

Technical Article

차세대 AI 컴퓨팅 성장을 대비한 전력 공급 관리



IT 랙 전력은 향후 2~3 년 내에 1MW를 초과할 것으로 예상됩니다. AI 서버에서 더 높은 전력 밀도를 달성해야 할 필요성으로 인해 48V 또는 54V 버스에서 800VDC의 고전압 DC 버스로의 전환이 이루어졌습니다. 800VDC로 전환하면 시스템 수준에서 높은 효율과 높은 전력 밀도 에너지 변환을 달성하는 데 다른 문제가 발생하지만 IT 서버 랙 내에서 전력 공급 아키텍처를 재검토할 수 있는 기회도 함께 생깁니다.

800VDC로 전환하면 그림 1에 나와 있는 것처럼 전원 공급 아키텍처가 변경됩니다. IT 트레이에 대한 입력은 이제 800VDC이며, 이에 따라 전류 돌입을 제어하고 고전압 버스에 대한 안전한 연결을 관리하기 위해 고전압 핫 스왑 회로가 필요합니다. 전력 분배 보드에 배치된 높은 변환 비율 IBC(중간 버스 컨버터)는 에너지를 800VDC에서 낮은 중간 버스 전압으로 변환합니다. 이 시스템의 절연 장벽(강화 절연 포함)은 저전압 시스템에서 고전압 시스템을 분리할 수 있습니다. 전원 아키텍처의 나머지 부분은 48VDC AI(인공 지능) 컴퓨팅 트레이와 비슷하지만 가능한 변형이 몇 가지 있습니다. 한 가지 옵션은 800V~50V IBC이고 50V~12.5V 또는 6.25V IBC도 있습니다.

