

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПОСТОЯННОГО ТОКА, ЭЛЕКТРОМАГНИТНО СОВМЕСТИМЫЙ С СЕТЬЮ

Введение. Традиционно в электроприводах постоянного тока для питания двигателей применяются источники напряжения, в качестве которых используются управляемые тиристорные выпрямители, потребляющие значительную реактивную мощность, зависящую от угла регулирования. Помимо увеличения потребления реактивной мощности, полупроводниковые преобразователи создают весьма нежелательную мощность искажения, обусловленную несинусоидальной формой потребляемого тока. Эти факторы приводят к снижению коэффициента мощности преобразователя и регулируемого привода до недопустимых значений.

Однако известно, что использование источников тока для электроприводов в ряде случаев дает заметный качественный эффект по сравнению с источниками напряжения, при этом в качестве источников тока использовались индуктивно-емкостные преобразователи (ИЕП) [1,2]. Наряду с широко известными достоинствами таких систем им присущи и ряд недостатков, из-за которых не удается в полной мере реализовать высокую стабильность тока во всем диапазоне изменения нагрузки, быстродействие, большой диапазон регулирования тока, инвариантность к возмущениям и др. В этом случае ИЕП также является генератором высших гармоник в сеть.

Возрастающие масштабы использования полупроводниковых преобразователей, а также регулируемых электроприводов требуют разработки методов и устройств, повышающих их технические и энергетические показатели.

Наиболее перспективной возможностью обеспечить энергосбережение в преобразователях и регулируемых электроприводах является повышение качества электропотребления за счет применения новых алгоритмов управления преобразователями, использования релейных принципов управления и полностью управляемых вентилями.

Цель работы. Демонстрация возможностей вариантов электропривода (ЭП) на базе источника тока (системы стабилизации тока) с релейным управлением, реализующего принудительное формирование синусоидальных токов, потребляемых из сети при отсутствии фазового сдвига между токами и соответствующими фазными напряжениями. Такой ЭП позволяет достичь высокой точности стабилизации выходного тока, предельного быстродействия, инвариантности к действию различных возмущений.

Материал и результаты исследований. Функциональная схема описанного ЭП приведена на рис.1. Он состоит из двигателя М, двух мостов UM1 и UM2 на запираемых тиристорах (ТЗ, ГТО), моста UM3 на IGBT-вентиле с конденсатором С на выходе, которые составляют силовую активный фильтр (САФ), подключенный к питающей сети переменного напряжения, датчиков токов дуги вентилей UA и входных токов преобразователя UA1...3, линейных дросселей L1...3 и системы управления SC ЭП.

В последнюю входят регуляторы скорости и тока, блок логики на релейных элементах, формирователи-усилители управляющих импульсов как тиристорных мостов, так и транзисторов САФ. Кроме того, SC содержит устройства расчета амплитуды входных токов для вентильного преобразователя с САФ и потенциальный делитель управляющих импульсов. На рис.1 цепи утилизации электромагнитной энергии якоря при коммутации тиристорных не показаны.

В основу совместной работы вентильной группы и САФ положено принудительное формирование входных синусоидальных токов, амплитуда которых определяется из баланса мощности, потребляемой нагрузкой и забираемой из сети. Блок логики определяет состояние схемы (уровни токов – линейных входных и нагрузки, а также тенденцию их изменения) на базе информации, по которой формируются управляющие импульсы (открывающие – закрывающие) для вентиля и мостов САФ. Благодаря этому, из всех возможных (исключая запретные) вариантов топологии схемы выбирается та, при которой удовлетворяются условия формирования входных токов синусоидальной формы заданной амплитуды, а также стабилизация уровня тока якоря двигателя, задаваемого регулятором скорости ЭП.

При этом ток в линейных дросселях L1...3 формируется энергией сети, САФ и нагрузки в зависимости от состояния элементов схемы. Выходной конденсатор САФ должен быть заряжен до напряжения, большего мгновенного значения любого из линейных напряжений сети. Чем выше это напряжение, тем больше ресурс управления и выше быстрее реакция ЭП на любые управляющие и возмущающие воздействия. Подробное описание процессов в преобразователе приведено в [3, 4].

Все регуляторы токов – релейные, работающие в скользящих режимах, благодаря чему удалось повысить быстродействие преобразователя до предельного и обеспечить квазиинвариантность контуров к параметрическим и координатным возмущениям.

Регулятор скорости (как и положения при необходимости) может быть как аналоговым, так и релейным. В последнем случае для сохранения высокого быстродействия токовых контуров при работе релейного регулято-

ра скорости в релейном режиме использовалось выделение «эквивалентного управления» (среднего значения выходного напряжения регулятора скорости) методом, предложенным в [5].

