

Texas Instruments Incorporated – американська технологічна компанія, яка розробляє та виробляє напівпровідники та різні інтегральні схеми. Аналогові мікросхеми компанії керують живленням електронного обладнання, а вбудовані процесори вирішують певні завдання у електронних пристроях. Texas Instruments працює у двох сегментах: аналогова та вбудована обробка даних.

Зменшення втрат потужності та розсіювання тепла в тягових інверторах SiC

Едуард Шепель, м. Київ

Із зростаючою конкуренцією між виробниками електромобілів (EV) за розробку моделей з нижчою ціною та довшим запасом ходу інженери енергосистем відчувають натиск, щоб зменшити втрати потужності та підвищити ефективність інверторної системи тяги, що може збільшити запас

ходу та забезпечити конкурентну перевагу. Ефективність пов'язана з меншими втратами електроенергії, впливає на теплові характеристики та, у свою чергу, на вагу, розмір і вартість системи. Попит на зменшення втрат електроенергії триватиме з розробкою інверторів з вищими рівнями по-

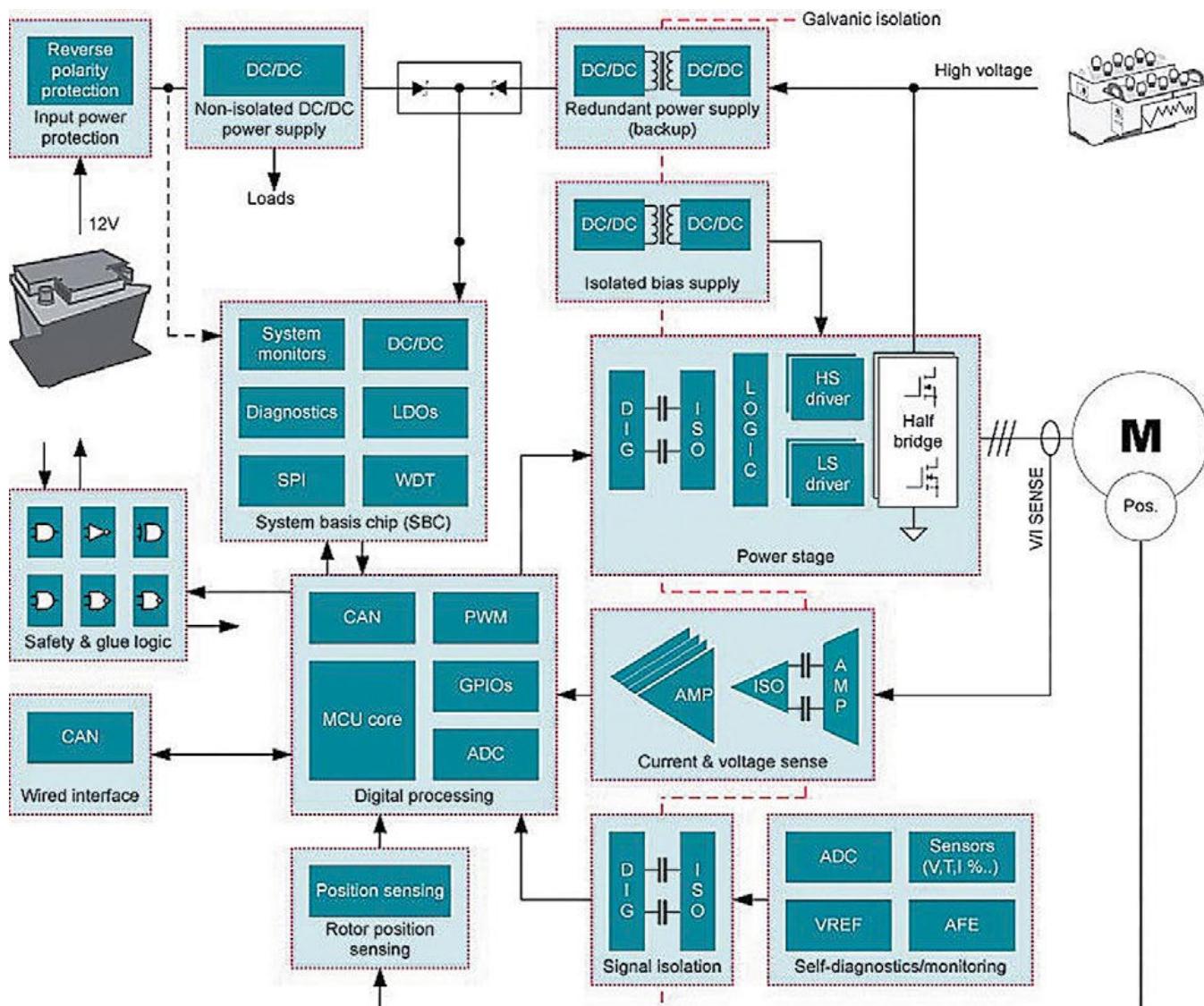
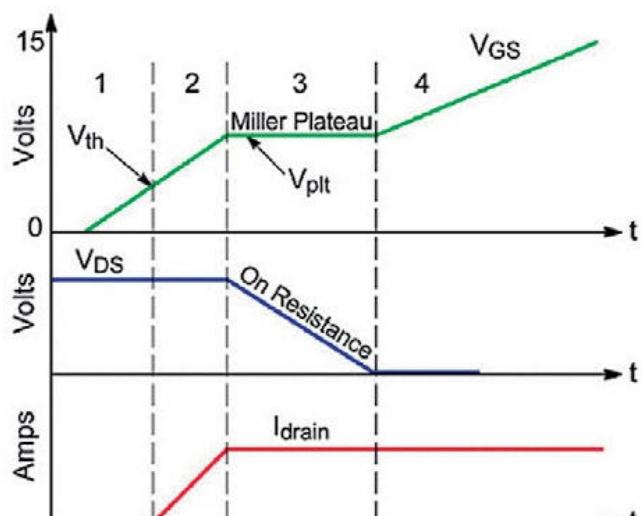


