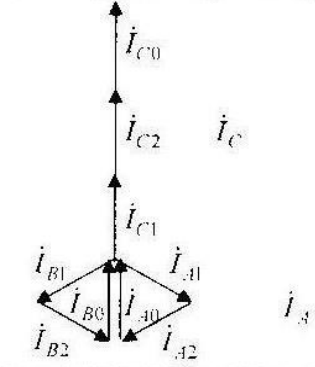
Таблица 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	группа	группа	группа	группа	группа	группа	группа	группа	группа	группа
$E_{\phi r}, B$	127	220	380	660	127	220	380	660	220	380
$\underline{Z}_N = \underline{R}_N, Ом$	5	7	9	10	12	14	15	16	18	20

Приложение А (обязательное)

Основные соотношения для симметричных составляющих и примерные векторные диаграммы

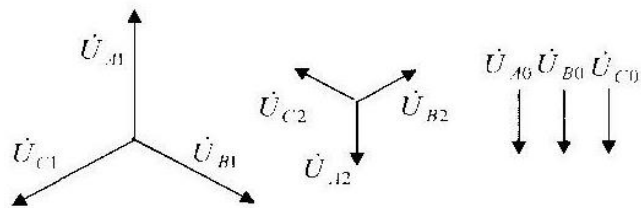
1) Однофазное короткое замыкание

к.з. фазы А ($\dot{U}_A = 0; \dot{I}_B = 0; \dot{I}_C = 0$)	к.з. фазы В ($\dot{U}_B = 0; \dot{I}_A = 0; \dot{I}_C = 0$)	к.з. фазы С ($\dot{U}_C = 0; \dot{I}_A = 0; \dot{I}_B = 0$)
<p>Симметричные составляющие токов</p> $\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_0$ 	<p>Симметричные составляющие токов</p> $\dot{I}_1 = a \dot{I}_0 \quad \dot{I}_2 = a^2 \dot{I}_0$ $ \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_0 $ 	<p>Симметричные составляющие токов</p> $\dot{I}_1 = a^2 \dot{I}_0 \quad \dot{I}_2 = a \dot{I}_0$ $ \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_0 $ 
<p>Токи в месте к.з. ($\dot{I}_A \neq 0; \dot{I}_B = 0; \dot{I}_C = 0$)</p> 	<p>Токи в месте к.з. ($\dot{I}_B \neq 0; \dot{I}_A = 0; \dot{I}_C = 0$)</p> 	<p>Токи в месте к.з. ($\dot{I}_C \neq 0; \dot{I}_A = 0; \dot{I}_B = 0$)</p> 

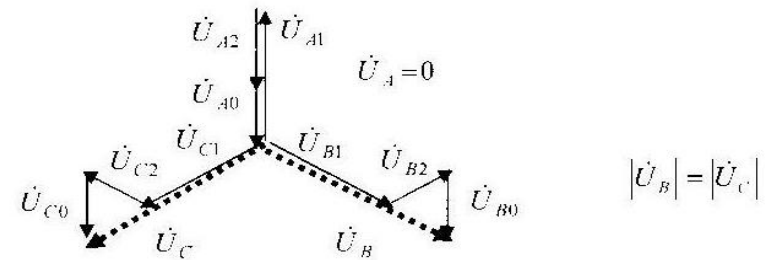
Векторную диаграмму напряжений сложно изобразить однозначно, т.к. симметричные составляющие напряжения зависят от сопротивлений прямой, обратной и нулевой последовательностей $\underline{z}_1, \underline{z}_2, \underline{z}_0$. Ниже приведены варианты примерных векторных диаграмм для случая к.з. фазы А. Граничным условием для построения векторной диаграммы напряжений является равенство нулю напряжения \dot{U}_A

Пример 1 (частный случай)

Симметричные составляющие напряжений



Напряжения в месте к.з. ($\dot{U}_A = 0; \dot{U}_B \neq 0; \dot{U}_C \neq 0$)

