



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105297939 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 03

(21) 申请号 201510791258. 2

(22) 申请日 2015. 11. 17

(71) 申请人 山东大学

地址 250061 山东省济南市历下区经十路
17923 号

(72) 发明人 田利 荣坤杰 俞琪琦 张鹏
王文明

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限
公司 37221

代理人 赵敏玲

(51) Int. Cl.

E04B 1/98(2006. 01)

E04H 12/00(2006. 01)

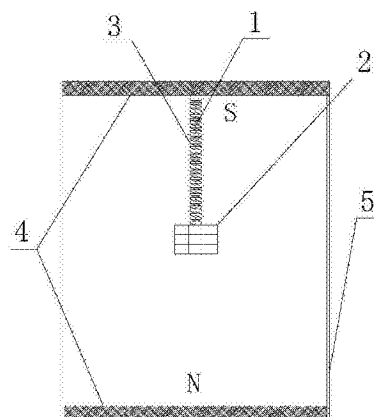
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

非线性动力吸振电磁耗能装置

(57) 摘要

本发明公开了一种非线性动力吸振电磁耗能装置,包括一个箱型结构,一个形状记忆合金弹簧,一根形状记忆合金绞线,一个质量块以及两个磁铁。外箱的顶部与底部分别固定一个磁铁,形成均匀磁场,弹簧上端连接磁铁底部,下端连接质量块,且弹簧中间穿插绞线,质量块可以多个方向摆动。弹簧和质量块组成弹簧摆,其运动方式为弹簧振动和整体摆动两种模态的耦合,当满足内共振条件时,会发生一种振动激发另一种振动,从而达到非线性吸振的效果。弹簧摆动频率与被控结构的主振频率一致,弹簧摆的振动模态与摆动模态强烈耦合,实现内共振特性,达到最优的吸振减振效果。



1. 非线性动力吸振电磁耗能装置,其特征在于:包括一个箱体,所述箱体的顶面和底面之间形成均匀的磁场,且在磁场内垂直的安装有与箱体的顶面相连的弹簧摆,所述的弹簧摆能在磁场内沿多个方向来回摆动,其运动方式为弹簧振动和整体摆动两种模态的耦合。

2. 如权利要求 1 所述的非线性动力吸振电磁耗能装置,其特征在于:在箱体的上、下面内各设置一个永久磁铁形成从下到上由 N 到 S 的均匀磁场。

3. 如权利要求 1 所述的非线性动力吸振电磁耗能装置,其特征在于:所述的弹簧摆包括一个弹簧、一个垂直穿过弹簧的弹性绞线和与弹簧相连的质量块。

4. 如权利要求 3 所述的非线性动力吸振电磁耗能装置,其特征在于:所述的弹簧采用马氏体形状记忆合金高阻尼弹簧。

5. 如权利要求 3 所述的非线性动力吸振电磁耗能装置,其特征在于:所述的弹性绞线采用奥氏体形状记忆合金超弹性绞线。

6. 如权利要求 3 所述的非线性动力吸振电磁耗能装置,其特征在于:所述质量块为裹有铝板的奥氏体不锈钢的栅栏式组合块。

7. 如权利要求 3 所述的非线性动力吸振电磁耗能装置,其特征在于:所述弹簧的长度确定方式如下:

$$l_{ori} = l_0 - m_p g / k_s$$

其中: k_s 为弹簧刚度系数, l_{ori} 为弹簧原长, l_0 为弹簧在重力作用下的长度,质量块重量为 m_p 。

8. 如权利要求 7 所述的非线性动力吸振电磁耗能装置,其特征在于:所述 l_0 的确定方式如下:

$$l_0 = \frac{g}{(2\pi f)^2}$$

式中, f 是主结构的一阶频率。

9. 如权利要求 1 所述的非线性动力吸振电磁耗能装置,其特征在于:所述弹簧摆的摆动频率与被控结构的主振频率保持一致。

10. 如权利要求 1 所述的非线性动力吸振电磁耗能装置,其特征在于:所述的非线性动力吸振电磁耗能装置使用时安装在被控结构的顶部。

非线性动力吸振电磁耗能装置

技术领域

[0001] 本发明涉及结构工程振动控制领域,尤其涉及一种减小输电塔等塔式结构振动响应的非线性动力吸振电磁耗能装置。

背景技术

[0002] 我国是自然灾害频发的国家,输电塔等塔式结构在地震或风荷载作用下倒塌破坏时有发生,造成了巨大的经济损失。因此,降低输电塔等塔式结构的动力响应,确保其在地震或风荷载作用下安全运行,具有十分重大的意义。结构振动控制就是通过在结构上设置一些控制装置,从而改善结构的力学性能。当结构受风荷载、地震作用等激励时,这些控制装置就会对结构产生一组被动或主动的控制力,使结构的反应得以显著降低。结构控制是一种不同于传统结构设计方法的全新的积极主动的方法,它改变了利用承重结构本身来抵御横向荷载的思想,通过应用结构控制的理论,可以显著提高结构的承载能力,降低结构的重量,保证结构满足安全性,是结构设计思想的一次飞跃。

