

300 MW 汽轮机危急遮断系统优化

叶 非

(上海电力股份有限公司 吴泾热电厂, 上海 200241)

摘要: 为提高现有 300 MW 发电机组汽轮机危急遮断保护系统(ETS)的可靠性,将成熟的 PLC 控制等技术应用到保护系统控制逻辑的实现中。首先从危急遮断保护系统的原理入手进行了分析,建立了被测点和控制量之间的逻辑关系,采用了 PLC 控制等技术,来对双网双机双电源热备进行了优化。最后,对吴泾热电厂 2 台 300 MW 机组汽轮机危急遮断保护系统进行了优化。研究表明:采用该技术进行优化能极大地避免由于单点测量故障、单控制回路和单电源引起的发电机组汽轮机危急遮断保护系统的非正常保护动作。

关键词: 危急遮断系统;继电器控制逻辑;压力变送器

中图分类号: TM311;TM588

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)04-0439-04

Optimization of turbine emergency trip system with 300 MW

YE Fei

(Wujing Thermoelectric Plant, Shanghai Electric Power Co. Ltd., Shanghai 200241, China)

Abstract: In order to improve reliability of the existing emergency trip system (ETS) of the 300 MW unit in a power plant, programmable logic controller (PLC) technology were applied to the protection system to realize the control logic. Firstly, the logic connection between measure points and manipulated variables was established based on the protection principles, then, the double nets dual machine double power supply for the PLC control system was put forward to optimize it. The optimization job of the emergency trip system of two 300 MW units was completed in Wujing Thermoelectric. The results show that using the optimization technology will greatly avoid the single point measurement fault, abnormal protection movements caused by single control circuit and single power.

Key words: emergency trip system (ETS); relay logic controller; pressure transmitter

0 引 言

国内 300 MW 容量的火力发电机组是从上世纪 80 年代末期发展起来的,汽轮发电机组是引进美国西屋(Westing House)公司的技术生产制造,其汽轮机危急遮断保护系统是基于继电器基础上的逻辑系统,功能较为简单,而且实现逻辑关系十分繁琐。鉴于当前国家发展建设高效及信息化电厂的理念,该技术已明显与此理念相背。

本研究主要从汽轮机危急遮断保护系统的组成原理出发,结合吴泾热电厂两台 300 MW 机组汽轮机危急遮断保护系统的优化改造,提出相关的优化理念,以期对提高汽轮机的安全运行,减少机组事故的发生,具有实际的指导意义。

1 危急遮断系统(ETS)的发展

吴泾热电厂两台 300 MW 纯凝机组原危急遮断系统控制系统(ETS)采用美国西屋公司提供的基于继电器基础上的逻辑系统,功能较为简单,实现逻辑关系十分复杂,并且大量使用中间继电器、时间继电器、接触器等器件,属于国内上世纪 90 年代末的产品,它已经不适应现在国内建设高效及信息化电厂的理念,存在很多缺陷:

(1) 控制柜采用继电器进行逻辑的搭建控制,不仅占用了控制柜内大量宝贵的空间资源,其复杂的柜内接线给检修人员的日常维护带来了很大麻烦,逻辑修改非常困难,运行期间产生故障更是束手无措,重要的跳机保护信号无法实现冗余设计。继电器的长时间

运行可导致继电器触点打弧、氧化,降低了继电器动作的可靠性^[1]。

(2) 原 ETS 系统设有人机界面的操作面板,因而在试验或保护动作时,无法直观地体现继电器的动作状态,会引起运行人员对于试验状态产生判断偏差,尤其没有首出跳闸原因的记忆功能,无法及时给运行、日常维护、故障分析提供有效的判断依据,给机组快速安全启动带来不便。

