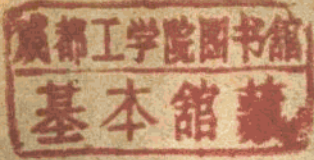


341612



中等专业学校试用教科书

发电厂和变电所的 电气部分

下 册

梁声举等編譯



中国工业出版社

中等专业学校試用教科书



发电厂和变电所的 电气部分

下 册

梁声举等編譯

中国工业出版社

本书是中等技术学校的教材，适用于发电厂电力班及电力系统专业，也可作为电力系统继电保护与自动装置和输配电工程等专业的教学参考书。

本书下册内容包括发电厂和变电所的主电路和自用电、配电装置、操作电源和二次电路、主要建筑物的布置和电气装置的接地等部分。

发电厂和变电所的电气部分

下 册

梁声举等編譯

*

水利电力部办公厅图书编辑部編輯(北京阜外月坛南营房)

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印張 $14^{1/2}$ ·插頁1·字数344,000

1963年6月北京第一版·1963年6月北京第一次印刷

印数0001—2,700·定价(9-4)1.55元

*

統一書号: K15165·1274(水电-239)

前 言

本书是作为中等技术学校“发电厂电力网及电力系统”专业的教材而编写的，也可作为电力系统继电保护与自动装置和“输配电工程”等专业的教学参考书。

本书分上、下两册出版。下册内容包括：发电厂和变电所的主电路和自用电；配电装置；操作电源和二次电路；主要建筑物的布置和电气装置的接地等部分。

编写前，我校和吉林电力学院、沈阳电力学校共同交流了有关专业的教学经验，对本书内容进行了讨论，并拟定了编写提纲。

本书内容主要取材于苏联教材И·Н·巴普季丹诺夫和B·И·塔腊索夫合著的“发电厂和变电所的电气设备”（1959年俄文第三版），并根据我国情况及现行法规作了必要的修改和增删；此外，部分参考了西安交通大学编写的“发电厂的电气部分”。书中主电路和配电装置两部分，采用了较多的新资料，其他各章也编入了一些新内容。

下册第一章至第十章由梁声举、于长顺、刘宝仁等同志负责编译，第十一章至第十九章由潘惠光、李鸣岐、李知难、俞文源等同志负责编译。由于水平所限，书中难免有谬误与不妥之处，希望兄弟学校教师及读者提出宝贵的批评和建议，以便再版时修正。

郑州电力学校发电厂教研组

1962年3月

目 录

前言

第一編 发电厂和变电所的主电路和自用电

第一章 发电厂和变电所电路图概述	4	电路	37
1-1 电路图的类型及其应用	4	4-1 概述	37
1-2 对主电路的基本要求	5	4-2 区域火力发电厂电路	38
第二章 发电厂和变电所电路的基本部分	7	4-3 水力发电厂电路	40
2-1 架空綫和电綫綫电路	7	第五章 降压变电所电路	42
2-2 发电机和变压器电路	9	5-1 概述	42
2-3 单母綫电路	10	5-2 区域性变电所电路	43
2-4 双母綫电路	14	5-3 地方性变电所电路	45
2-5 多角形电路	17	5-4 选择主电路的技术-經濟比較	51
2-6 桥式电路	19	第六章 发电厂和变电所的自用电	54
2-7 組式电路	20	6-1 概述	54
第三章 以发电机电压供电为主的发电厂电路	23	6-2 用于自用电中的电动机	56
3-1 概述	23	6-3 自用机械的特性	57
3-2 发电机电压电路及电抗器在其中的应用	25	6-4 自用电动机的选择	59
3-3 升高电压电路	30	6-5 发电厂自用电电路	62
3-4 完整电路图的举例	33	6-6 自用变压器(或电抗器)的选择电动机的自启动	71
第四章 以升高电压供电的发电厂		6-7 联結自用电动机的电路	74
		6-8 降压变电所的自用电	75
		6-9 发电厂和变电所的照明	76

第二編 发电厂和变电所的配电装置

第七章 配电装置及对它的基本要求	77	8-5 35~110千伏屋内配电装置	105
7-1 配电装置及其类型	77	8-6 屋内变电所	108
7-2 对配电装置的基本要求	77	第九章 成套配电装置	110
第八章 屋内配电装置	78	9-1 概述	110
8-1 屋内配电装置的組成部分与建造規則	78	9-2 低压成套配电装置——配电盘和配电箱	111
8-2 沒有綫路电抗器的3~10千伏屋内配电装置	86	9-3 高压成套配电装置	112
8-3 有綫路电抗器的3~10千伏屋内配电装置	90	9-4 成套变电所	116
8-4 发电机电压配电装置与发电机和变压器之間的联結	99	第十章 屋外配电装置	118
		10-1 屋外配电装置及其类型	118
		10-2 屋外配电装置的建造規則及組成部分	119

10-3 柱上变电所.....121	电装置.....131
10-4 35~110千伏屋外配电装置.....122	10-6 发电厂和变电所中变压器的装设.....136
10-5 220千伏以及更高电压的屋外配	

第三編 发电厂和变电所的操作电源和二次电路

第十一章 发电厂和变电所的操作	第十四章 距离操纵和信号装置.....182
电源.....138	14-1 距离操纵.....182
11-1 概述.....138	14-2 信号装置.....187
11-2 鉛-酸蓄電池的构造及工作特性.....138	第十五章 防止隔离开关誤操作的
11-3 蓄電池組的工作方式及电路图.....144	联鎖装置.....191
11-4 蓄電池組和充电机組的选择.....151	15-1 机械联鎖装置.....191
11-5 直流操作电网的供电电路.....154	15-2 电磁联鎖装置.....193
11-6 蓄電池組的安装.....156	第十六章 控制盘.....195
11-7 交流操作电源装置.....157	16-1 概述.....195
第十二章 二次电路图的基本概念.....161	16-2 控制盘.....195
12-1 二次电路图及其分类.....161	16-3 主控制室的布置.....196
12-2 原理結綫图.....162	16-4 控制測量系統的弱电化与选綫
12-3 安装結綫图.....164	化.....197
第十三章 发电厂和变电所的监察	第十七章 安装結綫图.....198
測量装置.....164	17-1 安装結綫图的基本概念.....198
13-1 电工測量仪表.....164	17-2 二次电路的联結导綫与控制电
13-2 絕緣監察装置.....171	綫.....198
13-3 互感器的配置及电工仪表的結	17-3 接綫端子.....200
綫图.....175	17-4 标志原則.....201
13-4 測量温度的装置.....180	

