

DIANLI DIANZI ZHUANGZHUYINGYONG
DIANLU SHILI JINGXUAN

电力电子装置 应用电路实例精选

李德俊 ● 主编



金盾出版社

电力电子装置应用电路实例精选

李德俊 主编

金盾出版社

内 容 提 要

本书精选了 142 个具有代表性的电力电子装置应用电路实例,包括晶闸管测试电路、晶闸管开关电路、照明灯控制电路、装饰灯控制电路、警示灯控制电路、报警器控制电路、家用电器控制电路、电源控制电路、电动机控制电路、晶闸管调压控制电路、逆变/变频控制电路、电动机调压调速电路等,具有较强的通用性和实用性。书中每个电路均分为电路图、电路原理说明和元器件选择三大部分介绍。

本书适合广大电力电子技术应用人员、电路设计人员和电力电子爱好者阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子装置应用电路实例精选/李德俊主编. --北京:金盾出版社,2010. 11

ISBN 978-7-5082-6467-7

I. ①电… II. ①李… III. ①电力装置—电子电路 IV. ①TM7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 106616 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京凌奇印刷有限责任公司

正文印刷:北京军迪印刷有限责任公司

装订:科达装订厂

各地新华书店经销

开本:850×1168 1/32 印张:9.25 字数:231 千字

2010 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~8 000 册 定价:18.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

电力电子装置自问世以来,在强电和弱电两个领域中都得到了广泛的应用,为了普及电力电子知识,推广电力电子应用技术,我们编写了《电力电子装置应用电路实例精选》一书。

本书共整理选编了近这些年来电力电子科研人员、专家学者研制的实用电路 142 例。这些电路涉及电力电子技术的各个领域,如晶闸管测试、晶闸管交流开关、晶闸管控制开关、晶闸管触摸开关、照明灯控制、装饰灯控制、警示灯控制、报警器控制、家用电器控制、电源控制、电动机控制、晶闸管调压控制、逆变/变频控制、电动机调压调速等各类实用电路。

书中每个电路均分为电路图、电路原理说明和元器件选择三大部分,对于一些复杂的电路还有较详细的经验总结。因此,本书具有较强的通用性和实用性,非常适合广大电力电子技术、电路设计人员和电力电子爱好者阅读和参考。本书还可作为职业院校培养学生动手能力的选材。

需要说明的是,书中部分复杂电路,只画出了核心电路或示意图,附加电路或非重要部分略画或未画出。限于篇幅,电路的制作调试部分一般未作说明,读者可根据经验自行摸索与实践。

本书在编写过程中参考了诸多资料,在此,谨向提供资料的作者和单位表示诚挚的敬意和由衷的感谢。

由于编者水平所限,错误在所难免,恳请广大读者指正。

编 者

目 录

第1章 晶闸管测试电路	1
1. 晶闸管导通演示电路	1
2. 晶闸管三个极的判断测试电路	2
3. 单向晶闸管好坏测试电路	3
4. 双向晶闸管好坏测试电路	4
5. 晶闸管触发能力测试电路	8
6. 可关断晶闸管(GTO)的测试电路	12
第2章 简易触发的晶闸管交流开关电路	14
7. 单只单向晶闸管交流开关电路	14
8. 单只双向晶闸管交流开关电路	15
9. 两只单向晶闸管交流开关电路	16
10. 四只晶闸管组成的两相交流开关电路	17
11. 四只晶闸管组成的三相交流开关电路	18
12. 三只、六只晶闸管组成的三相交流开关电路	18
13. 简易移相触发电路	19
14. 阻容移相触发电路	20
15. 固态开关电路	20
16. 单相交流调压电路	20
第3章 晶闸管控制开关电路	23
17. 交流无触点定时开关电路	23
18. 温控自动开关电路	24
19. 简单实用的联动电源插座电路	25
20. 家用安全插座电路	26

