

ИМПУЛЬСНЫЕ СВОЙСТВА СХЕМ ДИОДНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ МДП-ТРАНЗИСТОРОВ

При выборе различных способов управления основными схемами диодных включений МДП-транзисторов, используемых в синхронных выпрямителях необходимо сравнение их динамических характеристик.

Обычно принимают, что МДП-транзисторы достаточно просто моделировать аналитически и легко прогнозировать результаты их функционирования в конкретном устройстве на этапе разработки. При этом рекомендуется использовать простую модель и проводить анализ режима переключения по интервалам, каждый раз совмещая начало отсчета с началом очередного интервала. Практическое использование таких рекомендаций существенно осложняется необходимостью получения для каждого интервала параметрических уравнений, объединенных граничными условиями. Достаточно хорошие результаты могут быть получены и при схемотехническом моделировании на основе известных моделей системы проектирования электронных устройств *DesignLab*.

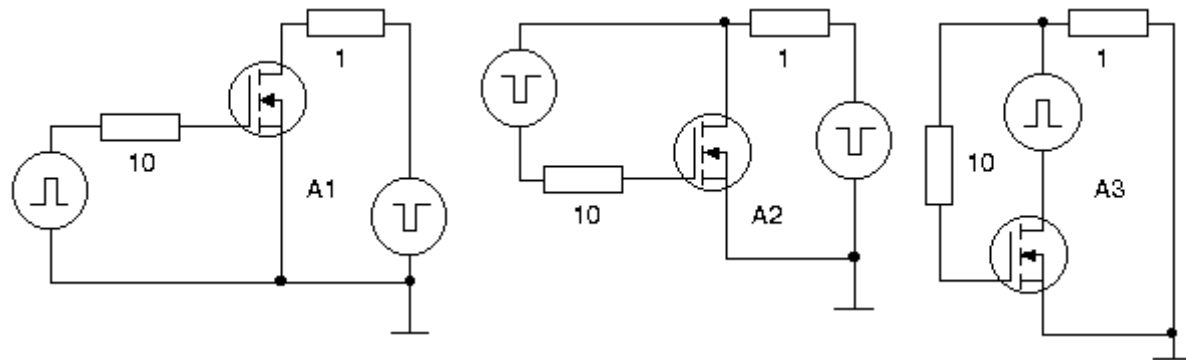
В синхронных выпрямителях в состоянии ВЫКЛ ток в цепи транзистора не должен протекать; в состоянии ВКЛ ток в цепи транзистора должен протекать и через интегральный $p-n$ переход, и через транзистор. Переключение транзистора из одного состояния в другое осуществляется синхронно с входным переменным импульсным периодическим напряжением без (или с) областью нулевой ординаты. Для типовых схем синхронных выпрямителей отсутствуют рекомендации по выбору обобщенного варианта единой эквивалентной схемы расчета токов. Это частично объясняется тем, что в синхронных выпрямителях транзистором можно управлять и по цепи затвор-исток, и по цепи затвор-сток.

График зависимости напряжения затвор-исток от заряда затвора (паспортные данные) возрастает от нуля до порогового значения затвор-исток, затем остается неизменным до момента полного включения транзистора и далее возрастает с меньшим наклоном. Соответственно сначала заряжается емкость затвор-исток, затем заряжается емкость затвор-сток и далее, заряжаются обе емкости. Начальный наклон зависимости напряжения затвор-исток от заряда затвора меньше у транзистора с большей входной емкостью (время возрастания от нуля до порогового значения затвор-исток больше). При этом если, например, заряды, потребляемые емкостями затвор-исток транзисторами (на интервале от нуля до порогового значения затвор-исток) практически одинаковы. Это соответствует тому, что пороговое напряжение у первого транзистора меньше, чем у второго. Поэтому заряд емкости затвор-сток у первого транзистора происходит при меньшем напряжении. Требуемый полный заряд при переключении первого транзистора меньше, несмотря на то, что у него больше входная емкость. Энергия переключения у первого транзистора также меньше, чем у второго. По паспортным данным энергия переключения может быть определена как произведение заряда затвор-исток и напряжения затвор-исток (пороговое напряжение, вторая точка перегиба на графике зависимости напряжения затвор-исток от заряда затвора). Потери переключения пропорциональны рабочей частоте и определяются умножением энергии переключения на частоту.

