

实用电力电子技术丛书

电力电子技术 问答

◎ 颜世钢 张承慧 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TM1-44

15

2007

实用电力电子技术丛书

电力电子技术问答

颜世钢 张承慧 编著

李 宏 主审

机械工业出版社

本书以问答的形式、系统地阐述了电力电子器件、电力电子电路和部分电力电子设备的有关结构、特性、原理,分三篇,共600余题。第一篇较全面地介绍了各种电力电子器件的内部结构、工作原理、参数定义、保护技术、驱动技术及实用技巧等内容。第二篇主要介绍了AC/DC电路、DC/DC电路、AC/AC电路、DC/AC电路的原理、计算公式、控制方式、常见问题,以及PWM控制技术、软开关技术、谐波及抑制等内容。第三篇主要介绍了变频器、UPS、弧焊电源的结构、原理、应用中的常见问题以及应用于电力系统的电力电子设备的基本原理。

本书可供工程院校以及中等专业学校广大师生作为参考书,也可供具有中等文化以上程度从事电力电子技术工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力电子技术问答/颜世钢,张承慧编著. —北京:机械工业出版社, 2007.6

(实用电力电子技术丛书)

ISBN 978-7-111-21437-3

I. 电… II. ①颜…②张… III. 电力电子学—问答 IV. TM1-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第064478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:贡克勤 版式设计:冉晓华 责任校对:王欣

封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2007年7月第1版第1次印刷

184mm×260mm·27.5印张·680千字

标准书号:ISBN 978-7-111-21437-3

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379711

封面无防伪标均为盗版

前 言

电力电子技术是以电能变换为控制对象的电子技术，是弱电与强电的桥梁，它的主要任务是对电能进行控制和变换。由于电力电子技术迅速发展，新器件、新型集成电路不断涌现，新型设备也不断涌现和更新，应用领域在不断扩大。电力电子技术在电动机调速、电气控制、交直流供电电源、发输配电、照明控制、家用电器乃至社会日常生活诸多方面的应用不断延伸。学习和从事电力电子技术的人员队伍迅速扩大，对相关资料的需求十分迫切。为满足上述需要，编写了这本《电力电子技术问答》。

本书内容包括：电力电子器件、电力电子电路和电力电子设备等三部分，分十七章，共计600余题。编写内容从基础开始，由浅入深，力求通俗易懂，兼顾不同水平读者的需求。本书内容充实，条理清晰，重点突出，着重系统性和实用性。

本书由山东大学颜世钢副教授、张承慧教授合作编写，清华大学陈建业教授编写了部分内容，编写过程中还得到了研究生邵春涛等同学的支持。全书由颜世钢副教授负责统稿工作。

本书由西安石油大学李宏教授主审，上海大学陈伯时教授审阅了本书的编写提纲，北京机械工业大学栗书贤教授审阅了本书初稿，参加审稿的还有黄耀先、贡克勤、谢运祥、梁森、王文郁、宋德俊、王廷才、张学斌等同志，他们提出了许多宝贵而中肯的修改意见，在此谨致诚挚的感谢！广州市三义电力电子有限公司宋德俊总经理给予了大力帮助，在此也谨致衷心的感谢。

由于编写时间所限，有些内容来不及编写，不得不忍痛割爱。由于学识水平所限，收集资料欠全面，加之编写时间仓促，书中难免有纰漏和不妥之处，恳切希望读者批评指正。

作 者

目 录

前言

绪 论

1. 什么是电力电子技术? 1
2. 电力电子技术与信息电子技术有什么关系? 1
3. 电力电子技术的发展历史是怎样的? 2

第一篇 电力电子器件

4. 电力电子器件是如何分类的? 4
5. 电力电子器件的主要特征是什么? 5
6. 比较常用的电力电子器件的主要特点、性能及应用场合有什么区别? 5

第一章 晶闸管及其派生器件 7

7. 什么是半导体? 7
8. 半导体 PN 结是怎样形成的? 7
9. 为什么 PN 结具有单向导电性? 什么是电导调制效应? 7
10. PN 结的结电容是什么? 8
11. 结电容对电力电子器件的工作有何影响? 什么是位移电流? 8
12. 什么是整流二极管? 它的主要参数有哪些? 8
13. 什么是整流二极管的反向恢复时间? 9
14. 整流二极管怎样分类? 9
15. 什么是晶闸管? 它有哪些用途? 9
16. 晶闸管是如何开通的? 10
17. 什么是晶闸管的静态特性? 11
18. 什么是晶闸管的开关特性? 11
19. 什么是晶闸管的断态电压临界上升率 du/dt ? 为什么要限制 du/dt ? 12
20. 什么是晶闸管的通态电流临界上升率 di/dt ? 为什么要限制 di/dt ? 12
21. 晶闸管的额定电压是怎样定义的? 实际应用中如何选取晶闸管的额定电压? 12
22. 晶闸管的额定电流是怎样定义的? 与其他电气设备的额定电流有什么不同? 13
23. 怎样选取晶闸管的额定电流? 14
24. 什么是晶闸管的维持电流和擎住电流? 14
25. 怎样用万用表鉴别晶闸管的三个极? 怎样判断晶闸管的好坏? 15
26. 晶闸管在工作中过热, 是由哪些原因引起的? 15
27. 晶闸管在运行中突然损坏的原因有哪些? 15
28. 晶闸管装置冬天工作正常, 到夏天变得不可靠了, 可能是什么原因? 夏天工作正常, 到冬天变得不可靠了, 又可能是什么原因? 16
29. 晶闸管最大冲击电流允许多大? 超过了是否一定会坏? 16



