



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108151548 B

(45)授权公告日 2019.06.18

(21)申请号 201711358721.X

(22)申请日 2017.12.17

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108151548 A

(43)申请公布日 2018.06.12

(73)专利权人 北京世纪隆博科技有限责任公司  
地址 100020 北京市朝阳区朝外大街18号  
丰联广场A座2205

(72)发明人 王文新 李全善 焦阳

(74)专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203

代理人 沈波

(51)Int.Cl.

F27D 19/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102865752 A,2013.01.09,全文.

CN 205959051 U,2017.02.15,全文.

CN 104101105 A,2014.10.15,全文.

CN 101256418 A,2008.09.03,全文.

JP 2006242411 A,2006.09.14,全文.

RU 2081893 C1,1997.06.20,全文.

JP H07109462 A,1995.04.25,全文.

JP 2014178049 A,2014.09.25,全文.

才力.多变量智能内膜控制系统在大型裂解炉的应用.《江西化工》.2016,(第04期),31-34.

审查员 谢德娟

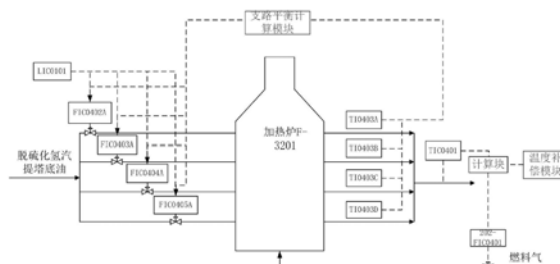
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种加热炉变量间交互应答统筹及限量控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种加热炉变量间交互应答统筹及限量控制方法,属于工业控制技术领域。实现该方法的加热炉控制系统由燃烧系统、支路温度均衡系统和温度智能补偿系统组成。在每个控制周期,自动检测各子系统的监测指标,当 $F_i$ 为1时运行子系统,当 $F_i$ 为0时停止子系统。当支路温度均衡控制系统运行时,有限制的调整支路进料量,提出了限量控制技术。建立加热炉各子系统的交互应答机制,统筹加热炉各变量的协调控制,实现加热炉安全长期平稳运行。本发明中加热炉四个支路流量不是定值控制,而是作为液位控制的副回路,支路均衡控制的实施难度较大。引入支路温度均衡系统解决了四个支路炉管之间支路温差大、支路进料流量阀门开度不一致的难题。



1. 一种加热炉变量间交互应答统筹及限量控制方法,其特征在于:该方法的加热炉控制系统由燃烧系统、支路温度均衡系统和温度智能补偿系统组成;

(1) 燃烧系统为加热炉出口温度与燃料气热量或者燃料气压力串级,控制目标是加热炉出口温度稳定;出口温度控制器测量点选择支路平均温度即四个支路平均温度或支路出口测量温度,通过选择按钮切换;

(2) 支路温度均衡系统是对支路出口温度与支路进料量进行调节,对四个支路出口温度与平均出口温度进行判断,若支路出口温度与平均出口温度最大的差值超出支路温差平稳阈值的一半,则在保证总负荷不变的前提下,微调各支路进料量,支路温度高的支路进料量增加,相应的,支路温度低的支路进料量减少,使各个支路出口温度趋近于加热炉平均出口温度;

(3) 由于进料流量是液位副回路串级控制,支路进料量设定值随时变化,为了防止进料负荷变化对加热炉出口温度的影响,增加温度智能补偿,当负荷增加时,提前开大燃料气调节阀,负荷减少时,提前关小燃料气调节阀,减少负荷变化对加热炉出口温度的影响;

将各子系统按照(1)-(3)的优先级进行排序,其运行监测指标用 $F_i$ 表示;

$$F_i = \text{sign}(|f(u) - S| - \sigma) \quad (1)$$

$S$ 为设定值, $\sigma$ 为阈值;

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 0 \\ 0 & x > 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$F_j = \prod_{i=1}^m F_i \quad j > m \quad (3)$$

$m$ 为子系统的数量, $x$ 是自变量, $i$ 和 $j$ 是序号;

