

УДК 621.314

## СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Куликов Б.П.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск  
Тел. (834-2) 29-06-08.

**Аннотация.** Рассматриваются способы повышения коэффициента мощности, уменьшения коэффициента пульсаций выходного напряжения, снижения искажений входного напряжения полупроводниковых преобразователей.

**Ключевые слова:** выпрямитель, коэффициент мощности, диод, тиристор, фазоступенчатое регулирование.

Управляемые выпрямители при глубоком регулировании имеют низкий коэффициент мощности, большие искажения входного и значительные пульсации выходного напряжений. Этим объясняется то, что за последнее время выполнено большое количество исследований и разработок, посвященных решению данных проблем.

Все способы повышения энергетических показателей полупроводниковых преобразователей можно, разделить на следующие три группы [1].

Первой группой полупроводниковых преобразователей с улучшенными энергетическими показателями являются установки с естественной коммутацией вентилей. Снижение потребления реактивной мощности ими при регулировании достигается путем усложнения силовой схемы или закона управления. В первом случае цель достигается путем применения нулевых, дополнительных фазных вентилей или последовательного соединения управляемых и неуправляемых выпрямителей. Во втором случае используется поочередное регулирование каскадно включенных преобразователей, либо управление по некоторому оптимальному закону.

Другой способ повышения энергетических показателей полупроводниковых преобразователей основан на использовании дополнительного силового оборудования или узлов искусственной коммутации. Повышение качества электроэнергии распределительных сетей осуществляется с помощью синхронных компенсаторов, конденсаторных батарей, плавно регулируемых источников реактивной мощности, фильтров. Применение в полупроводниковых преобразователях искусственной коммутации позволяет не только увеличить коэффициент мощности, но и получить опережающий характер потребляемого тока.

Третьим методом повышения энергетических показателей полупроводниковых преобразователей, являются организационные мероприятия, основанные на рациональном построении схем электроснабжения.

Наилучшим способом преобразования параметров переменного тока, как с точки зрения простоты, так и с точки зрения энергетических показателей, является его трансформация. Правда, и в этом случае есть свои недостатки: наличие контактной аппаратуры для переключения отпаек трансформатора и невозможность плавного регулирования.

Переключения отпаек трансформатора может осуществляться бесконтактным способом тиристорными ключами. На практике, в частности на транспорте, распространено фазоступенчатое регулирование, при котором в пределах каждой ступени напряжение плавно регулируется фазовым способом.

Фазоступенчатое регулирование, позволяющее существенно улучшить энергетические показатели, используется и в выпрямительных установках.

Общими недостатками фазоступенчатого регулирования выпрямителей, как на первичной, так и на вторичной стороне трансформатора являются увеличение габаритов, стоимости, снижение надежности из-за большого числа тиристоров и соответствующего усложнения системы автоматического управления. Кроме того, секционирование первичной обмотки уве-

личивает расчетную мощность трансформатора. Поэтому предпочтение при прочих равных условиях следует отдавать схемам с секционированием вторичной обмотки трансформатора.

В настоящее время в трехфазных выпрямителях применяются в основном мостовая, с уравнительным реактором или кольцевая схемы выпрямления.

Трехфазная мостовая схема выпрямления, в силу известных достоинств, нашла в преобразовательной технике самое широкое применение. По традиции ее иногда применяют и неоправданно. При низких выпрямленных напряжениях и больших токах это приводит к снижению КПД и увеличению габаритов и стоимости. В таких случаях целесообразнее применение схемы с уравнительным реактором или кольцевой. Потери в тиристорах в этом случае меньше на величину

$$\Delta P_1 = \frac{\Delta U_v}{U_d} P_d = \frac{1,5 \div 1,8}{U_d} P_d;$$

типовая мощность трансформатора, с учетом отклонения сетевого напряжения до - 10% и наклона внешней характеристики  $\approx 20\%$ , у кольцевой схемы

$$P_{TK} \cong \frac{1,2}{0,9} 1,265 P_d = 1,68 P_d$$

против

$$P_{TM} \cong \frac{1,2}{0,9} \times 1,05 P_d = 1,39 P_d$$

у мостовой.

КПД трансформаторов не менее 95%; следовательно, потери в трансформаторе у кольцевой схемы больше, чем у мостовой на величину

$$\Delta P_2 = 0,05 (P_{TK} - P_{TM}) \cong 0,0145 P_d$$

При  $\Delta P_1 > \Delta P_2$ , что имеет место при  $U_d < (105-125)V$  КПД кольцевого выпрямителя выше, чем мостового. Например, при  $U_d = 28,5V$  и таблеточных тиристорах выигрыш в КПД составляет  $\approx 5\%$ .

Объем трансформатора пропорционален  $\approx P_T^{3/4}$  и, значит, у кольцевой схемы примерно на 15% больше. Зато использование вентиля по току почти в два раза лучше. Очевидно, при  $U_d < 100V$  и необходимости параллельного соединения вентиля мостовую схему всегда надо заменить кольцевой.

