

文章编号: 1671- 251X( 2009) 09- 0095- 05

# 基于全数字调节的矿井提升机电控系统的改造

沈占彬, 彭秋红

(平顶山工业职业技术学院, 河南 平顶山 467000)

**摘要:** 针对平煤集团八矿副井提升机采用 V- M 电控系统存在设备多、噪声高、电控复杂、可靠性低等缺点, 文章提出了一种由 SCR- D 系统代替 V- M 电控系统的改造方案, 介绍了 SCR- D 系统的结构, 分析了主要设备的选型, 详细阐述了全数字调节系统的工作原理, 并给出了系统的安装、调试。实际运行表明, 改造后的提升机电控系统具有保护完善、控制精度高、节能效果好等优点, 达到了预期目标。

**关键词:** 矿井提升机; 电控系统; SCR- D 系统; 直流调速; 数字调节

**中图分类号:** TD633 **文献标识码:** B

## 0 引言

矿井提升机是矿山关键设备之一, 肩负着运输矿石、物料、人员等任务, 其运行的安全性与可靠性至关重要。

平煤集团八矿副井提升机采用双直流电动机拖动方式, 直流电动机型号为 ZJD99/ 32, 额定功率为 800 kW, 电压为 400 V, 电流为 2 150 A, 励磁电压

为 110 V/ 220 V, 转速为 500 r/ min。该提升机原电控系统采用的是 V- M (发电机- 电动机) 电控系统, 该套电控系统存在着设备多、占地面积大、噪声高、电控复杂、可靠性低、维护困难、技术落后等缺点, 经过多年的运行, 模拟调节系统出现的软故障多次造成副井提升中断, 提升机的安全运行存在重大隐患。

随着计算机和 PLC 技术的迅速发展, 使得矿井提升机电控系统的全数字化改造成为现实。笔者对平煤集团八矿副井提升机电控系统进行了技术改造, 采用 SCR- D (晶闸管- 电动机) 系统代替原 V- M 电控系统, 由 2 台 PLC 完成提升系统的操作

收稿日期: 2009- 05- 19

**作者简介:** 沈占彬( 1968- ), 男, 河南南阳人, 副教授, 毕业于河南理工大学电气自动化专业, 现主要从事电气控制技术方面的研究与教学工作。联系电话: 0375- 7197058; E-mail: zhshen@ tom. com

倒频谱分析的物理意义即倒频谱在功率谱的对数转换时给幅值较小的分量有较高的加权, 其作用是既可以帮助判别谱的周期性, 又能精确地测出频率间隔。图 6 所示即为验证倒频谱分析而做的一个仿真界面。从图 6 可看出, 2 个模拟正弦波的频率分别为 10 Hz 和 100 Hz, 2 个信号相乘后信号输出波形图为调制波。从它的功率谱图和倒频谱图可见对功率谱图上较小分量有较高的加权, 而且在倒频谱图上谱的周期性也更易于判别, 从而可以很明显地分辨出 10 Hz 的频率成分。

## 2 结语

基于 LabVIEW 开发的虚拟振动测试系统基本实现了相关分析、FFT 频谱分析、功率谱分析、倒频谱分析和细化谱分析等。模拟信号的测试分析结果表明, 该系统达到了科学的机械故障振动诊断的目的——以最小的经济代价来保证系统的最大安全性

和可靠性。

**参考文献:**

- [1] [美] BISHOP R H. LabVIEW 实用教程[ M]. 乔瑞萍, 林 欣, 等译. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [2] 卢文祥, 杜润生. 工程测试与信息处理[ M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1994.
- [3] 孔德仁, 朱蕴璞, 狄长安. 工程测试与信息处理[ M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- [4] 钱 阳, 周月平, 陈俊伟. 基于 LabVIEW 的振动测试分析系统[ J]. 温州大学学报, 2005, 18( 4) .
- [5] 王文彬, 李梦更, 吴文英. 基于 LabVIEW 平台的振动测试分析系统开发[ J]. 仪器仪表用户, 2004, 11( 6): 25 27.
- [6] 周德照, 张进明, 江志农. 基于 LabVIEW 的旋转机械振动信号的采集与处理[ J]. 仪器仪表与检测技术, 2005, 24(3).
- [7] 李江伟, 汪 锐, 陈文戈, 等. 一种便携式旋转机械状态监测与故障诊断系统[ J]. 电机电器技术, 2001( 3) .

