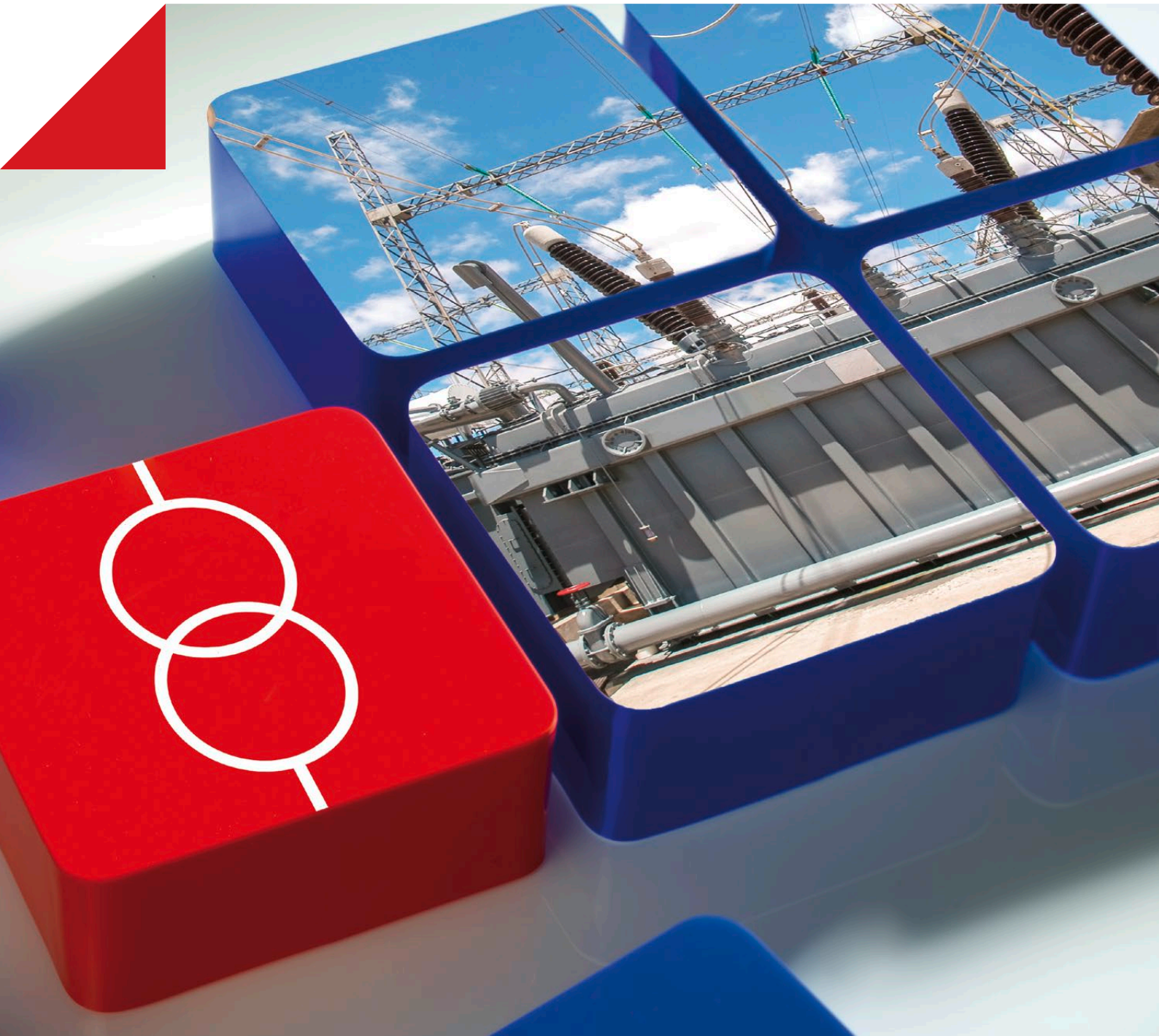


# 전력용 변압기의 진단 시험 및 모니터링



# 변압기 상태를 파악하여 설비 활용도 극대화

시운전 및 작동 중에는 반드시 전력용 변압기의 상태가 양호해야 합니다. 변압기의 수명 주기 전반에 걸쳐 다양한 영향이 예상 수명에 영향을 미칠 수 있습니다.

진단 시험 및 모니터링을 수행하면 설비 상태를 파악하고 올바른 조치를 선택하여 안정적인 작동을 확보하고 변압기의 예상 수명을 연장할 수 있습니다.

## 변압기의 예상 수명에 대한 부정적인 영향

- > **열 영향**  
과부하, 과열, 주변 조건
- > **노화**  
수분, 산, 산소, 오염, 누출
- > **기계적 영향**  
운반 중 손상, 단락 회로 스트레스, 지진 활동
- > **전기적 영향**  
스위칭 서지, 낙뢰, 과전압, 단락회로 전류
- > **보호 문제**  
기능저하, 고장



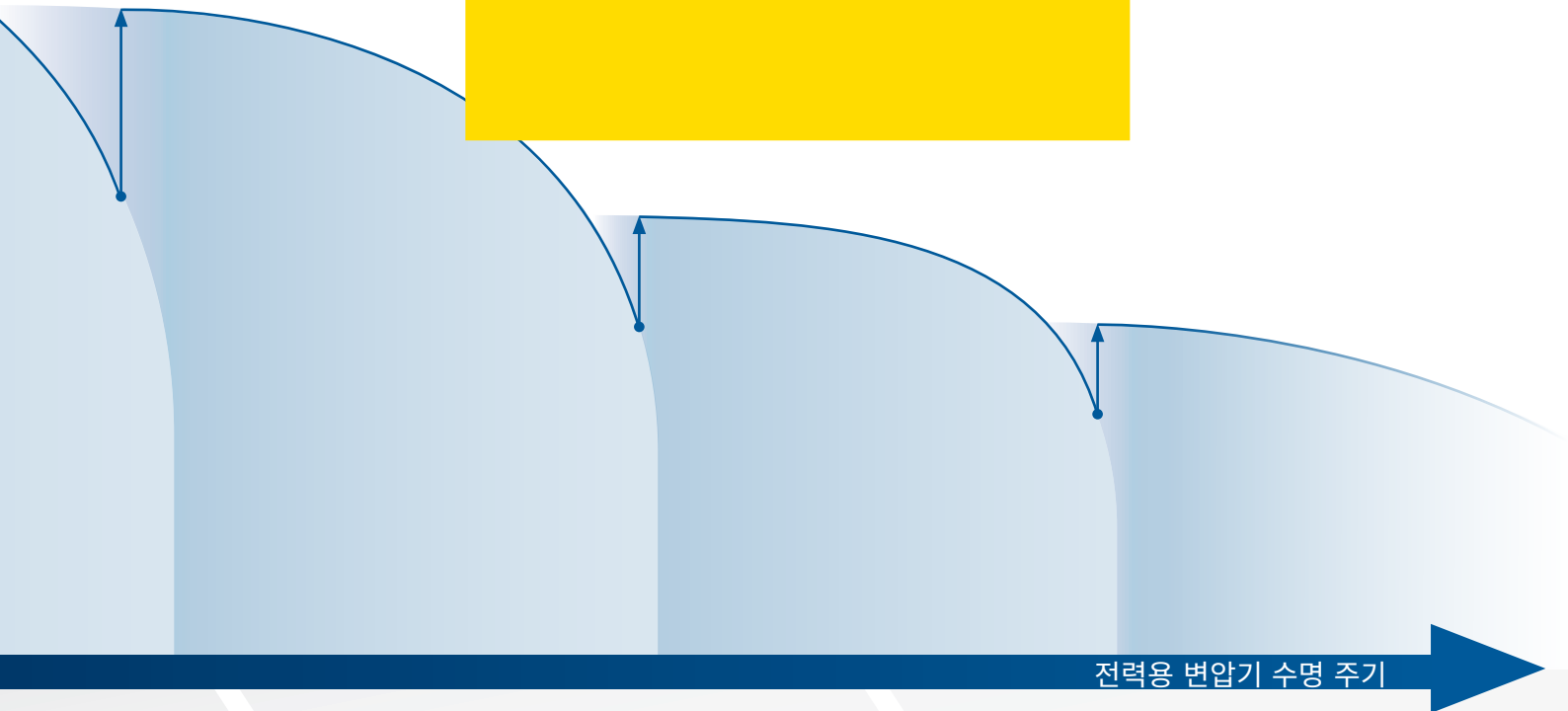
제조

공장 인수 시험

운반

## 변압기의 예상 수명을 연장하기 위한 시험과 교정 조치

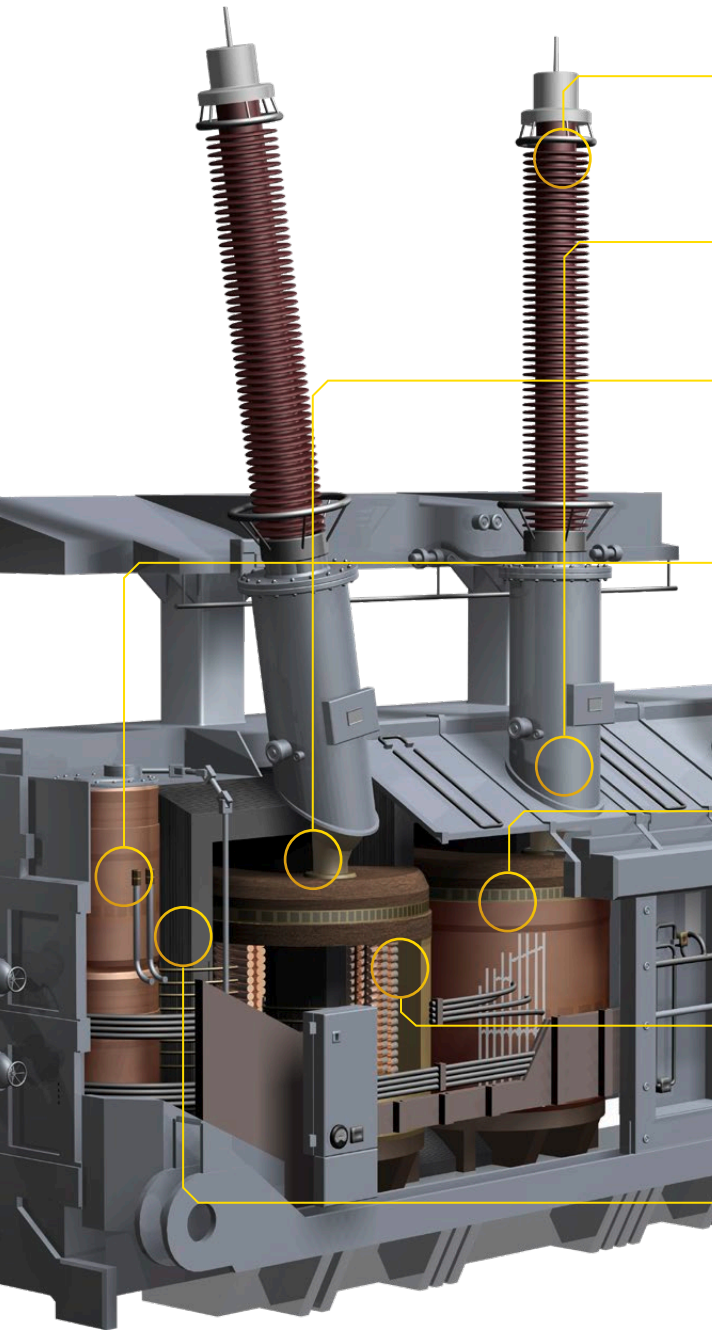
- > **보조 구성 요소 유지보수**  
 탭변환기, 냉각 시스템, 브리더
- > **절연재 재생**  
 건조, 오일 처리, 오일 교환
- > **부품 교체**  
 부상, 서지 어레스터, 개스킷, 펌프 및 팬



설치 및  
시운전

작동

# 변압기 구성 요소 및 감지 가능한 결함



구성 요소	감지 가능한 결함	
부싱	절연층 간 부분 절연 파괴, 절연체 균열	
	노화와 수분 유입	
	측정 탭 연결부의 개방 또는 손상	
	변압기 내 부분방전	
부싱 CT	정밀도	
	극성	
	표시 검증	
	잔류 자속	
리드	접촉 문제	
	기계적 변형	
탭변환기	탭 셀렉터와 다이버터 스위치의 접촉 문제	
	개방회로, 권선 단락 또는 접촉 저항	
	모터 드라이브	
	타이밍 분석	
	기계 건전성	
	DETC의 접촉 문제	
절연	고체 절연체 내 수분	
	절연 액체의 노화, 수분, 오염	
	부분 방전	
권선	권선 간 단락	
	스트랜드-투-스트랜드 단락	
	평행 스트랜드 내 단선	
	접지 단락	
	기계적 변형	
	접촉 문제, 개방 회로	
		기계적 변형
코어	플로팅 코어 접지	
	단락된 코어 라미네이션	
		잔류 자화

정전 용량 및 역률/유



# 고객의 요청 사항과 용도에 최적화된 솔루션

	TESTRANO 600	CPX 200	MPD 800
<b>정전 용량 및 역률/유전정접 측정:</b>			
50 Hz 또는 60 Hz에서	■ <sup>1</sup>	■ <sup>2</sup>	
가변 주파수로	■ <sup>1</sup>	■ <sup>2</sup>	
팁업 시험	■ <sup>1</sup>	■ <sup>2</sup>	
<b>절연저항 측정</b>		■	
<b>권선 저항 측정</b>	■	■	
<b>동적 저항 측정 또는 OLTC 스캔</b>	■		
<b>진동 음향 측정</b>	■		
<b>변압기 권선비(TTR) 측정</b>	■	■	
<b>여자 전류 측정</b>	■	■ <sup>3</sup>	
<b>단락임피던스/누설리액턴스 측정</b>	■	■	
<b>표유손의 주파수응답(FRSL) 측정</b>	■		
<b>잔류 자속 제거</b>	■	■	
<b>유전체 주파수 응답 분석</b>			
<b>주파수 스위칭 응답 분석(SFRA)</b>			
<b>부상 변류기(CT) 분석</b>		■	
<b>부분방전 분석</b>			■
<b>부분방전 국부화</b>			
<b>온라인 부분방전 측정 및 임시 모니터링</b>			

<sup>1</sup> 추가 약세사리 CP TD12/15 필요  
<sup>2</sup> 추가 약세사리 HVX10 필요  
<sup>3</sup> CPXpert 1.10에서 이용 가능 - 출시 예정  
<sup>4</sup> 추가 전원 공급 장치 및 표준 캐패시터 필요

가장 빠르고 포괄적인 전력용 변압기 진단 시험과 상태를 평가할 수 있는 3상 시험 세트.



여러 고전압 설비의 종합적인 상태를 진단하고 상태를 평가할 수 있는 3상 시험 세트.



범용 부분방전(PD) 측정 및 분석 시스템





# 정전 용량 및 역률/유전정접 측정

## 시험 가능 항목

- ✓ 부상
- 부상 CT
- 리드
- 탭변환기
- ✓ 절연
- 권선
- 코어

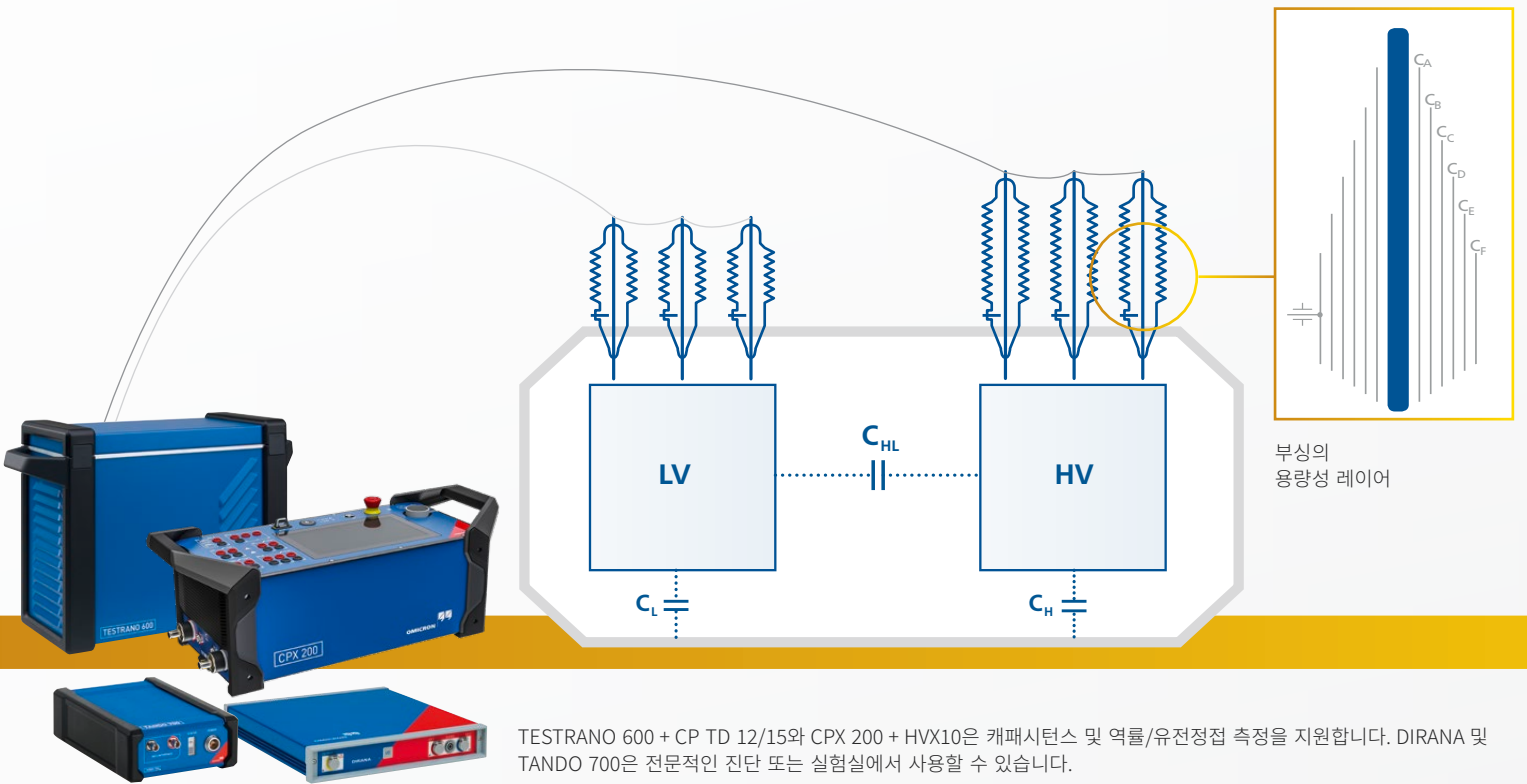
## 측정 목적

전력용 변압기와 부상의 절연 상태를 조사하기 위해 정전 용량 및 역률/유전정접(PF/DF)을 측정합니다. 두 절연 시스템 모두 변압기의 안정적인 작동에 필수적입니다.

높은 오일 전도도, 노화 및 수분 함량의 증가는 절연체 열화 과정에서 나타나는 증상입니다. 이 같은 증상이 발생하면 손실 역시 증가하며, 이것은 역률 또는 유전정접을 측정하여 정량화할 수 있습니다.

정전 용량이 변하면 부상의 정전 용량층 사이가 부분적으로 파괴되었다는 의미가 되기도 합니다. 정전 용량과 손실을 측정하여 고장이 발생하기 전에 절연 문제를 감지할 수 있습니다.

변압기 정전의 주요 원인 중 하나는 절연 열화 또는 고장으로 인한 부상 교체입니다.



TESTRANO 600 + CP TD 12/15와 CPX 200 + HVX10은 캐패시턴스 및 역률/유전정접 측정을 지원합니다. DIRANA 및 TANDO 700은 전문적인 진단 또는 실험실에서 사용할 수 있습니다.

