



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104181237 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 03

(21) 申请号 201410135809. 5

(22) 申请日 2014. 04. 04

(71) 申请人 中国商用飞机有限责任公司北京民用飞机技术研究中心

地址 102211 北京市昌平区昌平镇超前路 9 号 301 室

申请人 中国商用飞机有限责任公司

(72) 发明人 杜朝亮 王奕首 赵群 卿新林

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司 11332

代理人 胡彬 韩国胜

(51) Int. Cl.

G01N 29/32 (2006. 01)

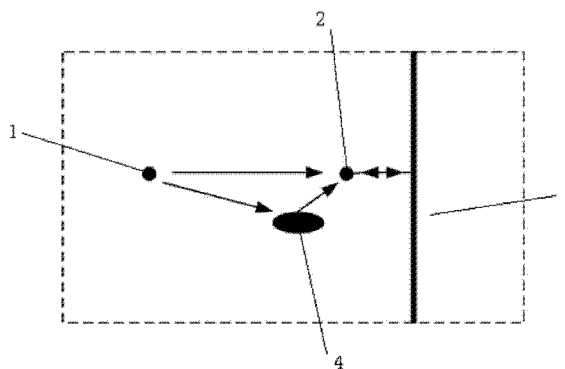
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种结构件探伤监测温度补偿方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种结构件探伤监测温度补偿方法及系统,涉及结构健康监测技术领域,为解决现有的结构件探伤监测温度补偿方法采集基准信号麻烦等问题而设计。本发明提供的结构件探伤监测温度补偿方法通过对比任一温度下的基准信号和任一温度下的当前信号的特征点,确定补偿参数值,然后根据该补偿参数值对基准信号波进行移动和变形,从而实现当前信号的温度补偿。本发明不需要采集大量的、多种温度下的基准信号就能很好地消除温度变化对信号的影响,为结构的健康监测节省了大量的时间和操作成本,实用性强,具有广阔的应用前景。



1. 一种结构件探伤监测温度补偿方法,其特征在于,所述方法至少包括以下步骤:
步骤 A、提供在第一温度下的基准信号波形图;
步骤 B、获取第二温度下的当前信号波形图;
步骤 C、取第二温度下的当前信号波的当前信号特征点,取第一温度下的基准信号波形的基准信号特征点,所述当前信号特征点分别与所述基准信号特征点相对应,对比当前信号特征点和基准信号特征点获得补偿参数值;
步骤 D、根据补偿参数值对第一温度下的基准信号波进行移动和变形,获得在第二温度下的基准信号波形图。
2. 根据权利要求 1 所述的一种结构件探伤监测温度补偿方法,其特征在于:所述基准信号波形图和所述当前信号波形图均以时间为横轴,以波幅为纵轴,所述补偿参数至少包括时间补偿参数和波幅补偿参数。
3. 根据权利要求 2 所述的一种结构件探伤监测温度补偿方法,其特征在于:所述信号特征点为信号波的波峰和 / 或波谷和 / 或信号波与横轴的交点。
4. 根据权利要求 2 或 3 所述的一种结构件探伤监测温度补偿方法,其特征在于:所述时间补偿参数为第一温度下的基准信号波与第二温度下的基准信号波的特征点时间差。
5. 根据权利要求 4 所述的一种结构件探伤监测温度补偿方法,其特征在于,
所述基准信号至少包括第一基准信号和第二基准信号,所述基准信号的获取方法为:
提供第一传感器(1)、第二传感器(2)和被监测件;
所述第一基准信号为由第一传感器(1)激发并直接传到第二传感器(2)的信号;
所述第二基准信号为由第一传感器(1)激发、经被监测件反射,然后传到第二传感器(2)的信号。
6. 根据权利要求 5 所述的一种结构件探伤监测温度补偿方法,其特征在于,
所述当前信号至少包括第一当前信号和第二当前信号,所述当前信号的获取方法为:
提供第一传感器(1)、第二传感器(2)和被监测件;
所述第一当前信号为由第一传感器(1)激发并直接传到第二传感器(2)的信号;
所述第二当前信号由两部分信号叠加而成,一部分为由第一传感器(1)激发、经被监测件反射,然后传到第二传感器(2)的信号,另一部分为由第一传感器(1)激发、经被监测件的损伤部(4)反射,然后传到第二传感器(2)的信号。
7. 根据权利要求 6 所述的一种结构件探伤监测温度补偿方法,其特征在于,所述方法具体为:
取激励信号的特征点波峰 J1 (J1t, J1a) 和波谷 J2 (J2t, J2a),
取第一温度下的第一基准信号的特征点波峰 B1 (B1t, B1a) 和波谷 B2 (B2t, B2a), 第二基准信号的特征点波峰 B3 (B3t, B3a) 和波谷 B4 (B4t, B4a),
取第二温度下的第一当前信号的特征点波峰 Ac1 (Ac1t, Ac1a) 和波谷 Ac2 (Ac2t, Ac2a),
当被监测件的损伤部(4)不在第一传感器(1)和第二传感器(2)的路径上时,第二温度下的第一基准信号和第二温度下的第一当前信号相同,将第一温度下的第二基准信号波向右平移时间补偿参数 Δt_2 并将其波形以波幅补偿参数 R3 的比例放大得到第二温度下的第二基准信号,

