



U312
4033

發電廠和配電站的 電氣設備

第一卷

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

第一卷

发电厂和配电站的基本电气設備

苏联 Л.Н. 巴普季丹諾夫 合著
В.И. 塔 腊 索 夫

陈以鴻譯 单基乾校

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

内 容 提 要

本书共分三卷，第一卷分为五辑。

第一編闡明国民經济电气化的意义，略述革命前俄国建立发电厂和苏联发展电气化的历史，指出各种发电厂的生产过程的特点，介绍发电厂、配电站和动力系统的电气部分的初步常識，并討論电气装置的工作状态。第二編敘述短路电流及其所产生的效应的計算，以及用来限制短路电流的电抗器的选择。第三編敘述絕緣瓷瓶、配电设备的汇流排和电力电缆的选择。第四編論述低压和高压配电设备中各种电器的结构和工作。对于苏联出产的电器有詳細的描写。第五編敘述发电机和电力变压器方面的一系列的专门問題：冷却系統、激磁电路、电压調节、同步设备等。

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，亦可用作参考书。

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 ПЕРВЫЙ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1952

发电厂和配电站的电气设备 第一卷

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 单基乾校

*

118D33

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*15 $\frac{1}{2}$ 印張*418千字*定价(第9类)2.00元

1954年9月北京第1版*1959年2月北京第2版

1960年1月北京第9次印刷(48,481—52,700册)

第二版序言

在本書第一版問世以來的五年內，我們的社會主義動力工程，也和我們偉大祖國的整個國民經濟一樣，達到了新的傑出的成就，擁有了新的優良的電氣裝置，新的、更完善的電氣設備的范型，新穎的技術上的決定、設計和使用方法。

在共產主義社會的物質和技術基礎進一步強盛起來的最近幾年內，蘇聯的動力經濟呈現了史无前例的質量雙方面的发展。許多動力建設的大規模的進行，是社會主義動力工程的最重要的發展階段。日新月異的巨大的水力發電廠和火力發電廠，正在蘇聯全部國土上建築着。

由於這一切，著者將本書作了重要的修訂，使它能配合社會主義動力工程的成就和遠景。

和第一版一樣，本書是供中等動力學校電力專業學生用作“發電廠和配電站的電氣設備”的教科書的。

在中等技術學校有些專業（“繼電器保護和自動裝置”、“工業企業的電氣設備”、“輸電和配電”等）的教學計劃中，沒有“機器學”一課程，因此這些專業的學生所知道的热力工程和水力工程的問題，僅限於物理課程的範圍。為了顧到這一點，本書第一編略述發電廠的生產過程，使后面的材料比較容易理解。

本書內容基本上是根据中等動力學校“發電廠的電氣部分”專業學生所讀的“發電廠和配電站的電氣設備”和“繼電器保護”兩課程的大綱而決定的，另外加了其他專業同類課程的大綱所規定的幾個問題。

電氣設備的運行是在專門課程內研讀的，因此本書不用專編來論述發電廠和配電站的電氣設備的組織和運行。但是著者考慮到蘇聯發電廠部系統下的中等動力學校所訓練的電工技術人員，主要是預備在運行方面工作的，因此在講述一切問題時，尽可能

对电气设备的运行多加说明，设备的结构和工作方面的特点，凡是与运行有关的，都着重指出。除此以外，本书并使学生对于以后的设计工作，有充分的准备。

为了顾到中等技术学校学生的程度，著者尽力将材料叙述得简单而易懂。书中有数字例题和详细的说明图，使学生了解得更透彻。

本书使学生熟悉最典型而基本的构造和电路，这些构造和电路的知识是青年技师为了迅速掌握他在生产上的工作岗位所不可缺少的。电气设备中组成现代电气装置的一些主要部分的优点和缺点的分析，是作为一个重点来处理的。电气设备中许多零件都不加以叙述，让学生在生产实习中去熟悉它们。

