



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101410698 B

(45) 授权公告日 2012.04.25

(21) 申请号 200780008923.X

(22) 申请日 2007.03.06

(30) 优先权数据

11/375,168 2006.03.14 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008.09.12

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/005802 2007.03.06

(87) PCT申请的公布数据

W02007/106359 EN 2007.09.20

(73) 专利权人 罗斯芒特公司

地址 美国明尼苏达州

(72) 发明人 斯科特·R·弗斯 科克·A·亨特

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 汤保平

(51) Int. Cl.

G01F 1/60(2006.01)

(56) 对比文件

US 6505517 B1, 2003.01.14, 说明书第 2 栏第 45 行 - 第 4 栏第 23 行、附图 3-4.

US 6453272 B1, 2002.09.17, 全文.

US 4309909, 1982.01.12, 全文.

US 4709583, 1987.12.01, 全文.

US 4651286, 1987.03.17, 说明书第 5 栏第 20 行 - 第 7 栏第 57 行、附图 1.

WO 2005/001395 A1, 全文.

审查员 徐秋杰

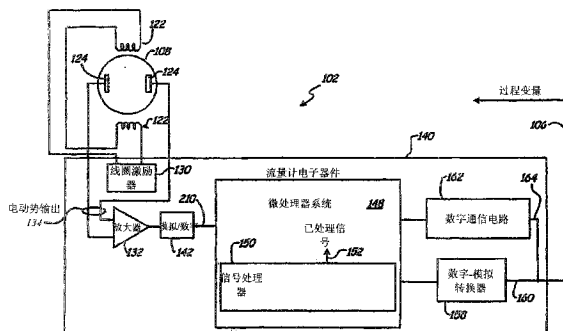
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 8 页

(54) 发明名称

用于测量过程流体流量的磁流量计及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种用于测量过程流体流量的磁流量计及方法,该磁流量计(102)带有一个线圈(122),该线圈经过配置,可向过程流体施加一个磁场。各电极(124)经过妥善排列,用以检测与所施加磁场和流体流量有关的流体电压信号。模拟-数字转换器(142)提供数字输出,而该数字输出内包含大量与被检流体电压信号有关的数字样本。计算电路(148)接收数字化样本,并以应答方式提供与流量有关的输出。



1. 一种用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:包括
  - 一用于向过程流体施加磁场的线圈;
  - 一用于向线圈施加线圈激励信号的线圈激励器;
  - 电极,用于检测与所施加磁场和流体流量有关的流体电压信号;
  - 一用于提供数字输出的模拟-数字转换器,该数字输出内包含大量与被检流体电压信号有关的数字样本;以及
    - 一计算电路,用于按照非线性滤波器的技术性能接收并过滤数字化样本,并相应提供与流量有关的输出;
  - 所述计算电路转换至少部分数字化的被检流体电压信号;
  - 所述部分数字化的被检流体电压信号包括流体电压信号半衰期的后面部分。
2. 根据权利要求1所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述计算电路包括微处理器系统实现的软件。
3. 根据权利要求1所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述非线性滤波器包括中值滤波器。
4. 根据权利要求1所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述部分数字化的被检流体电压信号包括流体电压半衰期的20%。
5. 根据权利要求1所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述转换与线圈激励信号实现同步。
6. 根据权利要求1所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述计算电路计算数字样本部分的平均值。
7. 根据权利要求6所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述平均值取值周期为线圈激励信号周期。
8. 根据权利要求1所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:包括用于过滤数字样本的低通滤波器。
9. 一种用于测量过程流体流量的磁流量计,包括
  - 一向过程流体施加磁场的线圈;
  - 一向线圈施加线圈激励信号的线圈激励器;
  - 经排列的电极,用于检测与所施加磁场和流体流量有关的流体电压信号;
  - 可提供数字输出的模拟-数字转换器,该数字输出内包含大量与被检流体电压信号有关的数字样本;
  - 一计算电路,可接收并过滤数字化样本,并通过转换至少部分数字化被检流体电压信号,提供与流量有关的输出;
  - 所述部分数字化被检流体电压信号包括流体电压信号半衰期的后面部分。
10. 根据权利要求9所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述计算电路用于按照非线性滤波器的技术要求对样本进行过滤。
11. 根据权利要求9所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述计算电路包括微处理器系统实现的软件。
12. 根据权利要求10所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述非线性滤波器包括中值滤波器。

13. 根据权利要求 9 所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述数字化被检流体电压信号包括流体流量信号半衰期的 20%。

14. 根据权利要求 9 所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述转换与线圈激励信号实现同步。

15. 根据权利要求 9 所述的用于测量过程流体流量的磁流量计,其特征在于:所述计算电路用于计算数字样本部分的平均值。

16. 一种用于测量过程流体流量的方法,包括:

向接近过程流体的线圈施加一个线圈激励信号,因而向过程流体施加了一个磁场;

检测与所施加磁场和流体流量有关的过程流体内的流体电压信号;

利用非线性滤波器过滤电压信号的样本;

转换至少部分数字化的被检流体电压信号;

所述部分数字化的被检流体电压信号包括流体电压信号半衰期的后面部分;以及

基于已过滤的样本进行流量输出。

17. 根据权利要求 16 所述的用于测量过程流体流量的方法,其特征在于:所述非线性滤波器包括中值滤波器。

## 用于测量过程流体流量的磁流量计及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于检测工业生产设备内部流动液体的磁流量计。特别地,本发明还涉及到此类磁流量计内电极所检测到的噪声。

### 背景技术

[0002] 磁流量计配备有一根电气绝缘流量测定管,用于输送流经电磁体和电极的液体。电极置于流量测定管内,并与流体之间形成电接触。该电极可检测电动势 (EMF),因为在液体内部受到磁性感应,该电动势与流体的流速成正比,符合法拉第电磁感应定律的要求。

