



电力工业技工学校教材試用本

发电厂和变电所 电气設備运行

沈阳电力学校編

水利电力出版社

电力工业技工学校教材試用本

发电厂和变电所 电气设备运行

沈阳电力学校編

·修訂本·

水利电力出版社

內 容 提 要

本书叙述了发电厂和变电所的結綫系統，以及变压器、电动机和发电机的正常运行方式和操作方法；最后叙述了电气事故的处理对策。

本书內容特別注意了各种必要的运行規程、操作規程和事故处理規程的規定。

本书是供培訓发电厂和变电所电气值班員之用，也可作为发电厂和变电所中的运行人員的学习参考书。

发电厂和变电所电气设备运行

沈阳电力学校編

*

2241D634

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里内）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本 * 4 $\frac{1}{16}$ 印張 * 114千字 * 定价(第8类)0.55元

1959年11月北京第1版

1959年11月北京第1次印刷(0001—7,320册)

目 录

第一篇 发电厂和变电所的結綫系統

第一章 发电厂結綫系統	5
第一节 电力系统概述	5
第二节 电力系统結綫与額定电压	6
第三节 对发电厂及变电所内部結綫系統的要求	8
第四节 不分段单母綫結綫系統	9
第五节 用断路器分段的单母綫結綫系統	10
第六节 用油开关分割的单母綫結綫系統	10
第七节 双母綫結綫系統	11
第八节 分段式双母綫結綫系統	14
第九节 工作母綫分成三段的双母綫結綫系統	15
第十节 发电厂高压側的結綫系統	17
第二章 降压变电所的結綫系統	20
第一节 概述	20
第二节 装有两台变压器的区域变电所的結綫系統	20
第三节 地区变电所	21
第四节 单相变压器組的結綫系統	22
第三章 发电厂厂用电系統	23
第一节 由厂用发电机和厂用变压器供給厂用电的結綫系統	23
第二节 由厂用变压器供給厂用电的結綫系統	24
第三节 区域发电厂的結綫系統	24
第四章 电气設備倒閘操作的一般方法	25
第一节 总則	26
第二节 拟写和傳送操作命令以及操作的程序	27
第三节 操作断路器和开关的基本要求	31
第四节 最常用的几种倒閘操作的順序	32
第五章 运行組織、值班人員职责、技术經濟定額及配电 装置的运行檢查	34

第一节	运行組織	34
第二节	值班人員的職責	35
第三节	技術經濟定額	37
第四节	配電裝置的運行檢查	38

第二篇 變壓器的正常运行

第六章	變壓器的許可運行方式	41
第一节	容許溫度和容許溫升	41
第二节	變壓器電源電壓變化的允許範圍	43
第三节	變壓器容許的正常負荷	44
第四节	人工冷卻變壓器的運行方式	46
第五节	繞卷絕緣電阻的容許值	46
第七章	變壓器的操作與運行中的維護	47
第一节	變壓器的合閘和拉閘操作	47
第二节	變壓器分接頭的變換	49
第三节	對變壓器運行的監視與檢查	50
第四节	變壓器瓦斯繼電保護裝置的運行	52

第三篇 電動机的正常运行

第八章	電動机的許可運行方式	54
第一节	容許溫度和容許溫升	54
第二节	冷卻空氣對電動機出力的影響	55
第三节	電動機所受電壓的容許變化範圍	56
第四节	轉速降低時的容許運行方式	56
第五节	電壓不平衡時的容許運行方式	57
第六节	繞卷絕緣電阻的容許值	57
第九章	電動機的操作及運行中的維護	57
第一节	電動機的起動與停止	57
第二节	對電動機運行的監視與檢查	59
第三节	整流子、滑環及炭刷的維護	61
第四节	炭刷冒火的處理辦法	63

第四篇 同步发电机的正常运行

第十章 同步发电机的許可运行方式	65
第一节 铁心和繞卷的容許溫度	65
第二节 冷却空气溫度变动时的运行方式	66
第三节 电压的容許变动范围	68
第四节 周率的容許变动范围	70
第五节 力率变动所决定的运行方式	71
第六节 負荷不平衡的容許范围	72
第七节 負荷增长速度的規定	74
第八节 容許的过負荷	75
第九节 繞卷絕緣电阻的測量及容許值	76
第十一章 同步发电机的操作及运行中的維護	77
第一节 信号的使用法	77
第二节 发电机起动的准备工作	80
第三节 发电机的起动	81
第四节 发电机的升压、同步和并列	82
第五节 发电机接帶負荷与調整負荷	84
第六节 发电机在运行中的監視	85
第七节 发电机的解列停机	91

