



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103427133 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201310179577. 9

CN 1967270 A , 2007. 05. 23, 说明书第 0013-0027 段 .

(22) 申请日 2013. 05. 15

WO 20111004249 A2 , 2011. 01. 13, 说明书第 0024-0072, 0083-0094 段 .

(30) 优先权数据

13/471803 2012. 05. 15 US

审查员 梁锦娟

(73) 专利权人 通用汽车环球科技运作有限责任

公司

地址 美国密执安州

(72) 发明人 R. 马特 H-J. 亨伯特

K. 科瓦尔茨克

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 冯春时

(51) Int. Cl.

H01M 10/48(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101639523 A , 2010. 02. 03, 全文 .

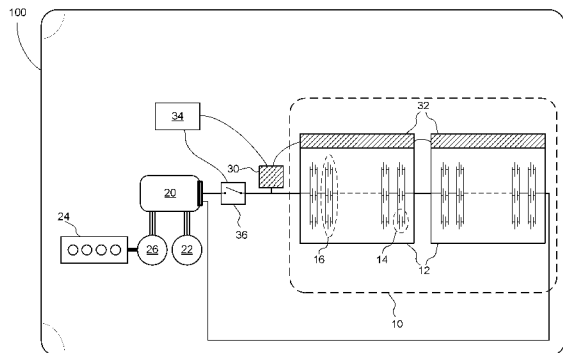
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

确定电池组中的单体的温度的方法和系统

(57) 摘要

本发明提供一种通过测量单体的阻抗和使用阻抗来确定温度而在不使用温度传感器的情况下确定电池组中的单体的温度的方法和系统。AC 电压信号被施加给电池组, 获得电压和电流数据的时间采样。电压和电流数据被缩小为感兴趣的同时的时间窗口, 对窗口处理后的电压和电流数据执行快速傅里叶变换, 以识别在一个或多个具体频率的电压和电流的幅值。电压和电流幅值被用于确定在一个或多个频率下的阻抗。最后, 阻抗被用于使用查询表确定一个或多个单体的温度, 其中, 阻抗、频率和充电状态被用作查询的输入参数。



1. 一种用于电池组中的单体的温度测量系统,所述温度测量系统包括:  
用于对所述电池组施加交流(AC)电压信号的装置;  
用于测量所述电池组中的单体组上的电压的电压传感器,其中,所述单体组包括并联的一个或多个单体,所述电压传感器提供所述单体组的电压信号;  
用于测量电池组电流的电流传感器,所述电流传感器提供所述电池组的电流信号;  
接收所述电压信号和所述电流信号并且将这些信号减少为同时的时间窗口的窗口处理模块;

对所述时间窗口的电压信号和电流信号执行快速傅里叶变换的快速傅里叶变换(FFT)模块,以便提供一个或多个频率下的电压和电流幅值;以及

计算模块,所述计算模块由所选频率下的电压幅值和电流幅值计算单体组的阻抗,并且使用阻抗和所选频率、以及充电状态值来确定单体组的温度。

2. 如权利要求 1 所述的温度测量系统,其中,阻抗被测量并且被用于确定所述电池组中的每个单体组的温度。

3. 如权利要求 1 所述的温度测量系统,其中,所述电池组用在机动车辆或混合机动车辆中。

4. 如权利要求 3 所述的温度测量系统,其中,所述用于施加 AC 电压信号的装置包括为驱动马达提供功率的牵引逆变器。

5. 如权利要求 4 所述的温度测量系统,其中,所述 AC 电压信号由于所述牵引逆变器为驱动马达提供功率而自然地产生。

6. 如权利要求 4 所述的温度测量系统,其中,所述 AC 电压信号专门为了阻抗测量的目的而模拟地产生。

7. 如权利要求 1 所述的温度测量系统,其中,所述窗口处理模块、所述 FFT 模块和所述计算模块包括在电池组控制器中。

8. 如权利要求 7 所述的温度测量系统,其中,所述电池组控制器使用单体组的温度来估计所述单体组的性能和健康状态。

9. 如权利要求 1 所述的温度测量系统,其中,所述计算模块使用查询表基于阻抗、所选频率和充电状态来确定单体组的温度。

10. 一种用于包括基于阻抗的温度测量的机动车辆的电池组系统,所述电池组系统包括:

包含多个单体组的电池组,其中,每个单体组包括并联的一个或多个单体;

为驱动马达提供功率的牵引逆变器,所述牵引逆变器还对所述电池组施加交流(AC)电压信号;

用于测量所述电池组中的每个单体组上的电压的多个电压传感器,所述电压传感器提供每个单体组的电压信号;

用于测量电池组电流的电流传感器,所述电流传感器提供所述电池组的电流信号;

接收所述电压信号和所述电流信号并且将这些信号减少为同时的时间窗口的窗口处理模块;

