

高等学校教学用书



无线电技术设备 的电源供给

WUXIANDIAN JISHU SHEBEI
DE DIANYUAN GONGJI

人民教育出版社

高等学校教学用书



无 綫 电 技 术 設 备 的 电 源 供 給

WUXIANDIAN JISHU SHEBEI
DE DIANYUAN GONGJI

符·尤·罗金斯基著

顧德仁

黃嵩如等譯

楊國雄

人 民 教 育 出 版 社

本书是根据苏联国立动力出版社（Госэнергиздат）出版的罗金斯基（В. Ю. Родинский）所著“无线电技术设备的电源供给”（Электрическое питание радиотехнических устройств）1957年版译出的。原书是按苏联电工类高等工业学校同名课程的教学大纲编写而成的。书中包含有关整流器、整流设备、电流的一次电源，以及电流和电压的调整与稳定设备的一些基本知识。关于电流的转换和高压小功率电源供应的应用等问题，在本书中也作了阐明。书中并编入了计算例子和援引了参考数据。

本书可供电工类高等工业学校的学生，以及从事无线电技术设备电源的研究、设计、生产和维护的工程技术人員参考。

本书由成都电讯工程学院顾德仁、徐秉鈞、吴文华、黄嵩如、楊国雄、張世箕、肖光耀、蔡寿璋、徐向群等同志译校，最后由黄嵩如同志对全稿进行校订。

无线电技术设备的电源供给

В. Ю. 罗金斯基著

顾德仁、黄嵩如、楊国雄等译

北京市書刊出版業登記證出字第2号

人民教育出版社出版（北京景山东街）

京 华 印 书 局 印 装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

第一号 87K150/104×87 开本 850×1168 1/32 印张 15 11/16

字数 410,000 印数 0,000—2,000 定价 (7) 1.70

1962年11月第1版 1962年11月北京第1次印刷

序

近年来出版了许多关于无线电技术设备以及有线电通讯设备电源供给的单独问题的书籍。但是到目前为止，我们还没有一本研究这一技术部门中所有问题的书籍。当然，在篇幅不大的专题小册子中很难以同样的详尽程度来阐明从小功率设备到大功率设备的各种不同电源设备的所有特点。例如，不可能一方面既完全满足读者对于阐明大功率无线电台电源设备特点的要求，而另一方面又完全满足对于无线电广播接收机或电视接收机整流器电源设备特点的要求。由于在现代的技术中广泛地采用了半导体器件来作为电流的整流器及稳定器，作为将低压直流转换为高压直流的器件，也作为把日光能和热能转变为电能的器件，因而要完全阐明这些问题就更为复杂的了。不仅如此，由于无线电接收机、电视接收机、小功率收发¹⁹⁵⁶送机和无线电爱好者电台的更广泛流行，以及无线电技术方法与工具在国民经济各个不同部门中更广泛的应用，使得在这一本来只简单地讲述电源供应的综述性问题的书籍中，有必要除了包括理论性质上和描述性质的材料外，还要包括计算与参考数据。

作者企图根据上述的见解来编写本书。为了不使这本书的篇幅太大，不得不去掉了对所述设备的许多特点的研究。由于这个原因，在书中几乎没有写到各个方块和整个设备的结构，也没有写到辅助设备或启动-调整设备。由于同一原因，书中对于几种典型设备和装置的运转特性也没有足够的阐明。

在编写过程中，作者利用了国内和国外的文献，其目录列入书后的参考书目中。

作者认为有义务向 С. И. 潘斐洛夫 (Панфилов) 教授、В. Ю. 高略英

諾夫(Горяинов)教授、М. А. 史比次恩(Спицын)副教授以及以弗·依·烏里揚諾夫(列寧)命名的列寧格勒電工學院無線電發送設備教研組的同人們，還有校閱者 Л. И. 克拉依茲墨爾(Крайзмер)副教授和 В. С. 史比特涅夫(Сбитнев)副教授致以謝意。所有以上的同志都參加了手稿的討論並提出了寶貴的意見，從而提高了本書的質量。

作者將以感謝的心情來接受讀者的意見。來信請徑寄下述地址：列寧格勒，Д-41，馬爾索夫廣場，1 號，國立動力出版社列寧格勒分社（Ленинград, Д-41, Марсово поле, 1, Л/О Госэнергоиздата）。

