



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109790789 B

(45) 授权公告日 2021.12.31

(21) 申请号 201780062806.5

(22) 申请日 2017.08.10

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 109790789 A

(43) 申请公布日 2019.05.21

(30) 优先权数据  
102016219584.0 2016.10.10 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.04.10

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2017/070339 2017.08.10

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/068923 DE 2018.04.19

(73) 专利权人 世倍特集团有限责任公司  
地址 德国汉诺威

(72) 发明人 T.布劳恩

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

代理人 任霄 刘茜

(51) Int.Cl.  
F02D 41/00 (2006.01)  
F02D 41/24 (2006.01)  
F02D 41/28 (2006.01)  
F02D 41/14 (2006.01)  
F02D 13/02 (2006.01)  
F01L 13/00 (2006.01)  
F02D 13/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
CN 105358805 A, 2016.02.24  
CN 105298662 A, 2016.02.03  
DE 102012203470 A1, 2013.09.12  
EP 2551495 A1, 2013.01.30  
CN 105026700 A, 2015.11.04

审查员 边绍平

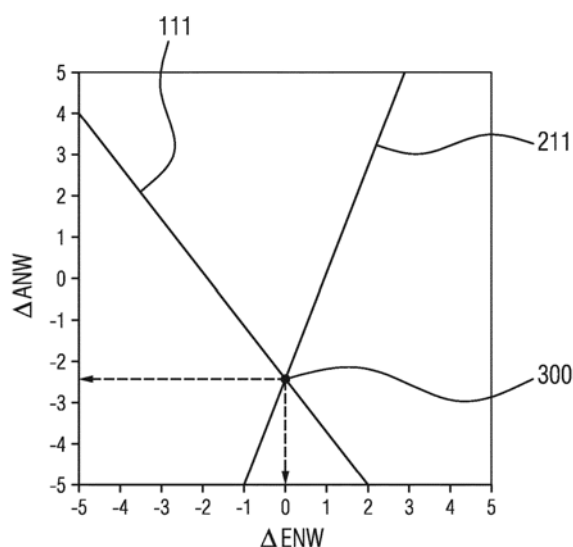
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

识别内燃机的入口阀行程和出口阀行程相位差的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于组合识别内燃发动机的气缸的入口阀行程相位差和出口阀行程相位差的方法,并且所述方法基于如下事实:由空气进气道中的进气空气的可分配给相应气缸的动态压力振荡获得压力振荡的选择的信号频率相对于曲轴相位角信号的相位位置和幅值。基于这些相位位置和幅值,然后通过使用相等相位位置线和相等幅值线来确定入口阀行程相位差和出口阀行程相位差。从而可以以简单且便宜的方式执行对控制定时的特别精确的识别,由此可以实现关于发动机的排放、消耗、运行平滑性和功率以及闭环和开环可控制性的改进的优点。



1. 一种用于在操作期间组合识别成批生产的内燃发动机的气缸的入口阀行程相位差和出口阀行程相位差的方法,其中

-在操作期间测量相应成批生产的内燃发动机的空气进气道中的进气空气的可分配给所述气缸的动态压力振荡,并且从所述动态压力振荡产生对应的压力振荡信号,并且其中,同时获得曲轴相位角信号,

-其中,从所述压力振荡信号,通过使用离散傅里叶变换来获得测得的压力振荡的至少一个相应选择的信号频率相对于所述曲轴相位角信号的相位位置和幅值,其特征在于以下进一步的步骤:

-在每种情况下,通过使用相应信号频率的相等相位位置的参考线以及相等幅值的参考线基于相应选择的信号频率的获得的相位位置和幅值来获得相应相同信号频率的相等相位位置线和相等幅值线,所述相应相同信号频率的相等相位位置线和相等幅值线取决于所述入口阀行程相位差和所述出口阀行程相位差,所述相应信号频率的相等相位位置的参考线以及相等幅值的参考线被存储在参考线特性图中或借助于相应代数模型函数来获得;

-通过投影到由所述入口阀行程相位差和所述出口阀行程相位差生成的共同平面中来获得相应信号频率的获得的相等相位位置线与获得的相等幅值线的至少一个相应共同交点;

-从相应信号频率的相等相位位置线与相等幅值线的获得的共同交点来确定所述入口阀行程相位差和所述出口阀行程相位差。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于:获得多个选择的信号频率的相位位置和幅值,并且在于,基于相应选择的信号频率的获得的相位位置和幅值来获得选择的信号频率的相应相等相位位置线以及相应相等幅值线,并且在于,获得在每种情况下选择的信号频率的获得的相等相位位置线与获得的相等幅值线的多个共同交点,并且在于,通过形成平均值从多个交点来获得所述入口阀行程相位差和所述出口阀行程相位差。

3. 如权利要求1或2所述的方法,其特征在于:所述方法包括以下在先步骤:

-根据参考入口阀行程相位差和参考出口阀行程相位差测量参考内燃发动机,以便确定空气进气道中的压力振荡信号的选择的信号频率的相等相位位置的参考线以及相等幅值的参考线,以及

-在每种情况下,根据所述参考入口阀行程相位差和所述参考出口阀行程相位差,将压力振荡信号的选择的信号频率的相等相位位置的参考线以及相等幅值的参考线存储在参考线特性图中。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:所述参考线特性图被存储在相应成批生产的内燃发动机的发动机控制单元的存储器区域中。

5. 如权利要求3所述的方法,其特征在于:针对相应信号频率,根据所述参考入口阀行程相位差和所述参考出口阀行程相位差,从压力振荡信号的选择的信号频率的参考线特性图推导得到代数模型函数,所述代数模型函数表示所述压力振荡信号的选择的信号频率的相等相位位置的相应参考线的轮廓以及相等幅值的相应参考线的轮廓。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于:用于选择的信号频率的所述代数模型函数被存储在相应成批生产的内燃发动机的发动机控制单元的存储器区域中。

7. 如权利要求1或2所述的方法,其特征在于:将所述相等幅值线以及所述相等相位位

置线投影到由所述入口阀行程相位差和所述出口阀行程相位差生成的共同平面内,并且基于代数函数来获得这些线的共同交点。

8.如权利要求7所述的方法,其特征在于:在相应成批生产的内燃发动机的电子的、可编程的发动机控制单元上执行所述方法。

9.如权利要求8所述的方法,其特征在于:在所述发动机控制单元上执行在获得的入口阀行程相位差以及获得的出口阀行程相位差的校正或调整的上下文中的控制变量或控制例程的调整。

10.如权利要求1或2所述的方法,其特征在于:选择的信号频率包括所述内燃发动机的进气频率以及另外多倍的所述进气频率。

11.如权利要求1或2所述的方法,其特征在于:通过使用分配给所述空气进气道的成批生产类型的压力传感器来测量所述空气进气道中的动态压力振荡。

## 识别内燃机的入口阀行程和出口阀行程相位差的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种方法,借助于该方法,可以通过评估进气空气的动态压力振荡以组合形式来在操作期间识别往复式内燃发动机的入口阀和出口阀的阀行程的相位差,在空气进气道中测量所述动态压力振荡。

### 背景技术

[0002] 往复式内燃发动机(其在下文中也将仅被简称为内燃发动机)具有一个或多个气缸,在每种情况下,一个往复活塞被布置在所述气缸中。为了示出往复式内燃发动机的原理,在下文将参考图1,其借助于示例示出内燃发动机的气缸及最重要的功能单元,该内燃发动机还可能是多气缸内燃发动机。

[0003] 相应的往复活塞6以可线性地移动的方式被布置在相应的气缸2中,并且所述往复活塞与气缸2一起包围燃烧室3。相应的往复活塞6借助于所谓的连接杆7被连接到曲轴9的相应曲柄销8,其中,曲柄销8相对于曲轴旋转轴线9a被偏心地布置。由于燃烧室3中的燃料-空气混合物的燃烧,往复活塞6“向下”线性地被驱动。往复活塞6的平移行程运动借助于连接杆7和曲柄销8被传递至曲轴9并且被转换成曲轴9的旋转运动,其使得往复活塞6(在其通过气缸2中的下死点(bottom dead center)之后)沿相反方向再次“向上”移动远至上死点。为了允许内燃发动机1的连续操作,在气缸2的所谓工作循环期间,有必要首先使燃烧室3被填充有燃料-空气混合物、使燃料-空气混合物在燃烧室3中被压缩并且然后以膨胀的方式被点燃和燃烧以便驱动往复活塞6、并且最后使燃烧之后剩下的排气从燃烧室3排出。该顺序的连续重复导致内燃发动机1的连续操作,其中功以与燃烧能量成比例的方式被输出。

[0004] 取决于发动机构思,气缸2的工作循环被分成在一个曲轴旋转(360°)上分布的两个行程(双行程发动机)或在两个曲轴旋转(720°)上分布的四个行程(四行程发动机)。

[0005] 迄今为止,四行程发动机已被确定为机动车辆的驱动器。在进气行程中,由于往复活塞6的向下运动,燃料-空气混合物或者仅新鲜空气(在燃料直喷的情况下)从空气进气道20被引入到燃烧室3内。在以下压缩行程期间,由于往复活塞6的向上运动,燃料-空气混合物或新鲜空气在燃烧室3中被压缩,并且在适当的情况下,燃料借助于喷射阀5(其属于燃料供应系统)被单独直接地喷射到燃烧室3内。在以下工作行程期间,燃料-空气混合物借助于点火塞4被点燃,以膨胀动作燃烧并且膨胀使得往复活塞6向下运动,从而输出功。最后,在排气行程中,通过往复活塞6的另一向上运动,剩下的排气从燃烧室3被排出到排气出口道30内。