本书只叙述本国工厂所制造的电气设备，而旧式的、现在不生产的设备则照例从略。在电路、继电器保护、配电设备的构造和其他问题的部分，只叙述苏联所采用的或将来会应用到实际工作中去的一些决定。同时著者尽力说明本国无数动力工程师和电气工业工作人员的劳动所创造的一些新穎的决定和设计。在发电厂和配电站的电气部分的建造和设备方面，为了符合苏联的指导机构在这问题上的技术政策而产生的一些新的趋势，也予以注意。

附录中列出国产基本电气设备的特征，可供练习和课程设计之用。

必须注意，本书内容对于任何一个专业都不是全部需要的。需要学习的材料决定于各专业的课程大纲，由授课教师指明。本书的结构是便于这样地取材的。

著者希望本书和第一版一样，对于需要详细研读“发电厂和配电站的电气设备”一课程的高等工程学校的电工专业学生，也可作参考书之用。

第一卷基本上是“发电厂的电气部分”专业三年级学生读的材料，第二卷则是四年级学生读的材料。

对于本书第一版，著者从各学校的学生和教员，并从动力系

統和設計機構的工程技術人員，得到許多批評和建議。讀者們的。所有這些批評和建議，著者都感謝地接受，並尽可能在修訂本書時考慮到了。著者希望與讀者們繼續合作，並將感謝地接受有關本書內容和敘述各問題的方法上的一切意見。

最後，著者向曾經親切地供給著者許多珍貴材料的所有機關和个人，表示衷心的感謝。

在第一卷內，В.И.塔臘索夫所寫的是§24-7和第二十五章，其餘都是Л.Н.巴普季丹諾夫寫的。

著 者

目 录

第一編 发电厂和动力系統概說

第一章 苏联电气化略述	1
1-1 革命前俄国的发电厂	1
1-2 苏联的电气化	5
第二章 有关供电的認識	13
2-1 概說	13
2-2 标称电压	14
2-3 供电电路举例	17
第三章 发电厂及其电气设备概說	20
3-1 发电厂的类型	20
3-2 火力发电厂簡述	21
3-3 水力发电厂簡述	30
3-4 发电厂电气设备簡述	32
3-5 高压电网內配电站的饋电电路	39
3-6 电气设备的标称电流和标称功率	40
第四章 动力系統。对电气裝置的要求	41
4-1 动力系統	41
4-2 对电气裝置的要求	45
第五章 中点不接地和中点接地的三相系統	46
5-1 中点不接地的三相系統	46
5-2 中点直接接地的三相系統	51
5-3 中点經過灭弧綫圈接地的三相系統(补偿系統)	52
第六章 电气裝置的負載曲綫	53
6-1 概說	53
6-2 用来表明电气裝置工作状态的因數	64

6-3	运行时全日負載曲綫的作法	66
6-4	設計时用戶和配电站全日負載曲綫的作法	67
6-5	設計时发电厂全日負載曲綫的作法	74
6-6	負載曲綫的用途	76

第二編 短 路 电 流

第七章	短路电流的計算	78
7-1	概說	78
7-2	短路的种类	81
7-3	相对單位制	82
7-4	高压短路电路各元件的阻抗	84
7-5	裝置的計算电路	86
7-6	短路电路总阻抗的决定	89
7-7	由无限容量电力系统饋电的电路內的短路	97
7-8	由不具自动电压調节器的发电机饋电的电路內的短路	111
7-9	由具有自动电压調节器的发电机饋电的电路內的短路	117
7-10	用計算曲綫决定短路电流	119
7-11	計及各电源与短路地点間的不同距离时, 短路电流的計算	129
7-12	短路电流計算中对电力系統的思考	137
7-13	决定冲击短路电流时对感应电动机的考虑	144
7-14	二相短路时电流的計算	146
7-15	电压在1000伏以下的裝置中短路电流的計算	147
第八章	短路电流的效应	152
8-1	短路电流的电动效应	152
8-2	短路电流的热效应	156
第九章	短路电流的限制	169
9-1	概說	169
9-2	电抗器的选择	171
9-3	电抗器的構造	178

