

江苏高校品牌专业建设工程资助项目
矿物加工工程“卓越计划”系列教材

选煤厂电气设备与自动化

杨建国 主编

Xuanmeichang Dianqi Shebei Yu Zidonghua



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

“十二五”工程资助项目
“十二五”系列教材

选煤厂电气设备与自动化

主 编 杨建国
副主编 王羽玲 窦东阳
张有东 孙 乾

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书以矿物加工学和电工学为基础,主要介绍了选煤厂电气设备及自动化方面的基本概念、系统构成与工作原理。全书共分为三个部分:第一部分,供配电系统及安全用电知识;第二部分,选煤厂集中启停车控制与保护;第三部分,选煤过程自动化。全书围绕选煤厂工艺设计和选煤生产管理工作的需要介绍了供电和自动化知识,重在系统的构成和仪器仪表的应用,尽量不涉及仪表内部复杂电路。

本书可作为以煤为主的矿物加工工程专业本科卓越工程师教材,也可作为煤炭高职高专院校及选煤厂人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

选煤厂电气设备及自动化 / 杨建国主编. —徐州 :
中国矿业大学出版社, 2018. 9
ISBN 978 - 7 - 5646 - 3959 - 4

I. ①选… II. ①杨… III. ①选煤厂—电气设备
IV. ①TD94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 082431 号

书 名 选煤厂电气设备及自动化
主 编 杨建国
责任编辑 何晓惠 何晓明 褚建萍
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州市今日彩色印刷有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 418 千字
版次印次 2018年9月第1版 2018年9月第1次印刷
定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本书以矿物加工学和电工学为基础,主要介绍选煤厂电气设备及自动化方面的基本概念、系统构成与工作原理。全书共分为三个部分。

第一部分,供配电系统及安全用电知识。介绍选煤厂供电系统构成与结线方式,常用电机的分类与选择,负荷统计与变压器选型,常用供(配)电设备的结构与选择,用电经济和用电安全基础知识。

第二部分,选煤厂集中启停车控制与保护。介绍选煤厂常用低压控制电器的结构与用途,从单电机启停控制,到继电器-接触器控制回路,再到全厂计算机集中控制,循序渐进,介绍选煤厂设备启停车控制系统的基本构成和工作原理。

第三部分,选煤过程自动化。介绍选煤厂主要参数检测方法和检测仪表,过程参数控制系统基本构成及品质指标,选煤厂典型工艺过程参数控制系统。

全书围绕选煤厂工艺设计和选煤生产管理工作的需要介绍供电和自动化知识,重点在于系统的构成和仪器仪表的应用,尽量不涉及仪表内部复杂电路。适用于以煤为主的矿物加工工程专业本科卓越工程师教材,也可作为煤炭高职高专院校以及选煤厂人员培训教材。

本书根据陈纯等编写的《选煤厂电气设备与自动化》以及中国矿业大学杨建国的课程教案形成初稿。第二、三、四章由华北科技学院张有东编写,第八章由永城煤电孙乾编写,第十章由中国矿业大学王羽玲编写,第十一章由中国矿业大学窦东阳编写,其余各章由杨建国编写。全书由杨建国负责统稿。

由于编者水平有限,书中不妥和错误之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2017年12月

目 录

第一章 概述	1
第一节 选煤生产的特点	1
第二节 选煤厂对供电系统的要求	1
复习思考题	5
第二章 选煤厂供电系统	6
第一节 电力系统基本知识	6
第二节 电力系统的额定电压	9
第三节 供电系统的接线方式	12
第四节 选煤厂典型供配电系统及变电所位置选择	16
复习思考题	19
第三章 电动机的分类与选择	21
第一节 电动机的种类、工作原理及结构	21
第二节 电动机的发热与冷却	30
第三节 电动机的工作制	33
第四节 电动机的选择和容量计算	35
复习思考题	48
第四章 负荷统计与变压器选择	50
第一节 负荷曲线与负荷统计	50
第二节 功率因数与功率因数补偿	60
第三节 变压器的分类与选择	69
复习思考题	73
第五章 供配电设备	75
第一节 开关电弧及其熄灭	75
第二节 高压电器	79
第三节 低压配电电器	91
第四节 母线、电缆与导线	97
第五节 电气设备选择的一般原则	101
复习思考题	103

