

高等纺织院校教材

纺织企业供电

纺织工业出版社

TS108.3
4008

版社

高等纺织院校教材

纺织企业供电

李光坤 徐玉琦 编

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书为高等纺织院校工业电气自动化专业工业企业供电课程的教学用书。全书共九章,主要包括电力负荷计算,工厂变配电系统,变电所的结构与布置,短路电流计算,电力线路选择,变配电所电气设备选择,工业企业供电系统继电保护,电能节约与提高功率因数,接地与接零,防雷技术,对称分量法及其应用等。书中以10kV及以下的变配电系统为对象,介绍了工业企业供电系统的设计和运行原理。

本书供高等纺织院校教学之用,还可供从事工业企业供电系统设计或管理的工程技术人员参考。

责任编辑: 郑剑秋

高等纺织院校教材

纺 织 企 业 供 电

李光沛 徐玉琦 编

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

通县觅子店印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/16 印张: 20 字数: 479千字

1987年12月第一版第一次印刷 1990年12月第一版第二次印刷

印数: 5,001—8,000 定价: 4.05元

ISBN 7-5064-0522-9/TS·0512(课)

前 言

本教材是在中国纺织大学过去编写教学讲义的基础上,根据高等纺织院校教材会议讨论的大纲编写的。全书共分九章,以工厂供电系统设计程序为线索,充实了工厂供电系统运行方面的内容和节能方面的新技术,加强了基本理论分析与计算,注意了理论的系统性和实用性,并有选择地介绍新设备。

本书内容按70学时编写,各校可根据实际学时和需要进行增删。为了培养学生对工厂供电系统的设计能力和管理能力,还应安排课程设计、毕业论文和实习,以完善工厂供电学科教学环节。

本教材由洪钟威教授审稿。在编写与讨论过程中,天津纺织工学院、西北纺织工学院、苏州丝绸工学院、浙江丝绸工学院、上海工程技术大学纺织学院、武汉纺织工学院、郑州纺织机电学校等单位均对本教材提出过宝贵意见,我们在此表示衷心感谢!

本教材由中国纺织大学李光沛和徐玉琦合编。其中,第四、五、六章由李光沛编写,第一、二、三、七、八、九章和附录由徐玉琦编写;插图由马和福绘制。

由于我们业务水平有限,时间短促,书中缺点和错误在所难免,请批评指正。

编 者

目 录

第一章 概论	(1)
第二章 负荷计算	(5)
第一节 用电设备分类及纺织机械的负荷特性	(6)
第二节 电力负荷曲线	(7)
第三节 计算负荷与尖峰负荷	(10)
第四节 按需要系数法确定计算负荷	(11)
第五节 按二项式法确定计算负荷	(20)
第六节 单相用电设备的计算负荷	(23)
第七节 企业年电能需要量的计算	(26)
第八节 电能损耗计算方法	(27)
第三章 纺织企业变配电系统	(29)
第一节 负荷分类及其供电要求	(29)
第二节 工厂变配电电压选择及调整	(30)
第三节 纺织企业高低压配电系统结线方式	(34)
第四节 纺织企业变电所位置与数量、变压器容量与台数的选择	(43)
第五节 变电所的一次结线	(49)
第六节 变电所平面布置与结构	(57)
第七节 电压损失计算方法	(70)
第八节 选择导线和电缆截面的条件	(80)
第四章 短路电流计算	(87)
第一节 短路的原因、后果及其种类	(87)
第二节 短路回路的阻抗计算	(89)
第三节 无限大容量电源系统供电时三相短路电流的变动过程	(102)
第四节 无限大容量电源系统供电时三相短路电流的计算	(107)
第五节 有限容量电源系统供电时三相短路电流的计算	(109)
第六节 多电源系统供电时短路电流的计算	(117)
第七节 电力系统参数不全情况下, 短路电流的计算	(121)
第八节 两相短路电流的计算	(123)
第九节 大型电动机对短路冲击电流值的影响	(125)
第十节 1000V以下低压电网短路电流的计算	(126)
第十一节 短路电流的效应	(132)
第五章 变配电所电气设备及其选择	(143)
第一节 电气设备选择的基本原则	(143)

