

Technical Article

전력 시스템으로 차세대 위성의 SWaP를 최적화하는 방법



Kurt Eckles



위성 산업에서는 로컬 데이터 처리의 급증, 고처리량 통신 링크에 대한 지원, 전기 추진 시스템의 빠른 도입이 고성능 전력 시스템(EPS)에 대한 수요를 주도하고 있습니다. EPS는 위성의 버스 섹션의 일부로, 전원, 열 관리, 통신 및 추진과 같은 구조적 지원과 하우징 하위 시스템을 제공합니다. EPS는 위성의 다른 모든 하위 시스템과 페이로드로 전력을 생성, 저장, 조정 및 분배합니다.

우주 미션의 고유한 과제와 제약으로 인해 SWaP(크기, 무게 및 전력) 최적화가 필요합니다. SWaP가 위성 설계에 매우 중요한 이유 중 몇 가지는 다음과 같습니다.

- **미션 요구 사항:** 데이터 전송 속도, 해상도 및 민감도와 같은 요구 사항이 계속 증가함에 따라 위성의 SWaP 요구 사항에 영향을 미칠 수 있습니다.
- **발사 한계:** 위성은 크기 제약, 무게 제약 및 발사 비용 제약을 가지고 있으며, 발사 비용은 목표 궤도에 따라 킬로그램당 수 천 달러에서 수만 달러까지 될 수 있습니다.
- **전력 생성:** 위성은 일반적으로 태양광 패널에 의존하며, 패널의 크기와 무게에 따라 생성된 전력의 양이 제한됩니다. 발전 용량은 또한 배터리와 같은 부품의 무게와 크기뿐만 아니라 전력 분배 및 열 관리와 같은 기능에도 영향을 미칩니다.
- **운영 효율성:** SWaP 최적화를 통해 위성은 우주에서 보다 효율적으로 작동할 수 있으므로 성능이 향상되고 미션 수명이 연장됩니다.

전력은 위성에서 가장 귀중한 자원 중 하나이기 때문에 EPS 효율을 극대화하면 미션 수명을 연장하고, 질량과 부피를 줄이고, 열 관리 오버헤드를 최소화하는 데 도움이 될 수 있습니다.

효율성을 달성하는 것 외에도, EPS는 전원 공급 장치 토폴로지 수로 인해 광범위한 전압 및 전류를 처리해야 합니다. **그림 1**에는 가장 일반적인 토폴로지가 나와 있습니다.

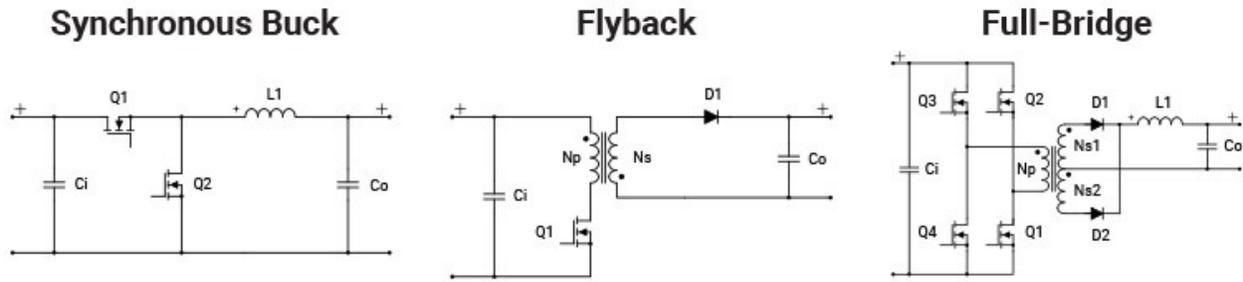


그림 1. 위성 전력 아키텍처의 일반적인 전원 공급 장치 토폴로지

그림 2에 나와 있는 일반적인 위성 EPS의 부품과 기능은 다음과 같습니다.

