

模 块

供配电技术基本知识

供配电技术研究工厂所需电能的供应和分配问题。电能是现代工业生产的主要能源和动力,在现代工业生产和整个国民经济的各个领域中有着极为广泛的应用。本模块主要介绍供配电技术的一些基本知识,包括电力系统的组成及基本要求,供配电系统的构成,电力系统的中性点运行方式等,使学生对供配电系统有初步的认识和了解,为今后从事供配电技术方面的工作奠定一定的基础。

学习单元一

认知电力系统



知识目标

了解国内外供配电技术的发展概况,正确理解电力系统的各个环节,掌握发电厂、变电所、电力网等知识。



能力目标

理解电力系统的概念、电力系统的基本要求和供电质量等内容。

一、供配电技术的发展概况

电能是现代工业生产需要的主要能源和动力,社会的各行各业都离不开电能。电能是由其他形式能源转换而来的,也能够转换成其他形式的能源(机械能、热能、光能、化学能等)。电能的输送既简单、经济,又便于控制、调节和测量,有利于实现生产过程中的自动化。因此,电能在现代工厂生产及整个国民经济生活中的应用极为广泛。电力工业已成为实现现代化的基础,得到迅猛发展。

供配电技术主要研究电力用户的电力供应和分配问题。电力系统是生产、输送、使用电能的统一整体,供配电系统则是电力系统的重要组成部分,是电力系统的电能用户,也是用





电设备的电源。电力系统和供配电系统的基本任务是安全、可靠、优质、经济地供电。

供配电技术目前在向高电压、大容量、高自动化程度的方向发展,而且发展越来越迅速。20世纪70年代,欧美各国对1 kV级交流高压输电技术进行了很多研究开发。中国的供配电技术在近70年的研究开发中也取得了突破性的进展,特高压输电技术领域已经领先全球,目前已建成国家电网、南方电网、蒙西电网。

随着中国经济建设的迅速发展,电力需求也迅速增长。为了缓解电力供不应求的局面,国家加大了电力建设的投资,采取了相应的措施。2019年,中国发电机装机容量达20亿千瓦,年发电量达7.3万亿千瓦时,均居世界第一位。工业用电量已占全部用电量的70%以上,是电力系统的最大电能用户。“西电东送、南北互供、全国联网”的发展战略,为中国电力系统的进一步发展带来了很大的空间。

二、电力系统的组成

电能在人们的日常生活及现代工业生产等方面起着越来越重要的作用。电能是由各种一次能源转变而来的优质、清洁的二次能源。电能的优点很多,如它可以方便地进行远距离传输,能够很容易地转换为其他形式的能量,易于控制、管理等。因此,电能工业、农业、交通运输等社会生产的各个领域及社会生活的各个方面都有着广泛的应用。

电能的生产、输送、分配及使用几乎是在同一时间完成的,电能不能大量存储,需要把各个环节连接成一个整体。我们把由各种类型发电厂中的发电机、升降压变压器、输电线路和电力用户连接起来组成的一个发电、输电、变电、配电和用电的统一的整体称为电力系统。电力系统的组成示意图如图1-1所示。

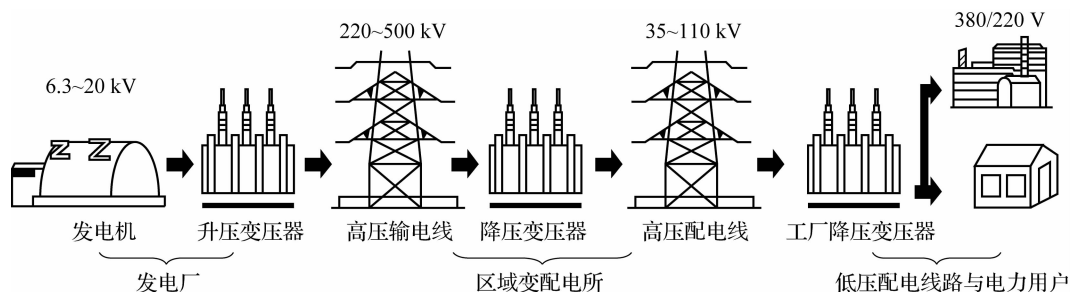


图 1-1 电力系统的组成示意图

动力系统、电力系统及电力网的示意图如图1-2所示。

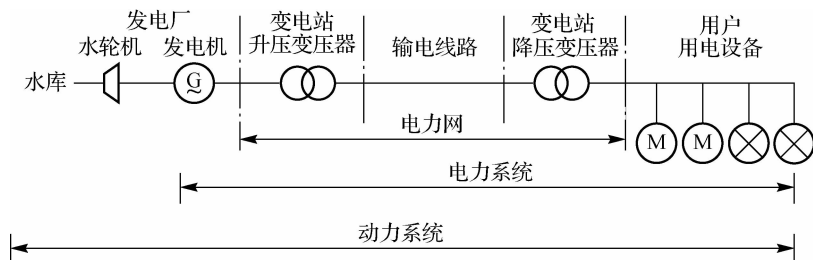


图 1-2 动力系统、电力系统及电力网的示意图



(1)动力系统。电力系统和发电厂的动力部分所构成的整体称为动力系统,它是将电能、热能的生产与消费联系起来的纽带。

(2)电力系统。电力系统是由发电机及其配电装置、变压器、输电线路、配电线路和用电设备组成的统一体,是动力系统的一部分,完成电能的生产、输送、变换、分配和使用。

(3)电力网。各级电压的电力线路及各类变电所总称为电力网,它是电力系统的一部分,是输送电能、变换电能和分配电能的通道。

下面分别介绍电力系统的各组成部分。

1. 发电厂

发电厂是将煤炭、石油、天然气、水能、风能、核能、太阳能、地热能、潮汐能等各种一次能源转换为电能(二次能源)的一种特殊工厂。根据利用一次能源的不同,目前发电厂主要有以下几种类型。

1) 火力发电厂

火力发电厂简称火电厂,是将煤炭、石油、天然气等燃料的化学能转换成电能的工厂。其能量转换过程为:燃料的化学能—热能—机械能—电能。燃料在锅炉中燃烧释放出热能,将水加热成高温高压的蒸汽,推动汽轮机转动,将热能转化为机械能,带动与汽轮机联轴的发电机发电,将机械能转换为电能。火力发电厂可分为凝汽式火力发电厂(又称坑口电厂或区域电厂)和供热式火力发电厂(又称热电厂或热电站)。



动画
火力发电厂

2) 水力发电厂

水力发电厂简称水电厂或水电站,是利用水的势能和动能转变成电能的工厂。其能量转换过程为:水的势能—机械能—电能。水力发电厂主要分为堤坝式水力发电厂、引水式水力发电厂和混合式水力发电厂。



动画
水力发电

(1)堤坝式水力发电厂。在河流上修建一个拦河坝,形成水库。利用坝的上下游水位形成的尽可能大的落差,引水发电。例如,中国三峡水电站的坝高为 185 m,水位为 175 m,单机容量为 70 万千瓦,总装机容量为 2 250 万千瓦,年发电量可达 1 000 亿千瓦时,居世界首位。

(2)引水式水力发电厂。在水流湍急的河道上或河床坡度较陡的河段上修建水力发电厂,由引水管道将上游水流直接引至水力发电厂。

(3)混合式水力发电厂。该类型水力发电厂是堤坝式和引水式水力发电厂两种发电厂的综合,由高坝和引水渠道分别提高一部分水位。

3) 核能发电厂

核能发电厂又称核电站,是利用核能发电的发电厂。利用原子能反应堆代替火力发电厂的锅炉,把核燃料不断发生裂变产生的原子能转化为热能,用该热能将水加热成高温高压的蒸汽,把蒸汽送至汽轮机中,推动汽轮机带动同轴的发电机发电。其能量转换过程为:核裂变能—热能—机械能—电能。中国秦山核电站和大亚湾核电站等已经建成投产发电。



