



全国铁道职业教育教学指导委员会规划教材
高等职业教育城市轨道交通供电专业系列规划教材

城市轨道交通 供变电技术

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GONGBIANDIAN JISHU

李学武 主 编 ■

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



全国铁道职业教育教学指导委员会规划教材
高等职业教育城市轨道交通供电专业系列规划教材

城市轨道交通供变电技术

李学武 主编
彭大明 主审

中国铁道出版社

2013年·北京

内 容 简 介

本书为全国铁道职业教育教学指导委员会规划教材,高等职业教育城市轨道交通供电专业系列规划教材,全书以设备单元为载体,详细介绍城市轨道交通供电系统的主变电所、降压变电所、牵引降压混合变电所的组成,一次二次设备的结构、原理及运营要点等内容。

本书为高等职业技术学院电气化铁道技术专业、城市轨道交通供电专业的教学用书,也可作为城市轨道交通行业职工培训以及技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通供变电技术/李学武主编. —北京:
中国铁道出版社,2012.7

全国铁道职业教育教学指导委员会规划教材 高等职业
教育城市轨道交通供电专业系列规划教材

ISBN 978-7-113-14664-1

I. ①城… II. ①李… III. ①城市铁路—供电装置—
高等职业教育—教材 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 165437 号

书 名:城市轨道交通供变电技术

作 者:李学武 主编

策 划: 阚济存

责任编辑: 阚济存 编辑部电话: 010-51873133 电子邮箱: td51873133@163.com

封面设计: 崔丽芳

责任校对: 张玉华

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 北京昌平百善印刷厂

版 次: 2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 14.75 字数: 364 千

印 数: 1~3 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-14664-1

定 价: 32.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010) 51873170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010) 63549504,路电(021) 73187

前言

PREFACE

1969年10月,第一条地铁线在北京建成通车,我国开始踏入城市轨道交通的门槛。进入21世纪后,城市轨道交通开始了高速发展,同时带动了从事城市轨道交通供电设备维修的高端技术应用型人才的需求。

供电系统是城市轨道交通的动力源泉。变电所作为城市轨道交通供电系统的重要组成部分,承担地铁列车与车站动力照明设备的供变电任务。本书以设备单元为载体,详细介绍城市轨道交通供电系统的主变电所、降压变电所、牵引降压混合变电所的组成,一次二次设备的结构、原理及运营要点。

本书共分十二章。绪论和第一章介绍电力系统和城市轨道交通系统的概况。第二章介绍变电所中高压开关电器及其操动机构的结构与原理。第三章介绍互感器结构与原理。第四章介绍干式变压器与整流机组的结构与原理。第五章介绍变电所中常见的电气主接线的结构、适用范围、优缺点、运行要点。第六章介绍组合式高压配电装置的结构与维护。第七章介绍各种类型城市轨道交通供电系统结构,介绍主变电所、降压变电所、牵引降压混合变电所的电气主接线、设备配置、运行方式以及中压环网结构与运行。第八章介绍接地相关概念以及城市轨道交通变电所室内外接地装置的敷设原则。第九章介绍城市轨道交通杂散电流防护与监测。第十章介绍电流的热效应和力效应以及常见高压电气设备选择的步骤和方法。第十一章介绍城市轨道交通变电所二次接线的电路结构与原理。第十二章介绍城市轨道交通变电所自用电系统结构体系、工作原理与运行维护。

本书内容相对全面,体系结构规范。各章设置了“复习思考题”环节,旨在引导读者学习,利于教师授课。本书为高等职业技术学院电气化铁道技术专业、城市轨道交通供电专业的教学用书,也可作为城市轨道交通行业职工培训以及技术人员参考用书。

本书由李学武主编,张家祥、程永胜副主编,彭大明主审。编写分工如下:李学武编写第七章、第八章、第十一章、第十二章、附录,并负责全书统稿工作。张家祥编写第二章、第四章。李轶群编写绪论、第一章、第三章。程永胜编写第五章、



