

УДК 621.313

ПОСТРОЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПРЯМОГО УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТОМ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ПУЛЬСАЦИЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МОМЕНТА

Ю. Н. Чередник, В. О. Квашнин

Донбасская государственная машиностроительная академия
ул. Шкадинова, 72, г. Краматорск, 84313, Украина. E-mail: kerly_jul@mail.ru

Рассмотрены принципы построения и функционирования систем прямого управления моментом асинхронного двигателя. Приводится классическая модель прямого управления моментом с гистерезисными регуляторами момента и потока, а также модель прямого управления моментом с ПИ-регуляторами момента, потока и пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией. Представлены результаты исследования двух алгоритмов системы прямого управления моментом в программной среде MATLAB. В результате моделирования показана работоспособность предложенного алгоритма, отмечены преимущества и высокая эффективность систем прямого управления моментом. Полученные графики момента показывают значительное снижение пульсаций в системе прямого управления моментом с пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией.

Ключевые слова: прямое управление моментом, асинхронный двигатель, гистерезисный регулятор, потокосцепление, момент.

ПОБУДОВА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ПРЯМОГО КЕРУВАННЯ МОМЕНТОМ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ПУЛЬСАЦІЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО МОМЕНТУ

Ю. М. Чередник, В. О. Квашнін

Донбаська державна машинобудівна академія
ул. Шкадинова, 72, г. Краматорськ, 84313, Україна. E-mail: kerly_jul@mail.ru

Розглядаються принципи побудови та функціонування систем прямого керування моментом асинхронного двигуна. Приводяться класична модель прямого керування моментом з гістерезисними регуляторами моменту та потоку, а також модель прямого керування моментом з ПІ-регуляторами моменту, потоку та просторово-векторної широтно-імпульсної модуляції. Надано результати дослідження двох алгоритмів системи прямого керування моментом у програмному середовищі MATLAB. У результаті моделювання показано працездатність запропонованого алгоритму, відзначено переваги та високу ефективність системи. Отримані графіки моменту показують значне зниження пульсацій у системі прямого керування моментом з просторово-векторною широтно-імпульсною модуляцією.

Ключові слова: пряме керування моментом, асинхронний двигун, гістерезисний регулятор, потокосцеплення моменту.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Для обеспечения высоких динамических качеств управляемых электроприводов наиболее широко применяются системы векторного управления. Существуют различные виды систем векторного управления, но в общем случае их можно разделить на системы с классическими алгоритмами управления и системы, использующие методы разрывного управления.

Недостатками алгоритмов векторного управления являются: большой объем вычислений при прямом и обратном взаимном преобразовании неподвижной и вращающейся систем координат и наличие запаздывания в формировании электромагнитного момента.

Для устранения этих недостатков был предложен алгоритм прямого управления моментом (ПУМ) [1], который в последнее время получил большое развитие [2, 3]. Алгоритмы ПУМ отличаются простотой, робастностью по отношению к неопределенности параметров, высоким быстродействием.

Недостатком является наличие пульсаций в электромагнитном моменте и потокосцеплении, что снижает точность регулирования и повышает энергопотребление. Это ставит новую проблему в разработке алгоритмов управления.

Целью работы является исследование и построение модели алгоритмов прямого управления моментом для минимизации пульсаций электромагнитного момента.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Момент асинхронного двигателя пропорционален мнимой части произведения векторов потокосцепления статора и ротора, или произведению их модулей и значению синуса угла между ними. Модуль потокосцепления ротора меняется медленно, т.к.

постоянная времени ротора достаточно велика [3]. Модуль потокосцепления статора на небольшом отрезке времени можно принять постоянным, поэтому управление электромагнитным моментом двигателя осуществляется в основном путем изменения угла между потокосцеплениями. Это достигается посредством выбора вектора напряжения, вызывающего такое изменение положения потокосцепления статора относительно потокосцепления ротора, которое обеспечивает необходимый знак приращения электромагнитного момента и одновременно необходимый знак приращения модуля потокосцепления. В каждом из шести секторов, на которые разбивается координатная плоскость, существует определенный набор векторов напряжения для всех возможных комбинаций требуемых знаков изменения модуля потокосцепления и момента. В результате вращение вектора потокосцепления статора обеспечивается с требуемой частотой при поддержании модуля вектора потокосцепления на заданном уровне.

