



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109510543 B

(45) 授权公告日 2021.04.23

(21) 申请号 201811540757.4

(22) 申请日 2018.12.17

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109510543 A

(43) 申请公布日 2019.03.22

(73) 专利权人 南京埃斯顿自动化股份有限公司
地址 211100 江苏省南京市江宁经济技术
开发区将军南路155号

(72) 发明人 范仁凯 杨凯峰 钱巍
其他发明人请求不公开姓名

(74) 专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237
代理人 程化铭

(51) Int. Cl.
H02P 21/14 (2016.01)

(56) 对比文件

CN 106476811 A, 2017.03.08

CN 101231207 A, 2008.07.30

CN 106194470 A, 2016.12.07

JP 2010158123 A, 2010.07.15

JP 5351550 B2, 2013.11.27

M. Caruso et al..An IPMSM torque/
weight and torque/moment of inertia ratio
optimization.《2014 International
Symposium on Power Electronics,
Electrical Drives, Automation and
Motion》.2014,

胡勤丰 等.电动伺服系统电流环设计.《电
源学报》.2011, (第6期),

审查员 曹杨

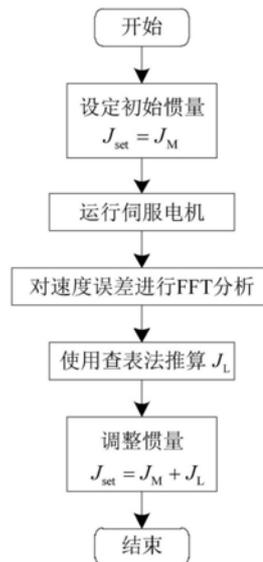
权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54) 发明名称

一种伺服电机负载惯量的测定方法

(57) 摘要

本发明公开了一种伺服电机负载惯量的测定方法,电机出厂时,通过测量不同 J_L/J_M 时速度环的自然频率 f_n ,制作速度环的自然频率 f_n 与 J_L/J_M 值的二维表格;在电机实际运行过程中,通过对采集的速度误差进行FFT分析并找出自然频率 f_n ,然后在二维表格中通过线性插值的方法计算出 J_L/J_M ,从而推算出负载惯量 J_L 。本发明方法在线推算负载惯量,伺服电机不需要运行特定的曲线也不需要注入谐波;由于惯量参数不匹配引起的振动频率较低,所以不会受到机械谐振等因素的影响;通过实际系统测试绘制自然频率 f_n 与 J_L/J_M 值的二维表格,自然频率与负载惯量关系的准确度高。



1. 一种伺服电机负载惯量的测定方法,其步骤如下:

步骤1. 制作速度环的自然频率 f_n 与 J_L/J_M 值的二维表格:

设定 $J_{set}=J_M$,则 $(J_M+J_L)/J_{set}=1+J_L/J_M$;其中, J_{set} 为设定惯量, J_M 为电机惯量, J_L 为负载惯量;

测量不同 J_L/J_M 时速度环的自然频率 f_n ;

将自然频率 f_n 与 J_L/J_M 值对应制作成二维表格;

步骤2. 推算负载惯量

在实际电机运行过程中也设定 $J_{set}=J_M$;

通过对采集的速度误差进行FFT分析并找出自然频率 f_n ,然后在二维表格中通过线性插值的方法计算出 J_L/J_M ,从而推算出负载惯量 J_L ;

所述的速度环的自然频率 f_n 的测量方法:测量振动周期 T 并计算出自然频率 $f_n=1/T$

或

对采集的速度误差波形进行FFT分析,幅值最大处的频率即为自然频率 f_n 。

一种伺服电机负载惯量的测定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种伺服电机负载惯量的测定方法。

背景技术

[0002] 一直以来,伺服电机在工业自动化场合扮演者重要的角色。作为驱动执行机构,其响应速度快、控制精度高且体积较小。如今市场上通用的伺服电机为永磁同步电机,其控制方式均采用数字化的矢量控制方式。由于伺服电机可工作于转矩控制模式、速度控制模式或位置控制模式。所以,控制上一般采用位置环、速度环、转矩环嵌套的三环控制结构。其中,速度环的性能受负载惯量的影响较大。

