

QUALITROL®

2020年9月 · 发电

通过结合考虑不同参数进行相关分析来 提高资产健康评估的可靠性

Emilio Morales和Thomas Linn, Qualitrol LLC



摘要

可靠的电力资产对于可靠的发电、输电和配电而言不可或缺。因此，了解资产状态的信息极其重要。离线状态评估方法已经建立并成功使用了数十年。然而，该方法得到的是测量进行时的资产状态。并且，其只能估计健康状态的变化，并可能忽略早期故障的发展。

如今，除了离线方法外，结合了分析模型和严重性分析的更全面的资产在线监测方法被广泛应用，以便实时捕获状态变化并预测紧急状况。例如，用于气体绝缘开关设备

(GIS) 的超高频 (UHF) 局部放电监测系统已经建立和成功应用了 20 多年。

为了有效评估资产状态，必须了解故障机理、其关联的监测参数以及专用分析模型，并且必须考虑其完整性。为了获得特定资产状态的整体视图，对不同参数进行比较非常重要。

本文将概述电气行业的环境变化以及状态监测变得日益重要的原因。此外，还将讨论如何根据不同监测输入数据、资产和分析模型（例如气泡温度、变压器溶解气体分析算法、GIS局部放电分类等）的相关分析来进行严重性检查，从而提高评估可靠性并为运营商提供更易于理解的信息，而不是提供大量的离散数据。本文将说明如何将严重性分析原理应用于变压器、气体绝缘和混合开关设备（断路器和隔离开关，金属封装和SF₆绝缘）等变电站设备。

此外，本文还将通过变压器故障的真实实例展示不同的监测参数（此示例中为在线溶解气体分析和UHF局部放电监测）如何相互补充，从而在评估资产健康状态时实现更高的准确性，并通过故障发展的不同动态来提高故障的覆盖率。

关键词

严重性分析

在线监测

健康状态评估

基于状态的维护



引言

在过去几十年中，发电、输电和配电的格局发生了巨大变化。能源市场的管制放松以及国有电力公司的私有化常常导致企业更加以利润为导向。此外，发电、输电和配电被分成不同的部门并且分别进行私有化。在提高利润和效率的压力下，将维护和其他技术服务外包是普遍做法。新成立的发电、输电和配电公司会谨慎选择他们在新设备或设备更新上的投资。投资有时仅限于更换过时或失效的资产。在某些情况下，甚至失效设备也纯粹由于财务原因而无法得到更换。配电和输电公司尤其会受到主要发电公司的价格上涨以及零售市场价格下降的影响，例如2000年和2001年美国加利福尼亚州[1]。在许多情况下，其结果是电网被不断削弱。

如今，通过采取额外措施克服了这些棘手的问题之后（美国于2002年，欧盟于2007年），能源行业的私人投资已推动开发出用于运营资产、评估主要电网组件状态的有效设备和方法，以保持输电能力以及将设备使用至其使用寿命真正终止。这已成为推动新状态监测技术快速发展的重要动力。

全球能源政策的变化促使电力行业不仅寻求更高效的解决方案，而且还使用风能、地热能和太阳能等可再生能源。电能生产将变得越来越分散。有时，电能将在远离消费中心的地方生产，例如海上风电场（如北海）就是这种情况。分布式发电会引发重新配置的需求，特别是输电网络的重新配置。现在需要将电能从发电地区输送到负荷中心。分布式电网的控制将通过智能电网技术实现。由于不断变化的电力潮流，只能通过复杂的模拟来分析主要设备故障的影响。即使关键组件的重要性也会随电力潮流方向的变化而变化，而这难以集成到可靠性和盈利能力自动化计算/模拟中。在这方面，在线状态数据的收集至关重要。

由于上述技术和政治环境的变化，关键资产的状态监测正变得日益重要。

基于上述情况，电网关键资产的状态评估受到高度重视。离线状态评估方法已经建立并成功使用了数十年。然而，该方法得到的是测量进行时的资产状态。并且，其只能估计健康状态的变化，并可能忽略早期故障的发展。



