

УДК 621.3
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫХ
РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

В. Н. АБАБУРКО, Л. Г. ЧЕРНАЯ, * А. В. КОХАН

Государственное учреждение высшего профессионального образования
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

* ДЕПАРТАМЕНТ ПО НАДЗОРУ ЗА БЕЗОПАСНЫМ ВЕДЕНИЕМ РАБОТ
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ГОСПРОМНАДЗОР)

Могилев, Минск, Беларусь

Моделирование тепловых процессов в системе автоматизированного электропривода широко используется как на стадии проектирования электромеханических систем, так и при реализации алгоритмов управления микропроцессорными системами оптимального регулирования. Особенно актуальной является задача теоретического исследования нагрева отдельных элементов взрывозащищенного электрооборудования при проектировании и модернизации систем регулируемого электропривода для взрывоопасных производств, для которых максимальная температура нагрева поверхности является одним из критических параметров.

В зависимости от конкретной задачи возможно использование трех основных уровней детализации математического описания тепловых процессов при анализе электромеханических систем:

– верхний уровень абстракции занимают тепловые модели мета- уровня, которые являются самой простой и неточной формой представления, описывающие в составе электропривода, как правило, только электродвигатель, рассматриваемый как единое целое;

– средний уровень детализации образуют тепловые модели макроуровня, в которых в составе электропривода выделяются отдельные сосредоточенные компоненты системы: провода, части обмотки электродвигателя, статора и ротора, а в некоторых случаях и тепловые процессы полупроводниковых вентиляей;

– нижний, самый подробный и сложный уровень составляют тепловые модели микроуровня, описывающие тепловые процессы в сплошных средах по всему объему отдельных компонентов электропривода: изменение температуры в стали статора или ротора.

Тепловые модели метауровня используются для упрощенной оценки нагрева основного компонента электропривода – электродвигателя в целом. При этом результатом описания является система относительно простых математических уравнений и неравенств, позволяющая упрощенно оценить допустимость использования определенного режима работы электропривода с точки зрения изменения действующих значений напряжения и частоты питающей статор сети. Для вычислительного эксперимента на метауровне используются численные методы решения систем линейных и нелинейных

уравнений, а также интерполяции и аппроксимации. В программном комплексе TermoDrive первых версий для анализа на метауровне регулируемого взрывозащищенного частотного электропривода используются методы эквивалентных греющих потерь и интерполяции полином Лагранжа. Это позволяет, в целом, сделать вывод о правильности выбора мощности взрывозащищенного электропривода и допустимом диапазоне регулирования.

Для более точного и подробного представления отдельных элементов электропроводки и компонентов электродвигателя используются модели макроуровня. При их описании используются системы обыкновенных дифференциальных и алгебраических уравнений. Для вычислительного эксперимента с тепловыми моделями обычно используются явные численные методы интегрирования дифференциальных уравнений. Однако, если одновременно с тепловыми процессами выполняется анализ электронных процессов (например, при коммутации вентилей силового преобразователя) то, в этом случае, система уравнений модели является «жесткой» и для ее решения следует использовать неявные методы, так как явные, либо не учитывают электронные процессы или дают большую суммарную ошибку. В последних версиях программы TermoDrive для этих целей используется гибридный метод прогноза и коррекции Милна, выполняющий прогноз явной формулой, а коррекцию – неявной.

Математическое описание на микроуровне для взрывозащищенных регулируемых электроприводов, как правило, выполняется для отдельных конструктивных элементов, температуру нагрева которых необходимо проанализировать по всему объему или длине, например, нагрев вала ротора двигателя по всей в зависимости от параметров питающего напряжения и нагрузки электродвигателя. Необходимость такого анализа может быть вызвана тем, что выходной конец вала двигателя выходит за пределы взрывонепроницаемой защитной оболочки статора и может воспламенить взрывоопасную смесь в критических режимах. При построении таких моделей используется система дифференциальных уравнений в частных производных, в которых в качестве координатных переменных используются габаритные размеры. Для ее решения в ходе вычислительного эксперимента используется численный метод конечных разностей.

Программный комплекс TermoDrive, разработанный в научно-исследовательской лаборатории «Взрывозащищенное электрооборудование» Белорусско-Российского университета, позволяет выполнять исследование тепловых моделей мета и макроуровня, определить тепловые характеристики электродвигателя при питании от конкретного преобразователя для всего диапазона скоростей и крутящих моментов, а, в перспективе, также анализировать распределение температуры по длине вала ротора взрывозащищенного электродвигателя при частотном регулировании.