[0003] 如果伺服电机工作于位置控制模式或速度控制模式,则需要正确设置负载惯量参数。而作为通用的伺服产品,不同设备的负载惯量是不一样的,多数场合是未知的。所以,安装有伺服电机的设备在试运行前时均需要花很长的时间去计算或测量负载惯量。

[0004] 在现有的伺服产品中,测量负载惯量的方法有两种:离线测量和在线测量。其中,离线测量需要让伺服电机在非工作状态下运行一个指定的路径,然后根据牛顿第二运动定律推算出负载惯量,该方法测量的负载惯量比较准确但需要离线测量。在线测量是在伺服电机工作的同时通过观测器或模型参考自适应的方式间接辨识出负载惯量,该方法测量的负载惯量精度较低且响应速度慢。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题在于,克服现有技术存在的缺陷,提供一种伺服电机负载惯量的测定方法。在伺服电机工作的前期在线测量出负载惯量,然后根据该负载惯量调整速度环参数,之后就不再进行负载惯量推算。该方案适用于负载惯量不变的应用场合,可使伺服电机试运行时不用设置负载惯量参数也可达到较好的控制性能。

[0006] 本发明实现发明目的的基本思路:在伺服电机试运行的同时对转速误差进行FFT分析,将分析出的振动频率在预先准备好的二维表格中进行查找,可推算出此振动频率对应的负载惯量,然后再将该负载惯量设置到伺服参数中。整个过程不需要用户进行额外操作,负载惯量推算过程耗时较短。

[0007] 速度环控制结构中,比例系数 K_p 、积分系数 K_I 和设定惯量 J_{set} 为可调整参数,电机惯量 J_M 、负载惯量 J_L 为被控对象参数。对转矩环进行简化:由于内环转矩环的带宽要远大于速度环带宽,所以可以忽略转矩环对速度环的影响,即将转矩环传递函数视为1。

[0008] 速度环闭环传递函数为

$$[0009] \quad \Phi(s) = \frac{\frac{J_{set}}{J_M + J_L} K_p s + \frac{J_{set}}{J_M + J_L} K_p K_I}{s^2 + \frac{J_{set}}{J_M + J_L} K_p s + \frac{J_{set}}{J_M + J_L} K_p K_I} \quad (1)$$

[0010] 为了使速度环性能不受负载惯量的影响,通常需要设置 $J_{set} = J_M + J_L$,即 $(J_M + J_L) / J_{set} = 1$ 。在选定 K_p 、 K_I 的情况下, $(J_M + J_L) / J_{set}$ 将影响速度环性能。速度环的超调和自然频率

呈一定规律变化： $(J_M+J_L)/J_{set}$ 增大，超调增大，自然频率降低。

[0011] 本发明就是利用上述规律通过测量速度环自然频率来确定 $(J_M+J_L)/J_{set}$ ，从而推算出负载惯量 J_L 。

[0012] 本发明伺服电机负载惯量的测定方法，其步骤如下：

[0013] 步骤1. 制作速度环的自然频率 f_n 与 J_L/J_M 值的二维表格

[0014] 设定 $J_{set} = J_M$ ，则 $(J_M+J_L)/J_{set} = 1+J_L/J_M$ 。

[0015] 其中， J_{set} 为设定惯量， J_M 为电机惯量， J_L 为负载惯量。

[0016] 通过仿真或实测的方法，测量不同 J_L/J_M 时速度环的自然频率 f_n 。自然频率 f_n 的测量方法有两种：一是测量振动周期 T 并计算出自然频率 $f_n = 1/T$ 。二是对采集的速度误差波形进行FFT分析，幅值最大处的频率即为自然频率 f_n 。

[0017] 将自然频率 f_n 与 J_L/J_M 值制作成二维表格。

[0018] 步骤2. 推算负载惯量

[0019] 在实际电机运行过程中也设定 $J_{set} = J_M$ 。

[0020] 通过对采集的速度误差进行FFT分析并找出自然频率 f_n ，然后在二维表格中通过线性插值的方法计算出 J_L/J_M ，从而推算出负载惯量 J_L 。

[0021] 本发明方法，可用于在线推算负载惯量，伺服电机不需要运行特定的曲线也不需要注入谐波；由于惯量参数不匹配引起的振动频率较低，所以不会受到机械谐振等因素的影响；实际操作中，自然频率 f_n 与 J_L/J_M 值的二维表格可以通过实际系统测试绘出，自然频率与负载惯量关系的准确度高。

