

Исследование возможностей моделей трансформаторов в системе динамического моделирования MatLab

Новаш И.В.

Белорусский национальный технический университет

Вычислительная система MatLab [1] предназначена для выполнения сложных научно-технических расчетов практически в любой области науки и техники. Система содержит большое количество блоков выполнения математических операций (так называемые *м.файлы*). В библиотеках проблемно-ориентированных пакетов (Toolboxes) имеется большое количество виртуальных блоков, в которых реализованы модели элементов электротехнических и радиотехнических устройств. Важнейшей особенностью системы MatLab является возможность создания пользователем своих *м.файлов*, библиотечных блоков, включения их в соответствующие библиотеки и использования в своих разработках наравне с основными блоками.

Наибольший интерес представляет использование системы MatLab в режиме динамического моделирования. Для этого используется пакет Simulink [2]. При использовании этого пакета для исследования электрических режимов не требуется разработка полного математического описания исследуемой системы. Модель системы составляется на основе структурной схемы из функциональных блоков, имеющих в соответствующих библиотеках системы Simulink - MatLab.

Для моделирования электроэнергетических систем и устройств, в том числе и трехфазного исполнения, предназначен пакет системы Simulink Power System Blockset [2]. В состав этого пакета входят библиотеки источников электрической энергии и сигналов, линейные и нелинейные компоненты электротехнических и электронных устройств, устройства энергетической электроники, электрические машины и трансформаторы, измерительные, коммутационные и контрольные устройства. Используя виртуальные блоки, можно создавать модели самых разных по сложности энергетических систем и устройств, исследовать их рабочие и аварийные режимы. Точность и достоверность результатов исследования

при этом будет в значительной степени зависеть от того, насколько полно и глубоко отражаются физические процессы в отдельных моделях соответствующих виртуальных блоков.

В данной работе проведен анализ моделей трансформаторов, имеющихся в библиотеке пакета Power System Blockset. При моделировании таких электроэнергетических объектов, как электрические подстанции, блоки генератор-трансформатор электростанций, силовые трехфазные трансформаторы являются основными объектами моделирования, достоверность моделей которых в большей степени определяет достоверность всех результатов вычислительного эксперимента. Для достоверности моделирования релейных защит и автоматики большое значение имеет достоверность представления физических процессов в однофазных трансформаторах (измерительных трансформаторах тока и напряжения).

В пакете Power System Blockset имеются модели линейных и нелинейных двух и трех обмоточных однофазных и трехфазных трансформаторов. Схема модели линейного однофазного трансформатора соответствует уравнениям T-образной схемы замещения. Исходными данными являются индуктивность L_m и сопротивление потерь в сердечнике R_m , а также омические сопротивления R_i и индуктивности рассеяния L_i отдельных обмоток ($i=1, 2, 3$). Схема модели нелинейного однофазного трансформатора отличается от схемы линейного трансформатора тем, что индуктивность L_m заменена на нелинейную индуктивность L_{sat} . Нелинейность трансформатора учитывается характеристикой намагничивания магнитопровода. Допускается два вида этой зависимости, отличающиеся числом опорных точек и поведением зависимости индукции в области малых значений напряженности магнитного поля.

Трехфазные трансформаторы с различными схемами соединения обмоток представляются соответствующими схемами включения трех однофазных трансформаторов.

Для сравнительной оценки результатов моделирования в системе SIMULINK была составлена модель понизительной трансформаторной подстанции [3], состоящая из библиотечных блоков трехфазной питающей системы, линии электропередачи, системы шин 10,5 кВ с присоединенной трехфазной нагрузкой, трехфазного силового трансформатора, системы шин 0,4 кВ с

присоединенными потребителями. На стороне 0,4 кВ были сформированы модели трех нагрузочных трехфазных линий: линии с нагрузкой, в которой возникает КЗ, линии с нагрузкой, в которой производится оценка влияния КЗ, возникшего на соседней линии, и линии с суммарной нагрузкой оставшихся нагрузок трансформаторной подстанции. Режим включения трансформатора, КЗ и различные виды замыканий имитировались однофазными выключателями в структурной схеме модели, у которых можно задавать момент замыкания или размыкания контактов. Результаты аварийных режимов при различных видах КЗ сравнивались с расчетами, получаемыми по программе, написанной на языке Фортран на основе уточненной модели трехфазного трансформатора с учетом геометрии и неодинаковости магнитных потоков магнитопровода [3], предназначенной для исследования аварийных режимов понизительной подстанции методом вычислительного эксперимента на ЭВМ.

Исследования показали, что расчеты переходных процессов при КЗ получаются в среде MatLab только при достаточно больших значениях индуктивностей элементов электрической цепи, в том числе и индуктивностей рассеяния обмоток трансформатора.

Для получения достоверных результатов моделирования электроэнергетических объектов с трехфазными трансформаторами в системе динамического моделирования Simulink - MatLab необходимо разработать и использовать виртуальные пользовательские блоки трансформаторов с более точным представлением физических процессов и возможностью использования паспортных значений трансформатора в качестве исходных данных модели.

Литература

1. Ануфриев, И.Е. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003, - 736 с.: ил.
2. Дьяконов, В. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002, - 528 с.: ил.
3. Новаш, И.В. Математические модели для исследования коммутационных режимов силовых трансформаторов. Вестник БНТУ, 2002, №6, с. 73-78.