

Ефективність джерел живлення та технологія GaN

Симеон Тремп (Simeon Tremp), Traco Electronic AG

Переклад та редагування: Юрій Скрипка, керівник відділу модульних блоків живлення, Компанія SEA E-mail: info@sea.com.ua

В статті йде мова про те, коли варто використовувати транзистори на основі нітриду галію (GaN) в імпульсних джерелах живлення і яких покращень при цьому можна очікувати.

КОЛИ ТЕХНОЛОГІЯ GAN МАЄ СЕНС ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ?

Напівпровідники з широкою забороненою зоною (ШЗЗ) отримали широке розповсюдження, особливо в галузі електропостачання. Переваги транзисторів на основі нітриду галію (GaN) охоплюють вищу частоту перемикання, нижчий опір увімкнення, меншу ємність і кращі теплові характеристики, ніж у традиційних кремнієвих MOSFET. Вони та-

кож можуть виготовлятися на кремнієвих пластинах, як звичайні напівпровідникові прилади, що дозволяє використовувати деякі частини існуючих виробничих ланцюжків. Теоретично, це повинно допомогти знизити ціну цієї нової технології. Однак наразі GaN-пристрої залишаються дорожчими в перерахунку на один пристрій, ніж традиційні MOSFET. Отже, коли є сенс використовувати GaN в імпульсних джерелах живлення і яких покращень можна очікувати?

За останні десятиліття промисловість досягла величезного прогресу в

зменшенні розмірів блоків живлення та підвищенні їх ефективності. У 1995 році блок живлення потужністю 100 Вт займав площу 10×16 см і мав ККД 80%. Десять років по тому той самий блок живлення займав площу 7.5×10 см, а його ефективність зросла до 85%. До 2015 року він мав розмір 5×10 см і ефективність 90% (рис. 1).

ШВИДШЕ ПЕРЕМІКАННЯ

За цей час ми перейшли від біполярних транзисторів з часом перемикання близько 150 нс до MOSFET з часом перемикання 100 нс, до високовольтного суперпереходу «CoolMOS», який може перемикатися приблизно за 50 нс. Ці вдосконалення дозволили досягти ще вищих частот перемикання. Це дозволяє використовувати менші конденсатори, котушки індуктивності та трансформатори, що дає змогу створювати менші за розміром виробу та конструкції з вищою густиною потужності та ефективністю.

GaN-транзистори можуть перемикатися набагато швидше, ніж кремнієві MOSFET, працюючи в мегагерцовому діапазоні, а не в діапазоні сотень кілогерц. Так чому ж ми не замінюємо кремній на GaN повсюдно?

Щоб відповісти на це питання, нам потрібно зрозуміти кожен етап роботи імпульсного джерела живлення (рис. 2). У нас є три функціональні блоки:

- вхідний фільтр і мережевий випрямляч;
- активна корекція коефіцієнта потужності (Power Factor Correction, PFC) для покращення коефіцієнта потужності та дотримання обмежень на гармоніки (EN 61000-3-2);
- резонансний перетворювач (LLC). Каскад PFC зазвичай генерує відносно стабільну напругу 380 В на кон-

