

жа. Плохая топология проводников может привести к чрезмерным перенапряжениям и неконтролируемому переключению. Возможная топология платы показана на рис. 5.18.

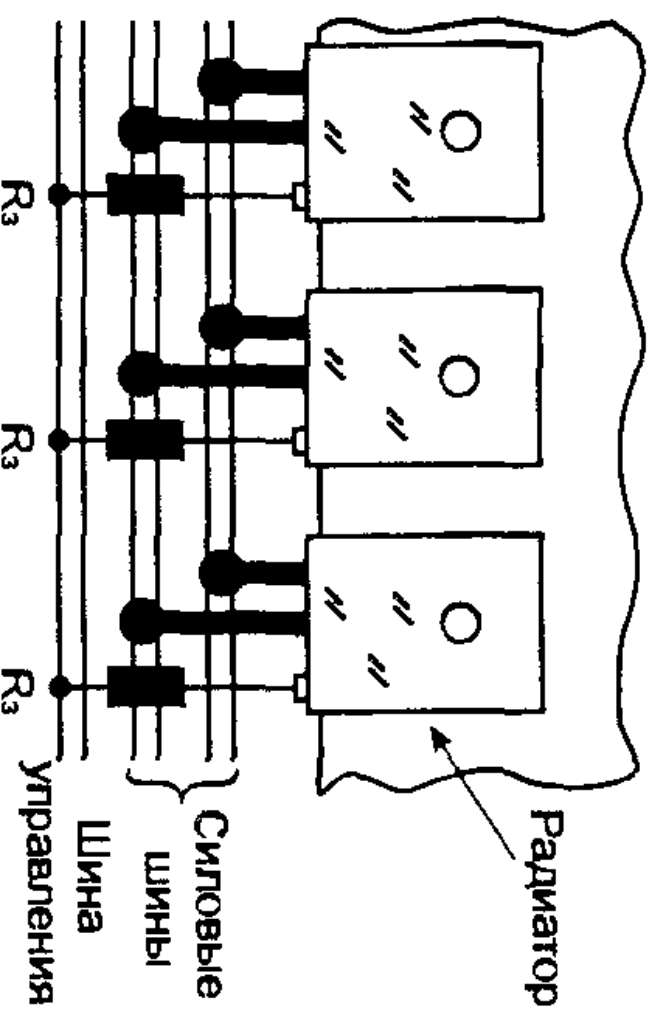


Рис. 5.18. Вариант параллельной разводки печатной платы

Способы современной защиты от перенапряжений мы рассмотрим в разделе, посвященном защитным диодам TRANSIL.

8.5. Немного о параллельной работе IGBT

И вновь мы возвращаемся к разговору о параллельной работе силовых полупроводниковых приборов с целью распределения токовой нагрузки. Наиболее актуальной эта тема является для радиолюбителей, которые зачастую не могут приобрести мощные транзисторы из-за их высокой цены. Насколько возможно реализовать стремление читателей к параллельному включению нескольких IGBT приборов? Можно ли обойтись без токовыравнивающих резисторов в эмиттерных цепях?

Ведущие мировые производители элементной базы, в частности «International Rectifier», «Siemens» и другие, провели подробное исследование режимов работы параллельно включенных IGBT-приборов. Они установили, что IGBT-транзисторы более подвержены несимметрии режимов при параллельном включении, чем транзисторы MOSFET, однако в случае выполнения несложных схемотехнических и конструктивных рекомендаций IGBT «работают» гораздо лучше «биполярников».

Транзисторы IGBT одного типа и наименования можно соединять параллельно без эмиттерных токовыравнивающих резисторов, а это значит, что мы сразу избавляемся от потерь мощности на их активном сопротивлении. Особенно важно «поставить» все транзисторы в одинаковые температурные условия, то есть обеспечить их равномерный прогрев. На рис. 8.13 показан результат исследования нагрева параллельно включенных транзисторов, причем кривая «1» отражает поведение абсолютно согласованных по тепловому режиму приборов (идеальный случай), кривая «2» — поведение приборов, установленных на общий радиатор, кривая «3» — установленных на разные радиаторы. Хорошо видно, что установка транзисторов на общий радиатор (симметрично, в максимальной близости друг от друга) создает тепловой режим, близкий к идеальному. Токовая нагрузка транзисторов, «работающих» параллельно, должна быть для каждого не более 80...90% от максимального тока коллектора одиночного прибора.

Второе условие нормальной работы параллельно включенных IGBT-приборов — минимально возможная длина связей между одноименными силовыми и управляющими цепями. Это условие продиктовано тем, что протяженные связи обладают высокой паразитной индуктивностью. При протекании тока индуктивность накапливает энергию, что является причиной выбросов напряжения при резком изменении токов (в режиме коммутации). В результате этих процессов транзисторы могут быть рассимметрированы по токам коллектора, причем тем больше, чем выше частота коммутации. Свести к минимуму влияние паразитных индуктивностей позволит конструктивный узел, показанный на рис. 8.14.

