

电子设备电源技术普及丛书

# 逆变器知识

徐泽玮 编著



人民邮电出版社

TM46  
X92

电子设备电源技术普及丛书

# 逆变器知识

徐泽玮 编著

人民邮电出版社

DV91/16  
内 容 提 要

随着电子技术的发展,逆变器在工农业生产、交通运输、科研、通信、国防建设以及人们的日常生活中得到越来越广泛的应用。

本书通俗地讲解了逆变器的基本知识,首先介绍了逆变器的基本概念,然后分别介绍了晶体管逆变器和可控硅逆变器的工作原理和控制方法,并介绍了一些具体电路。

本书语言简练,说理清楚,突出实用,容易入门。适合业余爱好者和从事逆变器生产的工人、调试人员阅读,也可供从事逆变器设计的技术人员参考。

电子设备电源技术普及丛书

徐泽璋 编著

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: 787×1092 1/32 1988年8月第一版  
印张: 320/32 页数: 58 1988年8月河北第1次印刷  
字数: 82千字 印数: 4000册

ISBN7115—03531—0/TN

定价: 0.68元

## 丛书前言

任何电子设备都离不开电源，为了普及电源技术知识，我们编辑出版了“电子设备电源技术普及丛书”。对一些常用的电源设备或器件，通俗易懂地简单讲解它的基本原理、规格性能、使用注意事项，并列举一些实用电路，介绍制作或调测方法等等。

主要读者对象为无线电爱好者、电子技术初学者以及从事电子技术和通信工作的工人和非电源专业的技术人员。

这套丛书要求在普及电源技术知识的同时，力求与实际相结合，向初学者介绍起码的实用技术，使之能解决简单的具体问题，从而为登堂入室创造条件，希望为我国电源技术培养人才起一定的促进作用。

本丛书已出版干电池、微型电池、锌银蓄电池、镉镍电池、常用晶体管稳压电源、开关电源、半导体整流器、逆变器知识、可控硅电源、小型充电机等小册子，欢迎关心科普的作者和读者对本丛书的选题、内容等方面提出意见和建议。

本丛书是1979年11月在第二届全国电源技术年会上倡议组织的，并成立了编委会，负责审定本丛书编写原则和选题，推荐适宜的作者和审核书稿等事宜。编委会由下列人员组成：

章燕翼、李朔生、李道恺、李厚福、倪本来  
李颖达、李宗光、马传添、谭信、蔡效平

“电子设备电源技术普及丛书”编委会

一九八六年六月

# 前 言

“逆变器”这个词对许多读者可能并不陌生。逆变器——这种把直流电变成交流电的电源设备，在工厂和农村、科研和军事部门、学校和医院、以及在火车、轮船和飞机上都有它的应用，甚至在一般家庭里也能找到它的踪迹。一般人对于逆变器虽然早有过耳闻目睹，但是并不一定完全了解它。现在我们把这本小册子奉献给读者，当你读完之后，就会比较清楚地知道：逆变器是什么？它是怎样工作的？有哪些种类？在实际中怎样使用它等等。

由于本书只是一本小册子，不可能象专业书籍那样详细地分析逆变器各方面的问题，只希望对逆变器有兴趣的读者能起引导入门的作用。在这本小册子中首先介绍逆变器的基本概念，使读者对逆变器有一个初步的认识。然后再分别介绍晶体管逆变器和可控硅逆变器的工作原理和控制方法，可对这两种主要的逆变器有比较深入的了解。最后还例举了一些实例，介绍各种电源中的逆变电路和元件参数。如果读者读完这本小册子后，再进一步阅读一些关于逆变器的专业书籍和文章，参加一些实践，那么就一定会对逆变器加深认识，从而能够熟练地掌握运用它。可以相信：今后逆变器在我们的工作中、生活中将会提供更大的方便。

