



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104169727 A

(43) 申请公布日 2014. 11. 26

(21) 申请号 201380014063. 6

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

(22) 申请日 2013. 03. 12

代理人 舒艳君 李洋

(30) 优先权数据

2012-054623 2012. 03. 12 JP

(51) Int. Cl.

2013-048214 2013. 03. 11 JP

G01R 15/18(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 09. 12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2013/056812 2013. 03. 12

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/137253 JA 2013. 09. 19

(71) 申请人 磁性流体技术株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 八田贵幸 广田泰丈

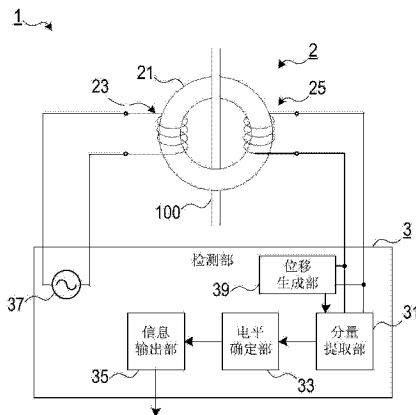
权利要求书5页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

电流传感器、传感器元件以及控制装置

(57) 摘要

本发明的电流传感器具有传感器元件和检测部。所述传感器元件具有芯部件、励磁线圈、以及检测线圈，所述芯部件通过将磁性材料形成成为环状而构成，且具有如下特性：对应于因贯穿由该环状所包围的检测领域的被检测信号的影响而变化的外部磁场，磁导率 μ 以外部磁场 0 为顶点而减少，并且，将该磁导率 μ 的变化绘制在“由外部磁场 - 磁导率 μ 所规定的坐标系”上的曲线的曲率根据外部磁场的绝对值而变大；所述传感器元件构成为，在将包含基波分量的励磁信号施加于所述励磁线圈的状态下，如果流动有所述被检测信号，则从所述检测线圈输出将与该时间点处的所述芯部件的磁导率 μ 相对应的高次谐波分量重叠于所述基波分量的信号。所述检测部具有分量提取部、电平确定部、以及信息输出部。



1. 一种电流传感器，其包含传感器元件和检测部，其特征在于，
所述传感器元件具有芯部件、励磁线圈、以及检测线圈，

所述芯部件通过将磁性材料形成为环状而构成，且具有如下特性：对应于因贯穿由该环状所包围的检测领域的被检测信号的影响而变化的外部磁场，磁导率 μ 以外部磁场 0 为顶点而减少，并且，将该磁导率 μ 的变化绘制在“由外部磁场 - 磁导率 μ 所规定的坐标系”上时的曲线的曲率根据外部磁场的绝对值而变大；

所述励磁线圈卷绕在所述芯部件上，并对该芯部件进行励磁；

所述检测线圈卷绕在所述芯部件上，并用于检测所述被检测信号，

所述传感器元件构成为，在将包含基波分量的励磁信号施加于所述励磁线圈的状态下，如果流动有所述被检测信号，则从所述检测线圈输出将与该时间点处的所述芯部件的磁导率 μ 相对应的高次谐波分量重叠于所述基波分量的信号，

所述检测部具有分量提取部、电平确定部、以及信息输出部，

所述分量提取部从所述检测线圈的输出信号提取该输出信号所包含的信号分量之中的、重叠于所述基波分量的高次谐波分量；

所述电平确定部基于使可能包含在所述输出信号中的高次谐波分量与产生该高次谐波分量时的所述被检测信号的信号电平相对应的对应关系，将与所述分量提取部所提取的高次谐波分量对应的信号电平确定为该时间点处的所述被检测信号的信号电平；

所述信息输出部向外部输出表示由所述电平确定部确定的信号电平的信息。

2. 根据权利要求 1 所述的电流传感器，其特征在于，

在所述传感器元件中还具有抵消线圈，

所述抵消线圈卷绕在所述芯部件上，并可被施加抵消信号，所述抵消信号用于抵消因所述被检测信号的影响而产生的外部磁场的变化，

所述传感器元件构成为，在施加于所述抵消线圈的抵消信号的影响下外部磁场发生变化，从而使重叠于来自所述检测线圈的输出信号的高次谐波分量发生变化，

所述检测部还具有抵消控制部，

所述抵消控制部控制对所述抵消线圈的抵消信号的施加，

所述抵消控制部对所述抵消信号的信号电平进行反馈控制以使得所述分量提取部所提取的高次谐波分量变小，

在由所述抵消控制部所进行的反馈控制开始之后，当所述分量提取部所提取的高次谐波分量变为小于规定的阈值时，所述电平确定部基于使根据所述抵消信号的信号电平被抵消的所述高次谐波分量与该高次谐波分量产生时的所述被检测信号的信号电平相对应的对应关系，对于成为所述高次谐波分量变为小于阈值的契机的抵消信号的信号电平，将与该抵消信号的信号电平对应的信号电平确定为该时间点处的所述被检测信号的信号电平。

3. 根据权利要求 2 所述的电流传感器，其特征在于，

在所述传感器元件中，

所述芯部件由第 1、第 2 芯部件构成，所述第 1、第 2 芯部件分别沿着贯穿所述检测区域的方向配置，

两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述励磁线圈

的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平，

两个所述检测线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述检测线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平，

在所述检测部中，

所述分量提取部将来自串联连接的所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取，

而且，在所述传感器元件中，

两个所述抵消线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述抵消线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平。

4. 根据权利要求 2 所述的电流传感器，其特征在于，

在所述传感器元件中，

所述芯部件由第 1、第 2 芯部件构成，所述第 1、第 2 芯部件分别沿着贯穿所述检测区域的方向配置，

两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平，

两个所述检测线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述检测线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平，

在所述检测部中，

所述分量提取部将来自串联连接的所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取，

而且，在所述传感器元件中，

所述抵消线圈为通过一并卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上而形成的一个线圈。

5. 根据权利要求 2 所述的电流传感器，其特征在于，

在所述传感器元件中，

所述芯部件由第 1、第 2 芯部件构成，所述第 1、第 2 芯部件分别沿着贯穿所述检测区域的方向配置，

两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平，

所述检测线圈为通过一并卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上而形成的一个线圈，

在所述检测部中，

所述分量提取部将来自串联连接的所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取，

而且，在所述传感器元件中，

两个所述抵消线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述抵消线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平。

6. 根据权利要求 2 所述的电流传感器，其特征在于，

在所述传感器元件中，

所述芯部件由第 1、第 2 芯部件构成，所述第 1、第 2 芯部件分别沿着贯穿所述检测区域的方向配置，

两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平，

所述检测线圈为通过一并卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上而形成的一个线圈，

在所述检测部中，

所述分量提取部将来自串联连接的所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取，

而且，在所述传感器元件中，

所述抵消线圈为通过一并卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上而形成的一个线圈。

7. 根据权利要求 1 所述的电流传感器，其特征在于，

在所述传感器元件中，

所述芯部件由第 1、第 2 芯部件构成，所述第 1、第 2 芯部件分别沿着贯穿所述检测区域的方向配置，

两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平，

两个所述检测线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述检测线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平，

在所述检测部中，

所述分量提取部将来自串联连接的所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取。

8. 根据权利要求 1 所述的电流传感器，其特征在于，

在所述传感器元件中，

所述芯部件由第 1、第 2 芯部件构成，所述第 1、第 2 芯部件分别沿着贯穿所述检测区域的方向配置，

两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平，

所述检测线圈为通过一并卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上而形成的一个线圈，

在所述检测部中，

所述分量提取部将来自所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取。

9. 根据权利要求 1 或 2 所述的电流传感器，其特征在于，
在所述传感器元件中，
还具有位移生成部，所述位移生成部基于所述检测线圈的输出信号生成通过将该输出信号的相位错开 $1/2$ 周期而形成的位移信号，
在所述检测部中，
所述分量提取部将通过重叠来自所述检测线圈的输出信号和由所述位移生成部生成的位移信号而形成的信号作为所述高次谐波分量而提取。

10. 一种传感器元件，其特征在于，
具有芯部件、励磁线圈、以及检测线圈，
所述芯部件通过将磁性材料形成环状而构成，且具有如下特性：对应于因贯穿由该环状所包围的检测领域的被检测信号的影响而变化的外部磁场，磁导率 μ 以外部磁场 0 为顶点而减少，并且，将该磁导率 μ 的变化绘制在“由外部磁场 - 磁导率 μ 所规定的坐标系”上时的曲线的曲率根据外部磁场的绝对值而变大；