И, наконец, последняя важная рекомендация относится к цепям управления. Соединять непосредственно затворы параллельно вклю-

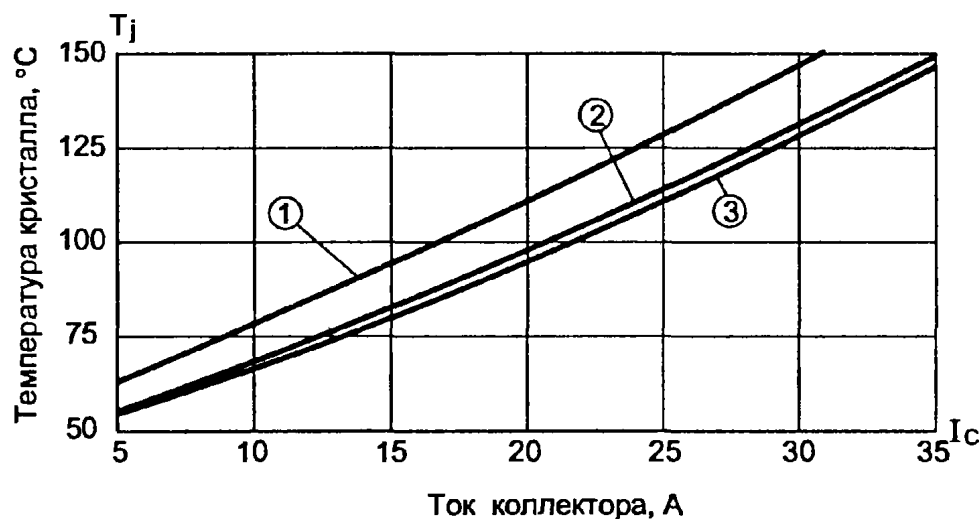


Рис. 8.13. К исследованию возможности параллельной работы IGBT

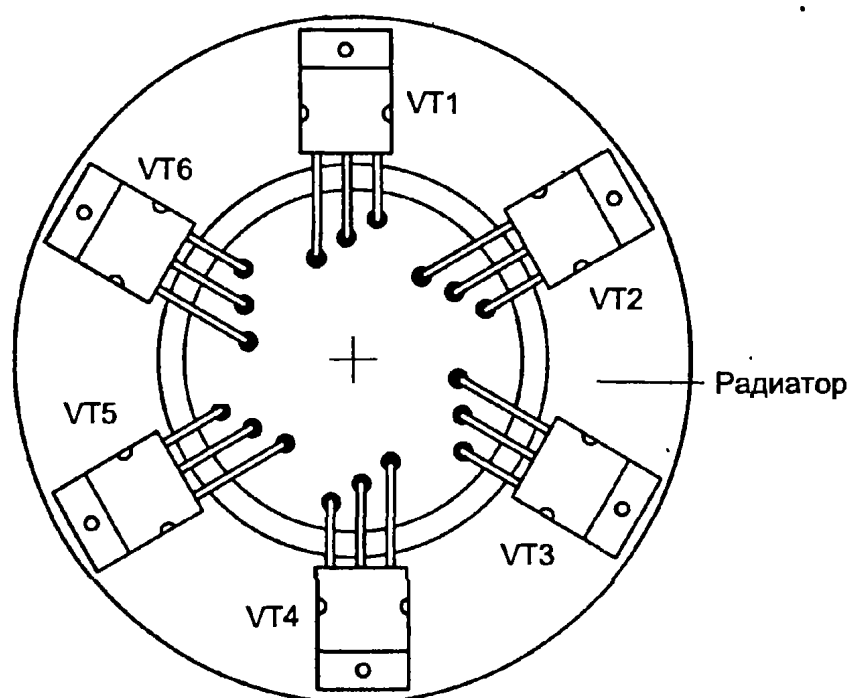


Рис. 8.14. Вариант параллельного включения IGBT

чаемых IGBT-приборов нельзя, так как в процессе коммутации возникает «звон» тока в управляющей части транзисторов, который может привести к их неконтролируемому открытию. Источник «звона» — паразитные эмиттерные индуктивности. Защищаются от «звона» включением затворных резисторов R_g и развязкой цепей «эмиттер силовой» и «эмиттер управления» согласно рис. 8.15. О выборе затворных резисторов было сказано выше. Эмиттерные резисторы R_e , связывающие схему управления с приборами, должны иметь небольшое сопротивление — порядка 0,1 Ом. Эти резисторы должны быть подключены непосредственно к эмиттерам VT1 и VT2, желательно как можно ближе к месту входа их в корпус приборов.

