用于电力需求侧管理节能项目节约电力电量的测评方法

现有的电力需求侧管理节能项目测量与验证方案仅注重项目实施后的测量与验证，提出了一种用于电力需求侧管理节能项目节约电力电量的测评方法，其改进之处在于补充了节约电力的计算思路和方法，总结了一套适用于电力需求侧管理领域节能项目节约电力电量的测评流程，并在IPMVP的基础上，进一步提出了项目实施前节约电力电量的计算思路，即预评估阶段的测评，并阐述了统计报告期之后持续节约电力电量的必要性和重要性。

代佰华 盖鹏宇 李 平 刘 迪 庞 波/山东省电力公司滨州供电公司

代佰华/高级工程师

关键词/Keywords
电力需求侧·
配电网·
预评估·
电力电量·

2010年，国家发展和改革委员会会同六部委联合下发《电力需求侧管理办法》，明确提出各省、自治区和直辖市电网企业的年度电力电量节约指标，原则上不低于有关电网企业售电营业区域内上年售电量的0.3%。大型商业办公大楼也在推行智能楼宇和绿色建筑等节能和环保型建筑，随着节能减排工作的推进和合同能源管理项目的迅速推广，各领域有必要科学合理地测量和验证节能项目的节约电力及电量，为申请国家节能补贴和合同能源管理双方分享节能收益提供可靠依据。

通过节能项目的实施，可增加节能量，减少项目或工程的投资成本，有助于显现能效项目和可再生能源投资对减少排放的价值，帮助全国及行业组织提高资源效率、实现环境目标。对于电力企业来说，能效测评可帮助电力企业清楚认识用电情况，找出最大的节能空间和潜力，并针对节能点采取最有效的节能措施，从而以最低的投入获得最优的运行方式和最大的经济利益。

节约电力电量测评方法现状

国际性能测量与认证规程给出了A、B、C和D四种测量与验证方案，对其逐一进行详细说明，并给出了指导性意见。在节能量项目的整个流程中，节约电力及电量的测量与验证是节能改造项目的最后一步，涉及到改造前后两个状态下损耗的对比，但是改造前后的损耗本质上是无法直接量度的，根据国际能效测量与验证规范，利用原有设备参数（基准期）在现有负荷（统计报告期）情况下的能耗仿真值与统计报告期能耗实测值作差，这使得测量与验证过程复杂烦琐，而且该规范并没指出具体的实施方法。由此可以看出，该规范仅具有重要的指导意义，但在实际的生产现场缺乏可操作性。

测评方法流程的建立

用于电力需求侧管理节能项目节约电力电量的测量与验证方法，其特征在于给出了一套节能项目的实施流程，包括基准期的预评估和统计报告期的后评估，可为节能项目的实施提供指导性建议，有助于项目方案完善，且能为项目节能收益提供可靠依据。

方法包括如下步骤：①电力需求侧管理节能项目实施前，确定项目边界和项目测量与验证方案；②确定节能项目基准期，建立预评估数学模型并搜集基准期相关元件参数和运行数据；③在基

中国知网 https://www.cnki.net

准期对节能项目实施后可能的节约电力电量进行预评估，形成预评估报告；④确定节能项目统计报告期，建立后评估数学模型并搜集统计报告期相关元件参数和运行数据；⑤对节能项目实施后实际的节约电力电量进行后评估，形成测量与验证报告。具体流程如图1所示。

