

기술해설

SMA도 신뢰한, 태양광 스택 SEMIKUBE

다니엘 생(Daniel Seng)
(세미크론 프랑스 Product Manager)

75kW에서 1MW 범위의 인버터용 세미큐브는 고객 맞춤형 개발에서 대량 생산까지 고객의 시간과 비용을 절감시킬 수 있다.

최근 수년 동안 산업용 제품(인버터) 시장의 요구는 점점 더 급박해지고 있고, 이로 인하여 개발자들은 기존의 시스템에서 새로운 제품을 생산할 수 있는 결합방법을 고안해내기 위하여 다양한 시도를 하고 있다. 주목적은 개발단계에서 생기는 시간과 비용을 절감하기 위함이다. 새로운 제품 개발을 위한 서브 시스템의 품질인증과 신뢰성 등 요구가 증가되고 있고 그 일환으로 세미크론은 표준 사이즈 62mm 모듈을 적용한 모듈화 된 IGBT 스택 플랫폼을 개발했다.

1. 모듈화 플랫폼

세미큐브 플랫폼은 비용 효율성과 호환성을 강화하고, 소형화되고 경제적이며 유지보수가 용이한 전력전자 시스템에 대한 시장의 요구사항을 만족시키기 위하여 세미크론이 개발한 대표적인 솔루션이다.

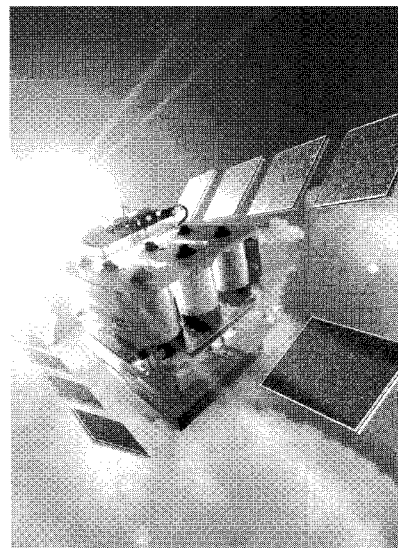
이러한 모듈화 원리는 세미큐브 시스템의 대표적인 특징 중 하나이다. 큐브로 알려진 완성된 블록과 큐브의 내부 설계는 고도의 모듈화를 가능하게 한다. 세미큐브는 고효율의 히트싱크로 구성되어 있고 수냉식과 공냉식의 두 가지 제품 군이 있다. 큐브 내 전력전자 모듈은 표준 사이즈인 62mm 듀얼 IGBT를 사용하고 있다. 또한 IGBT 스위치를 작동시키기 위해서 자체 개발한 드라이브 Skyper 32 pro가 사용되었다.

DC링크, 전해 콘덴서 또는 폴리프로필렌 콘덴서는 파워 모듈 상부에 위치한다. 콘덴서의 수량은 고객의 요구에 따라 결정된다. 전체적으로 견고한 메탈 구조가 스택을 보호하며 큐

빅 모양을 이룬다. 대 전력 응용분야에서 여러 개의 큐브를 연결시키기 위해 특허된 신속하게 조립이 가능한 클램프 방식의 버스바를 이용한다. 특별하게 설계된 버스바의 조합으로 매우 낮은 인덕턴스를 가진 스택 솔루션이 가능할 수 있었다.

2. 고성능 히트싱크

이러한 용량에서 소형화된 세미큐브를 위해서는 고효율의 히트싱크가 필수적이다. 전력전자 모듈에서 발생된 열은 발생지점으로부터 외부로까지의 전달이 필수적이다. 이러한 이유로 많은 사전 검토와 시험을 통하여 우수한 성능을 가지면



<세미큐브>

서 비용-효율적인 측면에서도 적합한 최적의 히트싱크를 선정했다. 또한 적절한 히트싱크의 선정을 입증하기 위하여 다양한 모듈 배치에서의 열 시뮬레이션이 실시되었다.

예를 들어, 세미큐브 1에 사용된 모듈과 기존의 디자인으로 설계된 히트싱크의 모듈 8개는 표준 62mm IGBT로 동일하나 그림과 같이 열적인 부분에서의 차이를 확인할 수 있다. 각각의 모듈은 동일한 전력 손실을 가지나 열 측정 결과는 히트싱크 성능과 소자의 배치에 따라 달리 나타난다.