第六章 电气安全与防雷接地	105
第一节 触电及其预防.....	105
第二节 过电压与防雷.....	110
第三节 电气设备的接地与接零.....	114
复习思考题.....	120
第七章 低压控制电器	121
第一节 交流接触器.....	121
第二节 主令电器.....	125
第三节 继电器.....	129
第四节 显示报警器.....	132
复习思考题.....	132
第八章 单机控制与电气保护	134
第一节 电气图的分类与绘制.....	134
第二节 三相鼠笼式异步电机的基本控制.....	144
第三节 异步交流电动机的调速.....	157
第四节 选煤厂设备的电气保护.....	161
复习思考题.....	170
第九章 选煤厂继电器-接触器式集中控制	172
第一节 概述.....	172
第二节 继电器-接触器集中控制基础	172
第三节 选煤厂启停车信号与信号电路.....	175
第四节 选煤厂继电器逻辑控制回路.....	177
第五节 选煤厂接触器回路.....	180
复习思考题.....	180
第十章 选煤厂计算机集中控制	182
第一节 计算机硬件基础.....	182
第二节 计算机输入/输出(I/O)组件	189
第三节 计算机控制系统的组态与编程.....	192
第四节 选煤厂典型过程 PLC 控制设计	198
复习思考题.....	202
第十一章 选煤过程参数测试技术	204
第一节 参数检测基本概念.....	204
第二节 压力测量.....	206
第三节 流量测量.....	214

第四节	物位测量	221
第五节	质量测量	225
第六节	水分测量	229
第七节	密度测量	230
第八节	煤的灰分在线测量	233
第九节	矿浆磁性物含量测量	234
第十节	温度检测	235
	复习思考题	237
第十二章	选煤厂过程参数控制	238
第一节	过程控制基本概念	238
第二节	电动组合控制系统(DDZ控制)	244
第三节	常用选煤过程控制系统举例	249
	复习思考题	257
	参考文献	258

第一章 概 述

第一节 选煤生产的特点

煤炭是世界上储量最多、分布最广的常规能源,也是最廉价的能源。在探明的化石燃料储量中,煤炭占 94%,石油占 2%,天然气占 4%。中国是世界上最大的煤炭生产和消费国,也是世界上少数几个以煤为主要能源的国家之一。截止到 2014 年年初,煤炭为我国提供大约 76%的发电能源、75%的工业燃料和动力、80%的民用燃料以及 70%的化工原料。在今后 30~50 年内,中国以煤炭为主的能源结构不会发生显著变化。

煤炭是一种不纯净的资源,对其进行精选加工是提高煤炭利用效率、降低污染的有效途径。

选煤厂是煤矿生产中机械化程度比较高的企业,作为电力用户具有下列特点。

(1) 选煤生产连续性强

从原煤进厂、破碎、筛分开始,至精煤等各种产品出厂装运为止,都是紧密地一环扣一环,任何一个环节停顿,都会造成局部系统或全厂停产。同时,作为大宗散粒物料的分选,其流态化的分选场构建需要一个过程,每次停顿都会导致部分物料未经有效分选直接进入产品中。

(2) 用电设备相对集中

生产机械往往集中在原煤准备、重选、浮选、浓缩等几个车间,多数生产机械都安装在一两个厂房中,厂区范围有限,因此,供电和控制都比较方便。

(3) 选煤厂是煤矿的主要盈利单位之一

矿井型选煤厂往往还制约着整个矿井生产的连续性。尽管选煤厂的停电不会像矿井停电那样可能导致人身伤害和设备损坏,但选煤厂运行正常与否,往往对煤炭企业整体经济效益有着直接的影响。

(4) 选煤过程便于实现操作控制自动化

选煤生产过程通常包括筛分、重选、浮选、脱水等环节,设备之间的制约关系明显,选煤设备易于实现自动启停控制。选煤厂物位、压力、流量等主要工艺参数能方便地实现自动测控。

