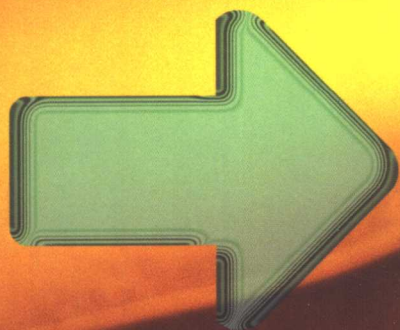


# 实用电气 维修与安装技术



# 问 答

◆ 梅更华 施玉霞 等编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



# 实用电气维修与安装技术问答

梅更华 施玉霞 等编著



机械工业出版社

本书分为五个部分，分别介绍了电工基本知识及操作技能、电工仪表与检测、电动机与变频器、变压器和供配电、常用控制电路的工作原理。本书采用问答的形式，针对性较强，具有基础理论与实际操作使用相结合的特点，易于理解，使读者在阅读和查找某一问题时方便快捷、一目了然，较适合电气工作人员在实际工作中自学以及在碰到实际问题时查阅。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

实用电气维修与安装技术问答/梅更华等编著. —北京: 机械工业出版社, 2005. 5

ISBN 7-111-16227-7

I. 实... II. 梅... III. ①电工—维修—问答②电工—安装—问答 IV. TM0—44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 017469 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 徐明煜 版式设计: 霍永明 责任校对: 唐海燕

封面设计: 陈 沛 责任印制: 洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

890mm×1240mm A5·9.75 印张·286 千字

0001—4000 册

定价: 20.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着科学技术的突飞猛进，电气技术也在发生日新月异的变化，为满足电气工作人员的需求，特编写此书。

本书分为五个部分，分别介绍了电工基本知识及操作技能、电工仪表与检测、电动机与变频器、变压器和供配电、常用控制电路的工作原理。本书采用问答的形式，针对性较强，具有基础理论与实际操作使用相结合的特点，易于理解，使读者在阅读和查找某一问题时快捷方便、一目了然，较适合电气工作人员在实际工作中自学以及在碰到实际问题时查阅。

参加本书编写工作的还有梅佩华、刘梅、梅晓文等人。在本书的编写过程中，参考了有关电工技术资料，谨在此向原作者表示感谢！

由于编著者水平有限，书中疏漏在所难免，敬请广大读者指正。

**编著者**

# 目 录

## 前言

<b>第一章 电工基本知识及操作技能</b> .....	1
1. 电工技术中的常用名词和含义如何? .....	1
2. 电工技术中有哪些常用计算式? .....	4
3. 电气图中常用文字符号的含义是怎样的? .....	12
4. 电气工程图是如何分类的? .....	16
5. 阅读电气工程图的步骤是怎样的? .....	18
6. 如何阅读电气工程图中的设计说明? .....	23
7. 如何阅读总电气平面图? .....	24
8. 如何阅读电气系统图? .....	25
9. 如何阅读动力系统图? .....	25
10. 如何阅读照明系统图? .....	26
11. 如何阅读变电装置平面图? .....	26
12. 如何阅读动力平面图? .....	28
13. 如何阅读照明系统平面图? .....	29
14. 如何阅读控制系统原理图? .....	30
15. 如何阅读安装接线图、电缆清册、大样图、架空 线路施工图? .....	33
16. 电工供配电技术中有哪些实用速算口诀? .....	34
17. 电工电动机技术中有哪些实用速算口诀? .....	35
18. 电工照明技术中及焊接变压器时有哪些实用速算 口诀? .....	39
19. 电工低压用电检测技术中有哪些实用速算口诀? .....	40
20. 如何对电磁线的绝缘层进行处理与对接? .....	41
21. 如何对绝缘导线的绝缘层进行处理与对接? .....	44
22. 如何进行导线管的配管操作? .....	48

