(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 1797902 B
(45)授权公告日 2010.08.11

(21)申请号 200510097087.X

(22)申请日 2005.12.28

(30)优先权数据
2004-378582 2004.12.28 JP

(73)专利权人 株式会社日立制作所
地址 日本东京都

(72)发明人 本棒享子 酒井政则 印南敏之
美留町光明 佐佐木昭二
北村正司 田岛文男 白川真司

(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 朱丹

(51)Int.Cl.
H02K 1/06(2006.01)
H02M 3/00(2006.01)
H01M 10/14(2006.01)
B62D 5/04(2006.01)

(56)对比文件
US 2003/0173920 A1,2003.09.18, 全文.
US 6750574 B2,2004.06.15, 全文.
US 2004/0060766 A1,2004.04.01, 全文.
US 2004/0072080 A1,2004.04.15, 全文.
CN 2525722 Y,2002.12.11, 全文.
US 6577030 B2,2003.06.10, 全文.
US 6054939 A,2000.04.25, 全文.
US 6707185 B2,2004.03.16, 全文.

审查员 武瑛

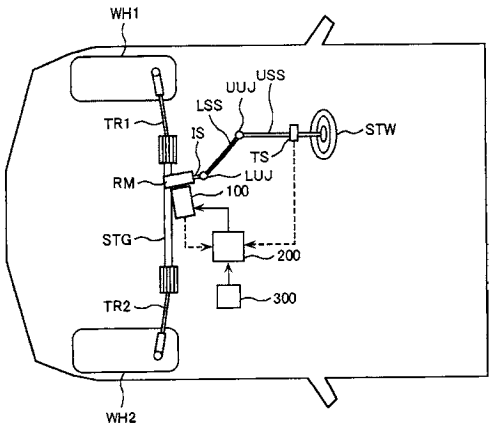
权利要求书 5 页 说明书 22 页 附图 23 页

(54)发明名称

电动动力转向系统以及其所使用的电动机

(57)摘要

一种电动动力转向系统用电动机，以将薄板带状的正极板(21)与薄板带状的负极板(20)之间介有带状隔膜(22)之后对其卷绕所形成的极板组，浸渍在电解液中所形成的卷绕式铅电池作为电动动力转向系统的电源，电连接定子线圈(114)导入多相交流电的电缆(162)与定子线圈(114)的连线环(116)，使用板状导体。从而提供一种高性能且高可靠性的电动动力转向系统。



CN 1797902 B

1. 一种电动动力转向用电动机，以铅电池作为电源，上述铅电池是通过将极板组浸渍在电解液中而形成的，上述极板组是在薄板带状的正极板与薄板带状的负极板之间介有带状隔膜之后对其进行卷绕而形成的，从用来将从该电源所得到的直流电变换成多相交流电的电力变换装置接收多相交流电的供给，输出掌舵用电动力，这种电动动力转向用电动机的特征在于，具有：

定子；以及

与该定子间隔空隙相面对配置的转子，

上述定子具有：

定子铁心；以及

组装在该定子铁心中的多相定子线圈，

上述定子线圈，由线材多次缠绕所形成的多个相线圈构成，

上述多个相线圈的线材端部，从上述定子线圈的轴向一侧端部向轴向外侧突出，每一相分别由连线部件电连接起来；

上述连线部件，是与上述多个相线圈的线材端部相接合，将上述多个相线圈每一相电连接起来的板状导体，

上述连线部件，将多相交流电导入给上述定子线圈用的电缆与上述定子线圈电连接，将上述电缆所供给的多相交流电供给上述定子线圈所对应的上述相线圈。

2. 如权利要求 1 所述的电动动力转向用电动机，其特征在于：

上述定子线圈，由上述多个相线圈每一相电连接而成的三个相线圈组，通过三角形连线电连接起来而构成。

3. 一种电动动力转向用电动机，在这种以铅电池作为电源，该铅电池中，构成浸渍在电解液中的螺旋状极板组的正极板的面积为 1500 ～ 15000cm^2，将电池的最大外形尺寸作为立方体进行估算的情况下的正极板的每单位体积的面积为 1700 ～ 17000cm^2/dm^3，自将该电源所得到的直流电变换成多相交流电的电力变换装置接收多相交流电的供给，输出掌舵用电动力的电动动力转向用电动机中，其特征在于，具有：

定子；以及

与该定子间隔空隙相面对配置的转子，

上述定子具有：

定子铁心；以及

组装在该定子铁心中的多相定子线圈，

上述定子线圈，由线材多次缠绕所形成的多个相线圈构成，

上述多个相线圈的线材端部，从上述定子线圈的轴向一侧端部向轴向外侧突出，每一相分别由连线部件电连接起来，

上述连线部件，是与上述多个相线圈的线材端部相接合，将上述多个相线圈每一相电连接起来的板状导体，

上述连线部件，将多相交流电导入给上述定子线圈用的电缆与上述定子线圈电连接，将上述电缆所供给的多相交流电供给上述定子线圈所对应的上述相线圈。

4. 如权利要求 3 所述的电动动力转向用电动机，其特征在于：

上述定子线圈，由上述多个相线圈每一相电连接而成的三个相线圈组，通过三角形连

线电连接起来而构成。

5. 一种电动动力转向用电动机，在这种以具有浸渍在电解液中的螺旋状极板组，同时至少在瞬时输出 100A 的电流的情况下，也能够输出比 12v 大的电压的铅电池作为电源，从用来将从该电源所得到的直流电变换成多相交流电的电力变换装置接收多相交流电的供给，输出掌舵用电动力的电动动力转向用电动机中，其特征在于，具有：

定子；以及

与该定子间隔空隙相面对配置的转子，

上述定子具有：

定子铁心；以及

组装在该定子铁心中的多相定子线圈，

上述定子线圈，由线材多次缠绕所形成的多个相线圈构成，

上述多个相线圈的线材端部，从上述定子线圈的轴向一侧端部向轴向外侧突出，每一相分别由连线部件电连接起来；

上述连线部件，是与上述多个相线圈的线材端部相接合，将上述多个相线圈每一相电连接起来的板状导体，

上述连线部件，将多相交流电导入给上述定子线圈用的电缆与上述定子线圈电连接，将上述电缆所供给的多相交流电供给上述定子线圈所对应的上述相线圈。

6. 如权利要求 5 所述的电动动力转向用电动机，其特征在于：

上述定子线圈，由上述多个相线圈每一相电连接而成的三个相线圈组，通过三角形连线电连接起来而构成。

7. 一种电动动力转向系统，其特征在于，具有

直流电源；

将该直流电源所供给的直流电变换成多相交流电的逆变装置；以及

从该逆变装置接收多相交流电的供给，将掌舵用电动力输出给转向装置的电动机；

上述电动机具有：

定子；以及

与该定子间隔空隙相面对配置的转子；

上述定子具有：

定子铁心；以及

组装在该定子铁心中的多相定子线圈；

上述定子线圈，由线材多次缠绕所形成的多个相线圈构成，

上述多个相线圈的线材端部，从上述定子线圈的轴向一侧端部向轴向外侧突出，每一相分别由连线部件电连接起来，

上述连线部件，是与上述多个相线圈的线材端部相接合，将上述多个相线圈每一相电连接起来的板状导体，

上述连线部件，将多相交流电导入给上述定子线圈用的电缆与上述定子线圈电连接，将上述电缆所供给的多相交流电供给上述定子线圈所对应的上述相线圈；

上述直流电源是铅电池，具有将极板组浸渍在电解液中的单电池，

上述极板组具有：

形成为薄板带状的正极板；

形成为薄板带状的负极板；以及

设置在上述正极板与上述负极板之间的带状隔膜，同时

上述极板组卷绕成螺旋状。

8. 如权利要求 7 所述的电动动力转向系统，其特征在于：

上述定子线圈，由上述多个相线圈每一相电连接而成的三个相线圈组，通过三角形连线电连接起来而构成。

9. 如权利要求 7 所述的电动动力转向系统，其特征在于：

上述逆变装置具有：

具有半导体开关元件的功率模块；

与该功率模块电连接的控制模块；以及

与上述功率模块电连接的导体模块；

上述功率模块具有由上述半导体开关元件所构成的变换电路，同时，

将从电源侧所供给的直流电通过上述变换电路变换成多相交流电，输出到电动机侧；

上述控制模块，将用来驱动上述半导体开关元件的控制信号供给到上述功率模块，控制上述变换电路的动作；

上述导体模块具有：

与上述变换电路电连接的板状导体；以及

与该板状导体电连接的电路部件；

上述板状导体，形成有将电源侧所供给的直流电导入给上述变换电路的电路；

上述电路部件中，至少包含有滤波器以及电容器；

包含有上述滤波器以及电容器的上述电路部件，具有用来连接上述板状导体的端子；同时

通过将上述端子焊接接合在上述板状导体上，与上述板状导体电连接。

10. 如权利要求 9 所述的电动动力转向系统，其特征在于：

上述定子线圈，由上述多个相线圈每一相电连接而成的三个相线圈组，通过三角形连线电连接起来而构成。

11. 一种电动动力转向系统，其特征在于，具有

直流电源；

将该直流电源所供给的直流电变换成多相交流电的逆变装置；以及

从该逆变装置接收多相交流电的供给，将掌舵用电动力输出给转向装置的电动机，

上述电动机具有：

定子；以及

与该定子间隔空隙相面对配置的转子，

上述定子具有：

定子铁心；以及

组装在该定子铁心中的多相定子线圈；

上述定子线圈，由线材多次缠绕所形成的多个相线圈构成，

上述多个相线圈的线材端部，从上述定子线圈的轴向一侧端部向轴向外侧突出，每一

相分别由连线部件电连接起来，

上述连线部件，是与上述多个相线圈的线材端部相接合，将上述多个相线圈每一相电连接起来的板状导体，

上述连线部件，将多相交流电导入给上述定子线圈用的电缆与上述定子线圈电连接，将上述电缆所供给的多相交流电供给上述定子线圈所对应的上述相线圈；

上述直流电源是铅电池，具有将极板组浸渍在电解液中的单电池；

上述极板组卷绕成螺旋状；

构成上述极板组的正极板的面积为 1500 ～ 15000cm^2；

将电池的最大外形尺寸作为立方体进行估算的情况下的上述正极板的每单位体积的面积为 1700 ～ 17000cm^2/dm^3。

12. 如权利要求 11 所述的电动动力转向系统，其特征在于：

上述定子线圈，由上述多个相线圈每一相电连接而成的三个相线圈组，通过三角形连线电连接起来而构成。

13. 如权利要求 11 所述的电动动力转向系统，其特征在于：

上述逆变装置具有：

具有半导体开关元件的功率模块；

与该功率模块电连接的控制模块；以及

与上述功率模块电连接的导体模块；

上述功率模块具有由上述半导体开关元件所构成的变换电路，同时，

将从电源侧所供给的直流电通过上述变换电路变换成多相交流电，输出到电动机侧；

上述控制模块，将用来驱动上述半导体开关元件的控制信号供给到上述功率模块，控制上述变换电路的动作；

上述导体模块具有：

与上述变换电路电连接的板状导体；以及

与该板状导体电连接的电路部件；

上述板状导体，形成有将电源侧所供给的直流电导入给上述变换电路的电路；

上述电路部件中，至少包含有滤波器以及电容器；

包含有上述滤波器以及电容器的上述电路部件，具有用来连接上述板状导体的端子；同时

通过将上述端子焊接接合在上述板状导体上，与上述板状导体电连接。

14. 如权利要求 13 所述的电动动力转向系统，其特征在于：

上述定子线圈，由上述多个相线圈每一相电连接而成的三个相线圈组，通过三角形连线电连接起来而构成。

15. 一种电动动力转向系统，其特征在于，具有

直流电源；

将该直流电源所供给的直流电变换成多相交流电的逆变装置；以及

从该逆变装置接收多相交流电的供给，将掌舵用电动力输出给转向装置的电动机；

上述电动机具有：

定子；以及

与该定子间隔空隙相面对配置的转子；

上述定子具有：

定子铁心；以及

组装在该定子铁心中的多相定子线圈；

上述定子线圈，由线材多次缠绕所形成的多个相线圈构成，

上述多个相线圈的线材端部，从上述定子线圈的轴向一侧端部向轴向外侧突出，每一相分别由连线部件电连接起来；

上述连线部件，是与上述多个相线圈的线材端部相接合，将上述多个相线圈每一相电连接起来的板状导体，

上述连线部件，将多相交流电导入给上述定子线圈用的电缆与上述定子线圈电连接，将上述电缆所供给的多相交流电供给上述定子线圈所对应的上述相线圈；

上述直流电源是至少在瞬时输出 100A 的电流的情况下，也能够输出比 12v 大的电压的铅电池；

具有将极板组浸渍在电解液中的单电池；

上述极板组卷绕成螺旋状。

16. 如权利要求 15 所述的电动动力转向系统，其特征在于：

上述定子线圈，由上述多个相线圈每一相电连接而成的三个相线圈组，通过三角形连线电连接起来而构成。

17. 如权利要求 15 所述的电动动力转向系统，其特征在于：

上述逆变装置具有：

具有半导体开关元件的功率模块；

与该功率模块电连接的控制模块；以及

与上述功率模块电连接的导体模块；

上述功率模块具有由上述半导体开关元件所构成的变换电路，同时，

将从电源侧所供给的直流电通过上述变换电路变换成多相交流电，输出到电动机侧；

上述控制模块，将用来驱动上述半导体开关元件的控制信号供给到上述功率模块，控制上述变换电路的动作；

上述导体模块具有：

与上述变换电路电连接的板状导体；以及

与该板状导体电连接的电路部件；

上述板状导体，形成有将电源侧所供给的直流电导入给上述变换电路的电路；

上述电路部件中，至少包含有滤波器以及电容器；

包含有上述滤波器以及电容器的上述电路部件，具有用来连接上述板状导体的端子；同时

通过将上述端子焊接接合在上述板状导体上，与上述板状导体电连接。

18. 如权利要求 17 所述的电动动力转向系统，其特征在于：

上述定子线圈，由上述多个相线圈每一相电连接而成的三个相线圈组，通过三角形连线电连接起来而构成。

电动动力转向系统以及其所使用的电动机

技术领域

[0001] 本发明涉及一种以卷绕式铅电池为电源的电动动力转向系统以及其所使用的电动机与逆变装置。

背景技术

[0002] 关于电动动力转向系统的背景技术，公知的例如有专利文献 1 至 3 中所述的装置。专利文献 1 以及 2 中，描述了一种用三相交流电驱动的电动动力转向用电动机。专利文献 3 中，描述了一种具有由三相交流电所驱动的电动机以及对其进行控制的控制装置的电动动力转向系统。

[0003] 另外，卷绕式铅电池的相关背景技术，公知的例如如专利文献 4 以及 5 中所述。

[0004] 【专利文献 1】特开 2001-275325 号公报；

[0005] 【专利文献 2】特开 2003-250254 号公报；

[0006] 【专利文献 3】特开 2003-267233 号公报；

[0007] 【专利文献 4】特开 2004-178831 号公报；

[0008] 【专利文献 5】特开 2004-207127 号公报。

[0009] 近年来，电动动力转向系统，将构成 14v 类车载电源的铅电池作为电源，通过逆变装置将从该电源所得到的直流电能变换成交流电能，通过该交流电能驱动交流电动机，得到掌舵用电动力的交流驱动方式逐渐变成主流。

[0010] 另一方面，电动动力转向系统中，为了能够广泛应用于轻型车辆与重型车辆，需要高输出化。迄今为止，从电动机直接输出掌舵力这种类型一般应用于较小型的轻型车辆，而较大型的重型车一般使用油压类型。但是，油压类型较为大型且构造复杂，同时比从电动机直接输出掌舵力的类型价格高。因此，要求电动动力转向系统高输出化，使得能够从电动机直接输出与以前的油压类型相等或相近的掌舵力。

[0011] 但是，在以一般在汽车中所安装的铅电池，也即构成上述 14v 类车载电源的铅电池，在将正极板与负极板以及设置在它们中间的隔膜层叠若干层所得到的极板组浸泡在电解液中的铅电池，作为电源的电动动力转向系统中，铅电池的性能上，用来从电动机输出与以前的油压类型相等或与其相近的掌舵力所需要的电功率，无法从电源得到。为了高输出化，需要电源大容量化。

[0012] 另外，电动动力转向系统中，在车辆停止的状态下进行方向盘操作时或在车辆非常缓慢行驶的状态下操作方向盘时，需要产生比较大的掌舵力。此时，电动动力转向系统中瞬时流通较大的电流。

[0013] 但是，在前述的以铅电池为电源的电动动力转向系统中，如果瞬时流通的电流过大，由于铅电池的容量比车辆行驶中的铅电池的容量低，因此从电源所获取的电功率下降，从电动机所输出的掌舵力降低到必需的掌舵力以下。即使瞬时流通较大的电流，为了输出必要的掌舵力，也需要电源的大容量化。

[0014] 另外，电动动力转向系统中，伴随着电源的大容量化，电动机以及逆变装置中所流

动的电流，变得比前述的以蓄电池为电源时的电动机以及逆变装置中所流动的电流大。因此，电动动力转向系统中，伴随着电源的大容量化，需要让电动机以及逆变装置采取对应于大电流的构造。

发明内容

[0015] 本发明能够提供一种即使在从电源侧向执行机构侧瞬时流动较大的电流的情况下，也能够从电源侧向执行机构侧稳定供给驱动电流，抑制系统输出的下降，且能够抑制与从电源侧向执行机构侧的瞬时流动的较大的电流相对应的执行机构侧的可靠性的下降的电动动力转向系统。

[0016] 另外，本发明提供一种能够实现系统的高输出化，且能够抑制伴随着高输出化的电流增加所对应的执行机构侧的可靠性的下降的电动动力转向系统。

[0017] 另外，本发明提供一种即使在将能够高输出的卷绕式铅电池作为电动动力转向系统的电源，从电源侧向电动动力转向系统的执行机构侧供给较大的电流的情况下，也能够抑制损耗降低，高效输出较大的掌舵力的电动动力转向系统用电动机。

[0018] 另外，本发明提供一种即使在将能够高输出的卷绕式铅电池作为电动动力转向系统的电源，从电源侧向电动动力转向系统的执行机构侧供给较大的电流的情况下，也能够确保导体之间的电连接部的可靠性的电动动力转向系统用逆变装置。

[0019] 本发明的特征在于，将以下所示的卷绕式铅电池作为电动动力转向系统的电源，将以下所示的电动机或逆变装置作为电动动力转向系统用电动机或逆变装置。

[0020] 卷绕式铅电池，将薄板带状的正极板与薄板带状的负极板之间介有带状隔膜之后卷绕所形成的极板组，浸渍在电解液中。构成极板组的正极板的面积为 1500 ～ 15000cm^2。另外，将电池的最大外形尺寸作为立方体进行估算的情况下的正极板的每单位体积的面积为 1700 ～ 17000cm^2/dm^3。该卷绕式铅电池中，在电动动力转向系统的执行机构侧（电动机以及逆变装置侧）中瞬时流通至少 100A 的电流的情况下，也能够输出比 12v 大的电压。

[0021] 电动机中，由线材多次缠绕所形成的多个相线圈构成定子线圈。多个相线圈的线材端部，从定子线圈的轴向一侧端部向轴向外侧突出，每一相分别由连线部件电连接起来。连线部件是与多个相线圈电连接的板状导体，用来将多相交流电导入给定子线圈的电缆，与定子线圈电连接，将电缆所供给的多相交流电供给到定子线圈的对应相线圈。

[0022] 另外，另一种电动机中，多个相线圈每一相电连接而成的多个相线圈组，通过三角形连线电连接起来，构成定子线圈。该构成可以与上述电动机组合。

[0023] 逆变装置，具有与功率模块电连接的导体模块。导体模块，具有与半导体开关元件所构成的变换电路电连接的板状导体。板状导体形成有将电源侧所供给的直流电能导入给变换电路的电路。板状导体与至少包含有滤波器以及电容器的电路部件电连接。电路部件具有板状导体连接用端子。电路部件的端子用焊接接合在板状导体中。

[0024] 根据以上所说明的本发明，即使在从电源侧向执行机构侧瞬时流通大电流的情况下，也能够从电源侧向执行机构侧稳定供给驱动电能，抑制系统输出的降低，且能够抑制对应从电源侧向执行机构侧瞬时流通大电流的执行机构侧可靠性的降低，因此能够提供一种高性能且可靠性高的电动动力转向系统。

[0025] 另外，根据本发明，能够实现系统的高输出化，且能够抑制伴随着高输出化的电流

增加所对应的执行机构侧的可靠性的下降，因此能够提供一种高性能且可靠性高的电动动力转向系统。

[0026] 另外，根据本发明，即使在将能够高输出的卷绕式铅电池用作电动动力转向系统的电源，从电源侧向电动动力转向系统的执行机构侧供给较大的电流的情况下，也能够抑制损耗降低，高效输出较大的掌舵力，因此能够提供一种适用于高输出的电动动力转向系统且可靠性高的电动机。

