

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЗАВИСИМОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С УПРАВЛЕНИЕМ ПО ФАЗЕ ТОКА

И.В. Гуляев¹, И.С. Юшков¹, Ю.П. Кубарьков²

¹ Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева
430005, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Большевикская, 68

² Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Выполнено сравнение результатов математического моделирования и экспериментальных данных работы зависимого инвертора напряжения на асинхронизированный вентильный электродвигатель на базе инвертора напряжения.

Ключевые слова: модель, асинхронизированный вентильный электродвигатель, IGBT-модуль.

На современном этапе развития силовой преобразовательной техники актуальным стоит вопрос применения современных полупроводниковых вентилях в зависимых инверторах. Современные IGBT модули, применяемые в инверторах, являются полностью управляемыми и поэтому могут обеспечивать регулировку энергетических показателей в нагрузке.

В качестве электродвигателя, работа которого обеспечивается за счет применения зависимого инвертора напряжения, может быть выбран асинхронизированный вентильный двигатель (АВД) (рис. 1) [1].

АВД представляет собой машинно-вентильный комплекс на базе асинхронного двигателя с фазным ротором, включенным в режиме двойного питания и управляемого по принципу вентильного двигателя. Обмотка возбуждения питается от автономного инвертора напряжения (АИН) трехфазным переменным напряжением низкой фиксированной частоты, и тем самым создается вращающееся магнитное поле уже при неподвижном роторе; обмотка статора (якоря) – от преобразователя частоты ПЧ, инвертор которого является зависимым. Когда ротор начинает вращаться, выходная частота ПЧ статора автоматически увеличивается на величину частоты вращения ротора. Для питания цепи якоря АВД может использоваться ПЧ с инвертором напряжения на IGBT-модулях. Применение двух ПЧ в статоре и роторе позволяет управлять четырьмя переменными и, как следствие, управлять энергетическим режимом работы машины.

Особенностью работы зависимого инвертора напряжения является то, что необходимо синхронизировать частоту выходного напряжения инвертора с частотой вращения АВД. При этом необходима жесткая привязка фазы напряжения к фазе тока с целью управления энергетическими режимами инвертора.

Для исследований режимов работы такого инвертора была создана имитационная SIMULINK-модель в среде математического моделирования MATLAB (рис. 2).

Работа зависимого инвертора напряжения осуществляется за счет синхронизации по фазе тока. Управление моментами коммутации вентилях относительно фазы тока вносит трудности, связанные с тем, что до пуска инвертора необходимо обеспечить ток на входе инвертора – предпусковой ток; при питании статора АВД этот ток

Игорь Васильевич Гуляев – д.т.н., профессор.

Игорь Сергеевич Юшков – аспирант.

Юрий Петрович Кубарьков – к.т.н., доцент.

должен быть небольшим, чтобы не запустить двигатель в режиме асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором [2].

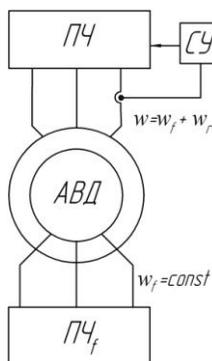


Рис. 1. Структурная схема АД

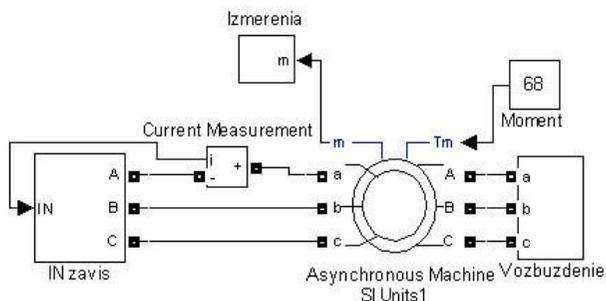


Рис. 2. Модель АД

Разработанная математическая модель реализована для экспериментального АД, у которого электромагнитные параметры Т-образной схемы замещения на базе асинхронного двигателя 4АК160М4У3 следующие: $x = 1.090147$, $x_f = 1.105783$, $x_\sigma = 0.066424$, $x_{\sigma f} = 0.08206$, $x_{ar} = 1.023723$, $r_f = 0.048664$ [3].

Исследования АД с коммутацией IGBT-модулей показали, что электромагнитный вращающий момент двигателя колеблется с частотой коммутации инвертора напряжения якоря (рис. 3), а механическая характеристика имеет отрицательную жесткость (рис. 4).