[0003] 为解决工程结构的减振问题,国内外学者对减振控制技术开展了大量的研究,取得了一系列的研究成果。被动控制可以分为耗能减振和吸振减振两类。其中,耗能减振技术是在结构上安装耗能阻尼器,从而耗散结构的振动能量以达到减振的目的。吸振减振技术通常在输电塔结构顶部安装子结构,如调谐质量阻尼器(TMD)、调谐液体阻尼器(TLD)或悬挂质量摆(SMP)。通过调节子结构的频率,使得子结构和主结构的一阶频率吻合。当结构物受外界激励振动时,子结构可以从结构物上吸收动能,并产生频率相等、方向相反的惯性力,从而降低结构物的振动。线性动力吸振器的应用已经有了比较长的历史,若激励频率固定不变,采用线性动力吸振器,可以做到使主振幅为零,吸振效果达到最佳的理想状态。若激励频率稍有改变,可能使工作频率从反共振点偏移而接近任一共振点,所以线性吸振器不适用于变速的情况。因此,本发明结合弹簧摆的非线性动力吸振和电磁耗能的特点,提出非线性动力吸振电磁耗能装置。

发明内容

[0004] 本发明的目的是为输电塔等塔式结构提供一种非线性动力吸振电磁耗能装置,对这种结构在地震或风荷载作用下的振动进行控制。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用下述技术方案:

[0006] 非线性动力吸振电磁耗能装置,包括一个箱体,所述箱体的顶面和底面之间形成均匀的磁场,且在磁场内垂直的安装有与箱体的顶面相连的弹簧摆,所述的弹簧摆能在磁场内沿多个方向来回摆动,其运动方式为弹簧振动和整体摆动两种模态的耦合,当满足内共振条件时,会发生一种振动激发另一种振动,从而达到非线性吸振的效果。所述弹簧摆动频率与被控结构的主振频率保持一致,弹簧摆的振动模态与摆动模态强烈耦合,实现内共振特性,以达到最优的吸振减振效果。另外,质量块摆动过程中切割磁感线形成闭合回路,涡流会转化为电阻热而耗散掉,能达到较好的耗能效果。

[0007] 在箱体的上、下面内各设置一个永久磁铁形成从下到上由 N 到 S 的均匀磁场。

[0008] 所述的磁场通过在箱体的上、下面内各设置一个永久磁铁形成。

[0009] 所述的弹性装置包括一个弹簧和一个垂直穿过弹簧的弹性绞线。

[0010] 所述的弹簧采用马氏体形状记忆合金高阻尼弹簧,该合金具有高阻尼的特性,弹簧中间设置一根弹性绞线,所述的弹性绞线采用奥氏体形状记忆合金超弹性绞线,该合金具有超弹性自复位能力,与弹簧配合使用,在弹簧损坏的情况下,可以起到保护质量块的作用。

[0011] 所述质量块为裹有铝板的奥氏体不锈钢的栅栏式组合块,该不锈钢导磁性小,不易被磁铁吸引,而铝导电性强,产生涡流大,散热性能好。

[0012] 所述弹簧的长度根据主结构的主频率决定。

[0013] 弹簧摆由弹簧和悬挂的质量块构成,弹簧刚度系数为 k_s ,弹簧原长为 l_{ori} ,在重力作用下的长度为 l_0 ,质量块重量为 m_p 。关系如下:

[0014]

$$l_{ori} = l - \frac{m_p g}{k_s} \quad (1)$$

[0015] 根据单摆摆长与频率的关系,可以确定悬挂质量摆的摆长,进而得到弹簧摆摆长

也可根据此式计算: $l_0 = \frac{g}{(2\pi f)^2}$

[0016] 式中, f 是主结构的一阶频率, l_0 是弹簧摆在重力作用下的长度,弹簧摆的原长 l_{ori} 需要根据公式 (1) 计算。

[0017] 所述弹簧的刚度根据质量块的质量和弹簧的原始长度决定。

[0018] 所述磁铁为强永磁铁,分别位于箱型结构的顶部与底部位置。

[0019] 所述的非线性动力吸振电磁耗能装置安装在塔式结构的顶部。

[0020] 所述弹簧摆的摆动频率与被控结构的主振频率保持一致。

[0021] 本发明的有益效果是:

[0022] (1) 本发明的非线性动力吸振电磁耗能装置是一种强非线性系统,通过弹簧摆内共振,可以把摆动模态的能量传递到振动模态,从而吸收更多的动能,减振效果显著,且无需外部能量的输入,更容易实现且安全性较高;

[0023] (2) 本发明基于电磁感应原理,通过质量块切割磁感线,金属板内部形成闭合回路,机械能转化为热能而消耗,增加减振装置的耗能;

[0024] (3) 该装置中弹簧采用马氏体形状记忆合金材料,提高弹簧的高阻尼性能,弹簧中间穿有奥氏体形状记忆合金绞线,具有超弹性自复位能力,配合弹簧使用,对弹簧起到保护的作用;

[0025] (4) 该装置原理简单、构造简单,且弹簧与质量块为独立结构,具有加工方便、维护方便等特点;

[0026] (5) 该装置能够减小地震或风荷载作用下多个方向的振动响应,可适用于输电塔及相关的塔式结构,能够产生较好的经济效益和社会效益。

附图说明

[0027] 图 1 是非线性动力吸振电磁耗能装置示意图。

- [0028] 图 2 是非线性动力吸振电磁耗能装置俯视图。
- [0029] 图 3 是非线性动力吸振电磁耗能装置弹簧摆示意图。
- [0030] 图 4 是非线性动力吸振电磁耗能装置安装位置示意图。
- [0031] 图 5 是图 4 的局部放大图。
- [0032] 图中 :1 形状记忆合金弹簧,2 质量块,3 形状记忆合金绞线,4 磁铁,5 外箱。

具体实施方式

[0033] 以下结合技术方案和附图详细叙述本发明最佳的实施方式。

[0034] 近年来,目标能量传递现象(Targeted Energy Transfer, TET) 和非线性能量阱(Nonlinear Energy Sink, NES) 等非线性动力吸振装置在被动振动控制领域得到了一些应用。TET 是指一定量的能量单向、非线性地传递给局部振动模态,从而降低主结构振动的现象。NES 即为可实现 TET 的非线性吸振器。相比于传统线性吸振器,它具有吸振频带宽,吸振效率高的优点。

[0035] 弹簧摆是一种强非线性系统,其运动方式是弹簧振动和整体摆动两种模态的耦合。当满足内共振条件时,会发生一种振动激发另一种振动的现象,称为内共振现象。它的这种特性可以用来实现非线性能量阱(NES)。基于以上现状,本发明拟利用弹簧摆的内共振特性,提出一种新型的 NES,并且可以降低塔式结构的振动响应。另外,基于电磁感应原理,摆锤在摆动过程中切割磁场,产生感应电流(涡流);根据楞次定律,感应电流(涡流)的效果总是阻碍导体在磁场之间的运动,因此摆的运动受到了阻力,产生的涡流转化为电阻热,摆的运动能量变为热能而消耗,增加减振装置的耗能。因此,本发明结合弹簧摆的非线性动力吸振和电磁耗能的特点,提出非线性动力吸振电磁耗能装置,具体如图 1、图 2 和图 3 所示。所述减振控制装置包括一个箱型结构 5,一个形状记忆合金弹簧 1,一根形状记忆合金绞线 3,一个质量块 2 以及两个磁铁 4 构成。该装置安装在塔式结构的顶部。

[0036] 具体结构如下:

[0037] 外箱 5 的顶部与底部分别固定一个磁铁 4,形成均匀磁场,形状记忆合金弹簧 1 上端连接磁铁 4 底部,下端连接质量块 2,且弹簧中间设置形状记忆合金绞线 3,质量块 2 可以多个方向摆动。

[0038] 弹簧 1 和质量块 2 组成弹簧摆,其运动方式为弹簧振动和整体摆动两种模态的耦合,当满足内共振条件时,会发生一种振动激发另一种振动,从而达到非线性吸振的效果。弹簧摆动频率与被控结构的主振频率保持一致,弹簧摆的振动模态与摆动模态强烈耦合,实现内共振特性,以达到最优的吸振减振效果。另外,质量块摆动过程中切割磁感线形成闭合回路,涡流会转化为电阻热而耗散掉,能达到较好的耗能效果。

[0039] 弹簧采用马氏体形状记忆合金高阻尼弹簧,该合金具有高阻尼的特性,弹簧中间设置一根弹性绞线,弹性绞线采用奥氏体形状记忆合金超弹性绞线,该合金具有超弹性自复位能力,与弹簧配合使用,在弹簧损坏的情况下,可以起到保护质量块的作用。

