

核电机组二回路低加液位调节优化过程分析

于爱萍

(江苏新海发电有限公司,江苏 连云港 222023)

摘要: 低压加热系统的液位调节器是核电站的主要调节器之一,文中描述了低加系统调节器主辅调节阀的控制策略演化过程,对各个优化阶段进行了推断分析和效果验证,在此基础上给出了优化建议,具有一定的借鉴意义。

关键词: 电站;调节器;优化

中图分类号: TP272

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2015)02-0052-03

二回路2号低压加热器的液位调节器是某核电站主要调节器之一,由于该加热器容量较小,如果来不及调节,就有可能导致因2号低加液位低于限值而保护切除所有二级凝泵,因而使除氧器失去正常的凝结水补水。如果汽轮机旁排运行,还会导致汽轮机旁排阀门保护全关、大气释放阀打开[和/或汽轮机超速],造成二回路工质的损失。因此,2号低压加热系统调节器的工作性能直接关系到电站的稳定运行^[1]。

1 2号低压加热系统调节器工作概况

2号低压加热器的液位调节器由3个调节阀AA201,AA202,AA203实现液位调节功能,其中AA202为小流量调阀,AA201,AA203为大流量调阀;2个大流量调阀的控制规律是相同的,全部投入自动时,其中一个作为主调节阀,根据主控制偏差动作;另一个作为辅助调节阀,根据主调节阀的开度动作。工艺系统概貌如图1所示。

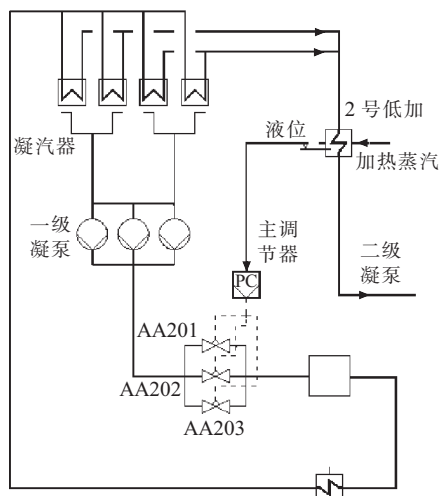


图1 工艺系统概貌图

以AA201为例说明大流量调节阀的调节规律。机组正常负荷运行时,2号低加液位大流量主调节阀AA201工作在液位控制模式,其功能是将2号低加液位保持在520 mm。当调节阀AA201和AA203都工作

收稿日期:2014-10-19;修回日期:2014-11-30

在闭环控制模式且主调节器的选择模块选择“2”时,调节阀AA203为主调节阀调节2号低加液位,调节阀AA201是辅助调节阀,作为AA203调节能力不足时的补充。此时AA201工作在阀位控制模式,液位控制偏差信号不起作用,其主要作用是按照主调节阀AA203的阀位,控制辅助调节阀AA201的阀位。何时投入辅助调节阀,这个时机很重要,投入过早,不能充分发挥主调节阀的性能;投入过晚,将使主调节阀工作在最优调节区域之外,有可能不能满足工艺系统要求,易导致工艺系统参数波动,威胁机组稳定运行。对辅助调节阀的投入时机,调试期间进行了多次调整,最终找到比较满意的投入时机^[2]。

2 优化过程

2.1 设置

在辅助调节阀的投入时机问题出现前,2号低加液位调节器及一级凝泵备用泵启动条件按如下设置:

- (1) 当主调节阀的开度小于60%时,开始关闭辅助调节阀,直至辅阀全关或主阀回调至63%以上。
- (2) 当主调节阀的开度在60%~80%时,辅助调节阀开度给定值为其实际阀位,此时偏差为0,限制辅助调节阀使其不能打开。
- (3) 当主调节阀的开度大于80%时,开始开启辅助调节阀,直至辅阀开度为100%或主阀回调至77%以下。
- (4) 在一级凝泵出口母管压力低于0.9 MPa时启动备用泵。

