

白皮书

控制高压电机和发电机的局部放电



目录

004	引言——什么会引起局部放电?
005	设计、材料和工艺的关键作用
006	检测和测量局部放电
008	状态监测和服务
009	规定局部放电低是否有意义?
010	结论
011	备注

引言——什么会引起局部放电？

局部放电（PD）发生在高压（HV）电气设备中，如电缆、变压器、电机和发电机。它是一种由于高电场而产生的很小的放电。在工业高压电机和发电机中，电应力可以达到每毫米几千伏，这可能会在绝缘内部（内部 PD）或表面（外部 PD）产生局部放电。

内部局放一般发生在绝缘材料内部残留的微观空气填充的空隙中，空隙的数量和大小取决于制造过程中遵循的程序。电荷在空隙周围积聚，当空隙上的局部电场应力超过击穿场应力时，就会发生放电，使空隙短路。需要特殊设备来检测和测量内部局部放电。

当局部电场应力超过电离空气的阈值时，外部局部放电发生在绝缘表面。外部局部放电背后的因素可能包括空气间隙不足、绕组端部污染以及槽内或绕组端部防晕结构的变化或缺陷。外部局部放电一般很容易通过目测发现，因为它通常会在绝缘表面形成白色粉末沉积。

局部放电产生短时等离子体爆发并发射紫外线，两者都会对绝缘产生压力。它使局部温度迅速飙升，并产生氮氧化物、臭氧和硝酸等化学腐蚀性物质。这些效应会影响到周围的绝缘，因此绝缘应设计为可承受局部放电。

设计、材料和工艺的关键作用

01 高压定子绕组的典型绝缘系统（图片由丰罗公司提供）。

在高压电机和发电机中，完全避免局部放电是不可能的。影响局部放电活动程度的因素包括设计、材料和工艺的质量。因此，选择一个可靠的制造商，并在这些领域有良好的记录是很重要的。

理想情况下，电机或发电机应根据其特定用途进行设计。一个好的制造商可以根据不同的应用设计产品，考虑到导致老化的TEAM（即热、电、环境和机械）四种应力。例如，可以调整设计参数，以加强电机或发电机对高振动水平、宽环境温度范围、高湿度等的影响。

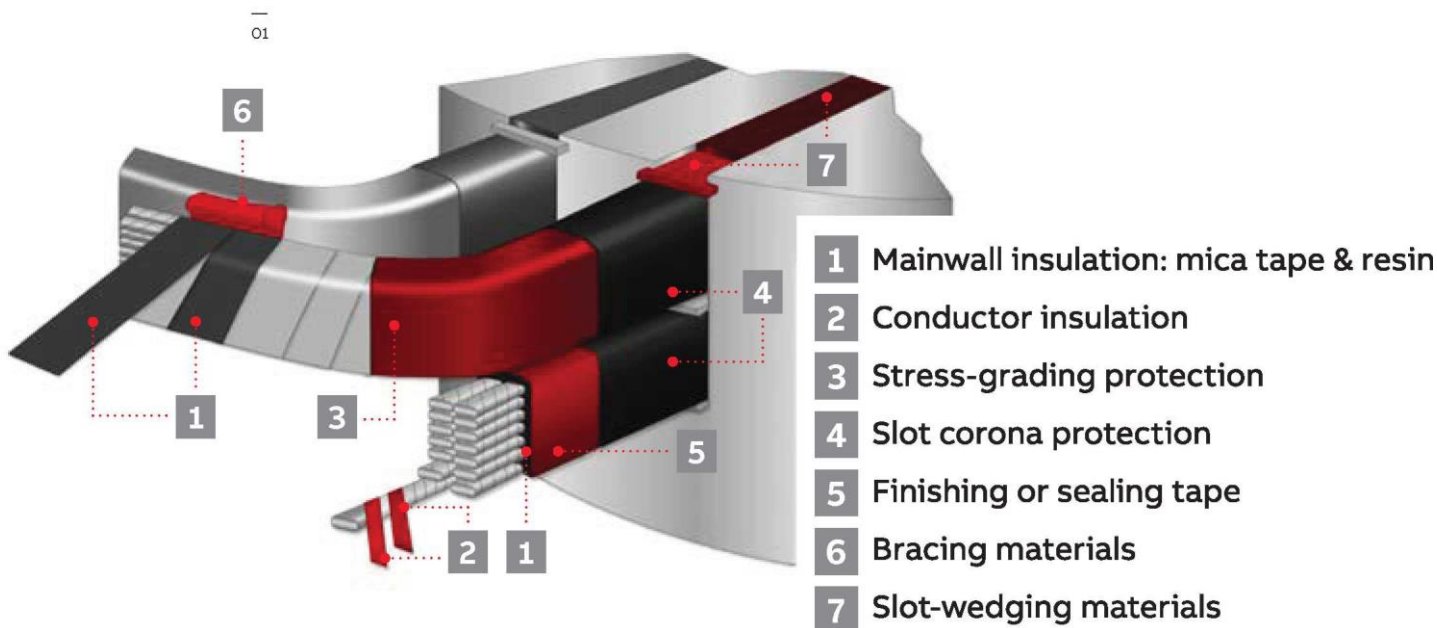
应特别注意绝缘系统的质量，因为它对最大限度地减少局部放电起着关键作用。ABB 将 Micadur™ Compact Industry 和 Enduraseal® 系统用于高压电机和发电机的定子绕组，这些系统自 70 年代中期以来已在数千台设备中得到验证。它们基于成型绕组技术，在无机云母和环氧树脂的基础上构建，并经过