第六章、第九章。杜庆彦编写第十章。编写过程中参阅了相关地铁公司、生产厂家的大量技术资料,在此一并致谢。

由于编者水平所限,书中疏漏和错误之处在所难免,诚恳欢迎读者提出宝贵意见。

编者
2011年12月

目录

CONTENTS

绪 论	1
复习思考题	4
第一章 电力系统基本知识	5
第一节 电力系统概述	5
第二节 供电质量指标	10
第三节 电力系统中性点运行方式	11
复习思考题	15
第二章 高压开关电器	16
第一节 概 述	16
第二节 SF ₆ 断路器	26
第三节 高压真空断路器	28
第四节 直流断路器	32
第五节 隔离开关与高压熔断器	35
第六节 弹簧操动机构	40
第七节 液压操动机构	42
第八节 弹簧储能液压机构	46
第九节 电动操动机构	47
复习思考题	48
第三章 互 感 器	50
第一节 概 述	50
第二节 电磁型电流互感器	50
第三节 电压互感器	57
复习思考题	62



第四章 干式变压器与整流机组	63
第一节 干式变压器	63
第二节 整流机组	67
复习思考题	71
第五章 电气主接线	72
第一节 电气主接线概述	72
第二节 常见电气主接线	76
复习思考题	80
第六章 成套配电装置	81
第一节 配电装置概述	81
第二节 GIS 组合电器	84
第三节 AIS 组合电器	89
复习思考题	93
第七章 城轨交通供电系统	94
第一节 概 述	94
第二节 主变电所	98
第三节 中压供电网络	101
第四节 牵引降压混合变电所	107
第五节 降压变电所	112
复习思考题	114
第八章 接地装置	115
第一节 接 地	115
第二节 城轨交通供电系统的接地	119
复习思考题	125
第九章 城市轨道交通杂散电流	126
第一节 杂散电流的形成与危害	126
第二节 杂散电流腐蚀的防护与监测	128
第三节 杂散电流防护系统的维护	132
第四节 钢轨电位异常的处理	133
复习思考题	134
第十章 电气设备选择	135
第一节 短路的基本概念	135
第二节 标么值及其应用	137
第三节 三相对称短路的分析计算	144
第四节 不对称短路电流的计算	155



第五节 短路电流的效应·····	156
第六节 电气设备选择·····	161
复习思考题·····	168
第十一章 二次接线·····	170
第一节 二次接线概述·····	170
第二节 展开式原理图·····	173
第三节 安装接线图·····	175
第四节 控制电路概述·····	181
第五节 采用弹簧操动机构的断路器控制及信号电路·····	182
第六节 采用弹簧储能液压机构的断路器控制及信号电路·····	184
第七节 电动操作隔离开关与接地开关的控制及信号电路·····	187
第八节 变电所信号系统概述·····	192
复习思考题·····	194
第十二章 自用电系统·····	195
第一节 自用电系统概述·····	195
第二节 自用电交流屏·····	200
第三节 阀控式密封铅酸蓄电池(VRLA 蓄电池)·····	203
第四节 高频开关直流操作电源系统·····	209
第五节 应急照明电源·····	215
复习思考题·····	219
附录一 常用电气设备新旧文字符号对照表·····	220
附录二 电气设备常用图形符号·····	222
参考文献·····	225

绪 论

一、城市轨道交通的概念与分类

城市轨道交通(urban rail transit)是指采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统,包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统。

城市轨道交通的定义包含了两个层面的含义:其一,城市轨道交通是指城市公共客运交通系统中的轨道交通系统。城市客运交通可分为个体交通和公共交通。自行车、摩托车、小汽车等属于个体客运交通方式;公共汽车、公共电车、城市轨道交通等属于公共客运交通方式。这里所说的城市轨道交通是指城市公共客运交通系统中的轨道交通系统。其二,采用专用轨道导向运行。构成城市轨道交通的各个类别有一个共同的特点,就是由“专用轨道”来导向。轨道包括钢轮钢轨系统中由钢轨、扣件和轨枕组成的专用轨道,也包括其他形式的“专用轨道”。

