

자동차용 12V 납축전지는 종말을 맞았다

자동차용 12V 납축전지는 종말을 맞았다. 유럽은 2030년 이후 어떤 신차에도 납축전지를 장착하지 않을 것이라고 선언했으며, OEM들은 대체 솔루션을 찾아야 하는 상당히 어려운 과제에 직면하게 되었다. 이는 힘든 작업이 될 수도 있지만, 환경적으로 유해한 배터리를 제거하는 동시에 차량의 무게를 줄이고, 전반적인 효율성을 향상시킬 수 있는 엄청난 기회가 될 것이다.

글/Vicor Corporation

그렇다. 자동차용 12V 납축전지는 종말을 맞았다. 유럽은 2030년 이후 어떤 신차에도 납축전지를 장착하지 않을 것이라고 선언했으며, OEM들은 대체 솔루션을 찾아야 하는 상당히 어려운 과제에 직면하게 되었다. 이는 힘든 작업이 될 수도 있지만, 환경적으로 유해한 배터리를 제거하는 동시에 차량의 무게를 줄이고, 전반적인 효율성을 향상시킬 수 있는 엄청난 기회가 될 것이다.

12V 배터리 및 전력분배 네트워크(PDN: Power Delivery Network)는 안전과 관련된 일부 중요한 부하를 포함해 수백 개의 부하를 지원하는 전 세계적인 표준이며, 이러한 솔루션은 혁신적이고, 견고해야 한다. 고전압을 비롯해 48V 및 12V PDN을 상호 연결하는데 사용되는 고밀도의 고전압, 고효율 전력 모듈은 이러한 당면 과제에 대응할 수 있는 가장 유연하고 확장 가능한 솔루션을 제공한다.

OEM들은 가능한 솔루션을 고려할 때 보다 뛰어난 성능의 새로운 기능을 지원하기 위해 추가되는 더 많은 전력과 더 긴 주행거리 및 향상된 열 관리를 위한 효율성 증가, CO2 감소, 케이블 라우팅 최적화, 하네스 무게 감소 및 EMI 요건 충족 등과 같은 여러 주요 요소들을 고려해야 하며, 이러한 요구사항들은 복잡한 방정식 내의 변수들에 해



당한다.

이러한 방정식을 해결하는 데는 두 가지 기본 옵션이 있다. 12V 납축전지를 12V 리튬이온 배터리로 교체하는 것이 첫 번째 옵션이다. 무게는 약간 감소하지만, 수십 년 동안 사용된 기존의 12V PDN이 유지되면서 추가적인 이점은 없다. 다른 옵션은 EV 및 HEV/PHEV의 기본 400V 또는 800V 배터리에서 전원을 공급받는 12V PDN을 지원하는 것이다. 후자의 옵션은 많은 이점이 있지만, 두 가지 모두 추가 검토가 필요하다.

12V 리튬이온 배터리로 전환

12V 납축전지를 12V 리튬이온 배터리로 교체하면 55%까지 무게를 줄일 수 있지만, 비용 부담이 크다. 12V 리튬이온 배터리는 차량의 수명기간 동안 전체 배터리 동작의 유지관리 및 충전 제어를 위해 배터리 관리 시스템(BMS: Battery Management System)이 필요하다. 이는 테슬라(Tesla)와 현대가 취하고 있는 방식이다.

또한 12V 리튬이온 배터리를 재충전하고, 전기 부하를 공급하기 위해서는 HV(High Voltage)에서 12V(전압 및 전류 레귤레이션 기능이 있는)로 변환하는 부피가 큰 DC-DC 컨버터를 추가해야 한다. 이는 아무런 이점을 제공하지 않는다. 무게와 차량 패키징의 복잡성, 시스템 비용이 추가되고, 차량의 전반적인 신뢰성을 감소시킨다. 이에 비해 12V 배터리를 완전히 제거하면, 자동차의 무게를 13kg까지 줄일 수 있고, 적재공간을 2.4%까지 향상시킬 수 있다.