第四編 发电厂和变电所中主要建筑物的布置和电气装置的接地

第十八章 发电厂和变电所中主要	19-2 装置中必須接地和不需要接地
建筑物的布置.....205	的部分.....216
18-1 火力发电厂主要建筑物的布置.....205	19-3 对接地装置接地电阻值的要求.....217
18-2 水力发电厂主要建筑物的布置.....209	19-4 接地装置的敷設.....219
18-3 降压变电所中主要建筑物的布置.....211	19-5 接地装置的計算.....220
第十九章 电气装置的接地.....213	附录.....225
19-1 概述.....213	俄文下角意义說明.....228

第一編

发电厂和变电所的主电路和自用电

第一章 发电厂和变电所电路图概述

1-1 电路图的类型及其应用

表示电力装置各元件及其相互間联结順序的图，称为电气結綫图或电路图。电路图可分为两大类：主电路图（一次电路图）和副电路图（二次电路图）。

主电路图中表示出电力装置主要电路的机械、电器及其联结，如发电机、变压器等。电能由此电路从发电厂的发电机送到用户。副电路图中表示出輔助电路的电器及其联结，如互感器、测量仪表、继电保护、自动装置、操纵和信号装置的电路等。主电路图按画图的方法，又可分为单綫图和三綫图。

单綫图仅表示出电力装置一相的联结情况，因为三相交流电力装置所有三相的联结相同，所以可以这样作图。如有中綫时在图上用虛綫单独表示。这样使得电路图简化，清晰易看。原理性单綫图中仅表示电力装置电路的主要元件—发电机、电力变压器和电动机。較詳細的单綫图(图1-1)中，还表示出开关电器、电抗器、互感器、架空和电綫引出綫、测量仪表、继电保护和自动装置等。在电路图中所有电器的图形符号，均以它們的“正常状态”画出。所謂“正常状态”，就是电器处在所有电路无电压存在及无任何外力作用的状态。断路器和隔离开关是画出它們的断开位置。假如違反这个原則，則应在图紙上注明。同时，在图上还标出主要设备的型式和技术参数。有时在互感器的副边繞組、继电器和测量仪表綫圈之間用单綫联结，这主要是为了說明各仪表和电器之間的相互联系。这种电路图如图1-2所示。

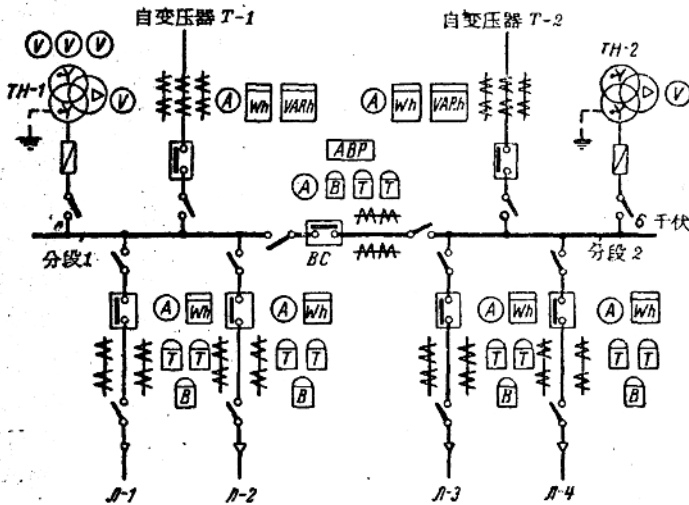


图 1-1 变电所 6 千伏配电装置的单綫图

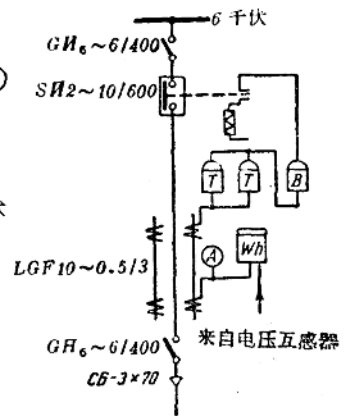


图 1-2 表示测量仪表和继电保护联结的电綫綫路单綫图

在以下各章所討論的发电厂和变电所的主电路图中，断路器和隔离开关是处在电力装置正常工作时的位置。为了清楚起见，图中沒有画出测量仪表、继电保护等。

单线图是电力装置的主要电路图。它广泛地应用在电力装置的设计中，如计算电力装置的短路电流，选择电力装置的各种电器，以及设计配电装置的结构等。单线图也应用在电力装置的一切运行操作过程中，这时用的电路图称为操作图。

对于变电所和小容量发电厂，通常是就整个装置作成单线图。对于中等和大容量的发电厂，适于分别就发电机电压和全部升高电压部分，以及发电厂自用电部分作成两个单线图。

在操作图中，仅表示出主电路图中主要的电气设备。图中断路器和隔离开关的状态是对应于在实际工作时的状态（图1-3）。现场值班人员，应依据操作电路图，来保证准確地进行电力装置的倒闸操作。电力工业技术管理法规第491条规定：控制室应有一次系统的操作接线图及模拟接线图，图上应表明所有电气设备的实际状况和接地线的装设位置。在进行操作或改变一次接线后，应在图上改正，使经常符合实际情况。

