

跟**工程师**
学**技术**

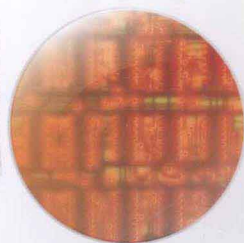
变频器实用技术 问答

黄威 黄禹 编

BIANPINQI SHIYONG JISHU WENDA



BIANPINQI SHIYONG JISHU
WENDA



化学工业出版社

跟工程师
学技术

变频器实用技术 问答

黄威 黄禹 编

BIANPINQI SHIYONG JISHU WENDA



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

变频器实用技术问答/黄威, 黄禹编. —北京: 化学工业出版社, 2012. 10
ISBN 978-7-122-15276-3

I. ①变… II. ①黄…②黄… III. ①变频器-问题解答 IV. ①TN773-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 210930 号

责任编辑: 宋 辉
责任校对: 顾淑云

文字编辑: 孙 科
装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 16 字数 367 千字 2013 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD



近年来，变频器在工业电气传动控制以及调速节能降耗方面应用十分广泛，熟悉和掌握其基本工作原理、安装使用方法及故障的处理步骤，是每个从事变频调速系统设计、维护 and 管理的电气技术人员必须具备的基本技能。另外，随着工业技术的迅速发展，与变频器相关的自动化产品也变得越来越丰富，如可编程控制器、现场总线等，如何以变频器为主体将其按照不同的控制方式组成自动化控制系统已经成为当前变频器应用中的突出问题。为此，我们结合有关企业的实际应用情况编写本书，为广大从事变频器应用的电气技术人员及相关院校的师生提供一本实用的教学参考书。

本书以问答形式分别介绍了电动机调速基本知识、变频器基本原理与构成、通用变频系统设计、变频器外围设备的选择、变频器的安装与维护、变频器的故障分析、变频器调速实用控制电路和变频器节能改造共 8 个方面内容，内容深入浅出，语言通俗易懂。

本书由黄威、黄禹编写，其中，黄禹编写第 1、2、3、4 章，黄威编写第 5、6、7、8 章，全书由黄威统稿。本书编写过程中得到郑斯瑶、王维昭、陈莉、黄远松的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

CONTENTS

目 录



变频器实用技术问答



1	第1章	Page
CHAPTER	电动机调速基本知识	1
	1. 三相异步电动机的基本结构是什么?	1
	2. 什么是三相异步电动机旋转磁场?	1
	3. 三相异步电动机工作的基本原理是什么?	1
	4. 什么是转差率?	2
	5. 如何计算三相异步电动机转速?	2
	6. 改变三相异步电动机转速的方式有哪些?	2
	7. 什么是变极对数调速方式?	2
	8. 什么是变频调速方式?	3
	9. 什么是串级调速方式?	3
	10. 什么是串电阻调速方式?	3
	11. 什么是定子调压调速方式?	3
	12. 什么是电磁转差离合器调速方式?	4
	13. 什么是液力耦合器调速方式?	4
	14. 异步电动机调速中使用的半导体器件有哪些?	4
	15. 如何测量异步电动机的特性参数?	5
	16. 什么是机械特性?	5
	17. 电磁转矩如何计算?	5
	18. 什么是电动机的机械特性和负载的机械特性?	5
	19. 什么是三相异步电动机的固有机械特性和人为机械特性?	6
	20. 什么是启动转矩?	6
	21. 什么是额定转矩?	6
	22. 什么是拖动系统?	7
	23. 拖动系统的调速形式有哪些?	7
	24. 负载的机械特性如何分类?	7
	25. 三相异步电动机的定子绕组是如何组成? 按什么规律连接?	7
	26. 三相异步电动机铭牌上标注的额定功率是什么?	7
	27. 如果三相异步电动机三相电源的任何两相引线对调, 电动机转子的转向有何变化?	7
	28. 三相异步电动机转子绕组短路并堵转, 若定子绕组加额定电压, 会产生什么后果?	8
	29. 异步电动机运行时, 转子绕组感应电动势、电流频率 f_2 与定子频率 f_1 是什么关系?	8
	30. 一台额定电压 380V, 星形连接的三相异步电动机, 如果误连成三角形连接, 并接到 380V 电源上, 会有什么后果?	8
	31. 一台额定电压 380V, 三角形连接的三相异步电动机, 如果误连成星形连接, 并接	

