

# Тиристорный преобразователь

для управления активно-индуктивной нагрузкой применительно к управлению электромагнитными клапанами газового дизель-генератора

Одной из задач разработчиков современных силовых преобразователей, управляющих высокоэнергетической нагрузкой, является достижение высокого КПД. В этом плане интересен преобразователь, созданный для управления электромагнитным клапаном (ЭМК) мембранного типа газового дизель-генератора. Управление ЭМК ведется посредством силового тиристорного преобразователя (СТП), построенного на основе тиристорной триггерной ячейки.

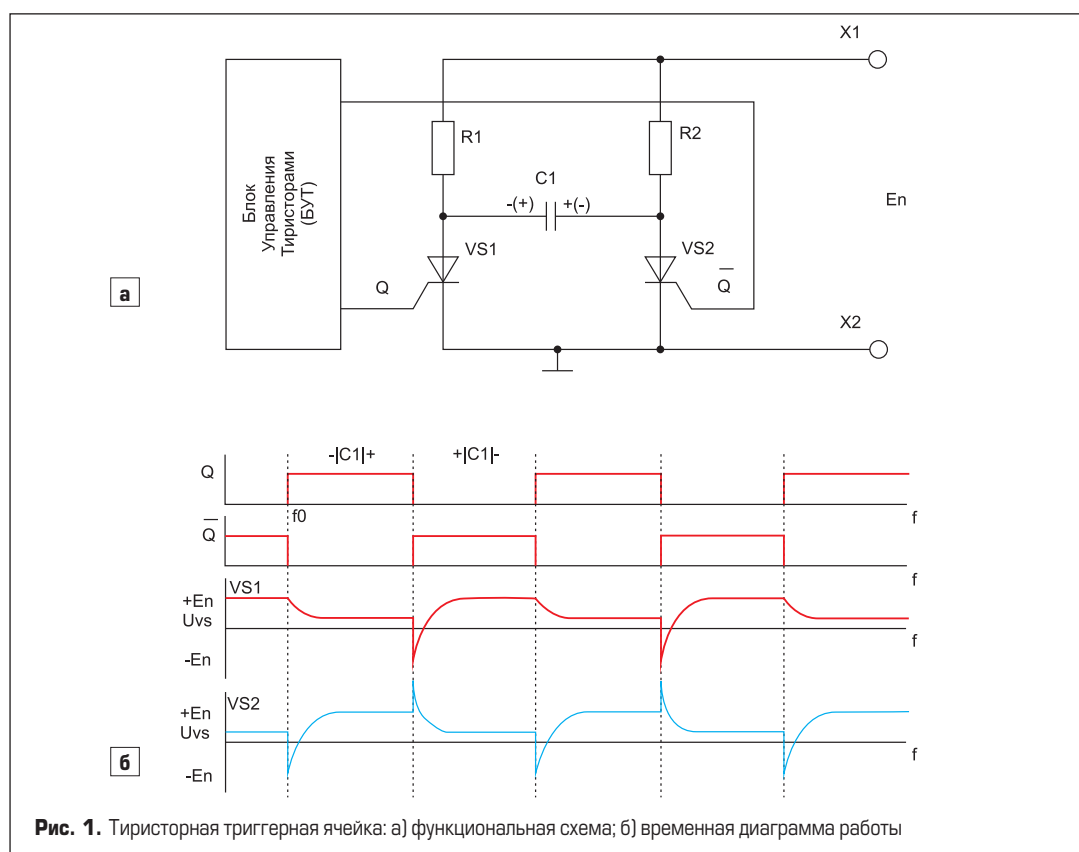
Сергей Бабушкин

babushkin.s.v@gmail.com

На рис. 1а представлена простейшая схема тиристорной триггерной ячейки. В качестве нагрузки в ней используются два резистора. Принцип работы схемы прост. Как известно, чтобы закрыть тиристор, надо, чтобы проходящий через него ток упал ниже тока удержания, при котором тиристор еще открыт. Самый простейший способ сделать это — оборвать цепь анода (катода), т. е. непосредственно убрать ток через тиристор. Данная схема предполагает наличие механических контактов, срок

службы которых довольно мал и быстродействие невелико. Другой способ запираания основывается на том, что тиристор — это однопроводящий прибор. При отрицательном напряжении на тиристоре через него течет ток, которым можно пренебречь. На приложении отрицательного напряжения и базируется схема на рис. 1а.

