

УДК 621.314.256, 621.313.333

А.Е. Козярук, д-р техн. наук

СТРУКТУРА И АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ КОММУТАТОРАМИ

Аннотация. Приведена структура электроприводов с полупроводниковыми коммутаторами на полностью управляемых ключевых элементах. Рассмотрены методы и табличные алгоритмы реализации систем управления электроприводом. Приведен пример реализации асинхронного электропривода по предложенной структуре.

А. Е.Козярук, д-р техн. наук

СТРУКТУРА ТА АЛГОРИТМИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ З НАПІВПРОВІДНИКОВИМИ КОМУТАТОРАМИ

Анотація. Наведено структуру електропривода з напівпровідниковими комутаторами. Приведені методи керування і табличні алгоритми систем керування електроприводом. Наведено приклад реалізації асинхронного привода з запропонованою структурою.

А. Е. Kozjaruk, ScD

STRUCTURE AND CONTROL ALGORITHMS OF ELECTRIC SEMICONDUCTOR SWITCHES

Abstract. The structure of electric drives with solid semiconductor switches on base of fully managed key elements is considered. Methods and tabular algorithms for the implementation of electrical drives control system is viewed. This paper will show an example of induction motor with proposed structure's embodiment.

В [4] изложены подходы к разработке и созданию электроприводов с полупроводниковыми коммутаторами на полностью управляемых ключевых элементах. Практика развития и создания регулируемых частотных электроприводов за последнее пятилетие показала правильность рассмотренных подходов и алгоритмов.

Характеристики и возможность применения полностью управляемых ключей (например, IGBT) определяет целесообразность и эффективность использования электроприводов с преобразователями частоты, состоящими из коммутаторов типа активных выпрямителей (АВ) и инверторов с широтно-импульсной модуляцией.

Основные преимущества такой структуры электропривода заключаются в следующем:

- обеспечивается регулирование координат электропривода в четырех квадрантах, включая режим рекуперативного торможения;

- обеспечение требуемого качества электроэнергии (ЭМС) и коэффициента мощности электротехнических комплексов за счет управления активным выпрямителем;

- обеспечение требуемого качества питания электродвигателя и улучшение его виброакустических характеристик (электромеханическая совместимость) за счет выбора специальных алгоритмов реализации широтно-импульсного регулирования коммутатором-инвертором.

Одним из важнейших требований для высокодинамичного электропривода является требование обеспечения максимального быстродействия по контуру момента (тока)

© Козярук А.Е., 2011

. Как оговорено в [4], реализация максимального

быстродействия осуществляется за счет использования релейных регуляторов тока и магнитного потока, работающих в «скользящих» режимах (системы DTC).

В [3] приведены основы теории и практические примеры реализации систем «прямого управления моментом» (DTC). Формирование импульсов управления ключами инвертора осуществляется согласно табличным алгоритмам.

В основу DTC – алгоритма положена таблица переключений силовых электронных ключей. В эту таблицу должны быть занесены желаемые положения результирующего вектора напряжения, которые он должен принимать на фазовой плоскости (α - β) в зависимости от управляющих воздействий. От формирования таблицы переключений существенно зависит качество работы системы DTC в целом. Таблица, как и другие функциональные блоки, в системе DTC реализуется микропроцессором. В зарубежных публикациях этот блок называется «switching table». Иногда его называют также «vector selection table» или «optimum pulse selector».

Результатом обработки поступающей на входы таблицы переключений текущей информации о состоянии электропривода является оптимальный результирующий вектор выходного напряжения автономного инвертора. Под оптимальным понимается такое новое пространственное положение вектора напряжения, которое приводит к желаемому изменению контролируемых параметров системы DTC, а именно, амплитуды вектора потокосцепления статора и величины электромагнитного момента асинхронного двигателя. Таким образом, выходом таблицы являются коммутационные функции, поступающие на драйверы силовых электронных ключей. Тем самым выбирается нужная комбинация включенных и от-

ключенных силовых электронных ключей на каждом интервале квантования по времени. Полученная комбинация не зависит от предыдущего состояния инвертора, поскольку определяется информацией о текущих значениях контролируемых параметров. Входами таблицы переключений выступают номера строк (S_i) и номера столбцов (N_j). Номера строк ($S_1 \dots S_K$) определяются с помощью формирователя строк таблицы переключений. Входными сигналами для этого формирователя являются выходные сигналы дискретных регуляторов потокосцепления статора и электромагнитного момента двигателя, входящих в состав системы регулирования. Количество строк таблицы (K) определяется выбранным видом дискретных регуляторов и находится в пределах ($4 \leq K \leq 9$).

