

基层供电企业员工岗前培训系列教材

配电线路运行与检修

河南省电力公司 组编

丁旭峰 主编

梁文博 主审

专业类



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

《基层供电企业员工岗前培训系列教材》是依据《国家电网公司生产技能人员职业能力培训规范》，结合生产实际编写而成的。

本套教材共有 14 册，其中 3 册为实训教材。本册为《基层供电企业员工岗前培训系列教材 配电线路运行与检修》，全书共十个单元，具体内容有：配电网电气计算、配电网的损耗、配电网的无功补偿、配电线路的过电压防护、配电线路的运行、电缆线路的运行与检修、配电线路的事故预防、架空绝缘线路的运行与检修、配电线路的检修、配电网带电作业。

本书可作为基层供电企业新员工、复转军人入职培训用书和生产技能人员提升职业能力的培训用书，也可供电力职业院校教学参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

配电线路运行与检修/丁旭峰主编；河南省电力公司组编. —北京：中国电力出版社，2010.

(基层供电企业员工岗前培训系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5083 - 9837 - 2

I. ①配… II. ①丁… ②河… III. ①配电线路—电力系统运行—技术培训—教材 ②配电线路—检修—技术培训—教材 IV. ①TM726

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 223427 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](http://www.cepp.com.cn))

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

2010 年 2 月第一版 2010 年 2 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 12.5 印张 232 千字

印数 0001—3000 册 定价 25.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
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

《基层供电企业员工岗前培训系列教材》

编 委 会

主 任： 凌绍雄

副 主 任： 焦银凯 苏国政 常玉田 仝全利

委 员： 孙永阁 陈水增 王 静 张 静 张少杰
邓启民 宋素琴 孙卫红 徐文忠 李忠强
吴 兵 沈世峰 吴 荻 惠自洪 郭海云
付红艳 戴 泌 曹国慧

前言

为了增强基层供电企业员工岗前培训的针对性和实效性,进一步提高岗前培训员工的综合素质和岗位适应能力,河南省电力公司组织河南电力工业学校、南阳电力技工学校的教学管理人员及部分教师共同策划、编写了这套基层供电企业员工岗前培训系列教材。该套教材按照电网主要生产岗位的能力素质模型和岗位任职资格标准,实施基于岗位能力的模块培训,提高培训教学的针对性和可操作性,培养具有良好职业素质和熟练操作技能、快速适应岗位要求的中高级技能人才。

该套教材针对基层供电企业员工岗前培训的特点,在编写过程中贯彻以下原则:

第一,从岗位需求分析入手,参照国家职业技能标准中级工要求,精选教材内容,切实落实“必须、够用、突出技能”的教学指导思想。

第二,体现以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路,较好地处理了基础知识与专业知识、理论教学与技能训练之间的关系,有利于帮助学员掌握知识、形成技能、提高能力。

第三,按照教学规律和学员的认知规律,合理编排教材内容,力求内容适当、编排合理新颖、特色鲜明。

第四,突出教材的先进性,结合生产实际,增加新技术、新设备、新材料、新工艺的内容,力求贴近生产实际,缩短培训与企业需要的距离。

全书共十个单元,主要介绍了配电网电气计算、配电网的损耗、配电网的无功补偿、配电线路的过电压防护、配电线路的运行、电缆线路的运行与检修、配电线路的事故预防、架空绝缘线路的运行与检修、配电线路的检修、配电网带电作业。本书由南阳电力技工学校丁旭峰主编,并编写了单元二、三、四、七、八、九,单元一、五由南阳供电公司黄宗阁编写,单元六、十由南阳供电公司常江编写。全书由河南电力工业学校梁文博主审。

