



МЕЖДУНАРОДНАЯ
АКАДЕМИЯ
ИНФОРМАТИЗАЦИИ



МОСКОВСКИЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ)



МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
«СТАНКИН»

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ
ИНФОРМАТИЗАЦИИ МФИ - 2000

ДОКЛАДЫ

международной конференции
“ Информационные средства и
технологии ”

Том 1

17-19 октября 2000 г.

Москва

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ТОКОМ ПОТРЕБЛЕНИЯ

И.Д.Добкин, В.С.Чуприков

(Москва, АО Анфальдо-ВЭИ, Россия)

Одним из важнейших факторов, влияющих на экономичность использования электрической энергии, является качество электропотребления, определяемое степенью электромагнитной совместимости приемников электроэнергии. Широкое использование мощных электрических преобразователей обострило указанную проблему, так как эти устройства в традиционном исполнении, как правило, имеют низкий коэффициент мощности (0.5-0.7) и высокий уровень гармоник потребляемого из сети тока (более 30%). Отметим, что с 1994 г. на общеевропейский рынок допускается только продукция, имеющая сертификацию в соответствии с нормами ISO 9000; одновременно ужесточаются требования к качеству напряжения сети и электропотребления (стандарты IEEE-519, МЭК 555, ГОСТ 13109). Стандартным решением задачи обеспечения требуемого качества электропотребления является установка силовых фильтров, что приводит к существенному усложнению и удорожанию системы электроснабжения.

В настоящее время появилась возможность альтернативного решения данной проблемы за счет использования схемотехнических решений, связанных с применением IGBT-транзисторов или IGCT-тиристорных широтно-импульсным управлением. Специальные алгоритмы системы управления в совокупности с предлагаемой структурой силовой схемы позволяют построить преобразователи с регулируемой формой входного тока и обеспечить тем самым выполнение практически любых требований по коэффициенту мощности и уровню высших гармоник в потребляемом токе.

Структуру преобразователя, обеспечивающего управление формой входного тока можно представить в виде, представленном на рис.1. Она представляет собой входной инвертор тока и потенциализирующий инвертор напряжения. Преобразователь состоит из входного реактора L1 и, в общем случае, N высоковольтных модулей (ВМ), соединенных последовательно по входу и параллельно по выходу. Функцию инвертора тока выполняет входной реактор и чопперные компоненты модулей (VT1, VD5, C1, C2). Инвертор напряжения реализован на инверторных компонентах модулей (VT2, VT3, T1), и содержит высокочастотные трансформаторы, обеспечивающие гальваническую развязку выходного напряжения.

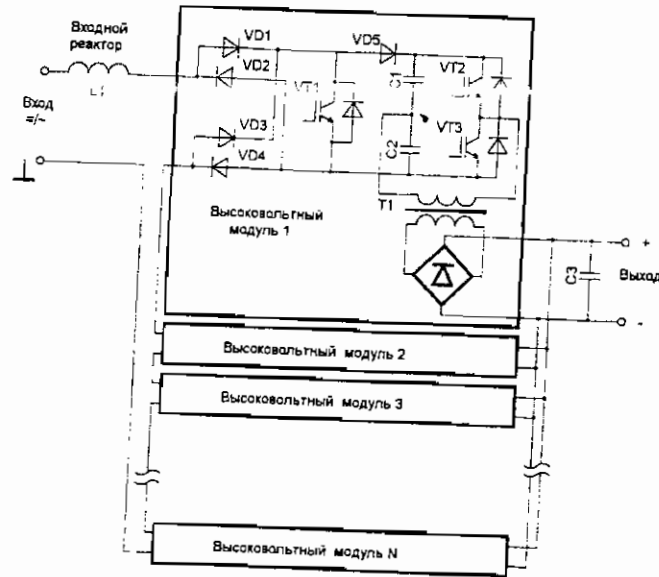


Рис.1. Структурная схема преобразователя.

Число соединенных последовательно высоковольтных модулей N выбирается исходя их класса приборов и максимального уровня входного напряжения. Диодные мосты VT1..VT4 обеспечивают униполярное протекание тока по модулям.

Принцип регулирования входного тока основан на формировании мгновенного значения противоЭДС, подключаемой к входному реактору. Значение этой ЭДС численно равно произведению числа закрытых чопперов модулей (транзистор VT1 не проводит ток) на величину напряжения на накопителях модуля (в рабочем режиме разница в значениях этого напряжения для различных модулей незначительна).

