

ЭЛЕКТРО панорама

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**Вероника Малиновская, менеджер
по корпоративным продажам
ООО "Промкабель-Электрика":**

"В течение года мы работали над созданием каталога. Он содержит информацию о более чем 3 000 наименований продукции: технические характеристики, описания, фотографии. Уверена - каталог станет хорошим помощником для наших Клиентов."



Первый в Украине полноценный каталог, включающий информацию о 3 группах электротехники: кабель, электрика, свет.



Трудный путь инвертора

Ю.В. Черников

(Окончание. Нач. см. ЭП, № 11, 2005 г.)

Тиристорные непосредственные преобразователи частоты с естественной коммутацией (НПЧ ЕК)

Параллельно с автономными инверторами на тиристорах со звеном постоянного тока развивались, правда, несколько отставая от них, тиристорные непосредственные преобразователи частоты НПЧ. Важные вопросы теории тиристорных НПЧ с естественной коммутацией (НПЧ ЕК) [1] и их применения были разработаны в 60–70 годы прошлого столетия в трудах советских и зарубежных ученых И.Я. Бернштейна, Г.В. Грабовецкого, О.В. Служановского, Ю.М. Инькова, Г.Г. Жемерова, Р. Бленда, Б. Пелли, Л. Джуджи и других.

Тиристорные НПЧ ЕК имеют следующие преимущества:

- однократное преобразование энергии и, следовательно, высокий КПД;
- отсутствие в силовой схеме реактивных элементов (дросселей, конденсаторов), что обеспечивает высокие массогабаритные показатели;
- высокую надежность (невключение отдельных тиристоров не приводит к срыву работы преобразователя);
- свободный обмен электроэнергией между двигателем и питающей сетью без каких-либо дополнительных устройств.

Следует отметить, что эти НПЧ ЕК имеют и определенные недостатки:

- выходная частота преобразователя не превышает частоту питающей сети;
- генерирование в питающую сеть широкого спектра гармоник.

Преимущества НПЧ ЕК оказываются важными для их использования в широком классе механизмов с относительно невысокими требованиями к плавности и диапазону регулирования, но нуждающихся в обеспечении высокой надежности и короткой массогабаритных показателей.

Область применения НПЧ ЕК при питании от сети промышленной частоты 50 и 60 Гц ограничивается машинами и механизмами, в которых используется пониженная по сравнению со стандартной частота регулирования. Сюда относятся главные приводы

реверсивных прокатных станов, рольгангов, шахтных подъемных машин. В частности, для регулирования скорости рольгангов прокатного производства было разработано комплектное устройство на базе НПЧ ЕК типа ПЧС-200-220-25/1 и асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором. Выходная частота регулируется в диапазоне от 1 до 25 Гц, а линейное выходное напряжение — в пределах от 0 до 220 В.

Для шахтных подъемных машин были разработаны регулируемые асинхронные электроприводы на основе тиристорных НПЧ ЕК типа ЭЧМП-1000 на 1000 кВт и ЭЧМП-1250 на 1250 кВт с номинальными выходными частотами 12,5; 20 и 25 Гц, обеспечивающие широкий диапазон частотного регулирования скорости, управляемый разгон и торможение, безударный выбор люфтов и натяжение канатов шахтной подъемной машины.

В системах управления и защиты (СУЗ) энергетических ядерных реакторов применяются асинхронные электроприводы на основе тиристорных НПЧ ЕК, которые обеспечивают регулирование скорости при изменении выходной частоты в пределах от 0 до 8 Гц. Разработаны четыре типа НПЧ ЕК для асинхронных электроприводов СУЗ мощностью от 5 до 23 кВт. Эти электроприводы применялись на Нововоронежской АЭС, атомных станциях в Чехословакии.

НПЧ ЕК также применяются в электроприводах железнодорожного транспорта, морского флота, в авиационных системах поддержания фиксированной частоты на выходе преобразователя при переменной частоте источника.

НПЧ с принудительной коммутацией (НПЧ ПК)

Следующим шагом в развитии НПЧ явилось использование в них полностью управляемых ключей переменного тока. Вернемся к истории этого направления в НПЧ. В 1939 г. Д.А. Завалишин предложил дополнить обычный НПЧ с ЕК устройством принудительной конденсаторной коммутации, позволившем расширить частот-

ный диапазон работы преобразователя. Под руководством Д.А. Завалишина был создан экспериментальный образец такого преобразователя на ионных вентилях для частотного управления асинхронным двигателем. Однако дальнейшего практического применения НПЧ с принудительной коммутацией (НПЧ ПК) не получил, так как характеристики ионных вентилях и уровень аппаратных средств систем управления того времени не позволили это сделать.

