

# 基于磁场定向控制技术的变频调速特征与应用

## Based on field oriented control technology of variable frequency speed regulation characteristic and application

叶云燕

**摘要:** 为此本文将基于磁场定向控制技术变频器特征与应用作分析,并以低速大转矩的开环磁场定向控制控制模式、丰富的控制功能及便于分布式管理的网络功能及集于一身的变频器为例作重点说明。

**关键词:** 磁场定向, 变频调速, 开环矢量, 自动节能

**Abstract:** This paper the characteristics of frequency converter based on field oriented control technology and application analysis, and with low speed high torque mode of open loop control field oriented control, the control function of the rich and to facilitate the networking of the distributed management and set point of the frequency converter as an example.

**Keywords:** magnetic field orientation, Frequency control of motor speed, Open loop vector, Automatic energy-saving

### 1 前言

变频调速技术涉及到电力、电子、电工、信息与控制等多个学科领域。随着电力电子技术、计算机技术和自动控制技术的发展,以变频调速为代表的近代交流调速技术有了飞速的发展。交流变频调速传动克服了直流电机的缺点,发挥了交流电机本身固有的优点(结构简单、坚固耐用、经济可靠、动态响应好等),并且很好地解决了交流电机调速性能先天不足的问题。

变频调速技术的现状具有以下特点:在功率器件方面,近年来高电压、大电流的SCR、GTO、IGBT、IGCT等器件的生产以及并联、串联技术的应用,使高电压、大功率变频器产品的生产及应用成为现实;在微电子技术方面,16位、32位高速微处理器以及DSP和ASIC技术的快速发展,为实现变频器高精度、多功能化提供了硬件手段。

而在控制理论方面,矢量控制、磁通控制、转矩控制、智能控制等新的控制理论为研制高性能变频铸的发展提供了相关理论基础。在产品化生产方面,基础工业和各种制造业的高速发展,促进了变频器相关配套件的社会化、专业化生产。

为此本文将基于磁场定向控制技术变频器特征与应用作分析,并以低速大转矩的开环矢量控制模式、丰富的

控制功能及便于分布式管理的网络功能及集于一身的变频器为例作重点说明。为此首先要对变频调速中的关键控制技术—磁场定向控制技术的理念作说明。

### 2 磁场定向控制理念与变频控制的全数字化

#### 2.1 磁场定向控制理念

\* 先从变频器的基本架构引入

变频器是把工频电源(50Hz或60Hz)变换成各种频率的交流电源,以实现电机变速运行的设备,而变频器的框图见图1“交-直-交”变频器的结构所示。

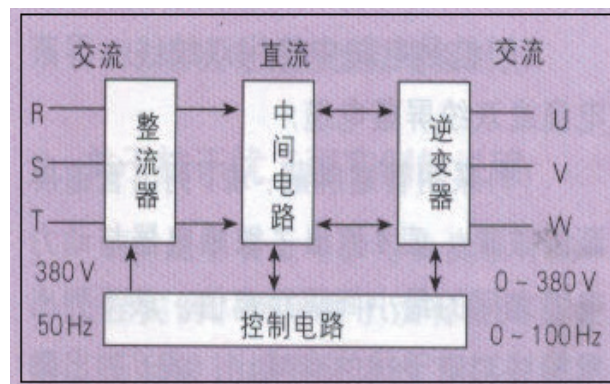


图1 所示为变频器的框图

图1中控制电路完成对主电路的控制。它将信号传给

整流器、中间电路和逆变器，同时接受来自这些部分的信号。变频器都是由控制电路利用信号来开关逆变器的半导体器件，这是所有变频器的共同点。而整流器与单相或三相交流电源相连接，产生脉动的支流电压。整流电路将交流电转换成直流电（交-直变换）。图中的间电路是直流中间电路，它对整流电路的输出进行平滑滤波。将整流电压转换成支流电流，使脉动的支流电压变得稳定平滑，供逆变器使用，将整流后固定的支流电压转换成可变的交流电压。而逆变器产生电动机电压的频率，逆变电路将直流电再逆变成交流电（直-交变换）。

#### \* 磁场定向控制技术

磁场定向控制（也称矢量变换控制）是一种新的控制思想和控制理论。它是属于对变频器  $V/f$  控制系统改造。其基本思想是把交流电机模拟成直流电机进行控制。它是以转子磁场定向，采用矢量变换的方法实现交流电动机的转速和磁链控制的完全技术方案。

