

ЭЛЕМЕНТЫ СХЕМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА НА ТИРИСТОРАХ

Б. А. ЛАПИН

(Рекомендовано научным семинаром электромеханического факультета)

Идеальные ключевые свойства и малое время восстановления кремниевых управляемых вентилях обуславливает их широкое применение в технике регулирования и преобразования энергии постоянного тока.

Такие преобразователи часто выполняют как одновентильные с широтным, частотным или релейным управлением и применяются в тяговом электроприводе (рудничные электровозы, электрокары) для регулирования возбуждения электрических машин, как регулируемые источники питания радиоэлектронной аппаратуры [1] и др.

Основными функциональными элементами одновентильных преобразователей постоянного тока является узел искусственной коммутации и схема управления. В некоторых случаях также ответственную роль играют специальные устройства контроля управляемости преобразователя и аварийного быстрого действующего выключения.

Принципы построения перечисленных устройств во многом определяют технико-экономические и регулировочные свойства всего преобразователя в целом.

Ниже описываются некоторые элементы тиристорных преобразователей, разработанных и испытанных в лаборатории каф. ЭПА ТПИ.

Узел искусственной коммутации

Узел искусственной коммутации предназначен для периодического выключения силового тиристора преобразователя по анодной цепи прибора. Схема устройства приведена на рис. 1 в составе преобразователя, работающего на индуктивно-активную нагрузку и противо-э.д.с. Второй вариант схемы приведен на рис. 2.

Работа обоих вариантов происходит в два такта: а) резонансный перезаряд коммутирующей емкости; б) коммутация силового вентиля преобразователя.

Резонансный перезаряд емкости возможен при условии, если открыт $KУВ_1$, и происходит по цепи $KУВ_1-KУВ_2-L_k$ после включения $KУВ_2$.

Процесс коммутации вентиля $KУВ_1$ начинается спустя полпериода собственных колебаний контура $L_k C_k$, когда ток в резонансном контуре изменит свое направление. При этом $KУВ_2$ закрывается, а коммутирующий импульс на $KУВ_1$ поступает через D_1 .

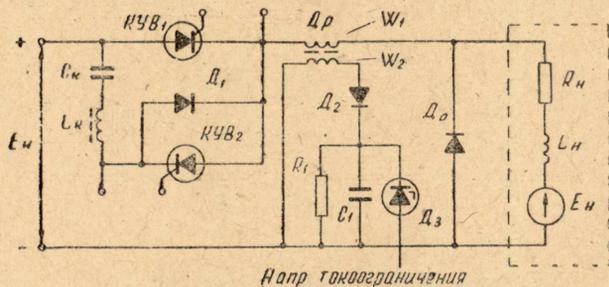


Рис. 1.

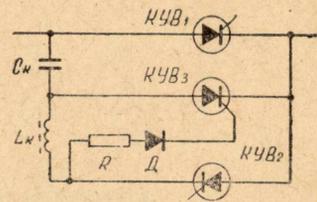


Рис. 2.

В схеме рис. 2 коммутация происходит через вентиль $KУВ_3$, который включается в момент изменения направления тока в контуре $L_k C_k$ по цепочке $R D$.

Особенностью данной схемы коммутации является включение в силовую цепь дросселя, работающего в режиме прерывистого тока. С его помощью периодически, с частотой коммутации, происходит отбор мощности из цепи нагрузки в коммутирующее устройство. При этом емкость заряжается до напряжения, превышающего напряжение источника питания:

$$U = E_{и} + I_{н} \sqrt{\frac{L_{др} + L_k}{C_k}}$$

Эта функциональная связь между коммутирующим напряжением и отключаемым током значительно увеличивает надежность коммутации и позволяет уменьшить величину C_k .

Методика расчета коммутирующих элементов для данной схемы приведена в [1, 2].

