



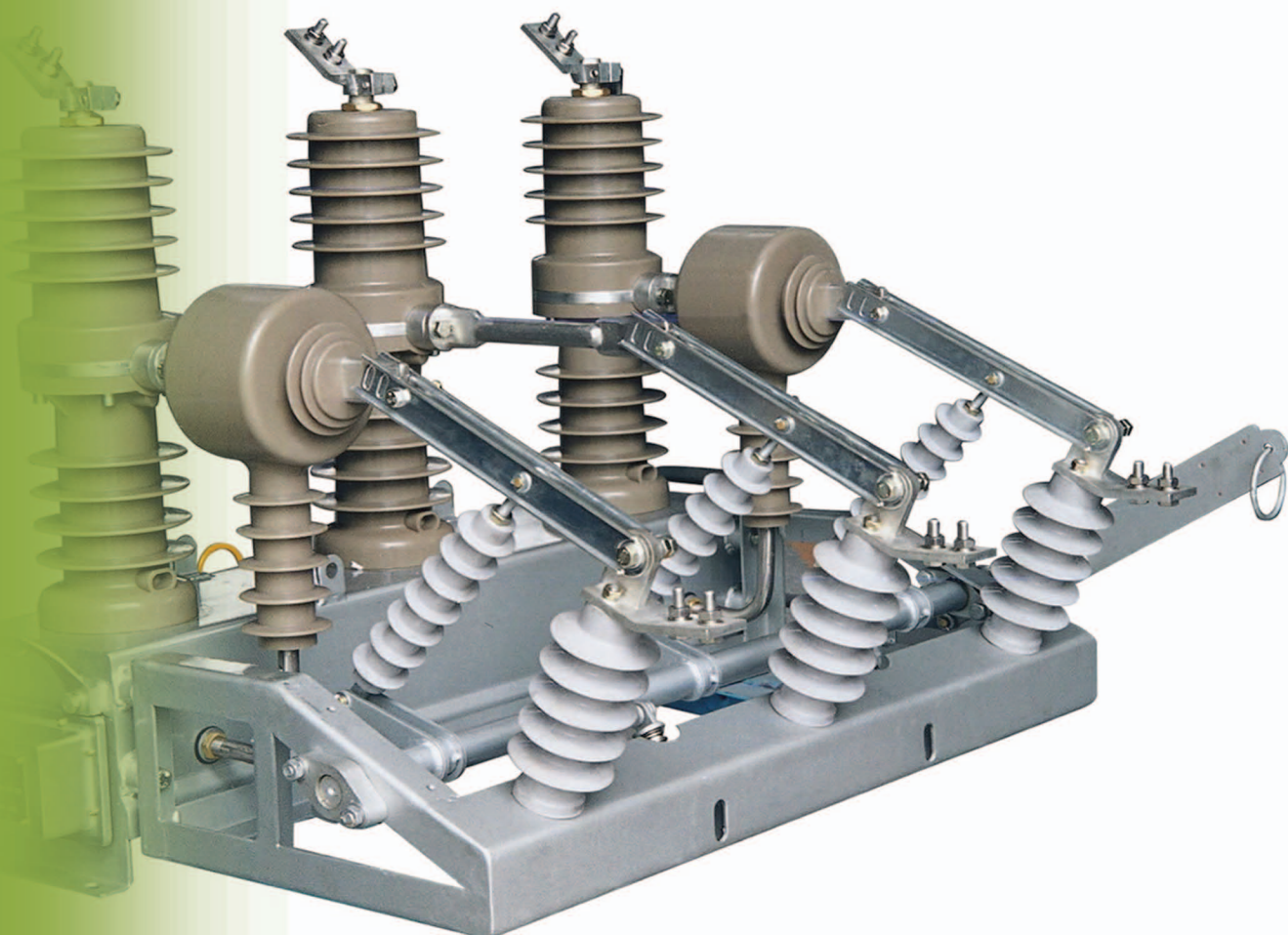
石家庄工程技术学校国家中职示范校精品课程系列教材

主编 刘淑艳

工厂供电

GONGCHANG
GONGDIAN

河北科学技术出版社





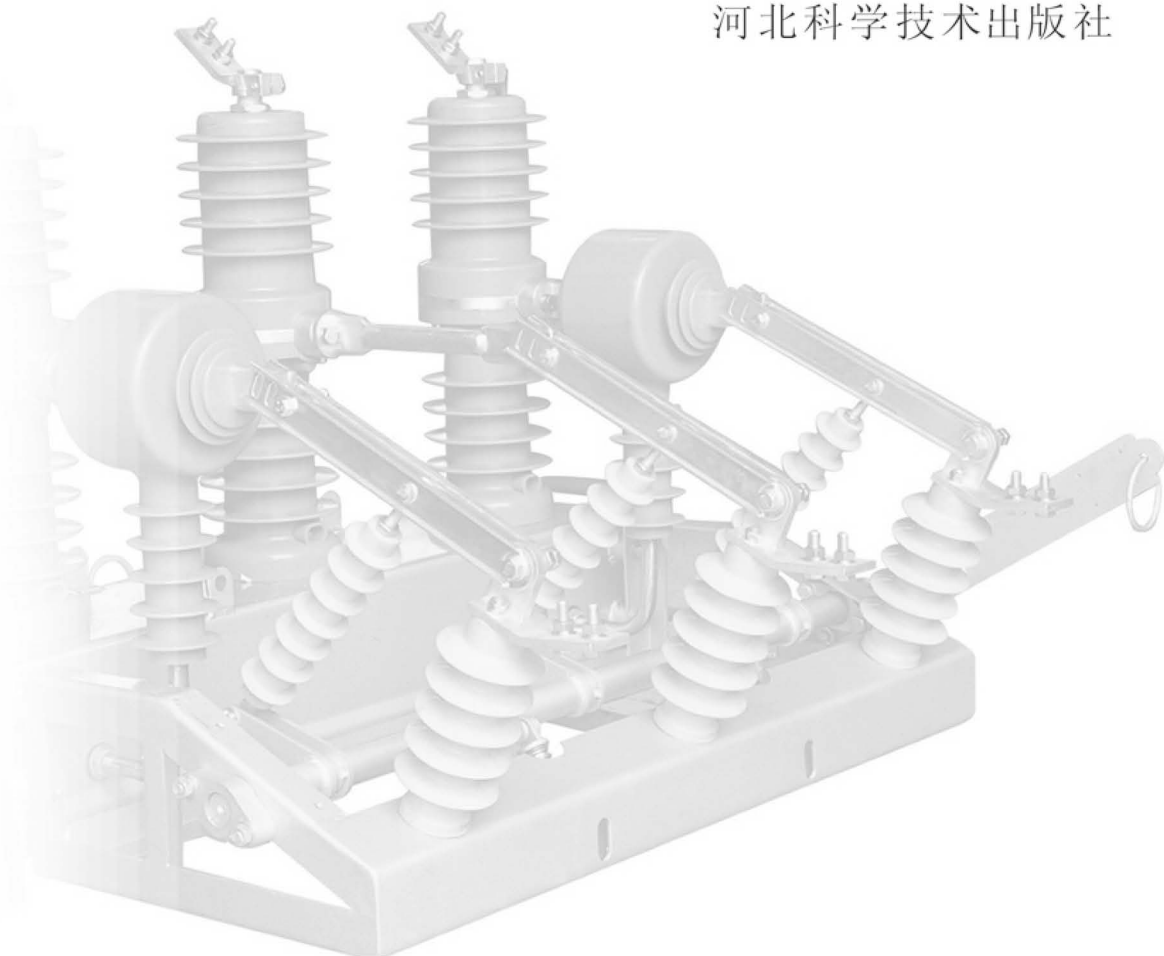
石家庄工程技术学校国家中职示范校精品课程系列教材

主编 刘淑艳

工厂供电

GONGCHANG
GONGDIAN

河北科学技术出版社



图书在版编目 (C I P) 数据

工厂供电 / 刘淑艳主编. -- 石家庄: 河北科学技术出版社, 2014. 2

ISBN 978 - 7 - 5375 - 6149 - 5

I. ①工… II. ①刘… III. ①工厂 - 供电 - 中等专业学校 - 教材 IV. ①TM727. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 019143 号

工厂供电

刘淑艳 主编

出版发行	河北科学技术出版社
地 址	石家庄市友谊北大街 330 号 (邮编: 050061)
印 刷	石家庄燕赵创新印刷有限公司
开 本	787 × 1092 1/16
印 张	11. 25
字 数	190 千字
版 次	2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷
定 价	27. 00 元

