



백서

진일보한 테스트: LVDT, RVDT 및 리졸버 시뮬레이션의 역할

목차

LVDT	3
RVDT	4
리졸버	5
시스템 설계 & 검증	6
시뮬레이션	7
LVDT/RVDT/리졸버 시뮬레이션 모듈	7
PXI 및 PXIe 모듈형	9
결론	9
피커링 인터페이스에 대하여	10

이 백서에서는 변위 또는 회전 위치/속도 측정을 하는 부품을 사용하는 시스템의 개발 및 기능 검증에 LVDT, RVDT 및 리졸버 시뮬레이터가 얼마나 많이 도움을 주는지 설명합니다. 또한 피커링 인터페이스의 PXI 및 PXIe LVDT/RVDT/리졸버 시뮬레이터 모듈의 연구 및 개발에 대해 간략하게 설명합니다.

LVDT

LVDT(Linear Variable Differential Transformer: 선형 가변 변위 변환기)는 선형 변위를 측정하는 데 사용되는 전자기식 변환기입니다. 전기적으로는 1차 코일과 직렬로 연결된 2차 코일 두 개가 있는 표준 변압기와 유사합니다. 세 개의 코일이 움직이는 강자성 코어가 들어 있는 튜브를 둘러싸고 있는 형태입니다(그림 1 참조). LVDT 내의 코어는 샤프트에 연결되어 있습니다. 샤프트 자체는 측정 대상이 될 수도 있고 표면과 접촉되거나 구조물에 연결될 수도 있으며, 결정되어야 하는 위치일 수도 있습니다.

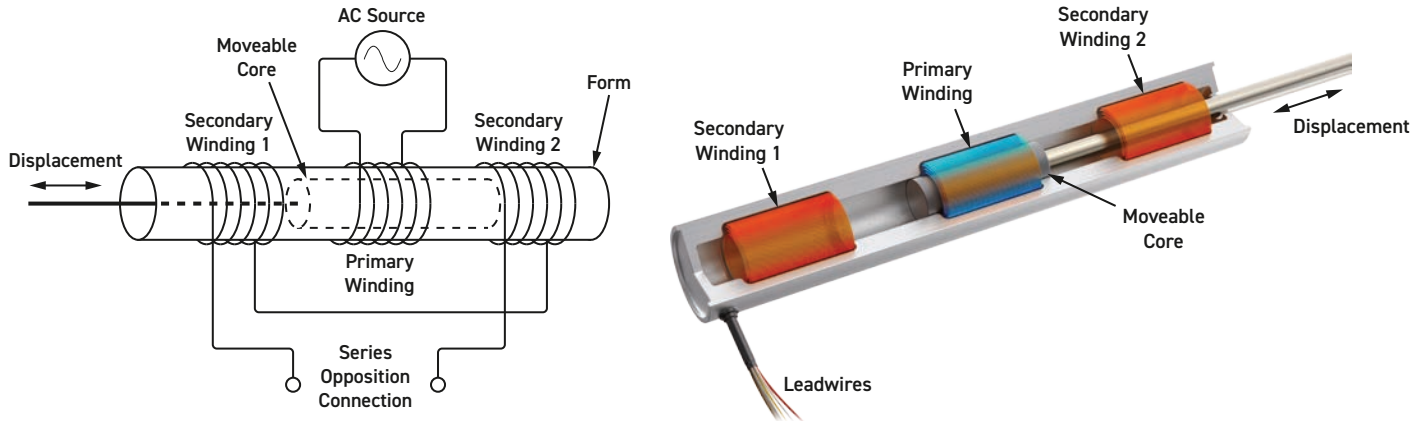


그림 1 – LVDT 내부의 전기 연결(왼쪽) 및 단면(오른쪽) 그림.