[0006] 燃烧室3相对于内燃发动机的空气进气道20或排气出口道30的界定通常(并且尤其在这里作为基础的示例中)借助于入口阀22和出口阀32来实现。在当前现有技术中,所述阀借助于至少一个凸轮轴来致动。所示出的示例具有用于致动入口阀22的入口凸轮轴23并且具有用于致动出口阀32的出口凸轮轴33。通常也还存在用于力传递的另外的机械部件(这里未示出),其被设置在阀和相应凸轮轴之间,所述部件还可以包括阀游隙补偿机构(例如,桶状挺杆、摇杆杠杆、指型摇杆、挺杆、液压挺杆等)。

[0007] 入口凸轮轴23和出口凸轮轴33借助于内燃发动机1本身被驱动。为此目的,入口凸轮轴23和出口凸轮轴33在每种情况下在相对于彼此且相对于借助于对应曲轴控制适配器10的曲轴9的预定位置借助于合适的入口凸轮轴控制适配器24和出口凸轮轴控制适配器34通过使用控制机构40被连接到曲轴9,这些适配器是诸如例如带齿齿轮、链轮或带轮,该控制机构40具有例如带齿齿轮机构、控制链或带齿控制带,曲轴控制适配器10被对应地实施为带齿齿轮、链轮或带轮。借助于该连接,入口凸轮轴23和出口凸轮轴33的相对于曲轴9的旋转位置的旋转位置原则上被限定。借助于示例,图1示出了入口凸轮轴23和出口凸轮轴33以及曲轴9之间借助于带轮和带齿控制带的联接。

[0008] 在一个工作循环期间由曲轴覆盖的旋转角度在下文中将被称为工作相位或简单地称为相位。一个工作相位内由曲轴覆盖的旋转角度被相应地称为相位角。曲轴9的相应当前曲轴相位角可以借助于位置编码器43以及相关联的曲轴位置传感器41被连续地检测,所述位置编码器43被连接到曲轴9或曲轴控制适配器10。在这里,位置编码器可以例如被形成为具有多个齿的带齿齿轮,所述齿被布置以便在圆周上等距分布,其中,单独齿的数量确定曲轴相位角信号的分辨率。

[0009] 此外同样可能的是,在适当情况下,使得入口凸轮轴23和出口凸轮轴33的当前相位角借助于对应位置编码器43以及相关联的凸轮轴位置传感器42被连续地检测。

[0010] 因为由于预定机械联接,相应曲柄销8以及跟随其的往复活塞6、入口凸轮轴23以及跟随其的相应入口阀22、和出口凸轮轴33以及跟随其的相应出口阀32以相对于彼此的预定关系且以取决于曲轴旋转的方式移动,所述功能部件相对于曲轴同步地运行通过相应工作相位。往复活塞6、入口阀22和出口阀32的相应旋转位置和行程位置可以因此(考虑到相应传动比)与曲轴9的由曲轴位置传感器41预定的曲轴相位角相关地被设定。在理想的内燃发动机中,因此可以给每个特定曲轴相位角分配特定曲柄销角度HZW(图2)、特定活塞行程、特定入口凸轮轴角(以及因此特定入口阀行程)以及还有特定出口凸轮轴角度(以及因此特定出口阀行程)。也就是说,所有所述部件与旋转曲轴9同相位或同相位地移动。

[0011] 在现代内燃发动机1中,然而可以在曲轴9和入口凸轮轴23以及出口凸轮轴33之间的机械联接路径内提供附加定位元件,例如以集成到入口凸轮轴适配器24和出口凸轮轴适配器34内的方式,这些定位元件实现曲轴9和入口凸轮轴23以及出口凸轮轴33之间的期望可控相移。这些定位元件已知为所谓的可变阀驱动器中的所谓相位调节器。

[0012] 还象征性地示出的是电子的、可编程的发动机控制单元50(CPU),其配备有用于接收多种传感器信号的信号输入部以及用于致动对应定位单元的信号和功率输出部以及用于控制发动机功能的致动器。

[0013] 为了内燃发动机的最佳操作(关于排放、消耗、功率、运行平滑性等),应当尽可能地知道在进气行程期间被引入到燃烧室内的新鲜充入气体以便能够实现燃烧的另外的参数,诸如例如待被供应的燃料量,并且该燃料量可能与新鲜充入气体协调地被直接喷射。所谓的充气交换(也就是说新鲜气体的进气以及排气的排出)在该情况下高度取决于入口阀22和出口阀32的控制定时,也就是说取决于与活塞行程的相对于时间的轮廓相关的相应阀行程的相对于时间的轮廓。换言之,在操作期间,充气交换取决于入口阀和出口阀的与曲轴相位角相关(并且因此与往复活塞的相位位置相关)的相位位置。

[0014] 用于获得新鲜充入气体以及用于协调与其相关的内燃发动机的控制参数的现有

技术包括在所有发生的操作状态中例如根据旋转速度、负载、在适当情况下可借助于相位调节器预定的阀控制定时、在适当情况下排气涡轮增压器或超级增压器等的操作参数测量所谓的参考内燃发动机并且将表示该行为的这些测量值或其派生物或模型方法存储在对应成批生产的内燃发动机的发动机控制单元上。相同类型系列的所有在结构上相同的、成批生产的内燃发动机然后以产生的该参考数据组来操作。

[0015] 例如由于制造容差而导致的成批生产的内燃发动机的入口阀和出口阀以及曲轴相位角或往复活塞位置之间的实际相对位置相对于参考内燃发动机的理想参考位置的偏差(也就是说入口阀行程的相位差、出口阀行程的相位差以及在适当情况下与由曲轴位置传感器预定的曲轴相位角或曲轴的相位位置相关的活塞行程相位差)具有以下效果:实际吸入的新鲜充入气体偏离确定为参考的新鲜充入气体,并且因此基于参考数据组的控制参数不是最佳的。在内燃发动机的操作期间,这些误差可能具有关于排放、消耗、功率、运行平滑性等的不利效果。

[0016] 为了示出成批生产的内燃发动机中发生的可能偏差,并且为了限定所述偏差的命名,下文将参考图2,其示出了来自图1的内燃发动机,但是在图2中,为了更好地概述,已经省略了在图1中所示出的附图标记并且仅仅指定对应的偏差。

[0017] 从布置在曲轴控制适配器10上的位置编码器43的参考位置开始,该位置编码器的相位角被曲轴位置传感器41检测,得到多个容差链,其导致往复活塞6、入口阀22和出口阀32的与理想参考相位位置相关的相位位置的偏差,其在下文中也被称为相位差。

[0018] 在这里,活塞行程相位差 $\Delta KH$ 是由例如曲柄销角度 $HZW$ 相对于曲轴位置传感器41的参考位置的偏差(所谓的曲柄销角度差 $\Delta HZW$ )以及由于连接杆7和往复活塞6的不同尺寸容差(未示出)导致的。

[0019] 此外,入口阀行程相位差 $\Delta EVH$ 是由例如凸轮位置的偏差(所谓的入口凸轮轴角度差 $\Delta ENW$ )以及入口凸轮轴控制适配器24和控制机构40的机械容差(未示出)导致的。如果存在用于入口凸轮轴的相位调节器,那么还可以考虑入口凸轮轴调节角度 $ENVW$ 或其与设定点的偏差。

[0020] 以相同的方式,出口阀行程相位差 $\Delta AVH$ 是由例如凸轮位置的偏差(所谓的出口凸轮轴角度差 $\Delta ANW$ )以及出口凸轮轴控制适配器24和控制机构40的机械容差(未示出)导致的。如果存在用于出口凸轮轴的相位调节器,那么还可以考虑出口凸轮轴调节角度 $ANVW$ 或其与设定点的偏差。

[0021] 所描述的偏差的可能原因可以例如是:

[0022] -所涉及的机械部件的制造和/或组装容差,以及

[0023] -磨损现象,诸如例如控制链或带齿带的加长,曲轴和凸轮轴借助于该控制链或带齿带被联接,以及

[0024] -由高机械负载状态导致的弹性的或塑性的变形现象。

[0025] 在这里,根据当前现有技术的对所描述问题的先前解决方案原则上在于检测和量化参考内燃发动机与成批生产的内燃发动机之间的发生偏差,以便能够通过控制参数的调整来实施用于校正或补偿的对应措施。

[0026] 此外,迄今为止已经寻求通过最小化制造和组装容差来抵消该问题。此外,例如,基于阀行程位置、凸轮外形(cam contour)等在相应静态成批生产的内燃发动机上测量控

制定时,并且在组装过程期间,对应地调节内燃发动机。

[0027] 此外,当前最已知的系统以参考点系统(位置反馈)来操作。在这里,在每种情况下,可以借助于传感器被检测的一个位置标记被放置在曲轴上以及在入口凸轮轴上和/或在出口凸轮轴上、或者还在相应曲轴控制适配器上以及在入口凸轮轴控制适配器上和/或在出口凸轮轴控制适配器上、或还在可以被提供的相位调节器上等。以此方式,可以获得曲轴和相应入口凸轮轴和/或出口凸轮轴之间的相对相位位置并且可以识别与期望参考值相关的偏差。所述偏差的不期望的效果可以然后借助于对应控制参数的调整或校正以取决于获得的偏差的方式在控制单元中被抵消。

[0028] 原则上,但是,发生的容差中的仅仅一些可以借助于该方法被识别。例如,因此不可以识别由于相应位置标记本身相对于凸轮轴的位置偏差而引起的角度偏差、或相对于相应参考位置的入口凸轮轴角度差  $\Delta ENW$  或出口凸轮轴角度差  $\Delta ANW$ 。