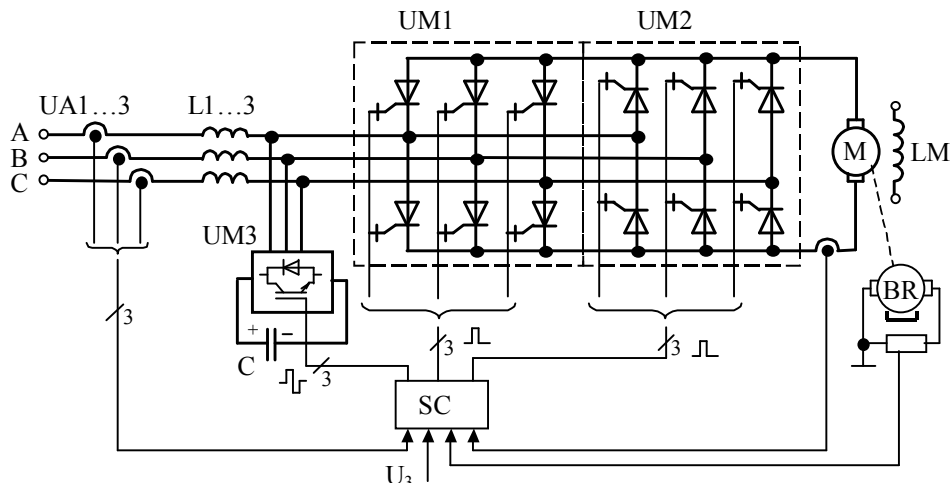


Рис. 1. Функциональная схема электропривода на базе релейного источника тока

Релейные управления определяются в результате решения задачи аналитического конструирования регуляторов. При этом вентильный преобразователь с силовым фильтром описывается апериодическим звеном первого порядка. Моделирование показало, что вентильный преобразователь с САФ при поддержании напряжения на конденсаторе порядка 800В пропускает без искажений частоты до $\omega_y \cong 3000$ 1/с.

Исследованиями установлено, что ЭП практически нечувствителен к изменениям параметров в токовых контурах на сотни процентов, а к колебаниям напряжения питающей сети – на десятки процентов.

На рис.2 показаны процессы в схеме ЭП при пуске и набросе нагрузки на вал при аналоговом регуляторе скорости. Размах пульсаций токов специально дан увеличенным (за счет ширины петли гистерезиса релейных элементов) для демонстрации работы релейной системы управления.

Как видно, система управления формирует требуемые траектории изменения координат ЭП, обеспечивая близкую к синусоидальной форму входных токов, совпадающих по фазе с фазными напряжениями.

Выводы. Предлагаемый электропривод на базе релейного источника тока обеспечивает качественную быстродействующую динамику при полной электромагнитной совместимости с питающей сетью и низкой чувствительности к параметрическим и координатным возмущениям.

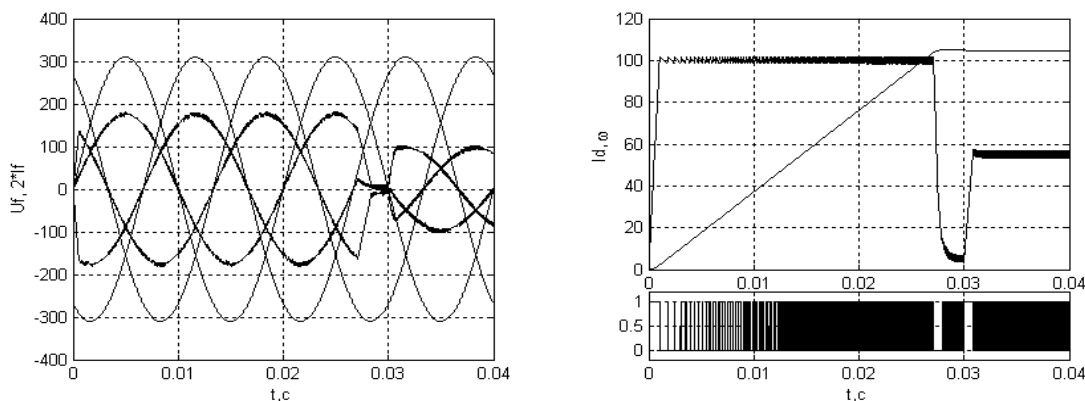


Рис. 2. – Переходные процессы в ЭП:

а) фазные напряжения и токи; б) ток и скорость двигателя, состояние релейного элемента

Литература.

1. Волков И.В., Исаков В.Н. Электроприводы со стабилизированным током в силовых цепях. – М.: Радио и связь, 1991. – 216 с.
2. Ильинский Н.Ф. Электроприводы постоянного тока с управляемым моментом. – М.: Энергия, 1979. – 144с.
3. Скурятин Ю.В., Самчелев Ю.П., Шевченко И.С. Вентильный источник тока с релейным управлением // Техническая электродинамика. – 2003. – №5. – С.25-29.
4. Патент на винахід. Україна. №66628, Н02М 7/12. Регульоване джерело струму / Скурятин Ю.В., Самчелев Ю.П., Шевченко І.С. Бюл. №7, 2007.
5. Клименко Ю.М. Разработка и исследование электроприводов с векторным полеориентированным управлением, многомерными скользящими режимами и идентификацией координат: Дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03. – Днепропетровск, 2006.