30. 什么是快速晶闸管?	16
31. 什么是双向晶闸管? 用于什么领域?	16
32. 什么是逆导晶闸管?	17
33. 什么是光控晶闸管?	17
34. 什么情况下使用晶闸管需要串联? 晶闸管串联时会出现什么问题? 应采取哪些措施?	17
35. 晶闸管串联时如何进行均压?	18
36. 什么情况下使用晶闸管需要并联? 晶闸管并联时会出现什么问题? 应采取哪些措施?	18
37. 晶闸管并联时如何进行均流?	19
38. 晶闸管整流电路为什么要进行过电压保护? 通常有哪些方法?	20
39. 晶闸管整流电路产生过电流的原因有哪些? 通常有哪些保护方法?	20
40. 晶闸管过电流保护中怎样选择快速熔断器?	21
41. 在整流电路中交流侧设置的电流检测装置是如何进行过电流保护的? 如何整定?	22
42. 晶闸管对触发电路有哪些要求?	22
43. 什么情况下晶闸管不能触发导通? 什么情况下触发导通后又自己关断? 什么情况下 不触发自己就会导通?	23
44. 触发电路受干扰是怎么引起的? 怎样避免?	24
45. 常用的触发电路有哪几种?	24
46. 如何调试单结晶体管移相的触发器电路?	24
47. 用单结晶体管的触发电路, 当移相使晶闸管达到某一导通角, 再继续调大导通角时, 忽然晶闸管变成全关断是何原因?	25
48. 如何调试正弦波同步的触发器电路?	25
49. 怎样测定电源的相序?	26
50. 如何调试锯齿波同步的触发器电路?	27
51. 锯齿波同步触发电路输出脉冲宽度不够, 应如何解决?	28
52. 采用锯齿波同步移相触发电路的三相全控桥, 在电感性负载时输出的电压 u_d 波形 移相步调不一致, 是何原因及如何解决?	28
53. 怎样确定主电路与触发电路之间的相位?	29
54. 晶闸管移相触发控制专用集成电路有哪些?	30
55. KJ001 (KC01) 晶闸管移相触发控制集成电路的结构原理及典型接线是怎样的?	33
56. KJ004 (KC04)、KJ009 (KC09) 晶闸管移相触发控制集成电路的结构原理及典型接线 是怎样的?	34
57. KJ006 (KC06) 双向晶闸管或反并联晶闸管移相触发控制集成电路的结构原理及典型 接线是怎样的?	36
58. KJ005 (KC05) 双向晶闸管或反并联晶闸管移相触发控制集成电路与 KJ006 (KC06) 有什么区别?	38
59. KJ008 (KC08) 双向晶闸管过零触发集成电路的结构原理及典型接线是怎样的?	39
60. KJ007 (KC07) 双向晶闸管过零触发控制集成电路与 KJ008 (KC08) 有什么区别?	40
61. KJ010 晶闸管移相触发集成电路的结构原理及典型接线是怎样的?	40
62. KJ011 改进型晶闸管移相触发集成电路的结构原理及典型接线是怎样的?	41
63. KJ041 (KC41) 6路双脉冲形成集成电路的结构原理是怎样的?	42
64. KJ042 (KC42) 脉冲列调制形成集成电路的结构原理及典型接线是怎样的?	44
65. TCA785 (KJ785) 晶闸管移相触发集成电路的结构原理及典型接线是怎样的?	45
66. TC787 (KJ787) 晶闸管高性能三相移相触发集成电路的结构原理及典型接线是怎样的?	47



67. KM-18-3 可补双脉冲晶闸管厚膜移相触发器的原理是怎样的?	48
第二章 电力晶体管 (GTR)	51
68. 什么是电力晶体管? 它有哪些用途?	51
69. 常用的 GTR 有哪些类型?	51
70. 什么是单管 GTR?	51
71. 什么是达林顿管 GTR? 它有哪些优缺点?	52
72. 什么是 GTR 模块?	52
73. 电力 GTR 与电子线路中的小功率晶体管有什么不同?	53
74. 什么是电力 GTR 的动态特性?	54
75. 电力 GTR 的主要参数有哪些? 举例说明。	54
76. 电力 GTR 的击穿电压与什么因素有关?	55
77. 什么是 GTR 的二次击穿? 什么是 GTR 的二次击穿功率 P_{SB} 的临界线?	56
78. 造成 GTR 二次击穿的原因是什么? 怎样预防 GTR 的二次击穿?	57
79. 什么是 GTR 的安全工作区 (SOA)?	57
80. GTR 的基极驱动电路的重要性是什么?	58
81. 能否用快速熔断器和过电流继电器保护 GTR?	58
82. GTR 对基极驱动电路的基本要求有哪些?	58
83. GTR 的基极驱动电路有哪些种类?	59
84. 什么是 GTR 的恒流驱动电路? 怎样改善其驱动性能?	59
85. 什么是 GTR 驱动的加速电容电路?	60
86. 什么是 GTR 的抗过饱和电路? 其工作原理是怎样的?	60
87. 什么是 GTR 的截止反偏驱动电路? 其工作原理如何?	61
88. 图 2-14 所示的 GTR 实用驱动电路是如何工作的?	61
89. 什么是 GTR 的比例驱动电路? 其工作原理是怎样的?	62
90. GTR 的集成化驱动电路有什么优点? 常用的 GTR 集成驱动电路有哪些?	62
91. GTR 的混合集成驱动电路的基本原理是什么? 以 M57917L 说明。	64
92. GTR 的单片集成基极驱动电路 UAA4002 有哪些基本功能?	65
93. 什么是 GTR 的就地保护和集中式保护?	68
94. 什么是 GTR 过流保护中的状态识别法? 识别的原理是什么?	68
95. 怎样用电阻采样法检测 GTR 的过电流? 它有什么优缺点?	69
96. 怎样用霍尔电流传感器进行 GTR 的过电流保护? 它有什么优点?	69
97. 什么是霍尔传感器? 其工作原理是什么?	70
98. 与普通互感器相比, 霍尔传感器有哪些优点?	70
99. 霍尔传感器的电参数有哪些?	71
100. 在运行过程中 GTR 突然过热的原因有哪些? 怎样进行过热保护?	72
101. 怎样检测 GTR 是否已经可靠关断?	73
102. 什么是 GTR 的缓冲电路? 缓冲电路有什么作用?	73
103. GTR 的缓冲电路有哪些类型?	74
104. GTR 典型的 RCD 耗能式关断缓冲电路的工作原理是怎样的?	74
105. GTR 的耗能式开通缓冲电路的工作原理是怎样的?	75
106. 什么是 GTR 的耗能式复合缓冲电路?	76
107. 图 2-31a 所示的 GTR 馈能式关断缓冲电路是如何工作的?	76
108. 图 2-32 所示应用于 GTR 逆变桥的低功耗吸收电路是怎样工作的?	77



