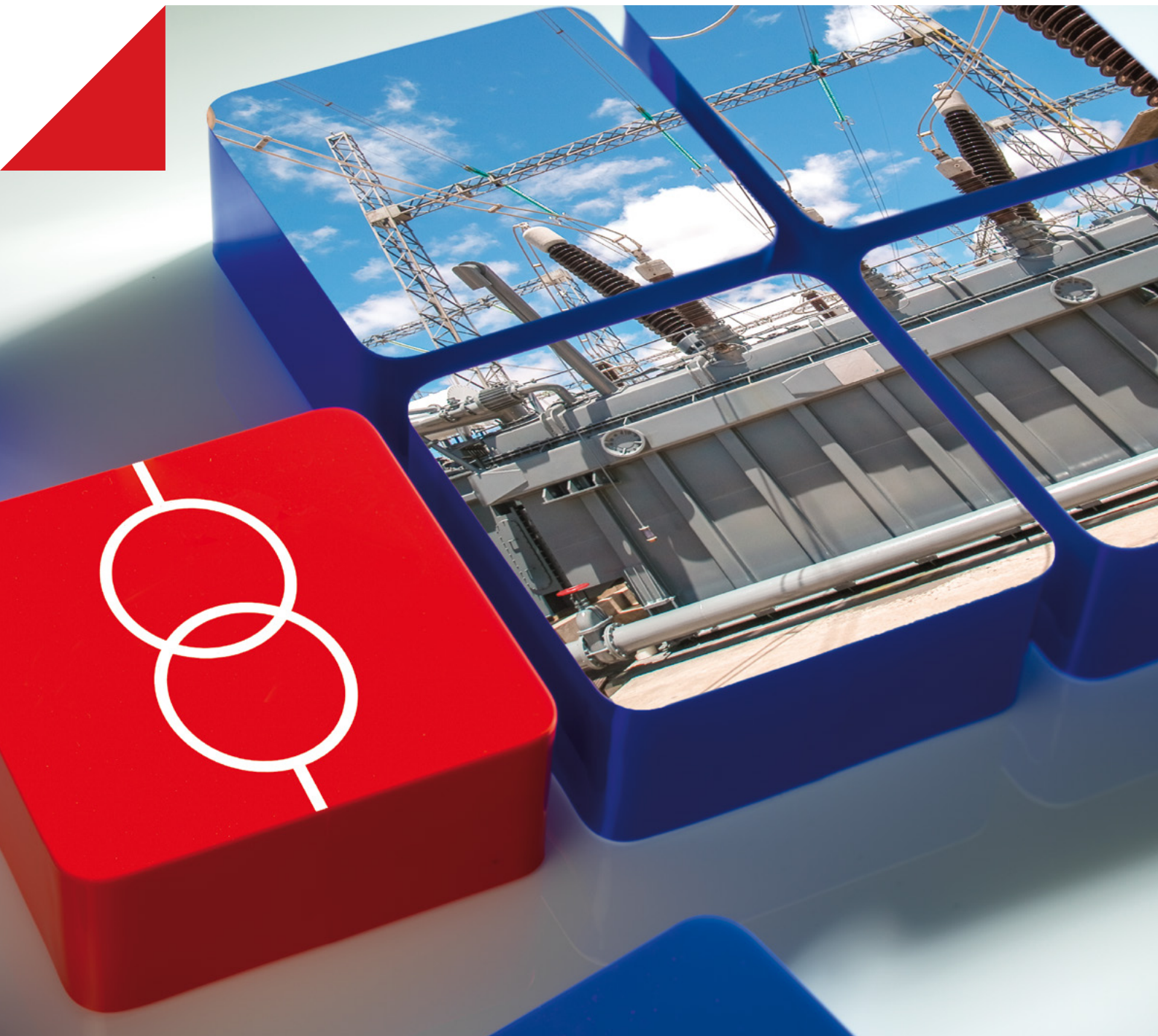


电力变压器的诊断测试与监测



全面了解变压器状态，达到设备效用最大化

在运行期间，您的电力变压器必须处于良好状态。在变压器的整个使用寿命期间，有多种因素会对变压器的预期寿命构成影响。

具有诊断作用的测试以及在线监测，有助于您确定设备的状态，并依据设备的实际状态采取适当的维护措施，以确保变压器的可靠运行，并使其运行寿命最大化。

导致变压器状态恶化的因素

- > **热应力**
过载、过热、环境条件
- > **老化**
水分、酸、氧气、污染、泄漏
- > **机械应力**
运输损坏、短路应力、地震活动
- > **电应力**
操作冲击、雷电冲击、运行过电压、短路电流
- > **保护问题**
误动、拒动



制造

调试

能够延长变压器使用寿命的测试与维护措施

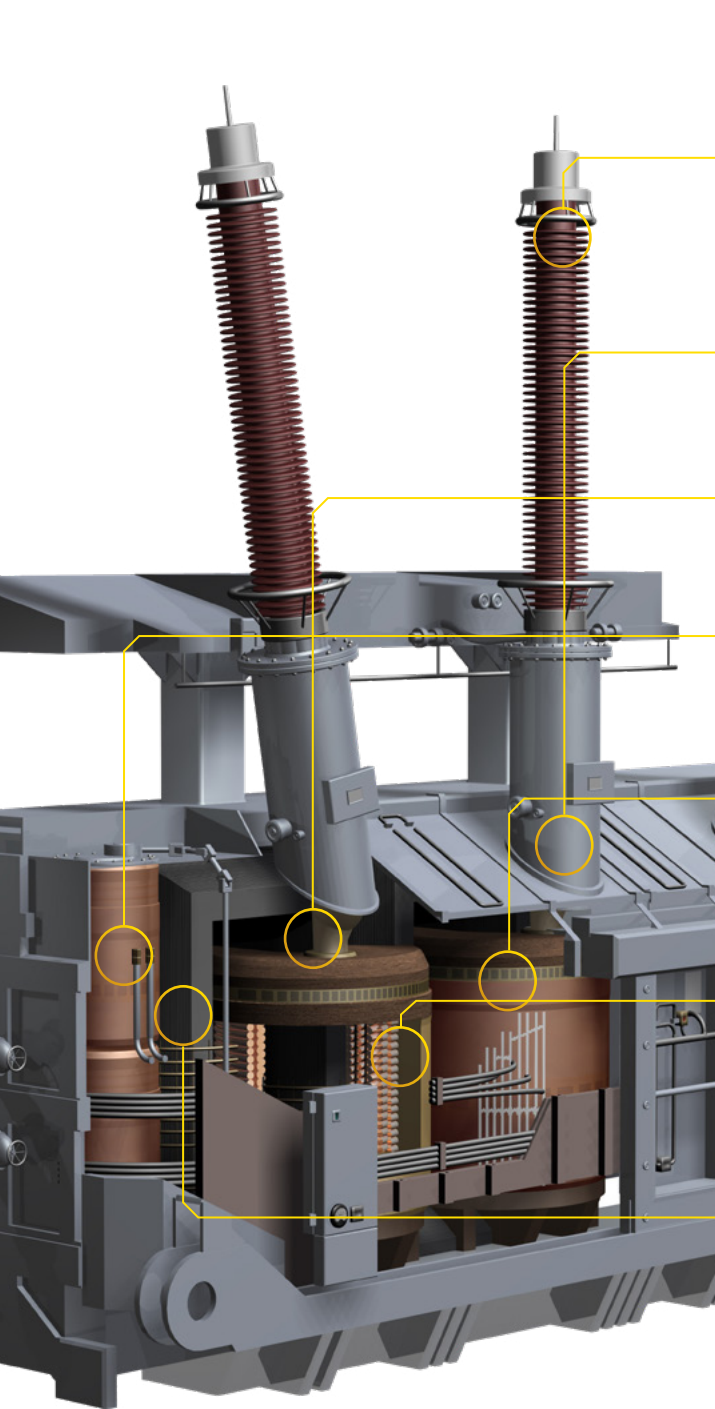
- > **附件维护**
分接开关、冷却系统、呼吸器
- > **附件更换**
干燥、油处理、换油
- > **更换零件**
套管、避雷器、垫圈、泵和风扇

变压器的预期寿命



运行

变压器的部件及其可能发生的故障



部件	可检测故障
套管	电容层局部击穿, 胶粘纸绝缘开裂
	老化与受潮
	测量抽头连接松脱或者接触不良
套管 CT	绝缘局部放电
	特定负载条件下电流变比或者相位误差不符合相关的标准的要求, 剩磁水平过高
	与负荷相关的电流比和相位差
引线	匝间短路
	接触问题
调压开关	机械变形
	分接头选择开关和切换开关的接触问题
	有载调压开关 (OLTC) 开路、短路或者高电阻接触
绝缘材料	无载调压 (DETC) 的接触问题
	固体绝缘中的水分
	绝缘油的老化、水分和污染
绕组	局部放电
	线圈之间或者匝间短路
	股间短路
	平行线股开路
	对地短路
	机械变形
铁心	接触问题, 开路
	机械变形
	铁心未接地
	铁心叠片短路
	剩磁

可选的测量方法

		■		■							■			■	
		■		■							■				
			■	■											
			■											■	
													■		
													■		
					■								■		
													■		
					■		■						■		
					■			■					■		
					■			■					■		
		■		■								■			
		■		■								■			
			■											■	■
					■	■	■						■		
					■					■			■		
					■					■			■		
		■		■									■		
		■		■									■		
					■								■		
		■		■									■		
		■		■									■		
													■		
											■		■		

工频电容和介损因数测量:

增量测量

变频测量

绕组直流电阻测量和 OLTC 验证

变压器匝比 (TTR) 测量

励磁电流

短路阻抗 / 漏抗测量

杂散损耗频率响应 (FRSL) 测量

退磁

介电 (频率) 响应分析

扫频响应分析 (SFRA)

电流互感器分析

局部放电分析

局部放电定位

满足个性化需求与应用的理想解决方案

	TESTRANO 600	CPC 100	CPC 80 + CP TD12/15	TANDO 700
电容和介损因数测量				
50 Hz 频率下	■ ¹	■ ¹	■	■ ⁴
增量测量	■ ¹	■ ¹	■	■ ⁴
变频测量	■ ¹	■ ¹	■	■ ⁴
绕组直流电阻测量和 OLTC 验证				
	■	■ ²		
变压器匝数比 (TTR) 测量				
	■	■ ³		
励磁电流				
	■	■ ¹		
短路阻抗 / 漏抗测量				
	■	■		
杂散损耗频率响应 (FRSL) 测量				
	■	■		
退磁				
	■	■ ²		
介电 (频率) 响应分析				
扫频响应分析 (SFRA)				
电流互感器分析				
		■		
局部放电分析				
局部放电定位				
局部放电在线测量和监测系统				

- ¹ 需要增加附件 CP TD12/15
- ² 需要增加附件 CP SB1
- ³ 可选配件 CP SB1 以提高测试速度
- ⁴ 需要增加电源和标准电容

三相测试装置，用于对电力变压器进行快速、全面的诊断测试和状态评估

多功能测试装置，用于多种高压设备的综合状态诊断和状态评估

电容和介损因数测试装置，(包括高压源、标准电容器) 用于各种高压设备

超精密测试装置，用于高压设备的介损因数和电容测量 (采用外部高压电源和标准电容器)



DIRANA

FRANEO 800

CT ANALYZER

MPD 800

PDL 650

MONTESTO 200



轻便测试装置，用于快速可靠地测定油纸绝缘电力变压器的含水量

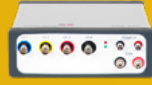
用于对电力变压器铁心和绕组进行扫频响应分析(SFRA)的智能测试装置

高精度的轻便测试装置，用于电流互感器校准和验证

通用局部放电测量与分析系统

用于变压器局放定位的超声波定位装置

便携式局部放电在线测量和监测系统



电容和介损因数

可以测试什么？

- ✓ 套管
 - 电流互感器
 - 引线
 - 调压开关
- ✓ 绝缘材料
 - 绕组
 - 铁心

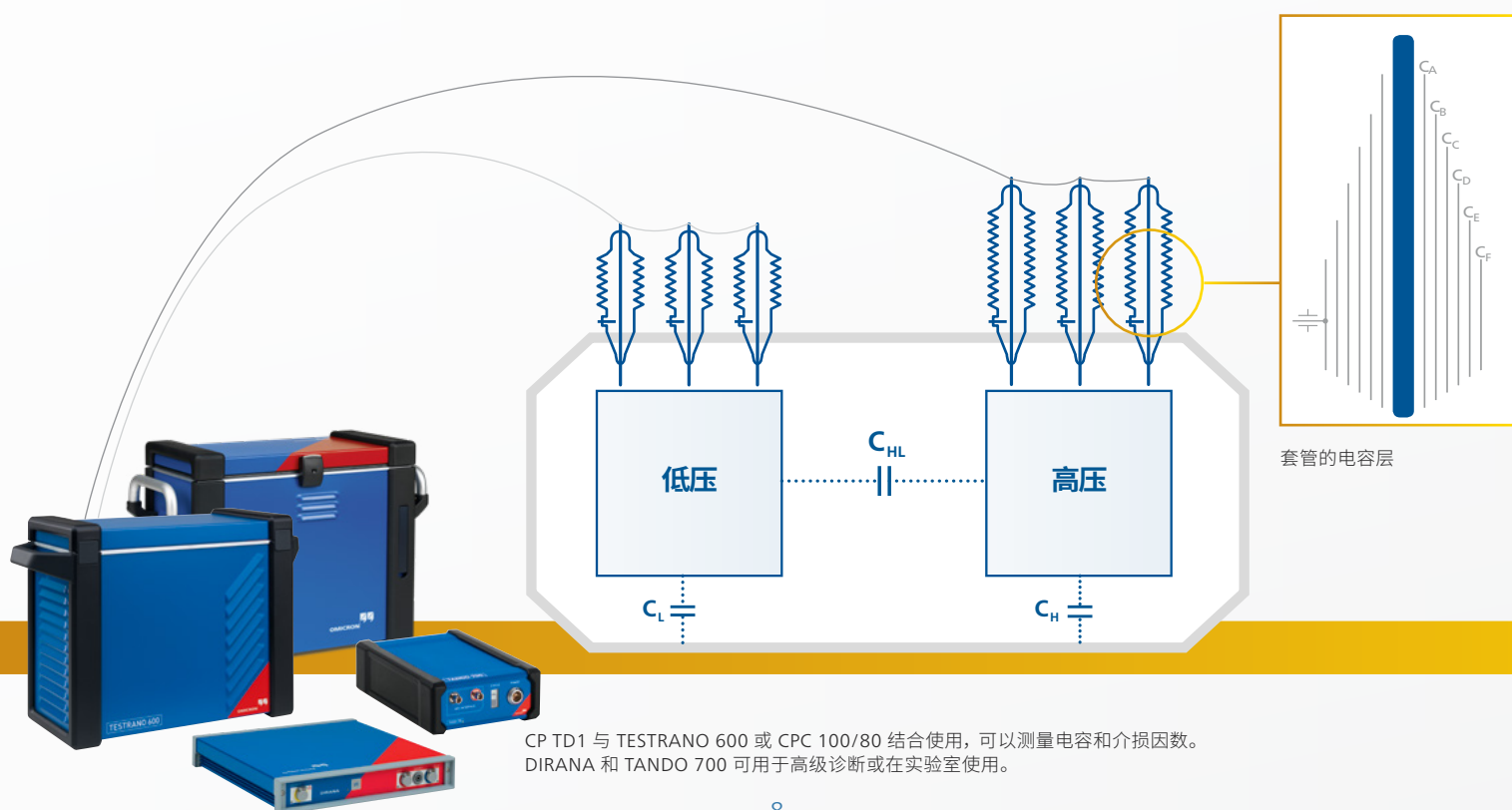
为何需要测量？

测量电容和介损因数 (DF)，可了解电力变压器和套管的绝缘状态。这两种绝缘对于变压器的可靠运行至关重要。

油的电导率高、老化和含水量增加是绝缘劣化的表现。这些变化也会导致损耗增加，这可以通过测量介损因数来量化。

电容的变化可以表现套管电容层之间的部分击穿。通过测量电容和介损，可以在故障发生之前发现绝缘问题。

由于绝缘的劣化或失效而更换套管，是造成变压器停运的主要原因之一。



如何实现?

