

**ИНВЕРТИРОВАНИЕ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ
В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ ДЕЛИТЕЛЕ
ЧАСТОТЫ**

Р. А. ВАЙНШТЕЙН, А. Г. ЧИКУНОВ

(Представлена кафедрой электрических станций)

Электромагнитные параметрические генераторы широко применяются в устройствах автоматики, вычислительной технике, а также как силовые делители частоты (ПДЧ) [1, 2, 3].

Преобразование частот в ПДЧ производится при питании от источника синусоидальной или прямоугольной формы и наиболее эффективно при делении первичной частоты в два раза. Однополярное намагничивание ферромагнитного материала сердечников делителя, необходимое для возникновения колебаний половинной частоты, при этом осуществляется либо включением вентиля в цепь питания, либо через дополнительную обмотку подмагничивания. Совершенно очевидно, что возможно обеспечить необходимые условия возбуждения ПДЧ, если питать его от источника постоянного тока через управляемый прерыватель, например, транзистор, тиристор.

Если частота коммутации управляемого вентиля и величина напряжения питания находится в определенном соотношении с собственной частотой колебательного контура делителя, то в последнем возникают незатухающие колебания, по форме близкие к синусоиде. Передача части мощности этих колебаний в нагрузку может осуществляться через нагрузочную обмотку или непосредственным подключением нагрузки параллельно конденсатору контура. На рис. 1, а, б, в показаны принципиальные схемы инверторов.

Схема управления (СУ) обеспечивает проводящее или непроводящее состояние силовых ключей инвертора и может иметь разнообразные схемные решения. В частности, она может представлять собой автогенератор и запитываться от того же источника постоянного тока, что и инвертор.

В схеме рис. 1, а диод Д и резистор R предотвращают перенапряжения на ключе. Резистор R выбирается из условия допустимого напряжения на транзисторе при максимальном прерываемом токе. На нем выделяется мощность, запасенная в ферромагнитном материале сердечников при проводящем состоянии ключа. Нужно отметить, что использование только одного диода для снижения коммутационных напряжений на ключе недопустимо, вследствие малой модуляции индуктивности при непрерывном токе в обмотке накачки. Чтобы уменьшить потери мощности, запасаемой в материале сердечников, можно использовать дополнительную обмотку (w_d , рис. 1, б) и диод, через которые эта мощность возвращается в источник в моменты непроводящего состояния ключа. Рис. 1, в показывает принципиальную схему инвертора с коммутацией

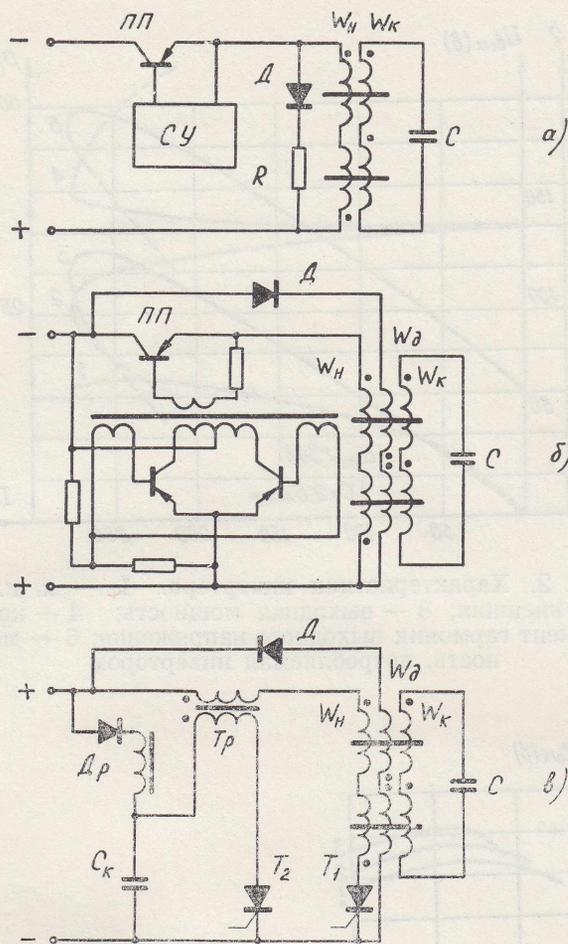


Рис. 1. Схемы инверторов. w_H — обмотка на-
 качки: 100 витков \varnothing 0,69; w_D — дополни-
 тель-
 ная обмотка: 100 витков \varnothing 0,51; w_K — кон-
 тур-
 ная обмотка: 300 витков \varnothing 0,96

