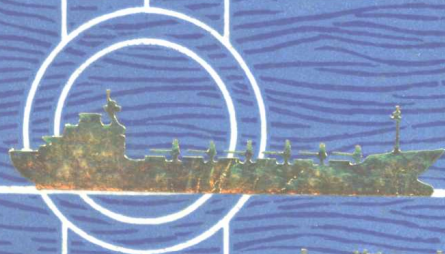


船舶电工手册

下册



上海人民出版社

船舶电工手册

下册

上海航道局 编

上海人民出版社

内 容 提 要

本书主要介绍半导体电路及其在船舶上的应用; 船舶辅助机械, 舵机, 起重、绞车装置, 锚机、绞盘装置, 电站装置的控制线路; 电机、电器、蓄电池等的维护和修理。

本书可供船电工人和技术人员参考。

船 舶 电 工 手 册

下 册

上海航道局 编

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海海峰印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 15 插页 5 字数 498,000

1975年11月第1版 1975年11月第1次印刷

统一书号: 15171·150 定价: 1.45 元

只限内部发行

目 录

第五章 半导体电路	1
第一节 电源电路	1
一、二极管整流电路	1
二、滤波电路	5
三、稳压电路	5
第二节 放大电路	12
一、放大器的分类、主要指标、名词术语	12
二、晶体三极管的放大作用	15
三、放大器中的负反馈	21
四、三种耦合方式	22
五、功率放大和直流放大	24
第三节 正弦波振荡电路	28
一、名词术语	28
二、产生并维持振荡的条件	29
三、各种自激振荡器	30
四、LC 振荡器	31
五、RC 振荡器	32
六、机械振荡器	35
第四节 脉冲电路	38
一、脉冲变换电路	38
二、脉冲产生电路	42
三、门电路	49
第五节 可控硅元件和主电路	52
一、可控硅元件	52
二、可控整流电路	60
三、可控硅有源逆变器	69
四、可控硅可逆电路	70
五、可控硅逆变器	72
第六节 可控硅的控制电路	75

一、阻容移相桥触发电路	75
二、单结晶体管触发电路	77
三、正交移相控制触发电路	79
四、用小可控硅触发大可控硅的触发线路	83
五、脉冲群输出触发电路	84
六、带有多谐振荡器的触发电路	85
七、带单稳态触发器的触发电路	86
八、带双稳态触发器的触发电路	87
九、可控硅电力拖动系统中的反馈	90
第七节 应用实例	91
一、3 瓦手提式扩声器	91
二、HP-1 航行灯控制箱	92
三、可控硅自动充电机	93
四、JD-333 船用起货机可控硅系统	97
五、轴带发电机调压装置	101
六、单相半波可控硅自激恒压发电机励磁调节系统	104
七、单相全波可控硅自激恒压发电机励磁调节系统	103
八、ZFX-1 型交流发电机分级卸载保护装置	109
九、自动舵可控硅整流装置	113
十、KKD-2 可控硅电动舵机	121
第八节 国产半导体器件	130
一、国产半导体器件型号命名法	130
二、国产半导体器件型号、规格、主要参数	132
第六章 常见线路	155
第一节 自动控制中的几种控制原则	155
第二节 船舶辅助机械的各种控制线路	156
一、辅助机械电力拖动要求	156
二、各种控制线路介绍	156
第三节 舵机系统的各种控制线路	182
一、舵机电力拖动的要求	182
二、几种舵机控制参考原理图	182
第四节 起重、绞车装置的各种控制线路	192

