

Раздел 3. Системы управления силовыми электронными аппаратами

Тема 3.3. Формирователи импульсов управления

Управление биполярным транзистором

Формирователями импульсов управления (ФИУ) называется особый класс усилителей, предназначенных для усиления информационного сигнала управления до сигнала с параметрами, необходимыми для гарантированного включения и выключения полупроводникового ключа. Помимо требований к мощности сигнала управления ключом, часто предъявляются требования к форме сигнала, поэтому иногда ФИУ называют усилителем-формирователем импульсов управления. Схемотехника ФИУ в первую очередь зависит от типа управляемого прибора. Особенности схемотехники ФИУ определяются статическими и динамическими свойствами.

Основными требованиями, предъявляемыми к ключу на биполярном транзисторе, являются гарантированное насыщение транзистора током базы, обеспечивающее беспрепятственное протекание тока коллектора на интервале, когда транзистор должен быть включен, и снижения тока утечки на интервале, когда транзистор должен быть выключен. Идеальная форма базового тока i_b и напряжения база-эмиттер U_{be} биполярного транзистора представлены на рис. 9.24.

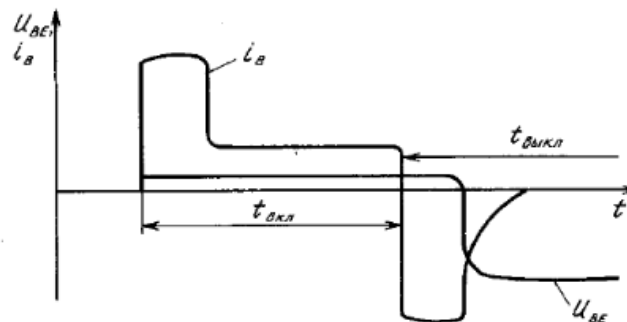


Рис. 9.24. Идеальный импульс управления биполярным транзистором

При реализации такого импульса необходимо учитывать следующее:

- повышенная амплитуда тока базы при включении обеспечивает снижение времени задержки на включение;
- биполярный транзистор включается током, поэтому ФИУ должен соответствовать источнику тока, а не источнику напряжения (это приводит к снижению потерь на управление);
- после включения ток базы снижается, в результате чего накопленный в базе заряд уменьшается (это приводит к снижению времени для следующего выключения);
- импульс обратного тока базы при выключении приводит к более быстрому спаду тока коллектора i_c , т.е. к более быстрому выключению;
- после выключения обратное напряжение база-эмиттер U_{be} обеспечивает повышение допустимого напряжения коллектор-эмиттер U_{ce} и снижает ток утечки транзистора.

На практике необязательно осуществлять такое сложное управление, требующее дополнительных устройств в цепях ФИУ. Требования к сигналу управления определяются требованиями к быстродействию ключа (рабочая частота коммутаций) и к потерям в нем. Проблема в создании ФИУ биполярных транзисторов состоит еще и в том, что не всегда возможно соединение „земли“ системы управления и эмиттера транзистора. Часто нагрузка

подключается к эмиттеру транзистора. В этом случае необходимость гальванической развязки между цепями системы управления и силовой схемой является обязательной функцией ФИУ.

