

邮电高等函授试用教材

通信电源

周任淦 编 李朔生 审

YOU DIAN GAO DENG

YOU DIAN GAO DENG

HAN SHOU

HAN SHOU SHI YONG

YOU DIAN GAO DENG HAN SHOU

JIAO CAI

内 容 提 要

本书是邮电高等函授电信专业“通信电源”课程的试用教材。

书中系统地介绍了整流器和开关稳压电源的基本电路、工作原理、参数计算、元器件选择等理论知识。在新型电源方面介绍了线性集成稳压电源、集成电路控制的开关稳压电源、不间断供电电源、程控电源和太阳电池电源的理论和实用知识。最后介绍了铅蓄电池和油机发电机组的基本工作原理和应用。

本书亦可作相关工程技术人员的参考书。

邮电高等函授试用教材

通 信 电 源

周任淦 编

李朔生 审

•

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

河 北 省 邮 电 印 刷 厂 印 刷

新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行

各 地 新 华 书 店 经 售

•

开本：850×1168 1/32 1991年6月第 一 版

印张：11 24/32 页数：188 1991年6月河北第1次印刷

字数：313千字 印数：1 — 7 000 册

ISBN7-115-04454-3/G·088

定价：3.85元

前 言

本书是按照邮电部教育司制订的《通信电源教学大纲》编写的。

本书的主要内容有：可控硅整流电路及其稳压电源、晶体管开关稳压电源、可控硅开关稳压电源、铅蓄电池和油机发电机组。由于通信电源技术的迅速发展，各类新型电源已陆续应用，所以本书还介绍了线性集成稳压电源、集成电路控制的开关稳压电源、交流不间断供电电源、程控电源和太阳电池电源等。

本书编写过程中，教材编审组成员和高函师生提出了宝贵意见，在此致以深切的谢意。

本书承蒙李朔生教授审校，提出了许多修改意见，特此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误或欠妥之处，敬请广大读者批评、指正。

编者

1990年7月

目 录

绪论	(1)
第一章 整流器	(10)
第一节 大功率半导体整流器件	(13)
第二节 单相桥式全控整流电路	(18)
第三节 单相桥式半控整流电路	(25)
第四节 三相桥式全控整流电路	(34)
第五节 三相桥式半控整流电路	(40)
第六节 多相可控整流电路	(55)
第七节 可控硅触发电路	(61)
第八节 整流器主回路的设计	(81)
第九节 可控整流型稳压电源举例	(93)
小结	(99)
习题与思考题	(103)
第二章 开关稳压电源	(105)
第一节 降压型开关电源	(107)
第二节 反相型开关电源	(114)
第三节 升压型开关电源	(121)
第四节 晶体管单管型开关电源	(128)
第五节 晶体管推挽型开关电源	(141)
第六节 晶体管半桥型和全桥型开关电源	(148)
第七节 高频电源变压器和输出滤波电感的设计	(155)

第八节	晶体管开关稳压电源	(172)
第九节	可控硅单相逆变器	(179)
第十节	可控硅三相逆变器	(190)
第十一节	可控硅开关稳压电源举例	(201)
小结		(204)
习题与思考题		(206)
第三章	新型电源	(208)
第一节	线性集成稳压电源	(208)
第二节	集成电路控制的开关稳压电源	(232)
第三节	交流不间断供电电源—UPS	(244)
第四节	程控电源	(272)
第五节	太阳电池电源	(288)
小结		(304)
习题与思考题		(306)
第四章	铅蓄电池	(307)
第一节	铅蓄电池的功用和构造	(307)
第二节	铅蓄电池的工作原理	(321)
第三节	铅蓄电池的特性	(325)
第四节	铅蓄电池的正确使用	(333)
小结		(342)
习题与思考题		(343)
第五章	油机发电机组	(344)
第一节	内燃机	(344)
第二节	交流发电机	(362)
小结		(369)
习题与思考题		(370)

