

РАБОЧИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ТРЕХФАЗНОМ МОСТОВОМ ИНВЕРТОРЕ С ПОЛЮСНОЙ КОММУТАЦИЕЙ В РЕЖИМЕ СИНУСОИДАЛЬНОЙ ШИМ

М. А. ЖИТКОВ, В. А. ДОВРУСКИН

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

Реализация широтно-импульсной модуляции выходного напряжения инвертора по синусоидальному закону позволяет эффективно улучшить форму кривой тока нагрузки. При этом наиболее целесообразным является осуществление такого режима в простейших видах тиристорных инверторов — в инверторах с полюсной или общей коммутацией.

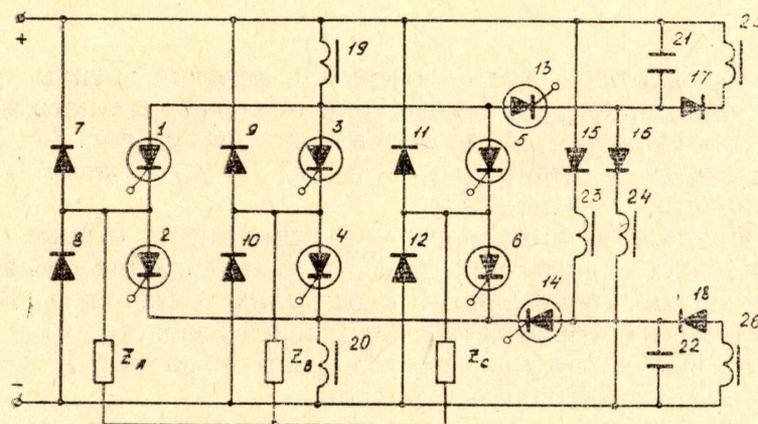


Рис. 1.

В инверторе с полюсной коммутацией, изображенном на рис. 1, это оказалось возможным при модуляции путем перемещения переднего фронта импульсов с одновременным использованием силовых тириستоров в режиме управляемого нулевого вентиля [2].

Благодаря существенной разнице в продолжительности рабочих и коммутационных электромагнитных процессов и полной автономности схемы коммутации с непосредственным перезарядом коммутирующего конденсатора рабочие электромагнитные процессы в инверторе могут быть рассмотрены отдельно от коммутационных [1].

Работа инвертора происходит следующим образом. На управляющие электроды тириستоров 1, 2; 3, 4; 5, 6 (рис. 1) поступают импульсы управления, показанные соответственно на рис. 2 (б, в, г).

В течение интервала t_1-t_2 (рис. 2, а), составляющего 60 электрических градусов, по заднему фронту импульсов управления (рис. 2д) включается тиристор 14 (рис. 1), который подает коммутирующие импульсы на тиристоры катодной группы, поэтому одновременно выклю-

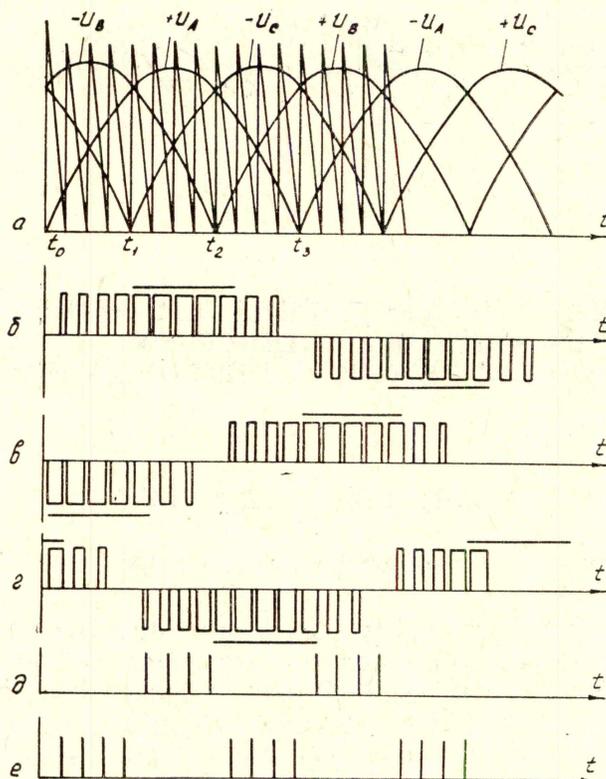


Рис. 2.

