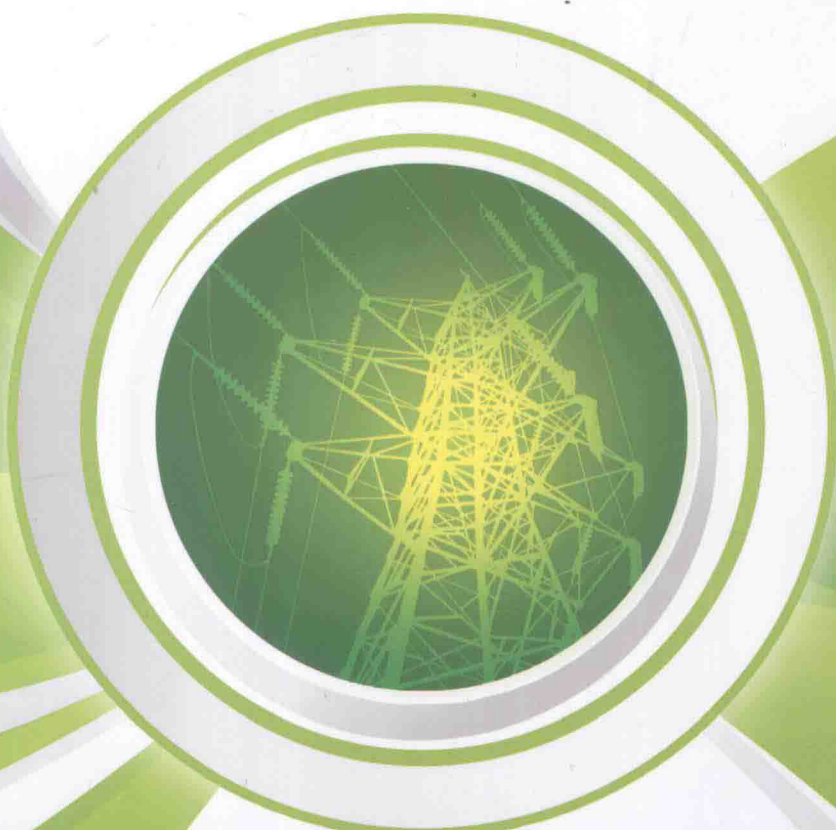


XIANSUN JISUAN YU GUANLI

线损计算与管理

濮贤成 唐述正 罗新 李家腾 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

XIANSUN JISUAN YU GUANLI

线损计算与管理

濮贤成 唐述正 罗新 李家腾 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为了方便广大线损管理人员和相关专业工作与学习者了解和熟悉线损理论计算及其管理工作,提高工作能力与效率,解决实际操作问题,作者精心编写了本书。

本书内容系统而具体,具有实用性和可操作性。全书共分五章,主要内容包括概述、线损相关基本概念及其计算、线损理论计算基础及其计算方法、线损理论计算具体方法和步骤、管理降损节电及其措施。

本书可作为供电企业线损管理、用电营销及供电所相关人员必备的工具书与基层单位线损管理人员培训使用教材,也可供大、中专与职业院校相关专业师生教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

线损计算与管理/濮贤成等编著. —北京:中国电力出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-5123-8335-7

I. ①线… II. ①濮… III. ①线损计算 IV. ①TM744

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 232943 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 [http: //www. cepp. sgcc. com. cn](http://www.cepp.sgcc.com.cn))

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 11 月第一版 2015 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 259 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

线损是电力企业一项重要的综合性技术经济指标。线损率是一个逆指标，即降低线损率意味着同样的售电量却可以少购电，从而直接降低供电经营成本。线损率又是一个可控指标，它对利润影响很大。因此加强线损管理，努力提高线损管理人员的业务素质、工作效率和管理水平是电力企业的一项长期工作，而线损理论计算是线损管理工作的基础。为方便广大线损管理和相关专业人员了解和熟悉线损理论计算工作，解决线损理论计算实际操作问题和提高工作能力与效率，根据线损管理实际需要，结合参考各种线损管理相关资料，精心编写了《线损计算与管理》一书。本书重点从线损相关基本概念及其计算、线损理论计算基础、计算方法、线损管理工作等方面系统而具体地讲解线损理论计算及管理。本书具有明显的参照性和可操作性，是一本实用性很强的线损理论计算与管理工具书，可广泛应用于供电企业的各个部门及相关专业部门。

本书共分五章，主要内容包括概述、线损相关基本概念及其计算、线损理论计算基础及其计算方法、线损理论计算具体方法和步骤、管理降损节电及其措施。

本书由安徽六安市电机工程学会舒城分会濮贤成、唐述正、罗新、李家腾共同编写。在本书编写过程中得到安徽电力舒城供电责任有限公司、安徽电力六安市供电公司、安徽省电力公司、舒城县科技局、六安市电机工程学会等单位大力支持；安徽省电力公司王吉灵、舒城供电公司王少华、周霞、顾钊、魏征、张学才、詹昭、王甫如、桂舒梅、李蒙、李桂霞、朱勇、熊鹏飞、李莉（大）、李莉（小）、陶勇、卜晓晟、陶新月、杜世桂等同志给予热情支持；杨基琴、钟丹在电子录制中付出贡献，在此一并表示衷心感谢。本书参考了国内部分相关技术文献，在此谨向相关作者和出版社深表谢意。

