



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111488001 A

(43)申请公布日 2020.08.04

(21)申请号 202010392244.4

(22)申请日 2020.05.11

(71)申请人 成都寰蓉光电科技有限公司
地址 610000 四川省成都市武侯区新城管
委会武科西五路121号1栋1层1号

(72)发明人 任维 杨志天 徐朝鹏

(74)专利代理机构 成都东唐智宏专利代理事务
所(普通合伙) 51261

代理人 罗言刚

(51) Int. Cl.

G05D 3/12(2006.01)

G05B 13/04(2006.01)

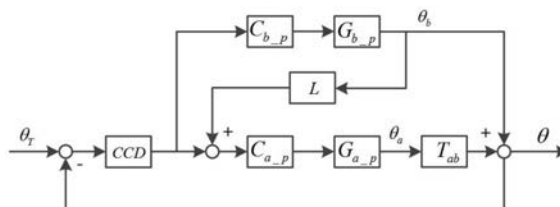
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种快反镜复合稳定平台控制系统及其设计方法

(57)摘要

一种快反镜复合稳定平台控制系统,包括主稳定平台位置控制器、次稳定平台位置控制器,以及可同时检测主、次稳定平台角度偏差的角度检测装置;所述角度检测装置为图像识别装置;所述角度检测装置的信号输出端分别与所述主稳定平台控制器、次稳定平台位置控制器输入端连接;所述主稳定平台控制器输出端还通过一个滤波器与所述次稳定平台位置控制器输入端连接;所述滤波器与角度检测装置的传递函数相同。本发明可以将次稳定平台对主稳定平台传递函数产生的耦合影响单独分离控制,避免多种影响因子叠加造成后续控制手段复杂化;本发明控制结构简单,控制闭环清晰,便于进行工程设计实现。



1. 一种快反镜复合稳定平台控制系统,其特征在於,包括主稳定平台位置控制器、次稳定平台位置控制器,以及可同时检测主、次稳定平台角度偏差的角度检测装置;所述角度检测装置为图像识别装置;所述角度检测装置的信号输出端分别与所述主稳定平台控制器、次稳定平台位置控制器输入端连接;所述主稳定平台控制器输出端还通过一个滤波器与所述次稳定平台位置控制器输入端连接;所述滤波器与角度检测装置的传递函数相同。

2. 如权利要求1所述的快反镜复合稳定平台控制系统,其特征在於,所述图像识别装置为CCD传感器,所述CCD传感器的传递函数在所述控制系统中近似处理为 $A=e^{-Ts}$,其中 τ 为CCD传感器的滞后时间常数。

3. 一种快反镜复合稳定平台控制系统设计方法,其特征在於,包括如下步骤:

步骤(1):根据复合稳定平台的功能设计,用一个图像识别装置同时作为主稳定平台和次稳定平台的位置传感器,形成单检测型控制系统;

步骤(2):在上述单检测型控制系统中引入解耦支路,具体为将主稳定平台的位置输出端与次稳定平台的位置控制器的输入端添加滤波器;

步骤(3):用 $A=e^{-Ts}$ 描述图像识别装置的传递函数,并测量的延迟时间常数 τ ,使滤波器传递函数等于图像识别装置的传递函数;

步骤(4):进行复合稳定平台的位置闭环设计,即先以图像识别装置的输出信号作为主稳定平台的位置反馈信号完成主稳定平台的位置闭环,再以所述图像识别装置的输出信号作为次稳定平台的位置反馈信号完成次稳定平台的位置闭环;

步骤(5):完成两个稳定平台的闭环控制后,按步骤(2)与步骤(3)引入解耦支路,实现无耦合的复合稳定平台的位置闭环控制。

4. 如权利要求1所述的快反镜复合稳定平台控制系统设计方法,其特征在於,所述图像识别装置为CCD传感器。

一种快反镜复合稳定平台控制系统及其设计方法

技术领域

[0001] 本发明属于惯性稳定控制领域,涉及一种快反镜复合稳定平台控制系统及其设计方法。

背景技术

[0002] 快反镜具有线性度高、响应速度等优点,是复合轴式光电控制系统中的核心控制单元。目前复合轴光电系统已由传统的地基式,不断发展到各种运动平台式系统。运动平台的各种外界物理振动,会严重影响系统的视轴稳定精度。采用扰动观测器、自抗扰技术、滑膜控制及自适应控制技术等可以提高系统在低频段抵抗干扰的能力,而对于运动平台带来的高频振动抑制要依赖于平台自身的机械隔振能力。由于快反镜的控制精度决定了光电系统最终可实现的控制精度,因此,提高快反镜在全频段的扰动抑制能力至关重要。