本书在编写过程中得到了南阳供电公司齐海旺、杨伟和南阳电力技工学校张建

的支持与指导，南阳电力技工学校张少杰、河南电力工业学校惠自洪进行了具体的组织与指导，在此一并表示感谢。

由于编写时间仓促，水平有限，难免出现疏漏，敬请读者在使用中多提宝贵意见。

编 者

2010 年 1 月

单元一

配电网电气计算

本单元主要介绍了配电网的电气计算项目，要求大家能熟悉电能损耗计算的一般步骤，了解电压调整方法，掌握电网导线截面的选择原则。

课题一 配电网电压损耗计算

学习目标

1. 知道线路和变压器的等值参数和等值电路。
2. 了解电压损耗的基本概念及计算原理。
3. 熟悉电力系统电压调整方法。

知识点

1. 电网参数和等值电路。
2. 电压损耗的概念。
3. 电力系统电压调整方法。

技能点

正确进行系统电压的调整。

学习内容

一、线路的参数和等值电路

电力线路的参数有 4 个：①反映线路通过电流时产生有功功率损耗效应的电阻；②反映载流导线周围产生磁场效应的电感；③反映线路带电时绝缘介质中产生泄漏电流及导线附近空气游离而产生有功功率损耗的电导；④反映带电导线周围电场效应的电容。通常，这些参数都看作是均匀分布的，正确计算这些参数是线路电气计算的基础。一般来说，线路的参数主要取决于导线的种类、结构（单线或多股绞线，是否为分裂导线等）、截面大小、各相导线的布置方式等因素。

电力线路的电气参数计算是电网电能损耗计算和电压损耗计算的基础,也是研究线路及电力系统各种运行问题的基础。线路的参数有电阻、电抗、电导和电纳,下面分别讲述这些参数的计算方法。

(一) 线路的电阻

导线的直流电阻

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-1)$$

式中 R ——导线直流电阻, Ω ;

ρ ——导线材料的电阻系数,与温度有关,温度为 20°C 时,铜导线 $\rho = 18.8 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$,铝导线 $\rho = 31.5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$;

L ——导线的长度, km ;

S ——导线的截面积, mm^2 。

此外,在实际计算时必须考虑下列因素的影响:

(1) 输配电线路中所用的导线都是多股绞线,由于绞线使导线实际长度增加了 $2\% \sim 3\%$,因而它们的电阻系数要比同长度的单股线大 $2\% \sim 3\%$ 。

(2) 在线路参数计算中,都是根据导线额定截面(标称截面)进行的,但导线实际截面会比标称截面小。

(3) 导线的电阻系数是随温度增加而增加的,随着季节和导线载流量的变化,导线的电阻系数也在变化,因此必须根据导电系数进行修正。各种导线单位长度的电阻使用时可直接查表得到。

架空线路的总电阻 R 可按 r_0 乘以线路长度 L 得到,用公式表示为

$$R = r_0 L \quad (1-2)$$

当导线内通过交流电时,由于集肤效应的影响,导线的交流电阻比直流电阻要大,但在 50Hz 的交流线路上增加不大,所以导线的交流电阻可直接按直流电阻公式计算。

(二) 线路的电抗

单相导线线路电抗

$$x_1 = 2\pi f \left(4.6 \lg \frac{D_m}{r} + 0.5\mu \right) \times 10^{-4} \quad (1-3)$$

$$\text{或} \quad x_1 = 0.1445 \lg \frac{D_m}{r} + 0.0157 \quad (1-4)$$

式中 x_1 ——导线单位长度的电抗, Ω/km ;

r ——导线外半径, mm ;

f ——交流电的频率, Hz ;

μ ——导线材料的相对磁导系数，铜和铝 $\mu=1$ ，钢 $\mu\gg 1$ ；

D_m ——三根导线间的几何平均距离，简称几何均距， $D_m=\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ca}}$ ，mm。

(三) 线路的电导

对于架空输配电线路，除了导线电阻的有功损耗外，还有电晕损耗和沿绝缘子漏电所致的有功损耗；对于电缆线路主要是介质损耗。这些损耗可以用电导参数来说明。当线路实际电压高于电晕临界电压时，与电晕相对应的电导为

$$g_1 = \frac{\Delta P_g}{U^2} \times 10^{-3} \quad (1-5)$$

式中 g_1 ——导线单位长度的电导，S/km；

ΔP_g ——实测三相电晕损耗的总功率，kW/km；

U ——线路电压，kV。

在线路设计中，凡选用大于规程规定的线号的线路，均不必验算电晕。因而，在电网计算中，为了简化，线路电导可以略去不计。

(四) 线路的电纳

电力线路的电纳（容纳）是由导线间以及导线与大地间的分布电容所确定的。每相导线的等值电容

$$C_1 = \frac{0.0241}{\lg \frac{D_m}{r}} \times 10^{-6} \quad (\text{F/km}) \quad (1-6)$$

当频率为 50Hz 时，单位长度的电纳为

$$b_1 = 2\pi f C_1 = \frac{7.58}{\lg \frac{D_m}{r}} \times 10^{-6} \quad (\text{S/km}) \quad (1-7)$$

