

· 传动与控制 ·

ACS 6000 SD 中压变频传动系统在高速线材轧制中的调试及应用

伍 勇

(湖南华菱湘潭钢铁有限公司 棒材厂, 湖南 湘潭 411101)

摘要:湖南华菱湘潭钢铁有限公司新建高速线材生产线,传动系统采用国产同步交流变频电动机,电控系统采用 ABB 三电平中压变频器 ACS 6000 SD,变频器功率元件采用 IGBT。介绍了电控系统硬件配置,对传动硬件选型和同步电动机励磁控制方式选择等进行了对比和分析,着重介绍了整流单元同步电压与主回路电压相序校验方法和逆变单元对电动机转子绝对位置编码器位置偏差的调试。另外对系统在试运行期间发生的一些典型故障作出分析、判断和总结,为今后系统故障处理提供一定的参考思路。

关键词:中压变频器;大功率集成门极换向晶闸管;编码器定位;调试

中图分类号: TG333.15 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-7059(2009)03-0041-04

Application and debugging of ACS 6000 SD medium voltage frequency inverter in high speed wire rolling

WU Yong

(Rod Mill of Hunan Valin Xiangtan Iron & Steel Co., Ltd., Xiangtan 411101, China)

Abstract: For newly-built high speed wire production line of Hunan Valin Xiangtan Iron & Steel Co., Ltd., AC variable frequency synchronous motor, made in China, was adopted in drive system, ABB three level medium voltage frequency inverter ACS 6000 SD was used in electrical control system, and power element of inverter was IGBT. Hardware configuration of electrical control system is introduced. Selection of drive hardware and choice of exciter control mode of synchronous motor are compared and analyzed. Debugging of rectifier unit and inverter unit is discussed. Phase sequence checking method of rectifier unit synchronous voltage and main circuit voltage is introduced, and debugging steps of inverter unit position deviation of rotor absolute position encoder is described. Analysis and judgement of some typical faults during test running of the system are summed up. It provides a reference for troubleshooting in future.

Key words: medium voltage frequency inverter; IGBT (Integrated Gate Commutated Thyristors); encoder positioning; debugging

2006年湖南华菱湘潭钢铁有限公司新建大盘卷高速线材生产线,主要机械设备精轧机和减定径轧机由德国 SMS MEER 公司制造,其中精轧机设计为 6 机架,减定径轧机为 4 机架,两套轧机的驱动电动机都是国产 5 000 kW 同步交流变频电动

机,电动机的主要参数为:电枢电压 3 150 V;转速 900/1 500 r/min;频率 30 Hz。主变压器为国产变压器,主要技术参数为主变压器容量 2 × 6 650 kVA;电压等级 35 000/3 160/3 160 V。考虑到精轧机和减定径轧机采用独立的工艺布局,且为了

收稿日期:2008-12-02;修改稿收到日期:2009-03-13

作者简介:伍 勇(1973-),男,湖南湘潭人,工程师,主要从事电气自动化技术管理工作。

满足其宽范围和高动态调速性能的要求,电控系统采用了 ABB 公司的三电平中压变频器 ACS 6000 SD,变频器的功率元件采用当今国际上技术成熟的大功率集成门极换向晶闸管 IGBT。生产实践的检验证明,该系统能够满足工艺和设计要求。