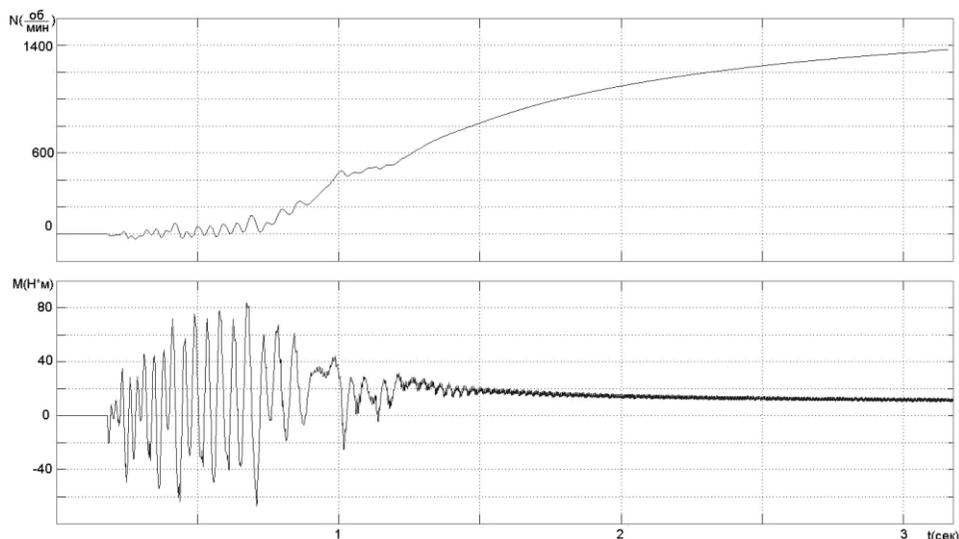


Рис. 3. Переходные процессы при пуске двигателя

Напряжение на выходе инвертора может иметь прямоугольную форму, а может быть модулированным, например, по алгоритмам широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Результаты моделирования показывают, что при частоте возбуждения $s_0 = 10(\text{Гц})$ и угле $\beta = 20^\circ$ коэффициент мощности становится равным 0.91, что выше по сравнению с коэффициентом мощности базового двигателя.

После введения ШИМ выходного напряжения инвертора коэффициент мощности приближается к 0.93, поскольку ШИМ выходного напряжения инвертора влияет на энергетику.

На рис. 4. приведены экспериментальные (1) и расчетные (2) механические характеристики исследованного АД. Как видно, они отличаются не более чем на 10-15%, что подтверждает правильность теоретического анализа. Эксперимент показал также, что двигатель надежно пускается в ход.

Проведенные исследования режимов работы АД от инвертора напряжения на имитационной модели показали, что управление инвертором по фазе тока позволяет жестко фиксировать сдвиг фаз между током и напряжением, а применение ШИМ выходного напряжения инвертора улучшает энергетические характеристики.

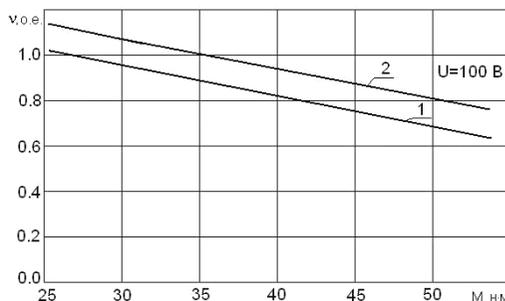


Рис. 4. Механические характеристики АД

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Копылов И.П. Асинхронизированный вентильный двигатель с ортогональным управлением / И.П. Копылов, Ю.П. Сонин, И.В. Гуляев, А.А. Вострухин // Электротехника. – 2002. – №9. – С.2-5.
2. Патент №87303 РФ. Устройство для управления инвертором напряжения вентильного двигателя / И.В. Гуляев, Г.М. Тутаяев, И.С. Юшков. Бюл. №27, 2009.
3. Тутаяев Г.М. Математическая модель двигателя двойного питания при векторном управлении / Г.М. Тутаяев, А.Н. Ломакин // Известия вузов. Электромеханика. – 2007. – № 5. – С. 8-14.

Статья поступила в редакцию 6 сентября 2010 г.

UDC 621.313

SIMULATION OF DEPENDENT VOLTAGE INVERTER WITH THE OFFICE OF PHASE CURRENT

I.V. Gulyaev¹, I.S. Yushkov¹, Y.P. Kubarkov²

¹ Mordovskiy State University
68, Bolshevikov st., Saransk, 430005

² Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

Comparison of the results of mathematical modeling and experimental data dependent voltage inverter on asynchronized valve motor based on the voltage inverter is executed.

Keywords: model, asynchronized valve motor, IGBT module.

Igor V. Gulyaev – Doctor of Technical Sciences, Professor.

Igor S. Yushkov – Postgraduate student.

Yuri P. Kubarkov – Candidate of Technical Sciences, Associate professor.