기존의 12V PDN은 비효율적이다

물리적으로 12V 배터리를 유지하는 것은 불필요한 리턴던시를 유발하여 비효율적인 PDN을 유지하는 것과 같다. 일반적인 차량용 12V PDN의 경우, 12V 버스에 연결된 모든 12V 부하에는 보통 6V~16V의 넓은 입력전압 범위를 5V 및 3.3V 또는 그 이하의 레귤레이션 레일로 변환할 수 있는 내부 프리-레귤레이터가 있다. EV, HEV 또는 PHEV에 대한 글로벌 시스템 관점에서 보면, 이는 직렬 레귤레이터 스테이지가 중복되는 것이다. 고전압에서 12V로 변환하는 DC-DC 컨버터는 12V 버스(효율적으로)를 레귤레이션하고, 프리-레귤레이터는 각 부하에 적합한 내부 레일 전압을 제공한다(그림 1).

이러한 기존의 아키텍처는 배터리를 충전하거나 크랭킹(Cranking) 이벤트 시 무선 동작 유지 또는 백업 전조등의 적절한 휘도를 유지하기 위해 레귤레이션이 필요한 민감한 12V PDN의 교류발전기가 차량에 사용되던 때부터 시작되었다. OEM들은 매우 창의적으로 12V 전력 제한을 피하기 위해 노력했으며, 최근 몇 년 동안 2개의 12V 배터리와 파워 스티어링을 위한 하나의 24V 배터리, 그리고 이

그림 1. 리턴던트 전압 레귤레이터 스테이지를 사용하는 12V 배터리 기반의 xEV에 사용된 일반적인 E/E. HV-12V DC-DC는 12V 배터리를 충전하기 위해 12V 출력으로 변환한다. 차량의 모든 12V 부하에는 부하가 동작하는데 필요한 적절한 레일 전압을 공급하기 위한 프리-레귤레이터가 있다.

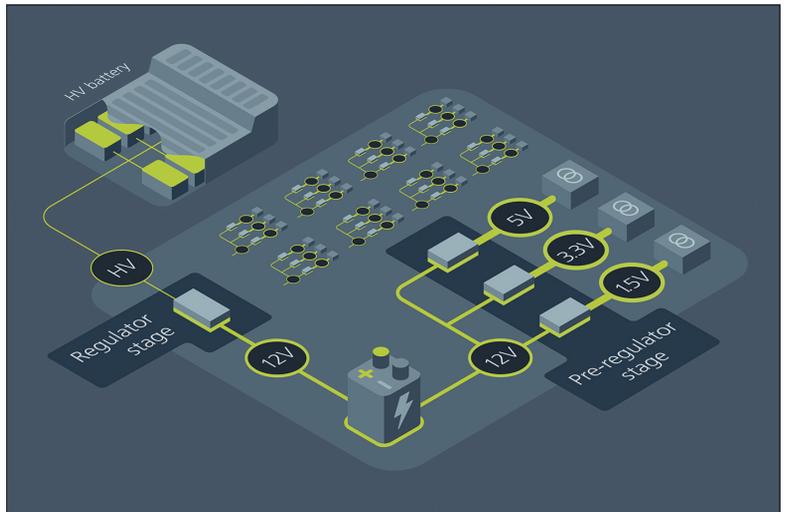
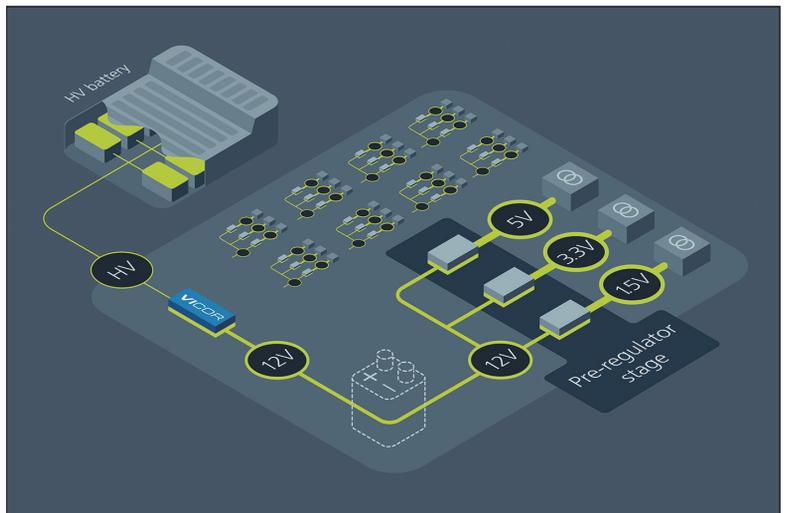