세미큐브의 히트싱크에서 온도가 가장 높은 지점은 108°C 이나, 동일한 용량의 기존 디자인의 경우는 172°C이다. 기존의 히트싱크는 최고점과 최저점의 주변 온도차가 대략 130°C 이지만 세미큐브의 경우는 45°C내외이다. 그림으로도 알 수 있듯이 세미큐브는 20mm의 최소 거리로 모듈을 배치하여 히트싱크에서 열분산을 높일 수 있는 효율적인 방법을 적용했다. 히트싱크 상부에 8개의 모듈을 한 줄대신 두 줄로 배열하여 모듈의 위치를 최적화한 결과 세미큐브 1 사이즈에서 전체적인 디자인 효율성이 증가되었고, 기존 디자인보다 25%의 공간을 줄일 수 있었다.

히트싱크 효율성을 확보하기 위해서는 팬도 반드시 필요하다. 압력 강하를 보상하기 위한 적절한 전력과 알맞은 송풍이 가능해졌다. 이 팬(230V 50/60Hz)은 모든 세미큐브 사이즈에 적용되고 있으며, 최대 소음은 72dBA로 설계되었다. 팬의 성능 곡선은 냉각 부하 설계에 적합해야 하고 공기 배출(공기 여과기, 초크, 기술적 장애 등)시 다른 장치에서 추가적으로 발생 가능한 압력 강하에도 견딜 수 있는 최소한의 전력 여유만을 허용해야 한다.

일반적으로, 이러한 종류의 팬은 유지보수를 하지 않는 디자인이고 온도 스위치 보호 기능이 포함되어 있다. 수냉식 히트싱크를 사용하면 더 높은 성능의 스택 제작이 가능하다. 적절한 히트싱크 선정과 효율적인 스택 디자인 덕분에 IP54 표준의 요구사항을 충분히 만족할 수 있었고, 전력 구동 시 내부의 공기와 외부의 냉각 공기를 명확하게 분리시킬 수 있었다. 이러한 방식은 민감한 장비의 오염을 확실하게 줄일 수 있고, 신뢰성을 증대시킨다.

3. 표준 62 mm IGBT 전력 모듈

세미큐브는 세미크론의 62 mm 표준모듈을 사용하였다. 세미큐브의 전력 용량에 따라 최대 8개의 하프 브리지 IGBT 모듈이 병렬로 사용된다. 병렬로 구성된 전력 모듈에서 병렬로 연결된 모듈 사이에 불균형한 전류 분배로 인하여 일반적으로 감쇄(디레이팅)이 필요하다. 전류 감쇄를 매우 낮게 유지하기 위해서, 특별하게 디자인된 버스바가 사용되었다. 일반적으로 성능 대비 손실비의 적절한 절충은 기본 주파수와 상대적으로 낮은 레벨의 손실(전형적으로 1~2% 정도)을 발생시키는 스위칭 주파수의 차로서 3 kHz 정도의 스위칭 속도에서 얻을 수 있다.

4. 낮은 인덕턴스 버스바 시스템

사이에 동일한 길이의 버스바는 매우 낮고 동일한 저항 및 인덕턴스값을 얻을 수 있다. 결론적으로 전력 손실을 감소시

	Size 1/2	Size 1	Size 2V	Size 2H	Size 3V	Size 3H
400 V Ovi 110%, 60s	110 kW 200A	220 kW 385A	375 kW 655A	400 kW 760A	560 kW 1040A	900 kW 1500A
400 V Ovi 150%, 60s	90 kW 160A	160 kW 305A	300 kW 525A	355 kW 600A	500 kW 850A	710 kW 1200A
690 V Ovi 110%, 60s	150 kW 150A	270 kW 270A	450 kW 450A	520 kW 520A	700 kW 700A	1100 kW 1090A
690 V Ovi 150%, 60s	120 kW 120A	220 kW 220 A	370 kW 380 A	400 kW 400A	600 kW 600A	860 kW 860A

그림 1 용량대별 SEMIKUBE

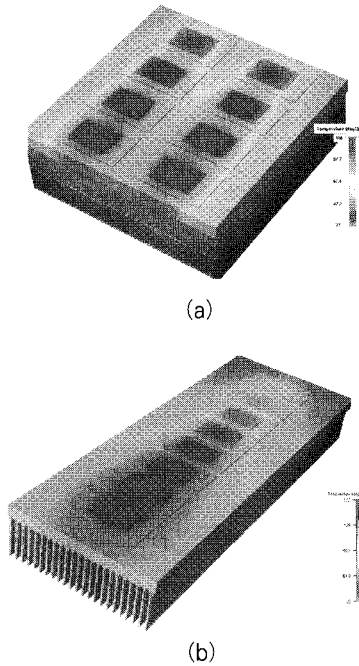


그림 2 (a) 강제공냉방식 세미큐브1 사이즈의 히트싱크 열 시뮬레이션, (b) 표준 66mm 전력모듈을 사용한 일반적인 디자인의 히트싱크 열 시뮬레이션

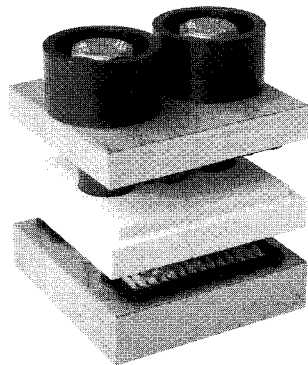


그림 3 큐브 연결시 사용되는 특허제품 DC 클램프

김으로써 우수한 병렬 구조를 가질 수 있다. 이와 같은 목적을 갖고 개발 설계된 DC 버스바는 소프트 스위칭 특성을 보증하는 최적의 낮은 인덕턴스 전류 경로를 제공한다.