第五篇 事故分析及处理对策

总則	93
第十二章 电力开关及断路器的事故处理	94
第一节 电力开关远方操作不能合閘	94
第二节 电力开关拒絕跳閘	95
第三节 电力开关誤跳閘	96
第四节 油开关缺油	97
第五节 油开关着火	98
第六节 断路器的故障	98
第十三章 变压器的事故处理	99
第一节 变压器运行失常	100

第二节	瓦斯继电器信号动作时的处理.....	101
第三节	瓦斯继电器动作使变压器跳闸.....	103
第四节	差动继电器动作使变压器跳闸.....	104
第五节	仪表变成器的故障.....	105
第六节	变压器着火.....	107
第十四章	电动机事故处理.....	108
第一节	电动机在运行中较易发生的不正常现象.....	109
第二节	电动机启动时的故障.....	110
第三节	由于电力系统的影响自动跳闸.....	110
第四节	由于电动机故障而断开.....	111
第十五章	发电机的事故处理.....	112
第一节	发电机运行失常.....	112
第二节	发电机自动跳闸.....	114
第三节	发电机振荡和失去同步.....	116
第四节	同步发电机变为同步电动机.....	118
第五节	发电机励磁回路的故障.....	119
第六节	电力系统发生短路时.....	125
第七节	发电机着火.....	126
第十六章	发电厂和电力系统事故处理.....	127
第一节	周率和电压变动.....	127
第二节	电力系统或发电厂解列成为几个不同步 部分时的事故处理.....	129
第三节	母线电压消失.....	131
第四节	配电设备或系统上的接地故障.....	133
第五节	厂用电系统接地.....	137
第六节	直流系统接地故障.....	138

第一篇 发电厂和变电所的結綫系統

第一章 发电厂結綫系統

第一节 电力系统概述

发电机、变电所、送电綫路与用户电气设备連接在一起共同組成了电力系统。电力系統中的一部分，包括变电所和各种不同电压的綫路，叫做电力网；电力网是把电能从发电厂輸送并分配到用户中去的。在电力系統中，发电、变电、配电与用电同时完成，形成了一个連續不断的生产与消費过程。

电力系統的建立，对国民經济具有很大的意义。首先，当許多发电厂在共同的电力系統中工作时，提高了各个发电厂設備和动力資源(燃料、水能)的經济利用。例如，通过各发电厂的并列运行，就可能首先利用其中那些工作效率最高的使用本地最廉价燃料的区域火力发电厂，以及不消費燃料的区域水力发电厂等；也可使热电站在最經济的負荷下运行。

电力系統的建立，同时大大增加了用户用电的可靠性。当系統內某一发电厂发生事故跳閘时，則其負荷可由系統中其他发电厂共同負担；这时，保持运行的发电厂的发电机也可能要負担短时的过負荷，但保證了用户的供电。如果該发电厂不和其他发电厂并列运行，則在停止运行的全部時間內，其全部用户将完全停电。

由于电力系統中电力的生产与消費是同时完成的，所以电力系统发生事故而引起停电、电力不足或电力質量不合格时，都能使用户遭到損失。所以电力系统必須滿足下列四个要求：

1. 完成国家計劃規定的发电量与最高負荷；
2. 整个电力系统及其各組成部分能安全运行与連續不断的供电；

3. 系統內各處供電的質量(周率、電壓)應符合國家規定的標準;