$$\Delta t_2 = \frac{\Delta t_1 \cdot \Delta TB_2}{\Delta TB_1},$$

其中, Δt_1 为第二温度下的第一基准信号与第一温度下的第一基准信号的时间差,

$$\Delta t_1 = \frac{Ac_1t - B_1t + Ac_2t - B_2t}{2},$$

ΔTB_1 为第一温度下的第一基准信号与激励信号的时间差,

$$\Delta TB_1 = \frac{B_1t - J_1t + B_2t - J_2t}{2},$$

ΔTB_2 为第一温度条件下的第二基准信号与激励信号的时间差

$$\Delta TB_2 = \frac{B_3t - J_1t + B_4t - J_2t}{2};$$

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot f(\Delta TB_2)}{f(\Delta TB_1)},$$

其中, $R_1 = \frac{A_{c1a}}{B_{1a}}$ 。

8. 根据权利要求 7 所述的一种结构件探伤监测温度补偿方法,其特征在于: $f(\Delta TB_1) = \Delta TB_1$, $f(\Delta TB_2) = \Delta TB_2$ 。

9. 一种结构件探伤监测温度补偿系统,用于实现如权利要求 1 至 8 任一项所述的结构件探伤监测温度补偿方法,其特征在于:所述温度补偿系统包括信号激励装置、检测装置、信号采集装置、波信号温度补偿装置以及控制面板,其中,

信号激励装置,用于提供激励信号;

检测装置,包括用于提供所述当前信号波的波信号传感器和用于检测所述第二温度的温度传感器;

信号采集装置,用于采集所述当前信号波和所述第二温度信号并传输至波信号温度补偿系统;

波信号温度补偿装置,其内预存有所述第一温度下的基准信号波形图,用于对所述第二温度下的当前信号波进行温度补偿;

控制面板,包括用于显示温度补偿结果的显示屏和用于控制温度补偿过程的控制界面。

10. 根据权利要求 1 所述的一种结构件探伤监测温度补偿系统,其特征在于:预存在所述波信号温度补偿装置内的所述第一温度下的基准波信号波形图预先由所述检测装置检测,然后经所述信号采集装置采集后传输至所述波信号温度补偿装置。

一种结构件探伤监测温度补偿方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及结构健康监测技术领域,尤其涉及一种结构件探伤监测温度补偿方法及系统。

背景技术

[0002] 在循环载荷以及多种极端环境的长期作用下,飞机及其他一些机械装备上的关键结构可能会出现损伤,如金属结构的腐蚀、变形,复合材料结构的脱层、脱粘等。这些损伤如不能及时发现和维修会造成很大的安全隐患,因此需要对这些损伤进行识别,识别方法为通过传感器监测被监测件获得当前信号并将当前信号与基准信号对比,从而获得损伤的位置、尺寸等情况。