绪 论

通信电源是通信系统中的一个重要组成部分。电源供电是否可靠，质量是否符合要求，将直接关系到通信质量，甚至影响通信的畅通。

为了使通信电源能可靠而保质保量的供电，除了选用的各种通信电源设备（如整流器、开关电源、蓄电池、油机发电机、配电屏等）的技术指标满足要求、运行可靠外，还需要将各种电源设备按照供电要求连接起来，组成一个可靠、满足要求且经济的供电系统。通信电源一般由交流供电系统、直流供电系统和接地系统组成。通信电源系统的示意方框图如图0-0-1所示。现在参照方框图将交流、直流供电系统和接地系统简述如下。

一、交流供电系统

交流供电系统包括：降压变压器、油机发电机、交流不间断电源和高、低压交流配电屏等。

高压或低压交流市电是通信用电的主要电源。为了提高供电的可靠性，较大的通信局、站通常都从两个电力变电站引入两路高压专线，一主一备。高压市电入局后，先引至变电室的高压配电屏，用以对高压市电进行操作切换、监测和保护，再经降压变压器把高压电（通常为10kV）变成低压交流电（380V/220V），然后再送到低压交流配电屏。该屏通过操作开关将低压交流电转接至各种交流负载，如整流器、空调器、交流供电的通信设备和照明等。并对低压交流电进行监测和保护。除交流市电外，接到低压配电屏的还有自备交流电源，如油机发电机组产生的低压交流电源和交流不

