

[变频器]

带式输送机变频器掉电监测控制系统研究

文/山西工程职业学院 申利燕
山西科达自控股份有限公司 张志峰

针对煤矿多点驱动带式输送机运行时突然停电引起的灾难性事故，进行多点驱动带式输送机变频器掉电监测控制系统研究。该研究在不改变变频器原有结构的前提下，保证变频器突然掉电时控制回路等不间断工作，在变频器掉电监测控制系统中加入低压不间断电源，维持变频器最低运行条件和电动机的发热损耗，通过实例验证了该控制系统的有效性。

长距离多点驱动带式输送机控制工艺复杂，皮带容易振荡，实际运行中尤其是某驱动点在配电网掉电时会出现控制难点：满载运行时若机头处配电网失电，电动机驱动力消失，受皮带表面物料的冲击，皮带轻则张力变小发生振荡，影响皮带架、托辊等的使用寿命，重则产生严重叠带现象，推倒皮带架，造成大量溢煤或人员伤亡；满载运行时若机尾处配电网失电，尾部驱动消失，给皮带提供下运制动的主动力消失，皮带会瞬间飞车，导致下游皮带发生严重堆煤，甚至发生人员伤亡或设备损坏。基于上述控制难点，本研究针对带式输送机每个驱动点对应由变频器拖动的两台电动机，自主研发了带式输送机变频器掉电监测控制系统。

带式输送机变频器掉电监测控制系统组成

长距离下运皮带一般都由两个及以上的驱动点组成，本文以两个驱动点为例，如图1所示，每个驱动点两台电动机分别由对应的变频器拖动，控制系统由皮带控制系统控制单元（内含控制软件与上

位机）、断电监控模块（内含软件）、后备直流充电及监测模块和后备直流电源模块四部分组成。

1. 断电监控模块

断电监控模块是整个控制系统的核心之一，由配电网掉电检测单元、核心CPU、状态输入接口及电源输出单元组成。该模块将变频器和辅机设备的电源经过UPS做二次分配，根据控制工艺做开关控制，对变频器进线的掉电判定，同时控制变频器整流单元与后备直流充电及监测模块输出间的切换；控制系统的直流输出；配合皮带同步控制软件实现协调控制。断电监控模块如图2所示。

2. 后备直流充电及监测模块

后备直流充电及监测模块一方面对后备直流电源模块的运行、故障检测及对储能元件进行均充、浮充；另一方面检测到变频器电源系统掉电后，变频器逆变单元后备直流电源接入，使变频器在进线失电后能够有充足后备直流电源维持运行。后备直流充电及监测模块如图3所示，其主要由充电及保护模块、电源模块以及其他外围元件组成。

基金项目：2019年山西省教育科学规划课题《“互联网+”背景下高职院校校企合作创新创业教育及实践模式研究》（GH-19273）；2020年山西省教育科学规划课题《基于机电一体化专业的校企合作企业参与职业教育办学实践的研究》（ZC-20046）；2020年国家级职业教育教师教学创新团队课题《自动化专业群课程体系构建与模块化课程开发》（YB2020010302）。

