

[无功补偿]

现行电价制度下高供高计用户侧无功补偿策略

文/左弯弯 孙锦宇 张向宏 钱扬涛 李 朋 贾 凯
国网马鞍山供电公司

电力系统无功平衡既能提高有功传输效率，又能保证电网电压稳定。现行电价制度下，维持用户侧合理的无功水平能够有效降低损耗，减少企业用电成本。然而大多数用户无功补偿意识不强或补偿不足，当用户侧有功功率负荷远大于无功补偿容量时，变压器从电网吸收大量无功功率，导致用户功率因数考核不达标，影响用电水平和供电质量。以某高供高计用户功率因数过低为案例分析高压用户侧无功补偿调整策略。

电力系统无功是否平衡是影响电网供电可靠性和经济性的关键因素，受季节和市场需求影响，配电网侧工业用户的生产方式变化波动较大，变压器轻载时需消耗大量的无功功率，由于大多数用户对于无功补偿问题不够重视，变压器运行状态改变时无法及时维持无功平衡，极易造成局部地区无功不足，引起该地区电压水平过低，从而影响电网供电能力和供电质量。因此，10 kV配电网广泛存在的高压用户无功考核成为时刻需要关注的重要问题。针对高压用户体量大、分布不集中的特性，采用用户侧无功就地补偿是一种经济有效的方式，既能减少企业生产成本，也能提高用电质量。本文就某用户功率因数过低的案例分析高压用户侧无功补偿调整策略。

现阶段配电网高供高计侧无功补偿措施

随着抗性电力负荷在10 kV配电网中的迅速增加，由无功功率造成的升压效应及相位偏移效应显著增多，无功补偿成为日益突出的问题。无功补偿的原则是本级电压分布就地补偿，现阶段普遍在用户终端增加无功补偿装置，在变压器轻载时迅速及时地提供容性无功以消纳变压器产生的大量感性

负荷，从而保证功率因数，减少损耗，对电压进行有效掌控以提高供电质量。考虑到大量无功补偿装置自动投切可能造成过调，带来电网的谐波干扰风险，因此现阶段用户侧基本上都采用欠补偿策略。此外，针对高供高计用户，除去低压设备无功损耗外，还存在变压器无功损耗和高压计量互感器的无功损耗，在配电网用户本级电压补偿后只满足低压侧380 V的补偿需求，传统的本侧补偿无法覆盖高压侧的无功损耗，补偿效果难以达到预期。

现行电价制度

现阶段我国已普遍采用两部制电价，针对容量在315 kV·A及以上的大工业用户，将用户每月的结算电费分为基本电费与电度电费。基本电费是根据用户变压器容量或最大需求量计算，与用户商讨后签订合同，在不超容的情况下按月收取的固定费用；电度电费即根据用户每月实际使用的电量按价计算。此外，根据用户功率因数计算的功率因数调整电费计算方式为功率因数调整电费=（当月基本电费+当月电度电费）×功率因数调整电费比例（%）。

《功率因数调整电费办法》中规定：100 kV·A

及以上的农业用户，功率因数考核标准为0.8；100 kV·A及以上的其他工业、非工业用户为0.85；160 kV·A及以上的高压供电工业用户为0.9。功率因数调整比例高于考核标准的为负值，低于标准的为正值，且随着功率因数的减小而增大，部分取值见表1。可见，当用户每月功率因数考核达标时，还会获得奖励调整电费。

针对高供高计用户，每月计量的无功功率数据包括低压无功功率、变压器无功功率和高压计量互感器无功功率。部分用户安装在低压侧的无功补偿装置无法覆盖高压侧补偿需求，而位于高压侧的计量设备依然记录用户无功功率缺额，导致用户每月调整电费过高。

表1 功率因数电费调整率（以0.9标准为例）	
功率因数	调整率
0.95~1.00	-0.75
0.94	-0.60
0.93	-0.40
0.92	-0.30
0.91	-0.15
0.90	0.00
0.89	0.50
0.88	1.00
0.87	1.50

