



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102889216 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 05

(21) 申请号 201210350436. 4

(22) 申请日 2012. 09. 05

(73) 专利权人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市学府路 301 号

(72) 发明人 裴吉 袁寿其 王文杰 袁建平

司乔瑞 阳君

(74) 专利代理机构 北京风雅颂专利代理有限公司

司 11403

代理人 李弘 于晓霞

(51) Int. Cl.

F04D 15/00 (2006. 01)

审查员 阳大清

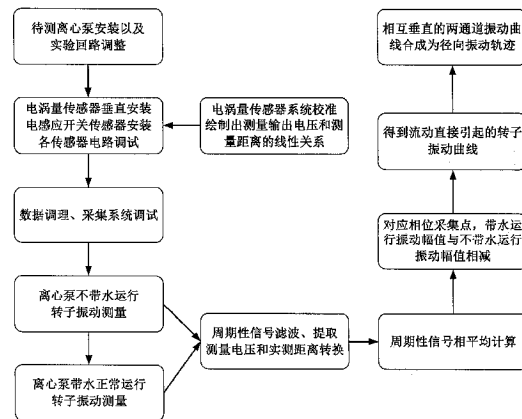
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种离心泵转子流动诱导振动的测量方法

(57) 摘要

一种针对离心泵转子流动诱导振动的瞬态非接触测量和分析方法,通过在蜗壳上靠近叶轮口环位置两个相互垂直的方向上安装经过校准的趋近式电涡量传感器,实现在泵无水运行状态下,对叶轮振动轨迹进行测量以及在泵带水正常运行状态下对转子振动进行测量。通过将各相位上带水运行振动幅值与不带水运行振动幅值相减,得到仅由流体诱导的振动信号。将两个垂直方向上分别测得的振动曲线转化为平面上的振动轨迹,并计算得出二维平面上各时刻的振动相位,可直观分析转子在径向方向的振动。



1. 一种离心泵转子流动诱导振动的测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

- (A) 对待测离心泵的安装和实验回路的调整;
- (B) 利用校准机构对两个电涡量传感器分别进行静态测量校准;
- (C) 在蜗壳上靠近叶轮口环位置两个相互垂直的方向上安装趋近式电涡量传感器,同时,在转轴处安装电感应开关传感器;
- (D) 对数据采集系统进行调试,并对采集的数据进行调理;
- (E) 在泵无水运行状态下,对叶轮振动轨迹进行测量;
- (F) 在泵带水正常运行状态下对转子振动进行测量;
- (G) 进行信号滤波以及输出电压值和实际测量距离值的换算;
- (H) 将多个周期的测量信号进行相平均计算;
- (I) 将各相位上带水运行振动幅值与不带水运行振动幅值相减;
- (J) 将两个垂直方向上分别测得的振动曲线转化为平面上的振动轨迹,并计算得出二维平面上各时刻的振动相位。

2. 根据权利要求1中所述的一种离心泵转子流动诱导振动的测量方法,其特征在于,所述步骤(I)的作用是消除了由机械原因引起的转子振动,从而得到仅由流体诱导的振动信号,其中,所述机械原因包括叶轮口环处圆周加工的不精确、泵的轴承间隙、叶轮质量的不对称。

3. 根据权利要求1中所述的测量方法,步骤(B)中的校准机构包括:距离测量仪(1);底座(2);基座(3);螺纹杆(4);校准用圆盘(5);传感器固定座(6);电涡量传感器(7);其中,距离测量仪(1)用于控制螺纹杆(4)和校准用圆盘(5)的伸长距离,以精确控制校准用圆盘(5)与电涡量传感器(7)的距离;同时,电涡量传感器(7)固定在传感器固定座(6)处;校准用圆盘(5)选用与待测离心泵叶轮转子相同的材料。