调试初期,机组功率较低,2号低加液位主调节阀AA201可以满足工艺系统的要求,此时辅助调节阀AA203全关。随着调试的进展,机组功率逐渐提高,主调节阀逐渐开大,在主调节阀开度超过80%后,根据逻辑辅助调节阀开始开启,在辅助调节阀开启过程中一级凝泵出口母管压力降至低于0.9 MPa,连锁启动了备用的一级凝泵。备用泵启动后系统流量又突然增加,给2号低加液位调节带来了较大的扰动^[3]。

2.2 页面影响

分析该事件过程,AA201 作为主调节阀时,辅阀 AA203 的打开或关闭仅依据 AA201 的开度,而不考虑液位的状态,带来的负面影响:

(1) 主调节阀开度 $CG201 > 80\%$ 时,AA203 打开,引起 2 号低加液位回升,在液位高于设定值、而 $CG201 > 80\%$ 仍然满足时,AA203 还在持续开大,直至 AA201 关至 80% 以下 AA203 才会停止开大。这样动作的结果是 2 号低加液位超调量增大,液位比定值高出很多,闭环调节容易震荡,引起工艺系统的不稳定。

(2) 相反,当 $CG201 < 60\%$ 时,AA203 关闭,引起 2 号低加液位下降,在液位低于设定值、而 $CG201 < 60\%$ 仍然满足时,AA203 还在关小,直至 AA201 开至 60% 以上 AA203 才会停止关小。这同样会使 2 号低加液位的超调量增大,液位比定值低很多,闭环调节也容易震荡。

调试期间 AA203 在辅助调节时“开至过大再回关”或“关至过小再回开”的现象时有发生。此设计的好处是在每次辅阀调节时开度变化会比较大,转而给主调节阀引入的调节裕量较多,可以避免频繁切换。但是,考虑到对工艺系统带来的扰动,尤其是引起备用泵的频繁启动,该设计需要优化。

2.3 第一次优化

2.3.1 优化

一级凝泵由 6 kV 的高压电机驱动,其寿命期内启动次数有严格限制,启动瞬间带来的大电流冲击对电机线圈的寿命有非常大的影响,为了减少启动备用泵的次数,做了如下优化:

(1) 开启辅助调阀的条件由 $> 80\%$ (回差 3) 改为 $> 95\%$ (回差 30),辅助调阀阀位目标定值由 100% 改为 30% ;

(2) 关闭辅助调阀的条件由 $< 60\%$ (回差 3) 改为 $< 30\%$ (回差 35),且增加 15 s 的延时,辅助调阀阀位目标定值仍为 -5% ;

(3) 开启辅助调阀的速率则是由每分钟的 5% 改为 10% 。

2.3.2 逻辑分析

(1) 开启辅助调阀的条件为 $> 95\%$,停止开启辅助调阀的条件为 $< 65\%$,动作区间很大,由于主调节阀是依据液位进行调节的,可能会关得比较慢,而这段时间辅助调阀比较快的开到 30% ,这可能会给系统带来比优化前更大的扰动。

(2) 关闭辅助调阀的条件为 $< 30\%$,停止关闭辅助调阀的条件为 $> 65\%$,动作区间较大,也可能会带来比优化前更大的扰动。

(3) 由于开启辅助调阀的条件 $> 95\%$ 与关闭辅助

调阀的条件 $< 30\%$ 相差很大,可以避免频繁开关辅助调阀给系统带来的扰动。

2.3.3 调节器工作情况

相比优化前调节品质明显好转,优化后的曲线如图 2、图 3 所示。但在机组接近满功率、辅阀 AA203 全关、AA201 开至在 94.06% 时启动过一次备用泵。因此还需进一步优化。