附图说明：

[0022] 图1是速度环控制框图。

[0023] 图2是 $(J_M+J_L)/J_{set}$ 对速度环阶跃响应的影响曲线图。

[0024] 图3是 $(J_M+J_L)/J_{set}$ 对速度环频率特性的影响曲线图。

[0025] 图4是自然频率 f_n 与 J_L/J_M 的关系曲线。

[0026] 图5是负载惯量测定实施框图。

[0027] 图6是负载惯量测定流程图。

[0028] 图7是FFT分析曲线图。

[0029] 图8是使用本发明方法测定惯量前后的速度环阶跃响应对比图。

具体实施方式

[0030] 下面结合实施例，对本发明方法作进一步详细说明。

[0031] 实施例：

[0032] 以图1中的控制框图为实施对象，电机惯量 J_M 为 $1e-4\text{kgm}^2$ 。在伺服出厂状态下，比例系数 K_P 为 200，积分系数 K_I 为 100， $J_{set} = J_M$ 。现通过以下步骤测定负载惯量 J_L 并调整设定惯量 J_{set} 。

[0033] 步骤1：制作速度环的自然频率 f_n 与 J_L/J_M 值的二维表格。

[0034] 本步骤在伺服出厂前进行。

[0035] 按照图1，在Matlab中搭建仿真模型，分别设置参数 J_M 为 $1e-4$ 、 K_P 为 200、 K_I 为 100、

J_{set} 为 $1e-4$ 。

[0036] 设置负载惯量 J_L 为 0, 进行阶跃响应仿真, 如图 2 所示。测量图中振动周期并计算自然振动频率 f_n 。使用同样的方法, 分别测量不同负载惯量 J_L 时的自然振动频率 f_n , 并记录于下表中。并将该表保存于伺服的非掉电丢失存储器中。

| J_L/J_M | f_n/Hz |
|-----------|----------|
| 0 | 17.5 |
| 1 | 13.2 |
| [0037] 2 | 11.4 |
| 3 | 10.4 |
| 4 | 9.57 |
| 5 | 8.39 |

| | |
|----------|------|
| 6 | 7.88 |
| [0038] 7 | 7.45 |
| 8 | 7.07 |
| 9 | 6.75 |

[0039] 步骤 2: 推算负载惯量

[0040] 本步骤在伺服出厂后使用过程中进行, 实施框图如图 5 所示, 实施流程如图 6 所示。

[0041] 伺服出厂状态下, 伺服电机驱动负载, 负载惯量未知。对采集的速度误差进行 FFT 分析, 如图 7 所示。幅值最大的频率约为 11Hz。在图 4 中进行查表并线性插值, 得出 $J_L \approx 2.2J_M$ 。然后设置 $J_{set} = J_M + J_L = 3.2J_M$ 后结束实施流程。图 8 为负载惯量推算前后的速度阶跃响应对比。可用于在线推算负载惯量, 即伺服电机不需要运行特定的曲线也不需要注入谐波。

[0042] 由于惯量参数不匹配引起的振动频率较低, 所以不会受到机械谐振等因素的影响。

[0043] 实际操作中, 查找表格可以通过实际系统测试绘出, 自然频率与负载惯量关系的准确度高。

[0044] 通过模型仿真或实测的方法, 将自然振动频率与负载惯量的关系绘制成二维表格。在伺服电机运行过程中, 对速度误差进行 FFT 分析并找出自然频率, 通过查表的方式推算出负载惯量。