4. 電力系統應在最經濟的條件下運行, 並應考慮充分利用水力資源和當地的燃料。

第二節 電力系統結綫與額定電壓

關於電力系統的概念, 在第一節中已經談過, 現在從圖 1 上可以清楚的看出電力系統的布置情況。

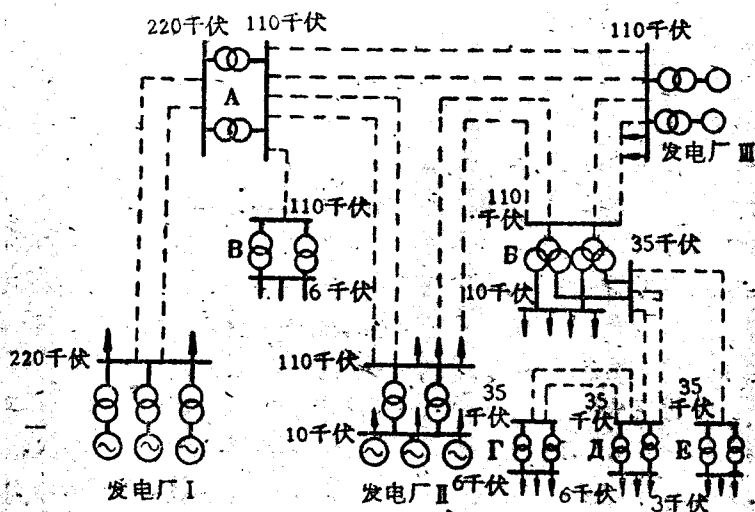


圖 1 電力系統高壓網絡部分和它的基本設備結綫系統圖

I、II—區域發電廠; III—熱電站; A、B—區域變電所; B、Γ、Д、E—地區變電所。

這種系統往往用單綫結綫圖來表示。在單綫結綫圖上只表示出一相的結綫, 因為在三相交流電氣設備中三相的連接是相同的, 繪成單綫結綫圖後清晰易看。作為一個運行人員來講, 在工作開始以前必須熟悉廠內的結綫系統及附近地區的電力系統結綫情況。

電力系統中有著各種不同等級的電壓(綫電壓), 當發電機發

出来的电能要输送到相当远的距离时，先用电力变压器变成 110 ~ 220 千伏的高压，因为这样一来，当输送同样容量电能时，送电线中电流减小了，损失也减少了。110 ~ 220 千伏高压电送到区域变电所后，经过电力变压器变成 35 千伏，再输送到靠近用户地区的地区变电所，经地区变电所变压器由 35 千伏变成了 3 千伏、6 千伏或 10 千伏，以供给广阔的地区。这些地区拥有各种工业的、公共的、乡村的不同用户。用户的电动机、电灯等电气器具大都为 220 或 380 伏，所以由地区变电所配出的 3 ~ 10 千伏电压，还须经过降压变压器（用户的降压变电所或柱上变压器）变成 220 ~ 380 伏的电压，才可送给用户使用。

在苏联，高压网络的额定电压等级分作 3、6、10、35、110、154、220、400 千伏等。额定电压指的是相间电压，并非一相对中性点的电压。相间电压称为线电压，一相对中性点的电压称为相电压。相电压为线电压除以 $\sqrt{3}$ 。

网络中所使用的各种电气设备的额定电压是与网络的额定电压相等的。但是发电机额定电压要比网络的额定电压高 5%，变压器的额定电压要比网络的额定电压高 5 ~ 10%。

表 1

网络的额定电压 (千伏)	额定电压 (千伏)		
	发电机的	变压器的	
		一次侧	二次侧
3	3.15	3 或 3.15*	3.15 或 3.3
6	6.3	6 或 6.3*	6.3 或 6.6
10	10.5	10 或 10.5*	10.5 或 11
—	15.75	15.75*	—
35	—	35	38.5
110	—	110	121
(154)	—	(154)	(169)
220	—	220	242

譬如，额定电压为 6 千伏的高压网络，就需要额定电压为

6.3 千伏的发电机。这是考虑到网络中电压降落的影响。对变压器讲，一次侧的额定电压高出网络 5 % 或与网络相同，根据变压器与电源间距离的远近（线路的长短，电压降下的大小）而选择，数值如表 1 中所示。表中所列一次侧除有 * 号者外，是指降压变压器而言；二次侧的额定电压是指变压器空载时而言，考虑到满负荷时，变压器线圈本身也要有 5 % 的电压降下，所以根据变压器与用户的远近（线路的长短，线路电压降下的大小），而选择变压器额定电压高于网络额定电压 5 % 或 10 %。