城市轨道交通的分类是根据城镇建设行业标准《城市公共交通分类标准》CJJ/T 114—2007 的规定确定的。在中国国家标准《城市公共交通常用名词术语》中,将城市轨道交通定义为“通常以电能为动力,采取轮轨运转方式的快速大运量公共交通之总称”。

目前城轨交通主要有三种形式:地铁、轻轨、独轨。

1. 地铁

地铁是地下铁道交通的简称,它是一种在城市中修建的快速、大运量的轨道交通,通常以电力牵引,其单向高峰小时客运能力可达 30 000 人次以上,它的线路通常设在地下隧道内,也有的在城市中心以外地区从地下转到地面或高架桥上,如图 0-1 所示。

目前世界上一些著名的特大城市纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京等,均已形成一定的城轨交通规模和网络,且以地铁为主干,延伸到城市的各个方向。伦敦是个国际大都市,有 700 多万人口,目前共建有 1 000 km 以上的轨道交通系统,其中总长 400 km 的地铁每天运送乘客 300 万人次。东京有 1 300 万人口,轨道交通系统有 2 000 km 以上,每天运送乘客 3 000 万人次,轨道交通运输担当了东京全部客运量的 80%。1 000 万人口的巴黎,轨道交通系统有 1 200 km,轨道交通运输占全部客运量的 66%。

地铁有以下特征:

- (1)全部或大部分线路建于地面以下。
- (2)建设费用大、周期长、成本回收慢。
- (3)行车密度大、速度高。



图 0-1 广州地铁 2 号线



(4) 客运量大。

(5) 地铁列车的编组数决定于客运量和站台的长度,一般为 2~8 辆。

(6) 地铁车辆消音减振和防火均有严格要求,既安全,又舒适。

(7) 受电的制式主要有直流 750 V 第三轨受电或直流 1 500 V 架空线受电弓受电。

2. 轻轨

城市轻轨交通是在老式的地面有轨电车的基础上发展起来的,它与一般的铁路相比,其轨道和车辆都是轻型的,其运输系统相对也比较简单,较适宜于中等运量的城市客运交通,如图 0-2 所示。

国外开发的轻轨交通系统主要有三种类型:旧车改进型,新线建设型,新交通系统型。

轻轨有以下特征:

(1) 它是以钢轮和钢轨为车辆提供走行的一种交通方式,车辆以电力提供牵引动力,可以采用直流、交流或线性电机驱动。

(2) 轻轨的建设费用比地铁少,每公里线路造价仅为地铁的 1/5~1/2。

(3) 轻轨交通的每小时单向运输能力一般为 2 万人次~4 万人次,它介于地铁和公共汽车之间,属于中等运能的一种公共交通形式。

(4) 轻轨线路可以为地面、地下和高架混合型,一般与地面道路完全隔离,采用半封闭或全封闭专用车道。

(5) 轻轨车辆有单节 4 轴车,双节单铰 6 轴车和 3 节双铰 8 轴车等。

(6) 轻轨交通对车辆和线路的消音和减振有较高要求。

(7) 电压制式以直流 750 V 架空线(或第三轨)供电为主,也有部分采用直流 1 500 V 和直流 600 V 供电。

(8) 轻轨车站分为地面、高架和地下三种形式。

3. 独轨

独轨交通的设想早在 19 世纪末已经形成。1901 年德国鲁尔地区的三个工业城市之间,在险峻的乌珀河谷上空建成条快速交通线,车辆吊在架空的导轨下面,沿着导轨行驶,后来三市合并成为乌珀塔尔市,这个独轨交通系统成为该市的一个标志。

独轨交通用作城市公共交通,开始进展比较缓慢。日本从德国引进专利,近 30 年开发了多种独轨铁路,在世界城轨交通中独树一帜。我国重庆市从日本引进了独轨交通系统,如图 0-3 所示。