[0003] 除流量电动势之外,还时常接收到来自磁性流量测定管电极的杂乱噪声。该电噪声表明出现了与流动的液体有关的不良运转工况,例如不良的液体接地连接、流动液体的电阻系数过高、冲击电极的液体内部存在微粒、液体内部正在发生微粒溶解现象、液体内部正在发生化学反应、夹带有气泡等等。

[0004] 由液体引起的这种“电极噪声”可引起测量结果不稳定或发送器的流量输出发生变化。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种用于测量过程流体流量的磁流量计包括有一个线圈,该线圈经过配置,可向过程流体施加一个磁场。各电极被用来检测与所施加磁场和液体流量有关的流体电压信号。模拟-数字转换器提供数字输出,而该数字输出内包含大量与被检流体电压信号有关的数字样本。计算电路接收数字化样本,并相应提供与流量有关的输出。

[0006] 设计一种用于测量过程流体流量的方法,包括步骤:

[0007] 向接近过程流体的线圈施加一个线圈激励信号,因而向过程流体施加了一个磁场;

[0008] 检测与所施加磁场和流体流量有关的过程流体内的流体电压信号;

[0009] 利用非线性滤波器过滤电压信号的样本;以及

[0010] 基于已过滤的样本进行流量测定。

[0011] 设计一种用于测量过程流体流量的方法,包括

[0012] 向接近过程流体的线圈施加一个线圈激励信号,因而向过程流体施加了一个磁场;

[0013] 检测与所施加磁场和流体流量有关的过程流体内的电压信号;

[0014] 转换至少一部分的样本;以及

[0015] 基于已转换的样本,提供与流量有关的输出。

### 附图说明

[0016] 图 1 为包括磁流量计过程控制系统示意图。

[0017] 图 2 为图 1 所示磁流量计的局部剖视图。

- [0018] 图 3 为图 2 所示磁流量计的各元件简化方框图。
- [0019] 图 4 所示为磁流量计的线圈定时器、电极电压和线圈电流信号及对应时间的图表。
- [0020] 图 5 为锁定放大器的简化方框图。
- [0021] 图 6 为通过软件实现的锁定放大器的放大方框图。
- [0022] 图 7 为通过磁流量计软件实现的各步骤的流程图。
- [0023] 图 8 为与图 7 类似的流程图,以图示方式说明了为降低噪声而减少原始电压传感器信号低频元件的方式。

### 具体实施方式

- [0024] 以下结合附图所示的最佳实施例作进一步详述。
- [0025] 提供一种磁流量计和方法,依据非线性滤波器的要求,转换部分流体电压信号和/或过滤流体电压信号,以降低噪声灵敏度。
- [0026] 在图 1 中,磁流量计 102 的典型环境为 100。在图 1 中,磁流量计 102 与过程管 104 连接,而过程管还与控制阀 106 连接。磁流量计 102 为一种过程变量发送器的实例,经过配置可用于监控与过程装置及其它流体过程装置内部的流体(例如位于化学制品、纸浆、石油、气体、医药、食品和其它流体加工装置内部的薄浆、液体、蒸汽和气体)有关的一个或多个过程变量。在磁流量计内部,被监控的过程变量与通过流量测定管 108 的过程流体的速度有关。磁流量计 102 的输出经过配置后通过通信总线 112 的长距离输送,进入控制器或指示器。在典型的过程装置内部,通信总线 112 可以是 4-20 毫安培电流回路、场总线连接、脉冲输出/频率输出、哈特协议(HART)通信以太网或光纤连接至系统控制器/监视器 110 等控制器。系统控制器 110 经过编程后可作为过程监视器使用,可向操作员显示流量信息,或作为过程控制器使用,该过程控制器可利用控制阀 106、通过通信总线 112 对该过程实施控制。
- [0027] 图 2 给出了磁流量计 102 的透视剖视图。流量计 102 包括与流量测定管 108 连接的电子器件护罩 120。流量测定管 108 包括电磁线圈 122,该电磁线圈用于感应流经流量测定管 108 的流体的磁场。流量测定管 108 内的电极 124 配有电动势传感器,该传感器可检测由于流速和施加磁场作用而在流体内部生成的电动势,而且该传感器对噪声现象也很灵敏。位于电子器件护罩 120 内部的线圈激励电路 130(如图 3 所示)可向电磁线圈 122 提供激励信号,而电极 124 则向电动势信号放大器 132 提供电动势输出 134(也如图 3 所示)。
- [0028] 在图 3 中,方框图给出了磁流量计 102 的一实施例,该磁流量计可用于测量通过流量测定管总成 108 的导电过程流体流量。线圈 122 经过配置,可在流体流量内部施加一个外部磁场,以响应由线圈激励器 130 所施加的激励电流。电动势传感器(电极)124 与流体流量之间存在电气连接,并向放大器 132 提供电动势信号输出 134,而该放大器与因施加磁场、流体速度和噪声作用而在流体流量内部生成的电动势有关。模拟-数字转换器 142 可向微处理器系统 148 提供数字化电动势信号。信号处理器 150 在流量计电子器件 140 的微处理器系统 148 内部实现,该信号处理器与电动势输出 134 连接,可提供与流体速度有关的输出 152。
- [0029] 微处理器系统 148 可根据法拉第定律中定义的电动势输出 134 和所述流速之间的

关系,计算出通过流量测定管 108 的流体的速度,计算公式如下:

$$[0030] \quad V = \frac{E}{kBD} \quad \text{公式 1}$$

[0031] 式中,E 可为与电动势输出 134 有关的信号输出 152,V 为流体的速度,D 为流量测定管 108 的直径,B 为流体内部磁场的强度,k 为比例常数。微处理器系统 148 可根据已知的方法,利用该速度计算出过程流体的流量。与微处理器系统 148 连接的数字-模拟转换器 158 可生成模拟发送器输出 160,用以连接通信总线 106。数字通讯回路 162 生成数字发送器输出 164。如有要求,可将模拟输出 160 和数字输出 164 连接至过程控制器或监视器。