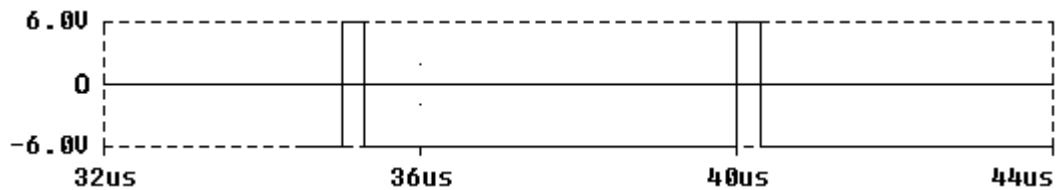
В синхронных выпрямителях транзистор переключается при напряжении сток-исток, величина и полярность которого соответствует прямому падению напряжения на интегральном диоде. Поэтому переключе-

ние транзистора из одного состояния в другое, осуществляемое синхронно с входным напряжением при управлении и по цепи затвор-исток, и по цепи затвор-сток, должно быть адекватным.

На рис. 1а показаны три схемы синхронного управления транзисторами. Все управляющие источники имеют одинаковые параметры (рис. 1б): длительность импульсов – 0,3 мкс, период импульсов – 5 мкс, длительность фронта и среза импульсов – 0,1 нс.



а)



б)

Рис. 1. Три схемы синхронного управления синхронным выпрямителем (а) и форма управляющего напряжения (б)

В момент подачи импульса ток сначала протекает через интегральный диод (прямое падение напряжения на нем 0,6 В). Затем открывается транзистор (прямое инверсное падение напряжения 0,214 В). Напряжения сток-исток и токи стока для всех схем показаны на рис. 2.

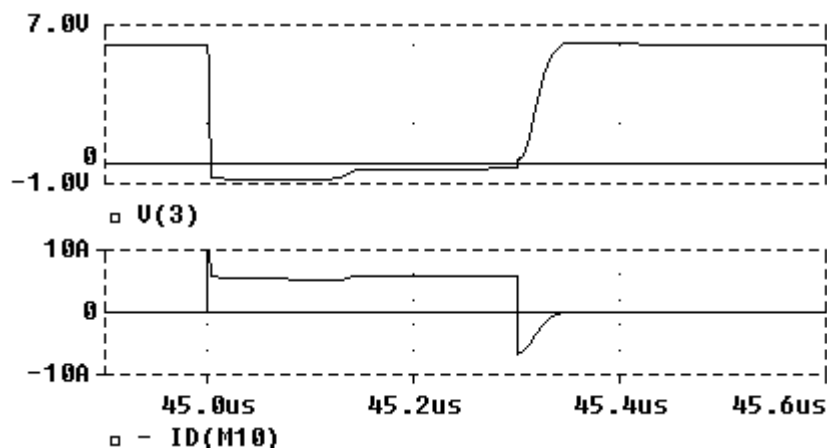


Рис. 2. Напряжения сток-исток и токи стока для всех схем

На рис. 3 и 4 показаны напряжения источников (совпадают), напряжения затвор-исток и напряжения затвор-сток для трех схем синхронного управления транзисторами.