所述励磁线圈卷绕在所述芯部件上，并对该芯部件进行励磁；
所述检测线圈卷绕在所述芯部件上，并用于检测所述被检测信号，
所述传感器元件构成为，在将包含基波分量的励磁信号施加于所述励磁线圈的状态下，如果流动有所述被检测信号，则从所述检测线圈输出将与该时间点处的所述芯部件的磁导率 μ 相对应的高次谐波分量重叠于所述基波分量的信号。

11. 根据权利要求 10 所述的传感器元件，其特征在于，
在所述传感器元件中，
还具有抵消线圈，所述抵消线圈卷绕在所述芯部件上，并可被施加抵消信号，所述抵消信号用于抵消因所述被检测信号的影响而产生的外部磁场的变化，
所述传感器元件构成为，在施加于所述抵消线圈的抵消信号的影响下外部磁场发生变化，从而使重叠于来自所述检测线圈的输出信号的高次谐波分量发生变化。

12. 一种控制装置，所述控制装置与权利要求 1 至 9 中任一项所述的电流传感器相连接，其特征在于，
所述控制装置具有分量提取部、电平确定部、以及信息输出部，
所述分量提取部从所述检测线圈的输出信号提取该输出信号所包含的信号分量之中的、重叠于所述基波分量的高次谐波分量；

所述电平确定部基于使可能包含在所述输出信号中的高次谐波分量与产生该高次谐波分量时的所述被检测信号的信号电平相对应的对应关系，将与所述分量提取部所提取的高次谐波分量对应的信号电平确定为该时间点处的所述被检测信号的信号电平；
所述信息输出部向外部输出表示由所述电平确定部确定的信号电平的信息。

13. 根据权利要求 12 所述的控制装置，其特征在于，
所述传感器元件具有抵消线圈，所述抵消线圈卷绕在所述芯部件上，并可被施加抵消信号，所述抵消信号用于抵消因所述被检测信号的影响而产生的外部磁场的变化，在所述传感器元件构成为在施加于所述抵消线圈的抵消信号的影响下外部磁场发生变化，从而使重叠于来自所述检测线圈的输出信号的高次谐波分量发生变化时，

所述控制装置具有抵消控制部，所述抵消控制部控制对所述抵消线圈的抵消信号的

施加，

所述抵消控制部对所述抵消信号的信号电平进行反馈控制以使得所述分量提取部所提取的高次谐波分量变小，

在由所述抵消控制部所进行的反馈控制开始之后，当所述分量提取部所提取的高次谐波分量变为小于规定的阈值时，所述电平确定部基于使根据所述抵消信号的信号电平被抵消的所述高次谐波分量与该高次谐波分量产生时的所述被检测信号的信号电平相对应的对应关系，对于成为所述高次谐波分量变为小于阈值的契机的抵消信号的信号电平，将与该抵消信号的信号电平对应的信号电平确定为该时间点处的所述被检测信号的信号电平。

电流传感器、传感器元件以及控制装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本国际申请要求 2012 年 3 月 12 日在日本专利局提交的日本发明专利申请第 2012-054623 号的优先权，以及 2013 年 3 月 11 日在日本专利局提交的日本发明专利申请第 2013-048214 号的优先权，所述日本发明专利申请的全部内容通过引用而并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及一种检测流动于被检测电线中的电流的电流传感器。

背景技术

[0004] 以往，在于环状芯部件上卷绕有励磁线圈以及检测线圈的电流传感器中，由于在施加有励磁信号的检测线圈侧所检测到的信号电平会因贯穿芯部件环状区域的被检测电流的信号电平而变化，所以通常基于该变化来确定（检测）被检测电流（参照专利文献 1）。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献 1：日本特开平第 10-010161 号

发明内容

[0008] 发明要解决的问题

[0009] 但是，上述构成的电流传感器构成如下：被检测电流会使芯部件饱和至饱和磁化密度 B_s 附近，由此使得由励磁信号产生的正弦波形的磁通 B 畸变，从而将与该变化相对应的信号电平作为被检测电流的信号电平而确定。因此，上述构成的电流传感器只能检测与饱和磁化密度 B_s 附近对应的窄的电流范围。

[0010] 此外，为了使被检测电流的信号电平提高至能使芯部件饱和的程度，需要在芯部件上卷绕大量可流动被检测信号的电线，因此，作为电流传感器容易变得复杂以及大型化，从而其用途也将会被限定。

[0011] 在本申请的发明中，期望提供一种能够检测比以往更宽的电流范围的电流传感器。

[0012] 解决问题的技术方案

[0013] 本发明的第 1 方面为一种包含传感器元件和检测部的电流传感器，所述传感器元件具有芯部件、励磁线圈、以及检测线圈，所述芯部件通过将磁性材料形成为环状而构成，且具有如下特性：对应于因贯穿由该环状所包围的检测领域的被检测信号的影响而变化的外部磁场，磁导率 μ 以外部磁场 0 为顶点而减少，并且，将该磁导率 μ 的变化绘制在“由外部磁场 - 磁导率 μ 所规定的坐标系”上时的曲线的曲率根据外部磁场的绝对值而变大；所述励磁线圈卷绕在所述芯部件上，并对该芯部件进行励磁；所述检测线圈卷绕在所述芯部件上，并用于检测所述被检测信号，所述传感器元件构成为，在将包含基波分量的

励磁信号施加于所述励磁线圈的状态下，如果流动有所述被检测信号，则从所述检测线圈输出将与该时间点处的所述芯部件的磁导率 μ 相对应的高次谐波分量重叠于所述基波分量的信号。

[0014] 并且，所述检测部具有分量提取部、电平确定部、以及信息输出部，所述分量提取部从所述检测线圈的输出信号提取该输出信号所包含的信号分量之中的、重叠于所述基波分量的高次谐波分量；所述电平确定部基于使可能包含在输出信号中的所述高次谐波分量与产生该高次谐波分量时的所述被检测信号的信号电平相对应的对应关系，将与所述分量提取部所提取的高次谐波分量对应的信号电平确定为该时间点处的所述被检测信号的信号电平；所述信息输出部向外部输出表示由所述电平确定部确定的信号电平的信息。

[0015] 根据该方面的电流传感器，显示出如下特性：在芯部件重叠地产生与被检测信号的信号电平相对应的磁通，但根据芯部件自身的特性，磁导率以外部磁场 $H = 0$ 为顶点而减少，并且，该外部磁场 H 和磁导率 μ 所规定的 $\mu-H$ 曲线的曲率根据外部磁场 H 的绝对值的大小而变大。

[0016] 在该特性中，当观察将磁场 H 设置为 x 轴，将作为磁化强度 M 的微分值的磁导率 μ 设置为 y 轴的 $\mu-H$ 坐标时，相对于在二次曲线上的任意位置上沿着 x 轴振幅发生变化的励磁信号，将与二次曲线的“弯曲程度”相对应的高次谐波分量重叠在沿着 y 轴振幅发生变化的来自检测线圈的输出信号上，但是，因为励磁信号的振幅中心位于二次曲线上，所以在从磁场 $H = 0$ 附近到与饱和磁化对应的磁场 H_s 附近的广范围上，与磁场 H 相对应的特有的高次谐波分量将重叠于输出信号。

[0017] 即，在上述构成中，不仅在与饱和磁化对应的磁场 H_s 附近的极窄的范围上，在从磁场 $H = 0$ 附近直至磁场 H_s 附近的广范围上都能够确定（检测）被检测信号的信号电平。

[0018] 此外，在该构成中，由于能够检测从与磁场 $H = 0$ 附近对应的小的电流值直至与磁场 H_s 对应的大的电流值，因此没有必要为了提高被检测电流的信号电平而在芯部件上大量地卷绕电线，其结果为，作为电流传感器能够实现简单化和小型化，因此其用途也较广。

[0019] 此外，并不特别限定在上述方面中用于从检测信号中提取高次谐波分量的具体的构成，例如，可以考虑下面所示的第 2 至第 4 方面的构成。

[0020] 在第 2 方面中的所述传感器元件中，所述芯部件由第 1、第 2 芯部件构成，所述第 1、第 2 芯部件分别沿着贯穿所述检测区域的方向配置，两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平，两个所述检测线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述检测线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平。并且，在所述检测部中，所述分量提取部将来自串联连接的所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取。

[0021] 在该方面中，励磁线圈分别以反相位串联连接，检测线圈分别以同相位串联连接，因此由励磁信号所产生的磁通中的规则地增减的基波分量（正弦波等的交流信号分量；以下相同）被抵消，另一方面，以畸变的形式不规则地增减的高次谐波分量被强调并

