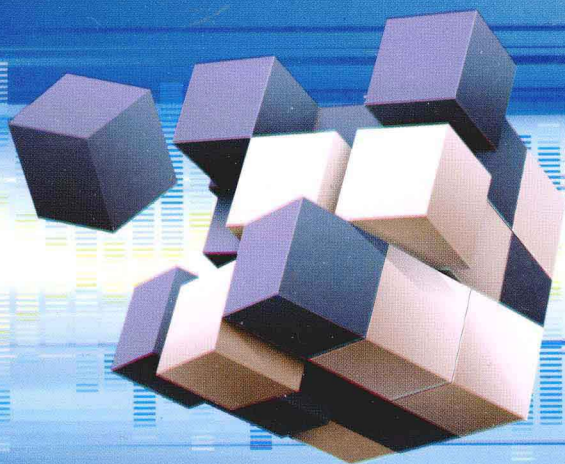


高性能矢量变频器 应用实战

杨 扬 主 编

张伯龙 孙玉倩 曹振华 等编写



实战加经验

- ▶ 率先揭秘高性能矢量变频器的安装和调试
- ▶ 详细讲解高性能矢量变频器的使用与保养
- ▶ 缜密推演高性能矢量变频器的故障检修



PLC 与变频器丛书

高性能矢量变频器应用实战

杨 扬 主编

张伯龙 孙玉倩 曹振华 等编写

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以国内应用比较普遍的主流高性能矢量变频器欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器、艾默生 TD1000 系列通用变频器、安邦信 AMB-G9/P9 系列新一代 SPWM 变频器、中源动力多功能高性能矢量型变频器 ZY-A900 系列为例,详细介绍了高性能通用矢量变频器的原理、使用、安装调试、参数设定、维护与检查、故障诊断、维修经验等内容。

本书适合高职院校的电气自动化、机电一体化、应用电子技术等相关专业作为教材和实践指导书,也适合广大中高级电工人员、自动化工程技术人员作为技术参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

高性能矢量变频器应用实战/杨扬主编;张伯龙等编写.——北京:电子工业出版社,2014.1
(PLC与变频器丛书)

ISBN 978-7-121-22250-4

I. ①高… II. ①杨… ②张… III. ①变频器-基本知识 IV. ①TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 315380 号

责任编辑:杨 博

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:390 千字

印 次:2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:45.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

在国家“十一五”和“十二五”规划提出的节能降耗的目标和背景下，国务院提出以落实节能技术的应用作为经济可持续发展的重要目标，而变频节能技术以其卓越的性能在各个领域得到了广泛的应用，这使懂变频器技术的人员备受各个行业的青睐。

变频器是利用电力电子器件把工频电转换成各种频率的交流电以实现电动机变速运行的设备。当今的变频运动控制系统总的发展趋势是驱动的交流化，功率变换器的高频化，控制的数字化、智能化和网络化。因此随着现代电力电子技术与控制理论的发展，高性能矢量变频器开始广泛应用于冶金、铸造、化工、纺织、电力等行业，并且在生产生活中发挥着越来越大的作用。

本书以国内应用比较普遍的主流高性能矢量变频器欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器、艾默生 TD1000 系列通用变频器、安邦信 AMB-G9/P9 系列新一代 SPWM 变频器、中源动力多功能高性能矢量型变频器 ZY-A900 系列为例，详细介绍了高性能矢量变频器的原理、使用、安装调试、参数设定、维护与检查、故障诊断、维修经验等内容。

本书提供了高性能矢量变频器的大量应用实例，对高性能矢量变频器的知识进行了深入浅出、图文表并茂的介绍，并且按照多次重复的增强记忆的方式对几种变频器的实际操作进行了介绍。本书既适合高职院校的电气自动化、机电一体化、应用电子技术等相关专业的学生作为教材和实际应用指导书使用，也适合广大中、高级电工和自动化工程技术人员阅读，也可以作为工业企业相关技术人员的实用技术参考书。

本书由杨扬主编，张伯龙、曹祥、曹振华、沈子雄、孙玉倩等人参与编写。其中第 1 章、第 3 章、第 5 章由杨扬编写，第 2、4 章由沈子雄编写，张伯龙、曹祥、曹振华、孙玉倩、周新、张亮、王贺、孙险峰、张金斤、赵宝全、刘克生、吴文涛、张明霞、卢斌等共同编写了其他章节。

