

新世纪高等职业教育规划教材

Kuangshan Gongdian

矿山供电

主 编 李树伟

Kuangshan Gongdian

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学出版社

新世纪高等职业教育规划教材

矿山供电

主 编 李树伟

副主编 张文琦 张名忠



中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书根据高等职业技术教育的需要,主要介绍矿山供电的有关基本知识,系统地讲述电力负荷及其计算,短路电流及其计算,煤矿企业常用电气设备的选择计算,架空线路与电缆线路的结构、选择与敷设,继电保护装置的整定与计算,二次回路和制动装置,供用电安全技术,过电压的防护等内容。为便于学生复习,每章末均附有本章小结、思考题与习题。

本书可作为高职、高专及中等专业学校供用电技术专业 and 用电管理专业的教材,也可作为机电一体化技术、电气自动化技术等专业的教材,还可作为相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

矿山供电/李树伟主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2006. 7

ISBN 7-81107-323-4

I. 矿… II. 李… III. 矿山—供电 IV. TD611

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 050896 号

书 名 矿山供电

主 编 李树伟

责任编辑 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 19.25 插页 4 字数 490 千字

版次印次 2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

定 价 26.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

电力是现代煤炭工业的主要动力,在煤炭生产中占有十分重要的地位。电力可以方便、经济地远距离输送和分配,也可以方便地和其他各种能量形式相互转换,并且在使用中还具有便于调度、测量和实现自动控制的优点。在煤炭企业中,矿山的电气化还是煤炭生产自动化及最新科学技术成就在煤矿推广应用的技术基础。

本书根据注重能力培养与技能训练的原则,在内容编排上注重以培养学生供电设计应用基本能力为主,并兼顾供电系统的运行和设备维护与管理等知识的学习。

本书尽量反映新技术和新设备,贯彻国家新的技术经济政策。书中的文字符号和图形符号全部采用了新国标,计量单位也全部采用法定计量单位。

全书共分九章。根据高等职业技术教育的需要,主要介绍矿山供电的有关基本知识,系统地讲述电力负荷及其计算,短路电流及其计算,煤矿企业常用电气设备的选择计算,架空线路与电缆线路的结构、选择与敷设,继电保护装置的整定与计算,二次回路和自动装置,供用电安全技术,过电压的防护等内容。为便于学生复习,每章末均附有本章小结、思考题和习题。

本书编写人员及分工为:平顶山工业职业技术学院李树伟编写第一章、第二章、第五章,平顶山工业职业技术学院沈占彬编写第七章、第八章,平顶山工业职业技术学院冯柏群编写第四章,甘肃煤炭工业学校张文琦编写第六章,云南能源职业技术学院张名忠编写第三章、第九章。本书由李树伟任主编,张文琦、张名忠任副主编。平顶山工业职业技术学院的庞元俊、曹璇等老师审阅了本书,在此表示感谢。

本教材为高职高专院校供用电技术专业 and 用电管理专业的教材,也可作为机电一体化技术、电气自动化技术等专业的教材,对供电和用电两方面的电气工程技术人员也有参考价值。限于编者水平,加之我国尚有一些技术标准、规范还在继续修订之中,因此本书不可能很完善,错漏难免,敬请读者批评指正。

编者

2005年10月

目 录

第一章 矿山供电系统	1
第一节 概述.....	1
第二节 矿山供电系统.....	6
本章小结	20
思考题与习题	20
第二章 负荷计算及变压器选择	22
第一节 负荷计算	22
第二节 变压器的选择	30
第三节 功率因数的改善	41
本章小结	44
思考题与习题	44
第三章 短路电流的计算	47
第一节 概述	47
第二节 短路电流的计算	48
第三节 短路电流的效应	71
本章小结	76
思考题与习题	78
第四章 高低压电器及其选择	80
第一节 概述	80
第二节 电弧的成因和灭弧方法	81
第三节 高压断路器	85
第四节 变电所选择电气设备的原则	90
第五节 高压隔离开关与高压负荷开关的选择	91
第六节 高压断路器的选择	93
第七节 高压熔断器及其选择	96
第八节 变电所母线及绝缘子的选择	99
第九节 短路电流的限制及限流电抗器的选择.....	104
第十节 电流互感器和电压互感器.....	108
第十一节 常用低压电器.....	114
第十二节 成套配电装置.....	120
本章小结.....	127
思考题与习题.....	128
第五章 输电线路	130
第一节 架空线路.....	130

第二节 电缆线路·····	136
第三节 输电导线截面的选择·····	143
本章小结·····	157
思考题与习题·····	158
第六章 继电保护 ·····	159
第一节 概述·····	159
第二节 常用保护继电器·····	162
第三节 电流保护装置的接线方式·····	171
第四节 电网的过电流保护·····	173
第五节 电力变压器的保护·····	184
第六节 电动机的保护·····	195
第七节 操作电源·····	202
第八节 断路器的控制与信号回路·····	208
本章小结·····	212
思考题与习题·····	213
第七章 矿山供电安全技术 ·····	215
第一节 井下电气设备的工作条件及类型·····	215
第二节 电气设备的防爆原理·····	220
第三节 变压器中性点运行方式·····	222
第四节 漏电保护·····	225
第五节 接地和接零·····	232
第六节 煤电钻综合保护装置·····	240
本章小结·····	244
思考题与习题·····	244
第八章 过电压及其保护 ·····	245
第一节 概述·····	245
第二节 避雷针、避雷线和避雷器·····	246
第三节 大气过电压的保护·····	251
第四节 内部过电压及其保护·····	254
本章小结·····	256
思考题与习题·····	256
第九章 采区供电 ·····	257
第一节 概述·····	257
第二节 采区供电设备·····	259
第三节 采区供电计算·····	283
本章小结·····	299
思考题与习题·····	299
参考文献 ·····	301