保护和行程监控功能,运行和测试表明效果良好。

1 提升机电控系统改造的技术方案

该提升机电控系统采用SCR-D系统后,原主

电动机不变,液压站、井筒开关、测速发电机在新系统中继续使用,具有以下优点:体积小、重量轻;电能消耗少;维修工作量少、安全可靠。SCR-D系统结构如图1所示。

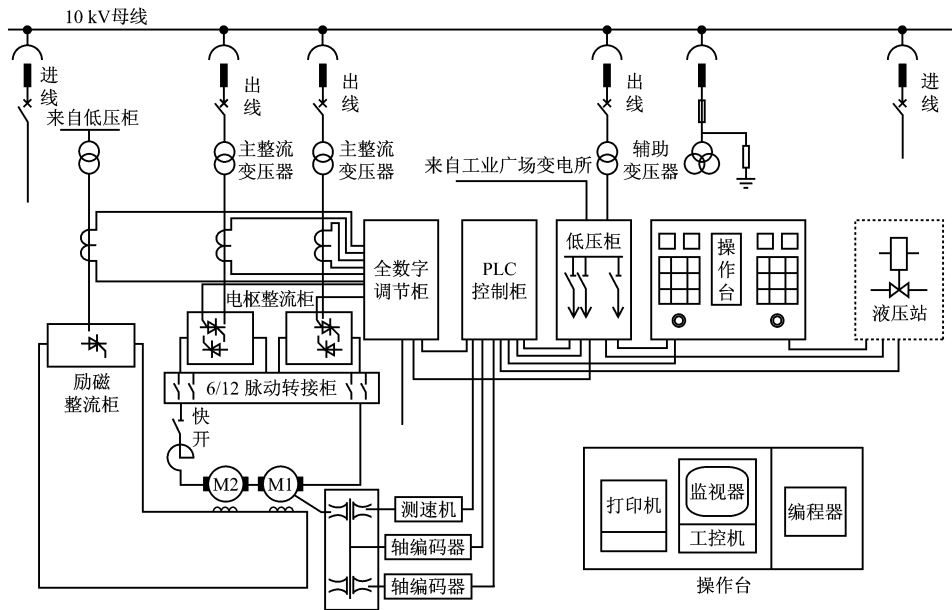


图1 SCR-D系统结构图

全数字调节柜采用以16位处理器为核心的全数字调节系统,实现对电枢电流换向、磁场电流单向、电流和速度双闭环的数字控制功能。

PLC控制柜采用2台PLC完成提升系统的操作保护和行程监控功能,其中一台PLC与轴编码器配合构成数字工作行程监控器,自动生成“S”型速度曲线,行程跟踪精度高,停车位置准确;另一台PLC构成操作保护。安全保护系统有2套,一套由PLC构成,另一套为继电器直动回路,实现PLC与继电器的相互冗余功能。

2 主电路主要设备的选型

2.1 主整流变压器的选择

主整流变压器理想空载直流电压 $U_{d0}$ 为

$$U_{d0} | v = \frac{U_{dn} + n_s U_t + \sum U_s}{\cos \alpha_{min} \left[ 1 - \frac{b}{100} \right] - K_g \left[ \frac{K_{xk}}{100} + \frac{\Delta P}{P} \right]}$$
$$= \frac{800 + 2 \times 102.25 + 0.5\% \times 800}{\cos 30^\circ \left[ 1 - \frac{6}{100} \right] - 2.2 \left[ \frac{0.5 \times 5.5}{100} + 0 \right]}$$
$$= 1\,073$$