## 작동 방식

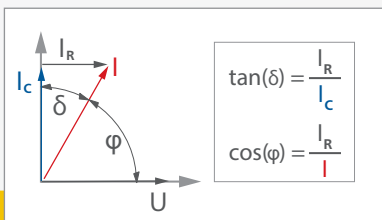
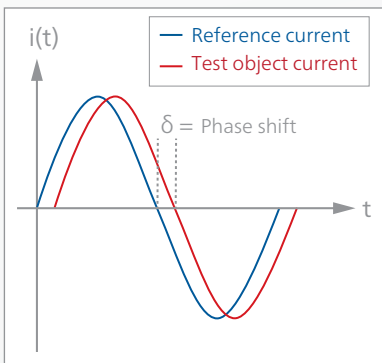
전력용 변압기에서는 권선 간 주 절연( $C_{HL}$ )과 권선에서 탱크까지의 절연( $C_{HT}$ ,  $C_{LT}$ )에 대해 측정을 합니다. 권선이 단락되고 시험 전압이 한 권선에 공급되는 동안 반대쪽 권선 또는 탱크에서 절연체를 통과하는 전류를 측정하는 것입니다.

부상에서 측정 탭의 전류를 측정하는 동안 전압이 주 도체에 적용됩니다.

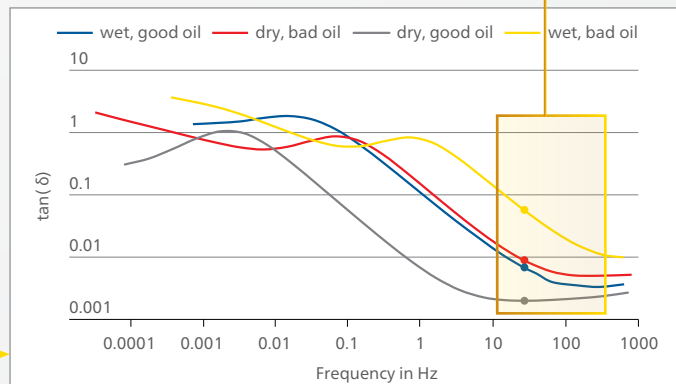
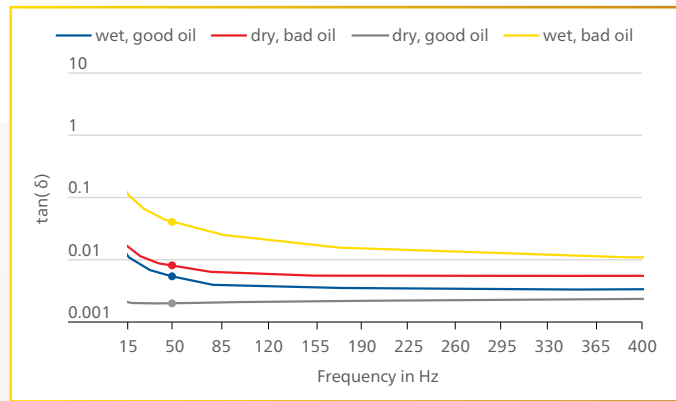
유전정점은  $\tan(\delta)$ 이라고도 하며 측정된 전류와 손실이 없을 경우 발생할 이상적인 전류 사이의 각도  $\delta$ 의 탄젠트를 통해 계산됩니다. 역률은 출력 전압과 측정된 전류 사이의 각도  $\varphi$ 의 코사인이므로  $\cos(\varphi)$ 라고도 합니다.

라인 주파수 이외의 주파수를 이용하면 일부 문제가 라인 주파수 초과 또는 미만인 주파수에서 더 우세하게 나타나므로 측정 민감도가 높아집니다. 최신 시험 장치에서는 자동 주파수 또는 전압 스위칭을 할 수 있습니다.

유전손실은 위상 변이를 일으킵니다



$\tan(\delta)$  라인 주파수(50 Hz) 미만 및 초과인 서로 다른 네 변압기의  $\tan(\delta)$ .



시험셋에 따라 다양한 주파수 범위(예: TESTRANO 600 사용 시 15 Hz ~ 600 Hz, DIRANA 사용 시 10  $\mu$ Hz ~ 5 kHz)를 측정할 수 있습니다.

# 정전 용량 및 역률/유전정접 측정

## 알아두면 좋은 정보...

측정 완료 후, 값을 이전 결과 및 시험된 설비에 대한 관련 표준에 언급된 기준 값과 비교하는 것이 좋습니다.

이전 결과와 비교하여 정전 용량이 10% 이상 증가하면 일반적으로 부상에 위험하다고 봅니다. 절연 거리의 일부가 이미 손상되었고 나머지 절연에 대한 유전체 스트레스가 너무 높다는 뜻입니다.

추가 전압 팁업 시험을 통해 부상 레이어 또는 측정 탭의 불량 접촉을 감지할 수 있습니다. 불량 접촉은 PF/DF 감소를 통해 인식할 수 있습니다.

50 Hz 또는 60 Hz에서 표준 PF/DF 측정은 고급 단계에서만 수분 및 노화의 영향을 감지할 수 있습니다. 더 넓은 주파수 범위에서 측정을 수행하면 이 영향을 초기 단계에서 감지할 수 있으므로 유지 보수를 계획할 때까지 더 긴 대응 시간을 확보할 수 있습니다.

높은 PF/DF가 감지되면 유전체 응답 분석을 추가 진단 방법으로 사용할 수 있습니다. 이 광대역 유전체 측정은 높은 PF/DF 발생 원인이 수분인지 높은 오일 전도도인지 판단할 때 적용할 수 있습니다.

절연 액체	kV 정격	공칭/새 PF/DF 제한값	운영 가능 기간 제한
미네랄 오일	< 230 kV	0.5 %	1.0 %
미네랄 오일	≥ 230 kV	0.5 %	1.0 %
천연 오일	모두	1.0 %	1.0 %

국제규격(IEEE C.57-152)에 따라 20°C에서 사용된 절연 액체에 따른 변압기의 역률/유전정접에 대한 일반 값

절연 유형	새 부상	IEEE C57.19.01	IEC 60137
수지함침지 (RIP)	0.3 % ... 0.4 %	< 0.85 %	< 0.70 %
오일함침지 (OIP)	0.2 % ... 0.4 %	< 0.50 %	< 0.70 %
수지코팅지 (RBP)	0.5 % ... 0.6 %	< 2.00 %	< 1.50 %

국제규격에 따른 라인 주파수 및 20°C에서 부상의 역률/유전정접에 대한 일반 값

## OMICRON 솔루션

OMICRON은 정전 용량 및 역률/유전정접( $\tan \delta$ ) 측정에 적합한 솔루션을 공급합니다. 편안한 현장 시험에 적합한 모바일 솔루션부터 실험실용 고정밀 솔루션, 수분 측정 등 고급 전력용 변압기 상태 진단에 어울리는 전용 시험 세트까지 다양한 솔루션이 준비되어 있습니다.

	측정 범위	일반 적용 분야
<b>TESTRANO 600 + CP TD12/15</b>	0 ... 12 kV/15 kV 15 Hz ... 400 Hz	현장 및 제조 시 전력용 변압기 전용 상태 진단
<b>CPX 200 + HVX10</b>	0 ... 10 kV 1 Hz ... 600 Hz	현장 및 제조 시 각종 설비의 일반 상태 진단
<b>TANDO 700</b>	외부 소스에 따른 전압 5 Hz ... 400 Hz	고전압 실험실 시험(예: 여러 설비의 루틴 및 유형 시험 또는 재료 시험용)
<b>DIRANA</b>	max. 200 V <sub>peak</sub> 10 $\mu$ Hz ... 5 kHz	오일함침지 절연의 고급 상태 진단과 수분 측정

# 절연저항 측정

## 시험 가능 항목

- 부싱
- 부싱 CT
- ✓ 리드
- 탭변환기
- ✓ 절연
- 권선
- ✓ 코어

## 측정 목적

전력용 변압기와 부싱에서 절연저항을 주기적으로 측정하면 절연 시스템의 잠재적 약점을 식별할 수 있습니다. 이러한 약점은 습기 침투와 노후화, 기계적 응력 때문에 시간이 지나면 영향을 주기 시작합니다. 절연 열화를 방지하면 전기적 고장이나 장비 손상은 물론, 큰 비용이 발생하는 설비 정지로 이어질 수 있습니다.

절연저항 정기시험을 실시하면 그러한 약점을 조기에 감지하여 사전에 해결할 수 있으므로 예기치 못한 정전 위험을 줄이고 설비의 총 수명을 늘릴 수 있습니다.

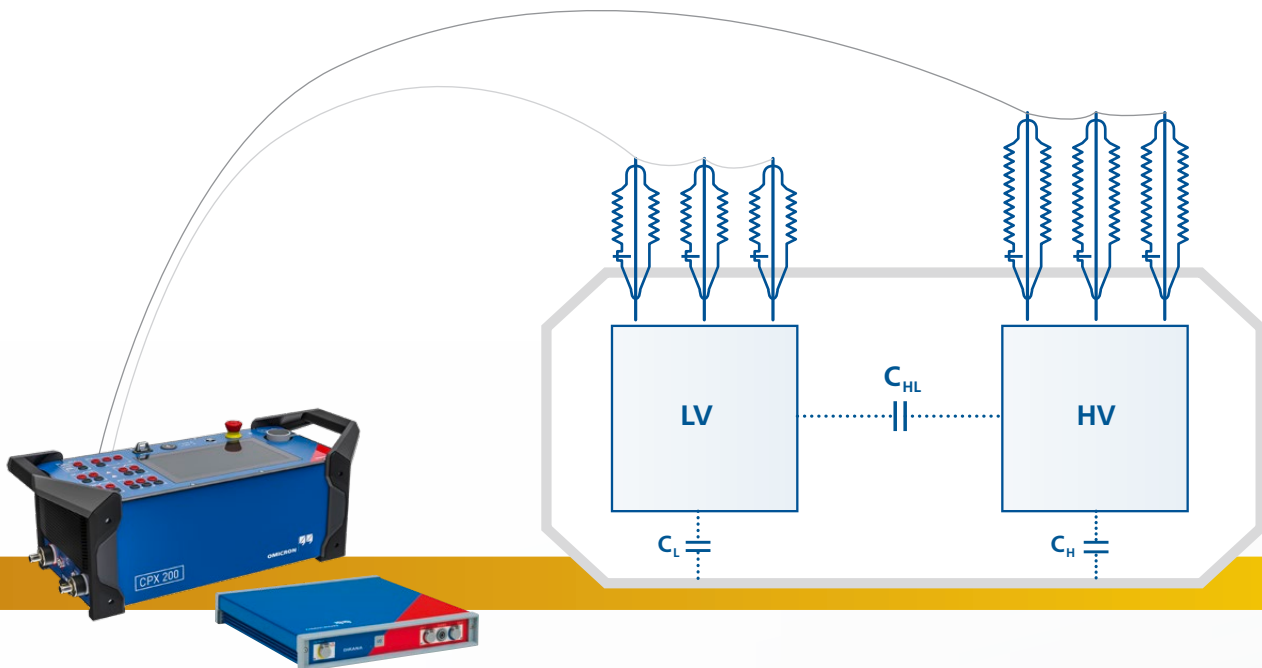
## 작동 방식

절연저항은 변압기 및 부싱의 캐패시턴스의 유전정접/역률 시험과 동일한 결선 방식으로 수행됩니다.

변압기의 각 권선은 개별적으로 단락되며, 하나의 권선에 고전압을 인가하는 동안 다른 권선들은 전류 측정을 하거나 외부 간섭을 줄이기 위한 보호 역할을 합니다.

부싱의 경우 일반적으로 부싱 탭에서 전류 응답을 측정합니다.

시험 대상 설비에 따라 600초 또는 60초 동안 고전압 DC를 시험에 적용합니다. 시험 종료 시에 기록된 절연저항 값을 기준값과 비교하여 평가합니다.



### 알아두면 좋은 정보...

절연저항 시험을 순차적으로 실시하여 변압기의 서로 다른 부품(예: CHL, CH, CL) 또는 부싱(예: A/H1상, B/H2상, C/H3상, N/HO)을 측정할 수 있습니다.

여러 번의 테스트를 진행할 때는, 고전압 직류 전원을 인가한 뒤 절연이 탈분극될 수 있도록 테스트 사이에 몇 분 정도 간격을 두는 것이 좋습니다. 이처럼 대기 시간을 두면 더 정확한 판독을 얻을 수 있습니다.

단락된 모든 권선을 접지 전위에 연결하면 이 과정이 더욱 빠르게 진행됩니다.

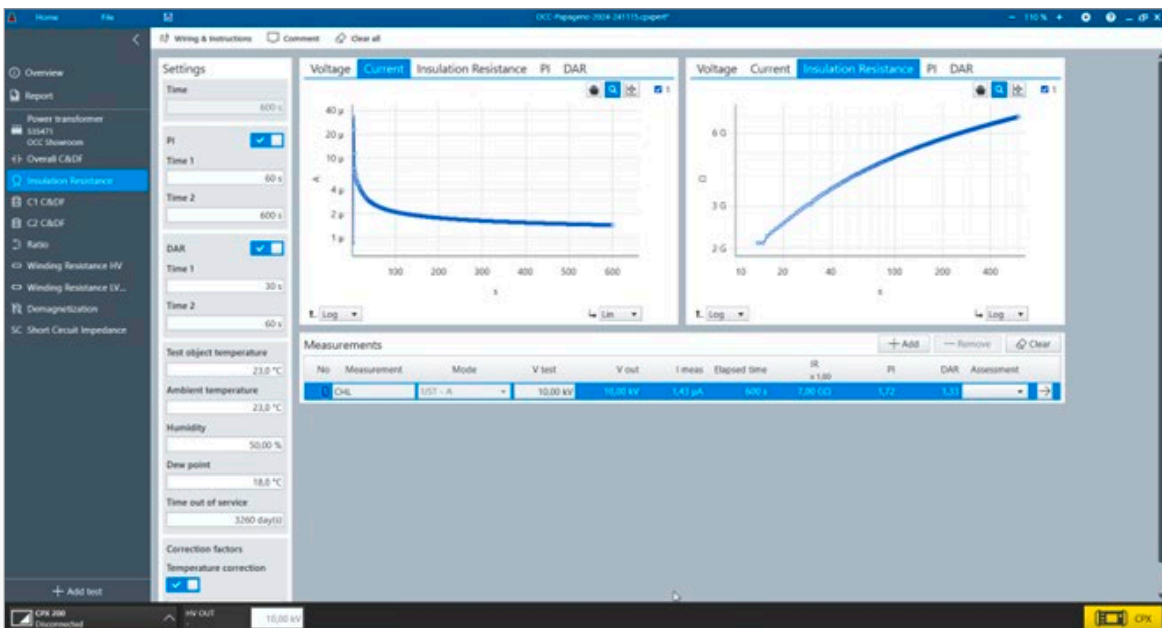
부싱 표면을 따라 발생하는 것과 같은 누설전류는 측정에 부정적인 영향을 미칩니다. 이를 완화하기 위해 부싱의 두 번째 또는 세 번째 "상단 립"에 연결하고 가드 입력부에 연결되는 핫칼라 밴드를 이용할 수 있습니다. 이렇게 설정하면 누설전류를 우회하여 측정 정확도가 높아집니다.

### CPX 200 + HVX10을 사용하는 이유

- > 캐패시턴스 및 역률/유전정접 측정과 동일한 결선
- > 상세 분석이 가능한 곡선 기록
- > 성극지수(PI)와 탈분극 흡수율(DAR) 자동 계산
- > 측정 시간 설정 가능(예: 60초, 600초)
- > 재결선 없이 부싱 4개까지 측정

### DIRANA를 사용하는 이유

- > 유전체 주파수 응답과 절연저항 측정 결합
- > 상세 분석이 가능한 곡선 기록
- > 성극지수(PI)와 탈분극 흡수율(DAR) 자동 계산



CPXpert 소프트웨어를 이용한 절연저항 측정

# 권선 저항 측정

## 시험 가능 항목

- 부싱
- 부싱 CT
- ✓ 리드
- ✓ 탭변환기
- 절연
- ✓ 권선
- 코어

## 측정 목적

권선저항 측정은 부싱과 권선, 권선과 탭변환기의 접촉 문제 또는 권선의 손상 가능성을 평가하기 위해 실시합니다.

정적 권선저항 측정은 권선 및 부하시탭변환기(OLTC)와 관련된 잠재적 문제를 확인하는 방법 중에서 가장 일반적이고 간단한 것입니다. 이후에 이어지는 각 탭 위치의 저항을 조사하고 제조업체의 기준 측정 데이터와 비교합니다.

## 작동 방식

권선 저항을 측정하려면, 먼저 코어가 포화될 때까지 권선을 충전해야 합니다. 이어서 DC 전류와 DC 전압을 측정하여 저항을 결정할 수 있습니다. 탭 권선의 경우 모든 탭 위치에 대해 이 작업을 해야 하므로 OLTC와 권선을 함께 시험해야 합니다.



TESTRANO 600으로 추가적인 재결선 없이 전력용 변압기의 권선저항을 쉽고 빠르게 측정하십시오.

### 알아두면 좋은 정보...

DC 권선 저항의 경우, 결과가 기준 측정값과 1% 넘게 차이가 나면 안 됩니다. 또한 위상 간의 차이는 일반적으로 2~3% 미만입니다.

권선 저항 측정값을 비교할 때 결과는 온도에 따라 보정해야 합니다. 일반적인 기준 온도는 75 °C/167°F입니다.

변압기 권선비 측정은 개방 회로를 확인하는 데 사용될 수 있고, 주파수 응답 분석은 접촉 문제를 확인하는 데 사용될 수 있습니다.

두 경우 모두 추가 가스 분석을 통해 변압기의 핫스팟을 나타낼 수 있습니다. 그러나 가스 특징은 고유하지 않으므로 근본 원인을 식별할 수는 없습니다.

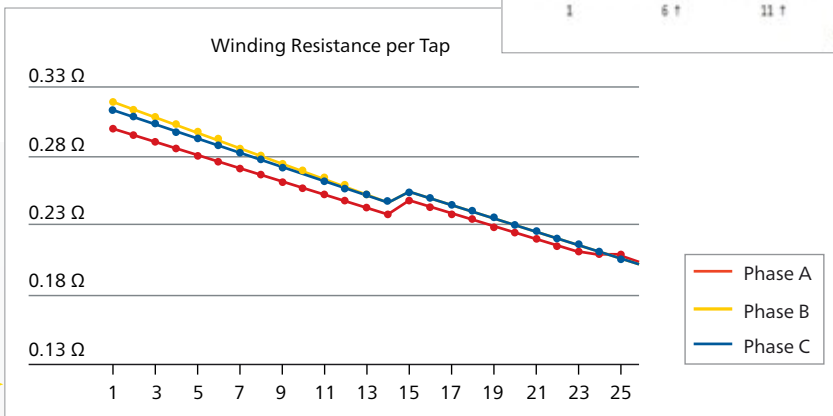
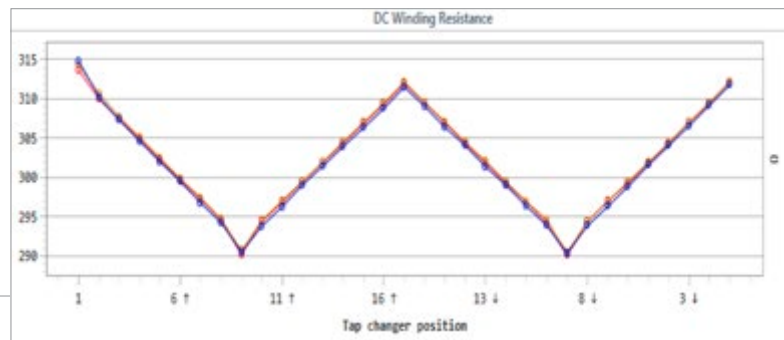
DC 권선 저항 측정 중에 변압기 코어가 자화될 수 있습니다. 따라서 이 시험을 수행한 후 코어의 자기를 소거하는 것이 좋습니다.

