

「控制系统」

基于140 t LF精炼炉SVC的设计与应用改进

文/山钢股份莱芜分公司炼钢厂 殷志辉

山东莱钢建设有限公司 于春峰

山钢集团莱芜钢铁集团有限公司工程部 郭宗华

对140 t LF精炼炉35 kV SVC装置主回路、监控、智能无线测温等系统软硬件进行了开发设计、消缺, 以及GPRS远程无线传输和异地组网等功能拓展, 具有高速数据采集、集中监控、操作方便等优点, 谐波污染等控制指标符合国标要求, 提高了线路的输送功率, 并可节省电耗, 效益可观。

为改善冶金厂区35 kV电网质量, 莱钢拟新增140 t LF精炼炉静止型无功补偿器 (Static Var Compensator, SVC) 配套项目, 以快速调节无功电源和系统电压的稳定性, 使电能损耗降低, 抑制闪变和功率振荡, 并将三相不平衡度等指标调整在合理的范围内。

论证阶段

LF精炼炉35 kV主变压器由上级110 kV变电所供电, 冶炼时频繁起弧, 从电网吸收大量的无功功率, 对电网造成极大冲击, 引起电网电压急剧下降, 严重危及其他用电设备的正常工作。

针对系统电压不稳的现状, 通过中国电力科学研究院对精炼炉冶炼时35 kV进线参数的实测统计、推算和仿真分析得出: 谐波电流含量以2~5次为主, 电压波动、三相电压不平衡度、平均功率因数均超标, 只有谐波电压畸变率和2次谐波接近国标要求。

根据上级110 kV变电所供电方式, 为避免发生谐波放大、系统谐振、过欠补偿等因素, 选用3次、4次和5次3组单调谐波滤波支路和TCR支路组合的最优配置, 实现三相同时、分相和三相平衡化方式动态调整补偿容量, 有效滤除3、4、5次谐波电流和平衡负载的波动, 满足LF精炼炉冶炼对无功功率的补偿要求。

设计阶段

总设计包括一次系统、监控系统和无线测温系统, 其配置如下。

1. 一次系统

由3次、4次、5次滤波电容器、滤波电抗器、TCR水冷晶闸管阀组等组成, 连接方式为: 阀组由2个高压晶闸管反并联的多个阀单元连接, 分上下两个阀层, 电容器组为单台串并形式的双星接线, 相控电抗器上下部分接成三角形, 主回路接线如图1所示。

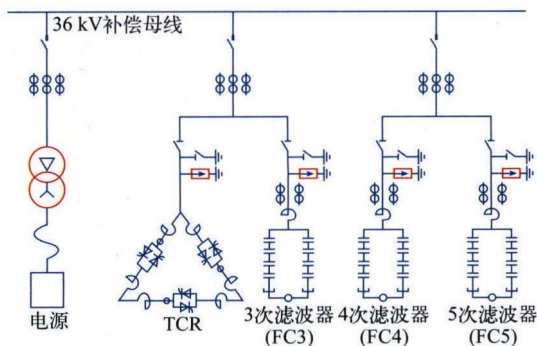


图1 主回路接线示意图

2. 监控系统

自底向上依次由调节控制、监控保护、后台操作站等多个子系统组成, 采用上、中、下分层分布式结构互连, 通过CAN总线通信, 实现数据

共享和采集监控, 各层相互隔离, 并设有急停按钮, 紧急情况下发出断开总断路器命令退出整个系统, 复位该按钮所有投入操作和保护有效, 系统总体架构如图2所示。

1) 上层控制。由具有远方终端RTU功能的SCADA后台操作站等组成, 可以向远端调度主机发送数据和接收控制命令, 按照CDT通信规约与中层监控平台进行通信, 通过人机交互界面, 实现SVC母线电压、电流、功率等电量测量及各支路主要设备全部运行状态的远方监控和集中显示操作投退, 如故障后台分析、离线系统分析、模拟操作过程和实时仿真系统参数提供故障辅助分析功能。

2) 中层控制。由就地工作站, 主监控、调节运算、保护等单元组成, 各单元通过串行CAN总线以点对点方式交互数据, 并根据系统运行方式, 执行SVC控制策略, 调节TCR触发角, 实现动态调节目标; 对TCR控制系统内部、水冷系统等进行监控, 对滤波器支路和TCR进行保护; 内嵌DSP高速数字信号处理器调节单元, 辅以高速数据采集通道, 实现实时控制量计算, 到达最优控制效果。

