

高等学校教材

# 建筑供配电与照明

魏明 主编

重庆大学出版社



高等学校教材

# 建筑供配电与照明

魏明 主编

重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书是以贯彻国家用电标准、配电设计要求和规范为指导思想,系统地介绍了建筑供电系统的组成。主要内容包括:建筑供电的基础知识、供电系统的负荷计算、短路电流及其计算、变配电所及其一次系统、供配线线路、供电系统的过流保护、二次回路与自动装置、电气照明、电气安全防雷接地系统等方面的知识。

本书与其他相类似书籍相较,在内容和体系上做了一些调整和充实,主要是对建筑供电部分和电气照明部分做了充分详细地介绍,使内容更趋于实用;并力求图文并茂,理论与实践相结合,深入浅出,方便读者自学。

本书适用于建筑电气专业以及房屋设备安装、建筑装饰、工程造价、工业与民用建筑等非电类专业作教学用书,也可作为有关工程技术人员的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑供电与照明/魏明主编. —重庆:重庆大学出版社,2005.7

ISBN 7-5624-3406-9

I. 建... II. 魏 III. ①房屋建筑设备—供电②房屋建筑设备—配电系统③建筑—电气照明 IV. TU852

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 050566 号

## 建筑供电与照明

魏 明 主 编

责任编辑 陈红梅 吴达周 版式设计 王 勇 陈红梅

责任校对 许 玲 责任印制 秦 梅

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人 张鹤盛

社址 重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编 400030

电话 (023)65102378 65105781

传真 (023)65103686 65105565

网址 [http //www.cqup.com.cn](http://www.cqup.com.cn)

邮箱 [fxk@cqup.com.cn](mailto:fxk@cqup.com.cn)(市场营销部)

全国新华书店经销

四川外语学院印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 印张 19 25 字数 480 千

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月第 1 次印刷

印数 1—3 000

ISBN 7-5624-3406-9 定价 25.00 元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究。

# 前 言

---

建筑供配电与照明在建筑电气工程中占有很重要的地位,本书以贯彻国家用电标准、配电设计要求和规范为指导思想,由浅入深,系统地介绍了建筑供配电系统以及电气照明系统。

## 编写本书的目的

建筑电气是一门综合性极强的技术,它涉及的学科十分广泛,学科的综合也越来越强。建筑供电与照明知识不仅是建筑电气专业必须掌握的专业知识,也是房屋设备安装、工程造价、工业与民用建筑、建筑设计、建筑装饰、智能建筑等专业的学生需要了解和掌握的专业知识。本书是顺应各专业对供配电知识的需求,把建筑供配电知识和电气照明知识整合在一起,从系统理论的介绍,到实际工程图例的讲解,理论与实践相结合,使读者方便、快捷、直观地了解和掌握建筑电气强电工程的主要内容。

## 本书的读者对象

本书适用于建筑电气专业,以及房屋设备安装、工程造价、工业与民用建筑、建筑设计、建筑装饰、智能建筑等专业的教学用书,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

## 本书的内容

本书共分9章,第1章扼要地介绍了建筑供配电系统的有关基础知识;第2章介绍了电力负荷及其计算;第3章介绍了短路电流及其计算;第4章讲述了变配电所及其一次系统;第5章讲述了供配电线路;第6章介绍了供配电系统的过流保护;第7章介绍了供配电二次回路和自动装置;第8章讲述了电气照明系统;第9章介绍了防雷与接地系统。同时,在每章后面附有练习题供读者练习,以方便读者快速掌握和巩固本书所涉及到的重点内容。

## 本书特点

本书是建设新形势的产物,是顺应各专业对供配电知识的需求,把建筑供配电知识和电气

照明知识整合在一起,书中图文并茂,采用了大量的实际应用工程图例,理论与实践相结合,使得本书较之其他同类书籍,内容和体系上更趋于完整、实用。

本书由重庆大学魏明主编,其中1,2,3,4章由冯芳碧撰稿,全书由龙莉莉主审。在编写过程中参阅了大量公开或内部发行的技术书刊、资料,吸取了许多有益的知识,在此向原作者致以衷心的感谢;同时,本书在编写过程中,先后得到了很多同仁的大力支持和帮助,亦在此表示诚挚的谢意!由于编者水平有限,错误之处在所难免,敬请广大读者和同行批评、指正。

编者

2005年5月

# 目 录

---

<b>1 概论</b> .....	1
1.1 建筑供配电的要求与供电电源 .....	1
1.2 电能用户的负荷分级及其对供电的要求 .....	3
1.3 电力系统的电压 .....	4
1.4 电力系统的中性点运行方式 .....	9
1.5 供配电设计的内容及程序简介 .....	13
习 题 .....	17
<b>2 供配电系统的负荷计算</b> .....	18
2.1 负荷计算的目 的及相关物理量 .....	18
2.2 三相用电设备的计算负荷 .....	21
2.3 单相用电设备的计算负荷 .....	27
2.4 供配电系统中的功率损耗 .....	28
2.5 无功功率补偿 .....	30
2.6 尖峰电流的计算 .....	33
习 题 .....	34
<b>3 短路电流及其计算</b> .....	36
3.1 基本概念 .....	36
3.2 三相短路电流的计算 .....	41
3.3 相间短路和单相短路电流计算 .....	44
3.4 短路的效应 .....	46
习 题 .....	52
<b>4 变配电所及供配电系统</b> .....	53
4.1 常用变配电所的任务及类型 .....	53

4.2	开关设备中的电弧问题	54
4.3	高、低压一次设备	57
4.4	电力变压器	71
4.5	互感器(仪用变压器)	74
4.6	变配电所系统图	79
4.7	变配电所的所址、布置、结构及安装图	87
4.8	变配电所工程图实例分析	93
4.9	柴油发电机组	99
	习 题	102
5	供配电线路	103
5.1	供配电线路及其接线方式	103
5.2	供配电线路的结构与敷设	106
5.3	导线和电缆截面的选择及计算	117
5.4	动力电气平面布线图	124
	习 题	126
6	供配电系统的过电流保护	128
6.1	过电流保护装置的任务和要求	128
6.2	熔断器保护	129
6.3	低压断路器保护	134
6.4	常用的保护继电器	138
6.5	供配电系统中高压线路的继电保护	143
6.6	电力变压器的继电保护	158
6.7	高压电动机的继电保护	162
	习 题	165
7	供配电系统的二次回路与自动装置	166
7.1	概述	166
7.2	高压断路器的控制和信号回路	170
7.3	变配电所的中央信号装置	173
7.4	电测量仪表与绝缘监视装置	175
7.5	电力线路的自动重合闸装置	180
7.6	备用电源自动投入装置	183
7.7	供配电系统的远动装置简介	187
8	电气照明	189
8.1	概述	189
8.2	照明基础知识	190
8.3	照明电光源	199
8.4	照明器	210
8.5	照明计算	221
8.6	照明设计基础	231

---

8.7 照明实践 .....	236
8.8 照明电气设计 .....	240
8.9 照明设计实例——住宅照明电气设计 .....	244
8.10 照明的计算机管理 .....	248
习 题 .....	248
<b>9 电气安全及接地与防雷系统 .....</b>	<b>249</b>
9.1 电气安全 .....	249
9.2 电气装置的接地 .....	251
9.3 过电压与防雷 .....	263
习 题 .....	277
<b>结束语 .....</b>	<b>278</b>
<b>附录 .....</b>	<b>279</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>298</b>



# 1

## 概 论

---

### 1.1 建筑供配电的要求与供电电源

#### 1.1.1 建筑供配电的基本要求

我国《电力法》规定：“电力生产与电网运行应当遵循安全、可靠、优质、经济的原则。电网运行应连续、稳定，保证供电可靠性。”又规定：“国家对电力供应和使用，实行安全用电、计划用电的管理原则。”因此，建筑供配电的基本要求是：安全、可靠、优质、经济、合理。

**安全：**在电能的供应、分配和使用中，应避免发生人身事故和设备事故，实现安全供用电。

**可靠：**在发电、供电系统正常运行的情况下，应连续向用户供电，不得中断。由于供电设施检修、依法限电或用户违法用电等原因，需要中断供电时，应按规定事先通知用户。《供电营业规则》规定：“供电设备计划检修时，对 35 kV 及其以上电压的用户的停电次数，每年不应超过 1 次；对 10 kV 供电的用户，每年不应超过 3 次。”

**优质：**应满足用户对电能质量的要求。电能质量包括电压质量和频率质量，均应符合现行标准和《供电营业规则》中的有关规定。

**经济：**供配电系统的投资要少，运行费用要低，尽可能地节约电能和有色金属消耗量。在供电系统设计中，应采用符合现行国家标准的效率高、能耗低、性能先进的电气产品，不得采用明令淘汰的产品。

**合理：**在供配电工作中，应合理地处理局部和全局、当前和长远等关系。既要照顾局部和当前的利益，又要有全局观点，按照统筹兼顾、保证重点、择优供应的原则，做好供配电工作。

## 1.1.2 供配电系统的电源

### 1) 市电电源

供配电系统的电源主要由电力部门提供。电能是国民经济各部门和社会生活中的主要能源和动力。电能由一次能源如原煤、原油、天然气、核燃料、水能、风能、太阳能、地热能、海洋能、潮汐能等转换而来,它是一种特殊的“商品”,其生产具有发、输、变、配、用同时性等特点。电能从发电厂到用户的过程见图 1.1。

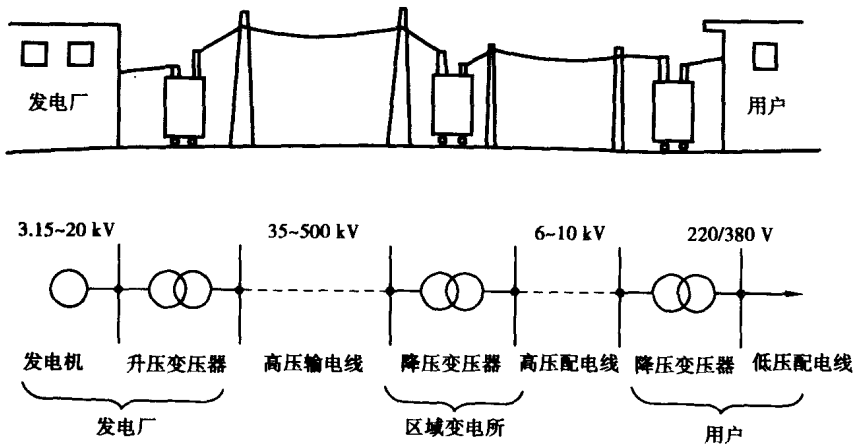


图 1.1 电力系统示意图

电力系统就是由不同等级的电力线路,将发电厂、变电所、用户有机结合起来的一个整体。建立大型的电力系统,将更加经济合理地利用能源,减少电能损耗,降低发电成本,并大大提高供电可靠性,有利于国民经济发展。

#### (1) 发电厂

发电厂是将自然界蕴藏的各种一次能源转变为二次能源,即电能的工厂。目前,我国是以火力、水力发电为主,同时也很重视核电站的建设。

#### (2) 变电站(所)

变电站是变换电压、分配电能的场所,由变压器和配电装置组成。按变压的性质和作用又分为:升压变电站和降压变电站。对处于电力系统末端的用户,变电站又称为变电所。

#### (3) 配电所

对仅装有受电、配电设备而没有变压器的场所称为配电所,其作用是接受电能和分配电能。

#### (4) 电能用户

电能用户就是消耗电能的场所。所有用电单位都称为电能用户。

#### (5) 电力系统

电力系统是指由各种电压的电力线路将发电厂、变电所和电能用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体。

#### (6) 电力网(电网)

电力网是电力系统中各级电压的电力线路及其联系的变配电所的统称,见图 1.2。习惯

上电网和系统也用来指某一电压等级的整个电力线路,如 10 kV 电网或 10 kV 系统。110 kV 及其以上的供电范围较大的电网,通常称为区域电网;110 kV 及其以下的供电范围较小的电网,通常称为地方电网。

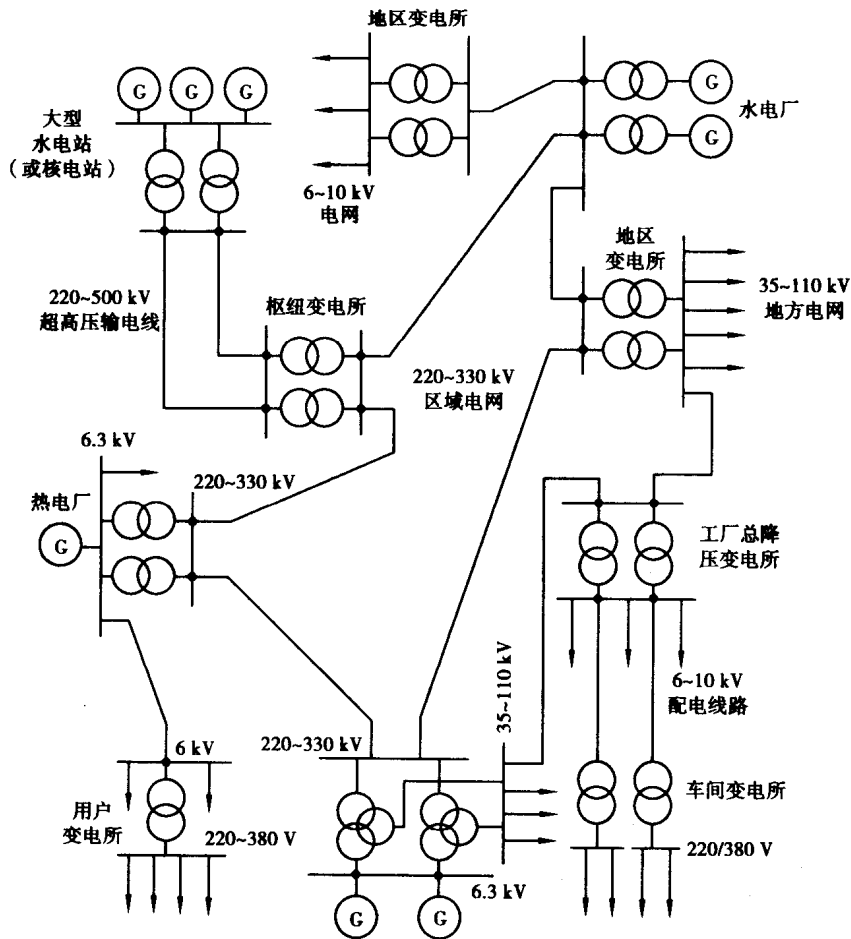


图 1.2 大型电力系统的系统图

## 2) 自备电源

自备电源通常是作为一些重要负荷的备用电源。当正常供电电源(即由公共电网供电的电源)因故停电时,自备电源将投入运行,以保证用户对供电可靠性的要求。常用的自备电源主要有应急柴油发电机组、静态交流不停电电源装置 UPS(Uninterrupted Power System)等。

## 1.2 电能用户的负荷分级及其对供电的要求

### 1.2.1 负荷分级

电力负荷又称电力负载,它有 2 种含义:一是指耗用电能的用电设备或用电单位(用户),

如重要负荷、非重要负荷、动力负荷、照明负荷等；二是指用电设备或用电单位所耗用的电功率或电流大小，如轻负荷（轻载）、重负荷（重载）、空负荷（空载）、满负荷（满载）等，其具体含义视情况而定。

电力负荷按其供电中断后所造成的损失或影响的程度分为三级：

### 1) 一级负荷

一级负荷为中断供电将造成人身伤亡者，或者中断供电将在政治、经济上造成重大损失者，如重大设备损坏、重大产品报废、重要原料生产的产品大量报废、国民经济中重点企业的连续生产过程被打乱需要长时间才能恢复等；中断供电将影响有重大政治、经济意义的用电单位的正常工作者，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用电单位的重要电力负荷；高层建筑的重要电力负荷等。

### 2) 二级负荷

二级负荷为中断供电将在政治、经济上造成较大损失的负荷，如主要设备损坏、大量产品报废、连续生产过程被打乱需较长时间才能恢复、重点企业大量减产等；中断供电将影响重要用电单位正常工作的负荷，如交通枢纽、通信枢纽等用电单位中的重要电力负荷，以及中断供电将造成大型影剧院、大型商场等较多人员集中的重要公共场所秩序混乱的负荷。

### 3) 三级负荷

三级负荷为一般的电力负荷，即所有不属于一、二级负荷的电力负荷。

## 1.2.2 各级负荷对供电的要求

一级负荷应由不少于2个独立电源供电。当一个电源发生故障时，另一个电源应不致同时损坏，以维持继续供电。对一级负荷中特别重要的负荷，除设置上述2个电源外，还必须增设应急电源。常用的应急电源可使用独立于正常电源的发电机组、蓄电池组或电力系统中有有效地独立于正常电源的专用线路。

二级负荷要求由双回路供电。当获取双回路有困难时，可采用单回路专线供电。

三级负荷属于不重要负荷，对供电电源不做特殊要求。

## 1.3 电力系统的电压

电力系统中的所有电气设备都是在一定的电压和频率下工作的。当电气设备工作在额定条件下时，才能获得最佳经济效益。

我国三相交流电的额定频率为50 Hz，称为工频。工频频率偏差一般不得超过 $\pm 0.5$  Hz，它是由发电厂来决定。对供配电系统来说，提高电能质量主要是通过提高电压质量来实现，电压质量是按照国家标准和规范对电力系统电压的偏移、波动和波形的一种质量评估。

### 1.3.1 三相交流电网和电力设备的额定电压

按照《标准电压》(GB 156—93)规定,我国三相交流电网和发电机的额定电压,见表1.1。表中变压器一、二次绕组额定电压,是依据我国生产的电力变压器标准产品规格确定的。下面结合表 1.1,对电网和各类电力设备的额定电压做以说明。

表 1.1 我国三相交流电网和电力设备的额定电压(据 GB 156—93)

分 类	电网和用电设备额定电压/kV	发电机额定电压/kV	电力变压器额定电压/kV	
			一次绕组	二次绕组
低 压	0.38	0.40	0.38	0.40
	0.66	0.69	0.66	0.69
高 压	3	3.15	3/3.15	3.15/3.3
	6	6.3	6/6.3	6.3/6.6
	10	10.5	10/10.5	10.5/11
	—	13.8/15.75/18	13.8/15.75/18	—
	—	20/24/26	20/24/26	—
	35	—	35	38.5
	66	—	66	72.6
	110	—	110	121
	220	—	220	242
330	—	330	363	
500	—	500	550	

#### (1) 电网(线路)的额定电压

电网(线路)的额定电压是国家规定的相应的电压等级。一个国家的电压等级是国家根据国民经济的发展和电力工业的水平,经全面的技术经济比较分析后确定的,它是确定各类电力设备额定电压的基本依据。

#### (2) 用电设备的额定电压

由于用电设备运行时在线路上要产生电压降,所以线路上各点的电压略有不同,如图1.3中虚线所示。用电设备的额定电压不可能按线路上各点的实际电压来制造,而只能按照线路上首端与末端的平均电压来制造。所以,用电设备的额定电压与同级电网的额定电压相同。

#### (3) 发电机的额定电压

由于电力线路允许的电压偏移一般为 $\pm 5\%$ ,即整个线路允许有10%的电压损耗值。为了维持线路的平均电压在额定值,作为线路首端的发电机,其额定电压应较电网额定电压高5%,用来弥补线路电压损耗,而线路末端则可较线路额定电压低5%,如图1.3所示。

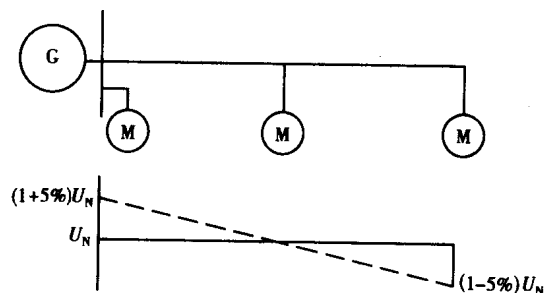


图 1.3 用电设备和发电机的额定电压说明

#### (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分 2 种

情况:一是变压器直接与发电机相连,其一次绕组额定电压与发电机额定电压相同;二是变压器直接与线路相连,这时可将变压器视为用电设备,其一次绕组的额定电压应与所接电网的额定电压相同。

电力变压器二次绕组的额定电压指空载电压。当满载时,二次绕组约有 5% 的阻抗电压降。所以,当变压器二次侧供电线路较长(一般是较高电压等级的电网)时,其二次绕组额定电压要比所接电网的额定电压高 10%,这是为了弥补其内部电压损耗和线路上电压损耗;当变压器二次侧供电线路不太长(一般是低压线路)时,只考虑弥补变压器内部 5% 的电压损耗,则其二次绕组的额定电压只需高于所接电网额定电压的 5% 即可。

### 1.3.2 电力系统的电压与电能质量

#### 1) 电压偏移及其抑制

##### (1) 电压偏移的含义

电压偏移,或称电压偏差  $\eta_{\Delta U}^*$ ,是指设备的端电压  $U$  与设备额定电压  $U_N$  之差对设备的额定电压  $U_N$  之比的百分数,即

$$\eta_{\Delta U} = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100\% \quad (1.1)$$

电压偏移  $\eta_{\Delta U}$  对电气设备的工作性能和使用寿命有很大影响。

①对感应电动机的影响。当感应电动机的端电压比其额定电压低 10% 时,由于转矩与端电压的平方成正比( $T \propto U^2$ ),因此其实际转矩将只有额定转矩的 81%,而负荷电流将增大 5% ~ 10%,温升将提高 10% ~ 15%,绝缘老化程度将比额定运行时增加 1 倍以上,电机的寿命将缩短;同时,由于转矩减小,转速下降,还会影响生产效率及产品质量。当端电压偏高时,电机电流和温升也将增加,绝缘受损,对电机也不利,也要缩短电机寿命;当电压偏高较多时,甚至会直接击穿设备绝缘层,损坏设备。

②对同步电动机的影响。当同步电动机的端电压偏高或偏低时,转矩也要按电压的平方成正比变化( $T \propto U^2$ ),因此同步电动机的电压偏差,除了不会影响其转速外,其他如对转矩、电流和温升等参数的影响,与感应电动机相同。

③对电光源的影响。电压偏移对热辐射光源,如白炽灯的影响最为明显。当白炽灯的端电压降低 10% 时,灯泡使用寿命将延长 2 ~ 3 倍;但发光效率将下降 30% 以上,光通量明显下降,照度降低,影响人的视力,降低工作效率。当其电压偏高于 10% 时,发光效率提高 1/3;但其使用寿命将大大缩短,只有原来的 1/3。

④电压偏移对气体放电光源的影响也不容忽视。当其端电压偏低时,灯管不易启燃,如多次反复启燃,则灯管使用寿命将大打折扣,而且电压偏低时,照度下降,影响视力,降低工作效

\*  $\eta_{\Delta U}$  以及以下的  $\eta_{\Delta I}$ ,  $\eta_{I_0}$  和  $\eta_{U_K}$  等电气参数的百分数,在一些资料中分别表示为  $\Delta U\%$ ,  $\delta U\%$ ,  $I_0\%$ ,  $U_K\%$  等,以说明相应电压、电流对其额定值之比的百分数。本教材采用将相应电流、电压列为下标,以此说明主参数百分数  $\eta$  的属性。

率;当电压偏低太多时,灯管无法启燃,工作着的灯管也将停止工作;当其电压偏高时,灯管寿命又要缩短。

《供配电系统设计规范》(GB 50052—95)规定,正常情况下,用电设备端子处电压偏差 $\eta_{\Delta U}$ 的允许值应符合以下要求:

a. 电动机为 $\pm 5\%$ 。

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 $-10\% \sim +5\%$ ;应急照明、道路照明和警卫照明等为 $-10\% \sim +5\%$ 。

b. 其他用电设备,当无特殊规定时为 $\pm 5\%$ 。

(2) 电压偏移的抑制

①科学地确定电力系统中各个电气设备的额定电压。

②正确选择无载调压形变压器的电压分接头。我国处于电力系统末端的用户中应用的10 kV电力变压器,一般为无载调压形,其高压绕组有 $(1 \pm 5\%)U_N$ 的电压分接头,并装有无载调压分接开关,如图1.4所示。调压原理为:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$U_2 = U_1 \times \frac{N_2}{N_1} \quad (1.2)$$

式中, $N_1, N_2$ ——常数。

设备端电压偏高时,应将分接开关接到 $(1+5\%)U_N$ 的分接头,以降低设备端电压;如设备端电压偏低,则应将分接开关接到 $(1-5\%)U_N$ 的分接头,使设备端电压升高。

③合理减小系统阻抗。由于供配电系统中的电压损耗与系统中各元件(如电力变压器、线路)的阻抗成正比,当电压偏低时,可增大导线的截面积来减小系统阻抗,降低电压损耗,从而缩小电压偏差。

④合理改变系统的运行方式。对2台变压器并列运行的变电所,在负荷较轻时只运行1台变压器,可起到降低过高电压的作用。

⑤设备尽量平衡地分配在三相系统中。在低压配电系统中,存在大量的单相设备,如果这些单相设备在三相系统中分布不平衡,将使系统的中性点电位偏移,造成有的相电压偏高,有的相电压偏低。为此,应使单相设备尽量平衡地分配在三相系统中,以降低中性点电位偏移,提高电压质量。

⑥采用无功补偿提高功率因数。由于系统中存在大量的感性负荷,如感应电动机、变压器、气体放电光源等。因此,系统中的功率因数偏低,导致输送同样的有功功率时,线路中的电流、电压损耗、电压偏差均较大。所以,采用并联电容或同步电动机来提高功率因数,降低系统的电压损耗。

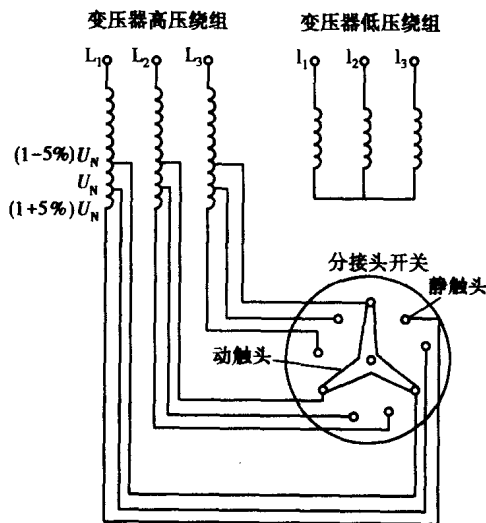


图 1.4 电力变压器的分接开关

## 2) 电压波动及其抑制

### (1) 电压波动的产生及其危害

电压波动是指电网电压的快速变动或电压包络线的周期性变动。电压波动值以用户公共供电点的相邻最大电压方均根值  $U_{\max}$  与最小电压方均根值  $U_{\min}$  之差同电网额定电压  $U_N$  之比的百分值  $\eta_{\delta U}$  来表示,即

$$\eta_{\delta U} = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_N} \times 100\% \quad (1.3)$$

$\eta_{\delta U}$  的变化速率按《电能质量、电压允许波动和闪变》(GB 12326—90) 规定,应不低于0.002次/s。

电压波动是由于负荷急剧变动的冲击性负荷所引起,负荷急剧变动使电网的电压损耗相应变动,从而使用户公共供电点的电压出现波动现象。如电动机的启动、电焊机的工作等都会引起电网电压的波动。

电压波动可影响电动机的正常工作,甚至使电动机无法正常运行;对同步电动机还会引起转子振动,导致电子设备和电子计算机无法正常工作,使照明设备发生明显的闪烁,严重影响人们的视觉。

### (2) 电压波动的抑制

①对负荷变动剧烈的大型电器设备,采用专线供电。

②增大供电容量,减小系统阻抗,如将单回路线路改为双回路线路,使系统的电压损耗减小,从而减小负荷变动引起的电压波动。

③在系统出现严重的电压波动时,减小或切除引起电压波动的负荷。

## 1.3.3 高次谐波及其抑制

### 1) 高次谐波的相关概念及其危害

谐波是指对非正弦周期交流量进行傅立叶级数分解的大于基波频率整数倍的各次分量,通常称为高次谐波。其中,基波是指其频率与工频相同的分量。向公用电网注入谐波电流或在公用电网中产生谐波电压的电气设备,称为谐波源。

电力系统中的三相交流发电机发出的电压,可以认为其波形是正弦波,即电压波形中基本上无直流和高次谐波。由于电力系统中存在“谐波源”,如大型的半导体变流设备、电弧炉、电子设备、UPS 等非线性电气设备的使用,使得高次谐波的干扰成了当前电力系统中影响电能质量的一大“公害”。

谐波对电气设备的危害很大,谐波电流可使变压器、电动机等带铁芯的电气设备铁损增加,发热严重,使电动机转子发生谐振现象;谐波电压加在电容器两端时,由于电容器对谐波电流的阻抗很小,因此电容器很容易发生过载,甚至烧毁。此外,谐波电流可使电力线路的电能损耗和电压损耗增加;谐波电流使低压系统中的中性线发热,甚至烧毁中性线;可使电力系统中发生电压谐振,产生过电压,危及系统中电气设备的绝缘;并可对附近的通信设备和通信线路产生信号干扰。



## 2) 高次谐波的抑制

抑制高次谐波,从供电的角度可采取下列措施:

①对用户三相配电变压器,宜选用 D,yn11 联接组别。由于原边绕组允许三次谐波电流环向流通,励磁电流为尖顶波,产生的磁通为正弦波,故副边相绕组没有三次谐波感应电动势,输出就不存在三次谐波电压。

②装设分流滤波器。在大容量静止“谐波源”(如大型晶闸管变流器)与电网连接处,装设分流滤波器,如图 1.5 所示。使滤波器的各组 R—L—C 回路分别对 5, 7, 11, … 次谐波发生串联谐振,从而使这些谐波电流被它分流吸收,而不致注入电网中去。

③对高次谐波严重的 220/380 V 线路,中性线与相线截面相同,可以防止谐波中的三次和三的倍数次谐波电流烧毁中性线而发生的严重后果。

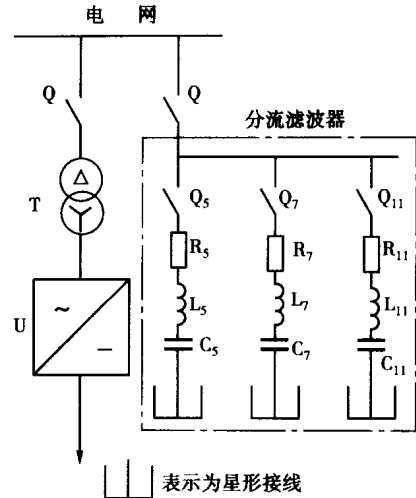


图 1.5 装设分流滤波器吸收高次谐波

## 1.4 电力系统的中性点运行方式

在三相交流电力系统中,发电机和变压器以星形联接时,其中性点有 3 种运行方式:中性点不接地;中性点经消弧线圈接地;中性点直接接地。前两种称为小电流系统,后一种称为大电流系统。

我国 3 ~ 66 kV 系统中,3 ~ 10 kV 系统一般采用中性点不接地的运行方式,其系统接地电流大于 30 A;20 kV 及其以上系统接地电流大于 10 A 时,则应采用中性点经消弧线圈接地的运行方式。110 kV 及其以上的系统都采用中性点直接接地的运行方式。220/380 V 低压系统,广泛采用中性点直接接地的运行方式,并且引出中性线(代号 N)、保护线(代号 PE)或保护中性线(代号 PEN)。

### 1.4.1 中性点不接地运行方式

图 1.6 是电源中性点不接地的电力系统正常运行时的电路图和相量图。

为了简化起见,假设图中所示三相系统的电源电压、线路参数都是对称的,线路参数归结到负载中去,将各相与地之间的分布电容用一个集中电容 C 表示,相间电容与所讨论的问题无关而予以略去。

现在分析系统正常时以及系统发生单相接地故障时的各相对地电压  $\dot{U}'_A, \dot{U}'_B, \dot{U}'_C$ , 负载上的线电压  $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{BC}, \dot{U}_{CA}$ , 接地电流(电容电流)  $\dot{i}_C$  是否有变化?如何变化?

① 系统正常运行时,电源三个相电压  $\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C$  是对称的,三相对地电容电流  $\dot{i}_{C0}$  也是平衡的,接地电流  $\dot{i}_C = \dot{i}_{C0,A} + \dot{i}_{C0,B} + \dot{i}_{C0,C} = 0$

② 系统发生单相接地时,如图 1.7 所示。