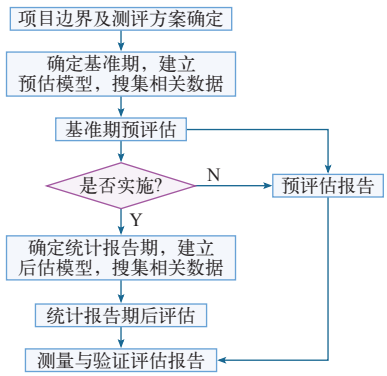

图1　电力需求侧管理节能项目节约电力电量的测评方法流程

具体实施方式

为详细说明和检验所提出的电力需求侧管理节能项目节约电力电量测评方案的可行性和实用价值，下面对无功补偿项目的具体实施方式进行详细介绍。

1）无功补偿前确定项目边界，即确定无功补偿影响的电力线路及变压器范围，以无功补偿装置接入点至上一级无功电源点间的所有串联电力线路及变压器（包括无功补偿装置）作为项目边界，并根据划定边界选定方案A作为测评方案，即改造部分隔离，对结果影响可忽略的参数进行约定，约定项目无功补偿前后有功功率不变，且无功补偿前后电压的变化对结果影响可忽略。在项目边界内，接入补偿容量为4×2 Mvar的无功补偿装置。无功补偿项目节约电力电量边界示意图如图2所示。

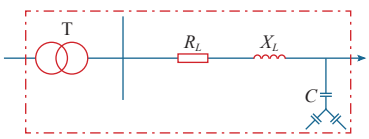

图2　无功补偿项目节约电力电量边界示意图

2）确定无功补偿项目基准期，建立预评估数学模型并搜集基准期相关元件参数和运行数据。无功补偿项目节约电力电量计算等效电路如图3所示。

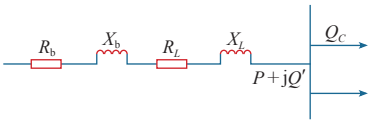

图3　无功补偿项目节约电力电量边界内所有串联线路及变压器等效电路

此处选取基准期时间小时数为8 760 h，建立的预评估节约电力电量数学模型分别为：

预计无功补偿后的节约电力Δ(ΔP)为

$$\Delta(\Delta P)=\left(\frac{1}{\cos\varphi^2}-\frac{1}{\cos\varphi'^2}\right)\frac{P'^2}{U_N^2}R-KP'(\tan\varphi-\tan\varphi') \quad (1)$$

预计节约电量Δ(ΔE)为

$$\Delta(\Delta E)=\Delta(\Delta P)_{max}\tau_{max} \quad (2)$$

式中，P'为统计报告期无功补偿后有功功率需量；Q_C为无功补偿装置额定补偿容量；R为项目边界内所有串联电力线路及变压器归算至某一电压等级下的等效电阻；K为无功补偿装置损耗系数，由厂家提供，如补偿装置为电容器，则$K=\tan\delta$，其中$\tan\delta$为介质损耗角正切值，以出厂值为准；$\cos\varphi$为无功补偿前的功率因数；$\cos\varphi'$为无功补偿后的功率因数；U_N为归算点额定电压；$\Delta(\Delta P)_{max}$为基准期最大节约电力；τ_{max}为基准期最大负荷损耗小时数。

由预评估公式可知，当P'取最大值时，即$P'=P'_{max}$时获得最大节电力。

3）在基准期，对节能项目实施后可能的节约电力电量进行预评估，形成预评估报告；根据基准期采集的数据进行节约电力电量的计算，分析节能项目的节能潜力、空间和可行性，并形成预评估报告，以完善项目方案并为项目的实施提供指导性意见。

4）确定节能项目统计报告期，建立后评估数学模型并搜集统计报告期相关元件参数和运行数据。统计报告期时间小时数必须等于基准期时间小时数，即8 760 h（365天），建立的后评估节约电力电量数学模型分别为：

