

西南电力公司案例

将故障变为成功

背景

1996年7月17日，在纽约东沃特敦——作为日常维护的一部分，一名尼亚加拉莫霍克电力公司(NIMO)的服务人员切断了东沃特敦变电站的变压器的电源，临时移除了这台变压器并在这个位置上连接了这个电力公司的21台移动备用机组中的一台——一台具有30年可靠服务的9-MVA机组。

程序和往常一样。一旦主机的维护工作完成，该主机将重新投入使用，移动机组便再次完成了自己的工作。但是接下来发生的事情远远超乎寻常。在上午9:53，移动机组在投入使用后仅几分钟便出现故障。



该机组中断服务导致6,000多名NIMO用户断电37分钟，正好是服务人员取回主变压器并将其重新投入服务工作的时间。瘫痪的移动机组作为承担着58个变电站备用机组的工作，是NIMO能否提供可靠性服务的关键。

据NIMO系统电力运营部门的Jim Carpenter所说，“它就像是我们的保险单，过去一直运行良好。”

决定提高额定功率

这个情况很快就受到了重视。NIMO面临三个选择：按原种类维修、提高额定功率或换新的移动机组。三个方案都需根据当前和未来的需求进行全面分析和权衡。

NIMO非常熟悉提高额定功率的方法。他们的一些变压器已经通过使用杜邦™ Nomex® 绝缘纸和层压板重绕，提高额定功率，之后的变压器性能和全新机组一样。

尼亚加拉莫霍克电力公司提高额定功率的总体计划

	原有功率	已提高额定功率的变压器	
FOA 额定功率	9 MVA时	9 MVA时	12 MVA时
负载损失	189.2	177.8	316.0
空载损失	11.7	15.2	15.2
总损失	200.9	193.0	331.2
阻抗	15.54%	16.12%	21.49%
电压-高压	110 kV	115 kV	115 kV
电压范围-高压	107—119 kV	109.25 — 120.75 kV	115 kV
电压-低压	2520/4360Y/2520 × 5040 × 7970/13800Y/7970 伏特		

*变压器额定功率为12 MVA，温度上升95°C。提供9MVA时的数据以便与原机组进行对比。在同一基础上，由于高压绕组的电压变化，磁心损耗更高。

将额定功率从9MVA提高到12MVA，NIMO不仅可以提高移动机组上的额定容量，功能也更加多样化。移动机组将能更好地满足紧急情况 and 计划维修的需求。NIMO一项关注降低成本，这样做的成本还不到新机组的一半。所以NIMO决定维修并将额定功率提高到12MVA，然后项目开始竞标。

提高额定功率的过程

该故障机组是GE公司1966年生产于马萨诸塞州皮茨菲尔德市工厂。记录显示该机组从未超载运行过。近期的诊断测试，包括功率因数、和溶解气体和油的质量，均未显示可能发生故障。

故障分析包括了内部检查，证实导致机组瘫痪的原因是整个使用期内所有故障的累积效应。实际上是高压绕组的匝间介电失效，这是一种常见的故障。

竞标过程很快结束了。NIMO最终和俄克拉荷马州俄克拉荷马城西南电力公司签署了合约。

西南电力公司在电气服务行业50多年间一直处于领先地位。

西南电力公司在俄亥俄州和田纳西州设立了维修和服务分部，专门从事发动机的重新设计/重绕、开关齿轮的重新设计、维修和复原，中型和大型电力变压器的重新设计/重绕，以及开关齿轮和变压器的现场服务。NIMO之前有使用西南电力公司变压器重新设计/重绕的经验。

作为其战略的一部分，NIMO需要一个了解杜邦™ Nomex® 绝缘纸和层压板 and 它在提高额定功率中的整体作用的承包商。西南电力公司已经使用Nomex® 新设计过几台机组并按用户要求提供了物有所值的解决方案。西南电力公司非常了解Nomex® 的优点，尤其Nomex® 能够实现变压器功能的多样化，能以最低成本并提高可靠性。

西南电力公司完成了这项工作，并于1997年5月将机组送回准备再次投入使用。参见本页“提高额定功率总体计划”中关于前后性能特点的信息。



Nomex.