其特点是通过坐标变换技术把交流电机的定子电流分解为转矩和励磁分量，从而实现像直流电机一样控制电机的输出转矩和磁通，使交流电动机的控制的动态指标和精度大大提高。

磁场定向控制开创了交流电动机等效直流电动机控制的先河，但是，由于转子磁链难以准确观测，以及矢量变换的复杂性，使得实际控制效果往往难以达到理论分析的效果，这是矢量控制技术在实践上的不足。此外，它必须直接或间接地得到转子磁链在空间上的位置才能实现定子电流解耦控制，在这种磁场定向控制系统中需要配留转子位置或速度传感器，这显然给许多应用场合带来不便。尽管如此，磁场定向控制技术仍然在努力融入通用型变频调速的变频器中，如 6SE70 通用型系列，通过 FC、VC、SC 板可分别实现频率控制、矢量控制、伺服控制，随后将该系列扩展至 315kW 以上。迄今为止，磁场定向控制技术已经获得了长足的发展。

磁场定向控制依然是高性能交流电机调速系统的主流控制策略。它所包涵的关键技术有：控制理论和方法，如 PWM 技术，磁通的观测，速度辨识，无速度传感器控制；电机铁损补偿，参数辨识，参数变化的补偿；主电路使用新型电力半导体器件，提高开关频率，改善电压或电流波形，同时使用微电子技术所提供的 DSP、CPU、ASIC 等。

## 2.2 变频控制系统的全数字化

随着计算机技术的发展，无论是生产还是生活当中，人们对数字化信息的依赖程度越来越高。如果说计算机是大脑，网络是神经，那么电机传动系统就是骨骼和肌肉。它们之间的完美结合才是现代产业发展方向。为了使交流调速系统与信息系统紧密结合，同时也为了提高交流调速系统自身的性能，必须使交流调速系统实现全数字化控制。

由于交流电机控制理论不断发展，控制策略和控制算法也日益复杂。扩展卡尔曼滤波、快速傅里叶变换 (FFT)、状态观测器、自适应控制、人工神经网络等均应用到了各种交流电机的矢量控制或直接转矩控制中。因此，DSP 芯片在全数字化的高性能交流调速系统中起重要作用。如 TI 公司的 MCS320F240X 系列等 DSP 芯片，以其较高的性能价格比成为了全数字化交流调速系统的首选。在交流调速的全数字化的过程当中，各种总线也扮演了相当重要的角色。工业 PC 总线、现场总线以及 CAN 总线等在交流调速系统的自动化应用领域起到了重要的作用。

实际应用中基于磁场定向控制技术的变频调速模式有多种，在此以下仅以基于开环磁场定向控制模式的变频器特征与应用为例作解析。

## 3 基于开环磁场定向控制模式的变频器特征与应用

该系列变频器乃针对各种变频调速应用而开发：人性化的设计和先进的制造管理技术以及欧姆龙一贯的造型简约、功能丰富的风格，结合最新的用户的技术需求，使其具备了高贵的血统和最贴近市场的元素。涵盖了风机泵类专用功能，开环磁场定向功能，内置噪声滤波器以及多种网络总线功能。例如 OMRON 的 3G3Mz 是最节约而又最完美的选择。它是低速大转矩的开环磁场定向模式，丰富的控制功能及便于分布式管理的网络功能集于一身的变频器。值此以其为例从技术特征到应用上作介绍。

### 3.1 技术特征

是高性能紧凑型变频器，其功能齐全并与 FA 网络兼容技术特征为：

\* 主控一体化、变频器与电机的整体化。将功率芯片和控制电路集成在一块芯片上。被用户接的新概念：使逆变功率和控制电路达到一体化，智能化和高性能化的

HVIC(高耐压 IC)SoC(System on Chip)。可首先满足了家电市场低成本、小型化、高可靠性和易使用等要求。因此,随着功率做大,此产品在市场上极具竞争力。

对变频调速系统而言主要集中在变频器的拓扑结构以及控制算法上,并且取得了很大的进展,使得电机传动的动态性能和调速精确度等方面大大提高。同时变频器与电机作为一个整体加以设计解决了变频器带来的“电应力”问题和电机轴电压、轴电流严重问题,即对于变频器供电下电机的效率、功率因素、绝缘等问题的解决有了突破。