Ленинград

作者

目 录

序.....	viii
第一章 无线电技术设备及电讯工具的电源供给	1
1. 电能的能源和消耗器	1
2. 无线电设备及通讯工具电源供给的技术发展史	5
第二章 电整流阀及其特性	10
1. 电整流阀的特性和分类	10
2. 机械作用的整流阀	12
3. 电气作用整流阀	15
4. 二极管	19
5. 热阴极气体放电整流阀	27
6. 具有液体阴极的气体放电整流阀	43
7. 半导体整流阀	50
第三章 整流电路及其一些关系式	77
1. 整流设备概说	77
2. 具有电阻性负载的无损耗的单相半波整流器的电路	79
3. 具有电阻性负载无损耗的 m 相半波整流器	81
4. 具有电阻性负载无损耗的全波整流器	85
5. 变压器初级绕组的电流	88
6. 整流设备中的功率关系	91
7. 整流器中的反电压	93
8. 整流电压的脉动	94
9. 整流器在电感性负载上的工作	96
10. 板极变压器的绕组漏磁对整流器工作状态的影响	98
11. 变压器绕组的电阻和整流阀的内阻对整流设备工作状态的影响	103
12. 变压器的受迫磁化	107
13. 整流器在电容性负载上的工作	109
14. 倍压整流器	123
15. 整流器的效率	137
16. 整流器电路及其工作状态的评比	143
第四章 平滑滤波器	143
1. 概说	143
2. 滤波器的平滑作用	146

3. 有平滑滤波器的电路中的过渡历程.....	161
4. 平滑滤波器对无线电设备工作的影响.....	167
5. 电子平滑滤波器.....	177
6. 平滑滤波器的元件.....	181
第五章 化学电源和能量直接变换器	188
1. 电化学原电池.....	188
2. 蓄电池.....	199
3. 直接的能量变换器.....	216
第六章 发电机和变流机	222
1. 直流发电机.....	222
2. 交流发电机.....	235
3. 发电机的拖动与机组.....	250
4. 振簧式变流器.....	255
第七章 电源供给的电压和电流调整	268
1. 概說.....	268
2. 机械的与电磁的电压和电流调整器.....	269
3. 变压器电压调整器.....	276
4. 可控整流管整流器.....	291
5. 电子管作为电压与电流的调整器.....	305
第八章 电源电流和电压的稳定	308
1. 概說.....	308
2. 充气管稳压器.....	310
3. 用镇流管稳定电流.....	323
4. 利用热敏电阻的电压和电流稳定器.....	331
5. 电磁的电压稳定器.....	336
6. 具有饱和扼流圈的稳压器与电压自动调整器.....	347
7. 电压与电流的电子稳定器.....	350
第九章 小功率高频及脉冲整流器	370
1. 小功率高频整流器.....	370
2. 小功率脉冲整流器.....	376
第十章 电源供给中的干扰防护设备	382
1. 概說.....	382
2. 利用滤波器防止无线电干扰.....	387
3. 抑制干扰的电路.....	397
第十一章 整流设备的计算	402
1. 整流设备的计算方法.....	402

2. 整流器计算举例.....	412
第十二章 变压器及扼流圈的结构计算	438
1. 磁性材料.....	438
2. 电源变压器的结构计算.....	443
3. 平滑滤波器的扼流圈的结构计算.....	465
4. 磁化扼流圈的计算.....	471
5. 铁磁谐振稳定器的计算.....	478
参考书刊	486

第一章 无綫电技术設備及电訊 工具的电源供給

1. 电能的能源和消耗器

大多数现代的发电站都在生产交流电能。交流动力系统所以被广泛采用，是由于它与直流系統相比較有許多优点。交流电最主要的一个优点是它易于从一个电压变换到另一个較高或較低的电压。为了减少在綫路上的損失，发电站到用戶的电能远距离传送广泛采用着高压电能。

近年来，由于建立了一些超大功率的包含有离用戶地点很远的一些电站的动力系統，因而出现了一种采用很高电压的直流传送綫路的傾向。这些綫路与交流綫路比較具有一系列的优点，但是，即使在这种情况下，在用戶之間配电的电网还将是交流的。

在苏联最广泛流行的要算在用戶处电压为 127、220 及 380 伏的交流电网。电网电流的頻率规定为 50 赫，而电流曲綫的形状实际上与正弦曲綫无差別。一般都应用三相交流电网。

