

文章编号: 1671- 251X(2010) 06- 0114- 03

大胶带输送机高压变频调速系统的设计

陈 静

(淮北职业技术学院机电工程系, 安徽 淮北 235000)

摘要: 针对大胶带输送机耗能较大的问题, 提出了一种大胶带输送机高压变频调速系统的设计方案, 分析了高压变频器的基本原理, 详细介绍了系统主回路结构及其控制系统的工作原理。实践证明, 该系统达到了节能的目的。

关键词: 大胶带输送机; 高压变频器; 调速系统; 节能

中图分类号: TD634. 1 **文献标识码:** B

0 引言

高压变频调速技术是近年来迅速发展起来的一种新型电力传动调速技术, 其以节能效益显著、调速精度高、调速范围宽、保护功能完善、易于实现自动通信功能、运行安全可靠、安装使用及维修维护方便等优点, 成为工矿企业中电动机传动设备节能改造方式的首选。大胶带输送机在工矿企业中应用十分广泛, 耗能较大, 因此, 笔者设计了一套大胶带输送机高压变频调速系统, 该系统采用 1 台高压变频器驱动控制 2 台电动机, 即一拖二的运行方式, 从而实现了电动机的无级调速。这种设计方式既可满足生产工艺过程对电动机调速控制的要求, 延长电动机寿命, 又可大幅度地节约能源, 降低生产成本。

1 高压变频器的基本原理

大胶带输送机高压变频调速系统选用 6 kV 高压变频器对大胶带输送机进行驱动和控制。高压变频器采用交-直-交直接高压(高-高)方式, 主电路开关元件为 IGBT。6 kV 高压变频器由多个功率单元串联而成, 各个功率单元由输入隔离变压器的二次隔离线圈分别供电, 6 kV 电网电压经过副边多重化的隔离变压器降压后给功率单元供电, 功率单元之间及变压器二次绕组之间相互绝缘。每个功率单元承受全部的电动机电流, 但只提供 1/6 的相电压和 1/18 的输出功率。功率单元为三相输入、单相输出的交直交 PWM 电压源型逆变器结构, 每个功

率单元相当于一个三电平的两相输出的低压变频器, 通过叠加成为高压三相交流电。在变频器的输入侧, 由于变频器多个副边绕组的均匀位移, 变频器原边电流中对应的电流成分也相互均匀位移, 构成等效 36 脉动整流线路, 变流转换产生的谐波都相互抵消, 工作时的功率因数可达 0.95 以上, 不需要附加电源滤波器或功率因数补偿装置, 也不会与现有的补偿电容装置发生谐振, 对同一电网上运行的电气设备没有任何干扰。

2 系统主回路结构

大胶带输送机高压变频调速系统采用一拖二控制方式, 变频器选用 Harvest-A06/120。2 台电动机由变频器拖动运行时, 电动机可以正常退出运行, 不需变频器停止运行; 当单台电动机由变频器拖动运行时, 需要另一台电动机投入运行, 这时变频器应该停止运行, 重新启动。当变频器同时拖动 2 台电动机工作时, 2 台电动机工作电流的总和不应大于变频器额定输出电流。为了保证系统的可靠性, 加装了工频旁路装置。工频旁路装置由 3 个高压断路器 QF1、QF2、QF3 组成, 变频运行时, QF1 闭合, QF2 和 QF3 断开; 工频运行时, QF2 和 QF3 闭合, QF1 断开。系统主回路结构如图 1 所示。

图 1 中, 高压进线柜作为变频调速系统 6 kV 电源和电动机工频运行时的主开关; 2 个高压隔离柜分别作为 2 台电动机接入变频电源或工频电源的转换开关, 其中的高压隔离开关 DK1 和 DK2 之间、DK3 和 DK4 之间均有机电互锁, 不能同时合上。

