



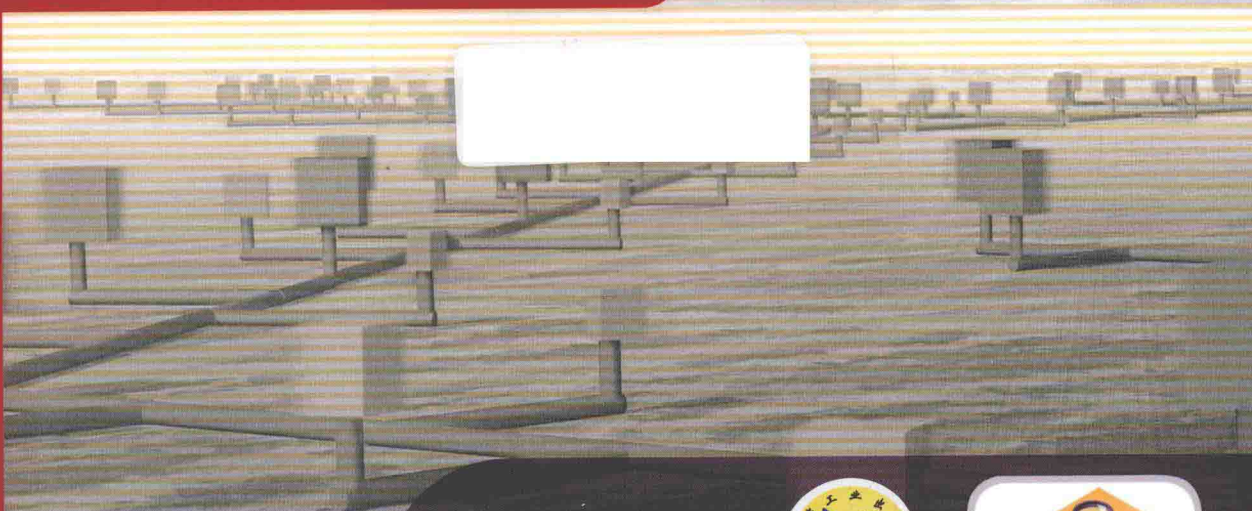
高等职业教育项目课程改革规划教材

变频拖动系统安装 与调试

BIANPIN TUODONG XITONG ANZHUANG
YU TIAOSHI

曾齐高 主编

以能力为本位，以工作过程为导向
以项目为载体，提供真实的职业场景



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



wangzongf@163.com
010-88379564

赠 电 子 课 件 等

高等职业教育项目课程改革规划教材

变频拖动系统安装与调试

主 编	曾齐高	
副主编	陈恒亮	闫莉丽
参 编	罗 飞	孙文涛
主 审	王文新	



机械工业出版社

本书是根据国家职业标准和职业技能鉴定规范,并参考深圳市电梯职业技能标准编写而成的,详细讲述了电梯安装维修工必须掌握的变频器相关知识和技能要求。本书以实践操作为重点,理论讲解围绕实践操作进行。

本书有三个项目:变频器独立控制拖动系统的安装与调试,变频器加外部控制拖动系统的安装与调试,变频器加外部控制多段速拖动系统的安装与调试。

本书可作为技师学院、高职高专院校电梯安装维修类、电气类专业的教材,也可作为高级电梯安装维修工培训的实操技能训练指导教材,还可供电梯应用技术爱好者学习参考。

为方便教学,本书配有免费电子课件、模拟试卷及答案等,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电索取。咨询电话:010-88379375;电子邮箱:wangzongf@163.com。

图书在版编目(CIP)数据

变频拖动系统安装与调试/曾齐高主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 1

高等职业教育项目课程改革规划教材
ISBN 978-7-111-45114-3

I. ①变… II. ①曾… III. ①电梯-安装-高等职业教育-教材②电梯-调试方法-高等职业教育-教材 IV. ①TU857

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第298380号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王宗锋 责任编辑:王宗锋 王寅生

版式设计:常天培 责任校对:闫玥红

封面设计:路恩中 责任印制:李洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2014年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·8.75印张·211千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-45114-3

定价:19.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面防伪标均为盗版

高等职业教育项目课程改革规划教材编审委员会

专家顾问 徐国庆

主 任 黎德良

副 主 任 王 德

委 员 侯勇志 王晓沛 汪立极 周蔚红 徐伟雄

朱爱群 郑志军 李勋贵 赵玉林 成亚萍

汤湘林 朱文韬 任 茜 陈耕夫 宋 强

冯兆凯 吴 军 程 森 王秀峰 许 惠

杨国兰

序

中国的职业教育正在经历课程改革的重要阶段。传统的学科型课程被彻底解构，以岗位实际工作能力的培养为导向的课程正在逐步建构起来。在这一转型过程中，出现了两种看似很接近，人们也并不注意区分，而实际上却存在重大理论基础差别的课程模式，即任务驱动型课程和项目化课程。二者的表面很接近，是因为它们都强调以岗位实际工作内容为课程内容。国际上已就如何获得岗位实际工作内容取得了完全相同的基本认识，那就是以任务分析为方法。这可能是二者最为接近之处，也是人们容易混淆二者关系的关键所在。