过去，引入在线监测常常仅限于一些独立参数。用户难以评估资产的真实总体状态。有一种以前的典型说法到现在还适用：“我收到了警报，但是这对我的资产意味着什么？”在许多情况下，人们得到的是困惑，而不是明确的决定。“误警报”过多导致人们不再信任已安装的监测解决方案。他们仍普遍需要该领域专家的帮助。

如今，结合了分析模型和严重性分析的更全面的资产在线监测方法被广泛应用，以便实时捕获状态变化并预测紧急情况。操作人员实施资产监测相关的程序和维护变得日益普遍。

相关分析受到重视的程度越来越高，因为它使得用户能够通过使用其各自资产状态预测中相互支持或矛盾的不同参数来进行严重性分析。为了有效评估资产状态，必须了解故障机理、其关联的监测参数以及专用分析模型，并且必须考虑其完整性。

分析模型 - 生成信息而非数据

故障统计知识和特定资产的经验，以及对故障机理和关键性的了解，对于选择正确的评估参数和建立分析模型至关重要。如今，资产评估主要用于防止故障和启用基于状态的维护 (CBM)。在线状态评估也可以是资产运营的强大工具。特定负载状态的预测和电力资产的风险状况可用于动态加载（动态增容）。一旦所有者的财务效率压力增加，动态加载就将变得更加重要。

“仅”提供数据可能会误导糟糕的维护/运营决策以及不必要的干预措施，并通常可能会带来新的风险。图1显示了这种离散数据方法。通常，用户很难分析离散数据。无论与其他参数甚至旧数据可能的关系如何，数据都会被单独分析。

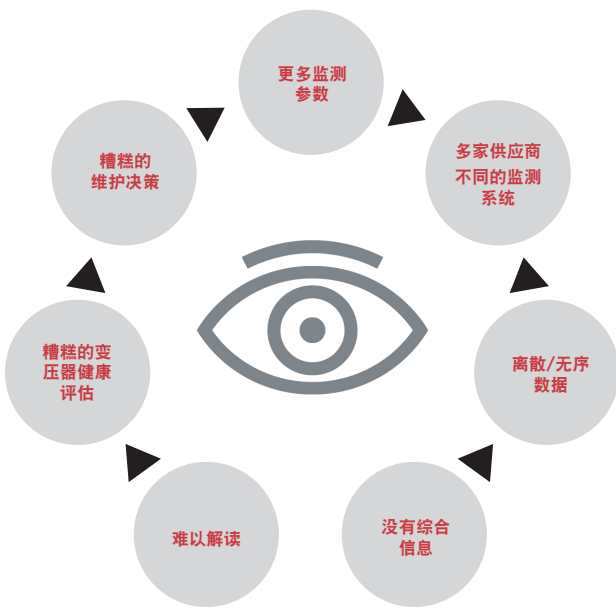


图1: 离散数据方法



图2: 信息提取框图



以通过单个超高频 (UHF) 传感器捕获混合式断路器设施中的局部放电 (PD) 为例。如果仅考虑检测到的局部放电 (PD)，则可能会导致决定打开混合装置并尝试查找故障。另外，考虑到使用充气套管（低电容/几乎没有低通滤波器性能）的事实，有必要考虑UHF从外部进入的可能性。局部放电 (PD) 的出现和消失时间较长（主要与气候条件有关），表明存在外部放电（例如，套管硅表面上的表面放电）。这个示例看起来非常基础，但实际上体现的是仅基于单个参数分析而做出的常见错误决定（对于GIS架空线路模块也同样有效）。

除了可靠捕获所选参数的数据外，还需要提取相关信息。再次以局部放电 (PD) 为例，这意味着局部放电 (PD) 脉冲必须与它们在线路电压的相位相关，这允许我们将单个脉冲与不同的图谱类型进行比较（PRPD图谱-相位分辨局部放电图谱；3D图谱；波点等）。添加发生时间还将为局部放电 (PD) 分析提供更多信息。例如，另外比较同一局部放电 (PD) 脉冲在不同传感器处的到达时间和/或幅度将提供关于局部放电 (PD) 来源的更多有用信息。图2显示了从收集数据中提取信息的可能方法示意图。图3显示了如何通过不同的抽象层级对收集的数据进行分析（通过简单的逻辑方法或复杂的人工神经网络、模糊逻辑等方法进行分析），并在其他相关数据（例如局部放电和变压器溶解气体分析 - DGA）的帮助下进一步验证。

