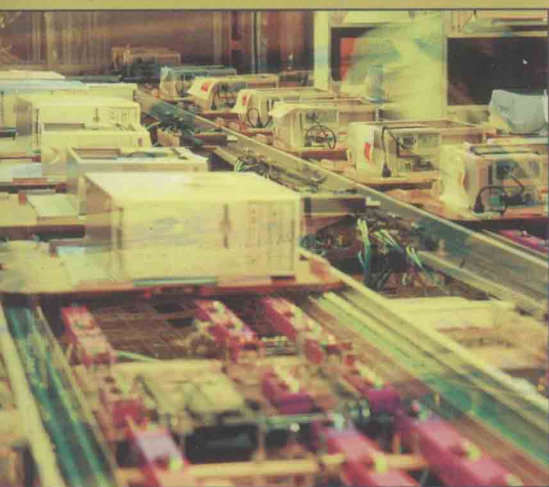


高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

供配电技术应用

赵德申 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材

供配电技术应用

赵德申 主编

高等教育出版社

前 言

本书是教育部高等职业学校电子信息类、电气控制类专业系列教材,是根据高职高专院校电类专业主干课程的要求,并根据电类专业高职高专培养应用型人才的特点编写的。

随着科学技术的发展,企业供配电技术也发生了深刻的变化。为满足企业供配电系统设计和运行的需要,本书在介绍企业供配电技术的基本知识、基本理论及工程实用设计计算方法和运行维护知识外,还介绍了目前供配电系统中的常用设备和新设备。

根据高职高专培养生产一线高级应用型人才的要求,在内容编排上注意加强理论教学与工程实际的有机联系,在编写时注重基本概念、定性分析、基本计算方法和实际应用,删除了一些理论的推导和证明。在叙述上力求深入浅出,通过实例加强对概念的理解和应用技术的掌握。

本书图文并茂,文字通顺易懂,为便于复习和自学,每章后附有小结、思考与练习。根据教学要求,教学时数建议不少于 90 学时。

本书由河南工业职业技术学院赵德申任主编,四川职业技术学院何军任副主编。全书共分 11 章,其中第 1,5,9 章和附录由赵德申编写;第 2,4 章由河南工业职业技术学院张继涛编写;第 3,8,11 章由四川职业技术学院何军编写;第 6,7 章由四川职业技术学院杨立林编写;第 10 章由徐州建筑学院李录锋编写。

由于专业和教学延续性,书中一些文字符号,特别是下角标符号,未按国家标准予以更改。

本书由胡淑华任主审,对提高本书质量起到了重要作用,在此表示衷心感谢!

由于编者水平有限,加之编写时间短,书中难免有不少缺点和错误,敬请同行、专家、广大读者批评指正。

编 者
2004 年 2 月

目 录

第1章 绪论	1	5.1 企业供电线路的接线方式	104
1.1 电能的特点及对供电的要求	1	5.2 企业供电线路的结构、敷设和 技术要求	109
1.2 电力系统的基本概念	2	5.3 企业供电线路导线和电缆的 选择与计算	124
1.3 电力系统的电压	9	5.4 企业供电系统的电气施工图	136
1.4 电力系统中性点的运行方式	16	本章小结	141
本章小结	23	思考与练习	142
思考与练习	23		
第2章 电力负荷及其计算	25	第6章 供电系统的主要电气设备 及其选择	144
2.1 电力负荷及其负荷曲线	25	6.1 开关电器中的电弧问题	144
2.2 计算负荷及其确定方法	31	6.2 高压开关设备	147
2.3 单相计算负荷的确定	38	6.3 低压开关设备	157
2.4 供电系统的功率损耗和电能损耗	41	6.4 高低压熔断器	164
2.5 尖峰电流及其计算	50	6.5 互感器	169
本章小结	51	6.6 成套配电装置	176
思考与练习	51	6.7 电气设备的选择与校验	179
		本章小结	187
第3章 企业变电所的构成和主接线	53	思考与练习	188
3.1 概述	53		
3.2 企业变电所主接线	57	第7章 供电系统的继电保护	190
3.3 企业变电所的结构及布置	66	7.1 继电保护的基本知识	190
3.4 电力变压器及其选择	76	7.2 供电系统常用的保护继电器	192
本章小结	79	7.3 继电保护装置的接线方式和操作电源	200
思考与练习	80	7.4 供电线路的继电保护	203
		7.5 电力变压器的继电保护	214
第4章 短路电流及其计算	81	本章小结	220
4.1 短路及短路电流的有关概念	81	思考与练习	221
4.2 无限大容量电力系统发生三相 短路时的物理过程及物理量	84		
4.3 无限大容量电力系统发生三相 短路时的短路电流计算	87	第8章 供电系统二次回路与 自动装置	222
4.4 短路电流的效应	96	8.1 断路器的控制回路和信号回路	222
本章小结	102	8.2 中央信号回路	228
思考与练习	103	8.3 供电系统的电气测量和绝缘 监视装置	230
第5章 企业供电线路	104		