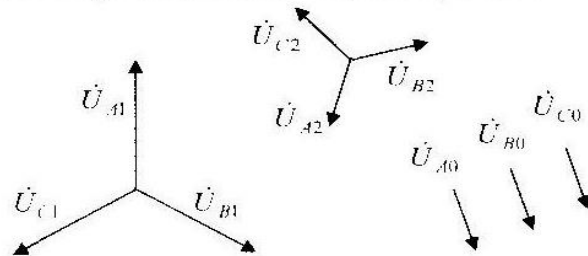


∞

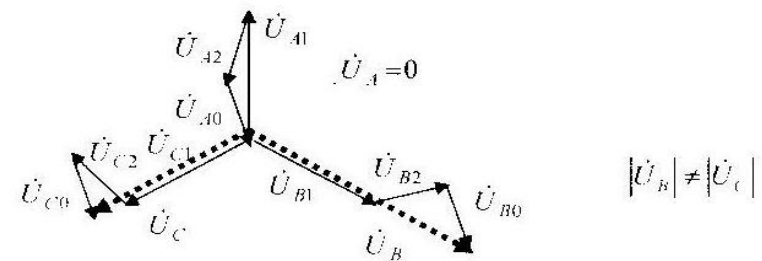
Подобная векторная диаграмма получается в ряде частных случаев, например, если сопротивления $\underline{z}_1, \underline{z}_2, \underline{z}_0, \underline{z}_N$ чисто индуктивные или чисто активные.

Пример 2 (общий случай)

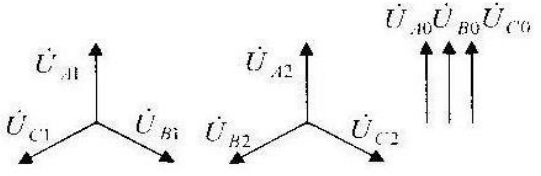
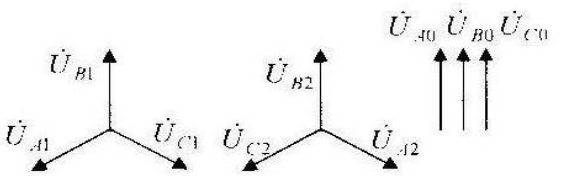
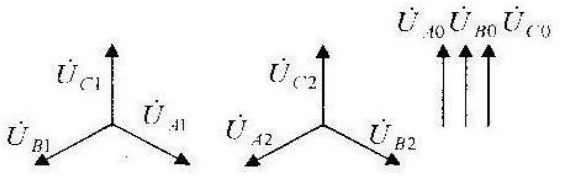
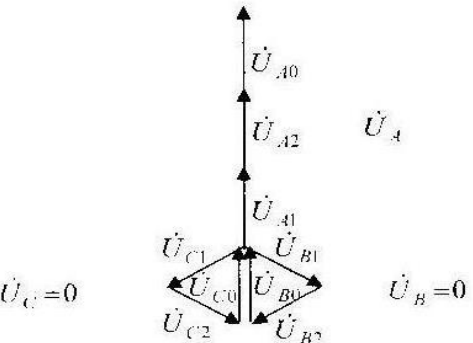
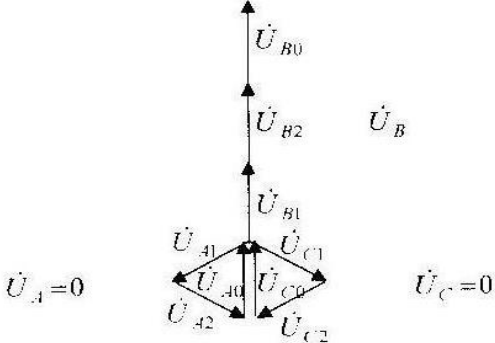
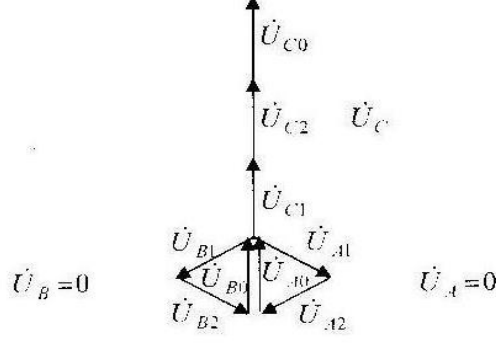
Симметричные составляющие напряжений