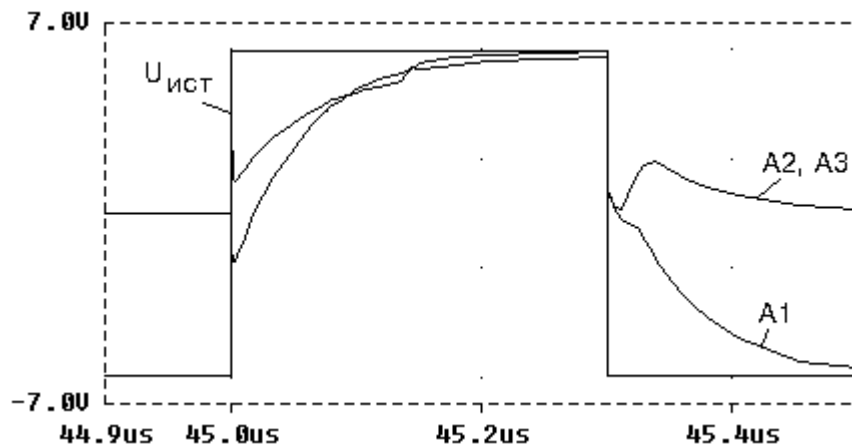


Рис. 3. Напряжения источника и затвор-исток в режиме переключения

Потери проводимости синхронного выпрямителя можно уменьшить, используя параллельное соединение транзисторов. Динамический баланс переключения достигается развязкой затворов индивидуальными резисторами. На рис. 5 показана эффективность параллельного соединения МДП-транзисторов в схемах синхронных выпрямителей.

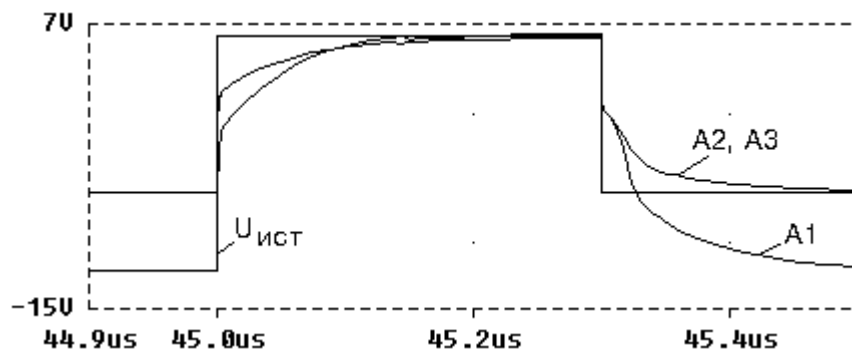


Рис. 4. Напряжения источника и затвор-сток в режиме переключения

Для сравнения приведем процессы переключения для трех схем МДП-транзисторов при низком напряжении питания и нормальном (не инверсном) включении. На рис. 6 показана типовая импульсная схема с низким напряжением питания. На рис. 7 показана импульсная схема с низким напряжением питания и управлением по цепи затвор-сток. На рис. 8 показана импульсная схема с низким напряжением питания и управлением по цепи затвор-сток от источника питания. Параметры источников напряжения приведены на рис. 6.

Таким образом:

- импульсные токи стоков во всех трех схемах управления синхронными выпрямителями практически совпадают;
- в синхронных выпрямителях необходимо применять транзисторы с возможно меньшим пороговым напряжением;
- в синхронных выпрямителях независимо от формы и величины входного периодического напряжения необходимо полное синхронное импульсное переключение.

