

XHP™ 2 –

차세대 전력 전자 시스템을 위한 지능형 솔루션

XHP™ 2 – The smart solution for the next generation of power electronics systems

XHP™(fleXible High power Platform)는 트랙션 컨버터, 신재생 에너지, 산업용 드라이브 애플리케이션 용으로 개발되었다. 확장이 용이하고 인덕턴스가 낮은 인버터 디자인에 대한 요구를 충족한다.

글/Karsten Schoo, Wilhelm Rusche, 인피니언 테크놀로지스

XHP™(fleXible High power Platform)는 트랙션 컨버터, 신재생 에너지, 산업용 드라이브 애플리케이션 용으로 개발되었다[1]. 확장이 용이하고 인덕턴스가 낮은 인버터 디자인에 대한 요구를 충족한다. 기존에 출시된 XHP™ 3은 블로킹 전압이 3.3kV부터 6.5kV까지 이르며 최근의 철도 차량 애플리케이션의 요구를 충족한다. 새로운 XHP™ 2는 3.3kV까지 이르는 블로킹 전압을 처리할 수 있다.

기술 설명

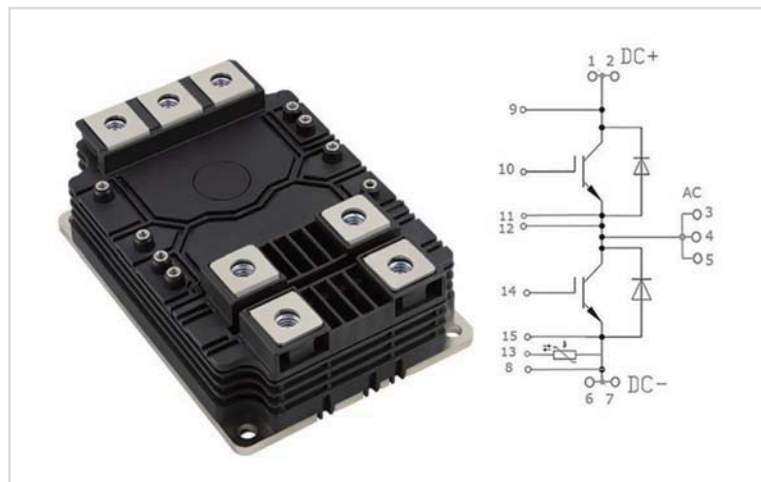
XHP™ 패키지 제품군에 새로운 제품인 1700V XHP™ 2 제품이 추가되었다. 그림 1은 XHP™ 2 패키지와 리드 하프 브리지 토폴로지를 보여준다.

인피니언의 XHP™ 패키지는 차세대 전력 전자 시스템에 사용하도록 설계되었다. 미래의 요구를 충족하도록 3개의 AC 전력 단자를 사용해서 전류 용량을 제공하고 애플리케이션 디자인에 소모되는 전력 접속 손실을 최소화한다.

1700V XHP 2 모듈은 인피니언의 최신의 견고한 5세대 IGBT와 이미터 제어 다이오드에

The fleXible High power Platform XHP™ has been developed for applications like traction converters, renewable energy, and industrial drives [1]. It addresses the needs for scalable and low inductive inverter designs. The existing XHP™ 3 has been designed for blocking voltages from 3.3 kV up to 6.5 kV addressing new designs in traction applications. The new XHP™ 2 can handle blocking voltages up to 3.3 kV.

그림 1. 인피니언의 XHP™ 2 패키지



.XT 접합 기술을 결합했다[2][3]. 따라서 사이클링 부하에 대해서 견고성이 매우 뛰어나다[4].