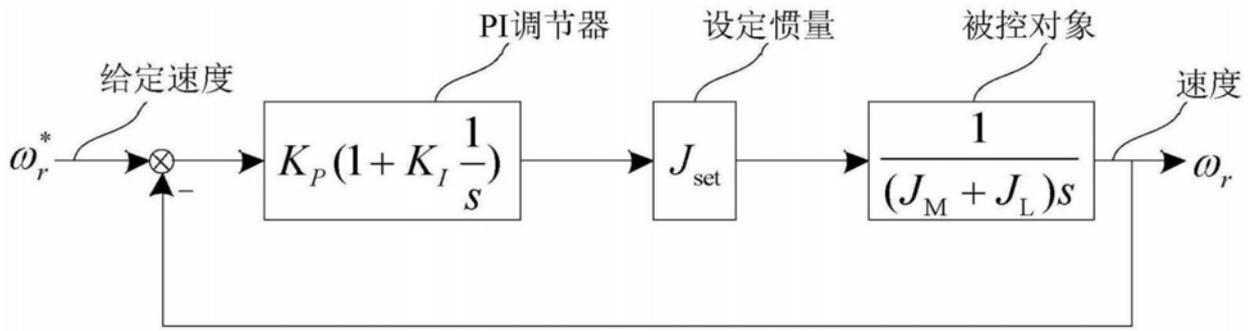


图1

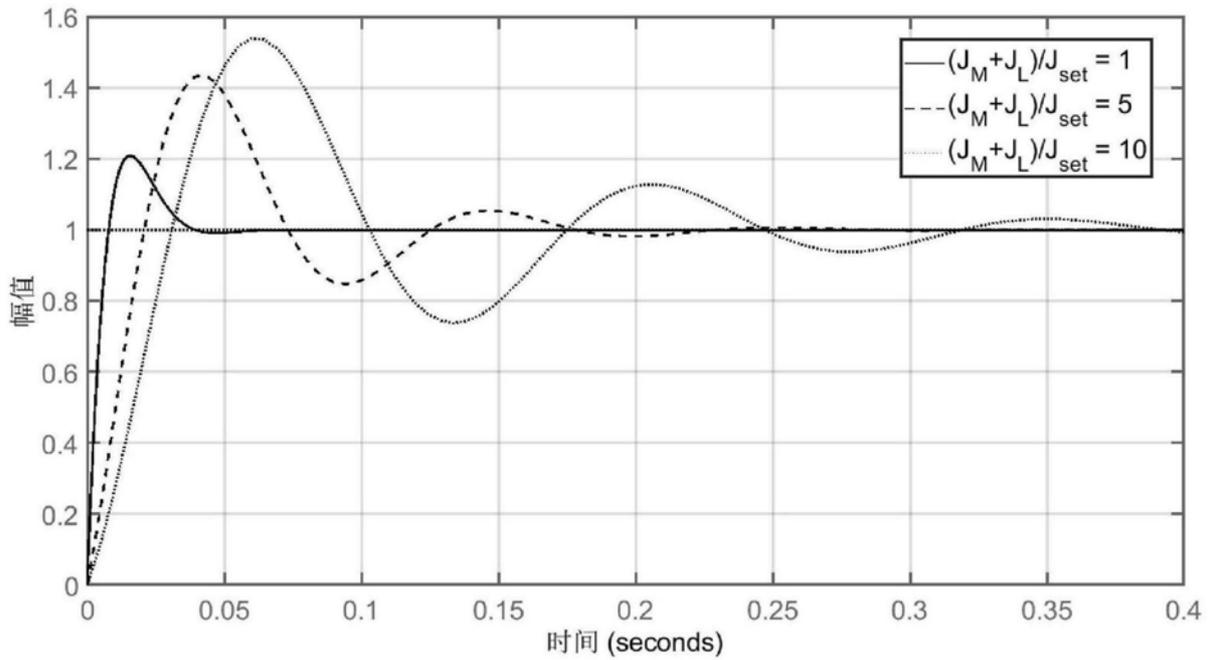


图2

