

高等学校教材

工业电子学习题集

李士雄主编

高等教育出版社

高等学校教材



工业电子学习题集

李士雄主编

高等教育出版社

本书主要是供学习“工业电子学”、“电子技术基础”、“电子电路基础”等课程的电机类、自动控制类、计算技术类等专业的学生使用，也可以供学习无线电电子学和类似课程的学生以及有关工程技术人员参考。

本书包括有关整流器、放大器、正弦振荡器、脉冲电路、半导体三极管电路等方面的概念题、图解题、分析题、计算题，以及少数设计题。全书约包括 250 道习题，另附有 30 余道例题。题目有难有易，类型比较齐全，全部题目均经过验算，大部分题目附有答案。题目按章按节分类，以便查考。

本书第一章由衣承斌编选，第二、三章由万才春编选，第四、五章由陆庭恕编选，第七、八章由江正战编选，第六、九、十章由李士雄编选，第十一章由 娄良京 编选，第十二章由邵长青编选。

本书由华中工学院汤之璋、康华光等审阅，并经高等工业学校电工课程教材编审委员会工业电子学课程教材编审小组复审通过。

工业电子学习题集

李士雄主编

北京市书刊出版业营业许可证出字第 119 号

高等教育出版社出版(北京景山东街)

上海新华印刷厂印装

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 K15010·1194 开本 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张 6 $\frac{11}{16}$ 插页 1

字数 155,000 印数 0,001—5,000 定价(7) ¥ 0.80

1965 年 12 月第 1 版 1965 年 12 月上海第 1 次印刷

序

工业电子学教材编审小组要我们负责编选一本工业电子学习题集,供教学参考之用。为了贯彻“少而精”的原则,本稿曾经过几次反复整理和修改,才成为现在这本习题集。

这本习题集,主要是从培养学生的解题能力,检验他们掌握理论、运用理论的程度的角度来编选的。附带地也希望达到丰富学生知识,开拓学生眼界,以及理论联系实际等目的。在选题和安排时,我们力图做到由浅入深,由近及远。因此从全书来看,前面基本部分几章的题目比较容易些,后面几章的题目就比较难些。在每章每节中,也都体现了这种精神。但是由于我们的学识有限,在这些方面还都做得很不够。

全书共有 285 题,其中例题占 33 题。题目包括有概念题、推导证明题、计算题、作图题和应用题(包括少量较简单的设计题)。每题又可能分成几个小题,以便使学生认识问题的全面,但不一定要全做。为了便于读者参考和查阅,我们把全书内容分成章,每章又分成若干小节,因此题号采取了三为数字,前两位分别为章、节号,后一位为序号。难题前都注有星号。题目全部都经过核算。大部分习题都附有答案,置于全书之末,以便读者核对。书中插图共有 360 余幅,一律按国家标准电工系统图图形符号 GB 312-64 绘制的。公式中所用符号,亦按照国家标准的规定。除一些国际通用的符号外,下标一律采用汉语拼音字母表示。

本书是配合我国目前出版的两本工业电子学试用教科书——沈尚贤主编的“工业电子学”和童诗白主编的“电子技术基础”使用的。因此全书的系统安排,采用的术语、符号大体上都和这两本书

一致。读者如欲了解有关理论,请参看该两书。

本书习题来源:一部分是由清华大学、西安交通大学、华中工学院、山东工学院、合肥工业大学等兄弟学校的工业电子学教研组或教学小组供给的,一部分是我院工业电子学教学小组在多年教学过程中积累起来的。

本书是集体工作的成果。参加各章编选工作的有衣承斌、万才春、陆庭恕、江正战、姜良京、邵长菁、李士雄等人。

在本书的编选过程中,承西安交通大学沈尚贤、蒋大宗,清华大学童诗白,华中工学院汤之璋、康华光,吉林工业大学吴存亚等先生的热忱关怀,并提出许多宝贵意见,复承华中工学院汤之璋及其他同志多次审阅,指出错误和缺点,提供很多意见,全书大部分插图承我院徐海泉同志描绘。编者谨在此对他们表示诚挚的感谢!