三线图（图1-4）表示出电力装置主电路三相的电气设备及其联结，也表示出与这部分主电路有关的副电路，如测量仪表、继电保护、自动装置的联结等；如有中线时在图上也画出。

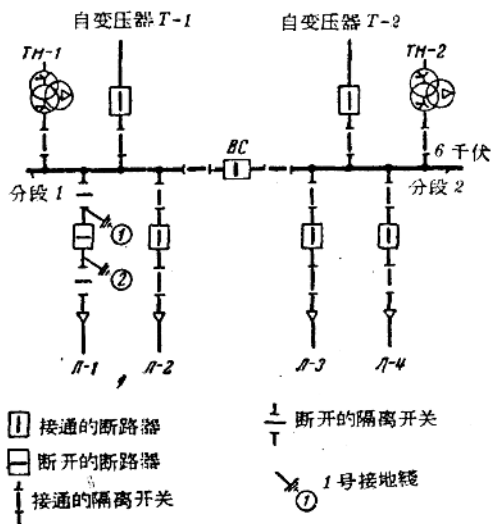


图 1-3 变电所 6 千伏配电装置的操作图

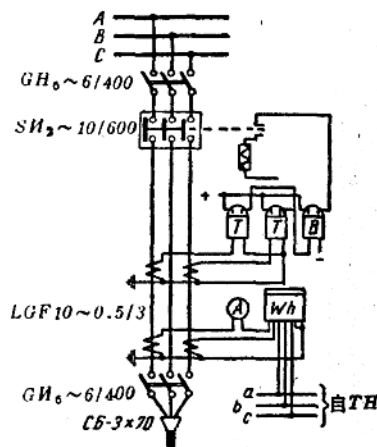


图 1-4 电缆线路的三线图

三线图仅就电力装置的个别部分作出，如发电机、变压器或引出线电路的三线图，而不是就整个电力装置作出，因为各种电器、仪表及其间的联结线较多，使得这样作出的三线图过于繁杂，不易看清。

1-2 对主电路的基本要求

设计新建发电厂和变电所的主电路时，要选择电力装置工作时所需的变压器、电器及它们之间和它们与发电机之间的联结方式等。主电路设计的正确与否，决定着发电厂和变电所运行的质量，即其工作的技术和经济指标。因此，设计新建电力装置的主电路，是一

个很重要很复杂的问题。要正确的設計主电路，必須考虑到許多因素，这些因素对主电路的设计有着不同程度的影响。例如，在设计发电厂的主电路时，除了考虑到所装設发电机和变压器的数目和容量之外，还必须考虑到所设计的发电厂在系统中的地位和作用、发电厂的类型(水力、火力)、它的工作特性(担負基本負荷、尖峰負荷)、电能用户的性质和分布，以及用户的重要程度等。設計区域变电所的主电路时，要考虑到电力系统的結綫和电能用户的性质等。工业企业变电所的主电路是和供电电路一起设计的。在设计发电厂和变电所的主电路时，必須全面地考虑各种有关因素，才能使设计的主电路滿足各方面所提出的基本要求。

对主电路的基本要求有以下几方面：

1. 电力装置的电路应保証对用户供电必要的可靠性。供电中断会引起工业用户停工并严重影响城市正常生活，造成国民經济上的損失及人民生活上的秩序紊乱。对各种不同用户中断供电，在政治上或經济上会带来程度不同的不良后果。因此，电力装置电路工作的可靠性，应根据用户供电的重要程度考虑。

2. 电力装置的电路应具有一定的工作灵活性，以适应电力装置的各种工作情况。要求电路不但在正常工作时应保証供电，就是电路中一部分檢修时，也不应对用户中断供电，并应保証进行檢修工作的安全。

不能保証这种工作上必要灵活性的电路，就会使电力装置的运行发生困难，事故显著增加，造成用户不应有的停电，降低电力装置工作的可靠性。

3. 电路应尽可能简单明显，运行方便，使电力装置的个别元件切除或接入时，所需的操作步骤最少。过于复杂的电路，会使运行人員工作困难，可能由于誤操作而造成事故。同时，电器数目的增多，也常引起事故的增多。但不适当的簡化电路，也会引起不良的后果。

4. 发电厂和变电所的主电路，在滿足工作可靠性、灵活性及运行方便的基础上，必須在經济上是合理的。应使电力装置的基本投資(主要决定于单母綫或双母綫及其他主要电器的数目)和全年运行費用最少。

除滿足上述基本要求外，一般还应考虑到电力装置扩建的可能性。

在设计发电厂和变电所的主电路时，應該把它当作整个电力系统的一部分来考虑，并且不应把上述基本要求看成是絕对的和彼此孤立的。應該根据电能用户的重要程度，通过技术經济比較，使各項要求得到全面的和恰当的滿足。

按照用户供电的重要程度，通常将用户的負荷分为下列三类：

第一类：重要負荷。如对此类負荷間断供电时，将造成人身伤亡的危險，大量生产廢品，破坏設備，企业恢复生产需要很长时间，电气交通運輸遭到破坏，重大城市的生活秩序紊乱等。此类負荷如冶金工厂的熔矿炉車間、井下煤矿、化学工厂的某些車間等。

由于第一类負荷极其重要，所以电力装置及电网在正常和故障状态下均应保証向它們供电。为此，它們应由两个独立的电源供电。其中每一个电源，应在另一电源停止供电时，保証充分供电給第一类負荷。需要指出，所謂两个独立的电源，是指两个电源中的一个电源工作破坏或故障时，不影响另一个电源的工作。这种电源的例子如：两个不同的发电厂或变电所，或者同一发电厂或变电所母綫的两个分段，每一分段由发电厂中的不同发电机或变电所中的不同变压器供电(图2-8、图2-9)。