[0027] 另外，根据本发明，即使在将能够高输出的卷绕式铅电池作为电动动力转向系统的电源，从电源侧向电动动力转向系统的执行机构侧供给较大的电流的情况下，也能够确保导体之间的电连接部的可靠性，因此能够提供一种适用于高输出的电动动力转向系统且可靠性高的电动机。

附图说明

[0028] 图 1 为说明用作本发明的实施例的电动动力转向系统的电源的铅蓄电池的单电池内部结构的部分剖视图。

[0029] 图 2 为说明安装有图 1 的圆柱状单电池的铅蓄电池的外观结构的立体图。

[0030] 图 3 为说明安装有方形单电池的铅蓄电池的外观结构的立体图。

[0031] 图 4 为说明安装有多个圆柱状单电池的铅蓄电池的外观结构的立体图。

[0032] 图 5 为将本发明的实施例的卷绕式铅蓄电池的特性，与比较例的层叠式铅蓄电池的特性进行比较，为说明在周围温度为 -30° 的条件下，使用本发明的实施例的卷绕式铅蓄电池的特性与比较例的层叠式铅蓄电池，驱动电动动力转向用电动机时的电动动力转向用电动机的转数 - 转矩特性的特性图。

[0033] 图6为说明本发明的实施例的卷绕式铅蓄电池的端子电压（电池电压），与卷绕式铅蓄电池中所流动的充电电流以及从卷绕式铅蓄电池所流出的放电电流对应时间的变化的特性图。

[0034] 图 7 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的电动机的构成的剖视图。

[0035] 图 8 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的电动机的构成的剖视图，(A) 为图 7 的 A-A 处箭头方向剖视图，(B) 为 (A) 的 P 部放大剖视图。

[0036] 图 9 为说明交流电动机中的转子的极数 P 与定子的槽数 S 之间的关系的说明图。

[0037] 图 10 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的电动机的齿槽转矩的实测值的测定图，(A) 为说明对角度（机械角）为 0 ～ 360° 范围所测定的齿槽转矩 (mNm) 的测定图，(B) 为说明将 (A) 中所示的齿槽转矩的高次谐波成分在各个时间次数中分别分离时的幅度值 (mNm) 的测定图。

[0038] 图 11 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的电动机的定子线圈的连线关系的连线图。

[0039] 图 12 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的电动机的定子线圈的连线状态的侧视图。

[0040] 图 13 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的电动机的另一构成的图，为相当于图 7 的 A-A 处箭头方向剖面的剖视图。

[0041] 图 14 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的控制装置的构成的分解立体图。

[0042] 图 15 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的控制装置的构成的图，为说明功率模块与导体模块安装在外壳中，且控制模块尚未安装的状态的立体图。

[0043] 图 16 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的控制装置的导体模块的构成的图，为说明从底面侧所看到的状态的立体图。

[0044] 图 17 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的控制装置的构成的图，为图 15 的 X1-X1 处箭头方向剖视图。

[0045] 图 18 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的控制装置的构成的图，为说明功率模块与导体模块之间的连接部的详细构造的剖视图。

[0046] 图 19 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的控制装置的构成的图，为说明功率模块与控制模块之间的基于引线框的连接部的详细构造的剖视图。

[0047] 图 20 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的控制装置的电路结构的电路图。

[0048] 图 21 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的控制装置的另一构成的立体图。

[0049] 图 22 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统中所使用的电源以及执行机构的电路结构的电路图。

[0050] 图 23 为说明作为本发明的实施例的电动动力转向系统的系统构成的俯视图。

[0051] 图 24 为说明作为比较例的层叠式铅蓄电池的内部结构的部分剖面立体图。

[0052] 图 25 为说明作为比较例的层叠式铅蓄电池的端子电压（电池电压），与层叠式铅蓄电池中所流动的充电电流以及从层叠式铅蓄电池所流出的放电电流对应时间的变化的特性图。

[0053] 图中：20- 负极板，21- 正极板，22- 隔膜，100- 电动动力转向用电动机，110- 定子，112- 定子铁心，114- 定子线圈，116- 连线环，200- 控制装置，210- 功率模块，220- 控制模块，230- 导体模块，300- 电池。

具体实施方式

[0054] 下面对照图 1 至图 23，对本发明的实施例进行说明。

[0055] 首先，对照图 23，对本实施例的电动动力转向系统的概要结构进行说明。

[0056] 图 23 示出了本实施例的电动动力转向系统的系统结构。

[0057] 本实施例的电动动力转向系统（以下称作“EPS 系统”）是小齿轮 (pinion) 式 EPS 系统（以下称作“P-EPS 系统”），是一种通过设置在转向齿轮 STG 附近的电动动力转向用电动机 100（以下称作“EPS 电动机 100”）来辅助小齿轮的方式的转向系统。

[0058] 另外，EPS 系统中，还有通过设置在换向柱 (column) 附近的 EPS 电动机来辅助换向柱的换向柱式 EPS 系统，以及通过设置在转向齿轮附近的 EPS 电动机来辅助齿条的齿条交叉 (cross) 式 EPS 系统。本实施例的 P-EPS 系统的电源以及执行机构构成，也能够适用于这些 EPS 系统。

[0059] 驾驶者旋转方向盘 STW 之后，其主掌舵力（旋转力），经上部转向轴 USS、上部万向

连轴器 UUJ、下部转向轴 LSS、以及下部万向连轴器 LUJ，传递给转向齿轮 STG。另外，转向齿轮 STG 中，被传递了从 EPS 电动机 100 所输出的辅助掌舵力（旋转力）。

[0060] 转向齿轮 STG，是将所输入的主掌舵力（旋转力）与辅助掌舵力（旋转力），变换成直线的往返力，传递给左右拉杆 TR1、TR2 的机构，由齿条（图示省略）所形成的齿条轴（图示省略），以及小齿轮（图示省略）所形成的小齿轮轴（图示省略）构成。齿条齿轮与小齿轮在动力变换部 PT 中啮合，这里，旋转力被变换成直线往返力。主掌舵力经动力变换部 PT 的输入轴 IS，传递给小齿轮轴。辅助掌舵力经动力变换部 PTM 的减速机构（图示省略）传递给小齿轮轴。

[0061] 在转向齿轮 STG 中被变换成直线往返力的掌舵力，传递给与齿条轴相连结的连杆 TR1、TR2，从连杆 TR1、TR2 传递给左右车轮 WH1、WH2。通过这样，控制左右车轮 WH1、WH2 的方向。

[0062] 上部转向轴 USS 中设有转矩传感器 TS。转矩传感器 TS 用来检测出加载给方向盘 STW 的掌舵力（旋转转矩）。

[0063] EPS 电动机 100 由控制装置 200 进行控制。EPS 电动机 100 与控制装置 200 构成 EPS 系统的执行机构。EPS 系统将车载用电池 300 用作电源。控制装置 200 是逆变装置，根据转矩传感器 TS 的输出，为了让 EPS 电动机 100 的输出转矩变为目标转矩，而将电池 300 所供给的直流电变换成多相交流电，供给到 EPS 电动机 100。

[0064] 接下来，对照图 22，对本实施例的 EPS 系统中所使用的电源以及执行机构的电连接关系进行说明。

[0065] 图 22 中示出了本实施例的 EPS 系统中所使用的电源以及执行机构的电路结构。

[0066] 控制装置 200，具有构成逆变器主电路（变换电路）的功率模块 210，与控制功率模块 210 的功率半导体开关元件的导通 / 断开动作（开关动作）的控制模块 220。功率模块 210 的逆变器主电路，由 6 个功率半导体开关元件桥接构成的 3 相桥接电路构成。功率模块 210 的逆变器主电路的输入侧（直流侧）电连接有电池 300，输出侧（交流侧）电连接有 EPS 电动机 100 的定子线圈 114。功率模块 210 的 6 个功率半导体开关元件各自的开关由控制模块 220 进行控制，通过这样，从电池 300 输出的直流电，在功率模块 210 的逆变器主电路中被变换成 3 相交流电，供给到 EPS 电动机 100 的定子线圈 114。

[0067] 控制模块 220，构成生成用来控制功率半导体开关元件的导通 / 断开动作（开关动作）的控制信号，并将该控制信号输出给功率模块 210 的驱动电路（图示省略）的控制部。控制模块 220 中，作为输入参数被输入了由转矩传感器 TS 所检测出的方向盘 STW 的转矩检测值 Tf、由编码器 E 所检测出的转子 130 的旋转速度检测值 ωf 以及由旋转变压器 156 所检测出的转子 130 的磁极位置检测值 θm。

[0068] 转矩检测值 Tf 与转矩指令值 Ts 一起输入给转矩控制电路 221。转矩控制电路 221 根据转矩检测值 Tf 与转矩指令值 Ts 计算出转矩目标值 Te，通过该所检测出的转矩目标值 Te 的比例积分等，输出电流指令值 Is 以及旋转角 θ1。旋转角 θ1 与旋转速度检测值 ωf 一起输入给移相电路 222。移相电路 222 根据旋转速度检测值 ωf 计算出转子 130 的旋转角 θa，根据旋转角 θ1 对该所检测出的旋转角 θa 进行移相并输出。旋转角 θa 与磁极位置检测值 θm 一起输入给正弦波・余弦波发生电路 223。正弦波・余弦波发生电路 223，产生根据旋转角 θa 以及磁极位置检测值 θm，将定子线圈 114 的各个线圈（这里为 3 相）

的激励电压进行移相所得到的正弦波基本波形（驱动电流波形）值 Iav 并输出。另外，上述移相量也可以为 0。

[0069] 正弦波基本波形（驱动电流波形）值 Iav，与电流指令值 Is 一起输入给 2 相 -3 相变换电路 224。2 相 -3 相变换电路 224，根据正弦波基本波形（驱动电流波形）值 Iav 以及电流指令 Is，输出对应于各相的电流指令 Isa、Isb、Isc。控制模块 220 具有各相独立的电流控制系统 225A、225B、225C。各相电流控制系统 225A、225B、225C，被输入对应相的电流指令 Isa、Isb、Isc，以及对应相的电流检测值 Ifa、Ifb、Ifc。电流检测值 Ifa、Ifb、Ifc 是由电流检测器 CT 所检测出来的，是从功率模块 210 的变换电路供给到各相的定子线圈 114 的相电流。各相的电流控制系统 225A、225B、225C，根据对应相的电流指令 Isa、Isb、Isc，与对应相的电流检测值 Ifa、Ifb、Ifc，输出用来控制对应相的功率半导体开关元件的开关动作的控制信号。各相的控制信号，输入给功率模块 210 的对应相的驱动电路（图示省略）。

[0070] 功率模块 210 的各相的驱动电路（图示省略），根据对应相的控制信号，输出用来控制对应相的功率半导体开关元件的开关动作的驱动信号。各相的驱动信号，输入给对应相的功率半导体开关元件。如果功率半导体开关元件进行开关动作，便将电池 300 所供给的直流电变换成交流电，供给 EPS 电动机 100 的定子线圈 114。此时，供给到定子线圈 114 的各相电流的合成电流，总是形成在与磁场磁通量成直角或移相了的位置上。通过这样，EPS 电动机 100 产生对应于转子 130 的旋转位置的旋转磁场，让电动机 130 旋转。

[0071] 接下来，对照图 1 至图 6，对本实施例的 EPS 系统中所使用的电源进行详细说明。

[0072] 图 1 中示出了用作本实施例的 EPS 系统的电源的铅蓄电池的单电池的内部结构。图 2 中示出了安装有单电池的铅蓄电池的外观结构。

[0073] 本实施例中，使用卷绕式铅蓄电池作为铅蓄电池。本实施例的卷绕式铅蓄电池的单电池如下进行制作。通过这样，能够得到如图 1 所示结构的单电池 40。

[0074] 将负极板 20 与正极板 21 介有厚 0.35mm 的隔膜 22 缠绕成圆形螺旋状，在 45℃的温度，93％的湿度下放置 16 小时熟化之后，在 110℃的温度下放置 1 小时进行干燥。之后，将同极性的 10 根极板边缘 23 之间通过带子 24 连接起来，将各个极的带子 24 焊到负极端子 25 与正极端子 26 上制造缠绕组。接下来，将该缠绕组安装在圆柱形电槽 27 内，在电槽 27 的上部覆盖盖子 28 进行焊接，之后从注液孔 29 注入比重为 1.2(20℃）的稀硫酸电解液，制作未化学反应的单电池 40。之后，将该单电池 40 以 9A 化学反应 20 小时之后，添加比重为 1.4(20℃）的稀硫酸溶液，从而调整为比重 1.3(20℃）浓度的硫酸电解液。最后，安装安全阀 30 得到圆柱形的单电池 40。

[0075] 未化学反应的负极板 20，通过制作由厚 0.2mm 的 Pb 中含有 2.2 质量％的 Sn 的合金箔所形成的负极集电体，在其内外侧涂布负极活性物质膏状物 45g，将其成型为 0.8mm 而得到。

[0076] 这里，负极集电体，是将 Pb 中含有 2.2 质量％的 Sn 的合金融解之后，进行冷轧所得到的厚 0.25mm 的轧制薄板。

[0077] 负极活性物质膏状物，是在将木质素 0.3 质量％、硫酸钡或硫酸锶 0.2 质量％、碳粉 0.1 质量％，剩下的全部为铅粉，在搅拌机中搅拌约 10 分钟所得到的混合物中，加入 12 质量％的水，进一步再在该搅拌之后的铅粉中，加入 13 质量％的比重为 1.24 的 20℃的稀硫酸，进行搅拌所得到的。

[0078] 未化学反应的正极板 21，通过制作由厚 0.25mm 的 Pb-2.2Sn 合金的箔所形成的正极集电体，在其内外侧涂布正极活性物质膏状物 45g，将其成型为 0.8mm 而得到。

[0079] 这里，正极集电体，是将 Pb 中含有 2.2 质量％的 Sn 的合金融解之后，进行冷轧所得到的厚 0.25mm 的轧制薄板。

[0080] 正极活性物质膏状物，与负极活性物质膏状物一样，是在将木质素 0.3 质量％、硫酸钡或硫酸锶 0.2 质量％、碳粉 0.1 质量％，剩下的全部为铅粉，在搅拌机中搅拌约 10 分钟所得到的混合物中，加入 12 质量％的水，进一步再在该搅拌之后的铅粉中，加入 13 质量％的比重为 1.24 的 20℃的稀硫酸，进行搅拌所得到的。

[0081] 圆柱形单电池 40，如图 2 所示，存放在棱柱形或方形（立方体状）的外装容器 45 内。正极端子 26 以及负极端子 25 从外装容器 45 的上面向上方突出。

[0082] 单电池 40 的正极板 21 的面积，形成为 1500 ～ 15000cm^2 的大小。

[0083] 另外，图 1 以及图 2 中示出了单电池 40 成形为圆柱形的例子，但也可以是图 3 所示的形状。

[0084] 图 3 中示出了安装有方形单电池的铅蓄电池的外观结构。

[0085] 图 3 中所示的单电池 50，电槽 27 为棱柱形或方形（立方体），将负极板与正极板介有隔膜缠绕成矩形（方向）螺旋状，使得电极组遵循电槽 27 的形状。单电池 50 存放在棱柱形或方形（立方体）的外装容器 55 内。正极端子 51 以及负极端子 52 从外装容器 55 的上面向上方突出。

[0086] 图 3 中所示的铅蓄电池，与图 2 中所示的铅蓄电池相比，能够减小单电池与外装容器之间的无效空间，从而更有效率。

[0087] 单电池 50 的正极板的面积，形成为 1500 ～ 15000cm^2 的大小。

[0088] 另外，图 1 以及图 2 中，示出了将 1 个圆柱形单电池 40 存放在 1 个外装容器 55 中的例子，但也可以如图 4 所示，将多个单电池 60 存放在 1 个外装容器 55 中。

[0089] 图 4 中示出了安装有多个圆柱形单电池的铅蓄电池的外观结构。

[0090] 图 4 中所示的单电池 60 的结构与图 1 中所示的单电池 40 的结构相同。本实施例中，6 个单电池 60 通过连接端子 63 串联电连接，存放在棱柱形或方形（立方体）的外装容器 65 内。位于一方电端部的单电池 60 的正极端子 61，与位于另一方电端部的单电池 60 的负极端子 62 从外装容器 65 的上面向上方突出。

[0091] 这样所构成的铅蓄电池中，设计容量为 24 ～ 34Ah，平均放电电压为 12V。

[0092] 另外，图 4 中所示的铅蓄电池的最大外形尺寸，在作为立方体进行估算的情况下，电池容积为 5.4dm^3（与比较例的铅蓄电池的电池型号 38B19 容积相同）。

[0093] 另外，各个单电池 60 的正极板的面积，形成为 1500 ～ 15000cm^2 的大小。

[0094] 另外，在图 4 所示的铅蓄电池的最大外形尺寸作为立方体进行估算的情况下，铅蓄电池的每单位体积的正极面积，为 1700 ～ 17000cm^2/dm^3。

[0095] 图 5 中将图 4 所示的本实施例的铅蓄电池的特性，与比较例的铅蓄电池的特性进行比较，示出了在周围温度为 -30℃的条件下，将使用本实施例的铅蓄电池与比较例的铅蓄电池驱动 EPS 电动机 100 时的 EPS 电动机 100 的转数 - 转矩特性。

[0096] 在使用图 5 说明铅蓄电池的特性之前，首先对比较例的铅蓄电池进行说明。

[0097] 图 24 中示出了比较例的铅蓄电池的构成。

[0098] 比较例的铅蓄电池，是以前作为构成机动车的 14v 类车载电源的车载电池而安装在机动车中的层叠式铅蓄电池（输出电压 12v），通过如下进行制作而得到。

[0099] 将 5 张负极板 1000 与 4 张正极板 1010，介有厚 1.5mm 的聚乙烯制成的隔膜 1020 进行层叠，将同极性的极板之间通过带子 1030 连接起来，制作极板组 1100。进而，将 6 个极板组 1100 在电槽 1060 内串联，进行设置之后，注入比重为 1.05(20℃）的稀硫酸电解液，制作未化学反应电池。之后，将其以 9A 化学反应 20 小时之后，添加比重为 1.4(20℃）的稀硫酸溶液，从而调整为比重 1.3(20℃）浓度的硫酸电解液。最后，焊接正极端子 1050 与负极端子 1040，通过盖子 1070 进行密封，得到层叠型电池。

[0100] 未化学反应的负极板 1000，通过在厚 1mm 的负极集电体中填充负极活性物质膏状物 45g，在 45℃的温度，93％的湿度下放置 16 小时进行熟化之后，在 110℃的温度下放置 1 小时进行干燥，将其成型为 1.3mm 而得到。

[0101] 这里，负极集电体，是将 Pb 中含有 1 质量％的 Sn、0.2 质量％的 Ca 的合金融解之后，进行冷轧制作轧制薄板，在厚 1mm 的负极集电体中进行扩张加工所得到的。

[0102] 负极活性物质膏状物，是在将木质素 0.3 质量％、硫酸钡或硫酸锶 0.2 质量％、碳粉 0.1 质量％，剩下的全部为铅粉，在搅拌机中搅拌约 10 分钟所得到的混合物中，加入 12 质量％的水，进一步再在该搅拌之后的铅粉中，加入 13 质量％的比重为 1.24 的 20℃的稀硫酸，进行搅拌所得到的。

[0103] 正极板 1010，通过在厚 1mm 的由 Pb 中含有 1 质量％的 Sn 的合金所形成的正极集电体中填充正极活性物质膏状物 45g，在 45℃的温度，93％的湿度下放置 16 小时进行熟化之后，在 110℃的温度下放置 1 小时进行干燥，将其成型为 1.6mm 而得到。

[0104] 这里，正极集电体，是将 Pb 中含有 1 质量％的 Sn、0.7 质量％的 Ca 的合金融解之后，进行冷轧制作轧制薄板，在厚 1mm 的正极集电体中进行扩张加工所得到的。

[0105] 正极活性物质膏状物，是在将木质素 0.3 质量％、硫酸钡或硫酸锶 0.2 质量％、碳粉 0.1 质量％，剩下的全部为铅粉，在搅拌机中搅拌约 10 分钟所得到的混合物中，加入 12 质量％的水，进一步再在该搅拌之后的铅粉中，加入 13 质量％的比重为 1.24 的 20℃的稀硫酸，进行搅拌所得到的。