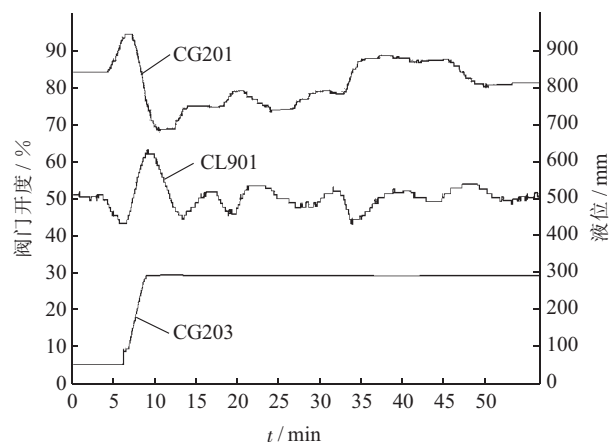


图 2 第一次优化后的曲线(开方向)

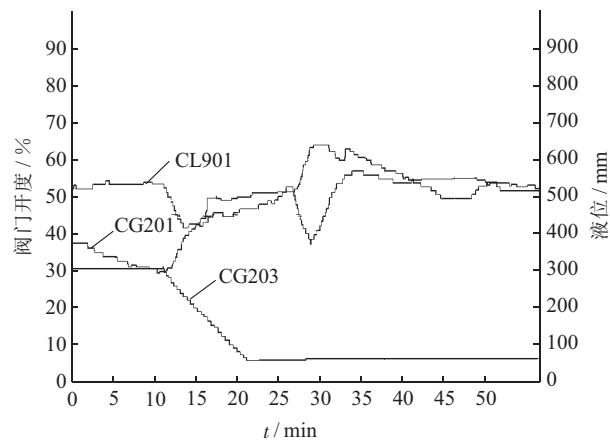


图 3 第一次优化后的曲线(关方向)

2.4 第二次优化

2.4.1 优化

基于第一次优化的效果,进行了第二次优化。优化的内容如下:

(1) 开启辅助调阀的条件由 $> 95\%$ (回差 30) 改为 $> 97\%$ (回差 30),辅助调阀阀位目标定值仍为 30% ;

(2) 关闭辅助调阀的条件仍为 $< 30\%$ (回差 35) 及 15 s 的延时,辅助调阀阀位目标定值仍为 -5% ;

(3) 开启辅助调阀的速率 KPL 由每分钟 10% 改为 8% ;

(4) 启动一级凝泵备用泵的条件由出口母管压力 $< 0.9 \text{ MPa}$ 改为 $< 0.87 \text{ MPa}$ 。

2.4.2 逻辑分析

与第一次优化相比,开启辅助调阀的条件由 $> 95\%$ 改为 $> 97\%$;另外,将启动一级凝泵备用泵的

条件由 <0.9 改为 <0.87 ,增加了泵的工作裕量,这对避免频繁启动备用泵是一项最有效的优化内容。

2.4.3 调节器工作情况

第二次优化后,在调节器主辅阀状态转换过程中没有再出现过启动备用一级凝泵的情况,优化效果显著。曲线记录如图4、图5所示。

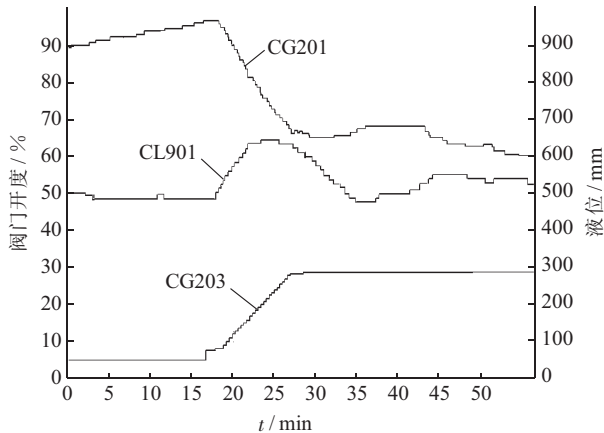


图4 第二次优化后的曲线(开方向)

