

低压降损的金钥匙

—— 就地平衡降损法

低压电网的降损方法及应用实例
就地平衡降损法为作者首创，简便实用，行之有效

■ 张弘廷 著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

低压降损的金钥匙

—— 就地平衡降损法

张弘廷 著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

就地平衡降损法,是电网改造后的农村进一步降低低压线损的基本方法。它包含两方面内容:三相负荷就地平衡和无功就地平衡。本书对就地平衡进行了理论研讨,澄清了一些容易引起迷惑的说法和做法,以作者的成功经验为基础,详述了就地平衡的具体实施方法。本法中数项方法、观点系国内首创。实践证明使用此法,可显著降低低压线损,能使低压线损率在现有基础上再下降一半左右。本书内容也适用于城镇公用低压电网、厂矿企事业单位低压电网降损。

本书内容通俗易懂,观点新颖,实用性强,可以作为降损技术培训教材,亦可供广大农村电工、厂矿企事业单位电工、县局供电所农电职工阅读领会后直接进行降损实践,还可供各级用电管理人员、降损技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

低压降损的金钥匙:就地平衡降损法/张弘廷著. 北京:中国电力出版社, 2003

ISBN 7-5083-1599-5

I. 低… II. 张… III. 农村配电-低电压-输配电线路-节能-方法 IV. TM727.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 030788 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 7 月第一版 2003 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 4.125 印张 88 千字

印数 0001—3000 册 定价: 8.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言



农网改造前,农村低压电网线损率,低的百分之二十多,一般 30%左右,高的超过 40%。平均约为 30%。

通过农网改造,把配电变压器放置到负荷中心,增添配电变压器数量,缩短供电半径,加大导线直径,增加低压线路等,显著降低了农村低压线损,好的下降到 12% 及以下,一般 15%左右,高的超过 20%。平均约 15%,即下降了一半。

如严格实行就地平衡降损法,可使农村低压线损率在现有基础上,再下降约一半,即低的可达 6%,多数下降到 10%左右,少数(受客观条件限制)超过 12%。平均约 8%。

这就是本书的意义。

农网改造改变了电网硬件,就地平衡挖掘出电网的内部潜力,这是实行本法有如此好的效果的原因。

由于作者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

电气化是现代化的基础,本人数十年来科技兴电之志始终不渝,如果本书能对读者有所裨益,有所帮助,本人将十分欣慰。

张弘廷

email: zhanghongting@163. com

网址 <http://www.ndsyjs.com>

2003 年 6 月

目 录



前言

第一章 线损基础知识

- 第一节 电力网的线损及其产生的原因 1
- 第二节 降低低压电网线损的措施 5

第二章 三相负荷就地平衡降损法

- 第一节 三相负荷就地平衡降损研讨 9
- 第二节 调平三相负荷的思路 12
- 第三节 三相负荷就地平衡降损法具体实施步骤 17
- 第四节 三相平衡是农村低压电网安全可靠供电的基础 22

第三章 无功就地平衡降损法

- 第一节 无功就地平衡降损研讨 28
- 第二节 无功就地平衡降损的实践与思考 31
- 第三节 新形势下县局无功补偿工作研讨 35
- 第四节 解决电焊机电能表倒转难题 39
- 第五节 对家用电器进行就地无功补偿 41
- 第六节 厂矿企业无功补偿节电降损 43

第四章 就地平衡降损法综述

- 第一节 就地平衡是低压电网安全经济运行的基础 46

第二节	就地平衡降损法的可行性	48
-----	-------------------	----

第五章 其他降损方法

第一节	农村表计管理实用方法两则	51
第二节	一起隐蔽窃电案件及查处经过	54
第三节	电能表节电降损	57
第四节	安装漏电保护器防漏电与窃电	58
第五节	“鬼怪”闹住宅，电工破疑案	63
第六节	减小接触电阻降损	66
第七节	交流接触器节电降损	69
第八节	窃电器构造、行窃手段及防范	75

