

## 江苏电网降损潜力和实现途径方法分析

安海云<sup>1</sup>,周前<sup>1</sup>,周琪<sup>2</sup>

(1.江苏省电力公司电力科学研究院,江苏南京 211103;2.江苏省电力公司,江苏南京 210024)

**摘要:**线损率是电力企业的一项重要综合性技术经济指标,它反映了一个电力网的规划设计、生产技术和运营管理水平。为纵深推进线损精益化管理工作,需要开展降损潜力和实现途径方法的研究工作。文中通过对电网结构、线损现状、线损存在问题、降损因素以及重损线路高损原因等方面的分析,结合目前开展的线损理论计算分析工作提出了江苏电网降损目标、措施和建议,为线损管理提供强有力的理论支持。

**关键词:**线损率;管理线损;技术线损;降损;重损

**中图分类号:**TM721

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2014)06-0042-03

线损率指标是电力企业的一项重要综合性技术经济指标,它反映了一个电力网的规划设计、生产技术和运营管理水平,线损管理的范围贯穿了电网规划设计、设备选型、调度运行、技术改造、计量管理、营销管理等全方面<sup>[1,2]</sup>。

## 1 线损基本理论

线损是电能传输过程中所产生的电能损耗。电力系统电能损失率的构成示意图<sup>[3]</sup>如图1所示。

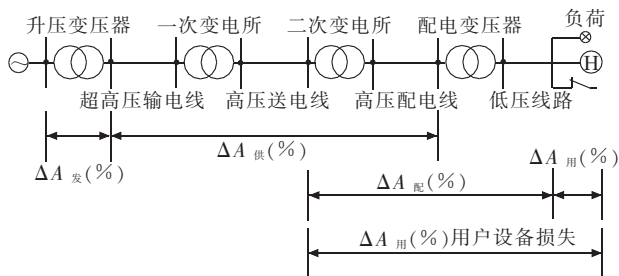


图1 电力系统电能损失率的构成示意图

广义电力系统的总损失率为:

$$\Delta A_{\text{总}}(\%) = \Delta A_{\text{发}}(\%) + \Delta A_{\text{供}}(\%) + \Delta A_{\text{用}}(\%) \quad (1)$$

式(1)中: $\Delta A_{\text{发}}(\%)$ 为发电机、升压变压器、厂用电变压器及其他电气设备的电能损失和厂用电消耗; $\Delta A_{\text{供}}(\%)$ 为超高压输电线路、一次变电所、高压送电线路、二次变电所及高压配电线路等的电能损失; $\Delta A_{\text{用}}(\%)$ 为用户变电所、配电线路、配电变压器及用电设备等的电能损失。

线损按照损耗特点分为不变损耗(或固定损耗)和可变损耗。不变损耗(或固定损耗)大小与负荷电流的变化无关,与电压变化有关。如变压器、互感器、电动机、电能表铁心的电能损耗,以及高压线路的电晕损耗、绝缘子损耗等。可变损耗是电网各元件中的电阻在通过电流时产生,大小与电流的平方成正比。如电力线路损耗、变压器线圈中的损耗。

### 1.1 输电线路的损耗

当负荷电流通过线路时,在线路电阻上会产生功率损耗。单一线路有功功率损耗:

$$\Delta P = I^2 R \quad (2)$$

式(2)中: $\Delta P$ 为损失功率,W; $I$ 为负荷电流,A; $R$ 为导线电阻, $\Omega$ 。

三相电力线路如图2所示。

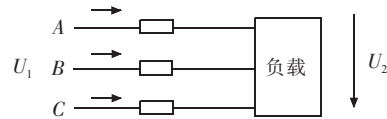


图2 三相电力线路图

图2中三相线路的有功损耗为:

$$\Delta P = \Delta P_A + \Delta P_B + \Delta P_C \quad (3)$$

式(3)中: $\Delta P_A$ 、 $\Delta P_B$ 、 $\Delta P_C$ 分别为A、B、C三相的有功功率损耗,对于每相来说,情况同单一线路的有功损耗。

### 1.2 变压器损耗

变压器损耗分为铁损(空载损耗)和铜损(负载损耗)两部分。铁损是固定的,与负载电流无关。铜损与变压器负载率的平方成正比。变压器损耗为:

$$\Delta P_B = P_0 + \left(\frac{I}{I_c}\right)^2 P_T \quad (4)$$

式(4)中: $P_0$ 为变压器空载损耗,kW; $P_T$ 为变压器短路损耗功率,kW; $I_c$ 、 $I$ 分别为变压器的额定电流和负载电流,A。

## 2 江苏电网基本情况

截止2013年底江苏全省装机总容量为7532万kW,年均增长8.44%。35kV以上变电总容量为32147万kV·A,输电线路总长度63142km;10kV配变容量7172万kV·A,配电线路总长度135536km。从分压售电量比重来看,2013年度江苏10kV及以下到户售电量占总售电量的49.15%,同比上升5.72个百分点;35kV售电量比重为7.62%,同比下降1.61个百分点;

