

某发电厂上网关口故障分析及电量退补测算

吴 桥

(江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 210019)

摘 要: 某发电厂上网关口电量少计, 引发质疑, 经调查及测量, 发现厂网双方均存在计量问题, 主要是变电站侧压降不合格以及部分旁路电量未计入, 造成了电量少计, 由此测算出应退补给电厂电量约 290 多万度, 并通过线损率的比较验证了测算结果的准确性。

关键词: 上网关口; 故障; 退补; 验证

0 引言

某发电厂(以下简称电厂)上网关口计量点设在变电站侧 4X11 和 4X12。从 2005 年 3 月开始, 4X11 和 4X12 线路变电站侧电量数据和电厂侧电量数据一直存在较大差异, 截至 2006 年 8 月, 厂网双方每月线损率平均值为 4X11 线路 1.24%, 4X12 线路 0.66%, 其中最小值 0.31%, 最大值达 1.84%, 线损率超出了正常范围(详见表 1~4 中的“电厂侧”, “变电站侧”及“线损率”), 上网电量准确性因此受到质疑。

1 厂网双方计量设备故障及分析

1.1 变电站侧计量设备

变电站侧 4C11 和 4X12 电能计量装置中的电能表、电流互感器、电压互感器符合规程要求并经检定合格, 但电压互感器二次电压降(以下简称压降)检测结果均不合格。

变电站 220kV 正、副母线电压互感器的二次各有 0.2、0.5 和 3P 三组次级, 电能表和测量、继电保护等设备共用一组电缆连接在 0.5 次级, 二次负载较大, 导致 4X11 和 4X12 压降不合格, 电能表少计电量, 这是变电站侧产生电量误差的主要原因。

2006 年, 变电站侧电压互感器二次回路进行了改造, 于 8 月 23 日改造完成, 经过检测确认压降合格。

1.2 变电站 220kV 旁路

变电站旁路 2620 有代 4X11 和 4X12 线路运行的情况, 这部分电量未计入电能量计量系统(以下简称计量系统), 是变电站侧产生电量误差的另一原

因。

1.3 电厂侧计量设备

电厂侧 4X11 和 4X12 电能计量装置中的电能表、电流互感器、电压互感器符合规程要求, 压降检测结果同样不合格。

电厂 220kV 正、副母线电压互感器的二次各有 0.2、3P 和 3P 三组次级, 电能表和测量、部分继电保护等设备共用一组电缆误接在第一组 3P 次级, 使得电压互感器本体的准确性无法保证; 并且二次负载较大, 造成 4X11 和 4X12 压降不合格。

1.4 通过上述分析, 可以确认:

第一, 变电站侧 4X11 和 4X12 上网关口电能计量装置存在压降不合格以及旁路电量未计入的故障, 电量数据需要修正。

第二, 电厂侧 4X11 和 4X12 电能计量装置存在电压二次回路误接入 3P 次级以及压降不合格的故障, 电量数据也不能直接采信。

第三, 4X11 和 4X12 上网电量的退补应以变电站侧为基准, 包括两部分, 即变电站压降造成的电量误差和旁路未计电量。

2 电量退补测算

2.1 确定故障开始时间

根据“变电站 2004 年 10 月电能平衡月报表”, 4X11 和 4X12 关口电能表于 2004 年 10 月 20 日投运, 电能表初始底度是 0, 因此, 故障开始时间取 2004 年 10 月 20 日。

2.2 确定故障结束时间

根据电厂和变电站两侧的电量, 计算 2006 年 8 月的部分日线损率, 发现 24 日 4X11 和 4X12 线

路的线损率突然下降，之前和之后一直比较稳定，而 24 日前后的总电量（负荷）却没有大的变化，这意味着 23 日稍晚或 24 日稍早计量设备状况有变化。

查询变电站“变电第二种工作票”，了解到 23 日 4X11 和 4X12 的压降进行了检测并拆除了部分 220kV 线路多余电能表的电压回路，工作票的结束时间是当日 16:50，考虑到计量采集系统的采样间隔是 15min，所以故障结束的时间取 2006 年 8 月 23 日 16:45。

2.3 已计入计量系统的电量

根据计量采集系统中发布的变电站侧 4X11 和 4X12 关口电能表数据，计算出 2004 年 10 月 20 日至 2006 年 8 月 23 日 16:45 已计入该系统的有功电量，得到 4X11 输出电量为 2273040kWh，输入电量为 939716448kWh；4X12 输出电量为 1308384kWh，输入电量为 955323600kWh；其中输出为电厂倒送（下网）电量，输入为电厂上网电量。

