

SHIYOUHUAGONG ZHIYEJINENG PEIXUN JIAOCAI

石油化工职业技能培训教材



运行电工

中国石油化工集团公司人事部 编
中国石油天然气集团公司人事服务中心

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油化工职业技能培训教材

运行电工

中国石油化工集团公司人事部
中国石油天然气集团公司人事服务中心 编

中国石化出版社

内 容 提 要

《运行电工》是《石油化工职业技能培训教材》系列之一,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》中对该工种初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个级别的专业理论知识和操作技能的要求。主要内容包括电力系统及变配电所主接线基础知识、变电运行调度管理及其运行操作、变配电所设备巡视检查、电气主设备运行与维护、变电所交直流系统、变配电所事故处理、电气二次回路识读与测绘、防雷接地等。

本书是运行电工进行职业技能培训的必备教材,也是专业技术人员必备的参考书。

工 电 行 运

图书在版编目(CIP)数据

运行电工/中国石油化工集团公司人事部,中国石油
天然气集团公司人事服务中心编. —北京:中国石化出版社,2007
石油化工职业技能培训教材
ISBN 978-7-80229-457-8

I. 运… II. ①中…②中… III. IV.

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 168085 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

金圣才文化发展(北京)有限公司排版

北京宏伟双华印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 464 千字

2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

定价:38.00 元

《石油化工职业技能培训教材》

开发工作领导小组

组 长：周 原

副组长：王天普

成 员：(按姓氏笔画顺序)

于洪涛	王子康	王玉霖	王妙云	王者顺	王 彪
付 建	向守源	孙伟君	何敏君	余小余	冷胜军
吴 耘	张 凯	张继田	李 刚	杨继钢	邹建华
陆伟群	周赢冠	苟连杰	赵日峰	唐成建	钱衡格
蒋 凡					

编审专家组

(按姓氏笔画顺序)

王 强	史瑞生	孙宝慈	李兆斌	李志英	岑奇顺
杨 徐	郑世桂	姜殿虹	唐 杰	黎宗坚	

编审委员会

主 任：王者顺

副主任：向守源 周志明

成 员：(按姓氏笔画顺序)

王力健	王凤维	叶方军	任 伟	刘文玉	刘忠华
刘保书	刘瑞善	朱长根	朱家成	江毅平	许 坚
余立辉	吴 云	张云燕	张月娥	张全胜	肖铁岩
陆正伟	罗锡庆	倪春志	贾铁成	高 原	崔 昶
曹宗祥	职丽枫	黄义贤	彭干明	谢 东	谢学民
韩 伟	雷建忠	谭忠阁	潘 慧	穆晓秋	

前言

为了进一步加强石油化工行业技能人才队伍建设,满足职业技能培训和鉴定的需要,中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心联合组织编写了《石油化工职业技能培训教材》。本套教材的编写依照劳动和社会保障部制定的石油化工生产人员《国家职业标准》及中国石油化工集团公司人事部编制的《石油化工职业技能培训考核大纲》,坚持以职业活动为导向,以职业技能为核心,以“实用、管用、够用”为编写原则,结合石油化工行业生产实际,以适应技术进步、技术创新、新工艺、新设备、新材料、新方法等要求,突出实用性、先进性、通用性,力求为石油化工行业生产人员职业技能培训提供一套高质量的教材。

根据国家职业分类和石油化工行业各工种的特点,本套教材采用共性知识集中编写,各工种特有知识单独分册编写的模式。全套教材共分为三个层次,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》各职业(工种)对初级、中级、高级、技师和高级技师各级别的要求。

第一层次《石油化工通用知识》为石油化工行业通用基础知识,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各职业(工种)共性知识的要求。主要内容包括:职业道德,相关法律法规知识,安全生产与环境保护,生产管理,质量管理,生产记录、公文和技术文件,制图与识图,计算机基础,职业培训与职业技能鉴定等方面的基本知识。

第二层次为专业基础知识,分为《炼油基础知识》和《化工化纤基础知识》两册。其中《炼油基础知识》涵盖燃料油生产工、润滑油(脂)生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识;《化工化纤基础知识》涵盖脂肪烃生产工、烃类衍生物生产工等职业(工种)的专业基础及相关知识。

第三层次为各工种专业理论知识和操作技能,涵盖石油化工生产人员《国家职业标准》对各工种操作技能和相关知识的要求,包括工艺原理、工艺操作、设备使用与维护、事故判断与处理等内容。

《运行电工》包含第二、三层次的内容。它以提高运行电工的技能操作能力

为出发点,内容包括变电所日常运行与维护、电气事故分析、判断及处理、继电保护二次图纸识读等。并通过技能训练实例,由浅入深,由易到难,涵盖中国石油化工行业《运行电工》初级工、中级工、高级工、技师、高级技师五个级别的操作技能训练项目。该教材通俗易懂,形象直观,易于操作,适用于本职业本工种各个等级的培训考核。

