



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104730925 A

(43) 申请公布日 2015.06.24

(21) 申请号 201510113102.9

(22) 申请日 2015.03.15

(71) 申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381 号

(72) 发明人 康龙云 冯自成 李臻

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限
公司 44102

代理人 何淑珍

(51) Int. Cl.

G05B 13/04(2006.01)

权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种输入限幅 PI 控制方法

(57) 摘要

本发明提出了一种输入限幅 PI 控制方法。所述控制方法对 PI 控制器的输入进行限幅,当被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 大于设定的正限幅值 e_{max} 时,控制 PI 控制器的输入等于正限幅值 e_{max} ,当被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 小于负限幅值 $-e_{max}$ 时,控制 PI 控制器的输入等于负限幅值 $-e_{max}$,当被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 的绝对值小于等于正限幅值 e_{max} 时,控制 PI 控制器的输入等于被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$,通过对 PI 调节器的输入进行限幅,可以有效减少被控对象的实际输出 $y_{out}(t)$ 的超调量。



1. 一种输入限幅PI控制方法,其特征在于包括如下步骤:第一步,粗略确定PI控制器表达式 $u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt$ 中的比例系数 K_p 、积分系数 K_I ;第二步,当被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 大于设定的正限幅值 e_{max} 时,控制PI控制器的输入等于正限幅值 e_{max} ,当被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 小于负限幅值 $-e_{max}$ 时,控制PI控制器的输入等于负限幅值 $-e_{max}$,当被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 的绝对值小于等于正限幅值 e_{max} 时,控制PI控制器的输入等于被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$;第三步,每次同时按照比例增大PI控制器表达式 $u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt$ 中的比例系数 K_p 、积分系数 K_I 10%直到被控对象输出曲线的超调量 δ 与调节时间 t_{max} 均满足设定的要求为止。

2. 根据权利要求1所述的一种输入限幅PI控制方法,其特征在于,所述粗略确定PI控制器表达式 $u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt$ 中的比例系数 K_p 、积分系数 K_I 是指:将PI控制器的输出量 $u(t)$ 作为被控对象的输入,被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 作为PI控制器的输入,保持PI控制器的积分系数 K_I 为0且按照步长1逐渐增大PI控制器的比例系数 K_p ,当比例系数为 K_{pfinal} 时,被控对象的输出 $y_{out}(t)$ 在设定的调节时间 t_{max} 内达到期望输出值 a_{ref} 的 $\pm 5\%$ 范围内并且保持稳定,则确定PI控制器的比例系数 $K_p = 0.8K_{pfinal}$,然后保持比例系数 $K_p = 0.8K_{pfinal}$ 不变且按照步长1逐渐增大PI控制器的积分系数 K_I 直到在设定的调节时间 t_{max} 以后稳态误差得以消除,期望输出值 a_{ref} 为正常数。

3. 根据权利要求1所述的一种输入限幅PI控制方法,其特征在于,所述正限幅值 e_{max} 小于期望输出值 a_{ref} 的五分之一。

4. 根据权利要求1所述的一种输入限幅PI控制方法,其特征在于,所述超调量是被控对象实际输出的最大值与实际输出的最终值之差与实际输出最终值之比的百分数。

5. 根据权利要求1所述的一种输入限幅PI控制方法,其特征在于,所述调节时间是被控对象实际输出达到并保持在实际输出最终值 $\pm 5\%$ 内所需的最短时间。

6. 根据权利要求1所述的一种输入限幅PI控制方法,其特征在于,所述稳态误差是被控对象的期望输出值与最终输出值之差。

一种输入限幅 PI 控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工业控制中使用 PI 控制的领域,特别涉及一种输入限幅 PI 控制方法。

背景技术

[0002] 在工业控制领域,由于 PI 控制器结构简单,容易实现并且具有较强的鲁棒性,因此被广泛采用。PI 控制器的比例系数与积分系数的选择影响着 PI 控制器的性能,通过调整 PI 控制器的比例系数和积分系数可以改变被控对象的输出响应。但是由于 PI 控制器的结构简单,其控制性能并不完美。传统的 PI 控制器通常会产生一定的超调量,过大的超调量在某些场合下会对设备造成严重的损害,因此在保持 PI 控制器响应速度的前提下减少 PI 控制器的超调量成为研究的热点。

发明内容

[0003] 为了克服现有技术的上述不足,本发明提出了一种输入限幅 PI 控制方法,所述控制方法通过对 PI 控制器的输入进行限幅,可以在不增加 PI 控制器响应速度的基础上有效减少被控对象实际输出 $y_{out}(t)$ 的超调量。

[0004] 本发明通过如下方案实现上述目标。

[0005] 一种输入限幅 PI 控制方法,其包括如下步骤:第一步,粗略确定 PI 控制器表达式 $u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt$ 中的比例系数 K_p 、积分系数 K_I ;第二步,当被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 大于设定的正限幅值 e_{max} 时,控制 PI 控制器的输入等于正限幅值 e_{max} ,当被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 小于负限幅值 $-e_{max}$ 时,控制 PI 控制器的输入等于负限幅值 $-e_{max}$,当被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 的绝对值小于等于正限幅值 e_{max} 时,控制 PI 控制器的输入等于被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$;第三步,每次同时按照比例增大 PI 控制器表达式 $u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt$ 中的比例系数 K_p 、积分系数 K_I 10% 直到被控对象输出曲线的超调量 δ 与调节时间 t_{max} 均满足设定的要求为止。

