

## Ключ для коммутации входных цепей контакторов и магнитных пускателей

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

Для управления электродвигателями (ЭД) и другими нагрузками в диапазоне токов от единиц до 160 ампер используются магнитные пускатели (МП) самых различных модификаций и величин. Большие по величине токи, вплоть до тысячи ампер, коммутируются контакторами переменного тока.

МП и контактор имеют входную цепь в виде обмотки переменного тока на напряжение 220 или 380 вольт. Мощность, потребляемая обмоткой, как правило, значительно больше мощности сигнала управления, поступающего от логического блока устройства управления. Сигнал представлен к тому же постоянным током или напряжением. Поэтому выходные каскады управляющего устройства сигнал управления должны преобразовать по величине напряжения, модулировать и усилить по мощности.

Другой особенностью электромагнитной системы переменного тока контакторов и МП является то, что в момент подачи на обмотку напряжения наблюдается большой пусковой ток, так как магнитопровод разомкнут и имеет поэтому большое магнитное сопротивление, а обмотка малое индуктивное сопротивление. Это обстоятельство требует, чтобы выходной каскад устройства управления, нагрузкой которого является обмотка МП, обладал достаточно малым внутренним сопротивлением и большой перегрузочной способностью.

Кроме того, специфика работы магнитной системы переменного тока заключается также и в том, что промежуточные (между нулевым и номинальным) значения напряжения на обмотке вызывают вибрацию магнитопровода, перегрев и перегорание обмотки, искрение и образование электрической дуги на силовых контактах. Следовательно, следующее требование к выходному каскаду заключается в том, чтобы он работал строго в ключевом режиме.

Такой сигнал может быть сформирован устройством управления с выходным каскадом (ключом) на основе электромагнитного реле, управляемого, в свою очередь, достаточно слабым сигналом с выхода логического блока устройства управления через промежуточный усилитель. Однако большую надёжность и меньшие габариты у бесконтактных ключей переменного тока на основе тиристоров [1] или симисторов [2] средней мощности. Тем не менее и они имеют ток управления, значительно превосходящий выходной ток логического блока устройства управления, поэтому требуют усиления сигнала. Промоздкими будут и источники питания для питания усилителей. Выход из данной ситуации

можно найти в использовании импульсных схем отпирания тиристоров.

На рисунке 1 представлена одна из схем ключа переменного тока с генератора импульсов, предложенная авторами настоящей работы. Генератор (на схеме он выделен прямоугольником) выполняет функцию входного каскада ключа на симисторе VS1, коммутирующем непосредственно катушку магнитного пускателя KM1. Ключ имеет устойчивые характеристики и положительно зарекомендовал себя на практике.

Сигнал управления с выхода электронного устройства управления, преобразованный в ток  $i_y$ , подается на конденсатор C1 схемы. При этом, если сигнал тождественен логической единице, т.е. на вход подан сигнал отключения ЭД, а для выбранной полярности источника тока это положительный ток, конденсатор C1 заряжается положительно (рис. 2, диагр. 1А и 2А). Через резистор R3 протекает ток по цепи: клемма X1 – диод VD2 – резистор R3 – минус источника оперативного тока. Через базу транзистора VT1, имеющую более низкий потенциал, чем входная клемма X1, ток не течёт. Транзистор закрыт. Закрыт также и транзистор VT2. На выходных клеммах X3 и X4, подключенных непосредственно или для гальванической развязки через импульсный трансформатор к входу симистора, установленному на выходе ключа, напряжение равно нулю (рис. 1). Симистор закрыт. МП и, следовательно, электродвигатель отключены.