第六章 相关安全用电技术

第一节	漏电保护开关安装、运行管理技术要点	79
第二节	漏电保护开关的维修	84
第三节	改造后的低压配电网漏电保护方式的探讨	90
第四节	捉“鬼”记	94
第五节	调整单相负荷用户提高总保护运行率	96
第六节	调平单相负荷用户提高总保护运行率记实	102
第七节	低压架空电力线路与环境保护等的 矛盾不容忽视	108
第八节	检修短路故障的方法	112
第九节	农村低压电器使用中应注意的问题	114
第十节	安全标语要具有针对性普及性	117

后记	应用平衡理念解决电力技术难题	120
----	----------------------	-----

第一章

线损基础知识



第一节 电力网的线损及其产生的原因

一、电力网的线损

1. 电力网

电力网是由电力线路（输电线路和配电线路）、电力变压器（升压变电所和降压变电所中的主变压器及电力用户的配电变压器）、电气开关设备（油断路器、断路器、熔断器、隔离开关等）、电气测量仪表（含电能计量装置）、功率补偿设备（如移相电容器等）、继电保护装置等元件所组成。这就是说，在电力系统中，除发电厂（火力发电厂、水力发电厂和核能发电站等）和电力用户的用电设备、器具之外，具有承担输送和分配电能功能（或任务）的电气线路和设备（或元件、装置）按照一定规则所连接成的网络，就是电力网。

对地电压在 250V 及以下者为低压，因此，从电压意义上来说，低压电力网即常见的 380V/220V 网络，泛指从配电变压器低压侧开始，到低压电力用户的户内线路结束，该范围内的所有线路设备。

农网改造后，从产权的意义上来说，低压电力网指由配电变压器、低压计量箱、低压配电屏到低压线路整个系统。

农网改造后从线损的意义上来说，低压电力网的范围包括：低压计量箱出线、低压配电屏、低压线路、下户线、低压电力用户电能表。

2. 电力网的线损

从发电厂发出来的电能，在通过电力网输送、变压、配电的过程中所造成的损耗，就叫做线损。即

电力网的线损 = 发电厂（站）发出来的输入电网的电能 - 电力用户消耗的电能

线损在理论上的特点是电能以热能和电晕的形式散失于电网元件的周围空间。这就是说，电力网的线损是一种客观存在的物理现象，这是线损电量中不可避免的部分。但是，线损电量中还有可以避免和不合理部分，因此，各级电网、同级各个电网的线损大小是有区别的，管理部门可以采取使其降低到合理值之内。

3. 线损率

电网中的线损电量与电网购电量（或供电量）的百分比，称为线路损失率，简称线损率。即

$$\text{线损率}\% = (\text{电网线损电量} / \text{电网购电量}) \times 100\%$$

式中 电量的单位为千瓦时或万千瓦时，用符号表示为 kWh 或万 kWh。

其中，线损电量不能直接计量，它是用购电量与售电量相减计算得出的，统计学上称为余量法。故在实际工作中，线损率依下式算出

$$\begin{aligned}\text{线损率}\% &= [(\text{购电量} - \text{售电量}) / \text{购电量}] \times 100\% \\ &= [1 - (\text{售电量} / \text{购电量})] \times 100\%\end{aligned}$$

对于低压电网，购电量为低压计量箱中表计抄见电量，售电量为低压电力用户电能表抄见电量之和。一般管理模式为每月抄一次表，算出当月的线损率；把数个月（如一季度3个月、半年6个月、一年12个月）的购、售电量加起来，可算出该时期的平均线损率；农村电工为加强管理，有时几天抄一次表，算出该时段的线损率。

线损率不同于线损电量，它是一个用百分比表示的相对值，因此，线损率是衡量电网结构与布局是否合理、运行是否经济的一个重要参数，是考核供电企业经营管理和技术管理水平是否先进及工作成效大小的一项重要经济技术指标。

二、电力网线损产生的原因

电网中电能损耗产生的原因归纳起来主要有三个方面的因素：电阻作用、磁场作用和管理方面的因素。

1. 电阻作用

由于电路中存在电阻，所以电能传输中，电流必须克服电阻的阻碍作用，也就是说，必须产生电能损耗。随之引起导体温度升高和发热，即电能转换为热能，并以热能的形式散发于周围的介质中。因这种损耗是由导体电阻对电流的阻碍作用而引起的，故称为电阻损耗，又因这种损耗是随着导体中通过的电流的大小而变化的，故又称为可变损耗。