8.4 供配电系统二次回路的原理图 和安装图	238	10.5 接地装置的装设及其计算	329
8.5 供配电系统的自动装置	242	10.6 电气事故的种类和预防	334
本章小结	256	10.7 电对人体的危害及触电急救	338
思考与练习	257	本章小结	345
第 9 章 电气照明	258	思考与练习	346
9.1 照明技术的有关概念	258	第 11 章 企业供配电系统的节电技术 与运行管理	347
9.2 照明电光源和照明灯具	262	11.1 节约用电的意义、方法及主要途径 ...	347
9.3 照明方式、种类及其选择	283	11.2 供配电系统的节电技术	352
9.4 照明质量及照度计算	285	11.3 企业供配电系统的功率因数 及其提高	356
9.5 照明供电系统及其选择	292	11.4 企业供配电系统的运行维护 与管理	359
本章小结	300	本章小结	364
思考与练习	302	思考与练习	365
第 10 章 防雷、接地及电气安全	303	附录	366
10.1 雷电与防雷装置	303	参考文献	401
10.2 供配电装置和建筑物的防雷保护	316		
10.3 电气装置的接地与接零	321		
10.4 漏电保护技术	328		

第 1 章 绪 论

学习目标

1. 掌握电能的特点以及对供配电的基本要求。
2. 了解发电厂、电力系统、电力网等方面的基本知识。
3. 掌握供电系统的电压以及供配电电压的选择、电压的调整措施。
4. 理解电力系统中性点的运行方式及特点。

1.1 电能的特点及对供配电的要求

电能作为最基本的能源,已广泛地应用到社会生产和社会生活的各个方面。随着我国国民经济的快速发展和技术的不断进步,对电能的需求将会进一步增大,电能的应用将会更加广泛,因此,搞好电能的生产和供应就显得尤为重要。

电能属于二次能源,它是在发电厂中将一次能源(如煤、油、水等)经过多次能量转换而生成的。为了降低电能生产成本,提高供配电质量和能力,满足用户对电能的需求,国家把众多的发电厂(站)、输配电网和众多的用户连接成为一个整体,称为电力系统。这一系统使得电能的生产、输送、分配和使用保持严格的平衡。

供配电技术是电力系统供配电网络内容中的一部分,主要是研究企业或用户对所需电能的供应和分配问题。

1.1.1 电能的特点

1. 易于能量转换

电能属于二次能源,它是由水流动的动能、重力势能、热能、核能、太阳能等各种形式的一次能源转换而来的;而电能通过一定的设备或装置又能很方便地转换成为其他形式的能。如电能通过白炽灯或荧光灯发光,电能转换成为光能。电能使电动机旋转,带动机械设备工作,电能转换成为机械能。电能使电暖气发热,电能转换成为热能等。

2. 易于远距离输送

为满足生产、生活用电需要,可通过设备、导线很方便地将电能进行远距离输送。比如,我国规模较大的“西电东送”工程,就是将一次能源比较集中的西部发电厂发出的电能通过输电线路输送到东部发达地区。

3. 易于调整和控制,有利于实现生产的自动化

电能通过一定的设备可以很容易地实现电压高低、交直流变换和信号转换,以满足输送、配电的需要和实现生产过程自动控制的功能。

4. 电能耗费较低,有利于提高经济效益

电能现代化生产中虽然占有很重要的地位,但电能在产品生产成本中占有的比例却很小。一般机械产品生产,电费开支仅占产品成本的5%左右,有利于提高经济效益,增加资金积累。

总之,电能作为基本能源之一,具有很多优于其他能源的特点,进一步发展电力工业,增加发电量;进一步研究、开发电能的应用,对于促进我国现代化建设的发展,改善人民生活,具有十分重要的意义。

1.1.2 对供电的基本要求

供电工作要做好为社会主义现代化建设、为国民经济发展服务,切实搞好安全用电、节约用电和计划用电。因此,对供电系统的设计和运行工作提出了如下基本要求:

1. 保证供电的安全可靠

保证安全、可靠是供电工作的首要任务。因为供电中断将导致生产停顿、生活秩序混乱,甚至会发生人身和设备安全事故,造成严重的经济损失和政治影响。所以在供电系统的设计和运行过程中,必须保证供电的安全可靠性要求。

供电系统的供电可靠性要求应与负荷的类别和性质相对应,对于不同生产类别和性质的负荷,其供电可靠性要求不同,应根据具体情况和要求,保证必要的供电可靠性要求。对在供电工作中的安全性,应确保在供电工作中不发生任何人身和设备安全事故。

保证供电系统的安全、可靠,除了要求供电电源要可靠外,还与供电系统的设计、电气设备的选择和运行维护等因素有关。

2. 保证良好的电能质量

衡量供电电能质量的指标是电压和频率。我国规定交流电的频率为50 Hz,允许偏差 $\pm 0.2 \sim \pm 0.5$ Hz;各级额定电压允许偏差范围为 $\pm 5\% U_N$ 。保证良好的电能质量,就是在供电工作中,保证频率和电压相对比较稳定,偏差范围在国家规定的允许范围之内,保证供电系统电气设备的使用寿命,保证供电系统的运行安全和生产产品质量。

3. 保证灵活的运行方式

保证供电系统灵活的运行方式主要是主接线的设计应力求简单,且应根据负荷变化需要,能灵活、简便、迅速地由一种运行状态切换到另一种运行状态,避免发生误操作。另外,在不停电的情况下,能保证对设备的维护、检修工作安全、方便地进行。

