

Біполярні модулі наступного покоління: покращена теплопровідність та стійка конструкція

Пол Дрексхейдж (Paul Drexhage), Semikron Danfoss
Переклад та редагування: Володимир Павловський, к.т.н, с.н.с.,
Інститут електродинаміки (ІЕД) НАН України

Біполярні модулі залишаються надійним і економічно ефективним рішенням для промислових застосувань на частоті електромережі. Хоча основна робота таких схем не змінилася, технологія компоновання в модулях живлення продовжує вдосконалюватися.

Випрямляч з ізолюваною базовою пластиною SEMIPACK був винайдений у 1975 році. Поступово на його основі виникла широка лінійка продуктів, що охоплює широкий діапазон струмів і конструктивних виконань. Він став стандартом для випрямлячів 50/60 Гц і контролерів змінного струму та широко застосовується в електроприводах, системах безпечного електроживлення і системах керування технологічними процесами.

Лінійка продуктів SEMIPACK (рис. 1) тепер охоплює шість різних корпусів, що містять діоди та/або тиристори з номінальним струмом від 60 А (SEMIPACK 1) до понад 1300 А

(SEMIPACK 6). Ці модулі налаштовані для некерованого (діод/діод), напівкерованого (тиристор/діод) і повністю керованого (тиристор/тиристор) випрямлення. Тиристорно/тиристорні модулі також легко конфігуруються для керування змінним струмом (антипаралельне з'єднання). Конструкція цих модулів різниться залежно від діапазону напруг і струмів. Модулі меншої потужності мають дротові та паяні з'єднання, а більш потужні типи модулів мають запресовану конструкцію, подібну до капсульних пристроїв.

Кожен із шести розмірів корпусу має індивідуальні особливості. Оригінальний тип, SEMIPACK 1, пройшов через п'ять поколінь змін, щоб зберегти свою позицію лідера ринку. Тепер доступне 6-е покоління, SEMIPACK 1.6, з повним діапазоном номінальних струмів. Це забезпечує найвищу продуктивність і пропускну здатність струму для всіх біполярних застосувань.

КОНСТРУКЦІЯ МОДУЛЯ

Модуль SEMIPACK 1 використовує добре перевірену конструкцію рамкових виводів, кристала на підкладці та базової пластини. Використання в цих модулях мідної базової пластини шириною 20 мм покращує розподіл тепла, а також забезпечує надійну монтажну поверхню для різних типів радіаторів. У модулях SEMIPACK 1 6-го покоління змінена внутрішня конструкція. Ці зміни покращують теплові показники та зменшують кількість витратних матеріалів, значно покращуючи співвідношення ціни та якості.

По-перше, структура матеріалу під біполярним напівпровідниковим чипом була значно спрощена (рис. 2, угорі). Це значно зменшує тепловий опір $R_{th(j-c)}$ від чипа до базової пластини. Модуль SEMIPACK 1.6 має цей показник у стаціонарному стані від напівпровідникового переходу до корпусу на 46% менший порівняно з попереднім поколінням (рис. 2, внизу).

По-друге, розміри базової пластини у модулі SEMIPACK 1.6 були зменшені. Очевидно, що зі зменшенням загальної ваги модуля з 95 до 75 г (-18%) зменшуються витрати цінної міді. Але в попередніх поколіннях SEMIPACK базова пластинка також мала отвори для гвинтів і забезпечувала монтажний тиск для утримання модуля на радіаторі; це вимагало складного вигину базової пластини для забезпечення рівномірного кон-

