



国家示范性高职院校精品教材

GONGYONGDIAN JISHU YU YINGYONG

供用电技术与应用

四川电力职业技术学院 组 编
胡永红 主 编
李红军 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



国家示范性高职院校精品教材

GONGYONGDIAN JISHU YU YINGYONG

供用电技术与应用

四川电力职业技术学院 组 编

胡永红 主 编

李红军 副主编

范汝敏 李 佳 侯 毅 编 写

黄益华 高 犁 主 审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是国家示范性高职院校精品教材。

本书以用电检查、供配电网络及设备运行管理与维护、工矿企业供配电等工作过程为导向,依据其共有的典型工作任务来组织内容,体现“教、学、做”一体的教学方法。

本书分5章,主要包括:供用电网络基础、供用电网络电气设备的运行与维护、变电站二次部分的运行与维护、供用电网络电气绝缘与防雷设施的运行与维护、供配电系统电气设计。

书中提供的实训项目,供具备相应实训条件的院校参考使用,以培养学生较快掌握以上相关工作岗位的职业能力具有较好的操作性和实用性。

本书可作为高职高专院校供电技术及相关专业的专业课程教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

供用电技术与应用/四川电力职业技术学院组编;胡永红主编. —北京:中国电力出版社,2011.8

国家示范性高职院校精品教材

ISBN 978-7-5123-1446-7

I. ①供… II. ①四…②胡… III. ①供电—高等职业教育—教材②配电系统—高等职业教育—教材 IV. ①TM72

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第175507号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011年9月第一版 2011年9月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 23.25印张 568千字

定价 39.50元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

四川电力职业技术学院

专业人才培养方案及教材
编审委员会

主任委员	王旭	严光升		
副主任委员	李开勤			
委 员	刘勇	周庆葭	林文静	景敏
	李刚	李俭	方鉴	熊名扣
	蒙昌嘉	何勇	赵大林	蔡燕生
	汤晓青			

前 言

供用电技术与应用是四川电力职业技术学院供用电技术专业建设过程中开发的一门专业核心课程。是基于专业建设的前期成果——供用电技术专业职业能力分析和主要学习领域,再根据本门课程对应的职业能力培养目标和典型工作任务来组织教材内容。

本书以用电检查供配电网络及设备运行管理与维护、工矿企业供配电等工作过程为导向,以相关岗位群的典型工作任务为载体,按照实际工作任务、工作过程和工作情境组织课堂内外的教学内容和考评方式,是探索高职教育特点的新型教材。

本书彻底打破了原电力系统基础、变配电站二次部分、供用电设备、变电运行、高电压技术和毕业设计等原学科体系下的课程名称及内容。按照专业毕业生主要就业岗位群实际工作过程对专业知识和技能的需要来组织教材内容。教材力求支撑理论,实践并重,“教、学、做”相结合的教学模式,突出以职业能力培养为主线的高职教育特色。

本书供两个学期使用,共分成5章:第1章由李佳编写;第2章由胡永红编写;第3章由李红军编写;第4章由侯毅编写;第5章由范汝敏编写。本书由胡永红担任主编,李红军担任副主编。

本书承蒙重庆电力高等专科学校黄益华和四川电力职业技术学院高犁审阅,提出了宝贵的修改意见;另外,成都电业局刘义华高级技师和宜宾电业局王明伟工程师全程参与编写提纲的讨论,在此一并致以衷心的感谢。

高等职业技术教育改革还处于不断前进之中,编者根据自己对高等职业教育的肤浅理解,做了一些初步的尝试和探索,限于编者的学识和水平,书中难免会有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2011年6月

目 录

前言

1 供用电网络基础	1
1.1 供用电网络的基本概念	1
小结	19
知识巩固	19
1.2 供用电网络的潮流计算	19
小结	49
实训项目 使用工程软件计算典型配电网络潮流	49
知识巩固	49
1.3 电力系统的无功—电压调节	51
小结	68
知识巩固	69
1.4 电力系统的有功—频率调节	69
小结	76
知识巩固	76
2 供用电网络电气设备的运行与维护	77
2.1 变压器的运行与维护	77
小结	82
实训项目一 主变压器巡视	82
知识巩固	84
2.2 电动机的运行与维护	84
小结	92
实训项目二 6kV 高压电动机巡视	92
知识巩固	92
2.3 高压配电装置的运行与维护	94
小结	133
实训项目三 110kV 户外配电装置巡视	133
知识巩固	135
2.4 低压配电装置的运行与维护	135
小结	154
实训项目四 低压配电屏巡视	154
知识巩固	154
2.5 电气设备倒闸操作	156