В агрегатах с не очень глубоким регулированием, где достаточно фазового регулирования напряжения в пределах одной ступени, энергетические показатели полупроводниковых выпрямителей могут быть существенно уменьшены путем замены половины тиристорных диодами.

На рис. 1 — рис. 3 показаны различные модификации схем выпрямления со ступенчато-параллельным включением управляемых и неуправляемых вентиля [2,3] - ступенчато-мостовая, ступенчато-кольцевая, двухкольцевая.

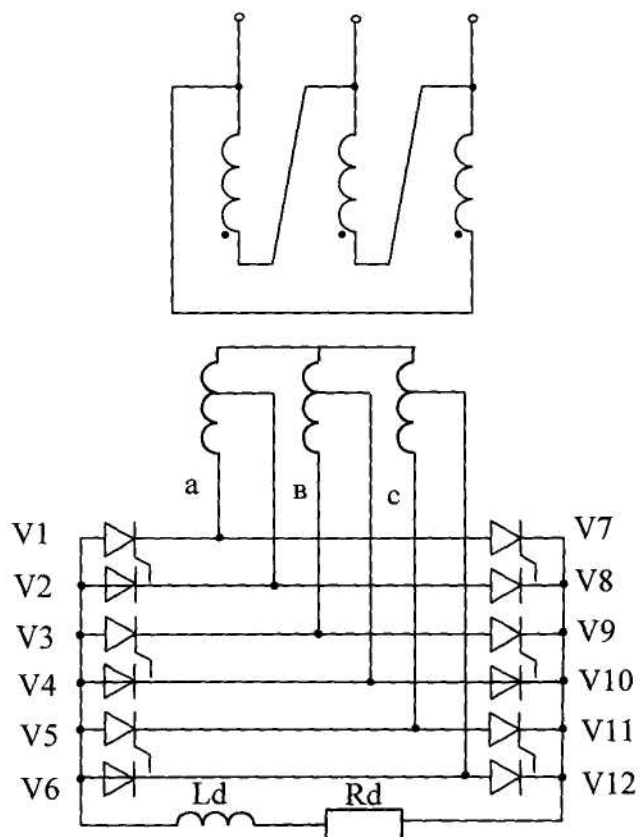


Рис. 1. Ступенчато-мостовая схема выпрямления

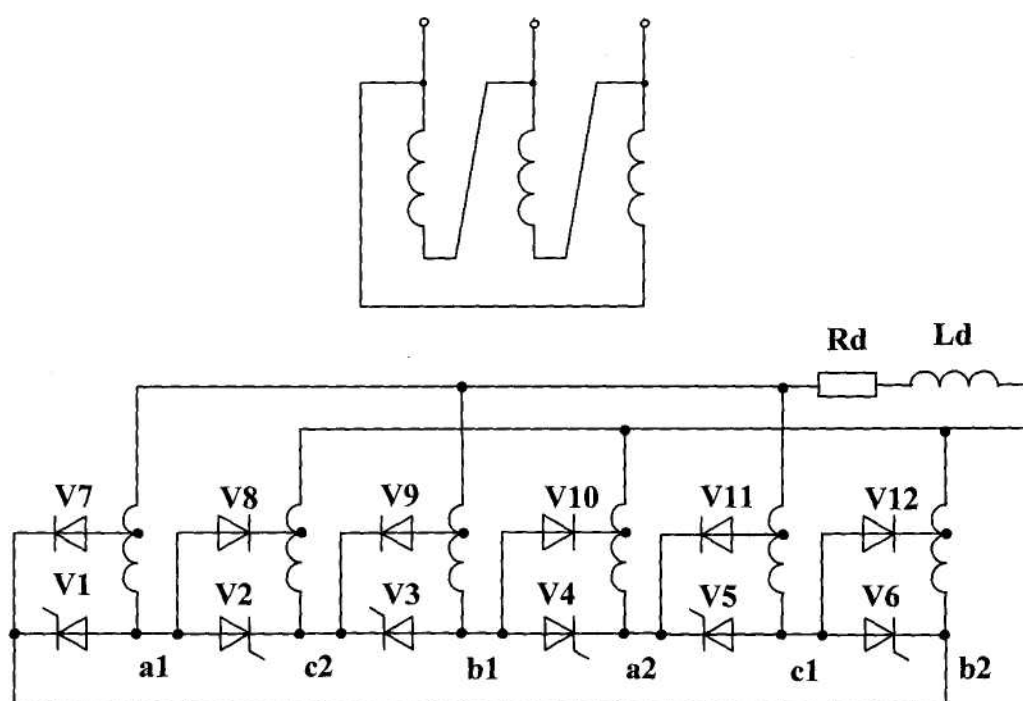


Рис.2. Ступенчато-кольцевая схема выпрямления.