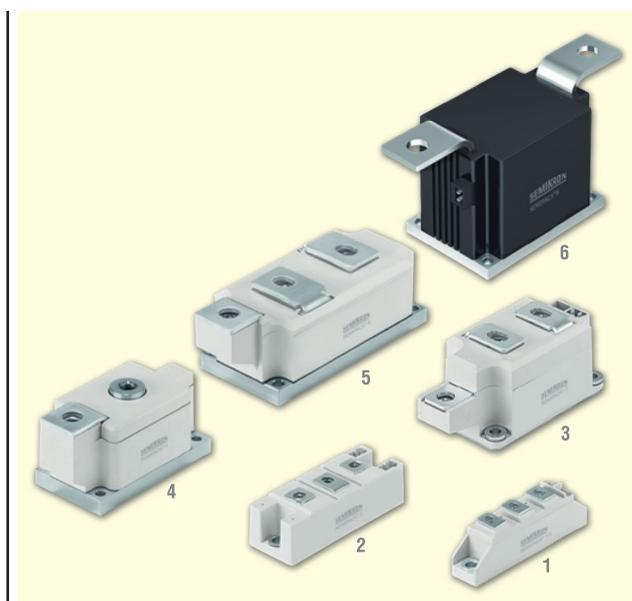


Рис. 1. Сімейство модулів SEMIPACK

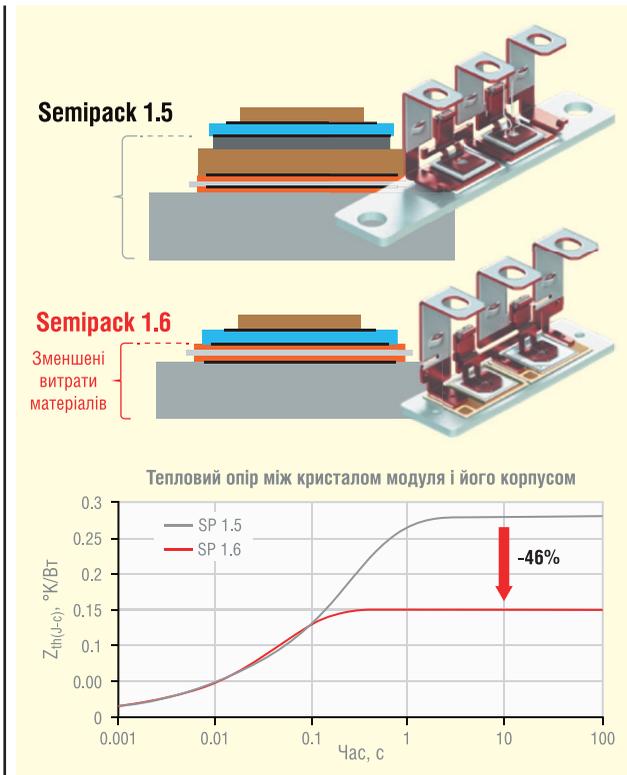


Рис. 2. Порівняння внутрішньої конструкції модулів

такту з радіатором після монтажу. Натомість у «гібридному» дизайні SEMIPACK 1.6 посилений пластиковий корпус закриває базову пластину, що забезпечує необхідний монтажний тиск. Це дозволяє застосувати набагато простішу геометрію базової пластини, щоб значно збільшити ефективну площу контакту з радіатором під чипами. Покращена площа контакту «метал-метал» між базовою пластинкою та радіатором також означає, що потрібно менше матеріалу для термоінтерфейсу. Модуль SEMIPACK 1.6 має зменшений на 35% загальний тепловий опір $R_{th(c-s)}$ між корпусом і радіатором (рис. 3) порівняно з попереднім поколінням модулів із типовим значенням 0.09 °K/Wt.

Незважаючи на ці зміни в конструкції, зовнішні розміри, точки кріплення та електричні клеми залишаються такими ж, як і в попередніх поколіннях SEMIPACK 1. Це означає, що можна поліпшити продуктивність уже існуючих пристроїв силової електроніки. Маючи стандартний корпус, модуль SEMIPACK також може замінити застарілі випрямлячі в тих самих габаритах.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

Покращені теплові характеристики модулів 6-го покоління очевидні з точки зору результуючої температури напівпровідникового переходу під час роботи модуля в типовій електричній схемі. Однією з найпоширеніших промислових схем є 3-фазний некерований мостовий випрямляч електромережної напруги. Його легко побудувати з трьох модулів SEMIPACK 1, розташованих на спільному радіаторі. На вхід моста подається типова напруга електромережі (наприклад, 400 В змінного струму, 50 Гц), а вихідну напругу постійного струму фільтрують для електроживлення типового навантаження (наприклад, інвертора). Таку схему