视频
我国首台核能
发电机

4) 其他类型发电厂

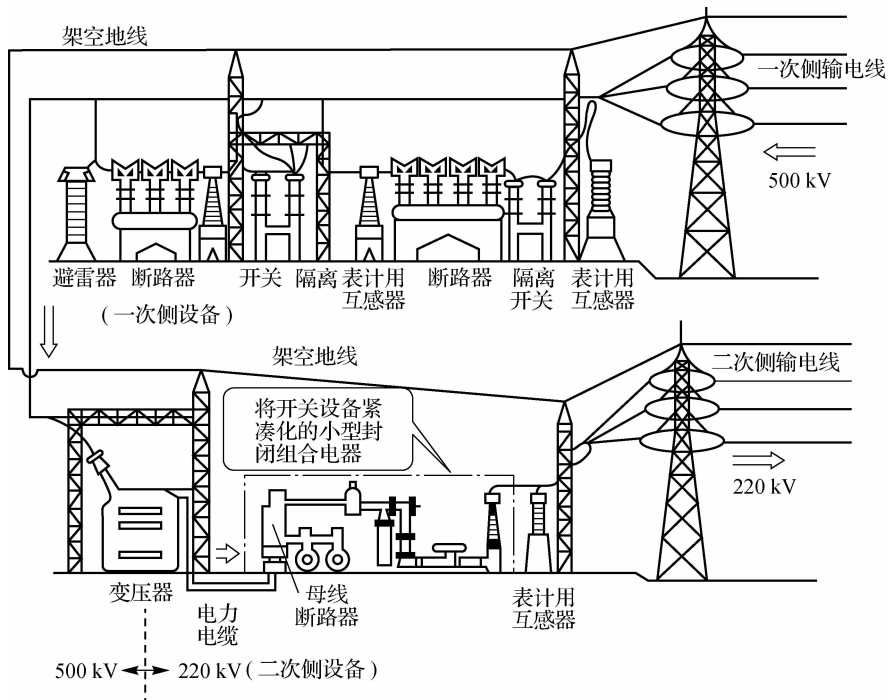
其他类型发电厂有地热发电厂、风力发电厂、潮汐发电厂、太阳能发电厂等。





2. 变配电所

变配电所的作用是接收电能、变换电压及分配电能。只接收电能和分配电能,而不承担变换电压的场所,称为配电所;将交流电变换为直流电,或把直流电变换为交流电的场所,称为变流所。变电所的结构示意图如图 1-3 所示。



动画
风力发电机内部结构

图 1-3 变电所的结构示意图

变电所分为升压变电所和降压变电所。升压变电所一般建在发电厂内,把电能电压升高后,便于经济、快速、可靠地长距离传送电能。降压变电所一般建在靠近负荷中心的地方,把高压在距离用户较近的地方降压以避免高压的危险,将高压电能降压后,向用户供电。根据在电力系统中所处的地位和作用,变电所又可分为枢纽变电所、中间变电所、地区变电所、工厂企业变电所和终端变电所等。

1) 枢纽变电所

枢纽变电所位于电力系统的枢纽点,汇集多个电源和多条出线回路,对电力系统的稳定、可靠运行起重要作用。一次侧电压通常为 330 kV 或 500 kV,二次侧电压通常为 220 kV 或 110 kV。

2) 中间变电所

中间变电所位于系统主要干线的接口处,一次侧电压通常为 220~330 kV,汇集 2~3 个电源和多条线路,向地区用户供电。

3) 地区变电所

地区变电所是一个地区的主要供电点,一次侧电压通常为 110~220 kV,给中低压的下一级变电所供电。



视频
太阳能发电厂掠影



动画
地热发电



4) 工厂企业变电所

工厂企业变电所是供电给大、中型企业的专用变电所,包括工厂总降压变电所和车间变电所。其中,工厂总降压变电所把 35~110 kV 电压降压为 6~10 kV 电压,向车间变电所供电,其供电范围一般在几千米以内;车间变电所把 6~10 kV 电压降压为 380/220 V 电压,向低压用电设备供电,其供电范围一般在 500 m 以内。

5) 终端变电所

终端变电所又称二次变电站,一般建在接近负荷处,高压侧电压为 10~110 kV,经降压后向用户供电。

3. 电力网

电力网按不同的划分方式有不同的类型。按电压高低和供电范围的大小可分为地方电网、区域电网、超高压电网。地方电网电压一般为 35~110 kV,供电范围小;区域电网电压一般为 110~220 kV,供电范围大;超高压电网电压为 330 kV 及以上,用于远距离输电。按功能不同可分为输电网和配电网。输电网的电压等级为 110 kV 以上,是远距离输送电能的通道;配电网的电压等级为 110 kV 及以下,其中,电压等级为 3~110 kV 的称为高压配电网,配电变压器低压侧引出的 0.4 kV 配电网称为低压配电网。配电网是分配电能的通道。

4. 电力用户

所有用电单位或用电设备均称为电力用户。电力用户可分为工业企业电力用户和民用电力用户。在中国,工业企业是最大的电力用户,其用电量占全年总发电量的 70% 以上。

三、电力系统的基本要求

1. 电力系统的电压要求

1) 额定电压的国家标准

电气设备在额定电压下运行,其经济性能和技术性能均达到最佳。因此,为使其生产标准化、系列化,电气设备均应按规定的额定电压进行设计与制造。我国交流电网和电力设备的额定电压等级见表 1-1。

表 1-1 我国交流电网和电力设备的额定电压等级

单位:kV

分类	电网和用电设备 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	0.38	0.40	0.38	0.40
	0.66	0.69	0.66	0.69
高压	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
	35	13.8,15.75,18,20,22,24,26	13.8,15.75,18,20,22,24,26 35	38.5





续表

分类	电网和用电设备 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
高压	66		66	72.6
	110		110	121
	220		220	242
	330		330	363
	500		500	550
	750		750	820

由表 1-1 可以得出以下结论。

(1) 用电设备的额定电压和同级电网的额定电压是一致的。用电设备在运行时要在送电线路中产生电压损耗,所以线路上各点的电压会略有不同,如图 1-4 所示。成批生产的用电设备只能按照线路首端与末端的平均电压即线路的额定电压来制造,所以用电设备的额定电压规定与同级电网额定电压相同。

(2) 发电机的额定电压。由于同一电压的线路允许的电压偏差一般为 $\pm 5\%$,即整个线路允许有 10% 的电压损耗,因此为了维持线路首端与末端的平均电压为额定值,线路首端的电压应比线路(电网)的额定电压高 5% ,而线路末端的电压可比线路额定电压低 5% ,如图 1-5 所示。因此,处于线路首端的发电机额定电压规定高于同级电网额定电压的 5% 。

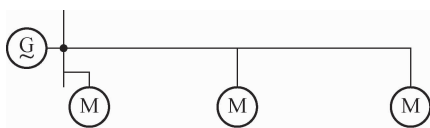


图 1-4 用电设备的额定电压



图 1-5 发电机的额定电压

(3) 电力变压器的额定电压。

① 电力变压器一次绕组的额定电压分以下两种情况。

a. 当变压器的一次绕组直接与发电机相连时(见图 1-6 中的变压器 T_1),其一次绕组的额定电压就应与发电机的额定电压相同。

b. 当变压器的一次绕组不与发电机直接相连,而是连接在线路上时(见图 1-6 中的变压器 T_2),则可将变压器看作线路的用电设备,其一次绕组的额定电压应与电网的额定电压相同。

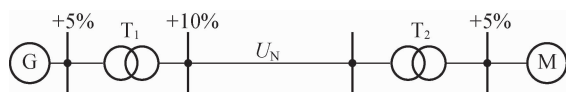


图 1-6 电力变压器的额定电压

② 电力变压器二次绕组的额定电压分以下两种情况。

a. 当变压器的二次侧供电线路较长时(如大容量的高压电网,见图 1-6 中的变压器 T_1),变压器二次绕组的额定电压一方面要考虑补偿绕组内部 5% 的电压损耗,另一方面要考虑变压器满载运行时其输出的二次电压还应高于所连电网额定电压的 5% ,以补偿线路上的电压损耗。因此,变压器二次绕组额定



视频
变压器工作原理



电压应比所连电网的额定电压高 10%。

b. 当变压器的二次侧供电线路不长时(如低压电网或直接供电给高低压用电设备,见图 1-6 中的变压器 T_2),则变压器二次绕组额定电压只需高于所连电网额定电压的 5%,仅考虑补偿变压器绕组内部 5% 的电压损耗。

2) 电压分类

国标规定,电力系统额定电压分为以下三类。

(1) 额定电压为 100 V 及以下,如 12 V、24 V、36 V 等,主要用在安全照明、潮湿工作场所、建筑物内部的局部照明及小容量负荷。

(2) 额定电压为 100 V 以上 1 kV 以下,如 127 V、220 V、380 V、600 V 等,主要用于低压动力电源及照明电源。

(3) 额定电压为 1 kV 及以上,如 6 kV、10 kV、35 kV、110 kV、220 kV、330 kV、500 kV、750 kV 等,主要用于高压用电、发电及输电设备。

通常电压在 1 kV 以下的称为低压,1~10 kV 的称为中压,高于 10 kV 低于 330 kV 的称为高压,330 kV 及以上的称为超高压,1 000 kV 以上的称为特高压。

2. 工厂供配电电压的选择

1) 工厂供电电压的选择

工厂供电电压是指供配电系统从电力系统取得的电源电压。供电电压的选择主要取决于供电企业供电的电压等级,工厂用电设备的电压、功率和输送距离等因素。提高供电电压就能减少电能损耗,提高电压质量。但是电压等级提高,线路及设备的投资会相应增加。所以,供配电电压的选择与用电负荷的大小及供电距离的长短有关。各级电压下电力线路的经济输送功率与输送距离的参考值见表 1-2。

表 1-2 各级电压下电力线路的经济输送功率与输送距离的参考值

线路电压/kV	线路结构	输送功率/kW	输送距离/km
0.38	架空线路	≤ 100	≤ 0.25
0.38	电缆线路	≤ 175	≤ 0.35
6	架空线路	$\leq 1\ 000$	≤ 10
6	电缆线路	$\leq 3\ 000$	≤ 8
10	架空线路	$\leq 2\ 000$	5~20
10	电缆线路	$\leq 5\ 000$	≤ 10
35	架空线路	2 000~10 000	20~50
66	架空线路	3 500~30 000	30~100
110	架空线路	10 000~50 000	50~150
220	架空线路	100 000~500 000	200~300

