대용량 전력변환장치에 최적의 solution인 SKiiP 4

성낙규, 김병돈, 원종훈, 이재영
세미크론

SKiiP 4 of optimized solution for large power converter

Nak Gyu Sung, Byung Don Kim, Jong Hoon Won, DavidJ Lee
SEMIKRON KOREA

ABSTRACT

최근 전력변환장치에서 널리 사용되고 있는 반도체 소자인 IGBT는 소형·최적화 및 다기능을 갖도록 고집적화설계가 요구되고 있다. 또한, 대용량 소자로 조립공정을 간단히 할 수 있는 제품을 필요로 하고 있다. 본 논문은 고객이 전력변환장치를 설계하는 경우에 개발기간 단축과 최적화된 설계를 할 수 있는 전력용반도체 SKiiP 4에 대해서 소개하고자 한다.

1. 서 론

전력변환장치에 대한 시장의 요구는 고효율, 최적화와 긴 수명을 보증할 수 있는 제품이라고 할 수 있다. 이러한 제품의 핵심 소자가 IGBT이다. 세계 각국의 반도체 제조사는 기술개발에 집중적인 투자로 소자용량 대비 소형화, 고성능 및 다기능을 갖고 있는 제품군들을 속속 출시하고 있다.

따라서, 본 논문에서는 고객의 요구에 부응할 수 있는 제품으로 SKiiP(Semikron integrated intelligent Power)에 대해서 기술하였다. 세미크론의 SKiiP 4에는 대용량 전력용반도체소자, 구동회로, 센서, 냉각장치, 보호회로와 같은 주변회로가 일체형으로 포함되어 있으며, 이러한 고기능·고밀도 소자의 구조와 특성에 대해서 확인한 후, 대용량 전력변환장치에 최적의 solution임을 제시하였다.

2. 제품구성[1]

2.1 기구적 구성

SKiiP 4 소자의 구성은 그림 1과 같이 절연된 게이트 드라이버, pressure contact된 터미날, 수냉식 또는 공냉식 방열판, IGBT와 게이트 드라이버 스프링 접촉방식을 갖고 있고 있다.

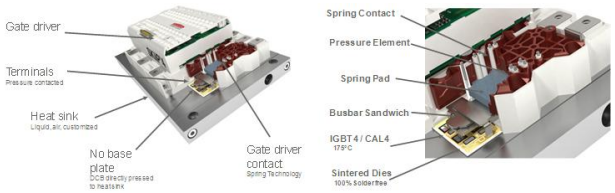

그림 1 SKiiP 4 구성

또한, 제어기에 연결되는 컨넥터에는 PWM 제어신호, 센서신호, 보호회로신호 및 통신 기능이 있다. 그리고, 손쉽게 전력용 터미널만 연결하여 전력변환장치를 설계 제작할 수 있는 구조로 설계된 제품이다.

그림 2는 DBC(Direct Bonded Copper)에 직접 pressure contact방식으로 연결할 수 있는 샌드위치 버스바로 작은 라인 인덕턴스, 작은 저항과 주단자와 칩들 사이가 대칭적으로 구조로 접촉할 수 있도록 설계되어 있다. 또한 sinter 기술을 적용하여 175℃ 접합부 온도 칩의 열적 동작특성과 전기적 동작특성을 개선하도록 설계하였다.

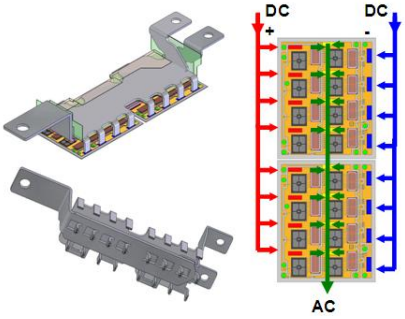

그림 2 SKiiP 4의 샌드위치 버스바 구조

최적의 전류분배와 동일한 스위칭을 갖도록 대칭구조로 칩들을 병렬 설계 배치를 하였으며, 각각의 칩 가까이에 입출력 버스바를 위치하였으며, 이러한 설계로 인하여 개선된 열 발산효과를 얻을 수 있었다. 하프브리지 모델에 사용된 칩의 크기는 8개의 IGBT 9×9mm^{2}이고, 8개의 Diode 4.5×9mm^2 각각의 스위치로 배치되어 있다. 또한, NTC 온도센서는 칩(IGBT, Diode)에 가깝게 배치하여 보다 정확한 온도측정이 가능하도록 하였다.

2.2 전기적 구성

SKiiP 4소자는 1800 ~ 3600A급의 대용량 소자로서 그림 3과 같은 Gate driver로 내부 구성이 되어 있다. 드라이브 회로는 2중 출력을 갖도록 설계가 되어 있으며, 빠른 응답속도를 갖는 전류센서와 OCP(Over Current Protection) 기능을 포함하고 있다. 절연된 DC link 전압 검출센서와 빠른 응답속도와 방열판의 영향을 적게 받도록 배치한 온도센서를 포함하고 있다. Top과 Bottom IGBT 사이의 데드타임을 발생하도록 되어

있으며, 이러한 신호처리를 PLD(Programmable Logic Device)을 갖고 처리하였다. 또한, 단락회로 보호를 위해서 Vcesat 검출과 전류센서를 통한 과전류 보호기능을 갖고 있다. DC link 전압에 대해서 과전압 보호(optional; SKiiP3 GD and SKiiP4: standard)기능을 포함하고 있다.