23. 如何进行导线管的穿线操作? .....	53
24. 电力电缆是如何分类的? 电力电缆的结构是怎样的? .....	55
25. 电力电缆的敷设方式有哪几种? 各有什么特点? .....	56
26. 如何进行电缆的敷设操作? .....	60
27. 如何进行高压(10kV)电缆头的制作? .....	60
28. 如何对电缆线路进行日常维护? .....	64
29. 电缆线路有哪些常见故障? 如何进行故障的寻测? .....	65
30. 如何对故障电缆进行修复? .....	66
31. 如何对电工电子线路进行检查? .....	67
32. 如何阅读电路原理图和印制电路图? .....	70
33. 如何在印制电路板上焊接电子元器件? .....	71
34. 常见的国外生产的集成电路型号是如何命名的? .....	72
35. 如何检测集成电路质量? .....	75
<b>第二章 电工仪表与检测</b> .....	<b>76</b>
36. 电工测量的过程和方法是怎样的? .....	76
37. 电工检测仪表的误差是如何分类的? .....	77
38. 如何消除电工仪表测量中的误差? .....	78
39. 电工仪表是如何分类的? .....	79
40. 如何选择电工测量仪表? .....	81
41. 如何进行电流的测量? .....	82
42. 如何进行电压的测量? .....	83
43. 如何对测量用电压互感器进行接线? .....	84
44. 如何对测量用电流互感器进行接线? .....	86
45. 使用互感器时需要注意哪些问题? .....	87
46. 如何进行电功率的测量和接线? .....	88
47. 如何测量三相有功功率? .....	89
48. 如何测量三相无功功率? .....	92
49. 如何进行单相电能表的接线? .....	94
50. 如何进行三相四线电路电能表的接线? .....	95
51. 如何进行三相三线电路电能表的接线? .....	97
52. 使用万用表时应注意哪些问题? .....	97

53. 如何用万用表检测热敏电阻? .....	98
54. 如何用万用表检测桥堆? .....	99
55. 如何用万用表检测稳压二极管? .....	99
56. 如何用万用表检测发光二极管? .....	100
57. 如何用万用表检测开关二极管? .....	100
58. 如何用万用表检测电容器? .....	101
59. 如何用万用表检测电感线圈? .....	101
60. 如何用万用表检测小容量变压器? .....	102
61. 如何用万用表检测电位器? .....	102
62. 如何用万用表检测场效应晶体管? .....	103
63. 如何用万用表检测陶瓷滤波器? .....	105
64. 如何选择和正确使用绝缘电阻表? .....	105
<b>第三章 电动机与变频器</b> .....	<b>108</b>
65. 引起电动机过载损坏的原因有哪些? .....	108
66. 负载电流的大小对电动机有什么影响? .....	110
67. 电动机过载热保护有什么作用? .....	112
68. 如何检查电动机定子绕组接地故障? .....	113
69. 如何修理电动机定子绕组接地故障? .....	114
70. 如何检查电动机定子绕组短路故障? .....	115
71. 如何修理电动机定子绕组短路故障? .....	116
72. 如何检查电动机定子绕组断路故障? .....	118
73. 如何修理电动机定子绕组断路故障? .....	120
74. 修理后的电动机有哪些检查与测试项目? .....	120
75. 如何检查电动机定子绕组接线错误? .....	121
76. 变频器有哪些种类? 各具有什么特点? .....	123
77. 变频器有哪些自动保护功能? .....	127
78. 变频器具有哪些控制功能? .....	128
79. 如何衡量变频器的质量? .....	131
80. 如何选配笼型电动机使用的变频器? .....	132
81. 如何选配变频器专用电动机? .....	134
82. 如何选配齿轮电动机用变频器? .....	137

