

河南电网 500 kV 并联电抗器运行状况分析

王 伟, 韩金华, 李德志, 杨晓辉, 王 吉, 李海峰, 刘 博

(河南电力试验研究院高压所, 河南 郑州 450052)

摘要: 500 kV 并联电抗器是电力系统的主要设备之一, 它的安全运行具有重要意义。目前 500 kV 电抗器运行状态的监测手段主要包括振动测量、噪声测量、红外测温 and 绝缘油色谱试验等。介绍了利用上述方法对河南电网 500 kV 并联电抗器进行运行状况分析的情况, 认为个别电抗器存在过热、振动偏大等缺陷, 要加强对这些设备的监视; 并建议尽快对郑州站白郑线电抗器和白河站樊白 II 回线电抗器加装色谱在线监测装置, 实时跟踪电抗器内缺陷发展的情况, 避免出现大的运行事故; 建议对郑州站白郑线电抗器的套管下部油箱位置加装支撑装置, 减少油箱突出位置的受力, 减少振动, 防止该处出现故障。

关键词: 电抗器; 运行状况; 分析

中图分类号: TM41

文献标志码: B

文章编号: 1001-1609(2009)04-0082-04

Analysis of the 500 kV Shunt Reactors Operation Condition in Henan Power Grid

WANG Wei, HAN Jin-hua, LI De-zhi, YANG Xiao-hui, WANG Ji, LI Hai-feng, LIU Bo

(Department of High Voltage, Henan Electric Power Research Institute, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: 500 kV Shunt reactor, as one of the primary equipments of power system, its' safety operation is of importance. The mainly measures used for 500 kV reactor condition-measuring includes vibrating measurement, noise measurement on site, temperature measurement based on infrared technology and the insulating oil chromatogram analysis for measuring insulating condition etc. In this paper, the analysis of 500 kV shunt reactors' operation condition in Henan power grid, which has taken use of the above measures, is introduced and stated. It is meaningful and valuable for how to strengthen the monitoring of reactor during running process to ensure the reactors operation safety.

Key words: reactor; running condition; analysis

0 引言

高压并联电抗器是 500 kV 系统中重要的设备, 它可以改善沿线工频电压分布、限制操作过电压、补偿无功等, 因此, 其运行状态关系到整个系统的安全稳定。高压并联电抗器为了在过电压下铁心不出现饱和、保持电抗值基本不变, 铁心主磁路都设计成带空气间隙的结构, 从而很大一部分漏磁通进入油箱或其它构件, 这些设计和制造原因使得电抗器振动偏大和局部过热, 这一直是高压并联电抗器的固有问题。据原国家电力公司《500(300) kV 变压器及电抗器质量调查报告》统计, 高压并联电抗器由于振动过大和局部过热引发的故障设备台数占所有故障台数的近一半^[1]。因此, 采取各种测试方法以了解、判断 500 kV 电抗器的运行状态就显得十分重要。2007 年, 对河南省 7 个站共 9 组 27 台 500 kV 高压并联电抗

器进行了运行状况的检测和分析, 检测项目包括振动测量、噪声测量、红外测温 and 绝缘油色谱分析等。

1 设备及故障情况

近年来, 河南省 500 kV 系统发展迅速, 500 kV 高压并联电抗器无论从数量上还是从容量上看, 都形成了一定的规模。截至 2007 年 12 月底, 河南省电力公司系统共有 9 组 27 台 500 kV 电抗器, 容量达 1 200 Mvar, 分别安装在郑州站、获嘉站、邵陵站、牡丹站、白河站、塔铺站和嵯岈站七座 500 kV 变电站, 具体情况见表 1。

河南省近年来 500 kV 高压并联电抗器的运行状况不佳, 故障比例较高。2001 年以来历次主要事故缺陷如下。

(1) 2002 年, 投运时间仅一年的郑州站白郑线电抗器 A 相就出现了较严重缺陷: 油中乙炔超标, 达到 6.17 $\mu\text{L/L}$; 本体振动超标, 振动最大位置处振动幅值

