

城镇(农村) 工矿企业电工培训教材

(中级工)

**变配电
设备运行**

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

城镇（农村）工业企业电工

变配电设备运行

（中级工）

山西省电力工业局 编

中国电力出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了变配电设备运行方面的基本知识。全书共分九章，主要内容包括：电力系统的负荷及提高供电可靠性的措施、变电所、无功补偿与电压调整、过电压保护、电气试验、变电所二次设备、变电所的直流电源、变电运行工作的基本内容、变电所运行及技术管理等。

本书为工矿企业值班电工和农村电工的培训教材，还可作为电力类大中专院校的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

变配电设备运行/山西省电力局编. -北京: 中国电力出版社, 1998.10
城镇 (农村) 工矿企业电工培训教材
ISBN 7-80125-758-8

I. 变… I. 山… III. 变电所-配电装置-电力系统运行-技术培训-教材 IV. TM642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 19489 号

变配电设备运行 (中级工)

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>)

保定列电印刷厂印刷 各地新华书店经售

*

1999 年 1 月第一版 1999 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 7.75 印张 167 千字

印数 0001--3900 册 全三册定价 39.00 元 (本册 10.00 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)

城镇(农村)工矿企业电工培训教材

编 审 委 员 会

名 誉 主 任: 卞学海 李振生
主 任: 刘润来
常 务 副 主 任: 郭连邦
副 主 任: 程忠智 宗 健 徐 奇 贺至刚
张克让 王靖中 杨定鑫 程纪奎
顾希衍 王文杰 郑承平 刘玉柱
委 员: 周 新 郭林虎 李 禄 阎刘生
乔文普 李 波 吴秀初 杨 忠
卫克俭 苑连池 杨德水
办 公 室 主 任: 杨定鑫 (兼)
办 公 室 副 主 任: 乔文普 陈 涛 姜丽敏
郭林虎
办 公 室 工 作 人 员: 曹 璘 王荣辉 罗 琳

《变配电设备运行》中级工编写人员

主 编: 李有玉
参 编: 乔云庭 侯玉星

前 言

根据原电力部教育工作会议的精神和中电联教培部《关于电力工业培训教材建设工作的意见》，在部领导的关怀下，山西省电力工业局和中国电力出版社经协商研究后，决定编写出版这套《城镇（农村）工矿企业电工培训教材》。

我国工矿企业和农村，目前约有 300 万电工在从事电力设施的安装、检修、运行维护和试验工作，他们是建设和发展供用电事业，维护供用电设施安全的一支重要生力军。随着我国电力事业的不断发展和电力科学技术的进步，对这支生力军的整体素质也相应地提出了更高的要求。为此，编写一套适用于城镇（农村）工矿企业电工培训学习的教材，是当务之急，也是我们电力管理和电力出版部门义不容辞的责任。

本套丛书的内容覆盖了变配电设备运行、检修、安装，供电线路施工、运行、检修，电机检修，电气试验，电气仪表及内线工程施工和检修等 8 个工种对初、中、高级工的技术要求，每个工种分初、中、高级工 3 个分册出版，共 24 个分册。

在编写本套丛书的过程中，着重根据工人技术等级标准中对每一工种的定义、工作内容、技术等级、适用范围等的规定，紧扣标准提出的知识要求和技能要求，从生产实际需要出发拟出初步的编写提纲；经数月重点调查研究、广泛征求意见、认真修订后形成正式的编写提纲；之后，又历时半年余，始成初稿。初稿形成后，在局系统内进行了专家审稿和主编者的修改、统稿工作。因此，定稿后的培训教材，深

信是紧扣工人技术等级标准的实用性教材。

城镇（农村）工矿企业电工培训教材，体现了工人技术培训的特点以及理论联系实际的原则，尽量反映了新技术、新设备、新工艺、新材料、新经验和新方法，其内容涉及电压等级从高压 110kV 到 3kV，低压 500V 及以下电工所需的技术基础知识和技能知识。与每一工种对应的初、中、高级工 3 个分册，自成一个小的系列，呈阶梯式递进，内容上互不重复。每一分册的具体内容又分为核心内容和复习题两大部分。核心内容主要讲解必备知识以及与技能要求对应的一些专业知识。复习题的形式多种多样，解答习题的目的在于巩固和深化所学知识。