编著者

目 录

第 1 章 三相异步电动机及其调速的基础知识	1
1.1 三相异步电动机的外形和结构介绍	1
1.1.1 三相异步电动机的外形	1
1.1.2 三相异步电动机的主要构成部件	1
1.2 三相异步电动机的工作原理	3
1.2.1 旋转磁场的产生	3
1.2.2 三相异步电动机的工作原理	5
1.3 三相异步电动机调速的基本途径	5
1.3.1 变极调速	5
1.3.2 变频调速	6
1.3.3 变频装置的简单介绍	7
1.4 PWM (脉宽调制) 变频器电路的简单介绍	10
1.4.1 PWM 变频器主电路和 SPWM 方式控制电路	10
1.4.2 SPWM 控制模块 HEF4752 电路介绍	12
第 2 章 VVVF 矢量控制变频器的原理	14
2.1 VVVF 矢量控制变频器的主电路原理	14
2.1.1 VVVF 变频器的组成	14
2.1.2 VVVF 变频器各部分的作用	14
2.2 VVVF 矢量控制变频器的控制电路原理	18
2.2.1 变频器的电源电路	18
2.2.2 变频器驱动板电路	20
2.2.3 变频器控制板 (CPU 板) 电路	27
2.2.4 变频器主控板上的通信电路	31
2.2.5 变频器的温度检测电路的原理	31
2.2.6 变频器上其他元器件的作用	32
2.3 变频器使用电子元器件进行识别和测量	34

2.3.1	二极管知识介绍	34
2.3.2	三极管知识介绍	37
2.3.3	三端稳压器的介绍	41
2.3.4	电阻和电容知识介绍	42
2.3.5	液晶、热电偶传感器、继电器知识介绍	45
2.3.6	电感器、变压器、压敏电阻、接插件	46
2.3.7	绝缘栅双极型晶体管 (IGBT)	48
2.3.8	集成电路 IC 知识介绍	50
第 3 章	高性能通用矢量变频器的安装实战	52
3.1	主流高性能通用矢量变频器的铭牌和外观介绍	52
3.1.1	高性能通用矢量变频器的用途	52
3.1.2	常见主流高性能通用矢量变频器铭牌介绍	52
3.1.3	几种常见主流矢量变频器的外观介绍	54
3.2	高性能通用矢量变频器的安装实例	56
3.2.1	通用变频器的安装环境要求及注意事项	56
3.2.2	通用矢量变频器的安装实例	57
第 4 章	高性能通用矢量变频器的接线实战详解	61
4.1	欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器	61
4.1.1	欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器的接线	61
4.1.2	欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器控制回路端子的排列	63
4.1.3	欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器主回路端子	64
4.1.4	欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器控制回路端子的接线	73
4.1.5	欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器的接线检查	79
4.1.6	欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器选购卡的安装与接线	79
4.2	安邦信 AMB-G9 矢量变频器	85
4.2.1	安邦信 AMB-G9 端子排的排列	85
4.2.2	安邦信 AMB-G9 各回路端子的功能	86
4.2.3	安邦信 AMB-G9 标准接线	87
4.3	艾默生 TD1000 系列矢量变频器	88
4.3.1	艾默生 TD1000 主回路输入/输出端子介绍	88
4.3.2	艾默生 TD1000 控制板端子介绍	89

4.3.3 艾默生 TD1000 的基本配线知识	90
4.4 中源通用矢量变频器	90
4.4.1 中源矢量变频器主回路端子接线	90
4.4.2 中源矢量变频器控制回路接线	91
4.4.3 中源矢量变频器总体接线介绍	92
第 5 章 高性能通用矢量变频器的数字式操作器与操作模式实战	94
5.1 欧姆龙 3G3RV 变频器数字式操作器	94
5.1.1 欧姆龙 3G3RV 变频器数字式操作器的显示部分介绍	94
5.1.2 欧姆龙 3G3RV 变频器数字式操作器的操作部分介绍	94
5.2 欧姆龙 3G3RV 变频器数字式操作器的操作模式	96
5.2.1 欧姆龙 3G3RV 变频器数字式操作器模式的种类	96
5.2.2 欧姆龙 3G3RV 变频器数字式操作器模式的切换	97
5.3 安邦信 AMB-G9 矢量变频器的键盘与操作模式	104
5.3.1 安邦信 AMB-G9 变频器键盘的功能与操作	104
5.3.2 安邦信 AMB-G9 变频器运行模式的选择	105
5.4 艾默生 TD1000 矢量变频器	105
5.4.1 艾默生 TD1000 变频器的操作面板说明	105
5.4.2 艾默生 TD1000 变频器的操作方法介绍	106
5.5 中源矢量变频器控制面板和参数设置方法	107
5.5.1 中源矢量变频器控制面板	107
5.5.2 中源矢量变频器的参数设置	108
第 6 章 通用矢量变频器的试运行	109
6.1 高性能矢量变频器试运行时参数的设定和调整	109
6.1.1 变频器试运行前的准备内容	109
6.1.2 矢量变频器基本参数的设定	110
6.1.3 根据矢量变频器控制模式进行的设定知识	112
6.1.4 矢量变频器的自学习功能	113
6.2 高性能矢量变频器的运行和参数的确认及保存	118
6.3 安邦信 G9 高性能矢量变频器的试运行	121
6.3.1 键盘的试运行	121
6.3.2 外部端子信号的测试运行	123