Рис. 1

**MOSFET Turn ON Characteristics****Рис.2**

тужності, особливо у міру збільшення кількості двигунів на автомобіль та переходу вантажівок на електромобілі.

У тягових інверторах традиційно використовуються бінополярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT). Але з розвитком напівпровідникових технологій металооксидні напівпровідникові польові транзистори (MOSFET) з карбіду кремнію (SiC) пропонують можливість перемикатися на більш високих частотах, ніж IGBT, підвищуючи ефективність завдяки зниженню резистивних і комутаційних втрат, одночасно збільшуєчи потужність і щільноту струму. Керування SiC МОП-транзисторами в тяговому інверторі EV, особливо при рівнях потужності >100 кВт і з шинами 800 В, вимагає ізольованого драйвера затвора з надійною технологією ізоляції, високою потужністю приводу, а також функціями моніторингу та захисту від несправностей.

Ізольовані драйвери затворів у системах тягового інвертора

Ізольована інтегральна схема драйвера затвора (IC), по-

казана на [рис.1](#), є невід'ємною частиною рішення для доставки електроенергії тягового інвертора. Драйвер затвора забезпечує гальванічну розв'язку від низької до високої напруги (від входу до виходу), керує силовими каскадами високої та низької сторони напівмостів трифазного двигуна на основі SiC або IGBT, а також забезпечує моніторинг і захист від різних несправностей.

SiC MOSFET плато Міллера

та переваги високоміцного драйвера затвора

Особливо для SiC МОП-транзисторів, мікросхема драйвера затвора повинна мінімізувати втрати на комутацію та провідність, які включають енергію вмикання та вимикання. Специфікації MOSFET включають характеристику заряду затвора, і на цій кривій ви знайдете плоску горизонтальну ділянку, яка називається плато Міллера, показану на [рис.2](#). Чим більше часу MOSFET проводить між включеним та вимкненим його станами, тим більше втрачається потужність.

