

# Application Brief

## HEV/EV의 션트 및 홀 기반 절연 전류 감지 솔루션 비교



Krunal Maniar

### 머리말

EV(전기차) 및 HEV(하이브리드 전기차)는 가솔린 또는 디젤 차량에 비해 더 높은 연료 효율을 가지고 있고 배기가스를 덜 배출하며 재생 가능 에너지원의 전력을 사용하기 때문에 전 세계 시장이 빠르게 성장하고 있습니다. 트랙션 인버터, OBC(온보드 충전기), DC/DC 컨버터 및 BMS(배터리 관리 시스템)과 같은 HEV/EV 파워트레인 서브시스템의 에너지 흐름을 제어하고 효율성을 최적화하려면 정확하고 정밀한 전류 측정이 필수적입니다. 이러한 고전압 서브시스템은 일반적으로 400V를 넘는 고전압에서 큰 전류를 측정해야 합니다. 따라서 이러한 전류 측정은 혹독한 차량용 환경에서 절연 뿐 아니라 높은 성능도 필요합니다.

### 서로 다른 절연 전류 측정 방법

각 HEV/EV 애플리케이션은 비용, 정확도, 신호 대역폭, 지연 시간, 측정 범위, 절연 등급, 패키지 크기 요구 사항이 다릅니다. 여러 절연 전류 측정 방법이 있습니다. 그러나 HEV/EV 서브시스템에서 사용되는 주요 방법은 절연 증폭기(그림 1) 또는 절연 모듈레이터(그림 2)를 사용하는 션트 기반 또는 개방형 루프(그림 3) 또는 폐쇄형 루프(그림 4) 홀 센서를 사용하는 홀 기반입니다.

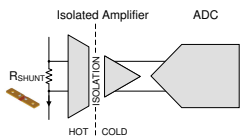


그림 1. 절연 증폭기

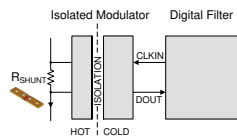


그림 2. 절연 모듈레이터

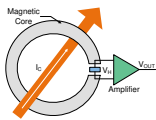


그림 3. 개방형 루프 홀 센서

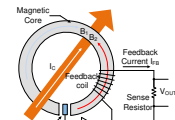


그림 4. 폐쇄형 루프 홀 센서

### 션트 기반 방법과 홀 기반 방법 비교

역사적으로 설계자들은 저전류(<50A) 측정에는 션트 기반, 고전류(>50A) 측정에는 홀 기반 솔루션을 선호했습니다. 그러나 전류 측정 정확도 요구 사항이 증가함에 따라 자동차 공급업체는 홀 기반에서 션트 기반 방법으로 마이그레이션하고 있으며 특히 고전류 환경에서 더욱 그렇습니다. 자동차 공급

업체 중에는 측정 정확도를 더욱 높이기 위해 절연 증폭기 기반 솔루션에서 절연 모듈레이터 기반 솔루션으로 전환하는 추세도 있습니다.

텍사스 인스트루먼트는 고정밀 션트와 페어링할 때 온도 전반에 걸쳐 매우 정확한 절연 전류 측정을 달성하는 데 도움이 되는 동급 최고의 절연 증폭기 및 절연 모듈레이터를 제공합니다. 표 1은 고전류 차량용 환경에서 션트 및 홀 기반 절연 전류 감지 솔루션의 기본 차이점을 보여줍니다.

표 1. 션트 및 홀 기반 절연 전류 감지 간의 차이

카테고리	션트 기반	홀 기반
솔루션 크기	유사	유사
오프셋	매우 낮음	중간
온도에 따른 오프셋 드리프트	낮음	중간
정확도	보정 후 0.5% 미만	보정 후 2% 미만
잡음	매우 낮음	높음
대역폭	유사	유사
지연	유사	유사
비선형	매우 낮음	높음
장기 안정성	매우 높음	중간
비용	유사	유사
진동 영향	매우 낮음	낮음
소비전력	낮음	매우 낮음
맞춤화	유연	제한됨

### 션트 및 홀 기반 방법의 분석

- 홀 센서는 본질적으로 절연되어 단일 모듈 접근 방식을 지원합니다. 반면 션트 기반 솔루션에는 절연 증폭기 또는 모듈레이터, 그리고 높은 공통 모드 전압 측을 위한 절연 전원 공급 장치가 필요합니다.
- 션트 기반 솔루션은 초기 오프셋이 매우 낮고, 온도에 따른 오프셋 드리프트가 낮고, 외부 자기장에 덜 민감합니다.
- 션트 기반 솔루션은 전체 전압 범위에서 선형이며, 홀 기반 솔루션은 비선형, 특히 제로 크로싱 및 자기 코어 포화 영역 근처에서 더욱 비선형입니다.
- 션트 기반 솔루션은 기본 일회성 보정을 통해 홀 기반 솔루션에 비해 더 나은 DC 정확도를 달성합니다. 션트 기반 솔루션은 외부 자기장에 대한 감도가 제한되어 있기 때문에 특히 낮은 전류에서 정확도가 훨씬 더 우수합니다.
- 인라인 션트의 전압 강하로 열 발산 및 전력 손실이 발생합니다. 그러나 션트 기술의 향상으로 션트가 가벼워지고, 움 값이 감소하며, 정확도와 드리프트 성능이 개선되었습니다. 움 값이 낮은 션트를 사용하면 열 발산이 줄어

듭니다. 또한 텍사스 인스트루먼트의 절연 증폭기 및 모듈레이터는 매우 작은 입력 전압 범위( $\pm 50\text{mV}$  및  $\pm 250\text{mV}$ )를 전체적으로 탁월한 정밀도로 지원합니다. 셉트 기술의 이러한 개선과 소형 입력 범위의 절연 장치가 도입되면서 시스템이 전체 측정 정확도에 영향을 주지 않으면서 열 발산을 줄일 수 있습니다.