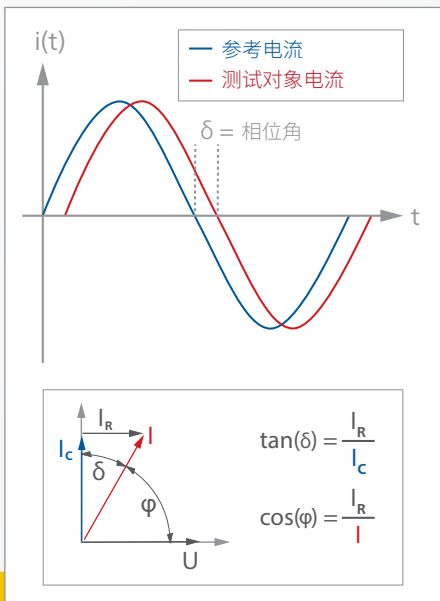
在电力变压器上,对绕组 (CHL) 之间的主绝缘和绕组与变压器油箱之间的绝缘间隙 (CH, CL) 进行测量。变压器的各侧绕组分别短接,将测试电压施加在其中一个绕组上,在另外一个绕组上或者在油箱上,对通过相应绝缘间隙的电流进行测量,从而计算出被测量绝缘间隙的电容量和介损因数。

对于套管测量,则是将测量电压施加到中心导体上,而在套管的测量抽头上对流过绝缘的电流进行测量,并计算出相应的电容量和介损因数。

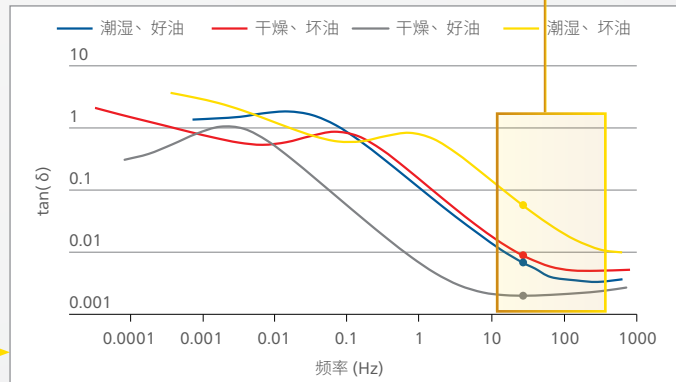
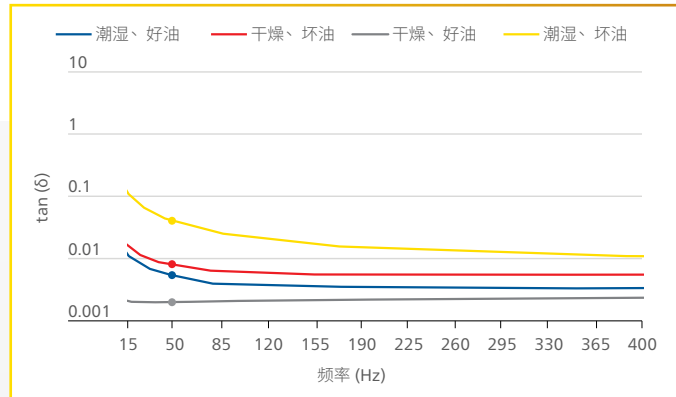
介损因数,也称为 $\tan(\delta)$,是通过实际测量电流与理想的无损耗电容电流之间的夹角 δ 的正切值来计算的。

采用工频之外的频率对介损因数进行测量会增加对潜在问题的反应灵敏度,设备绝缘所存在的某些问题在高于工频或者低于工频的频率上会表现得更为明显。现代的设备都会自动地执行频率或者电压扫描测量。

介质损耗引起相移



四个不同状态变压器的 $\tan(\delta)$ 与频率 (包括 50 Hz) 之间的关系。



不同类型的测量仪器可以测量不同的频率范围,例如 TESTRANO 600 可测量 15 Hz 到 400 Hz, DIRANA 可测量 10 Hz 到 5 kHz。

电容和介损因数测量

了解更多 ...

测量完成后，将测量结果与相关标准对被测量设备所规定的阈值进行比对，或者与同一测量对象先前的测量结果进行比对，将有助于对被测量设备做出状态判断。

通常情况下，对于套管而言，电容测量值与先前的测量结果相比，增加量超过 10% 就认为有危险。这表明绝缘间隙的一部分已经受损，并且剩余绝缘的介电应力太高。

附带的电压增量 (介损因数与电压之间的关系) 测量可以检测套管电容层或者测量抽头的接触不良现象。这种状态不良可以通过介损因数 (DF) 随电压升高而降低做出判断。

工频 (50 Hz) 频率下进行的标准的介损因数 (DF) 测量只能反应出绝缘含水量比较高或者老化已经比较严重的状态。如果在更宽的频率范围内进行这一测量的话，就可以在绝缘受潮或者老化比较早期的阶段就有所发现，也因此有更为充裕的时间来提前安排检修和处理。

如果测量结果显示介损因数 (DF) 过高，则可以使用介电响应分析进行辅助诊断。这种在更高频率范围进行的介电测量可以进一步确定介损因数 (DF) 过高是绝缘受潮还是油的电导率过高所造成的。

绝缘油	kV 额定值	标称值 / 新品的介损因数 (DF) 上限	旧设备上限值
矿物油	< 230 kV	0.5 %	1.0 %
矿物油	≥ 230 kV	0.5 %	1.0 %
天然油	所有	1.0 %	1.0 %

变压器介损因数的典型值，根据国际标准 (IEEE C.57-152) 是针对 20°C / 68°F 下的绝缘油

绝缘类型	新套管	IEEE C57.19.01	IEC 60137
胶浸纸 (RIP)	0.3 % ... 0.4 %	< 0.85 %	< 0.70 %
油浸纸 (OIP)	0.2 % ... 0.4 %	< 0.50 %	< 0.70 %
胶粘纸 (RBP)	0.5 % ... 0.6 %	< 2.00 %	< 1.50 %

根据国际标准，在工频率和 20°C / 68°F 时套管的介损因数的典型值

我们的解决方案...

我们为电容和介损因数 ($\tan\delta$) 测量提供多种解决方案, 包括便于现场测试的移动式测量系统、用于实验室用途的高精度测量系统, 以及用于电力变压器高级状态诊断的专用测试装置, 例如含水量分析测定。

	测量范围	典型应用
TESTRANO 600 + CP TD12/15	0 ... 12 kV 15 Hz ... 400 Hz	现场和制造过程中专用于电力变压器的状态诊断
CPC 100 + CP TD12/15	0 ... 12 kV 15 Hz ... 400 Hz	现场和制造过程中多种设备的一般状况诊断
CPC 80 + CP TD12/15	0 ... 12 kV 15 Hz ... 400 Hz	现场和制造期间多个设备的专用介损因数测试
TANDO 700	施加电压水平取决于外部电源 5 Hz ... 400 Hz	高压实验室测试, 例如用于常规和型式试验或多种设备的材料试验
DIRANA	最大 200 V _峰 50 μ Hz ... 5 kHz	油纸绝缘材料的先进状态诊断和水分测定

绕组直流电阻和有载调压开关 (OLTC) 测量

可以测试什么？

- 套管
- 电流互感器
- ✓ 引线
- ✓ 调压开关
- 绝缘材料
- ✓ 绕组
- 铁心

为何需要测量？

进行绕组电阻测量以评估绕组中可能存在的损坏或接触问题，例如从套管到绕组、绕组到分接开关的连接等等。

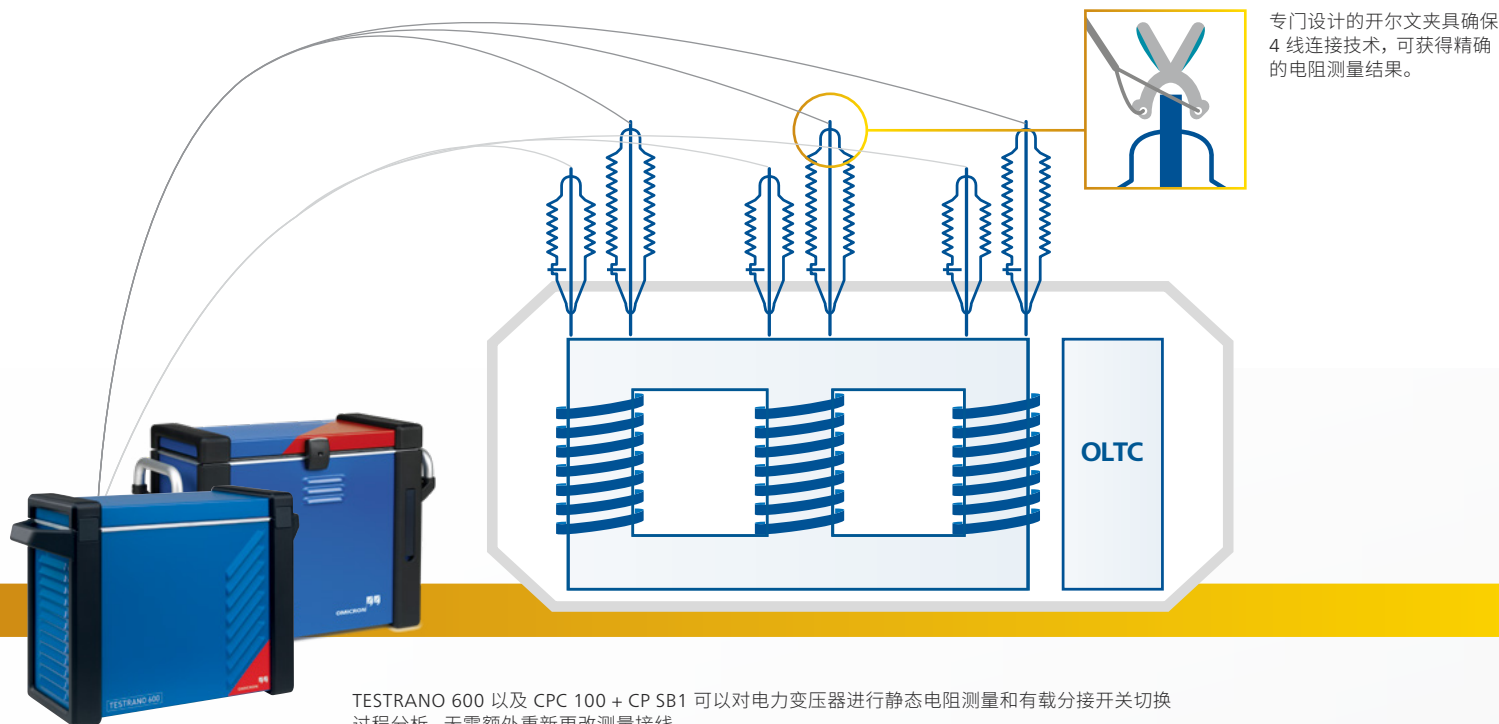
它还可以对有载调压开关 (OLTC) 进行检查，以便于知道什么时候需要清洁或者更换有载调压开关的触点，或者什么时候需要对有载调压开关自身进行更换或者维护。无需打开分接开关的箱体即可检测到缺陷。

如何实现？

要测量绕组的直流电阻，必须对绕组充电，直到铁心饱和。然后通过测量直流电流和直流电压来计算出直流电阻。对于有分接头的绕组，在每一个分接位置都要进行这项测试，是把 OLTC 和绕组放在一起进行测试。该测试有两种常用方法：静态和有载分接开关切换过程分析。

静态绕组电阻测量是检查绕组和 OLTC 问题最常见和最简单的方法。它检查每个分接位置的电阻，并将其与制造商的参考测量数据进行比较。

有载分接开关切换过程分析作为补充测量，目的是分析 OLTC 的瞬态切换过程。它分析了切换开关本身的切换过程。在绕组电阻测量期间切换分接开关时，直流电流暂态的降低和再升高过程，这项测量就是对这个切换过程中的电流变化进行记录和分析，测量过程也包括对有载分接开关驱动电机的电压与电流动态变化的比较与分析。



了解更多...

对于绕组直流电阻，与参考值相比，偏差不应超过1%。此外，各相之间测量结果的差异通常小于 2 - 3%。

在比较绕组电阻测量值时，必须对测量值进行温度折算。通常情况下参考温度为 75°C / 167°F。

变压器匝比测量可用于发现绕组开路问题，而频率响应分析可用于发现接触问题。

在这两种情况下，气体分析都可以发现变压器中的热点。然而，气体特征不是唯一的，因此不允许用作判别缺陷的根本原因。

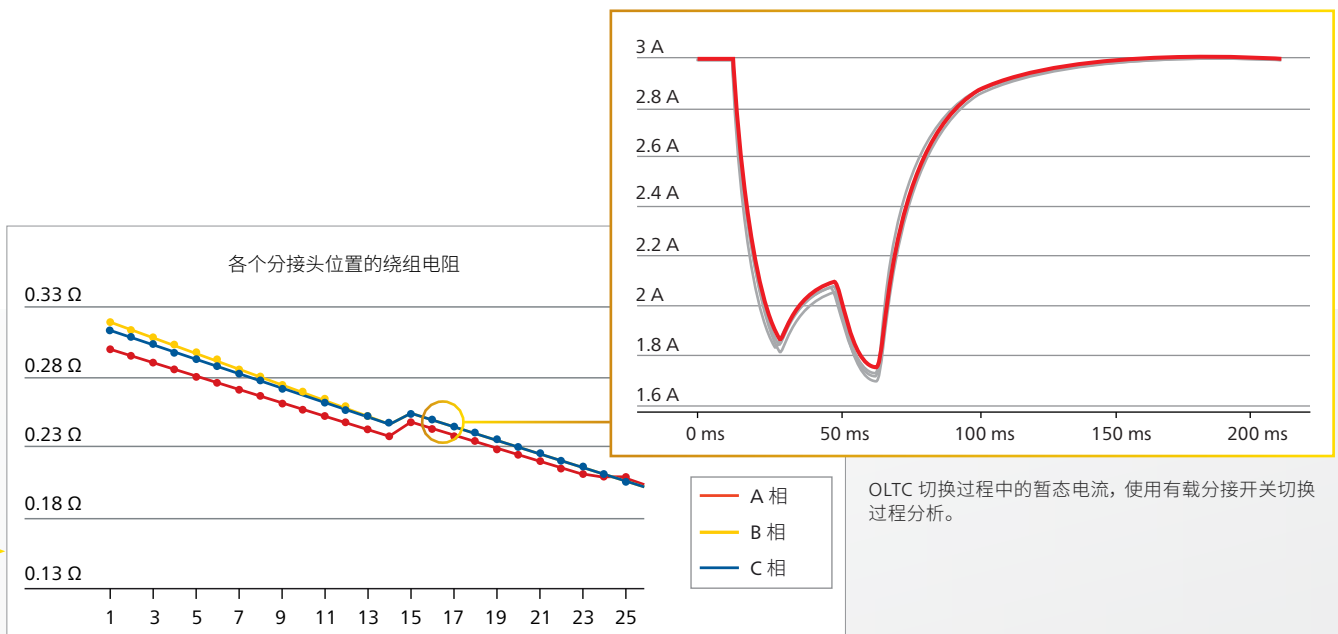
在绕组直流电阻测量期间，变压器的铁心会被磁化。因此，建议在执行此测试后对铁心进行消磁。

为何使用 TESTRANO 600?

- > 高压和低压绕组的三相测量，无需重新连接，最高可达 33 A 直流电流输出
- > 使用高达 100 A 直流电流输出的低欧姆绕组的单相测量
- > 自动分接开关控制和 OLTC 电机电流和电压的测量
- > 对铁心进行消磁同时测量匝比而不改变任何引线

为何使用 CPC 100 + CP SB1?