(3) 原 ETS 系统采用一个转速测量探头,不符合安全性评价标准,也不符合热工重要保护的摄取方式。转速表为动圈式表头,显示不直观也不准确,测试时要通过调整振荡板上电位计,使其频率转换为对应的电压变化。随着时间的推移,由模拟电子电路组成的振荡板存在元器件老化的现象,整定值会发生漂移,测量误差随之增加。

(4) 由于采用继电器逻辑控制,内部配线比较零乱,编号没有标准,不符合现代设备的精细化标准,并且给检修维护带来很大困难留下了安全隐患。

(5) 备品备件的不可取性。由于控制系统领域新技术的飞速发展,原 ETS 系统的部分备品备件已退出市场,给系统维护带来了不少困难,这就急需一种新的产品去代替。

2 ETS 系统组成及原理

2.1 汽轮机控制系统的组成

汽轮机控制系统主要由危急遮断系统(ETS)、汽轮机监测仪表系统(TSI)和数字式电液调节系统(DEH)等组成^[2-3]。危急遮断系统(ETS)在引进美国西屋公司技术及控制原理的基础上,根据汽轮机安全运行的要求,以安全可靠的可编程控制器(PLC)来替代继电器的控制方式已经是一种成熟可靠的技术^[4-5]。

2.2 ETS 系统组成及原理

现阶段的 ETS 系统由以下几部分组成:现场的遮断电磁阀和状态压力开关、试验电磁阀的试验遮断块、3 个转速传感器、电子间的控制柜以及触摸式操作面板。汽轮机上各信号经过 PLC 输入/输出卡件馈入、CPU 控制器的运算,以判断逻辑何时自动遮断停机。

危急遮断控制块。当 DEH 发出挂闸信号,经由 ETS 发出挂闸,通过复位电磁阀,自动停机遮断电磁阀(20/AST)励磁,建立自动停机危急遮断总管中的油压使汽轮机挂闸。为了达到试验目的,AST 电磁阀布置成双通道。20/AST 电磁阀是外导二级阀,EH 油压力作用于导阀活塞以关闭主阀。每个通道的导阀压力由 63/ASP 压力开关监测,这个压力开关用来确定每个通道的遮断或复通状态,以及作为一个联锁保护,以防止

当一个通道正在试验时,同时再试验另一个通道。保证单通道试验时,不会引起机组遮断。

危急遮断试验块。包括抗燃油压低试验块、润滑油压低试验块和冷凝器真空低试验块^[6]。每个试验块组装件由 1 个钢制试验块、2 个压力表、2 个截止阀、2 个电磁阀和 3 个针阀组成。每个试验块组装件被布置成双通道。试验块的压力由压力开关监测。在试验块的每个通道中均安装有一个节流孔,以便试验时通道之间不受影响,防止双通道油压下降引起机组遮断。在供油端有一个隔离阀,它允许试验块组件检修时不影响系统的其他部分,如图 1 所示。