2차 코일 중 한 코일은 1차 코일의 AC 여기 신호와 같은 위상으로 출력되고 다른 코일은 위상이 180도 어긋나도록 만 들어집니다. LVDT의 코어가 축 중앙에 있을 때 2차 코일들은 진폭은 같지만 위상이 180도 어긋나며, 이를 합치면 2차 코일에서 출력이 발생하지 않으므로 이를 0 위치라고 합니다. 코어가 양의 방향으로 움직이면 한쪽 2차 코일의 진폭은 증가하고 다른 쪽은 감소하며, 반대로 코어가 음의 방향으로 움직이면 한쪽 2차 코일의 진폭은 감소하고 다른 쪽은 증가합니다. 기본적으로 2차 코일의 출력을 1차 여기 신호와 비교하는 것, 즉 신호 컨디셔닝을 통해 0 위치에 대한 코어의 거리와 방향 변위를 나타내는 진폭과 위상에 비례하는 전압이 출력될 수 있습니다.

LVDT 연결에는 세 가지 형태가 있습니다. 일부 제조업체는 4선 LVDT 연결을 위하여 내부적으로 두개의 2차 코일을 연결합니다. 이 구성은 케이블 연결 수가 가장 적지만 변위 측정을 위해 더 간단한 신호 컨디셔너가 필요합니다. 다른 형태인 5선 구성은 두개 2차 코일 중앙 탭을 기준 신호로 사용하여 신호 컨디셔너가 1차 코일과 2차 코일 간의 온도 감도 및 위상 차이를 최소화할 수 있도록 합니다. 일반적으로는, 두개 2차 코일을 각각 모니터링할 수 있는 6선 구성도 있습니다. 그림 2는 이러한 세가지 구성을 나타냅니다.

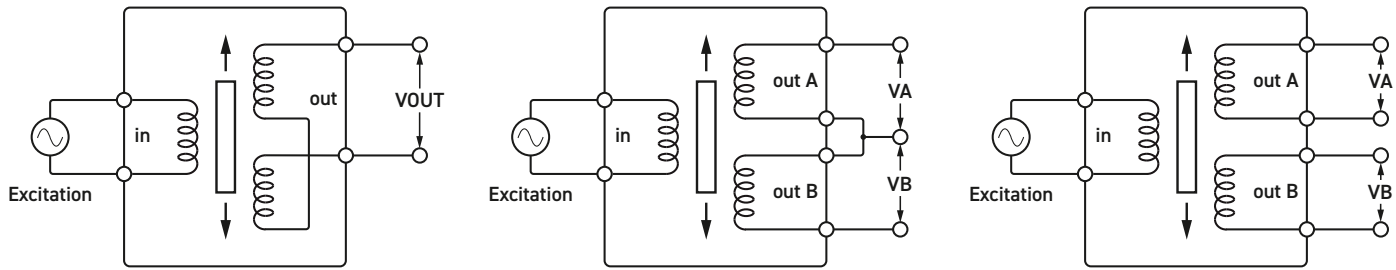


그림 2 - 4선, 5선 및 6선 LVDT 구성.

LVDT는 항공우주, 석유화학, 계측 등 다양한 산업 분야에서 사용됩니다. 위성 제어, 밸브 및 액추에이터 위치 결정, 진동 감시, 구조물 표면 구조해석 등의 용도로 사용됩니다.

RVDT

RVDT(Rotary Variable Differential Transformer: 회전 가변 변위 변환기)의 작동 방식은 LVDT와 유사하지만, RVDT는 선형 변위가 아닌 회전각 변위를 측정하는 데 사용됩니다. 마찬가지로 한 개의 1차 코일과 두개의 2차 코일이 있으며, RVDT 본체는 LVDT처럼 긴 튜브 모양이 아닌 짧은 원통형의 캠 모양입니다. 코어는 샤프트에 연결되지만 LVDT처럼 샤프트와 평행이 아닌 그림 3과 같이 수직이며 샤프트는 LVDT처럼 직선으로 움직이는 것이 아니라 회전합니다.

