

高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材



变频器技术应用与实践 (三菱、西门子)



NLIC2970861921

主 编 袁 勇
主 审 童克波



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材

变频器技术应用与实践 (三菱、西门子)

主 编 袁 勇

副主编 程月平

参 编 鲍 方

主 审 童克波



NLIC2970861921

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书按照项目导向、任务驱动的模式,以西门子和三菱公司的变频器为载体组织内容,全书分为四个情景,包括变频器的基础知识、变频器的基本控制电路、变频器在典型控制系统中的应用和变频器的维修。每个情景以具体的项目实例来介绍变频器的使用方法,使初学者更快地入手,掌握变频器的基本使用方法。

本书可供自动化和机电一体化的工程技术人员使用,也可作为大专院校的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

变频器技术应用与实践:三菱、西门子/袁勇主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2012.12
高职高专国家示范性院校机电类专业课改教材

ISBN 978-7-5606-2937-7

I. ① 变… II. ① 袁… III. ① 变频器—高等职业教育—教材 IV. ① TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 287614 号

策 划 秦志峰

责任编辑 王 斌 秦志峰

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2012年12月第1版 2012年12月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 9.5

字 数 218千字

印 数 1~2000册

定 价 16.00元

ISBN 978-7-5606-2937-7 / TN

XDUP 3229001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

前 言

变频器是自动控制系统的重要组成部分,广泛地应用于机电一体化、工业自动控制等领域。随着工业自动化水平的不断提高,变频器的应用越来越广泛,变频器调速技术作为工业领域的成熟技术以其优异的节能效果和较高的控制精度正越来越受到企业的重视,并逐渐成为电动机调速的主流应用。

本书从高职高专学生的接受能力和工程实际应用出发,主要以西门子系列变频器和三菱系列变频器为载体,介绍了变频器的基本知识、基本应用、简单工程应用和维修。

本书共分四个情景 16 个项目,情景一为变频器的基础知识,分为变频器的选用、变频器的安装与调试、变频器的日常维护 3 个项目;情景二为变频器的基本控制电路,分为正转连续运行控制电路、正反转运行控制电路、外接两地控制电路和多段速控制电路 4 个项目;情景三为变频器在典型控制系统中的应用,分为变频恒压供水、数控机床的变频器控制、传送带的变速控制电路和提升机控制系统 4 个项目;情景四为变频器的维修,分为变频器主电路维修、变频器过电压故障维修、变频器缺相故障维修、变频器过载故障维修和变频器过电流故障维修 5 个项目。本书以项目式教学模式编写,情景一和情景二按照“学习目标、工作任务、知识讲座、任务实施、能力测试和考核评价”的顺序展开,让学生掌握变频器的基本应用,为变频器的工程应用打下坚实的基础。情景三和情景四按照“项目背景及要求、知识讲座、项目解决方案及案例分析”来阐述,让学生具备工程实际应用的能力。

本书由武汉职业技术学院袁勇担任主编,程月平担任副主编。程月平编写了情景一的 3 个项目,鲍方编写了情景四的项目一和项目二,其他内容由袁勇编写。全书由袁勇统稿。本书由兰州石化职业技术学院的童克波老师担任主审。

本书在编写的过程中,参考了相关资料和文献,在此向其作者表示衷心的感谢!

由于作者水平和经验有限,书中难免有疏漏与不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 6 月

目 录

情景一 变频器的基础知识

项目一 变频器的选用	2
一、学习目标	2
二、工作任务	2
三、知识讲座	2
四、任务实施	8
五、能力测试	9
六、考核及评价	10
项目二 变频器的安装与调试	11
一、学习目标	11
二、工作任务	11
三、知识讲座	11
四、任务实施	25
五、能力测试	26
六、考核及评价	26
项目三 变频器的日常维护	28
一、学习目标	28
二、工作任务	28
三、知识讲座	28
四、任务实施	36
五、能力测试	37
六、考核及评价	38

情景二 变频器的基本控制电路

项目一 正转连续运行控制电路	40
一、学习目标	40
二、工作任务	40
三、知识讲座	40
四、任务实施	48
五、能力测试	52
六、考核及评价	52
项目二 正反转运行控制电路	54

