



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102739193 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201210053630. 6

(22) 申请日 2012. 02. 23

(30) 优先权数据

13/033249 2011. 02. 23 US

(71) 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 J·M·罗伊兰斯 D·Z·阿巴维

B·德布

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 柯广华 朱海煜

(51) Int. Cl.

H03H 11/06(2006. 01)

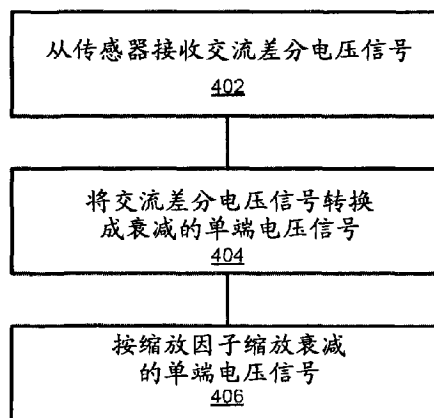
权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图 5 页

(54) 发明名称

具有动态自动增益控制的传感器接口的方法和系统

(57) 摘要

本发明名称为“具有动态自动增益控制的传感器接口的方法和系统”。本文描述的本发明的实施例提供一种磁传感器接口,其能够动态调整信号调节,以便对于某给定目标在其整个速度范围(0-最大值 rpm)上保持输入信号的真实正峰值和负峰值,由此增加低速时的信噪比并避免高速时的削波或失真。在一个方面中,一种方法包括从传感器(102)接收交流差分电压信号。该交流差分电压信号具有随时间变化的振幅。将该交流差分电压信号转换成能够动态缩放的衰减的单端电压信号。可以通过将衰减的单端电压信号乘以缩放因子来缩放衰减的单端电压信号。选择该缩放因子,以最大化缩放的衰减的单端电压信号的信噪比。



1. 一种方法,包括:

从传感器 (102) 接收交流差分电压信号,其中所述交流差分电压信号具有随时间变化的振幅;

将所述交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号;

通过将所述衰减的单端电压信号乘以缩放系数来动态缩放所述衰减的单端电压信号,其中选择所述缩放系数,以最大化所缩放的衰减的单端电压信号的信噪比。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,将所述交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号包括:使用电阻分压器 (202) 将所述交流差分电压信号分压,并将差分输入提供到具有单端输出的运算放大器 (204)。

3. 如权利要求 1 至 2 中任一项所述的方法,其中,从传感器 (102) 接收所述交流差分电压信号包括:从可变磁阻传感器接收所述交流差分电压信号。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其中,所述可变磁阻传感器产生的所述交流差分电压信号与目标 (104) 的材料成分、所述传感器 (102) 与所述目标 (104) 之间的间隙、以及所述目标 (104) 通过所述传感器 (102) 的速度相关联。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其中,所述目标是涡轮叶片。

6. 一种系统,包括:

传感器 (102),其配置成产生具有随时间变化的振幅的交流差分电压信号;

第一电路 (106),其中所述第一电路 (106) 接收所述交流差分电压信号,并将所述交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号;

第二电路 (108),其中所述第二电路 (108) 通过将所述衰减的单端电压信号乘以缩放系数来动态缩放所述衰减的单端电压信号,其中选择所述缩放系数,以最大化所缩放的衰减的单端电压信号的信噪比。

7. 如权利要求 6 所述的系统,其中,所述第二电路 (108) 通过将所述衰减的单端电压信号乘以缩放因子来动态缩放所述衰减的单端电压信号包括:与所述第二电路 (108) 关联的现场可编程门阵列 (FPGA) 或数字处理器 (110) 自动将所述缩放因子设置成使所述缩放因子乘以所述衰减的单端电压信号的积小于或等于最大输入信号电压。

8. 如权利要求 7 所述的系统,其中,所述第二电路 (108) 通过将所述衰减的单端电压电平乘以所述缩放系数来动态缩放所述衰减的单端电压信号包括:所述第二电路 (108) 使用缩放运算放大器电路 (304) 来动态所述衰减的单端电压信号,所述缩放运算放大器电路 (304) 具有由所述 FPGA 或数字处理器 (110) 控制的数字电位器 (302)。

9. 如权利要求 8 所述的系统,其中,所述 FPGA 或数字处理器 (110) 通过以下方式缩放所述衰减的单端电压信号:从模数转换器 (ADC) (112) 接收所述衰减的单端电压信号的数字表示,并自动调整所述数字电位器 (302),以使所述缩放系数乘以所述衰减的单端电压电平小于或等于所述最大输入信号电压。

10. 如权利要求 6 所述的系统,其中,所述第一电路 (106) 包括电阻分压器 (202) 和具有单端输出的运算放大器 (204),以及将所述交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号包括:使用所述电阻分压器 (202) 将所述交流差分电压信号分压,并将差分输入提供到具有单端输出的所述运算放大器 (204)。

具有动态自动增益控制的传感器接口的方法和系统

[0001] 相关申请交叉引用

[0002] 本申请涉及 2011 年 2 月 23 日提交的美国专利申请序列号 13/033,234[GE 案号 247777],其通过引用完整地并入本文并构成其一部分。

背景技术

[0003] 在许多情况中,由多种监视系统针对包括例如,振动、热、噪声、电特性(例如,电流、电压、电阻等)、环境影响等的性能和运行特性来主动地监视诸如例如电动机、发电机、内燃机、喷气式发动机、涡轮等的机器以及它们驱动的系统。一般地,监视这些机器的监视系统由接近且与该机器关联的一个或多个换能器组成。例如,监视系统可以使用无源磁或磁阻传感器。下文中,这些传感器将简称为“传感器”、“磁传感器”或“无源磁传感器”,其意在包括无源磁和磁阻传感器。

[0004] 一般地,无源磁传感器由永磁体和带有连接到线圈的每一端的信号线的线圈构造而成。磁体产生场(通量线),该场从磁传感器的端部延伸到空气中。随着含铁物体逼近磁传感器的末端(即,探头末端),该物体与始发于磁传感器中包含的磁体的磁场相互作用,从而在线圈中感生电流,并进而产生在作为磁传感器输出的信号线上能够发觉的交流电(AC)电压。随着目标进入并然后离开通量线占据的区域,这产生正电压峰值,然后是负电压峰值。电压输出可能看上去本质上是正弦的,但是取决于目标的材料组成和几何形状而可能失真。多种因素对由无源磁传感器生成的输出信号特性有贡献,包括目标的表面速度、间隙尺寸、目标几何形状和负载阻抗。

[0005] 表面速度是目标通过磁传感器的探头末端的速度,并且直接影响磁传感器产生的脉冲的振幅。使目标速度与输出电压相联系的精确函数因磁传感器不同而有所变化,但是速度与输出电压之间的相关性是近似线性函数(成比例)。间隙尺寸是指当目标通过且它还影响输出电压时目标与磁传感器的探头末端之间的距离。该间隙越小,输出电压将越大。磁传感器的典型间隙设置可以是大约 25 至 30mil。一般地,间隙尺寸与电压输出之间的关系本质上是非线性的。减小间隙可以极大地提高输出电压。目标的几何形状尺寸也可以影响输出电压的振幅和形状。一般地,目标越大,振幅越大。相对于磁传感器内部阻抗的负载阻抗指示负载将发觉的磁传感器输出电压的量。磁传感器一般设计成具有与提供最大输出相符的最低实际阻抗。负载阻抗应该相对于磁传感器的阻抗为高,以便最小化线圈两端的电压降,并向负载输送最大输出。一般地,负载阻抗应该至少 10 倍于磁传感器的内部阻抗。