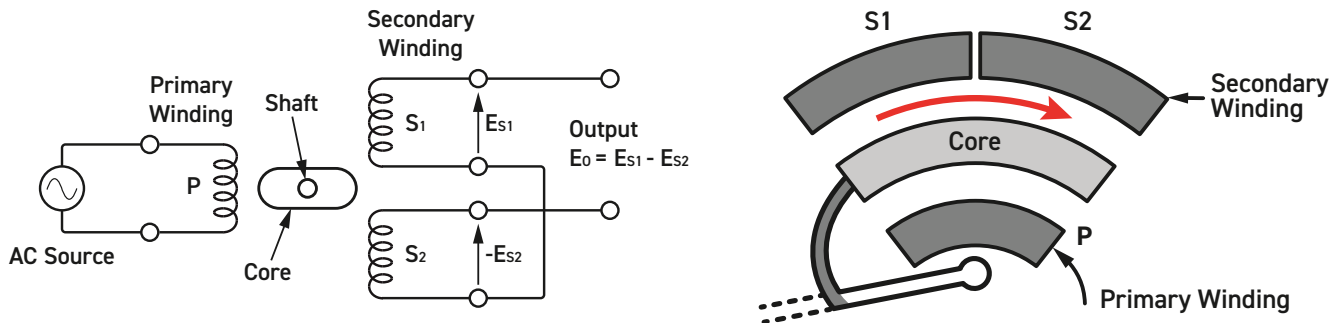


그림 3 - RVDT 내부의 전기 연결(왼쪽) 및 단면(오른쪽) 그림.

RVDT의 샤프트는 360도 회전할 수 있지만 일반적인 제품의 각도 측정 범위는 최대 ± 80 도로 제한됩니다. 0 위치는 범위의 중앙에 있으며, 0부터 축의 회전 방향과 각도를 비례하는 출력 전압으로 표현하기 위하여 외부에 신호 컨디셔너가 사용됩니다.

LVDT와 마찬가지로 RVDT는 밸브와 액추에이터의 위치를 결정하는 데 사용됩니다. 또한 조이스틱, 휠, 다이얼 및 기타 제어 인터페이스의 위치도 결정합니다. 따라서 항공우주, 석유화학 및 산업 공정에서도 사용됩니다.

리졸버

리졸버 또한 전자기식 변환기이며 RVDT와 마찬가지로 양쪽 코일 사이의 변압기 유도를 통해 원통형의 고정자 하우징에 포함된 로터 샤프트의 각도 위치를 파악하는 데 사용됩니다. 리졸버는 360도 전체 회전각을 측정할 수 있고, 샤프트의 회전 속도를 모니터링하는 데도 사용할 수 있어 펄스 모터 제어 어플리케이션에 적합합니다.

LVDT 및 RVDT와 마찬가지로 1차 코일과 2차 코일 두 개가 있습니다. RVDT와 리졸버의 두가지 주요 차이점은 그림 4와 같이 리졸버는 1차 코일에 360도 회전할 수 있는 회전 트랜스포머가 있고 2차 코일은 서로 90도 다른 위치에 있다는 것입니다.