当在线试验时,若通过遮断试验盘遥控试验电磁阀,无法达到试验状态,可以通过就地的手动试验阀,使所试验通道中的介质降到遮断停机值,检查电磁阀是否存在问题。

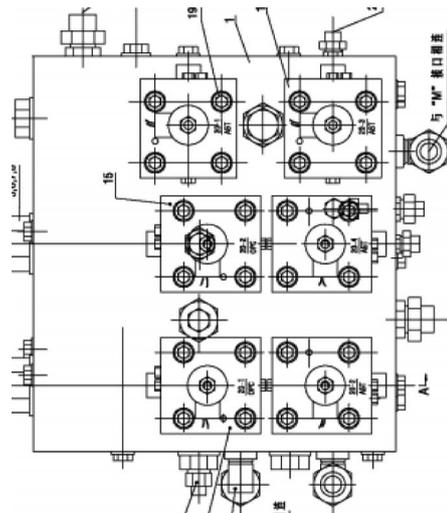


图1 危急遮断控制块

危急遮断控制柜。通过改造,吴泾热电厂危急遮断控制柜采用以 MODICON - QUANTUM 系列 PLC 为主体的 ETS 新产品,就其功能而言既能满足对汽轮机保护的控制要求,更具有结构可靠、性能完善、外形美观等优点,采用冗余的可编程控制器作为逻辑控制元件,增强了逻辑功能,提高了产品的灵活性和可靠性^[7];增设了第 1 动作原因的记录;设置了多通道外控停机选择。该套 ETS 装置有 1 个控制柜和 1 块运行人员试验面板,控制柜中有 1 套可编程逻辑控制器(PLC)组件,1 个转速控制箱,1 个交流电源箱,1 个直流电源箱以及位于控制柜背面的 2 排输入/输出端子(U1~U4)。

PLC 组件是由双机热备方式控制,PLC 组件用智能遮断逻辑^[8],必要时提供准确的汽轮机遮断。CPU 含有遮断逻辑,I/O 接口组件提供接口功能。MPLC 为主控制器,提供全部遮断、报警和试验功能。当主 PLC 出现故障时自动切换到 BPLC,将继续运行并起保护汽

轮机的作用。

3个转速报警器能够将独立的磁阻发生器的输入信号进行数字处理,并且当转速超过额定转速的10%(3 300 r/min)时,继电器的触点动作。超速保护采用三选二方式。

交流电源要求两个独立的UPS电源。如果一个电源出故障,机组将继续无扰动运行。两路独立的交流电源由控制柜下部的交流电源盒馈入。

操作员试验面板采用触摸屏,作为运行人员的信号监测及在线试验操作,画面显示直观,操作极为方便。

ETS现场接口有两排端子排,提供了与下面设备相连的接点:

(1) 来自3个独立的转速探头的信号OS1、OS2、OS3。

(2) 监测遮断状况的压力开关ASP1、ASP2。

(3) 对汽轮机运行时重要的监视参数,如轴承油压LBO1~LBO4、EH油压LP1~LP4和冷凝器真空度LV1~LV4等进行监测的压力开关。

(4) 轴向位移传感器RP1、RP2。

(5) 对检查运行状况进行控制的试验电磁阀LPT、LBOT、LVT。

(6) 当ETS动作发SOE信号至DCS,当探测到某个故障情况时连接到外部声光报警的输出信号。

(7) 遥控遮断输入信号:例如手动遮断机组或遥控停机(包括MFT、DEH、发电机保护等),当信号来时,自动遮断机组。

(8) 遥控挂闸电磁阀,通过DEH画面挂闸,同时复位跳闸信号,从PLC卡件输出接点至ETS接线端子,并送至就地挂闸电磁阀。

ETS系统的PLC硬件配置图如图2所示,采用主机冗余配置。双网双机双电源热备ETS系统,最大程度控制了由于单点故障引起的非正常停机。

ETS操作面板(如图3所示)主要给运行人员提供信号监视和试验之用。ETS操作员试验面板采用触摸屏通过与PLC控制器通讯来实现,ETS试验面板的上部是用于指示输入信号的指示灯。

ETS报警监视着进入ETS系统的现场信号和其他系统来的跳闸输入信号,若某个报警情况出现,相应的指示灯就会由绿色变为红色闪烁。首出跳闸信号监视着ETS最先引起跳闸的信号,当汽轮机跳闸时,最先引起跳闸的信号指示灯就会由绿变红,在面板上按“FIRST”可以切换到首出跳闸信号监视画面(FIRST TRIP)。

