

核电 RIS01 试验蒸发器水位控制调阀关闭时间异常

李宜民 刘国庆 郭海宁 习芳 钱伟

中广核核电运营有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i6.10427

[摘要] RIS01试验是CPR1000堆型核电站换料大修时必须执行与核安全相关的监督大纲项目,试验的目的是验证在安注信号触发后,主给水阀和旁路给水阀在5秒内关闭。国内某核电站在换料大修中执行RIS01试时,二环路给水调节阀的快关时间接近超差标准。本文对快关时间接近超差原因进行了分析。并根据分析结果定位原因为DCS控制系统的计时部分出现异常。

[关键词] DCS; 计时; 超差; 时间标签

中图分类号: P414.8+2 **文献标识码:** A

Analysis and Handling of Abnormal Closing Time of Water Level Control Valve During the Test of Nuclear Power Station's RIS01 Evaporator

Yimin Li Guoqing Liu Haining Guo Fang Xi Wei Qian

CGN Nuclear Power Operation Co., LTD.

[Abstract] The RIS01 test is a mandatory oversight program item related to nuclear safety during refueling outages for CPR1000 nuclear power plants. The objective of this test is to verify that both the main feedwater valve and the bypass feedwater valve can be closed within 5 seconds after the safety injection signal is triggered. During a recent refueling outage at a domestic nuclear power plant, the quick closure time of the feedwater regulating valve in the second loop was found to be nearing the out-of-tolerance standard. This paper analyzes the reasons behind this near-miss in quick closure time and, based on the analysis results, identifies the cause as an abnormality in the timing component of the DCS (Distributed Control System) control system.

[Key word] DCS; Timing; Timeout; Time stamp

引言

国内某CPR1000堆型核电站某机组非安全级采用西门子TXP-DCS系统,安全级为阿海珐的TXS-DCS系统, TXP系统承担核电站NC、1E级设备的控制, TXS系统承担核电站SR级设备的控制。RIS01试验是安全注入和安全壳隔离阶段A(第一阶段)的综合试验,模拟A、B列安注信号触发后,验证相关阀门的动作时间满足要求,试验的计时功能是在TXP中实现。某次换料大修RIS01试验时, B列安全注信号触发后,二环路给水调节阀的快关时间接近超差标准,经分析原因是TXP系统的CP1430通讯卡件授时功能异常导致^[1]。

1 背景介绍

某次大修中RIS01试验时,当A、B列安注信号分别触发后,三个环路的主、旁路给水调节阀的关闭时间均小于5秒,满足监督大纲准则要求,但B列安注信号触发后,二环路主、旁路给水调节阀关闭时间偏长。其试验时数据为A列安注信号触发后,二环路主调节阀和旁路调节阀的关闭时间均为2.464秒; B列安注信号

触发后,二环路主调节阀关闭时间为4.314秒,旁路调节阀的关闭时间为4.272秒;其一、三环路A、B安注信号触发后的关闭时间均小于2.5秒。需要对A、B列安注信号触发后二环路关闭时间偏长进行分析处理^[2]。

2 RIS01试验

RIS01试验为安全注入和安全壳隔离阶段A(第一阶段)的综合试验,目的之一是验证从主控制室用“安全注入和安全壳隔离阶段A”手动启动来验证整个完全注入顺序和安全壳隔离阶段A顺序运行良好。B列RIS01试验过程如下图1所示,当主控按下RPB058T0后,安注B列信号触发, B列AV42控制模块收到安注信号,通过计算输出给对应ARE给水阀门的关闭指令, ARE阀门B列电磁阀失磁动作,阀门失去气源,使得主给水阀ARE031/032/033VL、旁路给水阀ARE242/243/244VL同时关闭^[3]。

另外由于安注信号产生后,同时也会触发反应堆保护动作P4信号触发, P4+一回路平均温度低触发主给水隔离信号(同时送A、B列,该信号触发比安注B列信号S. I. B触发大约晚

表1 RIS01试验数据

RIS01 试验	阀门	电磁阀	阀门关命令发出时间	SM3 开限位信号触发时间	SM5 关限位信号触发时间	阀门关闭时间
A 列 S. I.	ARE031VL	EL1	23:55:01.030	23:55:01.895	23:55:03.094	2.064
		EL2	23:55:01.250			
	ARE032VL	EL1	23:55:01.030	23:55:02.426	23:55:03.494	2.464
		EL2	23:55:01.250			
	ARE033VL	EL1	23:55:01.030	23:55:01.880	23:55:03.080	2.050
		EL2	23:55:01.250			
	ARE242VL	EL1	23:55:01.030	23:55:01.913	23:55:03.364	2.334
	ARE243VL	EL1	23:55:01.030	23:55:02.426	23:55:03.494	2.464
	ARE244VL	EL1	23:55:01.030	23:55:01.825	23:55:03.125	2.095
	B 列 S. I.	ARE031VL	EL1	00:28:55.740	00:28:56.420	00:28:57.620
EL2			00:28:55.480			
ARE032VL		EL1	00:28:55.740	00:28:58.544	00:28:59.794	4.314
		EL2	00:28:55.480			
ARE033VL		EL1	00:28:55.740	00:28:56.349	00:28:57.551	2.071
		EL2	00:28:55.480			
ARE242VL		EL2	00:28:55.480	00:28:56.314	00:28:57.764	2.284
ARE243VL		EL2	00:28:55.470	00:28:58.541	00:28:59.742	4.272
ARE244VL	EL2	00:28:55.480	00:28:56.321	00:28:58.000	2.520	

