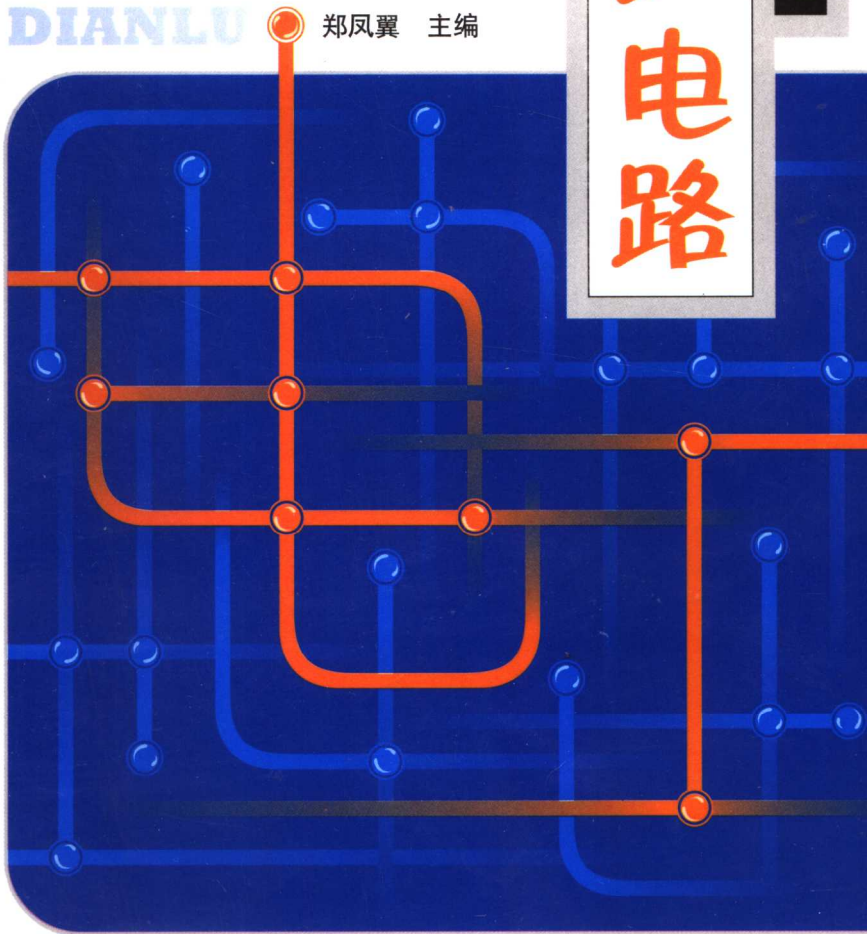


电工基础丛书

# 电工电路

DIANGONG  
DIANLU

郑凤翼 主编

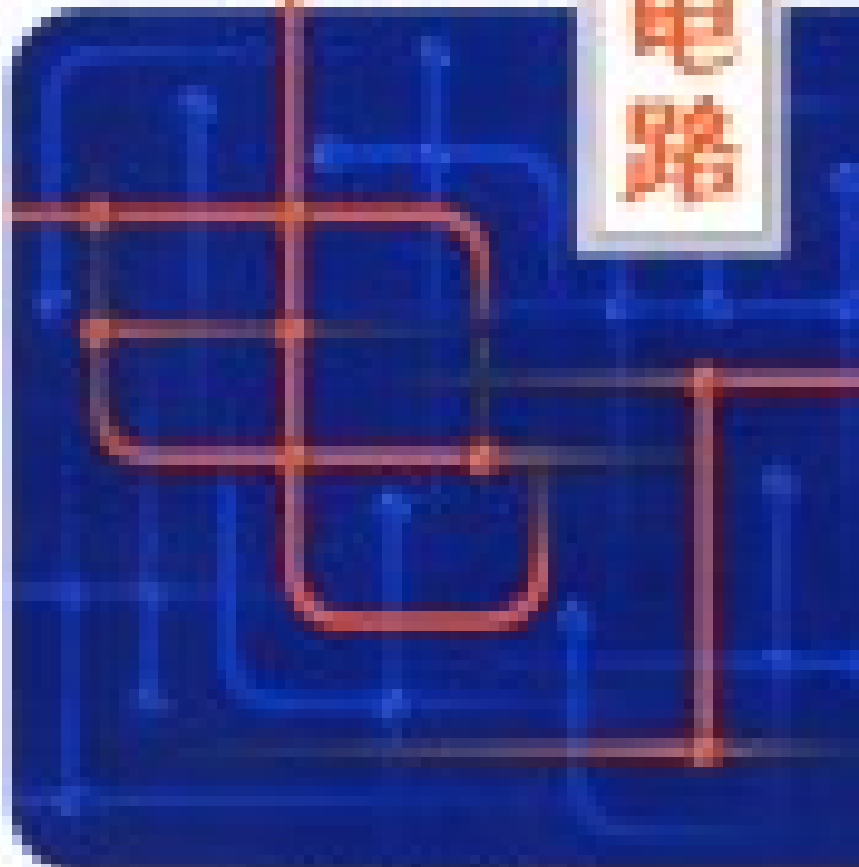


人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

电工电路

# 电工电路

第1章 电路的基本概念和定律



机械工业出版社

电工基础丛书

# 电工电路

郑凤翼 主编

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

电工电路 / 郑凤翼主编. —北京: 人民邮电出版社,  
2008.1

(电工基础丛书)

ISBN 978-7-115-16777-4

I. 电… II. 郑… III. 电路—基本知识 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 136704 号

电工基础丛书

电工电路

- 
- ◆ 主 编 郑凤翼  
责任编辑 张 鹏
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
河北涞水华艺印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  - ◆ 开本: 787×1092 1/32  
印张: 9.75 插页: 6  
字数: 228 千字 2008 年 1 月第 1 版  
印数: 1 - 6 000 册 2008 年 1 月河北第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-16777-4/TN

