

# Использование гибридных датчиков тока в силовых преобразователях с SiC MOSFET:

## ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Многие из задач, стоящих перед промышленностью в плане повышения устойчивости и производительности, связаны с наличием высокоэффективных преобразователей мощности. Ожидается, что на рынке появятся сенсоры, обеспечивающие время отклика до 100 нс и диапазон частот свыше 1 МГц. Предназначенный для работы в жестких условиях эксплуатации — в том числе в широком диапазоне температур — силовой конвертер будущего должен стать мощным и одновременно легким, бесшумным и способным переключаться на высоких частотах. При этом особое значение приобретает низкое энергопотребление.**

**Бастьен Мази  
(Bastien Musy)**

**Перевод:  
Евгений Карташов**

**Т**ребования по повышению частоты и уменьшению габаритов означают, что в силовых преобразователях должны использоваться компактные пассивные компоненты, это позволит реализовать преимущества уменьшенных габаритов и веса. Тенденция к отказу от чистого кремния (Si) и все более широкому распространению быстрых MOSFET-транзисторов на основе карбида кремния (SiC) в высоковольтных импульсных схемах позволяет сократить занимаемый объем, снизить затраты, повысить эффективность и производительность.

Благодаря своим скоростным характеристикам приборы на базе SiC способны работать на частотах, превышающих 100 кГц. Поэтому сегодня их можно встретить в таких приложениях, как источники бесперебойного питания (ИБП/UPS), солнечные инверторы, АС-приводы и сервоприводы, корректоры коэффициента мощности (ККМ/PFC) и сварочные аппараты с компьютерным управлением.

Компромисс между производительностью и временем отклика существовал всегда. Поскольку классические датчики с разомкнутым контуром и версии с замкнутым контуром способны воспроизводить частоты до 300 кГц, на современном рынке их возможности оказываются недостаточными для широкополосных измерений, обусловленных внедрением биполярных SiC-транзисторов с изолированным затвором (SiC IGBT). И неудивительно, что пользователи, представляющие различные сектора рынка,

боролись за решение, которое могло бы удовлетворить их постоянно растущие потребности.

### Диапазон частот свыше 1 МГц

К компании LEM обратился производитель сварочных инверторов, для которого время отклика и частотные характеристики существующих силовых конвертеров оказались недостаточными. В ответ на потребности клиента специалисты компании LEM разработали гибридный сенсор, более чем в три раза превосходящий по производительности рыночные аналоги.

Гибрид представляет собой сочетание ASIC (специализированная интегральная схема) и DC-сенсора с чисто индуктивной катушкой для увеличения скорости отклика. Благодаря использованию приемной обмотки в составе ASIC, датчик LEM способен работать как трансформатор тока. Хотя существующие АС-сенсоры с чистой катушкой способны контролировать более высокие частоты, до сих пор не существует DC-сенсора с разомкнутым контуром и приемной катушкой, который мог бы работать в полосе свыше 1 МГц.

Новый продукт LEM — семейство НОВ, состоящее примерно из 20 датчиков тока с низким энергопотреблением, способных контролировать постоянный, переменный или импульсный ток до 250 А, разработано для измерения широкополосных сигналов

в высоковольтных импульсных цепях с применением SiC MOSFET. Заказчики особенно заинтересованы в высокопроизводительном решении, обеспечивающем быструю реакцию и расширенный частотный диапазон при меньших габаритах.

### «Совершенно другая полупроводниковая технология»

Как известно, датчик с замкнутым контуром для высокочастотных применений — решение, как правило, дорогостоящее. Однако компания LEM предполагает, что гибридные сенсоры заинтересуют рынки, нуждающиеся в импульсных конвертерах на основе силовых модулей SiC и GaN (нитрид галлия) с широкой запрещенной зоной (WBG). Растущая тенденция к использованию таких преобразователей обусловлена потребностью в снижении массогабаритных показателей и достижении высокого соотношения мощности и веса.

Благодаря тому, что LEM называет «совершенно другой полупроводниковой технологией», быстродействующие транзисторы SiC или GaN не только имеют меньшее время коммутации, но и обеспечивают лучшие частотные характеристики и более высокую устойчивость к перенапряжению. Компания ожидает, что всего через пять лет эта транзисторная технология станет нормой.

Однако еще более важным параметром, чем полоса пропускания, является время отклика — время между подачей первичного тока и реакцией на выходе датчика семейства НОВ. Это было ключевым фактором для заказчиков LEM, которые понимали, что для транзисторов со все более высокой скоростью коммутации нужны датчики тока, способные как можно точнее отслеживать  $di/dt$  (скорость изменения тока).

### Время отклика всего 100 нс

В то время как скорость коммутации тока для новых ключей достигает  $di/dt = 500$  А/мкс (и даже 1 кА/мкс), время отклика обычных датчиков составляет около 1,5 мкс. Для своих заказчиков компания LEM стремилась обеспечить гарантированное значение этого

параметра до 200 нс. Поставленная цель была не только достигнута, но и превышена: новые сенсоры НОВ со своей приемной катушкой обеспечивают время отклика 150 нс (в 10 раз быстрее, чем у любых рыночных аналогов). В некоторых режимах данный показатель составляет всего 100 нс.

Датчики семейства НОВ имеют номинальные токи 50, 75, 100 и 130 А, причем пиковые значения при максимальной мощности ( $I_{pm}$ ) в 2,5 раза превышают эти показатели. В линейке доступны специальные модели (SP), разработанные на заказ в соответствии с индивидуальными требованиями, частота среза (на уровне  $-3$  дБ) у всех устройств превышает 1 МГц. Стандартные сенсоры семейства НОВ имеют источник питания 5 В (с опорным напряжением 2,5 В), доступны модели с напряжением питания 3,3; 3,4 и 3,5 В. Все они способны работать в диапазоне температур  $-40...+105$  °С.

Дополнительные особенности, благодаря которым датчики НОВ опережают конкурентов, — гальваническая развязка между первичной и вторичной цепью, встроенная шина и инновационная технология сквозных отверстий ТНТ (through hole technology), позволяющая уменьшить занимаемое пространство на печатной плате.

### Будущее за гибридными технологиями

Гибридный сенсор имеет примерно такие же габариты, как и другие аналогичные компоненты на рынке, при этом он основан на новой технологии, которую LEM уже предложила автомобильному сектору. Улучшенная компактность и отличная производительность позволяют надеяться, что эта технология LEM распространится и на другие области применения по мере снижения затрат на производство транзисторов, повышения уровня автоматизации и увеличения объемов производства.

Вероятно, очередным мощным импульсом к развитию новой гибридной технологии станет возрастающая потребность в системах с низкой стоимостью, отличной производительностью и малым временем отклика. Вот некоторые из чрезвычайно требовательных применений, для которых оптимальны новые сенсоры LEM семейства НОВ: ручные плазменные резаки, сварочные аппараты и DC/DC-преобразователи, ИБП, импульсные источники питания, приводы переменного тока и серводвигатели, а также статические преобразователи для DC-приводов.

Компания LEM уже получает запросы на датчики, монтируемые на PCB, с номинальными токами 300, 600 А и выше. И хотя трудно определить, как быстро будет меняться спрос, LEM уже сегодня предлагает на рынке многодиапазонный сенсор с разомкнутым контуром, сочетающий беспрецедентное время отклика и полосу пропускания с надежностью, низким энергопотреблением, малым уровнем шума и повышенной устойчивостью к крутым фронтам напряжения  $dv/dt$ , генерируемым силовыми модулями SiC.