чаются только тиристоры 4 и 6, а вентиль анодной группы 1 остается открытым и пропускает реактивные токи отключенных нагрузок фаз В и С, которые замыкаются соответственно по цепям (рис. 1): Z_B — диод 9 — дроссель 19 — тиристор 1 — Z_A — Z_B и Z_C — диод 11 — дроссель 19 — тиристор 1 — Z_A — Z_C .

Таким образом, в интервале t_1 — t_2 тиристор 1 открыт, поэтому формирование тока в нагрузках фаз В и С происходит согласно синусоидальному закону, заложенному в сигналах управления. В соответствии с известным из теории трехфазных цепей равенством $i_A + i_B + i_C = 0$ можно сделать вывод, что ток нагрузки фазы А, равный $|i_A| = |i_B + i_C|$, также будет иметь синусоидальную форму.

На интервале t_2 — t_3 (рис. 2, а) по заднему фронту импульсов управления включается тиристор 13, который подает коммутирующие импульсы на тиристоры анодной группы, поэтому включаются только тиристоры 1 и 3, а вентиль катодной группы 6 используется в качестве нулевого вентиля, по которому замыкаются реактивные токи отключаемых нагрузок фаз А и В.

Далее процесс коммутации протекает аналогично. Работа инвертора может рассматриваться только на протяжении $1/6$ периода, так как последующая круговая перестановка позволяет получить линейные диаграммы напряжений и токов для всего периода.

Рассмотрим $1/6$ часть периода, совпадающую с началом формирования положительной полуволны напряжения в фазе А, т. е. с началом координат (рис. 2). В соответствии с принятым способом управления инвертором длительности открытых состояний тиристоров всех фаз будут такими, как показано на рис. 2 (б, в, г), где жирными линиями выделены интервалы, внутри которых соответствующие тиристоры не выключаются и используются в качестве рабочих и нулевых вентилях.

Определение формы фазных и линейных напряжений на нагрузке с учетом коэффициента мощности нагрузки осуществляется с помощью

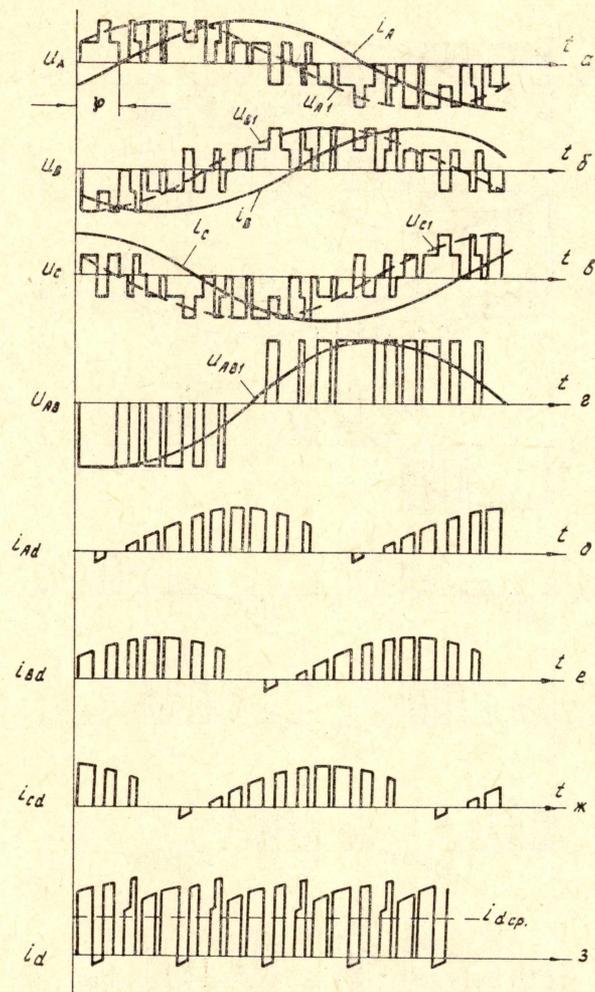


Рис. 3. ($\cos \varphi_n = 0,866$).