через тиристор. Такую схему можно рекомендовать лишь для случаев больших инвертируемых напряжений или больших мощностей.

На рис. 2, 3 показаны результаты испытания инвертора по схеме 1 б рис. 2, выполненного на двух ферритовых сердечниках марки НН600, сечением $3,84 \text{ см}^2$, длиной магнитной силовой линии 18 см . Частота коммутации транзисторного ключа — 800 гц , выходного напряжения — 400 гц .

На графиках силовые линии соответствуют режимам устойчивой работы инвертора, под которым понимается, что нагруженный инвертор надежно возбуждается при подаче питания. Пунктиром отмечены режимы работы, полученные при плавном увеличении нагрузки, но при которых после снятия и повторного включения питания колебания в контуре не возникают.

Экспериментальные данные показывают, что такой инвертор в области устойчивой работы имеет жесткую внешнюю характеристику от режима холостого хода до номинальной нагрузки и стабильность выходного напряжения в пределах $+3,2\% \div -1,5\%$ при отклонениях питающего напряжения на $\pm 20\%$. К. п. д. при номинальной нагрузке достигает 66% , т. е. немного уступает обычным инверторам малой и средней мощности. Коэффициент гармоник выходного напряжения не превышал 15% при номинальной нагрузке. Изменение емкости конденсато-

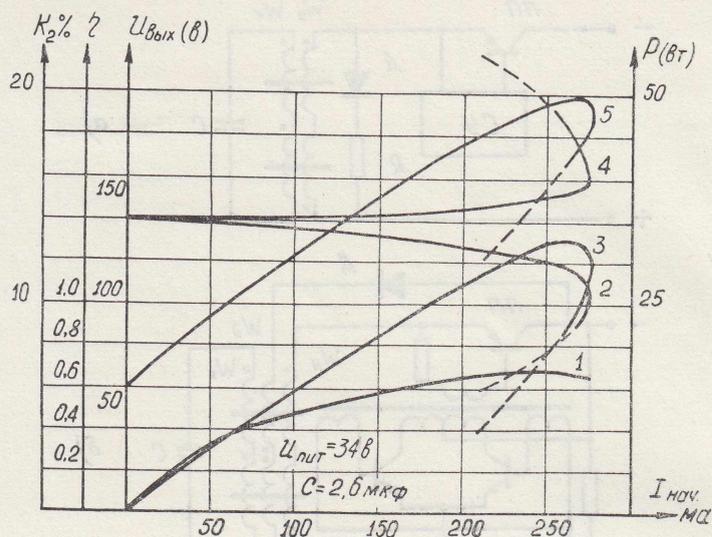


Рис. 2. Характеристики инвертора. 1 — к. п. д., 2 — внешняя; 3 — выходная мощность; 4 — коэффициент гармоник выходного напряжения; 5 — мощность, потребляемая инвертором

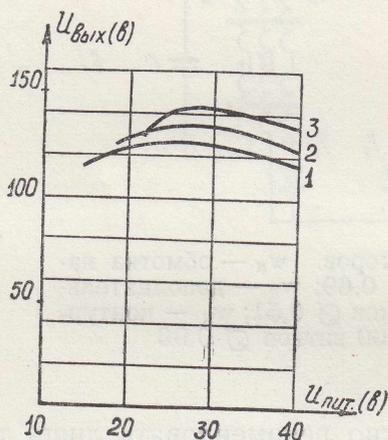


Рис. 3. Зависимости выходного напряжения от изменения напряжения питания. 1 — при $C=2$ мкФ; 2 — при $C=2,2$ мкФ; 3 — при $C=2,6$ мкФ

ра мало влияет на величину выходного напряжения и область устойчивой работы.

