

变频调速器使用手册

三菱电机株式会社编

许振茂 赵 曜 王俊岳 译

许振茂 校

兵器工业出版社

(京)新登字049号

变频调速器使用手册

许振茂 赵 曜 王俊岳 译

许振茂 校

责任编辑 潘宏祥

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

河北省新城县印刷厂印刷

开本: 850×1168mm 1/32 印张: 18.5 字数: 403千字

1992年2月第一版 1993年4月第二次印刷

印数: 1—5000 定价: 15.50元

ISBN 7-80038-483-1/TM·23

总 目 录

第一章 调速传动的历史及逆变器的发展

1-1 调速传动的变迁	(2)
1-1-1 机械式调速传动	(2)
1-1-2 变速联轴节	(5)
1-1-3 调速电动机	(7)
1-2 逆变器	(9)
1-2-1 逆变器的发展	(9)
1-2-2 逆变器的技术动向	(10)
1-2-3 逆变器同其他方式的比较	(10)

第二章 逆变器原理

2-1 异步电动机调速运行原理	(14)
2-1-1 异步电动机的原理与构造	(14)
2-1-2 异步电动机与旋转磁场	(15)
2-1-3 逆变器与异步电动机	(18)
2-2 逆变器的基本动作原理及特点	(26)
2-2-1 电压型与电流型	(28)
2-2-2 电压控制与电流控制	(32)
2-2-3 PAM与PWM	(33)
2-2-4 多重逆变器	(34)
2-2-5 正转与反转	(35)
2-2-6 电动与再生	(35)
2-3 逆变器的构成与功能	(39)
2-3-1 主回路	(40)

2-3-2	控制回路	(44)
2-3-3	保护回路	(46)
2-3-4	半导体元件	(48)
2-3-5	微机的应用	(54)
2-4	逆变器的主回路方式	(55)
2-4-1	晶体管逆变器	(57)
2-4-2	GTO 逆变器	(60)
2-4-3	晶闸管逆变器 (电压型)	(65)
2-4-4	晶闸管逆变器 (电流型)	(71)
2-4-5	其他逆变器	(76)
2-4-6	各种逆变器方式的比较	(77)
2-5	逆变器的控制方式	(83)
2-5-1	V/F 控制	(81)
2-5-2	转差频率控制	(85)
2-5-3	矢量控制	(89)
2-5-4	各种控制方式的特性比较	(93)

第三章 使用逆变器的目的

3-1	节能	(102)
3-1-1	能够节能的原因	(102)
3-1-2	节能用逆变器 (泵、风机)	(108)
3-1-3	节能运行的具体应用例	(113)
3-2	省力化、自动化及提高生产率	(118)
3-2-1	逆变器在省力化、自动化及提高生产率方面的应用	(118)
3-2-2	在省力化、自动化以及在提高生产率方面的应用例	(122)
3-3	提高质量	(125)
3-3-1	机床	(125)
3-3-2	风机	(126)
3-3-3	泵	(127)

3-3-4 传送带	(127)
3-3-5 搬运机械	(131)
3-3-6 压缩机	(132)
8-4 其他	(132)
3-4-1 维护性提高	(132)
3-4-2 机械的标准化、简单化	(132)
3-4-3 电机的防爆化	(133)
3-4-4 高速化	(133)
3-4-5 电源设备容量减少	(134)

第四章 系统设计与逆变器的选择

4-1 从控制对象看系统设计要点	(140)
4-1-1 速度	(141)
4-1-2 位置	(153)
4-1-3 张力	(159)
4-1-4 流量	(164)
4-1-5 温度	(174)
4-1-6 压力	(178)
4-2 从性能、负载特性看系统设计要点	(185)
4-2-1 响应快	(185)
4-2-2 精度高	(191)
4-2-3 负负载	(194)
4-2-4 冲击负载	(204)
4-3 运行顺序的考虑方法及实例	(207)
No.1 正反转运行	(213)
No.2 远距离操作运行	(216)
No.3 寸动运行	(218)
No.4 三速选择运行	(219)
No.5 自动运行	(221)
No.6 并联运行(1)	(223)
No.7 并联运行(2)	(224)