[0040] 质量块为裹有铝板的奥氏体不锈钢的栅栏式组合块,该不锈钢导磁性小,不易被磁铁吸引,而铝导电性强,产生涡流大,散热性能好。

[0041] 弹簧的长度根据主结构的主频率决定。

[0042] 弹簧摆由弹簧和悬挂的质量块构成,弹簧刚度系数为 k_s ,弹簧原长为 l_{ori} ,在重力

作用下的长度为 l_0 , 质量块重量为 m_p 。关系如下:

[0043]

$$l_{ori} = l - m_p g \quad (1)$$

[0044] 根据单摆摆长与频率的关系, 可以确定悬挂质量摆的摆长, 进而得到弹簧摆摆长

也可根据此式计算: $l_0 = \frac{g}{(2\pi f)^2}$

[0045] 式中, f 是主结构的一阶频率, l_0 是弹簧摆在重力作用下的长度, 弹簧摆的原长 l_{ori} 需要根据公式 (1) 计算。

[0046] 弹簧的刚度根据质量块的质量和弹簧的原始长度决定。

[0047] 磁铁为强永磁铁, 分别位于箱型结构的顶部与底部位置。

[0048] 弹簧摆的摆动频率与被控结构的主振频率保持一致。

[0049] 为了达到最佳的减振效果, 本实施方案中需要注意的是: 第一、合理地选择质量块质量和弹簧的长度, 使质量块的摆动频率与被控结构主振频率尽可能接近; 第二、合理选择弹簧刚度, 使振动频率与摆动频率产生共振, 以达到最优的吸振减振效果; 第三、选用形状记忆合金材料, 对结构性能进行优化, 继而更好的达到减振控制; 第四、合理选择质量块切割磁感线的面积, 以达到最优的耗能效果; 第五、该装置宜安装在结构振动时位移响应最大处, 以达到最好的减振效果。

[0050] 本发明通过弹簧摆的弹簧振动和整体摆动两种模态耦合的运动方式, 实现内共振特性, 全方位降低塔式结构的振动响应, 达到动力吸振的目的, 并应用电磁耗能装置消耗结构的振动能量, 从而达到最优的吸振减振效果。

[0051] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述, 但并非对本发明保护范围的限制, 所属领域技术人员应该明白, 在本发明的技术方案的基础上, 本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