[0003] 在发表于在2019年发表于《Sensors and Actuators A:Physical》的文献《Characteristic analysis and robust control design of double-stage precision stabilized platform》中,作者提出了一种复合稳定平台,它由上下固连安装在一起的两个快反镜构成。上面的快反镜称为主稳定平台,主要实现系统的光束偏转和稳定控制;下面的快反镜称为次稳定平台,只用于实现稳定控制,抑制搭载复合稳定平台的载体振动对主稳定平台的影响,复合稳定平台上的观测仪器视轴受到两个稳定平台偏转角度及基座振动角度的震动影响。由于次稳定平台与主稳定平台之间存在扰动传递通道,导致次稳定平台的输出会通过该扰动传递通道耦合作用于主稳定平台的闭环回路中。该耦合的存在不仅导致控制器设计困难,而且会降低系统的跟踪精度。因此需要提出消除耦合的控制方法。

发明内容

[0004] 为克服现有快反镜反馈控制方法存在的缺陷,本发明公开了一种快反镜复合稳定平台控制系统及其设计方法。

[0005] 本发明所述快反镜复合稳定平台控制系统,包括主稳定平台位置控制器、次稳定平台位置控制器,以及可同时检测主、次稳定平台角度偏差的角度检测装置;所述角度检测装置为图像识别装置;所述角度检测装置的信号输出端分别与所述主稳定平台控制器、次稳定平台位置控制器输入端连接;所述主稳定平台控制器输出端还通过一个滤波器与所述次稳定平台位置控制器输入端连接;所述滤波器与角度检测装置的传递函数相同。

[0006] 优选的,所述图像识别装置为CCD传感器,所述CCD传感器的传递函数在所述控制系统中近似处理为 $A=e^{-\tau s}$,其中 τ 为CCD传感器的滞后时间常数。

[0007] 本发明还公开了一种快反镜复合稳定平台控制系统设计方法,包括如下步骤:

[0008] 步骤(1):根据复合稳定平台的功能设计,用一个图像识别装置同时作为主稳定平台和次稳定平台的位置传感器,形成单检测型控制系统;

[0009] 步骤(2):在上述单检测型控制系统中引入解耦支路,具体为将主稳定平台的位置输出端与次稳定平台的位置控制器的输入端添加滤波器;

[0010] 步骤(3):用 $A=e^{-\tau s}$ 描述图像识别装置的传递函数,并测量的延迟时间常数 τ ,使滤波器传递函数等于图像识别装置的传递函数;

[0011] 步骤(4):进行复合稳定平台的位置闭环设计,即先以图像识别装置的输出信号作为主稳定平台的位置反馈信号完成主稳定平台的位置闭环,再以所述图像识别装置的输出信号作为次稳定平台的位置反馈信号完成次稳定平台的位置闭环;

[0012] 步骤(5):完成两个稳定平台的闭环控制后,按步骤(2)与步骤(3)引入解耦支路,实现无耦合的复合稳定平台的位置闭环控制。

[0013] 优选的,所述图像识别装置为CCD传感器。

[0014] 采用本发明所述快反镜复合稳定平台控制系统及其设计方法,相对于传统利用次稳定平台的电涡流信息实现的位置闭环反馈控制,本发明可以完全消除次稳定平台对主稳定平台传递函数产生的耦合影响;本发明控制结构简单,控制闭环清晰,便于进行工程设计实现。

附图说明

[0015] 图1是本发明所述复合稳定平台的一个具体实施方式示意图。

[0016] 图2是现有技术中未解耦复合稳定平台的跟踪控制原理结构示意图;

[0017] 图3是本发明提出的单检测型复合跟踪控制结构示意图;

[0018] 图4是本发明的完全解耦后的等效复合控制结构示意图;