83. 如何选用带制动器的电动机用变频器? .....	138
84. 如何选用变极电动机用变频器? .....	139
85. 如何选用绕线转子电动机及转矩波动等大负载 电动机用变频器? .....	139
86. 如何选用罗茨风机、沉井水泵及离心机电动机 用变频器? .....	140
87. 如何选用防爆电动机、单相电动机用变频器? .....	140
88. 如何进行变频器接线? 应注意哪些问题? .....	141
89. 如何正确使用变频器? .....	146
90. 安装变频器时需要注意哪些问题? .....	147
<b>第四章 变压器和供配电</b> .....	<b>149</b>
91. 电力变压器是如何分类的? 其结构是怎样的? .....	149
92. 无励磁分接开关的工作原理是怎样的? .....	150
93. 有载调压分接开关的工作原理是怎样的? .....	152
94. 何为变压器的联结组标号? 它有几种连接方式? .....	156
95. 三相双绕组变压器联结组的工作原理是怎样的? .....	159
96. 如何判断电力变压器的联结组标号? .....	161
97. 电力变压器在安装前需要进行哪些检查? .....	162
98. 如何进行变压器的吊心检查? .....	163
99. 进行室内变压器的安装时有什么要求? .....	166
100. 如何进行室内变压器的吊装和接线? .....	169
101. 如何进行室外变压器的安装? 有什么要求? .....	173
102. 电力变压器的安装交接验收包括哪些项目? .....	177
103. 电力变压器交接验收时应提供哪些资料和测试 数据? .....	177
104. 如何进行变压器试运行? .....	178
105. 电力变压器的日常巡视检查包括哪些主要内容? .....	179
106. 何为变压器的正常过负载运行? .....	181
107. 何为变压器的事故过负载运行? .....	182
108. 何为变压器的并列运行? 有什么特点? .....	182
109. 电力变压器并列运行时需要具备哪些条件? .....	183



110. 电力变压器并列运行时需要注意哪些问题? ..... 184
111. 如何检查电力变压器的故障? ..... 184
112. 电力变压器的检修周期是怎样的? ..... 187
113. 电力变压器有哪些检修项目? ..... 188
114. 进行电力变压器检修时需做哪些准备工作? ..... 189
115. 如何进行电力变压器的器身和油箱检修? ..... 190
116. 如何进行电力变压器套管的检修? ..... 192
117. 如何进行电力变压器无励磁分接开关的检修? ..... 194
118. 如何进行电力变压器油保护装置的检修? ..... 195
119. 如何进行电力变压器安全保护装置的检修? ..... 197
120. 如何进行电力变压器冷却装置的检修? ..... 199
121. 如何进行电力变压器测温装置的检修? ..... 200
122. 如何进行电力变压器检修后的组装? ..... 201
123. 如何进行变压器油的过滤? ..... 202
124. 电力变压器一般有哪些干燥方法? ..... 204
125. 如何选择工厂的供配电电压? ..... 209
126. 供电工程设计与施工的原则和内容是怎样的? ..... 211
127. 供电工程设计的程序与要求是怎样的? ..... 213
128. 电力负载是如何分类的? 对供电电源有什么要求? ..... 215
129. 变电所是如何分类的? 各适用于什么场合? ..... 216
130. 常用高压熔断器的结构、性能及适用场合是  
怎样的? ..... 218
131. 高压隔离开关的结构、性能及适用场合是怎样的? ..... 222
132. FN3—10RT 高压隔离开关的结构、性能及适用场合  
是怎样的? ..... 223
133. 高压断路器的性能及适用场合是怎样的? ..... 224
134. SN10—10 型高压少油断路器的性能及结构是  
怎样的? ..... 224
135. 高压六氟化硫 ( $\text{SF}_6$ ) 断路器的性能及结构是  
怎样的? ..... 227
136. 如何考虑高压六氟化硫 ( $\text{SF}_6$ ) 断路器的检修

周期? .....	229
137. 高压六氟化硫 (SF <sub>6</sub> ) 断路器有哪些检修项目? .....	230
138. 高压真空断路器的性能及结构是怎样的? .....	231
139. 真空断路器的检修周期是怎样的? .....	232
140. 真空断路器有哪些检修项目? .....	232
141. 如何判定真空灭弧室的寿命是否已经终结? .....	233
142. 如何进行高压电气设备的选择? .....	234
<b>第五章 常用控制电路的工作原理</b> .....	<b>238</b>
143. 电动机正反转控制电路有哪几种? 工作原理是 怎样的? .....	238
144. 电动机自动往复控制电路的工作原理是怎样的? .....	239
145. 电动机星-三角电路的工作原理是怎样的? .....	240
146. 电动机自耦减压启动的工作原理是怎样的? .....	241
147. 电动机延边三角形减压启动的工作原理是怎样的? .....	243
148. 电动机电磁制动器制动控制电路的工作原理是 怎样的? .....	243
149. 电动机反接制动电路的工作原理是怎样的? .....	245
150. 电动机能耗制动的工作原理是怎样的? .....	247
151. 双速电动机控制电路的工作原理是怎样的? .....	251
152. 三速电动机控制电路的工作原理是怎样的? .....	254
153. 接触器控制三相绕线转子异步电动机的电路工作原理 是怎样的? .....	256
154. 频敏变阻器控制绕线转子异步电动机的电路工作原理 是怎样的? .....	258
155. 凸轮控制器控制电动机的电路工作原理是怎样的? 接线有什么规律? .....	259
156. 同步电动机控制电路的工作原理是怎样的? .....	262
157. 他励直流电动机启动控制电路的工作原理是 怎样的? .....	264
158. 并励直流电动机启动控制电路的工作原理是 怎样的? .....	265

