



48V로 가속하는 전력 전자 혁신

글 | Max Maxfield, Vicor

48V 세상은 그야말로 빠르게 변하고 있다. 오늘날 점점 더 많은 전력 전자 시스템이 경쟁 우위를 확보하기 위해 12V에서 48V로 전환되고 있다. 바이코는 이러한 흐름을 지원하기 위해 48V에서 12V로 변환하는 새로운 DC-DC 컨버터 제품군을 출시했다. 이 제품들은 48V 아키텍처로 손쉽게 전환할 수 있도록 돕고 전력 손실을 줄이며 전반적인 성능을 향상시킨다.

많은 전자 시스템, 예를 들어 통신, 컴퓨팅, 자동차, 산업 분야 등이 12V에서 48V로 전환되고 있는 듯하다. 그렇다면 당신은 어떻게 전력을 공급할 것인가. 사실 이 질문은 약간 장난 같은 질문이다. 곧 내가 올림픽 챔피언처럼 열정적으로 설명할 것이기 때문이다.

요즘 들어 “It’s a Mad, Mad, Mad, Mad 48V World”라는 문구가 머릿속에서 맴돌고 있다. 이미 이 주제를 꺼낸 김에 말하자면, 1963년에 개봉한 영화 It’s a Mad, Mad, Mad, Mad World는 스펜서 트레이시가 주연을 맡고 수많은 코미디 배우들이 대거 출연한 대작 코미디였다. 나는 어린 시절 이 영화를 흑백 영화라고 생각했는데, 그 이유는 1960년대 내내 우리 집에는 흑백 TV밖에 없었기 때문이다. 훗날에야 이 영화가 테크니컬러로 촬영되었다는 사실을 알게 되었다.

소문에 따르면 에디 머피가 지난 30년간 최고의 코미디언들을 기용해 이 영화를 리메이크할 계획이라고 한다. 개인적으로 꼭 보고 싶은 영화라 이 프로젝트가 실현되기를 진심으로 바라고 있다. 또다시 이야기가 잠시 옆길로 새고 말았다.

내 머릿속이 48V 관련 사실들로 가득 차 있는 이유는 방금 바이코(Vicor Corporation)의 전략 마케팅 부사장인 모리 우드(Maury Wood)와 대화를 나눴기 때문이다. 매사추세츠 앤도버에 본사를 둔 바이코는 고성능 전력 변환 솔루션을 제공하는 기업으로, AC-DC 및 DC-DC 컨버터, 전력 모듈, 맞춤형 전력 시스템 등 폭넓은 제품군을 보유하고 있으며 컴퓨팅, 산업 자동화, 로봇틱스, 운송, 항공우주, 국방 등 다양한 산업 분야에서 활용되고 있다.

12V는 흔히 자동차 시스템과 연결되어 떠올리지만, 사실 안전성, 효율성, 호환성의 균형 덕분에 다양한 산업과 응용 분야에서 널리 사용되고 있다. 여기에는 가정용 및 소비자 전자제품, 재생에너지 시스템, 레저 및 특수 차량, 의료기기, 연구실 장비, 산업 및 사무용 장비, 사진 및 방송 장비 등이 포함된다. 여러 측면에서 12V는 전압의 ‘스위스 아미 나이프’와도 같다. 다루기에 안전할 만큼 낮고, 유용한 장비를 구동하기에는 충분히 높기 때문이다.

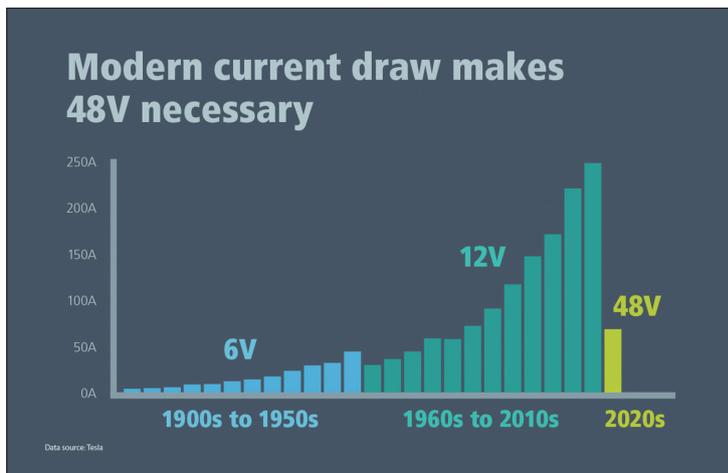
여담이지만 조금 앞서가 보자. 왜 그렇게 많은 시스템이 6V의 배수를 사용하는지, 예컨대 12V, 24V, 48V가 널리 쓰이는지 궁금해한 적이 있는가. 그 배경은 20세기 전반에 표준으로 사용되던 6V 납축전지에 있다. 이 배터리는 셀 3개로 구성되어 셀당 약 2V를 내는 구조였다. 이후 시동 모터, 조명, 와이퍼, 히터, 라디오 등 더 많은 전력이 필요한 장치들이 등장하면서 12V(6셀)로 단순히 두 배로 늘리는 것이 자연스러운 선택이 되었고, 같은 화학적 원리를 그대로 적용할 수 있었다. 참고로 폭스바겐 비틀은 1966년 무렵까지 6V 배터리를 사용했는데, 이는 당시 다른 차량들에 비해 상당히 늦은 편이었다.