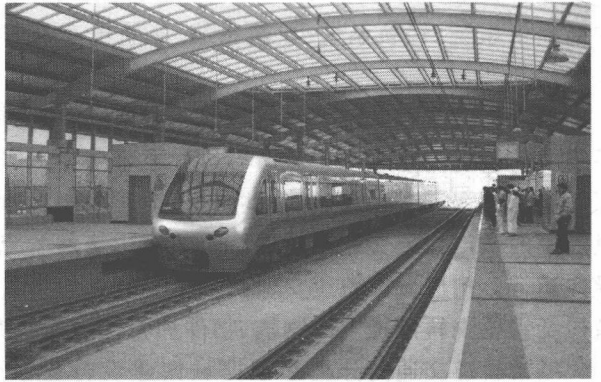


图 0-2 大连城市轻轨



图 0-3 重庆独轨线路



独轨交通采用高架轨道结构,按结构形式分为跨坐式和悬挂式两种类型。前者车辆的走行装置(转向架)跨骑在走行轨道上,其车体重心处于走行轨道的上方。后者车体悬挂于可在轨道梁上行走的走行装置的下面,其重心处于走行轨道梁的下方。

城市独轨铁路的优点:

(1)独轨铁路线路占地小,可充分利用城市空间,适宜于在大城市的繁华中心区建线,对城市景观及日照影响小。

(2)独轨线路构造较简单,建设费用低,为地铁的1/3左右。

(3)能实现大坡度和小曲线半径运行,可绕行城市的建筑物。

(4)一般采用轻型车辆,列车编组为4~6辆。

(5)走行装置采用空气弹簧和橡胶轮结构,并采用电力驱动,故运行噪声低,无废气,乘坐舒适。

(6)独轨铁路架于空中,具有交通和旅游观光的双重作用。

(7)跨座式轨道梁采用预应力混凝土梁制成,悬挂式轨道梁一般为箱形断面的钢结构。

城市独轨铁路交通的缺点:

(1)能耗大。由于其走行装置采用橡胶轮,它与混凝土轨面的滚动摩擦阻力比钢轮钢轨大,故其能耗比一般轨道交通约大40%,且有轻度的橡胶粉尘污染。

(2)运能较小,一般每小时单向最大客运量为1万~2万人次。

(3)独轨线路不能与常规的地铁、轻轨等接轨。

(4)道岔结构复杂、笨重、转换时间较长,从而延长了列车折返时间。

(5)列车运行至区间时发生事故,疏散和救援工作困难。

二、城市轨道交通的特点

城市轨道交通与城市道路交通相比有以下特点:

(1)安全。城市轨道交通因为有运量大的特点,人们在设计、建设、管理以及资金的投入方面,对城市轨道交通的安全特别重视。

(2)快捷。城市轨道交通不受地面环境影响。

(3)准时。城市轨道交通在其专用的轨道上行驶,在可靠技术支持下,按照运营计划行驶,一般都会正常准时运营。

(4)舒适。城市轨道交通的乘车环境比其他交通方式更舒适。

(5)运量大。城市轨道交通的车厢空间大,一列地铁可载2000人以上。

(6)无污染(或少污染)。城市轨道交通的动力是电能,没有污染。

(7)占地少,不破坏地面景观。城市轨道交通线路主要在地下,占用城市地面面积少,不会破坏地面景观。

(8)投资大,技术复杂,建设周期长。城市轨道交通是一个庞大的系统工程,它涉及土建(装修)、机械、电子、供电、通信、信号等技术。设备多,点多面广,技术要求、技术含量高,系统性、严密性、联动性要求高。土建工程大面多,且建设的周期长。涉及的资金投入一般是4亿~6亿元/km。一般大城市建成一个200 km的地铁网,要投资上千亿的资金,且时间要10~20年。