[0032] 如以上所述,磁流量计 102 利用导电流体内感生的电动势信号,进行流量测量。电动势信号处于相对较低的水平,且一般均夹杂有很高水平的过程噪声。为改善信噪比,流量计的线圈一般采用很高的激励水平,例如数百毫安的电流,以生成足够大的磁场,来产生相对于噪声而言可测量的电极电压。另外,由于磁性线圈的时间常数较大,线圈激励时均采用比较低的频率。当位于此类低频时,1/f 噪声还是相当大的。

[0033] 图 4 所示为磁流量计等的线圈定时器信号、电极电压和线圈电信号及对应时间的图表。脉冲直流磁流量计一般向流量测定管的线圈施加方波。电压须从电极部位读取,而该电极与线圈之间呈 90 度的夹角。该电压与流量测定管内部导电液体的流量成相应比例关系。一般而言,取方波各半的最后 20%,计算两个半衰期之间的差额,即可测量出电极电压。由于存在涡流和零位尖峰信号的影响,各半衰期的第一部分均忽略不计,以允许线圈电流因线圈时间常数的作用而稳定下来。

[0034] 锁定放大器可用于检测和测量很微弱的交流信号。这些锁定放大器可提供与交流信号均方根值成正比的直流输出。同时,锁定放大器还可利用基准信号,解调输入信号。各锁定放大器均要求提供频率和相位与输入信号相同的基准信号。一般而言,可调制来自同一信号源的输入信号,将调制后的信号作为基准信号使用,即可满足这一要求。由于基准电路对信号而言处于锁定状态,故锁定放大器可追踪输入频率的任何变化。

[0035] 图 5 为锁定放大器 200 的实施例示意图,该锁定放大器可向混合器提供信号的交流增益放大器 202。混合器 204 也可接收基准信号,并可向低通滤波器 206 提供输出。直流增益放大器 208 可放大来自低通滤波器 206 的输出。直流电平代表与基准信号同相位的输入信号的均方根值。由于锁定放大器具备跟踪特性,可采用极小的带宽,以改善信噪比。因此,锁定放大器可给出超过 100 分贝的有效“Q”值。相反,若使用正常带通滤波器,则难以获取大于 50 的“Q”值。因此,位于基准频率以外的各频率和各相位的噪声信号均被拒绝,不会对测量造成影响。即使在微弱信号受到非常大的噪声源遮蔽时,也可实现精确测量。

[0036] 图 5 所示某些或所有元件,均可利用数字信号处理器和模拟-数字转换器等装置,通过软件予以实现。例如,在一个线圈周期内,平均值滤波器可用于防止振荡(如果输入为直流)。相对于锁定放大器的硬件实现,软件实现具备多种优势,包括可配置性提高、以及更先进的滤波功能等。

[0037] 图 6 为数字信号处理器 220 内实现的锁定放大器的放大方框图。基于该配置,模拟-数字转换器 222 可向数字信号处理器 220 提供数字化信号,并同时提供来自模拟-数字转换器 224 的线圈激励信号的数字化信号。在数字信号处理器内部,混合器 226、低通滤波器 228、以及电路 230 将信息转换为流速。采用以上配置后,只需简单操作,即可实现仅将

线圈频率各半衰期的后部 20% 混合起来的目的。这样一来,电路可利用校准常数,而该校准常数适用于与现有流量测定管配套使用的模拟电路。切换线圈电流时所出现的零位尖峰信号、涡电流等瞬态效应,均可忽略不计。在实施基于阻尼时间常数的特殊应用时,低通滤波器 228 可由客户或通过其它办法进行调节,以改善信噪比。相反,硬件低通滤波器一般具备固定的传输函数。

[0038] 图 7 为简化方框图,其中给出了软件实现本发明的流程图 300。在方框 302 中,可采集到电极信号的半衰期,而在方框 304 中,半衰期的后部 20% 储存在存储缓冲区。注意,波形的任何部分均可使用,对本发明而言,并不局限于 20%。软件混合器 306 需通过软件执行,并应包括检验线圈相位是否处于方框 308 内部的高位。如果相位高,则应将控制转至方框 310。另一方面,如果线圈相位不高,则应将控制转至负责缓冲信号转换的方框 312,然后转至方框 310。在方框 310 部位,平均值滤波器应用持续时间为一个线圈周期。接着,将位于方框 314 部位的可选非线性滤波器适用于信号。方框 316 采用低通阻尼滤波器,将控制转至方框 318,并在该方框处测定已过滤 20% 缓冲的平均值。随后利用上述方框 320 所述的方法,将数据转换为流量测量结果,并在方框 322 处给出输出值。