第二类：也是重要負荷。对此类負荷間断供电时，将大量减少产品的产量，工人窝工，机械停止运行，大量城市居民的正常生活被打乱等。此类負荷如机械厂、鋸木厂、紡織厂等。

第二类負荷一般在設備檢修和故障时允許短时停电。对第二类負荷供电的电路，应在考虑到用戶允許停电的时间及其具体情况下，根据技术經濟条件决定。如对大型工业企业的第二类負荷，同样可以考虑采用类似第一类負荷供电的措施。因为对这种用戶停电，会造成很大的损失。但对較小型工业企业短时停电，引起的损失不大，此时，在供电电路中的各元件不必全部設有备用。例如，可以采用6千伏及更高电压的单回架空綫路供电（架空綫的可靠性較高，故障时容易修复）。如用电纜供电时，可采用共用一組断路器、每路出綫具有自己的一組隔离开关的两回电纜綫路供电（见图2-2，A-5）。系統中如有通用的可移动的备用变压器，并能迅速地代替工作变压器时，可采用一台变压器供电。

第三类：所有不属于第一、二类的不重要負荷，如农业地区、工厂的附属分場、較小及仅有一班制工作的工厂，以及某些公用事业負荷和小居民区等。

对这类負荷，允許在供电系統的元件檢修或更换系統故障元件的时间內停电。

由上述可知，給有第一类負荷的用戶供电的电路，必須是最可靠的。但不能由此得出結論，认为供电給第三类負荷的电力装置，便可以采用設備太簡單或运行复杂、故障可能性很多的电路。在一切情形中，都必須根据具体情况采用經濟上合理的和技术上可靠的电路。

第二章 发电厂和变电所电路的基本部分

2-1 架空綫和电纜綫电路

发电厂和变电所中，用联结在母綫上的架空綫或电纜綫給用戶供电。为了保証綫路的工作，必須在綫路中装設接通和断开正常負荷电流的电器，自动切断过負荷和短路电流的电器，以及为了保証檢修工作人員的安全，使被檢修的綫路和电气设备与电压隔离的电器。电压在1000伏以下裝置的綫路中，这些电器是閘刀开关、熔断器和空气自动开关（自动开关）。电压在1000伏以上裝置的綫路中，这些电器是油断路器或压缩空气断路器、負荷开关、熔断器和隔离开关。

图2-1中表明电压在1000伏以下几种不同联结方式的綫路。綫路A-1中，閘刀开关1用来在正常时接通和断开綫路的負荷电流，并在熔断器2檢修时，使它与母綫电压隔离。熔断器2用来在綫路过負荷和短路时自动断开綫路。在功率較大的綫路A-2和A-3中，用空气自动开关3接通和断开綫路正常的負荷电流，以及自动断开綫路的过負荷和短路电流。綫路A-2中仅装有空气自动开关3，这种电路只有当空气自动开关断开时，母綫上不可能出現电压的情况下才允許采用。否則，必須在母綫与空气自动开关之間装設閘刀开关1，使空气自动开关3檢修时与母綫电压隔离。这种电路如綫路A-3。

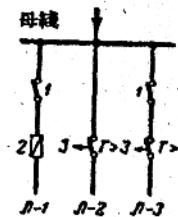


图2-1 电压1000伏以下綫路的不同联结方式

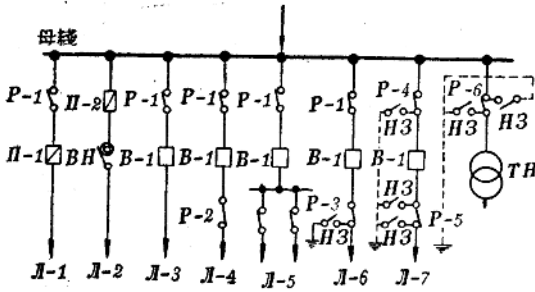


图 2-2 电压1000伏以上线路的不同联结方式

需要指出，上述几种电路，通常应用在低压的成套配电装置中。图 2-2 表明电压在1000伏以上几种不同联结方式的线路。线路 Л-1 装有熔断器 П-1 和母线隔离开关 P-1 (因为它装在母线侧，所以称为母线隔离开关)。在这种电路中，母线隔离开关用来在正常负荷时接通和断开线路，并在熔断器 П-1 检修时断开电路，使熔断器与母线电压隔离。我们知道，隔离开关一般是不能用来接通和断开有负荷的线路的，但是按照规定的条件，隔离开关能够接通和断开不大的负荷电流和线路的电容电流。因此，这样的联结方式仅能用于某些功率较小的线路。

线路 Л-2 中的负荷开关 BH 是用来接通和断开正常负荷电流的。

上述线路 Л-1、Л-2 是隔离开关或负荷开关与熔断器配合使用的电路。所用设备价格便宜，故在工业企业和 6~10 千伏配电网中，只要设备规格符合网络的参数 (电压、电流、短路电流)，熔断器动作能保证必需的选择性、可靠性和灵敏度时，应尽可能采用这种电路。

功率较大的线路 Л-3 用断路器 B-1 和母线隔离开关 P-1 联结，当线路过负荷或短路时，线路继电保护动作，使断路器自动跳闸断开线路。正常断开线路负荷时，应首先断开断路器 B-1 再断开隔离开关 P-1；接通线路时，操作顺序与此相反。否则隔离开关要切断或接通线路的负荷电流，是不允许的。为了防止错误操作，一般在断路器与隔离开关的操作机构之间装有联锁装置 (见第十五章)，使隔离开关在断路器接通时，不能进行操作。按 Л-3 这样联结的电路，用在 3~10 千伏没有可能反向供电的线路中，如电动机、电炉、水银整流器、静电电容器的线路，以及低压侧不可能与其他电源相联系的变压器线路。

所有可能由网络中反向供电的线路，必须装设线路隔离开关 P-2 (如线路 Л-4)。当断路器检修时，必须断开母线和线路隔离开关。断开线路的操作顺序是：首先断开断路器，再断开线路隔离开关，最后断开母线隔离开关。为了减少装置中所用电器的数目，到不同用户去的两回 3~6 千伏线路，可以共用一组断路器，但每路出线应各用一组线路隔离开关 (如线路 Л-5)。当其中一回线路故障时，断路器 B-1 即自动断开。断开故障线路的隔离开关后，再接通断路器 B-1，另一线路即可继续工作。