定价: 18.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

## 内 容 提 要

本书以初中级电工人员常用的电路为例，通过图解的方式说明电路中元器件的功能作用和电路的工作过程，帮助广大电工人员熟悉和掌握这些基本电路。本书内容注重实用，电路分析深入透彻，文字精练，易于理解，适合初中级电工人员参考使用。

# 前 言

在生产实践中，广大电工人员都要接触到各种各样的电工电路，本书从应用角度出发，采用图解的方法介绍常用的电工电路，以帮助广大电工人员熟悉和掌握这些基本电路，提高识读电路图的能力。

本书主要内容有：供电电路、电工测量电路和信号电路、电动机控制电路、常用机电设备电气控制电路、电子电器电路、照明和灯光控制电路。

本书在写作手法上，通过图解的方式，对控制电路图的各部分电路和每个元器件都添加了注解说明，以解释和说明其电路功能以及元器件的作用，使读者通过看图便能基本了解该电路的工作过程。本书采用电气元件动作顺序表来描述电路的工作过程，为了叙述方便，采用了3个助记符“\*”、“#”、“[]”。其中“#”表示断电延时时间继电器，如#KT<sub>1</sub>，以与通电延时时间继电器KT相区别；“\*”表示时间继电器的瞬动触点，以与时间继电器的延时触点相区别，如\*#KT<sub>1</sub>(1-2)表示断电延时时间继电器#KT<sub>1</sub>的瞬动触点KT<sub>1</sub>(1-2)；“[]”表示电气元件所在的图区，如\*#KT<sub>1</sub>(1-2)[15]表示断电延时时间继电器#KT<sub>1</sub>的瞬动触点\*#KT<sub>1</sub>(1-2)在图区15。