第三章 电力场效应晶体管 (Power MOSFET)	79
109. 什么是电力场效应晶体管 (电力 MOSFET)? 它与电力 GTR 有什么区别?	79
110. 电力 MOSFET 的基本结构和工作原理是怎样的?	79
111. 电力 MOSFET 有哪些主要特点?	80
112. 什么是电力 MOSFET 的输出特性?	81
113. 电力 MOSFET 的输出特性与 GTR 的输出特性有何不同?	82
114. 什么是电力 MOSFET 的开启电压 U_T ?	82
115. 什么是电力 MOSFET 的转移特性?	82
116. 什么是电力 MOSFET 的通态电阻 R_{on} ? 它与哪些因素有关?	83
117. 什么是电力 MOSFET 的输入电容 C_{iss} 、输出电容 C_{oss} 和反馈电容 C_{res} ?	83
118. 影响电力 MOSFET 开关速度的因素是什么?	83
119. 什么是电力 MOSFET 的动态特性?	84
120. 什么是电力 MOSFET 的正向偏置安全工作区 (FBSOA)? 它与 GTR 的正偏安全工作区有何区别?	85
121. 电力 MOSFET 的主要参数有哪些? 试举例说明。	85
122. 什么是电力 MOSFET 模块? 它有哪些基本结构?	86
123. 为什么说电力 MOSFET 比较容易并联使用? 并联时应注意哪些问题?	87
124. 为什么电力 MOSFET 容易造成静电击穿? 怎样预防静电击穿?	88
125. 如何防止电力 MOSFET 在运行过程中的门极过电压?	88
126. 如何防止电力 MOSFET 在运行过程中的漏源过电压?	89
127. 电力 MOSFET 的门极驱动有何特点? 器件对驱动电路有什么要求?	89
128. 怎样用 TTL 器件或 CMOS 器件直接驱动电力 MOSFET?	90
129. 用脉冲变压器隔离的电力 MOSFET 门极驱动电路有哪些基本形式?	91
130. 图 3-14 所示的光电隔离式电力 MOSFET 驱动电路是如何工作的?	92
131. 图 3-15 所示的正反馈型电力 MOSFET 驱动电路是怎样工作的?	92
132. 图 3-16 所示的窄脉冲自保护驱动电路是怎样工作的?	93
133. 图 3-17 所示的电力 MOSFET 高速关断驱动电路是怎样工作的?	93
134. 电力 MOSFET 常用的专用集成驱动电路有哪些?	94
135. 电力 MOSFET 的专用集成驱动电路 IR2110 的结构、原理、特点及典型连接是怎样的?	96
136. 电力 MOSFET 的专用集成驱动电路 IR2233 的结构、原理、特点及典型连接是怎样的?	98
第四章 绝缘栅双极型晶体管 IGBT	103
137. 什么是 IGBT? 它与电力 GTR、电力 MOSFET 相比有哪些特点?	103
138. IGBT 的结构和工作原理是怎样的?	103
139. 什么是 IGBT 的输出特性? 它与 GTR 的输出特性有何异同?	104
140. 什么是 IGBT 的转移特性?	104
141. 什么是 IGBT 的动态特性?	104
142. 什么是 IGBT 的擎住效应? 产生擎住效应的原因有哪些? 怎样避免擎住效应?	105
143. 什么是 IGBT 的安全工作区?	106
144. IGBT 的主要参数有哪些?	106
145. IGBT 模块有哪些结构?	108
146. 使用 IGBT 时应注意哪些事项?	108
147. 实际应用中, 怎样选择 IGBT 的参数?	110
148. 图 4-10a 所示 IGBT 的脉冲变压器驱动电路的工作原理及特点是什么?	111