[0019] 图5是本发明的一个具体实施方式与现有技术跟踪误差仿真结果对比示意图,图5中横坐标为时间,单位为秒,纵坐标为均方根值。

具体实施方式

[0020] 下面对本发明的具体实施方式作进一步的详细说明。

[0021] 本发明所述快反镜复合稳定平台控制系统,包括主稳定平台位置控制器、次稳定平台位置控制器,以及可同时检测主、次稳定平台角度偏差的角度检测装置;所述角度检测装置为图像识别装置;所述角度检测装置的信号输出端分别与所述主稳定平台控制器、次稳定平台位置控制器输入端连接;所述主稳定平台控制器输出端还通过一个滤波器与所述次稳定平台位置控制器输入端连接;所述滤波器与角度检测装置的传递函数相同。

[0022] 如图1所示是本发明所述复合稳定平台的机械结构示意图,它由主稳定平台和次稳定平台组成。图1中, θ 代表复合稳定平台上的观测仪器视轴与目标视线的角偏差, θ_a 代表次稳定平台相对于水平面的偏转角度, θ_b 代表主稳定平台相对于仪器视轴的偏转角度, θ_d 代表稳定平台基座相对于水平面的振动角度。两个稳定平台通常各自安有电涡流传感器和陀螺传感器。为了实现惯性稳定,抑制载体振动,两个稳定平台的控制系统都包含基于陀螺传感器输出参数反馈的速度闭环回路。由于陀螺传感器的输出漂移和噪声影响,单速度闭环系统无法长期稳定。因此需要设计位置闭环回路抑制速度环的漂移。

[0023] 而现有的复合稳定平台中主稳定平台只实现光束偏转功能,对于次稳定平台来说没有可直接使用的绝对位置传感器进行反馈控制以进行上述漂移抑制。

[0024] 图2显示了复合稳定平台的位置控制回路的控制结构框图,图中 C_{b_p} 为主稳定平台的位置控制器, G_{b_p} 为主稳定平台速度闭环后的位置开环对象特性, C_{a_p} 为次稳定平台的位

置控制器, G_{a_p} 为次稳定平台速度闭环后的位置开环对象特性, 图中的E表示。

[0025] θ_T 代表观测的目标输入角度, 由于复合稳定平台安装有电涡流传感器, 该电涡流传感器可以测量主稳定平台和次稳定平台旋转轴之间的相对角位移信号 θ_{eddy} , T_{ab} 为次稳定平台到主稳定平台的扰动传递函数, 该扰动传递函数理想状态下希望不存在, 但现实存在。

[0026] 由图2可知由于扰动传递函数 T_{ab} 的存在, 导致次稳定平台视轴偏移会一直耦合到主稳定平台的视轴输出中, 而主稳定平台的视轴代表了整个系统的视轴, 因此降低了系统的跟踪精度。

[0027] 为了消除耦合的影响, 本发明设计了一种快反镜复合稳定平台控制系统。

[0028] 次稳定平台的位置检测直接利用与主稳定平台共用检测的CCD传感器实现, 因此该控制结构属于单检测型控制结构。

[0029] 本发明中, 增加的解耦支路连接在所述主稳定平台控制器输出端与所述次稳定平台位置控制器输入端之间, 通过滤波器L连接, 如图3所示, 解耦支路的输出端与CCD传感器的输出端输出的信号共同连接到次稳定平台的位置控制器输入端。

[0030] 图3所示的具体实施方式中, 采用高帧高精度的CCD传感器作为图像识别装置, 也可以采用其他图像传感器进行角度的偏转识别。

[0031] 由图3所示的反馈环路, 其中从仪器视轴与目标视线的角偏差 θ 到目标输入角度 θ_T 的位置闭环传递函数:

$$[0032] \quad G = \frac{\theta}{\theta_T} = \frac{AC_{a_p}G_{a_p}T_{ab} + AC_{b_p}G_{b_p} + ALC_{a_p}G_{a_p}T_{ab}C_{b_p}G_{b_p}}{(1 + AC_{a_p}G_{a_p}T_{ab})(1 + LC_{b_p}G_{b_p}) + (A - L)C_{a_p}G_{a_p}}$$

[0033] 上式中, A为CCD传感器传递函数, L表示滤波器的传递函数。

[0034] 可以推出: 该传递函数位置闭环的特征方程为:

$$[0035] \quad \lambda = (1 + AC_{a_p}G_{a_p}T_{ab})(1 + LC_{b_p}G_{b_p}) + (A - L)C_{a_p}G_{a_p}$$