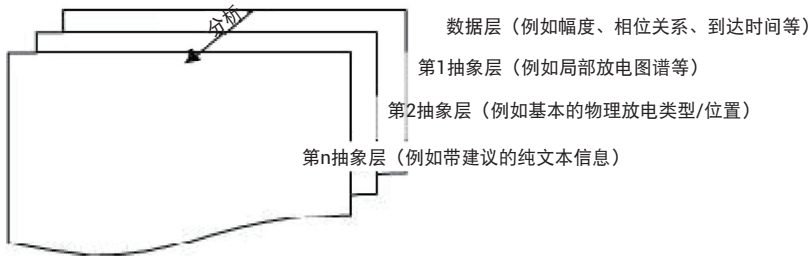


图3: 图表数据抽象层

抽象层可以任意延续。图4显示了所关注变电站在电网层（左图）和变电站层（右图）的抽象层。

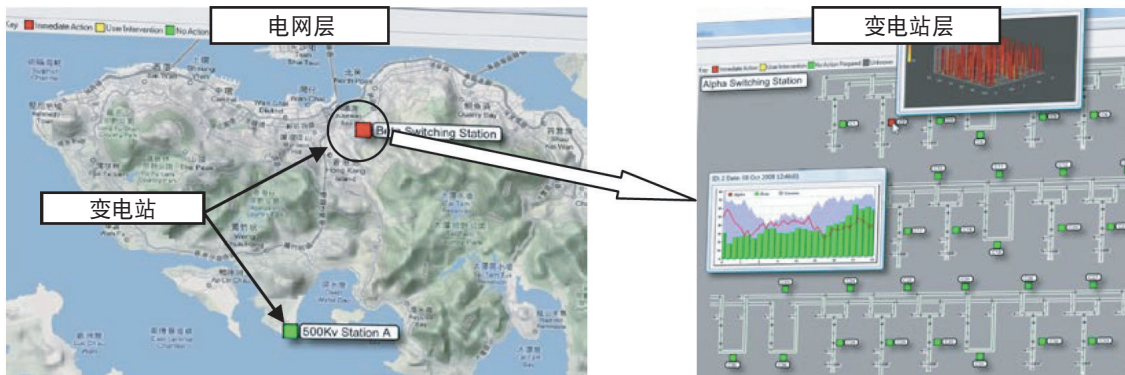


图4: 电网和变电站层信息提取概览

为了访问特定警报或警告条件，不同的参数应该相互关联，包括在线和离线数据，以及不同来源的数据，例如SCADA系统、定期目视检查、负载数据等。这有助于关联互补参数。在线数据可实现自动数据关联。离线可用数据需要手动检查和/或通过界面上上传到能够结合在线和离线数据的在线工具中进行检查。下文将讨论不同的参数/分析模型如何相互补充，以识别可能的早期故障。

分析和相关分析

分析仅关注特定参数，而相关分析则结合了来自不同参数和不同来源的信息。两者都使用抽象算法（如上所述），并且目的都是提取信息。例如，在气泡温度模型中，热点温度被用于确定开始产生气泡的温度。为了进行该计算，需要知道一组不同的参数，例如热点温度本身、油中微水含量、油中气体含量、热点处的压力、湿度传感器处油温以及环境温度。

通常，我们可以区分基于单个参数和参数集的诊断工具，例如DGA的Duval三角形和局部放电 (PD) 的定位技术，以及气泡温度、基于人工神经网络的DGA分析（如图5所示）、冷却器效率计算、剩余热寿命建模、局部放电 (PD) 自动分类等分析模型。其中一些分析模型已纳入国际标准和建议中，如文献[6]中所示。