[0006] 使用磁传感器的优点包括,它们是无源的,因此无需外部功率,它们在设计上简单,因此高度可靠,并且它们一般是低成本的。但是,使用这些传感器也存在难题。一个难题是输出信号振幅可能基于速度极大地波动。这可能使得难于分析从例如 0 到 3600rpm 变速的机器的启动数据特性。例如,磁传感器输出电压相对于通过目标的速度极大地变化(例如,10mVp-p 至 200Vp-p)。如果通过目标高速通过时的相同输出精度来监视低速通过的目标的磁传感器输出,此特性可能造成难题。慢速信号需要增益来提高信噪比,而高速信号需要被衰减以避免因电路极限导致的削波或失真。另一个难题是,由于磁传感器的无源性质,

磁拾波具有较小的驱动强度,并且将无法驱动信号通过长电缆。而且,磁传感器无法用于精确间隙读数。虽然振幅可以是间隙的指示,但是由于如上所述影响输出的多种其他因素而导致无法利用给定的输出电压来精确确定间隙尺寸。

[0007] 因此,期望有克服本领域中的难题(上文描述了其中的一些)的系统和方法。具体来说,提供动态自动增益控制用于磁传感器,这能够用于提高磁传感器对应于低速通过的目标的输出的精度以及该相同目标以高速通过时该目标的输出的精度,这在解决上述难题时将是有价值的。

发明内容

[0008] 本文描述的本发明的实施例提供一种磁传感器接口,其能够动态调整信号调节,以便对于某给定目标在其整个速度范围(0-最大值 rpm)上保持输入信号的真实正峰值和负峰值,由此增加低速时的信噪比并避免高速时的削波或失真。

[0009] 在一个方面中描述一种方法。该方法包括从传感器接收交流差分电压信号。该差分电压信号具有随时间变化的振幅。将该交流差分电压信号转换成能够动态缩放的、衰减的单端电压信号。可以通过将衰减的单端电压信号乘以缩放因子来缩放衰减的单端电压信号。该缩放因子相对于缩放的衰减的单端电压信号的信噪比来选择。

[0010] 在另一个方面中描述一种系统。该系统由传感器组成,传感器配置成产生具有随时间变化的振幅的交流差分电压信号。该系统又包括第一电路,第一电路接收交流差分电压信号,并将交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号。第二电路通过将衰减的单端电压信号乘以缩放因子来动态缩放衰减的单端电压信号。该缩放因子相对于缩放的衰减的单端电压信号的信噪比来选择。

[0011] 下文描述中将部分地阐述附加的优点或通过实践将了解附加的优点。这些优点将通过所附权利要求中具体阐述的元件和组合来实现和达到。要理解的是,前文概述和下文的详细描述都仅仅是示范的和解释性的而非限制性的,正如所声明的。

附图说明

[0012] 结合于本说明书中并构成其一部分的附图图示了实施例,以及连同描述用于解释本文方法和系统的原理:

[0013] 图 1 是根据本发明的系统的一个实施例的框图;

[0014] 图 2 是根据本发明的一个方面的,能够用于将交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号的电路的实施例的示意图;

[0015] 图 3 是根据本发明的一个方面的,能够用于动态缩放衰减的单端电压信号的电路的实施例的示意图;

[0016] 图 4 是图示可以被采用以提供动态自动增益控制用于磁传感器的操作的流程图;以及

[0017] 图 5 是图示用于执行所公开的方法的示范操作环境的框图。

具体实施方式

[0018] 在公开和描述本发明的方法和系统之前,要理解的是,这些方法和系统不局限于

特定的综合性方法、特定部件或具体组成。还要理解的是,本文所使用的术语仅出于描述具体实施例的目的,并无意作为限制。

[0019] 正如本说明书和所附权利要求中使用的,除非上下文明确地另行指出,否则单数形式“一”和“所述”包括多个指示物。范围本文中可能表示为从“约”一个具体值和 / 或到“约”另一个具体值。当表示此类范围时,另一个实施例包括从一个具体值和 / 或到另一个具体值。相似地,当通过使用前述的“约”将值表示为近似值时,将理解该具体值形成另一个实施例。还将理解的是,每个范围的端点相对于另一个端点是显著的,并且独立于另一个端点。而且,当本文中提供范围的示例时,应意识到,除非确切地另行指出,否则给定的范围还包括其之间的所有从属范围。

[0020] “可选”或“可选地”表示随后描述的事件或情况可能发生或可能不发生,并且该描述包括所述事件或情况发生的实例和所述事件或情况未发生的实例。

[0021] 在本说明的通篇描述和权利要求中,词汇“包括”以及该词汇的变化(如动词进行时形式和动词单数形式)表示“包含但不限于”,而无意排除例如,其他附加项、部件、整体或步骤。“示范”表示“其示例”,并且无意表达优选或理想实施例的指示。“如”并非基于限制意义上来使用,而是出于解释的目的。

[0022] 所公开的是能够用于执行所公开的方法和系统的部件。本文公开了这些和其他部件,并且要理解的是,当公开这些部件的组合、子集、交互、分组等而可能未显性地公开它们的多种个体和集合性组合和排列的每一种的特定引述时,它们每一个在本文中是针对所有方法和系统确切地设想和描述的。这对于本申请的所有方面均适用,包括但不限于所公开的方法中的步骤。因此,如果存在能够执行的多种附加步骤,则理解为这些附加步骤的每个步骤可以与所公开的方法的任何特定实施例或实施例的组合一起执行。

[0023] 参考下文优选实施例的详细描述以及本文包括的示例和附图及其前文和下文描述,可以更容易地理解本发明方法和系统。

[0024] 正如本文描述的,本文所述的本发明的实施例提供一种磁传感器接口,其能够动态调整信号调节,以便对于给定目标在其整个速度范围(0-最大值 rpm)上,保持输入信号的真实正峰值和负峰值,由此增加低速时的信噪比并避免高速时的削波或失真。磁传感器输出电压可能相对于通过目标的速度极大地变化(例如,10mVp-p至200Vp-p)。如果通过目标高速通过时的相同输出精度来监视低速通过的目标的传感器输出,此特性会造成难题。慢速信号需要增益来提高信噪比,而高速信号必须进行衰减以避免因电路极限导致的削波或失真。因此,本文描述的实施例的技术效果是,提供了一种通过磁传感器监视某给定目标在其整个速度范围(0-最大值 rpm)上的性能 / 行为的方式。本发明的实施例允许从先前难以与噪声分离的低振幅信号中捕获信号内容。由于动态缩放,一些实施例还提供了在宽的目标速度及其对应的信号振幅范围上实现更好信噪比的机会。