Напряжения в месте к.з. ($\dot{U}_A = 0; \dot{U}_B \neq 0; \dot{U}_C \neq 0$)



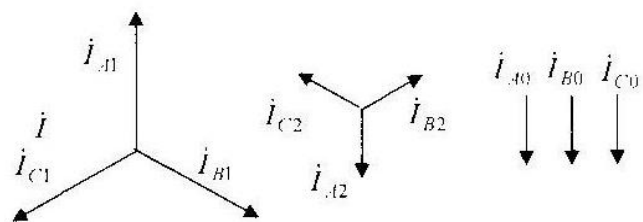
2) Двухфазное короткое замыкание на землю

<p>к.з. фаз В и С на землю ($I_A = 0; \dot{U}_B = 0; \dot{U}_C = 0$)</p>	<p>к.з. фаз А и С на землю ($I_B = 0; \dot{U}_A = 0; \dot{U}_C = 0$)</p>	<p>к.з. фаз А и В на землю ($I_C = 0; \dot{U}_A = 0; \dot{U}_B = 0$)</p>
<p>Симметричные составляющие напряжений $\dot{U}_1 = \dot{U}_2 = \dot{U}_0$</p> 	<p>Симметричные составляющие напряжений $\dot{U}_1 = a\dot{U}_0 \quad \dot{U}_2 = a^2\dot{U}_0$ $\dot{U}_1 = \dot{U}_2 = \dot{U}_0$</p> 	<p>Симметричные составляющие напряжений $\dot{U}_1 = a^2\dot{U}_0 \quad \dot{U}_2 = a\dot{U}_0$ $\dot{U}_1 = \dot{U}_2 = \dot{U}_0$</p> 
<p>Напряжения в месте к.з. ($\dot{U}_A \neq 0; \dot{U}_B = 0; \dot{U}_C = 0$)</p> 	<p>Напряжения в месте к.з. ($\dot{U}_B \neq 0; \dot{U}_A = 0; \dot{U}_C = 0$)</p> 	<p>Напряжения в месте к.з. ($\dot{U}_C \neq 0; \dot{U}_A = 0; \dot{U}_B = 0$)</p> 

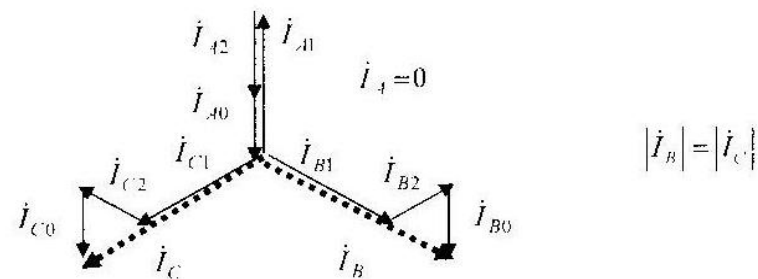
Векторную диаграмму токов сложно изобразить однозначно, т.к. симметричные составляющие токов зависят от сопротивлений прямой, обратной и нулевой последовательностей $\underline{z}_1, \underline{z}_2, \underline{z}_0$. Ниже приведены варианты примерных векторных диаграмм токов для случая к.з. фаз В и С на землю. Граничным условием для построения векторной диаграммы токов является равенство нулю тока \dot{I}_A

Пример 1 (частный случай)