小结	164
实训项目五 装设接地线	164
知识巩固	168
2.6 电气设备事故处理	168
小结	174
实训项目六 小接地电流系统单相接地故障的处理	174
知识巩固	174
3 变配电站二次部分的运行与维护	176
3.1 35kV 及以下变电站的继电保护	176
小结	193
实训项目一 10kV 继电保护动作分析及处理	193
知识巩固	195
3.2 变电站二次回路	195
小结	221
实训项目二 变电站直流系统接地故障查找	221
知识巩固	223
3.3 县级电网自动化	223
小结	241
知识巩固	241
4 供用电网络电气绝缘与防雷设施的运行与维护	242
4.1 电气绝缘简介	242
小结	263
实训项目一 电压互感器绝缘电阻测试和绕组直流电阻测试	263
实训项目二 变压器工频耐压试验	263
知识巩固	269
4.2 过电压与雷电防护设施的运行与维护	269
小结	285
实训项目三 配电变压器台区接地装置地网电阻测量	285
知识巩固	288
5 供配电系统电气设计	289
5.1 供配电系统电气设计	289
小结	315
知识巩固	315
5.2 供配电系统电气设计基础	316
小结	339
实训项目 变电站电气一次部分初步设计	339
知识巩固	343
附录	344
附录 A 低压电器的分类及用途	344

附录 B	常见低压成套配电柜	345
附录 C	常用 DW 型万能式空气断路器	346
附录 D	常见 DZ 型塑料外壳式空气断路器	347
附录 E	常见塑料外壳式漏电保护空气断路器	349
附录 F	常见交流接触器	349
附录 G	常见热继电器	351
附录 H	部分电气设备计算参数	352
附录 I	供配电系统电气设计参考规范和手册名称	361
参考文献		362

1 供用电网络基础



教学目标

通过学习,初步具备用电监察员、企业变配电室值班员、电气设备运行管理维护员的专业能力。

1.1 供用电网络的基本概念



学习目标

- (1) 能阐释电力系统的基本生产现象和基本术语;
- (2) 能分析电力系统中性点和主接线方式。

1.1.1 电力系统的组成

能源是社会生产力的重要基础,电能被广泛地应用于工业、农业、国防、交通等国民经济各部门,为改善和提高人们物质、文化生活作出了巨大贡献,因此电力工业已经成为国民经济的重要组成部分。

一、电力系统的基本概念

煤炭、石油、天然气、水力等随自然界演化生成的动力资源是能量的直接提供者,称为一次能源;电能是由一次能源转换而成,称为二次能源。

发电厂把其他形式的能量转换成电能,电能经过变压器和各种电压等级的输配电线路输送并分配给用户,再通过各种用电设备转换成适合用户需要的其他形式的能量,如机械能、热能、光能、化学能等。我们把发电厂中的发电机、输配电过程中的变压器、输配电线路、消费电能的各种电气设备连接在一起而组成的整体称为电力系统。它包括发电、变电、输电、配电、用电的全过程。电力系统加上发电厂的动力部分,如火电厂的汽轮机、锅炉、供热管道和热用户,称为动力系统。

输配电线路将各个发电厂中的同步发电机连接起来并列运行,还将发出的电能送到各大负荷中心。因为每条线路上需要输送功率的大小以及传输距离不同,应该采用不同的电压等级,所以系统中存在大量的变压器,将不同电压等级的线路连接起来。电力系统中输送和分配电能的部分称为电力网,简称电网。它包括升、降压变压器和各种电压的输电线路。可见,电力系统是动力系统的一部分,电力网又是电力系统的一部分。

由于电力系统的设备大都是三相的,它们的参数也是对称的,所以通常用一相表示三相,用单线图来表示三相图,如图 1-1 所示。

电力网按担负的任务可分为系统联络网和供用电网络两种。系统联络网用于发电厂、枢纽变电站的联系,用于系统的调度运行。在本书中,将供配电线路和所连接的用户变压器等统称为供用电网络,其任务是向用户变电站供电并向用电设备配电,主要为用户服务。

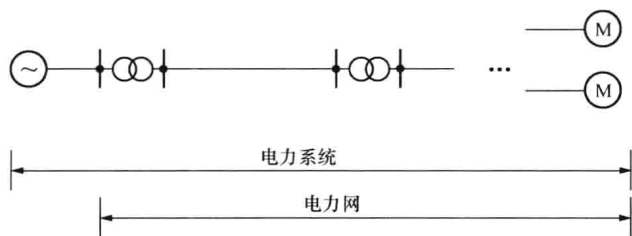


图 1-1 简单电力系统、动力系统、电力网示意图

二、电力系统的运行特点和基本要求

要求

1. 电力系统的运行特点

与其他工业系统相比较，电力系统具有明显特点如下。

(1) 电能不能大量地、廉价地储存。电力系统中，电能的生产、输送、分配和使用必须同时进行。发电

厂在任何时刻发出的功率必须等于同一时刻用电设备所需的功率以及输送、分配过程中损失的功率之和。

(2) 电力系统的暂态过程非常短暂。电力系统从一种运行状态到另一种运行状态的过渡过程非常短暂。电力系统中发电机、变压器、线路、用电设备的投入或停运都在同一瞬间进行；雷击或开关操作引起的过电压，其暂态过程也只有几微秒或几毫秒；而电力系统从发生故障到系统失去稳定性通常也只有几秒的时间，因此电力系统的暂态过程十分短暂。