21. 过电压和欠电压保护插座电路	27
22. 光控开关电路	29
23. 声光控制的照明灯开关电路	31
24. 洗手间门控开关电路	33
25. 微波节能开关	35
26. 简单的停电自锁开关电路	37
第4章 晶闸管触摸开关电路	39
27. 晶闸管触摸开关电路	39
28. 无功耗触摸开关电路	40
29. 双键触摸延迟开关电路	41
30. 单键触摸开关电路	43
31. 触摸式延时照明灯电路	45
32. 四挡控制触摸式开关电路	47
33. 晶闸管轻触式调光台灯电路	48
34. 触摸式晶闸管三状态台灯电路	49
第5章 照明灯控制电路	52
35. 晶闸管电子节能灯电路	52
36. 晶闸管光控照明灯电路	53
37. 光控延迟照明灯电路	54
38. 门控自动灯电路	56
39. 声光控制照明灯电路	57
40. 微波传感自动灯电路	59
41. 电话自控照明灯电路	61
42. 声光双控延迟照明灯电路	63
43. 教室照明灯时控开关电路	66
44. 列车照明灯光控开关电路	68
第6章 装饰灯控制电路	70
45. SH-805 型集成电路组成的节日彩灯控制器电路	70

46. CD4017 型集成电路组成的节日彩灯控制器电路	72
47. 梦幻彩灯控制器电路	74
48. 循环闪光彩灯控制器电路	76
49. 二分频音乐彩灯电路	79
50. 简单的节日彩灯控制器电路	83
51. 多花样节日彩灯控制器电路	84
52. 双音 25 曲多功能彩灯控制器电路	86
53. 变色吊灯控制器电路	88
54. 舞台频闪灯控制器电路	90
第 7 章 警示灯控制电路	92
55. 夜间闪光警示灯电路(1)	92
56. 夜间闪光警示灯电路(2)	93
57. 夜间闪光警示灯电路(3)	95
58. 夜间闪光警示灯电路(4)	97
59. 汽车制动频闪灯电路	99
60. 光控自动闪光灯电路	100
61. 晶闸管汽车路障闪光灯电路	102
62. 简易停电应急照明灯电路	103
63. 自控闪光警示灯电路	105
64. 路障自动警示灯	106
第 8 章 报警器控制电路	109
65. 电水壶水开自动断电报警器电路	109
66. 婴儿啼哭与尿床报警器电路	111
67. 摩托车防盗报警器电路	113
68. 无线防盗报警器电路	115
69. 触摸式报警器电路	119
70. 袖珍瓦斯报警器	121
71. 玻璃破碎报警器	123

72. 断线式防盗报警器	124
73. 液化气熄火自动点燃报警器电路	126
第9章 家用电器控制电路	128
74. 电子恒温控制电路	128
75. 电冰箱保护器电路	129
76. 家用恒温控制器电路	131
77. 电饭煲功率自动调节器电路	133
78. 水开断电控制器电路	135
79. 换气扇延时开关电路	136
80. 可调温控器电路	138
81. 报警式恒温控制器电路	140
82. 有气敏传感器的抽油烟机电路	142
83. 卫生间自动冲水器电路	145
第10章 电源控制电路	148
84. 蓄电池充电器电路(1)	148
85. 蓄电池充电器电路(2)	150
86. 电焊机空载节电器电路	152
87. 相线、零线自动矫正器电路	155
88. 三相电源相序/缺相检测器电路	157
89. 晶闸管控制的功放动态电源电路	158
90. 可调式汽车蓄电池充电器电路	159
91. 全自动无触点稳压器电路	161
92. 用晶闸管做过载和短路保护的可调稳压电源电路	162
93. 程控单结晶体管触发的交流稳压电路	164
第11章 电动机控制电路	167
94. 自动喷灌控制器电路	167
95. 多功能调光/调速器电路	169
96. 模拟自然风控制器电路	171

97. 触摸式电风扇调速器电路	173
98. 简易直流电动机调速电路	174
99. 小容量直流电动机无级调速电路	175
100. 4.5kW 直流电动机无级调速电路	178
101. 电动机间歇运转控制电路	180
102. 小直流电动机的脉宽调制控制器电路	181
103. 用线性固态继电器制成的电动机起动机电路	184
第 12 章 晶闸管调压控制电路	188
104. 晶闸管交流调压器电路	188
105. 简易调光电路	189
106. 用单结晶体管触发的调光电路	190
107. 亮度稳定的台灯调光电路	191
108. 手动式无级调光电路	193
109. 采用光反馈的高压调整电路	194
110. 可调光双管荧光灯电子镇流器电路	195
111. 使用 LC906 制作的调功电路	199
112. 用 TCA785 型集成电路控制的单相交流调温 电路	200
113. 用 LM567 集成电路制作电热器件调温电路	203
第 13 章 逆变、变频控制电路	206
114. 工频晶闸管逆变器电路	206
115. 300W 高低频斩波式新型高效逆变器电路	207
116. 晶闸管全自动应急电源电路	210
117. 2t 电动平板车调速装置电路	212
118. 用 IGBT 做开关的电子镇流器电路	217
119. 紧凑型驱动电路的荧光灯电路	219
120. 高可靠节能灯电子镇流器电路	222
121. 采用 GAT 设计的电子节能灯电路	224