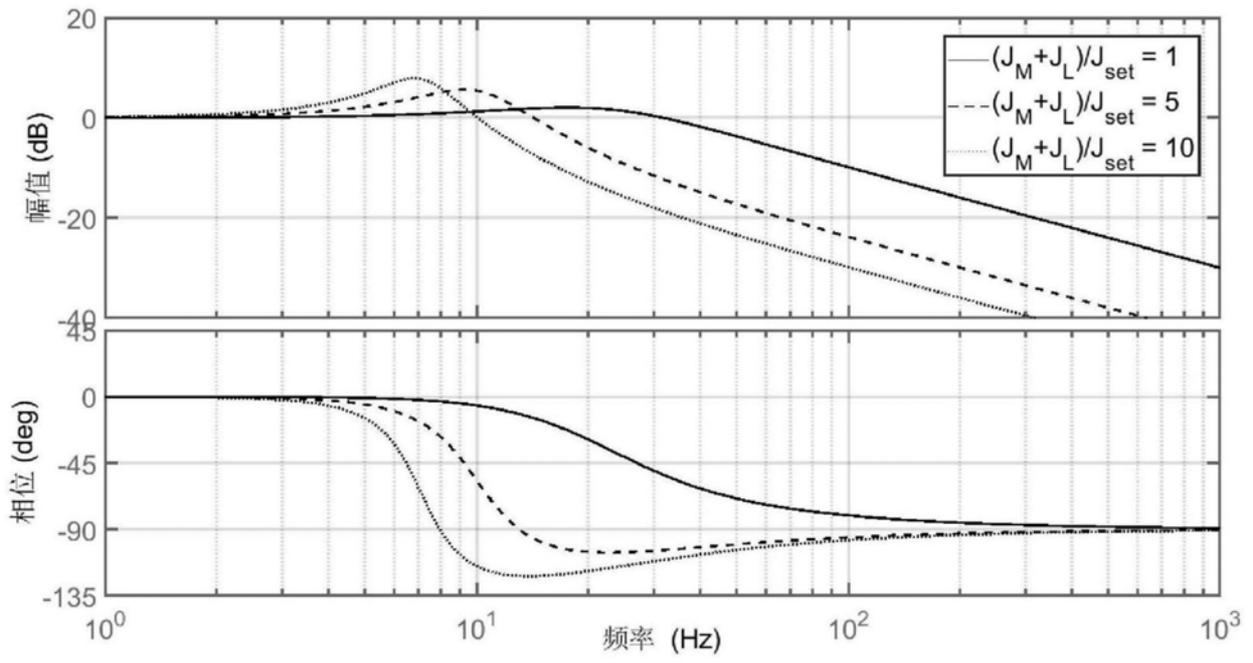


图3

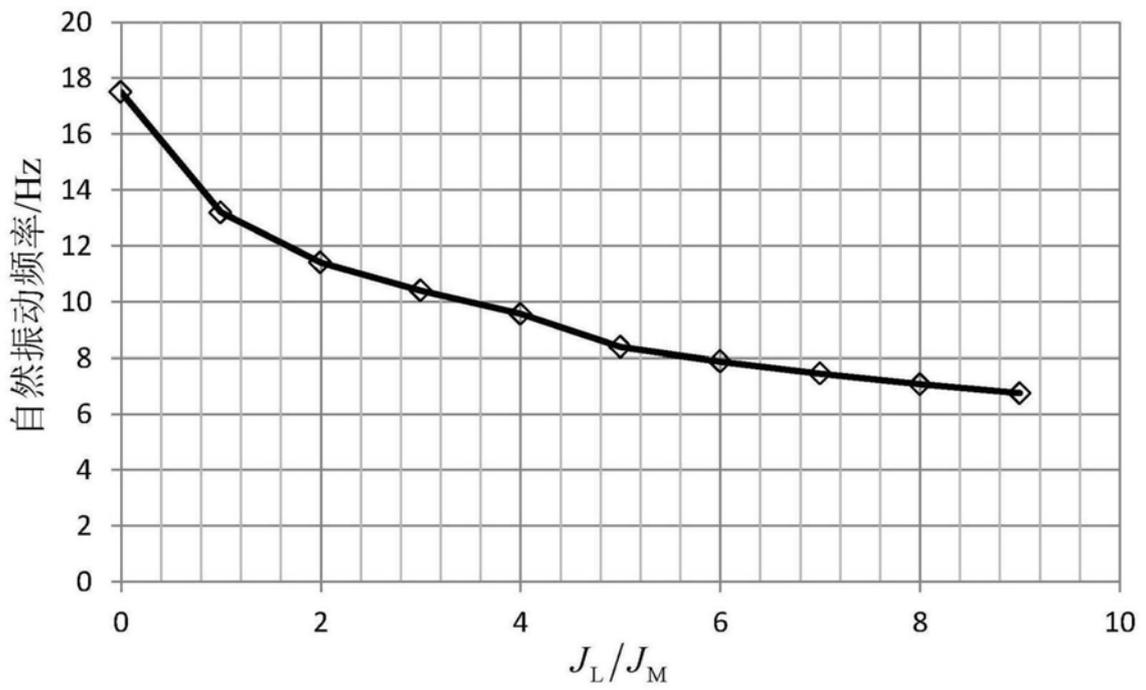


图4

