

电网的降损措施

苏海靖

上海市南电力（集团）有限公司

摘要：电网的电能损耗对电网经营企业的经济效益有着非常重要的影响，直接关系着企业的经济效益。也是该企业电力系统整体规划水平、设备配置合理性水平的重要指标之一，在整体电力生产流程中以及电能通过电网输送到用户的过程中，在发电、输电、变电、配电的过程中均会产生一定的电能损耗，尽管这些损耗不可避免，但可以通过有关的技术措施和管理措施将其保持在一个经济的水平上，通过探讨损耗产生的原因、组成、损耗计算，以及一些降损技术措施，管理措施，希望对企业降损有积极作用。

关键词：线损产生原因分析；降损措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.23.075

引言

电网经营企业在进行电力网络的整体规划建设时，在考虑用户用电量及供电安全性的同时，应优化电力网络的结构，并降低电能线损，切实不断降低电网的线损并提升经济运行水平。要通过各种有效的电网降损措施降低损耗，着重抓好电网的规划工作。降低电网线损率是提升电网经济效益非常有效的工作。电网的电能损耗受到电网设备状况、电网结构及运行维护方式等各种因素的影响。因此电力企业应针对不同因素并结合实际工作，制订有效的降低电网线损的措施，通过各种手段对损耗进行综合治理，从而降低线损。

一、线损产生原因分析

电网的电能损耗对电网运维企业的经济效益有着非常重要的影响，直接关系着企业的经济效益。也是该企业电力系统整体规划水平、设备配置合理性水平的重要指标之一。电力网络的电能损耗是指电网企业在输送电能的过程中，电流流过电网中用电设备时所产生的电能损耗，即电网运维企业在电能从发电厂输送到用户的用电设备的过程中，在整个发电、输电、变电、配电的过程中的电能消耗。包含电网整体供电生产和营销过程中所发生的配电设备原因所产生的电能消耗，简称线损。

（一）线损的构成

目前我国的电网运维企业，主要依据电能表所计量的供电量和售电量之间的差来计算线损。通常范围是从安装在发电机组上的电能表到安装在用户端的电能表处为止，从整体输电、变电、配电这些环节中的所有电能损耗作为损耗的统计范围，一般其损耗电量由可变损耗、固定损耗以及其他损耗组成。

可变损耗：损耗大小不固定，一般伴随着线路负载变化，与整体线路的负荷功率或电流的大小成正比关系，也就是电力线路的负荷和可变损耗正相关，也称为铜损。

固定损耗：与电力网络中各类设备上的负荷以及电流的大小无关，只与电力网中各类设备的电压有关联性，只要电力网中的设备上有电压，就会根据其特性消耗电能，也称为铁损。

其他损耗：是指电网将电能从发电站输送到用户的过程中，因为各种可变损耗及固定损耗之外的其他因素引起的电能损耗，一般造成其他损耗的因素较多，也称为管理线损。

（二）影响线损的技术因素

整体输配电线路的导线的截面积大小、导线的材质不同以及线路的输送长度、电网系统电压的高低及稳定性、设备散热条件、电网电器设备的绝缘状况、变压器的空载以及负载损耗等、变电站内部的各种设备的配置以及效率，这些因素通常是影响电网线损较明显的技术因素。

二、降损的技术措施

（一）合理确定电网经济运行方式

电力网络运行的损耗和经济性受到接线和运行方式的影响，不合理的接线和运行方式会影响到电网的稳定性和安全性，可以采取以下技术措施降低电网的线损。

1. 选择合适的环网运行方式

环形电力网是合环还是开环运行，开环运行的节点位于电网的位置，对电网的安全性和经济性有着明显影

响。从降低电能损耗的角度来考虑，在均一电力网络中，同一电压等级的环网，功率分配与设备的电阻成反比关系，因此采用合环运行可取得较好的降低电能损耗的效果。而在非均一的电网中，功率会按照设备的阻抗形成反比分布。因此这时只要对负荷进行适当的调整，可以采取开环运行的方式进行降损。