Симметричные составляющие токов



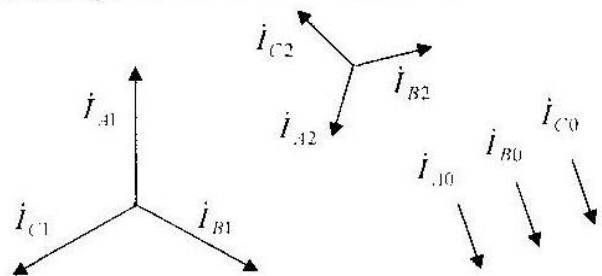
Токи в месте к.з. ($\dot{I}_A = 0; \dot{I}_B \neq 0; \dot{I}_C \neq 0$)



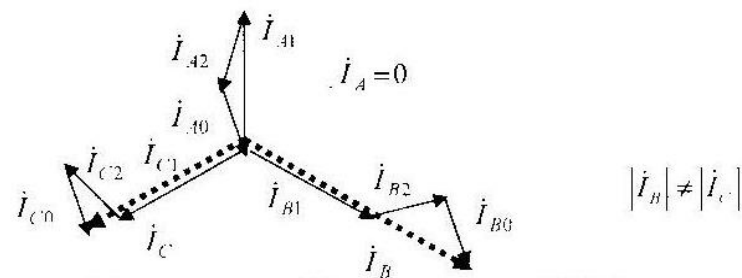
Подобная векторная диаграмма получается в ряде частных случаев, например, если сопротивления $\underline{z}_1, \underline{z}_2, \underline{z}_0, \underline{z}_N$ чисто индуктивные или чисто активные.

Пример 2 (общий случай)

Симметричные составляющие токов



Токи в месте к.з. ($\dot{I}_A = 0; \dot{I}_B \neq 0; \dot{I}_C \neq 0$)

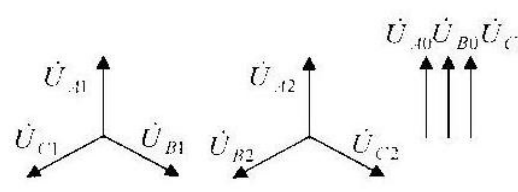
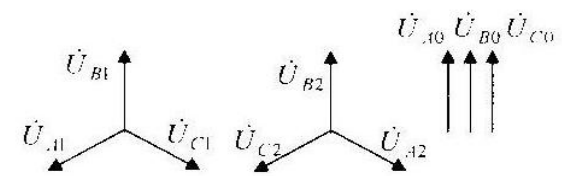
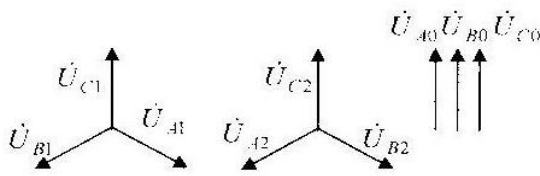
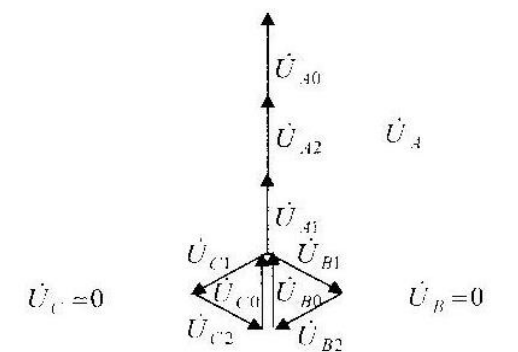
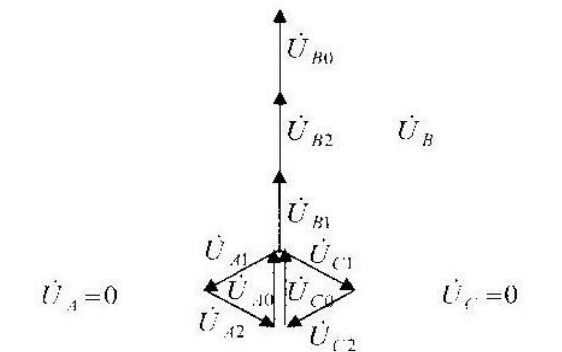
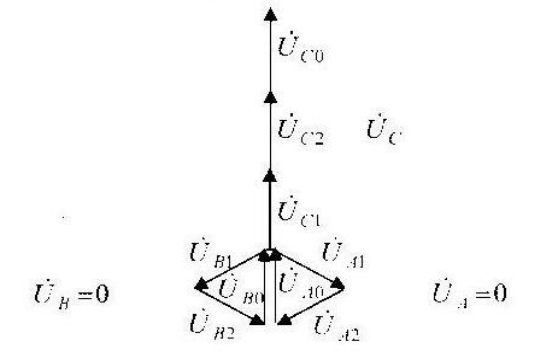