(五) 线路等值电路

输电线路的参数实际上是沿线路均匀分布的，但按分布参数计算非常复杂，为了方便计算，常用集中参数电路来代替分布参数电路。只有对于线路长度超过 300km 的远距离输电线路，才考虑参数误差的修正。

具有集中参数表示的 Π 形等值电路如图 1-1 所示。对于 35kV 以下的架空线路和 10kV 以下的电缆线路，由于线路短，线路电容影响极小，电纳也可以忽略不计，这样等值电路可简化为图 1-2 所示的形式。

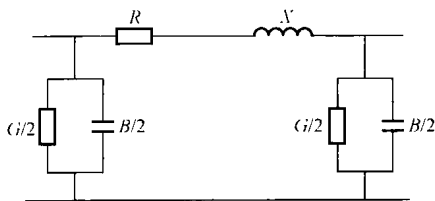


图 1-1 Π 形等值电路



图 1-2 简化等值电路

二、变压器的参数和等值电路

变压器的参数包括电阻、电抗、电导和电纳 4 种。这 4 种参数分别反映了变压器的 4 种基本功率损耗，即铜损耗、漏磁损耗、铁损耗和励磁损耗。在电网计算中常采用变压器的 Γ 形等值电路，如图 1-3 (a) 所示。 Γ 形等值电路中的阻抗是高、低压侧绕组的阻抗向同一侧电压归算后的等值总阻抗；变压器导纳一般接在变压器功率输入端。变压器的电导和电纳中的有功功率和无功功率损耗，分别是变压器的铁损和励磁损耗。因此，常将等值电路中的电导和电纳用有功功率损耗和无功功率损耗来代替，这样， Γ 形等值电路即可简化为 1-3 (b) 所示的形式。对于地方电网，变压器导纳的影响可以略去不计，这时 Γ 形等值电路如图 1-3 (c) 所示。

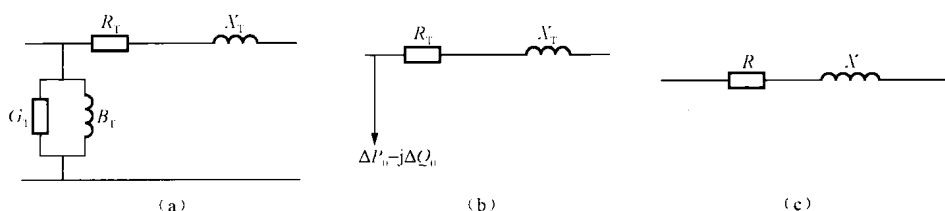


图 1-3 双绕组变压器等值电路

(a) Γ 形；(b) 简化 1；(c) 简化 2

每台变压器在出厂时都要做出厂试验，并在试验中测得 4 个电气特性数据即：由变压器的短路试验可测得变压器的短路损耗 ΔP_k 和变压器的短路电压百分数 $U_k\%$ ；由变压器的空载试验可测得变压器的空载损耗 ΔP_0 和空载电流百分数 $I_0\%$ 。

利用这 4 个量可以计算出变压器的 4 个参数 R_T 、 X_T 、 B_T 、 G_T 。

1. 变压器的等值电阻

$$R_T = \frac{\Delta P_k U_N^2 \times 10^3}{S_N^2} \quad (1-8)$$

式中 R_T ——变压器一次、二次绕组的总电阻， Ω ；

ΔP_k ——变压器额定短路损耗，kW；

U_N ——变压器的额定电压，kV；

S_N ——变压器的额定容量，kVA。

2. 变压器的等值电抗

$$X_T = \frac{U_p\% U_N^2 \times 10}{S_N} \approx \frac{U_k\% U_N^2 \times 10}{S_N} \quad (1-9)$$