然而极少有人意识到，岗位上实际存在两种任务，即概括的任务和具体的任务。例如对商务专业而言，联系客户是概括的任务，而联系某个特定业务的特定客户则是具体的任务。工业类专业同样存在这一明显区分，如汽车专业判断发动机故障是概括的任务，而判断一辆特定汽车的发动机故障则是具体的任务。当然，许多有见识的课程专家还是敏锐地觉察到了这一区别，如我国的姜大源教授，他使用了写意的任务和写实的任务这两个概念。美国也有课程专家意识到了这一区别并为之困惑。他们提出的问题是：“我们强调教给学生任务，可现实中的任务是非常具体的，我们该教给学生哪件任务呢？显然我们是没有时间教给他们所有具体任务的。”

意识到存在这两种类型的任务是职业教育课程研究的巨大进步，而对这一问题的有效处理，将大大推进以岗位实际工作能力的培养为导向的课程模式在职业院校的实施，项目课程就是为解决这一矛盾而产生的课程理论。姜大源教授主张在课程设计中区分两个概念，即课程内容和教学载体。课程内容即要教给学生的知识、技能和态度，它们是形成职业能力的条件（不是职业能力本身），课程内容的获得要以概括的任务为分析对象。教学载体即学习课程内容的具体依托，它要解决的问题是如何在具体活动中实现知识、技能和态度向职业能力的转化，它的获得要以具体的任务为分析对象。实现课程内容和教学载体的有机统一，就是项目课程设计的关键环节。

这套教材设计的理论基础就是项目课程。教材是课程的重要构成要素。作为一门完整的课程，我们需要课程标准、授课方案、教学资源 and 评价方案等，但教材是其中非常重要的构成要素，它是连接课程理念与教学行为的重要桥梁，是综合体现各种课程要素的教学工具。一本好的教材既要能体现课程标准，又要能为寻找所需教学资源提供清晰索引，还要能有效地引导学生对教材进行学习和评价。可见，教材开发是项非常复杂的工程，对项目课程的教材开发来说更是如此，因为它没有成熟的模式可循，即使在国外我们也几乎找不到成熟的项目课程教材。然而，除这些困难外，项目教材的开发还担负着一项艰巨任务，那就是如何实现教材内容的突破，如何把现实中非常实用的工作知识有机地组织到教材中去。

这套教材在以上这些方面都进行了谨慎而又积极的尝试，其开发经历了一个较长过程（约4年时间）。首先，教材开发者们组织企业的专家，以专业为单位对相应职业岗位上的工作任务与职业能力进行了细致而有逻辑的分析，并以此为基础重新进行了课程设置，撰写了专业教学标准，以使课程结构与工作结构更好地吻合，最大限度地实现职业能力的培养。

其次，教材开发者们以每门课程为单位，进行了课程标准与教学方案的开发，在这一环节中尤其突出了教学载体的选择和课程内容的重构。教学载体的选择要求具有典型性，符合课程目标要求，并体现该门课程的学习逻辑。课程内容则要求真正描绘出实施项目所需要的专业知识，尤其是现实中的工作知识。在取得以上课程开发基础研究的完整成果后，教材开发者们才着手进行了这套教材的编写。

经过模式定型、初稿、试用、定稿等一系列复杂阶段，这套教材终于得以诞生。它的诞生是目前我国项目课程改革中的重要事件。因为它很好地体现了项目课程思想，无论在结构还是内容方面都达到了高质量教材的要求；它所覆盖专业之广，涉及课程之多，在以往类似教材中少见，其系统性将极大地方便教师对项目课程的实施；对其开发遵循了以课程研究为先导的教材开发范式。对一个国家而言，一个专业、一门课程，其教材建设水平其实体现的是课程研究水平，而最终又要直接影响其教育和教学水平。

当然，这套教材也不是十全十美的，我想教材开发者们也会认同这一点。来美国之前我就抱着一个强烈愿望，希望看看美国的职业教育教材是什么样子。因此每到学校考察必首先关注其教材，然而往往也是失望而归。在美国确实有许多优秀教材，尤其是普通教育的教材，设计得非常严密，其考虑之精细令人赞叹，但职业教育教材却往往只是一些参考书。美国教授对传统职业教育教材也多有批评，有教授认为这种教材只是信息的堆砌，而非真正的教材。真正的教材应体现教与学的过程。如此看来，职业教育教材建设是全球所面临的共同任务。这套教材的开发者们一定会继续为圆满完成这一任务而努力，因此他们也一定会欢迎老师和同学对教材的不足之处不吝赐教。

徐国庆

2010年9月25日于美国俄亥俄州立大学

前 言

随着微处理器技术、电力电子技术和调速控制理论不断发展，变频器作为一种智能调速“电源”也在不断地更新。进入 20 世纪 90 年代，随着半导体开关器件 IGBT、矢量控制技术的成熟，微机控制的变频调速成为主流，调速后异步电动机的静、动态特性已经可以和直流调速相媲美。总而言之，变频拖动技术是朝着智能化、专用化、系统化、网络化、操作简单化、安全可靠、环保低噪、静音化、低成本和小型化的方向发展。

本书以 Varispeed G7 系列安川变频器为载体，详细介绍了变频拖动系统安装与调试的基本理论知识和应用实践。本书共分为三个项目：变频器独立控制拖动系统的安装与调试，变频器加外部控制拖动系统的安装与调试，变频器加外部控制多段速拖动系统的安装与调试。每个项目由两个任务组成，每个任务均按企业工作过程（即资讯—决策—计划—实施—检验—评价）要求进行编写，读者能够在任务的实施过程中，掌握所涉及的知识点和技能点。