159. 串励直流电动机起动控制电路的工作原理是  
怎样的? ..... 266
160. 并励直流电动机正反转控制电路的工作原理是  
怎样的? ..... 266
161. 串励直流电动机正反转控制电路的工作原理是  
怎样的? ..... 267
162. 小容量低压断路器的电路工作原理是怎样的? ..... 267
163. 带欠电压脱扣器的低压断路器的工作原理是  
怎样的? ..... 268
164. 带分励脱扣器的断路器的电路工作原理是怎样的? ..... 269
165. 采用电动机操作控制的低压断路器的工作原理是  
怎样的? ..... 269
166. 带欠电压脱扣器电动机操作的低压断路器的工作原理  
是怎样的? ..... 270
167. 带分励脱扣器直流电动机操作的低压断路器的工作原理  
是怎样的? ..... 271
168. 直流操作低压断路器的工作原理是怎样的? ..... 272
169. 带预储能装置操作控制低压断路器的工作原理是  
怎样的? ..... 273
170. 断路器控制双电源电路的工作原理是怎样的? ..... 274
171. 常见的 M7120 平面磨床电路的工作原理是怎样的? ..... 283
172. 常见的 X62W 万能铣床电路的工作原理是怎样的? ..... 287
173. 常见的 Z35 摇臂钻床电路的工作原理是怎样的? ..... 295
- 参考文献**..... 299

# 第一章 电工基本知识及操作技能

## 1. 电工技术中的常用名词和含义如何？

答：电工技术中常用名词和含义如下：

(1) 导体：具有良好的传导电流能力的物体称为导体，导体的电阻率通常在  $10^{-4} \Omega \cdot \text{m}$  以下。导体一般分为两类：金属、大地以及人体等，称为第一类导体；酸、碱、盐的水溶液等，称为第二类导体。

(2) 绝缘体：不善于传导电流的物体称为绝缘体。典型绝缘体的电阻率大于  $10^{10} \Omega \cdot \text{m}$ 。

(3) 半导体：导电性能介于导体和绝缘体之间的物体称为半导体。当半导体的杂质含量及外界条件（光照、温度或压强等）改变时，半导体的导电性能会发生显著变化。

(4) 电流：通常把电荷的有规律的运动称为电流。

(5) 电流密度：通过单位面积的电流的大小叫做电流密度。

(6) 电路：用导体把电源、用电元器件或设备连接起来，构成的电流通路称为电路。

(7) 电压：静电场或电路中两点间的电位差，其数值等于单位正电荷在电场力的作用下，从一点移动到另一点所做的功。

(8) 电动势：电路中因其他形式的能量转换为电能所引起的电位差，叫做电动势，其数值等于单位正电荷在回路中绕行一周时电力所作的功。

(9) 感应电动势：分为动生电动势和感生电动势。动生电动势是指组成网络的导体（整体或局部）在恒定磁场中运动时使回路中磁通量发生变化而产生的电动势；感生电动势是指固定回路中磁场发生变化使回路磁通量改变而产生的电动势。