[0025] 本文描述的系统和方法提供一种磁传感器接口电路,其能够动态调整信号调节,以便保持输入信号的真实正峰值和负峰值。在一个方面中,该接口从磁传感器接受差分电压。将差分电压转换成单端电压信号和进行衰减(如果需要)以避免信号削波。相对于信噪比缩放(增益或衰减)衰减的单端电压信号而不使信号波形削波或改变。在一个方面中,缩放(增益或衰减)衰减的单端电压信号来提高信号波形的信号比噪声或使其最大化。在一个方面中,通过数字处理器或现场可编程门阵列(FPGA)内的算法来选择增益或衰减,其

通过模数转换器 (ADC) 来持续地监视输入信号。该 ADC 提供跨过磁传感器触点发觉的模拟电压的数字表示。ADC 从本文描述的缩放的衰减的单端电压接收其输入。这提供一反馈回路,该反馈回路允许本发明的实施例检测削波或信号改变的发生并调整缩放来确保此情况不会出现。

[0026] 图 1 是本发明的一个实施例的概略框图。传感器 102 检测到接近传感器 102 通过的目标 104。正如本文所描述的,在一个方面中,传感器 102 可以是无源磁或磁阻传感器,如本领域普通技术人员所知道的。在一个方面中,目标 104 通过传感器 102 附近,因此由传感器 102 产生电压脉冲或信号。在另一个方面中,传感器 102 移动通过目标 104,并产生电压信号。传感器 102 产生的电压信号与多种因素相关联,包括目标 104 的材料、目标 104 的几何形状或形状、目标 104 与传感器 102 之间的间隙尺寸和目标 104 通过传感器 102 (或传感器 102 通过目标 104) 的速度。在一个方面中,该电压信号是交流差分电压脉冲 (即,未参考地或任何其他公共点)。在一个方面中,电压信号可以是围绕水平 (零) 轴对称的或非对称的。随着目标 104 逼近传感器 120,移到传感器 120 下方并通过传感器 120 (或传感器 120 逼近并移动通过目标 104),交流电压信号的振幅随时间而变化。在一个方面中,该交流电压信号是正弦波。在一个方面中,该交流电压信号不是符号波 (sign wave)。在一个方面中,传感器 102 是如可从多个不同制造商之一得到的无源磁传感器。在一个方面中,传感器 102 可以是如可从 Al-Tek Instruments 有限公司 (Cheshire, CT) 得到的无源磁传感器或可变磁阻传感器。在一个方面中,传感器 102 可以是 Al-Tel 型号 70085-1010 的无源磁传感器。目标 104 可以是多种设备。在一个方面中,目标 104 可以是涡轮的叶片,涡轮如蒸汽涡轮、燃气涡轮等。在一个方面中,目标 104 可以是压缩机的叶片,压缩机如使用在燃气涡轮中的压缩机等。在一个方面中,目标 104 可以是齿轮齿。

[0027] 在一个方面中,传感器 102 产生的交流差分电压信号被电路 106 接收。在一个方面中,电路 106 接收交流差分电压信号,并将交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号 (即,参考地或另一个公共点)。在一个方面中,电路 106 根据交流差分电压信号的峰间值来衰减或增益交流差分电压信号。在一个方面中,电路 106 按固定的量衰减交流差分电压 (即,将交流差分电压信号的峰间值恒定地按 10%、15%、20% 等降低)。在一个方面中,电路 106 通过按固定的量衰减交流差分电压信号以使衰减的单端电压信号小于或等于最大衰减的电压来将交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号。在一个方面中,电路 106 通过将交流差分电压信号乘以最大衰减的电压与交流差分电压信号的最大峰间值之比来将交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号。在一个方面中,交流差分电压信号的最大峰间值可以是约 250 伏特的峰间值,以及衰减的单端电压信号的最大衰减的电压可以是约 30 伏特的峰间值。在一个方面中,电路 106 包括电阻分压器 202 和具有单端输出的运算放大器 204,如图 2 所示。图 2 是根据本发明的一个方面的,能够用于将交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号的电路 106 的实施例的示意图。在一个方面中,将交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号包括,使用电阻分压器 202 将交流差分电压信号分压,并将差分输入提供到具有单端输出的运算放大器 204。在一个非限制性示例中,电阻分压器 202 可以由具有如下值的电阻器组成: $R_{142} = 4.99$ 千欧姆, $R_{143} = 4.99$ 千欧姆, $R_{144} = 3.01$ 千欧姆, $R_{145} = 121$ 千欧姆和 $R_{146} = 121$ 千欧姆。而且在一个非限制性示例中,具有单端输出的运算放大器电路 204 可以由具有如下值的电阻器和电容器组成: $R_{147} = 49.9$

千欧姆, $R_{148} = 49.9$ 千欧姆, $R_{284} = 2.0$ 千欧姆, $C_{103} = 5.6$ 皮法和 $C_{104} = 5.6$ 皮法。图 2 的电路作为一个非限制性示例来提供, 并且要意识到, 可以使用其他电路来执行相同的功能。

[0028] 转到图 1 所示, 通过将衰减的单端电压信号乘以缩放因子来动态缩放衰减的单端电压信号。在一个方面中, 该缩放因子相对于缩放的衰减的单端电压信号的信噪比来选择。在一个方面中, 该缩放因子选为提高信号波形的信号比噪声或使其最大化。在一个方面中, 电路 106 将该衰减的单端电压信号提供到第二电路 108。第二电路 108 动态缩放衰减的单端电压信号。在一个方面中, 与第二电路 108 关联的现场可编程门阵列 (FPGA) 或数字处理器 110 自动将缩放因子设置成使缩放因子乘以衰减的单端电压信号的积小于或等于最大输入信号电压。在一个方面中, 该最大输入信号电压可以是约 6.5 伏特的峰间值。在一个方面中, 与第二电路 108 关联的 FPGA 或数字处理器 110 根据一算法来自动地设置缩放因子。在一个方面中, 该算法包括 FPGA 或数字处理器 110 接收传感器 102 产生的交流差分电压信号的数字输入表示, 并与此输入成比例地缩放衰减的单端电压信号。在一个方面中, 该数字输入包括由模数转换器 (ADC) 112 转换成数字信号的、第二电路 108 的缩放的输出。在一个方面中, 如果对 FPGA 或数字处理器 110 的数字输入低于一较低的定义值 $Value_L$, 则缩放因子大于 1, 并将衰减的单端电压信号放大以便增加其信噪比。在一个方面中, 如果对 FPGA 或数字处理器 110 的数字输入等于较低的定义值 $Value_L$ 、较高的定义值 $Value_H$ 、或介于较低的定义值 $Value_L$ 和较高的定义值 $Value_H$ 之间, 则缩放因子为 1, 并且既不放大也不衰减该衰减的单端电压信号。在一个方面中, 如果对 FPGA 或数字处理器 110 的数字输入大于较高的定义值 $Value_H$, 则缩放因子小于 1, 并进一步地将衰减的单端电压信号衰减以避免信号的削波或失真。在一个方面中, 可以将电路 108 的输出 114 提供到监视系统, 如涡轮健康监视系统、压缩机健康监视系统或类似的叶片健康监视系统。在一个方面中, 输出 114 具有可以与最大输入电压电平相同或比最大输入电压电平小的值。在一个方面中, 监视系统的工作特性和规范可以确定最大输入电压信号的值。在一个方面中, ADC 112 的工作特性和规范可以确定最大输入电压信号的值。