到 380V 电源上满载运行时, 会有什么后果?	8
32. 三相异步电动机带恒转矩负载额定运行时, 会产生哪些损耗?	8
33. 三相异步电动机的电磁功率、转子铜损耗和机械功率之间在数量上有什么关系?	8
34. 异步电动机的过载倍数 λ_m 、启动转矩倍数 K_T 有什么意义?	8
35. 异步电动机带负载启动, 负载越大, 启动电流是不是越大?	9
36. 三相异步电动机的运行性能优劣主要通过哪些技术指标来反映?	9
37. 为什么三相异步电动机的功率因数总是滞后的?	9
38. 三相异步电动机启动时, 为什么启动电流很大, 而启动转矩不大?	9
39. 什么是三相异步电动机的直接启动方式?	9
40. 什么是三相异步电动机的降压启动方式?	9
41. 什么是绕线式异步电动机转子绕组串电阻启动?	10
42. 什么情况下三相异步电动机不允许直接启动?	10
43. 绕线式异步电动机为什么不采用降压启动?	10
44. 笼型异步电动机采用自耦变压器降压启动时, 启动电流和启动转矩的大小与自耦变压器的降压比 $K_A = N_2 / N_1$ 是什么数量关系?	10
45. 为什么普通笼型异步电动机带恒转矩负载不适合采用调压调速?	11
46. 异步电动机回馈制动时的能量关系与电动运行相比发生了什么变化?	11
47. 什么是三相异步电动机的制动?	11
48. 什么是电动机回馈制动? 举例说明其有哪些过程?	11
49. 反接制动的特点是什么?	12
50. 异步电动机处于反接制动时的能量转换关系是什么?	12
51. 绕线式异步电动机反接制动时, 为什么要在转子回路串入较大的电阻?	12
52. 倒拉反转运行用于何种负载?	12
53. 正在运行的三相异步电动机, 如果把原来接在电源上的定子接线端迅速接到三相对称电阻器上能否实现快速停车?	12
54. 异步电动机能耗制动的原理是什么? 定子绕组为何要通入直流电流?	12
55. 三相异步电动机能耗制动时, 保持通入定子绕组的直流电流恒定, 在制动过程中气隙磁通是否变化?	13
56. 三相异步电动机有哪些运行状态?	13
57. 电动机稳定运行时的稳定温升取决于什么? 提高电动机的额定功率有哪些措施?	13
58. 电力拖动系统中电动机的选择包括哪些具体内容?	13
59. 电动机的温度、温升以及环境温度之间有什么关系?	14
60. 电动机的三种工作制是如何划分的? 负载发热和冷却各按什么规律变化?	14
61. 负载持续率 $ZC\%$ 表示什么意思?	14
62. 为什么短时工作制电动机不能带额定负载作长期连续运行?	14
63. 等效电流法、等效转矩法、等效功率法及平均损耗法的异同点是什么?	14
64. 连续工作制电动机容量选择的基本方法是什么?	14
65. 为什么同一台短时工作制电动机在不同工作时间所标明的额定功率是不相同的?	15
66. 周期性断续工作方式的三相异步电动机, 在不同的负载持续率 $ZC\%$ 下, 实际过载倍数 T_m / T_N 是否为常数?	15
67. 一台连续工作制的电动机额定功率为 P_N , 如果在短时工作方式下运行, 其额定功率 P_N 与短时负载功率 P_0 及热过载倍数 λ_0 三者之间有什么关系?	15
68. 电动机的安装有什么要求?	15
69. 电动机的接地有什么要求?	16

70. 什么是传动装置?	16
71. 什么是单轴机电传动系统? 其运动方程式如何表达?	16
72. 传动系统有哪些运动状态?	16
73. 什么是多轴机电传动系统?	17
74. 多轴系统等效成单轴系统的实质是什么?	17
75. 负载转矩如何折算?	17
76. 转动惯量和飞轮转矩如何折算?	18
77. 什么是恒转矩负载? 这类负载有哪些特性?	18
78. 什么是反抗性恒转矩负载?	19
79. 什么是位能性恒转矩负载?	19
80. 什么是离心机型负载?	19
81. 什么是恒功率负载?	20
82. 什么是机电传动系统的过渡过程?	20
83. 为什么要研究过渡过程?	20
84. 传动系统的惯性种类有哪些?	20
85. 加快机电系统过渡过程有哪些方法?	21
86. 为什么绕线式异步电动机转子回路串频敏变阻器启动比串电阻启动效果好?	21
87. 为什么绕线式异步电动机转子回路串入的电阻太大反而会使启动转矩变小?	22
88. 笼型异步电动机变极调速时为何要同时改变定子电源的相序?	22
89. 为什么绕线式异步电动机转子串电抗不能调速?	22
90. 串级调速为什么比转子串电阻调速效率高?	22
91. 绕线式异步电动机的调速方法有哪些?	22
92. 以晶闸管串级调速为例, 说明功率如何传递?	22
93. 异步电动机拖动位能性负载, 当负载下放时, 可采用哪几种制动方法来控制其速度?	23
94. 水泵调速运行应注意哪些方面?	23