4. 保证具有经济性

保证供电系统具有经济性,主要是指在安全、可靠、优质供电的前提下,使供电系统的建设和年运行费用最低。由于供电系统建设和电费指标占企业产品成本的比例较低,因此,在供电系统设计和设备购置上,应充分考虑系统运行的灵活性和保证主要电气设备的质量。

1.2 电力系统的基本概念

1.2.1 电力系统的组成

电能是由发电厂供给的,为经济起见,发电厂多建在动力资源丰富的地方,往往距离负荷比

较集中的大、中城市和企业比较远。因此,必须通过输配电线路和变电站输送电能;电能输送到城市和企业后,还需要进一步将电能分配到用户或车间。同时,为了提高供电的可靠性和实现经济运行,往往将许多发电厂和电力网连接在一起并联运行。由发电厂、电力网和用户组成的统一整体称为电力系统。图 1.1 所示是大型电力系统的系统图。

图 1.1 大型电力系统的系统图

与电力系统相关的还有动力系统。动力系统是电力系统和发电厂“动力部分”的总和。“动力部分”主要是指火力发电厂的锅炉、汽轮机、热力网等；或水力发电厂的水库、水轮机以及核能发电厂的核反应堆、蒸发器等。所以电力系统是动力系统的一个组成部分。

1. 发电厂

发电厂等。目前电能的生产主要是火力发电厂和水力发电厂,近年来核能发电厂也已并入电力系统运行。现主要以火力发电厂和水力发电厂为例,简述电能的生产过程。

火力发电厂是利用燃料(煤、石油、天然气)的化学能来生产电能。其主要设备有锅炉、汽轮机和发电机,如图 1.2 所示。燃料在炉膛内燃烧,将锅炉中的水加热成高温、高压下的蒸汽,从而将燃料中的化学能转换为蒸汽机的热能;蒸汽经管道进入汽轮机推动其叶轮旋转,将蒸汽的热能转换成机械能;汽轮机与发电机联轴,带动发电机旋转发电。以上能量的转换过程是:燃料的化学能→热能→机械能→电能。现代火电厂一般都考虑了“三废”(废渣、废水、废气)的综合利用,不仅发电,而且还能供热,这种兼供热能的火电厂,称为热电厂或热电站。

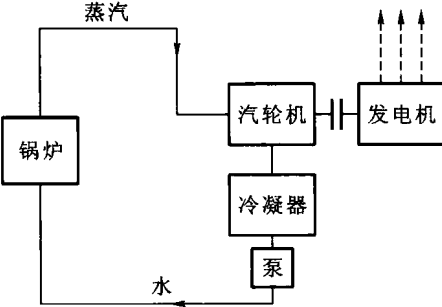


图 1.2 火电厂生产过程示意图

水力发电厂是利用水的位能来生产电能。主要由水库、水轮机和发电机组成,如图 1.3 所示。水库中的水具有一定的位能,经引水管送入水轮机推动其旋转,从而将水的位能转换成机械能。同理,水轮机与发电机联轴,带动发电机旋转发电。因此,水力发电厂的能量转换过程是:水流位能→机械能→电能。所以水力发电厂的生产过程,仍然是通过一定的设备,完成能量的转换,它主要是借助在江河上建造一个很高的大坝,形成水库,提高上游水位,从而将水流中蕴藏的位能转换成为电能。三峡大坝建成后,蓄水水位达到 175 m,其发电厂就是利用这一高水位的位能转换成机械能并发电的。

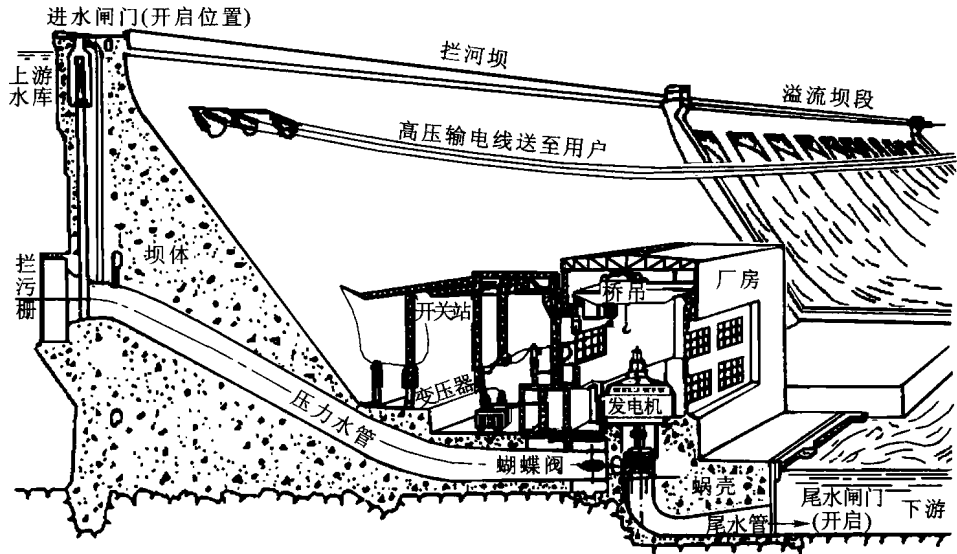


图 1.3 水电厂生产过程示意图

核电厂是利用原子核的核能(原子核的结构发生裂变所释放的能量)来生产电能。它与火力发电厂生产过程相似,所不同的是利用原子反应堆和蒸发器代替锅炉,以少量的核燃料代替大量的煤、石油和天然气(1 kg 铀 235 裂变所释放的能量相当于 2 500 t 优质煤的能量)。它的生产过程是利用核燃料在反应堆中所产生的热能,将水变成蒸汽,推动汽轮机带动发电机发电,即能量