第二节	高压断路器	(145)
第三节	隔离开关的选择	(156)
第四节	高压负荷开关的选择	(157)
第五节	高压熔断器	(157)
第六节	电流互感器和电压互感器	(159)
第七节	母线和绝缘子的选择	(172)
第八节	低压熔断器	(178)
第九节	自动空气开关	(186)
第六章	纺织企业供电系统的继电保护	(193)
第一节	概述	(193)
第二节	纺织企业 6 ~ 10kV 供电线路的继电保护	(199)
第三节	电力变压器的保护	(219)
第七章	节约电能与提高功率因数	(229)
第一节	纺织企业电气设备和电力线路经济运行简述	(230)
第二节	提高功率因数的意义	(235)
第三节	电容器无功补偿原理与计算	(236)
第四节	电容器放电电阻的作用、要求及选择	(238)
第五节	电容器的运行性能	(244)
第六节	电容器的保护	(246)
第八章	接地与接零	(249)
第一节	电气安全知识	(249)
第二节	关于接地与接零的基本概念	(251)
第三节	保护接地的作用	(253)
第四节	保护接零的作用	(255)
第五节	接地与接零设计中应注意的问题	(257)
第六节	接地体与接地、接零干线的安装方式	(259)
第七节	接地装置计算及接地接零干线选择	(260)
第九章	防雷技术	(269)
第一节	雷云的形成及雷害	(269)
第二节	直接雷击及其防护措施	(273)
第三节	防止高电位反击的措施	(279)
第四节	雷电的二次作用及其防护措施	(281)
第五节	雷电冲击波及其防护措施	(281)
第六节	变电所的防雷保护	(298)
附录	对称分量法及其应用	(302)
	主要参考文献	(312)

第一章 概 论

在社会主义建设过程中，随着工农业生产的不断发展和工业生产自动化水平的不断提高，我国的电力事业也得到迅速发展，主要表现在发电量、最大发电机组容量及输电能力等方面。我国1984年的发电量为3746亿度，相当于1949年全国发电量的76倍左右。1983年建成了第一条500kV输电线。但是，我国的电力供应能力仍不能满足实际需要。为了实现四化建设，我国把能源建设列为国家七五计划基本建设的重点之一，其发电量将达到5500亿度。

一、电力系统图

我国的各大电力系统都是由许多个发电厂组成的，在发电厂中，交流发电机的额定电压有3.15kV、6.3kV、10.5kV、15.75kV等，多数发电机的额定电压为10.5kV。要将各发电厂直接连接成电力网，需要解决两个问题：（1）各发电厂的发电机端压不相同；（2）用这种较低的电压进行远距离输电必将引起较大的电压损失和线路电能损耗。因此，一般各发电厂发出的电能均经过升压变压器升压后才进行远程输送。由发电厂发出的电能要经过下列环节向工厂用电设备供电：

发电机→近区用户

→升压变压器→超高压电力网
→区域变电站→工厂总变电所（或总配电室）→车间变电所→用电设备

通常，从发电厂到区域变电站称为电力系统；工厂变电所到用电设备称为工厂供电系统。电力系统示意图如图1-1所示。

为了分析供电系统，首先介绍电力系统单线图，在图1-1中各符号的意义如下：

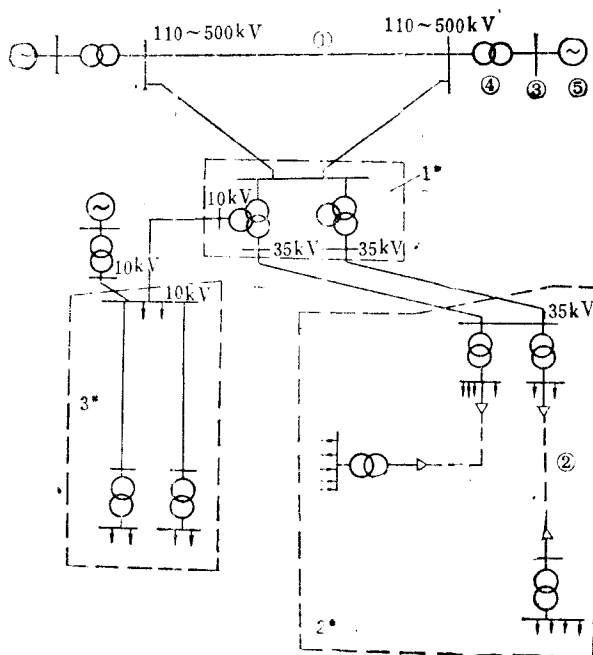


图1-1 电力系统示意图

图 形 序 号	意 义	特 征
①	三相电力线路 (架空线等)	(1) 电力线路两端接母线, 或电源, 或用电设备 (2) 图中一根线, 在高压网络中表示三相线路, 在 低压网络中可表示三相三线, 也可表示三相四线, 或两相 三线、单相两线等, 需注明之
②	三相电力电缆	同 上
③	母 线	(1) 图中一根线表示三相母线 (2) 母线的符号与架空线的符号容易混淆, 从图形 上看, 二者区别是: 母线的两端不接设备, 而架空线或电 缆两端均接电源或用电设备或母线
④	电力变压器 电压互感器	
⑤	发 电 机	