[0106] 比较例的铅蓄电池的设计容量为 28Ah，平均放电电压为 12V。

[0107] 另外，比较例的铅蓄电池的电池型号为 38B19，电池容积为 5.4dm^3。

[0108] 另外，比较例的铅蓄电池的电池总面积为 5400cm^2，方形电池的每单位体积的正极面积为 1000cm^2/dm^3，每个单电池的正极面积为 900cm^2。

[0109] 图 5 中，(A) 的特性为每个单电池的正极面积为 1500cm^2，铅蓄电池的每单位体积的正极面积为 1700cm^2/dm^3 的本实施例的卷绕式铅蓄电池的实测值。(B) 的特性为每个单电池的正极面积为 15000cm^2，铅蓄电池的每单位体积的正极面积为 17000cm^2/dm^3 的本实施例的卷绕式铅蓄电池的实测值。(C) 的特性为每个单电池的正极面积为 900cm^2，铅蓄电池的每单位体积的正极面积为 1000cm^2/dm^3 的本实施例的层叠式铅蓄电池的实测值。

[0110] 从图 5 可以得知，(A)(B) 的本实施例的卷绕式铅蓄电池，与 (C) 的比较例的层叠式铅蓄电池相比，同转矩中的 EPS 电动机 100 的转数，以及同转数中的 EPS 电动机 100 的转矩增大。所以，通过将本实施例的卷绕式铅蓄电池用作 EPS 系统的电源，能够实现 EPS 系统的高输出化。

[0111] 进一步，对照图 6 以及图 25，将本实施例的铅蓄电池的特性与比较例的铅蓄电池的特性进行比较。

[0112] 图 6 以及图 25，示出了铅蓄电池的端子电压（电池电压）、流入到铅蓄电池中的充电电流以及从铅蓄电池流出的放电电流对应时间的变化特性。

[0113] EPS 电动机 100，如前所述，由车载电源的供电进行驱动。在将作为以前的铅蓄电池的比较例的层叠式铅蓄电池用作车载电源的情况下，车载电源的输出电压较低的情况较多。车载电源的端子之间，电连接有构成逆变装置 200 的变换电路的功率半导体开关元件、EPS 电动机 100、以及其他与电流供给电路的连接机构等价电连接的串联电路，该串联电路的各个电路构成元件的端子电压的合计变为车载电源的端子间电压。因此，用来给 EPS 电动机 100 供电的 EPS 电动机 100 的端子电压降低。

[0114] EPS 电动机 100 中需要较大的转矩。这是为了即使例如在车辆的行驶停止状态或接近行驶停止的运行状态下迅速旋转方向盘（方向盘）的情况下，也能够克服掌舵车轮与地面之间的摩擦阻力，对车轮车辆进行掌舵。在以 AC100V 作为电源的交流伺服电动机输出必要转矩的情况下，电动机电流可以在 5A 左右。但是，在使用比较例的层叠式铅蓄电池，以 DC14V 的直流电直流－交流变换而成的 14V 的交流电驱动交流电动机的情况下，为了以相同程度的体积，输出相同程度的转矩，电动机电流需要为 70A ～ 100A。

[0115] 这里，在将处于预充电状态（state of charge，SOC）为 70％的状态的本实施例的卷绕式铅蓄电池，与处于同样状态的比较例的层叠式铅蓄电池，作为前述的图 23 所示的 EPS 系统的电源安装在车辆中的情况下，各个铅蓄电池的端子电压（电池电压）、流入到铅蓄电池中的充电电流以及从铅蓄电池流出的放电电流对应时间的变化特性，如图 6 以及图 25 所示。

[0116] 发动机例如由通常所使用的起动电动机起动。在发动机的起动开始时，接通发动机点起动键之后，起动电动机供电，发动机旋转。此时，卷绕式铅蓄电池与层叠式铅蓄电池均向起动电动机瞬时供给大电流，因此电池电压瞬间降低到 11V 以下。

[0117] 发动机发动之后，卷绕式铅蓄电池与层叠式铅蓄电池由交流发电动机开始充电。此时，卷绕式铅蓄电池的电池电压与层叠式铅蓄电池的电池电压，均被以例如 14V 的一定电压进行充电。另外，充电电流因交流发电动机的转数而变化。

[0118] 这里，比较例的层叠式铅蓄电池中，与本实施例的卷绕式铅蓄电池相比，充电接纳能力较低，因此在充电开始数秒后电池电压达到 14V 的上限电压，充电电流衰减。层叠式铅蓄电池中，交流发电动机所发的电与其说是对层叠式铅蓄电池进行充电，倒不如说作为热被消耗掉了，因此可以说充电效率（蓄电池的充电量比发电动机的发电量的比率）较低。此时，层叠式铅蓄电池中所充的电量，相当于图 25 中所示的斜线 b 的面积。

[0119] 另外，本实施例的卷绕式铅蓄电池，与比较例的层叠式铅蓄电池相比，充电接纳能力较高，因此在充电开始后能够以大电流进行充电。卷绕式铅蓄电池中，在电池电压达到 14V 的上限电压之前，交流发电动机的所发的电全部消耗在卷绕式铅蓄电池的充电中，因此可以说充电效率（蓄电池的充电量比发电动机的发电量的比率）较高。从充电开始经过了 7 秒以上的时间后，卷绕式铅蓄电池的电池电压达到 14V 的上限电压，充电电流开始衰减。此时，卷绕式铅蓄电池中所充的电量，相当于图 6 中所示的斜线 a 的面积，比比较例的层叠式铅蓄电池的图 25 的斜线 b 的面积大。

[0120] 在发动机起动后经过 10 秒之后，进行转向操作。如果在车辆的行驶停止状态下迅速旋转方向盘（方向盘），EPS 电动机 100 便克服掌舵车轮与地面之间的摩擦阻力，输出用来对掌舵车轮进行掌舵的大转矩。此时，从卷绕式铅蓄电池与层叠式铅蓄电池向执行机构侧瞬间供给 100A 以上的电流。之后，从卷绕式铅蓄电池与层叠式铅蓄电池向执行机构侧所供给的电流，随着车轮的行驶而降低。

[0121] 这里，比较例的层叠式铅蓄电池中，与本实施例的卷绕式铅蓄电池相比其输出性能较低，因此在点 III 的时刻，电池电压大幅下降到 11V 以下。再次由交流发电动机对层叠式铅蓄电池进行充电之后，如果在接近行驶停止的缓慢运行的状态下驱动 EPS 电动机 100，在点 IV 的时刻，电池电压与点 III 时的相同，大幅降低到 11V 以上。所以，比较例的层叠式铅蓄电池无法抑制 EPS 电动机 100 的端子电压下降。

[0122] 另外，本实施例的卷绕式铅蓄电池中，与比较例的层叠式铅蓄电池相比输出性能为其两倍以上，因此即使对大电流放电，点 I 的时刻（与点 III 相同时刻的点）中的电池电压也能够维持 12V 以上的高电压。再次由交流发电动机对卷绕式铅蓄电池进行充电之后，如果在接近行驶停止的缓慢运行的状态下驱动 EPS 电动机 100，在点 II 的时刻（与点 IV 相同时刻的点）中的电池电压也能够维持 12V 以上的高电压。所以，本实施例的本发明的卷绕式铅蓄电池能够抑制 EPS 电动机 100 的端子电压下降。

[0123] 另外，安装在机动车中的蓄电池被作用了各种振动。另外，安装在机动车中的蓄电池还受到车轮的冲击。本实施例中，由于蓄电池使用卷绕式铅蓄电池，因此电极面被均等作用缠绕压力。所以即使被施加振动或冲击，活性物质也不会脱落，从而能够抑制电池恶化。作为最能够作用均等缠绕压力的构造，螺旋式圆筒状构造是很理想的。

[0124] 另外，安装在机动车中的蓄电池在气温变化较大的状态下也能够使用。所以，即使在蓄电池的温度在摄氏负 30 度以下的状态下，EPS 电动机 100 的正常起动也需要充足的电流与电压。本实施例的卷绕式铅蓄电池，即使在摄氏负 30 度的状态下，也显示出优秀的输出特性。因此，本实施例的卷绕式铅蓄电池，能够让 EPS 电动机 100 的转数 - 转矩特性，比使用比较例的层叠式铅蓄电池的情况下好。

[0125] 接下来，对照图 7 至图 13，对本实施例的 EPS 系统中使用的 EPS 电动机进行详细说明。

[0126] 图 7 中示出了本实施例的 EPS 系统中所使用的 EPS 电动机的全体构成。图 8 中，图 8(A) 示出了 A-A 处箭头方向剖面，图 8(B) 示出了图 8(A) 的 P 部放大剖面。

[0127] 本实施例的 EPS 电动机 100，将车载电池（例如输出电压 12V）作为电源，设置在方向盘的附近或转向齿轮的附近。所以，由于安装位置的限制，必须小型化，同时，由于对转向进行动力辅助，因此需要大转矩（例如 4.5Nm）的输出。

[0128] EPS 电动机 100，是一种具有定子 110 与可旋转支持在该定子 110 的内侧的转子 130 的表面磁铁型同步电动机。EPS 电动机 100，由具有本实施例的卷绕式铅蓄电池的 14V 类电源（卷绕式铅蓄电池的输出电压为 12V）所供给的电进行驱动。另外，车载电源为 24V 类电源或 42V 类电源（电池的输出电压为 36V）或 48V 类电源，根据机动车的种类不同，EPS 电动机 100 的驱动电源电压也不同。本实施例的 EPS 系统，可以对应上述任一种电源。

[0129] 电动机 110，具有通过层叠有硅钢板的磁体所形成的定子铁心 112，以及保持在定子铁心 112 的槽内的定子线圈 114。定子铁心 112，如后面对照图 2 所述，由圆环状后铁心，

以及与该后铁心分离制作的，之后机械固定在后铁心上的多个齿极构成。多个齿极中分别缠绕有定子线圈 114。定子线圈以分布缠绕或集中缠绕方式进行缠绕。

[0130] 如果定子线圈 114 为分布缠绕，则对于弱磁场控制非常有益，另外，对磁阻转矩的产生也很有益。作为 EPS 电动机来说，电动机的小型化与线圈阻抗的降低非常重要。通过让定子线圈 114 为集中缠绕，能够缩短定子线圈 114 的线圈终端部长度。通过这样，能够缩短 EPS 电动机 100 的旋转轴方向的长度。另外，由于能够缩短定子线圈 114 的线圈终端部的长度，因此能够减小定子线圈 114 的电阻，抑制电动机的温度上升。另外，由于能够降低线圈电阻，因此能够减小线圈的铜损。所以，能够让对电动机的输入能量内，铜损所消耗的比率较小，从而能够提高输出转矩比输入能量的效率。

[0131] 另外，在 EPS 电动机设置在驾驶杆附近的情况下，以及设置在齿条 & 小齿轮的附近等情况下，均要求小型化。另外，小型化了的构造中需要固定定子线圈，让线圈作业较容易也很重要。与分布缠绕相比，集中缠绕的线圈作业、线圈的固定作业较容易。

[0132] 定子线圈 114 的线圈终端部被铸模。EPS 电动机希望将齿槽转矩等转矩变动控制得非常小，在定子部组装完成之后对定子内部再次进行切削加工。由于这样的机械加工，产生了切削粉。必须防止该切削粉进入定子线圈的线圈终端部，从而优选线圈终端部的铸模。线圈终端部是指，定子线圈 114 的多个部位中，从定子铁心 112 的轴向两端部向轴向突出的部位。另外，本实施例中，在覆盖定子线圈 114 的线圈终端部的铸模树脂，与框架 150 之间设有空隙，但也可以填充到与框架 150、前法兰 152F 以及后法兰 152R 相接触的位置。这样一来，定子线圈 114 的发热，能够从线圈终端部经铸模树脂直接传递给框架 150、前法兰 152F 以及后法兰 152R，释放到外部，因此与经空气进行热传递的情况相比，能够降低定子线圈 114 的温度上升。

[0133] 定子线圈 114 由 U 相、V 相、W 相这 3 相构成，分别由多个单位线圈构成。多个单位线圈如后面对照图 3 所述，3 相的各个相通过设置在图示左侧的连线环 116 连线。

[0134] EPS 电动机需要有较大的转矩。例如在车辆的行驶停止状态或接近行驶停止的运行状态下迅速旋转方向盘（方向盘），为了克服掌舵车轮与地面之间的摩擦阻力，要求上述电动机提供较大的转矩。此时向定子线圈供给大电流。该电流因条件而不同，但会流动 100A 以上的电流。为了能够安全供给这样的大电流，另外还降低上述电流引起的发热，使用连线环 116 非常重要。通过经上述连线环 116 向定子线圈供电，能够减小连接电阻，还能够抑制铜损所引起的电压下降。通过这样，能够容易地供给大电流。另外，还具有让伴随着逆变器元件的动作的电流上升时间常数变小的效果。

[0135] 定子铁心 112 与定子线圈 114，通过树脂（具有电绝缘性的）铸模为一体，一体形成从而构成定子的子组件 (SubAssy)。该一体成形的子组件 (SubAssy)，在压入到铝等金属所形成的圆筒状框架 150 的内侧固定起来的状态下，进行铸模成形。另外，一体成形的定子子组件，也可以在定子线圈 114 组装在定子铁心 112 中的状态下进行铸模成形，之后再压入到框架 150 内。

[0136] 安装在机动车中的 EPS 被作用各种振动。另外，还被施加来自车轮的冲击。另外还在气温变化较大的状态下使用。需要考虑摄氏负 40 度的状态，另外，还需要考虑因温度上升而变成 100 度以上。另外，电动机中不能进水。为了在该条件下将定子固定在磁轭 150 上，最好在筒状框架的至少定子铁心的外周部中不设置螺丝孔以外的孔，将定子部（子组

件 SubAssy) 压入在圆筒金属中。另外，压入之后可以进一步从框架的外周部进行螺丝固定。最好是压入固定。

[0137] 转子 130，具有层叠有硅钢板的磁体所构成的转子铁心 132、通过粘合剂固定在该转子铁心 132 的表面的多个作为永久磁铁的磁铁 134、以及由设置在磁铁 134 的外周的非磁体所构成的磁铁罩 136。磁铁 134 是稀土类磁铁，例如由钕制成。定子铁心 132 固定在轴 138 上。转子铁心 132 的表面上通过粘合剂固定有多个磁铁 134，同时，其外周侧被磁铁罩 136 所覆盖，通过这样来防止磁铁 134 的飞散。上述磁铁罩 136 由不锈钢（俗称 SUS）构成，但也可以缠绕带子。不锈钢这种方法的制造较容易。如上所述的 EPS 电动机，适于保持振动以及热变化非常大，易破损的永久磁铁。另外如上所述，即使破损也能够防止飞散。

[0138] 圆筒状框架 150 的一方端部，设有前法兰 152F。框架 150 与前法兰 152F 之间通过螺栓 B1 固定起来。另外。框架 150 的另一方端部，压入有后法兰 152R。前法兰 152F 以及后法兰 152R 中，分别安装有轴承 154F、154R。通过这些轴承 154F、154R，将轴 138 以及固定在该轴 138 上的定子 110 自由旋转地支持起来。

[0139] 前法兰 152F 中形成有圆环状的突出部（或延伸部）。前法兰 152F 的突出部向轴向突出，从前法兰 152F 的线圈终端部侧的侧面向线圈终端部侧延伸。在将前法兰 152F 固定在框架 150 中时，前法兰 152F 的突出部的前端部，插入在前法兰 152F 侧的线圈终端部的铸模材料与框架 150 之间所形成的空隙内。另外，为了提高线圈终端部的散热，前法兰 152F 的突出部，最好与前法兰 152F 侧的线圈终端部的铸模材料紧密接触。

[0140] 后法兰 152R 中设有圆筒状的凹孔，后法兰 152R 的凹孔与轴 138 的中心轴同心，比框架 150 的轴向端部深入轴向内侧（定子铁心 112 侧）。后法兰 152R 的凹孔的前端部，延伸到后法兰 152R 侧的线圈终端部的内径侧，在径向上与后法兰 152R 侧的线圈终端部相面对。后法兰 152R 的凹孔的前端部中保持有轴承 154。轴 138 的后法兰 152R 侧的轴向端部，比轴承 154 更向外方（与转子铁心 132 相反的一侧）延伸，一直达到后法兰 152R 的凹孔的开口部附近或比开口部更加在轴向上向外突出的位置。

[0141] 后法兰 152R 的凹孔的内周面与轴 138 的外周面之间所形成的空间中，设有旋转变压器 (resolver)156。旋转变压器 156 具有旋转变压器定子 156S 与旋转变压器转子 156R，位于比轴承 154R 靠近轴向外侧（与转子铁心 132 相反的一侧）处。旋转变压器转子 156R 通过螺母 N1 固定在轴 138 的一方端部（图示左侧的端部）上。旋转变压器定子 156S，通过由螺丝 SC1 将旋转变压器压板 156B 固定在后法兰 152R 上，而固定在后法兰 152R 的凹孔的内周侧，与旋转变压器转子 156R 介有空隙相面对。由旋转变压器定子 156S 与旋转变压器转子 156R 构成旋转变压器 156，旋转变压器转子 156R 的旋转由旋转变压器定子 156S 检测出来，通过这样，能够检测出多个磁铁 134 的位置。更具体的说，旋转变压器具有外周表面为凹凸状（例如椭圆形状或花瓣形状）的旋转变压器转子 156R，与缠绕有两个输出用线圈（电气错开 90° ）以及励磁用线圈的旋转变压器定子 156S。如果给励磁用线圈加载交流电，两个输出用线圈中，便产生具有与旋转角度成正比的相位差的、对应于旋转变压器转子 156R 与旋转变压器定子 156S 之间的空隙的长度变化的交流电压。这样，旋转变压器便能够检测出具有相位差的两个输出电压。转子 130 的磁极位置，可以通过根据所检测出的两个输出电压的相位差求出相位角来检测出来。后法兰 152R 的外周安装有后座 158，将旋转变压器 156 覆盖起来。

[0142] 从外部电池经电缆 162，向通过连线环 116 所连接的 U 相、V 相、W 相的各相供电。电缆 162 通过索环 164 安装在框架 150 上。由旋转变压器定子 156S 所检测出的磁极位置信号，由信号线 166 取出到外部。信号线 166 通过索环 (grommet)168 安装在后座 158 上。通过铸模材料将连线环 116 与电缆 1 的一部分与线圈终端部一起铸模起来。

[0143] 下面对定子 110 以及转子 130 的构成进行更加详细的说明。

[0144] 定子铁心 112，由圆环状后铁心 112B，以及与该后铁心 112B 分离构成的多个齿极 112T 构成。后铁心 112B，通过冲压成形对硅钢板等磁体薄板进行冲压，并层叠起来而构成。

[0145] 本实施例中，齿极 112T 由分别独立的 12 个齿极 112T(U1+)、112T(U1-)、112T(U2+)、112T(U2-)、112T(V1+)、112T(V1-)、112T(V2+)、112T(V2-)、112T(W1+)、112T(W1-)、112T(W2+)、112T(W2-) 构成。各个齿极 112T(U1+)，...，112T(W2-) 中，通过集中缠绕缠绕有定子线圈 114(U1+)、114(U1-)、114(U2+)、114(U2-)、114(V1+)、114(V1-)、114(V2+)、114(V2-)、114(W1+)、114(W1-)、114(W2+)、114(W2-)。

[0146] 这里，定子线圈 114(U1+) 与定子线圈 114(U1-)，缠绕为使线圈中所流动的电流方向相反。定子线圈 114(U2+) 与定子线圈 114(U2-)，也缠绕为让线圈中所流动的电流方向相反。另外，定子线圈 114(U1+) 与定子线圈 114(U2+)，缠绕为让线圈中所流动的电流方向相同。定子线圈 114(U1-) 与定子线圈 114(U2-)，也缠绕为让线圈中所流动的电流方向相同。定子线圈 114(V1+)、114(V1-)、114(V2+)、114(V2-) 的电流方向的关系，以及定子线圈 114(W1+)、114(W1-)、114(W2+)、114(W2-) 的电流方向的关系，与 U 相的情况相同。

[0147] 12 个齿极 112T 以及定子线圈 114 通过同样的方法进行制作，因此这里以齿极 112T(U1+) 以及定子线圈 114(U1+) 为例，对其装配工序进行说明。定子线圈 114(U1+)，是预先成形的成形线圈，成为缠绕在齿极 112T(U1+) 上的形状。成为该成形线圈的定子线圈 114(U1+) 与线轴 112BO 一体成形。线轴 112BO 与所成形的定子线圈 114(U1+) 的一体物，从齿极 112T(U1+) 的后端侧嵌入。齿极 112T(U1+) 的前端部，也即与转子 130 相面对的侧在圆周方向上扩大，因此线轴 112BO 与定子线圈 114(U1+)，在该扩大部做为制动器而被卡定。齿极 112T(U1+) 的后端侧，形成有与形成在后铁心 112B 的内周侧的凹部 112BK 相配合形状的凸部 112TT。缠绕有所成形的定子线圈 114(U1+) 的齿极 112T(U1+) 的凸部 112TT，压入到后铁心 112B 的凹部 112BK 中，将齿极 112T(U1+) 固定在后铁心 112B 中。对其他的齿极 112T(U1-)，...，112T(W2-)，安装定子线圈 114(U1-)，...，114(W2-) 的工序，以及将齿极 112T(U1-)，...，112T(W2-) 固定在后铁心 112B 中的工序也一样。