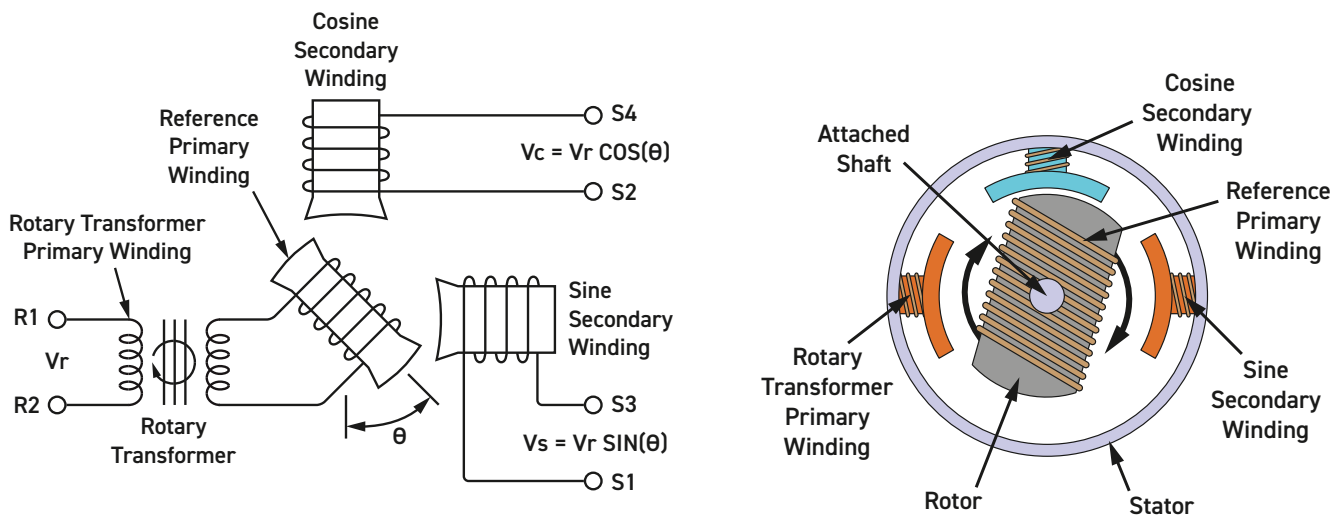


그림 4 - 리졸버 내부의 전기 연결(왼쪽) 및 단면(오른쪽) 그림.

참고: 리졸버는 샤프트의 각도(θ)를 나타내는 비율인 두 가지 전압을 생성합니다.
수학공식은 $\sin \theta / \cos \theta = \tan \theta$ 입니다.

또한, 스테이터 주변에 여러 개의 2차 코일 세트가 있는 다중 속도 리졸버도 있습니다. 예를 들어, 3단 리졸버는 1차 코일이 360도 기계적으로 회전할 때마다 3개의 완전한 사인파와 3개의 완전한 코사인파를 생성하도록 감겨 있습니다. 전기 사이클과 기계적 회전의 비율이 높을수록 시스템에서 기계적 오류 원인의 영향을 최소화하여 다중 속도 리졸버의 정확도를 높일 수 있습니다. 그러나 코일 패턴이 복잡할수록 비용이 증가합니다.

리졸버는 일반적으로 회전 가속도 및 속도 측정에 추가하여 RVDT가 사용될 수 있는 모든 어플리케이션에 사용할 수 있습니다. 예를 들어 페루프 회로의 일부로서 샤프트의 속도와 각도 위치를 모니터링하는 데 사용할 수 있습니다.

시스템 설계 & 검증

LVDT, RVDT 및 리졸버는 많은 산업 분야에서 사용되며 안전이 중요한 제어 시스템에서 사용되는 경우가 많습니다. 예를 들어, 항공우주 산업에서 LVDT는 슬랫과 플랩의 위치를 통해 항공기 날개의 공기역학적 프로파일을 제어하기 위한 페루프 항공 전자 시스템의 일부로 사용됩니다. 핵 산업에서는 연료봉의 위치를 측정하는 데 방사선 저항성 LVDT가 사용됩니다.

이 변환기는 안전이 중요하지 않은 다양한 어플리케이션에서도 사용됩니다. 모터스포츠, 종이 생산과 같은 산업 공정 제어 등이 그 예입니다. 열악한 환경에서 사용하기에 적합할 뿐만 아니라 높은 정밀도를 제공할 수 있어 미세한 표면 변화를 측정하는 계측 분야에서도 널리 사용되는 것이 LVDT입니다.

그러나, 실제 변환기를 테스트 시스템에 통합하고 올바른 출력을 제공하는 데 필요한 동작을 재현하는 것이 항상 가능하거나 바람직한 것은 아닙니다. 따라서 많은 기업이 시뮬레이션을 활용합니다.