整体真空压力浸渍（VPI）工艺。这使得绝缘系统中微小空隙更少，因此可以抵抗局部放电。在正常的工作条件下，绝缘系统将在设备的整个使用寿命内承受局部放电，除了通常的定期维护外，不需要更多的管理局部放电。多年来，在使用这些绝缘系统生产的数万台 ABB 电机和发电机中，没有出现由局部放电引起的过早故障。图片 1 是高压定子绕组中典型的绝缘系统。

工业高压电机和发电机的设计寿命一般在 20 年以上。对于那些对寿命要求非常高的应用，一些制造商提供了特殊的选择。例如，ABB 提供 Insulation+ 和 Lifetime+ 的产品设计。

Insulation+ 电机和发电机有额外的绝缘层--数量取决于电压等级--以进一步降低电气应力，从而减少局部放电的影响。

Lifetime+ 电机和发电机具有与 Insulation+ 相同的优点，同时降低了热应力。



检测和测量局部放电

一些工厂使用局部放电水平跟踪作为高压电机和发电机的状态监测工具。进行测量和分析结果需要专门的专业知识和设备，工厂应决定是培训自己的人员来做这项工作，还是将其外包给外部服务提供商。这些决定最好在订购电机或发电机之前尽早作出，因为可能有特殊的硬件要求，例如，设备兼容问题。

有各种方法可以检测局部放电释放的能量，通常基于测量电流脉冲、臭氧水平、声音、光或其他高频辐射。本文主要介绍电流脉冲的测量，因为这是电机和发电机最常用的方法。耦合电容可安装在主接线盒中，以便连接测量设备进行现场在线局部放电监测。

局部放电脉冲的特点是其幅值、极性、长度和发生时的相位角。使用特殊的软件对局部放电进行分析，该软件可能能够精确地确定局部放电的来源--特别是当有经验的操作员使用时。

单个局部放电测量值的大小不能提供很多信息。它们会受到许多因素的影响，包括所使用的传感器和测量设备的类型、设置（如检测带宽）和校准、软件的类型以及环境湿度、温度和噪声水平。可能影响结果的噪声源包括焊接设备、行车和开关柜等等。此外，局部放电脉冲在定子绕组内传播时，会被衰减。图片 2 是一个具有高背景噪声的局部放电模式，突出了噪声如何使局部放电测量的解释变得困难。

