

大电生产类学徒工初级工培训教材

电气设备运行

(试用本)

4

水利电力出版社

内 容 提 要

本书是火电生产类学徒工初级工培训教材之一，主要叙述发电机、变压器、电动机及配电装置在运行中的维护、操作及事故处理的基本知识，同时对火力发电厂的电气一次接线及运行方式、电气设备的倒闸操作、运行现场制度、继电保护和自动装置的配置等亦作了简要介绍。

本书可供具有初中毕业文化程度的学徒工、初级工培训使用，也可供中级以上的技术工人自学时参考。

火电生产类学徒工初级工培训教材

电 气 设 备 运 行

(试 用 本)

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6印张 132千字

1983年12月第一版 1983年12月北京第一次印刷

印数00001—50000册 定价0.50元

书号 15143·5308

前 言

为了提高水利电力系统学徒工初级工的技术水平,使技工培训工作逐步走向正规化、系统化,我们统一组织编写了水电生产、水电施工、火电生产、火电建设和供电等五类学徒工初级工的培训教材。

这五类培训教材是按照原水利部、原电力工业部颁发的工人技术等级标准中相应的应知技术理论要求编写的。每一工种的培训教材包括基础课与专业课两部分,注意到学徒工初级工两个阶段技术理论教育的系统性和完整性,力求密切联系生产实际,深入浅出,突出工人培训教材的特点。

火电生产类培训教材包括22个工种共23本,其中基础课11本,专业课12本,委托山西省电力工业局组织编写,并约请各大区网局和省电力工业局的有关同志参加审稿。

《电气设备运行》系专业课教材之一,由太原第一热电厂程逢科同志(第一至九章)和山西省电力学校罗少樵同志(第十章)共同编写,程逢科同志主编。山西省电力调度所沈忠民同志进行了初审。山东黄台发电厂、上海闵行发电厂、辽宁发电厂等单位进行了审定。

由于编写时间仓促,又缺乏经验,培训教材中难免存在错误和不妥之处,现以试用本出版,内部发行。希望使用单位和广大读者提出宝贵意见,以便提高再版的质量。

水利电力部

1983年3月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 电气运行的主要任务	1
第二节 电气运行的一般知识	2
第二章 发电厂一次接线及其运行方式	7
第一节 发电厂主接线及其运行方式	7
第二节 发电厂厂用电接线及其运行方式	12
第三章 电气设备的倒闸操作	18
第一节 概 述	18
第二节 倒闸操作的一般程序 和要领	20
第三节 倒闸操作的技术 原则	22
第四章 电动机的 运行	30
第一节 电动机的允许运行方式	30
第二节 电动机的起停操作及维 护	33
第三节 电动机的 异常运行及事故处理	38
第五章 变压器的运 行	44
第一节 变压器的允许运行方式	44
第二节 变压器的操作及维 护	47
第三节 变压器的异常运行及事故处 理	53
第六章 配电装置的运 行	61
第一节 高压断路器的运行及事故 处理	61
第二节 母线、绝缘子、隔离开关 和电力电缆的运行及 事故处 理	67
第三节 电抗器和消弧线圈的运行及事故 处理	72

第四节	电压互感器和电流互感器的运行及事故处理	76
第五节	熔断器和低压开关的运行及事故处理	81
第七章	同步发电机的运行	86
第一节	发电机的允许运行方式	86
第二节	发电机起动前的准备工作	90
第三节	发电机的起动、升压和并列	93
第四节	发电机接带负荷与调整负荷	98
第五节	发电机在运行中的监视和维护	100
第六节	工作和备用励磁系统的倒换操作	103
第七节	发电机的解列和停机	106
第八节	发电机的异常运行及事故处理	108
第八章	直流系统的运行	117
第一节	蓄电池直流系统的运行方式	117
第二节	蓄电池的维护工作	120
第三节	蓄电池直流系统的事故处理	123
第四节	给粉直流系统的运行方式	126
第五节	给粉直流系统的事故处理	130
第九章	发电厂事故处理的基本知识	132
第一节	概述	132
第二节	周波及电压降低时的处理	137
第三节	厂用电源中断和送电线路跳闸时的事故处理	140
第四节	单相接地故障点的寻找	143
第五节	母线电压消失的事故处理	145
第十章	继电保护及自动装置的基本知识	148
第一节	继电保护的作用及对它的基本要求	148
第二节	三种常用继电器	150
第三节	继电保护的基本原理	154
第四节	电力设备及送电线路的保护配置	172
第五节	自动重合闸及备用电源自动投入装置	177
第六节	继电保护和自动装置的使用及维护	184