Положим, что на момент рассмотрения работы схемы (момент времени  $t_0$ ) все переходные процессы завершились, и схема находится в установившемся



состоянии. По приходу импульса отпира- ния (положительный перепад импульса  $Q$ ) тиристор  $VS1$  открывается, и емкость  $C1$  заряжается по пути  $E_n^+ - R2 - C1 - VS1 - E_n^-$ . Это характеризуется экспоненциальным спадом напряжения на тиристоре до некоторого уров- ня (до остаточного напряжения на тиристо- ре). По отрицательному перепаду импульса  $Q$  происходит открытие  $VS2$ . Полагая, что тиристор идеальный, получим, что к первому тиристор прикладывается напряжение емкости в отрицательной полярности, эмулируя источник отрицательного напряжения с ам- плитудой  $E_n^-$ , при этом ко второму тиристор приложено двойное напряжение пита- ния. Это приводит к запираанию первого тиристора. При этом происходит перезаряд емкости по пути  $E_n^+ - R1 - C1 - VS2 - E_n^-$ , что видно на диаграмме (рис. 1б) в виде экспоненциального роста на- пряжения на первом тиристоре и спада на вто- ром. Второй же тиристор запирается, только когда приходит положительный перепад им- пульса  $Q$ . Теперь отрицательное напряжение на емкости прикладывается ко второму тири- стору. С приходом очередного импульса про- цесс повторяется.

Основными достоинствами тиристоров и устройств на тиристорах являются:

- Отсутствие потребления энергии по цепи управления тиристором (для открытия ти- ристора требуется лишь импульс, после от- крытия тиристора сигнал на управляющем электроде ( $УЭ$ ) можно убрать).
- Простота схем управления тиристорными преобразователями при работе на перемен- ном напряжении (требуется лишь задать мо- мент включения, тиристор сам закроется при отрицательной полуволне напряжения).
- Большой коэффициент передачи по мощ- ности. Тиристор способен коммутировать большие токи и напряжения, например

при токе отпира- ния в десятки миллиампер и напряжении на  $УЭ$  в 5 В способен комму- тировать сотни вольт и десятки ампер.

- Достаточно быстрое время включения.

Основным недостатком является сложность схемы управления при работе на постоянном токе. Требуется принудительно организовы- вать запираение тиристора, что значительно усложняет схему управления.

Это, пожалуй, самый главный недостаток схем с тиристорами.

Если использовать  $RL$ -нагрузку, то в цепи перезаряда емкости  $C1$   $E_n^+ - R1 - C1 - VS2 - E_n^-$  обра- зуется колебательный переходный процесс. Из этого следует, что при определенных зна- чениях  $R_n, L_n, C1$  может оказаться, что пере- регулирование такое, что происходит заброс процесса в отрицательные напряжения, а след- овательно, это отрицательное напряжение приложено и ко второму тиристор, что, при достаточной мощности этого переходного процесса, может закрыть его ( $VS2$ ).

Как видно, в общем случае от источника питания постоянно потребляется ток (не будем учитывать ток потребления мало- мощной схемы управления). Если же коле- бательный переходный процесс закрывает второй тиристор, то потребление тока от- сутствует. Суть модификации схемы рис. 1а и заключается в обеспечении принудитель- ного закрытия второго тиристора (в случае необходимости), параллельно реализовано и принудительное закрытие первого тири- стора (в случае аварийной ситуации) и ре- ализована защита от КЗ.

На рис. 2 представлена модифицированная схема — это силовой герконово- тиристорный преобразователь (СГТП). Герконы в случае аварийной ситуации (ток через первый ти- ристор, в случае если емкость не дала ожидае- мого эффекта, ток через второй тиристор, КЗ)

закорачивают тиристоры, тем самым снижая ток через них ниже тока удержания, что при- водит к закрытию всех тиристор. В качестве датчиков тока используются оптопары, кото- рые поступают в микропроцессорную схему управления. Приведенная схема рассчитана при питающем напряжении 24 В.

Резисторы в цепи светодиодов оптро- нов рассчитываются исходя из тока в 10 мА и с учетом падения напряжения на самом све- тодиоде  $U_{VD}$  (1,2–2 В). Резистор, шунтируемый оптроном, может выбираться исходя из того, чтобы на нем было напряжение  $U_{Rоптрон} = U_{VD} + 5...10\%$ , тогда не требуется последо- вательного резистора. Пример этого показан на рис. 2, это резистор  $R3$ . При указанном токе клапана напряжение на нем не превысит 2 В, что составляет  $U_{VD}$ . Резистор  $R2$  рассчитыва- ется исходя из условия срабатывания оптрона при КЗ в остальной части схемы.

