

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА БАЗЕ АВТОНОМНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА С РЕЛЕЙНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ

В.Н. Мещеряков, О.В. Мещерякова

Липецкий государственный технический университет

Аннотация

Рассматриваемая система управления асинхронным электроприводом обеспечивает высокую точность регулирования и позволяет улучшить качество питающего напряжения, что приводит к уменьшению затрат на обслуживание электроустановки и увеличению срока службы оборудования.

Ключевые слова: асинхронный привод, автономный инвертор тока, релейный регулятор напряжения, система управления, математическая модель.

ASYNCHRONOUS DRIVE CONTROL SYSTEM BASED ON INDEPENDENT CURRENT INVERTER WITH RELAY VOLTAGE REGULATOR

V.N. Mesheryakov, O.V. Mesheryakova

Abstract

The the asynchronous electric drive control system provides high accuracy of control and improves the quality of the supply voltage, as a result it reduces maintenance costs and increases lifetime of the electrical equipment.

Key words: asynchronous drive, independent current inverter, relay voltage regulator, control system, mathematical model.

Введение

Широко используемые в настоящее время системы частотно-регулируемого асинхронного электропривода с ПЧ на базе автономного инвертора напряжения (АИН) наряду с несомненными достоинствами имеют множество недостатков [1]: низкое качество питающего напряжения, которое приводит к дополнительным потерям и нагреву обмоток электродвигателя; необходимость применения дополнительных модулей для осуществления рекуперации энергии в сеть; возник-

новение пульсирующего электромагнитного момента машины, что приводит к ускоренному износу оборудования. Традиционные системы частотно-регулируемого электропривода с ПЧ на базе автономного инвертора тока (АИТ), имеющие емкостной фильтр, установленный параллельно с двигателем, используемый для фильтрации выходного тока и предотвращения перенапряжений на зажимах двигателя, тем не менее не обеспечивают высокого качества питающего напряжения и находят ограниченное применение.

Реализация релейного принципа управления АИТ с высокочастотной коммутацией ключевых элементов инвертора обеспечивает высокое качество питающего напряжения при относительной простоте системы управления, что позволяет прогнозировать расширение области применения ПЧ на базе АИТ.

Математическое описание предложенной системы управления. Схема силовой части автономного инвертора тока, выполненного на базе IGBT – транзисторов, с релейным регулятором напряжения приведена на рис. 1.

Электропривод содержит управляемый выпрямитель 1 и инвертор 2, соединенные между собой через сглаживающий реактор 3 и подключенные проводами переменного тока к асинхронному электродвигателю 4. Инвертор выполнен по мостовой схеме на полностью управляемых вентилях - IGBT-транзисторах 5. В анодную и катодную группы инвертора последовательно с управляемыми вентилями включены дополнительные отсекающие диоды 6 и 7 по числу управляемых вентилях. К выходам инвертора (к проводам переменного тока А, В, С) подключена фильтрующая конденсаторная батарея 8. В звене постоянного тока и на выводах ПЧ установлены датчики тока 9,11 и датчик напряжения 12. На валу двигателя установлен датчик скорости 10, выход которого подключен к блоку управления 13.

Блоки отсекающих диодов 6,7 и дополнительных буферных конденсаторов используются для снижения амплитуды пульсаций в кри-вой тока заряда основных фильтрующих конденсаторов 8.

Структурная схема блока векторного управления асинхронным электроприводом приведена на рис.2, она содержит регулятор скорости 15, на вход которого подается сигнал ошибки регулирования скорости $\Delta\omega_2$, формируемый в сумматоре 14 как разность задания на скорость ω_2^* и сигнала обратной связи по скорости ω_2 , далее с выхода регулятора скорости сигнал поступает на блок ограничения 16, который формирует сигнал задания на момент и подключен к входу блока вычисления БВ1 17 формирующего сигнал задания на синусоидаль-

ную составляющую тока статора I_q^* .