122. 利用 TL494 组成 400W 大功率稳压逆变器电路	226
123. 250W 可控硅逆变器电路	228
第 14 章 晶闸管控制电动机调压调速电路	231
124. 晶闸管交流电动机调速电路	231
125. 晶闸管交流调压电路	232
126. 微型直流电动机晶闸管调速电路	233
127. 小型直流电动机不可逆调速电路	237
128. 中小功率直流电动机可逆调速电路	240
129. 三相整流调速电路	244
130. 同步电动机晶闸管整流励磁装置电路	248
131. 4kW 单相交流调压器电路	252
132. 晶闸管三相交流调压调速装置电路	253
第 15 章 其他用途控制电路	256
133. 鉴别线圈的同名端电路	256
134. 低电压继电器的吸合电路	256
135. 光电耦合器在固态继电器 SSR 中的应用电路	258
136. 电子灭鼠器电路	260
137. 电子驱鸟器电路	261
138. 抢答器电路(1)	263
139. 抢答器电路(2)	265
140. 浴室镜面水汽自动清除器电路	268
141. 晶闸管液位保持电路	269
142. 双表定时电子开关电路	270
附录 常用电力电子器件技术参数	274

第 1 章 晶闸管测试电路

1. 晶闸管导通演示电路

电路工作原理

图 1-1 为晶闸管导通演示电路。晶闸管 VT 与小灯泡 EL 串联起来,通过开关 S_1 接在直流电源上。晶闸管阳极 A 接电源的正极,阴极 K 接电源的负极,控制极 G 通过按钮开关 S_2 接在

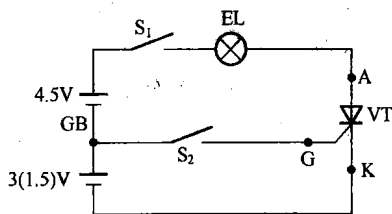


图 1-1 晶闸管演示电路

3V 直流电源的正极(此处使用的是 KPS 型晶闸管,若采用 KP1 型,则应接在 1.5V 直流电源的正极),这种连接方式叫做正向连接,即晶闸管阳极和控制极加的都是正向电压。若合上电源开关 S_1 ,小灯泡不亮,则说明晶闸管没有导通,再按一下按钮开关 S_2 ,给控制极输入一个触发电压,小灯泡亮了,则说明晶闸管导通了。

晶闸管的特点是“一触即发”。从上可知,要使晶闸管导通,一是要在阳极 A 与阴极 K 之间外加正向电压,二是要在控制极 G 与阴极 K 之间输入一个正向触发电压。晶闸管导通后,松开按钮开关 S_2 ,去掉触发电压,仍然维持导通状态。

控制极的作用是通过外加正向触发脉冲使晶闸管导通,但不能使它关断。要使导通的晶闸管关断,可以断开阳极电源(图 1-1 中的开关 S_1)或使阳极电流小于维持导通的最小值(称为维持电流)。如果晶闸管阳极和阴极之间外加的是交流电压或脉动直流

电压,那么在电压过零时,晶闸管会自行关断。

元器件选择

EL 选用手电筒小电珠。

VT 选用 KP1-1 或 KPS1-1 型晶闸管。

S_1 、 S_2 均选用小型钮子开关或拉线开关。

2. 晶闸管三个极的判断测试电路

晶闸管分为单向晶闸管和双向晶闸管两种,都有三个电极。单向晶闸管有阴极 K、阳极 A、控制极 G。双向晶闸管等效于两只单向晶闸管反向并联而成,即其中一只单向硅的阳极与另一只的阴极相连,引出端称为 T_1 极,阴极与另一只的阳极相连,引出端称为 T_2 极,剩下的则为控制极 G。

测试方法

【三个电极的判别】 根据 PN 结的原理,采用万用表测量三个电极之间的电阻值。阳极与阴极之间的正向和反向电阻在几百千欧以上,阳极和控制极之间的正向和反向电阻也在几百千欧以上(它们之间有两个 PN 结,而且方向相反,因此阳极和控制极正反向都不通)。控制极与阴极之间只有一个 PN 结,因此它的正向电阻大约在几欧至几百欧的范围,反向电阻比正向电阻要大。晶闸管控制极的二极管特性不太理想,反向不完全呈阻断状态,可以有比较大的电流通过。因此,有时测得控制极反向电阻比较小,并不能说明控制极特性不好。另外,在测量控制极正反向电阻时,万用表应放在 $R \times 10\Omega$ 或 $R \times 1\Omega$ 挡,防止因电压过高而使控制极反向击穿。