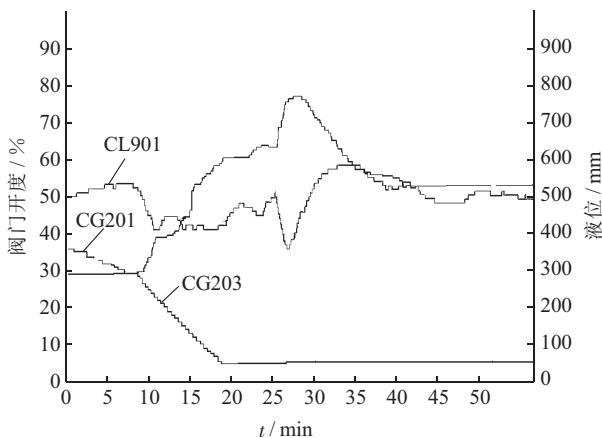


图5 第二次优化后的曲线(关方向)

2次优化前后调节器工作情况的主要参数如表1所示。

分析表1数据可以看出,优化前后,AA201作为主调节阀在开至大开度后开启辅助调阀时,2号低加液位正的超调量增加、负的超调量减小;而AA201在关至小开度后关闭辅助调阀时,正的超调量减小、负的超调量增加。

表1 2次优化前后调节器工作情况的主要参数

序号	辅阀 AA203 开度 / %		主阀 AA201 最终开度 / %	2号低加液位 / mm		一级凝泵出口母管压力 / MPa		备注
	初始	最终		最小	最大	最小	最大	
1	24.311	44.04	72.5	417.16	624.02	0.91	0.94	第一次优化前
2*	26.21	15.82	64.07	444.27	646.36	1.12	1.15	
3	4.32	29.25	75.34	442.44	652.75	0.93	0.97	
4	29.25	4.84	50.91	372.3	578.14	1.07	1.16	第一次优化后
5	4.84	28.96	56.66	485.17	657.72	0.9	1	
6*	28.96	4.71	53.77	365.3	603.52	1.05	1.17	第二次优化后

注:*为AA203由开向关的切换。

当前的阀位控制策略如下:

(1) 辅助调节阀的阀门开度给定值根据主调节阀的开度而变化,当主调节阀的开度小于30%时,开始关闭辅助调节阀,直至辅阀全关或主阀开度回调至85%以上。

(2) 当主调节阀的开度在30%~97%时,辅助调节阀阀门开度给定值为其实际阀位,此时偏差为0,辅阀不能打开。

(3) 当主调节阀的开度大于97%时,开始开启辅助调节阀,直至辅阀开度为30%或主阀开度回调至67%以下。

3 改进建议

虽然当前的阀位控制策略可以满足工艺系统要求,并经过了电站各个动态试验的考验,但是2号低加液位调节器仍有改进的空间。

(1) 针对辅助调阀开启或关闭过程中带来的扰动偏大的问题,建议在辅助调阀的逻辑中增加液位条件。即:① 开启辅助调阀的条件中增加“2号低加液位<设定值”的条件,避免在液位高于设定值时继续开启辅助调阀、增加液位的超调量。② 关闭辅助调阀的条件中增加“2号低加液位>设定值”的条件,避免在液位低于设定值时持续关闭辅助调阀、增加液位的超调量。

(2) 主调节阀开度大于97%时辅助调节阀将直接开至30%,这会给系统带来比较大的扰动,同时辅助调节阀开至30%后在自动调节下将不能开启至更大开度,特殊工况下不能满足工艺系统更大的需求。建议适当降低开启辅阀的主阀开度值,同时通过优化逻辑实现辅阀分步开启至30%或更大开度。比如将97%改为85%,在主调节阀第一次开至85%时,先将辅助调节阀开至10%;在主调节阀第二次开至85%时,再将辅助调节阀开大10%,以此类推,逐步开大辅助调节阀。在关闭辅助调节阀的过程中也可以采用同样的方法。这样做的好处一方面是可以减小开启辅助调节阀对系统的扰动,另一方面也可以充分发掘辅助调节阀的调节性能。