第二节 选煤厂对供电系统的要求

电力用户对电源及供配电系统的要求主要表现为供电可靠性、电能质量、供电安全性、供电系统的灵活性和经济性等几个方面。

一、供电可靠性

供电可靠性是指工矿企业供电的不间断性。

为了适应不同负荷的要求,合理选择供电方案,我国将电力负荷按其对供电可靠性的要求及中断供电在政治上、经济上造成的损失或影响的程度划分为三级。

1. 一级负荷

一级负荷是指突然中断供电将造成人身伤亡或造成重大设备损坏且难以修复,或给国民经济带来极大损失的用电负荷,也称为特别重要负荷。

国家重大庆典、奥运会等国际重大赛事一旦中途停电往往会造成秩序的混乱,产生重大政治影响;有些系统突然停电会造成重大设备损坏,国民经济中重点企业的连续性生产过程被打乱,需要长时间恢复,如钢铁厂的电炉停电会使钢水凝固在炉中;有些系统一旦中断供电,将发生中毒、爆炸和火灾等情况,如煤矿主通风机的停电可能导致瓦斯爆炸,井下主排水的长时间停电会造成矿井被淹,医院停电可能导致病人死亡等。

一级负荷绝对不允许停电,因此必须保证有两个独立的电源供电。

当采用两个电源向工厂供电时,如果任一电源因故障而停止供电,另一电源不受影响,能继续供电,那么这两个电源的每一个都称为独立电源。凡同时具备下列两个条件的发电厂、变电站的不同母线均属独立电源:

(1) 每段母线的电源来自不同的发电机;

(2) 母线段之间无联系,或虽有联系,但当其中一段母线发生故障时,能自动断开联系,不影响其余母线段继续供电。

特别重要的一级负荷通常又叫作保安负荷。对保安负荷必须备有应急使用的可靠电源,以便当工作电源突然中断时,保证工厂安全停产。这种为安全停产而应急使用的电源称为保安电源。例如,为保证核电站燃料棒冷却用循环水泵的可靠运行,就必须备有保安电源。日本福岛核事故就是源于故障情况下未能启动保安电源。

保安电源取自工厂自备发电厂或其他总降压变电所,它实际上也是一个独立电源点。保安负荷的大小和工厂的规模、工艺设备的类型以及车间电力装备的组成和性质有关。在进行此类工程供电设计时,必须考虑保安电源的取得方案和措施。

2. 二级负荷

二级负荷指突然停电会造成产量显著下降,或产生大量废品,或使企业内运输停顿等,在经济上造成较大损失的电力负荷。如大型矿井提煤设备、露天矿和采区变电所等。

二级负荷只允许短时停电,应由两回线路供电,且应来自上一级变电所的不同变压器或母线段。当采用双回路电源供电有困难时,允许采用单回路专用架空线路(6 kV及以上)供电。

3. 三级负荷

凡是不属于一级和二级负荷的电能用户均属于三级负荷。

对一些非连续性生产的中小型企业,停电仅影响产量或造成少量产品报废,这类企业就属于三级负荷。此外,学校、民间团体办公设施、商业企业、一般民用建筑的用电负荷等也均属三级负荷。

三级负荷对供电电源没有特殊要求,一般由单回电力线路供电。

在一、二级负荷点的比例较大(占60%~80%)的工厂中,短时停电造成的经济损失一般也都很可观。掌握了工厂的负荷分级及其对供电可靠性的要求后,在设计新建或改造工厂的供电系统时可以按照实际情况进行方案的拟订和分析比较,使确定的供电方案在技术、

经济上最合理。

作为煤炭企业的主要盈利单位,选煤厂属于二级负荷。选煤厂供电的不间断主要是为了保证选煤任务计划的完成。影响系统运行时间的原因很多,如生产机械损坏,原煤不足,而停电或电源方面出故障也是原因之一。为了避免停电影响生产,《选煤厂设计规范》规定,大型选煤厂应采用双回路供电或双电源供电。

二、电能质量

电能质量是指电源电压 U 、电源频率 f 及电压波形的稳定性。

在交流电网中,异步电机的转矩 M 与电源电压 U 的平方成正比,转速 n 与电源频率 f 成正比。即:

$$M \propto U^2$$

$$n \propto f$$

可见,当电源电压 U 和电源频率 f 波动时,对电机转矩 M 和转速 n 影响较大,直接影响到相关设备的正常运行,严重时使生产机械无法正常工作。因此,要求供电电源的电压 U 和频率 f 稳定。

