

## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ КОЛЛЕКТОРЕ

Э. Ф. ОБЕРГАН, А. И. СКОРОСПЕШКИН

*Рекомендовано семинаром кафедр электрических машин  
и общей электротехники*

Известно свойство коллекторной машины переменного тока преобразовывать частоту при сохранении величины напряжения на щетках. Известен коллекторный преобразователь частоты, построенный на этом свойстве и выполненный в виде электрической машины, обмотка якоря которой помимо коллектора имеет контактные кольца, служащие для подведения к обмотке якоря первичного напряжения фиксированной частоты.

Изменение частоты вторичного (выходного) напряжения, снимаемого со щеток, установленных на коллекторе, достигается изменением скорости и направления вращения якоря, при этом

$$f_2 = f_1 \pm \frac{pn}{60},$$

где

$f_2$  — частота выходного напряжения на щетках;

$f_1$  — частота первичного напряжения, подводимого к обмотке якоря;

$n$  — число оборотов якоря.

Статор указанной электрической машины, изображенной на рис. 1, играет роль магнитопровода, и обмотка на нем может отсутствовать.

Регулирование частоты изменением числа оборотов и направления вращения якоря не позволяет получить, вследствие инерционности якоря, должного быстрого действия систем регулирования, к тому же коммутация коллекторных машин переменного тока происходит в тяжелых условиях. Все это чрезвычайно ограничивает применение коллекторных преобразователей.

В настоящей статье рассматривается машинный преобразователь, в котором механический коллектор заменен полупроводниковым.

Принципиальная схема преобразователя частоты на полупроводниковом коллекторе приведена на рис. 2.

Обозначения на схеме:

*ПЯ* — полупроводниковая ячейка;