由于我们的学识和经验不够,工作粗糙,本书的缺点和错误一定不少,希望读者不吝批评和指正。来信请寄北京景山东街高等教育出版社转。

编者

1965年3月于南京工学院

本书常用符号一覽表

a	电子管的阳极。		率, 对应于 $M=1.414$ 。
B	变压器。	G	电子管。
BG	半导体管。	g	电子管的栅极; 电导。
b	半导体三极管的基极。	h	半导体三极管的混合参数。
C_{fz}	负载电容。	$\bar{I}_a$	阳极电流平均值。
C_{oh}	(级间)耦合电容。	I_{amax}	阳极电流最大值。
C_{qo}	去耦(滤波)电容。	I_{amin}	阳极电流最小值。
C_{zo}	总电容。	I_{cbk}	(半导体三极管)集电极反向截止电流(又称集电极反向饱和电流)(发射极开路)。
C_{zp}	装配电容。	$\bar{I}_{fz}$	(整流器中)负载电流的平均值。
c	半导体三极管的集电极。	I_{lj}	(具有 Γ 形滤波的整流器的)临界电流。
D	二极管(包括电子管、离子管、半导体管)。	i_{cd}	(电容器的)充电电流。
D_{lx}	理想二极管。	i_{fd}	(电容器的)放电电流。
E	电源电压(书中的 E , 包括有脚注的, 均取绝对值, 其极性则注明于图中)。	i_{fz}	负载电流的瞬时值。
$\tilde{E}$	交流电源电压的有效值。	K	放大倍数; 开关。
E_{g0}	截止栅压。	K_d	低频区的放大倍数。
$\tilde{E}_x$	信号电源电动势的有效值。	K_g	高频区的放大倍数。
e	半导体三极管的发射极。	K_i	电流放大倍数。
e_x	信号电源电动势的瞬时值。	K_{iq}	(半导体三极管放大器)起始级的电流衰减系数(即输入网络的衰减系数)。
e_{zs}	噪声电动势。	K_{iz}	(半导体三极管放大器)中间级的电流衰减系数(即级间衰减系数)。
f_d	(放大器通频带)低频区的频率。	K_p	功率放大倍数。
f_g	(放大器通频带)高频区的频率。	K_z	中频区放大倍数。
f_{sx}	(放大器通频带)的上限频率, 对应于 $M=1.414$ 。		
f_{xx}	(放大器通频带)的下限频率, 对应于 $M=1.414$ 。		

K_{β}	有反馈时的放大倍数。	r_{az}	电子管的折线内阻。
k	电子管的阴极; 变压器的变比。	r_g	电子管栅阴导电时的栅阴间内阻。
L_{gz}	高频阻流圈的电感。	S	脉动系数; 偏流不稳定系数。
M_d	低频区频率失真系数。	s	电子管的跨导。
M_g	高频区频率失真系数。	$\tilde{U}$	交流电压有效值。
M_{sx}	下限频率时的频率失真系数。	U_{ad}	电子管导电时的管压降。
M_{xx}	上限频率时的频率失真系数。	U_{afmax}	最大反向电压。
m	绕组的相数。	U_{aj}	电子管截止时的管压降。
N	绕组的匝数。	U_{aQ}	Q 点的管压降。
n	放大器的级数。	$\bar{U}_{fz}$	负载电压的平均值。
P_{sc}	输出功率。	U_{sc0}	空载输出电压。
P_{sr}	阳极供电电源输入的功率。	U_x	线电压有效值。
P_x	信号供给的功率。	u_{cd}	电容充电时的瞬时电压。
q	纹波因数。	u_{fd}	电容放电时的瞬时电压。
$\tilde{R}_a$	阳极交流负载电阻。	u_{sc}	输出电压瞬时值。
R_b	变压器绕组的电阻。	u_{sr}	输入电压瞬时值。
R_{fz}	负载电阻。	u_x	信号电压。
R_{lb}	滤波电阻。	u_{z1}	整流电压的瞬时值。
R_n	内阻。	β_{qC}	电容滤波的滤波系数。
R_{q0}	去耦(滤波)电阻。	γ	频率失真系数。
R_{sc}	输出电阻。	η_b	变压器效率。
R_{sr}	输入电阻。	ω_d	低频区的角频率。
R_{srz}	中间级的输入电阻。	ω_g	高频区的角频率。
R_{zo}	中频区的总阳极电阻。	ω_{sx}	上限角频率。
r_a	电子管的微变内阻。	ω_{xx}	下限角频率。
$\bar{r}_a$	电子管的平均内阻。	τ_{cd}	充电回路的时间常数。
		τ_{fd}	放电回路的时间常数。

