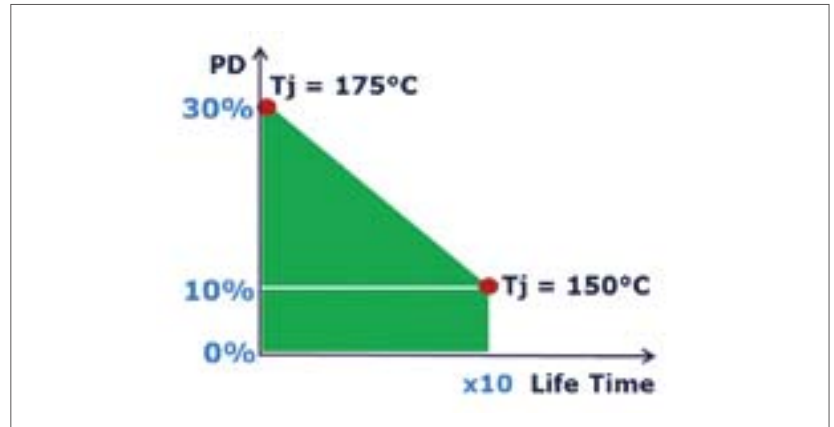


# IGBT5 및 .XT 기술을 활용한 시스템 전력 밀도 향상

지금까지는 전력 모듈의 전력 밀도와 수명을 높여 해도 칩과 인터커넥션 기술의 한계로 인해 어려움이 있었다. IGBT5 및 .XT 기술을 개발하게 된 배경은 전력 모듈의 전력 밀도를 높이면서 수명도 향상시키는 솔루션을 제공하는 데 있다.

글 | 라가반 나가라잔(Raghavan Nagarajan) 박사, 허버트 커스틴(Hubert Kerstin)  
인피니언 테크놀로지스

이 새로운 기술을 적용함으로써 전력 모듈의 파워 사이클링(power cycling, PC) 성능을 향상시킬 수 있다. 이렇게 향상된 PC 성능을 두 가지 방식으로 활용할 수 있다. 전력 모듈의 수명을 향상시키거나 또는 최대 동작 접합부 온도를 높임으로써 전력 밀도를 높이는 것이다. 이 글에서는 하드웨어 데모를 통해서 IGBT5와 .XT 기술이 시스템 전력 밀도를 어떻게 향상시키는지 살펴본다.



[그림 1] 동일한 칩 크기로 IGBT5 및 .XT 기술을 사용했을 때 전력 밀도와 수명 관계

## IGBT5와 .XT-전력 밀도 대 수명

그림 1은 전력 밀도와 수명의 트레이드 오프를 보여준다. 새로운 5세대 모듈을 사용한 수명 향상은 그림 1에서 수평 방향(x축)으로의 이동이다. 전력 밀도를 높이는 것은 최대 동작 접합부 온도를 높임으로써 가능하다. 이는 기존 솔루션과 비교해 수직 방향(y축)으로의 이동이다.

## IGBT5 및 .XT를 사용한 PrimePACK™ 패키지

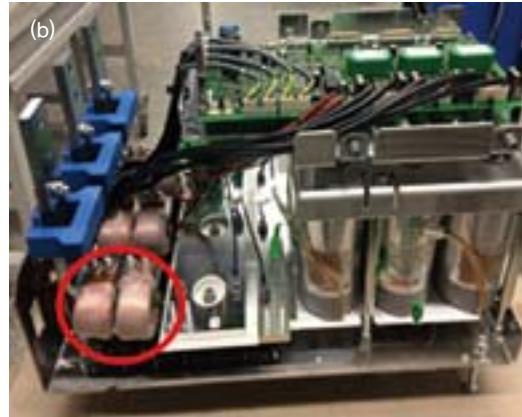
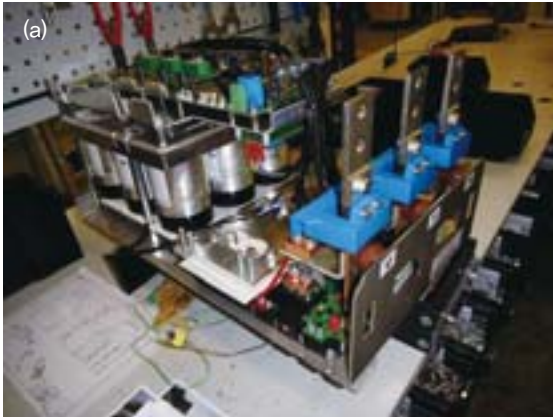
2006년에 도입된 PrimePACK™