《运行电工》教材由天津石化负责组织编写,扬子石化参与编写。主编吕英(天津石化),参加编写的人员有商锡瑞(天津石化)、朱建刚(天津石化)、苏存梅(天津石化)、沈坚(天津石化)。本教材已经中国石油化工集团公司人事部、中国石油天然气集团公司人事服务中心组织的职业技能培训教材审定委员会审定通过。主审陈英涛,参加审定的人员有单正阜、任红军、王辛夷。审定工作得到了扬子石化的大力支持;中国石化出版社对教材的编写和出版工作给予了通力协作和配合,在此一并表示感谢。

由于石油化工职业技能培训教材涵盖的职业(工种)较多,同工种不同企业的生产装置之间也存在着差别,编写难度较大,加之编写时间紧迫,不足之处在所难免,敬请各使用单位及个人对教材提出宝贵意见和建议,以便教材修订时补充更正。

目 录

第1章 电力系统及变配电所主接线

1.1 电力系统	(1)
1.1.1 电力系统与电力网	(1)
1.1.2 电网供电的各个环节	(1)
1.1.3 供电质量指标与规定	(3)
1.2 电气主接线形式	(4)
1.2.1 电气主接线	(4)
1.2.2 主接线的基本接线形式	(5)
1.3 电力系统运行方式	(11)

第2章 变电运行调度管理及其运行操作

2.1 变电运行调度管理	(13)
2.1.1 电网频率、电压、谐波的管理	(13)
2.1.2 变电所设备检修及投运管理	(15)
2.1.3 倒闸操作管理	(17)
2.1.4 继电保护与自动装置的投切、更改整定	(17)
2.1.5 事故处理管理	(18)
2.2 变电所一次系统的防误操作装置	(18)
2.2.1 变电所常规防误装置	(18)
2.2.2 变电所微机五防装置	(20)
2.3 电气倒闸操作	(21)
2.3.1 电气设备倒闸操作票执行规定	(21)
2.3.2 典型倒闸操作票填写实例	(31)
2.4 工作票	(58)
2.4.1 工作票制度	(58)
2.4.2 工作票填写	(72)

第3章 变电所设备巡视检查

3.1 变配电设备的巡视及其规定	(74)
3.1.1 巡视检查及期限	(74)
3.1.2 巡视检查的分类及注意事项	(74)
3.2 变配电设备巡视检查方法	(76)
3.2.1 巡视检查的内容	(76)
3.2.2 变配电设备巡视检查方法	(76)

3.3 变配电所设备的巡视检查	(77)
3.3.1 变压器的巡视检查	(77)
3.3.2 断路器的巡视检查	(77)
3.3.3 隔离开关的巡视检查	(79)
3.3.4 电力电容器的巡视检查	(79)
3.3.5 消弧线圈的巡视检查	(80)
3.3.6 母线的巡视检查	(80)
3.3.7 互感器的巡视检查	(81)
3.3.8 GIS 组合电气设备的巡视检查	(82)
3.3.9 SF ₆ 设备的巡视检查	(83)
3.3.10 二次设备的巡视检查	(83)
3.3.11 电抗器的巡视检查	(83)
3.3.12 避雷器的巡视检查	(84)
3.3.13 直流系统的巡视检查	(84)
3.3.14 变频器的巡视检查	(84)
3.3.15 结构及其他工具用品的巡视检查	(85)

第 4 章 电气主设备运行及维护

4.1 电力变压器的运行	(86)
4.1.1 变压器概述	(86)
4.1.2 变压器的并列运行	(98)
4.1.3 变压器异常运行分析及处理	(99)
4.2 发电机的运行	(105)
4.2.1 发电机运行方式	(105)
4.2.2 发电机运行与维护	(112)
4.2.3 发电机异常运行与处理	(116)
4.3 高压断路器的运行	(119)
4.3.1 高压断路器的运行与维护	(119)
4.3.2 断路器操动机构	(123)
4.4 变电所其他一次设备运行	(131)
4.4.1 高压隔离开关的运行与异常处理	(131)
4.4.2 互感器的运行及异常处理	(133)
4.4.3 消弧线圈的运行及异常处理	(134)
4.4.4 补偿电容器的运行及异常处理	(135)
4.4.5 避雷设施的运行及故障处理	(138)
4.4.6 电动机的运行	(139)
4.5 母线的运行	(144)
4.6 绝缘子的运行	(146)
4.7 电力电缆的运行	(147)
4.7.1 电缆运行的基本知识	(147)

4.7.2 电力电缆的巡视检查	(148)
4.7.3 电力电缆的缺陷处理	(149)

第5章 变电所交直流系统

5.1 变电所所用电交流系统	(150)
5.1.1 变电所所用电接线方式	(150)
5.1.2 变电所所用电运行操作及注意事项	(151)
5.1.3 所用变压器系统异常及事故处理	(153)
5.2 变电所直流系统	(154)
5.2.1 直流电源系统的组成	(154)
5.2.2 直流系统运行操作注意事项	(159)
5.2.3 直流系统故障及异常情况处理	(161)
5.2.4 直流系统维护	(164)
5.3 UPS 电源的运行维护	(165)
5.3.1 UPS 电源的组成	(165)
5.3.2 UPS 系统运行操作	(168)
5.3.3 UPS 电源故障处理	(170)