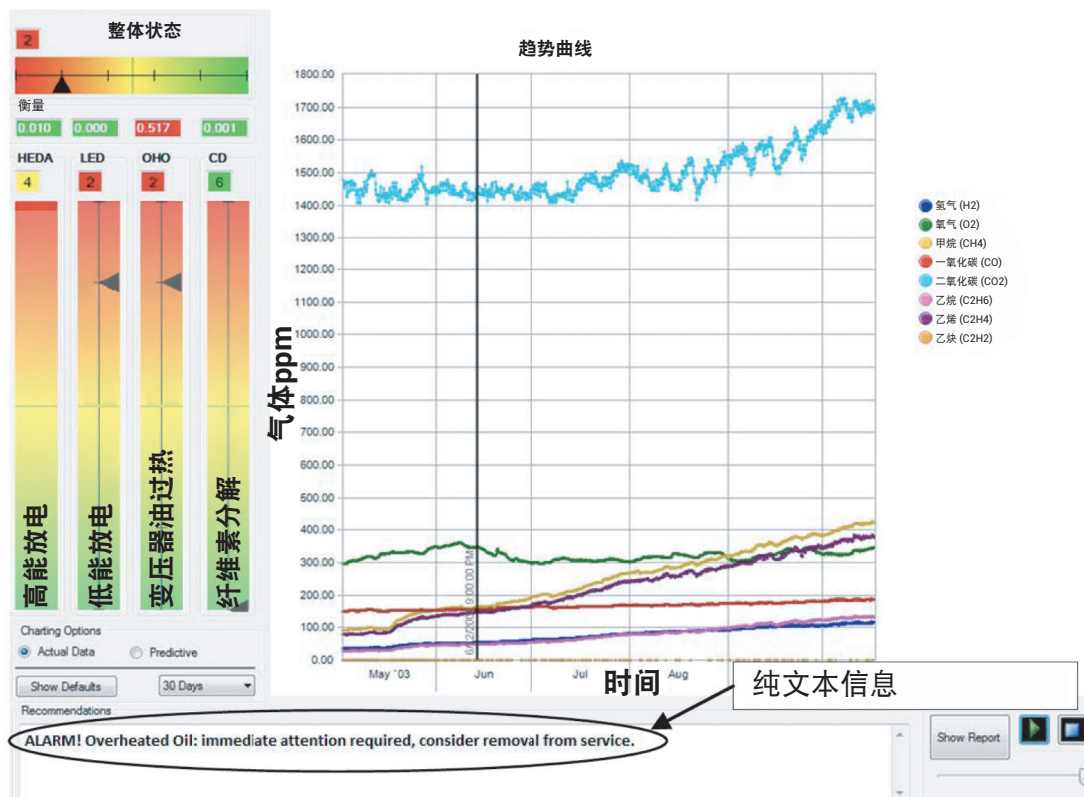


图5: DGA分析工具示例



分析和诊断工具之间的区别在于，分析工具会提供关于资产状态的指示（“好或坏指示”），而诊断工具则用于识别/评估通过分析识别的即将发生的故障。诊断工具通常不会给出好/坏决定。它们专注于缺陷的类型、缺陷的位置等，以便为发现异常的风险评估提供基础。风险以及资产的重要性通常是基于状态的维护 (CBM) 决策过程的必要输入。

相关分析使用一个或多个相关参数甚至分析的结果，来支持或反驳特定评估。这大大提高了对风险评估结果的信心。表1显示了考虑不同参数及其检测时间的磁路故障相关分析模型的示例。

表1: 磁路相关分析

	部件	故障机理	分析模型	测量信号/参数	检测时间
磁路	铁芯接地线	铁芯接地失效	DGA模型	氢气或多种气体	小时
	磁屏蔽	铁芯和屏蔽意外接地会产生问题和导致放电	铁芯接地电流模型	铁芯接地电流	天
			气体聚集速率模型	气体聚集	实时
			热模型	铁芯热点（光纤）温度	小时
			局部放电 (PD) 模型	PD	实时