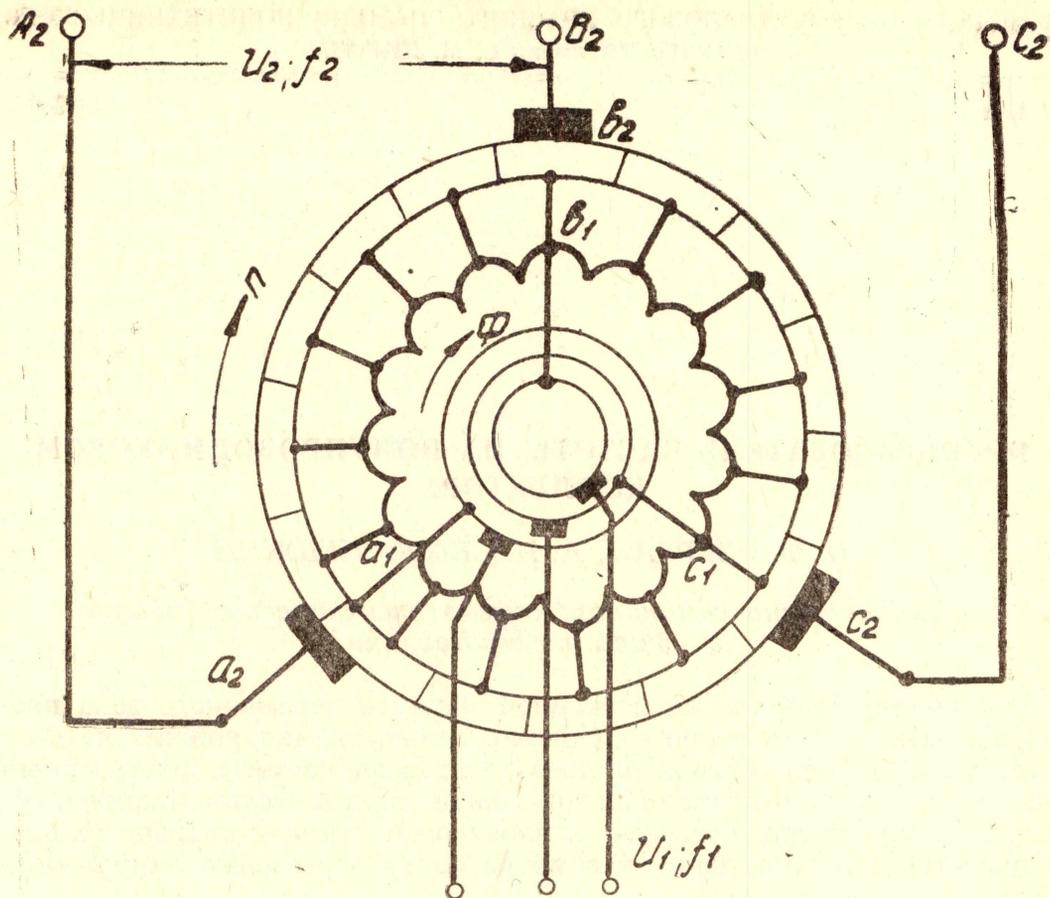


Рис. 1. Принципиальная схема преобразователя частоты с механическим коллектором.

$U_1, f_1$  — первичные напряжение и частота;  
 $U_2, f_2$  — выходные напряжение и частота.

К обмотке якоря в трех точках, расположенных под углом  $120^\circ$ , подводится первичное (питающее) напряжение с частотой  $f_1$ . Обмотка якоря имеет выходы от секций так же, как и в исполнении с механическим коллектором. Каждый вывод соединен с полупроводниковой ячейкой «ПЯ», состоящей из трех полупроводниковых ключей. Каждый полупроводниковый ключ соединен с соответствующей фазой выходной трехфазной цепи, имеющей три выходных клеммы, с которых снимается вторичная частота  $f_2$ .

Полупроводниковый ключ может быть выполнен на транзисторах или на тиристорах, что принципиальных отличий не имеет и определяется технико-экономическими требованиями и заданным диапазоном изменения выходной частоты  $f_2$ . Рассмотрим более сложную схему, выполненную на транзисторах.

На рис. 3 приведена часть принципиальной электрической схемы преобразователя для трех выводов обмотки якоря, расположенных под углом  $120^\circ$ .

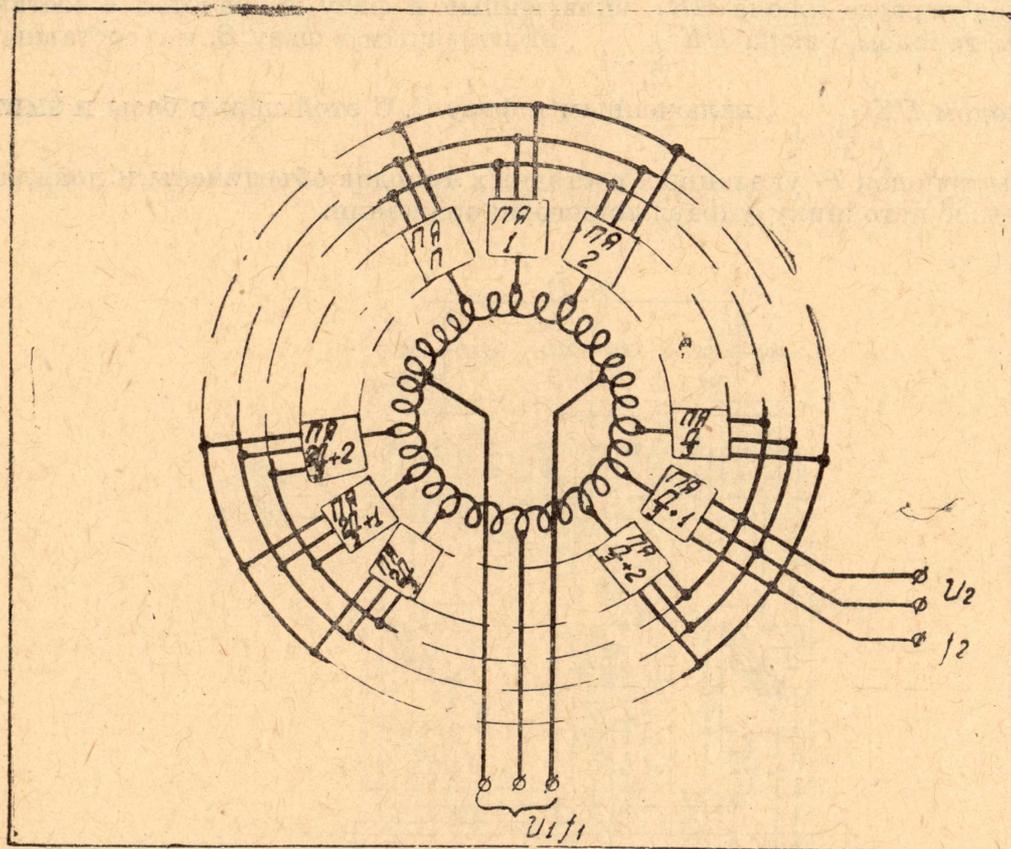
Обозначения на схеме:

ПЯ — полупроводниковая ячейка;

СТ — составной триод;

W — обмотка преобразователя;

**ШР** — шаговый распределитель;  
 $f_1$  — частота входного напряжения;  
 $f_2$  — частота выходного напряжения;  
 $T_1$  — триод, управляющий полупроводниковым ключом;  
 $T_2$  — выходной триод ячейки шагового распределителя.



Р и с. 2. Принципиальная схема преобразователя частоты с полупроводниковым коллектором.

Полупроводниковые ячейки **ПЯ**, соединенные с выводами обмотки якоря, состоят каждый из трех составных триодов «**СТ**», представляющих собой полупроводниковые ключи и включенные в разные фазы кольцевой трехфазной цепи. Составной триод управляется маломощным триодом  $T_1$ .

Схема выполнена на составных триодах с целью повышения мощности преобразователя. Количество полупроводниковых ячеек равно количеству выводов обмотки якоря и равно « $n$ ».

Для обеспечения симметричного трехфазного напряжения на выходе в каждый данный момент должны быть соединены с кольцевой трехфазной цепью три вывода обмотки якоря, расположенные под углом  $120^\circ$ . В соответствии с этим, в каждый данный момент должны быть включены три полупроводниковых ключа «**ПК**», соединенных с указанными выше выводами.

На рис. 3 принципиальная электрическая схема изображена для трех ключей

$$ПК_1; ПК_{\frac{n}{3}+1} \text{ и } ПК_{\frac{2n}{3}+1},$$

соединенных с выводами, расположенными под углом  $120^\circ$ . Любые три других ключа, соединенных с другими выводами, расположенными под углом  $120^\circ$ , соединяются аналогично ключом, изображенным на рис. 3.

Для обеспечения работы схемы составные триоды трех ключей объединены по цепям управления таким образом, чтобы составной триод первого ключа  $ПК_1$ , включенный в фазу  $A$ , работал с составным триодом ключа  $ПК_{\frac{n}{3}+1}$ , включенным в фазу  $B$ , и с составным триодом  $ПК_{\frac{2n}{3}+1}$ , включенным в фазу  $C$ . С этой целью базы и эмиттеры триодов  $T_1$  указанных составных триодов объединены и подключены к источнику управляющего напряжения.