第6章 变配电所事故处理

6.1 变配电所常见事故的处理原则及规定	(171)
6.1.1 设备正常、异常及事故状态	(171)
6.1.2 常见事故的类别和起因	(171)
6.1.3 事故处理的一般原则	(172)
6.1.4 事故处理的一般程序	(173)
6.2 变配电所的事故分析及处理	(173)
6.2.1 变配电所常见事故分析及处理规定	(173)
6.2.2 变配电所常见事故处理实例	(175)

第7章 电气二次回路识读

7.1 电气二次回路图识读的原则与方法	(181)
7.1.1 电气二次回路图的分类	(181)
7.1.2 电气二次回路的编号	(181)
7.1.3 电气二次图的识读方法	(184)
7.2 典型电气二次回路图识读	(190)
7.2.1 典型电气二次保护回路图	(190)
7.2.2 典型断路器控制与信号回路	(201)
7.2.3 典型中央信号回路	(207)
7.2.4 备用电源自投装置原理	(215)
7.2.5 发电机二次回路	(221)
7.2.6 低压综保典型二次回路	(231)

7.2.7 继电保护配置图	(232)
7.3 微机保护及变电站综合自动化	(233)
7.3.1 微机保护装置的特点及应用	(233)
7.3.2 微机型综合保护继电器整定值修改	(234)
7.3.3 变电站综合自动化系统	(246)
7.4 故障录波器	(248)
7.4.1 故障录波器的日常运行和维护	(248)
7.4.2 故障录波信息的分析与判断	(248)
7.5 电气二次回路的安装	(251)
7.5.1 电气二次回路的安装	(251)
7.5.2 主变压器控制屏和保护屏的安装	(259)

第8章 防雷接地

8.1 接地接零的作用和要求	(261)
8.1.1 接地装置、接触电压及接地电阻	(261)
8.1.2 接地的分类与工作接地的作用	(263)
8.2 接地装置的维护与巡视检查	(269)
8.2.1 自然接地体与自然接地线	(269)
8.2.2 变配电所和车间内的接地	(270)
8.2.3 接地装置的维护与巡视检查	(270)
8.3 接地电阻的测量	(271)
8.3.1 人工接地体的接地电阻计算法	(271)
8.3.2 接地电阻允许值的确定和具体要求	(273)
8.3.3 电流-电压表法测量接地电阻	(274)
8.3.4 用接地绝缘电阻仪测量接地电阻	(275)
8.3.5 测量接地电阻时的注意事项	(276)
8.4 过电压的产生	(277)
8.4.1 雷电过电压的产生和雷电活动规律	(278)
8.4.2 内部过电压的产生及预防措施	(279)
8.5 变、配电所的防雷保护装置	(279)
8.6 防雷装置的维护与巡视检查	(281)
8.6.1 防雷保护装置的检查和维护	(281)
8.6.2 防止雷击伤人应注意的问题	(284)
附录1 常用电气新旧文字符号对照表	(285)
附录2 标示牌式样	(287)

第1章 电力系统及变配电所主接线

1.1 电力系统

1.1.1 电力系统与电力网

电力从生产到供给用户应用,通常都要经过发电、输电、变电、配电、用电这五个环节。电力从生产到应用的全过程,客观上就形成了电力系统。严格地讲,由发电厂的发电部分、输电线路、变配电所及用户的各种用电设备所组成的整体,称之为电力系统,常简称系统(见图1-1)。

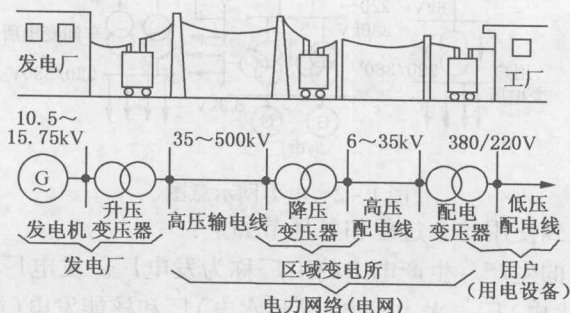


图1-1 电力系统示意图

各种不同电压等级的电力线路和变配电所组成了电力网,也叫电力网络(简称电网)。它是电力系统的一个重要组成部分,承担了将电力由发电厂发出来之后供给用户的工作,即担负着输电、变电与配电(统称为供电)的任务。

电力网按其在电力系统中的作用不同,分为输电网和配电网(见图1-2)。输电网是以高电压甚至超高压将发电厂、变电所或变电所之间连接起来的送电网络,所以又可称为电力网中的主网架。直接将电能送到用户去的网络称为配电网。配电网的电压因系统及用户的需要而定,因此配电网又分高压配电网(常指35kV及以上)、中压配电网(常指10kV或6kV)及低压配电网(220V或380V)。