No.8 比例运行.....	(226)
No.9 同步运行.....	(228)
No.10 同速运行.....	(230)
No.11 带制动器电机的运行.....	(231)
No.12 变极电机的运行.....	(233)
No.13 逆变器异常时工频电源自动切换运行.....	(234)
No.14 工频电网→逆变器的切换运行.....	(236)
No.15 瞬停再起运行(1)	(238)
No.16 瞬停再起运行(2)	(239)
4-4 逆变器及其外围设备的选择.....	(240)
4-4-1 逆变器的选择.....	(240)
4-4-2 外围设备的选择.....	(252)
4-5 高次谐波及其防止方法.....	(259)
4-5-1 高次谐波产生的机理.....	(250)
4-5-2 逆变器产生的高次谐波对其他设备的影响.....	(265)
4-5-3 减轻与防止高次谐波的方法.....	(274)
4-5-4 高次谐波管理标准.....	(279)

第五章 电动机的选择与组合特性

5-1 电机特性与负载特性.....	(282)
5-1-1 电机的负载特性.....	(282)
5-1-2 转矩特性.....	(286)
5-1-3 电机温升及使用限制范围.....	(287)
5-1-4 负载的转矩特性.....	(290)
5-1-5 电机的起动与起动电流.....	(292)
5-1-6 噪音、振动.....	(293)
5-1-7 噪音、振动对策.....	(298)
5-2 标准鼠笼电机.....	(299)
5-2-1 标准电机的概要.....	(299)
5-2-2 电机的保护方式和冷却方式.....	(301)
5-2-3 标准电机采用逆变器运行时的特性与注意事项.....	(302)

5-3	逆变器专用电机	(309)
5-4	齿轮电机	(317)
5-4-1	可能使用的频率范围	(318)
5-4-2	连续运行转矩特性	(320)
5-4-3	齿轮电机的巧妙用法	(320)
5-4-4	其他	(321)
5-5	其他电机	(321)
5-5-1	带制动器的电机	(321)
5-5-2	变极电机	(323)
5-5-3	防爆电机	(324)
5-5-4	单相电机	(325)
5-5-5	同步电机	(326)

第六章 逆变器的安装与接线

6-1	安装环境	(328)
6-1-1	设置场所	(328)
6-1-2	使用条件	(328)
6-2	安装与接线	(330)
6-2-1	安装	(330)
6-2-2	接线	(336)
6-3	抗干扰方法	(346)
6-3-1	外来干扰	(346)
6-3-2	逆变器产生的干扰	(350)

第七章 逆变器的调试

7-1	通电前的检查项目	(356)
7-2	逆变器单体运行的程序和调整	(357)
7-3	负载运行的检查和调整	(359)

7-4 电气特性的测定方法与测量器具的选择.....	(360)
7-4-1 硬件测定.....	(360)
7-4-2 应用测定.....	(363)

第八章 逆变器的维修

8-1 日常的维护与检查.....	(372)
8-1-1 维护检查时的注意事项.....	(372)
8-1-2 日常检查与定期检查.....	(372)
8-1-3 零器件的更换.....	(373)
8-2 故障处理与恢复运行.....	(376)
8-2-1 各种保护功能的说明.....	(376)
8-2-2 状况不佳时寻找故障的步骤与处理.....	(378)

第九章 逆变器的实际应用与效果

9-1 风机.....	(382)
9-1-1 楼房空调外调扇.....	(382)
9-1-2 冷却塔风扇.....	(384)
9-1-3 集尘扇.....	(387)
9-1-4 锅炉鼓风机.....	(389)
9-1-5 电机冷却扇.....	(391)
9-2 水泵.....	(394)
9-2-1 用于空调的冷水泵.....	(394)
9-2-2 排水泵.....	(397)
9-2-3 陈列柜水泵.....	(399)
9-3 压缩机.....	(402)
9-3-1 压缩机.....	(402)
9-4 生产线.....	(405)
9-4-1 钢铁生产线.....	(405)
9-4-2 造纸、胶片生产线.....	(408)

