

Technical Report

Section 02

글: 알리 후세인(Ali Husain) 기업 전략 및 마케팅 부문 수석 담당자 자료제공: 온세미컨덕터(www.onsemi.com)

전력부품 기술의 발전

전 세계적으로 중산층이 성장하고 자동차, 공기조화기술(HVAC), 산업용 드라이브 등이 전기화됨에 따라 전력 수요량은 불가피하게 증가하고 있다. 이에 전기의 발전, 분배, 변환, 소비 등 각 단계마다 달성되는 효율에 따라 전반적인 전력 인프라에 대한 부담감이 달라질 수 있다. 각 단계에서 발생하는 비효율은 곧 열 발생(폐열)으로 이어진다. 이 열을 제거 또는 처리하려면 더 많은 에너지를 소비해야 한다. 따라서 각 단계에서 발생하는 폐열의 양을 줄이는 것은 전반적인 효율에 큰 영향을 미친다.



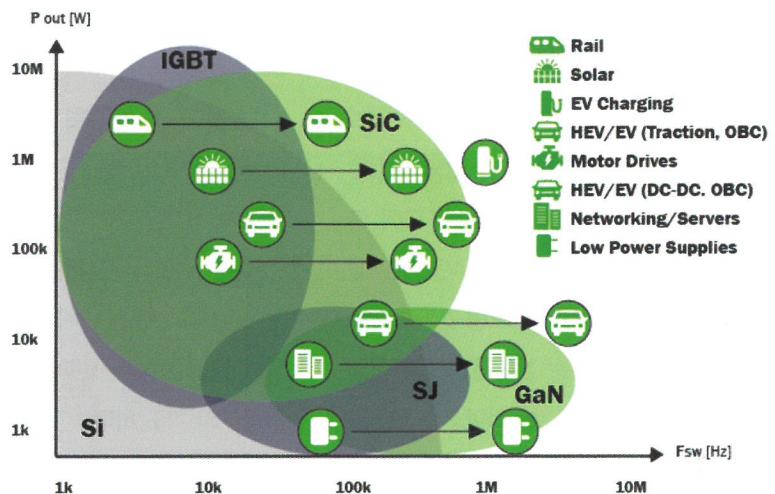
특히, 변환 단계에서 전력 전자 디바이스에 의한 발열은 주로 전도 손실과 전환 손실에 의해 발생한다. 비효율적인 반도체에서 발생하는 열은 사용할 수 없을 뿐만 아니라 대부분 불필요하다. 그러나, 반도체 기술과 재료의 지속적인 개선이 효율성 향상으로 이어져 이런 열 발생을 예방한다.

전력 반도체 기술은 최종 시장에서의 요구사항을 반영하며 향상되고 있다. 오늘날에는 각각의 시장 또는 애플리케이션에 따라 전력 요구사항이 상이하다. 하지만, 최근까지 대부분의 서로 다른 요구사항은 동일한 기본 반도체 기술인 실리콘 FET로 해결해야 했다. 서로 다른 시장과 애플리케이션에 동일한 기술을 사용하면 디바이스의 한계로 인해 일부 애플리케이션이 다른 애플리케이션보다 큰 손실을 발생시킬 수밖에 없게 된다. 즉, 오직 하나의 기술로 모든 애플리케이션을 만족시키는 것은 불가능하다.

오늘날의 전원 스위치에는 여러 가지 종류가 있다. 그 중 파워 MOSFET은 가장 기본적인 디바이스이며 항복 전압이 200V 미만인 애플리케이션에 주로 사용된다. 초접합 MOSFET은 파워 MOSFET의 확장형으로 비교적 빠른 스위칭 특성을 통해 더 높은 항복 전압에 도달하도록 설계됐다.

IGBT(고전력 스위칭용 반도체)는 바이폴라(bi-polar) 접합 트랜지스터와 MOSFET의 하이브리드 형태로 볼 수 있으며 스위칭 속도는 비교적 느리지만 하드 스위칭 토폴로지에 적합하고, 고전력 애플리케이-

기존의 애플리케이션과 새로운 애플리케이션을 모두 지원하는 전력 반도체 기술



션에 사용된다.

실리콘 카바이드(SiC)와 질화갈륨(GaN)을 비롯해 와이드밴드갭(WBG)으로 광범위하게 분류되는 기술이 특정 전력 애플리케이션에 적용돼 모든 분야에서 실리콘 FET와 IGBT에 견줄 정도의 성장을 이뤘다.