1. 什么是变频器?	25
2. 变频调速的基本构成是什么?	25
3. 变频调速技术有哪些发展阶段?	25
4. 变频调速有哪些优势?	26
5. 变频器的基本工作原理是什么?	26
6. 变频器的整流及滤波电路的作用是什么?	27
7. 变频器的逆变器有什么作用?	27
8. 变频器中间直流环节有什么作用?	29
9. 什么是变频器 U/f 控制原理?	29
10. 变频变压调速的定义是什么?	29
11. 什么是脉冲宽度调制 (PWM) 技术?	30
12. 什么是单极性正弦波脉宽调制?	31
13. 什么是双极性正弦波脉宽调制?	32
14. 正弦脉宽调制 (SPWM) 的优势是什么?	32
15. 变频系统中的智能功率模块有什么作用?	32

16. 三相异步电动机变频器调速的机械特性有什么特点？	33
17. 变频器按变换的环节可以分成几类？	33
18. 交-交变频器和交-直-交变频器有什么异同点？	34
19. 变频器按直流电源性质分成几类？	34
20. 电流型和电压型变频器有什么异同点？	35
21. 变频器按开关方式分成几类？	35
22. 变频器按控制方式分成几类？	35
23. 普通晶闸管 SCR 有什么特点？	36
24. 门极关断晶闸管 (GTO) 有什么特点？	36
25. 双极型功率晶体管 (BJT) 有什么特点？	37
26. 金属氧化物场效应管 (MOSFET) 有什么特点？	37
27. 绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) 有什么特点？	38
28. 对 IGBT 驱动电路有什么要求？	38
29. 新型半导体器件有哪些？	39
30. 比较电力半导体器件有哪些异同点？	40
31. 用于 IGBT 驱动的综合芯片有哪些？	41
32. 集成芯片 TLP250 (TOSHIBA 公司) 有什么特点？	41
33. 集成芯片 EXB8. . Series (FUJIELECTRIC 公司) 有什么特点？	42
34. 集成芯片 M579. . Series (MITSUBISHI 公司) 有什么特点？	44
35. 变频器有哪些常见控制方式？	45
36. 变频器非智能控制方式有哪些？	45
37. 什么是 U/f 控制？	45
38. 什么是转差频率控制？	45
39. 什么是矢量控制？	46
40. 基于转差频率控制的矢量控制方式有什么特点？	46
41. 无速度传感器的矢量控制方式有什么特点？	46
42. 什么是直接转矩控制 (DTC) 方式？	47
43. 什么是矩阵式交-交控制方式？	47
44. 什么是最优控制？	47
45. 变频器智能控制方式有哪些？	47
46. 什么是神经网络控制？	48
47. 什么是模糊控制？	48
48. 什么是专家系统？	48
49. 什么是学习控制？	48
50. 变频器控制今后向哪些方面发展？	48
51. 变频器控制电路由哪些部分构成？	49
52. 变频器主控板有什么功能？	49
53. 主控板逆变模块中的保护电路有什么功能？	50
54. 变频器键盘与显示板有哪些功能？	50
55. 变频器电源板与驱动板有什么功能？	51
56. 变频器外接控制电路有什么功能？	51
57. 变频器接通电源前要注意什么？	51
58. 变频器有哪些通用功能？	51
59. 变频器有哪些频率设定功能？	52