对所述时间窗口的电压信号和电流信号执行快速傅里叶变换的快速傅里叶变换(FFT)模块,以便提供一个或多个频率下的电压和电流幅值;以及

计算模块,所述计算模块由所选频率下的电压幅值和电流幅值计算每个单体组的阻抗,并且使用阻抗和所选频率、以及充电状态值来确定单体组的温度。

11. 如权利要求 10 所述的电池组系统,其中,所述 AC 电压信号由于所述牵引逆变器为驱动马达提供功率而自然地产生。

12. 如权利要求 10 所述的电池组系统,其中,所述 AC 电压信号专门为了阻抗测量的目的而模拟地产生。

13. 如权利要求 10 所述的电池组系统,其中,所述窗口处理模块、所述 FFT 模块和所述计算模块包括在电池组控制器中,所述电池组控制器使用单体组的温度来估计所述电池组的性能和健康状态。

14. 一种用于确定电池组中的单体温度的方法,所述方法包括:

对所述电池组施加交流(AC)电压信号;

测量所述电池组中的单体组上的电压并且提供所述单体组的电压信号,其中,所述单体组包括并联的一个或多个单体;

测量电池组电流并且提供所述电池组的电流信号;

将所述电压信号和所述电流信号减少为同时的时间窗口;

对所述时间窗口的电压信号和电流信号执行快速傅里叶变换(FFT),以便提供一个或多个频率下的电压和电流幅值;

由所选频率下的电压幅值和电流幅值计算所述单体组的阻抗;以及

使用所述阻抗和所选频率、以及充电状态值来确定所述单体组的温度。

15. 如权利要求 14 所述的方法,其中,阻抗被测量并且被用于确定所述电池组中的每个单体组的温度。

16. 如权利要求 14 所述的方法,其中,所述电池组用在电动车辆或混合电动车辆中。

17. 如权利要求 16 所述的方法,其中,所述 AC 电压信号由为驱动马达提供功率的牵引逆变器提供。

18. 如权利要求 17 所述的方法,其中,所述 AC 电压信号由于所述牵引逆变器为驱动马达提供功率而自然地产生。

19. 如权利要求 17 所述的方法,其中,所述 AC 电压信号专门为了阻抗测量的目的而模拟地产生。

20. 如权利要求 14 所述的方法,还包括使用单体组的温度来估计所述单体组的性能和健康状态。

## 确定电池组中的单体的温度的方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明总体涉及电池组中的单体温度测量,更具体地涉及用于确定电池组中的单体的温度的方法和系统,其不要求温度传感器,而是在施加给定频率的 AC 电压信号下确定每个单体的阻抗,并且使用该阻抗和充电状态来确定单体的温度。

### 背景技术

[0002] 电动车辆和汽油-电或柴油-电混合动力车辆正在当今的汽车市场迅速普及。电动和混合电动车辆提供了若干可取的特征,诸如减少或消除消费者层级的排放和基于石油的燃料消耗,和潜在地降低了运行成本。电动和混合电动车辆的关键子系统是电池组,其可以代表相当大比例的车辆成本。这些车辆中的电池组通常由多个互连的单体组成,它们能够按需输送大量功率。最大化电池组的性能和寿命是电动和混合电动车辆设计和操作中的关键问题。

[0003] 典型的电动车辆电池组包括一个或多个电池组段,每段包含串联的多个单体以提供所需的电压。为了优化电池组的性能和持久性,监测单体的温度是重要的。测量每个单独的单体的温度是不实际的或成本过高的,因此通常在电池组中的分散位置具有一些温度传感器。这些温度传感器仅测量单体的表面温度,因此来自温度传感器的数据仅能够用于确定平均的电池组温度,以及识别可能发生的任何异常高或低的温度。

[0004] 尽管使用传统的温度传感器是熟知的和比较有效的,但如果任何温度传感器失效则可能发生问题。这种失效可能导致不精确的温度读数,其可能损害电池组的性能。失效还可能要求车辆的服务访问,以便更换有缺陷的构件。此外,在电池组中所能够提供的温度传感器的数量有实际的限制。因此,每个单独的单体的温度仅能够被估计。并且,温度传感器硬件增加了整体系统的成本。

[0005] 需要一种不要求物理温度传感器的电池组单体温度测量方法。这种方法可以通过省去温度传感器而降低成本,通过避免更换失效的温度传感器而改善可靠性,以及通过提供每个单体的温度数据而不是在电池组中的几个点的温度数据来改善电池组性能和持久性。

### 发明内容

[0006] 根据本发明的教导,公开了一种通过测量单体的阻抗和使用阻抗来确定温度而在不使用温度传感器的情况下确定电池组中的单体的温度的方法和系统。AC 电压信号被施加给电池组,获得电压和电流数据的时间采样。电压和电流数据被缩小为感兴趣的的同时的时间窗口,对窗口处理后的电压和电流数据执行快速傅里叶变换,以识别在一个或多个具体频率的电压和电流的幅值。电压和电流幅值被用于确定在一个或多个频率下的阻抗。最后,阻抗被用于使用查询表确定一个或多个单体的温度,其中,阻抗、频率和充电状态被用作查询的输入参数。