三、城市轨道交通运营的设备系统

城市轨道交通由许多设备系统所组成,不同的设备系统完成着轨道交通的不同功能。以



地铁为例,一般分为车辆(RST)及车辆段设备(WSH),供电设备[又分为:交流高中压(HMV),牵引供电(TPS),接触网(OCS),电力监控(SCA)],线路(轨道),通信(TEL),信号(SIG),车站设备监控(BAS),防灾报警(FAS),气体灭火系统(GFS),环控系统(ECS),电、扶梯(ESC),屏蔽门(PSD),自动售检票系统(AFC)等。



复习思考题

1. 简述城市轨道交通的概念及其分类。
2. 简述城市轨道交通的设备系统。

第一章 电力系统基本知识

第一节 电力系统概述

一、电力系统

1. 概念

为了提高供电的可靠性和经济性,将许多分散的各种形式的发电厂,通过送电线路、变电站和电力用户连接起来,就形成了电力系统。由发电机、升压和降压变电站、输配电线路及用电设备有机连接起来的总体,即称为电力系统。

电力系统加上发电厂的“动力部分”称为动力系统。所谓动力部分,包括发电机的原动机(如汽轮机、水轮机),原动机的力能部分(热力锅炉、水库、反应堆)等。

电力系统中,由各种不同电压等级的输配电线路将升压和降压变电站连接在一起的部分称为电力网。

动力系统、电力系统、电力网的示意图如图 1-1 所示。

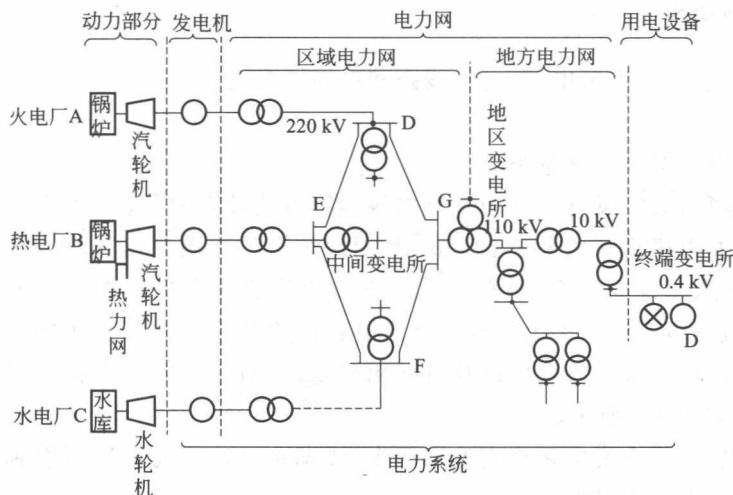


图 1-1 动力系统、电力系统、电力网的示意图

2. 建立电力系统的优越性

建立电力系统在技术上和经济上都可以达到很大的效益,其主要优点如下。

(1) 可减少系统中总装机容量。由于电力系统中各用户的最大负荷并不是同时出现的,因此,系统中综合最大负荷总是小于各发电厂单独供电的最大负荷的总和。从而,联网后,由于系统综合最大负荷的降低,也就可以相应地减少系统中总装机容量。在电力系统中,备用容量只需占系统总容量 20%,其中负荷备用 2%~5%,事故备用 10%左右,检修备用 8%左右。

(2) 合理利用动力资源。电力系统形成后,既可以将发电厂建造在一次能源产地,又可以



将不同形式的能源发电厂连接起来,统一调度,使各种动力能源得到合理的利用。

(3)提高供电的可靠性。在电力系统中,由于是多电源联合供电,机组的台数越多,即使个别机组或电源发生故障,其他机组或电源仍可以在出力允许的情况下多带负荷,因此,可以提高供电可靠性。

(4)可装设大容量机组。建成后的电力系统,由于总负荷的增大,总装机容量的增大,因此可装设大容量机组。大容量的机组效率高,每千瓦投资以及维持费用都比多台小机组经济得多。但是,电力系统中所采用的最大机组容量,以不超过总装机的 15%~20%为宜。