### TESTRANO 600을 사용하는 이유

- > HV 및 LV 권선의 3상 측정 시 재결선 없이 최대 33 A DC 사용
- > 낮은 저항 권선의 단상 측정 시 최대 100 A DC 사용
- > 자동 탭변환기 제어 및 OLTC 모터 전류 및 전압 측정
- > 결선 변경 없이 코어의 자기 소거 및 권선비 측정

### CPX 200을 사용하는 이유

- > 낮은 저항 권선의 단상 측정 시 최대 100 A DC 사용
- > 탭변환기 자동 제어
- > 정확도 높은 측정



탭당 권선 저항은 정적 권선 저항 측정을 사용하여 기록되었습니다.

# 동적저항측정 / Dynamic OLTC Scan

## 시험 가능 항목

- 부상
- 부상 CT
- 리드
- ✓ 탭변환기
- 절연
- 권선
- 코어

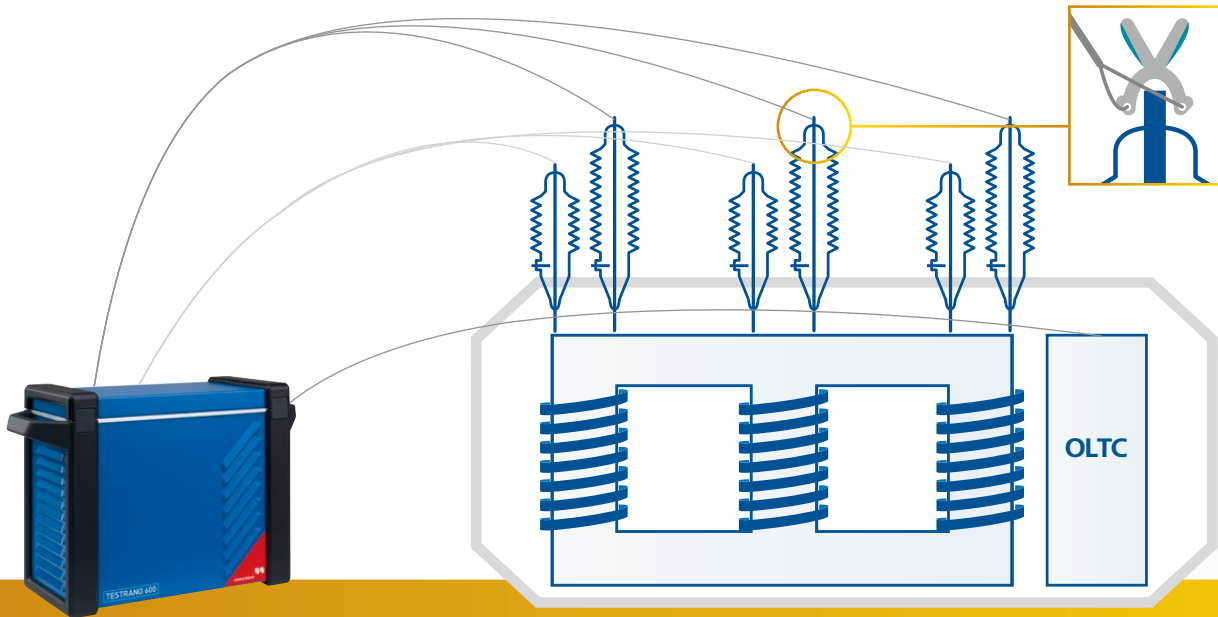
## 측정 목적

Dynamic OLTC-Scan(DRM)은 동적저항을 측정하는 고급 솔루션으로 부하시탭변환기(OLTC)의 상태를 평가하는 선진 진단 기법입니다. 이는 다이버터 또는 셀렉터 스위치의 빠른 스위칭 동작을 캡처하여 기존의 정적 권선저항 측정에 중요한 보완 정보를 제공합니다.

이를 통해 사용자는 스위칭 시간을 알 수 있고 접촉 불량 여부를 감지하며 접점 마모 상태를 확인할 수 있습니다. 효과적으로 분석하려면 동적 곡선을 시운전 특징과 비교하거나 위상 간 비교를 실시하는 것이 필수적입니다.

## 작동 방식

DRM을 실시하기 위해 시험 대상 권선에 DC 전류를 인가합니다. 일단 전류가 안정되면 시험셋에 의해 자동으로 OLTC가 전환됩니다. 스위칭 동작 중의 전류 변화를 기록하여 전류 크기 및 동작 시간의 이상 여부를 평가할 수 있습니다.



특수 설계된 Kelvin 클램프는 4선식 연결 기법을 적용하므로 정밀한 저항 결과가 나옵니다.

TESTRANO 600을 사용하면 추가 결선 작업 없이 전력용 변압기의 정적 및 동적 저항 측정이 가능합니다.

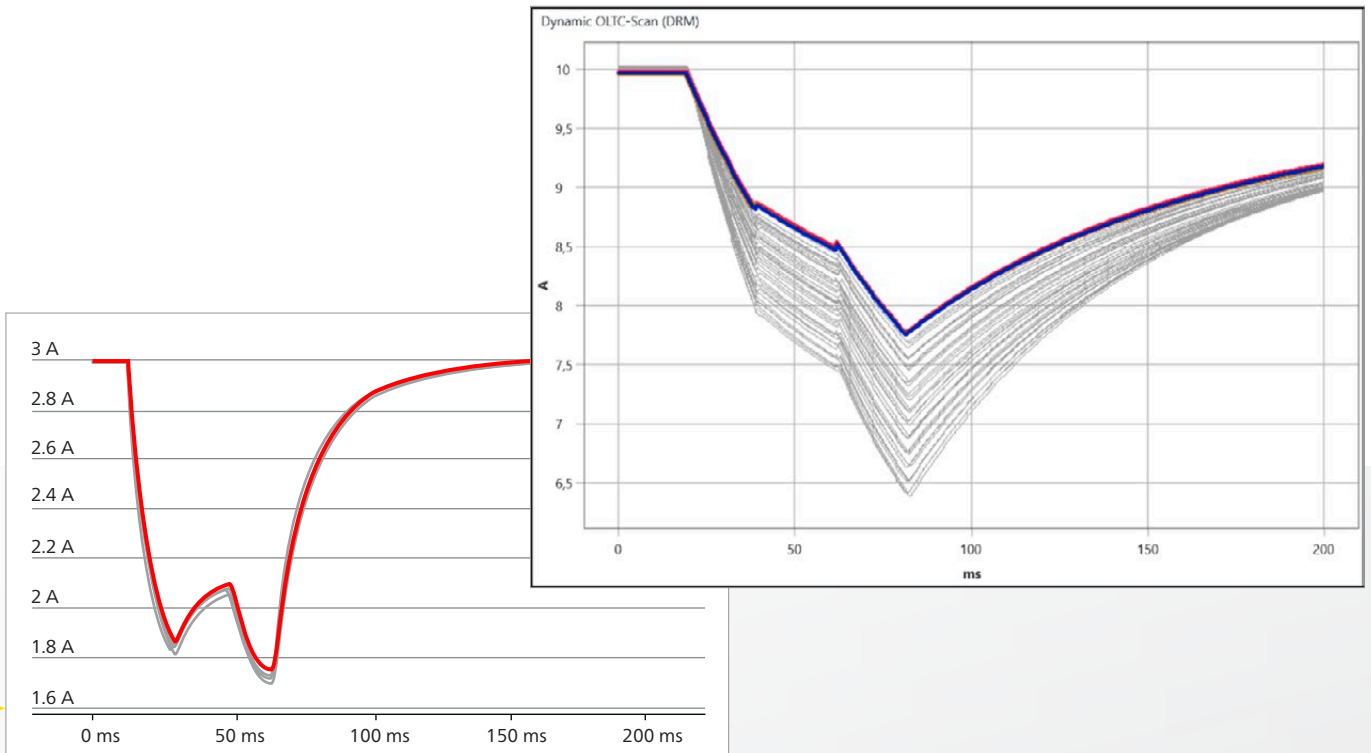
### 알아두면 좋은 정보...

반대 권선에 단락회로를 적용하면 전류 신호에 대한 감도를 높여 보다 정밀한 측정이 가능합니다. 이는 전류 리플을 증폭시켜 스위칭 프로세스의 중요 단계를 시각적으로 분명히 보여줍니다. TESTRANO 600에서는 간단한 소프트웨어 옵션 설정을 이용해 즉시 손쉽게 자동 단락이 구성됩니다.

TESTRANO 600은 추가 전류 클램프를 이용해 탭 전환 동작 중 모터 전류도 함께 측정할 수 있습니다. 이러한 기록은 OLTC의 모터 구동장치의 상태를 평가하고 잠재적인 기계 문제나 마모를 식별할 수 있어 예방 정비를 위한 필수 데이터로 활용할 수 있습니다.

### TESTRANO 600을 사용하는 이유

- > 2-in-1 방식: Dynamic OLTC Scan에 정적 권선저항의 자동 측정 포함
- > 신속 측정을 위한 3상 DRM 가능
- > 스위칭 시간의 순위순 비교와 분석
- > 종합 진단에 유용한 모터 전류 측정
- > 최적 감도를 위한 동적 단락



동적저항측정을 사용하여 기록된 저항성 다이버터 OLTC의 스위칭 과정 중 과도 전류

# 진동음향 측정

## 시험 가능 항목

- 부상
- 부상 CT
- 리드
- ✓ 탭변환기
- 절연
- 권선
- 코어

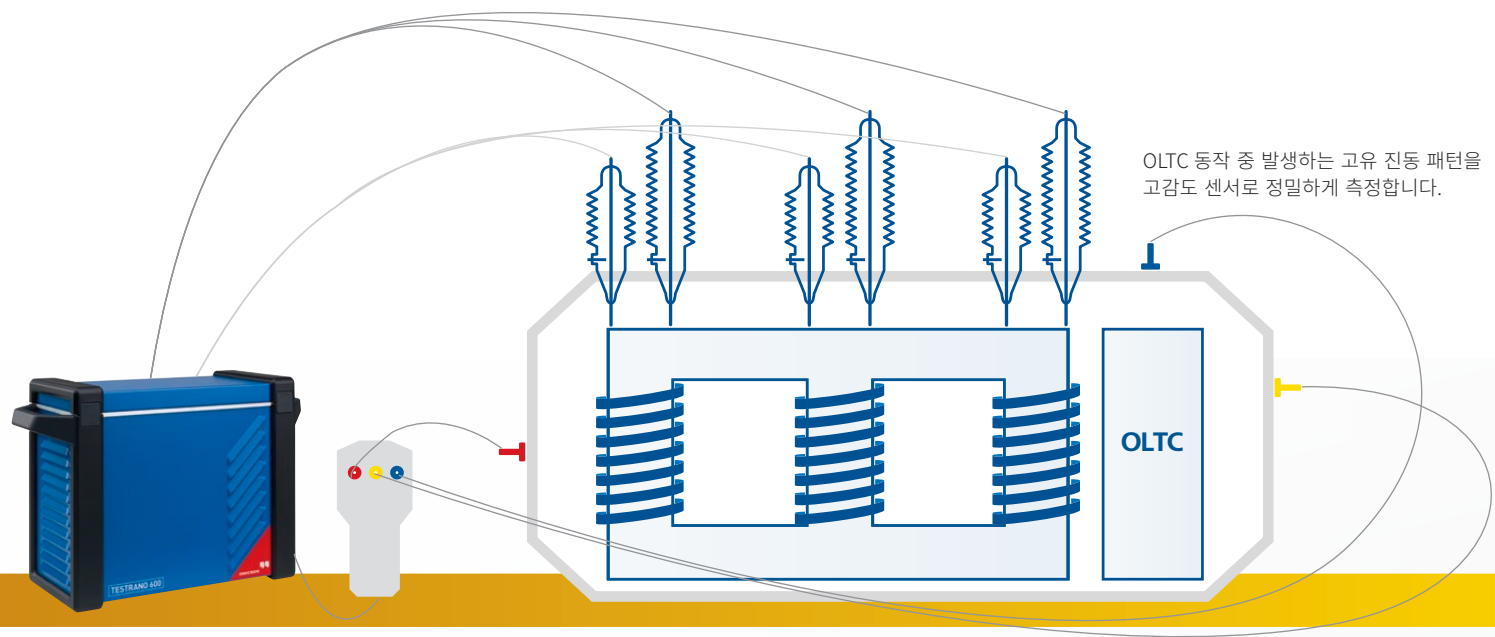
### 측정 목적

진동음향 측정(vibro-acoustic measurement, VAM) 방법은 민감한 센서를 이용하여 탭변환기 스위칭 작업 도중에 발생한 뚜렷한 진동 패턴을 정확하게 기록합니다. 각 설비마다 고유한 진동 패턴을 가지고 있으며, 이상적으로는 시운전 시에 측정한 데이터(reference fingerprint)와 비교할 수 있습니다.

스위칭 도중의 기계 동작과 전기적 아크에 의해 생성된 음향 신호를 넓은 주파수 범위에서 캡처합니다. 상세 신호를 분석하고 평가함으로써 VAM으로 탭변환기의 기계적 상태를 종합적으로 평가할 수 있습니다.

### 작동 방식

VAM(진동 음향 측정) 방식은 Dynamic OLTC Scan과 동일한 측정 설정을 기반으로 합니다. 여기에 OLTC 스위칭 중 발생하는 진동 신호를 포착하기 위해 변압기 탭 변압기 탭면에 가속도 센서를 추가로 부착합니다. 센서를 OLTC 구동부에 최대한 가깝게 배치함으로써, 외부 진동 간섭을 줄이고 가장 명확한 신호를 포착할 수 있습니다. 센서를 단단한 강체 구조물 근처에 배치하면 신호의 명확도와 정확도가 더욱 향상되어 신뢰성 있는 진단에 도움이 됩니다.



TESTRANO 600을 이용하면 측정 한 번에 Dynamic OLTC Scan과 VAM 측정을 수행할 수 있어 동기화된 기록을 받아볼 수 있습니다.

### 알아두면 좋은 정보...

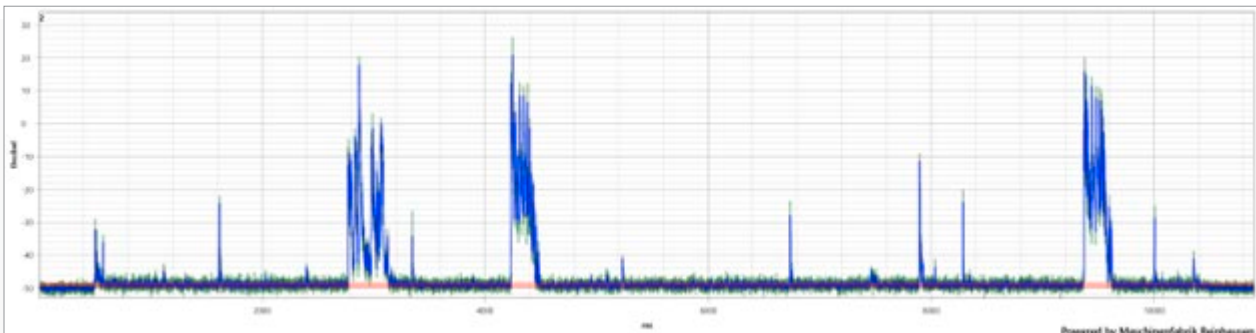
Maschinenfabrik Reinhausen(MR)과 협력하여 개발한 VAM 기술을 기반으로, TESTRANO 600은 정밀 진단을 위한 분석용 데이터를 제공합니다. 이 데이터를 MR Customer Portal에 업로드하여 VAM 분석 서비스를 이용할 수 있습니다.

VAM 측정의 신뢰도를 보장하기 위해 PTM 소프트웨어에는 신호 품질 자동 평가 기능이 내장되어 있습니다. 시스템이 현장에서 주요 기준을 분석하고 불충분한 품질에는 경고를 주므로 사용자가 잠재적인 측정 문제를 즉시 알아채고 해결할 수 있습니다.

센서가 변압기 탭 벽에 자석으로 부착되기 때문에, 변압기를 운전 상태로 유지하면서도 VAM 측정을 수행할 수 있습니다. 이러한 방식은 유지보수 기간이 아닐 때 OTLC에 기계적 편차가 있는지를 점검할 때 유용한 만큼, 유지보수 일정이 잡힌 설비 가운데 어떤 부분을 우선 확인할지 판단하는 데 도움이 됩니다.

### TESTRANO 600을 사용하는 이유

- > 3-in-1 방식: 진동음향 측정에 정적 권선저항 자동 측정과 동적 OLTC 스캔 포함
- > 온라인 측정 가능, 작동 중단 필요 없음
- > 스위칭 시간의 손쉬운 비교와 분석
- > 통합 점검으로 현장에서 바로 데이터 품질 평가



한 번의 탭 스위칭 동작에 대한 진동음향 측정 기록

# 변압기 권선비(TTR) 측정

## 시험 가능 항목

- 부상
- 부상 CT
- 리드
- 탭변환기
- 절연
- ✓ 권선
- 코어

### 측정 목적

변압기 권선비(TTR) 측정은 전력용 변압기의 기본 작동 원리를 확인하기 위해 실시합니다. 한 권선에서 다른 권선까지의 비율과 위상 각을 측정하여 단선 및 단락된 권선을 감지할 수 있습니다.

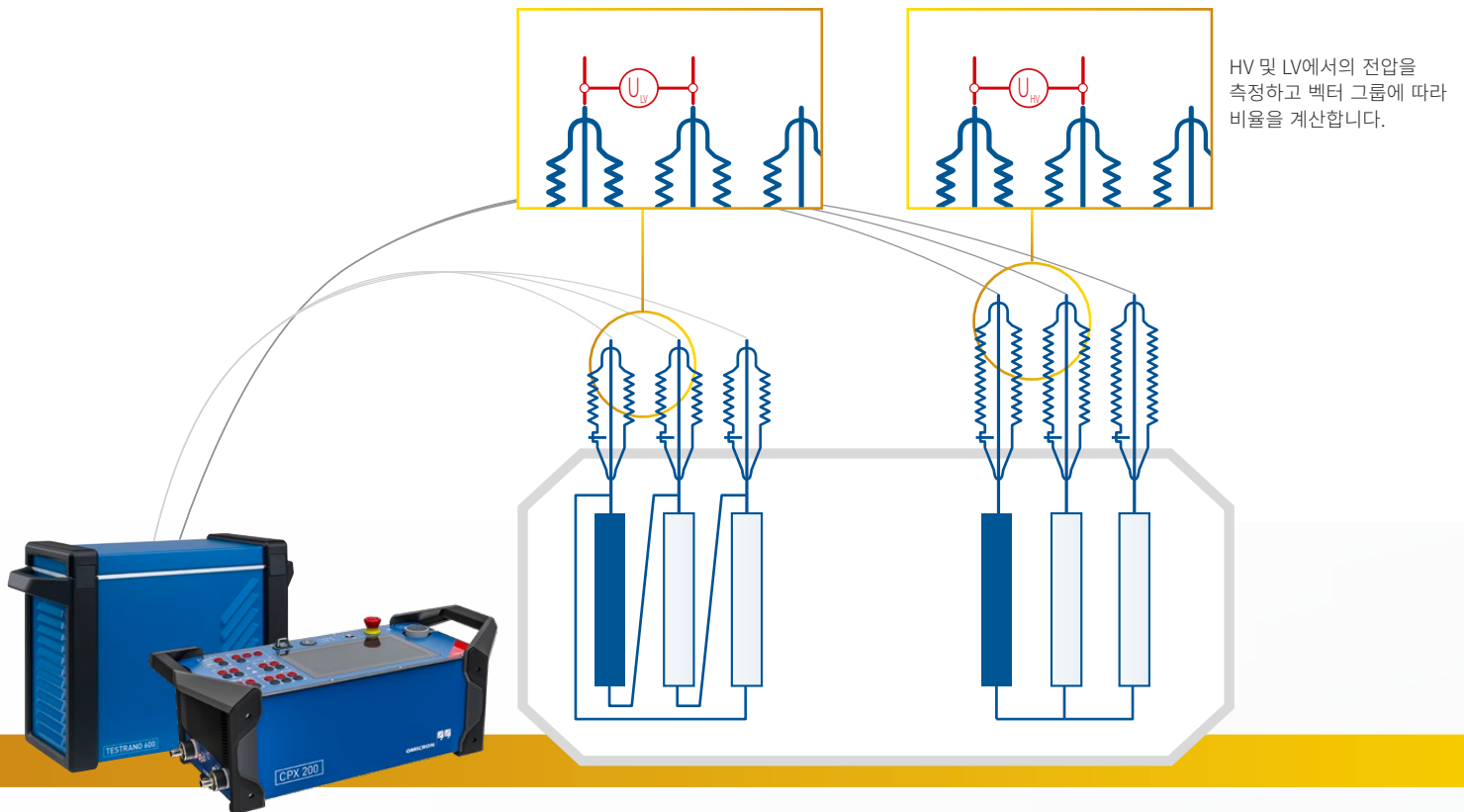
권선비는 공장 인수 시험(FAT) 중에 결정되며 변압기가 가동되면 정기적으로 확인해야 합니다. 계전기가 트립되었을 때, 변압기 유증가스 분석(DGA) 및 유전정점/역을 측정과 같은 진단 시험을 할 때에도 TTR 측정을 합니다.