转换过程为:核能→热能→机械能→电能。反应堆是核电厂的关键设备,常用反应堆有轻水反应堆和重水反应堆,一般核电厂的设备费用较高,燃料费用较低。

2. 变电所

变电所是接受电能,变换电压和分配电能的场所。在电力系统中,为了实现电能的经济输送和用电设备对不同电压等级的要求,需要对发电厂发出的电压进行多次的变换。变电所的主要设备有电力变压器,母线和开关设备等。根据变电所在电力系统中所承担的任务不同,可分为升压变电所和降压变电所。升压变电所主要是为了满足电能的输送需要,将发电机发出的电压(电压一般不高)变换成高电压,一般建在发电厂;降压变电所的主要任务是将高电压变换为一个合理的电压等级,以满足不同输电和配电要求的需要。一般降压变电所多建在靠近用电负荷中心的地方,根据其在电力系统中的地位和作用的不同,降压变电所又分为枢纽变电所(站)、区域变电所(站)和工业企业变电所等。

为了满足配电的需要,在企业内还建有只用来接受和分配电能不进行电压变换的配电所,在配电所内只有开关设备,没有变压器。

3. 电力线路

电力线路是输送电能的通道。按电力线路在电力系统中所承担的任务,可分为输电线路和配电线路。输电线路主要是承担高电压远距离电能传输任务,它主要连接发电厂和区域变电所(通常把 35 kV 及以上的电力线路称为输电线路);配电线路主要是承担电能的分配任务,主要连接用户或设备(通常把 10 kV 及以下电力线路称为配电线路)。

4. 电力负荷

电力负荷一般指耗能的电气设备(也称电能用户)。电力负荷是电力系统的一部分,也是其主要的服务对象。电气设备按其用途可分为动力设备和照明设备等,它们分别将电能转换成为机械能、光能等,适用于不同形式的生产、生活和工作场所所需要的能量。

据有关资料统计,我国各类电能用户按行业和用电量大小的依次排序为:工业、农业、生活、市政及商业、交通运输等。工业是电力系统的最大的电能用户。

1.2.2 电力系统的运行

1. 电能的生产和输送过程

为了充分利用动力资源,减少燃料运输,降低发电成本,水电厂一般建在有水力资源的地方,火电厂建在有燃料资源的地方。但是这些有动力资源的地方往往距用户较远且比较分散,所以必须用高压输电线路进行远距离输电,并按用户分布位置和要求对电能进行合理的分配。图 1.4 所示是从发电厂到用户的电能输送过程示意图。

发电厂发出的电能电压为 3.15~20 kV,为了满足高压输送的要求,首先经升压变压器将电压升高至 35~500 kV,通过高压输电线路将电能送到区域变电所,然后经降压变压器将电压降至 6~10 kV,再经过高压配电线路将电能送到用户。在用户总降压变电所又将电压变换成用电设备需要的电压等级(220/380 V),通过配电线路送至用电设备。

2. 电力系统的运行特点

电力系统运行的特点是指电能在生产、输送和消耗的过程中与其他工业相比的不同之处,主要有以下特点:

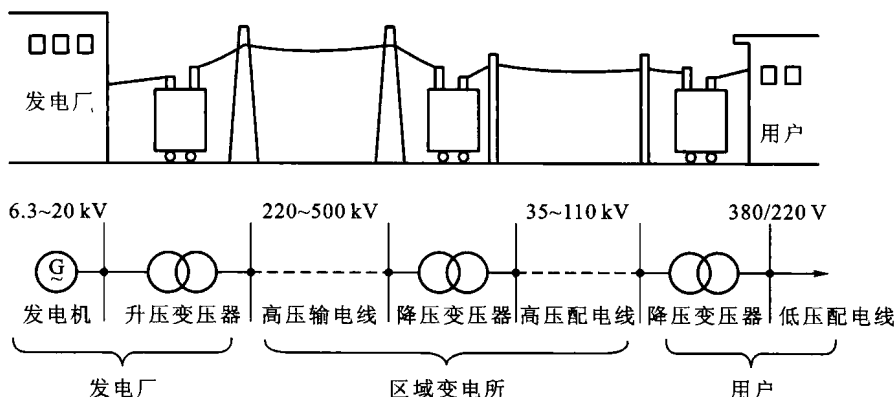


图 1.4 从发电厂到用户的电能输送过程示意图

(1) 电能不能大量存储

电能的生产、输送分配和消耗是同时完成的。在电力系统中,每个时刻发电厂的发电量取决于同一时刻该系统负荷的用电量和系统本身电能的损耗量。即任何时刻发电量和耗电量随时保持平衡。所以电力系统任何一个环节故障都会影响系统的正常运行。

(2) 电力系统的瞬态过程非常短促

电力系统运行状态的任何变化,如设备的投入和切除,以及负荷的变化都是在瞬间完成的。电力系统发生异常或故障引起的瞬态过程非常短暂,大多以百分之几秒来计算,电力系统由一种运行状态到另一种运行状态的瞬态过程也是非常短促的,所以,电力系统的运行状态的调整和操作必须由自动装置来完成。

