

УДК 621.398

СТРУКТУРА И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ МАКСИМАЛЬНОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ПО КОНТУРУ ТОКА (МОМЕНТА) ДЛЯ ГОРНЫХ МАШИН

В. С. Горбик

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
ул. 22 линия В.О, 1, г. Санкт-Петербург, 199106, Россия. E-mail: vladislav.gorbick@yandex.ru

Рассмотрены алгоритмы управления асинхронным электроприводом, обеспечивающие высокие динамические характеристики по контуру тока (момента). Рассмотрены различные способы формирования напряжения. Представлены осциллограммы токов статора и электромагнитного момента двигателя для различных систем управления.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, векторное управление, прямое управление моментом, релейный регулятор.

СТРУКТУРА Й АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОДІЇ ЗА КОНТУРОМ СТРУМУ (МОМЕНТУ) ДЛЯ ГІРНИЧИХ МАШИН

В. С. Горбик

Національний мінерально-сировинний університет «Гірський»
вул. 22 лінія В.О, 1, м. Санкт-Петербург, 199106, Росія. E-mail: vladislav.gorbick @ yandex.ru

Розглянуто алгоритми керування асинхронним електроприводом, що забезпечують високі динамічні характеристики за контуром струму (моменту). Розглянуто різні способи формування напруги. Надано осцилограми струмів статора й електромагнітного моменту двигуна для різних систем керування.

Ключові слова: асинхронний електропривод, векторне керування, пряме керування моментом, релейний регулятор.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Одним из главных путей развития технологий на предприятиях минерально-сырьевого комплекса является внедрение бесконтактного электропривода с двигателями переменного тока. Колебания нагрузки, тяжелые эксплуатационные условия – характерные свойства, присущие широкому классу горных машин и механизмов. Поэтому при выборе алгоритма управления для таких электроприводов предъявляются высокие требования по обеспечению быстродействия по контуру тока (момента) в сочетании с большой перегрузочной способностью. От технического совершенства электропривода в значительной степени зависят производительность, надежность работы, простота обслуживания и возможность автоматизации. Требования по быстродействию привели к внедрению релейно-импульсных систем, для которых разработка и создание новых алгоритмов управления ключами преобразователя является актуальной задачей.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Для повышения эксплуатационной эффективности горных машин и механизмов важной задачей является обеспечение максимального быстродействия по контуру тока (момента) и улучшение энергетических показателей асинхронного электропривода. Это позволит снизить электропотребление, повысить энергоэффективность машин и оборудования.

Современные электроприводы машин и механизмов предприятий минерально-сырьевого комплекса работают в режимах пуска, стопорения, торможения. При синтезе алгоритмов управления такими электроприводами большое внимание уделяется вопросам электромеханической совместимости силового полупроводникового преобразователя (СПП) с двигателем исполнительного механизма, проявляющейся в пульсациях электромагнитного

момента двигателя [1, 2]. Примерами таких механизмов служат: буровые установки, шахтные подъемные машины, экскаваторы, шахтные электровозы, карьерные автосамосвалы.

В данный момент основные алгоритмы управления, обеспечивающие высокое быстродействие по контуру тока (момента), – алгоритм векторного управления и алгоритм «прямого управления моментом» (DTC). При одной и той же силовой схеме возможны различные способы формирования выходного напряжения инвертора. При моделировании электропривода были исследованы следующие способы:

- широтно-импульсная модуляция по «фронту/срезу»;
- двусторонняя широтно-импульсная модуляция;
- «прямое управление моментом»;

Для исследования алгоритмов управления асинхронным электроприводом были построены математические модели электроприводов в среде Matlab (пакет программ Simulink) [3]:

- математическая модель электропривода с векторным управлением;
- математическая модель электропривода с DTC алгоритмом.

Для моделирования был выбран типовой двигатель подъема экскаватора ЭКГ–32 с номинальной мощностью $P_n=420$ кВт и номинальным моментом $M_{ном}=3885$ Нм.