**\* 开环磁场定向控制与便捷的应用**

变频器支持磁场定向控制和 V/f 控制,可以确保电动机在较低的转速时能够高转矩运行,有 150% 的过负载能力。

随着计算机技术的发展,无论是生产还是生活当中,人们对数字化信息的依赖程度越来越高。如果说计算机是大脑,网络是神经,那么电机传动系统就是骨骼和肌肉。它们之间的完美结合才是现代产业发展方向。为了使交流调速系统与信息系统紧密结合,同时也为了提高交流调速系统自身的性能,必须使交流调速系统实现全数字化控制。而 3G3MZ 变频器的操作器自带频率调节器使速度控制更方便,数字操作器还可以移出变频器本体安装。

**\* 自动节能功能**

三相感应电机在负载减轻时会降低电源电压,通过这些特性可以将变频器设计为通过检测电机的供电电流估算负载,根据变频器的最适合的能源效率自动降低电机的供电电压,因此,在此模式下变频器运行更加节能。通过变频器控制及节能控制功能取得的能源节省(见图 2 中桔红

色箭头所示),变频器控制及节能控制功能:5%~30%降低能耗所需电源。

**\* 多种现场总线对应**

在交流调速的全数字化的过程当中,各种总线也扮演了相当重要的角色。工业 PC 总线、现场总线以及 CAN 总线等在交流调速系统的自动化应用领域起到了重要的作用。而 3G3MZ 变频器内置了 Modbus 协议通信(RS485;接口),还可以选择现场总线卡适配 DeviceNet、Profibus-DP、CANopen 等多种高速通信。

**\* 变频器的低电磁噪音化 - 内置 EMI 噪声滤波器**

变频器的低电磁噪音化。今后的变频器都要求在抗干扰和抑制高次谐波方面符合 EMC 国际标准,主要做法是在变频器输入侧加交流电抗器或有源功率因数校正电路,改善输入电流波形降低电网谐波以及逆变器采取电流过零的开关技术。而控制电源用的开关电源将推崇半谐振方式,这种开关控制方式在 30 ~ 50MHz 时的噪声可降低 15 ~ 20dB 内置 EMI 噪声滤波器。而 3G3MZ 变频器内置 EMI 噪声滤波器,可以有效降低 3G3MZ 产生的电磁干扰,达到 ClassB 等级,是一种环保化的变频器。

**3.2 各种丰富功能适合各种领域的应用**

**\* 包装行业 - 自动码垛机应用案例**

电气控制省却了变速箱等设备,降低了设备冲击,噪声明显降低;变频器软启动/软停止功能,平稳的启动停止使满垛盘运输时不变形;变频器驱动升降机,定位准确,速度可调,大大提高生产效率;PLC 控制系统实现了整个码垛系统无人化管理。

**\* 纺织行业 - 涤纶短丝纤维纺丝机应用案例**

通过 DeviceNet 现场总线通信,3G3MZ 可以实现多台变频器与上位机的通信。再配合内置的软启动/软停止功能、UP / DOWN 功能、多段速控制、同步控制等功能它可以应用于纺丝机的各个工序并能轻松实现工艺要求。

**\* 远距离操作应用案例**

3G3MZ 的操作器可以轻松拆卸,再加上一根电缆即可自由移出或者安装在控制盘上。这样大大节省了用户的设计成本,并方便了现场工程师的调试和监控。

**\* 自动扶梯应用内置滤波器案例**

应用于民用场所的自动扶梯要求噪声低、干扰小。3G3MZ 内置有 EMI 噪声滤波器和 1 ~ 15kHz 的可调载波

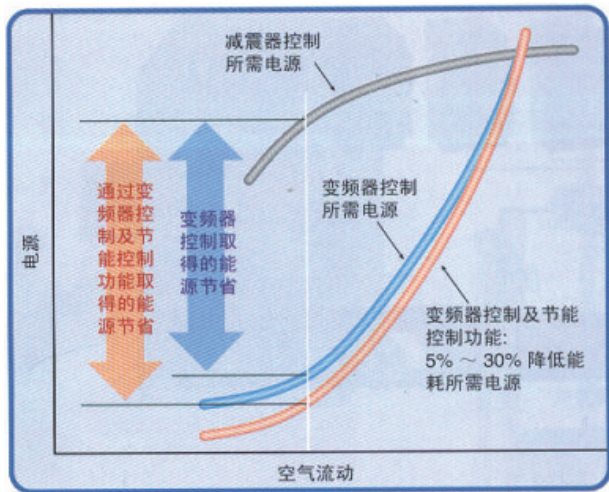


图 2 为通过变频器控制及节能控制功能取得的能源节省示意

频率非常适合这种应用，它不仅可以为用户节省成本还能节省安装空间。

\* 送风机应用信号叠加案例

在大型工厂自动化系统中，变频器信号可能有两个来源：中央控制室的通信信号和设备现场的模拟量信号。3G3MZ 可以轻松实现 2 路信号的叠加，从而实现远程/本地设备操作的无缝切换。