6.4	艾默生高性能矢量变频器 TD1000 的试运行	123
6.5	中源高性能矢量变频器的试运行	126
第 7 章	高性能矢量变频器按功能设定参数	133
7.1	欧姆龙 3G3RV 变频器的基本功能参数设定	133
7.1.1	欧姆龙 3G3RV 变频器结合用途选择过载	133
7.1.2	欧姆龙 3G3RV 变频器频率指令参数设定	133
7.1.3	欧姆龙 3G3RV 变频器运行指令参数的设定	138
7.1.4	欧姆龙 3G3RV 变频器停止方法的参数设定	138
7.1.5	欧姆龙 3G3RV 变频器加减速参数设定	140
7.2	欧姆龙 3G3RV 高性能矢量变频器的保护功能	142
7.2.1	欧姆龙 3G3RV 变频器的机械保护功能	142
7.2.2	欧姆龙 3G3RV 变频器的保护功能	144
7.3	高性能矢量变频器的辅助功能	145
7.3.1	欧姆龙 3G3RV 变频器的输入端子功能	145
7.3.2	欧姆龙 3G3RV 变频器的输出端子功能	149
7.3.3	欧姆龙 3G3RV 变频器的监视功能	151
7.4	高性能矢量变频器的个别功能	155
7.4.1	欧姆龙 3G3RV 变频器与 PLC 的通信功能	155
7.4.2	欧姆龙 3G3RV 高性能矢量变频器的 PID 控制功能	157
7.4.3	欧姆龙 3G3RV 变频器设定电动机参数	159
7.4.4	欧姆龙 3G3RV 矢量变频器 V/F 曲线的设定功能	160
7.4.5	欧姆龙 3G3RV 变频器转矩控制功能	163
7.4.6	欧姆龙 3G3RV 变频器利用速度反馈进行速度控制	167
7.5	高性能矢量变频器安邦信 G9 的部分参数设置	173
7.5.1	安邦信 G9 的基本参数设置	173
7.5.2	安邦信 G9 的保护参数设置	179
7.5.3	安邦信 G9 的外部端子和检测功能设置	182
7.6	艾默生 TD1000 矢量变频器部分参数设置	186
7.6.1	艾默生 TD1000 的基本运行功能参数	186
7.6.2	艾默生 TD1000 的辅助功能参数	189
7.6.3	艾默生 TD1000 的闭环控制功能	190
7.6.4	艾默生 TD1000 的电动机特性参数	191

7.7 中源矢量变频器部分参数的设置	191
7.7.1 中源矢量变频器的基本参数设置	191
7.7.2 中源矢量变频器辅助功能的参数设置	197
第8章 高性能矢量变频器的保护、故障诊断及维护保养	202
8.1 矢量变频器的操作错误	202
8.1.1 矢量变频器参数设定选择错误	202
8.1.2 矢量变频器自学习中发生的故障	203
8.1.3 矢量变频器警告检出故障	204
8.1.4 矢量变频器的故障检出	206
8.1.5 欧姆龙 3G3RV-ZV1 变频器的故障分析	212
8.2 其他常见主流变频器的故障诊断和处理措施	215
8.2.1 安邦信 AMB-G9/P9 的故障异常诊断和处理措施	215
8.2.2 艾默生 TD-1000 的故障诊断和解决方法	217
8.2.3 中源矢量变频器 ZY-A900 的故障诊断和解决方法	218
8.3 变频器故障维修实例方法	219
8.4 变频器日常保养及维护	222
8.4.1 变频器的日常维护	222
8.4.2 变频器定期检查保养	222
8.4.3 变频器的储存与保管知识	224
8.5 变频器在维修中的实战经验	224
8.5.1 变频器模块损坏故障	224
8.5.2 变频器检修测量方法举例	225
8.5.3 变频器安装造成的故障维修经验	227
8.5.4 变频器设置经验	228
8.5.5 变频器其他故障的维修经验	229