2. 磁场作用

在交流电路中，电流通过电气设备，使之建立并维持磁场，电气设备才能正常运转，带上负载而做功。如电动机需要建立并维持旋转磁场才能正常运转，并带动机械负载做

功。又如变压器需要建立并维持交变磁场，才能起到升压或降压的作用，把电能输送到远方，而后又把电能转换为便于用户使用的电能。众所周知，在交流电路系统中，电流通过电气设备，电气设备吸取并消耗系统的无功功率，建立并维持磁场的过程，即是电磁转换过程。在这一过程中，由于磁场的作用，在电气设备的铁芯中产生磁滞和涡流现象，使电气设备的铁芯温度升高和发热，从而产生了电能损耗。因这种损耗是交流电在电气设备铁芯中为建立和维持磁场而产生的，故称为励磁损耗（涡流损耗相比之下很小）；又因这种损耗与电气设备所通过的电流大小无关，而与设备接入的电网电压等级有关，即电网电压等级固定，这种损耗亦固定，故又称之为固定损耗。

3. 管理方面的因素

电业管理部门线损管理制度不健全，管理水平落后，致使工作中出现一些漏洞。就低压线损管理领域来说，如疏于管理，用户有违章用电和窃电；社会风气差，存在权利电、关系电、恶霸电等现象；电工舞弊，临时用电不上报；电网绝缘水平差，有漏电现象；计量表计有误差，抄表及核算有差错等，结果导致线损电量中的不合理成分增大，给电业部门造成了损失。由于这种电能损失没有一定的规律，只能由最后的统计数据确定，而不能运用表计和计算方法测算确定，并且各电网之间差异较大，管理部门掌握的不是那么确切和具体，故称之为不明损失；又因这种损失是由电业部门管理方面的因素（或在营业过程中）造成的，故又称之为管理损失（或营业损失）。

4. 其他因素

如高压和超高压输电线路导线上产生电晕损耗等。

三、线损的分类

农村电网线损按产生的原因可分为电阻损耗、励磁损耗和不明损失；按与电网中负荷电流的关系，又分为可变损耗和固定损耗；按产生在电网的元件部位，可分为线路导线线损、变压器铜损、变压器铁损、电容器介质损耗和计量表计中的损失等。

此外，电业管理部门根据工作需要，还可按上级规定的线损指标进行分类，如农网改造后要求低压电网线损率达到12%及以下，“建设国电公司一流县级供电企业”要求达到11%及以下。

理论线损即只考虑电网技术因素（不考虑管理因素）推算出的线损水平。

$$\begin{aligned}\text{理论线损率}\% &= (\text{理论电网线损电量}/\text{电网购电量}) \times 100\% \\ &= [(\text{固定损耗} + \text{可变损耗})/\text{购电量}] \times 100\%\end{aligned}$$

管理线损指考虑管理因素（不明损失）估计要增加的线损。

规划线损（计划线损）指预计经过努力可以完成的线损指标。

考核线损指对某条线路或配电台区每月进行考核、执行奖惩的线损指标。

实际线损一般指某月的线损率，或数月的平均线损率。在正常情况下，电力网的实际线损率略高于理论线损率。

第二节 降低低压电网线损的措施

降低低压电网线损（以下简称线损）的措施一般可分为

技术措施和管理措施两部分，其要点大致如下：

一、降低线损的技术措施

降低线损的技术措施一般可分为建设措施和运行措施两部分。建设措施是指以投资来改进系统结构的措施；而运行措施一般是指在日常运行中不投资或少投资来改进系统以降低线损的措施。

1. 建设措施（多数在农网改造中已实施）

建设措施主要包括以下几点：

(1) 配电台区放置在负荷中心，缩小供电半径，一般不超过 500 ~ 600m。为了达到这一目标，配电变压器数量不足的要增加，一般中等村庄由过去的只有 1 台变压器，增加为 2 ~ 3 台，即拥有 2 ~ 3 个各自独立的低压电网。