더불어 여러 개의 큐브 DC 블럭을 상호 연결하는 것이 수월하게 설계되었다. 이는 하나의 캐비닛에 소형 세미큐브의 배치를 가능케 한다. 여러 개의 DC 링크를 연결하기 위해 특별하게 고안된 DC 클램프가 사용되었고, 이는 특허된 제품이다. 큐브는 4면의 어디에도 연결할 수 있다. 이것은 고객 입장에서 최종 배열을 유동적으로 조정할 수 있으며, 고객들이 간단하게 취부할 수 있음을 의미한다

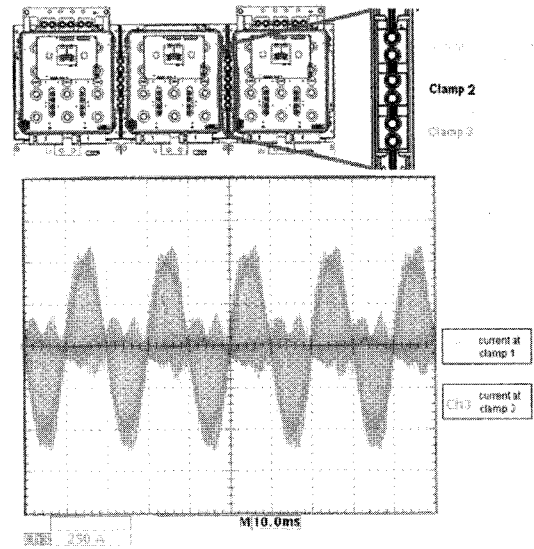


그림 4 특허제품 DC 클램프의 연결시 균등한 전류

5. 특허된 DC클램프

이 클램프는 다른 금속면을 빠르게 취부할 수 있고 또한 신뢰성도 우수하다. 두개의 세미큐브를 연결하기 위해 단지 두개의 스크류를 안전하게 조이기만 하면 된다.

전력에 따라 큐브 사이에 여러 개의 DC 클램프가 병렬로 사용된다. 클램프 하나의 인덕턴스는 10nH 범위 정도이며, 품질 테스트에 의해 이러한 연결 기술의 신뢰성이 입증되었다. 병렬로 구성된 3개의 클램프를 다이내믹 테스트 한 결과 클램프 사이에 균등한 전류가 흐르는 것을 확인할 수 있었다. 이것은 균등한 열전도가 일어난다는 것을 의미하고 이는 스택 전체의 신뢰성을 향상시키는 중요한 특성이다.

6. Long-life DC link capacitors

인버터에서 요구되는 전력에 따라 한 개의 큐브에는 12개의 캐패시터까지 취부할 수 있다. 표준 캐패시터는 스크류 터미널이 있는 수명이 긴 전해 타입(long-life electrolytic type)이다. 캐패시터의 사이즈는 주로 인버터의 전류와 필요한 캐패시턴스에 따라 좌우되고, 세미크론의 표준 품은 최소 60kHrs의 수명이 제공된다. 좀더 높은 DC-link 전압을 요하는 일부 응용분야(750V 이상)에서는 폴리프로필렌 캐패시터도 사용 가능하다. DC-link 캐패시터의 신뢰성을 증진시키기 위해서 세미크론 스택에는 표준 active cooling 법의 냉각 방식이 사용된다. 혹, 팬에 결함이 발생하게 되더라도 최고점 온도는 절대 심각한 수준을 넘어가지 않는다. 다시 말하면 팬의 결함은 심각한 위험 요소가 아님을 뜻한다.

