

*П. ТАМКИВИ, Т. ТОМСОН*

## ИСТОЧНИКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ОБЩИХ ЭЛЕМЕНТАХ

*P. TAMKIVI, T. TOMSON. ÜHISELEMENTIDEGA ALALISVOOLUALLIKAD*

*R. TAMKIVI, T. TOMSON. DC SOURCES ON COMMON ELEMENTS*

*(Представил И. Эпик)*

Существуют электротехнологические установки постоянного тока, гальванически объединенные по одной клемме. К примеру можно назвать многостовые сварочные установки, многодуговые сварочные установки, а также многоструйные плазмотроны химических и металлургических реакторов. Характер таких нагрузок требует независимого задания тока и его стабилизации в каждой из них.

Источники постоянного тока подобной системы технически реализованы по одной из следующих схем:

1. Общий трансформатор и (неуправляемый) выпрямитель питают распределительную сеть постоянного тока; величина тока в каждой из нагрузок устанавливается посредством регулировочного балластного реостата и токостабилизирующего дросселя (в динамическом режиме).
2. Общий трансформатор и (неуправляемый) выпрямитель питают распределительную сеть постоянного тока, величина тока и его стабилизация в каждой из нагрузок устанавливаются ШИМ-регулятором, выполненным на ключевых элементах (транзистором, двухоперационным тиристором, тиристором с принудительной коммутацией). Эта схема весьма перспективна, однако ее реализация затруднительна, если мощность нагрузки достигает  $10^5$  Вт и более, из-за отсутствия достаточно надежных двухоперационных ключей соответствующей мощности.
3. Общий трансформатор питает распределительную сеть переменного или импульсного токов, величина тока в каждой из нагрузок устанавливается посредством управляемого выпрямителя и токостабилизирующего дросселя. Достоинством данной схемы является возможность применения надежных ключей с естественной коммутацией (тириستоров) в широком диапазоне мощности (до  $10^7$  Вт).

В случае применения 3-фазных управляемых выпрямителей по нулевой схеме требуется трансформатор со сложным соединением обмоток (зигзагом) во избежание подмагничивания сердечника.

В случае применения 6-фазных выпрямителей по нулевой схеме требуются трансформатор с двумя группами выходных обмоток, что также не просто, а также 6-проводная распределительная сеть.

Применение обычного трансформатора и обычного 6-пульсного моста исключается по той причине, что тиристор с опережающим углом управления закорачивает остальные из группы с общей клеммой. В результате через указанный тиристор проходит (в первом приближении) суммарный импульсный ток системы. Это допустимо, если входящие в систему управляемые мосты рассчитаны на мощность всей системы, но технически неразумно. Поэтому заслуживает внимания сочетание полупроводниковых мостов (рис. 1), впервые предложенное



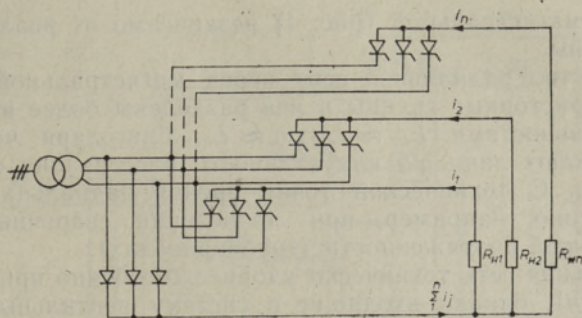


Рис. 1. Система выпрямителей с общими элементами.

для питания (системы) электропривода [1,2]. Благодаря такой системе выпрямителей удастся уменьшить устанавливаемую мощность трансформатора, его габариты, а следовательно, сэкономить цветные металлы и добиться снижения себестоимости (эффект тем выше, чем меньше коэффициент загрузки каждой отдельной нагрузки и чем больше их число).

Из рис. 1 видно, что трансформатор и диодная группа — общие для всей системы, и в то же время они входят в каждый из полупроводяемых мостов.