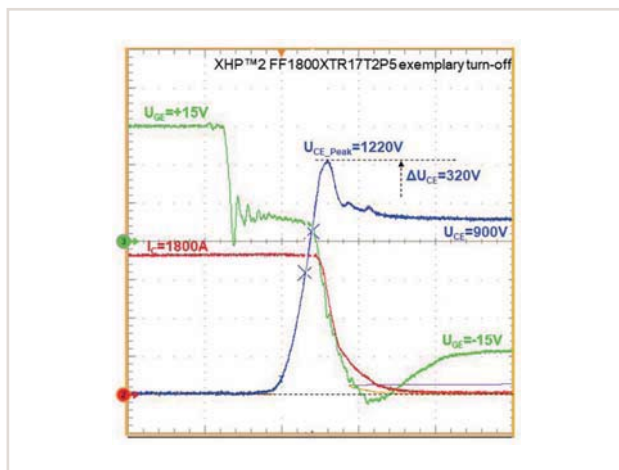
인피니언의 최신 5세대 IGBT와 다이오드 기술을 채택함으로써 1700V XHP 2로 175℃의 연속 정선 온도 $T_{vj,op}$ 로 최대 모듈 전류를 1800A/1700V로 끌어올리고 있다. 1800A 제품과 함께, 1200A/1700V XHP 2 제품도 출시할 예정이다.

5세대 IGBT와 다이오드는 PrimePACK™ 모듈로 견고성을 입증하고 있다. XHP로 다이오드와 IGBT의 크기를 잘 조화시킴으로써 안정적인 트랙션 미션 프로파일로 수명에 대한 요구를 충족한다. 그러므로 철도차량이나 풍력 터빈 애플리케이션의 성능을 극대화한다.

XHP 3과 마찬가지로 XHP 2도 모듈 내로 스트립 라인 방식을 사용한다. 그러므로 DC 버스 바(bus bar)로 인덕턴스가 매우 낮다. DC 연결부가 모듈 중앙에 자리잡고 있고 대칭적인 디자인을 구현하고 있다. 정류 루프로 $L_s \leq 10nH$ 의 누설 인덕턴스를 달성하고, 이것은 다시 과전압 피크를 낮추는 것으로 이어진다. 그림 2에서는 1700V XHP 2로 $U_{DC} = 900V$ 및 실온으로 $I_c = 1800A$ 일 때 턴오프 이벤트를 보여준다. 이러한 조건으로 과전압이 $\Delta U_{CE,Peak} = 320V$ 에 불과하다.

패키지 플랫폼, 최대의 전력 밀도, 견고한 .XT 접합 기술, 뛰어난 사이클링 성능, 5세대 칩 같은 특징들을 결합한 XHP2 패키지는 차세대 도시 교통 시스템의 추진에 사용하기에 적합하다.

그림 2. 900V 및 실온으로 $I_c = 1800A$ 일 때 턴오프 이벤트



Technical concept

As an additional member of the XHP™ package family, the 1700 V XHP™ 2 has recently been introduced. In Figure 1 the XHP™2 package and the lead half-bridge topology is depicted.

The XHP™ 2 package from Infineon Technologies AG is designed for future-oriented power electronics systems. To support this future orientation, three AC power terminals are embedded to ensure current capability, and to minimize the power connection losses that are consumed in the application design.

The 1700 V XHP 2 module generation makes use of the latest and most rugged 5th generation IGBT and emitter-controlled diode from Infineon Technologies with its .XT joining technology [2, 3]. This combination makes it extremely robust against cycling loads [4].

Employing the state-of-the-art 5th generation IGBT and diode technologies from Infineon Technologies, the maximum module current for the 1700 V XHP 2 has now been further increased up to 1800 A/1700 V with a continuous junction operating temperature $T_{vj,op}$, of 175° C. In addition to the 1800 A version, an XHP 2 with 1200 A / 1700 V will also be available.

The 5th generation of the IGBT and the diode have demonstrated their ruggedness in the PrimePACK™ module. In the XHP the size of the diode and the IGBT are well-balanced ensuring a life cycle based on a stable traction mission profile. This provides optimal performance in traction and wind turbine applications.

Similar to the XHP 3, the XHP 2 features a strip line concept inside the module. This ensures very low inductivity in the DC bus bar. As the DC connection is located at the center of the module, a symmetrical design has been implemented. The resulting leakage inductance of the power module of less than $L_s \leq 10nH$