《工厂供电》编写委员会

+++++

主 任 吴占鹏
副 主 任 赵 霞
委 员 贾军艳 姜 磊 王瑞捧 余升平
苏汉明 韩 璐 杨连升 张海昂
赵 欣 王 宁

《工厂供电》编写人员

+++++

主 编 刘淑艳
副 主 编 余升平
编 者 刘淑艳 余升平 陈 焱 李 鹏
杨冠伟 付圣灵
主 审 李晓晖

前 言

《工厂供电》课程为机电技术应用专业的专业课，涉及变配电室值班电工、高低压运行维修等2个主要岗位技能。起着引导学生电工职业岗位入门及培养学生初步实践经验的作用。本课程以岗位设定教学目标，使学生熟悉工厂供电系统的主要工作内容，熟悉电业安全操作规程，能正确地使用供电设备和电气安全用具；熟悉供电系统运行维护的主要问题，培养学生解决问题的能力。

本教材以工矿企业供电部门的高低压运行维修电工和变配电室值班电工两个岗位的典型工作任务为依据，根据教学内容的可实施性，将教材内容分为4个项目，分别是“高压供电设备的倒闸操作”、“低压配电设备及二次回路”、“电缆短路故障判断方法”及“接地电阻测试与电涌保护器的安装”。

本教材适合于中职学校使用。教材内容详略得当，对于知识介绍部分做到必要即可，适当扩展；对于操作指导部分尽量详细，使学生按照教材提供的操作方法即可完成操作任务。

本教材改变了讲得多、做得少的情况，在教学中更容易调动学生学习的积极性。使用本教材进行教学，能提高学生对供电设备使用、操作技能，能够帮助学生熟悉变配电所对电工的职业岗位要求和安全操作规程，从而帮助学生更好、更快的适应岗位工作。

编 者

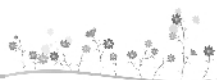
2013年6月

目 录

项目一 高压供电设备的倒闸操作	(1)
任务一 认识供电一次系统图	(1)
任务二 操作高压开关	(12)
任务三 检修配电变压器	(24)
任务四 认识中性点运行方式	(38)
项目二 低压配电设备及二次回路	(54)
任务一 认识常用低压配电设备	(54)
任务二 电气测量回路的接线	(69)
任务三 认识继电保护装置	(84)
任务四 装配低压配电柜	(100)
项目三 电缆短路故障判断方法	(121)
任务一 使用兆欧表判断电缆短路故障类型	(121)
任务二 使用电缆故障测试仪判断故障点	(130)
项目四 接地电阻测试与电涌保护器的安装	(139)
任务一 测试避雷器接地电阻	(139)
任务二 安装电涌保护器	(155)
附录一 防雷装置安全检测技术规范	(160)
附录二 电力装置的电测量仪表装置设计规范	(163)
参考文献	(171)



项目一



高压供电设备的倒闸操作

◆**项目描述：**变配电所高低压运行维修电工以及变配电所值班人员的典型工作任务之一是进行停送电的倒闸操作。为此工作人员必须熟悉所在工作单位一次系统的接线方式及中性点运行方式；熟悉高压设备的结构、特点、倒闸操作的原则和要求；熟悉变压器检修项目；在此基础上，才能够胜任供电设备的巡视、异常运行情况处理工作和维护检修工作。