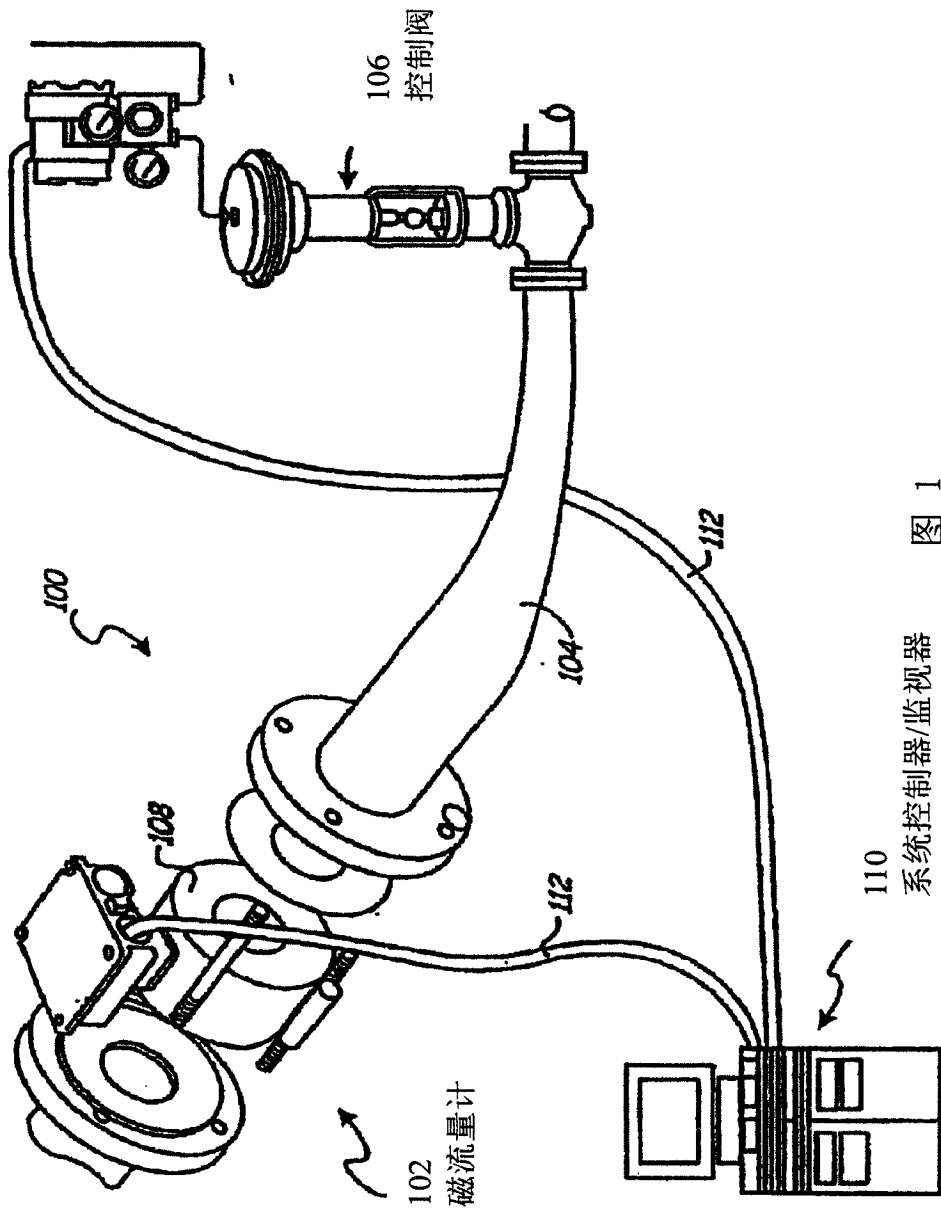
[0039] 图 8 给出了另一实施例的流程图 350。图 8 中的各要素类似于图 7 内的要素,并采用相同的编号。如图 8 所示,在方框 302 获得电极信号的半衰期之后,插入一些附加函数性。需特别说明的是,在方框 354 获得半衰期的后部 20%、并将信息储存到缓冲器之后,即将该信息提供给位于方框 356 的平均值滤波器,该平均值滤波器随后在一个线圈周期内求出这些信息的平均值,以去除流量信号。在方框 358,该已过滤的信号被作为原始信号进行减弱,以去除低频噪声。

[0040] 以上所讨论的软件锁定放大器配置在信号处理方面具备多种优势。随着频率逐步远离线圈频率,滤波器的传递函数发生较快的下降。优选地,为了消除  $1/f$  噪声,线圈频率应尽可能地高。该配置显著降低了在基准频率以外的线性信号。但是,由电极冲击等造成的非线性噪声仍可导致流量数据内出现较大的尖峰信号。为消除或降低此类尖峰信号,可采用非线性滤波器 310,作为中值滤波器使用。例如,由材料碰撞或碎片摩擦流量测定管的电极所造成的电噪声,可在电极之间的电压差内引发较大的尖峰信号。降低该噪声的一种方式就是向线圈施加较大的电流,以增大信噪比。不过,流量尖峰信号仍可显著大于所增大的信号。另一种常用于处理此类尖峰信号的方法,就是增大阻尼滤波器的时间常数。这确实可略微减弱噪声尖峰信号,但也会减少系统的响应时间,并限制控制回路对过程波动作出有效反应的方式。在方框 306 解调之后、阻尼滤波器 314 之前的部位,可插入中值滤波器 310。在本实施例的非线性滤波器中,中值滤波器在固定的窗口尺寸以内对输入数据进行分类,并使用了中点或其它各点。例如,150 毫秒中值滤波器可造成等于窗口大小一半、或 75 毫秒的延时。

[0041] 本文所述的“非线性滤波器”指任何用于消除非高斯噪声的滤波器,一般采用非正值或脉冲型噪声特征标记。非线性滤波器实例包括递归中值滤波器、加权中值滤波器、中心加权中值滤波器、置换加权中值滤波器、非线性噪声消减、以及局部投射噪声消减。另外,通过本发明的软件实现的信号检测,可与线圈激励信号同步进行。例如,当使用通过软件实现的混合器时,混合器会将所接收到的电极电压信号与线圈激励信号混合起来。当然,并不要求使用线圈激励信号自身,任何与激励信号同步的信号均可驱动该软件。