(3) 与国民经济各部门及人们日常生活有极为密切的关系

因为电能与其他能源相比有比较突出的优点,它已成为各行业生产、生活和工作不可缺少的能源。如果电力系统出现故障,造成大面积停电,将会在经济和政治上造成巨大的损失和严重的后果。

3. 建立大型电力系统的优越性

建立大型电力系统这是世界各国电力工业和电力系统发展的趋势,因为建立大型(联合)电力系统具有下列优越性:

(1) 可以更经济合理地利用动力资源

因为水电厂受季节性影响较大,如果水电厂和火电厂都并网运行,这样就可以实现枯水季节主要由火电厂发电,水电厂少发电。丰水季节主要由水电厂多发电,火电厂少发电。同时还可以根据季节调整和做好发电机组的检修工作。另外,水力资源具有清洁、价廉和可再生的优势,尽量利用水力资源发电,减少火电厂动力资源的消耗。

(2) 可以安装大容量机组,减少备用容量

通常电力系统安装大容量机组受到电力系统总容量的约束,因为发电机单机容量大时,如果机组故障或停运检修,将造成大面积停电,甚至造成系统瓦解。因此电力系统规模越大,允许安装的发电机单机容量也越大,机组容量越大,效率越高。另外,由于机组可以互为备用,系统容量越大,机组数量越多,备用机组数量和容量可以减少。

(3) 可以提高供电的可靠性

电力系统的容量越大,装机数量也越多,单台机组故障对整个系统的供电质量和供电可靠性

影响越小(因为一般多台机组同时故障的事故几率是非常小的)。这就表明电力系统的容量愈大,抗干扰能力愈强,供电的可靠性愈高。

(4) 可以提高运行的经济性

建立大型电力系统除了可以合理利用动力资源,装设大容量机组外,还可以在机组间合理分配电力负荷,使整个系统在满足用户用电的前提下一次能源消耗最少,同时可以利用地区之间的时间差、季节差减少负荷的最大值,减少装机容量。

由于以上原因,世界各国的电力系统的规模越来越大,一些发达国家已实现全国统一的电力系统。按照我国电力发展规划,到 2010 年全国发电总装机容量将由现在的 3.5 亿千瓦增加到 6 亿千瓦。并实现三峡水电站向华东、华中和四川等八省一市送电,在全国形成北、中、南三个大电力网。到 2020 年,全国发电装机总容量将达到 9 亿千瓦,在实现水电、火电、核电和新能源结构合理的基础上,实现全国强大电力“一张网”。届时,全国西电东送规模将达到 8 000 万到 1 亿千瓦左右,真正实现电力资源在全国范围内的合理配置和可持续发展。

1.2.3 企业供配电系统的组成

企业供配电系统是整个电力系统的重要组成部分,它是在企业内部接受、变换、分配和消耗电能的供配电系统。根据企业的类型和规模,一般企业供配电系统主要有以下两部分组成:

1. 外部电源系统

企业外部电源系统,主要是指从公共电力系统通过电力线路引入到企业总降压变电所(配电所)的电源。一般对大、中型企业常采用 35~110 kV 电压的架空线路,小型企业多采用 10 kV 电压的架空线路或电缆线路引入。

2. 内部变、配电系统

内部变、配电系统是指从企业总降压变、配电所到用电设备的所有配电系统,主要包括企业总降压变电所、配电所、车间变电所和企业内部高低压配电线路等。企业内部供配电系统的形式依据电源情况、负荷容量及重要程度等情况确定。

(1) 总降压变电所

总降压变电所是企业电能供应的枢纽。它由降压变压器、高压配电装置(35~110 kV)和低压配电装置(6~10 kV)等主要配电设备组成。总降压变电所的作用就是将 35~110 kV 的电源电压降为 6~10 kV 的电压,再由 6~10 kV 配电装置分别将电能送到企业内部各个配电所或高压用电设备。为保证供电的可靠性,总降压变电所一般应设置两台变压器。如图 1.5 所示是具有总降压变电所的企业供配电系统示意图。

对于当地供电电压为 35 kV,企业环境条件和设备条件也允许采用 35 kV 架空线路和较经济的电气设备时,则可采用 35 kV 作为高

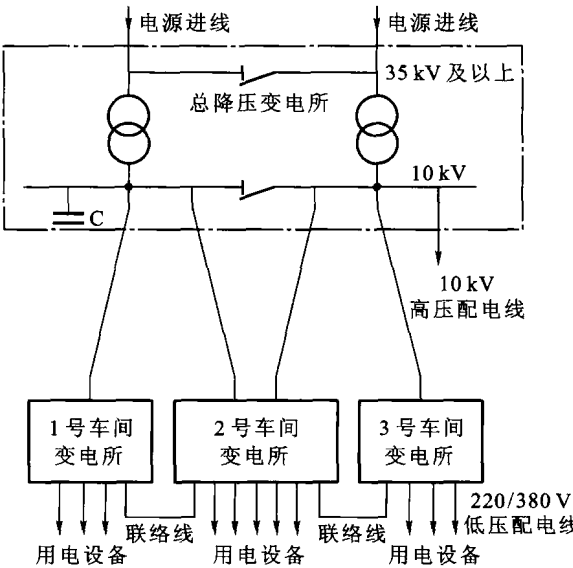


图 1.5 具有总降压变电所的企业供配电系统

压配电电压,35 kV 线路直接引入靠近负荷中心的车间变电所,经电力变压器直接降为用电设备所需要的电压,如图 1.6 所示。这种方式被称为高压深入负荷中心的供配电系统。需要指出的是,这种供配电方式企业内部必须满足具有 35 kV 架空线路的“安全走廊”,以确保供电安全。