式中 X_T ——变压器一次、二次绕组的总电抗， Ω ；

$U_k\%$ ——变压器短路电压的百分数；

$U_p\%$ ——变压器中的电抗压降百分数，大型变压器， $U_p\% = U_k\%$ ；

S_N ——变压器的额定容量，kVA；

U_N ——变压器的额定电压，归算到变压器某一侧，kV。

3. 变压器的等值电导

$$G_T = \frac{\Delta P_0 \times 10^{-3}}{U_N^2} \quad (1-10)$$

式中 G_T ——变压器的电导，S；

ΔP_0 ——变压器额定空载损耗，kW；

U_N ——变压器的额定电压，kV。

4. 变压器的等值电纳

$$B_T = \frac{I_0\% S_N}{U_N^2} \times 10^{-5} \quad (1-11)$$

式中 B_T ——变压器的电纳，S；

$I_0\%$ ——变压器额定空载电流的百分数；

S_N ——变压器的额定容量，kVA；

U_N ——变压器的额定电压，kV。

三、电网的电压损耗

(一) 电压损耗的基本概念

电压是表明电能质量的一个重要指标。电网在运行时，在其阻抗上必然产生电压降落，因而电网各点电压是不同的。又因为负荷的波动、电力系统运行方式的变化，电网各点的电压也是经常变动的。此外，由于系统发生事故等原因也会引起电压大幅度变动。

电网电压的变化情况，常应用“电压降落”、“电压损耗”、“电压偏移”的概念来说明。

电压降落就是指线路首端电压和末端电压的向量差。

电压损耗就是指线路首端电压和末端电压的代数差。

电压偏移就是指电网中某点的实际电压与电网额定电压的差。电压偏移可以是正值，也可以是负值。正的电压偏移表示运行时的实际电压高于额定电压；负电压偏移表示运行时的实际电压低于额定电压。

(二) 配电网电压损耗计算

10kV 及其以下的线路，由于线路较短，沿线各点电压变化不大，因而在进行电压损耗计算时，可用电网的额定电压代替各点的实际电压，则电压损耗的公式为

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U_N} \quad (1-12)$$

式中 ΔU ——电压损耗；

P ——线路所带负荷的有功功率，kW；

Q ——线路所带负荷的无功功率，kvar；

R ——线路的等值电阻， Ω ；

X ——线路的等值电抗， Ω ；

U_N ——线路的额定电压，kV。

如果导线截面较小，其电阻比电抗大得多，或功率因数接近于 1 的线路，其电压损耗可按下列式计算

$$\Delta U = (PR)/U_N$$

(三) 电压调整的方法

电压是衡量电能质量的主要指标之一，电压偏移超过容许范围时，对受电设备的运行具有很大的影响。

受电设备最理想的工作电压就是它的额定电压。用户的端电压是随着电网的电压损耗而变动的，而电压损耗的大小，一方面要随着负荷大小的改变而变动；另一方面又要随着由电力系统接线方式的改变所引起的功率分布和电网阻抗的改变而变动。所以，在电网中如不采取特殊措施，往往很难保持所有受电设备在任何时间都能在额定电压下，或在额定电压附近工作。为此，必须采取调压措施。

电压的调整，必须根据电网具体要求，在不同的接点采用不同的方法，具体如下：

1. 利用变压器分接头进行调压

通过调整变压器的分接头，以调整其二次侧的电压，达到电压调整的目的。变压器的分接头调节方式，因其构造和性能不同，可分为固定调节和带负荷调节两种。固定调节是不带负荷调节的，只能起调节电压水平的作用，即依靠调换固定分接头，使得在任何负荷下相应提高或降低的电压百分数几乎相同，不能缩小最大负荷与最小负荷之间的电压变动幅度，也就不能适应经常调整电压的需要。带负荷调节是采用有载调压变压器，可以随时调换分接头，达到经常调整电压的目的。分接头的调节，可以人工控制，也可自动控制，若加上以综合反映线路负荷及其产生的压降为原理的线路压降补偿器，则可进行逆调压。对新装设的变压器，要根据调压要求，考虑装设有载调压变压器。对运行中的带固定分接头的变压器，在有调压要求而因某些原因不宜调换为有载调压变压器时，可加装串联调压变压器。另外，感应型调压器也是一种自动调压设备，属无级调压方式，适用于电压要求较高的场

合,但需较大的励磁无功功率,设备造价又较高,故从经济性考虑,其通过容量一般不宜超过 750kVA,电压不宜高于 10kV,往往用于变电所的中压侧,作为城市中压配电网主干线调压之用,很少用于地区电网。

2. 改变电网参数调压

我们知道,电网在输送负荷过程中产生的电压损耗是引起受电设备端电压偏移的主要原因。所以,改变电网的电压损耗值,便可改变受电设备的运行电压,从而达到调压目的。由电压损耗计算公式 $\Delta U = \frac{PR + QX}{U_N}$ 可见,改变电网的电阻 R 和电抗 X ,均可改变 ΔU 的数值。