在每个控制周期,自动检测各子系统的监测指标,当 $F_i$ 为1时运行子系统,当 $F_i$ 为0时停止子系统;

当支路温度均衡控制系统运行时,有限制的调整支路进料量,提出了限量控制技术;支路进料调整量速度表达式如下表示:

$$V = \begin{cases} V_{\min} & \frac{S-P}{\lambda T} \leq V_{\min} \\ \frac{S-P}{\lambda T} & V_{\min} \leq \frac{S-P}{\lambda T} \leq V_{\max} \\ V_{\max} & \frac{S-P}{\lambda T} \geq V_{\max} \end{cases} \quad (4)$$

式中: $V$ :调整量速度、 $V_{\max}$ :调整量最大速度、 $V_{\min}$ :调整量最小速度、 $S$ :目标值、 $P$ :测量值、 $T$ :剩余时间、 $\lambda$ :速度调节系数;计算出调整量速度后,根据以下公式更新下一控制周期的控制器设定值:

$$SV_t = SV_{t-1} + V * \Delta t \quad (5)$$

式中: $SV_t$ :控制器当前控制周期设定值、 $SV_{t-1}$ :控制器上一控制周期设定值、 $\Delta t$ :控制周期。

2. 根据权利要求1所述的一种加热炉变量间交互应答统筹及限量控制方法,其特征在

于:回路平稳,是指当前回路的测量值与设定值之差的绝对值小于等于设定的平稳阈值。

## 一种加热炉变量间交互应答统筹及限量控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种加热炉装置多变量之间交互应答统筹及限量控制方法,属于工业控制技术领域。

### 背景技术

[0002] 加热炉是工业生产中的一个重要装置,它的任务是把原料加热到一定温度,以保证下道工序的顺利进行,因此加热炉的温度控制起着举足轻重的作用。影响加热炉出口温度的干扰因素很多,炉子的动态响应一般都比较迟缓,因此加热炉温度控制系统多选择串级和前馈控制方案。

[0003] 随着炼油装置和加热炉的大型化,为了降低炉管压降和节能,使原料受热均匀,加热炉多采用多路炉管设计。多管程加热炉最大的安全威胁是偏流,尽管加热炉内各组炉管是按几何对称布置的,但往往因各烧嘴燃料等不均衡而出现“偏火”现象,致使各组炉管进料在炉内吸收热量不均衡,流量少的管内介质容易造成超温、裂解、结焦等问题,缩短了炉管的使用寿命。目前的控制方法大多是根据每一支路炉管出口温度来调整所在支路的进料流量控制器的设定值,通过调整各支路流量使得各组炉管的出口温度接近相等。

[0004] 某主分馏塔进料加热炉(F-3201)主要用于加热脱硫化氢汽提塔底油,加热至要求的温度后送至主分馏塔。脱硫化氢汽提塔底油一分为四,通过四条管线进入加热炉,加热至要求温度后,四个支路汇合至总管,从总管送至主分馏塔。脱硫化氢汽提塔塔底液位LIC0101与四个支路的流量(FIC0402A/FIC0403A/FIC0404A/FIC0405A)构成串级控制。四个支路出口温度均有测量点TI0403A、TI0403B、TI0403C、TI0403D。加热炉出口温度TIC0401与瓦斯气流量FIC0401构成串级控制。一般加热炉进料量是流量单回路控制,这里四个支路流量不是定值控制,而是作为液位控制的副回路,增加了支路均衡控制的实施难度。加热炉具体控制如图1所示。

[0005] 目前,加热炉出口温度虽投用串级控制,但受瓦斯气压力变化的影响,出口温度TIC0401波动较大;四路进料流量串级控制回路,虽然其设定值相同,流量测量值相差不大,但进料流量阀门不一致,最小40%多,最大可达50%多,相差接近10%。四个支路炉管之间支路温差最大约为5℃。