1.1.2 电网供电的各个环节

现代化电力系统规模一般都较大,通常把许多不在一地的发电厂并列起来,连成较大的电力系统,可以充分发挥系统运行的稳定性和安全性,提高发供电的经济效益。大型电力系统在技术经济上具有下列优点:

- (1) 提高了供电可靠性;
- (2) 减少了系统备用容量;
- (3) 便于发展大型机组及利用大型动力资源,特别是能充分发挥水力发电厂电能生产成本低的优势;
- (4) 通过合理分配负荷可以降低系统的高峰负荷,提高运行经济性;
- (5) 能够提高供电质量。

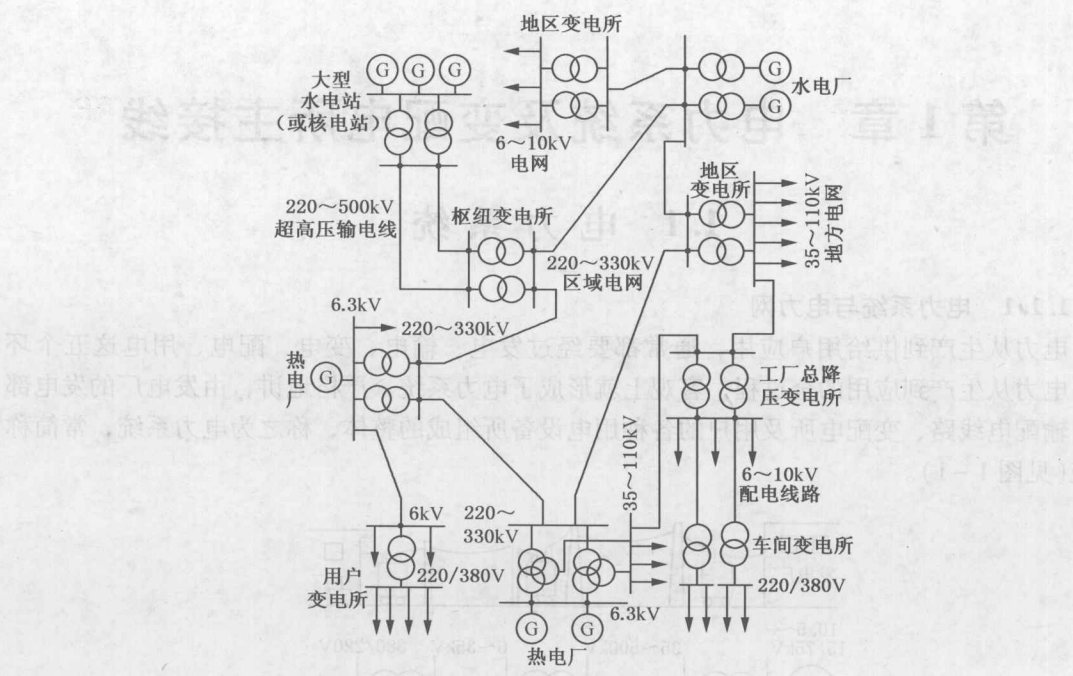


图 1-2 电力网示意图

电能由生产、供应到使用的全过程和各环节如下：

(1) 发电 即电力的生产。生产电力的工厂称为发电厂。发电厂按所使用的能源不同，可分为火力发电(简称火电)厂、水力发电(简称水电)厂和核能发电(简称核电)厂等。

(2) 输电 是指电力的输送。输电的距离越长，输电电压要求越高。一般情况下，凡输电距离在 50km 以下的可采用 35kV 电压；在 100km 左右的宜采用 110kV 电压；超过 220km 则采用 220kV 或更高的电压。

输电线路一般采用架空线路，有些地方或场合采用电缆线路。

(3) 变电 即变换电网的电压等级。通常所讲的变电多指降压，事实上升压也属于变电。变电可分为输电电压的变换和配电电压的变换，通常将前者称为变电所(站)，后者称为变配电所(站)。若只起配电作用而无改变电压功能的，则称为配电所(站)。变电所(站)全貌见图 1-3 所示。