除了大功率交流发电站以外，还有由交流发电机和发动机（通常是內燃机）所組成的小功率的，一般是移动式的电源。在这些小功率交流电源中，頻率可与 50 赫稍有不同，它所产生的交流电电压也不一定是标准的（127、220 或 380 伏），但是，照例总是倾向于使它如此。这样，如果可能而又合适，我們就可以用交流电网来代替移动式电站。

自給式电站被广泛地应用于舰船上，而且这里都采用可携式的交流电源，它的頻率為 16.33 和 32.66 赫，即只有一般電力系統頻率的 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{2}{3}$ 。在許多情況下，也裝置有較高頻率，400 至 800 赫的交流攜帶式电源。这些电源在运输飞机、飞船、移动式无綫电台以及其他类似

設備中都可以遇見。

在那些不大的城市、市鎮、以及輪船和移動式無線電台所廣泛應用的小功率直流電力系統中，電壓是多種多樣的：36、50、110、120、220 和 500 伏。

無線電設備及電訊設備的電能供給是直接由交流電網通過相應的變壓器來實現的。這些變壓器只是專門為了供電給單個電路而設的。基本上，被消費的電能是預先變成了直流電能的，為此應用了整流設備、電機變流器和其他變流器。

除了從交流和直流電網取得電能外，對於無線電設備及通訊設備的電源供給廣泛地應用着一次電流電源。屬於這一類的有電化元件和電池、蓄電池、熱偶發電器、變原子能為電能的元件以及其他。但是，用一次電源和小功率（自給式）電站來供電給無線電設備和電訊設備並不合算，因為它使設備大大昂貴、複雜和笨重了，而且要求經常的有經驗的維護。與此相反，利用整流設備從大功率電力系統中取得電流能夠保證設備有較高工作穩定性，而且簡化了全部供電系統。當所消費的功率很大時，交流市電的利用顯得尤其重要。當需要得到很多不同樣的電壓與電流數值的時候，從交流市電供電給設備也具有十分重大的意義。通常即使為了最簡單的無線電設備的正常工作，也需要 2 至 3 個具有不同電流的不同電壓，這就迫使我們要有好幾種直流電源。這種要求是很難由安裝一種類型的蓄電池或電化電池所能滿足的。從電源供應的觀點來看，表 1.1 顯示出，對各種類型的無線電設備和通訊設備提出了多么不同的要求。

可以指出以下最常遇到的無線電設備及通訊工具電源供給的一些類型，以作為表 1.1 的補充資料。

通常，裝有功率為一千瓦或一千瓦以上的發射機的無線電台都是用 220/380 伏電壓的三相市電供給的，並且用好幾個整流器來分別供電給不同的直流電路。在大多數情況下，大功率電子管的燈絲是用交

表 1-1. 各种无线电技术设备和通讯工具所消耗的电功率

电 能 消 耗 器	电流的 类型	电压, 伏	电流, 安	电压(电流) 的容许脉动 %	最常用的电流供给 (变压器).
由交流市电供给的家用 的无线电接收设备; 无线电广播设备	直 流	200-450 2-6.3	至 0.2 至 5.0	小于 0.5	二极管整流器 交流市电, 应用降压 变压器
电视接收机	直 流	200-450 至 1500 2-11	至 0.2 至 0.01 10.0	小于 0.5 同 上	二极管整流器 交流市电, 应用降压 变压器
应用直流电源供给的 (电池)的家用无线电 广播接收机	直 流	至 160 1.2-2	至 0.01 至 0.2	小于 0.05 同 上	电化元素电池组 蓄电池或盛水电池 具有振簧式整流子的 电耦合发电机
5瓦以下的小功率音 频放大器	直 流	至 450 4-6.3	至 0.1 至 5.0	小于 0.05 —	二极管整流器, 较少 用充气管整流器 可用硒整流器 交流市电, 应用降压 变压器
携带式(可移动式)小 功率音频放大器	直 流	至 450 2-4	至 0.1 至 5.0	小于 0.05 —	由蓄电池供给的电动 发电机
小功率扩音机	直 流	至 450 2-6.3	至 0.1 至 5.0	小于 0.5 —	机动发电机及原动机 (内燃机, 风力发动 机), 蓄电池, 各种类 型的交流整流器
小功率直流电动机	直 流	至 220	至 5	小于 0.5	机动发电机及变压器 蓄电池
小功率携带式无线电 电台	直 流	80-380 2-4	至 0.1 至 2.0	小于 0.5 —	电化元素电池组, 具 有蓄电池的振簧式变 流器 手摇发电机, 碱性蓄 电池
中等功率移动式无线电 电台	直 流	160-750 4-1	至 0.2 至 6.0	小于 0.5	具有蓄电池的电动发 电机, 机动发电机
大功率移动式无线电 电台	直 流	700-4500 至 24	至 1.5 至 100	小于 0.5 —	具有内燃机或柴油机 的机动发电机, 电动 发电机, 蓄电池
各种功率的固定无线电 电台	直 流	100-1500 2-52	至 10.0 至 1000	小于 0.5 —	三相交流市电连同各 种类型整流器(二极 管整流器, 充气管整 流器, 水银整流器, 硒 整流器), 还有不同用 途的机动发电机
不同用途的无线电局	直 流	至 60 至 24	至 1.0 至 15.0	小于 0.5 —	不同类型的整流器, 蓄电池, 机动发电机 和电动发电机
不同用途的固定小功 率电话局	直 流	至 60 至 24	至 10.0 至 10.0	— —	不同类型的整流器, 蓄电池, 机动发电机
不同用途的微量, 小 体积设备	高頻交流	至 500	至 10.0	—	不同类型的机动变流 器