改变电网参数的方法有以下三种:

(1) 改变电网的导线截面。

(2) 改变电网的接线方式,即切除或投入双回线路中的一条线路,切除或投入变电所中一部分并列运行的变压器。

(3) 在线路上串联电容器(或称串联电容补偿)。

串联电容补偿调压通常用在供电电压为 35kV 及以下的线路上,主要用在负荷波动大、负荷功率因数又很低的配电线路上。串联电容补偿不仅能提高电压,而且其调压效果能够随负荷的大小而改变,即负荷大时调压效果大,负荷小时调压效果小。

串联电容补偿是将电容器串联在线路上。由于线路上接入容抗 X_C 和线路感抗 X_L 互相补偿,降低了线路电抗 X 值,因而降低了电压损耗,达到调压目的。

3. 改变电网无功功率进行调压

当系统无功电源不足时,必须用增加无功电源的办法调压。系统所需的无功功率除了发电机供给外,还由静电电容器、同期调相机等提供。后者不但可减少电网的电压损耗,同时还可以减少电网功率和能量损耗。

利用并联静电电容器(即并联电容补偿)调压,是在负荷侧安装并联电容器以提高负荷功率因数的,这样便可通过减少线路上的无功功率,达到调压目的。

总之,配电网电压的调整,只有从整体出发,采取有效的综合调压措施,如各级串接和并接的调压设备恰当地配合运用,低压单相供电改为三相四线制供电并平衡每相负荷等,才能获得较好的改善电压的效果。同时,在调压效果相同时,要选择节能效果好的调压措施。

思考与练习

1. 什么叫电压偏移、电压降落和电压损耗?

2. 电力系统电压调整方法有哪几种?

课题二 配电网电能损耗计算

学习目标

1. 知道负荷曲线的意义。
2. 会进行配电网电能损耗计算。
3. 会进行配电变压器的电能损耗计算。

知识点

1. 负荷曲线。
2. 配电网电能损耗计算。
3. 配电变压器的电能损耗计算。

技能点

进行具体的配电网电能损耗计算。

学习内容

电力系统的损耗包含有很多方面,因此在运行过程中需进行电能损耗的理论分析计算,以便了解电网各部分损耗的构成情况,从而针对电网的某些薄弱环节,采取有效的技术措施,使线路损耗(简称线损)不断降低。

一、负荷曲线

电力系统的负荷根据用户的需要是时刻在变化的。因此,电网的电能损耗在某一段时间内也随负荷的变化而变化。负荷随时间变化而变化的规律通常以负荷曲线表示。通过负荷曲线可以掌握各个时期内负荷变化的规律,从而制订出配电网设备运行、维护、检修的计划,也可以估出配电网中设备及其负载的变化趋势,从而制订配电网的建设规划。

负荷曲线有有功负荷曲线、无功负荷曲线、日负荷曲线、年负荷曲线4类。日负荷曲线表示一日24h内负荷变化情况,作为经济而且合理地安排配电网日运行方式的依据,保证供电的安全可靠性;年负荷曲线表示一年中的负荷变化情况,用以制订全年或各季的配电网运行方式,安排设备维修计划和实施配电网的年度改造、建设计划。