第三編 絕緣瓷瓶、汇流排和电纜

第十章	絕緣瓷瓶	182
-----	------	-----

10-1	概說	182
10-2	支柱絕緣瓷瓶	184
10-3	套管絕緣瓷瓶	186
10-4	綫路絕緣瓷瓶	189
10-5	絕緣瓷瓶的選擇	190
第十一章 配電設備的匯流排		192
11-1	概說	192
11-2	匯流排截面的選擇	195
11-3	檢查匯流排在短路時的穩定度	199
11-4	匯流排的聯接	208
11-5	匯流排在絕緣瓷瓶上的固結和匯流排的着色	213
第十二章 電力電纜		215
12-1	概說	215
12-2	電纜的選擇	218

第四編 電 器

第十三章 電弧的熄滅		222
13-1	概說	222
13-2	直流電弧的熄滅	231
13-3	交流電弧的熄滅	232
第十四章 開關設備的觸頭		238
14-1	概說	238
14-2	觸頭的構造	243
第十五章 閘刀開關和換接開關		254
15-1	概說	254
15-2	閘刀開關和換接開關的構造	255
15-3	閘刀開關和換接開關的斷路能力	258
第十六章 可熔保險器		259
16-1	概說	259
16-2	可熔保險器的構造	263

第十七章 空气自动开关	272
17-1 最大电流自动开关	272
17-2 最小电流自动开关	277
17-3 降压自动开关	278
17-4 接触器	280
17-5 磁性起动器	282
第十八章 隔离开关及其驱动机构	283
18-1 概說	283
18-2 隔离开关的構造	284
18-3 隔离开关的驱动机构	293
第十九章 高压开关	298
19-1 概說	298
19-2 多油量油开关	301
19-3 少油量油开关	319
19-4 自动产气(自动产生气体的)开关	334
19-5 具有迷路狭沟灭弧腔的磁吹空气开关(电磁开关)	337
19-6 压缩空气开关	340
19-7 负载开关	349
第二十章 高压开关的驱动机构	352
20-1 概說	352
20-2 手动自动驱动机构	353
20-3 电磁(螺管)驱动机构	357
20-4 电动机驱动机构	364
20-5 压缩空气驱动机构	365
第二十一章 仪用变流器	366
21-1 概說	366
21-2 仪用变流器的联接图	371
21-3 仪用变流器的構造	372
第二十二章 仪用变压器	379
22-1 概說	379
22-2 仪用变压器的联接图	381

22-3 仅用变压器的構造.....	385
22-4 用来在电容式套管絕緣瓷瓶上測量电压的設备.....	390

第二十三章 电器的选择391

23-1 根据标称参数选择电器的一般条件.....	391
23-2 根据短路电流的效应檢查电器.....	393
23-3 各种电器的选择.....	398
23-4 例23-1电器的选择.....	404

第五編 同步发电机和补偿器。电力变压器

第二十四章 同步发电机和补偿器411

24-1 同步发电机的基本特征.....	411
24-2 冷却系統.....	414
24-3 激磁电路.....	421
24-4 磁場的自动消灭.....	423
24-5 自动电压調节.....	426
24-6 同步发电机接入并联工作.....	433
24-7 同步补偿器的起动电路.....	446

第二十五章 电力变压器450

25-1 电力变压器的基本特征.....	450
25-2 变压器的容許过载.....	456
25-3 变压器的冷却系統.....	460
25-4 变压器的扩张器.....	463
25-5 变压器的保护設备.....	465
25-6 变压器变比的改变.....	466
25-7 变压器的經济工作状态.....	471

附录475

俄文下角意义說明495

第一編 发电厂和动力系統概說

第一章 苏联电气化略述

1-1 革命前俄国的发电厂

目前电能在国家經濟各部门和日常生活中的广泛而多种多样的应用，是由于电能比了別种能具有許多很重要的优点：可以經濟地輸送到很远的距离，变成別种能（热能、机械能、光能、化学能等等）的方法簡單，便于分配給任何数量、任何功率的用户，等等。