[0042] 尽管本发明是按照最佳实施例进行说明的,但本领域的技术人员还是能认识到:在不违背本发明的精神和范畴的前提下,可允许对形式和细节进行相应改动。





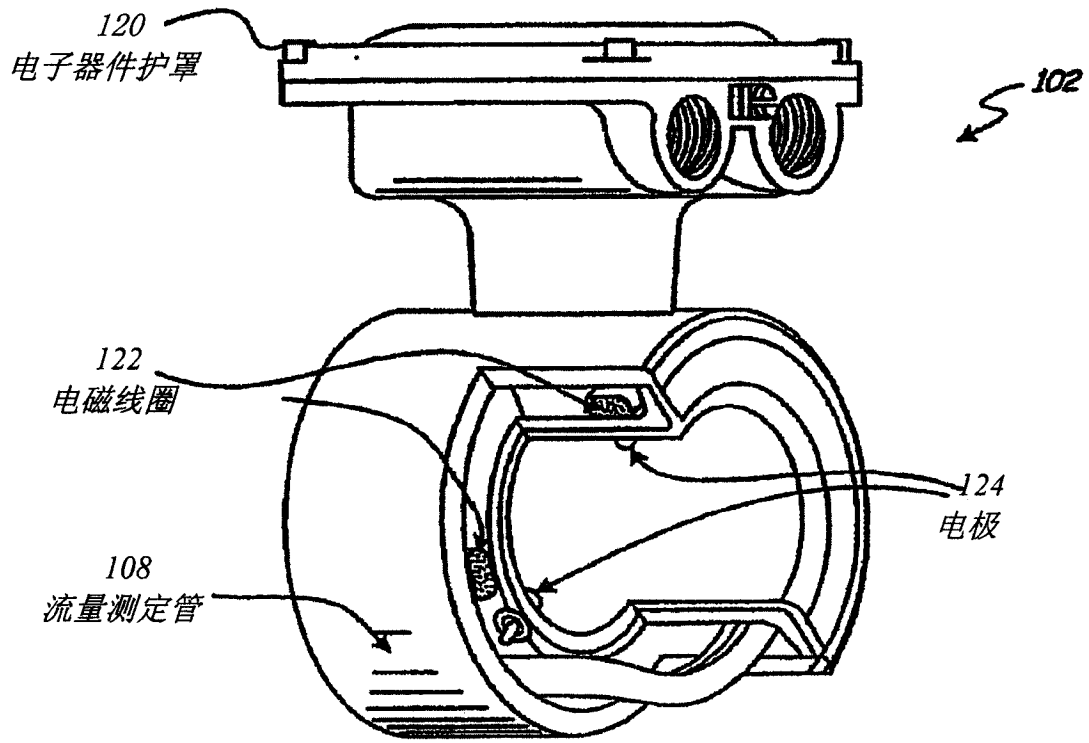