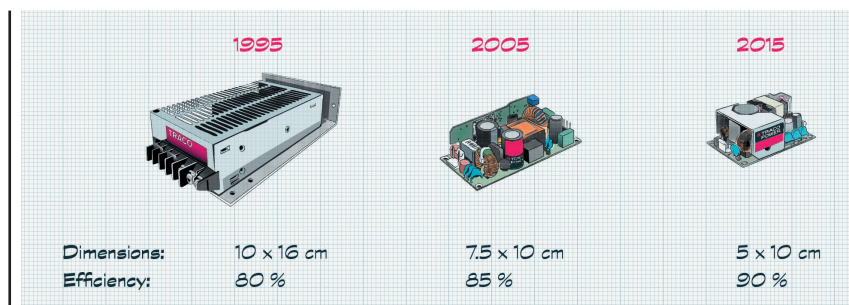


Рис. 1. Блоки живлення стають дедалі меншими та ефективнішими

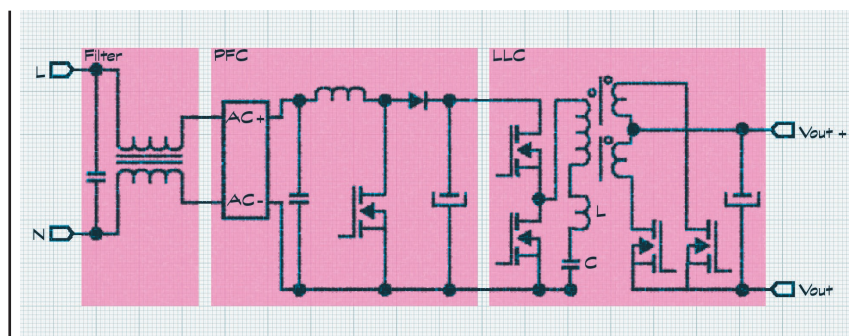


Рис. 2. Три функціональні блоки типового імпульсного джерела живлення

денсаторі ланки постійного струму. Потім вона перетворюється на необхідну ізольовану вихідну напругу постійного струму за допомогою чотирьох MOSFET і трансформатора.

Загальна ефективність такої конструкції може досягати 93%. 3-7% втрат 2% припадає на резонансний перетворювач і 5% — на PFC. 60% з них припадає на втрати при перемиканні.

РОЗУМІННЯ ВТРАТ НА ПЕРЕМІКАННЯ

Втрати на перемикання виникають через те, що MOSFET і GaN-транзистори не є ідеальними перемикачами. Це означає, що їм потрібен час для переходу між увімкненим і вимкненим станами. Протягом цього часу через пристрій протікає значна напруга і струм, а отримана в результаті потужність розсіюється у вигляді тепла. Отже, чим коротший цей перехідний період, тим менші втрати (рис. 3).

У той час як сучасні висококласні MOSFET мають швидкість перемикання до 50 нс, GaN-пристрої можуть запропонувати швидкість до 7 нс. Оскільки ми

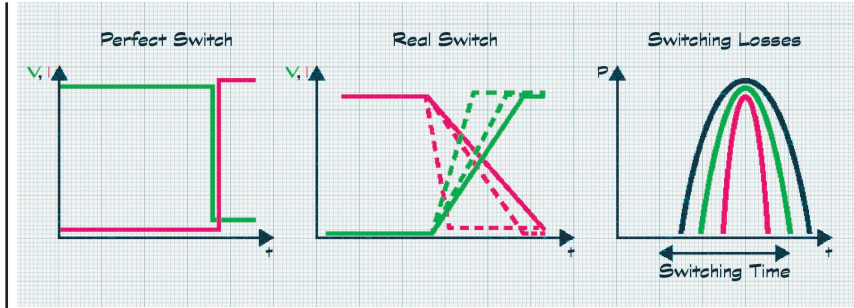


Рис. 3. Чим коротший час перемикання, тим менші втрати на перемикання

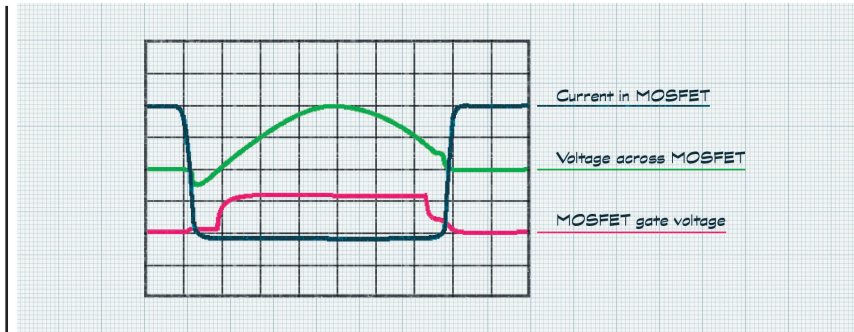


Рис. 4. Вимірювання напруги та струму MOSFET в резонансному перетворювачі

встановили, що чим швидше, тим краще, то, здається, є всі підстави для переходу на GaN, якщо всі інші характеристики пристроїв будуть в цілому схожими.