第 1 章 三相异步电动机及其调速的基础知识

1.1 三相异步电动机的外形和结构介绍

1.1.1 三相异步电动机的外形

三相异步电动机的外形和结构如图 1-1 所示。

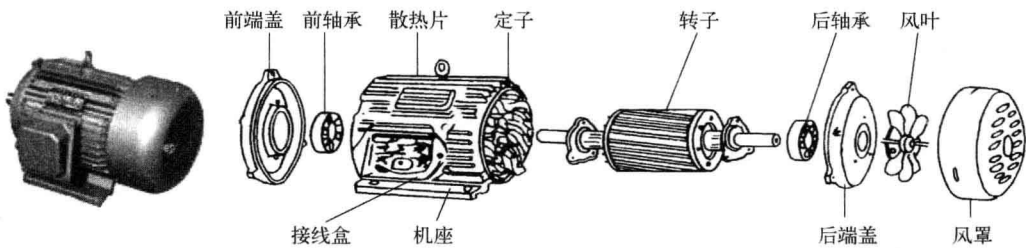


图 1-1 三相异步电动机的外形和结构

三相异步电动机需要三相电源供电，它的基本结构由定子和转子两大部分，以及机座、端盖、轴承、风叶等部件构成。

1.1.2 三相异步电动机的主要构成部件

1. 定子

定子是异步电动机固定不动的部分，由定子铁心、定子绕组和机座组成，如图 1-2 所示。

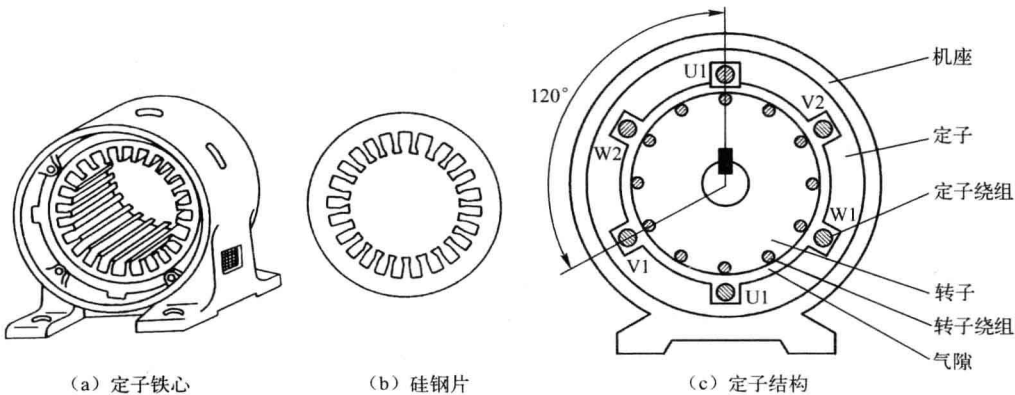


图 1-2 三相异步电动机定子结构

定子铁心是三相异步电动机的磁路部分。它由彼此绝缘的硅钢片叠成，目的是减小铁损。硅钢片内圆冲有均匀分布的槽口用来嵌放线圈。整个铁心被固定在铸铁机座内。

定子绕组是三相异步电动机的电路部分。它们由三相对称绕组组成，在空间上依次嵌放

在线槽内,彼此相差 120° 。绕组与铁心之间衬有绝缘纸,使它们之间有良好的绝缘保护。

定子三相绕组由绝缘铜线或铝线绕制而成,嵌在定子铁心的内部。可以将三相绕组接成星形(Y)或三角形(Δ),如图 1-3 所示,使电动机适合在两种不同的电压下工作。

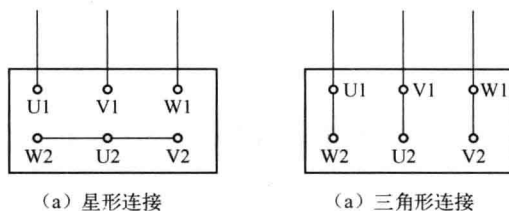


图 1-3 定子三相绕组连接方式

机座用于支撑定子铁心和固定端盖,并且起保护和散热作用。

2. 转子

转子是电动机的旋转部件,由转子铁心和转子绕组等构成。

转子铁心由外圆冲有均匀槽口且彼此绝缘的硅钢片叠压而成。

转子绕组有笼型转子绕组和绕线转子绕组两种形式。笼型转子绕组铸于铁心槽内,材质为铝质或铜质的短路绕组,两端铸有端环。整个转子套在转轴上形成紧配合,被支承在端盖中央的轴承中,如图 1-4 所示。

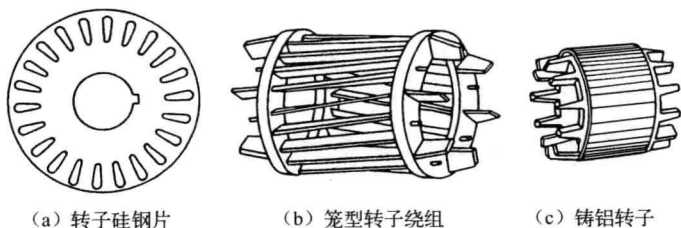


图 1-4 转子绕组

绕线转子绕组用铜或铝导线制成,它和定子绕组相似,在转子铁心槽内嵌放对称的三相绕组,三个出线端通过电动机转轴上的铜环与电刷引至电动机的外壳,可以和外部的变阻器相接,串入电阻器后可改变电动机的机械特性,如图 1-5 所示。