一、学习目标.....	54
二、工作任务.....	54
三、知识讲座.....	54
四、任务实施.....	59
五、能力测试.....	61
六、考核及评价.....	61
项目三 外接两地控制电路	63
一、学习目标.....	63
二、工作任务.....	63
三、知识讲座.....	63
四、任务实施.....	64
五、能力测试.....	66
六、考核及评价.....	66
项目四 多段速控制电路	67
一、学习目标.....	67
二、工作任务.....	67
三、知识讲座.....	67
四、任务实施.....	71
五、能力测试.....	72
六、考核及评价.....	72

情景三 变频器在典型控制系统中的应用

项目一 变频恒压供水	74
一、项目背景及要求.....	74
二、知识讲座.....	74
三、项目解决方案.....	82
项目二 数控机床的变频器控制	85
一、项目背景及要求.....	85
二、知识讲座.....	85
三、项目解决方案.....	91
项目三 传送带的变速控制电路	93
一、项目背景及要求.....	93
二、知识讲座.....	93
三、项目解决方案.....	96
项目四 提升机控制系统	100
一、项目背景及要求.....	100
二、知识讲座.....	100
三、项目解决方案.....	104

情景四 变频器的维修

项目一 变频器主电路维修	110
一、项目背景及要求	110
二、知识讲座	110
三、案例分析一：三菱变频器主电路检修	115
四、案例分析二：西门子变频器主电路检修	116
项目二 变频器过电压故障维修	117
一、项目背景及要求	117
二、知识讲座	117
三、案例分析	118
项目三 变频器缺相故障维修	119
一、项目背景及要求	119
二、知识讲座	119
三、案例分析一：变频器输出缺相	124
四、案例分析二：变频器输入缺相	124
项目四 变频器过载故障维修	125
一、项目背景及要求	125
二、知识讲座	125
三、案例分析一：西门子变频器输出频率不能上升到预定值	127
四、案例分析二：频繁过载跳闸	128
项目五 变频器过电流故障维修	129
一、项目背景及要求	129
二、知识讲座	129
三、案例分析一：启动过电流	132
四、案例分析二：变频器过电流	132
附录一 西门子变频器 MM440 系列故障代码表	134
附录二 三菱变频器故障报警信号及处理方法	140
参考文献	144

2000

2000

项目一 变频器的选用

一、学习目标

掌握选用变频器的基本知识。

二、工作任务

- (1) 掌握变频器容量的计算方法。
- (2) 了解变频器的分类和类型。

三、知识讲座

(一) 变频器的分类

目前国内外变频器的种类很多,可按以下几种方式分类。

1. 按变频器变流环节分类

1) 交—直—交变频器

交—直—交变频器又称为间接变频器,其基本组成电路有整流电路和逆变电路两部分,整流电路将工频交流电整流成直流电,逆变电路再将直流电逆变成频率可调节的交流电。根据变频电源的性质,可分为电压型变频和电流型变频。图 1-1-1 所示为交—直—交变频器的原理框图。

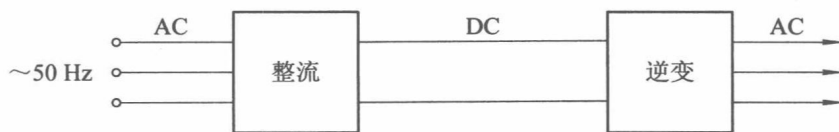


图 1-1-1 交—直—交变频器的原理框图

(1) 电压型变频器。在电压型变频器中,整流电路产生的直流电压通过电容进行滤波后供给逆变电路。由于采用大电容滤波,故输出电压波形比较平直,在理想情况下可以将其看成一个内阻为零的电压源,逆变电路输出的电压为矩形波或阶梯波。电压型变频器多用于不要求正反转或快速加减速的通用变频器中。电压型变频器的主电路结构如图 1-1-2(a) 所示。

(2) 电流型变频器。当交—直—交变频器的中间直流环节采用大电感滤波时,直流电流波形比较平直,因而电源内阻很大,对负载来说其基本上是一个电流源,逆变电路输出的电流为矩形波。电流型变频器适用于频繁可逆运转的变频器和大容量的变频器中。电流

