

158278

Tm764
1082

线损管理系统 及其软件设计

丁毓山 俞淳元 主编

中国水利水电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

线损管理系统及其软件设计/丁毓山, 俞淳元主编. —北京: 中国水利水电出版社, 1995

ISBN 7-80124-111-8

I. 线… II. ①丁… ②俞… III. 线损计算-应用软件-程序设计-计算机应用 IV. TM744

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 22790 号

书 名	线损管理系统及其软件设计
作 者	丁毓山 俞淳元 主编
出版、发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044)
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092 毫米 32 开本 9.875 印张 217 千字
版 次	1996 年 5 月第一版 1996 年 5 月北京第一次印刷
印 数	0001—2590 册
定 价	18.00 元

编 者 名 单

主 编 丁毓山 俞淳元

副主编 孙成宝 王丽华

参 编 张福华 刘 刚 菊英俊

王卫星 徐继成 蔡 林

王桂英 徐江宁 孙成平

前 言

我国能源的方针是开发与节约并重，近期把节约放在优先地位。为了贯彻这一方针，国务院、原国家经委、原国家计委、原能源部曾发布了一系列的指令和文件，以加强节约用电、调整负荷、更新设备、降低损耗工作。

电力网的线损是一个综合性的技术经济指标，它不但可以反映电网结构和运行方式的合理性，而且可以反映电力企业的技术和管理水平。因此，能源部所下达的一系列文件中，曾再三要求各电力部门要加强线损管理，建立和健全线损管理制度，采取有效措施，多供少损。

本书的初稿是编者接受辽宁省农电局的委托，编写的《线损管理系统及其软件设计》，并以辽宁省农电局的名义印刷 1000 册，曾与辽宁省各市县，以及全国各省、市进行了内部交流。编者又以该资料为辽宁省农电局举办了两期线损理论学习班。在此过程中，编者吸收了广大线损管理人员、技术人员的宝贵意见，对原稿进行了多次的修改和增删。对于辽宁省农电局的所有领导同志以及线损专责工程师们对形成本书所给予的关怀和支持，编者在这里表示最诚挚的谢意。

尽管编者的意愿是良好的，欲力求本书能够为工程实际所应用，但限于编者的水平，书中深恐有疏漏之处，恳请广大专家和读者不吝赐教，以鞭策我们以后的工作。

编 者

1995 年 10 月于沈阳

目 录

前 言

第一章	线损理论计算中的一般问题	1
第一节	线损计算参数的定义和线损管理的一般概念	1
第二节	线损理论计算中常用技术术语	8
第三节	负荷曲线形状系数分析	16
第二章	10 kV 配电网线损计算一般方法	32
第一节	配电网等值电阻计算的数学模型	32
第二节	10 kV 线损计算的一般方法	41
第三节	配电网线路运行的综合经济效益	48
第四节	带补偿配电网的线损计算	58
第五节	配电网线损计算的矩阵法	70
第六节	多电源供电配电网线损计算的数学模型	81
第七节	10 kV 两线一地配电线路的线损理论计算	92
第八节	10 kV 配电网缺相供电时线损计算	97
第三章	输电网和低压网的线损计算	101
第一节	计算输电网线损的均方根电流法	101
第二节	公共线路线损电量的分摊计算	104
第三节	低压配电网线损理论计算	109
第四节	负荷分布对低压网损的影响	116
第五节	负荷不对称对低压网损的影响	119
第六节	低压网损的估计	131
第四章	线损分析	136

第一节	线损统计和分析中的一般问题	136
第二节	线损考核指标的计算	143
第三节	线损小指标分析	149
第四节	农网调压对线损的影响分析	159
第五章	无功补偿对线损的影响分析	171
第一节	无功补偿一般问题分析	171
第二节	无功补偿容量确定的一般方法	177
第三节	确定最佳补偿的 β 分布法	186
第四节	无功补偿对线损的影响分析	199
第五节	研究补偿容量和位置对线损影响的程序设计	208
第六章	农村电力网合理布局及其对线损影响的分析	217
第一节	问题的一般分析	217
第二节	低压网经济供电半径	227
第三节	10 kV 配电线路的经济送电距离和经济送电容量	232
第七章	线损管理程序设计	239
第一节	线损管理程序设计的总体思想	239
第二节	10 kV 原始参数库输入数据的程序设计	244
第三节	打印原始参数表的程序设计	264
第四节	修改运行参数库的程序设计	269
第五节	10 kV 配电网线损理论计算的程序设计	273
第六节	均方根电流法线损理论计算的程序设计	294
参考文献		308