本书文字精练，通俗易懂，内容丰富，分析深入透彻。

本书主要由郑凤翼编写，参加编写的还有孟庆涛、耿立文、傅丛俏、郑丹丹、齐宝霞、郑晞晖、苏阿莹、李红霞、温永库、王晓琳、刘晶晶等。

在本书的写作过程中，编者参考了一些书刊杂志，并引用了其中的一些资料，难以一一列举，在此一并向有关书刊杂志的作

者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

**编者**

# 目 录

第一章 供电电路	1
第一节 三相交流电源相序检测及三相负载供电 电源的相序锁定电路	1
一、三相交流电源的相序	1
二、三相交流电源相序指示电路	2
三、三相交流电源相序保护电路	3
四、三相交流电源负载恒相序控制电路	4
第二节 双电源供电电路	7
一、有主电源的双电源自投电路	7
二、双电源互投电路	10
第三节 定时供电、间歇供电控制电路	13
一、定时供电控制电路	13
二、可编程定时供电电路	20
三、由 555 时基电路组成的间歇供电控制电路	22
四、自动循环定时供电电路	28
第四节 自动限电电路	33
一、由 555 时基电路组成的自动限电控制电路	33
二、由 TWH8778 大功率集成开关组成的 自动限电控制电路	35
三、晶体管自动限电控制电路	36
四、晶闸管控制的限送电控制电路	38
第五节 电源过、欠电压声光报警电路	39



一、市电过、欠电压声光报警电路	39
二、市电过、欠电压保护电路(一)	42
三、市电过、欠电压保护电路(二)	45
四、市电过、欠电压保护电路(三)	46
五、由集成门电路组成的具有延时功能的过、 欠电压保护电路	48
六、具有声光报警功能的过、欠电压保护电路	51
<b>第二章 电工测量电路和信号电路</b>	<b>54</b>
<b>第一节 电流测量电路</b>	<b>54</b>
一、直流电流测量电路	54
二、交流电流测量电路	54
<b>第二节 电压测量电路</b>	<b>57</b>
一、电压直接测量电路	57
二、利用电压互感器测量电路	58
<b>第三节 电功率测量电路</b>	<b>61</b>
一、有功功率测量电路	62
二、无功功率测量电路	67
<b>第四节 电能测量电路</b>	<b>69</b>
一、有功电能测量电路	70
二、无功电能测量电路	73
<b>第五节 电阻测量电路</b>	<b>75</b>
<b>第六节 信号电路</b>	<b>77</b>
一、断路器事故掉闸信号电路	78
二、预告信号电路	79
三、位置信号电路	81
<b>第三章 电动机控制电路</b>	<b>84</b>
<b>第一节 三相笼型感应电动机直接启动控制电路</b>	<b>84</b>

一、直接启动单向运行控制电路	84
二、直接启动正、反向运行控制电路	91
三、电动机的顺序控制电路	103
第二节 三相笼型感应电动机减压启动控制电路	110
一、定子绕组串接电阻减压启动控制电路	110
二、Y- $\Delta$ 减压启动控制电路	112
三、自耦变压器减压启动控制电路	118
第三节 三相笼型感应电动机的制动和保护电路	121
一、电磁抱闸断电制动控制电路	121
二、单向运行反接制动速控电路	123
三、正、反向运行反接制动时控电路	125
四、单向运行能耗制动时控电路	127
五、正、反向运行能耗制动速控电路	130
第四节 三相交流绕线型感应电动机控制电路	133
一、转子回路串电阻启动控制电路	133
二、转子回路串频敏变阻器启动控制电路	138
第四章 常用机电设备电气控制电路	141
第一节 C650 型卧式车床电气控制电路	141
第二节 M7120 型平面磨床电气控制电路	149
第三节 Z3040 型摇臂钻床电气控制电路	157
第四节 给排水泵电气控制电路	166
一、两台给水泵互为备用水箱水位控制电路	166
二、水塔和蓄水池联动控制电路	171
三、两台排水泵一用一备的电气控制电路	175
第五节 消防泵电气控制电路	179
第六节 建筑工地用设备电气控制电路	186
一、混凝土搅拌机电气控制电路	186