被输出。

[0022] 由此，将来自串联连接的一组检测线圈的输出信号自身作为高次谐波分量而提取，从而能够基于高次谐波分量确定被检测信号的信号电平。

[0023] 此外，在第3方面中的所述传感器元件中，所述芯部件由第1、第2芯部件构成，所述第1、第2芯部件分别沿着贯穿所述检测区域的方向配置，两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第1、第2芯部件上且串联连接，两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平，所述检测线圈为通过一并卷绕在所述第1、第2芯部件上而形成的一个线圈。并且，在所述检测部中，所述分量提取部将来自所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取。

[0024] 在该方面中，励磁线圈分别以反相位串联连接，检测线圈将包含第1、第2芯部件的芯作为一个芯部件，一并卷绕在第1、第2芯部件上，因此，在由励磁信号产生的磁通中规则地增减的基波分量被抵消，另一方面，以畸变的形式不规则地增减的高次谐波分量被强调且被输出。

[0025] 由此，将来自串联连接的一组检测线圈的输出信号自身作为高次谐波分量而提取，从而能够基于高次谐波分量确定被检测信号的信号电平。

[0026] 并且，在第4方面中的所述传感器元件中，还具有位移生成部，所述位移生成部基于所述检测线圈的输出信号生成通过将该输出信号的相位错开1/2周期而形成的位移信号，在所述检测部中，所述分量提取部将通过重叠来自所述检测线圈的输出信号和由所述位移生成部生成的位移信号而形成的信号作为所述高次谐波分量而提取。

[0027] 在该方面中，通过使得输出信号自身与将输出信号的相位错开1/2周期的位移信号相抵消，而从输出信号的信号分量中将规则地增减的基波分量除去，另一方面，提取强调了以畸变的形式不规则地增减的高次谐波分量的信号。

[0028] 由此，提取强调了高次谐波分量的信号，从而能够基于高次谐波分量确定被检测信号的信号电平。

[0029] 此外，在上述第2～第4方面中，高次谐波分量被强调并被输出，由此，要基于该被强调的高次谐波分量预先准备高次谐波分量与被检测信号的信号电平的对应关系。

[0030] 但是，在上述各方面中，芯部件的磁导率 μ 不仅会因为外部磁场的影响而变动，有时还会因为温度环境的影响而变动。因此，在抑制伴随着这样的磁导率的变动的高次谐波分量的非意志性的变动，从而提高作为本构成的电流传感器的精度的意义上，期望不易受到温度环境的影响。

[0031] 如果鉴于例如温度环境的影响起因于磁导率 μ ，则要考虑不受该磁导率 μ 的影响，作为为实现该目的的具体构成，例如，可以考虑如下所示的第5方面。

[0032] 第5方面中的所述传感器元件中还具有抵消线圈，所述抵消线圈卷绕在所述芯部件上，并可被施加抵消信号，所述抵消信号用于抵消因所述被检测信号的影响而产生的外部磁场的变化，所述传感器元件构成为，在施加于所述抵消线圈的抵消信号的影响下外部磁场发生变化，从而使重叠于来自所述检测线圈的输出信号的高次谐波分量发生变化。

[0033] 并且，所述检测部还具有抵消控制部，所述抵消控制部控制对所述抵消线圈的抵消信号的施加，所述抵消控制部对所述抵消信号的信号电平进行反馈控制以使得所述分

量提取部所提取的高次谐波分量变小，在由所述抵消控制部所进行的反馈控制开始之后，当所述分量提取部所提取的高次谐波分量小于规定的阈值时，所述电平确定部基于使根据所述抵消信号的信号电平被抵消的所述高次谐波分量与该高次谐波分量产生时的所述被检测信号的信号电平相对应的对应关系，对于成为所述高次谐波分量变为小于阈值的契机的抵消信号的信号电平，将与该抵消信号的信号电平对应的信号电平确定为该时间点处的所述被检测信号的信号电平。

[0034] 在该方面中，通过抵消信号的反馈控制来抵消由被检测信号所引起的外部磁场的变化，基于将外部磁场的变化抵消的抵消信号的信号分量来确定被检测信号的信号电平。

[0035] 抵消信号从卷绕在与检测线圈共通卷绕的芯部件上的抵消线圈被输出，受到与来自检测线圈的输出信号相同的外部磁场以及温度环境的影响。因此，通过使抵消信号的信号电平变化来抵消由被检测信号所引起的外部磁场的变化是指，与被检测信号的信号电平对应的信号电平通过抵消信号再现，且是指该抵消信号的信号电平为与被检测信号的信号电平对应的信号电平。

[0036] 由此，通过用抵消信号来抵消由被检测信号所引起的外部磁场的变化，可将抵消外部磁场变化的抵消信号的信号电平作为排除磁导率 μ 以及温度环境的影响的且与被检测信号对应的信号分量进行处理。

[0037] 由此，通过由抵消信号的反馈控制来抵消由被检测信号所引起的外部磁场的变化，能够基于将外部磁场的变化抵消的抵消信号的信号分量来确定被检测信号的信号电平。

[0038] 此外，在该第 5 方面中，在如上述方面所示的芯部件包含分别沿着贯穿所述检测区域的方向配置的第 1、第 2 芯部件的情况下，可以如下面的第 6～9 方面所示将抵消线圈卷绕在芯部件上。

[0039] 在第 6 方面中的所述传感器元件中，两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平，两个所述检测线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述检测线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平。

[0040] 一方面，在所述检测部中，所述分量提取部将来自串联连接的所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取，而且，在所述传感器元件中，两个所述抵消线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述抵消线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平。

[0041] 此外，在第 7 方面中的所述传感器元件中，两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平，两个所述检测线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接，两个所述检测线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同

的信号电平,并且,在所述检测部中,所述分量提取部将来自串联连接的所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取。而且,在所述传感器元件中,所述抵消线圈为通过一并卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上而形成的一个线圈。

[0042] 此外,在第 8 方面中的所述传感器元件中,两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接,两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平,所述检测线圈为通过一并卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上而形成的一个线圈。而且,在所述检测部中,所述分量提取部将来自串联连接的所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取。而且,在所述传感器元件中,两个所述抵消线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接,两个所述抵消线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平。

[0043] 并且,在第 9 方面中的所述传感器元件中,两个所述励磁线圈分别卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上且串联连接,两个所述励磁线圈的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平,所述检测线圈为通过一并卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上而形成的一个线圈。并且,在所述检测部中,所述分量提取部将来自串联连接的所述检测线圈的输出信号自身作为所述高次谐波分量而提取。而且,在所述传感器元件中,所述抵消线圈为通过一并卷绕在所述第 1、第 2 芯部件上而形成的一个线圈。

[0044] 在这些方面中,能够通过分别施加于第 1、第 2 芯部件中的抵消信号使外部磁场发生变化。

[0045] 此外,为了解决上述课题,第 10 方面的传感器元件具有芯部件、励磁线圈、以及检测线圈,所述芯部件通过将磁性材料形成环状而构成,且具有如下特性:对应于因贯穿由该环状所包围的检测领域的被检测信号的影响而变化的外部磁场,磁导率 μ 以外部磁场 0 为顶点而减少,并且,将该磁导率 μ 的变化绘制在“由外部磁场 - 磁导率 μ 所规定的坐标系”上时的曲线的曲率根据外部磁场的绝对值而变大;所述励磁线圈卷绕在所述芯部件上,并对该芯部件进行励磁;所述检测线圈卷绕在所述芯部件上,并用于检测所述被检测信号,所述传感器元件构成为,在将包含基波分量的励磁信号施加于所述励磁线圈的状态下,如果流动有所述被检测信号,则从所述检测线圈输出将与该时间点处的所述芯部件的磁导率 μ 相对应的高次谐波分量重叠于所述基波分量的信号。

[0046] 该传感器元件能够构成上述任一方面的电流传感器的一部分。

[0047] 在该方面中的所述传感器元件中,可以采用第 11 方面(权利要求 11)的技术方案:具有抵消线圈,所述抵消线圈卷绕在所述芯部件上,并可被施加抵消信号,所述抵消信号用于抵消因所述被检测信号的影响而产生的外部磁场的变化,所述传感器元件构成为,在施加于所述抵消线圈的抵消信号的影响下外部磁场发生变化,从而使重叠于来自所述检测线圈的输出信号的高次谐波分量发生变化。

[0048] 此外,为了解决上述课题,第 12 方面的控制装置为可与上述第 1~第 9 的任一构成的传感器元件相连接的控制装置,所述控制装置具有分量提取部、电平确定部、以及信息输出部,所述分量提取部从所述检测线圈的输出信号提取该输出信号所包含的信号分量之中的、重叠于所述基波分量的高次谐波分量;所述电平确定部基于使可能包含在输出