本分册是《变配电设备运行》中级工培训教材，全部内容共九章：第一章、第三章以及第六章的前四节，由山西省忻州地区电业局李有玉编写；第二章、第八章、第九章，由山西省忻州地区电业局乔云庭编写；第四章、第五章、第六章的后五节、第七章由山西省忻州地区电业局侯玉星编写。全书由李有玉主编，山西省电力工业局马元燮主审。

在编写这套丛书的过程中，得到了原电力工业部领导的关怀以及中电联教培部和各有关司局的关心、支持，同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助，他们为本书提供了咨询、技术资料以及许多宝贵的建议，在此一并表示衷心感谢。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现有不妥之处或有需要修改的意见，敬请随时函告，以便再版时修改。

山西省电力工业局 中国电力出版社

1998 年 4 月

目 录

前言

第一章 电力系统的负荷及提高供电可靠性

的措施 1

第一节 电力系统的负荷 1

第二节 提高供电可靠性的措施 5

复习题 6

第二章 变电所 8

第一节 变电所主要电气设备的选择 8

第二节 用户变电所与电力系统调度的关系 12

复习题 13

第三章 无功补偿与电压调整 15

第一节 概述 15

第二节 并联电容器 22

第三节 电压及其调整 33

复习题 41

第四章 过电压保护 44

第一节 过电压 44

第二节 防雷设备 48

第三节 变电所的过电压保护 63

复习题 72

第五章 电气试验 76

第一节 概述	76
第二节 预防性试验	77
复习题	91
第六章 变电所二次设备	94
第一节 断路器的操作回路	94
第二节 中央信号装置	100
第三节 继电保护基本知识	110
第四节 变压器保护	115
第五节 反映相间短路的电流和电压保护	126
第六节 电容器保护	145
第七节 变电所自动装置	148
第八节 测量回路	156
第九节 变电所闭锁装置	164
复习题	166
第七章 变电所的直流电源	170
第一节 蓄电池供电的直流系统	170
第二节 硅整流电容储能的直流系统	181
第三节 直流系统的绝缘监察和电压监察装置	188
复习题	195
第八章 变电运行工作的基本内容	199
第一节 正常运行	199
第二节 异常及事故处理	209
第三节 检修后的验收	218
复习题	219
第九章 变电所运行及技术管理	222
第一节 变电所运行人员的岗位职责	222

第二节	变电所的运行管理.....	225
第三节	变电所的技术管理.....	230
第四节	变电所的标志.....	233
复习题		235

电力系统的负荷及提高供电 可靠性的措施

第一节 电力系统的负荷

一、电力系统的负荷及其分类

一切用电设备所消耗的电功率称为电力负荷。

电力系统的用电设备主要是指电动机、照明器具、电弧炉、电气机车、电器用具等，所有这些都叫电力系统的负荷。

1. 按重要性分类

电力系统对用户停电，会给工农业生产和人民生活造成不同程度的损失。如炼钢厂的高炉停电 30min，钢水就要凝固；电解铝厂停电超过 15min，电解槽就要遭到破坏；煤矿、医院等停电还会带来人身事故；电视台或广播电台突然停电会造成巨大政治影响等。

对用户停电所造成的经济损失很难具体统计，国外估算，一般为少送电量电价的 20~60 倍。

一级用户：对此种用户如中断供电，将造成巨大政治影响或造成人们生命危险、设备损坏、打破复杂的生产程序并使大量产品报废，给国民经济带来重大损失。

二级用户：对此种用户停止供电，将造成大量减产，工人窝工，机器利用率降低，工业企业内部生产停顿以及城市中大量居民的正常生活受到影响等。

三级用户：不属于以上一级，二级用户的其他用户。

2. 按技术分类

根据负荷的技术性质可分为以下几种：

(1) 感性负荷：电感性负荷不但要消耗有功功率，还要消耗无功功率，这类负荷主要是各类异步电动机。

(2) 电阻性负荷：电阻性负荷只消耗有功功率，不消耗无功功率，此种负荷主要是照明器具、电热器具、电弧炉等。

(3) 经整流以后的直流负载：这类负荷需要将交流电整流之后变成直流电供电，例如电气机车、各种整流装置、电解铝等，此种负荷由于要经过二极管非线性元件，将产生大量谐波，给电力系统安全运行带来不利影响，所以一定要采取措施加以限制所产生的谐波，使其不超过国家规定的标准。