[0003] 由于温度的改变会影响结构的材料属性、传感器的属性以及粘结传感器的胶层的属性等,因此当结构所处的环境温度发生改变时,其中的信号波传播属性,如波幅、波速等,也会发生改变。当进行损伤定量化识别时,常需要用基准线法进行信号分析,这时波幅和波速的微小改变往往会造成较大的信号差异,进而严重影响损伤识别的结果,因此需要进行温度补偿。

[0004] 目前有不少温度补偿的方法,基本都是首先将结构的工作温度分成数十个小的温度区间,将某一温度下的当前信号与该对应温度下的基准信号进行比对。这种类型的方法优点是对于任何形式的结构都非常可靠,但是缺点是采集各温度区间下的基准信号往往比较麻烦。比如对于一个大型的飞机结构,要将其结构温度降到零下 50 度或升到零上 60 度就需要一个大型的、高控制精度的温控车间,而这是难以做到的。

[0005] 针对上述问题,亟需要一种不需要采集各个温度区间的基准信号就能较好地消除温度影响的温度补偿方法及系统。

发明内容

[0006] 本发明的一个目的在于提出一种结构件探伤监测温度补偿方法,能够为结构的健康监测节省大量的时间和操作成本。

[0007] 本发明的另一个目的在于提出一种结构件探伤监测温度补偿系统,能够为结构的健康监测节省大量的时间和操作成本。

[0008] 为达此目的,一方面,本发明采用以下技术方案:

[0009] 一种结构件探伤监测温度补偿方法,所述方法至少包括以下步骤:

[0010] 步骤 A、提供在第一温度下的基准信号波形图;

[0011] 步骤 B、获取第二温度下的当前信号波形图;

[0012] 步骤 C、取第二温度下的当前信号波的当前信号特征点,取第一温度下的基准信号波形的基准信号特征点,所述当前信号特征点分别与所述基准信号特征点相对应,对比当前信号特征点和基准信号特征点获得补偿参数值;

[0013] 步骤 D、根据补偿参数值对第一温度下的基准信号波进行移动和变形,获得在第二

温度下的基准信号波形图。

[0014] 进一步的,所述基准信号波形图和所述当前信号波形图均以时间为横轴,以波幅为纵轴,所述补偿参数至少包括时间补偿参数和波幅补偿参数。

[0015] 优选的,所述信号特征点为信号波的波峰和 / 或波谷和 / 或信号波与横轴的交点。

[0016] 优选的,所述时间补偿参数为第一温度下的基准信号波与第二温度下的基准信号波的特征点时间差。

[0017] 优选的,所述基准信号至少包括第一基准信号和第二基准信号,所述基准信号的获取方法为:

[0018] 提供第一传感器、第二传感器和被监测件;

[0019] 所述第一基准信号为由第一传感器激发并直接传到第二传感器的信号;

[0020] 所述第二基准信号为由第一传感器激发、经被监测件反射,然后传到第二传感器的信号。

[0021] 优选的,所述当前信号至少包括第一当前信号和第二当前信号,所述当前信号的获取方法为:

[0022] 提供第一传感器、第二传感器和被监测件;

[0023] 所述第一当前信号为由第一传感器激发并直接传到第二传感器的信号;

[0024] 所述第二当前信号由两部分信号叠加而成,一部分为由第一传感器激发、经被监测件反射,然后传到第二传感器的信号,另一部分为由第一传感器激发、经被监测件的损伤部反射,然后传到第二传感器的信号。

[0025] 优选的,所述方法具体为:

[0026] 取激励信号的特征点波峰 J1 (J1t, J1a) 和波谷 J2 (J2t, J2a),

[0027] 取第一温度下的第一基准信号的特征点波峰 B1 (B1t, B1a) 和波谷 B2 (B2t, B2a), 第二基准信号的特征点波峰 B3 (B3t, B3a) 和波谷 B4 (B4t, B4a),

