

Применение IGBT-приборов фирмы Motorola

В импульсных сетевых адаптерах

Александр Зыбайло

alex_z@platan.ru

Введение

В настоящее время в производстве понижающих сетевых блоков питания (БП, сетевых адаптеров) небольшой мощности наметилась тенденция замены 50–60-герцовых сетевых трансформаторов на более компактные и менее материалоемкие импульсные трансформаторы, работающие на частотах 50–150 кГц. В качестве основного принципа регулирования в импульсных БП принята широтно-импульсная модуляция (ШИМ), при которой в первичной обмотке трансформатора в зависимости от сигнала обратной связи изменяется скважность импульсов тока. Сигнал обратной связи формируется в зависимости от назначения БП, при этом обычно первичная (высоковольтная) и вторичная (низковольтная) цепи гальванически развязаны. В БП подобного типа для регулирования тока в первичной обмотке применяют высоковольтный МОП-транзистор, допускающий управление сигналом стандартного логического уровня.

В последнее время в упомянутых БП все чаще применяют так называемые БТИЗ-приборы, которые представляют собой модификацию МОП-транзистора. БТИЗ- (или в англоязычной литературе IGBT) приборы хорошо известны в применении к высоковольтной (1200 В и выше) и сильноточной (100 А и более) аппаратуре промышленной автоматики.

Многие изготовители выпускают на рынок БТИЗ-приборы, характеристики которых специально оптимизированы для применения в импульсных сетевых адаптерах небольшой мощности. По совокупности параметров, соотношению цена/качество и удобству управления БТИЗ-приборы в настоящее время превосходят МОП- и биполярные транзисторы.

Краткая характеристика БТИЗ-приборов

БТИЗ-прибор, или биполярный транзистор с изолированным затвором, представляет собой модификацию хорошо известного МОП-транзистора, но характеризуется некоторыми особенностями в связи с наличием дополнительного P+ слоя.

Большие пробивные напряжения, широкая область безопасной работы, удобство управления прибором, устойчивость к быстрому нарастанию напряжения и способность выдерживать большие импульсные токи делают их похожими на МОП-транзисторы. В то же время они лишены таких недостатков последних, как зависимость проводимости канала от температуры и уровня напряжения.

У БТИЗ-приборов отсутствует интегральный встроенный диод, ухудшающий характеристики переключения МОП-приборов. Необходимо отметить, что из-за того, что БТИЗ работают на неосновных носителях заряда, скорость переключения у них ниже, чем у МОП-транзисторов.

Как видно из рис.16, БТИЗ-прибор отличается



от МОП-транзистора тем, что со стороны подложки под всей поверхностью прибора размещена дополнительная P+ область. Области P+ карманов, N+ источника и структура поликремниевого затвора практически не изменены. При такой структуре P+ область, являющаяся одновременно эмиттером внутреннего PNP-транзистора (рис.1б) и коллектором всего прибора, инжектирует свободные дырки в N+ область и



Рис. 16. Структура БТИЗ-прибора

далее в N-область, которая, в свою очередь является областью стока МОП-транзистора, образованного N+ карманом, P- подлегированием области истока «первоначального» МОП-транзистора и N-эпитаксией (она является областью канала «первоначального» МОП-транзистора). В области N-эпитаксии дырки, являясь неосновными носителями (ННЗ), частично рекомбинируют и под действием поля попадают в область P-, а затем в P+ и в выходной контакт.

Как и в обычном биполярном транзисторе, где, изменяя количество носителей, инжектированных в базу, и управляя величиной тянущего поля база-коллектор, можно регулировать его проводимость, в БТИЗ-приборе, управляя поведением носителей в N-области (база внутреннего PNP-транзистора или область затвора «первоначального» МОП-транзистора) изменяют проводимость прибора между контактами эмиттер-коллектор. Поскольку модуляция проводимости N-области производится встроенным МОП-транзистором,

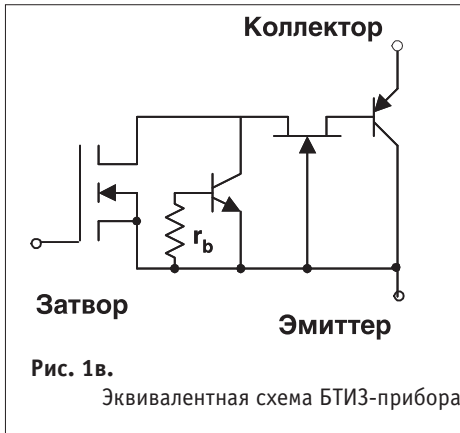


Рис. 1в. Эквивалентная схема БТИЗ-прибора

образованным N+, P-, N- областями, то ток управления имеет величину незначительную и, как в обычном МОП-транзисторе, производит только перезаряд предзатворной области. Это позволяет осуществлять управление БТИЗ-приборами при помощи достаточно маломощных источников.

Пробивные напряжения БТИЗ-приборов достигают величины 1200 В вследствие значительной пространственной протяженности областей и низкого уровня их легирования. При этом за счет дополнительного усиления сигнала с базы внутреннего PNP-транзистора сохраняется достаточная проводимость. Дополнительное увеличение проводимости достигается благодаря наличию второго (уже внутреннего) NPN-транзистора, включенного с PNP-транзистором подложки по схеме псевдо-Дарлингтона (рис.16). Характеристики переключения БТИЗ-приборов гораздо хуже, чем у биполярных транзисторов, но в то же время при больших токах и напряжениях по совокупности характеристик БТИЗ-приборы превосходят и биполярные, и МОП-транзисторы.

Следует заметить, что если при напряжении 100 В падение напряжения на БТИЗ меньше аналогичного на МОП-приборе лишь на 20...25 %, то при 1200 В это различие достигает уже 95...97 %. Температурная зависимость проводимости у МОП-транзисторов и у БТИЗ-приборов также различны. При росте температуры с 20°C до 150°C падение напряжения на МОП-приборе растет на 230...250 %, а на БТИЗ — падает на 20...25 %.

Для использования в импульсных блоках питания (ИП БП) помимо проводимости немаловажное значение имеют также характеристики переключения. Как и у обычного биполярного транзистора, скорость переключения БТИЗ-прибора зависит от времени жизни ННЗ в области N-базы PNP-транзистора. Но в отличие от классического биполярного транзистора, у БТИЗ-приборов отсутствует накопление ННЗ в области базы из-за включения PNP-транзистора по схеме псевдо-Дарлингтона. Поэтому время переключения у приборов БТИЗ меньше, чем у PNP-транзисторов в режиме насыщения. При выключении БТИЗ

присутствует заметный «хвост» тока, что обусловливается рассасыванием ННЗ, накопленных в базе. Рассасывание «хвоста» ведет к увеличению потерь и снижению рабочей частоты прибора. Сильное уменьшение времени жизни ННЗ в области базы приводит к уменьшению потерь при выключении, но потери при включении значительно возрастают, так как необходимо инжектировать в базу более плотный поток ННЗ. Одновременно с этим происходит падение коэффициента усиления PNP-транзистора.

Продолжение следует.