一、起重、绞车装置电力拖动的要求	192
二、各种控制线路介绍	192
第五节 锚机、绞盘装置的各种控制线路	222
一、锚机、绞盘装置电力拖动的要求	222
二、各种控制线路介绍	222
第六节 电站装置的各种控制线路	279
一、总配电板装置的要求	279
二、交流励磁线路介绍	280
第七节 其他	294
一、充放电装置的要求	294
二、副锅炉控制要求	294
三、几种参考原理图	295
第七章 电气设备的维修	303
第一节 船舶电缆敷设、熔丝及电缆的选择	303
一、船舶电缆敷设要求	303
二、熔片或熔丝的额定电流的选择	305
三、负荷电流的计算	305
四、选择和计算电网中电缆和导线的截面	306
五、电机、电缆、起动器的配套参考表	308
第二节 电机的维护和修理	326
一、电机的拆装	326
二、短路侦察器	327
三、简易临时短路侦察器	328
四、电机的常见故障及其处理方法	329
五、电机绕组的短路、开路及通地的检验	336
六、换向器的维修	342
七、电机用的绝缘材料	344
八、其他	348
(一) 调准直流电机中性面的几种方法	348
(二) 电刷应用时注意事项和故障	348
(三) 测量换向片片间电阻的简易工具	351
(四) 改变三相异步电动机极数的方法	352

(五) 电动机试验极数.....	352
(六) 中小型异步电动机定子导线电流密度的选择.....	353
(七) 漆包线线头除膜的方法.....	353
(八) 四氯化碳清洗电机绕组的配方.....	354
(九) 电机的几种简易干燥法.....	354
(十) 用电阻法测量电机绕组的温升.....	355
(十一) 几种单相小型异步电动机的比较.....	358
(十二) 直流电机接线图.....	358
第三节 电器检修的几点经验	364
一、硒整流器的使用、维护和检修.....	364
二、电抗起动器释放线圈烧坏及噪音过大的原因和处理	366
三、交流接触器的触头和短路环的修理	366
四、电器触头的维修	367
五、低压电器电磁线圈在不同电压下的换新	369
六、直流接触器电磁铁粘住故障的处理	369
七、CJ 系列交流接触器的检修.....	370
八、电流互感器及电压互感器的使用	371
九、JQL1 系列磁力起动器技术数据	373
第四节 蓄电池	379
一、蓄电池的种类和性能比较	379
二、酸性蓄电池	379
三、碱性蓄电池	387
第五节 其他	396
一、几种光源	396
二、风扇的修理	404
三、电钻的修理	406
四、电烙铁的修理	407
五、船用复激直流发电机改装为电焊发电两用机	407
六、相序检查器	410
七、快速洗轴承法	411
八、小型电动机轴承的应急修理	411
九、电动机转轴的轴颈处与滚珠轴承内圈配合较松的补救方法	411

十、验电笔的几种用法	412
十一、扩音机喇叭的配接	413
十二、聚氯乙烯套管编号用的墨水配制方法	418
附录	421
附录一 电工基本原理	421
一、电路元件	421
二、元件的联接	423
三、电路定律	426
四、正弦交流电的基本参数及表示方法	428
五、功率	431
六、三相交流电	431
七、磁场和电流的相互作用	433
八、电磁感应	434
九、变压器	436
十、直流发电机	438
十一、直流电动机	438
十二、同步发电机	440
十三、感应电动机	442
十四、特殊电机	443
附录二 船舶电气设备线路图常用图形符号	445
附录三 常用计量单位	459
一、力学单位	459
二、热学单位	460
三、电磁学单位	460
四、分单位和倍单位	462
五、常用的其他单位	462
六、单位换算	466
附录四 常用电工数据表	468
一、物质的电阻率	468
二、金属的电阻温度系数	470
三、物质的介电常数	471
四、常用热电偶的热电势	472

第五章 半导体电路

第一节 电源电路

利用交流供电的电源设备方框图如图 5-1 所示。



图 5-1 利用交流供电的电源设备方框图

一、二极管整流电路

(一) 半导体两极管的主要参数

1. 额定整流电流：管子长期工作允许通过的最大正向电流值。若电流超过此值，二极管可能过热损坏。大功率的二极管使用时装有散热片，同时管子不要在电路中不要装得和发热元件靠近。