一种离心泵转子流动诱导振动的测量方法

技术领域

[0001] 本发明属于与泵类机械转子振动相关的技术领域,特指由泵内部复杂的非定常流动诱导的结构振动现象。

背景技术

[0002] 泵是重要的能量转换装置和流体输送设备,其中离心泵应用最为广泛。离心泵不仅应用在石油、化工、水利等工农业领域,而且是航空、舰船、潜艇等高新技术领域的关键设备。离心泵在运行过程中会不可避免地产生振动,振动会影响离心泵运行的稳定性和安全性,并影响机器寿命。泵是重大工程的关键设备,尽可能地减小振动可以提高泵机组运行的可靠性,并可以降低重大事故的发生率,从而保证人身安全,避免国民财产遭受损失,具有重要的社会意义和经济意义。目前,由于泵内部复杂流动产生的周期性载荷是导致振动的不可忽视的因素,并且更加难以控制,简单地利用机械减振方法不能很好的消除,流动诱导振动现象已经成为工程实际中亟待解决的问题,尤其在在隐蔽性很高的舰船和潜艇等国防设备领域。因此,为了深入分析离心泵转子流动诱导振动特性,有必要对该振动信号进行瞬态的测量、采集和分析。为了解决这一问题,并能够对泵转子进行非接触测量,新的测量系统和数据处理分析方法被提出。

[0003] 经检索,关于泵类机械振动测量的专利有:潜油电泵振动测试装置,申请号:200420074343;离心泵振动信号采集装置,申请号:200620029173;离心泵振动故障融合诊断方法及振动信号采集装置,申请号:200610017089。目前这些专利中,振动测量主要集中于泵壳体振动信号的采集,这种采集局限于泵的静止结构,虽然测量相对方便简单,但不能准确反映泵转子振动的特性。同时,所采集的信号不能直接获得单纯由流动现象诱导的振动,而是包含了如机械原因产生的振动,因此,信号复杂、干扰多且不易于分析。还未见有关于泵转子流动诱导振动测量的申报专利。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提出一种针对离心泵转子流动诱导振动的瞬态非接触测量和分析方法。该方法能够实现对离心泵转子由水力激励导致的振动现象进行非接触的测量和分析,在泵技术领域具有良好的实用价值和广阔的应用前景,是目前泵类机械振动噪声研究领域的前沿问题和关键技术。

[0005] 本发明的技术方案包括以下几个方面:(1)对待测离心泵的安装和实验回路的调整,以使待测离心泵能够在各种要求的工况下正常运行。进出口的静压传感器能够对泵的扬程进行监测,出口压力传感器量程为表压0-4bar,进口压力传感器为绝对压力0-1.6bar。安装流量计能够对泵的运行工况进行观测,泵进口上游的控制阀能够对泵的运行工况点进行调整。(2)选用与待测离心泵叶轮转子材料相同的圆盘,利用校准机构对两个电涡量传感器分别进行静态测量校准,绘制出两个传感器回路输出电压与测量距离的线性关系。校准机构将传感器固定,将校准材料固定在可伸缩的螺纹杆上,通过旋转螺纹杆,

调整材料与传感器的距离,获得不同的电压信号输出,从而绘制校准曲线,一般校准点取20-30个。(3)在蜗壳上靠近叶轮口环位置两个相互垂直的方向上安装趋近式电涡量传感器,同时,在转轴处安装电感应开关传感器,并对传感器的电路进行调试。通过两个相互垂直的电感应传感器实现对叶轮径向平面上振动的测量,利用感应开关传感器实现对叶轮转子转动相位的测量。通过将两个方向的振动近好进行合成,得到平面上的测量轨迹。(4)对数据采集系统进行调试,并对采集的数据进行调理。采样频率设定为10kHz,对于低频的振动信号,满足乃奎斯特采样定律。(5)在泵无水运行状态下,对叶轮振动轨迹进行测量。该振动轨迹主要是由机械原因引起的,如叶轮口环处圆周加工的不精确、泵的轴承间隙、叶轮质量的不对称等。该测量的目的是记录下仅由这些不可避免的机械原因引起的振动,以便在后续测量中剔除出这些干扰量,以获得仅由水力激励产生的振动轨迹。(6)在泵带水正常运行状态下对转子振动进行测量。(7)对上述测量的转子振动的周期信号进行滤波,并根据校准曲线实现传感器输出电压值和实际测量距离值的换算。(8)为了消除振动信号测量过程中可能产生的噪声干扰和其他的测量不确定性,将多个周期的测量信号进行相平均计算,得到在各个相位上平均的振动结果。(9)将各相位上带水运行振动幅值与不带水运行振动幅值相减,得到仅由水力激励诱导的振动信号幅值。(10)将两个垂直方向上分别测得的振动曲线转化为平面上的振动轨迹,并计算得出二维平面上各时刻的振动相位,最终绘制出叶轮转子径向流动诱导振动曲线。