1 硬件配置及特点

根据湘钢大盘卷工艺布局和机械设备的配置,ACS 6000 SD 传动系统采用集中整流/公共直流母线带两个逆变单元的硬件配置形式,如图 1 所示。

其中整流部分有两个有源整流单元,分别是

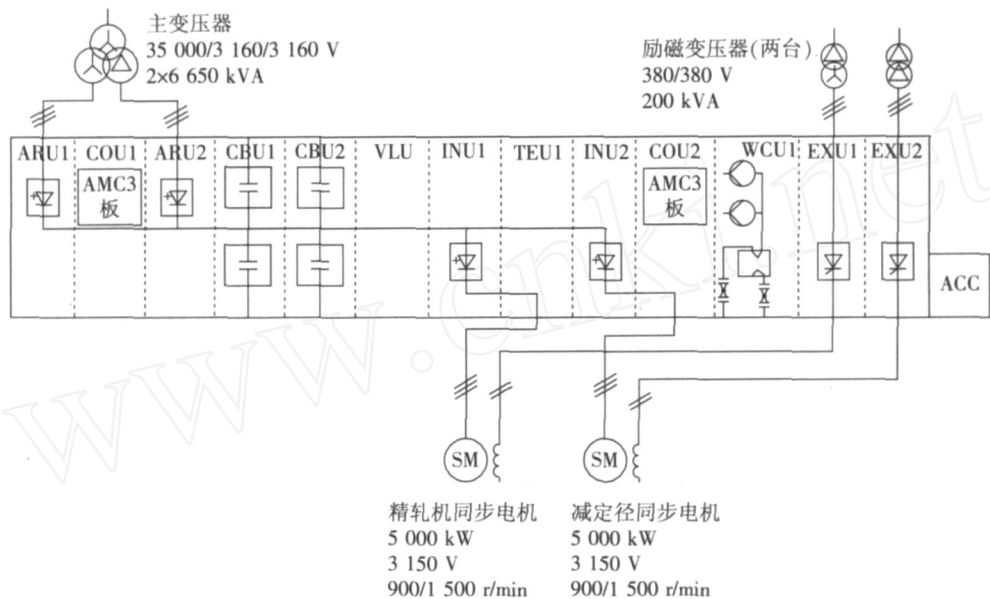


图 1 ACS 6000 SD 传动硬件配置

Fig. 1 Hardware configuration of ACS 6000 SD

ARU—有源整流单元;COU—控制单元;CBU—电容组单元;VLU—电压限制单元;NU—逆变单元;TEU—接线端子单元;
WCU—水冷却单元;EXU—励磁单元;ACC—辅助控制柜;AMC3—系统控制板

ARU1和 ARU2,ARU1连接至主变压器的 Y型连接二次绕组,ARU2连接至主变压器的 Δ型连接二次绕组,ARU2的进线电压波形超前 ARU1进线电压波形 30° 。两个整流单元组成六相整流回路,将直流电压共同输出到直流公共母线,以此来获得相比三相整流更为连续的直流电压波形。整流单元所采用的功率元件为 IGBT。

逆变单元 NU1和 NU2将直流逆变成交流,并分别提供给精轧机和减定径轧机电动机。逆变单元与整流单元在硬件方面基本上相同,功率元件也采用 IGBT,且 IGBT的型号、容量等级都与整流单元相同,因此具有互换性。

滤波环节主要是电容组单元 CBU1和 CBU2,由预充电回路、电容组、电压限制单元(VLU)、接地刀开关等组成。CBU的作用是通过电容的滤波作用获得平滑的中间直流母线电压。电压限制单元 VLU设置在 CBU旁边,其主回路连接在公共直流母线上,该装置的作用就是当外界因素或负载发生较大变化时,将直流母线上多余的能量消耗

到该装置的电阻上,以保证稳定的直流母线电压,从而达到保护整流柜和逆变柜内主 IGBT的目的。接地刀开关的主要作用是在系统停电检修时进行人员安全保护。

主回路接线端子单元 TEU1,用于精轧机逆变单元 NU1与精轧机电动机的接线连接,该单元设置了电动隔离开关,系统主回路断电的情况下,隔离开关自动断开,形成物理分断点,以保证检修、维护人员的安全。而减定径逆变单元与减定径电动机的接线端子单元设置在 COU2柜后半部分,硬件配置和功能与 TEU1相同。

励磁单元 EXU1和 EXU2采用有刷励磁方式,通过三相全控桥式整流这一成熟技术分别提供两个同步电动机的磁场电源。

水冷却单元 WCU1,主要由两台水泵和去离子装置组成,水泵一工一备,可根据软件设定自动切换,其作用是使冷却水在功率元件散热器和去离子装置中循环流动,以便冷却功率元件。去离子装置的作用是吸收冷却水中的导电离子,使冷

却水绝缘值达到系统要求。

控制单元 COU1 和 COU2, 是整个系统的核心部分, 其系统控制板 AMC3 运用矢量控制技术和直接转矩控制技术分别实现整个系统的整流和逆变最优控制。COU1 中有两块 AMC3 控制板, 一块用于控制 ARU1 和 ARU2, 一块用于控制精轧机的 NU1。COU2 中只有一块 AMC3 控制板, 用于控制减定径轧机的 NU2。

ACS 6000 SD 系统的应用软件主要集中在辅助控制柜 ACC 的 AC80 控制器中, 该应用软件主要监控电动机本身的绕组温度、轴承温度、轴承油流量、风压。电动机冷却风机的起停控制、电动机加热器控制等。各种故障报警信号通过光纤传输到 COU 主控制板通道 4, 从而实现对精轧和减定径两台大电动机本身的连锁保护。