本书可作供电企业线损管理、用电营销及供电所等相关人员线损理论计算及其管理必备工具书与基层单位线损管理人员培训使用教材，可供大中专与职业院校相关专业师生教学参考用书。

由于作者水平有限，不足和疏漏之处在所难免，恳请有关专家、学者与广大读者和技术同仁批评指正。

作 者

2015年8月



目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 线损理论计算的目的和要求	1
第二节 线损理论计算的准备工作	4
第三节 影响线损的基本因素与电力负荷基础知识	8
第四节 农村电网经济运行应达到的要求标准	12
第二章 线损相关基本概念及其计算	13
第一节 线损及与线损相关量的基本概念	13
第二节 农村低压电网的线损构成及分类	19
第三节 线损率的分类及其计算	20
第三章 线损理论计算基础及其计算方法	26
第一节 线路等值电阻的几种计算方法	26
第二节 线路电能损耗的几种计算方法	30
第三节 线损理论计算有关工作内容	38
第四章 线损理论计算具体方法和步骤	39
第一节 电力网元件损耗电能的计算	39
第二节 35kV 以下电力网电能损耗的计算	46
第三节 10(6)kV 线路线损理论计算方法和步骤	51
第四节 10kV 配电线路线损理论计算实例	56
第五节 低压电力网电能损耗的理论计算	61
第六节 380/220V 线路线损理论计算的方法和步骤	66
第七节 10kV 分支线路线损电量分摊的理论分析与计算	70
第八节 110kV 和 35kV 线路理论计算的方法和步骤	73
第九节 多电源供电配电网的线损计算	75
第十节 线损管理工作中有关小指标的计算	81
第十一节 理论线损计算的结果分析	83
第五章 管理降损节电及其措施	85
第一节 线损管理工作的组织措施	85

第二节	线损管理职责划分及线损管理应具备的文件资料	88
第三节	线损计划指标的编制及其考核管理	92
第四节	线损统计与线损分析的方法	97
第五节	电网线损综合分析与降损对策	105
第六节	降低电能损耗的效果计算	108
第七节	电能计量装置故障期间电量的追补与减退及其计算方法	113
第八节	安装剩余电流动作保护器防漏电、防窃电实现降损节电	116
第九节	电能表的电能损耗及其降损节电	117
第十节	低压线损指标及其制定	118
第十一节	用电检查后对丢失电量的追补(退还)计算	120
附录 A	输配电线路技术参数	129
附录 B	三相电力变压器技术数据	144
参考文献		165

概 述

电流在流过线路导线、变压器的绕组和串联电抗器等元件时,因存在电阻,都要产生功率损失和电能损耗,一般各个元件的损耗电量是根据代表日的日负荷曲线进行计算的。

线损理论计算常用的方法有均方根电流法、平均电流法(形状系数法)、最大电流法(损失系数法)、最大负荷损失小时法、分散系数法、电压损失法、等值电阻法等。

对 35kV 及以上系统的网损,通常采用均方根电流法、平均电流法、最大电流法进行计算。

对 10 (6) kV 配电网理论线损,一般采用等值电阻法进行计算。

对低压理论线损计算,可采用等值电阻法或电压损失法进行计算。

第一节 线损理论计算的目的和要求

一、线损理论计算概述

1. 线损理论计算实际含义与内容

线损理论计算是指有关专业人员根据电网的结构参数,运用电工理论(或原理)计算、确定线损数值,如理论线损电量、各种线损所占比例、理论线损率、最佳线损率、经济负荷电流等数值的方法和过程,并进行定性和定量分析。

2. 线损理论计算的划分

按线损理论计算的涉及面,可分为电网理论线损计算、线路理论线损计算及元件理论线损计算。

电网理论线损计算是指计算整个电网或局部电网的线损,它又可按电压等级再分别计算。

线路理论线损计算是指对某一条线路所进行理论线损计算,它是电网理论线损计算的基础,又可按电压等级不同分别进行计算。

元件理论线损计算是指组成电网的各个元件,如架空线路、变压器等元件的理论线损计算。它是理论线损计算的基本单元,它又因电压等级的不同,计算中由于元件的参数取用不同而又有所不同。

3. 线损理论计算约定条件和边界条件

(1) 关于计算方法的约定条件。按照 DL/T 686—1999《电力网电能损耗计算导则》要求,35kV 及以上电网采用潮流计算方法;10kV 及以下电网采用均方根电流和电量平



