



УДК 519.876.5

5.7. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ВЕКТОРНО- АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ТИПА В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

THE MODELLING OF ELECTROMECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE THREE-PHASE ELECTRIC MOTOR WITH THE VECTOR- ALGORITHMIC CONVERTER IN THE MATLAB SIMULINK

Стальная Мая Ивановна, канд. техн. наук, проф. кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Россия, 656056, г. Барнаул, ул. Никитина, д. 59а, кв. 62. E-mail: vens-1@ya.ru, Тел. +79619900608

Еремочкин Сергей Юрьевич, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Россия, 658080, Алтайский край, г. Новоалтайск, 8 микрорайон, д.1/2, кв. 322, E-mail: S.Eremochkin@yandex.ru, Тел. +79231669110

Maiya I. Stalnaya, Cand. Sc., Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, 656056, Nikitina street, 59a, r. 62, Barnaul, Russia. E-mail: vens-1@ya.ru. Ph.: +79619900608

Sergei Y. Eremochkin, Cand. Sc., Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, 658080, mikroraiyon 8, 1/2, r. 322, Novoaltaisk, Russia. E-mail: S.Eremochkin@yandex.ru. Ph.: +79231669110

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы моделирования механических и рабочих характеристик трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя с преобразователем векторно-алгоритмического типа. Моделирование характеристик электродвигателя выполнено в среде Matlab Simulink. В конце статьи даны общие выводы и рекомендации.

Abstract: the paper deals with modeling of mechanical and performance characteristics of three-phase asynchronous squirrel-cage motor with vector-algorithmic converter. Modeling the characteristics of the motor was made in Matlab Simulink. At the end of the article general conclusions and recommendations are presented.

Ключевые слова: трехфазный двигатель, частотный преобразователь, моделирование, Matlab, Simulink, компьютерная модель.

Key words: three-phase motor, frequency converter, modeling, Matlab, Simulink, computer model.

Одной из основных тенденций развития современного электропривода является использование его в целях сбережения ресурсов и экологии. Применение преобразователей частоты в регулируемом электроприводе создает свои преимущества, однако в ряде случаев использование существующих частотных преобразователей для питания трехфазных двигателей малой и средней мощности не рационально ввиду их высокой стоимости. В этом случае могут быть использованы разработанные на кафедре «Электротехника и автоматизированный электропривод» Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова преобразователи частоты

векторно-алгоритмического типа [1, 2], отличающиеся более низкой стоимостью.

При создании подобных устройств остро встаёт проблема сокращения затрат на изготовление различных вариантов нескольких опытных образцов и их тщательное испытание. Неоценимую помощь в этом оказывает математическое моделирование. Обычно, для исследования работы асинхронного двигателя используются математические модели, уравнения которых записаны в двухфазной системе координат. Известные модели [3, 4], позволяющие исследовать несимметричные режимы, достаточно объемны и трудно реализуются.

В связи с вышесказанным, для моделирования [5-9] различных режимов работы трехфазных

электродвигателей с преобразователями векторно-алгоритмического типа в среде Matlab Simulink, при несимметричном напряжении, подаваемом на статорные обмотки двигателя, была разработана оригинальная модель трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя, в которой реализован доступ не только к началам, но и к концам статорных обмоток.

Для оценки эффективности разработанного электропривода с преобразователем векторно-алгоритмического типа, был проведен сопоставительный анализ механических и рабочих характеристик трехфазного электродвигателя, при питании непосредственно от трехфазной сети переменного тока и при питании от однофазной сети посредством разработанного преобразователя [2]. При этом на начальном этапе, с использованием среды Matlab Simulink было проведено моделирование пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором марки 4АА56А4У3, при соединении обмоток статора по схеме звезда, от трехфазной сети переменного тока. Блок модели электродвигателя показан на рисунке 1. Результаты моделирования представлены на рисунках 2 и 3.

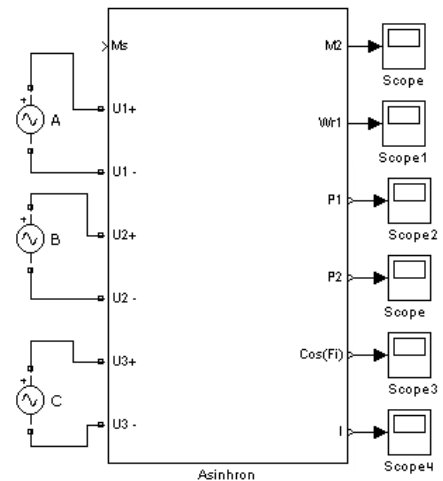


Рис. 1. Схема соединения модели двигателя с источниками напряжения и осциллографами