3) Двухфазное короткое замыкание

<p>к.з. фаз В и С</p> <p>$(I_A = 0; \dot{U}_B = \dot{U}_C; I_B = -I_C)$</p>	<p>к.з. фаз А и С</p> <p>$(I_B = 0; \dot{U}_A = \dot{U}_C; I_A = -I_C)$</p>	<p>к.з. фаз А и В</p> <p>$(I_C = 0; \dot{U}_A = \dot{U}_B; I_A = -I_B)$</p>
<p>Симметричные составляющие токов</p> <p>$I_0 = 0 \quad I_2 = -I_1$</p>	<p>Симметричные составляющие токов</p> <p>$I_0 = 0 \quad I_2 = -aI_1$</p> <p>$\dot{I}_2 = \dot{I}_1$</p>	<p>Симметричные составляющие токов</p> <p>$I_0 = 0 \quad I_2 = -a^2I_1$</p> <p>$\dot{I}_2 = \dot{I}_1$</p>
<p>Токи в месте к.з. ($I_A = 0; I_B = -I_C$)</p>	<p>Токи в месте к.з. ($I_B = 0; I_A = -I_C$)</p>	<p>Токи в месте к.з. ($I_C = 0; I_A = -I_B$)</p>

<p>Симметричные составляющие напряжений</p> $\dot{U}_1 = \dot{U}_2$	<p>Симметричные составляющие напряжений</p> $\dot{U}_1 = a^2 \dot{U}_2$ $ \dot{U}_1 = \dot{U}_2 $	<p>Симметричные составляющие напряжений</p> $\dot{U}_1 = a \dot{U}_2$ $ \dot{U}_1 = \dot{U}_2 $
<p>Напряжения в месте к.з. ($\dot{U}_A \neq 0; \dot{U}_B = \dot{U}_C = 0$)</p> $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$ $\dot{U}_0 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) = 0$	<p>Напряжения в месте к.з. ($\dot{U}_B \neq 0; \dot{U}_A = \dot{U}_C = 0$)</p> $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$ $\dot{U}_0 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) = 0$	<p>Напряжения в месте к.з. ($\dot{U}_C \neq 0; \dot{U}_A = \dot{U}_B = 0$)</p> $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$ $\dot{U}_0 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C) = 0$