[0029] 现在参考图 1 和图 3, 在一个方面中, 第二电路 108 动态缩放衰减的单端电压信号包括: 第二电路 108 使用缩放运算放大器电路 304 动态缩放该衰减的单端电压信号, 该缩放运算放大器电路 304 具有由 FPGA 或数字处理器 110 控制的数字电位器 302。FPGA 或数字处理器 110 向数字电位器 302 提供根据上述算法动态缩放衰减的单端电压信号的输入。在一个方面中, FPGA 或数字处理器 110 通过以下方式缩放衰减的单端电压信号: 从 ADC 112 接收衰减的单端电压信号的数字表示, 并自动地调整数字电位器 302, 以使缩放因子乘以该衰减的单端电压电平小于或等于最大输入信号电压。在一个方面中, 缩放因子是 1 或更大, 例如 1.0、1.1、1.2、2.0、2.5、10.0 等。在另一个方面中, 缩放因子小于 1, 例如 0.95、0.90、0.5、0.33、0.10、0.01 等。

[0030] 图 3 是根据本发明的一个方面的, 能够用于动态缩放衰减的单端电压信号的电路 108 的实施例的示意图。在一个方面中, 动态缩放衰减的单端电压信号包括, FPGA 或处理器 110 根据上述算法自动调整数字电位器 302, 以使缩放运算放大器电路 304 的输出具有提高的信噪比并且不致高到产生信号的削波或失真。在一个方面中, 使输出的信噪比最大化。在一个方面中, 将数字电位器 302 的输出用作到缩放运算放大器电路 304 的输入, 以提供缩放

运算放大器电路 304 的输出的动态缩放。在非限制性示例中,数字电位器 302 还可以包括具有 1 微法值的电容器 C124。而且在一个非限制性示例中,缩放运算放大器电路 304 可以由具有如下值的电阻器和电容器组成: $R173 = 49.9$ 千欧姆, $R174 = 20.0$ 千欧姆, $R175 = 10.0$ 千欧姆, $R165 = 4.99$ 千欧姆和 $C121 = 5.6$ 皮法。在一个方面中,数字电位器 302 可以是可从例如 Analog Devices 有限公司 (Norwood, MA) 得到的单通道 1024 数位 (position) 的数字电位器。在一个方面中,数字电位器 302 可以是 Analog Devices 有限公司的模型 AD5293 数字电位器。图 3 的电路作为一个非限制示例来提供,同时要意识到,可以使用其他电路来执行相同的功能。

[0031] 现在参考图 4,其中图示可被采用以提供动态自动增益控制用于磁传感器的操作。在步骤 402 处,从传感器接收交流差分电压信号。在一个方面中,该传感器是无源磁传感器。在一个方面中,该传感器是可变磁阻传感器。该交流差分电压信号具有随时间变化的振幅。例如,如果该传感器正在监视涡轮的一级叶片,则来自该传感器的交流差分电压信号的振幅随着机器从 0 每分钟转数变速到工作速度 (例如,3600rpm) 而增加。这是因为传感器产生的交流差分电压信号与目标的材料成分、传感器与目标之间的间隙和目标通过传感器 (或传感器通过目标) 的速度相关联。在一个方面中,该目标是涡轮叶片。在步骤 404 处,将该交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号。在一个方面中,该交流差分电压信号具有最大峰间值,以及将该交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号包括将该交流差分电压信号乘以最大衰减的电压与最大峰间值之比。在一个方面中,该交流差分电压信号的最大峰间值可以是约 250 伏特的峰间值,以及衰减的单端电压信号的最大衰减的电压可以是约 30 伏特的峰间值。在一个方面中,将交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号包括通过按固定的量衰减该交流差分电压信号,以使该衰减的单端电压信号小于或等于最大衰减的电压。在一个方面中,将该交流差分电压信号转换成衰减的单端电压信号包括,使用电阻分压器将该交流差分电压信号分压,并将差分输入提供到具有单端输出的运算放大器。在步骤 406 处,通过将衰减的单端电压信号乘以缩放因子来动态缩放该单端电压信号。在一个方面中,该缩放系数选择为最大化缩放的衰减的单端电压信号的信噪比。在一个方面中,通过将衰减的单端电压信号乘以缩放因子来动态缩放衰减的单端电压信号包括,将缩放因子选为使该缩放因子乘以衰减的单端电压信号的积小于或等于最大输入信号电压,正如本文所描述的。在一个方面中,该最大输入信号电压可以是约 6.5 伏特的峰间值。在一个方面中,通过将衰减的单端电压电平乘以缩放因子来动态缩放衰减的单端电压信号包括,使用缩放运算放大器电路来动态缩放该衰减的单端电压信号,该缩放运算放大器电路具有由现场可编程门阵列 (FPGA) 或数字处理器控制的数字电位器。在一个方面中,FPGA 或数字处理器通过以下步骤动态缩放衰减的单端电压信号:接收衰减的单端电压信号的数字表示,并调整数字电位器,以使缩放因子乘以该衰减的单端电压电平小于或等于最大输入信号电压。在一个方面中,缩放因子是 1 或更大,例如 1.0、1.1、1.2、2.0、2.5、10.0 等。在另一个方面中,缩放因子小于 1,例如 0.95、0.90、0.5、0.33、0.10、0.01 等。

[0032] 上文的系统描述为由多个单元 (例如,FPGA 或数字处理器 110 等) 组成。本领域技术人员将意识到,这是功能描述,并且软件、硬件或软件与硬件的组合能够执行相应的功能。如 FPGA 或处理器 110 的单元可以是软件、硬件或软件与硬件的组合。这些单元可以包括如图 5 所示且在下文描述的数字电位器控制软件。在一个示范方面中,这些单元可以包

括如图 5 所示且在下文描述的计算机 501。在一个方面中,计算机 501 的处理器 503 可以用于执行计算机可执行代码中实施的上文描述的算法并控制数字电位器 302,正如本文所描述的。

[0033] 图 5 是图示用于执行所公开的方法的示范操作环境的框图。此示范操作环境仅是操作环境的示例,并且无意就有关操作环境体系结构的使用或功能性范围提出任何限制。该操作环境不应解释为具有与示范操作环境中图示的任何一个部件或部件的组合相关联的任何从属性或要求。

[0034] 本发明的方法和系统可以结合多种其他通用或专用计算系统环境或配置来工作。能够适于与这些系统和方法一起使用的公知计算系统、环境和 / 或配置的示例包括,但不限于,嵌入式处理单元、个人计算机、服务器计算机、膝上型设备和多处理器系统。附加的示例包括,机器监视系统、可编程消费电子产品、网络 PC、微计算机、主机计算机、智能仪表、智能电网部件、包括上文的系统或设备、FPGA 等的任何一个的分布式计算环境。

[0035] 所公开的方法和系统的处理可以由软件部件来执行。所公开的系统和方法可以是在一个或多个计算机或其他设备执行的如程序模块的计算机可执行指令的一般语境中描述的。一般地,程序模块包括,执行具体任务或实现具体抽象数据类型的计算机代码、例行程序、程序、对象、部件和数据结构等。还可以在通过经由通信网络链接的远程处理设备来执行任务的、基于电网和分布式的计算环境中实践所公开的方法。在分布式计算环境中,可以将程序模块置于包括存储器存储设备的本地和远程计算机存储媒体中。