[0028] 取第二温度下的第一当前信号的特征点波峰 Ac1 (Ac1t, Ac1a) 和波谷 Ac2 (Ac2t, Ac2a),

[0029] 当被监测件的损伤部不在第一传感器和第二传感器的路径上时,第二温度下的第一基准信号和第二温度下的第一当前信号相同,将第一温度下的第二基准信号波向右平移时间补偿参数 Δt_2 并将其波形以波幅补偿参数 R3 的比例放大得到第二温度下的第二基准信号,

$$[0030] \quad \Delta t_2 = \frac{\Delta t_1 \cdot \Delta TB_2}{\Delta TB_1},$$

[0031] 其中, Δt_1 为第二温度下的第一基准信号与第一温度下的第一基准信号的时间差, $\Delta t_1 = \frac{Ac1t - B1t + Ac2t - B2t}{2}$,

[0032] ΔTB_1 为第一温度下的第一基准信号与激励信号的时间差,

$$[0033] \quad \Delta TB_1 = \frac{B1t - J1t + B2t - J2t}{2},$$

[0034] ΔTB_2 为第一温度条件下的第二基准信号与激励信号的时间差,

$$[0035] \quad \Delta TB2 = \frac{B3t - J1t + B4t - J2t}{2};$$

$$[0036] \quad R3 = \frac{R1 \cdot f(\Delta TB2)}{f(\Delta TB1)},$$

$$[0037] \quad \text{其中, } R1 = \frac{Acla}{B1a}。$$

[0038] 优选的, $f(\Delta TB1) = \Delta TB1$, $f(\Delta TB2) = \Delta TB2$ 。

[0039] 另一方面, 本发明采用以下技术方案:

[0040] 一种结构件探伤监测温度补偿系统, 用于实现上述的结构件探伤监测温度补偿方法, 所述温度补偿系统包括信号激励装置、检测装置、信号采集装置、波信号温度补偿装置以及控制面板, 其中, 信号激励装置用于提供激励信号; 检测装置包括用于提供所述当前信号波的波信号传感器和用于检测所述第二温度的温度传感器; 信号采集装置用于采集所述当前信号波和所述第二温度信号并传输至波信号温度补偿系统; 波信号温度补偿装置内预存有所述第一温度下的基准信号波形图, 用于对所述第二温度下的当前信号波进行温度补偿; 控制面板包括用于显示温度补偿结果的显示屏和用于控制温度补偿过程的控制界面。

[0041] 优选的, 预存在所述波信号温度补偿装置内的所述第一温度下的基准波信号波形图预先由所述检测装置检测, 然后经所述信号采集装置采集后传输至所述波信号温度补偿装置。

[0042] 本发明的有益效果为: 本发明提供的结构件探伤监测温度补偿方法及系统, 通过对比任一温度下的基准信号和任一温度下的当前信号的特征点, 确定补偿参数值, 然后根据该补偿参数值对基准信号波进行移动和变形, 从而实现对基准信号的温度补偿, 不需要采集大量的、多种温度下的基准信号就能很好地消除温度变化对信号的影响, 为结构的健康监测节省了大量的时间和操作成本, 实用性强, 具有广阔的应用前景。

附图说明

[0043] 图 1 是本发明具体实施方式提供的对被监测件进行探伤监测的示意图;

[0044] 图 2 是本发明具体实施方式提供的第一温度下和第二温度下的基准信号波形图;

[0045] 图 3 是本发明具体实施方式提供的第二温度下的当前信号波形图;

[0046] 图 4 是本发明提供的结构件探伤监测温度补偿系统的结构示意图。

[0047] 图中, 1、第一传感器; 2、第二传感器; 3、加强筋; 4、损伤部。

具体实施方式

[0048] 下面结合附图并通过具体实施方式来进一步说明本发明的技术方案。

[0049] 本发明结构件探伤监测温度补偿方法至少包括以下步骤:

[0050] 步骤 A、提供在第一温度下的基准信号波形图;