(2) 新建或改造配电房。新增配电台区多配备小容量配电变压器（10 ~ 50kVA），为节省建设费用多采用台架式，即配电变压器放在台架上，低压控制箱放在近旁的支架上。

要求配电房（控制箱）距配电变压器的距离一般不超过 10m，进出引线可暗敷或架空明敷，暗敷应采用农用直埋铝芯塑料绝缘塑料护套电线或电缆，明敷应采用耐气候型聚氯乙烯绝缘电线。

(3) 新增或改造配电屏。具体内容为残次开关电器不得入网；进线的控制电器按配电变压器额定电流的 1.3 倍选择，出线的控制电器按正常最大负荷电流选择；必须装设漏电保护装置等等。

(4) 改造或新建低压线路。线路负荷依据电力负荷发展规划确定，一般按 5 年考虑。导线的选择应符合下列要求：
①线路末端电压偏差（电压降），三相不得大于 $\pm 7\%$ ，单相

不得大于 +7%、-10%；②满足热稳定的要求；③满足机械强度的要求；④导线的最大工作电流不应大于导线的允许载流量。

具体内容包括：改进迂回、卡脖线路；一些街区没有低压线路的要增加低压线路；更换老化破损、质量低劣和线径过小的导线，所用导线一律采用钢芯铝绞线，最小截面不得小于 16mm^2 ；架空线路中尽量避免接头，无法避免时，同一档内每根导线只允许有一个接头；地埋线路更应避免接头，万一无法避免，必须加强绝缘处理，严防漏电造成电能损耗；架空线路的绝缘子应选用泄漏电流小的合格产品等等。

(5) 下户线的长度不得大于 25m，截面一般为 10mm^2 (不得小于 6mm^2)。

(6) 低压电力用户电能表集中安装；集表箱一律装设在用户门外墙上，不得入户安装；淘汰 DD28 以下老式电能表，推广灵敏度较高、比较可靠耐用的新型 DD862 电能表，农网改造后期又推广自身损耗较小的电子式电能表。

(7) 每户装设家用漏电保护器（一般为 10~20A 的漏电保护开关）。

2. 运行措施

运行措施主要包括以下几点：

- (1) 调平三相负荷。
- (2) 增设无功补偿装置，尽可能减少无功输送。
- (3) 合理调整负荷，提高负荷率。
- (4) 发展动力负荷。
- (5) 用好各级漏电保护器，防止金属性漏电损失。
- (6) 电能表节能等。

二、降低线损的管理措施

管理线损的特点是抓得紧就小，一放松就大，主要受人的因素影响。具体包括以下几点：

(1) 建立健全各级线损管理组织。

(2) 开展线损理论计算。

(3) 层层制定线损考核指标，分解到台区。加大考核力度，重奖重罚。

(4) 加强用电管理，以法治电，严厉打击窃电行为，杜绝违章用电，减少不明损失。

(5) 加强计量管理，按周期校验电能表，对有问题的表计及时处理。

(6) 净化社会风气，实行异地抄表，杜绝权利电、关系电、恶霸电等。

(7) 严格执行农电体制改革政策，提高农村电工待遇，提高农村电工素质。

(8) 搞好线损管理人员培训，提高管理水平。

(9) 开展降损科研和难题攻关。

(10) 采用科学的管理手段，如自动抄表系统等，加快控制自动化、远动化和计算管理计算机化的步伐，以适应电网管理现代化的要求。

第二章

三相负荷就地平衡降损法

第一节 三相负荷就地平衡降损研讨

有些人认为，只要电力负荷一定，无论怎样分配，电能损失都是一样的，而事实并非如此。

首先看特殊的、简单的情况：设总的负荷电流为 I ，每根导线的电阻为 R ，功率因数 $\cos\phi = 1$ ，采用单相二线供电时的功率损耗为

$$\Delta P_1 = 2I^2 R \quad (2-1)$$

把全部单相负荷平均接到两根相线上，采用二相三线制供电，则每相的电流为原来的 $1/2$ ，其功率损耗为

$$\Delta P_2 = 3 \times (I/2)^2 R = 3I^2 R/4 \quad (2-2)$$

采用三相四线制供电线路，把负荷平均分配到三相上，则每相的电流为原来的 $1/3$ ，其功率损耗为

$$\Delta P_3 = 3(I/3)^2 R = I^2 R/3 \quad (2-3)$$

式 (2-1)、式 (2-2) 相除得 $\Delta P_1/\Delta P_2 = 2.67$ (倍)