3) 底层控制。由智能水冷监控系统、阀检测、触发控制等所有测控子单元构成, 各智能处理单元和中间管理层之间通过RS 485/232和I/O硬接线双重连接, 以多主方式实现点对点广播通信, 随时发送监控单元采集处理的故障、状态、测量等数据和运行方式及命令执行结果, 并接收就地工作站、后台操作站及调节单元等的控制命令, 可单独进行TCR阀单元光电触发逻辑变换的智能监控保护、开关保护、各信息采集及辅助保护等, 通过光纤实现对每一个晶闸管工作状态和BOD动作次数的监视。

3. 软硬件组成

系统由研华嵌入工控机就地工作站、西门子S7-200 PLC和TP270A触摸屏组合控制的水冷系统、戴尔系列后台操作站、网络附件等硬件组成; 监控软件为Windows XP下的系统、支撑、公用、通信接口等软件, 为就地工作站、后台操作站提供友好的人机界面和有效直观的信息, 其中PLC和触摸屏采用Simatic博途软件的Step7 V5.5编程和工程组件WinCC Flexible软件对人机界面进行开发设计和组态, 使操作、维护灵活方便。

4. 系统功能

该装置通过多微处理器协调控制和多重监控

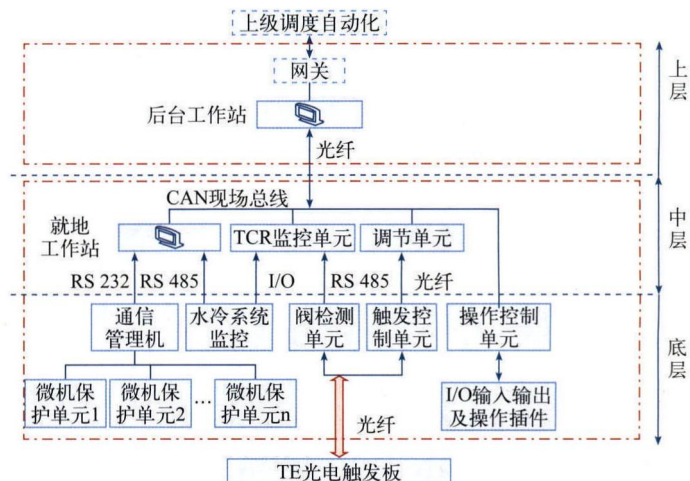


图2 分层分布式监控系统总体架构

及保护, 对各滤波支路进行自动调节和对无功最优补偿, 与TCR快速调节相配合, 实现主回路断路器分合闸、联锁、联跳动作等综合过程自动控制, 人机界面内嵌断路器防误操作闭锁逻辑, 其现场工作站和后台操作站实行操作方法完全相同的抢先机制, 即一个得到操作权限时, 另一个禁止发出任何操作命令, 只作为一个通信桥梁, 就地工作站是维修调试和巡视的人机操作界面, 后台操作站供值班人员实时监控设备运行状况。

1) HMI画面。主窗口区显示主接线、水冷系统和阀组件3个视图, 通过单击“视窗管理”窗口切换选择; 其他窗口区显示实时历史曲线、历史事件记录和命令查看、晶闸管状态监视和保护类型、系统设置功能等信息; 状态区显示当前工作站操作权限和相关状态, 例如, 向各执行单元发送设备选择操作命令、事件回报信息、系统时间事件报表检索和打印等功能; 主接线画面实时显示各支路电流、母线电压值和开关状态; 水冷系统画面显示流量、压力、温度等实时数据的故障状态; 阀组件画面显示阀元件状态和阀BOD动作累计值, 当阀的BOD动作次数累计到保护设定值时, TCR保护动作跳闸。

2) 智能监控单元。包括主监控单元和辅助保护单元, 主监控单元连接阀光电、冷却装置、装置内部等子单元, 通过CAN现场总线与调节运算控制单元、就地工作站和后台操作站通信, 监控其工作状态, 实时采集TCR支路电流、系统电压等参数, 监控和保护晶闸管阀组、水冷系统和控制系统内部硬件, 通过查询及I/O相结合的处理方式, 对阀单元的保护做到及时可靠, 根据阀检测

单元汇报故障阀的异常状态等信号,发出跳TCR命令;调节控制单元由DSP板、触发板、调理板等组成,将采集系统电压、电流信号经A/D转换运算,获得晶闸管触发延迟角计算值和滤波器投切值,并以光脉冲形式向监控系统发出滤波器投切命令。当系统有故障时,禁止投入TCR支路,当TCR投入时,按故障报警、闭锁、跳闸级别及时退出,防止故障扩大。