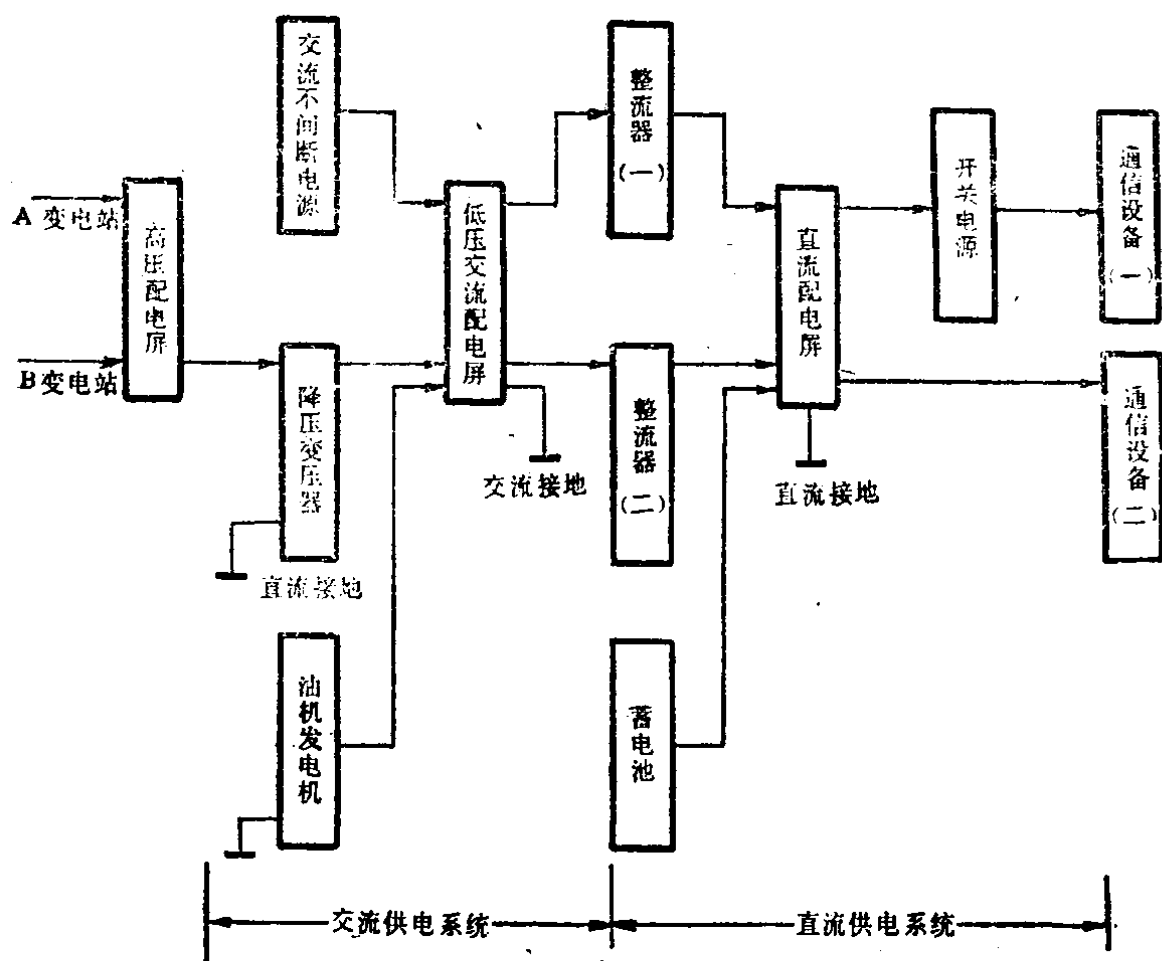


图 0-0-1 通信电源系统方框图

间断电源等。油机发电机由内燃机和交流发电机组成。当市电故障或停电时，由油机发电机组供出交流电，保证通信设备仍能正常工作。为了供电可靠，一般设置两部油机发电机组。交流不间断电源是一种把直流电变成交流电的新型电源设备。这种电源可以用电子开关与市电进行快速切换。当市电故障或停电时，它又以不间断地供出交流电并替代市电。一般在交流负载必须不间断供电的重要局、站才设置它。

图0-0-2是通信局、站采用的一种交流供电系统。图中示出的两路市电电源，一路是高压10kV，一路是低压380V/220V，由开关 SA_1 转换。两部油机发电机组 G_1 和 G_2 由开关 SG 切换。转换开关 SA_2 用以转换市电与自备电源。交流电源通过线路熔断器 $FU_1 \sim FU_3$ 与整流器和通信设备相接。