와이드밴드갭(WBG)의 장점

WBG의 주요 장점은 고주파에서 효율적인 스위칭이 가능해 전원 공급장치 내에 더욱 소형화된 패시브 마그네틱 컴포넌트를 사용할 수 있다는 점이다. 또 다른 장점은 역 회복 전류가 상대적으로 적어 다양한 전원 공급장치 토폴로지에서 다이오드를 대신해 사용될 수 있다는 점이다. 이는 전반적인 효율을 향상시킬 뿐만 아니라 완전히 새로운 구성방식에 대한 가능성까지 제시한다.

WBG 파워 트랜지스터의 개발로 업체들은 더욱 폭넓은 스위칭 솔루션을 선택할 수 있게 됐고, 효율을 높이며 전력 밀도를 높일 수 있는 대체 토폴로지를 개발할 수 있게 됐다. 이러한 선택권이 확장됨에 따라 기존 애플리케이션만 이점이 발생하는 것이 아니라 전기를 사용하는 완전히 새로운 방법을 가능하게 한다. 예를 들어, 토템폴 PFC(Totem-pole PFC) 토폴로지는 WBG 장치를 선택할 때 훨씬 유용하며 실현 가능성성이 높아진다.

전력 전자 디바이스의 개발

오늘날의 많은 애플리케이션 분야를 살펴보면 대부분 전력 전자 디바이스에 대해 높은 수요를 보이고 있다. 자동차 산업에서는 드라이브 트레인의 전기화가 진행되고 있다. 앞으로 더 많은 하이브리드차와 순수 전기차가 개발되면서 온 보드 배터리 충전(OBC)과 전기 모터 드라이브를 구현하기 위한 AC-DC 및 DC-DC 변환장치가 필요할 것이다. 재생 가능 에너지는 전체 전력 인프라에서 보다 큰 비중을 차지하며 지속적으로 성장할 것이다. 태양광 발전은 상대적으로 낮은 전압과 동시에 고전류 DC를 취해 이를 더 넓은 그리드에서 사용 가능한 AC로 변환하는 인버터를 필요로 할 것이다. 보완적인 애플리케이션 분야로는 배터리 스토리지를 사용해 전기 그리드에 대한 전력 수요를 안정화하는 기술이 있다. 해당 기술은 종종 짧은 시간 동안 온라인 상태가 될 때마다 속도를 높이기 위해 물리적으로 회전해야만 하는 비효율적인 석탄·가스 발생기를 대체하고 있다.

최근의 발전 방식은 화석 연료 기반에서 태양, 바람, 파도와 같은 재생 가능한 ‘녹색’ 자원 기반으로 이동하고 있다. 이런 천연(녹색) 에너지 자원은 가스와 석탄을 비롯해 지금까지 에너지 부문이 성장하는 데 기여한 화석 연료보다는 기대에 덜 부응하는 경향이 있다. 재생 가능한 에너지들의 W(와트)당 비용이 더 높다는 의미겠지만, 이는 점차 개선되고 있다. 효율적인 전력 전자 디바이스의 개발은

태양광과 풍력 발전 비용을 화석 연료보다 낮추는 데 기여했다. WBG의 출현과 기존 반도체 기술의 발전은 재생 가능 에너지가 이전보다 더욱 실용적이고, 미래의 전기 시스템에 전력을 공급하기 위한 더 큰 역할을 할 것임을 의미한다.

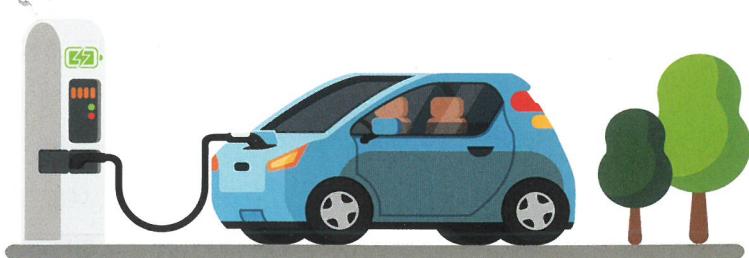
효율이 곧 원동력

전기 부하에 따라 요구되는 전압과 전류 수준은 마이크로(μ)부터 메가(M)에 이르기까지 광범위하다. 최종 애플리케이션에는 가장 낮은 전력 수준의 전기 에너지가 공급돼야 한다. 이와 같이 체계적으로 전력 수준을 조정하기 위해서는 전력 변환 단계가 요구된다. 변환은 모든 과정을 통틀어 두 번째로 중요한 단계이며 효율 측면에서는 가장 중요한 단계이기도 하다.