[0007] 此外,本发明还涉及以下技术方案。

- [0008] 1. 一种用于电池组中的单体的温度测量系统,所述温度测量系统包括:
- [0009] 用于对所述电池组施加交流(AC)电压信号的装置;
- [0010] 用于测量所述电池组中的单体组上的电压的电压传感器,其中,所述单体组包括并联的一个或多个单体,所述电压传感器提供所述单体组的电压信号;
- [0011] 用于测量电池组电流的电流传感器,所述电流传感器提供所述电池组的电流信号;
- [0012] 接收所述电压信号和所述电流信号并且将这些信号减少为同时的时间窗口的窗口处理模块;
- [0013] 对所述时间窗口的电压信号和电流信号执行快速傅里叶变换的快速傅里叶变换(FFT)模块,以便提供一个或多个频率下的电压和电流幅值;以及
- [0014] 计算模块,所述计算模块由所选频率下的电压幅值和电流幅值计算单体组的阻抗,并且使用阻抗和所选频率、以及充电状态值来确定单体组的温度。
- [0015] 2. 如技术方案1所述的温度测量系统,其中,阻抗被测量并且被用于确定所述电池组中的每个单体组的温度。
- [0016] 3. 如技术方案1所述的温度测量系统,其中,所述电池组用在机动车辆或混合动力车辆中。
- [0017] 4. 如技术方案3所述的温度测量系统,其中,所述用于施加AC电压信号的装置包括为驱动马达提供功率的牵引逆变器。
- [0018] 5. 如技术方案4所述的温度测量系统,其中,所述AC电压信号由于所述牵引逆变器为驱动马达提供功率而自然地产生。
- [0019] 6. 如技术方案4所述的温度测量系统,其中,所述AC电压信号专门为了阻抗测量的目的而模拟地产生。
- [0020] 7. 如技术方案1所述的温度测量系统,其中,所述窗口处理模块、所述FFT模块和所述计算模块包括在电池组控制器中。
- [0021] 8. 如技术方案7所述的温度测量系统,其中,所述电池组控制器使用单体组的温度来估计所述单体组的性能和健康状态。
- [0022] 9. 如技术方案1所述的温度测量系统,其中,所述计算模块使用查询表基于阻抗、所选频率和充电状态来确定单体组的温度。
- [0023] 10. 一种用于包括基于阻抗的温度测量的机动车辆的电池组系统,所述电池组系统包括:
- [0024] 包含多个单体组的电池组,其中,每个单体组包括并联的一个或多个单体;
- [0025] 为驱动马达提供功率的牵引逆变器,所述牵引逆变器还对所述电池组施加交流(AC)电压信号;
- [0026] 用于测量所述电池组中的每个单体组上的电压的多个电压传感器,所述电压传感器提供每个单体组的电压信号;
- [0027] 用于测量电池组电流的电流传感器,所述电流传感器提供所述电池组的电流信号;
- [0028] 接收所述电压信号和所述电流信号并且将这些信号减少为同时的时间窗口的窗口处理模块;

[0029] 对所述时间窗口的电压信号和电流信号执行快速傅里叶变换的快速傅里叶变换(FFT)模块,以便提供一个或多个频率下的电压和电流幅值;以及

[0030] 计算模块,所述计算模块由所选频率下的电压幅值和电流幅值计算每个单体组的阻抗,并且使用阻抗和所选频率、以及充电状态值来确定单体组的温度。

[0031] 11. 如技术方案 10 所述的电池组系统,其中,所述 AC 电压信号由于所述牵引逆变器为驱动马达提供功率而自然地产生。

[0032] 12. 如技术方案 10 所述的电池组系统,其中,所述 AC 电压信号专门为了阻抗测量的目的而模拟地产生。

[0033] 13. 如技术方案 10 所述的电池组系统,其中,所述窗口处理模块、所述 FFT 模块和所述计算模块包括在电池组控制器中,所述电池组控制器使用单体组的温度来估计所述电池组的性能和健康状态。

[0034] 14. 一种用于确定电池组中的单体温度的方法,所述方法包括:

[0035] 对所述电池组施加交流(AC)电压信号;

[0036] 测量所述电池组中的单体组上的电压并且提供所述单体组的电压信号,其中,所述单体组包括并联的一个或多个单体;

[0037] 测量电池组电流并且提供所述电池组的电流信号;

[0038] 将所述电压信号和所述电流信号减少为同时的时间窗口;

[0039] 对所述时间窗口的电压信号和电流信号执行快速傅里叶变换(FFT),以便提供一个或多个频率下的电压和电流幅值;

[0040] 由所选频率下的电压幅值和电流幅值计算所述单体组的阻抗;以及

[0041] 使用所述阻抗和所选频率、以及充电状态值来确定所述单体组的温度。

[0042] 15. 如技术方案 14 所述的方法,其中,阻抗被测量并且被用于确定所述电池组中的每个单体组的温度。

[0043] 16. 如技术方案 14 所述的方法,其中,所述电池组用在机动车辆或混合机动车辆中。

[0044] 17. 如技术方案 16 所述的方法,其中,所述 AC 电压信号由为驱动马达提供功率的牵引逆变器提供。

[0045] 18. 如技术方案 17 所述的方法,其中,所述 AC 电压信号由于所述牵引逆变器为驱动马达提供功率而自然地产生。

[0046] 19. 如技术方案 17 所述的方法,其中,所述 AC 电压信号专门为了阻抗测量的目的而模拟地产生。

[0047] 20. 如技术方案 14 所述的方法,还包括使用单体组的温度来估计所述单体组的性能和健康状态。

[0048] 本发明的其它特征将从结合附图的以下描述和权利要求变得清楚。

#### 附图说明

[0049] 图 1 是混合电动汽车电池组和相关构件的示意图,其示出了电池组温度测量的传统方法和一种新方法;