Если рассчитать габаритную мощность использованных сердечников для трансформаторного режима их работы на частоте 400 гц, то полезная мощность, полученная от них в режиме ПДЧ, составляла 40% габаритной.

Нужно отметить, что в области нагрузок, близких к полному срыву колебаний, возможна прерывистая генерация ПДЧ. Этого можно избежать правильным выбором диапазона изменения нагрузки, не выходящем за пределы устойчивой работы инвертора. На рис. 4 приведены осциллограммы напряжений и токов инвертора в режиме номинальной нагрузки.

Такой инвертор не потребует принятия специальных мер к защите силового ключа от коротких замыканий и перегрузок, так как в таких случаях происходит срыв параметрических колебаний, которые автоматически восстанавливаются после устранения короткого замыкания или снижения нагрузки до величины, соответствующей устойчивой работе инвертора.

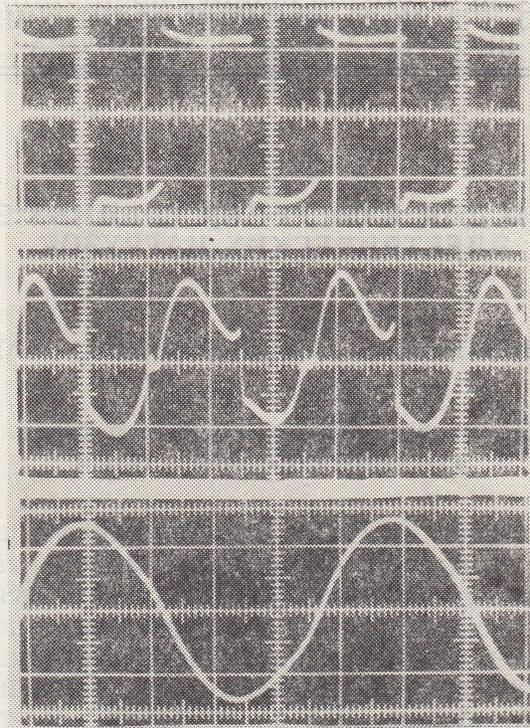


Рис. 4. Осциллограммы напряжений и токов при номинальной нагрузке. 1 — напряжение на обмотке накачки; 2 — ток источника; 3 — напряжение на контуре

Сокращение числа силовых коммутирующих элементов по сравнению с обычными инверторами можно также отнести к достоинствам предлагаемого способа инвертирования.

Экспериментально опробован инвертор с трехфазным выходом, состоящий из двух ПДЧ. Симметричное, не зависящее от коэффициента мощности нагрузки, трехфазное напряжение получается, если управлять коммутацией каждого ПДЧ со сдвигом на 180° . Выходные напряжения ПДЧ вследствие деления частоты сдвинуты на 90° , что позволяет получить трехфазную систему по любой из схем, предложенных в [1], а также осуществлять бесконтактное управление порядком чередования фаз.

Выводы

1. Возможно достаточно эффективное преобразование постоянного тока в однофазный и трехфазный переменный ток почти синусоидальной формы на базе электромагнитного делителя частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Бамдас, С. В. Шапиро, Л. Н. Давыдова. Ферромагнитные делители частоты. «Энергия», 1967.
2. Параметроны (перевод с японского и английского) ИЛ., 1962.
3. М. А. Раков, Ю. М. Шумков. Стационарные процессы в делителе частоты с вентилем при прямоугольном напряжении возбуждения. «Электричество», 1969, № 2.
4. В. А. Лабунцов, Г. А. Ривкин, Г. И. Шевченко. Электроприводы с полупроводниковым управлением. Автономные инверторы. «Энергия», 1967.