变频器正常运行时, 先合上 DK2 和 DK3 后再合 QF1, 2 台胶带输送机同时由变频器驱动运行, 此时 2 台电动机的运行状况一致; 当变频器故障或需

收稿日期: 2010- 02- 26

作者简介: 陈 静(1977-), 女, 重庆人, 讲师, 硕士, 主要研究方向为微机监控。E-mail: chenjing9982@qq.com

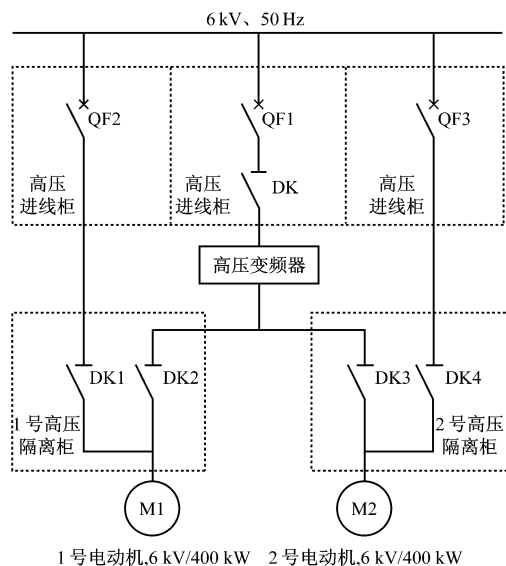


图1 大胶带输送机高压变频调速系统主回路结构

要检修时,先断开 QF1,再断开 DK2 和 DK3,然后合上 DK1 和 DK4,使变频器退出运行,再合上 QF2 和 QF3,使 2 台电动机在工频电源下运行。

3 系统工作原理

大胶带输送机高压变频调速系统的原理如图 2 所示。该系统的变频器具有单元过电压、过电流、欠电压、缺相、过热、变频器过载、电动机过载、输出接地、输出短路保护等功能。正常情况下,当上述故障发生时,变频器会自动保护停机。为了增强系统的可靠性,将上述故障信号引入 PLC 系统,经 PLC 系统判断后,使系统保护停机。

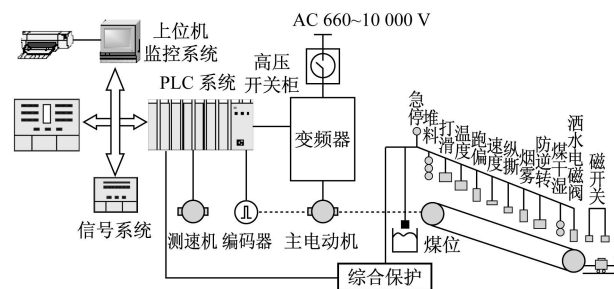


图2 大胶带输送机高压变频调速系统的原理

(1) 变频器容量选择及故障检测

首先对变频器容量进行选择:变频器连续运行时,变频器容量的计算公式为

$$P_{CN} \geq K P_M / (\eta \cos \Phi)$$

式中: P_{CN} 为变频器容量, kVA; K 为电流波形的修正系数, PWM 方式取 1.05~1.0; P_M 为电动机额定功率; η 为电动机效率; $\cos \Phi$ 为电动机功率因数。

对于 2 台 400 kW 电动机而言,取 $P_M =$

800 kW、 $K = 1.0$ 、 $\eta = 0.9$ 、 $\cos \Phi = 0.9$, 则:

$$P_{CN} |_{kVA} \geq 1.0 \times 800 / (0.9 \times 0.9) = 987$$

又由经验公式 $P_{CN} \geq 1.25 P_M$, 得到:

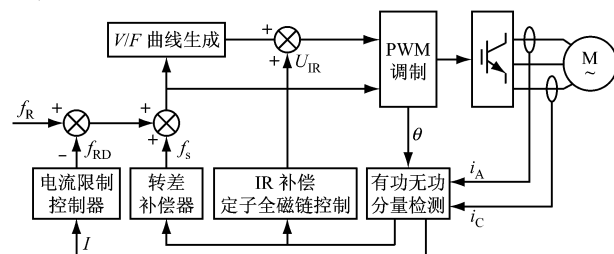
$$P_{CN} |_{kVA} \geq 1.25 \times 800 = 1000$$

因此,笔者取 $P_{CN} = 1000$ kVA。

对三相异步电动机而言, $P_M = \sqrt{3} UI \cos \Phi$, 其中 U 为供电电压, I 为电动机线电流。故对 $P_M = 800$ kW 的电动机而言,当 $\cos \Phi = 0.9$ 时,有 $I = P_M / (\sqrt{3} U \cos \Phi) = 85.5$ A, 当 $P_{CN} = 1000$ kVA 时,变频器输出电流 = 100 A ≥ 85.5 A, 所以变频器的选择是合理的。

(2) 电动机的控制

由于胶带输送机是由 2 台电动机驱动的,要求速度同步,且出力相同,因此,2 台电动机的控制方式不是独立而是彼此相互关联的。所以在控制方式上,笔者采用了转速开环的恒压频比(V/F)控制方法,如图 3 所示。



f_R — 输入信号频率; f_{RD} — 限制电流输出频率; f_s — 补偿频率;

U_{IR} — IR 补偿电压; θ — 电力开关导通角; i_A 、 i_C — A 相、C 相电流

图3 转速开环的恒压频比控制原理

但由于胶带负载的特殊性,所以该系统的 V/F 控制具有普通 V/F 控制所不具有的特点:

① 具有转差补偿功能,从而可提高电动机机械特性的硬度。

② 具有防跳闸功能。该功能通过最大电流限制控制器实现。最大电流限制控制的目的是使电动机能发出某一最大转矩,并且不论负载有多么重(甚至发生堵转),变频器也不会跳闸,也即转矩限定功能。与普通的 V/F 控制相比,该功能将会获得很大的启动转矩。

③ 具有 IR 降矢量补偿功能。矢量补偿克服了普通 IR 降补偿在负载变化时不能很好补偿的缺点,维持了电动机低速性能。

(3) 速度控制与动态负荷检测

笔者根据实际负载的大小来确定胶带输送机的实际运行速度,即根据负荷的变化来调整系统速度给定信号。实际负载的检测由胶带秤和压力突变检

测仪实现。电动机的速度给定控制采用 2 种方式：变频器分级给定、PLC 无级调速给定。

①变频器分级给定

变频器分级给定原理如图 4 所示。

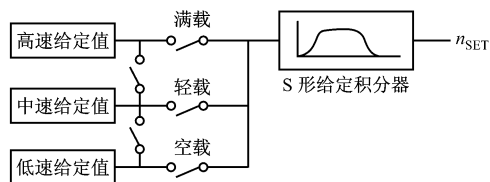


图 4 变频器分级给定原理

整个速度被分为 3 档：空载低速、轻载中速和满载高速（高速为额定速度）。变频器内部设有 3 个给定值，分别对应高速、中速和低速给定值，当负荷变化时，胶带秤输出开关接点闭合，所对应的给定值改变（由变频器自动完成）。

②PLC 无级调速给定

这种情况下，给定控制由 PLC 的模拟量输出口给定。当空载时，负荷检测输入信号很小，胶带机可以很低的速度维持运转或停转，随着负荷的增大，给定速度相应增加，电动机速度、胶带运转速度也相应地增加，反之亦然。当压力突变检测仪检测到有突然来料时，系统会自动加速，防止堆料现象发生。

(4) 上位机系统

该系统配置的上位机系统能够完成监视变频装置运行状态，显示电动机速度、电流；显示胶带输送机输送全过程；故障显示列表和故障历史查询、故障报表输出，建立故障排除指南系统，使用户在电脑系统的指引下逐步排除故障等功能。

4 结语

与现有的多种大胶带电动机的驱动控制方式（如高—低—高变频驱动控制方式、CST 驱动控制方式、液力耦合器驱动控制方式、串级调速驱动控制方式、交流绕线式异步电动机转子串电阻驱动控制方式、电磁离合器驱动控制方式等）相比，该大胶带输送机高压变频调速系统具有明显的优势，如表 1 所示。

从表 1 可看出，变频器用于胶带输送机驱动控制场合取得了显著的节电效果，其能量传递的环节少，系统运行效率高；调速范围宽、精度高；易于实现启制动速度曲线的自动跟踪，能够提供理想的可控启制动性能；启动加速度可以灵活调节控制，适用于长距离、线路复杂的带式输送机；可以控制胶带输

表 1 大胶带输送机高压变频调速系统性能参数

名称	技术指标
输入额定容量/kV A	1 000
输入额定电压/kV	6±10%
输入额定电流/A	97
功率因数(20%~100%负荷)	≥0.95
输出电压范围/V	0~6 000 连续可调
输出额定电流/A	100
适配电动机功率/kW	≤450
频率精度	≤±0.1%
调速范围	0~100%
加/减速时间/s	0.1~3 200
启动系数	1.05~1.5
过负荷能力	110%, 1 min
输出频率范围/Hz	0~120(根据电动机情况)
频率分辨率	0.01
转矩脉动	≤0.1%
整机效率	≥97.0%
连续运行可承受的欠压百分比	45%
噪音/dB	≤75
环境温度/℃	-10~+40, 海拔 1 km 以下
环境湿度	≤95%
连接电动机电缆的最长距离及 dV/dt 值	最长距离没有限制, dV/dt 值=900 V/μs
抗地震能力	7 级, 振动为 0.5g

送机按设定的 S 形速度曲线启动和制动，以满足整机动态稳定性及可靠性要求；具有降低胶带张力，减少动负荷，降低电动机容量，延长设备使用寿命等优点。该系统是一种理想的调速控制方式，既提高了设备效率，又满足了生产工艺要求，直接和间接经济效益十分明显。

参考文献:

- [1] 陈伯时, 陈敏逊. 交流调速系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] 张皓, 续明进, 杨梅. 高压大功率交流变频调速技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [3] 张选正, 顾红兵. 中高压变频器应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [4] 徐甫荣. 高压变频调速技术应用实践[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.
- [5] 陈湘楚. 矿山输送与提升设备[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2004.