

变频器在矿用主通风运行中的应用分析

张立凯 陈兆惠 李勇刚 赵跃新

吉林省通化钢铁集团板石矿业有限责任公司

DOI:10.12238/jpm.v4i1.5598

[摘要] 地下矿山主通风机是一种能源消耗巨大的装置, 常规的控制方式在使用过程中会出现能源消耗大、电机寿命短等问题。以变频调速技术为基础, 对主通风机的控制系统进行了设计, 并详细地阐述了变频器的外接线形式和节能机理。通过对变频调速前后主通风机能耗的比较, 得出采用变频调速后, 主通风机的能耗下降 37.4%, 其运行稳定性得到了较大幅度的提高, 经济效益和安全性都得到了显著提高。

[关键词] 变频器; 主通风机; 电能消耗; 风量; 风压

Application analysis of frequency converter in mining main ventilation operation

Zhang Likai, Chen Zhaohui, Li Yonggang, Zhao Yuexin

Jilin Tonghua Iron and Steel Group Site Mining Co., LTD. Baishan City, Jilin 136300

[Abstract] The main fan of underground mine is a kind of device with huge energy consumption. The conventional control mode will have problems such as large energy consumption and short motor life in the use process. Based on the frequency conversion and speed regulation technology, the control system of the main fan is designed, and the external wiring form and energy saving mechanism of the frequency converter are expounded in detail. Through the comparison of the energy consumption of the main fan before and after the frequency conversion speed regulation, it is concluded that the energy consumption of the main fan decreases by 37.4%, its operation stability is greatly improved, and its economic benefit and safety are significantly improved.

[Key words] frequency converter, main fan, electric energy consumption, air volume and wind pressure

引言

矿井开采过程中, 必然会产生大量的有毒有害气体, 这些气体对矿井工人的健康和生命造成了很大的影响。为了解决这一问题, 采用通风设备将新鲜空气引入井中, 以排除井中的污染气体, 从而保证井下作业人员的健康和生命安全。通风系统由主通风系统和局部通风系统组成, 主通风系统主要用于将空气输送到矿井内, 因此它的工作稳定性和动力性能都有较大的提高。主通风机一般需要 24 小时不停地工作, 以保证矿井的安全。随着变频技术的不断发展, 许多矿井已将变频技术应用于主通风机, 使其节能效果显著[4]。本文着重阐述了变频调速装置在风机运行中的运用, 对提高风机运行稳定性、降低能耗具有重要的指导作用。

1 基于变频器的主通风机控制系统分析

在主通风机的操作中, 周期状态的控制是必不可少的。目前, 在很多矿井中, 都是使用变频调速装置来控制主通风机的工作。本文着重阐述了变频器的工作原理及主通风机的变频调

速系统。

1.1 变频器的原理

变频技术是一种采用晶闸管(简称“晶闸管”)来实现交流电的频率转换。可控硅有阳极、阴极和栅极三极, 工作时, 通过控制门极信号来调节交流电流的频率。要知道, 可控硅的栅极一定要有一个信号, 不然它就不能正常工作。

变频技术主要有交直流变频和直流交流变频两种。交交变频调频技术的调频幅度很小, 只有在极少数情况下才能被采用。当前, 采用的主要是交-直-交变频技术, 将电源转换为 DC, 再由 DC 转换为 AC。频率转换的工作原理见图 1。在图 1 中, 在整流电路和逆变器电路之间加入一条平波电路, 以确保所得到的 DC 电流的幅度相对稳定。把这样的线路整合到一个容器里, 我们把它叫做“变频器”。现在, 变频技术发展比较成熟, 各种功率的变频器都能在市场上购买。

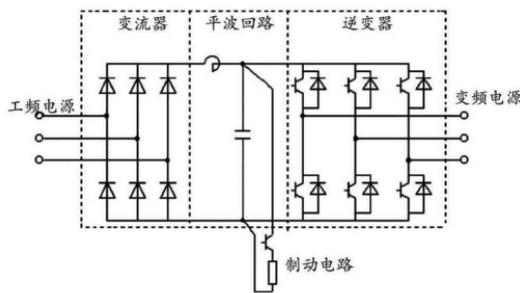


图1 变频器的原理图

1.2 主通风机变频控制系统

在矿井主通风机的控制中,采用变频器对主通风机进行控制,其中包括主机监控台、交换机、主控柜、开关柜、变频器等。为确保系统运行可靠,系统内应配置两个以上的变频调速装置,以确保系统运行稳定;主控箱的功能是将频率信号发送给变频器,以控制主通风机的工作状况;主机监控台主要负责监控主机、变频器的工作状况,在出现故障能及时发现问题原因,为管理提供了便利;高压配电箱是指将高压电力调压,以满足主通风机的供电需求。

2 地下矿山主通风机通风系统中变频器的作用

2.1 提高了主通风机运行的稳定性

使用变频调速装置后,可得到品质更好的交流电源。由于矿井中大部分采用大容量的电动机,在运行时会产生大量的谐波,造成电网电压波形失真。当主通风机进入带有谐波的电源后,其工作时会产生强烈的振动,从而引起电动机的异常发热。这是由于在不稳定的正弦波供电时,电动机的内部磁场会发生混乱。