그림 2. 최적화된 E/E 아키텍처는 물리적인 12V 배터리를 제거하는 것이다. 바이코의 BCM 버스 컨버터 기술을 통해 고전압 배터리를 변환하여 가상 12V 배터리를 생성할 수 있다.



들 사이에 여러 DC-DC 컨버터를 사용하는 복잡한 전기 아키텍처가 설계되었다.

12V를 가상 배터리로 교체

이러한 문제를 해결하기 위한 더 나은 접근방식은 자동차 PDN을 완전히 재고하는 것이다. 물리적인 12V 배터리를 제거하고, 기본 EV 배터리에서 12V ‘가상(Virtual)’ 배터리를 만들어 이를 교체할 수 있다(그림 2). 모든 EV는 메인 배터리를 가지고 있기 때문에 추가로 에너지 스토리지 장치를 탑재하는 것은 적절하지 않다. 이상적인 자동차 아키텍처는 파워트레인과 모든 보조 부하에 전력을 공급하기 위해 하나의 고전압(HV) 배터리를 사용하는 것이다. 바이코(Vicor)의 고밀도 버스 컨버터 모듈 기술은 HV 배터리(400V 또는 800V)에서 직접 저전압 배터리(48V 또는 12V)를 가상화하여 이러한 접근방식을 구현할 수 있다.

ZVS/ZCS(Zero-Voltage, Zero-Current Switching)를 활용하는 바이코의 BCM® 버스 컨버터는 기존 컨버터에 비해 더 높은 주파수에서 동작하기 때문에 물리적인 배터리보다 반응성이 뛰어나다. 예를 들어, BCM6135는 1.2MHz에서 동작하며, 기존의 ZVS/ZCS 공진형 컨버터와 달리 BCM은 현대역 주파수 내에서 동작한다(그림 3). BCM의 고주파수 동작은 부하 전류의 변화에 따라 빠른 응답과 입력에서 출력까지 낮은 임피던스 경로를 제공한다. BCM은 고정비율 변환과 양방향 동작, 빠른 과도응답(초당 8메가암페어(8MA/s) 이상) 및 낮은 임피던스 경로를 통해 HV 배터리를 48V 배터리처럼 보이게 하는데, 이를 ‘트랜스포메이션’이라고 한다. 이러한 전원 소스를 변형시키는 기능은 기존의 컨버터와 비교할 때 주요 이점이자 주요 차별화 요소이다.

BCM6135 부하 스텝 과도

바이코의 BCM은 입력 전압의 고정비율로 출력 전압을 제공하는 고정비율 컨버터로 동작한다. 바이코의 BCM6135 컨버터는 절연되어 있으며, 61 x 35 x 7mm 패키지 2.5kW의 전력을 97% 이상의 피크 효율로 제공한

그림 3. BCM6135의 빠른 부하 과도응답은 12V 부하를 지원하는 핵심이다. 과도응답은 초당 8메가 암페어(8MA/s)이다. 노란색: 입력 전압(800VDC), 빨간색: 출력 전압(48V), 파란색: 출력 전류