式 (2-1)、式 (2-3) 相除得 $\Delta P_1/\Delta P_3 = 6$ (倍)

可见，若分配不平衡，线损可能增加数倍，由此可知调整三相负荷的降损潜力。

再看一般的三相四线线路的情况，当三相功率因数相等

而各相电流不等时，线损为

$$\Delta P = [(I_A - I_B)^2 + (I_B - I_C)^2 + (I_C - I_A)^2] / 3 \times R + I_0^2 R_0 \quad (2-4)$$

式中， R_0 为中性线电阻，因为按有关规程规定中性线导线截面一般是相线截面的 50%，但在选择时，往往偏小，故特意单列出来。

这种情况很普遍，式中机理表达得也比较清楚。从式(2-4)中可以看出不平衡度越大，则附加损耗也越大，中性线电流越大，中性线截面越细，损耗也越大。

另外，当三相负荷不平衡引起中性线电流过大时，零序电流所产生的零序磁通会在配电变压器油箱壁及钢结构件中通过，引起较大的损耗，从而使配电变压器运行温度升高。绝缘油和绝缘材料长期受到高温影响，变压器寿命会缩短，甚至烧坏。

综上所述，同样的用电设备，同样的负荷，在三相上分配均衡是否，电能损失大不一样。因此，要尽量采用三相(380V/220V)供电，限制或避免单相(220V)供电；已采用三相供电的，要实现三相负荷平衡，即可避免无谓的损失，挖掘出电网的内部潜力。

农网改造前，农村低压电网不在电业部门的必管范围，设备线路状况极差，线损很高，不够上缴电费就涨电价。也曾进行过低压整改，多是把配电变压器移到负荷中心、改造低压线路、整改户内线路等。虽然也知道三相负荷不平衡会增加线损，但由于是较次要的因素，没有也不可能引起足够注意，故实践很少，亦不可能提出调平三相负荷的具体方法。

农网改造中采取了诸如配电变压器放置在负荷中心，增

添配电变压器数量，缩短供电半径，加大导线直径，增加低压线路，用电户电能表集中安装等措施，极大地改进了农村低压电网状况，显著降低了农村低压线损，大约下降了一半，降到 15% 左右。

但 15% 与上级要求的 12% 及以下（建设国电公司一流县级供电企业要求 11% 及以下）还有一定差距。改造完成线损却依然居高不下达不到标准，给降低农村电价、稳定农村电工队伍带来困难，给县级供电企业运营带来巨大压力，对巩固“两改一同价”成果造成潜在威胁。这曾使许多人迷惑、头痛，该花的钱花了，该出的力出了，该做的工作做了，为什么线损还不理想，究竟是什么原因？

根据对已改造农村低压线损的调查及线损率居高不下原因的分析，以及对降损理论进行研究探索和实践试点，得出结论，就技术方面来说，主要原因是没有搞三相负荷就地平衡和无功就地平衡。

从具体数量上来说，结合当前农村电网实际进行理论推算，结论为没有注意到低压电网三相平衡的配电台区，低压线损率少降下来 2% ~ 10%。

从降损试点实际情况来看，调整三相负荷的降损效果：
①以前没搞过三相平衡的村庄，粗调可在现有基础上降损 20% ~ 30%，细调降损 40% ~ 50%；
②以前粗调过的村庄，细调仍可再降损 20% ~ 30%。不需花钱仅费几天功夫能取得如此好的效果，每每让参加调整的人员惊叹。

因三相不平衡所引起的线损属技术性损失，有两个显著特点：①白白浪费无任何社会效益；②具有长期性。故一定要尽早、彻底地给以解决。

农网改造由于规模大、任务重、时间紧，不可能面面俱