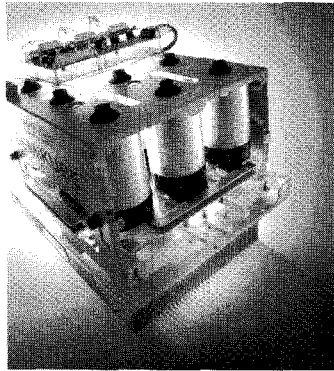


그림 5 파워풀한 태양광 인버터 스택, 세미큐브

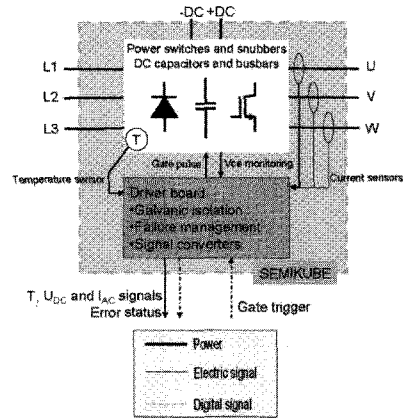


그림 7 세미큐브 내부구조

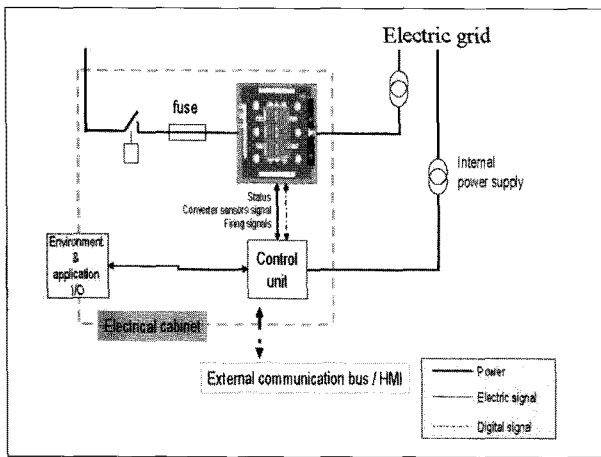


그림 6 태양광 인버터에 적용된 세미큐브

아래의 그림에서 보여지는 바와 같이, 스택 내부에서 콘덴서의 위치와 연결 방법은 완벽한 좌우 대칭으로 최적화되었고 이는 스택 내부에 균등한 전류를 분배하는데 기여하여 더 높은 신뢰성을 얻을 수 있다.

이것은 연결된 모든 캐패시터에 균등하게 전류가 흐를 수 있도록 하며, 최적의 안전성과 신뢰성을 보증한다.

7. 드라이브와 센서

드라이브는 세미크론의 Skyper 32 Pro 디자인을 기초로 한다. 이 플랫폼에서 가져올 수 있는 수많은 드라이브에 대한 시험은 세미큐브 GB (사이즈 2와 3)와 세미큐브 GD (사이즈 1과 2) 드라이브를 탄생시켰다.

각각의 큐브는 자체적, 독립적으로 구동하는 드라이브가 적당하지만, 고객의 컨트롤러에 연결하기 위한 범용 인터페이스를 가지고 있다. 단락 보호, 온도 모니터링, 절연, 안전한 저 전압 인터페이스 등은 드라이브의 특징을 말한다. 추가적

으로 여러 개의 LED는 드라이브의 고장을 최종적으로 현시한다. 이는 매우 우수한 기능 중 하나로서 예상치 못한 이유로 인버터가 정지했을 경우 신속한 정보를 제공한다.

균등한 전류의 흐름을 보증하기 위해 전계 효과(Hall-effect) 전류 센서가 스택에 내장되어 있다. 드라이브는 전류 불균형 또는 과전류를 즉시 검출하여 시스템을 안전하게 정지시킨다. 이러한 이유로 다양한 응용분야를 위한 높은 등급의 보호기능들이 내장되어 있다.

8. 어플리케이션

세미큐브의 주요 응용분야는 표준 산업용 드라이브라고 할 수 있다. 에어컨, 히팅 또는 컨베이어 시스템은 이러한 종류의 스택을 위한 전형적인 응용분야이다. 일반적으로, 이러한 인버터 스택은 산업용 가변 속도 드라이브 분야에 추천할 만하다. 또한 최근 몇 년간 새롭게 적용되고 있는 응용분야는 태양광 인버터 분야이다.

세미큐브는 태양광 인버터 분야에서 두드러진 강점을 나타내고 있다. 이는 신속한 제품 출시에 의한 시장 진입이 가능케 하기 때문인데, 이는 세미큐브가 시험이 완료되고 UR (UL®) 인증된 부품을 사용하는 제품이기 때문이다. 태양광 인버터 시장에 이러한 플랫폼이 쉽게 적용될 수 있었던 또 하나의 큰 이유는 태양광 인버터에서 가장 중요하다고 할 수 있는 전체적인 효율이다. 세미큐브 플랫폼의 손실은 98% 이상의 효율을 자랑한다.

9. 표준 구성

일반적으로 세미큐브는 3상 정류기 부분과 3상 인버터 부로 구성된다. 정류기는 고객의 요구사항에 따라 여러 가지 (B6U, B6HK, B6C)의 정류기로 구성할 수 있다.