상용차(트럭, 버스, 건설 장비 등)의 경우 더 큰 전력이 필요했기 때문에 12V 시스템으로는 부하를 효율적으로 감당할 수

없었다. 따라서 24V(12셀 납축전지)로 전환하는 것이 당연한 수순이었다. 한편 산업 환경에서는 PLC 시스템, 센서, 액추에이터 등을 구동하는 과정에서 24V 체계로 이동했는데, 이는 잡음 내성이 향상되고 동일 전력을 더 낮은 전류로 공급할 수 있어 배선을 더 가늘게 하고 발열을 줄이며 전력 전달 효율을 높일 수 있기 때문이었다.

상기하자면, 직류(DC) 전력(P, 와트 단위)은 전압(V)과 전류(I)의 곱으로 계산된다. 즉 $P = V \times I$ 이다. 이는 전압을

그림 1. 오늘날 자동차의 전류 요구는 48V를 필요로 한다. (자료 출처: 테슬라)



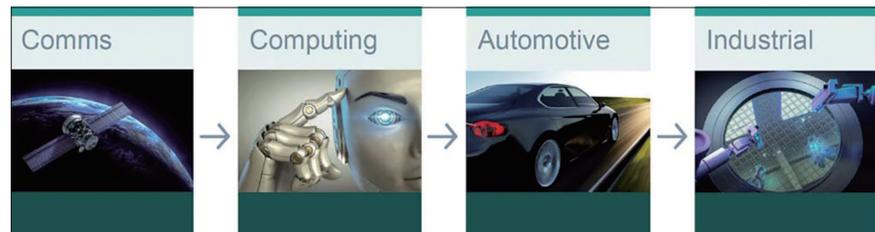
두 배로 높이면 같은 전력을 절반의 전류로 전달할 수 있다는 뜻이며, 전류가 줄어들면 더 얇고 저렴하며 가벼운 배선을 사용할 수 있고, I^2R 손실이 줄어들어 발열도 감소한다는 의미다.

12V에서 48V로의 전환에도 동일한 논리가 적용된다. 다만 이번에는 전압을 네 배로 높이는 것이므로 같은 전력을 전달하는 데 필요한 전류가 기존의 4분의 1 수준으로 줄어든다(그림 1).

앞서 언급했듯이, 48V로의 전환은 처음부터 자동차 분야에서 시작된 것은 아니었다. 1900년대 초 아날로그 전화 초기 시절로 거슬러 올라가면, 중앙국(Central Office, CO) 전화 시스템의 표준 전압으로 48V DC가 채택되었다. 이 표준은 유선 전화 인프라에 뿌리내려 업계 발전과 함께 유지되었고, 현대의 통신 및 데이터 네트워크로까지 이어졌다.

통신 시스템 이후에는 컴퓨팅 분야가 뒤따랐다. 2016년경 구글과 오픈 컴퓨터 프로젝트(OCP)가 데이터센터에서의 48V 전력 분배를 추진하기 시작하면서 이 개념은 본격적으로 주목받기 시작했다(그림 2).

그림 2. 전 세계는 48V로 전환하고 있다.



테슬라 사이버트릭은 전통적인 12V 체계를 완전히 대체하고, 모든 시스템에 걸쳐 순수한 48V 전기 아키텍처를 적용한 첫 양산 차량으로 널리 알려져 있다. 모리의 말에 따르면 다른 많은 자동차 회사들도 속속 48V 대열에 합류하고 있으며, 이는 오늘 아침까지만 해도 내가 상상하지 못했던 일이다.