[0029] 诸如评估爆震传感器信号、评估气缸压力信号的另外的方法是同样已知的。

[0030] 此外,US 6,804,997 B1已经公开了一种发动机控制装置,其用于通过监测和评估空气进气道中的进气空气的压力波动来确定曲轴的相位位置。该控制装置被设计以便确定进气空气压力波动,并且因此确定与其相关的曲轴相位位置以及发动机循环的其对应周期,所述进气空气压力波动指示进气空气事件。控制装置利用这些信息项来获得曲轴的曲轴旋转速度和相位位置,以便控制发动机的燃料喷射和点火特性。入口阀和出口阀的控制定时(也就是说在适当情况下入口阀行程相位差和出口阀行程相位差)在该情况下不被考虑,并且可能在一些情形下显著地影响结果。

[0031] 文献DE 10 2005 007 057公开了一种用于内燃发动机的进气道中的节流挡板(throttle flap)空气流的闭环控制方法,所述节流挡板空气流以闭环方式被控制,其中,在流体流的闭环控制中考虑空气进气道中的进气空气的压力脉动,其还尤其被内燃发动机的阀控制定时影响。为此目的,借助于快速傅里叶变换分析该压力脉动,并且将幅值信息总结为失真因子,所述失真因子被考虑为例如用于节流挡板空气流的多维数学闭环控制模型的附加输入变量。关于内燃发动机的阀控制定时(也就是说还可能存在的入口阀行程相位差和出口阀行程相位差)的特定结论不能借助于该方法得出。

[0032] 文献DE 35 06 114 A1公开了一种用于内燃发动机的开环或闭环控制的方法,其中,以取决于操作变量的方式,内燃发动机的至少一个操纵变量被控制,所述操作变量包括内燃发动机的振荡谱的至少一部分,其作为诸如例如气体压力信号的信息。为此目的,包含在所检测的操作变量中的值谱(作为振荡谱的一部分)通过离散傅里叶变换从操作变量被确定并且被用作测量谱并与参考谱比较。然后根据测量谱和参考谱之间的偏差来控制内燃发动机的待控制的操纵变量。关于内燃发动机的阀控制定时和活塞行程位置的特定结论也不能借助于该方法被容易地得出。

[0033] 文献US 2009 0 312 932 A1公开了一种用于执行对内燃发动机内的燃烧的诊断的方法,其中,从曲轴角速度借助于快速傅里叶变换来产生燃烧相设定值,将所述值与期望燃烧相设定值比较,并且识别所述值之间的大于可接受燃烧相设定差的差。

[0034] 一种与上文所描述的这些类似的用于确定参考发动机与成批生产的发动机之间的偏差的方法还被公开在US 2010 0 063 775 A1中。

## 发明内容

[0035] 本发明基于提供一种在引言中所描述类型的简单且成本有效的方法的目的,借助于该方法,入口阀和出口阀的实际相位位置的特别精确的识别是可能的,和/或入口阀行程相位差  $\Delta EVH$  和出口阀行程相位差  $\Delta AVH$  可以在内燃发动机的正在进行的操作期间被可靠地确定。

[0036] 根据本发明借助于一种根据独立权利要求的用于在操作期间组合识别成批生产的内燃发动机的气缸的入口阀行程相位差和出口阀行程相位差的方法来实现所述目的。

[0037] 从属权利要求涉及根据本发明的主题的示例性实施例和改进。

[0038] 在根据本发明的用于在操作期间组合识别成批生产的内燃发动机的气缸的入口阀行程相位差和出口阀行程相位差的方法中,在操作期间测量相应成批生产的内燃发动机的空气进气道中的可分配给相应气缸的动态压力振荡,并且从中产生对应的压力振荡信号。同时获得曲轴相位角信号。从压力振荡信号,通过使用离散傅里叶变换获得测得的压力振荡的至少一个选择的信号频率相对于曲轴相位角信号的相位位置和幅值。

[0039] 此外,该方法通过以下进一步的步骤来区分:

[0040] -在相应选择的信号频率的获得的相位位置和幅值的基础上获得相应相同信号频率的相等相位位置线和相等幅值线,这些线取决于入口阀行程相位差和出口阀行程相位差。这通过使用相应信号频率的相等相位位置的参考线以及相等幅值的参考线来执行,这些参考线被存储在参考线特性图中或借助于相应代数模型函数来获得;

[0041] -通过投影到由入口阀行程相位差和出口阀行程相位差生成的共同平面内来获得相应信号频率的获得的相等相位位置线以及获得的相等幅值线的相应共同交点;

[0042] -从相应信号频率的相等相位位置线和相等幅值线的获得的共同交点来确定入口阀行程相位差和出口阀行程相位差。

[0043] 本领域的技术人员将包括用于将空气供应到气缸的相应燃烧室的所有部件,并且这些部件因此限定所谓的空气路径,其以下列术语表示:内燃发动机的“空气进气道”或还可以简单地表示为“进气道”、“进气系统”或“入口道”。这些术语可以包括例如空气过滤器、进气管、进气歧管或分配器管或简称为抽吸管、节流挡板阀以及在适当情况下压缩机以及气缸中的进气开口和/或气缸的入口导管。

[0044] 为了分析压力振荡信号,对压力振荡信号进行离散傅里叶变换(DFT)。为此目的,已知为快速傅里叶变换(FFT)的算法可被用于该DFT的有效计算。借助于DFT,压力振荡信号现在被分解成单个信号频率,其在之后可以以关于其幅值和相位位置的简化形式被单独地分析。

[0045] 在当前情况下,已经发现压力振荡信号的选择的信号频率的相位位置和幅值两者均取决于阀控制定时,也就是说取决于内燃发动机的入口阀行程和出口阀行程的相位轮廓。信号频率的相位位置在这里表征信号频率信号相对于曲轴旋转角度信号的相对位置,并且幅值是信号频率信号相对于中心线的偏转量的测量。

[0046] 在该上下文中,使用相同信号频率还是不同信号频率来获得相应相等相位位置线以及获得相应相等幅值线是无关紧要的。因此,在每种情况下,相同信号频率或不同信号频率的相等相位位置线和相等幅值线(也就是说例如,第一信号频率的相等相位位置线以及另外的信号频率的相等幅值线)可以被用于获得相应交点。

[0047] 根据本发明的方法具有以下优点:在没有附加传感器的情况下,与曲轴相位角相关的相位位置和幅值、并且因此内燃发动机的入口阀和出口阀的当前行程位置可以以高的精确度被获得并且可以因此被用于充气交换过程的精确计算以及用于内燃发动机的控制参数的调整。

[0048] 上文所描述的方法的一个改进的特征在于获得了多个选择的信号频率的相位位置和幅值,并且在于基于相应选择的信号频率的获得的相位位置和幅值来获得这些选择的信号频率的相应的相等相位位置线和相等幅值线。然后可能的是,在每种情况下获得选择的信号频率的获得的相等相位位置线和获得的相等幅值线的多个共同交点。然后从多个交点通过形成平均值来获得入口阀行程相位差和出口阀行程相位差。因此,在该上下文中,还无关紧要的是,在每种情况下是使用相同信号频率还是不同信号频率的相等相位位置线以及相等幅值线(也就是说,例如第一信号频率的相等相位位置线以及另外的信号频率的相等幅值线)来获得相应交点。这进一步增加了该方法的精确度并且因此增加了获得的入口阀行程相位差和获得的出口阀行程相位差的精确度。

[0049] 在该方法的一个实施例中,这包括在根据本发明的上述方法之前的以下步骤:根据参考入口阀行程相位差和参考出口阀行程相位差测量参考内燃发动机以便确定空气进气道中的压力振荡信号的选择的信号频率的相等相位位置的参考线以及相等幅值的参考线;以及根据参考入口阀行程相位差和参考出口阀行程相位差将压力振荡信号的选择的信号频率的相等相位位置的参考线以及相等幅值的参考线存储在参考线特性图中。

[0050] 以此方式,入口阀行程相位差和出口阀行程相位差的获得可以以简单的方式被执行。

[0051] 上文提及的参考线特性图可以被有利地存储在相应成批生产的内燃发动机的已经存在的发动机控制单元的存储区域中,并且因此在成批生产的内燃发动机的操作期间是可立即获得的以用于上文提及的方法中,而不需要单独的存储装置。

[0052] 以进一步有利的方式,针对相应信号频率,可以根据参考入口阀行程相位差和参考出口阀行程相位差从压力振荡信号的选择的信号频率的参考线特性图(如上文所述那样获得的)推导得到代数模型函数,其表示压力振荡信号的选择的信号频率的相等相位位置的相应参考线的轮廓以及相等幅值的相应参考线的轮廓。以此方式,使得可获得相等相位位置的参考线以及相等幅值的参考线的相应数学公式,其可以在另外的方法期间被使用,所述另外的方法用于分析获得相等相位位置线和相等幅值线的共同交点并且因此分析获得对入口阀行程相位差和出口阀行程相位差的识别。

[0053] 在本发明的改进中,如上文所述那样获得的用于选择的信号频率的代数模型函数可以被存储在相应成批生产的内燃发动机的发动机控制单元的存储器区域中。以此方式,该模型函数在控制器中是可立即获得的并且可被容易地用于相等相位位置线的相应当前获得。因此不必要将对应的参考线特性图存储在存储器中,所述参考线特性图包括大量的数据并且因此产生增加的存储器空间要求。