[0050] 图 2 是作为多个温度下的输入信号频率的函数的电池单体阻抗的图;

[0051] 图 3 是在不使用温度传感器的情况下确定电池组中单独的单体温度的系统的示意图;以及

[0052] 图 4 是在不使用温度传感器的情况下确定电池组中单独的单体温度的方法的流程图。

### 具体实施方式

[0053] 本发明的实施例的以下讨论涉及通过阻抗测量来确定电池组单体温度的方法和系统,其在本质上仅仅是示例性的,绝非意图限制本发明或其应用或用途。例如,以下讨论涉及电动汽车电池组中的单体温度测量,但该方法等同地可以应用于其它车辆和非车辆应用中的电池组。

[0054] 电动汽车和汽油-电或柴油-电混合动力车辆(以下简单地统称为“电动汽车”)中的电池组通常包括几百个单独的单体。在一种流行的锂离子可充电电池化学中,每个单体现在名义上产生大约 3.7 伏,确切的值依赖于充电状态和其它因素。在模块中串联连接的很多单体提供驱动电动汽车马达所需的高电压,而多个单体可以以单体组并联布置,以便增加容量。

[0055] 图 1 是包括电池组 10 和相关构件的混合电动汽车 100 的示意图,其示出了电池组温度测量的传统方法以及如何实现一种新的方法。诸如电池组 10 的电池组通常由一个或多个段 12 组成,每个段 12 包含很多单独的电池单体 14。在一种流行的架构中,多于一个的单体 14 在单体组 16 中并联连接。在电池组 10 中,具体而言,在每个单体组 16 中包含三个单体 14。

[0056] 电池组 10 提供能量给牵引逆变器 20,该逆变器 20 将直流(DC)电池电压转换为三相交流(AC)信号,该三相交流信号被驱动马达 22 使用以推动车辆 100。发动机 24 可以用于驱动发电机 26,该发电机 26 又提供能量以便通过逆变器 20 对电池组 10 充电。外部功率(电网功率)也可以用于通过未示出的电路对电池组 10 充电。

[0057] 在典型的架构中,电压-电流-温度模块(VITM)30 监测电池组 10 的电压、电流、温度。VITM30 与电压-温度子模块(VTSM)32 通信,其中,每个段 12 被提供一个 VTSM32。VTSM32 监测每个单体组 16 上的电压,以及每个段 12 中各位置处的温度,如之前所述。VTSM32 将电压和温度数据提供给 VITM30,该 VITM30 另外地测量流入或流出电池组 10 的电流。VITM30 提供电压、电流和温度数据给电池控制器 34,该电池控制器 34 监测电池组性能并且控制电池组的操作。电池控制器 34 与车辆 100 中的其它控制器(未示出)通信,并且控制开关 36 等的操作。附图 1 中省略了与本讨论无关的其它硬件和电路。

[0058] 如上所述,在典型的电池组架构中,VTSM32 通过在电池组 10 中的各个位置处的温度传感器(未示出)来监测温度。然后,所测量的温度数据以及电压和电流数据被电池控制器 34 所使用来估计电池组 10 中的情况。然而,如同之前也提到的,期望省去温度传感器并且以其它方式确定温度。如同以下将详细描述,每个单体组 16 的阻抗可以被测量,使用阻抗和温度之间的已知关系,可以确定每个单体组 16 的温度。通过将 AC 电压信号施加给电池组 10,并且测量电池组电流和每个单体组 16 上的电压,可以测量阻抗。可以通过牵引逆变器 20 方便地提供 AC 电压信号。

[0059] 图 2 是作为多个温度下的信号频率的函数的电池单体阻抗的图 120。在图 120 中,

水平轴线 122 表示所施加的电压信号的频率, 垂直轴线 124 表示电池单体 14 或单体组 16 的阻抗。水平轴线 122 从零赫兹(Hz) 的频率或直流电流一直到大约 10000Hz 的频率。水平轴线可以方便地以对数刻度显示频率。垂直轴线 124 以欧姆或毫欧姆来显示电池单体 14 或单体组 16 的阻抗, 最大值通常是小于 20 毫欧姆。

[0060] 曲线 130 表示单体 14 在  $-25^{\circ}\text{C}$  的温度下的阻抗。曲线 132 表示单体 14 在  $-10^{\circ}\text{C}$  的温度下的阻抗。曲线 134 表示单体 14 在  $5^{\circ}\text{C}$  的温度下的阻抗。曲线 136 表示单体 14 在  $25^{\circ}\text{C}$  的温度下的阻抗。对于给定的信号频率, 阻抗根据温度而变化这一事实可以用于基于在已知的频率所测量的阻抗而确定电池单体 14 或单体组 16 的温度。实际上, 单体 14 的阻抗还随着充电状态而变化。因此, 在实际中, 查询表可以用于确定单体 14 的温度, 其对应于给定频率的已知充电状态下所测量的阻抗。查询表可以具有来自单体 14 或单体组 16 的实验室测试的数据。因此, 数据都是事先已知的, 并且可以被编程到例如电池控制器 34 中, 在其中, 其可以被用于查询电池组 10 操作期间的温度值。