60. 变频器如何设定加速时间?	53
61. 变频器如何设定减速时间?	54
62. 变频器有哪些保护功能?	54
63. 什么情况下在变频器和电动机之间仍要安装热继电器?	55
64. 变频器如何进行 U/f 控制方式的选择?	55
65. 变频器性能指标的定义是什么?	56
66. 变频器有哪些质量性能指标?	56
67. 变频器质量性能指标有哪些简易评定办法?	56
68. 通用变频器的运行要满足哪两个条件?	57
69. 变频器数字操作器和数字显示器的功能是什么?	57
70. 变频器的远程操作器有什么作用?	57
71. 什么是变频器的端子操作?	57
72. 通用变频器有哪些基本运行方式?	58
73. 常见通用变频器有哪些?	59
74. 施耐德 ATV21 系列变频器有哪些特点?	59
75. Emerson 的 EV1000 /2000 系列通用变频器有什么特点?	60
76. ABB 的 ACS510-01 系列变频器有什么特点?	61
77. Rockwell 的 PowerFlex4 系列变频器有什么特点?	61
78. 西门子 MicroMaster440 系列变频器有什么特点?	63

1. 为什么要了解负载的机械特性?	64
2. 什么是负载的机械特性?	64
3. 负载的机械特性有哪几种?	65
4. 恒转矩负载有什么特性?	65
5. 恒功率负载有什么特性?	66
6. 变频调速采用恒转矩还是恒功率方式?	67
7. 二次方律负载有什么特性?	67
8. 负载按运行工艺分哪几类?	68
9. 变频调速的基本要求是什么?	69
10. 保持 U/f 恒定调速有什么要求?	69
11. 保持 U/f 恒定, 在基频以下调速有什么要求?	70
12. 保持 U/f 恒定, 在基频以上调速有什么要求?	71
13. 在 U/f 恒定控制运行中有哪些不稳定现象?	71
14. 转差频率控制有什么特点?	72
15. 转差频率控制的原理是什么?	72
16. 转差频率控制的系统由哪些部分构成?	73
17. 转差频率控制的启动过程有什么特点?	73
18. 转差频率控制的制动过程有什么特点?	74
19. 转差频率控制的负载运行过程有什么特点?	74
20. 变频器矢量控制有什么特点?	75
21. 矢量控制方式的适用哪些范围?	76

22. 恒转矩负载有什么特点?	77
23. 恒转矩变频控制有什么特点?	77
24. 恒功率负载变频调速有什么特点?	78
25. 二次方律负载变频调速有什么特点?	79
26. 二次方律负载变频器选型时要注意什么问题?	80
27. 什么是变频与工频的切换?	81
28. 变频与工频切换的一般方法是什么?	81
29. 变频与工频切换时会遇到哪些问题?	81
30. 变频与工频切换有哪些改进方法?	83
31. 为什么要对变频调速的异步电动机选型?	85
32. 选择变频器传动的笼型异步电动机有哪些要点?	85
33. 选择变频器传动的普通齿轮电动机有哪些要点?	87
34. 选择带制动器的电动机有哪些要点?	88
35. 选择变频器传动的防爆电动机有哪些要点?	89
36. 选择变频器传动的绕线式异步电动机有哪些要点?	89
37. 选择用于转矩波动大的负载有哪些要点?	89
38. 选择变频器传动的罗茨鼓风机有哪些要点?	89
39. 选择变频器传动的深井水泵有哪些要点?	90
40. 选择变频器传动的离心机有哪些要点?	90
41. 选择变频器传动的高压大容量电动机有哪些要点?	90
42. 变频器专用电动机有哪些种类?	90
43. 低噪声、低振动的变频器专用电动机选择时有什么要点?	90
44. 提高转矩特性的变频器专用电动机选择时有什么要点?	91
45. 高速传动变频器专用电动机选择时有什么要点?	92
46. 带测速发电机的变频器专用电动机选择时有什么要点?	92
47. 矢量控制用电动机选择时有什么要点?	92
48. 负载转矩有哪些特性?	93
49. 如何根据负载的启动转矩选择变频器?	93
50. 如何根据负载的转动惯量选择变频器?	93
51. 如何根据过负载情况选择变频器?	93
52. 什么是前馈控制与反馈控制?	94
53. 不同控制对象时变频器的选择要考虑哪些特点?	94
54. 当控制对象是改变电动机速度时,变频器的选择要注意哪几点?	94
55. 当控制对象是改变位置时,变频器的选择要注意哪几点?	96
56. 当控制对象是张力时,变频器的选择要注意哪几点?	98
57. 根据电动机电流选择变频器容量要注意什么?	98
58. 从效率的角度选择变频器要注意什么?	100
59. 根据输出频率选择变频器要注意什么?	101
60. 根据保护结构及防护等级选择变频器要注意什么?	101