[0036] 而且,本领域技术人员将意识到,本文公开的系统和方法可以通过计算机 501 形式的通用计算设备来实现。计算机 501 的部件可以包括但不限于,一个或多个处理器或处理单元 503、系统存储器 512 和将包括处理器 503 的多种系统部件耦合到系统存储器 512 的系统总线 513。在多个处理单元 503 的情况中,系统可以利用并行计算。

[0037] 系统总线 513 表示多种可能类型的总线结构的其中一种或多种,包括存储器总线或存储器控制器、外设总线、加速图形端口、以及使用多种总线体系结构的任一种的处理器或本地总线。作为举例,此类体系结构可以包括工业标准体系结构 (ISA) 总线、微通道体系结构 (MCA) 总线、增强的 ISA (EISA) 总线、视频电子产品标准协会 (VESA) 本地总线、加速图形端口 (AGP) 总线、以及外设部件互连 (PCI)、PCI-Express 总线、个人计算机存储卡工业协会 (PCMCIA)、通用串行总线 (USB) 等。还可以在有线或无线网络连接上实现总线 513 以及本文描述中指定的所有总线,并且可以将包括处理器 503、海量存储设备 504、操作系统 505、数字电位器控制软件 306、控制算法数据 307 (例如, $Value_L$ 和 $Value_U$ 的值、增益或衰减设置等)、网络适配器 508、系统存储器 512、输入 / 输出接口 510、显示适配器 509、显示设备 511 以及人机接口 502 的子系统中的一个包含在位于物理上分开的位置处且通过此形式的总线连接的一个或多个远程计算设备或客户端 514a、514b、514c 内,从而实质上实现完全分布式系统或分布式体系结构。

[0038] 计算机 501 通常包括多种计算机可读介质。示范可读介质可以是非暂时性的且可被计算机 501 访问的任何可用的介质,以及包括例如但不限于,易失性和非易失性介质、可移动和不可移动介质。系统存储器 512 包括易失性存储器 (如随机存取存储器 (RAM)) 和 / 或非易失性存储器 (如只读存储器 (ROM)) 形式的计算机可读介质。系统存储器 512 通常包含立即可被处理单元 503 访问和 / 或当前操作的,如控制算法数据 507 的数据和 / 或如

操作系统 505 和数字电位器控制软件 506 的程序模块。

[0039] 在另一个方面中,计算机 501 还可以包括其他非暂时性、可移动 / 不可移动、易失性 / 非易失性计算机存储介质。作为举例,图 5 图示海量存储设备 504,其能够提供对计算机代码、计算机可读指令、数据结构、程序模块和用于计算机 501 的其他数据的非易失性存储。例如且不意味着限制,海量存储设备 504 可以是硬盘、可移动磁盘、可移动光盘、磁带盒或其他磁存储设备、闪存卡、CD-ROM、数字多功能盘 (DVD) 或其他光存储设备、随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、电可擦写可编程只读存储器 (EEPROM) 等。

[0040] 可选地,可以将任何数量的程序模块存储在海量存储器设备 504 上,作为举例包括,操作系统 505 和数字电位器控制软件 506。操作系统 505 和相关软件 506 (或其某个组合) 的每一个可以包括编程的元件和数字电位器控制软件 506。还可以将控制算法数据 507 存储在海量存储设备 504 上。可以将控制算法数据 507 存储在本领域中公知的一个或多个数据库的任何一个中。此类数据库的示例包括 DB2[®]、Microsoft[®] Access、Microsoft[®] SQL Server、Oracle[®]、MySQL、PostgreSQL 等。可以将这些数据库集中布置或分布在多个系统上。

[0041] 在另一个方面中,用户可以经由输入设备 (未示出) 将命令和信息输入到计算机 501。此类输入设备的示例包括但不限于,键盘、指向设备 (例如,“鼠标”)、麦克风、游戏杆、扫描仪、诸如手套以及其他身体覆盖物的触觉输入设备等。这些和其他输入设备可以经由耦合到系统总线 513 的人机接口 502 连接到处理单元 503,但是还可以通过其他接口和总线结构来连接,如并行端口、游戏端口、IEEE 1394 端口 (也称为火线端口)、串行端口或通用串行总线 (USB)。

[0042] 在又一个方面中,显示设备 511 还可以经由接口 (如显示适配器 509) 连接到系统总线 513。可设想计算机 501 可以具有多于一个显示适配器 509,以及计算机 501 可以具有多于一个显示设备 511。例如,显示设备可以是监视器、LCD (液晶显示器) 或投影机。除了显示设备 511 外,其他输出外围设备可以包括如扬声器 (未示出) 和打印机 (未示出) 的部件,这些部件可以经由输入 / 输出接口 510 连接到计算机 501。可以采用任何形式将这些方法的任何步骤和 / 或结果输出到输出设备。此类输出可以是任何形式的可视表示,包括但不限于,文字、图形、动画、音频、触觉等。

[0043] 计算机 501 可以使用至一个或多个远程计算设备或客户端 514a、514b、514c 的逻辑连接而在联网环境中工作。作为举例,远程计算设备 514 可以是个人计算机、便携式计算机、服务器、路由器、网络计算机、智能仪表、供应商或制造商的计算设备、智能电网部件、对等设备或其他公共网络节点等。计算机 501 与远程计算设备或客户端 514a、514b、514c 之间的逻辑连接可以经由局域网 (LAN) 和通用广域网 (WAN) 来实现。此类网络连接可以经由网络适配器 508。网络适配器 508 可以在有线和无线环境中实现。此类联网环境在办公室、企业范围的计算机网络、内联网和如因特网的其他网络 515 中是常规且常见的。

[0044] 出于图示目的,其中将应用程序和如操作系统 505 的其他可执行程序部件图示为离散的块,但是认识到,此类程序和部件在多个不同时间驻留在计算设备 501 的不同存储部件中,并且由该计算机的数据处理器来执行。可以将数字电位器控制软件 506 的实现存储在某种形式的计算机可读介质上或在其上传送。可以由计算机可读介质上包含的计算机可读指令来执行任何公开的这些方法。计算机可读介质可以是可被计算机访问的任何可用

介质。作为举例而不意味着限制,计算机可读介质可以包括“计算机存储介质”和“通信介质”。“计算机存储介质”包括以任何方法或技术实现用于存储如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据的信息的易失性和非易失性、可移动和不可移动介质。示范性计算机存储介质包括但不限于,RAM、ROM、EEPROM、闪存存储器或其他存储器技术、CD-ROM、数字多功能盘(DVD)或其他光存储、磁带盒、磁带、磁盘存储或其他磁存储设备、或能够用于存储期望的信息且能够被计算机访问的任何其他介质。

[0045] 这些方法和系统可以采用人工智能技术,如机器学习和迭代学习。此类技术的示例包括但不限于,专家系统、基于案例的推理、贝叶斯网络、基于行为的AI、神经网络、模糊系统、进化计算(例如,基因算法)、群体智能(例如,蚁群算法)和混合智能系统(例如,由统计学习通过神经网络或生产规则生成的专家推论规则)。