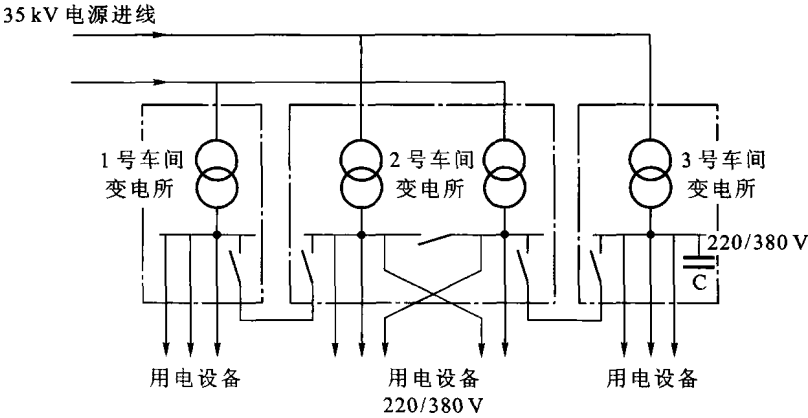


图 1.6 高压深入负荷中心的供配电系统

(2) 配电所

对于大中型企业,由于厂区范围大,负荷分散,常设置一个或一个以上配电所。配电所的作用是在靠近负荷中心处集中接受总降压变电所 6~10 kV 电源供来的电能,并把电能重新分配,送至附近各个车间变电所或高压用电设备。所以高压配电所是企业内部电能的中转站,企业配电所的设置还起到了减少厂区高压线路,降低初期建设投资的作用。在运行管理上还起到了分区控制的作用。图 1.7 所示是具有高压配电所的企业供配电系统示意图。

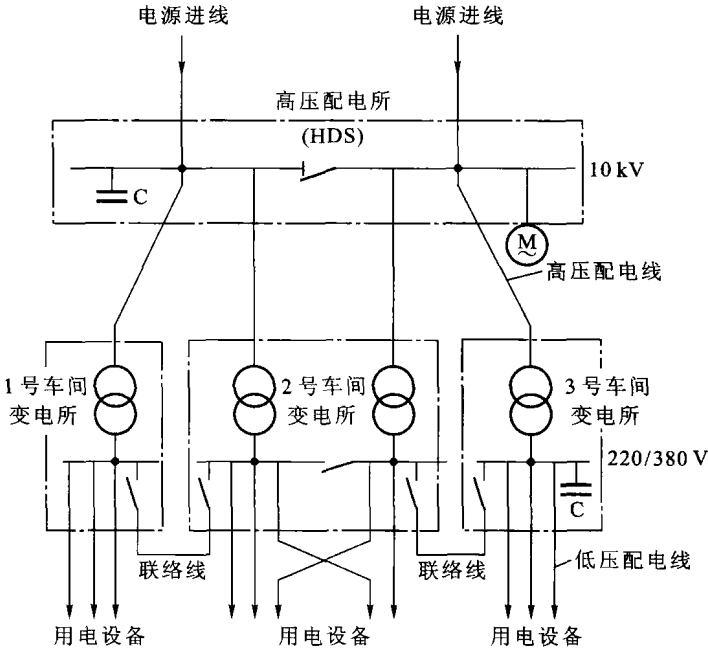


图 1.7 具有高压配电所的企业供配电系统

(3) 车间变电所

车间变电所的设置应根据车间负荷的大小和车间负荷分布情况来决定,一个车间可设置一个或多个变电所,几个相邻车间负荷都不大时也可以共用一个车间变电所。车间变电所的作用是将 $6\sim 10\text{ kV}$ 电源电压变换为 $220/380\text{ V}$ 的电压,由 $220/380\text{ V}$ 低压配电装置分别送至各个低压用电设备,如图 1.5~图 1.7 所示。

(4) 小型企业供配电系统

对于某些小型企业(用电量不大于 $1\,000\text{ kV}\cdot\text{A}$ 或稍多),一般只设一个将 10 kV 电压降为低压的降压变电所,如图 1.8 所示。

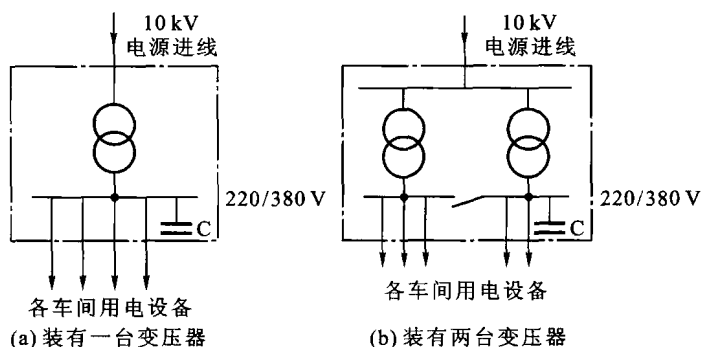


图 1.8 小型企业的供配电系统

(5) 高低压配电线路

企业内部高压配电线路一般为 $6\sim 10\text{ kV}$,经综合比较分析 10 kV 电压比 6 kV 电压具有较多的技术、经济优势,因此,根据企业负荷情况,应优先考虑 10 kV 配电电压等级。低压配电线路电压等级一般为 $220/380\text{ V}$ 。

