

关于无功功率考核方案的研究

薛 蓉

(南京供电公司苏逸实业有限公司, 江苏 南京 210028)

摘 要: 无功功率是维持电力系统安全优质运行的重要因素, 本文分析了目前国内外无功功率的考核方法, 通过对我国现行考核方法的分析, 发现其优点与不足, 对于不足之处提出分时段考核的改进方法, 并论证该方法的优点。

关键词: 电力系统; 电压稳定; 无功功率; 功率因数; 分时段考核方法

0 引言

我们知道, 无功功率的用途非常广泛, 除了满足用电设备的无功需求之外, 还承担着维持系统电压水平和电压稳定等作用。通过对系统进行无功功率补偿, 可以降低电网的功率损耗, 提高用户的用电效益, 是提高电力系统传输能力和电压稳定的有效方法。因此, 电力系统的无功补偿工作得到越来越多的重视。

1 无功补偿的重要性

以电力系统为研究对象, 由电压损失的计算式

$$\Delta u = \frac{PR + QX}{U}$$

可知, 系统无功功率 Q 越小, 电压

损失 Δu 就越小。在输电网中, 通常线路的 $X \gg R$, 这使得系统的电压损失主要受无功影响。因此, 可以通过在用户侧安装无功补偿装置来减少电网中传输的无功功率, 使电压损失减小, 保证系统电压稳

定。由功率损耗的计算式

$$LOSS = \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R$$

可知, 减少无功功率 Q 可以使得系统功率损耗 $LOSS$ 更加

减少; 再由有功的计算式 $P = UI \cos \phi$ 可以清楚地

看到, 补偿的无功越多, $\cos \phi$ 的数值就越大, 功率因数就越高, 有功功率也就越大。换句话说, 用户从系统中获取的有功就越多, 用户的用电效益就越高。由此可知, 在用户侧安装无功补偿装置不仅能保证电网的电压水平, 降低网损, 还能提高用户

的用电效率。

随着经济的日益发展, 电力需求不断提高, 伴随而来的是能源的巨大消耗。电力系统是一个庞大的系统, 电能消耗的数值相当可观, 因此能源的合理配置是一个日趋重要的问题。

对电力系统而言, 负荷不但应有高的负荷率, 也要有高的功率因数以保证电网安全高效运转。因此需要在用户侧引入无功补偿装置, 确保功率因数达到一定的要求。

2 国内外的无功管理现状

2.1 国外的无功管理现状

对国际上投入运营的一些电力市场中所采用的无功收费方法进行研究分析, 发现目前基本上主要有六种对用户侧无功考核的方法:

- A. 基于最大视在功率;
- B. 基于最大无功负荷容量;
- C. 基于无功消耗量;
- D. 基于平均功率因数或最大功率因数;
- E. 基于最小功率因数要求 (当用户不满足此要求时, 需要自行安装无功补偿设备);
- F. 对无功服务不收费。

国际上实际运行的电力市场中, 无功补偿工作通常采用强制手段或基于某一补偿机制来获取, 而这些方法对无功容量的投资缺乏足够的激励, 导致新增无功容量难以满足电网不断发展的要求, 这对电力系统长期安全稳定运行是不利的。同时, 这使系统中现有的可调度发电容量更集中于有功, 导致无功可调度容量相对匮乏, 加上市场化后人员对各发电机控制权减弱, 这些因素都将使电力系统安全

稳定运行面临越来越严重的问题。当下，世界范围的能源紧张对电力系统的安全稳定运行提出了更高的要求，在这种大环境下，无功管理问题的研究显得尤为重要。

2.2 国内的无功管理方法

由于无功功率的特殊性：无功电源多、分布广、传输无功不经济等，使得对无功的考核情况复杂。目前我国主要根据均权平均功率因数对无功进行考核：电力公司规定一个功率因数阈值，如果用户功率因数高于该规定值则减免一定比例电费，相反如果低于该规定值则多缴纳一定比例的电费。这样，根据电力公司规定的功率因数阈值和用户实际的功率因数的比较，对用户进行奖励或惩罚，具体做法各电力公司有一定差异。以南京地区为例，功率因数的考核阈值分为三档：0.9，0.85 和 0.8，分别适用于不同类型的用户。