- 태양광 패널(또는 에너지 생성): 태양광 패널은 대부분의 위성에 사용되는 주요 전력 공급원입니다.
- 배터리(또는 에너지 저장): 배터리는 낮 시간에 태양광 패널에 의해 생성되는 과도한 전력을 저장하고, 일식 중에 또는 태양광 패널이 충분한 전력을 생산하지 않을 때 위성에 전력을 공급합니다.
- 전원 조절 장치(PCU): PCU는 태양광 패널 및 배터리의 전기적 출력을 조절하여 나머지 위성에 안정적이고 일관된 전압과 전류를 제공합니다.
- 전력 분배 장치(PDU): PDU는 태양광 패널과 배터리에서 생성된 전력을 위성의 다양한 하위 시스템과 페이로드로 분배합니다.
- 백업 전원 공급 장치: 기본 EPS에 장애가 발생할 경우 백업 전원 공급 장치는 기본 시스템을 복원할 때까지 가장 중요한 기능을 유지하도록 지원합니다.

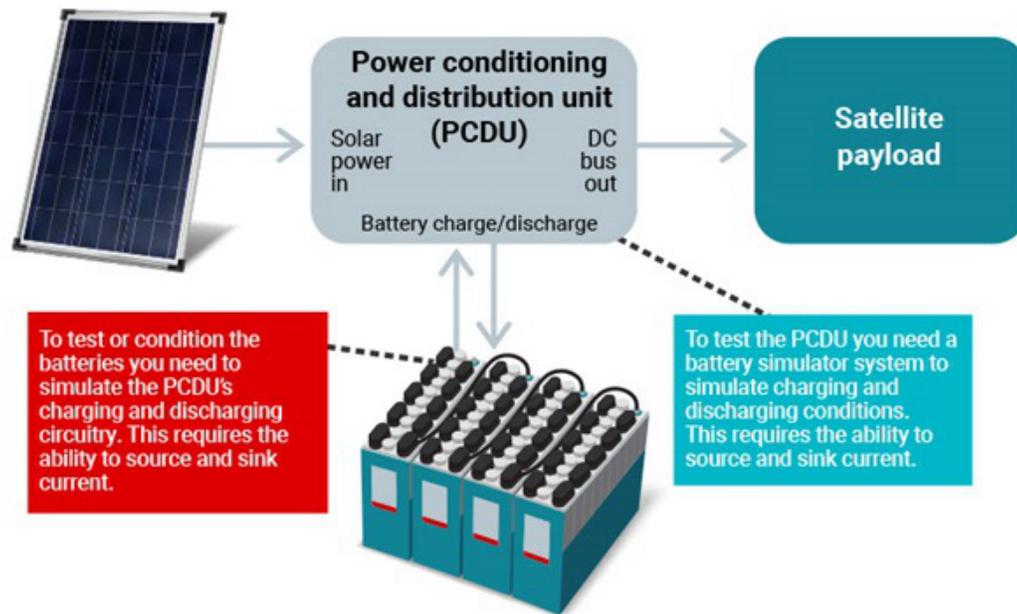


그림 2. 일반적인 위성 EPS

설계자는 PWM(펄스 폭 변조) 컨트롤러를 게이트 드라이버 및 실리콘 MOSFET 또는 GaN FET와 결합하여 위성 시스템의 SWaP 설계 문제를 해결할 수 있습니다. 이 접근 방식을 통해 EPS 시스템의 여러 부품을 위해 최적화된 전원 공급 장치를 개발할 수 있습니다.

EPS를 개발할 때 설계자는 위성의 전체 EPS 전력 트리에 걸쳐 확장되는 다양한 전압 및 전류 수준 방사선 강화 하프 브리지 GaN FET 게이트 드라이버 중에서 선택할 수 있습니다. 사용 가능한 장치로는 [TPS7H6003-SP](#)(200V), [TPS7H6013-SP](#)(60V), [TPS7H6023-SP](#)(22V)(100 krad TID, 75 MeV·cm²/mg SEL 내성) 및 방사능 내성 [TPS7H6005-](#)

SEP(200V), TPS7H6015-SEP(60V), TPS7H6025-SEP(22V)(50 krad TID, 43 MeV·cm²/mg SEL 내성)가 있습니다. 이러한 게이트 드라이버는 여러 전원 공급 토폴로지 및 입력 형식을 지원하여 설계 유연성을 제공합니다.