应当指出的是,并非所有企业供配电系统都由以上几部分组成,一般中小型企业可以不设总降压变电所,仅设一个 $6\sim 10\text{ kV}$ 总配电所即可。对具有重要负荷的企业还应增设有自备发电厂(发电机),因此企业供配电系统应视具体情况而定。

一般企业变电所在电力系统中属于终端降压变电所。

1.3 电力系统的电压

电力系统中所有电气设备,都规定有一定的工作电压和频率。电气设备在其额定电压和频率下工作时,其综合的经济效果最好。如感应电动机,若电压偏高,虽然转矩增大,但电流和温升也增大,将使绝缘严重受损,缩短使用寿命;若电压偏低,则转矩将按电压的二次平方成比例地减小,而在负荷转矩要求一定的情况下,绕组电流必然增大,同样会使绝缘受损,缩短使用寿命;又如白炽灯,若电压偏高,其使用寿命将大大缩短;若电压偏低,则灯光会明显变暗,严重影响工作效率和人的视力健康。国务院发布的《电力供应和使用条例》第十九条规定:“用户受电端的供电质量应符合国家标准和电力行业标准”,……,“供电质量是指供电频率质量、电压质量和供电可靠性等”。因此,一般认为,电压、频率和供电连续可靠是表征电能质量的基本指标。

对企业供配电系统来说,提高电能质量主要是提高电压质量和供电可靠性。

电压质量,除了指相对于额定电压的偏移问题外,还包括电压的波动以及电压的波形是否畸变,即是否含有高次谐波成分的问题。

1.3.1 电力系统和电气设备的额定电压

额定电压通常是指设备名牌上标出的电压值,即设备在最佳运行状态下的工作电压。我国电力网的额定电压等级标准是根据国民经济发展的需要、考虑技术经济上的合理性、电机电器制造工业的发展水平等因素,经全面研究分析,由国家制定颁布的。从电机、电器制造的角度和电力工业发展看,额定电压的等级不宜过多。我国国家标准 GB156—1993《标准电压》规定的三相交流电网和电力设备(含用电设备、发电机和电力变压器)的额定电压,见表 1.1。

表 1.1 我国交流电力网和电力设备的额定电压

	电力网和用电设备 额定电压	发电机额定电压	电力变压器额定电压	
			一次绕组	二次绕组
低压	200/127 V	230 V	220/127 V	230/133 V
	380/220 V	400 V	380/220 V	400/230 V
	660/380 V	690 V	660/380 V	690/400 V
高压	3 kV	3.15 kV	3 及 3.15 kV	3.15 及 3.3 kV
	6 kV	6.3 kV	6 及 6.3 kV	6.3 及 6.6 kV
	10kV	10.5 kV	10 及 10.5 kV	10.5 及 11 kV
	—	13.8 kV,15.75 kV,18 kV,20 kV	13.8 kV,15.75 kV,18 kV,20 kV	—
	35 kV	—	35 kV	38.5 kV
	63 kV	—	63 kV	69 kV
	110 kV	—	110 kV	121 kV
	220 kV	—	220 kV	242 kV
	330 kV	—	330 kV	363 kV
	500 kV	—	500 kV	550 kV
	750 kV	—	750 kV	—

注：表中斜线“/”左边数字为三相电路的线电压,右边数字为相电压。

从表中可以看到,在同一电压等级下,各种设备的额定电压并不完全相等。为了使连接在电力系统的电气设备都能运行在较有利的电压下,因此各种电气设备的额定电压之间应互相配合。现就规定的表中的电压值作些说明。

1. 电网(线路)的额定电压

电网(线路)的额定电压等级是国家根据国民经济发展的需要和电力工业发展水平,经全面技术经济分析后确定的,它是确定其他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会在线路中产生电压损失,因而造成线路上各点的电压都不相同,如图 1.9 中虚线所示。一般线路首端电压高,末端电压低,但因批量设备的额定电压不可能按照装置地点的实际电压来制造,只能按线路首末端电压的平均值即电

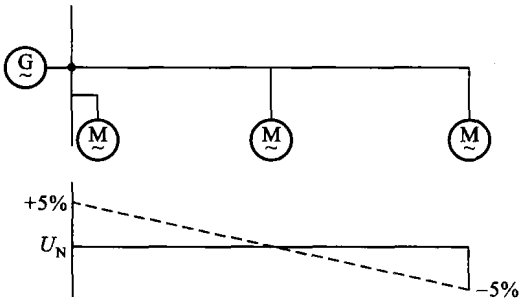


图 1.9 线路电压损失说明图

网额定电压 U_N 来制造。所以用电设备的额定电压规定应与电网(线路)额定电压相一致。

3. 发电机的额定电压

由于发电机接在电力线路的首端,因此发电机的额定电压比线路额定电压高 5%。这是因为电力线路一般允许的电压偏差为 $\pm 5\%$,即整个线路允许有 10% 的电压损耗,因此,为维持线路首端电压与末端电压的平均值在额定值,处于线路首端的发电机的额定电压应高于电网(线路)额定电压 5%。如图 1.9 所示。