目 录

序.....	vii
本书常用符号一览表.....	ix
第一章 小功率不控整流.....	1
1.1. 真空二极管及其单向导电性.....	1
1.2. 整流电路的接线方式及纯阻整流电路.....	2
1.3. 具有简式滤波器的整流电路.....	6
1.4. 具有复式滤波器的整流电路.....	9
第二章 大功率不控整流.....	17
2.1. 三相半波整流电路.....	17
2.2. 六相半波和三相桥式电路.....	21
2.3. 三相复式电路.....	22
第三章 可控整流.....	23
3.1. 基本控制方式及单相半波电路.....	23
3.2. 单相全波及多相可控整流电路.....	28
第四章 放大电子管及放大电路的基本分析方法.....	31
4.1. 真空多极管特性及其放大作用.....	31
4.2. 图解法.....	32
4.3. 微变等效电路法.....	40
4.4. 折线等效电路法.....	47
第五章 阻容耦合低频电压放大器.....	50
5.1. 各元件的作用和放大器的输入、输出阻抗.....	50
5.2. 放大倍数、非线性失真和频率失真.....	51
5.3. 放大器中的频率补偿.....	55
第六章 低频功率放大器.....	57
6.1. 单边功率放大电路.....	57
6.2. 推挽功率放大电路.....	65
第七章 放大电路中的反馈.....	78
7.1. 反馈的基本概念及其对放大器性能的影响.....	78

7.2. 阴极输出放大器·····	82
7.3. 一些典型的反馈电路·····	89
第八章 直流放大器 ·····	97
8.1. 级间耦合问题和分压器耦合放大器·····	97
8.2. 差动放大器·····	99
8.3. 串接放大器和阴极补偿电路·····	109
8.4. 稳压电路·····	115
第九章 相敏放大器 ·····	119
9.1. 相敏放大器的特点和单管相敏电路·····	119
9.2. 差动相敏电路·····	121
9.3. 推挽相敏放大器·····	122
第十章 电子管正弦振荡器 ·····	124
10.1. LC 振荡器·····	124
10.2. RC 振荡器·····	129
10.3. 其他某些典型振荡电路·····	137
第十一章 脉冲电路 ·····	141
11.1. 微分和积分电路·····	141
11.2. 限幅和箝位电路·····	145
11.3. 自由多谐振荡器·····	151
11.4. 单稳多谐振荡器·····	157
11.5. 双稳多谐振荡器·····	159
11.6. 锯齿形波电压发生器·····	163
第十二章 半导体三极管电路 ·····	167
12.1. 半导体三极管电路的放大作用及图解分析·····	167
12.2. 半导体三极管参数, 微变等效电路及直流偏置电路·····	169
12.3. 半导体三极管低频放大器·····	172
12.4. 正弦波振荡器·····	179
12.5. 脉冲电路·····	180
附录 1. 单相电容滤波整流电路的工程计算曲线 ·····	183
附图 1.1. 半波整流电路输出直流电压(负载平均电压)与电路参数的 关系曲线·····	183
附图 1.2. 全波整流电路输出直流电压(负载平均电压)与电路参数的 关系曲线·····	184
附图 1.3. 单相电容滤波整流电路的纹波因数与电路参数间的关系曲线·····	184