本书由曾齐高任主编，陈恒亮、闫莉丽任副主编，罗飞、孙文涛任参编，王文新任主审。项目一由曾齐高编写，项目二由闫莉丽、罗飞编写，项目三由陈恒亮、孙文涛编写。全书由曾齐高统稿。

本书在编写过程中得到了深圳技师学院电气工程系郝瑞生、李跃华的大力协助，他们提供了大量的实用资料、图片并提出了许多修改意见和建议，在此致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，肯请读者批评指正！

编 者

目 录

序

前言

项目一 变频器独立控制拖动系统的安装与调试	1
任务一 安川变频器的认识	1
任务二 变频器独立控制正、反转拖动系统的安装与调试	19
项目二 变频器加外部控制拖动系统的安装与调试	34
任务一 变频器加外部按钮控制正、反转拖动系统的安装与调试	34
任务二 变频器加 PLC 控制正、反转拖动系统的安装与调试	59
项目三 变频器加外部控制多段速拖动系统的安装与调试	81
任务一 变频器加外部按钮等控制多段速拖动系统的安装与调试	81
任务二 变频器加 PLC 控制多段速拖动系统的安装与调试	95
附录 安川 G7 系列变频器部分参数一览表	113
参考文献	130

项目一 变频器独立控制拖动系统的安装与调试

◆ 项目描述

◇ 电动机正、反转的控制是电动机拖动系统中最典型的控制，电梯的上升、下降等需要控制电动机的正、反转。

◇ 电梯控制系统中使用最多的就是变频调速系统，如何利用变频器实现电动机的正、反转控制成为电梯控制系统的首要任务。

◆ 项目准备

1. 资源要求

- 1) 安川变频器实训柜，配备 8 台安川变频器，8 台电动机。
- 2) 8 把专用螺钉旋具，8 套电工专用工具，8 只万用表。
- 3) 多媒体教学设备。

2. 原材料准备

导线、数据通信线。

3. 相关资料

安川变频器说明书。

◆ 工作任务

按企业工作过程（即资讯—决策—计划—实施—检验—评价）要求完成变频器独立控制正、反转拖动系统的安装和调试。其中包括：

- 1) 安川变频器的认识。
- 2) 变频器独立控制正、反转拖动系统的安装与调试。

任务一 安川变频器的认识



一、工作任务

电动机的调速方式有变极调速、变频调速等，其中，变频调速是电动机调速中最普遍的方式之一。了解变频器的结构，特别是认识与了解 Varispeed G7 系列安川变频器是本任务的主要内容。



二、信息收集与分析

（一）三相异步电动机的相关知识

1. 三相异步电动机的内部结构

在变频调速拖动系统中，使用的电动机大多数是三相异步电动机。为了说明变频器的功

能和应用,有必要先了解三相异步电动机的相关知识。常用三相异步电动机的外形如图 1-1-1 所示。

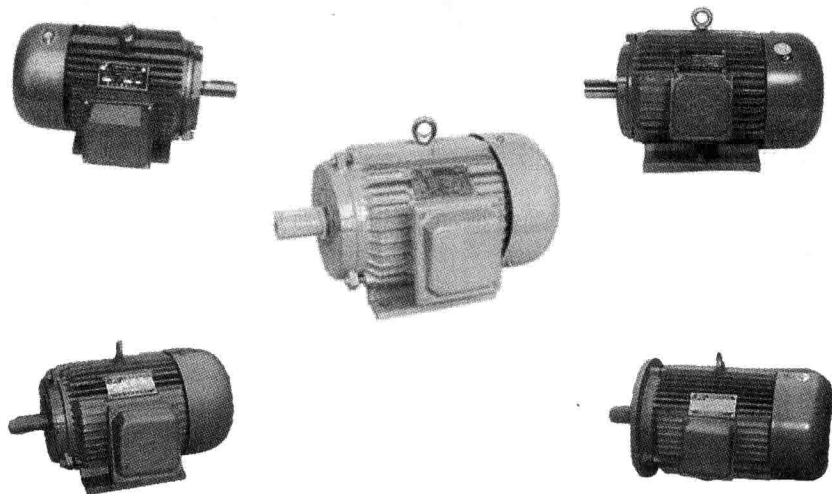


图 1-1-1 常用三相异步电动机的外形

三相异步电动机的种类很多,但各类三相异步电动机的基本结构是相同的,它们都由定子和转子这两大基本部分组成,在定子和转子之间具有一定的气隙;此外,还有端盖、轴承、接线盒、吊环等其他附件。封闭式三相笼型异步电动机结构图如图 1-1-2 所示。

