

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИЛОВІ МОДУЛІ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Бовкунович В.С., ас.; Гаврилюк С.І., студент

кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. На сьогоднішній день важко уявити електромеханічну систему з електродвигуном змінного струму без силових напівпровідникових модулів. Найбільш поширеними є модулі побудовані на IGBT транзисторах, серед яких окремим класом можна виділити “інтелектуальні” силові модулі (IPM – intelligent power modules).

Мета дослідження: ознайомитись з конструкцією, особливістю роботи та основними характеристиками IPM, зробити порівняння потужнісних характеристик “інтелектуальних” модулів різних виробників.

Конструкція IPM.

Сучасний IPM – це гібридний модуль, що містить швидкісні IGBT-транзистори, сполучені у певній конфігурації, схему керування, оптимізовану за характеристиками керування затвору для використання транзисторів, схему захисту від перевантажень і схему індикації стану [1]. Типова конструкція

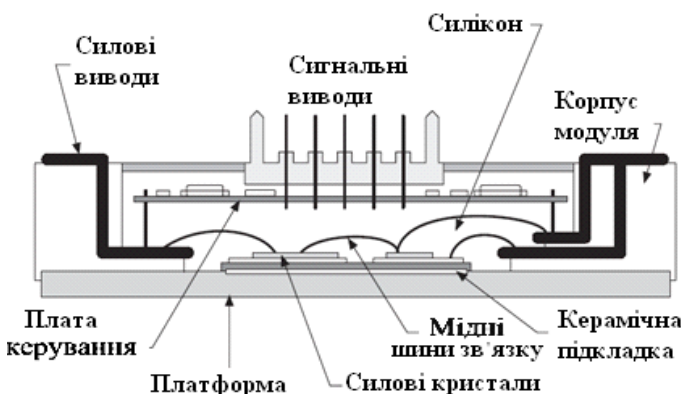


Рис. 1. Конструкція “інтелектуального” силового модуля фірми Mitsubishi

“інтелектуального” силового модуля представлена на рис. 1.

IPM представляють собою багатошарову конструкцію з епоксидною ізоляцією (в малопотужних модулях) або керамічною ізоляцією (в модулях середньої та великої потужності). Мідні лінії зв'язку елементів модуля напильються безпосередньо на ізолятор, що виключає пайку. Елементи схеми керування розташовані на

друкованій платі, яка встановлюється безпосередньо на силовий модуль. Ця плата є багатошаровою і має спеціальний екран для підвищення стійкості до електромагнітних завад.

Особливості роботи IPM та основні характеристики.

Головною задачею “інтелектуальних” силових модулів є перетворення параметрів електроенергії, а саме форми струму та напруги, з безпосереднім контролем останніх. Для забезпечення високих показників якості електричної енергії в “інтелектуальних” модулях широко використовується трифазна мостова схема включення силових ключів [2]. Реалізація функціонально завершеного пристрою керування трифазними електродвигунами з використанням “інтелектуальних” модулів є досить простою процедурою, для якої потрібна мінімальна кількість додаткових компонентів: мікроконтролер, мережевий фільтр, три струмових шунта зворотнього зв'язку та нескладний

інтерфейс побудований на пасивних компонентах для передачі на мікроконтролер інформації про аварійний стан. Для надійної роботи модуля, схема захисту повинна справно та вчасно аналізувати режим перевантаження за струмом, режим короткого замикання навантаження, режим пробою, а також падіння напруги керування та перегрів.

Особливістю роботи “інтелектуального” силового модуля є те, що IPM працює в області безпечної роботи (ОБР або SOA – safe operating area), яка визначає допустимі поєднання струмів і напруг, при яких не порушується безпечна робота модуля. Для IPM зазвичай задається 2 види області безпечної роботи – ОБР для режиму короткого замикання (ShortCircuit SOA – SCSOA) і ОБР для імпульсного режиму (Switching SOA – SSOA). SSOA задає обмеження на струм і напругу, які одночасно діють на модуль при виключенні.