[0006] 专利CN201210291417.9公开了加热炉支路温度均衡与加热炉负荷控制的方法,该方法是在一个由加热炉各控制站组成的分布式控制系统DCS、一个数据通讯服务器OPC以及一个信息管理中心APC服务器共同构成的网络控制系统中实现的。所述分布式控制系统DCS由多个控制站分布组成;所述的OPC服务器通过工业以太网与所述分布式控制器DCS相连,从所述分布式控制器DCS上采集数据信息;所述APC服务器通过工业以太网与所述OPC服务器相连,从所述的OPC服务器上获取数据信息,根据所述的数据信息输出参数;所述的OPC服务器,通过工业以太网从所述的APC服务器上获取参数,并将所述的参数通过工业以太网传送至所述的分布式控制系统DCS中。该技术特征主要解决常规支路温度均衡控制方法实施时各支路炉管进料严重耦合、效果差以及在加热炉总负荷发生改变时采用手工控制所带

来的加热炉长时间运行不平稳的问题。该技术的主要特征在与设定多组分布式控制结构，由控制结构进行采集离散的信息，但是，在面对系统多变量且存在耦合的情况，若采用控制结构采集离散信息都是平行的，难以实现对各个变量之间的交互优化控制。

### 发明内容

[0007] 为了解决加热炉控制问题，本发明提出一种加热炉变量间交互应答统筹及限量控制方法。建立加热炉各子系统的交互应答机制，只有在进料量、燃料气流量、炉出口温度控制是系统都平稳且都处于串级控制的情况下，方可实施支路均衡控制，若进料量、燃料气流量、炉出口温度回路的偏差超过设定的阈值，通过交互应答机制，则自动暂停支路温度均衡控制系统的调节，等待上述回路都控制平稳后，系统将自动再次进行支路温度均衡控制。同时，基于加热炉机理及风险性准则，根据热量平衡、物料平衡，提出了限量控制技术，当支路温度均衡控制系统运行时，有限制的调整支路进料量，真正意义上实现了加热炉高效优质运行。

[0008] 一种加热炉变量间交互应答统筹及限量控制方法，实现该方法的加热炉控制系统由燃烧系统、支路温度均衡系统和温度智能补偿系统组成。(1) 燃烧系统为加热炉出口温度与燃料气热量或者燃料气压力串级，控制目标是加热炉出口温度稳定；出口温度控制器测量点选择支路平均温度(四个支路平均温度)或支路出口测量温度，通过选择按钮切换。(2) 支路温度均衡系统是对支路出口温度与支路进料量进行调节，对四个支路温度与平均出口温度进行判断，若支路温度与平均温度最大的差值超出支路温差平稳阈值的一半，则在保证总负荷不变的前提下，微调各支路进料量，支路温度高的支路进料量增加，相应的，支路温度低的支路进料量减少，使各个支路出口温度趋近于加热炉出口平均温度。(3) 由于进料流量是液位副回路串级控制，支路进料量设定值随时变化，防止进料负荷变化对加热炉出口温度的影响，增加温度智能补偿，当负荷增加时，提前开大燃料气调节阀，负荷减少时，提前关小燃料气调节阀，减少负荷变化对加热炉出口温度的影响。

[0009] 将各子系统按照优先级进行排序，其运行监测指标用 $F_i$ 表示。

$$[0010] \quad F_i = \text{sign}(|f(u) - S| - \sigma) \quad (1)$$

[0011]  $S$ 为设定值， $\sigma$ 为阈值。

$$[0012] \quad \text{sign}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 0 \\ 0 & x > 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$[0013] \quad F_j = \prod_{i=1}^m F_i \quad j > m \quad (3)$$

[0014]  $m$ 为子系统的数量， $x$ 是自变量， $i$ 和 $j$ 是序号。

[0015] 在每个控制周期，自动检测各子系统的监测指标，当 $F_i$ 为1时运行子系统，当 $F_i$ 为0时停止子系统。

[0016] 当支路温度均衡控制系统运行时，有限制的调整支路进料量，提出了限量控制技术。支路进料调整量速度表达式如下表示：

$$[0017] \quad V = \begin{cases} V_{\min} & \frac{S-P}{\lambda T} \leq V_{\min} \\ \frac{S-P}{\lambda T} & V_{\min} \leq \frac{S-P}{\lambda T} \leq V_{\max} \\ V_{\max} & \frac{S-P}{\lambda T} \geq V_{\max} \end{cases} \quad (4)$$