또한, 제어 시스템 전체를 검증하려면 모든 실제 입출력을 동시에 적용하고 모니터링해야 합니다. 대부분의 경우, 시스템의 전체 환경에 대한 시뮬레이션이 되어야 합니다. 이를 하드웨어-인-더-루프(HIL) 시뮬레이션(그림 5 참조)이라고 하며, 일반적으로 제어 시스템의 실제 작동을 정확하게 반영하기 위해 실시간 운영 체제의 제어 하에 결정론적 어플리케이션으로 실행됩니다.

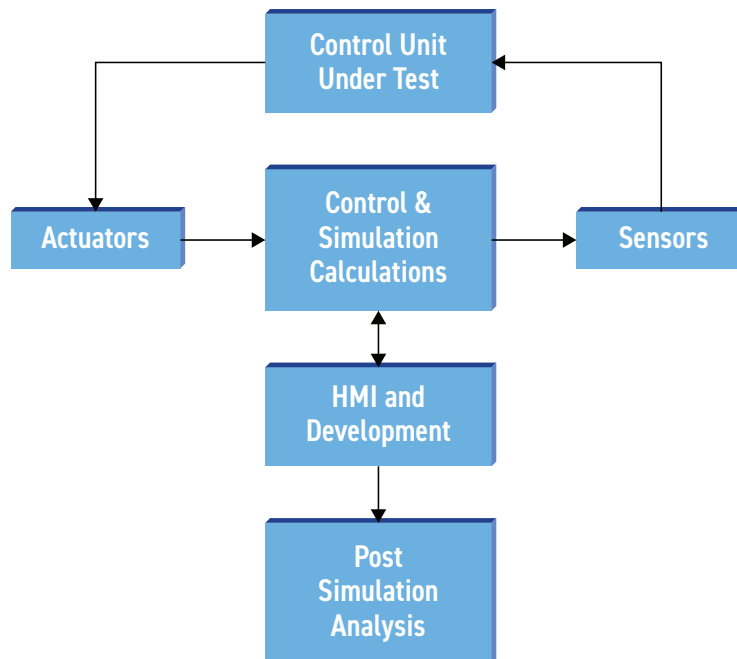


그림 5 - 운영 환경의 시뮬레이션을 보여주는 HIL 모델.

시뮬레이션

센서 및 변환기의 시뮬레이션은 테스트 대상 전자 제어 장치(또는 시스템)의 임베디드 소프트웨어와 하드웨어를 검증하고 이 둘이 어떻게 통합되는지 확인하는 데 아주 중요한 역할을 합니다. 시뮬레이션은 제어기가 이상적인 조건에서 의도한 대로 작동하는지 검증하는 데 도움이 될 뿐만 아니라 다양한 오류 조건에서 성능을 평가할 수 있습니다.

예를 들어, LVDT의 2차 코일에서 출력이 손실되면 어떻게 됩니까? 쇼트 및 오픈 회로일 경우는 어떻게 됩니까? 제어 시스템이 이러한 하드웨어 오류에 안전하게 대처할 수 있습니까? 소프트웨어에서 이러한 오류를 인식하고 올바르게 처리 및 보고할 수 있습니까?

이 모든 질문은 시뮬레이션을 통해 답을 찾을 수 있습니다. 다시 말해, 예기치 않은 소프트웨어 동작을 유발하는 쇼트와 같은 설계결함이 있는 경우 최종 시스템 테스트 단계에서 비용(시간과 돈)이 발생하기 전에 이를 발견하고 수정해야 하며, 항공 시스템의 아이언 버드가 이에 대한 예시입니다.

