

# RSO 转子绝缘测试应用浅析

王天慧

辽宁调兵山煤矸石发电有限责任公司 辽宁 调兵山 112700

**摘要:** 发电机转子绕组故障比较常见, 而对转子绕组的检查尤其是对绕组匝间短路的检测判断方法很多, 但准确性不高。本文结合在中国电力投资集团抚顺发电厂 2 号机转子局部过热情况的分析, 浅要探讨 RSO 试验。

**关键字:** RSO 试验; 匝间短路

**Abstract:** The generator rotor winding fault is relatively common, and we have a lot of the rotor winding check methods especially on the winding inter-turn short circuit detection method, but the accuracy is not high. Combined with the analysis of the Chinese electric power investment group Fushun Power Plant No. 2 machine rotor local overheating situation, this paper simply discusses the RSO test.

**Keywords:** RSO test ; interterm short circuit

目前汽轮发电机的功率越来越大, 特别是核电厂的发电机, 由于机组的功率基本上都在 100MW 以上, 其汽轮发电机往往电压等级高, 电流负荷大。以抚顺发电厂 2 号 300MW 发电机为例, 额定电压 20000V、额定电流 10190A。由于发电机负荷大, 转速高, 在设计和制造上存在不足, 因此转子的的问题比较多。转子绕组主要有接地、断路和匝间短路等故障, 其中转子绕组的匝间短路故障占有较大比例。匝间短路故障在开始阶段对发电机运行影响不大, 但如果发展下去则危害比较大, 短路点局部过热会导致绝缘烧毁接地, 线棒过热会导致变形, 故障的进一步发展会造成护环烧坏、大轴磁化, 甚至造成转子烧损事故。尽早发现转子绕组的匝间绝缘问题对于保证发电机的安全运行非常重要, 本文介绍的 RSO 试验方法简单易行, 对发电机转子绕组匝间故障的检测非常灵敏, 既可定位又可定量比较匝间绝缘的状况。

## 1. RSO 试验的基本原理

RSO 试验是 RECURRENT SURGE OSCILLOGRAPH 的缩写, 即循环周期性电脉冲示波器试验, 最早是由英国专家提出的。其主要原理就是在转子绕组的两端同时注入一个连续的前沿陡峭的低电压高频脉冲。当脉冲在转子绕组传播时, 一旦遇到任何在绕组的特性阻抗上有不连续的地方, 就会产生一个反射脉冲, 反射脉冲会重新回到注入点, 通过分析注入点的波形来分析绕组故障。如果比较信号(相减)是一条直线或者能重叠, 说明两端的波形完全相同, 可以认为绕组没有问题; 如果比较信号不是一条直线或不能完全重叠, 就说明在绕组的特性阻抗上存在问题, 存在不连续。由于反射波与原始输入波在到达输入点时间上有延迟, 这样就会合成一个特殊的波形, 这个波形可以用来分析绕组的故障。对于发电机绕组中常见的故障, 如绕组断路、接地故障等, 一般常用的电气试验都可以判断出来。而对于匝间短路, 尤其对于早期故障, 一般的电气试验较难判断。而 RSO 试验在检测发电机转子绕组的多种类型故障上有独到之处, 尤其可以较好地判断和分析匝间短路故障, 一能定位故障位置, 二能在相当程度上知道故障的严重程度。对于匝间短路来说, 反射波是一个断路型反射波和接地型反射波的合成。反射波的波形如图 1 所示, 其中  $T_f$  相当于脉冲在短路匝间环路的传播时间。在输入点, 示波器监视的波形是输入波和反射波的相加。

RSO试验采用的是在转子绕组两端同时加脉冲的方法，因此，只要故障点不在绕组的绝对中问，就可以利用双踪示波器看到两端信号的不一致，进而通过相加、相减来分析故障波形，两者叠加可以看到不能完全重合的地方，而相减就可以看到直线波形上的不连续。

## 2. RSO 试验方法

为了定位故障点，应用线性关系来说明假使脉冲波从正极端到负极端所用时间是 $t$ ，脉冲波从正极端到故障点所用时间为 $T_1$ ，而整个绕组的长度为 $X_r$ ，则可知故障点距离正极端的长度就为 $X = (T_1 / T) * X_r$ 。实际可以根据示波器上的相减波形中尖峰突起(正负都可以)的时间来推出故障在第几个线圈。根据试验可以得知脉冲波在转子绕组上的传播速度大约为 $1.11 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，大约为光速的 $1/3$ ，因此，根据转子绕组的长度可以得知在绕组中的传播时间 $t$ ，示波器上的尖峰突起时间是2倍 $T_1$ 时间，这样，就可以得出故障点的位置。当然这样计算还是比较粗略。根据试验和计算，RSO的试验定位可以精确到一个线圈，即通过波形可以看出匝间短路发生在转子绕组的第几槽线圈上。

实践中针对每个发电机转子，通过模拟匝间短路可以得出一系列的波形，即通过在每个线圈上模拟匝间短路，得到波形图，作为波形的标准比较图，为以后的测量工作做参考。

## 3. 实际应用分析

以抚顺发电厂2号发电机一次转子局部过热情况分析，经风道试验，专家组讨论认为有可能是匝间短路造成局部过热导致外部漆皮脱落，但考虑到转子返厂的成本，需要一种相对准确的办法确定。故决定采用RSO法为其检测。