额定电压的规定使电力工业，尤其是电器制造业得到标准化，对国民经济的发展是有很大好处的。我国尚未统一规定额定电压，目前有 3.3、6.6、11、22、44、66、154、220 千伏等的电压等级。当然，不久以后就会实现标准化。

在高压网络中，都是采用三相三线制送电，共有三根导线，没有中性线。

低压网络常采用三相四线制，除三根导线外，尚有一根中性线。这种网络是供电给用户使用的。电灯、小型电热等用具接于导线及中性线间，即接在相电压上；三相电动机则接到三根导线上。

低压网络的电压一般为 380/220 或 220/127（分子为线电压，分母为相电压）。这种网络不准用更高的电压，以免在日常生活中电器用户发生人身事故，所以电灯电压不高于 220 伏；工厂车间的一般电动机使用 380 伏的电压；而大型电机，则可由 3~6 千伏，甚至 10 千伏的网络直接供电。

第三节 对发电厂及变电所内部接线系统的要求

一、运行的可靠性

接线系统应保证对用户供电的可靠性；因为电源的中断，能破坏生产和城市生活的正常秩序。

要使运行可靠，有很多方法，例如将接线分成几个部分，正常时并联工作；当其中一部分发生故障时，它就自动切断，而使

其他部分担负其负荷。另外，还可以装置备用设备，工作部分停止时，可以投入备用部分。

二、工作的灵活性

这个要求就是要使接线能适应各种可能的工作情况。例如，当有许多台发电机时，接线能在只有一部分发电机工作时，保证对用户的供电。又如，能对接线进行部分的修理工作，而不中断对用户的供电。