[0046] 下文示例是为向本领域普通技术人员提供可以如何实施和评估本文要求权利的系统、产品、设备和/或方法的完整公开和描述而阐述的,这些示例旨在单纯举例,而无意限制这些方法和系统的范围。已尽力确保有关数字的精确度,但是应该将一些误差和偏差纳入考虑。

[0047] 在一个示范性非限制应用中,可以将本发明的实施例用在涡轮叶片监视系统中,尽管可设想本发明范围内的其他用途。例如,本文描述的传感器102可以用于检测燃气涡轮的一级中涡轮叶片的到达时间(TOA)中的变化。TOA中的变化可以是叶片故障的指示。

[0048] 工业燃气涡轮存在导致转子的完全损毁的压缩机叶片“解体”事件的难题。这些事件由始发于叶片中并扩散直到发生最终断裂的疲劳裂纹导致。解体的叶片常常导致对转子的重大损坏。为了在灾变故障之前检测到此问题,设计了叶片监视系统来检测工业燃气涡轮引擎的压缩机级中正在扩大的裂纹,该叶片监视系统计算并存储叶片到达时间(TOA)数据。

[0049] 叶片通过测量的基本原理包括利用以下步骤建立时间参考:使用每转一次(keyphasor)换能器,然后对于成行的每个叶片,随着该叶片移动通过叶片通过检测换能器测量该叶片的到达时间(TOA)。分析TOA的动态和静态变化以检测可能指示裂纹存在的叶片共振频率中的偏移和/或静态偏斜。

[0050] 因为传感器随着机器从0变速到全速(机器全速时叶片末端速度可能超过音速)遍历一定范围的电压,所以需要在变速过程期间缩放(即,放大或衰减)传感器输出,以便在较低电压处提高信噪比以及在高电压电平处避免失真处的削波。这使得传感器输出能够用于执行TOA计算以便监视涡轮叶片健康。因此,可以使用本文描述的系统和方法的实施例来满足这些需求。

[0051] 正如上文描述以及本领域技术人员将意识到的,本发明的多个实施例可以配置为系统、方法或计算机程序产品。相应地,本发明的多个实施例可以由包括完全的硬件、完全的软件或软件与硬件的任何组合的多种方式组成。而且,本发明的多个实施例可以采用计算机可读存储介质上的计算机程序产品的形式,该计算机可读存储介质具有包含在该存储介质中的计算机可读程序指令(例如,计算机软件)。可以利用任何适合的非暂时性计算机可读存储介质,包括硬盘、CD-ROM、光存储设备或磁存储设备。

[0052] 上文参考方法、设备(即,系统)和计算机程序产品的框图和流程图图示来描述了本发明的实施例。将理解,可以分别通过包括计算机程序指令的多种方式实现框图和流程

图图示的每个框和框图和流程图中的框的组合。可以将这些计算机程序指令加载到通用计算机、专用计算机或其他可编程数据处理设备（如上文参考图 5 论述的一个或多个处理器 503）上来制成机器，以使该计算机或其他可编程数据处理设备上执行的指令构成用于实现一个或多个流程图框中指定的功能的方式。

[0053] 这些计算机程序指令还可以存储在能够引导计算机或其他可编程数据处理设备（例如，图 5 的一个或多个处理器 503）以具体方式实现功能的计算机可读存储器中，以便存储在该计算机可读存储器中的指令产生包含实现一个或多个框中指定的功能的计算机可读指令的制造产品。还可以将这些计算机程序指令加载到计算机或其他可编程数据处理设备上，以使一系列操作步骤在该计算机或其他可编程设备上执行以产生计算机实现的过程，以便该计算机或其他可编程设备上执行的这些指令提供用于实现一个或多个流程图框中指定的功能的步骤。

[0054] 相应地，框图和流程图图示的框支持用于执行指定功能的方式的组合、用于执行指定的功能的步骤的组合以及用于执行指定的功能的程序指令方式。还将理解，框图和流程图图示的每个框以及框图和流程图图示中框的组合可以由执行指定的功能或步骤的基于专用硬件的计算机系统或专用硬件和计算机指令的组合来实现。

[0055] 除非另外明确指出，否则绝对无意认为本文阐述的任何方法要求应解释为以特定的次序来执行其步骤。相应地，在方法权利要求未确切地引述其步骤要遵循的次序或在权利要求或描述中未另行确切地说明这些步骤应限于特定次序的情况下，在任何方面中，均绝对无意推定次序。这对于解释的任何可能非明示基础是成立的，包括：有关步骤或操作流的布置的逻辑事项；由语法组织或标点推导的明文含义；说明书中描述的实施例的数量或类型。

[0056] 在本说明书通篇中，可能引述多个发明公布。这些发明公布的整体公开在此通过引用并入本申请，以便更充分地描述这些方法和系统所涉及的现有技术状态。

[0057] 获益于前文描述和关联的附图中显示的教导的本发明的这些实施例涉及的本领域技术人员将想到本文阐述的本发明的许多修改和其他实施例。因此，要理解本发明不应局限于所公开的特定实施例，并且修改和其他实施例意在包含于所附权利要求的范围内。而且，虽然前文描述和关联的附图在元件和 / 或功能的某些示范组合的上下文中描述示范性实施例，但是应该意识到，在不背离所附权利要求范围的前提下可以由备选实施例提供元件和 / 或功能的不同组合。就此而言，例如，与上文明确地描述的那些的元件和 / 或功能的不同组合也视为可能在一些所附权利要求中予以阐述。虽然本文采用特定的术语，但是这些术语仅在通用和描述性意义上来使用而非出于限定的目的。

[0058] 部件列表

[0059]

附图标记	描述
102	传感器
104	目标

106	电路
108	第二电路
110	FPGA 或数字处理器
112	模数转换器 (ADC)
114	电路 108 的输出
202	电阻分压器
204	具有单端输出的运算放大器
302	数字电位器
304	缩放运算放大器电路
501	计算机
502	人机接口
503	处理单元
504	海量存储设备
505	操作系统
506	数字电位器控制软件
507	控制算法数据
508	网络适配器
509	显示适配器
510	输入 / 输出接口
511	显示设备
512	系统存储器
513	系统总线
514	一个或多个远程计算设备或客户端
515	网络