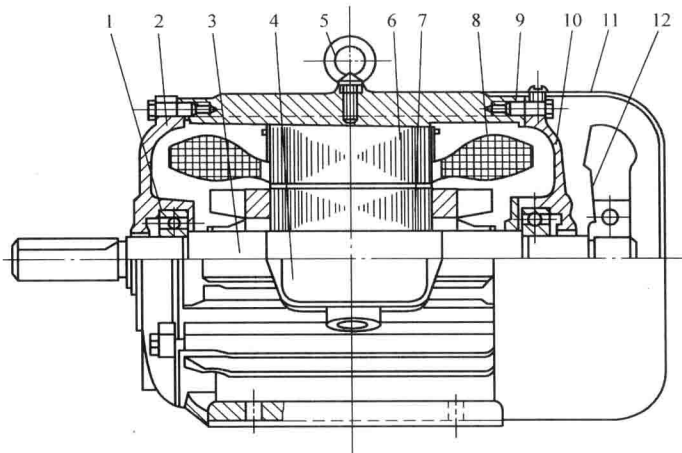


图 1-1-2 封闭式三相笼型异步电动机结构图

1—轴承 2—前端盖 3—转轴 4—接线盒 5—吊环 6—定子铁心
7—转子 8—定子绕组 9—机座 10—后端盖 11—风罩 12—风扇

(1) 定子 定子是用来产生旋转磁场的。三相异步电动机的定子一般由外壳、定子铁心、定子绕组等部分组成。

1) 外壳。三相异步电动机的外壳包括机座、端盖、轴承盖、接线盒及吊环等部件。

① 机座:用铸铁或铸钢浇铸成型,它的作用是保护和固定三相异步电动机的定子绕组,它是三相异步电动机机械结构的重要组成部分。通常,机座的外表要求散热性能好,所以一

般都铸有散热片。

② 端盖：用铸铁或铸钢浇铸成型，它的作用是把转子固定在定子内腔中心，使转子能够在定子中均匀地旋转。

③ 轴承盖：也是铸铁或铸钢浇铸成型的，它的作用是固定转子，使转子不能轴向移动，另外起存放润滑油和保护轴承的作用。

④ 接线盒：一般是用铸铁浇铸，其作用是保护和固定绕组的引出线端子。

⑤ 吊环：一般是用铸钢制造，安装在机座的上端，用来起吊、搬抬三相异步电动机。

2) 定子铁心。三相异步电动机定子铁心是电动机磁路的一部分，由 $0.35 \sim 0.5\text{mm}$ 厚、表面涂有绝缘漆的薄硅钢片叠压而成。定子铁心及冲片示意图如图 1-1-3 所示。由于硅钢片较薄而且片与片之间是绝缘的，所以减少了由于交变磁通通过而引起的铁心涡流损耗。铁心内圆有均匀分布的槽口，用来嵌放定子绕组。

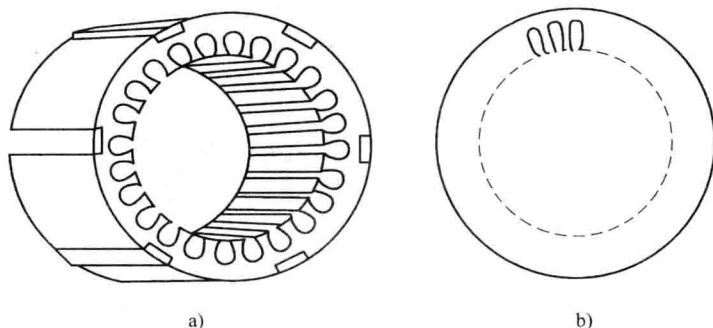


图 1-1-3 定子铁心及冲片示意图

a) 定子铁心 b) 定子冲片

3) 定子绕组。定子绕组是三相异步电动机的电路部分，三相异步电动机有三相绕组，通入三相对称电流时，就会产生旋转磁场。三相绕组由三个彼此独立的绕组组成，且每个绕组又由若干线圈连接而成。每个绕组即为一相，每个绕组在空间相差 120° 。组成绕组的线圈是由绝缘铜导线或绝缘铝导线绕制而成的。中、小型三相异步电动机多采用圆漆包线，大、中型三相异步电动机的定子线圈则用具有较大截面积的绝缘扁铜线或扁铝线绕制后，再按一定规律嵌入定子铁心槽内。定子三相绕组的六个出线端都引至接线盒上，首端分别标为 U_1 、 V_1 、 W_1 ，末端分别标为 U_2 、 V_2 、 W_2 。这六个出线端在接线盒里的排列如图 1-1-4 所示，可以接成星形或三角形联结。

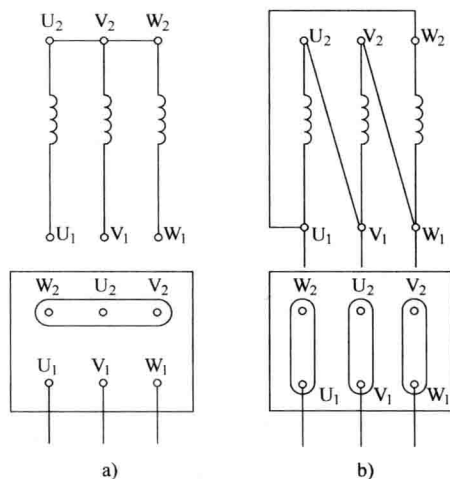


图 1-1-4 定子绕组的连接

a) 星形联结 b) 三角形联结

(2) 转子

1) 转子铁心。转子铁心是用 0.5mm 厚的硅钢片叠压而成，套在转轴上，它一方面作为电动机磁路的一部分，另一方面用来安放转子绕组。

2) 转子绕组。三相异步电动机的转子绕组分

为绕线转子绕组与笼型转子绕组两种,因此三相异步电动机可分为三相绕线转子异步电动机与三相笼型异步电动机。

① 绕线转子绕组:与定子绕组一样也是一个三相绕组,一般接成星形,三相引出线分别接到转轴上的三个与转轴绝缘的集电环上,通过电刷装置与外电路相连,这就可以在转子电路中串接电阻或电动势,以改善电动机的运行性能,如图 1-1-5 所示。

