

Ключ на базе симистора для коммутации нагрузок переменного тока

В.Г. Петько, д.т.н., профессор, И.А. Рахимжанова, д.с.-х.н., А.М. Старожуков, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Для коммутации входных цепей контакторов и магнитных пускателей с целью автоматического управления электродвигателями (ЭД) и другими нагрузками часто используются бесконтактные ключи на тиристорах и симисторах, на управляющие входы которых в течение полупериода напряжения подаётся или постоянный управляющий ток, или серии импульсов [1–3]. Однако для открытия ключа и удержания его в открытом состоянии в течение всего полупериода сетевого напряжения достаточно подавать управляющие импульсы только в начале каждого из полупериодов. Постоянный ток управления или все остальные следующие друг за другом в течение полупериода импульсы после открытия ключа приводят лишь к излишней нагрузке источника питания. Использование простого по устройству и малогабаритного бестрансформаторного источника питания на делителях напряжения приводит к снижению напряжения на выходе источника и возможному сбою других питаемых от этого источника узлов схемы управления состоянием ключа.

Недостатком управления ключом серией импульсов является также и то, что за короткое время импульса при индуктивной нагрузке ключа, каковой является катушка магнитного пускателя или контактора, ток не успевает возрасти до тока удержания симистора или тиристора, и они снова закрываются, как только импульс исчезает. Для устранения этого явления катушка магнитного пускателя шунтируется конденсатором, включённым последовательно с резистором, ограничивающим броски тока при подаче напряжения на конденсатор [4]. По сравнению с другими элементами устройства управления и конденсатор, и резистор относительно громоздки. Это создаёт проблемы при их размещении в блоке устройства управления.

Материал и методы исследования. Свободным от указанных недостатков является предлагаемый авторами ключ на базе симистора, на управляющий электрод которого подаются одиночные импульсы в начале каждого полупериода питающего напряжения. При этом длительность импульса ограничивается временем открытия симистора. На рисунке изображена схема этого ключа, в таблице – параметры элементной базы ключа.

Ключ состоит из симистора VS1, включённого последовательно с катушкой KM1 магнитного пускателя, рассчитанного на переменное напряжение 220В, а также выполненного на комплементарной паре транзисторов VT1 и VT2 и резисторах R1...

R4 коммутатора тока, протекающего через управляющий электрод симистора. В свою очередь управление коммутатором (включение и отключение), а следовательно, и состоянием симистора осуществляется подачей тока управления i_y с выхода логического блока устройства управления во входную цепь ключа, содержащего конденсатор C1 и диоды VD1...VD4.

Дополнительно в схему ключа введён второй коммутатор, на транзисторах VT3 и VT4, блокирующий включение первого коммутатора в периоды, когда симистор открыт. Блокировка осуществляется по сигналу, поступающему на вход коммутатора (база транзистора VT3) от схемы контроля состояния симистора, выполненной на транзисторах VT5 и VT6.

Источник питания ключа выполнен по простой бестрансформаторной схеме, включающей резистор R10, стабилитрон VD5, диод VD6 и конденсатор C2.

Результаты исследования. Работа ключа осуществляется в следующей последовательности. Если на вход ключа поступает сигнал отключения в виде тока положительной полярности i_y , конденсатор C1 заряжается положительно, транзистор VT1, а следовательно, и транзистор VT2 закрыты. Закрыт и симистор VS1. Катушка KM1 магнитного пускателя обесточена, нагрузка, в качестве которой чаще всего выступает электродвигатель той или иной технологической установки, отключена. При этом напряжение на аноде симистора близко к фазному напряжению сети, под действием которого через резистор R6 и диод VD4 на обкладку конденсатора C1 в положительный полупериод сетевого напряжения поступает положительный ток обратной связи, усиливающий действие входного сигнала. Отрицательная полуволна тока обратной связи будет сбрасываться через диод VD3 на нулевую шину.

Под действием напряжения с анода закрытого симистора через резистор R9 и базы транзисторов VT5 и VT6 на нулевую шину будет протекать ток

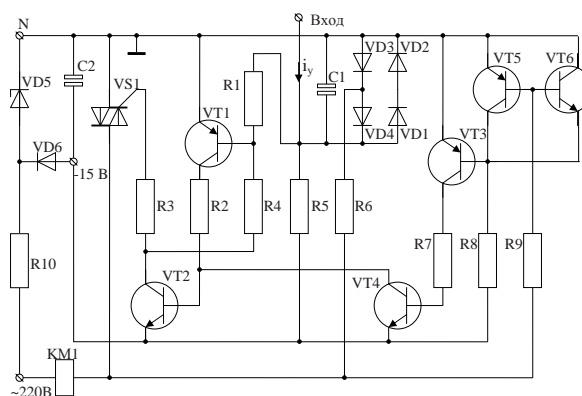


Рис. – Ключ переменного тока

Параметры элементной базы ключа [5, 6]:

R1	Рез-р С2-23-0,25-7,5кОм±10%-А-В-В ОЖО467081ТУ
R2, R5,	Рез-р С2-23-0,25-33кОм±5%-А-В-В ОЖО467081ТУ
R3	Рез-р С2-23-0,25-200 Ом±5%-А-В-В ОЖО467081ТУ
R4	Рез-р С2-23-0,25-360кОм±5%-А-В-В ОЖО467081ТУ
R6	Рез-р С2-23-0,25-3 МОм±5%-А-В-В ОЖО467081ТУ
R7, R8	Рез-р С2-23-0,5-56кОм±10%-А-В-В ОЖО467081ТУ
R9	Рез-р С2-23-0,25-1,6 МОм±5%-А-В-В ОЖО467081ТУ
R10	Рез-р С2-23-2-51 кОм±5%-А-В-В ОЖО467081ТУ
C1	Конд-р К-53-19-6,3В-47мкФ±20%- ОЖО. 464 133ТУ
VS1	Триак BT136 600D
VT1, VT3, VT5	Транзистор КТ3107Б ААО.336170ТУ
VT2, VT4, VT6	Транзистор КТ3102Б ААО.336122ТУ
VD5	Стабилитрон КС215Ж аАО.336211ТУ
VD1...VD4, VD6	Диод 1N4007

(в положительный полупериод через базу транзистора VT6, а в отрицательный — через базу транзистора VT5). Оба транзистора будут открыты, шунтируя переход эмиттер-база транзистора VT3. Вследствие этого транзистор VT3, а вместе с ним и транзистор VT4 будут закрыты.

При разрешающем включение нагрузки сигнале поступление тока положительной полярности от логического блока устройства управления на вход ключа прекратится, и конденсатор C1 отрицательным током через резистор R5 зарядится отрицательно. Это приведёт к возникновению тока по цепи: «нулевая шина — эмиттер — база транзистора VT1 — резистор R1 — обкладка конденсатора C1». Транзистор откроется. По цепи «нулевая шина — эмиттер — коллектор транзистора VT1 — резистор R2 — и (при закрытом транзисторе VT4) база — эмиттер транзистора VT2 — шина -15 В источника питания». Это повлечёт за собой открытие транзистора VT2. На коллекторе транзистора VT2 установится напряжение, близкое к -15В, под действием которого через управляющий переход симистора VS1 по цепи «нулевая шина — катод-управляющий электрод симистора — резистор R3 — коллектор — эмиттер транзистора VT2 — шина -15В источника тока».

Симистор откроется, что приведёт в конечном итоге к подаче напряжения ~220В на катушку KM1 магнитного пускателя, срабатыванию магнитного пускателя и включению нагрузки. А так как напряжение на аноде симистора упадёт до нуля, закроются транзисторы VT5 и VT6, откроются транзисторы VT3 и VT4. Последний зашунтирует переход эмиттер — база транзистора VT2, что приведёт к его закрытию и прекращению протекания импульса тока через управляющий переход симистора. Следовательно, ток через управляющий переход симистора будет протекать ровно столько, сколько нужно для открытия симистора.

В начале следующего полупериода, пока симистор ещё не открыт, появившееся на его аноде

напряжение снова откроет транзисторы VT5 и VT6. Закроются транзисторы VT3 и VT4, расшунтируется переход эмиттер — база транзистора VT2 и при открытом транзисторе VT1 транзистор VT2 также откроется, подав ток управления на симистор ровно настолько, как было показано выше, насколько необходимо для открытия симистора.

Выводы. Предложенный ключ загружает источник питания ключа ничтожно малым током, не приводящим к понижению напряжения на выходе источника. Не требуется также и установка громоздких конденсатора и резистора, шунтирующих обмотку магнитного пускателя. Достоинством ключа является также и то, что за счёт наличия внутренней (через резистор R4) и внешней (через резистор R6) положительных обратных связей характеристика вход-выход ключа имеет гистерезисный характер. Это исключает вибрацию магнитной системы и дребезг контактов магнитного пускателя при переключении.

Ключ может быть изготовлен самостоятельно в условиях любого сельскохозяйственного предприятия (табл.).

Литература

1. АС СССР 1042145 А1, Тиристорный регулятор / Петько В.Г.; Заявит. и патентообладатель Оренбургский сельскохозяйственный институт; опубл. 15.09.1983. Бюл. № 34.
2. АС СССР 995193 А1, Устройство для предпусковой защиты трёхфазного электродвигателя от обрыва цепи обмоток и пробоя изоляции на корпус / Петько В.Г.; Заявит. и патентообладатель Оренбургский сельскохозяйственный институт; опубл. 15.09.1983. Бюл. № 34.
3. Петько В.Г. Комбинированная защита электродвигателей от аварийных режимов // Техника в сельском хозяйстве. 2000. № 4. С. 26–28.
4. Петько В.Г., Рахимжанова И.А., Старожуков А.М. Ключ для коммутации входных цепей контакторов и магнитных пускателей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (58). С. 68–71.
5. Полупроводниковые приборы. Диоды выпрямительные, стабилитроны, тиристоры: справочник // А.Б. Гитцевич, А.А. Зайцев, В.В. Мокряков [и др.] / Под ред. А.В. Голомедова. М.: Радио и связь, 1989. 528 с.
6. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА: справочник / Н.Н. Акимов, Е.П. Ващуков, В.А. Прохоренко, Ю.П. Ходоренок. Минск: Беларусь, 1994. 591 с.