第一章 线损理论计算中的一般问题

第一节 线损计算参数的定义和 线损管理的一般概念

一、线损的定义和分类

在输配电过程中，电能的传送和电磁能量的转换皆是通过电流来实现的，电流通过导线时要产生损耗。此外，运行在网络中有大量的输配电变压器、电容器、开关、仪表等设备，这些设备本身也要消耗一定的能量。因此，工程上把给定时段内，电网中所有元件产生的电能损耗称线损电量，简称线损。

线损按其特点可分为三大类：

(一) 可变损耗

所谓可变损耗是指与电网中的负荷电流有关且随其大小而变化的损耗。其中包括导线中的损耗、变压器绕组中的铜损、电流表和电能表电流线圈中的损耗等。

(二) 固定损耗

所谓固定损耗是指与电网中的负荷电流无关且不随其变化的一种损耗。其中包括变压器的铁损、电容器的介质损耗、电压表和电能表电压线圈中的损耗、电晕损耗等。

(三) 不明损耗

所谓不明损耗是指实际线损与理论线损之差的一种损耗。该种损耗变化不定、数量不明，难以用仪表和计算方法确定，只能由月末的电量统计确定，其中包括用户违章用电

和窃电的损失、漏电损失、抄表以及电费核收中差错所造成的损失、计量表计量误差所形成的损失等。

二、损失电量和损失率

(一) 技术线损电量

技术线损电量又称为理论线损电量。称为技术线损电量的原因是因为这种电量损失可以通过技术措施予以降低；称为理论线损电量的原因是因为这种线损电量可通过计算得出。技术线损电量包括变压器的铁损、铜损，输、配电线路中的损耗，电容器介质损耗和电晕损耗等。这部分损失与网络的构成、网络运行的技术状态、运行方式、电气设备的质量等有关。

(二) 管理线损电量

所谓管理线损电量是与网络维护管理水平有直接关系的一种电量损失，其可以通过用电管理予以降低，其中包括各种计量电能表的综合误差，抄表不同期、漏抄、错抄、错算所产生的误差，电气设备绝缘不良所引起的漏电、无表用电和窃电所引起的损失电量。

(三) 统计线损电量

所谓统计线损电量是指用电能表计量的总供（购）电量 A_G 和总售电量 A_S 相减而得出的损失电量，即

$$\Delta A = A_G - A_S \quad (1-1)$$

统计线损电量包括技术线损电量和管理线损电量，因此，统计线损电量不一定反映电网的真实损耗情况。并且，由于电网结构、电源的类型和电网的布局、负荷性质和负荷曲线均有很大的不同，所以各地区电网的损失也是不同的，有时其差别很大。因此，一般不能像考核电气设备那样同类型的设备采用相同的考核指标，这就给各电力网线损的可比性带

来困难。

为了克服这种困难，在电网中一般只好通过线损理论计算来求得电网的理论线损电量，然后与电网的统计线损电量进行比较。如果二者接近，说明管理线损电量小，管理工作中的疏漏少；如果二者差别大，说明管理工作中的疏漏多，应督促加强管理，堵塞漏洞。

(四) 统计线损率

统计线损率由下述公式来定义

$$\Delta A\% = \frac{A_G - A_S}{A_G} \times 100\% \quad (1-2)$$

(五) 理论线损率

设理论计算所得出的损失电量为 ΔA_t ，则

$$\Delta A_t\% = \frac{\Delta A_t}{A_G} \times 100\% \quad (1-3)$$

除了统计线损率和理论线损率之外，各类损耗占整个损耗中的比例，对考查网络的负荷状态，寻求降损的主攻方向有重要的指导意义。有用途的线损比例有下述几种：

1. 线路导线的线损比例

$$\Delta A_d\% = \frac{\Delta A_d}{\Delta A_t} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 ΔA_d ——线路导线的损失电量，kW·h。

2. 变压器损耗的比例

$$\Delta A_b\% = \frac{\Delta A_b}{\Delta A_t} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 ΔA_b ——变压器损耗电量，kW·h。

3. 变压器铁损比例

$$\Delta A_f\% = \frac{\Delta A_f}{\Delta A_t} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 ΔA_f ——变压器铁损电量, kW·h。