需要经过经济、技术的比较,然后综合考虑确定合适的工厂供电电压。目前我国电能用户采用的供电电压为 6 kV、10 kV 和 35~110 kV。对于大中型工厂,通常采用 35~110 kV 的供电电压;而对于中小型工厂,通常采用 6 kV、10 kV 的供电电压,而 10 kV 采用较多。





2) 工厂配电电压的选择

工厂配电电压是指工厂内部的供电系统向用电设备配电的电压等级。其中,由工厂总降压变电所或高压配电所向高压用电设备配电的电压称为高压配电电压,而由车间变电所或建筑物变电所向低压用电设备配电的电压称为低压配电电压。

(1) 高压配电电压。中小型工厂采用的高压配电电压通常为 6~10 kV,从技术指标看,一般选用 10 kV 作为配电电压。因为在相同的传输功率和传送距离情况下,配电电压越高,线路的电流越小,线路采用的导线和电缆截面越小,因此采用 10 kV 线路可以减少投资,降低有色金属的消耗量,减少线路的电能损耗和电压损耗,更适应未来的发展。当用电设备的总容量较大时,可采用 6 kV 线路。

对于一些厂区面积大、负荷大且集中的工厂,如果环境条件允许,可采用 35~220 kV 架空线路直接深入工厂负荷中心,通过分散建立总降压变电所将高压电降为用电设备所需的电压,从而大大简化供电环节,节约有色金属,降低功率损耗和电压损失。

(2) 低压配电电压。工厂供配电系统的低压配电电压一般采用 380/220 V,其中相电压 220 V 供电给一般照明灯具及其他 220 V 单相用电设备,线电压 380 V 供电给三相动力设备及 380 V 单相用电设备。在某些特殊场合,如矿井及化工等部门,由于负荷中心远离变压器,为了提高负荷端的电压水平,减少线路的电压损耗和有色金属消耗量,提高供电能力,可以采用 660 V 电压作为配电电压。此外,在某些场合,由于安全的原因,还可以采用特殊的安全电压作为配电电压。

3. 工厂供配电系统的质量要求

为保证供电质量,促进工农业生产的正常进行与发展,降低产品成本,节约能源,对工厂供配电系统有以下几点质量要求。

1) 安全性要求

保证供电的安全性是对工厂供配电系统的最基本要求,供配电系统在电能的供应、分配及使用过程中,不应发生人身和设备事故。发生故障会影响电力系统的正常运行,导致用户供电中断,甚至造成无法挽回的损失。

2) 电压的质量要求

提高工厂供配电系统的电能质量主要是提高电压的质量,分为电压幅值和波形两个方面。电压质量对各类用电设备的性能、使用寿命、安全及经济运行等方面有直接的影响。

(1) 电压偏差。电压偏差是指电气设备的实际端电压与其额定电压之差,通常用它对额定电压的百分比来表示,即

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

式中, U 为电气设备的实际端电压; U_N 为额定电压。

电压偏差过大,不但会影响电力系统的正常运行,而且对电力设备也会产生很大的影响。对于感应电动机,由于最大转矩和电动机端电压的平方成正比,当电压降低时,电动机的转矩急剧减小,转差增大,使定子、转子电流显著增大,温升增加,绝缘迅速老化,甚至烧毁电动机。由于转矩减小,电动机转速降低,导致工厂产量减少,产品质量下降。当电压过高时,电动机的励磁电流和铁耗增加,会引起电动机过热,缩短使用寿命,并使效率降低。电压偏差对白炽灯的影响也较大,当白炽灯的端电压降低 10% 时,发光效率下降 30% 以上,灯光



明显变暗;当端电压升高 10%时,发光效率将提高 1/3,但使用寿命将只有原来的 1/3。国家标准《电能质量 供电电压偏差》(GB/T 12325—2008)规定了不同电压等级的允许电压偏差,见表 1-3。

表 1-3 供电电压允许偏差

线路额定电压	允许电压偏差
35 kV 及以上	±5%
10 kV 及以下	±7%
220 V	+7%, -10%

(2)波形畸变。近些年来,随着硅整流、晶闸管变流装置等非线性负荷使用的增加,大量谐波电流注入电网,造成电压正弦波波形畸变,电能质量大大下降,给供电设备及用电设备带来了严重危害。不但使损耗增加,还使一些用电设备不能正常运行,甚至会引起系统谐振,在线路上产生过电压,击穿线路设备绝缘,使自动化、通信设备受到干扰。减小波形畸变的方法有:三相整流变压器采用 Yd 或 Dy 接线;增加整流变压器二次侧的相数;使多台并列运行的整流变压器二次侧互有相位差;在大容量静止“谐波源”(如大型晶闸管整流器)与电网的连接处,装设分流滤波器;选用 Dyn11 联结组别的三相配电变压器;限制电力系统中接入的变流设备及交流调压装置等的容量;提高对大容量非线性设备的供电电压;将“谐波源”与不能受谐波干扰的负荷电路从电网的接线上分开等。减小波形畸变是个综合治理过程,应从源头抓起,加强设备的管理,防止谐波的产生,更重要的是提高认识,积极进行谐波治理,防止灾害产生。

(3)频率。我国的技术标准规定电力系统的电流(或电压)频率为 50 Hz。正常运行时容量在 300 万千瓦及以下时,允许频率偏差为±0.5 Hz;正常运行时容量在 300 万千瓦以上时,允许频率偏差为±0.2 Hz。电网频率的偏差将严重影响电力用户的正常工作。电网低频率运行时,电动机的转速下降,生产效率降低,使机械、化工、纺织、造纸等行业的产量减少,产品质量也将受到不同程度的影响,并将影响电动机的使用寿命。反之,电网电压频率升高,将使电动机的转速升高,功率消耗增大,经济效益下降。频率的调整主要由发电厂进行,对频率的要求比对电压的要求更严格一些。

(4)可靠性。供电可靠性是衡量供电质量的一个重要指标,可用供电企业对电力用户全年实际供电时间与全年总时间的百分比来衡量,也可以用全年的停电次数和停电持续的时间来衡量。例如,某电力用户全年平均停电 25 h,全年总时间为 8 760 h,则停电时间占全年时间的 0.29%,即供电的可靠性为 99.71%。《国家电网公司供电服务规范》中规定,城市地区供电可靠性应不低于 99.89%,农村电网供电可靠性应不低于 99%。

对供配电设备进行计划检修时应统一安排,对 35 kV 及以上电压供电的用户,每年停电不应超过 1 次;对 10 kV 供电的用户,每年停电不应超过 3 次。

根据用户的重要程度及对供电可靠性的要求,可将电力负荷分为三级。

①一级负荷。一级负荷是指中断供电将造成人身伤亡的危险,或者造成重大设备损失且难以修复,或者给国民经济带来重大损失,或者在政治上造成重大影响的电力负荷。一级负荷要求由两个独立电源供电,当其中一个电源发生故障时,另一个电源不至于同时受到损





坏。一级负荷中特别重要的负荷,除上述两个电源外,还必须增设应急电源。常用的应急电源有独立于正常电源的发电机组、专门供电线路、蓄电池和干电池等。

火车站、大会堂、重要宾馆、大型博物馆、民用机场、通信交通枢纽、重要医院的手术室、炼钢炉、国家级重点文物保护单位等的电力负荷都属于一级负荷。

②二级负荷。二级负荷是指中断供电将造成生产设备局部破坏,或者生产流程紊乱难以恢复,工厂内部运输停顿,出现大量废品或大量减产,或者因处理不当发生人身事故等,在经济上、政治上造成一定损失的电力负荷。

二级负荷要求由双回路供电,供电变压器也应有两台(这两台变压器不一定在同一变电所)。当其中一个回路或者一台变压器发生常见故障时,二级负荷应不至于中断供电,或中断供电后能迅速恢复供电。

纺织厂、化工厂、通信枢纽、交通枢纽等用电单位的重要电力负荷,大型商场、大型影剧院、高等学校教学楼、省部级办公建筑等重要的公共场所的电力负荷都属于二级负荷。

③三级负荷。所有不属于上述一级、二级负荷的均属于三级负荷。由于三级负荷为不重要的一般负荷,因此它对供电电源无特殊要求,一般由一个电源供电。

工矿企业的附属车间、普通居民区供电、一般的农业供电等都属于三级负荷。

学生

老师,变电所的作用是什么? 配电所的作用是什么?

老师

变电所的作用是接收电能、变换电压及分配电能。配电所的作用是接收电能和分配电能,不承担变换电压工作。需要注意的是,配电所和变电所的区别是配电所中没有变压器。



问题与思考

问题 1 什么是电力系统? 电力系统由哪些环节组成?

思考并回答:

问题 2 什么是电力网? 电力网是如何分类的?