- > 使用 CP SB1 (最高 6 A 直流电) 无需重新连接即可测量所有三相
- > 低电阻绕组的单相测量，最高可达 100 A 直流电
- > 使用 CP SB1 自动分接开关控制



使用静态绕组电阻测量记录每个分接头位置的绕组电阻。

变压器匝比 (TTR) 测量

可以测试什么？

- 套管
- 电流互感器
- 引线
- 调压开关
- 绝缘材料
- ✓ 绕组
- 铁心

为何需要测量？

变压器匝数比 (TTR) 测量可以验证电力变压器的基本工作原理。通过测量绕组之间的电压比和相位角，可以发现变压器绕组线圈的开路和短路缺陷。

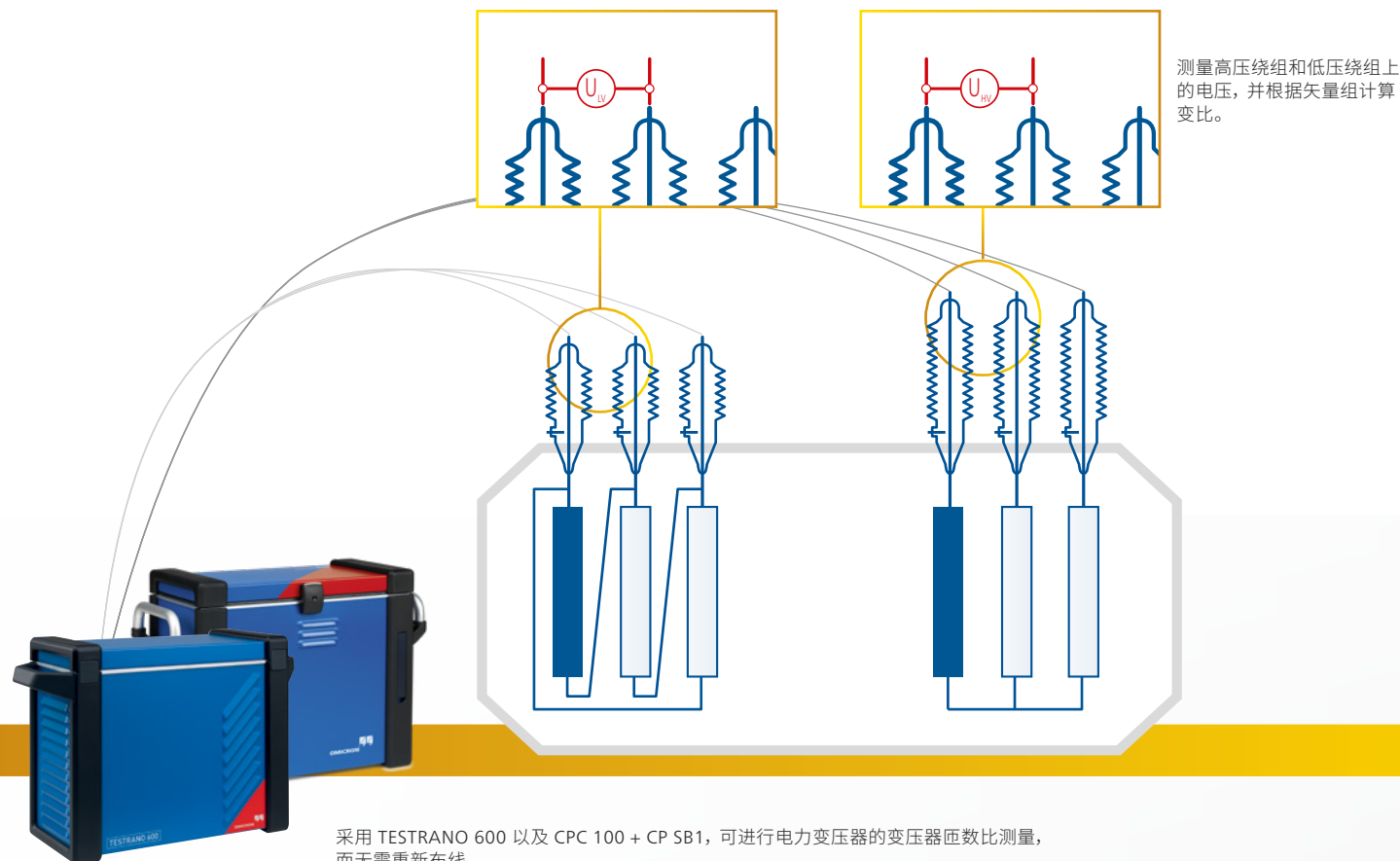
匝比在出厂验收测试 (FAT) 期间确定，变压器投入运行之后，则需要定期检查。通常在发生继电保护动作或者其他诊断测量发现异常状况时，如溶解气体分析 (DGA) 和功率因数测量结果出现异常时，进行 TTR 测量。

如何实现？

当使用**单相电源**时，测试电压顺序施加到某个绕组的各相上面，并在同一个励磁支路相应的高压和低压绕组上进行测量。

使用**三相电源**，可以同时对所有三相进行相同的测量。

然后将计算出的比率与铭牌上的出厂测量结果进行比较。



了解更多...

测量结果可以与铭牌值进行比较，也可以在不同相之间进行比较。根据 IEC 60076-1 和 IEEE C57.152，测量值功能标称值之间偏差不应大于 0.5%。

匝数比通常从高压绕组对低压绕组测量，以避免测量信号输入端出现不安全的高电压。

铁心中存在剩磁或者没有参考接地的化，可能会影响测量，使测量结果不正确。因此，对铁心进行消磁，并且各个绕组适当的接地是非常重要的。

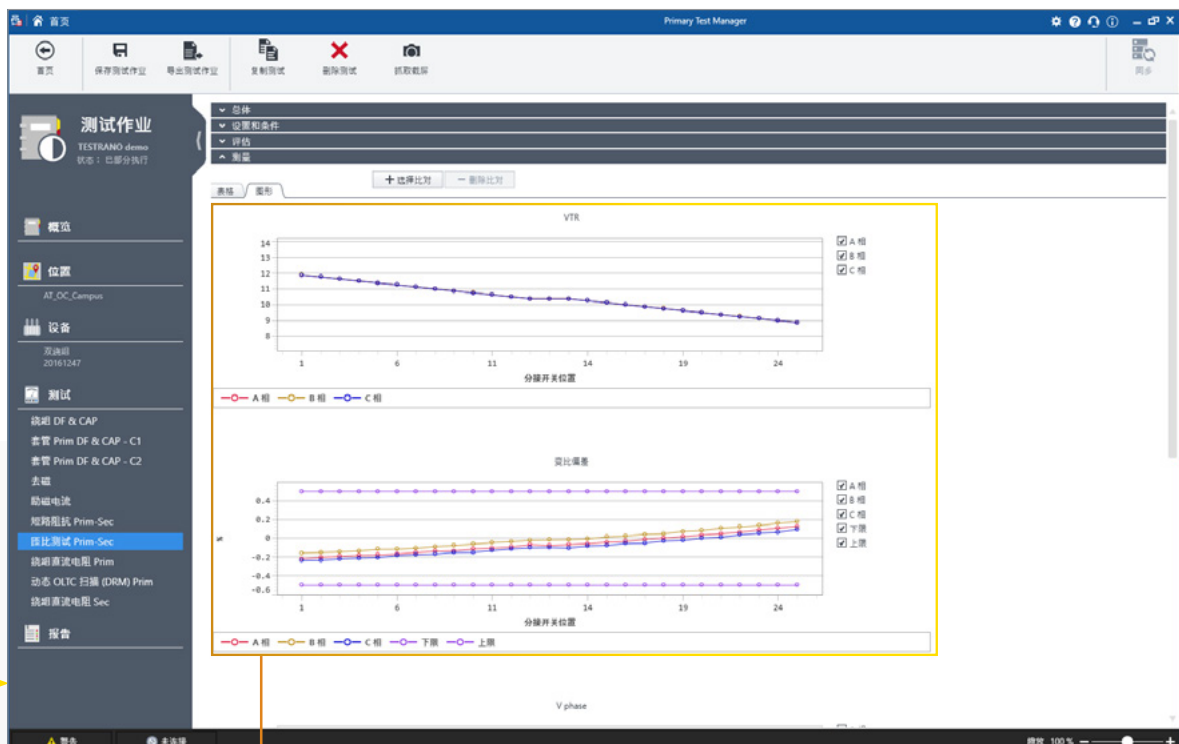
为了确认或排除某个可疑问题，进行励磁电流测试对于绕组短路状况的诊断非常有用。而绕组直流电阻测试对开路状态的检查则非常灵敏。

为何使用 TESTRANO 600?

- > 真正的三相测量，以确定任何绕组联结组别状态下的变比和相角
- > 测量电压输出高达 400 V 交流电 (L-L)，无需重新连接
- > 用于测试直流绕组电阻的相同接线，无需改变测量接线
- > 设备内置自动分接开关控制，无需配件

为何使用 CPC 100 + CP SB1?

- > 使用 CP SB1 测量全部三相而无需更改高达 300 V 交流电 (L-L) 的测量接线
- > 使用高达 2 kV 交流电压进行单相测量
- > 使用 CP SB1 自动分接开关控制



在各个接头头位置测量全部三相的 TTR。根据国际标准，测量结果与铭牌标称值相比，偏差不应该大于 0.5%。

励磁电流

可以测试什么？

- 套管
- 电流互感器
- 引线
- 调压开关
- 绝缘材料
- ✓ 绕组
- ✓ 铁心

为何需要测量？

励磁电流测量可以对绕组的匝间绝缘、变压器的磁路以及分接开关的状态进行评估。

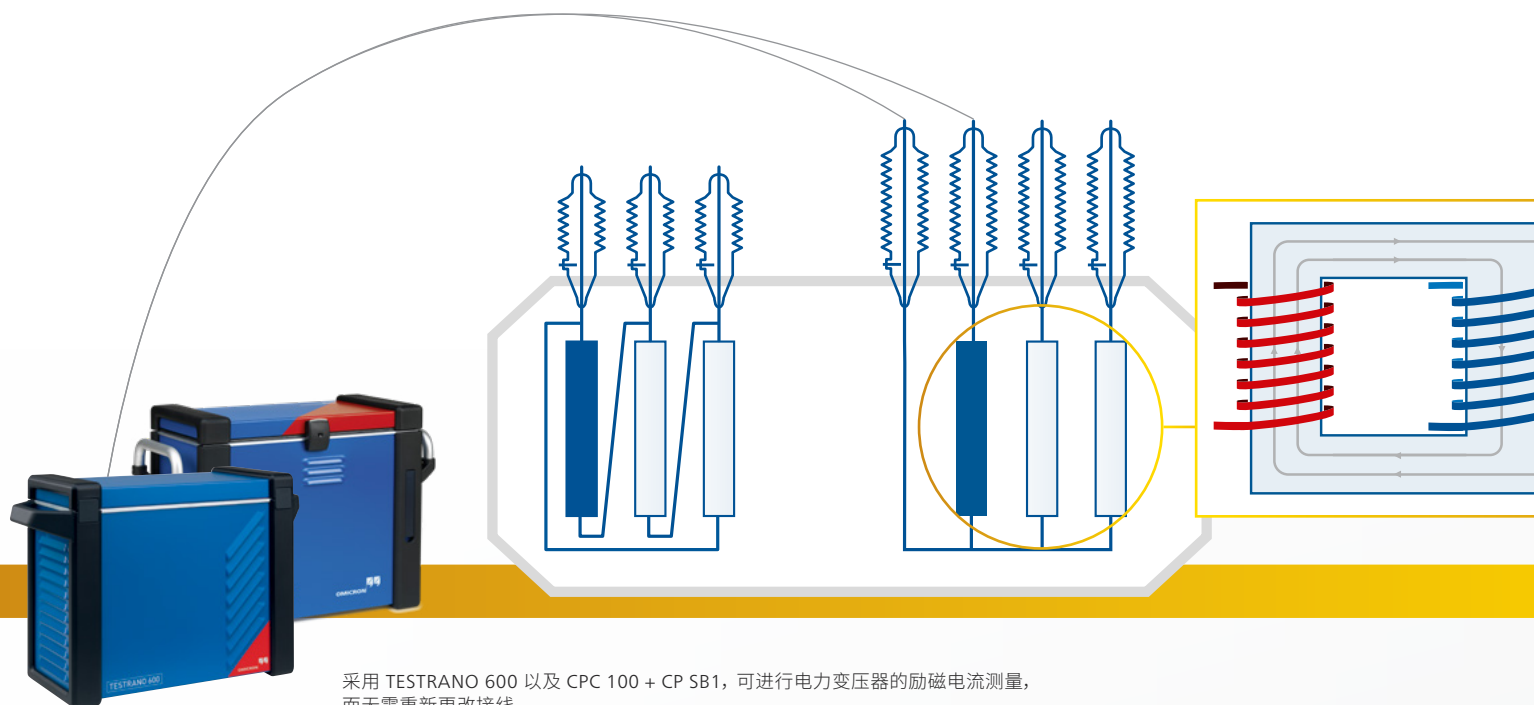
该项测量最大的好处是对绕组中可能存在的匝间短路进行检测。铁心叠片的物理移动或者铁心的严重损伤会造成磁路磁阻的变化，从而导致励磁电流发生变化。另外，分接开关的触点损伤或连接问题也会造成励磁电流偏差过大。

如何实现？

励磁电流测试在变压器空载条件下进行。因此，交流电压施加到变压器的一侧（通常是高压侧），而与之相应的对侧保持开路状态。一次绕组中所流通的电流的大小，是与变压器的响应（比如在二次绕组中产生电压）成比例的。

建议在测试装置和被测试绕组的允许范围内选择最高测试电压，以检测匝间短路故障。标准测试电压为 10kV。

测试接线要根据被测试变压器的绕组联结状况调整。通常情况下，加电绕组如果有中性点引出的话，该引出应该接回测试装置，构成该相的加压回路。对于非测试相，其中性点在运行状态下如果是接地的，那么在测试过程中也要保持接地。



了解更多 ...

励磁电流测试应该在各相之间和各分接位置之间进行比较。根据变压器的结构和励磁支路的数量，测量结果应该表现出有两相或者三相之间相似的结果模式 (HLH, LHL, HHH)。测量结果相似的各相之间，其偏差不应超过 5% 到 10%。

如果所有三相之间的励磁电流测量结果都各不相同，建议要做进一步分析。不同相之间的励磁电流不同的状况，其成因可能是铁心剩磁或者绕组存在问题。

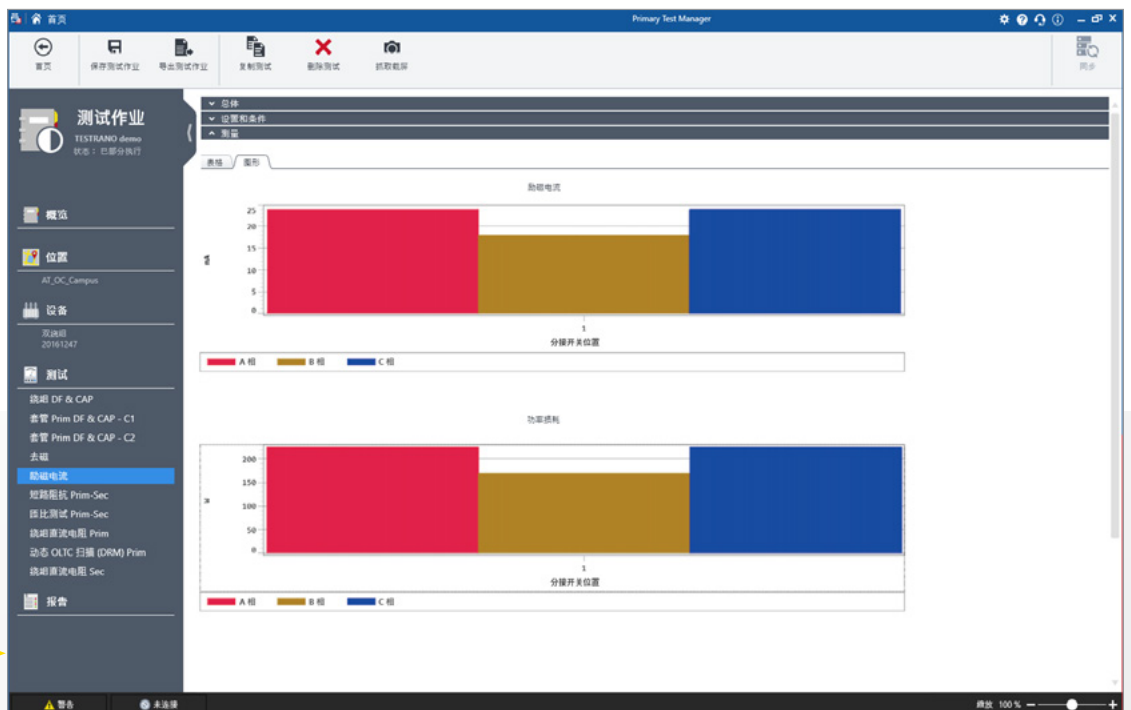
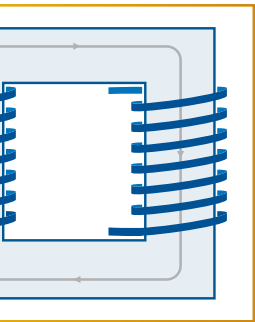
如上所述，铁心中的剩磁会影响励磁电流的测量结果。在这种情况下，应对变压器进行消磁并重新测试。

除了相间比对模式之外，励磁电流的测试结果还应该表现出在所有分接位置位置比对所形成的独特模式，这个独特模式可能会随这分接开关类型的不同而不同。即使并不了解与某个具体分接开关相关的模式是什么，在各相之间相比这个模式也应该是相同的。。

匝间短路也可以通过变压器匝比 (TTR) 测量来确认，而扫频响应分析 (SFRA) 测试有助于确认或进一步诊断铁心中的问题。

为何使用 TESTRANO 600 或 CPC 100?