第一章 概 述

第一节 电气运行的主要任务

电气运行是发电厂极为重要的专业工种。它的主要任务是执行并保证电气系统及其设备的安全经济发供电。

1. 保证安全发供电

电力系统由发电厂、各级输电线路及变配电、用电设备组成，其特点是连续不断地同时进行着生产、输配与消耗。因此，电力系统各个电气设备之间有着极密切的依赖关系，任一电气设备发生故障，都会影响到整个系统的正常工作，以致影响到国民经济各个部门的生产和人民的正常生活。所以，电力生产必须保证安全运行。

2. 保证经济运行

在安全发供电的前提下，千方百计搞好发电厂的经济运行具有十分重要的意义。这主要是指降低燃料消耗（煤耗率或油耗率）和厂用电率，以便尽可能地多发电少消耗电，降低每供出一度电的成本。

为了保证安全经济地发供电，值班人员除了应具备过硬的技术本领外，必须对工作具有高度的责任心，并且应一丝不苟地遵守各项规章制度，以便最大限度地保证机、炉、燃、化供电，保证电网的安全经济运行。因此他们在值班期间应做好以下工作：

（1）监视和调整电气设备的各项参数，使其运行在规定的范围内。

(2) 巡视和维护运行中的电气设备, 保证在正常工作状态。

(3) 保证运行方式的合理化, 使管辖范围内的电气系统和设备有最大的安全性和经济性。

(4) 进行电气设备的倒闸操作。

(5) 办理工作票的开工和结束手续。

(6) 消除电气设备缺陷。

(7) 迅速进行电气系统的事故处理或异常工况的排除。

(8) 填写运行日志, 计算各项参数。

(9) 做好备品(如熔断器、电刷等)、安全用具、图纸、钥匙、资料及测量仪器的管理工作。

(10) 做好交接班及现场的清洁卫生工作。

每一个参加电气运行的新工人, 都要认识到电气运行是一个专业性很强的工种, 因此必须努力学习, 早日掌握为人民服务的过硬本领。

第二节 电气运行的一般知识

一、运行组织

在电力系统中设有各级值班人员, 分别担负着各部分的生产工作。

电力调度员是全系统运行工作的领导人, 他可以直接对系统内的其他值班负责人(发电厂值长、地区调度员、变电所主值班员等)发布命令。

在发电厂中, 燃料、锅炉、汽机、化学和电气各分场均设有运行班, 各班都有班长, 在同一值内负责领导各运行

班的是值长。

电气运行班的值班人员一般有：班长、主值班员（副班长）、副值班员、厂用电工、副厂用电工等。

值班人员在行政上属于分场领导，而在运行操作及事故处理等方面均受值班负责人的领导。

二、电气运行规程

电气运行规程包括发电机、变压器、电动机、配电装置、继电保护、自动装置等电气设备的运行规程。这些规程是电气设备安全运行的科学总结，它们反映了电气设备运行的客观规律，是保证发电厂安全生产的技术措施，是电气运行值班人员工作中的基本依据，因此电气运行值班人员应该认真学习，并正确执行这些规程。

三、运行现场制度

电气运行现场制度是为了加强责任制，维持正常的生产秩序，保证安全生产，提高运行水平而制定的。每个运行值班员必须熟悉本单位的各种现场制度。现简述如下。

1. 操作票及操作监护制度

倒闸操作是一项复杂而极端重要的工作，操作的正确与否直接关系到操作人员的人身安全和设备、系统的正常运行，因此必须严格执行操作票制度和操作监护制度。违反这些制度的后果是十分严重的，将可能造成非同期并列、带负荷拉合隔离开关、带电挂地线及未拆除接地线送电等误操作事故的发生。所以，在电业安全工作规程和现场制度中，凡属操作票及操作监护制度的详细规定，每个运行值班人员在倒闸操作中都必须严格执行。