思考并回答:





学习单元二

供配电系统的组成及运行



知识目标

了解供配电系统的概况与组成,掌握供配电系统的运行方式,掌握供配电系统的布置、工厂变电所的运行等知识。



能力目标

正确理解变电所的作用、变电所的类型、变电所所址选择的原则,掌握变电所主变压器的选择方法、变电所倒闸操作的步骤等技能。

一、供配电系统的概况与组成

工厂企业为了接收从电力系统传送来的电能,经过变电所降压后再将电能分配到各用电车间及用电设备,需要有企业内部的供配电系统。

1. 供配电系统概况

图 1-7 所示为比较典型的大型及某些电源进线电压为 35 kV 及以上的中大型工厂供配电系统简图。

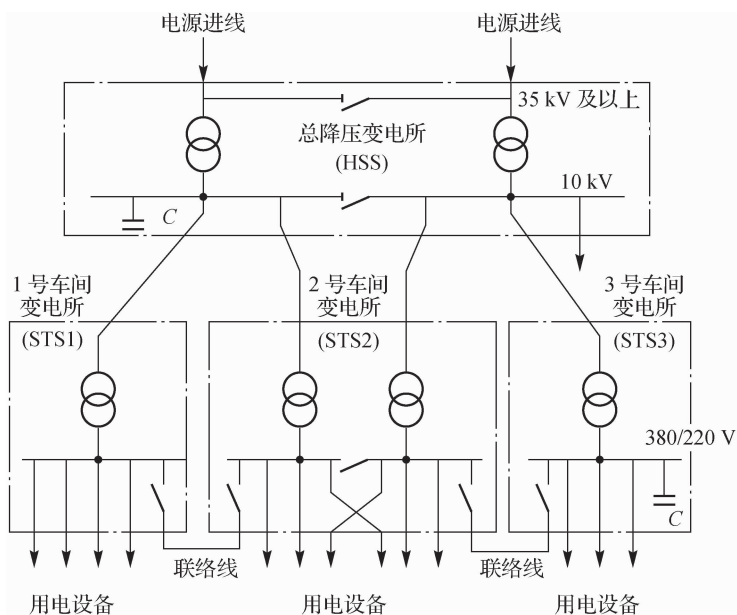


图 1-7 大中型工厂供配电系统简图





供配电系统在电源进厂后,先经工厂降压变电所将 35 kV 及以上电源电压降为 6~10 kV 的配电电压,然后通过高压配电线路将电能送到各个车间变电所。有的经高压配电所再送到车间变电所,最后经配电变压器降为一般低压用电设备所需的电压。通常要经过 2 次降压。

图 1-8 所示为具有高压配电所的中型工厂的供配电系统简图。该中型工厂高压配电所有 2 条 6~10 kV 的电源进线,电能首先经高压配电所集中,再由 4 条高压配电线路给 3 个车间变电所配电,或由高压配电线路直接给高压用电设备(一组电动机)供电。高压配电线路还可直接与一组并联电容器相连。车间变电所内装有电力变压器,可将 6~10 kV 的高压降为 380/220 V 的低压,通过低压配电线路将电能分送给各低压用电设备使用。其中,3 号车间变电所的低压母线上也连接了一组并联电容器,其作用是补偿无功功率,提高功率因数;2 号车间变电所的 2 台配电变压器分别由 2 段母线供电,低压侧采用单母线分段方式供电,以保证对重要用电设备的供电。不同的车间变电所低压侧有联络线,目的是提高供电系统运行的可靠性和灵活性。

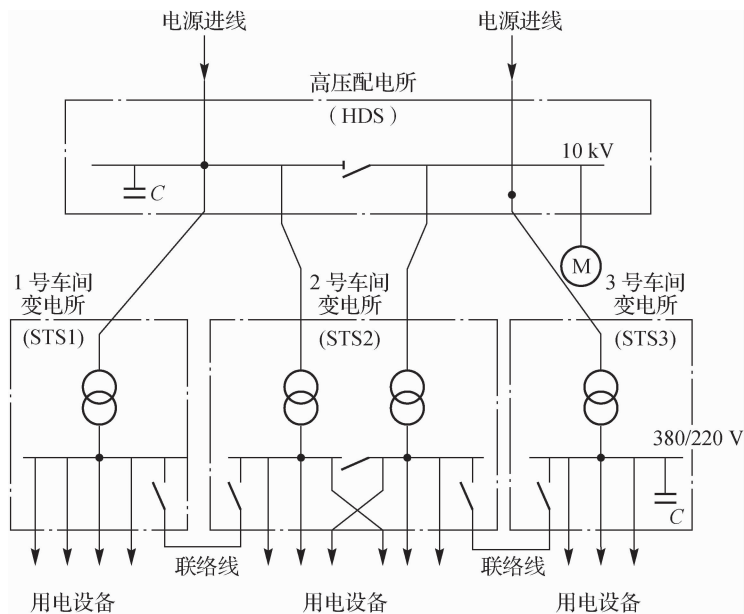


图 1-8 具有高压配电所的中型工厂的供配电系统简图

对于小型工厂,通常只设 1 个降压变电所,如图 1-7 和图 1-8 中的一个车间变电所。用电量不大于 160 kV·A 时,可采用低压电源进线,工厂只需设置 1 个低压配电间,如图 1-9 所示。

2. 供配电系统的组成

供配电系统是电力系统的重要组成部分,一般由工厂降压变电所(或称工厂总降压变电所)、高压配电线路、车间变电所、低压配电线路和用电设备组成,一个供配电系统也可能只是上述组成的一部分,这主要由工厂电力负荷的大小决定。

图 1-10 中虚线框内部分即为典型的供配电系统。

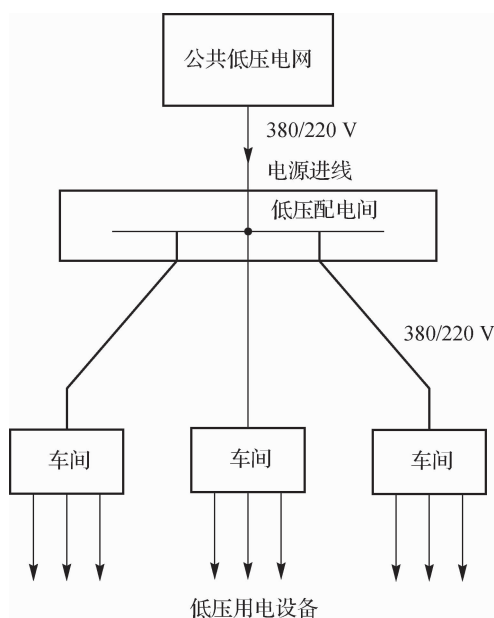


图 1-9 低压进线的小型工厂供配电系统简图

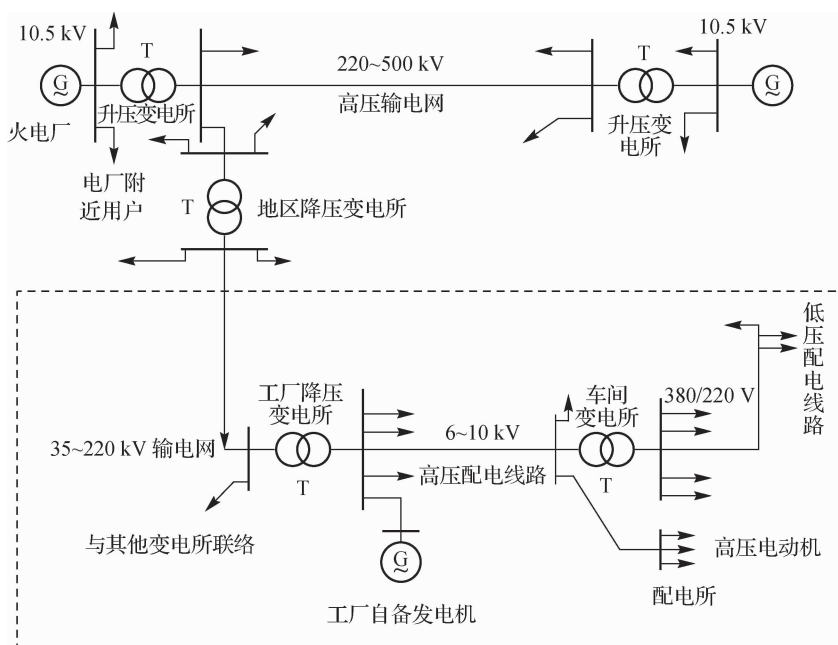


图 1-10 典型供配电系统示意图

工厂降压变电所的作用是将电力系统的高压电能，通过变电所的降压变换成用电设备所需要的电能电压，再通过配电装置及配电路径把电能送到各车间的用电设备。工厂降压变电所从电力系统接收 35~220 kV 的高压电能，由于用电设备有高压的，也有低压的，所以





为了把高压电能降低,同时分配到用电车间,要求各个工厂应有一套合理的供配电系统。

高压配电线路的作用是为工厂内输送、分配电能,把电能送到各个生产厂房和车间。高压配电线路以前多采用架空线路,但随着电缆制造技术的迅速发展,高压配电线路已逐渐向电缆化方向发展。