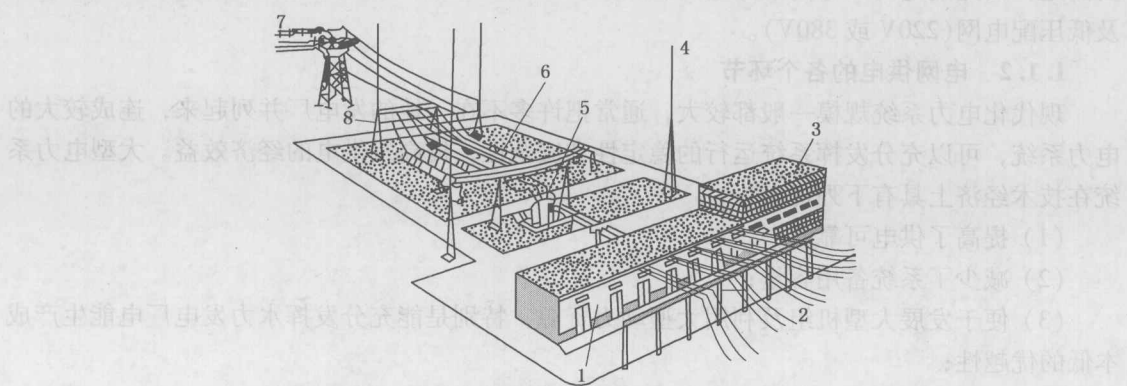


图 1-3 变电所(站)全貌

1—开关室；2—配电线；3—主控制室；4—避雷针；5—主变压器；6—室外配电装置；7—输电线；8—Ⅱ型构架

(4) 配电 即电力的分配。我国电网的高压配电电压分别为 35kV 与 10kV(6kV), 有时也将 35kV 称作高配电压, 10kV(6kV) 称作中配电压。低压配电电压为 220V、380V。

(5) 用电 是电能输送与分配到用户之后, 供各类用电设备使用。在同一时刻, 各用电设备所需要(或耗费)电功率的总和称为用电负荷(单位 kW)。根据用户对供电可靠性的要求, 用电负荷有一类、二类与三类之分。下面分述各类负荷的特点及供电要求:

一类负荷 指突然中断供电将会造成爆炸、火灾、中毒而导致人身伤亡危险或重大设备损坏且长期难以修复, 将在政治或国民经济上带来重大损失的用电负荷。应由两个独立电源或采用多路电源供电。

二类负荷 指突然中断供电将会产生大量废品、大量原材料报废或打乱复杂生产过程, 造成大量减产, 或将会发生重大设备损坏事故, 给国民经济造成较大损失, 以及人员密集的重要公共场所的用电负荷。应由双回线路供电, 这双回线路应尽可能引自不同的变压器或母线段。

三类负荷 指突然中断供电后影响不大, 以及所有不属于一类负荷和二类负荷的其他用电负荷。三类负荷对供电的连续性没有特殊要求, 故可由单回线路供电。

另外, 根据用户在国民经济中所属部门, 可将用电负荷分为工业负荷、农业负荷、交通运输负荷、照明及市政生活用电负荷。若按用电的性质分, 则有动力负荷、电热负荷、照明负荷、电解负荷等。

1.1.3 供电质量指标与规定

1.1.3.1 电能的质量指标

电能质量表征了电能品质的优劣程度, 通常电能质量包括电压质量和频率质量。

1. 电压

电压是电能的主要质量指标之一。电压质量对电网的稳定运行, 降低线路损耗, 保证生产的安全与正常进行, 提高产品质量, 降低单耗等都有着直接影响。电压质量既有数值上的要求, 也有波形与对称性方面的要求。数值上, 一般来说电力用户受电的端电压偏移不得超过额定电压的 $\pm 5\% \sim \pm 7\%$ 。波形应是正弦波, 畸变程度不大, 实际波形中所含任一高次谐波的瞬时值不应超过同相基波电压瞬时值的 $1.5\% \sim 5\%$ 。此外, 三相之间还要求互相对称, 否则便会含负序与零序分量。

由于各类用户的生产与工作情况均与电压的高低有着密切关系, 故世界上许多国家根据运行实践所规定的电压允许变化范围大都为额定电压的 $\pm 5\%$ 。我国按国家技术监督局 1990.4.20 批准, 1990.12.1 实施的国家标准(GB 12325—90)规定, 对电压数值的允许变化范围是:

(1) 35kV 及以上供电电压的正、负偏差的绝对值之和, 不应超过额定电压的 10%;

(2) 10kV 及以下三相供电电压的允许偏差为额定电压的 $\pm 7\%$;

(3) 220V 单相供电电压的允许偏差为额定电压的 $+7\% \sim -10\%$;

2. 频率

电力系统供出的交流电的频率是电能质量的另一个主要指标。我国规定电力系统交流电频率的额定值应为 50Hz(常称工频)。按国家标准(GB/T 15945—1995), 交流电频率的允许变化范围是:

(1) 电力系统正常频率偏差允许值为 $\pm 0.2\text{Hz}$ (即由 49.8 ~ 50.2Hz);

(2) 当系统容量较小时(一般指 30 万 kW 以下), 其偏差可以放宽到 $\pm 0.5\text{Hz}$ (即由 49.5 ~ 50.5Hz)。

1.1.3.2 电压等级标准与高低压的划分

所谓额定电压,就是指能使各类电气设备处在设计要求的额定或最佳运行状态的工作电压。

划分交流电高电压与低电压的标准通常有如下两种:

(1) 采用以 250V 作为划分标准,其规定是:凡设备对地电压大于 250V 者称高电压(简称高压),如 3kV、6kV、10(20)kV、35kV、66kV、110kV、220kV、330kV 及 500kV 等;凡设备对地电压在 250V 及以下者则称低压(简称低压),如 220/380V。

(2) 采用以 1kV 作为划分标准,其规定是:凡额定电压超过 1kV 以上者称高压;在 1kV 及以下者则称低压。这是又一种划分界限,它与前一种界限相比各有其特点。

