

# ОБРАТНОХОДОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НА ОСНОВЕ GaN-ТЕХНОЛОГИИ ОТ КОМПАНИИ POWER INTEGRATIONS

КРИС ЛИ (CHRIS LEE), Power Integrations

*Полупроводниковые приборы на основе нитрида галлия (GaN) если еще и не вошли в повседневную практику, то, по крайней мере, не в диковинку. Несколько компаний производит коммерческие GaN FET. Относительно недавно к ним примкнула компания Power Integrations. О ее продукции на основе GaN и пойдет речь в статье.*

Компания анонсировала обратногоходовые преобразователи семейства InnoSwitch3 с регулированием по напряжению и току (CV/CC). Новые микросхемы обеспечивают КПД до 95% во всем диапазоне нагрузок и способны без радиаторов передавать в нагрузку мощность до 100 Вт в закрытых адаптерах. Подобные показатели достигнуты за счет проприетарной технологии высоковольтного переключения (PowiGaN).

Как известно, GaN представляет собой полупроводник с широкой запрещенной зоной, благодаря чему можно значительно увеличить максимально допустимое блокирующее напряжение, а высокая подвижность носителей позволяет создать силовые ключи с крайне низкими коммутационными потерями при замыкании и размыкании ключа.

По сравнению с кремниевыми аналогами можно сказать, что коммутаци-

онные потери у GaN FET практически равны нулю и, в основном, определяются внутренней емкостью. Последняя у GaN FET значительно меньше, чем у кремниевых MOSFET, из-за меньшего размера кристалла при том же значении сопротивления открытого канала  $R_{DS(ON)}$ . Другими словами, для обеспечения малого сопротивления открытого канала полупроводниковому GaN-прибору требуется кристалл меньшего размера, чем кремниевому аналогу.