图1-1表示由两个发电厂发电, 经过升压变压器升压后并网并远程输电, 输电电压究竟用110kV、220kV、330kV、500kV中的哪一种电压, 取决于输电距离和技术水平; 图中1*虚线框内表示区域变电站。由于超高压输电线穿过城市人口稠密的地区不安全, 330kV及以上的架空线路不能引入城市。因此, 一般均在城市郊区设立区域变电站, 将超高压降为35kV、10kV、6kV、3kV等, 向工厂供电。有相当多的区域变电站, 采用三绕组变压器降压, 由同一台变压器的两个副绕组分别输出35kV、10kV (或6kV) 的电压。随着输配电技术的不断提高和节能工作的深入, 输电电压有逐步提高的趋向。过去220kV的超高压架空线在郊区降压, 现在有的地区直接深入负荷中心; 有的地区用60kV向工厂供电, 取代35kV和10kV供电网络。图1-1中2*虚线框内为工厂供电系统, 电源电压为35kV, 采用二次降压; 3*虚线框内为工厂供电系统, 电源电压为10kV, 采用一次降压。工业企业供电课的讨论范围仅限于工厂供电系统的设计和运行原理。

二、中性点不接地系统与中性点接地系统的特点

在有电连接的三相电力网络中, 电源的中性点与大地直接连接者, 称为中性点接地系统; 电源的中性点与大地不连接者, 称为中性点不接地系统; 电源的中性点经消弧线圈与大地连接者, 称为经消弧线圈接地的系统。

在中性点接地系统中, 如果一相绝缘击穿发生故障性接地, 则接地电流较大, 故这种系统又称为大接地电流系统; 同理, 中性点不接地系统与经消弧线圈接地的系统, 称为小接地电流系统。经阻抗接地的系统究竟属大接地电流系统还是属小接地电流系统, 以系统的零序

电抗 x_0 与正序电抗 x_1 的比值区分。我国规定, 凡是 $\frac{x_0}{x_1} \leq 4 \sim 5$ 的系统属于大接地电流系统, 否则属小接地电流系统。

(一) 中性点不接地系统的特点

在中性点不接地系统中, 电力线路、电机、电器的导电部分与大地之间都存在着分布电容 C_0 , 因而在导体与大地之间有电容电流 $\dot{I}_{AC0}$ 、 $\dot{I}_{BC0}$ 、 $\dot{I}_{CC0}$, 如图1-2所示。

在正常运行的情况下，三相导线对地电容相等，大地相当于对称负载的中性点，故大地的电位与电源中性点的电位相同，各相导线对地电压等于相电压。在各相导线对地电压作用下，各相导线对地电容电流大小相等，相位依次滞后 120° ，三相导线对地电容电流相量和为零，各相导线对地电容电流的大小为

$$I_{c0} = \frac{U_x}{x_{c0}} = \frac{U_x}{\frac{1}{\omega C_0 \times 10^{-6}}} = U_x \omega C_0 \times 10^{-6} \text{ (A)}$$

当A相导线发生故障接地时，如图1-3所示，A、B、C相对地电压分别为

$$\begin{aligned}\dot{U}_{a0} &= \dot{U}_A + (-\dot{U}_A) = 0 \\ \dot{U}_{b0} &= \dot{U}_B + (-\dot{U}_A) = \sqrt{3} \dot{U}_A e^{-j150^\circ} \\ \dot{U}_{c0} &= \dot{U}_C + (-\dot{U}_A) = \sqrt{3} \dot{U}_A e^{j150^\circ}\end{aligned}$$

此时，B相对地电容电流 $\dot{I}_{bc0}$ 超前于 $\dot{U}_{b0} 90^\circ$ ；C相对地电容电流 $\dot{I}_{cc0}$ 超前于 $\dot{U}_{c0} 90^\circ$ ，如图1-3所示。此时 I_{bc0} 、 I_{cc0} 的大小为

$$I_{bc0} = I_{cc0} = \sqrt{3} U_x \omega C_0 \times 10^{-6} = \sqrt{3} I_{c0}$$

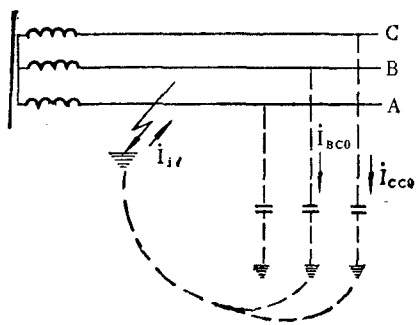


图1-3 中性点不接地系统A相故障接地的电路图和相量图

由图1-3知接地点的接地电流为

$$\dot{I}_{jd} = \dot{I}_{bc0} + \dot{I}_{cc0} = \sqrt{3} I_{c0} e^{-j90^\circ} = 3 I_{c0} e^{-j90^\circ}$$

