

УДК 621.311

## ПРОГРАММА РАСЧЕТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ТКZ15

Кецко Р.А.

Научный руководитель – доцент Бобко Н.Н.

В энергетических системах различают нормальный и ненормальный режимы работы. Ненормальные режимы работы вызваны преимущественно короткими замыканиями (КЗ). В электрической системе совпадают моменты выработки и потребления электрической энергии. При нормальном режиме существует баланс между потребляемой и производимой энергиями. Нормальный режим электрической системы характеризуется неизменностью параметров системы или медленным их изменением. Параметры энергосистем такие как: мощность, напряжение, ток, лежат в диапазоне заранее заданных значений. Отклонение от нормального режима связано с ухудшением качества энергии и с большими экономическими потерями. С резким изменением заданных параметров связаны аварийные режимы работы, их причиной, как правило, являются КЗ.

Короткое замыкание – электрическое соединение двух точек электрической цепи с различными потенциалами, которое не предусмотрено нормальными условиями работы установки. Вследствие явления короткого замыкания резко увеличивается сила тока в электрической цепи. Из-за этого в электроустановках возникают большие механические усилия, и значительно повышается температура проводников, что может привести к повреждениям. Поэтому электрооборудование по режиму КЗ проверяется на электродинамическую и термическую стойкость, а коммутационные аппараты проверяются также на коммутационную способность.

Надежный способ ликвидации аварии, это отключение поврежденного участка от электрической системы. Отключение происходит с помощью высоковольтных выключателей, которые срабатывают с помощью устройств релейной защиты и автоматики.

Виды коротких замыканий:

– трехфазное КЗ – является симметричным, так как сопротивления в трех фазах короткозамкнутой цепи будут одинаковыми. Трехфазное КЗ, как правило, является самым тяжелым видом короткого замыкания.

– двухфазное короткое замыкание – является несимметричным КЗ. Возникает между двумя фазами сети

– однофазное короткое замыкание - может происходить в сети с глухо-заземленной нейтралью (сети до 1 кВ) и с эффективно-заземленной нейтралью (сети 110 кВ и выше), когда один из проводов замкнут на землю.

– двухфазное КЗ на землю – это замыкание, когда два провода соединены между собой и замкнуты на землю.

Виды повреждения, которые сопровождаются многократной несимметрией (замыкание различных фаз в различных точках одновременно) называются сложными видами повреждений.

Основной причиной возникновения КЗ является нарушение изоляции линий, электрических аппаратов и др. электрооборудования.

Для расчета токов короткого замыкания предназначена программа ТКЗ15. Она ориентирована на расчет токов КЗ при выполнении курсовых и дипломных работ.

Программа позволяет рассчитать полное значение периодической составляющей сверхпереходного тока трехфазного, двухфазного, однофазного и двухфазного короткого замыкания на землю, симметричные составляющие этого тока, а также дает возможность определить распределение этих токов по ветвям схемы.

Несимметричные КЗ рассчитываются на основе метода симметричных составляющих, в соответствии с которым любую  $n$ -фазную систему несимметричных векторов можно разложить на  $n$  симметричных  $n$ -фазных систем. Трехфазную систему несимметричных векторов раскладывают на три симметричные трехфазные системы прямой, обратной и нулевой последовательности.

В нормальном режиме и режиме трехфазного КЗ, которые являются симметричными, протекают только токи прямой последовательности. В несимметричных режимах появляются составляющие токов обратной и нулевой последовательностей.

Для расчетов этих токов с помощью программы ТКЗ15 необходимо составить файл входных данных, в котором отражаются параметры схемы замещения в относительных или именованных единицах. Для построения схемы замещения узлы расчетной трехфазной системы нумеруются целыми цифрами в произвольном порядке. Для каждой ветви схемы замещения прямой последовательности задаются номера двух узлов (начала и конца), ЭДС, а также сопротивление. Узлам, которые соответствуют нейтралям обмоток генераторов и нагрузок в схеме замещения прямой последовательности задается номер 0.

Схема замещения нулевой последовательности строится только для той части схемы, которая работает с глухозаземленной нейтралью. В некоторых случаях она может не совпадать по конфигурации со схемой замещения прямой последовательности, и вследствие этого в схеме замещения нулевой последовательности могут появиться номера узлов, которые отсутствуют в схеме замещения прямой последовательности.

Программа позволяет производить расчет токов или только междуфазных КЗ, или токов всех видов КЗ. Информация в файле входных данных представляется в виде четырех блоков:

- блок общих данных;
- блок данных о ветвях схемы прямой последовательности;
- блок данных об узлах КЗ;
- блок данных о ветвях схемы нулевой последовательности (когда она задается во входных данных).

После ввода всей информации файлу входных данных присваивается имя типа AAAA.dat. Файл с таким именем заносится в программу ТКЗ15, в которой

происходит считывание информации. Далее в выходной файл выводятся результаты расчетов токов короткого замыкания, а также их составляющих, которые необходимо было рассчитать. Если узлов КЗ было задано несколько, то расчет производится циклично для каждого из них, а результаты выводятся в выходной файл, которому присваивается имя входного файла.

Программа включает в себя главную программу ТКЗ и подпрограмму ZHORTKA. Текст программы ТКЗ обеспечен комментариями, которые дают возможность понять реализацию алгоритмов, порядок создания файла исходных данных и расшифровки файла результатов.

Программа используется в основном в обучающих целях для расчета несложных схем в курсовом или дипломном проектировании. Применение этой программы для расчета объемных электрических схем вызывает значительные трудности из-за сложности ввода исходных данных, а также необходимости ручного расчета параметров схем замещения.

#### Литература

1. Бобко, Н.Н. Программа ТКЗ15 для расчета токов короткого замыкания на ЭВМ / Н.Н. Бобко. – Минск : БНТУ, 2016. – 14 с.
2. Математические задачи энергетики: учеб.-метод. пособие : в 8 ч. / БНТУ; авт.-сост. Н.Н. Бобко. – Минск ; БНТУ, 2000. – Ч. 4 : Программа для расчета токов короткого замыкания ТКЗ. – 34 с.
3. ГОСТ 27514-87. Короткое замыкание в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ. – М.: Издательство стандартов, 1988.
4. Крючков, И.П. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования / И.П. Крючков, Б.Н. Неклепаев, В.А. Старшинов. – М. : Академия, 2006.