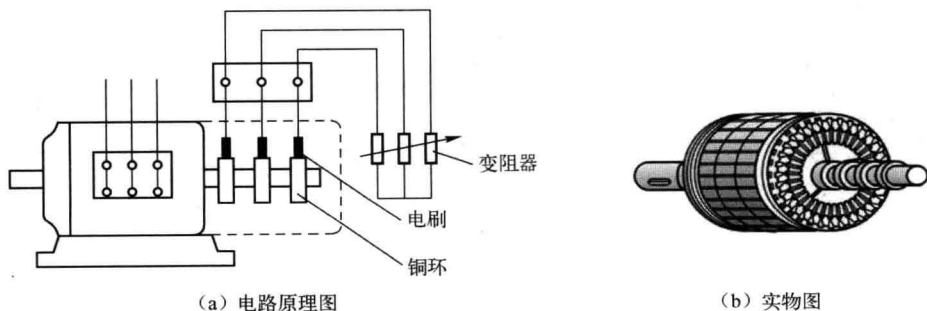


图 1-5 绕线转子绕组

鼠笼式转子和绕线式转子只是在构造上有一些区别，它们的工作原理是相同的。

1.2 三相异步电动机的工作原理

1.2.1 旋转磁场的产生

三相异步电动机的旋转是依靠旋转磁场的作用产生的。那么，旋转磁场是怎样产生的呢？

在一个模型异步电动机定子内圆上，均匀地开了6个槽，安放三相绕组，每相绕组由一个线圈组成，3个线圈在空间彼此相隔 120° ，三相绕组作星形连接。把三相交流电源接入三相绕组的A、B、C端，如图1-6所示。定子绕组中通入三相对称的电流 i_A 、 i_B 、 i_C ，其波形如图1-7所示。

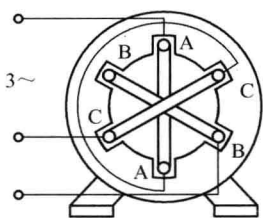


图 1-6 模型异步电动机定子

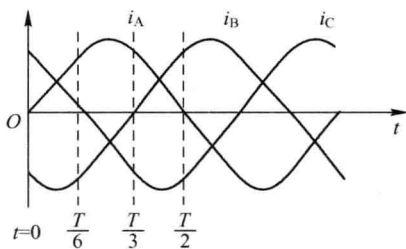


图 1-7 三相定子电流波形图

假定三相交流电的正方向从绕组始端流入（用符号 $\otimes$ 表示），末端流出（用符号 $\odot$ 表示），下面从几个不同时刻来分析三相交流电流流入定子绕组产生的合成磁场方向。

当 $t=0$ 时， $i_A=0$ ，A相绕组内没有电流； i_B 是负值，B相绕组电流由Y端流入，B端流出； i_C 为正值，C相绕组的电流由C端流入，Z端流出。用右手螺旋定则可确定合成磁场方向，如图1-8（a）所示。

当 $t=\frac{T}{6}$ 时， $i_C=0$ ， i_A 是正值，电流由A端流入，X端流出； i_B 是负值，电流由Y端流入，B端流出，此时合成磁场方向如图1-8（b）所示。从图中可见合成磁场的方向在空间按顺时针旋转了 60° 。 $t=\frac{T}{3}$ 时， $i_B=0$ ， i_C 是负值， i_A 是正值，合成磁场方向如图1-8（c）所示，其方向又按顺时针旋转了 60° 。同理， $t=\frac{T}{2}$ 时，合成磁场方向如图1-8（d）所示。随着定子绕组中三相电流的不断变化，它所产生的合成磁场也在空间不断地旋转，因此三相交流电通入定子绕组能够产生旋转磁场。

从上述分析还可以得出：（1）磁场是个两极磁场；（2）旋转磁场的转向与通入线圈中的三相电流的相序A→B→C是一致的。若要改变旋转磁场的转向，只需把通入定子绕组的电流相序改变，即交换任意两根电源线进线即可。