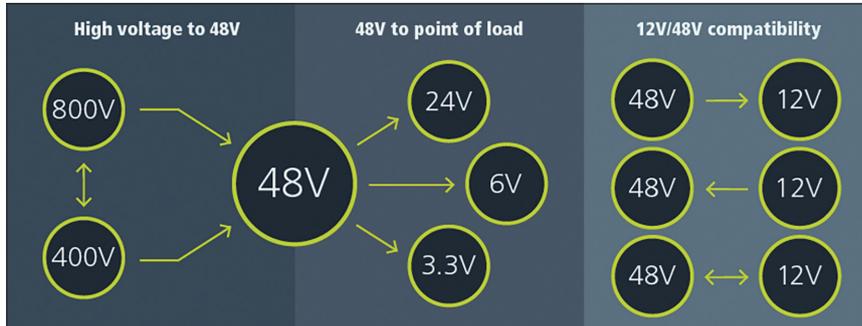
산업 분야에서도 48V 시스템 도입이 점점 늘어나고 있는데, 이는 혁명적 변화라기보다 진화적 발전에 가깝다. 높은 효율, 전력 밀도, 소형화가 중요한 분야에서 48V의 채택이 확대되고 있다. 예를 들어 로봇틱스를 들자면, DC 모터, 서보 드라이브, 제어 시스템의 효율이 향상되고 전원 장치와 컨버터가 더욱 컴팩트해지는 장점을 얻을 수 있다.

이 모든 흐름은 바이코에게 반가운 소식이다. 바이코는 지난 20년간 48V를 적극적으로 전파해왔기 때문이다. 모리는 바이코가 “단연코” 48V 분야에서 선도적 위치에 있다고 강조한다. 아래는 바이코의 48V 포트폴리오를 개략적으로 보여주는 그림이다(그림 3).

이 포트폴리오는 크게 세 가지 영역으로 나눌 수 있다. 첫 번째 영역(그림 3 좌측)은 고전압(400V 및 800V)에서 48V로 변환하는 부분이다. 이는 특히 전기차(EV) 분야에서 중요한데, 400V 배터리가 800V로 전환되는 흐름과 맞물려 있다.

두 번째 영역(그림 3 중앙)은 48V에서 최종 부하(Point of Load, POL)로 전력을 낮추는 부분이다. 그림에는 24V, 6V, 3.3V의 세 가지 예시만 나와 있지만, 필요하다면

그림 3. 바이코 48V 포트폴리오



12V나 1V 미만과 같은 다른 전압들도 포함될 수 있다.

세 번째 영역(그림 3 우측)은 이번 칼럼의 핵심 주제인 12V/48V 호환성이다. 세상에는 아직도 수많은 12V 서브시스템이 존재하며, 이들 중 상당수는 앞으로 수년, 혹은 수십 년간 사용될 것으로 예상된다.

따라서 상위 시스템이 48V로 전환될 경우, 사용자는 48V와 12V 사이를 이어줄 수 있는 브릿지가 필요하다(그림 3 우측 상단 참조).

다른 관점에서 보자면, 현재도 엄청난 양의 장비가 12V 전원으로 구동되고 있다. 하지만 사용자가 새로운 부품이나 시스템을 구매할 때는 최신 48V 제품을 선택할 수도 있으며, 이 경우 12V와 48V 사이의 격차를 메워줄 무언가가 필요하다(그림 3 중앙 오른쪽). 세 번째 경우(그림 3 오른쪽 하단)는 양방향 컨버터로, 회생 제동과 같은 작업을 위해 전류 방향을 순간적으로 48V → 12V에서 12V → 48V로 전환할 수 있다.

여기서 강조하고 싶은 점은 바이코가 이러한 모든 컨버터를 아우르는 ‘월스톱 습’이라는 사실이다. 하지만 사실 내가 오늘 이야기하려는 핵심은 따로 있다.

모리가 나와 대화를 나눈 이유, 그리고 내가 지금 당신과 이야기를 나누려는 이유는 바로 여기에 있다. 바이코가 최근 자사 포트폴리오에 48V에서 12V로 변환하는 비절연 레귤레이티드 DC-DC 컨버터 2종을 새롭게 추가했기 때문이다. 이 신제품은 노련하고 까다로운 베테랑 엔지니어들마저 흥분시킬 만한 물건이다. 그 주인공은 바로 DCM3717(그림 4 오른쪽 하단)과 DCM3735(그림 4 왼쪽 상단)이다.