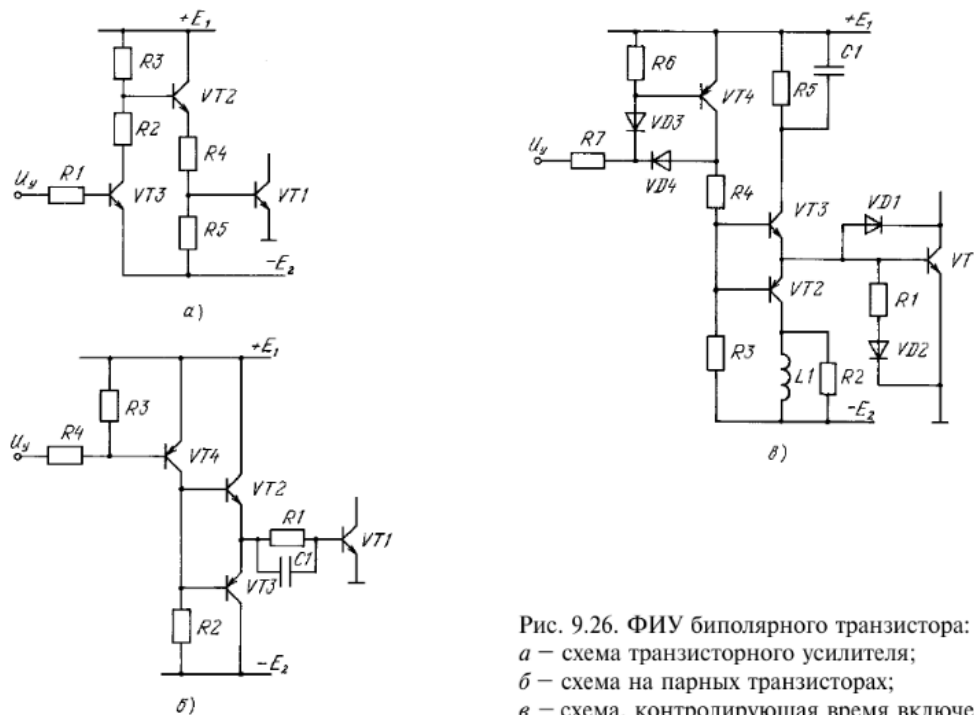


Рис. 9.26. ФИУ биполярного транзистора:
 а – схема транзисторного усилителя;
 б – схема на парных транзисторах;
 в – схема, контролирующая время включения и выключения

Простейшая схема ФИУ биполярного транзистора представлена на **рис. (9.26,а)**. В схеме реализован усилительный каскад с двумя дополнительными транзисторами для увеличения маломощного сигнала микросхемы до необходимого значения и источником отрицательного напряжения для создания в моменты паузы (когда ключ выключен) отрицательного смещения. Это способствует более полному и более надежному запирающему транзистора. Для уменьшения потребляемой ФИУ мощности применяют парные (комплементарные) транзисторы VT2, VT3, работающие попеременно **рис.9.26**. Когда импульс управления отсутствует ($U_{упр} = 0$), транзистор VT4 открыт, и через его коллектор протекает отпирающий ток базы VT2. Силовой транзистор VT1 открывается усиленным током коллектора транзистора VT2. Транзистор VT3 при этом заперт, так как его эмиттер имеет отрицательный потенциал относительно базы. Через конденсатор C1 проходит ток базы силового транзистора, обеспечивая бросок тока для его быстрого включения. В момент поступления импульса от микросхемы управления транзисторы VT4 и VT2 закрываются, а транзистор VT3 включается напряжением конденсатора C1, который разряжаясь обеспечивает запирающий базовый ток силового транзистора.

Для повышения быстродействия биполярного транзистора при выключении необходимо не допускать его глубокого насыщения. С этой целью используются дополнительные элементы, входящие в состав драйвера или в качестве отдельных дополнительных цепей. На **рис 9.26в** приведена схема с использованием дополнительных диодов, подключённых к транзистору VT. Диод VD1, соединяющих коллектор транзистора с цепью управления, обеспечивает напряжение коллектор-эмиттер транзистора VT, примерно равное напряжению база-эмиттер. Такое распределение напряжений обеспечивает работу транзистора в режиме, близком к насыщению. Диод VD3 обеспечивает протекание обратного тока при запирающем транзистора.

Управление МОП-ПТ и МОП-БТ транзисторами

Особенности управления полевым транзистором связаны, во-первых, с тем, что при

постоянном напряжении затвор-исток через затвор протекает незначительный ток (примерно несколько наноампер), во-вторых на процессы включения и выключения значительное влияние оказывает входная емкость транзистора, скорость перезаряда которой определяет время включения и выключения транзистора. Управление БТИЗ аналогично полевому транзистору, так как конструктивно затвор БТИЗ аналогичен затвору МОП-транзистора.

Поэтому основные принципы управления полевым транзистором аналогичны принципам управления БТИЗ.

Полевым транзистором можно управлять выходным сигналом микросхемы системы управления, напряжением 5—15 В и током менее ста миллиампер (рис. 9.27,а).