正常运行时操作员以在试验面板可在线试验。若某个报警或遮断情况出现,操作员试验面板上相应的

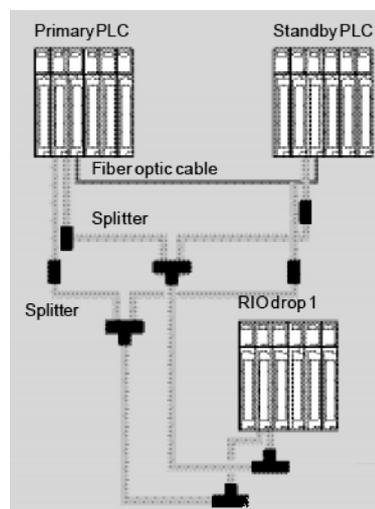


图2 ETS的PLC硬件配置图

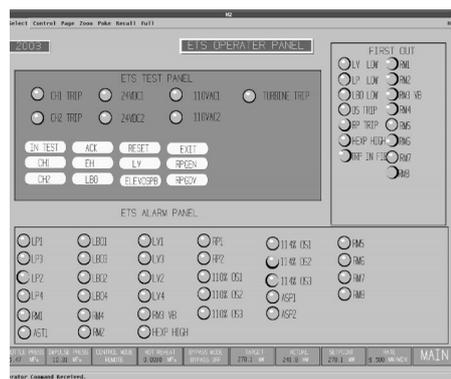


图3 ETS操作面板

指示灯就会由绿变红。当每一个通道的传感器处在以下的报警状态,如EH油压低、轴承油压低、冷凝器真空低或者3个超速通道中有2个传感器指示超速时,汽轮机就被遮断。

3 危急遮断系统(ETS)的优化

(1) 汽轮机现场来的抗燃油压低(LP)、润滑油压低(LBO)、凝汽器真空低(LV)等输入信号,每种信号都有4个压力开关输入信号,如LP(LP1和LP3为一通道,LP2和LP4为二通道),当压力值异常或者电源失电的情况发出停机信号而跳机。在系统中压力开关共用一根电源线,假如此电源线断则所有输入信号会由于无法供电而输入异常信号从而导致跳机。

另外,输出控制电磁阀的信号也共用一根电源线,如果公共电源线断线则由于无法向4个AST电磁阀供电也会导致跳机。

优化:针对这种潜在的危险,设计时,本研究将现场来的信号电源线分开,每根信号线都有独立的供电电源,若某根电源线断则仅仅引起信号报警而不会一起跳机;另外,输出给4个AST电磁阀的信号线也采用独立的电源线,若某根电源线断则仅仅引起ASP油压

异常,而不会使4个AST电磁阀同时失电而跳机。

(2) 在危急遮断系统(ETS)机柜和现场端子盒中,很多输入和输出信号线混合接在同一排接线端子上,在检查某个信号时必须准确核对图纸,对维护和检修带来许多不便。

优化:在设计图纸时,本研究将输入信号与输出信号分别布置在不同的端子排上,以便于调试及检修时分清输入和输出。

(3) 在原危急遮断系统(ETS)中,停机电磁阀的供电系统提供两路电源,此两路电源(主电源和副电源)根据控制要求让4个停机电磁阀带电或失电,当主电源故障时,系统可以通过继电器切换,自动转为副电源供电。在汽轮机正常运行时,主电源为4个停机电磁阀(都带电)供电,如果主电源突然故障,则自动通过继电器切换到副电源,继电器切换过程中有可能使4个电磁阀短暂失电而停机,影响汽轮机的正常运行。

优化:4个停机电磁阀(AST1, AST2, AST3, AST4)的供电系统中去掉切换用的继电器,由两路电源分别为两个通道(AST1和AST3为一通道,AST2和AST4为二通道)供电,即使一个通道突然失电时也可以保证汽轮机的正常运行。优化后,两路电源中如果有一路由于故障而无法为电磁阀供电不会引起停机,仅仅发出报警。

(4) 某些ETS系统中有两套不同的PLC程序,分别为主PLC和副PLC,在汽轮机正常运行时主PLC负责汽轮机保护,以及与遥控试验操作面板通讯的工作,副PLC仅仅负责汽轮机保护工作。如果主PLC突然失电或者其他原因不能正常工作,虽然汽轮机保护的工作可以由副PLC来承担,但是遥控试验操作面板则由于没有通讯数据而不能正常工作。