第一章 矿山供电系统

本章要点: 矿山供电的一些基本知识和基本问题; 矿山对供电的要求; 电力负荷的分类及各类负荷对供电可靠性的要求; 电力系统与电力网的概念; 供电电压的确定; 供电系统的接线方式及确定原则; 矿井供电系统的类型; 变电所位置的确定原则和矿井井下变电所的布置和接线。

第一节 概 述

电力是现代化矿山企业生产的主要能源, 煤矿的电气化为煤矿生产过程的机械化和自动化创造了有利的条件, 不断地改善着矿工的劳动条件。现代的煤矿生产机械无不以电能作为直接(用电动机拖动)或间接(用压气驱动)的动力, 矿山的照明、通讯和信号也都使用电能。对矿山企业进行可靠、安全、经济、合理地供电, 对提高经济效益及保证安全生产等方面都有十分重要的意义。

一、矿山供电的重要性及基本要求

(一) 供电可靠

供电可靠就是要求供电不间断。供电中断不仅会影响企业生产, 而且可能损坏设备, 甚至发生人身事故, 严重时会造成矿井的破坏。矿井井下含有瓦斯等有害气体, 并有水不断涌出, 一旦中断供电, 可能使工作人员窒息死亡和引起瓦斯爆炸, 矿井也有被水淹没的危险。因此, 对工矿企业中的这类负荷, 供电应绝对可靠。为了保证对矿山供电的可靠性, 供电电源应采用两回独立电源线路, 也可以来自不同的变电所(或发电厂)或同一变电所的不同母线, 且电源线路上不得分接任何负荷。这样在任一回路电源发生故障的情况下, 仍能保证对生产用户的供电。

(二) 供电安全

供电安全就是在电能的分配、供应和使用过程中, 不应发生人身触电事故和设备事故, 也不致引起火灾和爆炸事故。尤其是煤矿井下, 生产环境复杂, 自然条件恶劣, 供电设备易受损坏, 特别容易发生上述事故。因此, 必须严格按照《煤矿安全规程》的有关规定执行, 确保供电安全。

(三) 供电质量

所有的用电设备都是按照一定的电压和频率设计制造的, 用电设备在额定值下运行性能最好。因此要求供电质量方面有稳定的频率和电压, 电压和频率是衡量电能质量的重要指标。

保证频率符合要求是发电部门的工作任务和职责。交流电的频率对交流电动机的性能有着直接影响, 频率的变动直接影响交流电动机的转速。对于额定频率为 50 Hz 的工业用交流电, 其偏差不允许超过额定值 $\pm 0.2 \sim \pm 0.5$ Hz, 即为额定频率的 $\pm 0.4\% \sim \pm 1\%$ 。对于供电电压, 送到用电设备的端电压与额定值总有一些偏差, 此偏差值称为电压偏移, 它是衡量供电质量的重要指标。各种用电设备都能够适应一定范围内的电压偏移, 但是如果电压偏移

超过允许的范围,电气设备的运行情况将显著恶化,甚至损坏电气设备。

例如加在照明灯两端的电压低于额定电压时,其光通量将大大降低;电压高于额定电压较多时,则大大降低电灯的使用寿命。因此,矿山企业对一般工作场所的照明灯允许电压偏移范围为 $\pm 5\%$ 。又如在一定的转速下,异步电动机的转矩与电压的平方成正比。电压下降会引起异步电动机的转差率增加和电流上升。长时间的电压过高会引起绕组过热使绝缘迅速老化,甚至烧毁电动机。电压严重下降可能引起电动机停止或不能起动。因此,一般规定电动机允许电压偏移范围为 $\pm 5\%$ 。

(四) 供电经济

矿山供电的经济性要从下述三个方面着手:尽量降低企业变电所与电网的基本建设投资;尽可能降低设备、材料及有色金属的消耗量;注意降低供电系统的电能损耗及维护费用。

此外,矿山企业还要求有足够的电能,这不仅要求电力系统或发电厂能提供充裕的电能,而且要求矿山企业供电系统的各项供电设施具有足够的供电能力。

二、电力负荷的分类

为了满足电力用户对供电可靠性的要求,同时又考虑到供电的经济性,根据用电设备在矿山中所处地位的重要性不同,矿山用电设备可分为下述三类:

(一) 一类负荷

凡因突然中断供电,可能造成人身伤亡事故或重大设备损坏,或给矿井造成重大损失,长期才能恢复的用电设备,均属一类负荷。例如有瓦斯或煤尘爆炸危险矿井的主要通风机和涌水量大的矿井的井底主排水泵,其备用容量为100%。对一类负荷应由两个独立电源供电,对有特殊要求的一类负荷,两个独立电源应来自不同地点,以保证供电的绝对可靠。