不能保证必要的灵活性，就使运行困难与事故增多。

关于接线的可靠性与灵活性，在某些要求上很相似，难于截然划清。

三、运行操作方便

接线应很明显，并使其中个别元件的投入或切开，只需最少的操作步骤。因为不适当的复杂接线会给运行工作带来困难，容易造成误操作事故，引起人身伤亡和设备的损坏。

四、运行的经济性

在满足上述条件后，还要考虑到如何使接线的建设与运行费用最小的问题。

另外，对发电厂和变电所的接线系统不可孤立地看待，还应考虑到它在电力系统中的地位，这一点只有在社会主义经济制度下才可能办到。

第四节 不分段单母线接线系统

不分段单母线是把电源和馈电线经过油开关和断路器联接到同一母线上(图2)。它的主要优点是构造简单，造价便宜。但不分段单母线有严重缺点：

1. 当母线和母线侧断路器清扫或检修时，必须切断电源（带电检修必须作好安全措施），使

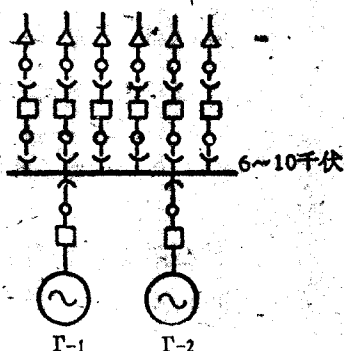


图2 不分段单母线接线系统

全部設備停止工作；

2. 在母綫上或在母綫断路器上发生短路时，会引起所有电源的开关跳开而致全部停电。

上述的結綫方式不能保証对用户不间断供电，因此仅用于不重要的、而且主要是一台发电机的小容量发电厂。

第五节 用断路器分段的单母綫結綫系統

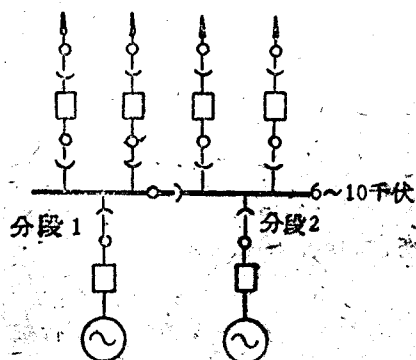


图3 用断路器分段的单母綫結綫系統

不分段单母綫的缺点可以用断路器分割母綫的方法来部分地补救(图3)。这种方式是把电源接到不同的母綫分段上，由每段母綫分别联接适当数目的饋电綫。它的优点是：

1. 各分段母綫可以个别地进行停电清扫或檢修；

2. 在某一分段母綫上发生故障时，虽因故障而設備

全部停电，但在拉开分割母綫的断路器后，无故障的母綫段可以立即恢复供电。

第六节 用油开关分段的单母綫結綫系統

进一步用油开关来分割母綫(图4)。

当某一母綫分段发生短路时，分割母綫的油开关即自动跳閘，将故障部分自动切断，使沒有故障的母綫分段能够不间断的照常供电。

但是，当分段母綫在檢修时，或分割母綫的断路器在檢修时，这种方式仍不能保証联接在被檢修母綫分段上的饋电綫繼續供电。

这种結綫系統使用于6~10千伏、容量达6,000千瓦的发电

机。

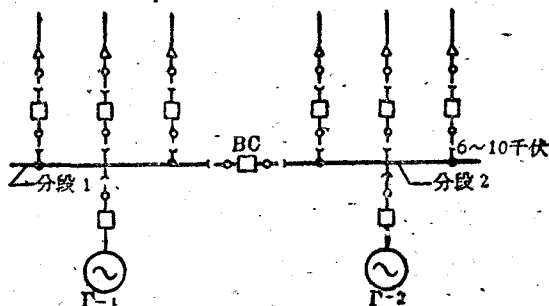


图 4 用油开关分割的单母线接线系统

第七节 双母线接线系统

图 5 就是这种接线系统，每一组电路经一个开关和两个断路器分别联于两组母线上。正常运行时，一组母线工作，另一组母线备用。为了提高工作的灵活性与可靠性，装设了母线联络开关 B ，正常时它是断开的，在它两侧的断路器是合着的。

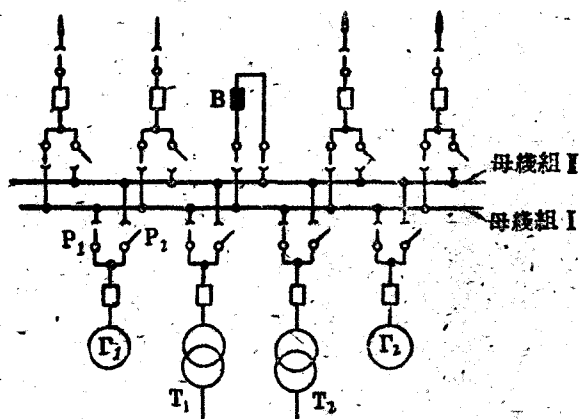


图 5 双母线接线系统

有了备用母线，就能实现在单母线系统上所不能完成的一些操作和运行方式；

一、对母綫进行檢修

为了对母綫进行定期檢修，或在运行中发现不正常情况而須临时檢修时，可进行倒閘操作，将备用母綫投入工作，工作母綫停电。下面是母綫倒閘的一种方法：

1. 合上母綫联络开关使备用母綫充电。如果在备用母綫上有短路故障时，則母綫联络开关在其繼电保护装置的動作下就能自动切断，发电厂仍能保持正常工作。

2. 合上所有电路上通向备用母綫的断路器。这时先合电源，后合負荷。

3. 拉开所有电路上通向工作母綫的断路器。先拉負荷，后拉电源。

为了以上兩項操作的安全，应将母綫联络开关的操作电源切断后再进行，使它不可能断开，保持可靠的傍路，以避免操作过程中由于此开关誤开閘而引起停电或带負荷拉断路器的事故。

4. 最后切断母綫联络开关及其兩側断路器。这样就使系統工作換到备用母綫而不停电。至此，按安全工作規程作好一切保安措施后，就可进行修理。

在有些旧設備的双母綫系統上，有时沒有母綫联络开关；要进行母綫的倒閘，只能应用断路器。在备用母綫良好时，用断路器来接通和拉开母綫的充电电流是完全許可的；但当备用母綫上存在着故障或短路时，进行合閘就会引起很大的事故（断路器燒坏、系統接地短路或人身事故）。所以在利用断路器向母綫充电前，一定要經過仔細檢查。

二、运行中工作母綫损坏

当运行中工作母綫损坏时，发电机的开关和通向电力系統的开关都将断开，发电厂就会完全停电。

这时应首先利用备用母綫。由系統导入电源，迅速恢复厂用电。起動較大的机組，調整发电机的电压和頻率，将发电机与系統并列。然后恢复各綫路的供电，并将其他发电机与系統并列，而恢复正常状态。但在系統电源允許的条件下，由系統引入电源