[0051] 步骤 B、获取第二温度下的当前信号波形图;

[0052] 步骤 C、取第二温度下的当前信号波的当前信号特征点, 取第一温度下的基准信号波形的基准信号特征点, 所述当前信号特征点分别与所述基准信号特征点相对应, 对比当

前信号特征点和基准信号特征点获得补偿参数值；

[0053] 步骤D、根据补偿参数值对第一温度下的基准信号波进行移动和变形，获得在第二温度下的基准信号波形图。

[0054] 其中，由于基准信号波形图和当前信号波形图均以时间为横轴，以波幅为纵轴，因此补偿参数优选为时间补偿参数和波幅补偿参数；信号特征点不具体限定，可以为信号波的波峰和 / 或波谷和 / 或信号波与横轴的交点，能够方便进行对比即可。

[0055] 该方法由于不需要采集大量的、多种温度下的基准信号就能很好地消除温度变化对信号的影响，因此为结构的健康监测节省了大量的时间和操作成本，实用性强，具有广阔的应用前景。

[0056] 针对上述方法，本发明还提出了一种结构件探伤监测温度补偿系统，用于实现上述的结构件探伤监测温度补偿方法。如图4所示，该温度补偿系统包括信号激励装置、检测装置、信号采集装置、波信号温度补偿装置以及控制面板。其中，信号激励装置用于提供激励信号；检测装置包括用于提供当前信号波的波信号传感器和用于检测第二温度的温度传感器；信号采集装置用于采集当前信号波和第二温度信号并传输至波信号温度补偿系统；波信号温度补偿装置内预存有第一温度下的基准信号波形图，用于对第二温度下的当前信号波进行温度补偿；控制面板包括用于显示温度补偿结果的显示屏和用于控制温度补偿过程的控制界面。

[0057] 其中，预存在波信号温度补偿装置中的第一温度下的基准信号波形图可预先由检测装置检测，然后经信号采集装置采集后传输至波信号温度补偿装置，也可在其他设备上完成测量后存储至波信号温度补偿装置内。

[0058] 下面以一个含有加强筋的结构为例具体阐述本发明的温度补偿方法。

[0059] 如图1所示，提供第一传感器1和第二传感器2进行健康监测。

[0060] 基准信号至少包括第一基准信号和第二基准信号。第一基准信号为由第一传感器1激发并直接传到第二传感器2的信号；第二基准信号为由第一传感器1激发、经加强筋3反射，然后传到第二传感器2的信号。

[0061] 当前信号至少包括第一当前信号和第二当前信号。第一当前信号为由第一传感器1激发并直接传到第二传感器2的信号；第二当前信号由两部分信号叠加而成，一部分为由第一传感器1激发、经加强筋3反射，然后传到第二传感器2的信号，另一部分为由第一传感器1激发、经损伤部4反射，然后传到第二传感器2的信号。

[0062] 图2和图3是基准信号和当前信号的波形图。如图2所示，左侧椭圆中的波群为激励信号波；中间椭圆内的波群中，点段线波为第一温度下的第一基准信号波，实线波为第二温度下的第一基准信号波；右侧椭圆内的波群中，点段线波为第一温度下的第二基准信号波，实线波为第二温度下的第二基准信号波。如图3所示，左侧为激励信号波，中部椭圆中的波群为第二温度下的第一当前信号波，右侧椭圆中的波群为第二温度下的第二当前信号波。其中，第一温度下的基准信号波形和第二温度下的当前基准信号波形是已知的，我们的目的是获得第二温度下的基准信号波，从而将第二温度下的基准信号波与第二温度下的当前信号波进行对比获得损伤部的情况。

[0063] 首先需要取特征点，本实施例中取的是波峰和波谷。分别取激励信号的特征点波峰J1 (J1t, J1a)和波谷J2 (J2t, J2a)，取第一温度下的第一基准信号的特征点波峰