Для преодоления описанных ранее недостатков систем ПУМ предлагается ряд решений [2]: использование улучшенных таблиц выбора состояния инвертора, введение частичного «использования в цикле», применение широтно-импульсной модуляции. На рис. 1 представлена модель системы ПУМ асинхронного двигателя, построенная в программе MATLAB.

Исследование модели с системой управления ПУМ производилось в сравнении с исходным классическим алгоритмом, базирующимся на релейных регуляторах момента, потока (рис. 2, 3).

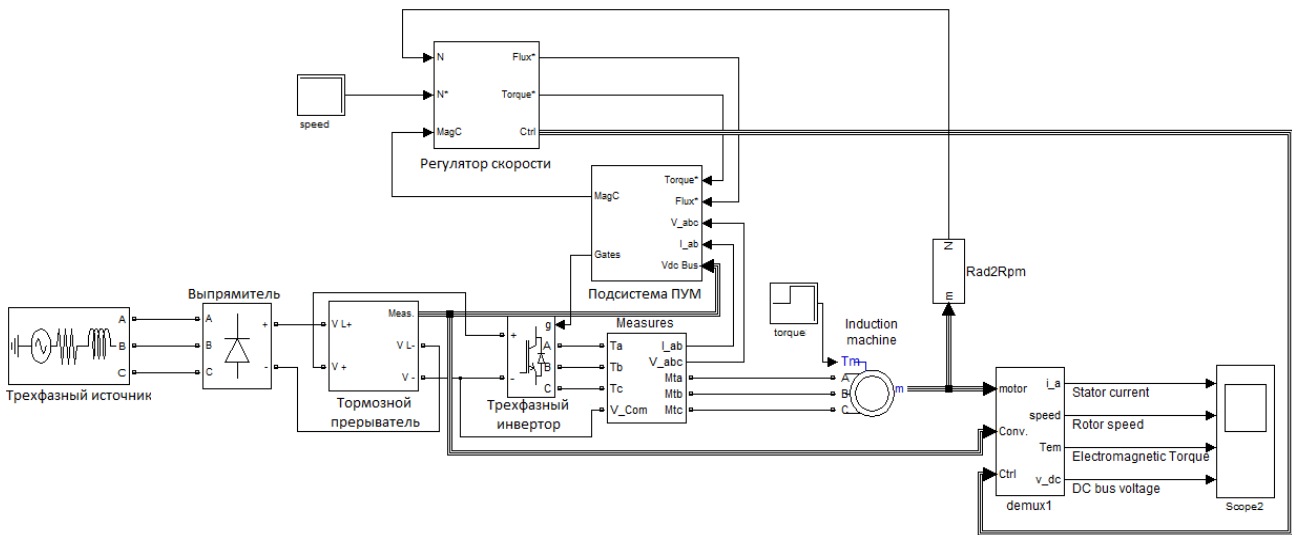


Рисунок 1 – Модель системи ПУМ асинхронного двигателя

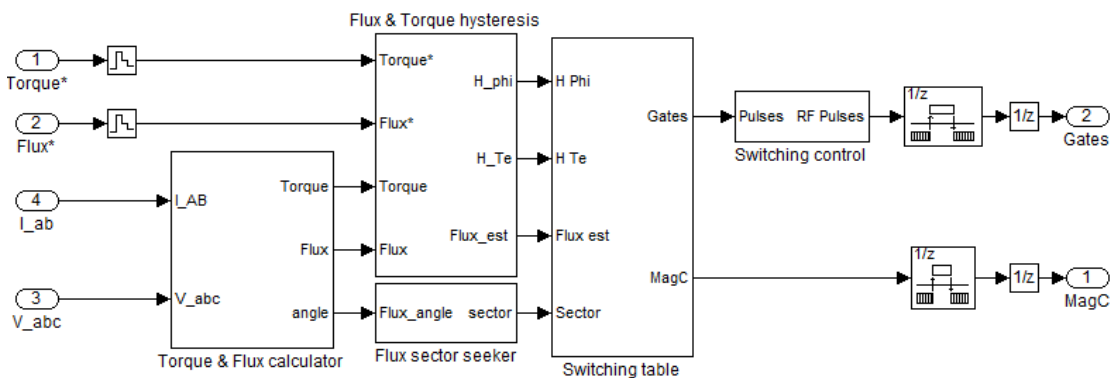


Рисунок 2 – Структурная схема модуля ПУМ с гистерезисными регуляторами момента и потока