В середине 60-х годов в СССР в связи с появлением тиристоров к идее Д.А. Завалишина вернулись снова [2]. В становлении теории и практики НПЧ с принудительной коммутацией значительный вклад внесли советские ученые В.Т. Загорский, Г.С. Зиновьев, Л.А. Рутманис, сотрудники Института электродинамики АН УССР А.Н. Милых, Р.П. Карташов. В начале 70-х годов интенсифицировались работы в этом направлении и в США (Л. Джуджи) [3]. В Справочнике для инженеров электронной техники, изданном в США в 1975 году, НПЧ с принудительной коммутацией как новому самостоятельному направлению был посвящен отдельный раздел.

К числу достоинств НПЧ ПК относятся:

- возможность достижения как низких, так и высоких частот;
- широкий диапазон регулирования;
- возможность рекуперации энергии в сеть;
- возможность управления коэффициентом мощности;
- надежность силовой части.

Следует отметить, что в 80-е годы XX века НПЧ ЕК уже стали применяться достаточно широко, а НПЧ ПК — еще не нашли своего применения в промышленном масштабе. Для такого состояния дел в тот период времени имелось несколько причин:

- принципы работы и достоинства НПЧ ПК были выяснены сравнительно недавно;
- полупроводниковые приборы с открывающей способностью по управляющему электроду с подходящими параметрами еще не выпускались, за исключением относительно маломощных приборов.

Тем не менее, оценивая тенденции развития электропривода переменного тока на основе НПЧ ПК с учетом прогресса в технике создания силовых полупроводниковых приборов можно было и тогда утверждать, что во многих случаях практического применения такой привод может конкурировать с приводом на основе двухзвенных преобразователей частоты, а в некоторых случаях, когда электродвигатель работает в динамически нагруженных режимах (частые реверсы, торможение с рекуперацией), применение НПЧ ПК может быть более эффективным.

НПЧ ПК с их уникальной возможностью управления коэффициентом мощности являются преобразователями будущего для электроприводов большой мощности, энергетические показатели которых часто определяют режим работы сети питания [4].

Транзисторные преобразователи частоты

В 80-е годы XX века значительно расширяется применение промышленного электропривода с транзисторными преобразователями частоты [5].

Во Франции фирма «Телемеханик Электрик» выпускала транзисторные преобразователи частоты для асинхронных электроприводов с инверторами напряжения мощностью от 12 до 24 кВт·А при питании от трехфазной сети 380 В. Выходное напряжение – трехфазное от 220 до 306 В. Диапазон регулирования частоты 0 от 5 до 1000 Гц. Подобные транзисторные преобразователи частоты также выпускала швейцарская фирма «Машинен Фабрик» (модель «Текстиверт»), в Японии в этот период была распространена серия транзисторных приводов «Френик 5000 Г».

При рассмотрении вопроса в историческом плане следует иметь в виду, что развитие преобразователей частоты всегда зависело от успехов технологии производства мощных электронных ключей.

Силовая электроника, начиная с 80-х годов XX века, переживает вторую революцию, которая характеризуется разработкой и освоением производства приборов, управляемых структурой «металлоокисел-полупроводник», в том числе:

- полевых транзисторов с изолированным затвором (MOSFET-Metal-Oxid-Semiconductor-Field-Effect-Transistor);
- биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT-Insulated Gate Bipolar Transistor);
- запираемых тиристоров с МОП-управлением (MCT-MOS-Controlled-Thyristor).

В настоящее время практически все типы преобразовательного оборудования мощностью от единиц киловатт до единиц мегаватт разрабатываются и производят-

ся с использованием силовых модулей на основе IGBT [6], которые выпускаются на ток от 10 до 2400 А с коммутируемым напряжением от 0,6 до 3,3 кВ и частотой коммутации 30 кГц и выше (Semikron, ABB Semiconductors, Toshiba, Hitachi и др.).