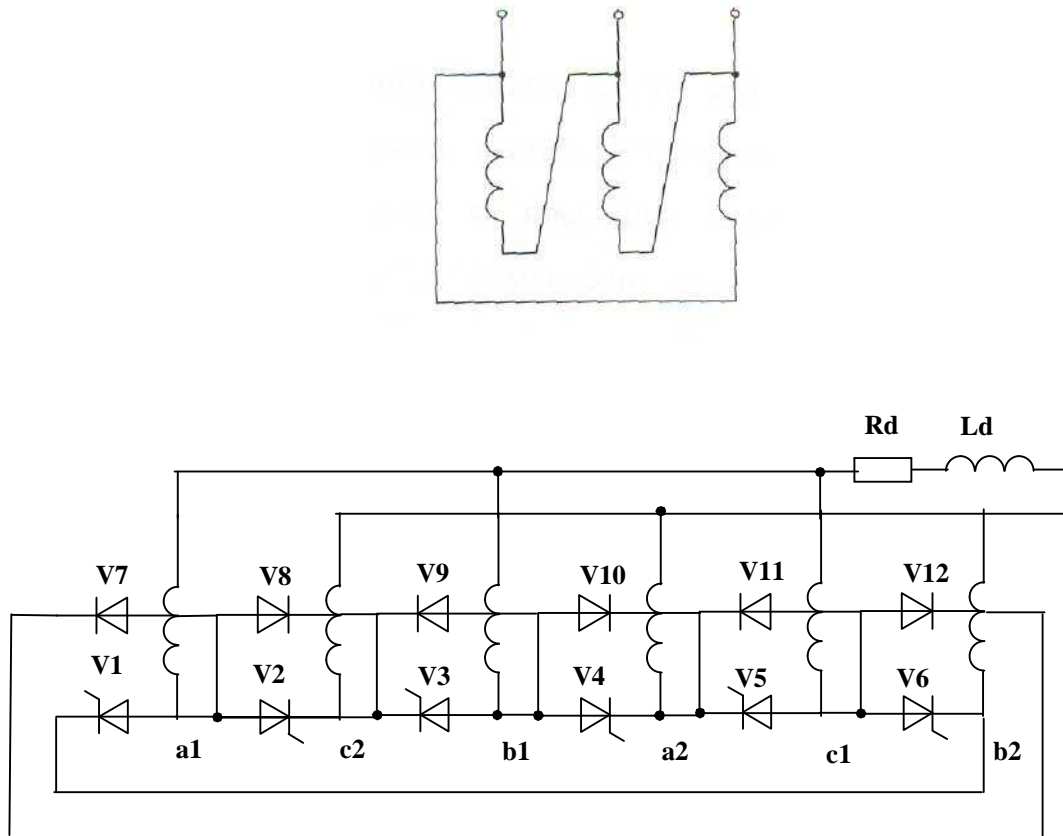


Рис.3. Двухкольцевая схема выпрямления.

Данные схемы сохраняют в своем диапазоне достоинства схем с фазоступенчатым регулированием, но значительно проще их. Здесь используется та же система управления, что и в обычных схемах.

Энергетические показатели выпрямителя максимальны при угле регулирования  $\alpha = 0$ . Поскольку, в схемах выпрямления со ступенчато-параллельным включением управляемых и неуправляемых вентилей, при изменении угла регулирования от  $\alpha = 0$  до  $\alpha = \alpha_{\text{макс.}}$ , происходит переход от неуправляемого режима к управляемому и снова к неуправляемому, энергетические показатели таких схем оказываются более высокими чем схем с обычным фазовым регулированием.

В [2-4] дан анализ зависимостей коэффициента мощности и коэффициента пульсаций от глубины регулирования выходного напряжения. Так, например, в двухкольцевой схеме выпрямления при глубине регулирования пятьдесят процентов, коэффициент мощности почти в два раза выше, а коэффициент пульсаций выходного напряжения в два раза меньше.

Таким образом, при выпрямленных напряжениях менее ста вольт энергетические показатели кольцевой схемы выше, чем мостовой, при выпрямленных напряжениях более ста вольт, наоборот, целесообразнее применение мостовой схемы. Улучшить, энергетические показатели схем выпрямления можно с помощью ступенчато-параллельного включения управляемых и неуправляемых вентилей.

### Список литературы

1. Абрамов А.Н., Денисов В.Я. Вентильные преобразователи улучшенным коэффициентом мощности: обзор.- М.: Информэлектро, 1978. – 49с.
2. Богрый В.С., Демин Ю.Г., Токарев В.И. Ступенчато-параллельное включение управляемых и неуправляемых вентилей в выпрямителях. Изв. вузов - Энергетика, 1977. №10 – С. 10–12.
3. Богрый В.С., Куликов Б.П. Двухкольцевая схема выпрямления. - Изввузов - Энергетика, 1984. №2 – С. 15–17.
4. Куликов Б.П. Кольцевой выпрямитель с фазоступенчатым регулированием выходного напряжения. - Электротехническая промышленность. 1980. вып.1 – С.16–17 (Серия «Преобразовательная техника»).