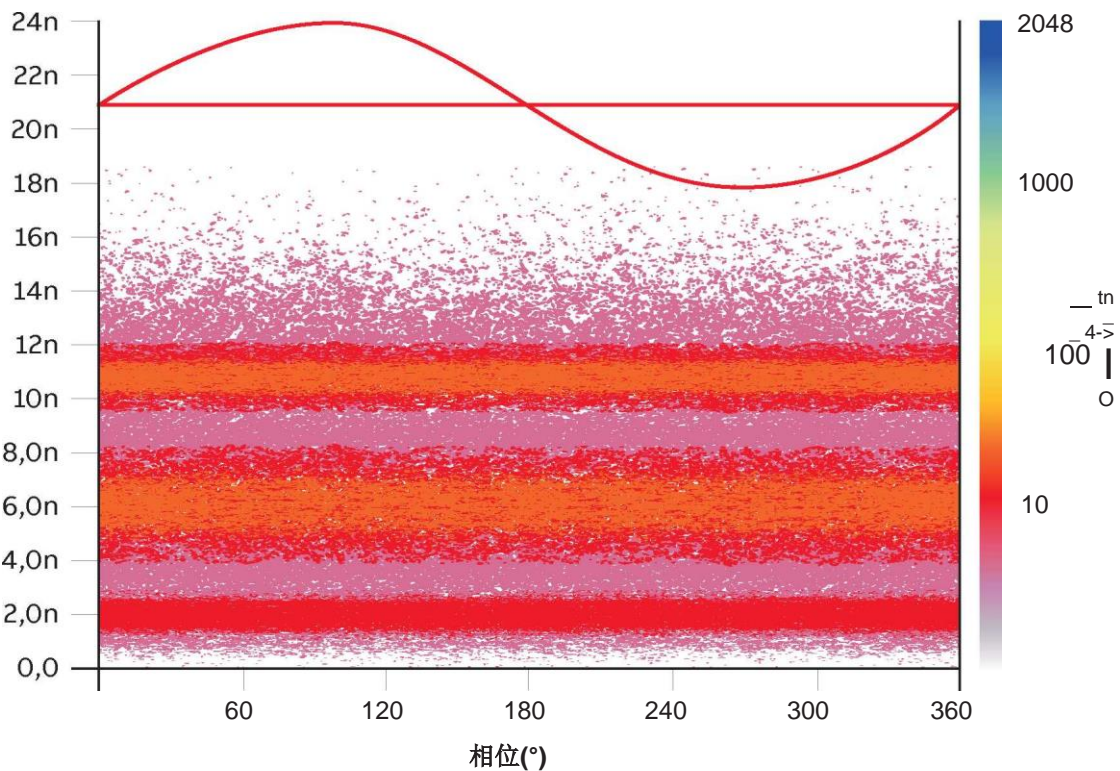
由于这些原因，使用不同的方法或设备获得的局放值不能直接比较。事实上，即使得到准确的局部放电幅值，也不一定能说明绝缘材料的剩余寿命。这是因为电应力只是作用在绝缘上的 TEAM 应力之一，对于一个特定的电机或发电机来说，它可能不是绝缘老化的主要因素。因此，ABB 和许多其他制造商遵循 IEC 和 IEEE 标准，建议使用局部放电趋势测量而不是绝对值。

尽管存在局限性，但测量局部放电确实是有意义的--特别是当定期测量以产生趋势数据时。特别是，局部放电可能是一个更严重问题的征兆，如果不进行局部放电测量，就很难发现。例如，在一个案例中，对一台整机没有进行 VPI 并有 25 年运行历史的高压电机进行测量时，发现其局部放电水平很高。见图 3。

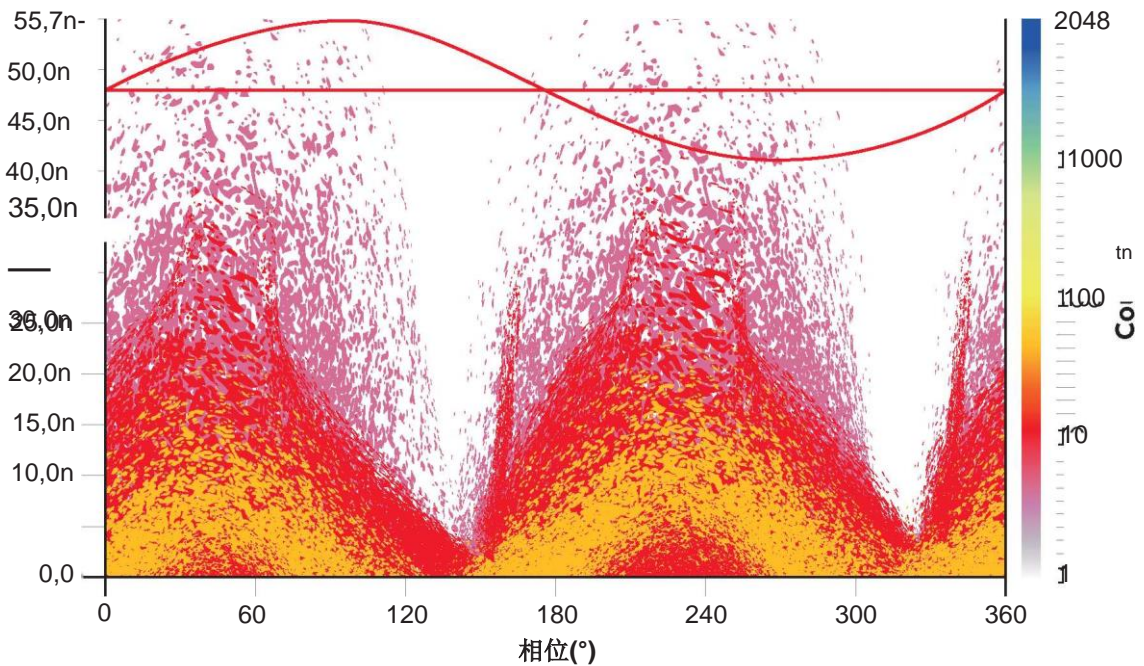
进一步调查发现，线圈在槽中松动，导致了绝缘的机械损伤，并引起局部放电。绝缘的机械损伤--而不是局部放电--最终会导致电机的故障。应该注意的是，这种类型的问题通常不会发生在现代高质量的电机或发电机中，因为大多数可靠的制造商现在都使用整体 VPI 绝缘系统。