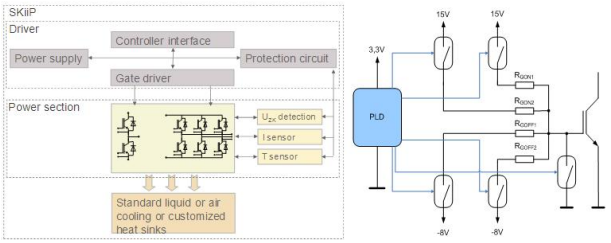

그림 3 SKiiP 4의 Gate driver 구성

3. 제품특성[1]

3.1 구조적 특성

Sinter 기술을 이용하여 칩들을 DBC에 취부하였으며, Power Cycling를 전통적인 방법과 비교검토하기 위해서 실험을 진행하였으며, 전통적인 방법에 비해서 heel crack과 같은 현상에 의한 소자의 수명이 2~3배 높은 것으로 그림 4를 통해서 확인할 수 있었다.

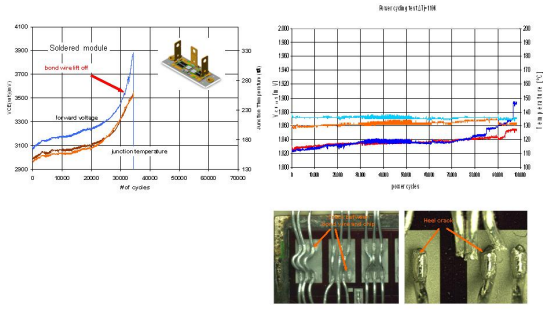

그림 4 Power cycling results

온도센서와 칩들 사이의 온도 커플링은 가장 높은 칩과 센서와의 차이(경부하 전부하)가 5℃ ~ 15℃를 갖고 있는 것을 그림 5에서 확인할 수 있다.

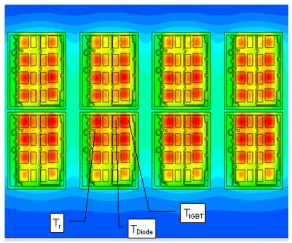

그림 5 칩의 온도분포

3.2 전기적 특성

전류분배가 동일한 값을 갖도록 설계가 되었는지 확인하기 위한 실험을 진행하였으며, 기생 인덕턴스의 차이가 1nH이하로 측정되는 것을 그림 6을 통해서 확인할 수 있었다.

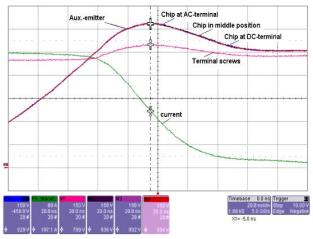

그림 6 칩 위치에 따른 V_{CE} 측정

그림 7은 부하 전류값에 따라 정격전류의 0.9 이하, 0.9~1.5, 1.5 이상의 3가지 제어방법으로 최적화된 알고리즘을 갖고 있도록 회로설계가 되어 출력특성이 양호함을 확인하였다.

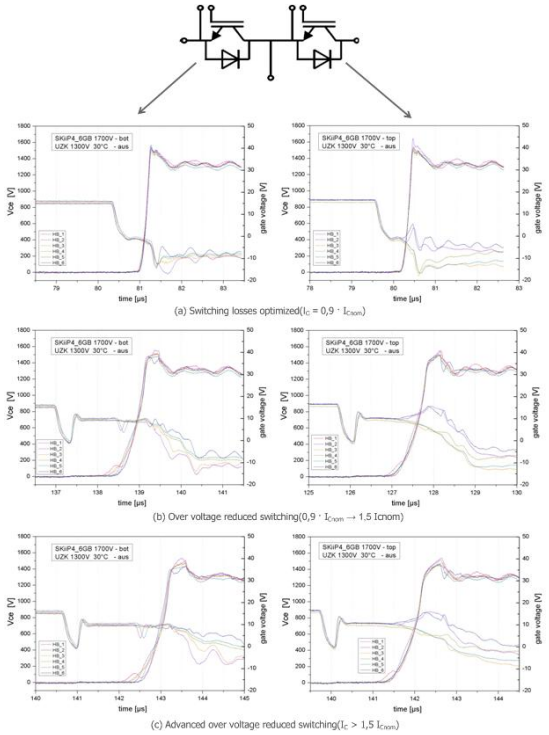

그림 7 부하 전류값에 따른 3가지 제어 알고리즘

4. 결 론

본 논문에서 소개된 SKiiP 4는 고객이 전력변환장치 설계시 개발기간 단축 뿐 만아니라, IGBT에 대한 보호회로, 각종 센서 및 방열판에 대한 고려를 전혀 할 필요 없이 간단한 단자 취부만으로 사용할 수 있도록 설계된 최적의 신뢰성을 갖는 솔루션 제품이다. 또한, 본 제품은 전량 신뢰성 있는 출하관리시스템을 통하여 제조되고 있다. 따라서, 많은 고객으로부터 검증된 SKiiP 4로 설계개발을 진행한다면 만족할 만한 결과를 얻을 수 있다고 확신한다.

참 고 문 헌

[1] Semikron, "Technical Explanation SKiiP 4", 2011, January.