在使用了变频调速装置后,上述问题得以解决。当带有谐波的电力经过变频调速后,它会先把交流电变成直流电,这样就能直接消除电网的谐波;接着,把DC电流转化为需要的AC电流。由于采用逆变法获得了交流电,因此能够有效地控制交流电的输出波形,从而改善了电动机的电源品质。采用稳定的交流供电,使主通风机工作更为顺畅。

2.2 降低了主通风机运行的故障率

在日常工作中,由于电网的电压不稳定等因素,会造成主通风机的失效,从而危及矿井的安全。通过使用变频调速装置,能有效地降低主通风机机的故障,这主要是因为:1)改善了供电品质,减小了主通风机机的谐波干扰。当电网发生谐波时,主通风机会产生异常的振动,造成风扇的叶片断裂,电机产生异常的发热。

2)监测操作状况。在变频调速期间,可以实时监测供电部分的参数,以便在突发事件时进行及时的处置。

3 传统主通风机运行中存在的问题

在采用变频技术以前,地下矿山主通风机在实际应用中出现了许多问题,具体包括:

1)在需要根据矿井的实际条件来调整主排风量时,主要是通过调节风阀的开口度来控制风道截面,以达到调节风量的目

的,但耗时较长,效率较低。

2)主通风机在起动的一刹那会产生相当大的电流,其电流一般为电动机额定电流的5~7倍,这不但会对矿井电网造成严重的冲击,而且会对电动机的运行产生不利的影,从而缩短电动机的使用寿命。

3)主通风机始终在额定功率下工作,但其通风量的变化主要依靠外部物理手段,这就意味着仅有一小部分电能能够得到充分利用,造成电能的大量浪费,这对煤炭企业的可持续发展是不利的。2型变频主通风机控制系统的设计方案:主通风系统一般都有两个风机,一台是主要的,一台是备用的。每个风扇包括两个电动机,因此,整个风机系统由四个电动机组成,每个电动机都有一个变频调速装置。

变频调速器通过与控制器相连,并接受控制器的命令,将50 Hz的电压调节到其它频率,从而控制电动机的输出速度,从而控制风扇的出风量和风压。通过对通风设备的风压、风量、温度、湿度等参数的测量,可以实现对通风系统的监测。通过对测试结果的分析,由PLC控制器发出控制风机马达转速的指令,实现对主通风机转速的自动调节。

4 变频器的选型及其工作原理

4.1 变频器型号选择

针对地下矿山的实际,采用施耐德公司开发的ATV630型变频调速装置,额定电压为380V,额定功率为160kW。可充分满足主通风系统的实际工作需求,并预留出一定的空间。

4.2 变频器的外部接线

由于四个变频器控制回路端子的线路都是一样的,下面就以一个变频器的线路作为例子来说明。图2中的继电器ZJ用于使用指示灯来指示频率转换器的工作状况;1KA继电器的功能是在变频调速和手动调速之间进行转换;中继K1-K4的功能是按照PLC的命令来调节主排风和逆风;AL0、AL1的输出端主要用于对频率转换装置的故障进行预警和指令;SB1的主要功能是恢复故障;CM1和调频终端用于接收电动机的速度,并对其进行显示;采用SP和SN终端,可以在RS-485通讯协议的基础上,与PLC控制器进行数据和信息的交流,通过OI接口PLC控制器,可以通过DC4~20mA的电流信号来发布控制命令,变频电路按照要求调节输出的电压频率,并由AM1终端将DC4~20mA的电流信号反馈给PLC控制器。

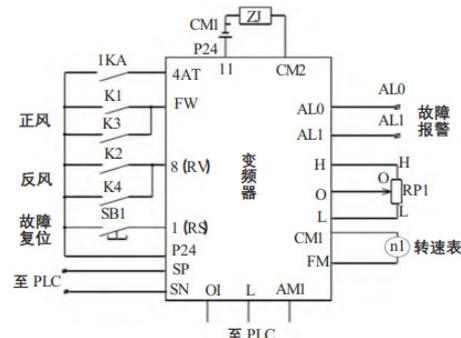


图2 变频器控制回路端子的接线图

4.3 变频器的节能工作原理

从图3可以看出,在没有采用变频器之前,当矿井所需的排气量从 Q_1 降至 Q_2 时,由于外部的物理调整,风机的工作阻力从 R_1 变为 R_2 ,所耗负荷功率与 $BH20Q_2$ 的面积成比例。当采用变频调速时,在同样工作状态下,负荷功率与 $CH30Q_2$ 的面积成比例关系。后者的体积比前者小了近一倍,这就说明了变频调速器在节能方面的作用是非常显著的。在矿井对风量要求下降的情况下,调节电动机的输出速度,可以实现对风压的同步减小,使风机的阻力保持在一个较低的水平,同时也能减少主通风机的功耗。此外,风压的减小还会导致包括管路在内的整体通风系统失效,从而提高装置的工作稳定性。