[0148] 后铁心 112B 中，固定有安装了定子铁心 114 的 12 个齿极 112T，在将后铁心 112B 的外周侧的多处压入到框架 150 的内周侧的状态下，通过热硬化树脂 MR 将定子铁心 112 与定子线圈 114 一体铸模成形，构成定子子组件 (SubAssy)。另外，本实施例中，对在将定子铁心 112 中装配有定子线圈 114 之后压入到框架 150 的状态下，将定子铁心 112 与定子线圈 114 一体铸模成形的情况进行了说明，但也可以在将定子线圈 114 装配到定子铁心 112 中的状态下，将定子铁心 112 与定子线圈 114 一体铸模，之后再将定子铁心 112 压入到框架 150 中。

[0149] 在通过铸模材料进行铸模成形时，将图示省略的装配架，安装在定子铁心 112 与框架 150 所构成的结构体中，使得定子铁心 112 以及从定子铁心 112 的轴向端部向轴向突出的定子线圈 114 的线圈终端部，被图示省略的装配架与框架 150 所包围，在图示省略的装

配架与框架 150 的包围中注入流体状铸模材料，在线圈终端部、定子铁心 112 的空隙、定子线圈 114 的空隙、定子铁心 112 与定子线圈 114 之间的空隙、以及定子铁心 112 与框架 150 之间的空隙间，填充铸模材料，让铸模材料固化，一旦铸模材料固化，便取下图示省略的装配架。

[0150] 在铸模成形的定子子组件的内周面，也即齿极 112T(U1+)，...，112T(W2-) 的前端部与转子 130 在径向上相面对的面侧，实施切削加工。通过这样，降低定子 110 与转子 130 之间的间隙的偏差，进一步提高定子 110 的内径圆度。另外，通过铸模成形进行一体化，与不进行铸模的情况相比，能够提高因给定子线圈 114 通电所产生的热的散热性能。另外，通过铸模成形，还能够防止定子线圈或齿极的振动。

[0151] 例如，在转子 130 的转子铁心的外周，与定子 110 的齿极的内周之间的间隙为 3mm(3000μm) 时，由于后铁心 112B 的制作误差、齿极 112T 的制作误差、定子铁心 112B 与齿极 112T 压入组装时的组装误差等，内径圆度产生为 ±30μm 程度。由于该圆度相当于间隙的 1%（＝ 30μm/3000μm)，因此因该内径圆度而产生齿槽转矩。但是，在铸模成形之后，通过对内径进行切削加工，能够降低基于内径圆度的齿槽转矩。通过降低齿槽转矩，能够提高转向的掌舵感。

[0152] 框架 150 的内侧形成有凸部 150T。后铁心 112B 的外周部形成有与凸部 150T 相对应的凹部 112BO2。详细的状况如图 2(B) 所示。凸部 150T 与凹部 112BO2 构成具有互不相同的曲率而相卡定的卡定部 IP，在轴向上连续形成，且在周向上隔开间隔设有 8 个。卡定部兼作压入部。也即，在框架 150 中固定定子铁心 112 的情况下，将后铁心 112B 的凹部 112BO2 压入到框架 150 的凸部 150T 中，使得框架 150 的凸部 150T 的突端面与凹部 112BO2 的底面压接起来。这样，本实施例中通过部分压入在框架中固定定子铁心 112。通过该压入，框架 150 与定子铁心 112 之间形成细微的空隙。本实施例中，在通过铸模材料 MR 铸模定子铁心 112 与定子线圈 114 时，同时在框架 150 与定子铁心 112 之间形成的空隙中填充铸模材料 RM。另外，卡定部兼作用来防止定子铁心 112 在周向上相对框架 150 旋转的旋转止动部。

[0153] 这样，本实施例中，由于定子铁心 112 部分压入在框架 150 中，因此能够加大框架 150 与定子铁心 112 之间的滑动并减小刚性。通过这样，本实施例中，能够提高框架 150 与定子铁心 112 之间的噪音衰减效果。另外，本实施例中，由于在框架 150 与定子铁心 112 之间的空隙中填充铸模材料，因此能够进一步提高噪音的衰减效果。

[0154] 另外，也可以让凸部 150T 与凹部 112BO2 不接触，二者只用作旋转止动，将后铁心 112B 的外周面压入到该凸部 150T 与凹部 112BO2 部分以外的框架 150 的内周面中。

[0155] 另外，定子线圈 114(U1+)、114(U1-)、114(U2+)、114(U2-)，相对定子 110 的中心设置在对称位置上。也即，定子线圈 114(U1+) 与 114(U1-) 相邻设置，另外，定子线圈 114(U2+) 与 114(U2-) 也相邻设置。另外，定子线圈 114(U1+)、114(U1-)，与定子线圈 114(U2+)、114(U2-) 相对定子 110 的中心线对称设置。也即，定子线圈 114(U1+) 与定子线圈 114(U2+)，相对通过轴 138 的中心的虚线 C-C 线对称设置，另外，定子线圈 114(U1-) 与定子线圈 114(U2-)，也线对称设置。

[0156] 定子线圈 114(V1+)、114(V1-)、114(V2+)、114(V2-) 也同样线对称设置，定子线圈 114(W1+)、114(W1-)、114(W2+)、114(W2-) 也同样线对称设置。

[0157] 另外，同相的相邻定子线圈 114 通过 1 根线连续缠绕。也即，定子线圈 114(U1+)与 114(U1-)，通过 1 根线连续缠绕构成两个缠绕线圈，分别插入到齿极中，成为缠绕在齿极上的结构。定子线圈 114(U2+) 与 114(U2-) 也通过 1 根线连续缠绕。定子线圈 114(V1+)与 114(V1-)、定子线圈 114(V2+) 与 114(V2-)、定子线圈 114(W1+) 与 114(W1-)、定子线圈 114(W2+) 与 114(W2-)，也分别通过 1 根线缠绕。

[0158] 如果采用这样的线对称配置，用 1 根线缠绕相邻的两个同相线圈，如后面对照图 12 所述，各个相之间或异相之间在通过连线环连线时，能够简化连线环的构成。

[0159] 转子 130，具有磁体制成的转子铁心 132、通过粘合剂固定在该转子铁心 132 的表面上的 10 个磁铁 134(134A、134B、134C、134D、134E、134F、134G、134H、134I、134J)、以及设置在磁铁 134 的外周的磁铁罩 136。转子铁心 132 固定在轴 138 上。

[0160] 磁铁 134 如果使其表面侧（与定子的齿极 112T 相面对侧）为 N 极，便在半径方向磁化，使其内面侧（与转子铁心 132 相接触侧）为 S 极。另外，磁铁 134 如果使其表面侧（与定子的齿极 112T 相面对侧）为 S 极，便在半径方向磁化，使其内面侧（与转子铁心 132 相接触侧）为 N 极。这样，相邻的磁铁 134 便被磁化为让所磁化的极性在周向上交互。例如，如果磁铁 134A 的表面侧被磁化为 N 极，则相邻的磁铁 134B、134J 的表面侧被磁化为 S 极。也即，在磁铁 134A、134C、134E、134G、1341 的表面侧被磁化为 N 极的情况下，磁铁 134B、134D、134F、134G、134J 的表面侧被磁化为 S 极。

[0161] 另外，磁铁 134 的剖面形状分别为半圆锥形状。半圆锥形状是指在周向上，左右半径方向的厚度，比中央半径方向的厚度薄的构造。通过采用这样的半圆锥形状，能够让磁通量分布为正弦波状，让因 EPS 电动机旋转所产生的激励电压波形为正弦波状，降低脉动成分。通过减小脉动成分，能够提高转向的掌舵感。另外，在环状的磁体中磁化构成磁铁时，可以通过控制磁化力，让磁通量分布接近正弦波状。

[0162] 转子铁心 132 中，在同心圆上形成有大直径的 10 个贯通孔 132H，与出现在其内侧的小直径的 5 个凹孔 132K。转子铁心 132 通过压力机成形对 SUS 等磁体的薄板进行冲压，并将其层叠起来而构成。凹孔 132K，通过在冲压成形时卷曲薄板来形成。在层叠多个薄板时，将该凹孔 132K 互相嵌合进行定位。贯通孔 132H 用来降低惯性，通过该 132H 孔能够提高转子的平衡性。磁铁 134 的外周侧被磁铁罩 136 所覆盖，防止磁铁 134 的飞散。另外，后铁心 112B 与转子铁心 132，由同一个薄板同时进行冲压加工来成形。

[0163] 如上所述，本实施例的转子 130，具有 10 个磁铁 134，为 10 极。另外，如前所述，齿极 112T 为 12 个，相邻的齿极之间所形成的槽数为 12 个。也即，本实施例的 EPS 电动机，为 10 极 12 槽的表面磁铁型同步电动机。

[0164] 这里对照图 9，对 AC 电动机中的极数 P 与槽数 S 之间的关系进行说明。

[0165] 图 9 中，画了横线阴影的组合，是 3 相 AC 电动机（无刷电动机）所取的极数 P 与槽数 S 的组合。也即，3 相 AC 电动机，成立 2 极 3 槽、4 极 3 槽、4 极 6 槽、6 极 9 槽、8 极 6 槽、8 极 9 槽、8 极 12 槽、10 极 9 槽、10 极 12 槽、10 极 15 槽的组合。其中，画了左斜线与右斜线的组合 10 极 12 槽为本实施例的电动机的极数与槽数。另外，关于画了左斜线的 8 极 9 槽与 10 极 9 槽将在后面说明。另外，图 1 所示的 EPS 电动机是外径为 85Φ 的小型电动机，这样的小型电动机中，无法实现极数 N 为 12 以上的电动机，因此图示省略。

[0166] 这里，2 极 3 槽、4 极 3 槽、4 极 6 槽、6 极 9 槽、8 极 6 槽、8 极 12 槽、10 极 15 槽的电

动机，其特性近似，这里以 6 极 9 槽的电动机为代表进行说明。

[0167] 相对 6 极 9 槽的 AC 电动机，本实施例的 10 极 12 槽的电动机，能够提高磁铁磁通量的利用率。也即，6 极 9 槽的 AC 电动机中的线圈系数（线圈的利用率）kw 为 0.87，倾斜系数 (skew)ks 为 0.96，因此磁铁磁通量的利用率 (kw • ks) 为 '0.83'。另外，本实施例的 10 极 12 槽的电动机中，线圈系数 kw 为 0.93，倾斜系数 ks 为 0.99，因此磁铁磁通量的利用率 (kw • ks) 为 '0.92'。所以，本实施例的 10 极 12 槽电动机中，能够提高磁铁磁通量的利用率 (kw • ks)。

[0168] 另外，由于齿槽转矩的周期为极数 P 与槽数 S 的最小公倍数，因此 6 极 9 槽的 AC 电动机中的齿槽转矩的周期为 '18'，而本实施例的 10 极 12 槽电动机中能够达到 '60'，因此能够降低齿槽转矩。

[0169] 另外，还能够降低内径圆度的误差所引起的齿槽转矩。也即，如果设 6 极 9 槽的 AC 电动机中的内径圆度的误差所引起的齿槽转矩为 '3.7'，本实施例的 10 极 12 槽的电动机中便能够达到 '2.4'，因此能够降低内径圆度所引起的齿槽转矩。另外，本实施例中，对铸模成形的定子子组件的内径进行切削加工，提高了内径圆度，结果是能够进一步降低内径圆度的误差所引起的齿槽转矩。

[0170] 这里，对照图 10 对本实施例的电动动力转向用电动机中的齿槽转矩的实测值进行说明。

[0171] 图 10(A) 示出了对角度（机械角度）为 0 ～ 360° 的范围所实测的齿槽转矩 (mNm)。图 10(B) 示出了将图 10(A) 中所示的齿槽转矩的高次谐波成分在各个时间次数中分别分离时的幅度值 (mNm) 的测定图。

[0172] 时间次数 '60' 如前所述，是 10 极 12 槽的电动机中的齿槽转矩的周期，所产生的齿槽转矩几乎为 0。时间次数 '12' 是 10 极的磁铁的磁场力的偏差所引起的。磁铁如上所述使用半圆锥形的磁铁，通过这样磁场力的偏差所引起的齿槽转矩也能够降低到 1.4。时间次数 '10' 是 12 槽的定子的各个齿极的偏差所引起的。通过铸模成形后的切削加工提高内径圆度的结果是，能够将齿极的偏差所引起的齿槽转矩也降低到 2.6。

[0173] 时间次数 '0' 如前所述，为 DC 成分，是所谓的损耗转矩（转数几乎为 0 时所产生的摩擦转矩）。由于损耗转矩也能够降低到 26.3mNm，因此即使在手离开转向装置的情况下，相对于让转向装置回到直行方向的复原力，损耗转矩这一方也较小，因此提高了转向装置的复原性。

[0174] 如上所述，各个齿槽转矩成分的降低结果如图 10(A) 所示，能够将齿槽转矩降低到 9mNm。由于 EPS 电动机的最大转矩为 4.5mNm，因此能够将齿槽转矩降低到 0.2％（＝ 9mNm/4.5Nm)（额定的 3/1000 以下）。另外，损耗转矩也能够降低到 0.57％（＝ 26.3mNm/4.5Nm)。

[0175] 相邻的齿极 112T 中，齿极 112T 的前端（面对转子 130 侧）的扩大部的间隔 W1（例如齿极 112T(U1-) 与齿极 112T(W1-) 的前端扩大部的间隔 W1（周向中最接近的部位的周向间隔)），为 1mm。这样，通过让齿极的间隔较为狭窄，能够降低齿槽转矩。并且，即使给电动机作用振动，由于定子线圈 114 的线形比间隔 W1 粗，因此能够防止定子线圈 114 从齿极之间脱落到转子侧。相邻齿极的间隔 W1，最好为定子线圈 114 的线径以下的 0.5mm ～ 1.5mm。这样，本实施例中，相邻齿极的间隔 W1，被设为定子线圈 114 的线径以下。

[0176] 图 11 中示出了本实施例的电动动力转向用电动机中的定子线圈的连线关系。图 12 中示出了本实施例的电动动力转向用电动机中的定子线圈的连线状态。

[0177] 图 11 中，线圈 U1+ 表示图 8 中所示的定子线圈 112T(U1+)。线圈 U1-、U2+、U2-、V1+、V1-、V2+、V2-、W1+、W1-、W2+、W2-，也分别表示图 8 中所示的定子线圈 112T(U1-)，...，112T(W2-)。

[0178] 本实施例的定子线圈，将 U 相、V 相、W 相连线成三角形（△）。另外，各个相分别构成并联电路。也即，如果从 U 相看，线圈 U2+ 与线圈 U2- 的串联电路，并联在线圈 U1+ 与线圈 U1- 的串联电路上。这里，线圈 U1+ 与线圈 U1- 如前所述，由 1 根线连续缠绕构成线圈。另外，V 相与 W 相也相同。

[0179] 连线方法虽然也可以采用星形连线，但通过采用三角形连线，与星形连线相比，能够降低端子电压。例如，在设 U 相的串并联电路的两端电压为 E 时，端子电压为 E，而星形连线中为$\sqrt{3}E$。由于能够降低端子电压，因此能够增大线圈的转数，使用线径较细的线。另外，通过采用并联电路，与 4 线圈串联的情况相比，由于能够减小各个线圈中流动的电流这一点，从而能够使用线径较细的线，因此能够提高占有体积率，另外弯曲容易，制作性良好。

[0180] 如图 11 所示，线圈 U1-、U2-、V1+、V2+，通过连线环 CR(UV) 相连接。线圈 V1-、V2-、W1+、W2+，通过连线环 CR(VW) 相连接。线圈 U1+、U2+、W1-、W2-，通过连线环 CR(UW) 相连接。如果如上进行连线，就能够得到 3 相三角形连线。

[0181] 这里，如图 12 所示，使用 3 个连线环 CR(UV)、CR(VW)、CR(UW)。连线环 CR(UV)、CR(VW)、CR(UW) 为了能够流通大电流，而将母线式的连线板加工成圆弧状进行使用。各个连线环具有同一形状。例如，连线环 CR(LTV) 为小半径的圆弧与大半径的圆弧相连接的形状。其他连线环 CR(VW)、CR(UW) 也为相同结构。这些连线环 CR(UV)、CR(VW)、CR(UW)，在周向上错开 120 度的状态下，由固定器所保持。连线环 CR 与固定器 H1、H2、H3，与线圈终端部一起由铸模材料进行铸模。

[0182] 另外，图 12 中，定子线圈终端部 T(U1+)，为缠绕在齿极 112T(U1+) 上的定子线圈 114(U1+) 的一方端部。定子线圈终端部 T(U1-)，为缠绕在齿极 112T(U1-) 上的定子线圈 114(U1-) 的一方端部。定子线圈 114(U1+) 与定子线圈 114(U1-) 如前所述，通过 1 根线连续形成线圈，因此对应两个线圈 114(U1+)、114(U1-)，存在两个端部 T(U1+)、T(U1-)。定子线圈终端部 T(U2+)、T(U2-)、T(V1+)、T(V1-)、T(V2+)、T(V2-)、T(W1+)、T(W1-)、T(W2+)、T(W2-)，分别为定子线圈 (U2+)，...，(W2-) 的一方端部。

[0183] 定子线圈终端部 T(U1-)、T(U2-)、T(V1+)、T(V2+) 通过连线环 CR(UV) 相连接，通过这样，进行基于图 11 所示的线圈 U1-、U2-、V1+、V2+ 的连线环 CR(UV) 的连接。定子线圈终端部 T(V1-)、T(V2-)、T(W1+)、T(W2+) 通过连线环 CR(VW) 相连接，通过这样，进行基于图 11 所示的线圈 V1-、V2-、W1+、W2+ 的连线环 CR(VW) 的连接。定子线圈终端部 T(W1-)、T(W2-)、T(U1+)、T(U2+) 通过连线环 CR(UW) 相连接，通过这样，进行基于图 11 所示的线圈 U1+、U2+、W1-、W2- 的连线环 CR(UW) 的连接。

[0184] 图 13 中示出了本实施例的 EPS 系统中使用的 EPS 电动机的定子 110 的另一构成例。另外，与图 8 相同的符号表示同一部分。

[0185] 图 8 所示的定子 110 中，定子铁心 112 由圆环状后铁心 112B，以及与该后铁心 112B 分离构成的多个齿极 112T 构成。与此相对，本例中由 12 个 T 形齿极一体型分割后

铁 心 112B(U1+)、112B(U1-)、112B(U2+)、112B(U2-)、112B(V1+)、112B(V1-)、112B(V2+)、112B(V2-)、112B(W1+)、112B(W1-)、112B(W2+)、112B(W2-) 构成。也即，图 8 中的圆环状后铁心 112B 为在周向上分成 12 份的形状。另外，是成为该分割过的后铁心的部分中，分别一体形成有齿极的形状。齿极一体型分割后铁心 112B(U1+)，...，112B(W2-)，分别通过对硅钢板等磁体的薄板由冲压成形进行冲压，并将其层叠起来构成。另外，转子 130 的构成与图 8 相同。

[0186] 齿极一体型分割后铁心 112B(U1+)，...，112B(W2-) 的齿极部中，与图 8 一样，在各个独立的 12 齿极 112T(U1-)，...，112T(W2-) 中，通过集中缠绕缠绕有定子线圈 114(U1+)、114(U1-)、114(U2+)、114(U2-)、114(V1+)、114(V1-)、114(V2+)、114(V2-)、114(W1+)、114(W1-)、114(W2+)、114(W2-)。定子线圈 114(U1-)，...，114(W2-) 的缠绕方向等与图 8 相同。

[0187] 在齿极一体型分割后铁心 112B(U1+)，...，112B(W2-) 中，分别缠绕定子线圈 114(U1-)，...，114(W2-)。接下来，压入与形成在齿极一体型分割后铁心 112B(U1+)，...，112B(W2-) 的周向的端面中的凹部嵌合形状的凸部，完成定子 110 的组装。接下来，在将后铁心 112B 的外周侧的多处压入到框架 150 的内周侧的状态下，通过热硬化树脂 MR 将定子铁心 112 与定子线圈 114 一体铸模成形，构成定子子组件。另外，本实施例中，对在将定子铁心 112 中装配有定子线圈 114 之后压入到框架 150 的状态下，将定子铁心 112 与定子线圈 114 一体铸模成形的情况进行了说明，但也可以在将定子线圈 114 装配到定子铁心 112 中的状态下，将定子铁心 112 与定子线圈 114 一体铸模，之后再将定子铁心 112 压入到框架 150 中。