[0018] 式中： $V$ ：调整量速度、 $V_{\max}$ ：调整量最大速度、 $V_{\min}$ ：调整量最小速度、 $S$ ：目标值、 $P$ ：测量值、 $T$ ：剩余时间、 $\lambda$ ：速度调节系数；计算出调整量速度后，根据以下公式更新下一控制周期的控制器设定值：

$$[0019] \quad SV_t = SV_{t-1} + V * \Delta t \quad (5)$$

[0020] 式中： $SV_t$ ：控制器当前控制周期设定值、 $SV_{t-1}$ ：控制器上一控制周期设定值、 $\Delta t$ ：控制周期。

[0021] 备注：回路平稳，是指当前回路的测量值与设定值之差的绝对值小于等于设定的平稳阈值。

[0022] 与现有技术相比，本发明具有如下有益效果。

[0023] (1) 在本发明方案中，加热炉控制系统由燃烧系统、支路温度均衡系统和温度智能补偿系统组成。建立加热炉各子系统的交互应答机制，统筹加热炉各变量的协调控制，解决了加热炉多变量、强耦合、非线性、纯滞后等控制难题，实现了加热炉安全长期平稳运行。

[0024] (2) 在本发明方案中，基于加热炉机理及风险性准则，根据热量平衡、物料平衡，提出了限量控制技术，当支路温度均衡控制系统运行时，有限制的调整支路进料量，真正意义上实现了加热炉高效优质运行。

[0025] (3) 一般加热炉进料量是流量单回路控制，本发明中加热炉四个支路流量不是定制控制，而是作为液位控制的副回路，支路均衡控制的实施难度较大。引入支路温度均衡系统解决了四个支路炉管之间支路温差大、支路进料流量阀门开度不一致的难题。

## 附图说明

[0026] 图1是加热炉控制方法原方案；

[0027] 图2是加热炉控制方法新方案。

## 具体实施方式

[0028] 如图2所示，优化加热炉控制方案，新控制方案引入燃烧系统和支路温度均衡系统，燃烧系统是支路均衡协调控制系统运行的基础，只有在炉出口温度和燃料气进料流量控制平稳，支路温度均衡才起作用，燃烧系统优先级高于支路温度均衡系统。具体如下：

[0029] (1) 增加支路平衡控制，根据四路出口温度TI0403A、TI0403B、TI0403C、TI0403D温度差，引入前馈控制，提前微调最高温度进料量及最低温度进料量，有利于加热炉出口温度稳定，并减少四个支路流量阀门“偏流”现象。

[0030] (2) 添加温度补偿模块，可随时投用或切除。当支路均衡或温度补偿功能切换后，如果补偿值不为0，如果系统构成串级，系统会以给定的速率降到0，否则补偿值直接归0，以防阀门扰动。

[0031] (3) 若炉出口温度或燃料气进料流量控制不平稳,则自动暂停支路温度均衡系统的调节,待燃烧系统平稳后,支路温度均衡系统再次自动进行调节。

[0032] 该加热炉变量间交互应答统筹及限量控制方法实施后,加热炉出口温度TIC0401均方差降低68.26%,燃料气流量FIC0401均方差降低40.51%。四支路温度差由5℃大大降低至1℃以内,具体对比见下表。

[0033] 表1加热炉出口温度TIC0401与FIC0401串级实施前后对比

[0034]

位号	实施前		实施后		均方差变化率
	平均值	均方差	平均值	均方差	
TIC0401.PV	280.0038	0.7341	279.9958	0.233	-68.26%
FIC0401.PV	1521.6654	14.5391	1245.596	8.6491	-40.51%

[0035] 表2加热炉四支路出口温度实施前后对比

[0036]