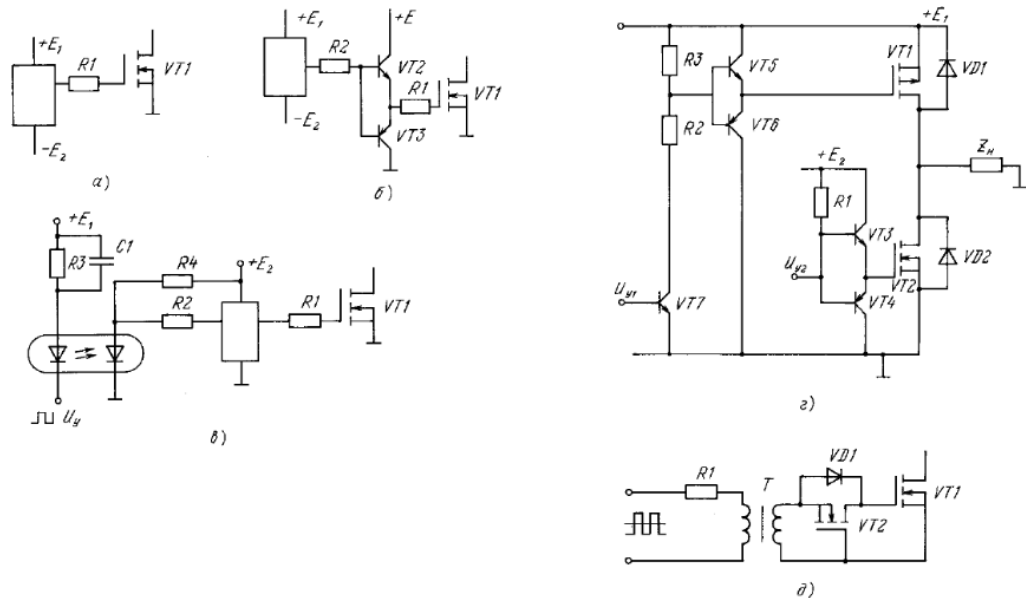


Рис. 9.27. ФИУ полевого транзистора:

а – управление от ИМС; б – усилитель на парных транзисторах; в – схема подключения специальной ИМС для управления полевым транзистором; г – двухтактный ключ на МДП транзисторах; д – схема с гальванической развязкой через импульсный трансформатор

Однако для управления мощными транзисторами применяют усилители, схема которых соответствует схеме двухтактного эмиттерного повторителя на парных биполярных транзисторах (рис. 9.27,б). В этой схеме биполярные транзисторы в активном режиме играют роль источников тока для более быстрого перезаряда входной емкости МОП-транзистора. Очень малые времена переключения могут обеспечиваться специальной быстродействующей ключевой микросхемой (рис. 9.27,в), которая способна переключать ток около одного ампера за десятки наносекунд. В этой схеме просто организуется и гальваническая развязка посредством оптопары. Кроме того, применяют более сложные ФИУ, например двухтактную схему (рис. 9.27,г) или с использованием импульсного трансформатора (рис. 9.27, д)

Управление тиристором

Схема управления тиристором подает на управляющий электрод импульсы только на включение. Подача импульса должна происходить тогда, когда напряжение анод-катод тиристора положительно, в противном случае включение не произойдет. Идеальный импульс на включение (рис. 9.28) должен иметь большую скорость нарастания тока при включении и повышенную амплитуду в начальный момент, что ускоряет процесс включения и снижает вероятность выхода его из строя из-за повышенной скорости нарастания анодного тока di_A/dt .