4. 变压器铜损比例

$$\Delta A_c \% = \frac{\Delta A_c}{\Delta A_t} \times 100 \% \quad (1-7)$$

式中 ΔA_c ——变压器铜损电量, kW·h。

线损率是国家考核供电企业的重要技术指标, 是电力企业升级的主要标准之一。这项指标牵动着电网的发、供、变、用等各环节的运行情况, 因此, 它是企业管理水平的综合反应。而且, 线损指标的完成与否与企业的经济效益直接挂钩, 线损稳步下降, 是企业管理水平提高的体现。

国家考核电力企业的线损情况, 是通过定额线损的方法。所谓定额线损是根据电力网的实际损失, 结合下一考核期内电网结构、负荷的变化以及降损措施安排所订出的损失。它是电力企业为减少损失而努力争取的目标, 并以此指标完成的好坏而决定提取节能奖的多少。

我国国家标准《评价企业合理用电技术导则》(GB3485—83) 中规定, 降低企业受电端至用电设备间的线损, 线损率应达到下列指标:

(1) 一次变压: 3.5%以下;

(2) 二次变压: 5.5%以下;

(3) 三次变压: 7%以下。

三、线损管理和降损措施

(一) 线损管理

所谓线损管理是电力企业赖以降低损失的诸种措施的综合, 这些措施就是计量完善、控制误差、零点抄表、分级考核、损失分析、理论计算、用电普查、专业竞赛、奖金分配等。线损管理是电力企业一项很重要的工作, 这项工作所要

完成的任务和所起的作用如下：

(1) 贯彻国家的能源政策。

(2) 制定计划，采取各种措施降损节能，提高企业的经济效益。

(3) 按时编制各种线损报表，上报给上级主管部门。

现代的电力网络，其发展进程已由大刀阔斧的网络架设阶段步入精雕细刻的安全、经济运行阶段，因此，线损管理应赋有更为广泛的意义。为了提高线损管理工作的层次和现代化程度，我们必须从常规的管理方法基础上晋升一步，充分利用计算机这一现代化的工具，构造新的计算、分析、考核的数学模型，以促进线损管理更加科学化。且使线损管理所提供的技术经济信息更加有效地为网络改造、电容补偿、经济运行、电压调节等降损节能措施服务，这样，才会使我们在庞杂的线损管理业务面前成为一个主动的工作者。

(二) 降损措施

降损措施可分为技术措施和组织措施两大类。

1. 技术措施

技术措施又可分为建设措施和运行措施。所谓建设措施是指以投资来改进系统结构的措施；所谓运行措施是指以不投资或少投资的方法来降低网络损耗的措施。

例如，电网结构向合理性的调整、线路升压和调压、简化电压等级、高压深入、增设和新装补偿装置、改变变压器结构、更换节能变压器、更换大截面导线等，均是建设措施。

2. 组织措施

组织措施包括有：建立健全线损管理组织；开展线损理论计算，分析线损指标；制定线损管理制度；开展营业普查；加强抄表和核算工作；提高线损管理人员的业务水平；组织

专业竞赛；采用现代化管理手段等。

在降损的技术措施中，无疑应该注意到以建设措施来降低网络损耗，但其毕竟要依靠大量的投资作为基础。因此，我们更应该注意到少花资金降损节能的运行措施和组织措施。据统计，如果全网变压器采用经济运行方式，年节约资金可以建设一条由沈阳至大连的高速公路。

（三）线损理论计算的作用和要求

线损理论计算是根据实际负荷或电量，按着电网的正常运行方式，计算电网中各元件的有、无功功率损失和一定时间内的电能损失。

1. 线损理论计算的要求

（1）计算理论线损率，将其与实际线损率作对比，确定实际线损率与理论线损率的差值，如此可知不明损耗的大小，并以此来衡量企业的管理水平以及用电量统计的是否合理。

（2）计算电网的最佳线损率，其可与理论线损率作一对比，以确定电网结构、布局的合理性，运行的经济性，并借此来确定电网的降损潜力。

（3）确定可变损耗、固定损耗、分支损耗占总损耗的比重，以确定降损技术的主攻方向。

2. 线损理论计算的作用

（1）线损理论计算是制定年、季、月线损指标的依据，是推行降损承包经济责任制的基础。

（2）线损理论计算可为网络规划、改造以及电容补偿、网络调压、经济运行提供技术信息，以便在制定上述技术策略时有可靠的科学依据。

（四）线损理论计算的开展

（1）线损理论计算应具有准确和实用的数学模型。线损

指标是衡量企业管理水平和与经济效益直接关联的一个重要指标，因此，准确性应该是线损理论计算的头等要求，误差过大，将会贻误我们的工作。其次就是实用性，这就是说，线损理论计算应有效地为考核现行网络的合理性，为网改技术措施的形成，为电容补偿的优化提供足够技术信息，以坚定我们履行上述策略的决心。