也就是说，当一相导线故障接地时，流过接地点的电流为正常情况下各相导线对地电容电流的3倍。即

$$I_{jd} = 3 I_{c0} = 3 U_x \omega C_0 \times 10^{-6} \text{ (A)}$$

由于各相导线对地电容不易求出，通常用下列经验公式计算接地电流 I_{jd}

$$I_{jd} = K_1 U L_1 + K_2 U L_2 \text{ (A)}$$

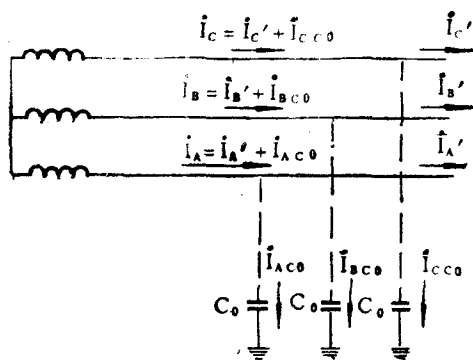


图1-2 中性点不接地系统示意图

式中: U ——电力线路的线电压 (kV);

L_j, L_c ——架空线长度, 电缆长度 (km);

K_j, K_c ——系数, 架空线 $K_j = \frac{1}{350}$, 电缆 $K_c = \frac{1}{10}$ 。

为了简单, 也可用表1-1计算接地电流, 即 $I_{jd} = 3I_{c0}$ 。

表1-1 电缆线路电容电流 (I_{c0}) 平均值

(单位: A/km)

电 缆 截 面 (mm ²)	在下列电压下电缆线路电容电流平均值 (A/km)		
	6kV	10kV	35kV
10	0.33	0.46	
16	0.37	0.52	
25	0.46	0.62	
35	0.52	0.69	
50	0.59	0.77	
70	0.71	0.90	3.7
95	0.82	1.00	4.1
120	0.89	1.10	4.4

在小接地电流系统中, 如果一相导线故障接地, 电气设备可以继续运行, 但若长期不解除其故障, 将引起故障范围扩大, 一般单相接地允许持续两小时。

(二) 中性点接地系统的特点

在中性点接地系统中, 正常运行情况下, 各相导线对地电压等于相电压; 在一相故障接地时, 形成单相短路, 促使熔断器或继电保护装置动作, 切断故障电路。

1 kV以下的380/220V网络一般采用中性点接地系统; 3~10kV, 一般均采用中性点不接地系统; 20~60kV, 一般均用经消弧线圈接地的系统, 若接地电流在10A以下, 也可用中性点不接地系统。

第二章 负 荷 计 算

在工厂供电中，所谓“负荷”是指功率或电流。有功负荷，无功负荷，视在负荷分别是指有功功率，无功功率，视在功率。由于在电压一定的情况下，电流与视在功率成正比，所以也可用电流表示负荷。

任何电气设备中的导体都有电阻 R 。当电流 I 通过时，便产生电能损耗 I^2Rt ，并变成热量，使电气设备或线路发热。根据能量守恒规律，在任一时间间隔 dt 内，所产生的热量等于电气设备（或线路）吸收的热量与向周围发散的热量之和。热平衡方程式为

$$I^2Rdt = GCd\tau + K_sF\tau dt \quad (2-1)$$

式中： I^2Rdt ——导体在 dt 时间内产生的热量（J）；

G ——导体的重量（kg）；

C ——导体的比热（J/kg·℃）；

$d\tau$ ——导体在 dt 时间内的温升（℃）；

K_s ——散热系数（W/cm²·℃）；

F ——导体的散热面积（cm²）；

τ ——导体的温升（℃）。

解微分方程得：

$$\tau = \tau_w (1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (2-2)$$

式中： $T = \frac{GC}{K_sF}$ ——导体的发热及冷却时间常数（s）；

$\tau_w = \frac{I^2R}{K_sF}$ ——导体的稳定温升。

由式（2-2）所表示的温升曲线如图2-1所示。

由表达式和曲线可以看出，在导体电阻 R 一定并通过恒定电流 I 的情况下，若 I 大，则 τ_w 大；若 I 小，则 τ_w 小。因此，对同一设备（或线路），长期通较大的电流，则温升高；反之，则温升低。在通过的电流 I 一定的情况下，若 R 大，则 τ_w 大；若 R 小，则 τ_w 小。因此，当工作电流 I 一定时，用小容量设备，因 R 大而使之温升超过其额定温升；用大容量的设备，因

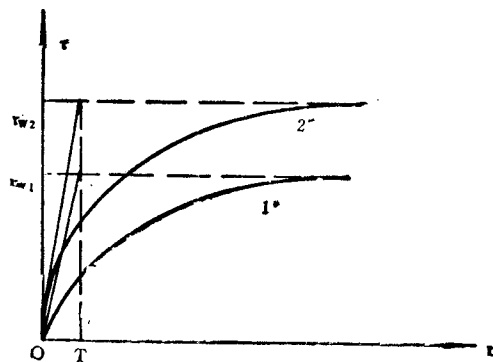


图2-1 导线温升曲线示意图

R减小而使设备温升不致过高。一般,导体的发热时间常数T为5~10min,经过30min左右,便可达到稳定温升。因此,持续时间达到30min的最大电流,将使设备达到最高温升。