Как только полярность тока  $i_y$ , поступающего на обкладку конденсатора C1, станет отрицательной (рис. 2, диагр. 1В), т.е. на вход ключа поступит разрешающий включение ЭД сигнал, конденсатор C1 начнет перезаряжаться. Потенциал его обкладки, присоединённой к входной клемме X1, станет уменьшаться и, когда он установится несколько меньше потенциала нулевой шины, ток резистора R3 начнёт частично проходить и по цепи эмиттер–база транзистора VT1. Транзистор VT1 приоткроется, потечёт ток по цепи: нулевая шина – эмиттер – коллектор транзистора VT1 – резистор R2 – база–эмиттер транзистора VT2 – минус источника тока. Транзистор VT2 также приоткроется, а напряжение на его коллекторе уменьшится. В результате через конденсатор C2 потечёт ток, который, замыкаясь по цепи эмиттер – база транзистора VT1, ещё более увеличит степень открытия транзисторов, что в свою очередь приведёт к ещё большему увеличению этого тока и к ещё большему увеличению степени открытия транзисторов. Процесс приобретёт лавинообразный характер и закончится полным насыщением транзисторов. На выходе (клеммы X3 и X4) уста-

новится напряжение  $U_{K2}$ , близкое по величине к напряжению источника питания  $U_{II}$  (-15В).

Через конденсатор  $C2$ , так как он полностью зарядится до напряжения  $U_{K2}$ , протекание тока прекратится, и ток базы транзистора  $VT1$  снова уменьшится. Через несколько микросекунд транзисторы выйдут из насыщения, напряжение  $U_{K2}$  по абсолютной величине несколько уменьшится. При этом возникнет ток разряда конденсатора  $C2$ , который, вычитаясь из тока  $i_{R3}$ , вызовет ещё большее уменьшение тока базы транзистора  $VT1$ . Транзистор  $VT1$ , а вместе с ним и транзистор  $VT2$  начнут закрываться, что вызовет дальнейшее уменьшение напряжения на коллекторе транзистора  $VT2$ , увеличение тока  $i_{C2}$  и, как итог лавинообразного процесса, переход транзисторов в режим отсечки.

Напряжение  $U_{K2}$  станет при этом равным нулю, а напряжение базы транзистора  $VT1$   $U_{B1}$  за счёт остаточного напряжения на конденсаторе  $C2$  равным  $U_{II}$  с обратным знаком (рис. 2, диагр. 3В). В течение времени паузы  $T$ , времени, определяемого постоянной времени разряда RC-цепи, состоящей из резистора  $R3$  и конденсатора  $C2$ , транзисторы

закрываются, а напряжение  $U_{B1}$  по мере разряда конденсатора  $C2$  уменьшается. Как только оно станет несколько меньше нуля, транзистор  $VT1$ , а с ним и транзистор  $VT2$  в порядке, описанном выше, откроются и через некоторое время снова закроются. Время прохождения импульса  $T_{II}$  обычно составляет несколько микросекунд.

Таким образом, схема будет генерировать мощные импульсы, длительность которых при соответствующем подборе сопротивления резистора  $R1$  и ёмкости конденсатора  $C2$  может быть в десятки раз меньше времени паузы, а частота следования достигать нескольких десятков килогерц. Импульсы, воздействуя на управляющий переход тиристора или симистора ключа, надёжно переводят его в открытое состояние.

При генерировании импульсов конденсатор  $C1$  начинает разряжаться не только током управления  $i_y$ , но и перестаёт заряжаться по второму контуру положительной обратной связи, образованному резистором  $R4$  и диодами  $VD3$  и  $VD4$ . Напряжение на нём в результате этого быстро переходит через порог срабатывания схемы генерации импульсов,