2. 工作票制度

工作票制度是保证检修人员在电气设备上安全工作的组

织措施。它是为了避免发生人身和设备事故，而履行的一种设备检修工作手续。因此，运行值班员要按照工作票的要求，进行有关倒闸操作，并布置安全措施。然后，运行值班员与检修工作负责人共同办理工作票的开工手续。当检修工作结束时，运行值班员应与检修工作负责人共同检查、验收设备，并共同办理工作票的结束手续。

3. 岗位责任制度

该制度规定了每一个专责值班员应知应会的具体内容、专责区的范围以及职责与职权，它是保证安全生产的一项核心制度。

4. 交接班制度

这个制度是搞好连续发供电的一项有力措施。运行值班员通过执行交接班制度，要做到接班时心中有数，交班时认真负责，班前要进行必要的生产任务的布置，班后要进行生产工作的总结。它的具体内容是：值班人员在接班前20~30分钟，到主控制室听取交班班长对设备运行情况的介绍。然后各专责按照规定的检查范围，到现场检查设备运行情况和检修设备的安全措施，并了解设备缺陷和消除情况。在接班前的碰头会上向班长汇报检查结果，并接受班长的命令和指示。最后分专责进行各专责交接班，并在交接班记录本上签字，由接班班长下令接班。

5. 电气设备巡回检查制度

巡回检查制度是在值班期间，运行值班人员定时间、定地点、定专责地对有关电气设备系统进行全面检查，以达到掌握情况、积累资料、及时发现设备缺陷及排除隐患的目的。

6. 监盘定位制度

监盘定位的主要任务是及时合理地调整机组的有功、无

功出力，监视并调整设备的各项运行参数在规定范围内，保证电能质量（周波、电压）的合格，及时发现机组及系统发生的异常现象和故障，并且能够迅速汇报、正确判断，采取有效措施，从而做到安全经济发供电。

7. 设备缺陷管理制度

该制度是为了及时消除影响安全运行或威胁安全生产的设备缺陷，提高设备的完好率，保证安全生产的一项重要制度。

8. 运行管理制度

该制度包括做好备品（如熔断器、电刷等）、安全用具、图纸、钥匙、资料及测量仪表等的管理规定。

9. 运行维护制度

这里主要指对电刷、熔断器等维护工作。它是保证设备处于良好运行状态下的必要措施。

10. 运行分析及事故预想制度

通过对电气设备的异常工况分析、对比分析，作好事故预想，摸索设备安全经济运行的规律，不断提高运行水平。

四、值班日志和运行日志

1. 值班日志

为了使值班人员及时掌握设备的运行情况，并为了了解设备运行的历史积累资料，电气控制室一般应设有以下记录本，即交接班记录本，倒闸操作登记本，工作票登记本，设备变更记录本，设备绝缘登记本，继电保护及自动装置定值变更本，配电盘记事本，断路器事故遮断登记本，设备缺陷登记本，熔断器更换登记本，变压器分接头位置登记本，这些统称为值班日志。

2. 运行日志

运行日志的记录是整个运行工作中的一个重要内容，它能帮助值班人员掌握电气设备的运行参数，进行运行分析，发现设备的隐患，及时调整负荷和更改运行方式，从而保证生产任务的完成和降低消耗指标。因此每一个运行值班员都必须学会记录运行日志，计算有关参数。