在表1所示的示例中，有5个不同的可用分析模型，它们可以支持或反驳特定评估。每个模型需要收集不同的输入参数，并且每个模型/参数都有自己的检测时间。对于特定的故障机理，使用多个而不是仅仅一个分析模型将非常实用。在上面的示例中，最有可能的选择是DGA模型、铁芯接地电流模型和局部放电 (PD) 模型。这种情况下，要测量的参数是溶解气体、局部放电 (PD) 和铁芯接地电流。

针对变压器主油箱、LTC、套管、冷却系统、GIS等设备中不同类型的故障机理也建立了类似的模型。基于特定资产的重要性及其历史，可以决定需要根据哪些类型的故障进行监测。



实例

在所讨论的案例中，单相超高压 (EHV) 自耦变压器配备了典型的EHV监测套件：DGA、套管监测和温度监测。此外，还可使用旧数据。最近，已安装了6个UHF局部放电 (PD) 传感器且它们已连接到永久监测系统。变压器已运行3个月，并且发生了灾难性故障。DGA和套管监测仪未发出警报，但局部放电 (PD) 监测仪在发生故障之前8小时显示有强烈的局部放电活动。这表明相关分析不仅会相互支持或矛盾，而且在所述案例中也可以相互补充。例如，一种方法可以覆盖一段时间，而另一种方法可能反应太慢（如DGA，其分配产生的气体需要时间）[7]。此外，凭借历史数据和当前经验，可以处理相同变压器类型的类似案例。

结论

除了常规的仪表和完善的监测参数（例如在线DGA）之外，如今的电力行业还需要更全面的监测方法，以实施基于状态的维护 (CBM)，从而更高效、更优化地使用资产并检测早期故障。

分析模型将有助于从离散的监测数据中筛选出重要信息。通过使用相关分析，还可以提高资产健康评估的置信度，如上面的实例所示。当一种方法可能忽略重要的异常时，另一种方法可以立即检测到它。

参考文献

[1] S. Beneyto, J.Vantuyghem, "Discussion on the deregulation of electricity markets", Mines ParisTech, <http://www.energypolicyblog.com>. [Online] 06 06, 2010. [Cited: 01 20, 2014.] <http://www.energypolicyblog.com/2010/06/06/discussion-on-the-deregulation-of-electricity-markets/>

[2] A2.37, CIGRE WG. Transformer Reliability Survey: Interim Report, No. 261, ELECTRA. 2012.

[3] H.-P. Berg, N. Fritze. RELIABILITY OF MAIN TRANSFORMERS. Salzgitter, Germany : Bundesamt für Strahlenschutz, 2011.

[4] CIGRE Report 513, WG A3.06, "International Enquiry on Reliability of High Voltage Equipment; Part 5 - Gas Insulated Switchgear (GIS) (2004 – 2007)"; 2012

[5] C. Bengtsson, "Status and Trends in Transformer Monitoring," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 11, 1996, pp. 1379–1384.

[6] 57.91, IEEE WGC, 'IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers and Step-Voltage Regulators'. s.l. : IEEE, 2011. IEEE C57.91-2011.

[7] C. Schneider, "Lessons Learned from Failed Assets at EHV", Conference on Online Monitoring of Electric Assets (COMET) 2014, Austin TX



作者简介

Emilio Morales是Qualitrol Company LLC变压器应用的技术应用专家。他的主要工作是为变压器应用的综合监测解决方案提供支持。

Emilio于1975年至1979年就读于墨西哥的新莱昂州立大学，并于1980年获得机电工程理学学士学位。Emilio的整个职业生涯都在从事电力变压器制造业的设计工作。他在设计方面拥有30多年的经验，其中包括高达500 MVA和500 kV的变压器、电炉和整流变压器以及不同类型的电抗器。他还是IEEE/PES变压器委员会、IEC和CIGRE的成员，并积极参与不同的工作组。

Emilio此前曾在GE-Prolec、Ohio Transformer、Sunbelt Transformer和Efacec Power Transformers工作。



如需有关产品和解决方案的
更多信息

请联系我们: cs.china@qualitrolcorp.com