1. 电源电压

理想的供电电压应该是幅值恒为额定值的三相对称正弦电压。由于供电系统存在阻抗、用电负荷的变化和用电负荷的性质(如冲击性负荷、非线性负荷)等因素,用电设备在工作过程中的电压接入值与额定电压总有一定的差值,两者之差称为电压偏移。按其变化率的快慢分为电压偏差和电压波动。

(1) 电压偏差

供电系统总负荷或部分负荷的正常改变导致供电电压偏离额定电压的缓慢变动,通常称为电压偏差,以电压实际值与额定值之差或其百分比值来表示,即:

$$\Delta V = U - U_N$$

$$\text{或} \quad \Delta V \% = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100 \%$$

式中 U ——检测点电压实际值, V;

U_N ——检测点电网电压额定值, V。

电网的电压偏差过大时,不仅影响电力系统的正常运行,而且对用电设备的危害很大。过高和过低电压都会导致电动机烧毁。

在交流电网中,异步电机的转矩 M 正比于电源电压 U 的平方,即:

$$M \propto U^2$$

当电压降低时,转矩急剧减小,以致转差增大,从而使定子、转子电流都显著增大,引起温升增加,绝缘迅速老化,甚至烧毁电动机。

例如,当电压降低 20% 时,转矩将降低到额定值的 64%,在负荷一定的情况下,电流增加 30%~35%,温度升高 12%~15%。同时,转矩减小,使电动机转速降低,甚至停转,导致工厂物料转运关系混乱,产品质量显著下降,甚至导致重大事故。

电压过高则有可能导致线圈绝缘击穿。我国目前规定的电压允许变化值为标称值的 $\pm 5\%$ 。相关电气设备的电压允许值:35 kV 及以上电压供电用户为 $\pm 5\%$;10 kV 及以下三相供电用户为 $\pm 7\%$;低压 220 V 单相供电用户为 $-10\% \sim 7\%$ 。

(2) 电压波动

在某一时段内,电压急剧变化而偏离额定值的现象称为电压波动。电压波动是衡量电压稳定程度的指标。电压波动的程度以电压在急剧变化的过程中相继出现的电压最大值与最小值之差或其百分比值来表示,即:

$$\Delta V = U_{\max} - U_{\min}$$

或
$$\Delta V \% = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_N} \times 100 \%$$

所谓急剧变化,就是电压变化的速率大于 $1\% \text{s}^{-1}$ 。

严重的电压波动将造成许多电气设备不能正常工作,所以也必须规定容许范围。《电能质量 电压波动和闪变》(GB/T 12326—2008)规定,公共供电电压波动允许值:10 kV 及以下电压为 2.5%;35~110 kV 电压为 2%;220 kV 及以上电压为 1.6%。

2. 电源频率

我国工业标准电流频率为 50 Hz,有些工业企业有时采用较高的频率,以提高生产效率。如汽车制造或其他大型流水作业的装配车间采用频率为 175~180 Hz 的高频工具,某些机床采用频率为 400 Hz 的电动机以提高切削速度。

一般用频率偏差来评估电源频率的稳定性。以系统实际频率与标称频率之差或其百分比来表示,即:

$$\Delta f = f - f_N$$

或
$$\Delta f \% = \frac{f - f_N}{f_N} \times 100 \%$$

运行频率偏差会对电力系统及其设备会带来一系列危害,对交流电机而言,其转速 n 正比于电源频率 f ,即:

$$n \propto f$$

如频率降至 48 Hz 时,电动机转速降低 4%。

电源频率变化的影响或危害取决于偏离值的大小和持续时间。一般来说,频率偏离值 Δf 在 ± 0.5 Hz 之内,设备的效率降低,损耗增加。若频率偏离值 Δf 超过 ± 0.5 Hz,则会危及设备的安全,轻则引起不可逆转的累积性损伤,重则立即损坏设备,导致系统瓦解,甚至崩溃。

因此,各国对频率偏差都有严格规定。《标准频率》(GB/T 1980—1996)规定:设备的额定频率允许偏差为 $\pm 1\%$ (± 0.2 Hz)。这种允许偏差值还与电力系统规模有关,具体规定为:300 万 kW 及以上的系统允许偏差不得超过 ± 0.2 Hz,系统电钟在任何时间的偏差不应超过 ± 30 s;300 万 kW 及以下的系统允许偏差不得超过 ± 0.5 Hz,系统电钟在任何时间的偏差不应超过 ± 1 min。根据频率的质量指标,要求同一电力系统在任何一瞬间的频率值必须保持一致。

