



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

电气工程及其自动化系列

工厂供电

GONGCHANG GONGDIAN

郭媛 宋起超 主编

- ◆ 夯实专业基础，重实践
- ◆ 强化难点内容，重引导
- ◆ 培养工程能力，求创新



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材·电气工程及其自动化系列

工厂供电

郭 媛 宋起超 主 编
赵丽娜 于 颖 秦 杰 副主编

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书分为8章,首先介绍工厂供电相关的基础知识,然后按照工厂供电系统设计的步骤重点介绍了工厂电力负荷的计算、短路电流计算及供、用电设备的选择与校验,工厂电力线路及其保护,电气安全、接地与防雷及工厂供电系统的电压质量等。书中的电路图符号、文字符号、有关术语及有关图表均采用最新国家标准,并注意引入新技术和介绍工厂供电技术的发展趋势,通过此书可以系统了解工厂供电系统和用电设备。

本书可作为高等学校电气工程及其自动化专业和相关专业的本科教材,也可作为高职高专和函授教材,同时还可供从事电气设计、运行、管理工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工厂供电/郭媛,宋起超主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2012.4

ISBN 978-7-5603-3502-5

普通高等教育“十二五”创新型规划教材·电气工程及其自动化系列

I. ①工… II. ①郭…②宋… III. ①工厂-供电
IV. ①TM727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 014339 号

策划编辑 王桂芝 赵文斌

责任编辑 李长波

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 17 字数 418 千字

版 次 2012 年 4 月第 1 版 2012 年 4 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3502-5

定 价 32.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

电气工程及其自动化系列

编 委 会

主 任 戈宝军

副主任 王淑娟 叶树江 程德福

编 委 (按姓氏笔画排序)

王月志 王燕飞 付光杰 付家才 白雪冰

刘宏达 宋义林 张丽英 周美兰 房俊龙

郭 媛 贾文超 秦进平 黄操军 嵇艳菊

序

随着产业国际竞争的加剧和电子信息科学技术的飞速发展,电气工程及其自动化领域的国际交流日益广泛,而对能够参与国际化工程项目的工程师的需求越来越迫切,这自然对高等学校电气工程及其自动化专业人才的培养提出了更高的要求。

根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020)》及教育部“卓越工程师教育培养计划”文件精神,为适应当前课程教学改革与创新人才培养的需要,使“理论教学”与“实践能力培养”相结合,哈尔滨工业大学出版社邀请东北三省十几所高校电气工程及其自动化专业的优秀教师编写了《普通高等教育“十二五”创新型规划教材·电气工程及其自动化系列》。该系列教材具有以下特色:

1. 强调平台化完整的知识体系。系列教材涵盖电气工程及其自动化专业的主要技术理论基础课程与实践课程,以专业基础课程为平台,与专业应用课、实践课有机结合,构成了一个通识教育和专业教育的完整教学课程体系。

2. 突出实践思想。系列教材以“项目为牵引”,把科研、科技创新、工程实践成果纳入教材,以“问题、任务”为驱动,让学生带着问题主动学习,“在做中学”,进而将所学理论知识与实践统一起来,适应企业需要,适应社会需求。

3. 培养工程意识。系列教材结合企业需要,注重学生在校工程实践基础知识的学习和新工艺流程、标准规范方面的培训,以缩短学生由毕业生到工程技术人员转换的时间,尽快达到企业岗位目标需求。如从学校出发,为学生设置“专业课导论”之类的铺垫性课程;又如从企业工程实践出发,为学生设置“电气工程师导论”之类的引导性课程,帮助学生尽快熟悉工程知识,并与所学理论有机结合起来。同时注重仿真方法在教学中的作用,以解决教学实验设备因昂贵而不足、不全的问题,使学生容易理解实际工作过程。

本系列教材是哈尔滨工业大学等东北三省十几所高校多年从事电气工程及其自动化专业教学科研工作的多位教授、专家们集体智慧的结晶,也是他们长期教学经验、工作成果的总结与展示。