2. 最大反向电压：二极管所能承受的反向电压峰值。如果超过这个电压，管子可能反向击穿失去单向导电特性。

3. 最高使用温度：管子使用时的最高环境温度。超过这个温度，二极管反向电流将大大增加，使单向导电性能变坏。

(二) 二极管的伏安特性曲线

见图 5-2。

由图可见，锗二极管正向压降较小而反向电流比硅二极管大得多（几十倍至几百倍）。

(三) 整流电路的主要参数

整流电路的主要参数见表 5-1。

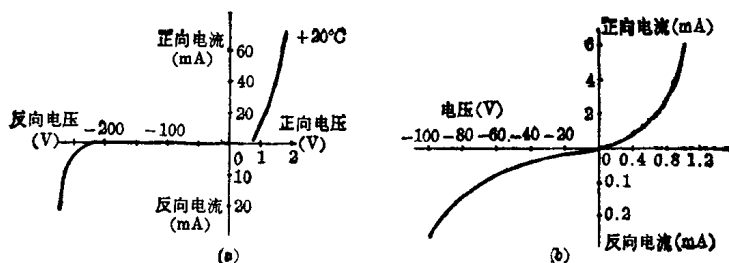


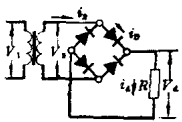
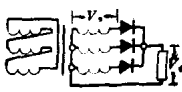
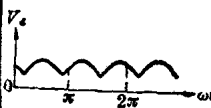
图 5-2 二极管伏安特性曲线

a—硅晶体二极管(2CP10~20); b—锗晶体二极管(2AP7)

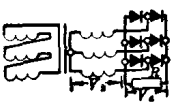
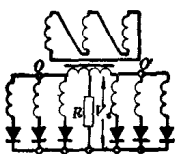
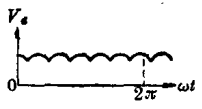
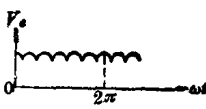
表 5-1 二极管整流电路的主要参数

电 路 类 型	负 载	单 相 半 波	单 相 全 波
线 路 图			
整 流 器 输 出 电 压 波 形			
负载平均电压 V_d	R	$0.45 V_2$	$0.9 V_2$
变压器次级相电压有效值 V_2	R, L	$2.22 V_d$	$1.11 V_d$
变压器次级相电流有效值 i_2	R	$1.57 I_d$	$0.785 I_d$
	L	$1.41 I_d$	$0.707 I_d$
整流二极管平均电流 I_D	R, L, C	I_d	$0.5 I_d$
整流二极管承受最大反向电压 V_{DM}	R, L	$3.14 V_d$	$3.14 V_d$
变压器次级的功率 (伏安)	R	$3.49 P_d$	$1.75 P_d$
	L	$3.14 P_d$	$1.57 P_d$
变压器次级的功率 (伏安)	R	$2.68 P_d$	$1.23 P_d$
	L	$2.22 P_d$	$1.11 P_d$

(续表 5-1)

电 路 类 型	负 载	单 相 桥 式	三 相 半 波
线 路 图			
整 流 器 输 出 电 压 波 形			
负载平均电压 V_d	R	$0.9 V_2$	$1.17 V_2$
变压器次级相电压有效值 V_2	R, L	$1.11 V_d$	$0.855 V_d$
变压器次级相电流有效值 i_2	R	$1.11 I_d$	$0.587 I_d$
	L	I_d	$0.578 I_d$
整流二极管平均电流 I_D	R, L, C	$0.5 I_d$	$0.33 I_d$
整流二极管承受最大反向电压 V_{DM}	R, L	$1.57 V_d$	$2.09 V_d$
变压器次级的功率 (伏安)	R	$1.23 P_d$	$1.51 P_d$
	L	$1.11 P_d$	$1.48 P_d$
变压器次级的功率 (伏安)	R	$1.23 P_d$	$1.24 P_d$
	L	$1.11 P_d$	$1.21 P_d$