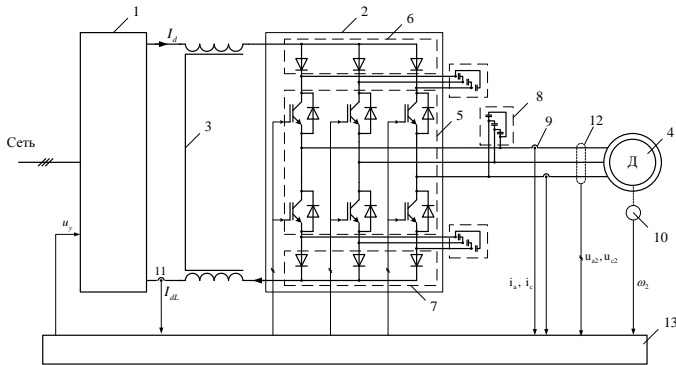


Рис. 1. Схема устройства управления асинхронным электроприводом

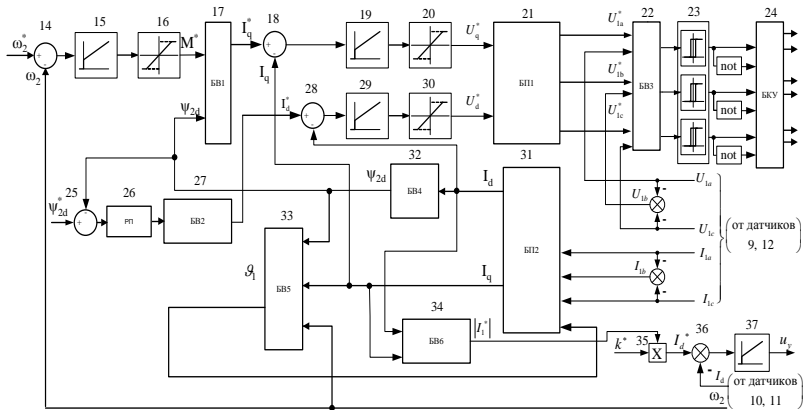


Рис. 2. Структурная схема блока управления

На вход регулятора потокосцепления 26 подается сигнал ошибки регулирования потокосцепления $\Delta\psi_{2d}$, формируемый в сумматоре 25 как разность задания на потокосцепление ротора ψ_{2d}^* и сигнала обратной связи ψ_{2d} , далее с выхода регулятора потокосцепления 26 сигнал поступает на блок вычисления БВ2 27, который формирует сигнал задания на косинусоидальную составляющую тока статора I_d^* .

Сигналы задания на синусоидальную и косинусоидальную составляющие токов статора поступают на блоки сравнения с сигналами

обратной связи 18 и 28 соответственно. Сигналы с выходов сумматоров 18 и 28 поступают на ПИ регуляторы тока 19 и 29 с блоками ограничения 20 и 30, на выходе которых формируются сигналы задания на синусоидальную и косинусоидальную составляющие напряжения статора. Затем сформированные сигналы U_q^* , U_d^* поступают на блок преобразования БП1 21, на выходе которого формируются сигналы задания на напряжения статора фаз А, В, С - U_{1a}^* , U_{1b}^* , U_{1c}^* соответственно.

На блок преобразования БП2 31 поступают сигналы обратной связи по току статора фаз А, В, С - I_{1a} , I_{1b} , I_{1c} соответственно и значение угла поворота системы координат (d, q) относительно неподвижной (α, β) , на выходе с которого формируются сигналы обратной связи косинусоидальной I_d и синусоидальной I_q составляющей тока статора, которые поступают на вход блока вычисления БВ4 32 и на вход блока БВ5 33. Функциональное назначение блока БВ4 заключается в расчете фактического потокосцепления ротора, а блока БВ5 в расчете угла поворота системы координат (d, q) относительно неподвижной (α, β) .

На блок вычисления БВ3 22 поступают сигналы задания U_{1a}^* , U_{1b}^* , U_{1c}^* и сигналы обратной связи U_{1a} , U_{1b} , U_{1c} тока статора, на выходе которого формируется их пофазная разность. Выходы блока 22 подключены к блоку релейных регуляторов тока 23, выходы блока релейных регуляторов тока подключены к блоку коррекции управления ключами инвертора 24.