凡实行功率因数调整电费的用户，都装设有带有防倒装置的无功电能表。按照用户每月实际消耗的有功电量和无功电量来计算月平均功率因数，其中无功电量按实用无功电量倒送的无功电量的绝对值计算。算出用户的当月功率因数后，通过查功率因数调整电费表得到加减电费率，可计算出功率因数调整电费，计算方法如下：

功率因数调整电费 = 抄见电量 * 单价 * (±) 功率因数调整月电费增减率 %

其中，功率因数调整电费反映的实际上就是对用户的奖励或处罚：当用户的无功消耗小，功率因数调整月电费增减率为负值，减收功率因数调整电费，即对用户进行奖励；反之，当用户的无功消耗大，则增收功率因数调整电费，即对用户进行惩罚。考虑到用户功率达不到标准要求时，对整个系统的危害可能比较大，造成网损增加和电压不稳定，因此对用户的惩罚比奖励的力度大。

3 现行无功考核方法的不足

我国主要使用的均权平均功率因数考核办法简单易行，所体现出的激励措施很好地促进了用户对其无功功率进行就地平衡。但随着要求公平、公正、公开的电力市场环境的逐步建立，用户对电能质量要求越来越高，以及节能增效的大势所趋，均权平均功率因数考核办法中的一些不足也渐渐显现，下面试分析该考核方法所存在的问题：

3.1 无法反映用户的无功负荷特性对电网的影响

均权平均功率因数考核办法所考核的每月的平均功率因数，并不能动态地反映用户使用无功的情况，无法公平合理的体现用户的功率因数水平。

以下图为例，两图分别为 A、B 两个用户在某段时间内的无功功率负荷特性曲线，假设两个用户在这段时间内有功、无功需求总量相同，即有相同的平均功率因数。可见，虽然两个用户需求无功总量相同，但 A 用户无功波动保持为较低的值且变化平稳，而 B 用户无功波动则比较大。显然 A 用户由于无功需求平缓能够使线路压降维持在一个较低且稳定的水平，有利于系统安全稳定运行；而 B 用户无功功率波动较大容易引起母线电压波动，不利于系统稳定安全运行，严重影响母线上其它负荷的电能质量。

因此，平均功率因数考核方法不能反映这段时间内无功功率负荷特性，两个平均功率因数相同的用户，可能它们的平均功率因数相同，但无功功率负荷特性差异是很大的，他们对电网造成的影响也截然不同。若对于两者奖惩一致，显然是不合理的。

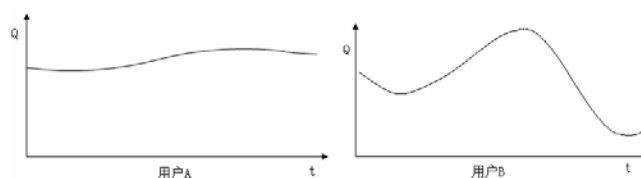


图1 两种用户的无功波动比较

3.2 功率因数考核标准偏低

由于近二十多年来用户负荷高速增长，目前用户无功负荷已超过电力系统总无功负荷的 75%，而现行的用户功率因数考核值一般在 0.8 到 0.9 之间，相比国外的无功管理，国内的功率因数标准明显过低。偏低的考核标准不仅不利于促进用户对自身无功补偿设备进行改进，也使得大量的用户无功功率需要由电网进行异地补偿，造成了我国电网长期流动着方向为 500kV—220kV—110kV—10kV—0.4kV 的大功率无功潮流。这是造成电网电压质量差、线损率高的一个重要原因，在我国所面临的能源紧缺和环境恶化的情况下，这一问题尤待改善。