(续表 5-1)

电 路 类 型	负 载	三 相 桥 式	三相双星带平衡电抗器
线 路 图			
整 流 器 输 出 电 压 波 形			
负载平均电压 V_d	R	$2.34 V_2$	$1.17 V_2$
变压器次级相电压有效值 V_2	R, L	$0.428 V_d$	$0.855 V_d$
变压器次级相电流有效值 i_2	R	$0.82 I_d$	$0.294 I_d$
	L	$0.82 I_d$	$0.289 I_d$
整流二极管平均电流 I_D	R, L, C	$0.33 I_d$	$0.17 I_d$
整流二极管承受最大反向电压 V_{DM}	R, L	$1.05 V_d$	$2.09 V_d$
变压器次级的功率 (伏安)	R	$1.05 P_d$	$1.51 P_d$
	L	$1.05 P_d$	$1.48 P_d$
变压器次级的功率 (伏安)	R	$1.05 P_d$	$1.05 P_d$
	L	$1.05 P_d$	$1.05 P_d$

说明: (1) 负载电流 $I_d = \frac{V_d}{R}$, 负载功率 $P = V_d I_d$, R 为负载电阻。

(2) 在小功率情况下(1千瓦以下), 宜采用单相桥式, 单相半波电路; 大功率时, 采用三相整流电路。

(3) 电感性负载时, 电路的关闭会产生瞬时过电压, 选择整流元件的反向最大电压需留有足够余地。容性负载时, 电路接通瞬间会产生很大充电电流, 选择整流元件时, 需在额定正向电流上留足够余量。容性负载时, 半波整流电路中, 整流元件承受最大反向电压也增高了(最大增高一倍), 选择整流元件应予考虑。

(4) 容性负载, 整流变压器伏安值应放大些。

[例 1] 要求输出为 110 伏 3 安的直流电源, 采用单相全波整流电路, 如何选择整流元件?

查表知道单相全波电路中二极管最大反向电压

$$V_{DM} = 3.14V_d = 3.14 \times 110 \approx 345.4 \text{ 伏。}$$

通过二极管的平均电流:

$$I_D = 0.5I_d = 0.5 \times 3 = 1.5 \text{ 安。}$$

所以选用二极管 2CZ12F, 其额定电流为 3 安, 最大反向电压为 500 伏。

[例 2] 上例中, 如果采用单相桥式电路, 如何选择整流元件? 查表得:

$$V_{DM} = 1.57V_d = 1.57 \times 110 = 172.7 \text{ 伏;}$$

$$I_D = 0.5I_d = 0.5 \times 3 = 1.5 \text{ 安。}$$

选 2CZ12D, 其额定电流为 3 安, 最大反向电压为 300 伏。

二、滤波电路

各种滤波电路见表 5-2。

三、稳压电路

(一) 稳压管稳压电路

1. 稳压管的伏安特性 见图 5-3。

2. 稳压管的主要参数

稳定电压: 当电压高到图 5-3 中 B 点电压 V_W 时, 管子就反向击穿, 此时, 即使反向电流增加很多, 电压却保持几乎不变, 这一电压称为稳定电压。

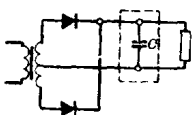
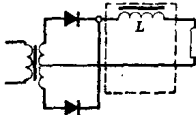
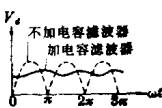
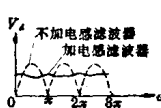
稳定电流: 稳压二极管在稳定电压范围内的最小电流, 即图 5-3 中 B 点的电流 I_W 。如果稳压管的工作电流小于此电流, 输出电压将不稳定。