(3) 与国民经济及日常生活有着极为密切的关系。因为电能的应用非常广泛，与工农业生产和人民生活息息相关，因此电能生产影响到国民经济的正常运行。如果突然中断供电或供应不足，会使生产受损、使人民生活秩序和生活质量受到影响，甚至危及人身、设备安全，造成严重后果。

2. 电力系统运行的基本要求

电力系统的上述特点对电力系统的运行提出了以下基本要求。

(1) 保证系统运行的安全可靠。电力系统运行的安全可靠主要指保证对用户的持续供电，并保证系统本身设备的安全。为了提高电力系统的安全可靠性，系统应该具备足够的电源容量、合理的电网结构等。但在某些情况下，当电力系统无法满足全部负荷的需求时，根据用户对供电可靠性的要求程度不同，应有选择地保证重要用户的供电。目前我国将负荷分为以下 3 级。

一级负荷：对这一级负荷中断供电的后果极其严重。例如，可能发生危及人身安全的事；使工业生产中的关键设备遭到难以修复的损坏以致生产秩序长期不能恢复正常，造成国民经济的重大损失；使市政生活的重要部门发生混乱等。

二级负荷：对这一级负荷中断供电将造成大量减产，交通停顿，影响城市中大量居民的正常活动等。

三级负荷：所有不属于一、二级的负荷都属于三级负荷。短时中断对这一级负荷的供电不会造成重大损失。

(2) 保证良好电能质量。衡量电能质量的三个基本指标是电压的大小、频率和波形。我国的电力系统属于三相交流系统，为用户提供的电压应该是交变的正弦波。电压的大小是指该交变电压的有效值，电压的频率是指该交变电压的周期，电压的波形是指该交变电压的形状。

长期研究表明，电压的大小与系统无功平衡有关，当系统无功功率供求平衡时，系统每个节点的电压大小是稳定不变的。当系统无功功率供大于求时，节点电压升高，引起一轮无功—电压调节，直到供求平衡；当系统无功功率供小于求时，节点电压降低，经过无功—电

压调节,达到供求平衡,节点电压才能稳定下来。而频率主要取决于系统中的有功功率平衡,系统发出的有功功率不足时,频率就降低。可见,要保证良好的电能质量,关键是要满足系统在额定电压下的有功功率平衡和无功功率平衡。

系统实际运行中,存在很多不确定的因素如负荷的投切、线路损耗等,所以电压正常的大小、频率和波形不断受到影响,不能时刻与额定值完全相等。而实际上,大多数用电设备在电能质量稍微偏离额定值时仍能运行良好,所以我国对电压大小的容许偏差、频率的容许偏差、谐波电压和电流的容许含量都作了相关规定,规定了其允许偏移的范围。当电压大小和频率超出允许偏移范围时,不仅会造成废品和减产,还会影响用电设备的安全,严重时甚至会危及整个系统的安全运行。

(3) 提高电力系统运行的经济性。电能生产的规模非常大,消耗了大量一次能源,因此在国民经济能源总耗费中占有很大比例。在电能的生产、传输过程中降低能源消耗,对最大限度地降低电能成本有重大意义。

三、电力系统中性点的运行方式

电力系统中性点是指星形连接的变压器和发电机的中性点。电力系统中性点的运行方式是指电力系统中性点与大地之间的电气连接方式。供用电网络中常用的中性点运行方式有中性点不接地、中性点经消弧线圈接地、中性点直接接地三种。

1. 中性点不接地系统

图 1-2 为简化的中性点不接地系统正常运行示意图。图中三相绕组可以是发电机的三相绕组,也可以是变压器二次侧的三相绕组。为了便于讨论,假设三相系统是对称的, ($\dot{U}_{PU} = U_P \angle 0^\circ$ 、 $\dot{U}_{PV} = U_P \angle 240^\circ$ 、 $\dot{U}_{PW} = U_P \angle 120^\circ$)。

正常运行时,系统三相导线与地面之间,沿导线全长均匀分布有电容。若三相导线经完全换位,则三相对地电容大小相等,即 $C_U = C_V = C_W$ 。所以三相对地电容电流 $\dot{I}_{WU}$ 、 $\dot{I}_{WV}$ 、 $\dot{I}_{WW}$ 对称,地中没有电容电流流过。

