

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ В ПАКЕТЕ SIMULINK&MATLAB ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЕ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

А. Г. Капустин, Н. С. Карнаухов

*Учреждение образования «Минский государственный  
высший авиационный колледж»,  
кафедра общих технических дисциплин*

При подготовке современного специалиста важную роль играет не только теоретическая, но и практическая подготовка, которую зачастую проводить на реальных объектах дорого или практически невозможно. Поэтому актуальным является вопрос разработки простых инженерных методов, алгоритмов и программ для персонального компьютера, позволяющих наиболее просто, с наименьшими затратами проводить исследования систем (объектов). Одним из таких методов является метод структурного моделирования из пакета Simulink&MatLab, на основе которого создана лабораторная установка.

В работе представлены необходимые сведения об особенностях моделирования и исследования переходных электромагнитных процессов синхронного генератора (СГ) типа ГТ30НЖЧ12 с различными регуляторами напряжения на виртуальной лабораторной установке, показаны возможности среды MatLab при исследовании переходных процессов СГ.

Основными элементами схемы исследуемой системы генерирования электроэнергии являются: бесконтактный генератор типа ГТ и регулятор напряжения [1]. Они задаются каждый своим блоком типа TransferFcn. Звенья, характеризующие действия внешних возмущений (частоты вращения вала авиадвигателя  $\gamma$  и нагрузки  $\rho$  и  $\chi$  – активной и индуктивной, соответственно) задаются блоками типа Gain [1], [2], [3].

Для исследования переходных и установившихся процессов по напряжению в системе генерирования исходная структурная схема (при допущениях  $\gamma = 1$ ,  $\chi = 1$ ) преобразована к виду, на котором выход каждого блока систем генерирования электроэнергии обозначен цифрой, являющейся одновременно и номером блока в схеме [1], [2]. Цифрой 1 обозначен выход звена, задающего возмущение  $1(t)$ . Звенья описываются стандартными подпрограммами из пакета Simulink. Причем при разработке математической модели системы генерирования приняты допущения, обычные в такого рода исследованиях, которые не дают существенных расхождений получаемых результатов с опытом [1]. Такой подход позволяет исследовать статические и динамические характеристики системы генерирования при изменении сигналов по цепям возбуждения и нагрузки.

Оценка адекватности математической модели синхронного генератора реальному объекту проводилась путем сравнения результатов расчета на персональном компьютере динамических и статических характеристик бесконтактного трехфазного синхронного генератора мощностью 30 кВт А с аналогичными характеристиками, полученными в результате натурального эксперимента.

Имеющиеся различия в результатах эксперимента и расчета объясняются, во-первых, применяемыми при составлении математической модели допущениями и, во-вторых, всегда имеющими место техническими отклонениями параметров генератора от их номинальных значений.

Лабораторная установка позволяет учитывать влияние демпферных контуров в уравнениях математической модели трехфазного синхронного генератора, проводить

анализ кривых изменения напряжения синхронного генератора с учетом и без учета трансформаторных ЭДС, учитывать насыщение магнитной системы.

В результате установлено, что при учете трансформаторных ЭДС имеют место большие отклонения напряжения в моменты действия возмущений в цепях возбуждения и нагрузки. При этом величины отклонений напряжения по сравнению со значениями напряжения, полученными экспериментально, составляют приблизительно 6–8 % в сторону увеличения. При неучете трансформаторных ЭДС величины отклонений напряжения в моменты действия возмущений от значений, полученных экспериментально, занижены на 8–14 %. Помимо этого при расчетах без учета трансформаторных ЭДС время переходного процесса увеличивается на 15–30 %.

Таким образом, анализ экспериментальных и расчетных кривых переходных процессов генератора без учета демпферных контуров и трансформаторных ЭДС показал их удовлетворительное совпадение как в режиме работы при воздействии возмущений по цепи возбуждения, так и при воздействии возмущений по цепи нагрузки. Расчетные и экспериментальные значения напряжения генератора в установившихся и переходных режимах не отличаются друг от друга более чем на 11 %, что вполне удовлетворяет требованиям инженерных расчетов.

Моделирование переходных и установившихся процессов по напряжению в системе генерирования выполнялось при коммутациях нагрузки от 0 до 160 % и при различных параметрах элементов системы генерирования, а именно различных регуляторах напряжения (П, ПИ и ПИД-регуляторы) [1], [2], [3].

Таким образом, разработанная методика и программа расчета могут быть успешно использованы для исследования моделирования как переходных, так и установившихся электромагнитных процессов в системе генерирования переменного трехфазного тока с различными регуляторами напряжения.

Таким образом, применение данной виртуальной лабораторной установки в лабораторном практикуме по дисциплинам, например, «Электрические машины», «Автоматика и управление», с наименьшими затратами позволяют: проводить анализ переходных электромагнитных процессов в системах генерирования электрических машин; определять влияние изменения параметров СГ на переходные процессы; определять область нормального функционирования СГ при различных законах регулирования, различной коммутации нагрузок, изменении частоты вращения вала генератора и др. На основании этой информации инженер может принять обоснованность решения об эффективности работы данного объекта.

#### Литература

1. Капустин, А. Г. Исследование системы генерирования методом структурного моделирования / А. Г. Капустин, Н. С. Карнаухов // Совершенствование обеспечения полетов авиации : тез. докл. 3-й воен.-науч. конф. курсантов и молодых ученых / редкол.: А. А. Санько, С. А. Савостеев [и др.]. – Минск : МГВАК, 2013.
2. Карнаухов, Н. С. Применение пакета Simulink&MatLab для исследования переходных процессов в автономной системе генерирования переменного тока / Н. С. Карнаухов // Актуал. вопр. науки и техники в сфере развития авиации : тез. докл. 3-й Междунар. науч.-техн. конф. – Минск : ВА РБ, 2013.
3. Лазарев, Ю. Моделирование процессов и систем в MATLAB : учеб. курс / Ю. Лазарев. – СПб. : Питер ; Киев : Издат. группа BHV, 2005.