[0036] 当解耦支路的滤波器L与CCD传感器的传递函数一致时, 即 $A = L$ 。上述位置闭环的特征方程可简化为

$$[0037] \quad \lambda = (1 + AC_{a_p}G_{a_p}T_{ab})(1 + AC_{b_p}G_{b_p})$$

[0038] 由上式可见, 化简后的特征方程不再具有 $(A - L)C_{b_p}G_{b_p}$ 因子, 由主稳定平台和次稳定平台各自独立的控制函数相乘组成, 此时复合稳定平台的主、次稳定平台各自的位置环的稳定性相互独立, 等号右边两个乘积因子各自形成两个独立的子闭环, 子闭环极点之和构成系统的极点, 实现了对复合稳定平台位置回路的完全解耦控制。

[0039] 单检测型系统为静态自主控制系统, 简化后的特征方程使复合稳定平台的单检测型系统控制结构等效为有两个CCD传感器的双检测型复合轴控制结构, 如图4所示。

[0040] 当目标在CCD上成像的信噪比较高时, CCD传感器的传递函数可以近似为一个纯延迟环节, 即:

$$[0041] \quad A = e^{-\tau s}$$

[0042] 其中 τ 为CCD传感器的滞后时间常数, s 代表拉普拉斯算子。通过使用示波器可以测量出CCD传感器的信号延迟, 再将滤波器L设为 $e^{-\tau s}$ 即可完成对复合稳定平台位置回路的完全解耦控制。

[0043] 按图4所示的等效复合控制结构, 在Simulink软件平台中进行仿真验证, 设定CCD传感器的滞后时间常数 τ 为0.01, 主稳定平台和次稳定平台的位置开环对象特性均为0.5/

s,次稳定平台到主稳定平台的扰动传递特性为 $\frac{1}{0.002s+1}$,主稳定平台的位置控制器设计为 $\frac{112.2s+102}{0.013s^2+s}$,次稳定平台的位置控制设计为 $\frac{10s+5}{s}$;s代表拉普拉斯算子。仿真验证后得到图5所示的误差结果对比图,可以看出采用解耦回路改进后的复合稳定平台的跟踪误差明显降低。

[0044] 本发明所述的快反镜复合稳定平台控制系统设计方法,主要包括如下步骤:

[0045] 步骤(1):根据复合稳定平台的功能设计,用一个图像识别装置同时作为主稳定平台和次稳定平台的位置传感器,形成单检测型控制系统;

[0046] 步骤(2):在上述单检测型控制系统中引入解耦支路,具体为将主稳定平台的位置输出端与次稳定平台的位置控制器的输入端添加滤波器;

[0047] 步骤(3):用 $A=e^{-\tau s}$ 描述图像识别装置的传递函数,并测量的延迟时间常数 τ ,使滤波器传递函数等于图像识别装置的传递函数;

[0048] 步骤(4):进行复合稳定平台的位置闭环设计,即先以图像识别装置的输出信号作为主稳定平台的位置反馈信号完成主稳定平台的位置闭环,再以所述图像识别装置的输出信号作为次稳定平台的位置反馈信号完成次稳定平台的位置闭环;

[0049] 步骤(5):完成两个稳定平台的闭环控制后,按步骤(2)与步骤(3)引入解耦支路,实现无耦合的复合稳定平台的位置闭环控制。

[0050] 采用本发明所述快反镜复合稳定平台控制系统及其设计方法,相对于传统利用次稳定平台的电涡流信息实现的位置闭环反馈控制,本发明可以将次稳定平台对主稳定平台传递函数产生的耦合影响单独分离控制,避免多种影响因子叠加造成后续控制手段复杂化;本发明控制结构简单,控制闭环清晰,便于进行工程设计实现。

[0051] 前文所述的为本发明的各个优选实施例,各个优选实施例中的优选实施方式如果不是明显自相矛盾或以某一优选实施方式为前提,各个优选实施方式都可以任意叠加组合使用,所述实施例以及实施例中的具体参数仅是为了清楚表述发明人的发明验证过程,并非用以限制本发明的专利保护范围,本发明的专利保护范围仍然以其权利要求书为准,凡是运用本发明的说明书内容所作的等同结构变化,同理均应包含在本发明的保护范围内。