110 kV 售电量比重为 13.43%, 同比下降 1.73 个百分点; 220 kV 售电量比重为 29.8%, 同比下降 2.38 个百分点。

### 3 线损现状分析

#### 3.1 管理线损现状

(1) 近年来江苏电网综合线损率逐年稳步下降, 但分月线损率波动较大。线损波动主要集中在季节交替或逢长假的月份。按季分月下达线损率计划, 并严格执行抄表制度的做法, 可提高月末零点的抄见率, 避免出现线损率异常波动现象<sup>[4]</sup>。

(2) “十一五”以来, 220 kV 等级的线损率呈下降趋势, 110 kV 和 35 kV 等级线损率基本持平, 10 kV 等级线损率呈上升趋势; 损失电量方面, 220 kV 等级损失电量占比呈下降趋势, 这主要是因为江苏省电网 220 kV 分区增加, 供电半径减小, 再加上调度经济运行, 220 kV 等级损失电量占比不断下降。

#### 3.2 技术线损现状

(1) 自 2006 年以来, 为全面掌握公司各级电网的运行和损耗情况, 进一步加强技术线损分析与控制, 提高电网经济运行管理水平, 每年选取一至三个典型负荷代表日进行线损理论分析计算。通过对重损线路、三相负荷不平衡率、无功补偿等对线损影响方面的重点分析, 找出存在的问题并且针对问题提出降损措施及建议, 给降损工作提供理论支持。

(2) 中低压重损线路的长期存在必将导致电网的高损耗率<sup>[5]</sup>, 截止 2013 年底 110 kV 重损线路 22 条, 35 kV 重损线路 92 条, 10 kV 重损线路 504 条。

(3) 在低压三相四线制的供电系统中, 用户多为单相负荷或单、三相负荷混用, 三相间的不平衡电流导致了低压供电系统三相负载的长期性不平衡。当中性线电流超过一定值, 中性点偏移必然导致一相或两相电压超标<sup>[6]</sup>。

(4) 当电力网中某一点增加无功补偿容量后, 则从该点至电源点所有串接的线路及变压器中的无功潮流都将减少, 从而使该点以前串接元件中的电能损耗减少, 达到降损节电和改善电能质量的目的。目前全省 220 kV 变电站并联电抗器配置容量为 1 832.8 Mvar, 感性配置系数仅为 1.56%, 80% 以上的 220 kV 变电站未配置感性补偿装置。220 kV 变电站感性无功补偿容量不足, 部分地区倒送无功现象时有发生。

### 4 降损潜力分析

#### 4.1 电力发展预测

根据目前江苏省经济社会发展的态势, 预计“十二五”期间江苏省的 GDP 增长率比“十一五”期间有所降

低, 预计 2014 年、2015 年江苏省全社会最大用电负荷同期增长率分别为 9.61%、6.98%; 售电量增长率分别为 6.70%、4.93%; 线损率相对较低的大工业和非、普工业售电量增长幅度低于总售电量增长的幅度, 而居民及商业用电等线损率相对较高的售电量增长幅度高于总售电量增长的幅度。

#### 4.2 降损潜力分析

(1) 江苏电网规划目标追求的是以总体最少的资源代价谋求远景发展及其发展途径的最优。“十二五”期间, 苏北 500 kV 电网结合电源建设, “分阶段推进”, 形成结构合理、利于区外电源接入、送出的“送端系统”; 苏南 500 kV 电网“分层次优化”, 结合江苏北电南送、华东电力交换、区外交直流及特高压落点等因素, 充分优化电网结构, 提高输电能力和安全可靠。初步估算, 通过电网网架建设和完善, 潮流优化后可降低网损约 0.05 个百分点。

(2) 在输送负荷不变的情况下, 进行线路的扩径改造, 减少线路电阻可以达到降损节电效果。线路改造后的节电量  $\Delta(\Delta E_L)$  为:

$$\Delta(\Delta E_L) = \Delta E_L - \Delta E'_L = \Delta E'_L \left( \frac{R'}{R''} - 1 \right) \quad (5)$$

式(5)中:  $\Delta E'_L$  为线路电能损耗, kW·h;  $R'$  为改造前导线电阻,  $\Omega$ ;  $R''$  为改造后导线电阻,  $\Omega$ 。

根据式(5)初步测算, 中低压电网改造将可使公司线损率每年下降 0.1~0.15 个百分点。

(3) 当电力网中某一点增加无功补偿容量后, 则从该点至电源点所有串接的线路及变压器中的无功潮流都将减少, 从而使该点以前串接元件中的电能损耗减少, 从而达到降损节电和改善电能质量的目的<sup>[7]</sup>。补偿后电网的节电量为:

$$\Delta(\Delta A) = \sum_{i=1}^m \left[ \Delta A_i \left( 1 - \frac{\cos^2 \Phi_{i1}}{\cos^2 \Phi_{i2}} \right) \right] - t Q_c \operatorname{tg} \delta \quad (6)$$

