

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ АВТОНОМНОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА НА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДЫ MATLAB

А.Г. Капустин, Е.В. Балич

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

В настоящее время при разработке и исследовании авиационных электрических машин возникают задачи, решение которых, как правило, связано с анализом нелинейных дифференциальных уравнений высоких порядков. Использование аналитических методов исследования для решения таких задач чрезвычайно трудоемко, а в ряде случаев и невозможно, поэтому применение современной вычислительной техники становится необходимым и актуальным [1,3].

В работе представлены необходимые сведения об особенностях моделирования и исследования тепловых процессов синхронного генератора (СГ) типа ГТ30НЖЧ12 с жидкостной системой охлаждения на виртуальной лабораторной установке, показаны возможности среды MatLab при исследовании процессов нагрева и охлаждения СГ.

К числу ограничений, которые необходимо соблюдать при исследовании авиационных СГ, наряду с максимальными допустимыми механическими и электрическими напряжениями относятся предельные допустимые температуры активных частей СГ.

Известно, что при работе СГ выделяется теплота, представляющая собой потери энергии, которые возникают при взаимном превращении механической и электрической энергии. Тепловые потоки, образуясь внутри частей конструкции СГ, частично увеличивают их температуру (в неустановившихся режимах), частично путем теплопроводности в телах и теплообмена на их границах поступают в охлаждающие среды (хладагенты) и выносятся из машины [1].

При этом основные источники потерь в СГ – обмотки, оказываются отдаленными от хладагента слоями изоляционных материалов, материалами других элементов и т.п. Все эти промежуточные элементы создают тепловые сопротивления тепловому потоку от мест тепловыделения к поверхностям теплообмена с охлаждающей средой (хладагентом). Кроме того, в самих тепловыделяющих элементах, тепло выделяется почти во всем объеме, поэтому активные элементы также создают тепловые сопротивления от внутренних частей к поверхностям. Сопротивление на пути теплового потока приводит к появлению температурных процессов с нарастанием температуры от поверхностей теплоотдачи к средним зонам тепловыделяющих элементов электрических машин [1,3].

Задачей исследования процессов нагрева и охлаждения СГ на лабораторной установке являлась разработка методики расчета температур различных частей СГ при изменении его режимов работы и внешних условий. Указанная задача успешно решена с использованием ЭВМ и применением пакета программ Simulink&MatLab [2]. При этом эффективное применение ЭВМ достигнуто за счет формализации процессов нагрева и охлаждения частей СГ путем разработки тепловых схем замещения основных частей машины.

Данный подход использует понятие тепловых сопротивлений, которые рассчитываются по правилам для электрических цепей. При исследовании тепловых процессов СГ следующая: определение геометрических размеров, электрических

потерь и других характеристик СГ; разработка схемы теплового замещения (ТЗ) и определение ее параметров; разработка математической модели тепловых процессов СГ; решение дифференциальных уравнений математической модели тепловых процессов СГ; оценка результатов расчета на соответствие их заданию на проектирование.

При разработке математической модели тепловых процессов СГ с помощью тепловых схем замещения применялась электротепловая аналогия сопоставляемых электрических и тепловых величин[3].

В соответствии с разработанными тепловыми схемами замещения получены дифференциальные уравнения переходных тепловых процессов СГ. При составлении уравнений использовались метод узловых напряжений и электротепловая аналогия. Для снижения порядка уравнений определялась разность температуры отдельных частей СГ и температуры кипения ХА.

В итоге тепловой расчет СГ позволил представить картину распределения тепловых потоков внутри и на поверхности СГ типа ГТЗОНЖЧ12, выявить наиболее нагруженные в тепловом отношении части СГ, определить эффективность системы охлаждения.

Анализ результатов теплового моделирования показал, что максимальное превышение температуры основных конструктивных частей СГ над температурой кипения ХА для номинальной нагрузки составляет 28-30°C.

Это говорит о том, что температурное поле СГ с жидкостной системой охлаждения является сравнительно равномерным и СГ уверенно работает длительное время при номинальной нагрузке в широком диапазоне изменения температур окружающей среды. Даже при длительных режимах работы нагрев активных частей СГ лишь приближается к пределу допустимых температур для электротехнических материалов, применяемых в генераторе ГТЗОНЖЧ12. Температура окружающей среды оказывает незначительное на температуру активных частей СГ, ввиду высокой эффективности системы охлаждения.

В заключении можно сказать, что применение данной виртуальной лабораторной установки в лабораторном практикуме по дисциплине «Электрические машины» позволяют: проводить анализ переходных тепловых процессов электрических машин; эффективно определять влияние изменения параметров СГ на тепловые процессы; определить область нормального функционирования СГ при различных системах охлаждения, изменении электрических нагрузок, изменении высоты и скорости полетов.

Литература

1. Балич Е.В., Капустин А.Г. Формализация тепловых расчетов синхронных генераторов при помощи тепловых схем замещения. «Совершенствование обеспечения полетов авиации»: Тезисы докладов 3-й военно-научной конференции курсантов и молодых ученых/ ред. коллегия: Санько А. А., Савостеев С. А. и др. – Минск: МГВАК. 2013.
2. Лазарев Ю., Моделирование процессов и систем в MATLAB. Учебный курс. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2005.
3. Балич Е.В., Капустин А.Г. Исследование процессов нагревания и охлаждения синхронного генератора с использованием программы MATLAB 7.0.1. «Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации»: Тезисы докладов 3-й международной научно-технической конференции.– Минск: ВА РБ. 2013.