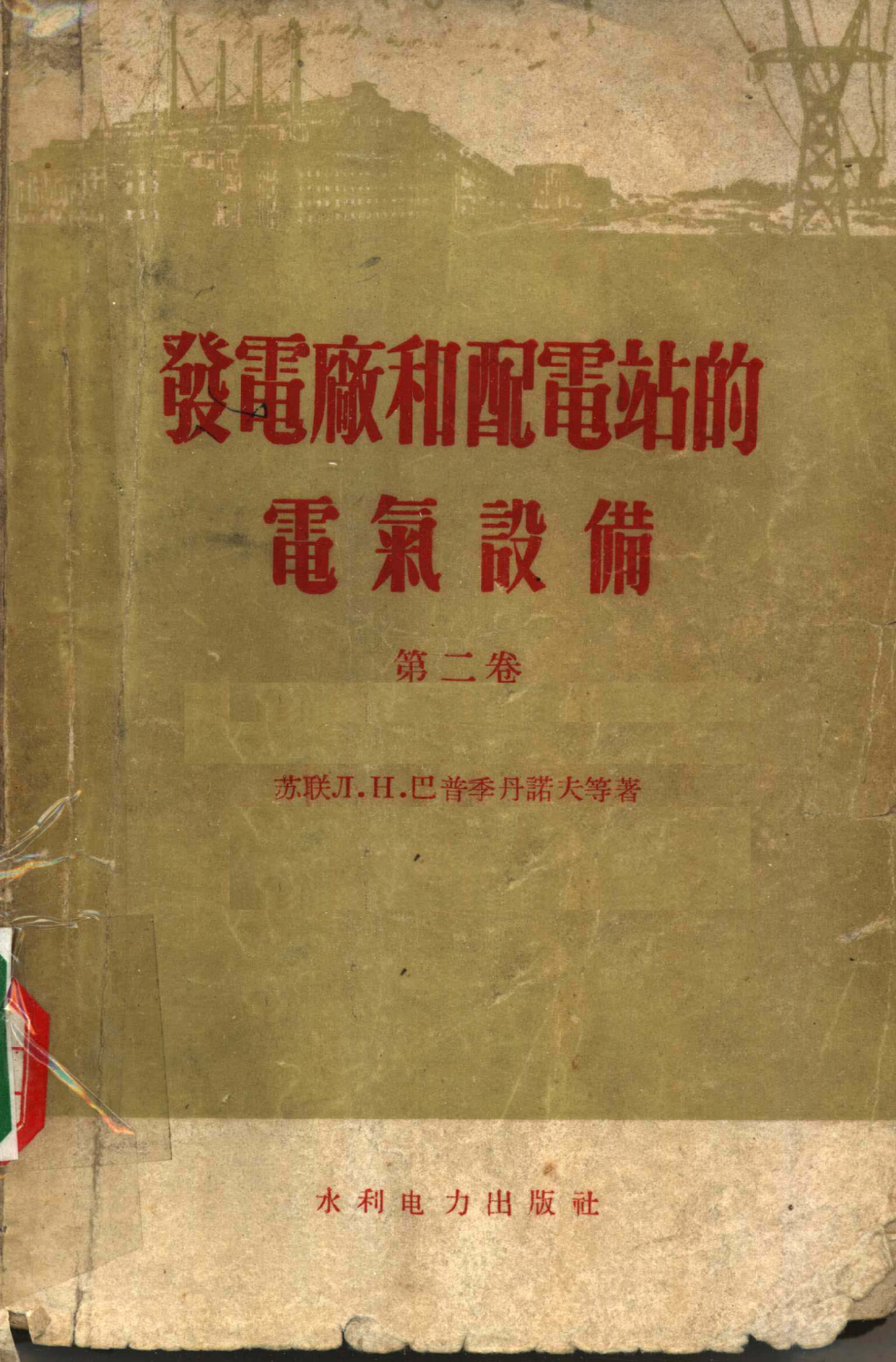


The background of the cover is a faded, sepia-toned illustration of an industrial landscape. On the left, there is a large factory or power plant with multiple tall chimneys emitting smoke. To the right, a tall, lattice-structured transmission tower stands prominently. The foreground is a flat, open area, possibly a field or a body of water, with some distant structures visible on the horizon.