3. 按公用与专用分类

变电所的送出线大多数为公用性质：即每一趟出线带有许多用户的负载。但还有一部分出线只供某一用户用电。

如：铁路专线，邮电专线，某厂、矿专线等。

二、负荷曲线

一个地区或者一组用电设备，甚至单个用电设备的负荷（例如某一电机所带负载）都不是经常固定不变的，更不用说在某一时刻会有某些设备投入或退出工作，这些都使电力负荷的大小每时每刻都在发生变化，为了表示负荷随时间而变

化的情况，采用了在数学上常用的直角坐标法来描绘这种现象。这种方法是用纵坐标表示有功功率、无功功率或电流等，而以横坐标表示时、日、月等时间段。这样就可以把不同的时刻对应不同的负荷大小表示出来，作出不同的负荷曲线。例如以横坐标表示某日从0点至24点间每小时的时间段，而以纵坐标表示有功功率的千瓦数，把每个钟点负荷的有功功率千瓦数和相应的时刻在坐标上标出（如图1-1所示），再把这些点连起来，就作出了一条负荷有功功率在0~24时之间变化的曲线。很明显，时间间隔取得越细，表示负荷变化情况的负荷曲线就越准确。现在应用计算机和自动记录仪可以得到非常准确的负荷曲线。

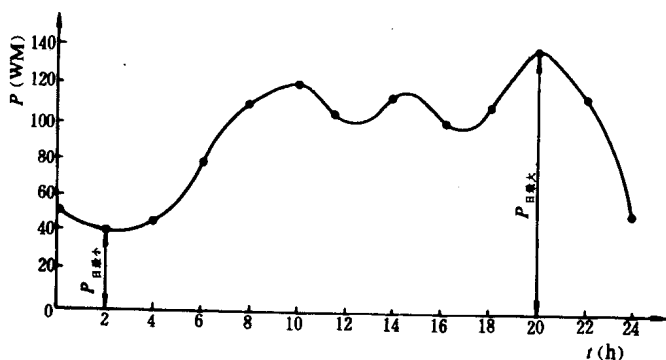


图 1-1 日负荷曲线

在日负荷曲线中，最高的部分叫做负荷的尖峰，一天之内的最大负荷叫做日最大负荷；负荷曲线的低凹部分，称为负荷的低谷，一天之内最小负荷叫做日最小负荷，尖峰和低谷的差异越大，说明负荷的变动大。日消耗电量与日小时数之比，叫日平均负荷，以 $P_{\text{日平均}}$ 表示，用数学公式表达就是

$$P_{\text{日平均}} = \frac{P_{\text{日电量}}}{24}$$

日平均负荷与日最大负荷之比，叫做负荷率，通常用字母 δ 表示，写成数学公式

$$\delta = \frac{P_{\text{日平均}}}{P_{\text{日最大}}}$$

负荷率越高，说明负荷的变动越少，设备利用率越高。如果仍以横坐标表示某日从 0~24 时间每个小时的时间段，而以纵坐标表示负荷在相应时刻的无功功率数，则作出的曲线称为无功功率的日负荷曲线。

为了更有系统地掌握负荷变动的规律，除了要知道负荷在一昼夜当中的变化情况外，而且还需要知道一年中的负荷变化规律，最常用的年负荷曲线有日最大负荷全年变动曲线，如图 1-2 所示。

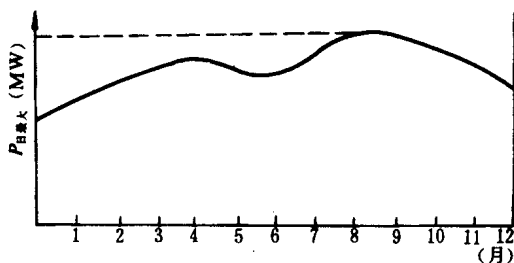


图 1-2 某系统日最大负荷全年变动曲线

图中横坐标表示从年初的 1 月 1 日到年底的 12 月 31 日的时间坐标，纵坐标表示每日的最大有功负荷，这种曲线对于安排设备的检修非常有用，可以利用负荷较轻的月份有计划安排设备检修，从而保证对用户的供电。

