

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЗАВИСИМОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С УПРАВЛЕНИЕМ ПО ФАЗЕ ТОКА

*И.В. Гуляев<sup>1</sup>, И.С. Юшков<sup>1</sup>, Ю.П. Кубарьков<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> 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].

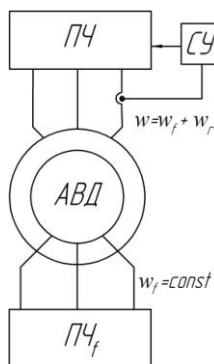


Рис. 1. Структурная схема АД

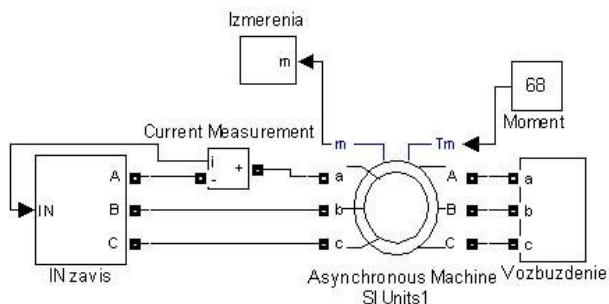


Рис. 2. Модель АД

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).

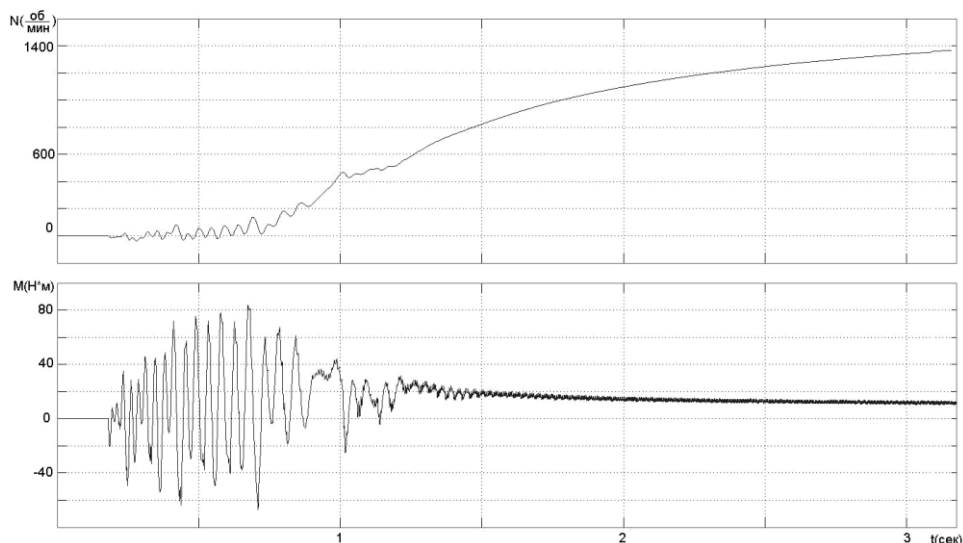


Рис. 3. Переходные процессы при пуске двигателя

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.

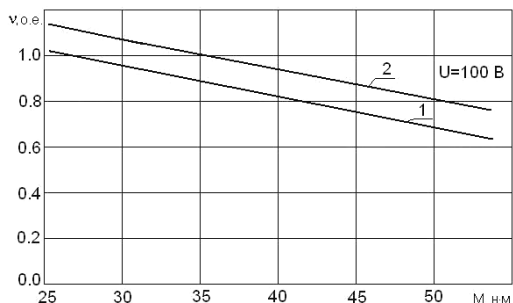


Рис. 4. Механические характеристики АД

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.

#### 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. Тутаев, И.С. Юшков. Бюл. №27, 2009.
3. Тутаев Г.М. Математическая модель двигателя двойного питания при векторном управлении / Г.М. Тутаев, 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. Gulyaev<sup>1</sup>, I.S. Yushkov<sup>1</sup>, Y.P. Kubarkov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Mordovskiy State University  
68, Bolshevikov st., Saransk, 430005

<sup>2</sup> 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.*