149. 图 4-11 所示光耦隔离的 IGBT 驱动电路的工作原理是什么?	112
150. TLP250 集成驱动器的结构及构成的 IGBT 驱动电路是怎样的?	112
151. 图 4-14 所示具有电流保护的 CMOS 器件驱动 IGBT 的电路是怎样工作的?	113
152. IGBT 的常用门极专用集成驱动电路有哪些?	114
153. EXB 系列 IGBT 厚膜集成驱动电路的结构、功能及应用电路是怎样的?	115
154. M57962L 带保护和定时复位功能的 IGBT 专用驱动电路的结构原理及应用接线是怎样的?	116
155. 使用 IGBT 时应采取哪些保护措施?	117
156. 怎样对 IGBT 进行过电流检测?	117
157. 怎样关断发生过电流的 IGBT?	118
158. 图 4-22 所示是具有降门压延时关断过电流保护功能的 IGBT 驱动电路, 其工作原理是 怎样的?	119
159. 图 4-23 所示的慢降门压 IGBT 过电流保护电路的工作原理是怎样的?	119
160. 图 4-24 所示具有软降门压、延时软关断保护功能的 IGBT 驱动电路是怎样工作的?	121
161. HL402A (B) 具有降门压、延时软关断保护功能的 IGBT 厚膜集成驱动电路的结构原 理及应用接线是怎样的?	122
162. 采用没有保护功能的驱动电路时, 怎样对 IGBT 进行过电流保护?	126
163. 怎样对 IGBT 进行过电压保护? 怎样有效抑制 IGBT 模块的关断过电压?	126
第五章 门极可关断晶闸管 (GTO) 和集成门极换流晶闸管 (IGCT)	129
164. 什么是门极可关断晶闸管 (GTO)? 其结构与普通晶闸管有何异同?	129
165. GTO 和普通晶闸管同为 PNP 结构, 为什么 GTO 能够自关断, 而普通晶闸管不能?	129
166. 已经导通的 GTO, 是怎样用门极关断的?	130
167. GTO 的多元化结构有哪些利弊? GTO 的失效原理及原因是怎样的?	130
168. GTO 的静态、动态特性与普通晶闸管有何异同?	131
169. GTO 的主要参数有哪些?	131
170. GTO 的缓冲电路有什么作用? 其基本形式是怎样的?	133
171. 怎样估算 GTO 缓冲电路中各元件的参数值? 缓冲电路元件的选型及安装工艺有何要求?	133
172. 影响 GTO 开通、关断的因素有哪些? 为什么说门极控制的关键是关断?	134
173. GTO 的门极驱动电路有哪些类型?	134
174. 图 5-6 所示电感与电容门极驱动电路是怎样工作的?	135
175. 图 5-7 所示电容储能小容量 GTO 门极驱动电路是怎样工作的?	135
176. 图 5-8、图 5-9 所示 GTO 门极电路是怎样工作的?	135
177. 图 5-10 所示的 GTO 间接驱动电路是如何工作的?	136
178. 图 5-11 所示直接驱动开通和间接驱动关断的门极控制电路是如何工作的?	136
179. GTO 过电流保护的一般原则是什么?	138
180. 什么是 GTO 的过电流状态识别法?	139
181. 怎样用快速熔断器保护 GTO 逆变器?	140
182. 什么是 GTO 的撬杠保护法?	140
183. 什么是 GTO 的自关断保护法?	141
184. 怎样用晶闸管电子开关对 GTO 进行过电流保护?	142
185. GTO 损坏后, 怎样保护门极驱动电路?	142
186. 什么是集成门极换流晶闸管 IGCT?	142
187. 集成门极换流晶闸管 IGCT 的结构与工作原理是怎样的?	143
188. 集成门极换流晶闸管 IGCT 中采用了哪些新技术?	144



189. 与 GTO 和 IGBT 相比, IGCT 具有哪些优点?	146
190. IGCT 的开关特性是怎样的?	147
191. IGCT 的通态特性是怎样的?	148
192. IGCT 有哪些主要参数?	149
第六章 其他新型电力电子器件	152
193. 什么是静电感应晶体管 (SIT)?	152
194. 静电感应晶体管 SIT 的基本结构和工作原理是怎样的?	152
195. 静电感应晶体管 SIT 的伏安特性是怎样的?	153
196. 静电感应晶体管 SIT 的转移特性是怎样的?	153
197. 静电感应晶体管 SIT 有哪些主要参数? 并举例说明。	153
198. 什么是双极型静电感应晶体管 BSIT? 它有什么特点?	155
199. 双极型静电感应晶体管 BSIT 的工作原理是怎样的?	155
200. 什么是静电感应晶闸管 SITH?	156
201. 静电感应晶闸管 SITH 的结构是怎样的?	156
202. 静电感应晶闸管 SITH 的工作原理是怎样的?	157
203. 什么是 MOS 控制晶闸管 (MCT)?	157
204. 什么是注入增强栅晶体管 (IEGT)?	158
205. 注入增强栅晶体管 (IEGT) 的结构及工作原理是怎样的?	158
206. IEGT 的开关特性是怎样的?	159
207. IEGT 有哪些主要参数?	160
208. 与其他大功率开关器件相比较, IEGT 有哪些性能特点?	162
209. 什么是功率集成电路 (PIC)?	163
210. 与分立元件构成的功率变换及控制电路相比, 功率集成电路有哪些优点?	164

第二篇 电力电子变流电路

211. 什么是电力电子变流电路?	165
212. 电力电子变流电路有哪些基本的类型?	165
213. 电力电子器件和变流电路的基本控制方式有哪些?	166
第七章 整流电路 (AC/DC)	167
214. 整流电路有哪些类型?	167
215. 哪些地方应使用可控整流电路?	167
216. 什么是晶闸管的控制角 α 和导通角 θ ?	167
217. 调试晶闸管整流装置时, 应注意哪些问题?	167
218. 单相可控整流电路的各种连接方式与计算参数是怎样的?	172
219. 三相可控整流电路的各种连接方式与计算参数是怎样的?	172
220. 试比较带平衡电抗器的双反星形整流电路与六相半波整流电路工作情况有什么不同?	172
221. 变压器漏感对可控整流电路会带来哪些影响?	173
222. 考虑变压器漏感时, 可控整流电路的通用计算方法是怎样的?	174
223. 续流二极管在全控桥整流电路和半控桥整流电路中的作用有何不同?	175
224. 电抗器滤波的可控整流电路中, 计算输出电流平均值时, 为什么不考虑电抗器上的电压降?	175
225. 在可控整流的负载为纯电阻情况下, 电阻上的平均电流与平均电压之乘积, 是否	