式中: $U_{dn}$ 为变压器额定直流电压; $n_s$ 为整流回路元件串联个数; $U_t$ 为晶闸管正向压降; $\sum U_s$ 为

整流回路附加压降; $\alpha_{min}$ 为最小相控角; $K_g$ 、 $K_{xk}$ 为与整流电路形式有关的参数。

主整流变压器阀侧电压 $U_v$ 为

$$U_v | v = \frac{U_{d0}}{K_{uv}} = \frac{1\,073}{4.68} = 230$$

式中: $K_{uv}$ 为主电路接线电压形式参数。

则主整流变压器线电压选为400V。

主整流变压器阀侧线电流 $I_v$ 为

$$I_v | A = K_{IV} I_{dn} = 0.816 \times 2\,150 = 1\,754$$

式中: $K_{IV}$ 为主电路接线电流形式参数; $I_{dn}$ 为变压器额定整流电流。

主整流变压器等值容量为

$$S_T | kVA = 1.05 \times \frac{P_d}{2}$$
$$= 1.05 \times \frac{10^{-3} U_{d0} I_{dn}}{2}$$
$$= 1\,211.15$$

根据以上计算,考虑提升机启动频繁,应留有适当余量选取主整流变压器:额定容量为1250kVA,额定电压为6/0.40kV,2台主整流变压器的连接方式分别为D/Y-11和D/D-12。

2.2 电枢回路的选择

2.2.1 电枢回路晶闸管元件的参数选择

整流桥臂的反向工作峰值电压 $U_{RRM}$ 为

$$U_{RRM}|_V \geq 2 \sim 3 \times \frac{K_{uT} U_{u\Phi}}{nK_u}$$

$$= 2 \sim 3 \times \frac{2.45 \times 230}{1} = 1127 \sim 1690$$

式中:  $U_{u\Phi}$  为整流变压器二次电压;  $K_{uT}$ 、 $K_u$  为整流电路形式参数。

取  $U_{RRM} = 1800 \text{ V}$ 。

整流桥臂的平均工作峰电流  $I_{FA}$  为

$$I_{FA}|_A \geq 1.0 \sim 2.0 \times \frac{K_{IT} I_{dmax}}{nK_{I_nP}}$$

$$= 1.0 \sim 2.0 \times \frac{0.364 \times 2150 \times 2.2}{1}$$

$$= 1722 \sim 3444$$

式中:  $I_{dmax}$  为晶闸管最大工作电流;  $K_{IT}$ 、 $K_{I_nP}$  为整流电路形式参数。

根据以上计算, 考虑采用串联 12 脉动供电方式, 故选用额定通态平均电流  $I_{T(av)} = 2500 \text{ A}$ 、 $U_{RRM} = 1800 \text{ V}$  的风冷晶闸管元件。

### 2.2.2 电枢整流柜

电枢整流柜功率元件选用西安整流器研究所生产的 KP2500-18 型晶闸管, 交流侧进线电压与变压器二次侧电压相匹配, 设有交流侧过压保护、快熔保护、温度保护、阻容吸收装置及主回路绝缘监测。

### 2.3 励磁回路

根据电动机参数, 励磁电压为 55 V/110 V, 由于采用电枢换向, 故磁场采用 6 脉动供电方式。整流模块为意大利 IRK 公司生产的 IRKT230-20 模块, 其额定电流为 230 A, 耐压为 2000 V。励磁整流柜设有与电枢整流柜相同的保护。

### 2.4 平波电抗器的选择

使电流连续的临界电感值  $L_L$  的计算公式为

$$L_L|_{mH} = K_{LX} K_{uv} U_{V\Phi} / I_{min}$$

式中:  $K_{LX} = 0.223$ , 为电感计算系数;  $U_{V\Phi} = 230 \text{ V}$ , 为变压器二次相电压;  $I_{min} = 145 \text{ A}$ , 为连续电流最小值。则:

$$L_L|_{mH} = 1.29$$

电动机电枢电感的计算公式为

$$L_M = 19.1 U_N C_a / (2p I_N n_N)$$

式中:  $U_N$  为电动机额定电压;  $C_a$  为电感标么值, 无补偿电动机为 0.4, 有补偿电动机为 0.1;  $2p$  为电动机极数;  $I_N$  为电动机额定电流;  $n_N$  为电动机额定转速。则:

$$L_M|_{mH} = \frac{2(19.1 \times 800 \times 0.1)}{6 \times 2150 \times 500}$$

$$= 0.474$$

变压器漏感计算公式为

$$L_T = (K_n e / 100) \times (U_{V\Phi} / \omega I_{dN})$$

式中:  $K_n$  为变流变压器漏感计算系数;  $e$  为变压器短路电压百分值;  $\omega$  为电源角频率;  $I_{dN}$  为额定直流电流。则:

$$L_T|_{mH} = (0.634 \times 6 / 100) \times \frac{230}{2 \times 3.14 \times 50 \times 2150}$$

$$= 0.013$$

使电动机电流连续的电感值为

$$L_{\Sigma}|_{mH} = L_L + I_M + L_T = 0.803$$

通过上述计算, 可选择额定电流为 2500 A、额定电压为 800V、电感量为 0.9 mH 的平波电抗器。

### 2.5 快速开关

选用 DS14-32/150 型快速开关, 其额定电流为 3000 A。

## 3 全数字调节系统的工作原理

全数字调节系统软件由操作系统、上位机编程软件及应用程序 3 个部分构成。操作系统为实时多任务结构, 一是可保证单片机能以足够快的速度处理外来信息, 并在一定时间内作出响应; 二是使单片机能同时进行多种操作。上位机编程软件基于 Windows 操作系统, 实现了程序设计的图形化、结构化功能。全数字调节系统基本功能块包括系统硬件配置、算术运算、输入/输出、通信、诊断等, 如图 2 所示。

电流给定通常是速度调节器的输出, 电流反馈信号经 A/D 转换获得。电流调节器根据给定与反馈信号的差值控制晶闸管的控制角, 从而实现对电枢电流的控制功能。

在进行转速控制时, 为了限制电枢回路的电流, 存在着一个大输入信号下的恒流加速问题, 所以, 要求转速控制运算具有非线性特性。本系统采用电流、转速双闭环结构的 PI 调节算法。由于转速环的过渡时间与电流环相比要长得得多, 所以转速环通常按“模拟系统”校正方法的步骤调节输出限幅值。转速环开环, 只有电流调节器起作用。在综合调节参数时, 电流环通常校正成一阶系统, 转速环通常校正成二阶系统。

磁场电流控制由比例放大器、无环流逻辑切换器、PI 调节和数字触发 4 个部分程序组成, 在电流给定斜率调节器输出为正的前提下, 其输出经比例放大器放大 4 倍。这说明电枢回路电流为 25% 左