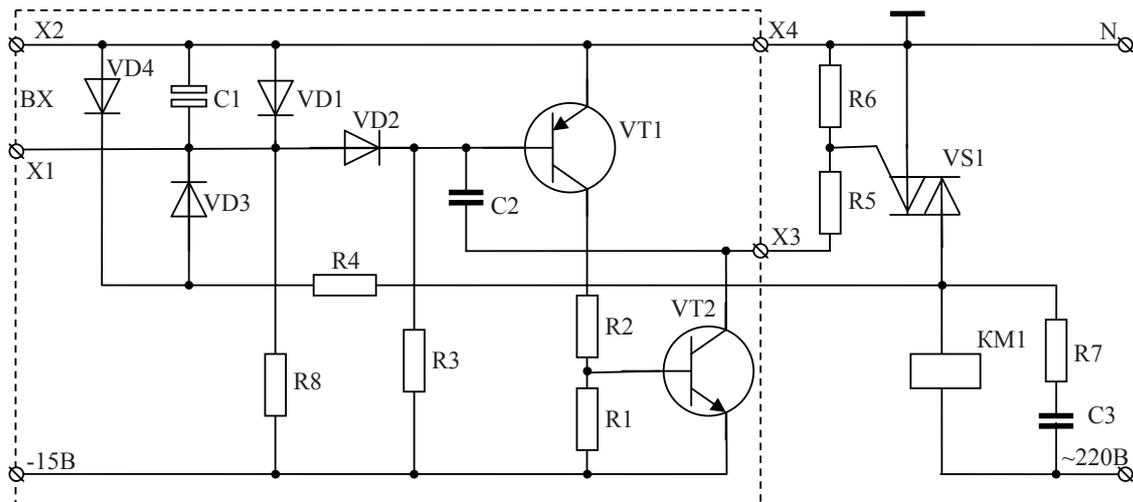


Рис. 1 – Принципиальная схема ключа переменного тока

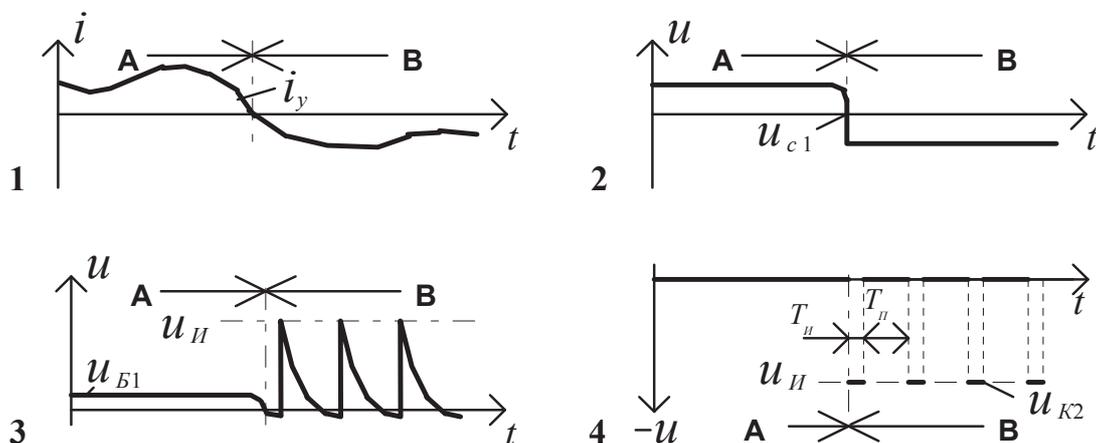


Рис. 2 – Диаграммы токов и напряжений генератора импульсов

обеспечивая чёткость и устойчивость перехода ключа как из состояния «отключено» в состояние «включено», так и наоборот.

За короткое время импульса при индуктивной нагрузке симистора, каковой является катушка магнитного пускателя, ток симистора не успевает возрасти до тока удержания, и он снова закрывается, как только импульс исчезает. Для устранения этого явления катушка магнитного пускателя шунтируется конденсатором С4, ёмкостью не менее 0,47 мкФ, включённым последовательно с резистором R9, ограничивающим броски тока при включении конденсатора.

Достоинством данной схемы генератора импульсов является также то, что она не требует мощного источника питания. Действительно, при токе импульса до нескольких сот миллиампер средняя величина тока импульсов за счёт большой их скважности составляет всего несколько

миллиампер. Такой ток легко можно получить от простейшего бестрансформаторного источника питания. Однако такой источник должен иметь накопитель энергии (сглаживающий конденсатор достаточной ёмкости) для того, чтобы поддержать сравнительно большой ток в период прохождения импульса. В наибольшей степени данный ключ может быть применён в многоканальных устройствах управления и защиты электродвигателей [3].

### **Литература**

1. АС СССР 1042145 А1, Тиристорный регулятор / Петько В.Г.; Заявитель 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.; Заявитель 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.