

Technical Article

동기 정류기로 플라이백 전원 공급 장치의 교차 조정 개선



Brian King

플라이백은 단일 전원 공급 장치에서 여러 출력을 생성해야 하는 시스템 토플로지를 선택할 때 논리적인 선택입니다. 각 변압기 권선의 전체 전압은 해당 권선의 회전 수에 비례하므로, 올바른 회전 수를 제공하여 각 출력 전압을 설정할 수 있습니다. 완벽한 세계에서는 출력 전압 중 하나를 조절하면 다른 모든 출력은 회전 수에 따라 확장되고 조정 상태를 유지합니다.

그러나 실제 세계에서는 기생 요소가 공모하여 조정되지 않은 출력의 부하 조정을 저하시킵니다. 이전 [전원 팁 72](#)에서 Robert Kollman은 정류기의 순방향 전압 강하에 의해 유발되는 조절 오류를 계산하는 방법을 보여주었습니다. 이 전원 팁에서는 기생 인덕턴스의 효과와 다이오드 대신 동기 정류기를 사용하여 플라이백 전원 공급 장치의 교차 조정을 크게 개선하는 방법을 자세히 살펴보겠습니다.

그림 1의 간소화된 시뮬레이션 모델에 나와 있는 것처럼 48V 입력에서 각 1A에서 12V 출력 2개를 생성하는 플라이백을 예를 들어 보겠습니다. 이상적인 다이오드 모델은 정방향 전압 강하가 없고 무시할 수 있는 수준의 저항이 있습니다. 변압기 권선 저항은 무시되고 변압기 리드와 직렬로 연결된 기생 인덕턴스만 모델링됩니다. 이러한 인덕턴스는 변압기 내의 누설 인덕턴스뿐만 아니라, PCB(인쇄 회로 보드) 트레이스 및 다이오드 내의 기생 인덕턴스도 나타냅니다. 이러한 인덕턴스를 설정하면 두 출력이 서로를 완벽하게 추적합니다. 다이오드가 스위칭 사이클의 1-D 부분 동안 전도될 때 변압기의 완벽한 커플링은 두 출력이 같아지게 하기 때문입니다.

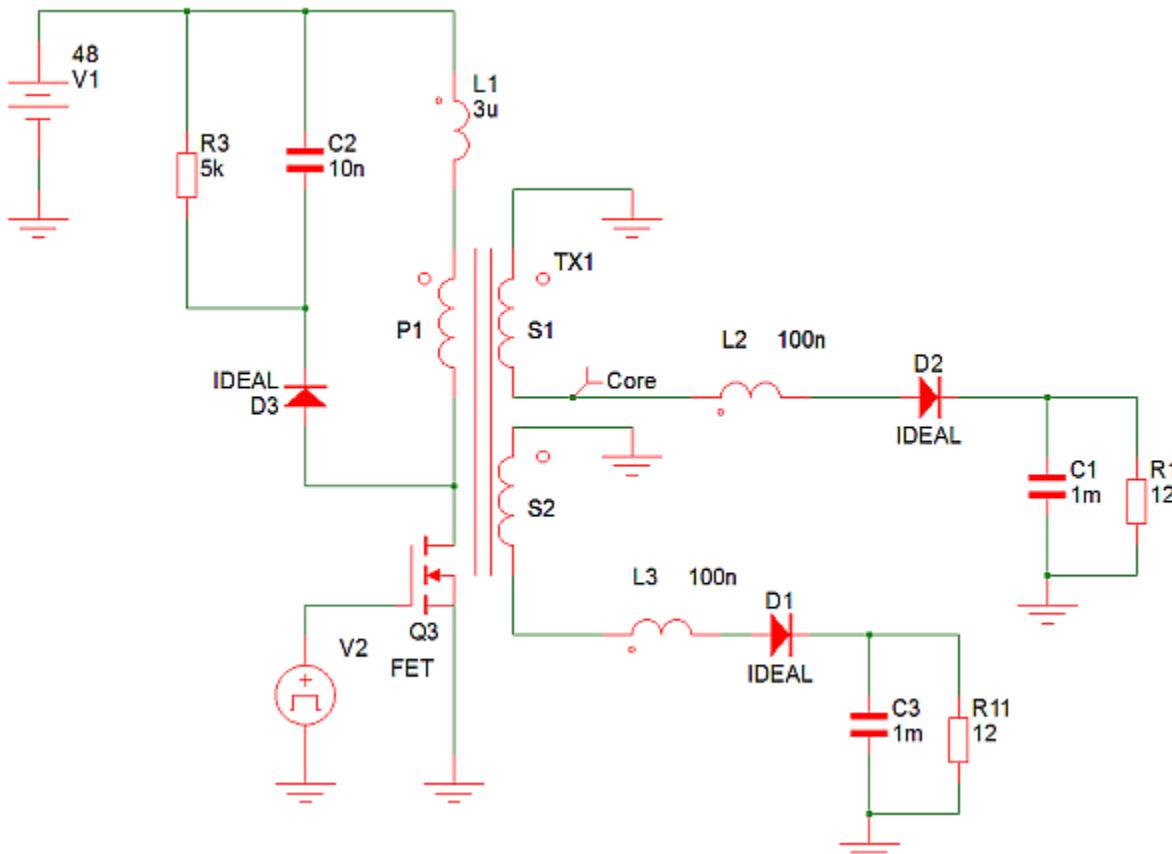


그림 1. 이 간소화된 플라이백 모델은 누설 인덕턴스가 출력 전압 조정에 미치는 영향을 시뮬레이션합니다.

이제 변압기의 2차 리드 모두에 100nH 의 누설 인덕턴스와 1차 권선과 직렬로 $3\ \mu\text{H}$ 의 누설을 도입할 때 어떤 일이 발생하는지 생각해 보십시오. 이러한 인덕턴스는 변압기 내부의 누설 인덕턴스와 PCB 및 기타 부품의 인덕턴스를 포함하는 전류 경로의 기생 인덕턴스를 모델링합니다. 1차 FET(전계 효과 트랜지스터)가 꺼지면 1차 누설 인덕턴스는 여전히 전류가 흐르고 2차 누설 인덕턴스는 초기 조건 0A로 1-D 기간을 시작합니다. 페디스털 전압은 모든 권선에 공통적으로 사용되는 변압기의 자기 코어에 나타납니다. 이 페디스털 전압을 사용하면 1차 누설의 전류가 0A로 하강하고 2차 누설 전류가 상승하여 부하에 전류를 공급할 수 있습니다.

두 출력을 크게 로드하면 전류가 전체 1-D 기간 동안 계속 흐르고 출력 전압은 [그림 2](#)에 나와 있는 것처럼 균형 잡힙니다. 그러나 한 출력을 크게 로드하고 다른 출력을 가볍게 로드할 경우 가볍게 로드된 출력의 출력 커패시터는 이 페디스털 전압에서 피크 충전되는 경향이 있으며, 전류가 빠르게 0으로 다시 상승함에 따라 출력 다이오드가 더 이상 전도되지 않습니다. [그림 3](#)에서 파형을 참조하십시오. 이러한 기생 인덕턴스에서 피크 충전의 교차 조정 영향은 일반적으로 정류기 순방향 전압 강하만으로 인한 것보다 훨씬 더 좋지 않습니다.