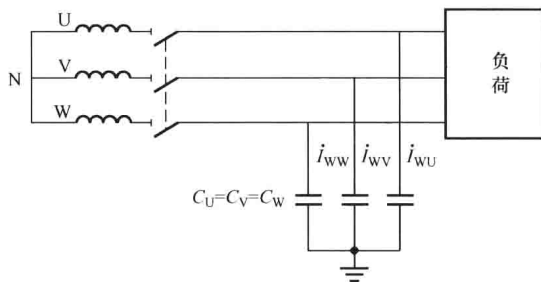


图 1-2 中性点不接地系统正常运行状态

(1) 中性点不接地系统发生单相接地故障。单相接地故障在系统各种故障中,发生的概率最大。因此要保证系统供电可靠性,首先要了解其系统发生单相接地故障后的情况,才能

针对这种故障制定相应措施。

因为三相对称,不妨设 U 相发生单相接地故障,如图 1-3 所示。故障后, U 相对地电压变为 $\dot{U}'_{PU} = 0$; 中性点电压升高为

$$\dot{U}_N = -\dot{U}_{PU} = -U_P \angle 0^\circ$$

V 相对地电压变为

$$\dot{U}'_{PV} = \dot{U}_{PV} + \dot{U}_N = \sqrt{3}U_P \angle 120^\circ$$

C 相对地电压变为

$$\dot{U}'_{PW} = \dot{U}_{PW} + \dot{U}_N = \sqrt{3}U_P \angle 150^\circ$$

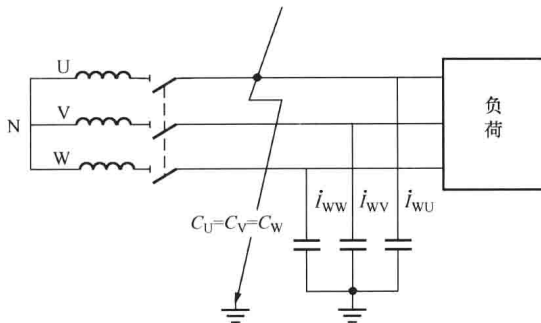


图 1-3 中性点不接地时的单相接地系统



所以,对地电容电流为

$$\dot{I}_d = \dot{I}_V + \dot{I}_W = \frac{\dot{U}'_{PV}}{\frac{1}{j\omega C_V}} + \frac{\dot{U}'_{PW}}{\frac{1}{j\omega C_W}} = 3U_P\omega C \angle 270^\circ$$

接地前后系统相量图如图 1-4 所示。

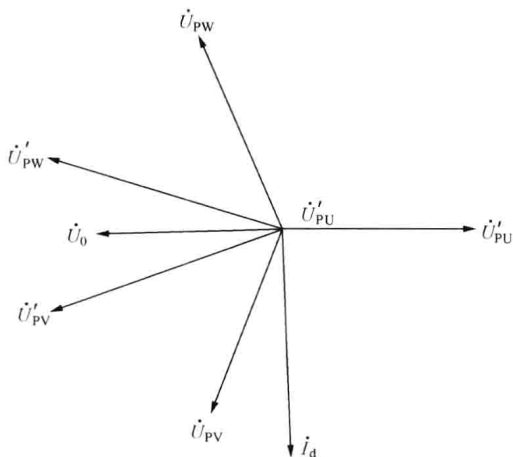


图 1-4 U 相接地前后系统相量图

可见,中性点不接地系统发生单相接地故障时主要有如下特点:

- 1) 中性点对地电压升高为相电压。
- 2) 非故障相对地电压升高为相电压的 $\sqrt{3}$ 倍,即线电压,因此每相的对地绝缘设施要按线电压来设计,这就增加了电网的绝缘造价。
- 3) 故障相流入故障点的电流等于正常时每相对地电容电流的三倍。当接地电流在 5~30A 之间时,可能产生周期性熄灭和重燃的间歇性电弧,导致相与地之间产生过电压,其幅值可能达到 2.5~3 倍相电压,危及整个电网绝缘。当接地电流大于 30A 时,会形成稳定燃烧的电弧,电弧高温可能烧坏设备,引起相间短路。

4) 三相之间的线电压保持与正常时相同,因此三相系统可以继续运行,不影响用户工作。这种情况下可持续运行时间为 2h,应在此时间内尽快消除故障,以免故障范围扩大。

(2) 适用范围。中性点不接地运行方式在电压等级较低、线路较短的电网中有较大应用价值。目前我国中性点不接地系统的适用范围如下:

- 1) 1200V 以下的三相三线制系统;
- 2) 3~10kV 系统当接地电流 $I_d \leq 30A$ 时;
- 3) 20~63kV 系统当接地电流 $I_d \leq 10A$ 时;
- 4) 与发电机有直接电气联系的 3~20kV 系统,如要求发电机带内部单相接地故障运行,其允许接地电流大小的规定与发电机容量有关。