(10) 电阻 电路中对电流通过有阻碍作用并且造成能量消耗的部分称为电阻。根据欧姆定律可知，导体两端的电压和通过导体的电流成正比，它们的比值即为电阻。

(11) 电阻率：表征物质导电性能好坏的一个物理量。电阻率越小，导电能力越强。导体的电阻率会受一些物理因素（如热、光、压力等）影响。

(12) 电导：物体传导电流的本领叫做电导。电导的数值就是电阻值的倒数。

(13) 电导率：衡量物质导电性能好坏的一个物理量。电导率的大小在数值上是电阻率的倒数。

(14) 电容：衡量导体储存电荷能力的物理量。

(15) 电感：是自感与互感的统称。自感是指当闭合回路中的电流发生变化时，则由这电流所产生的、穿过回路本身的磁通量也发生变化，因此在回路中也将产生感应电动势的现象。互感是指一个闭合回路中电流变化使穿过邻近另一个回路中磁通量发生变化而在该回路中产生感应电动势的现象。

(16) 直流电：电荷流动方向不随时间改变的电流。

(17) 交流电：大小和方向随时间作周期性变动且在一个周期内平均值为零的电流称为交变电流。

(18) 频率：每秒钟内电流方向改变的次数叫做交流电的频率。

(19) 瞬时值：交流电在任一时刻的量值称为瞬时值。

(20) 有效值：交流电在一个周期内的方均根值，即交流电通过一电阻在一个周期内消耗的能量，若与一直流电通过同一电阻在相同时间内消耗的能量相等，则此直流电的量值被定义为该交流电的有效值。

(21) 感抗：交流电通过具有电感的电路时，电感阻碍电流流过的作用。

(22) 容抗：交流电通过具有电容的电路时，电容阻碍电流流过的作用。

(23) 阻抗：交流电通过具有电感、电容和电阻的电路时，电感、电容和电阻共同阻碍电流流过的作用。

(24) 相位：交流电是随时间按正弦规律变动的物理量。可用公式表示为

$$i = I_m \sin (\omega t + \varphi)$$

式中  $\omega t + \varphi$ ——该交流电在某一瞬间时的相位，而  $\varphi (t=0)$  称为初相角，因相位以角度表示，故可称相角， $\omega$  称为角频率。

(25) 相位差：两个频率相同的正弦交流电的初相位之差称为相位差或相角差。

(26) 瞬时功率：指交流电路中任一瞬间的功率。

(27) 电功率：电功率是单位时间内电流所做的功，用字母  $P$  来表示。实践证明，电功率等于电压乘以电流，电功率的单位是瓦特，简称为瓦，用符号“W”表示。

(28) 视在功率：在具有电阻和电抗的电路中，电压与电流有效值的乘积称为视在功率。

(29) 有功功率：交流电路功率在一个周期内的平均值称为平均功率，又称为有功功率。它实质上反映了电路从电源取得的净功率。

(30) 无功功率：在具有电感（或电容）的电路中，电感（或电容）在半周期的时间里把电源的能量变成磁场（或电场）的能量储存起来，在另外半周期的时间里又把储存的磁场（或电场）能量还给电源。它们只是与电源进行能量交换，并没有真正消耗能量。将电源交换能量的速率的振幅值称为无功功率。

(31) 功率因数：是指有功功率与视在功率的比值。

(32) 相电压：在三相交流系统中，任一根相线与中性线之间的电压叫做相电压。

(33) 线电压：在三相交流系统中，任意两根相线之间的电压叫做线电压。

(34) 相电流：在三相负载中，每相负载中流过的电流叫做相电流。

(35) 线电流：在三相电源线各线中流过的电流叫做线电流。

(36) 磁感应强度：表示磁场强弱与方向的物理量，包括由电流产生的磁场和磁介质因磁化而产生的磁场，在充满均匀磁介质的情况下，由它决定磁场作用于磁性物质（或载流导体）上的作用力。

(37) 磁通量：磁感应强度与垂直于磁场方向的面积的乘积叫磁通量。

(38) 磁阻：磁路对磁通量所起的阻碍作用。

(39) 剩磁：铁磁物质在外磁场中被磁化，当外磁场消失后，铁磁物质仍保留一定的磁性，称作剩磁。

## 2. 电工技术中有哪些常用计算式？

答：电工技术常用计算式如下：

(1) 电阻与导体长度、截面积及材料性质间的关系为

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中  $R$ ——导体的电阻 ( $\Omega$ )；  
 $l$ ——导体的长度 (m)；  
 $S$ ——导体的截面积 ( $\text{m}^2$ )；  
 $\rho$ ——电阻率 ( $\Omega \cdot \text{m}$ )。