- > 使用 CP TD12/15, 在通用的 10 kV 测试电压下进行励磁电流测试
- > 在测量匝比时测定励磁电流
- > 确定所有三相的励磁电流, 无需更改测试接线



三芯柱变压器的典型 HLH 相位模式，两个边相的励磁电流相对高些，幅值相近，中间相的励磁电流则相对低些。

短路阻抗 / 漏抗测量

可以测试什么？

- 套管
- 电流互感器
- 引线
- 调压开关
- 绝缘材料
- ✓ 绕组
- 铁心

为何需要测量？

短路阻抗 / 漏抗测量是评估绕组可能存在的变形或位移的灵敏方法。

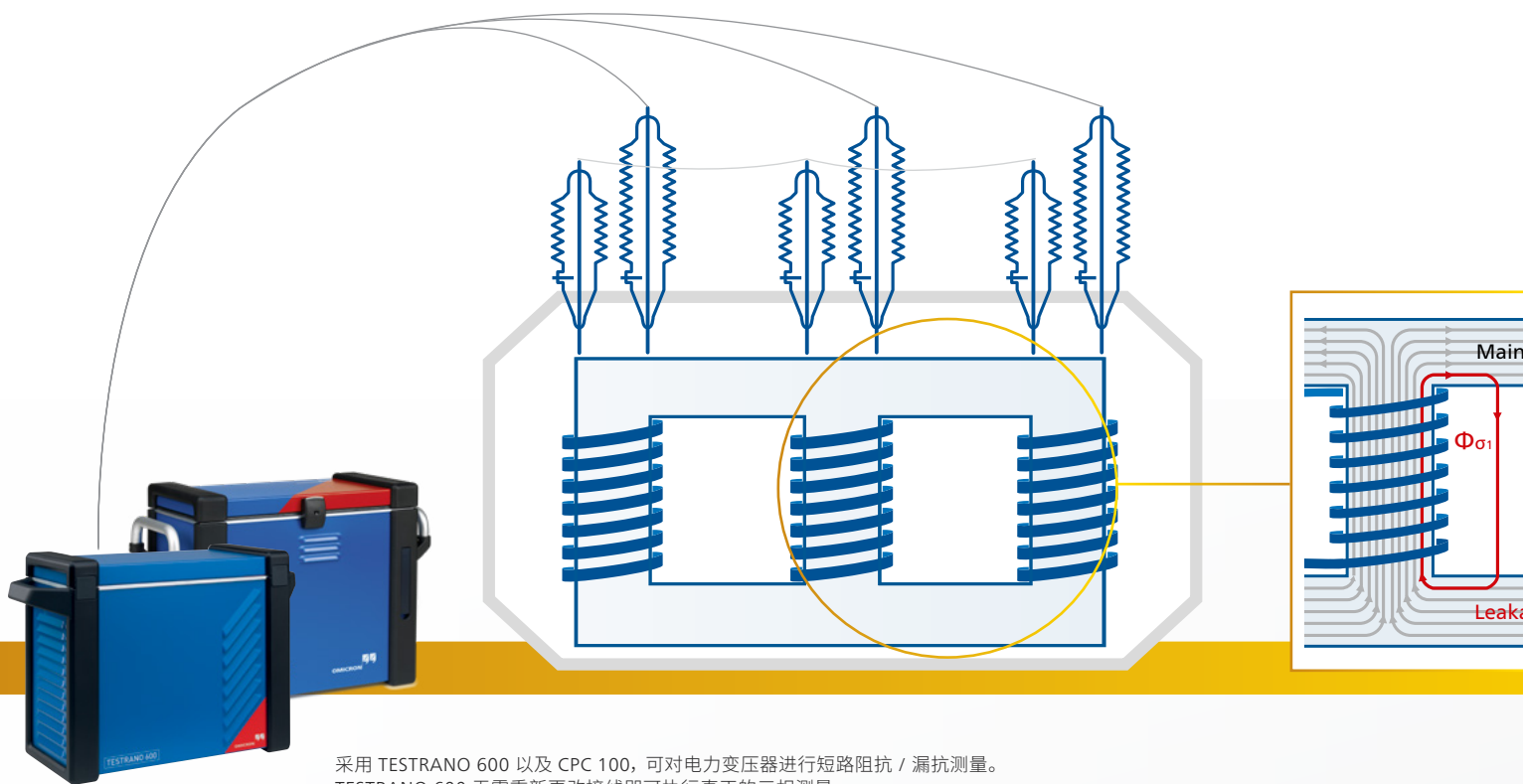
电力变压器的严重短路或运输可能导致绕组发生位移或变形。如发生此类事件，建议进行短路阻抗 / 漏抗测试。

测试通常作为三相测量进行，可以与制造商在工厂验收测试期间建立的铭牌值进行比较。由于该值代表所有三相的平均值，因此还建议进行各相分别测量以进行绕组诊断。

如何实现？

向各相高压绕组施加交流信号而相应的低压绕组短接。在三相测量期间，低压侧的所有三个相都短路，中性点悬空。对于分相测量方式，只在低压侧对相对应的绕组进行短路连接。

测量出高压绕组上电压和电流的幅值和相位，就可以计算出短路阻抗。最后，结合具体变压器的额定值数据来计算短路阻抗。



了解更多...

三相短路阻抗测量值与铭牌值相比偏差不应超过3%。

不过，测量结果与铭牌值相比偏差过大并不能确定是绕组变形。还需要分相进行的漏抗测量结果中至少有一相是不合格的，才能确认发生了绕组变形。

应将各相的测量结果与各相测试的所有三个测量结果的平均值进行比较。在大多数情况下，与平均值的偏差应该小于1%，不应超过 2 - 3%。分相测量所获得的结果不应该与铭牌值进行比对。

漏抗仅代表短路阻抗的无功部分。然而，这两个术语同义使用指的是相同的测试方法。

此外，可以执行扫频响应分析 (SFRA) 以进一步分析绕组位移和变形。

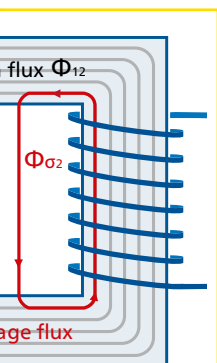
为何使用 TESTRANO 600?

- > 真正的三相测量，无需重新接线即可确定短路阻抗
- > 在工厂验收测试中使用的类似测试方法
- > 采用相同的测量接线完成 FRSL 测量

为何使用 CPC 100?

- > 单相测量，以确定三相等效和各相短路阻抗
- > 采用相同的测量接线完成 FRSL 测量

漏抗表示漏磁通，漏磁通是磁通回路并不全是铁心的磁通。绕组的位移或变形会改变泄漏路径的磁阻，从而改变电抗。



相	I AC	V1 AC	V1 AC 相位	功率损耗
开始 A	941,02 mA	164,73 V	87,09 °	7,870 W
开始 B	959,90 mA	168,62 V	87,08 °	8,245 W
开始 C	970,41 mA	168,56 V	86,97 °	8,646 W

相	uk 测量值 (%)	uk 参考值 (%)
	8,67 %	8,45 %

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 V	13 11 00 00 V	25 9 38 00 V
	54.9 A	53.0 A	73.9 A
Impedances:	PRIM-TERT	TERT-SEC	PRIM-SEC 9.45 %
			8.45 %
			8.15 %
Weight: Total	424	Oil 17.6	Active Part 18 Shipping 41 t

可基于测量的三相结果和变压器的额定功率计算短路阻抗。然后，将其与变压器铭牌上的标称值进行比较。

杂散损耗的频率响应 (FRSL) 测量

可以测试什么？

- 套管
- 电流互感器
- 引线
- 调压开关
- 绝缘材料
- ✓ 绕组
- 铁心

为何需要测量？

杂散损耗的频率响应 (FRSL) 测量是在多个频率下对短路阻抗的电阻分量进行测量。这是发现同一绕组中线股之间短路以及由于涡流过大所引起的局部过热的唯一电气方法。

与短路和漏抗测试类似，建议将 FRSL 测量作为调试或验收测试来建立基准测试结果。同样，FRSL 测试不是常规诊断测试，但建议用于高级诊断。该测试也可以作为三相或各相测试进行。

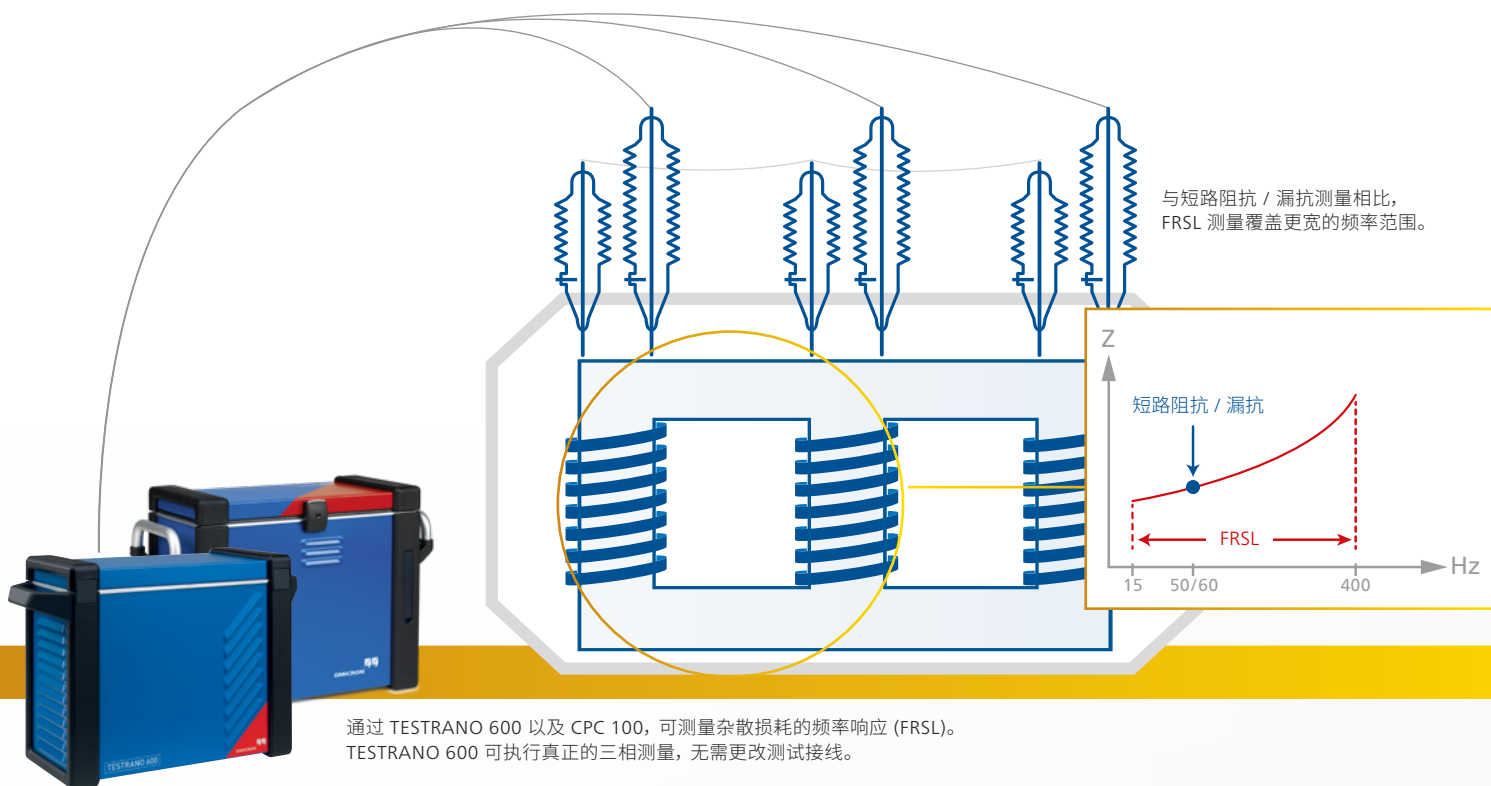
如何实现？

FRSL 测试的测试设置和程序与短路阻抗 / 漏抗测试相同，可以同时进行。

向各相高压绕组施加交流信号而相应的低压绕组短接。在三相测量期间，低压侧的所有三个相都短路，中性电端子则悬空。在做分相测量的时候，只对相对应的低压绕组进行短路连接。

根据所测量到的电流、电压和相角，分别计算出 15Hz 到 400Hz 之间多个频率下短路阻抗的电阻分量。

变压器的涡流损耗会随着测试信号频率的增加而增加，可以绘制出测量结果与频率之间的关系曲线，观察短路阻抗电阻分量随频率升高而增加的状况。



了解更多...

