

某1000MW核电站蒸汽转换器系统改造及调试策略

王少龙

大亚湾核电运行管理有限责任公司

DOI:10.12238/pe.v2i2.7159

[摘要] 本文以某1000MW核电站蒸汽转换器系统(STR)数字化升级改造为例,介绍了核电站STR系统将机械式调节系统升级改造为PLC数字化控制系统以及系统改造后调试的相关经验,通过STR控制系统原理、原系统存在的问题、系统升级改造思路、系统升级改造方案、PLC数字化控制系统控制原理介绍、改造后调试阶段PI参数设定调整等方面对核电站类似重要机械式控制系统的数字化升级改造以及改造后控制系统调试阶段如何设定PI参数以最终实现系统稳定调节的策略提供参考。

[关键词] 核电站; 蒸汽转换器系统; 升级改造; 调试

中图分类号: TM623 文献标识码: A

Transformation and commissioning strategy of the steam converter system of a 1000MW nuclear power station

Shaolong Wang

Daya Bay Nuclear Power Operation Management Co., LTD

[Abstract] Taking the digital upgrading of steam converter system (STR) of 1000MW Nuclear Power Station as an example, this paper introduces the experience of upgrading the mechanical control system to PLC digital control system and the commissioning of the system after the upgrading. The PI parameter setting and adjustment in the commissioning stage after the transformation provide a reference for the digital upgrading and transformation of similar important mechanical control systems in nuclear power plants, as well as the strategy of how to set PI parameters in the commissioning stage of the control system after the transformation to finally realize the stable regulation of the system.

[Key words] Nuclear Power Station; Steam Converter System; Upgrade and Transformation; Debugging

引言

核电站蒸汽转换器系统(STR)通过控制降压调节阀STR002/005VV的开度,实现对蒸汽转换器出、入口的压力控制。机组正常运行期间,来自主蒸汽系统(VVP)绝对压力为6.63MPa(g)的饱和蒸汽经过两只并联的降压调节阀STR002/005VV(一主一备)降压至9bar(g)后,进入蒸汽转换器,在蒸汽转换器内将蒸汽热能传至周围的给水,从而生成低压辅助蒸汽,并通过辅助蒸汽分配系统(SVA)供给常规岛和核岛使用。^[1]

1 原STR控制系统原理及存在的问题

1.1 原控制系统介绍

原STR控制系统通过两个FISHER机械式气动压力调节器调节降压调节阀STR002VV或STR005VV的开度,使蒸汽转换器入口压力STR001MP不大于20.82bar(g),出口蒸汽压力STR002MP保持在9bar(g)。原控制系统流程图如图1所示。

其控制原理具体为:STR002MP测量值与出口蒸汽压力设定值的差值输入PI2调节器,PI2调节器输出与入口蒸汽压力设定

值相加,再与STR001MP测量值比较,差值输入PI1比例调节器,PI1比例调节器输出控制STR002/005VV的开度变化。控制原理框图如图2所示。

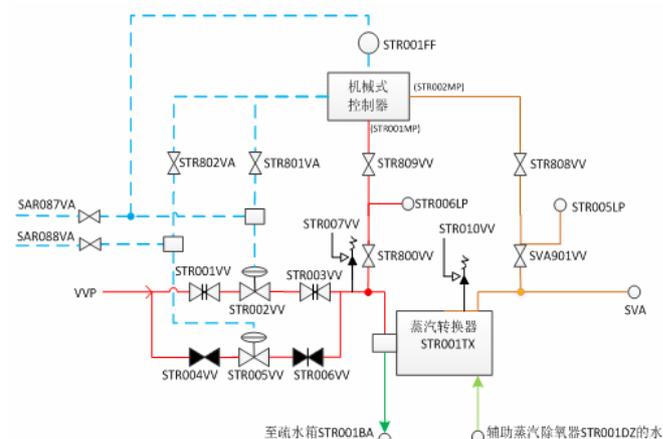


图1 改造前控制系统流程图

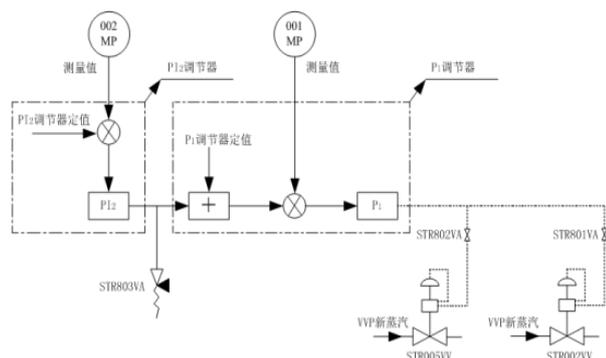


图2 气动压力控制器串级控制原理图

1. 2现场存在的问题

目前现场控制系统主要存在如下问题。

(1) STR001/002MP为气动式压力控制器,采用机械特性进行调节,其准确性差,调节比较粗糙,如整定值与测量值偏差较大时,控制输出容易出现超调,无法准确设定压力定值。