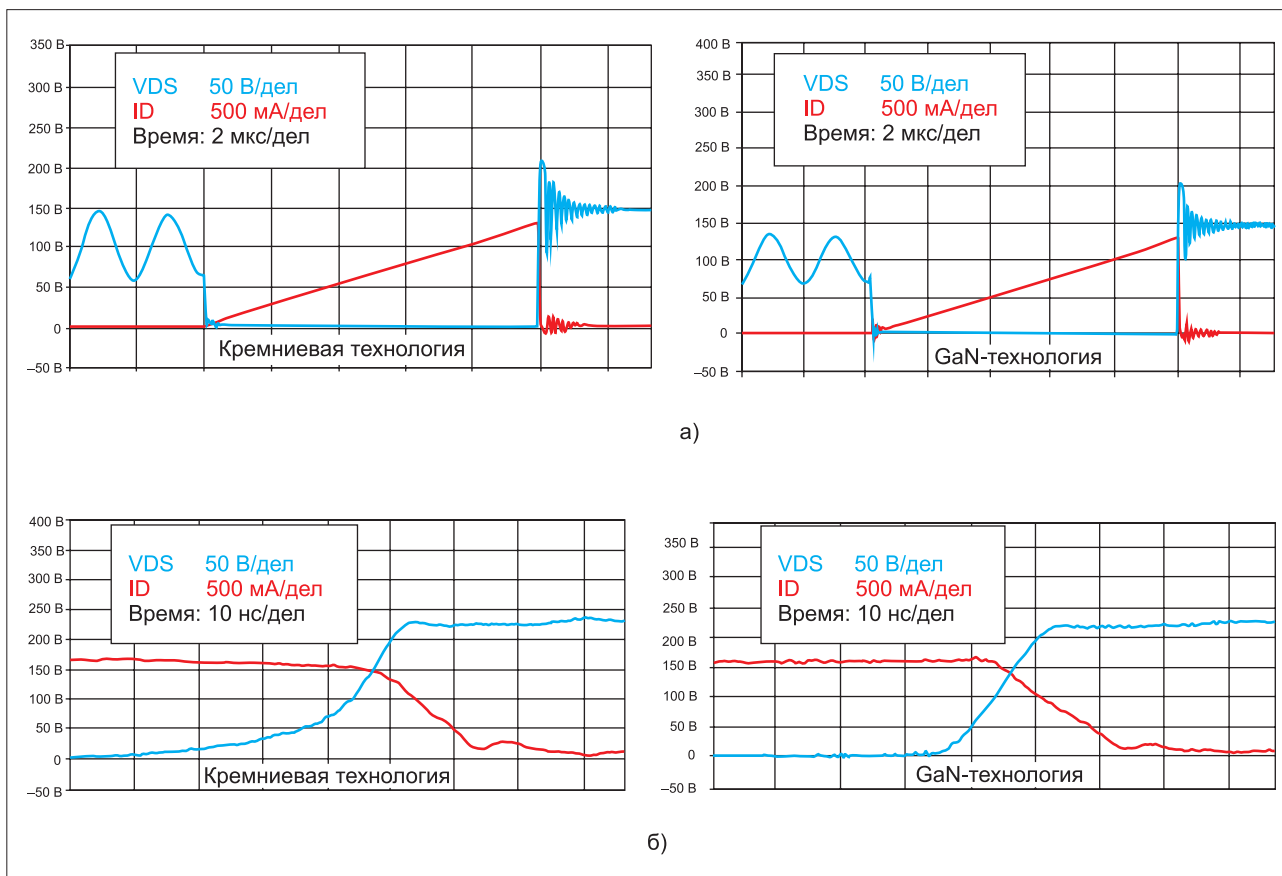


Рис. 1. Переходные процессы при коммутации силовых ключей

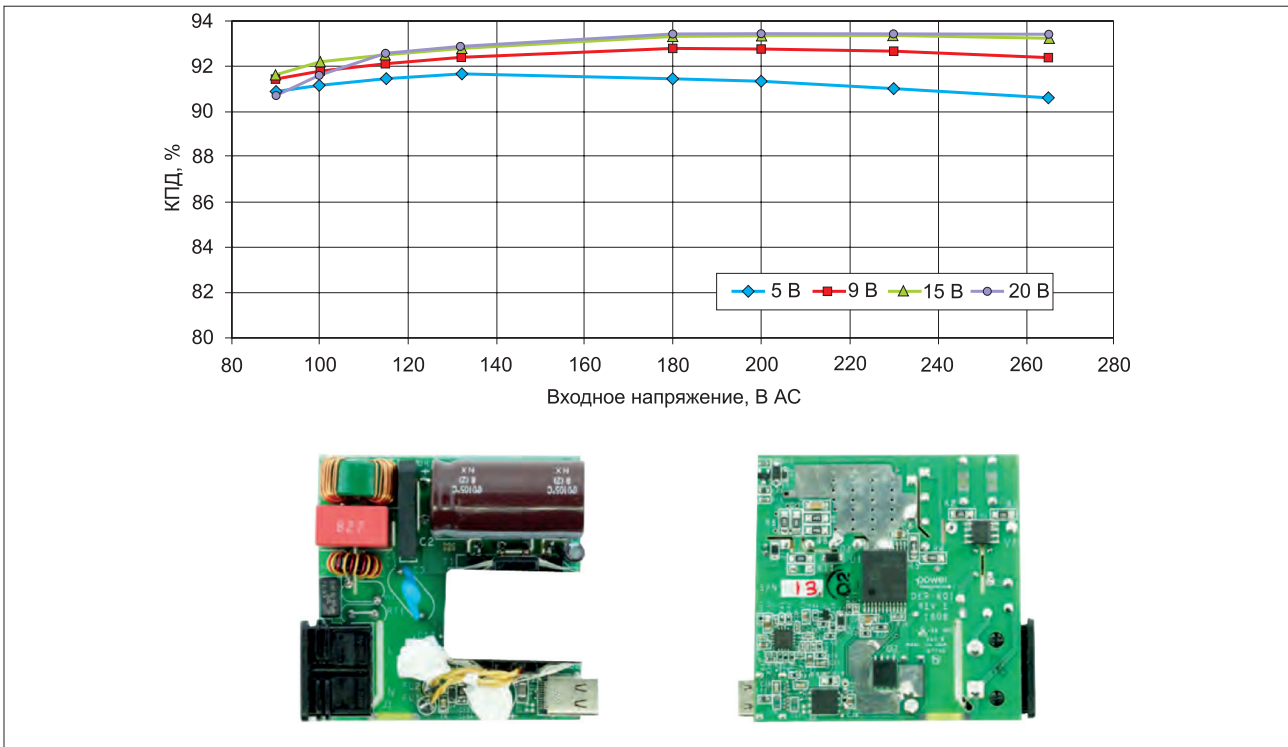


Рис. 2. Зависимости КПД устройств семейства InnoSwitch3-Pro от входного напряжения