### 작동 방식

**단상 소스**를 사용할 경우, 한 권선의 각 위상에 시험 전압을 인가하고 같은 레그의 고전압 권선과 저전압 권선에서 모두 측정합니다.

**3상 소스**를 사용하면 3상에 대해 동일한 측정을 동시에 수행할 수 있습니다.

계산된 비율은 명판에 나와 있는 공장 결과와 비교할 수 있습니다.



TESTRANO 600과 CPX 200을 사용하면 추가 결선 작업 없이 전력용 변압기의 변압기 권선비 측정이 가능합니다.

## 알아두면 좋은 정보...

결과는 각 위상에서 명판 값과 비교합니다. IEC 60076-1 및 IEEE C57.152에 따라, 측정된 값은 공칭비에서 0.5% 이상 벗어나지 않아야 합니다.

권선비는 일반적으로 측정 입력 시 안전하지 않은 전압을 피하기 위해 고전압 권선부터 저전압 권선 순으로 측정합니다.

자화된 코어가 있거나 접지 기준이 누락되면 측정이 영향을 받아 정확하지 않은 결과가 나올 수도 있습니다. 따라서 변압기 코어가 자기를 소거하고 각 권선에 적절한 접지가 설정되어 있는지 확인하는 것이 매우 중요합니다.

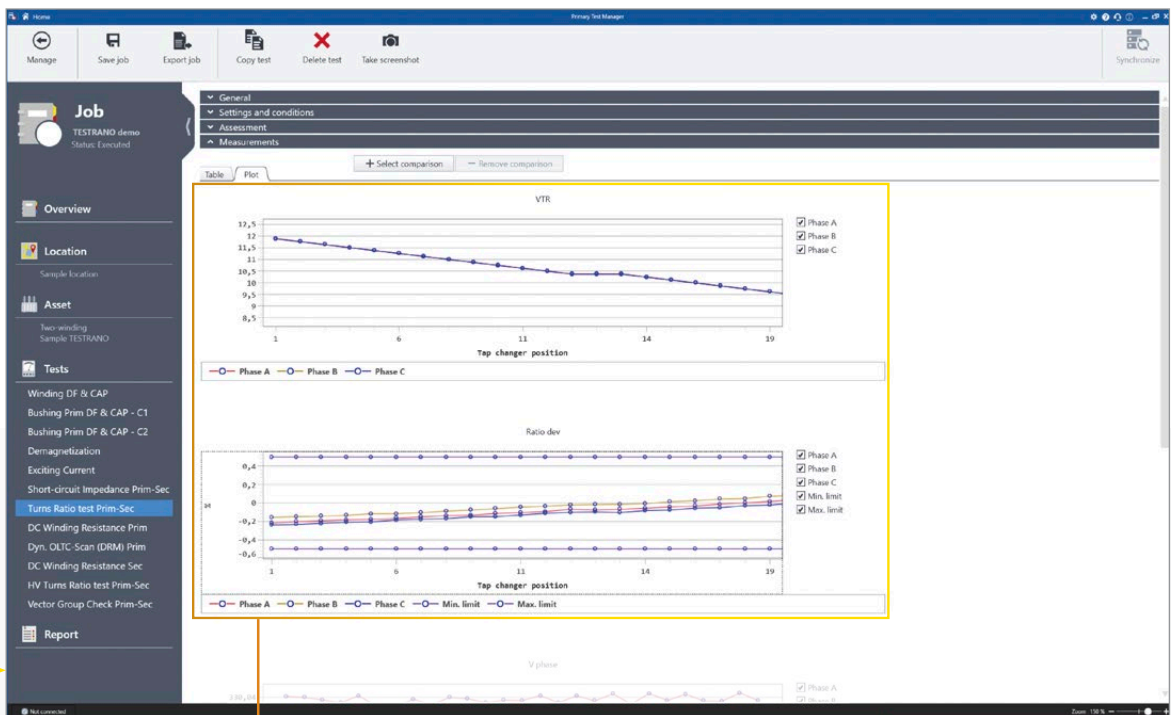
의심되는 문제를 확인하거나 해소해야 할 경우, 추가적인 여자 전류 시험은 단락 상태를 진단하는 데 유용하며, DC 권선 저항 시험은 개방 회로 조건에 매우 민감합니다.

## TESTRANO 600을 사용하는 이유

- > 어떤 권선 구성에서든 권선비와 위상 변위를 구할 수 있는 진정한 3상 측정
- > 재결선 없이 최대 400 V AC (L-L) 측정
- > 같은 결선으로 DC 권선 저항 시험, 리드 교체 불필요
- > 장치에 내장된 자동 탭변환기 제어, 액세스리 불필요

## CPX 200을 사용하는 이유

- > 어떤 권선 구성에서든 권선비와 위상 변위를 구할 수 있는 진정한 3상 측정
- > 단상 측정 지원
- > 탭변환기 자동 제어



TTR은 각 탭 위치에서 3상(three phases) 모두에 대해 측정됩니다. 국제 표준에 따르면 결과는 공칭 명판 값에서 0,5% 넘게 벗어나지 않아야 합니다.

# 여자 전류 측정

## 시험 가능 항목

- 부싱
- 부싱 CT
- 리드
- 탭변환기
- 절연
- ✓ 권선
- ✓ 코어

## 측정 목적

여자 전류 측정은 권선의 권선 간 절연, 변압기의 자기 회로, 탭변환기를 평가하기 위해 실시합니다.

이 시험의 최대 효과는 권선에서 권선 간 단락을 감지하는 것입니다. 코어 라미네이션이 물리적으로 움직일 경우 코어가 심각하게 손상되어 자기 저항에 영향을 줄 수 있으며, 그로 인해 여자 전류가 달라지기도 합니다. 편차가 있을 경우 탭변환기의 접촉 마모 또는 부적절한 결선이 있을 수도 있습니다.

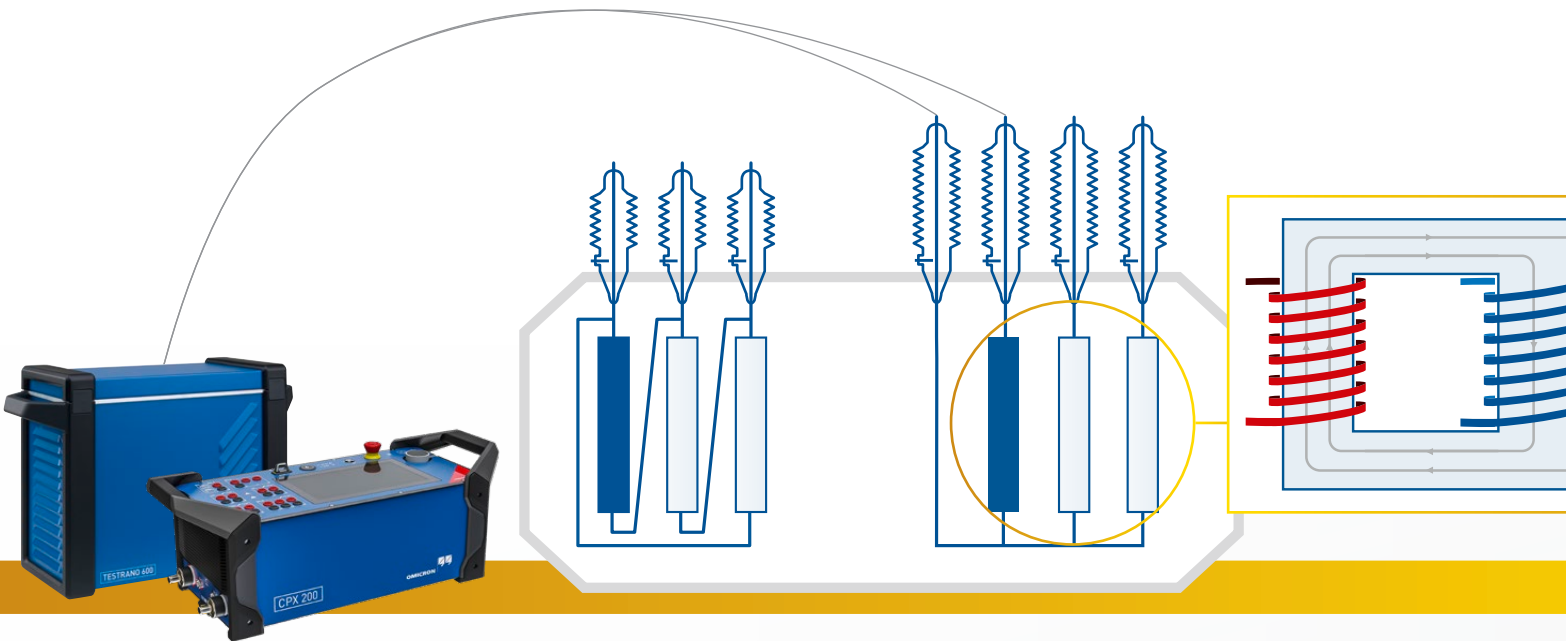
## 작동 방식

여자 전류 시험은 무부하 조건에서 측정합니다. 따라서 AC 전압은 변압기의 한쪽(보통 고전압 쪽)에 적용되고 반대쪽은 개방된 상태로 유지됩니다. 1차 권선에 흐르는 전류의 크기는 변압기 작용을 이끌어 내는 데 필요한 에너지, 즉 2차 권선에 전압을 유도하는 데 필요한 에너지에 비례합니다.

권선 간 단락 결함을 감지하기 위해서는 시험 세트와 권선의 한도 내에서 가장 높은 시험 전압을 선택하는 것이 좋습니다.

표준 시험 전압은 10 kV입니다.

시험 연결은 권선 구성에 따라 달라집니다. 일반적으로 통전된 권선의 중성 부싱(있을 경우)은 저전압 리턴 리드에 연결해야 합니다. 개방 권선의 중성 부싱은 (사용 중 접지된 경우에도) 접지해야 합니다.



TESTRANO 600 + CP TD12/15, 그리고 CPX 200 + HVX10을 사용하면 추가 결선 작업 없이 전력용 변압기의 여자 전류 측정이 가능합니다.

### 알아두면 좋은 정보...

여자 전류 시험은 위상과 탭 위치 간에 비교해야 합니다. 결과는 변압기의 구성과 limb 수에 따라 두 가지 또는 세 가지 유사한 위상(HLH, LHL, HHH)이 포함된 뚜렷한 위상 패턴을 보여야 합니다. 유사한 위상은 서로 5% ~ 10% 넘게 차이가 나면 안 됩니다.

3상 모두 다른 여자 전류를 보인다면 추가 조사를 하는 것이 좋습니다. 다른 위상 패턴은 자화된 코어나 권선 문제로 인해 발생할 수 있습니다.

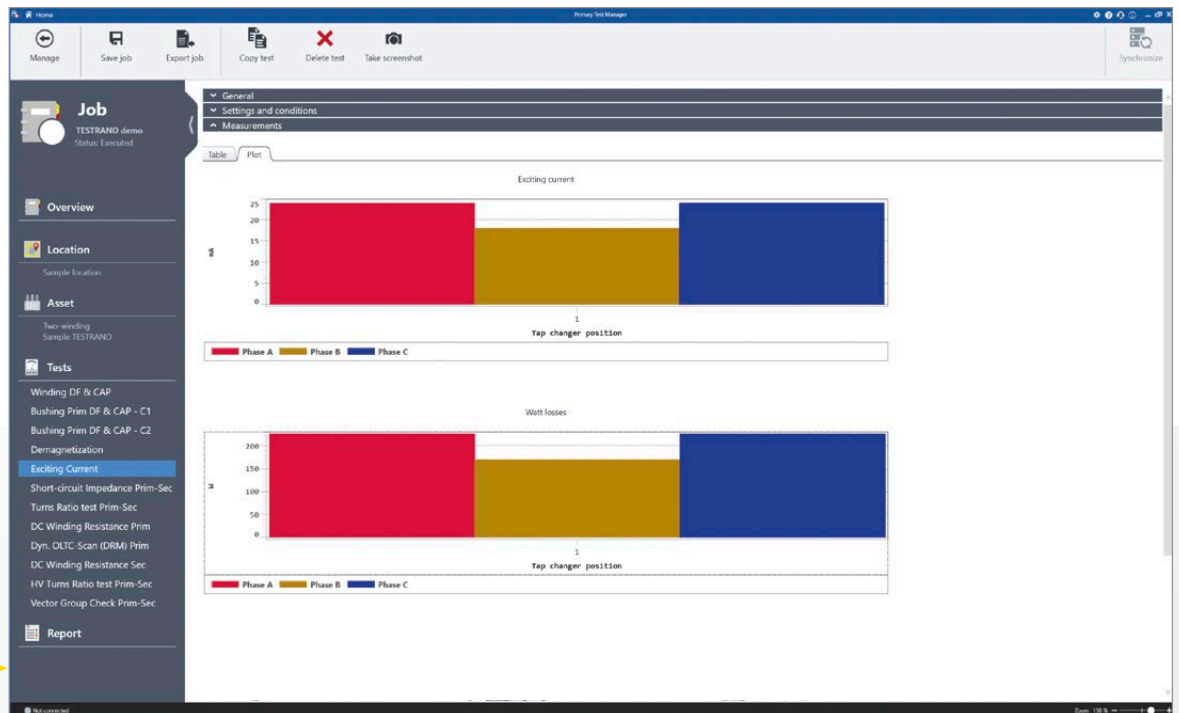
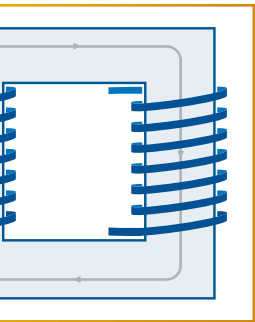
위에서 언급한 바와 같이, 코어의 잔류 자기는 결과에 영향을 줄 수 있습니다. 이 경우 변압기의 자기를 소거하고 시험을 반복해야 합니다.

위상 패턴 외에도, 결과는 모든 탭 위치에서 고유한 패턴을 보여야 하며 이는 탭변환기 유형에 따라 다를 수 있습니다. 특정 탭변환기 패턴을 알 수 없어도 3상이 모두 같아야 합니다.

단락 권선은 TTR(변압기 권선비) 측정을 통해서도 확인할 수 있으며, 코어의 문제를 확인하거나 세부 진단을 할 때 SFRA(주파수 스위프 응답 분석) 시험을 이용하면 좋습니다.

### TESTRANO 600 + CP TD12/15 또는 CPX 200 + HVX10을 사용하는 이유

- > 일반적인 시험 전압 10kV에서 여자 전류 시험 수행
- > 재결선 없이 권선비 측정 중 여자 전류 결정
- > 3상 모두에서 여자 전류 결정
- > 탭변환기 자동 제어



외측 위상에 유사한 높은 값 2개와 중앙 위상에 낮은 값 1개가 있는 3-limb 변압기가 일반적인 HLH 위상 패턴입니다.

# 단락임피던스/누설리액턴스 측정

## 시험 가능 항목

- 부상
- 부상 CT
- 리드
- 탭변환기
- 절연
- ✓ 권선
- 코어

### 측정 목적

단락임피던스/누설리액턴스 측정은 권선의 변형 또는 변위 가능성을 평가할 수 있는 민감한 방법입니다.

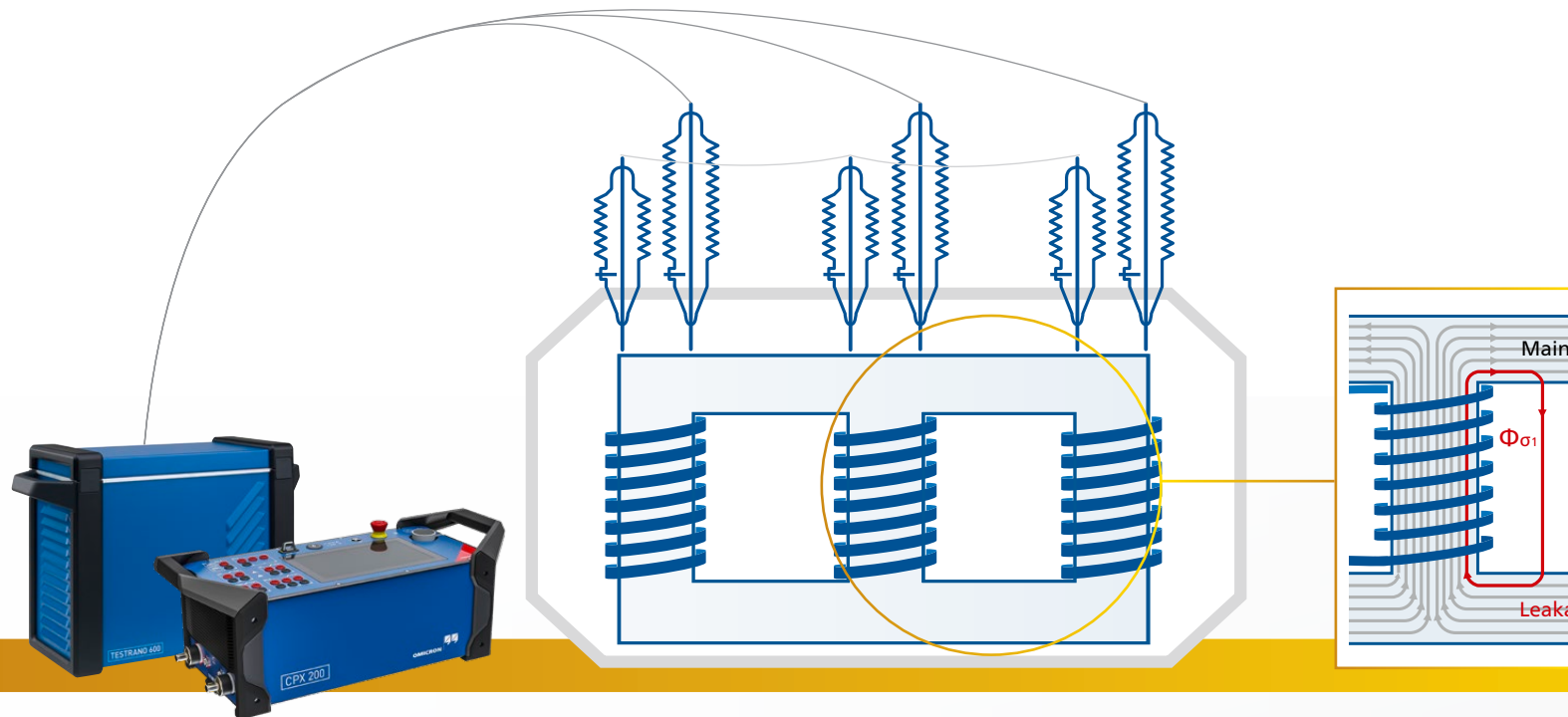
전력용 변압기가 운반되거나 심하게 단락되면 권선이 움직이거나 변형될 수도 있습니다. 이 경우 단락임피던스/누설리액턴스 시험을 권장합니다.

시험은 일반적으로 3상 측정으로 하며 여기서 나온 값을 공장 인수 시험 중에 제조업체가 설정한 명판 값과 비교합니다. 이 값은 3상 전체의 평균을 나타내므로 권선 진단 시에는 위상별 측정도 권장됩니다.