Управление количеством открытых и закрытых чопперных ключей обеспечивает формирование величины противоЭДС, которая требуется для поддержания входного тока в соответствии с его расчетным значением и определяется уставкой тока и текущим значением входного напряжения. Эпюры входного тока и напряжения противоЭДС при синусоидальном входном напряжении представлены на рис. 2.

Наличие N последовательных модулей позволяет реализовать многофазный режим по входу - в работу включается только необходимое количество модулей. Для обеспечения равномерности нагрузки используется многофазный режим по выходу - рабочие циклы инверторных компонентов модулей сдвинуты во времени.

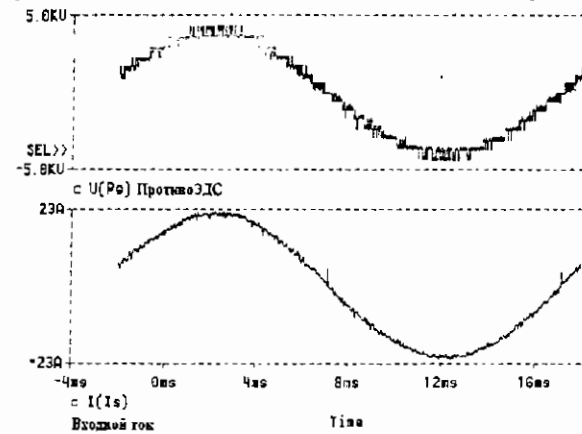


Рис.2. Осциллограммы входного тока и противоЭДС преобразователя

Очевидно, что для непрерывных значений входного напряжения и величина противоЭДС должна быть величиной непрерывной, однако в данной схеме это принципиально не возможно. Исходя из этого временной квант коммутации выбирается таким, чтобы обеспечить допустимые погрешности в отработке тока. Выбор оптимальной частоты коммутации чопперов выбирается исходя их двух противоположных условий: обеспечения требуемого значения $\cos \phi$ при максимальном токе нагрузки (минимальное значение частоты) и минимизации коммутационных потерь в приборах высоковольтных модулей (максимальное значение). Рассматриваемая система управления позволяет увеличить эффективную частоту модуляции преобразователя в N раз по отношению к частоте модуляции каждого ВМ и обеспечить их равномерную загрузку по выходу.

Описанная система управления была реализована в преобразователе собственных нужд (ПСН) для высокоскоростного электропоезда «Сокол», содержащем 8 высоковольтных модулей. Для обеспечения требуемого

гармонического состава входного тока квант коммутации был выбран равным 25 мкс (т.е. эффективная частота коммутации составила 40 кГц). За это время система управления должна произвести расчет уставки входного тока, вычислить число противоЭДС и сформировать управляющий вектор. Фоновыми задачами системы управления являются реализации функций защиты, автоматики, интерфейса и «медленные» регуляторы выходного напряжения.

Применение подобной системы позволило эффективно использовать преимущества ключевых компонентов силовой схемы и реализовать качественное регулирование потребляемого тока, что в свою очередь обеспечило существенное повышение его электромагнитной совместимости. На рис.3 представлены осциллограммы напряжений и тока, снятые на стендовых испытаниях ПСН при его включении на нагрузку 25 кВт по выходу -110 В .

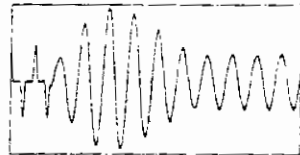
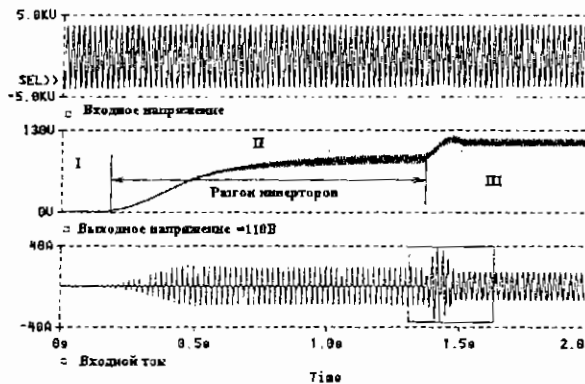


Рис. 3. Осциллограммы напряжений и тока преобразователя при его включении на нагрузку $P_{110}=25\text{ кВт}$.

Полученные результаты наглядно свидетельствуют о том, что преобразователь с регулируемой формой входного тока представляет для питающей сети активную нагрузку.

Предлагаемая структура преобразователя позволяет обеспечить его электромагнитную совместимость с питающим напряжением любой формы.