B1 (B1t, B1a) 和波谷 B2 (B2t, B2a), 第二基准信号的特征点波峰 B3 (B3t, B3a) 和波谷 B4 (B4t, B4a), 取第二温度下的第一当前信号的特征点波峰 Ac1 (Ac1t, Ac1a) 和波谷 Ac2 (Ac2t, Ac2a)。相应的有, 第二温度下的第一基准信号的特征点波峰 A1 (A1t, A1a) 和波谷 A2 (A2t, A2a), 第二温度下的第二基准信号的特征点波峰 A3 (A3t, A3a) 和波谷 A4 (A4t, A4a)。

[0064] 时间补偿: 当损伤部不在第一传感器 1 和第二传感器 2 的路径上时, 由于获取条件和获取方式相同, 因此第二温度下的第一基准信号和第二温度下的第一当前信号基本相同, 所以只需获得第二温度下的第二基准信号即可, 且有 $A1t=Ac1t, A1a=Ac1a; A2t=Ac2t, A2a=Ac2a$ 。

[0065] 对于同一波群, 即图中同一椭圆中的波群, 设由温度导致的特征点时间差的差值相同, 则第二温度下的第一基准信号与第一温度下的第一基准信号的时间差

$$[0066] \quad \Delta t1 = \frac{A1t - B1t + A2t - B2t}{2} = \frac{Ac1t - B1t + Ac2t - B2t}{2},$$

[0067] 第二温度下的第二基准信号与第一温度下的第二基准信号的时间差

$$[0068] \quad \Delta t2 = \frac{A3t - B3t + A4t - B4t}{2},$$

[0069] 第一温度下的第一基准信号与激励信号的时间差

$$[0070] \quad \Delta TB1 = \frac{B1t - J1t + B2t - J2t}{2},$$

[0071] 第一温度条件下的第二基准信号与激励信号的时间差

$$[0072] \quad \Delta TB2 = \frac{B3t - J1t + B4t - J2t}{2},$$

[0073] 设监测区域内波传播受温度影响的程度相同, 则有,

$$[0074] \quad \frac{\Delta t1}{\Delta t2} = \frac{\Delta TB1}{\Delta TB2},$$

[0075] 因此可得到时间补偿参数 $\Delta t2 = \frac{\Delta t1 \cdot \Delta TB2}{\Delta TB1}$, $\Delta t1$ 、 $\Delta TB2$ 、 $\Delta TB1$ 均能通过计算获得。

将第一温度下的第二基准信号波向右平移时间补偿参数 $\Delta t2$ 即可消除由温度导致的时间差的变化。

[0076] 求时间差时也可以不求平均值, 将各个相对应的波峰或波谷分别进行计算, 即以 A1 和 B1 的时间差确定 A3 和 B3 的时间差, 以 A2 和 B2 的时间差确定 A4 和 B4 的时间差, 具体应用时可根据波形做出合适的选择。

[0077] 波幅补偿: 第二温度下的第一基准信号与第一温度下的第一基准信号的波幅比值

$$\text{可表示为 } R1 = \frac{A1a}{B1a} = \frac{Ac1a}{B1a},$$

[0078] 第二温度下的第二基准信号与第一温度下的第二基准信号的波幅比值可表示为

$$R3 = \frac{A3a}{B3a},$$

[0079] 设 $R1$ 、 $R3$ 和 $\Delta TB1$ 、 $\Delta TB2$ 满足关系 $\frac{R1}{f(\Delta TB1)} = \frac{R3}{f(\Delta TB2)}$,

[0080] 可获得波幅补偿参数 $R3 = \frac{R1 \cdot f(\Delta TB2)}{f(\Delta TB1)}$ 。

[0081] 将平移后的波的波形以波幅补偿参数 $R3$ 的比例放大即可获得第二温度下的第二基准信号。

[0082] 上式中的 $f(x)$ 函数可通过实验、理论分析或数值模拟的方式确定。为了简便,在要求精度不是很高的情况下, $f(x) = x$ 。

[0083] 需要额外指出的一点是,该补偿方法仅适用于损伤部不在传感器的路径上时,当损伤部在传感器的路径上时需要另外采用其他方式进行处理。

[0084] 以上结合具体实施例描述了本发明的技术原理。这些描述只是为了解释本发明的原理,而不能以任何方式解释为对本发明保护范围的限制。基于此处的解释,本领域的技术人员不需要付出创造性的劳动即可联想到本发明的其它具体实施方式,这些方式都将落入本发明的保护范围之内。