信号中的所述高次谐波分量与产生该高次谐波分量时的所述被检测信号的信号电平相对应的对应关系,将与所述分量提取部所提取的高次谐波分量对应的信号电平确定为该时间点处的所述被检测信号的信号电平;所述信息输出部向外部输出表示由所述电平确定部确定的信号电平的信息。

[0049] 该传感器元件能够构成上述第 1~第 9 的任一方面的电流传感器的一部分。

[0050] 该方面之中,所述传感器元件具有抵消线圈,所述抵消线圈卷绕在所述芯部件上,并可被施加抵消信号,所述抵消信号用于抵消因所述被检测信号的影响而产生的外部磁场的变化,在所述传感器元件为下述构成时,即当在施加于所述抵消线圈的抵消信号的影响下外部磁场发生变化,从而使重叠于来自所述检测线圈的输出信号的高次谐波分量发生变化时,也可以为如下所示的第 13 方面的构成。

[0051] 在第 13 方面中,所述控制装置具有抵消控制部,所述抵消控制部控制对所述抵消线圈的抵消信号的施加,所述抵消控制部对所述抵消信号的信号电平进行反馈控制以使得所述分量提取部所提取的高次谐波分量变小,在由所述抵消控制部所进行的反馈控制开始之后,当所述分量提取部所提取的高次谐波分量小于规定的阈值时,所述电平确定部基于使根据所述抵消信号的信号电平被抵消的所述高次谐波分量与该高次谐波分量产生时的所述被检测信号的信号电平相对应的对应关系,对于成为所述高次谐波分量变为小于阈值的契机的抵消信号的信号电平,将与该抵消信号的信号电平对应的信号电平确定为该时间点处的所述被检测信号的信号电平。

附图说明

[0052] 图 1 是示出第 1 实施方式的电流传感器的整体构成的框图。

[0053] 图 2A 是示出芯部件所具有的特性的曲线图(由相对于外部磁场 H 的磁化强度 M 的变化所规定的 M-H 曲线)。图 2B 是示出芯部件所具有的特性的曲线图(由相对于外部磁场 H 的磁化强度 M 的变化所规定的 M-H 曲线;图 2A 中的低磁场区域的放大图)。图 2C 是示出芯部件所具有的特性的曲线图(由外部磁场 H 和磁导率 μ 所规定的 μ -H 曲线)。图 2D 是示出芯部件所具有的特性的曲线图(由外部磁场 H 和磁导率 μ 所规定的 μ -H 曲线;图 2C 中的低磁场区域的放大图)。

[0054] 图 3 是示出第 2 实施方式的电流传感器的整体构成的框图。

[0055] 图 4 是示出其他的实施方式的传感器元件的斜视图。

[0056] 图 5 是示出第 3 实施方式的电流传感器的整体构成的框图。

[0057] 图 6 是示出第 3 实施方式的构成的处理的流程图。

[0058] 图 7 是示出第 4 实施方式的电流传感器的整体构成的框图。

[0059] 图 8A、图 8B、以及图 8C 是示出其他的实施方式的传感器元件的斜视图。

[0060] 附图标记的说明

[0061] 1...电流传感器;2...传感器元件;3...检测部;21...芯部件;23...励磁线圈;25...检测线圈;31...分量提取部;33...电平确定部;35...信息输出部;37...信号源;39...位移生成部;51...抵消线圈;60...抵消控制部;61...比较器;63...积分器;65...电平运算器;67...电平控制电路;100...被检测电线。

具体实施方式

[0062] 以下参照附图对本发明的实施方式进行说明。

[0063] (1) 第 1 实施方式

[0064] 如图 1 所示, 本实施方式的电流传感器 1 具有传感器元件 2 和检测部 3。

[0065] 首先, 传感器元件 2 具有通过将磁性材料形成为环状而构成的芯部件 21、卷绕在芯部件 21 上且对芯部件 21 进行励磁的励磁线圈 23、以及卷绕在芯部件 21 上且用于检测被检测信号的检测线圈 25。

[0066] 其中的芯部件 21 由具有下述特性的部件形成: 当使被检测电线 100 贯穿由环状所包围的检测区域, 并使被检测信号导通于被检测电线 100 中时, 对应于因该被检测信号的影响而变化的外部磁场, 磁导率 μ 以外部磁场 0 为顶点而减少。此外, 如下述式 1 所示, 磁导率 μ 为基于由相对于外部磁场 H 的磁化强度 M 的变化所规定的 M-H 曲线 (参照图 2A、图 2B) 的斜率 (即, 磁化强度 M 对磁场 H 的微分值) 而表现的值。

[0067] [式 1]

$$[0068] \quad \chi_i = \frac{dM}{dH} = \frac{\mu}{k' T} M_s \cdot A \cdots (\text{式 1})$$

[0069] k' : 波尔兹曼常数乘以任意系数

[0070] T: 绝对温度

[0071] M_s : 饱和磁化强度

[0072] A: 系数

[0073] 作为上述磁性部件可以考虑采用例如本申请的申请人在日本发明专利申请第 2010-215871 号中所记载的磁性部件。如图 2C、图 2D 所示, 该磁性部件以下述特性为特征: 以外部磁场 $H = 0$ 为顶点磁导率减少, 并且, 该外部磁场 H 和磁导率 μ 所规定的 μ -H 曲线的曲率根据外部磁场 H 的绝对值的大小而变大。

[0074] 在如此构成的传感器元件 2 被构成为, 在将包含基波分量的励磁信号施加于励磁线圈 23 的状态下, 如果被检测信号流动于被检测电线 100 中, 则从检测线圈 25 输出将与该时间点处的芯部件 21 的磁导率 μ 相对应的高次谐波分量重叠于基波分量的信号。

[0075] 一方面, 检测部 3 为控制装置, 其为了基于来自传感器元件 2 (的检测线圈 25) 的输出信号来确定被检测信号的信号电平, 而进行各种信号的输入和输出, 检测部 3 具有分量提取部 31、电平确定部 33、信息输出部 35、以及信号源 37, 分量提取部 31 提取检测线圈 25 的输出信号所包含的信号分量之中的、重叠于基波分量的高次谐波分量, 电平确定部 33 将与由分量提取部 31 所提取的高次谐波分量对应的信号电平确定为该时间点处的被检测信号的信号电平, 信息输出部 35 向外部输出表示由电平确定部 33 所确定的信号电平的信息, 信号源 37 对励磁线圈 23 进行通电。

[0076] 其中的电平确定部 33 基于使可能包含在输出信号中的高次谐波分量与产生该高次谐波分量时的被检测信号的信号电平相对应的对应关系, 来确定被检测信号的信号电平。

[0077] 此外, 对于基于高次谐波分量被检测电流的信号电平会变为什么样的值, 实际上基于芯部件 10 和被检测电线 100 的位置关系而不同 (由安培定律、毕奥-萨伐尔定律等所规定), 因此, 使用由其位置关系而规定的值。

[0078] 此外，信号源 37 对励磁线圈 23 施加交流信号（在本实施方式中为正弦波信号），该信号中的交流分量通过芯部件 21 变为基波分量，然后由检测线圈 25 检测。

[0079] 此外，检测部 3 具有位移生成部 39，位移生成部 39 基于检测线圈 25 的输出信号生成将该输出信号的相位错开 1/2 周期而形成的位移信号，分量提取部 31 将来自检测线圈 25 的输出信号和由位移生成部 39 生成的位移信号重叠而成的信号作为高次谐波分量而提取。

[0080] 在此，位移生成部 39 可以构成为，例如，将输出信号转换为数字信号之后通过数据处理生成位移信号，或可以构成为通过延迟电路生成错开 1/2 周期的位移信号。

[0081] (2) 第 2 实施方式

[0082] 如图 3 所示，本实施方式的电流传感器 1 与第 1 实施方式的不同点为：具有两个芯部件 21，两个芯部件 21 被配置为同一个被检测电线 100 通过每个芯部件 21 的检测区域，芯部件 21 分别卷绕有励磁线圈 23 以及检测线圈 25，以及不具有位移生成部 39。

[0083] 在该构成中，各励磁线圈 23 串联连接，且各励磁线圈 23 的卷绕匝数以及位置关系为使得流动于一方的励磁线圈 23 中的信号与流动于另一方的励磁线圈 23 中的信号具有反相位和相同的信号电平。