附图 1.4. 单相电容滤波整流电路中变压器副绕组电流有效值和通过整流器 件最大电流值与电路参数的关系曲线·····	185
附录 2. 相敏放大整流器的计算图表·····	186
附录 3. RC 电路暂态响应的求法及 RC 电路充放电曲线·····	187
附录 4. 本书中常用到的我国电子管型号与外国型号 对照表·····	192
附录 5. 本书中常用到的电子管特性曲线·····	193
附录 6. 本书中常用到的半导体三极管特性曲线·····	197
附录 7. 习题答案·····	199

第一章 小功率不控整流

1.1. 真空二极管及其单向导电性

1.1.1 某真空二极管, 阴极最大发射电流为 35 毫安, 在空间电荷作用下, 阳极电流和阳极电压的关系为 $i_a = Au_a^{3/2}$ 。现设 $u_a = 5$ 伏时, $i_a = 20$ 毫安, 试求 (1) $u_a = 20$ 和 -5 伏时 i_a 的值; (2) $i_a = 5$ 毫安时的 u_a 、微变内阻 r_a 和直流内阻 $\bar{r}_a$ 的值。

1.1.2 设真空二极管的特性如图 1.1, b 所示, (1) 求图 1.1, a 电路中的电流;

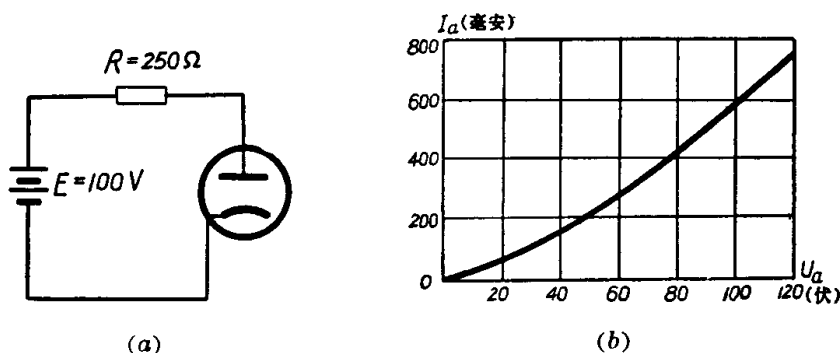


图 1.1

(2) 若以 $e = 100 \sin \omega t$ (伏) 代替原来的直流电压, 试绘出电路中的电流波形。

1.1.3 图 1.1, a 中, 已知真空二极管的额定阳极损耗功率为 5 瓦, 但 $E = 200$ 伏, $R = 1000$ 欧, 阳极电流为 180 毫安。(1) 求二极管的阳极损耗功率和平均内阻, 并验算是否超过额定阳极损耗功率。(2) 降低灯丝电压, 并使真空二极管工作在阴极电子发射的饱和状态。设此时的阴极发射电流为 100 毫安, 求真空二极管的阳

极损耗功率和平均内阻。由此可得出什么结论?

1.1.4 图 1.2 电路中, $e = 150 \sin \omega t$ (伏), 真空二极管的内阻各为 200 欧。在下列情况下, 分别画出输出电压 u_{sc} 的波形: (1) K_1 闭合; (2) K_2 闭合; (3) K_1 和 K_2 同时闭合。

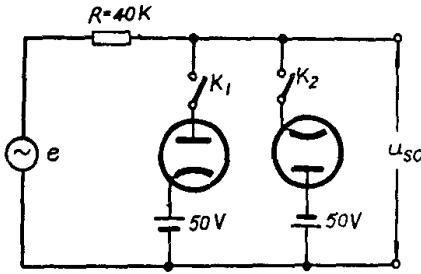


图 1.2

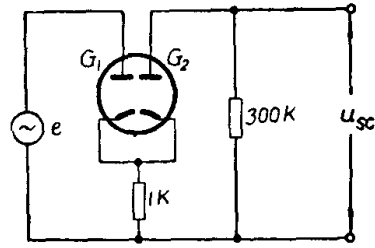


图 1.3

*1.1.5 利用真空二极管的初始电流, 设计成一种简单的方波发生器, 其电路见图 1.3。观察电路, 试说明其工作原理。又若真空二极管的初始电流为 0.001 毫安, $e = \sqrt{2} 6.3 \sin \omega t$ (伏), 求 u_{sc} 的幅值。