车间变电所的作用是将 6~10 kV 的高压配电电压降压为 380/220 V,供电给低压用电设备。

低压配电线路的作用是向低压用电设备供电。在户外敷设的低压配电线路目前多采用架空线路,在厂房或车间内部则根据具体情况确定,可以采用明线配电线路,也可采用电缆配电线路。

二、供配电系统的运行方式

1. 电力系统的中性点运行方式

电力系统的中性点指发电机及各电压等级变压器的三相绕组为星形联结时的中性点。电力系统的中性点运行方式主要有三种:中性点不接地、中性点经消弧线圈接地、中性点直接接地或经低电阻接地。中性点不接地和中性点经消弧线圈接地系统称为小接地电流系统,中性点直接接地或经低电阻接地系统称为大接地电流系统。

1) 中性点不接地运行方式

(1) 正常运行。中性点不接地系统正常运行时,电力系统中的三相导线之间及各相对地之间,沿导线全长都有分布电容。在电压的作用下,这些电容将有附加的电容电流流过。为了分析方便,假设三相系统是对称的,对地电容电流可由集中电容 C 表示,相间电容电流数值较小,可不予考虑。正常运行时中性点不接地的电力系统如图 1-11 所示。

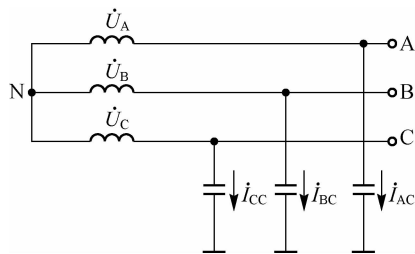


图 1-11 正常运行时中性点不接地的电力系统

系统正常运行时,电源三相电压 \dot{U}_A 、 \dot{U}_B 、 \dot{U}_C 是对称的,三相对地电容电流 \dot{I}_{AC} 、 \dot{I}_{BC} 、 \dot{I}_{CC} 也是对称的,其相量和为零,中性点 N 的电位为零电位,各相对地电压为相电压。

(2) 故障运行。当中性点不接地系统中任何一相由于绝缘被破坏而接地时,各相对地电压和对地电容电流将发生明显改变。假设 C 相发生金属性接地故障,如图 1-12 所示。

此时 C 相对地电压为零,而非接地相 A、B 相的对地电压将发生变化,即

$$\dot{U}'_A = \dot{U}_A + (-\dot{U}_C) = \dot{U}_{AC} \quad (1-2)$$

$$\dot{U}'_B = \dot{U}_B + (-\dot{U}_C) = \dot{U}_{BC} \quad (1-3)$$

$$\dot{U}'_C = \dot{U}_C + (-\dot{U}_C) = 0 \quad (1-4)$$

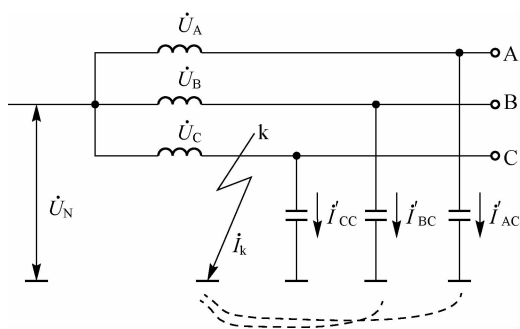


图 1-12 单相接地时中性点不接地的电力系统

显然,C相发生接地故障时,非接地相 A、B 相的对地电压升高到原来相电压的 $\sqrt{3}$ 倍,即变为线电压,而系统的 3 个线电压的相位和大小均未改变。因此,系统中的设备仍可正常运行,但是运行时间不能太长,一般允许运行时间不超过 2 h。如果再有一相发生接地故障,就会形成两相短路。这种中性点不接地系统应装设单相接地保护或绝缘监视装置,当系统发生单相接地故障时发出报警信号,以提醒值班人员注意,及时采取措施。

当 C 相接地时,系统的接地电流(电容电流) I_C 为非接地相 A、B 相的对地电容电流之和,即

$$I_C = -(I'_{CA} + I'_{CB}) \tag{1-5}$$

$$I_{CA} = \frac{U'_A}{X_C} = \frac{\sqrt{3}U_A}{X_C} = \sqrt{3}I_{CO} \tag{1-6}$$

$$I_C = \sqrt{3}I_{CA} = 3I_{CO} \tag{1-7}$$

即单相接地时的电容电流是正常运行时单相对地电容电流的 3 倍。

在我国,对于电压为 6~10 kV 的系统,当单相接地电流小于 30 A 时,或对于电压为 20 kV 及以上的系统,当单相接地电流小于 10 A 时,采用中性点不接地方式。

2) 中性点经消弧线圈接地运行方式

在中性点不接地系统中,当发生单相接地时,如果单相接地电流超过规定值,将在接地点产生断续电弧,这样可能会使线路上产生可达相电压 2.5~3 倍的危险的过电压,致使线路上的绝缘被击穿。为了减小接地电流,可以采用中性点经消弧线圈接地的运行方式,如图 1-13 所示。

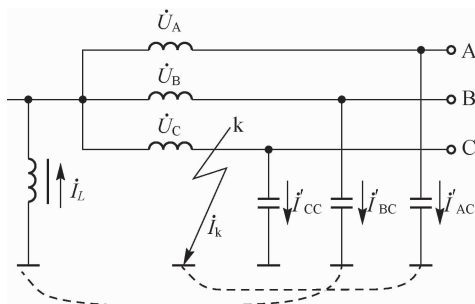


图 1-13 单相接地时中性点经消弧线圈接地的电力系统





消弧线圈是一种带有铁心的可调电感线圈,当系统正常运行时,没有电流流过消弧线圈。当系统发生单相接地故障时(设为C相),则有

$$\dot{I}_k + \dot{I}'_{AC} + \dot{I}'_{BC} - \dot{I}_L = 0 \quad (1-8)$$

式中, \dot{I}_k 为C相对地的短路电流; \dot{I}_L 为流过消弧线圈的电流。由式(1-8)可得

$$\dot{I}_k = \dot{I}_L - (\dot{I}'_{AC} + \dot{I}'_{BC}) \quad (1-9)$$

可以看出,单相接地时的对地短路电流是流过消弧线圈的电流与其他两相对地电容电流的差,选择适当大小的消弧线圈,可以减小接地相对地的短路电流。系统发生单相接地故障时,消弧线圈可产生一个与接地电流的大小接近、方向相反的电感电流,从而对接地电流起到补偿作用,消除接地点的电弧及由此引起的各种危害。此外,当电流过零而电弧熄灭以后,消弧线圈的存在还可减小故障相电压的恢复速度,从而减小电弧重燃的可能性,因而有利于单相接地故障的消除。

3) 中性点直接接地或经低电阻接地运行方式

中性点直接接地的系统如图 1-14 所示。这种系统发生单相接地故障时,故障相通过接地中性点形成单相接地短路。单相短路电流比线路正常负荷电流大得多,会对系统造成很大的危害。因此,在这种系统中装设的保护装置立即动作,切断电源,切除接地故障部分,使系统的其他部分仍能恢复正常运行。

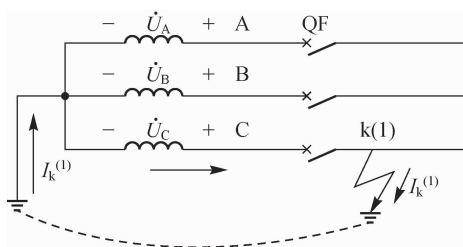


图 1-14 单相接地时中性点直接接地的电力系统

当中性点直接接地的系统发生单相接地故障时,相间电压的对称关系被破坏,但未发生接地故障的另外两个完好相的对地电压仍维持为相电压。因此,中性点直接接地的电力系统中的供用电设备,其相绝缘按相电压来考虑即可,无须按线电压考虑,这对 110 kV 及以上的高压系统是有显著的经济技术价值的。因为高压电器的绝缘问题是影响电器设计及制造的关键问题,电器绝缘要求的降低不仅直接降低了电器的造价,而且可以改善电器的性能。在我国,110 kV 及以上的电力系统通常都采取中性点直接接地的运行方式。

近年来,在现代化城市电网中,逐渐用电缆取代架空线路,而电缆线路的单相接地电容电流比架空线路的大得多。所以,即使采用中性点经消弧线圈接地的方式也无法在发生接地故障时完全消除电弧,无法抑制由谐振引起的过电压。为了解决上述问题,我国部分城市的 10 kV 电力系统的中性点采取经低电阻接地的运行方式。它接近于中性点直接接地的运行方式,当系统发生单相接地故障时,保护装置迅速动作,切除故障线路,同时通过系统备用电源的自动投入,恢复对重要负荷的供电。这类城市电网通常都采用环网结构,保护装置完善,因此供电的可靠性相当高。