无功补偿后的节约电力Δ(ΔP)为

中国知网　https://www.cnki.net

$$\Delta(\Delta P)=\frac{(2Q'Q_C+Q_C^2)}{U_N^2}R-KQ_C \qquad (3)$$

考虑到现场实际情况，无功补偿装置并非一直并联于电网中，实际则是根据需要进行投切，进行无功补偿后的节电量$\Delta(\Delta E)$可表示为

$$\Delta(\Delta E)=\sum_{i=1}^{n}\Delta(\Delta P_i)T_i \qquad (4)$$

式中，Q'为统计报告期无功补偿后无功功率需量；Q_C为无功补偿装置额定补偿容量；R为项目边界内所有串联电力线路及变压器归算至某一电压等级下的等效电阻；K为无功补偿装置损耗系数，由厂家提供。如补偿装置为电容器，则$K=\tan\delta$，其中$\tan\delta$为介质损耗角正切值，以出厂值为准；U_N为归算点额定电压；$\Delta(\Delta P_i)$为第i种工况下的节电力；T_i为第i种工况下的补偿装置运行时间。

由节电力公式可知，当Q_C与Q'均取最大值时，获得最大节电力。

5）对节能项目实施后实际的节约电力电量进行后评估，形成测量与验证报告；根据统计报告期采集的数据进行节约电力电量的计算，为节能收益提供可靠依据。与预评估报告进行对比分析，并形成测量与验证报告，找出不足之处，提高节能项目的实用性和推广性。

结束语

本文通过无功补偿项目的整个流程，清晰地呈现了边界和测量与验证方案的确定、基准期和统计报告期时间小时数的选取、预评估和后评估节约电力电量的数学模型以及预评估报告和测量与验证报告的形成。分析比较预评估和后评估的结果，可知两者具有一定的差距，主要是由预评估阶段预计负荷工况造成的，在以后的项目中应客观地进行预评估，才能获得正确的节能项目价值。

统计报告期后持续的节约电力电量关系着后期节能项目的调整和实施，因此应对统计报告期之后持续节约电力电量进行估算，具体可根据企业用户的生产计划、扩建计划和市场需求进行准确的负荷预测，以获得相对准确的负荷工况，估算出长期的节约电力电量，为后期节能项目的实施提供建议性参考，并根据情况的变化对项目方案作出应有的调整，以获得最佳的节能效益。

参考文献

[1] 朱成章，徐任武．需求侧管理 [M]．北京：中国电力出版社，1999．

[2] 谭亲跃，王少荣，程时杰，等．电力需求侧管理(PDSM)综述 [J]．继电器，2005，33 (17)：79-84．

[3] 谢效轩，皮洪琴，张德茗．电力需求侧管理中的沟通模型 [J]．电网技术，2007 (S2)．

[4] 杨志荣．把DSM推向21世纪 [J]．电力需求侧管理，2000 (6)：3-5．

[5] 杨晓梅，张勇，王治华，等．配电管理系统中的需求侧管理 [J]．电力需求侧管理，2002 (1)：20-23．

[6] 柳炳祥，李海林．基于模糊粗糙集的因素权重分配方法 [J]．控制与决策，2007，22 (12)：1437-1441．

[7] 蒙清．基于粗糙集的模糊综合评价 [J]．红河学院学报，2006，4 (2)：32-36．

[8] 石骁骅，赵庆飞．基于粗糙集理论的模糊综合评判权值确定 [J]．2001，23 (3)：16-20．

[9] 陈芳元，赵方方．发电侧与销售侧峰谷分时电价联动方案研究 [J]．需求侧管理，2006，8 (5)：11-13．

[10] 汤玉东，王明飞，吴军基．基于 DSM 的分时电价研究 [J]．电力需求侧管理，2000，2 (3)：14-16．

[11] 丁宁，吴军基，邹云．基于 DSM 的峰谷时段划分及分时电价研究 [J]．电力系统自动化，2001，25 (23)：9-13．

[12] 程瑜，张粒子．基于 ARCH 模型的电价联动建模研究 [J]．中国电机工程学报，2006，26 (9)：226-231．

[13] Shnnaa，Parmaewsara D．Analytieal seareh of problems and prospects of powersector through DelPhi study：case study of Kerala state [C]．India．Enegrypoliey，2003，31 (9)：1245-1255．

（收稿日期：2015－07－20）EA

中国知网 https://www.cnki.net