### 작동 방식

AC 소스는 고전압 권선의 각 위상에 연결됩니다. 3상 측정 시, 중성 단자(있는 경우)는 연결하지 않고 저전압 측의 3상을 모두 단락시킵니다. 위상별 시험의 경우 단락은 저전압 측의 해당 권선에만 적용됩니다.

고전압 권선의 전류와 전압은 진폭과 위상으로 측정합니다. 마지막으로, 단락임피던스는 특정 변압기 정격을 고려하여 계산합니다.



TESTRANO 600과 CPX 200을 사용하면 전력용 변압기의 단락임피던스/누설리액턴스를 측정할 수 있습니다. TESTRANO 600은 재결선 없이 진정한 3상 측정을 수행할 수 있습니다.

### 알아두면 좋은 정보...

3상 측정에서 얻은 단락 임피던스는 명판 값에서 3% 이상 벗어나지 않아야 합니다.

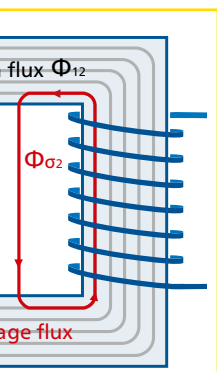
그러나 더 높은 편차가 발생한다고 해서 반드시 권선 변형이 있다는 뜻은 아닙니다. 권선 변형이 확인되려면 위상별 누설리액턴스 시험 결과 중 하나 이상이 장애를 일으켜야 합니다.

각 위상 결과는 위상별 시험의 측정값 3개 모두의 평균과 비교해야 합니다. 대부분의 경우, 평균과의 편차는 1% 미만이며 2~3%를 초과해서는 안 됩니다. 위상별 시험 결과는 명판 값과 비교할 수 없습니다.

누설리액턴스는 단락임피던스의 반응 부분만을 나타냅니다. 그러나 두 용어는 동일한 시험 방법을 지칭하는 것으로 혼용됩니다.

또한 주파수 스윙 응답 분석(SFRA)을 실시하여 권선의 움직임과 변형을 추가로 조사해도 됩니다.

누설리액턴스는 코어에 완전히 포함되지 않은 자속인 누설 자속을 나타냅니다. 권선의 움직임이나 변형은 누설 경로의 자기 저항, 즉 리액턴스를 변경합니다.



Short circuit impedance results (Zk)					
	Phase	I AC	V1 AC	V1 AC phase	Wat
Start	A	941,02 mA	164,73 V	87,09 °	1,87
Start	B	959,90 mA	168,62 V	87,08 °	8,24
Start	C	970,41 mA	168,56 V	86,97 °	8,64

Assessment uk		
Phase	uk meas (%)	uk ref (%)
	8,67 %	8,45 %

단락임피던스는 측정된 3상 결과와 변압기의 정격 전력을 기반으로 계산합니다. 그런 다음 이 값을 변압기 명판의 공칭 값과 비교합니다.

### TESTRANO 600을 사용하는 이유

- > 재결선 없이 단락임피던스를 구하는 3상 측정
- > 변압기 일반 시험을 한 번의 클릭으로 수행할 수 있도록 테스트 그룹 지원
- > TESTRANO의 자동 단락 결선 기능(Auto-LRT)

### CPX 200을 사용하는 이유

- > 단상 측정으로 3상과 동등한 단락임피던스/누설리액턴스 판단

Transformer Type: ODL 16 000 / 110    Serial No.: 561525  
 Year: Manufacturing 1966    Operation DB  
 50 Hz    Cooling S    Vector Group Yd11  
 Power P: PRIM 12 000    TERT    SEC 12 000    kVA  
 Rated Voltage: 1 12 62 00    54.9    10 600 V    A  
 13 11 00 00    53.0    A    V    A  
 25 9 38 00    73.9  
 Impedances: PRIM-TERT    TERT-SEC    PRIM-SEC 8.45 %  
 8.15  
 Weight: Total 424    Oil 17.6    Active Part 18    Shipping 41 t

# 표유손의 주파수응답(FRSL) 측정

## 시험 가능 항목

- 부상
- 부상 CT
- 리드
- 탭변환기
- 절연
- ✓ 권선
- 코어

### 측정 목적

표유손의 주파수 응답(FRSL) 시험은 여러 주파수에서 단락임피던스의 저항 성분을 측정하는 시험입니다. 전기적 방법으로는 유일하게 병렬 스트랜드 사이의 단락과 과도한 와류손으로 인한 국부 과열을 찾아낼 수 있는 시험법입니다.

단락 및 누설리액턴스 시험과 마찬가지로, FRSL 측정은 벤치마크 결과를 설정하기 위한 시운전 또는 인수 시험으로 수행하는 것이 좋습니다. 마찬가지로 FRSL 시험은 루틴 진단 시험이 아니지만 고급 진단에 권장됩니다. 이 시험은 3상 또는 단계별 시험으로 해도 됩니다.

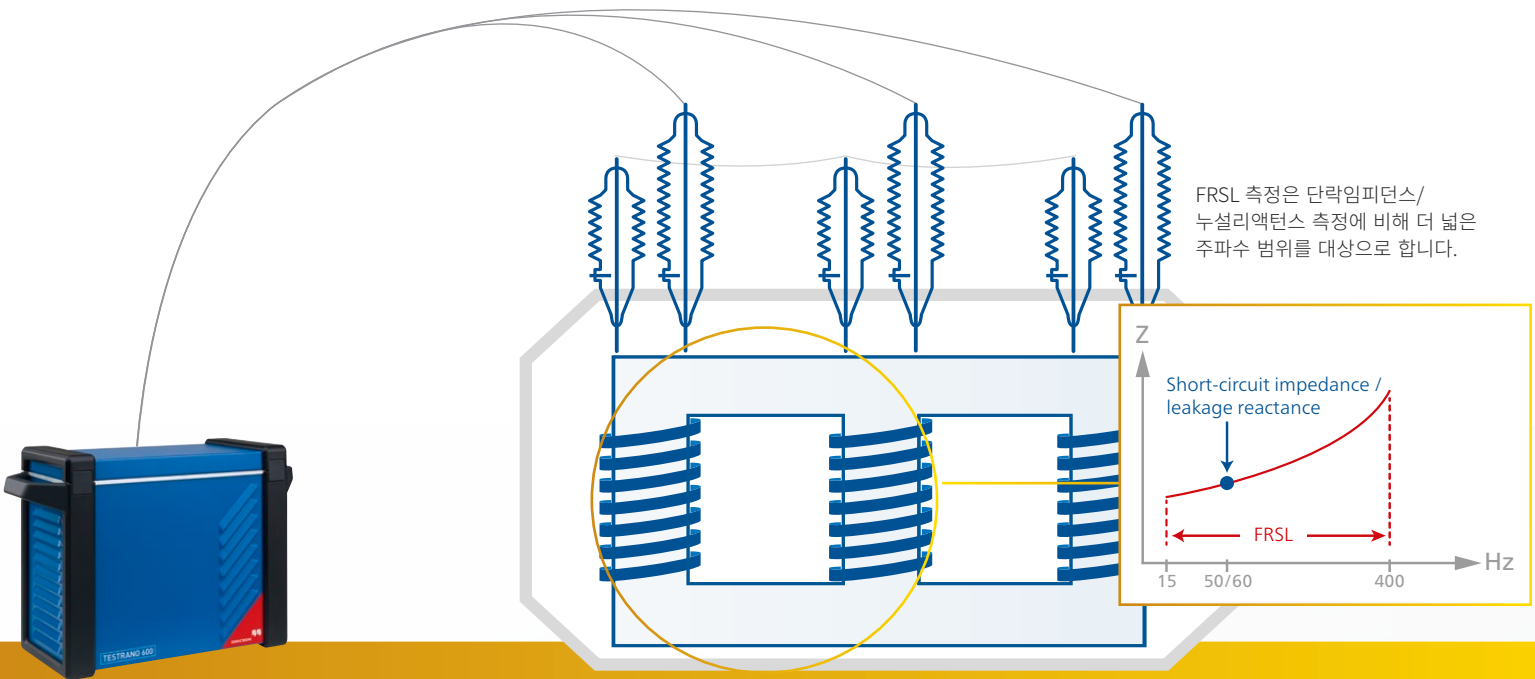
### 작동 방식

FRSL의 시험 설정 및 절차는 단락임피던스/누설리액턴스 시험과 동일하며 동시에 할 수 있습니다.

AC 소스는 고전압 권선의 각 위상에 연결됩니다. 3상 측정 시, 중성 단자(있는 경우)는 연결하지 않고 저전압 측의 세 상을 모두 단락시킵니다. 위상별 시험의 경우 단락은 저전압 측의 해당 권선에만 적용됩니다.

단락임피던스의 저항 성분은 측정된 전류, 전압 및 위상 변위를 이용해 15~599 Hz 사이 개별 주파수에서 계산합니다.

변압기의 와류손은 주파수가 높을수록 더욱 뚜렷해지므로 주파수 범위에 대한 결과를 도표화하여 저항 성분의 상승을 관찰할 수 있습니다.



TESTRANO 600을 이용해 재결선 없이 진정한 3상 시험을 통해 FRSL을 측정할 수 있습니다.

### 알아두면 좋은 정보...

FRSL 결과 분석은 대부분 시각적으로 표현되며 위상과 시간에 따른 비교를 동반합니다. 와전류 손실은 주파수와 함께 높아지므로 임피던스 또한 주파수 범위 전체에 걸쳐 상승합니다.

이 증가는 3상(phase) 모두 균일해야 하며 그 결과 부드러운 지수 곡선이 됩니다. 특히 더 높은 주파수에서 3%의 낮은 편차는 이미 스트랜드-투-스트랜드 단락 상태를 나타낼 수 있습니다.

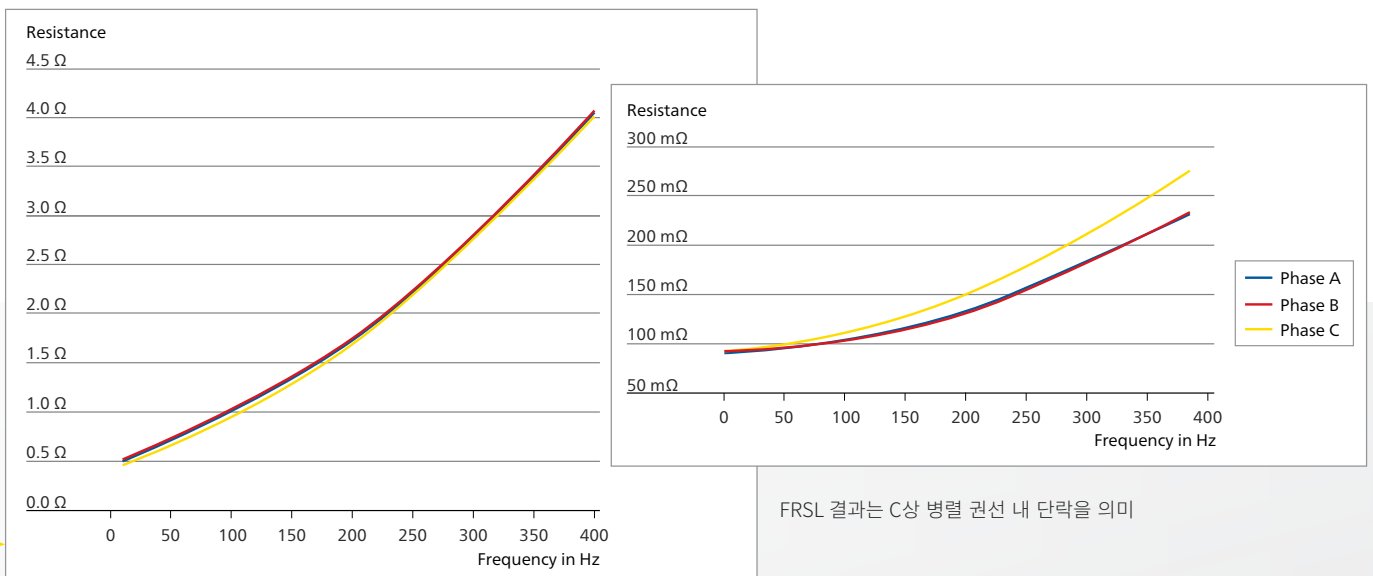
FRSL 결과는 유중 가스 분석(DGA)을 수행하여 교차 확인해야 합니다. FRSL로 진단할 수 있는 문제 중에는 가연성 가스가 나오는 것이 많습니다.

예를 들어, 합선이 발생하면 DGA에서 감지할 수 있는 정상적인 과열보다 더 높은 과열이 발생할 수 있습니다.

잘못된 FRSL 결과가 발생하는 원인이 될 수 있는 가장 일반적인 문제는 연결이 잘못되고 단락된 접촉 단면이 작은 경우입니다. 이 경우 위상 간에 수직 오프셋이 관찰될 수도 있습니다.

### TESTRANO 600을 사용하는 이유

- > 재결선 없이 FRSL을 측정하는 진정한 3상 측정
- > 단락임피던스/누설 리액턴스시험에 동일한 결선
- > 병렬 권선 내 단락 검출을 위해 최대 599 Hz까지 측정 가능
- > 그래픽 비교로 손쉬운 위상 간 분석



FRSL 결과는 C상 병렬 권선 내 단락을 의미

허용 가능한 FRSL 결과

# 잔류 자속 제거

## 시험 가능 항목

- 부싱
- 부싱 CT
- 리드
- 탭변환기
- 절연
- 권선
- ✓ 코어

### 측정 목적

전력용 변압기가 전력 시스템에서 분리될 때마다 코어에는 위상 변이로 인한 잔류 자기가 남아 있습니다. 예를 들어, 현장이나 공장에서 루틴 권선 저항 시험 중에 DC 전압이 변압기 코어에 적용된 후에도 잔류 자기가 남아 있습니다.

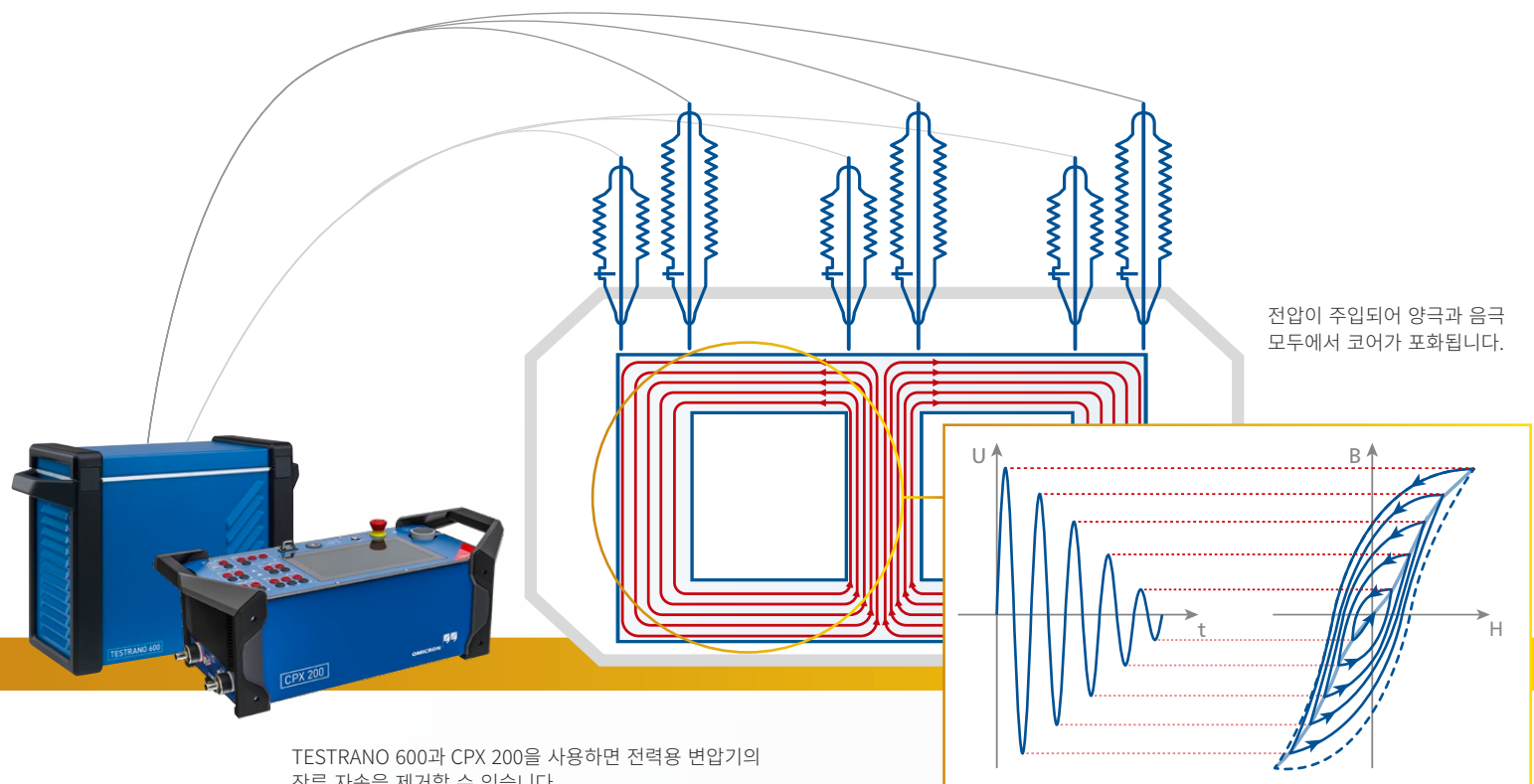
코어의 잔류 자기로 인해 최대 단락 전류에 준하는 높은 돌입 전류가 발생할 수 있습니다. 이 경우 변압기를 다시 가동할 때 변압기는 전기적인 그리고 기계적인 스트레스를 받습니다. 또한 진단 측정 다수가 잔류 자기의 영향을 받을 수 있으므로 신뢰할 수 있는 평가 결과를 얻기가 매우 어렵습니다.

따라서 변압기를 다시 가동하거나 진단 테스트 중에 DC 전압이 인가된 후에는 코어의 잔류 자속을 제거하는 것이 좋습니다.

### 작동 방식

먼저 코어가 양방향으로 포화되고 이어서 특정 히스테리시스 매개변수가 결정되며 초기 자속이 계산됩니다. 이 매개변수에 따라 반복 알고리즘으로 전압과 주파수를 모두 적용하여 적용된 자속을 줄입니다. 여러 번 반복하면 코어의 자기는 최대값의 1% 미만으로 소거됩니다.

자기 자속 측정에 따라 전력용 변압기 코어를 자기 소거하는 방식은 소형 및 대형 전력용 변압기 모두에서 안정적으로 작동합니다.



### 알아두면 좋은 정보...

전력용 변압기 코어에서 자기를 소거하면 변압기를 다시 가동할 때 인력과 장비에 대한 위험이 최소화됩니다.