(5)提高电能质量。电能质量是在保证供电可靠性的前提下,用频率、电压和电源电压的波形来衡量。由于系统容量大,负荷波动时所引起的频率和电压波动就会小,电能的质量可以提高。

(6)提高运行的经济性。建立电力系统后,除了充分利用动力资源可以提高运行的经济性外,在系统中更重要的是要经济合理地分配各发电厂或各机组的负荷,使运行经济、效率高的机组多带负荷,效率低、发电成本高的机组少带负荷,从而降低生产电能的成本。

3. 对电力系统运行的基本要求

(1)保证安全、可靠,连续地对用户进行供电,完成年发电量计划。

(2)保证电能质量,电压和频率都不能超过规定的范围。

(3)保证电力系统运行的经济性。在电能生产,输送和分配过程中应尽量做到消耗少、效率高、成本低。

二、电力系统构成

电力系统由发电厂、变配电所、电力线路和电能用户组成。

1. 发电厂

按使用能源划分有下述基本类型。

(1)火力发电厂:火力发电是利用燃烧燃料(煤、石油及其制品、天然气等)所得到的热能发电。火力发电的发电机组有两种主要形式:利用锅炉产生高温高压蒸汽冲动汽轮机旋转带动发电机发电,称为汽轮发电机组;燃料进入燃气轮机将热能直接转换为机械能驱动发电机发电,称为燃气轮机发电机组。火力发电厂通常是指以汽轮发电机组为主的发电厂。包括仅向用户提供电能的凝汽式火力发电厂以及既向用户提供电能、又向用户提供热能的热电厂。火力发电生产过程如图 1-2 所示。

(2)水力发电厂:水力发电是将高处的河水(或湖水、江水)通过导流引到下游形成落差推动水轮机旋转带动发电机发电。

水力发电厂可分为堤坝式水电厂、引水式水电厂和抽水蓄能式水电厂三类。

堤坝式水电厂在河流的适当位置上修建拦河水坝,形成水库,抬高上游水位,利用坝的上下游水位形成的较大落差,引水发电。例如:刘家峡、丹江口、葛洲坝、三峡水电站。

引水式水电厂建在水流湍急的河道上或河床坡度较陡的地方,由引水管道引入厂房。

抽水蓄能式水电厂,建有上池和下池,上下池落差数百米。用电低谷时,该厂机组用剩余电力将下池的水抽往上池,将电能转化为势能,这就是填谷;电力系统负荷高峰时,机组又利用上池的蓄水发电,将势能转化为电能,补充电力系统供电不足,这就是削峰。当然,什么时候蓄能,什么时候发电,要在电网的控制下进行。例如十三陵抽水蓄能电厂、广州抽水蓄能电站。

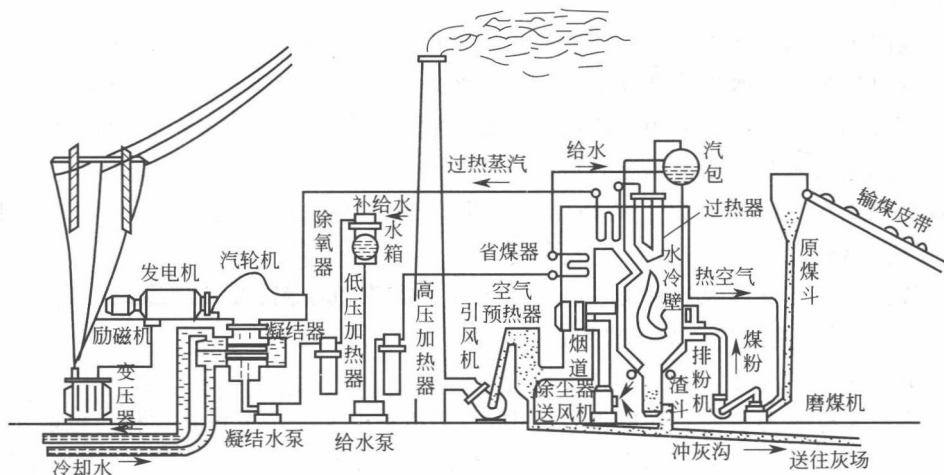


图 1-2 火力发电生产过程示意图

(3)核能发电厂:核能发电是利用原子反应堆中核燃料(例如铀)慢慢裂变所放出的热能产生蒸汽(代替了火力发电厂中的锅炉)驱动汽轮机再带动发电机旋转发电。以核能发电为主的发电厂称为核能发电厂,简称核电站。根据核反应堆的类型,核电站可分为压水堆式、沸水堆式、气冷堆式、重水堆式、快中子增殖堆式等。

