

渔业电子技术丛书

电 源

· 颜兆鹏 编

· 海洋出版社

1990年·北京

内 容 简 介

本书从基本概念出发,详细论述了无线电常用电源的原理、使用和维护保养。并以实用电路为实例,给出了电路参数的具体影响和数值。全书共分四章,每章后都列有复习思考题供广大读者参考,以便于掌握各章的内容。本书内容通俗易懂,实用性强,原理阐述清晰,可供广大无线电线路的设计者和爱好者参考,也可供有关院校无线电专业的学生使用。

责任编辑 陈泽卿

责任校对 刘兴昌

渔业电子技术丛书

电 源

颜兆鹏 编

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 昌平兴华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 10.75 字数: 240千字

1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷

印数: 1—2000

ISBN 7-5027-0846-4/TM·1 定价: 6.50元

前 言

为了尽快提高广大渔业电信技术人员的理论水平和使用维修电子设备的实际技能，使之适应渔业生产发展和实现渔业科学管理的要求，我们组织水产系统的有关院校、科研单位、企业及行政管理部门的部分教师和工程技术人员编写了《渔业电子技术丛书》，拟作为水产系统培训中等电子技术专业人员的教材，并作为对从事通信、助渔、导航等技术人员进行技术考试和考核的统一参考资料。

众所周知，近代电子技术不仅在工业、农业、科学技术和国防方面获得了广泛应用，而且已深入到水产业的许多领域，并有日益发展的趋势。电子技术的发展及其在水产业各个领域的广泛应用，已成为水产业技术发展和科学管理的重要标志。为了加快水产系统科学技术发展的进程，普及电子技术是十分重要的。

电子技术包含的内容十分广泛，该丛书根据水产系统应用电子技术的现状，结合发展应用新技术的重点编写，力求实用。该丛书由《电工基础》、《无线电基础》、《无线电收发信原理》、《单边带通信原理》、《电波传播与天线》、《电源》、《无线电通信设备的维修》、《无线电导航仪器》、《探鱼仪及其维修与使用技术》九个分册组成。

该丛书主要针对具有中等文化程度的电子技术人员，力求内容系统全面，且理论联系实际，以提高理论水平和使用维修电子设备的实际技能为目的，而着重叙述电路的基本工作原理、物理概念和基本计算方法，并在此基础上介绍电

子设备的测试、使用和维修的方法。为了学好这套教材，读者应具有初中以上程度的物理、数学和电工原理知识，在系统学习基础部分后，根据自己所从事的工作，选学有关的各个分册。在学习过程中，希望读者尽可能将学到的理论与实际结合起来，学以致用。

我们组织编写这套丛书是初步尝试，由于该丛书涉及面广，加上经验不足，时间匆促，不当之处难免，欢迎读者提出指正。

该丛书在编写过程中，得到了上海交通大学、福建省电子研究所、福建省广播电视厅、上海海运局、上海无线电二厂、海洋出版社，以及水产系统有关同志的大力支持。在此，我们对所有为该丛书出版付出辛勤劳动的同志一并致以谢意。

农牧渔业部渔政渔港监督管理局

一九八六年一月于北京

目 录

第一章 整流、滤波与稳压电源.....	(1)
第一节 整流电路	(2)
一、半波整流电路	(2)
二、全波整流电路	(5)
三、桥式整流电路	(8)
四、几种整流电路 的比较.....	(11)
五、倍压整流电路.....	(13)
第二节 滤波器	(17)
一、电容滤波器.....	(17)
二、电感 滤波器.....	(24)
三、复式滤 波器.....	(25)
第三节 晶体管直流稳压电源.....	(31)
一、硅稳压管稳压器.....	(31)
二、串联型负反馈 稳压电路.....	(35)
三、串联型负反馈稳压电路 的简单计算.....	(42)
四、串联型负反馈稳压器的调整.....	(47)
复习思考题	(50)
第二章 可控硅整流器	(51)
第一节 可控硅元件	(51)
一、可控硅的工作 原理.....	(53)
二、可控硅的 伏安特性与电压定额.....	(55)
三、可控硅 的电流定额与温升.....	(59)
四、控制极特性及触发电 压、电流与功率.....	(64)