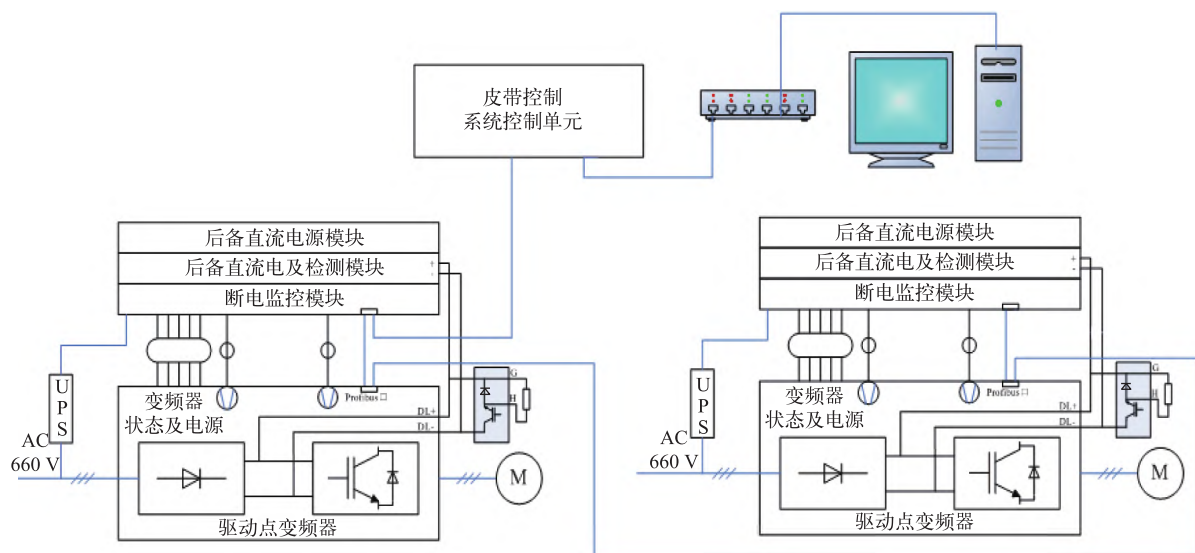


图1 带式输送机变频器掉电监测控制系统

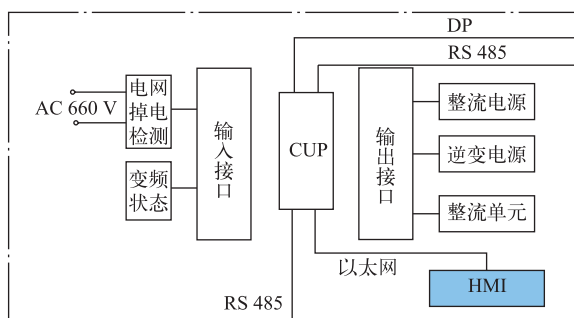


图2 断电监控模块

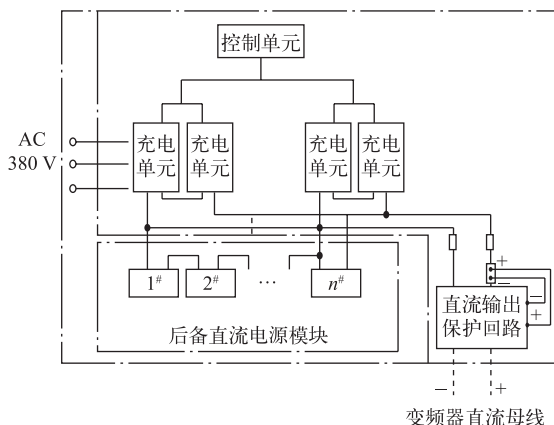


图3 后备直流充电及监测模块

3. 后备直流电源模块

由多个储能元件串联或并联组成，主要为系统提供后备直流电源。

4. 皮带控制系统控制单元

这是本系统的另外一个控制核心，由可编程

序控制器、上位机外加协议转换模块组成，通过Profibus、Profinet及Modbus三层协议转换，将变频器及后备系统有机地结合在一起，能够快速完成各种工况下皮带各驱动器间的功率、转矩分配。

断电判定检测软件

1. 软件组成

变频器掉电监测控制系统软件由监测系统、数据传输系统与控制系统组成。监测对象包括后备直流电源系统、低压不间断电源和变频器装置。后备直流电源系统的数据包括三相输入电压、各电源模块电压、电源模块总电压、充电电流、负载电流及电源模块温度等，状态包括充电状态、电源模块状态和电动机状态等。低压不间断电源的数据包括输入电压、输出电压、负载百分数及温度等，状态包括旁路、运行及故障等。变频器数据包括变频器直流母线电压；状态包括整流和逆变单元的运行与故障及起动状态。数据传输主要是把变频器掉电监测控制系统内的数据上传到变频器集控系统，在集控系统上位机上远程实时监测。控制主要分为三部分：第一部分为给电源模块恒压充电；第二部分为变频器断电后，控制后备直流电源为变频器补充能量；第三部分为辅助控制变频器。

2. 通信设置

该软件一方面通过控制器输入接口直接监测；另一方面通过与目标设备进行通信采集信息，来监

测输入接口采集中间加隔离装置后,输出直接进入控制器,由软件直接读取,因硬接线的状态和数据往往很容易受到外部环境干扰,故在软件中做了处理,防止抖动。目标设备主要是低压不间断电源、后备直流电源系统及变频器集控系统,通信方式接口均为RS 485,但协议不同,读取低压不间断电源和后备直流电源系统的数据,采用Modbus RTU协议,控制后备直流电源系统采用自由协议,与变频器集控系统通信采用Profibus DP。由于通信过程数据量受限,设计了分批传送,传送间隔在毫秒范围内,不会影响数据实时性,每次传完数据后都有握手程序,确认数据已传送且为实时数据。

3. 变频器掉电监测PI闭环控制

变频器掉电监测PI闭环控制如图4所示,在程序内设置正常工作电压和均充电压值,通过采集电源模块的数据进行判断、分析,如果电源模块电压低或充电电流大,并且变频器不运行,需要输出均充信号,改变充电电压,通过采集电源模块总电压实际值并与设定值比较来控制电压,采用PI运算,实现闭环调节。在输出电压的同时,还须检测充电电

