

基于FF功能块的过程控制系统优化

陈积明 王 智 孙优贤 浙江大学工业控制技术国家重点实验室 (310027)

Abstract

This paper introduces function block of Foundation Fieldbus and its structure. Starting with improving distributed control and security of system, it is presented the optimization of process control system based on function block.

Keywords: function block, FF, fail-safe, field device

摘 要

本文对FF现场总线标准的功能块及其结构进行了介绍,并从提高控制的分散性和安全性着手,分析了基于功能块的过程控制系统的优化方法。

关键词:功能块,FF,失效安全,现场设备

过程控制很多用在处理易爆、易燃或有毒物质的行业,其安全性值得重视。尤其是在系统变得越来越复杂的情况下,如何运用已有的系统资源来优化系统,提高其安全性是值得研究的,也是具有现实意义的。本文以FF(Foundation Fieldbus)现场总线为背景,讨论利用功能块来实现系统的高度分散控制,同时用功能块及其编程语言来实现系统安全。

1 功能块的结构

FF现场总线标准最显著的特征是定义了一套完整的、标准的、基于功能块(Function Block)和设备描述(Device Description)技术的用户层协议。FF的用户层由资源块(Resource Block)、变送器块(Transducer Block)和功能块等构成。其中功能块定义了仪表如何根据现场数据进行工作。功能块是用户层的核心,它主要有模拟输入块(AI Block)、比例积分控制块(PID Block)和模拟输出块(AO Block)等。

1.1 功能块的基本结构和工作过程

功能块由各种参数构成,这些参数分为输入参数(input parameter)、输出参数(output parameter)和内置参数(contained parameter)三种。其中输入输出参数用于不同功能块之间的连接,而内置参数用于表示功能块的内部状态。不同的参数状态下,功能块按照不同的模式工作。

功能块的工作模式如图1所示。功能块首先通过输入参数状态和目标模式(Target Mode),确定实际模式(Actual Mode),然后根据实际模式选择适当的输入参数值,确定设定值(Set Point),最后根据输入

参数、设定值和实际模式,确定输出参数的状态和参数值。

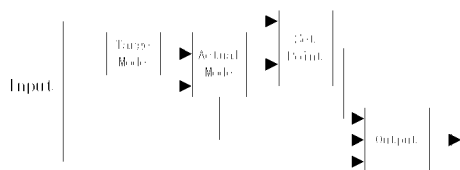


图1 功能块的工作模式

1.2 功能块参数的状态

为了提高功能块之间数据交换的可靠性,在输入参数和输出参数中定义了参数状态。参数状态表明参数的质量,通过它可以避免不可靠数据产生错误所带来的损失。参数状态说明参数值是Good(完全可靠)、Uncertain(不确定)或者Bad(不可靠)。

1.3 模式

模式属于内置参数,它确定功能块如何工作,所有的功能块都定义了模式。根据在功能块工作中的作用,模式分为:实际模式、目标模式和许可模式(Permitted Mode)。功能块根据实际模式进行工作,实际模式由目标模式和输入参数状态决定。而目标模式只能在许可模式中选择。下面给出部分模式的作用:

失效模式(O/S):功能块的输出值不再随着外界变化,而是维持在最后的输出值上,或者维持在设定的安全值。

初始化模式(IMan):功能块的输出值由反向输入(Back-Calculation)值设定。

自动模式 (Auto): 在计算功能块的输出时, 设定点由操作员通过接口 9606189 设备设定。

手动模式 (Man): 功能块的输出值不通过计算, 它直接由操作员通过接口设备设定。

级连模式 (Cas): 在计算功能块的输出时, 设定点通过级连输入 (Cascade Input) 由其它功能块的输入参数设定。

4) 功能块的模式转换规则

对于不同的功能块, 在不同的目标模式下, 模式转换规则不同。下面给出功能块的通用的转换规则。

① 在初始化前, 所有的功能块均处于 O/S 模式下, 此时功能块的输出参数无法使用。

② 从 O/S 转换到其它模式前, 所有功能块的实际模式必须先转换到 Man。如果所有的相关输入参数都正常, 才逐步转换到相应的目标模式下。

③ 对于输入块, 如果输入参数 (IN) 的状态正常 (Nor), 其实际模式进入 Auto, 输出参数 (OUT) 的状态正常。如果输入参数状态为不可靠 (Bad), 则实际模式进入 Man, 输出参数状态为不可靠。