第二节 提高供电可靠性的措施

为了提高电力系统的供电可靠性，首先应做好发供电设备的基建、维护、试验和检修工作：

(1) 按规程规定的技术标准进行设计、安装、试运行和验收工作，保证电力设备的基建质量；

(2) 对运行的电力设备要经常定期进行预防性试验，检查设备绝缘的完好程度；

(3) 对电力设备定期进行检修，保证设备的运行水平；

(4) 加强正常的运行维护工作，采取各种反事故措施（如堵鼠洞、防鸟巢等）。

为了提高电力系统的供电可靠性，除应做好以上各项之外，还需采取措施，以提高设备水平：

(1) 保持适当的备用容量。为了使电力系统在发电设备定期检修和机组发生事故时，均不致对用户停电，并能满足国民经济发展的需要，系统规划设计时，应使电力系统留有15%~20%的装机备用容量，且不应小于一台最大机组的容量。

(2) 对重要用户采取双电源供电。例如由一个电源用双回路线路向一个用户供电，或分别由两个电源同时向一个用户供电。

(3) 采用自动装置。例如对高压送电线路采用自动重合闸装置。当线路发生瞬时短路故障时，继电保护装置可使该线路的断路器迅速跳开而切除故障；当故障消除时，自动重合闸动作，该线路又自动恢复供电，减少了停电时间，提高了供电可靠性。

(4) 在系统备用容量不足的情况下, 若系统发生事故时, 按频率自动减负荷装置, 可自动断开某些次要线路和负荷, 以保证对重要用户的供电。若自动减载装置切除的负荷数量不足, 应按事先规定的事故拉闸顺序表, 及时切除必要数量的负荷, 使系统频率迅速恢复, 否则必将延缓事故处理时间或扩大事故范围。

复 习 题

一、名词解释

1. 电力负荷
2. 负荷曲线
3. 负荷率

二、填空题

1. 在日负荷曲线中, 最高的部分叫做_____, 一天之内的最大负荷叫做_____。
2. 日平均负荷与日最大负荷之比, 叫做_____, 通常用字母 δ 表示, 写成数学公式_____。

三、选择题

1. 对一级用户中断供电将造成_____。
(1) 巨大政治影响; (2) 大量减产, 工人窝工, 机器利用率降低。
2. 日平均负荷 $P_{\text{日平均}}$ 是表示_____。
(1) 日消耗电量与日小时数之比;
(2) 日 24h 整点功率之和与日小时数之比。

四、问答题

1. 电力系统的负荷按重要性可分为哪几类?

2. 试说明图 1-3 某地区日负荷曲线中最大和最小负荷出现的时间?

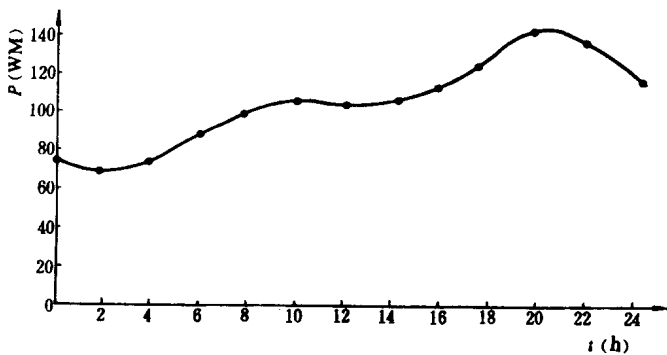


图 1-3 某地区日负荷曲线图

3. 负荷率高好还是低好，为什么？

第二章

变 电 所

第一节 变电所主要电气设备的选择

变电所电气设备选择的目的是使所有设备达到安全、经济、可靠运行。

所谓正确选择电气设备,就是根据变电所的运行要求,确定所用电气设备的类型和参数,使所选择的电气设备在正常运行和短路情况下均能安全可靠地工作。由于不同的电气设备在系统中的作用不同,所以,具体选择条件也不完全一样,例如:断路器要有足够的断流能力,互感器要有一定的准确精度等等。下面介绍正常情况和故障情况下对电气设备的共同要求,即一般选择条件。

一、选择电气设备的必要条件

1. 按额定电压选择电器

电气设备的额定电压在设备铭牌上均有标注。选用设备的额定电压不应低于设备装设点电网的额定电压,即

$$U_e \geq U_n$$

式中 U_e ——设备的额定电压;

U_n ——电网的额定电压。

一般情况下,制造厂还给出电气设备的最高工作电压,此