

一户高供高计用户功率因数突降原因分析及电量计算

薛 嵩

(南京供电公司, 江苏 南京 210019)

**摘 要:** 用户的功率因数受诸多因素的影响, 本文针对一起高供高计用户功率因数突降的故障进行分析, 找出隐藏在表面现象下的故障根源, 找到处理方法并提出防范措施。

**关键词:** 功率因数; 联合接线盒; 接触电阻; 退补电量

0 引言

在交流电路中, 电压与电流之间的相位差( $\Phi$ )的余弦叫做功率因数, 用符号  $\cos\Phi$  表示, 在数值上, 功率因数是有功功率和视在功率的比值, 即  $\cos\Phi=P/S$ 。用户用电功率因数的高低, 对发、供、用电设备的充分利用, 节约电能和改善电压质量有着重要影响, 为了提高客户的功率因数并保持其均衡, 以提高供用电双方和社会的经济效益, 故实行功率因数调整电费办法。

1 故障简述

2012 年 1 月初我班组接到电费组反映辖区内用户南京自来水公司江边取水厂近四个月功率因数突降, 产生大量力调电费, 用户持有异议, 希望我们供电部门能够帮助查找原因。该户往月功率因数保持在 0.8-0.9 左右, 用户去年 11 月申请增容一台 630kVA 变压器, 并于先期将原有一台 630kVA 箱式变压器移入新建室内变电所, 自工程开工后近几月功率因数却低至 0.7 左右, 近 4 月产生力调电费 30981 元, 比前 4 月增加 177.28%。

首先我们在营销系统中调出用户各种资料, 试图从中寻找有价值的线索。见表 1、图 1。

表 1 用户资料

| 月份          | 基本<br>电费 | 电度<br>电费 | 有功<br>电量 | 无功<br>电量 | 功率<br>因数 | 增减<br>率/% | 力调电<br>费/元 |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|
| 2011 年 6 月  | 17640    | 71647.92 | 118560   | 66650    | 0.87     | +1.5      | 1283.82    |
| 2011 年 7 月  | 17640    | 67009.60 | 110330   | 81850    | 0.80     | +5        | 4060.31    |
| 2011 年 8 月  | 17640    | 59528.64 | 98190    | 63420    | 0.84     | +3        | 2223.12    |
| 2011 年 9 月  | 17640    | 65870.12 | 108360   | 78030    | 0.81     | +4.5      | 3605.77    |
| 2011 年 10 月 | 17640    | 66400.02 | 109810   | 97120    | 0.75     | +7.5      | 6045.96    |
| 2011 年 11 月 | 17640    | 62673.16 | 103810   | 96870    | 0.73     | +8.5      | 6551.22    |
| 2011 年 12 月 | 17640    | 66349.66 | 105730   | 111580   | 0.69     | +11       | 8859.40    |
| 2012 年 1 月  | 17640    | 72803.93 | 114410   | 120260   | 0.69     | +11       | 9524.59    |

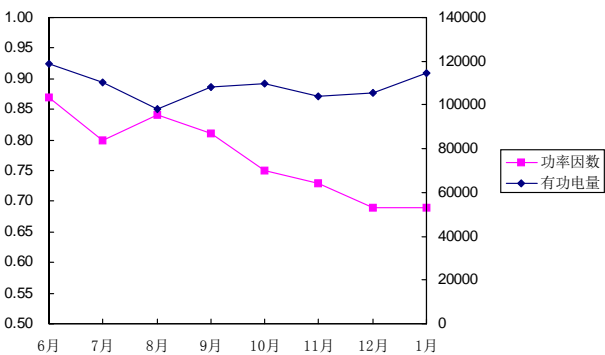


图 1 用户用电曲线

从图 1 中可以看出自 2011 年 10 月开始功率因数明显突降, 月有功电量未见明显异常。我们初步怀疑可能有以下原因: 1) 用户高压增容工程的施工机械产生大量无功; 2) 用户无功补偿装置故障; 3) 用户异步电机长期处于轻载, 功率因数过低; 4) 计量装置故障。