在系统稳态运行情况下,频率值决定于发电机组的转速。因此,频率指标由电力部门来保证,不受电力用户的影响。对于使用自备电厂的选煤厂,应适当注意频率波动的影响。

3. 电压正弦波及其畸变

在理想情况下,电网电压波形应是完整的正弦波,但由于电力系统中存在大量非线性电抗特性的电气设备,而使得实际的电压波形偏离了正弦波,这种现象称为正弦波畸变,用电压正弦波畸变率来衡量,也称为电压谐波畸变率。以各次谐波的均方根与基波电压有效值

之比的百分值来表示,即:

$$DFU = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (U_n)^2}}{U_1} \times 100\%$$

当电源波形不是标准的正弦波形时,必然包含着多种高次谐波分量,谐波电流增加了电网的能量损耗,降低了旋转电机、变压器、电线等电气元件的寿命,还将影响电子设备的正常工作,使自动化、运动、通信都受到干扰。例如,由于谐波电流放大或谐振过电压而烧坏变电所中无功补偿电容器的事故时有发生。

为确保电力系统供电电压(或电流)的波形为正弦波,首先要求发电机发出符合标准的正弦波电压;其次,在电能变换、输送和分配过程中不应使波形发生畸变,如当变压器或电抗器铁芯饱和时,都可能导致波形畸变。此外,还应注意消除电力系统中由于具有非线性特性的用电设备产生的谐波,如整流装置(包括交-直-交变频调速)、电焊和电弧炉等产生的谐波电流。

为了严格地保证波形的质量指标,在发电机、变压器等的设计、制造时都已经考虑并采取了相应的措施。因此,主要的谐波来自于电力负荷。为了限制谐波电压分量,首先应限制各个非线性负荷所产生的谐波电流,其次是采取一些抑制谐波的措施。但要求限制电力系统谐波绝对为零也是不合理的,这会造成很大的投资负担。

除了上述三个电能质量指标外,对于三相系统来说,三相电压与电流的不对称也影响电能质量。这种不对称运行对发电设备、用电设备、自动控制及保护系统、通信信号等都会产生不良影响。低压供电系统发生三相不对称会造成中性点偏移,甚至危及人身及设备安全。

三、供电安全性

供电安全既包括人员的安全,也包括供电系统及其拖动机械的设备安全;既包括正常情况下的安全工作,也包括事故状态下的处理机制。为了避免事故,保证生产的顺利进行,选煤厂供电系统应力求简单、可靠、检修方便,并尽可能采用防触电、过负荷及过电流保护等一系列技术措施和相应的管理制度,以保证供电安全。

四、供电系统的灵活性和经济性

除满足供电的高质量、可靠性和安全性要求以外,选煤厂供电系统应力求系统简单、运行灵活、操作方便、建设投资和年运行维护费用低等要求。

保证供电系统的灵活性,往往意味着更多的开关、更长更复杂的线路、更久的建设周期,以及更高的折旧和维修费用,这与提高系统的经济性是相矛盾的。在实际设计和建设中要注意两者的权衡。

复习思考题

1. 试述选煤生产的意义。
2. 作为电力用户,选煤厂有哪些特点?
3. 选煤厂对供电系统有哪几方面的要求?
4. 什么是供电的可靠性?我国将电力负荷按其对供电可靠性分为哪几级?选煤厂属于几级用户?
5. 电能质量包括哪些指标?