的同时即可恢复用户供电，然后再进行发电机的并联操作。

三、把发电机分接在两组母线上，形成两个互不联系的系统，以适应当时的工作要求

有时为了检修或做特殊试验，需要将发电厂内个别的设备从零起做升压试验，或使其通过一定的电流。此时可利用一台发电机及备用母线，经与被试的设备适当连接后即可进行。

有时也可利用母线联络开关将检修过的设备作全电压合闸试验，此时将被试的设备接在备用母线系统上，而由母线联络开关给以电压。如被试设备存在着故障，则母线联络开关就能很快跳开。

四、修理母线断路器

当需要修理母线断路器 P_1 时(图 5)，必须切断和停下发电机 P_1 后，再将系统换到备用母线上工作，由于 P_2 早在切断位置， P_1 两端就不带电压；经做好安全措施后，即可进行检修。

修理 P_2 时，操作更为简单，切断并停下发电机后，再切断 P_1 即可。

所以在修理任何母线断路器时，只需切断要修理的断路器所在的那一组电路即可。在单母线时，则一定要把整段母线的断路器都切断，使正常运行的线路亦遭到停电。

五、用母线联络开关代替发电厂任一开关

如图 6 所示，若需修理线路 II 上的开关，但不希望该线路长期停电，则可在检修中进行一些切换和装设附加的连接线，这样就能用母线联络开关作为该线路的开关而送电。具体进行步骤是这样的：切断线路 II 的开关，切断线路 II 的母线断路器及线路断路器，将线路开关的连接线拆除；用附加的连接线跨接起来，使母线断路器直接通向线路断路器；然后合上该线路通向备用母线的断路器及线路断路器。此时母线联络开关即成为该线路的开关，合闸后电流就从工作母线通过此联络开关到备用母线，再经两个断路器而到线路，如图中虚线所示。

当运行中的线路开关由于某种原因不能断开或不许可断开时

(如传动装置损坏或油开关缺油等), 亦可利用母线联络开关来代替。

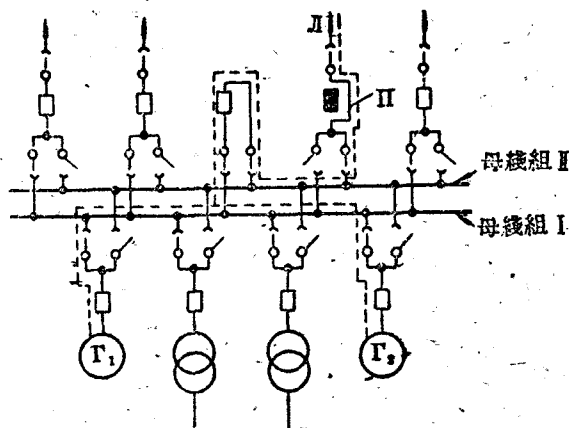


图 6 用母线联络开关代替线路开关

第八节 分段式双母线接线系统

双母线接线系统在正常时, 所有电路是都接在同一组母线上, 而以第二组母线作为备用。这样, 当工作母线有故障时, 要使发电厂倒换母线, 必须全部停电。为了弥补这种缺点, 可以把工作母线分段, 以提高工作的可靠性。如图 7 所示, 工作母线分为

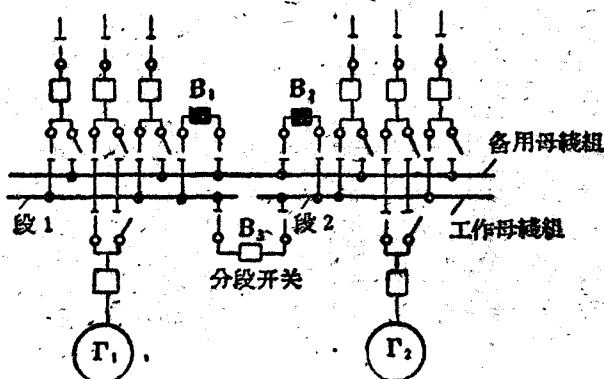


图 7 分段式双母线接线系统图