

УДК 621.316.5

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ РАСЧЕТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЫ MATHCAD

Баран А.Г.

Научный руководитель – ГАВРИЕЛОК Ю.В.

Расчет токов короткого замыкания (КЗ) является одной из главных задач электроэнергетики. Он необходим для правильного проектирования электроустановок, выбора подходящих электрических аппаратов и определения необходимых уставок релейной защиты и автоматики. Необходимость определения уровня токов КЗ в процессе эксплуатации может возникнуть при изменении схемы питания энергетического объекта для проверки электрооборудования на термическое и электродинамическое действие токов КЗ. Также она может возникнуть при частичной замене электрооборудования на электростанции или подстанции, если намеченные к установке машины и аппараты по своим паспортным данным отличаются от демонтируемых.

В общем случае расчет токов КЗ является сложной задачей. Нормативными документами регламентируются методики расчета в зависимости от поставленной цели и расчетного вида короткого замыкания. Так для выбора электрических аппаратов и токоведущих частей можно ограничиться расчетом трехфазного КЗ непосредственно в точке короткого замыкания. А при расчете уставок релейной защиты и автоматики может возникнуть необходимость расчета любого вида несимметричного повреждения и расчета распределения тока короткого замыкания по всем ветвям схемы. Так же руководящими документами оговариваются допустимые упрощения, которые не должны привести к увеличению погрешности вычисления более 5–10 %.

В связи с громоздкостью ручного расчета для решения практических задач расчетов токов короткого замыкания следует применять вычислительную технику. Поэтому для выполнения данных расчетов возможно использование среды математического моделирования MathCAD.

MathCAD является интегрированной системой программирования, ориентированной на проведение математических, инженерно-технических, статистических и экономических расчетов. Что является подходящей системой для решения поставленной задачи расчета токов короткого замыкания. Система математического моделирования MathCAD имеет встроенный язык программирования для создания модульных программ. Основная идея модульного программирования заключается:

– в разбиении алгоритма решения задачи на слабо зависимые друг от друга фрагменты вычислений (на подзадачи) и реализацию каждого такого фрагмента в виде программных модулей;

– в вызове в нужных местах «основной» программы соответствующих модулей с передачей необходимых данных.

Программа, реализующая алгоритм вычислений в виде модулей и обращения к ним, получила название модульной программы. К основным преимуществам модульного программирования можно отнести следующее:

– Слабая зависимость модулей между собой позволяет при необходимости разделить разработку программы на отдельные этапы.

– Модульную программу легче отлаживать, так как модули могут быть подвергнуты «автономному» тестированию и отладке, т. е. каждый модуль может проходить тестирование и отладку отдельно на подготовленном наборе тестовых данных. Автономное тестирование дает возможность протестировать все ветви вычислительного алгоритма, реализуемого в модуле.

– Модульное построение программы позволяет сократить программу при необходимости проведения большого круга схожих вычислений в разных частях программы.

– Модульную программу легче сопровождать и модифицировать. В модуль можно ввести изменения, переписать его или заменить без внесения изменений в другие модули.

– Возможность использования библиотек «готовых» модулей, ориентированных на решение определенного класса научно-технических задач.

В MathCAD программный модуль может быть реализован в виде подпрограммы-функции. Это обстоятельство приносит свои недостатки и преимущества, так результат расчета подпрограммы-функции может быть присвоен только в одной переменной. Этот недостаток нивелируется возможностью системы MathCAD работать с векторами и матрицами и дополнительным модулем присваивания значений элементов вектора отдельным переменным. Преимуществом такого подхода является независимость вычислений в модуле от вычислений в других модулях и предыдущих вычислений данного модуля.

Основные инструменты, для создания подпрограмм-функций в среде математического моделирования MathCAD, присутствуют на наборной панели программных элементов Programming.

Разработанный программный модуль расчета токов короткого замыкания для математической системы компьютерного моделирования MathCAD позволяет достоверно рассчитывать необходимые значения благодаря сочетанию принципов и методов расчета токов КЗ, обусловленных нормативными документами в данной области, и необходимых для их реализации средств модульного программирования.

Исследования показали, что наиболее подходящим является метод расчета схем замещения основанный на уравнениях узловых потенциалов (напряжений). Данный метод реализуется через построение матрицы узловых проводимостей, что является оптимальным решением при большом количестве линейно независимых узлов в схеме и связей между ними. В данном программном продукте матрица узловых проводимостей в явном виде не составляется, что обуславливается более трудоемким вводом данных в обратном случае. Решение полученной системы уравнений производится методом Гаусса, что позволяет при обратном ходе этого метода определить распределение токов по всем ветвям. В случае, когда нет необходимости в коэффициентах распределения токов по ветвям схемы, можно воспользоваться методом преобразования многолучевой звезды в многоугольник для нахождения значения тока КЗ. Этот метод так же может быть реализован на основании матрицы проводимостей с помощью прямого хода метода Гаусса.

Для расчета токов несимметричного КЗ, нормативные документы предписывают создание комплексной схемы замещения, и использование правила Щедрина, что так же реализовано в разработанном программном модуле.

Перед началом расчета токов КЗ в разработанном программном модуле необходимо предварительно по исходной расчетной схеме составить соответствующую схему замещения. Затем необходимо ввести параметры схемы замещения и другие исходные данные в файл исходных данных. При этом следует строго следить за правильностью и последовательностью вводимых данных, так как чаще всего ошибка в вычислениях происходит из-за неправильного ввода данных. После ввода исходных данных и запуска программного модуля будут рассчитаны необходимые значения, а именно:

– результирующее сопротивление относительно узла КЗ для токов прямой последовательности;

– результирующее сопротивление относительно узла КЗ для токов обратной последовательности;

– периодическая составляющая сверхпереходного тока КЗ (для различных видов КЗ);

– симметричные составляющие тока КЗ (для различных видов КЗ);

– коэффициенты распределения симметричного суммарного тока КЗ по ветвям схемы;

– коэффициенты распределения полного тока КЗ по ветвям схемы (для различных видов КЗ).