[0188] 在通过铸模材料进行铸模成形时，将图示省略的装配架，安装在定子铁心 112 与框架 150 所构成的结构体中，使得定子铁心 112 以及从定子铁心 112 的轴向端部向轴向突出的定子线圈 114 的线圈终端部，被图示省略的装配架与框架 150 所包围，在图示省略的装配架与框架 150 的包围中注入流体状铸模材料，在线圈终端部、定子铁心 112 的空隙、定子线圈 114 的空隙、定子铁心 112 与定子线圈 114 之间的空隙、以及定子铁心 112 与框架 150 之间的空隙间，填充铸模材料，让铸模材料固化，一旦铸模材料固化，便取下图示省略的装配架。

[0189] 在铸模成形的定子子组件的内周面，也即齿极一体型分割后铁心 112B(U1+)，...，112W(W2-) 的齿极部的前端部与转子 130 在径向上相面对的面侧，实施切削加工。通过这样，降低定子 110 与转子 130 之间的间隙的偏差，进一步提高定子 110 的内径圆度。另外，通过铸模成形进行一体化，与不进行铸模的情况相比，能够提高因给定子线圈 114 通电所产生的热的散热性能。另外，通过铸模成形，还能够防止定子线圈或齿极的振动。另外，在铸模成形后切削内径，通过这样能够降低基于内径圆度的齿槽转矩。通过降低齿槽转矩，能够提高转向装置的掌舵感。

[0190] 框架 150 的内侧形成有凸部 150T。后铁心 112B 的外周部形成有与凸部 150T 相对应的凹部 112BO2。凸部 150T 与凹部 112BO2 构成具有互不相同的曲率而相卡定的卡定部 IP，在轴向上连续形成，且在周向上隔开间隔设有 8 个。卡定部兼作压入部。也即，在框架 150 中固定定子铁心 112 的情况下，将后铁心 112B 的凹部 112BO2 压入到框架 150 的凸部 150T 中，使得框架 150 的凸部 150T 的突端面与凹部 112BO2 的底面压接起来。这样，本

实施例中通过部分压入在框架中固定定子铁心 112。通过该压入，框架 150 与定子铁心 112 之间形成细微的空隙。本实施例中，在通过铸模材料 MR 铸模定子铁心 112 与定子线圈 114 时，同时在框架 150 与定子铁心 112 之间形成的空隙中填充铸模材料 RM。另外，卡定部兼作用来防止定子铁心 112 在周向上相对框架 150 旋转的旋转止动部。

[0191] 这样，本实施例中，由于定子铁心 112 部分压入在框架 150 中，因此能够加大框架 150 与定子铁心 112 之间的滑动并减小刚性。通过这样，本实施例中，能够提高框架 150 与定子铁心 112 之间的噪音的衰减效果。另外，本实施例中，由于在框架 150 与定子铁心 112 之间的空隙中填充铸模材料，因此能够进一步提高噪音的衰减效果。

[0192] 另外，也可以让凸部 150T 与凹部 112BO2 不接触，二者只用作旋转止动，将后铁心 112B 的外周面压入到该凸部 150T 与凹部 112BO2 部分以外的框架 150 的内周面中。

[0193] 另外，以上的说明是关于 10 极 12 槽的 EPS 电动机的，接下来便对图 9 中所示的画有左斜线的 8 极 9 槽与 10 极 9 槽的 EPS 电动机进行说明。

[0194] 相对 6 极 9 槽的 AC 电动机，8 极 9 槽与 10 极 9 槽的电动机，能够提高磁铁磁通量的利用率。也即，6 极 9 槽的 AC 电动机中的磁铁磁通量的利用率 (kw • ks)，如前所述为 '0.83'。另外，8 极 9 槽与 10 极 9 槽的电动机中，线圈系数 kw 为 0.95，倾斜系数 ks 为 1.00，因此磁铁磁通量的利用率 (kw • ks) 为 '0.94'。所以，本实施例的 8 极 9 槽与 10 极 9 槽电动机中，能够提高磁铁磁通量的利用率 (kw • ks)。

[0195] 另外，由于齿槽转矩的周期为极数 P 与槽数 S 的最小公倍数，因此 6 极 9 槽的 AC 电动机中的齿槽转矩的周期为 '18'，而 8 极 9 槽与 10 极 9 槽电动机中能够达到 '72'，因此能够降低齿槽转矩。

[0196] 另外，还能够降低内径圆度的误差所引起的齿槽转矩。也即，如果设 6 极 9 槽的 AC 电动机中的内径圆度的误差所引起的齿槽转矩为 '3.7'，8 极 9 槽与 10 极 9 槽的电动机中便能够达到 '1.4'，因此能够降低内径圆度所引起的齿槽转矩。进而，对铸模成形的定子子组件的内径进行切削加工，提高内径圆度的结果是，能够进一步降低内径圆度的误差所引起的齿槽转矩。

[0197] 另外，8 极 9 槽与 10 极 9 槽的电动机中，不能够采用如图 11 所述的 10 极 12 槽的 EPS 电动机所示，例如，如果从 U 相看，将线圈 U2+ 与线圈 U2- 的串联电路，并联在线圈 U1+ 与线圈 U1- 的串联电路上的构成，而必须将线圈 U1+、线圈 U1-、线圈 U2+、线圈 U2- 串联起来。

[0198] 接下来，对照图 14 至图 21，对本实施例的 EPS 系统中使用的控制装置（逆变装置）进行说明。

[0199] 图 20 中示出了本实施例的 EPS 系统中使用的控制装置（逆变器装置）的电路结构。

[0200] 电动机控制装置 200 具有功率模块 210、控制模块 220 以及导体模块 230。

[0201] 导体模块 230 中，通过铸模一体成形有作为电缆的母线 130B。图中，粗实线部分表示母线。导体模块 230 中，共模滤波器 CF、正常滤波器 NF、电容器 CC1、CC2、继电器 RY1，如图所示连接在用来连接作为电源的电池 BA 与功率模块 210 的 IGBT 等半导体开关元件 SSW 的连接端子的母线上。

[0202] 另外，图中的双圆点所表示的部分，表示焊接连接部。例如，共模滤波器 CF 的 4 个

端子，通过焊接连接在母线的端子上。另外，正常滤波器 NF 的两个端子、电容器 CC1、CC2 各自的两个端子、以及继电器 RY1 的两个端子，也分别通过焊接连接在母线 (busbar) 的端子上。共模滤波器 CF 以及正常滤波器 NF，用来防止射频噪声。

[0203] 另外，从功率模块 210 向电动机 100 供给电动机电流的布线也使用母线。继电器 RY2、RY3，分别通过焊接连接在从功率模块 210 至电动机 100 的母线布线中。继电器 RY1、RY2、RY3，用作在电动机异常时，或控制模块异常时等情况下，切断对电动机的供电的故障保险。

[0204] 控制模块 220 具有 CPU222 以及驱动电路 224。CPU222 根据转矩传感器 TS 所检测出的转矩，或旋转变压器 156 所检测出的电动机 100 的旋转位置，将对功率模块 210 的半导体开关元件 SSW 进行通断控制的控制信号，输出给驱动电路 224。驱动电路 224 根据 CPU222 所供给的控制信号，对功率模块 210 的半导体开关元件 SSW 进行通断驱动。从功率模块 210 向电动机供给的电动机电流，通过电动机电流检测电阻（并联电阻）DR1、DR2 检测出来，由放大器 AP1、AP2 分别放大之后，输入给 CPU222。CPU222 进行反馈控制使得电动机电流变为目标值。CPU222 通过 CAN 等与外部发动机控制单元 ECU 等相连接，进行信息交换。

[0205] 这里，图中的△标记表示使用引线框通过软钎焊接连接起来的部分。采用通过使用引线框来缓和应力的构造。关于引线框的形状，将在后面对照图 15 进行说明。控制模块 220 与功率模块 210 或导体模块 230 之间的电连接部，采用使用引线框的软钎焊接连接。

[0206] 功率模块 210，具有 IGBT 等 6 个半导体开关元件 SSW。半导体开关元件 SSW，在 3 相（U 相、V 相、W 相）的每一个中，分别与上臂与下臂串联。这里，图中 × 标记表示通过引线键合连接起来的电连接部。也即，虽然从功率模块 210 经导体模块 230 的母线向电动机 100 供电，但该电流例如是 100A 的大电流。因此，作为能够流通大电流，且能够缓和应力的构造，采用引线键合进行连接。关于其详细内容将在后面对照图 16 进行说明。另外，对半导体开关元件 SSW 的电源供给线以及地线，也通过引线键合相连接。

[0207] 图 14、图 15 为说明本实施例的 EPS 系统中使用的控制装置（逆变装置）的全体构成的图，示出了使用图 20 中所示的电路结构的实际物理结构。

[0208] 如图 14 所示，电动机控制装置 200，具有功率模块 210、控制模块 220、导体模块 230、外壳 240、以及密封盖 250。

[0209] 功率模块 210，在金属基板上介有绝缘物形成由布线图形，其上安装有对照图 22 所说明的 MOSFET（场效应晶体管）等半导体开关元件 SSW。功率模块 210 中，通过软钎焊接固定有多个引线框 210LF 的一端。引线框 210LF，用来电连接功率模块 210 与控制模块 220。

[0210] 控制模块 220，在 PCB 基板上安装有 CPU 以及驱动电路等。图示的状态下，在基板的下侧面中，安装有 CPU 以及驱动电路等。另外，控制模块 220 中安装有信号连接器 220C。

[0211] 导体模块 230 中，通过铸模一体成形有成为电缆的母线 230B，同时，还一体成形有作为向电动机供给电动机电流的端子的电动机连接器 230SC，或被电池供电的电源连接器 230PC。另外，导体模块 230 中，预先安装有继电器·线圈·电容器等部件 230P。部件 230P 的端子与母线 230B 之间，通过 TIG 焊接（电弧焊接）固定起来。

[0212] 外壳为铝制成。在组装时，将功率模块 210 与导体模块 230，分别通过螺丝固定在外壳 240 中。接下来，将控制模块 220 一样通过螺丝固定在功率模块 220 与导体模块 230

的上方位置上。之后，将引线框 210LF 的多端焊接在控制模块 220 的端子上。最后，通过螺丝固定密封盖 250，这样便制造出电动机控制装置 200。

[0213] 导体模块 230，如图 15 所示，铸模成形有多个母线 BB1、BB2、BB3、BB4、BB5、BB6、BB7。母线的端子，与图 11 中所说明的共模滤波器 CF、正常滤波器 NF、电容器 CC1、CC2、继电器 RY1、RY2、RY3 等电气部件的端子，通过焊接相连接。

[0214] 功率模块 210 中，安装有多个半导体开关元件 SSW。功率模块 210 与导体模块 230 之间，在 5 处通过引线键合 WB1、WB2、WB3、WB4、WB5 电连接。对于 1 个引线键合 WB1 来说，例如并联有直径 500μm 的铝线。

[0215] 功率模块 210 与导体模块 230，在同一个平面上相面对配置。也即，功率模块 210 设置在外壳 240 的一侧，导体模块 230 设置在外壳 240 的另一侧。所以，能够容易地进行引线键合作业。

[0216] 图 16 为说明本实施例的 EPS 系统中所使用的控制装置的导体模块的构成的图，显示了从底面侧所看到的状态。

[0217] 导体模块 230 通过铸模成形，预先形成有用来插入共模滤波器 CF、正常滤波器 NF、电容器 CC1、CC2、继电器 RY1、RY2、RY3 等电气部件的孔。在这些位置中设置电气部件，在图示的底面侧，将电气部件的端子与母线的端子焊接连接起来。

[0218] 图 17 示出了图 15 的 X1-X1 处箭头方向剖视面。

[0219] 铝外壳 240 的内部底面中，分别螺丝固定有功率模块 210 与导体模块 230。导体模块 230 如图 20 所示，设置各个电气部件，在与母线焊接在一起的状态下成为一体模块，通过螺丝进行固定。之后，将功率模块 210 与导体模块 230 的电连接部，通过引线键合 WB 连接起来。

[0220] 功率模块 210 中，通过软钎焊接固定有引线框 LF 的下端。在该状态下，在其上放置控制模块 220，通过软钎焊接将引线框 LF 的多端固定在控制模块 220 的端子上。控制模块 220，通过螺丝固定在外壳 240 上。之后，将密封盖 250 螺丝固定在外壳 240 的上端。

[0221] 图 18 中示出了功率模块与导体模块之间的连接部的详细结构。

[0222] 功率模块 210，安装有半导体开关元件 SSW，为了散热而使用金属基板 MP（例如铝 (A1) 或铜 (Cu)）。金属基板 MP 与外壳 240 之间，介有热传导润滑脂 HCG，成为将半导体开关元件 SSW 中所产生的热，经金属基板 MP- 热传导润滑脂 HCG，从铝制外壳 240 进行散热的构造。金属基板 MP 上，经绝缘膜 IM 形成有布线图形 WP。绝缘膜 IM 使用低弹性绝缘层。布线图形 WP，通过蚀刻对厚 175μm 的铜 (Cu) 箔进行构图。布线图形 WP 上，形成有与导体模块 230 之间的电连接所使用的铝焊盘 PD。铝焊盘的内侧形成有镀镍膜。

[0223] 另外，导体模块 230 中，铸模成形有母线 BB。母线 BB 的端部中，与功率模块 210 之间的连接部的表面中形成有镀镍膜。

[0224] 之后，在功率模块 210 的母线 BB 与导体模块 230 的铝焊盘 PD 之间，由铝引线通过引线键合 WB 进行连接。

[0225] 如上所述，由于使用金属基板作为导体模块 230 的基板，因此线膨胀系数较大，由于伴随着导体模块 230 的温度变化，反复膨胀收缩，因此与功率模块 210 之间的电连接部中被作用应力。由于功率模块 210 与导体模块 230 之间流通大电流（例如 100A 以上），使用母线这样的导体进行连接很理想，但这样一来，有可能会发生热应力所引起的接合部的剥

离。与此相对，本实施例中通过使用易于进行可逆变化的铝线，导体模块 230 的热变形被铝线所吸收，能够防止给电连接部作用应力，从而能够得到无应力效果。但是，为了能够流通大电流，铝线例如由直径 500μm 的 5 根线并联而成。

[0226] 布线图形，通过蚀刻厚 175μm 的铜 (Cu) 箔构图而成，例如通过使用厚 105μm ～ 200μm 范围者，能够减小阻抗值，即使流通大电流，也能够减小发热量。另外，更为理想的是，布线图形使用厚 145μm ～ 175μm 范围。通过采用 145μm 以上的厚度，相对 105μm 的情况，能够减小电阻值，从而减小对大电流的发热量。另外，在通过蚀刻厚 200μm 的铜箔进行构图的情况下，图形间距变大，有时候无法载置小芯片电阻器或芯片电容器，但通过采用 175μm 以下的厚度，即使是小芯片部件也能够使用。

[0227] 图 19 中示出了功率模块与控制模块之间的基于引线框的连接部的详细构造。

[0228] 功率模块 210 与控制模块 220 之间，通过引线框 LF 相连接。引线框 LF 例如使用厚 0.15mm 的黄铜板材，其形状如图所示，在中间具有曲折部。如上所述，功率模块 210 的基板使用金属基板 MP，因此为了防止热应力对功率模块 210 与控制模块 220 的电连接部作用热应力，使用上述引线框 LF。功率模块 210 与引线框 LF 的一端软钎焊接在一起，控制模块 220 的与引线框 LF 的另一端软钎焊接在一起。通过这样的构造，能够让信号线连接无应力。

[0229] 图 21 中示出了本实施例的 EPS 系统的控制装置（逆变装置）的另一构成例。

[0230] 本实施例的构造基本与图 14、图 15 中所示的相同。另外，电路结构与图 20 中所示的相同。

[0231] 图 21 中，示出了外壳 240 中安装了功率模块 210 与导体模块 230A，而未安装控制模块 220 的状态。

[0232] 本例中，导体模块 230A 的形状，与图 16 中所示的导体模块 230 多少有些不同。也即，图 16 的导体模块 230 的平面形状为长方形，与此相对，导体模块 230A 为 L 形。另外，在符号 Y1 部中，将电解电容器或陶瓷电容器的端子，通过焊接连接固定在母线上。另一符号 Y2 部中，与图 16 一样，将继电器、正常滤波器、共模滤波器的端子，通过 TIG 焊接（电弧焊接），连接固定在母线上。

[0233] 如上所述，本实施例中，通过焊接进行功率模块 210 与导体模块 230 之间的连接，通过软钎焊接进行控制模块 220 与功率模块 210 之间的连接。通过这样，在流通大电流的部分中进行焊接，能够防止软钎焊接的情况下的融解，提高可靠性。另外，其他部位进行软钎焊接，通过这样能够提高制造性。

[0234] 另外，功率模块 210 与导体模块 230 之间的连接，通过引线键合来连接，通过这样，能够缓和对大电流线的应力，另外，通过并联多根引线，还能够流通大电流。

[0235] 另外，功率模块 210 与导体模块 230 在同一平面上相面对配置。也即，功率模块 210 设置的外壳 240 的一侧，导体模块 230 设置在外壳的另一侧。所以能够容易地进行引线键合作业。