任务一 认识供电一次系统图



知识目标

- ◆认识供电一次系统图；了解工厂供配电系统。
- ◆了解对工厂供电的基本要求；熟悉供电质量的主要指标；熟悉额定电压国家标准。



技能目标

- ★能够看懂供电一次系统图。
- ★能够识别不同电气设备的符号。



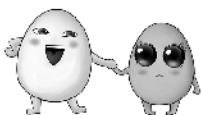
职业素养目标

- 熟悉企业岗位制度。



任务描述

本任务主要介绍电力系统的构成及常用供配电一次系统图，为倒闸操作打下基础。



相关知识

一、电力系统

一个电力系统由发电厂、变配电所、输电线路和电力用户（也叫电力负荷）构成，用来进行电能的产生、输送、变压、分配和使用。其中，变配电所和输电线路又叫电（力）网。

1. 输电线路

用变压器将发电机发出的电压升高后，经断路器等控制设备将电能接入输电线路送至变配电所，再经输电线路送至电力用户。输电线路把发电厂、变电所和电力用户联系起来。实际应用中，我们可以把某一个电压等级的电力线路也叫做电力网，把变配电所中为电力用户供电的 10kV 以下的供电线路叫配电线路，35kV 以上的高压电力线路称送电线路。

我国国家标准规定输电线路的电压有 6kV、10kV、35kV、110kV、220kV 等（380V 仅能送电 1.5km 左右；10kV 能送电 15 ~ 20km；35kV 能送电 40 ~ 50km；110kV 能送电 100km；220kV 能送电 200km）。

按结构形式，输电线路分为架空输电线路和地下电缆输电线路。架空输电线路由线路杆塔、导线、绝缘子等构成，架设在地面之上。架空线路架设及维修比较方便，成本也较低，但容易受到气象和环境（如大风、雷击、污秽等）的影响而引起故障。地下输电线路造价高，发现故障及检修维护等均不方便。因此地下输电线路多用于架空线路架设困难的地区，如城市或特殊跨越地段的



输电。

按照输送电流的性质，分为交流输电和直流输电。目前广泛应用三相交流输电，频率为 50Hz。直流输电是将发电厂发出的交流电，经整流器转换成直流电输送至受电端，再用逆变器将直流电转换成交流电为电力用户供电。直流输电主要应用于远距离大功率输电，具有线路投资少、运行可靠等优点。

2. 变配电所

由输电线路送来的电能电压很高，用户设备不能直接使用，需要使用降压变电所为电力用户供电。（高压输电可以减少电能损失，满足供电的经济性，且减少线路上的电压损失，保证供电质量）。配电所中不使用降压变压器，只进行电能的分配，但要使用所用变压器。

变电所的用电（主要有室外照明、室内照明、生活区用电、事故照明、操作电源用电等）一般应设置专门的变压器供电，简称所用变。为保证操作电源的用电可靠性，10kV 及以下变电所设计规范中第四节所用电源部分要求“配电所所用电源宜引自就近的配电变压器 220/380V 侧。重要或规模较大的配电所，宜设所用变压器”。

3. 电力负荷（电力用户）

使用电能的设备叫做电力负荷，包括动力负荷、照明负荷等。

电力负荷分为三类（三级），其中一类负荷最为重要，对一类负荷的供电要求最高，不能中断供电，否则会造成人身伤亡事故或重大经济损失，例如当中断供电将发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷、重要交通枢纽、经常用于国际活动的大量人员集中的公共场所等用电单位中的重要电力负荷、机场、电弧炼钢炉、大型铝电解槽等。对一类负荷要使用双回路电源供电。对二类负荷的供电要求比一类负荷低些，但也要求双回路供电或者单回路专用线路供电，以便突然停电时能够迅速恢复供电，否则也会造成较大经济损失，例如大型影剧院、大型商场等较多人员集中的公共场所，突然停电会造成秩序混乱引发踩踏等事故。三类负荷允许较长时间停电，使用 1 条线路供电即可。

二、供配电一次系统

供配电系统是指电能从进厂到用电设备的整个电路。



根据供配电系统中的电气设备的用途，分为一次设备和二次设备，一次设备是指直接产生、输送、分配电能的设备（变压器、断路器、隔离开关、母线等）；二次设备包括测量仪表、继电保护装置等，用来对电气一次系统进行控制、测量、监视和保护等。由一次设备组成的系统叫做供电的一次系统；由二次设备组成的系统就是供电的二次系统。本任务只介绍一次系统。

1. 一次系统方式

大中型企业一般使用二次变压的供电系统，35 ~ 110kV 进厂，经过变压后降为 10kV，再经过车间变电所降为 380/220V。

中小型企业、住宅小区、商厦等使用一次变压的供电系统或者使用低压供电系统。一次变压的供电系统是指 10kV 电压进企业，变压后降为 380/220V。低压供电系统是指 380/220V 进企业，无需变压，企业内只有低压配电室，将电能分配给各个车间负荷。