- 홀 기반 센서는 일반적으로 작동 온도 범위가 제한되어 있는 반면(일반적으로  $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$ ), 셉트 기반 솔루션은 더 높은 작동 온도 범위(일반적으로  $-40^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$ )를 지원할 수 있습니다.
- 홀 기반 및 셉트 기반 절연 증폭기 솔루션 모두 비슷한 신호 대역폭을 제공합니다. 일반적으로 최대 수백 킬로헤르츠(kHz)까지 가능합니다. 그러나 절연 모듈레이터는 사용자가 외부에서 디지털 필터링을 구현하고 사용자 지정할 수 있는 고속 비트 스트림 출력을 제공합니다. 이 사용자 지정을 통해 사용자는 높은 신호 대역폭, 낮은 지연 시간 솔루션을 개발할 수 있습니다.

### 트랙션 인버터에서 절연 셉트 기반 전류 감지

트랙션 인버터는 전기 모터를 제어하며 HEV/EV 드라이브 트레인의 핵심 구성 요소입니다. 트랙션 인버터는 높은 공통 모드 전압에서 정확한 전류 감지를 필요로 합니다. 따라서 트랙션 인버터의 전류 측정은 두 가지 셉트 기반 방법 중 하나를 사용하여 실현할 수 있습니다.

그림 5은 AMC1301-Q1과 같은 차량용 등급의 강화 절연 증폭기를 사용하여 차가운 쪽과 절연된 뜨거운(높은 공통 모드 전압) 쪽에서 셉트 전반의 전압 강하를 보여줍니다.

그림 6은 AMC1305M25-Q1과 같은 차량용 등급의 강화 절연 모듈레이터를 사용하여 차가운 쪽에서 뜨거운 쪽으로 절연된 셉트 전반의 전압 강하를 측정하는 두 번째 셉트 기반 측정 방법을 보여줍니다.

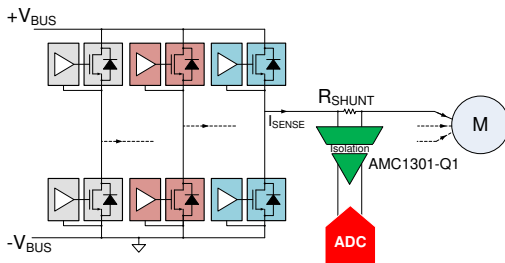


그림 5. 절연 증폭기를 사용한 절연 전류 측정

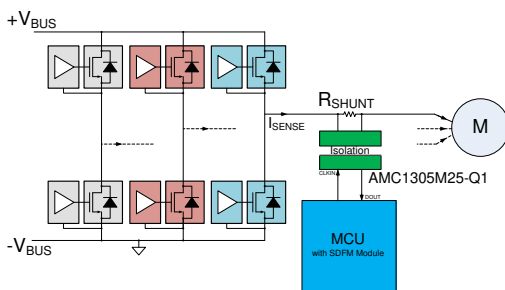


그림 6. 절연 모듈레이터를 사용한 절연 전류 측정

이 솔루션은 추가 아날로그-디지털 변환 단계 및 관련 후속 오류를 제거하므로 향상된 측정 정확도를 위해 절연 모듈레이터를 사용하는 것이 좋습니다. 절연 모듈레이터의 고속 비트 스트림 출력은 SDFM(시그마-델타 필터 모듈)이 내장된 TI의 C2000 제품군 같은 MCU(마이크로컨트롤러)나 FPGA로 필터링되어 사용자가 신호 대역폭과 정확도를 미세 조정할 수 있습니다.

### 차량용 절연 장치 권장 사항

장치	절연	설명
AMC1305-Q1	강화	$\pm 50\text{mV}$ , $\pm 250\text{mV}$ 절연 모듈레이터
AMC1301-Q1	강화	$\pm 250\text{mV}$ 절연 증폭기
AMC1302-Q1	강화	$\pm 50\text{mV}$ 절연 증폭기

### 결론

셉트 기반 및 홀 기반 방법을 포함하여 HEV/EV 서브시스템의 절연 전류 감지를 위한 여러 측정 방법이 존재합니다. 경제적인 고정밀 셉트 및 고성능 절연 증폭기와 모듈레이터의 발전으로 셉트 기반 솔루션은 기존 홀 기반 솔루션에 대한 적합한 대안이 되었습니다.

## 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 © 2023, 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 © 2024, Texas Instruments Incorporated