本书承北京计量管理局倪本来同志审阅，提出许多宝贵意见，谨志谢意。

由于本人水平有限，错误缺点在所难免，希望广大读者批评指正。

作 者

1986年6月

# 目 录

一、逆变器	( 1 )
1.1 逆变器是什么?	( 1 )
1.2 逆变器是怎样工作的?	( 2 )
1.3 逆变器由哪几部分组成?	( 5 )
1.4 怎样判别逆变器的好坏?	( 6 )
二、晶体管逆变器	( 9 )
2.1 晶体管逆变器如何分类?	( 9 )
2.2 自激变换电路是怎样工作的?	( 9 )
2.3 他激变换电路是怎样工作的?	( 13 )
2.4 怎样控制工作频率?	( 17 )
2.5 怎样改变输出电压?	( 18 )
2.6 要使输出电压的波形为正弦波, 怎么办?	( 23 )
三、可控硅逆变器	( 29 )
3.1 可控硅逆变器和晶体管逆变器有什么差别?	( 29 )
3.2 可控硅逆变器如何分类?	( 30 )
3.3 并联逆变器是怎样工作的?	( 32 )
3.4 串联逆变器是怎样工作的?	( 41 )
3.5 三相逆变器是怎样工作的?	( 46 )
3.6 如果要变压变频, 怎么办?	( 52 )

3.7 如果要恒压恒频, 怎么办? .....	( 61 )
<b>四、逆变器的实际应用</b> .....	<b>( 67 )</b>
4.1 晶体管工频电源 .....	( 67 )
4.2 晶体管中频电源 .....	( 81 )
4.3 晶体管高频电源 .....	( 85 )
4.4 可控硅工频电源 .....	( 92 )
4.5 可控硅中频电源 .....	( 100 )
4.6 怎样用好逆变器? .....	( 106 )

---

# 一、逆 变 器

## 1.1

### 逆 变 器 是 什 么 ？

逆变器是一种把直流电变成交流电的电源设备，又叫直流—交流变换器。

我们生活中的照明用电和工厂中的工业用电，一般都是由发电厂中的发电机发出、经过输电线送来的交流电，它流动的方向随时间每秒钟变化50次，也就是频率为50赫的交流电，又称工频交流电。

如果工厂需要使用直流电，必须把输送来的交流电变成直流电。工厂里用直流电的设备比较多，例如电镀用电源、电解用电源、蓄电池充电电源，一些机床用电源和仪器仪表电源等等，都需要把交流电变成直流电。因此，交流—直流变换比较常见，这种变换称为“顺变换”。进行这种变换的电源设备，其中主要是整流元件，一般习惯上称它为“整流器”，“顺变换”也称为“整流”。

但是有时候，用户为了节约电能，把多余的直流电变成频率50赫的交流电，反送回输电网，供给其他用户使用。有时，由于需要，要把直流电变成频率400赫的交流电，供给飞机和轮船上的中频电机和电器设备；或者供给中频感应加热炉，进行



合金钢熔炼和淬火；或者供给高速磨床和铣床，进行精密的机械加工。在人造卫星和火箭上，要把蓄电池和太阳能电池的直流电变成频率为几十千赫、乃至几百千赫的高频交流电，然后再变成电压较高的直流电，供给特殊的仪器仪表，这样可以大大减轻仪器和设备的重量、缩小体积。有的工厂设备，例如冶炼钢铁的高炉和转炉的控制设备，不允许停电，否则就会发生严重的事故，造成大量的钢铁报废。有的控制设备和计算机，要连续不断地进行计算和控制，也不允许停电，如果停电，就会控制失灵和计算错误，造成严重的后果。要保证这些重要设备的供电不发生任何中断，除了从输电线送来的交流电而外，还必须有把蓄电池的直流电变成交流电的“不停电电源”。所有这些，都必须进行直流—交流变换。为了与“顺变换”（整流）相对应，称这种变换为“逆变换”，简称为“逆变”。用来进行这种变换的电源设备就叫做“逆变器”。

## 1.2

### 逆变器是怎样工作的？

逆变器把直流电变成交流电，有两种方法：一种是振荡放大法，一种是交替开关法。

#### 一、振荡放大法

荡过秋千的人都知道，当站在秋千上，脚用力一蹬，秋千就带着你在空中来回荡起来；在荡的过程中，要不断地用脚蹬一下。不然，秋千的摆动幅度就会慢慢变小，逐渐停下来；同时，脚用力的方向也要和秋千的摆动方向一致。这样才能使秋千有节奏地来回摆动。如果用力方向不对，秋千就会乱扭，就