图 2

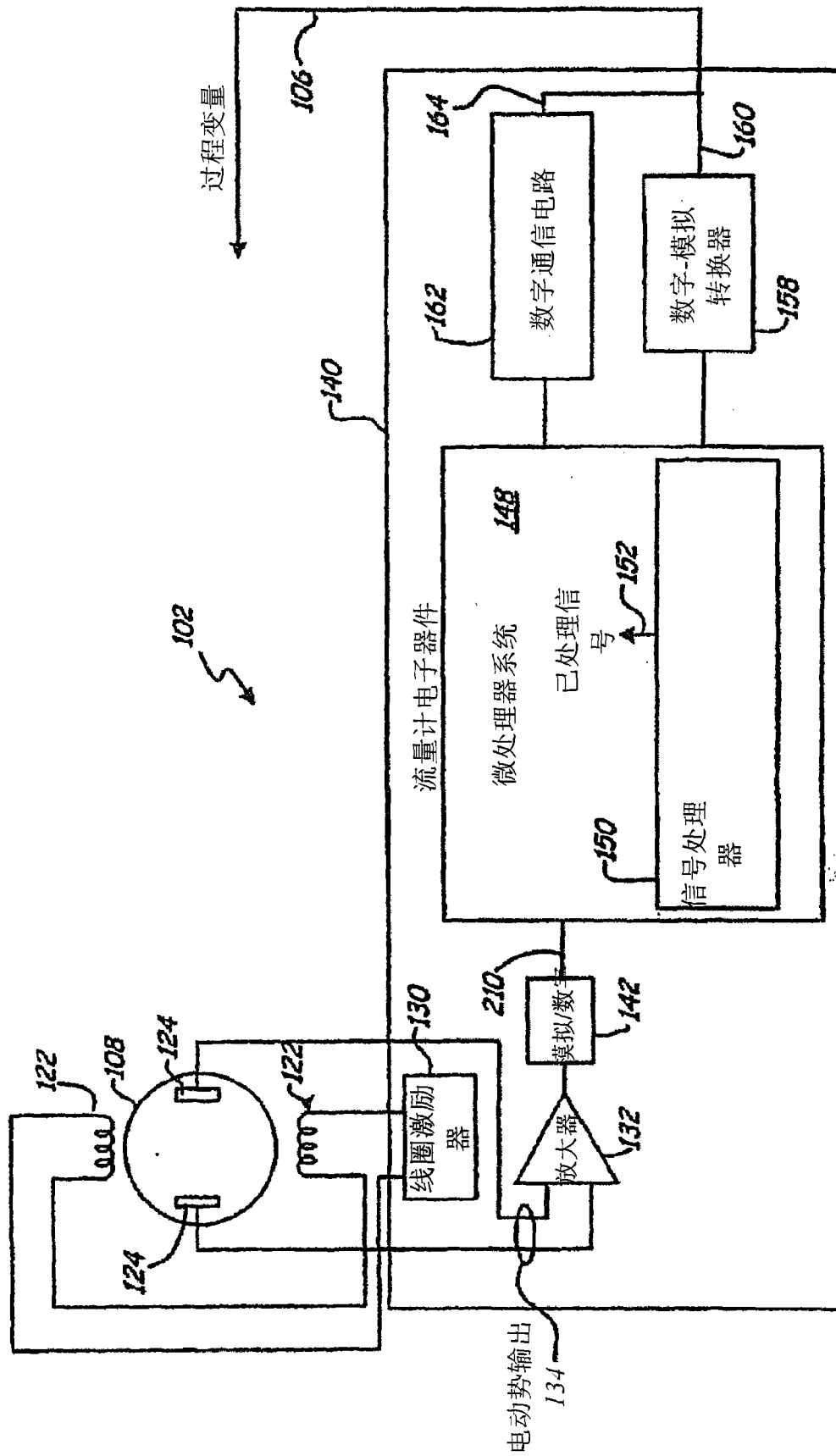


图 3

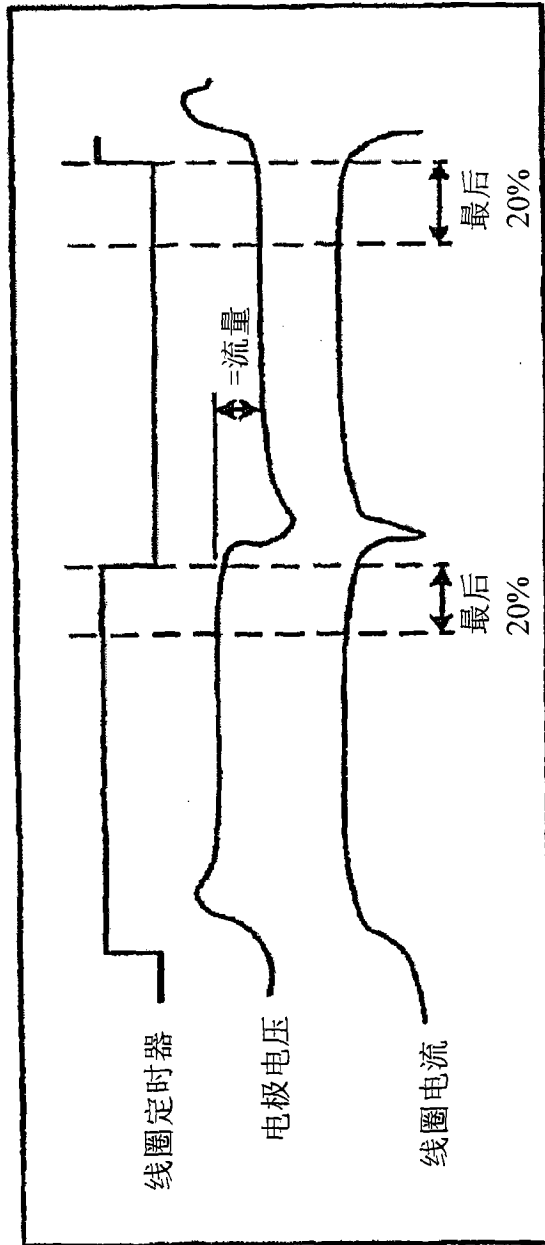