上面的例子表明，在定子中安排一组A、B、C线圈能产生两极旋转磁场。如果对称地安排两组A、B、C线圈即可获得四极旋转磁场，安排不同组数A、B、C线圈可相应获

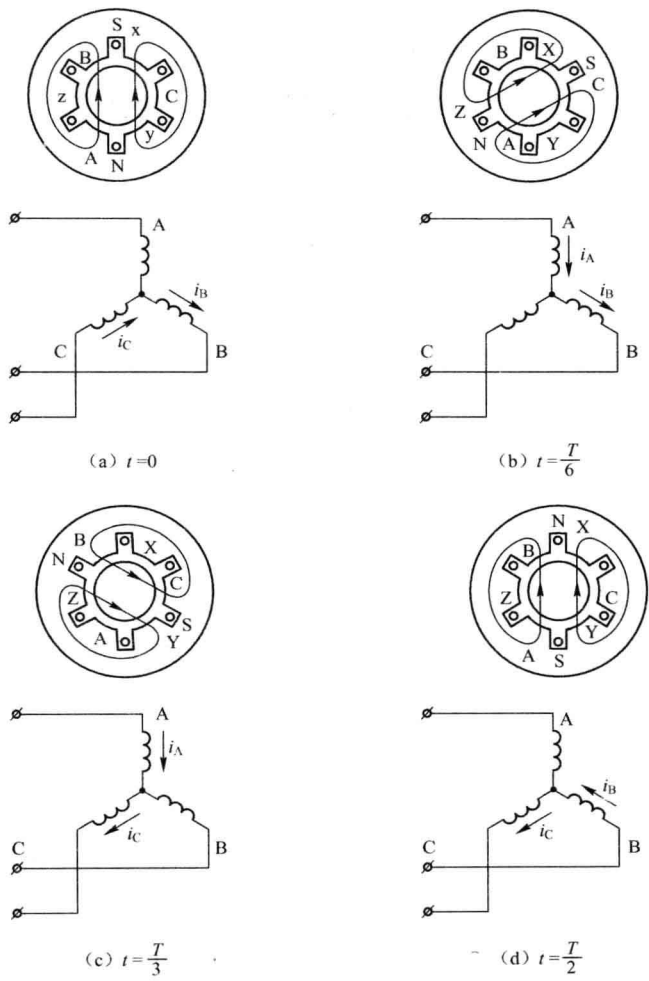


图 1-8 两极旋转磁场

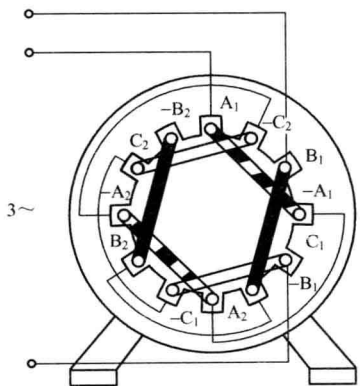


图 1-9 四极绕组的布置示意图

得 6、8、10、12 极旋转磁场。图 1-9 所示是四极绕组的布置示意图。用相同的分析方法可以发现，当通入三相交流电后，产生一个四极旋转磁场，与二极磁场不同的是当电流变化一周时，磁场转了半周，其转速为：

$$n_1 = f \text{ 周/s} \times \frac{1}{2} \text{ 转/周} = \frac{1}{2} f \text{ 转/s, 或 } n_1 = \frac{60f_1}{2} \text{ 转/min}$$

如果旋转磁场具有 P 对磁极，电流变化一周，则旋转磁场就在空间转过 $1/P$ 转。如果定子绕组的电流频率为 f_1 则旋转磁场每分钟的转速 n_1 ：

$$n_1 = \frac{60f_1}{P}$$

利用上式可求出在工频 50Hz 时不同极数旋转磁场的转速，如表 1-1 所示。

表 1-1 50Hz 时不同极数旋转磁场转速

极数 $2P$	2	4	6	8	10	12
旋转磁场转速 n_1 (转/min)	3000	1500	1000	750	600	500

1.2.2 三相异步电动机的工作原理

电动机在未接通电源前, 转子是静止不动的。当电动机的定子绕组接通三相电源后, 在定子内的空气隙中便产生了旋转磁场。假定旋转磁场按顺时针方向旋转, 则转子与旋转磁场间就有相对运动, 使得转子导线产生感应电动势。由于磁场按顺时针方向旋转, 相当于磁场不动, 转子导线以逆时针方向运动切割磁力线, 按照右手定则可以确定转子上半部导线的感应电动势方向是出来的 ($\odot$), 下半部导线的感应电动势方向是进去的 ($\otimes$)。由于转子绕组是闭合的, 因此在感应电动势作用下转子导线内有感应电流通过, 称为转子电流。转子电流在旋转磁场中受力, 其方向由左手定则决定。这些电磁力对转轴形成一个转矩, 称为电磁转矩, 其作用方向与旋转磁场方向一致, 因此转子就顺着旋转磁场的方向转动起来, 如图 1-10 所示。

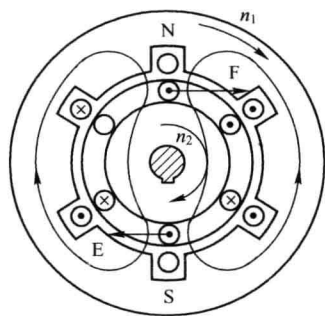


图 1-10 异步电动机的工作原理示意图

转子的转速 n_2 总是低于旋转磁场的同步转速 n_1 。如果 $n_2 = n_1$, 转子导线与旋转磁场之间就不存在相对运动, 转子导线也就不切割磁力线, 因而也就没有感生电流, 不产生电磁转矩, 电动机也就不旋转了。由此可见, 转子总是紧跟着旋转磁场以小于同步转速 n_1 的转速而旋转。所以, 我们把这类交流电动机称为异步电动机。

1.3 三相异步电动机调速的基本途径

在工业生产中为了获得最高的生产率和保证产品加工质量, 常要求生产机械能在不同的转速下进行工作。如果采用电气调速, 就可大大简化机械变速机构。

由异步电动机的转速表达式:

$$n = n_1 (1-s) = \frac{60f_1}{p} (1-s)$$

可知, 要调节异步电动机的转速, 可采用改变电源频率 f_1 、极对数 p 及转差率 s 等 3 种方法来实现。

1.3.1 变极调速

在电源频率恒定的条件下, 改变定子绕组形成的磁场极对数 p , 就可以改变同步转速 n_1 和相应的转子转速 n , 这种方法称为变极调速。此法只适用于笼型电动机, 因为笼型转子绕组的极对数是感应产生的, 随定子磁场极对数改变而自动改变, 使两磁场极对数保持一致, 从而形成有效的平均电磁转矩。