(2) STR001/002MP的设定只能根据就地压力表内的刻度盘指示来判断整定值应该设定多少,根据运行、仪表人员多次现场反馈验证,压力设定刻度盘指示与实际控制压力定值存在不确定的偏差。如果只看压力设定刻度盘的读数,容易导致压力整定值偏高。

(3) 在STR系统投运过程中,需要手动调整STR001/002MP的压力值,整个设定过程需凭借经验操作,存在较大的安全隐患。STR系统启动过程中STR002/005VV的开度波动较大,很可能导致系统安全阀STR007VV动作甚至机组热功率上升,一回路超功率等严重后果。

2 STR控制系统改造方案及控制原理介绍

2.1 STR控制系统改造方案

为了实现精确调节蒸汽压力同时减少运行人员操作负担,将原机械式STR控制系统升级为PLC数字化控制系统,采用一套西门子S7-300的软冗余控制系统,软件包括PLC编程软件、触摸屏组态软件。利用控制器将采集的蒸汽转换器出、入口压力信号进行PI运算后输出控制信号到阀门定位器,进而控制阀门开度,保持原调控目标的基础上,达到精确调节蒸汽压力的作用。改造后控制系统示意图如图3所示。^[2]

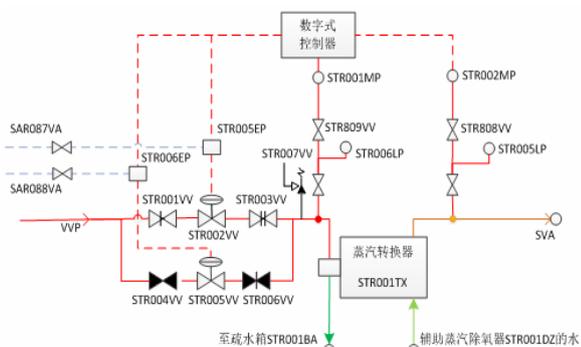


图3 改造后控制系统示意图

同时将STR001/002MP的压力送主控KIT显示,将STR001/002MP压力高、断线或超量程故障报警及控制柜失电的综合报警送主控KIT显示。

2.2改造后STR控制系统控制原理

新的控制系统,采用两个PI调节器PI1和PI2进行系统调节,当蒸汽转换器入口压力(STR001MP)小于蒸汽转换器入口压力设定值时,PI2控制调节,使蒸汽转换器出口压力(STR002MP)维持在蒸汽转换器出口压力设定值;当STR001MP压力超过蒸汽转换器入口压力设定值时,切换为PI1运行,使STR001MP压力返回设定压力,其PI控制原理如图4所示。

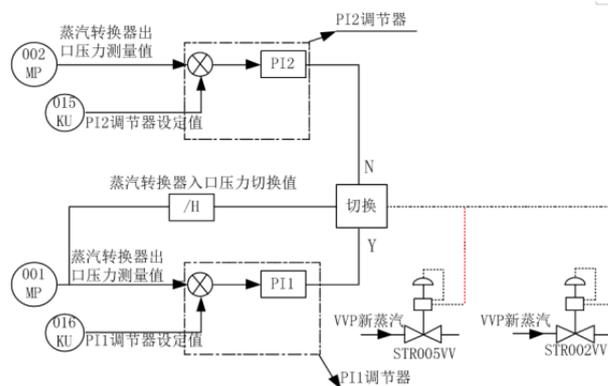


图4 改造后控制原理图

3 PI参数调功能以及对控制系统的影响

一个控制系统包括控制器、传感器、变送器、执行机构、输入输出接口。控制器的输出经过输出接口、执行机构,加到被控系统上;控制系统的被控量,经过传感器,变送器,通过输入接口送到控制器。在现场调试之前,必须先要明确PI参数的作用以及其变化会对整个调节系统产生哪些影响,才可以针对性的改变参数,达到良好的控制效果。

3.1 P参数功能以及对控制器的影响

P为比例控制系数:比例控制是一种最简单的控制方式。其控制器的输出与输入误差信号成比例关系。当仅有比例控制时系统输出存在稳态误差。比如,对于蒸汽转换器出口压力(STR002MP),设定的压力值是9bar(g),当压力降低时,调节阀门就要增加开度,而压力偏高时,则调节阀门要将开度减小。增加和减小的比例与压力和设定值的偏差大小成比例关系。^[3]