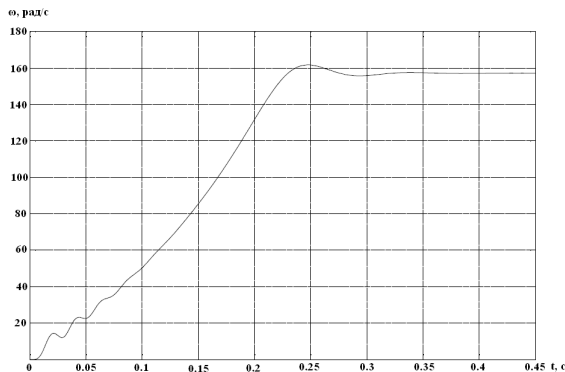


Рис. 2. Зависимость угловой частоты вращения ротора от времени двигателя при трехфазном питании

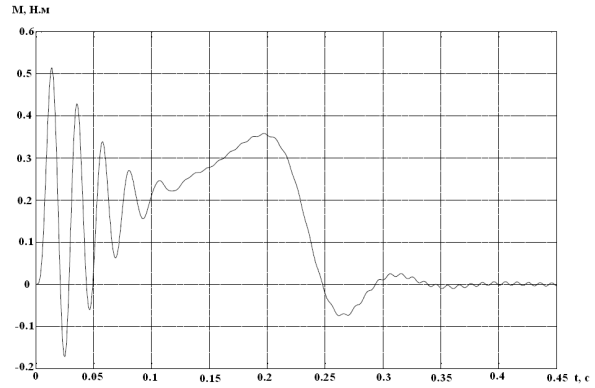


Рис. 3. Зависимость электромагнитного момента от времени двигателя при трехфазном питании

Из рисунков 2 и 3 видно, что двигатель разгоняется до номинальной скорости за 0,25 секунд, перерегулирование составляет около 2%. Пульсация момента, развиваемого двигателем, после разгона снижается практически до нуля. Также, в результате моделирования были получены зависимости I , M , n_2 , $\cos(\varphi)$, η в функции P_2 (рисунок 4), а также механическая характеристика (рисунок 5).

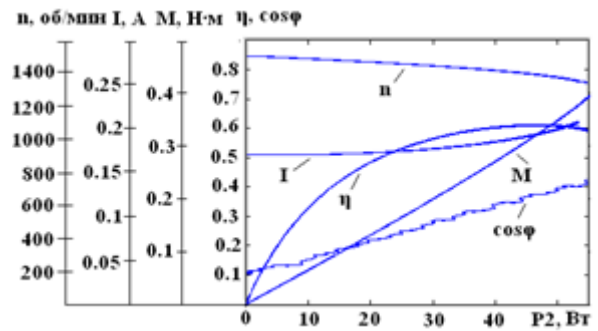


Рис. 4. Рабочие характеристики двигателя при трехфазном питании

Из рисунка 4, видно, что при номинальной нагрузке частота вращения равна 1350 об/мин, ток обмотки статора 0,18 А, номинальный момент на валу 0,37 Н·м, КПД 60%, коэффициент мощности 0,33.

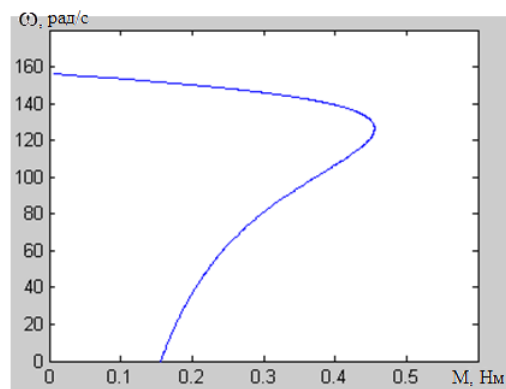


Рис. 5. Механическая характеристика двигателя при трехфазном питании

5. Моделирование систем электроприводов переменного тока

Из рисунка 5 видно, что пусковой момент электродвигателя при питании от трехфазной сети составляет 0,18 Нм, критический момент равен 0,48 Нм.

На следующем этапе было проведено моделирование режимов работы трехфазного электродвигателя с преобразователем векторно-алгоритмического типа. Для моделирования асинхронного двигателя при векторно-алгоритмическом управлении была выбрана схема преобразователя частоты со звеном постоянного тока, осуществляющая питание асинхронной двигателя с частотой напряжения 50 Гц.