二、建筑工地卷扬机电气控制电路	188
第七节 交流电焊机空载自停控制电路	190
一、晶闸管式交流弧焊机空载自停电路	190
二、较简单的交流电焊机空载自停控制电路	191
三、555 时基电路控制的交流电焊机空载自停电路	193
第八节 电加热控制电路	195
一、晶闸管炉温自动控制电路	195
二、电阻炉炉丝断路声光报警电路	197
第五章 电子电器电路	200
第一节 阻容式时间继电器电路	200
一、JS20 单结晶体管时间继电器	201
二、间歇循环定时电路	203
三、多挡多功能数字式定时电路	204
第二节 接近开关电路	208
一、LJ1-24 型晶体管停振型接近开关电路	208
二、电容式接近开关	211
第三节 光电开关电路	213
一、JG-D 型光电继电器电路	214
二、集成运放 FC52 组成的光电继电器	215
第四节 晶闸管开关电路	215
一、光耦合器控制的单相交流开关电路	215
二、晶闸管直流开关电路	217
第五节 固态继电器电路	219
一、直流型固态继电器电路	221
二、交流随机触发型固态继电器电路	222
三、过零触发型交流固态继电器电路	225
第六节 漏电、触电保护电器电路	227

一、KZL18-20 型漏电保护器电路	227
二、触电保护器电路	229
第七节 电动机保护电路	232
一、电动机断相保护电路	232
二、过载和短路保护电路	237
第六章 照明和灯光控制电路	241
第一节 照明电路	241
一、照明开关的接线方式	241
二、基本照明控制电路及其表示方法	242
三、插座的接线方式	246
第二节 电子镇流器电路	246
一、一般电子镇流器电路	247
二、预热启动式一体化节能灯电子镇流器电路	248
第三节 声、光和触摸灯等控制电路	252
一、自动光控照明灯电路	252
二、触摸式灯光控制电路	258
三、声、光控照明灯电路	264
四、声、光和触摸三控延时照明灯	270
五、走廊灯和渐亮延时灯控制电路	276
第四节 装饰灯控制电路	279
一、闪烁灯控制电路	279
二、流水灯控制电路	282
三、声控变色灯控制电路	289
第五节 光控路灯及路况警示灯电路	292
一、光控路灯电路	292
二、路况闪烁警示灯控制电路	297
参考文献	300

# 第一章 供电电路

## 第一节 三相交流电源相序检测及三相负载供电电源的相序锁定电路

### 一、三相交流电源的相序

相序是指三相交流电相的顺序。从三相交流电的波形图可以看出，三相交流电（电压或电流）到达最大值（或零值）的时间有先有后（如图 1-1 所示），称  $L_1$  相超前  $L_2$  相、 $L_2$  相超前  $L_3$ 、 $L_3$  相超前  $L_1$  相。这样三相电源电压由  $L_1$  到  $L_2$  再到  $L_3$ ，这个顺序叫做三相交流电源电压的相序。

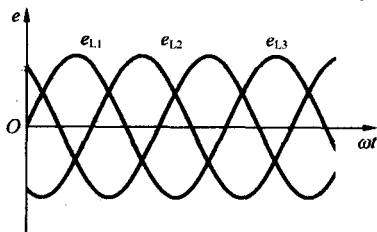


图 1-1 三相交流电源的相序

任何供、配电部门都应该有相序检测装置，以确保供电相序的稳定不变。任何不可逆转的机电产品本身也应具有相序检测装置，以便在主机投入运转前判别电源相序是否符合要求。或者，通过相序判别电路输出控制信号来实现相序连锁、相序锁定，甚

至通过相序判别出口信号自动理相，使输出相序恒定不变，以确保主机启动、运行不受供电电源相序变更的影响。

依据国家有关规定，交流系统电源第一、二、三相依次为  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ；交流系统设备端第一、二、三相依次为  $U$ ,  $V$ ,  $W$ 。因此当相序判别器输入端  $U$ ,  $V$ ,  $W$  分别接三相交流电源  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  或  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_1$  或  $L_3$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  时为顺相序连接；分别接  $L_2$ ,  $L_1$ ,  $L_3$  或  $L_1$ ,  $L_3$ ,  $L_2$  或  $L_3$ ,  $L_2$ ,  $L_1$  为逆相序连接。