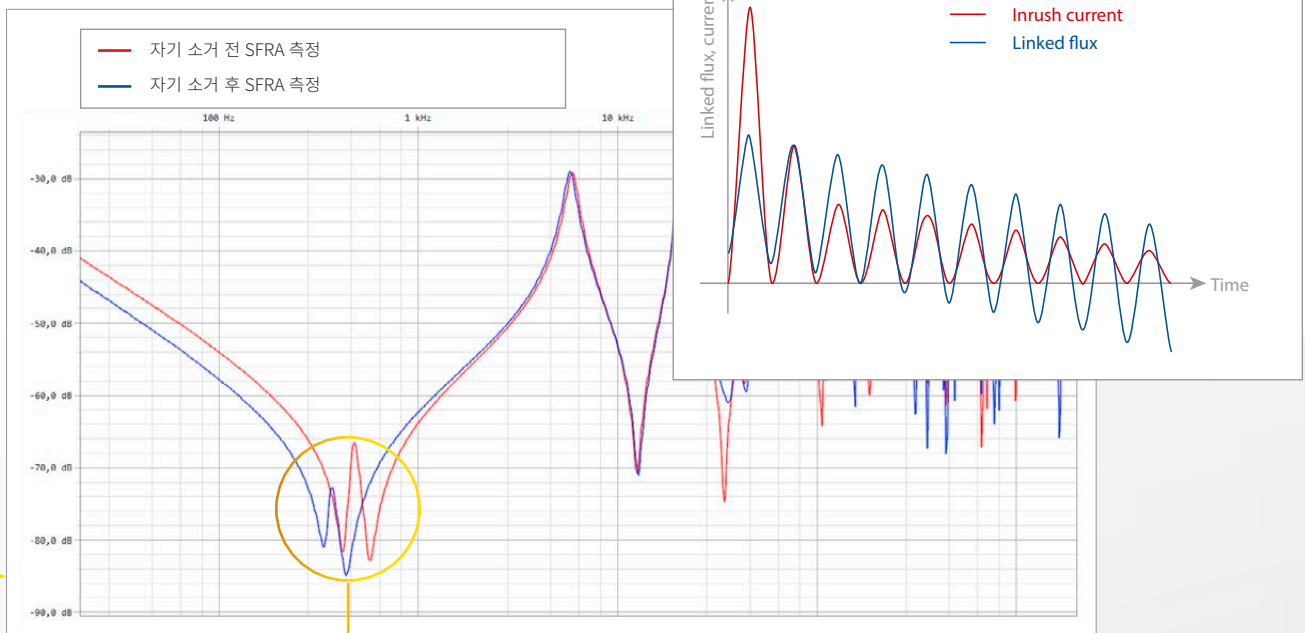
또한 여자 전류, 주파수 스윙 응답 분석(SFRA) 또는 자기 평형 시험을 하기 전에 변압기의 자기를 소거하는 것이 좋습니다. 이 측정은 모두 자화된 코어의 영향을 받으며 이 때문에 결과가 잘못 해석될 수도 있습니다.

자기 소거를 성공적으로 완료하기 위해 중요한 점은 자기 소거 프로세스 동안 코어의 자기 자속( $\phi$ )을 지속적으로 모니터링하는 것입니다.

### TESTRANO 600 또는 CPX 200을 사용하는 이유

- > 전력용 변압기 코어의 빠르고 안정적인 자기 소거
- > 추가 진단을 위한 초기 잔류 자속 측정(예: 예상하지 못한 여자 전류 시험 결과)
- > 코어 최대 자속 값의 1% 이하로 잔류자속 제거

잔류 자기로 인해 높은 돌입 전류가 발생하고 이로 인해 변압기를 다시 투입할 때 위험이 발생할 수도 있습니다.



A상에서의 SFRA 측정: 공진점의 이동은 자화된 코어로부터 측정에 어떻게 영향을 미치는지 보여줍니다.

# 주파수 스위칭 응답 분석(SFRA)

## 시험 가능 항목

- 부상
- 부상 CT
- ✓ 리드
- 탭변환기
- 절연
- ✓ 권선
- ✓ 코어

### 측정 목적

주파수 스위칭 응답 분석(SFRA)은 전력용 변압기 권선, 접점 또는 코어의 기계적 또는 전기적 문제를 찾아낼 때 이용합니다. 변압기 운반 중 심각한 단락이나 충격이 발생하면 권선이 움직이거나 변형될 수도 있습니다.

이 방법은 IEC 60076-18 표준이 도입된 이후 일반적인 전기 시험이 되었으며 시장에서 널리 쓰이고 있습니다.

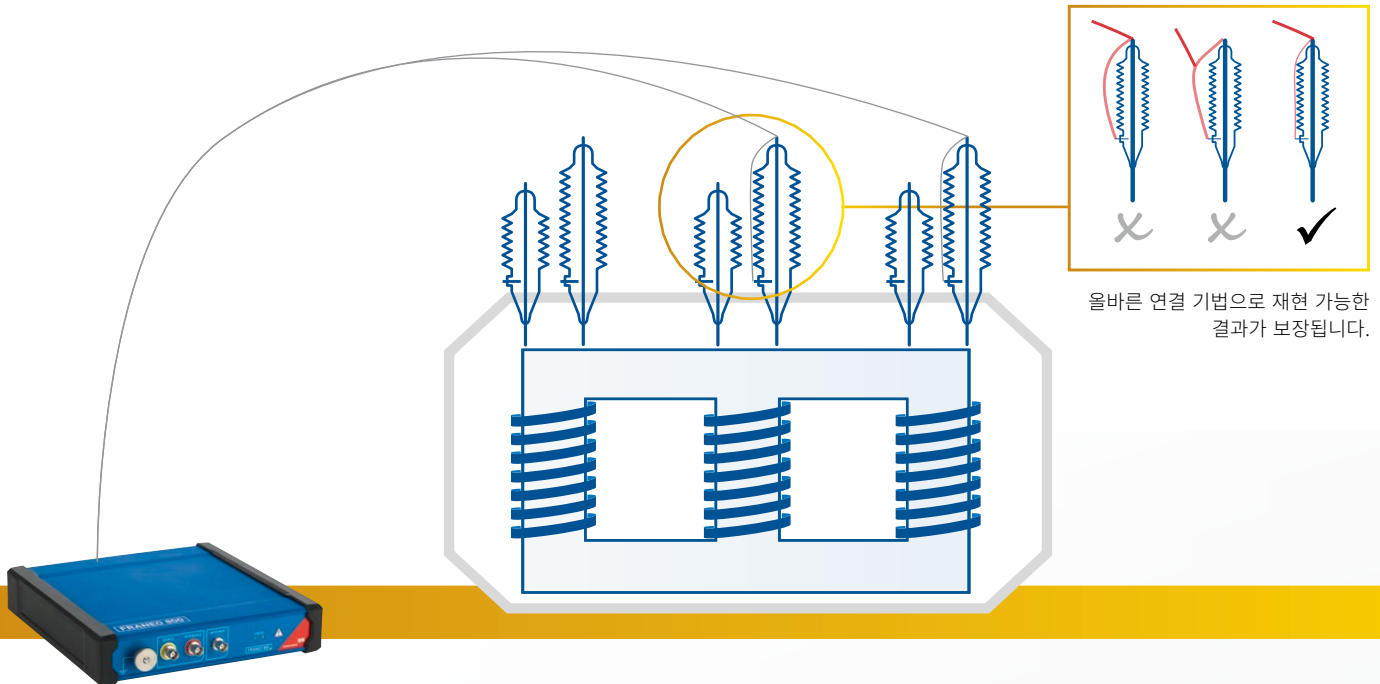
SFRA 시험은 변압기의 원래 핑거프린트를 확인하기 위해 제조업체에서 인수 시험이 끝날 때 수행한 다음, 운반 후 및 시운전 중에 다시 수행하는 것이 좋습니다.

### 작동 방식

전력용 변압기는 정전 용량, 인덕턴스 및 저항의 복잡한 전기 네트워크로 볼 수 있습니다. 각 전기 네트워크에는 고유한 주파수 응답이 있습니다.

주파수가 연속적으로 증가하는 정현파 여자 전압을 변압기 권선의 한쪽 끝에 주입하고 돌아오는 응답 신호를 다른 쪽 끝에서 측정합니다. 입력 및 출력 신호를 비교하면 고유한 주파수 응답이 생성되며 이것을 기존 핑거프린트와 비교할 수 있습니다.

내부 구성 요소의 변경, 이동 또는 변형은 전달 함수의 변화로 이어지며 그림을 비교하여 식별할 수 있습니다.



올바른 연결 기법으로 재현 가능한 결과가 보장됩니다.

FRNEO 800을 사용하면 주파수 스위칭 응답 분석(SFRA)을 사용하여 전력용 변압기의 코어 및 권선을 안정적으로 진단할 수 있습니다.

### 알아두면 좋은 정보...

SFRA는 현재 시험과 기준 시험을 비교하는 방식입니다. 핑거프린트를 사용할 수 없다면 다른 위상 또는 유사한 변압기의 결과를 비교에 적용해도 됩니다.

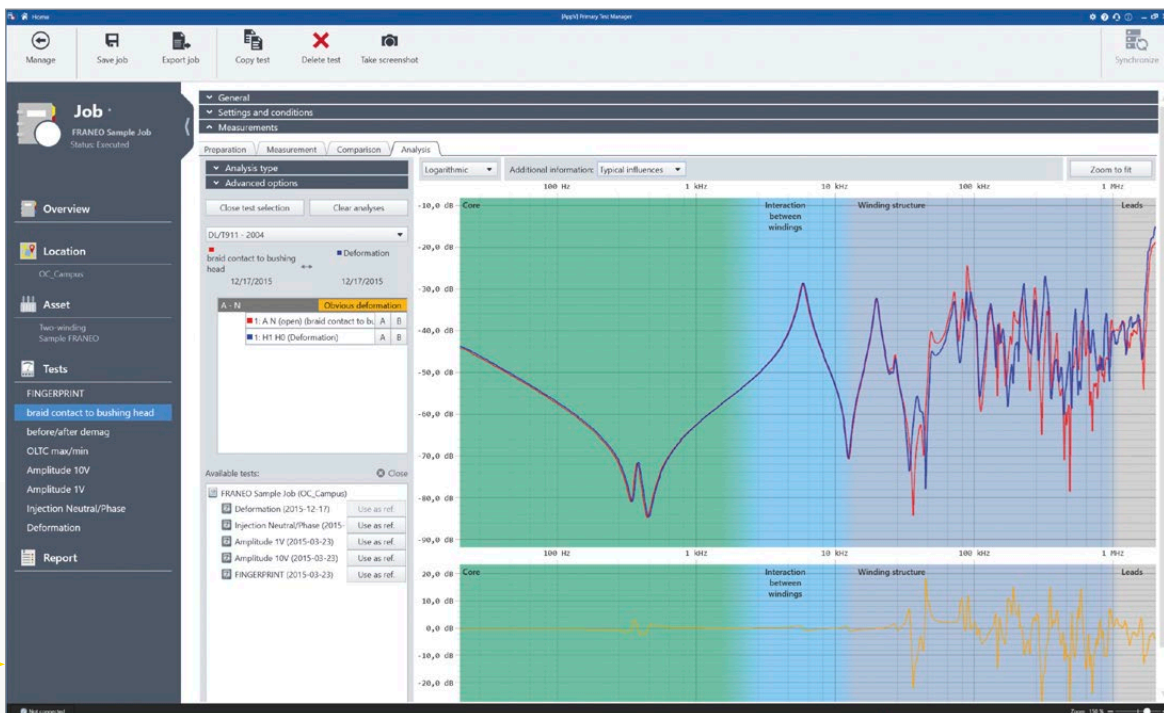
이러한 감지된 결함은 DC 권선 저항, 표유손의 주파수 응답(FRSL), 단락임피던스/누설리액턴스, 여자 전류 또는 변압기 권선비(TTR) 측정 등 다른 측정을 통해 확인할 수 있습니다.

SFRA는 비침습적 방법입니다. 고전압을 적용하지 않고도 전력용 변압기의 건전성을 높은 신뢰도로 평가할 수 있습니다.

SFRA는 전력용 변압기의 기계적 변형을 정확하게 파악하는 유일한 방법이다.

### FRANEO 800을 사용하는 이유

- > 업계에서 가장 넓은 동적 측정범위 (> 150dB)
- > IEC 60076-18, Method 1에 기반한 혁신적인 연결 기술을 적용하여 일관되고 정확한 결과 제공
- > Primary Test Manager™와 함께 작동하므로 시험 설정, 실행 및 평가 워크플로가 안내되어 전문지식 없이도 쉽게 분석 가능
- > 지능형 스윙 알고리즘을 적용하여 측정 시간 단축
- > 경량화된 소형 장비로 최적의 사용성 보장



PTM은 자동 결과 평가 및 비교를 제공하며 편차에 대한 일반적인 영향도 시각화할 수 있습니다.

# 유전체 주파수 응답 분석

## 시험 가능 항목

- ✓ 부상
- 부상 CT
- 리드
- 탭변환기
- ✓ 절연
- 권선
- 코어

## 측정 목적

유전체 주파수 응답 분석(Dielectric Frequency Response Analysis)은 셀룰로오스 절연체인 절연지의 수분 함량을 평가하는데 사용되어 절연 상태를 진단할 수 있습니다.

오일함침지로 절연된 전력용 변압기의 수분은 종이가 노화되어 생성되거나 쉘 누출이나 호흡을 통해 변압기로 유입됩니다. 수분은 파괴 강도를 떨어트리고 절연체의 노화를 가속화합니다.

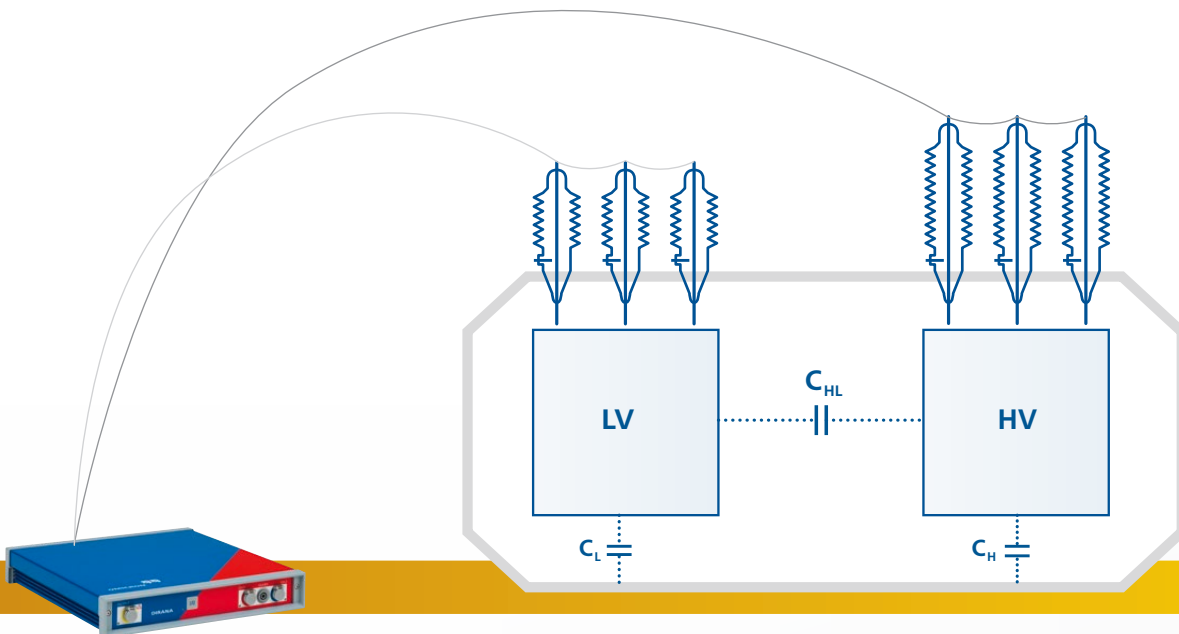
변압기와 그 부싱의 상태를 평가하려면 반드시 수분 함량을 확인해야 합니다. 이 측정은 건조 프로세스 후 수분 함량이 낮음을 증명하기 위해 새 변압기에도 사용됩니다.

## 작동 방식

전력용 변압기의 활성 부분에서 셀룰로오스 절연체는 대부분 1차 권선과 2차 권선 사이에 있습니다. 이 절연체를 측정하기 위해 출력은 고전압 권선에 연결되고 입력은 저전압 권선에 연결됩니다. 원하지 않는 용량성 및 저항성 전류는 탱크에 적용된 가드 연결을 통해 우회됩니다.

이 절연체의 역률/유전정점은 넓은 주파수 범위에서 측정됩니다. 결과 곡선에는 절연 상태에 대한 정보가 포함됩니다.

매우 낮은 주파수는 고체 절연체의 수분에 대한 정보를 포함하고, 중간 범위에 있는 주파수의 기울기 위치는 액체 절연체의 전도도를 나타냅니다. 이 곡선은 자동으로 모델 곡선과 비교되고 셀룰로오스 절연체의 수분 함량이 계산됩니다.



DIRANA는 오일함침지로 절연된 전력용 변압기의 수분 함량을 결정하고 유전체 응답 분석을 사용하여 부상 상태도 평가합니다.

### 알아두면 좋은 정보...

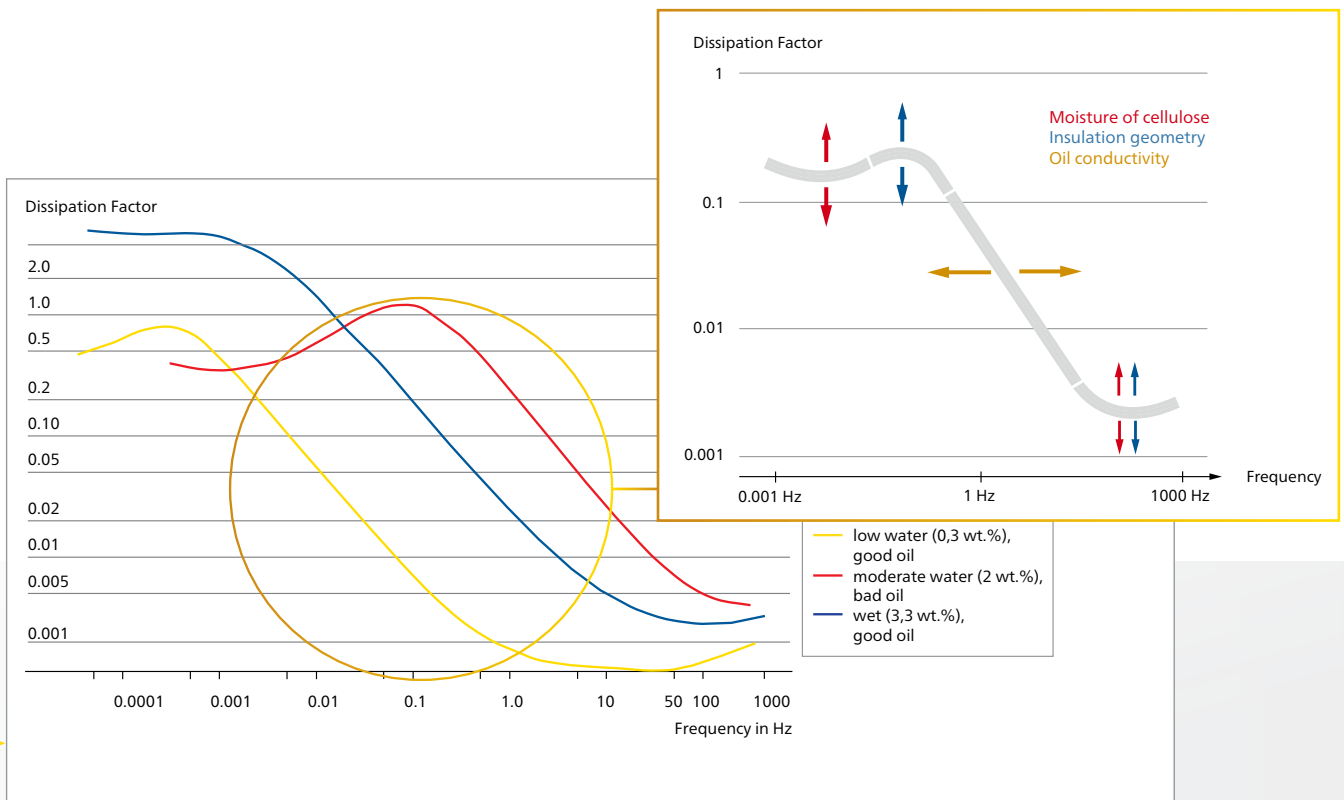
이 방법은 CIGRÉ에서 과학적으로 승인한 것이기도 합니다. 이에 비견할 수준의 정확도로 변압기 내 수분을 평가할 수 있는 비침습적 방법은 없습니다.

수분 함량은 셀룰로오스에서 직접 결정되며 오일 내 수분에서 추론되지 않습니다. 따라서 이 방법은 어떤 온도에서든 적용할 수 있으며 종이와 오일 간 수분 평형에 도달할 때까지 기다릴 필요가 없습니다.

평가는 수분 수준 카테고리를 제공하는 IEC 60422에 따라 실시합니다.

### DIRANA를 사용하는 이유

- > 전력용 변압기 및 오일함침지(OIP) 부상의 신뢰할 수 있는 수분 결정.
- > 측정 방법(FDS 및 PDC+)을 결합하여 측정 시간 대폭 단축
- > 넓은 주파수 범위(10  $\mu$ Hz - 5 kHz)



유전체 응답 곡선을 통해 측정 결과에 영향을 미치는 다양한 요인에 대한 결론을 도출할 수 있습니다.