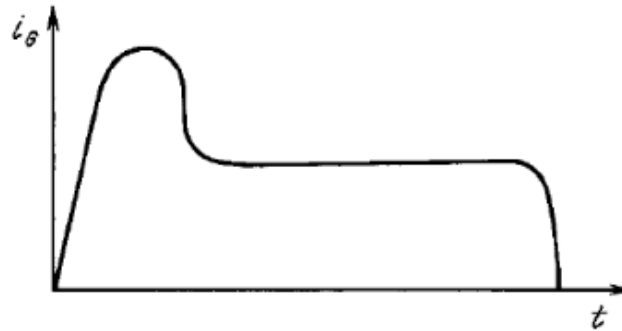


Рис. 9.28. Идеальный импульс управления тиристором

После завершения процесса включения импульс управления желательно „обнулить“, так как продолжительный импульс увеличивает потери мощности в тиристоре. Однако необходимо учитывать, что при наличии в нагрузке индуктивной составляющей процесс включения затягивается, и в этом случае импульс должен иметь повышенную длительность для гарантированного включения.

Типовая схема управления тиристором, использующая импульсный трансформатор, представлена на **рис. 9.29,а**. Диод VD1 и стабилитрон VD2 обеспечивают перематгничивание трансформатора и предотвращают перенапряжение на транзисторе VT1. Резистор R1 ограничивает ток управляющего электрода тиристора VS1 и одновременно ток коллектора транзистора VT1. Резистор R2 защищает тиристор от самопроизвольного включения помехами, а диод VD3 предотвращает появление отрицательного напряжения на управляющем электроде тиристора VS1.

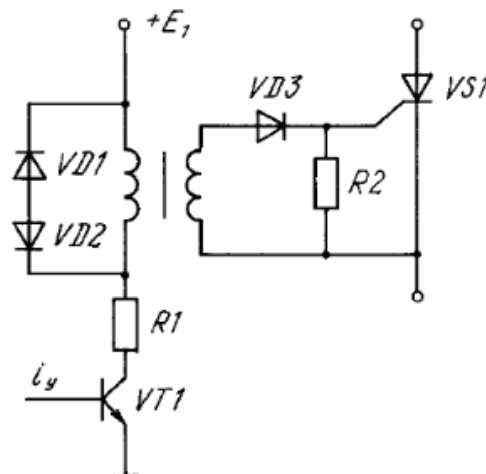


Рис. 9.29. ФИУ обычного тиристора

Запираемый тиристор выключается импульсом отрицательного тока управляющего электрода. Схема драйвера для двухоперационного тиристора значительно сложнее, чем для однооперационного, и по топологии близка к схемам ФИУ биполярного транзистора (**рис. 9.30**).

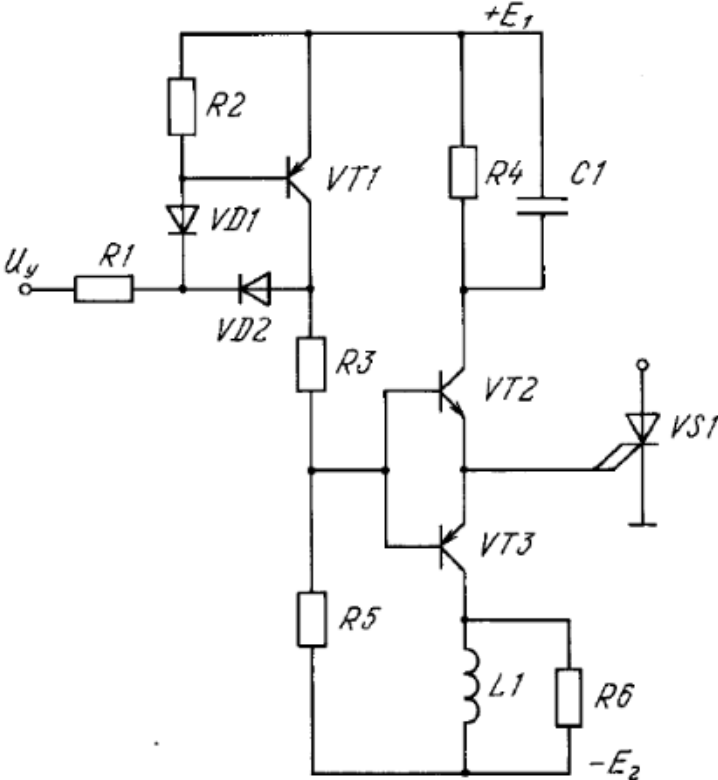


Рис. 9.30. ФИУ запираемого тиристора