

3상 모터드라이브를 위한 1200V급 지능형 반도체 모듈

강경필, 이기현, 이민섭
인피니언테크놀로지스 코리아

A new generation of 1200V Intelligent power module for 3 phase motor drive application

Kyoung-Pil Kang, Kihyun Lee, Minsub Lee
Infineon Technologies, Korea

2. CIPOS™ IM12B10CC1

ABSTRACT

본 논문은 새로운 1200V급의 지능형 전력 반도체 모듈인 CIPOS™ (Circuit Integrated Power System) IM12B10CC1을 소개한다. 본 전력 반도체 모듈은 DIL(Dual-in-line) 형태의 소형 패키지에 Infineon의 TRENCHSTOP™ IGBT7 S7 6개와 EC7 다이오드 6개 및 모터드라이브에 최적화된 6채널 게이트 드라이버로 구성된 3상 인버터 회로로 구성되어 있으며, 이는 패키지 사이즈 대비 높은 전력밀도를 제공한다. 본 논문을 통해 1200V 10A급 지능형 반도체모듈의 전기적, 열적 성능을 기술한다.

1. 서론

최근 환경오염과 에너지 부족으로 인한 탈탄소화 및 천연자원 지속가능성에 대한 전세계적인 요구로부터 신뢰성을 갖춘 소형화된 고효율 전력 반도체 모듈의 수요가 급증하고있다. CIPOS™ IM12B10CC1은 최소화된 패키지 와 향상된 신뢰성 및 낮은 전력소비를 제공하기 위해 개발되었다. 그림 1은 CIPOS™ IM12B10CC1의 패키지를 보여준다. 이 제품은 Infineon의 TRENCHSTOP™ 기술이 적용된 1200V급 IGBT7 S7과 EC7 다이오드 [1]-[3] 6개로 구성된 3상 인버터와 이를 구동하기 위한 6채널 게이트 드라이버가 탑재되어 있어 이를 통해 3상 모터 구동을 가능하게 한다. 또한 게이트 드라이버에 내장된 부트스트랩 회로를 통해 상 암 구동을 위한 추가 전원회로 구성에 대한 부담을 줄였으며, 온도 모니터링을 위해 내장형 NTC 서미스터가 포함되어있다.

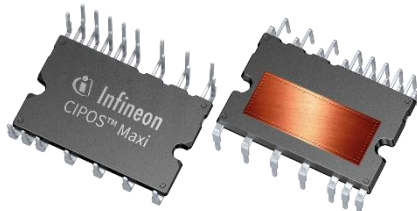


그림1 지능형 전력 반도체 모듈 CIPOS™ IM12B10CC1 (크기: 33mm x 19mm)
Fig.1 Outline overview of CIPOS™ IM12B10CC1 (size : 33mm x 19mm)

2.1 모듈의 구성 및 기능

그림 2는 전력용 반도체 모듈의 내부 등가회로이다. SOI 기반 (Silicon-On-Insulator) 게이트 드라이버는 6개의 IGBT의 최적화된 구동과 더불어 전력모듈의 단락전류(Inter lock), 과전류(Over current), 저전압(Under voltage lock out, UVLO) 보호 등의 기능을 제공한다. 또한 최적화된 필터링 기능을 통해 인버터 동작중에 발생하는 노이즈에 대한 강인함을 가진다[4].