均法。

(2) 关于功率因数的约定。110kV 及以上的功率因数按实际抄录数据进行计算。35kV 和 10kV 电网理论线损计算中, 功率因数应用实测值进行计算, 尚未进行实测的, 可采用以下推荐值: 城区按 0.85 计算, 城乡交界和远郊区按 0.80 计算。

(3) 关于温度及相关元件的容量约定。线损理论计算按当日实际温度进行计算; 电容器、电抗器、调相机和串联补偿电容器损耗均按实测数据进行计算。电容器组 (含电抗器) 缺少抄见电量数据的, 推荐按 80% 额定容量、全天投运 20h 进行计算。

(4) 关于无损电量的约定。各电压等级无损电量参加本级计算。

(5) 关于变电站站用电的约定。110kV 及以上电网站用电量损失按实测电量进行计算, 其中缺少抄见电量的 110kV 变电站, 推荐按 1.5 万 kWh/(月·站) 统一计算; 35kV 变电站按 0.2 万 kWh/(月·站) 统一计算。

(6) 关于高压电网的有关约定。线损理论计算中不考虑高压电网的电晕损失、绝缘子的泄漏损失及谐波对线损的影响。

(7) 关于低压电网的约定。低压 380V 电网中均按城区、郊区的实测线损进行计算。

4. 线损理论计算方法的提出

电力网 (含线路及元件) 的线损理论计算涉及电力负荷、电网结构, 主要问题有:

(1) 电网负荷变化多端。由于电网中的用电设备多、负荷点多, 且由于各设备特性不同, 用电的不同时性等原因, 负荷每昼夜以不同的峰谷曲线变化, 另外又存在日与日的不同、月与月的不同, 而且不能用一确定的函数式表示, 给计算工作带来一定的困难。

(2) 电网结构不同。电力电网中的分支线路多、设备元件多, 且它们的规格不同、用电负荷不同, 致使计算工作复杂而繁琐。

鉴于上述诸多问题, 为解决计算中的疑难问题, 因而引出两个极其重要的概念, 即线路的“均方根电流”和线路的“等值电阻”。均方根电流、等值电阻是线损理论计算基本而实用的方法 (手段)。

二、线损理论计算的目的和要求

1. 线损理论计算的作用

线损理论计算具有指导降损节电, 促进线损管理深化、科学化的作用, 能有效促进或保障企业经营效益, 其具体体现在以下方面:

(1) 根据计算出来的理论线损率与实际线损率的比较, 可分析出企业线损管理水平高低, 以及统计线损率的准确性情况。

(2) 将计算出来的最佳线损率与理论线损率比较, 可以分析出电网或线路、台区的运行是否经济, 电网的结构和布局是否合理、科学。

(3) 通过计算出来的各种线损电量所占比重, 可以为线损分析提供可靠的依据, 查找电网、线路、台区及其管理上的薄弱环节, 从而为确定降损主攻方向做出决策, 也便于采取针对性措施来降低线损。

(4) 根据线损理论计算的结果 (各项数据), 按线路或设备 (或区域) 分解指标, 合理下达线损考核指标及其考核实施。

(5) 线损理论计算及其所提供和所需要的各种资料, 是企业技术管理与基础工作的一个

重要组成部分或指标,也是本企业升级达标基础工作。

(6) 从线损理论计算所需资料有无、全、缺,能反映企业技术管理与基础工作水平,也为今后工作提供不可多得的信息和需求。

2. 线损理论计算的目的

(1) 对电网结构和运行方式的合理性、经济性情况进行鉴定。

(2) 查明电网损失大的元件,进而分析根源。

(3) 通过理论线损与实际线损的比较,根据不明损失的程度,确定采取对应措施,促进营业管理水平的提高。

(4) 根据电网中导线的损失和变压器的损失所占比例、固定损耗和可变损耗所占比例,能有计划性地对电网的某些薄弱环节进行技术改造。

(5) 为制定月度、季度、年度计划线损指标和降损措施提供理论依据。

(6) 通过分析,有利于电力输配方面理论知识水平的提升,提高职工业务水平。

(7) 为电网的发展、整改、规划提供科学理论依据。

(8) 根据理论线损计算的结果,总结经验,指导克服不良和发扬继承管理方法。

3. 线损理论计算的要求

(1) 线损理论计算所采用的方法不应过于复杂或繁琐,而应是比较简便、易于操作的,计算过程应简洁明晰。

(2) 在电网现有仪器仪表配置下,计算用的数据或资料应易于采集获取,对有条件的场所,应尽量采用自动化抄表数据。

(3) 所采用的方法、计算的结果应达到足够的精确度,应能满足实际工作需要,误差应在允许范围内。

三、理论线损电量的组成部分

理论线损电量主要有以下组成部分:

(1) 变压器的损耗电量;

(2) 架空线路及电缆线路的导线损耗电量;

(3) 电容器、电抗器、调相机中有功损耗及调相机的辅助机消耗电量;

(4) 变电站(所)的用电量;