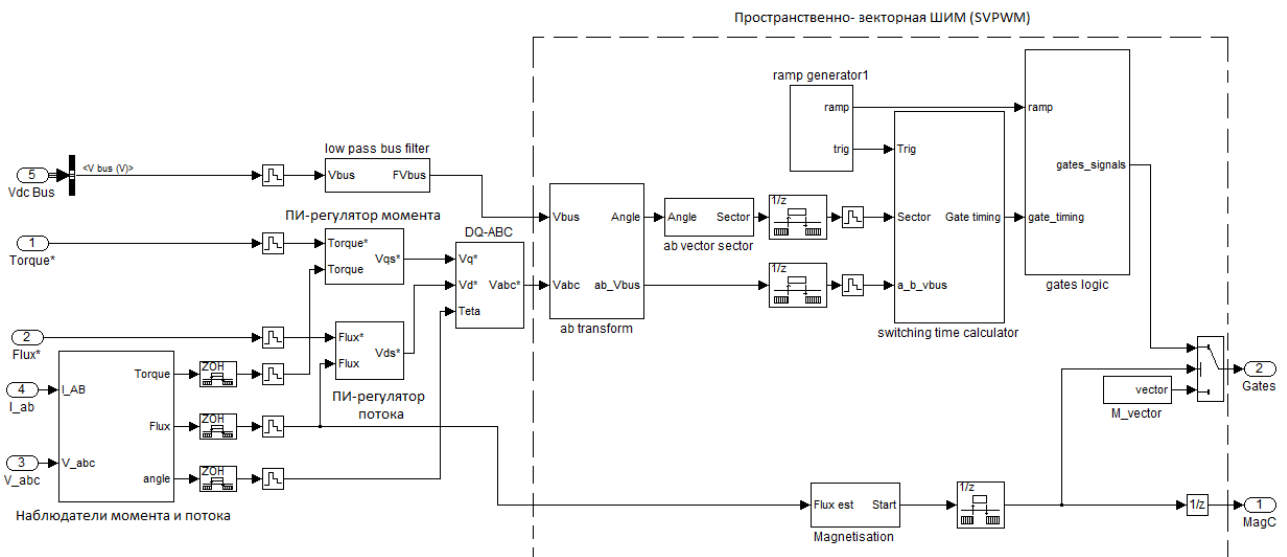


Рисунок 3 – Модель підсистеми ПУМ з ПІ-регуляторами моменту та потоку та ПВ ШІМ

Система DTC включає в себе наступні функціональні блоки: блок регуляторів системи DTC; блок формування строк таблиці переключень; блок визначення фазового сектора; блок реалізації таблиці переключень; блок формування фазних напруг; блок обчислення ненаблюдаємих координат привода.

Для блока регуляторів системи DTC входними

воздействиями являются управляющий сигнал, пропорциональный заданной частоте вращения, опорный сигнал, пропорциональный заданному значению модуля потокосцепления статора двигателя, а также сигналы обратной связи по фактическим значениям контролируемых переменных, а именно: по модулю потокосцепления статора, по электромагнитному моменту и по частоте вращения двигателя.

Выходными сигналами этой подсистемы являются коммутационные функции релейных регуляторов потокосцепления статора и электромагнитного момента двигателя $d\psi$ и dM . Это дискретные сигналы. Они изменяются в диапазоне $(-1 \dots 0 \dots 1)$ и являются входными воздействиями для следующей подсистемы – блока формирования строк таблицы переключений.

При составлении модели были использованы параметры двигателя АИР54А4У3. Полученные при моделировании в MATLAB графики момента (рис. 4, 5) показывают значительное снижение амплитуды и частоты пульсаций момента в системе ПУМ с ПИ-регуляторами момента и потока и пространственно-векторной широтно-импульсной модуляцией (ПВШИМ). В нашем случае амплитуда колебаний для ПУМ с гистерезисными регуляторами равна 0,4 Нм, для ПУМ с ПВШИМ – 0,2 Нм (т.е. снизилась в два раза).