(二) 二类负荷

凡突然停电会造成大量废品、产量显著下降或企业内运输停顿,在经济上造成较大损失者为二类负荷。如煤矿集中提、运设备,大型矿井地面空气压缩机,井筒防冻设备,抽放瓦斯设备以及向综采工作面供电的采区变电所等。对这类负荷一般采用双回路供电。

(三) 三类负荷

三类负荷是指除一类、二类负荷外的其他负荷。这类负荷停电不直接影响生产,煤矿的各种辅助车间、办公室照明等都属于这一类。对三类负荷一般供电采用单一回路供电方式,不考虑备用电源。因某种原因需要停电时,三类负荷是首先限电的对象。

对电力负荷进行分类的目的是为了便于合理地供电。对重要负荷,保证供电可靠为第一位;对次要负荷,应更多考虑供电的经济性。在电力系统运行中,一旦出现故障,需要停止部分负荷供电时,应根据具体情况,先切除三类负荷,有必要时切除二类负荷,以确保一类负荷的供电可靠性。

三、发电厂和电力系统

由于电能的生产、输送、分配和使用的全过程,实际上是在同一瞬间实现的,因此除了要了解矿山供电系统,还需要了解矿山供电系统电源方向的发电厂和电力系统的一些知识。

(一) 发电厂

发电厂又称发电站,是将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能(二次能源)的工厂。

发电厂按其所利用的能源不同,分为水力发电厂、火力发电厂、核能发电厂以及风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等类型。

水力发电厂,简称水电厂或水电站,它利用水流的位能来生产电能。当控制水流的闸门打开时,水流沿进水管进入水轮机蜗壳室,冲动水轮机,带动发电机发电。其能量转换过程是:水流位能→机械能→电能。由于水电厂的发电容量与水电厂所在地点上下游的水位差(即落差,又称水头)及流过水轮机的水量(即流量)的乘积成正比,所以建造水电厂必须用人工的办法来提高水位。最常用的办法,是在河流上建筑一个很高的拦河坝,形成水库,提高上游水位,使坝的上下游形成尽可能大的落差,电厂就建在堤坝的后面,这类水电厂称为坝后式水电厂,我国一些大型水电厂包括建设中的三峡水电厂都属于这种类型。另一种提高水位的办法,是在具有相当坡度的弯曲河段上游,筑低坝,拦住河水,然后利用沟渠或隧道,将上游水流直接引至建在河段末端的水电厂,这类水电厂称为引水式水电厂。还有一类水电厂是上述两种方式的综合,由高坝和引水渠道分别提高一部分水位,这类水电厂称为混合式水电厂。

火力发电厂,简称火电厂或火电站,它利用燃料的化学能来生产电能。我国的火电厂以燃煤为主。为了提高燃料的效率,现代火电厂都将煤块粉碎成煤粉燃烧。煤粉在锅炉的炉膛内充分燃烧,将锅炉内的水烧成高温高压的蒸汽,推动汽轮机转动,使与它联轴的发电机旋转发电。其能量转换过程是: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”(废水、废气、废渣)的综合利用,并且不仅发电,而且供热,这类兼供热能的火电厂称为热电厂或热电站。

核能发电厂通常称为核电站,曾称为原子能发电厂,它主要是利用原子核的裂变能来生产电能,其生产过程与火电厂基本相同,只是以核反应堆(俗称原子锅炉)代替了燃煤锅炉,以少量的核燃料代替了大量的煤炭,其能量转换过程是:核裂变能→热能→机械能→电能。由于核能是巨大的能源,而且核电站的建设具有重要的经济和科研价值,所以世界上很多国家都很重视核电建设,核电在全部发电量中所占的比重逐年增长,我国在 20 世纪 80 年代就确定要适当发展核电,并已兴建了几座大型核电站。

风力发电厂利用风的动能来生产电能,它建在有丰富风力资源的地方。

地热发电厂利用地球内部蕴藏的大量热能来生产电能,它建在有足够地热资源的地方。

太阳能发电厂就是利用太阳光能或太阳热能来生产电能。利用太阳光能发电,是通过光电转换元件如光电池等直接将太阳光能转换为电能,这已广泛应用于人造地球卫星和宇航装置上。利用太阳热能发电,可分直接转换和间接转换两种方式。温差发电、热离子发电和磁流体发电,均属于热电直接转换。而通过集热装置和热交换器,加热给水,使之变为蒸汽,推动汽轮发电机发电,与火电厂的发电原理相同,属间接转换发电。太阳能发电厂建在常年日照时间长的地方。

(二) 电力系统

为了充分利用动力资源,减少燃料运输,降低发电成本,因此有必要在有水力资源的地方建造水电厂,而在有燃料资源的地方建造火电厂。但这些有动力资源的地方,往往离用电中心较远,所以必须用高压输电线路进行远距离输电,如图 1-1 所示。

由各种电压等级的电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体,称为电力系统。图 1-2 是一个大型电力系统的系统图。