(5) 电流互感器、电压互感器、电能表、测量仪表、保护及远动装置的电能损耗电量;

(6) 绝缘子的泄漏损耗电量;

(7) 电晕损耗电量;

(8) 电导损耗电量等。

四、线损理论计算工作流程

由于线损理论计算是一项复杂的系统工作,它涉及面广,工作量大,计算结果要求准确,具有实际使用价值。现推荐工作流程如图 1-1 所示。

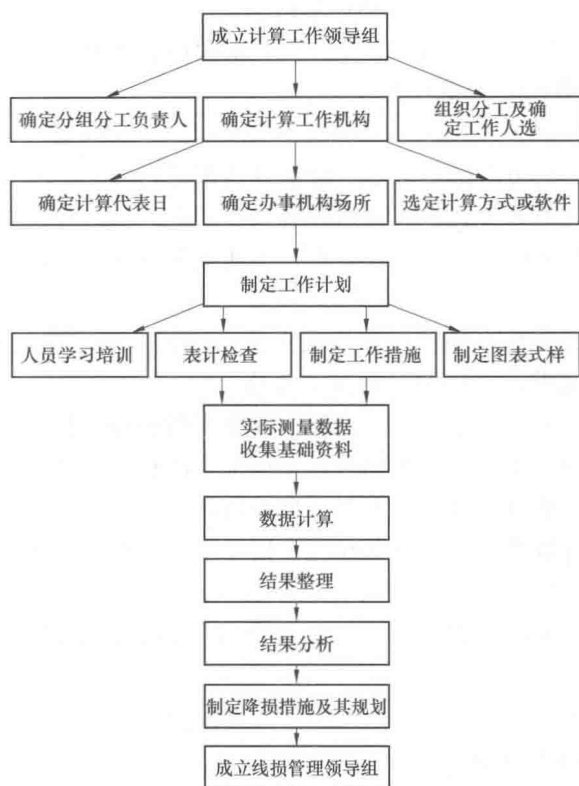


图 1-1 线损理论计算工作流程方框图

第二节 线损理论计算的准备工作

一、研究成立线损理论计算工作领导小组

线损理论计算面广、复杂、工作量大、涉及部门多，为使计算工作顺利进行和达到预计效果，各单位要在开展线损理论计算前期必须成立线损理论计算领导小组。单位一把手任组长，成员由生产、农电、营销、调度、计量、信息等部门的负责人及技术骨干人员组成。领导小组负责线损理论计算措施制定、明确各部门的职责，协调各部门的关系与工作，处理理论计算工作中出现困难和问题，组织对线损理论计算结果分析、研究，总结经验以利克服和发扬，对存在问题制定解决措施。

二、职责分工的建议方案

为使线损理论计算工作各司其职、各负其责，按时高质量完成各项工作，对线损理论计算工作必须进行合理的、明确的分工。

(1) 线损的归口管理单位（部门）是线损理论计算的总牵头部门，工作包含具体负责线损理论计算的组织安排、责任分工、对时间和质量的具体要求、基础资料和图表（或式样）的制定、发放、收集、审核、汇总等工作，负责线损理论计算的具体计算、结果分析，整改（实施）措施的制定，总结和编制上报材料等工作。

(2) 生产部门负责各变电站（所）代表日全天 24 小时的整点各相关表计数据的抄录、

审核和汇总等工作；负责变电站（所）各设备、输电线基础参数的调查、统计、绘制图表、汇总上报工作。

(3) 农电部门负责所辖各输、配电设备基础参数调查、统计、绘制图表、汇总上报。

(4) 调度部门负责对网损计算所需基础数据和统计资料的采集、收集、审核、绘制图表、汇总，负责具体的网损计算、结果分析、措施制定、绘制图表、总结编制和上报等工作。

(5) 用电营销部门负责提供理论线损计算所需的与营销有关的各种数据及相关资料整理、分类、汇总、填制图表等工作。

(6) 计量管理部门负责所辖各变电站所有计量表计的管理工作，并对运行的准确性负责，做好代表日的母线电量平衡和计量表计的监测工作。

(7) 信息部门负责信息可靠、准确、连续、信息数据备份、分类、汇总上报。

三、确定计算范围

(1) 省公司线损归口管理部门负责全省的综合线损、网损和分电压等级网损的计算、汇总、分析、总结和上报工作。

(2) 省公司调度部门负责 220kV 及以上电网的网损及分电压等级网损的计算、汇总、分析、总结和上报工作。

(3) 市（分）公司线损归口管理部门负责所辖区域的综合线损、网损和分电压等级网损的计算、汇总、总结和上报工作。

(4) 市（分）公司调度部门负责 220kV 及以下电网的网损及分电压等级网损的计算、汇总、分析、总结上报工作。

(5) 各县市线损归口管理部门负责所辖供电区域综合线损、网损、分电压等级网损、10kV 有损和低压台区线损理论计算、汇总、分析、总结上报工作。

四、线损理论计算的时间与周期

各级电力部门必须定期组织负荷实测，并进行线损理论计算。35kV 及以上系统每年进行一次；10kV 及以下系统至少每两年进行一次。如遇电源分布、网络结构有重大变化时，还应及时进行计算。

