

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по науке и инновациям

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», д.т.н.

Комаров И.И.

« 10 » 2024 г.



Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу

Подгузовой Марии Андреевны

на тему

«Драйверы с трансформаторной гальванической развязкой для высоковольтных транзисторных ключей», представленной на соискание учёной степени

кандидата технических наук по специальности

2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность темы диссертационной работы

IGBT являются неотъемлемой частью современной промышленной силовой электроники, которая требует гальванической развязки как по цепям управления, так и по цепям питания. При этом за счёт высоких значений производных напряжения на развязывающем по питанию трансформаторе важным становятся такие параметры, как проходная ёмкость, которые не учитываются в традиционных методиках расчёта, применяемых в импульсной технике.

В связи с этим, тема диссертации посвящена решению актуальной научно-технической задачи — проектированию и исследованию драйверов с трансформаторной гальванической развязкой для управления высоковольтными IGBT.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«10» 10 2024 г.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников и 2-х приложений. Основная часть работы содержит 148 машинописных страниц, в том числе 94 рисунка и 2 таблицы. Список использованных источников включает 115 наименований. Общий объем работы — 160 страниц.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи диссертации, определена научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, дана информация о структуре и объеме диссертации.

В первой главе проведен сравнительный анализ достоинств и недостатков различных видов устройств гальванической развязки. Предложена классификация драйверов с различными способами передачи сигнала управления через трансформаторную гальваническую развязку. Перечислены основные проблемы проектирования драйверов с трансформаторной гальванической развязкой, такие как предотвращение негативного влияния неизбежных паразитных параметров трансформатора, и эффектов, связанных с высокой производной напряжения во времени при коммутации силового ключа.

Вторая глава посвящена разработке и исследованию формирователей управляющих импульсов на первичной обмотке трансформаторной гальванической развязки. Установлено, что целесообразно применение двухтактных формирователей управляющих импульсов. При этом во время паузы необходимо закорачивать первичную обмотку трансформатора для исключения паразитных колебаний. Синтезированы принципиальные электрические схемы двухтактных формирователей управляющих импульсов с симметрированием режима перемагничивания сердечника трансформаторной гальванической развязки. С помощью имитационного моделирования исследована и подтверждена работоспособность и эффективность предложенных схемотехнических решений.

В третьей главе исследованы процессы переключения драйвера для различных типов силовых транзисторных ключей с разными способами подключения первичной стороны драйвера при работе силовых ключей как на резистивную нагрузку, так и на активно-индуктивную. С помощью моделирования выявлено, что негативное влияние на процессы переключения драйвера и силового ключа оказывают индуктивности рассеивания обмоток трансформатора и межобмоточная емкость. Предложены схемотехнические решения, исключаящие негативное влияние паразитных параметров трансформатора при высоких производных напряжения на процессы переключения драйверов с различными способами передачи сигнала управления через обмотки трансформаторной гальванической развязки.

В четвертой главе дано описание разработанных электрических схем драйверов с различными видами передачи сигнала управления через ТГР:

- с общим энергетическим и информационным каналом связи между передающей и приемной сторонами на частоте сигнала управления;
- с отдельными энергетическим и информационным каналами и динамическим управлением по фронтам;
- с отдельными энергетическим и информационным каналами связи и передачей управляющего сигнала на высокой несущей частоте;
- с двумя отдельными высокочастотными информационными каналами связи на включение и выключение СТК, одновременно выполняющими функцию энергетического канала.

В пятой главе предложена совокупность теоретических и практических решений, расширяющих функциональные возможности драйверов с трансформаторной гальванической развязкой для управления силовыми транзисторными ключами. Синтезирована схема для формирования регулируемой задержки на включение ключа без задержки на его выключение для предотвращения сквозных токов первого рода в мостовых и полумостовых схемах. Эффективность предложенных решений проверена с помощью имитационного математического моделирования.

В шестой главе дано описание экспериментальной установки, предназначенной для исследования параметров и характеристик макетных образцов спроектированных драйверов. Приведены фотографии разработанных экспериментальных макетных образцов драйверов с трансформаторной гальванической развязкой с различными способами передачи сигнала управления. Представлены параметры макетных образцов драйверов, полученные в результате экспериментальных исследований.

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Апробация работы и публикации по диссертации

Основные результаты докладывались и обсуждались на XXX Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Радиоэлектроника, (МЭИ, г. Москва, 2024 г.), 20-ой международной студенческой конференции «Авиация и космонавтика» (г. Москва, РФ, 2024г.); международной научной конференции XLIX «Гагаринские чтения-2023» (г. Москва, РФ, 2023 г.). Основные результаты диссертационных исследований Подгузовой М.А. отражены в 12 печатных работах и опубликованы в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендуемых изданий ВАК.

