

120W 모터 구동을 위한 새로운 600V 지능형 전력 반도체 모듈 열 성능 분석

조형섭, 권혁동, 이기현, 이태진, 송복근
인피니언 테크놀로지스 코리아 (유)

Thermal Performance Analysis of New 600V Intelligent Power Module for 120W Motor Drive Application

Hyoungsub Jo, Hyukdong Kwon, Kihyun Lee, Taejin Lee, Bokkeun Song
Infineon Technologies, KOREA

ABSTRACT

인피니언 테크놀로지스의 600V/4A RC-IGBT (Reverse Conducting IGBT) 가 탑재된 새로운 지능형 전력 반도체 모듈 (Intelligent power module, IPM) 인 CIPOS™ (Control Integrated POwer System) Micro IPM 제품을 120W 급 저전력 모터 애플리케이션 조건에서 열 성능 평가 결과를 비교 분석하였다. 120W 급 저전력 모터 애플리케이션의 최근 세계시장 추세는 모터 애플리케이션의 가격과 크기를 고려해서 방열판을 사용하지 않고 있다. 그래서 IPM 방열에 필요한 방열판을 사용하지 않을 경우 열로 인한 전력 반도체 소손이 발생할 수 있기 때문에, 저전력 모터 구동 조건에서 소손을 방지할 수 있는 최적의 열 분석이 요구가 된다. 본 논문에서는 방열판을 사용하지 않는 120W 급 저전력 모터 애플리케이션 조건에서 RC-IGBT의 손실이 IPM 온도에 미치는 영향을 시뮬레이션과 실험을 통해 비교 분석하였다.

1. 서 론

최근 소용량 가전 및 산업용 모터 애플리케이션 세계시장에서 환경 문제로 인해 고효율 인버터 모터 구동 시스템에 대한 수요가 높아졌다. 그리고 인버터 모터 구동 시스템의 축소와 저 비용 제조단가 전략을 고려해서 방열판을 사용하지 않고 있다. 따라서 방열판을 사용하지 않는 저전력 모터 구동 조건에서 IPM 소손을 방지할 수 있는 최적의 손실 및 열 분석이 요구가 된다. 본 논문에서는 인피니언 테크놀로지스의 600V/4A RC-IGBT^[1]가 탑재된 새로운 지능형 전력 반도체 모듈인 CIPOS™ Micro IPM 제품을 방열판을 사용하지 않는 120W 급 저전력 모터 애플리케이션 조건에서 RC-IGBT의 손실 시뮬레이션과 열화상 카메라를 이용한 모듈 온도 측정 실험을 통해 특성을 비교 분석하였다.

2. 본 문

2.1 IPM 구성 및 내부 회로

그림 1은 600V CIPOS™ Micro IPM의 패키지를 보여준다. 그림 2는 본 제품의 내부 등가 회로도이다. 6개의 600V/4A RC-IGBT와 3개의 Half bridge 2채널 게이트 구동 소자 및 온도 모니터링을 위한 NTC

서미스터가 내부에 구성되어 있다.

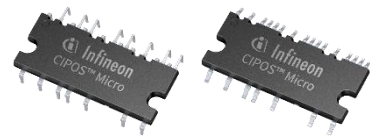


그림 1. CIPOS™ Micro IPM 패키지
(크기: 12mm x 29mm x 3.15mm)

Fig 1. Package outline overview of CIPOS™ Micro IPM

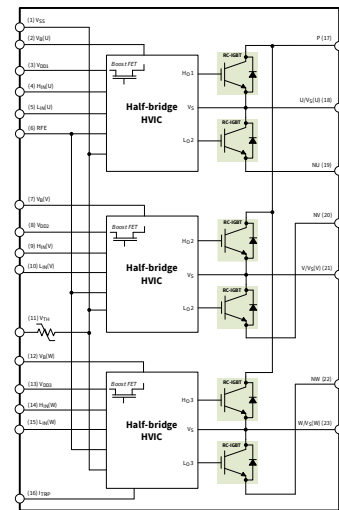


그림 2. CIPOS™ Micro IPM 내부 등가 회로
Fig 2. Internal equivalent circuit of CIPOS™ Micro IPM

