

Гарипов А.И.

Студент РТ-91

Борисов И.Д.

Студент РТ-91

Куцева К.В.

Студентка РТ-91

Научный руководитель: Вороной А.А., к.ф.-м.н., доц.

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ

Аннотация: IGBT - биполярные транзисторы с изолированным затвором - относятся к классу силовых полупроводниковых приборов, которые сыграли важнейшую роль в создании электромобилей (EV). Компания Renesas заявила, что она поднимает планку производительности, выпустив новое поколение IGBT, в котором потери мощности снижены на 10% по сравнению с предыдущим поколением. Снижение мощности в IGBT-транзисторах серии AE5 поможет автопроизводителям экономить энергию аккумуляторов и увеличить дальность хода EV.

Ключевые слова: транзисторы, биполярные транзисторы, чипы, электрические машины, полупроводниковые приборы.

Borisov I.D.

Student RT-91

Garipov A.I.

Student of RT-91

Kutseva K.V.

Student RT-91

INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTORS IN ELECTRICAL MACHINES

Abstract: IGBTs, insulated gate bipolar transistors, are a class of power semiconductors that have played a critical role in the creation of electric vehicles (EVs). Renesas said it is raising the bar for performance by releasing a new generation of IGBTs with a 10% reduction in power loss compared to the previous generation. The power reduction in AE5 series IGBT transistors will help automakers save battery power and increase EV range.

Keywords: transistors, bipolar transistors, chips, electrical machinery, semiconductors.

Компания Renesas Electronics выпустила новое поколение компактных высоковольтных IGBT, выдерживающих напряжение до 1 200 В и ток до 300 А, в попытке усовершенствовать силовую электронику, лежащую в основе электромобилей.

Новые чипы обеспечивают на 10% более высокую плотность тока, чем все существующие на рынке, при форм-факторе 100 мм² на 300 А. Новые продукты также примерно на 10% меньше, сохраняя при этом высокую прочность.

IGBT AE5, предназначенные для нового поколения инверторов для электромобилей, будут серийно выпускаться с первой половины 2023 года на 200- и 300-миллиметровых пластинах на заводе компании в Нака, Япония.

"Спрос на автомобильные силовые полупроводниковые приборы быстро растет по мере распространения электромобилей, - говорит Кацую Кониши (Katsuya Konishi), глава подразделения Power System Business компании Renesas. IGBT сочетают в себе высокую скорость переключения и высокое сопротивление почтенного MOSFET с более высоким входным сопротивлением транзистора с биполярным переходом (BJT).

Напряжения достигают новых максимумов

Бесщеточные двигатели постоянного тока (BLDC), используемые в электромобилях, управляются инверторами, которые преобразуют постоянный ток из аккумуляторной батареи автомобиля в переменный. На дальность хода автомобиля влияет производительность (количество энергии, теряемой при преобразовании тока из одной формы в другую) инвертора. Высокоэффективные переключатели, такие как IGBT, имеют решающее значение для увеличения дальности хода автомобиля.

Сегодня большинство электромобилей имеют внутреннюю архитектуру, способную выдерживать напряжение 400 В на блок батарей. Но

автопроизводители планируют перейти на батареи с напряжением 800 В, чтобы увеличить дальность хода электромобиля и сократить время зарядки.

Удвоение напряжения в подсистеме EV уменьшает ток вдвое при той же мощности, что дает возможность увеличить дальность хода. Это напрямую влияет на стоимость батареи и, как следствие, на общую стоимость автомобиля.

Модернизация с 400 В до 800 В также позволяет удвоить скорость зарядки при тех же потерях, отмечает Renesas. Это означает отсутствие дополнительного нагрева во время зарядки. Тепловыделение ограничивается кабелями, по которым электрический ток подается в EV, а также входом и внутренней проводкой зарядного устройства. Если мощность зарядки удвоить, то теоретически потребуются вдвое меньше времени для пополнения заряда батареи.

Сокращение потерь дает возможность уменьшить вес, площадь и стоимость всего - от силовой электроники до электродвигателя. Сэкономленное пространство можно использовать для создания более емких батарей и увеличения дальности хода.

Переход от 400-В батарейных блоков к 800-В системам также вызывает переход от кремниевых IGBT к МОП-транзисторам на основе карбида кремния (SiC). SiC-устройства обеспечивают гораздо более высокую скорость переключения и, соответственно, меньшие потери при переключении.