1. 日负荷曲线

日负荷曲线如图1-4(a)所示,分为有功(P)日负荷曲线和无功(Q)日负荷曲线两种,表示电力负荷在一日24h内变化的情况。

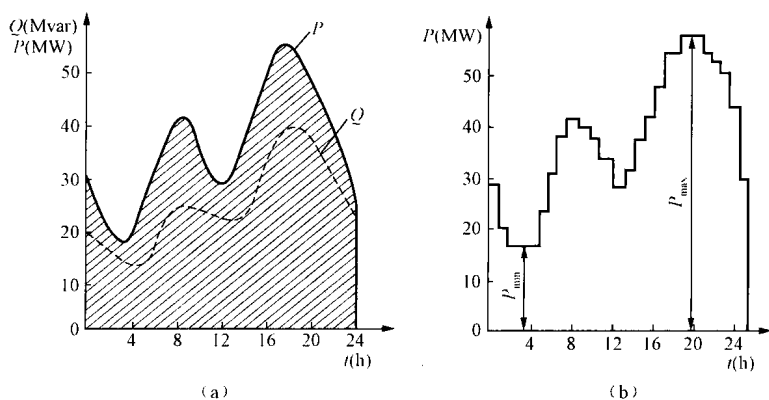


图 1-4 日负荷曲线

为了简化计算和便于在运行中绘制负荷曲线,常采用阶梯形的日负荷曲线,如图 1-4 (b) 所示。日负荷曲线可以由运行日志或记录式仪表的有关数据画出。

图 1-4 (b) 中: $P_{\max}$ 为日最大负荷,即一日内的最大负荷; $P_{\min}$ 为日最小负荷,即一日内的最小负荷。若将一日内各小时的负荷加起来取平均值,即为平均负荷,其值等于图 2-4 (b) 曲线下的面积除以 24h。

日负荷曲线除了表示负荷随时间变化外,同时也表示了用户在一日内消耗的电能 W_r ,即配电网的日用电量

$$W_r = \sum_{1}^{24} P \Delta t \quad (\text{kW} \cdot \text{h}) \quad (1-13)$$

很明显,这就是有功日负荷曲线下面所包围的面积,如图 1-4 (a) 所示斜线的部分。

2. 年最大负荷曲线

在计算电能损耗时,不仅要知道一日之内负荷变化的规律,还要了解一年之中最大负荷的变化规律,因而常采用如图 1-5 所示的年最大负荷曲线。从图中可见,该地区夏季的最大负荷比较小些,而年终负荷比年初大。

3. 年持续负荷曲线

在电力系统的分析计算中还常用到年持续负荷曲线,如图 1-6 所示,它是根据全年负荷变化,按照各个不同的负荷值在一年中 (8760h) 的累计持续时间排列组成的,根据年持续负荷曲线,可以计算全年负荷的用电量 W_n 为

$$W_n = \sum_{1}^{8760} P \Delta t \quad (\text{h}) \quad (1-14)$$

不难看出,电能 W_n 的数值就是年持续负荷曲线下面 0~8760h 所包围的面积。

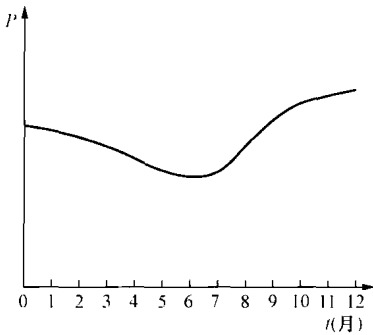


图 1-5 年最大负荷曲线

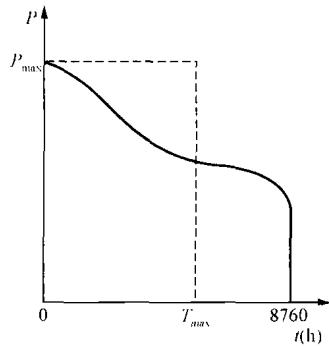


图 1-6 年持续负荷曲线

4. 最大负荷使用时间 $T_{\max}$ 的确定

在年用电量和电能损耗的计算中，难以按实际变化的负荷来计算，而是按最大负荷和最大负荷利用时间 $T_{\max}$ ，进行计算，即

$$T_{\max} = \frac{W_n}{P_{\max}} = \frac{\sum_{i=1}^{8760} P \Delta t}{P_{\max}} \quad (\text{h}) \quad (1-15)$$

在图 1-6 中，负荷所消耗的电能为年持续负荷曲线下 0~8760h 所围成的面积，如果将这部分面积用一与其相等的矩形面积表示，则矩形的高代表最大负荷 $P_{\max}$ ，矩形的宽 $T_{\max}$ 就是最大负荷利用小时数。它的意义是：当电网以最大负荷 $P_{\max}$ 运行，在 $T_{\max}$ 小时内所输送的电能，恰好等于全年按实际负荷曲线运行所输送的电能。

根据电力系统长期运行和实测所积累的经验表明，对于各类负荷，其年最大负荷利用小时数大体上在一定的范围之内，见表 1-1。

根据年最大负荷利用小时数，就可以求出用户的全年用电量。

表 1-1 各类负荷的年最大负荷利用小时数

负荷类型	$T_{\max}$ (h)
用户照明及生活用电	2000~3000
单班制企业用电	1500~2200
两班制企业用电	3000~4500
三班制企业用电	6000~7000
农业用电	2500~3000