最大稳定电流: 允许流过稳压管的电流最大值, 即图 5-3 中 C 点电流 I_{WM} , 超过这个电流, 管子的性能变坏, 甚至烧毁。

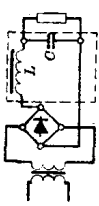
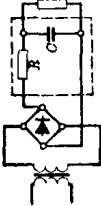
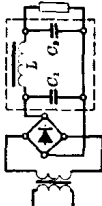
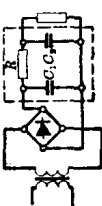
最大允许耗散功率: 等于最大稳定电流 I_{WM} 与稳定电压 V_W 的乘积。超过这个值, 管子可能过热损坏。

动态电阻: 在稳压范围内, 稳压管的电压增量与电流增量的比值 $\frac{\Delta V}{\Delta I}$ 。

表 5-2 滤波电路

电路名称	电 容 滤 波	电 感 滤 波
电 路		
电路元件 选 择	$C = \frac{\sqrt{2}}{2\pi f R \gamma} = \frac{4.5}{R \gamma} \quad (\text{微法})$ f——整流电压脉动频率 R——负载电阻, 单位千欧 γ——负载电压脉动系数 $\gamma = \frac{\text{交流成分电压有效值}}{\text{直流电压平均值}}$	当整流电压脉动频率高时(如三相桥式整流), L 的电感量可选得小些 L 一般在几百毫亨至几亨范围内
	 1. 外特性差, 即负载电压随负载电流的增加而显著降低。如果负载电阻 R_f 很大, 每一周期内电容充好电以后, 放电量很小, 下一周期充电又来了, 所以电容电压一直维持较高, 使输出直流电压接近于整流电压峰值。如果负载电阻很小, 电容充好电后, 将很快把电放完, 使负载电压平均值降低, 脉动增加 2. 电源合上瞬间将产生大的冲击电流	 1. 外特性较好, 即当电阻 R_f 变动时, 输出电压变化较小 2. 交流成分大部分降在电感上, 而直流部分则从线圈流到负载上。电感的电抗 $X_L = 2\pi f L$, 所以 L 越大, 滤波效果越好, 但电感大, 线圈匝数多, 直流电阻变大, 直流损耗增加 3. 这种铁心电感线圈体积大, 成本高, 笨重, 在电感性负载时, 往往利用负载本身电感量, 不另接滤波电感
滤波效果	差	差
输出电压	高	低
输出电流	较 小	大
外 特 性	差	好

(续表 5-2)

电路名称	Γ 型 滤 波		π 型 滤 波	
电 路				
电路元件 选 择	$LC = \frac{0.471}{4\omega^2\gamma}$ $= \frac{1.19}{\gamma}$ $L = \frac{R}{3\omega}$ $= \frac{R}{942} \text{ (亨)}$ R 是负载电阻上限值。L 常在几百毫亨到几亨范围内, 太大了将很笨重 $C = \frac{1.19}{\gamma \cdot L} \text{ (微法)}$ γ 是负载电压脉动系数	R 值为几十到几百欧 电容值选取与电容滤波一样	电路实际上由电容滤波 C_1 及电感 Γ 形滤波 L, C_2 组成, L, C_1, C_2 参数选择与电容滤波电感 Γ 形滤波电路相同, 考虑到合上电源瞬间 C_1 端电压不能突变, 引起冲击电流, C_1 值要比 C_2 值小一些	C_1, C_2, R 的选取与电容滤波和电阻 Γ 形滤波电路相同, C_1 值要选得比 C_2 值小一些
	1. 由于流过电感的电流不能突变, 所以在接通电源瞬间, 没有冲击电流 2. 外特性较电容滤波好	与电感 Γ 形滤波比较, 用电阻代替铁心电感, 重量轻, 体积小。但电阻上有一定直流压降, 同时外特性较差	实际上是由电容滤波器和 Γ 形滤波器合成的两级滤波器, 滤波效果好	为了减小体积, 减轻重量, 用电阻代替铁心电感, 在电阻 R 上造成一定直流压降, 使滤波效果稍差一些
滤波效果	较 好	较 差	好	较 好
输出电压	低	低	高	较 高
输出电流	大	小	较 小	小
外 特 性	较 好	差	差	差