3.3 功率因数考核阈值单一

现行的功率因数考核标准对用户不论是高峰负荷还是低谷负荷只设定一个规定值进行考核，这显

然不利于系统的安全运行，也很不经济。正如第上面的问题所指出，我国规定的考核功率因数偏低，主要也是因为只规定一个考核值，这个值既要满足高峰负荷又要满足低谷负荷，所以它不能太高。

功率因数只规定一个考核值的情况一般适用于峰谷差不大的系统。我国的峰谷差都比较大，所以只用单一的功率因数考核值不是很合理，且偏低的考核标准不利于促进用户对自身无功补偿设备的改进和投入。

4 分时段考核方法的论证

以上分析可以看出，现行的考核方法难以合理地对待如 A、B 这样的用户进行区别奖惩，可以设想，若进行分时段考核可较好地改善以上问题：在负荷高峰时段，由于用户的整体功率因数水平较高，可以适当提高考核标准，促进用户对无功补偿的进一步投入；而在负荷低谷时段，由于用户的用电量较少，即使吸收系统无功很少，它的功率因数水平可能也比较低，用户想提高功率因数比较困难，因此谷时段可以依然采用较低的考核标准。由于实行完全的实时考核难度较大，可以考虑将整个考核时段分为高峰段，低谷段和平段三个时段分别进行考核。分别用现行方案与分时段考核方案计算，其中分时段考核的考核标准和原来的考核标准相同，将得出的数据进行比较。

下面的所有数据计算都由 C++编程实现，本文仅在计算结果前简单阐述其计算流程。

4.1 现行考核方法

用现行功率因数考核办法进行计算时，首先求出用户每个月的平均功率因数，然后与标准功率因数进行比较求出用户该月的电费调整率。

下面简单分析在目前实施的功率因数考核方案下，用户每月在各个时段的功率因数考核收费的分摊情况。现以普通工业用电为例，工业用电的用户数为 522，已知数据有：各用户某月的月平均功率因数，标准功率因数，各用户在这个月的峰电费、平电费和谷电费。计算流程如下：首先根据各用户的月平均功率因数和对应标准功率因数，代入给定的公式或查表求出功率因数电费增减率 $zj\%$ ， $zj\%$ 为负值时减收功率因数调整电费， $zj\%$ 为正值时加收功率因数调整电费。然后根据下列公式求出用户各个时段的调整费用：

$$\begin{aligned} \text{峰时考核电费} &= \text{峰电费} \times \text{功率因数电费增减率 } zj\% \\ \text{平时考核电费} &= \text{平电费} \times \text{功率因数电费增减率 } zj\% \\ \text{谷时考核电费} &= \text{谷电费} \times \text{功率因数电费增减率 } zj\% \\ \text{总功率因数调整费} &= \text{峰时考核电费} + \text{平时考核} \end{aligned}$$

电费+谷时考核电费

在工业用电用户中，取出 500 个用户作为样本，对其费用求和可得各时段下总的费用情况，计算结果如表 1 所示。

表 1 根据月平均功率因数求出的各时段总考核费用 元

峰时考核费用	平时考核费用	谷时考核费用	总考核费用
57277.14	33016.66	7479.45	97773.23

4.2 分时段考核方法

仍以上述普通工业用电为例，用户数为 522，已知数据除了包括每个用户的标准功率因数，各用户的峰电费、平电费和谷电费之外，还有用户各时段的平均功率因数。

计算流程如下：首先根据用户各时段的平均功率因数和标准功率因数，求出各时段功率因数电费增减率，即峰时功率因数电费增减率 $fzj\%$ ，平时功率因数电费增减率 $pzj\%$ ，谷时功率因数电费增减率 $gzj\%$ 。然后根据下列公式求出用户各个时段的功率因数调整费用：

$$\begin{aligned} \text{峰时考核电费} &= \text{峰电费} \times \text{峰时功率因数电费增减率 } fzj\% \\ \text{平时考核电费} &= \text{平电费} \times \text{平时功率因数电费增减率 } pzj\% \\ \text{谷时考核电费} &= \text{谷电费} \times \text{谷时功率因数电费增减率 } gzj\% \end{aligned}$$