在检修线路和电气设备时，为了保证检修人员能安全的进行工作，必须在验明要检修的设备确实已无电压后，将设备的各相接地并短路。对于可能送电至停电设备的各方面，都要装设接地线 (现场备有专用的携带式接地线)。这是防止向被检修的设备突然送电的最可靠的安全措施。同时，停电设备的剩余静电电荷也可因接地而放尽。

电压在 1000 伏以上线路中的线路隔离开关，应使用具有接地闸刀 H3 的隔离开关 (如线路 Л-6)。在线路检修时，断开线路后，接通接地闸刀 H3，使线路的各相接地和短路。线路隔离开关的主闸刀 P-3 和接地闸刀 H3 的操作机构之间，通常有机械的联锁机构，使主闸刀或接地闸刀接通时，另一个闸刀不能闭合。

在 110 千伏及更高电压的装置中，由于携带式接地线十分笨重，接地电阻较大，并且安装接地线时需要很长时间。因此在这些装置中，不仅在线路引出处应有接地刀，而且其他部分都必须装设，如断路器、变压器、母线等电路。为此，在电路中应装设具有接地刀的母线或线路隔离开关，如线路 $A-7$ 和电压互感器电路所示。

2-2 发电机和变压器电路

图 2-3 表示联结于发电机电压母线的发电机电路。由发电机到发电机电压配电装置之间，图 2-3a 和 b 是用裸导线联结的电路，图 2-3c 是用电缆联结的电路（第八章中详细讨论各种联结方法）。发电机通过断路器和母线隔离开关接在母线上。它们的作用与 §2-1 所讨论的高压线路中的相同。

发电机电路的电气设备是在发电机停止工作时才检修的，所以没有必要在发电机与断路器之间装设隔离开关。但是在有些情形中，此处还是装有隔离开关（图 2-3b），主要是供发电机试验时用。它装在发电厂的发电机间内（一般火力发电厂中是装在发电机下的出线小间内）。

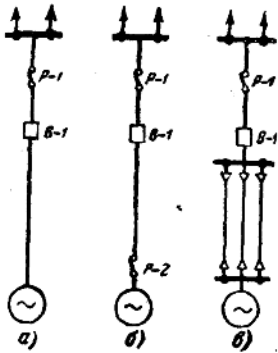


图 2-3 连接于发电机电压母线的各种发电机电路

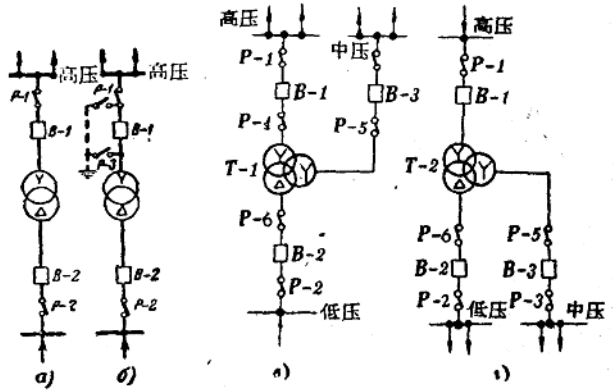


图 2-4 联结在母线上的双绕组和三绕组变压器电路

双绕组变压器的电路如图 2-4a 和 b 所示。变压器与断路器 $B-1$ 和 $B-2$ 之间，可以不装设隔离开关。因为检修变压器或电路中的断路器时，变压器电路都必须全部停电，所以此时可以断开断路器 $B-1$ 和 $B-2$ 及隔离开关 $P-1$ 和 $P-2$ ，并应在被检修的断路器或变压器两侧加装接地线。

在 110 千伏或更高电压的变压器电路中，可以采用具有接地刀的隔离开关，如 §2-1 中所述（图 2-4b）。

图 2-4a 和 b 为联结在母线上的三绕组升压和降压变压器电路。

三绕组升压变压器 $T-1$ 各绕组的电路中，都应在变压器绕组与断路器之间装设隔离开关 $P-4$ 、 $P-5$ 、 $P-6$ 。这些隔离开关所以必要，是因为三绕组升压变压器的三侧都可能与电源联系。当变压器的任一绕组被断开时，其他两个绕组仍有可能通过电流。如检修断路器 $B-2$ 时，必须断开隔离开关 $P-6$ 。因为高压与中压绕组之间，仍可能有电流通过，此时低压绕组是有电压的。

三繞組降壓變壓器的電路中，如果在低壓和中壓側不和其他電源相聯系，那麼，在變壓器高壓繞組與斷路器之間，便可以不用裝設隔離開關 $P-4$ (圖 2-4)。因為在檢修斷路器 $B-1$ 時，變壓器上不可能有電壓出現。

2-3 單母綫電路

電力裝置中引出綫的數目，一般要比電源(如發電廠中的發電機，變電所中的變壓器)的數目多好几倍。它們的功率不相等，工作的情況也不一樣。因此，在電源和各引出綫之間，採用什麼聯結方式，使得電力裝置具有足夠的工作可靠性和靈活性，是一個十分重要的問題。

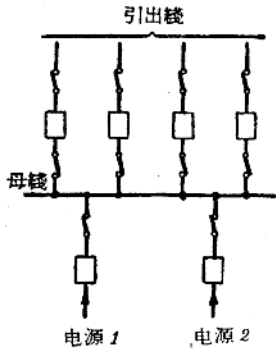


圖 2-5 不分段的單母綫電路

我們知道，當電力裝置負荷降低或檢修時，每個電源都有可能被切除，因此，必須使每一引出綫，能從任一電源獲得供電。達到這個目的最好的方法是採用母綫，把所有的電源和引出綫都接在母綫上，電能由電源送到母綫，再從母綫分配給各引出綫(圖 2-5)。