二、配电网电能损耗计算

(一) 10kV 线路的电能损耗计算

10kV 高压配电线路的特点是：线路长、负荷点多、应用面广、分支多、导线型号不统一，以及各条负荷资料难以掌握等。因此，在进行电能损耗计算时，一般

采用逐点计算法,即先将线路的全线按每个负荷点进行分段,再求出各段最大电流和全线等值电阻,最后根据均方根电流和等值电阻求出全线的电能损耗,具体计算方法如下:

1. 计算线路首端电流

根据线路首端日实测电流求出日平均电流 I_{av} 和均方根电流 I_{rms}

$$I_{av} = \frac{I_1 + I_2 + \cdots + I_{24}}{24} \quad (1-16)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{I_1^2 + I_2^2 + \cdots + I_{24}^2}{24}} \quad (1-17)$$

根据全月供电量 W , 求出当月的日平均供电量 W_2

$$W_2 = \frac{W}{30} \quad (1-18)$$

当日实测供电量 W_1 与平均日供电量 W_2 相差较大时, 必须对日电流值进行修正, 其计算如下

$$I'_{max} = I_{max} \frac{W_2}{W_1} \quad (1-19)$$

$$I'_{av} = I_{av} \frac{W_2}{W_1} \quad (1-20)$$

$$I'_{rms} = I_{rms} \frac{W_2}{W_1} \quad (1-21)$$

2. 确定高压用户最大电流

高压用户的日平均电流

$$I_{av3} = \frac{W_3}{\sqrt{3}U\cos\varphi_3 t} \quad (A) \quad (1-22)$$

式中 W_3 ——高压用户月供电量, $\text{kW} \cdot \text{h}$;

U ——电网额定电压, kV ;

$\cos\varphi_3$ ——高压用户功率因数;

t ——每月小时数, h 。

根据线路首端的最大电流和平均电流以及高压用户的平均电流, 估算高压用户的最大电流

$$I_{max3} = I_{av3} \frac{I_{max}}{I_{av}} \quad (1-23)$$

3. 计算各配电变压器的最大电流

配电变压器总容量为

$$\sum S_T = S_{T1} + S_{T2} + \cdots + S_{Tn} \quad (1-24)$$

配电变压器总的最大电流为

$$\sum I_{\max T} = I'_{\max} - I_{\max 3} \quad (1-25)$$

每千伏安配电变压器平均最大电流为

$$I_{\max av} = \frac{\sum I_{\max T}}{\sum S_T} \quad (1-26)$$

因此, 各配电变压器的最大电流为

$$I_{\max i} = I_{av} S_{Ti} \quad (1-27)$$

4. 计算线路的等值电阻

线路等值电阻的意义是: 当线路首端最大电流通过等值电阻时所产生的电能损耗, 恰好等于该线路在同时期按实际最大电流运行时所产生的电能损耗。所以, 线路的等值电阻为

$$R_{eq} = \frac{\sum_{k=1}^n I_{\max k}^2 R_k}{I'^2_{\max}} \quad (\Omega) \quad (1-28)$$

式中 $I_{\max k}$ ——线路各段最大电流, 可由线路首端最大电流 $I'_{\max}$ 减去第一个负荷点的最大电流 $I_{\max 1}$ 得到, A;

R_k ——线路各段导线电阻, Ω 。

5. 计算线路月电能损耗

线路月电能损耗为

$$\Delta W = 3 I'^2_{rms} R_{eq} t \times 10^{-3} \quad (\text{kW} \cdot \text{h}) \quad (1-29)$$

(二) 0.4kV 低压配电线路的电能损耗计算

低压配电线路的特点是导线型号多、支路多、计算资料不完整。所以, 在计算电能损耗时, 可以以变压器台区为单位, 逐个台区进行计算; 也可以把各相同容量变压器供电的低压台区编为一组, 进行综合计算。前种方法计算结果比较准确, 但工作量太大, 难以办到, 考虑到低压配电线路的电能损耗占整个电网电能损耗的比重较小, 故常采用综合算法。其计算公式如下

$$\Delta W = \sum M N I_{\max}^2 R_{av} K_{av} F_{av} t \times 10^{-3} \quad (1-30)$$

式中 ΔW ——低压配电线路电能损耗, $\text{kW} \cdot \text{h}$;

M ——相同相别、相同容量变压器的低压台区数;

N ——接线系数, 对于单相二线制 $N=2$, 对于三相四线制 $N=3.5$, 对于三相三线制 $N=3$;