2. 中性点经消弧线圈接地系统

中性点不接地电力系统发生单相接地时,有接地电流 $\dot{I}_d$ 从接地点流过。 $\dot{I}_d$ 是纯电容电流,不是短路电流,其值不大,但这个接地电流达到一定值时会在接地点产生间歇性电弧,使系统产生过电压,严重时甚至会烧坏电气设备。为了减少接地电流,使接地点的电弧易于熄灭,需要在电力系统某些中性点处装设感性的消弧线圈 L,以补偿接地电容电流,如图 1-5 所示。

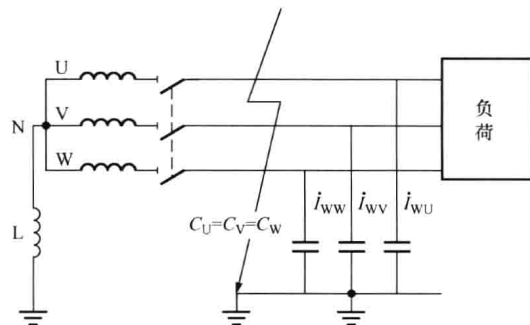


图 1-5 中性点经消弧线圈接地时的单相接地系统

假设单相接地故障发生在 U 相,故障后, U 相对地电压变为 $\dot{U}'_{PU} = 0$, 中性点电压升高为



$$\dot{U}_V = -\dot{U}_{PU} = -U_P/0^\circ = U_P/180^\circ$$

对地电容电流为

$$\dot{I}_d = \dot{I}_V + \dot{I}_W = \frac{\dot{U}'_{PV}}{\frac{1}{j\omega C_V}} + \frac{\dot{U}'_{PW}}{\frac{1}{j\omega C_W}} = 3U_P\omega C/270^\circ$$

而此时, 消弧线圈流过的电流为

$$\dot{I}_L = \frac{\dot{U}'_N}{j\omega X_L} = \frac{U_P}{\omega X_L}/90^\circ$$

对比 $\dot{I}_d$ 与 $\dot{I}_L$, 二者方向是相反的, 可以通过调整 X_L 的值来调整 I_L , 从而调整对地电容电流的补偿程度。按补偿程度不同, 补偿方式分为以下 3 种。

(1) 完全补偿 $I_L = I_d$ 。采用这种方式时, 消弧线圈通过大地与三相电容构成串联谐振回路, 可能导致消弧线圈或电容两端出现危险的过电压。因此, 电网通常不采用完全补偿方式。

(2) 欠补偿 $I_L < I_d$ 。采用欠补偿方式, 在发生单相接地故障时, 如果系统运行方式发生改变而切除部分运行线路, 会使得对地电容减小, 或由于频率下降等原因都会使容抗增大, 导致 I_d 减小, 从而形成 $I_L = I_d$, 使电网出现谐振, 所以电网通常也不采用欠补偿方式。

(3) 过补偿 $I_L > I_d$ 。这种补偿方式不会产生谐振, 所以在电网中得到了广泛应用。我国 6~35kV 供用电网络中, 凡是不适合中性点不接地方式运行的, 都采用中性点经消弧线圈接地方式运行。

3. 中性点直接接地系统

中性点直接接地系统中, 中性点的电位始终固定为地电位。当发生单相接地故障时, 就通过地形成了首尾连通的短路回路, 短路电流很大, 会引发继电保护装置立即动作, 切除故障线路。因此中性点直接接地系统发生单相接地时, 非故障相电压不升高, 各相绝缘按相电压考虑, 大大降低了电网绝缘造价。但故障线路切除后, 相应的用户就失电了, 因此影响供电可靠性, 如图 1-6 所示。

因为短路电流较前两种运行方式大很多, 因此也称为大接地电流系统。前两种运行方式也称为小接地电流系统。接地电流大就需要选用大容量的开关设备, 而且电力会损坏某些电气设备, 产生的电磁波对通信等会造成影响等, 这些都是直接接地系统的缺点。但因为它能大大降低电网绝缘造价, 有重大经济意义, 因此我国 220kV 以上系统都采用中性点直接接地运行方式, 110kV 以上系统也大都采用中性点直接接地运行方式。

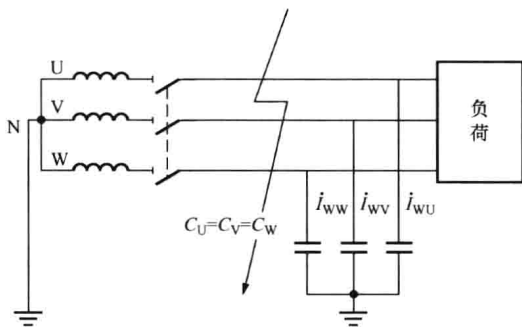


图 1-6 中性点直接接地系统时的单相接地系统

1.1.2 电力系统的接线方式

电力系统的接线方式对保证安全、优质和经济地向用户供电具有非常重要的作用。电力系统的接线包括发电厂(变电站)的主接线和电力网的接线两种形式。

一、发电厂(变电站)主接线

发电厂(变电站)的主接线是整个发电厂和变电站电气部分的主干, 它把电源送来的电



能汇聚起来,然后进行分配供给不同的电力用户。发电厂(变电站)的主接线方案对发电厂(变电站)电气设备的选择,配电装置的布置,二次接线、继电保护及自动装置的配置,运行的可靠性、灵活性、经济性,维护检修的安全与方便等都有重大影响。