五、代表日的选定应遵循的原则

为使线损理论计算结果具有代表性，代表日的选择应遵循以下原则：

(1) 电网应处于正常（常规）运行方式，电网的潮流分布正常，应在没有大的停电检修工作期间。

(2) 供电量选定原则。代表日供电量应接近全月或全年的平均日供电量。

(3) 用电情况的选定原则。客户的用电情况应正常。

(4) 天气气温情况的选定原则。气候应正常，能够代表全月或全年的平均气温。

(5) 负荷情况选定的原则。

计算代表月电能损耗时，至少要取 3 天 24h 的负荷，使其能够代表月的负荷状况。

计算全年的电能损耗时，应以月代表日为基础，35kV 以上电网代表日至少取 4 天，使其能够代表全年各季度负荷情况。

六、线损理论计算的對象

(1) 系统变电站（所）的降压变压器。



- (2) 供电企业的配电变压器。
- (3) 调相机。
- (4) 电容器。
- (5) 电抗器。
- (6) 各电压等级输配电线路和电缆。
- (7) 接户线。
- (8) 电能表。

七、对代表日负荷实测的数据有关要求

代表日负荷记录应完整，能满足计算要求，一般应实测并记录以下数据：

- (1) 各发电厂代表日全天各整点时间上网有功功率、无功功率、电压、电流的抄表记录，以及全天 24h 累计有功、无功电量。
- (2) 各电网企业间关口表计代表日全天整点从邻近电网输入和向邻近电网输出的有功功率、无功功率、电压、电流以及全天连续 24h 累计有功、无功电量。
- (3) 各自备发电厂全天整点向电网输出和从电网输入的有功功率、无功功率、电压、电流以及 24h 累计有功、无功电量。
- (4) 系统变电站变压器各侧、各电压等级输电线路和中、高压配电线路始端代表日全天各整点电流、有功功率、无功功率及连续 24h 累计有功电量、无功电量。
- (5) 35kV 及以上电网代表日停运的变压和线路，并绘制电网整点潮流图（以检验计算结果的合理性）。
- (6) 变电站各级母线代表日全天各整点的电压抄表记录。
- (7) 高压供电用户专用变压器代表日各整点的电压、电流、有功功率、无功功率（或功率因数）和代表日全天 24h 连续累计有功、无功电量。
- (8) 10kV 各公用、专用配电变压器代表日全天的用电量，有 10kV 支线线路计量设施的，应读取代表日连续 24h 累计电量。
- (9) 除收集以上负荷资料处，还需了解以下情况：

- 1) 根据代表日整点抄录的负荷，绘制各电网企业和变压器、线路的代表日负荷曲线，分析了解负载系数，日负荷和气候的变化情况。
- 2) 各电网企业关口表计所有母线电能平衡情况。
- 3) 电容器的投运时间、线路投切及变化，变压器分接头位置变动等有关资料。
- 4) 供电时间变化情况和停、限电情况。

八、线损理论计算应收集的设备参数资料

为了保证线损理论计算结果的正确（可用），必须事先收集、整理、核实设备静态参数和特性数据。与台账相结合，使收集的设备资料与计算期内的实际情况一致。设备参数资料包括以下内容：

- (1) 各变电站（所）每台变压器、调相机、电容器组、电抗器的参数资料（铭牌、产品出厂说明书或实验数据）。
- (2) 高压输电线路的阻抗图和高压配电线路的单线图（含各支路），图上应注明导线规格、型号、长度、线路电阻（高压输电线路的电抗）的实际有名值；一条线路有几种不同型号线段的情况下，应分别标注各线段参数。

(3) 绘制各低压台区配电线路图,图上标注线路各段导线的型号、长度、电能表箱位置及表箱中单、三相表计只数、月用电量,统计接户线总长度,各配电变压器的低压线路出线线路(回)数、相线和中性线的导线型号、长度等资料。

(4) 用户三相和单相电能表的统计资料。

九、各种典型情况处理原则

(1) 35kV 及以上系统变电站站用电按代表日当天实际抄录数据参加计算,无计量表的 110 (66) kV 站用电按 1.5 万 kWh/月, 35kV 站用电按 0.3 万 kWh/月参加计算。

(2) 35kV 以上变电站电容器、电抗器按代表日当天实际投入情况参加计算。

(3) 35kV 及以上系统的功率因数按代表日当天实际抄录数据参加计算, 10kV 系统功率因数如无实测数据可按下述原则计算: 发达市区按 0.88, 一般地区的市区按 0.85、农村(全部)按 0.8。

(4) 10kV 及以下的低压配电网线损可按统计平均值分类计算。城区取 6%, 郊县取 7.5%。特殊情况可以根据电网实际给定有关数值,同时对不同类型的典型台区(变)进行实测。