\* 恒压供水系统应用案例（见图 3 所示）

通过内置的 PID 调节器，无需再另加控制器，3G3MZ 变频器即可实现恒压供水的自动化控制；再辅助以其他软启动/软停止功能、自动节能功能等该系统在风机泵类负载中有明显的节能优势。

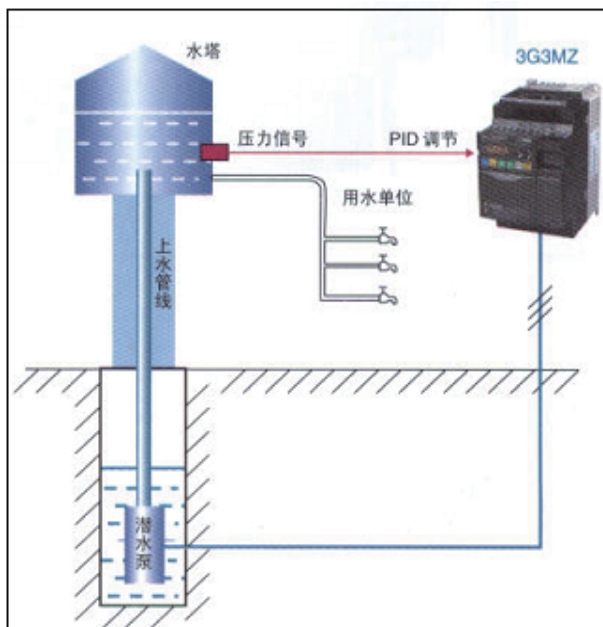


图 3 恒压供水系统应用框图

## 4 后话

### 4.1 上述仅是基于磁场定向控制变频器特征与应用的分析说明

而今无速度传感器矢量控制技术也已推出，一直受到产业界的高度重视，并相继推出了产品。这是因为近年来高性能异步电机调速系统得到广泛的应用，而速度传感器

的安装、维护以及低速性能等方面的问题，影响了异步电机调速系统的简便性、廉价性和可靠性。为此，无速度传感器异步电机的控制已越来越受到人们的关注和重视，这是因无速度传感器矢量控制变频器既具有磁场定向控制高性能的优点，又具有通用变频器没有速度传感器的长处。

### 4.2 关于基于磁场定向控制变频调速技术拓宽与发展

基于磁场定向控制变频调速技术作为高新、基础和节能技术，已经渗透到所有经济领域的技术部门中。为此可将此调速技术拓宽与发展，于是变频器与多功能一体化的 PLC 有机的配合就是一典例（见图 4 所示），以实现多种功能与用途。

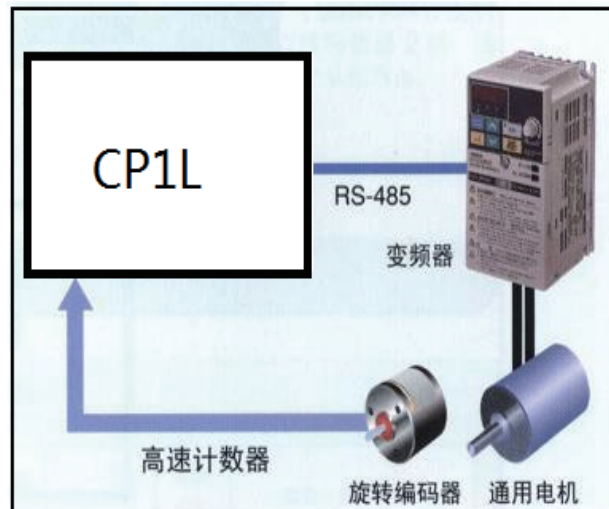


图 4 所示为变频器与多功能一体化的 PLC 有机的配合示意图

由此变频调速与定位功能在应用上有了新的提升。如快速、简单完成变频器的定位操作的陶瓷材料的搬运设备等。若变频器不是与多功能一体化的 PLC（如 CP1L 型）有机配合，则变频器定位功能需要通过停止位置和速度来计算其减速位置。为避免定位偏差，必须先减速再停止。如果在高速下停止，会出现位置偏移。而如今变频器是与多功能一体化的 PLC 有机配合，则变频器定位功能无须计算减速位置更为简单！不经过低速阶段，位置照样不偏差！！由于无需减速，定位时间特别快！