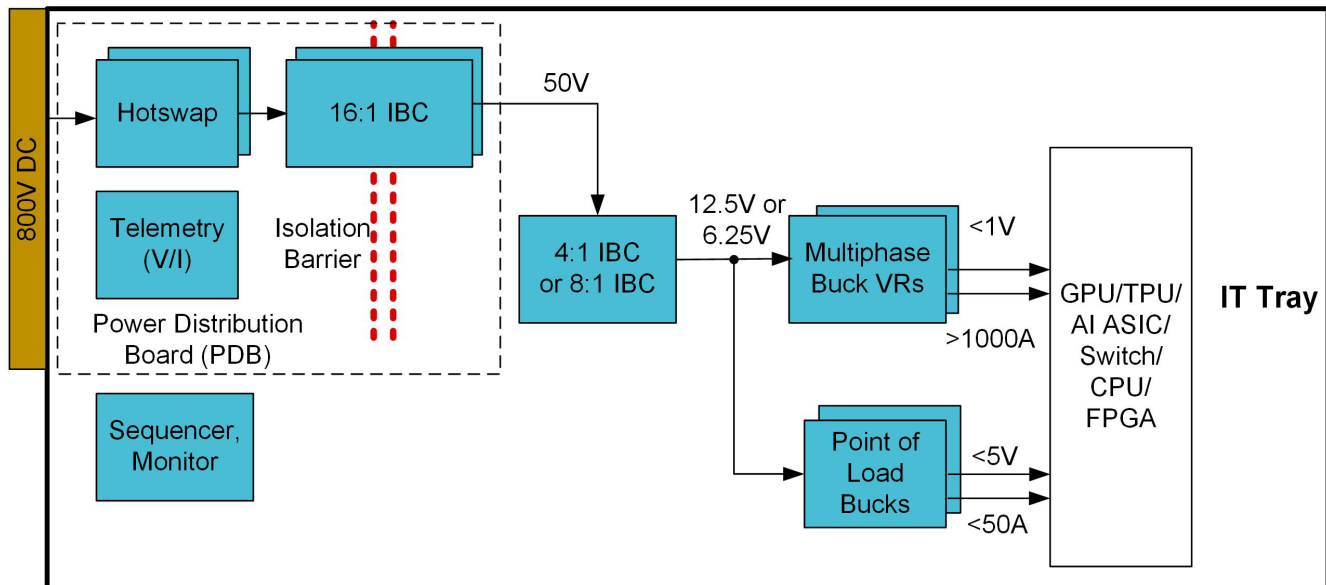


그림 1. 예시 800VDC 시스템에 있는 IT 트레이 전원 아키텍처

높은 수준의 전력 아키텍처에 대해 설명했으니, 전력 공급 목표와 설계 절충점을 살펴보겠습니다. 데이터 센터 운영자의 목표 중에는 높은 엔드 투 엔드 에너지 변환 효율성을 확보하는 것이 있습니다. 이를 통해 데이터 센터 운영 비용을 줄이고, 전력 손실을 통해 발생하는 열(관련 난방, 환기 및 에어컨 오버헤드 포함)을 줄이고, 의도된 부하인 AI 가속기, 프로세서, 기타 지원 회로의 에너지 소비에 초점을 맞춥니다. 다른 중요한 목표로는 작은 크기(전원 부품을 위한 회로 보드 공간 제한), 높은 안정성, 그리고 다중 위상 전압 레귤레이터 및 부하 지점 벅 컨버터의 과도 응답 같은 성능 요구 사항을 충족하는 것이 있습니다.

한 가지 접근 방식은 기존 48V 전력 아키텍처에 고전압 IBC를 단순히 추가하는 것입니다. 그림 2는 이 3단계 변환 아키텍처를 보여줍니다. 이 접근 방식의 이점은 기존 48V 기반 전력 아키텍처 설계의 대부분을 재사용할 수 있다는 것입니다. 16:1 전압 변환 비율(즉 48V 출력)을 사용하는 고전압 IBC를 고려해 보겠습니다. 16 대 1 비율 IBC의 피크 효율이 98%, 4:1 IBC가 98%(50V~12.5V), 다중 위상 전압 레귤레이터가 92%(12.5V~코어)라고 가정하면 전체 피크 변환 효율은 800VDC에서 코어까지 약 88%입니다.

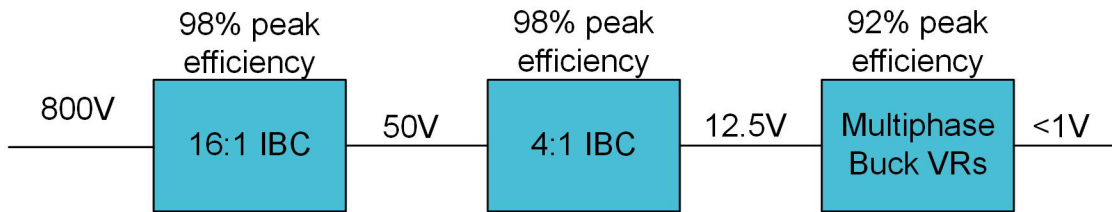


그림 2. 3단계 변환 아키텍처

중요한 질문은 중간 버스 전압에 대해 무엇을 선택할지입니다. 그림 2와 유사한 또 다른 아키텍처는 50V~12.5V IBC(4:1 비율)를 50V~6.25V IBC(8:1 비율)로 대체하는 것입니다. 이제 8:1인 4:1 IBC의 효율성은 약간 감소하지만(약 97.5% 피크) 6.25V 입력 전압 레귤레이터 단계의 효율이 92.5% 피크로 증가할 수 있습니다. 전체 효율성은 약 88% 피크에서 유사할 수 있습니다. 낮은 전압 레귤레이터 단계 입력 전압의 이점은 더 높은 주파수에서 스위칭할 수 있다는 것으로, 이를 통해 크기를 줄이고 과도 성능을 개선하며 백사이드 장착(수직 전력 공급 또는 VPD)을 가능하게 할 수 있습니다.