电力系统中各级电压的电力线路及其联系的变电所,称为电力网或电网。但习惯上,电

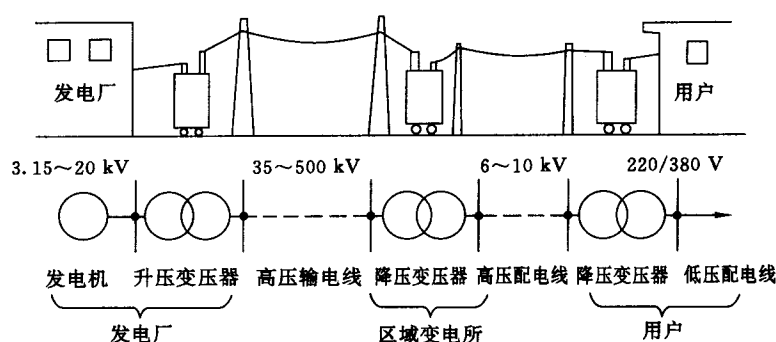


图 1-1 从发电厂到用户的送电过程示意图

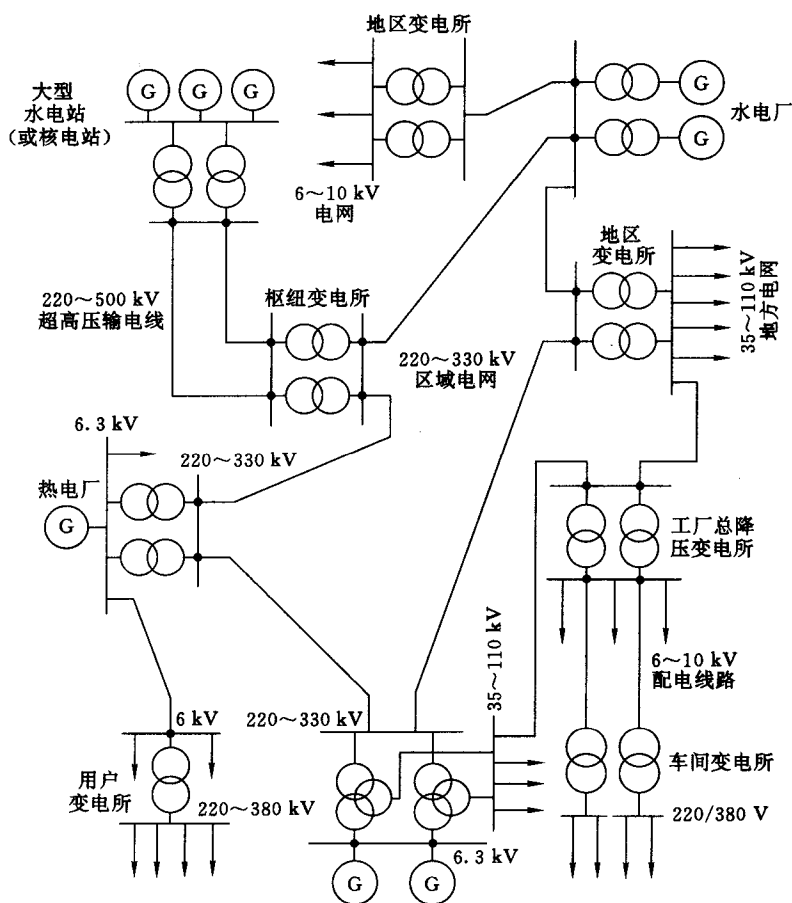


图 1-2 大型电力系统图

网或系统往往以电压等级来区分,如说 10 kV 电网或 10 kV 系统。这里所指的电网或系统,实际上是指某一电压等级相互联系的整个电力线路。

电网可按电压高低和供电范围大小分为区域电网和地方电网。区域电网的范围大,电压

一般在 220 kV 及以上;地方电网的范围小,最高电压一般不超过 110 kV。工矿企业供电系统就属于地方电网的一种。

现在各国建立的电力系统越来越大,甚至建立跨国的电力系统。建立大型电力系统,可以更经济合理地利用动力资源(首先是充分利用水力资源),减少电能损耗,降低发电成本,保证供电质量(即电压和频率合乎相关规范的要求),并大大提高供电可靠性。

四、电力系统的电压等级

电气设备都是按照一定的标准电压设计和制造的,这个标准电压称为电气设备的额定电压。为了便于批量生产和统一供电,国家规定了标准的额定电压等级,见表 1-1。

工矿企业供电电压的选择,取决于企业附近电源的电压,用电设备的电压、容量及供电距离。从供电经济性考虑,供电距离越远,输送功率越大,采用的电压等级越高。电压等级、输送功率及供电距离的大概范围见表 1-2,供确定企业供电电压时参考。

表 1-1 国家标准额定电压(kV)

电网和用电设备的额定电压			发电机的额定电压		变压器的额定电压			
直流	三相交流		交流	三相交流	交流			
	线电压	相电压		线电压	三相		单相	
					原绕组	副绕组	原绕组	副绕组
0.11			0.115					
—	0.127			(0.133)	(0.127)	(0.133)	(0.127)	(0.133)
0.22	0.22	0.127	0.23	0.23	0.22	(0.23)	0.22	(0.23)
—	0.38	0.22		0.40	0.38	0.40	0.38	
0.44								
	3.0			3.15	3.0,3.15*	3.15,3.3*		
	6.0			6.3	6.0,6.3*	6.3,6.6*		
	10			10.5	10,10.5*	10.5,11*		
	35				35	38.5		
	63				63	66		
	110				110	121		
	154				154	169		
	220				220	242		
	330				330	363		
	500				500	550		