流,当电流低时,正常输出;当电流高于内部设定的额定电流时,持续输出额定电流。通过采集变频器直流母线电压实际值并与设定值比较,来控制后备直流电源补充能量的过程。另外,检测后备直流电源给变频器输出的负载电流,由于电源模块的能量有限,故输出的电流值需要限制,应用电压控制器和电流控制器,实现在断电后备直流电源输出电压恒定,根据负载需要输出电流,当超过额定输出时要控制在额定范围内。

两种控制方式无扰切换而且互锁,通过检测变频器输入电源来判断变频器是否掉电。如果变频器在运行过程中掉电,控制器切断电源模块充电回路的输入电源,不能给电源模块补充能量,此时,变频器直流母线电压突降,通过检测变频器直流母线电压,并与设定接入的电压比较后,控制后备直流电源给变频器供电。另外,变频器突然掉电时,低压不间断电源给变频器持续供220 V交流电源,使变频器控制回路短时间内能正常工作,不会马上报故障,可以应急处理一些问题。

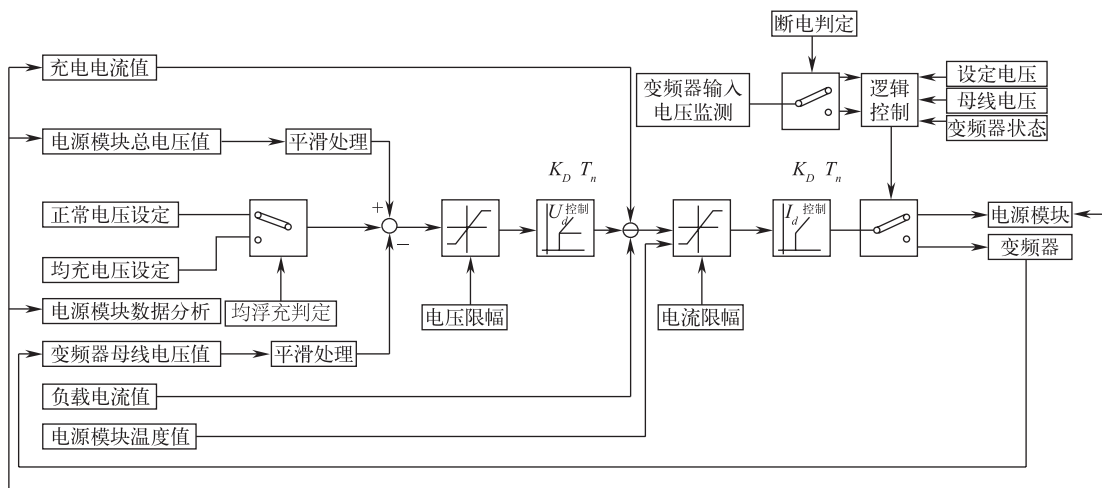


图4 变频器掉电监测PI闭环控制

实例分析

以带式输送机机头部断电监控数据为例,在未安装变频器掉电监测控制模块之前,配电网突然停电,变频器故障停车,变频器控制系统被封锁而失去控制,重载时自由停车造成飞车和堆煤。如201带式输送机上运无载、下运带载,运行转矩不平衡造成飞车和堆煤,在变频器突然断电时机头电动机

速度飞速上升,变频器未安装掉电监测控制模块如图5所示。在安装变频器掉电监测控制模块之后,机头部电动机速度、电流及转矩变化如图6所示,从图中可以看出,无论是电流变化还是速度变化都比较平稳,应用变频器驱动装置输出负转矩,实现电气制动,使带式输送机安全停车。