(5) 各电压等级的无损电量参加本级计算, 220kV 系统的无损电量参加本地区综合线损率计算。

(6) 各级降压变压器的损耗按其高压侧电压水平计入相应电压等级的损耗。

十、计算人员的培训

为了切实提高计算人员的业务素质、计算水平,开展线损理论计算前应对有关人员进行培训,培训的方法有:

(1) 编写培训的讲义及教材。主要内容包括线损概述、电力网参数计算、潮流计算、线损计算方法、分析的内容和方法、措施的制定、总结的编写(制)、汇总的表格内容及填写说明等。

(2) 聘请具有一定线损管理经验和水平的人进行讲课,重点对线损管理有关的各项基础知识进行讲解,以提高计算人员的业务素质。

(3) 聘请软件公司的技术人员对计算软件的使用原理、使用方法、注意事项,以及计算所需的数据进行培训,以便对线损理论计算进行总体部署和安排,达到事半功倍的目的。

(4) 使用新的计算软件,最好采用“集中”计算方式,以便统一培训、问题统一处理、相互交流、共同提高,有利开展传、帮、带活动,达到较好的培训效果。

十一、线损理论计算的条件

线损理论计算是在一定的条件下进行工作的,在进行线损理论计算之前必须做好以下工作:

(1) 完善各种电能计量装置和检测仪表。电网线路出口应装置电压表、电流表、有功电能表和无功电能表等表计;每台配电变压器二次侧应装置有功电能表和无功电能表(或功率因数表),并要求其计量准确,做好各种运行记录等。

(2) 绘制电网的一次接线图,各条输电线路的接线图、路(走)径图,并标明各线路导线型号、长度、配电变压器规格型号及容量、代表月的电量等。

(3) 选定代表日,组织按时、到位、正确抄录相关数据,如各整点(时)的电压、电流、有功功率、无功功率,有功电量和无功电量、电容器投切情况、变压器分接头位置等。

(4) 选用精确的线损计算软件、输入基础数据和资料应正确无误，确保计算准确合理。

十二、计算软件的选定

线损理论计算软件的选定对计算结果有至关重要的影响。目前国内生产的计算软件各种各样，计算结果各有区别，因此选择计算软件应考虑以下几个方面因素。

(1) 计算结果的准确性是首选条件。对选定的软件应进行对比分析，采用软件计算与手工计算、实际完成值、管理经验相结合，选取软件计算结果与实际相符的软件进行计算。

(2) 操作应具简单性。对各种软件进行比较，选取操作简单的软件。

(3) 具有一定先进性。选定的软件要具有先进性，应具有目前较先进操作系统支持功能。

(4) 显示界面的美观性。

(5) 计算结果的全面性。要求软件对计算结果能够全面反映，能够计算出全局的综合线损、网损、分电压等级的线损值和理论线损率、各条输配电线路的理论线损率、基础资料明细、各种电量的比例，以及相关的其他数据及资料，实施降损的效益分析等。

(6) 所采用的软件必须满足《线损理论计算分析软件技术标准》的要求。

第三节 影响线损的基本因素与电力负荷基础知识

一、影响线损的基本因素及其分析

大家知道电能量可用 $A = Pt = UI \cos \varphi t = I^2 R \cos \varphi t$ 表示，可见影响线损的因素主要可概括为电流、电压、功率因数、电阻及负荷曲线形状系数等五个方面。

1. 电流、经济负荷电流对线损的影响

我们知道，同一条输电线路，负荷电流增大则线损增大，但任一条运行中的配电线路都有一个经济负荷电流范围，当实际负荷电流保持在这个范围内运行，就可以使线损接近极小值。

线路的经济负荷电流，是从经济方面综合考虑线路上电能损耗与线路（整体）投资，选择一个比较合理的截面，故在工程中常引出线路“经济电流密度”的概念，导线的经济电流远小于它的安全允许电流，即不能把导线的安全允许电流误认为线路（导线）应运行的负荷电流。表 1-1 是我国目前规定的导线和电缆经济电流密度（A/mm²），这样导线的经济电流则可写成：

表 1-1 线路导线经济电流密度 (A/mm²)

线路类别	导线材料	年最大负荷利用小时数 (h)		
		3000 以下	3000~5000	5000 以上
架空线路	铝	1.65	1.15	0.9
	铜	3.00	2.25	1.75
电缆线路	铝	1.95	1.73	1.54
	铜	2.5	2.25	2.00

$$I_{jj} = S j_{jj} \quad (1-1)$$

式中 I_{jj} ——导线的经济电流，A；

S ——导线截面积, mm^2 ;

j_{ji} ——导体材质的经济电流密度, A/mm^2 。

2. 变压器的经济负载率对线损的影响

变压器的理论负载率,是指其二次侧的工作电流与额定电流之比,变压器的理论负载率并不能衡量变压器的经济运行。变压器的经济负载率是衡量变压器运行的一个重要指标,变压器的经济负载率可表示如下:

$$\beta_{\text{Bj}} = \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{Bo}}}{\Delta P_{\text{k}}}} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 β_{Bj} ——变压器经济负载率, %;