② 笼型转子绕组:在转子铁心的每一个槽中插入一根铜条,在铜条两端各用一个铜环(称为端环)把导条连接起来,称为铜条转子,如图 1-1-6a 所示。也可用铸铝的方法,把转子导条和端环风扇叶片用铝液一次浇铸而成,称为铸铝转子,如图 1-1-6b 所示。100kW 以下的三相异步电动机一般采用铸铝转子。

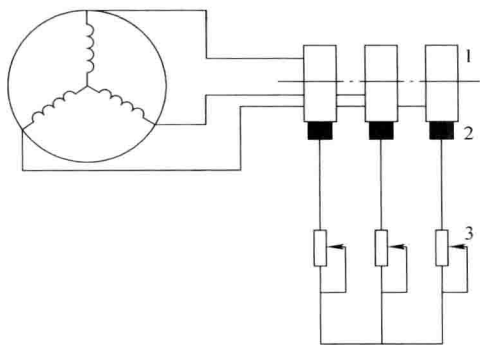


图 1-1-5 绕线转子绕组与外加电阻器的连接

1—集电环 2—电刷 3—电阻器

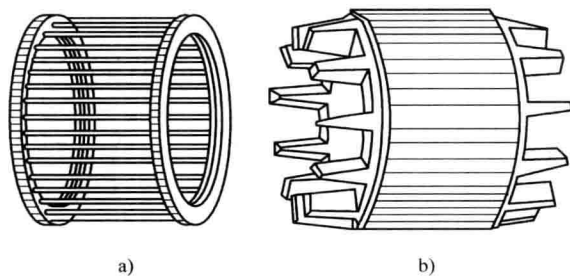


图 1-1-6 笼型转子绕组

a) 铜条转子 b) 铸铝转子

(3) 其他部分 其他部分包括风扇等。风扇则用来通风冷却电动机。

三相异步电动机的定子与转子之间有气隙一般为 $0.2 \sim 1.5\text{mm}$ 。气隙太大,电动机运行时的功率因数降低;气隙太小,使装配困难,运行不可靠,高次谐波磁场增强,从而使附加损耗增加以及使起动性能变差。

2. 三相异步电动机的工作原理

(1) 三相异步电动机的旋转磁场 三相异步电动机的转子之所以会旋转、实现能量转换,是因为转子气隙内有一个旋转磁场。下面来讨论旋转磁场的产生原理。 $U_1 U_2$ 、 $V_1 V_2$ 、 $W_1 W_2$ 为三相定子绕组,在空间彼此相隔 120° ,接成星形联结。三相绕组的首端 U_1 、 V_1 、 W_1 接在三相对称电源上,有三相对称电流通过三相绕组,如图 1-1-7 所示。

定子旋转磁场以速度 n_1 切割转子导体产生感应电动势(发电机右手定则),在转子导体中形成电流,使导体受电磁力作用形成电磁转矩,推动转子以转速 n 顺 n_1 方向旋转(电动机左手定则),并从轴上输出一定大小的机械功率,如图 1-1-8 所示。

(2) 三相异步电动机的特点

1) 电动机内必须有一个以 n_1 旋转的磁场——实现能量转换的前提。

2) 电动运行时 n 恒不等于 n_1 (同步转速)——必要条件 $n < n_1$ 。

3) 建立转矩的电流由感应产生——感应名称的来源。

3. 三相异步电动机的主要参数

(1) 旋转磁场的转速 n_1 (同步转速) 旋转磁场转速的一般表达式为

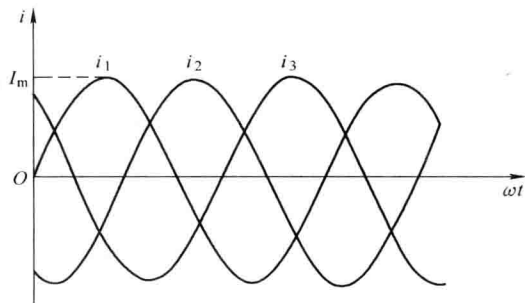


图 1-1-7 三相交流电流波形图

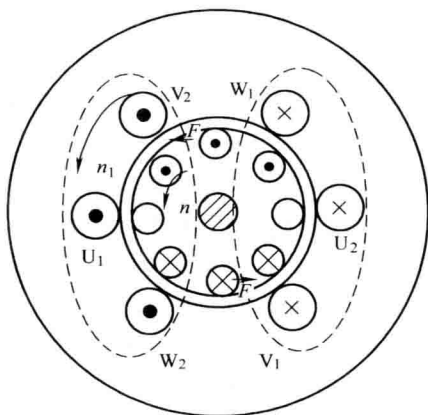


图 1-1-8 三相异步电动机工作原理图

$$n_1 = 60f_1/p$$

式中, n_1 为旋转磁场转速, 又称为同步转速 (r/min); f_1 为电源频率 (Hz); p 为旋转磁场的磁极对数。

n_1 的旋转方向由电源的相序决定: 若电源为顺相序, 同步转速 n_1 为顺时针方向, 当将三相电源的任意两相对调 (即电源为逆相序) 时, n_1 变为逆时针方向。