流供电的,但是有时也用硒整流器来为灯絲电路供电,移动式 and 船舶用無線电台是例外,它們經常是由机动直流发电机供电的。

装有功率为几百瓦的发射机的無線电台,是由交流市电或直流市电,也有由机动发电机来供电的。在后一种情况下,可以利用內燃机或交流或直流电动机,通常机动发电机是設計好可以連續工作 1—2 小时。

功率在 100 瓦以下的無線电设备,它的电源供給是取自交流市电,同时应用一个或几个整流器。此外,也可以应用蓄电池以及与之相应的电机或振簧式变流器,以获得高压直流。当应用 6—12 伏电池时,它們的容量选择为 100—120 安时左右,如無線电设备(放大器、無線电台等等)需要在昼夜內大部分時間工作的話,那么就必須預先考虑到蓄电池有周期性充电的可能性。功率小于 15 瓦的無線电设备,它的电源供給的选择决定于运用的特点。例如,功率这样大小的移动式無線电台可以由脚踏或者手搖发电机来供电。但是这一种类型的电台要不間断的工作就有很大的困难(經常要換搖機器的人,所产生的电压很不穩定,难于保持发电机电枢轉数为恒定等等)。

功率为 2 至 3 瓦的移动式無線电台通常由电池或小容量的蓄电池来供电。这些电台的工作期限受到供电电源容量的限制。

有綫电通訊设备(电话、电报)需要电压为 24、40、60 以至 200 伏的直流电源供給。这时所消耗的功率同决定于通訊站的类型及用途。属于区与区之間電話站这一类型的電話局,以及共电式人工電話局(ПТЧБ),应用額定电压为 24 伏的直流供电。它們的主要供电电源是蓄电池。这些蓄电池通常是不断地从交流市电通过 БСК2—36/60 型硒整流器充电的。在沒有交流中心市电时,蓄电池可以从交流发电机与直流发电机进行充电。为了驅动发电机,采用內燃机、柴油机、小功率蒸汽透平以及风力发动机。在不間断充电的情况下,这些蓄电池只是作为維持电压为常数之用,即是說,工作于緩冲状态。

大型的十进位步进制自动电话局(ATC)的电源设备。当负荷功率达到 10 至 20 千瓦时,通常设计于 60 伏的电压。在这些情况下,一般应用机动发电机。

在简单地列举了一些保证无线电设备及有线电通讯工具的电源供给设备之后,可以看到,它们之中那些是最适宜的。选择这一种或者那一种合适的电源设备决定于运用条件。最广泛地应用着的是用交流市电保证全部电源供给的整流设备。这就引起了在电工学及无线电工学课程中深入研究整流器的必要性。在这本书中,全部问题的叙述也是从整流设备开始的,同时,在这本书中描述了一系列其他类型的电源供给,而这些在现代技术中是具有很重大的意义的。

2. 無線電設備及通訊工具 電源供給的技术发展史

电气通讯工具及无线电设备的发展是与电源供给技术的发展,与电流电源以及从一种型式的能变为另一种型式的能的变换器的整个发展过程分不开的。在这些变换器中包括从热能和机械能变为电能的变换器。

