

УДК 621.3

УТОЧНЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

О. А. КАПИТОНОВ, А. С. ТРЕТЬЯКОВ

ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

В ходе проектирования современных автоматизированных электроприводов с силовыми электронными преобразователями часто возникает задача математического и компьютерного моделирования процессов, протекающих в электроприводе, с учетом несинусоидальности питающих электродвигатель напряжений и протекающих по обмоткам электродвигателя токов.

Широко распространенные математические модели асинхронного электродвигателя содержат ряд допущений и упрощений, в частности, отсутствует учет потерь мощности в стали магнитопровода, отсутствует учет эффекта вытеснения тока в стержневой обмотке ротора.

Пренебрежение эффектом вытеснения тока в роторе электродвигателя при моделировании машин малой мощности приводит к существенным расхождениям результатов моделирования с работой реального электродвигателя при высоком скольжении, что наиболее сильно проявляется при моделировании устройств плавного пуска и прямого пуска.

Эффект вытеснения тока приводит к существенному увеличению пускового момента и уменьшению пускового тока. Если ток ротора несинусоидален, высшие гармонические составляющие его спектра вытесняются сильнее, чем низшие. Модель асинхронного электродвигателя при этом должна обеспечивать правильный расчет мгновенных значений тока ротора с учетом его спектра, а не только корректировать величину сопротивления и индуктивности ротора в зависимости от величины скольжения. Каждой гармонической составляющей спектра будет соответствовать свое значение сопротивления и индуктивности ротора, зависящее от частоты данной составляющей. Таким образом, можно получить амплитудно-фазо-частотную характеристику (АФЧХ) ротора, связывающую приложенную к ротору ЭДС и ток ротора с учетом частоты тока и напряжения. От АФЧХ можно перейти к дифференциальным уравнениям для мгновенных значений напряжения и тока.

Наиболее распространенным математическим описанием асинхронного электродвигателя являются уравнения обобщенной электрической машины в осях x - y , α - β , либо d - q . В данных математических моделях частота тока ротора всегда равна частоте тока статора. Для учета эффекта вытеснения тока необходимо использовать модель, в которой

частота тока ротора изменяется пропорционально скольжению. Наиболее оптимальным математическим описанием для данного случая является модель обобщенной электрической машины в осях α - β - d - q . В качестве уравнений ротора в данной модели необходимо использовать уравнения, полученные на основе АФЧХ ротора с учетом эффекта вытеснения тока.

Для машин малой мощности, потери мощности в магнитопроводе составляют значительную величину. Учет данных потерь необходим для исследования КПД электродвигателя при работе не в номинальном режиме, а также при питании электродвигателя от несинусоидального источника напряжения либо тока.

Величина потерь в магнитопроводе имеет достаточно сложную зависимость от частоты и амплитуды напряжения на статоре. Наиболее распространены математические модели, в которых потери в магнитопроводе учитываются путем введения эквивалентного сопротивления в уравнения, описывающие цепь намагничивания. Однако при таком подходе величина эквивалентного сопротивления должна иметь зависимость от амплитуды и частоты входного напряжения, а при несинусоидальном напряжении – должна быть различной для каждой из гармонических составляющих спектра.

Для расчета потерь в стали в ходе моделирования работы электродвигателя при питании от источника напряжения с произвольным гармоническим составом была разработана следующая методика. Напряжение на статоре электродвигателя произвольной формы может быть разложено на гармонические составляющие, и для каждой отдельно взятой составляющей можно найти долю потерь в стали электродвигателя. Для определения величины потерь была разработана модель исследуемого электродвигателя в программе FEMM.

В результате моделирования работы электродвигателя в программе FEMM были получены значения потокосцепления намагничивания электродвигателя для каждой из гармонических составляющих тока статора. На основе данных значений может быть построена АФЧХ, связывающая потокосцепление намагничивания и частоту тока намагничивания, а от АФЧХ можно осуществить переход к передаточной функции, пригодной для использования в динамической модели асинхронного электродвигателя. Аналогичная методика предложена для учета эффекта вытеснения тока в стержневой обмотке ротора при произвольном спектре данного тока. При помощи программы FEMM было получены параметры Т-образной схемы замещения электродвигателя для каждой из гармонических составляющих спектра. В результате анализа полученных параметров может быть получена передаточная функция, связывающая приложенную к обмотке ротора ЭДС и ток ротора, с зависимости распределения тока по площади стержня от частоты тока.