等于负载功率? 为什么?	176
226. 可控整流电路的负载为大电感与电阻串联的情况下, 如果忽略电感的电阻, 这时负载电阻上的平均电流与平均电压之乘积是否等于负载功率? 为什么?	176
227. 在主电路没有整流变压器, 用示波器观察各点的波形时, 必须采取什么措施? 用双踪示波器同时观察电路两处波形时, 必须注意什么问题?	176
228. 如何根据整流电路输出电压波形 u_d 和晶闸管两端电压波形 u_{VT} 分析电路的故障?	176
229. 三相桥式整流电路, 当一只晶闸管短路时, 电路会发生什么情况?	178
230. 为什么可控整流电路一般不在直流侧直接接大电容滤波? 如果需要大电容滤波, 应采取什么措施?	178
231. 电容滤波的不可控整流电路中, 有时候串入小电感, 其作用是什么?	179
232. 有源逆变电路与整流电路有什么关系?	179
233. 什么样的整流电路可以用于有源逆变? 有源逆变实现的条件是什么?	179
234. 什么是晶闸管逆变角 β ? 逆变角 β 和控制角 α 有什么关系?	180
235. 在有源逆变状态时, 晶闸管工作有何特点?	180
236. 三相有源逆变电路对触发电路的要求和整流电路相比有什么不同?	181
237. 什么叫有源逆变失败? 造成有源逆变失败的原因有哪些?	181
238. 为了防止有源逆变失败, 最小逆变角 β_{min} 应取多大?	182
239. 什么是整流与待整流? 什么是逆变与待逆变?	182
240. 什么是 PWM 整流电路? 它与相位控制整流电路有什么区别?	182
241. 电压型单相桥式 PWM 整流电路的结构及其基本工作原理是怎样的?	183
242. 图 7-13 所示电压型单相桥式 PWM 整流电路是怎样工作的?	184
第八章 交流变换电路 (AC/AC)	186
243. 什么是交流变换电路? 交流变换电路有哪些类型?	186
244. 晶闸管交流调压电路、调功电路和无触点开关之间有什么异同点? 各有什么用途?	186
245. 试比较采用晶闸管交流调压与采用自耦调压器的交流调压有何不同?	187
246. 晶闸管单相交流调压电路在电阻负载时是怎样工作的?	187
247. 晶闸管单相交流调压电路在感性负载时是怎样工作的?	187
248. 为什么交流调压电路感性负载的触发脉冲必须用宽脉冲或宽脉冲列?	188
249. 三相晶闸管交流调压电路有哪些联结形式? 各自有哪些特点?	189
250. 用一对反并联的晶闸管和用一只双向晶闸管进行交流调压时, 它们的主要差别是什么?	190
251. 晶闸管交流调压器对触发电路有哪些基本要求?	190
252. 图 8-5 所示的双向晶闸管简易调光电路是怎样工作的?	191
253. 图 8-7 所示的双向晶闸管双色调光电路 (1) 是怎样工作的?	192
254. 图 8-8 所示的双向晶闸管双色调光电路 (2) 是怎样工作的?	192
255. 图 8-9 所示的用单结晶体管触发的交流调压电路是怎样工作的?	192
256. 图 8-10 所示的用单结晶体管触发的蓄电池充电电路是怎样工作的?	193
257. 晶闸管交流调压电路有哪些常用的集成触发电路?	193
258. KTM03 晶闸管交流调压调功集成触发电路的结构及工作原理是怎样的?	194
259. KTM03 在移相调压电路中的开环、闭环电路的连接及工作原理是怎样的?	195
260. KTM03 在过零触发调功电路中的连接及工作原理是怎样的?	196
261. 国产 KT1 (单相)、KT3 (三相) 系列晶闸管交流调压装置有哪些特点?	196
262. 为什么晶闸管交流调压装置在输出电压很低时不能输出额定电流?	196
263. 什么是斩控式交流调压电路? 它有什么特点?	197



264. 图 8-15 所示的斩控式交流调压电路电阻负载时可采用什么控制方式?	198
265. 图 8-15 所示的斩控式交流调压电路电感性负载时可采用什么控制方式?	198
266. 图 8-19 所示的交流调压双向开关与图 8-15 相比有什么特点?	199
267. 斩控式三相交流调压电路是怎样工作的?	199
268. 交流调功电路的基本原理是什么?	200
269. 由图 8-24、图 8-25 所示电路组成的交流调功过零触发电路的工作原理是怎样的?	200
270. 图 8-27 所示的电热器具调温电路是怎样工作的?	202
271. 使用 LC906 组成的调功电路是怎样工作的?	202
272. 什么是晶闸管交流电力电子开关?	203
273. 图 8-30 所示的双向晶闸管人体感应电子开关电路是怎样工作的?	203
274. 图 8-31 所示的双向晶闸管过电压和欠电压自动保护电路是怎样工作的?	204
275. 什么是固态继电器 (SSR)? 与电磁继电器、接触器相比它有哪些特点?	205
276. 固态继电器 (SSR) 有哪些种类?	205
277. 图 8-32 所示的非零电压固态继电器是怎样工作的?	206
278. 图 8-33 所示的过零触发电压固态继电器是怎样工作的?	206
279. 什么是交交变频电路? 它用在什么地方?	206
280. 单相交交变频电路的构成和基本工作原理是怎样的?	207
281. 单相交交变频器在电感性负载时是怎样工作的?	207
282. 交交变频电路是怎样调制控制角 α 的?	208
283. 三相交交变频电路是怎样连接的?	208
284. 和交-直-交变频器相比, 交交变频器有何优缺点?	209
第九章 直流变换电路 (DC/DC)	210
285. 什么是直流变换电路?	210
286. 直流斩波电路有哪些类型? 主要应用场合是什么?	210
287. 和直流斩波电路相比, 间接直流变换电路有哪些特点?	210
288. 间接直流变换电路有哪些类型? 主要应用场合是什么?	211
289. 直流斩波电路的基本原理是什么? 为什么直流斩波器可看作直流变压器?	211
290. 降压型 (Buck) 斩波电路的工作原理是怎样的?	212
291. 升压型 (Boost) 斩波电路的工作原理是怎样的?	213
292. 升降压型 (Buck/Boost) 斩波电路的工作原理是怎样的?	214
293. Cuk 斩波电路的工作原理是怎样的?	214
294. Sepic 斩波电路的工作原理是怎样的?	215
295. Zeta 斩波电路的工作原理是怎样的?	216
296. 试比较各种非隔离型直流斩波电路有什么特点?	216
297. 直流斩波电路的常用控制方式有哪些?	217
298. 斩波电路的滞环比较控制方式的基本原理及其特点是什么?	218
299. 斩波电路的峰值电流控制方式的基本原理及其特点是什么?	218
300. 斩波电路的锯齿波控制方式的基本原理及其特点是什么?	218
301. 电流可逆二象限斩波电路是怎样构成的? 它有哪些工作方式?	219
302. 电压可逆二象限斩波电路是怎样构成的? 它有哪些工作方式?	220
303. 四象限斩波电路是怎样构成的? 分析器件的开关状态与电动机的运行状态之间的关系。	220
304. 晶闸管直流斩波电路是怎样实现换流的?	221
305. 图 9-17a 所示的电容换向晶闸管斩波电路是怎样工作的?	222