흥미롭게도 이 제품들의 모델명은 모듈의 크기를 반영하고 있다. DCM3717은 37mm × 17mm 크기(정확히는 36.77 × 17.3mm)이며, DCM3735는 37mm × 35mm 크기(실제 36.7 × 35.4mm)이다. 두 제품 모두 두께는 5.2mm에 불과하다.

DCM3717은 750W와 1kW 두 가지 버전으로 제공된다. 이에 비해 DCM3735는 2kW를 제공한다. 두 경우 모두 모듈을 2개, 3개, 4개까지 병렬로 묶어 더 많은 출력을 낼 수 있으며, 예를 들어 DCM3735 네 개를 결합하면 8kW 전력을 공급할 수 있다.

두 모듈 모두 약 96.5%의 효율을 제공하며, -40°C에서 +125°C까지 확장된 동작 온도 범위를 지원한다. 입력 전압은 40V ~ 60V(정격 48V)를 받을 수 있다. 잠깐, 어떻게 이런 일이 가능할까. 입력이 정격인 48V보다 낮

그림 4. 바이코 48V → 12V 포트폴리오의 최신 제품



을 경우 내부 부스트 컨버터가 전압을 48V까지 끌어올리고, 이후 벅 컨버터가 이를 원하는 12V 출력으로 낮추는 방식으로 동작하기 때문이다.

이 모듈들은 작은 크기, 일정하고 평평한 형태, 그리고 금빛 외관 덕분에 한눈에 알아볼 수 있다. 처음에는 단순히 색상만 금색일 거라고 생각했지만 사실이 아니었다. 실제로는 구리 위에 아주 얇은 금층이 입혀져 있다. 이 구조는 전기적·열적 전도성을 동시에 확보하며, 금은 산화되지 않고 납땀에도 유리하다. 또한 모듈 전체에 파라데이 실드를 형성해 EMI와 RFI를 줄여준다.

PMBus®를 지원해 과전압, 과전류, 과온도 같은 상태를 원격 모니터링할 수 있고, 표면 실장이 가능해 방열판이나 냉각판을 위한 이상적인 양면 열 인터페이스를 제공한다.

이 모듈들의 활용처는 매우 다양하다. 자동화 테스트 장비(ATE)부터 조널 아키텍처, 데이터센터와 엣지 컴퓨팅, 5G 통신, 그리고 12V 배터리 대체까지 폭넓게 적용될 수 있다. ‘조널 아키텍처’라는 용어를 들으면 흔히 최신 자동차를 떠올리지만, 여기서 말하는 것은 모든 종류의 장비 내 12V 존을 의미한다. 모리의 말처럼, “수많은 레거시 장비와 주변 하위 시스템이 여전히 존재하기 때문에 앞으로도 평생 12V가 계속 사용될 것”이라는 점은 분명하다.

다시 DCM3717과 DCM3735 모듈로 돌아가자. 이 매력적인 신제품들에 대해 끝없이 이야기할 수도 있겠지만, 핵심만 짚자면 이들은 동급 경쟁 제품 대비 절반 이하의 크기를 자랑하면서도 출력 전력은 10% 더 높고, 전력 밀도(W/mm³ 기준)는 무려 7배나 높다.

그리고 불확실한 관세와 공급망 혼란이 이어지는 요즘 특히 주목할 만한 점은, 바이코가 이미 2015년에 매사추세츠 앤도버 본사 인근에 세계 최초의 ChiP(Converter housed in Package) 전용 생산 시설을 열었다는 사실이다(그림 5).

모리에 따르면 자체 공장을 보유함으로써 바이코는 제품 품질과 리드타임에 대해 더 높은 수준의 관리와 통제를 할 수 있으며, 자사 특허 공정은 지속적인 혁신을 가능케 하고, 또한 환경을 보호하고 보존하기 위한 지속가능한 제조 방식을 적용하고 있다.

내가 여전히 Cool Beans Award를 수여하고 있다면, 바이코의 최신이자 가장 뛰어난 DCM3717과 DCM3735 48V → 12V 컨버터는 지금쯤 당연히 그 상을 차지했을 것이다. 당신은 어떻게 생각하는가. 지금 12V에서 48V로의 전환을 경험하고 있는가, 아니면 가까운 미래에 그렇게 될 것이라 예상하는가. 혹은 이 칼럼을 공유해야 할 만한 사람을 알고 있는가. **SN**

그림 5. 수직 통합 제조는 안정적인 공급원을 제공한다.