[0061] 当给定图 120 中所示的阻抗和温度的关系时, 需要选择输入信号频率, 并且设计测量阻抗的装置。在图 120 中可以看到, 在低频率时, 阻抗随着温度的变化是最大的。然而, 对于测量阻抗的目的来说, 非常低的输入信号频率可能不是期望的, 因为在非常低的频率下, 大量的充电和放电能量实际上被施加到电池组 10。另一方面, 在非常高的频率下, 不同温度下的阻抗的差别较小, 因此导致温度测量的较低精度。要使用的实际频率可以选择为这些因素的折衷, 并且可以在 100-500Hz 的范围内。

[0062] 此外, 期望使用的频率是牵引逆变器 20 驱动马达 22 所自然表现出的频率。作为示例, 在车辆加速过程中, 170Hz 是通常存在于逆变器频谱中的频率。在这种情况下, 在电池组 10 放电或者将较大电流提供给逆变器 20 时, 脉动电流或者包含 170Hz 的 AC 分量的电流将在单体组 16 中被检测到, 并且可用于阻抗测量。

[0063] 图 3 是在不使用温度传感器的情况下确定阻抗并且确定电池组中单独的单体组的温度的系统 200 的示意图。之前在图 1 中所示的物体在图 3 中以相同的参考标号示出。如之前所述, 示出了其一个段 12 的电池组 10 包括串联的很多单体组 16。在该讨论中, 应该懂得, 每个单体组 16 可以包括任何适当数量的单独单体 14。也就是说, 单体组的尺寸范围可以从一个(没有并联成组的单独单体 14) 至三个或更多。

[0064] 每个单体组 16 上的电压利用电压传感器 212 测量。电压传感器 212 可以包括在 VTSM32 中, 如图 1 所示。利用电流传感器 214 测量电池组电流, 该电流传感器 214 可以包括在图 1 中所示的 VITM30 中。牵引逆变器 20 提供脉动电流或者 AC 电压信号给电池组 10。AC 电压信号可以由于逆变器 20 为驱动马达 22 提供功率而自然产生, 或者逆变器 20 可以单独为了阻抗测量而产生模拟 AC 电压信号。

[0065] 来自电压传感器 212 和电流传感器 214 的信号被窗口处理模块 220 所接收, 并且如果需要的话, 从模拟的转换为数字的。窗口处理模块 220 捕获电压和电流数据的同时的时间采样, 并且将数据缩小为感兴趣的时间窗口。窗口处理过的电压和电流数据然后提供给 FFT 模块 222, 该 FFT 模块 222 对数据执行快速傅里叶变换, 以识别在一个或多个具体频率的电压和电流的幅值。FFT 模块 222 的输出是每个单体组 16 在特定频率下的电压幅值以及电池组 10 在该特定频率下的电流幅值。

[0066] 在特定的频率下的电压和电流幅值可以被计算模块 224 所使用来根据公式(1)确



定每个单体组 16 的阻抗。

[0067]

$$Z(\omega) = \frac{U(\omega)}{I(\omega)} \quad (1)$$

[0068] 其中,  $Z(\omega)$  是在频率  $\omega$  下的阻抗,  $U(\omega)$  是在频率  $\omega$  下的电压幅值,  $I(\omega)$  是在频率  $\omega$  下的电流幅值。

[0069] 计算模块 224 使用查询表基于特定频率下的阻抗而确定每个单体组 16 的温度,如之前所述,其还需要来自框 226 的充电状态值。

[0070] 在实际的实现中,窗口处理模块 220、FFT 模块 222、以及计算模块 224 可以全部结合在图 1 所示的电池控制器 34 中。每个单体组 16 的充电状态值和所得到的温度值还可以存储在电池控制器 34 中,并且用于适当地管理电池组 10。

[0071] 图 4 是在不使用温度传感器的情况下确定阻抗并且确定电池组中单独的单体组的温度的方法的流程图 250。在框 252, AC 输入信号被施加给电池组 10,其中,输入信号可以是由牵引逆变器 20 自然产生的,或者输入信号可以是模拟产生的。分别在框 254 和 256 同时测量每个单体组 16 上的电压和电池组电流。在框 258,电压和电流的基于时间的数据信号被修剪为具体的同时的时间窗口。在框 260,对被窗口处理过的电压和电流信号执行快速傅里叶变换(FFT),以便对每个信号产生一组在具体频率下的幅值。

[0072] 在框 262,使用之前所述的公式(1)对每个单体组 16 计算一个或多个具体频率的阻抗值。在框 264,通过电池组 10 的充电状态值。在框 266,使用每个单体组 16 的阻抗值、对应于阻抗值的频率值、以及作为输入的充电状态值,从查询表 224 确定每个单体组 16 的温度。然后每个单体组 16 的温度值可以被电池控制器 34 所使用以估计电池组 10 的性能和健康状况。

[0073] 使用本文所公开的方法和系统,能够在不使用温度传感器的情况下确定电池组中的单独的单体或单体组的温度。省去温度传感器不仅降低成本,而且还从车辆除去了潜在的失效模式。此外,基于阻抗的温度测量为电池组中的每个单体或单体组提供温度数据,这对于传统的温度传感器来说是不实际的。