В 1996 г. на НПЧ «ИНЭЛС» (Россия) была разработана серия силовых IGBT-модулей. Промышленное производство таких модулей на ток до 1,2 кА и напряжением до 3,3 кВ по лицензии НПЧ «ИНЭЛС» с использованием чипов Infineon (Siemens) освоено на ОАО «Электровыпрямитель» (г. Саранск), а с использованием чипов ABB Semiconductors – в ЗАО «КОНТУР-ИНЭЛС» (г. Чебоксары). В настоящее время ОАО «Электровыпрямитель» на основе чипов Infineon освоило серию силовых IGBT – модулей для электротранспорта на ток 2,4 кА и напряжением до 3,3 кВ.

Модули IGBT широко используются в регулируемом технологическом оборудовании в металлургии, химии, машиностроении, энергетике. Имея лучшие характеристики, в т.ч. малые мощность управления и коммутационные потери, высокие скорости переключения и стойкость к перегрузкам, они вытеснили в преобразовательной технике силовые биполярные транзисторы и запираемые тиристоры. Ведутся разработки и начато производство IGBT-модулей, рассчитанных на коммутируемое напряжение от 4,5 до 6,5 кВ.

ПЧ с бессенсорным векторным управлением

Современные преобразователи частоты для обеспечения требуемых характеристик асинхронного двигателя и получения высоких энергетических показателей его работы (к.п.д., cos ϕ , перегрузочной способности) одновременно с изменением частоты изменяют величину питающего напряжения в зависимости от характера изменения нагрузки (лифтовой вентиляционной, тяговой, линейной).

Для повышения качества управления электроприводом (раздельного управления потоком и моментом, уменьшения динамических погрешностей) используется метод бессенсорного векторного управления (Sensorless Vector Control-SVC) [7, 8].

В настоящее время именно такие преобразователи частоты в диапазоне от единиц до 1000 кВт и более выпускают ведущие мировые электротехнические фирмы – Siemens, Schneider Electric, Hitachi и др. В странах СНГ такие электроприводы выпускают ЧЭАЗ (г. Чебоксары), «Электровыпрямитель» (г. Саранск), ХЭМЗ (г. Харьков), ЗЭАЗ (г. Запорожье), правда, в несколько меньшем диапазоне мощностей.

Новая серия преобразователей частоты ЭПВ и объектно-ориентированный

комплектный электропривод на их основе разработан НИЛ «Вектор» и выпускается с 2005 г. на ООО «ЭЛПРИ» ЧЭАЗ [9]. Основные характеристики преобразователей серии ЭПВ:

- мощность – от 1 до 110 кВт;
- напряжение питания – 380 В;
- рабочий диапазон частоты – от 0 до 400 Гц;
- диапазон регулирования скорости электропривода – больше 10000 с датчиком скорости и больше 50 без датчика скорости;
- управление – адаптивно-векторное.

В целом технические характеристики преобразователей серии ЭПВ и комплектных приводов на их основе не уступают, а по ряду параметров превосходят характеристики их зарубежных аналогов.

С момента опубликования в 1925 г. в журнале «Электричество» академиком М.П. Костенко статьи «Работа многофазного асинхронного двигателя при переменном числе периодов» прошло 80 лет. За этот период преобразователи частоты прошли долгий и трудный путь, но сегодня они, как никогда, молоды, энергичны и перспективны.

Литература:

1. Фираго Б.И. *Непосредственные преобразователи частоты в электроприводе*. – Минск: Университетское изд-во, 1990.
2. Чехет Э.М., Мордач В.П., Соболев В.Н. *Непосредственные преобразователи частоты для электропривода*. – К.: Наукова думка, 1988.
3. Джуджи Л., Пелли Б. *Силовые полупроводниковые преобразователи частоты: теория, характеристики, применение*. Пер. с англ. Е.А. Болдырева. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. *Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти: Навчальний посібник* / М.М. Казачковський. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000.
5. Булаков А.А. *Частотное управление асинхронными двигателями*. Изд.-3-е перераб. – М.: Энергоиздат, 1982.
6. Флоренцев С.Н. *Силовые IGBT-модули – основа современного преобразовательного оборудования*. – «Электронные компоненты», 2002, № 6.
7. Бармин А. Ташлицкий М. *Преобразователи частоты фирмы Siemens*. – «Современные технологии автоматизации», 2000, № 4.
8. Розанов Ю.К. *Основные этапы развития и современное состояние силовой электроники*. – «Электричество», 2005, № 7.
9. Виноградов А.Б., Сибицев А.Н. Чустосердов В.Л. *Новые серии преобразователей частоты и объектноориентированный комплектный электропривод на их основе*. – «Электротехника», 2005, №5.