Новизна диссертационной работы подтверждается тремя патентами на изобретения, поученными соискателем в соавторстве.

Все основные положения диссертационного исследования опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Научная новизна исследований

Автором предложены структурные и схемотехнические решения для исключения и предотвращения негативного влияния неизбежных паразитных параметров трансформаторных гальванических развязок при высоких производных напряжения во времени на процессы переключения силовых ключей как одиночных, так и в составе полумостовых схем.

Получены аналитические соотношения, позволяющие оценивать паразитные параметры трансформаторных гальванических развязок с тороидальными сердечниками и однослойными обмотками.

Предложены и систематизированы методики проектирования для драйверов с различными способами передачи сигнала управления через трансформаторные гальванические развязки.

Практическая значимость

Полученные в работе результаты имеют конкретное практическое применение, так как позволяют повысить стабильность работы драйверов силовых ключей с трансформаторными гальваническими развязками, что особенно важно в условиях, когда импорт качественных импортных решений затруднён.

Разработанные компьютерные модели и верифицированные решения позволяют создавать конкурентоспособные отечественные драйверы IGBT.

Диссертационная работа содержит два акта внедрения, что подтверждает практическую значимость, и в том числе внедрения в учебный процесс на кафедре 310 «Электроэнергетические, электромеханические и биотехнические системы» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Рекомендации по использованию результатов

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы организациями, занимающимися разработкой силовой электроники и преобразовательной техники.

Автором систематизированы и расширены знания в области силовой электроники и драйверов силовых ключей. Эти материалы могут использоваться в ВУЗах в курсах «Силовая электроника», «Проектирование электротехнических устройств» и подобных.

По диссертации имеются следующие замечания:

1. Диссертацию очень сложно читать из-за обильного использования неустоявшихся аббревиатур. Часть из аббревиатур понятны лишь специалисту и не расшифрованы, например МДТ или IGB. Часть аббревиатур расшифрованы в тексте, но не вынесены в существующий список принятых сокращений.
2. Диссертация содержит множество жаргонизмов и стилистических ошибок. Например, фразу «...для исключения негативного влияния эффекта du/dt ...» следовало бы писать «...для исключения негативного влияния высоких производных напряжения...». Проблем вызвана не “ du/dt ” и не «эффектом du/dt », а тем, что значение производной напряжения большое.
3. Термин «высоковольтные силовые транзисторные ключи» скорее относится к номинальным напряжениям транзисторов начиная с 2,5 кВ, а чаще применяется термин «высокой мощности (high-power)», так как высокое напряжение начинается от 10 кВ.
4. В работе рассмотрены трансформаторы, в которых первичная и вторичная обмотки наложены друг на друга (рис. 2.19, 6.6 и другие), однако в мире существуют решения, где первичную и вторичную обмотку наматывают сосредоточено с двух разных сторон магнитного кольца.
5. В диссертации рассмотрены только примеры с Si MOSFET и IGBT. Какие особенности будут проявляться при использовании предложенных решений совместно с SiC MOSFET или GaN HEMT?
6. Какие особенности возникают при реализации трансформаторной гальванической развязки при реализации обмоток на печатной плате (как на рис. 2.20) с применением сердечника и без?

Отмеченные замечания носят частный характер и не влияют на высокое качество представленной диссертационной работы.

Заключение по работе

Диссертационная работа Подгузовой Марии Андреевны представляет собой завершённую поисковую научно-исследовательскую работу, содержащую решение актуальной научно-технической задачи в области проектирования драйверов с трансформаторной гальванической развязкой для управления силовыми ключами. Работа рассматривает вопросы схемотехники, электромеханики и силовой электроники и соответствует специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

На основании вышеизложенного считаем, что диссертационная работа «Драйверы с трансформаторной гальванической развязкой для высоковольтных транзисторных ключей» по своему содержанию и полученным результатам удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утверждённом постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (ред. от 16.10.2024), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а ее автор, Подгузова М.А., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой Автоматизированного электропривода,
профессор, д.т.н.


/Анучин А.С./
5.12.2024

Сведения о ведущей организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Национальный исследовательский университет
«МЭИ»

Адрес: 111250, Россия, г. Москва, Вн.тер.г. муниципальный округ
Лефортово, ул. Красноказарменная, д. 14, стр. 1

Телефон: +7 495 362-75-60

Адрес электронной почты: universe@mpei.ac.ru

Сайт: <https://mpei.ru>