[0006] 本发明的有益效果是:

[0007] (1)由于采用了电涡量传感器对叶轮转子的振动量进行测量,从而实现了对转子振动的无接触测量,使得振动系统能够方便地安装在静止的离心泵壳体上,无需使测量装置与转子进行旋转,大大降低了测量的难度,同时又能保证对旋转的转子振动进行瞬态精确测量。

[0008] (2)测量过程中对振动信号进行滤波能够有效滤除实验信号采集的噪声干扰,提取出所需要频率的流动水力激励诱导的振动信号。此外,对周期振动信号进行相平均计算能够有效地获得周期性信号,消除数据采集中的振动信号奇异值。

[0009] (3)通过对泵无水运行状态下振动信号的测量,记录了离心泵结构上存在的机械振动信号,这种由机械结构原因产生的振动是无法完全避免的,且在离心泵带水正常运行时仍然存在,因此,通过将该信号进行剔除,则可获得真正的仅由流动诱导的振动信号。

附图说明

[0010] 图1为本发明测量分析方法的原理流程图。

[0011] 图2为离心泵转子振动测量实验台的示意图。

[0012] 图3为趋近式振动传感器校准装置示意图。

[0013] 图4为趋近式振动传感器系统校准曲线示意图。

[0014] 图5为趋近式电涡量传感器的安装示意图。

[0015] 图中:1.距离测量仪;2.底座;3.基座;4.螺纹杆;5.校准用圆盘;6.传感器固定座;7.电涡量传感器。

[0016] 图6为振动测量实例的结果示意图。

具体实施方式

[0017] 下面结合附图对本发明做进一步的描述：

[0018] 本发明的工作过程为：(1) 对待测离心泵的安装和实验回路的调整，以使待测离心泵能够在各种要求的工况下正常运行。图 2 中，进出口的静压传感器能够测量和计算出泵的扬程变化，对泵的扬程进行监测；出口压力传感器量程为表压 0-4bar，进口压力传感器为绝对压力 0-1.6bar。安装流量计能够对泵的运行工况进行观测，泵进口上游的控制阀能够对泵的运行工况点进行调整。(2) 图 3 中的校准装置包括：1. 距离测量仪；2. 底座；3 基座；4. 螺纹杆；5. 校准用圆盘；6. 传感器固定座；7. 电涡量传感器。距离测量仪 1 用于控制螺纹杆 4 和校准用圆盘 5 的伸长距离，以精确控制校准用圆盘 5 与电涡量传感器 7 的距离。同时，电涡量传感器 7 固定在传感器固定座 6 处。选用与待测离心泵叶轮转子材料相同的圆盘，利用校准机构对两个电涡量传感器分别进行静态测量校准，绘制出两个传感器回路输出电压与测量距离的线性关系。校准机构将传感器固定，将校准材料固定在可伸缩的螺纹杆上，通过旋转螺纹杆，调整材料与传感器的距离，获得不同的电压信号输出，从而绘制校准曲线，一般校准点取 20-30 个，如图 5 所示。(3) 在蜗壳上靠近叶轮口环位置两个相互垂直的方向上安装趋近式电涡量传感器，安装方式如图 5 所示。传感器和叶轮之间要留有适当的空隙，以适应叶轮不同的振动方向，但该空隙应保持在传感器的测量范围内。同时，在转轴处安装电感应开关传感器，并对传感器的电路进行调试。通过两个相互垂直的电感应传感器实现对叶轮径向平面上振动的测量，利用感应开关传感器实现对叶轮转子转动相位的识别。(4) 对数据采集系统进行调试，并对采集的数据进行调理。采样频率设定为 10kHz，对于低频的振动信号，满足乃奎斯特采样定律。(5) 在泵无水运行状态下，对叶轮振动轨迹进行测量。该振动轨迹主要是由机械原因引起的，如叶轮口环处圆周加工的不精确、泵的轴承间隙、叶轮质量的不对称等。该测量的目的是记录下仅由这些不可避免的机械原因引起的振动，以便在后续测量中剔除出这些干扰量，以获得仅由水力激励产生的振动轨迹。(6) 在泵带水正常运行状态下对转子振动进行测量。(7) 对上述测量的转子振动的周期信号进行滤波，并根据校准曲线实现传感器输出电压值和实际测量距离值的换算。(8) 为了消除振动信号测量过程中可能产生的噪声干扰和其他的测量不确定性，将多个周期的测量信号进行相平均计算，得到在各个相位上平均的振动结果。(9) 将各相位上带水运行振动幅值与不带水运行振动幅值相减，得到仅由水力激励诱导的振动信号幅值。由下式表示