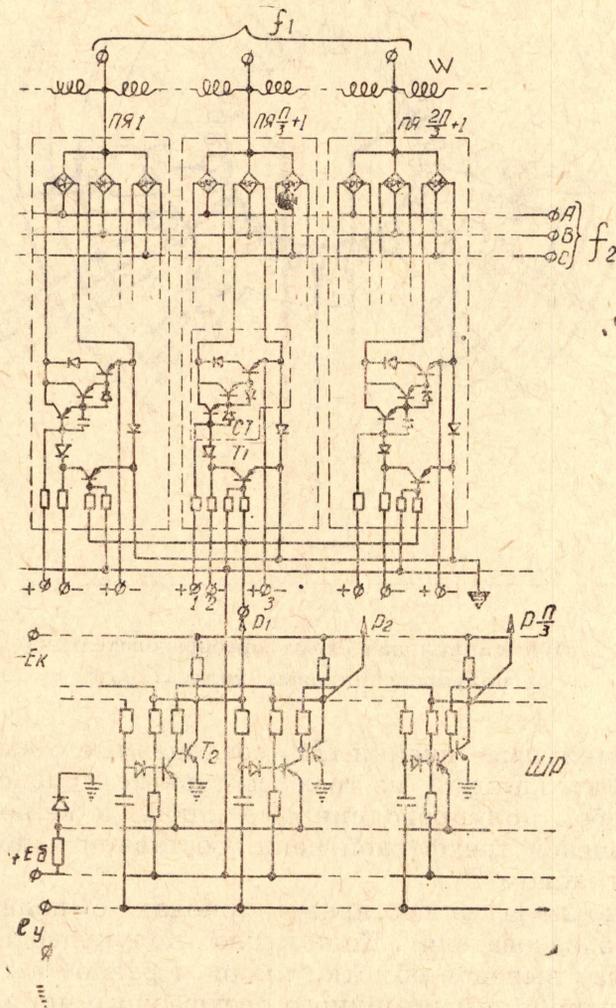


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема рабочих ячеек и управления преобразователя частоты.

Строенные составные триоды управляются напряжением, снимаемым с кольцевой пересчетной схемы, которая может быть выполнена любыми известными способами. На рис. 3 полупроводниковый коллектор управляется от кольцевого шагового распределителя, выполненного по схеме Липмана Р. А. [1].

Объединенные базы триодов  $T_1$  подключены к коллекторам триодов  $T_2$ , являющихся выходными триодами ячеек шагового распределителя.

Объединенные эмиттеры триодов  $T_1$  подключены к шине «земля» источника питания схемы. Режимы отсечки и насыщения составных триодов обеспечиваются напряжениями, прикладываемыми к клеммам 1, 2, 3.

### Описание работы преобразователя

При включении триода  $T_2$  ячейки шагового распределителя базовые и эмиттерные цепи триодов  $T_1$ , соединенные с коллектором триода  $T_2$  выводом « $P_1$ », оказываются закороченными. Под действием напряжения  $+E_0$  триоды  $T_1$  закрываются, и открываются составные триоды. Кольцевая трехфазная цепь подключается к трехфазному напряжению, снимаемому с обмотки якоря. При включении триода  $T_2$  следующей ячейки шагового распределителя посредством вывода « $P_2$ » включается следующая группа строенных составных триодов, которая будет находиться в ячейках

$$ПК_2; \quad ПК \frac{n}{3} + 2; \quad ПК \frac{2n}{3} + 2.$$

Затем работают три ключа в ячейках

$$ПК_3; \quad ПК \frac{n}{3} + 3; \quad ПК \frac{2n}{3} + 3,$$

и так далее.

При включении триода  $T_2$  ячейки, имеющей вывод « $P \frac{n}{3}$ », будут включены составные триоды в ключах

$$ПК \frac{n}{3}; \quad ПК \frac{2n}{3} \text{ и } ПК_n.$$

Частота  $f_2$  напряжения на выходе преобразователя будет равна

$$f_2 = f_1 \pm \frac{f_{упр}}{n},$$

где

$f_{упр}$  — частота сигналов управления (частота напряжения на входе шагового распределителя);

$n$  — количество выводов обмотки.

### ВЫВОДЫ

Замена механического коллектора полупроводниковым исключает необходимость вращения якоря машины, позволяет располагать обмотку якоря на неподвижном статоре, исключает контактные кольца.

Таким образом, преобразователь на полупроводниковом коллекторе может быть выполнен статическим, позволяющим преобразовывать напряжение  $U_1 = \text{const}$  с частотой  $f_1 = \text{const}$  в напряжение  $U_2 = U_1 = \text{const}$  с частотой  $f_2 = \text{var}$ . Указанный преобразователь обладает существенным преимуществом перед известными статическими преобразователями, подтвержденным экспериментально, а именно, частота выходного напряжения может регулироваться от нуля до

верхних значений, определяемых предельными частотными характеристиками транзисторов или тиристоров. При экспериментальной проверке верхний предел частоты  $f_2$  колебался от нескольких сот герц до нескольких килогерц.

Кроме того, при питании обмотки синусоидальным напряжением выходное напряжение также синусоидально по огибающей. Приведенная на рис. 3 схема с составными триодами при использовании транзистора П4Б позволила коммутировать токи до 10 а при длительной работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Р. А. Л и п м а н. Полупроводниковое реле. Госэнергоиздат, 1963.