## 시험 가능 항목

- 부싱
- ✓ 부싱 CT
- 리드
- 탭변환기
- 절연
- 권선
- 코어

## 측정 목적

부싱 변류기(CT)는 전력용 변압기 제조업체에서 최종 인수 시험 중에 시험하는 반면 변전소 운영자는 시운전 중에 시험합니다. 시험에서는 CT가 변전소의 보호 시스템에 올바른 신호를 보내는지 확인합니다.

잘못된 신호는 보호 시스템의 오작동을 초래하여 연결된 설비를 손상시킬 수도 있습니다. 확인되는 매개변수는 CT 비오차 및 위상 변위를 포함한 CT 정확도, 다양한 부담에 대한 정확도, CT 권선 저항, CT 여자 특성, ALF 및 FS입니다.

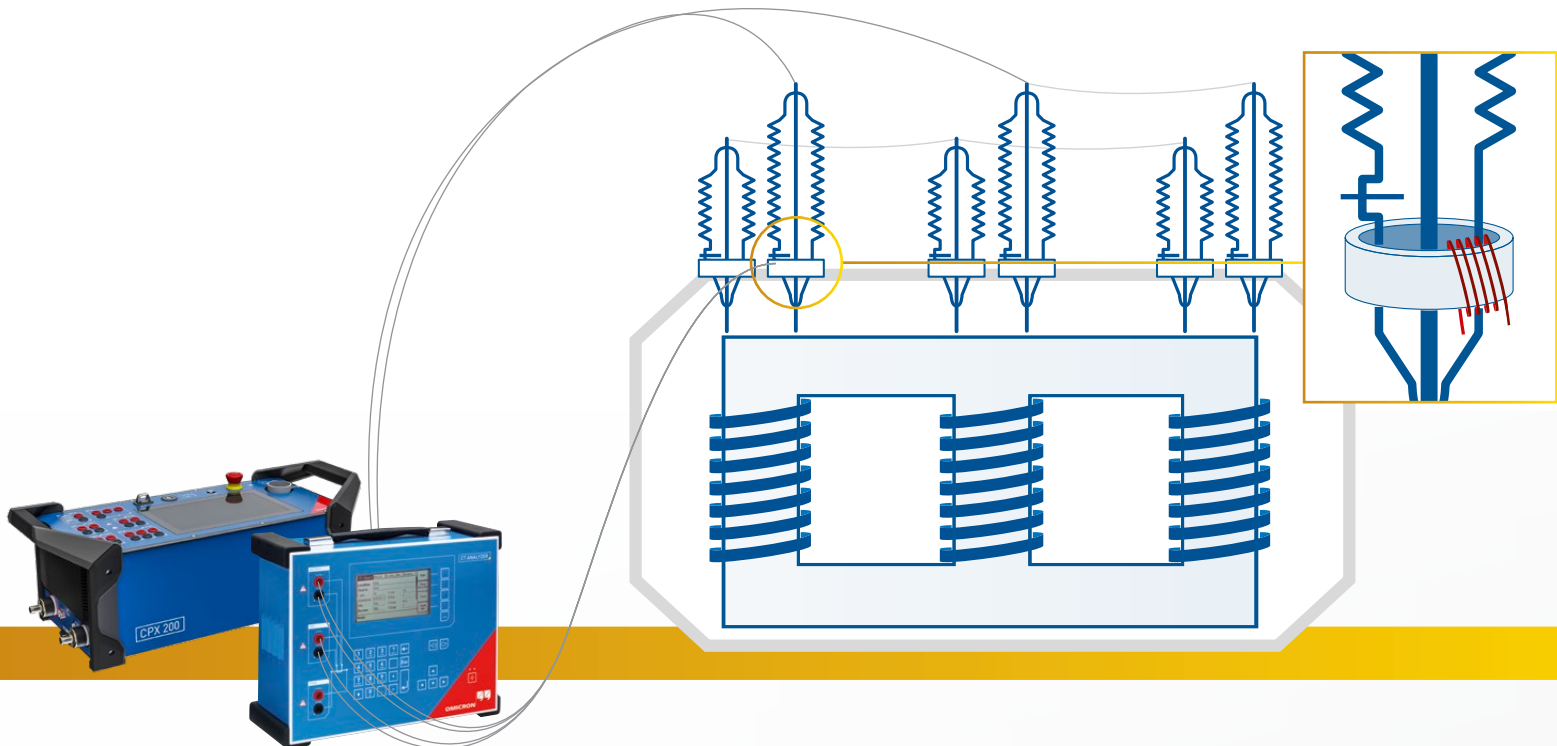
모든 시험은 표준에 따라 수행 IEC 60044-6, IEC 60044-1, IEC 61869-2, IEEE C57.13에 따라 실시합니다.

## 작동 방식

각 위상은 별도로 시험되며 다른 위상은 단락되어야 합니다. 전압은 2차측을 통해 공급됩니다. 그 결과 CT 코어에 자력과 자기 자속 밀도가 생깁니다. 비오차는 매개변수가 결정된 CT 모델(등가 회로도)의 부담과 데이터로 계산합니다.

고전류 소스가 필요하지 않으며 나중에 추가 부당 및 1차 전류를 사용하여 CT를 평가해야 하는 경우에도 시험을 1회만 실시하면 됩니다.

CT의 부당 및 여자 특성을 고려하여 관련 CT 매개변수를 모두 정확하게 측정합니다.



CT Analyzer는 부싱 CT에 대한 진단 시험을 수행합니다.

### 알아두면 좋은 정보...

부상 변류기(CT) 진단 시험의 주기와 값은 해당 표준과 CT 운영자의 시운전 지침에 정의되어 있습니다.

CT 오차는 변압기 권선의 연결 방법별로 구합니다. 극성 점검은 CT 및 CT 권선의 극성이 올바른지 확인합니다. 포화 곡선이 측정되고 포화점이 계산됩니다. 잔류 자기를 측정하고 보호 계전기의 오작동을 피하기 위해 CT에서 잔류 자속을 소거합니다.

부담의 임피던스가 클수록 포화에 도달할 때까지 여유는 작아집니다. 외부 자기장 강도가 더 증가하면서 자화가 더 이상 증가하지 않을 때 코어가 포화에 도달합니다. 그 결과 CT 효율성과 성능이 크게 저하됩니다.

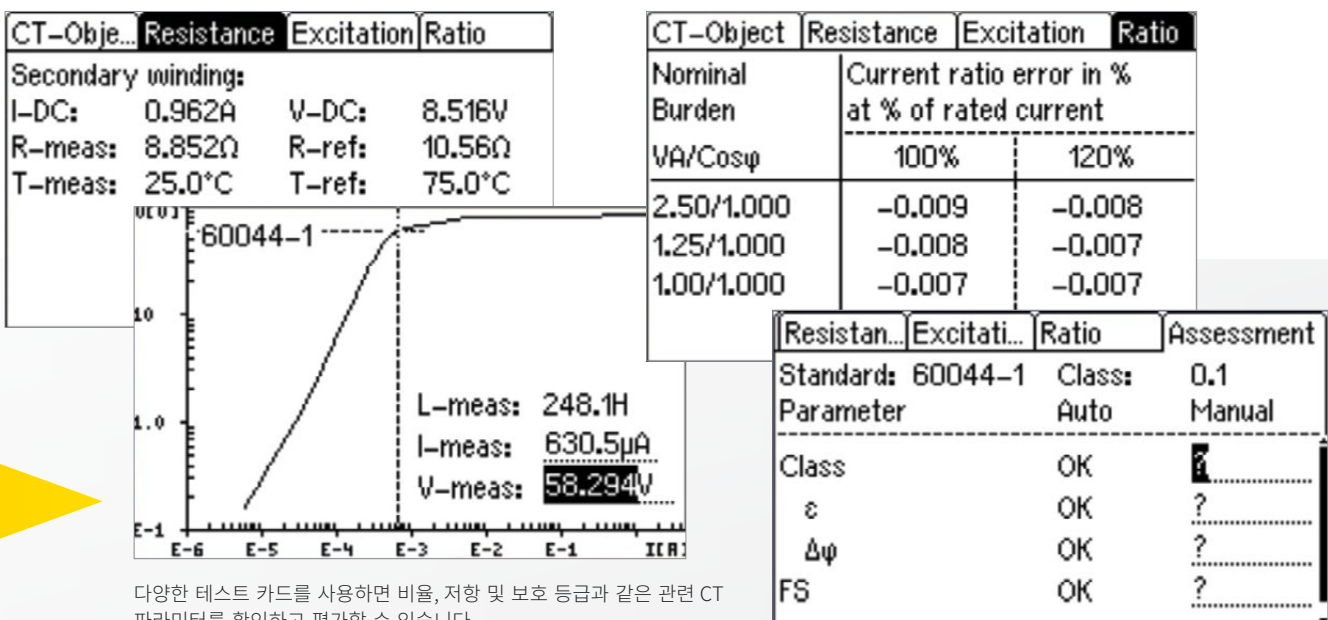
변압기 권선 단자의 부상에 장착된 CT 비율을 측정할 때에는 변압기 권선의 임피던스로 인해 전류 주입 방법 대신 전압 주입 방법을 사용합니다. 이 방법은 시험 전압이 CT의 2차측에 적용되고 전압 측정은 변압기 권선의 부상 단자에서 합니다. 이 시험은 비율, 극성 및 CT 보호 등급을 확인하기 위해 CPC 100으로 하기도 합니다.

### CT Analyzer를 사용하는 이유

- > CT의 자동 잔류 자속 소거 기능은 보호 시스템의 오작동을 방지합니다.
- > 표준에 따른 자동 시험 보고서 생성
- > 2차 전압 주입 방법은 이미 전력용 변압기에 연결된 부상 CT를 시험하는 유일한 방법입니다.
- > 최대 0.1 정확도 등급까지 매우 높은 정확도(0.02 % 일반)
- > 작고 가벼운 설계(< 8kg/17.4lbs)

### CPX 200을 사용하는 이유

- > 델타 권선에서 부상 CT의 비율 보상
- > 정확한 측정을 위한 4단자법 측정 방식(표준 규격)



# 부분방전 분석

## 시험 가능 항목

- ✓ 부상  
CT  
리드  
탭변환기
- ✓ 절연
- ✓ 권선  
코어

## 측정 목적

부분방전(PD)이 일어나면 전력용 변압기의 부상과 권선의 절연체가 손상을 입을 수도 있습니다. 이로 인해 절연 장애와 높은 비용이 수반되는 정전이 발생할 수 있습니다.

PD는 서로 다른 전압 전위 사이의 절연 재료가 노화되거나 오염되거나 결함이 발생하는 경우 전력용 변압기의 부상과 권선에서 관찰됩니다.

PD 측정은 전력용 변압기 절연 시스템 상태를 진단하는 데 사용되는 신뢰할 수 있고 비파괴적인 방법입니다. 이 측정은 공장 FAT, 현장 시운전 및 정기 유지보수 시험 중 중대한 결함을 찾아내고 위험을 평가하기 위해 수행합니다.

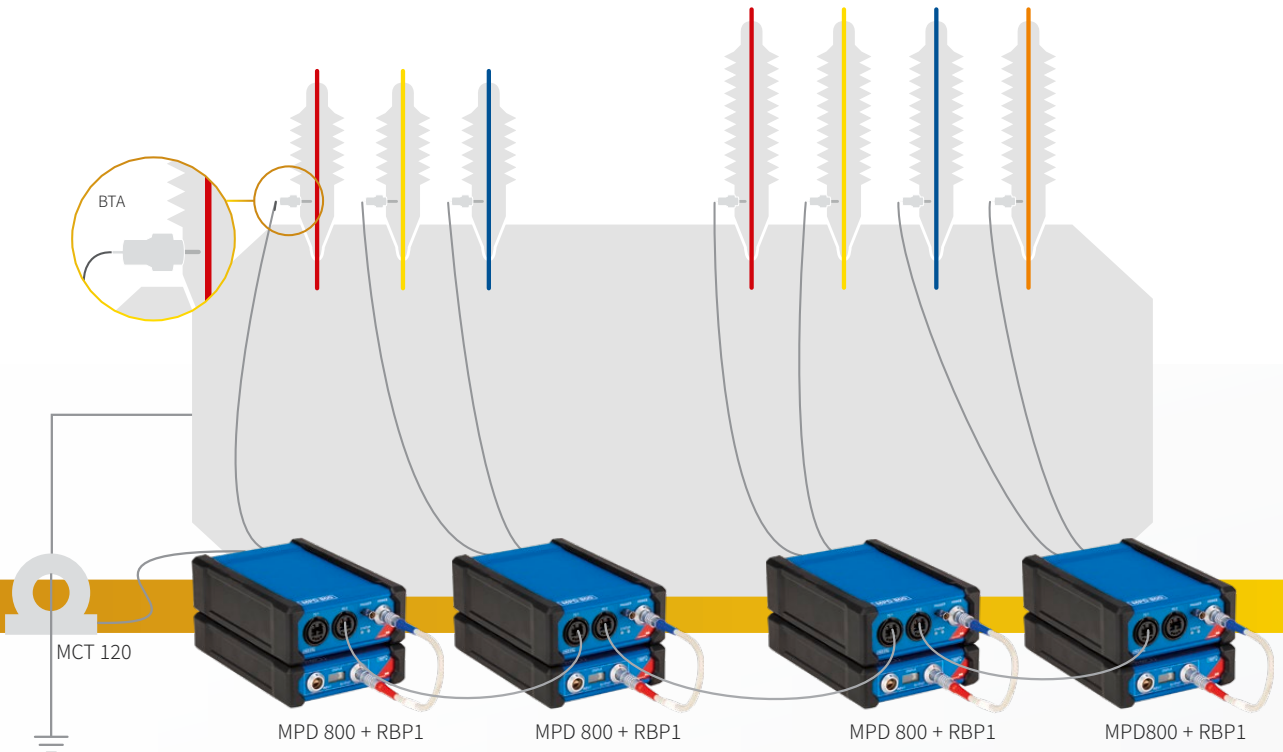
## 작동 방식

전력용 변압기에서 PD 활동을 측정하고 분석하는 경우, 변압기의 종류, 그리고 측정 수행의 기준이 되는 규격에 따라 특정한 시험과 시험 구성이 결정됩니다.

사용된 부상의 종류에 따라 PD 분석 시스템은 부상의 부상 탭이나 외부 커플링 캐패시터에 연결됩니다. 이를 통해 변압기에서 전기 PD 측정을 수행할 수 있습니다.

PD는  $\mu\text{V}$ (IEEE 표준) 또는  $\text{pC}$ (IEC 60270 표준) 단위로 측정됩니다.

노이즈 억제 기법은 노이즈가 심한 환경에서 관련이 없는 데이터를 최소화하기 위해 일반적으로 채택합니다.



### 알아두면 좋은 정보...

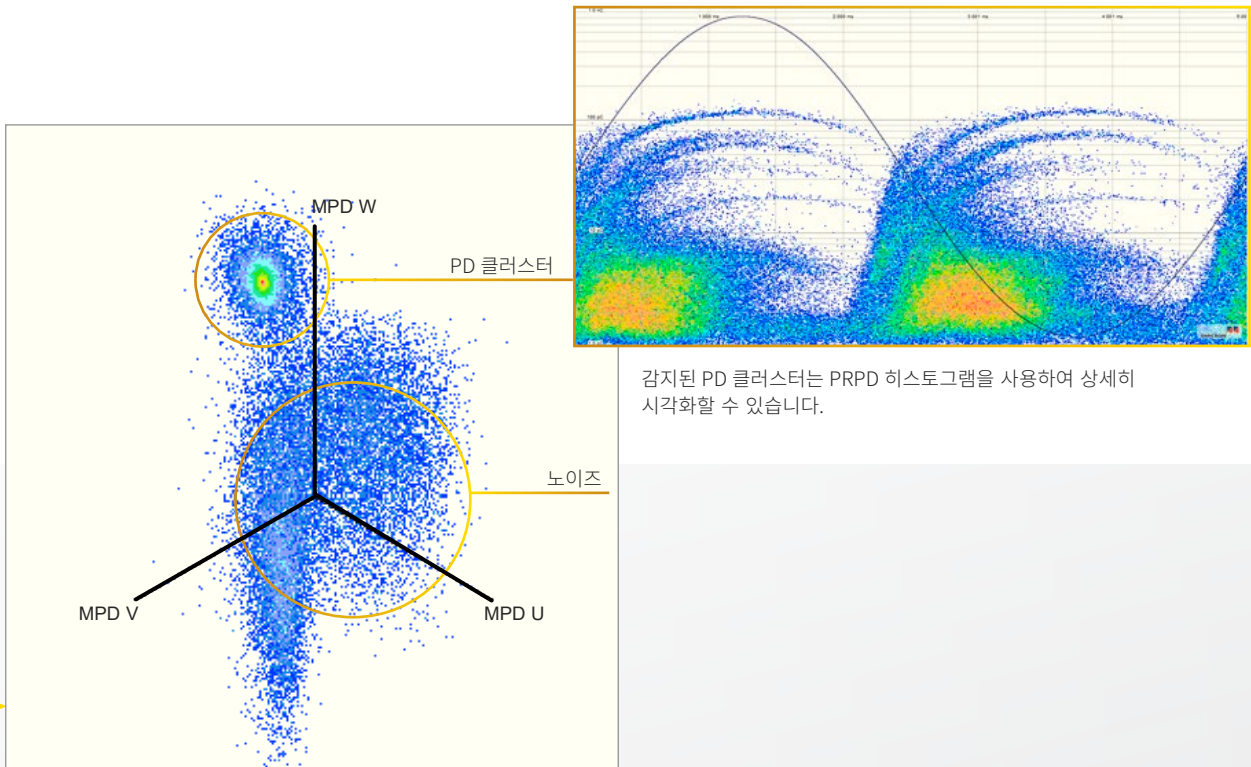
초고주파(UHF) 센서를 사용하여 액체 절연 변압기 탱크 내부에서 PD를 직접 측정할 수 있습니다. UHF PD 측정은 결과를 검증하기 위한 효과적인 게이팅 방법으로 사용할 수 있습니다. 부싱에서 전기 측정의 PD 펄스는 변압기 탱크의 UHF 펄스도 있는 경우에만 허용됩니다.

PD 활동이 감지되면 음향 PD 측정을 수행하여 변압기 결함 위치를 정확하게 찾을 수 있습니다.

지속적인 위험 관리를 위해 온라인 유전체 상태 모니터링 시스템을 설치하여 부싱 및 변압기의 절연 상태를 지속적으로 평가할 수 있습니다.

### MPD 800을 사용하는 이유

- > 전력용 변압기에 대한 IEC 표준 준수 PD 측정
- > 광섬유 케이블을 통한 갈바닉 절연으로 안전한 작동 보장
- > 동기식 다중 채널 PD 측정 및 게이팅 기능
- > 향후 분석을 위한 PD 데이터 세트 기록 및 재생
- > 효율적인 공장 인수 시험을 위한 동시 PD( $Q_{IEC}$ ) 및 Radio Interference Voltage(RIV) 측정
- > 안정적인 PD 분석을 위한 고급 노이즈 억제 및 소스 분리 기술
- > 사용자 정의 가능한 소프트웨어를 통해 필요한 PD 분석 도구만 선택할 수 있습니다.



감지된 PD 클러스터는 PRPD 히스토그램을 사용하여 상세히 시각화할 수 있습니다.

3PAR(3-Phase Amplitude Relation Diagram)는 PD 소스를 노이즈에서 분리

## 시험 가능 항목

- 부상
- CT
- 리드
- 탭변환기
- ✓ 절연
- ✓ 권선
- 코어

## 측정 목적

부분방전(PD)이 일어나면 절연이 실제로 파괴되기 훨씬 전에 전력용 변압기 절연에 돌이킬 수 없는 손상을 일으킬 수 있습니다. 감지 및 분석 시에도 반드시 변압기의 절연 결함이 있는 위치를 정확히 파악해야 합니다.