第二章 选煤厂供电系统

第一节 电力系统基本知识

一、电力系统

人们通常把发电厂—变电站(所)—输电线路—负载组成的整体称为电力系统。图 2-1 所示为电力系统构成。图 2-2 为电力系统示意图。

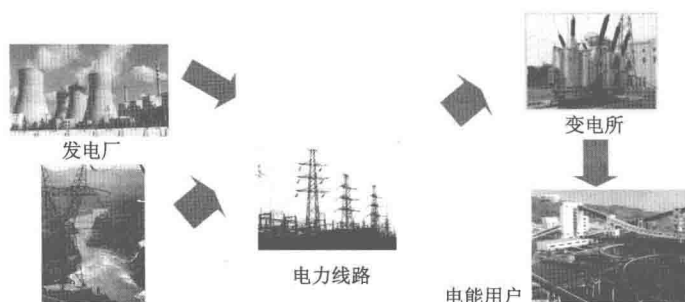


图 2-1 电力系统构成

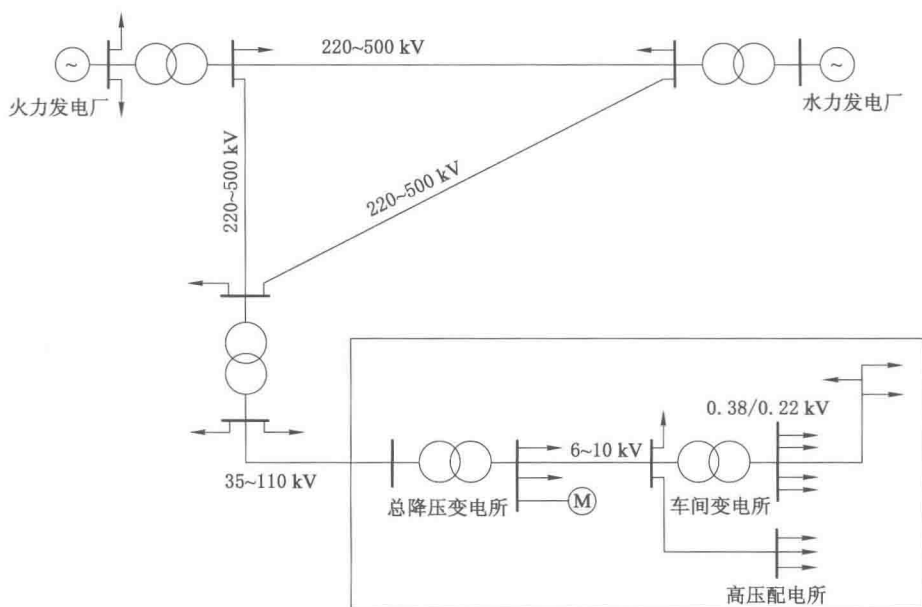


图 2-2 电力系统示意图

由于交流电网在正常情况下三相是对称的,为了简化图纸,通常以单线代表三相系统。因此,图 2-2 也称为电力系统单线示意图。图中为了突出不同电压等级的系统间的关系,简化了次要部分,没有画出开关设备,只表示出发电、变电设备,输电线路(用细实线表示)与母线(用粗实线表示)。电力系统图只表明各级电压之间的彼此联系,不按实际尺寸比例绘制。例如,变电所中母线长度不过十余米,输电线路长度可达数千米,但在图上所表示出的尺寸相差并不悬殊。

1. 变电所、配电所

变电所也称变电站,其功能是接受电能、变换电压和分配电能。变电所主要由变压器、母线及开关设备等组成。根据性质和作用的不同,它可以分为升压变电所、枢纽变电所、区域变电所、用户变电站(所)及车间变电所等几类。

升压变电所多设在发电厂内,集中各发电机的电能,并将电能转换为高电压以便远距离传送。

枢纽变电所位于电力系统的枢纽点,电压等级一般为 330 kV 及以上,联系多个电源,出线回路多,变电容量大;全站停电后将造成大面积停电或系统瓦解,枢纽变电所对电力系统运行的稳定和可靠性起到重要作用。

区域变电所(也称一级变电所)的作用是进行输电电压的变换,同时指挥、调度和监视某一大片区域的电力运行,进行必要的保护,并能有效地控制事故的蔓延,以确保整个区域电网运行稳定和安全。在电力网最高电压的变电所中,除少数地区为枢纽变电所外,其余均为区域变电所。

较大的电力用户都设有用户变电所。大型用电单位,如大型选煤厂,还设有单位总变电所和若干个车间变电所,用来进行配电电压的变换和内部电能的分配。

电力用户往往还设有多个配电所。配电所的功能是接受和分配电能,但不改变电压。

2. 电力线路与电网

发电厂生产的电能除了满足内部用电和直接分配给附近电力用户外,大部分需要经过升压变电站(所)转换成高压电能后再进行远距离输送。电力线路将发电厂、变电所和电能用户连接起来,完成输电和配电的任务。