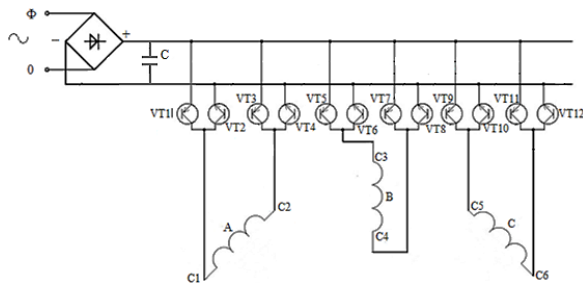


Рис. 6. Схема электрическая принципиальная преобразователя частоты

Модель разработанного преобразователя частоты векторно-алгоритмического типа в среде Simulink состоит из трех H-мостовых схем, собранных на идеальных электрических ключах Ideal Switch, которые эмитируют работу транзисторов. На управляющие входы ключей подаются сигналы, формируемые генераторами импульсов Pulse Generator в соответствии с алгоритмом работы. К выводам H-мостов подключен источник постоянного напряжения 250 вольт DC Voltage Source, эмитирующий работу выпрямителя с подключенным к нему сглаживающим конденсатором, а так же клеммы, которые подключаются к выводам обмоток. Вся система свернута в отдельный блок, который подключается к системе моделирования двигателя.

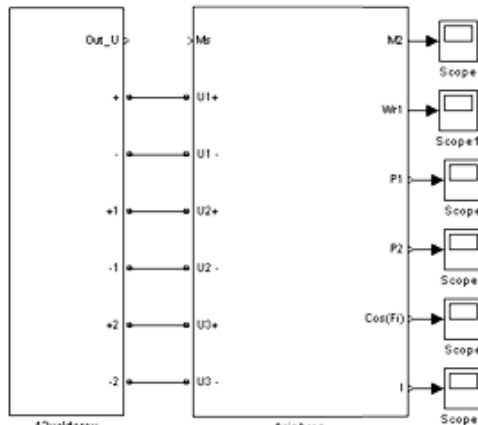


Рис. 7. Схема соединения модели двигателя с преобразователем и осциллографами

На рисунках 8 и 9 представлены зависимости угловой частоты вращения ротора от времени и электромагнитного момента от времени для электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети посредством преобразователя векторно-алгоритмического типа.

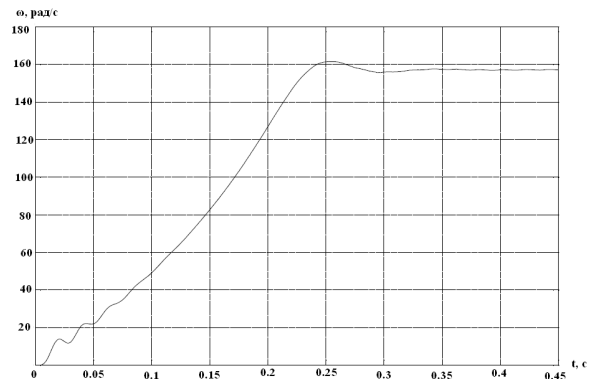


Рис. 8. Зависимость угловой частоты вращения ротора от времени для электродвигателя с преобразователем векторно-алгоритмического типа

Из рисунка 8 видно время разгона электродвигателя с преобразователем векторно-алгоритмического типа и перегулирование, практически совпадают с указанными показателями, полученными при питании двигателя от трехфазной сети (рисунок 2).

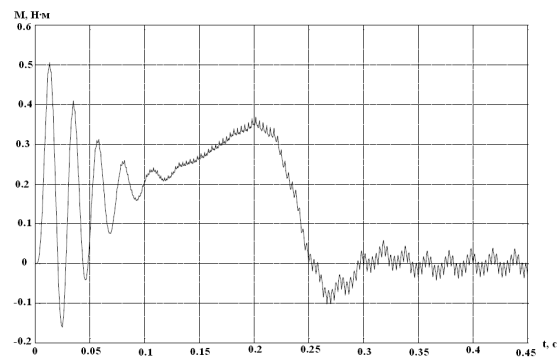


Рис. 9. Зависимость электромагнитного момента от времени для электродвигателя с преобразователем векторно-алгоритмического типа

Из рисунка 9 видно, что пульсация момента, развиваемого двигателем, питание которого осуществляется посредством преобразователя частоты векторного алгоритмического типа, повышается незначительно (не более 5%), что свидетельствует об эффективности разработанного электропривода с преобразователем векторно-алгоритмического типа.

На рисунке 10 представлены результаты моделирования рабочих характеристик

трехфазного электродвигателя с преобразователем векторно-алгоритмического типа.