2. 低压配电系统的运行方式

按保护接地的形式,低压配电系统可分为 TN 系统、TT 系统和 IT 系统。此内容将在模块八中详细介绍。

三、供配电系统的布置

供配电系统中的设备包括开关设备、保护测量电器、电压互感器、电流互感器、熔断器、避雷器、母线等,需要把它们合理布置并按照一定的顺序连接起来。

工矿企业的供配电系统一般分为户内式和户外式两种。中小型企业 的 6~10 kV 的变配电所大多为户内式。户内式变配电所一般由高压配电室、低压配电室、变压器室三部分组成,有的户内式变配电所还设有高压电容器室和值班室。户外式变配电所的电气设备安装 在屋外,多用于 35 kV 及以上的电压等级。

1. 户内配电装置的特点

(1)户内配电装置之间允许的安全净距离较小,所以可以分层布置,这样可以减小占地面积。

(2)操作、巡视、维修等工作都在室内进行,因此不受天气的影响。

(3)外界污染的空气对电气设备影响小,因此维护工作量减小。

(4)房屋建筑投资大。

2. 户外配电装置的特点

(1)户外配电装置的土建工作量较小,建设周期较短。

(2)费用低,扩建方便。

(3)设备间距较大,对于带电作业的情况比较方便。

(4)占地面积较大。

(5)不良天气对设备维修及操作有一定的影响。

(6)由于受外界环境影响,需要加强绝缘保护。

3. 供配电系统总体布置的要求

(1)便于维护和检修。有人值班的变配电所应设置单独的值班室,值班室应尽量与高低压配电室相邻,有门直通。变压器室应靠近运输方便的公路侧。如果条件允许,可以设工具室或维修间。

(2)保证运行安全。值班室内不应有高压电气设备,值班室的门应朝外开。高低压配电室和电容器室的门朝值班室开或朝外开,也可双向开启。油量在 100 kg 及以上的三相变压器应装设在单独的变压器室内。变压器室的门应朝公路开,避免朝西开。

(3)便于进出线。高压配电室宜位于高压接线侧,低压配电室宜靠近变压器室以便于低压架空出线。

(4)节约土地和建筑费用。在保证安全运行的条件下,要尽量节约土地和建筑费用。当变配电所有低压配电室时,值班室可与低压配电室合并。但此时低压配电室的面积应该适当地增大,以满足运行值班的要求。当环境条件允许时,优先选用露天或半露天变电所。高压开关柜的数量在 6 台以下时,可与低压配电屏设置在同一室内,但高压开关柜和低压配电屏之间的最小距离为 2 m。





(5)高压电容器组一般应装设在单独的电容器室内,而且该电容器室一般与高压配电室临近,两室之间应砌防火墙。当低压电容器数量不多时,可装设在低压配电室内。

(6)留有发展余地。变压器室应考虑扩建时更换大容量变压器的可能性。高压配电室和低压配电室均应留有一定数量开关柜(屏)的备用位置,而且不要妨碍工厂今后的发展。

在确定供配电系统总体布置方案时应因地制宜,合理设计,通过多个方案的技术经济比较来确定最优的方案。

4. 供配电装置及设备间电气间距的要求

供配电装置各带电导体相间及导体相对地面间要有一定的安全距离(电气间距),以保证设备在运行时或在过电压时绝缘不被击穿。

户外供配电装置的电气间距比户内供配电装置的要大。表 1-4 为户外供配电装置的最小电气间距,表 1-5 为户内供配电装置的最小电气间距。

表 1-4 户外供配电装置的最小电气间距

单位:mm

名 称	额定电压			
	1~10 kV	35 kV	110 kV	220 kV
带电部分至接地部分	200	400	900	1 800
不同相的带电部分之间	200	400	1 000	2 000
带电部分到栅栏	950	1 150	1 650	2 550
带电部分到网状遮栏	300	500	1 000	1 900
无遮栏裸导体至地面	2 700	2 900	3 400	4 300
不同时停电检修的无遮栏裸导体间水平距离	2 200	2 400	2 900	3 800

表 1-5 户内供配电装置的最小电气间距

单位:mm

名 称	额定电压				
	1~3 kV	6 kV	10 kV	35 kV	110 kV
带电部分至接地部分	75	100	125	300	850
不同相的带电部分之间	75	100	125	300	900
带电部分到栅栏	825	850	875	1 050	1 600
带电部分到网状遮栏	175	200	225	400	950
带电部分到板状遮栏	105	130	155	330	880
无遮栏裸导体至地面	2 375	2 400	2 425	2 600	3 150
不同时停电检修的无遮栏裸导体间水平距离	1 875	1 900	1 925	2 100	2 650
出线套管至户外通道路面	4 000	4 000	2 900	4 000	5 000

表中最小电气间距的值是在考虑运行维护、检修及搬运工具等活动范围的基础上计算得来的。



四、工厂变配电所的运行

1. 变配电所的作用

变配电所是供配电系统的核心,在供配电系统中占有特别重要的地位。变配电所按作用分为变电所和配电所。变电所的作用是从电力系统受电,接收电能,经过变压后按要求分配电能。配电所的作用是从电力系统受电,然后按要求分配电能。

2. 变电所的类型

根据在供配电系统中的地位和作用,变电所可分为总降压变电所和车间变电所。

1) 总降压变电所

总降压变电所通常将 35~110 kV 的电压降压为 6~10 kV,然后送到附近的车间变电所或直接供电给高压用电设备。一般来说,大型用户和电源进线为 35 kV 及以上的中型用户设总降压变电所,而中小型用户不设总降压变电所。

2) 车间变电所

按主变压器安装位置的不同,车间变电所分为以下几种类型。

(1) 车间附设变电所。变压器室的一面墙或几面墙与车间的墙共用,变压器室的大门朝车间外方向开。车间附设变电所又分为内附式和外附式(内附式见图 1-15 中的 1、2,外附式见图 1-15 中的 3、4)。车间附设变电所适合于生产面积比较紧凑、生产流程需要经常调整、设备需要变动的生产车间。

(2) 车间内变电所。变压器室位于车间内,一般位于车间中部(见图 1-15 中的 5),车间内变电所处于负荷中心,所以可减少线路上的电能损耗及有色金属的消耗量。但是由于变电所在车间内,因而其安全性差一些。车间内变电所适合于负荷比较大的大型厂房。

(3) 露天或半露天变电所。变压器安装在室外抬高的地面上(见图 1-15 中的 6)。变压器的上方没有任何遮蔽物的变电所,称为露天变电所。变压器的上方设有顶板或挑檐的,称为半露天变电所。露天或半露天变电所简单经济,通风散热性好,但安全性差一些,这种变电所适合于小型用户和居民区中。

(4) 独立变电所。独立变电所设在与车间有一定距离的单独建筑物内(见图 1-15 中的 7)。这种变电所的建筑费用较高,适合于需要远离有腐蚀或易燃易爆危险的场所。

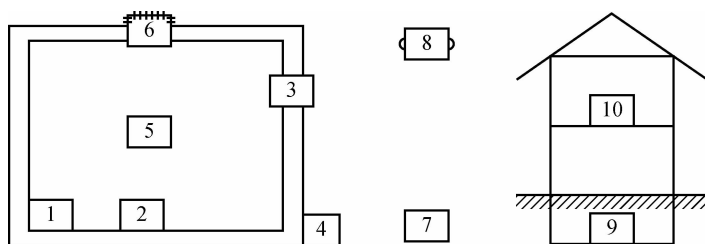
(5) 杆上变电所。变压器安装在室外的电杆上(见图 1-15 中的 8)。杆上变电所最简单经济,一般用于生活区供电。

(6) 地下变电所。整个变电所设置在地下(见图 1-15 中的 9)。这种变电所通风散热性差,但相对安全,而且不妨碍美观,它适合于某些高层建筑、地下工程及矿井中采用。

(7) 楼上变电所。整个变电所设置在楼上建筑物内(见图 1-15 中的 10)。这种变电所适合于高层建筑,结构要尽可能轻便,安全性要求高,变压器一般采用干式变压器。

(8) 成套变电所。成套变电所又称箱式变电所,是由电器制造厂按一定接线方案成套制造、现场装配的变电所。





1、2—内附式；3、4—外附式；5—车间内式；6—露天式或半露天式；
7—独立式；8—杆上式；9—地下式；10—楼上式。

图 1-15 车间变电所的类型

(9)移动变电所。整个变电所装设在可移动的车上。这种变电所适合于坑道作业及建筑施工现场的供电。

上述车间附设变电所、车间内变电所、独立变电所、地下变电所、楼上变电所属于户内型变电所，露天或半露天变电所和杆上变电所属于户外型变电所，成套变电所和移动变电所有户内型与户外型两种。