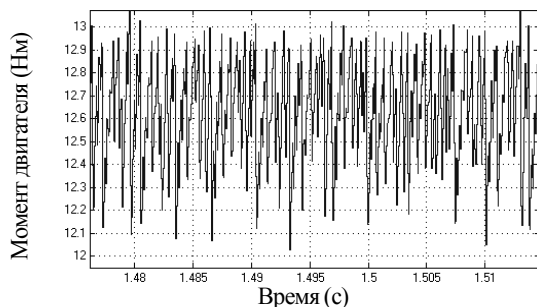


Рисунок 4 – Пульсации момента при ПУМ с гистерезисными регуляторами момента и потока

ВЫВОДЫ. В работе рассмотрено построение модели ПУМ с ПИ-регуляторами момента, потока, а также с ПВШИМ. Применение ПВШИМ усложняет систему, однако позволяет сократить амплитуду колебаний момента.

В результате разработки и исследования класси-

ческой и новой систем ПУМ соответственно установлено, что предлагаемая система быстро и точно обрабатывает задание момента, а, соответственно, и скорости при значительно меньшей амплитуде пульсаций электромагнитного момента двигателя. Сама же разработка быстродействующих алгоритмов ПУМ является актуальным и перспективным направлением в развитии современного электропривода.

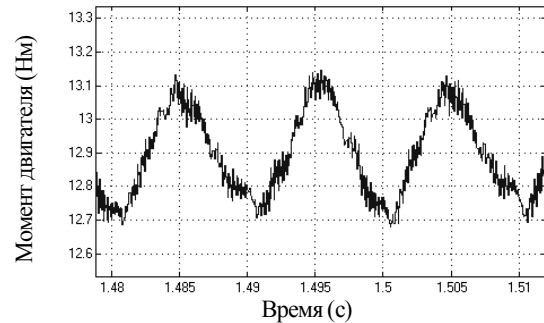


Рисунок 5 – Пульсации момента при ПУМ с ПИ-регуляторами момента, потока и ПВШИМ

ЛИТЕРАТУРА

1. Takahashi I., Noguchi T. A novel quick response and high efficiency control strategy of an induction motor // *IEEE Trans. Industry Application.* – 1986. – Iss. 22. – № 5. – PP. 820–827.
2. Перельмутер В.М. Прямое управление моментом и током двигателей переменного тока. – Харьков: Основа, 2004. – 210 с.
3. Козярук А.Е., Рудаков В.В. Системы прямого управления моментом в частотно-регулируемых электроприводах переменного тока / Под ред. Народничкого А.Г. – СПб.: С.-Петербург. электротехн. компания, 2005. – 100 с.

CONSTRUCTION AND RESEARCH OF DIRECT TORQUE CONTROL SYSTEM MODEL FOR TORQUE FLUCTUATION MINIMISATION

J. Cherednyk, V. Kvashnin

Dobass State Machine-Building Academy

ul. Shkadinova, 72, Kramatorsk, 84313, Ukraine. E-mail: kerly_jul@mail.ru

Principles of construction and functioning of the direct torque control systems of asynchronous motor are observed. The classical DTC model with torque and flux hysteresis regulators, and DTC model with torque and flux PI-regulators and space-vector pulse-width modulation is resulted. In paper research results of two DTC system algorithms in MATLAB program environment are presented. As a result of modeling, workability of the offered algorithm is shown, advantages and high efficiency of DTC systems are noted. The obtained torque graphs show considerable decrease in fluctuation in DTC system with space-vector pulse-width modulation.

Key words: direct torque control, induction motor, hysteresis regulator, fluxlinkage, torque.

REFERENCES

1. I. Takahashi, T. Noguchi. A Novel Quick Response and High Efficiency Control Strategy of an Induction Motor // *IEEE Trans. Industry Application.* – 1986. – V.1.A. – Iss. 22. – № 5. – PP. 820–827.
2. Perelmuter V. *Direct torque control and current of alternating current motor.* – Lharkov: Osnova, 2004. – 210 p. [in Russian]
3. Kozjaruk A., Rudakov V. *Direct torque control system infrequency-regulated electric drive of alternating current* / Edited by Narodnickiy A. – SPb.: S.-Peterb. Electrotechnical company, 2005. – 100 p. [in Russian]

Стаття надійшла 1.06.2012.
Рекомендовано до друку
к.т.н., доц. Старостіним С.С.