不能持续地荡动。

逆变器的振荡放大法工作原理也和荡秋千相类似。首先要有能荡的秋千，这就相当于逆变器中的电感电容或者电阻电容振荡电路。其次，荡秋千的人必须不断用脚蹬，这相当于逆变器中输入的直流电源。第三，脚用力的方向要和秋千的摆动方向一致，这相当于逆变器中的正反馈作用。具备上述三个条件，逆变器就能输出振荡幅度不会衰减、波形一定的交流电。

最早出现的一种逆变器，就是利用振荡放大法原理进行工作的。图1是它的方框图。其中电阻电容振荡电路可以产生正弦振荡，经过放大器的放大，便可输出交流。逆变器输出的交流能量是由直流电源供给的。在正反馈环节的作用下，便能维持振荡持续进行，并保证输出的幅值不变。

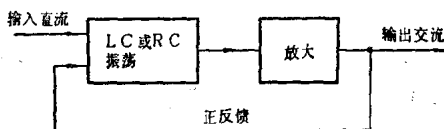


图1 振荡式逆变器方框图

振荡式逆变器的性能好，控制方便，输出波形接近理想的正弦波。但是，这种逆变器的效率低，体积大，成本高。因此，除有些精密的仪器仪表还采用它外，一般用得比较少。后来，在振荡式逆变器的基础上，研制出了晶体管自激逆变器和可控硅串联逆变器，克服了它的缺点，发扬了它的优点，成为现在最常用的两种高频逆变器。

## 二、交替开关法

另一种工作原理是用交替开关法，可以用图2来说明，图中所示是三条水渠，由四个闸门来控制水的流动方向。主干渠

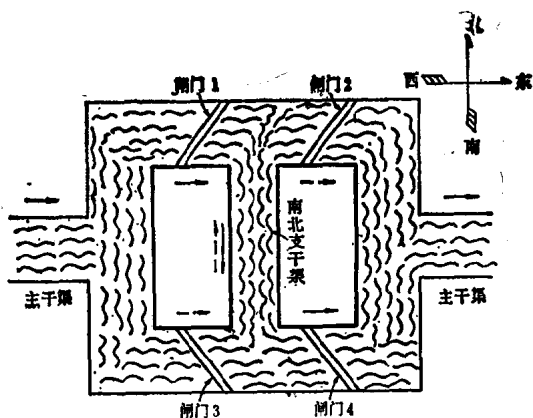


图 2 交替开关式逆变器比拟示意图

的水始终由西向东流，相当于外加的直流电源，电流始终由正极流向负极。四个闸门相当于四个电子开关，如果闸门 1 和闸门 4 打开，闸门 2 和闸门 3 闭上，南北支干渠的水从北向南流动。如果闸门 1 和闸门 4 闭上，闸门 2 和闸门 3 打开，南北支干渠的水从南向北流动。这样，反复来回地使两对闸门交替地打开和闭上，虽然主干渠的水始终由西向东流动，但是南北支干渠的水流动方向就交替地变化。也就是说，把电源（主干渠）从正极流向负极的直流电，变成用户（南北支干渠）需要的交替变化的交流电。这种交替开关法逆变器的效率高，体积小，成本低，但是如果电子开关控制失灵，容易造成直通短路事故，必须采取保护措施，常用的可控硅并联逆变器和晶体管他激逆变器都属于这种类型。

## 1.3

### 逆变器由哪几部分组成？

逆变器由两部分组成。一部分是主电路，电压高，电流大，它是逆变器的主体，把直流电变成交流电主要由它完成。另一部分是控制电路，电压低，电流小，它的作用是对主电路进行控制和保护。