型变频器的主电路结构如图 1-1-2(b)所示。

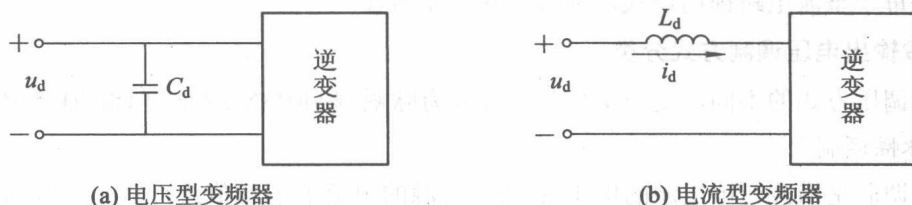


图 1-1-2 电压型和电流型变频器的主电路结构

(3) 电压型、电流型交一直一交变频器。对于变频调速系统来说，由于异步电动机是感性负载，不论它处于什么状态，功率因数都不会等于 1.0，所以在中间直流环节与电动机之间总存在无功功率的交换，这种无功能量只能通过直流环节中的储能元件来缓冲，电压型变频器和电流型变频器的主要区别是用什么储能元件来缓冲无功能量。

2) 交—交变频器

单相交—交变频器的原理框图如图 1-1-3 所示。它只用一个变换环节就可以把恒压恒频(CVCF)的交流电源转换为变压变频(VVVF)的交流电源，因此，它又称为直接变频器。

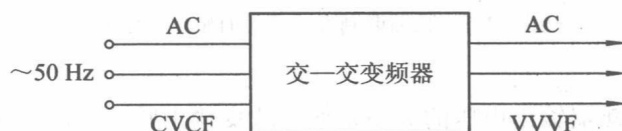


图 1-1-3 单相交—交变频器的原理框图

单相交—交变频器输出的每一相都是一个两组晶闸管整流反并联的可逆电路，如图 1-1-4(a)所示。

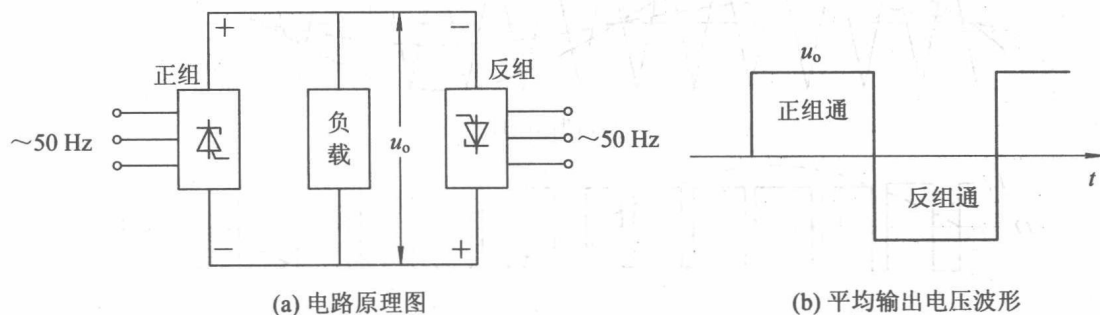


图 1-1-4 单相交—交变频器电路及波形

电路由正组和负组反并联的晶闸管变流电路构成，两组变流电路接于同一个交流电源上。两组变流电路都是半控电路，正组工作时，负载电流自上而下，为正向；反组工作时，负载电流自下而上，为负向。让两组变流电路按一定的频率交替工作，负载就得到该频率的交流电，其输出波形如图 1-1-4(b)所示。改变两组变流电路的切换频率，就可以改变输出到负载上的交流电压频率；改变交流电路工作时的触发延迟角 α ，就可以改变交流输出电压的幅值。

对于三相负载,需用三套反并联的可逆电路。输出平均电压相位依次相差 120° 。这样,如果每个整流电路都用桥式,则共需 6 个晶闸管。

2. 按输出电压调制方式分类

根据调压方式的不同,交—交变频器又分为脉幅调制(PAM)和脉宽调制(PWM)两种。

1) 脉幅调制

脉幅调制是指改变电压源的电压 E_d 或电流源的电流 I_d 的幅值进行输出控制的方式。因此,在逆变器部分只控制频率,在整流器部分只控制电压或电流。采用脉幅调制方式调压时,变频器的输出波形如图 1-1-5 所示。