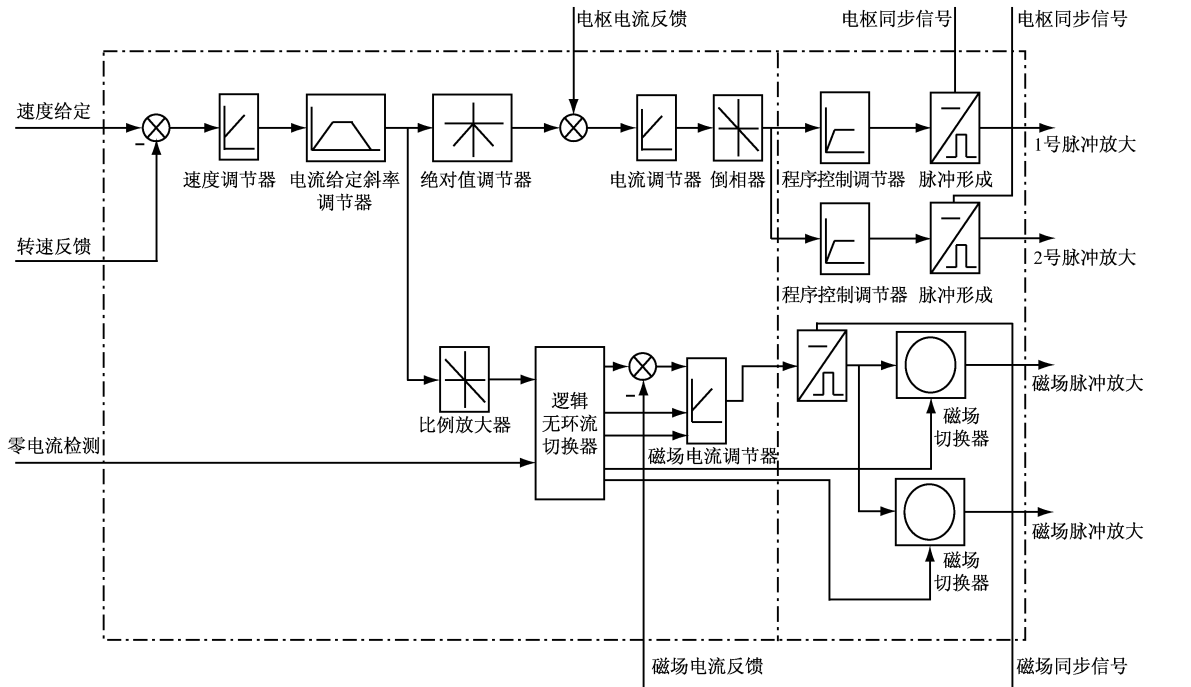


图 2 全数字调节系统功能图

右时, 磁场电流即达到额定激磁电流, 这样磁场响应会快一点。比例放大器的输出送到磁场无环流逻辑切换器, 极性变为负, 其输出送磁场电流调节器, 用于保证磁场电流给定值为负, 同时磁场无环流逻辑切换器的输出还分别送到磁场晶闸管装置脉冲触发通道, 使一组桥导通, 另一组桥处于封锁状态。

该全数字调节系统的脉冲触发板即为数字触发器, 其 CPU 采用单片机 8097。

4 系统安装与调试

4.1 系统安装

新系统安装时, 要求老系统正常运行; 调试期间, 提升机停运时间最短; 试运行期间, 新老系统能够相互转换。为满足以上要求, 综合考虑改造方案和现场情况, 安装方案要着重解决新设备的安装位置、新设备的电枢回路和励磁回路的接入位置、新老系统转换、动力电源铺设和室内电缆的走向等问题。

具体安装方案: 将新操作台设置在老操作台一边, 在井塔 3 楼(在防撞梁以上)靠近老系统电枢母线附近设置新的电控室, 用来安装新系统的其它设备。电枢回路的接入装置在老系统直流快开的出线处, 励磁回路接入位置选在原励磁发电机输出开关处。其它新老系统共用部分的转换靠在液压站处设转换插头来实现。在动力电源上, 为保证新老系统互不影响, 新铺一组 6 kV 高压作为新系统的主供电源, 备用电源新老系统共用。

4.2 系统调试

系统调试原则和步骤:

- (1) 先调好触发器, 再调整整流柜。
- (2) 整流柜先带电阻性模拟负载试验, 然后再带真实负载。
- (3) 先调好每组单桥, 再组成可逆线路调试。
- (4) 先调好励磁回路, 并可靠通电, 然后调试电枢回路。
- (5) 系统调试时先做开环试验, 后做闭环试验。
- (6) 先做“电流内环”试验, 后做“速度外环”试验。

5 结语

平煤集团八矿副井提升机 SCR-D 系统自 2006 年 5 月正式投入试运行以来, 运行情况良好, 达到了改造的预期效果。运行结果表明: 用 SCR-D 系统代替 V-M 电控系统, 技术先进、成熟、可靠, 保护完善, 控制精度高。该系统电控设备选型合理, 与提升系统匹配良好, 节能效果显著, 改造前提升系统每月耗电 44~48 万度, 改造后月耗电 23~26 万度, 每月节约电费 10 万元左右。

参考文献:

[1] 何凤有, 谭国俊. 矿井直流提升机计算机控制技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2003.  
[2] 伍 武. 电力拖动与控制 [M]. 徐州: 中国矿业大学

文章编号: 1671- 251X( 2009) 09- 0099- 03

## 基于 IGBT 串联的双管正激电路的设计

吴延华<sup>1</sup>, 阎交生<sup>1</sup>, 张伟<sup>2</sup>

(1. 黑龙江科技学院电气与信息工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150027;

2. 中国兵器工业第二零八研究所电子中心, 北京 102202)