3. 变配电所所址的选择

1) 变配电所所址选择的一般原则

(1)尽量靠近负荷中心，以缩短配电线路的距离，降低线路的电能损耗，减少有色金属消耗量。

(2)尽量靠近电源侧。

(3)进线、出线方便，尽量避免架空线路跨越其他设备和建筑物。

(4)设备运输、安装方便。

(5)避开剧烈震动或高温场所，避开多尘或有腐蚀性气体的场所。

(6)不应设在厕所、浴室或其他经常积水场所的正下方，不宜与上述场所相邻。

(7)不应设在有爆炸或火灾危险环境的正上方或正下方。

2) 变配电所所址选择的方法

负荷中心是选择变配电所所址的重要条件。用户的负荷中心可以用负荷指示图或者负荷功率矩的计算方式近似地确定。

(1)负荷指示图。负荷指示图是将电力负荷按一定的比例，用负荷圆的形式标注在用户的平面图上。负荷圆半径为

$$r = \sqrt{\frac{P_{30}}{n\pi}} \quad (1-10)$$

式中， P_{30} 为全部用电设备的计算负荷，kW； n 为负荷圆的比例系数，kW/mm²。

根据工厂的负荷指示图，可以直观地确定负荷中心的位置，再结合变电所所址选择的原则综合考虑，通过分析比较几种方案，择优选取变配电所的所址。

用负荷指示图来确定负荷中心比较粗略，要求较精确时应采用负荷功率矩方法。

(2)负荷功率矩。负荷功率矩是以负荷圆的圆心为负荷点，用求物体重心的方法来确定负荷中心。图 1-16 所示为三个负荷点的负荷功率矩示意图。

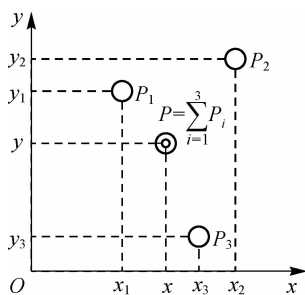


图 1-16 三个负荷点的负荷功率矩示意图

负荷 P_1 、 P_2 和 P_3 均表示有功计算负荷,其在直角坐标系中的坐标分别为 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 (x_3, y_3) 。总负荷 P 的负荷中心坐标为 $P(x, y)$,重心的力矩方程为

$$x \sum P_i = P_1 x_1 + P_2 x_2 + P_3 x_3 \quad (1-11)$$

$$y \sum P_i = P_1 y_1 + P_2 y_2 + P_3 y_3 \quad (1-12)$$

也可写成

$$x \sum P_i = \sum (P_i x_i) \quad (1-13)$$

$$y \sum P_i = \sum (P_i y_i) \quad (1-14)$$

负荷中心的坐标为

$$x = \frac{\sum (P_i x_i)}{\sum P_i} \quad (1-15)$$

$$y = \frac{\sum (P_i y_i)}{\sum P_i} \quad (1-16)$$

(3) 负荷电能矩。负荷功率矩法是静态负荷中心法,它仅考虑负荷的容量和位置,如果再考虑各负荷点的工作时间,则成为按负荷电能矩确定负荷中心的方法。

$$x = \frac{\sum (P_i T_{M_i} x_i)}{\sum (P_i t_i)} = \frac{\sum (W_{N_i} x_i)}{\sum (A_i)} \quad (1-17)$$

$$y = \frac{\sum (P_i T_{M_i} y_i)}{\sum (P_i t_i)} = \frac{\sum (W_{N_i} y_i)}{\sum (A_i)} \quad (1-18)$$

式中, $W_{N_i} = P_i T_{M_i}$ 为负荷点的电能消耗量,其中, P_i 为负荷的有功计算负荷, T_{M_i} 为最大负荷利用小时; t_i 为各负荷在同一时间内的实际工作时间; A_i 为各负荷的有功电能消耗量。

影响变电所位置选择的因素有很多(如厂区建筑、车间布置、供电部门的要求等),要选择理想的变电所位置应结合实际情况,进行综合的技术、经济比较后选出。

4. 变电所主变压器的选择

1) 主变压器台数的选择

主变压器台数的选择应遵循下列原则。

(1) 应满足用电负荷对供电可靠性的要求。对共有大量一级、二级负荷的变电所,宜采用两台主变压器,当一台变压器发生故障或检修时,可由另一台变压器对负荷继续供电。对





只有二级负荷而没有一级负荷的变压器,也可只采用一台变压器,并在低压侧敷设与其他变电所的联络线作为备用电源。

(2)对季节性负荷或昼夜负荷变动较大而且宜于采用经济运行方式的变电所,可考虑采用两台变压器。

(3)一般的三级负荷变电所可只采用一台变压器。

(4)应考虑电力负荷的发展,留有一定的余地。

2) 主变压器容量的选择

(1)只安装一台主变压器的变电所。主变压器的容量 $S_{N,T}$ 应满足全部用电设备总计算负荷 S_{30} 的需要,即

$$S_{N,T} \geq S_{30} \quad (1-19)$$

(2)装有两台主变压器的变电所。每台主变压器的容量 $S_{N,T}$ 应同时满足以下两个条件。

①任意一台变压器单独运行时,应满足总计算负荷 S_{30} 的 60%~70% 的需要,即

$$S_{N,T} \geq (0.6 \sim 0.7) S_{30} \quad (1-20)$$

②任意一台变压器单独运行时,应满足全部一级、二级负荷 $S_{30(I+II)}$ 的需要,即

$$S_{N,T} \geq S_{30(I+II)} \quad (1-21)$$

(3)单台主变压器的容量上限。车间变电所单台主变压器的容量一般不宜大于 1 250 kVA,这一方面是受低压断路器的断流能力和短路稳定度要求的限制,另一方面是考虑到应使变压器更接近车间负荷中心,从而减少低压配电系统的电能损耗、电压损耗及有色金属消耗量。在负荷比较集中、容量较大而且运行合理时,也可选用 1 600~2 500 kVA 的配电变压器,这样能减少主变压器的台数、高压开关电器及电缆等,但这时变压器低压侧的断路器必须配套选用。

对装设在二层以上的电力变压器,要考虑其垂直和水平运输对通道以及楼板载荷的影响。如果采用干式变压器,其容量则不宜大于 630 kVA。

对居民小区变电所,单台油浸式变压器容量不宜大于 630 kVA。如果油浸式变压器容量大于 630 kVA,按规定应安装瓦斯保护装置,但该变压器电源侧的断路器往往不在变压器附近,因此瓦斯保护难以实施。此外,如果变压器容量增大,供电半径也会相应增大,这样会造成供电线路末端的电压偏低,给居民的生活带来不便,如荧光灯启辉困难、电冰箱不能启动等。

(4)在确定主变压器容量时,应适当考虑电力负荷的发展,留有一定的余地。变电所主变压器台数和容量的最终确定,应结合变电所主接线方案,经过技术经济比较,择优选定。

【例 1-1】 某 10/0.4 kV 变电所,其总计算负荷为 1 300 kVA,其中一级、二级负荷为 740 kVA,试初步选择主变压器的台数和容量。

解:根据变电所的一级、二级负荷情况,确定变电所应选用两台主变压器。

每台变压器的容量应满足以下两个条件。

$$S_{N,T} \geq (0.6 \sim 0.7) S_{30} = (0.6 \sim 0.7) \times 1\,300 \text{ kVA} = 780 \sim 910 \text{ kVA}$$

且

$$S_{N,T} \geq 740 \text{ kVA}$$

因此,初步确定选用两台 1 000 kVA 的主变压器,具体可选为 S9-1000/10。

5. 工厂变配电所的运行管理

1) 变配电所送电和停电操作顺序

(1)变配电所送电操作顺序。拉开线路端接地闸刀或拆除接地线,先合电源侧的隔离开





关或刀开关,再合线路侧的隔离开关或刀开关,最后合高压或低压断路器,即从电源侧开关到线路侧开关,这样可使闭合电流最小,比较安全。

(2)变配电所停电操作顺序。拉开高压或低压断路器,拉开线路侧的隔离开关或刀开关,拉开电源侧的隔离开关或刀开关,在线路上可能来电端合上接地闸刀或挂接地线,即从线路侧开关到电源侧开关,这样可使开断电流最小,比较安全。

2)变配电所倒闸操作

电气设备通常有运行、备用及检修三种状态。电气设备由于进行周期性检查、试验、处理事故等,需要通过操作断路器、隔离开关等电气设备改变运行状态。把电气设备由一种状态转变为另一种状态所进行的操作称为倒闸操作。

