

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕНТИЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ СИЛОВОЙ ЦЕПИ

Розглядаються різні засоби підвищення ефективності електропередачі рухомого складу та засоби підвищення ефективності потужності у разі застосування вентильних перетворювачів зі змінною структурою силового ланцюга. Запропоновані засоби проектування електропередач зі змінною структурою силових ланцюгів.

Рассматриваются различные способы повышения эффективности электропередачи подвижного состава и способы повышения эффективности мощности при использовании вентильных преобразователей с переменной структурой силовой цепи. Предложены способы проектирования электропередач с переменной структурой силовых цепей.

Different ways of increasing efficiency of electric transmission in the rolling stock and methods of improving the power efficiency in the use of valve transformers with the variable structure of power circuit are examined in the article. The methods of designing electric transmissions with variable structure of power circuits have been offered.

Совершенствование элементной базы силовой электроники открывает широкие возможности в части реализации вентильных электроприводов для электропередачи железнодорожного подвижного состава. С учетом этого в современных электроприводах существенно снижается количество релейно-контакторной аппаратуры, появляются более совершенные схемы рекуперативного торможения (4q-s преобразователи).

Непрерывное увеличение единиц подвижного состава приводит к увеличению установленной мощности вентильных преобразователей различных типов на железнодорожном транспорте, оказывает существенное влияние на питающую сеть. Последнее усугубляется более широким использованием полностью управляемых приборов: запираемых тиристоров (GTO, IGCT), транзисторов с изолированным затвором (IGBT) и связанных с ними более жесткими процессами коммутации.

С другой стороны, новая элементная база позволяет осуществить новые подходы к проектированию электропередачи подвижного состава с целью повышения ее эффективности и снижению влияния ее на питающую сеть.

Ниже рассмотрены некоторые возможности повышения эффективности электропередачи с двигателями постоянного и переменного тока для дизель-поездов (тепловозов) и электропоездов (электропоездов).

Основное отличие этих машин состоит в разных системах питания.

Первые – для обеспечения электроэнергией системы электропередачи используют дизель-генераторные установки трехфазного тока с двумя обмотками, сдвинутыми по фазе для организации 12-фазной схемы выпрямления.

Вторые – получают питание от однофазной сети переменного тока либо от сети постоянного тока.

Рассмотрим особенности выбора схемы выпрямителя для серийного тягового двигателя дизель-поезда (тепловоза). Известно, что 12-пульсная схема выпрямительной установки образуется параллельным либо последовательным соединением мостов. В силу известных свойств электромеханической характеристики серийного двигателя и тягового усилия локомотивов, обеспечение начальных тяговых усилий достигается при 2...2,5-кратных токах двигателей, а установившееся движение при номинальном токе. Такое соотношение токов и напряжений приводит к увеличению установленной мощности как выпрямительной установки, так и тягового генератора, примерно, вдвое.

Для снижения установленной мощности оборудования фирма General Motors для модернизации тепловоза EDMGM серия 66 использовала схему с переключением мостов с параллельного соединения на последовательное при помощи специально разработанных быстродействующих контакторов (5 кА, 1 мс) [1].

В ОАО НИИ «Преобразователь» для дуговых печей постоянного тока используются ана-

логичные решения, но с бесконтактным переключением мостов (рисунок) [2].

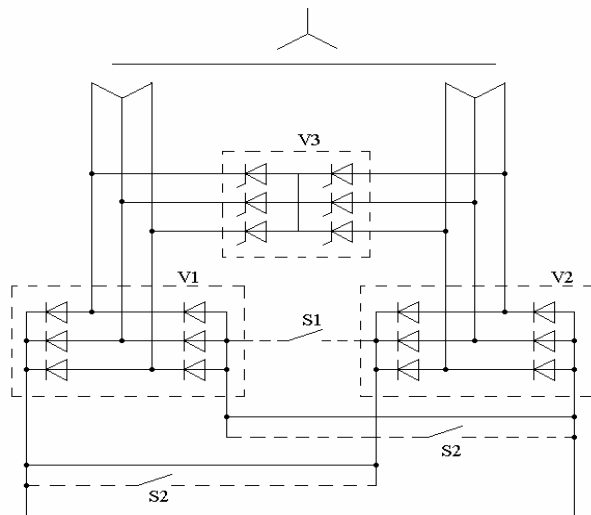


Рис. Схема выпрямителя с бесконтактным переключением мостов

Нетрудно показать, что при использовании таких решений, установленная мощность генератора (трансформатора) уменьшается вдвое.

Ток основной выпрямительной установки определяется из соотношения

$$I_{\text{вх}} = \frac{I}{2(U^x - \Delta U^x)},$$

где

$$U^x = \frac{U}{U_{\text{н}}}; \quad \Delta U^x = \frac{R_d I_{\text{я}}}{U_{\text{н}}};$$

U , $U_{\text{н}}$, $I_{\text{я}}$ – соответственно напряжение при параллельном соединении, номинальное напряжение, ток и активное сопротивление якоря.

Количество приборов выпрямительной установки для трехфазной мостовой схемы возрастает с бесконтактным переключением в 1,5 раза, при снижении токовой нагрузки в 0,55...0,65 раза в зависимости от $\Delta U^x = 0,05...0,1$. Габаритная мощность выпрямительной установки в целом уменьшается в 0,825...0,975 раза, т. е. практически равна установленной мощности модернизируемой установки.

Использование такого решения для электропоездов (электровозов) позволяет снизить установленную мощность питающего трансформатора вдвое, уменьшить количество контактной аппаратуры, повысить эффективность реостатного торможения.

При использовании двигателей переменного тока с автономными инверторами (АИН) использование таких схем в силу того, что при широтно-импульсном управлении АИН работает как трансформатор с коэффициентом, равным коэффициенту модуляции, снижение установленной мощности не происходит.

Однако появляется возможность существенно снизить потери мощности в АИН на коммутацию в 4 раза и при половинном напряжении получить тяговую выходную мощность равную номинальной, что позволяет получить вдвое большее тяговое усилие при половинной скорости. Это позволяет повысить скорость движения при больших подъемах и увеличить динамику при разгоне, повысить эффективность реостатного торможения.

Подход к проектированию электропередач с переменной структурой силовых цепей оказывается выгодным для большого многообразия вентиляционных схем как в приводах постоянного, так и переменного тока, является очень эффективным средством и может быть распространен и на системы с 4q-s преобразователями при обосновании технико-экономической целесообразности.

Такой подход может быть применен и к приводам с питанием от сети постоянного тока как с импульсными преобразователями, так и с инверторными приводами [3]. Общим свойством электропередач с переменной структурой силовой цепи является существенное улучшение совместимости с питающей сетью (источником), снижая практически вдвое амплитуды высших гармонических тока и напряжения.

Изложенные подходы позволяют существенно повысить эффективность использования электрооборудования передачи, снизить его массу, повысить КПД.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Модернизация тепловоза EDMGM серия 66 // Железные дороги мира, – 2004, – № 8.
2. Андриенко П. Д. Перспективные направления в развитии источников питания для электротехнологии / П. Д. Андриенко, С. А. Саньков, В. Г. Машьянов, Г. В. Ковалев // Электротехника та електроенергетика. – 2000. – № 2. – С. 47–60.
3. Синолицкий А. Р. Тяговый электропривод переменного тока с асинхронными двигателями и IGBT – преобразователями для различных электровозов // Вестник НГУ «ХПИ» – 2005. – Вып. 45 – С. 309–312.

Поступила в редколлегию 20.06.2006.