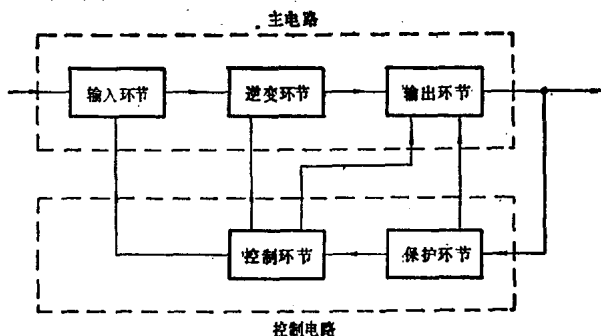


图 3 逆变器的方框图

主电路分为输入、逆变和输出三个环节。输入环节通常包括：进线插头插座、电源开关、熔断器等，有时还有调节输入电压的调压电路，抗干扰的滤波器，防止输入极性接错的保护二极管等。逆变环节由开关器件、功率放大器、变压器等组成。输出环节通常包括：输出滤波器、输出接线插头插座等。有时还有调节输出电压的调压电路、输出指示信号灯和仪表等。

控制电路分为控制和保护两个环节。控制环节对主电路的输入电压、输出电压、输出频率和输出波形进行校正控制。保

护环节是在主电路出现短路、过载、失压、过压、缺相等故障时起作用，以保护开关器件和变压器不受损坏。

主电路中的逆变环节，是逆变器的关键部分，其中的功率开关器件，更是至关重要的核心器件。它直接影响到逆变器性能的优劣。因此，在设计和制造逆变器时，一定要对功率开关器件进行认真的比较和筛选。

逆变器的功率开关器件一般用可控硅或晶体管。两者相比较，晶体管在电流容量和承受反向电压的能力上不如可控硅；但是晶体管的开关性能比可控硅好，前者开关时间短，速度快，控制方法简单。为此，大容量的或者频率较低的逆变器都选用可控硅，小容量的或者频率较高的都选用晶体管。逆变器开关器件用可控硅的称为“可控硅逆变器”；开关器件用晶体管的称为“晶体管逆变器”。

## 1.4

### 怎样判别逆变器的好坏？

判别逆变器的好坏主要有三个指标：（1）首先是逆变器能不能可靠地长期工作？也就是可靠性指标。（2）逆变器好不好用，性能如何？也就是技术指标。（3）逆变器用的原材料和器件多不多？制造费用是否很高？也就是经济指标。其它还有外观装璜是否好等等。

可靠性的具体指标有三个。最常用的是平均无故障时间，或者叫保用期。例如电视机保用期为2000小时，也就是在2000小时内不会发生重大故障。逆变器的平均无故障时间根据使用情况的不同有很大的差别。有的只要求几分钟或者几十分钟，例如火箭上用的逆变器，只要能保证在火箭发射过程中不出现

故障，就可以满足使用要求。有的要求几年，比如不停电电源系统中的逆变器，要保证计算机和控制设备连续工作几年不出现故障。但是，要达到平均无故障时间为一年（相当于8760小时）以上，在原材料和器件选取和电路结构设计方面，都有很严格的要求，这就有可能大大增加逆变器的成本，经济指标不好。因此，又提出第二种可靠性指标——平均检修时间，就是经过多长时间的运行必须检修一次。也就是通常说的大修期和中修期。例如某个逆变器的大修期为两年，中修期为六个月，也就是说这个逆变器经过六个月的工作后必须中修一次，经过两年必须大修一次。虽然平均检修时间和平均无故障时间有一定关系，但是要求严格程度要低一些，根据它来设计逆变器，经济指标就会好一些，因此比较常用。第三种可靠性指标是平均寿命，工作多长时间后，逆变器就予以报废。逆变器的平均寿命在电气方面取决于开关器件的寿命；在机械方面取决于机械结构的寿命。由于逆变器没有可动部件，其电气寿命和机械寿命都相当长，属于半永久性的设备，十年甚至几十年才报废。因此作为可靠性指标的平均寿命，用得比较少。

还有一个与可靠性有关系的指标是环境适应性，也就是通常说的工作环境条件，包括：海拔高度、工作温度、湿度、振动和冲击、耐腐蚀和其它条件等。如果没有特殊要求，逆变器的一般工作条件和常用的电子设备一样，即：海拔1000米以下，工作温度 $-40^{\circ}\text{C}$ 至 $+80^{\circ}\text{C}$ ，湿度85%以下，能耐受5个重力加速度的振动和冲击等。