## 二、三相交流电源相序指示电路

指示电路如图 1-2 所示。

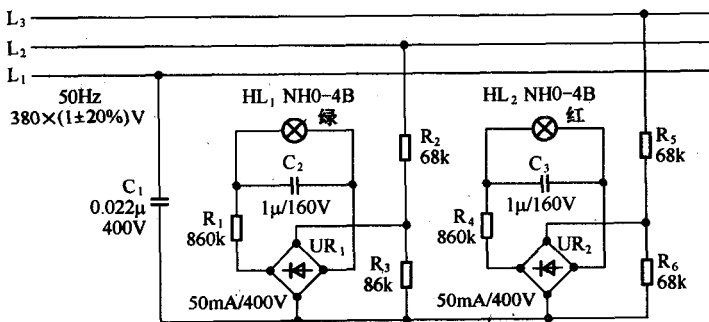


图 1-2 三相交流电源相序指示电路

$L_2$  相和  $L_3$  相上的电压，由  $R_2$ 、 $R_3$  和  $R_5$ 、 $R_6$  分别分压，再将绿氛灯  $HL_1$  和 红氛灯  $HL_2$  经  $R_1$  和  $R_4$ ，整流桥  $UR_1$  和  $UR_2$ ，并接在  $R_3$  和  $R_6$  上。这样，当顺向相序时， $R_2$  和  $R_3$  上的总电压约为 330V， $R_3$  上约为 198V， $R_3$  上电压经  $UR_1$  整流，再通过  $R_1$  向  $C_2$  充电，当  $C_2$  上电压达到氛灯  $HL_1$  的启辉电压时， $HL_1$  点燃，发出绿光， $C_2$  通过  $HL_1$  放电；待  $C_2$  上电压低于一定值时， $HL_1$  熄灭， $C_2$  又重新充电，一会儿又重新点燃， $C_2$  重新放电……如此周而复

始，绿色氖灯 HL<sub>1</sub> 不断闪烁。当逆向相序时，R<sub>5</sub> 和 R<sub>6</sub> 上总电压约为 330V，R<sub>6</sub> 上电压约为 198V，使 HL<sub>2</sub> 启辉点燃后，发出红光。不论 HL<sub>1</sub> 还是 HL<sub>2</sub>，启辉点燃后，都将使各自对应的 R<sub>3</sub> 和 R<sub>6</sub> 上的电压下降一些，但最低也不会低于氖灯的启辉电压。

调整 R<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> 和 R<sub>4</sub>、C<sub>3</sub> 的时间常数，即可调节氖灯的闪烁频率，使相序指示器达到最佳工作状态。

### 三、三相交流电源相序保护电路

保护电路如图 1-3 所示。

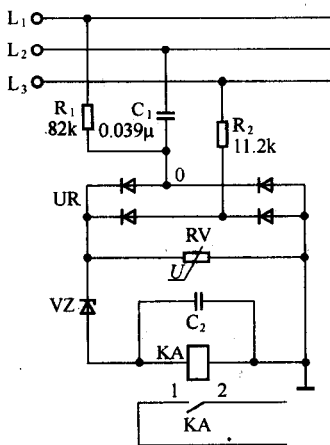


图 1-3 三相交流电源相序保护电路

三相电源的 L<sub>1</sub> 和 L<sub>2</sub> 相上分别接有电阻 R<sub>1</sub> 和电容 C<sub>1</sub>，公共端为 0 端；L<sub>3</sub> 相上则有电阻 R<sub>2</sub> 和整流桥 UR 的串联支路，并且也交汇于公共端 0。整流桥 UR 的直流输出端通过稳压管 VZ 后为继电器 KA 供电，电容 C<sub>2</sub> 起平滑 KA 上直流电压的作用。压敏电阻 RV 在正常情况下不导通，当整流桥 UR 输出端出现过电压时，RV