02 局部放电模式（通过绘制局部放电幅值作为其相位角的函数获得）。高背景噪声使得这种局部放电测量无法使用。

03 局部放电图案显示在一台 25 年的 13.8 千伏电机上，局部放电水平很高。在这种情况下，局部放电是由槽中的线圈松动引起的。



02



03

状态监测和服务

许多制造商提供了对其电机和发电机的状态监测建议。ABB 建议定期监测绕组的状态，例如，可以在主接线盒中安装耦合电容器，以实现定期离线甚至在线局部放电测量。

为了建立局部放电趋势测量的基础，ABB 可以对新电机和发电机进行指纹测量，作为工厂出厂测试（FAT）的一部分，但建议在调试后进行，因为现场的局部放电活动可能与 FAT 期间测量的活动水平有很大差异。这是由于现场的环境条件、噪声水平、测量和校准设备不同。

单纯测量局部放电并不能提供足够的电机或发电机状况信息，还需要进行目测和其他评估。像 ABB LEAP（预期寿命分析计划）这样的服务，可以定期对定子绕组绝缘状况进行现场评估，并评估预期寿命可能发生的变化。例如 ABB LEAP 标准

级，除了局部放电测量外，还包括分析极化-去极化电流、非线性绝缘行为、 $\tan \delta$ 介质损耗和电容等评估。可以结合 ABB 的标准服务项目，主要针对转子、轴承和冷却器，包括目测检查，实现大范围的整体评估。ABB LEAP 产生的数据比单独的局部放电测量更稳定，因为每一个测量都会得到其他测量的增强，而且 ABB LEAP 报告的基础是一个庞大的早期测试数据库。

如果监测显示局部放电水平呈上升趋势，则可能表明存在问题，应采取行动确定局部放电的来源。如果局部放电的增加是由于环境因素造成的--如脏绕组或湿绕组--解决办法是简单地清洁和/或干燥绕组。温度是绝缘老化的主要因子，如果温度过高导致冷却器加速老化，可以对其进行维修，使温度恢复到正常水平。

规定局部放电低是否有意义？

高压电机和发电机市场的一个日益增长的趋势是，用户在指定新设备时规定低局部放电水平。遗憾的是，这不一定能保证更长的寿命或提高可靠性，但会导致成本增加和设计过度。

如上所述，可靠的制造商力求确保其电机和发电机中的主要高压绝缘材料具有抗局部放电的能力，即它们被设计为在不同水

平的局部放电活动下运行。局部放电大小和绝缘寿命之间也没有直接的相关性，因为对于一个给定的电机或发电机，电应力可能不是绝缘老化的主要因子。此外，说局部放电“低”是相当没有意义的--绝对的局部放电幅度是很难评估的，这就是为什么应该使用局部放电水平的趋势来代替。

结论

本文着重介绍了电机和发电机用户控制局部放电的一些方法。需要做出的第一个决定涉及制造商。选择一家信誉良好、业绩可靠的制造商是很有意义的，因为设计和工艺质量以及材料选择等问题在决定局部放电活动水平方面起着核心作用。同时，需要决定是否定期跟踪及测量局部放电的水平，如果会，谁来负责？将使用什么硬件？

电机寿命的产品投资可以考虑作为对局部放电监测投资的替代方案。

相比之下，在采购过程中规定较低的局部放电水平并不是一种值得推荐的方法，因为这将导致成本增加，但并不一定会产生预期的结果。

单次局部放电测量的绝对值非常难以被评估。因此应定期测量，从新绕组的指纹测量开始，以获得趋势数据。一个更全面的替代方案是像 ABB LEAP 这样的服务，它定期进行，包括局部放电和其他一些测量，并进行目测检查。

虽然可靠的制造商设计和制造的标准高压电机和发电机可以承受局部放电，但 ABB 的 Insulation+ 和 Lifetime+ 等增强型产品将提供更长的使用寿命和更高的可靠性。对这类延长电机和发

备注



更多信息请联系当地 ABB 代表或访问。

www.abb.com/motors&generators