Математическая модель электропривода с векторным управлением содержит два настраиваемых канала [1]:

- канал регулирования потокосцепления ротора двигателя содержит внутренний контур регулирования составляющей тока статора i_{sl} с

ПИ-регулятором «регулятор тока 1» и внешний контур регулирования модуля потокосцепления с ПИ-регулятором «регулятор потока». На входе «регулятора потока» действует постоянное задание;

– канал регулирования электромагнитного момента асинхронного двигателя содержит контур регулирования составляющей тока статора i_{s2} с ПИ-регулятором «регулятор тока 2» и контур регулирования скорости с ПИ-регулятором «регулятор скорости», на входе которого включен задатчик интенсивности.

Математическая модель электропривода с DTC алгоритмом содержит два контура [2]:

– внешний контур регулирования скорости, содержащий ПИ-регулятор скорости;

– внутренний контур регулирования потокосцепления статора и момента, содержащий два релейных гистерезисных регулятора РМ и РП.

Наличие релейных регуляторов в системе управления придает следующие свойства системе управления: высокое быстродействие, точность, переменную частоту переключений инвертора, наличие колебаний электромагнитного момента.

Таблица 1 – Сравнение алгоритмов управления

Алгоритм управления	t_p , с	K_n , %	THD, %
Векторное управление с ШИМ по фронту (срезу)	0,3	4,2	4
Векторное управление с двусторонней ШИМ	0,2	3	2,93
DTC-алгоритм	0,05	8,9	8,7

В табл. 1 приняты следующие обозначения: t_p – время реакции на нагрузку; K_n – коэффициент

пульсаций; THD – коэффициент нелинейных искажений (Total Harmonic Distortion).

В приводе осуществлялся пуск двигателя с номинальным моментом до номинальной скорости, наброс нагрузки до двукратного значения номинального момента, сброс нагрузки до номинального момента, торможение. В результате моделирования были получены переходные процессы, на основе которых проводилось сравнение алгоритмов управления.

ВЫВОДЫ. 1. Алгоритм прямого управления моментом является самым быстродействующим по контуру тока (момента) за счет применения релейных гистерезисных регуляторов.

2. Система векторного управления обладает высокими динамическими показателями в совокупности с удовлетворительными энергетическими показателями.

3. Улучшение энергетических показателей электропривода с DTC алгоритмом без потери быстродействия по контуру тока (момента) является перспективной задачей для дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудаков В.В., Козярук А.Е. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов. – СПб.: СПбЭК, 2004. – 64 с.
2. Рудаков В.В., Козярук А.Е. Прямое управление моментом в электроприводе переменного тока машин и механизмов горного производства. – СПб.: СПГУ, 2008. – 99 с.
3. Пронин М.В., Воронцов А.Г., Калачиков П.Н., Емельянов А.П. Электроприводы и системы с электрическими машинами и полупроводниковыми преобразователями. – СПб.: Электросила, 2004. – 252 с.

CONTROL ALGORITHMS AND STRUCTURES OF INDUCTION ELECTRIC DRIVE WITH PROVIDING HIGH PERFORMANCE IN CURRENT (TORQUE) CIRCUIT

V. Gorbik

National University of Mineral Resources "Mountain"

ul. 22 line V.O, 1, St. Petersburg, 199106, Russia. E-mail: vladislav.gorbick @ yandex.ru

Control algorithms of induction electric drive which provides high-speed performance in current (torque) circuit are considered. Different ways of voltage creating are considered too. Stator current plots and torque plots being received due to the use of various control system are presented.

Key words: asynchronous drive, vector control algorithms, torque control algorithms, relay regulator.

REFERENCES

1. Rudakov V.V., Kozyaruk A.E. *Modern and advanced algorithmic support of frequency control electric drives.* – SPb.: SPbEK, 2004. – 64 p. [in Russian]
2. Rudakov V.V., Kozyaruk A.E. *Direct torque control in AC electric drive for machine and mechanisms of mining enterprises.* – SPb.: SPbMI, 2008. – 99 p. [in Russian]
3. Pronin M.V., Vorontsov A.G., Kalatshikov P.N., Emelianov A.P. *Electric drives and systems with electrical machines and semiconductor converters.* – SPb.: Electrosila, 2004. – 252 p. [in Russian]

Стаття надійшла 25.06.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Бештою О.С.