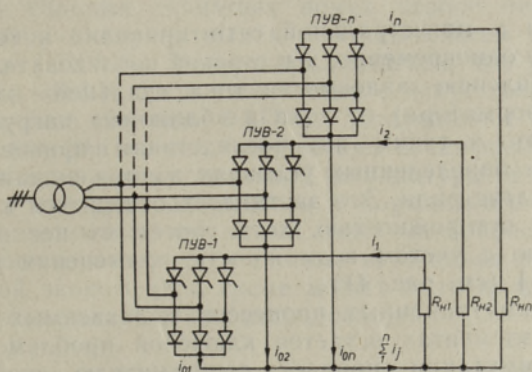


Рис. 2. Система выпрямителей с квазиобщей диодной группой.

Система может быть выполнена и в виде квазиобщей диодной группы (рис. 2), образованной параллельным включением отдельных диодов на каждой нагрузке. Если число диодов равняется числу тиристорных групп (регуляторов), возможен модульный принцип построения системы из однотипных полупроводяемых мостов, что позволит строить весьма гибкие системы при наличии резервной мощности трансформатора и обеспечит легкий доступ к отдельным модулям при необходимости ремонта.

Распределение токов  $i_{01}, \dots, i_{0n}$  (рис. 2) между полупроводяемыми выпрямителями ПУВ-1, ..., ПУВ-n может быть не обязательно равномерным, что накладывает свои ограничения. Исследование показало, что весьма важна и конфигурация системы. Так, распределительная сеть (переменного или импульсного токов) может быть радиальной



(рис. 3) или магистральной (рис. 4) независимо от реализации общей диодной группы.

Преимущество радиальной сети перед магистральной заключается в том, что тиристорные группы в ней разделены более или менее равными индуктивностями  $L_{c1} \approx L_{c2} \dots \approx L_c$ , благодаря чему взаимные помехи возникают лишь на индуктивности рассеивания общего трансформатора  $L_s$ . С технической точки зрения радиальная сеть менее удобна, особенно, например, при проведении сварочных работ на объектах большой протяженности (трубопроводах).

Магистральная сеть технически удобнее (особенно при возможности ее расширения), однако входящие в систему вентильные группы работают в неравных условиях. В частности, реализация квазиобщей

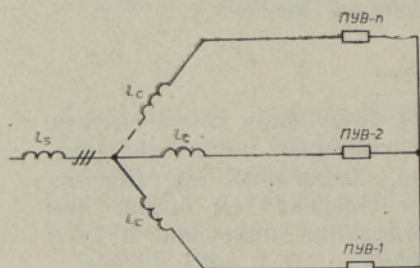


Рис. 3. Однолинейная схема замещения распределительной сети радиальной конфигурации.

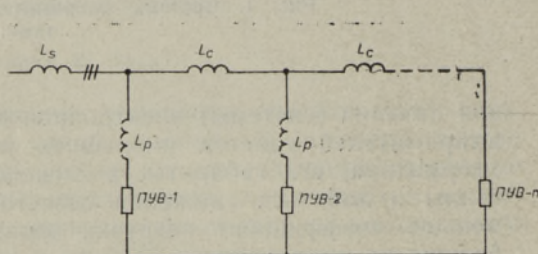


Рис. 4. Однолинейная схема замещения распределительной сети магистральной конфигурации.

диодной группы в магистральной сети приводит к тому, что диоды коммутируют не одновременно, а в строгой последовательности [3], что приводит к появлению зависимости тока «дальней» нагрузки (от питающего трансформатора) от тока в «ближней» нагрузке. Исследование показало, что к таким же последствиям приводит коммутация тириستоров. При определенных условиях возможен даже отказ «дальнего» участка магистрали. Это заставляет относиться к магистральной конфигурации с осторожностью, хотя совсем от нее отказаться пока нельзя (особенно с учетом возможности применения разделительных реакторов  $L_p$  [1] (см. рис. 4)).