系统硬件配置的特点如下:

(1) 系统整流单元采用了 ARU, 与二极管整流单元 LSU 相比, 能实现整流单元的四象限运行, 具有较高的动态性能, 紧急制动能及时将直流母线的多余能量逆变反馈到电网, 起到节能作用, 功率因数接近 1。同时避免了采用 LSU 整流时配套制动电阻装置过热而导致的系统不稳定。虽然 ARU 比 LSU 的一次性投资多, 但其设备易于维护且备件准备方便。

(2) 整个系统的核心功率元件 IGBT, 是系统中单件价值最贵的器件, 总数 50 个, 无论是整流、逆变还是电压限制单元, 均采用同一型号 9 MVA 产品, 相比国内其他厂家在一个系统中同时配置了 7 MVA 和 9 MVA 甚至 11 MVA 产品来说, 备件的互换性高, 且在一定程度上减少了用户的备件储备费用。

(3) 电动机采用有刷励磁形式, 摒弃了无刷励磁, 使得励磁控制系统比较简单且系统的转矩特性较硬, 对于动态性能要求较高的高速线材减定径轧机无疑是一个有利的选择。而且有刷励磁的同步电动机结构简单, 利于实现电动机的国产化和日常运行维护。

综上所述, 我厂对高速线材精轧机和减定径轧机电气传动的选型和硬件配置, 在满足工艺要求的前提下, 对于设备的长期稳定、经济运行十分有利。

2 系统调试

传动系统的调试分为 ARU 调试和 NU 调试。

2.1 ARU 调试

ARU 调试之前, 必须校验主回路和同步电压的相序, 一般采用的基本方法是在主电源 (高压) 断开的情况下, 在主变压器和同步电压互感器的一次侧同时接入低压 (380 V) 三相电源。如图 2 所示, 以主变压器的连接组别 Y/Y/ - 12.11 为例, 在 ACS 6000 SD 传动控制单元 COU 内, 将 4 通道示波器的前 3 个通道探头接成三角形形式, 分别接到控制单元同步变压器的三相输入端子 U1, V1, W1 上, 第 4 通道依次分别测试主回路的接线头 A1 B1, B1 C1, C1 A1; A2 B2, B2 C2, C2 A2。如果相序正确, 那么 Y 连接二次绕组的三相电压应分别与同步三相电压同相, 而 Y 连接二次绕组的三相电压应分别比同步电压超前 30°。

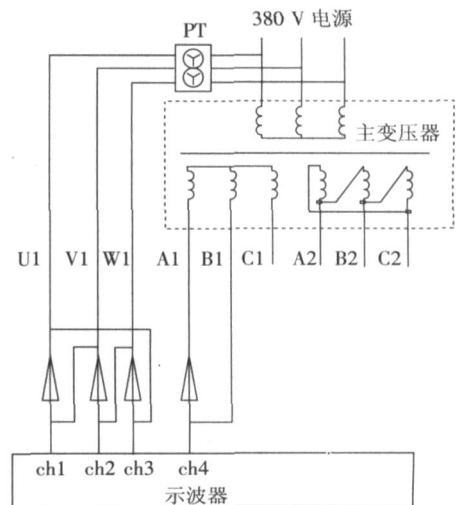


图 2 同步电压相序测试连接图

Fig. 2 Connection diagram of synchronized voltage phase testing

值得提出的一点是: 在校验相序过程中, 需要将 ACS 6000 SD 的主进线与传动柜断开, 以消除电容器组对模拟电压的影响, 从而获得正确的模拟电压幅值。

在确认系统相序正确以及对操作控制部分检查无误的情况下, 给传动系统的控制部分上电, 下装整流单元控制板 AMC3 的基本参数。

确认各种连锁信号完善的条件下, 给 WCU 加入纯净水, 启动冷却水泵使冷却水在整个系统的冷却管道和去离子装置中循环流动, 目的是将水的电导率降低。同时检查整个冷却管道是否密封良好, 监控冷却水的电导率变化, 直到电导率降低到系统的设定值。