또한 설계자는 다양한 전원 공급 장치 구현을 지원하도록 설계된 방사능 강화 TPS7H5001-SP 및 방사능 내성 TPS7H5005-SEP PWM 컨트롤러와 같은 PWM 컨트롤러를 사용할 수도 있습니다.

TI는 다양한 전원 공급 장치 회로에서 우주 등급 PWM 컨트롤러 및 GaN FET 게이트 드라이버를 사용하는 엔지니어가 EPS 뿐만 아니라 선별된 페이로드 애플리케이션에서도 사용할 수 있도록 다음과 같은 레퍼런스 설계를 개발했습니다.

• 비절연 고전압 벡 설계

- 위에서 언급한 PWM 컨트롤러와 게이트 드라이버를 사용하여 28VV의 출력으로 50V~150V의 입력을 지원하는 300W 비절연 동기 벡 토폴로지를 사용합니다.
- 이 설계는 위성이 EPS 하위 시스템의 배터리 저장 부분으로 전원을 전달하기 전에 100V 태양광 패널의 매우 가변적인 출력을 조절하는 데 최적화되어 있습니다.
- TI 레퍼런스 키트의 예: [PMP23552](#)

• 절연 풀 브리지 설계

- 5V의 출력으로 22V~36V의 입력을 지원하고 전력 단계에 GaN FET를 사용하는 100W 절연 동기 하드 스위치 풀 브리지 토폴로지를 사용합니다.
- 이 설계는 전력 조절 및 분배 장치(PCDU)의 예를 보여주기 위한 것입니다. 이러한 장치 아키텍처를 사용하면 수많은 구현과 출력 전압이 가능합니다. 예를 들어, "[전원 팁 #134: 어려운 방식으로 전환하지 말고 PWM 풀 브리지를 사용하여 ZVS를 달성하십시오.](#)"라는 문서에 설명된 ZVS(제로 전압 스위칭) 풀 브리지 토폴로지가 있습니다.
- TI 레퍼런스 키트의 예: [PMP23200](#)
- 추가적인 리소스: 사용 설명서 "[TPS7H5001-SP를 사용한 28-V~5-V, 10-A 플라이백 컨버터 설계.](#)"

• 비절연 고전류 다중 위상 벡 설계

- 이 설계는 다중 위상 동기 벡 토폴로지의 PWM 컨트롤러 및 게이트 드라이버를 사용하여 0.8V의 출력으로 11V~14V의 입력을 지원하며 다시 전력 단계에서 GaN FET를 사용합니다. 이 설계는 허용 가능한 DC 및 AC 공차를 유지하면서 80A를 지원할 수 있는 이중 위상 구현입니다.
- 설계자는 설계를 더 많은 위상으로 확장할 수 있어 일부 첨단 펠드 프로그래머블 게이트 어레이, ASIC 또는 멀티코어 프로세서의 코어 레일에 전원을 공급하는 데 필요한 고전류(100A+), 낮은 입력 전압(0.8V 이하)과 같은 설계 요구 사항을 충족할 수 있습니다.
- TI 레퍼런스 키트의 예: [TIDA-010958](#)
- 추가적인 리소스: 애플리케이션 노트 "[TPS7H5001-SP 컨트롤러를 사용하는 12VIN~1VOUT 단일 위상 벡 컨버터.](#)"

결론

전력은 위성에서 가장 가치 있는 리소스 중 하나이므로 EPS 아키텍처는 전체 설계에 상당한 영향을 미칠 수 있습니다. TI의 방사능 검증 PWM 컨트롤러 제품군은 높은 효율을 제공하고 광범위한 토폴로지와 다양한 미션 및 궤도를 위해 배포할 수 있는 아키텍처를 지원합니다.

추가 리소스

- [TI 우주 제품 가이드](#), 전자 제품을 위한 방사능 핸드북 및 우주선 회로 설계 핸드북을 확인해 보세요.
- TI의 온디맨드 웨비나 [위성 애플리케이션용 SIMPLIS의 플라이백 전원 컨버터 모델링 기초](#)도 시청해 보세요.

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 침해에 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 DATA SHEETS), 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 will 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](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.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.

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

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated