

AC 모터 드라이브의 절연 전압 감지

Alex Smith
Applications Engineer

Roland Bucksch
Systems Engineer

Martin Staebler
Systems Engineer

머리말

모터 드라이브, 스트링 인버터 및 온보드 충전기와 같은 차량용 및 산업용 완제품은 사람과의 직접 상호 작용에 안전하지 않은 고전압에서 작동합니다. 절연 전압 측정은 작동을 최적화하고 기능을 수행하는 고전압 회로로부터 사람을 보호하여 안전을 보장하는 데 도움이 됩니다.

고성능 절연 증폭기를 위해 설계된 절연 증폭기는 절연 장벽을 통해 전압 측정 데이터를 전송합니다. 절연 증폭기 선택을 결정하는 기준에는 절연 사양, 입력 전압 범위, 정확도 요구 사항, 고전압 측에 전원을 공급하는 방법(애플리케이션에서 측정의 위치가 영향을 미침)이 포함됩니다.

이 문서에서는 AC 모터 드라이브 완제품에서 세 가지 공통 전압 측정을 평가하여 올바른 절연 증폭기를 선택하는 방법에 대한 지침을 제공합니다.

첫 번째 기준은 필요한 절연 사양으로, [1] 관련 절연 정의를 다룹니다. TI(텍사스 인스트루먼트) 절연 증폭기 및 모듈 레이터는 일반적으로 DIN(Deutsches Institute für Normung e.V.), VDE(Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.) 0884-17, DIN EN(European Norm) IEC(International Electrotechnical Commission) 60747-17 및 UL(Underwriters Laboratories) 1577과 같은 장치 수준 표준을 기준으로 기본 또는 강화된 절연 수준에서 평가되고 인증됩니다. 자세한 내용은 장치별 데이터 시트 및 [2]를 참조하십시오.

선택하는 입력 전압 범위, 정확도 요구 사항 및 고전압 측 전원 공급 방법은 애플리케이션에서 측정된 전압 노드의 위치에 따라 달라집니다. 그림 1은 세 가지 일반적인 위치를 가진 AC 모터 드라이브의 간략한 블록 다이어그램으로, 왼쪽이 AC 주전원, 중간이 DC 링크, 오른쪽이 모터 위상입

니다. 절연 증폭기는 높은 정확도와 사용 편의성으로 인해 이러한 측정에 탁월한 장치입니다.

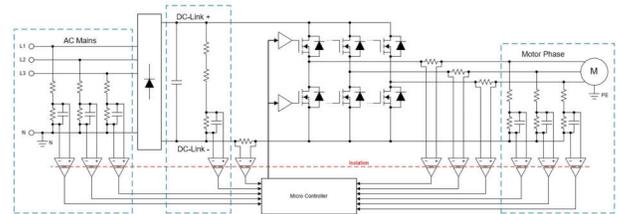


그림 1. AC 모터 드라이브 애플리케이션.

그림 1의 왼쪽에 표시된 AC 주전원 입력은 미국의 경우 120V_{RMS}/208V_{RMS}, 유럽에서는 230V_{RMS}/400V_{RMS}의 전압을 갖는 3상 중심 접지 전원 시스템으로 연결되는 경우가 많습니다. 이 전압 측정에 필요한 정확도는 일반적으로 낮으며 항상 필요한 것은 아닙니다. AC 주전원을 측정할 경우 TI의 AMC1350 또는 AMC3330과 같이 양극 고임피던스 입력을 사용하는 장치를 고려해 보십시오. 중립 전압에 대해 3상 AC 전압 측정을 수행할 때, 측정하는 3개의 절연 증폭기 모두에 대해 단일 절연 전원 공급 장치를 사용할 수 있습니다. 3상 AC 전압 측정을 위상 간으로 만들 때는 통합 C/DC 컨버터가 있는 디바이스를 사용하여 설계를 간소화하는 것이 좋습니다. 그림 2는 해당 AMC3330 회로 다이어그램을 보여줍니다.

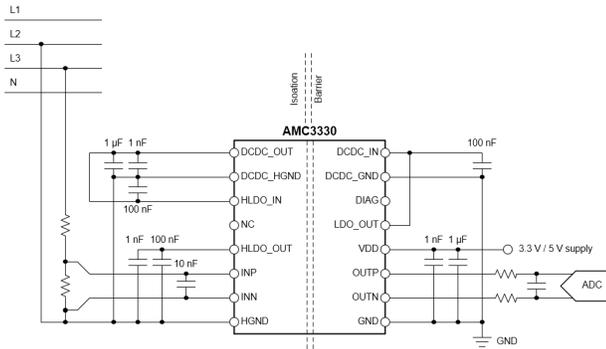


그림2. 내부 DC/DC 컨버터를 지원하는 AMC3330 절연 증폭기.

모터 드라이브의 PWM(펄스-폭 변조) 듀티 사이클을 계산하려면 일반적으로 1% 이상의 정확도로 그림 1의 중간에 표시된 DC 링크 전압을 측정해야 합니다.

제동 작동 중에는 DC 링크 전압이 증가하므로 전력계를 보호하기 위해 회생 브레이크를 켜서 이를 능동적으로 제한해야 합니다. 지연 시간이 짧은 측정을 통해 과전압 이벤트에 더 빠르게 반응하고 시스템이 하드웨어 한도에 더 가깝게 작동할 수 있으므로 작은 설계 여분으로도 설계할 수 있고 시스템 비용을 절감할 수 있습니다. DC 링크 커패시터는 일반적으로 몇 100µF이며, 장비를 정비하기 전에 DC 링크 커패시터가 안전한 수준으로 적절히 방전되었는지 여부를 파악하려면 저전압(<100V)에서 정확한 측정이 필요합니다. 또한 고해상도 AC 리플 측정으로 인해 연결된 AC 주전원의 위상 감지 손실이 발생하여 별도의 그리드 측 위상 측정이 필요하지 않을 수 있습니다. 리플 전압의 주파수는 60Hz 3상 주전원 전압의 경우 360Hz, 50Hz 3상 주전원 전압의 경우 300Hz입니다. 이는 6개의 반파가 정류되기 때문입니다. 낮은 부하(모터가 회전하지 않을 때)에서는 리플 전압의 크기가 매우 낮을 수 있습니다. 따라서 최고 해상도 측정을 위한 모듈레이터를 선호할 수 있습니다. 절연 증폭기와 절연 모듈레이터의 비교는 [3]를 참조하십시오.

TI의 AMC1351(0~5V 입력 범위 사용) 또는

AMC1311(0V~2V 입력 범위 사용)과 같은 단극 입력 범위를 지원하는 절연 증폭기는 DC 링크 전압 측정을 위해 특별히 설계되었습니다. 그림 3에 표시된 절연 변압기 회로와 같이 고전압 측에 전원을 공급하기 위해 DC로 참조되는 로컬 전원 공급 장치가 필요합니다. 또 다른 방법은 통합 DC/DC 컨버터가 있는 AMC3330과 같은 장치를 사용하는 것입니다.

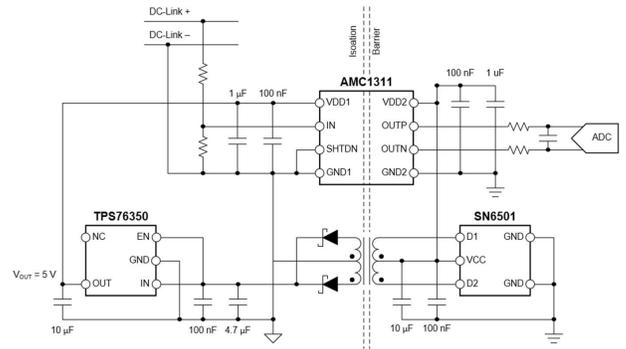


그림3. 개별 절연 변압기 회로를 사용하는 AMC1311 절연 증폭기.

DC 링크 측정 및 PWM 듀티 사이클을 기반으로 위상 전압을 추정하지 않고 실제 위상 전압을 측정하면 무센서 AC 모터 드라이브의 성능이 더욱 향상됩니다. 위상 전압을 직접 측정하면 시스템의 모든 손실 및 PWM 데드 타임 왜곡의 영향을 포함하기 때문에 더 정밀한 결과를 얻을 수 있습니다. 한 가지 방법은 DC 레일에 대한 3개 위상을 모두 측정하고, 3개의 단극 입력 절연 증폭기와 하나의 절연 전원 공급 장치(그림 3에 나와 있음)를 사용하여 세 개의 절연 증폭기 모두에 대해 고압측에 전원을 공급하는 것입니다.

하드웨어 비용을 절약하는 다른 방법은 두 개의 위상 간 전압만 측정하고 세 번째는 계산하는 것입니다. 이 방법을 사용하면 양극 입력 범위를 가진 절연 증폭기 2개만 필요하고, 펌웨어 측에서 추가 작업이 최소화됩니다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 두 측정은 위상 전압 중 하나와 관련하여 이루어지며, 위쪽 IGBT(절연 게이트 양극 트랜지스터)의 부동 고압측 게이트 드라이버 공급 장치에서 절연 증폭기에 전원을 공급해야 합니다. AMC3330과 같은 내부 DC/DC 컨버터를 지원하는 장치는 회로를 크게 간소화하여 공간을 더 절약하고 시스템 효율성을 높일 수 있습니다.

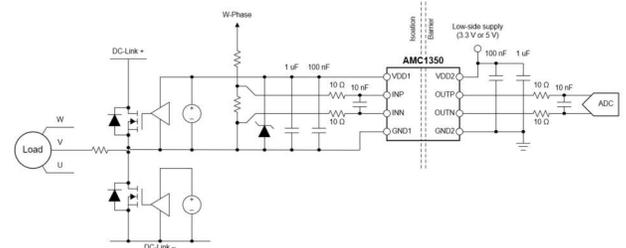


그림4. 부동 전원 공급 장치를 사용하는 AMC1350 절연 증폭기.

이러한 각 전압 측정에서 대해 저항 분할기는 절연 증폭기의 입력 범위[4]에 맞도록 고전압 노드를 축소해야 합니다.

저항 분할기 회로를 설계할 때 일반적으로 다음과 같은 3 가지 문제가 있습니다.

- 절연 증폭기에서 입력 바이어스 전류가 감지 저항을 통과하여 오프셋 오류를 생성합니다.
- 감지 저항이 절연 증폭기의 입력 임피던스와 병렬로 유지되어 유효 감지 저항을 줄이고 계인 오류를 생성합니다. 또한 프로세스 변화 때문에 절연 증폭기의 입력 임피던스가 장치마다 ±20% 다를 수 있으며, 이를 고려하지 않을 경우 계인 오류로 표시됩니다.
- 절연 증폭기의 저항 분할기와 입력 임피던스 모두에서 온도 드리프트가 발생합니다.

TI의 절연 전압 감지 증폭기 제품군에서 높은 입력 임피던스와 무시할 수 있는 수준의 입력 바이어스 전류를 갖춘 장치를 선택하면 이러한 문제를 극복하는 데 필요한 노력을 크게 줄일 수 있습니다. 그러나 입력 바이어스 전류[5]와 저 입력 임피던스 절연 증폭기를 사용하면 고정밀 전압 측정 회로를 설계할 수 있습니다.

입력 범위가 더 넓은 절연 증폭기는 입력 잡음에 대한 감도가 더 낮으며 낮은 입력 수준에서 더 높은 정확도를 지원합니다. 그러나 입력 전압 장치가 표 1과 같이 입력 임피던스가 낮은 경우가 많아, 더 높은 수준의 정확도를 달성하려면 계인 보정이 필요합니다. 고임피던스 입력 장치는 더 높은 비보정 정확도를 제공하므로 설계 작업이 줄어듭니다. TI 절연 증폭기의 데이터 시트 정확도와 일반/최대 오류 계산의 비교 내용은 [6] 항목을 참조하십시오.

장치	입력 전압 범위	입력 임피던스	통합 DC/DC	차량용으로 사용 가능
AMC1211A-Q1	0 V~2 V	1 GΩ	아니오	예
AMC1311/B	0 V~2 V	1 GΩ	아니오	예
AMC1411	0 V~2 V	1 GΩ	아니오	예
AMC1351	0 V~5 V	1.25 MΩ	아니오	예
AMC3330	±1 V	1 GΩ	예	예
AMC1350	±5 V	1.25 MΩ	아니오	예
ISO224A/B	±12 V	1.25 MΩ	아니오	아니오

표 1. 텍사스 인스트루먼트의 전압 감지 절연 증폭기.

결론

텍사스 인스트루먼트의 고임피던스 전압 측정을 위한 광범위한 절연 증폭기를 사용하면 비용, 성능, 구현 용이성 및 보드 공간 간에 적절한 절충을 이루어 요구 사항에 맞게 설계를 최적화하고 업계 절연 성능 표준을 충족할 수 있습니다.

참고 자료

1. 텍사스 인스트루먼트: [절연 전류 감지에 대한 설계 고려 사항](#)
2. 텍사스 인스트루먼트: [TUEV 기술 보고서 번호 713203936](#)
3. 텍사스 인스트루먼트: [절연 증폭기와 절연 모듈레이터 비교](#)
4. 텍사스 인스트루먼트: [차동 출력을 지원하는 ±480V 절연 전압 감지 회로](#)
5. 텍사스 인스트루먼트: [±250mV 입력 및 차동 출력을 지원하는 절연 전압 측정 회로](#)
6. 텍사스 인스트루먼트: [절연 증폭기 전압 감지 Excel 계산기](#)

중요 알림: 이 문서에 기술된 텍사스 인스트루먼트의 제품과 서비스는 TI의 판매 표준 약관에 의거하여 판매됩니다. TI 제품과 서비스에 대한 최신 정보를 완전히 숙지하신 후 제품을 주문해 주시기 바랍니다. TI는 애플리케이션 지원, 고객의 애플리케이션 또는 제품 설계, 소프트웨어 성능 또는 특허권 침해에 대해 책임을 지지 않습니다. 다른 모든 회사의 제품 또는 서비스에 관한 정보 공개는 TI가 승인, 보증 또는 동의한 것으로 간주되지 않습니다.

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

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 © 2024, Texas Instruments Incorporated