交流电压除划分为高、低压外,还有超高压和安全电压的规定。超高压是指 330kV 及以上的电压等。

一般情况下,人体的电阻可按 $1000 \sim 2000\Omega$ 计,再保守一点可按 800Ω 计。实验证明人体允许通过的工频极限电流约为 50mA。根据欧姆定律, $U = IR = 0.05 \times 800 = 40V$,得知人体所允许承受的最大极限工频电压为 40V。所以,我国的安全电压等级分别为 42V、36V、24V、12V、6V。

国际电工委员会 IEC 对接触电压的限定值为 50V ($30mA \times 1600\Omega$) 和 25V ($30mA \times 800\Omega$),它是人体允许电流与人体电阻的乘积为依据。

1.1.3.3 供电可靠性

供电可靠性是持续供电的量度。对于工矿企业等任何电力用户或其他用户,因突然停电或经常停电而导致的停工、停产、产品报废、设备损坏,甚至造成电气火灾或人员伤亡等恶性事故,会给各类用电单位及职工带来很大损失或酿成惨重后果,所以,供电可靠性显然应该是供电质量的主要指标之一。为了对它定量地加以说明,引用供电可靠率这一概念。它是指某一统计期内供电部门对用户的实际供电时间(统计期内总时间减去平均停电时间)与本统计期全部时间的百分比。停电时间应包括事故停电、临时性停电及计划检修停电时间。

1.2 电气主接线形式

1.2.1 电气主接线

变电所的电气主接线是汇集和分配电能的通路,也称电气一次接线或电气主系统。用规定的文字符号和图形符号将各电气设备按连接顺序排列,详细表示电气设备的组合和连接关系的接线图称为电气主接线图。电气主接线图一般画成单线图(即用单相接线表示三相系统),但对三相接线不完全相同的局部则画成三线图。如图 1-4 为某变电所的电气主接线图。电气主接线图不仅能表明电能输送和分配的关系,也可据此制成主接线模拟屏,以表示电气系统的运行方式,可供运行操作人员进行模拟操作。变电所主接线应满足运行的灵活性和可靠性,操作简单,技术先进,经济合理,便于扩建等基本条件。

该变电所有两路电源进线,分别为电缆线 WL1、WL2。一般情况下采用由两路电源进线带两台主变压器正常运行方式。母联开关处于热备用状态,即母联开关两侧刀闸合入,母联开关断开。当一路电源发生故障或进行检修时,在切除该进线后,母联开关自投合闸,由另一路电源带两台变压器运行。为了测量、监视、保护和控制主电路设备的需要,每段母线上都接有电压互感器,进线上和出线上都接有电流互感器。

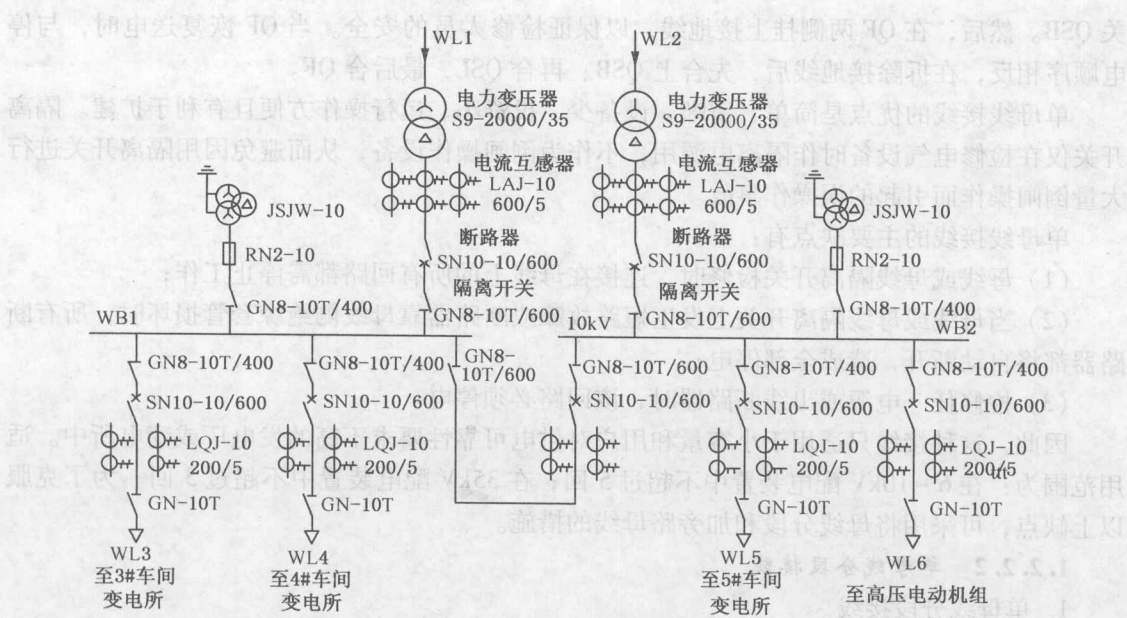


图 1-4 某变电所电气主接线图

该变电所共有 4 路高压出线：第一路由母线 WB1 经隔离开关 - 断路器 - 隔离开关供 3# 车间变电所 (WL3)；第二路由母线 WB1 经隔离开关 - 断路器 - 隔离开关供 4# 车间变电所 (WL4)；第三路由母线 WB2 经隔离开关 - 断路器 - 隔离开关供 5# 车间变电所 (WL5)；第四路由母线 WB2 经隔离开关 - 断路器 - 隔离开关供一组高压电动机用电 (WL6)。由于这里的高压配电线路都是由高压母线送电，因此其出线断路器两侧分别加装隔离开关，以保证断路器和出线的安全检修。