交流电动机定子绕组磁动势的极对数取决于绕组中电流的方向, 因此改变绕组接线使

绕组内电流方向改变,就能够改变极对数 p 。常用的单绕组变极电动机,其定子上只有一组三相绕组。它就是利用改变绕组连接方式来达到改变极对数 p 的目的。图 1-11 (b) 所示的绕组连接方式可获得图 1-11 (a) 所示的 $p=4$ 的极对数;若改变成图 1-12 (b) 所示的连接方式,使半数绕组中的电流方向改变,则得到图 1-12 (a) 图所示的 $p=2$ 的极对数。

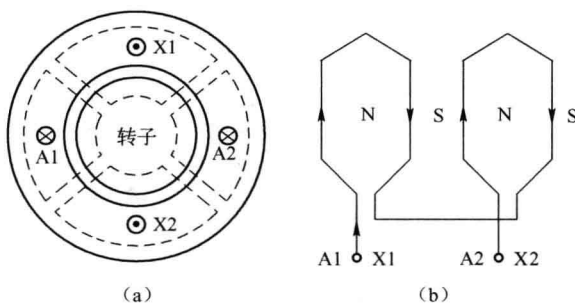


图 1-11 $p=4$ 的绕组和极数

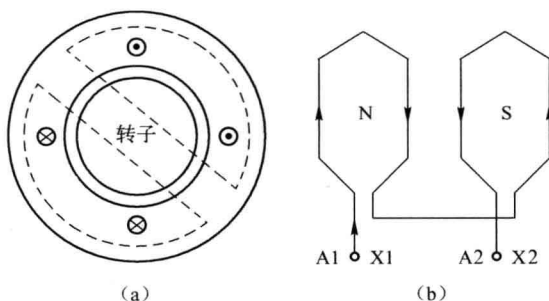


图 1-12 $p=2$ 的绕组和极数

单绕组变极可以使定子绕组磁动势极对数成倍数关系改变,从而获得倍极比(如 2/4 极、4/8 极)的双速电动机。也可以获得非倍极比(如 4/6 极、6/8 极)的双速电动机和极数比为 2/4/8 和 4/6/8 的三速电动机。

1.3.2 变频调速

根据转速公式可知,当转差率 s 变化不大时,异步电动机的转速 n 基本上与电源频率 f_1 成正比。连续调节电源频率,就可以平滑地改变电动机的转速。但是,单一地调节电源频率,将导致电动机运行性能的恶化,其原因可分析如下:

电动机正常运行时,定子漏阻抗压降很小,可以认为 $U_1 \approx E_1 = 4.44 f_1 N_1 k_{w1} \Phi_0$ 。

若端电压 U_1 不变,则当频率 f_1 减小时,主磁通 Φ_0 将增加,这将导致磁路过饱和,励磁电流增大,功率因数降低,铁心损耗增大;而当 f_1 增大时, Φ_0 将减小,电磁转矩及最大转矩下降,过载能力降低,电动机的容量也得不到充分利用。因此,为了使电动机能保持较好的运行性能,要求在调节 f_1 的同时,改变定子电压 U_1 ,以维持 Φ_0 不变,或者保持电动机的过载能力不变。 U_1 随 f_1 按什么样的规律变化最为合适呢?一般认为,在任何类型负载下变频调速时,若能保持电动机的过载能力不变,则电动机的运行性能较为理想。

随着电力电子技术的发展,已出现了各种性能良好、工作可靠的变频调速电源装置,这将促进变频调速的广泛应用。额定频率称为基频。调频时可以从基频向下调,也可从基频向上调。

1. 从基频向下调的变频调速,保持 $U_1/f_1 = \text{恒值}$,即恒转矩调速

如果频率下调,而端电压 U_1 为额定值,则随着 f_1 下降,气隙每极磁通 Φ_0 增加,使电动机磁路进入饱和状态。过饱和时,会使激磁电流迅速增大,进而使电动机运行性能变差。因此,变频调速应设法保证 Φ_0 不变。若保持 $U_1/f_1 = \text{恒值}$,电动机最大电磁转矩 T_m 在基频附近可视为恒值,在频率更低时,随着频率 f_1 下调,最大转矩 T_m 将变小。其机械特性如图 1-13 所示,可见它是一种近似于恒转矩调速的类型。

2. 从基频向上调的变频调速

电动机端电压是不允许升高的,因此升高频率 f_1 向上调节电动机转速时,其端电压仍应保持不变。这样, f_1 增加,则磁通 Φ_0 降低,属减弱磁场调速类型,其机械特性如图 1-14 所示,其运行段近似是平行的,这种调速方式,可近似认为是恒功率调速类型。