【单、双向晶闸管的判别】 先用万用表 $R \times 1\Omega$ 挡任测两个极,若正、反向测量时指针均不动,则可能是 A、K 或 G、A 极(单向晶闸管),也可能是 T_2 、 T_1 或 T_2 、G 极(双向晶闸管)。若其中

有一次测量指示为几十或几百欧,则必为单向晶闸管,且红表笔所接为 K 极,黑表笔所接为 G 极,剩下即为 A 极。若正、反向测量指示均为几十至几百欧,则必为双向晶闸管。再将万用表旋钮拨至 $R \times 1\Omega$ 或 $R \times 10\Omega$ 挡复测,其中必有一次测得的阻值稍大,则稍大的一次红表笔接的为 G 极,黑表笔所接为 T_1 极,余下是 T_2 极。

元器件选择

万用表选用 MF47 型指针万用表或数字万用表。

3. 单向晶闸管好坏测试电路

测试方法

将万用表旋钮拨至 $R \times 1\Omega$ 挡,对 1~6A 单向晶闸管,红表笔接 K 极,黑表笔同时接通 G、A 极,在保持黑表笔不脱离 A 极的状态下断开 G 极,指针应指示几十欧至 100 欧,此时晶闸管已被触发,且触发电压低(或触发电流小)。然后,瞬时断开 A 极再接通,指针退回 ∞ 位置,则表明晶闸管良好。

保持接通 A 极并断开 G 极,若此时指针立即退回 ∞ 位置,则说明晶闸管触发电流太大或损坏,可按图 1-1 所示方法进一步测量。对于单向晶闸管,闭合开关 S_1 ,按下 S_2 ,灯应发亮;断开 S_1 ,灯应熄灭,否则说明晶闸管已损坏。

选万用表电阻 $R \times 1\Omega$ 挡,用红、黑两表笔分别测任意两引脚间正、反向电阻值,直至找出读数为几十欧姆的一对引脚,此时接黑表笔的引脚为控制极 G,接红表笔的引脚为阴极 K,另一空脚为阳极 A。若用短线瞬间短接阳极 A 和控制极 G,万用表电阻挡指针应向右偏转,阻值读数为 10Ω 左右。若阳极 A 接黑表笔,阴极 K 接红表笔,万用表指针应不偏转,如果发生偏转,则说明该单向晶闸管已被击穿损坏。

元器件选择

万用表选用 MF47 型指针万用表或数字万用表(使用数字万

用表时,应注意它与指针型万用表的区别)。

4. 双向晶闸管好坏测试电路

测试方法一

双向晶闸管做电子开关使用时,能控制交流负载(如白炽灯)的通断。根据白炽灯的亮、灭情况,可判断双向晶闸管 VT 的好坏。测试电路如图 1-2 所示。

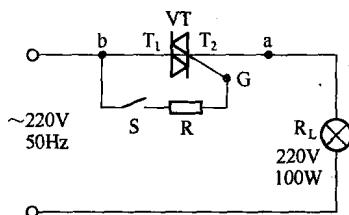


图 1-2 双向晶闸管测试电路 1

将 220V 交流电的任意一端接 T_1 , 另一端经过 100W 白炽灯 R_L 接 T_2 , 触发电路由开关 S 和门极限流电阻 R 组成, R 的阻值不要过大, 否则会减小导通角。

【第一步】 将开关 S 断开, 此时双向晶闸管关断, R_L 应熄灭。若 R_L 正常发光, 则说明双向晶闸管 T_1 - T_2 极间短路, 晶闸管报废; 如果 R_L 轻微发光, 则表明 T_1 - T_2 极间漏电电流太大, 晶闸管的性能很差。若出现上述两种情况, 应停止测试。

【第二步】 闭合开关 S, 因为门极上有触发信号, 所以只需经过几微秒的时间, 双向晶闸管就导通, 白炽灯 R_L 上因有交流电流通过而正常发光。具体工作过程分析如下: 在交流电的正半周, 设 $U_a > U_b$, 则 T_2 为正, T_1 为负, G 相对 T_2 也为负, 双向晶闸管按照 $T_2 \rightarrow T_1$ 的方向导通; 在交流电的负半周, 设 $U_a < U_b$, 则 T_2 为负, T_1 为正, G 相对 T_2 也为正, 双向晶闸管沿着 $T_1 \rightarrow T_2$ 的方向导通。如果闭合 S, R_L 不发光, 则说明门极已损坏。