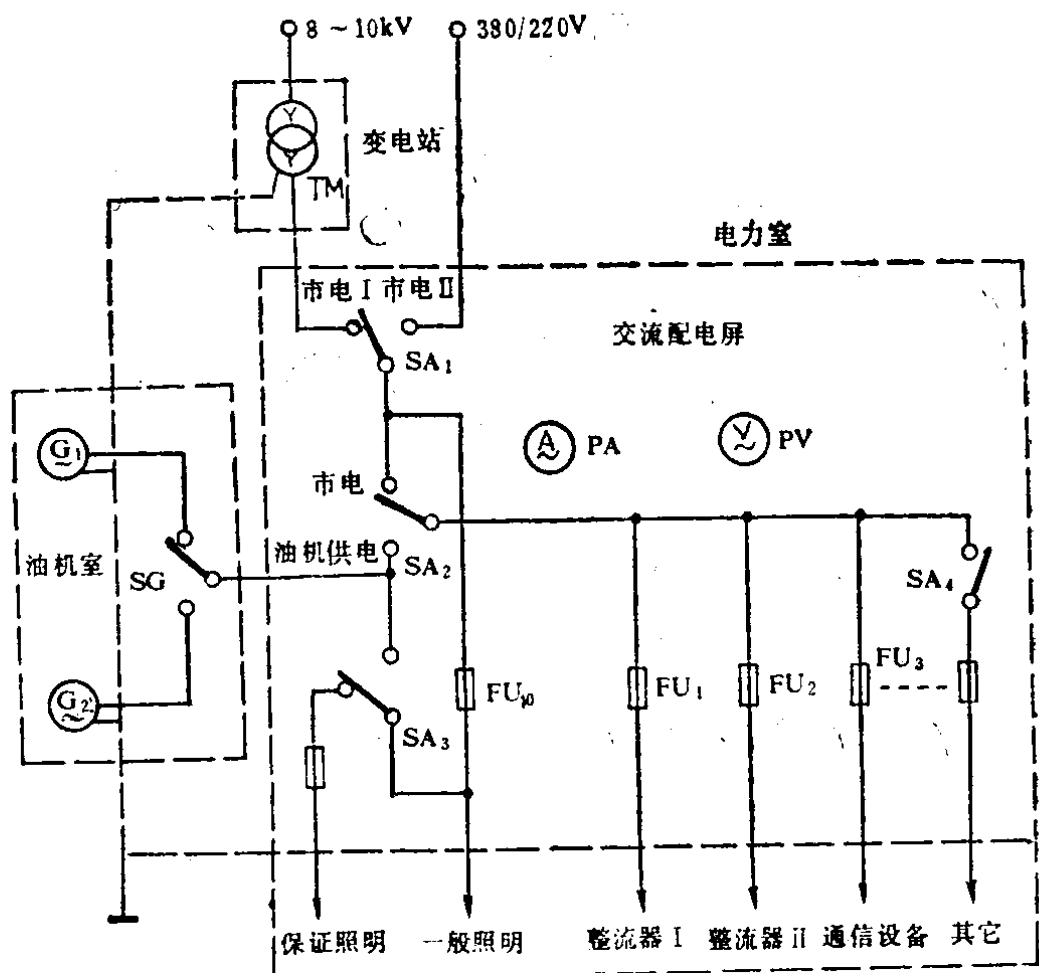


图 0 0-2 交流供电系统

二、直流供电系统

直流供电系统包括：蓄电池组、整流器、开关电源和直流配电屏等。

蓄电池是既能将储存的化学能变为电能，供给负载，又能将电能转变成化学能储存起来的直流电源，是通信局、站必备的电源设备。用以在交流市电故障或停电后，对通信设备供出直流电，保证通信设备继续工作。蓄电池分酸性蓄电池和碱性蓄电池两类。前者具有容量可作得很大、电势高、内阻小、价格便宜等优点，在通信电源中被普遍使用着。

整流器是一种把交流电变换成直流电的电源设备。用以给蓄电池充电或和蓄电池并联后供电给负载，称为浮充供电。如果整流器

直流输出的脉动电压能满足要求，也可以直接用整流器供电给通信设备。为了供电可靠，一般局、站至少配备两部整流器，一主一备。

开关电源是一种将某一直流电压变换为另一种直流电压的变换设备。有些通信局、站通信设备的种类较多，需要多种直流电压。在这种情况下，如果每一种电压配备一套整流器和蓄电池供电，势必形成整流器、蓄电池的型式多样，占用面积大，维护工作量相应地增大。为了改变这种状况，随着大功率半导体器件的问世，和功率变换技术的迅速发展，80年代初我国已不断地研制、生产出适用作通信电源的各种开关电源（一般是把基础电源电压24V或60V变换为所需要的电压）。这样，遇到上述情况，只要设置一套基础电源电压的整流器、蓄电池，再根据通信设备需要的其他电压，配置相应的开关电源即可。因此减少了整流器、蓄电池的种类和组数，占地面积和维护工作量也相应减少了。

直流配电屏是组成直流供电系统的枢纽。通过它沟通了各种直流电源和负载的连系，完成不同方式的直流供电的转换，起到对直流电源和负载的操作切换、监测和保护等作用。

通信电源直流供电有三种方式：

1. 全浮充工作方式（全浮充制）

浮充工作方式指整流器蓄电池并联后对通信设备供电。市电正常时，整流器一方面给通信设备等直流负载供电，另一方面又给蓄电池以补充充电，弥补蓄电池由于局部放电而失去的电量。这时蓄电池在电路中还起着一定的平滑滤波作用。当市电故障中断后，通信设备由蓄电池单独供电，直至油机发电机组开出供电为止。所谓全浮充供电，指全天24小时供电都采用这种方式，所以又称为连续浮充方式。这种供电方式，简化了电源设备的维护工作，供电可靠，效率较高。蓄电池的容量可以减小，使用寿命也可延长。适合在市电供电可靠的地区采用。

2. 充、放电供电方式（充放电制）

通信设备用电由两组蓄电池轮流供电。一组蓄电池放电工作

时，另一组蓄电池由整流器充电后备用。这种工作方式要求蓄电池的容量大，蓄电池的使用寿命较短，维护工作量也比较大。但供出的直流电压不含交流脉动成分。这种供电方式适用于市电不可靠和没有市电需要定期开动油机发电机组供电的地区。

3. 半浮充工作方式（半浮充制）

这种工作方式又称为定期浮充制。在一昼夜中，一部分时间（如业务忙时）采用浮充供电，另一部分时间（如业务闲时）由蓄电池单独供电。这种供电方式的优缺点介于上述两种方式之间。适用于市电比较可靠，白天用电量大夜间用电量很小的地区。