發電廠和配電站的 電氣設備

第二卷

苏联Л. Н. 巴普季丹諾夫等著

水利电力出版社

发电厂和配电站的 电气設備

第二卷

发电厂和配电站的基本电气设备

苏联 Л.Н. 巴普季丹諾夫 合著
В.И. 塔 腊 索 夫

陈以鴻譯

苏联发电厂部教育司审定作为中等动力学校教材

水利电力出版社

內 容 提 要

本书共分三卷，第二卷分为五編。

第一編敘述发电厂和配电站的电路。第二編敘述发电厂和配电站的自用电气設備問題和蓄電池組。第三編敘述屋內、屋外及成套配電設備和变压配电站的构造。第四編敘述发电厂和配电站中的監察測量系統、操縱設備和信号設備。第五編敘述发电厂和配电站基地上布置电工建筑物的概要，以及接地的結構和計算。

本书供中等动力学校电力专业学生作教科书之用，但是对于高等工程学校的电工专业学生，亦可用作参考。

本书对于发电厂、配电站和电力网方面的工程技术人员，特别是中等技术人员，也是有用的。

Л. Н. БАПТИДАНОВ В. И. ТАРАСОВ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ ТОМ ВТОРОЙ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1952

发电厂和配电站的电气設備 第二卷

根据苏联国立动力出版社1952年莫斯科修訂第2版翻譯

陈以鴻譯

*

185 D 35

水利电力出版社出版 (北京西郊科学路二里沟)

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印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $\frac{1}{2}$ 开本*12 $\frac{3}{4}$ 印張*315千字*定价(第9类)1.50元

1955年5月北京第1版 1959年3月北京第2版

1961年2月北京第11次印刷(53.841—66.856册)

第二版序言

本書是中等动力学校电力专业学生所用发电厂和配电站的电气設備教科書的第二卷。第一卷重版于1952年。

在第一卷的第二版序言中說，这部教科書分兩卷出版。但是后来認為需要將第二卷所应包含的材料分成兩部分，这部教科書就不是分兩卷出版，而是分为三卷。因此，第二卷所包含的材料是：发电厂和配电站的电路，自用裝置，配電設備，監察測量儀器，信号設備，联鎖機構，控制板，裝配图，发电厂和配电站基地上电工建筑物的布置，接地。

第三卷中的材料是：繼电器保护，綫路和变压器自动接通的概要。將上述材料另行編入第三卷內，可以認為是适宜的，因为繼电器保护是中等动力学校电力专业的独立課程。

第一卷第二版序言中关于这部教科書的內容性質和材料的叙述方法的一般說明，完全适用于第二卷。

在1952年10月举行的苏联共产党第十九次代表大会，通过了关于1951—1955年的第五个发展苏联五年计划的指示。

第五个五年計劃决定着苏联国民經济比从前更强大的新的发展。这个計劃的完成，將保證苏維埃人民物質福利和文化水平的进一步的显著增長。完成第五个五年計劃，就是在从社会主义向共产主义发展的道路上迈一大步。

在1951—1955年內，苏联工业生产的水平应比較1950年增高約70%。要使生产达到这样的增長，不仅应建設新的企业，而且应增大現有企业的容量，將它們加以改建，裝置新的設備，使生产机械化和增強，并改善技术操作过程。在这几年內，將創造許多改良的、具有高度生产效能的新式机械和車床等，运用到生产上去。第五个五年計劃的几年，應該是苏联国民經济所有各部門获得新

的巨大的技术改进的年份。

实现预定的生产增长速度和技术改进的最重要条件之一，是进一步的全国电气化。1955年的发电量将比较1950年增加约80%，这样就可以使工业电气化的水平因生产过程自动化的广泛发展和电热、电解的新方法的进一步运用而大大提高，使电能农业上的应用显著地扩大，实行进一步的铁道电气化，并增加居民日常生活用电的供应量。