2. 一次系统图（又叫一次接线图或电气主接线图）

（1）电气主接线图的概念：为了方便检修变压器，需要高压开关对变压器进行控制和保护；为了方便地控制变压器低压侧负荷，需要低压开关。使用哪种开关，怎样布置，需要用电气设备的图形符号和文字符号表示出来。电气主接线图就是表示一次电气设备包括变压器、开关、互感器、母线等相互之间连接关系的电路图，是变配电室中最重要的接线图。为了清晰和方便，通常将三相电路图描绘成单线图。通过主接线图，变配电室值班电工和高低压运行维修电工可以了解供电系统电气设备的数量、连接关系及作用等，以便在进行停送电时能够进行正确操作。

（2）电气主接线图的种类：根据电能输送和分配的要求，电气主接线图分为有母线类和无母线类。有母线类包括单母线接线、单母线分段接线、双母线接线。无母线接线分为桥式接线（内桥和外桥）、变压器—线路单元接线等。

（3）母线的用途、种类及接线方法：母线是一种可与几条电路分别连接的低阻抗导体，用来连接变压器、开关等电气设备，起到汇集和分配电能的作用。母线分为主母线（水平母线）和配电母线（垂直母线）。

母线大都采用高导电率的铜排或铝排。其种类有硬母线（包括矩形母线、



槽形母线、管形母线等) 和软母线 (包括铝绞线、铜绞线、钢芯铝绞线等)。

▲单母线接线：只有 1 组母线的接线叫单母线接线，如图 1-1-1 所示。为了能接通或断开负荷电流，并在故障情况下自动切断故障电流，每个电源回路和出线回路中都装有断路器 QF。为了保证检修人员的安全，断路器两侧还装有隔离开关 QS，靠近母线侧的是母线隔离开关，靠近出线回路侧的是线路隔离开关。如果出线的另一端没有接电源，也就没有倒送电能的可能，线路隔离开关可以不装。

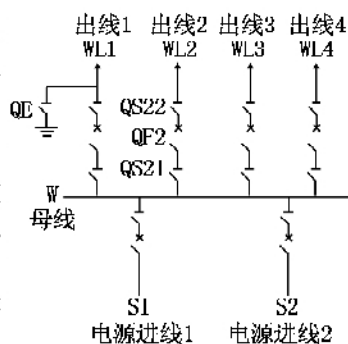


图 1-1-1 单母线接线

单母线接线的主要优点是：接线简单、清晰、采用设备少，投资省，操作方便，便于扩建和采用成套配电装置。适用于出线回路少，没有重要负荷的发电厂和变配电室中。

单母线接线最严重的缺陷是母线停运（母线检修、故障等）将使全部支路停运，即停电范围为该母线段的 100%，且停电时间很长，若为母线自身损坏须待母线修复之后方能恢复各支路运行，只能用于没有重要负荷的变电所。

▲单母线分段接线：为了克服单母线不分段的缺点，可以用断路器将母线分段，所分段数与电源数量相同。分段断路器两侧都装有隔离开关供断路器检修使用，两组母线互为备用。正常时两条母线分列运行，联络开关 QFd 为断开状态，如图 1-1-2 所示。

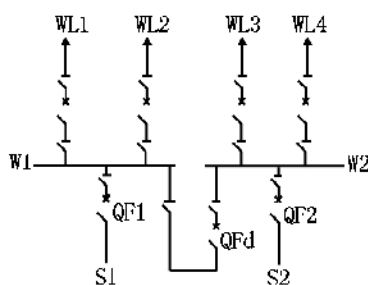


图 1-1-2 单母线分段接线

3. 小型变配电室常用一次系统图的种类

(1) 直接从公共电网受电、只有 1 台主变压器的小型变配电室主接线图：高压侧采用隔离开关、断路器的变电所主接线图如图 1-1-3；高压侧采用隔离开关、熔断器或熔断器式刀开关的变电所主接线图如图 1-1-4；这种 1 条线路和 1 台变压器的接线叫做线路—变压器单元接线，特点是高压侧没有母线，接线非常简单。