306. 什么是单端正激变换电路?其工作原理是怎样的?	222
307. 为什么变压器要进行磁心复位?保证磁心复位的条件是什么?	223
308. 正激变换器常用的复位电路有哪几种?	224
309. 双管钳位式正激变换电路有什么特点?	224
310. 什么是单端反激变换电路?其工作原理是怎样的?	225
311. 半桥式直流变换电路的结构及其工作原理是怎样的?	225
312. 全桥式直流变换电路的结构及其工作原理是怎样的?	226
313. 推挽式直流变换电路的结构及其工作原理是怎样的?	228
314. 什么是全桥、推挽式直流变换电路的不平衡问题?	229
315. 怎样解决全桥、推挽式直流变换电路的不平衡问题?	229
316. 为什么半桥式直流变换电路不存在电路不平衡问题?	230
317. 试比较各种隔离型直流变换电路有什么特点?	231
318. 什么是同步整流电路?为什么需要同步整流?	231
319. 同步整流电路中,电力 MOSFET 是怎样导电的?	232
320. 电力 MOSFET 具有双向导电性吗?	232
321. 同步整流电路有哪些类型?	234
322. 门极电荷保持电压驱动同步整流正激变换器是怎样工作的?	234
323. 带辅助绕组的门极电荷保持电压驱动同步整流电路是怎样工作的?	235
324. 同步整流的电流驱动电路的工作原理是怎样的?	236
第十章 逆变电路 (DC/AC)	237
325. 逆变电路有哪些类型?	237
326. 逆变电路和变频电路是一回事吗?	237
327. 常用的特种电源中有哪些采用了逆变电路?	237
328. 逆变电路中有哪些换流方式?	238
329. 无源逆变电路的换流方式还可以怎样分类?	240
330. 什么是负载谐振变换技术?它有哪些优缺点?	240
331. 什么是硬开关 PWM 变换技术?它有哪些优缺点?	240
332. 什么是电压型逆变电路?电压型逆变电路有什么特点?	241
333. 单相电压型半桥式逆变电路的结构及工作原理是怎样的?	241
334. 单相电压型全桥逆变电路的结构及工作原理是怎样的?	242
335. 图 10-6 所示为带中心抽头变压器的单相逆变器,它是怎样工作的?	243
336. 电压型单相桥式逆变电路的输出电压有哪些调节方式?	243
337. 图 10-9 所示为小功率单相逆变器,试说明它是怎样工作的?	245
338. 什么是串联谐振逆变器?它有什么特点?	246
339. 串联谐振逆变器是怎样工作的?晶闸管是怎样实现换流的?	246
340. 三相电压型逆变电路的结构及工作原理是怎样的?	247
341. SPWM 控制方式的电压型三相桥式逆变电路是怎样的?	248
342. 怎样抑制电压型逆变电路电动机负载时的泵升电压?	249
343. 什么是电流型逆变电路?电流型逆变电路有什么特点?	250
344. 什么是并联谐振逆变器?该电路有什么特点?	250
345. 并联谐振逆变器的理想工作波形是怎样的?	251
346. 并联谐振逆变器是怎样实现负载换流的?保证电路能够可靠换流的条件是什么?	251
347. 串联二极管式电流型三相逆变器的结构及其工作原理是怎样的?	252