1. 为什么要选用变频器外围设备?	102
-------------------------	-----

2. 变频器外围设备有哪些？	102
3. 变压器的作用和选用依据是什么？	102
4. 在变频器输入端加装隔离开关和断路器的作用 and 选择依据是什么？	103
5. 变频器外部接触器作用 and 选择依据是什么？	103
6. 变频器输入端交流电抗器的作用 and 使用范围是什么？	103
7. 变频器输入端交流电抗器如何选择？	104
8. 变频器输出交流电抗器如何选择？	104
9. 变频器抗无线电干扰噪声滤波器 FIL 如何选择？	105
10. 变频器直流电抗器如何选择？	106
11. 制动单元是如何工作的？	106
12. 变频器制动单元 and 制动电阻如何选择？	106
13. 热过载继电器选择要点是什么？	107
14. 热过载继电器在变频器输出电路中容易误动作的原因是什么？	108
15. 什么是变频电缆，变频电缆的工作特点有哪些？	108
16. 针对变频电缆工作特点，变频电缆有哪些结构特点？	109
17. 变频电缆主要制造工艺有什么要求？	110
18. 变频器外接电抗器有什么特点？	110
19. 变频器外接电抗器有哪些？	111
20. EMC 滤波器有什么特点？	112
21. 制动电阻工作原理是什么？	112
22. 制动电阻的选择方法和步骤有哪些？	113



第5章 变频器的安装与维护

Page

115

1. 变频器的安装环境有哪些要求？	115
2. 变频器的使用条件有哪些？	115
3. 为什么变频器的散热至关重要？	116
4. 变频器内部各部分发热损耗的比例各占多少？	116
5. 变频器如何散热？	117
6. 变频器如何安装？	117
7. 变频器柜安装有哪些要求？	117
8. 同一空间多台变频器如何布置？	117
9. 变频器安装空间有哪些要求？	118
10. 变频器的运输、储存有哪些要求？	118
11. 变频器主电路如何接线？	118
12. 变频器输入、输出主电路为何不能接反？	118
13. 变频器主电路 P1、P+ 端子是什么功能？	119
14. 变频器主电路 P+、DB 端子是什么功能？	120
15. 变频器主电路 P+、P- 端子是什么功能？	120
16. 变频器如何接地？	120
17. 变频器主电路电缆选择的一般规则是什么？	120
18. 变频器主电路电缆的结构如何选择？	121
19. 变频器主电路电缆 PE 导线截面有何要求？	121

20. 变频器进线电缆线径如何选择?	122
21. 变频器与电动机之间的电缆线径如何选择?	122
22. 变频器控制电路如何接线?	122
23. 变频器控制电路接线如何分类?	123
24. 变频器模拟量控制线路为什么要用屏蔽线? 如何接线?	123
25. 变频器控制线路布线要遵守哪些原则?	124
26. 变频器控制电路电缆如何选型?	124
27. 变频器的布线原则有哪些?	125
28. 变频器主线路与控制线路如何布线?	125
29. 为什么变频器输入电路功率因数较低?	126
30. 变频器输入电路功率因数如何改善?	126
31. 变频器输入电抗器如何选用?	127
32. 外界对变频器的干扰主要来自哪里?	128
33. 变频器正弦脉宽调制输出工作原理是什么?	128
34. 变频器谐波有什么危害?	129
35. 变频器谐波干扰的主要途径有哪些?	130
36. 变频器的主要抗干扰措施有哪些?	131
37. 变频器周围仪器仪表如何抗干扰?	132
38. 变频器调试有哪些步骤?	133
39. 变频器的功能预置和空试包括哪些内容?	133
40. 变频器功能预置的一般步骤是什么?	133
41. 什么是变频器的给定频率与输出频率?	134
42. 什么是变频器的频率给定线?	134
43. 变频器的频率给定线如何调整?	134
44. 变频器有哪些频率给定方式?	135
45. 变频器选择给定方式的一般原则是什么?	136
46. 什么是变频器的基本频率?	137
47. 什么是变频器的最大频率?	137
48. 什么是变频器的上限频率和下限频率?	137
49. 变频器上限频率与最大频率、最大给定频率的关系是什么?	138
50. 变频器启动时间设定原则是什么?	138
51. 变频器制动时间设定原则是什么?	139
52. 变频器启动频率设定原则是什么?	139
53. 什么是机械谐振? 有哪些危害?	139
54. 消除机械谐振的途径有哪些?	139
55. 预置回避频率的具体方法有哪些?	140
56. 变频器的空载试车包括哪些内容?	140
57. 变频器拖动系统试车包括哪些内容?	141
58. 变频器的启停和调速有哪些控制方式?	141
59. 变频器有哪些运行模式?	141
60. 变频器使用环境对变频器运行有何影响?	142
61. 变频器元器件老化对变频器有何影响?	142
62. 变频器日常维护内容有哪些?	142
63. 变频器定期维护内容有哪些?	142