(2) 直接从公共电网受电、装有两台主变压器的小型变电所主接线图：



高压侧可以采用单母线不分段或者单母线分段、低压侧采用单母线分段的方式，如图 1-1-5 和图 1-1-6 所示。

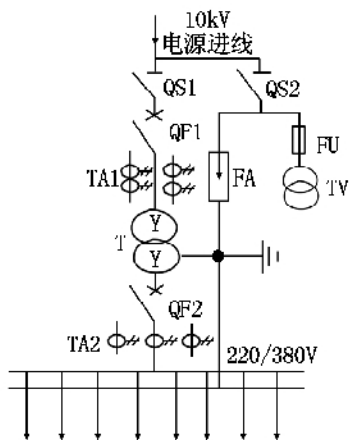


图 1-1-3 高压侧采用断路器、隔离开关的主接线图

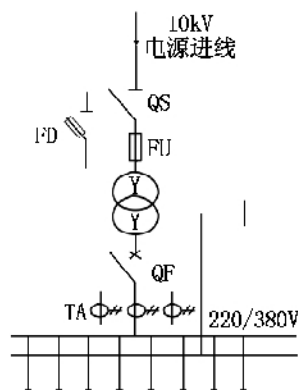


图 1-1-4 高压侧采用隔离开关、熔断器或熔断器式刀开关的主接线图

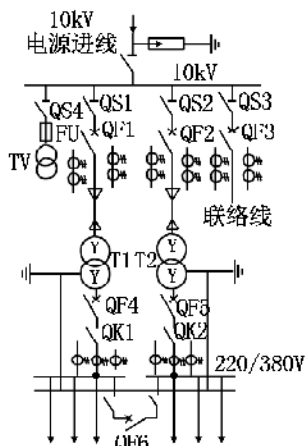


图 1-1-5 高压侧采用单母线、低压侧采用单母线分段的主接线图

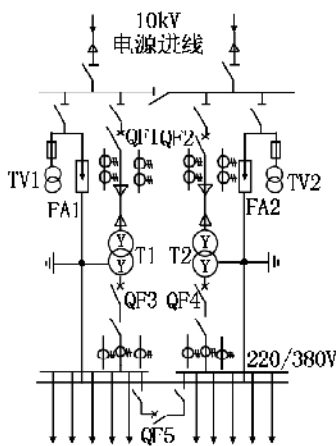


图 1-1-6 高低压侧均采用单母线分段的主接线图

三、电气主接线图的读图方法

1. 了解变电所的基本情况

变电所的基本情况包括变电所的额定电压及其供电范围等。

2. 明确各个电压等级的主接线形式

一般变电所都有 2 个或 3 个电压等级，读图时应逐个阅读各个主接线的基形式，先看主变压器高压侧的电气主接线形式，是单母线还是双母线，分段还是不分段；如果有中压侧，再看中压侧的接线形式，最后再看低压侧。思考



方法与高压侧相同。

3. 检查开关设备的配置情况

与电源有联系的高低电压各侧是否配有断路器；是否需要在需要隔离的地方配置了隔离开关，隔离开关接线的绘制方法是否正确（刀片端与电源相连是错误的，电源应该通过瓷瓶与隔离开关的刀片连接，保证操作人员的安全）。

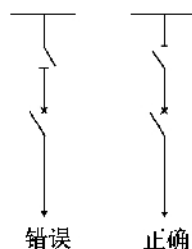


图 1-1-7 隔离开关接线的绘制方法

4. 检查互感器的配置情况

查看同一地点装设电流互感器的只数（相数）；查看电流互感器的铁芯数即副绕组数，是否能够满足需要。

5. 检查避雷器的配置情况

读电气主接线图时，要从安全性、可靠性、经济性和方便性等对工厂供电的四个要求（安全、可靠、优质、经济）进行分析，即工厂供电要充分保证人身和设备的安全（例如高低压断路器的电源侧是否装设了隔离开关；变电所的高压母线末端是否装设了避雷器）；分析是否满足符合对供电可靠性的要求；分析在满足操作维护简便、灵活的前提下，主接线是否尽可能简单，是否达到投资少、运行费用低的要求。