348. 串联二极管式电流型三相逆变器是怎样进行换流的?	252
349. 交-直-交变频器的输出谐波对交流电动机有什么影响?	253
350. 改善输出波形、抑制谐波含量的技术措施有哪些?	253
351. 什么是多重逆变电路? 多重逆变电路是怎样减少输出电压谐波的?	254
352. 三相电压型二重逆变电路是怎样连接的? 它能消除哪些谐波?	255
353. 多重化逆变电路有哪些优缺点?	256
354. 什么是三电平电压型逆变器? 它有哪些特点?	256
355. 怎样对电压型逆变桥进行直通短路和输出相间短路保护?	256
356. 电压型逆变电路输出接地时, 接地电流是怎样流动的?	257
357. 怎样对电压型逆变器的接地故障进行保护?	258
358. 怎样对电压型逆变器的直流回路进行过电压和欠电压保护?	258
359. 图 10-38 所示由全控型器件组成的高频逆变器的基本原理是怎样的?	259
第十一章 脉宽调制 (PWM) 控制技术	261
360. 什么是 PWM 控制技术?	261
361. PWM 控制有哪些种类?	261
362. 直流 PWM 控制的基本原理是什么?	261
363. 什么是电压型 PWM 控制?	262
364. 电压型集成 PWM 控制器的基本组成和工作原理是怎样的?	262
365. 电压型集成 PWM 控制器还有哪些辅助功能?	263
366. 应用极广的电压型集成 PWM 控制器 SG1525/SG1527 的内部结构及工作原理是怎样的?	264
367. 电压型集成 PWM 控制器 SG1524 的内部结构及特点是怎样的?	266
368. 电压型集成 PWM 控制器 TL494 的内部结构及工作原理是怎样的?	267
369. 常用的电压型集成 PWM 控制芯片有哪些?	267
370. 电压型集成 PWM 控制器可用于控制什么类型的主电路?	268
371. 什么是电流型 PWM 控制?	269
372. 电流型 PWM 控制有哪些优点?	270
373. 电流型 PWM 控制有哪些电流控制模式?	270
374. 峰值电流控制模式的电流型集成 PWM 控制器的基本工作原理是怎样的?	271
375. 常用的电流型集成 PWM 控制器 UC1842/3/4/5 和 UC1846/UC1847 的结构及原理是怎样 样的?	272
376. 电流型集成 PWM 控制器 UC1846 应用于推挽变换器是怎样连接的?	274
377. 什么是移相式 PWM 控制方式?	274
378. 移相式 PWM 控制方式有哪些常用的集成控制芯片?	275
379. 移相式 PWM 集成控制芯片 UC1875 的内部结构及工作原理是怎样的?	275
380. 正弦脉宽调制 (SPWM) 控制的基本原理是什么?	277
381. SPWM 脉冲有哪些生成方法?	277
382. 什么是单极性 SPWM 控制方式? 试用单相桥式 SPWM 逆变电路说明其原理。	278
383. 什么是双极性 SPWM 控制方式? 试用单相桥式 SPWM 逆变电路说明其原理。	278
384. 采用双极性调制的三相桥式 SPWM 逆变电路是怎样工作的?	279
385. 正弦脉宽调制 (SPWM) 逆变器是怎样调节输出电压和输出频率的?	280
386. SPWM 逆变电路与单脉波逆变电路相比有哪些优点?	281
387. 什么是载波比 N ?	281
388. 什么是异步调制? 异步调制有什么特点?	281



389. 什么是同步调制? 同步调制有什么特点?	282
390. 什么是分段同步调制? 怎样进行分段?	282
391. 什么是自然采样法? 自然采样法有什么特点?	283
392. 什么是规则采样法? 规则采样法有什么特点?	283
393. 什么是指定谐波消去法? 其基本原理是什么?	284
394. 指定谐波消去法可以消去多少种谐波?	284
395. 什么是三相 SPWM 逆变电路的直流电压利用率? 怎样提高直流电压利用率?	285
396. 什么是开关损耗最小 SPWM 模式?	286
397. 什么是 SAPWM 模式?	286
398. 什么是电流跟踪型 SPWM 控制? 它有什么特点?	287
399. 滞环比较方式电流跟踪 SPWM 控制的基本原理是怎样的?	287
400. 三角波比较方式电流跟踪 SPWM 控制的基本原理是怎样的?	288
401. 什么是空间矢量控制 (SVPWM)?	288
402. 什么是电压空间矢量?	288
403. 电动机的磁链矢量与电压空间矢量有什么关系?	289
404. 三相单脉波逆变电路的输出电压空间矢量和磁链空间矢量是什么形状的?	290
405. SVPWM 的基本原理是怎样的?	291
406. SVPWM 控制方式中, 怎样用基本空间矢量的组合来获得新的空间矢量?	292
407. SVPWM 控制方式具有哪些特点?	293
408. 常用的 SPWM 波生成专用集成电路有哪些? 其主要性能是什么?	293
409. SA 系列 SPWM 专用芯片有哪些类型?	294
410. SA 系列 SPWM 专用芯片有哪些特点?	295
第十二章 电力电子电路的谐波及抑制	296
411. 什么是谐波? 谐波是怎么产生的?	296
412. 电力电子装置产生的谐波对公用电网有哪些危害?	296
413. 怎样对周期性非正弦波形进行谐波分析?	296
414. 衡量谐波含量的指标有哪些?	297
415. 什么是谐波源? 电力系统的谐波源主要有哪些?	298
416. 单相桥式全控整流电路会产生哪些谐波?	298
417. 三相桥式全控整流电路会产生哪些谐波?	299
418. 什么是特征谐波和非特征谐波? 整流电路的特征谐波有哪些?	299
419. 电容滤波的不可控整流电路注入电网的谐波有哪些特点?	300
420. 交流调压电路会产生哪些谐波?	300
421. 交流调功电路会产生哪些谐波?	301
422. 单脉冲逆变电路的输出电压含有哪些谐波?	302
423. SPWM 控制型逆变电路的输出电压含有哪些谐波?	303
424. 我国公用电网谐波电压的允许值是多少?	303
425. 我国公用电网用户注入公共连接点的谐波电流允许值是多少?	304
426. 抑制电网谐波有哪些基本的方法?	305
427. 怎样通过提高整流电路的相数以限制注入电网的谐波?	305
428. 交流滤波器的作用原理及装设要求是怎样的?	306
429. 单调谐滤波器的基本原理是什么?	306
430. 高通滤波器的基本工作原理是什么?	307