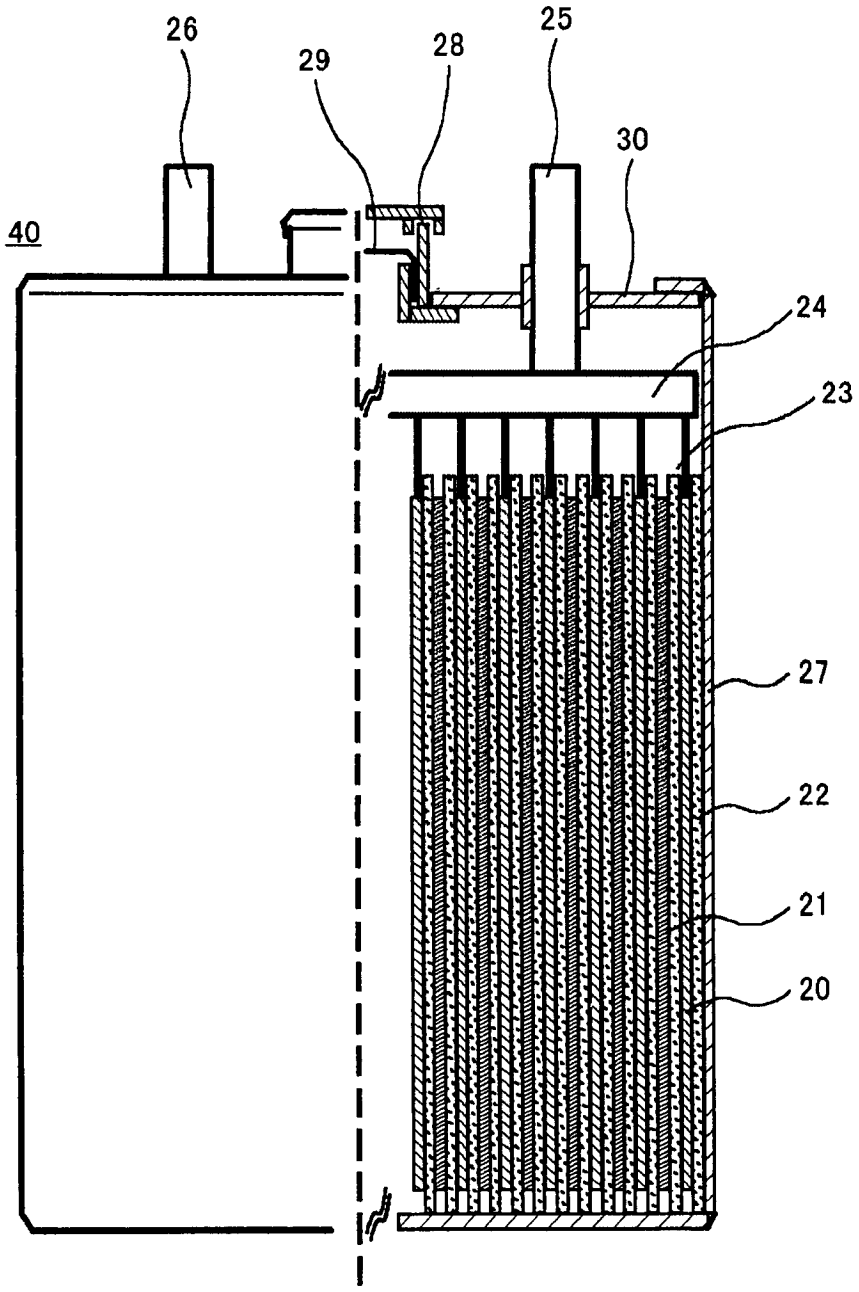


图 1

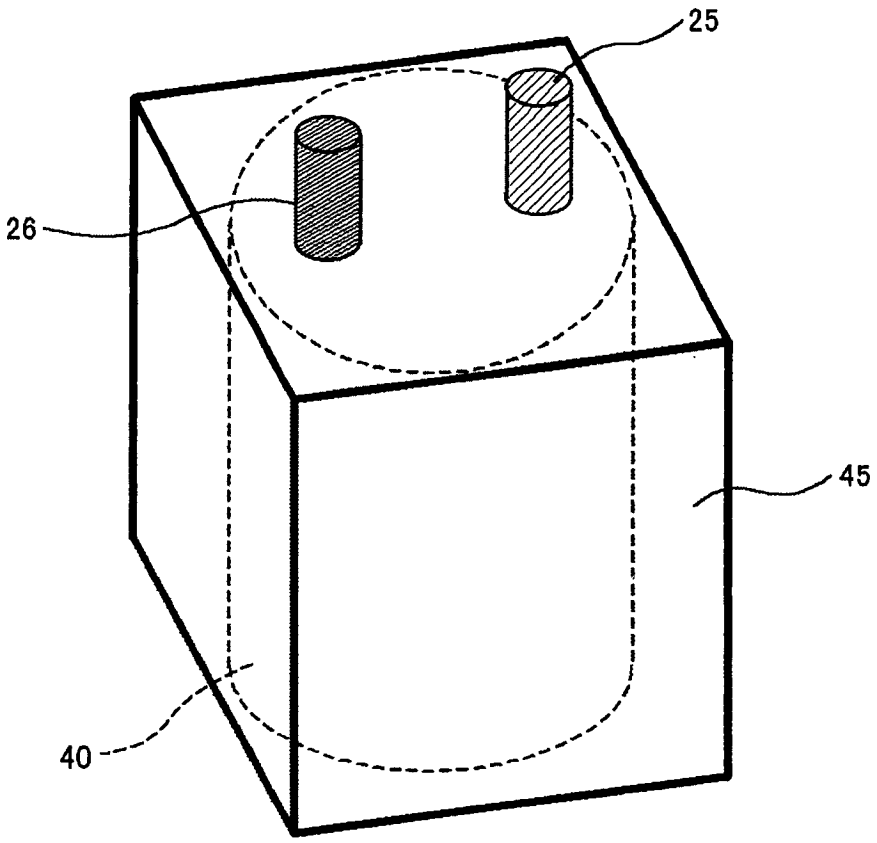


图 2

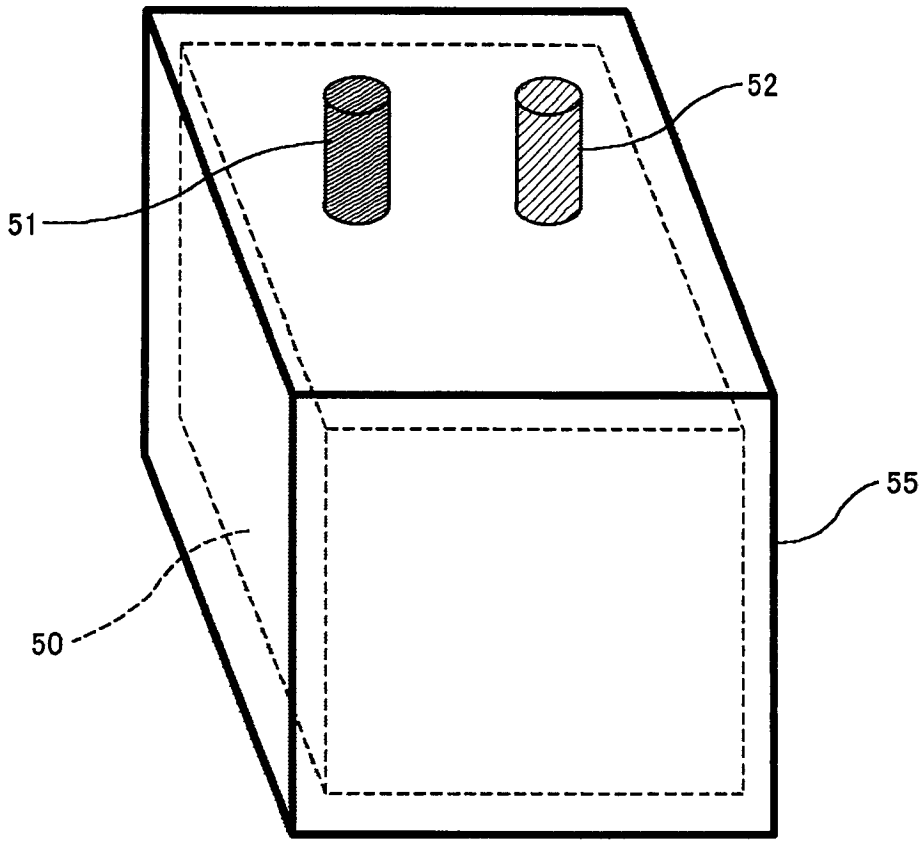


图 3

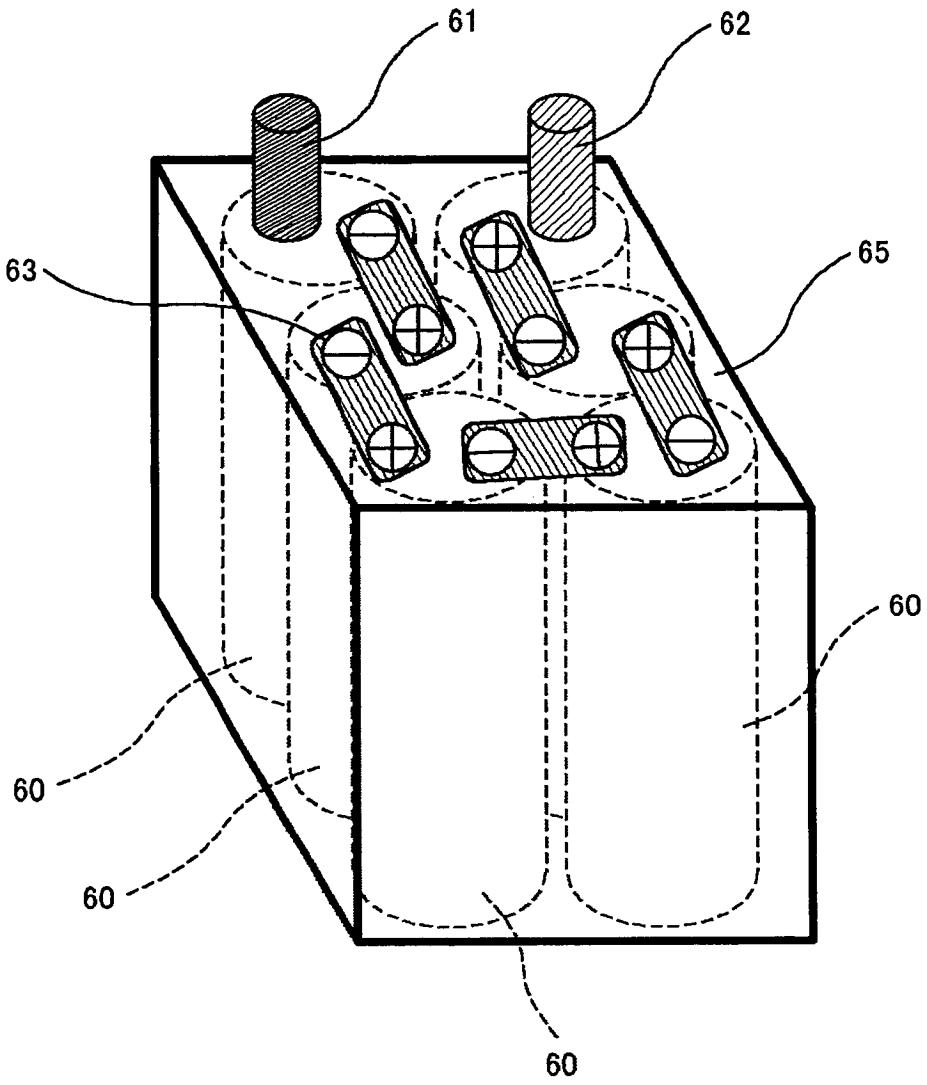


图 4

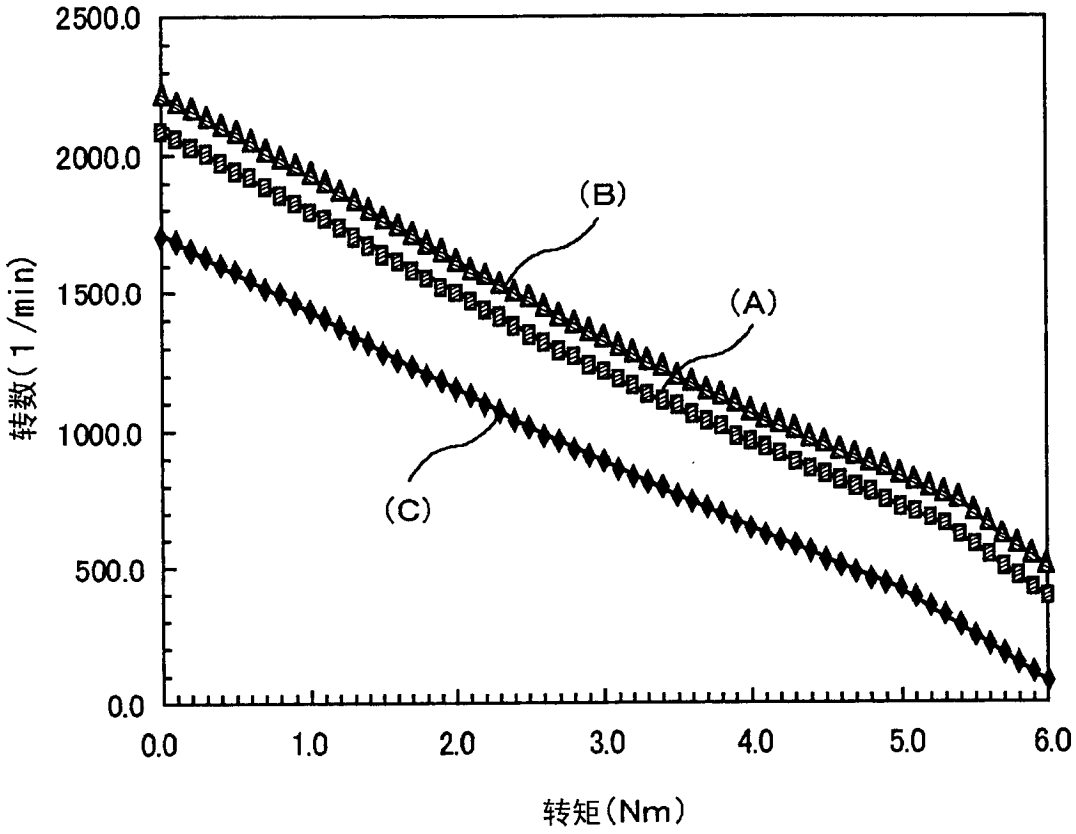

2500.0
2000.0
1500.0
1000.0
500.0
0.0
转数(1/min)
(B)
(A)
(C)
0.0
1.0
2.0
3.0
4.0
5.0
6.0
转矩(Nm)

图 5

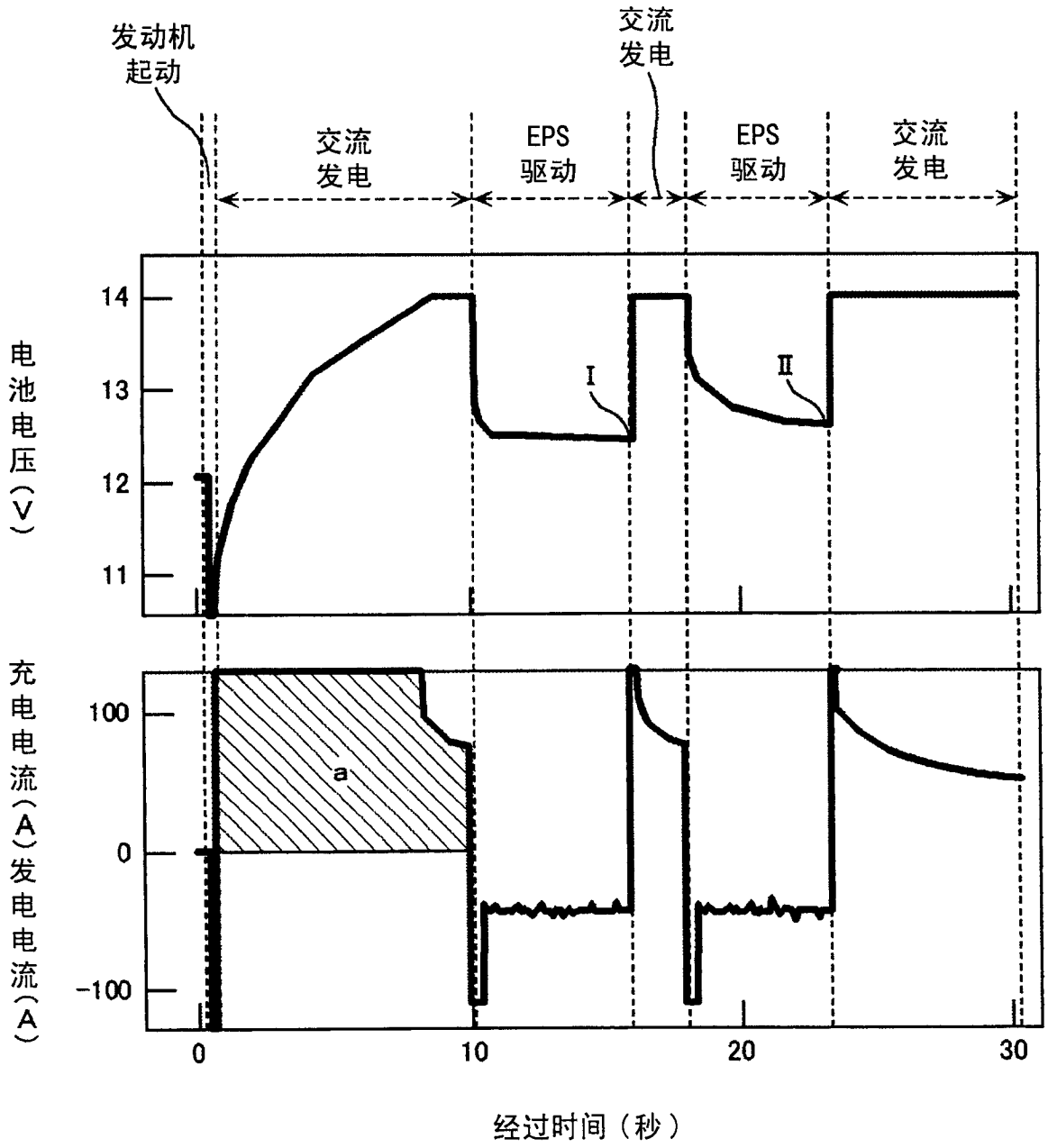

发动机
起动
交流
发电
交流
发电
EPS
驱动
EPS
驱动
交流
发电
电池电压（V）
14
13
12
11
I
II
充电电流（A）发电电流（A）
100
0
-100
a
0
10
20
30
经过时间（秒）

图 6

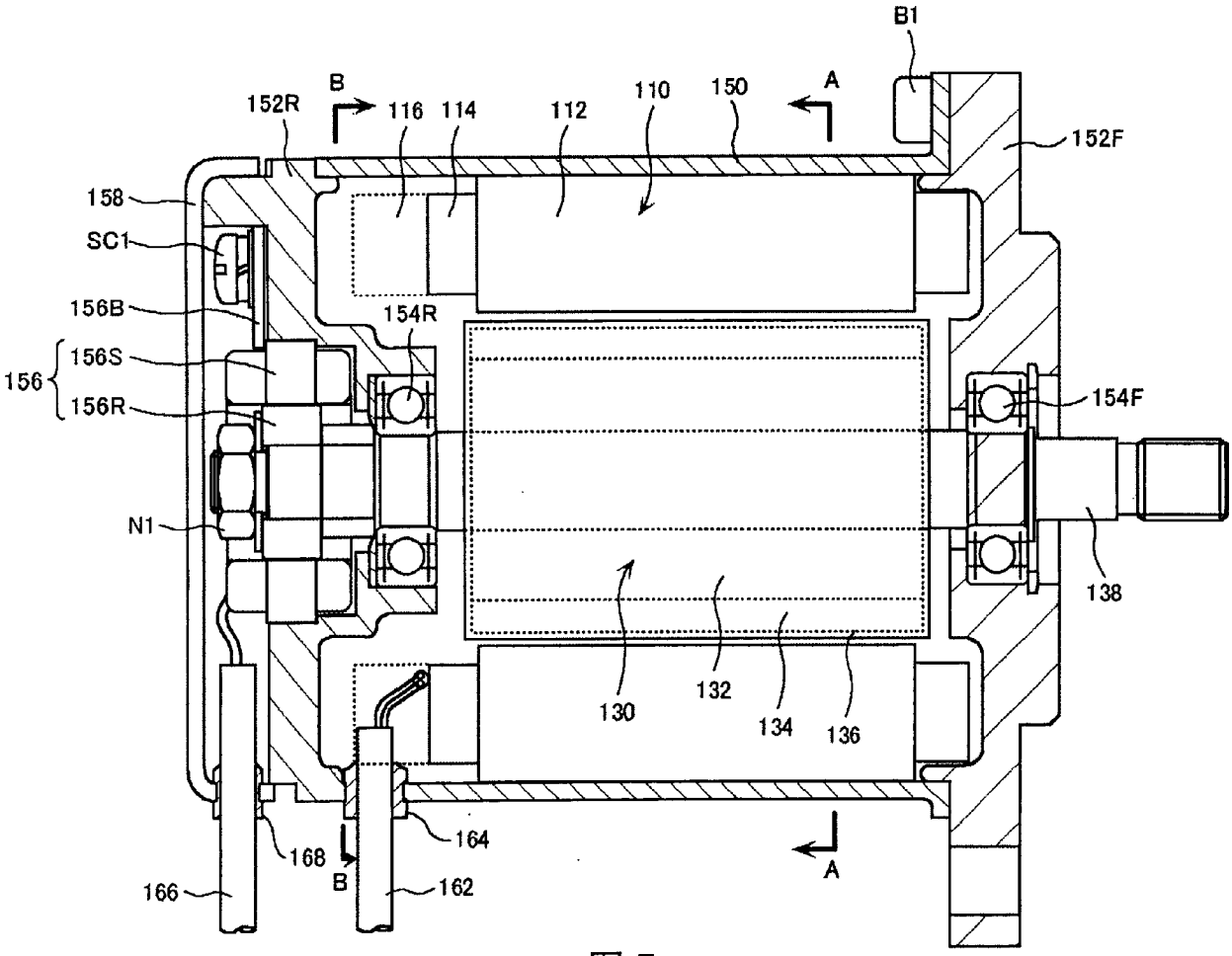

B1
B
152R
116
114
112
110
150
A
152F
158
SC1
156B
154R
156
156S
156R
154F
N1
138
130
132
134
136
164
168
B
166
162
A

图 7

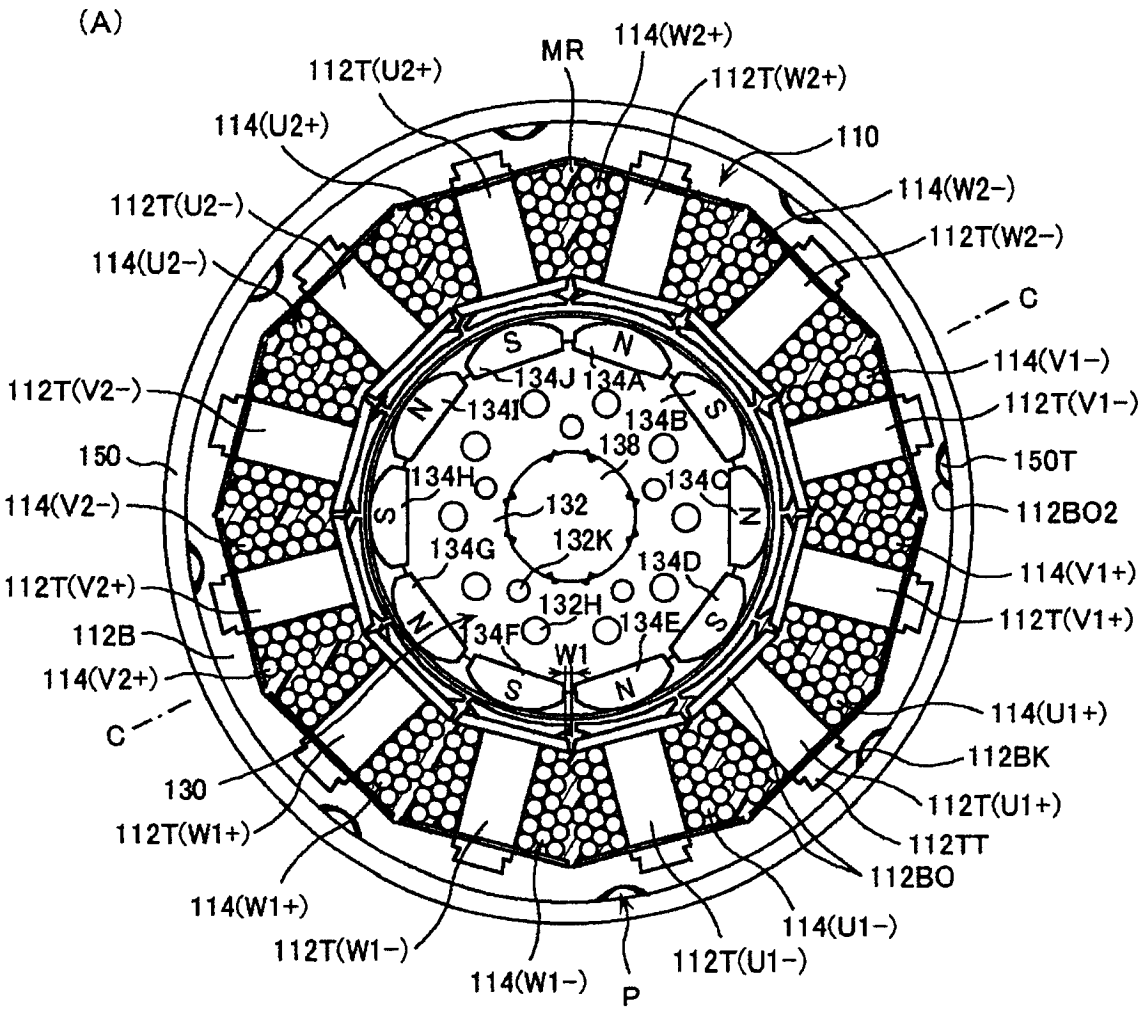

(A)
MR
114(W2+)
112T(U2+)
112T(W2+)
114(U2+)
110
112T(U2-)
114(W2-)
114(U2-)
112T(W2-)
C
S
N
134J
134A
114(V1-)
112T(V2-)
1341
134B
112T(V1-)
138
150
150T
134H
134C
132
114(V2-)
112BO2
S
N
134G
132K
134D
114(V1+)
112T(V2+)
132H
112T(V1+)
112B
134F
134E
W1
114(V2+)
S
N
114(U1+)
C
112BK
130
112T(U1+)
112T(W1+)
112TT
112BO
114(W1+)
114(U1-)
112T(W1-)
112T(U1-)
114(W1-)
P
(B)
IP
112BO2
150T
RM