Изучение коммутационных процессов в зависимых преобразователях на общих элементах остается ключевой проблемой. Упомянутая задержка в коммутации придает выпрямителю свойство «люфта» (сравнение с механической системой), что наряду с дискретностью управления дополнительно увеличивает степень нелинейности и может привести к автоколебаниям в замкнутой системе.

Некоторым недостатком известных источников питания на общих элементах является низкая основная частота пульсации ( $150 \text{ Гц}$ ), что обусловлено применением полууправляемого моста. Этот недостаток может быть устранен с помощью предложенного в [4] устройства (рис. 5). В данном случае общая (по мощности всей системы) вентильная группа выполнена на тиристорах, соединенных с системами управления автономных тиристорных регуляторов посредством сумматора импульсов и включаемых первым из пакета импульсов, действующих на выходе сумматора. Поэтому опережающий по углу управления тиристорный регулятор работает в режиме симметричного моста, и в его выходном напряжении составляющая  $150 \text{ Гц}$  полностью отсутствует.

Отстающие по углу тиристорные регуляторы образуют с общей тиристорной группой несимметричный мост, однако эта асимметрия заведомо меньше, чем в случае общей диодной группы, и стремится



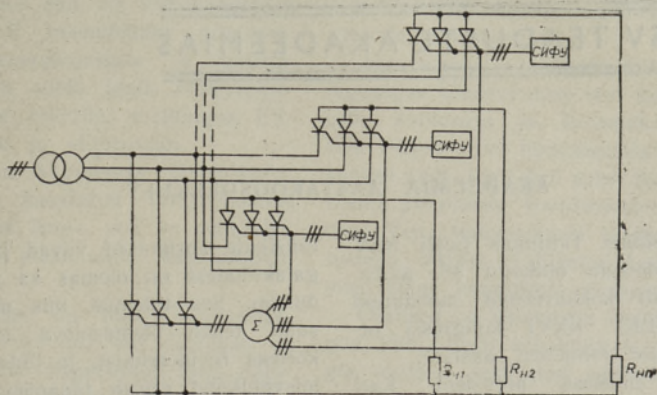


Рис. 5. Усовершенствованная система выпрямителей с общей тиристорной группой.

к нулю в случае равноугольного управления, которое встречается в (принципиально) симметричных нагрузках. Поэтому можно ожидать, что при симметричной нагрузке (химические и металлургические плазмотронные установки) переход от системы с автономными трансформаторами к системе питания выпрямителей на общих элементах можно осуществить без существенного ущерба качества выходного тока.

Ввиду очень сильных взаимных помех особое внимание следует обратить на выбор инвариантных к помехам систем импульсно-фазового управления (СИФУ). Можно предполагать, что решение обеспечат асинхронные СИФУ, либо синхронные с искусственной сетью синхронизации (на базе системы ФАПЧ). Заслуживают внимания и вопросы защиты, которая может быть весьма специфичной ввиду значительного сокращения коммутационной аппаратуры и наличия общей индуктивности в контурах аварийного и нормального токов.

В заключение отметим, что ясный ответ на вопрос о целесообразности и возможности перехода к системе источников постоянного тока по предложенной экономичной схеме может быть получен лишь после выполнения целого ряда частных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ривкин Г. А., *Электротехника*, № 3, 22—24 (1967).
2. Gunter, J. A. P., Patent of UK № 1395743, H<sup>o</sup> 2M 5/27 29. May 1975.
3. Томсон Т., *Изв. АН ЭССР, Физ. Матем.*, 31, № 3, 347—349 (1982).
4. Калмо Т. Я., Тамкиви П. И., Томсон Т. И., Заявка на авт. свид. СССР № 3249265/24-07 от 19. 11. 1981.

*Институт термofизики и электрофизики  
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию  
20/X 1982