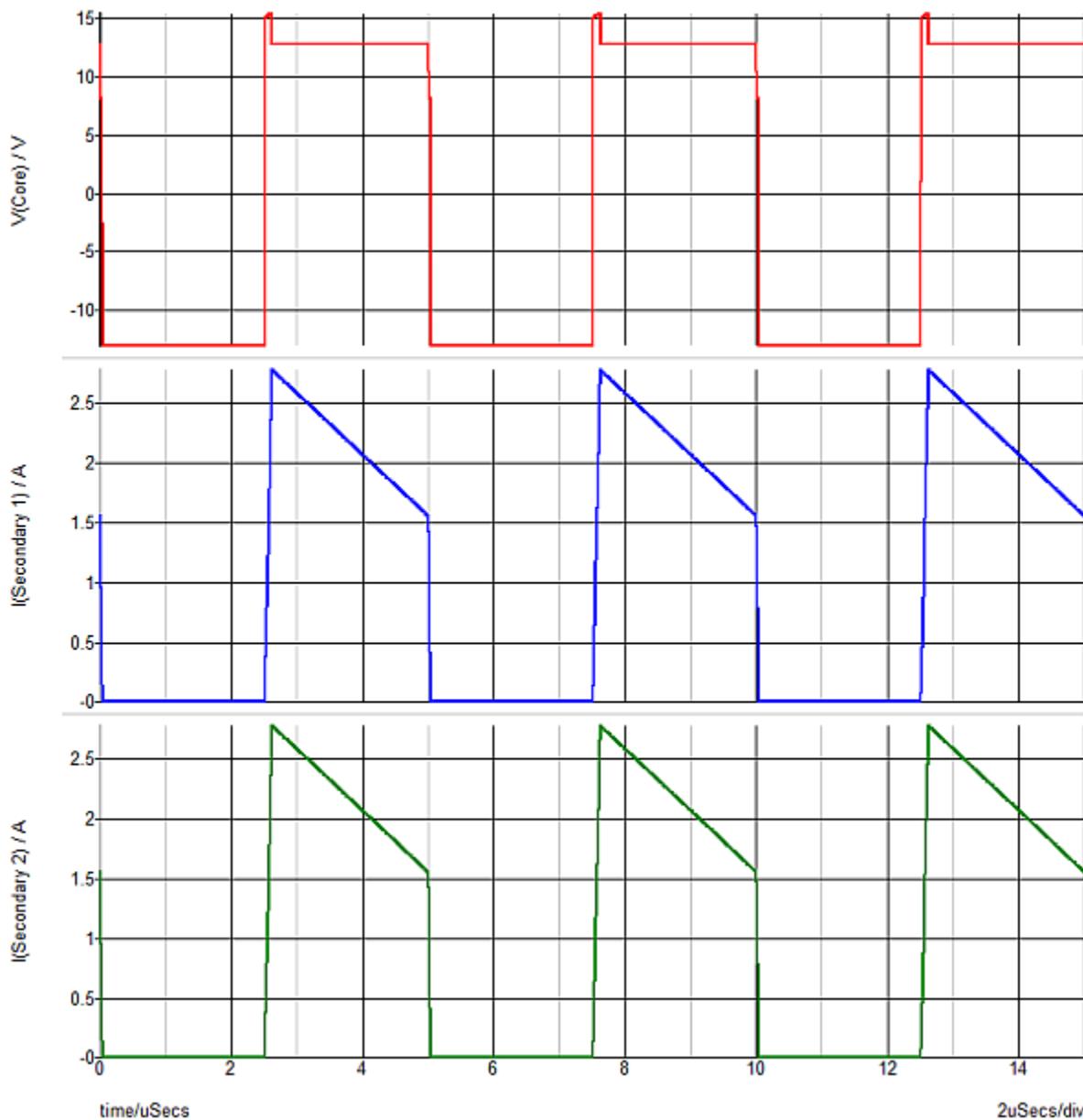


그림 2. 두 출력에 높은 부하를 가할 때 2차 권선 전류는 전체 1-D 기간 동안 두 2차 권선에 흐릅니다. 위쪽 빨간색 트레이스에서 페디스털 전압을 볼 수 있습니다.