4. 电力变压器的额定电压

电力变压器的额定电压分两种情况。

(1) 电力变压器一次绕组的额定电压

① 当电力变压器与发电机相连时,其一次绕组额定电压应与发电机额定电压相同(高于同级电网额定电压 5%)。如图 1.10 所示的变压器 T1。

② 当电力变压器的一次绕组不与发电机直接相连,而是连接在线路上,如图 1.10 所示的变压器 T2,此时可把变压器看作线路中的电气设备,因此电力变压器一次绕组的额定电压应与电网额定电压相同。

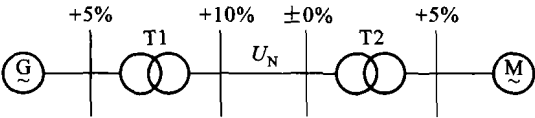


图 1.10 变压器一、二次额定电压说明图

(2) 电力变压器二次绕组的额定电压

变压器二次绕组额定电压通常是指变压器一次绕组加上额定电压时的二次绕组开路(空载)电压,而变压器在满载运行时,其绕组约有 5% 的阻抗压降。另外,由于变压器二次绕组是向线路或用电设备输出电能,因此,在分析变压器二次绕组额定电压时,可以把其看作是电源设备。

① 变压器二次绕组供电线路较长 如图 1.10 所示的变压器 T1,则变压器二次绕组额定电压要高于电网额定电压 10%(二次绕组本身 5% 和满载运行时要高于同级电网额定电压 5%)。

② 变压器二次绕组供电线路较短 如图 1.10 所示的变压器 T2,其二次绕组额定电压只高于所连电网额定电压的 5%,仅考虑补偿变压器绕组本身 5% 的电压降。

1.3.2 各级电压等级的适用范围

我国电力系统中,220 kV 以上的电压等级主要用于大型电力系统的主干线,110 kV 电压既用于中小型电力系统的主干线,也用于大型电力系统的二次网络;35 kV 多用于中小城市或大型企业的内部供电网络,也广泛用于农村网络。一般企业内部多采用 6~10 kV 的高压配电电压。且 10 kV 电压用的较多,企业 6 kV 设备数量较多时才考虑采用 6 kV 作为配电电压。220/380 V 电压等主要作为企业的低压配电电压。与额定电压等级相适应的输送功率和输送距离,见表 1.2。

表 1.2 与额定电压等级相适应的输送功率和输送距离

额定线电压 U_N/kV	线路结构	输送功率 P/kW	输送距离 L/km
0.22	架空线路	50 以下	0.15 以下
0.22	电缆线路	100 以下	0.20 以下
0.38	架空线路	100 以下	0.25 以下
0.38	电缆线路	175 以下	0.35 以下

续表

额定线电压 U_N/kV	线 路 结 构	输送功率 P/kW	输送距离 L/km
6	架空线路	2 000 以下	10~5
6	电缆线路	3 000 以下	8 以下
10	架空线路	3 000 以下	15~8
10	电缆线路	5 000 以下	10 以下
35	架空线路	2 000~10 000	50~20
110	架空线路	10 000~50 000	150~50
220	架空线路	100 000~150 000	300~200

1.3.3 企业供配电系统配电电压的选择

1. 高压配电电压的选择

用电企业高压配电电压的选择,主要取决于企业高压用电设备的电压、容量和数量等因素。

当用户的供电电源电压为 10 kV 及以上时,一般采用 10 kV 电压作为配电电压。当用户 6 kV 用电设备数量较多,容量较大且采用 6 kV 配电电压经济合理时,可采用 6 kV 配电电压。当 6 kV 用电设备数量不多,容量不大时,应仍采用 10 kV 配电电压,对 6 kV 设备可通过专用的 10/6.3 kV 变压器单独供电。如果用户有 3 kV 设备时,可通过专用的 10/3.15 kV 变压器单独供电。

当用户供电电压为 35 kV,为了减少配电电压的级数,简化接线,且技术经济合理时,可采用高压深入负荷中心,即把 35 kV 直接作为企业高压配电电压。如图 1.6 所示。

2. 低压配电电压的选择

企业的低压配电电压通常采用 220/380 V。其中线电压 380 V 用于接三相动力设备和额定电压为 380 V 的单相设备,相电压 220 V 用于接照明及其他单相设备。某些场合采用 660 V 作为低压配电电压。采用较高的低压配电电压,在输送相同功率的情况下,不仅可以减少线路电压损耗,保证远端负荷电压水平,而且还可以减少导线截面和线路投资,增大供电半径,简化供配电系统。同时也是节约用电的有效措施,目前提高低压配电电压已成为世界各国的发展趋势。我国采矿、石油和化工行业的少数部门已采用 660 V 电压作为配电电压。

现规定 220 V 电压不作为三相配电电压,只作为单相配电电压和单相用电设备的额定电压。

1.3.4 供配电电压的调整

关于电压的质量,国家标准中除了对电压的偏差有相应的规定外,对电压的波动和闪变、电压的波形及三相电压的平衡度等都有严格的规定和相应的调整改善措施。

1. 电压的偏移及其调整

(1) 电压偏差及要求

电压偏差,是指施加于用电设备端的电网的实际电压偏离用电设备的额定电压。通常用电压偏差的百分数来表示。即