На рис. 8.16 показана возможная схема драйвера управления двумя параллельно включенными транзисторами IGBT. Она обеспечивает за-

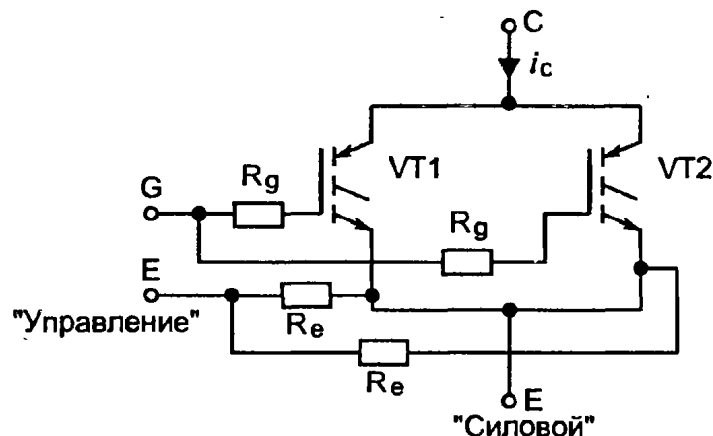


Рис. 8.15. Разводка цепей управления параллельно включенных транзисторов IGBT

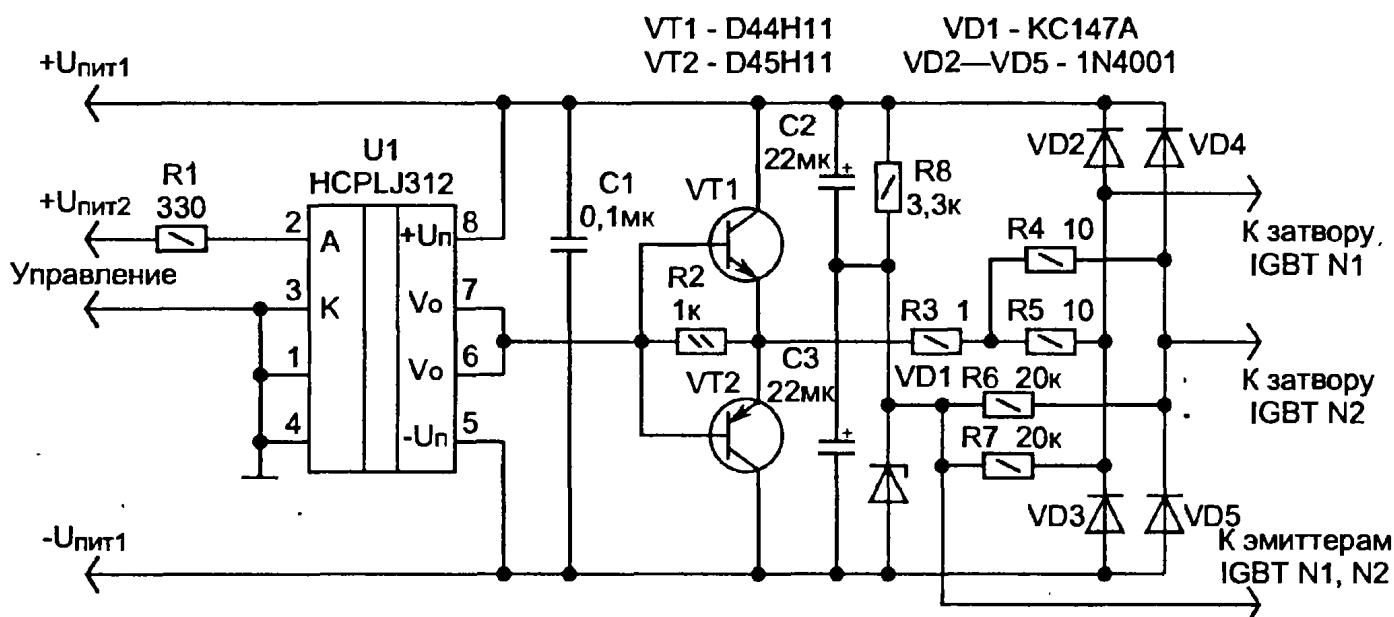


Рис. 8.16. Принципиальная схема драйвера управления IGBT с гальванической развязкой

держку включения и выключения не более 0,6 мкс при напряжении гальванической развязки между цепями не менее 2500 В.

Особенностью этой схемы является гальваническая (оптическая) развязка цепей управления. Входной импульсный сигнал напряжением 5 В подается на контакты «+U_{пит2}» и «Управление». К контактам «2» и «3» микросхемы опторазвязки U1 подключен внутренний светодиод. С выводов «6»-«7» микросхемы сигнал поступает на двухтактный эмиттерный повторитель VT1, VT2, а с него через защитный резистор R3 и затворные резисторы R4, R5 — на затворы внешних IGBT-транзисторов. Резисторы R6, R7 снижают входное сопротивление IGBT-приборов в целях повышения помехоустойчивости. Стабилитрон VD1 фиксирует напряжение 4,7 В на затворах, что позволяет надежнее закрывать IGBT транзисторы. Диоды VD2—VD5 защищают от превышения напряжения затвора выше 19 В и ниже минус 4,7 В. Конденсаторы C1—C3 — фильтрующие. Питание драйвера осуществляется от отдель-