(2) 线损理论计算的范围是：35 kV 以上输电线路的线损计算；6~10 kV 配电网的线损计算；0.4 kV 低压网的线损计算。

其具体要求的内容是：输电网的线损计算要求计算输电线路和变压器的损失率。有些输电线路下联几个二次变电所，因此这里涉及到公共输电线路中的线损由下联各个变电所的分摊问题。6~10 kV 配电网的线损计算，要求计算配电线路中的损失、配变的铜损和铁损，而其它元件，诸如电容器、互感器、计量仪表等的损失，由于其值较小，故将不列项计算，只在计算后作综合考虑，通常加 1%。0.4 kV 低压网损耗计算要求计算低压线路中的损耗，同时要计及负荷分布和负荷不对称的影响。当要估计某供电局低压网损失时，应考虑所有进户线和仪表的损失。

(3) 线损理论计算要制度化。为了使线损理论计算正常的开展，并进行定期的分析和考核，因此要求制定规章制度，以保证线损理论计算工作逐步达到规范化和标准化。一般说来，6~10 kV 配电网每月要进行一次计算，同时要形成线损报表，逐月上报；输电网可在 3~6 个月进行一次计算，有些数据要妥善保存，以便形成年度均值。

目前，全国各个省市正在开展农村电气化县的建设，对线损率这一指标又提出了新的要求，例如，辽宁省提出线损

率要达到 8%。但是从总体来看，农网中的线损率还是很高的，为把 6~10 kV 配电网损失率降到 10% 以下，低压网降至 12% 以下，尚有不小的差距。从此可以看到降损任务的艰巨性和加强线损管理的必要性。

第二节 线损理论计算中常用技术术语

一、损失因数的定义

损失因数是在线损理论计算中常用的系数之一。设损失因数为 F ，其值等于在计算时段内的平均功率损失 ΔP_{av} 与最大负荷下功率损失 ΔP_{max} 之比，亦即在计算时段 T 内电流平方的平均值 I_{rms}^2 和最大电流的平方值 I_{max}^2 之比，这就是说

$$F = \frac{\Delta P_{av}}{\Delta P_{max}} = \frac{I_{rms}^2}{I_{max}^2} \quad (1-8)$$

借助于损失因数的概念，可以利用最大负荷下的功率损失 ΔP_{max} 来计算时间 T 内的电能损耗，即

$$\Delta A = \Delta P_{av} T = \Delta P_{max} F T \quad (1-9)$$

损失因数的大小与电力系统的结构、负荷种类、负荷分布以及负荷曲线的形状有关，特别是与负荷率关系最为密切。

二、两种极端情况下的损失因数

图 1-1 (a) 和 (b) 中分别表示了两种极端情况下的负荷曲线。

对图 1-1 (a) 而言，其负荷率 f 可近似表示为

$$f = \frac{I_{av}}{I_{max}} = \frac{I_{max} t / T}{I_{max}} = \frac{t}{T}$$

这是因为在这种情况下，最小电流 I_{min} 可近似认为其值等于 0。

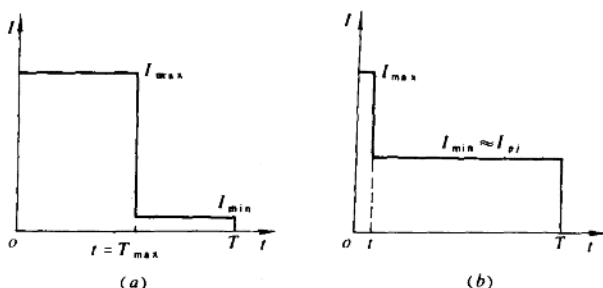


图 1-1 极端情况下负荷曲线

而损失因数为

$$F = \frac{\Delta P_{av}}{\Delta P_{max}} = \frac{I_{max}^2 R t / T}{I_{max}^2 R} = \frac{t}{T} \quad (1-10)$$

故 $F = f$

对图 1-1 (b) 而言, 如设最小负荷率为

$$\alpha = \frac{I_{min}}{I_{max}}$$

则该时的负荷率

$$f = \frac{I_{av}}{I_{max}} = \frac{I_{min} T / T}{I_{max}} = \frac{I_{min}}{I_{max}} = \alpha$$