9-5 机床.....	(411)
9-5-1 数控车床.....	(411)
9-5-2 立式车床.....	(413)
9-5-3 自动车床.....	(415)
9-5-4 旋转平面磨床.....	(418)
9-5-5 万能机床.....	(420)
9-5-6 整形机.....	(423)
9-6 装卸与搬运.....	(425)
9-6-1 自动仓库.....	(425)
9-6-2 运送平台车.....	(427)
9-6-3 粉末供料器与出料传送带.....	(430)
9-6-4 升降吊车.....	(432)
9-7 电梯.....	(436)
9-7-1 电梯.....	(436)
9-8 车辆.....	(438)
9-8-1 铁道车辆.....	(438)
9-9 空调设备.....	(440)
9-9-1 房间空调.....	(440)
9-9-2 分隔空调.....	(442)
9-10 第一产业.....	(445)
9-10-1 鸡舍换气.....	(445)
9-10-2 钓墨鱼机.....	(448)
9-10-3 制茶机械.....	(450)
9-11 其他.....	(453)
9-11-1 工业洗衣机.....	(453)
9-11-2 胶印机.....	(456)
9-11-3 制面机(食品机械).....	(458)
9-11-4 糕点机(食品机械).....	(460)
9-11-5 细纱机.....	(463)
9-11-6 用于灌溉的太阳能水泵.....	(465)

第十章 逆变器的标准

10-1	日本标准	(470)
10-2	国外标准	(475)
10-2-1	UL (Underwriter Laboratories Inc.)标准	(476)
10-2-2	CSA (Canadian Standrd Association) 标准	(478)
10-2-3	其他外国标准	(478)

第十一章 产品目录的阅读方法

11-1	标准规格	(480)
11-2	通用规格	(482)
11-3	V/F模式	(484)
11-4	输出特性	(484)
11-5	标准接线图	(485)
11-6	端子说明	(486)
11-7	外形尺寸图	(487)
11-8	外围设备的选择	(488)
11-9	使用上的注意事 项	(489)
11-10	选用 件	(490)
11-11	应用举 例	(490)
11-12	专 用 电 机	(490)
11-13	维修服务网	(490)

第十二章 逆变器的通俗问答

附录	逆变器规格一览表	(505)
----	----------	-------

第 一 章

调速传动的历史及逆变器的发展

1-1 调速传动的变迁(2)

1-2 逆变器(9)

9310125

动力的历史,始于1766年瓦特的蒸汽机发明,经过1871年交流发电机的发明、1885年多相异步电动机的发明,进入以电动机为中心的时代。电动机有以下优点,是一种使用更方便的动力。

(i) 电力可以集中,也可以分散。单独运转、多个单独运转容易,不需要复杂的动力传递机构。

(ii) 可以选择容量与负载相适应的电动机,高效运转,设备计划经济。

(iii) 维修、操作简单,等等。

另一方面,随着产业的发展,为了提高生产率和质量,调速传动在各个领域内的必要性增大了,调速传动的历史也是始于机械式。1960年以后,由于电力电子技术、微电子技术的急速发展,电动机直接调速的传动才成为主流。特别是采用逆变器的鼠笼式异步电动机调速传动,由于使用方便,随着其经济性的提高逐步推广起来。

1-1 调速传动的变迁

调速传动的使用目的如表1-1所示,使用领域见表1-2。以这些目的、领域所使用的调速传动的历史,概要起来如下所述。

1-1-1 机械式调速传动

采用机械式动力源的调速传动最古老,其典型方式如表1-3所示。

表 1-1 调速装置使用目的

使用目的	内 容
节 能	风机、泵类机械等根据所要求流量调节转速,而挤压机、搅拌机根据负载状态来调节转速可以减小电力传动功率。
自 动 化	提高搬运机械的停止精度,提高生产线的速度控制精度,以及采用有反馈控制的流量控制等实现自动化。
提高产品质量	生产时实现最佳生产线速度、加工时实现最佳速度以及协调生产线内各装置间的速度来提高产品质量。

提高生产率	根据产品种类实现生产线的最佳速度和加减速速度，提高控制响应性以及采用生产线速度放大器来提高生产率。
提高产品合格率	不损害产品质量的设备加速时间最小化、实现对各种外界干扰的速度稳定性来提高产品合格率。
改善维修性	采用对机械不产生冲击的起动、停止和空载时低速运转使设备长寿。
设备小型化	采用高速化的设备小型化，根据考虑了运转状态的机械规格减小余量来实现小型化。
增加舒适性	电梯、电车等，采用平滑的加速、减速以提高乘坐的舒适性。
使环境舒适	对于空调设备等改变通断控制，采用速度控制调节空调能力，以一定功率连续运转实现舒适的环境。
植物、家畜的良好养育	使空调设备在植物、家畜的最佳条件下运转，帮助发育。
低噪音化	根据负载降低转速，以减小机械和风的噪音。