[0074] 前述论述仅公开和描述了本发明的示例性实施例。本发明技术人员将从该论述以及附图和权利要求容易地懂得,在不偏离以下权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下,可以做出各种改变,变换和变形。

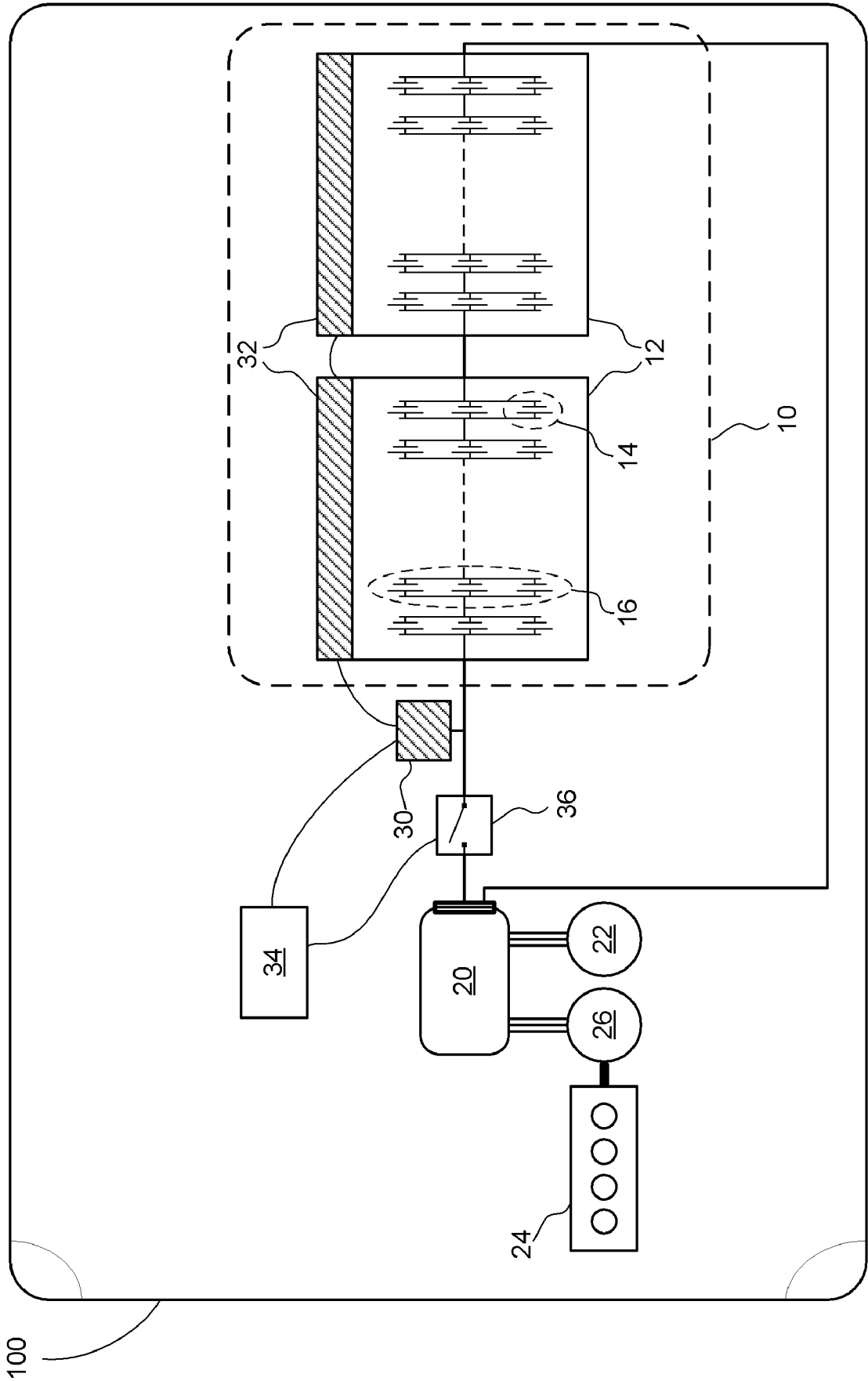


图 1

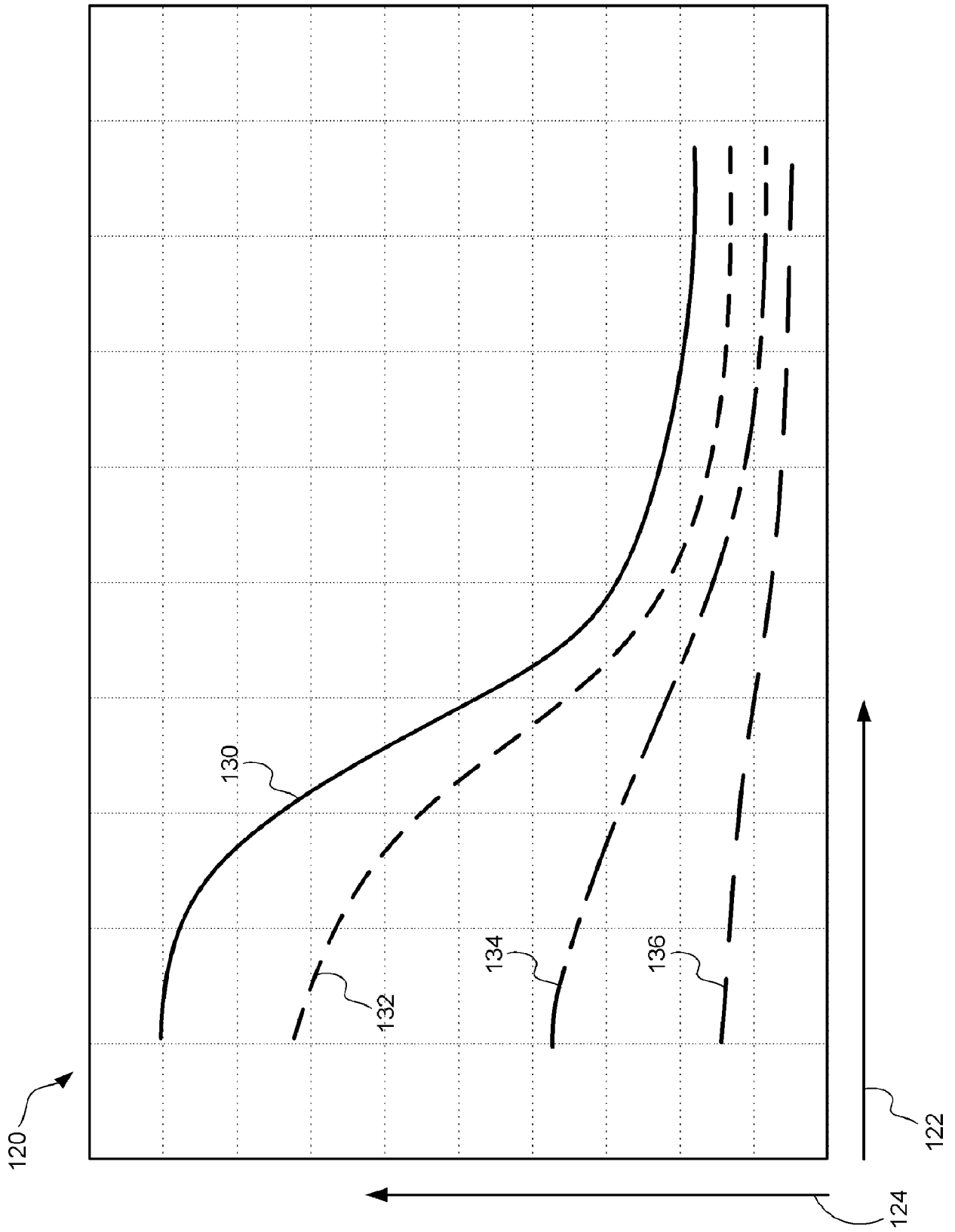