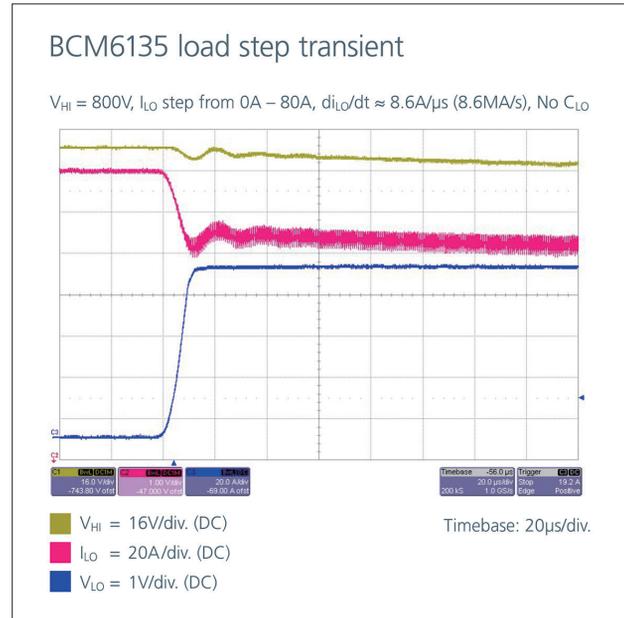
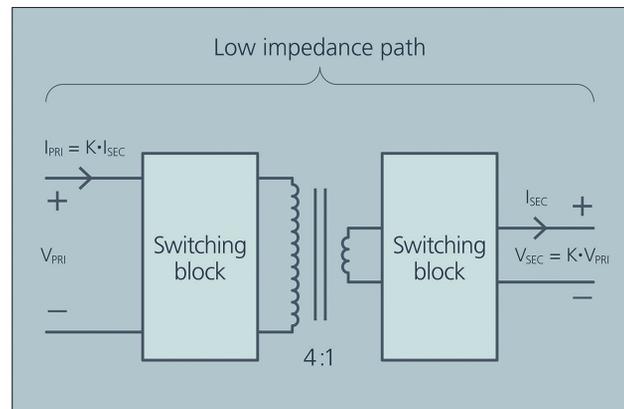


그림 4. BCM 버스 컨버터의 기능 블록 다이어그램. DC-DC 변환은 물론, BCM은 트랜스포머를 사용하여 고효율로 AC-AC 변환이 가능하며, K 계수로 규모를 조정하고, 스위칭 블록을 사용하여 AC-DC 변환을 처리한다. 스위칭은 고주파수에서 이뤄지며, 트랜스포머와 같은 에너지 전달 변환으로 과도 부하 변화에 따라 빠르게 응답하고, 입력 및 출력 간에 낮은 임피던스 경로를 제공한다.



다. 또한 더 많은 전력을 제공할 수 있도록 어레이로 쉽게 병렬화 할 수 있다.

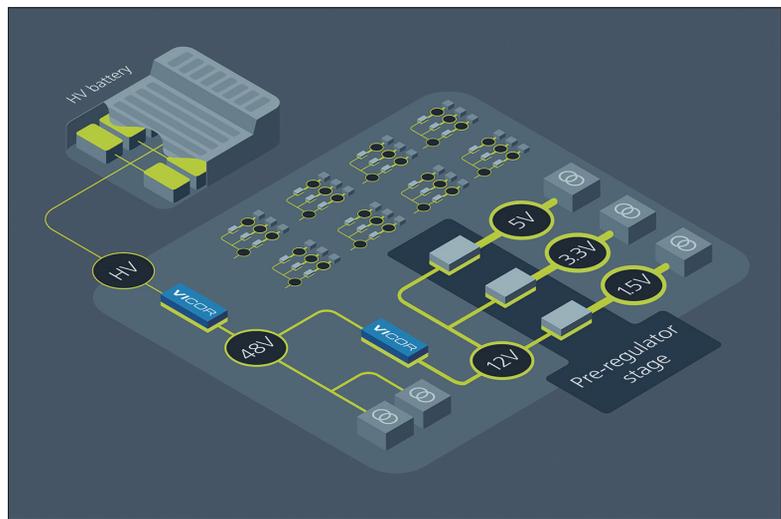
BCM의 고정비율 특성은 가상 배터리가 적절한 동작 범위 내에서 유지되도록 해준다. 예를 들어, 800V 배터리 구동 전기자동차에서 HV 배터리는 520V ~ 920V를 유지하

표 1. 바이코의 BCM/NBM 버스 컨버터 기술을 이용한 48V 버스 및 12V 버스의 최소 및 최대 전압. 48V 및 12V 전압 범위는 모두 VDA 320 및 LV 124와 호환된다.