表 1-2

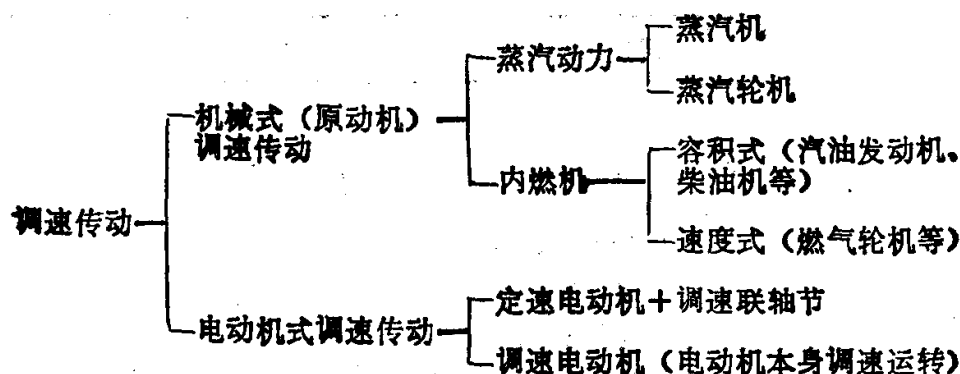
调速传动在不同领域中的用途

领 域	用 途
钢铁	轧钢机、辊道、鼓风机、泵、起重机械、搬运车
轧铜制线	拉线机、卷绕机、鼓风机、泵、起重机械
化学	挤压机、胶片传送带、搅拌机、离心分离机、压缩机、喷雾器、鼓风机、泵
纤维	纺纱机、精纺机、织机、空调设备、鼓风机、泵
汽车	传送带、搬运车、涂料搅拌、空调设备
电机、机械	泵、起重机械、传送带、空调设备、鼓风机
机床	车床、立车、旋转平面磨床、机械加工中心、剃齿机
食品	制面机、制点心机、传送带、搅拌机
纸	造纸机、造纸机械、风机、泵、粉碎机、搅拌机、鼓风机
水泥	回转炉、起重机械、鼓风机、泵

矿业	提升机、传送带、掘削机、起重机、鼓风机、泵、压缩机
煤气、自来水	压缩机、鼓风机、泵、搬运机
交通	电车、电力机车、汽车、船舶推进、装卸机械、空压机、电缆、飞机
装卸搬运	自动仓库、搬运车、粉体送料器-输出传送带
工厂建筑	电梯、传送带、空调设备、鼓风机、泵
农业	养猪、养鸡、养鱼、制茶机、灌溉用泵、空调设备
生活、服务	空压机、缝纫机、电风扇、陈列柜用泵、工业及家庭用洗衣机
电力	锅炉用鼓风机、泵、扬水发电站、飞轮
试验研究	风洞实验、主轴实验装置、离心分离机