[0084] 此外，各检测线圈 25 串联连接，且各检测线圈 25 的卷绕匝数以及位置关系为使得流动于一方的检测线圈 25 中的信号与流动于另一方的检测线圈 25 中的信号具有同相位和相同的信号电平。

[0085] 并且，检测部 3 的分量提取部 31 构成为，将来自串联连接的检测线圈 25 的输出信号自身作为高次谐波分量而提取。

[0086] 此外，在该实施方式中，如图 4 所示，检测线圈 25 也可以将由第 1、第 2 芯部件 21 所构成的芯作为一个芯部件，一并卷绕于该第 1、第 2 芯部件 21 上。

[0087] (3) 第 3 实施方式

[0088] 如图 5 所示，由于本实施方式的电流传感器 1 与其他的实施方式相比所不同的构成为以下两点：在传感器元件 2 上卷绕有抵消线圈 51 以及在检测部 3 中具有抵消控制部 60，所以下面将以上述不同点为中心进行详细说明。

[0089] 传感器元件 2 中的抵消线圈 51 卷绕在芯部件 21 上，并可被施加用于抵消因被检测信号的影响而产生的外部磁场的变化的抵消信号。

[0090] 由此，传感器元件 2 构成为，通过施加于抵消线圈 51 的抵消信号的影响而使外部磁场发生变化，从而能够使重叠于从检测线圈 25 输出的信号的高次谐波分量发生变化。

[0091] 检测部 3 的抵消控制部 60 控制对抵消线圈 51 的抵消信号的施加，并且抵消控制部 60 构成如下：对抵消信号的信号电平进行反馈控制以使得分量提取部 31 所提取的高次谐波分量变小。

[0092] 该抵消控制部 60 具有比较器 61、积分器 63、电平运算器 65、以及电平控制电路 67 等。比较器 61 将分量提取部 31 所检测到的高次谐波分量（的信号电平）与预先储存到存储器中的目标值（在本实施方式中为“0”）相比较，并将其偏差输出，积分器 63 将比较器 61 所输出的偏差积分并将其积分值输出，电平运算器 65 基于积分器 63 所输出的积分值对抵消信号的信号电平进行运算，电平控制电路 67 对抵消线圈 51 施加抵消信号，并且根据电平运算器 65 的运算结果对其信号电平进行控制。

[0093] 其中的电平运算器 65 对抵消信号的信号电平进行运算，所述运算基于从积分器 63 输出的积分值的正负，使抵消信号的信号电平与以前的抵消信号的信号电平相比增减一定值。此外，在此，电平运算器 65 也可以构成为对必要的抵消信号的信号电平进行直接运算以使得来自运算器 63 的积分值为“0”。

[0094] 此外，在该构成中，检测部 3 的电平确定部 33 检查抵消控制部 60 中的比较器 61 的输出，并且当确认为比较器 61 所输出的偏差小于规定的阈值（例如“0”），即，高次谐波分量与目标值一致时，检测部 3 的电平确定部 33 从电平运算器 65 取得抵消信号的信号电平，该抵消信号的信号电平成为高次谐波分量变为小于阈值的契机，而且检测部 3 的电平确定部 33 基于该抵消信号的信号电平确定该时间点处的被检测信号的信号电平。

[0095] 具体而言，检测部 3 的电平确定部 33 基于使根据抵消信号的信号电平所抵消的上述高次谐波分量与当该高次谐波分量产生时的被检测信号的信号电平相对应的对应关系（由数据表或计算式规定），将与成为高次谐波分量变为小于阈值的契机的抵消信号的信号电平对应的信号电平确定为该时间点处的被检测信号的信号电平。

[0096] 在本实施方式中，“成为高次谐波分量变为小于阈值的契机的抵消信号的信号电平”为，在电平运算器 65 基于来自运算器 63 的积分值“0”进行运算前，电平确定部 33 通过检查电平运算器 65 的运算值，而将该运算值作为该信号电平而取得的。但是，也可以使电平运算器 65 的运算值能够以时间序列存储，从而将当高次谐波分量变为小于阈值时的运算所使用的运算值作为该信号电平而取得。

[0097] 在该实施方式中，检测部 3（除了分量提取部 31、信号源 37、电平控制电路 67、信息输出部 35 之外的各构成要素）所进行的处理以及运算通过硬件构造而实现，但是，这些处理以及运算也可以通过软件程序以及执行软件程序的微型计算机而实现。

[0098] 具体而言，可以考虑使具有微型计算机功能的检测部 3 执行如下所示的软件程序（参照图 6）。此外，该程序可以预先储存到检测部 3 的存储器，但也可以在记录于各种记录媒体中的状态下提供给使用者，或经由网络传送给电流传感器 1 的使用者。

[0099] 首先，检测器 3 在开始运行之后，检查来自分量提取部 31 的输出值是否到达目标值（小于以目标值为中心的阈值的值）(s110)，如果没有到达目标值 (s110: 否)，则检测器 3 反复实施以下处理：基于该目标值进行与电平运算器 65 相同的运算 (s120)，之后基于该运算值向电平控制电路 67 发出控制指令 (s130)。

[0100] 并且，如果输出值到达目标值 (s110: 是)，则检测器 3 取得在该到达之前在上述 s120 中所运算的运算值 (s140)，并基于由此而取得的运算值与电平确定部 33 同样地确定该信号电平 (s150)，且向外部输出该确定的信号电平的信号 (s160)。此后，处理返回 s110，之后，反复实施 s110 ~ s160。

[0101] (4) 第 4 实施方式

[0102] 如图 7 所示，本实施方式的电流传感器 1 与第 3 实施方式相比所不同的构成主要为以下两点：芯部件由分别沿着贯穿检测区域的方向配置的第 1、第 2 芯部件 21 构成，以及不具有位移生成部 39，所以下面将以该不同点为中心进行详细说明。

[0103] 传感器元件 2 中的、分别卷绕在第 1、第 2 芯部件 21 上的两个励磁线圈 23 串联连接，两个励磁线圈 23 的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有反相位和相同的信号电平。

[0104] 此外，分别卷绕在第 1、第 2 芯部件 21 上的两个检测线圈 25 串联连接，两个检测线圈 25 的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平。

[0105] 此外，分别卷绕在第 1、第 2 芯部件 21 上的两个抵消线圈 51 串联连接，两个抵消线圈 51 的卷绕匝数以及位置关系被规定为使得流动于一方中的信号与流动于另一方中的信号具有同相位和相同的信号电平。

[0106] 并且，在检测部 3 中，分量提取部 31 构成为，将来自串联连接的检测线圈 25 的输出信号自身作为高次谐波分量而提取。

[0107] 此外，在该实施方式中，如图 8A 所示，检测线圈 25 也可以将由第 1、第 2 芯部件 21 构成的芯作为一个芯部件，一并卷绕在该第 1、第 2 芯部件 21 上。

[0108] 此外，如图 8B 所示，抵消线圈 51 也可以将由第 1、第 2 芯部件 21 构成的芯作为一个芯部件，一并卷绕在该第 1、第 2 芯部件 21 上。而且，在此情况下，如图 8C 所示，检测线圈 25 也可以构成为一并卷绕在第 1、第 2 芯部件 21 上。

[0109] (3) 作用效果

[0110] 根据如此构成的电流传感器 1，在芯部件 21 重叠地产生与被检测信号的信号电平相对应的磁通，然而根据芯部件 21 自身的特性，磁导率 μ 以外部磁场 $H = 0$ 为顶点而减少，并且，该外部磁场 H 和磁导率 μ 所规定的 $\mu - H$ 曲线的曲率根据外部磁场 H 的绝对值的大小而变大，因此观察将磁场 H 设置为 x 轴，将磁导率 μ 设置为 y 轴的 $\mu - H$ 特性时，磁导率 μ 显示出随磁场 H 呈二次曲线状变化的特性。

[0111] 在该特性中，相对于在二次曲线上的任意位置上沿着 x 轴振幅发生变化的励磁信号，与二次曲线的“弯曲程度”相对应的高次谐波分量会重叠于沿着 y 轴振幅发生变化的、来自检测线圈 25 的输出信号，但是，因为励磁信号的振幅中心位于二次曲线上，所以在从磁场 $H = 0$ 附近到与饱和磁化对应的磁场 H_s 附近的广范围上，与磁场 H 相对应的特有的高次谐波分量将重叠于输出信号。

[0112] 即，在上述构成中，不仅在与饱和磁化对应的磁场 H_s 附近的极窄的范围上，而且在从磁场 $H = 0$ 附近直至磁场 H_s 附近的广范围上也能够确定（检测）被检测信号的信号电平。