在操作控制部分上电正常后,按照要求在系统主回路上电前,必须检查整个传动柜的绝缘状况,要求在 5 000 V 直流耐压情况下的绝缘电阻值不小于 0.5 M。

完成绝缘测试后,为了检测电容单元 CBU 的充电特性和预充电回路是否可靠工作,对电容进行了预充电实验,先将主变压器进线开关放置在试验位置,其他条件模拟系统正常时的工况。充电实验共进行 3 次,第 1 次充电至 1 600 V 左右,第 2 次充电至 2 000 V,第 3 次充电至 4 300 V,利用调试软件监控系统的中性点电压和电容器的直流电压,如果正常,中性点电压在充电过程中不应超过 200 V,直流母线电压充电曲线光滑无突变。

至此,可以上电调试主回路 ARU,利用调试软件将整流控制选择为二极管模式,进入 ARU 的首次启动,并监测电容的充放电曲线,二极管模式成功后将整流控制选择为矢量控制模式,实施其第 2 次启动,二次启动成功之后,需调谐整流控制的动态性能,保障外界扰动状态下,直流母线电压快速进入稳定状态。此时 ARU 的调试基本完成。

2.2 INU 调试

在启动电动机前,先监控 ACC 控制柜 AC80 控制器程序,确认电动机本身的各种连锁信号是否正常。我们根据现场实际,修改了原来的标准程序,将主电动机空水冷却包的风压信号接入系统,参与对电动机的连锁保护,实际证明这样做在日后的系统检修维护中,防止了冷却风压不够而烧损电动机的事故。可见该保护功能起到了很好的作用。

而对于电动机磁场的调试,有励磁比无励磁简单。首先利用调试软件连接 EXU 的控制板,使能磁场控制字,利用万用表在磁场电流分流器上检查磁场给定与输出磁场电流的对应关系。然后适当调整磁场控制环节 PI 调节器的 K_p 和 K_i ,以保证磁场变化时磁场电流很快进入稳态且超调量小。

电动机首次起动前的最后一个调试步骤是对转子绝对位置编码器进行定位,主要步骤如下:

(1) 将 NU 的控制盘设为本地,并合上传动主开关。

(2) 建立调试软件与精轧逆变控制板的连接,先将编码器的偏差参数设定值设为 0,然后将偏差计算命令使能,在控制盘上按起动按钮使传动系

统运行。

(3) 设定编码器定位直流电流由 10% 逐渐到 60%,同时监控磁场电流和 NU 三相电流以及位置偏差计算值,要求磁场电流不能超过额定值。

(4) 现场人员观察到电动机停止转动且控制板中编码器的计算偏差参数值稳定不变时,在控制盘上按下停止按钮使系统停止运行,记录此时的计算偏差参数值,并将其修改为编码器偏差参数设定值。

(5) 编码器定位直流电流设为 0,取消偏差计算命令,关断主开关。

在今后的日常维护中,只要电动机的绝对位置编码器进行过重新安装,就必须实施转子编码器定位操作,修正位置偏差,才能保证电动机的正常运转。

完成以上步骤后,实施电动机的本地内控不带编码器首次起动,如果首次起动顺利通过,进入带编码器运行环节,如果由于某种原因系统得不到编码器反馈信号,则会报出编码器错误报警并停车。在系统带编码器运行时,能够监控到速度编码器计算的转子位置和绝对位置编码器实测的转子位置,正常情况下两者应该相等。

至此 NU 的基本调试完成,为了满足工艺对系统负载状态下高动态指标的要求,还必须对整个系统的动态响应特性等进行精调。

3 系统故障分析和判断

ACS 6000 SD 中压变频传动系统在我厂投入使用后,运行比较稳定,出现的一些故障在系统投运初期也在所难免。现针对我厂出现的两个典型故障进行分析和总结。

第 1 次故障发生在轧机带负载时,ARU 偶尔出现重故障逆变器过流 (NT0 Overcurrent) 跳闸,停控制板电源并复位后,有时系统正常工作几个小时后又再次跳闸。

根据故障现象,先检查 ARU 的电流监测回路是否异常,如负载是否太大、电流电压测量板 CV-M 是否损坏等,如果电流监测回路正常,一般基本可以确定是 ARU 的某个 IGCT 模块出现了问题,根据报警区域为 NT0,判断问题模块存在于 ARU1 柜内,通过用光纤测试 IGCT 触发性能的方法,发现 C 相一个模块的触发电压异常,出现触发明显延迟,更换模块后,系统试车正常。

(下转第 48 页)

常桥臂组。图 4 中实线箭头表示充电回路。

如图 4 所示,当 W 相内桥臂 Q2 损坏时会产生过电压、当系统检测到有故障时,全部桥臂采用脉冲封锁而关断,在这种情况下会存在过电压。如果 P-N 产生过电压,那么 U 相和 V 相的正常桥臂组可能将会因为过电压而损坏。

