# 1.3. Расчёт полного тока трёхфазного короткого замыкания через 0,2 с после возникновения КЗ методом расчётных кривых.

Данный метод основан на применении специальных кривых, которые дают для произвольного момента переходного процесса значение периодической составляющей тока в месте КЗ в функции от расчётного индуктивного сопротивления:



В общем случае для расчёта полного тока методом расчётных кривых необходимо составить схему замещения без учёта нагрузок. [2] Исключение составляют крупные синхронные компенсаторы и двигатели, находящиеся вблизи точки КЗ, которые в таком случае рассматриваются как генераторы равновеликой мощности. Далее постепенным преобразованием схема приводится к виду многолучевой звезды, где в отдельные ветви выделяются источники разных типов и источники, находящиеся в разных условиях относительно точки КЗ.

Итак, без учёта нагрузки получим следующую схему замещения:

****

Значения коэффициента для различных источников, питающих точку КЗ (синхронные генераторы и компенсаторы, синхронные двигатели, асинхронные двигатели), в зависимости от удалённости точки КЗ, определяется по графикам , представленным на рисунке [5].

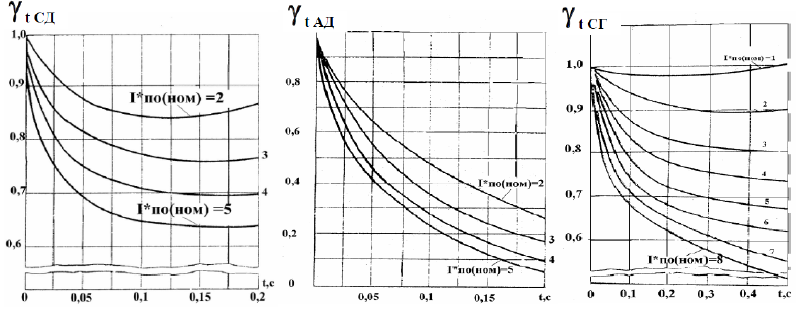
**

Рисунок – Типовые кривые изменения периодической составляющей тока КЗ от синхронного электродвигателя, асинхронного электродвигателя и синхронного генератора

Периодическая составляющая тока к.з. от генератора для :





Принимаем согласно заданным кривым по [5] .

Периодическая составляющая тока к.з. от асинхронного двигателя для :





Принимаем согласно заданным кривым по [5].

Периодическая составляющая тока к.з. от синхронного двигателя СД1 для :





Принимаем согласно заданным кривым по [5] .

Периодическая составляющая тока к.з. от синхронного двигателя СД2 для :





Принимаем согласно заданным кривым по [5] .

Для источника бесконечной мощности ток определится следующим образом:

.

Теперь найдём искомую величину периодической слагающей тока короткого замыкания для заданного момента времени 0,2 с в именованных единицах:



Теперь рассчитаем значения апериодической составляющей тока КЗ к моменту времени 0,2 с для каждой ветви.

Апериодическая составляющая тока КЗ в ветви с генератором G1:

.

Апериодическая составляющая тока КЗ в ветви с асинхронным двигателем:

.

Апериодическая составляющая тока КЗ в ветви с синхронным двигателем СД1:

.

Апериодическая составляющая тока КЗ в ветви с синхронным двигателем СД2:

.

Апериодическая составляющая тока к.з. от системы для :

.

Апериодическая составляющая тока через 0,2 с в точке КЗ в относительных единицах:



Полный ток в месте КЗ через 0,2 с в относительных единицах:

.

Полный ток в месте КЗ через 0,2 с в именованных единицах:

.

# Задача 2. Расчет токов несимметричных коротких замыканий.

Рассчитать для трех видов несимметричных к.з. в точке К-1 начальное значение периодической составляющей тока к.з. аварийных фаз в точке к.з. и на шинах источников (расчет произвести любым из методов, использовать приближенный учет коэффициентов трансформации)

# 2.1 Составление схем замещения отдельных последовательностей

Составим схему замещения прямой последовательности. Схема прямой последовательности идентична схеме, которую мы составляли при расчете трехфазного короткого замыкания.

Поскольку пути циркуляции токов обратной последовательности те же, что и токов прямой последовательности, схема обратной последовательности аналогична по структуре схеме прямой последовательности, но Э.Д.С. генерирующих элементов в ней отсутствуют; к точке к.з. подключен условный источник с напряжением, равным . Принципиально сопротивления обратной и прямой последовательностей элементов, с вращающимися магнитосвязанными цепями (синхронные и асинхронные машины), не равны. Однако поскольку это неравенство мало влияет на результирующее сопротивление схемы  им в расчетах часто пренебрегают. [1] Следовательно, сопротивления прямой и обратной последовательностей будут равны, т.е. .

****

**Схема замещения прямой последовательности при КЗ в точке К-1.**

Параллельно складываем сопротивления



Последовательно складываем сопротивления





Параллельно складываем сопротивления



Получим схему замещения, с учетом сделанных преобразований:

****

Преобразуем параллельные ветви с ЭДС











Последовательно складываем сопротивления



Преобразуем параллельные ветви с ЭДС:





Определим действующее значение периодической составляющей тока КЗ в начальный момент времени.