[0113] 此外，在该构成中，由于能够检测从与磁场 $H = 0$ 附近对应的小的电流值直至与磁场 H_s 对应的大的电流值，因此没有必要为了提高被检测电流的信号电平而在芯部件 21 上大量地卷绕被检测电线 100，其结果为，作为电流传感器能够实现简单化和小型化，因此其用途也较广。

[0114] 此外，在第 1 实施方式的电流传感器 1 中，通过使得输出信号自身与将输出信号的相位错开 $1/2$ 周期的位移信号相抵消，而从输出信号的信号分量中将规则地增减的基波分量除去，另一方面，提取强调了以畸变的形式不规则地增减的高次谐波分量的信号，由此能够提取高次谐波分量被强调的信号，从而能够基于高次谐波分量确定被检测信号的信号电平。

[0115] 此外，在第 1 实施方式中，如上所述高次谐波分量被强调并被输出，因此，要基于该被强调的高次谐波分量预先准备高次谐波分量与被检测信号的信号电平的对应关系。

[0116] 此外，在第 2 实施方式的电流传感器 1 中，励磁线圈 23 分别以反相位串联连接，

检测线圈 25 分别以同相位串联连接，因此励磁信号所产生的磁通中的规则地增减的基波分量被抵消，另一方面，以畸变的形式不规则地增减的高次谐波分量被强调并被输出。此外，对于该点而言，在下述构成的情况下也是一样的：励磁线圈 23 分别以反相位串联连接，检测线圈 25 将由第 1、第 2 芯部件 21 构成的芯作为一个芯部件，一并卷绕在第 1、第 2 芯部件 21 上。

[0117] 由此，将来自串联连接的一组检测线圈 25 的输出信号自身作为高次谐波分量而提取，从而能够基于高次谐波分量确定被检测信号的信号电平。

[0118] 此外，在第 2 实施方式中，如上所述高次谐波分量被强调且被输出，因此，应基于该被强调的高次谐波分量，预先准备与被检测信号的信号电平的对应关系。

[0119] 此外，在第 3、第 4 实施方式的电流传感器 1 中，能够通过分别施加于第 1、第 2 芯部件 21 中的抵消信号使外部磁场变化。

[0120] 此外，在上述电流传感器 1 中，通过抵消信号的反馈控制来抵消由被检测信号所引起的外部磁场的变化，基于将外部磁场的变化抵消的抵消信号的信号分量来确定被检测信号的信号电平。

[0121] 抵消信号从卷绕在与检测线圈共通卷绕的芯部件上的抵消线圈被输出，并受到与来自检测线圈的输出信号相同的外部磁场以及温度环境的影响。因此，通过使抵消信号的信号电平变化来抵消由被检测信号所引起的外部磁场的变化是指，与被检测信号的信号电平对应的信号电平通过抵消信号再现，且该抵消信号的信号电平为与被检测信号的信号电平对应的信号电平。

[0122] 由此，通过用抵消信号来抵消由被检测信号所引起的外部磁场的变化，可将抵消外部磁场变化的抵消信号的信号电平作为排除磁导率 μ 以及温度环境的影响的且与被检测信号对应的信号分量进行处理。

[0123] 由此，通过由抵消信号的反馈控制来抵消由被检测信号所引起的外部磁场的变化，能够基于将外部磁场的变化抵消的抵消信号的信号分量来确定被检测信号的信号电平。

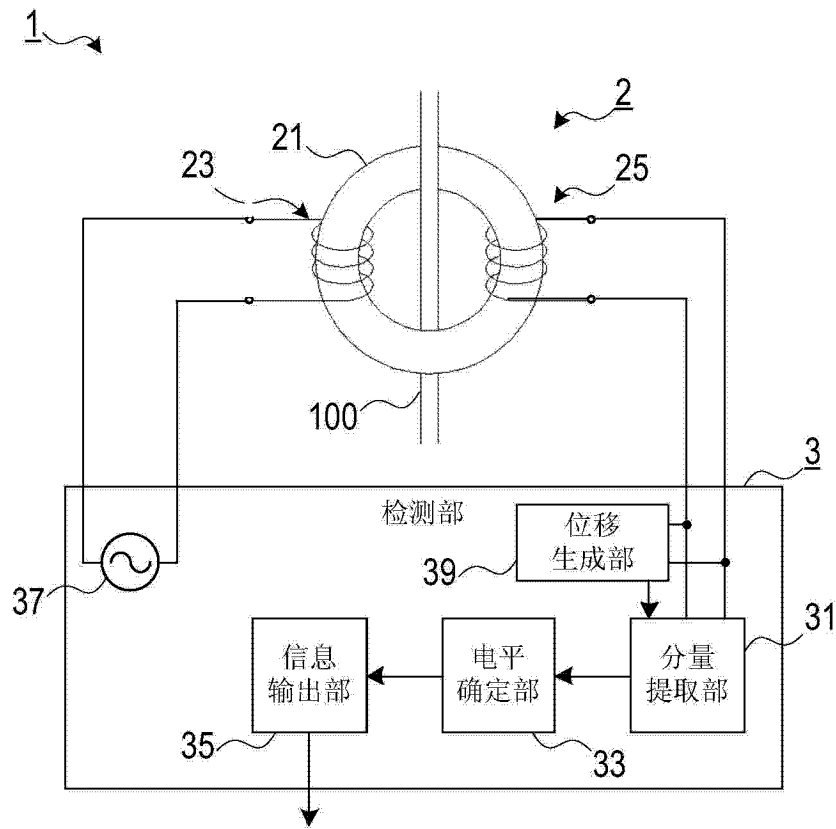
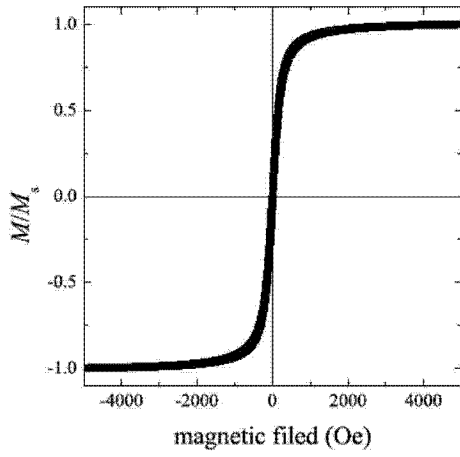
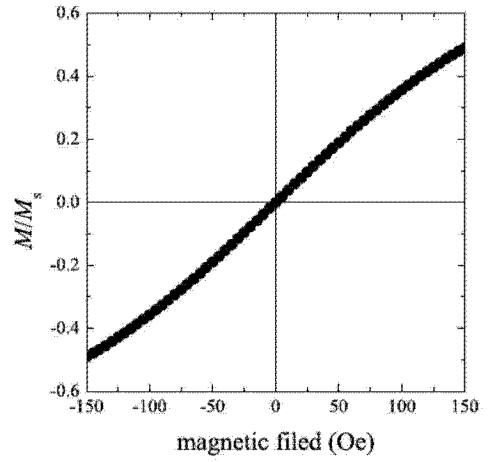


图 1

(2A)

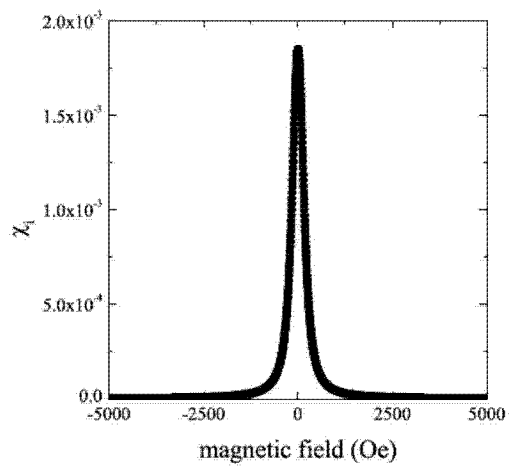


(2B)

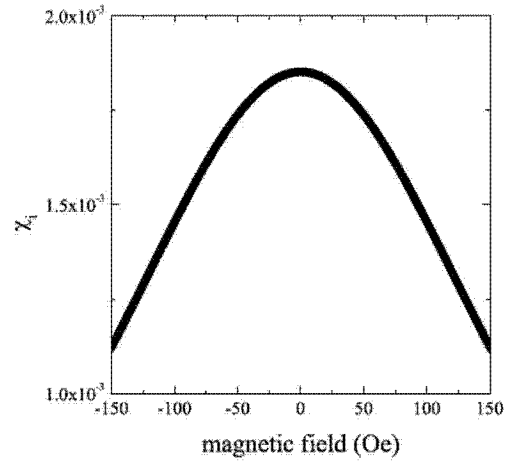


※(a)中的低磁场区域的放大图

(2C)