提示: 输入电压为正半周时, G_1 导电, G_2 截止。计算时, 电子管内阻可略去。

1.2. 整流电路的接线方式及纯阻整流电路

1.2.1 在图 1.4 所示的单相半波电路中, 设真空二极管的内

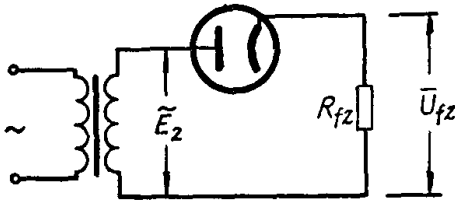


图 1.4

阻可以略去。今欲在 100 毫安直流电流时获得 300 伏的负载平均电压, 试决定: (1) 电源变压器副绕组电压的有效值 $\tilde{E}_2$; (2) 整流效率; (3)

纹波因数或脉动系数。又若电源变压器和真空二极管的内阻之和为 500 欧, 试求电源变压器副绕组的电压有效值。

1.2.2 把一个管压降为 10 伏(常数)的充气二极管接成单相

半波整流电路(图 1.5), 向一个 1000 欧的电阻负载 R_{fz} 提供功率。设电源变压器的副电压有效值 $\tilde{E}_2$ 为 325 伏, 求(1)充气二极管的起燃角 θ_1 和截止角 θ_2 ; (2)负载中电流的平均值和有效值; (3)从电网吸取的功率; (4)整流效率; (5)纹波因数或脉动系数。

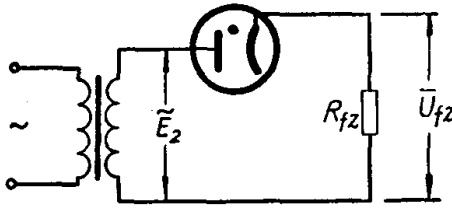


图 1.5

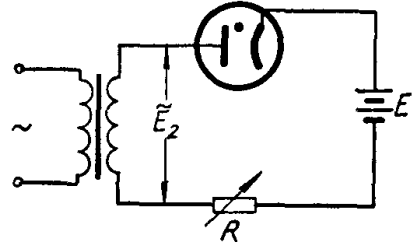
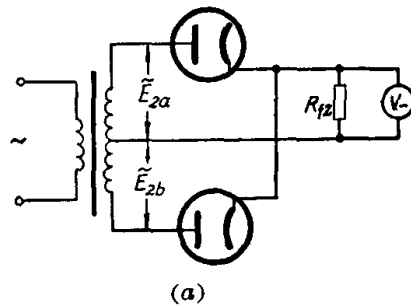
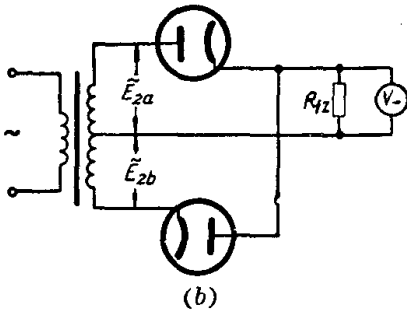


图 1.6

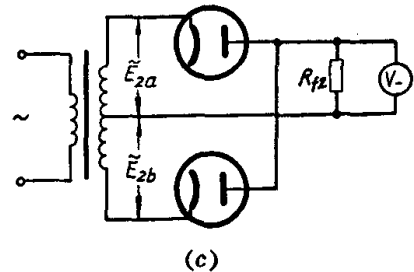
1.2.3 一个 24 伏的蓄电池组 E , 由充气二极管组成的单相半波电路充电, 如图 1.6 所示。充气二极管的定额: 最大反向电压为 110 伏, 管压降为 14 伏, 最大阳极电流为 9 安, 最大平均阳极电流为 3 安。电源变压器的副电压有效值 $\tilde{E}_2$ 为 50 伏。充电时用可变电阻 R 来限流。(1)绘出整流电流的波形; (2)欲使阳极电流不超过充气二极管的定额, R 应为多少? (3)充气二极管可能受到的反向电压为多少?