具体试验由于使用的是低压信号，一般只有6-7伏左右，对接线的要求很高，要求接线要牢固，而且位置相对中性点尽量对称，才能保证最后叠加出的波形的精度。经过示波器记录的图像如下所示，窗口内下方的曲线分别是CH1和CH2的采样图形，从图像上分析，两条曲线基本吻合。因为缺少试验数据，故只能从专家经验着手分析。窗口中部的曲线是CH1-CH2所得到的，从经验值判断，一般叠加出的曲线畸变处最大幅值不超过0.5V即可认为该转子绝缘不存在永久性损伤。该厂的转子为哈尔滨电机厂生产，故根据经验有CH1和CH2图像上以脉冲尖端为起点向右依次排序

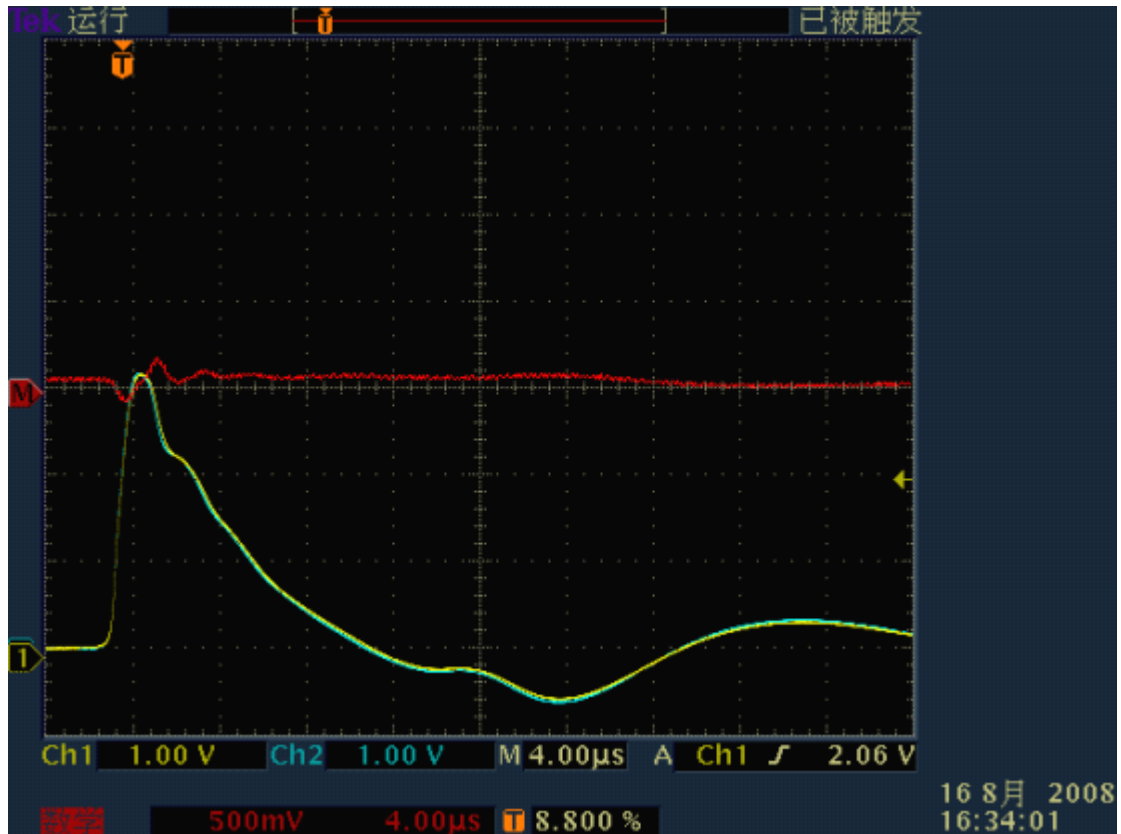


图 RSO试验结果

每经过一处缓慢变化处便认为已经进入下一槽，第一个槽和第二个槽连接处的变化最为明显，据此初步判断绝缘薄弱环节处在第一槽和第二槽附近，对应实际转子应该是第15槽和16槽附近，与外表漆皮脱落位置基本对应，因为数学叠加后的幅值没有超过0.5V这一标准，所以可以排除该转子匝间短路的可能性。但是建议定期检测其图像变化，以排除安全生产隐患。

## 4. 总结

根据目前的情况看，RSO试验对判断转子绕组的匝间绝缘状况非常有用。和其他方法比较起来，RSO试验简便易行，并对转子没有任何损害，同时试验灵敏，能及早发现匝间短路的异常，并对短路位置进行较为精确的定位。同时应该更进一步加强试验的积累和分析。具体实施时应注意以下几点：

- 4.1 针对每一台发电机建立RSO试验档案，把每次所做的试验情况都集中存档，长期跟踪，便于比较。
- 4.2 每次所做试验设备必须一致，在操作示波器时，每次的精度设置也必须一致，特别是扫描频率和幅值设置。
- 4.3 除了进一步加强试验外，还可以针对每台发电机进行模拟短路试验，即模拟每个线圈的匝间短路，然后做出比较准确的各个线圈的匝间短路波形，便于以后试验时的波形比较。另外是模拟不同的短路阻值，每个线圈用不同的短路阻值做试验，做出参考图来，有利于判断匝间短路的严重程度
- 4.4 由于绕组特性阻抗的变化也会引起波形的变化，但这种波形会长时间保持不变，因此，如果在检查中发现波形有轻微变化，特别是第一次检查时，应该继续跟踪。

## RS0转子绝缘测试应用浅析

作者: [王天慧](#)  
作者单位: [辽宁调兵山煤矸石发电有限责任公司](#)  
刊名: [城市建设理论研究\(电子版\)](#)  
英文刊名: [ChengShi Jianshe LiLun Yan Jiu](#)  
年, 卷(期): 2012(17)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_csjsllyj201217114.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_csjsllyj201217114.aspx)