[0054] 根据本发明的在上文描述的方法的一个特别有利的实施例的特征在于,将相等幅值线和相等相位位置线投影到由入口阀行程相位差和出口阀行程相位差生成的共同平面内,并且基于代数函数来获得这些线的共同交点。因此在该实施例中将为了更好的图示而在上文图形地呈现的方法转换成代数函数,也就是说转换成数学公式。以此方式,可以通过

使用对应编程算法在电子计算机单元上(例如,在可编程发动机控制单元上)特别容易地执行该方法。

[0055] 该方法可以有利地在相应成批生产的内燃发动机的电子的、可编程发动机控制单元上被执行。这具有以下优点:单独的控制或处理单元是不必要的,并且该方法的算法可以被并入到发动机控制程序的对应序列中。

[0056] 在本发明的增强实施例中,在发动机控制器中执行对在获得的入口阀行程相位差以及获得的出口阀行程相位差的校正或调整的上下文中控制变量或控制例程的调整,例如待喷射的燃料质量、喷射的起始时间、点火时间、凸轮轴的相位调节器的致动等。因此可能的是,针对相应成批生产的内燃发动机的真实状况来优化燃烧过程,并且因此降低燃料需求和排放值。

[0057] 为了执行根据本发明的方法,所选择的信号频率有利地对应于作为进气频率的基础频率或第一谐波以及另外的多倍的进气频率,也就是说,内燃发动机的所述进气频率的所谓第二至第N“谐波”。

[0058] 在这里,进气频率继而唯一地与内燃发动机的旋转速度相关。然后,针对所述选择的信号频率,考虑并行检测的曲轴相位角信号,选择的信号频率的相位位置(在该上下文中被称为相位角)与曲轴相位角相关地被获得。

[0059] 这产生了特别清楚的结果,因此在相等相位位置线以及相等幅值线被获得时容易评估该结果,并且这因此导致结果的高精确度。

[0060] 此外有利地可能的是,使用在任何情况下已被提供的批量生产类型的压力传感器来测量空气进气道中的动态压力振荡。这具有不必提供附加传感器的优点,并且因此执行根据本发明的方法不会产生附加成本。

[0061] 可以借助于连接到曲轴的带齿齿轮以及借助于霍尔传感器(Hall sensor)来获得为了执行根据本发明的方法所要求的曲轴相位角信号。这种传感器装置已经被同样地设置在现代内燃发动机中,以用于其它目的。通过根据本发明的方法可以容易地共同利用借助于所述传感器布置产生的曲轴相位角信号。这具有不必提供附加传感器的优点,并且因此执行根据本发明的方法不会产生附加成本。

## 附图说明

[0062] 下文将参考附图来呈现本发明所基于关系的详细描述。在附图中:

[0063] 图1:示出了往复式内燃发动机的简化示意图,

[0064] 图2:示出了根据图1的示意图,其中标记了往复式内燃发动机的重要部件的可能的位置和角度偏差,

[0065] 图3:示出了两个三维图,其示出了在空气进气道中测得的压力振荡信号的相应选择的信号频率的相位位置(PL\_SF)和幅值(Amp\_SF)对入口凸轮轴角度差和出口凸轮轴角度差的依存性,

[0066] 图4:示出了两个二维图,其示出了在空气进气道中测得的压力振荡信号的相应选择的信号频率的相等相位位置线和相等幅值线,这些线被投影到由入口凸轮轴角度差和出口凸轮轴角度差生成的平面内,

[0067] 图5:示出根据图4的二维图,其中,相应信号频率的相等相位位置的指示线与相等

幅值的指示线具有交点,该交点用于入口凸轮轴角度差和出口凸轮轴角度差的确定组合,

[0068] 图6:示出了如图4中的相等相位位置线和相等幅值线的二维图,其在每种情况下表示三种不同的信号频率,以及

[0069] 图7:示出了示出该方法的简化框图。

[0070] 就功能和名称而言相同的部分贯穿附图以相同的附图标记来表示。

### 具体实施方式

[0071] 本发明基于以下认识:

[0072] 当“理想的”参考内燃发动机上的入口阀行程相位差  $\Delta EVH$ 和出口阀行程相位差  $\Delta AVH$ 被改变时,并且当空气进气道中的压力振荡信号(在下文被简称为压力振荡信号)借助于离散傅里叶分析被分析时,并且考虑到单独的选择的信号频率(其在每种情况下对应于进气频率或进气频率的倍数),已经发现单独的选择的信号频率的相位位置和幅值两者(也就是说,压力振荡信号相对于曲轴相位角信号的相对位置以及信号行程的大小)均取决于入口阀行程相位差  $\Delta EVH$ 并且取决于出口阀行程相位差  $\Delta AVH$ 。

[0073] 图3分别示出了相应信号频率X和信号频率Y的相位位置PL\_SF(顶部图)和幅值Amp\_SF(底部图)的该依存性。

[0074] 为了改变入口阀行程相位差  $\Delta EVH$ 和出口阀行程相位差  $\Delta AVH$ ,为了该目的,借助于相应相位调节器使入口凸轮轴角度差  $\Delta ENW$ 和出口凸轮轴角度差  $\Delta ANW$ 在 $-5^\circ$ 和 $+5^\circ$ 之间的范围内改变,并且将相应信号频率的相应相关联的相位位置PL\_SF和/或压力振荡信号的相应相关联的幅值Amp\_SF竖直地绘制在以此方式被生成的  $\Delta ENW$ -  $\Delta ANW$ 平面的上方。因此,对于选择的信号频率X,在所生成的三维空间中得到倾斜相位表面100和相应倾斜幅值表面200。如果平行于  $\Delta ENW$ -  $\Delta ANW$ 平面的截面平面110、120、210、220现在被放置在相应信号频率X、Y的不同相位位置PL\_SF和/或幅值Amp\_SF的水平处,则因此分别获得与相应相位表面100和/或幅值表面200的交线,这些线被称为相等相位位置线111、121或相等幅值线211、221。也就是说,针对沿这种相等相位位置线定位的所有  $\Delta ENW$ -  $\Delta ANW$ 组合获得相同相位位置,并且针对沿这种相等幅值线定位的所有  $\Delta ENW$ -  $\Delta ANW$ 组合获得压力振荡信号的相应选择的信号频率X、Y的相同幅值。相反地,这意味着压力振荡信号的相应信号频率的获得的相位位置和获得的幅值不能被分配唯一的  $\Delta ENW$ -  $\Delta ANW$ 组合。

[0075] 在图3的顶部图中,对于信号频率X、相位表面100,并且通过示例,两个截面平面110、120在相位位置 $263^\circ$ 和 $260^\circ$ 处被指示出。针对相位位置 $263^\circ$ 获得相等相位位置线111,并且针对相位位置 $260^\circ$ 获得相等相位位置线121。

[0076] 在图3的底部图中,对于信号频率Y、幅值表面200,并且通过示例,两个截面平面210、220在幅值0.0163和0.0160处被指示出。针对幅值0.0160获得相等幅值线221,并且针对幅值0.0163获得相等幅值线211。

[0077] 为了进一步检验该关系的目的,压力振荡信号的相应选择的信号频率的相等相位位置线以及还有相等幅值线现在已经被投影到  $\Delta ENW$ -  $\Delta ANW$ 平面内。这在图4中以类似于图3的方式针对相位位置PL\_SF(顶部图)和幅值PL\_SF(底部图)被单独地示出。在该图中通过相应附图标记还表示了信号频率X的在 $263^\circ$ 和 $260^\circ$ 处的对应相等相位位置线111、121以及还有信号频率Y的在0.0163和0.0160处的相等幅值线211、221。示出了相应选择的信号频率

的相等相位位置线和相等幅值线具有沿相反方向的梯度。现在,如果相等相位位置线和相等幅值线一个在另一个之上地被投影在  $\Delta ENW - \Delta ANW$  平面中,如基于相等相位位置线111和相等幅值线211在图5中所示出的,变得明显的是,相等相位位置线和相等幅值线211在共同交点300处相交,其因此表示由指示的虚箭头线所示的单个  $\Delta ENW - \Delta ANW$  组合。由于以理想参考发动机作为基础,可以假设入口凸轮轴23与入口阀22以及出口凸轮轴33与出口阀32的直接的且不受影响的相互作用,入口凸轮轴角度差  $\Delta ENW$  可以被分配特定入口阀行程相位差  $\Delta EVH$ ,并且出口凸轮轴角度差  $\Delta ANW$  可以被分配特定出口阀行程相位差  $\Delta AVH$ 。

[0078] 因此,如果假设否则理想的关系,因此可能的是,通过获得压力振荡信号的相应选择的信号频率的相位位置和幅值,并且考虑且叠加相应信号频率的相等相位位置和相等幅值的已知可分配线,以获得相等相位位置线与相等幅值线的单个交点,并且从中确定入口阀行程相位差  $\Delta EVH$  和出口阀行程相位差  $\Delta AVH$  的值。

[0079] 在图6中,为了进一步说明该关系,现在将具有投影到  $\Delta ENW - \Delta ANW$  平面内的相等相位位置线的三个图以类似于图4中的顶部图的方式在左手侧示出,并且将具有投影到  $\Delta ENW - \Delta ANW$  平面内的相等幅值线的三个图以类似于图4中的底部图的方式在右手侧示出,在每种情况下针对三个不同信号频率示出。这些信号频率包括进气频率本身(第一谐波)(顶部图)、两倍进气频率(第二谐波)(中间图)以及三倍进气频率(第三谐波)(底部图)。