图0-0-3是一种直流供电系统的简化图。该系统 有三部整流器供两组蓄电池充电或并联浮充供电。直流配电屏上配置有SA₁~

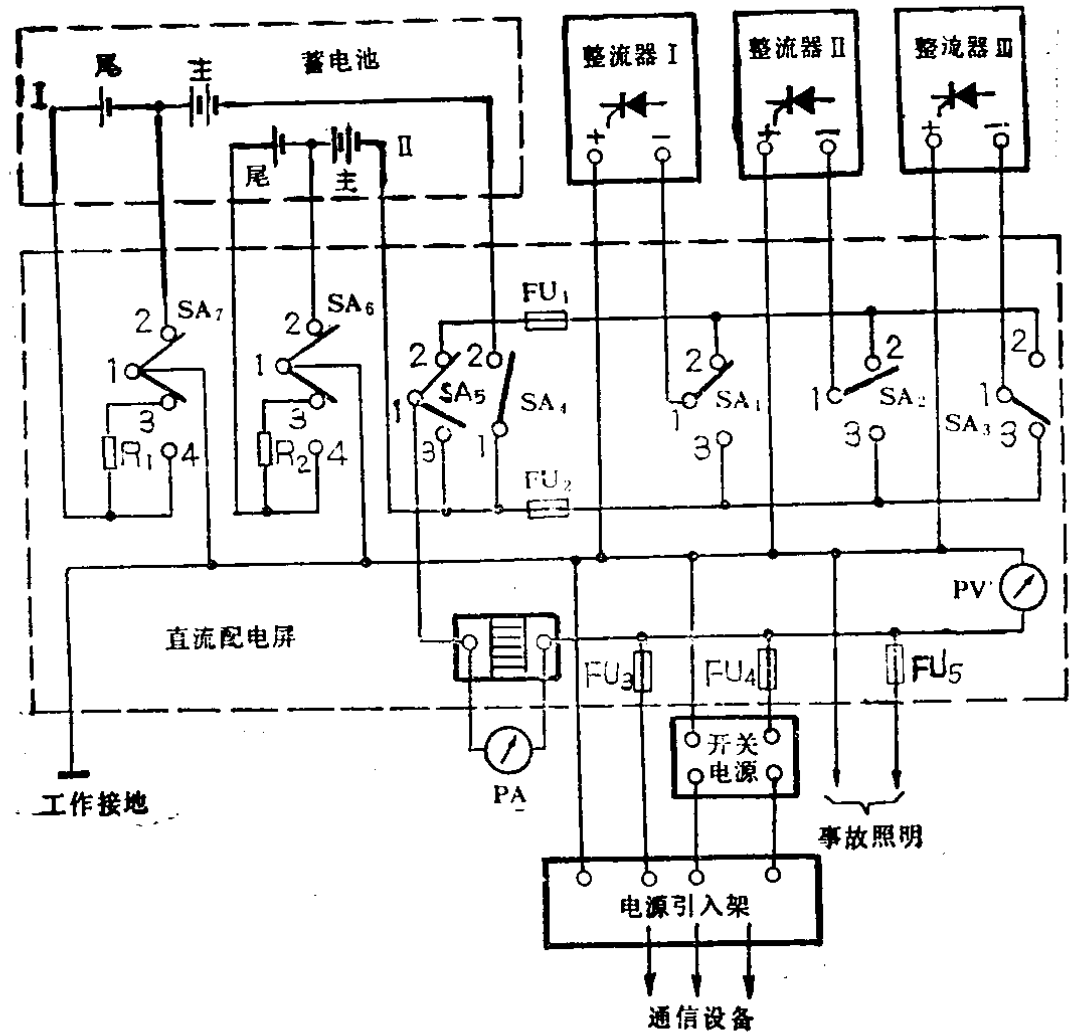


图 0-0-3 直流供电系统

SA₇七副转换开关。其中SA₁、SA₂、SA₃用以控制蓄电池组Ⅰ或Ⅱ的充电或并联浮充供电。SA₄用以使两组蓄电池单放电或并联放电。SA₅是控制蓄电池组Ⅰ或Ⅱ向负载供电。SA₆和SA₇分别控制加入或撤出蓄电池组Ⅰ和Ⅱ的尾电池，以调整供电电压。关于电压调整的内容将在蓄电池一章中进一步说明。FU₁、FU₂分别为整流器对蓄电池组Ⅰ和Ⅱ浮充或充电时的线路熔断器。FU₃~FU₅为供电给各路负载的线路熔断器。