(a)



(b)



(c)

图 1.7

1.2.4 略去电源变压器和整流器件的内阻, 试指出图 1.7 三种不同接法的全波整流电路中直流伏特表的读数。

1.2.5 整流电路如图 1.8 所示。若 $\tilde{E}_{2a} = \tilde{E}_{2b} = 100$ 伏, $R_1 = 2R_2 = 2.4$ 千欧。设二极管的内阻忽略不计, 试求 $\bar{U}_{12}$ 及直流毫安表的读数。

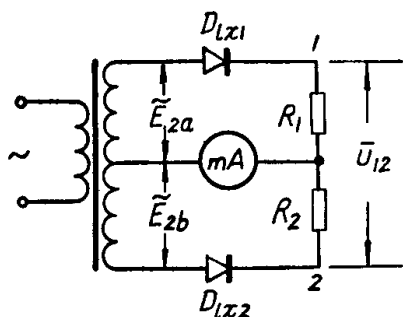


图 1.8

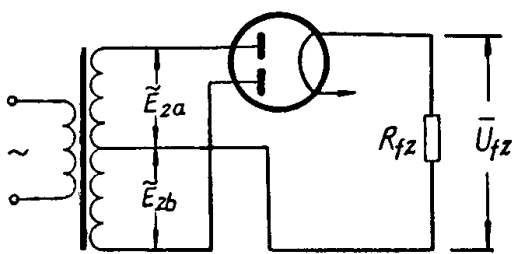


图 1.9

1.2.6 用 5Z2P 组成的单相全波整流电路如图 1.9 所示。已知管子导电时的内阻为 150 欧, 电源变压器每相内阻(包括原边折算至副边的电阻)为 200 欧, $\tilde{E}_{2a} = \tilde{E}_{2b} = 250$ 伏, $R_{tz} = 4$ 千欧。求负载平均电压 $\bar{U}_{fz}$ 。

1.2.7 图 1.9 中, 电源变压器副边每相绕组的内阻为 100 欧。电子管为 5Z3P, 其定额是: 最大反向电压为 1550 伏, 每管的最大电流为 675 毫安, 每管的平均电流为 112 毫安, 平均内阻为 150 欧。在获得最大输出整流功率的条件下, 试确定: (1) 电源变压器副电压有效值, (2) 负载电阻数值, (3) 从空载到满载的输出电压差值。

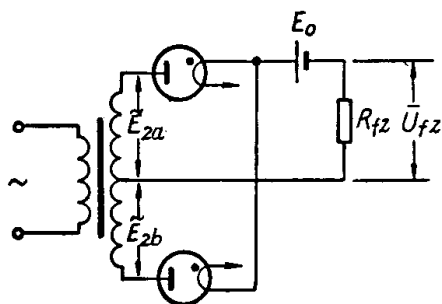


图 1.10

1.2.8 图 1.10 中, $e_2 = \sqrt{2} \tilde{E}_2 \sin \omega t$ 。(1) 若充气二极管导电时的管压降为 U_0 , 试求起燃角 θ_1 和截止角 θ_2 , 并导出负

载平均电流 $\bar{I}_{tz}$ 的表达式。(2)若把 E_0 看作待充电的电池, R_{tz} 看作限流电阻, 试求整流效率。(3)设充气二极管换以内阻为 $\bar{r}_a$ 的真空二极管, 试求起燃角和截止角。