[0080] 可以清楚地显而易见的是,随着信号频率升高,负梯度或正梯度增加并且线之间的距离在相等相位位置线的情况下以及在相等幅值线的情况下均减少。已经变得显而易见的是,在相等相位位置线与相等幅值线组合的情况下,与在两条线的交点处可以发现的结果无关的是,无论是使相同信号频率的线还是不同信号频率的线分别在交点处相交。然而,似乎适合于相同信号频率的相等相位位置线和相等幅值线被分别组合。

[0081] 原理上,当获得多个相应对应信号频率的多对相等相位位置线和相等幅值线的交点时或通过改变多个相应不同信号频率的多对相等相位位置线和相等幅值线来分别获得相同交点。然而,由于偏差和容差,在测量期间发生交点的小程度变化。通过形成平均值,然后可以获得交点并且因此在每种情况下从多个交点获得入口凸轮轴角度差  $\Delta ENW$  和/或入口阀行程相位差  $\Delta EVH$  以及出口凸轮轴角度差  $\Delta ANW$  和/或出口阀行程相位差  $\Delta AVH$  的值。

[0082] 在图3到图6中图像地示出的关系用于便于理解该方法的原理。所述关系还可以基于对应代数公式不证自明地被表示,并且该方法可以在该基础上被执行。为此目的,例如为了表示相等相位位置线,代数模型函数在数学物理定律的基础上被推导得到,该函数可被用于获得共同的交点以及必要的相移。

[0083] 用于在操作期间组合识别内燃发动机的入口阀行程相位差  $\Delta EVH$  和出口阀行程相位差  $\Delta AVH$  的创新性方法是基于上文所呈现的认识,并且在一个示例中被相应地呈现如下:

[0084] 在内燃发动机的操作期间,空气进气道中的动态压力振荡被连续地测量。这在内燃发动机的特定选择的操作点处被优选地执行。相应测量得到压力振荡信号。所述压力振荡信号被提供给内燃发动机的控制单元。在控制单元中,压力振荡信号借助于存储在其中的程序算法经受离散傅里叶变换,并且空气进气道中的进气空气的测得的压力振荡的至少一个选择的信号频率(优选地为内燃发动机的进气频率的第一谐波和/或另外的谐波)的相对于曲轴相位角信号的相位位置和幅值被获得。随后,对于相应选择的信号频率,在每种情况下,现在对应的相等相位位置线以及相等幅值线基于获得的相应相位位置和幅值来获

得。这在每种情况下通过以下方法来执行：通过从参考线特性图选择相等相位位置或幅值的参考线来执行，所述参考线特性图对于对应内燃发动机系列而言是典型的并且被存储在控制单元的存储区域中；或通过借助于相应代数模型函数的计算来执行，所述代数模型函数对于对应内燃发动机系列而言是典型的并且被存储在控制单元的存储区域中。

[0085] 借助于存储在控制单元中的对应程序算法，相应选择的信号频率的以此方式获得的相等相位位置线和相等幅值线然后被投影到由入口阀行程相位差  $\Delta EVH$  和出口阀行程相位差  $\Delta AVH$  生成的共同平面内，并且被使得在相应共同交点处相交。然后可能的是，从由入口阀行程相位差  $\Delta EVH$  和出口阀行程相位差  $\Delta AVH$  生成的平面中的所述共同交点的位置确定入口阀行程相位差  $\Delta EVH$  和出口阀行程相位差  $\Delta AVH$ 。

[0086] 为了进一步增加该方法的精确度，如上文所述获得的多个交点可以然后被用于获得入口阀行程相位差和出口阀行程相位差，并且平均值可以被形成，以便因此获得其精确度被进一步提高的清晰的结果。

[0087] 为了执行该方法，有必要使得可获得具有相等相位位置参考线的特定特性图以及具有相等幅值参考线的特定特性图或对应代数模型函数。这些取决于内燃发动机的类型系列/系列的设计类型以及详细结构设计，并且因此必须提前在该系列的典型的在结构上相同的参考内燃发动机上被获得。为此目的，在参考内燃发动机上，空气进气道中的进气空气的压力振荡信号在最大可能数量的操作点处、尤其在其中入口阀行程相位差  $\Delta EVH$  和出口阀行程相位差  $\Delta AVH$  变化的特定选择的操作点处被记录，该压力振荡信号经受离散傅里叶变换，并且选择的信号频率的相位位置以及还有幅值根据入口阀行程相位差  $\Delta EVH$  和出口阀行程相位差  $\Delta AVH$  而被存储。在这里必须确保没有活塞行程相位差  $\Delta KH$  被叠加且歪曲结果。

[0088] 基于以此方式获得的这些三维数据图，然后可获得单独选择的信号频率的相等相位位置线和相等幅值线并且将其存储在对应特性图中，或获得代数模型函数以用于计算相等相位位置线和相等幅值线。

[0089] 以此方式获得的特性图和/或模型函数然后被存储在每个在结构上相同的成批生产的内燃发动机的控制单元的存储区域中，并且可以被用于执行根据本发明的方法。

[0090] 图7再次以简化框图的形式示出了根据本发明的用于在操作期间组合识别成批生产的内燃发动机的气缸的入口阀行程相位差和出口阀行程相位差的方法的实施例，所述框图示出了重要的步骤。

[0091] 开始，在操作期间测量相应成批生产的内燃发动机的空气进气道中的进气空气的可分配给相应气缸的动态压力振荡并且从其产生对应压力振荡信号，并且同时获得曲轴相位角信号，如被平行布置并且被标注为DDS(动态压力振荡信号)和KwPw(曲轴相位角信号)的块所示。

[0092] 然后，从压力振荡信号DDS，通过使用离散傅里叶变换DFT来获得测得的压力振荡的至少一个相应选择的信号频率的相对于曲轴相位角信号KwPw的相位位置和幅值，这通过被标注为DFT(离散傅里叶变换)、PL\_SF(相应信号频率的相位位置)和Amp\_SF(相应信号频率的幅值)的块来示出。在该上下文中，在每种情况下，可以针对相应数量的不同信号频率SF\_1到SF\_X获得多个值。

[0093] 然后，基于相应选择的信号频率SF\_1...SF\_X的获得的相位位置PL\_SF和幅值Amp\_

SF,在每种情况下,如借助于对应标注的块所示的那样来获得相应相同信号频率SF<sub>1</sub>…SF<sub>X</sub>的相等相位位置线L<sub>PL</sub>和相等幅值线L<sub>Amp</sub>,这些线取决于入口阀行程相位差和出口阀行程相位差。这通过使用相应信号频率SF<sub>1</sub>…SF<sub>X</sub>的相等相位位置的参考线RL-PL以及相等幅值的参考线RL<sub>Amp</sub>来执行,这些参考线被存储在参考线特性图中或借助于相应代数模型函数来获得。为此目的,在图7中的图中示出发动机控制单元50的被标注为Sp<sub>RL</sub>/Rf的存储区域,为了获得这些线的目的,可以从所述存储区域取回相等相位位置的参考线RL<sub>PL</sub>以及相等幅值的参考线RL<sub>Amp</sub>或在存储区域中可获得的对应代数模型函数Rf(PL)和相应Rf(Amp)。

[0094] 随后,然后通过投影到由入口阀行程相位差和出口阀行程相位差生成的共同平面内来获得相应信号频率SF<sub>1</sub>…SF<sub>X</sub>的获得的相等相位位置线L<sub>PL</sub>与获得的相等幅值线L<sub>Amp</sub>的至少一个相应的共同交点,这通过被标注为SPE<sub>m</sub>(交点的获得)的块来示出。

[0095] 从图示中显而易见的是,在这里从多对相等相位位置线L<sub>PL</sub>以及相等幅值线L<sub>Amp</sub>获得多个交点,并且从多个交点获得平均值,其由被标注为Mw<sub>SP</sub>(交点的平均值)的块示出。这用于增加该方法的精确度。

[0096] 最后,从相应信号频率的相等相位位置线L<sub>PL</sub>与相等幅值线L<sub>Amp</sub>的交点Mw<sub>SP</sub>的获得的平均值确定入口阀行程相位差 $\Delta$ EVH和出口阀行程相位差 $\Delta$ AVH,这由对应标注的块来示出。

[0097] 此外,图7示出了在上文所描述的方法之前根据参考入口阀行程相位差和参考出口阀行程相位差的相等相位位置测量参考内燃发动机的步骤,以便确定空气进气道中的压力振荡信号的选择的信号频率的参考线RL<sub>PL</sub>以及相等幅值的参考线RL<sub>Amp</sub>,并且在每种情况下根据参考入口阀行程相位差和参考出口阀行程相位差将压力振荡信号的选择的信号频率的相等相位位置的参考线以及相等幅值的参考线存储在参考线特性图中,如由被RL<sub>PL</sub>/RL<sub>Amp</sub>标注的块所象征性地示出的。

[0098] 被标注为Rf(PL)/Rf(Amp)的块包含代数模型函数的推导,基于先前获得的参考线特性图,根据参考入口阀行程相位差和参考出口阀行程相位差的相等相位位置,所述代数模型函数表示为压力振荡信号的选择的信号频率的参考线函数Rf(PL)(相等相位位置的相应参考线的轮廓)以及相等幅值的参考线函数RF(Amp)(相等幅值的相应参考线的轮廓)。

[0099] 参考线特性图或相等相位位置的参考线函数以及相等幅值的参考线函数然后被存储在相应成批生产的内燃发动机的发动机控制单元50 CPU的存储区域Sp<sub>RL</sub>/Rf中,其中它们是可获得的以用于执行根据本发明的如在上文讨论的方法。