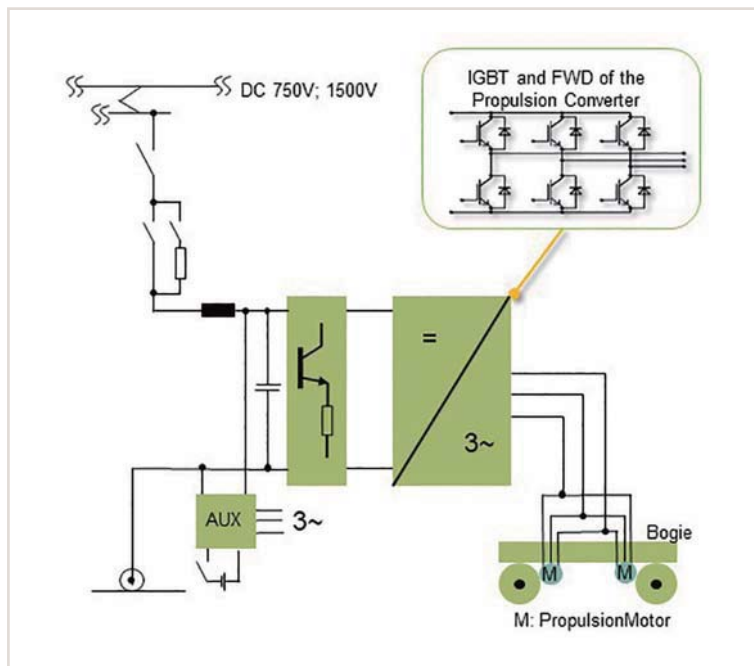
높은 사이클링 조건으로 성능 극대화

차량이 주행하거나 가속할 때 주로 IGBT가 컨버터의 에너지를 전도한다. 차량이 제동할 때는 컨버터의 프리휠링 다이오드(FWD)가 생성된 역 에너지를 전도한다. **그림 3**은 전기 추진 시스템의 개략도를 보여준다.

도시에서 운행되는 트램은 통상적으로 수백 미터마다 정차하고, 지하철은 수천 미터 간격으로 정차한다. 매일 일상적으로 이렇게 짧은 간격으로 정차하는 것은 엄청난 스트레스를 가한다. 그러므로 컨버터의 전자 회로에 사용되는 전력 모듈 내의 IGBT와 다이오드가 일상적으로 발생하는 높은 전기적 및 기계적 스트레스와 극심한 열 스트레스를 견딜 수 있어야 한다. **그림 4**는 지하철 전기 구동 시스템의 동작 프로파일을 보여준다.

전력 모듈의 장기적 신뢰성이나 수명을 나타내는 지표가 되는 것이 이러한 반복적인 열 부하를 잘 견딜 수 있는나 하는 것이다. 이와 같은 까다로운 애플리케이션에서 표준적 접합 기술을 위한 주된 EOL(end-of-life) 메커니즘으로는 솔더 저하와 칩 접속을 위한 알루미늄 본드 와이어를 들 수 있다.

그림 3. 전기 추진 시스템 개략도



in the commutation loop results in a small overvoltage peak. In **Figure 2**, an example of a turn-off event of the 1700 V XHP 2 with $I_C=1800$ A at $U_{DC}=900$ V and room temperature is depicted. This results in an overvoltage of only $\Delta U_{CE_Peak}=320$ V under these conditions.

The combination of features such as package platform, highest power density, rugged .XT joining technology and excellent cycling capabilities as well as balanced 5th generation chip sizes, the XHP 2 package from Infineon Technologies AG addresses the needs of the next generation of propulsion in urban transportation systems [4].

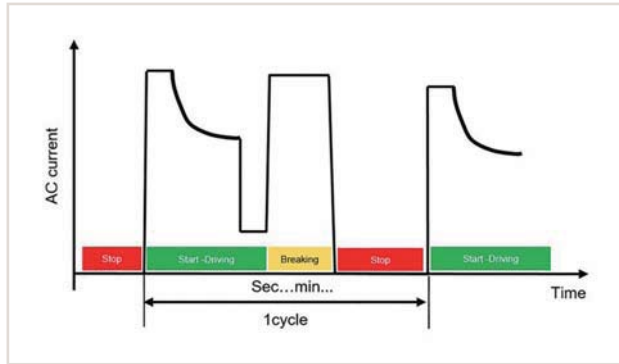
Performance under heavy cycling conditions

While driving or accelerating the vehicle, the energy in the converter is conducted mainly by the IGBTs. When the vehicle brakes, the freewheeling diodes (FWD) of the converter have to conduct the generated reverse energy. A simple schematic of the electrical propulsion system is shown in **Figure 3**.