2 故障原因分析与查找

1 月 15 日我班组汇同用电检查员、无功补偿装置厂家技术人员及用户设备负责人前往现场查找故障原因, 用户变电装置一次接线图见图 2。

现场检查用户用电情况正常, 用户共有四台 160kW 异步电机, 其中两台满载运转。位于 10kV 开关室内的无功补偿装置为浙江东南电器有限公司的 JKWD8D-F3 无功功率自动补偿控制器, 表盘显示功率因数为 0.97, 厂家技术人员检查设备运行正常。随后打开计量柜, 检查发现表计接线盒第三组电流连结片处存在烧蚀痕迹。使用相位仪检测数据如下:

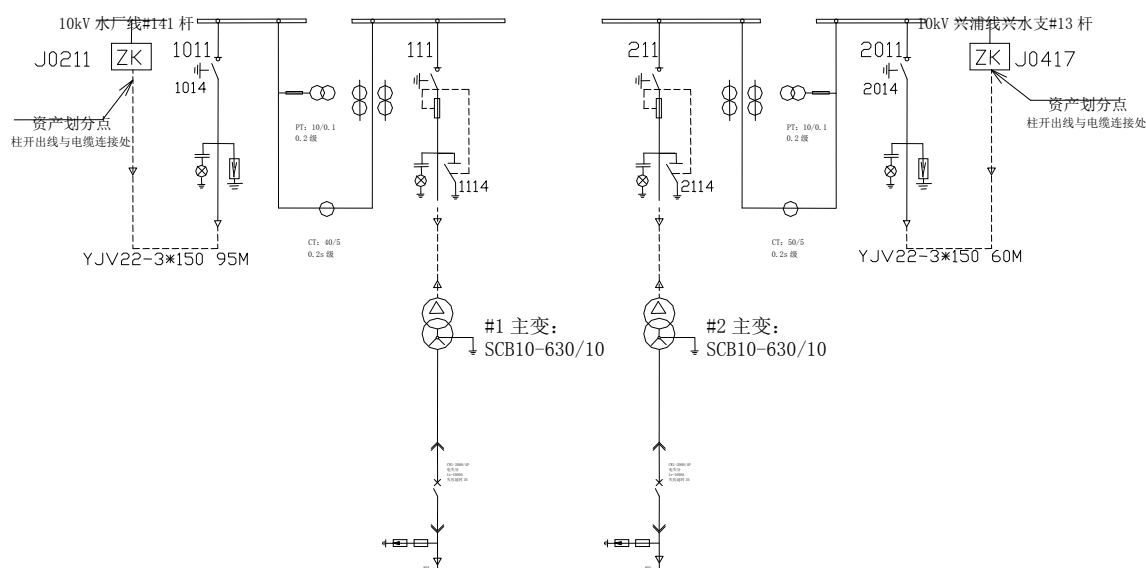


图 2 用户变电装置一次接线图

$$U_{12}=105\text{V}; \quad U_{32}=104\text{V}; \quad I_1=2.45\text{A}; \quad I_3=0\text{A}$$

$$U_{12}^{\cdot} \overset{\wedge}{U}_{32}^{\cdot} = 300^{\circ}; U_{12}^{\cdot} \overset{\wedge}{I}_1^{\cdot} = 45^{\circ}; U_{12}^{\cdot} \overset{\wedge}{I}_3^{\cdot} = 90^{\circ}; \Phi = 15^{\circ}$$

在室温 12.5℃ 环境下对接线盒电流联片用红外测温仪实测温度 U 相为 17.5℃、V 相为 17.3℃, W 相为 16.5℃。

向量图如图 3 所示。

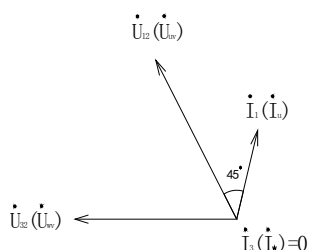


图 3 向量图

W 相断流故障是否就是功率因数突降的原因呢？对于功率因数的影响计算分析如下：

$$P_{II} = U_{IIIV} I_{II} \cos(30^\circ + \Phi)$$

$$P_W = U_{VW} I_W \cos(30^\circ - \Phi)$$

$$Q_U = U_{UV} I_U \sin(30^\circ + \Phi)$$

$$Q_W = U_{VW} I_W \sin(30^\circ - \Phi)$$

$$\therefore I_w = 0$$

$$\therefore P_w = 0, \quad Q_w = 0$$

在对称的三相电路中:

$$U_{UV}=U_{VW}=U_{p-p}, \quad I_U=I_W=I_{p-p}$$

则

$$P_{inc} = P_U + P_W = U_{p-p} I_{p-p} \cos(30^\circ + \Phi)$$

$$= \frac{1}{2} U_{p-p} I_{p-p} (\sqrt{3} \cos \Phi - \sin \Phi)$$

$$Q_{inc} = Q_U + Q_W = U_{p-p} I_{p-p} \sin(30^\circ + \Phi)$$

$$= \frac{1}{2} U_{p-p} I_{p-p} (\cos \Phi + \sqrt{3} \sin \Phi)$$

$$\cos\Phi_{inc} = \frac{P_{inc}}{S_{inc}}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} U_{p-p} I_{p-p} (\sqrt{3} \cos \Phi - \sin \Phi)}{\sqrt{[\frac{1}{2} U_{p-p} I_{p-p} (\sqrt{3} \cos \Phi - \sin \Phi)]^2 + [\frac{1}{2} U_{p-p} I_{p-p} (\cos \Phi + \sqrt{3} \sin \Phi)]^2}}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cos \Phi - \sin \Phi}{2}$$

$$\cos\Phi - \cos\Phi_{\text{inc}} = \frac{(2 - \sqrt{3})\cos\Phi + \sin\Phi}{2} > 0,$$

即  $\cos\Phi$  恒大于  $\cos\Phi_{\text{inc}}$ ，因此在 W 相断流情况下，功率因数一定降低。

下一步我们深究 W 相电流回路断路的原因。观察联合接线盒, 电流接线盒 W 相下方电流联接片有明显烧蚀痕迹, 左侧螺丝处烧蚀特别严重, 有泪珠状塑料凝结物滴落覆盖在 11 号进线孔螺丝上, 接线盒底部散落黑色粉末状微粒 (见图 4)。



图 4 接线盒底部散落黑色粉末状微粒  
有很多原因可能造成这种情况:

- 1) 接线盒材质不过关, 耐热系数不够;
- 2) W 相严重过流, 剧烈发热;
- 3) W 相接触电阻过大发热。

接线盒为浙江海燕接线盒有限公司 FJ6/DFY1 型电能计量联合接线盒, 其主要技术指标为额定电流: 5A(20A), 环境温度:  $-40^{\circ}\text{C}\sim+60^{\circ}\text{C}$ 。现场实测温度 U 相为  $17.5^{\circ}\text{C}$ 、V 相为  $17.3^{\circ}\text{C}$ , 所以在正常工况下符合接线盒工作条件。

综上所述, 初步判断故障发生的原因是由于 10 月份该户将室外箱式变压器移入室内变电所工程中, 装接人员换表后恢复接线盒的 W 相电流联接片时未将固定螺丝拧紧, 电流联接片与螺丝间接触电阻过大发热, 逐步烧蚀接线盒的塑料背板, 融化的塑料逐渐填满电流联接片和螺丝间的间隙将两者隔离开来, W 相电流回路因此形成断路。

为了验证以上推断, 在更换下的接线盒上做对比测试, U 相电流回路不变, 将 V 相电流回路联接片虚搭在螺丝上, 分别测试电阻值,  $R_U=0.04\Omega$ ,  $R_V$  并不稳定, 受震动等环境因素影响波动, 在  $2.5\Omega\sim\infty$  间波动。

根据发热量计算公式:  $Q=I^2RT$  (单位: J),  $Q_V \gg Q_U$ , 当接线盒在额定电流下工作一定时间后, 温度将超过接线盒工作环境温度。通过以上实验和计算, 可以确定故障根本原因是由于 W 相电流联接片螺丝未拧紧。

W 相 TA 理论上长期处于开路状态, 但是由于联接片虚接, 回路处于时断时续的状态 TA 并未烧毁, 但准确性不能保证, 必须进行更换。

### 3 退补电量计算

计算更正系数:

$$K = \frac{P_{cor}}{P_{inc}} = \frac{\sqrt{3}U_{p-p}I_{p-p}\cos\Phi}{\frac{1}{2}U_{p-p}I_{p-p}(\sqrt{3}\cos\Phi - \sin\Phi)}$$
$$= \frac{2}{1 - \frac{\sqrt{3}}{3}\tan\Phi}$$