[0100] 由围绕框图中的对应块的虚线所示出的边界象征性地表示相应成批生产的内燃发动机的电子的、可编程的发动机控制单元50(CPU)之间的分界线,所述方法在该CPU上被执行。

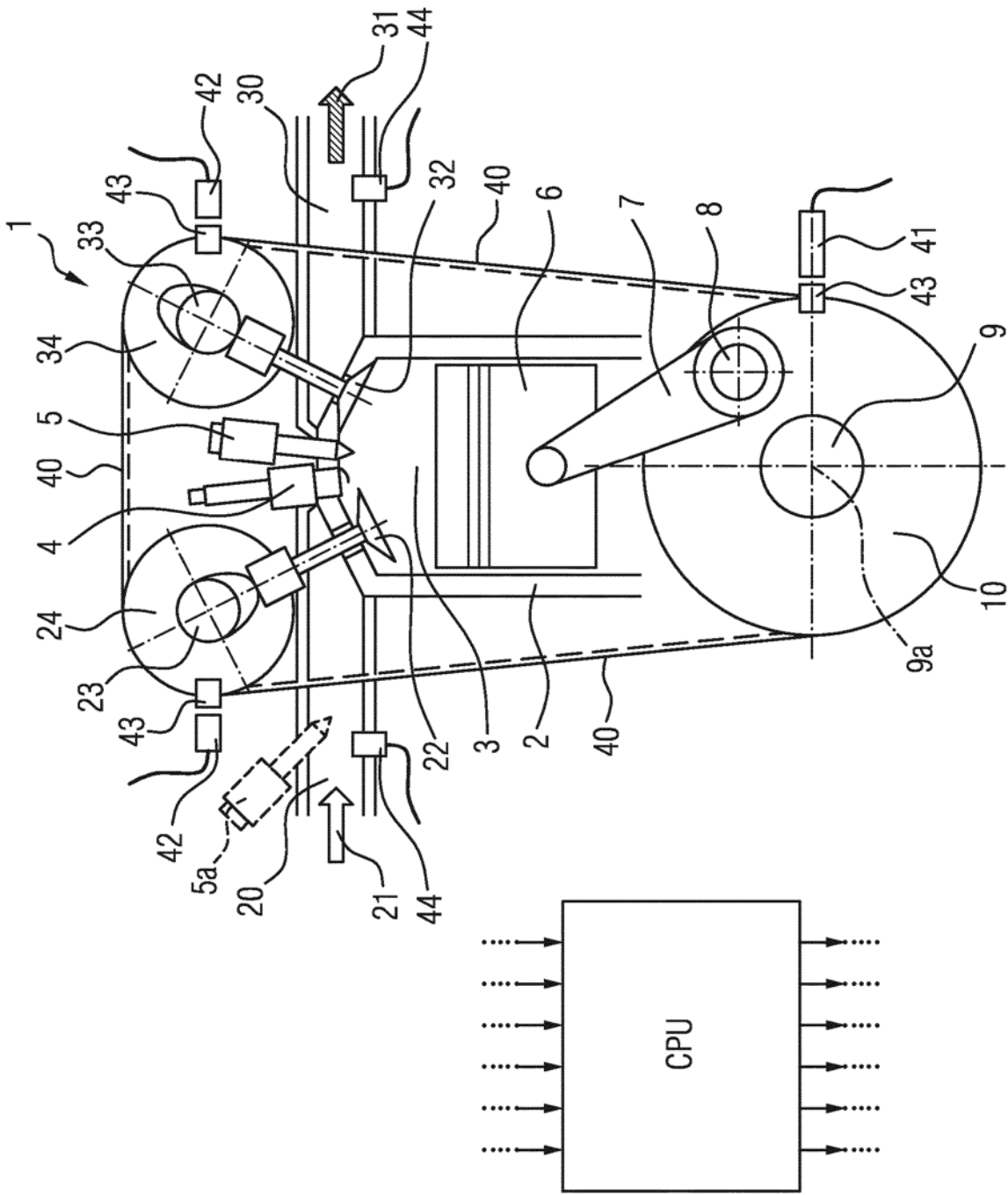


图 1

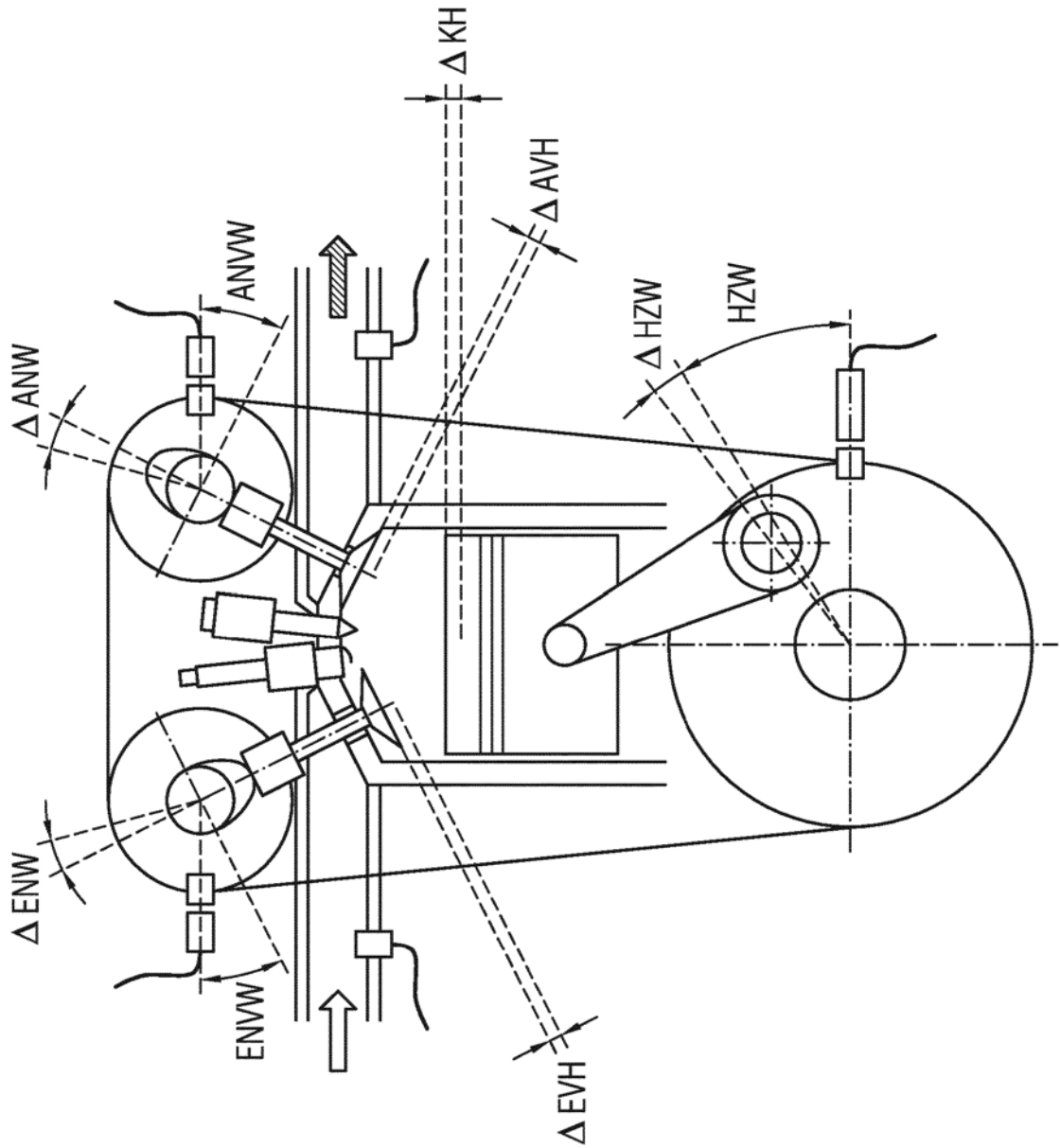