**摘要:**单管单端正激式 DC/DC 变换电路应用于煤矿井 | AC 660 V 供电系统时,单管 IGBT 的容量可以达到要求,但价格昂贵。针对该问题,文章提出了一种新型的基于 IGBT 串联的单端双管正激电路的设计方案,分析了该电路的工作原理,介绍了串联 IGBT 的静态、动态均压措施。实际应用表明,该电路具有一定的可行性和实用性。

**关键词:** 高压; 双管正激电路; IGBT; 串联; 静态均压; 动态均压

中图分类号: TD611; TN86 文献标识码: B

## 0 引言

目前,各种电气设备中的开关电源大多数采用间接式 DC/DC 变换电路,先将直流电逆变为交流电,通过高频变压器隔离,再将交流电整流成直流电。该电路具有隔离性能好、便于提供多路输出直流电源等优点。单管单端正激式 DC/DC 变换电路尽管已经提高了输入电压,但对于矿井 AC 660 V 来说,单管 IGBT 的容量尽管可以达到要求,但是价格昂贵。因此,要想使 IGBT 实现高压应用,研究 IGBT 的串联应用技术,具有十分重要的应用价值和良好的市场前景。

## 1 基于 IGBT 串联的双管正激电路原理分析

基于 IGBT 串联的双管正激电路继承了正激电路的优点, 在增加 1 个 MOS 管和 1 个二极管的条件下, 省去了复位绕组, 同时将开关管的电压应力减小为输入电压  $V_{in}$ , 其电路原理如图 1 所示。

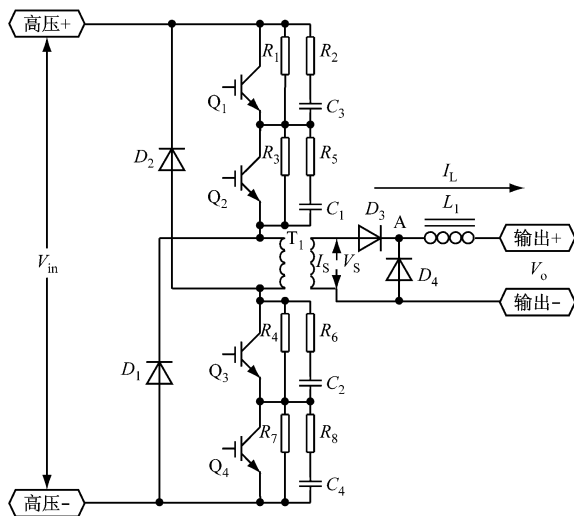


图 1 基于 IGBT 串联的双管正激电路原理图

图 1 中,  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  同时导通或同时关断。在导通时, 电源电压  $V_{in}$  加到变压器原边绕组上。稳态时, 由于上一个周期工作时电感线圈  $L_1$  已经有电流, 并通过二极管  $D_4$  导通, 构成负载电流的续流电路。新周期开始, 副边绕组由于  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_3$ 、 $Q_4$  的导通有了感应电动势, 则副边绕组、二极管  $D_3$  很快建立电流, 其速度受制于变压器和副边绕组电路的漏电感。因为在导通瞬间  $L_1$  上流过的电流  $I_L$  保持不变, 所以, 由于  $D_3$  有电流,  $D_4$  的电流也随之快速减

收稿日期: 2009- 05- 12

作者简介: 吴延华(1953—), 男, 上海人, 教授, 硕士研究生导师, 现从事自动化控制方面的教学与科研工作, 出版教材 2 部, 发表文章三十余篇。E-mail: wuyanhua108@163.com

出版社, 2000.

- [3] 莫正康. 电力电子技术 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [4] 李 铭, 郝用兴. TKD-A 系列矿井提升机电控系统的改造 [J]. 煤炭学报, 2006, 31(3): 26-31.

- [5] 周根合,徐银桥,于伟.智能型晶闸管加速装置在交流提升机电控系统中的应用[J].山东煤炭科技,2002(3):30-31.
- [6] 黄天成,李明,孙涛,等.微机数字触发器的研制[J].电子技术应用,2002,28(8):37-39.