电力系统中,各级变电站(所)和连接其间的输电线路称为电力网或电网。习惯上,电网或系统往往以电压等级来区分,如 10 kV 电网或 10 kV 系统。这里所指的电网或系统,实际上指某一电压等级的相互联系的整个电力线路。

电网可以分为输电电网和配电网两类。输电电网承担电能的远距离输送任务,我国输电电网电压通常在 220~500 kV。

配电是指对电能的分配,包括电力系统对电能用户的电能分配和各用户内部对用电设备进行的电能分配两种。配电线路上的电压称为配电电压。配电电压的高低通常取决于用户的分布、用电性质、负荷密度和特殊要求等情况。

配电网根据电压的不同又分为高压配电网(110 kV),中压配电网(35~6 kV),以及低压配电网(380/220 V)。

二、用户供配电系统

用户供配电系统由用户变电所、输电线路、开关柜、电动机构成,也称电力拖动系统。

用户供配电系统通常由总降压变电所(也称厂变电所)、配电线路、车间变电所、配电室

和用电设备等几个部分组成。

图 2-3 是双电源用户供配电系统结构。

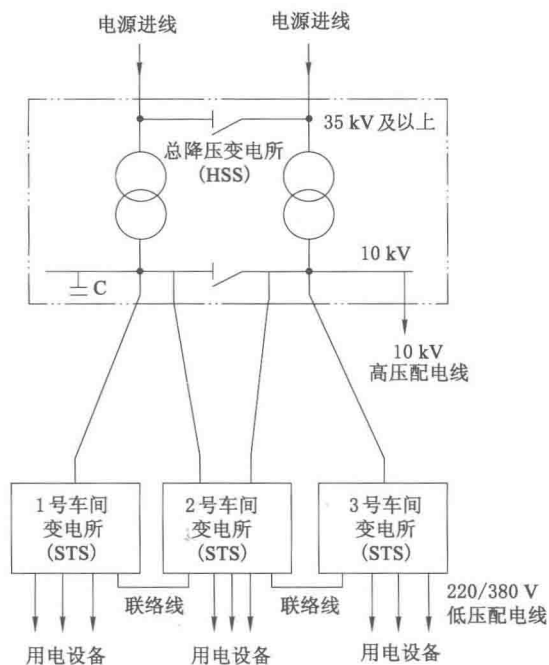


图 2-3 双电源用户配电系统结构

工厂总降压变电所(HSS),是企业内部输送电能的中心枢纽。大型选煤厂作为二级用户,为了保证供电的可靠性,大多设置两台变压器,将 35 kV 电源电压降为 10(6) kV,分配给各车间变电所。

在大型企业,10(6) kV 变电所通常设在车间一级,称为车间变电所(STS)。选煤厂车间变电所通常由高压配电室、变压器室、低压配电室三部分组成。高压配电室接收工厂降压变压器提供的电能,分配给车间变压器和车间内的各高压设备;低压配电室将 220/380 V 分配给车间各用电设备。

车间变电所的供电范围通常在 500 m 以内。几个相邻且用电量都不大的车间,可以共同设立一个车间变电所。车间变电所的位置可以选择在这几个车间的负荷中心附近,也可以选择在其中用电量最大的车间内。

车间变电所一般设一到两台变压器,单台变压器的容量通常为 1 000 kV·A 及以下,最大不宜超过 2 000 kV·A。

车间变电所的种类很多,按变压器所处的位置来划分有下列几种类型:

(1) 户外变电所——变压器安装于户外露天地面上,不需要建设房屋,通风良好,造价低。采用钢架结构的“装配式”选煤厂,常采用户外变电所。为确保安全,选煤厂户外设置的变压器通常在其周围设置围墙或高大护栏进行防护。

(2) 附近变电所——利用车间的一面或几面墙壁,在车间墙内或墙外设置的变电所。附设在车间墙内的变电所称为内附式;附设在车间墙外的变电所称为外附式。附设变电所

大门向车间外开。变电所不占车间生产面积或是只占车间边角的一部分,不妨碍生产流程变动时调整设备布局。这种变电所具有与户外变电所类似的不受车间振动及水汽影响、进出线方便、供电可靠性高等特点,但造价比户外变电所略高。它在选煤厂设计中得到了广泛的应用。