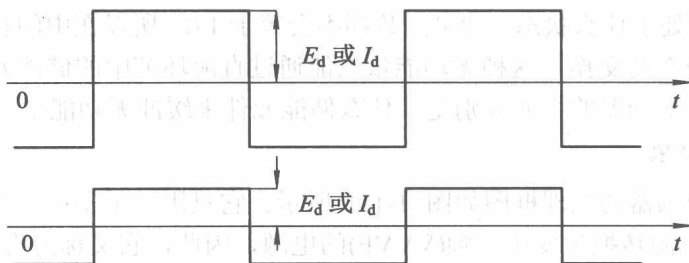


图 1-1-5 脉幅调制方式调压时输出的波形

2) 脉宽调制

脉宽调制是指变频器输出电压的大小是通过改变输出脉冲的占空比来实现的。目前使用最多的是占空比按正弦规律变化的正弦波脉宽调制方式,即 SPWM 方式。用脉宽调制方式调压时,变频器输出的波形如图 1-1-6 所示。

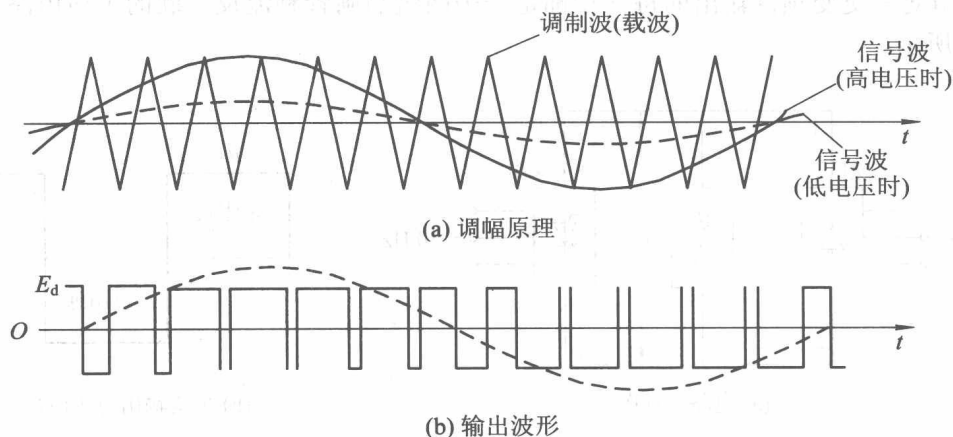


图 1-1-6 脉宽调制方式调压时输出的波形

3. 按变频的控制方式分类

按控制方式不同,变频器可以分为 V/f 控制、SF 控制和 VC 控制三种类型。

1) V/f 控制变频器

V/f 控制即压频比控制。它的基本特点是对变频器输出的电压和频率同时进行控制,通过保持 V/f 恒定使电动机获得所需的转矩特性。基频以下可以实现恒转矩调速,基频以上

则可以实现恒功率调速。这种方式控制电路成本低,多用于精度要求不高的通用变频器。

2) SF 控制变频器

SF 控制即转差频率控制,是在 V/f 控制基础上的一种改进方式。采用 SF 转差频率控制方式,变频器通过电动机、速度传感器构成速度反馈闭环调速系统。变频器的输出频率由电动机的实际转速与转差频率之和自动设定,从而达到在控制调速的同时也使输出转矩得到控制。该方式是闭环控制,故与 V/f 控制相比,其调速精度与转矩特性较优。但是由于这种控制方式需要在电动机轴上安装速度传感器,并需依据电动机特性调节转差,故通用性较差。

3) VC 控制变频器

VC 控制即矢量控制,是 20 世纪 70 年代提出来的对交流电动机的一种新的控制思想和控制技术,也是异步电动机的一种理想调速方法。V/f 控制和 SF 控制的控制思想都建立在异步电动机的静态数学模型上,因此,采用这两种控制方式动态性能指标都不高。而采用 VC 控制方式可提高变频调速的动态性能。VC 控制的基本思想是将异步电动机的定子电流分解为产生磁场的电流分量(励磁电流)和与其相垂直的产生转矩的电流分量(转矩电流),并分别加以控制,即模仿直流电动机的控制方式对电动机的磁场和转矩分别进行控制,可获得类似于直流调速系统的动态性能。由于在这种控制方式中必须同时控制异步电动机定子电流的幅值和相位,即控制定子电流矢量,故这种控制方式被称为 VC 控制。