五年内发电厂总功率约增大到2倍，其中水力发电厂的功率约增大到3倍。这样不仅可以保证满足国民经济和居民日常生活对于电能的日益增长的需要，而且可以保证增加动力系统中的预备容量。

值得指出，在最近几年内，苏联发电厂功率的平均每年增量，是按照全俄电化委员会计划在十年内建成的全部发电厂的功率的2倍。在1952年，苏联各发电厂在一个月內所发出的电能，就和革命前俄国全部发电厂在五年内所发出的一样多^①。

、现有企业的扩大，保证以最低费用增加生产。因此，第五个五年计划在火力发电厂方面，规定首先扩大现有的发电厂。同时也将新建利用本地燃料的大型火力发电厂。城市和工业企业的热力化将从专门建造的兼供热发电厂获得进一步的扩展。

在大型火力发电厂中，将装设高压力的汽轮机和锅炉。

在水力发电厂方面，首先需要指出的，是在伏尔加河岸建设全球最大的古比雪夫水力发电厂，功率2100000千瓦，全年发电量100亿千瓦时。应在1955年开始发电。

在这五年内，还将要建成下列强大的水力发电厂：卡马、高尔基、明格列尔、乌斯堪诺戈尔斯克等，总功率1916000千瓦。

为了保证城市和区域的电能供应，除了建造大型发电厂以外，还要建造小型和中型的发电厂。

^① M. Г. 别尔乌辛在1952年11月6日莫斯科市苏维埃纪念大会上的报告，“消息报”，1952年11月7日第265号。

对于育格、烏拉尔、庫茲巴斯以及立陶宛、拉脫維亞和愛沙尼亞蘇維埃社会主义共和国的电能供应的改善，將特別注意。

在发电厂中，將广泛实现生产过程的自动化。到五年之末，应完成区水力发电厂的完全自动化。

除了建造发电厂以外，还要建造許多配电站和几千仟米不同电压的輸电綫。古比雪夫与莫斯科之間的 400 仟伏綫路將开始使用。

第五个五年計劃規定在許多工业部門中增加一些大企业的建設，以保証这些部門在以后几年內作必要的发展。

这五年內在电气化方面，已經进行和將要开始建造的水力发电厂是：斯大林格勒(1700000 仟瓦)、卡霍夫卡(250000 仟瓦)、車卜克薩雷、伏特金斯克、布赫塔尔明斯克和其他等等。必須开始从事于安加拉河动力資源的綜合利用，以便在廉价电能和本地原料的基础上，发展鋁工业、化学工业、采矿工业和其他工业部門。

机器制造业的任务，是充分保証供給建造中的发电厂、配电站和电力网所需要的設備。例如，1955 年比 1950 年，汽輪机的生产应增加到 2.3 倍，蒸汽鍋爐 2.7 倍，水輪机 7.8 倍。

要在这五年內实现这样偉大的发展社会主义动力工程的綱領，必須培养出許多高度熟练的專家，包括能在发电厂和配电站的运行和設計、建造方面創造性和主动性地工作的电力技术人員在內。