三、接地系统

为了保证通信质量、构成通信或供电回路、确保通信设备和人身安全，通信电源必须有良好的接地系统。

接地系统由接地体、接地引入线、地线排和分支地线组成。

接地体一般由长1米左右的角铁或铁管多根按一定的排列形状埋入土壤中，端部距地面约0.5~1米。再用扁铁把每根角铁或铁管焊接成一个整体。接地体与大地之间的电阻称为接地电阻。接地电阻的大小与接地体的结构有关，也与接地体埋深和土壤的性质有关。

连接设置在室内的地线排和接地体的导线称为接地引入线。一般由多股铁绞线作成。

地线排是设在机房内的总地线板，由铜板制成。机房内通至各种电源设备的地线均以放射方式汇集于此。

接地分工作接地、保护接地和防雷接地。

1. 工作接地

工作接地是因电路工作的需要而设置的接地装置。工作接地又分为交流工作接地和直流工作接地。

在三相380V/220V交流配电系统中，为了避免由于三相负载不平衡而造成各相电源电压不平衡，出现很大差别，三相低压交流电源的中性点（如三相电力变压器次级绕组的中点）应直接接地。这种接地称为交流工作接地，或交流工作接零。一般当电力变压器容

量在100KVA以下时，要求接地电阻小于 10Ω ，容量在100KVA以上时，要求接地电阻小于 4Ω 。

为了保证通信质量，避免在通信系统中发生串话、干扰，在直流供电系统中，规定直流基础电源一极必须接地。为了防止电蚀作用，规定正极接地。这种接地称为直流工作接地。直流接地的地线也是电源的工作回线。直流工作接地的接地电阻值，与直流负载的大小有关，负载大要求阻值低，一般小于 4Ω 。

在通信局、站的直流供电系统中，有时还专为测量用而设置一组接地装置，称为测量接地装置。

2. 保护接地

各种电源设备或电器的金属机架、机壳接地，称为保护接地。用以保护人身和设备的安全。在正常情况下，这些金属机架、机壳是不带电的。但当电力导线或电器元件的绝缘外皮损坏后，机架、机壳上就有可能带上危及人身安全的电压。采取接地保护措施后，遇到导线或电器元件绝缘损坏后，人身触及这些设备的机架、机壳时，由于漏电流已直接入地，将不会危及人身安全。另外，当漏电流达到一定值后，可使保护电路发出告警信号或切断电源。保护接地的接地电阻一般不大于 4Ω 。

3. 防雷接地

发生雷击时，由于感应或直接沿电力线传导给电源设备和通信设备造成过电压，使设备损坏。为了避免雷击使电源和通信设备遭受损失，在通信电源系统中，一般都设有避雷器及避雷接地装置。雷击时将产生的过电压经避雷器引入大地。防雷接地的接地电阻通常要求不大于 10Ω 。由于雷击的瞬间感生很高的过电压和很大的电流引入地下，在接地电阻上将产生相当高的瞬时尖峰电压，仍危及设备和人身安全，因此要求防雷接地不但不能与工作接地和保护接地共用同一装置，而且要求防雷接地装置远离工作接地和保护接地装置，以减少影响。