④ 输出块的状态和实际模式受到上级功能块参数状态的影响。如果前向输入参数 (C-IN) 的状态正常, 经过一系列变化, 输出块进入目标模式, 输出参数状态正常。如果前向输入参数的状态不可靠, 则输出块进入设定的安全模式下。

⑤ 控制块的状态和实际模式不但受到上级功能块参数的影响, 还受到下级功能块参数的影响。如果前向输入参数和反向输入参数 (B-IN) 的状态都正常, 控制块进入目标模式。如果前向输入参数或反向输入参数不正常, 控制块则进入设定的安全模式。

2 高度分散控制

FF 是专门针对工业过程自动化设计而开发, 是解决过程应用的双向的数字化的通讯协议。在 FF 现场总线技术中, 其功能块和相应的网络通讯起到了十分关键的作用。由于功能块的引入, 使得现场总线系统与传统 DCS 相比功能上有了很大的增强, 一些过去只能在控制系统中完成的控制及先进算法, 通过功能块得以转移到现场设备中完成, 从而系统的分散度更高, 控制品质也得到了提高。植入功能块的现场设备称为“现场总线智能设备”, 现场设备能够通过合适的位置正确的选择功能块和控制策略, 来优化整个控制系统, 使系统能够获得良好的性能。

对于如图 2 所示的发酵过程, 营养剂在一定的 PH 值和温度下, 通过电机搅拌, 在发酵罐中繁殖。温度传感器反馈的值用来控制加热器, PH 值传感器值

用来控制酸碱试剂的阀门开度, 以保证繁殖环境, 位置传感器值控制进料阀和出料阀。

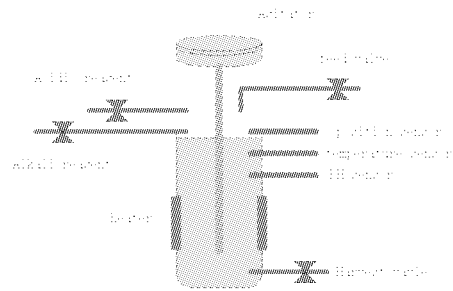


图 2 发酵过程示意图

该发酵过程用功能块进行组态 (图 3 所示), 可以实现系统的高度分散控制, 控制功能尽可能的放到了现场, 控制风险得到分散。对于 FF 没有定义的功能块, 可以用功能块编程语言自己定义所需功能块, 如图中 Main 块。

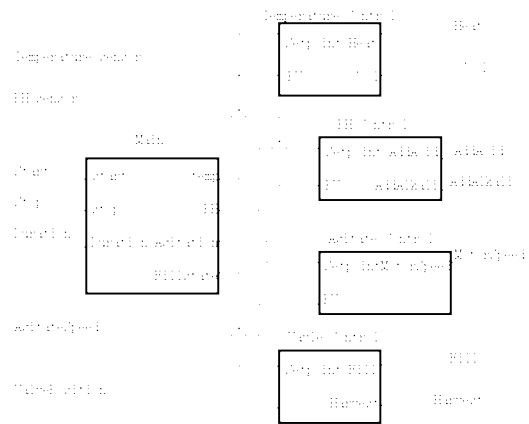


图 3 发酵过程组态示意图

由于系统控制真正高度分散, 植入功能块的现场设备系统还具有容易升级的特点。使用传统的仪表系统, 其控制策略是放在中央控制单元里, 系统需要预留资源给将来的升级。如果系统的扩展不再预计之中的话, 控制系统可能需要对设备进行另外的配置, 这需要更大的投资。但是, 采用了分布式的植入功能块的现场设备体系之后, 就不需要考虑将来的系统升级问题。系统刚开始可以很小, 它可以保持不确定的扩大, 因为每个加到系统的现场设备都带有自己的处理器, 新设备能够马上可以和系统一起运行。功能块的使用, 一定程度上也加强了系统的柔性。

3 用功能块实现系统安全

4) 失效安全机制

所谓失效安全指的是, 当错误不可避免出现时, 能够及时诊断出错误, 并且提供一定程度的功能, 在

系统性能下降且可接受的情况下,系统能继续运行,避免出现计划外关机而引起的严重后果。

在 FF 功能块中,输入功能块、控制功能块和输出功能块都提供了不同的失效安全功能。利用这些功能可以有效地实现高层次的容错,具体有 IOOPTS、STATUSOPTS、CONTROLOPTS、SHEDOPTS 和其它有关的参数。