ΔP_{Bo} ——变压器的空载损耗, kW ;

ΔP_{k} 或 P_{d} ——变压器的短路损耗, kW 。

3. 运行电压对线损的影响

供电电压升高,线损中的可变损失减小,但不变损耗却随着电压的升高而增加。故总的线损随着电压的升高是降低还是升高,应视线损中的不变损失,即变压器铁损在线损中所占的比重而定。当不变损失在总体损耗中所占的比重小于 50% 时,供电电压升高,线损中可变损耗减少较多,因而总的线损下降。

变压器在设计时,已确定了自身铁芯,磁化曲线随电压的升高会逐渐饱和,如果电压继续升高,其激磁电流就会急速增加,从而增大磁滞损耗和涡流损耗,即铁损增大。在此特别要指出的是,当前的节能变压器磁通密度选取较高,也就是说当变压器运行电压一旦升高,就面临磁饱和状态,即必然导致激磁电流急速增加。变压器自身综合有功损耗表达式为: $\Sigma \Delta P_{\text{B.FH}} = \Delta P_{\text{Bo}} + \Delta P_{\text{B.kb}}$, 其中 $\Delta P_{\text{Bo}} = \Delta P_{\text{B.Fe}}$ (工程计算时), 又称为变压器的铁芯损耗, 而 $\Delta P_{\text{B.kb}} = (P_{\text{b.FH}}^2 + Q_{\text{b.FH}}^2) \Delta P_{\text{K}} / S_{\text{e}}^2$ 。

线路和变压器线圈的等值电阻近似为常量,由公式 $I = U/R$ 可见电流随电压基本是线性增长(较快,只增不减)。

4. 功率因数 $\cos\varphi$ 对线损的影响

由功率三角形可知 $P = S \cos\varphi$, 而功率又可写成 $P = \sqrt{3} UI \cos\varphi$, 故有 $I = \frac{\sqrt{3} P}{3 U \cos\varphi}$, 可见当分母中的 $\cos\varphi$ 值降低,其他参数不变时,负荷电流将随 $\cos\varphi$ 的降低而增加。因此线损中可变损耗随功率因数降低(电流增加)而增加。

5. 电阻 R 对线损的影响

电阻的表达式为: $R = \rho L / S$, 其式表示电阻与线路长度、导线截面积及电阻率有关,而线路有功功率损耗 $\Delta P = I^2 R$, 可见减小电阻(缩短供电半径,或增大导线截面,或选用导电率较高的材料)都可以减少线损。

6. 负荷曲线形状系数 (K 值) 对线损的影响

前面已讲到了经济负荷(电流),但任何综合负荷不可能长期保持为经济负荷状态,即一昼夜(24 小时)、一个月、一季度不可能一样,这样为了了解负荷情况,我们需要引用负荷曲线及其形状系数 K 值来描绘负荷变化情况, K 值越大,负荷曲线起伏变化越大(峰谷差越大),则线损越大。当 K 值接近 1.0 时,负荷曲线趋于平坦,线损最小。



7. 线路及用电设备的绝缘状况对线损的影响

线路上的电流产生泄漏及线路路径状况对线损也有影响。

8. 电网的不同运行方式对线损的影响

从两个或两个以上地方取得电源的区域性闭环运行电网, 应进行各种运行方式功率分布计算, 在某同一种运行方式下还要进行电网功率分布计算, 力求线损为最低的运行方式。

9. 三相负荷不平衡对线损的影响

三相负荷越不平衡, 线损将越大。因为三相负荷不平衡时, 将在相间产生不平衡电流, 这些不平衡电流除在相线上引起损耗外, 还将在中线上引起损耗, 从而增加总的损耗。出现三相负荷不平衡以农村配电网比较突出, 严重时中线上有较大电流通过, 甚至比某些相线电流还大, 有的接近最大相电流。

若运行中三相负荷不对称, 中性点就会发生偏移, 致使负载三相电压严重不对称, 电压高的相会很快烧毁设备。供电规程中规定中线电流不得超过额定线电流的 25% 就是这个道理。

二、电力负荷基础知识

1. 电力负荷

在电力系统中, 某一时刻它所承担的各类用电设备消耗电功率的总和, 称为电力系统的电力负荷。单位常用千瓦 (kW)、兆瓦 (或 MW) 表示, $1\text{MW}=1000\text{kW}=10^6\text{W}$ 。按照不同统计方法, 电力负荷可分为以下几个种类。

(1) 按供用电的不同分类。

1) 用电负荷。用电负荷是指用电户的用电设备在某一时刻实际使用功率的总和。也就是说用户在某一时刻对电力系统所要求的功率。而从电力系统来讲, 则是指这个时刻为了满足用户所需要具备的供电 (发电) 能力。