逆变器的技术指标有：输入电压、输出电压、输出功率或输出电流、输出频率、输出波形或失真度（与正弦波相比）。如果要求进行电压和频率控制，还应加上电压和频率的控制范围或电压和频率的稳定度等。这些技术指标都必须根据使用要

**求来确定。在不同的使用条件下，是有很大差别的。**

逆变器的效率既可以算作技术指标，又可以算作经济指标，它是输出功率与输入功率的比值，有时采用输出容量与输入容量的比值。在节省能源成为一个重大问题的今天，效率是逆变器一个很重要指标。

除了效率外，逆变器的经济指标还有：重量（或者单位输出功率时的重量），体积（或者单位输出功率时的体积），成本和价格。也就是说，在保证可靠性和技术指标的前提下，要求逆变器用的元件最少，消耗的能源和原材料最省，成本最低，达到的经济效益最高。

---

## 二、晶体管逆变器

### 2.1

#### 晶体管逆变器如何分类？

晶体管逆变器采用功率晶体管作为开关器件，有的电路是根据振荡放大原理，靠自身的正反馈产生自激振荡，把直流电转换成交流电输出的，这种电路叫自激变换电路；有的电路是根据交替开关原理，靠外加的激励信号，推动晶体管开关交替地导通和关断，把直流电转换成交流电输出的，这种电路叫他激变换电路。晶体管逆变器除了按工作原理分为自激和他激两种基本的变换电路外，还有其它一些分类方法。例如：按输出相数可以分为单相电路和三相电路；按输出波形可以分为矩形波电路和正弦波电路；按输出性能可以分为恒压恒频电路和变压变频电路等等。我们在下面将分别介绍这些电路的工作原理和它们的特点。

### 2.2

#### 自激变换电路是怎样工作的？

最早出现的晶体管自激变换电路如图4所示，其中包括两个晶体管、一个磁芯和两个电阻。磁芯上绕有输入绕组、输出



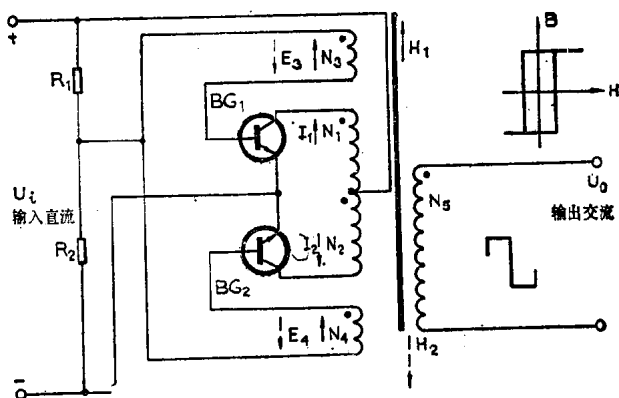


图 4 晶体管自激变换电路

绕组和正反馈绕组。它们之间产生电磁耦合，形成自激振荡，因此又叫磁耦合多谐振荡器。这种电路是罗耶尔(*G·H·Royer*)在1955年发明的，所以有时又叫做罗耶尔振荡器。

从图4的电路可以看出，这种电路是按振荡放大原理工作的。晶体管与磁芯变换器组成电阻电感式振荡器。振荡电路不断从直流电源取得能量，靠正反馈绕组和磁芯的非线性特性，使输出为呈矩形波的交流电压。这里，我们仍然以荡秋千来进行比较，说明它的工作过程。

当你开始荡秋千的时候，第一次必须自己用力冲一下，也可以自己先站在秋千上，请别人推一下，然后你有节奏地不断用脚蹬，秋千才能逐渐地荡起来。

晶体管自激变换电路与荡秋千差不多，开始也有一个起振过程。当突然接通电源时，两个晶体管 $BG_1$ 和 $BG_2$ 在外加直流电源作用下，有可能同时导通，电流 $I_1$ 和 $I_2$ 从集电极流向发射极，根据电磁感应定律，我们知道：电流流过绕组就会在磁芯中产生磁场，流过绕组 $N_1$ 的电流 $I_1$ ，在磁芯中产生向上的磁