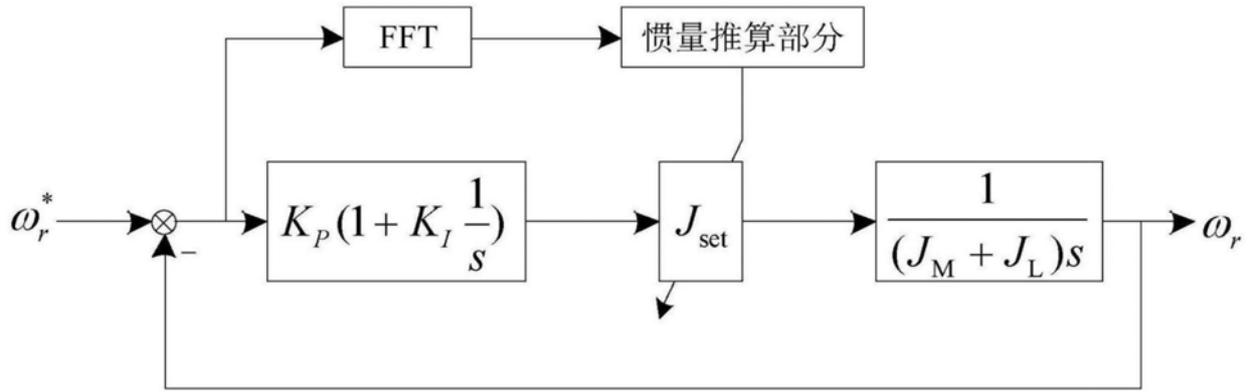


图5

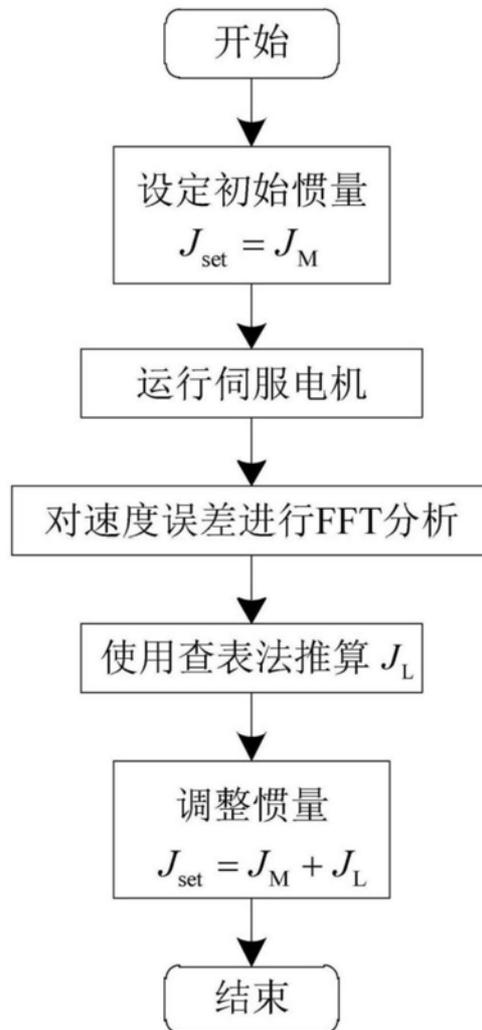


图6