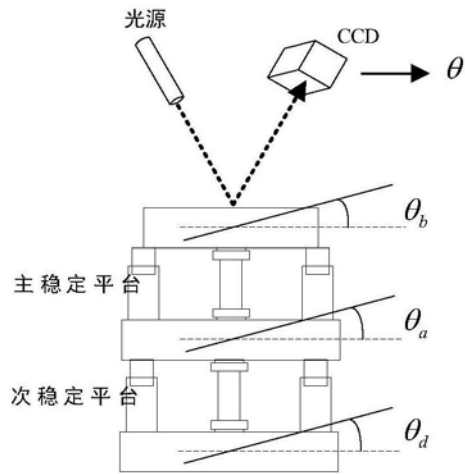


图1

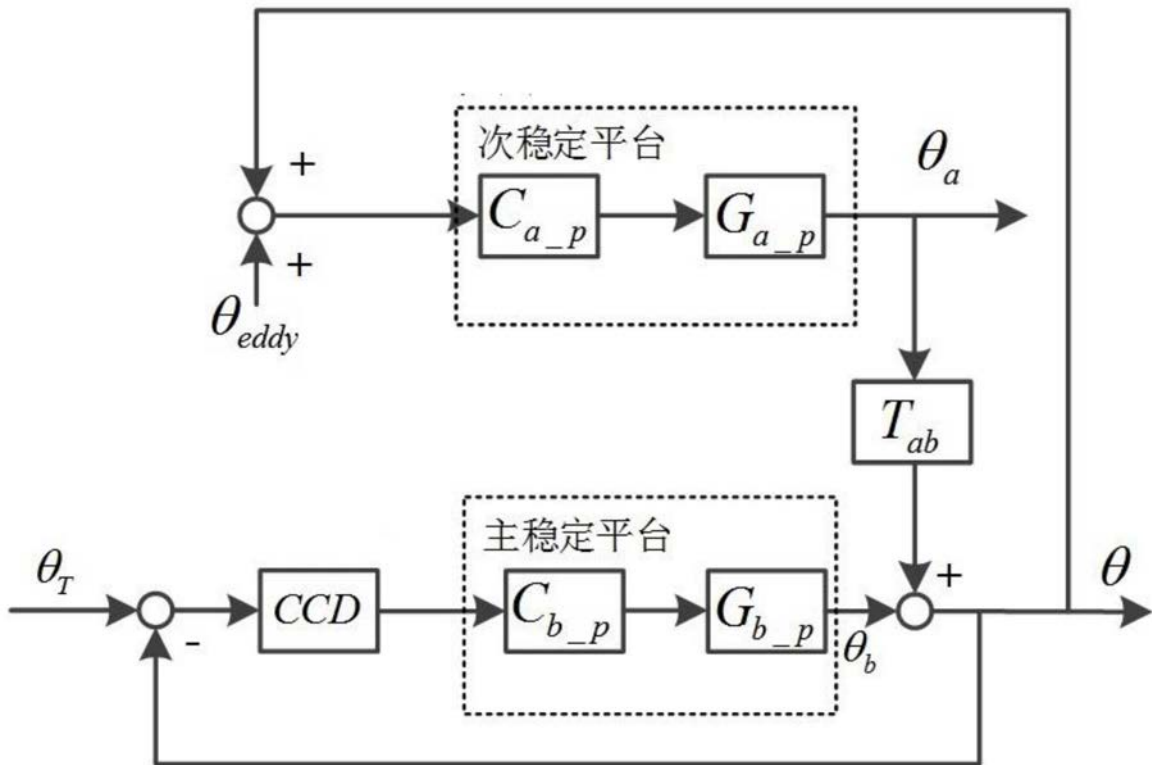


图2

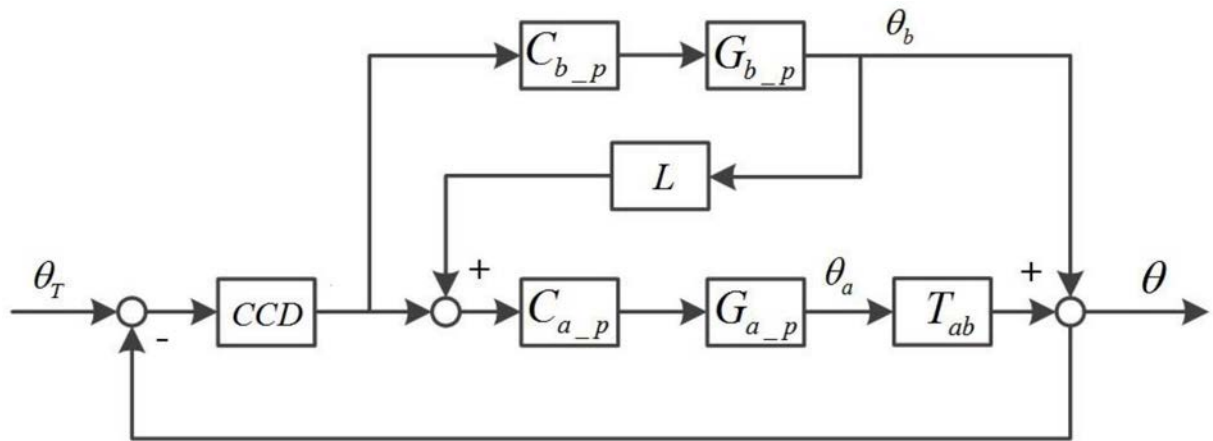