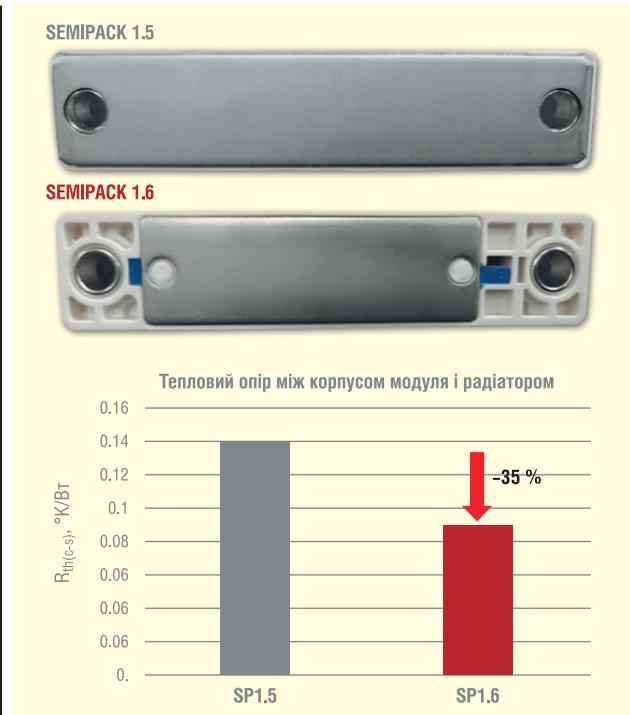


Рис. 3. Тепловий опір модулів залежно від конструктиву

можна легко змодельувати за допомогою онлайн-інструменту електронного моделювання SemiSel, доступного на веб-сайті Semikron Danfoss. Цей безкоштовний інструмент містить моделі всіх типів модулів SEMIPACK і швидко визначає температуру напівпровідникового переходу для заданого набору умов експлуатації. У цьому прикладі три модулі SEMIPACK на радіаторі, описані раніше, мають примусове повітряне охолодження з температурою повітря на вході, рівною 45 °C. Якщо інвертор на виході випрямляча керує двигуном, тоді потрібно також враховувати 180% перевантаження впродовж перших трьох секунд після подачі напруги на двигун.

Враховуючи ці умови, можна порівняти дводіодні (SKKD) модулі SEMIPACK 5-го та 6-го покоління (рис. 4). Як заведено для проектування у всій галузі, рекомендована робоча температура на 10 °C нижче максимальної температури переходу, зазначеної в технічному паспорті. Наприклад, модуль SKKD 81 (5-го покоління) майже досягає рекомендованої температури (115 °C), коли вихідний струм 3-фазного випрямляча становить 207 А DC (перевантаження впродовж 3 с). Однак за тих самих умов експлуатації та вихідного струму

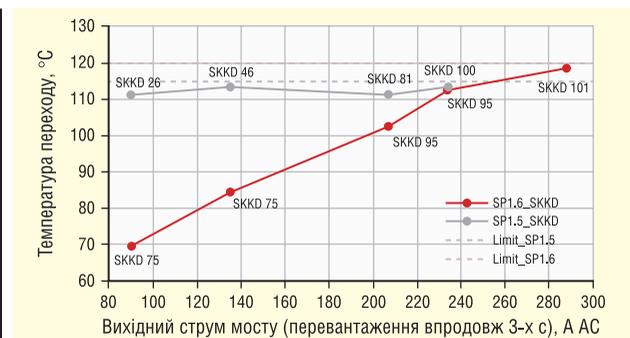


Рис. 4. Температура переходу модулів версій SEMIPACK 1.5 та SEMIPACK 1.6 (конфігурація діод/діод)

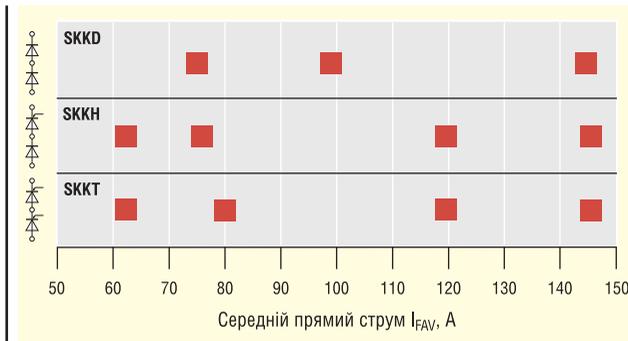


Рис. 5. Портфоліо модулів SEMIPACK 1.6

аналогічний пристрій 6-го покоління (SKKD 95) досягає температури переходу лише 103 °C. Щобільше, випуск модуля 6-го покоління SEMIPACK дав можливість кваліфікувати пристрої для максимальної температури переходу T_{jmax} , яка дорівнює 130 °C. Це означає збільшення на 5 °C згаданої температури порівняно з майже всіма пристроями 5-го покоління. З урахуванням раніше згаданого робочого запасу в 10 °C це означає, що пристрої 6-го покоління здатні безперервно працювати за температури до 120 °C.

ПОРТФОЛІО

Нове портфоліо SEMIPACK 1.6 (рис. 5) охоплює лінійку модулів 5-го покоління, збільшуючи верхню межу струму. Покращена конструкція забезпечує випрямлений струм $I_{FAV} = 143$ А при $T_c = 85$ °C для конфігурацій, обладнаних двома діодами. Для конфігурацій, оснащених тиристорами (SKKH

і SKKT), номінальний струм $I_{TAV} = 145$ А при $T_c = 85$ °C є найвищим номінальним струмом на ринку для корпусів завтовшки 20 мм. Стійкість до стрибків струму також є найкращою у своєму класі: $I_{TSM} = 2210$ А при $T_i = 130$ °C.