2.2 IPM 패키지 열 분석 시뮬레이션

그림 3은 방열판을 사용하지 않는 120W 조건에서 CIPOS™ Micro IPM의 RC-IGBT 접합 온도와 패키지 표면 온도의 변화 양상을 비교 분석하기 위해, Ansys Icepak 시뮬레이션 툴을 사용하여 패키지 열 분석 시뮬레이션 하였다. 패키지 시뮬레이션 조건은 Single RC-IGBT loss=0.7W, T_A=25°C, PCB Cu 두께=1oz이다. 방열판을 사용하지 않는 자연대류 환경에서는 모듈과 대기 사이의 열저항이 크기 때문에 RC-IGBT 접합 온도

방열이 원활하지 않다. 따라서 시뮬레이션 결과를 보면, 모듈 표면 온도($T_{case-Top}$)가 RC-IGBT 접합 온도로 포화 되어 약 94°C로 같아짐을 검증하였다.

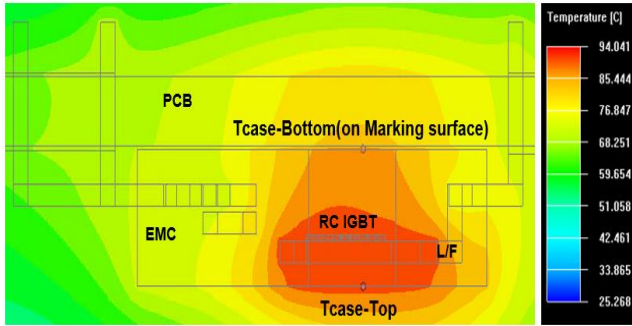


그림 3. CIPOS™ Micro IPM 패키지 열 분석 시뮬레이션
Fig 3. CIPOS™ Micro IPM PKG thermal analysis simulation

2.3 IPM 열 성능 비교 평가

그림 4는 방열판을 사용하지 않는 조건에서 600V/4A RC-IGBT CIPOS™ Micro IPM인 IM241-M6T2B와 경쟁사 600V/5A RC-IGBT IPM의 표면 온도를 비교 실험한 결과이다. 실험 조건은 일반적인 40~120W급 가전 및 산업용 모터 조건인 $V_{DC}=300V$, $F_{SW}=16kHz$, SVPWM (Space Vector Pulse-width Modulation), $T_A=24^{\circ}C$ 이다. IPM 패키지 열 분석 시뮬레이션 결과에서 RC-IGBT 접합 온도와 모듈 표면 온도가 같아지므로 열화상 카메라를 사용하여 제품의 표면 온도를 측정하였다. 실험 결과 40~120W 각 전력 구간에서 IM241-M6T2B의 표면 온도가 경쟁사 IPM 제품보다 열 성능이 우수했다. 그리고 RC-IGBT 보증 온도인 $T_J=150^{\circ}C$ 를 고려했을 때, 120W 조건에서 표면온도 대비 약 57도의 온도 마진이 있음을 검증하였다.

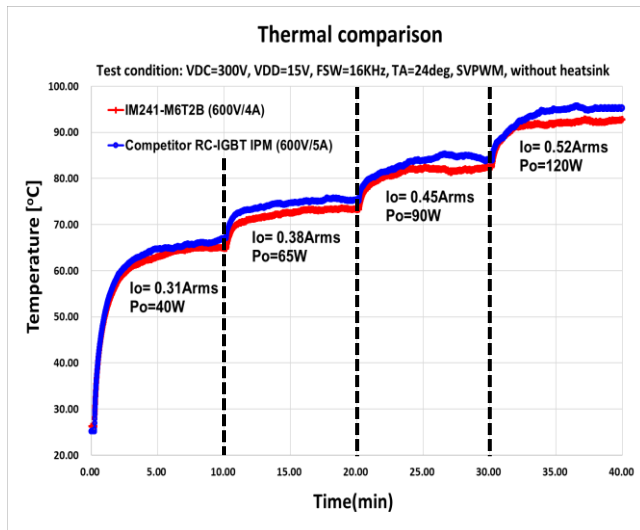


그림 4. 방열판을 사용하지 않는 40~120W 조건에서 IPM 표면 온도 비교
Fig 4. IPM thermal performance comparison under the without heatsink condition at $P_{out}=40\sim120W$