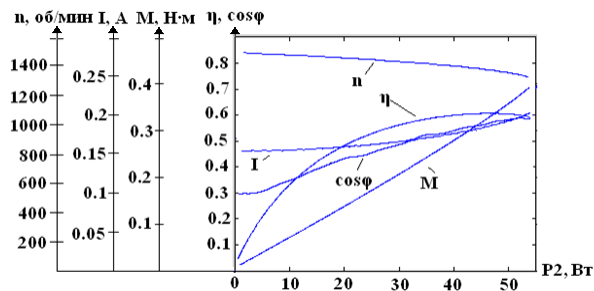


Рис. 10. Рабочие характеристики двигателя с разработанным преобразователем

Для сравнительной оценки результатов моделирования асинхронного двигателя при питании от трехфазной сети и от преобразователя частоты векторно-алгоритмического типа, полученные при моделировании графики (рисунки 4 и 10) были совмещены друг с другом (рисунок 11).

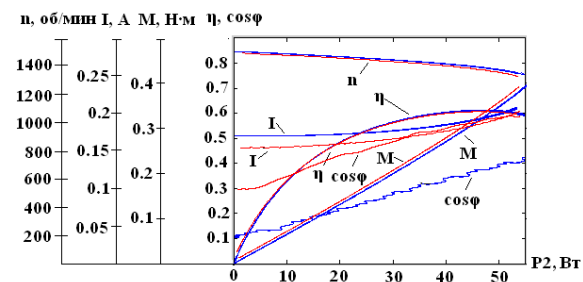


Рис. 11. Совмещенные рабочие характеристики двигателя

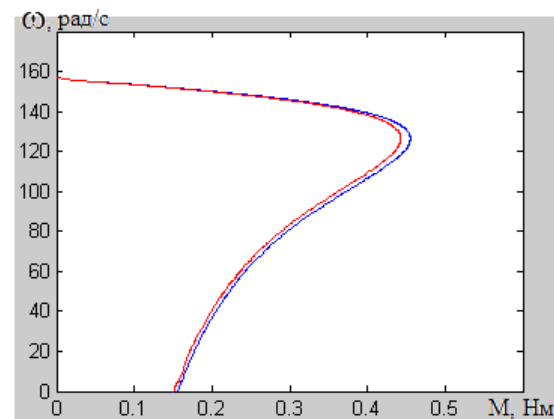


Рис. 12. Совмещенные механические характеристики двигателя

Из сопоставления графиков видно, что, во-первых значения угловой частоты, тока, КПД и электромагнитного момента в обоих случаях практически совпадают; во-вторых полученные данные позволяют сделать вывод о том, что разработанный электропривод с использованием

преобразователя векторно-алгоритмического типа, при питании от однофазной сети, по своим показателям сопоставим с трехфазным способом питания.

Таким образом, в результате проведенного моделирования можно сделать вывод о том, что применение разработанного преобразователя частоты векторно-алгоритмического типа для питания трехфазного асинхронного двигателя от однофазной сети достаточно эффективно.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Халина Т.М., Стальная М.И., Ерёмочкин С.Ю. Рациональное использование трёхфазных асинхронных короткозамкнутых двигателей в отдалённых фермерских хозяйствах при однофазном электроснабжении // Электротехника. 2012. №10. С. 42-46.
2. Стальная М.И., Ерёмочкин С.Ю. Широкополосный трехфазный преобразователь частоты с явно выраженным звеном постоянного тока для питания трехфазного асинхронного электродвигателя: пат. 2482593 Рос. Федерация. № 2011152933/07; заявл. 23.12.2011; опубл. 20.07.2012.
3. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин [Текст] : учеб. пособие для вузов. / И. П. Копылов. – М.: Издательство «Высшая школа», 2001. – 327 с. : ил.
4. Мощинский Ю.А., Петров А.П., Математическая модель несимметричного асинхронного двигателя на основе схем замещения для переходных режимов // Электротехника. - 2003. - №2. - С. 24-30.
5. Пустоветов М. Компьютерное моделирование асинхронных двигателей и трансформаторов [Текст] / М. Пустоветов, К. Солтус, И. Синяский. – Новочеркасск : LAP LAMBERT, 2013. – 209 с.
6. Черных И. В. Моделирование электрических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с. : ил.
7. Шрейнер Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург. УРО РАН, 2000. – 254 с.
8. Ле К. К. Разработка методов и средств компьютерного моделирования асинхронных двигателей с учётом динамики : диссертация кандидата технических наук : / К. К. Ле. – Москва, 2013. - 188 с. : ил.
9. Мощинский Ю. А. Математическое моделирование в электротехнике [Текст] : учеб. пособие для вузов. / Ю. А. Мощинский. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 44 с.