[0006] 进一步地,所述粗略确定 PI 控制器表达式 $u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt$ 中的比例系数 K_p 、积分系数 K_I 是指:将 PI 控制器的输出量 $u(t)$ 作为被控对象的输入,被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 作为 PI 控制器的输入,保持 PI 控制器的积分系数 K_I 为 0 且按照步长 1 逐渐增大 PI 控制器的比例系数 K_p ,当比例系数为 K_{pfinal} 时,被控对象的输出 $y_{out}(t)$ 在设定的调节时间 t_{max} 内达到期望输出值 a_{ref} 的 $\pm 5\%$ 范围内并且保持稳定,则确定 PI 控制器的比例系数 $K_p = 0.8K_{pfinal}$,然后保持比例系数 $K_p = 0.8K_{pfinal}$ 不变且按照步长 1 逐渐增大 PI 控制器的积分系数 K_I 直到在设定的调节时间 t_{max} 以后稳态误差得以消除,期望输出值 a_{ref} 为正常数。

[0007] 进一步地,所述正限幅值 e_{max} 小于期望输出值 a_{ref} 的五分之一。

[0008] 进一步地,所述超调量是被控对象实际输出的最大值与实际输出的最终值之差与实际输出最终值之比的百分数。

[0009] 进一步地,所述调节时间是被控对象实际输出达到并保持在实际输出最终值 $\pm 5\%$ 内所需的最短时间。

[0010] 进一步地,所述稳态误差是被控对象的期望输出值与最终输出值之差。

[0011] 与现有技术相比,本发明具有如下优点和技术效果:

[0012] 本发明采用输入限幅PI控制方法可以在保证PI控制器响应速度的前提下,有效减少被控对象输出曲线的超调量 δ 。

附图说明

[0013] 图1是输入限幅PI控制器的框图。

[0014] 图2是常规PI控制器的仿真结果。

[0015] 图3是输入限幅PI控制器的仿真结果。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图对本发明的具体实施方式作详细说明,但本发明的实施和保护不限于此,需指出的是,以下若有未特别详细说明之处,均是本领域技术人员可参照现有技术实现的。

[0017] 图1是输入限幅PI控制器框图,被控对象的期望输出 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 作为输入限幅PI控制器的输入,输入限幅PI控制器内部含有限幅功能和常规PI控制器环节,输入限幅PI控制器的输出作为被控对象的输入控制被控对象。

[0018] 现在以一个实例说明本发明的具体实施方式,本实例中被控对象的期望输出 $a_{ref} = 100$,被控对象的传输函数为 $\frac{2e^{-0.1s}}{6s+1}$ 。

[0019] 第一步,粗略确定PI控制器表达式 $u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt$ 中的参数 K_p 、 K_I ,将PI控制器的输出量 $u(t)$ 作为被控对象的输入,被控对象的期望输出值 a_{ref} 与实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 作为PI控制器的输入,保持PI控制器的积分系数 K_I 为0且使PI控制器的比例系数 K_p 从0开始每次增加1,当比例系数为12时,被控对象的输出 $y_{out}(t)$ 在设定的调节时间 $t_{max} = 4$ 秒内达到期望输出值 a_{ref} 的 $\pm 5\%$ 范围内并且保持稳定,因此确定PI控制器的比例系数 $K_p = 0.8 \times 12 = 9.6$,然后保持比例系数 $K_p = 9.6$ 不变使PI控制器的积分系数 K_I 从0开始每次加1直到在设定的调节时间 $t_{max} = 4$ 秒后稳态误差得以消除,从而确定PI控制器的积分系数 $K_I = 10$,仿真结果如图2所示,横轴为时间,单位为秒,纵轴为被控对象的实际输出。

[0020] 第二步,确定正限幅值 $e_{max} = 5$,当期望输出值 $a_{ref} = 100$ 与被控对象的实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 大于正限幅值 $e_{max} = 5$ 时,控制PI控制器的输入等于正限幅值 $e_{max} = 5$,当期望输出值 $a_{ref} = 100$ 与被控对象的实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 小于负限幅值 $-e_{max} = -5$ 时,控制PI控制器的输入等于负限幅值 $-e_{max} = -5$,当期望输出值 $a_{ref} = 100$ 与被控对象的实际输出 $y_{out}(t)$ 之差 $e(t)$ 的绝对值小于等于正限幅值 $e_{max} = 5$ 时,控制PI控制器的输入