VC 控制变频器不仅在调速范围上可以与直流电动机相匹配,而且可以直接控制异步电动机转矩的变化,所以已经在许多需要精密或快速控制的领域得到应用。

4. 按用途分类

1) 通用变频器

通用变频器的特点是其通用性。随着变频技术的发展和市场需要的不断扩大,通用变频器也在朝着两个方向发展:一是低成本的简易型通用变频器;二是高性能的多功能通用变频器。

(1) 简易型通用变频器。这是一种以节能为主要目的而简化了一些系统功能的通用变频器。这种变频器主要应用于水泵、风扇和鼓风机等对于系统调速性能要求不高的场合,并具有体积小、价格低等优势。

(2) 高性能的多功能通用变频器。这种变频器在设计过程中充分考虑了在变频器应用中可能出现的各种需要,并为满足这些需要在系统软件和硬件方面都做了相应的准备。在使用时,用户可以根据负载特性选择算法并对变频器的各种参数进行设定,也可以选择厂家所提供的各种备用选件来满足系统的特殊需要。高性能的多功能通用变频器除了可以应用于简易型通用变频器的所有应用领域之外,还可以广泛应用于电梯、数控机床和电动车辆等对系统调速性能有较高要求的场合。

2) 专用变频器

专用变频器包括用在超精密机械加工中的高速电动机驱动的高频变频器以及大容量、高电压的高压变频器。

(二) 变频器的选择

1. 选择变频器的注意事项

变频器的选择应注意以下几点:

- (1) 采用变频器的目的: 恒压控制或恒流控制等。
- (2) 变频器的负载类型: 如叶片泵或容积泵等; 特别注意负载的性能曲线, 性能曲线决定了应用时的方式、方法。
- (3) 变频器与负载的匹配。
 - ① 电压匹配: 变频器的额定电压与负载的额定电压相符。
 - ② 电流匹配: 普通的离心泵, 变频器的额定电流与负载的额定电流相符; 对于特殊的负载, 以最大电流确定变频器电流和过载能力。
 - ③ 转矩匹配: 这种情况在恒转矩负载或有减速装置时有可能发生。
- (4) 在使用变频器驱动高速电动机时, 由于高速电动机的电抗小, 高次谐波增加导致输出电流值增大, 因此用于高速电动机的变频器的选型, 其容量要大于普通电动机的选型。
- (5) 变频器如果要在长电缆环境运行, 则需要采取措施抑制长电缆对地耦合电容的影响, 避免变频器出力不足, 在这种情况下, 变频器容量要放大一档或在变频器的输出端安装输出电抗器。
- (6) 一些特殊的应用场合, 如高温、高海拔, 会引起变频器降容, 此时变频器的容量要放大一档。

2. 不同负载时变频器的选择

- (1) 风机和水泵等普通负载。普通负载对变频器的要求最简单, 只要变频器的容量等于电动机容量即可。
 - (2) 起重类负载。起重类负载的特点是启动时冲击很大, 因此要求变频器有一定容量。同时, 在重物下放时会有能量回馈, 所以要使用制动单元或采用共用母线方式。
 - (3) 不均行负载。不均行负载有时轻, 有时重, 此时应按照重负载的情况来选择变频器容量, 例如粉碎机械和搅拌机。
 - (4) 大惯性负载。大惯性负载如离心机、冲床、水泥厂的旋转窑等, 其负载惯性很大, 因此启动时可能会振荡, 电动机减速时有能量回馈。该类负载应该用容量稍大的变频器来加快启动, 以避免振荡。配合制动单元消除回馈电能。
 - (5) 长期低速运转的电动机。由于电动机发热量较高, 风扇冷却能力降低, 因此必须采用加大减速比的方式或改用六级电动机, 使电动机运转在较高频率附近。
- 此外还有冲击负载、负负载等。

(三) 变频器容量的计算

1. 根据电动机输出电压选择变频器容量

变频器输出电压可按电动机额定电压选定。按我国的标准, 可分成 220 V 系列和 400 V 系列两种。对于 3 kV 的高压电动机使用 400 V 系列的变频器, 可在变频器的输入侧装设输