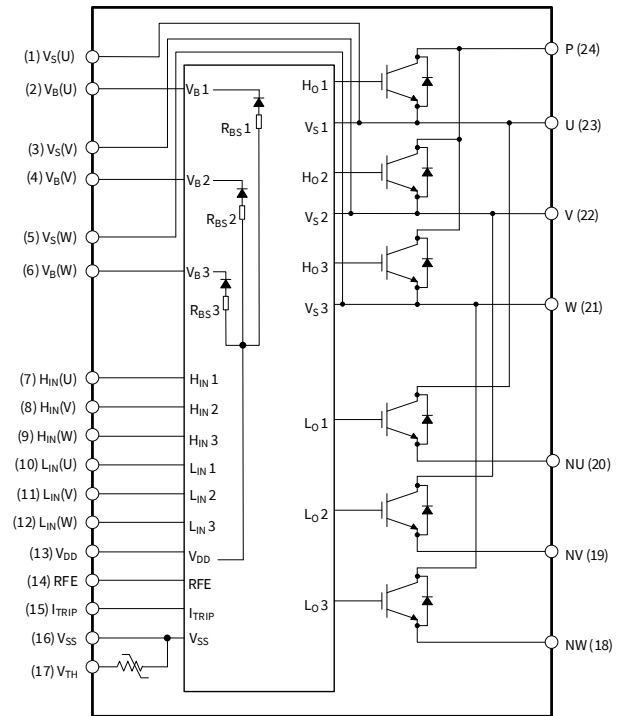


그림2 CIPOS™ Tiny IM323 모듈의 내부 등가회로
Fig.2 Internal equivalent circuit of CIPOS™ IM12B10CC1

2.2 전기적 특성

Infineon의 7세대 IGBT 및 이미터제어 기술이 적용된 전력 반도체 모듈은 고속스위칭과 낮은 전도 및 스위칭 손실으로 3상 펄스폭 변조 정류기 방식에 적합한 전기적 특성을 제공한다. 그림 3은 본 전력용 반도체 모듈

IM12B10CC와 기존 IM818-MCC제품에 사용된 각 IGBT의 온도에 따른 전기적 특성곡선과, DC-link 전압 600V, 전원전압 15V, 스위칭 주파수 15kHz, 케이스온도 100°C에서의 각 출력전류별 턴온 및 턴오프 스위칭 손실 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 시뮬레이션 결과 기존 제품대비 IM12B10CC1은 각 출력전류에서 약 11% 이상의 손실 감소를 확인할 수 있으며, 이는 본 전력 반도체 모듈은 기존 제품 대비 빠른 스위칭 특성과 다이오드 역회복 특성이 작기 때문이다. 그림 4는 DC-link 전압 600V, 전원전압 15V, IGBT의 접합온도 $T_j=150^{\circ}\text{C}$ 에서 10A 턴온, 턴오프 스위칭 파형이다.

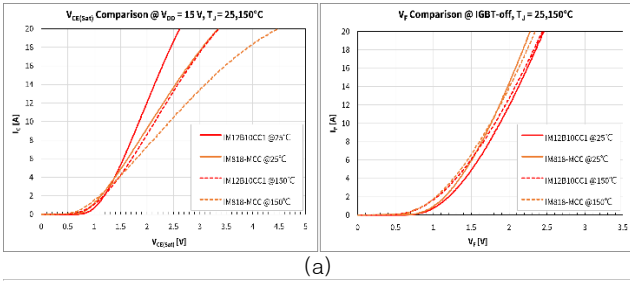


그림3 CIPOS™ IM12B10CC1와 IM818-MCC의 전기적 특성
Fig.3 Electrical characteristic comparison with CIPOS™ IM12BCC1 and IM818-MCC
(a)static characteristics, (b)Loss simulation

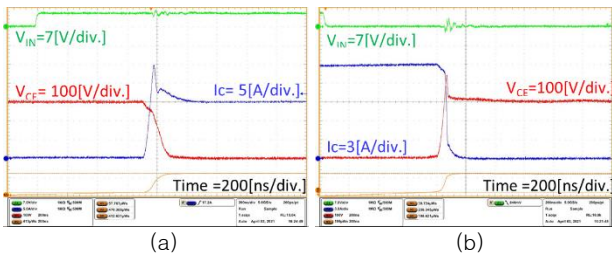


그림4 전력 반도체 모듈의 턴온, 턴오프 스위칭 파형
Fig.4 Switching waveforms of CIPOS™ IM12B10CC1 (a)Turn on (b)Turn off