(2) 电阻与温度的关系为

$$R_t = R_{20} [1 + \alpha (t - 20)]$$

式中  $R_t$ ——导体在  $t^\circ\text{C}$  时的电阻 ( $\Omega$ )；  
 $R_{20}$ ——导体在  $20^\circ\text{C}$  时的电阻 ( $\Omega$ )；  
 $\alpha$ ——导体的电阻温度系数；  
 $t$ ——温度 ( $^\circ\text{C}$ )。

(3) 直流电路中电压、电流、电阻三者之间的关系 (欧姆定律)

为

$$I = \frac{U}{R}$$

式中  $I$ ——电路中的电流 (A)；  
 $U$ ——电路两端电压 (V)；  
 $R$ ——电路两端电压 ( $\Omega$ )。

其典型电路如图 1-1 所示。

(4) 全电路欧姆定律为

$$I = \frac{E}{r + R}$$

式中  $I$ ——电路中的电流 (A)；  
 $E$ ——电源的电动势 (V)；

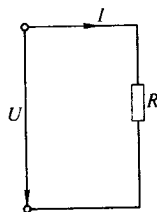


图 1-1 直流电路典型电路

$r$ ——电源的内电阻 ( $\Omega$ );

$R$ ——电路中的负载电阻 ( $\Omega$ )。

其典型电路如图 1-2 所示。

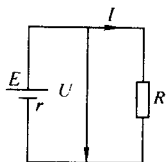


图 1-2 全电路欧姆定律典型电路

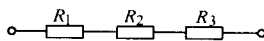


图 1-3 电阻串联典型电路

(5) 电阻串联的总电阻值为

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

式中  $R$ ——总电阻 ( $\Omega$ );

$R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ ——分电阻 ( $\Omega$ )。

其典型电路如图 1-3 所示。

(6) 电阻并联的总电阻值为

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

式中  $R$ ——总电阻 ( $\Omega$ );

$R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ ——分电阻 ( $\Omega$ )。

其典型电路如图 1-4 所示。

(7) 电阻混联的总电阻值为

$$R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

式中  $R$ ——总电阻 ( $\Omega$ );

$R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ ——分电阻 ( $\Omega$ )。

其典型电路如图 1-5 所示。

(8) 电容串联的总电容值为

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

式中  $C$ ——总电容 (F);

$C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ ——分电容 (F)。

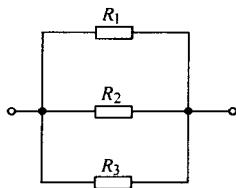


图 1-4 电阻并联典型电路

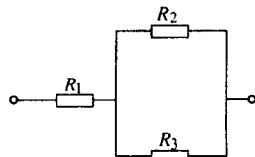


图 1-5 电阻混联典型电路



其典型电路如图 1-6 所示。

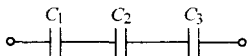


图 1-6 电容串联典型电路

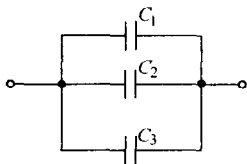


图 1-7 电容并联典型电路

(9) 电容并联的总电容值为

$$C = C_1 + C_2 + C_3$$

式中  $C$ ——总电容 (F);

$C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ ——分电容 (F)。

其典型电路如图 1-7 所示。

(10) 电阻星形三角形联结互换, 有星形联结化为三角形联结和三角形联结化为星形联结两种情况。

1) 星形联结化为三角形联结的电阻值为

$$R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$$

$$R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

$$R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$$

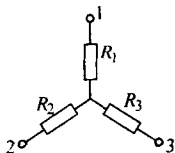


图 1-8 电阻星形联结化为三角形联结典型电路

其典型电路如图 1-8 所示。

2) 三角形联结化为星形联结的电阻值为

$$R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

$$R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$$

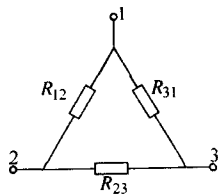


图 1-9 电阻三角形联结化为星形联结典型电路

其典型电路如图 1-9 所示。

(11) 电容星形三角形联结互换, 有