四、电气简图用图形符号国家标准

电气简图用图形符号如表 1-1-1 所示。

五、优质供电的指标

电压和频率是衡量供电质量的两个基本参数。表 1-1-2 所示为三相交流电网和电力设备的额定电压等级。

1. 电压要求

用电设备都要在额定电压下工作，超过或低于额定电压时都会有损害。

对于白炽灯来说，电压低时，灯光亮度不够，电压高时，灯泡就会烧坏；对于电动机来说，电压低时，电动机转速降低甚至停转，会烧坏电动机，如果是机加工的电动机，还会产生废品；电压高时也会烧坏电动机。

我国规定，用电设备端子处电压偏移 $\Delta U\%$ 的允许值为：

电动机： $\pm 5\%$ ；照明灯（一般场所）： $\pm 5\%$ 。



表 1-1-1 电气简图用图形符号

电气设备名称	文字符号	图形符号	电气设备名称	文字符号	图形符号
刀开关	QK		母线(汇流排)	W或WB	
熔断器式刀开关	QKF		导线、线路	W或WL	
断路器(自动开关)	QF		电线及其终端头		
隔离开关	QS		交流发电机	G	
负荷开关	QL		交流电动机	M	
熔断器	FU		单相变压器	T	
熔断器式隔离开关	FD		电压互感器	TV	
熔断器式负荷开关	FDL		三绕组变压器	T	
阀式避雷器	F		三绕组电压互感器	TV	
三相变压器	T		电抗器	L	
电流互感器(具有一个二次绕组)	TA		电容器	C	
电流互感器(具有两个铁心和两个二次绕组)	TA		三相导线		

注：电压偏移量 $\Delta U\% = (U - U_N) / U_N$ 。其中 U 为用电设备端子处实际电压， U_N 为用电设备的额定电压。



表 1-1-2 三相交流电网和电力设备的额定电压等级

分类	电网和用电设备 额定电压 (kV)	发电机额定电压 (kV)	电力变压器额定电压 (kV)	
			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
	-	13.8, 15.75, 18, 20	13.8, 15.75, 18, 20	-
	35	-	35	38.5
	66	-	66	72.6
	110	-	110	121
	220	-	220	242
	330	-	330	363
	500	-	500	550

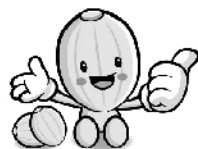
2. 电源频率

我国的工业频率（工频）是 50Hz。电源频率的变化对工厂供电系统的稳定性影响很大，要求频率的变化范围不超过 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。



任务实施

- (1) 画出一台变压器高压侧采用隔离开关、断路器的电气一次主接线图。
- (2) 利用供电屏实训装置辨识出断路器与隔离开关及基本作用。
- (3) 画出两台变压器高低压侧均采用单母线分段的电气主接线图。
- (4) 在供电屏实训装置上分析单母线分段供电特征。



考核评价（见表 1-1-3）

表 1-1-3 项目一任务一考核评价表

评价项目	评价内容	分值	自评	小组互评	教师评价
情感态度	纪律情况、敬业精神、团队意识、学习态度、安全文明习惯	20			
理论知识	电气主接线图的概念、构成	40			
实际操作	电气设备的符号、电路连接	40			



★练习与思考

1. 举例说明供配电系统中哪些设备是一次设备？哪些设备是二次设备？
2. 试画出1台变压器高压侧采用断路器、隔离开关的主接线图。
3. 低压用电设备的额定电压有几个电压等级？分别为多少伏？
4. 1台额定电压为220V的电动机，其端子处电压的上下限分别是多少伏？一般场所380V的照明灯允许的电压变动上下限是多少？
5. 说明图1-1-8中变电所的高低压侧电气主接线分别是哪种？