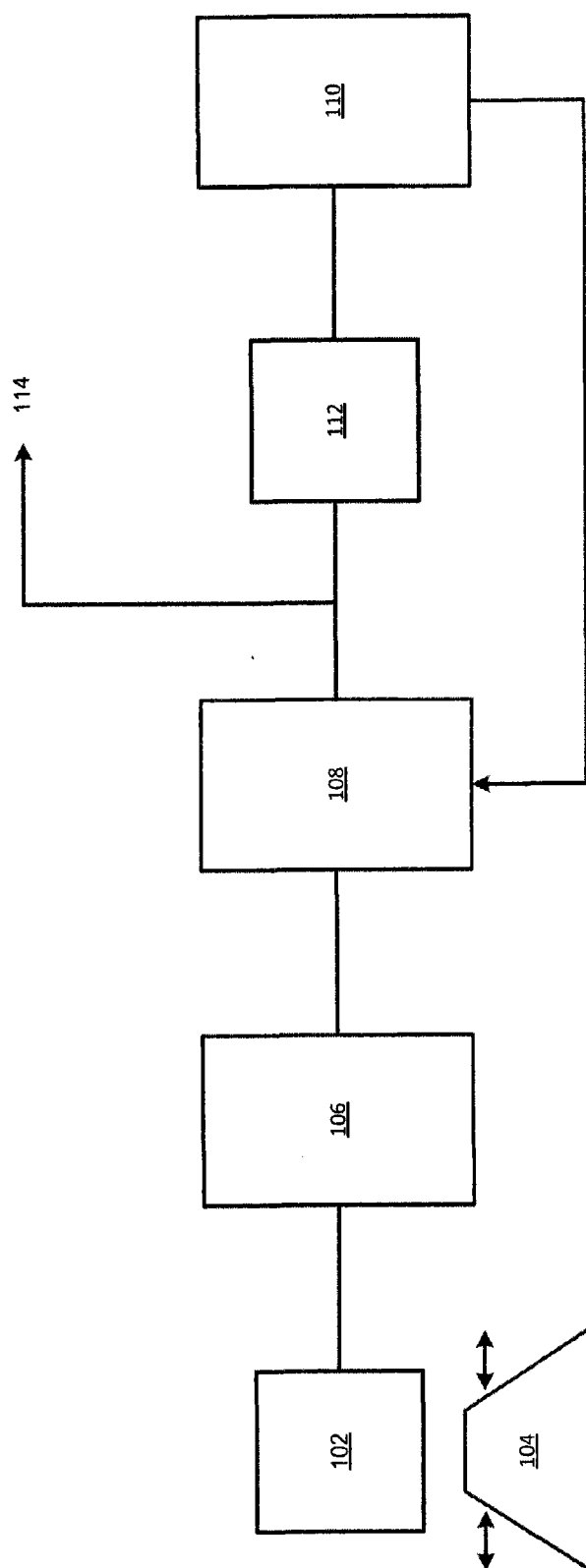


图 1

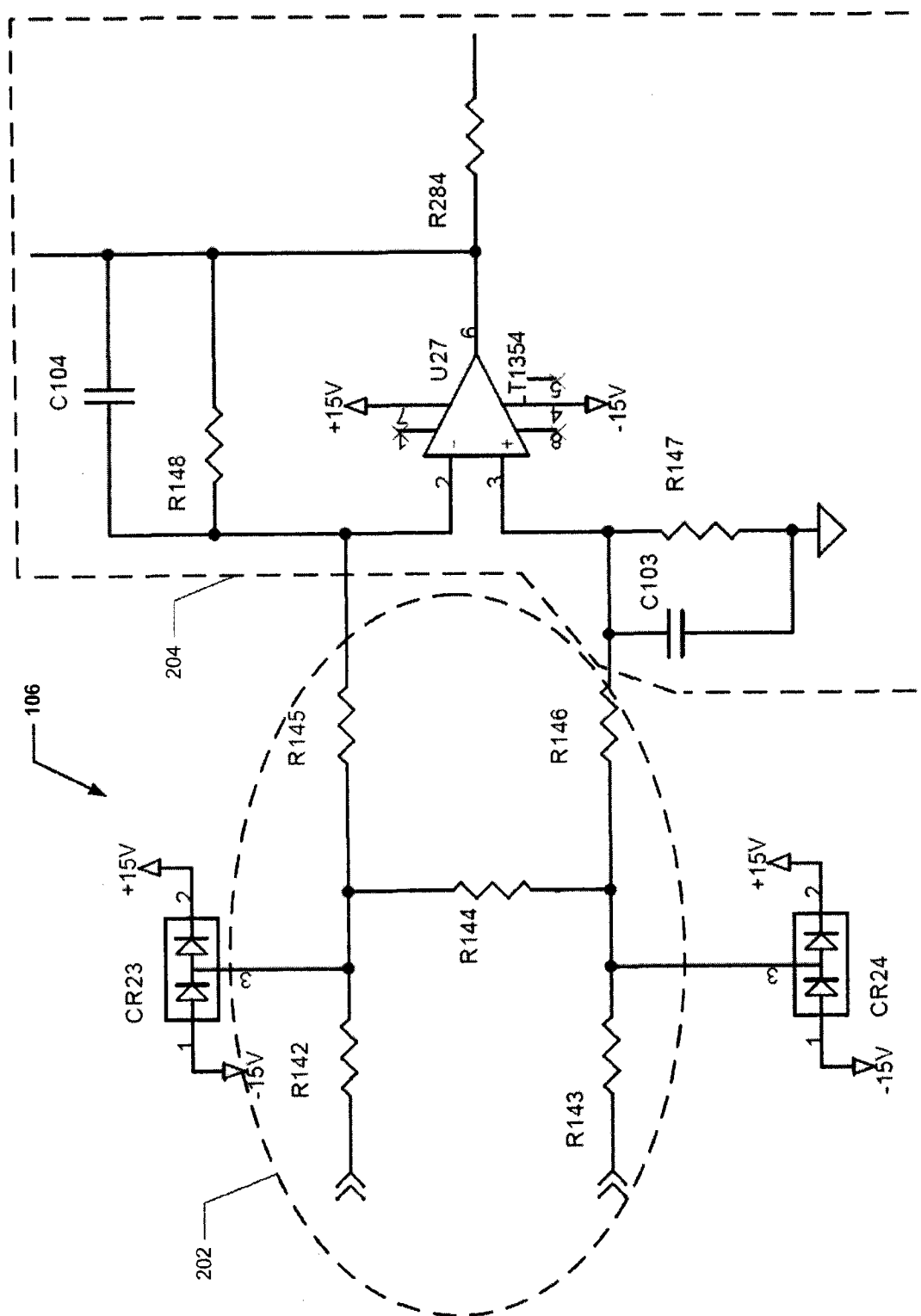


图 2

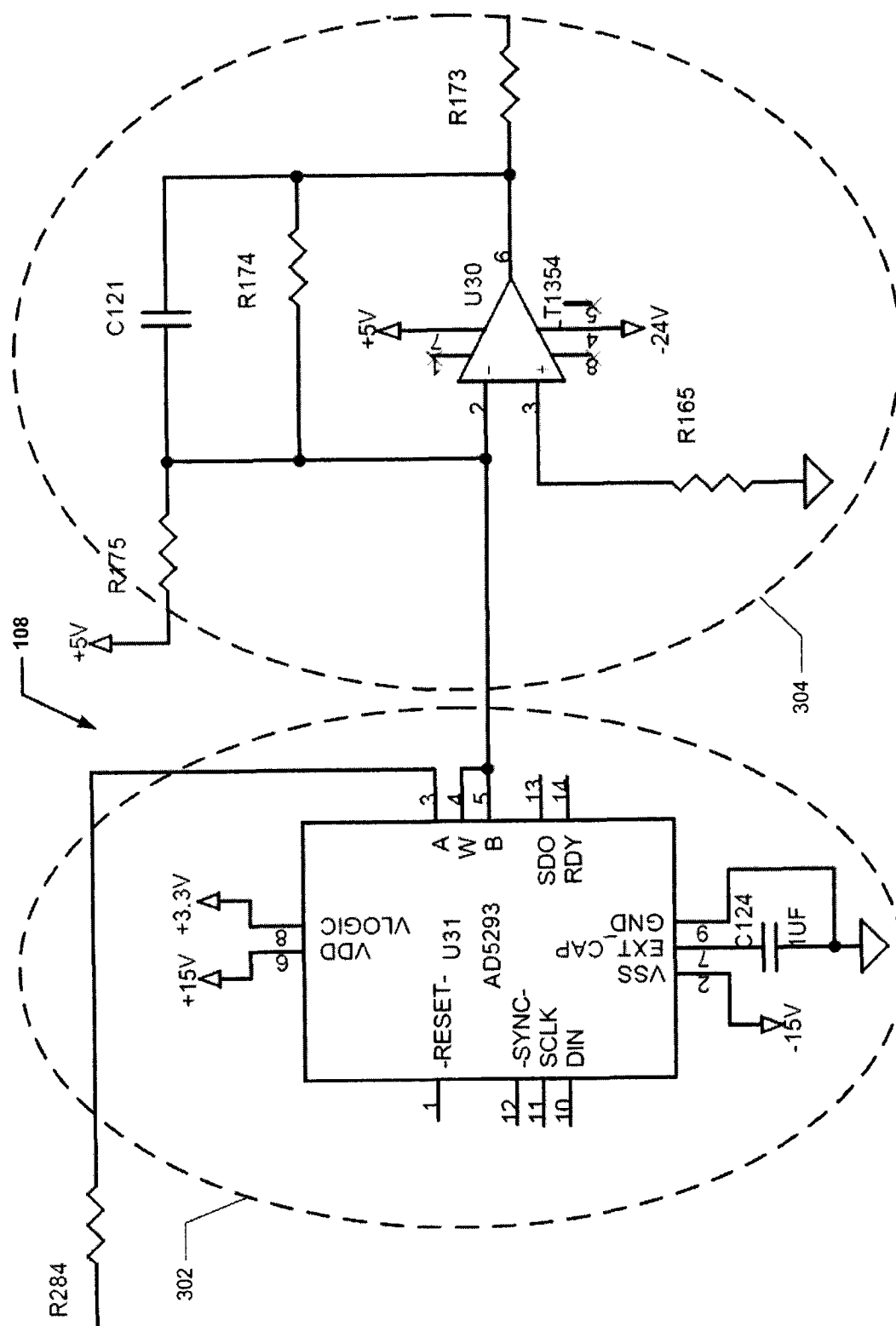