当 P-N 电容充电时, DP 的并联电容也同时充电,而 DP 二极管是中性点钳位式二极管,如果 Q1 的发射极电位比中性点电位低,DP 二极管将导通。当 DP 并联电容被充电到 V_{DP} 时, Q2 的集电极电位也就被钳制在 V_{DP} ,这是因为在同侧两个器件同时处于阻断状态时,内侧桥臂承受的电压可能超过一半的直流母线电压,具体电压取决于同侧两个桥臂的漏电流匹配关系。图 4 虚线箭头所示为异常过电压回路。

3 改进措施及效果

由于钳位式二极管保证了桥臂中最外侧的两个 IEGT 承受的电压不会超过一半的直流母线电压,所以,最外侧的两个 IEGT 不存在过电压问题。为防止过电压损坏内侧 IEGT,我们在 DP 侧和 DN 侧的内侧各并联了一个 60 k 的电阻,如图 5 所示,该电阻与并联的电容器实际上构成了一个阻容过电压吸收器,可以防止产生过电压损坏内侧的两组 IEGT 桥臂,图 5 中虚线箭头表示改造后的

过电压吸收回路。

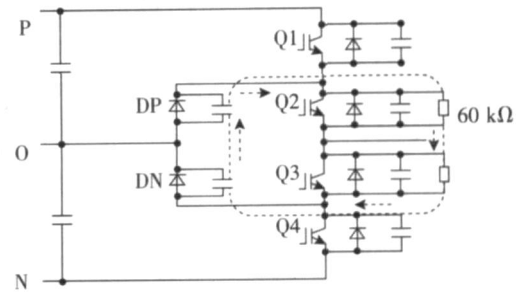


图 5 改造后的过电压保护

Fig. 5 Over voltage protection after modification

另外,由于原 AC 铜母排在更换桥臂或日常的维修过程中容易引起机械变形,这种变形会引起母排连接处的电阻升高,在长期运行中出现金属腐蚀,从而导致变频器出现不可预见的问题,因此在本次改造中我们将其更换成机械强度更大的铜母排,解决了这个问题。改造后,实际应用证明所采取的措施提高了 IEGT 桥臂的抵抗冲击、振动的能力和抗击过电压能力,也提高了系统的可靠性。

参考文献:

- [1] 胡崇岳. 现代交流调速技术 [M]. 北京:机械工业出版社, 2004.

[编辑:沈黎颖]

(上接第 44 页)

对故障处理的总结: ARU 出现过流时,在电流监测回路正常的前提下,一般认为 IGBT 损坏。而对 NU 还应该考虑速度编码器反馈回路、位置编码器反馈回路等是否存在问题。

第 2 次故障是中性点电压不平衡 (NP Voltage) 故障跳闸,发生在系统合闸预充电过程中。

检查 ARU 和 NU 控制盘直流母线的中性点电压,发现 3 个中性点电压同时升高并超过跳闸设定值,通过检查整个直流母线上的二极管,确定是 ARU C 相的一个续流二极管损坏所致。

对故障的处理总结:一般充电过程中发生此故障时,如果确定是整流单元的续流二极管损坏,那么在判断故障时还应同时监控整个直流母线的中性点电压,如果发现一条直流母线上有的中性点电压显示没有发生变化,则应考虑发生变化的整流或逆变单元的电压隔离板 HVD 或电流电压

测量板 CVM 可能损坏。

4 结束语

ACS 6000 SD 中压变频传动系统在湘钢大盘卷高速线材精轧机和减定径轧机主传动上的应用,不仅很好地体现了该系统的高动态响应、宽范围调速性能,而且改善了电网质量,提高了电网功率因数,虽然一次性投资较高,但与交交变频系统相比,省去了谐波补偿装置,与 20 世纪八、九十年代广泛应用的负荷整流逆变系统相比在技术上更加先进,且免去了驱动电动机的特殊制造。因此选择 ACS 6000 SD 中压变频传动系统或同类产品作为高速线材主传动控制是今后的一个发展趋势。另外,通过对系统严谨精密的调试,实现了传动系统重载下动态精度小于 0.2% S 的指标。生产实践证明,该系统运行稳定,为湘钢大盘卷高速线生产取得了良好的经济效益。

[编辑:沈黎颖]