第一节 用电设备分类及纺织机械的负荷特性

工厂中的用电设备,按电流分类可分为直流和交流;按工作制分类,可分为连续运行、断续运行和反复短时运行三类。它们的主要特征如下:

(1) 连续运行工作制——是指长时间连续运行的工作方式。连续运行工作制的电气设备,在规定的环境温度和海拔高度下,在实际负荷不超过其额定值的情况下,允许长期连续运行而不会烧坏。

(2) 短时运行工作制——是指工作时间甚短而停歇时间相当长的用电设备,这种用电设备的负荷额定值较高(按额定负荷运行的稳态温升高于额定温升),如果长时间按其额定负荷运行,必将该设备烧坏。这种设备用于短时工作制,尽管负荷较大,但持续时间很短,还没达到稳定温升就停歇了,且停歇的时间足以使其冷却到周围环境温度,故不会烧坏。

(3) 反复短时工作制——用电设备周期性的工作和停歇。在一个周期中的工作时间长短,用暂载率JC%表示。

$$JC\% = \frac{\text{工作时间}}{\text{工作周期}} = \frac{t_g}{t_g + t_r} \times 100\% \quad (2-3)$$

式中: t_g ——工作时间;

t_r ——停歇时间;

$(t_g + t_r)$ ——工作周期。

根据我国的技术标准规定, $(t_g + t_r)$ 不应超过10min。我国生产的吊车电动机标准暂载率有15%、25%、40%、60%四种。电焊机的暂载率有50%、65%、75%、100%四种。

在纺织工厂中,机修间有短时工作制设备和反复短时工作制设备。在主要生产车间,几乎全部都是连续运行方式。其中有些机器在整个生产过程中,负荷基本恒定,这种机器称为恒负荷生产机械。如梳棉机、并条机等都属于恒负荷生产机械,其负荷曲线如图2-2所示。还有的机器在整个生产过程中,负荷是变化的,这种生产机械称为变负荷生产机械。如细纱机,在一落纱过程中,负荷曲线近似为指数曲线,如图2-3所示。粗纱机在一落纱中的负荷曲线近似为锯齿波,如图2-4所示。织布机在一个投梭周期中,负荷曲线近似为正弦波,如图2-5所示。由于细纱机和粗纱机在一落纱的时间中负荷是单调增加的,在配电干线和变压器负荷计算中,多台机器负荷叠加的结果仍有负荷波动,但由于粗纱机与细纱机的负荷波动幅值不太大,在干线(或变压器)总负荷中占的比例显得很小,故从电流表读数看,纺织厂的负荷基本是平稳的。当出现下列情况时,会出现较大的负荷波动:

(1) 吃饭时间的停机与开机;

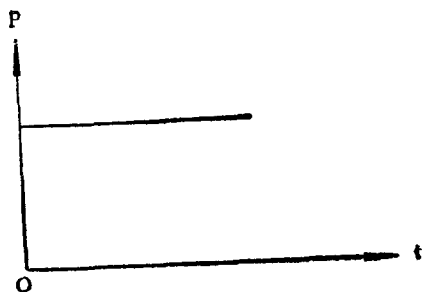


图2-2 恒值负荷曲线

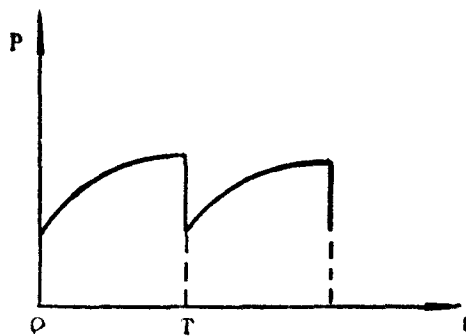


图2-3 指数曲线型负荷曲线

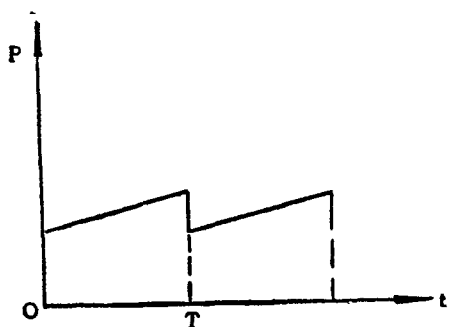


图2-4 锯齿波负荷曲线

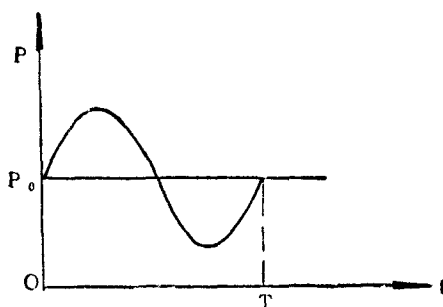


图2-5 正弦波负荷曲线

- (2) 平车、擦车造成的停机与开机；
- (3) 在供电局规定的时间中避让用电高峰；
- (4) 车间照明设备投入运行与切除；
- (5) 空调设备投入运行与切除。