피커링 인터페이스는 최근 심도 있는 특정 시장 연구를 실시했습니다. 그 결과, 시스템 테스트 엔지니어들이 LVDT, RVDT 및 리졸버 시뮬레이션의 중요성을 잘 이해하고 있으며 이를 적극적으로 수행하고 있다는 사실을 확인했습니다. 많은 사용자가 시뮬레이션 환경을 처음부터 완전히 새로 개발하거나 구매한 제품을 수정하고 있었습니다. 이러한 기업의 경우, 시장에서 판매되는 어떤 제품도 그들의 모든 요구 사항을 충족할 수 없었습니다.

연구를 통해 당사는 다음과 같은 필요성을 발견했습니다:

- 4선, 5선 및 6선의 LVDT, RVDT 및 리졸버를 시뮬레이션할 수 있는 단일 시뮬레이션 제품.
- 다양한 주파수가 필요한 어플리케이션을 위한 넓은 주파수 범위 제품.
- 여러 시뮬레이션 채널에서 동일한 여기 신호를 공유할 수 있는 기능.

이것이 당사 PXI LVDT/RVDT/리졸버 시뮬레이터 모듈의 출발점이었습니다.

LVDT/RVDT/리졸버 시뮬레이터 모듈

이 모듈은 최대 4개의 बैं크와 함께 사용할 수 있으며, 각 बैं크는 여기 신호를 공유하는 5선 또는 6선 LVDT, RVDT, 리졸버 또는 이중 4선 변환기의 출력을 시뮬레이션할 수 있습니다(그림 6 및 7 참조). 입력과 출력은 트랜스포머에 의해 전기적으로 절연되어 있어서 실제 트랜스포머와 유사하게 에뮬레이션됩니다. 오류 삽입 스위치가 모듈의 트랜스포머와 입력 및 출력 핀 사이에 있어서 쇼트 및 오픈 상태를 시뮬레이션할 수 있습니다.

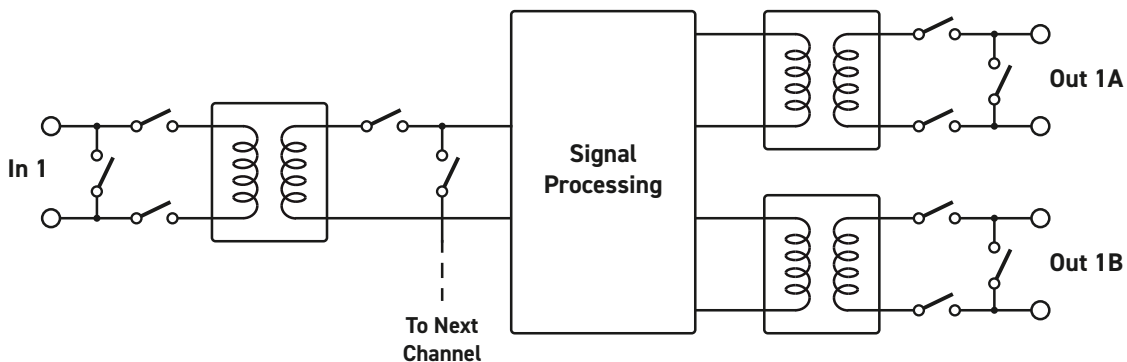


그림 6 – 41/43-670 LVDT/RVDT 리졸버 시뮬레이터 한 बैं크의 기능 다이어그램.