收稿日期: 2008-10-05; 修回日期: 2009-01-15

作者简介: 王 伟(1978), 男, 工程师, 从事变压器类设备的试验研究工作。

表1 河南电网500 kV高压并联电抗器一览表

序号	安装地点	运行编号	容量/Mvar	运行维护单位
1	郑州站	牡郑线高抗	120	郑州供电公司
2	郑州站	白郑线高抗	150	郑州供电公司
3	获嘉站	洹获线高抗	150	新乡供电公司
4	获嘉站	获塔线高抗	150	新乡供电公司
5	塔铺站	塔仓线高抗	120	新乡供电公司
6	邵陵站	邵祥线高抗	120	漯河供电公司
7	牡丹站	牡郑线高抗	120	洛阳供电公司
8	白河站	樊白II回线高抗	150	南阳供电公司
9	嵯岈站	孝嵯I回线高抗	120	驻马店供电公司

已达280 μm。2002年10月进行了停电处理,查明故障原因分别是:高压套管均压球底部紧固螺栓由于振动引起松动,形成低能量火花放电;铁心压紧程度不足造成本体振动大。随后进行了相关处理,但投运后测量振动情况仍超标,处理效果不佳。

(2)2003年,郑州站白郑线电抗器A相运行中压力释放阀突然出现严重漏油,见图1,电抗器被迫停运。检查认为主要原因是电抗器振动过大使压力释放阀中弹簧发生共振,造成释放阀关闭不严形成漏油。随后进行如下处理:油箱焊加强铁,改善本体振动情况;对铁心柱用液压装置重新压紧,见图2;更换了新型压力释放阀。处理后再次投运,运行至今基本正常。



图1 压力释放阀漏油情况



图2 电抗器上部进行铁心压紧

(3)2005年,南阳白河站500 kV樊白回线高抗A相运行中发生事故,高压套管炸裂倒地起火,套管下节升高座被推出5 m左右,高压引线断裂,磁屏蔽环断裂,套管下部均压球烧熔,高压引线屏蔽管断裂,见图3。之后分析此次事故起因是长期振动引起套管下部均压球脱落,均压球下滑至高压等电位管的拐臂处,造成严重放电。当月,从湖北双河站移来同型号高抗进行更换。2007年,樊白回线高抗

A相和同型号的C相设备一起更换为西变公司生产的新设备。



图3 事故现场照片

从历史运行情况可以看出,河南电网500 kV高压并联电抗器事故故障率较高,应引起足够的重视。

2 现场检测情况

此次500 kV高压并联电抗器检测项目包括振动测量、噪声测量、红外测温 and 绝缘油色谱试验等。各检测项目的情况如下。

2.1 振动测试

电抗器振动的测量方法参照国标GB 10229-88《电抗器》和JB/T 8751-1998《500 kV油浸式并联电抗器技术参数和要求》中的有关规定,测量时在油箱4个侧面选取足够的点进行测量。测试仪器采用的是TV-110测振仪。各电抗器的测试结果见表2。

表2 各电抗器的测试结果

序号	安装地点	运行编号	测试结果最大值/μm		
			A相	B相	C相
1	郑州站	牡郑线	20	20	20
2	郑州站	白郑线	130	170	119
3	获嘉站	洹获线	7	7	7
4	获嘉站	获塔线	9	9	9
5	塔铺站	塔仓线	10	10	10
6	邵陵站	邵祥线	50	10	10
7	牡丹站	牡郑线	20	20	20
8	白河站	樊白II回线	20	50	20
9	嵯岈站	孝嵯I回线	20	20	20

从表2中数据可以看出:大部分电抗器的振动最大值均远小于国标要求的100 μm标准,只有郑州站白郑线A、B、C三相均有测点振动幅值大于国标要求的100 μm标准,振幅超标的测点位于高压侧套管下部箱壁,具体位置见图4~6。



图4 整体外观图



图5 振动超标测点位置图(1)



图6 振动超标测点位置图(2)

图4~6中,A相测点1振幅为130 μm,其余各点振幅均小于60 μm;B相测点1振幅为120 μm,测点3振幅为170 μm,其余各点振幅均小于60 μm;C相测点1振幅为118 μm,测点2振幅为119 μm,测点3振幅为117 μm,其余各点振幅均小于50 μm。

分析认为:高压套管位于油箱长轴方向一端偏外侧,此处油箱和升高座承重量大,从结构上讲类似半悬臂梁结构,自身属不稳定系统,容易发生振动,振动疲劳易引发结构件损坏,诱发故障,应引起足够重视。