从很早开始,许多国家的学者们对于天电感到了很大的兴趣,他们探求着如何就能利用它来作为电能来源。在这一方面,М. В. 罗蒙诺索夫(Ломоносов, 1711—1765 年)、Г. В. 利赫曼(Рихман, 1711—1753 年)、Б. 富兰克林(Франклин, 1706—1790 年)、Т. 艾比努斯(Эпинус, 1724—1803 年)以及其他一些人的研究起了很大的作用。但是这些工作并没有使天电得到实际的应用,只是到了 1800 年,亚历山大·伏打(Alessandro Volta, 1745—1827 年)在重复凯尔文(Galvani)的实验时,发现了一种长久的电流电源,这种电源可以把化学反应的能量转换为电流能量,他所制成的器件是由铜盘和锌盘所组成的,在它们之间放置了用酸浸湿的呢绒片。每一组金属乃是电流元件的电极,而全部串

接在一起的元件就称为“伏打电堆”。在1802年俄罗斯院士B. B. 彼得罗夫(Петров, 1761—1834年)在彼得堡造成了一个由4200对铜盘和锌盘所组成的“巨大的电池堆”，这一巨大的“伏打电堆”使得彼得罗夫有可能进行电弧试验。

从丹尼尔(Daniell, 1838年)电化电池的发明开始，实际上利用电能就成为可能了，这不但对于通讯设备的发展，而且对于各种不同设备的电源供给技术之进一步发展起了巨大的推动作用，例如，俄罗斯学者电报的发明者П. Л. 希林克(Шиллинг)就在他自己的设备中利用了化学电源。

电化电源给出在十九世纪前中叶进行一系列重要研究工作的可能性，Э. X. 楞次(Ленц)在1833年证明了电机的可逆性，即是直流电机可以利用为电动机或者发电机，B. C. 雅可比(Якоби)于1834年实现了用电化作用元件的电池来为他所发明的电动机供电。在他寻求创造新型的宜于用来供电给电动机并且具有大的电流容量的电化元件的时候，他发现了电镀锌，雅可比以后的工作以及他对电流通过硫酸的水溶液现象的研究导致了铅板蓄电池的产生。

B. H. 齐可廖夫(Чиколев)研究出了一种箱形的电化电池组，他在1871年应用了他这种电池来供电给驱动缝纫机的改良了的电动机。

除了电化电源的发展，还应该指出电机的非常迅速的发展。从法拉第(Faraday, 1821年)、亨利(Henry, 1831年)开始，一直到格拉姆(Gramm, 1870年)，全世界一系列的学者们曾从事于电机的改善与发展。只是到了1873年，在海夫纳尔-阿尔特尼克(Hefner-Alteneck)把电机的电枢制成鼓形以后，电机才制造成具有旋转的转子的形式。这就比往复运动要进步得多，这是对于从根本上改进电机的一个推动力。在促使创造现代电机方面进行了工作的学者有П. Н. 雅勃洛基柯夫(Яблочков)、M. O. 杜里夫-杜勃洛伏斯基(Долив-Добровольский)、T. 爱迪生(Edison)、费拉里斯(Ferraris)、H. 台斯拉(Tesla)和其他一些

人。

与电机发展和交流电源系统被采用的同时,发展了变压器,各种不同类型和用途的变流器,但是,电化电源仍旧很广泛被采用着。

在由于 А. С. 波波夫(Попов)发明了无线电所引起的无线电技术发展的初期,电化电源是用来作为无线电设备供电的,波波夫的第一个火花发报机是由直流电流通过水银断续器而获得供电的。甚至在以后,蓄电池组类型的直流电源仍继续被用来作为无线电台的电源。在 1914 年,当时世界上最大的无线电台之一——在莫斯科的霍迪斯基无线电台——还是由蓄电池组供电的,它的电压为 12,000 伏,容量为 54 安培小时,那是一个很大的装置,在以后这样大规模的电化电源是不再使用了,但是为了小功率无线电台的供电,电化电源到现在还常常被应用着。

随着电工学及直流、交流机动发电机的发展,电化电源的应用变得大大减少了。当有必要保证无线电台电源设备足够大的功率的时候,电化电源的缺点变得尤其突出。举例来说,当采用电弧来作为无线电台的高频振荡发生器的时候,由蓄电池来供电就显得有缺点了。尤其困难的是实现那些采用非衰减电振荡的无线电台的电源供给。这一点可以用来解释,大概从 1909 年开始,很多电台都是采用高频机动发电机的。这样,В. П. 伏洛格金(Вологдин)的高频机动发电机曾工作于十月革命无线电台一直到 20 年代。这些机器直到现在还有得应用,主要是在工业高频设备方面用来淬火钢制品,烤干并胶合木材以及一系列其他的工艺过程。