图 4

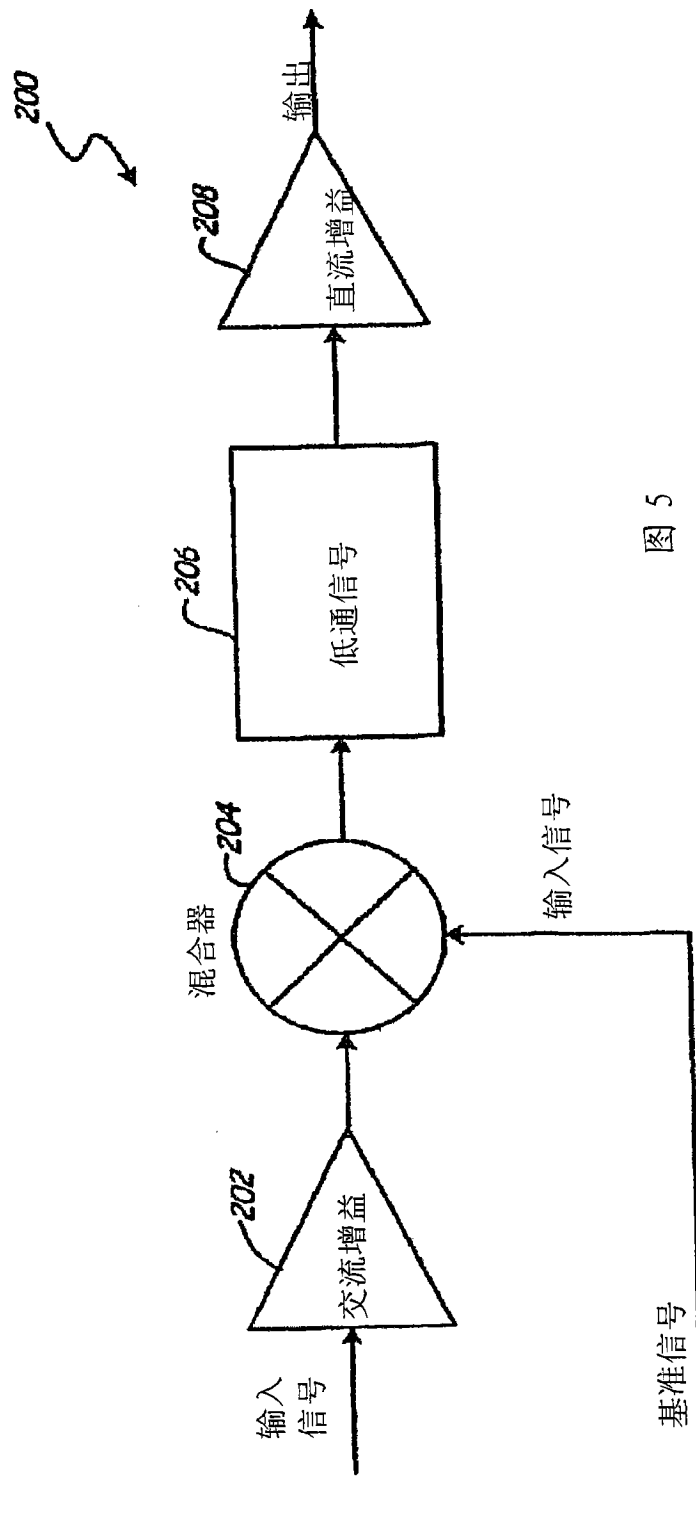


图 5

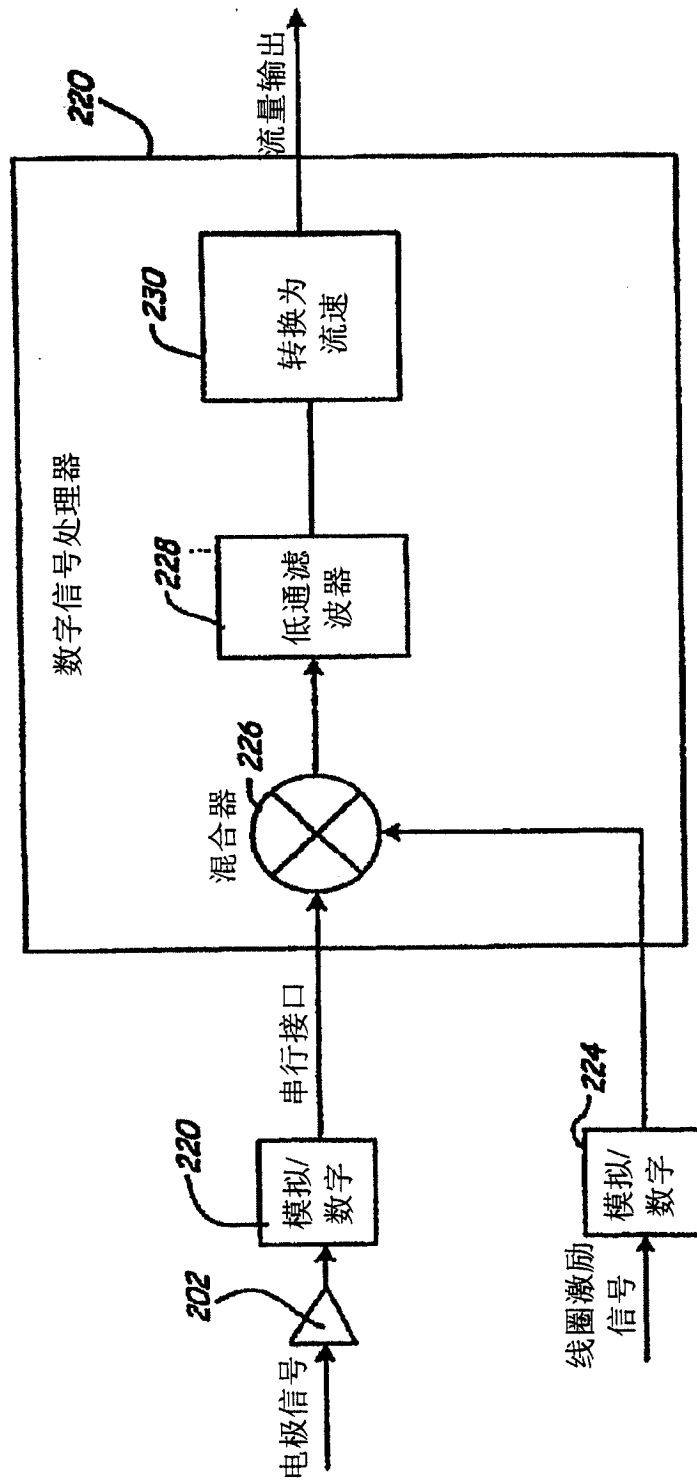