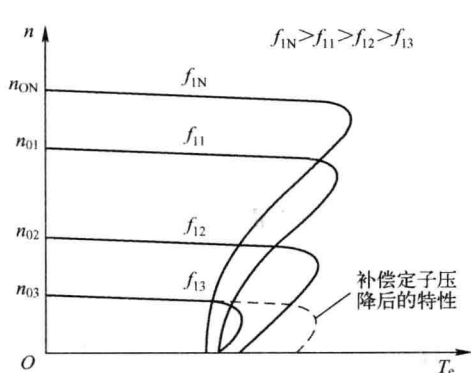


图 1-13 基频向下调速机械特性

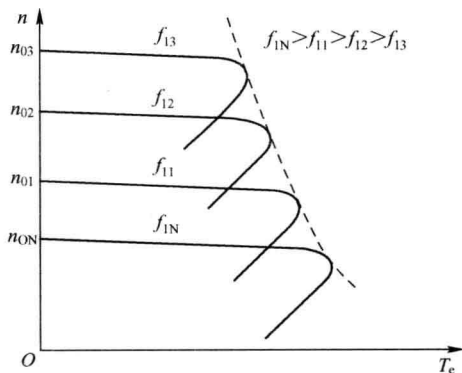
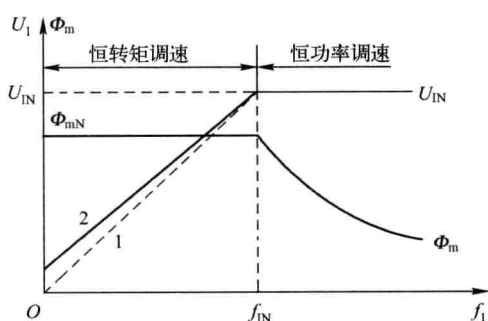


图 1-14 基频向上调速机械特性

把基频向下和向上两种情况结合起来,可以得到图 1-15 所示的异步电动机变频调速控制特性,图中曲线 1 为不带定子电压补偿时的控制特性,曲线 2 为带电压补偿时的控制特性。如果电动机在不同转速下都具有额定电流,则电动机都能在温升允许条件下长期运行,这时转矩基本上随磁通变化而变化,即在基频以下属于恒转矩调速,而在基频以上属于恒功率调速;如果 f_1 是连续可调的,则变频调速是无级调速。



曲线 1—不带定子电压补偿;
曲线 2—带定子电压补偿

图 1-15 异步电动机变频调速控制特性

1.3.3 变频装置的简单介绍

要实现异步电动机的变频调速,必须有能够同时改变供电电源的电压和频率。但是,现有的交流供电电源都是恒压恒频的,所以必须通过变频装置才能获得变压变频电源。变

频装置可分为间接变频和直接变频两类。间接变频装置先将工频交流电通过整流器变成直流，然后再经过逆变器将直流变成为可控频率的交流，通常称为交—直—交变频装置。直接变频装置则将工频交流一次变换成可控频率的交流，没有中间直流环节，也称为交—交变频装置。目前应用较多的还是间接变频装置。交—交变频器与交—直—交变频器的特点如表 1-2 所示。

表 1-2 交—交变频器与交—直—交变频器的主要特点

变频器类型 比较内容	交—交变频器	交—直—交变频器
换能方式	一次换能、效率较高	二次换能、效率略低
换相方式	电网电压换相	强迫换相或负载换相
装置器件数量	较多	较少
器件利用率	较低	较高
调频范围	输出最频率为电网频率的 1/3~1/2	频率调节范围宽
电网功率因数	较低	如用可控整流桥调压，则低频低压时功率因数较低，如用斩波器或 PWM 方式调压，则功率因数较高
适用场合	低速大功率拖动	可用于各种拖动装置，稳频稳压电源和不间断电源

1. 直接变频装置（交—交变频装置）

直接变频装置的结构如图 1-16 所示，它只用一个变换环节就可以把恒压恒频的交流电源变换成变压变频电源。这种变频装置输出的每一相都是一个两组晶闸管整流装置反并联的可逆线路（图 1-17）。正、反两组按一定周期相互切换，在负载上就获得了交变的输出电压 u_0 。 u_0 的幅值决定于各组整流装置的控制角， u_0 的频率决定于两组整流装置的切换频率。当整流器的控制角和这两组整流装置的切换频率不断变化时，即可得到变压变频的交流电源。



图 1-16 直接（交—交）变频装置

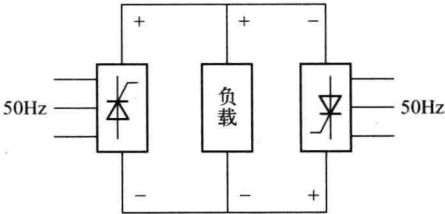


图 1-17 交—交变频装置一相电路

2. 间接变频装置（交—直—交变频装置）

间接变频装置按照不同的控制方式，可分为图 1-18 中的（a）、（b）、（c）三种。

图 1-18（a）是可控整流器变压，用逆变器变频的交—直—交变频装置。调压和调频分别在两个环节上进行，两者要在控制电路上协调配合。这种装置结构简单、控制方便，