因此，中等动力学校所培养的电力技术人員，必須很好地知道发电厂和配电站的現代的电气設備，足够胜任地了解发电厂和配电站的电气部分的电路和实际構造。

著者希望，未来的青年技师掌握了第二卷中的材料，能在学校毕业后很快地熟悉他的工作崗位，而成为真正的技术人員。

叙述第二卷所包括的这許多問題，是有一定的困难的。因此著者乘这机会，再一次請求讀者們提出有关本書的一切批評和建議。

最后，著者向亲切地供給許多珍貴材料的所有机关和个人，表

示謝意。

著者特別感謝技術科學博士И. А. 守羅米雅特尼柯夫，因為他在對本書第二卷所作的評論中，提出了許多極珍貴的指示。

在第二卷中，Л. Н. 巴普季丹諾夫寫的是第四、五和十七章，其餘都是В. И. 塔臘索夫寫的。

著 者

目 錄

第一編 发电厂和变电站的电路

第一章 概說	1
1-1 电路图概說	1
1-2 对电气装置电路图的基本要求	2
第二章 发电厂电路	4
2-1 概說	4
2-2 低压发电厂电路	5
2-3 具有一套总汇流排以发电机电压配电的高压发电厂电路	7
2-4 具有两套总汇流排以发电机电压配电的发电厂电路	13
2-5 发电厂发电机电压引出綫和总汇流排上电抗器的装設	17
2-6 发电厂与系統的耦合	27
2-7 具有发电机电压和升高电压的发电厂电路	29
2-8 区发电厂电路	56
第三章 降压变电站和配电所的 电路	59
3-1 概說	59
3-2 区变电站电路	60
3-3 副电压6—10仟伏的本地性 变电站电路	66
3-4 副电压属于低压范围(380/220伏)的本地性变压配 电站电路	71
3-5 降压变电站中变压器数目和功率的选择	77
3-6 配电所电路	82
3-7 具有静电电容器的配电站电路	84

第二編 发电厂和变电站的自用电

第四章 自用交流裝置	87
4-1 发电厂自用电概說	87
4-2 自用电电机的特性	89
4-3 自用机械的特性	93

4-4	自用机械所需电动机的选择	95
4-5	电动机的自启动	104
4-6	自用机械效能的调节	108
4-7	发电厂自用装置的电路	110
4-8	联接自用电动机的电路	128
4-9	配电站的自用电	132
4-10	发电厂和配电站的照明	133
第五章	发电厂和配电站的蓄电池组	135
5-1	概說	135
5-2	鉛酸蓄電池的結構和工作	136
5-3	鉛酸蓄電池的型式及其主要特征	144
5-4	硷性鉄鎳蓄電池的結構和工作	146
5-5	硷性鉄鎳蓄電池的型式及其主要特征	150
5-6	具有蓄電池組的直流裝置的電路	151
5-7	蓄電池組和充電機組的選擇	164
5-8	蓄電池組的裝設	172
5-9	电动机发电机组	175
	第三編 发电厂和配电站的配电設備	
第六章	配电設備概說和对配电設備的要求	177
6-1	概說	177
6-2	对配电設備的要求	177
第七章	屋內配电設備和变壓配电站	178
7-1	屋內配电設備和变壓配电站的建造規則	178
7-2	配电板	188
7-3	綫路上沒有电抗器的3—6—10千伏配电設備	191
7-4	綫路上具有电抗器的6-10千伏配电設備	206
7-5	6—10 千 伏配电設備与发电机和变压器的联接方法	217
7-6	35和110 千伏配电設備	223
7-7	副电压小于500 伏的屋內变壓配电站	230
第八章	屋外配电設備和变壓配电站	233
8-1	屋外配电設備的建造規則	233
8-2	35千伏配电設備	241

8-3 110千伏配电设备	241
8-4 220千伏配电设备	254
8-5 400千伏配电设备	257
8-6 副电压小于500伏的变压配电站	259
第九章 成套配电设备和配电站	260
9-1 概說	260
9-2 6—10千伏成套配电设备	261
9-3 成套变压器配电站	265

第四編 发电厂和配电站的監察測量系統、 操縱設備和信号設備

第十章 副电路图概說	268
10-1 副电路的几种电路图	268
10-2 原理图	268
10-3 完全图	271
10-4 关于装配图的概念	272
第十一章 監察測量系統	272
11-1 概說	272
11-2 发电厂和配电站中的电工測量仪器	273
11-3 測量溫度的仪器	281
11-4 絕緣狀況的監察	284
11-5 发电厂和配电站中仅用变压器和变流器的配置。电工測量 仪器的接入图	292
第十二章 远距离操縱和信号設備	300
12-1 远距离操縱	300
12-2 信号設備	313
12-3 直流副电路的饋电电路	320
第十三章 防止隔离开关不正确操作的联鎖机构	323
13-1 机械联鎖机构	323
13-2 电磁联鎖机构	326
第十四章 控制板	328
14-1 概說	328

14-2 控制板的屏幅.....	330
14-3 控制板屏幅的布置.....	332
第十五章 装配图和标志.....	335
15-1 作成装配图的原则.....	335
15-2 装配图标志原则.....	343