(2D)



※(c)中的低磁场区域的放大图

图 2A-2D

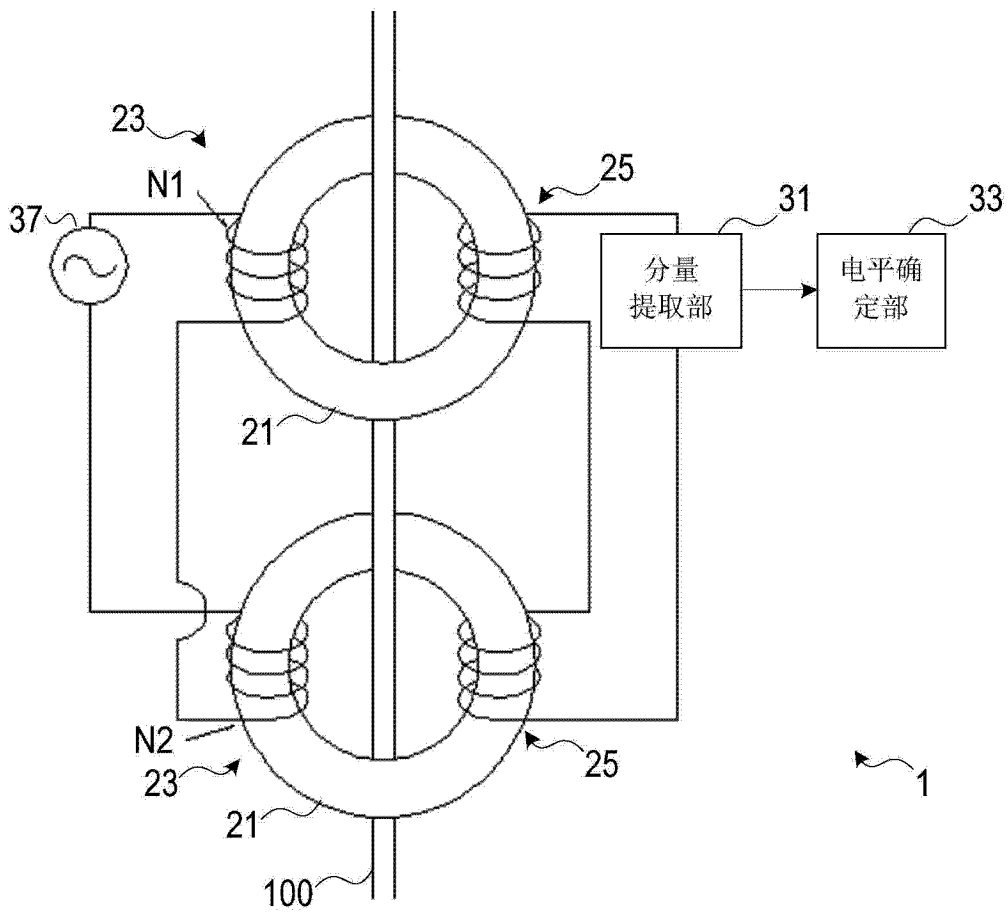


图 3

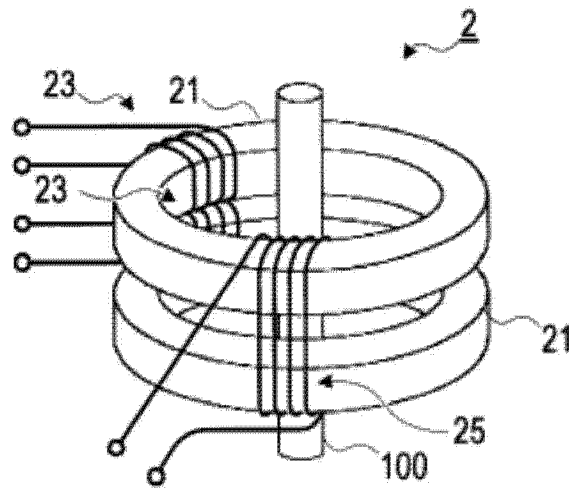


图 4

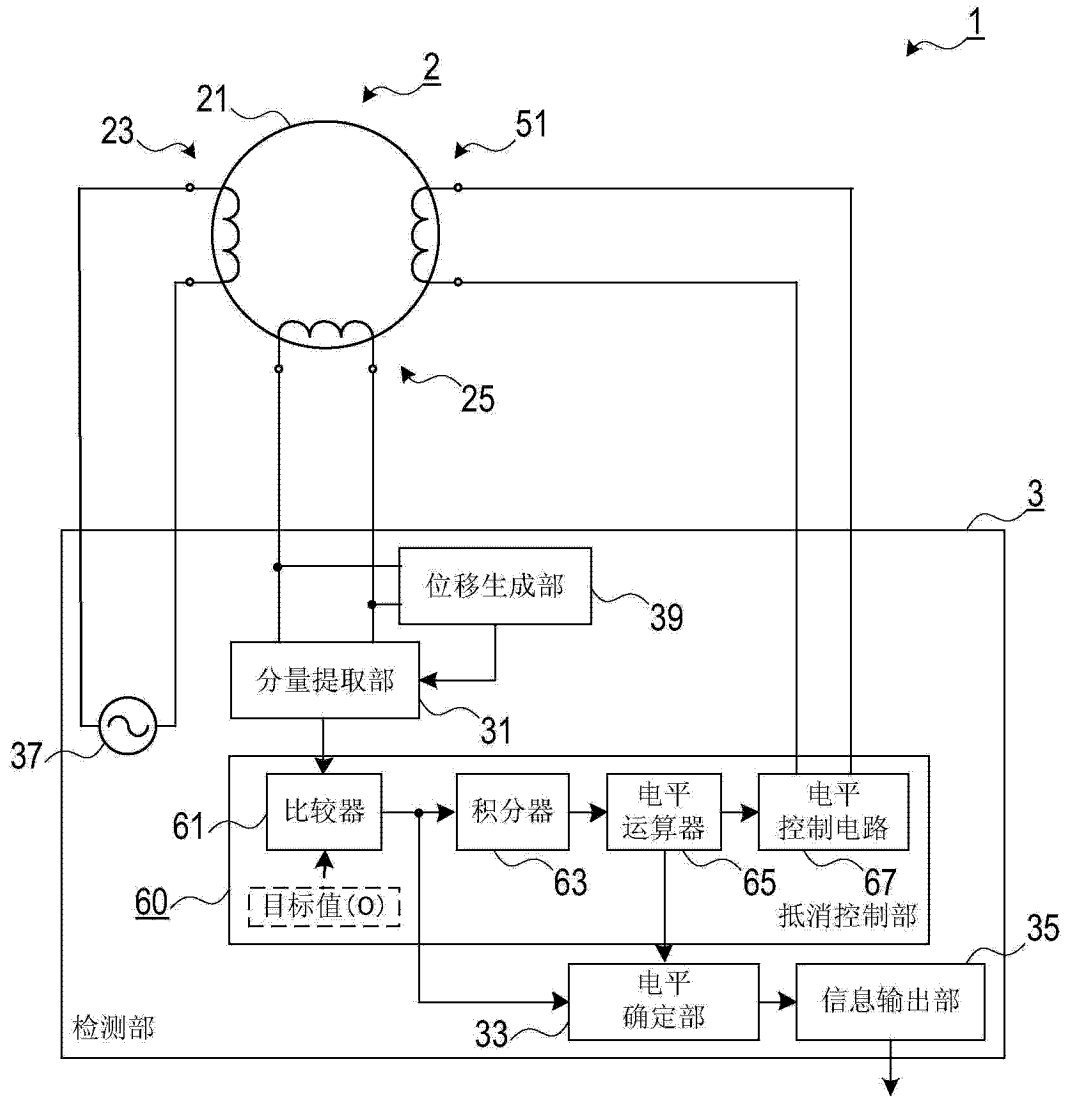