计算损耗功率的公式为

$$\Delta P = 3I^2 R \times 10^{-3} = \frac{S^2}{U^2} R \times 10^{-3}$$

$$= \frac{P^2 + Q^2}{U^2} R \times 10^{-3}$$

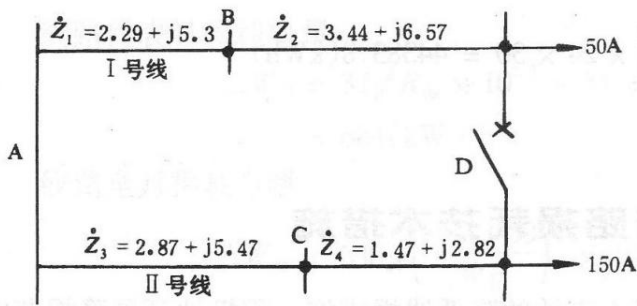


图1 环形网络电流分布图

如图1所示的环式配电网，I号线和II号线的阻抗值，两负荷点的电流值均标示图中，计算合环运行和开环运行的线损，并分析采用哪种运行方式线损最低。

合环运行时I、II号线的电流及线路功率损耗为

$$I_I = (150+50) \frac{Z_3 + Z_4}{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4}$$

$$= 200 \times \frac{4.38 + j8.29}{10.07 + j20.16}$$

$$= 83 \angle -11^\circ \text{ (A)}$$

$$I_{II} = (150+50) \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4}$$

$$= 200 \times \frac{5.73 + j11.87}{10.07 + j20.16} = 117 \angle -0.75^\circ \text{ (A)}$$

$$\Delta P_I = 3 \times 83^2 \times (2.29 + 3.44) \times 10^{-3} = 118 \text{ (kW)}$$

$$\Delta P_{II} = 3 \times 117^2 \times (2.87 + 1.47) \times 10^{-3} = 178 \text{ (kW)}$$

$$\Delta P = \Delta P_I + \Delta P_{II} = 118 + 178 = 296 \text{ (kW)}$$

开环运行时I、II号线的电流及线路功率损耗为

$$I_I = 50A \quad I_{II} = 150A$$

$$\Delta P_I = 3 \times 50^2 \times (2.29 + 3.44) \times 10^{-3} = 42.98 \text{ (kW)}$$

$$\Delta P_{II} = 3 \times 150^2 \times (2.87 + 1.47) \times 10^{-3} = 292.85 \text{ (kW)}$$

$$\Delta P = \Delta P_I + \Delta P_{II} = 42.98 + 292.85 = 385.83 \text{ (kW)}$$

已知损失因数F=0.7，一年中合环运行比开环运行节约线损电量为

$$\Delta P_{\text{年}} = (\Delta P' - \Delta P) t \cdot F$$

$$= (385.83 - 296) \times 8760 \times 0.7$$

$$= 244238 \text{ (kWh)}$$

可见通过以上计算分析可知，合环运行的线损为296kW，开环运行的线损为385.83kW，可见，均一电网采取合环运行有利线损的减少，同时还可提高供电可靠性。

2. 降低电网无功环流造成的电能损耗

在电力主网或城市电网的运行中，常常出现环形电力网络中的有功功率与无功功率发生潮流的流向不一致，有时会出现流向相反的情况，在无功功率补偿明显不足的地区电网以及高压低电磁环网电压有着较大差距的电力网络中这种情况尤为明显。因为无功功率补偿明显不足的地区电网往往功率因数较小，容易受到无功功率波动的干扰，从而出现明显的无功环流，造成电能网损。在高压低电磁环网电压有着较大差距的电力网络中，也会出因为无功环流造成电网网损的增加，降低经济效益。以下就是在开环和闭环两种不同的运行方式下，一个高低压电磁环网的电网（220/110kV），有功功率和无功功率的流向发生改变的实例。

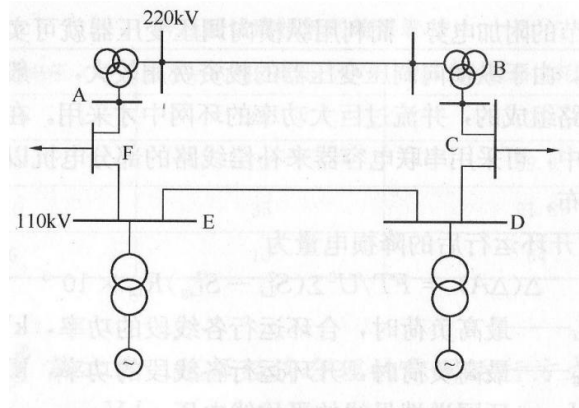


图2 系统无功功率的流向（闭环运行）

系统闭环运行，有功功率的传导流向为A → F，E → F，B → C，E → D → C；而无功功率的流向为B → C → D → E → F → A。

而当在E、D处解环后，则有功功率的流向为B→C，D→C，A→F，E→F；而无功功率的流向为E→F→A，B→C，D→C。

3. 合理规划输电路径，减少线路长度

要结合地区用户电力需求分布以及本地区电力线路配置情况，合理的规划供电线路路径，防止出现近电远送等现象，以最短的线路实现为用户供电。

4. 合理分配用户用电时间，平衡三相负荷

通过合理安排不同类型的用户错开用电时间，分时电价等方式，达到消峰填谷的效果，使得负荷曲线变得平坦，这样，可以提升电网运行的经济效益和稳定性，还能提升设备利用率，降低电力网的电能损耗。还要按照规程对三相负荷进行检测和调整，使设备上的三相电流保持平衡状态。