母綫是電力裝置中的重要元件。母綫故障，會使電力裝置的工作破壞和用戶供電中斷。所以，無論在運行、設計和安裝中，對母綫工作的可靠性，都應給予很大的注意。

最簡單的單母綫電路見圖 2-5。每個電源和引出綫的電路中，都裝有斷路器和隔離開關，此外還有繼電保護裝置和測量儀表等。

單母綫電路最主要的優點是：電路簡單明顯，所用設備少，配電裝置的建造費用低，隔離開關僅在檢修時作隔離電壓之用，不做其他任何操作。這正符合它本身的主要用途。同時，這種簡單的單母綫電路，也有下列一些缺點：

1. 在檢修母綫和母綫隔離開關時，必須斷開所有的電源。因此，整個電力裝置必須在全部檢修時間內停止工作。

2. 母綫或母綫隔離開關短路及斷路器母綫側絕緣套管損壞時，全部電源電路都會由繼電保護動作而自動斷開。結果整個電力裝置必須在修復或更換所有損壞設備的時間內停止工作，這可能需要很長時間。不過在正常運行時，母綫故障是很少發生的。

由於有上述一些缺點，所以簡單的單母綫電路，主要應用於小功率特別是只有一個電源的電力裝置中，但是，當採用成套配電裝置時，由於它的工作可靠性較高(見第九章)，所以，單母綫電路也可以供電給重要用戶，例如發電廠的自用配電裝置。

用隔離開關或斷路器將單母綫分成幾個獨立的部分——分段(圖 2-6、圖 2-7)，是克服上述缺點提高可靠性的有效辦法。分段的數目，決定於電源的數目和功率、電網的結綫，以及電力裝置的工作方式。在大多數情形中，分段的數目等於電源的數目。引出綫在各分段上分配時，應該盡量使各分段的功率平衡。

用隔離開關 PC 分段的單母綫電路見圖 2-6a。它比不分段的單母綫電路具有較高的工作可靠性。母綫的各個分段和母綫隔離開關，可以分別在不同的時間內進行檢修。這時只停止一段母綫的工作，第二段母綫電源和引出綫仍可以繼續工作。但是，在檢修分段隔離開關 PC 時，必須使整個電力裝置全部停電。為此，可以利用兩個分段的隔離開關，如圖 2-6b 的 $PC-1$ 和 $PC-2$ 。此時，檢修其中的一個隔離開關，僅需要停止與它相聯的那一段母

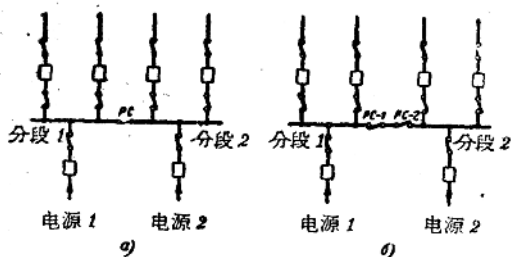


图 2-6 用隔离开关分段的单母线电路

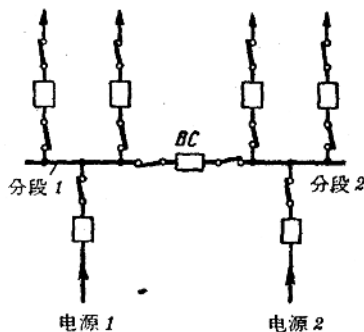


图 2-7 用断路器分段的单母线电路

线的工作。

如果分段隔离开关在正常工作时是断开的，那么任一母线段故障，将不影响其他母线段的工作。但是，在分段隔离开关接通的情况下，任一段母线上哪怕是发生短时的短路故障，也会使整个装置暂时停止工作。为了提高工作可靠性和灵活性，可用断路器代替隔离开关将母线分段。

用断路器分段的单母线电路见图 2-7。分段断路器 BC 装有继电保护装置。正常工作时，如果分段断路器 BC 是断开的，则它还装有备用电源自动投入 ABP 装置，当任一电源的电路，因为故障其断路器自动断开时，在 ABP 的作用下，分段断路器可以自动接通，保证全部引出线路继续工作。

如果正常工作时分段断路器是接通的，母线任一段发生短路故障时，在母线继电保护的作用下，母线分段断路器和联结在故障分段上的电源电路的断路器，便自动断开。这时母线的另一分段仍可以继续保持工作。

可见，当单母线用断路器分段时，就是在严重而少见的母线短路情况下，总有母线的一个分段保持工作。所以，用断路器分段的单母线电路，能够保证可靠地给有第一、二类重要负荷的用户供电，不过重要用户在电网中必须有备用线路。图 2-8 是给电网中有备用线路的重要用户供电的一个例子。变电所 II-1 平时由两条线路 I-1 和 I-2 供电，每一条线路的传输容量根据变电所的全部容量或变电所中第一、二类负荷的功率决定。在发电厂中线路 I-1 和 I-2 联结在母线的不同分段上。发电厂的母线段检修时，例如检修分段 1，此时断开联结在分段 1 上的线路 I-1、分段断路器 BC-1 及发电机 $\Gamma-1$ 。这时候，变电所可以由线路 I-2 供电。就是在发电厂母线分段 1 上发生短路时，变电所同样