图 2

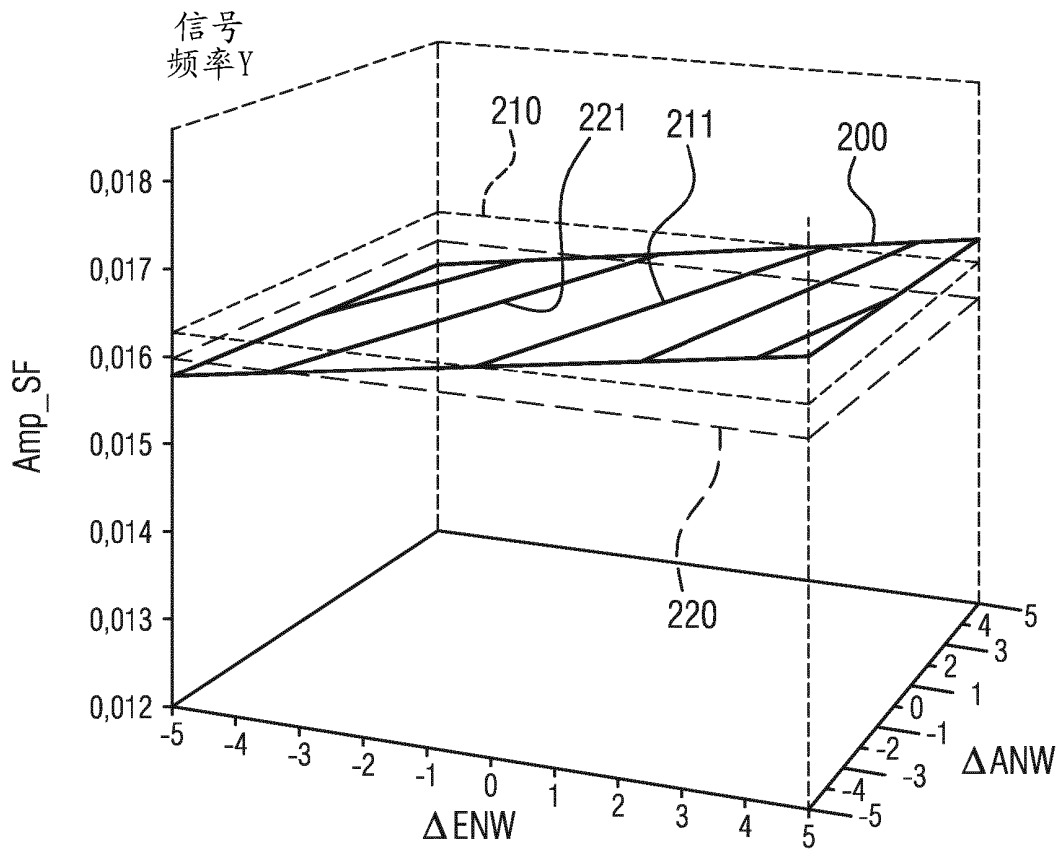
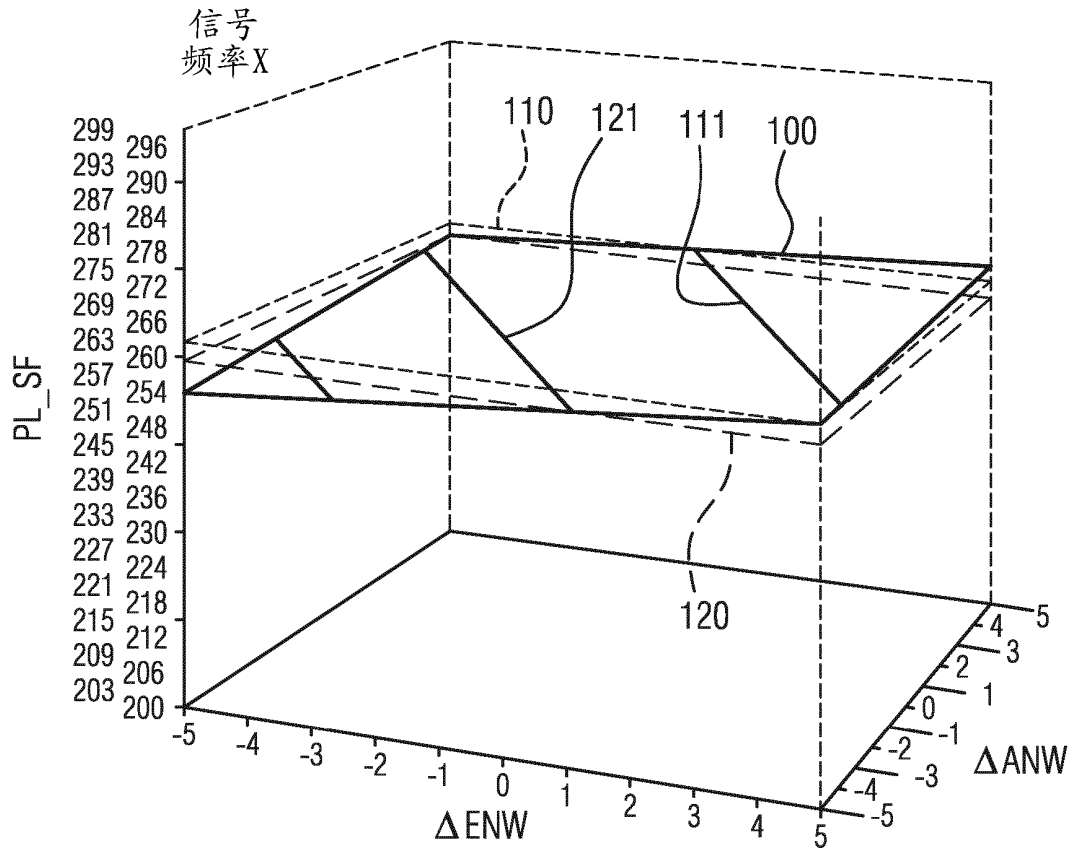


图 3

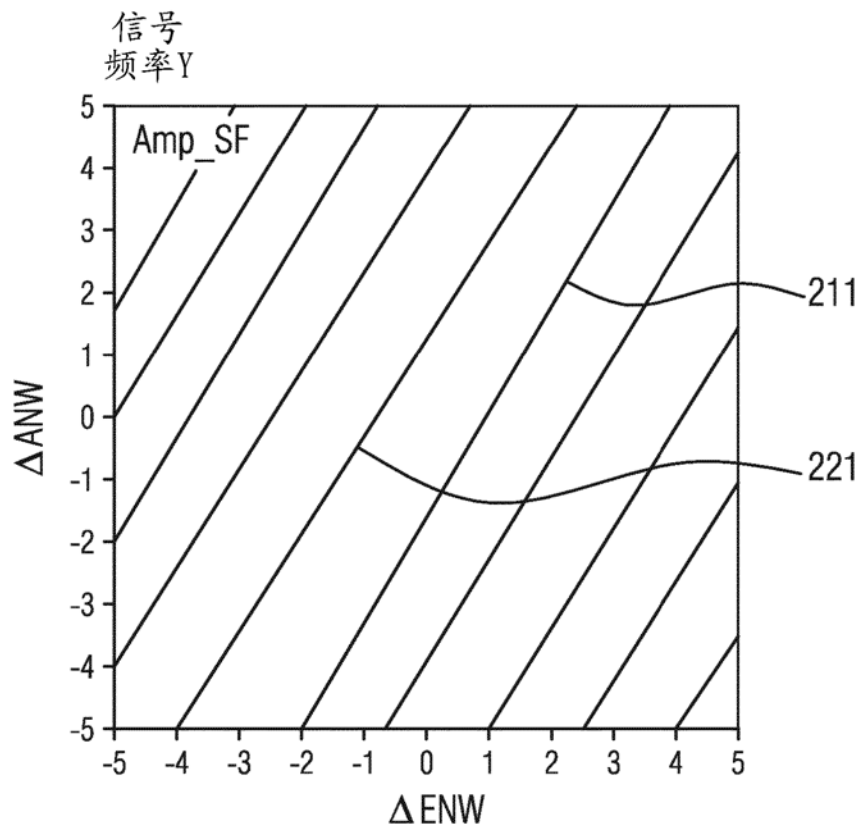
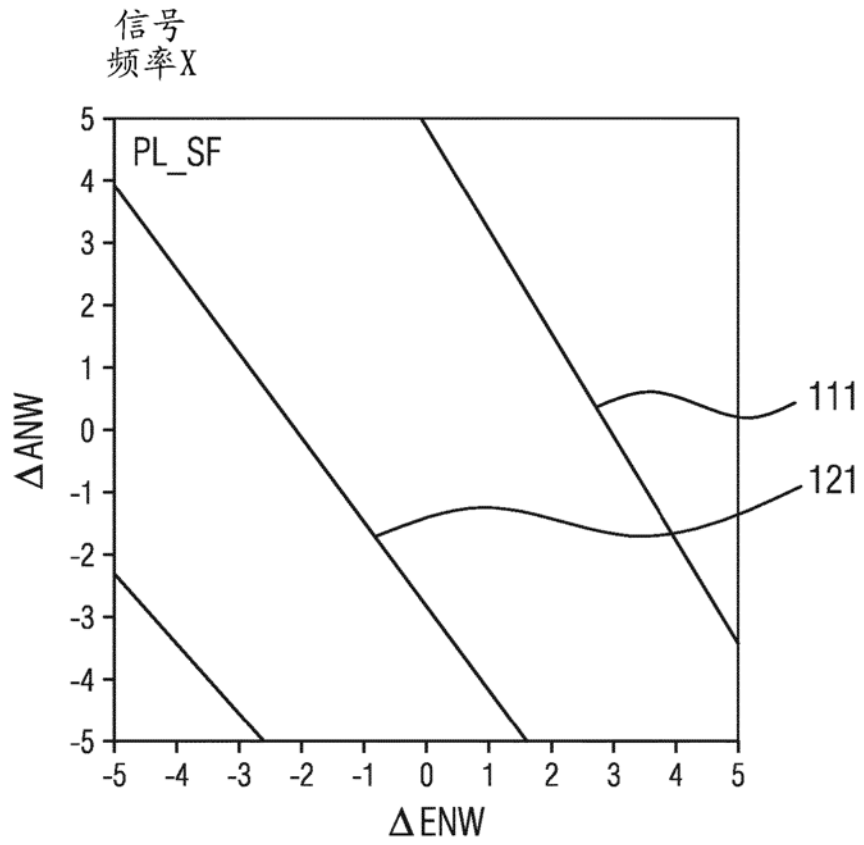