对 FRSL 测量结果的分析在很大程度上都是很明显的，可以在各相之间进行横向比较，也可以与之前的测量结果进行纵向比较。由于涡流损耗是与频率成比例的，所以可以观察到电阻值是随着频率升高而增加的。

在各相之间，这种增加应该是相同的，所形成的都是平滑的指数曲线。在比较高的频率下，即便是各相之间出现只有 3% 的偏差，都表示着变压器已经出现了线股之间短路的情况。

FRSL 结果应通过溶解气体分析 (DGA) 进行交叉验证。许多 FRSL 能够诊断出来的问题，都是会产生可燃气体。例如，线股短路可能导致高于正常状态的过热，这可以通过 DGA 检测到。

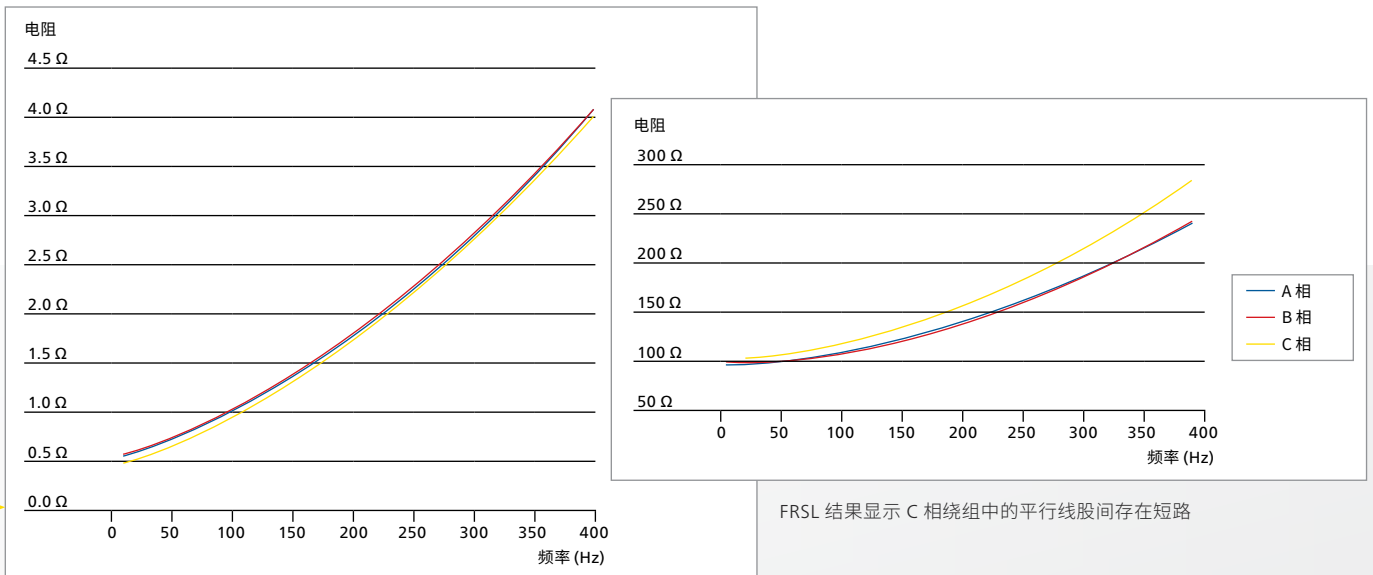
可能导致 FRSL 测量结果出现误导性结果的最常见原因是连接不良和所施加的短路跳线截面过小。在这种情况下，可以观察到各相之间曲线的纵向偏移。

为何使用 TESTRANO 600?

- > 真正的三相测量，无需更改测试接线即可测量 FRSL
- > 采用测试短路阻抗 / 漏抗测试的相同测试接线

为何使用 CPC 100?

- > 单相测量，用于测量三相等效和分相 FRSL
- > 采用测试短路阻抗 / 漏抗测试的相同布线



可接受的 FRSL 结果

FRSL 结果显示 C 相绕组中的平行线股间存在短路

退磁

可以测试什么？

- 套管
- 电流互感器
- 引线
- 调压开关
- 绝缘材料
- 绕组
- ✓ 铁心

为何需要去磁？

当电力变压器与所连接的电力系统断开时，由于相位差的存在，其铁心中会产生剩磁。在变压器绕组上施加过直流电压（例如在现场或者工厂所进行的常规绕组直流电阻测量时）之后，剩余磁通也会保留在变压器铁心中。

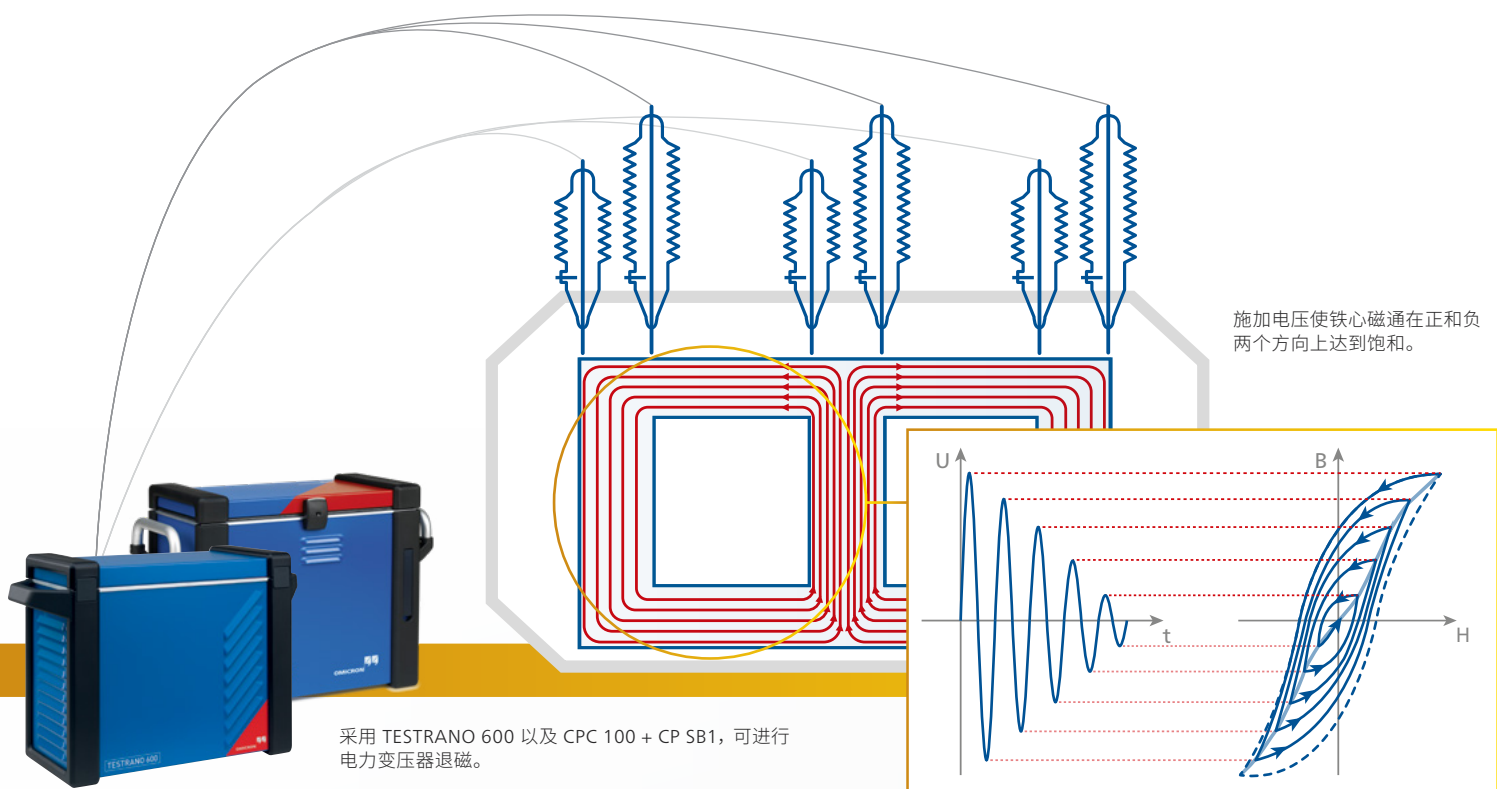
由于变压器铁心中剩余磁通的存在，可能会出现幅值高达最大短路电流水平的励磁涌流。这样，在变压器重新投运时，会承受更大的冲击。另外，有些诊断测量会受铁心剩磁的影响，使可靠的结果评估变得非常困难。

因此，建议在将变压器重新投运之前，以及在诊断测试期间施加直流电压之后对铁心进行去磁。

如何实现？

首先，让铁心在正负两个方向上使其达到饱和，然后测定具体的磁滞参数并计算初始通量。基于这些参数，再通过调整所施加电压的幅值和频率，通过递归循环的过程，经过多次循环，使铁心的剩余磁通量降低到其最大磁通量的 1% 以下。

这种变压器铁心去磁方法，是在对铁心磁通状态进行持续测量的基础上实现的，无论是对大型电力变压器，还是对小型的配电变压器，都能够可靠地去磁。



了解更多...

电力变压器磁心的退磁，最大限度地降低了变压器重新投入运行时所产生的人员和设备风险。

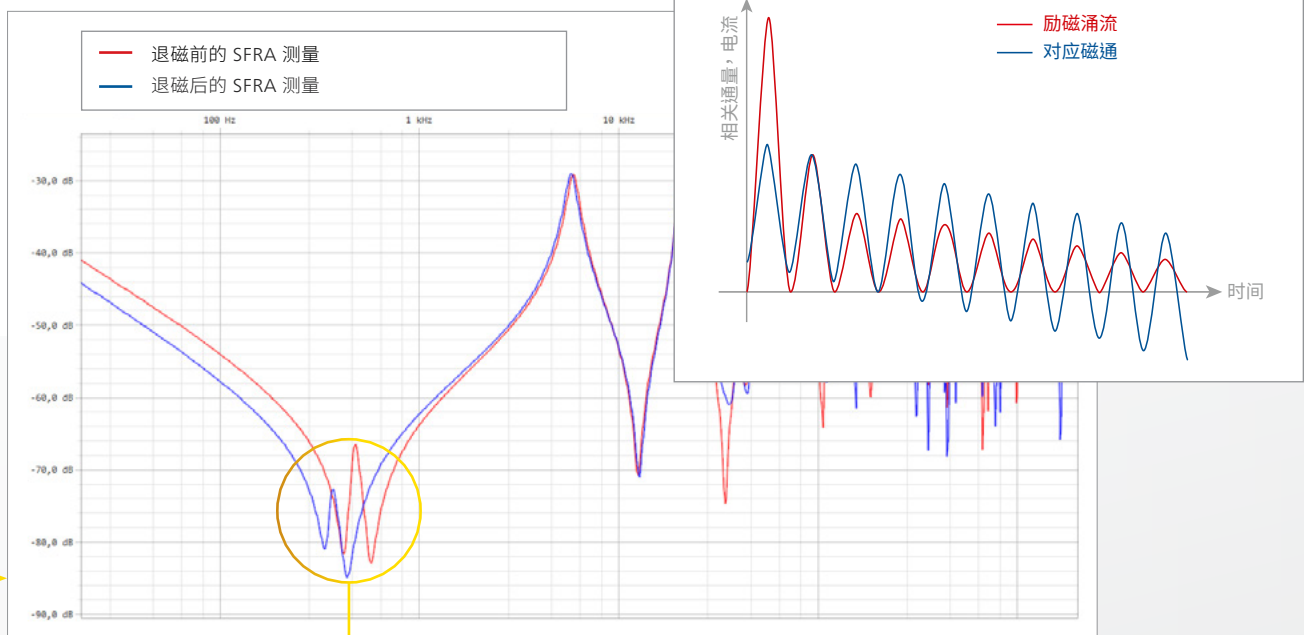
在进行励磁电流、扫频响应分析 (SFRA) 或磁路平衡测试之前，还建议对变压器进行消磁。所有这些测量都将受到铁心剩磁的影响，可能导致对测量结果的错误解读。

成功去磁的一个重要因素是在退磁过程中不断监测铁心中的磁通量 (ϕ)。

为何使用 TESTRANO 600 或 CPC 100 + CP SB1?

- > 电力变压器铁芯快速可靠的退磁
- > 测量初始剩磁以进一步诊断，例如励磁电流测量结果超预期
- > 退磁至铁心最大磁通量的 1% 以下

由于存在过大剩磁而产生的励磁涌流，当变压器重新投入运行时可能危及变压器。



A 相的 SFRA 测量: 谐振点的偏移表明测量结果受到了铁心剩磁的影响。

扫频响应分析 (SFRA)

可以测试什么？

- 套管
- 电流互感器
- ✓ 引线
- 调压开关
- 绝缘材料
- ✓ 绕组
- ✓ 铁心

为何需要测量？

扫频响应分析 (SFRA) 用于发现电力变压器绕组、触点或铁心中的机械或电气问题。变压器所经受的严重短路或者运输过程中出现的震动都可能导致绕组发生位移或变形。

自 IEC 60076-18 标准实行以来，该方法已成为常见的电气测试之一，在电力行业的接受度也相应提高。

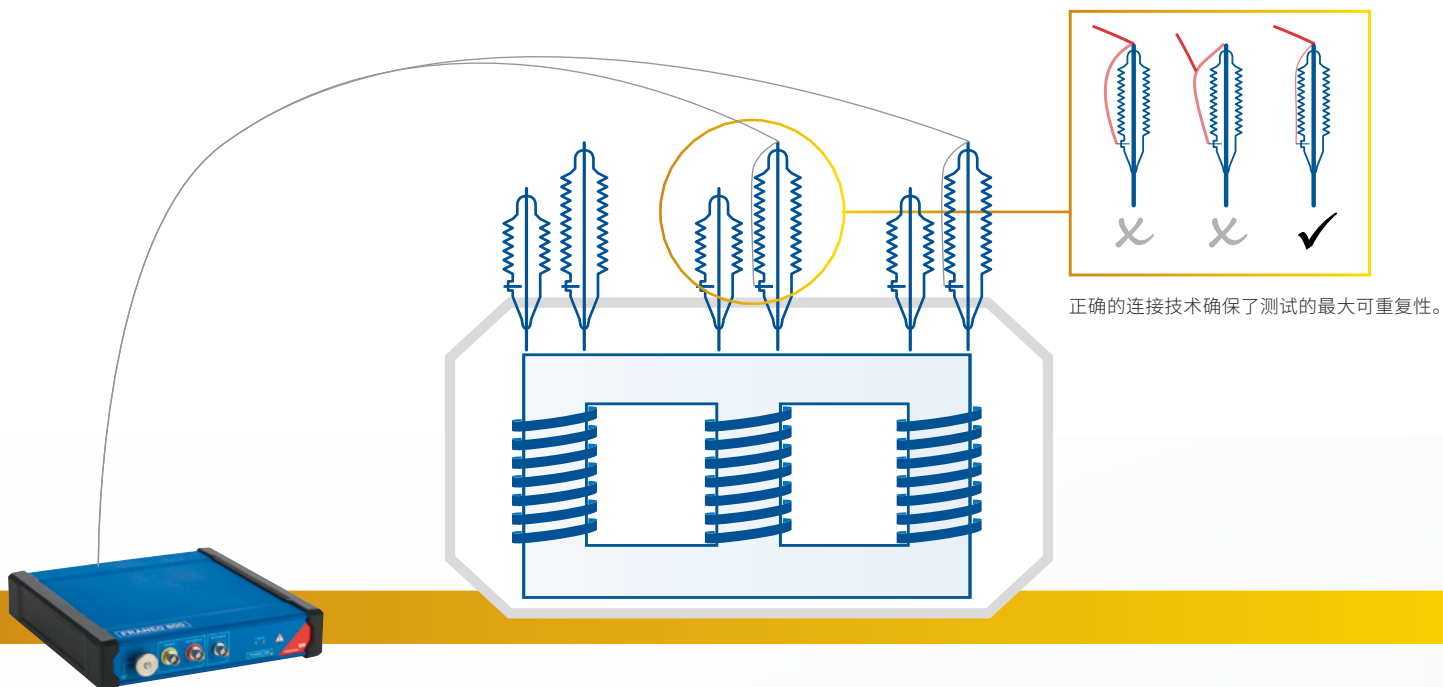
建议在制造商的验收测试结束时进行 SFRA 测试，以获得变压器的原始指纹曲线，然后在运输后和调试期间再次进行这项测量。

如何实现？

电力变压器可视为电容、电感和电阻等元件所组成的复杂电气网络。每个电气网络都有自己独特的频率响应。

频率连续增加的正弦波激励电压注入变压器绕组的一端，并测量从另一端返回的响应信号。输入和输出信号的比较产生唯一的频率响应，可以与参考指纹进行比较。

内部组件的变化、位移或变形导致该传递函数的变化，并且可以通过比较这些图形曲线来识别。



正确的连接技术确保了测试的最大可重复性。

FRNEO 800 通过使用扫频响应分析 (SFRA)，可以对电力变压器进行可靠的铁心和绕组缺陷检测。

了解更多...