Хотя SiC MOSFET является главным претендентом на победу над IGBT в высоковольтных источниках питания, еще не все переходят на новую технологию. Более того, средний IGBT обычно стоит меньше, чем его SiC-аналог.

Никуда не денется

Новое семейство от компании Renesas свидетельствует о том, что IGBT останутся важным игроком в мире силовой электроники еще долгие годы, особенно когда речь идет о высоковольтных и низковольтных источниках питания в электромобилях.

Семейство продуктов включает четыре высоковольтных IGBT, предназначенных для 400-800-В инверторов в EV, в том числе 220- и 300-А

модели с выдерживаемым напряжением 750 В и 150- и 200-А модели, выдерживающие напряжение до 1200 В.

Когда речь идет о 800-В аккумуляторных батареях, IGBT или другой переключатель в основе источника питания должен иметь значительно более высокую изоляцию и номинальное напряжение, чем батарея, чтобы не допустить опасной перегрузки.

IGBT обычно страдают от потерь проводимости и переключения. Согласно компании Renesas, в серии AE5 особое внимание уделяется потерям проводимости, они улучшены на 10% по сравнению с предыдущей серией AE4, что позволяет еще больше снизить потери.

Другой важной характеристикой IGBT является напряжение насыщения, которое влияет на потери проводимости и, следовательно, на общие потери и тепловыделение. Компания Renesas заявила, что она устанавливает новый стандарт для напряжения насыщения - 1,3 В.

Ограничения полупроводникового оборудования означают, что IGBT и другие силовые переключатели часто выходят из цеха с небольшими отклонениями, что в некоторых случаях может ухудшить их характеристики. В системах большой мощности обычно требуется параллельное подключение нескольких IGBT для работы с нагрузками в диапазоне 10-100 кВт. Обычно это делается для получения более высоких номинальных значений тока, улучшения тепловой устойчивости и повышения уровня резервирования.

Для решения этой проблемы компания Renesas усовершенствовала производственный процесс, чтобы минимизировать колебания порогового напряжения, используемого для включения IGBT, до $\pm 0,5$ В, что на 50 % лучше, чем в предыдущем поколении.

По словам компании, эта особенность помогает предотвратить дисбаланс тока, снижая нагрузку на инвертор.

Сохранение прочности

Прочность - еще одна область совершенствования новых IGBT, которым приходится работать в жестких автомобильных условиях. Микросхемы сохраняют стабильные характеристики в диапазоне рабочих температур спая от -40 до 175°C.

Снижение на 50% температурной зависимости сопротивления затвора (R_g) помогает снизить потери на переключение при более высоких температурах и подавить скачки напряжения при более низких температурах, обеспечивая лучшую стабильность при колебаниях. Микросхемы поддерживают безопасную рабочую зону обратного смещения (RBSOA) с максимальным импульсом тока ИС 600 А при температуре спая 175°C, а также высокопрочное время устойчивости к короткому замыканию 4 мкс при напряжении 400 В.

Серия AE5 помогает снизить потери мощности инвертора, повышая эффективность энергопотребления на 6% по сравнению с предыдущим поколением при той же плотности тока. В результате электромобили с IGBT-транзисторами могут дольше работать до необходимости подзарядки.

Компания Renesas заявила, что с первой половины 2024 года планирует увеличить объемы производства на новом заводе по выпуску 300-мм пластин в Кофу (Япония), что позволит удвоить мощности по поставке силовых полупроводников и будет способствовать удовлетворению растущего спроса на компоненты для электромобилей.

Компания также выпустит эталонные образцы, чтобы дать заказчикам план интеграции IGBT в инверторы с MCU, ИС управления питанием (PMIC), ИС драйверов затвора и диодов быстрого восстановления (FRD).

IGBT поставляются в готовом виде или в дискретных корпусах. Модель 750 В, 300 А в настоящее время является пробной.

Использованные источники:

- 1) Реферат: Биполярные транзисторы//referatmix.ru. URL: https://www.referatmix.ru/referats/38/referatmix_38535.htm (дата обращения 25.02.2023)
- 2) FPGA Security Vulnerabilities and Countermeasures// electronicdesign.com. URL:<https://www.electronicdesign.com/technologies/power/article/21249771/electronic-design-highvoltage-igbt-curbs-power-loss-in-electric-vehicles-by-10>(дата обращения 25.02.2023)