第五編 电工建筑物的布置。接地

第十六章 发电厂和配电站基地上电工建筑物的布置.....	348
16-1 发电厂基地上电工建筑物的布置.....	348
16-2 降压配电站基地上电工建筑物的布置.....	354
第十七章 接地.....	355
17-1 概說.....	355
17-2 装置中必須接地的部分.....	360
17-3 接地电阻的計算值.....	361
17-4 接地的完成.....	364
17-5 接地的計算.....	367
附 录.....	376
俄文下角意义說明.....	381

第一編 发电厂和配电站的电路

第一章 概 說

1-1 电路图概說

有两种主要的电路图：1) 原电路图，2) 副电路图。

习惯地画在副电路图内的装置元件，见第十章。

原电路图按照表现的形式，又分为单线图和三线图。在单线图中，装置的两个相用一根线代表(图2-1)，而在三线图中，每一条三相电路用三根线表示(第一卷图3-7)。

单线图是电气装置的主要电路图，电气装置的设计是从它的单线图的拟订开始的。在计算电气装置中的短路电流，选择电气装置的电气设备，拟订继电器保护，操縱设备和信号设备的原理图和装配图，以及设计配电设备的构造时，都利用单线图。在现有的电气装置中，单线图用于一切运行操作过程。

对于配电站和小功率发电厂，通常就整个装置作成单线图。对于中等功率和大功率发电厂，宜于分别就发电机电压及所有升高电压的部分和发电厂自用电部分作成单线图。

在单线图上，为了便于观看起见，只表示出装置的基本元件，例如发电机、变压器、开关、隔离开关和电抗器等，以及它们之间的联接(图2-2)。同时在设计过程中所作成的电路图上，开关和隔离开关的状态对应于装置的正常工作状态。在现有电气装置所用的单线图(称做操作图)上，开关和隔离开关的状态对应于在实际工作时的状态^①。

① 依照技术运行准则 § 819：控制板上应有操作电路图或电路模型，上面表示出所有电器的实际状态和接地的设置地点。电路图上在工作时所发生的一切改变，以及接地的地点，应在进行操作后立即在电路图上表明。

在某些情形中,單綫图上除了上述电机和电器外,还表示出测量仪器、保护设备、信号设备、远距离操縱电器等。常常标明设备的型式和目录参数。有时在仪用变压器及变流器、繼电器和测量仪器之間,用一根綫联接得可以看出仪器与所接到的电路之間的相互联系(图1-1)。用这种方式作成的电路图称做完全單綫图,或工作單綫图。完全單綫图用来作成副电路图,并用来編制装置的基本电气设备的清單。

拟訂新建裝置的單綫图是很复杂的课题。要正确地选择电路,必需考虑到許多因素,这些因素多少对电路有影响。例如,在拟訂发电厂的單綫图时,除了所装設的发电机和变压器的数目和功率以外,必需考虑到所设计的发电厂在系統中的位置,它对于系統的作用,发电厂的类型(火力、水力),它的工作状态(基本、高峯),电能用户的性質和分布,电能

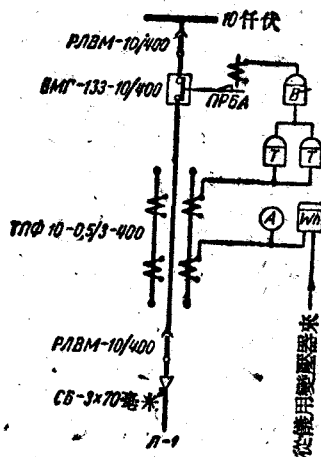


圖1-1 联接电綫綫的完全單綫圖

供应的重要程度等。拟訂区配电站的电路图时,也要考虑电力系统电路和电能用户的性質。工业企业中电气裝置的电路与饋电电路一起选择。这样联合地解决問題,使新建发电厂或配电站的电路图的拟訂稍复杂些。但是只有考虑了对电路的选择有影响的全部主要因素,才能使拟成的电气裝置电路图滿足对它所提出的要求。

1-2 对电气裝置电路图的基本要求

設計电气裝置的电路图时,首先应考虑到保証以必需的可靠性饋电給电能用户(考虑到电能用户的重要程度),电路图应尽可能簡單清楚,应保証便于使用电气设备,并且在經濟上是合适的。