(3) 车间内变电所——对于设备布局稳定、负荷大且集中的大型车间(如选煤厂主厂房),变电所设置在车间内,门向车间内开,由车间进入变电所。这种变电所突出的优点是接近负荷中心,可以节省大量的有色金属,减少功率损耗,保证电压稳定;缺点是需要较复杂的防尘、抗震措施,更换变压器也很困难。目前国内仅少数选煤厂采用,如兖矿集团兴隆庄选煤厂。

(4) 独立变电所——变压器及所属配电室设置在离车间有一定距离的单独建筑物内。例如,大型选煤厂的厂区运输与照明系统,有时就利用皮带走廊下等位置,设置独立变电所供电。

中小型工厂全厂仅设一个6~10 kV变电所,通过一个或多个低压配电室直接给设备供电。

第二节 电力系统的额定电压

一、额定电压

额定电压通常是指电气设备(电动机、发电机、变压器等)能够正常运行,且具有最佳经济效果时的电压。在设计时,应选择最合适的额定电压等级。

火电和水电发电机输出的额定电压多为6~20 kV,经升压变压器升至220~500 kV的超高压,由输电网络送到远离发电厂的城市和工业集中地区。在城市近郊或工业区的负荷中心,建立区域变电站(所),将220~500 kV的超高压降为35~110 kV,分送至附近各工矿企业变电站(所);最后由企业变电所进行内部变压和电能分配。

为了使电气设备实现标准化和系列化,参照IEC标准并结合我国国民经济发展的需要,颁布了《标准电压》(GB/T 156—2017)。表2-1列出了各电压等级标准。

表 2-1

电力系统额定电压等级

单位:kV

类型	电网和用电设备的 额定电压	供电设备的 额定电压	变压器的额定电压	
			原绕组	副绕组
直 流	0.11	0.115		
	0.22	0.23		
	0.25	0.275		
	0.44	0.46		
	0.55	0.6		
	0.75	0.825		
	1.5	1.65		

续表 2-1

类型	电网和用电设备的 额定电压	供电设备的 额定电压	变压器的额定电压	
			原绕组	副绕组
交 流	(0.127)	(0.133)	(0.127)	(0.133)
	0.22	0.23	0.22	0.23
	0.38	0.40	0.38	0.40
	(0.66)	(0.693)	(0.66)	(0.693)
	(1.14)	(1.2)	(1.14)	(1.2)
	3	3.15	3.3, 15	3.15, 3.3
	(3.3)	(3.4)	(3.3)	(3.4)
	6	6.3	6, 6.3	6.3, 6.6
	10	10.5	10, 10.5	10.5, 11
		13.8*	13.8	
		17.5*	17.5	
		18*	18	
		20*	20	
		35	35	38.5
		110	110	121
		220	220	242
	330	330	363	
	500	500	550	

注: 1. 直流 0.25 kV、0.55 kV、0.75 kV、1.5 kV 电压用于矿山牵引电网。其中, 0.75 kV、1.5 kV 只用于露天矿牵引电网。

2. 括号内的交流电压值只用于矿井井下。

3. 带“*”号电压值只用于发电机。

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、5.6 kV、11 kV 的变压器, 适用于供电半径大的场合。

电力系统的额定电压等级中, 220 kV、330 kV、500 kV、750 kV 多用于大型电力系统的骨干电力网远距离输送电能; 110 kV 既用于中小型电力系统的基础电力网, 也用于大型电力系统的二次网络; 35 kV 用于中小城市或大型工业企业内部电力网; 10 kV 则是常用的配电压, 当用电负荷中高压电动机的比重较大时, 也可以考虑采用 6 kV 配电方案。

1. 电网的额定电压

由于线路在运行时有电压损失, 一般电力线路的首末两端电压有所不同。把首末两端电压的平均值作为电网的额定电压。我国规定, 用电设备允许电压偏移 $\pm 5\%$, 沿线的电压总压降为 10% , 如图 2-4 所示, 也就是说, 要求线路始端电压为额定值的 105% , 以保证其末端电压不低于额定值的 95% 。

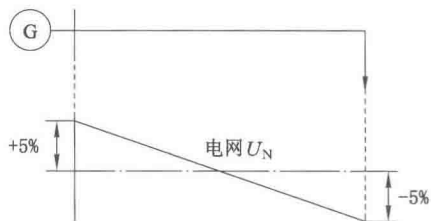


图 2-4 输电线路上的电压变化