Враховуючи широке поширення мереж 400/480 В, всі модулі SEMIPACK 1.6 розраховані на зворотну блокувальну напругу 1600 В. Однак додатково будуть запропоновані пристрої на 1800 В блокуючої напруги.

ВИСНОВОК

Модуль SEMIPACK 1 6-го покоління продовжує традицію інновацій, розпочату з оригінального ізолюваного силового напівпровідникового модуля. Використовуючи менше матеріалів, модуль SEMIPACK 1.6 сприяє збільшенню екологічності в електронній промисловості, одночасно покращуючи його теплові характеристики. З кожним новим поколінням модулів SEMIPACK покращується співвідношення ціна/продуктивність, гарантуючи, що він залишається найбільш вдалим вибором модуля для всіх промислових застосувань.

Більш детальну інформацію щодо продукції Semikron Danfoss можна отримати, звернувшись до офіційного дистриб'ютора в Україні — ТОВ НВП «Техносервіспривід»: 03057, м. Київ, пр-т Берестейський, 56, офіс 335, тел.: +38 (044) 458-47-66, +38 (067) 463-46-62, +38 (095) 284-96-62, e-mail: sp.tsdrive@gmail.com, semikron@ukr.net, service_danfoss@ukr.net www.tsdrive.com.ua, www.semismart.com.ua CN

ВІДКРИТО ТРЕТІЙ ТИП МАГНЕТИЗМУ, ЯКИЙ ПОКРАЩИТЬ НАКОПИЧУВАЧІ ТА ДОПОМОЖЕ ОТРИМАТИ НАДПРОВІДНІСТЬ

Як відомо, спіни електронів в електричному струмі вказують в одному з двох напрямків та можуть вирівнюватися уздовж або протилежно до цих магнітних моментів, щоб зберігати або переносити інформацію, утворюючи основу пристроїв магнітної пам'яті.

«Раніше ми мали два добре відомі типи магнетизму. Феромагнетизм, де магнітні моменти, які можна уявити як маленькі стрілки компаса на атомній шкалі, усі вказують в одному напрямку. А також антиферомагнетизм, де сусідні магнітні моменти вказують у протилежних напрямках», — каже автор дослідження Олівер Амін, докторант Ноттінгемського університету у Великій Британії.

Альтермагнітні матеріали, вперше створені у 2022 році, мають структуру, яка знаходиться десь посередині. Кожен окремий магнітний момент вказує в протилежному напрямку, ніж його сусід, як в антиферомагнітному матеріалі. Але кожний трохи закручений відносно сусіднього магнітного атома, що призводить до деяких нових феромагнітних властивостей. Альтермагнетика поєднують у собі найкращі властивості як феромагнітних, так і антиферомагнітних матеріалів.

Антиферомагнітними матеріалами набагато складніше маніпулювати для зберігання інформації. Оскільки вони мають нульовий магнетизм, зберігання інформації в цих матеріалах є набагато безпечнішим, а швидкість передавання краща.

Альтермагнетикам притаманна швидкість та стійкість антиферомагнетиків, але вони також мають важливу власти-

вість феромагнетиків, яка зветься порушенням зворотної симетрії у часі. Тобто якби було можливо відмотати події у часі назад, частинки поводитися б так само. Однак, оскільки електрони мають як квантовий спіл, так і магнітний момент, уявний розворот часу та напрямку руху змінює обертання, тобто симетрія порушується.

Команда на чолі з Пітером Уодлі, професором фізики Ноттінгемського університету, використала техніку під назвою фотоемісійна електронна мікроскопія для створення зображення структури та магнітних властивостей телуриду марганцю, матеріалу, який раніше вважався антиферомагнітним.

Циркулярно поляризоване світло виявило різні магнітні домени, створені порушенням симетрії у часі, тоді як горизонтально або вертикально поляризовані рентгенівські промені дозволили виміряти напрямки магнітних моментів у всьому матеріалі. Об'єднавши результати обох експериментів, дослідники створили першу в історії карту відмінних магнітних доменів та структур в альтермагнітному матеріалі.

Автори дослідження стверджують, що здатність створювати зображення та керувати цією новою формою магнетизму може революціонізувати дизайн пристроїв пам'яті наступного покоління зі збільшенням операційної швидкості та підвищеною стійкістю і простотою використання. Альтермагнетизм також допоможе в розвитку надпровідності.

www.nature.com