431. LC 滤波器在设计和运行过程中应注意的问题是什么?	307
432. 有源电力滤波器 APF 的基本原理是什么?	307
433. 有源电力滤波器有哪些特点?	308
434. 正弦电路中, 功率因数是怎样定义的?	308
435. 非正弦电路中, 功率因数是怎样定义的?	309
436. 单相桥式全控整流电路的功率因数是怎样的?	309
437. 三相桥式全控整流电路的功率因数是怎样的?	310
438. 功率因数校正 (PFC) 的概念是怎样提出来的?	310
439. 什么是无源功率因数校正技术?	311
440. 有源功率因数校正的基本思想是什么?	311
441. 单相有源功率因数校正电路的结构及原理是什么?	312
442. 功率因数校正控制芯片 UC3854 及其典型应用电路是怎样的?	312
443. 三相整流电路怎样进行功率因数校正?	314
444. 三相单开关管 PFC 电路是怎样工作的?	314
445. 三相 6 开关管 PFC 电路是怎样工作的?	314
第十三章 软开关技术	316
446. 什么是硬开关? 它有哪些缺点?	316
447. 什么是软开关? 它有哪些优点?	316
448. 缓冲电路与软开关电路有什么区别?	317
449. 软开关电路有哪些类型?	318
450. 什么是准谐振 (QRC) 变换电路?	318
451. 零电流开关准谐振电路 (ZCS-QRC) 的基本原理是怎样的?	318
452. 零电流开关准谐振电路 (ZCS-QRC) 的基本特性有哪些?	319
453. 零电压开关准谐振电路 (ZVS-QRC) 的基本原理是怎样的?	320
454. 零电压开关准谐振电路 (ZVS-QRC) 有哪些基本特性?	320
455. 谐振直流环节逆变器的工作原理是怎样的?	321
456. 什么是零开关 PWM 变换电路?	322
457. 零电流开关 PWM 电路 (ZCS-PWM) 的基本原理是怎样的?	322
458. Buck ZCS-PWM 变换器与 Buck ZCS-QRC 变换电路比较有哪些区别?	323
459. 零电压开关 PWM 电路 (ZVS-PWM) 的基本原理是怎样的?	323
460. Buck ZVS-PWM 变换器与 Buck ZVS-QRC 变换电路比较有哪些区别?	324
461. 什么是零转换 PWM 变换电路?	325
462. 零电压转换 PWM 电路 (ZVT-PWM) 的基本原理是怎样的?	325
463. 零电压转换 PWM 电路 (ZVT-PWM) 有哪些特点?	326
464. 零电流转换 PWM 电路 (ZCT-PWM) 的基本原理是怎样的?	327
465. 零电流转换 PWM 电路 (ZCT-PWM) 有哪些特点?	328
466. 移相全桥型零电压开关 PWM 电路的工作原理是怎样的?	328
467. 移相全桥型零电压开关 PWM 电路的特点有哪些?	329
468. 有源钳位正激变换器的工作原理是怎样的?	330
第三篇 电力电子设备	
第十四章 变频器问答	332



469. 什么是变频器?	332
470. 使用变频器有哪些优点和缺点?	332
471. 变频器有哪些类型?	333
472. 变频调速为什么常缩写成 VVVF?	333
473. 通用变频器一般由哪几部分组成?	334
474. 什么是恒压频比 (U/f) 控制方式?	334
475. 采用 U/f 控制方式的变频器, 在基频以上怎样调速?	335
476. 比例的改变 U 和 f 时, 电动机转矩怎样? 什么是变频器的转矩补偿功能?	335
477. 怎样根据不同的负载选择转矩补偿曲线?	335
478. 怎样调试所设定的转矩补偿曲线?	336
479. 提升转矩的过分补偿会产生什么后果?	336
480. 变频器的 U/f 控制方式有哪些不足之处?	336
481. 高性能 U/f 控制通用变频器有哪些特点?	336
482. 什么是转差补偿功能?	337
483. 什么是转差频率控制方式? 它有什么特点?	337
484. 什么是矢量控制方式? 它有什么特点?	338
485. 什么是直接转矩控制 (DTC) 方式? 它与矢量控制方式相比有什么区别?	338
486. 通用变频器有哪些保护功能?	338
487. 变频器对不同的保护功能是怎样进行处理的?	338
488. 变频器在什么情况下可能出现过电压? 怎样保护?	339
489. 再生过电压失速防止功能是何含义?	339
490. 变频器欠电压的原因有哪些?	339
491. 变频器出现过电流的原因有哪些?	339
492. 变频器怎样处理过电流?	340
493. 为什么用离合器连接负载时, 变频器的保护功能就动作?	340
494. 将交流电动机直接连接到输出某固定频率的变频器上, 是否可以?	340
495. 过电流失速防止功能是何含义?	340
496. 变频器怎样处理交流电动机的过载问题? 什么是电子热保护?	341
497. 交流电动机改用变频器拖动后温度会升高吗? 应如何处理?	341
498. 重合闸 (自动复位) 功能的内容是什么?	341
499. 什么是瞬时停电再起功能?	341
500. 什么是滑行再起功能?	342
501. 在同一厂区内的大型交流电动机一起动, 运转中的变频器就停止, 这是为什么? 应如何处理?	342
502. 交流异步电动机应用变频器拖动后带负载的能力如何?	342
503. 异步电动机应用变频器拖动后在额定频率 f_N 以下运行时的带载能力如何?	342
504. 异步电动机应用变频器拖动后在额定频率 f_N 以上运行时的带载能力如何?	343
505. 什么是平方率负载?	343
506. 变频器应用于平方率负载时, 应注意哪些问题?	344
507. 为什么平方率负载应用了变频调速后, 节能效果特别好?	344
508. 变频器应用于恒转矩负载时, 应注意哪些问题?	344
509. 什么是恒功率负载?	345
510. 变频器应用于恒功率负载时, 应注意什么问题?	345