Включение дросселя в цепь прерывистого тока позволит весьма просто решить вопрос измерения тока нагрузки. Для этой цели служит вторичная обмотка дросселя W_2 , подключенная через диод D_2 на фиксирующую цепь $R_1 C_1$. Напряжение на ее выходе определяется выражением

$$U_{C_1} \cong k \cdot I_{н} \sqrt{\frac{L_{др} + L_k}{C_k}}$$

Здесь $k = \frac{W_2}{W_1}$ — коэффициент трансформации.

Напряжение U_{C_1} в данной системе используется для целей токоограничения. Величина тока отсечки устанавливается подбором стабилитрона D_3 и коэффициента трансформации.

Схема управления

Структура схемы управления преобразователя в значительной степени зависит от принятого способа управления силовым вентилем преобразователя. Рассматриваемая ниже схема (рис. 3) предназначена для широтной модуляции импульсов преобразователя. При этом схема управления выполняет роль широтно-импульсного модулятора

(ШИМа), преобразуя управляющее напряжение во временной интервал между двумя импульсными последовательностями.

Принцип действия данного ШИМа (рис. 3) основан на сравнении

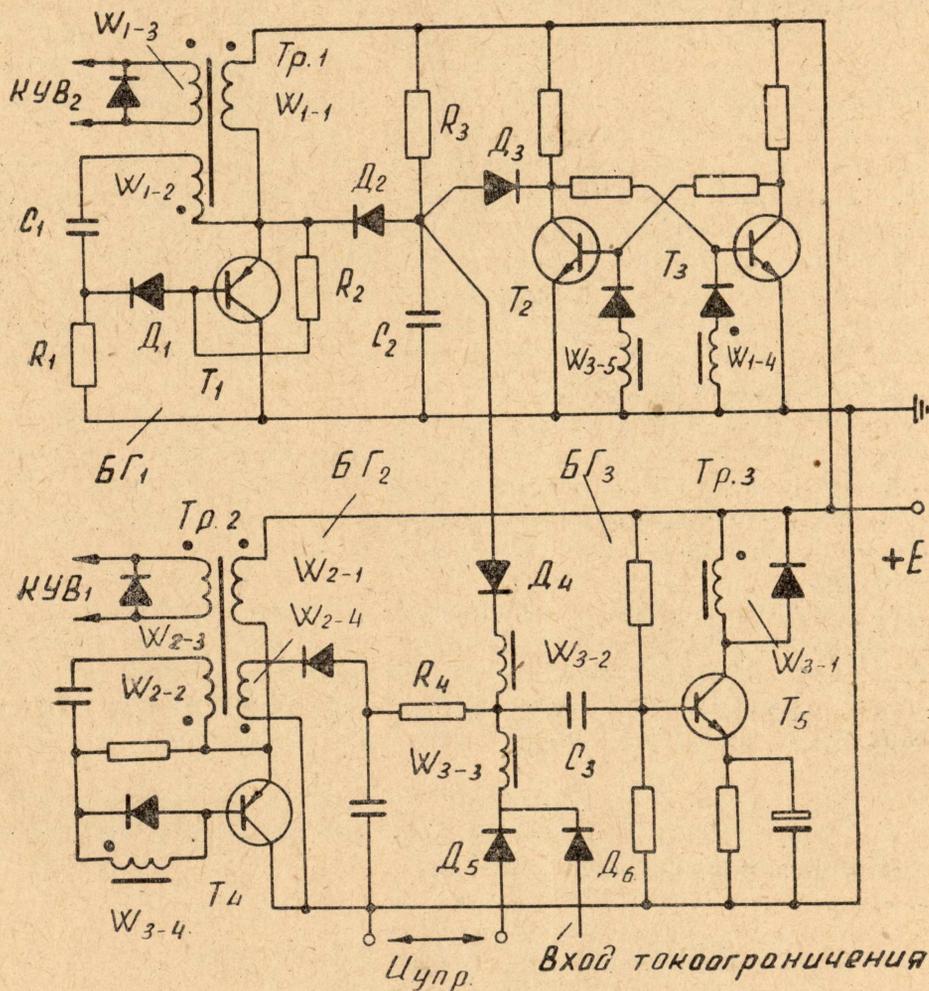


Рис. 3.