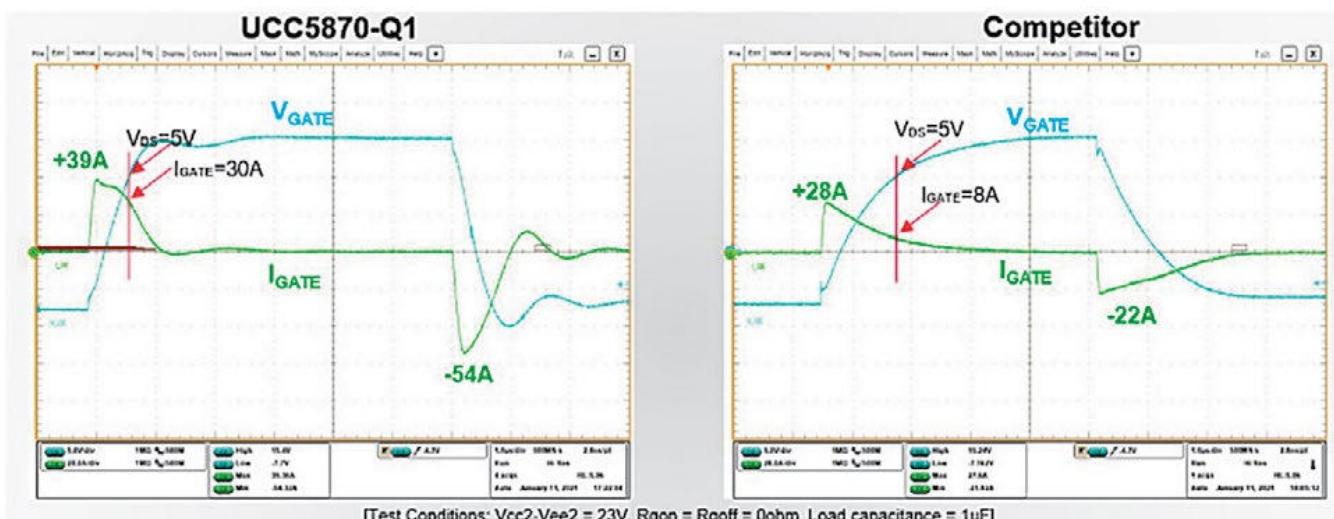
Коли SiC MOSFET перемикається, напруга «затвор-витік» (V_{GS}) переходить поріг «затвор-витік» (V_{GTH}), обмежується напругою плато Міллера (V_{plt}) і залишається там, оскільки заряд і ємність фіксується. Перемикання MOSFET вимагатиме додавання або видалення достатнього заряду затвора. Ізольований драйвер затвора повинен управляти затвором MOSFET з великим струмом, щоб додати або видалити заряд затвора для зменшення втрати потужності. Рівняння 1, яке розраховує необхідний заряд SiC MOSFET, який буде додавати або видаляти ізольований драйвер затвора, показує, що струм затвора MOSFET пропорційний заряду затвора:

$$Q_{GATE} = I_{GATE} \times t_{sw} \quad (1),$$

де:

I_{GATE} – струм ізольованої мікросхеми драйвера затвора,
 t_{sw} – час включення MOSFET.

Для застосувань тягового інвертора потужністю ≥ 150 кВт ізольований драйвер затвора повинен мати силу струму >10 А, щоб перемикати SiC FET через плато Міллера з

**Рис.3**

високою швидкістю нарощання та використовувати переваги вищих частот перемикання. SiC FETs мають нижчий заряд зворотного відновлення (Q_{rr}) і більш стабільний опір увімкнення при підвищенні температури ($R_{DS(on)}$), що забезпечує вищі швидкості перемикання. Чим менше часу MOSFET залишається на плато Міллера, тим менші втрати потужності та самонагрівання.

UCC5870-Q1 і UCC5871-Q1 від Texas Instruments – це потужні, сумісні з функціональною безпекою 30-А драйвери затворів з базовою або посиленою ізоляцією та цифровою шиною послідовного периферійного інтерфейсу для передачі даних про несправності до мікроконтролера. На рис.3 порівнюється перемикання SiC MOSFET між UCC5870-Q1 і конкуруючим драйвером затвора. Драйвер затвора UCC5870-Q1 досягає піку 39 А і підтримує 30 А струму через плато Міллера, що забезпечує набагато швидше включення. Більш швидке включення стає очевидним при порівнянні синій лінійної форми сигналу VGATE між двома драйверами. При напрузі плато Міллера 10 В, UCC5870-Q1 має струм драйвера затвора 30 А, у той час як струм драйвера затвора конкуруючого пристрою становить 8 А.

Вклад ізольованих драйверів затворів у втрати потужності

Порівняння плато Міллера драйвера затвора також стосується втрат на комутацію в драйверах затвора, як показано на рис.4, де наведені дані про втрати при перемиканні драйвера затвора в залежності від частоти перемикання. У цьому порівнянні різниця втрат на комутацію драйвера становить до 0.6 Вт. Ці втрати роблять внесок у загальні втрати потужності в інверторі і посилюють потребу в сильноточному драйвері затвора.