等于期望输出值 a_{ref} 与被控对象的实际输出 $y_{\text{out}}(t)$ 之差 $e(t)$ 。

[0021] 第三步,每次同时按照比例增大 PI 控制器表达式 $u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt$ 中的比例系数 K_p 、积分系数 K_I 10%,直到被控对象输出曲线的超调量小于 15%,调节时间小于 4 秒,确定此时的 $K_p = 28.8$ 、 $K_I = 30$,实例结果如图 3 所示,横轴为时间,单位为秒,纵轴为被控对象的实际输出幅值。

[0022] 从上述结果可以看出,本发明提出的一种输入限幅 PI 控制方法可以在保证 PI 控制器响应速度的前提下有效减少被控对象输出的超调量 δ 。



图 1

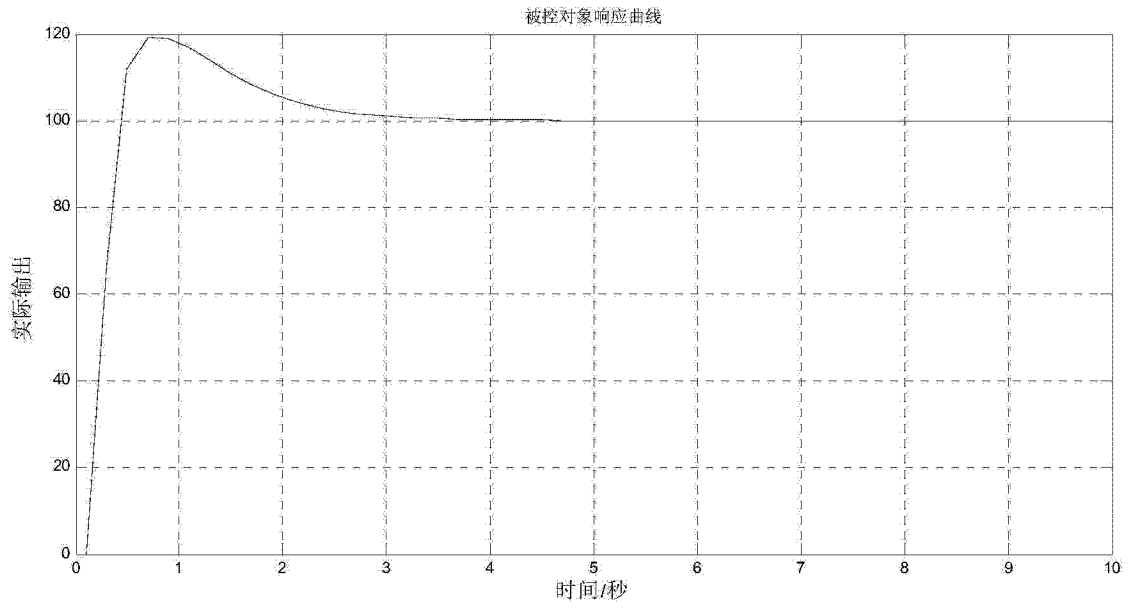


图 2

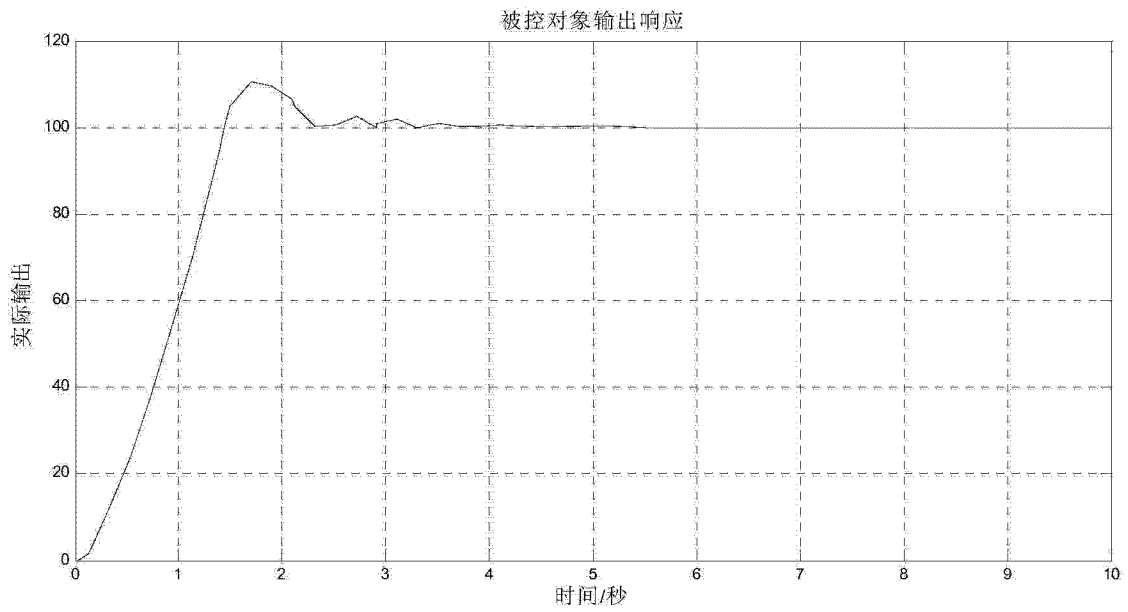


图 3