第二节 可控整流	(69)
一、单相半波可控整流	(69)
二、全波可控整流	(78)
三、单向桥式可控整流	(82)
第三节 触发电路	(96)
一、单晶体管及其触发电路	(97)
二、三相半控桥的触发电路	(107)
三、晶体管触发电路	(110)
第四节 可控硅的串并联与保护	(115)
一、可控硅的并联应用	(117)
二、可控硅的串联应用	(119)
三、可控硅的过电流保护	(120)
四、可控硅的过电压保护	(122)
复习思考题	(128)
第三章 化学电池	(129)
第一节 原电池	(129)
一、原电池的工作原理	(129)
二、极化现象和去极剂	(130)
三、化学电动势和容量	(131)
第二节 干电池	(131)
一、锰干电池	(132)
二、空气干电池	(138)
三、电池的联接	(138)
第三节 酸性蓄电池	(141)
一、移动式铅蓄电池的结构	(142)
二、工作原理	(148)
三、电解液的选择与配制	(152)
四、铅蓄电池的参数	(163)
五、移动式酸性蓄电池的充放电与维护	(171)

第四节 碱性蓄电池	(173)
一、铁镍蓄电池和镍镉蓄电池的工作原理	(174)
二、铁镍蓄电池的构造	(175)
三、镍镉蓄电池的构造	(176)
四、碱性蓄电池电解液的性质及配制	(178)
五、碱性蓄电池的特性	(183)
六、碱性蓄电池的使用与维护	(186)
七、银锌蓄电池	(190)
复习思考题	(194)
第四章 变换器与变流机	(196)
第一节 晶体管直流变换器	(200)
一、单端晶体管直流变换电路	(203)
二、饱和式推挽晶体管直流变换电路	(218)
三、非饱和式晶体管推挽变换电路	(234)
四、桥式晶体管直流变换电路	(236)
五、他激式晶体管直流变换电路	(240)
六、电路反馈式晶体管直流变换电路	(242)
七、晶体管直流变换器电路的设计方法	(245)
第二节 可控硅逆变器	(251)
一、简单并联逆变电路	(253)
二、改进型并联逆变电路	(257)
三、桥式并联逆变电路	(272)
四、三相逆变电路	(281)
五、可控硅串联逆变器	(295)
六、逆变器输出波形的改善	(302)
第三节 变流机	(317)
一、直流-直流变流机	(317)
二、直流-交流变流机	(327)
复习思考题	(330)

第一章 整流、滤波与 稳压电源

在日常生活、生产以及科学实验中，使用直流电源供电占很大比重，特别是有些项目如通讯、导航以及助渔仪器等，均非使用直流电源不可。但是，市电网供给的都是交流电，而不是直流电，因此就产生了如何把交流电源变为直流电的问题。一种经济效益高，同时又简便的解决办法是利用电子管二极管或晶体二极管，构成整流器把交流电加以“整流”变为脉动直流电，再通过由电容、电感等元器件组成的滤波电路，使脉动直流电的波形变得比较平滑，从而得到波动很小的直流电。但是电网电压和负载电流的变化，都会影响整流器输出电压的高低，因而这样所得到的直流是不够稳定的。然而，在许多电子仪器的设备里，不仅要求输出的直流电压非常稳定，同时要求波纹系数也很小（亦即波动很小）的直流电源。所以，通常在滤波器后面再加接一个直流稳压器来达到这一目的。这样，直流稳压电源的主要部分应该包括整流器、滤波器和稳压器三大部分，如图1-1所示。

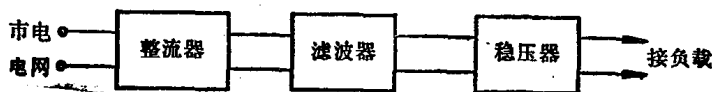


图1-1 直流稳压电源的组成

电子管二极管整流器,由于电子管的热丝电流很大,不仅无谓的消耗许多能量,同时使整流器的温度很高,体积庞大笨重,因而近年来,已逐渐由晶体二极管整流器所代替。由晶体管组成的直流稳压电源要比蓄电池、干电池、直流发电机等直流供电装置简单、经济、方便、质量高,因而得到了广泛应用。