Однак нам потрібно розглянути конструкцію нашого імпульсного перетворювача більш детально. Розглянемо спочатку резонансний перетворювач.

TRACO POWER

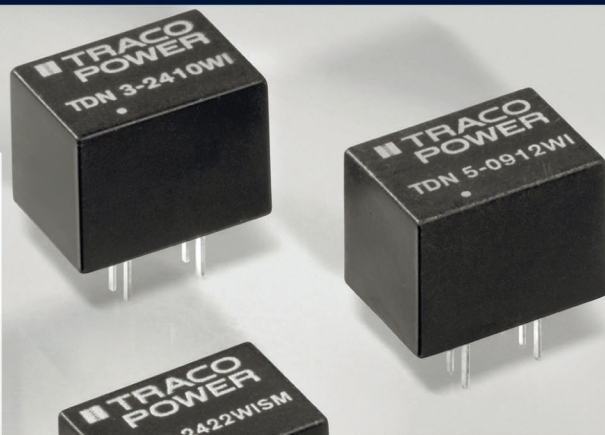
tracopower.com

Надійно. Доступно. Зараз.

Мініатюрні та високоефективні DC/DC-перетворювачі

Серії TDN

- Моделі потужністю від 1 до 5 Вт
- Розміри корпусу 13,2x9,1x10,2 мм
- Діапазони вхідних напруг 5...18, 9...36 та 18...75 В DC
- Одно- та двополярні виходи з номіналами напруг від 3,3 до 15 В
- Напруга ізоляції вхід-вихід 1600 В DC
- Функція віддаленого вмикання/вимикання



Компанія SEA – офіційний дистриб'ютор TRACO POWER на території України.



Україна, 02094, м. Київ, вул. Краківська, 13-Б
тел./факс: +38 044 330-00-88
info@sea.com.ua, www.sea.com.ua

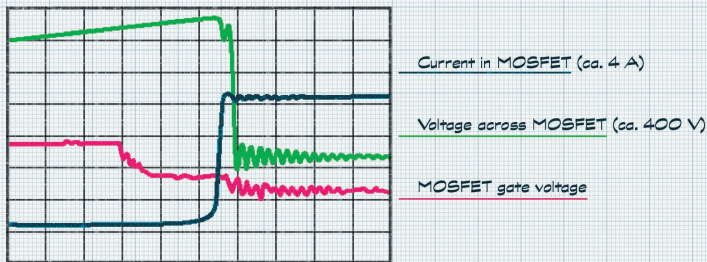


Рис. 5. Вимірювання напруги та струму MOSFET у каскаді PFC

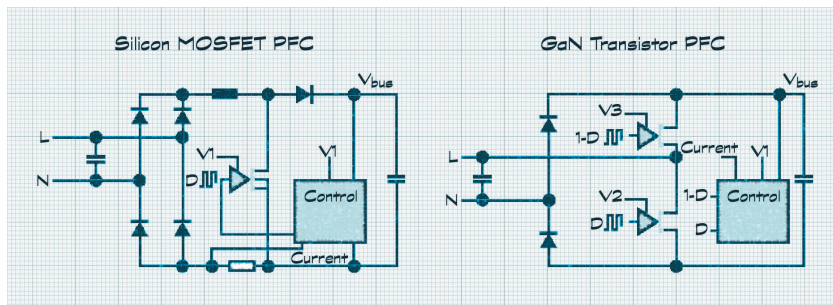


Рис. 6. Порівняння конструкції PFC на основі MOSFET і GaN

У момент увімкнення напруга «джерело-стік» нашого MOSFET падає до нуля (рис. 4). Ми також бачимо, що струм в цей момент часу практично дорівнює нулю. Це не випадковість, а свідомий вибір в таких конструкціях для перемикачів в точці нульового струму. Через це резонансні перетворювачі вже мають дуже низькі втрати на перемикачів, а це означає, що перехід на більш швидкісні GaN-пристрої не матиме значного значення.

Можливо, в PFC можна знайти покращення? На даний момент в цій конструкції напруга на перемикачі може досягати 400 В, а струм через нього — 4 А (рис. 5). При часі перекриття 30 нс на частоті перемикачів 100 кГц втрати потужності при перемикачів становлять близько 4.8 Вт ($4 \text{ А} \times 400 \text{ В} \times 30 \text{ нс} \times 100 \text{ кГц}$).