一些本地燃料（本地褐煤、泥煤、頁岩等）含有大量水分和不燃燒的物質，发热量不大，輸送到远距离又不經濟，但是可以用来发电，同时河流的能量，也可以用来建設巨大的水力发电厂，以发出最廉价的电能，这两种資源的广泛利用的可能性，是具有重大的意义的。

現代社会的生活中如果没有电能，是难以想象的，因为这社会的經濟和文化，正是大大地由于广泛应用电能而获得了发展。

但是在不久以前，十九世紀的後半期，工业的发展还是以广泛应用蒸汽机和較少地应用水力发电机来帶動机械工具为基础的。从这些发动机將运动傳送到机械工具时，通常是利用很笨重而昂貴的皮帶傳动和繩索傳动的方法。随着生产的集中和大規模的資本主义企业的出現，日益需要更多的能量，而旧的供应能量的方式已經不能滿足新工业的要求。于是就需要在技术上和經濟上更加完善的新的发动机。为了满足大工业和迅速发展着的城市的需要，还必须創造出新的、更完善的照明方式。

过去的科学和技术的发展說明了，祇有电动机可能成为这种更完善的发动机，祇有电照可能成为这种更完善的照明。

俄国科学家和工程师們在电工学的理論問題的研究方面，和在工业及照明的实际用电方面，有很多的成績。

B.B.彼特罗夫的发现电弧(1802年)，П.Н.雅勃洛奇柯夫的发明电弧烛(1876年)，和A.H.洛賓庚的发明白熾灯(1873—1874年)，奠定了照明用电的基础。

科学院院士B.C.雅柯比的創造第一只实际应用的旋轉运动的电动机(1834—1837年)，他的发明电鍍(1838年)，和H.H.別那尔陀斯的发明金屬电焊(七十年代末)，奠定了工业用电的基础。

科学院院士Э.Х.楞次和B.C.雅柯比在电机理論方面的工作，Э.Х.楞次对于电机的可逆原則的建立(1834年)，雅勃洛奇柯夫、波列施柯、企柯列夫、拉企諾夫等对于直流和交流电机的新穎結構的設計，奠定了制造适用于工业的电机的基础。

在俄国也曾經进行了最早的輸电試驗(Ф.А.庇罗茨基在1874—1875年)，并最早研究出远距离輸电的理論基础(Д.А.拉企諾夫在1880年)。

因此，到了八十年代的中期，已經具备了进入集中供电的一切技术上的条件。开始建造着发电厂，那时称做中心发电厂。

最早的直流中心发电厂的功率是几十仟瓦，后来也有几百仟瓦的，它們在八十年代中和九十年代的初期建立在莫斯科、彼得堡、沙皇村(现在是普希金城)和其他許多城市里。这些发电厂差不多沒有电力負載，直到1892年，由于在基輔城行駛了电車(俄国最早的电車)，直流发电厂才有了些电力負載。

直流发电厂的低电压(110—220伏)限制了它們的作用半徑，因而亦限制了它們的功率。扩大直流发电厂作用半徑的各种方法(提高发电机电压，將发电机串联，在用戶处用蓄电池組，等等)都很不經濟，并且很复杂，因此沒有被普遍采用。

由于雅勃洛奇柯夫电弧烛的采用，出現了最早的單相交流裝置。但是起初交流并沒有怎样被广泛应用，因为对于交流的研究还不够。而且在那时，还没有制造出实际上适用的交流电动机。

由于力求使供电愈加集中化，而用直流来达到这目的在經濟上有困难，便又重新趋向于交流的研究。电力变压器的发明（П. Н. 雅勃洛奇柯夫在1876年），开启了应用高压交流的可能性，并使发电厂的作用半径可以大大地扩展。