比例系数P参数越大比例作用越强,动态响应越快,消除误差的能力越强。但实际系统是有惯性的,控制输出变化后,实际PV值变化还需等待一段时间才会缓慢变化。因此,比例作用不宜太弱,太弱会使控制系统响应缓慢,可能达不到控制效果;同时,比例作用也不宜太强,太强会引起系统振荡不稳定。

3.2 I参数功能以及对控制器的影响

I为积分时间:对一个自动控制系统,为了消除稳态误差,在控制器中必须引入“积分项”。积分项对误差取决于时间的积分,随着时间的增加,积分项会增大。这样,即便误差很小,积分项也会随着时间的增加而加大,它推动控制器的输出增大使稳

态误差进一步减小,直到等于零。

积分时间I参数越小,积分作用越强,消除静态误差的能力越强。但是由于实际系统输出变化后,实际PV值不会马上变化,须等待一段时间才缓慢变化,因此积分的快慢必须与实际系统的惯性相匹配,惯性大、积分作用就应该弱,积分时间I就应该大些,反之亦然。如果积分作用太强,积分输出变化过快,就会引起积分过头的现象,产生积分超调和振荡。

4 控制PI参数调试策略分析

一套符合现场工作要求的PI参数,才能使控制系统安全稳定的运行。实际调试确定控制系统PI参数中,不仅要了解PI参数的改变对控制系统的影响还要叠加所在系统的特殊要求。

本次以STR系统PI参数调试为例,介绍一下现场实际中类似调节系统PI参数的调试策略。

(1)明确系统本身的调节特性,对于调节惯性大的系统,比例系数P要小一些。以STR系统为例,从调试系统的流程图中可以看出,执行机构(调节阀门)动作影响的是蒸汽转换器入口侧蒸汽流量,入口侧蒸汽的热量需要通过热交换器将能量传递给出口侧低压蒸汽。由于热交换是一个相对比较慢的过程,蒸汽转换器出口侧压力传感器(STR002MP)接收执行机构改变信号的时间比较长,即系统的调节惯性比较大,因此,STR调节系统的P值应该小一些。

(2)了解所调试系统对目标值的要求程度,某些系统是要求将调节目标严格控制在某个值,达到精确控制;某些情况下对调节目标值的要求没有那么高,此时可以考虑适当放弃控制精度,以此减少执行机构动作,延长设备使用寿命。

STR系统其主要功能为生成低压辅助蒸汽,并通过SVA(辅助蒸汽分配系统)供给常规岛和核岛使用。从系统功能考虑,其对辅助蒸汽的压力要求不是很严格,而执行机构为气动阀门,短时间内的反复波动对阀门的长期运行是不利的,因此,STR调节系统在PI参数的调试过程中适当放宽了控制精度,以此防止在实际调节过程中,气动阀门反复运动,减少设备的使用寿命,给现场带来安全隐患。

(3)调试中,每次仅改变P/I参数其中之一,观察输出变化曲

线有目的地调节参数。

STR系统中固定I值,若目标值超过精度要求,则慢慢减小P值,直到符合要求;然后固定P值,观察阀门波动情况,若短时间内频繁开闭,则适当增大I值,同时观察目标值是否符合要求。以此反复调节,直到符合要求。

(4)PI参数调试一般为在线调试,要防止目标值改变对其他设备产生影响,有针对性的调节方案或者事故预案。

结合STR系统流程图可知,蒸汽转换器出口侧压力过高可能导致系统安全阀动作。因此,STR采用分段调节,使调节阀前隔离阀开度在5%、10%、25%、50%、100%开度五种不同情况下调试PI参数,在低风险情况下使PI参数慢慢接近现场要求,防止PI参数设置不合理,安全阀动作。

5 现场反馈

目前,该核电站已完成STR控制系统改造,现场设备运行良好,系统运行稳定。在STR起机过程中,运行人员在就地控制柜按照标准程序即可操作,有效降低了运行人员的工作量和人为失误带来的安全隐患。

6 结论

本改进对某1000MW核电站STR系统的控制系统进行了改造,将原来的机械式调节器改为了PLC数字化控制系统,PI控制参数设定满足现场要求,可以保证STR系统可靠运行。

[参考文献]

- [1]广东核电培训中心.压水堆核电站系统与设备[M].北京:原子能出版社,2007.
- [2]苗壮,李明,张武武,等.核电厂辅助蒸汽系统汽源优化分析[J].汽轮机技术,2023,65(04):297-300.
- [3]吴克文.数字励磁调节系统的设计和实现[J].电子制作,2014,(22):45-46.

作者简介:

王少龙(1990--),男,汉族,广东省深圳市人,硕士研究生,大亚湾核电运营管理有限责任公司,核电改造工程师,研究方向:核电重要仪控系统升级改造。