2.4 变电站压降造成的电量误差

$$\gamma = \frac{f_a + f_b + f_c}{3} - 0.0097(\delta_a + \delta_b + \delta_c) \lg \varphi \quad (\%) \quad (1)$$

2.4.1 压降合成误差公式

根据计量采集系统中的电能表数据及测量的压降数据，代入公式（1），计算得 4X11 输出的压降合成误差 $\gamma_1 = -0.163\%$ 。

同理，计算得 4X11 输入的压降合成误差 $\gamma_2 \approx -0.295\%$ ，4X12 输出的压降合成误差 $\gamma_3 \approx -0.211\%$ ，4X12 输入的压降合成误差 $\gamma_4 \approx -0.346\%$ 。

2.4.2 压降造成的电量误差

根据“电能计量装置 PT 二次压降超出允许范围时，以允许电压降为基准，按验证后实际值与允许值之差补收电量”^[1]及“Ⅰ、Ⅱ类用于贸易结算的电能计量装置中电压互感器二次回路电压降应不大于其额定二次电压的 0.2%”^[2]的规定。

设已计入计量系统的电厂上网电量为 W_1 ，以允许压降为基准的电厂上网电量为 W_2 ，压降为零的电厂上网电量为 W ，电量误差值为 ΔW ，压降合成误差为 γ ，则有：

$$W_1 = W(1 + \gamma), \quad W_2 = W(1 - 0.2\%)$$

$$\Delta W = W_1 - W_2 = W_1(\gamma + 0.2\%) / (1 + \gamma)$$

由此计算出：

$$4X11 \text{ 输出的电量误差 } \Delta W_1 \approx 842.398 \text{ kWh},$$

4X11 输入的电量误差 $\Delta W_2 \approx -895371.973 \text{ kWh}$ ，4X12 输出的电量误差 $\Delta W_3 \approx -144.227 \text{ kWh}$ ，4X12 输入的电量误差 $\Delta W_4 \approx -1399615.124 \text{ kWh}$ 。

2.5 变电站旁路电量造成的电量误差 ΔW_p

根据变电站抄表记录，旁路 2620 代 4X11 和 4X12 输入电量 $\Delta W_p = 673200 \text{ kWh}$ 。

2.6 需退补的下网电量 ΔW_x 和上网电量 ΔW_s

$$\Delta W_x = -\Delta W_1 - \Delta W_3 \approx -698 \text{ (kWh)}$$

$$\Delta W_s = -\Delta W_2 - \Delta W_4 + \Delta W_p \approx 2968187 \text{ (kWh)}$$

3 计算结果的验证

变电站计量设备改造后，2006 年 9、10 月厂网双方的线损率较改造前的 2005 年和 2006 年 1~8 月有明显下降，其中 4X11 线路由 1.0%~1.3% 降至 0.6% 左右，4X12 线路由 0.3%~0.7% 降至 0 左右，详见表 2、4。

由于电厂 4X11 和 4X12 电能表电压回路连接在 3P 次级，电压互感器本体的准确性无法保证，所以仅以变电站侧的计量设备作为计算参照，将变电站侧计量设备改造前的电量去除压降和电压互感器误差的影响换算成“改造后”的电量，再和电厂侧的电量做对比，以验证退补电量计算的正确性。

设改造前的电量为 W_a ，“改造后”的电量为 W_b ，压降和电压互感器误差均为零的电量为 W_x ，改造前的压降合成误差为 $\gamma_{d前}$ ，改造前的电压互感器合成误差为 $\gamma_{u前}$ ，“改造后”的压降合成误差为 $\gamma_{d后}$ ，“改造后”的电压互感器合成误差为 $\gamma_{u后}$ ，则：

$$W_a = W_x(1 + \gamma_{d前} + \gamma_{u前})$$

$$W_b = W_x(1 + \gamma_{d后} + \gamma_{u后})$$

$$= W_a(1 + \gamma_{d后} + \gamma_{u后}) / (1 + \gamma_{d前} + \gamma_{u前}) \quad (2)$$

根据上述换算方法，依次计算变电站 4X11 和 4X12 “改造后”的压降合成误差，改造前及“改造后”的电压互感器合成误差，再根据公式（2）将改造前 2005 年 2 月至 2006 年 8 月电厂上网电量逐月换算成“改造后”电量，并计算线损率（详见表 1~4，其中“变电站侧Ⅱ”，“线损率Ⅱ”即“改造后”的数据）。