图 6

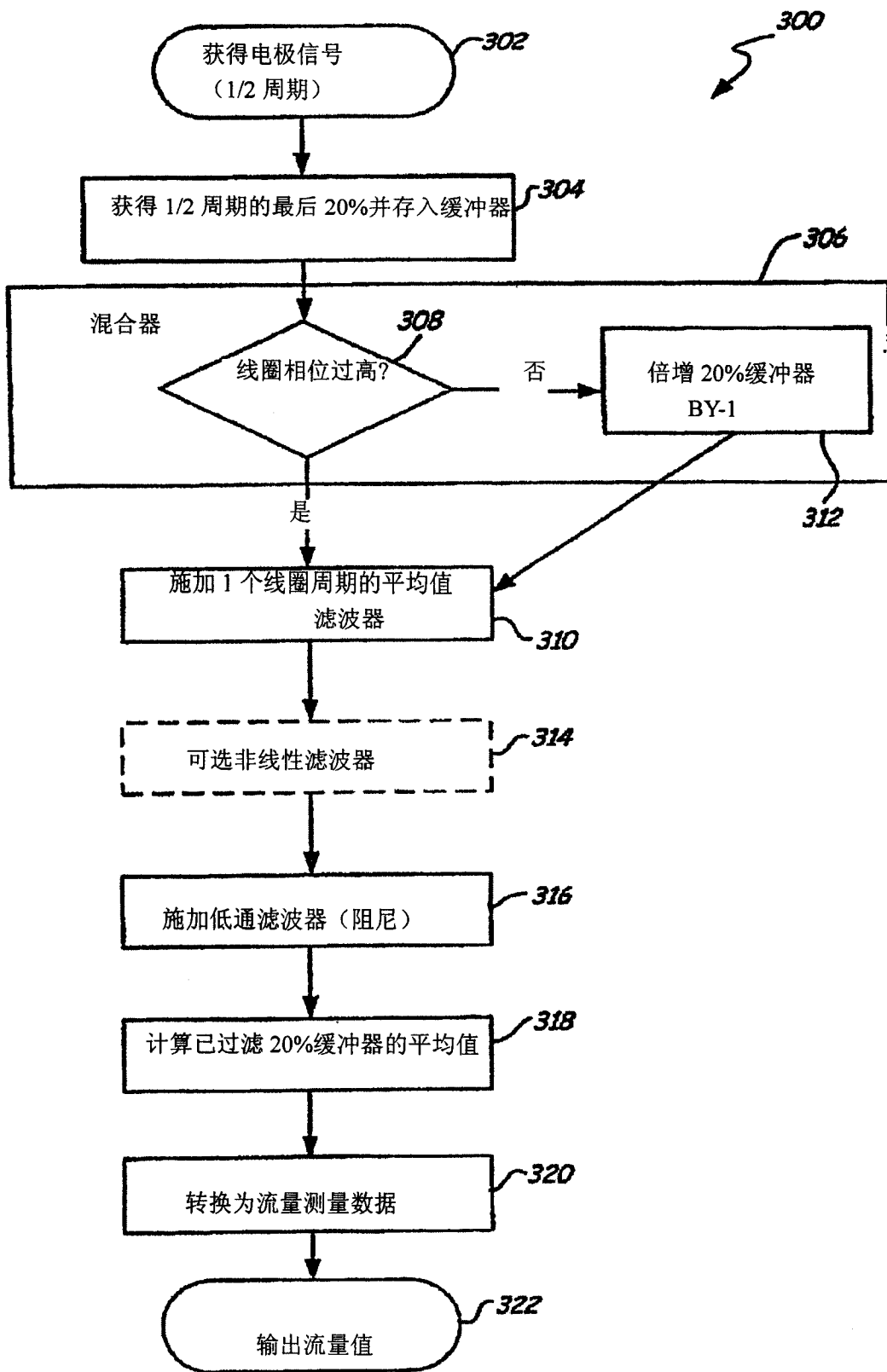


图 7

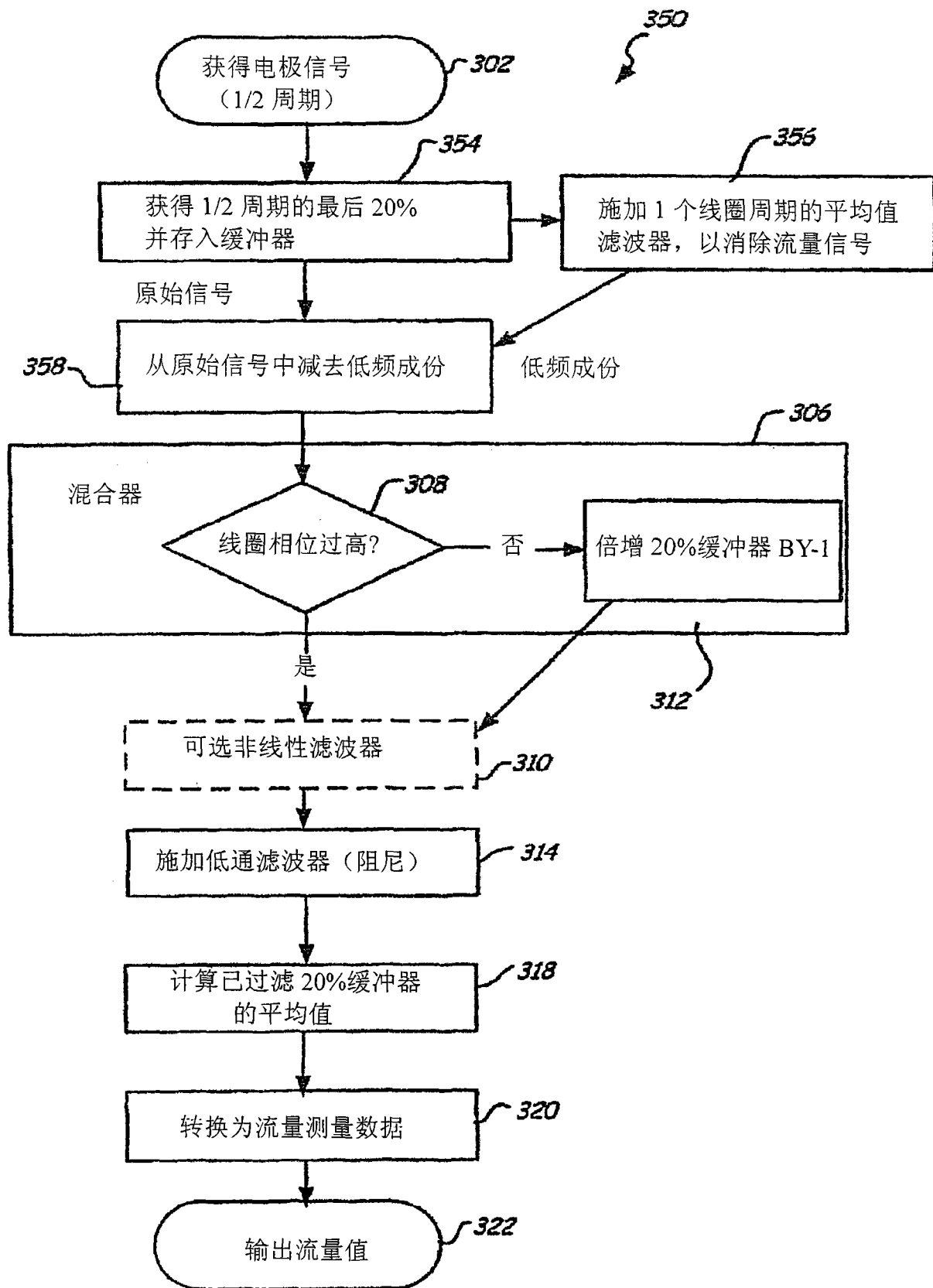


图 8