四、通信电源设备的型号、命名方法和意义

根据邮电部对工业产品命名的规定，通信电源设备的型号、命名方法和意义由三部分组成。如图0-0-4所示。

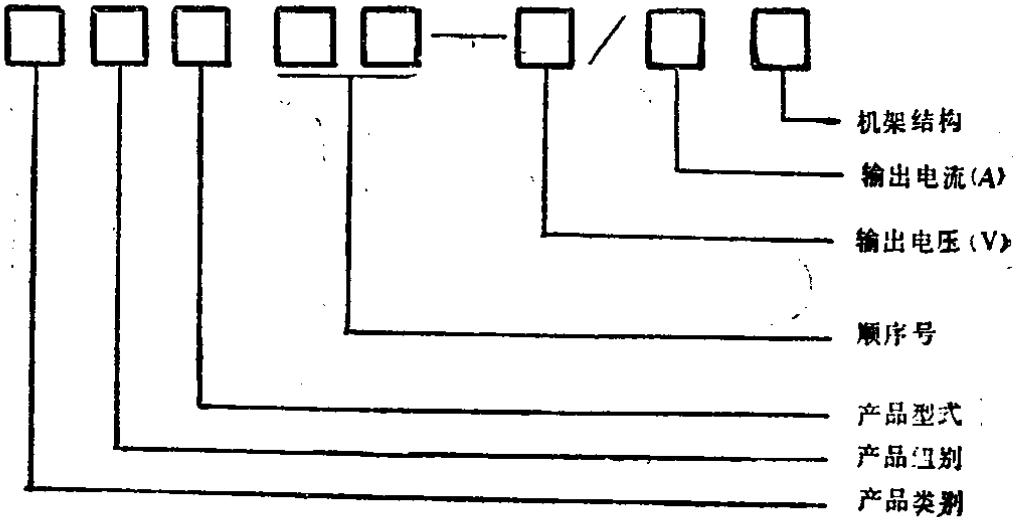


图 0-0-4 通信电源设备的型号、命名方法和意义图

第一部分为产品类别的标记，由两个汉语拼音大写字母和一个阿拉伯数字组成。第一个拼音字母代表产品种类。如 *D* 代表电源。第二个拼音字母代表产品组别。如 *Z* 代表整流器，*P* 代表配电屏，*H* 代表变换器（即开关电源），*T* 代表其它杂类的通信电源设备（如载波机远供电源架，晶体管铃流发生器）。拼音字后的阿拉伯数字代表产品型式。如 6 代表硅或可控硅整流元件，0 代表直流，1 代表交流，8 代表油机等。

第二部分表示某一型式产品的顺序号，由两个阿拉伯数字组成。

第三部分表示产品的规格。它由两个数字组成，中间用一斜线隔开，斜线下面为额定输出电流值，斜线上面为额定输出电压值。最后一个汉语拼音大写字母表示机架结构的种类。如 *G* 代表高架（全高1.7米），*D* 代表低架（全高1米）。

例 1：*DZ603—24/30D*，表示额定输出电流为30A、额定输出电压为24V的低架型硅整流器，产品的序号为03。

例 2：*DH003—130/10*，表示额定输出电流为10A、额定输出

电压为130V的直流——开关电源，序号03。

五、本课程的主要内容

本课程讲述的主要内容是：各种整流器、各种可控硅触发器、各种晶体管开关电源和可控硅逆变器及其开关电源，蓄电池和油机发电机组的工作原理和应用，可控整流型稳压电源及其主回路的设计与计算，晶体管开关稳压电源及其主回路的设计与计算。

随着微电子技术和现代通信设备的迅速发展，通信设备对电源的要求越来越高，不断研制生产出各种新型电源。如集成稳压电源、集成电路控制的开关稳压电源、交流不间断电源、程控电源和太阳电池电源等。本课程对以上这些新型电源的理论及应用也列专章作了介绍。

第一章 整流器

内 容 提 要

整流器是通信电源系统的主要设备之一，它的主要作用是将交流电变换为直流电。用来对蓄电池充电或浮充电池进行供电，也可以直接给通信设备供电。

整流电路有多种类型，根据通信电源的需要，本章分析了其中被广泛应用的单相桥式全控整流电路、单相桥式半控整流电路、三相桥式全控整流电路和三相桥式半控整流电路和多相可控整流电路等的工作原理和基本数量关系。还分析了单结管移相触发电路、锯齿波移相触发电路、三角波移相触发电路、集成触发器等的工作原理和特点。最后介绍整流器主回路的工程设计与计算，以及可控整流型稳压电源。

学习本章要求切实理解各种整流电路和触发电路的工作原理、掌握分析方法和基本数量关系，并运用它学会对整流器主回路进行设计和计算。

本章以典型的可控型稳压整流器为例来说明整流器的工作原理。

可控型稳压整流器由电源变压器、整流电路、滤波电路、触发电路和稳压电路五部分组成。如图1-0-1所示。现在对整流器的各组成部分分述如下：

1. 整流变压器 市电提供的交流电压一般为单相220V（或三相380V），而各种通信设备所需的直流电压幅值却各不相同。因此，常常需要将市电电压先经过整流变压器降压，然后整流、滤