式(6)中:  $\Delta A_i$  为各串接元件补偿前的损耗电量, kW·h;  $\cos \Phi_{i1}$  为补偿前各串接元件负荷的功率因数;  $\cos \Phi_{i2}$  为补偿后各串接元件负荷的功率因数;  $t$  为无功补偿设备的投运时间, h;  $Q_c$  为无功补偿容量, kvar;  $\operatorname{tg} \delta$  为电容器的介质损耗角正切值, 以出厂值为准。

根据式(6)初步测算, 优化电网无功电压运行水平将可使公司线损率每年下降 0.1 个百分点。

(4) 按照不同台区月均配电量的台数和容量确定配变的平均容量, 依据三相不平衡率的分段(取分段的中间值), 依次计算出不同不平衡率的损耗系数, 按照调整负荷后三相不平衡率小于 15% (进入合理区间) 的损耗系数, 可得三相负荷调整后的节电量为:

$$\Delta(\Delta A) = (K_1 - K_2) \Delta A_{av} \quad (7)$$

式(7)中: $K_1$ 为不同不平衡率的损耗系数; $K_2$ 为按照调整负荷后三相不平衡率小于15%(进入合理区间)的损耗系数; $\Delta A_{av}$ 为不同台区月均配电量计算的平均配变容量和负载率下的平均年损失电量, $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

根据式(7)初步测算,中低压电网改造将可使公司线损率每年下降0.05个百分点。

(5) 营销降损技术包括强化电能计量工作管理;加大计量技术改造投资力度,提高计量准确性;加大营销稽查工作力度;加强反窃电管理工作;加强对电力客户用电负荷需求的预测等。预计线损率可每年降低0.05个百分点。

初步估算,上述各降损因素可使公司线损率每年下降约0.4个百分点。

## 6 结束语

基于对江苏电网结构、线损现状、重损线路、三相负荷不平衡等方面的分析,分别从加强电网结构、线路扩径改造、增加无功补偿配置、调整三相负荷不平衡、加强营销手段等5个方面进行降损潜力分析,初步测算出公司线损的最大降损空间,为线损管理提供强有力的理论支持。

## 参考文献:

- [1] 袁建梅. 电力企业线损管理现状及改进对策[J]. 电源技术应用, 2013, 02(6): 31-34.
- [2] 王琳琳, 李 钧. 供电企业线损管理存在的问题及对策分析[J]. 科技创新与应用, 2012, 12(8): 132-134.
- [3] 贵州电力试验研究院, 华北电力科学研究院有限责任公司. ISBN 7-5083-3204-0 电力降损节能手册[S]. 北京: 中国电力出版社, 2005: 94.
- [4] 吴雪花. 应用于月度用电量预测的小波分析法[J]. 江苏电机工程, 2014, 33(2): 8-11.
- [5] 刘 健, 段璟靓. 配电网极限线损分析及降损措施优化, 电力系统保护与控制[J]. 2013, 12(41): 27-35.
- [6] 李 萍. 配电变压器三相负荷不平衡对低压线损率的影响[J]. 黑龙江科技信息, 2009, 29(2): 62-63.
- [7] 周文俊, 吴 熙, 施伟成. 电力系统无功优化算法性能比较及分析[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(4): 24-27.

## 作者简介:

- 安海云(1981), 女, 河北石家庄人, 博士, 从事电力系统仿真及技术线损研究工作;
- 周 前(1978), 男, 江苏宜兴人, 高级工程师, 从事电力系统分析及技术线损研究工作;
- 周 琪(1968), 女, 江苏南通人, 高级工程师, 从事线损管理的研究工作。

## Analysis on the Potential Loss Reduction and its Implementation of Jiangsu Power Grid

AN Haiyun<sup>1</sup>, ZHOU Qian<sup>1</sup>, ZHOU Qi<sup>2</sup>

- (1. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China;
2. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

**Abstract:** Line loss rate is an important synthetic indicator for power enterprise, which reflects the level of network planning and design, production technology and operation management. In order to promote the management of loss, Jiangsu electric power company has carried out the research on the potential loss reduction and its realization method from 2013 to 2015. This paper analyzed the grid structure, loss management level, technology line loss, problems in loss management, factors for line loss reduction, factors of power losses, and causes for large line loss and so on. At the same time, based on the theoretical calculation and analysis of line loss, a three-year loss reduction target, along with its implementation method and some suggestions are proposed.

**Key words:** loss rate; line loss management; technology line loss; loss reduction; large line loss

(上接第41页)

## Analysis and Suppression Method for Small Metering Error of Intelligent Electric Meter

TIAN Zhengqi, JI Feng, XU Qing, JIN Ping

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing 211103, China)

**Abstract:** With the continuous improvement of industrial technology, intelligent electric meter is running in an increasingly complex environment. The reliability and accuracy of meter is facing more and more challenges. Small metering error has been observed in some meters in practice. In this paper, we analyzed the causes of small metering error, and provided a suppression method from the point of view of hardware, software and field installation. Test results show that the suppression method is effective and feasible.

**Key words:** intelligent electric meter; small accumulation; no-load; creeping