

非安全级 DCS 软件典型问题分析

刘 钟, 宋明亮, 吴佳洁

福建福清核电有限公司, 福建福清, 350300

摘要: 伴随计算机技术在核电领域的广泛使用, 数字化控制软件在取代传统继电器的同时, 也带来许多不可预见的问题。文中结合福清核电厂分布式控制系统(DCS)项目的实际情况, 针对非安全级 DCS 软件测试和调试过程中出现的典型问题进行分析, 提出对应的解决方案和措施。

关键词: DCS 软件; 气泡; 调试; 分析

中图分类号: TL361 文献标志码: A

Analysis of Typical Problems of DCS Non-Safety Class Software

Liu Zhong, Song Mingliang, Wu Jiajie

Fujian Fuqing Nuclear Power Co. Ltd., Fuqing, Fujian, 350300, China

Abstract: As the computer technology was widely used in nuclear power plants, a lot of unpredictable problems happened in the process of DCS(Distributed Control System) replacing the traditional relay rack. In this paper, considering the practical situation of Fuqing nuclear power DCS project, the typical problems in non-safety class of DCS software, which appeared during testing and commissioning process, are analyzed and the solution plan is proposed to obtain the experiences for the operation and commissioning activities in the future.

Key words: DCS software, Air bubble, Commissioning, Analysis

0 前 言

福清核电厂为中核集团首台全厂数字化 M310 核电机组, 其非安全级分布式控制系统(DCS)采用 IA Series 平台设计和开发, 通过采集现场过程信号以及接收主控室命令, 按照组态的程序进行运算、逻辑处理, 以控制就地执行机构的动作方向, 同时送主控室显示。在软件设计和开发过程中出现了一些问题, 需要通过软件出厂测试和现场调试发现并予以纠正。文中对测试和调试活动中出现的主要问题进行分析。

1 调阀控制模式问题

1.1 问题描述

反应堆硼水补给系统(REA)气动调节阀 REA065VB 是调节一回路硼浓度的重要设备。在

试验中发现如下异常:

(1) 补给模式选择与启动补给操作顺序颠倒。运行人员需要先启动补给后, 才能选择所需的补给模式。这与正常的操作流程不符。

(2) 操作员要想选择自动或手动补给模式时, 必须先将 REA065VB 阀门切换到自动控制模式, 而当系统处于自动补给模式后, 阀门由定值控制模式“SP_CONTROL”切换到手动控制模式“M_CONTROL”过程中, 硼水补给系统会退出自动补给, 同时 REA065VB 被自动关闭, 主控室无法再次操作 REA065VB, M_CONTROL 也失去了实际的作用; 该阀门的控制模式和系统的补给模式选择进入相互锁死状态。

1.2 问题分析

根据设计输入文件, 补给启动信号“make up

start”是所有模式选择的允许条件,只有在“make up start”为1时,主控制器才可以执行补给模式的选择。这直接导致了补给启动和模式选择顺序的颠倒。

同时“REA065VB自动控制”信号作为手动和自动补给的允许条件,只有当该阀门处于SP_CONTROL控制模式下,才允许选择进入手动或自动补给,而当硼水补给系统退出手动或自动补给模式后,REA065VB调节信号消失,致使REA065VB自动关闭。由此可见:REA065VB在自动控制状态下,无法进行SP_CONTROL和M_CONTROL之间的切换是导致阀门控制与补给模式互锁的根本原因。

1.3 解决方案

(1)删除“make up start”作为模式选择的允许条件,将“make up start”仅用于各种补给模式投用的状态显示。

(2)软件中设置该阀门始终处于模拟控制状态,以使得阀门在自动状态下始终可以进行调节模式切换操作。

(3)调整“065VB自动控制”信号的引用,保留其作为自动补给模式的允许条件,但需要取反后作为手动补给模式的选择条件,既有效解决阀门控制与补给模式之间的互锁,也限定了REA065VB在手动模式下只能为SP_CONTROL模式,而手动补给模式下只能是M_CONTROL模式。这种一一对应的关系,更有利于操作员对设备状态的判断和正确操作。

2 跨处理器的通讯问题

2.1 问题描述

福清核电厂非安全级DCS包括60个控制机柜、128块控制器。受限于单个机柜的IO容量、控制器的通讯点数、控制器负荷以及设计需求等原因,每个工艺系统的控制逻辑被分散到了多块处理器内,这使得大量信号需要通过网络进行相互传递,而网络传输固有的延时性,将不可避免的影响到信号传递的质量。其中部分短脉冲信号和瞬间跳变信号在传输过程中未能被下游控制器成功采集,影响到下游逻辑的执行,使之偏离预期的结果。