屏蔽机箱。在双绞线远端(即小模拟量输入电能表端),也要通过 $0.01 \mu\text{F}$ 低电感陶瓷电容接地,这样即可提供高频接地又阻止低频线路电流在屏蔽体中流动避免构成低频接地环路。

5 结束语

本文提出了一种新型小模拟量输入电能表检定装置的设计方案,讨论了其核心装置三相小模拟量标准功率源的软硬件设计方法,并详细讨论了小模拟量信号抗干扰设计方案。利用该检定装置可以完成小模拟量输入电能表从实验室到现场的一整套测试工作。为有效地校验和检定各种小模拟输入电能表提供了新的手段。

参考文献:

[1] 金逸,刘伟,查显光,等. 智能变电站状态监测技术及应用

[J]. 江苏电机工程,2012,31(2):12-14.

[2] GB/T 20840.7—2007,互感器 第8部分:电子式电压互感器(IEC 60044-7:1999)[S].

[3] GB/T 20840.8—2007,互感器 第8部分:电子式电流互感器(IEC 60044-8:2002)[S].

[4] 曾庆贵. 锁相环集成电路原理与应用[M]. 上海:上海科学技术出版社,2012:20-21.

[5] 李福全. 模拟信号传输过程的匹配[J]. 自动化与仪器仪表,1999(5):54-55.

作者简介:

张健(1981),女,江苏南京人,高级工程师,从事电能计量技术、数字化变电站智能设备检测研究工作;

穆小星(1969),男,江苏南京人,高级工程师,主要从事电能计量技术研究工作;

段梅梅(1986),女,山东德州人,工程师,从事电能计量技术、数字化变电站智能设备检测研究工作。

Development of a Small Analog Input Testing Equipment for Electricity Meter

ZHANG Jian, MU Xiaoxing, DUAN Meimei

(Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute

State Grid Laboratory of Electric Energy Measurement,Nanjing 210019, China)

Abstract: With the popularization and application of the electronic transformer with small analog sample output, electricity meter with small analog sample input emerged. Different from the traditional electricity meter, this type of the meter has 6-channel voltage input. The traditional testing equipment is inappropriate for this type of meter. This paper developed a testing equipment for electricity meter with small analog input. The principle, hardware and software of the equipment are introduced. A detailed explanation to the anti-disturbance method is provided.

Key words: electricity meter with small analog input; testing equipment; anti-disturbance

(上接第54页)

4 结束语

通过对2号低加液位调节器的优化过程的分析,得到了主辅调节阀较好的配合契合点,并对当前的控制策略给出了建议,对2号低加液位调节器的优化有一定的借鉴意义;同时,通过再次梳理优化流程,也加深了对闭环调节的理解,对后续工作起到很大的帮助。

参考文献:

[1] 李明舟,朱红. DEH系统常见故障及解决办法[J]. 江苏电机

工程,2013,32(S1):57-58.

[2] 贺兵. 330 MW 锅炉汽包两端水位偏差大分析原因及对策[J]. 江苏电机工程,2013,32(S1):59-61.

[3] 李艾祥,刘劲松. 火力发电厂控制系统人性化分析[J]. 江苏电机工程,2013,32(S1):52-56.

作者简介:

于爱萍(1974),女,江苏徐州人,工程师,从事电厂热工程控保护系统检修工作。

Optimization Analysis of Level Controller for Low Pressure Heat-Exchanger in Secondary Loop of Nuclear Units

YU Aiping

(Xinhai Power Generation Co. Ltd., Lianyungang 222023, China)

Abstract: The level controller of the low pressure heat-exchanger in secondary loop is one of the most important controller of nuclear units. The process of optimization is described. Each stage of the optimization and its effect is analyzed. Suggestions for future optimization work are provided.

Key words: nuclear units; controller; optimization