(2) 转差率 s 旋转磁场转速 (同步转速) n_1 与转子转速 n 之差与旋转磁场转速 n_1 之比为三相异步电动机的转差率 s , 即

$$s = (n_1 - n)/n_1$$

式中, n 为转子转速; n_1 为旋转磁场转速。

转差率是三相异步电动机的一个基本参数, 对分析和计算三相异步电动机的运行状态及其机械特性有着重要意义。起动瞬间, $n=0$, $s=1$; 额定转速运行时, s 很小, 约为 0.02 ~ 0.06; 空载运行时, n 略小于 n_1 , $s \approx 0$ 。

(3) 转子转速 n 转子转速的一般表达式为

$$n = (1 - s)60f_1/p$$

式中, s 为转差率; f_1 为电源频率; p 为磁极对数。

由上式中可以看出, 转子转速 n 与电源频率 f_1 、磁极对数 p 、转差率 s 有关, 所以三相异步电动机的调速方式有变频 (f_1) 调速、变极 (p) 调速及变转差率 (s) 调速。

4. 三相异步电动机的电磁特性

(1) 感应电动势 E_1 感应电动势的一般表达式为

$$E_1 = 4.44K_1N_1f_1\Phi_m$$

式中, E_1 为定子绕组的感应电动势有效值; K_1 为定子绕组的绕组系数, $K_1 < 1$; N_1 为定子每相绕组的匝数; f_1 为定子绕组感应电动势的频率, 即电源频率; Φ_m 为主磁通。

(2) $U_1/f_1 = \text{常数}$ 三相异步电动机是根据其工作在额定电压、额定频率以及额定磁通下进行设计的, 其主磁通 Φ_m 选在了铁心磁化曲线的接近饱和处。 Φ_m 的大小关系到电动机的电磁转矩, 并与电动机的工作电流成正比。如 f_1 下降, U_1 不变, 则 Φ_m 上升。因为 Φ_m 已设计在接近饱和处, Φ_m 上升即进入磁化曲线的饱和区, 引起工作电流大幅度增加, 使电动机

过热损坏。如 f_1 上升, U_1 不变,则 Φ_m 下降,将使工作电流下降。由于电流的下降,电动机的输出转矩不足。为了保持电动机的 Φ_m 不变,即电动机的转矩不变,在 f_1 变化的同时, U_1 必须同时变化,使 U_1 与 f_1 的比值保持恒定,即 $U_1/f_1 = \text{常数}$ 。

变频器在工作时,有时 f_1 调得很低,同时 U_1 也很低。此时定子绕组上的电压降 ΔU 在电压 U_1 中所占的比例不能忽略。由于 ΔU 所占比例增加,将使定子电流减小,从而使 Φ_m 减小,这将引起低速时的输出转矩减小。此时,可提高 U_1 来补偿 ΔU 的影响,使得 E_1/f_1 不变,即 Φ_m 不变,这种控制方法称为电压补偿,也称为转矩补偿。

5. 三相异步电动机的机械特性

电动机的电磁转矩 T 与转子转速 n 之间的关系称为电动机的机械特性,即 $n = f(T)$,如图1-1-9所示。

机械特性曲线上有三点反映了它的基本性能和特点:

- 1) 最大转矩 T_m ,反映过载能力。
- 2) 起动转矩 T_{st} ,反映起动性能。
- 3) 额定转矩 T_N ,反映稳定运行的负载能力和特点。

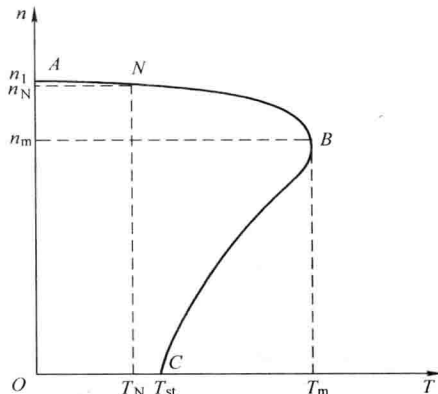


图 1-1-9 三相异步电动机的机械特性

(二) 变频器相关知识

1. 变频器的分类

变频器 (Inverter) 也就是电压频率变换器,是一种将固定频率和电压的交流电变换成频率和电压连续可调的交流电,以供给电动机并使其运转的电源装置。它是一种理想的高效率、高性能的调速器件。目前国内外变频器的种类很多,可按以下几种方式分类。

(1) 按变换环节分类

1) 交-直-交变频器。交-直-交变频器先将频率固定的交流电整流成直流电,经过滤波,再将平滑的直流电进行逆变,成为频率连续可调的交流电。把直流电逆变成交流电的环节较易控制,因此这种变频器在频率的调节范围、改善电动机特性等方面都有明显的优势,目前低压交流中小容量的变频器几乎全部采用此类工作方式。

2) 交-交变频器。交-交变频器把频率固定的交流电直接变换成频率连续可调的交流电,其主要优点是没有中间环节,故变换效率高。但其连续可调的频率范围窄,一般为额定频率的 $1/2$ 以下,主要用于低速、大容量的拖动系统中。

(2) 按电压的调制方式分类

1) 脉幅调制 (Pulse Amplitude Modulation, PAM)。它是通过调节输出脉冲的幅值来调节输出电压的一种方式,调节过程中,逆变器负责调频,相控整流器或直流斩波器负责调压。目前,在中小容量变频器中已很少采用。