1.2.2 主接线的基本接线形式

在选择主接线类型时，应根据变电所在系统中的地位、进出线回路数、设备特点、负荷性质等条件进行。选择电气主接线一般按照有无母线，分为有汇流母线和无汇流母线两种类型，其发展过程如下：

有汇流母线类 单母线→单母线分段→双母线→双母线分段→双母线分段带旁路母线。

无汇流母线类 变压器线路接线 (线路变压器组)→桥形接线 (内桥、外桥)→角形接线。

1.2.2.1 单母线接线

图 1-5 所示为单母线接线，各电源和出线都接在同一条公共母线 WB 上，其供电电源在发电厂是发电机或变压器，在变电所是变压器或高压进线回路。

单母线接线的母线既可以保证电源并列工作，又能使任一条出线都可以从任一电源获得电能。每条回路中都装有断路器和隔离开关，紧靠母线侧的隔离开关 (如 QSB) 称作母线隔离开关，靠近线路侧的隔离开关 (如 QSL) 称为线路隔离开关。使用断路器和隔离开关可以方便地将电路接入母线或从母线上断开。例如，当检修断路器 QF 时，可先断开 QF，再拉开线路隔离开关 QSL，最后拉开母线隔离开

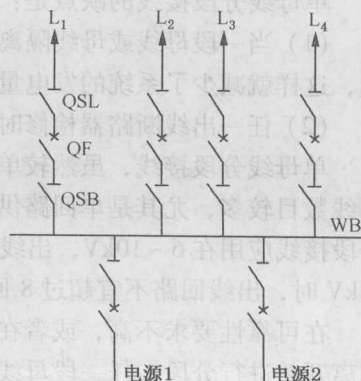


图 1-5 单母线接线

关 QSB。然后，在 QF 两侧挂上接地线，以保证检修人员的安全。当 QF 恢复送电时，与停电顺序相反，在拆除接地线后，先合上 QSB、再合 QSL，最后合 QF。

单母线接线的优点是简单、清晰、设备少、投资小、运行操作方便且有利于扩建。隔离开关仅在检修电气设备时作隔离电源用，不作为倒闸操作设备，从而避免因用隔离开关进行大量倒闸操作而引起的误操作事故。

单母线接线的主要缺点有：

- (1) 母线或母线隔离开关检修时，连接在母线上的所有回路都需停止工作；
- (2) 当母线或母线隔离开关上发生短路故障或断路器靠母线侧绝缘套管损坏时，所有断路器都将自动断开，造成全部停电；
- (3) 检修任一电源或出线断路器时，该回路必须停电。

因此，这种接线只适用于小容量和用户对供电可靠性要求不高的发电厂或变电所中。适用范围为：在 6~10kV 配电装置中不超过 5 回；在 35kV 配电装置中不超过 3 回。为了克服以上缺点，可采用将母线分段和加旁路母线的措施。

1.2.2.2 单母线分段接线

1. 单母线分段接线

出线回路数增多时，可用断路器将母线分段，成为单母线分段接线，如图 1-6 所示。

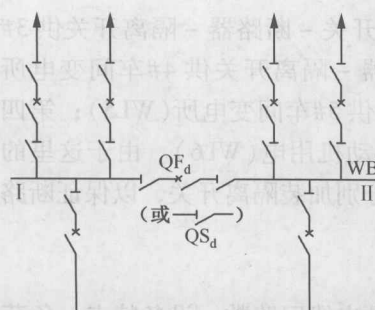


图 1-6 单母线分段接线

根据电源的数目和功率大小，母线可分为 2~3 段。段数分得越多，故障时停电范围越小，但使用的断路器数量越多，其配电装置和运行也就越复杂，所需费用就越高。

母线分段后，可提高供电的可靠性和灵活性。在正常运行时，可以接通也可以断开运行。当分段断路器 QF_d 接通运行时，任一段母线发生短路故障时，在继电保护作用下，分段断路器 QF_d 和接在故障段上的电源回路断路器便自动断开。这时非故障段母线可以继续运行，缩小了母线故障的停电范围。当分段断路器断开运行时，分段断路器除装有继电保护装置外，还应装有备用电源自动投入装置，分段断路器断开运行，有利于限制短路电流。