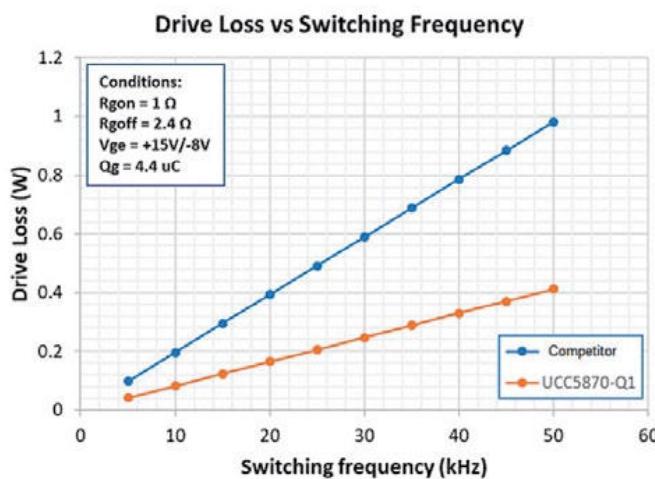


Рис.4

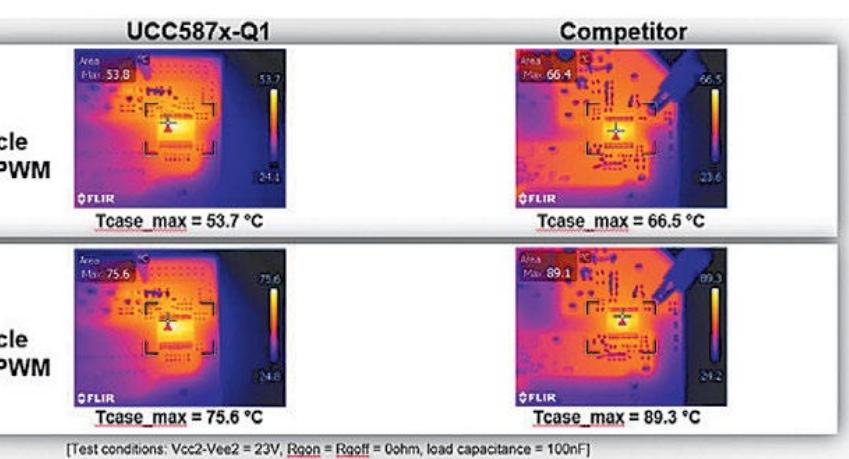


Рис.5

Розсіювання тепла

Втрати потужності призводять до підвищення температури, що може ускладнити керування температурою, оскільки потрібні радіатори або товщі мідні шари друкованих плат (PCB). Висока міцність приводу допомагає знизити температуру корпусу драйвера затвора, зменшуючи потребу в дорожчих радіаторах або додаткових шарах заземлення друкованої плати для зниження температури мікросхеми драйвера затвора. На теплових зображеннях, показаних на рисунку 5, UCC5870-Q1 працює на температурі у 15°C нижче через нижчі втрати при комутації та більший струм приводу через плато Міллера.

Висновок

При збільшенні потужності тягових інверторів електромобілів до більш ніж 150 кВт, вибір ізольованого драйвера затвора з максимальною силою струму через плато Міллера може знизити втрати потужності SiC MOSFET та забезпечити більш високі частоти перемикання, отже, більш високу ефективність, що розширити діапазон приводу нової моделі електромобіля. Драйвери затворів UCC5870-Q1 та UCC5871-Q1 30-А, сумісні з функціональною безпекою TI, поставляються з багатьма інструментами підтримки проектування, що допомагають при реалізації.

*За матеріалами Texas Instruments.

Компанія СЕА з 1990 року займається оптовою торгівлею на ринку України електронними компонентами для промислових підприємств. У програму поставок входять як пасивні компоненти (резистори, конденсатори, індуктивності, вариостори, кварцові резонатори, розрядники, роз'єми, запобіжники, комутаційні вироби та ін.), так і активні компоненти (мікросхеми, транзистори, діоди, діодні мости, світлодіоди, рідкокристалічні індикатори, оптоприлади, запобіжники, датчики та ін.).

В портфелі [Компанії СЕА](#) представлена широка номенклатура товарів виробництва Texas Instruments. Для додаткової консультації зв'яжіться з фахівцями СЕА за телефоном: +38 (044) 330-00-88 або по e-mail: info@sea.com.ua.