导通，吸收过电压，以保护 VZ、KA。

当三相电源  $L_1$ 、 $L_2$  和  $L_3$  为顺向相序时，继电器 KA 动作，其动合触点 KA (1-2) 闭合，接通控制电路，电动机才能启动运转。

当三相电源为逆向相序时，继电器 KA 不动作，其动合触点 KA (1-2) 不闭合，不能接通控制电路，电动机不能启动运转。

#### 四、三相交流电源负载恒相序控制电路

控制电路如图 1-4 所示。它具有相序自动检测、变换功能，能使不可逆转的机电设备按设定的相序运行，保证其使用时不受电源相序变更的影响。

##### 【电路组成】

电路由电源电路、相序检测电路和控制电路组成。

电源电路由电源变压器 T、整流桥 UR、电阻  $R_0$ 、稳压二极管  $VZ_0$  和滤波电容  $C_0$  组成。

相序检测电路由整流二极管  $VD_1 \sim VD_3$ 、限流电阻  $R_1 \sim R_3$ 、稳压管  $VZ_1 \sim VZ_3$  和非门施密特触发器集成电路  $D_1$  (CD40106) 内部的  $D_{1.1} \sim D_{1.3}$  组成。

控制电路由双 JK 触发器集成电路  $D_2$  (CD4027)，电阻  $R_4$ ，三极管 VT，续流二极管  $VD_4$ ，继电器 KA 和交流接触器  $KM_1$ 、 $KM_2$  组成。

##### 【器件介绍】

###### (1) CD40106

CD40106 为六非门施密特触发器集成电路，其引脚功能如图 1-5 所示。其输入、输出为“非”逻辑关系。施密特触发器的主要功能是对脉冲波形进行整形，使脉冲的前沿、后沿更陡直。由于它还具有翻转特性，因而可用于电压鉴幅电路中。若外接定时 R、C 元件，还可以形成单稳态、双稳态、多谐振荡器。



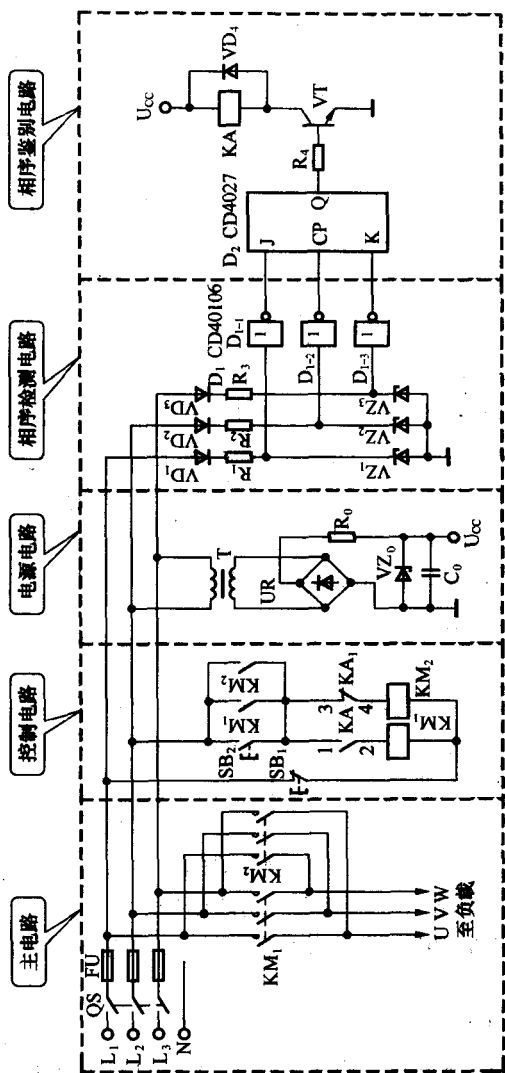


图 1-4 三相交流电源负载恒相序控制电路