下面就整流、滤波、稳压这三大部分逐一讨论。

第一节 整 流 电 路

在无线电基础中得知,晶体二极管具有单向导电特性,

即外加正向电压导电,外加反向电压不导电,它的伏安特性如图 1-2 所示。整流电路就是利用二极管的单向导电特性,把交流电变为直流电的。

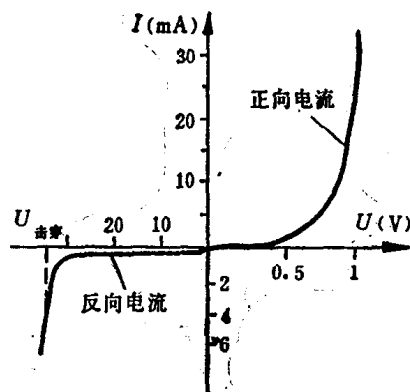


图1-2 二极管伏安特性

整流二极管 D, 负载 R_L 组成, 如图 1-3 所示, 图中 $e_s = \sqrt{2} E_s \sin \omega t$ 是一个以正弦规律变化的电压。

一、半波整流电路

半波整流电路是整流电路中最简单的一种, 它是由变压器 B,

(一) 工作原理

在 e_2 的正半周 ($0-\pi$) 时间内, 变压器的上端为正, 下端为负, 这时二极管 D 受正向电压作用而导通。因为 D 导通时压降很小, 所以负载 R_{fz} 上得到的电压 U_{fz} 与变压器次级电压 e_2 几乎相等, 负载电流 i_{fz} 的大小由负载 R_{fz} 决定。

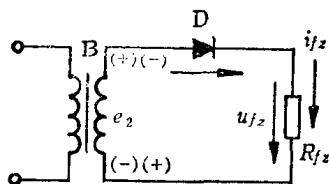


图1-3 半波整流电路

在 e_2 的负半周 ($\pi-2\pi$) 期间, 此时变压器次级上端为负, 下端为正, 这时二极管 D 受反向电压作用而截止, 因此负载上没有电流流过, e_2 电压全部加在二极管 D 上, 波形如图 1-4 所示。

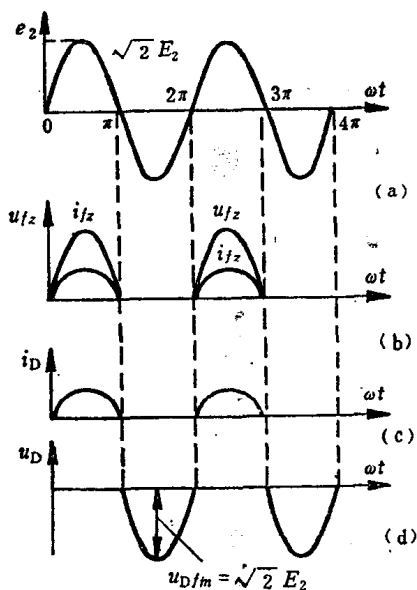


图1-4 半波整流电路的波形图

象被截掉了一半一样。尽管它的大小还随着时间变化, 但它

以后不断地重复上述过程。电路中二极管 D 就好象一个电子开关一样, 正半周自动打开, 负半周自动关闭。虽然变压器次级的电压是正负变化的交流电, 但由于二极管的单向导电特性, 所以负载 R_{fz} 上得到的电压和电流就

的方向却不改变了，因此我们称它为脉动直流电。

这种整流电路只有在交流电正半周时才有电流流过 R_{fz} ，而在负半周没有电流流过，故称为半波整流电路。

(二) 负载上直流电压和直流电流的计算

首先应该指出，以下计算都是假定负载为纯电阻，如果负载是容性或感性的，则计算要作变动。

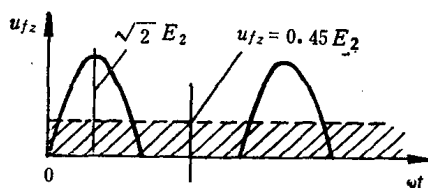


图1-5 脉动直流电压平均值

半波整流后得到的脉动直流电中包含有直流分量和交流分量，从电工学我们已经知道，直流电压的大小等于脉动直流电压在整个周期的平均值。如图1-5所示

的波形是半波整流后在负载 R_{fz} 上取得的脉动直流电压的波形，其平均值相当于把脉动部分切割下来填补在空白处直至填平为止而得到的。所以半波整流后负载上取得的直流电压：

$$\bar{U}_{fz} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} E_2 \approx 0.45 E_2 \quad (1.1)$$