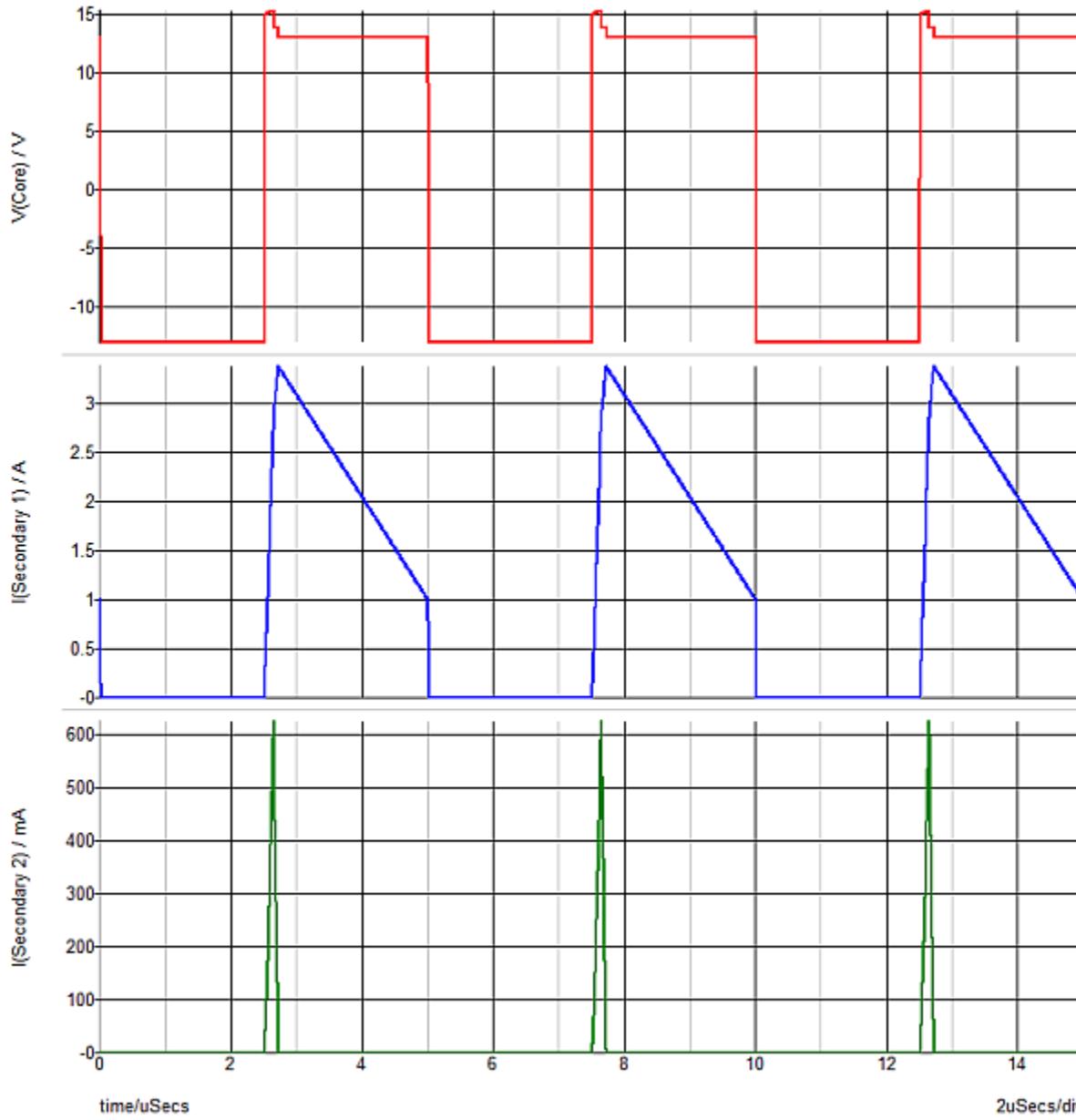


그림 3. 중부하 2차 1 및 경부하 2차 2. 페디스털 전압 피크는 2차 2의 출력 커패시터를 충전합니다.

동기 정류기는 부하에 관계없이 전체 1-D 기간 동안 두 권선에 전류가 강제로 흐르게 하여 이 문제를 완화하는 데 도움이 됩니다. 그림 4에는 그림 3과 부하 조건이 동일한 파형을 보지만 이상적인 다이오드를 이상적인 동기 정류기로 대체합니다. 페디스털 전압이 감소한 후에도 동기 정류기는 계속 켜져 있기 때문에 두 개의 출력 전압은 심각한 불균형 부하에서도 서로를 잘 추적합니다.

2차 2의 평균 전류는 매우 작지만 RMS(평균 제곱근) 콘텐츠는 여전히 상당히 높을 수 있습니다. 그림 3의 이상적인 다이오드와 달리, 동기 정류기는 전체 1-D 기간 동안 연속 전류 흐름을 강제하기 때문입니다. 흥미롭게도, 평균 전류 값이 낮으려면 전류는 이 기간의 상당한 부분 동안 음수여야 합니다.

분명, 귀하는 높은 순환 전류에 대한 조절 향상을 거래하고 있습니다. 그러나, 이것이 반드시 전체 손실 증가로 치환되는 것은 아닙니다. 동기 정류기의 정방향 강하는 일반적으로 다이오드의 정방향 강하보다 훨씬 낮으므로, 일반적으로 동기 정류기를 사용하는 높은 부하에서 효율성이 훨씬 더 우수합니다.