200-300ms),使得主给水阀门 ARE031/032/033VL的A列AV42也收到关闭信号,对应中间继电器励磁,阀门的A列电磁阀也失磁。阀门的两个电磁阀中的任意一个电磁阀失磁,都会使得阀门失去气源,快速关闭^[4]。

3 原因分析

根据图1中的逻辑信号简图,可能的故障点有逻辑回路及继电器、BC盒接线、电磁阀、阀门气动执行机构,开限位开关SM3、关限位开关SM5,以及对SM5信号进行时间标签标注的CP1430卡件。根据RCA分析法分析时间偏差大的最大可能性为CP1430卡件授时异常。因为限位开关SM3和SM5信号由TXP-DCS系统的AP1519内的CP1430时钟同步模块标注时间标签,若CP1430故障或授时异常,将SM3和SM5信号标注了错误的时间标签,则会影响阀门关

闭时间的计算^[5]。

为了复现该异常以重新模拟信号的方式验证ARE032/243VL阀门的关闭时间,其中S. I. B信号触发时,ARE032/243VL的关闭时间为4秒以上,其余的阀门关闭时间均为2.6秒以内。详细数据如表1:

CP1430卡件为TXP-DCS机柜中的时钟同步与通讯模块,其作用是对该机柜中采集的信号进行时间标识,并通过DCS网络将数据送至PU服务器中,DCS系统的标准时钟信号来自HOPF时钟。为保证DCS系统时钟的同一性,CP1430和PU均会和HOPF时钟进行校时,若CP1430故障无法校时,则会导致通讯至PU的信号时间标签与PU自身时间存在偏差^[6]。

正常情况下,AP控制器将所有产生的TTD事件(带时间标签

的数据包), 由该AP的CP1430卡件打上时标后, 通过网络送往PU, PU接收一个TTD事件时, 会比较TTD自带时间标签与PU自身时间的偏差, 如果偏差超过一定值(设置为10s), PU将会用自身的时间去修改该TTD中的时标, 同时将该TTD的Quality-code参数值加4。最后TTD事件也会转存到SU中储存, 其存储的数据时标是被PU修改后的, 也是最终日志数据^[7]。

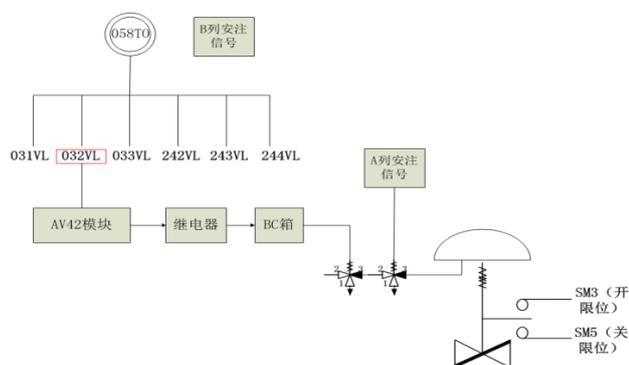


图1 逻辑信号简图

查询最终的日志数据, 在进行B列试验时, ARE032/243VL的SM3信号消失的TTD事件的Quality-code参数和SM5信号出现TTD事件的Quality-code参数均为x00000005, 即这些事件的时间标签均被PU修正过。同时也说明该AP的CP1430与HOPF时钟对时异常, 导致产生的TTD时标与PU偏差大。

4 结论

综上, RIS01试验中ARE032/243VL阀门关闭时间过长的原因为KCP519AR机柜中的时钟对时模块CP1430故障导致阀门关闭信号的时间标签与PU不一致。从而导致计时试验的时间计算出现非真实谬误, 这是一种全新的故障模式。多基地核电站有很多类

似的定期试验, 需要精确计算相关时间。若时间标签存在错误, 则会影响计时时间的计算, 甚至误判试验结果, 将不合格的时间误算为合格^[8]。

本文为以后的类似故障处理提供了思路和故障查找方法, 对多基地核电站的类似故障处理有很大的参考意义。

[参考文献]

- [1]付敏,梅宗川,李久锐,等.蒸发器水位控制系统故障诊断仿真设计[J].科技视界,2014,(25):80.
- [2]戴永扇,王棋超.海外华龙一号低负荷下蒸发器水位控制调试方案优化分析[J].电子技术应用,2021,(S1):217-223.
- [3]闫奕霖.基于光的反射和折射原理的自动水位控制[J].物理与工程,2023,33(03):93-98.
- [4]相溢炯.某公司核电分布式控制系统国产化策略研究[D].清华大学,2016.
- [5]景阳.核电数字化分布式仪控系统研制进度风险管理研究[D].中国科学院大学(中国科学院工程管理与信息技术学院),2017.
- [6]马维.核电站DCS模拟量显示精度自动化测试方法的研究与应用[J].自动化博览,2021,38(4):63-65.
- [7]谭平,饶贤明,童之刚,等.核电DCS系统网络失效带来的启示及应对策略[J].电子技术应用,2022,(S1):136-140.
- [8]陈培锋.核电厂数字化仪控系统动态概率安全评价方法研究[D].厦门大学,2014.

作者简介:

李宜民(1984--),男,汉族,山西省运城人,本科,工程师,研究方向:核电DCS控制,热工仪表检修。