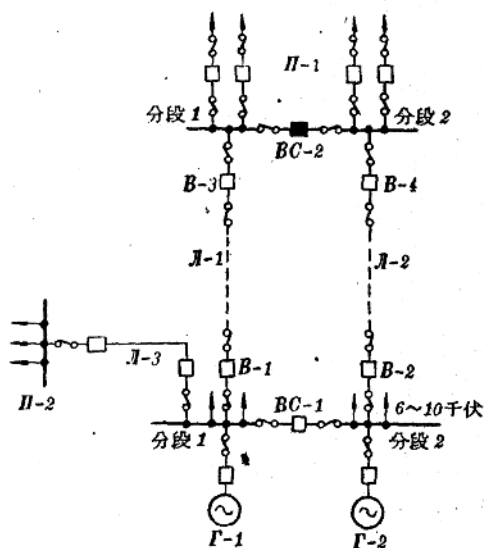


图 2-8 给重要用户的变电所供电电路

不会停电。但是，对于在网络中没有备用线路，而只由一个母线分段供电的用户(图2-8中II-2)，上述优点是存在的。

变电所II-1中，同样采用断路器分段的单母线电路，在大多数情形中，分段断路器BC-2在平时是断开的(图中断路器填黑是表示处于断开状态)。这样可以使电网的继电保护简单，提高供电的可靠性，同时由于减小了短路电流，在变电所的配电路中可以选用轻型的电器。给重要负荷供电的变电所，这时还装有备用电源自动投入装置。如当线路I-1发生故障时，B-3自动断开，分段断路器BC-2便自动接通。

用断路器分段的单母线电路，仍有一些缺点，主要是：

1. 当母线的的一个分段故障或检修时，将要断开装置中大约半数的引出线。这样，原来由母线两段供电的重要用户(图2-8)就没有了备用电源；原来仅由一段供电的用户(图2-8中的II-2)就必须停电。

2. 母线一段故障或检修时，必须断开联结在这一分段上的电源，因此便减少了发电厂或变电所的容量，这可能成为部分用户供电中断的原因。

在每个电源的电路中，用两个断路器分别接在两个分段上的单母线电路(图2-9)，可以克服上述第二个缺点，如果增加母线的分段数目，也可以使第一个缺点得到部分的克服。如检修分段1或在此分段上发生短路时，只需要断开电源电路中的断路器B-1和B-3，电源仍可以通过断路器B-2和B-4接在母线2上继续工作。当然，这时对联结在分段1上的引出线仍然要停电。

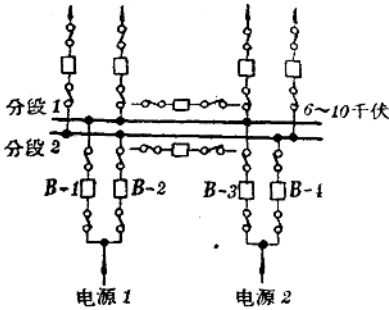


图2-9 电源电路有两个断路器的单母线电路

为了减少在一段母线检修或故障时停电的引出线数目，可以将图2-9中分段1、2再用断路器分段，这样母线就分成为四段，在同样的情况下，便减少了联结在每一段母线上的引出线数。给重要的大用户供电时，采用母线分段数目较多的电路，可以减少供电线路的备用容量。图2-9所表示的电路，最近苏联在大型降压变电所的6~10千伏配电装置中，得到了广泛的采用。

根据以上讨论可知：对于单母线电路，采用母线分段的方法和电源电路内采用双断路器的方法，可以显著地提高它的工作可靠性和灵活性。但是，必须注意到，随着电路内元件数目的增多，电力装置的建造费用也将增加，并且在一定程度上，也增加了电路故障的机会。

不论分段的或不分段的单母线电路，在检修引出线断路器的全部时间内，此引出线均必须停止供电。这个缺点在下列情况下特别突出：(1)对于装有多油式断路器的35千伏或更高电压的线路，由于断路器检修，需要停电十几小时至几天，时间相当长；(2)电压在35千伏以上的线路，传输功率一般较大，线路的切断将引起系统功率分布的改变，增加电压和能量的损耗，有时不得不切除部分用户。因此，对于电压在35千伏及以上的配电装置，广泛采用带旁路母线的电路来克服上述缺点。

图2-10a表示带旁路母线的单母线电路。例如线路I-4的断路器检修时，首先接通旁路断路器BO和I-4的旁路隔离开关PO，然后再断开线路I-4的断路器BI和它的隔离开关PI

和PⅢ。此时线路N-4并不中断供电。

旁路母线可以只和引出线联结,也可以同时和电源电路及引出线联结(图2-10a)。但在后一情形中,电源电路中必须装设隔离开关P-1和P-2。旁路母线同时和电源电路及引出线联结时,比较复杂,有时会增加配电装置建造的困难和费用。所以这种联结的电路,只有在检修电源电路中的断路器时,必须保持电源继续工作的情况下方采用。旁路母线只与引出线联结时,电源电路中的断路器,可以在预先安排好的日子里(如节日等)按计划进行检修。

用断路器分段的单母线电路,可以采用具有一个或两个旁路断路器的旁路母线系统(图2-10b、c和d)。图b电路的缺点,是在分段1上的线路断路器检修时,此线路由分段2供电,这样破坏了原来引出线在各分段上的分配。图2-10c和d的电路没有这一缺点,但所用设备较贵较多。为此可以将分段断路器与旁路断路器合用(图2-10d)。

单母线电路附加旁路母线系统之后,检修任何线路中的断路器时,此线路可以不停电。尤其在电网中实现了带电检修之后,除非线路故障,其他任何时候都不会破坏发电厂和变电所给用户供电和与电力系统的联系。

附加旁路母线系统的电路,在我国和苏联已得到广泛的应用。一般规定电压为35千伏引出线为8条以上、110千伏引出线为5条以上、220千伏引出线为3~4条以上的配电装置,应设置旁路母线。

由以上的讨论,可以得出如下的结论:对于分段的单母线电路,只要重要用户在电网

中有适当的备用线路,并且能够把线路正确地分配在母线的各个分段上,这种电路就可以应用于供电给任何重要用户的电力装置。同时还兼有简单明显易于发展的优点。但是,如果电力装置有大量的在电网中没有备用线路的第二类用户时,采用分段的单母线电路是不合适的。这时,采用具有备用母