图 2

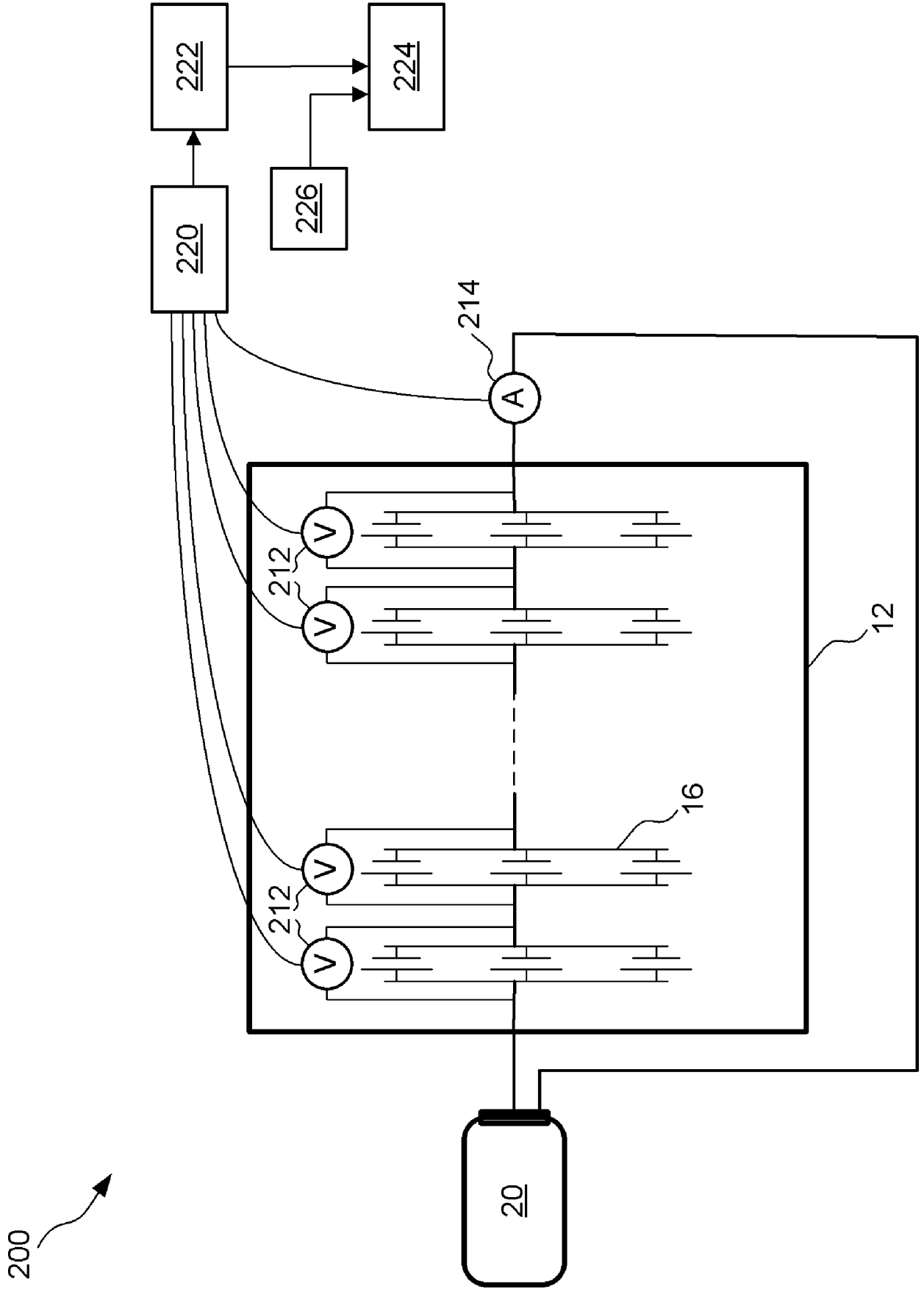


图 3

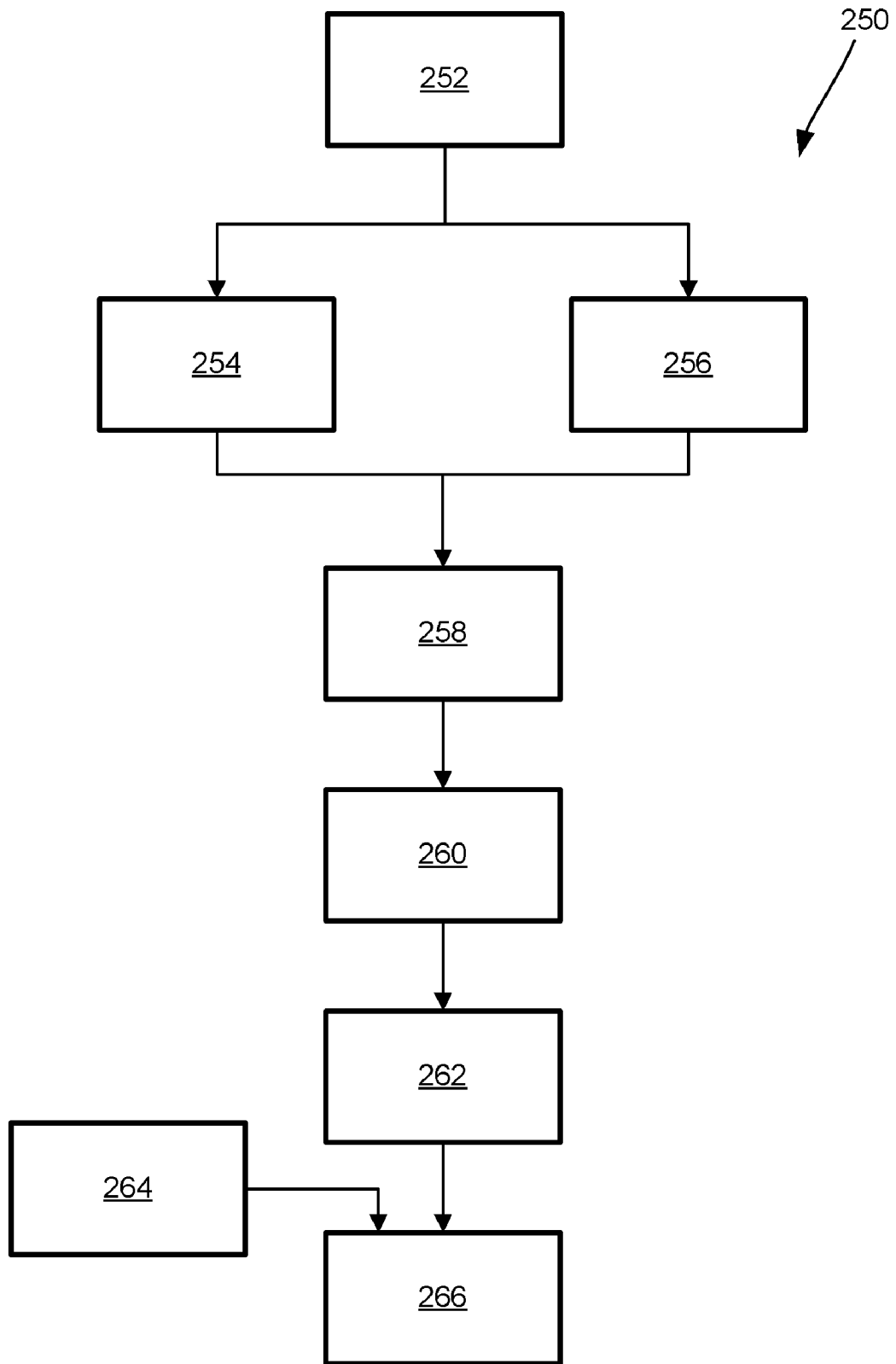


图 4