1. 发电厂(变电站)主接线的基本要求

(1) 可靠性。衡量主接线的可靠性应从以下几个方面考虑:

1) 断路器检修时是否影响供电;

2) 设备和线路故障或检修时,停电线路数目的多少和停电时间的长短以及能否保证对主要用户的供电;

3) 有没有使发电厂(变电站)全部停止工作的可能等。

(2) 灵活性。主接线不仅在正常情况下能根据调度的要求灵活地改变运行方式,而且能在各种故障和设备检修时尽快退出设备、切除故障,停电时间最短、影响范围最小,并且保证人员安全。

(3) 经济性。在保证安全可靠、操作灵活方便的基础上,主接线应节省基建投资并减少年运行费用。

(4) 操作简单方便。主接线应简单清晰、操作方便。复杂的接线不利于操作,还往往造成因误操作而发生事故。但接线过于简单,又可能带来不便或造成不必要的停电。

(5) 考虑扩建。满足以上要求之后,还应留有扩建的余地,以适应电力工业不断发展的需要。

2. 发电厂(变电站)主接线的运行方式

发电厂(变电站)主接线的运行方式分为正常运行方式和非正常运行方式。各变电站都有自身确定的正常运行方式和非正常运行方式,并写入变电站运行规程。

(1) 正常运行方式。正常运行方式是指在此情况下全部设备投入运行时电气主接线经常采用的运行方式。主接线的正常运行方式一经确定,其母线运行方式、变压器中性点的运行方式也随之确定;相应继电保护和自动装置的投入也随之确定。各发电厂(变电站)主接线的正常运行方式只有一种,一经确定一般不得更改。

(2) 非正常运行方式。非正常运行方式是指在事故处理、设备故障或检修时主接线所采用的运行方式。由于事故处理和设备故障以及检修的随机性,非正常运行方式通常有多种。

3. 发电厂(变电站)主接线的典型主接线方式

发电厂(变电站)的主接线方式可分为有母线的主接线和无母线的主接线两大类,两大类细分如下所列。





上述主接线方式中,发电厂、变电站采取哪一种,取决于发电厂或变电站的规模、电压等级及其在电力系统中的地位、与系统连接情况、负荷的性质等。例如,110kV 变电站较多采用桥形、单母线(或单母线分段、单母线分段带旁路)接线方式,220kV 变电站较多采用双母线(或双母线带旁路、双母线分段带旁路)接线方式,500kV 变电站较多采用 3/2 接线方式。

(1) 单母线接线。单母线接线只有一组母线,所有电源进线和引出线都经断路器和隔离开关接在同一组母线上,如图1-7所示。其中隔离开关 QS2 安装在靠母线侧(或电源侧),称为母线侧(或电源侧)隔离开关;隔离开关 QS1 安装在靠线路侧(或负荷侧),称为线路侧(或负荷侧)隔离开关。

这种接线方式的优点是接线简单清晰、操作方便、所用的电气设备少、配电装置建造费用低、便于扩建。缺点也很明显,如:①供电的可靠性和灵活性都较差(运行方式单一);②母线或母线隔离开关故障或检修时,各回路全部停电;③检修任意一回路断路器时该回路停电。

一般情况下,这种接线方式采取的运行方式为:母线和所有接入母线上的电源进线及引出线、母线电压互感器均运行,各继电保护按规定均投入。

该接线方式一般只适用于一台发电机或一台主变压器的以下三种情况。

- 1) 6~10kV 配电装置:出线回路数不超过 5 回;
- 2) 35~63kV 配电装置:出线回路数不超过 3 回;
- 3) 110~220kV 配电装置:出线回路数不超过 2 回。

(2) 单母分段接线。为了克服单母线不分段接线检修全部停电的缺点,故将母线分段,即电源和出线经断路器和隔离开关分别接在两组分段母线上。当一段母线故障时,继电保护动作,先断开分段断路器 QFD,将母线分成两段,故障段检修,非故障段母线继续工作。分段减小了母线或母线隔离开关故障或检修时的停电范围,提高了供电可靠性。单母线分段接线如图1-8所示。

