

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ПИТАНИИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ

А. С. Третьяков, О. А. Капитонов
кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»,
ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
Могилев, Республика Беларусь
E-mail: {loggie121, kapitonov1987}@gmail.com

В тезисах рассматриваются вопросы математического описания тепловентиляционных режимов асинхронных электродвигателей. Представлена математическая модель, описывающая электромагнитные, энергетические, тепловые и вентиляционные процессы, и ее составные части. Даются рекомендации по использованию данной модели для электродвигателей стандартного исполнения.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных факторов, определяющих эксплуатационный срок службы асинхронных электродвигателей, является обеспечение номинального теплового режима. Важную роль в этом процессе играет система охлаждения, обеспечивающая эффективный отвод тепловых потерь. Правильный расчет вентиляционной цепи и вентилятора позволит эффективно вывести тепловые потери со станины, обеспечивая тем самым номинальный температурный режим, как следствие, номинальные параметры.

Цель данной работы – разработка математической модели, обеспечивающей расчет и моделирование тепловентиляционных режимов работы исследуемого асинхронного электродвигателя с учетом электродинамики и энергетики моделируемого асинхронного электродвигателя.

I. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Разработанная модель является многоуровневой и модульной структурой, которая включает в себя следующие возможности:

1. Расчет и моделирование прямого пуска и тормозных режимов асинхронного электродвигателя при питании от синусоидального источника напряжения;
2. Расчет и моделирование работы асинхронного электродвигателя в системе «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель»;
3. Расчет и моделирование работы асинхронного электродвигателя в системе «Регулятор напряжения – асинхронный электродвигатель»;

Разработанная модель включает в себя следующие подуровни:

1. Электромагнитная модель;
2. Энергетическая модель;
3. Тепловая модель;
4. Вентиляционная модель.

Для расчета переходных процессов за период времени использовался математический па-

кет Matlab. В качестве моделируемого объекта использовался асинхронный электродвигатель АИР100S4.

II. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ МОДЕЛЬ

Электромагнитная модель представляет собой систему дифференциальных уравнений на основе теории обобщенной электрической машины, описывающих электромагнитные процессы, протекающие в электродвигателе [1,2]. В данную модель внесены следующие дополнения:

1. Зависимость сопротивления обмоток статора и ротора от температуры и скольжения;
2. Учет эффекта вытеснения тока статора.

Исходными данными для данной модели являются напряжение питания и параметры схемы замещения. Эти параметры могут быть рассчитаны через каталожные данные моделируемого асинхронного электродвигателя на основе методики, представленной в [3]. Данная модель позволяет получить графики скорости, момента и токов и потокосцеплений статора и ротора.

III. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

В основе данной модели лежит понятие энергетической диаграммы асинхронного электродвигателя. Данная модель представляет собой систему уравнений, описывающих энергетические режимы моделируемого асинхронного электродвигателя.

Исходными данными для данной модели являются параметры постоянных потерь, а также результат работы электромагнитной модели. Данная модель позволяет определить переменные потери за цикл работы электродвигателя, а также коэффициент полезного действия и коэффициент мощности.

Полученные параметры потерь являются исходными данными для расчета тепловых режимов.

IV. ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ

Тепловая модель представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих тепловые режимы работы моделируемого асинхронного электродвигателя. В основе данной модели лежит метод тепловых эквивалентных схем замещения [4,5]. Суть метода заключается в том, что электродвигатель представляется в виде системы однородных тел, связанных тепловыми проводимостями.

Исходными данными для расчета тепловых режимов являются геометрические размеры двигателя для расчета тепловых проводимостей и теплоемкостей узлов эквивалентной схемы замещения, а также результат работы энергетической модели (потери в отдельных узлах электродвигателя)

Итогом работы данной модели является вектор температур отдельных узлов моделируемого асинхронного электродвигателя.

Особенность метода тепловых эквивалентных схем замещения – возможность создания уточненной (полной) и упрощенной схемы замещения. В первом случае на порядок увеличивается трудоемкость расчета исходных данных и сам расчет температур. Для упрощения расчетов при создании данной модели используется упрощенная тепловая эквивалентная схема замещения.

V. ВЕНТИЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ

Вентиляционная модель представляет собой систему уравнений, описывающих вентиляционную сеть моделируемого асинхронного электродвигателя (включая параметры вентилятора), и процесс отвода тепловых потерь со станины электродвигателя [6,7].

Вентиляционная сеть представляет собой систему тел, соединенных между собой аэродинамическими сопротивлениями. Основными этапами вентиляционного расчета являются:

1. Расчет эквивалентного сопротивления вентиляционной сети;
2. Расчет параметров вентилятора;
3. расчет аэродинамических характеристик вентилятора;
4. Расчет температуры нагрева воздуха на выходе из ребер станины.

Исходными данными для расчета являются геометрические размеры вентиляционной сети и вентилятора. Далее полученные расчетные данные поступают в тепловую модель с последующей коррекцией температур отдельных узлов асинхронного электродвигателя. главным условием правильности расчета вентиляционной модели является обеспечение необходимого расхода воздуха для эффективного охлаждения электродвигателя.

VI. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИ ПРИ ПИТАНИИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Рассмотренная выше математическая модель выполнена для случая питания от синусоидального источника питания (прямой пуск).

Для создания модели по системе «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель» и «Регулятор напряжения – асинхронный электродвигатель» модифицируется подсистема «Электромагнитная модель». В частности, меняются зависимости для расчета потерь в стали.

VII. ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Данная модель может быть оптимизирована для случая применения электродвигателей специальной конструкции. В этом случае добавляется модуль одного (асинхронный электродвигатель с двухроторной электромеханикой ДАС-12), или комплекта двух вспомогательных роторов с вентиляторами-радиаторами (асинхронный электродвигатель с трехроторной электромеханикой ДАС-14). Основное ограничение для модели в данном случае – это либо моделирование прямого пуска исследуемого электродвигателя, либо его работы в системе «Регулятор напряжения – асинхронный электродвигатель». Дело в том, что данное семейство электродвигателей создано специально для работы только с регуляторами напряжения.

VIII. ВЫВОДЫ

Верификация экспериментальных осциллограмм и графиков, полученных в результате моделирования, показала высокую точность. Модель позволяет показать взаимосвязь между отводом тепловых потерь, работой вентиляционного потока и энергетикой асинхронного электродвигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключев В.И. Теория электропривода: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 704 с.: ил.
2. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. – М.: Высшая школа, 1987, – 248 с.
3. Фираго Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б.И.Фираго, Л.Б.Павлячик. – Мн.: Техноперспектива, 2006. – 363 с.
4. Асинхронные двигатели общего назначения / Е. П. Бойко [и др.]; под ред. В. М. Петрова и А. Э. Кравчика. – М. : Энергия, 1980. – 254 с.
5. Филлипов И. Ф. Теплообмен в электрических машинах. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 260 с.: ил.
6. Виноградов В. И. Вентиляторы электрических машин. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1980. – 200 с., ил.
7. Виноградов В.И. Исследование вентиляторов электрических машин. – Л.:Энергия, 1970.