

УДК 621.382

## Силовые управляемые ключи на основе тиристорно-транзисторных модулей

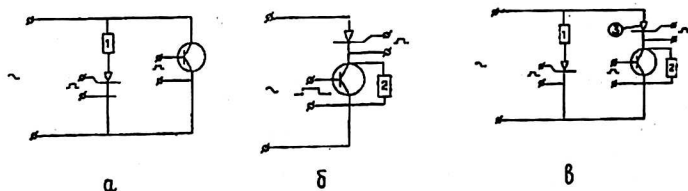
Ю. Т. Захаров

ГУП "Всероссийский электротехнический институт им. В. И. Ленина", Москва, Россия

*Рассмотрена возможность создания силовых управляемых ключей на основе тиристорно-транзисторных модулей. Приведены принципиальные схемы таких ключей. Отмечены особенности их работы и предложен критерий эффективности.*

Развитие силовой электроники стимулирует разработку ключей, сочетающих управляемость с присущими для тиристорных мощностными характеристиками: В этой связи представляет интерес рассмотреть возможность создания ключей на основе тиристорно-транзисторных модулей. В таких модулях основным силовым элементом является тиристор, в то время как функция транзистора заключается в управлении тиристором на стадии его выключения. Принципиальные схемы силовых управляемых ключей на основе тиристорно-транзисторных модулей представлены на рисунке. Остановимся на особенностях работы ключей по этим схемам (см. рисунок).

Первая схема (рисунок, а) представляет собой вариант параллельного соединения тиристора и транзистора. Открытое состояние ключа соответствует открытому состоянию тиристора.



Принципиальные схемы силовых управляемых ключей на основе тиристорно-транзисторных модулей:  
а — первая; б — вторая; в — третья

Его выключение происходит при отпирании транзистора. С этого момента рабочий ток в основном протекает через транзистор. Условием выключения тиристора является выполнение неравенства  $I_{ост} < I_{уд}$ , где  $I_{ост}$  — остаточный ток в тиристоре,  $I_{уд}$  — ток удержания. Выполнение этого условия облегчается при наличии нелинейного сопротивления 1. Следует отметить, что рассматриваемые ключи управляемы в полном смысле этого слова, т. е. их переход в открытое состояние и обратно в закрытое осуществляется под действием коротких незначительных по мощности управляющих импульсов.

По второй схеме (см. рисунок, б) тиристор и транзистор соединены последовательно. В данной схеме используются низковольтные транзисторы, в связи с чем основная часть блокируемого в закрытом состоянии напряжения падает на тиристоре. Поскольку в момент перехода из открытого состояния в закрытое напряжение блокируется только транзистором, во избежание его пробоя предусматривается защитное устройство 2.

Третья схема (см. рисунок, в) по сути повторяет особенности первых двух. В ней тиристор соединен параллельно с шунтирующей цепью, состоящей из последовательно соединенных вспомогательного тиристора 3 и транзистора. Транзистор заметно уступает основному тиристорам как по номинальному току так и напряжению и в этой связи в максимальной степени отвечает своему прямому назначению — управлять основным тиристором на стадии его выключения. Так же как и в случае первой схемы ключи по третьей схеме управляются короткими незначительными по мощности импульсами.

Хотя на схемах показаны биполярные транзисторы, в них могут быть использованы полевые транзисторы и биполярные с изолированным затвором; какие-либо особые ограничения на рабочие характеристики рассматриваемых ключей отсутствуют, а их выходные параметры определяются согласованными между собой параметрами составных элементов.

Рассмотрим эффективности рассматриваемых модулей. Критерий этой эффективности определяется как отношение произведений рабочих параметров тиристора и транзистора:

$$K_{\text{эф}} = \frac{I_{TRM} U_{DRM}}{I_{C_{\max}} U_{CE_{\max}}}, \quad (1)$$

здесь  $I_{TRM}$  — повторяющийся импульсный ток в открытом состоянии;

$U_{DRM}$  — повторяющееся импульсное напряжение в закрытом напряжении;

$I_{C_{\max}}$  — максимально допустимый ток коллектора;

$U_{CE_{\max}}$  — максимально допустимое напряжение коллектор—эмиттер.

Для схем 1 и 2 формула (1) приобретает вид:

$$K_{\text{эф}1} = \frac{I_{TRM}}{I_{C_{\max}}}, \quad (2)$$

$$K_{\text{эф}2} = \frac{U_{DRM}}{U_{CE_{\max}}}. \quad (3)$$

Как следует из формул (2) и (3) наибольшие потенциальные возможности в отношении эффективности заложены в схеме 3, поскольку в этом случае во внимание принимаются как рабочие токи, так и напряжения составных элементов модуля. Тем не менее применение ключей, собранных по схемам 1 и 2, также может оказаться вполне оправданным. Критерий  $K_{\text{эф}1}$  ключей по схеме 1 достигает приемлемого значения в случае, если максимальный рабочий ток существенно превышает ток в момент его выключения. Такой режим, к примеру, реализуется в процессе работы электродвигателей, поскольку в момент их включения значение пускового тока может многократно превысить установившееся. С другой стороны, использование ключей по схеме 2 оказывается предпочтительным, когда при относительно небольших рабочих токах необходимо блокировать достаточно высокое напряжение в закрытом состоянии.

## **Power controlled thyristor-transistor module-based switches**

*Yu. T. Zakharov*

The Lenin's All-Russian Electrotechnical Institute, Moscow, Russia

*The possibility of manufacturing the power controlled thyristor-transistor module-based switches is considered. Basic circuits of the devices are presented. The peculiarities of their operation are noted and the criterion of the efficiency is given.*