运行日志中的主要参数一般有几项：

(1) 电量(度)：包括发电量、厂用电量、受电量(指发电厂与系统并列运行时，发电厂从系统接受的电量)、送出电量等。

(2) 电力(千瓦)：发电电力、受电电力、送出电力、厂用电力、最大负荷和最小负荷。

(3) 几种小指标：厂用电率、负荷率、给水泵用电单耗、循环泵用电单耗、制粉用电单耗及炉风机用电单耗等。

(4) 主要设备的电流、温度和各母线的电压。

凡属电气运行值班人员计算的参数，要认真计算，并将计算结果向有关单位汇报。

复 习 题

1. 电气运行的主要任务是什么？
2. 值班期间，运行值班员的具体工作有哪些？
3. 简述电气运行规章制度的内容？
4. 说明值班日志和运行日志的作用及内容？

第二章 发电厂一次接线 及其运行方式

第一节 发电厂主接线及其运行方式

发电厂主接线通常包括发电机电压侧的接线和升压变电站的接线。尽管各发电厂主接线不完全相同，但均应满足以下几点要求：

(1) 运行的可靠性。接线系统应保证对用户供电的可靠性，特别是保证对重要用户的供电。

(2) 运行的灵活性。接线系统应能灵活地适应各种工作情况，特别是当一部分设备检修或工作情况发生变化时，能够通过倒换运行方式，做到不中断用户的供电。

(3) 接线系统还应保证运行操作的方便及运行的经济性。

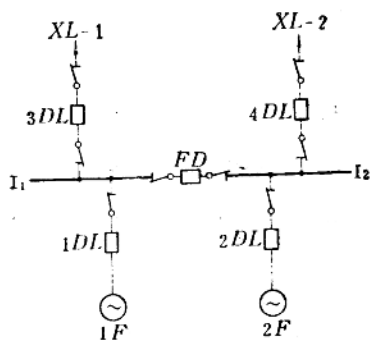
一、发电机电压侧的接线

常见的发电机电压侧的接线见图2-1。

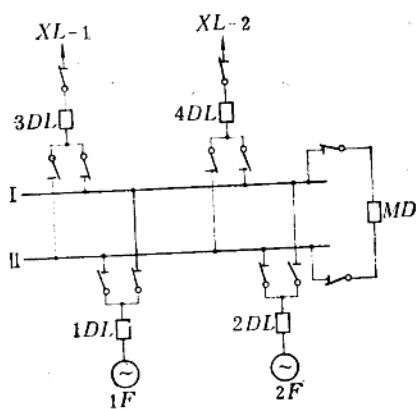
图2-1(a)是用断路器（俗称开关）分段的单母线接线。这种接线具有接线简单等优点，但它的缺点是当某一段母线检修或故障时，必须停止大约半数的线路和电源。

图2-1(b)是双母线接线系统。它具有供电可靠、运行方式灵活、倒闸操作方便等优点。因而被广泛应用于距离负荷中心较近的大中型发电厂中。

发电机的引线直接与升压变压器低压侧相连接，再由变



(a)



(b)

图 2-1 发电机电压侧的接线
(a)单母线分段接线, (b)双母线接线

压器高压（或中压）侧与高压母线相连接。这种接线方式称为发电机-变压器组接线（或单元接线）。这种接线的特点是，电气设备少、接线简单、工作可靠，故目前已得到广泛应用。

二、升压变电站的接线

发电厂生产出来的电能，一部分由发电机电压直接供给附近的用户，而其余部分则送给远处的用户，并与电网相连接，这就需要安装35千伏~500千伏的升压变电站。

常见的升压变电站的接线如图2-2所示。图2-2(a)为双母线接线，该接线当断路器检修时，要造成送电线或电源退出运行。为了克服这种不足，可装设旁路母线系统，一般可采用母联断路器兼作旁路断路器的接线。当送电线较多时，可以设置专用旁路断路器，如图2-2(b)所示。

另外，尚有角形接线、一倍半接线等。

三、主接线的运行方式

发电厂主接线的运行方式是指接线系统中各电气设备的运行状态（即运行、备用、检修）及其相互连接的方式。由于电力系统的负荷经常变化，发电厂电气设备需要停电检修或处理缺陷，以及电气设备突然发生故障等原因，所以要经常改变运行方式。