(4)风力发电场:利用风力吹动建造在塔顶上的大型桨叶旋转带动发电机发电称为风力发电,由数座、十数座甚至数十座风力发电机组成的发电场地称为风力发电场。

(5)其他还有地热发电厂、潮汐发电厂、太阳能发电厂等。

2. 变配电所

变电所的任务是接受电能、变换电压和分配电能,即受电—变压—配电。

配电所的任务是接受电能和分配电能,但不改变电压,即受电—配电。

变电所可分为升压变电所和降压变电所两大类:升压变电所一般建在发电厂,主要任务是将低电压变换为高电压;降压变电所一般建在靠近负荷中心的地点,主要任务是将高电压变换到一个合理的电压等级。

降压变电所根据其在电力系统中的地位和作用不同,又分枢纽变电站、中间变电所、地区变电所和终端变电所(工业企业变电所)等。

枢纽变电站位于电力系统的枢纽点,汇集多个电源,连接电力系统高压和中压的几个部分,电压等级一般为 330~500 kV。这种变电所一旦停电,将造成大范围停电,引起系统解列,甚至整个系统瘫痪。因此,枢纽变电所对电力系统运行的稳定和可靠性起着重要作用。

中间变电所的电压等级一般为 220~330 kV,汇集 2~3 个电源和若干线路,高压侧起交换功率的作用,或使长距离输电线路分段,同时降压对一个区域供电。这样的变电所在系统中主要起中间环节的作用,故称中间变电所。全所停电后,将引起区域电网的解列。

地区变电所的电压等级一般为 110~220 kV,主要向一个地区用户供电,是一个地区或一个中小城市的主要变电所,一旦停电,将造成该地区或城市供电的紊乱,甚至中断供电。

终端变电所位于配电线路的末端,接近负荷处,电压等级一般为 35~110 kV,经降压后直接向用户供电。降压后的电压一般为 10 kV 和 0.4 kV,分别向不同的用户供电。



3. 电力线路

电力线路的作用是输送电能,并把发电厂、变配电所和电能用户连接起来。

水力发电厂需建在水力资源丰富的地方,火力发电厂一般也多建在燃料产地,即所谓的“坑口电站”,因此,发电厂一般距电能用户均较远,所以需要多种不同电压等级的电力线路,将发电厂生产的电能源源不断地输送到各级电能用户。

通常把电压在 35 kV 及以上的高压电线路称为送电线路,而把 10 kV 及以下的电力线路,称为配电线路。

电力线路按其传输电流的种类又分为交流线路和直流线路;按其结构及敷设方式又可分为架空线路、电缆线路及户内配电线路。

4. 电能用户

电能用户又称电力负荷。在电力系统中,一切消费电能的用电设备均称为电能用户。

用电设备按电流可分为直流设备与交流设备,而大多数设备为交流设备;按电压可分为低压设备与高压设备,1 000 V 及以下的属低压设备,高于 1 000 V 的属高压设备;按频率可分为低频(50 Hz 以下),工频(50 Hz)及中、高频(50 Hz 以上)设备,绝大部分设备采用工频;按工作制分为连续运行、短时运行和反复短时运行设备三类;按用途可分为动力用电设备(如电动机)、电热用电设备(如电炉、干燥箱、空调器等)、照明用电设备、试验用电设备、工艺用电设备(如电解、电镀、冶炼、电焊、热处理等)。用电设备分别将电能转换为机械能、热能和光能等不同形式的适于生产、生活需要的能量。

