

[GIS]

GIS隔离开关机构电动机故障分析

文/西安西电开关电气有限公司 李 锋

通过分析一个新建550 kV GIS电站的调试和运行过程中出现的问题，和有多台机构中电动机出现故障的实例进行分析。得出开关设备所在的运行环境如果湿度过高，且没有必要的防护措施，则会对机构电动机的使用寿命和运行可靠性会造成极大的负面影响。人们往往只关注机构防护的IP等级、防水、防凝露的措施，没有足够关注高湿度对电气设备的影响。列举了较为详实的分析数据，对环境高湿度对电动机的影响进行了分析。

事故概述

某变电站的550 kV GIS设备在投运后，频繁出现了隔离开关机构驱动电动机故障，前后有12台电动机进行了更换，主要现象是电动机烧毁和电动机转速变慢。对返厂损坏电动机进行了检查。检查中发现烧损电动机的转子对地绝缘明显下降，线圈电阻变化较大，电动机全部受损，经过测量，其匝间已经击穿。

对更换下来的故障电动机配模拟负载试验时，电动机的电流数据及波形图如图1所示。

由图1可知，最大电流幅值为15.4 A，最小电流（稳定电流）幅值为12.0 A，动作时间为6.7 s，电动机工作转速为2 910 r/min。

而同型号的正常电动机的电流数据和波形图如图2所示。

有图2可知，最大电流幅值为12.3 A，最小电

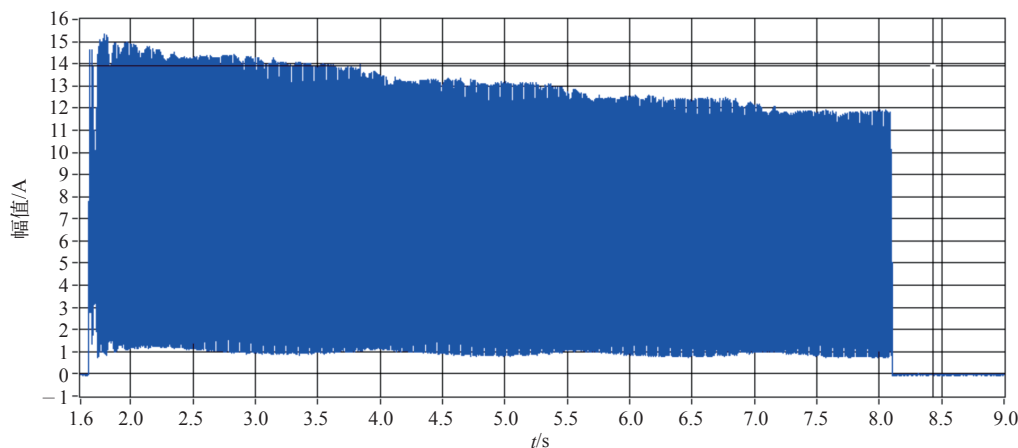


图1 故障电动机的电流数据及波形图

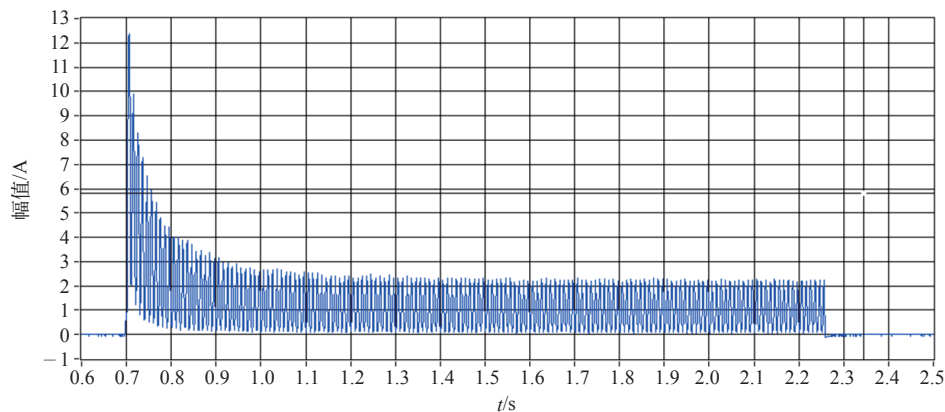


图2 正常电动机的电流数据和波形图

流（稳定电流）幅值为2.3 A，动作时间为1.5 s，电动机工作转速为13 000 r/min。

通过以上正常电动机和故障电动机的电流波形和数据对比可以看出，故障电动机匝间击穿，绝缘下降，造成电流大幅度增大，转速降低，动作时间加长，导致电动机烧毁。

故障分析

由于本次隔离开关机构电动机故障是多批次重复出现，应先排除以下情况。

- 1) 电动机的批次质量问题。
- 2) 电动机实际输出功率小于标称功率，导致电动机长期超载运行导致损坏。为此，对同批次采购的电动机进行了试验，项目包括绝缘试验、1 600 V工频耐压试验、功率测量、稳恒直流测量、桥式整流测量、1.5倍过电流耐受测量和