流过负载的直流电流为

$$\bar{I}_{fz} = \bar{U}_{fz} / R_{fz} = 0.45 E_2 / R_{fz} \quad (1.2)$$

(三) 整流元件参数的计算

在半波整流中流过二极管D的平均电流等于流过负载 R_{fz} 的直流电流：

$$I_D = \bar{I}_{fz} = 0.45 E_2 / R_{fz} \quad (1.3)$$

在二极管截止时承受的最大反向电压 U_{Dfm} 就是 e_2 的最大值，即

$$U_{Dfm} = \sqrt{2} E_2 \quad (1.4)$$

根据 I_D 、 U_{DFM} 我们就可选择二极管了。考虑到电网电压的波动和其他因素，所选用的二极管最高反向工作电压和最大整流电流要比计算值大，以便留有一定的余量确保二极管的安全。

(四) 特点

半波整流的优点是线路简单，元件节约。但其缺点不少，如电源利用率不高，电源电压只有半个周期被利用，输出直流分量小（还不到变压器次级电压的一半），脉动大。同时因为直流分量也通过变压器次级，容易发生磁饱和，为了防止磁饱和则相应地要增加铁心截面积，从而降低了变压器的利用率。由于半波整流存在上述缺点，所以只在小电流以及对直流中包含有交流分量要求不高的场合才采用。

二、全波整流电路

对于要求效率高，脉动小的场合，采用全波整流电路就能克服半波整流的上述缺点。

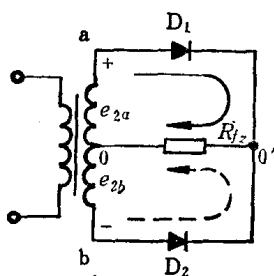


图1-6 全波整流电路

单相全波整流电路是由两个单相半波整流电路合起来组成的，如图 1-6 所示。但要求变压器的次级线圈应有一个中心抽头，所以在变压器次级输出的电压 e_{2a} 与 e_{2b} 大小相等，但方向相反（相对于变压器的中心抽头 0 点而言），即

$$e_{2a} = -e_{2b} = \sqrt{2} E_2 \sin \omega t$$

(一) 工作原理

在 $0-\pi$ 时间内，对于变压器中心抽头 0 点， e_{2a} 为正， e_{2b}

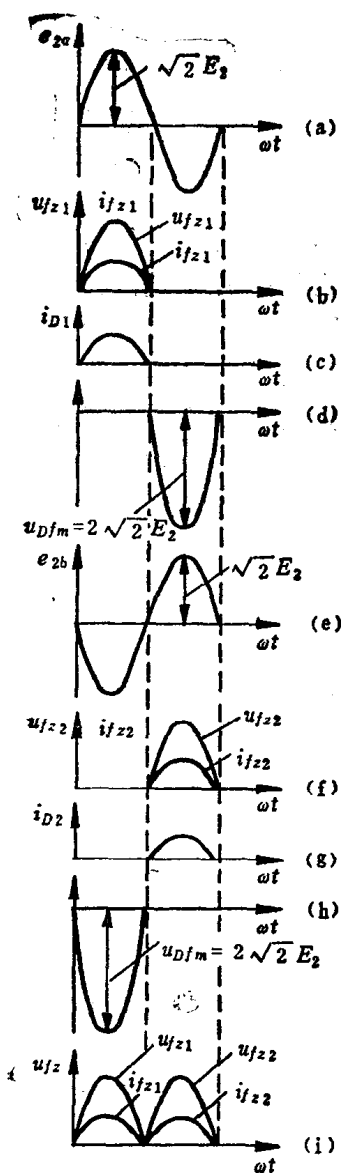


图1-7 全波整流电路的波形图

为负， D_1 导通，电流经 D_1 、 R_{fz} 流回到变压器中心抽头 0 点 (如图1-6实线所示)。负载 R_{fz} 上有半波整流电流流过， $i_{fz1} = i_{D1}$ 。其两端的整流电压为 $U_{fz1} = U_{2a}$ 。这时 D_2 处于反向电压而截止。

在 $\pi - 2\pi$ 时间内，此时 e_{2b} 为正， e_{2a} 为负，则 D_2 导通，电流经 D_2 、 R_{fz} 回到 0 点 (如图1-6虚线所示)。负载上又得到半波整流电流， $i_{fz2} = i_{D2}$ 。其整流电压为 $u_{fz2} = e_{2b}$ 。这时 D_1 因反向电压作用而截止。