Це означає, що GaN може мати важливе значення і тут. Популярний підхід використовує топологію тотемного полюса (рис. 6). Мостовий випрямляч видаляється і замінюється двома діодами й двома GaN-транзисторами. Ще однією перевагою цієї зміни є нижчий, більш контрольований пусковий струм.

РЕАЛІЗАЦІЯ GAN В КОНСТРУКЦІЇ PFC ПОТУЖНІСТЮ 1000 Вт

Експерименти показують, що в конструкції потужністю 1000 Вт, яка працює при 800 Вт, GaN-транзистор з опором 80 мОм в такому каскаді ШІМ з тотемним полюсом може досягати

ефективності понад 99% за відної напруги 230 В змінного струму. Класичний PFC з використанням кремнієвих MOSFET може досягти лише близько 98%. Однак за напруги 110 В змінного струму майже не спостерігається покращення порівняно з кремнієвим MOSFET — обидві конструкції досягають близько 96% ефективності. Це пояснюється тим, що більші струми призводять до більших втрат в котушці індуктивності ($R \times I^2$).

Такі удосконалення також досягаються за рахунок складнішої допоміжної схеми. Два GaN-транзистори в конструкції замість одного кремнієвого МОП-транзистора вимагають трьох плаваючих допоміжних джерел живлення, а не одного плаваючого джерела живлення. Вища частота перемикачів також вимагає більших зусиль при проектуванні та тестуванні для дотримання обмежень на теплове випромінювання.

КОЛИ ВАРТО РОЗГЛЯНУТИ GAN?

Зараз GaN-транзистори не мають суттєвих переваг в каскаді резонансного перетворювача імпульсного джерела живлення, оскільки наявні втрати на перемикачів вже є низькими. Де вони дійсно мають сенс, так це в каскаді PFC. З максимальною ефективністю 99%, яку можна досягти, ефективність всієї конструкції джерела живлення можна довести до пристойних 96%.

Однак це покращення досягається ціною більших інженерних зусиль і складніших вимог до фільтрації. З чисто фінансової точки зору, витрати можуть бути в три-п'ять разів більшими, ніж у кремнієвих MOSFET-транзисторів. Нарешті, вторинне постачання GaN-транзисторів залишається складним через відмінності в рекомендованій кожним виробником конструкції драйверів затворів, що збільшує ризики для виробників БЖ.

Сьогодні інженери TRACO POWER вважають, що GaN найкраще підходить для каскаду PFC в блоках живлення потужністю не менше 1000 Вт. Щоб розглянути можливість використання цих нових пристроїв WBG в блоках живлення меншої потужності, ціна на GaN-транзистори повинна ще більше знизитися, що зазвичай відбувається з розвитком технології.

За додатковою інформацією, а також з питань придбання продукції TRACO POWER звертайтеся, будь ласка, до офіційного дистриб'ютора Traco Electronic AG на території України — Компанії СЕА: тел.: (044) 330-00-88, e-mail: info@sea.com.ua www.sea.com.ua

СН

ПРОДОВЖЕННЯ НАДІЙНОГО ПАРТНЕРСТВА З TRACO POWER

Компанія СЕА, один із провідних постачальників джерел живлення, пролонгувала сертифікат авторизованого дистриб'ютора продукції TRACO POWER в Україні. Це підтверджує стабільне партнерство між компаніями та гарантує українським підприємствам офіційний доступ до передових технологій у сфері енергопостачання.

Вся продукція Traco Power має міжнародні сертифікати відповідності (IEC/EN 62368-1, UL, CE), що гарантує її безпечну та ефективну роботу у складних умовах.

Компанія СЕА вже більше 20-ти років є офіційним дистриб'ютором TRACO POWER в Україні, і пролонгація сертифікату авторизованого дистриб'ютора підтверджує успішний досвід співпраці.

Продовження співпраці між Компанією СЕА та Traco Power забезпечує українських виробників, системних інтеграторів та підприємства якісними, надійними та сертифікованими рішеннями у сфері енергопостачання.