图 8

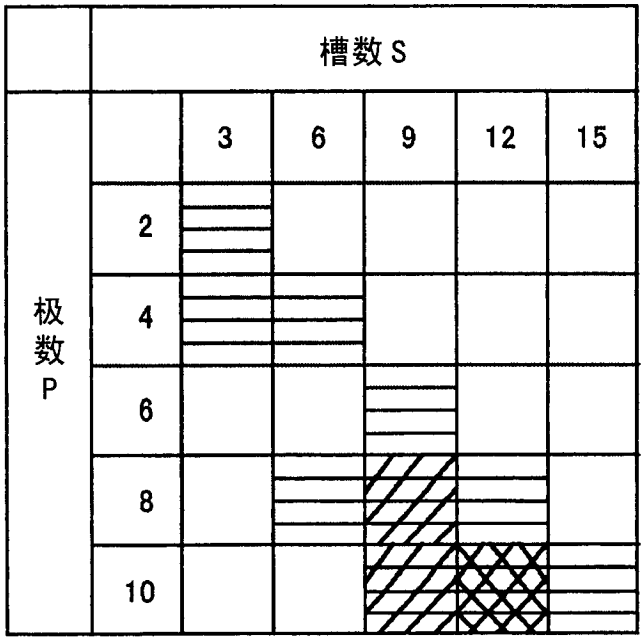
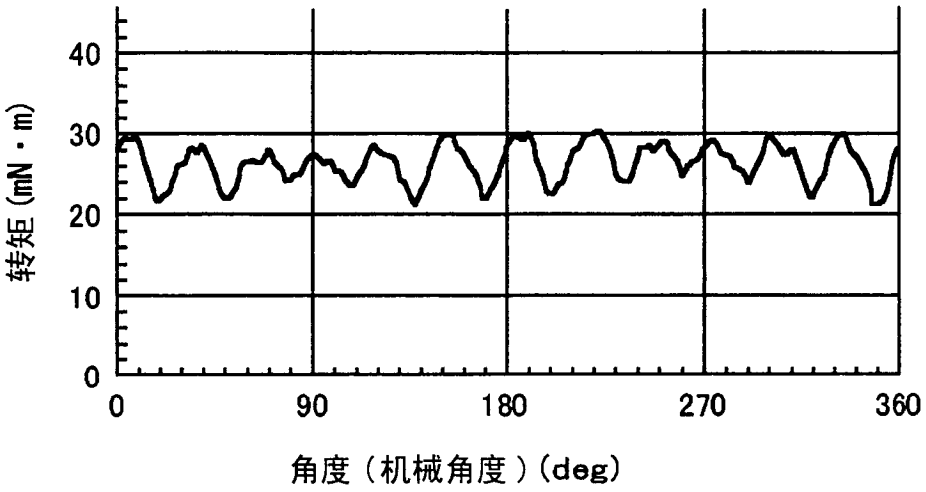


图 9

(A)


转矩 (mN · m)
40
30
20
10
0
0
90
180
270
360
角度（机械角度）(deg)

(B)

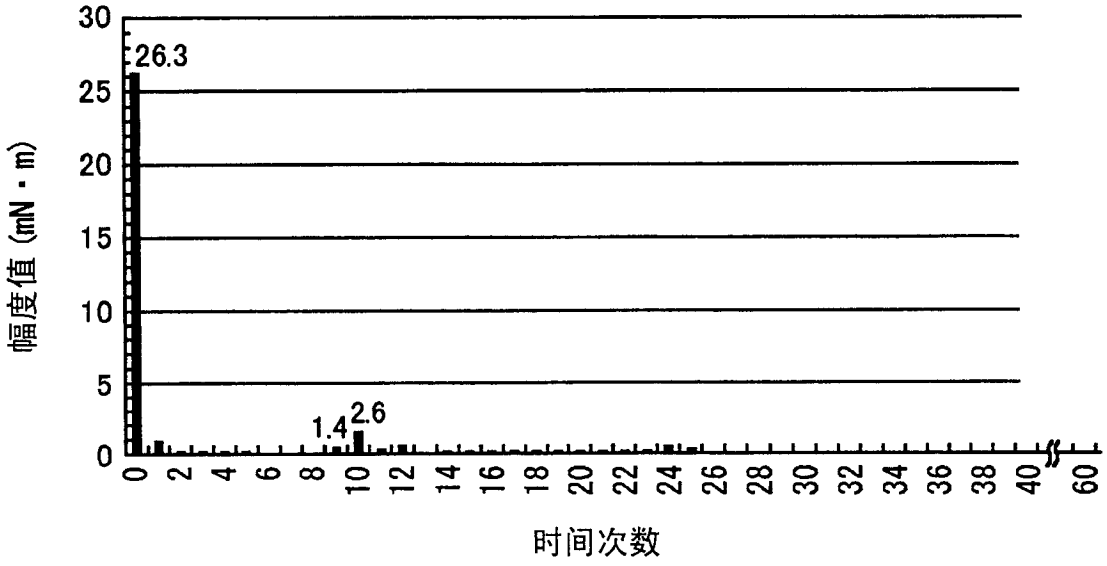

幅度值 (mN · m)
30
25
20
15
10
5
0
26.3
1.4
2.6
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 60
时间次数

图 10

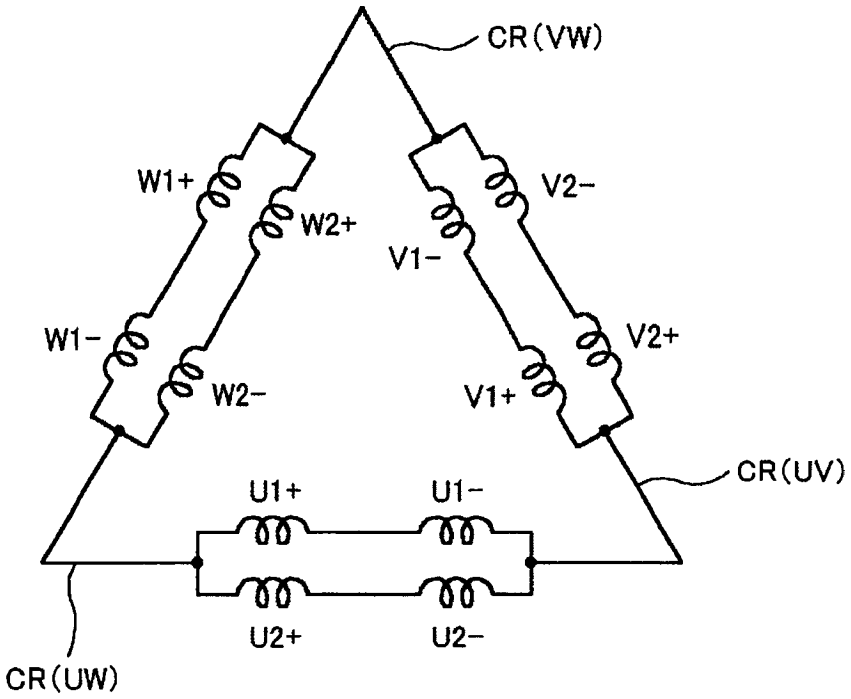


图 11

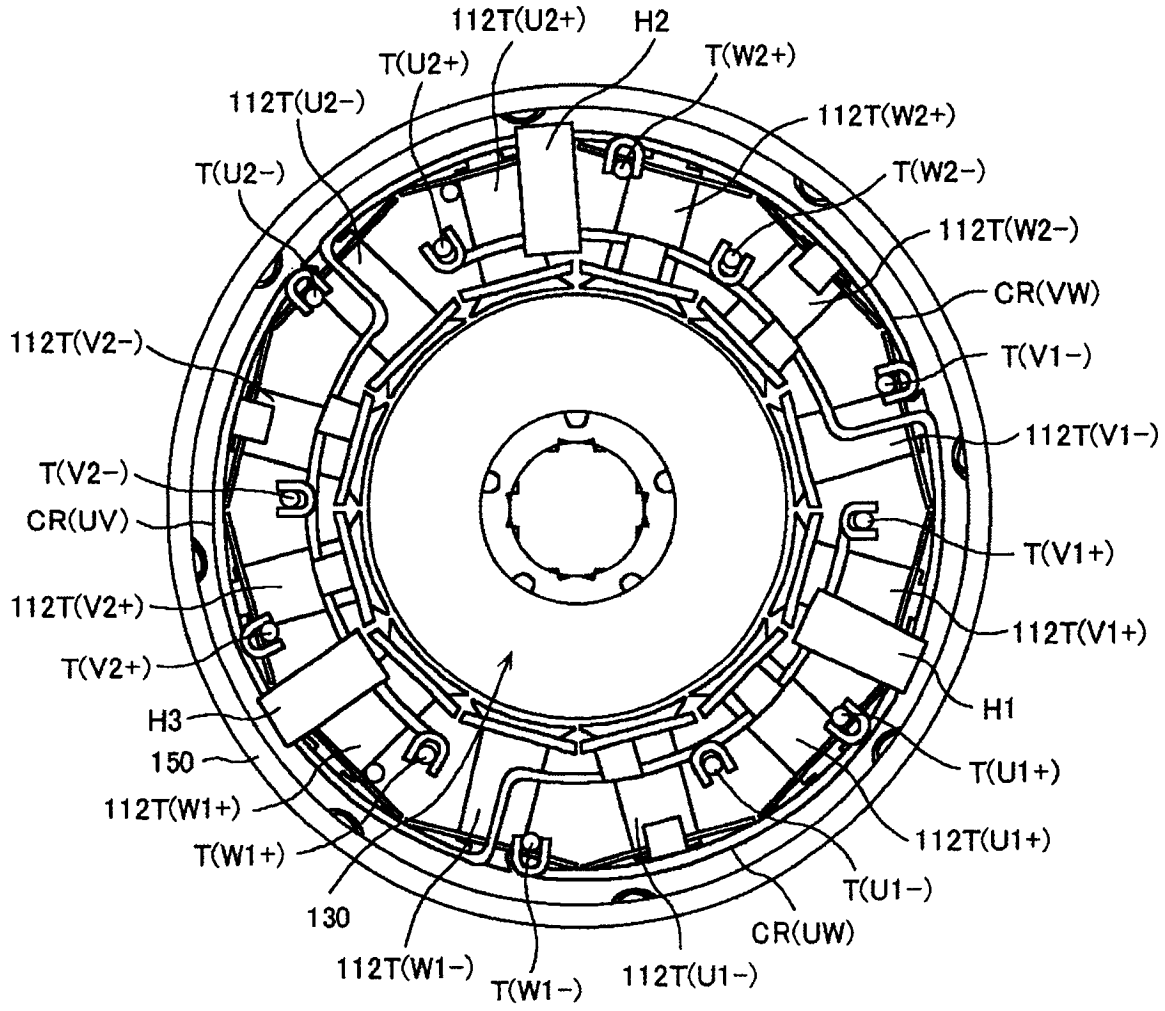

112T(U2+)
H2
T(U2+)
T(W2+)
112T(U2-)
112T(W2+)
T(U2-)
T(W2-)
112T(W2-)
CR(VW)
112T(V2-)
T(V1-)
112T(V1-)
T(V2-)
CR(UV)
T(V1+)
112T(V2+)
112T(V1+)
T(V2+)
H1
H3
150
T(U1+)
112T(W1+)
112T(U1+)
T(W1+)
T(U1-)
130
CR(UW)
112T(W1-)
112T(U1-)
T(W1-)

图 12

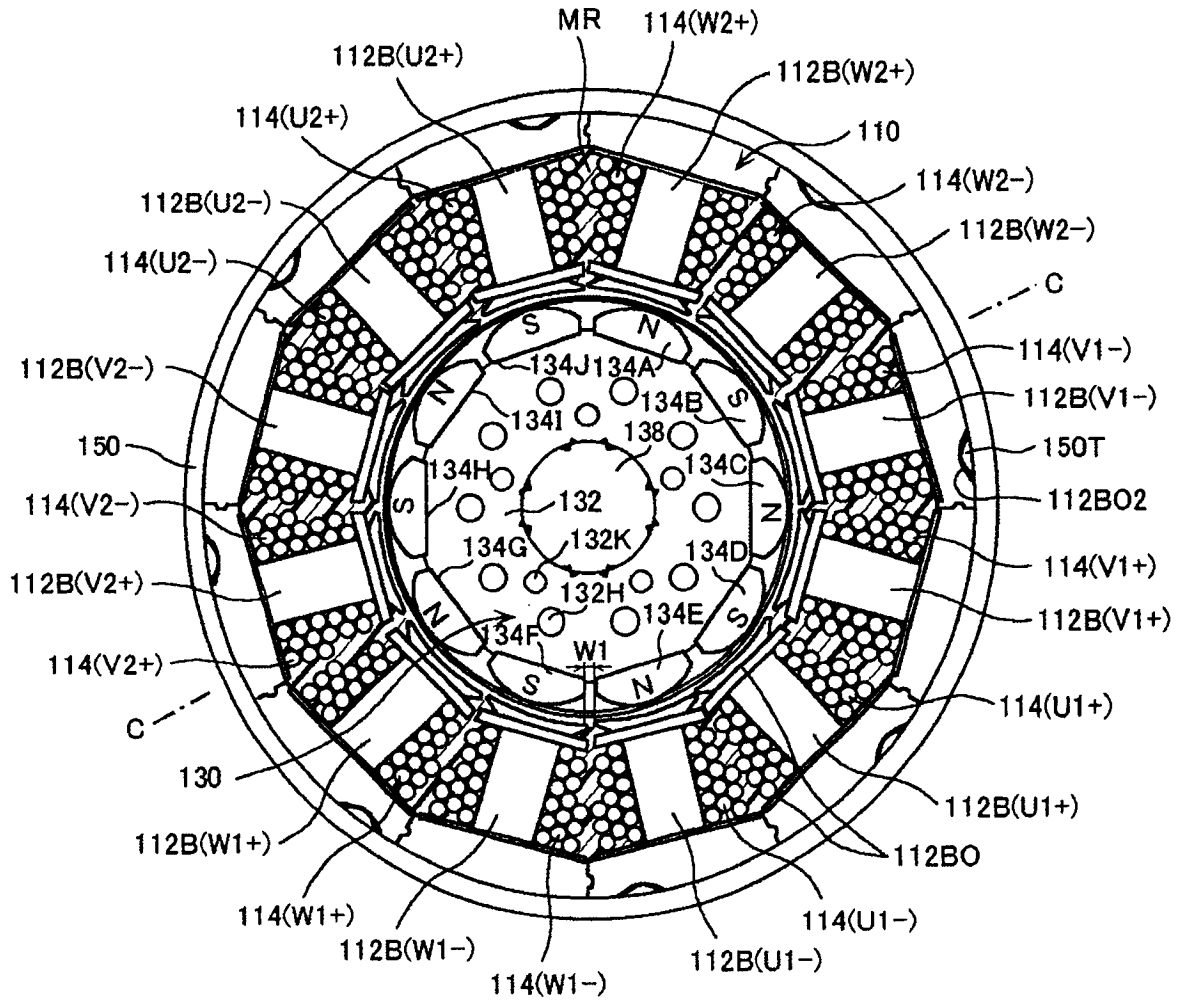

MR
114(W2+)
112B(U2+)
112B(W2+)
114(U2+)
110
112B(U2-)
114(W2-)
114(U2-)
112B(W2-)
C
112B(V2-)
114(V1-)
134J
134A
134B
112B(V1-)
1341
138
150
150T
134H
134C
114(V2-)
132
112BO2
134G
132K
134D
114(V1+)
112B(V2+)
132H
112B(V1+)
134F
134E
W1
114(V2+)
114(U1+)
C
130
112B(U1+)
112B(W1+)
112BO
114(W1+)
114(U1-)
112B(W1-)
112B(U1-)
114(W1-)