此后重复上述过程。由此可见，全波整流电路的两只二极管是轮流工作的，在负载上得到的电压和电流波形如图1-7所示。图中

(a) 变压器次级电压 e_{2a} 的波形；

(b) D_1 导通时在 R_{fz} 两端的电压 u_{fz1} ，和流过的电流 i_{fz1} 的波形；

(c) 流过二极管 D_1 的

电流 i_{D1} 的波形;

(d) 二极管 D_2 上的电压 u_{Df2} 的波形;

(e) 变压器次级电压 e_{2b} 的波形;

(f) D_2 导通时在 R_{fz} 两端产生的电压 u_{fz2} 和流过的电流 i_{fz2} 的波形;

(g) 流过二极管 D_2 的电流 i_{D2} 的波形;

(h) 二极管 D_1 上的电压 u_{Df1} 的波形;

(i) 负载 R_{fz} 上的电压 u_{fz} 和电流 i_{fz} 的波形。

(二) 负载上直流电压和电流的计算

比较图1-7(i)和图1-4(b)可知, 全波整流电路输出的直流电流在两个半周内都有, 而且是同一方向的; 所以全波整流电路输出的直流成分比半波整流电路要高一倍, 因此, 可以得到:

$$\text{直流电压} \quad \bar{U}_{fz} = 0.9E_2 \quad (1.5)$$

$$\text{直流电流} \quad \bar{I}_{fz} = 0.9E_2 / R_{fz} \quad (1.6)$$

(三) 整流元件参数的计算

在全波整流时, 两只二极管 D_1 和 D_2 是轮流导通的, 所以流过每个二极管的电流均为负载电流的一半, 即

$$I_D = \frac{1}{2} \bar{I}_{fz} \quad (1.7)$$

二极管所承受的最大反向电压可这样计算:

因为二极管 D_1 导通时二极管 D_2 不导通, 若 D_1 是理想的二极管(即不考虑它的管压降, 它的正向电阻为零), 这时 0 点与 a 点同电位, 加在二极管 D_2 上的反向电压, 就是 a 点与 b 点间的电压, 所以二极管承受的反向电压最大值

$$U_{Dfm1} = U_{Dfm2} = 2\sqrt{2}E_2 \approx 2.82E_2 \quad (1.8)$$

(四) 特点

全波整流时, 二极管 D_1 、 D_2 轮流导通, 交流电的正、负半周都被利用, 因而直流输出比半波整流时增加了一倍, 直流输出的脉动也要比半波整流时小得多, 变压器的利用率也比半波整流时高, 也不存在半波整流中的直流磁饱和现象。它的缺点是整流元件所承受的反向电压增加了一倍, 因此对整流元件的要求提高了。另外, 变压器次级线圈需要中心抽头, 而且圈数要增加一倍。

三、桥式整流电路

单相桥式整流电路是由四个整流二极管所组成, 其电路接成一个电桥形式, 故称为桥式整流电路。

图1-8(a)所示是桥式整流电路, 在桥式整流电路的负载 R_{LZ} 上, 不论正负半周都有电流通过, 所以是一种全波整流电路, 也可画成如图1-8(b)、(c)的形式。

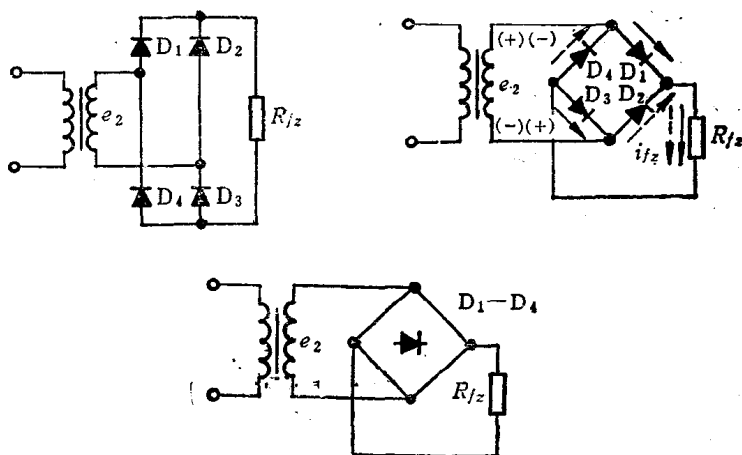


图1-8 桥式整流电路

(一)工作原理

若在正半周, 变压器次级 t_2 的a点电位为正, b点电位为负, 这时 D_1 、 D_3 导通, 电流从变压器次级a经 D_1 、 R_{fz} 、 D_3 , 回到变压器次级b, 如图1-8(a)中实线所示。在负载 R_{fz} 上得到半波整流电压。