1. 变频器故障有哪些特点?	144
2. 引发变频器故障的外部因素有哪些?	144
3. 变频调速系统电机发热有哪些原因?	145
4. 变频调速系统电机发热的对策有哪些?	145
5. 变频调速系统如何减少振动和噪声?	145
6. 电磁式仪表能否用于变频器的测量?	146
7. 整流式仪表能否用于变频器的测量?	146
8. 电动系仪表能否用于变频器的测量?	146
9. 普通数字电压表能否用于变频器的测量?	147
10. 普通便携万用表能否用于变频器的测量?	147
11. FLUKE87V 万用表为什么可以用于变频器的测量?	147
12. 工频仪表测量变频器主电路应该如何连接?	148
13. 如何测量变频器主电路的绝缘电阻?	148
14. 如何测量变频器控制电路的绝缘电阻?	149
15. 如何用万用表判断变频器整流模块故障?	150
16. 如何用万用表判断变频器逆变模块的故障?	150
17. 变频器驱动模块如何测量?	151
18. 变频器控制电源如何测量?	151
19. 造成变频器过电流故障原因有哪些?	152
20. 变频器短路故障有哪些特点? 如何判断?	152
21. 变频器轻载运行时发生过电流故障的原因有哪些?	153
22. 变频器重载运行时发生过电流故障的原因有哪些?	154
23. 变频调速系统发生过电流故障如何检查处理?	154
24. 变频器本体哪些故障会引起过电流保护动作?	155
25. 什么是变频器的过载保护?	155
26. 变频器调速系统的过载保护和过流保护有什么区别?	156
27. 变频器过载保护动作的原因有哪些? 如何检查?	157
28. 变频器过电压故障原因有哪些?	158
29. 变频器过电压故障如何预防?	159
30. 什么是变频器瞬时断电后重合闸?	159
31. 什么是变频器故障跳闸后重合闸?	160
32. 变频器参数设置不当会造成哪些故障?	161
33. 变频器异常故障如何处理?	161
34. 变频器主电路各部分常见故障有哪些?	162
35. 变频器驱动电路常见故障有哪些? 如何处理?	164
36. 变频器检测保护电路常见故障有哪些? 如何处理?	164
37. 变频器整流模块故障判断流程是什么?	165
38. 变频器逆变模块故障判断流程是什么?	166
39. 变频器驱动模块故障判断流程是什么?	166

40. 变频器无任何显示故障判断流程是什么?	166
41. 变频器有充电显示, 操作面板无显示故障判断流程是什么?	167
42. 变频器散热器过热故障判断流程是什么?	168
43. 变频器通信故障判断流程是什么?	169
44. 变频器无故障显示, 但不能工作故障判断流程是什么?	169
45. 变频器输出电压波动故障判断流程是什么?	170
46. 西门子 MM 系列变频器过电流跳闸故障如何处理?	170
47. 西门子 MM 系列变频器主板故障如何处理?	172
48. 西门子 MM 系列变频器存储容量不足如何处理?	172
49. 西门子 MM 系列变频器面板无显示故障如何处理?	172
50. 西门子 6SC3716-6FG03-Z 变频器 “126FUSEBLOWN 或 337BLOWN FUSEINV2” 故障如何处理?	173
51. 西门子 6SC3716-6FG03-Z 变频器 “332BLOWN FUSB RECT2” 故障如何处理?	173
52. 西门子 6SC3716-6FG03-Z 变频器 “125INV OVER CURRENT、329OVERCURRENT INV2” 故障如何处理?	173
53. 西门子 6SC3716-6FG03-Z 变频器 “129Ud>max、335Ud2>max. VALUE” 故障如何处理?	174
54. 西门子 6SC3716-6FG03-Z 变频器 “137INV. OVERTEMP、340. OVERTEMP. INV. 2” 故障如何处理?	174
55. 西门子 6SC3716-6FG03-Z 变频器 “132PRECHARGET>max” 故障如何处理?	174
56. 西门子 6SC3716-6FG03-Z 变频器 “133M—CONTACTOR” 故障如何处理?	175