SFRA 的评估是基于当前测试与参考测试的比较。如果没有指纹曲线可用的时候，可以进行相间曲线的比对或者在同类变压器的测量结果曲线之间进行比对。

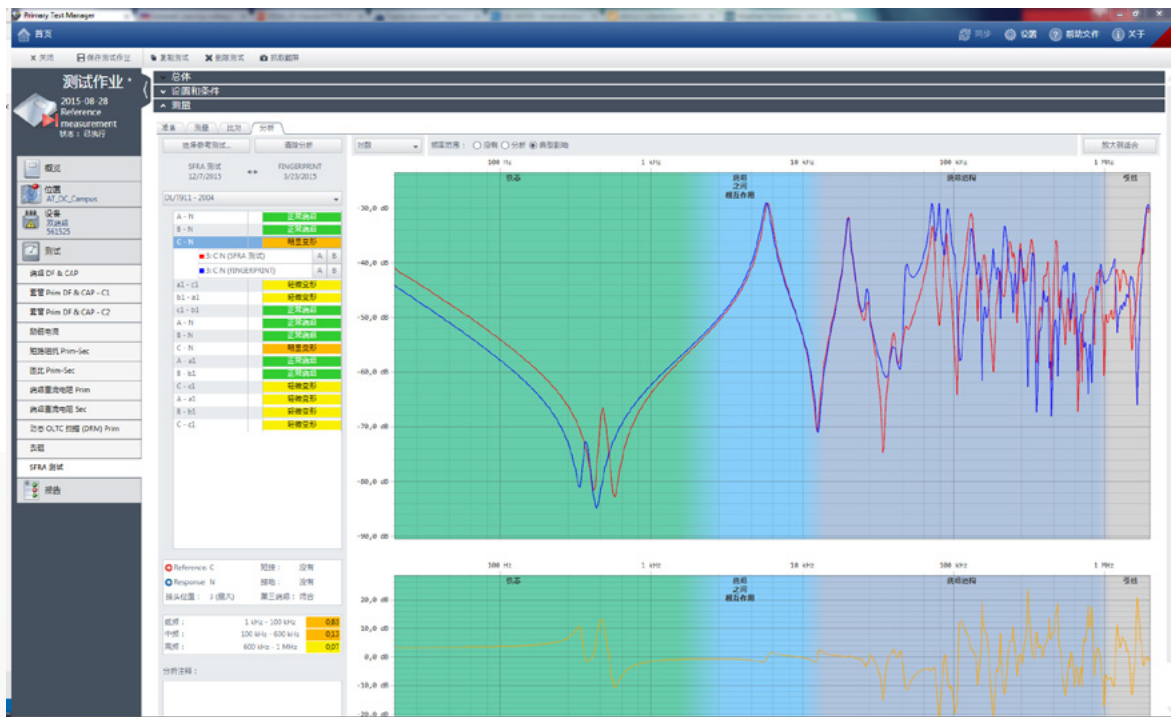
这些检测到的故障可以通过其他测量来确认，例如直流绕组电阻、杂散损耗的频率响应 (FRSL)、短路阻抗 / 漏抗、励磁电流或变压器匝比 (TTR) 测量。

SFRA 是一种非介入性的测量方法。它可以在不施加高压的情况下可靠地评估电力变压器的完整性。

没有其他方法能像 SFRA 那样对电力变压器器身部分的机械变形反应如此灵敏。

为何使用 FRANE0 800?

- > 业内最宽的动态测量范围 (> 150 dB)
- > 基于 IEC 60076-18, 方法 1 的创新连接技术, 测量结果可重复性最高
- > 使用 Primary Test Manager™ 进行操作, 提供有引导的测试设置、执行和评估工作流程, 以便在没有专业知识的情况下轻松进行分析
- > 智能扫描算法, 测量时间快
- > 小巧轻便的设备确保了最佳的可用性



PTM 提供自动结果评估和比较，也可以显示偏差的典型因素。

介电 (频率) 响应分析

可以测试什么？

- ✓ 套管
- 电流互感器
- 引线
- 调压开关
- ✓ 绝缘材料
- 绕组
- 铁心

为何需要测量？

介电响应分析，也称为介电频率响应分析，用于评估纸绝缘的水分含量，从而确定其绝缘状况。

油纸绝缘电力变压器中的水分由纸张老化产生，或通过泄漏的密封或呼吸进入变压器。它导致击穿强度降低和绝缘老化加速。

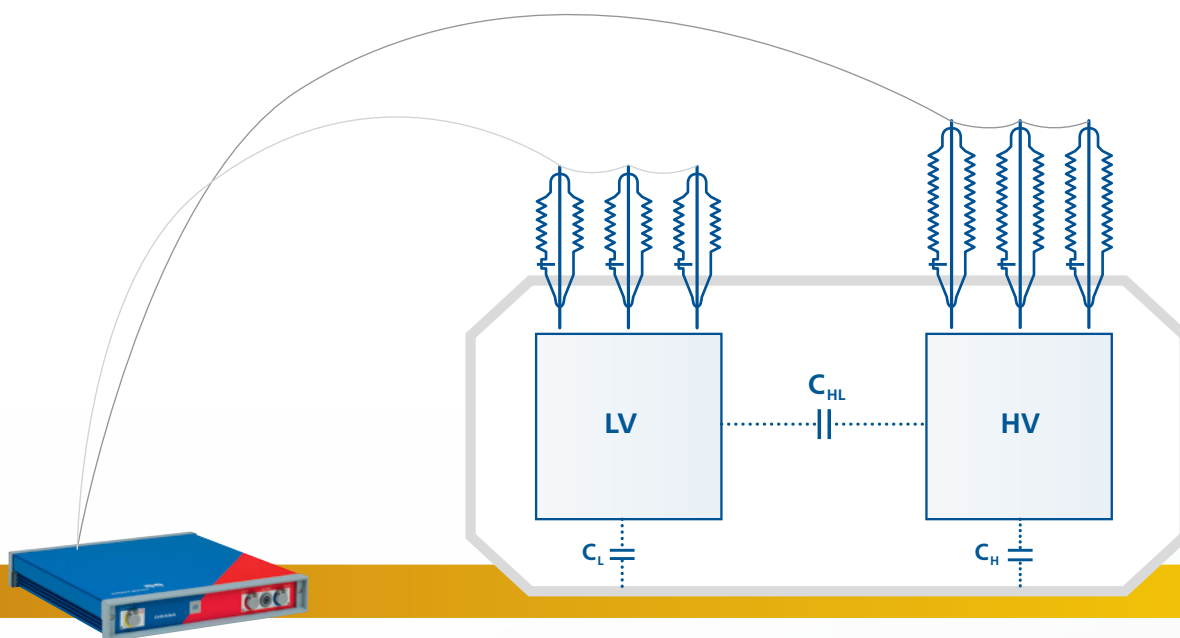
了解水分含量对于电力变压器及其套管的状态评估非常重要。该测量还用于新的变压器，以确认干燥过程后的水分含量足够低。

如何实现？

电力变压器器身绝缘结构中的绝缘纸主要存在于绕组之间。为了对绕组之间的绝缘进行测量，需要将仪器的激励信号输出连接到高压绕组，而测量信号输入则连接到低压绕组。测量所不需要的电容性电流和电阻性电流都被屏蔽连接线旁路到油箱上去了。

在很宽的频率范围内对这部分绝缘的介损因数进行测量。测量结果所形成的曲线中就包含了绝缘状态的信息。

该曲线中，在很低的频率下，主要反应的是固体绝缘中的含水量。在中间频率范围的直线部分，则主要反应了绝缘油的导电性。测量软件会自动将实际测量结果曲线与模型曲线进行比对，并计算绝缘纸中的含水量。



DIRANA 通过电介质响应分析确定油纸绝缘电力变压器的水分含量，并评估套管的状况。

了解更多...

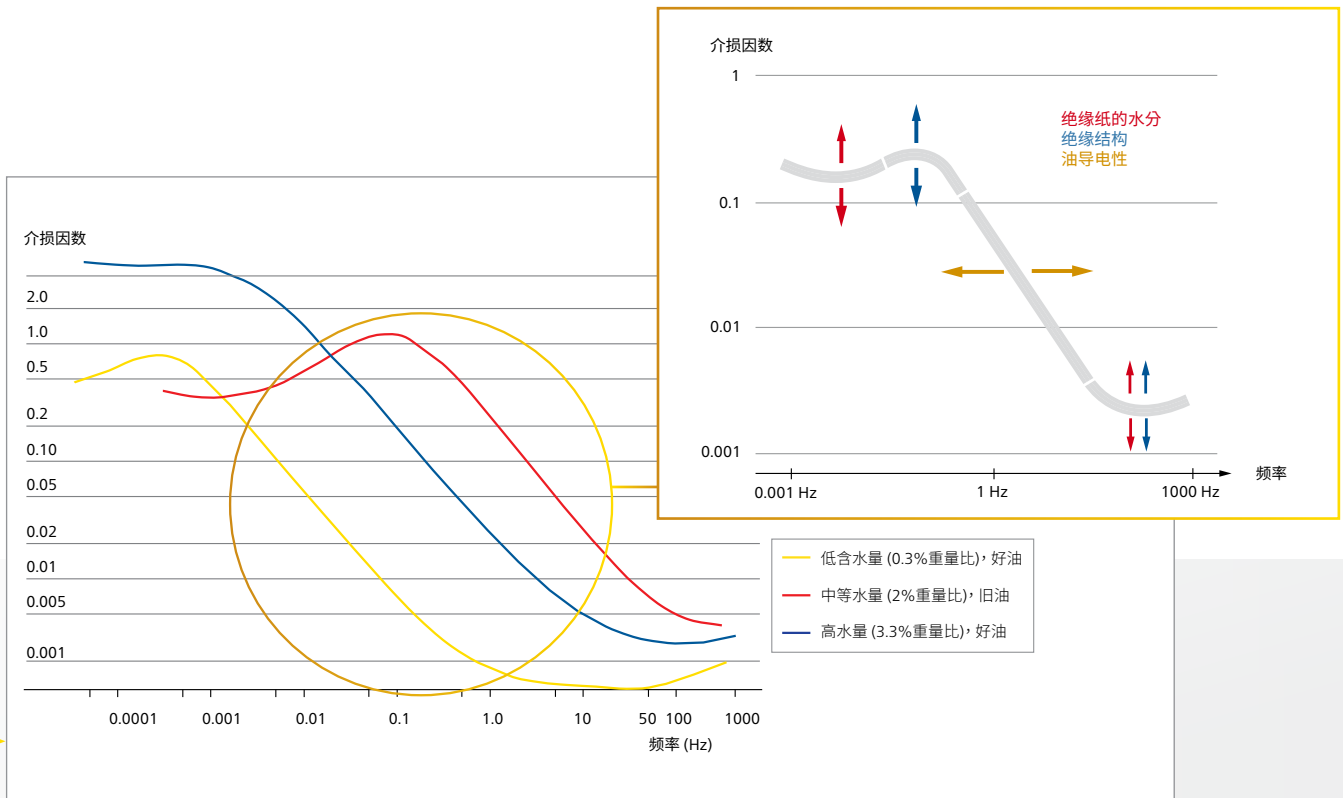
该方法也得到了 CIGRÉ 的科学认证，除此之外没有其他非介入性的方法能够以同样的准确度评估变压器中的水分。

由于是直接测量出绝缘纸中的含水量，而不是从油中的水分中推断出来，因此该方法适用于所有温度条件，并且不需要等到纸和油之间达到水分平衡。

评估根据 IEC 60422 进行，IEC 60422 提供了水分含量的分类标准。

为何使用 DIRANA?

- > 可靠的电力变压器和油浸纸绝缘 (OIP) 套管水分测定
- > 通过组合测量方法 (FDS + PDC +) 使测量时间很短
- > 宽频率范围 (10 μ Hz... 5 kHz)



介质响应曲线可以对影响测量结果的各种不同因素加以区分。

电流互感器分析

可以测试什么？

- 套管
- ✓ 电流互感器
- 引线
- 调压开关
- 绝缘材料
- 绕组
- 铁心

为何需要测量？

电力变压器制造厂在最终验收测试的时候对套管电流互感器 (CT) 进行测试，而运行单位也会在设备调试期间对套管电流互感器进行测试。测试的目的都是为了保证 CT 会向继电保护系统发送正确的电流信号。

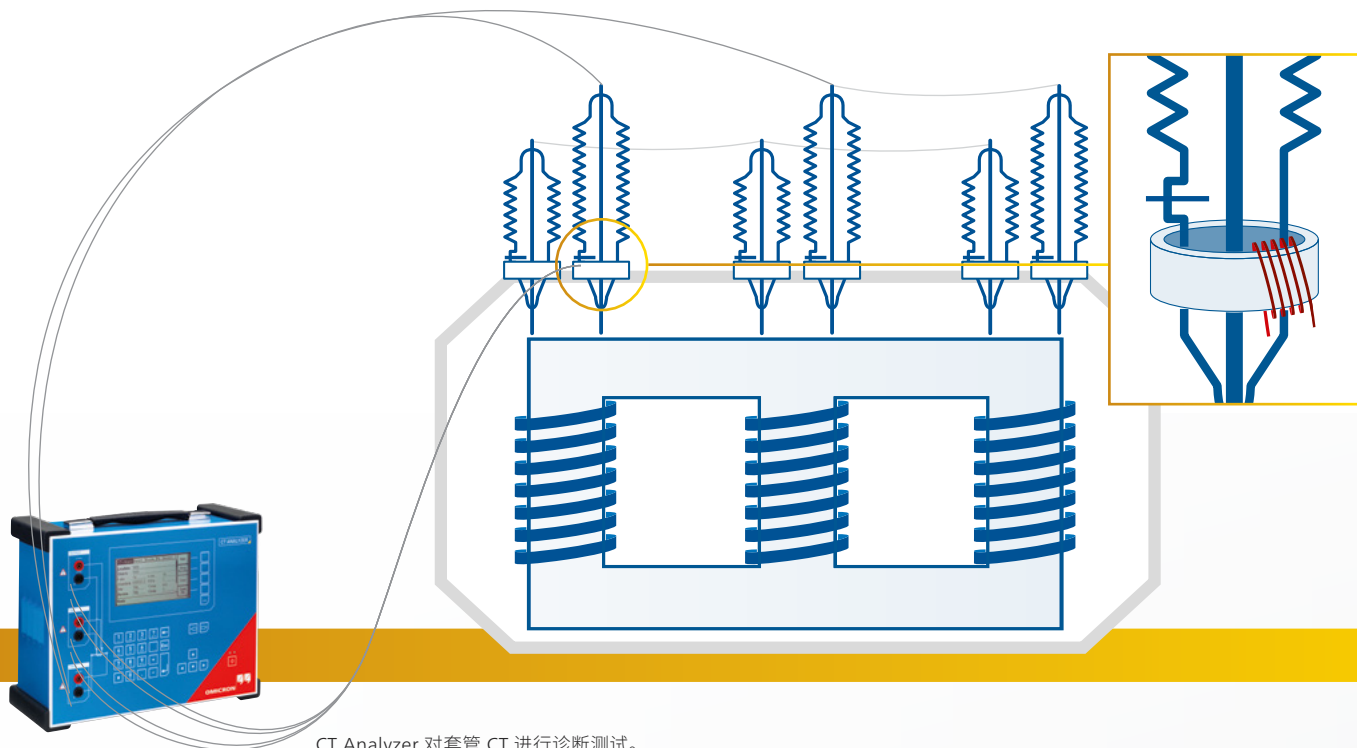
不正确的电流信号会导致保护系统不正确动作，造成设备损坏。要检查的 CT 参数是准确度 (包括比差和角差)、不同负载状态下的准确度、CT 线圈直阻、CT 磁化曲线、ALF 和 FS。

可以按照相关标准进行测试: IEC 60044-6、IEC 60044-1、IEC 61869-2、IEEE C57.13。

如何实现？

每一相都要单独测试，期间其他无关相必须短接。在互感器的二次侧施加测试电压。这样在铁心中产生磁通，先测量出 CT 模型 (等效回路图) 的参数，并通过负载模型计算出变比误差。

不需要大电流源，测试必须只进行一次，即便是以后需要采用其他的负载和一次电流来评估这个 CT，也不需要再次测量。对所有的 CT 参数都是精确测量的，并结合了 CT 的负载与励磁特性。



CT Analyzer 对套管 CT 进行诊断测试。

了解更多...