电压2,000—2,400伏的最早的單相交流中心发电厂在敖得薩（1887年）、沙皇村（1890年）、彼得堡（1894年）和其他許多城市建立了起来。

卓越的俄国工程师 М. О. 陀里伏-陀勃罗伏耳斯基在1889—1890年創造三相交流系統，是一般供电的发展上，特别是发电厂的发展上的轉折点。他首先造成了三相同步发电机和三相变压器，尤其重要的是具有短路轉子和綫繞轉子的三相感应电动机。由于感应电动机的品質优越，可以非常广泛地应用到工业中，使工业可以得到新的、更完善的动力基础。三相交流对于远距离輸电，在技术上和經濟上都是比較合适的。

1891年，在М. О. 陀里伏-陀勃罗伏耳斯基的领导和卓越的俄国电工学家П. Э. 克拉松的参加之下，从拉烏奋到馬因河上的佛藍克富尔特，建造了175千米長的第一条三相輸电綫，証明了三相交流对于远距离高压輸电的无可置辯的优点。綫路的相間电压是13760—15200伏，并由功率210仟伏安（86—95伏）的发电机經過功率150仟伏安的升压三相变压器饋电。

三相交流的优点是这样地大，以致在九十年代的后半期，已經开始普遍建造三相交流发电厂，并逐渐取單相交流和直流发电厂而代之了。直流剩下了比較有限的应用范围——各种电化程序（电解、电镀等）和鉄道運輸的电气化。并且从这时开始，直流不从特設的直流发电厂取得，而利用电动机发电机組和一个电樞的换流机从三相交流换成。

最早的三相交流发电厂建立在諾伏罗西斯克（1890年）和勒拿河金矿（1896—1898年）。后者在1897年建造了电压10,000伏的輸电綫，由升压变压器饋电。

1896年，在彼得堡的奥赫塔工厂（在奥赫塔河上）內建造了发

电机总功率270仟瓦、电压2,050伏的三相交流发电厂。

这发电厂的卓越的建造者 P.Э. 克拉松不但創造了新的发电厂型式，成为后来建造三相交流发电厂的模范，而且是世界上最早实现以三相交流的新技术为基础的工厂綜合供电的一人。

从这时候起，在俄国开始发展三相交流电气装置，普遍应用电动机于工业方面，并将工业在电气化的基础上重建起来。

在莫斯科，新的三相交流中心发电厂“1886年社会”（现在是第一莫斯科水力发电厂）在1897年开始发电，它的发电机电压是2100伏，以5千米的半徑饋电給用戶。这发电厂的建造者也是 P.Э. 克拉松，他繼續將他在奥赫塔工厂的装置中所开始运用的新的技术原则运用到电工技术中。

在彼得堡，第一个三相交流发电厂（现在是第一列宁格勒水力发电厂）在1898年开始发电，它的功率是5,000仟瓦，发电机电压是2,000伏。

1900—1901年，P.Э. 克拉松在巴庫城建造巨大的三相交流发电厂（现在是克臘辛区发电厂），并从这发电厂以20,000伏的电压供电于石油工业，这是三相交流供电发展史上的一件大事。后来在頓巴斯和勃良斯克建造了类似的装置。

发电厂发展在这一时期的特点，是汽輪机对于火力发电厂的应用不断增长，因为汽輪机比蒸汽机具有許多重要的优点（經濟、可靠、轉速大、尺寸小、維護簡便等）。

因为大的火力发电厂工作时需要大量的水和大量的燃料，所以在这时期，大发电厂开始建造在城外——在市郊或靠近大企业的地方。

后来由于电气工业特別在高压电气設備方面的順利发展，有可能进入新的供电系統，由建造在燃料蘊藏地点附近的巨大的区火力发电厂供电，或由巨大的水力发电厂供电，发电厂所发出的电能用高压輸电綫輸送給用戶。

1912—1914年，P.Э. 克拉松在离莫斯科 70 千米的地方建造了第一个区发电厂，称做“輸电”（现在是克拉松区发电厂）。电能

从这发电厂沿电压70,000伏的輸电綫輸送到莫斯科。这是世界上第一个利用泥煤的区发电厂。但是我国区发电厂的建設，是在偉大的十月社会主义革命以后才发展起来的。

总结革命前俄国电力工程的发展时，必須指出，虽然俄国科学家和工程师們对发展电力工程的事业作了重大的贡献，俄国电力工程的一般水平还是很低的。例如，1913年俄国所有发电厂的总功率祇有約100万千瓦，电能年产量約20亿千瓦时（每年每人約14千瓦时）。在电能生产的水平方面，俄国居世界第十五位。

