

一起变压器直流电阻试验数据不合格问题分析与处理

石旭初

(淮安供电公司涟水县城检修分公司, 江苏 涟水 223400)

摘 要: 变压器的直流电阻直接反应了变压器绕组的性能, 是变压器特性试验的一个重要项目。而在实际工作中, 有时会发现变压器直流电阻测试数据某相数据普遍变大或者某几个档位数据异常, 造成变压器直流电阻三相不平衡率超标。本文以一起变压器直流电阻试验数据异常为例, 对其异常原因进行分析, 找出问题所在。

关键词: 变压器; 直流电阻; 数据异常

0 引言

变压器直流电阻试验是变压器试验中非常重要的一个项目, 正确的测量结果对分析处理变压器故障有着很大的指导作用。《江苏省电力设备交接和预防性试验规程》规定 1.6MVA 以上的变压器绕组直流电阻相间差别不大于 2%, 线间不大于 1%, 1.6MVA 以下的变压器相间不大于 4%, 线间不大于 2%, 同一部位与上次测量结果相比, 变化不大于 2%。

1 基本情况

表 1 支河变 1 号主变第一次测试数据				
档位	AO	BO	CO	误差/%
1	1.275	1.347	1.303	5.5
2	1.246	1.336	1.26	7.0
3	1.233	1.311	1.256	6.2
4	1.203	1.29	1.211	7.0
5	1.191	1.266	1.216	6.1
6	1.162	1.264	1.166	8.5
7	1.148	1.23	1.173	6.9
8	1.122	1.223	1.121	8.8
9	1.102	1.199	1.101	8.6
10	1.119	1.223	1.125	9.0
11	1.148	1.23	1.164	6.9
12	1.165	1.272	1.178	8.9
13	1.189	1.284	1.211	7.7
14	1.209	1.32	1.21	8.9
15	1.228	1.326	1.253	7.7
16	1.254	1.358	1.255	8.1
17	1.273	1.386	1.3	8.6

注: 油温 38°。

2011 年 10 月 9 日对 110kV 支河变 1 号主变进行周期性试验, 在试验过程中发现高压 B 相直流电阻数值较 A、C 两相相差较大, 其高压 C 相 2、3 档以及 15、16 档直流电阻数值基本一致, 没有极差,

高压 C 相 4-5、6-7 档直流电阻变化规律相反, 没有随着档位的上升而直流电阻数值变小 (1 到 9 档), 1 档到 17 档直流电阻三相不平衡率数据超标, 其测试数据如表 1。

2 变压器情况介绍以及历史数据

该变压器的型号为 SZ9-20000/110, 厂家为连云港东圣变压器有限公司制造, 出厂日期为 2004 年 3 月, 2004 年 5 月 13 日投入运行, 交接时直流电阻的数据如表 2。

表 2 支河变 1 号主变直流电阻交接数据				
档位	AO	BO	CO	误差/%
1	1.184	1.191	1.189	0.589
2	1.166	1.17	1.168	0.342
3	1.146	1.149	1.147	0.261
4	1.123	1.128	1.126	0.444
5	1.102	1.107	1.105	0.452
6	1.081	1.086	1.084	0.461
7	1.06	1.065	1.063	0.47
8	1.043	1.044	1.042	0.191
9	1.024	1.02	1.018	0.587
10	1.044	1.044	1.042	0.191
11	1.06	1.064	1.064	0.376
12	1.081	1.085	1.084	0.369
13	1.102	1.107	1.105	0.452
14	1.124	1.127	1.125	0.266
15	1.149	1.149	1.147	0.174
16	1.166	1.167	1.167	0.085
17	1.187	1.189	1.189	0.168

注: 油温 21°。

可以发现交接试验时, 该主变直流电阻极差以及三相不平衡率都很正常。

3 原因分析

3.1 B 相数据偏大原因分析

按照图 1 所示，按照“从上而下”的分析方式，首先就高压侧 B 相直流电阻数据偏大，分析原因：

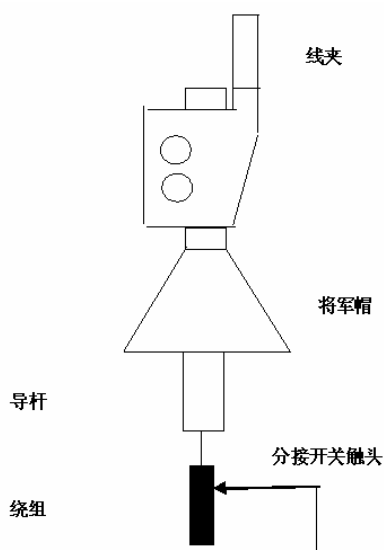


图 1 变压器桩头的示意图

（1）温度的影响

变压器的直流电阻随温度的上升而增大，由于现场仪器不是三相同时测量，可能存在误差。根据

$$R_2 = R_1(T + t_2)/(T + t_1)$$

当温差达到 10°时，数据误差达到 4.25%。记录当时的油温，测量开始到结束变压器上层油温都在 38°，油温基本无变化，排除了温度的干扰。

（2）测量仪器存在问题，试验数据分散性大

不同的仪器以及不同的测量原理可能造成试验数据出现偏差。为了排除仪器的测量误差，现场原来使用保定市超人电子有限公司 Sm33-10A 直流电阻测试仪，更换为保定市超人电子有限公司 Sm33-3A 直流电阻测试仪，其测量数据基本无变化，依然是高压侧 B 相数据普遍偏大，高压侧 C 相几个档位间的直流电阻极差很小，存在的问题依然存在。而且通过高压侧 A 相数据的对比也能说明测试仪器没有问题。