表 1-3

调速传动方式的分类



蒸汽机有起动转矩大、调速及反转容易等优点，缺点是热效率低、单位输出功率的重量大等。所以中小马力已被内燃机和电动机所取代，大马力的则改用蒸汽轮机或电动机。

蒸汽轮机的优点是能量转换效率高，容易获得高速等。缺点是需要锅炉和大的周围设备，此外在维修性方面也不好，除特殊领域外已被变速联轴节和调速电动机所取代。

使用汽油等的内燃机虽然有噪音、振动、效率和维修等方面的问题，但有相对于重量的输出功率大、不需要电源等特点，主要用在汽车、船舶等交通部门。

1-1-2 变速联轴节

变速联轴节就是在以定速运转的电动机轴上装设可调速的联轴节，用以改变负载装置的输入转速。这种方式的典型代表如表1-4所示。

表 1-4 变速联轴节

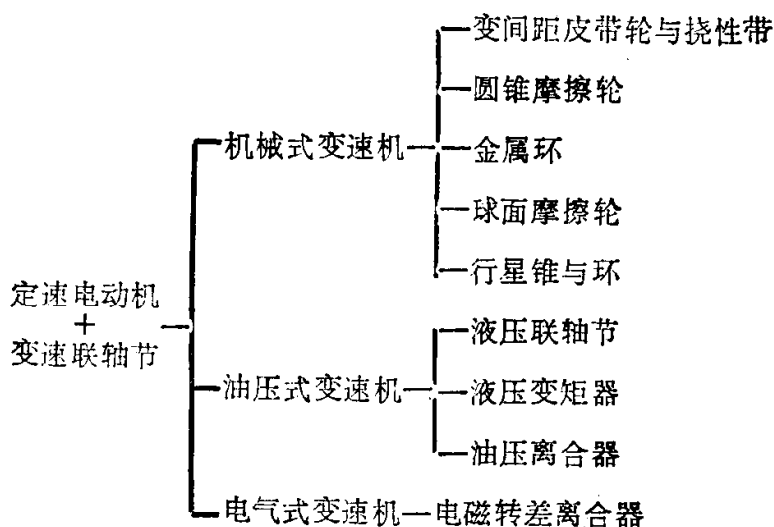


图1-1示出机械式变速机原理图一例。采用变间距皮带轮与挠性带(V皮带)的变速机，是利用皮带与皮带轮的接触面摩擦力传递动力的，由于价廉而简单广泛被采用。调节2轴的皮带与皮带轮的间距(宽度)、改变等效直径比进行调速。调速比为1:3~1:6左右，功率多为十数kW以下。

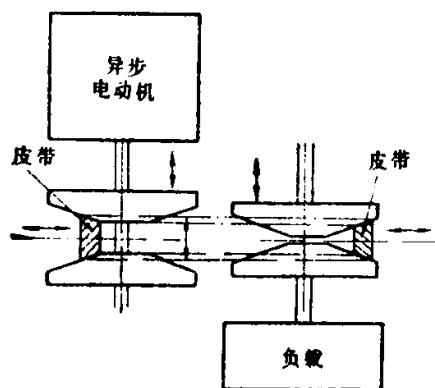


图1-1 采用变间距皮带轮与挠性带(V皮带)的变速机原理图

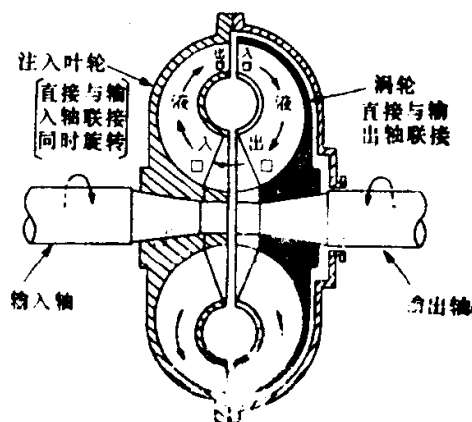


图1-2 液压联轴节原理图

这种方式的缺点，在控制方面是响应性及精度差，在维修上为轴承等的润滑和皮带的磨损等。因此，随着通用逆变器经济性的提高而改用逆变器，是非常显著的。

图1-2作为油压式变速器的一例，示出液压联轴节的构造。输入轴和输出轴在一直线上，前者同注入叶轮联结，后者同涡轮联接，二者相对。联轴节内注满油之类的液体，输入轴一转动，液体便由于注入叶轮旋转流出。这种具有旋转能量的液体，通过涡轮使输出轴转动。此时，从输入轴传递给输出轴的转矩随液体的量而变化。当所传递的转矩与负载转矩相平衡时则转速稳定。所以，根据负载的转矩特性（与其速度有关）改变液量，就改变了所传递的转矩特性（与输出轴的转速有关），因而改变了输出轴的转速。