Схема имеет два существенных недостатка:

1. Хрупкие герконы. С этим можно смириться, так как герконы должны срабатывать редко и при условии, что они имеют виброзащиту.
2. Сложность схемы управления. Герконы, как «идеальный электронный ключ», имеют специфическую схему замыкания — элек- тромагнитное поле.

Основное достоинство — повышенное КПД, так как обеспечивается исключение протека- ния тока в схеме тогда, когда это не нужно. В среднем КПД повышается в 1,35–1,75 раза, в зависимости от частоты управляющего сиг- нала  $Q$ , генерируемого в программе МК.

При малых коммутируемых токах и на- пряжениях герконы можно заменить тран- зисторами, но с эквивалентными тиристор параметрами, так как на время запира- ния тиристора именно транзистор берет на себя ток тиристора. Но здесь появляются свои плюсы и минусы.

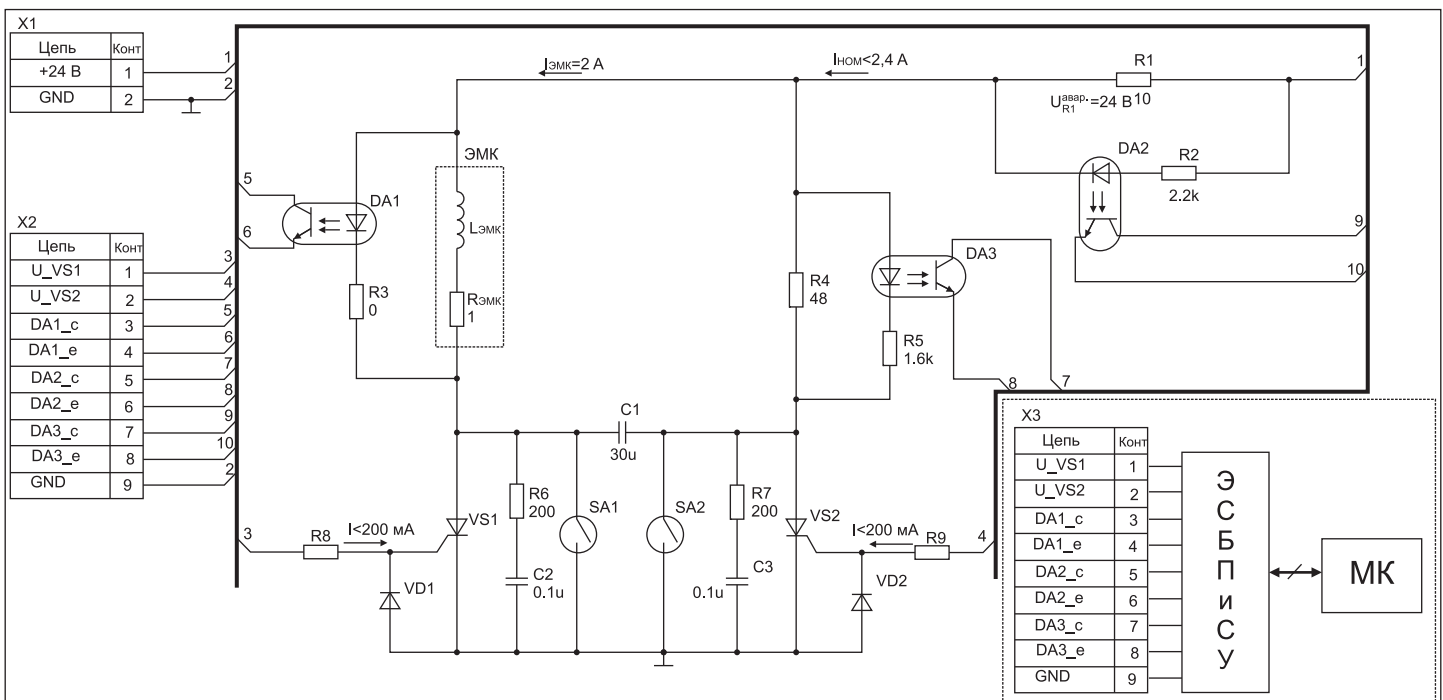


Рис. 2. Схема силового блока по схеме СГТП и функциональная схема микропроцессорной схемы управления. ЭСБПиСУ – электрическая схема блока преобразования и согласования уровней