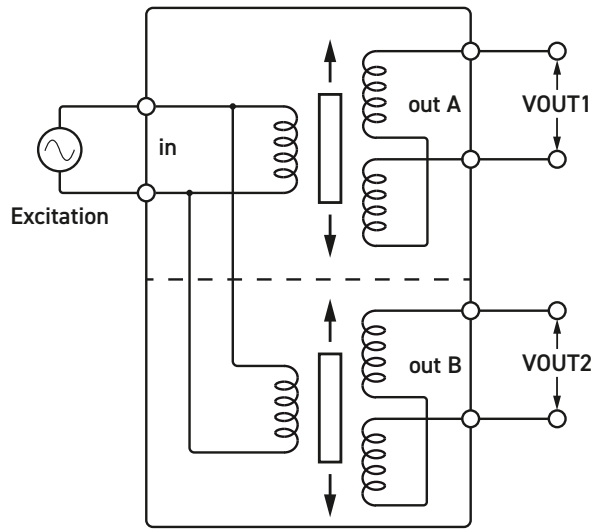


그림 7 – 공유 여기 신호가 있는 두 개의 독립적인 4선식 변환기로 구성된 41/43-670 한 은행의 기능 다이어그램

각 VDT 뱅크는 외부 여기 신호를 받아들이고 사용할 수 있거나 내부적으로 생성된 여기 신호를 공급할 수 있습니다. 또한 이 모듈은 단일 입력을 받아 모든 뱅크에 분배할 수 있어 필요한 여기 신호의 수를 줄이고 케이블 연결을 용이하게 합니다.

기본적으로 300Hz에서 20kHz까지의 넓은 여기 신호 주파수 대역을 위해 설계된 이 모듈은 최대 38V까지 입력될 수 있으며 최대 31V까지 출력할 수 있습니다. 각 여기 신호 주파수와 진폭도 독립적으로 읽을 수 있습니다.

입력 신호와 출력 신호 사이의 위상관계는 한 주기가 지연되도록 자동으로 조정되므로 위상 지연을 없앨 수 있습니다. 이것이 허용되지 않는 어플리케이션에서는 출력 중 하나를 사용하여 입력 신호를 지연하여 출력과 동위상 신호를 생성한 후 복조에 사용할 수 있습니다.

또한, 프로그래밍 가능한 위상의 지연은 불완전한 센서 및 케이블을 시뮬레이션하고, 인위적으로 단일 혹은 다중 출력을 상쇄시키는 데에도 사용할 수 있습니다.

출력 진폭은 여러 조건을 사용하여 프로그래밍됩니다. 조건에는 5/6선식으로 작동할 때의 V_{sum} 및 V_{diff} , 변위 백분율 및 독립된 전압 출력이 포함됩니다.

V_{sum} 은 절대값으로 설정하거나 입력 진폭을 기준으로 설정할 수 있습니다. 위상 관계는 프로그래밍이 가능한 전파의 지연을 통해 제어됩니다. 또한 모듈은 액추에이터의 응답과 관련하여 프로그래밍할 수 있으므로 한 위치에서 다음 위치로 바로 이동하지 않고 사용자가 정의한 일정한 속도로 변경할 수 있습니다.

참고: LVDT, RVDT 또는 리졸버는 유도성 부하입니다. 따라서 인덕턴스는 신호 컨디셔닝 회로가 마주하게 될 전체 임피던스에 크게 영향을 미치며, 이러한 변환기의 유형과 모델에 따라 임피던스 값이 달라집니다. 시장 조사 도중, 당사는 고객들에게 임피던스 매칭을 가장 잘 해결할 수 있는 방법을 물었고, 고객들은 그러지 말아 달라고 대답했습니다. 고객들은 범용적이고 다용도로 사용할 수 있는 시뮬레이터 모듈을 원했던 반면, 당사는 실제 변환기에 너무 초점을 맞추고 있었기 때문이었습니다. 고객들은 임피던스 매칭을 직접 처리할 수 있는 능력을 보유하고 있었습니다.

PXI 및 PXIe 지원

피커링 인터페이스의 [LVDT/RVDT/리졸버 시뮬레이터 모듈](#)은 PXI 및 PXIe 버전 두가지로 판매되고 있습니다. (그림 8 참조)



그림 8 - 피커링 인터페이스의 LVDT/RVDT/리졸버 시뮬레이터 모듈인 PXI 형식의 41-670(왼쪽) 및 PXIe 형식의 43-670(오른쪽)

위 제품들은 저항 온도 감지기(RTD), 열전대, 스트레인 게이지 및 4-20mA 전류 루프 시뮬레이터를 포함한 피커링 인터페이스의 최신 [PXI/PXIe 센서 및 변환기 시뮬레이션 모듈 제품군](#)입니다.