세 가지 변환 단계가 필요한 이유가 무엇이며 고효율, 높은 변환 비율 IBC 및 고성능 전압 레귤레이터의 2단계로 전원 공급 아키텍처를 간소화할 수 있는지 의문이 들 수 있습니다. 그림 3과 같이 그 아키텍처를 살펴보겠습니다.

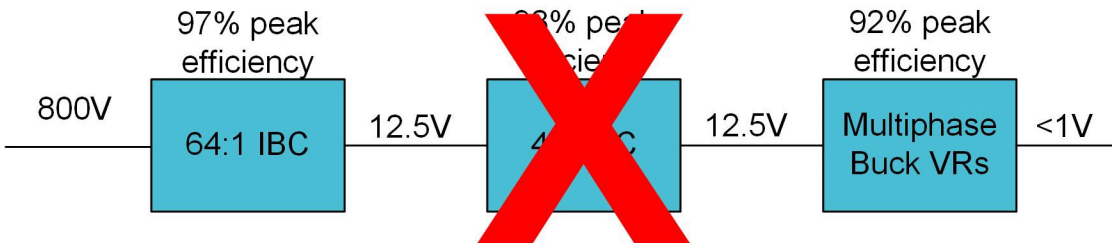


그림 3. 64:1 IBC를 사용하는 2단계 변환 아키텍처

4:1 IBC를 제거하면 64:1 IBC는 97%의 최고 효율로 12.5V를 직접 출력할 수 있습니다. 800V에서 코어 레일까지의 전체 피크 효율은 약 89%입니다. 이 간소화된 분석은 64:1 IBC의 출력에서 전압 레귤레이터 입력까지의 인쇄 회로 보드 손실을 고려하지 않습니다. 그러나 이러한 손실을 1% 미만으로 유지할 수 있다면 전체 효율은 동일하게 유지됩니다. 4:1 IBC가 더 이상 필요하지 않으므로 이 방법을 사용하면 크기를 줄이고 비용을 최소화할 수 있습니다. 그림 4는 이 잠재적인 아키텍처를 보여줍니다.