根据纺织厂的运行经验，南方的工厂高峰负荷出现在夏季，高寒地区的工厂高峰负荷出现在冬季。这种高峰负荷是由空调设备投入运行造成的。

印染厂中，一般都是多单元联合机，全厂联合机的台数不多，每台联合机的耗电较大，又加上印染机械停台率高，印染厂的负荷波动较纺织厂严重。

在纺织机械厂中，短时运行工作制设备和反复短时工作制设备较多，再加上机床加工产品过程中进刀量时大时小，负荷波动程度也较纺织厂严重。

第二节 电力负荷曲线

在直角坐标系中，表示电力负荷随时间而变化的曲线，称为电力负荷曲线。

有功功率随时间变化的曲线，称为有功负荷曲线；无功功率随时间变化的曲线称为无功负荷曲线；在一天24h内负荷变化的曲线称为日负荷曲线（分有功、无功两种）；在一年中负荷变化的曲线称为年负荷曲线。

绘制工厂供电系统的负荷曲线，是对供电系统科学管理的重要环节，这对本厂、对本行业、对电力系统都很有意义。本节重点说明负荷曲线的用途及绘制方法。

一、绘制负荷曲线的必要性

绘制负荷曲线的根本目的是对供电系统进行科学的管理。可利用负荷曲线进行以下几项工作：

(1) 负荷波动，将引起电力线路和变压器的附加电能损耗，而且这种附加损耗与电流波动幅值的平方成正比。通过绘制负荷曲线分析引起此负荷波动的原因，可采取措施调整负荷，减小负荷波动的幅值，以便减小电能的损耗。

(2) 为变压器经济运行打下基础，我国电能收费方法采用二部电价制，即基本电价加电度电价。基本电价又有两种算法，一种是根据变压器的装接容量计算；另一种是根据最大负荷计算。如果绘制出全厂的负荷曲线，可根据负荷曲线变化规律，采用调整负荷的办法减小最大负荷，减少基本电费。也可调整负荷以提高变压器的运行效率。

(3) 绘制负荷曲线可为供电局提供调度负荷的依据。

(4) 可以利用绘制的负荷曲线确定有关负荷计算的系数，为设计供电系统创造条件（具体方法见下节）。

二、绘制负荷曲线的方法

根据实际需要，可绘制单机的负荷曲线，电力干线的负荷曲线，变电所的负荷曲线或供电系统的负荷曲线等；从性质上分，可绘制有功负荷曲线，也可绘制无功负荷曲线；从时间上分，可绘制日负荷曲线，月负荷曲线或年负荷曲线等。各有各的用途。

(一) 日负荷曲线的绘制

欲绘全厂供电系统的日有功负荷曲线，可用高压配电室的有功功率表测量有功功率，一般隔半小时读数一次，将24h内的有功功率表读数记录下来，在直角坐标系中，横轴表示时间（h），纵轴表示负荷（kW），根据记录数据在该直角坐标系中便可逐点描绘成负荷曲线。如果在允许的误差范围内，可变换为典型曲线（锯齿波，指数曲线波，正弦波等），则可描绘成典型曲线。否则应该描绘成等间隔或不等间隔的阶跃曲线。如图2-6和图2-7所示。

(二) 年负荷曲线的绘制

年负荷曲线有两种绘制方法：一种是从1月1日开始到12月31日止，顺序地绘出每天的最大负荷。

另一种年负荷曲线是把一年中8760h内的负荷按大小排列，最大的排在左边，由大到小依次向右排列，根据持续时间绘成曲线，就是年负荷曲线。这种年负荷曲线不是根据逐日记录的负荷绘制的，而是根据一年中具有代表性的冬、夏季全日负荷曲线绘制的。具体绘制方法如下：冬季日负荷曲线和夏季日负荷曲线分别如图2-8（a）、（b）所示。年负荷曲线绘于图2-8（c）中。经过冬、夏日负荷曲线各阶梯作水平线，在图2-8（c）中由大到小依次排列，使年负荷曲线各阶梯的高度与两条日负荷曲线的对应阶梯高度相等，年负荷曲线各阶梯的宽