裝置的電路圖愈簡單而清楚，則裝置的工作愈可靠（工作人員的錯誤動作愈少可能），維護愈安全，建造裝置所需的成本愈低。

裝置中各條電路通路和斷路時的操作用數愈少，則裝置的使用愈簡便。

電路圖的經濟性，主要決定於總匯流排的套數（一套或兩套）、開關和隔離開關的數目和裝置的運行費。

在設計電路圖時，應注意它在經濟上的合適性，就是在注意電路圖的經濟性時，應考慮裝置工作的必需的可靠性，前面已經指出，這可靠性主要決定於用戶電能供應的重要程度。

按照電能供應的重要程度，慣常將用戶負載分為下列三類^①。

第一類。重要負載，饋電中斷時引起人命的危險，產品或半產品的廢棄，設備的破壞，技術操作過程恢復期內企業的長期停頓，電化運輸工作的破壞，和大城市生活的混亂。

由於第一類負載的重要性很大，應在裝置和電網的正常和故障狀態下保證饋電給它們。為此，它們應由兩個獨立的電源饋電，其中每一個應具有這樣大的功率，使在另一電源停止饋電時，保證充分饋電給第一類負載。需要指出，當兩個電源之一的工作破壞或故障不影響另一電源的工作時，這兩個電源稱做獨立電源。屬於這種電源的例子是：兩個不同的發電廠或配電站，或者同一發電廠或配電站總匯流排的兩個分段，設每一分段由發電廠中不同的發電機或配電站中不同的變壓器饋電（參閱圖2-3和3-8）。

第二類。重要負載，斷電時只引起產品的嚴重缺額、人和機械的停工等。

由於第二類負載的重要性較小，決定電能供應所必需的不停電程度時，應考慮具體情況，主要根據技術上和經濟上的計算。

第三類。不重要負載，例如：某些農業用戶，工廠的輔助車間，小型的和一班工作的手工業企業，某些公用負載，和不屬於第一、二兩類的其他負載。

^① “電工裝置構造章程”，第二版 § 14 第 13 頁，蘇聯發電廠部，國立動力出版社，1950（譯者按：本書已有中文譯本“電氣設備安裝規程”前蘇聯工業出版社 1954 年出版）。

从上可知,饋电給具有第一类負載的用戶的裝置的电路,必須是最可靠的。但是不应作出結論,認為饋电給第三类負載的裝置,可以采用使裝置的运行复杂化或使它的故障性增高的电路。在一切情形中,必須用經濟上合适的电路,尽量保証用戶电能供应的高度可靠性。

本編叙述发电厂和配电站的主要电路。发电厂和配电站自用电部分的电路,將在第二編中叙述。

第二章 发电厂电路

2-1 概 說

发电厂电路根据发电厂功率、是否与动力系統耦合、配电压、发电厂类型(火力、水力)等,而有所区别。

以前(第一卷第四章)曾經指出,在苏联,广泛地將发电厂联接成为动力系統;并曾經說明这种联接的优点。只有互相远隔的发电厂,才单独地工作,例如集体农庄发电厂。

但是,随着各区負載的发展,单独工作的发电厂也逐漸联接起来并联工作,結果形成电力系統,起初是最簡單的形式——几个本地性发电厂联接起来的形式,后来发展成为更完善的具有强力区发电厂和兼供热发电厂的系統。

发电厂所发出的电能,可以用发电机电压、升高电压或同时用发电机电压和升高电压分配出去。

有距离近的用戶时,用发电机电压配电(城市、工业、农业、鉄道等发电厂)。区火力发电厂和水力发电厂用升高电压配电。当发电厂完全地或部分地用发电机电压配电时,必須有发电机电压配电設備。如果全部电能用升高电压送入系統电网,則在大多数情形中就没有发电机电压配电設備。