эквивалентных схем, составленных для каждого интервала, соответствующего текущему состоянию вентиля инвертора. При этом нетрудно определить интервалы времени для каждой фазы, когда ток потребляется от источника питания, либо происходит обмен реактивной энергией между фазами или идет ее отдача источнику питания.

На рис. 3 и 4 приведены диаграммы фазных напряжений U_A , U_B и U_C и линейного напряжения U_{AB} для случаев, когда трехфазная активно-индуктивная нагрузка соединена в звезду без нулевого провода и имеет коэффициент мощности $\cos \varphi_n$ соответственно 0,866 и 0,5, а частота коммутации в соответствии с рис. 2 равна $f_K = 24f_M$.

Из приведенных кривых напряжения видно, что фазные напряжения представляют собой последовательность однополярных и двухполярных импульсов переменной длительности с амплитудой, принимающей значения $1/3 \cdot E$ либо $2/3 \cdot E$, а линейное напряжение — последовательность однополярных импульсов переменной длительности амплитудой E . Форма импульсов, их длительность и даже количество на полупериоде выходной частоты изменяются при изменении коэффициента мощности нагрузки.

Из приведенных рисунков видно, что угол сдвига между током и напряжением в каждой фазе получает приращение в сторону отставания тока, равное $\pi/6$. Это является недостатком схемы, так как ограничивает работоспособность инвертора на нагрузку с низким коэффициентом мощности. Возникновение дополнительного угла сдвига объясняется тем, что при данном способе управления формируются фазные на-

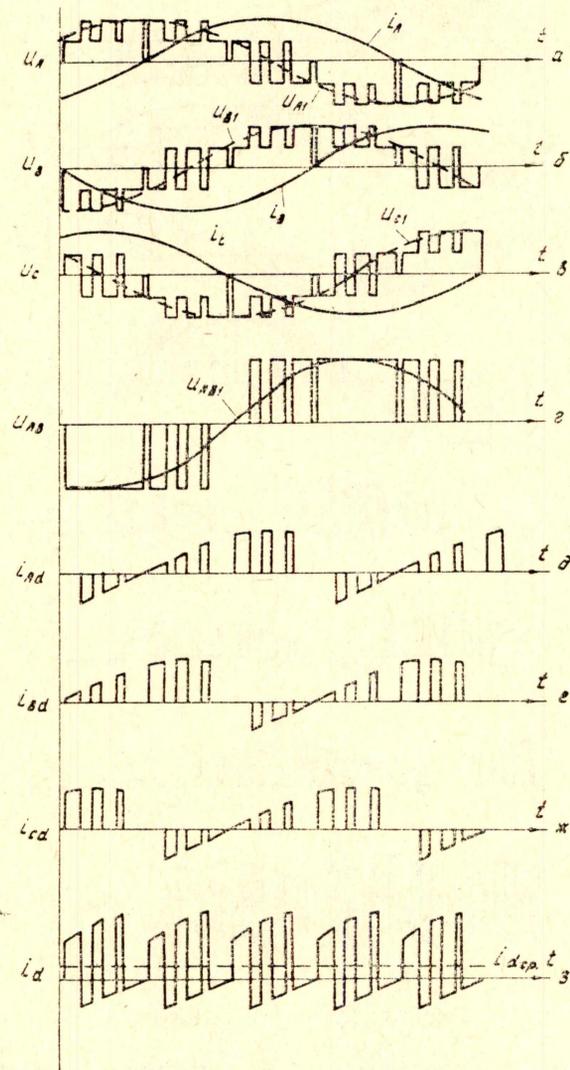


Рис. 4. ($\cos \varphi_n = 0,5$).

пряжения, а ток в фазе определяется линейными напряжениями, так как средняя точка звезды нагрузки не соединена с нулем источника питания. Для устранения указанного недостатка целесообразно формировать линейные напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. А. Житков. Мостовой инвертор с полюсной коммутацией в режиме синусоидальной ШИМ. Известия ТПИ, т. 262, 1972.
2. А. И. Зайцев, М. А. Житков. Независимые инверторы с полюсной коммутацией в режиме широтно-импульсной модуляции. Доклады VI научно-технической конференции по вопросам автоматизации производства. Т. V, Томск, изд-во ВИНТИ, 1969.