注: ① 本表括号内的数字只用于井下或其他安全要求较高的场所。

② 目前我国煤矿井下电机车使用 0.25 kV 和 0.55 kV 电压,对应的变流所输出电压为 0.275 kV 和 0.6 kV 两种。

③ 露天煤矿工业用电机车,使用的直流电压尚有 0.75 kV、1.5 kV 电压,变流所输出电压为 0.825 kV 和 1.65 kV 两种。

④ 原绕组电压为 3.15 kV、6.3 kV、10.5 kV 的变压器,适用于直接接于发电机出线上;副绕组电压为 3.3 kV、6.6 kV、11 kV 的变压器,适用于供电半径大的场合。

表 1-2

电压等级、输送功率及输送距离的范围

电压等级/kV	输送功率/kW	输送距离/km	电压等级/kV	输送功率/kW	输送距离/km
0.38	100 以下	0.6 以下	10	200~2 000	6~20
0.66	100~150	0.6~1	35	1 000~10 000	20~70
3	100~1 000	1~3	63	3 500~30 000	30~100
6	100~1 200	4~15	110	10 000~50 000	50~150

第二节 矿山供电系统

矿山的供电电源,一般来源于电力系统的区域变电站或发电站。送到矿山后再变、配给矿山的用户,组成矿山的供电系统。

矿山供电电压为 6~110 kV,视矿山井型及所在地区的电力系统的电压而定,一般为 35~110 kV 的双电源供电。经总降压站以高压向车间、井下变电所及高压用电设备等配电,组成煤矿的高压供电系统。各变电所经变压器向低压用电设备配电,组成低压供电系统。

一、工矿企业总变电所

(一) 矿山总变电所位置的确定

矿山总变电所担负着从电力系统接受电能、变换电压和分配电能的任务,它是矿山供电的枢纽。正确确定变电所的位置,对矿山企业供电系统的合理布局及提高供电可靠性、经济性和供电质量都有很重要的关系。因此,变电所的位置应根据矿山负荷的大小、分布特点及内部环境特点等因素进行综合分析,经技术经济比较后确定。一般在确定变电所位置时应遵循以下几项原则:

- (1) 变电所位置应尽量靠近负荷中心,以减少配电线路长度,降低电能损耗和电压损失;
- (2) 进出线要方便,尽量避免线路相互交叉和跨越,架空线路走廊与变电所位置同时确定;
- (3) 交通运输要方便,以利于变压器等大型设备的运输;
- (4) 具有适宜的地质条件,有防止地下水、雨水和洪水浸淹措施;
- (5) 应考虑与邻近设施的相互影响,远离震动大的设备和易燃易爆的场所,应尽量避免污染源,否则应采取防污措施;
- (6) 应与其他工业建筑物保持足够的防火间距;
- (7) 应留有扩建的余地,不妨碍工厂或车间的发展。

对矿井地面变电所,由于矿井地面工业广场已统一考虑了压煤问题以及运输、通讯等设施,所以矿区内一般变电所址选择于地面工业广场的边缘。

(二) 对供电系统接线方式的基本要求

矿山供电系统的接线应保证供电可靠,接线力求简单,操作方便,运行安全灵活,经济合理。

1. 供电可靠性

供电可靠性是指供电系统不间断供电的可靠程度。应根据负荷等级来保证其不同的可

靠性,不可片面强调供电可靠性而造成不应有的浪费。在设计时,不考虑双重事故。

2. 操作方便,运行安全灵活

供电系统的接线应保证工作人员在正常运行和发生事故时,便于操作和检修,以及运行维护安全可靠。为此,应简化接线,减少供电层次和操作程序。

3. 经济合理

接线方式在满足生产要求和保证供电质量的前提下应力求简单,以减少设备投资和运行费用,以及提高供电安全性。提高经济性的有效措施之一就是高压线路尽量深入负荷中心。

4. 具有发展的可能性

接线方式应保证便于将来发展,同时能满足分期建设的需要。

二、供电系统的接线方式

按网络接线布置方式可分为放射式、干线式、环式及两端供电式等接线系统。按其网络接线运行方式可分为开式和闭式网络接线系统。按对负荷供电可靠性的要求可分为无备用和有备用接线系统。在有备用接线系统中,其中一回路发生故障时,其余回路能保证全部供电的称为完全备用系统;如果只能保证对重要负荷供电的,则称为不完全备用系统。备用系统的投入方式可分为手动投入、自动投入和经常投入等几种。