4) Обрыв одной фазы

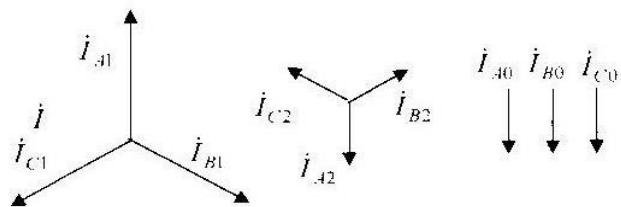
обрыв фазы А ($I_A = 0; \dot{U}_A = 0; \dot{U}_I = 0$)	обрыв фазы В ($I_B = 0; \dot{U}_B = 0; \dot{U}_C = 0$)	обрыв фазы С ($I_C = 0; \dot{U}_C = 0; \dot{U}_B = 0$)
<p>Симметричные составляющие напряжений</p> $\dot{U}_1 = \dot{U}_2 = \dot{U}_0$ 	<p>Симметричные составляющие напряжений</p> $\dot{U}_1 = a\dot{U}_0 \quad \dot{U}_2 = a^2\dot{U}_0$ $ \dot{U}_1 = \dot{U}_2 = \dot{U}_0 $ 	<p>Симметричные составляющие напряжений</p> $\dot{U}_1 = a^2\dot{U}_0 \quad \dot{U}_2 = a\dot{U}_0$ $ \dot{U}_1 = \dot{U}_2 = \dot{U}_0 $ 
<p>Напряжения в месте к.з.</p> $(\dot{U}_A \neq 0; \dot{U}_B = 0; \dot{U}_C = 0)$ 	<p>Напряжения в месте к.з.</p> $(\dot{U}_B \neq 0; \dot{U}_A = 0; \dot{U}_C = 0)$ 	<p>Напряжения в месте к.з.</p> $(\dot{U}_C \neq 0; \dot{U}_A = 0; \dot{U}_B = 0)$ 

Векторную диаграмму токов сложно изобразить однозначно, т.к. симметричные составляющие токов зависят от сопротивлений прямой, обратной и нулевой последовательностей $\underline{z}_1, \underline{z}_2, \underline{z}_0$. Ниже приведены варианты примерных векторных диаграмм токов для случая обрыва фазы А. Граничным условием для построения векторной диаграммы токов является равенство нулю тока \dot{I}_A .

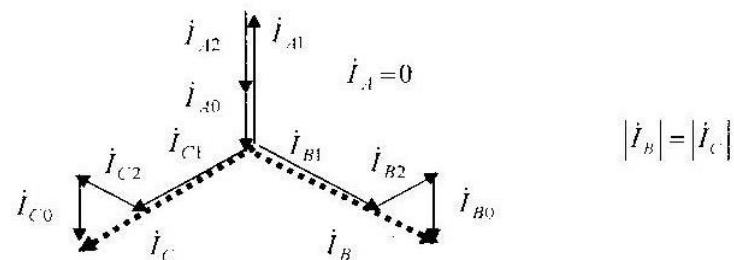
Векторная диаграмма токов (для схемы с заземленной нейтрью), $\dot{I}_0 \neq 0$

Пример 1 (частный случай)

Симметричные составляющие токов



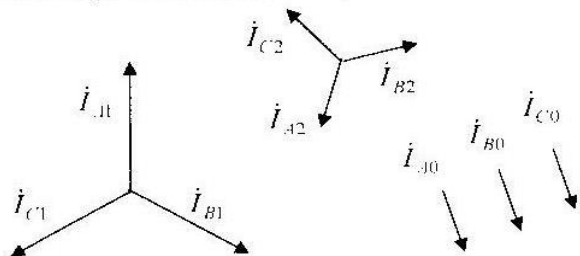
Токи в месте к.з. ($\dot{I}_A = 0; \dot{I}_B \neq 0; \dot{I}_C \neq 0$)



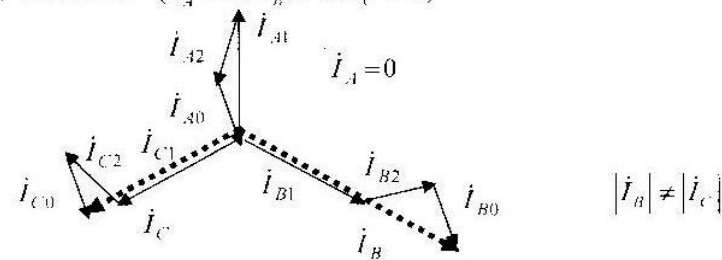
Подобная векторная диаграмма получается в ряде частных случаев, например, если сопротивления $\underline{z}_1, \underline{z}_2, \underline{z}_0, \underline{z}_N$ чисто индуктивные или чисто активные.