图 3

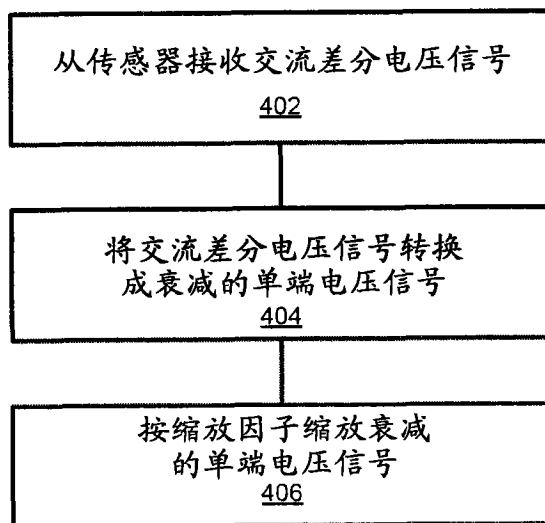


图 4

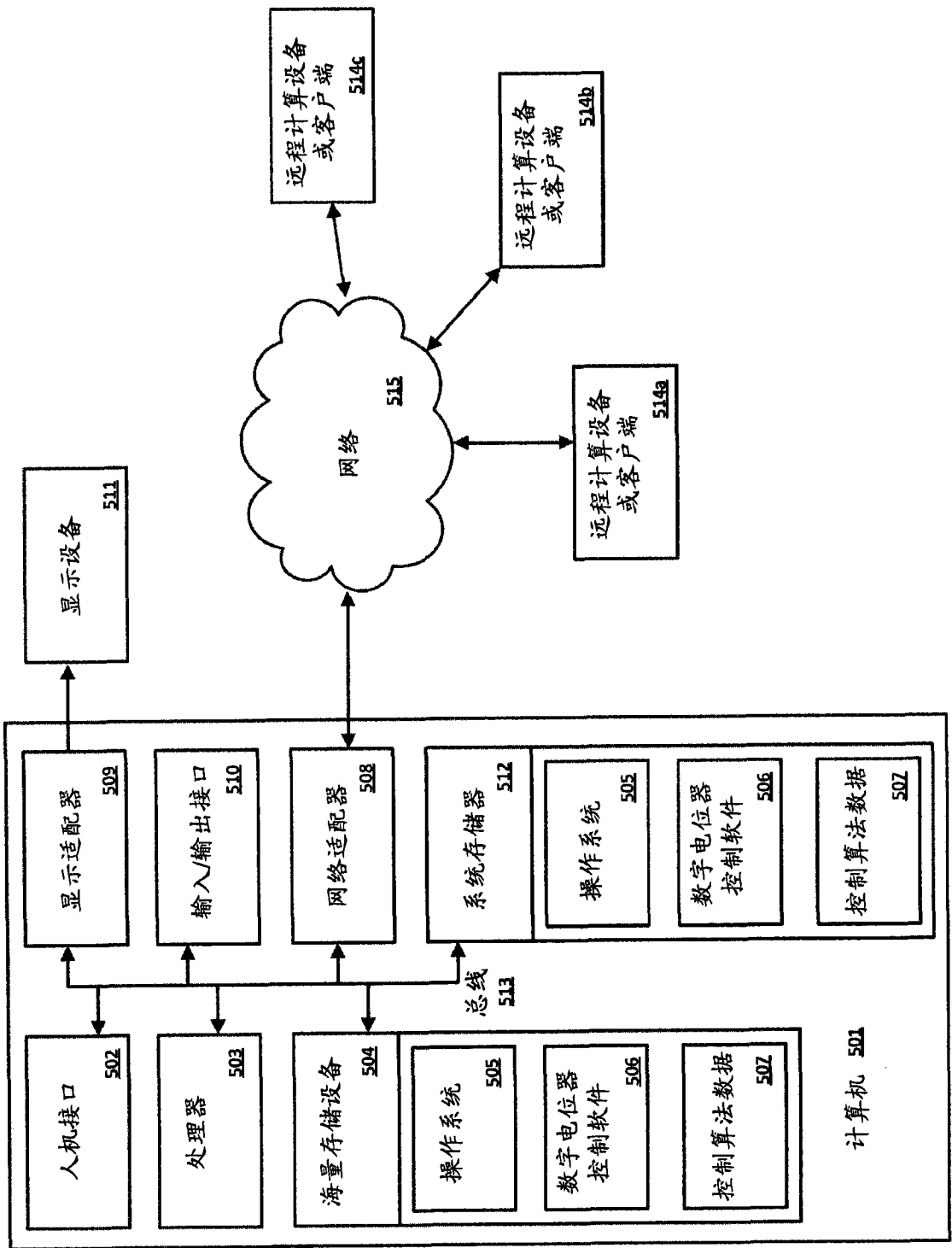


图 5