Номера столбцов таблицы переключений ($N_1 \dots N_6$) представляют собой номера фазовых секторов, на которые условно разбита фазовая плоскость. Поэтому для трехфазных систем количество столбцов в таблице переключений всегда равно шести. Задачей формирователя столбцов таблицы переключений является получение информации о фазовом секторе, в котором в данный момент времени находится результирующий вектор потокосцепления статора.

Система управления содержит следующие функциональные блоки:

- блок регуляторов системы DTC;
- блок формирования строк таблицы переключений;
- блок определения фазового сектора;
- блок, реализующий таблицу переключений;
- блок формирования фазных напряжений;
- блок вычисления ненаблюдаемых координат привода.

Стремление к унификации алгоритмов управления выпрямителем и инвертором привело к разработке и созданию табличных алгоритмов управления ключами коммутатора типа активного выпрямителя для обеспечения задачи регулирования коэффициента мощности и коэффициента нелинейных искажений.

Релейно-импульсные системы с табличными алгоритмами обладают следующими преимуществами:

- более быстрая обработка задающих воздействий, что достигается за счет использования релейных регуляторов;
- отсутствие преобразователей во вращающуюся с частотой напряжения питающей сети систему координат и обратно, что упрощает практическую реализацию таких систем.

Реализация этого алгоритма, например, при регулировании коэффициента мощности, заключается в посекторном отслеживании вектора напряжения в каждый дискретный момент времени и формировании «открывающих» импульсов на ключи коммутатора - выпрямителя, таким образом, чтобы вектор тока в следующий момент времени был «опережающим».

Табличные алгоритмы ключами инвертора для улучшения электромеханической совместимости описаны в [2].

Последним достижением в использовании

структур асинхронных электроприводов «активный выпрямитель – инвертор с ШИМ» освещены в [1] и относятся к реализованному электроприводу экскаватора объемом ковша 35 м³ изготовления АО «Силовые машины», филиал «Электросила» (ЭКГ 32Р/35К).

Электропривод предназначен для обеспечения питания, управления и защиты электродвигателей главных и вспомогательных механизмов карьерного экскаватора. Питание осуществляется от сети 6 кВ. В структуре электропривода предусмотрен общий активный выпрямитель (для регулирования коэффициента мощности и обеспечения требуемого коэффициента нелинейных искажений) и семь инверторов с ШИМ для регулирования двигателей мощностью (400-850) кВт.

Система регулирования электроприводов – векторная. Заводские испытания показали высокие динамические и энергетические характеристики электропривода. Дальнейшее развитие систем регулирования целесообразно продолжать в направлении использования и оптимизации релейно-импульсных табличных алгоритмов управления коммутаторами типа активных выпрямителей и инверторов.

Список использованной литературы

1. Дробкин Б.З. Высокодинамичные энергоэффективные приводы горных машин / Б.З Дробкин, А.П. Емельянов, А.Е. Козьярук // Горное оборудование и электромеханика. – 2011. – № 4. – С. 34 - 39.
2. Емельянов А.П. Алгоритмы управления, моделирования и анализ высокодинамичных асинхронных электроприводов / А.П. Емельянов, А.Е. Козьярук // Электротехника. – 2011. – № 2. – С. 2 - 9.
3. Козьярук А.Е. Прямое управление моментом в электроприводе переменного тока машин и механизмов горного производства / А.Е. Козьярук, В.В. Рудяков // СПГИ (ТУ), 2008. – 100 с.
4. Козьярук А.Е. Структура и алгоритмы управления асинхронным электроприводом с полупроводниковыми коммутаторами / А.Е.Козьярук. // Электромашинобуд. та электробладн. Проблеми автоматизованного електропривода. – 2006. – С. 39-41.

Получено 01.06.2011



Козьярук
Анатолий Евтихиевич,
д.т.н., профессор,
зав. кафедрой Электротехники
и электромеханики
Санкт-Петербургского гос.
горного ун-та
Россия, 21 – линия В.О., д.2
тел. +7-921-9261323
e-mail: kozjaruk@mail.ru