(一) 无备用系统接线

无备用系统接线如图 1-3 所示。

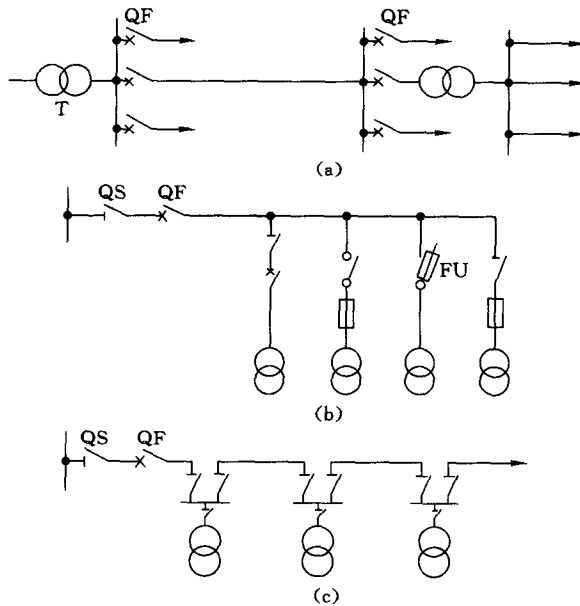


图 1-3 无备用系统接线

(a) 单回路放射式;(b) 直接联接的干线式;(c) 串联型干线式

无备用系统的主要优点是接线简单、运行方便、易于发现故障,缺点是供电可靠性差。所以这种接线主要用于对三级负荷和一部分次要的二级负荷供电。

放射式的主要优点是供电线路独立,线路故障不互相影响,易于实现自动化,停电机会少;继电保护简单,且易于整定,保护动作时间短。缺点是电源出线回路较多,设备和投资也多。

干线式的主要优点是线路总长度较短,造价较低,可节约有色金属;由于最大负荷一般不同时出现,系统中的电压波动和电能损失较小;电源出线回路数少,可节省设备。缺点是前段线路公用,增多了故障停电的可能性。串联型干线式因干线的进出侧均安装隔离开关,当发生事故时,可在找到故障点后,拉开相应的隔离开关继续供电,从而缩小停电范围;干线式接线为了有选择性地切除线路故障,各段需设断路器和继电保护装置,使投资增加,而且保护整定时间增长,延长了故障的存在时间,增加了电气设备故障时的负担。

以上接线方式的优缺点,根据系统具体条件而有所不同。在确定供电系统接线方案时,主要取决于起主导作用的优缺点。

(二) 有备用系统的接线

有备用系统的接线方式有双回路放射式、环式和双回路干线式等几种,如图1-4~图1-6所示。

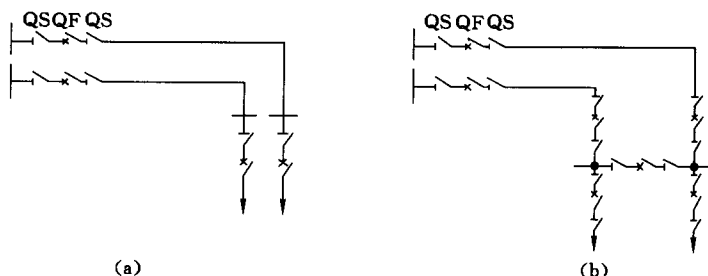


图 1-4 双回路放射式接线
(a) 常规接线; (b) 用断路器分段接线

它们的主要优点是供电可靠性高,正常时供电电压质量好。但是设备多,投资大。

1. 双回路放射式

由于每个用户用双回路供电,故线路总长度长,电源出线回路数和所用开关设备多,投资大,如果负荷不大,常会造成有色金属的浪费。优点是当双回路同时工作时,可减少线路上的功率损失和电压损失。这种接线适用于负荷大或孤立的重要用户,如图1-4(a)所示。

对于容量大且特别重要的用户,可采用图1-4(b)所示的母线用断路器分段接线,从而实现自动切换,以提高供电的可靠性。

2. 环式

环式接线系统所用设备少,各线路途径不同,不易同时发生故障,故可靠性较高且运行灵活;因负荷由两条线路负担,故负荷波动时电压比较稳定。缺点是故障时线路较长,电压损失大(特别是靠近电源附近段故障)。因环式线路的导线截面应按故障情况下能担负环网全部负荷考虑,所以有色金属消耗量增加(图1-5),两个负荷大小相差越悬殊,其消耗就越大。故这种系统适于负荷容量相差不大,所处地理位置离

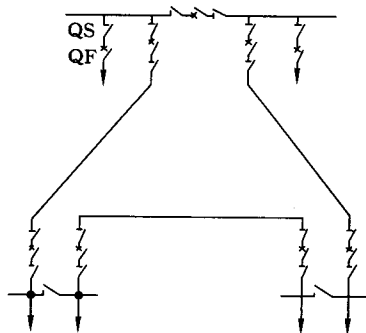


图 1-5 环式接线

电源都较远,而彼此较近及设备较贵的情况。

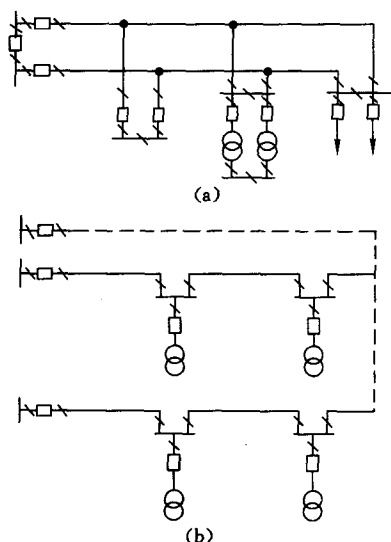


图 1-6 双回路干线式接线
(a) 典型接线;
(b) 公共备用干线式接线

环式接线平常可以开环运行,也可以闭环运行。但闭环运行继电保护较复杂,因此一般采用开环运行方式。开环点选择在什么地方最合理,判断的原则是正常运行时,两路干线所负担的容量尽可能相近,所用导线截面相同,或者将开环点设在较为重要的负荷处,并在开环断路器上配装自动投入装置。