入变压器, 将 3 kV 先降为 400 V, 输出侧装设输出变压器, 再将变频器的输出升到 3 kV。

2. 根据电动机输出频率选择变频器容量

变频器的最高输出频率根据机种不同而有很大不同, 有 50/60 Hz、120 Hz、240 Hz 或更高的频率。50/60 Hz 的变频器, 以在额定速度以下范围进行调速运转为目的, 大容量通用变频器几乎都属于此类。最高输出频率超过工频的变频器多为小容量。在 50/60 Hz 以上区域, 由于输出电压不变, 为保持恒功率特性, 要注意在采用高速时转矩的减小, 使车床等机床根据工件的直径和材料改变速度, 在恒功率的范围内使用; 在轻载时采用高速可以提高生产率, 只是要注意不要超过电动机和负载容许的最高速度。

3. 根据电动机电流选择变频器容量

采用变频器驱动异步电动机调速时, 在异步电动机确定后, 应根据异步电动机的额定电流来选择变频器, 或者根据异步电动机实际运行中的电流值(最大值)来选择变频器。

1) 连续运行的场合

对于连续运行的变频器必须同时满足表 1-1-1 所列的三项要求。

表 1-1-1 变频器容量选择(驱动单台电动机)

要 求	算 式
满足负载输出	$\frac{kP_M}{\eta \cos \phi} \leq \text{变频器容量(kV} \cdot \text{A)}$
满足电动机容量	$k\sqrt{3}U_E I_E \times 10^{-3} \leq \text{变频器容量(kV} \cdot \text{A)}$
满足电动机电流	$kI_E \leq \text{变频器额定电流(A)}$

表 1-1-2 中, P_M 为负载要求的电动机轴输出(kW); U_E 为电动机额定电压(V); η 为电动机效率(通常为 0.85); I_E 为电动机额定电流(A); k 为电流波形补偿系数; $\cos \phi$ 为电动机功率因数(通常为 0.75)。

2) 加减速时变频器容量的选定

变频器的最大输出转矩是由变频器的最大输出电流决定的。一般情况下, 对于短时间的加减速来说, 变频器可允许其电流达到额定输出电流的 130%~150%, 所以在短时加减速时输出转矩也可以增大; 反之, 只需要较小的加减速转矩时, 也可以选择较低容量的变频器。

3) 电动机直接启动时所需变频器容量的选定

通常, 三相异步电动机直接用工频启动时, 启动电流为其额定电流的 5~7 倍。直接启动时选取变频器如下:

$$I_{IVN} \geq \frac{I_k}{K_g} \quad (1-1)$$

式中, I_{IVN} 为变频器额定输出电流(A); I_k 为在额定电压、额定频率下电动机启动时的堵转电流(A); K_g 为变频器的允许过载倍数, $K_g = 1.3 \sim 1.5$ 。

4) 多台电动机共用一台变频器

当变频器同时驱动多台电动机时,一定要保证变频器的额定输出电流大于所有电动机额定电流的总和,如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 变频器容量选择(驱动多台电动机)

要求	算式(过载能力 150%, 1min)	
	电动机加速时间 1 min 以内	电动机加速时间 1 min 以上
满足驱动 时容量	$\frac{kP_M}{\eta \cos \varphi} [N_T + N_s(k_s - 1)]$ $= P_{C1} \left[1 + \frac{N_s}{N_T}(k_s - 1) \right]$ $\leq 1.5 \times \text{变频器额定容量(kV} \cdot \text{A)}$	$\frac{kP_M}{\eta \cos \varphi} [N_T + N_s(k_s - 1)]$ $= P_{C1} \left[1 + \frac{N_s}{N_T}(k_s - 1) \right]$ $\leq \text{变频器额定容量(kV} \cdot \text{A)}$
满足电动机 电流	$N_T I_E \left[1 + \frac{N_s}{N_T}(k_s - 1) \right]$ $\leq 1.5 \times \text{变频器额定电流(A)}$	$N_T I_E \left[1 + \frac{N_s}{N_T}(k_s - 1) \right]$ $\leq \text{变频器额定电流(A)}$

表中, P_M 为负载要求的电动机轴输出(kW); N_T 为并列电动机台数; η 为电动机效率(通常为 0.85); $\cos \varphi$ 为电动机功率因数(通常为 0.75); N_s 为电动机同时启动的台数; P_{C1} 为连续容量(kV · A); k_s 为电动机启动电流/电动机额定电流; I_E 为电动机额定电流(A); k 为电流波形补偿系数(PWM 方式约为 1.05~1.1)。