综上所述,若 R_L 仅当 S 闭合时才正常发光,则说明该电路中的晶闸管质量良好。采用此方法应注意的事项如下:

(1)本方法只能检查耐压在 400V 以上的双向晶闸管,对于耐压值为 100V、200V 的双向晶闸管,需借助自耦调压器把 220V 交流电压降到器件耐压值以下。

(2) T_1 和 T_2 的位置不得接反,否则不能触发双向晶闸管导通。

(3) U_a 、 U_b 具体哪一端接火线(相线),哪端接零线,则可任选。

(4)利用双向晶闸管做电子开关比机械开关更加优越。因为只需很低的控制功率就能控制相当大的电流,所以不存在触点抖动问题,动作速度极快,在关断时也不会出现电弧现象。在实际应用时,图 1-2 中的开关 S 可用固态继电器、干簧继电器及光电继电器等代替。

元器件选择

S 选用耐压为 250VAC 以上的小型钮子开关或拉线开关。

R 选用阻值取 $100 \sim 330\Omega$ 、 $1/2W$ 的碳膜或金属膜电阻。

测试方法二

利用整流二极管能够迅速判定双向晶闸管究竟沿哪个方向被击穿短路,测试电路如图 1-3 所示。 VD_1 、 VD_2 是两只极性相反的硅整流二极管。假定在交流电的正半周, $U_a > U_b$,则 VD_1 导通, VD_2 截止;在交流电的负半周, $U_a < U_b$, VD_2 导通, VD_1 截止。因此, VD_1 、 VD_2 上的正向导通方向可代表双向晶闸管可能被击穿的方向。 VD_1 、 VD_2 的反向耐压值应足够高。图 1-3 中所示的被测双向晶闸管 VT、整流管 VD_1 、 VD_2 ,反向击穿电压 $\geq 600V$ 。

【第一步】 断开 S_1 ,将 S_2 拨至 c,白炽灯 R_L 应熄灭。若 R_L 发光,但亮度明显降低(60W 白炽灯亮度仅相当于 15W 白炽灯),

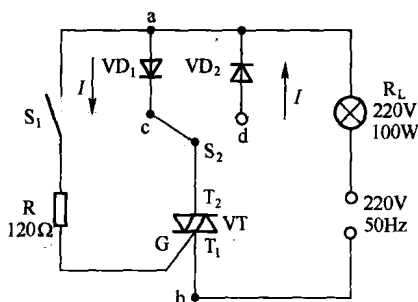


图 1-3 双向晶闸管测试电路 2

则说明双向晶闸管沿 $T_2 \rightarrow T_1$ 的方向击穿短路。此时 VD_1 对 220V 交流电进行半波整流, R_L 上的电流平均稍减小, 亮度降低。

【第二步】 断开 S_1 , 将 S_2 拨至 d, R_L 应熄灭。若 R_L 发光, 且亮度同上, 则说明器件沿 $T_1 \rightarrow T_2$ 的方向击穿短路。此时靠 VD_2 进行半波整流后使 R_L 发光。

【第三步】 若按上述操作 R_L 均不亮, 即可合上 S_1 、 S_2 。若 R_L 发光, 则说明双向晶闸管能够被触发, 质量良好; 否则为门极开路或 $T_1 \rightarrow T_2$ 极间开路。

若晶闸管双向击穿, 则彻底报废; 若晶闸管单向击穿短路或断路, 只要门极完好, 则仍可将其作为一只单向晶闸管使用。

元器件选择

S_1 、 S_2 选用耐压为 250VAC 以上的小型钮子开关或按钮。

R 选用阻值 $100 \sim 330\Omega$ 、 $1/2W$ 的碳膜或金属膜电阻器。

VD_1 、 VD_2 选用 1N4005 型硅整流二极管。

VT 选用 BCM3AM 型双向晶闸管。

测试方法三

将万用表旋钮拨至 $R \times 1\Omega$ 挡, 用红、黑两表笔分别测任意两引脚间正、反向电阻, 若测得一组结果为数十欧姆, 则该组红、黑表笔所接的两引脚为第一阳极 T_1 和控制极 G , 另一空脚即为第