以 10 月份为例, 退补电费计算方法如下:

首先根据  $\cos\Phi_{inc} = \frac{\sqrt{3}\cos\Phi - \sin\Phi}{2} = 0.75$ , 逆

推 10 月实际功率  $\cos\Phi=0.98$ , 查“功率因数调整电费表增减率”可知增减率为  $-0.75\%$ ,  $K=2.266$ ,

$$\Delta W' = W'_{\times\varepsilon} = W'_{\times(K-1)}$$

$$= 109810 \times (2.266 - 1) = 139019.46 \text{ kWh}$$

退补电度电费 =  $\Delta W' \times \text{电费单价} = 139019.46 \times 0.602 = 83689.71$  元

实际力调电费 = (总电度电费 + 容量电费)  $\times$  增减率 = (总电度电费  $\times$  力调电费单价 + 容量电费)  $\times$  增减率 =  $(109810 \times K + 17640) \times 0.602 \times -0.75\% = -1255.77$  元

退补电费 = 退补电度电费 - 已收力调电费 + 实际力调电费 =  $83689.71 - 6045.96 - 1255.77 = 76387.98$  元。

以此方法计算, 累计共退补电量如表 2 所示。

表 2 累计共退补电量

| 月份          | 补收电度<br>电费 | 退力调<br>电费 | 实际力调<br>电费 | 总计        |
|-------------|------------|-----------|------------|-----------|
| 2011 年 10 月 | 83689.71   | -6045.96  | -1255.77   | 76387.98  |
| 2011 年 11 月 | 83616.46   | -6551.22  | -1228.13   | 75837.11  |
| 2011 年 12 月 | 94032.56   | -8859.4   | -1339.5    | 83833.66  |
| 2012 年 1 月  | 101752.25  | -9524.59  | -1438.6    | 90789.06  |
| 总计          | 363090.98  | -30981.17 | -5262      | 326847.81 |

因此, 不仅不能将多收的力调电费退补给用户, 还要补收用户电费 326847.81 元。该用户自 2012 年 2 月至论文截稿功率因数均稳定在 0.88-0.96 之间。

### 4 故障总结与防范措施

通过此次故障处理, 找到了掩盖在电费矛盾下的计量故障, 给我们装接人员敲响了警钟, 在故障处理过程中, 不要被表面现象所蒙蔽, 不放过任何可能产生故障的原因, 抽丝剥茧追根溯源找到根本。对岗位负责, 对用户负责, 对公司负责。我们对自

身工作也有了深刻的反思:

(1) 严格遵守装表接电工作作业标准和指导书, 严格规范工作流程和工艺, 严禁工程施工人员接触计量装置安装工作;

(2) 严格执行用电检查员周期巡视制度, 特别关注多功能表的报警码提示和声音提示;

(3) 严格执行计量装置周期检验制度, 保证检验数据完整详实, 周期内检定率 100%;

(4) 针对周期检定和首次校验的计量装置检验与测试完成后特别注意螺丝的恢复和紧固;

(5) 密切配合负控远程采集信息, 对反馈的故障信息及时处理;

(6) 要求新装计量装置联合接线盒全部采用阻燃耐高温的材料注制, 如高分子聚碳酸酯等;

(7) 班组常备新型联合接线盒, 针对老式胶木

联合接线盒随见随换。

#### 参考文献:

- [1] 丁毓山. 电力营销管理手册(第二版)[M].北京: 中国电力出版社, 2009.
- [2] 江苏省电力公司. 电力营销知识(电价电费部分)[M].北京: 中国电力出版社, 2004.
- [3] 王月志. 电能计量(第二版)[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
- [4] 白忠敏. 电力用互感器和电能计量装置设计选型与应用[M].北京: 中国电力出版社, 2003.

---

#### 作者简介:

薛 嵩(1984-), 男, 江苏南京人, 工程师, 技师, 从事电费电价与计量管理工作。