对重要用户，可以采用双回路供电，即从不同段上分别引出馈电线路，由两个电源供电，以保证供电可靠性。

单母线分段接线的缺点是：

- (1) 当一段母线或母线隔离开关故障或检修时，必须断开接在该段上的全部电源和出线，这样就减少了系统的发电量，并使该段单回路供电的用户停电；
- (2) 任一出线断路器检修时，该回路必须停止工作。

单母线分段接线，虽然较单母线接线提高了供电可靠性和灵活性，但当电源容量较大和出线数目较多，尤其是单回路供电的用户较多时，其缺点更加突出。因此，一般认为单母线分段接线应用在 6~10kV，出线在 6 回及以上时，每段所接容量不宜超过 25MW；用于 35~66kV 时，出线回路不宜超过 8 回；用于 110~220kV 时，出线回路不宜超过 4 回。

在可靠性要求不高，或者在工程分期实施时，为了降低设备费用，也可使用一组或两组隔离开关进行分段，任一段母线故障时，将造成两段母线同时停电，在判别故障后，拉开分段隔离开关，完好段即可恢复供电。

2. 带旁路母线的单母线接线

如图 1-7 所示,在工作母线外侧增设一组旁路母线 WP,并经旁路隔离开关引接到各线路的外侧。另设一组旁路断路器 QF_p (两侧带隔离开关) 跨接于工作母线与旁路母线之间。当任一回路的断路器需要停电检修时,该回路可经旁路隔离开关 QS_p 绕道旁路母线,再经旁路断路器 QF_p 及其两侧的隔离开关从工作母线取得电源。此途径即为“旁路回路”或简称“旁路”。而旁路断路器就是各线路断路器的公共备用断路器。但应注意,旁路断路器在同一时间里只能替代一个线路断路器的工作。

平时旁路断路器和旁路隔离开关均处于分闸位置,旁路母线不带电。当需检修某线路断路器时,首先合上旁路断路器两侧的隔离开关,然后合上旁路断路器向旁路母线空载升压,检查旁路母线无故障后,再合上该线路的旁路隔离开关(等电位操作)。此后,断开该出线断路器及其两侧的隔离开关,这样就由旁路断路器代替了该出线断路器工作。

这种接线方式可以不停电检修断路器,故提高了供电可靠性。但是,当母线出现故障或检修时,仍然会造成整个主系统停止工作。为了解决这个问题,可以采用带旁路母线的单母线分段接线。

3. 带旁路母线的单母线分段接线

这种接线方式兼顾了旁路母线和母线分段两方面的优点,但当旁路断路器和分段断路器分别设置时,所用断路器数量多,设备费用高。在工程实践中,为了减少投资,可不专设旁路断路器,而用母线分段断路器兼作旁路断路器,常用的接线如图 1-8 所示。在正常工作时,靠近旁路母线侧的隔离开关 QS_3 、 QS_4 断开,而隔离开关 QS_1 、 QS_2 和断路器 QF_d 处于合闸位置(这时 QS_d 是断开的),主接线系统按单母线分段方式运行。当需要检修某一出线断路器(如 WL_1 回路的 QF_1)时,可通过倒闸操作,将分段断路器作为旁路断路器使用,即由 QS_1 、 QF_p 、 QS_4 从 I 母线接至旁路母线,或经 QS_2 、 QF_p 、 QS_3 从 II 母线接至旁路母线,再经过 QS_p 构成向 WL_1 供电的旁路。此时,分段隔离开关 QS_d 是接通的,以保持两段母线并列运行。

现以检修 QF_1 为例,简述其倒闸操作步骤:

(1) 向旁路母线充电,检查其是否完好。合上 QS_d ; 断开 QF_p 和 QS_2 ; 合上 QS_4 ; 再合上 QF_p , 使旁路母线空载升压,若旁路母线完好, QF_p 不会自动跳闸。

(2) 接通 WL_1 的旁路回路。合上 QS_p 。这时两条并列的向 WL_1 供电的通电回路。

(3) 将线路 WL_1 切换至旁路母线上运行。断开断路器 QF_1 及其两侧的隔离开关,并在靠近断路器一侧进行可靠接地。这时,断路器 QF_1 退出运行,进行检修,但线路 WL_1 继续正常供电。

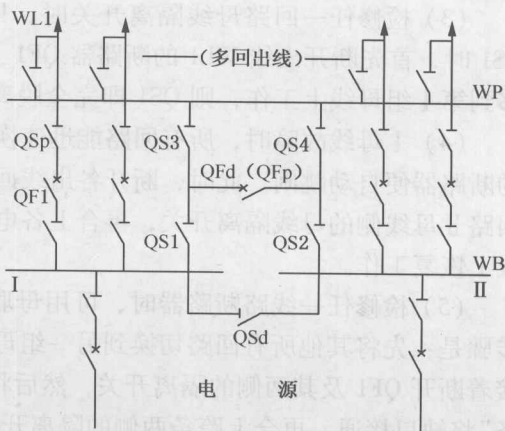


图 1-8 单母线分段带旁路母线接线

WP—旁路母线; QSp —旁路隔离开关;

QFd —分段断路器(兼旁路断路器)