(1)倒闸操作需要接受主管人员的预发命令。

(2)倒闸操作需要填写操作票。值班人员需要根据主管人员的预发令,核对模拟图及实际设备,然后在操作票上逐项填写操作项目。

(3)操作前,操作人和监护人应先在模拟图板上进行模拟预演,检查无误后再进行设备操作。

(4)倒闸操作时必须由两人执行,应由对设备较熟悉的人进行监护。操作人在操作前要穿戴好安全用具。

(5)当发生人身触电事故时,可不经许可直接断电。

【例 1-2】 图 1-17 所示为某 66/10 kV 工厂变配电所的电气接线图,写出该变电所的倒闸操作步骤。

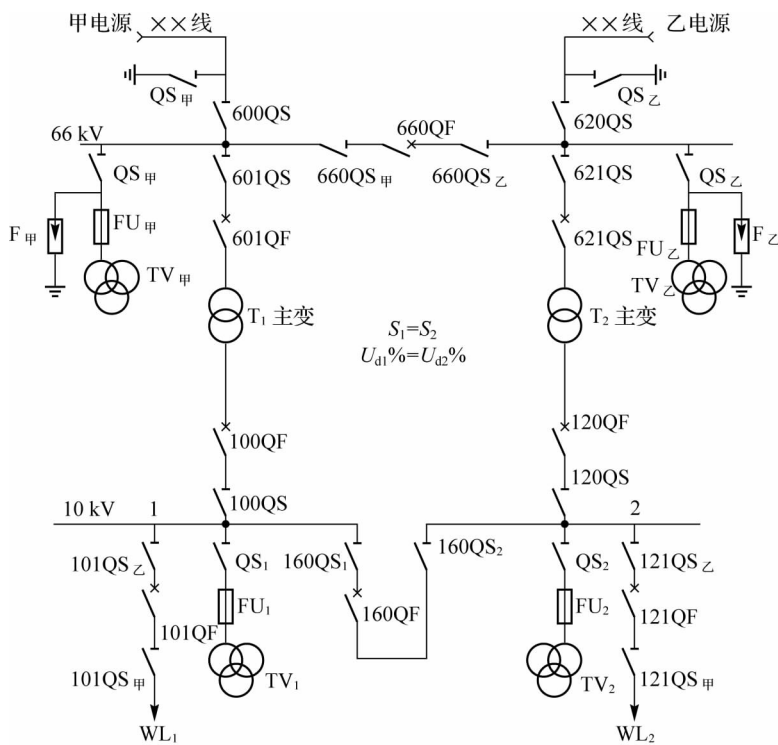


图 1-17 某 66/10 kV 工厂变配电所的电气接线图





带有一级负荷的变配电所,变配容量如果小于 500 kVA,应 24 h 有人值班。

可无人值班的变配电所包括:6~10 kV 供电的专用且无高压配电线路的变电所;没有一级负荷的变配电所;低压供电变配容量较小,发生故障时不会严重影响正常生产、生活用电,而且较易恢复的配电站。

(2)变配电所的操作管理制度。建立并加强岗位责任制,交接班制度,停送电制度,要害场所管理制度,干部查岗制度,停电申请票、工作票、操作票、命令票制度,设备管理制度,缺陷管理制度,巡视检查制度,安全活动制度,业务学习制度,操作规程,事故处理规程,电业安全工作规程,变电运行规程等与变配电所运行相关的管理制度及操作规程。

(3)变配电所的巡视检查方式。

①定期巡视。值班人员每天按现场运行规程规定的时间、项目,对变配电所的设备周围的环境进行定期巡视。对必须设人值班的变配电所应每日巡视一次,每周夜间巡视一次。对 35 kV 及以上供电的变电所双人三班轮换值班时,要求每班巡视一次。对可无人值班的变配电所应在每周高峰负荷时段巡视一次,夜间巡视一次。

②特殊巡视。当设备过负荷、负荷变化显著、设备检修、设备停运后重新投入运行或遇到恶劣天气时进行的巡视称为特殊巡视。

③夜间巡视。夜间巡视即在负荷高峰期和阴雨天的夜间进行的巡视,以便及时发现接点过热、冒火花或绝缘子的污秽放电等现象。

学生

老师,变电所和配电所的区别是什么?

老师

变电所中有配电变压器,而配电所中没有配电变压器。车间变电所一般设置 1 台或 2 台变压器,单台变压器的容量通常为 1 000 kVA 及以下,最大不宜超过 2 000 kVA。



问题与思考

问题 1 工厂供配电系统由哪些部分组成?

思考并回答:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





问题 2 电力系统中性点运行方式有哪几种类型? 它们各有什么特点?

思考并回答:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

技能训练一 供配电系统的认识实训

1. 实训目的

- (1) 了解发电厂、电力系统、电力网、供配电系统等基本知识。
- (2) 了解电能的生产过程。
- (3) 正确理解电力系统中性点运行方式。
- (4) 正确理解低压配电系统中性点运行方式。

2. 实训准备

- (1) 实训地点: 学校变电所、配电房、数控车间。
- (2) 实训设备: 电力变压器(10/0.4 kV)、数控车间的配电系统。
- (3) 实训材料: 绝缘手套、验电笔、安全帽等。

3. 实训内容及要求

- (1) 戴绝缘手套及安全帽, 在低压带电体上测试验电笔的好坏。
- (2) 确认电力变压器的中性点。
- (3) 判断电力变压器的中性点运行方式。
- (4) 判断电力变压器的中性点运行方式与其电压等级是否匹配。
- (5) 用验电笔测试数控车间接地线是否带电。
- (6) 判断低压配电系统的中性点运行方式。

4. 实训思考

- (1) 学校变电所由哪些部分组成? 结构如何?
- (2) 该电力变压器的中性点运行方式是哪种? 特点是什么?



模块小结

本模块主要介绍了供配电技术的基本知识和基本问题,学习本模块后应掌握下列内容。

- (1) 电力系统的概念、基本组成及作用。
- (2) 电力系统运行的基本要求。
- (3) 发电机、变压器额定电压的选择方法。
- (4) 供配电系统的组成和电力系统的中性点运行方式。
- (5) 供配电系统的布置和变配电所的作用。
- (6) 变配电所主变压器的选择方法。

模块检测卷

1. 填空题(30%)

(1) 把由各种类型发电厂中的发电机、升降压变压器、输电线路和电力用户连接起来的一个_____、_____、_____、_____和_____的统一的整体称为电力系统。

(2) 水力发电厂主要分为_____水力发电厂、_____水力发电厂和_____水力发电厂。

(3) 配电网电压等级为 110 kV 及以下,其中电压等级为_____的,称为高压配电网;配电变压器低压侧引出的_____配电网,称为低压配电网。

(4) 通常电压在_____以下的称为低压,_____的称为中压,高于_____低于_____的称为高压。

(5) 对大中型工厂来说,通常采用_____作为供电电压,而对于中小型工厂来说,通常采用_____、_____作为供电电压。

(6) 电压偏差是指电气设备的_____与其_____之差,通常用它对_____的百分比来表示。

(7) 根据用户的重要程度及对供电可靠性的要求,可将电力负荷分为_____级。

(8) 供配电系统一般由_____、_____、_____、_____和用电设备组成。

2. 判断题(20%)

(1) 电力系统就是电网。 ()

(2) 核能发电厂的发电过程是核裂变能—热能—电能。 ()

(3) 变电所的作用是接收电能和分配电能。 ()

(4) 把将交流电变换为直流电,或把直流电变换为交流电的场所,称为变流所。 ()

(5) 工厂总降压变电所是把 35~110 kV 电压降压为 1 kV 电压向车间变电所供电。 ()





- (6) 电力网按电压高低和供电范围的大小可分为地方电网、区域电网和超高压电网。 ()
- (7) 二级负荷对供电无特殊要求。 ()
- (8) 中性点直接接地或经低电阻接地系统称为大接地电流系统。 ()
- (9) 按保护接地的形式, 低压配电系统可分为 TN 系统、TS 系统和 IT 系统。 ()
- (10) 车间变电所必须设置 2 台变压器。 ()

3. 选择题(10%)

- (1) 要求由双回路供电的电力负荷属于()。
A. 一级负荷 B. 二级负荷 C. 三级负荷
- (2) 在我国, 110 kV 及以上的电力系统通常都采取()的运行方式。
A. 中性点不接地 B. 中性点经消弧线圈接地 C. 中性点直接接地
- (3) 车间变电所的电压变换等级通常为()。
A. 把 220~550 kV 降为 35~110 kV
B. 把 220~550 kV 降为 6~10 kV
C. 把 6~10 kV 降为 380/220 V
- (4) 车间变电所单台主变压器的容量一般不宜大于()。
A. 800 kVA B. 1 250 kVA C. 2 000 kVA
- (5) 下列设备可能的电压等级是: 发电机(), 高压输电线路(), 电气设备()。
A. 10.5 kV B. 380 V C. 220 kV
- (6) 当变压器的一次绕组直接与发电机相连时, 变压器一次绕组的额定电压应()。
A. 高于发电机的额定电压 5%
B. 高于发电机的额定电压 10%
C. 与发电机的额定电压相同
- (7) 对供有大量一级、二级负荷的变电所, 宜采用()台主变压器。
A. 1 B. 2 C. 3
- (8) 中小型企业的 6~10 kV 的变配电所大多为()。
A. 户内式 B. 户外式 C. 箱式

4. 问答题(40%)

- (1) 工厂供配电系统的质量指标有哪些?



(2) 试确定图 1-18 所示的供电系统中发电机和所有变压器的额定电压。

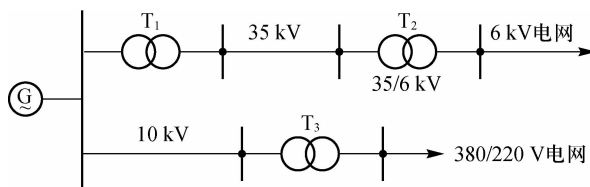


图 1-18 问答题 2 图

(3) 变配电所有哪几种类型？分别说明它们的特点。





(4)变配电所所址选择的原则是什么?

(5)简述变配电所送电和停电的操作顺序及基本要求。