В блоке вычисления рассчитывается сигнал задание на модуль тока статора $|I_1^*|$. Сигнал I_d^* , формируемый в блоке умножения 35 как произведение модуля тока статора $|I_1^*|$ и коэффициента кратности тока в звене постоянного тока k^* , поступает на суммирующий вход сумматора 36, на вычитающий вход сумматора 36 поступает сигнал обратной связи I_d с датчика тока 11, сигнал рассогласования с выхода сумматора 36 поступает на вход ПИ-регулятора тока 37, который выдает управляющий сигнал U_y в блок выпрямителя 1.

Блок коррекции управления ключами инвертора 24 (рис.3) содержит два блока логических операций «и» 29 и 30 на которые поступают прямые и инверсные сигналы a , b , c и \bar{a} , \bar{b} , \bar{c} с релейного регулятора напряжения 21, выходы блоков логических операций «и» 29 и 30 подключены к блоку логической операции «или» 31, выход блока логической операции «или» 31 подключен к первому входу блока выбора 32, на второй вход блока выбора 32 подается матрица прямых и инверсных сигналов с релейного регулятора тока 22, на третий вход блока выбора 32 подается матрица-столбец единиц 33, с выхода блока выбора 32 управляющие сигналы a^* , \bar{a}^* , b^* , \bar{b}^* , c^* , \bar{c}^* подаются на управляющие электроды ключей инвертора 5.

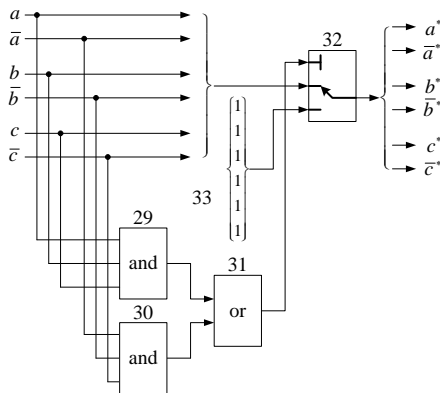


Рис.3 Блок коррекции управления ключами инвертора

Ключевые элементы инвертора тока получает сигналы управления от релейного регулятора напряжения, силовые выходы инвертора подключены к статорным обмоткам асинхронного двигателя. С помощью релейного регулятора напряжения и датчиков напряжения в фазах реализован внутренний контур отрицательной обратной связи по напряжению статора.

Мгновенные значения фазных сигналов задания на напряжения формируются блоком преобразования 21, на вход которого поступают сигналы задания синусоидальной и косинусоидальной составляющих напряжения статора. На выходе блока 21 формируются сигналы задания мгновенных значений тока статора в соответствии с формулами:

$$\left. \begin{aligned} U_{1a}^* &= U_d^* \cdot \cos(\vartheta_1) - U_q^* \cdot \sin(\vartheta_1); \\ U_{1b}^* &= U_d^* \cdot \cos\left(\vartheta_1 - \frac{2}{3}\pi\right) - U_q^* \cdot \sin\left(\vartheta_1 - \frac{2}{3}\pi\right); \\ U_{1c}^* &= U_d^* \cdot \cos\left(\vartheta_1 - \frac{4}{3}\pi\right) - U_q^* \cdot \sin\left(\vartheta_1 - \frac{4}{3}\pi\right). \end{aligned} \right\}$$

Сформированные таким образом сигналы задания на фазные токи статора поступают на узел вычисления БВ3 22, который формирует сигналы рассогласования в соответствии со следующими формулами:

$$\begin{cases} \Delta U_{1a} = U_{1a}^* - U_a; \\ \Delta U_{1b} = U_{1b}^* - U_b; \\ \Delta U_{1c} = U_{1c}^* - U_c. \end{cases}$$

Блок релейных регуляторов напряжения 23 формируют логические сигналы управления ключами инвертора 2, и реализуют следующий алгоритм управления:

- при достижении разницы заданного значения фазного напряжения и измеренного значения фазного напряжения верхней границы порогового уровня включают вентиль верхнего плеча, выключают вентиль нижнего плеча соответствующей фазы;

- при достижении разницы заданного значения фазного напряжения и измеренного значения фазного напряжения нижней границы порогового уровня выключают вентиль верхнего плеча и включают вентиль нижнего плеча соответствующей фазы.