1.2.9 用硒半导体整流器件接成单相桥式整流电路如图 1.11。电源变压器副电压有效值 $\tilde{E}_2=100$ 伏, 负载电阻 $R_{tz}=2$ 千欧。硒片的参数为: 最大反向电压 $U_{af\max}=18$ 伏, 容许平均电流 $\bar{I}_a=18$ 毫安。试求每臂上所需硒片的总数。

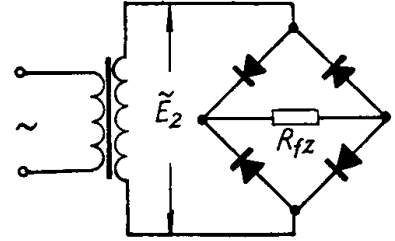


图 1.11

1.2.10 在同样的负载平均电压 $\bar{U}_{tz}$ 和负载平均电流 $\bar{I}_{tz}$ 的情况下, 单相全波电路和单相桥式电路相比较, 何者需要的硒整流片为多?

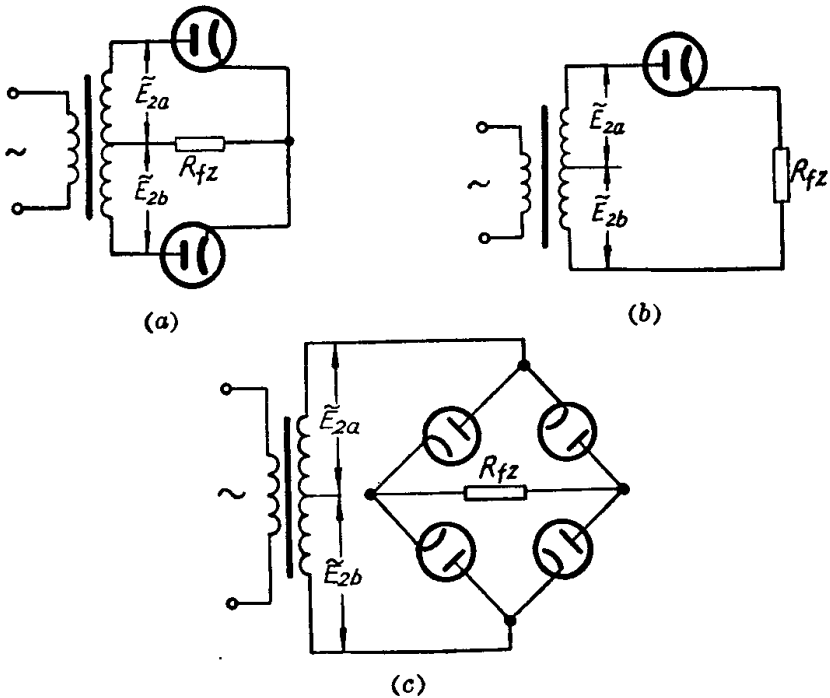


图 1.12

1.2.11 在图 1.12 的各个电路中, 所用的电源变压器相同, $\tilde{E}_{2a} = \tilde{E}_{2b} = 500$ 伏。略去电源变压器和整流器件的内阻, 试比较在相同的 R_{fz} 下的直流输出功率。

1.2.12 倍压电路如图 1.13, a。在输入电压 u_{sr} 为图 1.13, b、c 二种情况下, 分别求 C_1 、 C_2 、 C_3 上的稳态电压。

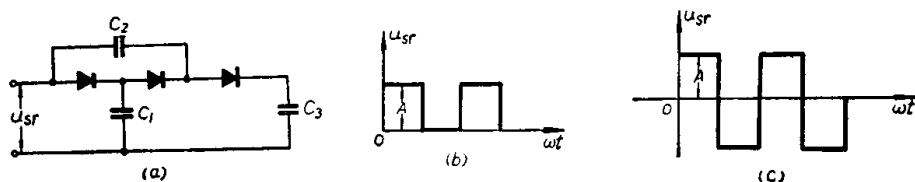


图 1.13

1.3. 具有筒式滤波器的整流电路

1.3.1 在图 1.14 的电路中, 设 $\tilde{E}_2 = 100$ 伏, $R_{fz} = 10$ 千欧, $C = 10$ 微法, 电源变压器及整流器件的内阻之和 $R_n = 400$ 欧, 电源频率 $f = 50$ 赫, 求负载上平均电压及纹波因数(或脉动系数), 并与无电容时相比较。