전력 공급을 위해 작동 중인 발전기의 수에 비해 에너지를 소비하는 전자 디바이스의 수는 비교할 수 없을 정도로 압도적이다. 업계는 사물인터넷(IoT)의 일환으로 수백억 개의 디바이스가 추가적으로 온라인화될 것이라 예상하지만, 발전기의 수는 이를 따라가지 못하고 있다. 따라서 IoT가 진행되는 속도를 따라가기 위해 전력 라이프사이클의 모든 단계에서 효율을 높이는 것이 중요해지고 있다.

IoT는 수많은 디바이스를 추가적으로 요구할 것이다. 실제로는 이미 서비스를 개시해 전력을 소비중인 디바이스들도 많이 존재하며 개발 또는 생산 단계에 있는 디바이스 또한 마찬가지다. 이 모두가 글로벌 대이터 네트워크에 연결되는 것은 아니지만, 어떤 방식으로든지 국가적인 전력 네트워크에 부하가 될 것이다.

이런 모든 디바이스가 비효율적일 경우, 전반적인 전력 손실에 기여하거나 분 단위로 발생하는 총 전력 손실 및 열로 소산되는 에너지가 추가될 수 있다. 각 애플리케이션에 가장 적합한 스위칭 기술을 선택하면 이런 손실을 최소화할 수 있다.





WBG 기술이 전력 애플리케이션에 적합한 이유는 상대적으로 높은 전자 이동성과 항복전압, 고온에 대한 내성, 높은 밴드갭 에너지 등 WBG의 고유한 특성에 기인한다. 이런 특성은 기존 실리콘 기반 파워 트랜지스터보다 더 높은 주파수에서 스위치 가 온·오프(On·Off) 되도록 한다. 온 상태에서는 낮아진 저항을 보일 때가 있다. 이때 열을 통한 전력손실이 가장 많이 발생하기 때문에 WBG는 전원 회로에서 매우 중요한 요소이다.

예를 들어 GaN 트랜지스터는 MHz(메가헤르츠)의 속도로 수십 kW(킬로와트)를 스위칭할 수 있다. GaN 트랜지스터의 높은 스위칭 주파수는 RF 송신기 및 증폭기와 같은 다른 애플리케이션에서 선호된다. GaN이 전력 회로에 적합한 이유는 고전압을 빠르게 전환할 수 있기 때문이다.

이와 마찬가지로 SiC는 스위칭 속도와 전압 면에서 실리콘 FET와 IGBT를 능가한다. SiC는 제한된 FOM(Figure Of Merit)으로 GaN 기술과 경쟁하기보다는 서로 보완하는 관계를 형성하며 SiC와 GaN은 모두 고출력 스위칭 애플리케이션의 설계에서 이점을 제공한다.

WBG의 이점을 완전히 ‘무료’로 누릴 수는 없다. SiC와 GaN 모두 상대적으로 높은 비용뿐만 아니라 실리콘 FET, IGBT와

는 다른 게이트 드라이버 솔루션을 필요로 한다. 다행히도 이런 기술의 공급사슬이 빠르게 개발되고 있다. 온세미컨덕터는 이제 SiC와 GaN 모두를 지원하도록 특별히 설계된 게이트 드라이버와 함께 실리콘 FET, IGBT, SiC, GaN을 비롯한 모든 기술에 대한 전략을 보유하게 됐다.

결론

전자 디바이스 업계는 에너지 변환 과정에서 열의 형태를 통해 일정 수준의 전력 손실이 항상 발생함을 인지하고 있다. 전력 반도체의 개발 덕분에 업계는 인버터와 컨버터에서 발생하는 스위칭 손실을 점차 줄여 나가고 있다. 모든 애플리케이션 분야에서 더 많은 양의 전력 반도체를 추가하고 있어 계속 향상된 효율에 대한 요구도 높아지고 있다. 온세미컨덕터는 높은 효율을 구현하는 기술에 대한 지속적인 투자를 통해 이런 요구를 충족하고 있다. ■