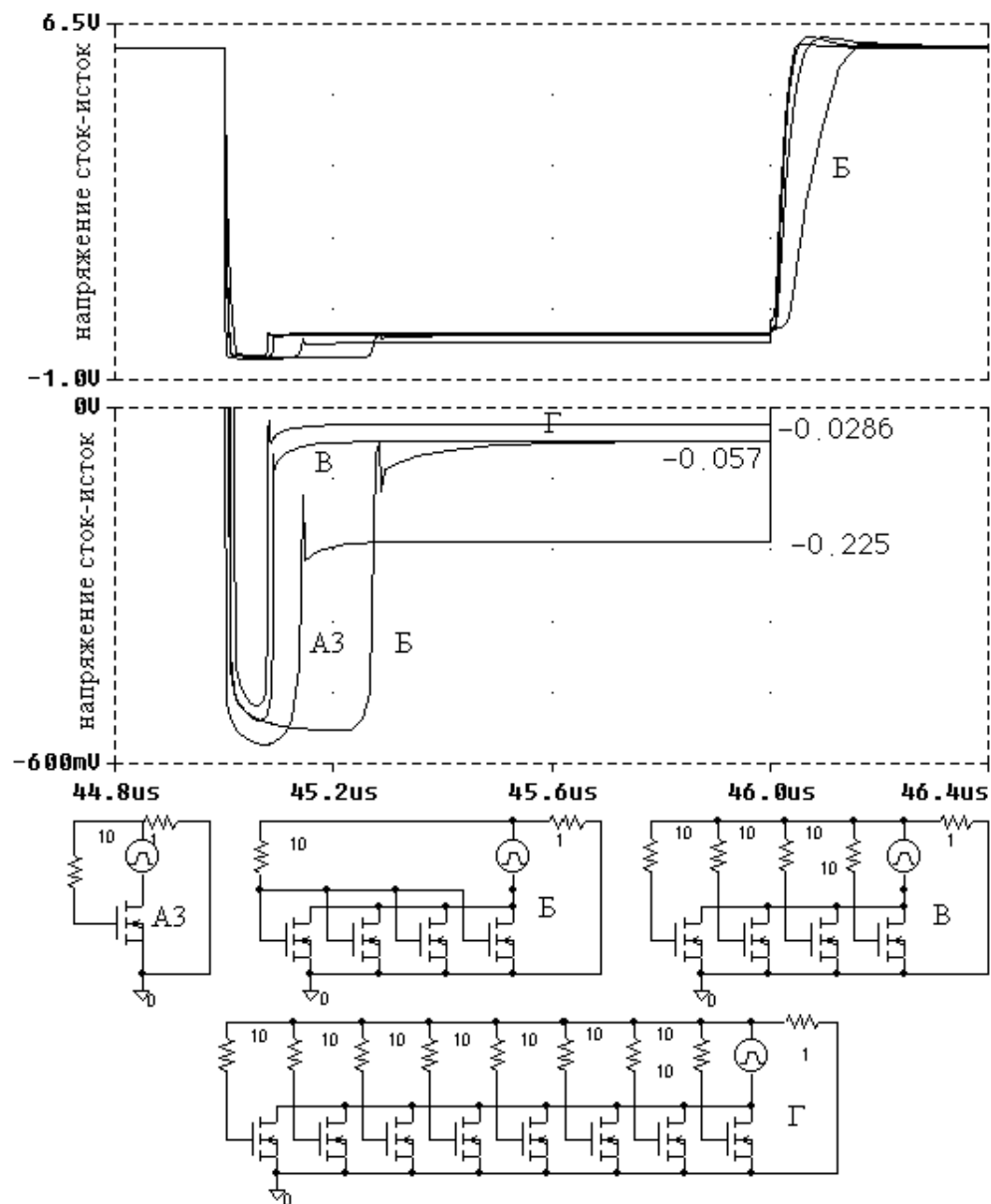


Рис. 5. Эффективность параллельного соединения МДП-транзисторов в схемах синхронных выпрямителей