三、电力系统额定电压

为了便于电器制造业的生产标准化和系列化,国家规定了标准电压等级系列。在设计时,应选择最合适的额定电压等级。所谓额定电压,就是某一用电设备(电动机、电灯等)、发电机和变压器等在正常运行时具有最大经济效益的电压。

我国规定的额定电压,按电压高低和使用范围分为三类。

第一类额定电压是 100 V 及以下的电压等级,主要用于安全照明、蓄电池及开关设备的直流操作电压。直流为 6 V、12 V、24 V、48 V;交流单相为 12 V 和 36 V,三相线电压为 36 V。

第二类额定电压是 100~1 000 V 之间的电压等级。这类额定电压应用最广、数量最多,如动力、照明、家用电器和控制设备等。

第三类额定电压是 1 000 V 及以上的高电压等级,见表 1-1,主要用于电力系统中的发电机、变压器、输配电设备和用电设备。

表 1-1 第三类额定电压

单位:kV

用电设备与电网 额定电压	交流发电机	变压器		设备最高工作电压
		一次绕组	二次绕组	
3	3.15	3 及 3.15	3.15 及 3.3	3.5
6	6.3	6 及 6.3	6.3 及 6.6	6.9
10	10.5	10 及 10.5	10.5 及 11	11.5
	13.8	13.8		
	15.75	15.75		
	18	18		
	20	20		



续上表

用电设备与电网 额定电压	交流发电机	变压器		设备最高工作电压
		一次绕组	二次绕组	
35		35	38.5	40.5
110		110	121	126
220		220	242	252
330		330	363	363
500		500	550	550
750		750	825	825

1. 电力线路的额定电压

电力线路(或电网)的额定电压等级是国家根据国民经济发展的需要及电力工业的水平,经全面技术经济分析后确定的。它是确定各类用电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,电力线路上要有负荷电流流过,因而在电力线路上引起电压损耗,造成电力线路上各点电压略有不同。但成批生产的用电设备,其额定电压不可能按使用地点的实际电压来制造,而只能按线路首端与末端的平均电压即电力线路的额定电压 U 来制造。所以用电设备的额定电压规定与同级电力线路的额定电压相同。

3. 发电机的额定电压

由于电力线路允许的电压损耗为 $\pm 5\%$,即整个线路允许有 10% 的电压损耗,因此为了维护线路首端与末端平均电压的额定值,线路首端(电源端)电压应比线路额定电压高 5% ,而发电机是接在线路首端的,所以规定发电机的额定电压高于同级线路额定电压 5% ,用以补偿线路上的电压损耗。

4. 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,有两种情况:

① 当电力变压器直接与发电机相连,则其一次绕组的额定电压应与发电机额定电压相同,即高于同级线路额定电压 5% 。

② 当变压器不与发电机相连,而是连接在线路上,则可将变压器看作是线路上的用电设备,因此其一次绕组的额定电压应与线路额定电压相同。

(2) 变压器二次绕组的额定电压

变压器二次绕组的额定电压,是指变压器一次绕组工作上额定电压下而二次绕组开路时的电压,即空载电压。而变压器在满载运行时,二次绕组内约有 5% 的阻抗电压降。因此分两种情况讨论:

① 如果变压器二次侧供电线路很长(例如较大容量的高压线路),则变压器二次绕组额定电压,一方面要考虑补偿变压器二次绕组本身 5% 的阻抗电压降,另一方面还要考虑变压器满载时输出的二次电压要满足线路首端应高于线路额定电压的 5% ,以补偿线路上的电压损耗。所以,变压器二次绕组的额定电压要比线路额定电压高 10% 。

② 如果变压器二次侧供电线路不长(例如为低压线路或直接供电给高、低压用电设备的线路),则变压器二次绕组的额定电压,只需高于其所接线路额定电压 5% ,即仅考虑补偿变压器内部 5% 的阻抗电压降。