2) 线路损失负荷。前面已讲过, 电能从发电厂到用户的整个输 (变) 配电过程中, 不可避免地会发生功率和电能的损失, 而这种损失所相对应的供电 (发电) 功率叫做线路损失负荷。

3) 供电负荷。在这里我们可以说用电负荷加上同一时刻的线路损失负荷是发电厂 (或该供电系统) 对外供电时所承担的全部负荷, 故叫做该发电厂 (供电系统) 的供电负荷。

(2) 按供电对象的不同分类。

1) 工业用电负荷。工业用电负荷主要有三相动力负荷和电热负荷。它又可分为: 连续工作制负荷、短时工作制负荷和反复短时工作制负荷。

2) 农业用电负荷。其主要也为三相动力负荷, 其特点是使用时间受季节或昼夜时间以及旱涝气象影响较大。

3) 市政、照明及生活用电负荷。这类负荷绝大多数是单相负荷。其特点是: 使用容量变化大, 使用时间受昼夜、季节、生活习惯、工作规律等因素的影响突出。

(3) 按负荷出现的时间不同分类。

1) 高峰负荷。高峰负荷又称最大负荷, 它是指电网或用户在一天内所出现的供用电最大负荷的数值。为讨论问题的方便, 常以小时用电量作为负荷, 例如, 一天 24h 中, 最高的一个小时的平均负荷作为高峰负荷。

2) 低谷负荷。低谷负荷又称最小负荷, 是指电网或用户在一天内所出现的供用电最少的一小时平均用电负荷。

3) 平均负荷。平均负荷是指电网或用电户在一天内的平均一小时供用电量。为了分析负荷,常用日平均负荷,即一天的用电量被一天的用电时间(小时)来除得的商表示;较宏观的还有月平均负荷和年平均负荷加以表示。

(4) 按用电的重要性和中断供电以后可能发生在政治上、经济上以及人身设备安全上所造成的损失或影响程度分类。

1) 一级负荷,有时又称一类负荷。它是指在突然中断供电,将会造成人身伤亡,或会引起对周围环境严重污染;将会造成在政治上有严重影响;或会造成设备及经济上重大损失后果的负荷。一级负荷应由两个电源供电。

2) 二级负荷,同样有时也称二类负荷。它是指突然中断供电,将会造成在政治上有较大影响,或会造成经济上有较大损失后果的负荷。二级负荷亦应由两个电源供电。

3) 三级负荷,也称三类负荷。它是指不属于一级和二级以外的负荷。对这类负荷突然中断供电,所造成的损失不大,或不会造成直接损失。它对供电电源无特殊要求。

(5) 按党和国家各个时期的政策、季节、自然灾害等要求分类。

1) 优先保证供电的重点负荷;

2) 一般供电非重点负荷;

3) 可以暂时限制或停止供电的负荷。

2. 负荷率

负荷率是指在规定的时间(日、月、季、年)内的平均负荷与同期最大负荷之比的百分数。平均负荷是整个供用电期间内所供应或消耗(使用)的总电量除以该期间的小时数。最大负荷是指同一期间(1日、1月、1季、1年)内,按时间15min、30min或1h计算的最大平均负荷。

负荷率是用来衡量在规定时间内负荷变动情况,以及考核电气设备的利用程度的。负荷率一般用 f 表示,例如,日平均负荷率 $f = I_{pj} / I_{max}$,式中, I_{pj} 为平均负荷电流值, I_{max} 为最大负荷电流值。

某电网的负荷率,是指该电网在一定时间内的平均有功负荷与同期最大(高)有功负荷之比的百分值,是用来衡量该电网平均负荷与最大负荷之间差异程度的。

负荷率是反映发电、供电、用电设备是否充分被利用的重要技术经济指标,从经济运行方面考虑,负荷率越接近100%,表明设备利用程度越高或者说在供用电设备不变的情况下多供电、多用电(多生产)。

3. 负荷曲线及其形状系数

负荷曲线。电力系统的负荷是不断变化着的,把某一时间段内负荷随时间的变化而变化的规律画成曲线,就是负荷曲线。按负荷的种类分,可分为有功功率负荷曲线和无功功率负荷曲线;按时间长短分,可分为日负荷、月负荷、季负荷曲线和年负荷曲线;按计量地点可分为个别用户、电力线路、变电所、发电厂乃至整个系统的负荷曲线。

在实际使用中为了画出负荷曲线,在平面直角坐标系中,以横坐标表示时间,如以日负荷为例,单位小时,即分1h整、2h整、……24h整标分,用纵坐标表示对应时间段的该负荷计量点的(如线路负荷为线路首端等)整点功率百分比 $P\%$ (最大功率为 $P100\%$),或用该点的电流及电量在坐标系上来标出各点(时)坐标位置,连接坐标系上所标各个坐标点就形成了负荷曲线。