图 5

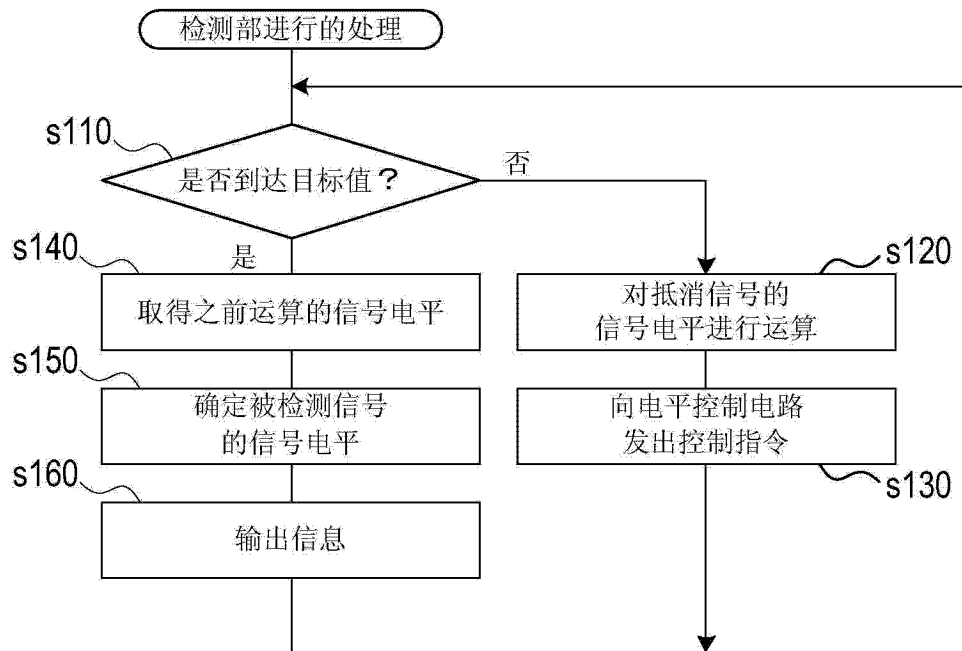


图 6

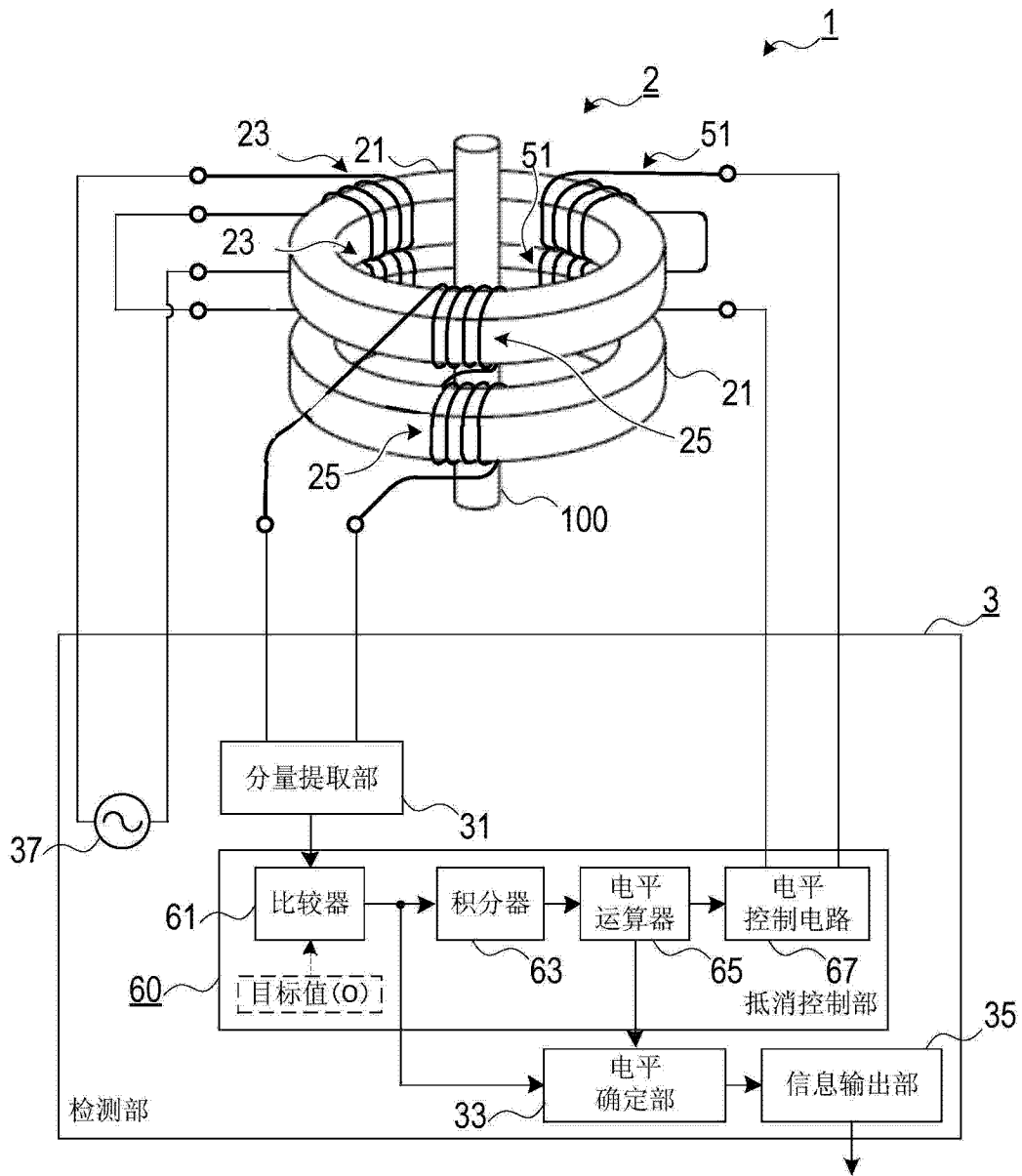


图 7

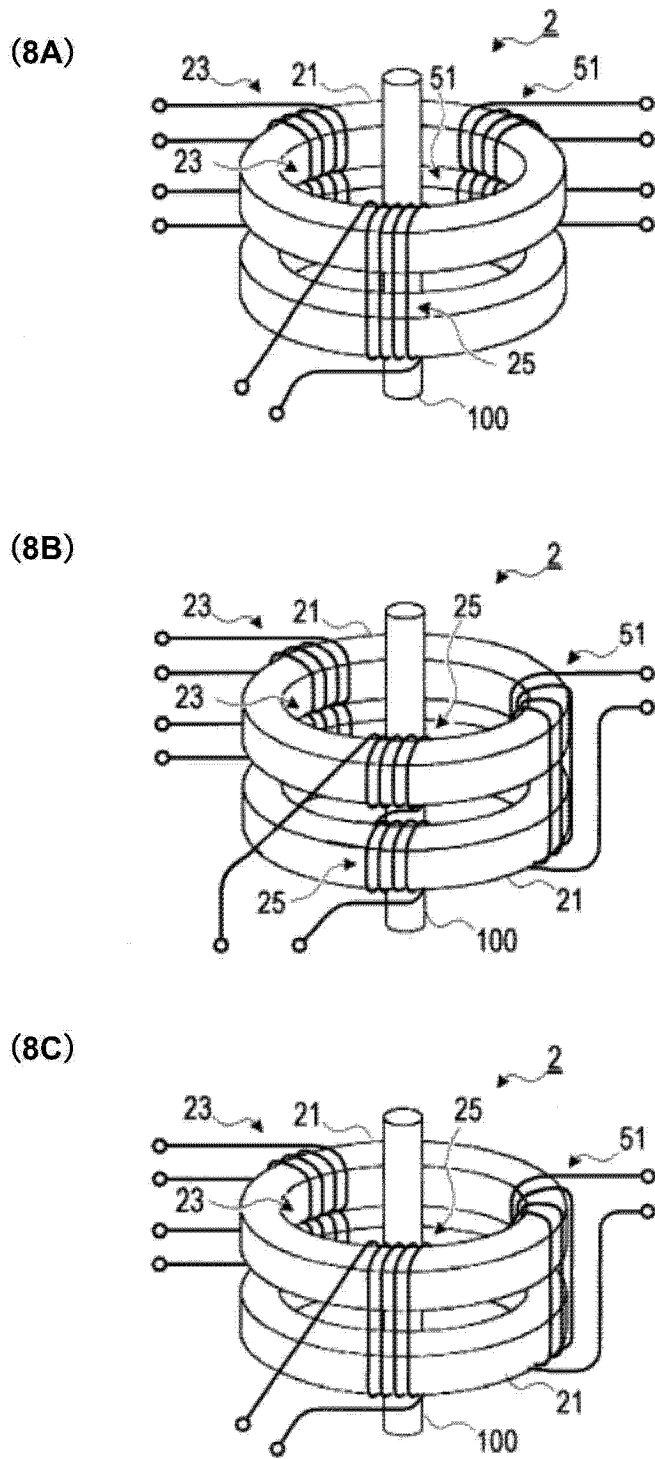


图 8A-8C