Переведем ток в кА:



****

**Схема обратной последовательности**



# 2.1.1. Схема замещения нулевой последовательности.

Схема нулевой последовательности отличается от схем прямой и обратной последовательностей. Ток нулевой последовательности, по существу, является однофазным током, разветвлённым между тремя фазами и возвращающимся через землю и параллельные ей цепи. Поэтому путь токов нулевой последовательности резко отличается от пути токов прямой и обратной последовательности. Конфигурация схемы нулевой последовательности определяется соединением обмоток трансформаторов и режимом работы их нейтралей (заземлённая или изолированная нейтраль). Составление схемы нулевой последовательности следует начинать от точки КЗ, к которой приложено напряжение нулевой последовательности условного источника. При отсутствии емкостной проводимости (этой проводимостью в схемах, рассматриваемых в данной работе, можно пренебречь) токи нулевой последовательности потекут лишь в сторону элементов, электрически связанных с точкой КЗ, обмотки фаз которых соединены в звезду с заземлённой нейтралью. Следовательно, только эти элементы войдут в схему нулевой последовательности. Протекая по обмоткам трансформаторов, соединённым в звезду с заземлённой нейтралью, токи нулевой последовательности наводят в других обмотках трансформаторов ЭДС нулевой последовательности. Но ток нулевой последовательности возникает в этих обмотках, если они соединены в треугольник (при этом ток будет циркулировать по треугольнику, не выходя из него) или в звезду с заземлённой нейтралью, к которой подключен элемент, также имеющий заземлённую нейтраль.

*В данной работе принимается, что обмотки генераторов, двигателей, обобщённой нагрузки соединены в треугольник или в звезду с изолированной нейтралью*. Поэтому эти элементы в схему замещения нулевой последовательности входить не будут. Сопротивления нулевой последовательности трансформаторов и автотрансформаторов определяются их конструкцией и соединением обмоток.

Сопротивления прямой последовательности трансформаторов и автотрансформаторов равны соответствующим сопротивлениям нулевой последовательности, сопротивление линии согласно заданию, принимается равным 



**Составим схему замещения нулевой последовательности**

****

**Исходная схема замещения сети для токов нулевой последовательности.**

Сворачиваем данную схему относительно точки возникшей несимметрии. В расчётах будем опускать индекс 0, подразумевая, что все расчёты ведутся для сопротивлений нулевой последовательности.

Параллельно складываем сопротивления



Последовательно складываем сопротивления



Параллельно складываем сопротивления



Последовательно складываем сопротивления





**Эквивалентная схема замещения системы для токов нулевой последовательности.**

# Двухфазное короткое замыкание.

Ток прямой последовательности особой фазы в месте любого несимметричного КЗ следует определять по формуле



где () - вид несимметричного КЗ;

 - результирующая эквивалентная ЭДС всех учитываемых источников энергии;

 - результирующее эквивалентное индуктивное сопротивление схемы замещения прямой последовательности относительно точки несимметричного КЗ;

 - дополнительное индуктивное сопротивление, которое определяется видом несимметричного КЗ () и параметрами схем замещения обратной и нулевой (при однофазном и двухфазном КЗ на землю) последовательностей. Значения дополнительного сопротивления для несимметричных КЗ разных видов приведены в табл.2.1.

Таблица 2.1 - Значения дополнительного сопротивления и коэффициента  для несимметричных КЗ разных видов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид КЗ | Значение | Значение коэффициента |
| Двухфазное |  |  |
| Однофазное |  | 3 |
| Двухфазное КЗ на землю |  |  |

Ток двухфазного КЗ равен:

,

где - результирующая эквивалентная ЭДС всех учитываемых источников

; 



### Двухфазное короткое замыкание на землю.

Рассчитаем дополнительное сопротивление для двухфазного КЗ на землю:

.

Таким образом, ток прямой последовательности в месте двухфазного КЗ на землю:

.

Коэффициент для двухфазного КЗ на землю:

.

Тогда модуль периодической составляющей тока в повреждённой фазе в месте КЗ можно выразить через ток прямой последовательности:

.

# Однофазное короткое замыкание.

Рассчитаем дополнительное сопротивление для однофазного КЗ:

.

Таким образом, ток прямой последовательности в месте однофазного КЗ:

.

Коэффициент для однофазного КЗ . Тогда модуль периодической составляющей тока в повреждённой фазе в месте КЗ можно выразить через ток прямой последовательности:

.

# Список использованных источников

1. Тарасов В. И. Расчёты токов короткого замыкания в электроэнергетических системах. Учебное пособие по курсовому проектированию по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах». – Иркутск, 2004 (электронная версия).

2. Переходные процессы в электрических системах. Методические указания к курсовой и контрольной работам для студентов специальностей 10.01, 10.04. Составители В. С. Вайнер-Кротов, В. И. Тарасов. – Иркутск, 1993. – 40 с.

3. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для сред. проф. Образования/ Л.Д. Рожкова, Л.К. Карнеева, Т.В. Чиркова. –М.: Издательский центр «Академия», 2004.-448 с.

4. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. Учебник для электротехнических и энергетических вузов и факультетов. – М.: «Энергия», 1970. – 519 с.

5. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / Под ред. Б. Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 144 с.