3 전력 모듈 하우징은 메가와트급 전력 모듈 하우징의 사실상의 표준 하우징이 됐다. 이러한 성공을 바탕으로 새로운 5세대 1700 V IGBT는 PrimePACK™ 3+ 하우징으로 제공할 계획이다<sup>[1-4]</sup>. 현재 하프브리지 구성으로 PrimePACK 3 하우징으로 제공되는 최대 전류 정격은 1400 A이다. 새로운 5세대 IGBT 하프브리지 모듈에 새로운 .XT 인터커넥션 기술을 결합함으로써 모듈의 정격 전류를 1800 A까지 높일 수 있게 됐다. 모듈 전류를 이처럼 높이기 위해서는 현재의 PrimePACK

3 패키지로 약간의 수정이 필요했다. 하나의 AC가 아니라 2개 출력 AC 버스 바 및 단자를 포함하는 것이다. 하지만 PrimePACK 3 패키지의 전체적인 외부 규격은 그대로 유지한다.

## 모듈 전력 밀도 대 시스템 전력 밀도

모듈 전력 밀도의 향상이 그 비율 그대로 시스템 전력 밀도의 향상을 가져오는 것은 아니다. 그러므로 모듈 전력 밀도가 시스템 전력 밀도에 미치는 영향을 이해하기 위해서, 하나는 기존의



[그림 2] 2개 데모 스택. FF1400R17IP4를 사용한 스택(a), FF1800R17IP5를 사용한 스택(b)

IGBT4 전력 모듈(FF1400R17IP4)을 사용하고 또 하나는 새로운 5세대 모듈(FF1800R17IP5)을 사용해 2개 데모를 작성하고 둘의 시스템 전력 밀도를 비교했다. 그림 2에서 보는 바와 같이 인피니언(Infineon)의 STACK 플랫폼을 기반으로 2개 데모를 작성했다.

두 데모 사이의 가장 큰 차이점은 FF1800R17IP5는 하나가 아니라 2개 출력 AC 단자를 사용하고 있다는 것이다. 그러므로 추가적인 AC 단자를 고려해 기계적인 구조를 그에 적합하게 수정했다. 그림 2(b)에서 동그라미로 표시한 부분이다. 기계적인 구조를 이처럼 수정함으로써 IGBT5 기반 STACK의 길이가 달라졌고, 그만큼 시스템 체적이 달라졌다. 하지만 PrimePACK 3와 새로운 PrimePACK 3+는 동일한 모듈 풋프린트( $H \times W \times L = 38 \text{ mm} \times 89 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$ ).

각기 하드웨어 데모는 한 위상에 한 모듈씩 사용해서 3위상 인버터로 이루어졌다. DC 링크는 3.6 mF DC 버스 커패시터로 이뤄졌으며, 출력 AC 단자는 3개 홀 효과 전류 센서를 사용하고 있다.

[표 1] 하드웨어 데모의 주요 파라미터

Topology	B6I
Application	Inverter for Drives & Wind energy converters
Load type	Resistive, Inductive
DC link capacitor	3.6 mF
Heat sink	Water cooled
Thermal resistance heat sink to ambient per switch- $R_{th,ha}$	30.2 K/kW
Sensors	Current, Voltage, Temperature
Driver signals to the IGBT	Electrical
Rg_on	1.0 $\Omega$
Rg_off	0.68 $\Omega$

[표 2] FF1400R17IP4 및 FF1800R17IP5 기반 스택의 규격 및 시스템 체적

	Length (cm)	Width (cm)	Height (cm)	System Volume (dm <sup>3</sup> )
FF1400R17IP4 based stack	59	33.8	36.4	72.59
FF1800R17IP5 based stack	61	33.8	36.4	75.05

표 1은 이 하드웨어 데모의 주요 파라미터를 보여준다.

그림 3과 표 2에서는 시스템 체적이 어떻게 바뀌었는지 보여준다.

실제적인 애플리케이션 조건으로 시스템 전력 밀도를 얻기 위해서 2개 스택

을 표 3에 열거한 파라미터들을 사용해서 테스트했다.