2.2 噪声测试

电抗器噪声的测量方法参照国标 GB 1094.10-2003《电力变压器 第10部分 声级测定》和 GB 10229-88《电抗器》中的有关规定,测量点间隔1 m,在1/2油箱高度处进行测量。测试仪器采用的是AWA6220A型噪声计。各电抗器噪声测试结果的平均值见表3。

表3 各电抗器噪声测试结果的平均值

序号	安装地点	运行编号	测试结果平均值/dB(A)		
			A相	B相	C相
1	郑州站	牡郑线	76.3	77.6	76.6
2	郑州站	白郑线	79.2	80.3	81.0
3	获嘉站	洹获线	79.1	78.3	79.9
4	获嘉站	获塔线	78.6	78.2	79.1
5	塔铺站	塔仓线	78.6	80.6	78.4
6	邵陵站	邵祥线	79.0	74.6	76.1
7	牡丹站	牡郑线	77.1	79.1	77.7
8	白河站	樊白II回线	78.8	79.9	79.6
9	崆峒站	孝崆I回线	79.0	79.9	78.7

从表3中数据可以看出:各电抗器的噪声平均值接近国标要求的80 dB(A),其中郑州站白郑线电抗器B、C两相和塔铺站B相的噪声值略超过国标要求的80 dB(A)。考虑到电抗器两侧装有隔离墙,现场进

行噪声测试时受其反射作用的影响而使测试结果偏大,可以认为各电抗器的噪声结果无异常。

2.3 红外测温

电抗器红外测温的测量方法参照 DL/T 664-1999《带电设备红外诊断技术应用导则》。测试仪器采用的是 FLIR P60 型红外成像仪。

大部分电抗器的红外测温结果良好,只有白河站樊白II回线电抗器的红外测温结果有异常,其红外测温图见图7、8。



图7 B相红外测温图



图8 A相红外测温图(C相和A相近似)

将图7、8进行对比,可以看出B相油箱上部温度明显偏高,并且本体油温在某一高度位置有明显突变(中间发黑的矩形位置为油箱外部设备铭牌),而A相本体油温从上到下过渡自然,符合油冷却的热传导特点。

分析认为:B相电抗器原有结构设计存在不足,内部磁屏蔽位置分布不尽合理,漏磁通在最上部油箱壁造成涡流损耗,形成温度突变。

2.4 色谱测试

各电抗器油色谱测试结果的平均值见表4。

从表4分析可看出,白河站樊白II回线B相电抗器色谱值超标,其三比值分别为022,电抗器内部存在过热性缺陷。其余电抗器内部未发现异常。

2.5 检测时发现的其他问题

除了上述测试中发现的缺陷外,在现场检测中还发现有部分电抗器的附件连接松动从而引起异常声响。如郑州站白郑线B相电抗器本体与散热器相连波纹管四周的连杆松动造成异常声响;获嘉站洹获线B相电抗器固定压力释放阀导油管的螺丝帽有一个松动,而引起异常声响。具体位置见图9、10。

3 分析结论

根据对这次电抗器运行状况检测数据和资料的分析研究,可以得出以下主要结论:

表4 各电抗器油色谱测试结果的平均值

运行编号	测试日期	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂	H ₂	CO	CO ₂	总烃 μL/L
牡郑线 A 相	2007-11-06	7.08	1.010	2.38	0	6.28	298	1 175	10.50
牡郑线 B 相	2007-11-06	6.08	0.850	1.80	0	5.40	394	1 243	8.73
牡郑线 C 相	2007-11-06	5.18	0.890	1.69	0	0	206	1 302	7.76
白郑线 A 相	2007-11-06	16.60	1.510	3.66	0	13.68	385	2 798	21.80
白郑线 B 相	2007-11-06	23.93	1.730	5.49	0	9.54	523	4 067	31.20
白郑线 C 相	2007-11-06	20.75	2.000	4.79	0	4.47	1 204	4 905	27.50
洹获线 A 相	2007-12-04	13.10	1.400	3.41	0	6.19	1 119	2 816	17.91
洹获线 B 相	2007-12-04	11.52	1.170	2.88	0	8.04	708	2 362	15.57
洹获线 C 相	2007-12-04	11.09	1.150	2.75	0	6.64	818	2 247	14.99
获塔线 A 相	2007-12-04	28.05	1.520	7.77	0	3.80	714	3 992	37.34
获塔线 B 相	2007-12-04	30.33	1.136	6.97	0	5.83	507	3 537	38.66
获塔线 C 相	2007-12-04	22.49	1.340	7.31	0	4.30	553	3 816	31.14
塔仓线 A 相	2007-12-05	5.30	0.540	0.69	0	18.46	252	739	6.53
塔仓线 B 相	2007-12-05	5.25	0.470	0.89	0	19.52	205	808	6.61
塔仓线 C 相	2007-12-05	5.47	0.480	0.72	0	21.61	282	830	6.67
邵祥线 A 相	2007-12-26	15.98	1.730	3.28	0	4.54	1 084	3 042	20.99
邵祥线 B 相	2007-12-26	11.98	0.890	2.33	0	4.49	539	1 795	15.20
邵祥线 C 相	2007-12-26	12.45	0.960	2.19	0	0.53	491	1 760	15.60
牡郑线 A 相	2007-12-20	7.39	0.980	2.01	0	8.53	340	993	10.38
牡郑线 B 相	2007-11-20	9.51	1.050	1.85	0	6.50	378	1 183	12.41
牡郑线 C 相	2007-11-20	8.44	0.860	1.56	0	6.58	380	1 003	10.86
樊白 II 回线 A 相	2007-07-16	3.31	0.370	0.66	0	19.20	249	368	4.34
樊白 II 回线 B 相	2007-07-16	51.96	49.070	15.24	0.27	11.96	162	2 185	116.54
樊白 II 回线 C 相	2007-07-16	4.13	1.260	0.79	0	18.00	271	391	6.18
孝崮 I 回线 A 相	2007-12-18	6.33	0.800	1.22	0	0.39	444	1 664	8.35
孝崮 I 回线 B 相	2007-12-18	9.40	0.870	1.99	0	11.03	216	1 196	12.26
孝崮 I 回线 C 相	2007-12-18	5.84	0.680	1.15	0	11.43	0	1 416	7.67



图9 白郑线 B 相波纹管连杆松动

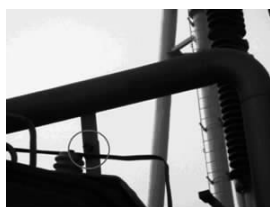


图10 洹获线 B 相导油管螺丝帽松动

4 建议

根据电抗器运行状况检测结果,对河南电网 500 kV 电抗器运行提出以下建议:

(1)对存在缺陷的电抗器进行重点监督,特别是郑州站白郑线电抗器和白河站樊白 II 回线电抗器,建议尽快加装色谱在线监测装置,这样可以实时跟踪电抗器内缺陷发展的情况,防止出现发展迅速的过热性缺陷,避免出现大的运行事故。其他电抗器如有条件,也可以考虑安装色谱在线监测装置。

(2)建议对郑州站白郑线电抗器进行改造,在套管下部油箱位置加装支撑装置,减少油箱突出位置的受力情况,改变设备自身振动固有频率和振幅,从而减小振动,防止该处出现故障。

(3)建议对白河站樊白 II 回线电抗加强红外巡视,保存红外图谱进行比较,防止油箱内部磁屏蔽出现异常。在加装色谱在线装置前,应缩短色谱监测周期。

(4)建议对检测中发现的其他问题,主要是外部管路连接等连接松动位置结合停电机机会进行处理。

参考文献:

- [1] 国家电力公司发输电运营部.500(300)kV 变压器及电抗器质量调查报告[R].北京:国家电力公司,2002.

(1)河南省目前运行的 9 组 500 kV 高压并联电抗器设备整体运行情况基本良好。

(2)个别电抗器存在过热、振动偏大等缺陷,如樊白 II 回线 B 相电抗器内部存在过热性缺陷、白郑线三相电抗器振动幅值均超标等。今后,在运行中要重点加强对这些设备的监视。

(3)由于设计、制造水平的限制,2001 年以前出厂的电抗器运行情况一般较差,如郑州站白郑线电抗器和白河站樊白 II 回线 B 相。近年来随着设计水平和制造工艺的提高,电抗器的质量有了较大的提升,现场运行情况相对较好。