Безпечним для IPM вважається режим, коли напруга живлення не перевищує визначеної для модуля напруги джерела живлення (VCC), а перенапруга при вимиканні не перевищує граничного значення напруги колектор-емітер (VCES).

При короткому замиканні у схемі з нульовим імпедансом джерела живлення струм короткого замикання визначається тільки характеристиками силового ключа. SCSOA гарантує безпечну роботу в одноразовому режимі короткого замикання при напрузі живлення нижче значення VCC, при перенапрузі в ланцюзі колектор-емітер кожного модуля, меншому VCES, і температурі кристала нижче 125°C.

При перегріві модуля вище заданого значення датчик температури, встановлений на платформі модуля, видає сигнал несправності. За цим сигналом схема управління відключає силові транзистори.

У напівмостових і мостових конфігураціях відключаються зазвичай транзистори нижнього рівня. Повторне включення відбудеться після охолодження модуля до порога включення. Однак наявність теплового захисту не може гарантувати, що потужний кристал не вийде з ладу за будь-яких умов. Кристал може перегрітися до того, як розігріється платформа модуля і термодатчик. Це може статися, наприклад, через збій контролера і підвищення частоти комутації.

У IPM, як правило, використовуються IGBT з вбудованим датчиком струму. Якщо струм колектора модуля перевищує граничне значення протягом певного часу, модуль відключається. Найбільш “інтелектуальні” схеми управління розрізняють два порогових значення струму – струм перевантаження, починаючи з якого починається аналіз несправності і формується контрольний сигнал, і струм КЗ, по якому відбувається відключення.

Після виникнення стану перевантаження напруга на затворі знижується, що призводить до зменшення струму колектора. Потім, якщо стан перевантаження не припиняється, через 5-10 мкс напруга на затворі знижується до нуля. При цьому зниження напруги на затворі проводиться за певним законом. Таке “м'яке” відключення необхідно для зменшення похідної струму і зниження перенапруги при виключенні.

У сучасних ІРМ використовується безперервний моніторинг струму кожного силового ключа і загального струму споживання. Це необхідно для визначення всіх видів струмових перевантажень, включаючи пробій на корпус. Стан короткого замикання настає при замиканні навантаження або збої контролера, коли відкриваючі сигнали надходять на обидва плеча напівмостового каскаду, викликаючи наскрізний струм. При цьому вимірюється безпосередньо струм силового каскаду, а не напруга насичення.

При відхиленні від норми будь-якого з перерахованих параметрів схема захисту відключає силові транзистори та видає сигнал несправності в мікроконтролер.

До основних характеристик ІРМ відноситься: напруга колектор-емітер (600В, 1200В, 1700В), струм колектора (5-1200А), час відпирання/запирання (0,3-3мкс). Для промислової мережі 380В гранична напруга більшості ІРМ складає 1200В або 1700В, що є оптимальним значенням для безпечної роботи модуля.

На ринку напівпровідників “інтелектуальні” силові модулі широко представлені наступними виробниками: International Rectifier, Fuji Electric, Toshiba, Mitsubishi Electric, Semikron [1], [3]–[6].

Потужнісні характеристики.

В таблиці 1 приведені дані про граничні характеристики “інтелектуальних” модулів, що випускаються провідними світовими виробниками.

Таблиця 1. Граничні характеристики ІРМ різних виробників

Виробник	Граничний струм I_c, А ($U_{ce} = 1200/1700$ В)
International Rectifier	50
Fuji Electric	100
Toshiba	300
Mitsubishi Electric	800
SEMIKRON	1200

Висновок. Використання “інтелектуальних” силових модулів, безумовно, спрощує процес розробки і підвищує надійність готового виробу. Головна перешкода на шляху застосування ІРМ – їх ціна, яка може в декілька разів перевищити сумарну вартість дискретних комплектуючих елементів.

Перелік посилань

1. <http://mitsubishielectric.com>
2. <http://pwr.com>
3. <http://irf.com>
4. <http://fujielectric.com>
5. <http://toshiba-components.com>
6. <http://semikron.com>