用户功率因数考核过低的案例分析

供电公司人员在每月例行抄表结算时发现本地一变压器容量为250 kV·A的高供高计工业用户2023年1月的功率因数仅为0.33，远低于《功率因数调整电费办法》中规定的高压用户0.9的标准。该用户2023年1月的无功数据见表2。其中1月的调整电费甚至占结算电费的43%，远高于普通工业用户的调整电费平均值。经工作人员现场核查了解，用户电能表运行正常，采集计量装备无误。随机选取用户数据采集系统该户1月12日的功率因数曲线如图1所示，用户数据采集系统每15 min采集一次用户数据。

供电部门通常要求新上用户安装无功补偿设备，配置不低于合同容量30%的无功功率，防止变压器空载或轻载时从电网吸收大量无功功率而造成功率因数过低，影响电压质量。但变压器高压侧功率因数降低时，受低压侧电信号控制的电容柜无法

识别，不能及时自动投切，此时如果强制投入无功补偿设备，容易产生过补偿，使变压器高压侧的功率因数更低。因此，对于功率因数过低问题，首先采取的是在用户低压侧安装无功补偿装置进行欠补偿。该户在工作人员的指导下安装无功补偿装置，在随后的跟踪督导中发现该户在2—3月的功率因数（见表3）考核依然不达标，功率因数曲线如图2、图3所示。

表2 该户1月份高压计量侧用电数据					
月份	结算电费/ 元	调整电费/ 元	有功电量/ (kW·h)	无功电量/ (kW·h)	功率 因数
1	2 745.77	1 180.87	2160	6130	0.33

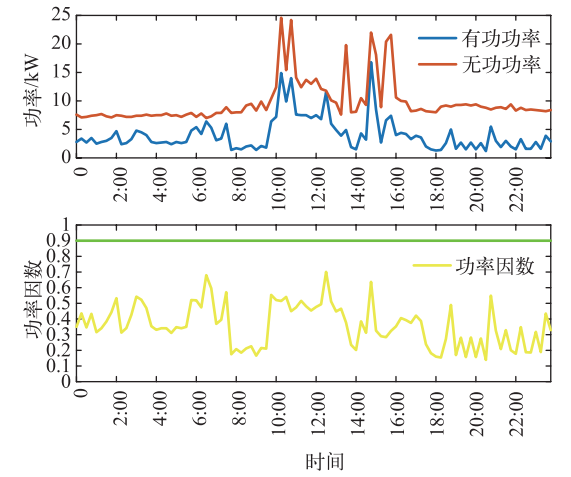


图1 该户1月12日功率因数曲线

表3 该户2—3月高压计量侧用电数据					
月份	结算电费/ 元	调整电费/ 元	有功电量/ (kW·h)	无功电量/ (kW·h)	功率 因数
2	3 181.05	836.06	3 250	5 070	0.54
3	2 847.94	468.70	2 990	3 750	0.62