在输出功能块,通过设置 FaultState 条件,可以很容易地实现失效安全措施。设置 IOOPTS 的 Fail-safe to Value,可以在检测出错误后采取适当的安全值。而相关参数 FSTATEVAL 和 FSTATETIME 分别规定安全值的来源(提前设定值或者最后输出值)和从检测出错误到采用失效安全措施的时间间隔。除了在自动检测到错误后进入失效安全状态,并采取失效安全措施外,还可以通过控制功能块产生 IFS (Initialize Fail Safe) 消息,来启动输出功能块的失效安全措施。

控制功能块通过检测自身的错误产生 IFS,也可以直接从输入参数得到上级功能块的错误信息产生 IFS。要实现把上级功能块的错误信息转变成 IFS,需要设置 STATUS_OPTS 的参数 IFS if BAD IN。

输入功能块通过设置 STATUS_OPTS 的参数 Propagate Failure Forward,把检测的错误信息传递给下级功能块。

从上述分析可以看出,在整个控制回路都有能力进行错误检测,并且通过参数传递最终传递给输出功能块,使后者采取失效安全措施。图 4 给出失效安全机制组态和参数状态传播示意图。

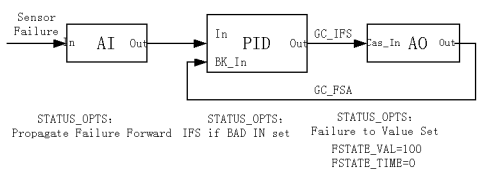


图 4 失效安全机制组态和参数状态传播示意图

在图 4 中,当收到传感器失效消息后, AI 功能块产生并传递失效输出参数状态给 PID 功能块;在收到失效参数状态, PID 产生并传递 IFS 给 AO;在收到 IFS 后, AO 进入失效安全状态、采取相应的失效安全措施,同时发出 FSA 给 PID 功能块。FSA 也隐含着非请求连接(Not Invited),即中断控制回路。

除此之外,利用 SHEDCAS 和 SHEDRCAS 可以提高系统实时检测控制回路的网络通讯能力。当某功能块的 CASIN(RCASIN) 在 SHEDCAS

(SHEDRCAS) 规定时间内收不到信息,根据 STATUSOPTS, 此功能块自动把目标模式和实际模式转移到相应的模式下,重新组织控制回路。

④) LAS 冗余

在一个 FF 网段中,可以有一个或者多个 LAS。在 FF 中存在可靠的切换机制,它规定从众多备份 LAS 中选择一个为主 LAS。当主 LAS 失效时,按照此机制,有一个备份 LAS 自动转换为主 LAS。当备份 LAS 转换为主 LAS 后,它自动接替主 LAS 的通讯协调功能。

功能块带有 LAS 能力,每个带有功能块的现场设备都可以作为 LAS 的备份。但是,当设备执行 LAS 功能时,它的性能要有一定程度的下降。虽然对于大多数应用而言,一定的性能下降并不是一个严重的问题,但是用户在配置备份 LAS 时,还应当认真考虑这个问题。

4 结束语

目前 FF 在已有的功能块的基础上,进一步制定更多的功能块。这些功能块的组合已经能够完成信号输入、输出,反馈,串级等基本控制功能。

在现场设备中合理使用功能块将会提高系统控制分散度和系统安全性能。通过现场设备的大量信息还可以监控整个系统。

参考文献

1. Foundation Fieldbus Technical Overview, 1996, Austin, Texas
2. System Architecture, Foundation Specification, 1996, Austin, Texas
3. Foundation Block Application Process Part1 2, Foundation Specification, 1997, Austin, Texas
4. Zhi Wang et al Modeling and Analysis of Fieldbus Function Blocks, Chinese Journal of Scientific Instrument, 2001. 2
5. Eelco van der Wal, Function Blocks: Combining Different Levels and Views of Your Control, Proceeding of international conf on advanced instrument, system and automation, 2000
6. 王智,于海斌,一种实现无扰切换的功能块系统及其着色 Petri 网建模,高技术通讯,2001. 4
7. 庄建国等,基金会现场总线高级功能块,冶金自动化 2000. 2
8. 王凯,基金会现场总线功能块及网络通信分析,工业控制计算机 1999. 5