运行值班人员在改变运行方式时，应遵循以下准则：

（1）供电安全。不易发生事故及发生事故时影响范围最小，并在系统发生故障（如周波、电压突然下降等）时，也能保持厂用电电源持续供电。

（2）运行经济。负荷分配、潮流分配合理，联络电抗器和联络变压器的功率传递最小。

（3）方式灵活。便于调整和事故处理。

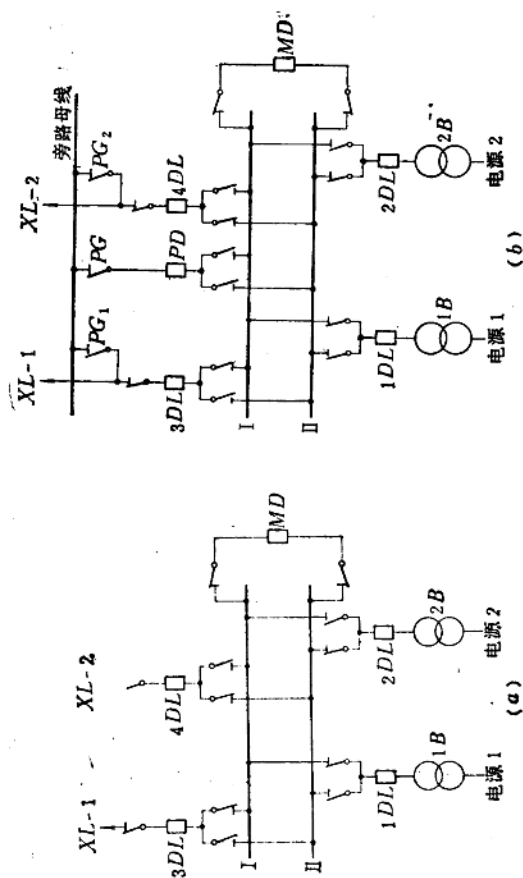


图 2-2 升压变电站的接线
(a)双母线接线, (b)具有专用旁路断路器的接线

(4) 保证电气设备的短路容量在允许范围之内。

(5) 符合继电保护和自动装置运行的有关规定。

为了便于电气值班人员进行调整、倒闸操作和事故处理，各电厂应预先规定好各种情况下的运行方式，编入本厂电气运行规程中。当运行方式超出规程规定时，应事先向有关领导报告（事故情况下，则应在事后迅速报告），以便拟定临时措施。

由于各个发电厂主接线系统不完全一样，因此本文仅分析双母线系统的运行方式，以供参考。

1. 双母线接线系统的正常运行方式

双母线接线系统的正常运行方式，是采用固定连接的双母线运行，电源元件及送电线路分别均衡地分配在两组母线上。由于母线保护（如采用完全差动保护）的要求，每条电路通常是固定地与一组母线连接，而不得随意改变。采用这种运行方式的优点是，当任一组母线发生故障，母线保护动作跳开母联断路器和接在这组母线上的所有断路器，而接于另一组母线上的所有电源元件和送电线仍可正常运行。

2. 双母线接线系统的特殊运行方式

(1) 一组母线运行（或称工作母线），另一组母线备用（或称备用母线）。

这种运行方式的连接为：一组母线上的隔离开关全部合入，另一组母线上的隔离开关（除母联隔离开关、电压互感器及避雷器的隔离开关外）全部断开，母联断路器断开。

当工作母线需要进行检修时，经过转换母线的倒闸操作，投入备用母线，退出工作母线即可。这种运行方式对于运行操作和母线检修都是很方便的。但工作母线在运行中发生故障时，将造成全部停电的重大事故。这是它的主要缺

点，所以只有在特殊情况下采用。

(2) 一组母线运行(工作母线)，通过母联断路器与另一母线串带某一送电线路。

当某一送电线路的断路器故障而不允许分闸时，为了不使用户停电，可以利用母联断路器串带运行。此时，母联断路器的继电保护定值要改为所带送电线路的保护定值。

(3) 一组母线运行，通过母联断路器(兼作旁路断路器)经专设的旁路母线系统带某一送电线路。

在母联断路器兼作旁路断路器的双母线接线中，若某一送电线路的断路器检修时，采取这种运行方式可以使送电线路连续供电。

第二节 发电厂厂用电接线及其运行方式

发电厂需要许多机械为主要设备(锅炉、汽轮机及发电机等)和辅助设备服务，这些机械称为厂用机械，它们一般都是用电动机拖动的。在发电厂内，照明、厂用机械用电及其他用电，称为厂用电。供给厂用电的配电系统叫厂用电接线系统。

发电厂厂用电是最重要的负荷，因为当厂用电源消失时，将造成停机、停炉，甚至发生全厂停电事故。所以，厂用电接线必须首先保证安全可靠、不间断地供电，同时还要求有灵活性、经济性、检修方便和操作方便等特点。

一、厂用母线的接线

1. 高压厂用母线的接线

高压厂用母线的接线一般采用单母线并按炉分段，即凡属于同一台锅炉的厂用电动机，都接在同一段母线上。对于