1. 变频器厂家提供的变频器应用示例有哪些?	176
2. 变频器的工厂应用示例内容是什么?	176
3. 变频器的手动/自动控制示例内容是什么?	177
4. 变频器的 PID 控制示例内容是什么?	178
5. 变频器的转矩控制示例内容是什么?	179
6. 变频器的多段速控制示例内容是什么?	180
7. 变频调速器正转运行的基本电路控制原理是什么?	181
8. 按钮开关控制变频调速器电路控制原理是什么?	182
9. 继电器控制变频调速器电路控制原理是什么?	182
10. 变频调速器正、反转运行控制电路控制原理是什么?	183
11. 变频调速器外接两地控制电路控制原理是什么?	184
12. 变频与工频切换的控制电路控制原理是什么?	185
13. 什么是变频调速的 PID 控制?	186
14. 变频器 PID 控制反馈信号的接入方式有几种?	186
15. 变频器 PID 调速控制的工作过程是什么?	186
16. 变频器 PID 调节原理是什么?	187
17. 变频器中 PID 调节功能如何预置?	188
18. 变频器中 PID 调节功能如何调试?	189
19. 变频控制供油系统 PID 如何设置?	190

20. PLC 控制变频调速系统的接口类型有哪些?	192
21. PLC 与变频器硬件连接时有哪些注意事项?	193
22. PLC 控制变频调速系统的软件结构应遵循哪些原则?	194
23. 三菱公司 FX2 系列 PLC 电源电路基本结构是什么?	194
24. 三菱公司 FX2 系列 PLC 信号输出电路基本结构是什么?	195
25. 什么是 PLC 内常用的“软继电器”?	195
26. 什么是 PLC 的梯形图和编程语言?	197
27. PLC 控制变频调速正转电路工作原理是什么?	198
28. PLC 控制变频调速正、反转电路工作原理是什么?	199
29. PLC 控制变频调速变频与工频的切换电路工作原理是什么?	200
30. 现场总线的基本概念是什么?	202
31. 现场总线的特点是什么?	202
32. 什么是变频器的现场总线适配器?	203
33. 变频总线控制系统的特点有哪些?	204
34. ProfiBus-DP 控制变频器在连铸机中的如何应用?	204

8
CHAPTER

第8章
通用变频器节能改造应用

Page

208

1. 工频电力拖动系统为什么不节能?	208
2. 风机、泵类平方转矩负载变频改造节能如何估算?	208
3. 恒转矩类负载变频改造节能如何估算?	209
4. 电磁调速系统变频改造节能如何估算?	209
5. 液力耦合器调速系统变频改造节能如何估算?	210
6. 绕线式电动机串电阻调速系统变频改造节能如何估算?	211
7. 变频调速节能与系统功率因数的关系是什么?	211
8. 变频节能改造中变频器与电动机如何匹配?	213
9. 变频器在球磨机节能改造中如何应用?	214
10. 变频器在自来水厂循环投切恒压供水系统中如何应用?	218
11. 暖通空调系统如何利用变频调速进行节能改造?	222
12. 变频器在楼宇集中供热上如何应用?	226
13. 锅炉系统的变频节能控制优点有哪些?	227
14. 变频器在链条炉系统中如何应用?	227
15. 变频器在中小型供暖锅炉监控系统中如何应用?	231
16. 空气压缩机的变频节能原理和优点是什么?	233
17. 采用变频调速控制恒压供气的控制方案如何设计?	234
18. 举例说明空气压缩机变频节能改造如何实现?	234
19. 注塑机变频节能改造如何实现?	236
20. 举例说明注塑机变频节能改造效果如何?	240

参考文献	241
------------	-----

电动机调速基本知识

1. 三相异步电动机的基本结构是什么？

答：三相异步电动机由定子和转子构成。定子和转子都有铁芯和绕组。定子的三相绕组为AX、BY、CZ。转子分为笼式和绕线式两种结构。笼式转子绕组有铜条和铸铝两种形式。绕线式转子绕组的形式与定子绕组基本相同，3个绕组的末端连接在一起构成星形连接，3个始端连接在3个铜集电环上，启动变阻器和调速变阻器通过电刷与集电环和转子绕组相连接。