Эти сигналы проходят через блок коррекции управления ключами инвертора 24, который включает блоки логических операций и исключает режим разрыва цепи тока, когда одновременно открыты три ключа анодной или катодной групп инвертора, в этом случае инвертор переводится в режим «короткого замыкания», когда открыты все шесть ключей.

Управление выпрямителем 1 осуществляется контуром регулирования постоянного тока. Задание на ток I_d^* звена постоянного тока формируется путем умножения в блоке 35 заданного значения амплитуды фазного тока $|I_1^*|$, который рассчитывается в блоке БВ6 34 на

основании сигналов обратной связи I_d , I_q , на постоянный коэффициент K^* , который выбирается на основании требований к качеству формируемых трехфазных токов. После чего в сумматоре 36 сигнал сравнивается с сигналом обратной связи от датчика тока I_d и разница поступает через регулятор 37 в систему управления выпрямителем 1.

Результаты

Предложенная система управления была исследована в программной среде Matlab Simulink. Частота коммутаций ключевых элементов АИТ составляет 3...5 кГц. Графики кривых напряжения и тока приведены на рис. 4.

Выводы

При исследовании АИТ с РРН емкость конденсаторов выходного фильтра составляла 1 мФ на 10 кВт. Частота коммутации ключей инвертора при этом составляла 3..5 кГц. Отклонение мгновенных значений напряжения от заданного синусоидального сигнала при использовании АИТ с РРН не превышает 6%. Уменьшение емкости конденсаторов выходного фильтра приводит к увеличению частоты коммутаций ключей. Увеличение точности формирования сигнала также вызывает увеличение частоты коммутации.

Исследования предложенной системы показывают, что форма кривой напряжения питания обмотки статора близка синусоидальной. Применение векторной системы управления ПЧ на базе АИТ с РРН обеспечивает высокую точность регулирования выходных координат – угловой скорости и момента двигателя.

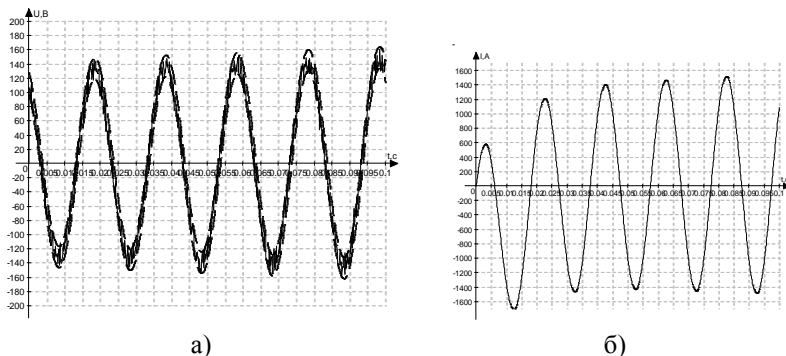


Рис. 4 Графики при использовании ПЧ с АИТ с РРН: а – напряжения; б – тока

Список литературы

1. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.:Academia. 2006. – 259 с.
2. Мещеряков В.Н., Абросимов А.С. Анализ систем управления электроприводом на базе автономного инвертора тока с релейными регуляторами тока и релейными регуляторами напряжения со сглаживающим емкостным фильтром. – Электротехнические комплексы и системы управления 2011/3.
3. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем. – СПб.: КОРОНА. 2001. – 320 с.
4. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс. 2008 – 288 с.

УДК 681.5.01

ОБЗОР АЛГОРИТМОВ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ

С.А. Норсеев, Д.В. Багаев

*Ковровская государственная технологическая академия имени
В.А.Дегтярева, г. Ковров
norseev@gmail.com, dmitrybag@gmail.com*

Аннотация

В данной статье рассмотрены различные алгоритмы группового управления робототехническими комплексами. Представлены основные методы группового управления между различными элементами системы и настройки взаимодействия этих элементов.

Ключевые слова: алгоритма роя; робототехника; мультиагентная система.

REVIEW OF ALGORITHMS GROUP CONTROL OF ROBOTICS SYSTEM

Norseev Sergey, Bagayev Dmitry

*Kovror State Technological Academy named after V.A.Degtyareva
Russia, Kovrov
norseev@gmail.com, dmitrybag@gmail.com*

Abstract

This article describes various algorithms group control robotic systems. The