управляющего и пилообразного напряжений. Команды на включение вентилей преобразователя вырабатываются в моменты равенства обоих напряжений и при обратном ходе пилы (рис. 4).

По функциональным признакам схему управления можно разбить на следующие элементы: а) задающий генератор; б) источник пилообразного напряжения; в) сравнивающее устройство; г) усилитель-формирователь импульсов; д) блокирующий триггер.

Роль задающего играет блокинг-генератор БГ₁, работающий в автоколебательном режиме. Его нагрузкой служит входная цепь коммутирующего вентиля КУВ₂ (рис. 1, 2). Частота БГ₁ зависит от произведения $R_1 C_1$ и регулируется с по-

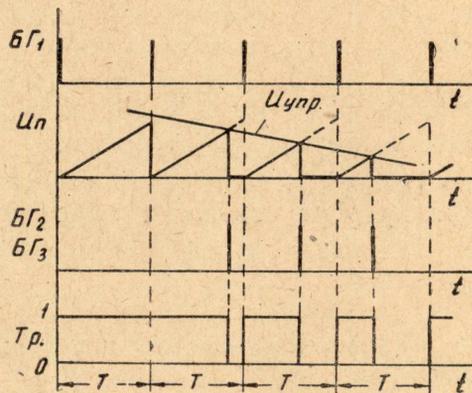


Рис. 4.

мощью R_1 . Для температурной стабилизации частоты генератора в цепь базы триода T_1 включены сопротивление R_2 и кремниевый диод D_1 .

Пилообразное напряжение формируется с помощью интегрирующей цепочки R_3C_2 . Разряд накопительной емкости C_2 во время обратного хода пилы происходит через диод D_2 при срабатывании $БГ_1$.

Основным элементом ШИМа является сравнивающее устройство, выполненное на базе балансного компаратора [3].

На один из его входов (диод D_4) поступает пилообразное напряжение, на другой (диод D_5) — управляющее напряжение. В момент равенства обоих напряжений блокинг-генератор компаратора ($БГ_3$) срабатывает и запускает ждущий $БГ_2$, выполняющий функции усилителя-формирователя. При использовании данного устройства в замкнутой системе на диод D_5 следует подавать вместо $I_{уп}$ сигнал рассогласования. На третий вход компаратора (диод D_6) подается напряжение от узла токоограничения (рис. 1).

Особенностью компаратора является то, что после первого срабатывания он продолжает работать в автоколебательном режиме, пока хранирующая емкость C_3 заряжается до амплитуды пилы. Это приводит к тому, что часть следующего периода, пока C_3 разряжается через R_4 , диод D_5 оказывается запертым и сравнение напряжений невозможно.

Для устранения этого явления после первого срабатывания компаратора производится разряд емкости через диод D_3 и левый триод триггера, который переворачивается импульсом с обмотки W_{3-5} . Блокировка с источника пилообразного напряжения снимается в конце периода, когда импульсом от $БГ_1$ триггер возвращается в исходное положение.

Рассмотренная схема позволяет регулировать длительность импульсов в пределах 0—0,95 и отличается стабильностью работы в широком диапазоне температур.

Устройство контроля управляемости и аварийного выключения

При аварийных режимах или при неисправностях в схеме управления преобразователи с искусственной коммутацией могут терять управляемость. При этом все напряжение первичного источника проходит на выход. В некоторых случаях, например, при работе на нагрузку, не терпящую перенапряжений или при трансформаторной связи с нагрузкой это может привести к разрушению силового тиристора или к выходу нагрузки из строя.