火力发电厂和水力发电厂,即使总功率和电机功率都相同,电路也可能略有不同。这是由于它們的工作情况略有不同。

运行經驗指出，將水輪发电机接入工作并使負載达到标称值，即使发电机功率很大，也可以在1.5—2分鐘內完成。系統頻率降低时，水輪发电机可以自动地接入工作。因此，水力发电厂常常用来迅速承担系統中的功率缺額。將水輪发电机迅速接入工作的方法，是利用自动化，并由动力系統的調度所操縱，因此所有現代的水力发电厂都是自动化和远动化的。自动化和远距离操縱对于水力发电厂电路有一定的影响，因为需要使电路中各元件的一切操作通路和断路都只由开关来完成。

火力发电厂負載增加的快慢，与汽輪发电机本身是否容許負載迅速升高有关，因为負載的迅速升高可能引起汽輪机的振动，同时又与鍋爐对于急剧增加蒸汽消費量而不显著地降低压力的能力有关。通常火力发电厂的增加負載，比水力发电厂慢得多，因此利用火力发电厂来迅速承担系統中的功率缺額比較困难得多。这一点，对于火力发电厂的电路多少有些影响。

2-2 低压发电厂电路

图2-1示最簡單的低壓发电厂的电路。这种发电厂的功率通常是几十或几百仟瓦，用来饋电給不在动力系統电网所包括的区域内的小工业企业、村鎮、农业用戶和其他用戶。

图2-1的电路內裝設兩只发电机和一个四綫配电系統（中綫用虛綫表示），电压是380/220和220/127伏。在用电压380/220伏时，中綫直接接地，如图所示。

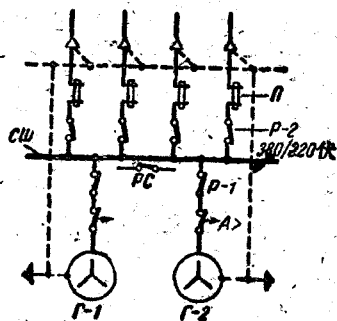


圖 2-1 低壓发电厂电路

发电机 $G-1$ 和 $G-2$ 經過最大电流自动开关 A 和閘刀开关 $P-1$ 接到总汇流排 CW 。总汇流排用来接受从发电机发出的电能，并把电能分配給通向用戶的引出綫。自动开关 A 用来在过载和短路时保护发电机。閘刀开关 $P-1$ 用来將

自动开关在进行调节和修理时与总汇流排断接。在小功率发电机电路内，常常装设可熔保险器来代替最大电流自动开关。

引出线经过闸刀开关 $P-2$ 和可熔保险器 I 接到总汇流排。在有些情形中，线路上不装设可熔保险器而装设最大电流自动开关，这样使电气装置的运行情况大大改善。但是，自动开关的价格比可熔保险器贵得多。

中线内不装设闸刀开关和可熔保险器，因为当各相负载不平衡时，中线内保险器熔件的烧断可能引起电压的显著不对称，对于接到相压的电灯的发光有妨害。

具有如图 2-1 所示的总汇流排的电路，称做具有一套不分段总汇流排的电路。这种电路的主要缺点是，用了不分段的汇流排，当总汇流排或闸刀开关进行修理时，必须把两只发电机都断接，以致发电厂的全部用户都在进行修理所需时期内停电。

为了避免这情形，利用闸刀开关或隔离开关 PC 将总汇流排分段。这时发电机接到总汇流排的不同分段，每一分段与对应数目的引出线联接。

分段闸刀开关 PC 平时在通路状态中，发电机是并联工作的。由于发电机的并联工作，可以保证在一只发电机发生故障的情形中，用户的供电不中断。除此以外，在并联工作时，有可能把两只发电机的负载分配得使它们所发出的电能是最廉价的。

用了分段闸刀开关，总汇流排可以分段修理，就是只将总汇流排的一个分段断接。需要修理汇流排的一个分段时，将这一分段所联接的引出线上的闸刀开关依次断接。同时使它的发电机卸去负载。发电机去载后，把它的自动开关和分段闸刀开关断接。

总汇流排的一个分段进行修理时，第二段连同所联接的发电机和线路继续正常地工作。接到被修理的分段的用户，在全部修理期间供电停止。为了不使重要用户停电，应从发电厂总汇流排的两个分段供电给重要用户。