Пример 2 (общий случай)

Симметричные составляющие токов

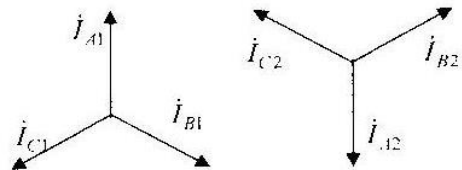


Токи в месте к.з. ($\dot{I}_A = 0; \dot{I}_B \neq 0; \dot{I}_C \neq 0$)

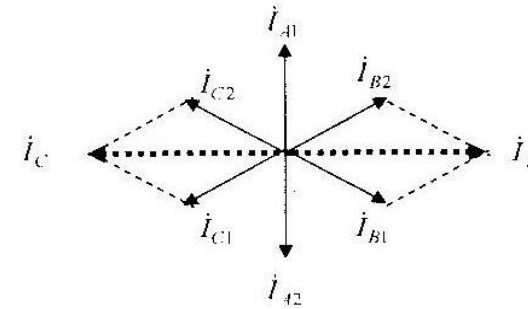


Векторная диаграмма токов (для схемы с изолированной нейтралью), $I_0 = 0$

Симметричные составляющие токов $I_0 = 0, I_1 = -I_2$



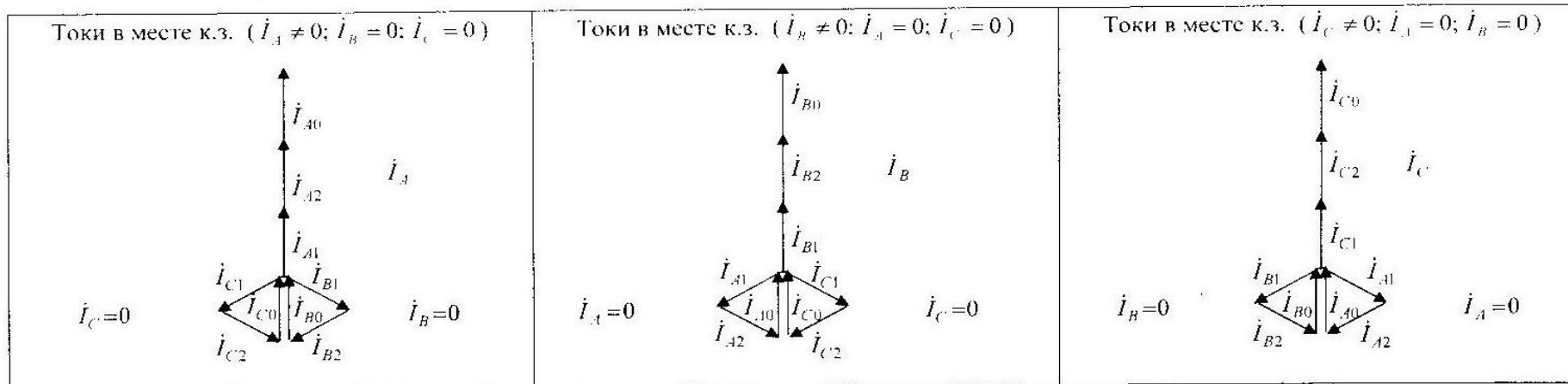
Токи в месте к.з. ($I_0 = 0; I_n = -I_c$)



15

5) Обрыв двух фаз (для схемы с заземленной нейтралью)

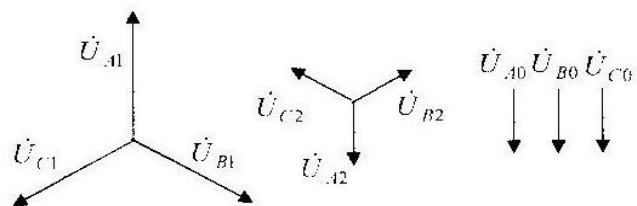
обрыв фаз В и С ($\dot{U}_B = 0; \dot{I}_B = 0; \dot{I}_C = 0$)	обрыв фаз А и С ($\dot{U}_A = 0; \dot{I}_A = 0; \dot{I}_C = 0$)	обрыв фаз А и В ($\dot{U}_A = 0; \dot{I}_A = 0; \dot{I}_B = 0$)
<p>Симметричные составляющие токов</p> $I_1 = I_2 = I_0$	<p>Симметричные составляющие токов</p> $I_1 = a I_0 \quad I_2 = a^2 I_0$ $ I_1 = I_2 = I_0 $	<p>Симметричные составляющие токов</p> $I_1 = a^2 I_0 \quad I_2 = a I_0$ $ I_1 = I_2 = I_0 $