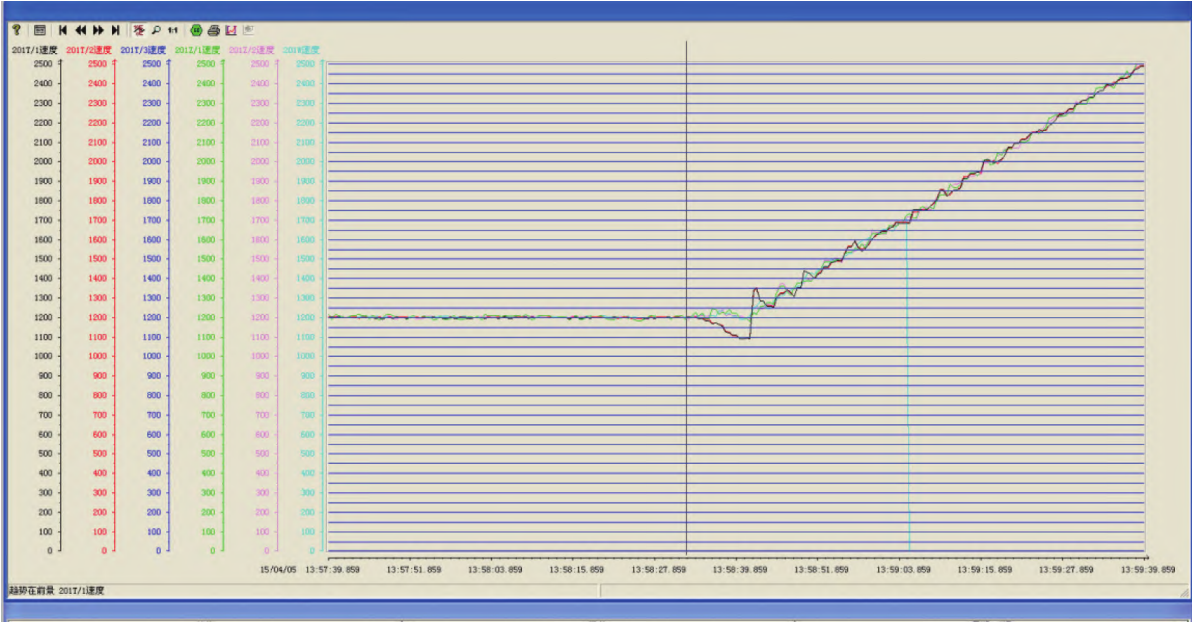


图5 变频器未安装掉电监测控制模块

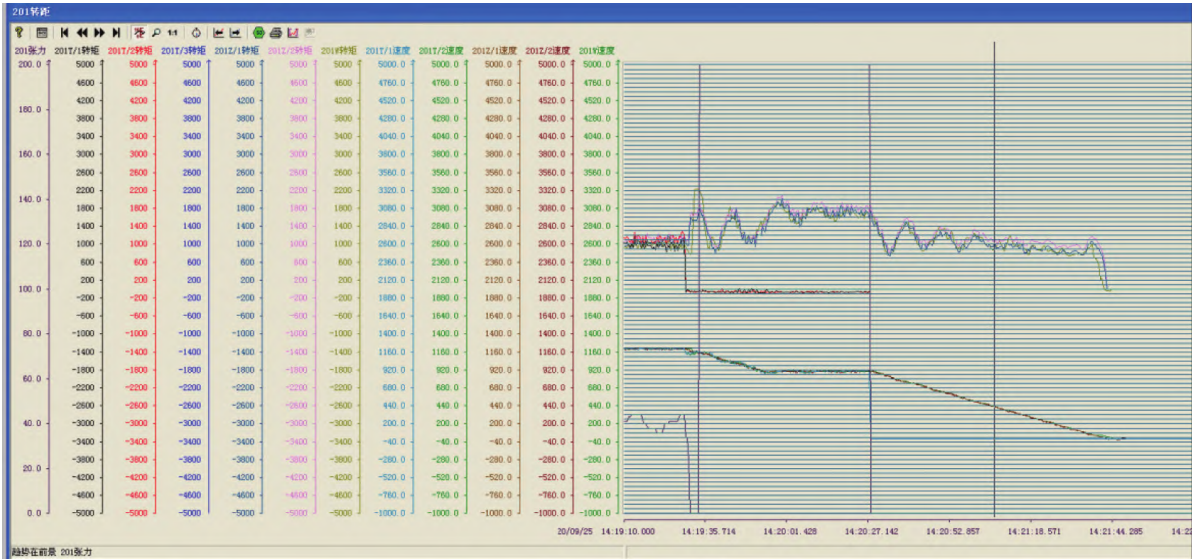


图6 变频器安装掉电监测控制模块

结束语

本研究与国内外同类研究的主要不同之处为：通过对变频器掉电的监测控制，解决了长距离多点驱动带式输送机实际运行中配电网掉电造成的安全隐患问题。针对配电网突然掉电导致变频器驱动装置输入断电的情况，采用后备直流电源系统供给变频器驱动装置能量，维持变频器最低运行条件和电动机的发热损耗，通过多点驱动联合出力协调控制

技术，可实现各驱动功率平衡，利用物料下运时电动机的发电能量维持带式输送机在工艺允许的条件下低速运行。同时，应用变频器驱动装置输出负转矩，实现电气制动，使带式输送机安全停车。后备直流电源采用电源模块，寿命短，最长为6~8年，所以，需要新的电源材料，既要寿命长又要费用低。EA

(收稿日期：2021-09-23)