双端供电式网络和环式具有大致相同的特点,比较经济。但必须具有两个以上独立电源且与各负荷点的相对位置合适。

3. 双回路干线式

典型的双回路干线式接线如图 1-6(a)所示。它较双回路放射式线路短,比环式长,所需设备较放射式少,但继电保护较放射式复杂。

应该指出,供电系统的接线方式并不是一成不变的,可根据具体情况在基本类型接线的基础上进行改革演变,以期达到技术经济指标最为合理的目标。图 1-6(b)所示为公共备用干线式接线,即为双回干线式的演变。

在矿山供电系统中的有备用系统接线,一般多采用双回放射式或环式接线。

三、变电所的主接线

变电所主接线包括一次接线、二次母线及配出线的接线。

变电所主接线有多种形式,其方案的确定与电源进线回路、负荷大小和级别、电源的供电距离和主变压器的台数与容量等因素有关。变电所主接线方案的确定,对电气设备的选择、变电所电气设备的布置及变电所运行的可靠性、灵活性、安全性及经济性等均有密切关系。

(一) 一次接线

变电所一次接线是指供电线路与主变压器之间的接线。变电所一次接线分为线路变压器组接线、桥式接线和单母线分段式接线等几种。

1. 线路变压器组接线

当变电所只有一路电源进线和一台变压器时,宜采用线路变压器组接线,如图 1-7 所示。

这种接线结构简单、电气设备少、投资省,但供电可靠性差。适用于只有三类负荷的中、小企业变电所。若能在变压器低压侧取得备用电源,也可对小容量的二类负荷供电。

线路变压器组根据变压器一次侧使用的开关不同,可有三种形式:当供电线路不长,线路

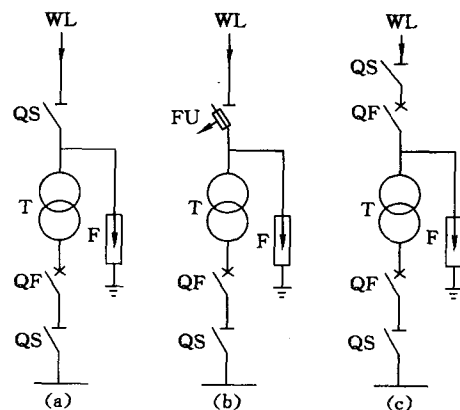


图 1-7 线路变压器组接线

(a) 进线开关为隔离开关; (b) 进线开关为熔断器;
(c) 进线开关为断路器

电源侧保护装置能保护变压器内部和低压侧的短路故障时,可采用隔离开关作为进线开关的主接线方式,此时隔离开关应能切断变压器的空载电流;当系统短路容量较小,熔断器能切除短路故障时,则可采用跌落式熔断器作为进线开关的主接线方式;如果熔断器的断流能力不够,又考虑操作方便时,应采用断路器作为进线开关的主接线方式。

变压器低压侧采用断路器与母线联接。

2. 桥式接线

为了保证供电可靠性,工矿企业总变电所广泛采用有两路电源进线和两台主变压器的桥式接线。根据“桥”的横连位置不同,桥式接线又分为全桥、内桥和外桥三种形式,如图 1-8 所示。

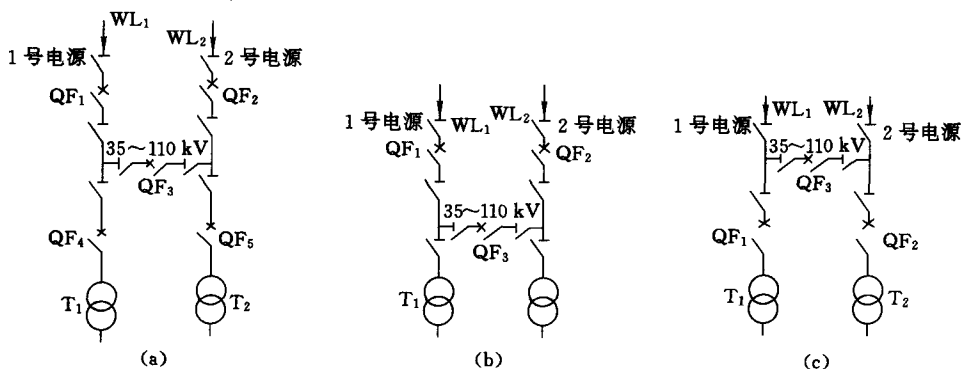


图 1-8 桥式接线

(a) 全桥接线; (b) 内桥接线; (c) 外桥接线

图 1-8(a)所示为全桥接线,其特点是线路侧、变压器侧和母线桥上都装有断路器,故其具有运行灵活、适应性强的优点,不论是切换变压器还是切换线路都可方便地操作,并易发展成分段单母线接线的中间变电所。其缺点是所用设备多,投资大,占地面积大。