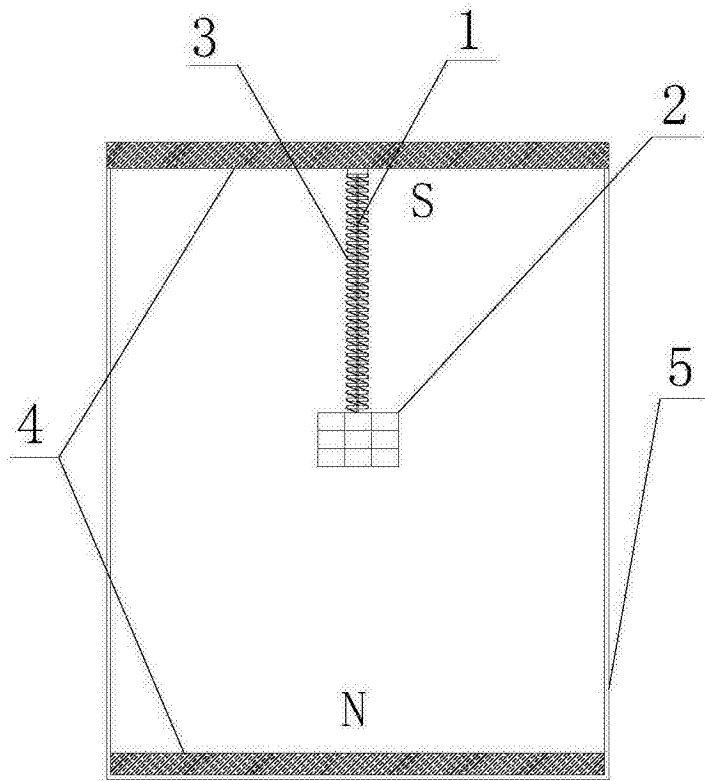


图 1

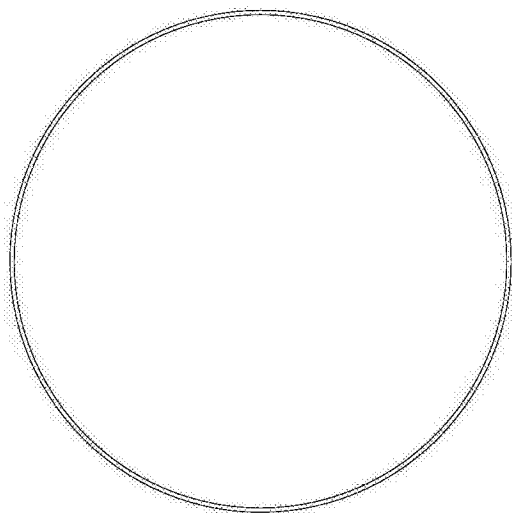


图 2

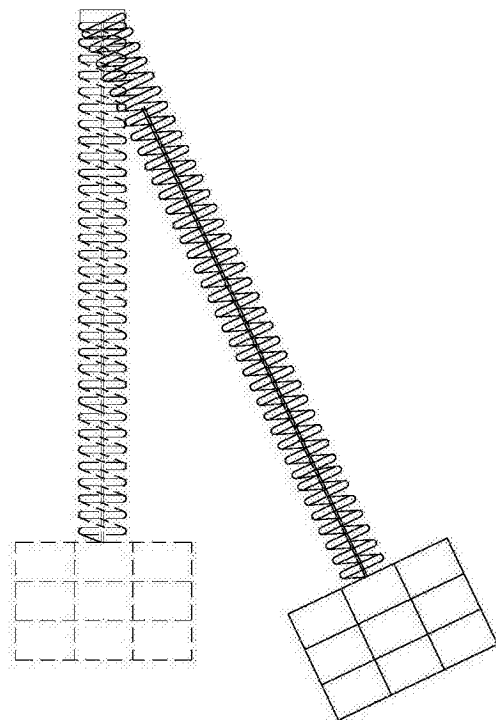


图 3

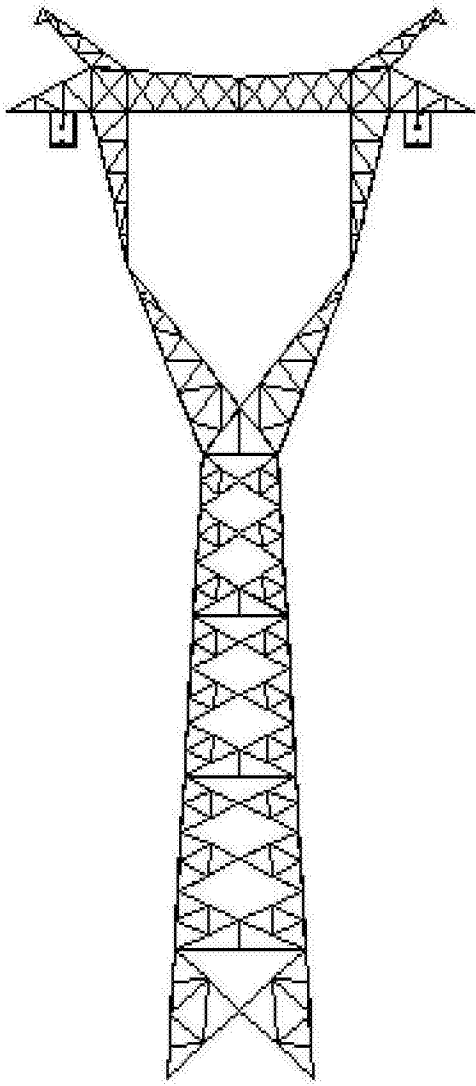


图 4

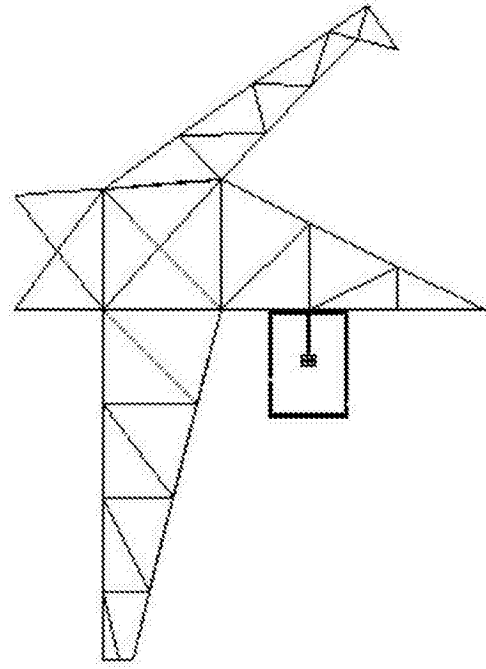


图 5