輸电綫的总长度是300千米多一些，最大电压是70千伏。

革命前俄国的动力基础所以这样薄弱的主要原因，是工业落后，和几乎完全缺乏自己的动力工业。

1-2 苏联的电气化

从沙皇俄国遗留下来的是落后的动力經濟，而且其中大部分是由于1918—1920年間的內战和外国武裝干涉而破坏了的，但是我国的工人阶级与劳动农民結成了联盟，在共产党和苏維埃人民的天才領袖符·伊·列宁和約·維·斯大林的領導之下，以空前的短时期建立了用最新技术普遍配备起来的巨大的社会主义动力工程，它的技术经济指标說明了它是世界上先进的动力工程。

符·伊·列宁和約·維·斯大林对全国电气化非常重視，把它与在我国建設社会主义、創造社会主义社会所必需的先进物質技术基础的根本問題联系起来。

在1920年2月，符·伊·列宁写道：“电气化將使俄国根本改造。以苏維埃制度为基础的电气化，將造成共产主义的原則在我国的最后胜利，这原則就是沒有剝削者、沒有資本家、沒有商人的文化生活的原則。”^①

下面是約·維·斯大林对于社会主义制度条件下的电气化所作的詳細定义：“……列宁所說的全国电气化，不是孤独地建立

① 列宁全集俄文版第30卷第343頁。

几个发电厂，而是逐渐地‘把全国经济，包括农业在内，转移到新的技术基础上，转移到现代大生产的技术基础上去’，这种大生产是这样或那样、直接或间接与电气化事业相联系着的。”①

苏维埃政权刚成立的时候，布尔塞维克党就着手实现全国电气化。1918年夏天开始建造伏尔霍夫区水力发电厂，1918年秋天开始建造利用泥煤的沙屠腊区发电厂，1919年7月开始建造利用莫斯科近郊煤的卡希腊区发电厂。同时设法扩大莫斯科附近利用泥煤的“输电”发电厂。P.Э.克拉松所发明的采泥煤的新方法——含水泥煤——得到了利用，工程师T.Φ.馬卡利叶夫发明軸鏈炉膛，解决了泥煤的燃烧问题，许多苏联工程师都研究着莫斯科近郊多灰煤的燃烧方法。

1920年2月，根据符·伊·列宁的提议，全俄中央执行委员会会议通过了拟订全俄电气化计划的决议。成立了一个专门委员会，包括苏联卓越的电气化活动家：Г.М.克尔齐让诺夫斯基，M.A.沙吉连，Г.О.葛腊夫季奥，K.A.克鲁格，И.Г.亚历山大罗夫，A.B.文吉尔，P.Э.克拉松，B.Φ.米特凯维奇等等。在符·伊·列宁直接领导之下，委员会拟订了全俄电气化国家计划，即全俄电化委员会计划，这计划在1920年12月20日，根据符·伊·列宁的提议，为第八次全俄苏维埃代表大会所批准。

符·伊·列宁在第八次全俄苏维埃代表大会上的报告中说：“照我看来，这是我们的第二个党纲。……共产主义——这就是苏维埃政权加全国电气化。”②

约·维·斯大林在1921年3月给符·伊·列宁的信中，对全俄电化委员会计划作了精彩的评述：“绝妙的、编得很好的书。不加引号的真正统一的和真正国家的经济计划的精密草案。要为经济落后的俄国奠定苏维埃上层建筑在目前条件下真正现实和唯一可能的技术生产基础，这是现在唯一的马克思主义的尝试。”

① 斯大林全集俄文版第11卷第254页。

② 列宁全集俄文版第31卷第482和484页。