3) 支路监控保护单元。采用多功能微机综保等辅助单元,与上位机进行数据通信实现遥测功能,通过控制字选择跳闸或告警,装置遇故障根据预设值无条件跳闸。各滤波器支路设有二段过电流、避雷器过电压、欠电压电流闭锁、电容器组中性点悬空双星接线不平衡电流保护等。为有效切除击穿的电容器,避免对滤波回路造成影响等限制因素,电容器还设有内外熔断器的辅助保护。TCR支路设有主、辅助动作优先级的双重保护,其中电流速断、限时过电流、过载、母线过电压和欠电压电流闭锁为主保护,监控系统内部同步信号异常、丢脉冲和误触发、电源和水冷系统异常、I/O通道等硬件故障的辅助保护为后备保护,故障时监控系统立刻闭锁主回路触发输出,退出TCR支路,避免导致主系统产生故障。

4) 跳闸与闭锁。正常情况SVC有TCR+FC3、TCR+FC3+FC4、TCR+FC3+FC4+FC5这3种方式运行,故障状态下各支路的运行联跳逻辑视情况设定,监控系统在故障时发出就地和远程报警以及开关跳闸信号,如:出现零序过电流,不平衡电流、限时过电流、欠电压等达到延时后保护动作跳闸,并关闭晶闸管阀组;当TCR阀检测单元检测到阀组每一个晶闸管击穿时发报警信号、每串两个晶闸管击穿时发触发闭锁信号,脉冲时序逻辑由双脉冲转换为单脉冲,关闭晶闸管阀组,防止晶闸管触发导通,同时使TCR支路分闸,当调节单元发出触发信号不在触发保护窗口时,触发逻辑停止发出任何触发TCR脉冲。

5) 水系统联锁。由PLC和触摸屏与主机无缝结合,实现自动状态下远程起停和运行状态监控,并设有联锁回路,TCR运行或水机未投入,监控单元闭锁停水机或拒绝投入SVC操作命令;当出现流量、压力、温度及液位异常等设定告警值报警,达到跳闸值退出TCR支路,防止造成阀故障或过热损坏;水机起动后,如TCR主控制器未收到任何接点报警信号,可通过延时确认水机

正常运行,否则起动命令无效。

5. 测温系统

35 kV SVC智能无线温度监测系统主要由无线温度传感器、测温接收终端、RS 485通信网络、RS 485/232转换器和温度监控主机等组成,其网络架构如图3所示。

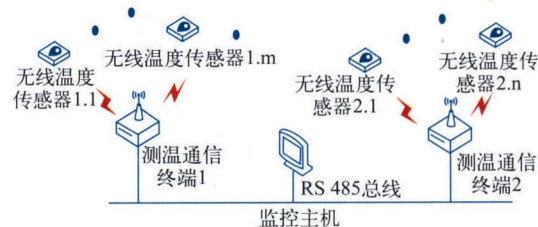


图3 无线测温网络架构图

1) 硬软件。监控主机为戴尔双核工控机,软件为Windows XP系统下的多媒体语音软件、集中监控管理软件和电力设备在线温度监测预警组态软件等,在线显示检测点温度值和设定温度报警值及传感器失电报警。

2) 系统功能。数字集成温度传感器与测温终端之间自动建立无线通信,传输温度测量数据,实现电气“五防”封闭开关柜内高压电缆头、进出线母排等的温度自动巡检测量和数据记录,无线测温终端通过网线将各监测点温度数据上传到监控主机,供分析和在数据库中长期保存,并远程设置每个温度监测器报警值,具有曲线画面打印、监控画面截图、历史曲线截图、防止非专业人员修改设置的权限管理等功能。

3) HMI软件主界面。可实时显示各个测温点的实际温度、多样化图表历史数据、温度变化趋势曲线,具有趋势图预测分析、历史记录查询、温度异常分析、预防报警和事故报警等功能,由程序通过系统数据库及智能化处理策略,自动对选定日期的测温数据进行全面分析,判定各测温点是否出现温度超限、探头故障等异常现象,事先发出预警和超限报警提示,为预知维修提供可靠的准确依据。

完善阶段

1) TCR装置改进。系统投运后,实测谐波和无功补偿严重超标,主要原因为SVC装置处在距LF炉35 kV高压母线约1 km外,TCR调节采样信号电流互感器二次电流为5 A,传输电缆截面面积为2.5 mm²,回路阻抗大,使信号传输衰减不稳定,经计算比对,将互感器变流比由600/5更换为