피커링은 8~21개 사이의 슬롯을 갖춘 [PXI 및 PXIe 새시](#)를 판매하고 있습니다. 이 새시들은 PXI 표준과 완전히 호환이 되며, 어떠한 공급업체의 모듈도 수용할 수 있습니다.

결론

LVDT, RVDT 및 리졸버는 다양한 어플리케이션에 사용되며, 그 중 일부는 임무 수행에 필수적인 어플리케이션입니다. 이러한 변환기의 시뮬레이션은 실제 변환기 하드웨어 없이도 전체 기능을 검증할 수 있기 때문에 주로 측정 및 모니터링 시스템뿐만 아니라 펌프 제어 시스템의 개발 및 테스트를 획기적으로 간소화하고 가속화합니다. 또한 피커링 인터페이스의 LVDT/RVDT/리졸버 시뮬레이터의 다목적성은 세 가지 변환기 유형 중 하나, 둘 또는 세가지 모두를 광범위하게 사용하는 공학계에서 유용하고 가치 있는 기능을 제공합니다.



피커링 인터페이스 소개

피커링 인터페이스는 전자 테스트 및 검증에 사용되는 모듈형 신호 스위칭 및 시뮬레이션을 설계 및 제조합니다. 당사는 PXI, LXI 및 PCI 어플리케이션을 위한 업계에서 가장 광범위한 스위칭 및 시뮬레이션 제품을 제공합니다. 또한 이러한 제품을 지원하기 위해 케이블 및 커넥터 솔루션, 진단 테스트 도구와 함께 사내 소프트웨어 팀에서 개발한 어플리케이션 소프트웨어 및 소프트웨어 드라이버를 제공합니다.

피커링 제품은 전 세계에 설치된 많은 시험 시스템에 포함되어 있으며, 우수한 신뢰성과 가치를 보장합니다. 피커링 인터페이스는 전세계적으로 운영되고 있으며, 미국, 영국, 독일, 스웨덴, 프랑스, 체코 그리고 중국에 지사를 두고 있고, 아메리카, 유럽 그리고 아시아 지역에 에이전트를 두고 있습니다. 당사는 자동차, 우주항공 및 방위, 에너지, 제조산업, 통신, 의료기기, 반도체 등 분야에서 영업활동을 하고 있습니다. 당사의 신호 스위칭 및 시뮬레이션 제품에 대한 상세한 정보가 필요하시면, pickeringtest.com을 방문하시기 바랍니다.

직영 영업 및 지원 사무소

Pickering Interfaces Inc., USA
Tel: +1 781-897-1710 | e-mail: ussales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces Ltd., UK
Tel: +44 (0)1255-687900 | e-mail: sales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces Sarl, France
Tel: +33 9 72 58 77 00 | e-mail: frsales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces GmbH, Germany
Tel: +49 89 125 953 160 | e-mail: desales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces AB, Sweden
Tel: +46 340-69 06 69 | e-mail: ndsales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces s.r.o., Czech Republic
Tel: +420 558 987 613 | e-mail: desales@pickeringtest.com

Pickering Interfaces, China
Tel: +86 4008-799-765 | e-mail: chinasales@pickeringtest.com

남아프리카 공화국, 네덜란드, 뉴질랜드, 대만, 대한민국, 말레이시아, 베트남, 베트남, 싱가포르, 스페인, 이스라엘, 이탈리아, 인도, 인도네시아, 일본, 중국, 캐나다, 태국, 튀르키예, 필리핀, 호주에 지역 영업 에이전트가 있습니다.

Pickering, Pickering 로고, BRIC, BIRST 그리고 eBIRST는 피커링의 상표입니다. 이외의 모든 상호와 제품명은 소유자 또는 소유업체의 상표 또는 등록상표입니다. 본 자료에 포함된 정보는 요약된 것이며 예고 없이 변경될 수 있습니다.