두 스택을 동일한 출력 전압과 역률을 사용해서 테스트했다. 그러므로 시스템 전력 밀도는 출력 전류 및 시스템 체적에만 연관성을 가질 것이다. 예를 들어

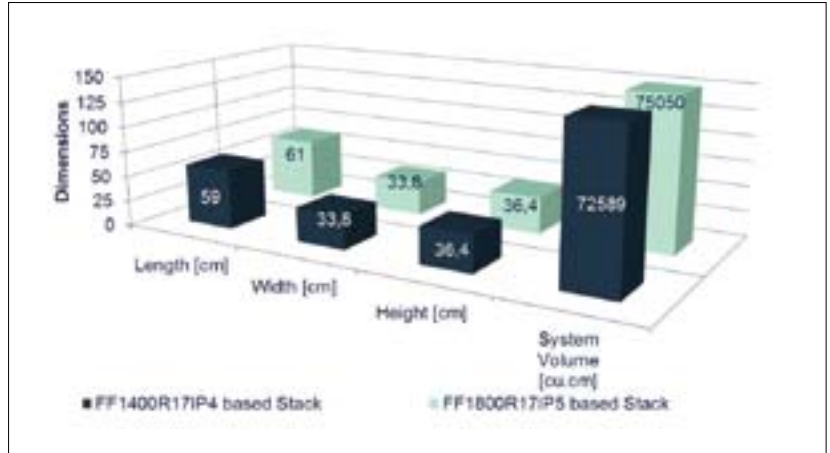
# Design & Development

출력 전압과 역률이 각각 690 V 및 1.0 일 때 시스템 전력 밀도는 표 4와 같다.

그림 4에서 보듯이 IGBT4 기반 스택과 비교해서 IGBT5 기반 스택이 시스템 전력 밀도가 26.5% 향상되는 것을 알 수 있다. 위의 동작 조건으로 이들 스택의 상세한 온도 프로파일에 대해서는<sup>[1]</sup>에서 확인할 수 있다.

## 맺음말

IGBT5 및 .XT 기술을 사용함으로써 전력 모듈의 전력 밀도와 수명을 향상시킬 수 있다. 두 데모가 거의 동일한 출력 전류 대 모듈 전류 비율로서, PrimePACK™ 3과 새로운 PrimePACK 3+ 패키지 사이에 모듈 풋프린트 변화가 없이(HxWxL = 38 mm × 89 mm × 250 mm), IGBT5 및 .XT 기술 기반 전력 스택이 IGBT4 기반 스택과 비교해서 시스템 전력 밀도가 26.5% 향상된다는 것을 알 수 있다. **ES**



[그림 3] FF1400R17IP4 및 FF1800R17IP5 스택의 규격

[표 3] 2개 스택의 테스트 조건

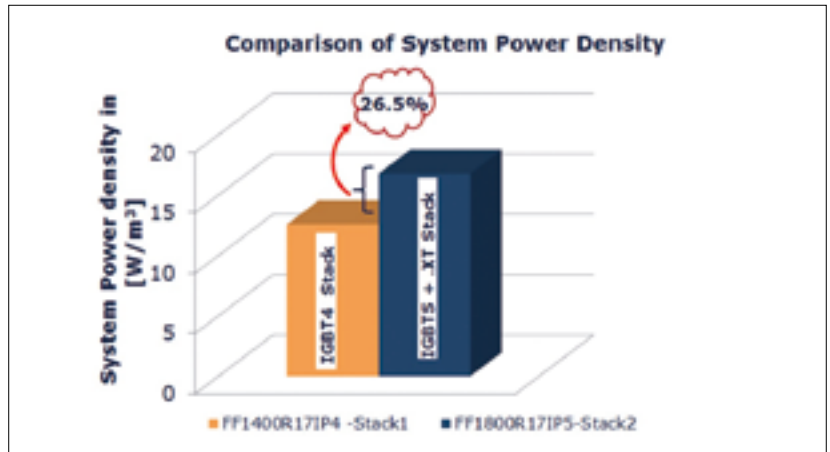
	Output Current (A) @ 2000 Hz	Output Frequency (Hz)	DC bus Voltage (V)	Output to Module Current Ratio
FF1400R17IP4 based Stack	780	50	1100	55.71%
FF1800R17IP5 based Stack	1020	50	1100	56.67%

[표 4] 시스템 전력 밀도 비교

	System Power (kW)	System Volume (dm <sup>3</sup> )	System Power density (W/cm <sup>3</sup> )
FF1400R17IP4 based Stack	932.16	72.59	12.84
FF1800R17IP5 based Stack	1218.98	75.05	16.24

## 참고 문헌

- [1] Raghavan Nagarajan and Dirk Brieke: Aspects of increased power density with the new 5th generation IGBT demonstrated by application relevant measurements, PCIM, Nuremberg, Germany, 2015.
- [2] K. Guth et al.: New assembly and interconnects beyond sintering methods, PCIM, Nuremberg, Germany, 2010.
- [3] M. Schulz: Power Semiconductor Development, Bodo's Power Systems, February 2015.
- [4] Andre R. Stegner et al: Next generation 1700V IGBT and emitter controlled diode with .XT technology, PCIM, Nuremberg, Germany, 2014.



[그림 4] IGBT4 및 IGBT5 스택의 시스템 전력 밀도 비교