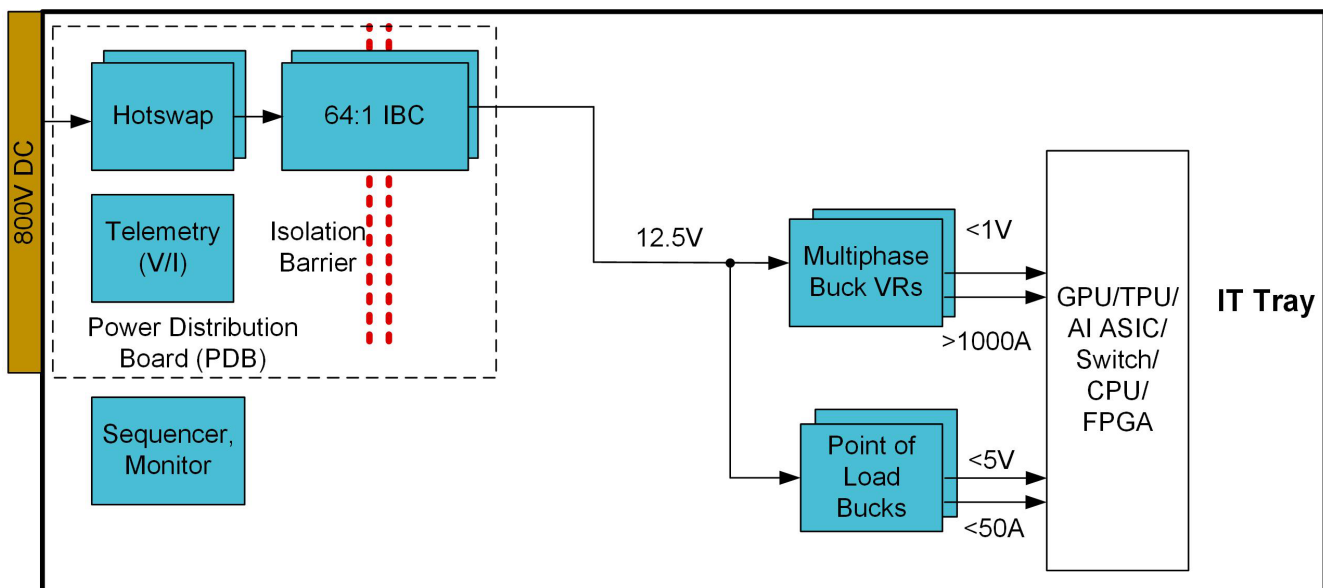


그림 4. 64:1의 IBC를 사용하는 800V 2단계 변환 아키텍처

이 2단계 변환 아키텍처에서 한 단계 더 나아가, 그림 5는 6.25V 출력에서 전압 변환 비율이 128:1인 64:1 IBC의 구현을 보여줍니다. 앞서 언급한 바와 같이, 다중 위상 전압 레귤레이터에 대한 입력 전압이 낮으면 더 높은 주파수 작동, 더 작은 크기 및 수직 전력 공급(프로세서 아래의 보드 후면에 장착)이 가능합니다. 예상되는 800V 대 코어 효율은 89% 피크(회로 보드 손실 미포함)입니다.

이 아키텍처의 과제는 128:1 IBC의 출력 전류가 매우 크다는 것입니다. 시스템에 의해 전달되는 전력이 약 15kW~20kW라고 가정하면 6.25V에서 2.4kA~3.2kA가 됩니다. 회로 보드 손실을 6.25V 중간 버스에서 합리적인 수준(1 또는 2% 미만)으로 유지하려면 매우 큰 도체(예: 버스 바)가 필요합니다. 의도된 전류 수준에 도달하려면 128:1 IBC에 다수의 병렬 모듈이 필요할 것입니다.

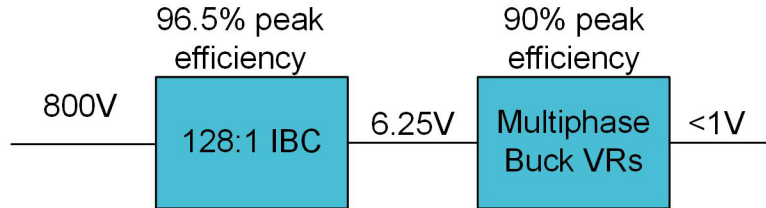


그림 5. 128:1 IBC를 지원하는 800V 2단계 변환 아키텍처

결론

800VDC 전원 아키텍처로의 전환은 전반적인 변환 효율, 크기 및 성능의 절충을 고려하여 전력 공급을 설계하는 방법에 대한 새로운 논의를 촉진합니다. TI의 GaN(질화 갈륨) 전력 단계, 디지털 전원 컨트롤러, 다중 위상 벡 전압 레귤레이터, DC/DC 부하 지점 벡 컨버터, 핫 스왑 컨트롤러, 절연 게이트 드라이버 포트폴리오는 업계가 이 전환을 탐색할 수 있도록 지원합니다.

NVIDIA와의 협력을 통해 800VDC 아키텍처를 지원하는 전력 관리 솔루션을 개발함으로써, TI의 제품은 전력 아키텍처의 중요한 지점에서 안정적인 전압 변환을 보장하고 48V 및 800V 에코시스템에 필요한 보호, 모니터링 및 원격 측정 기능을 제공하는 동시에 그리드에서 AI 가속기 게이트로 고효율 고밀도 전력 변환을 제공합니다. [TI의 데이터 센터 및 엔터프라이즈 컴퓨팅에 대해 자세히 알아보십시오.](#)

상표

모든 상표는 각 소유권자의 자산입니다.

중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 비침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안, 규정 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 [ti.com](https://www.ti.com)에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 [TI의 판매 약관](#) 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you fully indemnify TI and its representatives against any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on [ti.com](#) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025