我深信:这套教材的出版,对于推动电气工程及其自动化专业的教学改革、提高人才培养质量,必将起到重要推动作用。

教育部高等学校电子信息与电气学科教学指导委员会委员
电气工程及其自动化专业教学指导分委员会副主任委员

戈宝军

2011年7月



前 言

工厂供电课程及相关教学环节是电气及自动化类学生全面、系统了解工厂供电系统和用电设备的有效途径。针对应用型本科院校电气专业面向工程应用、面向企业的人才培养目标,我们编写了这部能充分体现工程实际应用特点、适合实践型人才培养需要的教材。

本书在总结多位教师多年教学经验的基础上,借鉴和参考了现有教材,并依据最新国家标准和设计规范,本着服务学生,使学生能学有所长、学以致用思想对教材进行严谨的编写。书中注重理论与实践的结合,在强调基础的同时,突出工程概念和特点。全书共分8章:首先简要介绍了工厂供电相关的基础知识,然后按照工厂供电系统设计的步骤重点介绍了工厂电力负荷的计算,短路电流计算及供、用电设备的选择与校验,工厂电力线路及其保护,电气安全、接地与防雷及工厂供电系统的电压质量。在内容上,书中的电路图符号、文字符号、有关术语及有关图表均采用最新国家标准,并注意引入新技术和介绍工厂供电技术的发展趋势,力求取材新颖;在文字上,力求语言简练,浅显易懂,使读者对工厂供电的基本知识和主要技术能有深入理解;在编排上,力求做到教学内容模块化,各教学模块不但具有可组合性,而且具有可选择性。电类各专业可根据专业需要进行选择教学。

本书由齐齐哈尔大学与黑龙江工程学院共同编写,具体编写分工如下:郭媛负责第3章,第4章;宋起超负责第5章,第6章;赵丽娜负责第1章,第8章8.4,8.5,8.6和附录部分;秦杰负责第7章;于颖负责第2章,第8章8.1,8.2,8.3;王希凤参与了第6章6.2部分内容的编写工作;郭媛和宋起超负责全书的统稿。本书为齐齐哈尔大学重点资助教材。

由于编者水平有限,书中疏漏和不足在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2012年3月



目 录

第1章 绪论	1
1.1 电力系统基础	1
1.2 工厂供电系统	4
1.3 电力系统的电压	5
1.4 决定供电质量的主要指标	6
1.5 工厂供电设计的一般知识	9
第2章 负荷计算	12
2.1 计算负荷的意义及计算目的	12
2.2 用电设备计算负荷的确定	17
2.3 供电系统的功率损耗与电能损耗	29
2.4 全厂计算负荷的确定	38
第3章 工厂供电系统及电力线路	40
3.1 工厂供电系统方案的选择	41
3.2 工厂电压的选择	43
3.3 工厂变配电所	47
3.4 变电所的主接线	54
3.5 工厂供电线路	60
3.6 工厂电力线路的结构和敷设	64
3.7 导线和电缆截面的选择	73
第4章 短路电流及其计算	86
4.1 短路概述	86
4.2 短路过程的分析	89

4.3	三相短路电流的计算	95
4.4	两相和单相短路电流的计算	106
4.5	短路电流的效应和稳定度校验	107
第5章 供电系统中电气设备的选择和校验		111
5.1	电弧的形成及灭弧方法	111
5.2	电气设备选择的一般原则	113
5.3	高压电气设备的选择	114
5.4	低压电气设备的选择	134
5.5	电气设备选择实例	154
第6章 工厂供电系统的过电流保护		157
6.1	过电流保护的基本要求	157
6.2	熔断器保护	158
6.3	低压断路器保护	163
6.4	常用的保护继电器	166
6.5	工厂电力线路的继电保护	170
6.6	电力变压器保护	183
6.7	高压电动机的保护	193
第7章 供配电系统二次接线		197
7.1	二次接线的基本概念	197
7.2	二次接线的原理图和安装图	197
7.3	变电所二次回路的操作电源	201
7.4	高压断路器的控制与信号回路	205
7.5	变电所的信号装置	208
7.6	变电所电气测量仪表	209
第8章 工厂照明		214
8.1	电气照明	214
8.2	常见电光源	216
8.3	照明灯具	222

8.4 照明种类和基本要求	229
8.5 照明计算	233
8.6 照明配电	239
附录.....	242
参考文献.....	259



第1章 绪 论

1.1 电力系统基础

电能由于具有转换容易、输送方便、易于控制及洁净、经济等特点,成为人类社会赖以生存和发展的主要能源。如今,电能是工业、农业、国防、交通等部门不可缺少的动力,成为改善和提高人们物质、文化生活的重要因素,一个国家电力工业的发展水平已是反映其国民经济发达程度的重要标志之一。

1.1.1 电力系统的基本概念

发电厂多建立在一次能源所在地,和电能用户距离可能很远,这就要求将电能输送到用户。要想长距离输送大容量的电能,就必须把电压升高,用户要想使用电能,又需要把电压降低。围绕电能的产生、变压、输送和使用就构成了电力系统,它是一个由发电厂的发电机、升压及降压变压器、电力线路和用户构成的整体,如图 1.1 所示。

组成电力系统的优势有:

(1)减少总备用容量所占的比例,提高供电可靠性。电力系统在运行过程中难免会发生故障,有时为了检修也要停机。若电力系统中总装机容量正好等于该系统的最大负荷,则当某一机组停机时,势必引起一部分用户停电,给用户造成损失。为避免这种情况发生,一般都使装机容量稍大于最大负荷,多出的容量称为备用容量。备用容量在整个电力系统中可以通用,电力系统容量越大,它在系统中所占的比例就越小,同时,备用容量也保证了对主要用户的不间断供电,提高了供电的可靠性。

(2)可以采用高效率的大容量机组。大容量机组效率高,节省原材料,占地少,运行费少。但是,孤立运行的电厂或者总容量较小的电力系统,因没有足够的备用容量,不允许采用大机组,否则,一旦机组出事故或检修,将造成大规模停电,给国民经济造成极大损失。如果电力系统容量大,按照比例可装容量较大的机组,从而可节约投资、降低煤耗、降低成本、提高劳动生产率、加快电力建设速度。

(3)充分利用各种资源,提高运行的经济性。水力发电受季节影响,在夏秋丰水期水量过剩,在冬春枯水期水量短缺,水电厂容量占的比例较大的系统(如湖北省)将造成枯水期缺电、丰水期弃水的后果。组成联合电力系统后,水火电联合运行,丰水期水电厂多发电,火电厂少发电并适当安排检修;枯水期火电厂多发电,水电厂少发电并安排检修。这样充分利用水动力资源,减少燃料消耗,从而降低电能成本,提高运行的经济性。

(4)减少总负荷的峰值。不同地区由于生产、生活及时差、季差等各种条件的差异,它们

的最大负荷出现的时间不同,如一个区域最大负荷出现在 17 时,另一个区域出现在 17 时半,两个区域联成电力系统后,最大负荷小于两个区域系统最大负荷之和,减少总负荷的峰值,从而减少了需要的装机容量。

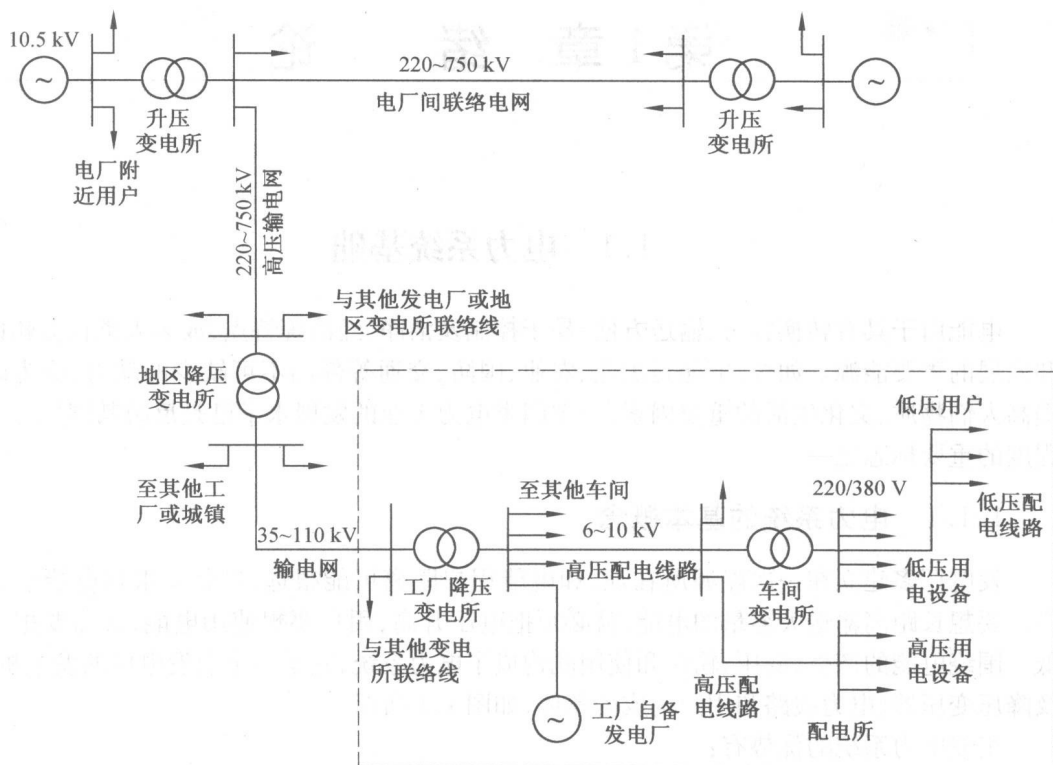


图 1.1 电力系统示意图

1.1.2 发电厂

能源按其基本形态可以分为一次能源和二次能源。煤炭、石油、天然气、水等自然界中现成存在、可直接供给人类使用的能源,称为一次能源;电能、煤气等由一次能源加工转换而成的称为二次能源。

生产电能的核心是发电厂,它担负着把不同种类的一次能源转换成电能的任务。根据所利用能源的不同,发电厂可以分为火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂、风力发电厂、太阳能发电厂、热电厂等类型。

1. 火力发电厂

火力发电厂,简称火电厂或火电站,是利用煤炭、石油、天然气作为燃料生产电能的工厂,它的基本生产过程是:燃料在锅炉中燃烧加热使水成为蒸汽,将燃料的化学能转换成热能,蒸汽压力推动汽轮机旋转,热能转换成机械能,然后汽轮机带动发电机旋转,将机械能转换成电能。火力发电的重要问题是提高热效率,提高热效率的办法是提高锅炉的参数。20 世纪 90 年代,世界最好的火电厂能把 40% 左右的热能转换为电能;大型供热电厂的热能利用率也只能达到 60%~70%。此外,火力发电大量使用燃煤、燃油,造成环境污染,也日益成为人类关

注的问题。

2. 水力发电厂

水力发电厂,简称水电厂或水电站,是利用水流的势能和动能产生电能的工厂,它的基本生产过程是:从河流高处或其他水库内引水,利用水的压力或流速带动水轮机旋转,将水能转变成机械能,然后水轮机带动发电机旋转,将机械能转换成电能。水力发电效率较高,能达到90%以上,输出单位电力的成本最低,发电启动快,在数分钟内可以完成发电,但通常距离负载中心远,输电距离长,造成输电费用高;另外,水力发电易受水量影响,而且建厂周期长、费用高,建成后不易增加容量。

3. 核能发电厂

核能发电厂简称核电厂或核电站,是利用原子核在裂变过程中产生的核能生产电能的工厂。其生产过程与火力发电厂相似,只是它的“锅炉”为原子核反应堆。核能是一种有巨大能量并可长期使用的能源,自1954年世界上第一座核电厂投入运行以来,许多国家纷纷建设核电厂,但核废料的回收与处理具有较大的风险,2011年3月的福岛核电站核泄漏事故,引发各界对核电站安全新一轮的关注和担忧,也促使各国重新审视核电发展策略。

4. 其他能源发电

(1) 风力发电。风能作为一种清洁的可再生能源,越来越受到各国的重视。近几年,风力发电在我国迅猛发展,成为新能源开发的重要项目。风力发电的原理是:利用风力带动风车叶片旋转,再通过增速机将旋转的速度提升,来促使发电机发电。依据目前的风车技术,大约是3 m/s的微风速度(微风的程度),便可以开始发电。风力发电没有燃料问题,也不会产生辐射或空气污染,而且基建周期短,装机规模灵活,但也存在着占用大片土地,产生的电能不稳定、不可控等问题。风力发电在芬兰、丹麦等国家很流行,在我国也迅猛发展,截至2009年12月31日,我国风电累计装机超过1 000 MW的省份已超过9个。

(2) 太阳能发电。太阳能同样是一种越来越受人们青睐的、干净的、可再生的新能源,它的应用之一就是太阳能转换成电能。太阳能发电有几种形式,常见的有光伏发电和热发电:光伏发电利用太阳能电池板发电;热发电通过聚集太阳光到吸热塔,融化熔融盐,带动汽轮机发电。目前,太阳能发电的应用已从军事领域、航天领域进入工业、商业、农业、通信、家用电器以及公用设施等部门,尤其可以分散地在边远地区、高山、沙漠、海岛和农村使用,以节省造价很贵的输电线路。但是在目前阶段,它的成本还很高,发出1 kW电需要投资上万美元,因此大规模使用仍然受到经济上的限制。

此外,还有地热发电、潮汐发电、海水温差发电等多种发电方式。

目前,我国电力结构仍以火电为主,火电装机容量占总装机容量的74%以上,火电占总发电量的80%以上,水电占总发电量的14%,核电占总发电量的2%。从增长速度来看,水电和核电得到快速发展,尤其是2007年以来,国家出台的一系列政策必将促进未来电源发展中水电、风电等可再生能源和核电的快速发展。

1.1.3 变电所

变电所是变化电能电压和接受电能与分配电能的场所,是联系发电厂和用户的中间枢纽。

变电所有升压和降压之分。升压变电所多建立在发电厂内,把电能电压升高后,再进行长距离输送。降压变电所多设在用电区域,将电能高压降为某一低电压后对某地区和用户供电。

变电所按所处地位和作用又可分为五类:

(1) 枢纽变电所。枢纽变电所位于电力系统的枢纽点,电压等级一般为 330 kV 及以上,连接多个电源,出线回路多,变电容量大,全站停电后将造成大面积停电,或系统瓦解。枢纽变电所对电力系统运行的稳定和可靠性起到重要作用。

(2) 中间变电所。中间变电所位于系统主干环行线路或系统主要干线的接口处,电压等级一般为 220 ~ 330 kV,汇集 2 ~ 3 个电源和若干线路。变电所停电后,将引起区域电网的停电。

(3) 地区变电所。地区变电所是一个地区和一个中、小城市的主要变电所,电压等级一般为 220 kV,全站停电后将造成该地区或城市供电的紊乱。

(4) 工厂变电所。工厂变电所是大、中型企业的专用变电所,它对工厂内部供电。接受地区变电所的电压等级为 35 ~ 110 kV,通常有 1 ~ 2 回进线,降为 6 ~ 10 kV 后对车间变电所和高压用电设备供电。

(5) 车间变电所。车间变电所从工厂降压变电所接受电能,将其降为 220/380 V,对车间低压用电设备和照明设备供电。

1.1.4 电力线路

电力线路包括输电线路和配电线路,是输送电能和分配电能的通道,连接着发电厂、变电所和用户。它由各种不同电压等级和不同结构类型的线路组成。按电压高低可分为低压线路、中压线路、高压线路和超高压线路。其中,电压在 1 kV 以下的称为低压线路;电压为 1 ~ 10 kV 的称为中压线路;电压为 10 ~ 330 kV 的称为高压线路;电压在 330 ~ 750 kV 的称为超高压线路;电压在 1 000 kV 以上的称为特高压线路。

1.1.5 电能用户

任何使用电能的单位或个人均称为电能用户,其中主要是工业用户。统计资料显示,2011 年上半年,工业用电量占全社会用电量的 75.3%,是电力系统中最大的电能用户。因此,研究和掌握工厂供电方面的知识和理论,对提高工厂供电的可靠性、改善电能品质、做好工厂计划用电、节约用电和安全用电具有十分重要的意义。

1.2 工厂供电系统

工厂供电系统由工厂降压变电所、高压配电线路、车间变电所、低压配电线路及用电设备组成,如图 1.1 的虚线框部分所示。其中,工厂降压变电所接受电网送来的电能,把电网 35 ~ 110 kV 的电压降为 6 ~ 10 kV;高压配电线路主要作为工厂内输送、分配电能之用,通过它把电能送到各个生产厂房及车间;车间变电所将 6 ~ 10 kV 的高压配电电压降为 220/380 V;低压配电线路主要用于向低压用电设备供电。

工厂供电系统一般是电力系统的一部分,即由国家电网供电,但在以下情况下,也可以建立自己的发电厂:

(1) 需要设备自备电源作为一级负荷中特别重要负荷的应急电源或第二电源不能满足一级负荷的条件时;

- (2)设备自备电源较从电力系统供电经济合理时;
- (3)有常年稳定余热、压差、废弃物可供发电,技术可靠、经济合理时;
- (4)所在地区偏僻,远离电力系统,设备自备电源经济合理时;
- (5)有设置分布式电源的条件,能源利用效率高、经济合理时。

自备电厂在解决工厂用电同时,也带来了环境污染、能源浪费、影响电网安全等问题,站在建立“资源节约型”和“环境友好型”社会的角度,其发展将受到一定的限制。

1.3 电力系统的电压

为使电气设备生产标准化,便于批量生产和选用,对发电、供电和用电设备的额定电压必须有统一的规定。电力系统额定电压的等级是根据国民经济发展的需要、技术经济的合理性以及电气设备的制造水平等因素,经全面分析论证,由国家统一制定和颁布的。我国现行的标准电压为2007年发布的标准电压国家标准GB 156—2007,其中规定了电力网和用电设备、发电机和电力变压器的额定电压,见表1.1。

表 1.1 我国电力网和电力设备的额定电压 (高压 kV, 低压 V)

电力网和用电设备额定电压			
交 流	低压	6,12,24,48,110,380/220,660/380,1 000	
	高压	1 ~ 35 kV	3.3,6,10,20,35
		35 ~ 220 kV	66,110,220
		220 kV 以上	330,500,750,1 000
直流	低压	1.2,1.5,6,12,24,36,48,60,72	
	高压	500,800	
发电机额定电压			
交 流	低压	115,230,400,690	
	高压	3.15,6.3,10.5,13.8,15.75,18,20,24,26	
直 流	低压	115,230,460	
	高压		
电力变压器额定电压			
交 流	低压	一次绕组	220/127,380/220,660/380
		二次绕组	230/133,400/230,690/400
	高压	一次绕组	3/3.15,6/6.6,10/10.5,13.8,15.75,18.20,35,63,110,220,330,500,750
		二次绕组	3.15/3.3,6.3/6.6,10.5/11,38.5,69,121,242,363,550

电气设备的额定电压就是能使发电机、变压器和一切用电设备在正常运行时获得最佳性能和最经济效果的电压。从表1.1中可以看出,发电机和变压器的额定电压均高于用电设备的额定电压,这是因为:

(1) 发电机发出的电能通过输电线路传输时,会产生一定的电压损失,因此规定发电机额定电压应比所接电网高出 5%,用以补偿线路上的电压损失。

(2) 变压器具有发电机和用电设备的两重性:一次侧由电网接受电能,相当于用电设备;二次侧供出电能,相当于发电机。因此对变压器额定电压的规定有两种情况:一种情况是高出 10%,其原因是变压器的二次绕组额定电压是指空载电压,当变压器通过额定负载电流时,变压器绕组的电压损失约为 5%,此时,和发电机一样,它仍比用电设备电压高出 5% 左右,用以补偿线路上的电压损失;另一种情况是高出 5%,适用于配电距离较小时,此时,由于线路很短,其电压损失可忽略不计,所高出的 5% 的电压,均用以补偿变压器满载时一、二次绕组的阻抗压降。

由于变压器的一次绕组均连接在与其额定电压相对应的电力网末端,相当于电力网的一个负载,因此规定变压器一次绕组的额定电压与用电设备额定电压相同。

电力网的额定电压虽然与用电设备额定电压相同,但电网中由于电压损失的影响,各处电压都是不一样的,如图 1.2 所示,距离电源越远,电压越低,且随着负荷的变化,电压损失也在变化,所以要使加于用电设备的电压与电网的额定电压始终相同是很困难的。通常,为了使用电设备承受的电压尽可能接近它们的额定电压,应取线路的平均电压为用电设备的额定电压,即 $U_{av} = (U_1 + U_2) / 2$,其中, U_1 为电力网首端额定电压; U_2 为电力网末端用电设备额定电压。

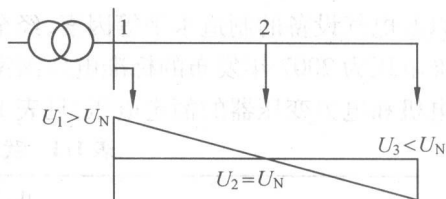


图 1.2 供电线路上的电压变化示意图

一般情况下,考虑到电压等级过多会造成工厂供电系统的投资增多,增加故障的可能性及继电保护的動作时限,且会使设备制造部门的生产复杂化等原因,因此在一个工厂内通常只采用一种高压配电电压。

1.4 决定供电质量的主要指标

决定工厂供电质量的指标为电压、频率和可靠性。

1.4.1 电压

理想的供电电压应该是幅值恒为额定值的三相对称正弦电压。由于供电系统存在阻抗、用电负荷的变化和用电负荷的性质等因素,实际供电电压无论是在幅值上、波形上还是三相对称性上都与理想电压之间存在着偏差。当供电电网的实际电压与用电设备的额定电压相差较大时,对用电设备的危害很大。以照明用白炽灯为例,当加于灯泡的电压低于额定电压时,发光效率降低,从而影响工人的身体健康,同时也会降低生产效率;当加于灯泡的电压高于额定电压时,则使灯泡寿命降低。供电电压与灯泡光通量和寿命的关系见表 1.2。

表 1.2 供电电压与灯泡光通量和寿命的关系

%

电压变化	90	95	100	105	110
光通量变化	70	84	100	118	138
寿命变化	392	196	100	53	29

对感应电动机而言,当电压降低时,转矩减小,负荷电流增大,温度升高。如电压降低20%,转矩将降到额定运行时的64%,电流增加20%~35%,温度升高12%~15%。转矩降低,使感应电动机转速下降,甚至停转,导致工厂产生废品甚至引发重大事故;感应电机负荷电流和温度升高会使电机有功功率损耗增加,线圈过热,绝缘迅速老化,甚至烧毁。当供电电压高于额定电压时,由于磁路饱和的影响,会使无功功率显著增加,从而降低工厂的功率因数,使工厂电能消耗增加并影响供电质量。电压偏差对用电设备性能的影响见表1.3。

为满足用电设备的要求,对供电电压偏差作如下规定:

(1)电动机规定为 $\pm 5\%$ 。

(2)电气照明:在一般工作场所为 $\pm 5\%$;对于远离变电所的小面积一般工作场所、难以满足上述要求时,可为 $+5\%$ 、 -10% ;应急照明、道路照明和警卫照明等为 $+5\%$ 、 -10% 。

表 1.3 电压偏差对用电设备性能的影响

电气设备名称	主要性能指标	与电压的关系	对性能的影响	
			电压偏差-10%	电压偏差+10%
异步电动机	启动转矩、最大转矩	U^2	-19%	+21%
	启动电流	U	-(10%~12%)	+(10%~12%)
	温升	—	+(6%~7%)	-(3%~4%)
同步电动机	最大转矩	U	-10%	+10%
电热设备	输出热能量	U^2	-19%	+21%

电网容量扩大和电压等级增加后,保持各级电网和用户与额定电压始终相同是比较复杂的工作,因此供电单位除规定用户电压质量标准外,还进行无功功率补偿和调压规划的设计工作,以及安装必要的无功电源和调压设备,并对用户用电和电网运行作出相应规定和要求。

1.4.2 频 率

频率是影响供电质量的又一个指标。供电频率是否稳定通过频率偏差来衡量。频率偏差是指实际频率与额定频率的差值与额定频率的比值,用百分数来表示,即

$$\Delta f = \frac{f - f_N}{f_N} \times 100\% \quad (1.1)$$

式中, f 为实际供电频率; f_N 为额定供电频率,Hz。

电压频率的偏差达到一定数值时,对电力系统会引起下列后果:

- (1)汽轮机的叶片发生共振而断裂;
- (2)引起水泵、风机效率下降,导致发电厂出力降低,发电煤耗和厂用电上升;
- (3)自动运动装置误动作,影响通信、广播传送质量;
- (4)电力系统应付事故的能力下降。

对于电力用户而言,频率变化会有如下影响:

(1)引起异步电动机转速变化,这会使得电动机所驱动的加工工业产品的机械的转速发生变化,有些产品(如纺织和造纸行业的产品)对加工机械的转速要求很高,转速不稳定会影响产品质量,甚至出现次品和废品;

(2) 电力系统频率波动会影响某些测量和控制用的电子设备的准确性和性能,频率过低有些设备甚至无法工作,这对于一些重要工业和国防部门是不允许的;

(3) 电力系统频率降低将使电动机的转速和输出功率降低,导致其所带动机械的转速和功率降低,影响电力用户设备的正常运行。

因此,必须严格控制电力系统的频率。我国工业上的标准电流频率为 50 Hz,《全国供用电规则》规定,供电频率的允许偏差:电力系统容量在 300 万 kW 及以上者为 ± 0.2 Hz,电力系统容量在 300 万 kW 以下者为 ± 0.5 Hz。

除了上述规定之外,在工厂中由于一些特殊需要,有时也会采用较高的频率,以减轻工具的重量、加热零件、提高生产效率。如汽车制造或其他大型流水作业的装配车间采用频率为 175 ~ 180 Hz 的高频工具,某些机床采用 400 Hz 的电机以提高切削速度,锻压、热处理及熔炼利用高频加热。

1.4.3 可靠性

在工厂供电系统中,根据电力负荷对供电可靠性的要求及中断供电对人身安全、经济损失造成的影响程度,将其分为三级。

1. 一级负荷

(1) 中断供电将造成人身伤亡的。

(2) 中断供电将在经济上造成重大损失的。如:中断供电会造成重大设备损坏且难以修复,会给国民经济带来重大损失,打乱重点企业的连续生产过程且需要很长时间才能恢复等。

(3) 中断供电将影响重要用电单位的正常工作。如:重要铁路枢纽,重要通信枢纽,重要宾馆,经常用于国际活动的大量人员集中的公共场所等。

在一级负荷中,中断供电将造成重大设备损坏或发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷,以及特别重要场所的不允许中断供电的负荷,应视为一级负荷中特别重要的负荷。

一级负荷应由双重电源供电,且不能同时损坏。所谓双重电源可以是分别来自不同电网的电源,或来自同一电网但在运行时电路互相之间联系很弱,或者来自同一电网但其间的电气距离较远,一个电源系统任意一处出现异常运行时或发生短路故障时,另一个电源仍不中断供电。

一级负荷中特别重要的负荷的供电除由双重电源供电外,尚需增加应急电源。应急电源类型的选择,应根据特别重要负荷的容量、允许中断供电的时间以及要求的电源为交流或直流等条件来进行。大型企业中,往往同时使用几种应急电源,应使各种应急电源设备密切配合,充分发挥作用。

2. 二级负荷

(1) 中断供电将在经济上造成较大损失的。如:突然断电,将造成生产设备局部破坏,或生产流程紊乱且恢复较困难,或出现大量废品或大量减产等。

(2) 中断供电将影响较重要用电单位的正常工作。如:铁路枢纽,通信枢纽以及中断供电将造成大型影剧院、大型商场等人员集中的重要公共场所秩序混乱。

这类负荷允许短时停电几分钟,在工厂中占的比例最大。二级负荷应由两回线路供电,两回线路应尽可能引自不同的变压器或母线段。当负荷较小或地区供电条件困难时,可以由一回 6 kV 及以上专用架空线供电。