2) 脉宽调制 (Pulse Width Modulation, PWM)。它是通过改变输出脉冲的宽度和占空比来调节输出电压的一种方式,由逆变器调频调压。目前普遍应用的是脉宽按正弦规律变化的正弦脉宽调制方式,即 SPWM 方式。中小容量的通用变频器几乎全部采用这种变压变频方法。

(3) 按滤波元件分类

1) 电压源型变频器。在交-直-交变频器中,当中间直流环节采用大电容滤波时,直流电压波形比较平直,在理想情况下可以等效成一个内阻抗为零的恒压源,输出交流电压是矩形波或阶梯波,这类变频器叫做电压源型变频器。一般的交-交变频器虽然没有滤波电容,但供电电源的低阻抗使它具有电压源的性质,也属于电压源型变频器。

2) 电流源型变频器。在交-直-交变频器中,当中间直流环节采用大电感滤波时,直流电流波形比较平直,因而电源内阻抗很大,对负载来说基本上是一个电流源,输出交流电流是矩形波或阶梯波,这类变频器叫做电流源型变频器。有的交-交变频器用电抗器将输出电流强制变成矩形波或阶梯波,具有电流源的性质,也属于电流源型变频器。

(4) 按输入电源的相数分类

1) 三进三出变频器。目前,大部分的变频器都是三进三出的变频器,也就是变频器的输入侧和输出侧都是三相交流电。

2) 单进三出变频器。变频器的输入侧为单相交流电,输出侧是三相交流电,家用电器里的变频器就属于这种类型,通常容量较小。

(5) 按控制方式分类

1) U/f 控制变频器。 U/f 控制是在改变频率的同时控制变频器输出电压,使电动机的磁通保持一定,在较宽的调速范围内,电动机的效率和功率因数保持不变。因为是控制电压和频率的比,所以称为 U/f 控制。它是转速开环控制,无需速度传感器,控制电路简单,是目前通用变频器中使用较多的一种控制方式。

2) 转差频率控制变频器。转差频率控制需检测出电动机的转速,构成速度闭环。速度调节器的输出为转差频率,然后以电动机速度与转差频率之和作为变频器的给定输出频率,实现了转差补偿。这种实现转差补偿的闭环控制方式称为转差频率控制方式。与 U/f 控制方式相比,这种方式的加减速特性和限制过电流的能力得到提高;另外,它有速度调节器,利用速度反馈进行速度闭环控制;速度的静态误差小,适用于自动控制系统。

3) 矢量控制变频器。 U/f 控制方式和转差频率控制方式的控制思想都建立在三相异步电动机的静态数学模型上。为了提高变频调速的动态性能,矢量控制方式则是基于电动机的动态数学模型,分别控制电动机的转矩电流和励磁电流,基本上可以达到与直流电动机一样的控制特性。安川 Varispeed G7 系列变频器就是电流矢量控制变频器。

2. 变频器的额定参数介绍

(1) 变频器的额定值

1) 输入侧的额定值。输入侧的额定值主要是电压和相数。在我国的中小容量变频器中,输入电压的额定值有以下几种情况(均为线电压):

- ① 380V/50Hz, 三相, 较常用。
- ② 200 ~ 230V/50Hz 或 60Hz, 三相, 主要用于某些进口设备中。
- ③ 200 ~ 230V/50Hz, 单相, 主要用于精细加工和家用电器。

2) 输出侧的额定值。

① 输出电压额定值 U_N : 由于变频器在变频的同时也要改变电压,所以输出电压的额定值是指输出电压中的最大值。在大多数情况下,它就是输出频率等于电动机额定频率时的输出电压值。通常,输出电压额定值和输入电压是相等的。

② 输出电流额定值 I_N : 输出电流额定值是指允许长时间输出的最大电流,是用户在选择

择变频器时的主要依据。

③ 输出容量 S_N ($\text{kV} \cdot \text{A}$): S_N 与 U_N 、 I_N 的关系为

$$S_N = \sqrt{3} U_N I_N$$

④ 配用电动机容量 P_N (kW): 变频器说明书中规定的配用电动机容量, 是根据下式估算出来的:

$$P_N = S_N \eta_M \cos \varphi_M$$

式中, η_M 为电动机的效率; $\cos \varphi_M$ 为电动机的功率因数。

由于电动机容量的标称值是比较统一的, 而 η_M 和 $\cos \varphi_M$ 的值却很不一致, 所以容量相同的电动机配用的变频器容量往往是不相同的。

变频器铭牌上的“适用电动机容量”一般是针对四极的电动机而言的, 若拖动的电动机是六极或其他, 那么相应的变频器容量应加大。

⑤ 过载能力: 变频器的过载能力是指其输出电流超过额定电流的允许范围和时间。大多数变频器的过载能力都规定为 $150\% I_N$ 、 60s , $180\% I_N$ 、 0.5s 。

(2) 变频器的频率指标

1) 频率的名词术语。

① 基底频率 f_b : 当变频器的基准电压等于额定电压时的最小输出频率, 称为基底频率, 用来作为调节频率的基准。在大多数情况下, 基底频率等于额定频率, 即 $f_b = f_N$ 。

② 最高频率 $f_{\max}$: 当变频器的频率给定信号为最大值时的变频器给定频率, 称为最高频率。这是变频器的最高工作频率的设定值。

③ 上限频率 f_H 和下限频率 f_L : 根据拖动系统的工作需要, 变频器可设定上限频率和下限频率, 如图 1-1-10 所示。与 f_H 和 f_L 对应的给定信号分别是 X_H 和 X_L , 则上限频率的定义是: 当 $X \geq X_H$ 时, $f_X = f_H$ (f_X 为给定信号频率); 下限频率的定义是: 当 $X \leq X_L$ 时, $f_X = f_L$ 。