同时还要考虑以下几点:

① 在电动机总功率相等的情况下,由多台小功率电动机组成的一方比由台数少但电动机功率较大的一方效率低,因此两者电流总值并不等,可根据各电动机的电流总值来选择变频器。

② 整定软启动、软停止时,一定要按启动最慢的电动机进行整定。

③ 如有一部分电动机直接启动时,可按下式进行计算:

$$I_{IVN} \geq \frac{N_2 I_K + (N_1 - N_2) I_N}{K_g} \quad (1-2)$$

式中, I_{IVN} 为变频器额定输出电流(A); I_K 为在额定电压、额定频率下电动机启动时的堵转电流(A); I_N 为电动机额定电流(A); N_1 为电动机总台数; N_2 为直接启动的电动机台数; K_g 为变频器的允许过载倍数, $K_g = 1.3 \sim 1.5$ 。

四、任务实施

1. 所需要的设备、工具和材料

(1) 仪表: MF47 型万用表、5050 型绝缘电阻表。

(2) 工具: 电工通用工具及镊子等。

(3) 器材: 训练器材如表 1-1-3 所示。

表 1-1-3 训练器材

序号	名 称	型 号 与 规 格	单 位	数 量	备 注
1	三相四线电源	~3 × 380/220 V, 20 A	处	1	
2	单相交流电源	~220 V 和 36 V, 5 A	处	1	
3	变频器	西门子 MM440、森兰 BT40 或自定	台	1	
4	配线板	500 mm × 600 mm × 20 mm	块	1	
5	断路器	DZ47—C20	个	1	
6	导轨	C45	m	0.4	
7	熔断器及熔芯配套	RL6—60/20	套	3	
8	熔断器及熔芯配套	RL6—15/4	套	2	
9	三联按钮	LA10—3H 或 LA4—3H	个	2	
10	接线端子排	LX2—1015, 500 V, 10 A, 15 节或配套自定	条	1	
11	木螺钉	φ3 mm × 20mm; φ3 mm × 15 mm	个	40	
12	平垫圈	φ4 mm	个	40	
13	塑料软铜线	BVR—1.5 mm ² , 颜色自定	m	40	
14	塑料软铜线	BVR—0.75 mm ² , 颜色自定	m	10	
15	别径压端子	UT2.5—4, UT1—4	个	40	
16	行槽线	TC3025, 两边打 φ3.5 mm 孔	条	5	
17	异型塑料管	φ3 mm	m	0.2	

2. 操作方法

(1) 根据电动机所带负载的类型选择变频器类型。由于属于恒定转矩负载，故变频器选用通用型。

(2) 根据电动机的结构形式及容量计算变频器的容量。设备由一台电动机拖动，而且属于连续运转，容量计算如下：

$$P_{\text{变}} \geq 10^{-3} \sqrt{3} k U_E I_E = 10^{-3} \times \sqrt{3} \times 1.1 \times 380 \times 42 \text{ kW} = 30.4 \text{ kW}$$

故选择西门子 MM440 型 32 kW 变频器。

五、能力测试

(1) 某工厂提升机，用一台电动机：5 kW、4 极、380 V、50 Hz，用一台变频器拖动，试选择和计算变频器容量。

(2) 有一通风设备共用了两台电动机：1.5 kW、4 极、220 V、50 Hz，用一台变频器拖动，试选择和计算变频器容量。

六、考核及评价

考核及评价如表 1-1-4 所示。

表 1-1-4 考核标准

序号	主要内容	考核要求	评分标准	分数	得分
1	变频器类型	能正确分析控制任务	1) 电气控制方案错误, 扣 20 分; 2) 电压选择错误, 扣 10 分; 3) 变频器类型选择错误, 扣 20 分	50 分	
2	变频器容量	变频器容量选择正确	1) 负载输出计算错误, 扣 10 分; 2) 变频器容量计算错误, 扣 10 分; 3) 变频器输出电流计算错误, 扣 10 分	30 分	
3	设计思路	设计思路是否清晰	设计思路不清晰, 每处扣 5 分	20 分	
备注			合计		
			教师签字: _____ 年 月 日		