Ключевой особенностью новой технологии PowiGaN компании Power Integrations является оптимизация размера кристалла, благодаря чему появилась возможность интегрировать все устройство в один корпус SOP-24С. При этом удалось увеличить мощность устройства, не применяя дополнительных радиаторов, что позволяет повысить КПД всего источника питания в целом.

При использовании дискретных силовых ключей одной из основных проблем являются паразитные индуктивности и емкости цепи управления затвором ключа силовой цепи, из-за которых при крутых фронтах переключения возникает явно выраженный колебательный переходный процесс. При изменении напряжения ( $dv/dt$ ) с высокой скоростью появляются высокочастотные колебания, которые порождают электромагнитные помехи и уменьшают КПД устройства. Из-за крутых фронтов нарастания тока и напряжения могут возникнуть проблемы с защитой ключей GaN FET – ток или напряжение достигает критического уровня до того, как успеет сработать защита.

Описанные проблемы решаются путем интеграции силового ключа и цепей управления затвором в одну микросхему. При этом заметно уменьшается длина проводников и, следовательно, их паразитные емкости и индуктивности. В состав компонентов, произведенных по технологии PowiGaN, входят драйверы, адаптированные для

конкретного приложения. Скорость коммутации ключей в этих микросхемах оптимизирована с целью уменьшения длительности и колебательности переходных процессов для увеличения КПД и соответствия требованиям электромагнитной совместимости.

В интегральном решении также уменьшаются задержки срабатывания защиты. В PowiGaN ток измеряется без помощи внешних шунтов; кроме того, эта технология предусматривает схему запуска, что устраняет необходимость во внешнем смещении. Еще одним преимуществом рассматриваемой технологии является измерение тока без использования внешних шунтов. Все компоненты для измерения тока, в т. ч. токочувствительные резисторы, интегрированы в микросхему PowiGaN.

Режимы работы преобразователей семейства InnoSwitch3, базирующихся на технологии PowiGaN, ничем не отличаются от таковых для традиционных компонентов с кремниевыми ключами. Рабочая частота, конструкция трансформатора, ЭМП-фильтры, синхронные выпрямители идентичны и для технологии PowiGaN, и для традиционных кремниевых устройств.

Необходимы лишь конструктивные изменения с учетом увеличения мощности преобразователей PowiGaN. Пакет инструментальных средств проектирования PI Expert подходит для обеих технологий. С помощью инструментов PI Expert можно выбрать оптимальные компоненты для конкретного преобразователя, получить полную спецификацию и смоделировать магнитное поле преобразователя.

Технология PowiGaN оптимизирована для использования в автономных обратноходовых преобразователях и рассчитана на соответствующие номинальные напряжения. Микросхемы PowiGaN производятся на тех же фабах, что и их кремниевые «собратья», и подвергаются тем же проверкам и квалификационным испытаниям. Кроме того, эти микросхемы проходят квалификационные тесты на длительную работу в реальных силовых преобразователях. Все эти меры позволили свести отказы к крайне низкому уровню – не более 0,2 ppm.

Помимо упомянутых тестов компоненты PowiGaN проходят испытания DOPL (Dynamic Operating Life) и HALT (Highly Accelerated Life Test). Первые позволяют определить устойчивость к динамическим воздействиям, вторые – устойчивость к стрессовым воздействиям в жестких условиях эксплуатации. Благодаря столь тщательному подходу были предложены и запатентованы оригинальные решения.

Обратноходовые преобразователи работают в широком диапазоне входного напряжения. Однако они испытывают перенапряжения, складывающиеся из выпрямленного входного напряжения ( $V_{BUS}$ ), выходного напряжения ( $V_{OR}$ ), умноженного на коэффициент передачи трансформатора, и всплесков напряжения ( $V_{LE}$ ), возникающих из-за индуктивностей рассеяния при отключении силового ключа.