음향 PD 측정을 통해 절연체의 약점이나 결함을 정확하게 찾을 수 있습니다. 정확한 결함 위치가 알려지면 교정 단계를 효율적으로 계획하고 실행하여 실패를 예방할 수 있습니다.

음향 PD 측정은 공장 인수 시험에서 PD가 감지된 후 실시하며 전력용 변압기가 현장에서 쓰이는 동안 진단 측정에서 필수적인 부분입니다.

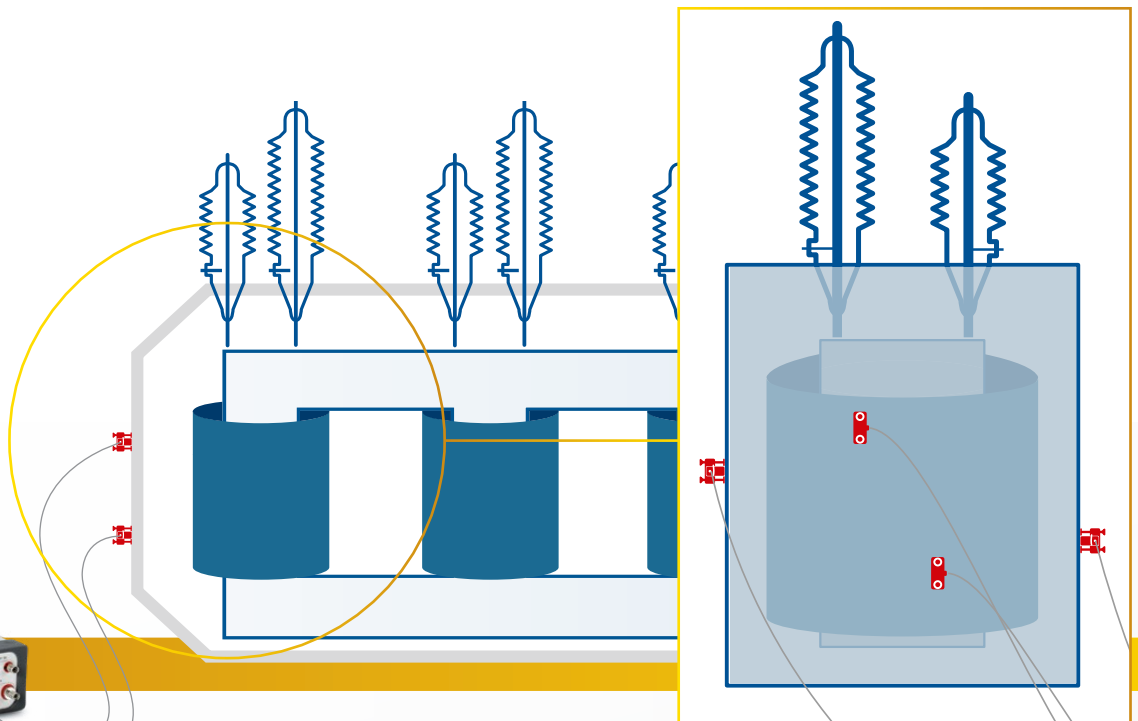
## 작동 방식

다중 음향 센서는 전력용 변압기 탱크의 표면에 자성으로 장착됩니다. 각 센서는 PD 소스에서 탱크 벽까지의 음향 신호 전파 시간을 측정합니다. 그런 다음 시간차, 센서 위치 및 전파 속도를 기반으로 결함 위치를 계산합니다.

이러한 센서에서 수집한 데이터는 결함 위치를 정확하게 식별하기 위해 동시에 비교됩니다.

IEEE C57.127-2007 표준은 음향 측정의 일반적인 워크플로에 대해 설명합니다.

음향 센서 4개가 있는  
전력용 변압기에서  
PDL 650 설정.



변압기 벽에 분산된 음향 센서 여러 개는 결함 위치를 찾을 때 유용합니다.

### 알아두면 좋은 정보...

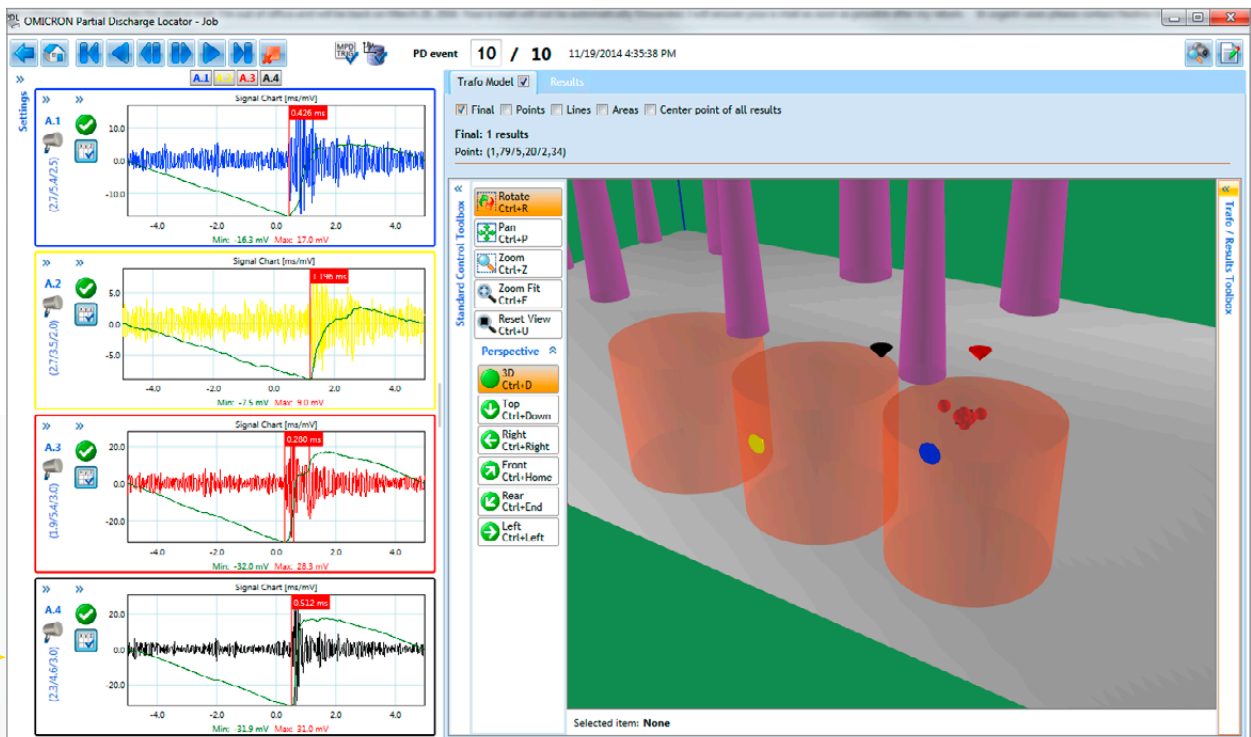
유증 가스 분석(DGA)은 PD 활동이 있음을 나타낼 수 있으나 실제로 전력용 변압기에서 그 위치를 국부화할 수는 없습니다. 따라서 DGA 결과가 PD의 증거를 나타내는 경우 음향 PD 측정이 수행됩니다.

전기 및 초고주파(UHF) PD 감지 측정의 조합을 사용하여 음향 PD 측정을 트리거할 수 있습니다. 이 방법은 간섭이 심한 환경에서 최적의 PD 위치 국부화를 보장합니다.

음향 PD 측정은 전력용 변압기가 온라인 상태일 때 실시합니다. 이렇게 하면 정전이 필요하지 않으므로 변압기를 완전히 가동 상태로 유지할 수 있습니다.

### PDL 650을 사용하는 이유

- > 간편한 운반 및 현장 설치를 위한 모듈식 경량 설계
- > 고전압에서 작업자를 갈바닉 분리하여 안전 보장
- > 3D 시각화를 통해 변압기 내부의 결함 위치를 명확하게 파악 가능
- > MPD 600 및 UHF 센서에 전기적 트리거링을 결합하여 노이즈가 많은 환경에서 최적의 PD 위치 파악



변압기의 3D 모델은 정확한 PD 위치를 보여줍니다.

# 온라인 부분방전 측정 및 임시 모니터링

## 시험 가능 항목

- ✓ 부상 탭 변환기
- ✓ 절연 리드
- ✓ 권선 코어

## 측정 목적

부분방전(PD)이 일어나면 전력용 변압기의 부상과 권선의 절연체가 손상을 입을 수도 있습니다. 이로 인해 절연 파괴와 높은 비용이 수반되는 정전이 발생할 수 있습니다. PD는 서로 다른 전압 전위 사이의 절연 재료가 노화되거나 오염되거나 결함이 발생하는 경우 전력용 변압기의 부상과 권선에서 관찰됩니다.

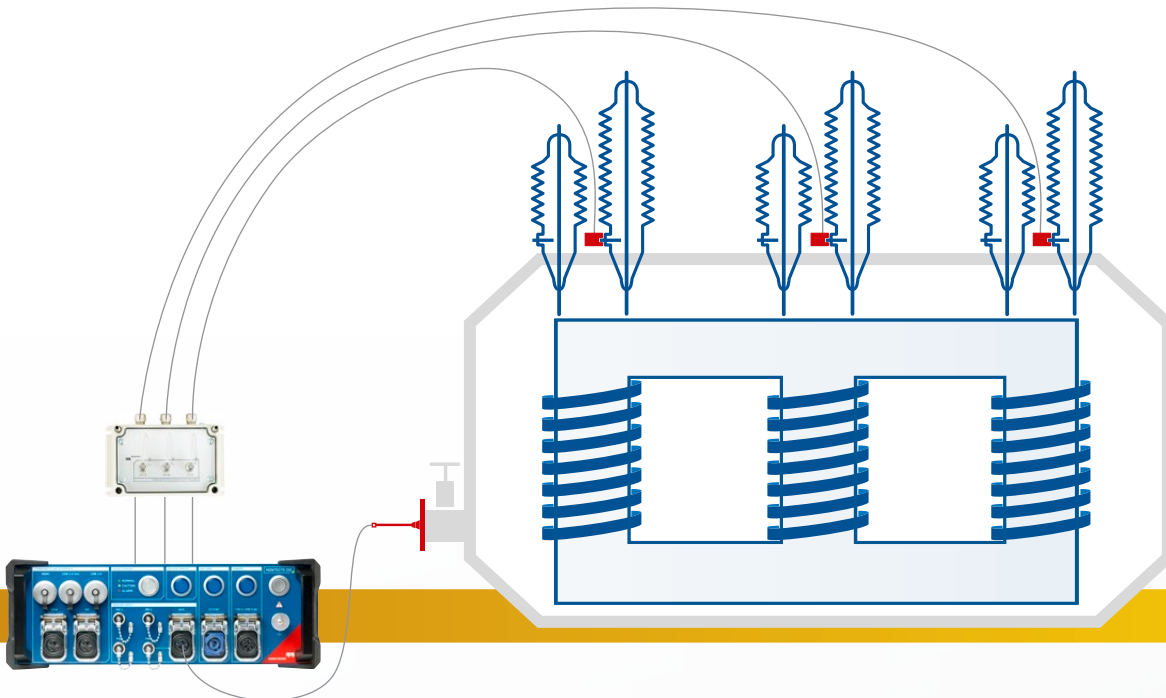
온라인 PD 측정은 변압기가 작동 중일 때 PD 활동을 평가하고 그 당시의 절연 상태값을 제공합니다. 임시 온라인 PD 감시는 변압기의 수명 중 특정 기간에 나타나는 PD 활동 변화를 표시합니다.

엔지니어는 임시 온라인 PD 측정 및 모니터링 중에 수집된 데이터를 통해 전기 설비의 고장 위험 시기를 판단할 수 있습니다. 이 중요한 상태 기반 정보는 유지보수 전략, 설비 관리 및 투자 계획을 최적화하는 데 도움이 됩니다.

## 작동 방식

결합된 온라인 PD 측정 및 임시 모니터링 시스템은 단자함을 통해 영구 설치된 부상 탭 센서에 손쉽게 연결할 수 있습니다. 따라서 변압기가 온라인 상태일 때 안전하고 편리한 Plug-and-play 설정이 가능합니다. 작업자는 정상 작업 조건에서도 변압기를 중단시키지 않고 필요할 때 언제든지 PD 측정을 수행할 수 있습니다.

PD 활동은 부상 탭과 UHF 범위에 속하는 변압기 탱크 내부에서 3상(phase) 모두에 대해 동시에 측정합니다. 3PARD(3-Phase Amplitude Relation Diagram)와 같은 고급 진단 도구를 적용하여 안정적인 해석에 필요한 노이즈와 다중 PD 소스를 분리합니다.



MONTESTO 200 PD 측정 및 임시 모니터링 시스템은 단자함을 통해 영구 설치된 부상 탭 센서에 손쉽게 연결할 수 있습니다. 따라서 변압기가 온라인 상태일 때 안전하고 편리한 Plug-and-play 설정이 가능합니다.

### 알아두면 좋은 정보...

부상과 권선에서 진행 중인 PD 활동은 부상 탭과 UHF 범위에서 PD를 모니터링하여 가장 효과적으로 확인할 수 있습니다.

정기적인 오일 샘플링 및 실험실 유증 가스 분석(DGA)을 트리거하여 변압기 오일에 용해된 절연 열화의 부산물을 감지하여 유전체 트렌드를 확인할 수 있습니다.

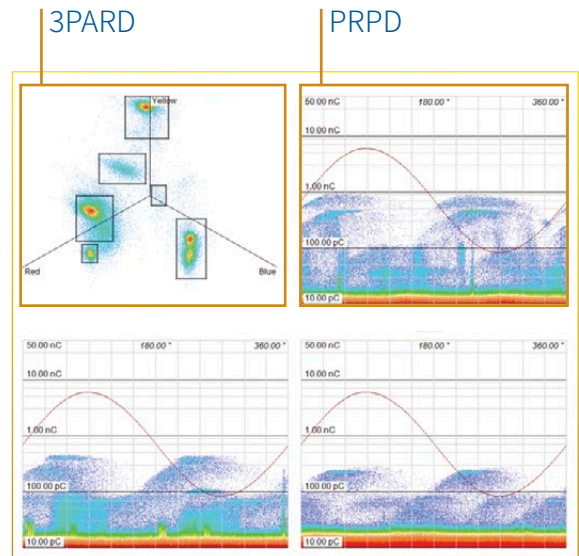
변압기 권선에서 절연 결함의 위치를 정확하게 파악하기 위해 PD가 감지된 후 음향 PD 측정을 수행할 수 있습니다.

### MONTESTO 200을 사용하는 이유

- > 온라인 PD 측정 및 임시 모니터링을 위한 투인원 솔루션
- > 작고 가벼워 이동이 간편
- > 실내 및 실외에서 사용 가능한 디자인
- > 컴퓨터가 내장되어 있어 장기적으로 데이터 수집과 보관 가능
- > 편리한 원격 데이터 액세스를 위한 웹 기반 인터페이스
- > 손쉬운 PD 데이터 분석 및 보고를 위한 자동화된 소프트웨어 기능

Event Log - TRAF0 UM6		
Confirm All		
Start Date ▼	End Date	Level ▼
8/22/2018 3:14 PM	8/22/2018 3:15 PM	Critical
8/22/2018 3:14 PM	8/22/2018 3:15 PM	Warning
8/22/2018 3:14 PM	8/22/2018 3:15 PM	Warning

이벤트 로그는 경고(노란색) 또는 알람(빨간색)을 트리거한 PD 이벤트를 보여줍니다.



각 상 또는 채널에 대한 PD 트렌드 차트. 포인트 위로 스크롤하면 PD 값이 표시됩니다. 확대하여 더 자세히 볼 수 있습니다.

고객 가치 창출을 위한 OMICRON의 노력...

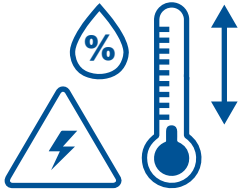
## 품질

규격에 근거한 최고  
의 안전 및 보안



배송 전 최대

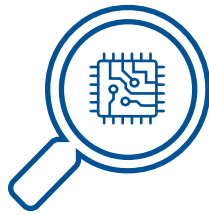
72



시간의 burn-in 테스트를 통한 신뢰성 검증

100%

모든 테스트 세트 구성  
요소에 대한 정기 테스트



ISO 9001  
TÜV & EMAS  
ISO 14001  
OHSAS 18001

국제 표준 규격 준수



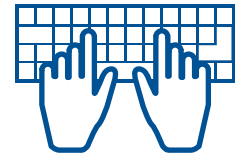
## 혁신



... 제 요구에 맞춘 제품이 필요합니다.

최소

200



명 이상의  
개발자가 최신 솔루션을 제공

연간 매출의

15%



이상을 연구개발에 재투자

최대

80%

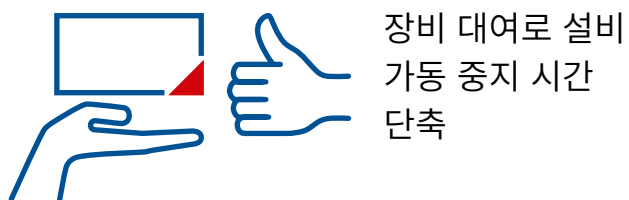


테스트 시간 절약  
(with 템플릿, 자동화 시험)

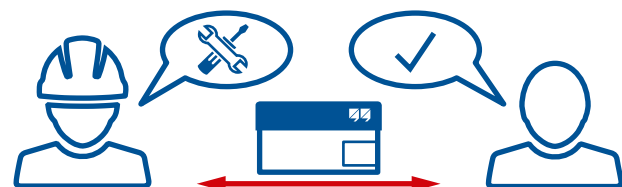
— 지원 —

24/7

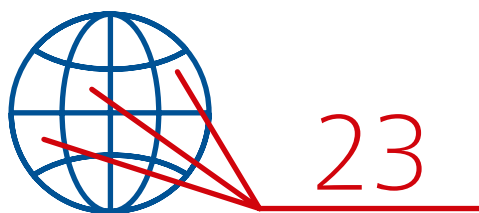
상시 전문 기술 지원



장비 대여로 설비  
가동 중지 시간  
단축



효율적인 비용과 간편한 수리 및 교정



지사를 통한 현지 문의와 기술 지원

— 지식 —

연간

300

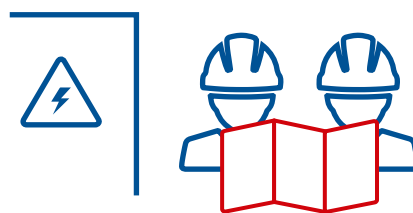


회의 Academy와 실습 교육 제공

다양한 OMICRON의  
사용자 교육, 세미나 및  
컨퍼런스



수많은 기술 자료, 애플리케이션 노트



컨설팅, 시험 및 진단에 대한 광범위한 전문  
지식

OMICRON은 안전하고 보안이 유지되며 신뢰할 수 있는 전력 시스템을 만들고자 최선을 다하는 국제 기업입니다. OMICRON의 선도적 솔루션은 현재와 미래에 업계가 직면하는 과제를 해결하도록 설계되었습니다. OMICRON은 고객의 요구에 대응하고 현장에서 필요한 기술 지원을 제공하며 전문 지식을 공유하여 고객을 뒷받침하고 있습니다.

OMICRON은 전력 시스템의 전 분야를 겨냥한 혁신적인 기술을 연구하고 개발합니다. 전 세계 고객은 중전압 및 고전압 장비, 보호 시스템, 디지털 변전소, 사이버 보안의 전기 시험을 위해 신뢰할 수 있고 사용자 친화적인 OMICRON의 솔루션의 정확성, 속도, 품질을 신뢰하고 있습니다.

OMICRON은 1984년 설립 이후 전력 엔지니어링 분야에서 수십 년간 심도 있는 전문 지식을 쌓아 왔습니다. 1300명 이상의 직원으로 구성된 전담 팀이 전 세계 23개 지역에서 연중무휴 24시간 솔루션을 제공하고 170개 이상의 국가에 위치한 고객에게 서비스를 제공합니다.



*Emotions are energy. Our energy moves.*

Move with us! Scan the QR code to explore our events, training courses, and products. Stay connected by following us on social media.