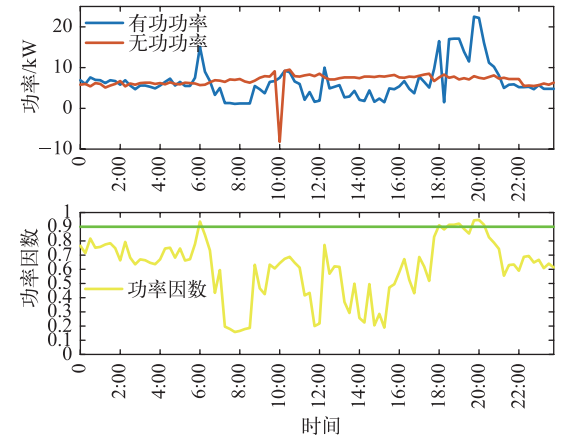


图2 该户2月16日功率因数曲线

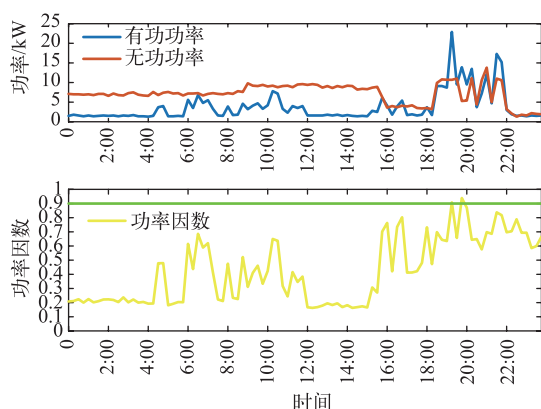


图3 该户3月16日功率因数曲线

根据用户实际生产经营模式和功率要求，80 kV·A的变压器可满足该户例行生产需要，变压器容量过大造成“大马拉小车”的情形，且由于受现场安装条件限制，用户无功补偿装置互感器安装在变压器低压侧，这些都对用户的无功功率考核产生了一定的影响。由于采取常用的无功欠补偿措施无法达到预期的补偿效果，工作人员尝试在用户侧采用无功过补偿手段，而以往考虑到过补偿可能引发系统谐振风险，几乎不在高压客户侧使用。

针对本文研究用户的特殊案例，变压器长时间处于轻载状态，安装在低压侧的无功补偿设备仅补偿了380 V侧无功功率，无法满足变压器和高压计量互感器的无功补偿需求，因此，通过轻载时强制过补偿提供高压侧需要的大量无功功率，从而提升功率因数。该用户无功过补偿后功率因数得到了显著提升，用电数据见表4，功率因数曲线如图4所示。

表4 该户4月高压计量侧用电数据

月份	结算电费/ 元	调整电费/ 元	有功电量/ (kW·h)	无功电量/ (kW·h)	功率 因数
4	2 052.21	-14.73	2 620	720	0.96

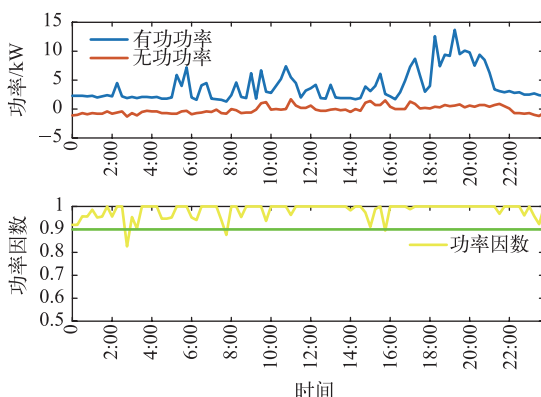


图4 该户4月20日功率因数曲线

现行电价制度下高供高计无功补偿策略

为减小企业用电成本，保证电网运行水平，供电部门和用户侧应做到：

- 1) 针对新装用户，供电部门应要求用户配置合理的变压器容量，尽量减少“大马拉小车”情形。
- 2) 建议用户配置足量的无功容量，采用低压侧无功补偿策略，可在负荷过低时采取过补偿措施，必要时在用户高压侧增配无功补偿设备，提高用户对无功补偿重要性的认识。
- 3) 每月例行抄表时，针对功率因数过低的用户应及时告知并开展现场核查，提供相关指导。
- 4) 用户应提高无功补偿意识，积极主动维护设备，主动更新与运行容量相适配的无功补偿装置，保证无功设备运行良好，满足补偿需要。

结束语

现行电价制度下，变压器处于轻载运行时，部分高供高计用户可采用无功过补偿，满足高压侧无功补偿需求，解决功率因数问题。本文研究问题作为地区首例，通过强制过补偿消纳变压器轻载时吸收的大量无功功率来保证功率因数，为配电网用户侧无功补偿策略提供参考。EA

(收稿日期：2023-05-23)

参考文献

- [1] 翟中祥，刘翔斌，蒙文川，等．数据驱动的用户无功补偿装置远程故障感知[J]．电网技术，2023，47(5)：2128-2138．
- [2] 韩国华．配电网无功补偿协同优化混合算法设计和应用[J]．机械设计与制造工程，2022，51(12)：88-92．
- [3] 杨学林．电网无功补偿技术现状及发展趋势[J]．电子测试，2020(22)：123-124，135．
- [4] 孟羽．两部制电价制度的相关分析与改进策略[J]．时代金融，2015(35)：279，283．
- [5] 付雪，贾春生，李振．浅析用户侧无功补偿调整策略[J]．农村电气化，2022，426(11)：87-89．