总功率因数调整费=峰时考核电费+平时考核电费+谷时考核电费

在工业用电用户中，取出 500 个用户作为样本，对其收费求和可得各时段总的收费情况，结果见表 2。

表 2 按各时段平均功率因数求出的各时段总考核费用/元

峰时考核费用	平时考核费用	谷时考核费用	总考核费用
57835.42	41465.92	19292.05	118593.40

4.3 两种考核方法的对比分析

将上述两种考核方式作比较，收费差异见下表 3。

表 3 两种情况下所有用户在各时段的总的功率因数考核费用比较

总费用	峰时考核费用	平时考核费用	谷时考核费用	总考核费用
目前实施的考核方法	57277.14	33016.66	7479.45	97773.23
分时段考核，标准不变	57835.42	41465.92	19292.05	118593.40
增加费用	558.28	8449.26	11812.60	20820.17

通过上述数据对比我们可以发现:

(1) 在对用户进行分时段分别进行考核时,虽然功率因数考核标准不变,但是各时段的考核费用相比原方案都有所增加,总的功率因数调整费也在增加。

(2) 其中峰时功率因数考核费用增加仅为558.28元,而谷时功率因数考核费用增加了11812.60元,相比总考核费用的增量,峰时考核费用增加得相对较少,谷时考核费用增加得较多。因此,现在的功率因数考核标准对于峰时段来说标准偏低,而对于谷时段来说标准又偏高。

(3) 每个时段和总费用都有增加,并且总费用的增幅还比较大,但是事实上有很多用户由于自身的功率因数较高而减少了考核费用。

5 结论

综上所述,现行的均权平均功率因数考核方法虽简单易行,但忽略了峰谷不同时段无功可能出现互相弥补的情况,缺乏实时性;同时,总体考核标准单一且考核值偏低,无法有效促进用户功率因数水平的进一步提高。

针对这些问题,提出分时段考核的改进方法,改进后,对于电力公司来说,分时段考核方法一方面具有更好的实时性,避免了峰谷不同时段无功的相互弥补,使得功率因素考核方法更加公平、公正;另一方面增加了功率因数考核费用,从而使得电力公司能够加大对无功补偿设备的投入。对于用户来说,分时段考核能够更公正的评价用户对自身的无功补偿和功率因数的提高,减少那些功率因数较好

的用户的考核费用,增加功率因数较差的用户的考核费用,换句话说,功率因数高的用户会得到更多的奖励,而功率因数较低的用户则会受到更多的罚款,从而起到更加有效的激励作用,促使用户提高自身的无功补偿能力,从而减少了系统中无功补偿传输,减轻电网无功传输的损耗,从而使整个电网的运行更加高效、稳定。

参考文献:

- [1] 战佩艳.提高功率因数的意义及其方法[J].通化示范学院学报,2005,26(2).
- [2] 郭培源.经济功率因数与最佳无功补偿[J].节能技术,199(3).
- [3] 张婉琳,蒋松辉.无功补偿对节能的意义[J].应用能源技术,2007,9(1): 39-41.
- [4] 唐寅生.论“功率因数调整电费办法”的改革[J].电力技术经济,2003,15(6).
- [5] 刘瀚,盛兆俊.电力市场条件下的无功优化研究[J].电力自动化设备,2004,24(12): 33-35.
- [6] 徐楠,文福拴,余志伟.电力市场环境下的无功问题[J].电力系统自化,2006,30(11).
- [7] 胡福年,汤玉东,绉云.峰谷分时电价策略在江苏电网的应用研究[J].华东电力,2006,34(9).
- [8] 李新中,杜姗姗,万卫,等.浅析电费计量方法[J].江西电力,2006,30(4): 26-28.

作者简介:

薛蓉(1987-),女,江苏江都人,助理工程师,从事变电站电气一次设计、概算工作。