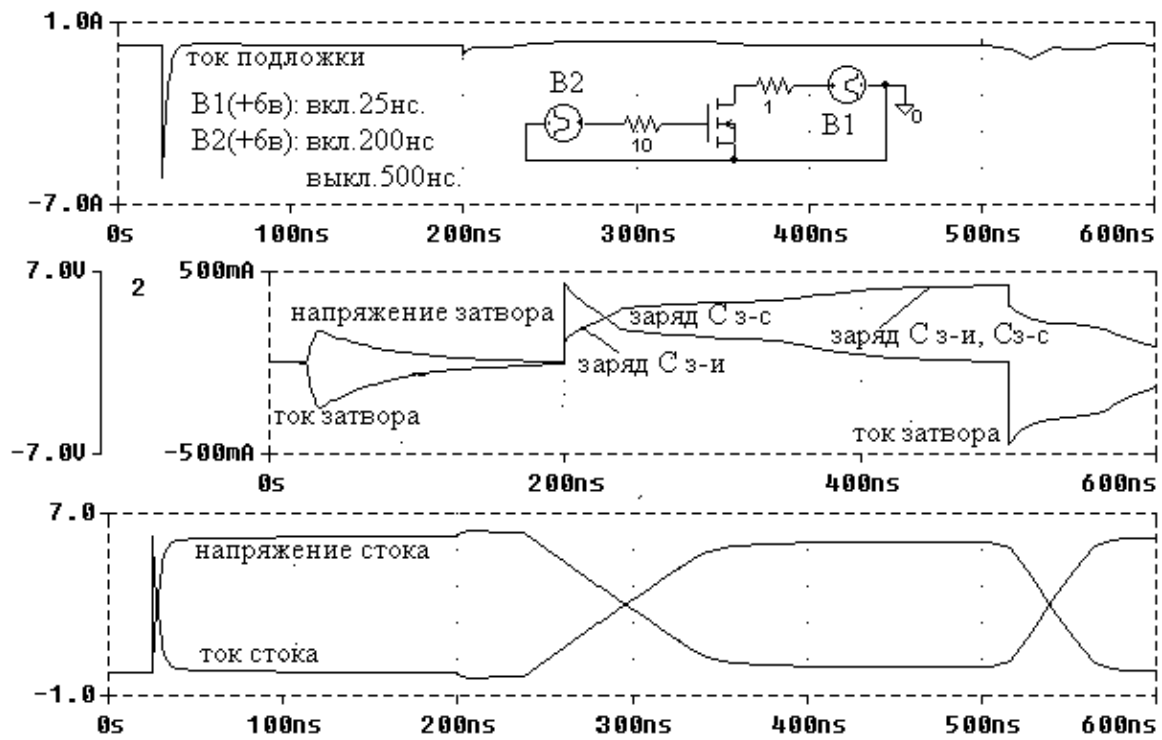


Рис. 6. Типовая импульсная схема с низким напряжением питания

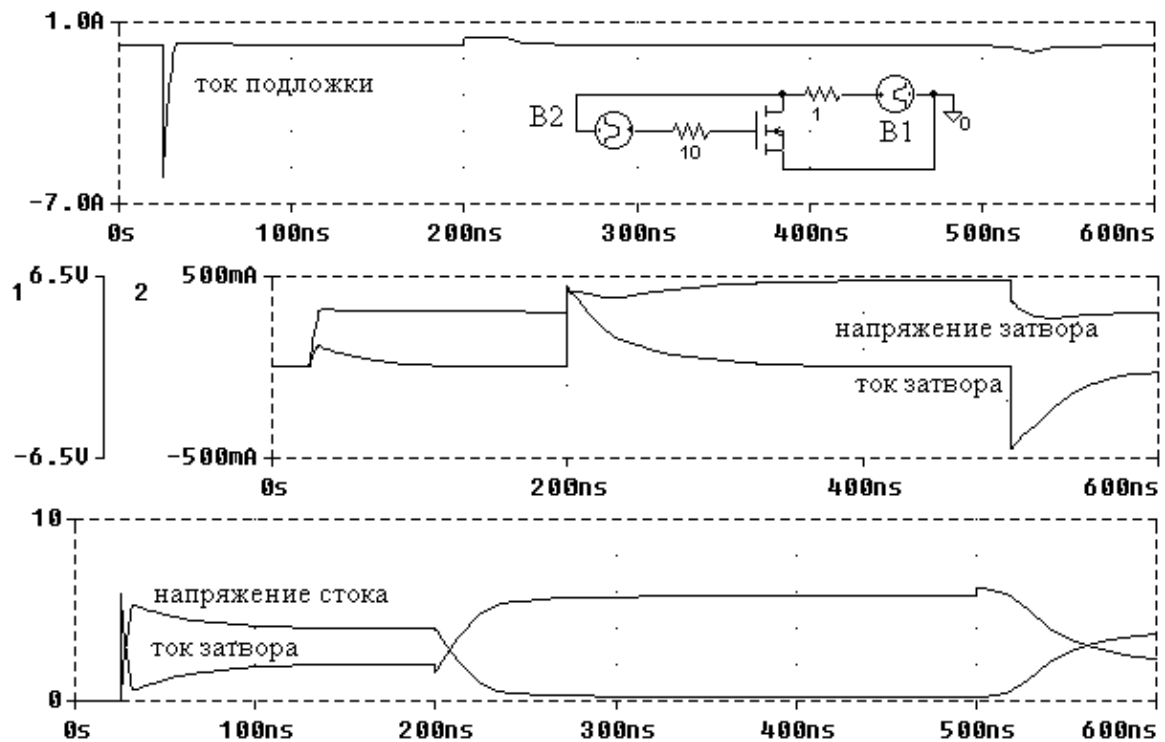


Рис. 7. Импульсная схема с низким напряжением