位号	实施前		实施后		均方差变化率
	平均值	均方差	平均值	均方差	
TI0403A.PV	278.4974	0.6107	279.9647	0.4639	-24.04%
TI0403B.PV	283.2204	0.6988	280.034	0.4975	-28.81%
TI0403C.PV	280.3007	0.6006	279.7763	0.4153	-30.85%

[0037]

TI0403D.PV	280.383	0.6492	280.1908	0.4981	-23.27%
------------	---------	--------	----------	--------	---------

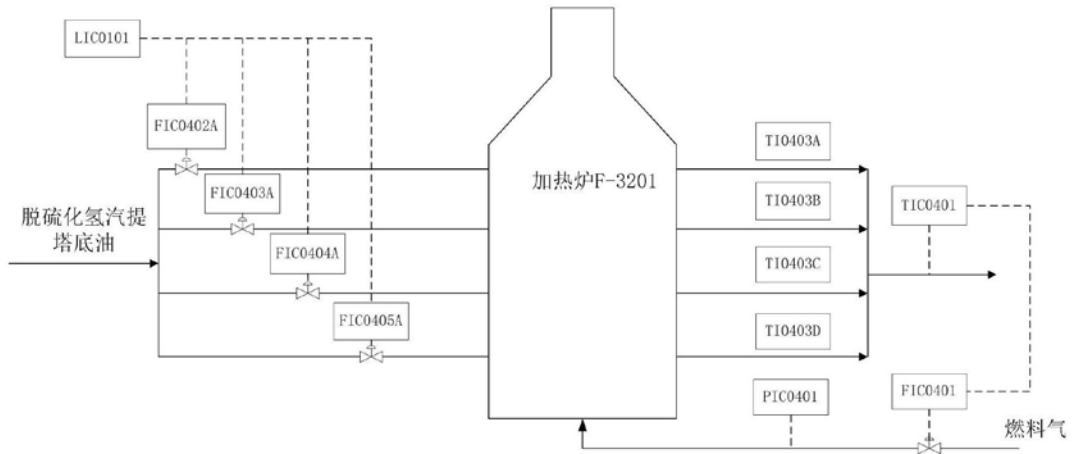


图1

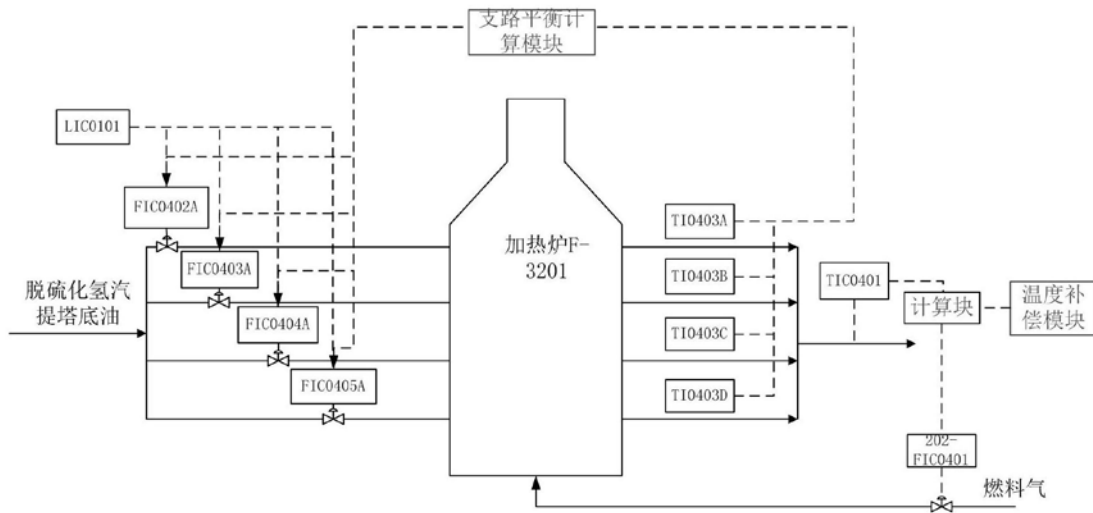


图2