这是因为最大负荷 I_{max} 所经历的时间 t 趋于 0, 且 $I_{av} = I_{min}$ 的缘故。

而该种情况下的损失因数

$$F = \frac{\Delta P_{av}}{\Delta P_{max}} = \frac{I_{min}^2 R}{I_{max}^2 R} = \frac{I_{min}^2}{I_{max}^2} = \alpha^2 = f^2 \quad (1-11)$$

上述两种极端情况是: 第一种情况是最小负荷 $I_{min} \approx 0$, $F = f$; 第二种情况是最大负荷所经历的时间 $t \approx 0$, $F = f^2$ 。如果将 F 定为纵坐标, f 定为横坐标, 与第一种情况相应的是直线, 与第二种情况相应的为抛物线, 如图 1-2 所示。而一般

情况下，负荷曲线介于图 1-1 (a)、(b) 两种极端情况之间，因此，损失因数将介于直线和抛物线之间，如图 1-2 的虚线所示。它们的关系式可表示为

$$F = f^2 + \beta(f - f^2) = \beta f + (1 - \beta)f^2 \quad (1-12)$$

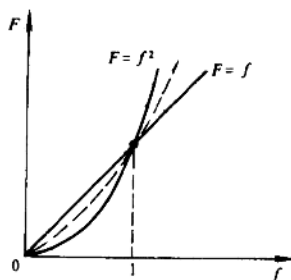


图 1-2 F 与 f 的关系曲线

式中 β ——与网络负荷曲线形状、网络结构、负荷特性有关的常数，通常 $\beta = 0.1 \sim 0.4$ 。

当 $\beta=1$ 时， $F=f$ ；当 $\beta=0$ ， $F=f^2$ 。一般说来，当负荷曲线接近于图 1-1 (a) 时， β 取较大值；而当负荷曲线接近于

图 1-1 (b) 时， β 取较小值。

三、损失因数的表达式

对于不同的配电网， β 可取 0.2 或 0.3，此时损失因数为

$$\left. \begin{aligned} F &= 0.3 f + 0.7 f^2 \\ F &= 0.2 f + 0.8 f^2 \end{aligned} \right\} \quad (1-13)$$

对于输电系统的损失因数，Wolf 曾提出下述经验公式

$$F = 0.083 f + 1.036 f^2 - 0.12 f^3 \quad (1-14)$$

在经验公式 (1-14) 中， F 仅由负荷率 f 决定，但 f 不能完全代表负荷曲线的形状，在相同的 f 值下，负荷曲线的最小负荷率 α 往往是不同的，故损失因数 F 也将是不同的。

为了导出 α 与 F 的关系，可近似的认为负荷曲线按 Bata 概率分布而变化。由概率论可知：随机变量的二阶原点矩等于其数学期望的平方加上随机变量的方差。如设随机变量的二阶原点矩为 I_{ms}^2 ，随机变量的数学期望为 I_{ω} ，则随机变量的

方差 D_I 为

$$D_I = I_{rms}^2 - I_{av}^2$$

当负荷电流这个随机变量按 Bata 分布函数变化时,其方差可以写成

$$D_I = \frac{(I_{max} - I_{av})(I_{av} - I_{min})^2}{I_{max} + I_{av} - 2I_{min}}$$

而损失因数

$$F = \frac{I_{rms}^2}{I_{max}^2} = f^2 + \frac{(1-f)(f-\alpha)^2}{(1+f-2\alpha)}$$

经整理后,有

$$F = f - \frac{(1-f)(f-\alpha^2)}{1+f-2\alpha} \quad (1-15)$$

【例 1-1】 图1-3

中所示的 10 kV 配电线路,若 b 、 c 点负荷的同时系数为 0.8,负荷率 $f=0.5$,全年运行,求年电能损耗。

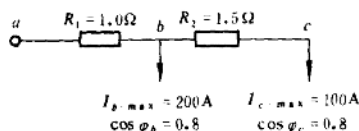


图 1-3 10 kV 配电线路

解: $a-b$ 段的最大电流

$$I_{ab \cdot max} = (200 + 100) \times 0.8 = 240(A)$$

$b-c$ 段的最大电流

$$I_{bc \cdot max} = 100A$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{max} &= (3 \times 240^2 \times 1 + 3 \times 100^2 \times 1.5) \times 10^{-3} \\ &= 217.8 \text{ (kW)} \end{aligned}$$

取 $\beta=0.3$, 则损失因数

$$\begin{aligned} F &= 0.3 f + (1 - 0.3) f^2 \\ &= 0.3 \times 0.5 + 0.7 \times 0.5^2 \end{aligned}$$