2.2 实例分析

在主蒸汽旁路隔离阀VVP142VV控制逻辑

中,由于A/B 2列之间信号的解耦需求,该阀门上2个电磁阀的控制逻辑被分配到了控制器1和控制器2中。来自主控室操作员站(KIC)的开命令首先被控制器1接收,用于控制电磁阀1,再通过网络送至控制器2控制电磁阀2。由于DCS内部信号传递固有的握手机制,KIC所发的控制信号在达到控制器后会自动复位。在现场调试中发现,其持续时间并不足以被B列的控制器采集到,即无法从控制器1传送至控制器2中,致使2个电磁阀的控制逻辑不能同时触发,在主控室发出开启命令后,阀门仍无法打开。

2.3 解决方案

针对以上问题,为避免短信号或瞬间跳变信号的丢失,通过在发送端对丢失信号加上2s的下降沿延时,就能确保下游控制器能准确地采集到该信号,从而正确触发相关逻辑。

3 KIC保持命令的复位问题

3.1 问题描述

传统继电器搭建的控制系统中,操作面板上的保持按钮开关(TPL)在“关”状态下,可由操纵员再按一次“关”命令,以清除所保持的信号或清除继电器逻辑中的自保持状态。

数字化控制系统中,由于KIC下发的命令均为脉冲信号,控制命令的保持需通过下游控制器中的置位复位触发器实现。

同时,KIC上按钮是否允许操作与执行器当前状态有关:即执行器处于“关”状态时,KIC上的“关命令”按钮无法操作;处于“开”状态时,KIC上“开命令”按钮被闭锁。数字化控制系统中未对该类型逻辑进行相应的数字化改进,导致保持信号的清除功能无法实现^[1]。

3.2 实例分析

(1)在海水循环泵CRF001\2PO的控制逻辑中,KIC发出“启动命令”为保持信号。当操纵员在KIC点击发出启泵指令后,需要现场十多个信号同时满足条件,海水循环泵才能投运[来自循环水泵润滑系统(CGR)的条件信号正常情况下1分钟多以后才会出现]。当由于缺少某一条件循环泵不能启动时,操纵员需要将保存的“启动命令”清除掉,以防止某一时刻条件信号突然满足使循环泵意外启动,但由于循环泵此时处于“停

止”状态，KIC 上停止按钮为闭锁状态，操纵员无法进行清除操作。

(2) 在某些特定控制逻辑中，虽然 KIC 的控制命令不是保持信号，但仍然需要在就地设备为关状态时 KIC 也能执行关操作。例如：在硼酸泵 REA001PO 运行情况下，当吸入口压力低超过 0.9 s 后，压力低保护停泵信号将被保持，闭锁启泵逻辑，并触发硼酸泵状态不一致（201KS）报警；在自保持逻辑置位后，即使压力低信号消失，相关逻辑仍处于自保持状态。在传统控制方式下，根据逻辑图和操作规程，可通过开关发出“停泵命令”以清除 201KS 报警并取消逻辑闭锁。但在数字化控制方式下，由于设备为停运状态，KIC 无法再次执行“停泵命令”，因此不能复位 201KS 报警并再次启泵。

以上问题会导致 DCS 部分设备无法控制，从而使机组设备产生非预期启动或停运的风险，严重影响系统运行和设备安全，需从设计上彻底根除此类问题。

3.3 解决方案

通过修改闭锁逻辑，解除 KIC 上启停按钮被开关位置闭锁情况，或修改故障复位逻辑，增加设备操作复位故障功能，允许在操作故障后反复进行正、反向的再次操作就能解决上述问题^[2]。

4 结束语

对非安全级 DCS 软件在设计、测试、调试过程中出现的部分问题进行分析，并提出对应的解决办法，希望对后续 DCS 的设计、调试、维护起到一定的借鉴作用。

参考文献：

- [1] 王常力, 罗安. 分布式控制系统 (DCS) 设计及应用实例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [2] 蒯吉, 赵晓平, 王晋松. 功能块号排列在 DCS 组态应用中的影响分析[J]. 中国电业(技术版), 2011, (05): 51-53.

(责任编辑: 孙 凯)