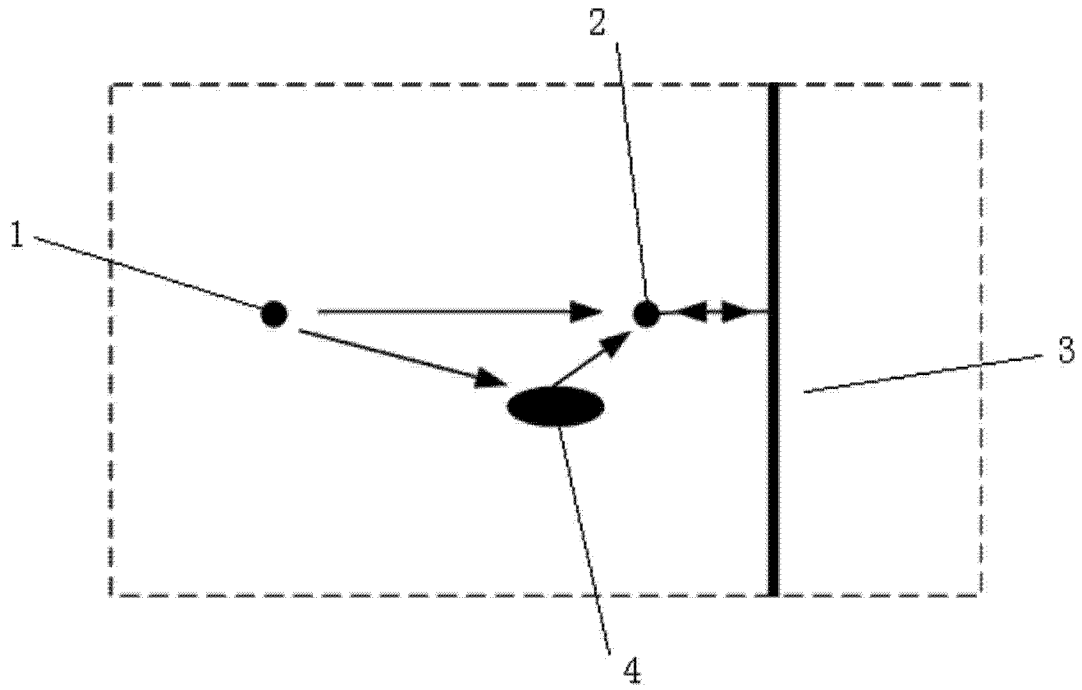


图 1

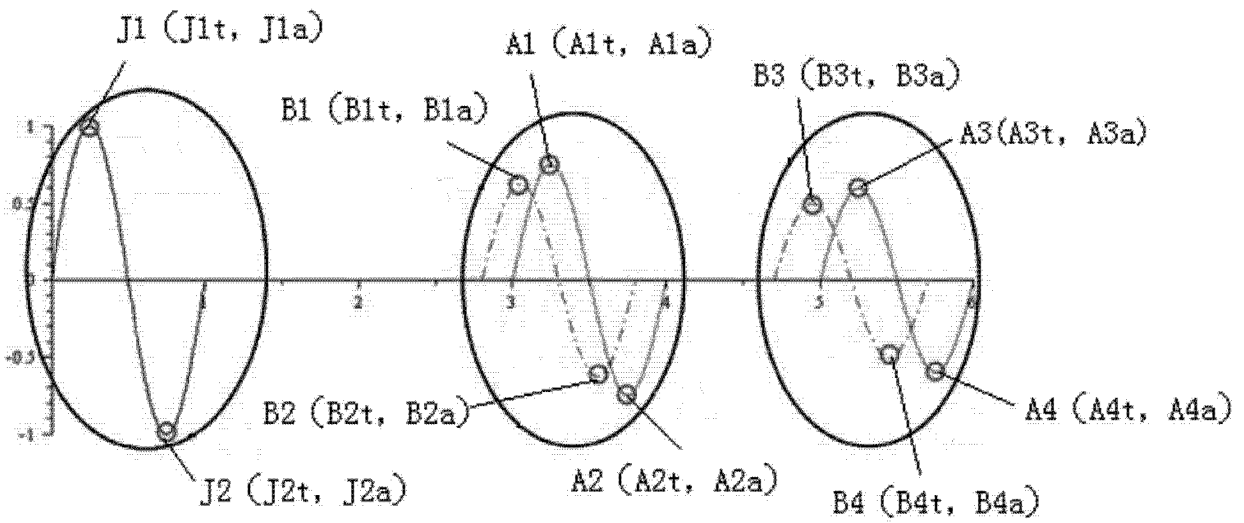


图 2