优化:本研究对副PLC进行优化设计,使其也能够跟主PLC一样负责汽轮机保护和与遥控试验操作面板通讯的工作;并且在主PLC和副PLC之间加入一个通讯切换继电器,当主PLC不能正常工作时,继电器可以切换成副PLC为遥控试验操作面板提供通讯数据。优化后,主PLC和副PLC程序完全一致,这样可以减少查看和修改逻辑时的麻烦,同时,也可确保遥控试验操作面板的正常工作。

4 今后的进一步优化

在实际使用中,本研究发现压力开关经过长期运行后,经常会发生动作值漂移甚至误动或拒动的情况,威胁机组的安全运行;并且在正常运行中无法监测到压力开关是否处于正常工作状态、有没有发生漂移、漂移数值多少等。目前,我国引进的欧洲机组,如:外高桥第三发电厂、漕泾发电厂等汽轮机均为西门子技术,

其ETS系统均采用变送器以替代压力开关。国内的汽轮机系统大都采用上世纪80年代引进的美国西屋公司技术,其保护系统中,润滑油压低保护、抗燃油压低保护及凝汽器真空低保护均采用压力开关接收相关的压力信号,当信号超限后,压力开关触点动作,送到危急遮断系统(ETS)。由于压力开关为开关量,本研究在运行中无法判断其好坏,又设计了一套在线试验装置,包括试验块、电磁阀、节流孔、管路等,安装在机头,在运行中通过电磁阀试验压力开关的动作情况。但是在实际操作中,由于担心做试验时引起误动,该试验一般在启动前做,在机组运行中很少做。

本研究在系统中安装3个压力变送器,将现场的压力信号转化为4 mA~20 mA信号送到ETS系统,在ETS处理器中进行3取2处理,3个信号进行互相比较,选出1个正常的信号进行判断,当信号超限时发出动作信号。3个信号分别安排在3个不同的AI输入模块,以提高其可靠性。如变送器发生断线,系统可立刻检测到,并发出报警。采用变送器不但可用以遮断保护,还可以设定不同的报警值,在信号到达保护前发出报警信号,提醒运行人员处理;还可以在事后进行历史追忆,查看参数的运行状况。

压力开关都有时滞,同时有回差,即压力开关触点动作和恢复的压力值是不一致的。压力开关的优点是响应快,抗干扰能力强。从响应时间来看,模拟量的处理时间需要十几毫秒,而开关量可快到几个毫秒,由于ETS处理器的扫描周期至少20 ms,实际上执行的速度是一样的。而且压力的变化一般不是突变的,毫秒级的响应速度不会影响到机组的安全。现在的控制设备,抗干扰能力也较强,一般的模拟量信号处理,完全可以避免干扰的影响。

另外,本研究采用压力变送器,可将原来的一套试验块取消,既简化了系统,减少了维护检修的工作量,又减少了故障点。西门子、ABB等欧洲厂商大多采用模拟量作为保护信号。

5 结束语

通过吴泾热电厂两台300 MW机组汽轮机危急遮断保护系统的优化改造,本研究提出了由PLC控制替代继电器回路、模拟量信号替代开关量信号的优化理念。研究表明,采用该技术进行优化,能极大避免由于单点测量故障、单控制回路和单电源引起的非正常保护动作,对提高汽轮机的安全运行,减少机组事故的发生,具有实际的指导意义,同时也为汽轮机制造单位的设计思想及电厂同行的维护提供了参考建议。

(下转第457页)

分析,将其与该钢厂的现场实测谐波含量进行对比,结果如表4所示。

表4 电流谐波含量对比

谐波次数	仿真电流畸变率/(%)	实测电流畸变率/(%)	畸变率绝对误差/(%)
1	100	100	—
3	5.36	5.78	0.42
5	1.99	1.21	0.78
7	0.88	0.69	0.19
9	0.43	0.40	0.03
11	0.23	0.18	0.05
13	0.13	0.07	0.06
THD	5.80	5.98	0.18