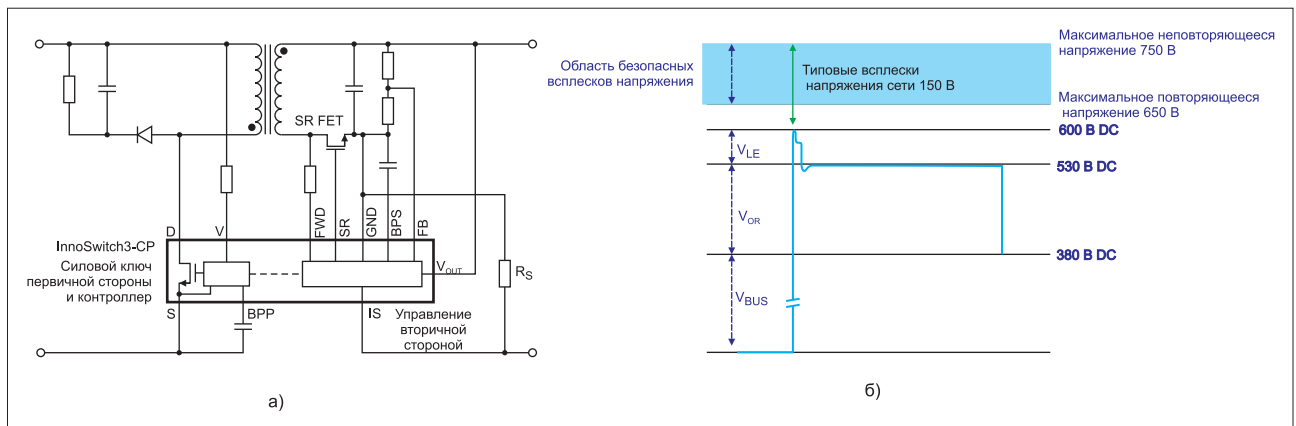


Рис. 3. Схема включения устройства InnoSwitch3-CP

На рисунке 1 показаны переходные процессы, возникающие при замыкании (см. рис. 1а) и размыкании (см. рис. 1б) силового ключа обратноходового преобразователя семейства InnoSwitch3-Pro при выпрямленном входном напряжении 100 В. На рисунке 1а выходное напряжение преобразователя составляет 5 В, а выходной ток – 3 А. На рисунке 1б эти величины равны 5 В и 5 А, соответственно.

На рисунке 2 приведен график зависимости КПД от входного напряжения для устройств семейства InnoSwitch3-Pro, базирующихся на технологии PowiGaN с разным выходным напряжением. На этом же рисунке показаны печатные платы обратноходового преобразователя.

Не следует забывать, что к блокам питания с обратноходовыми преобразователями прикладываются и всплески

напряжения этой сети, особенно если к этой же сети подключено силовое электрооборудование. По описанным выше причинам и с учетом максимально возможного по европейским стандартам напряжения сети 264 В преобразователи PowiGaN рассчитаны на максимальные неповторяющиеся напряжения 750 В, что гарантирует их надежную работу во всех электрических сетях (см. рис. 3). На рисунке 3а показана схема включения устройства InnoSwitch3 CP, а на рисунке 3б – примерные значения перенапряжений, возникающих на силовом ключе.

Величина максимального повторяющегося напряжения составляет 650 В. Его превышение не вызовет отказ, но может привести к временно-

му увеличению сопротивления открытого канала  $R_{DS(ON)}$ . Тем не менее в переходных процессах преобразователи выдерживают перенапряжения до 750 В. Устройства оснащены быстродействующей защитой. Если напряжение превысило допустимый порог, устройство отключается.

Технология PowiGaN основана на использовании хорошо зарекомендовавших себя надежных микросхем InnoSwitch3, InnoSwitch3-Pro и LYTSwitch-6. GaN FET гораздо ближе к понятию «идеальный ключ», чем традиционный кремниевый MOSFET. Интеграция силовых GaN FET и драйверов затвора со всеми защитами в один корпус значительно упрощает применение GaN FET в силовых преобразователях.