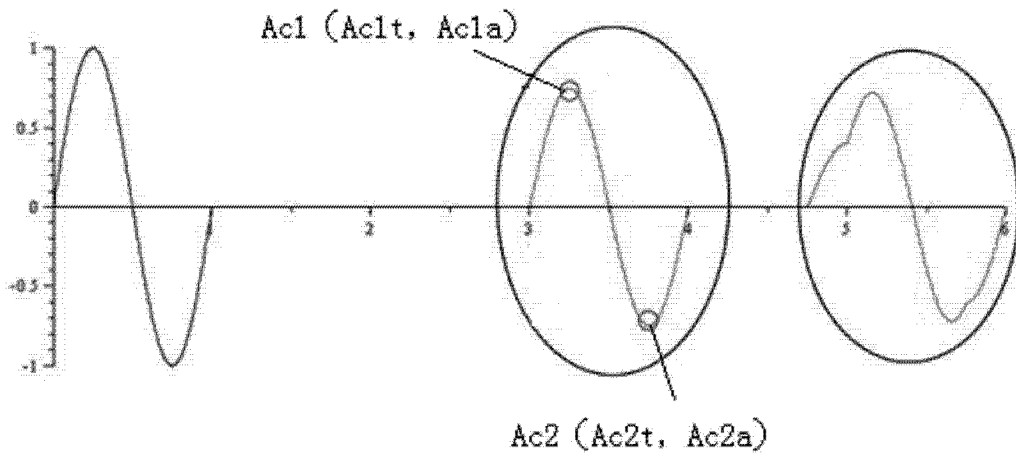


图 3

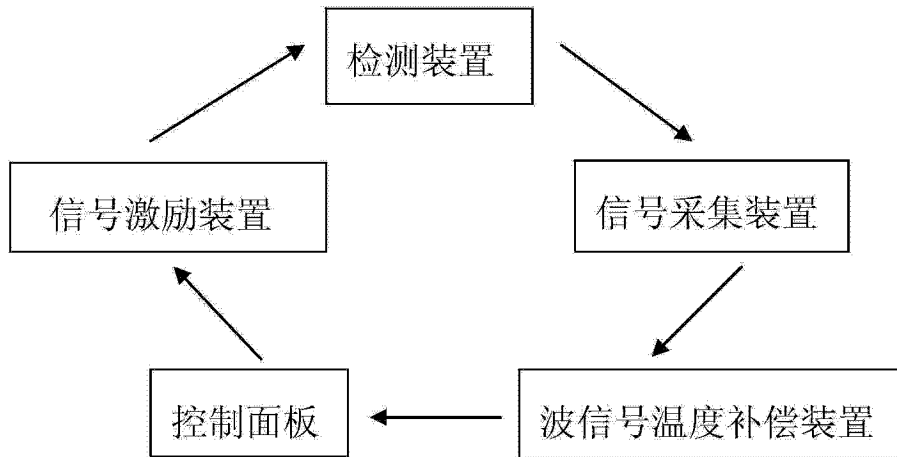


图 4