除了机电发电机以外,在实际应用上也还采用各种不同类型的整流器作为无线电设备以及通讯工具电源。

第一个关于研究汞弧整流特性的著作是在 1882 年由热緬(Жемен)和馬涅夫利(Маневриэ)所发表的。在 1890 年所发表阿隆(Арон)的著作对汞弧整流器的发展起了极大的影响。在 90 年代初庫別尔-尤

依脫 (Купер-Юнтт) 的工作促使汞弧整流器得到实际应用。在所有的国家里, 汞弧整流器都得到了发展。但是, 难于在实际上达到高的整流电压却阻碍了汞弧整流器的应用。

适用于为无线电台供电的高压汞弧整流器是于 1919 年在伏洛格金的领导下作出来的。这是一个具有玻璃泡的汞弧整流器, 这些首批整流器中的一个曾于 1922 年装置在沙尔塔施斯基 (Шарташский) 无线电台, [接近斯維尔德洛夫斯克城 (Свердловск)], 在这以后, 汞弧整流器开始在我国 指苏联 及国外被广泛采用着。在尼日城 (Нижегородский) 实验室在伏洛格金的领导下从理论上奠定了汞弧整流器中“假真空”现象的基础, 并且作出了与此现象作斗争的最简单的方法, 这种方法保证了具有玻璃泡的汞弧整流器不间断的工作。

除了具有玻璃泡的汞弧整流器之发展以外, 金属容器的汞弧整流器也被广泛地应用着。在 1924 年在列宁格勒“电力”工厂, 在 В. К. 克拉比文 (Крапивин) 的领导下, 开始生产大功率金属汞弧整流器。到 1935 年时已能生产电流为 500 安, 电压为 800—1000 伏的金属泡整流器。

各种不同类型离子整流阀 (充气管、闸流管及引燃管) 的运用促进了汞弧整流器的发展与完善。早在 1935 年, 第一批引燃管就在苏联得到了应用。

各种不同类型的半导体整流器的应用具有长久的历史。硒元件的非线性特性, 早在 1876 年就已经为阿达姆斯 (Адаме) 和杰以姆 (Дейм) 所发现。在 1883 年, 菲律脱斯 (Фриттс) 描述了一个硒元件的结构, 这个硒元件已经具有现代整流器的很多特征, 只是在细节上有些差异而已。在 1909 年伯启季諾 (Почетино) 首先描述了硒整流器的应用, 但是工业生产的硒整流器只是到了 1924 年才出现, 而且在 30 年代以前它们的应用还是很少的。

现代氧化铜整流器的发现应归功于格隆达尔 (Грондаль, 1926

年)。从 30 年代初开始,它們得到了大规模的应用。在建立半导体理論和广泛使用半导体整流器的事业中,包括现代鍺及硅整流閥的研究。由 А. Ф. 約飞 (Иоффе) 院士所领导的一批苏联学者們作了巨大的貢獻。

第一个二极管在 1904 年由富列明克 (Флеминг) 造成的,而第一个三极管則是在 1907 年由李德-弗列斯脫 (Лид-Форест) 造成。在俄国,第一批电子管是由 В. И. 科瓦林科夫 (Коваленков) 于 1913 年和 М. Д. 巴巴列克西 (Папалекси) 于 1914 年制造出来。他們利用了这些二极管作为小功率整流器,在这以后,研究出了很多种不同形式的二极整流管,而它們作为整流器的应用直到最近还是十分普遍的。

以上对于电流供应技术的一些主要发展阶段的簡單綜述,表明了在这一种或那一种无綫电技术发展的同时,电源供应設備也得到完善。这一事实証明了我们上面所作假定的正确性,即是說各种类型的电源和它們的消耗器,包括无綫电接收和无綫电发送設備,高频电流放大器发生器、量測仪器以及其他設備,是同时平行发展的。可以用一些具体例子來說明这一点,例如,在 1901 年,米脫凱維奇 (В. Ф. Миткевич) 研究出了二相和三相整流綫路,在 1923 年,А. Н. 拉里奧諾夫 (Ларионов) 获得了他所提出的三相桥式电路的作者証书,以后伏洛格金研究出了串級整流电路。拉多尔 (Латур) 提出了他自己的倍压整流器綫路。这样的例子还可以繼續举出,它們說明了,在电源供給的发展事业中全世界的学者付出了多大的劳动,其中,大部分是我們祖國的学者。