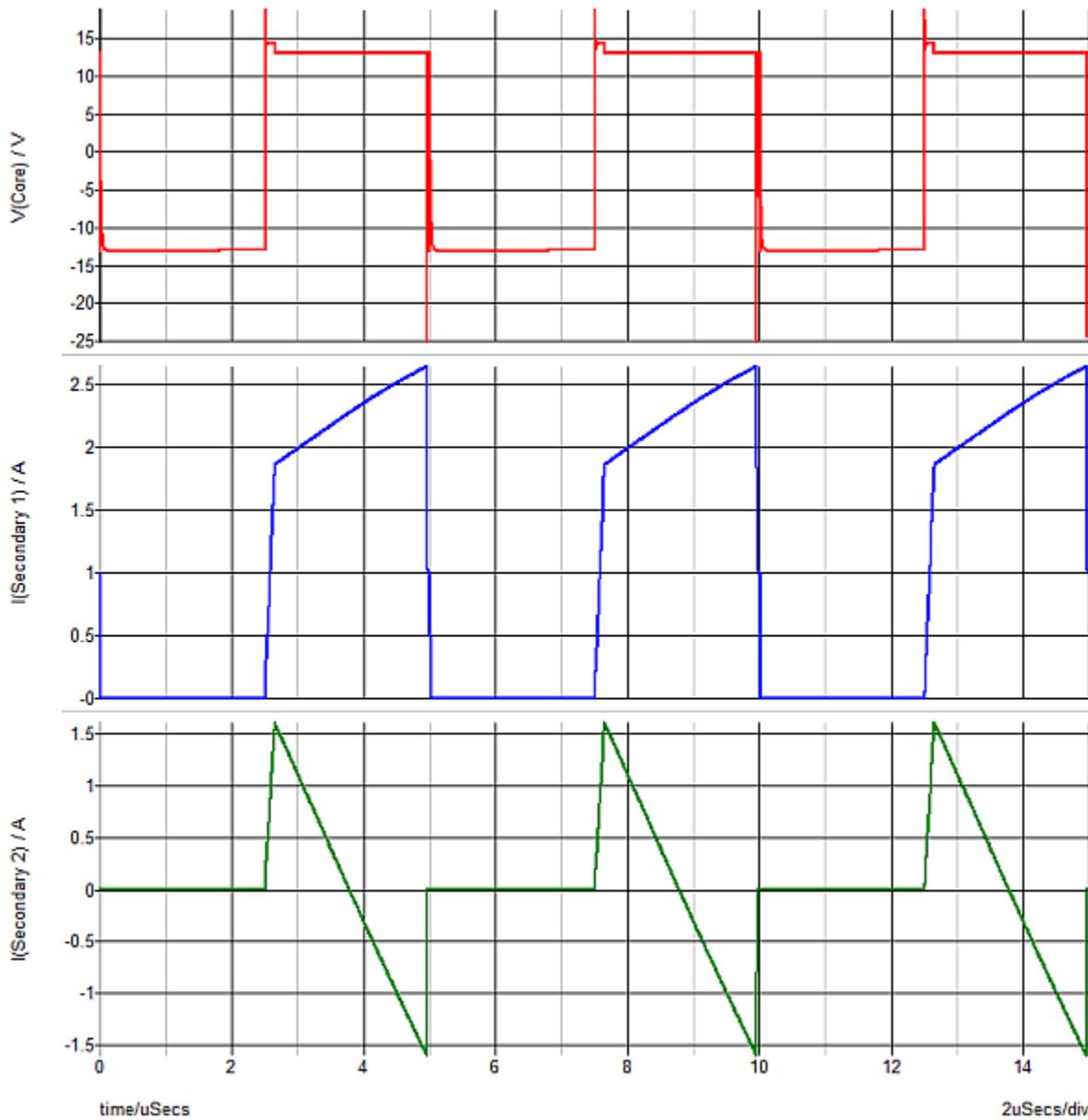


그림 4. 다이오드를 동기 정류기로 교체하면 두 2차 권선 모두의 전류 흐름을 강제하고 페디스털 전압에서 피크 충전이 필요하지 않게 됩니다.

그림 5에서 교차 조정에 미치는 영향을 볼 수 있습니다. 여기서 출력 1의 부하는 1A에서 안정적으로 유지되며, 출력 2의 부하는 10mA에서 1A로 스윕됩니다. 100mA 미만의 부하에서는 페디스털 전압에서 피크 충전의 영향으로 인해 다이오드를 사용할 때 교차 조정이 크게 저하됩니다.

이러한 시뮬레이션은 이상적인 다이오드와 이상적인 동기 정류기를 사용하기 때문에 누설 인덕턴스의 효과만 본다는 것을 기억하십시오. 저항 및 정류기 정방향 전압 강하의 효과를 고려할 때 전원 팁 72에 요약된 것처럼 동기 정류기 사용의 이점이 더욱 증폭됩니다.

따라서 다중 출력 플라이백 공급 장치의 탁월한 교차 조정을 위해서는 동기 정류기의 사용을 고려하십시오. 추가적인 이점으로 공급 효율성을 향상시킬 수도 있습니다. 동기 정류기를 사용하는 플라이백 전원 공급 장치의 예로 TI의 **40V~60V 입력 40W 듀얼 출력 절연 플라이백 컨버터(6V@4.33A)**와 **PoE 애플리케이션용 클래스 3 듀얼 출력 절연 플라이백 컨버터 레퍼런스 설계**를 확인해 보십시오.