图3

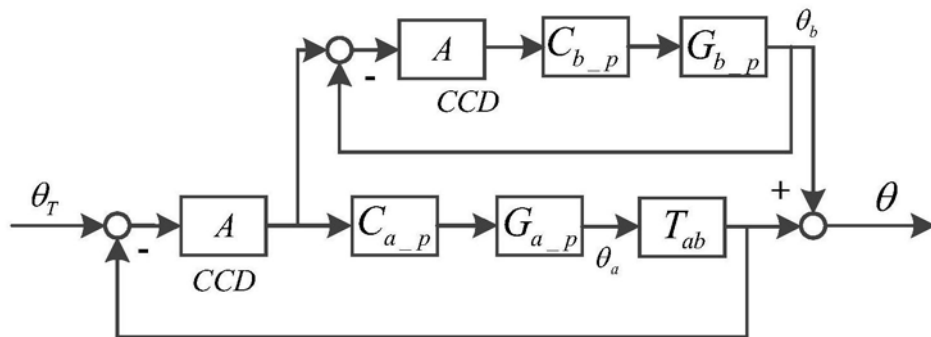


图4

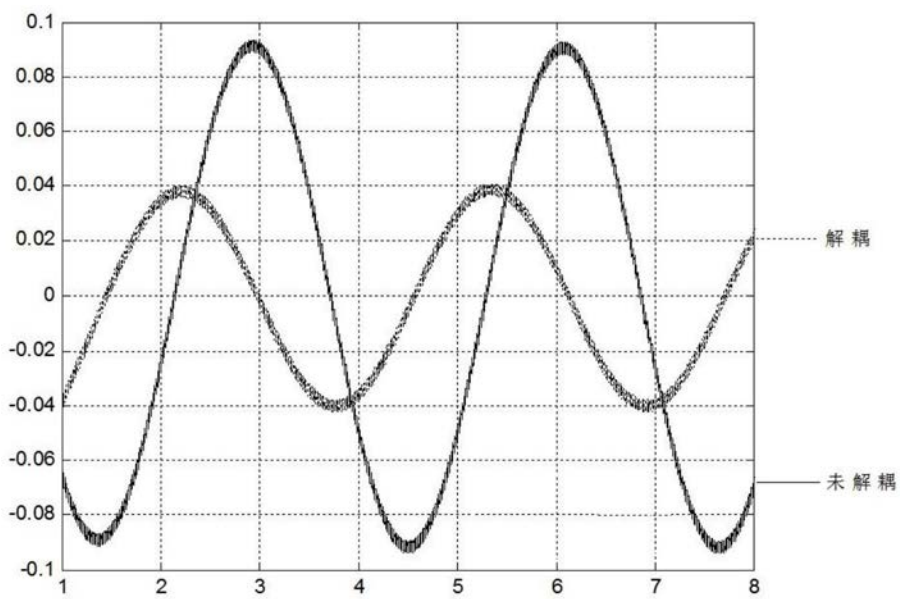


图5