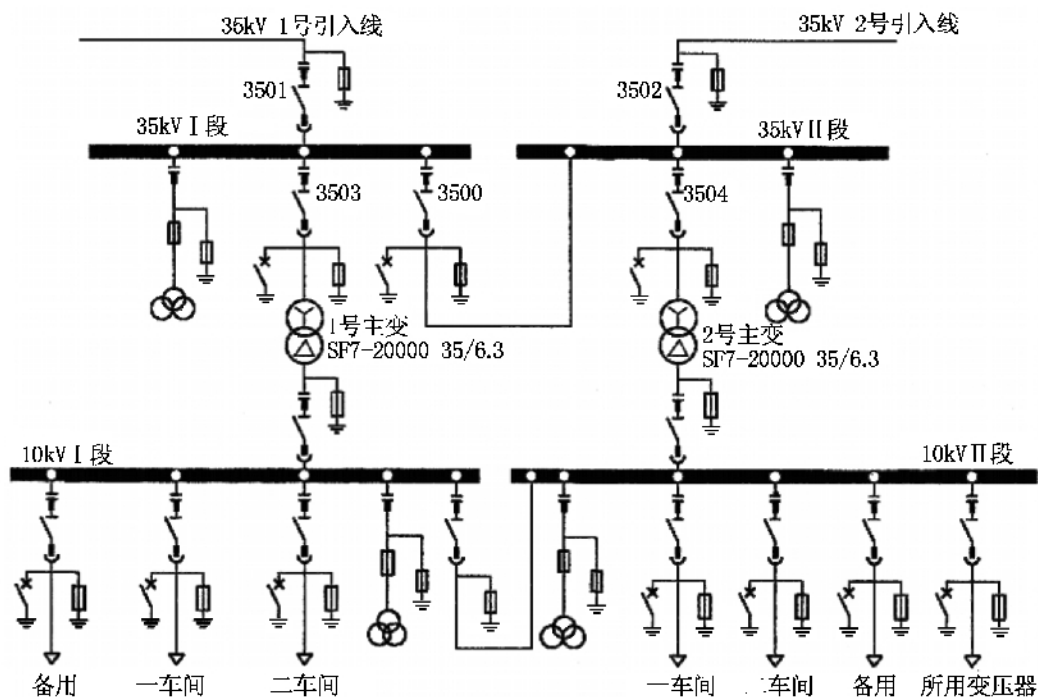


图1-1-8 某厂总降压变电所一次接线图



知识拓展

一、某变配电室值班员岗位责任制

- (1) 熟悉变电所供电系统图，变配电设备的构造、用途和技术性能。
- (2) 熟记并执行《电业安全工作规程》中变电所部分的有关条文。
- (3) 按规程进行各项操作，正确使用和保管安全用具、公用工具。按时



记录各种数据，数字清晰准确。定时巡视检查所管辖的一切设备，发现问题及时报告处理并认真记录。

(4) 巡视检查中发现不正常情况，应详细记录，并及时处理，无法消除的缺陷要汇报上一级领导处理，并填写《设备缺陷管理记录》。

(5) 保持变电所室内整齐清洁，每周大清扫1次。

(6) 控制负荷，加强高峰时间负荷监视，接到供电局有关通知或遇到供电局拉闸停电立即报告，按时向供电局报全厂日负荷。

(7) 坚守工作岗位，按时交接班，工作中互相协作，杜绝有损于团结的言行，钻研业务，提高操作水平，保证全厂的安全正常供电和变电所设备的经济有效运行。

二、变、配电设施巡查制度

目的：保证变配电设备、设施的安全运行。

巡检范围：变压器、高压配电室、低压主配电室，各车间配电室及各部位控制室。

巡检周期：每天1次。

巡检方法：听：听设备运行的声音是否正常。看：看设备的外观和颜色变化有无异常，仪表数字显示有无异常变化，设备表面洁净情况。闻：主要闻有无绝缘材料在温度升高时的焦糊气味。查：检查电流、电压、功率因数是否正常，检查有无小动物运动痕迹、漏雨、进水现象。测：测试各电器元件以及链接部位温度是否正常。

巡检内容：

- (1) 保持设备干净、防止异物造成接触不良或短路。
- (2) 检查各种仪表指示、储能指示、运行指示是否完好。
- (3) 检查各仪表二次控制线路接点有无松动碳化现象。
- (4) 观察各路进线柜、出线柜、电压（电流）互感器、避雷器各接点有无弧光闪络痕迹和打火现象。
- (5) 观察各路高压带电显示装置是否完好。
- (6) 检查直流屏操作电源电压是否正常，蓄电池有无破裂、漏液、接点