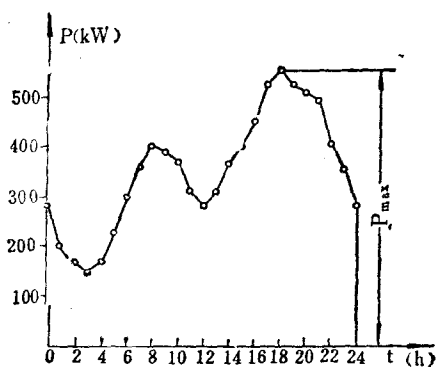


图2-6 逐点描绘的日有功负荷曲线

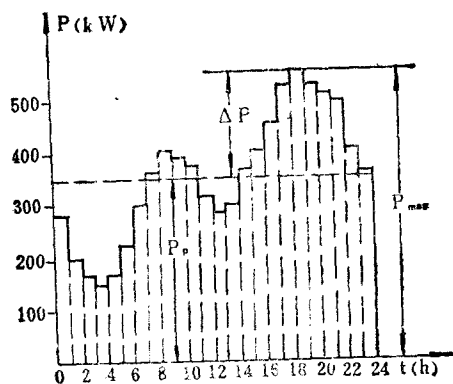


图2-7 阶梯形的日有功负荷曲线

度等于两条日负荷曲线同一阶梯的宽度之和，如负荷为 P_1 时在冬日负荷曲线中持续的时间为 $(t_1 + t_1')$ ，夏日负荷曲线持续时间为零，则在图2-8(c)中从横坐标为零开始，对应 P_1 阶梯的宽度为 $(t_1 + t_1')$ 。又如负荷为 P_2 时，在冬日负荷曲线的持续时间为 $(t_2 + t_2')$ ，在夏日负荷曲线持续的时间为 t_2'' ，则从横坐标为0开始，对应于 P_2 阶梯的宽度为 $(t_2 + t_2' + t_2'')$ 。在日负荷曲线中表示24h的负荷变化，在年负荷曲线中表示一年中的负荷变化。如果一年中冬天有D天，夏天有E天，则在年负荷曲线中对应于 P_1 阶梯的时间标尺应标为 $T_1 = (t_1 + t_1') \times D + 0 \times E$ 天。对应于 P_2 阶梯的时间轴标尺应标为 $T_2 = (t_2 + t_2') \times D + t_2'' \times E$ ，以此类推。在严寒地区取D为213天，E为152天。在我国南方，D和E应取多少需通过调查测定确定之。

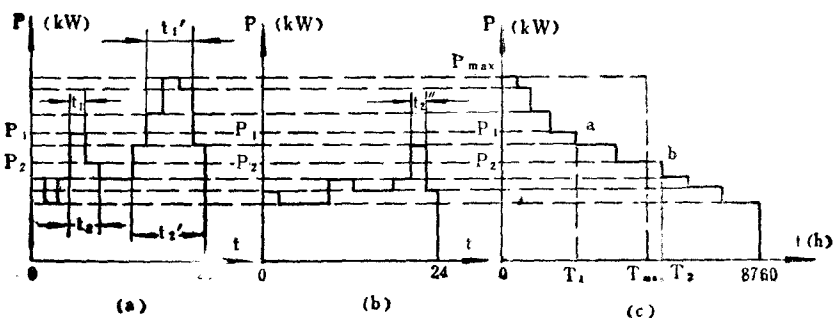


图2-8 全年时间负荷曲线的作法

(a) 冬季代表日负荷曲线 (b) 夏季代表日负荷曲线 (c) 全年时间负荷曲线

年负荷曲线在一年中所包围的面积，就是在一年时间内消耗的有功电能。

三、利用负荷曲线确定计算系数

(一) 确定需要系数 K_x 和利用系数 K_L

由负荷曲线看出，用电设备的实际负荷是随时在变化的，一般不等于其额定功率。负荷曲线的形状取决于机器性质，同类机器的负荷曲线形状是相似的。但负荷曲线的高低却随加工品种和运行状态而变。一般，计算系数是根据负荷最大工作班的负荷曲线确定的。用电设备组的额定负荷分别用 P_e 、 Q_e 、 S_e 、 I_e 表示；负荷最大工作班的负荷曲线中的最大值称为最大负荷，分别用 P_{max} 、 Q_{max} 、 S_{max} 、 I_{max} 表示；曲线的平均值称为平均负荷，分别用 P_p 、 Q_p 、 S_p 、 I_p 表示。需要系数 K_x 和利用系数 K_L 的定义如下：

$$\left. \begin{aligned} K_x &= \frac{\text{最大有功负荷}}{\text{额定负荷}} = \frac{P_{max}}{P_e} \\ K_L &= \frac{\text{平均有功负荷}}{\text{额定负荷}} = \frac{P_p}{P_e} \end{aligned} \right\} \quad (2-4)$$