130% U_c 1 min工作测量。试验数据如表1所示。

通过测试确认，同批次电动机质量合格，没有发现不合格电动机；电动机的实测功率大于180 W，排除了电动机超载运行损坏的可能。

同结构、同型号的电动机进行出厂试验以及其他变电站长期运行均正常。因此故障原因很有可能与变电站运行状态有关。根据现场服务人员反映，GIS设备所在的变电站建造在江边，环境湿度常年大于80%。在电站调试期间，有一段时间现场仪表显示湿度大于90%。考虑是否是高湿环境对电动机造成的影响。模拟现场湿度环境对电动机进行了的模拟试验，试验方法和试验数据如下。

电动机静置在密闭的模拟湿度环境中，如图3所示。在不同湿度时测量电动机定子和转子的对地绝缘电阻，试验数据如表2所示。

表1 180 W电动机试验项目测试

试验项目	电压/V	电流/A	转矩/(N·m)	转速/(r/min)	输入功率/W	输出功率/W	效率(%)
绝缘试验	通过500 V兆欧表试验						
1 600 V工频耐压试验	1 600 V通过						
功率测量（AC）	220	1.642	0.149	11 622	321.3	181.3	56.4
	220	2.327	0.276	9 063	450.7	261.9	58.1
稳恒直流测量	220	1.515	0.146	11 812	319.8	180.6	56.5
	220	2.424	0.348	9 041	525.7	329.4	62.7
	242	2.423 9	0.137	13 254	334.1	181.8	54.5
130% U_c 1 min工作正常							
桥式整流测量	220	1.717	0.144	12 014	350.5	181.1	51.7
130% U_c 1 min工作正常							
1.5倍过电流耐受测量	1 min工作正常						
绝缘试验	500 MΩ						
1 600 V工频耐压	合格						
堵转试验	8.819 A, 1.95 N·m						
实测功率	261.9 W						



图3 简易湿度箱

表2 试验数据

日期时间	湿度 (%)	230 W电动机 /MΩ		400 W电动机 /MΩ	
		转子	定子	转子	定子
09.09-11:30	59	>500	>500	>500	>500
09.09-16:00	81	100	4	490	>500
09.10-08:35	79	150	40	480	500
09.10-16:30	87	7	2	30	15
09.11-08:50	71	200	100	300	>500
09.11-15:20	81	50	12	150	300
09.12-08:30	71	240	150	240	>500
09.12-14:10	95	90	30	200	500
09.13-08:30	79	160	80	200	500
09.13-17:00	79	200	120	200	>500

将电动机安装在等效机构上，整体放在密闭的模拟湿度环境中，进行带负载电动试验，测量在不同湿度、温度和负载时，电动机定子和转子的对地绝缘电阻。

电动机定子和转子对地绝缘电阻随着试验次数增加，湿度增大，绝缘电阻出现下降量过大，电动机仍然能动作，但电动机运转时声音变得尖锐，同时电刷处有电火花，试验数据如表3所示。

由以上试验数据可以看出，电动机所处环境湿度对电动机定子和转子绕阻的对地绝缘有不同程度影响，电动机处于湿度较大的环境中，电动机定子和转子绕阻对地绝缘下降非常明显，当湿度减小时，电动机定子和转子绕阻对地绝缘会有所恢复。但电动机长期处于潮湿环境中，绕阻绝缘材料会产生霉变现象，会永久性破坏绕阻绝缘。

通过以上检查与试验数据，分析导致电动机烧损的主要原因是长时间处于湿度大的环境中，且没有及时采取有效的驱湿措施，湿度过大会使

表3 试验数据

试验次数	湿度(%)	对地绝缘/MΩ		备注
		定子	转子	
0	50	500	500	电动机 电压DC 220 V，模 拟加载装 置负载扭 矩22 N·m
50	85	500	200	
150	85	500	70	
180	75	500	70	
200	75	400	70	
	85	400	75	
	90	300	75	
	95	250	75	
250	90	200	80	
300	66	250	60	
	75	200	70	
	80	200	70	
	82	200	65	
	90	200	70	
350	61	150	40	
	73	150	40	
400	80	150	40	
450	96	150	0.8	
500	64	150	40	

电动机绝缘大幅降低，进而导致匝间绝缘击穿，电流增大。同时电刷处出现较大电火花，加速了电刷磨损，炭粉进入换向器之间缝隙，引起换向器短路，电动机转速急速下降，进一步永久性破坏线圈绝缘性能，导致故障面积继续扩大，最终烧毁电动机。

故障处理

一般机构中都会安装加热器，加热器原理是加热空气，使可能形成凝露的水分保留在空气中，防止凝露在设备表面形成，但无法降低机构内的湿度，仅仅只能解决凝露问题。且随着环境温度的升高加热器的作用变小，特别是高温高湿的环境，加热器无法满足降低运行环境湿度的要求。为了从根本上解决高湿度对电动机的影响，拆除机构内的加热器，改用了新型的除湿器。除湿器的原理是利用珀尔帖效应和微电子技术，将空气中水气分子凝结成水，通过导水管排出，控制电动机运行环境内的湿度。通过改造后的机构已经安全运行2年，再未出现过电动机故障的情况，问题已经解决。EA

(收稿日期：2017.07.12)

(编辑：刘群焱)