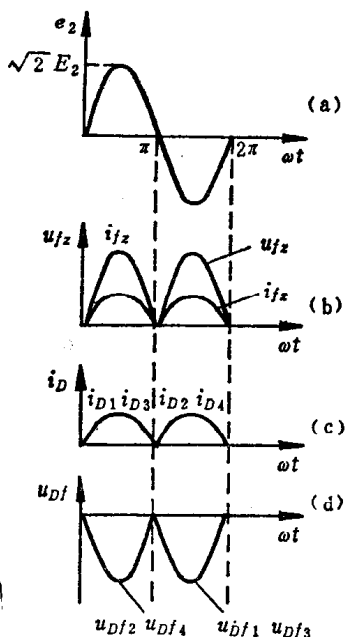


图1-9 桥式整流电路的波形图

(a) $e_2 = \sqrt{2} E_2 \sin \omega t$ 的波形, (b) 负载 R_{fz} 的电压 U_{fz} 和电流 i_{fz} 的波形, (c) 流过二极管的电流 i_D 的波形, (d) 二极管上反向电压 U_{Df} 波形

在负半周, 变压器次级 e_2 的a点电位为负, b点电位为正, 这时 D_2 、 D_4 导通, 电流从变压器次级b经 D_2 、 R_{fz} 、 D_4 回到变压器次级a, 如图1-8(a)中虚线所示。同样在负载 R_{fz} 上得到半波整流电压。

如此重复, 在负载 R_{fz} 上所得到的如图1-9(b)所示的全波电压和全波电流。

(二)负载上直流电压和电流的计算

直流电压

$$\overline{U_{fz}} = 0.9 E_2$$

直流电流

$$\overline{I_{fz}} = 0.9 E_2 / R_{fz}$$

(三)整流元件参数的计算

算

在桥式整流电路中, 二极管 D_1 、 D_3 和 D_2 、 D_4 是轮流导通的, 所以流过每个二极管的电流均为负载电流的一半;

$$I_D = \frac{1}{2} I_{fz} = 0.45 E_2 / R_{fz} \quad (1.9)$$

现在再来讨论二极管在截止时所承受的反向电压(参看图1-10)。如在 $0-\pi$ 时间内, A点电位为正, B点电位为负,

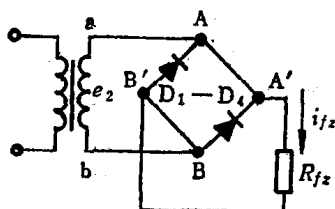


图1-10 D_1 、 D_3 导通时等效电路

D_1 、 D_3 导通, 其导电时压降很小, 可以忽略, 这时 e_2 的A点正电压同时加到 D_2 、 D_4 的负极, e_2 的B点负电压也同时加到 D_2 、 D_4 的正极。所以, 二极管 D_2 、 D_4 受到最大

反向电压就是 e_2 最大值: 即

$$U_{Dfm} = \sqrt{2} E_2 \quad (1.10)$$

同理, 在 $\pi-2\pi$ 时间内, 二极管 D_1 、 D_3 也将受到同样大小的反向电压。

(四) 特点

桥式整流电路的整流效率和直流输出与全波整流电路相同, 变压器利用率高且无需中心抽头, 体积可做小, 元件耐压也比全波低一半。但是整流元件需要四个。

(五) 纹波系数 r 的计算

由于负载上的输出电压是脉动直流, 也就是说直流成分中还包含有交流分量, 交流分量越大, 波动程度越大, 一般用纹波系数(又叫波纹百分数) r 来衡量脉动直流电的波动程度。其定义是:

$$r = \frac{\text{输出电压的交流分量有效值}}{\text{输出电压的直流分量}} = \frac{\tilde{U}_{\cdot z}}{\bar{U}_{\cdot z}} \quad (1.11)$$