A typical tram stops after a few 100 meters, while a metro or subway stops at a typical distance of 1000 meters. These short distances in day-to-day operation result in an enormous stress. In particular, the power modules with their IGBTs and diodes in the electronics circuits of the converter have to withstand heavy electrical and mechanical stress and enormous cyclic thermal stress in daily operation. **Figure 4** shows an example of the deployment profile of an electric drive system of a subway.

The major criterion for the long-term reliability or required lifetime of power modules is the capability to withstand these

그림 4. 지하철 미션 프로파일



이러한 다이 접속은 정선동작 온도 $T_{vj,op}$ 에서 상대적인 온도 스윙 ΔT 와 열 스트레스 지속시간(ton)에 따라서 극심한 스트레스를 받는다.

이러한 요구를 충족하기 위해서 오늘날 전력 모듈은 흔히 크기를 필요 이상으로 크게 하는 방법을 사용한다. 모듈을 필요보다 크게 하거나, 또는 작은 모듈들을 병렬로 사용해서 열 부하를 낮추면서 긴 수명에 대한 요구를 충족하고자 한다. 그러므로 통상적인 트랙션 인버터에 사용되는 IGBT 모듈은 정격 온도보다 훨씬 낮은 정선온도로 동작하고, 그러므로 전류 밀도에 있어서 잠재력을 최대한 활용하지 못한다.

전력 컨버터로 더 지능적이면서 맞춤형된 솔루션을 달성하기 위해서는 주요 EOL 메커니즘을 향상시켜서 EOL이 발생하는 시점을 연장하거나 EOL이 아예 발생되지 않도록 해야 한다. EOL이 발생하는 시점을 연장하면, 수명 제약 때문에 전류 디레이팅을 해야 하는 것을 줄일 수 있으며 RMS 전류를 높일 수 있다. 이 효과를 수치적으로 확인하기 위해서, IGBT 5와 .XT 기술을 사용한 XHP를 IGBT 4와 표준적 접합 기술을 사용한 IHM 모듈과 비교했다. 그림 5는 지하철 미션 프로파일로 수명을 비교한 결과를 보여준다. 30년 수명을 위해서는 병렬로 2개의 1700V IGBT4 IHM 모듈이 필요하다. IGBT5와 .XT를 사용한 XHP 2로는 하나의 1200A/1800A 1700V XHP 2 모듈을 사용해서 같은 수명을 달성할 수 있다.

1700V IGBT5/.XT 기술을 채택한 인피니언의 새로운 XHP 2 모듈이 도시형 추진 시스템의 컨버터 디자인을 위해서 유용한 솔루션을 제공한다. 무엇보다도 이 새로운 전력 모듈을 사용해서 전력 밀도를 크게 높일 수 있다.

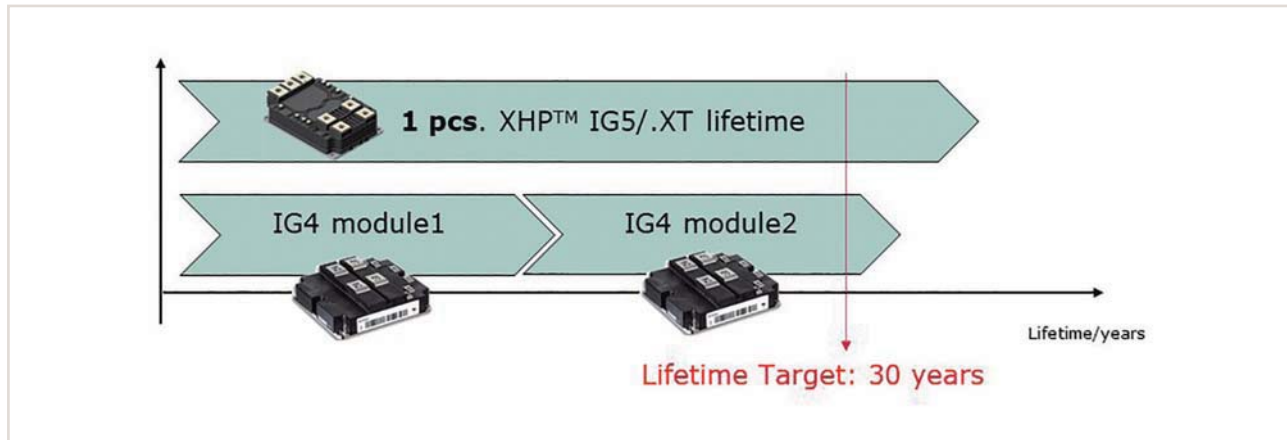
cycled thermal loads. The dominant end-of-life (EOL) mechanisms for standard joining technologies in such demanding applications include solder degradation and the aluminum-bond wires of the chip-joining connection. These die interconnections are highly stressed by the relative temperature swing ΔT at the resulting junction operating temperature $T_{vj,op}$ as well as by the duration of the thermal stress (ton).