通过线损率对比发现，“改造后”的线损率基本和 2006 年 9、10 月真正改造后的线损率相当，从而证明了本文所述计算方法的正确性。

表 1:2005 年 4X11 线路厂网双方电量和线损率 单位:MWh

月份	电厂侧	变电站侧	线损率 /%	变电站侧 II	线损率 II /%
2	13042.000	12972.960	0.53	13036.569	0.04
3	30175.200	29783.952	1.30	29929.988	0.81
4	23680.800	23366.640	1.33	23481.211	0.84
5	31056.960	30587.568	1.51	30737.545	1.03
6	40761.600	40209.312	1.35	40406.466	0.87
7	65450.880	64712.208	1.13	65029.504	0.64
8	65149.920	63950.304	1.84	64611.243	0.83
9	64974.142	64165.200	1.25	64479.814	0.76
10	55795.819	55102.080	1.24	55372.256	0.76
11	66001.267	65216.448	1.19	65536.217	0.70
12	80516.832	79650.384	1.08	80040.925	0.59
小计	536605.420	529717.056	1.28	532314.360	0.80

表 2:2006 年 4X11 线路厂网双方电量和线损率 单位:MWh

月份	电厂侧	变电站侧	线损率 /%	变电站侧 II	线损率 II /%
1	58466.602	57809.136	1.12	58092.585	0.64
2	32534.674	32124.576	1.26	32282.089	0.78
3	43979.971	43393.680	1.33	43606.448	0.85
4	40654.046	40207.728	1.10	40404.874	0.61
5	49368.792	48690.576	1.37	48929.315	0.89
6	67631.784	66898.128	1.08	67226.142	0.60
7	70757.966	69892.416	1.22	70235.112	0.74
8	70175.688	69450.480	1.03	69710.233	0.66
小计	433569.523	428466.720	1.18	430486.799	0.72
9	38937.149	38699.232	0.61		
10	36798.326	36574.032	0.61		

表 3:2005 年 4X12 线路厂网双方电量和线损率 单位:MWh

月份	电厂侧	变电站侧	线损率 /%	变电站侧 II	线损率 II /%
2	12429.000	12374.208	0.44	12435.529	-0.05
3	30666.240	30551.136	0.38	30702.533	-0.12
4	24377.760	24302.256	0.31	24422.686	-0.18
5	31452.960	31285.584	0.53	31440.620	0.04
6	41131.200	40868.256	0.64	41070.779	0.15
7	66195.360	65777.712	0.63	66103.675	0.14
8	66063.360	65204.832	1.30	65854.595	0.32
9	65556.821	65155.728	0.61	65478.609	0.12
10	56276.510	55876.656	0.71	56153.554	0.22
11	66717.605	66198.000	0.78	66526.046	0.29
12	81292.411	80727.504	0.69	81127.551	0.20
小计	542159.227	538321.872	0.71	540989.537	0.22

表 4:2006 年 4X12 线路厂网双方电量和线损率 单位:MWh

月份	电厂侧	变电站侧	线损率/%	变电站侧 II	线损率 II /%
1	59139.010	58794.912	0.58	59086.271	0.09
2	33091.872	32959.344	0.40	33122.675	-0.09
3	44741.136	44454.960	0.64	44675.257	0.15
4	40102.882	39970.656	0.33	40168.731	-0.16
5	50106.038	4X118.256	0.65	50024.933	0.16
6	68644.118	68212.320	0.63	68550.348	0.14
7	71662.061	71098.368	0.79	71450.697	0.29
8	70943.453	70488.528	0.64	70751.564	0.27
小计	438430.570	435757.344	0.61	437830.477	0.14
9	39316.042	39349.200	-0.08		
10	37127.059	37118.928	0.02		

4 结论

根据以上分析及测算,从 2004 年 10 月 20 日至 2006 年 8 月 23 日 16:45,需向电厂退补下网电量约 698 kWh,退补上网电量约 2968187 kWh。

参考文献:

[1] 江苏省电力公司.江苏省电力公司电能计量故障、差错处理规定(试行)[Z]: 南京:江苏省电力公司,2005.
[2] DL/T 448—2000,电能计量装置技术管理规程[S].

作者简介:

吴 桥(1967—),男,江苏武进人,高工,主要从事电能计量试验研究工作。