800/1, 电缆截面面积更换为 4 mm^2 , 投运后各项指标合格, 其波形如图4、图5所示。

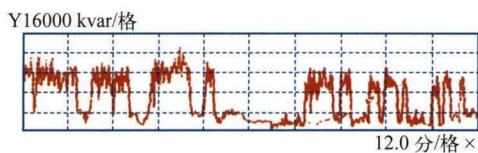


图4 精炼炉工作时冲击性无功功率

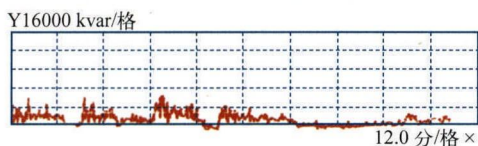


图5 精炼炉工作时投入SVC后的冲击性无功功率

2) 视频安防监控。为确保有效监控设备运行状况, 在重要部位增加工业电视进行辅助监控, 作为对“四遥”的进一步补充和完善, 实现遥控云台上下、左右和镜头变倍、聚焦及预置位调整的跟踪控制和画面异动报警等功能, 减少运行人员靠近高压带电设备和火灾事故发生的危险性。

3) 远程监控联网。为便于随时掌握测温系统的运行情况, 增加GPS同步对时和GPRS通信模块与电信系统联网, 实现手机短信报警, 用光电转换器和光纤续接的方式把接收终端的RS485信号传送到公共管理工作站, 与原来的3套SVC监控工作站合并。

研 论 分 析

对于距离比较远的电流采样回路, 其电流传输方式的选择至关重要, 选择智能化方式较为理想。

1) 网络智能采样。用电子互感器代替传统的电磁式互感器和变送器, 消除铁心的磁饱和、铁磁谐振等影响, 又具有动作范围大、精度高、相应速度快、绝缘性好、抗干扰能力强等优点, 将采样信号经数模转换, 通过网线或光纤连接交换机, 经监控系统计算完成控制任务, 实现信息采集的智能化。

用二线制变送器传输 $\text{DC}4\sim 20\text{ mA}$ 电流模拟信号, 信道单一, 只能单向传输, 可选择智能型内嵌通讯接口, 直接与计算机进行数字通信, 或者增加无线收发模块, 进行无线传输, 接收电路接收后, 再由内部的微处理器计算转换成所需的电压或电流信号参与控制显示。

2) 选择电流互感器。电流互感器的准确度是制约二次回路测量和采样的关键因素, 取决于二次负荷阻抗, 为提高测量准确度, 根据 $S=I^2Z$ 的关

系, 可将2只电流互感器二次线圈串联, 共同负担所接负载, 达到每只互感器变流比不变, 电压降低一半, 容量提高一倍, 负载阻抗及两端电压不变的效果。其接线图如图6所示。

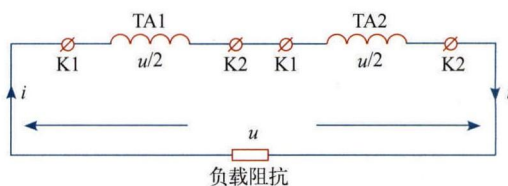


图6 2支电流互感器串联接线图

提高信号采样精度还可通过改变电流互感器变流比, 减少线路阻抗, 采用二次电流 1 A 的互感器, 功耗小传输距离大, 带负载能力比 5 A 的更强, 在硬件固定时, 可在 5 A 二次回路再穿过一个 $25/5$ 中间电流互感器, 转换为 1 A 的使用, 若保护装置与采样回路共用同一个二次绕组时, 把保护装置接在采样设备之前, 或以中间电流互感器把采样设备与保护装置从电路上隔开; 对于保护装置的要求使电流互感器变流比过大而不能满足采样和测量要求时, 可采用具有不同变流比电流互感器或升流型中间电流互感器来解决。

3) 动态升级扩展。为探索无人值守模式和集中远控, 利用系统软硬件接口和GPRS的 $3\text{G}/4\text{G}$ 无线网络开发出远程重启、修改设置、软件升级及维护等功能, 增加服务器、通信管理机等设备, 通过规约转换, 构成C/S架构, 与上级和全厂不同变电所综合监控系统组成以太网局域网, 将所有数据存储在上一台服务器上, 并与其他管理计算机无缝链接, 达到设备数据分级存储、多显示界面自由切换、分类汇总统计和报表、断路器分合次数累计、柜内温湿度及高压带电显示和闭锁、各电力参数测量、故障检测等综合功能的数据共享, 通过手机客户端随时浏览设备的运行状况, 对关键部位设置双以太网冗余的保护和监控装置。

应 用 效 果

优化完善的 35 kV SVC装置, 智能化控制程度高, 动态调节范围宽, 过载能力强, 具有软硬件便于扩展和修改、故障自诊断等优点, 实现了电力系统“五遥”要求, 考核点各性能指标均达到国标要求, 变压器带负载能力增加, 缩短了冶炼时间, 提高了钢产量。EA

(收稿日期: 2016.06.30)

(编辑: 杨得润)