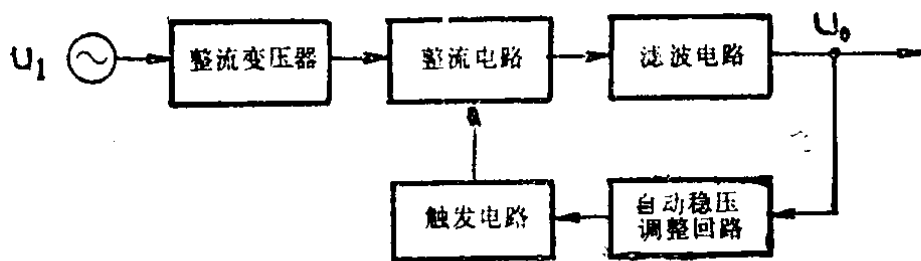


图 1-0-1 整流器方框图

波、最后得到所需要的直流电压幅值。

2. 整流电路 整流电路的作用是利用硅整流二极管（以后简称硅二极管）的单向导电性能，和利用可控硅管（以后简称可控硅）的导通可控和关断不可控的单向导电性能，将正负交替的正弦交流电压变成单一方向的脉动直流电压。但是，这种脉动直流电压包含着很大的脉动成分，距离理想的直流电压还差得很远。

3. 滤波电路 滤波电路由电容、电感等储能元件组成，它的作用是尽可能地将脉动直流电压中的脉动成分滤掉，使输出电压成为满足要求的平滑的直流电压。

4. 自动稳压调整电路 稳压调整电路的作用是采用反馈控制电路，使输出的直流电压在市电电压或负载电流发生变化时保持输出电压的稳定。

5. 可控硅触发电路 用以产生触发脉冲电压，控制可控硅由关断状态转化为导通状态。

学习整流电路工作原理的基本方法是根据整流元件和负载的特性，分析电路中各整流元件导通和关断的物理过程，从而得出一系列的电压和电流波形。通过对波形的分析，一方面能更清楚地了解整流电路的工作过程，另一方面在波形分析的基础上可得出一系列的数量关系。在学习过程中要逐步习惯和切实掌握波形的分析方法，并参加调试，用示波器观察波形，分析其形成，判断其正确与错误。只有通过这样不断实践分析和总结，理论联系实际，才能有效地理解整流电路工作原理和掌握分析整流电路的方法。

整流电路接线的形式很多，计算公式也很复杂，今后学习时应注意以下几个问题：

1. 整流电路的输出直流平均电压 U_d 和交流输入电压有效值 U_2 之比，或两者之比与控制角 α 的关系，此关系主要在设计电源变压器时用。

2. 流过可控硅和硅二极管的电流有效值 I_V 和直流输出电流平均值 I_d 与控制角 α 的关系，此关系主要用于选择可控硅和二极管的电流定额值。

3. 交流输入电流有效值 I_2 和直流输出电流平均值 I_d 之比，或两者之比与控制角 α 的关系，此关系在设计电源变压器时用。

4. 可控硅、硅二极管和负载上电压与电流波形，此波形用于选择硅二极管或可控硅的定额值。

5. 可控硅触发信号的最大移相范围与设计触发电路有关。

6. 直流负载性质对整流电路的影响。不同性质的负载对整流电路输出的电压、电流波形均有很大的影响。负载性质大体可以分为以下几类：

(1) 电阻性负载 如电解、电镀和电焊等属于电阻性负载。它的特点是电流与电压的波形形状相似。

(2) 电感性负载 各种电机的激励绕组，经过大电抗器滤波的负载等都属于电感性负载。大电感负载系指串联着的电阻与电感负载回路中，电感电抗比电阻大得多。它的特点是负载电流波形连续，并接近于一条水平线。

(3) 电容性负载 整流输出端接滤波大电容，然后供给负载的情况属电容性负载。其特点是当硅二极管开始导通或可控硅刚一触发导通时有很大的充电电流流过硅二极管或可控硅，电流波形呈尖峰状。为了避免硅二极管承受过大的浪涌电流或可控硅因遭受过大的电流上升率而损坏，一般大、中功率整流器输出端不宜直接接滤波大电容器。

(4) 反电势负载 整流输出供蓄电池充电或作驱动直流电动机