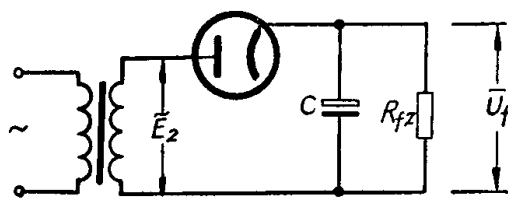


图 1.14

1.3.2[例] 已知图 1.15 的单相全波电容滤波电路中, $\tilde{E}_{2a} = \tilde{E}_{2b} = 300$ 伏, $\bar{r}_a = 250$ 欧, $C = 20$ 微法, $R_{fz} = 5$ 千欧, 电源变压器副边每相绕组的内阻 $R_b = 25$ 欧。要求: (1)用图表法计算

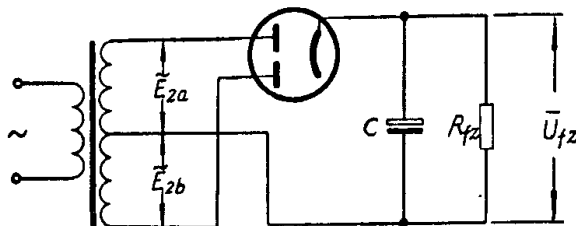


图 1.15

$\bar{U}_{tz}$ 、 $\bar{I}_{tz}$ 、 q (或 S)、 β_{qC} 以及 $\bar{I}_a$ 、 $I_{a\max}$ 、 $U_{af\max}$; (2) 从 5Z4P、5Z2P 和 6H2 中, 选择合适的电子管。

[解] (1) $\bar{U}_{tz}$ 、 $\bar{I}_{tz}$ 、 q 、 β_{qC} 、 $\bar{I}_a$ 、 $I_{a\max}$ 、 $U_{af\max}$ 的确定:

由题知, $R_b=25$ 欧, $\bar{r}_a=250$ 欧, $R_{tz}=5000$ 欧, $C=20$ 微法, $\tilde{E}_2=\tilde{E}_{2a}=\tilde{E}_{2b}=300$ 伏。故

$$R_n=\bar{r}_a+R_b=275 \text{ 欧},$$

$$\omega C R_{tz}=31.4$$

及

$$\frac{R_n}{R_{tz}}=0.055.$$

查附录 1(附图 1.2), 得 $\frac{\bar{U}_{tz}}{\sqrt{2} \tilde{E}_2}=0.84$ 。所以

$$\bar{U}_{tz}=0.84\sqrt{2} \tilde{E}_2=356 \text{ 伏},$$

$$I_{tz}=\frac{\bar{U}_{tz}}{R_{tz}}=0.071 \text{ 安}=71 \text{ 毫安}.$$

查附录 1(附图 1.3), 得 $q=\frac{\tilde{U}}{\bar{U}_{tz}}=0.02$,

故 $S=\frac{U_{1m}}{\bar{U}_{tz}}\approx\sqrt{2}q=0.028$,

$$\beta_{qC}=\frac{q'}{q}=\frac{0.48}{0.02}=24.$$

查附录 1(附图 1.4), 得 $\frac{I_{a\max}}{\bar{I}_a}=6$,

因 $\bar{I}_a=\frac{1}{2}\bar{I}_{tz}=\frac{1}{2}\times 71=35.5 \text{ 毫安},$

故

$$I_{a\max}=6\bar{I}_a=213 \text{ 毫安}.$$

最大反向电压

$$U_{af\max}=2\sqrt{2} \tilde{E}_2=2\sqrt{2}\times 300=845 \text{ 伏}.$$