Для предупреждения этих последствий необходимо применять специальные контрольные и отключающие устройства, удовлетворяющие следующим требованиям:

1. Обнаружение срыва коммутации и выключение силового вентиля преобразователя с запаздыванием не более одного периода.
2. Полная автономность работы, т. е. независимость от схемы управления.
3. Постоянная готовность к действию.

Разработанная с учетом этих требований схема защиты приведена на рис. 5а.

Устройство для контроля управляемости состоит из интегрирующей цепочки R_1C_1 , диодов D_1, D_2 и трансформатора Tr_1 .

При нормальной работе преобразователя емкость C_1 периодически

ски заряжается через R_1 в течение импульса и разряжается через D_1 в начале паузы (рис. 5б).

Постоянная $R_1 \cdot C_1$ выбирается такой, чтобы при максимальной длине импульса, равной T , амплитуда напряжения U_c была меньше пробивного напряжения $U_{пр}$ диода D_2 .

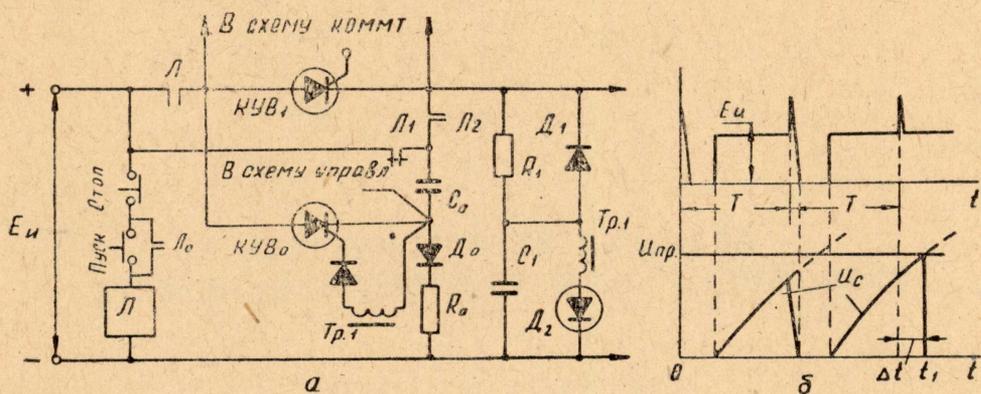


Рис. 5.

При срыве коммутации пауза между импульсами исчезает. Поэтому напряжение U_c достигает пробивного напряжения и диод D_2 пробивается (момент t_1). При этом C_1 разряжается через первичную обмотку Tr_1 .

По рис. 5б видно, что запаздывание Δt значительно меньше периода T .

Для аварийного выключения силового вентиля $KУВ_1$ используется резервное коммутирующее устройство, состоящее из $KУВ_0$ и C_0 (рис. 5а). Включение $KУВ_0$ происходит при срабатывании D_2 с помощью трансформатора Tr_1 .

Чтобы обеспечить постоянную готовность защиты к действию, емкость C_0 перед включением преобразователя заряжается до напряжения $E_{п}$ через контакт L_1 , диод D_0 и сопротивление R_0 .

После включения линейного выключателя C_0 подключается к катоду вентиля $KУВ_0$. При работе преобразователя она непрерывно подзаряжается по цепи $L_2-C_0-D_0-R_0$. Сопротивление R_0 должно быть достаточно малым, чтобы $KУВ_0$ оставался во включенном состоянии после срабатывания защиты. Тогда напряжение с его катода, равное $E_{п}$, можно использовать для блокирования схемы управления, чтобы предотвратить повторный запуск $KУВ_1$, а также для выключения линейного выключателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет по хозяйственной работе. «Разработка регулируемого преобразователя постоянного тока». Томск, 1965.
2. Схема искусственной коммутации с дроссельным зарядом коммутирующей емкости. Известия ГПИ, т. 153.
3. Расчет и проектирование импульсных устройств на транзисторах. Изд. «Советское радио», под ред. Штерка, 1964.