

Изучение процессов переключения карбид-кремниевого транзистора.

Игнатов Вадим Михайлович

Физический факультет. Электромагнитный практикум. Курсовая работа.

Группа № 24302, 3 семестр, 2025 год.

Научный руководитель:

к.т.н – н.с Крылов А.А., к.т.н - с.н.с **Сеньков Д. В.**

Аннотация

Данная работа посвящена изучению временных характеристик карбид-кремниевых полевых транзисторов и процессов, определяющих их динамическое поведение при коммутации. Карбид-кремниевые транзисторы представляют собой современный класс силовых полупроводниковых приборов, обладающих рядом существенных преимуществ по сравнению с транзисторами, изготовленными по кремниевой технологии. Применение широкозонных материалов, таких как карбид кремния (SiC) и нитрид галлия (GaN), позволяет повысить допустимую рабочую температуру кристалла, увеличить предельное рабочее напряжение и существенно сократить времена включения и выключения. Это, в свою очередь, приводит к снижению коммутационных потерь, повышению коэффициента полезного действия и уменьшению габаритов силовых преобразовательных устройств.

В теоретической части работы рассмотрены физические причины потерь при коммутации, влияние внутренних паразитных ёмкостей транзистора на скорость переключения, а также подробно разобран эффект Миллера и связанное с ним плато Миллера как один из основных факторов, ограничивающих быстродействие силовых MOSFET.

Экспериментальная часть включает разработку и сборку измерительного стенда для исследования процессов переключения. Для измерения коммутационных характеристик был использован карбид-кремниевый транзистор UF3N170400B7S, коммутирующий напряжение накопительного конденсатора величиной до 450 В на резистивную нагрузку. Управление транзистором осуществлялось генератором импульсов на базе микроконтроллера Arduino, формирующим управляющие импульсы

длительностью 50 мкс. Напряжение на транзисторе и ток нагрузки регистрировались с помощью цифрового осциллографа.

Дополнительно была реализована отдельная измерительная схема для исследования плато Миллера, в которой при фиксированном напряжении сток–исток и малом токе затвора снималась зависимость напряжения затвор–исток во времени. На основе анализа экспоненциального участка до начала плато была экспериментально определена динамическая ёмкость C_{GS} , а корректность полученного значения подтверждена введением дополнительной известной ёмкости. Полученные экспериментальные результаты сопоставлены с паспортными данными производителя и показали хорошее согласие.

В заключительной части приведено сравнение временных характеристик карбид-кремниевых и кремниевых полевых транзисторов, подтверждающее преимущество SiC-технологии с точки зрения скорости переключения и снижения коммутационных потерь.

Ключевые слова: силовая электроника, карбид-кремниевые транзисторы, MOSFET, коммутационные потери, эффект Миллера.