

УДК 62-83: 621.313.2; 621.314.5

П.А.Борисов (асп., каф. ЭТиПЭМС, СПбГУИТМО),
В.С.Томасов, к.т.н., зав. каф. ЭТиПЭМС СПбГУИТМО

АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В АКТИВНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЯХ С ЕМКОСТНЫМИ ФИЛЬТРАМИ

Стремительное развитие электротехнических комплексов и систем на базе устройств полупроводниковой преобразовательной техники, увеличение их мощности, оказывают значительное влияние на качество электрической энергии питающей сети. Требования к показателям качества таких систем постоянно ужесточаются. В связи с этим в наши дни большое внимание уделяется силовым схемам, которые позволяют наиболее перспективно решать проблемы повышения энергетической эффективности и экономичности использования электрической энергии в полупроводниковых преобразователях и регулируемых электроприводах.

Основная структура, на базе которой строятся все известные схемы энергоподсистем постоянного и переменного токов, состоит из первичного источника питания, полупроводникового преобразователя и нагрузки. В качестве первичных источников питания используются необратимые (неуправляемый выпрямитель цепи переменного тока) и обратимые (аккумуляторные, электромашинный генератор, активный выпрямитель) источники. Нагрузка полупроводниковых преобразователей может быть также как необратимой, так и обратимой. Отличительной чертой обратимой нагрузки будем считать возможность рекуперации энергии, т.е. передачи активной мощности из нагрузки в источник питания при обратимости последнего. Таким образом, становится очевидным тот факт, что для необратимых нагрузок применение обратимых источников питания в ряде случаев нецелесообразно, а также зачастую нет необходимости в автономном источнике питания, например, аккумуляторном [1]. Вопрос рекуперации энергии в сеть является принципиальным при проектировании энергоподсистем с обратимой нагрузкой, в качестве которой чаще всего выступают системы электроприводов постоянного или переменного токов.

Наиболее эффективным из числа описанных в литературе способов повышения качества электропотребления является способ, основанный на введении в схему неуправляемого выпрямителя с емкостным фильтром одного или нескольких полностью управляемых полупроводниковых приборов, работающих в ключевом режиме с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Схемы, построенные по такому принципу, носят название ШИМ-выпрямителей или активных выпрямителей напряжения (АВН). АВН, обеспечивающие двухсторонний обмен энергией между питающей сетью и нагрузкой, представляют собой обращенное относительно зажимов питания и нагрузки подключение схем одно- или трехфазного автономного инвертора напряжения к выпрямителю, что в сочетании с импульсно-модуляционными алгоритмами переключения ключей обеспечивает возможность работы как в выпрямительном, так и в инверторном режимах работы. На АВН можно наложить функции компенсатора всех неактивных составляющих полной мощности питающей сети из-за возможности в таком устройстве формировать требуемую форму входного тока [2].

Исследование электромагнитных процессов в силовых цепях АВН проводилось по их математическим моделям с привлечением метода пространства состояний и базиса коммутационных разрывных функций. Решение уравнений, составляющих математические

модели, проводилось численными методами с использованием пакета MathCad. Анализ результатов моделирования показал, как и следовало ожидать [3], что наиболее тяжелым режимом работы всей энергоподсистемы является включение ее в питающую сеть и сопровождается увеличением электромагнитных нагрузок. Это особенно касается работы выпрямителя с бестрансформаторным входом, поскольку токи вентиля в нем не ограничены сопротивлениями фаз. Наибольшее увеличение электромагнитных нагрузок соответствует пуску при начальной фазе напряжения питающей сети равной $\pi/2$. Также следует отметить тот факт, что значительный бросок тока при включении на незаряженный конденсатор не удастся предотвратить в переходном процессе с помощью соответствующего управления ключами за счет регулирования интервалов их открытого состояния. Это объясняется тем, что весь пусковой ток заряда конденсатора фильтра протекает через диоды, которые запираются только к моменту спада тока до нуля.

Сравнение кривых сетевого тока и напряжения при различных значениях индуктивного сопротивления продольной ветви АВН показало, что увеличение индуктивности, как и следовало ожидать, уменьшает бросок пускового тока. Однако при этом фазовый сдвиг основной гармоники сетевого тока приближается к $\pi/2$. Наличие фазового сдвига основной гармоники тока приводит к снижению коэффициента мощности, в силу чего такой режим, приближающийся к режиму непрерывного тока, нежелателен. Введение дополнительного токоограничивающего дросселя сопровождается также удорожанием всей установки в целом и ухудшением массогабаритных показателей.

Выводы. Анализ результатов моделирования показал, что выбор параметров схем АВН без учета электромагнитных нагрузок в течение переходных процессов включения может привести к неработоспособности или к существенному завышению установленных мощностей полупроводниковых приборов и элементов фильтра, а также к ухудшению массогабаритных, энергетических и надежности показателей качества.

В современных устройствах для устранения этих недостатков возможно применение следующих способов:

- для полупроводниковых преобразователей малых и средних мощностей в продольную ветвь фильтра вводят дополнительный резистор для ограничения зарядного тока конденсатора фильтра; после заряда конденсатора резистор необходимо шунтировать полупроводниковым ключом;
- для полупроводниковых преобразователей средних и больших мощностей введение полностью управляемого ключа в продольную ветвь фильтра позволяет не только ограничить пусковые токи, но и реализовать на его основе понижающий импульсный регулятор постоянного напряжения;
- для систем регулируемого электропривода, в которых требуется обеспечивать высокую динамику, указанные до этого способы могут приводить к некоторому ухудшению быстродействия привода; поэтому для таких задач возможны варианты построения силовых схем, в которых неуправляемые диоды заменяются полностью управляемыми ключами [4].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Томасов В.С., Серебряков С.А., Борисов П.А. Анализ частотных характеристик обратимых источников питания транзисторных инверторов. Научно-технический вестник СПбГИТМО (ТУ). Выпуск 3 (197). Физические процессы, системы и технологии точной механики / Главный редактор Васильев В.Н. СПб.: СПб ГИТМО (ТУ), 2001. 226 с.
2. Ефимов А.А., Шрейнер Р.Т. Активные преобразователи в регулируемых электроприводах переменного тока / Под общей ред. д-ра техн. наук, проф. Шрейнера Р.Т. Новоуральск: Изд-во НГТИ, 2001. 250 с.
3. Глазенко Т.А., Томасов В.С. Методика анализа переходных процессов в выпрямителях с гС–фильтрами // Изв. вузов. Приборостроение. 1994. Т. 37, № 11-12. с. 45-53.

4. Зиновьев Г.С. Прямые методы расчета энергетических показателей вентильных преобразователей. Новосибирск: Изд-во Новосиб. Ун-та, 1990. 220 с.