移动变压器经过彻底的检修和翻新，其性能达到美国国家标准学会/电气与电子工程师协会的最高标准。例如，功率控制最初是由绕在主变压器上的一些独立线圈提供的。经西南电力公司的工程师重新设计后，功率控制由安装并连至主变压器箱外的个单独的功率控制变压器做（CPT）提供。现在如果出现故障，损害将降至最低，并且维修费用也大大降低。

另外，还对受故障影响被损坏的变压器铝箱本身进行维修和加固。对所有控制装置进行测试和查验。机组在改装时安装了新的垫片，并更换了高压套管。西南电力公司同时也提高了变压器的抗短路级别。

作为延长移动变压器使用寿命的方法，西南电力公司规定使用包裹了一层 Nomex® 绝缘材料的铜导线。尽管客户不要求，但维修公司在尽可能的情况下都这样做与普通绝缘纸相比，Nomex® 绝缘材料有更好的拉伸强力；因此能提供优异的抗撕裂性能，并且在使用中不容易变脆。西南电力常常超出客户的期望，又一次证实了提供最高的品质和价值的真实承诺。

在用户要求提高容量的情况下，西南电力公司建议使用 Nomex® 绝缘材料，作为物有所值的解决方案。

在需要大幅度提高其额定功率的情况下，西南电气提供混合绝缘系统，即变压器温度较低的区域用传统的纸进行绝缘，而 Nomex® 绝缘材料则用于温度较高的区域。

在典型的混合绝缘磁芯变压器维修中，需要使用 Nomex® 绝缘材料的温度较高的区域局限于导体包裹层、径向逆电流器和轴向操纵杆，如上图 NIMO 机组所示。该方法使平均绕组温度上升 95°C。在另一种情况下，西南电力公司同样使用 Nomex® 绝缘材料重新制造变压器，但只作为导体包裹层使用。该方法使温度上升 75°C，容量上升幅度也较小（见下页“另一种维修方案”）。

提高额定功率的益处

无论使用何种方法，均可使得故障变压器经重新设计符合当前标准，并提高其额定功率，满足多种容量需求。这些方法提供了可靠且经济的选择，其所用的周转时间较重新购置一台全新的较大容量变压器所用时间还要短。

如果 NIMO 没有“Nomex® 重新设计”方案，这个机组可能还在维修，而且，只能将保持在原额定功率。由于过去 30 年间负载递增，使得这个机组在某些情况下显得容量太小，未来的性能和功能也会有更多的限制。

NIMO 对 Nomex® 绝缘材料能提高机组额定功率的了解和信心，将故障变为巨大的成功。NIMO 和西南电力公司的专业技能满足了用户的需求。提高额定功率的方法证实是一项明智的投资，也将继续为 NIMO 和用户带来好处。

西南电力公司电力变压器——重新设计和重新制造

西南电力公司的电力变压器部门使用铜导线和现代绝缘材料重新设计和制造故障变压器或已废弃的变压器，使其符合美国国家标准学会/电气与电子工程人员会的标准。一位驻地工程人员进行了基于计算机的短路分析，结合西南电力公司的绕线—层压板系统和所需结构元件紧固件，重新设计了变压器，以达到美国国家标准学会/电气与电子工程师协会规定的短路时的功率要求。

熟练且有经验的工作人员按照书面程序，在多重质量控制下重新制造变压器，以保证符合用户需求和西南电力公司的标准。

传统绝缘纸与 Nomex® 绝缘纸的对比

绝缘纸的一个重大问题就是热老化系数。其温度稍微超过变压器导体可承受的正常运行温度时就会加速老化。绝缘纸老化时会释放出一氧化碳、二氧化碳和水。水会降低其油质和介电强度，反过来则导致变压器故障。

纸质绝缘材料还会引起变压器的另外两个问题：吸湿和收缩。随着时间推移，当变压器正常和极限运转时受到机械力，纸就变得松软可压缩，使得绕组导体移位。导体的移位常常会引发故障。移动式变压器会有不同的地形条件下拖曳和推撞，就更可能出现这种情况。

相比之下，Nomex® 绝缘纸在最恶劣的条件下仍能保持其完整性。温度低于 200°C 时，它的热降解系数无限小，远优于纸质绝缘材料。另外，由于其出色的拉伸强力，Nomex® 绝缘纸有特别抗撕裂。同样，其压缩特性也明显优于纸质绝缘材料。因此，变压器绕组在普通应力和特殊应力作用下仍能保持紧固。

在变压器标准工作温度下，Nomex® 绝缘纸不会变脆。温度升高，Nomex® 纸的性能超过纸质绝缘材料，而且使用寿命也更长。Nomex® 绝缘纸和层压板超强的机械韧性使绕组能承受最严重的机械冲击。