2. 什么是三相异步电动机旋转磁场？

答：把三相定子绕组接成星形接到对称三相电源，定子绕组中便有对称三相电流流过，如图1-1所示。

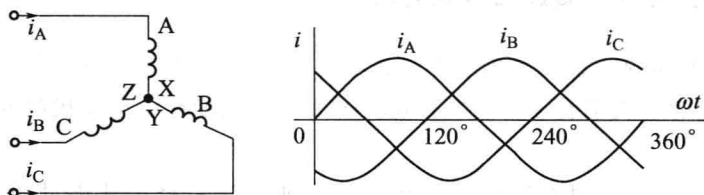


图 1-1 定子绕组三相电流示意图

结论如下：

- ① 在对称的三相绕组中通入三相电流，可以产生在空间旋转的合成磁场。
- ② 磁场旋转方向与电流相序一致。电流相序为 A—B—C 时磁场顺时针方向旋转；电流相序为 A—C—B 时磁场逆时针方向旋转。
- ③ 磁场转速（同步转速）与电流频率有关，改变电流频率可以改变磁场转速。对两极（一对磁极）磁场，电流变化一周，则磁场旋转一周。

3. 三相异步电动机工作的基本原理是什么？

答：当异步电动机定子绕组中通入了对称的三相交流电流后，电动机内部将会形成旋转的磁场，旋转磁场的速度 n_0 由输入交流电流的频率即同步频率 f 决定。静止的转子与旋转磁场之间有相对运动，转子绕组由于切割磁力线而在转子导体中产生感应电动势，并在形成

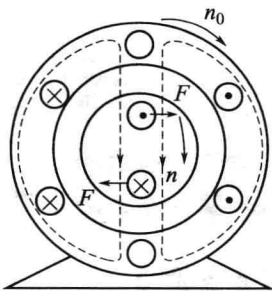


图 1-2 异步电动机转子
受力旋转示意图

闭合回路的转子导体中产生感应电流，其方向用右手定则判定，如图 1-2 所示。转子电流在旋转磁场中受到磁场力 F 的作用， F 的方向用左手定则判定。电磁力在转子轴上形成电磁转矩，带动转子沿旋转磁场的运行方向旋转。

转子旋转的速度将略低于同步转速，否则将没有相对运动，转子中就不会产生电流和力矩，因而称为异步电动机。又因为产生电磁转矩的电流是电磁感应所产生的，所以也称为感应电动机。

4. 什么是转差率？

答：异步电动机同步转速与转子运行速度的差称为转差率或滑差，异步电动机在额定负载下运行时的转差率为 $1\% \sim 9\%$ ，同步频率 f 和转差率 s 是分析异步电动机的重要物理量，具有如下关系。

$$\text{同步转速：} \quad n_0 = \frac{60f}{p} \quad (1-1)$$

$$\text{转差率：} \quad s = \frac{n_0 - n}{n_0} \quad (1-2)$$

式中， n 为转子转速； p 为极对数。

5. 如何计算三相异步电动机转速？

答：三相异步电动机转速公式为：
$$n = n_0(1 - s) = \frac{60f(1 - s)}{p} \quad (1-3)$$

6. 改变三相异步电动机转速的方式有哪些？

答：从式(1-3)可见，改变供电频率 f 、电动机的极对数 p 及转差率 s 均可达到改变转速的目的。从调速的本质来看，不同的调速方式无非是改变交流电动机的同步转速或不改变同步转速两种。

在生产机械中广泛使用不改变同步转速的调速方法有绕线式电动机的转子串电阻调速、斩波调速、串级调速以及应用电磁转差离合器、液力耦合器、油膜离合器等调速。改变同步转速的有改变定子极对数的多速电动机，改变定子电压、频率的变频调速等。

从调速时的能耗观点来看，有高效调速方法与低效调速方法两种：高效调速指转差率不变，因此无转差损耗，如多速电动机、变频调速以及能将转差损耗回收的调速方法（如串级调速等）。有转差损耗的调速方法属低效调速，如转子串电阻调速方法，能量就损耗在转子回路中；电磁离合器的调速方法，能量损耗在离合器线圈中；液力耦合器调速，能量损耗在液力耦合器的油中。一般来说转差损耗随调速范围扩大而增加，如果调速范围不大，能量损耗是很小的。

7. 什么是变极对数调速方式？

答：变极对数调速是通过改变定子绕组的接线方式来改变笼型电动机定子极对数，以达