图 1-8(b)所示为内桥接线,其特点是在母线与变压器之间只设隔离开关,不设断路器,因而投资与占地面积比全桥少,仍保持切换线路方便的优点。其缺点是切换变压器不方便。因此适用于电源进线长、线路故障可能性大、变压器负荷较平稳且切换次数少的变电所。

图 1-8(c)所示为外桥接线,其特点是电源进线端不设断路器,只设隔离开关。这种接线比内桥还少两个隔离开关,因而具有投资和占地面积更少、切换变压器方便、易过渡到全桥接线的优点。其缺点是切换线路不方便。因此适用于电源线路短、故障与检修机会少、变压器负荷变化大且需经常切换的变电所。

(二) 二次母线

变电所的二次母线是指主变压器低压侧所联接的母线,主要有三种形式,如图 1-9 所示。

单母线接线如图 1-9(a)所示。其优点是接线简单,所用设备少,投资小。缺点是供电可靠性差,一旦母线出现故障或电源进线开关故障检修时,用户全部停电。因此,它只适用于容量小、对供电可靠性要求不高的变电所。

双母线接线如图 1-9(b)所示。变电所每条进出线,通过隔离开关分别接到两条母线上,

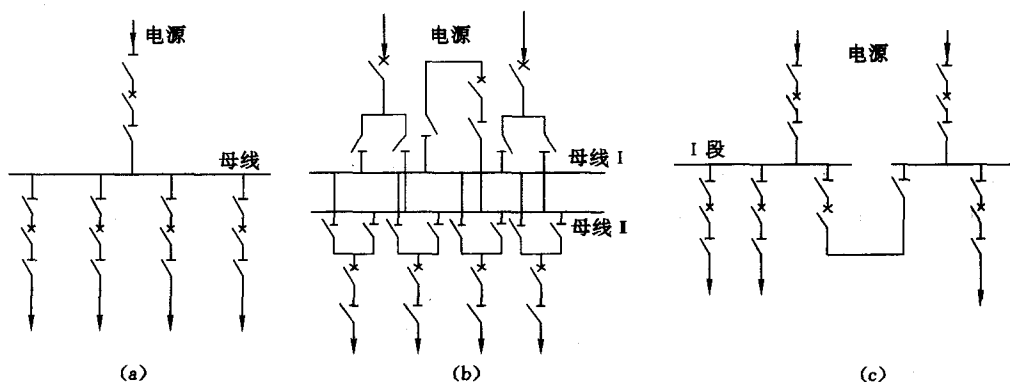


图 1-9 二次母线接线形式

(a) 单母线接线; (b) 双母线接线; (c) 单母线分段式接线

两条母线之间用联络开关联接,互为备用。其优点是供电可靠、灵活。缺点是所用设备多,投资大,接线复杂,操作安全性差。这种接线多用于对供电可靠性要求高的大容量枢纽变电所。

单母线分段式接线如图 1-9(c)所示。电源进线分别接于不同的母线段上。对于变电所的重要负荷,其配出线必须分别接在两段母线上,构成平行双回路或环形供电方式,以防母线故障中断供电。对只有一回电源线路的其他负荷,分散接在两段母线上,并尽量使两段母线负荷分配均匀。这种接线的优点是能保证重要负荷的供电可靠性,与双母线相比所用设备少、经济,系统接线简单,操作安全。适用于出线回路不太多、母线故障可能性较少的变电所。工矿企业 35(63) kV 变电所多采用这种接线方式。

当母线出线回路较多时,应采用断路器作为母线联络开关,这样操作方便,运行灵活;当母线出线回路较少时,用隔离开关作母线联络开关较为经济。

(三) 配出线的接线

配出线是指工矿企业变电所二次母线上引出的 6(10) kV 高压配电线路。下面仅介绍配出线上所用开关种类的确定及其配置情况。

1. 配电开关的种类

对容量较小、不重要的负荷,为了节省投资,可采用负荷开关配合熔断器进行控制和保护;对容量较大或重要的负荷应采用断路器。

2. 隔离开关的布置

为了保证检修线路和断路器时的人身安全,在断路器的电源侧必须装设隔离开关,如图 1-10(a)所示。具有双电源的重要负荷在检修时为了防止发生反送电,在断路器的两侧都需装设隔离开关,如图 1-10(b)所示。

在停、送电操作时,必须严格按照顺序操作,即断路器与隔离开关之间:送电时,先合隔离开关,后合断路器;停电时,先断开断路器,后断开隔离开关。否则,会出现弧光短路。两个隔离开关之间:送电时,先合母线侧隔离开关,后合线路侧隔离开关;停电时,先断开线路

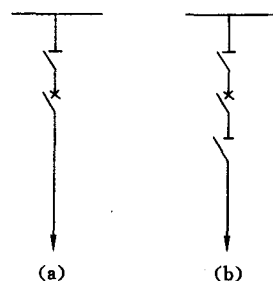


图 1-10 配出线隔离开关布置

(a) 母线侧装设隔离开关;

(b) 断路器两侧均装设隔离开关