



银领工程系列

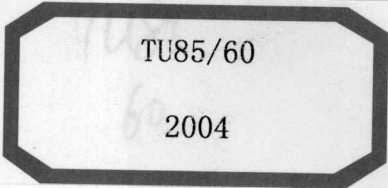


建筑配电与照明

范同顺 主编



高等教育出版社



TU85/60

2004

银领工程系列

主要内容

全书共分10章，主要介绍建筑供配电系统的组成、设计、施工、运行、维护、检修、节能、环保、安全、防火、防雷、接地、弱电系统等。本书可作为从事供配电工作的工程技术人员、设计人员、管理人员、施工人员、运行维护人员、检修人员、安全保卫人员、消防人员、环保人员、节能人员、防雷人员、接地人员、弱电系统人员等的参考书。本书也可作为高等院校电气、电子信息、自动化、计算机、通信、机械、材料、化工、冶金、轻工、纺织、医药、食品、烟草、能源、交通、水利、建筑、市政、环保、消防、安全、防雷、接地、弱电系统等专业的教材。

建筑配电与照明

- 1 戴世强 主编 建筑供配电系统设计 北京：中国水利水电出版社，2000
- 2 陈元平 主编 建筑电气设计实用指南 北京：中国水利水电出版社，2000
- 3 陈元平 主编 建筑电气技术与应用 北京：机械工业出版社，2001
- 4 胡明 主编 建筑供配电系统设计 北京：清华大学出版社，1999
- 5 邵家 主编 建筑供配电系统设计 北京：中国电力出版社，1999
- 6 黄氏 主编 建筑供配电系统设计 北京：天津大学出版社，2001
- 7 徐志敏 主编 建筑供配电系统设计 北京：北京理工大学出版社，2001
- 8 北京供电局 主编 建筑供配电系统设计手册 北京：中国电力出版社，1998
- 9 赵振民 主编 建筑供配电系统设计 天津：天津大学出版社，2003
- 10 陈一才 主编 建筑供配电系统设计 北京：机械工业出版社，2002
- 11 陈一才 主编 建筑供配电系统设计 北京：机械工业出版社，2002
- 12 赵德 主编 建筑供配电系统设计 北京：机械工业出版社，2003
- 13 国家电力公司 主编 建筑供配电系统设计 北京：中国电力出版社，2003
- 14 王庆 主编 建筑供配电系统设计 北京：机械工业出版社，2003
- 15 民用建筑供配电系统设计（编委会编） 北京：机械工业出版社，1998
- 16 中华人民共和国国家标准 消防灯（GB/T 14094-93） 北京：中国标准出版社，1994
- 17 中华人民共和国国家标准 双高光灯性能要求（GB/T 10682-2002） 北京：中国标准出版社，2002
- 18 中华人民共和国国家标准 单高光灯性能要求（GB/T 10681-2002） 北京：中国标准出版社，2002
- 19 王庆 主编 建筑供配电系统设计 北京：机械工业出版社，2004
- 20 柳林 主编 建筑供配电系统设计 北京：机械工业出版社，2000
- 21 刘林 主编 建筑供配电系统设计（第3卷） 北京：机械工业出版社，1998
- 22 陈志新 主编 现代建筑电气技术与应用 北京：机械工业出版社，2002
- 23 刘林 主编 建筑供配电系统设计 北京：机械工业出版社，1998
- 24 陈元平 主编 建筑供配电系统设计 北京：机械工业出版社，2000
- 25 刘林 主编 建筑供配电系统设计 北京：机械工业出版社，1998
- 26 陈元平 主编 建筑供配电系统设计 北京：机械工业出版社，2000
- 27 中华人民共和国国家标准 消防灯（GB/T 14094-93） 北京：中国标准出版社，1994
- 28 行业标准 DL 408-91 电业安全工作规程 北京：水利电力出版社，1991

高等教育出版社

内容提要

本书共分五章。其中包括建筑供电系统、建筑照明系统、建筑防雷系统、电气接地系统和电源装置。全书强调了配电与照明技术并重、传统技术与高新技术融合、基本理论与工程实际有机结合的原则,重点突出,图文并茂,力求实用。

本书可作为楼宇智能化及其相关专业的教材,可供从事建筑电气工程及相关专业的技术或管理人员阅读,也可以作为建筑电气技术的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

建筑配电与照明/范同顺主编. —北京:高等教育出版社,2004.11(2007重印)

ISBN 978-7-04-015761-1

I. 建... II. 范... III. ①建筑-配电系统-高等学校-建材②建筑-照明-高等学校-教材
IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 108142 号

策划编辑 孙杰 责任编辑 张春英 封面设计 王凌波 责任绘图 朱静
版式设计 王艳红 责任校对 俞声佳 责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京机工印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 21.5
字 数 520 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landrace.com>
<http://www.landrace.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2004年11月第1版
印 次 2007年12月第3次印刷
定 价 26.90元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 15761-00

出版说明

为了认真贯彻《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》，落实《2003—2007年教育振兴行动计划》，缓解国内劳动力市场技能型人才紧缺现状，为我国走新型工业化道路服务，自2001年10月以来，教育部在永州、武汉和无锡连续三次召开全国高等职业教育产学研经验交流会，明确了高等职业教育要“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学研结合的发展道路”，同时明确了高等职业教育的主要任务是培养高技能人才，这类人才，既要能动脑，更要能动手，他们既不是白领，也不是蓝领，而是应用型白领，是“银领”，为我国高等职业教育的进一步发展指明了方向。

培养目标的变化直接带来了高等职业教育办学宗旨、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面的改变，与之相应，也产生了若干值得关注与研究的新课题。对此，我们组织有关高等职业院校进行了多次探讨，并从中遴选出一些较为成熟的成果，组织编写了“银领工程”丛书。本丛书围绕培养符合社会主义市场经济和全面建设小康社会发展要求的“银领”人才的这一宗旨，结合最新的教改成果，反映了最新的职业教育工作思路和发展方向，有益于固化并更好地推广这些经验和成果，很值得广大高等职业院校借鉴。同时，我们的想法和做法还得到了教育部领导的肯定，教育部副部长吴启迪也专门为首批“银领工程”丛书提笔作序。

“银领工程”丛书适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2004年9月

前 言

近年来,随着改革开放的深入,现代化建设的不断发展,特别是信息技术与现代建筑的融合,使我国楼宇智能化技术迅速普及,各种智能建筑如雨后春笋般不断涌现。

由于该领域内具备专业知识和专业技能的专业技术人员相对匮乏,使许多已建成的智能建筑不能充分发挥其效能,大量先进的控制、信息传输与处理设备低效运行,造成了很大的浪费。另外,近年来随着我国各种建筑法规的不断出台,建筑市场的不断规范,智能建筑的设计、施工、运行、管理、服务也在不断规范和完善。因此,目前社会上急需大批具备适度基础理论知识,实用技术知识面宽,工程实践能力强,能适应智能建筑领域技术发展要求的高等职业技术人才。

楼宇智能化技术涵盖了电能传输与分配、建筑设备控制、计算机网络、现代通信等技术,在现代建筑中的地位越来越重要。鉴于此,编者认为编写一套全面介绍楼宇智能化技术和应用的系列教材非常必要。

本书是楼宇智能化系列教材之一,主要内容包括作为现代建筑电气技术重要组成部分的建筑配电与照明。本教材在编写过程中,强调了配电与照明技术并重、传统技术与高新技术融合、基本理论与工程实际有机结合等原则,力求满足高等职业技术人才培养目标的要求。

本书由北京联合大学范同顺主编。其中,第一章由河南平顶山工学院马东晓、卢春焕编写;第二章由北京联合大学蒋蔚、范同顺编写;第三章、第四章由昆明冶金高等专科学校施卫华编写;第五章由云南省阳宗海发电厂王进编写。全书由北京林业大学寿大云教授主审。

现代建筑电气技术发展迅速,学科综合性越来越强,虽然编写时力求做到内容全面及时、通俗实用,但由于编者专业水平有限,加之时间仓促,书中难免存在缺漏和不当之处,敬请各位同行、专家和广大读者批评指正。

编者

2004年7月

目 录

第一章 建筑供配电系统	1	二、电力系统的中性点运行方式	44
第一节 供电系统概述	1	三、中性点不接地系统电容电流的计算	45
一、供电系统的组成	1	四、无穷大功率电源三相短路、两相短路	
二、供电质量	2	电流的计算	46
三、供电电压	4	五、短路冲击电流的计算	49
第二节 负荷计算	7	六、短路电流的热效应、力效应	49
一、负荷分级与供电要求	7	第七节 线路导线的选择	52
二、负荷工作制的划分	8	一、导线电缆的选择原则	52
三、需要系数法计算负荷	9	二、按允许载流量选择导线	53
四、单位面积估算法	14	三、按电压损失选择导线	57
五、单相负荷的计算	17	四、按机械强度选择导线	58
六、冲击负荷的计算	17	五、架空线路	59
七、住宅建筑的负荷计算	17	六、电缆线路	60
八、功率因数的提高	18	七、插接式母线	62
九、变压器容量的选择	20	八、滑触线	63
第三节 变配电所	21	第八节 继电保护	63
一、变配电所的类型与组成	21	一、继电保护的的任务与要求	63
二、电源	22	二、线路保护	64
三、布置	23	三、变压器保护	69
四、通道与安全净距	27	四、电动机保护	73
五、高低压开关装置	30	五、电容器保护	73
六、组合式变电所	31	第九节 备用电源控制装置	73
第四节 高压供电系统主接线	34	一、备用电源自动投入装置	73
一、基本要求	34	二、自动重合闸装置	76
二、线路-变压器组接线	35	第十节 供电系统工程应用实例	79
三、单母线接线	35	一、变电所	79
四、桥式接线	37	二、动力系统	80
五、双母线接线	38	本章小结	89
第五节 配电系统接线	39	习题	89
一、放射式	39	第二章 建筑照明系统	91
二、树干式	41	第一节 照明基础知识	91
三、环网式	42	一、光的基本概念	91
四、格式网络	43	二、常用光度量及其单位	92
第六节 短路计算	43	三、光与颜色	96
一、故障原因与类型	43	四、照明方式与种类	100

第二节 照明标准	101	第一节 过电压	248
一、照度标准	101	一、系统内部过电压	248
二、照明质量	112	二、外部过电压	249
第三节 照明电光源的种类与选择	114	三、雷电的形成及有关概念	250
一、电光源的分类	114	第二节 建筑物的防雷分级	253
二、电光源的命名方法	115	一、第一类防雷建筑物	253
三、白炽灯	117	二、第二类防雷建筑物	254
四、卤钨灯	120	三、第三类防雷建筑物	255
五、荧光灯	126	第三节 防雷及接地装置	255
六、钠灯	134	一、接闪器	255
七、汞灯	140	二、接地装置的要求	259
八、金属卤化物灯	143	三、避雷器	260
九、氙灯	145	四、防雷措施	264
十、霓虹灯	147	第四节 防雷系统案例分析	266
十一、其他照明光源	148	一、基本概况	266
十二、照明光源的选择	150	二、防雷方案初步设计	266
第四节 照明灯具及其特性	154	本章小结	268
一、灯具的作用	154	习题	269
二、灯具的光学特性	155	第四章 电气接地系统	270
三、灯具的分类	158	第一节 低压配电系统接地方式	270
四、灯具的选择	172	一、概述	270
第五节 灯具的布置与照度计算	173	二、低压配电系统的接地方式	270
一、灯具的布置	173	三、安全电压和人体电阻	273
二、照度计算	177	四、低压配电系统的防触电保护	274
第六节 建筑物内照明设计	190	第二节 接地装置与接地电阻	275
一、住宅照明	191	一、概述	275
二、办公室照明	196	二、接地要求	276
三、学校照明	199	三、接地装置	278
第七节 建筑物外照明设计	204	四、接地电阻的计算	281
一、道路照明	204	第三节 接地系统工程实例	284
二、室外建筑物照明	214	一、变电所接地装置实例	284
三、夜景照明	219	二、变压器中性点接地实例	286
第八节 照明电气线路	222	三、建筑电气设备火灾原因分析	286
一、照明线路电压与负荷等级的划分	223	本章小结	287
二、照明负荷的供电方式与照明配电系统	224	习题	288
三、照明负荷计算与线路选择	228	第五章 电源装置	289
四、照明装置的接地与保护线截面选择	240	第一节 交流稳压电源	289
五、照明线路的保护与电气安全	242	一、电磁稳压器	290
本章小结	246	二、稳压变压器	292
习题	246	三、电子交流稳压器	293
第三章 建筑防雷系统	248	四、调压器稳定电源	296

第二节 备用发电机组	298	四、锁相环路	321
一、柴油发电机组和燃汽轮发电机组的 比较	299	五、UPS 用蓄电池	322
二、柴油发电机组的主要技术条件和性 能指标	300	六、UPS 的选用	325
三、柴油发电机组的工作原理、性能与 特性	302	第四节 案例分析	325
四、柴油机的选型	308	一、分离旁路并联方案	325
五、柴油发电机组的组成和配套装置	309	二、集中旁路并联方案	326
六、自动化柴油发电机组	310	三、Hot - sync 并联冗余方案	327
第三节 UPS 电源	313	四、并联 + 单机热备份方案	328
一、UPS 的工作原理	314	五、并联 + 并联热备份方案	329
二、UPS 电源性能指标	317	六、某综合性大楼的备用电源设备配置	330
三、静态开关	319	本章小结	332
		习题	332
		参考文献	333

第一章

建筑供配电系统

学习目标

通过本章的学习,要求能够掌握一般民用建筑供配电系统设计的基本概念、负荷计算、导线截面选择的基本内容。具体掌握供配电系统组成及形式、供电质量和供电电压的要求、计算负荷的计算、常用6~10 kV室内变电所布置形式、线路导线的选择,熟悉冲击负荷计算、功率因数的提高、变压器容量选择以及高低压供电系统接线,理解短路电流计算和继电保护的基本概念等内容。

第一节 供电系统概述

一、供电系统的组成

1. 电力系统的组成

由发电厂的发电机、升压及降压变电设备、电力网及电能用户(用电设备)组成的系统统称为电力系统。

(1) 发电厂

发电厂是生产电能的场所,在这里可以把自然界中的一次能源转换为用户可以直接使用的二次能源——电能。根据发电厂所取用一次能源的不同,主要有火力发电、水利发电、核能发电等发电形式,此外还有潮汐发电、地热发电、太阳能发电、风力发电等。无论发电厂采用哪种发电形式,最终将其他能源转换为电能的设备是发电机。

(2) 电力网

电力网的主要作用是变换电压,传输电能,由升压、降压变电所和与之对应的电力线路组成,负责将发电厂生产的电能经过输电线路,送到用户(用电设备)。

(3) 配电系统(电力用户)

配电系统位于电力系统的末端,主要承担将电力系统的电能传输给电力用户的任务。电力用户是消耗电能的场所,通过用电设备将电能转换为满足用户需求的其他形式的能量,如电动机将电能转换为机械能,电热设备将电能转换为热能,照明设备将电能转换为光能等。

电力用户根据供电电压分为高压用户和低压用户。高压用户的额定电压在1 kV以上,低压用户的额定电压一般是220 V/380 V。图1-1是电力系统的组成示意图。

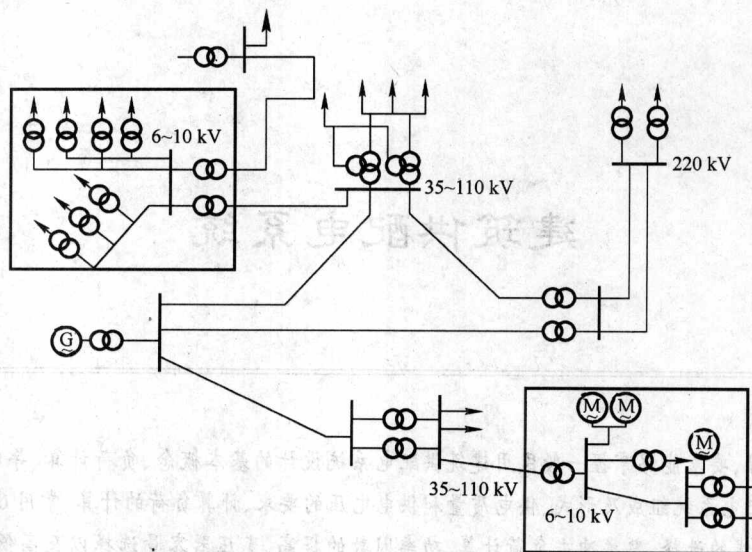


图 1-1 电力系统的组成

2. 配电系统的组成

(1) 供电电源

配电系统的电源可以取自电力系统的电力网或企业、用户的自备发电机。

(2) 配电网

配电网的主要作用是接受电能,变换电压,分配电能。由企业或用户的总降压变电所(或高压配电所)、高压输电线路、降压变电所(或配电所)和低压配电线路组成。其功能是将电能通过输电线路,安全、可靠且经济地输送到用电设备。

(3) 用电设备

用电设备是指专门消耗电能的电气设备。据统计,用电设备中 70% 是电动机类设备,20% 左右是照明或其他用电设备。

实际上配电系统的基本结构与电力系统极其相似,所不同的是配电系统的电源是电力系统中的电力网,电力系统的用户实际上就是配电系统。

配电系统中的用电设备根据额定电压分为高压用电设备和低压用电设备。高压用电设备的额定电压一般在 1 kV 以上,低压用电设备的额定电压一般在 400 V 以下。

二、供电质量

供电质量通常用电压偏移、电压波动、频率偏差以及供电可靠性等供电质量指标来表征。

1. 电压偏移

电压偏移指用电设备的实际端电压偏离其额定电压的百分数,用公式表示为

$$\Delta U_N \% = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 U_N ——用电设备的额定电压,单位是千伏[特],符号为 kV;

U ——用电设备的实际端电压,单位是千伏[特],符号为 kV。

产生电压偏移的主要原因是系统滞后的无功负荷和线路损耗所引起的系统电压损失。正常情况下用电设备端的电压偏移允许值可按下列要求验算：一般电动机为 $\pm 5\%$ ，特殊情况下为 $-10\% \sim +5\%$ ；电梯电动机为 $\pm 7\%$ ；一般工作场所的照明为 $\pm 5\%$ ，在视觉要求较高的场所为 $-2.5\% \sim +5\%$ ，远离变电所的小面积一般工作场所的照明线路难以满足上述要求时，可按 $-10\% \sim +5\%$ 考虑；应急照明、道路照明和警卫照明为 $-10\% \sim +5\%$ ；其他用电设备无特殊要求时为 $\pm 5\%$ ；医用 X 射线诊断机电源线路为 $-10\% \sim +10\%$ 。

2. 电压波动

电压波动由用户负荷的剧烈变化引起。例如大型晶闸管整流装置、电焊机、大功率电动机的起动等都会引起电压波动。电压波动直接影响系统中其他电气设备的正常运行。

电压波动是指电压在短时间内的快速变动情况，其程度通常以电压幅度波动值和电压波动频率来衡量。电压幅度波动的相对值为

$$\Delta U\% = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_N} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 U_{\max} ——用电设备端电压波动的最大值，单位是千伏[特]，符号为 kV；

U_{\min} ——用电设备端电压波动的最小值，单位是千伏[特]，符号为 kV。

3. 频率偏差

频率偏差指供电实际频率与电网标准频率的差值。我国电网的标准频率为 50 Hz，通常称为工频。当电网频率降低时，用户电动机的转速将降低，会影响到电动机的正常运行。频率变化对电力系统运行的稳定性不利。

频率偏差一般不超过 ± 0.25 Hz，当电网容量大于 3 000 MW 时，频率偏差不得超过 ± 0.2 Hz。

4. 供电可靠性

供电可靠性指标是根据用电负荷的等级要求制定的。供电可靠性指标用全年平均供电时间占全年时间比例的百分数来衡量。例如，全年时间 8 760 h，用户全年停电时间为 87.6 h，即停电时间占全年的 1%，供电可靠性为 99%。

5. 电子计算机供电电源的电能质量

电子计算机供电电源的电能质量应满足表 1-1 的要求。

表 1-1 计算机允许的电能参数变动范围

项目 \ 级别	A 级	B 级	C 级
电压波动/%	-5 ~ +5	-10 ~ +7	-10 ~ +10
频率偏差/Hz	-0.05 ~ +0.05	-0.5 ~ +0.5	-1 ~ +1
波形失真率/%	≤5	≤10	≤20

6. 高次谐波的抑制

(1) 高次谐波产生的原因及危害

供电系统中存在着多种引起高次谐波电流的因素。凡是电压与电流关系为非线性的元件，

都是高次谐波电流源,在供电系统中会引起相应的谐波电压,或者称为“注入”谐波电流,引起电力系统中母线电压的畸变。畸变的电压对电网中的其他用户会产生极为有害的影响。

产生谐波电流的设备有晶闸管设备、电弧设备、气体放电灯、整流器、旋转电机、感应加热器以及电容器等。由于谐波可通过直接连接、感应或电容耦合等方式从某一电路或系统传递到另一电路或系统,所以谐波的存在不仅影响供电电压的质量,同时对该频段的通信线路、信号传递线路以及控制电路产生干扰。流过电力线路的谐波电流会减少供电设备的载流能力,增加电能损失。

(2) 高次谐波的抑制

抑制高次谐波可采取多种措施,在有谐波干扰的地方,通常加大电力线路与通信线路之间的间距,屏蔽通信线路;在有电容器组放大谐波电流的地方,应选择合适类型的电容器,或将电容器组迁移;在出现谐振的地方,应改变电容器组的大小及规格,将谐波点转移;各类大功率非线性用电设备变压器由短路容量较大的电网供电;选用 Dyn11 联结组别的三相变压器等。

如果以上措施仍不能满足要求的话,还可以采取以下措施加以解决:

- ① 增加整流相数,降低高次谐波分量。
- ② 在同一台整流变压器铁心上,采用不同接法的两个绕组以实现 6 相整流。
- ③ 当两台以上整流变压器由同一母线供电时,可将两台变压器的二次侧分别接成 Y 形和 Δ 形,得到 12 相整流。
- ④ 装设无源或有源滤波装置。
- ⑤ 在补偿电容器回路串联电抗器,消除产生谐振的可能。

三、供电电压

1. 电压选择的一般原则

企业的配电系统电压主要决定于地区供电电源的电压、用电设备的总功率(俗称容量)、用电设备的特征、供电距离、供电线路的回路数量、用电单位的远景规划、当地公共电网现状及其发展规划以及经济合理性等因素。

用电设备功率在 250 kW 或需要变压器容量在 160 kV·A 以上时,应以高压方式供电;用电设备功率在 250 kW 或需要变压器容量在 160 kV·A 以下时,宜采用低压方式供电,特殊情况下也可以高压方式供电。

2. 电力线路合理输送功率和输送距离

线路在输送功率和距离一定的情况下,电压愈高则电流愈小,导线截面和线路中的功率损耗愈小。同时,电压愈高,线路的绝缘要求愈高,变压器和开关设备的价格愈高。选择电压等级时也要权衡经济效益。

表 1-2 列出了不同电压电力线路合理的输送功率和传输距离。

表 1-2 各级电压电力线路合理的输送功率和输送距离

线路电压/kV	线路类型	输送功率/kW	输送距离/km
0.22	架空	≤ 450	≤ 0.15
	电缆	≤ 100	≤ 0.20

续表

线路电压/kV	线路类型	输送功率/kW	输送距离/km
0.38	架空	≤ 100	≤ 0.25
	电缆	≤ 175	≤ 0.35
6	架空	$\leq 2\,000$	3 ~ 10
	电缆	$\leq 3\,000$	≤ 8
10	架空	$\leq 3\,000$	5 ~ 15
	电缆	$\leq 5\,000$	≤ 10
35	架空	2 000 ~ 15 000	20 ~ 50
63	架空	3 500 ~ 30 000	30 ~ 100
110	架空	10 000 ~ 50 000	50 ~ 150
220	架空	10 000 ~ 1 500 000	200 ~ 300
500	架空	—	—
750	架空	—	—

3. 额定电压

额定电压就是用电设备、发电机和变压器正常工作时具有最好技术经济指标的电压。显然,对用电设备来说,它的额定电压应和网路的电压一致。但是,在传输负荷电流的过程中,电力网的电压将发生变化,即产生电压偏移。在正常电压偏移范围内,保持线路平均电压仍为额定电压,此时额定电压为平均额定电压。

(1) 额定电压的确定

① 电网的额定电压 线路首末两端电压的平均值应等于电网额定电压,并作为其他电力设备额定电压的依据。

② 用电设备的额定电压 用电设备的额定电压等于电网额定电压。

③ 发电机的额定电压 由于电网在传输功率时有电压损失,发电机的额定电压规定比同级电网电压高 5%。

④ 电力变压器的额定电压 电力变压器一次绕组的额定电压根据与电源连接情况不同分为两种:变压器直接与发电机相连时,其一次绕组的额定电压与发电机的额定电压相同,即高出同级电网额定电压 5%;变压器直接与电网相连时,其一次绕组的额定电压与电网的额定电压相同,即等于同级电网额定电压。

电力变压器二次绕组的额定电压是指一次绕组在额定电压作用下,二次绕组的空载电压。当变压器满载时,变压器的一次、二次绕组的阻抗将引起变压器自身的电压降低(相当于电网额定电压的 5%),从而使二次绕组的端电压小于空载电压。另外,为了弥补线路中的电压损失,变压器二次绕组的额定电压应高于电网额定电压 5%,因此变压器二次绕组的额定电压规定比同级电网额定电压高 10%,用以补偿变压器本身和线路两方面的压降损失,使低压供电线路的中点电压(在合理的供电半径条件下)保持在额定值。若变压器靠近用户,供电半径较小时,由于线路较短,线路的电压损失可以忽略不计,这时变压器二次绕组的额定电压只要求高于电网额定

电压 5% ,用以补偿变压器自身的电压损失。

(2) 额定电压的分类

第一类额定电压如表 1-3 所示。

表 1-3 第一类额定电压

直流/V	交流/V	
	三相(线电压)	单相
6	—	—
122	—	12
24	—	—
—	36	—
48	—	36

第二类额定电压如表 1-4 所示。

表 1-4 第二类额定电压

受电设备			发电机		变压器			
直流 /V	交流三相		直流 /V	交流 三相 /V	交流/V			
	线电压	相电压			三相		单相	
				线电压	一次线圈	二次线圈	一次线圈	二次线圈
110	—	—	115	—	—	—	—	—
—	(127)	—	—	(113)	(127)	(133)	(127)	(133)
220	220	127	230	230	220	230	220	230
—	380	220	—	400	380	400	380	—
440	—	—	480	—	—	—	—	—

第三类额定电压如表 1-5 所列。

表 1-5 第三类额定电压

受电设备的额定电压 和系统标准电压	供电设备额定电压			
	受电设备电压 /kV	交流发电机线电压 /kV	变压器线电压/kV	
			一次线圈	二次线圈
3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3	
6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6	
10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11	
(20)	(21)	(20) 及 (21)	(21) 及 (22)	
35	—	35	38.5	
60	—	60	66	
110	—	110	121	
154	—	154	169	
220	—	220	242	
330	—	330	363	

注: 括号中的数字为 20 kV 配电电压等级, GB 156—93 中说明其在用户要求时使用。

(3) 线路的额定电压和平均额定电压

表 1-6 是线路的额定电压和平均额定电压。

表 1-6 线路的额定电压和平均额定电压 (kV)

额定电压	0.22	0.38	3	6	10	35	60	110	154	220	330
平均额定电压	0.23	0.4	3.15	6.3	10.5	37	63	115	162	230	345

第二节 负荷计算

一、负荷分级与供电要求

1. 负荷

负荷指发电机或变电所供给用户的电力。即为电气设备(发电机、变压器)和线路中通过的功率或电流。

当线路电压一定时,线路输送的功率与电流成正比。为方便应用,设备负荷通常用功率表示,而线路负荷用通过的电流值来表征。发电机、变压器等电气设备的负荷指其输出功率,而电动机类用电设备的负荷指其输入功率。

2. 负荷的分级

电力负荷应根据供电可靠性及中断供电在政治、经济上所造成的损失或影响程度分为一级负荷、二级负荷和三级负荷。

(1) 一级负荷

属下列情况之一者为一级负荷:

- ① 中断供电将造成人身伤亡者。
- ② 中断供电将造成重大政治影响者。
- ③ 中断供电将造成重大经济损失者。
- ④ 中断供电将造成公共场所秩序严重混乱者。

某些重要建筑,如重要的交通枢纽、通信枢纽、国宾馆、人员聚集的国家级及承担重大国事活动的公共场所等一级负荷视为特别重要负荷。

中断供电将影响实时处理计算机及计算机网络正常工作或中断供电后将发生爆炸、火灾以及严重中毒的一级负荷亦为特别重要负荷。

(2) 二级负荷

属下列情况之一者均为二级负荷:

- ① 中断供电将造成较大政治影响者。
- ② 中断供电将造成较大经济损失者。
- ③ 中断供电将造成公共场所秩序混乱者。

(3) 三级负荷 不属于一级和二级的其他电力负荷被视为三级负荷。

3. 供电要求

(1) 一级负荷的供电要求

一级负荷应由两个独立电源供电,其中一个电源发生故障时,另一个电源应不致同时受到损坏,保证正常电力供应。

一级负荷容量较大或有高压电气设备时,应采用两路高压电源供电。一级负荷容量不大时,应优先采用从电力系统或邻近供电系统取得第二低压电源,亦可采用应急发电机组;一级负荷仅为照明或电话负荷时,宜采用蓄电池组作为备用电源。

一级负荷中的特别重要负荷,除上述两个电源外,还必须增设应急电源。为保证特别重要负荷的供电,严禁将其他负荷接入应急供电系统。常用的应急电源有下列几种:

- ① 独立于正常电源的发电机组。
- ② 供电网络中独立于正常电源的有效专门馈电线路。
- ③ 蓄电池。

根据允许的中断时间可分别选择下列应急电源:

① 静态交流不间断电源装置适用于允许中断供电时间为毫秒级的供电系统。

② 带有自动投入装置并独立于正常电源的专门馈电线路适用于允许中断供电时间为 1.5 s 以上的供电系统。

③ 快速自起动的柴油发电机组适用于允许中断供电时间为 15 s 以上的供电系统。

(2) 二级负荷的供电要求

二级负荷供电应做到当发生电力变压器故障或线路常见故障时不中断(或中断后能迅速恢复)双回路供电。在负荷较小或地区供电条件困难时,二级负荷可由单回路 10 kV(6 kV)及以上专用架空线供电。

(3) 三级负荷的供电要求

三级负荷的供电无特殊要求,但是也应该尽量保证供电的可靠性。

二、负荷工作制的划分

电气设备按工作制划分为三种。

1. 长期工作制

长期工作制即连续运行工作制,指在规定的环境温度下,设备连续运行,设备任何部分的温升均不超过允许值。

2. 短时工作制

短时工作制即短时运行工作制,指设备的运行时间短而停歇时间长,设备在工作时间内的发热量不足以达到稳定的温升,而在停歇时间内足够冷却到环境温度。

3. 断续工作制

断续工作制也称为重复短时工作制,指设备以断续方式反复进行工作,工作时间(t_g)与停歇时间(t_r)交替进行。断续工作制的性质用暂载率 ε 或 JC 表示,定义为

$$\varepsilon = \frac{\text{工作时间}}{\text{工作周期}} \times 100\% = \frac{t_g}{t_g + t_r} \times 100\% \quad (1-3)$$

根据国家技术标准规定,工作周期 $t_g + t_r$ 以 10 min 为依据,起重专用电动机(YZ、YZR 系列)的标准暂载率为 15%、25%、40%、60% 四种,电焊设备的标准暂载率为 50%、65%、75%、100% 四种。

三、需要系数法计算负荷

1. 需要系数

电气设备的额定工作条件不同会造成各用电设备不会同时工作,同时工作设备也不会都在满负荷情况下运行。同时电气设备和线路还会产生功率损耗。所有这些因素综合起来,使系统内最大负荷与全系统用电设备总容量之间存在差异,前者比后者小,两者的比值称为需要系数。即

$$\text{需要系数 } k_x = \frac{\text{负荷曲线的最大负荷 } P_{\max}}{\text{该组用电设备的设备容量总和 } \Sigma P} \quad (1-4)$$

需要系数表示配电系统中所有用电设备同时运转(用电)的程度,或者所有用电设备同时使用的程度。通常其值小于1,只有在所有用电设备同时连续运转且满载时才可能为1。

表1-7、表1-8给出了各用电设备组的需要系数及功率因数。

表1-7 建筑工地常用用电设备组的需要系数及功率因数

用电设备组名称	需要系数 k_x	功率因数 $\cos \varphi$	$\tan \varphi$
通风机和水泵	0.75 ~ 0.85	0.80	0.75
运输机、传送带	0.52 ~ 0.60	0.75	0.88
混凝土及砂浆搅拌机	0.65 ~ 0.70	0.65	1.77
破碎机、筛、泥泵、砾石洗涤机	0.70	0.70	1.02
起重机、掘土机、升降机	0.25	0.70	1.02
电焊机	0.45	0.45	1.98
建筑室内照明	0.80	1.0	0
工地住宅、办公室照明	0.40 ~ 0.70	1.0	0
变电所	0.50 ~ 0.70	1.0	0
室外照明	1.0	1.0	0

表1-8 工业企业常用用电设备组的需要系数及功率因数

用电设备组名称	需要系数 k_x	功率因数 $\cos \varphi$	$\tan \varphi$
通风机: 生产用	0.75 ~ 0.85	0.80 ~ 0.85	0.62 ~ 0.75
卫生设施用	0.65 ~ 0.70	0.80	0.75
水泵、空气压缩机、电动发电机组	0.75 ~ 0.85	0.80	0.75
透平压缩机和透平鼓风机	0.85	0.85	0.62
起重机: 修理、金工、装配车间用	0.05 ~ 0.15	0.50	1.73
铸铁、平炉车间用	0.15 ~ 0.30	0.50	1.73
脱锭、轧制车间用	0.25 ~ 0.35	0.50	1.73
破碎机、筛选机、碾砂机	0.75 ~ 0.80	0.80	0.75
磨碎机	0.75	0.80 ~ 0.85	0.62 ~ 0.75
搅拌机	0.65	0.75	0.88
连续运输机: 冷加工车间	0.6	0.75	0.88
热加工车间	0.14 ~ 0.20	0.75	0.88
各类的金属加工机床: 冷加工车间	0.20 ~ 0.25	0.60	1.33