套管电流互感器 (CT) 诊断测试的周期和数值在相应的标准和 CT 操作员的调试指导中都有规定。

CT 误差是根据变压器绕组的不同连接方法确定的。极性检查可验证 CT 和 CT 线圈的正确极性。测量磁化曲线，并计算出拐点。测量剩磁，并且进行 CT 消磁以避免保护继电器的不正确动作。

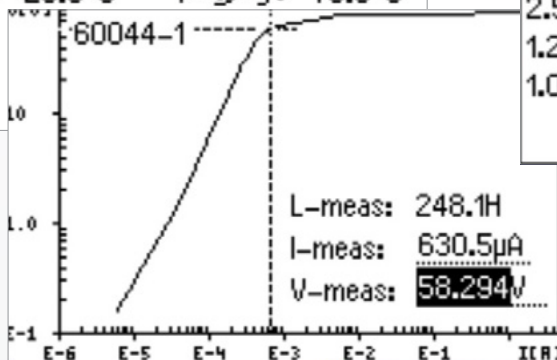
负载阻抗越大，铁心磁通与饱和状态之间的裕度就越小。当外部激励场强继续增加而铁心磁通不再增加的时候，铁心磁通就达到了饱和状态。铁心饱和之后，CT 的电流传变效率和传变性能都大幅下降。

对于套管 CT，由于这种 CT 是安装在变压器套管上，套管连接到变压器绕组的引线上。因为在这种情况下，CT 的一次回路中带有变压器绕组的阻抗，所以在测量时只能采用电压注入的方法来进行，而不能采用电流注入的方法。这种方法就是把测试电压施加到 CT 的二次侧，同时在变压器绕组的套管端子处测量电压。这个测试也可以使用 CPC 100 来检查变比、极性和 CT 等级。

为何使用 CT Analyzer?

- > CT 的自动退磁避免保护误动
- > 根据标准自动生成测试报告
- > 二次电压注入方法是测试已连接到电力变压器的套管 CT 的唯一方法
- > 极高准确度 (典型值 0.02%)，可以校验准确度最高 0.1 级的互感器
- > 小巧轻便的设计 (<8公斤 / 17.4磅)

CT-对象	电阻	励磁	变比	评估
二次线圈:				
I-DC:	0.962A	V-DC:	8.516V	
R-测量:	8.852Ω	R-参考:	10.56Ω	
T-测量:	25.0°C	T-参考:	75.0°C	



CT-对象	电阻	励磁	变比	评估
额定负载	在 % 额定电流时的电流比差 (%)			
VA/Cosφ	100%	120%		
2.50/1.000	-0.009	-0.008		
1.25/1.000	-0.008	-0.007		
1.00/1.000	-0.007	-0.007		

	电阻	励磁	变比	评估
标准:	60044-1		准确级:	0.5
参数			自动	手动
准确级			正确	?
c			正确	?
Δφ			正确	?
FS			正确	?

不同的测试卡支持您检查和评估相关的 CT 参数，如变比、直阻及其保护等级。

局部放电分析

可以测试什么？

- ✓ 套管
 - 电流互感器
 - 引线
 - 调压开关
- ✓ 绝缘材料
- ✓ 绕组
- 铁心

为何需要测量？

局部放电 (PD) 会损坏电力变压器套管和绕组中的绝缘材料。这会导致其发生故障，并造成供电中断，带来重大的经济损失。

如果处于不同点位之间的绝缘材料出现老化、污染或者其他缺陷，则在电力变压器的绕组和套管中会出现局部放电的现象。

局部放电 (PD) 测量是一种可靠且非破坏性的方法，用于诊断电力变压器绝缘系统的状态。测量在工厂验收、现场调试和日常维护测的时候进行，检验其是否存在重大缺陷并对缺陷进行风险评估。

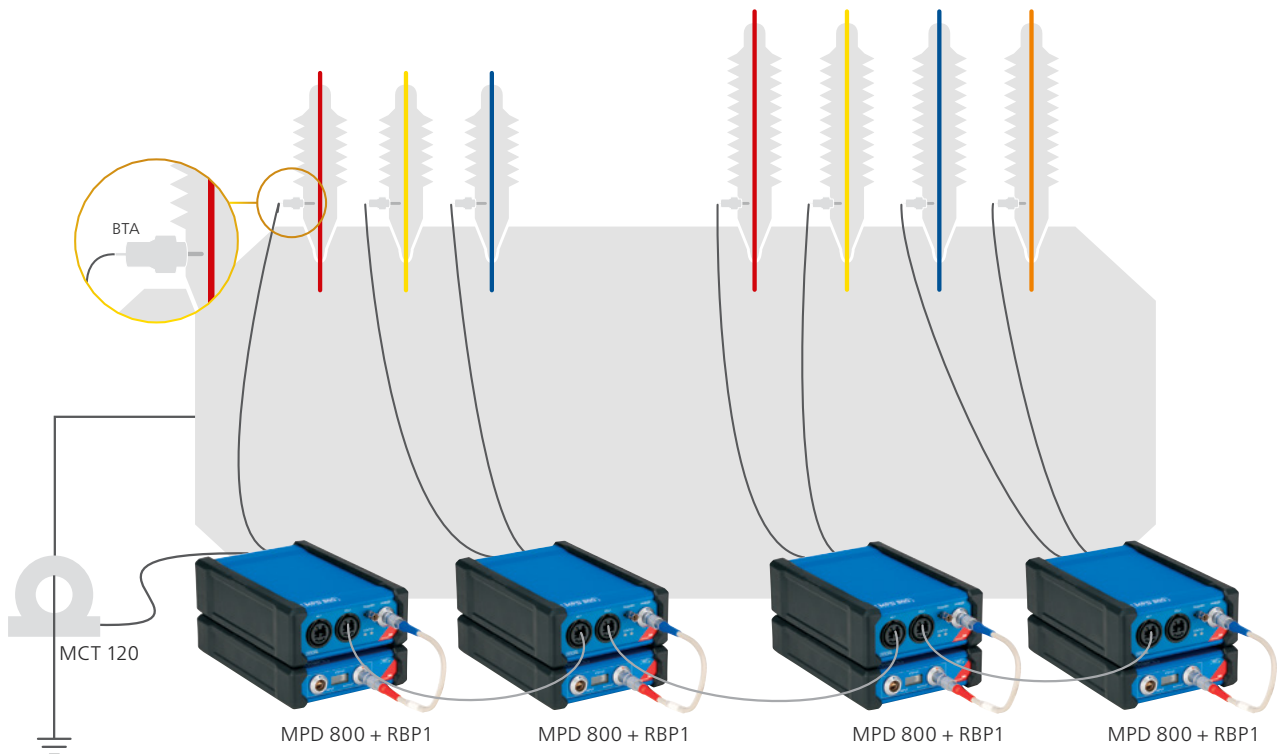
如何实现？

在测量和分析电力变压器中的局部放电 (PD) 现象时，具体的测试和测试设置取决于变压器的类型以及执行测量所依据的标准。

根据所使用的套管类型，局部放电 (PD) 分析系统可以连接到套管的末屏测量抽头，也可以连接到外接的耦合电容器，在变压器上进行电气局部放电 (PD) 测量。

PD 以 μV (根据 IEEE 标准) 或 pC (根据 IEC 60270 标准) 作为量值单位。

通常在强干扰的测量环境下，需要采用高级的噪声抑制技术，以避免测量受到外部干扰信号的影响。



了解更多...

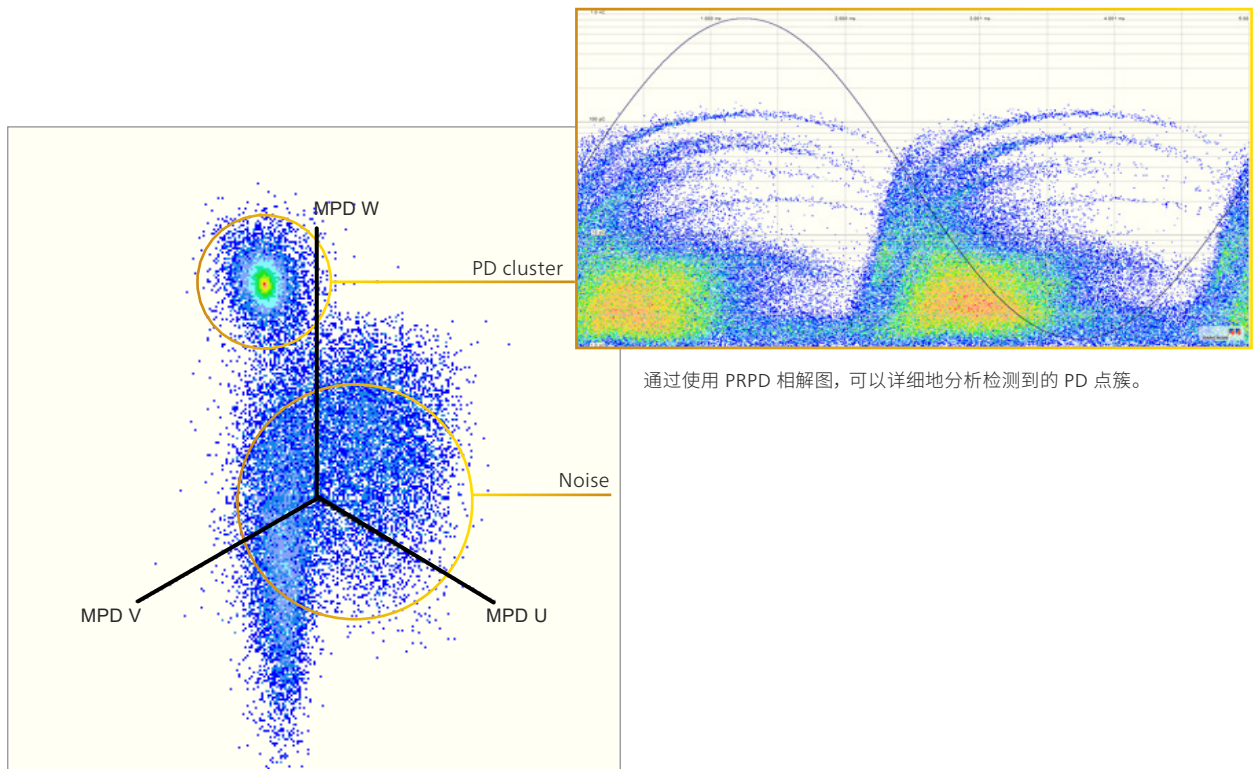
局部放电 (PD) 也可以使用超高频 (UHF) 传感器在液体绝缘变压器的油箱内直接测量。超高频局放测量也可以用于对从套管测量的局部放电信号进行验证, 也就是只有当来自变压器油箱内部的超高频信号同时存在的时候, 才确认从套管末屏测量到的局放信号是来自于变压器内部。

一旦检测到 PD 活动, 就可以执行超声 PD 测量以准确确定电力变压器中缺陷的位置。

持续的风险管理方面, 可以安装在线绝缘状态监测系统, 以持续评估套管和变压器的绝缘状态。

为何使用 MPD 800?

- > 符合 IEC 标准进行电力变压器的 PD 测量
- > 通过光缆进行电隔离确保安全操作
- > 同步和多通道 PD 测量和开窗功能
- > PD 数据集的记录和回放, 可供后续分析
- > 同时进行 PD (QIEC) 和无线电干扰电压 (RIV) 测量, 以进行高效的工厂验收测试
- > 先进的噪声抑制和信号源分离技术可实现可靠的局部放电分析
- > 可定制的软件允许用户仅选择他们需要的 PD 分析工具



通过使用 PRPD 相解图, 可以详细地分析检测到的 PD 点簇。

3PARD (三相幅值关系图) 将多个局部放电源与噪声进行分离

局部放电定位

可以测试什么？

- 套管
- 电流互感器
- 引线
- 调压开关
- ✓ 绝缘材料
- ✓ 绕组
- 铁心

为何需要测量？

早在变压器发生绝缘故障的很长时间之前，局放放电 (PD) 就已经开始对绝缘造成不可逆转的损害了。在对局部放电现象进行检测与分析的时候，也需要知道绝缘缺陷在变压器中的确切位置。

通过超声波 PD 测量，可以精确定位绝缘中的薄弱点或缺陷。一旦知道确切的缺陷位置，就可以有效地计划和执行补救步骤以防止故障。

在工厂验收测试期间检测到 PD 后进行超声波 PD 测量，是在电力变压器使用寿命期间现场诊断测量的组成部分。

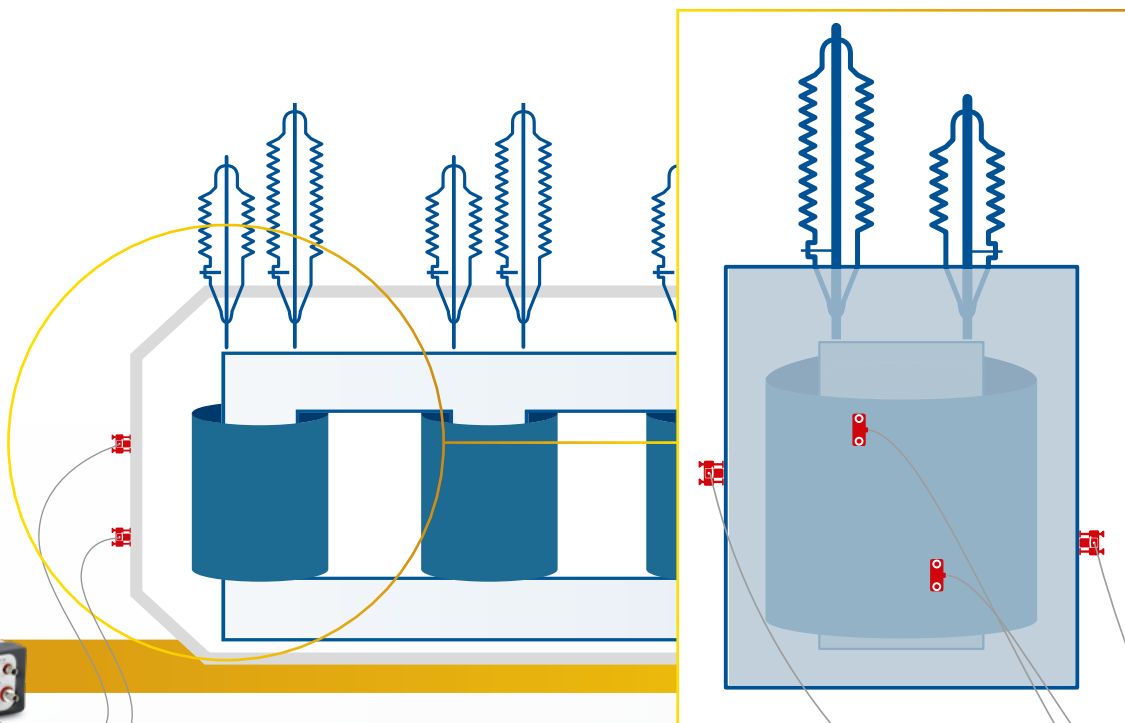
如何实现？

多个超声波传感器以磁力安装在电力变压器油箱的表面上。每个传感器测量从 PD 信号源到油箱壁的超声信号传播时间。缺陷位置按照根据时间差、传感器位置和传播速度计算出来。

同时比较传感器收集的数据，可准确识别缺陷位置。

IEEE C57.127-2007 标准描述了超声波测量的典型工作流程。

PDL 650 采用四个超声波传感器安装在电力变压器上。



分布在变压器壁上的多个超声波传感器用于确定缺陷位置。

了解更多...