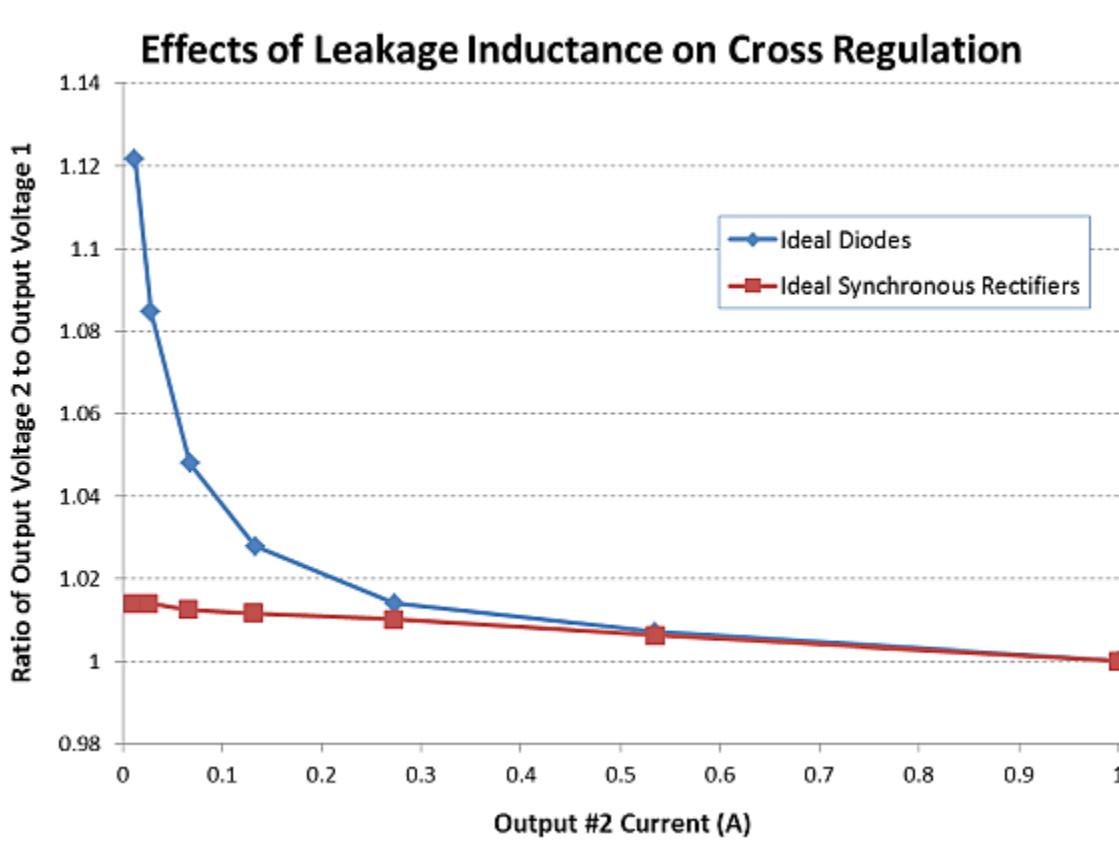


그림 5. 이 플롯은 출력 2의 부하가 변화함에 따라 출력 1에서 1-A 부하가 안정적인 두 출력 사이의 교차 조정을 보여주므로, 동기 정류기가 누설 인덕턴스의 영향을 완화하는 방식을 강조합니다.

전원 팁에 대한 자세한 내용은 Power House의 [전원 팁 블로그 시리즈](#)를 확인해 보십시오.

추가적인 리소스:

- 비디오 "[토폴로지 지침: 플라이백이란?](#)" 시청하기
- 사양에 따라 올바른 절연 DC/DC 토폴로지를 선택하는 데 도움이 되는 TI의 [플라이백 및 플라이백 선택 툴](#)을 다운로드하십시오.

참고:

- [전원 팁 72: 다중 출력 플라이백에 적합한 정류기를 선택합니다](#)
- 방법은 동기 정류기의 자체 타이밍을 제공합니다
- 동기 정류는 전력 손실을 줄여 효율성을 높입니다
- LLC 동기 정류는 더 쉽고, 강력하며, 더 효율적으로 만듭니다

이전에 EDN.com에 게시되었습니다.

상표

모든 상표는 해당 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.com에서 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](#) 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