图 4

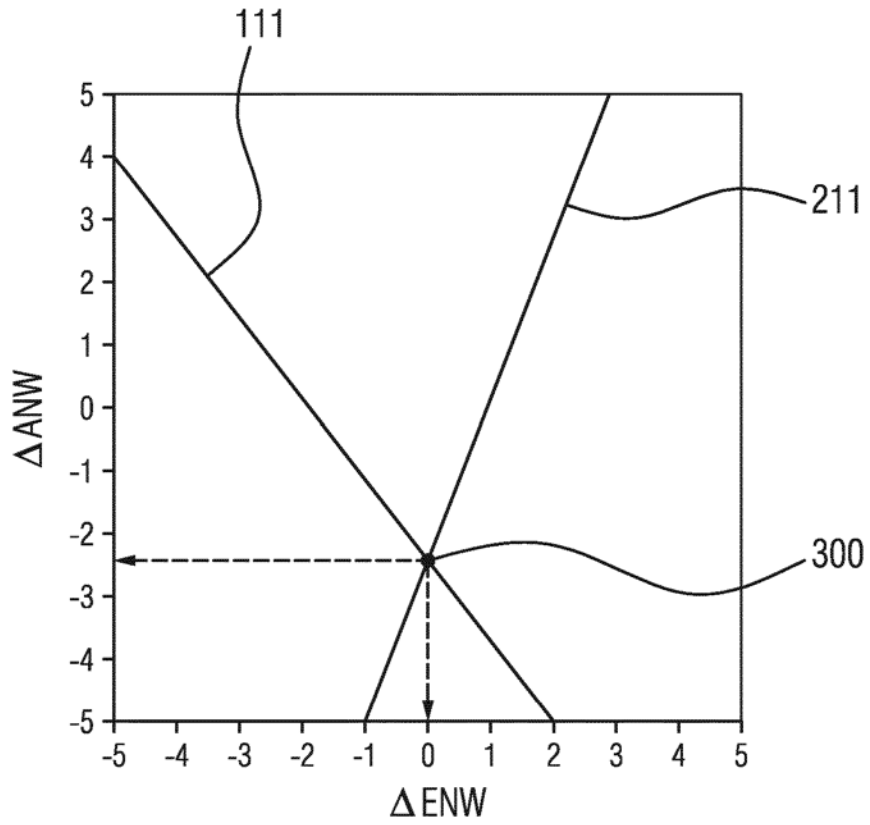


图 5

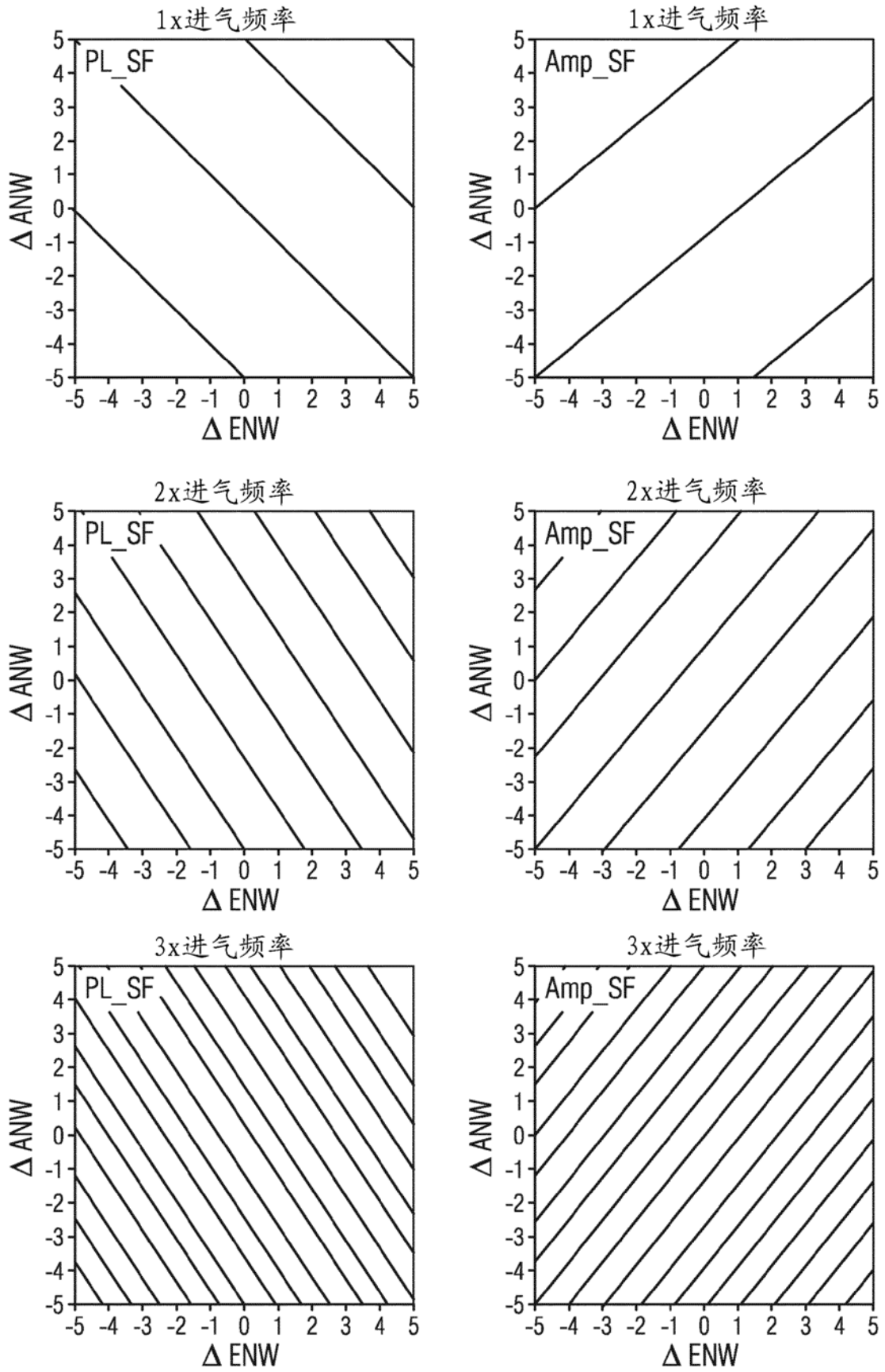


图 6

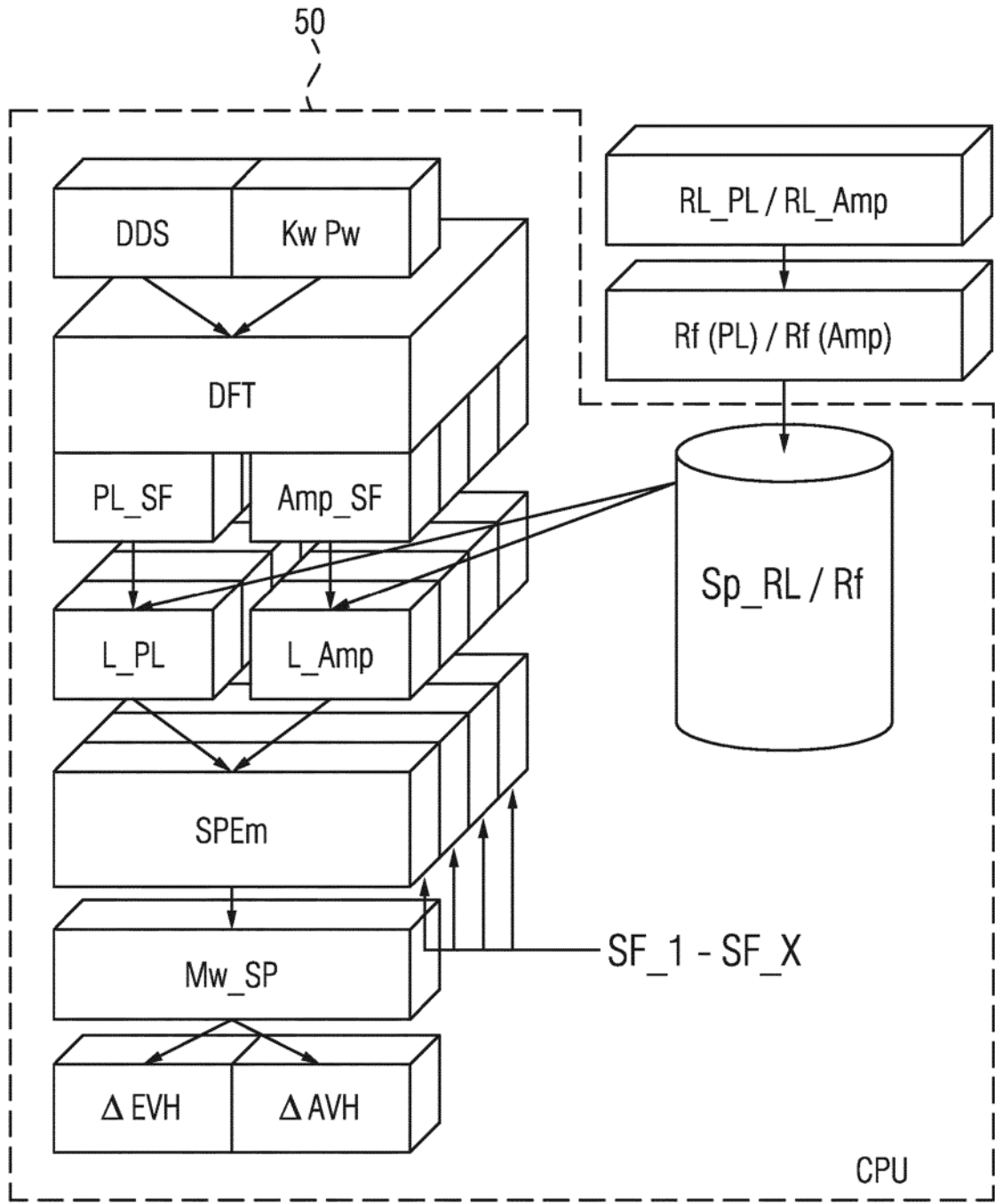


图 7