简单来说，Nomex® 绝缘材料是当前和未来的高性能电力变压器理想的绝缘材料。

采用 Nomex® 品牌绝缘材料的另一种维修方案

如果无需大幅提高额定功率，还有另外一种常被忽略的可行的维修方案，能以很小的成本实现 10-12% 的扩容。

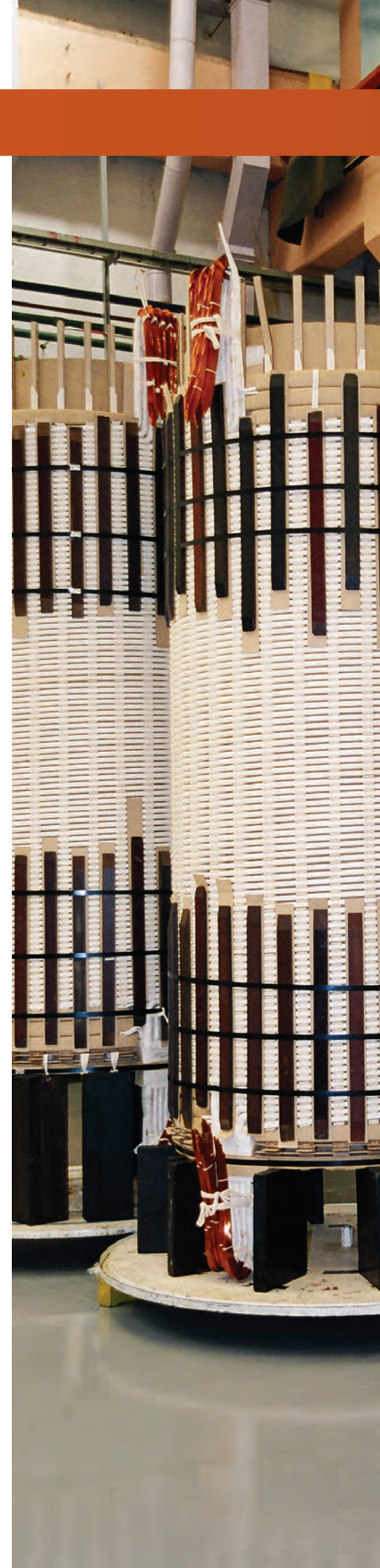
两个例证

1995 年，西南电力公司重新设计了密苏里州圣路易斯联合电力公司的联邦太平洋电力变压器。其原额定功率为 60/80/100/112MVA，OA/FOA/FOA，温升起点 55°/65°C，以最低的成本将容量提高了 139.2 kV，在此基础上又提高了 34.5 kV。

这种情况下，联合电力公司不需要提高其容量，只要将高压绕组上的基本绝缘电平由 450kV 上升至 550kV。因此这为西南电力公司的工程师们出了一个难题：如何在现有机组规模的基础上满足客户的需求，并提供所需容量？

使用 Nomex® 作为导体上的绝缘材料解决了这一难题。由于温升限值为 75°C，使得设计师能够在获得高额定功率的同时增加介电间隙。

1997 年，西南电力公司接到一份来自另一个中西部用户提高自耦变压器额定功率的订单。自耦变压器的原额定功率为 45/60/75/84MVA，OA/FA/FA，温度上升 55°/65°C，容量提高了 161kV，第二次提高了 69kV，第三次提高了 13.8kV。使用 Nomex® 绝缘材料，西南电力公司能够重组变压器，使其温度升至 75°C，最大额定功率为 94MVA。



有关产品的安全资料，承索即寄。

本资料反映了本公司在这一方面的现有知识。仅用于对您自己的实践工作提供可能的建议。但是，他并不旨在取代您根据特定的用途而可能需要进行的任何用于确定本公司制品的适用性的实验。在本公司获得了新的认识和经验后，可能会对本资料进行修改。由于我们无法预料最终用户的实际条件的各种变化，故杜邦公司不担保和承担与本资料的使用有关的任何责任。本资料中的任何内容均不应被作为使用任何专利或商标的许可或侵犯任何专利权或商标权的建议。

Nomex®绝缘材料

今天，提供未来的解决方案

Nomex®绝缘材料除了应用于变压器维修之外，还应用于其他诸多领域，如牵引变压器、工业变压器、干式变压器（包括树脂绕铸），以及新型移动变压器。同时还广泛应用于发动机、发电机和其他类型的电器设备。案例适用于描述各种应用。欲知更多Nomex®绝缘材料信息，请联系当地杜邦代表或以下地区联系人之一：

杜邦中国集团有限公司

上海

上海浦东新区张江高科技园
科苑路399号11号楼
邮编：201203
电话：(86)21 3862 2888
传真：(86)21 3862 2432

北京

北京朝阳区建国路91号
金地中心A座18层
邮编：100022
电话：(86)10 8557 1000
传真：(86)10 8557 1888/1999

香港

九龙尖沙咀广东道9号
港威大厦第六座26楼
电话：(852)2734 5345
传真：(852)2734 5441
<http://www.nomex.com.cn>

客户服务热线: (86)400 8851 888

www.nomex.com.cn

© 杜邦公司2012版权所有。杜邦椭圆形标识、杜邦™、Nomex®均为美国杜邦公司及其关联企业的商标或注册商标。



Nomex.