（二）提升电网的无功平衡和无功补偿提高运行功率因数

有功功率损耗值 $\Delta P_L = P^2 R (V^2 \cos^2 \varphi)$ ，由此可以得出，如果能使用户侧的功率因数得到提升，就能减少输电网中输送的无功功率，有两种方法：提高负荷的自然功率因数，以及增设无功功率补偿装置。

配电线路可以看成是由分布参数电阻R、电抗X和电容C组成的电路。在计算时，可忽略分布电容的影响，只将沿线路全长的分布电阻R和电抗X成一个集中参数的电路来计算。电抗中产生的无功损耗为：

$$\begin{aligned} Q &= 3I^2 X_L \times 10^{-3} \\ &= (P^2 + Q^2) \times 10^{-3} / U^2, \\ &= P^2 X_L \times 10^{-3} / U_N^2 \cos \varphi \end{aligned}$$

式中：P—输送的有功功率（kW）；Q—输送的无功功率（kvar）；U—线路额定电压（kV）； X_L —线路电抗（Q）； $\cos \varphi$ —负荷功率因数。

从以上的公式中可以得出，电力网络中的无功功率受到以下因素的影响：1. 和电力线路上有功功率的平方是正比关系；2. 和电力线路上的功率因数的平方是反比的关系；3. 和电力线路所加的电压值的平方是反比的关系；4. 和电力线路所加的电抗值是正比的关系。

结合上述这些因素可以得出，正确选择无功功率补偿的地点，合理确认无功功率补偿的容量，对维持系统电压有着积极作用，减少无功功率的传输距离、提升电力系统的安全稳定性，能够达到降低网损的目的。合理

选择集中补偿与分散补偿，并将固定补偿与自动补偿相结合，也能有效降低电网的损耗。

三、降损的管理措施

（一）强化针对电网电能损耗的监督以及检查

对相关工作人员来说，要大力加强计量监督、检查工作，通过各种不同的检查方式，如日常检查和突击检查，对用电量变化明显的用户进行检查；积极进行反窃电宣传，公开举报电话，对举报人视情节给予奖励。运行时，应尽量提高运行电压水平，以降低功率和电量损耗。加强抄表和核算工作，对此，要制订《抄表管理制度》，对抄表人员的日常工作进行考核，防止人为失误造成的线损。抄表正常与否、正确与否都是影响线损高低的重要因素，同时加强职业道德教育，加强智能电量标记的应用，提升计量准确性。

（二）针对线损的分级管理

对降低电网电能损耗的目标进行拆解，切实落实到电网企业各个职能部门的日常工作中，并制定对应的考核指标落实到具体工作中，从而实现降损节能的目标。

四、结语

随着我国国民经济的发展，电能作为一种优质、清洁、方便、高小的能源，已在我国国民经济和人民生活得到最广泛、最普遍的应用，并已成为我国社会发展的重要支撑力量。所以电力的高效利用，也是非常重要的问题，在提倡节能环保的当下，每降低一点电能损耗，都相当于节约了上百座发电站的发电量，因此应当予以充分重视。要想有效开展降损工作，就必须从线损产生原因、组成等多方面入手，配合理论计算工作，再结合实际情况使用一些降损的技术措施、管理措施才能取得较好的效果。

参考文献

- [1] 王孔良，李珞新，祝小红等. 用电管理. 北京：中国电力出版社，2002.
- [2] 郑晶晶，邢延东，杨勇. 降低电网线损的几种可行方法[J]. 甘肃电力技术，2006，33（6）：1-6.
- [3] 覃浩. 谈线损率对供电企业经济效益的影响[J]. 广东科技，2007，176（12）：86-88.
- [4] 宋刚，黄民翔. 配电网线损理论计算方法比较研究[J]. 能源工程，2007，23（5）：30-33.

作者简介：苏海靖（1986.11-），男，籍贯，汉族，本科，工程师，研究方向：电力建设。