$$[0019] \quad \Delta S_{x, \text{actual}} = (S_{x, \text{wet}} - S_{x, 0}) - (S_{x, \text{dry}} - S_{x, 0}) = S_{x, \text{wet}} - S_{x, \text{dry}}$$

$$[0020] \quad \Delta S_{y, \text{actual}} = (S_{y, 0} - S_{y, \text{wet}}) - (S_{y, 0} - S_{y, \text{dry}}) = S_{y, \text{dry}} - S_{y, \text{wet}}$$

[0021] 其中 $S_{x, 0}$ and $S_{y, 0}$ 表示振动传感器与叶轮转子在两个方向上的初始距离； $S_{x, \text{dry}}$ 和 $S_{y, \text{dry}}$ 表示泵不带水运行条件下的测量距离； $S_{x, \text{wet}}$ 和 $S_{y, \text{wet}}$ 表示泵带水运行条件下的测量距离； $\Delta S_{x, \text{actual}}$ 和 $S_{y, \text{actual}}$ 表示叶轮流动诱导的振动值。(10) 将两个垂直方向上分别测得的振动曲线转化为平面上的振动轨迹，并计算得出二维平面上各时刻的振动相位，最终绘制出叶轮转子径向流动诱导振动曲线，如图 6 所示。

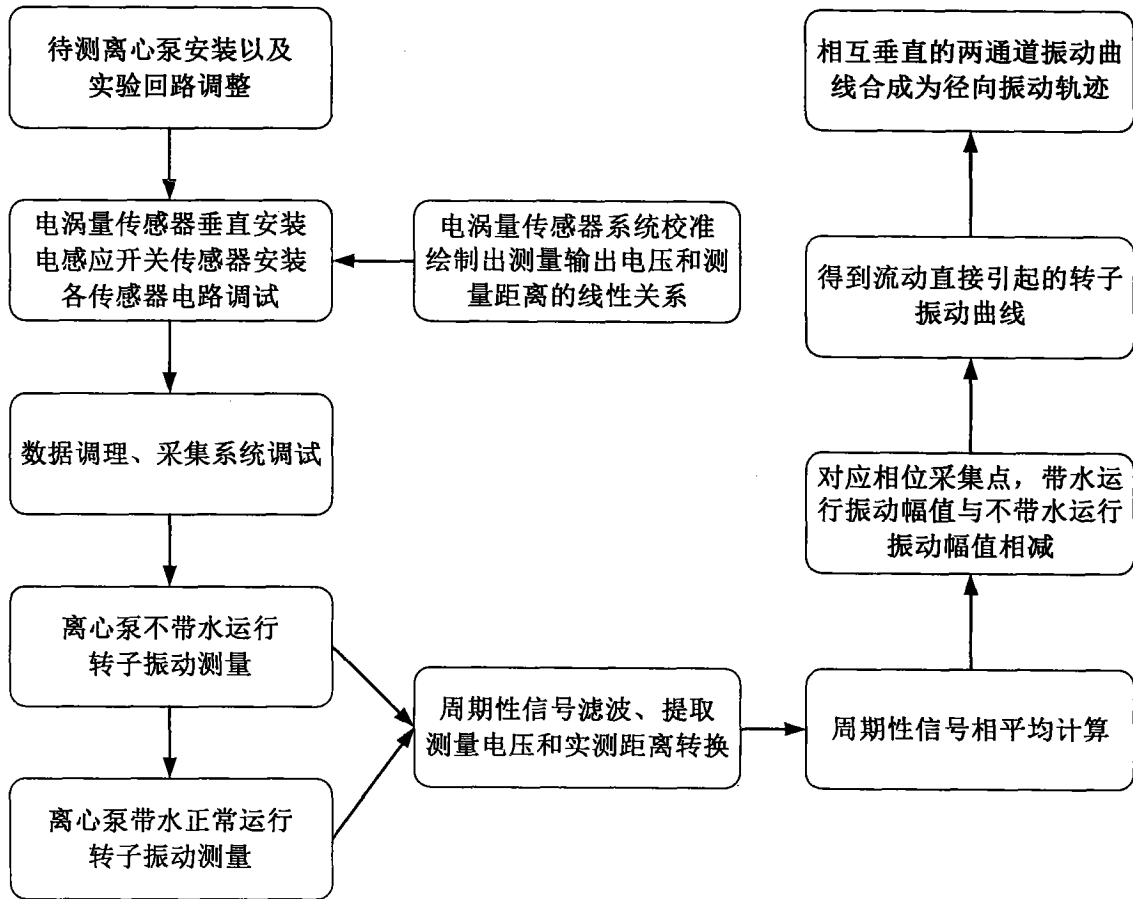


图 1