由仿真与实测的谐波含量对比发现,结果与实际情况符合得较好,各次谐波畸变率的误差值不超过基波大小的0.8%,总谐波畸变率THD的误差也仅有基波大小的0.18%。以上结果说明,该能量模型通过合理地设定参数,能够重现实际电弧炉运行的电流、电压波形关系,进而能够较准确地反映电弧炉对电力系统的谐波影响。

4 结束语

电弧炉能量模型是基于电弧内部的能量平衡关系,表示为以弧柱半径为状态变量的微分方程的数学模型。本研究利用粒子群算法(PSO)对该能量模型参数进行辨识,辨识结果能够较好地吻合设定的参数,说明该辨识方法能够有效地搜寻到模型参数的适应值。

在此基础上,本研究在 Matlab/Simulink 环境中根据该数学模型搭建了仿真模型,并将其接入电网进行

了仿真,最后通过与实测数据谐波含量的对比,验证了该模型的合理性。

本研究的参数辨识方法可以方便地应用于分析录波仪记录的炉端实测波形。未来电弧炉负荷建模的一个思路是:依照本研究的方法,在对多组实测波形进行参数辨识后,得到与炉况相关的参数变化规律,进而可以对电弧炉负荷进行准确的预测。

参考文献(References):

- [1] 李俊,彭涨,谢良德. 大容量电弧炉负荷对电网的影响及其防范措施[J]. 湖北电力,2007,31(1):19-20.
- [2] ACHA E, SEMLVEN A, RAJAKOVI N. A harmonic domain computational package for nonlinear problems and it's application to electric arcs[J]. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 1990, 5(3):1390-1397.
- [3] 刘小河,崔杜武. 电弧炉电气系统的模型、谐波分析及电极调节系统自适应控制的研究[D]. 西安:西安理工大学自动化学院,2000.
- [4] 郭继红,颜湘武. 用于谐波分析研究的电弧炉系统的模型和仿真[J]. 继电器,2005,33(8):31-37.
- [5] 宁元中,梁颖,吴昊. 电弧炉的混合仿真模型[J]. 四川大学学报,2005,37(1):85-89.
- [6] 王育飞,潘艳霞,姜建国. 基于MATLAB的交流电弧炉随机模型与仿真[J]. 高电压技术,2008,34(5):973-977.
- [7] 王晶,林敏,陈学允. 用于动态电能质量分析的交流电弧炉的建模与仿真[J]. 电工技术学报,2003,8(3):53-58.
- [8] 申展,朱永强. PSCAD中基于能量平衡关系的电弧炉负荷模型的参数[J]. 现代电力,2007,24(3):34-38.
- [9] 曾建潮,介婧,崔志华. 微粒群算法[M]. 北京:科学出版社,2004.

[编辑:张翔]

(上接第442页)

参考文献(References):

- [1] 望亭发电厂. 300 MW 机组运行与检修技术培训教材·仪控[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [2] 黄海跃. 转子应力控制在DEH程序中的应用解析[J]. 热力透平,2009(2):142-144.
- [3] 黄海跃,杨炯. 吴泾600MW汽轮机调节保安系统[J]. 热力透平,2001(4):47-51.
- [4] 李道霖. 电气控制与PLC原理及运用[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [5] 张凤珊. 电气控制及可编程序控制器[M]. 北京:中国轻工业出版社,1999.
- [6] 沈亚芳. 国产300MW机组危急遮断系统(ETS)的改造[J]. 电力建设,2005(6):64-67.
- [7] 王兴武,王晓峰,罗丽英. 双PLC在汽轮机组ETS中的应用[J]. 电站系统工程,2003(1):63-63.
- [8] 史国生. 电气控制与可编程序控制器技术[M]. 北京:化学工业出版社,2004.

[编辑:张翔]