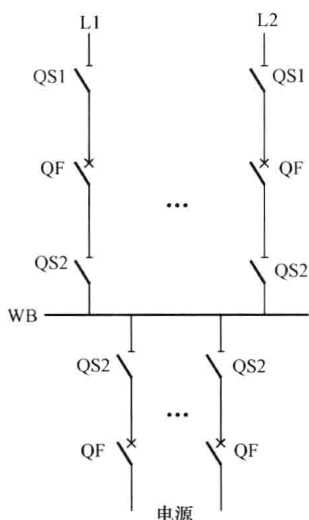


图 1-7 单母线接线

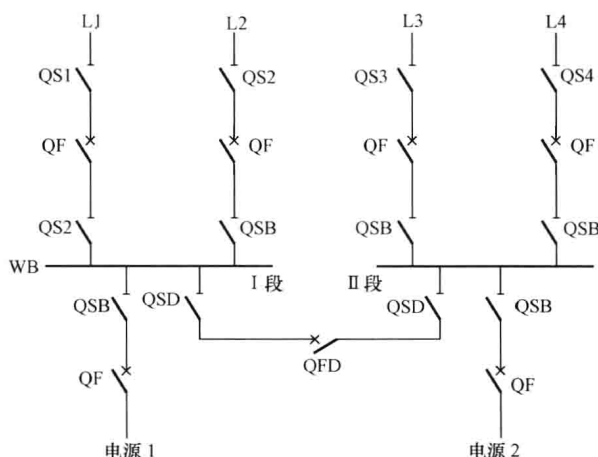


图 1-8 单母分段接线

单母线分段的数目不限于 2 段,一般以 2、3 段为主。这种接线方式的优点是:①电源和引出线分别接到两段母线上,便于分段检修母线,减少母线故障的影响范围;②重要用户可通过两段母线供电,从而保证了对重要用户的供电;③运行方式比较灵活。缺点是:①当



一段母线或母线隔离开关故障或检修时,该段母线上的所有回路全部停电;②检修任意一回路线路断路器时,该回路停电;③增加了分段设备,经济性比单母线不分段差。

一般情况下,这种接线方式采取的运行方式为:两分段母线 WB I 和 WB II、分段断路器 QFD 及其两侧隔离开关、两分段母线上的电源进线和引出线、母线电压互感器均运行,各继电保护按规定均投入。

该接线方式的适用范围如下。

- 1) 6~10kV 配电装置:出线回路数 6 回及以上;
- 2) 35~63kV 配电装置:出线回路数 4~8 回;
- 3) 110~220kV 配电装置:出线回路数 3~4 回。

(3) 单母分段带旁路。不论是单母接线还是单母分段接线,在检修任何一条进出线断路器时,该线路必须停电。为了解决这个问题,衍生出了单母分段带旁路母线的接线,如图 1-9 所示。单母分段带旁路增设了一组旁路母线 WBP 及与各出线回路相连的旁路隔离开关。当检修进出线断路器时,可以将出线暂时转移到旁路断路器上,使该线路不停电。

(4) 双母线接线。对单母线分段接线,当一段母线或母线隔离开关故障或检修时,该段母线上的所有回路全部停电。为解决这个问题,当出线数量较多,重要负荷也较多时,采用双母线接线,如图 1-10 所示。