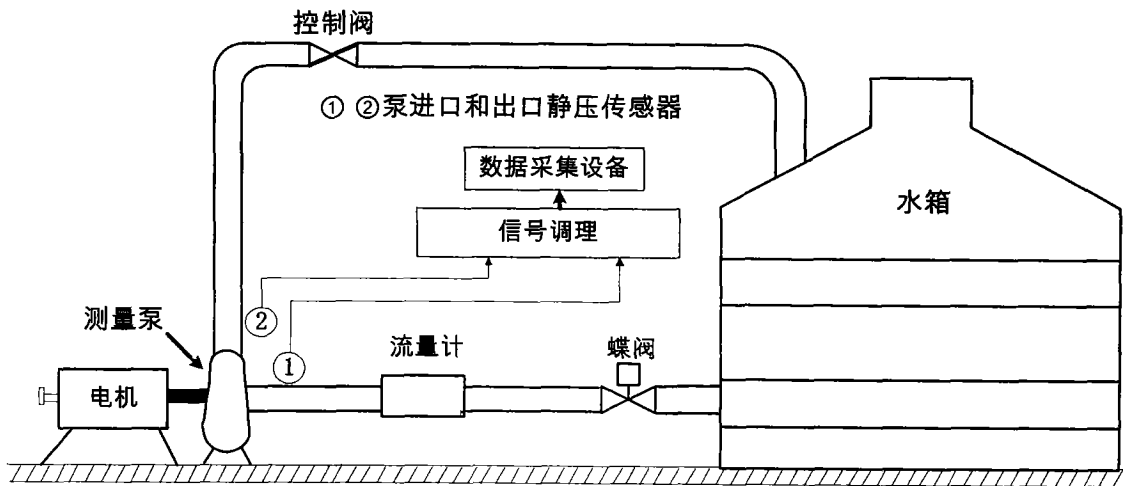


图 2

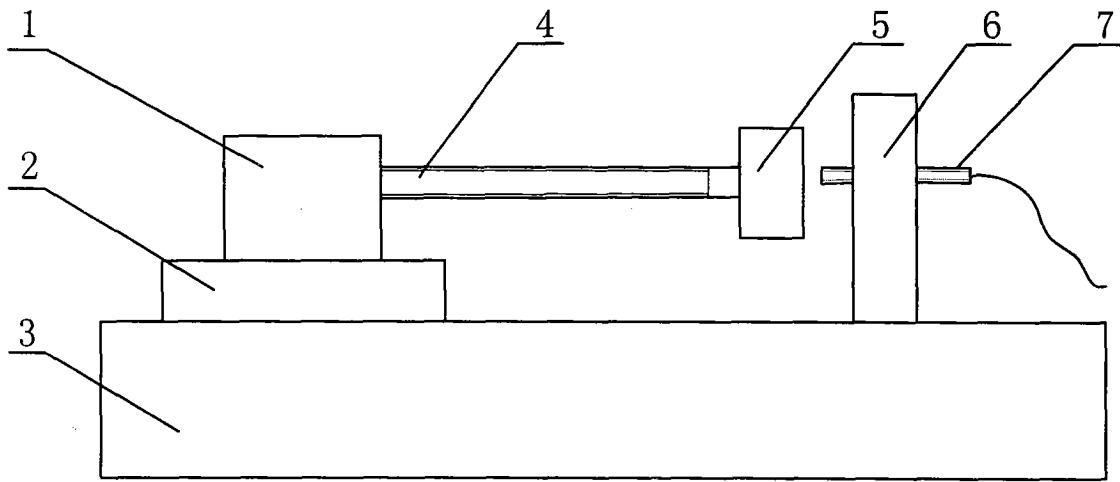


图 3

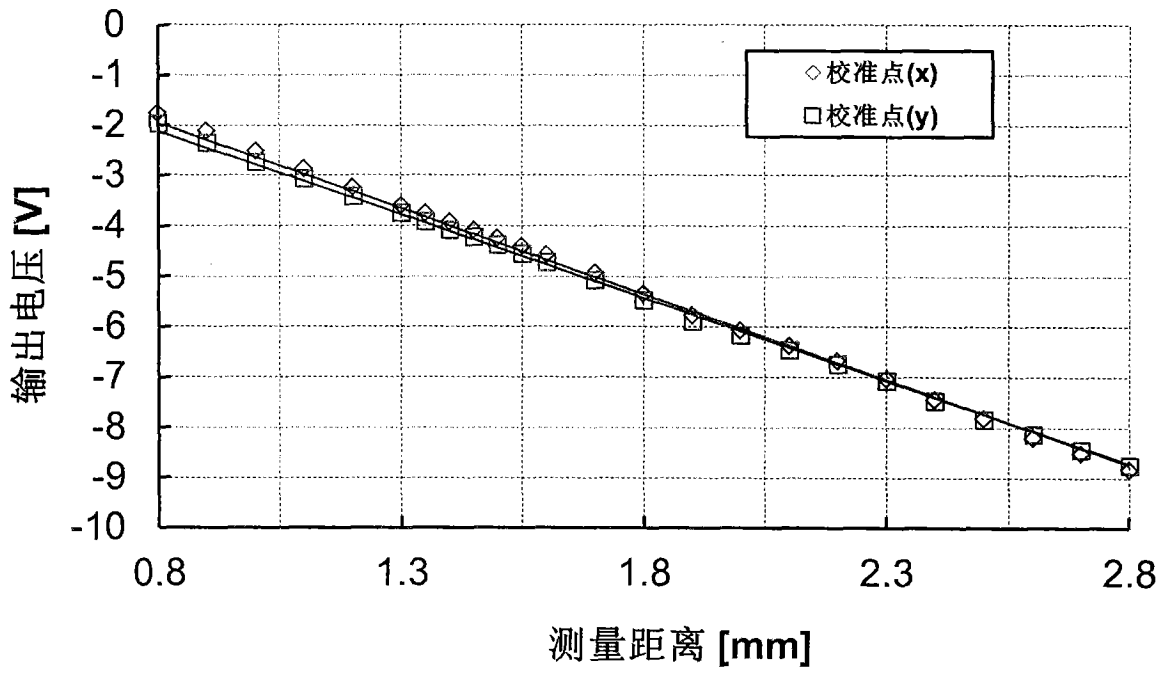


图 4

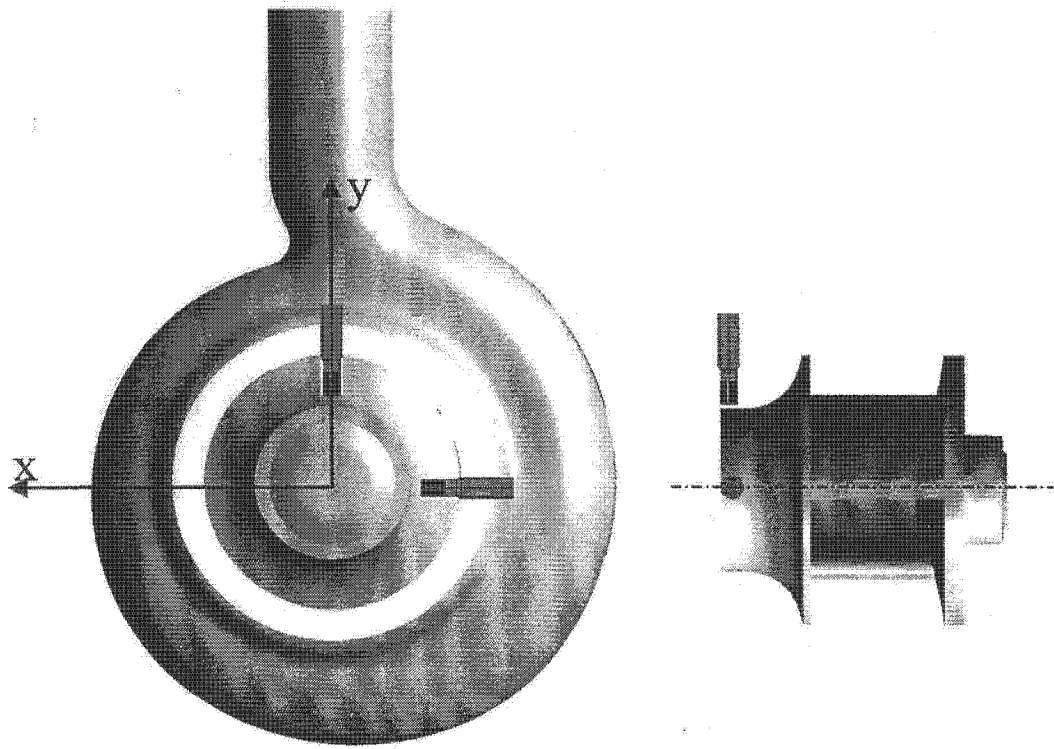


图 5

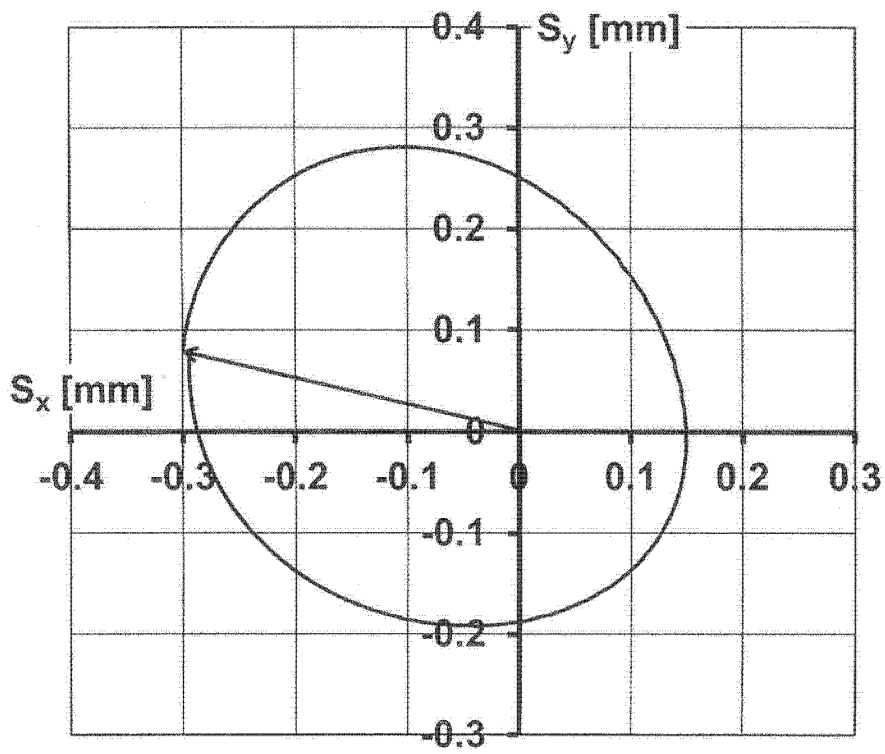


图 6