2.3 열 특성

본 지능형 전력 반도체 모듈의 열 특성을 검증하기 위하여 가정용 에어컨의 동작조건으로 실험을 진행하였다. 동작전류 10A, R-L 부하를 사용하여 3상 SVPWM (Space Vector Pulse-width Modulation)으로 인버터를 구동하였으며 상세한 인버터의 구동조건은 다음의 표 1과 같다. 모듈의 온도는 외부의 서모커플러를 통해 모듈의 케이스 온도, 모듈 외부온도의 차로 변화를 확인하였다. 그림 5는 위의 인버터 구동 조건에서 전력 반도체 모듈의 열 성능 결과를 나타내며, IM12B10CC1의 최대 ΔT_{ca} 는 스위칭 주파수 15kHz, 출력전류 10Apeak에서 40.5°C 이며, 이는 기존 제품 약 30%,

경쟁사 제품 대비 6.6°C 낮은 결과를 보여준다.
표 1 열 성능 검증을 위한 인버터 구동정수

Table 1 Inverter control parameters for verifying thermal performance

VDC	600V	VDD	15V
Fsw	15 kHz	Fout	60 Hz
PF	0.972	Ipeak	3/5/7/10 A
Tdead	2 us	제어방식	SVPWM
Ta	23°C	Cooling	Fan /24V

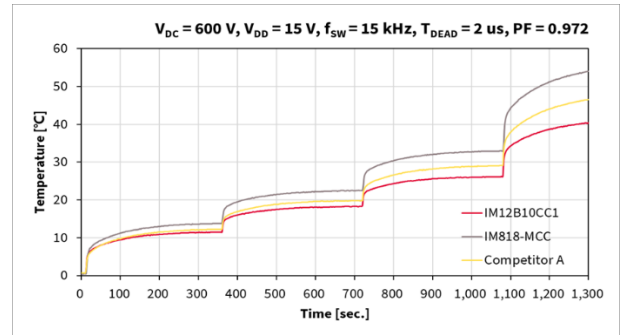


그림5 지능형 전력 반도체 모듈 CIPOS™ IM12B10CC1의 열 성능
Fig.5 Thermal performance of CIPOS™ IM12B10CC1

3. 결론

본 논문은 Infineon의 TRENCHSTOP IGBT7 S7, EC7 다이오드 및 6채널 게이트 구동회로가 내장된 1200V 10A급 지능형 전력 반도체 모듈을 제시하였다. 본 논문에서는 모듈의 구성과 전기적 특성과 더불어 동작 중 열 특성에 대하여 기존 1200V급 제품과 비교하였다. 제안한 모듈은 최첨단 기술로 설계된 스위칭 소자, 최적화된 게이트 구동회로 및 보호회로를 통해 인버터의 안정적인 동작과 높은 효율을 제공하고, 이를 활용한 전력 어플리케이션의 솔루션을 제공함으로써 개발기간 단축을 가능케한다.

참고 문헌

- [1] A. Piccioni, "Comprehensive performance evaluation of discrete 1200V IGBT7 S7 for drives application," PCIM Europe 2022, pp.1951-1954.
- [2] J. Cerezo, and A. K/ Sekar, "1200V TRENCHSTOP™ IGBT H7 and Emitter-Controlled EC7 Rapid Diode Technologies Define an Enhanced Benchmark for Improved Energy-Efficient, Fast-Switching Inverter Applications," PCIM Europe 2023, pp.2189-2195.
- [3] Application Note, AN-2023-01, "The 1200V TRENCHSTOP™ IGBT7 S7 and EC7 technology, portfolio and applications," Infineon Technologies AG.
- [4] R. Keggenhoff, Z. Liang, A. Arens, P. Kanschat, and R. Rudolf. "Novel SOI Driver for Low Power Drive Applications," Power systems Design Europe, Nov. 2005.