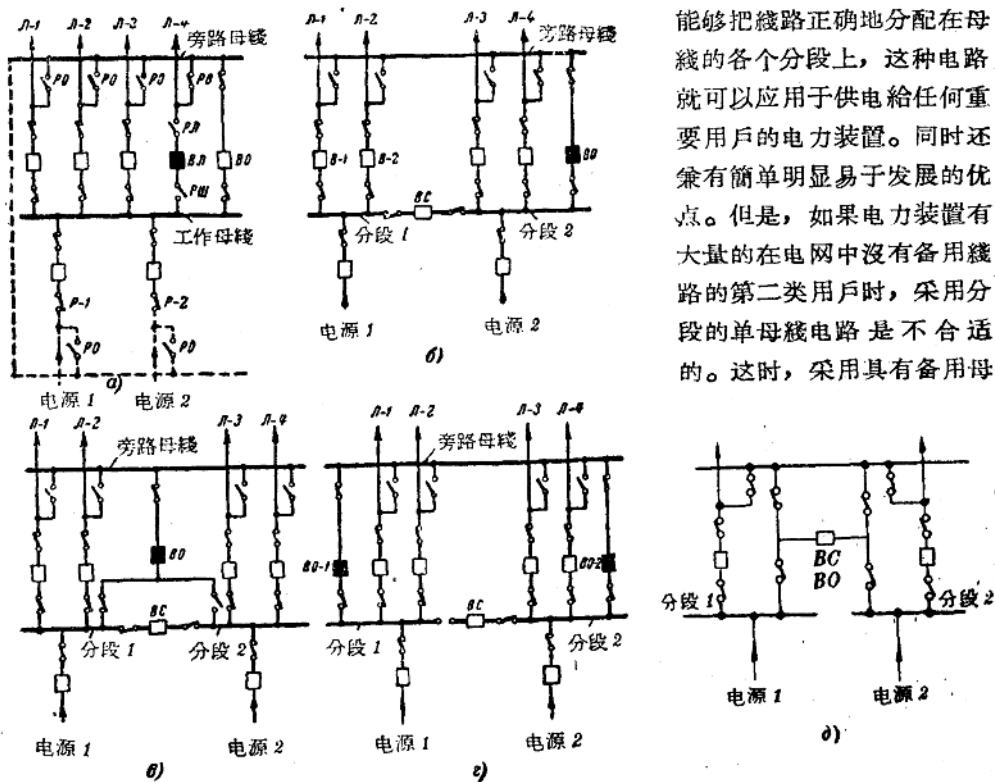


图 2-10 附加旁路母线的单母线电路

綫的双母綫电路，供电才比較可靠。

2-4 双母綫电路

双母綫电路中的每一电源或每条引出綫，可以通过一只断路器或两只断路器，或两条电路通过三只断路器联結在两組母綫上。

每条电路中有—只断路器的双母綫电路(或称单断路器双母綫电路)，如图2-11所示。

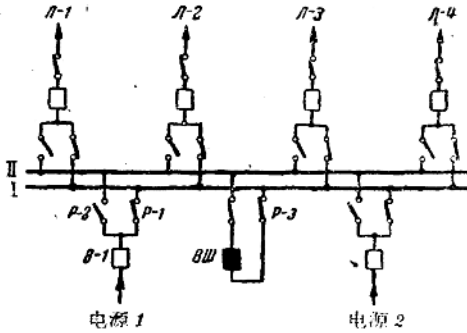


图 2-11 每条电路中有—只断路器的双母綫电路

每一电源和引出綫通过一只断路器和两只隔离开关联結在两組母綫上。正常运行中，有一組是工作母綫(图中为母綫 1)，所有联結在工作母綫上的母綫隔离开关是接通的；另一組母綫是备用母綫(图中为母綫 2)，所有联結在备用母綫上的母綫隔离开关是断开的。但是应注意：双母綫电路的任一組母綫，都可以是工作母綫或备用母綫。

工作母綫和备用母綫是用母綫联络断路器 BIII 联結起来的，它平时是断开的。母綫联络断路器的作用将在下面說明。

因为双母綫电路中有备用母綫，所以提高了装置工作的灵活性。因此，它可以完成单母綫电路所不能完成的一系列操作和工作方式：(1)輪流检修母綫时不会破坏装置的工作和中断給用戶供电；(2)检修任一条电路的母綫隔离开关时，只断开这一条电路；(3)工作母綫上发生故障时，装置能迅速地恢复正常工作；(4)检修任一条电路的断路器时，不使这一条电路长期(即全部检修時間内)停止工作。現在討論上述几种情况的操作步骤。

检修工作母綫。为了检修工作母綫，必須將全部电源和引出綫轉移到备用母綫上去工作(这一操作过程，現場常称为倒母綫)。在轉移之前，必須检查备用母綫是否完好。因此，首先应接通母綫联络断路器 BIII，使备用母綫带电压。如果这时备用母綫上有短路故障存在，則联络断路器 BIII 即在继电保护装置的作用下断开(继电保护动作時間应尽可能短些)，不会影响工作母綫的工作。如果母綫联络断路器不断开，就說明备用母綫是完好的，可以利用。此后，应撤除母綫联络断路器的继电保护，以免在轉移电路的过程中，母綫联络断路器錯誤断开。

接通母綫联络断路器 BIII 之后，依次接通各条电路中备用母綫側的母綫隔离开关，再依次断开各条电路中工作母綫側的母綫隔离开关。这些操作对工作人员是沒有任何危险的。因为当接通母綫联络断路器之后，两組母綫的电压相同，隔离开关的閘刀和固定触头的电位是一样的。同时，备用母綫和工作母綫側的两个隔离开关的换接并不切断負荷电流，所以不会产生电弧，允許这样的操作。

最后，將母綫联络断路器 BIII 及其隔离开关断开，工作母綫便沒有了电压，可以进行检修。可見在这一系列的操作过程中，并没有使任一条电路停电。

如果双母綫电路中没有可用的母綫联络断路器，进行上述操作时应先接通电源电路的备用母綫側的母綫隔离开关，然后接通其他电路的此母綫隔离开关，再依次断开各工作母綫側的母綫隔离开关。此时，最先接通和最后断开的隔离开关，是要接通或断开母綫和其