④ 跳变频率 f_j : 生产机械在运转时总是有振动的, 其振动频率和转速有关。有可能在某一转速下, 机械的振动频率与它的固有振荡频率相一致而发生谐振的情形, 这时, 振动将变得十分强烈, 使机械不能正常工作, 甚至损坏。

为了避免机械谐振的发生, 必须使机械系统回避可能引起谐振的转速。与回避转速对应的工作频率就是跳变频率, 用 f_j 表示。这在实际应用中非常实用。

⑤ 点动频率 f_{JOG} : 变频器可以根据生产机械的特点和要求, 预先一次性的设定一个点动频率 f_{JOG} , 每次点动操作时都在该频率下运行, 而不必变动已经设定好了的给定频率。

2) 频率指标。

① 频率范围: 频率范围是指变频器能够输出的最高频率 $f_{\max}$ 和最低频率 $f_{\min}$ 。各种变频器规定的频率范围不尽一致。通常, 最低工作频率为 $0.1 \sim 1\text{Hz}$, 最高工作频率为 $120 \sim 650\text{Hz}$ 。

② 频率精度: 频率精度是指变频器输出频率的准确程度, 用变频器的实际输出频率与

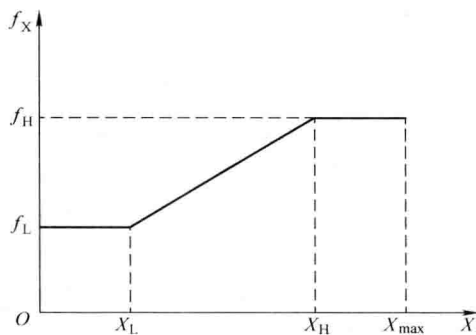


图 1-1-10 变频器的上、下限频率

设定频率之间的最大误差与最高工作频率之比表示。

例如, 用户给定的最高工作频率为 $f_{\max} = 120\text{Hz}$, 频率精度为 0.01% , 则最大误差为

$$\Delta f = 0.0001 \times 120\text{Hz} = 0.012\text{Hz}$$

③ 频率分辨率: 频率分辨率是指输出频率的最小改变量, 即每相邻两挡频率之间的最小差值。一般分为模拟设定分辨率和数字设定分辨率两种。

例如, 当工作频率为 $f_x = 30\text{Hz}$ 时, 如变频器的频率分辨率为 0.01Hz , 则上一挡的最小频率为

$$f_x' = (30 + 0.01)\text{Hz} = 30.01\text{Hz}$$

下一挡的最大频率为

$$f_x'' = (30 - 0.01)\text{Hz} = 29.99\text{Hz}$$

(三) 安川变频器

安川(YASKAWA)公司是日本研发、生产变频器最早的企业之一, 从20世纪70年代开始进行产品的研发与生产, 80年代开发了矢量控制变频器, 其变频器、交流伺服驱动器产品的性能居世界领先水平。

安川变频器产品规格齐全、技术先进、可靠性好, 目前市场使用最多的是 CIMR-7 (CIMR-J7/V7/F7/G7 系列) 与最新推出的 CIMR-1000 (CIMR-J1000/V1000 系列) 两大系列。其中, CIMR-7 系列是20世纪末推出的产品, 其性能先进, 市场占有率较大, 至今仍然在生产与销售; CIMR-1000 为最新推出, 是拟替代 CIMR-7 的新产品, 但目前只有几款经济型的产品。

1. 安川 CIMR-G7 系列变频器简介

安川变频器从外部结构上看, 有开启式和封闭式两种: 开启式接线端子外露, 散热性能好, 适用于电气柜内部安装; 封闭式的接线端子全部在保护罩内部, CIMR-G7A 为封闭式。安川 CIMR-G7 系列变频器的外形和结构如图 1-1-11 和图 1-1-12 所示。

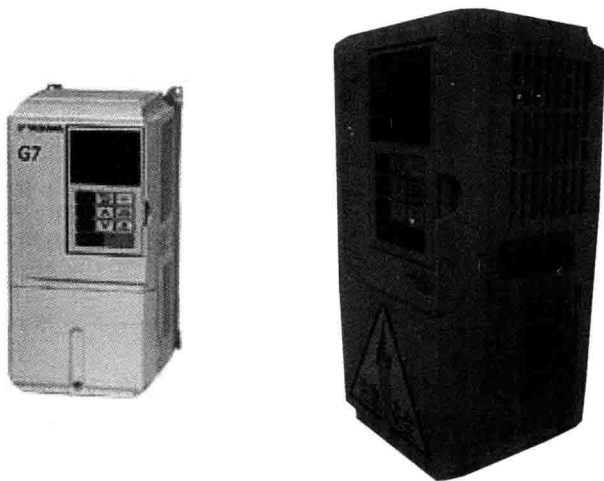


图 1-1-11 安川 CIMR-G7 系列变频器外形图

安川 CIMR-7 系列变频器包括经济性 CIMR-J7/V7 (也称为微型变频器) 与通用型 CIMR-F7/G7 两类, 安川经济型 CIMR-J7/V7 系列变频器的型号组成以及代表的意义