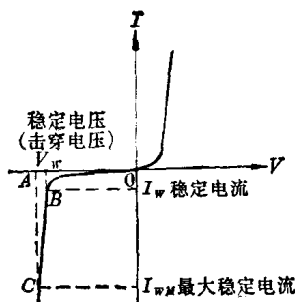


图 5-3 稳压管伏安特性

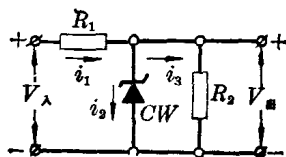


图 5-4 稳压管稳压电路

它与特性曲线 BC 段的陡度有关。动态电阻越小, BC 段曲线越陡, 稳压性能越好。

3. 稳压管稳压电路 见图 5-4。

图中稳压管的稳定电压等于需要的负载电压, 最大稳定电流等于最大负载电流的 2~3 倍。

一般取 V_A 大于 V_B 二倍, 以便调节。

R_1 叫限流电阻。 R_1 的选择须使输入电压变动到最小, 而负载电流最大时流过稳压管的电流不小于稳定电流 I_W , 同时又必须使输入电压变动到最大, 而负载断开时流过稳压管的电流不大于最大稳定电流 I_{WM} 。

$$\frac{V_{A\text{最大}} - V_B}{I_{WM}} < R_1 < \frac{V_{A\text{最小}} - V_B}{I_W + I_{B\text{最大}}}$$

(二) 简单的串联式稳压电路 (图 5-5)

三极管相当于一个可变电阻, 起电压调整作用, 叫调整管。调整作用是: 如由于某种原因 V_B 增大, 因 b 点电位被稳压管稳定, V_{ce} 减小, 使 I_b 下降, I_e 、 I_c 下降, V_{ce} 增加, 从而 V_B 下降, 输出稳定。

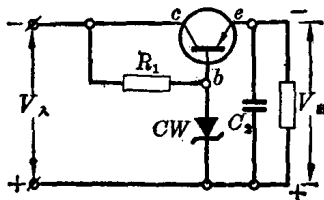
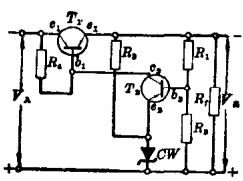
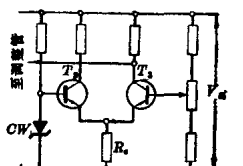
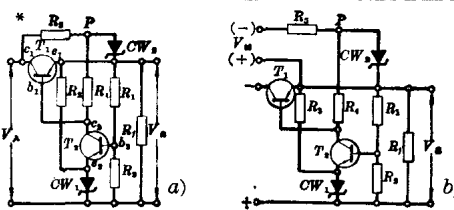


图 5-5 简单的串联式稳压电路

(三) 较复杂的串联式稳压电路

对简单的串联式稳压电路的改进见表 5-3。

表 5-3 对简单串联式稳压电路的改进

改进措施	解决的主要问题	电 路 形 式
带放大环节	简单的串联稳压电源电路中, $V_{\text{出}}$ 的波动直接加在调整管的输入端; 带放大环节以后, $V_{\text{出}}$ 的波动经放大后加到调整管输入端, 使调整管的作用更为灵敏有效, $V_{\text{出}}$ 的稳定性更好	
放大环节采用差动放大	~ 对要求高的稳压电源, 为了消除温度变化产生的影响, 放大环节采用差动放大电路	
带辅助电源	放大管的集电极负载接在辅助电源上, 可避免输入电压的突然跳变直接加到调整管基极, 通过调整管放大而出现在输出端	
带保护电路	因调整管与负载是串联的, 外部的短路或过载将使调整管很快烧毁。保护电路的作用是一旦电路过载立即发出信号, 将调整管截止	** 双稳态保护电路 