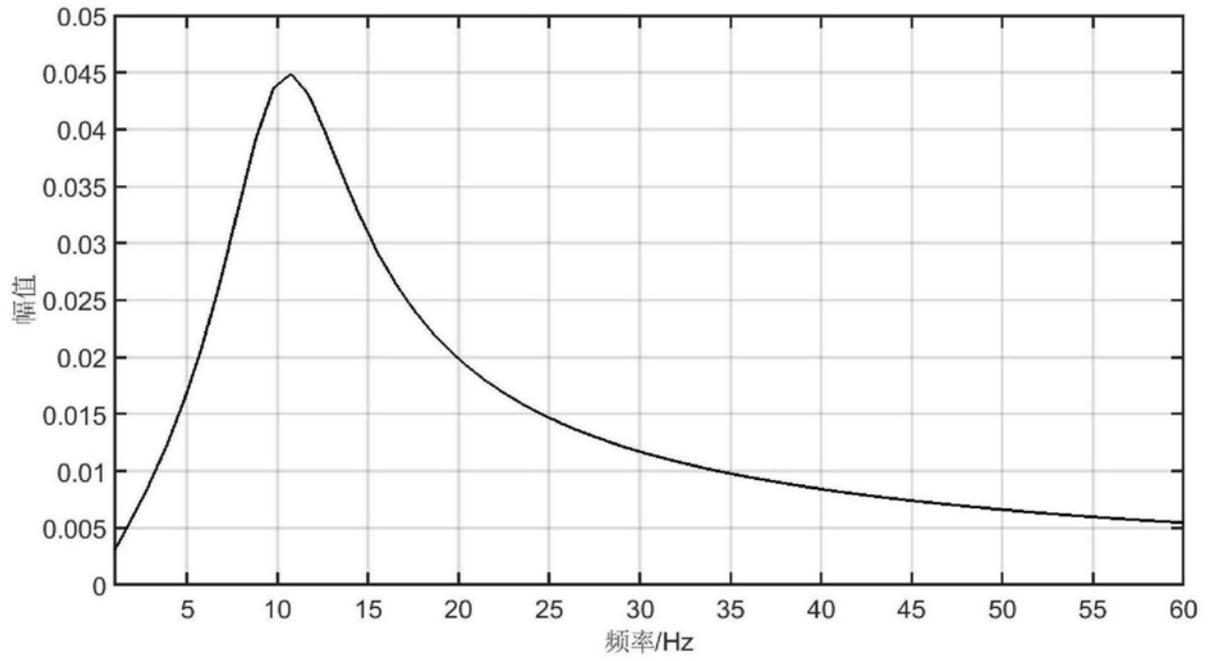


图7

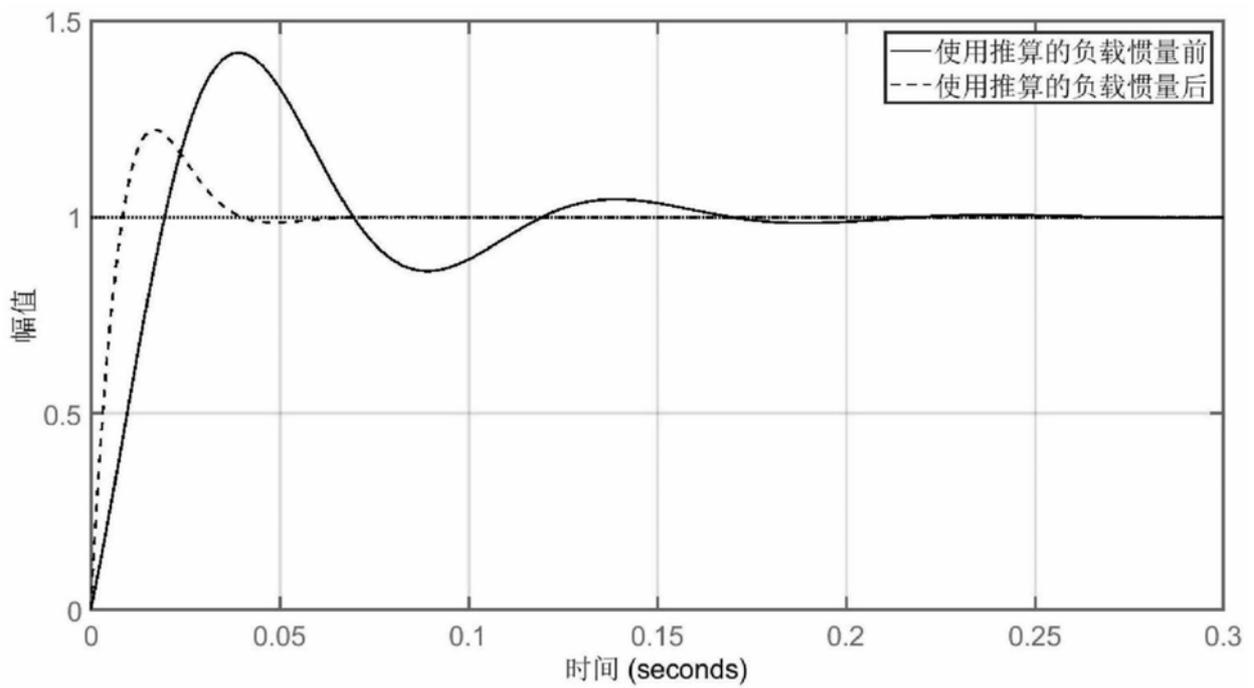


图8