同一种机器的 K_x 值基本相同；同一种机器的 K_L 值也基本相同。我国设计部门已统计出一些企业的 K_x 和 K_L 值。

(二) 确定最大负荷年利用小时数

全厂年负荷曲线〔见图2-8(c)〕包围的面积就是该厂在一年中消耗的电能 $W_{yn}(kW \cdot h)$ 。在图中以 P_{max} 为高画矩形，使其包围的面积等于年负荷曲线包围的面积，矩形对应的横坐标为 T_{max} ，则

$$T_{max} = \frac{W_{yn}}{P_{max}} \quad (2-5)$$

T_{max} 称为年最大负荷利用小时数，装备相同的工厂， T_{max} 的大小基本相同。

第三节 计算负荷与尖峰负荷

一、计算负荷的意义

电流通过导线便产生热量，使导线温度按指数曲线上升。在同一导线中，电流越大，稳态温升越高。相同材料、相同截面的导线发热时间常数相同，不同截面的导线发热时间常数不同。各种截面的导线发热时间常数 T 列于表2-1中。

表2-1 导线和电缆发热时间常数 (T)

导线和电缆发热 时间常数 T (min)	导线和电缆截面 (mm ²)						
		35	50	70	95	120	150
导线和电缆型式							
架空明敷橡皮绝缘导线		9	12	15	18	21	21
同上，穿管敷设		19	23	27	32	36	40
纸绝缘电缆		15	20	25	30	35	60

在恒定电流作用下，经过 $(3 \sim 5) T$ 的时间，可使导线温升接近于稳态温升。

在工业生产中, 导线及电气设备的负荷大小是不断变化的。导线或电气设备温升高低, 不仅取决于负荷大小, 而且还取决于负荷持续时间以及原来的温度状态等因素。例如, 图 2-9 (a) 表示某干线的负荷曲线, 其中 I_2 最大, 但持续时间很短, 导线或电气设备的温升还没达到稳态值, 负荷就降下来了; I_4 虽不比 I_2 大, 但持续时间长 (半小时以上), 可使导线达到稳态温升。究竟 I_2 产生的温升高还是 I_4 产生的温升高, 要看具体情况而定。

从发热的角度看, 产生最高温升的负荷对导线及电气设备威胁最大。为了使导线及电气设备允许温升大于或等于电力负荷引起的最高温升, 应该以引起最高温升的负荷作为选择导线及电气设备的依据。鉴于变化的负荷引起温升的规律是复杂的, 选择导线及电气设备时, 通常用计算负荷等效代替实际的变化负荷。

计算负荷是按发热条件选择导线及电气设备的等效负荷, 计算负荷产生的热效应与实际的变化负荷产生的最高热效应相等, 计算负荷使导体产生的稳态温升与实际的变化负荷产生的最高温升相同。所以根据计算负荷选择的导线及电气设备, 在运行过程中的最高温升不会超过其允许值。从发热的观点看, 计算负荷是一种最大负荷。确定计算负荷的方法, 有需要系数法、利用系数法、二项式法、ABC法等。

二、尖峰负荷

在电动机起动过程中产生的最大负荷, 称为尖峰负荷, 与其对应的电流称为尖峰电流。尖峰电流是计算电压波动、继电保护整定值及选择熔断器的重要依据。

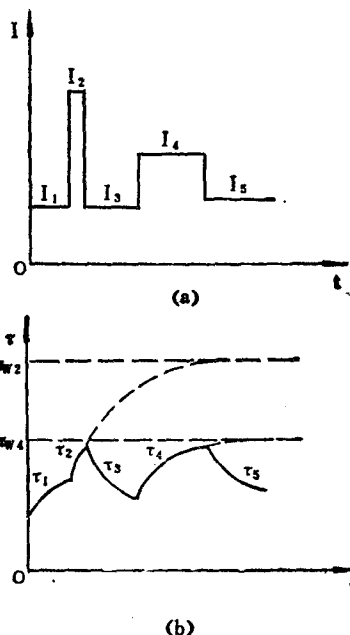


图2-9 干线负荷曲线及温升曲线

第四节 按需要系数法确定计算负荷

设计一个工厂的供电系统, 需进行多次负荷计算。为了确定全厂变压器台数与容量, 变电所位置与数量等, 首先要进行一次全厂性的负荷估算, 确定变压器的数量、容量; 根据负荷中心制, 确定变电所的位置和数量, 在划分各变电所的供电区域的基础上, 经过初步布线后, 再确定向 1~2 台用电设备供电的支线的计算负荷; 然后确定向用电设备组供电的分干线和干线负荷; 并在此基础上较准确的求出变电所内各变压器的计算负荷和全厂总的计算负荷。根据各级的计算负荷确定布线方式, 选择导线的截面。总之, 布线方式确定后, 负荷计算的程序是由系统末端开始向始端逐级计算。具体步骤可参考图 2-10 进行。为了清楚起见,