2.4 RC-IGBT 손실 비교 시뮬레이션

그림 5는 방열판을 사용하지 않는 120W 저전력 모터 조건에서 600V/4A RC-IGBT CIPOS™ Micro IPM인 IM241-M6T2B와 경쟁사 600V/5A RC-IGBT IPM의 RC-IGBT 손실을 비교한 결과를 보여주고 있다. 시뮬레이션 조건은 $V_{DC}=300V$, $F_{SW}=16kHz$, SVPWM, $T_A=24^{\circ}C$, $MI=0.73$, $PF=0.9$, $I_o=0.52Arms$ 이다. 이 조건에서 전류값이 0.52Arms로 작아, IM241-M6T2B의 RC-IGBT 도통 손실이 경쟁사 IPM 제품보다 크지만 전체 손실에서 큰 비중을 차지하지 않는다. 그리고 스위칭 주파수 조건이 16kHz로 높기 때문에 전체 손실에서 스위칭 손실 비중이 크고, IM241-M6T2B의 RC-IGBT 스위칭 손실이 경쟁사 IPM 제품에 비해 매우 우수하여, 전체 RC-IGBT 손실이 경쟁사 IPM 제품에 비해 꽤 낮은 것을 볼 수 있다. 따라서 IM241-M6T2B가 경쟁사 IPM 제품보다 더 작은 전류 정격 제품에도 불구하고 해당 애플리케이션 조건에서 전체 손실이 낮아 열 성능이 우수함을 검증하였다.

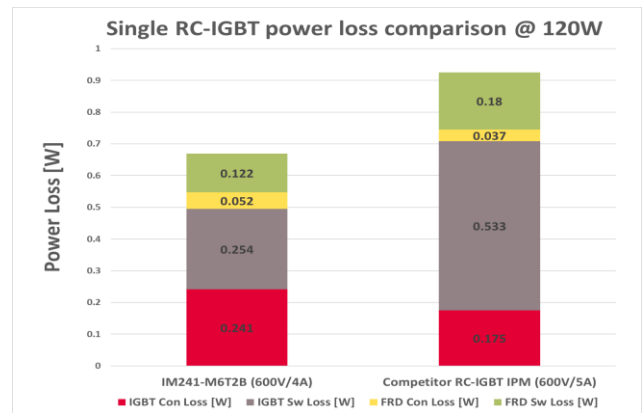


그림 5. 방열판을 사용하지 않는 120W 조건에서 RC-IGBT 손실 비교

Fig 5. RC-IGBT power loss comparison under the without heatsink condition at $P_{out}=120W$

3. 결론

본 논문에서는 600V/4A RC-IGBT가 탑재된 새로운 CIPOS™ Micro IPM을 방열판을 사용하지 않는 120W급 저전력 모터 애플리케이션 조건에서 손실 및 열 성능을 비교 분석하였다. 특히, 방열판을 사용하지 않는 조건에서 IPM 패키지 열 분석 시뮬레이션을 통해 RC-IGBT 접합 온도와 모듈 표면 온도가 같음을 확인했으며, 해당 조건에서 CIPOS™ Micro IPM의 RC-IGBT 총 손실이 경쟁사 IPM 제품보다 우수하여 본 제품의 IPM 열 성능이 우수함을 검증하였다. 따라서 본 제품의 고효율 및 우수한 열 성능을 통해 저전력 모터 구동 애플리케이션 시장에서 요구하는 고효율 시스템 및 환경문제를 해결할 수 있을 것으로 기대한다.

참고 문헌

- [1] K.Lee, B.Song, J.Lee, T.Kwon : A New Generation of 600V CIPOS™ Tiny IM323 Intelligent Power Module for Home Appliance Motor Drive Application, PCIM Asia 2022, pp.99 – 103