	800V Battery	48V Bus Range	12V Bus Range
Min Bus Voltage	520V	32.5V	8.125V
Max Bus Voltage	920V	57.5V	14.375V

	400V Battery	48V Bus Range	12V Bus Range
Min Bus Voltage	260V	32.5V	8.125V
Max Bus Voltage	460V	57.5V	14.375V

그림 5. BCM6135 및 NBM2317 모듈을 기반으로 12V 및 48V 배터리 가상화를 지원하는 E/E 아키텍처. 48V 버스는 A/C 콘덴서, 워터 펌프 및 능동형 새시 안정화 시스템과 같은 차량의 더 높은 부하에 전력을 공급할 수 있는 보다 효율적인 소스로도 사용할 수 있다.



도록 보장한다. 1/16 비율의 BCM6135는 32.5V ~ 57.5V의 전압 범위를 유지함으로써 48V 배터리를 가상화한다. BCM6135 1/8 비율은 400V 전기자동차에 사용할 수 있다 (그림 3).

배터리 가상화는 1/4의 고정비율 컨버터를 사용하여 12V 버스로 확장할 수도 있다. 이 경우 갈바닉 절연이 필요하지 않으며, 바이코의 NBM™ 버스 컨버터를 사용할 수 있다. BCM의 다른 모든 기능과 마찬가지로 NBM 비절연 버스 컨버터는 빠른 과도응답과 낮은 임피던스 및 양방향 동작과 같은 앞에서 설명한 모든 이점을 동일하게 제공한다. 12V의 전압 범위는 HV 배터리 전압에 대한 고정비율

로 8.125V ~ 14.375V를 유지한다. BCM 및 NBM 기술은 차량의 각 전력 네트워크를 연결하는 이상적인 트랜스포머이다.

기능안전 부하에 대한 전력공급 리턴턴시를 보장하는 것은 필수적이다. 바이코의 전력 모듈은 전력 및 공급 면에서 완벽하게 확장이 가능하며, 리턴턴트 PDN으로 동작하도록 설계할 수 있어 기능적으로 안전이 중요한 부하에 2개의 전용 전력변환 경로를 제공할 수 있다. 궁극적으로 OEM은 ADAS, 조향 및 제동과 같은 중요 시스템의 기능안전 동작을 보장하기 위해 로컬화된 에너지 스토리지를 구현할 수 있다.

기रो에 있는 전기자동차의 전력분배 네트워크

12V 납축전지는 조만간 유럽에서 사라질 것이다. 따라서 지금이 바로 전기자동차의 전력분배 네트워크에 대한 재설계를 주도하고 있는 모든 혁신을 고려할 때이다.

자동차의 전기 PDN은 12V 전력분배의 기로에서 있다. 아키텍처 변경을 최소화하면서도 점점 더 많은 전력 부하가 차량에 구현되고 있다. 테슬라의 CEO인 일론 머스크 (Elon Musk)는 “12V로 무엇을 할 수 있는

가? 12V는 과거의 잔재 된 전압일 뿐이며, 이는 매우 낫다” 고 말했다.

OEM은 더욱 다양한 전기자동차와 성능을 제공하기 위해 더 나은 PDN 설계에 주력하고 있다. 12V 배터리를 완전히 제거하는 것은 무게와 공간을 줄이고, 더 나은 과도응답과 시스템 성능을 제공할 수 있는 명백한 장기적인 솔루션이다. 바이코의 기술은 이러한 이점을 가능하게 할 뿐만 아니라 유연성과 확장성, 전력밀도의 탁월한 조합을 제공한다. PDN에 대한 바이코의 모듈 접근방식은 차세대 xEV를 위한 12V 전력분배 네트워크의 단기 과제를 해결할 수 있는 이상적인 빌딩 블록을 제공한다. **SN**