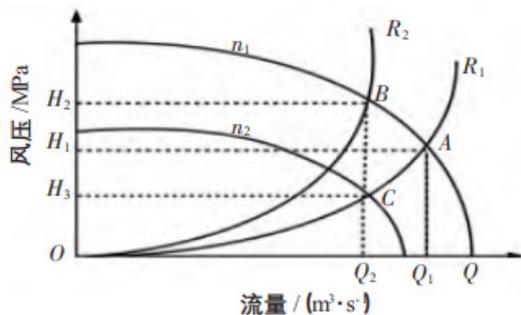


图3 压力与流量之间的特征曲线图

5 应用效果分析

本文介绍了一种采用变频调速技术的主通风机控制系统,通过一年多的实际工作,对该系统进行了一年多的现场试验,对有关资料进行了统计和分析,并与没有采用变频调速前的资料进行了比较。在使用变频调速前后,主通风机的能耗与电费比较见表4。在同样工作状态下,主通风机系统的日消耗量分别为20900.78 kW和12980.36 kW,而采用变频调速后,其日消耗量下降了37.4%。若电费按0.6元/kW/h的电价计算,则主通风机系统在使用变频调速前后,每天的能耗为11495.43元和7139.20元,而采用变频调速装置,一天节约4356.23元。

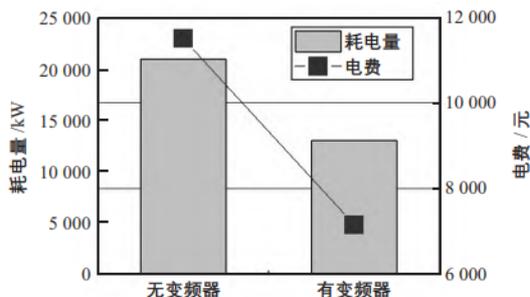


图4 使用变频器前后主通风机的日耗电量和电费对比情况

由上述分析可知,采用变频调速装置,可大大减少主通风机的能耗,为矿井节约了大量的电力。采用变频调速技术的装置在起动和操作时的稳定性得到了明显提高。通风系统的故障发生率明显下降,为企业节约了设备的维修、维修费用。

6 结语

针对矿井主通风机常规风量调整方式的不足,以先进变频

技术为基础,进行了主通风机运行控制系统的设计,并在地下矿山中得到了应用。通过一年多的现场试验,将变频调速技术用于矿井主通风机,取得了良好的实际应用效果,具有一定的推广价值。

[参考文献]

- [1]安素娟.变频器在矿用主通风运行中的应用分析[J].机械管理开发,2022,37(06): 182-183+188.DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2022.06.076.
- [2]于鹏飞.矿用主通风机智能化监控系统应用分析[J].机械管理开发,2022,37(04): 222-223.DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2022.04.092.
- [3]周永杰.地下矿山主通风机改造中高压变频器的应用[J].机械管理开发,2022,37(03): 173-174.DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2022.03.072.
- [4]梁晨.矿用局部通风机自动控制系统设计及应用研究[J].机械研究与应用,2021,34(04): 167-168+171.DOI: 10.16576/j.cnki.1007-4414.2021.04.051.
- [5]杜欣.高压变频器在地下矿山主通风机上的应用与研究[J].机械管理开发,2021,36(03): 202-204.DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2021.03.087.
- [6]刘俊杰.超高速运行下通风机变频器的自适应调制策略应用研究[J].地下矿山机械,2021,42(01): 135-137.DOI: 10.13436/j.mkjx.202101046.
- [7]刘伟峰.通风机电气控制系统的改造[J].机械管理开发,2020,35(10): 210-211.DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1134/th.2020.10.092.
- [8]王月.通风机变频器的QPR控制策略应用研究[J].地下矿山机械,2020,41(09): 150-152.DOI: 10.13436/j.mkjx.202009049.
- [9]程玉龙.基于变频器的主要通风机控制系统[J].地下矿山安全,2020,51(02): 105-108.DOI: 10.13347/j.cnki.mkaq.2020.02.023.
- [10]管金朋,刘建虎.变频器在粉煤通风机中的应用[J].有色冶金节能,2018,34(06): 50-52.DOI: 10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2018.06.012.
- [11]刘海斌.矿井瓦斯治理及通风系统优化探讨[J].能源与节能,2021(11): 192-193.
- [12]肖少强,孟卓,宝银县.矿井通风机远程监控系统设计与应用研究[J].能源与环保,2021,43(9): 16-21.
- [13]孔祥鑫.地下矿山矿井主通风机选型设计及应用实践分析[J].当代化工研究,2020(16): 43-44.
- [14]冯宝梁.中压变频器在矿井主通风机调速节能改造中的应用[J].山东煤炭科技,2020(2): 104-105;108.
- [15]林永亮.矿井主通风机高压变频技术[J].机械管理开发,2017,32(4): 81-82.