питания и управлением по цепи затвор-сток.

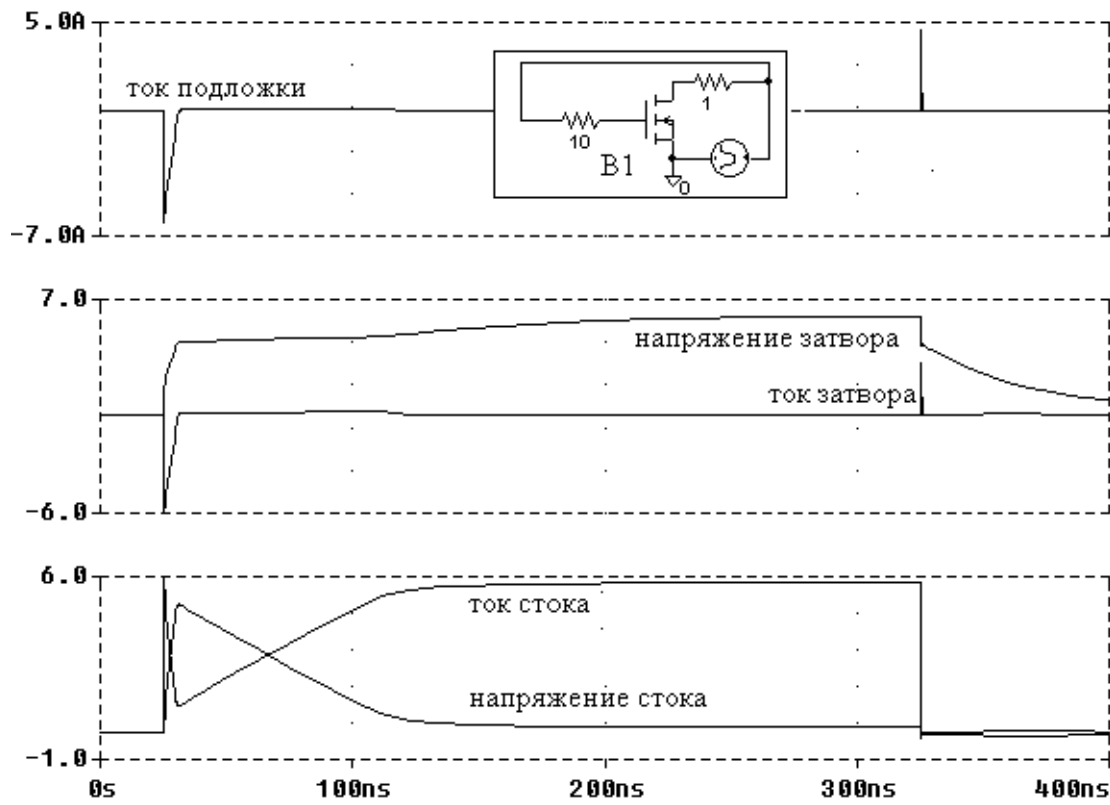


Рис. 8. Импульсная схема с низким напряжением питания и управлением по цепи затвор-сток от источника питания