油压式变速器通常容易实现无级调速，调速范围广，控制性比机械式

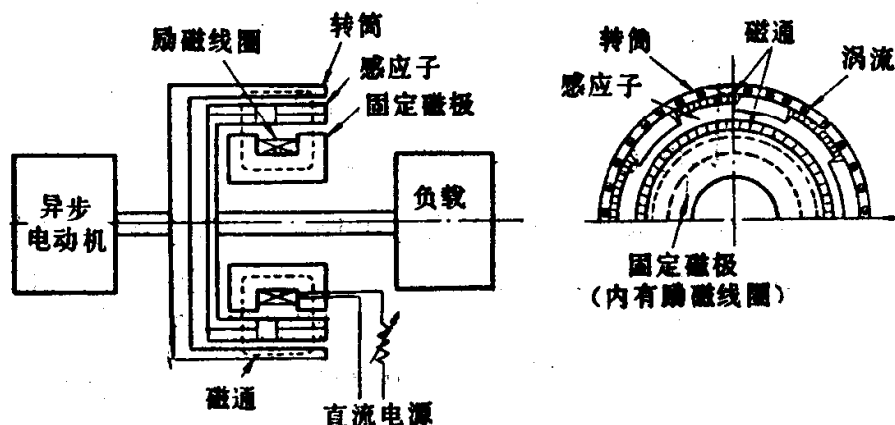


图1-3 电磁转差离合器原理图(无刷式)

变速器好，但它有以下缺点。

- (i) 效率与速度成比例变化，控制损耗大，总效率低。
- (ii) 可能漏油，需要定期检查，维修管理麻烦。
- (iii) 需要处理联轴节内产生的热损耗。
- (iv) 精密控制时，传动油的污染对控制及机械本身产生不良影响。
- (v) 无制动力，急加减速困难。
- (vi) 已有设备引用时，电动机与负载设备间的相对位置改变，需要重新安装，等等。因此调速电动机，特别是逆变器，随着其经济性的提高，工业中的调速传动逐渐改用调速电动机方式了。

图1-3所示为电磁转差离合器原理图。由在同心圆上配置的转筒、感

应子及采用直流励磁的磁极构成。磁极产生的磁通由于感应子而疏密不均。驱动侧转筒与感应子间如果有速度差则转筒由于切割疏密磁通而产生涡流。此涡流产生的磁通与感应子磁通之间产生电磁力。此电磁力所产生的传递转矩,使输出轴以某一转差率追随输入轴而转动。调节励磁电流可以自由地控制速度-转矩特性。

这种离合器转矩-速度特性控制容易,无摩擦部分,结构简单,以前常被采用;但它同液压联轴节一样功率损耗与转差率成正比,总效率低,转筒需要冷却,不能产生制动转矩等,由于这些缺点最近已被逆变器所取代。

1-1-3 调速电动机

在调速传动中,常常强烈要求将所使用的电动机直接调速运转。这种调速电动机,以前只是一小部分被采用,现在由于电力电子及微电子技术的进步,调速传动已成为主流。

调速电动机的方式按电动机型式的分类示于表1-5。其中鼠笼式异步电动机的电压型及电流型逆变器调速传动本书将详细讲述。

直流电动机调速运转的发电机-电动机组控制是调速电动机的先驱。在初期,主要是M-G方式或水银整流器方式,即用交流电动机传动直流发电机,改变其励磁电流或控制水银整流器的触发相位角以获得可变直流电源,从而改变直流电动机的转速。这个时代的控制回路采用电子管等,在系统的效率、稳定性、性能方面欠佳。但是1964年,晶闸管及控制用晶体管开始生产,因而采用晶闸管供电的直流电动机的实用化成为可能。1967年,大容量平板式晶闸管开始生产,这种大容量晶闸管供电的直流电动机在大工厂中被采用,实践证明其性能、效率、稳定性及维修性良好。以后就跨入了真正的晶闸管供电直流电动机的时代。1970年晶体管放大器变为集成电路放大器,从此性能就更上一层楼了。

另一方面,对于交流电动机的调速传动,其控制的基本原理很早便被确立,转子电阻控制,克莱默、旋转串调等方式已实用化,但在稳定性、可靠性、性能、维修等方面有些不足,使用范围受到限制。1965年以后,由于晶闸管及控制用晶体管的进步,控制绕线式异步电动机的转子电压进行调速运转的静止串级调速、采用晶闸管逆变器使同步电动机调速运转的无换向器电动机、采用晶闸管逆变器使鼠笼式异步电动机进行调速运转等方式依次被实用化,完成了以逆变器为主流的基础。以后随着电力及控制器件的发展,过渡到交流化时代。

采用电力电子及微电子技术的调速电动机,由于控制性能、速度控制