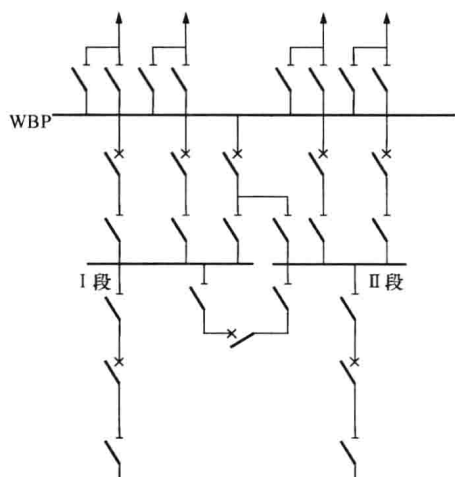


图 1-9 单母分段带旁路

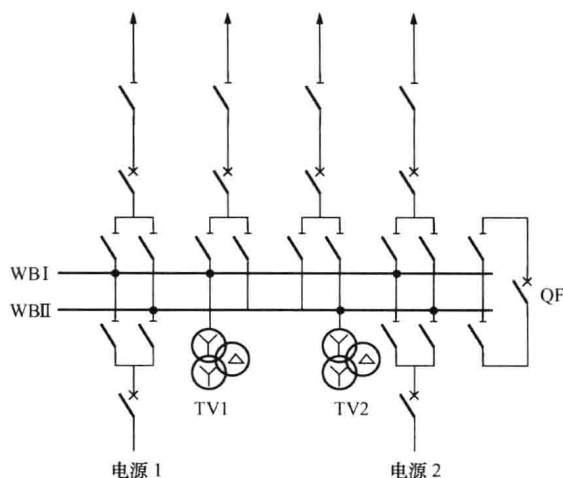


图 1-10 双母线接线

双母线接线方式有两组母线,每一回路都通过一台断路器和两组母线隔离开关分别接到两组母线上,两组母线通过母联断路器 QF 及母联隔离开关相连。

这样做的优点是:①供电可靠。通过两组母线隔离开关的倒换操作,可以轮流检修一组母线而不致使供电中断;一组母线故障后,能迅速恢复供电;检修任一回路的母线隔离开关时,只停运该回路。②调度灵活。各电源和各回路负荷可以任意分配到某一组母线上,能灵活地适应系统中各种运行方式调度和潮流变化的需要。③扩建方便。向双母线的左右任何一个方向扩建,均不影响两组母线的电源和负荷均匀分配,不会造成原有回路停电。当有双回架空线路时,可以顺序布置,以致连接不同的母线段时,不会如单母线分段那样导致出线交叉跨越。④便于试验。当个别回路需要单独进行试验时,可将该回路分开,单独接至一组母线上。

缺点是:①变更运行方式时,需要利用母线侧隔离开关进行倒闸操作,切换有负荷电流



的电路，操作过程较复杂，容易出现误操作；②工作母线短路时，在切换母线过程中，仍要短时停电；③检修任一回路线路断路器时，该回路仍需停电；④使用的开关设备多，配电装置结构复杂，占地面积大，投资大。

一般情况下，这种接线方式采取的运行方式为：两组母线 WB I 和 WB II 运行，母联断路器 QF 及其两侧隔离开关均合上，电源进线和引出线按容量和负荷大小基本平均分配在两组母线上，并固定接于相应母线运行，两组母线上的电压互感器 TV1、TV2 均运行，各元件继电保护按规定均投入。

适用范围：当出线回路数或母线上电源较多、输送和穿越功率较大、母线故障后要求迅速恢复供电、母线或母线设备检修时不允许影响对用户的供电、系统运行调度对接线的灵活性有一定要求时采用。采用该接线方式的具体条件如下。

1) 6~10kV 配电装置：当短路电流较大、出线需要带电抗器时；

2) 35~63kV 配电装置：当出线回路数超过 8 回时，或连接的电源较多、负荷较大时；

3) 110~220kV 配电装置：出线回路数为 5 回及以上时，或当 110~220kV 配电装置在系统中居重要地位，出线回路数为 4 回及以上时。

(5) 双母线分段接线。在发电厂、变电站中，母线发生故障时的影响范围很大，为了缩小母线故障的影响范围，可采用双母线分段接线方式，如图 1-11 所示。该接线通过两台分段断路器 QF1、QF2 将双母线分段，每一回路都通过一台断路器和两组母线隔离开关分别接到对应的工作母线上，分段双母线分别装有母联断路器 QF3、QF4。这种接线具有单母线分段和双母线的特点。

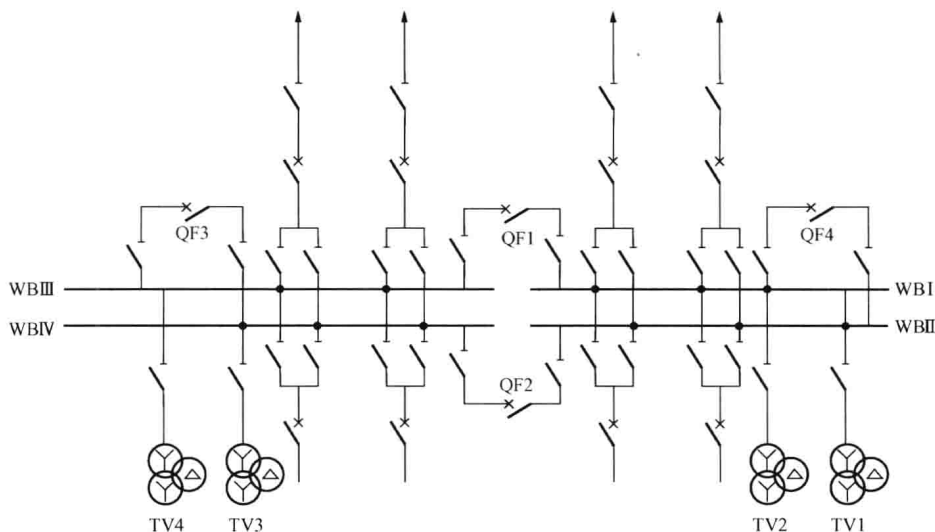


图 1-11 双母线分段接线

一般情况下，这种接线方式采取的运行方式为：四组工作母线 WB I、WB II、WB III、WB IV 运行，分段断路器 QF1 和 QF2 及其两侧隔离开关、母联断路器 QF3 和 QF4 以及其两侧隔离开关均合上。各电源进线和线路出线经断路器和其中一组母线隔离开关分别接到相应母线上，母线电压互感器 TV1、TV2、TV3、TV4 均运行，继电保护按规定均投入。

该接线方式的适用范围如下。