

импульсов происходит в одном канале, а разделение—по трем каналам на выходе схемы управления. Подобная схема обеспечивает высокую симметрию управляющих импульсов.

Для стабилизации выходного напряжения с выхода источника на вход схемы управления подается напряжение обратной связи.

Для защиты источника от перегрузок применена токовая отсечка, снижающая напряжение на выходе до пределов выходного тока, соответствующих уставке.

Проведенными лабораторными исследованиями установлено, что источник тока удовлетворяет вышеперечисленным требованиям; разработанный источник технологического тока применен на выпускаемых серийных станках ЗЭ731 (з.-д. «Красный Борец» г. Орша); ЗЭ667 (з.-д. «Заточных станков» г. Витебск); 3626Э (з.-д. им. Кирова г. Мукачево); 3672 (з.-д. им. Кирова г. Витебск).

---

Е. Г. АБРАМОВ

## **ТИРИСТОРНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПИТАНИЯ МОЩНЫХ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С СОПРОТИВЛЕНИЯМИ В ЦЕПИ ОБРАТНЫХ ДИОДОВ, С УПРАВЛЕНИЕМ НА ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ**

Первые теоретические работы по исследованию статических преобразователей частоты появились более тридцати лет назад.

Преобразователи частоты разрабатывались на основе газоразрядных приборов—тиратронов и были весьма несовершенны.

В связи с разработкой и освоением промышленного выпуска новых управляемых вентилях—тиристоров появилась реальная возможность воплощения в жизнь различных преобразовательных устройств, в том числе и преобразователей частоты.

За последние 6—8 лет в нашей стране и за рубежом появилось большое количество публикаций о разработке и исследовании различных схем тиристорных преобразователей частоты.

Однако до настоящего времени, по ряду причин, промышленность не освоила ни одного преобразователя частоты.

К основным из этих причин можно, на наш взгляд, отнести следующие:

1. Сравнительно недавно (1965—1966 гг.) освоен массовый выпуск тиристоров высокого класса на токи порядка до 150—250 а.

2. Силовые схемы и схемы управления преобразователей частоты имеют целый ряд недостатков.

Так, например, силовые схемы преобразователей частоты с коммутацией в каждом плече имеют двойной комплект тиристоров и очень сложную схему управления. Схема управления в этом преобразователе еще более усложняется, если в инверторе осуществляется регулирование напряжения широтным способом.

Схемы преобразователей частоты с полной коммутирующей емкостью имеют тот недостаток, что для коммутации (особенно на период пуска) требуется значительная емкость, тем большая, чем меньше частота и напряжение преобразователя.

Для уменьшения величины коммутирующей емкости во многих схемах применяют отсекающие и обратные диоды. Для уменьшения циркулирующих токов в этих схемах применяют инверторные дроссели. Однако применение их в инверторах не всегда бывает оправдано, т. к. они влияют на величину обратного напряжения, приложенного к закрытому тиристоры (примерно  $2,5 U_d$ , где  $U_d$ —приложенное к инвертору напряжение).

Во всех рассмотренных схемах тиристоры имеют малый коэффициент использования по току. Так, например, в схемах с ограничивающими дросселями в цепи обратных диодов отношение максимального тока к среднему значению равно  $10 \div 30$ .

До настоящего времени не было ни одной схемы управления преобразователем частоты, которую можно было бы рекомендовать для различных силовых схем инверторов и выпрямителей. В каждом отдельном случае применяются индивидуальные схемы управления. После исследования силовых схем и схем управления различных преобразователей частоты автор пришел к выводу, что наиболее оптимальным вариантом, пригодным для промышленного внедрения, является следующая структурная схема: управляемый выпрямитель с непосредственным включением в сеть—фильтр—параллельный инвертор с отсекающими и обратными диодами—нагрузка. Схема управления выпрямителем и инвертором строится на серийных логических элементах «ЛОГИКА».

Рассмотрим несколько подробнее предлагаемую структуру преобразователя частоты.

Управляемый выпрямитель собирается по трехфазной схеме с нулевой точкой. Недостатком такой схемы является наличие токов в нулевом проводе. Следует отметить, что в случае применения входного трансформатора токи по фазам сети распределяются равномерно и нулевой провод не загружает-

ся. Однако стоимость входного трансформатора, его габариты и вес вынуждают отказаться от его применения.

LC-фильтр выбирается исходя из требуемых параметров нагрузки с учетом работы без прерывистых токов.

Параллельный инвертор строится на основе схемы Шукалова с ограниченной коммутационной емкостью с применением отсекающих и обратных диодов. В цепи обратных диодов включены сопротивления ( $0,5 \div 2,0 \text{ ом}$ ) для ограничения циркулирующих токов коммутации. При такой схеме инвертора тиристоры максимально используются по току и напряжению. Так, например, отношение максимального тока через тиристор инвертора к его среднему значению равно трем. Величина обратного напряжения на закрытом тиристоре не превышает  $1,5 U_d$ .

На выход инвертора подключается нагрузка. Если номинальное напряжение на нагрузке согласуется с выходным напряжением инвертора, то необходимость в выходном трансформаторе отпадает. Если напряжение на нагрузке не совпадает с выходным напряжением инвертора или если подключаемая нагрузка имеет различные номинальные напряжения на одной и той же частоте, применяют выходной трансформатор.

Обмотки трансформатора выполняют на различные напряжения нагрузки. В некоторых случаях можно использовать автотрансформаторы.

Схема управления выпрямителем и инвертором комплектуется из логических элементов.

Структурная схема управления выпрямителем состоит из трехфазного синхронизирующего трансформатора, триггеров, преобразующих синусоидальный сигнал в прямоугольный импульс  $180^\circ$ , усилителей импульсов и выходных импульсных трансформаторов.

Схема управления инвертором состоит из задающего генератора, частота которого в 6 раз больше выходной частоты инвертора, эмиттерного повторителя, триггеров пересчетного кольца, усилителей импульсов и выходных импульсных трансформаторов.

Следует отметить, что синхронизирующие и выходные импульсные трансформаторы должны выпускаться промышленностью серийно, т. к. параметры управляющих электродов тиристоров примерно одинаковы для различных типов и в настоящее время известны.

По вышеописанной схеме был собран опытно-промышленный образец на  $4 \text{ кВт}$ , который показал хорошие результаты. Так коэффициент полезного действия инвертора доходил до значений  $\eta_n = 0,92 \div 0,95$ , а всего преобразователя  $\eta_{\text{ц}} = 0,75 \div 0,8$ .

Испытания проходили в ЭНИМСе совместно с другими силовыми схемами преобразователей частоты.

В настоящее время во ВТИЛПе по аналогичной схеме собирается и проходит испытания промышленный образец преобразователя частоты на 30 квт.

---