（3）测量仪器与变压器线夹之间接触不良

按照工作经验，这种故障反应的外在现象就是所有档位的数据统一偏大，和高压侧 B 相的问题存在一致性。但是现场我们多次改变高压侧 B 相测试线夹的位置，并且在接触部分进行打磨，B 相试验数据依然比 A、C 两相高很多，排除了测试线夹与桩头线夹之间接触不良而引起数据偏大。测量部位如图 2。



图 2 变压器线夹

（4）变压器桩头线夹与将军帽之间接触不良

变压器桩头线夹与将军帽之间接触不良，可能引起直流电阻试验数据偏大，但是如果接触不良，应该整个一相直流电阻数据都偏大，和 B 相试验数据结果表象一致。现场拆除了变压器桩头线夹，把试验线夹直接接在将军帽上，直流电阻数据基本无变化，依然 B 相数据较 A、C 两相大。测量部位如图 3。



图 3 变压器将军帽

（5）将军帽与连接导杆直接接触不良

该型变压器的将军帽与连接导杆采用螺纹连接，如果螺纹卡口接触不好，可能出现直流电阻偏大的情况。现场对 B 相将军帽进行了拆除，发现将军帽与连接导杆之间的螺纹内存在金属铁屑以及油污，如图 4 所示，对其进行清理，对将军帽内壁砂纸打磨。现场试验线夹直接接在导杆上测量 B 相直流电阻，如图 5，发现其数值明显下降，数据对比如表 3。



图 4 拆解的将军帽与导杆



图 5 变压器导杆

表 3 数据对比

档位	BO（带将军帽）	BO（不带将军帽）
1	1.347	1.221
2	1.336	1.203
3	1.311	1.185
4	1.29	1.164
5	1.266	1.143
6	1.264	1.120
7	1.23	1.100
8	1.223	1.075
9	1.199	1.050
10	1.223	1.073
11	1.23	1.098
12	1.272	1.119
13	1.284	1.141
14	1.32	1.162
15	1.326	1.181
16	1.358	1.202
17	1.386	1.224

把将军帽与导杆连接号再次测量 B 相直流电阻，数据基本无变化；在将军帽上加装线夹后，在线夹上测量 B 相直流电阻，数据基本无变化。说明找到了高压侧 B 相直流电阻数据偏大的原因，即将军帽与导杆之间接触不好引起 B 相直流电阻数据偏大。

3.2 C 相数据异常的原因分析

C 相 2、3 档以及 15、16 档直流电阻数值基本一致，没有极差，4-5、6-7 档直流电阻变化规律相反，没有随着档位的上升而直流电阻数值变小（1 到 9 档），分析由于 C 相整个绕组回路哪个部位接触不好，由于有载调压开关调档时引起的震动，造成接触部位接触电阻时大时小，引起上述情况的发生，按照 B 相“自上而下”查找故障的方法，查找故障点，最终同样在 C 相将军帽与导杆的螺纹内存在铁屑以及油污，造成 C 相在调档过程中，部分档位极差不明显甚至出现相反规律的情况发生。在油污以及铁屑清理后，用砂纸打磨将军帽内壁，安装好将军帽、线夹后进行测量，C 相数据正常，每个档位之间的极差明显。

3.3 问题处理后数据对比

在现场，又对 A 相得将军帽以及导杆之间的连接处进行了清理。对 ABC 三相直流电阻进行测试，数据正常，三相不平衡率未超出标准范围，其试验数据如表 4。

表 4 数据对比

档位	AO	BO	CO	误差/%
1	1.218	1.221	1.225	0.573
2	1.201	1.203	1.206	0.416
3	1.179	1.185	1.186	0.592
4	1.161	1.164	1.166	0.430
5	1.140	1.143	1.143	0.263
6	1.122	1.120	1.122	0.178
7	1.096	1.100	1.104	0.727
8	1.078	1.075	1.072	0.558
9	1.056	1.050	1.052	0.570
10	1.079	1.073	1.071	0.745
11	1.096	1.098	1.103	0.637
12	1.120	1.119	1.121	0.179
13	1.139	1.141	1.146	0.613
14	1.160	1.162	1.164	0.344
15	1.178	1.181	1.183	0.423
16	1.201	1.202	1.204	0.250
17	1.219	1.224	1.226	0.573

4 结论

- (1) 变压器的直流电阻因其数值较小，当回路中导体接触不良时，接触电阻对回路电阻的测量造成较大影响，容易造成测量数据不合格。
- (2) 当变压器桩头部分拆解以后直流电阻数据依然异常，应考虑绕组、绕组与有载调压开关接触部位、有载调压开关存在接触不良的现象，可以通过油化验、有载开关吊芯检查的方式排查故障点。
- (3) 文中所讲述的“自上而下”的分析方法对可能的故障点逐一进行排除在现场直阻测量中非常实用，能快速有效的查找故障点，指导检修人员迅速准确的排除故障。

参考文献：

[1] 江苏省电业局.电气试验技能培训教材[M].北京:中国电力出版社,2006.

[2] DL/T 574-95,有载开关运行维修导则[S].

[3] 尹克宁.变压器设计原理[M].北京:中国电力出版社,2004.

[4] 朱英浩.新编变压器适用技术问答[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,2001.

作者简介：

石旭初（1982-），男，江苏淮安人，工程师，从事现场高压电气试验工作。