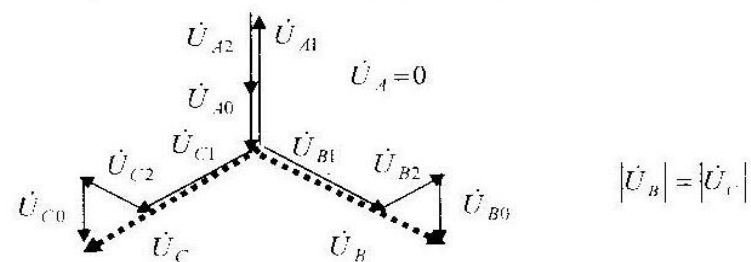
Векторную диаграмму напряжений сложно изобразить однозначно, т.к симметричные составляющие напряжения зависят от сопротивлений прямой, обратной и нулевой последовательностей Z_1, Z_2, Z_0 . Ниже приведены варианты примерной векторной диаграмм для случая обрыва фазы А. Граничным условием для построения векторной диаграммы напряжений является равенство нулю напряжения \dot{U}_A .

Пример 1 (частный случай)

Симметричные составляющие напряжений



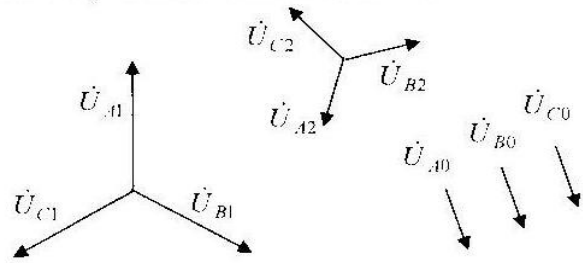
Напряжения в месте к.з. ($\dot{U}_A = 0; \dot{U}_B \neq 0; \dot{U}_C \neq 0$)



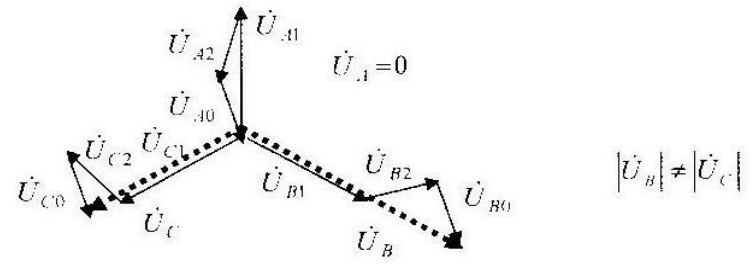
Подобная векторная диаграмма получается в ряде частных случаев, например, если сопротивления $\underline{z}_1, \underline{z}_2, \underline{z}_0, \underline{z}_N$ чисто индуктивные или чисто активные.

Пример 2 (общий случай)

Симметричные составляющие напряжений



Напряжения в месте к.з. ($\dot{U}_a = 0; \dot{U}_b \neq 0; \dot{U}_c \neq 0$)



Библиографический список

1. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники: электрические цепи: учеб. для вузов/Л.А. Бессонов.-11-е изд., испр. И доп.-М.: Гайдарики, 2006.-701 с.
2. Удрис, А.П. Векторные диаграммы и их использование при наладке и эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики/А.П. Удрис.-М.: НТФ «Энергопрогресс», 2006. -64 с.
3. ГОСТ Р 52735-2007 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ.- М.: Стандартиформ, 2007.-35 с.