Owing to these challenging requirements, the power modules used nowadays are typically oversized. The modules are either bigger than required, or smaller ones are used in parallel to reduce the thermal loads and fulfill the high lifetime demands. As a consequence, IGBT modules in typical traction inverters are operated with junction temperatures significantly lower than the specified temperatures, thus the full potential in terms of current density is not utilized.

To achieve smarter, tailor-made solutions in the power converter, the typical end of life mechanisms must be significantly improved, for extended running times or if possible eliminated. If end of life can be extended, the current derating due to lifetime constraints can be reduced, and the RMS current can be increased. To quantify this effect, an XHP with IGBT5 and .XT has been compared to an IHM module with IGBT4 and standard joining technologies. Figure 5 provides the simplified depicted result of a lifetime comparison of a metro mission profile. For the implementation of a 30-year lifetime, two 1700 V IGBT4 IHM modules in parallel are required. Using IGBT5 and .XT in XHP 2, only one 1200 A/1800 A 1700 V XHP 2 module can achieve a similar lifetime.

Urban propulsion converter designs based on XHP 2 modules will benefit from the significant advantages of using Infineon Technologies AG new XHP 2 equipped with the 1700 V IGBT5/.XT. Among other things, power

그림 5. 지하철 미션 프로파일로 공기 냉각 추진 시스템의 수명 예측



맺음말

인피니언은 IGBT 5와 .XT 기술을 채택한 새로운 XHP 2 모듈 제품을 출시했다. 이 모듈을 사용해서 시스템 디자이너들이 최대의 전력 밀도로 미래 지향적이고 확장이 용이하고 인덕턴스가 낮은 시스템을 개발할 수 있다. XHP를 사용해서 다양한 차량 플랫폼과 전압대에 걸쳐서 트랙션 인버터를 용이하게 확장할 수 있다. 현장에서 검증된 IGBT 5와 .XT 기술을 사용해서 트랙션 같이 긴 수명을 요구하는 애플리케이션에서 전력 밀도를 극대화할 수 있다. 이 모듈을 사용해서 크기와 무게를 크게 줄일 수 있으며, 그러므로 시스템 비용을 낮출 수 있다. **SN**

density can be increased drastically using the new technologies.

Summary

Infineon Technologies AG has introduced a new XHP 2 with IGBT 5 and .XT. This combination provides system designers with the option of developing future-proof, scalable, low inductive systems with highest power density. Moreover, traction inverters can be harmonized with the XHP across various vehicle platforms and voltage classes. The field-proven IGBT5 and .XT technology is a key lever for increasing power density in applications, which demand long life cycles such as traction. The technology enables significant weight and volume reductions, and consequently, a reduction of system costs. **SN**

참고문헌

- [1] V.Jadhav and Dr. T. Schütze, XHP™ fleXible High-power Platform for Optimizing Power Converter Designs, Bodo's Power 08/2017.
- [2] A. Stegner, et al., Next generation 1700V IGBT and emitter controlled diode with .XT technology, PCIM, Nuremberg, Germany, 2014.
- [3] A. Ciliox, et al., New module generation for higher lifetime, PCIM, Nuremberg, Germany, 2010.
- [4] <http://www.roll2rail.eu>, D1.2 – New generation power semiconductor –Common specification for traction and market analysis, technology roadmap, and value cost prediction.
- [5] W. Rusche, et al., Lifetime Analysis of PrimePACK™ Modules with IGBT5 and .XT, Bodo's Power 01/2016.