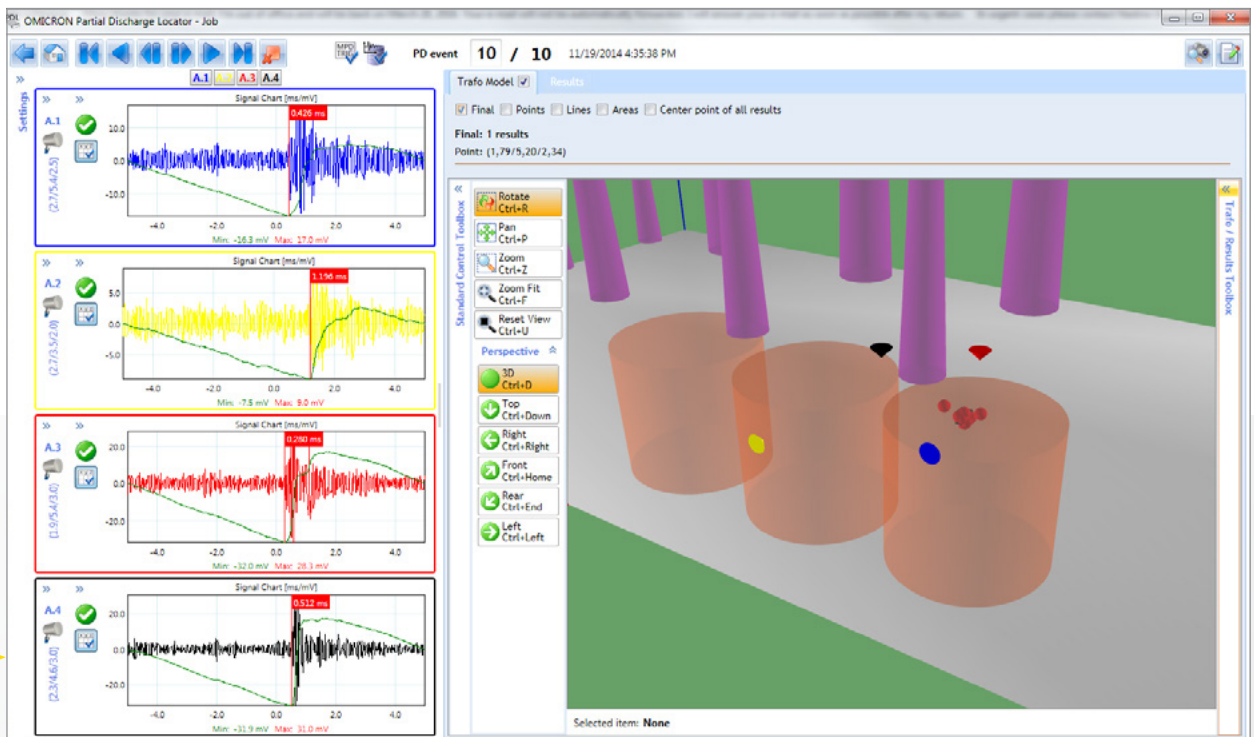
溶解气体分析 (DGA) 可以表现 PD 活动, 但实际上无法确定局部放电缺陷在变压器中的确切位置。因此, 如果 DGA 结果显示 PD 的迹象, 则执行超声波 PD 定位测量。

电气和超高频 (UHF) PD 检测测量可用于触发超声波 PD 测量。该方法确保在干扰严重的环境中实现最佳 PD 定位。

在电力变压器在运行时执行超声波 PD 测量。这就避免了停电, 以使变压器保持正常运行。

为何使用 PDL 650?

- > 模块化、轻巧设计, 便于运输和现场安装
- > 由于操作员与高电压隔离, 因此安全
- > 3D 显示使用户能够清楚地看到变压器内的缺陷位置
- > 电气触发与 MPD 800 和 UHF 传感器相结合, 可确保在充满噪声的环境中实现最佳 PD 定位



变压器的 3D 模型展示出精确的 PD 位置。

局部放电带电测量和临时监测

可以测试什么？

- ✓ 套管
 - 电流互感器
 - 引线
 - 调压开关
- ✓ 绝缘材料
- ✓ 绕组
 - 铁心

为何要进行测量？

局部放电 (PD) 会损坏电力变压器套管和绕组中的绝缘材料，导致绝缘击穿并造成停电事故，带来巨大的经济损失。套管和绕组中位于不同电位之间的绝缘材料如果发生老化、受到污染或存在缺陷，则会观察到局部放电现象。

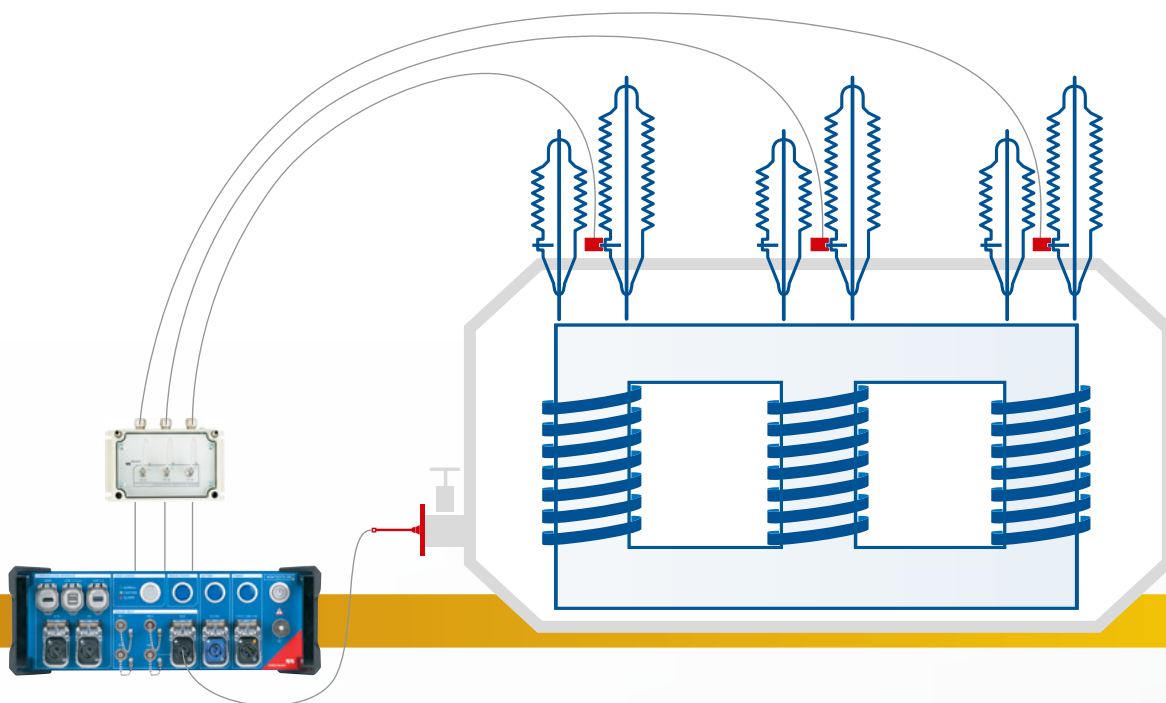
局部放电带电测量可以对运行状态下的电力变压器的局部放电状态进行评估，获得其在某一时点的绝缘状态。临时性的局部放电在线监测可以表现电力变压器在使用寿命期间的某一时间段内局部放电情况的变化。

通过局部放电带电测量和监测期间所收集到的数据，可以帮助工程师及时发现电气设备的故障风险。这一重要的状态信息有助于优化维护策略、设备管理和投资规划。

它是如何实现的？

这个局部放电带电测量和临时监测二合一的系统可以通过接线盒便利地连接到预装的套管末屏传感器。这样，就可以对处于运行状态的电力变压器，实现安全方便的即插即用式测量连接。这样，就不需要变压器停电，可以在其正常运行的条件下根据需要随时进行局放测量。

可在全部三相套管的末屏上测量局部放电，还可以同时在变压器油箱进行超高频段的局部放电测量，这些测量都是同步进行的。3PARTD (三相幅值关系图) 等先进的诊断工具可以对噪声信号和多个局部放电信号进行分离，从而更可靠地进行分析。



MONTESTO 200 局部放电测量和临时监测系统可通过接线盒轻松连接到预装的套管末屏传感器。这样就可以对处于带电运行状态下的电力变压器实现安全方便的即插即用测量连接。

了解更多...

把套管末屏位置的局放监测与油箱内的超高频局放监测结合起来，可以全面掌握套管和绕组的持续局部放电状态。

通过对变压器油进行定期采样并送实验室做溶解气体分析 (DGA)，对变压器绝缘油中溶解的绝缘降解副产物进行检测，确定绝缘的状态变化趋势。

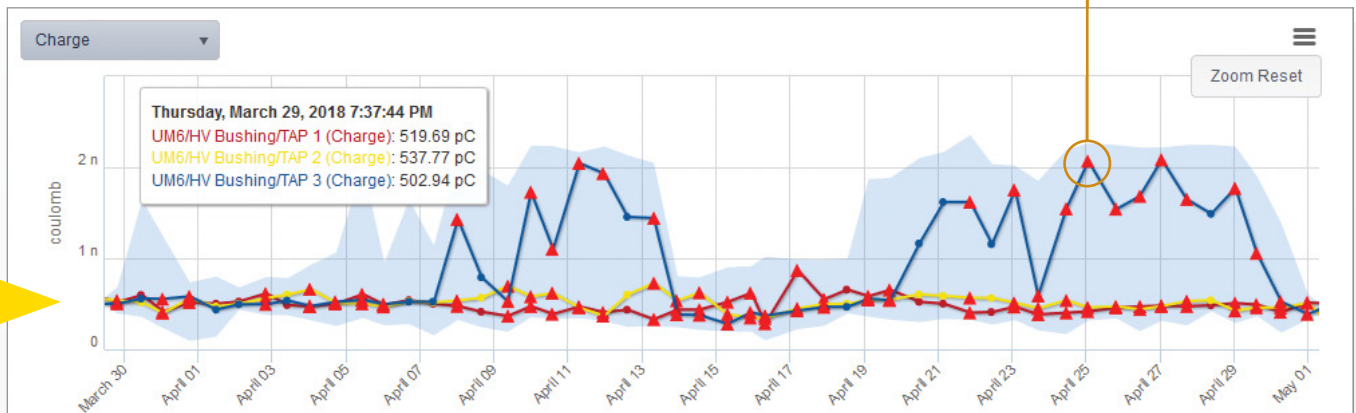
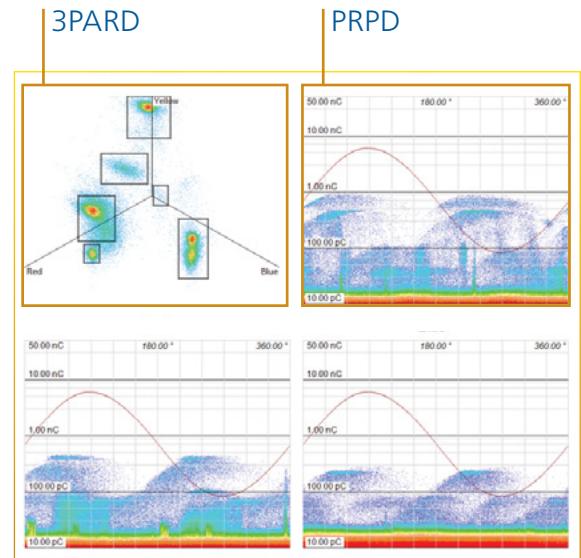
发现存在局放现象之后，可以通过超声波局放测量，准确、可靠地找到变压器绕组内的绝缘缺陷位置。

为何使用 MONTESTO 200?

- > 可进行局部放电带电测量和临时局部放电在线监测的二合一解决方案
- > 结构紧凑、重量轻且便于运输
- > 专为室内和室外使用而设计
- > 内置计算机，可长期进行不间断的数据采集和存储
- > 网络化的操作界面，可轻松实现数据访问
- > 自动软件功能，提供简单易用的局部放电数据分析和报告

Event Log - TRAFO 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

事件日志显示哪些局部放电事件触发了警告 (黄色) 或告警 (红色)。



各相或各通道的局部放电趋势图。可以查看各记录点的局部放电值，可以放大查看更多具体数据。

强大可靠的联系

了解我们的团队

OMICRON 经验丰富的团队积极为您提供支持，加上可靠的基础设施，值得您放心依靠和信赖。我们一直细心倾听您的需求，以便为您提供最好的解决方案。我们致力维持长久的伙伴关系，确保您在购买我们的产品后继续保持信赖。为实现这一目标，我们关注于质量、知识的传递和独一无二、持之以恒的用户支持。

以下 Charles、Wenyu 和 René Ulmer 会让您了解我们的服务和团队。



Charles Sweetser
Application Specialist

你可以信赖的解决方案 ...

... 经验、激情和创新的方法，我们用于研发工作中，并持续的为业界设立开创性的标准。超过 15% 的营业额投资于研发，所以我们可以确保在未来使用最新的技术和方法。我们全面的产品支持理念也保证您在我们产品上的投资 — 例如免费软件升级 — 长期得到回报。





Wenyu Guo
OMICRON Academy



我们分析知识 ...

... 通过与用户和专家保持持续的对话。这方面的例子包括我们在全球各地举办的市场活动和会议以及我们与众多标准委员会的合作。通过在我们网站的用户区，我们也将这些知识以应用报告、专业文章和论坛讨论文章的形式呈现给您。

通过 OMICRON Academy，我们也提供了完整的培训课程，来帮助您进行入门培训和免费网上培训。



René Ulmer
Technical Support

24/7 support

当需要即时帮助时 ...

... 我们优秀的技术支持总令人赞赏。你可以每周 7 天、每天 24 小时联系到我们客户支持部门高水平 and 敬业的技术人员，且完全免费。我们以公平而弹性高效的方式进行产品维修。

我们可以通过从您所在的地区我们的服务中心租借给您所需设备来最大程度的缩短您的工作中断时间。全面提供咨询、测试和诊断服务使我们服务的范围更完整。

OMICRON — 关于我们

值得信赖. 充满激情. 与众不同

在超过 30 年的时间里，我们为电力系统开发了创新及高质量的测试和监测产品。

超过 150 个国家的用户使用 OMICRON 的测试技术。此外，我们提供全方位的咨询、测试和培训服务。

我们的目标是用杰出的产品、长期的知识分享和卓越的技术来激励用户。我们保持对这份事业的好奇心和激情，从各方面之努力来实现我们的目标。

我们与用户和合作伙伴齐头并进，为安全可靠的能源供应而努力。

„Create an environment with no artificial limits where a team of excellent members can reach an excellent performance and enjoy working together at the same time.“

(Rainer Aberer, 公司创始人)

我们的价值观

我们深谙我们的社会和企业责任，承诺确保可持续的发展和商业理念。大部分研发和制造工作在奥地利进行，该地区高度专业化的供应商和一流的元器件确保每台 OMICRON 产品的可靠性和耐久性。

今天来自 45 个不同国家的超过 750 名员工共同塑造了 OMICRON 多元化的企业文化。扁平的管理层级和高度的个人责任感创造了富于鼓舞人心的工作环境，员工在此可以发挥最大的潜能。积极实践公司价值观例如尊重和信任从而形成了公司独特的精神理念。

在奥地利创立
OMICRON 公司

1984



进入继电保护和测量技术领域

1990

第一次主要的 OMICRON 继电保护测试会议

1993

OMICRON 员工人数超过 100

2000



进入一次设备测试领域

2001



The world of OMICRON

OMICRON is an international company that develops, manufactures and markets innovative systems for the electrical testing of power and auxiliary substations, including protection systems and control equipment.

By combining innovation, local application knowledge and comprehensive technical support, OMICRON is a leader in its sector. OMICRON is active in over 100 countries, offers a complete range of products and a comprehensive range of services and repair services. OMICRON has the capability to reproduce any of its products at locations around the world.

客户分布在全球超过 100 个国家



进入在线监测领域

全球超过 700 名员工， 22 个分支机构



2003

2009

2015

OMICRON 是一家以创新性的测试与诊断解决方案服务于电力行业的国际化公司。OMICRON 产品的应用可以让用户能够对其系统中的一次和二次设备的状态作出评估，并且完全可以信赖。再加上在咨询、调试、测试、诊断和培训方面提供的服务，形成了完整的产品范围。

全球超过 160 个国家的用户依赖于本公司的能力来提供质量优良的领先技术。位于各大洲的服务中心提供广泛的知识及优质的客户服务。所有这一切，与我们强大的经销网络结合在一起，使我们成为电力行业的市场领先者。

OMICRON 中国办事处

奥霖电力技术咨询(上海)有限公司
中国上海市杨浦区杨树浦路 288 号建发国际大厦 303 室
(邮编: 200082)

电话: 021-53391010

邮箱: info.china@omicronenergy.com

更多信息、其他资料以及我们全球各地办公室的联系信息，
请访问我们的网站。