图 13

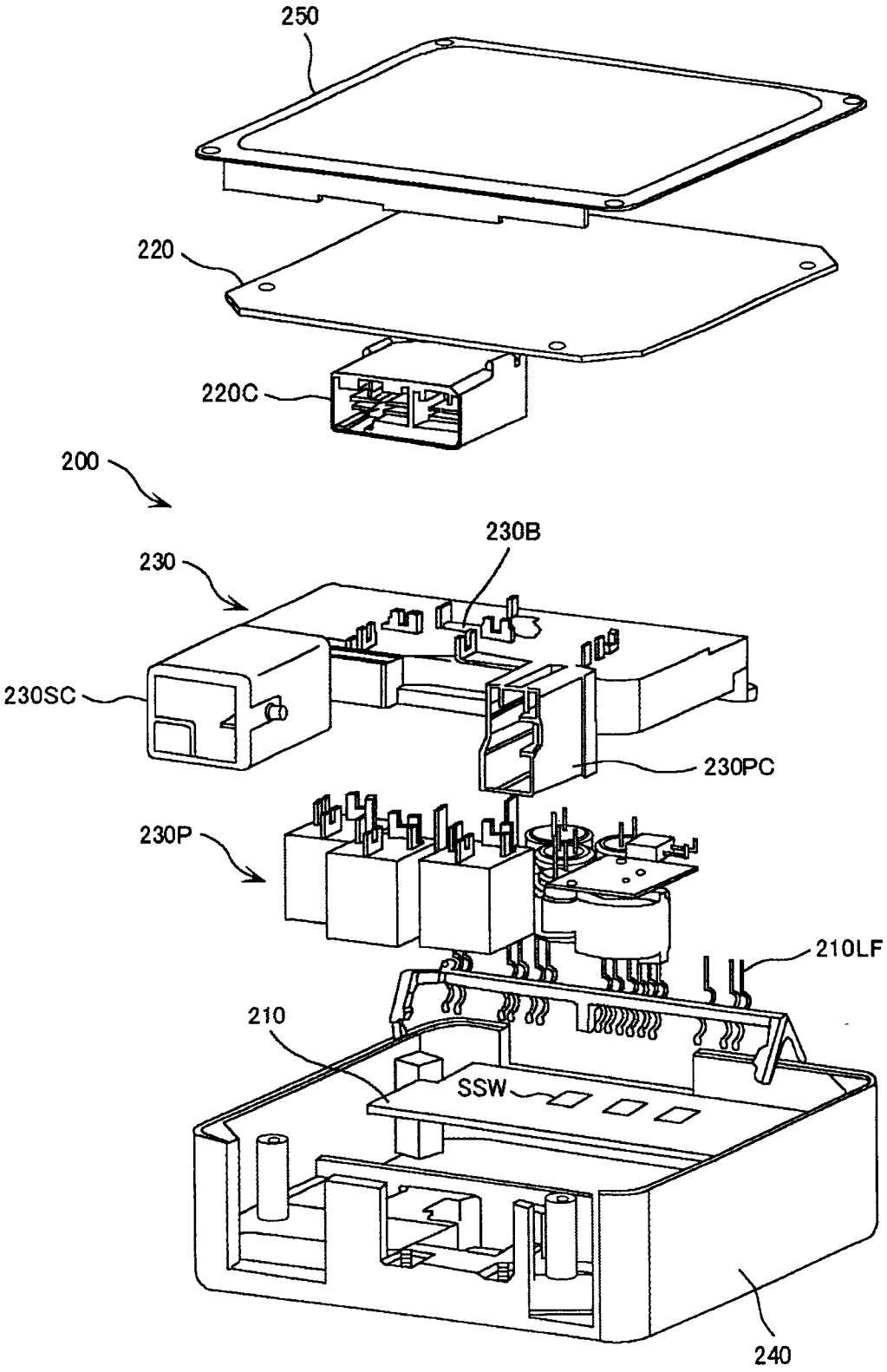


图 14

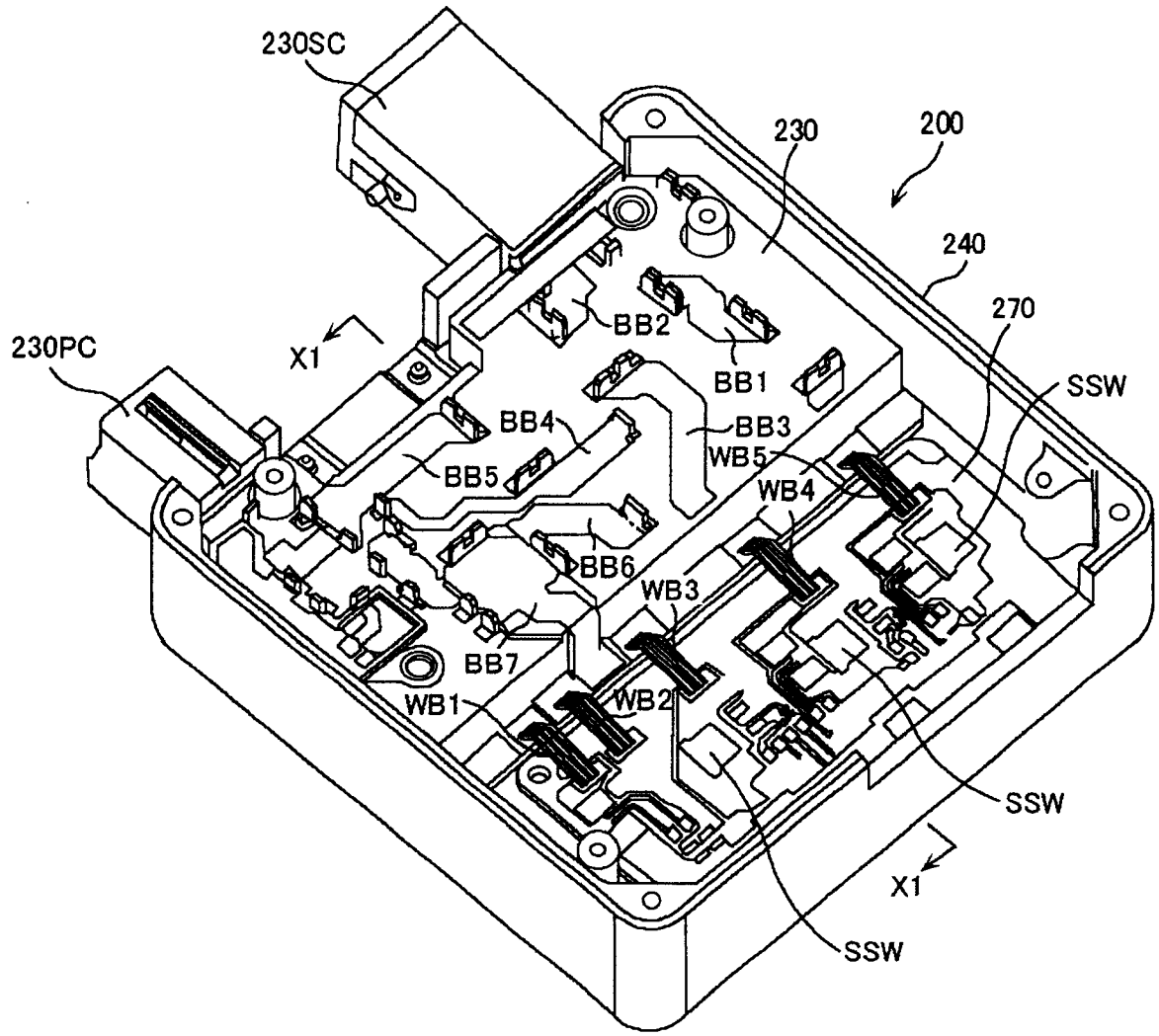

230SC
230
200
240
270
230PC
X1
BB2
BB1
SSW
BB4
BB3
WB5
BB5
WB4
BB6
WB3
BB7
WB1
WB2
SSW
X1
SSW

图 15

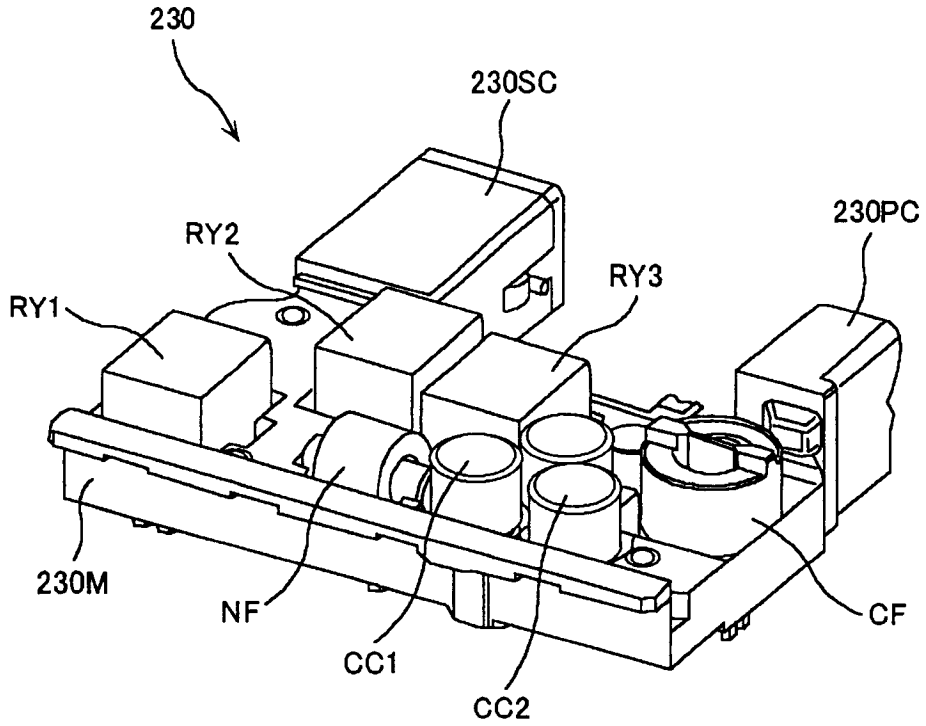

230
230SC
230PC
RY2
RY3
RY1
230M
NF
CC1
CC2
CF

图 16

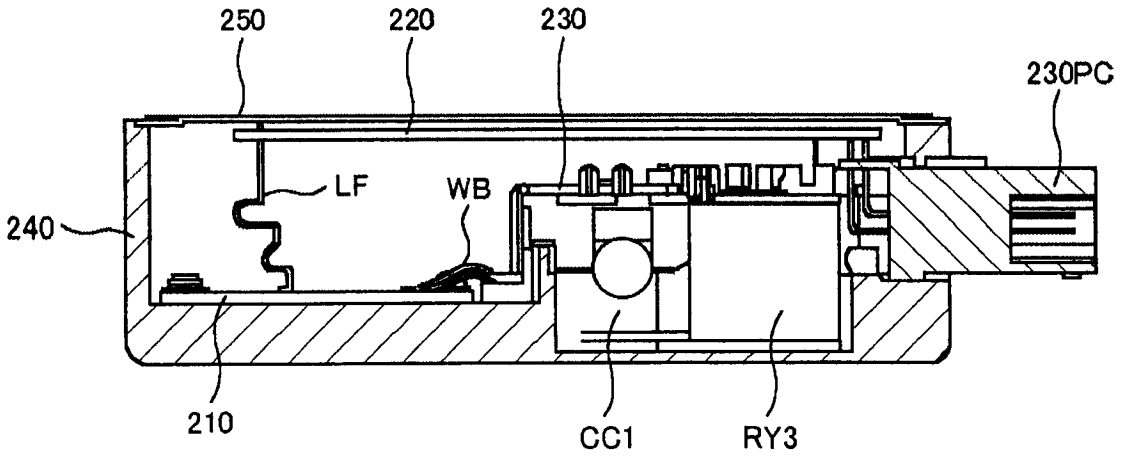

250
220
230
230PC
LF
WB
240
210
CC1
RY3

图 17

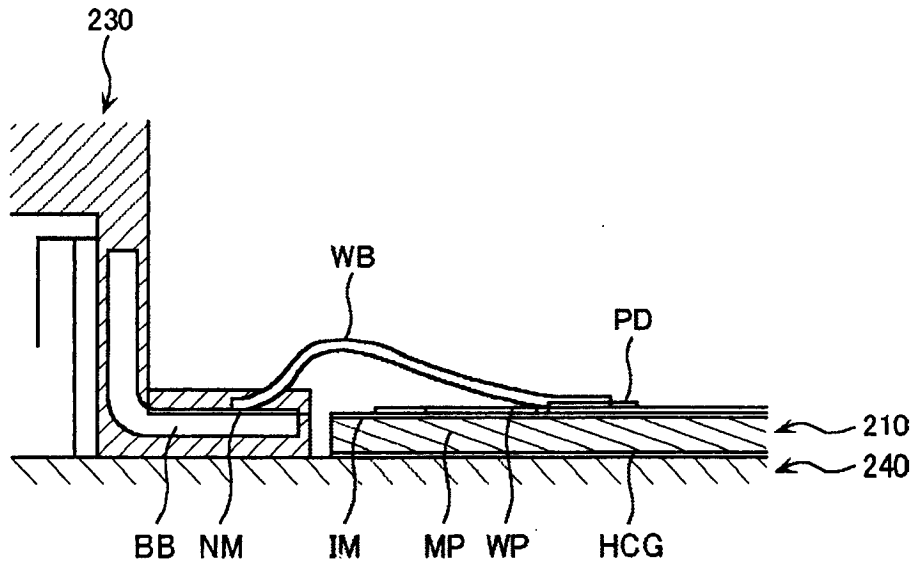


图 18

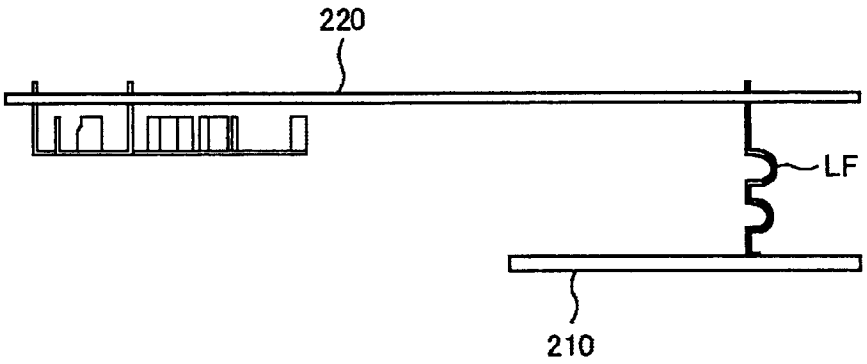


图 19

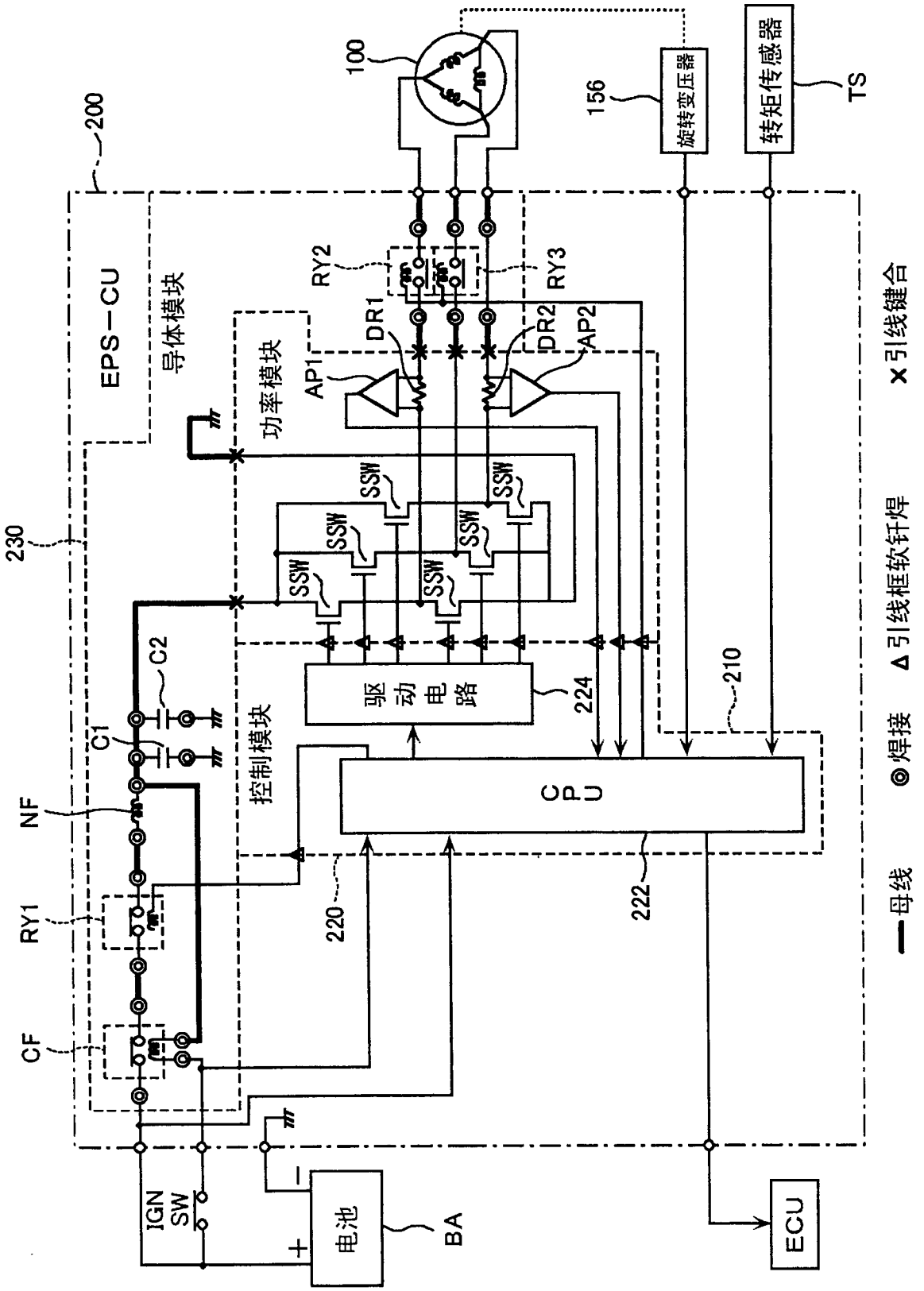

100
156
旋转变压器
转矩传感器
TS
200
EPS—CU
导体模块
RY2
RY3
DR1
DR2
AP1
AP2
功率模块
SSW
230
C2
C1
NF
RY1
CF
驱动电路
224
210
控制模块
CPU
220
222
IGN SW
电池
BA
ECU
母线
焊接
引线框软钎焊
引线键合

图 20

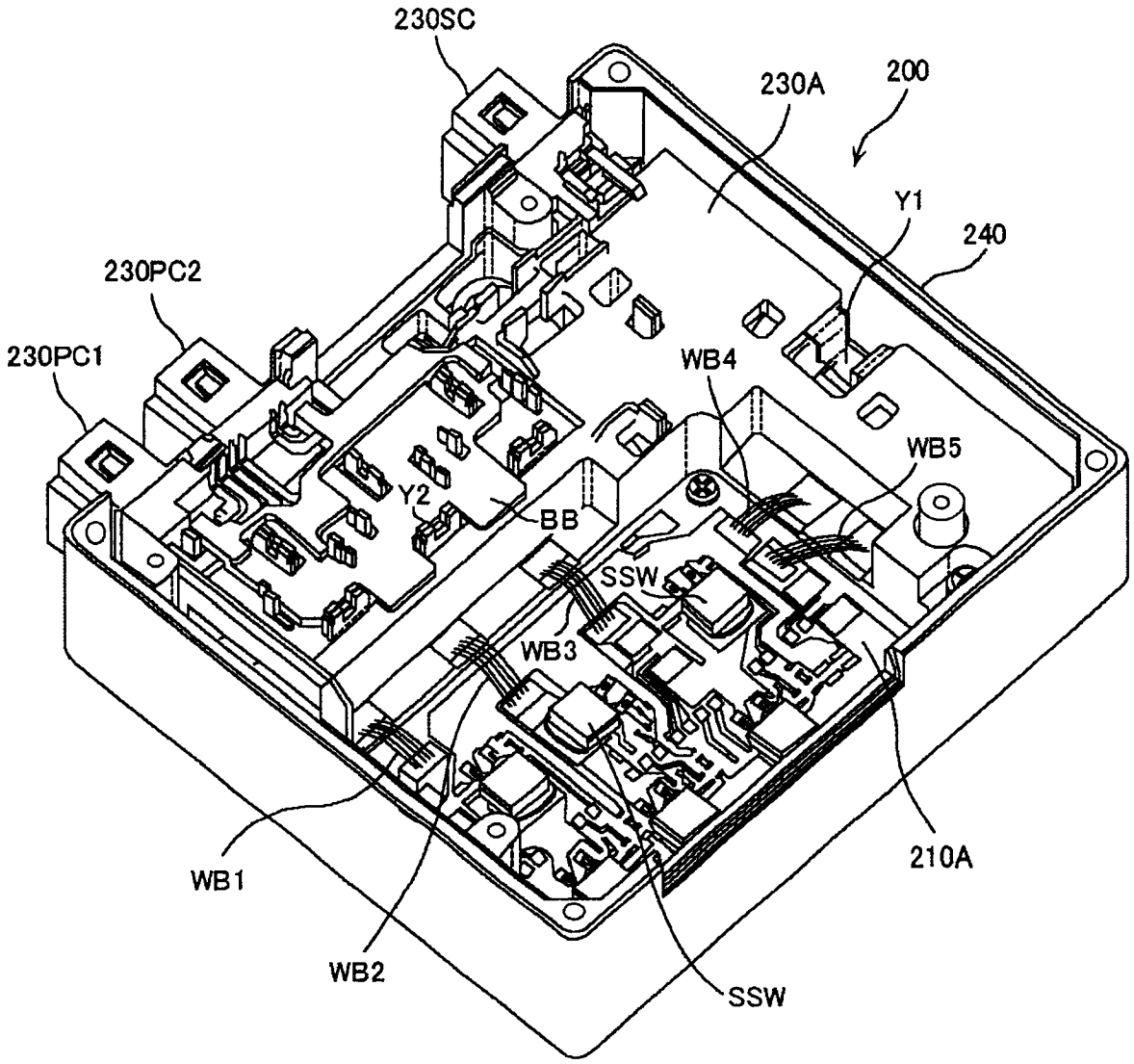

230SC
230A
200
Y1
240
230PC2
230PC1
WB4
WB5
Y2
BB
SSW
WB3
WB1
WB2
SSW
210A

图 21

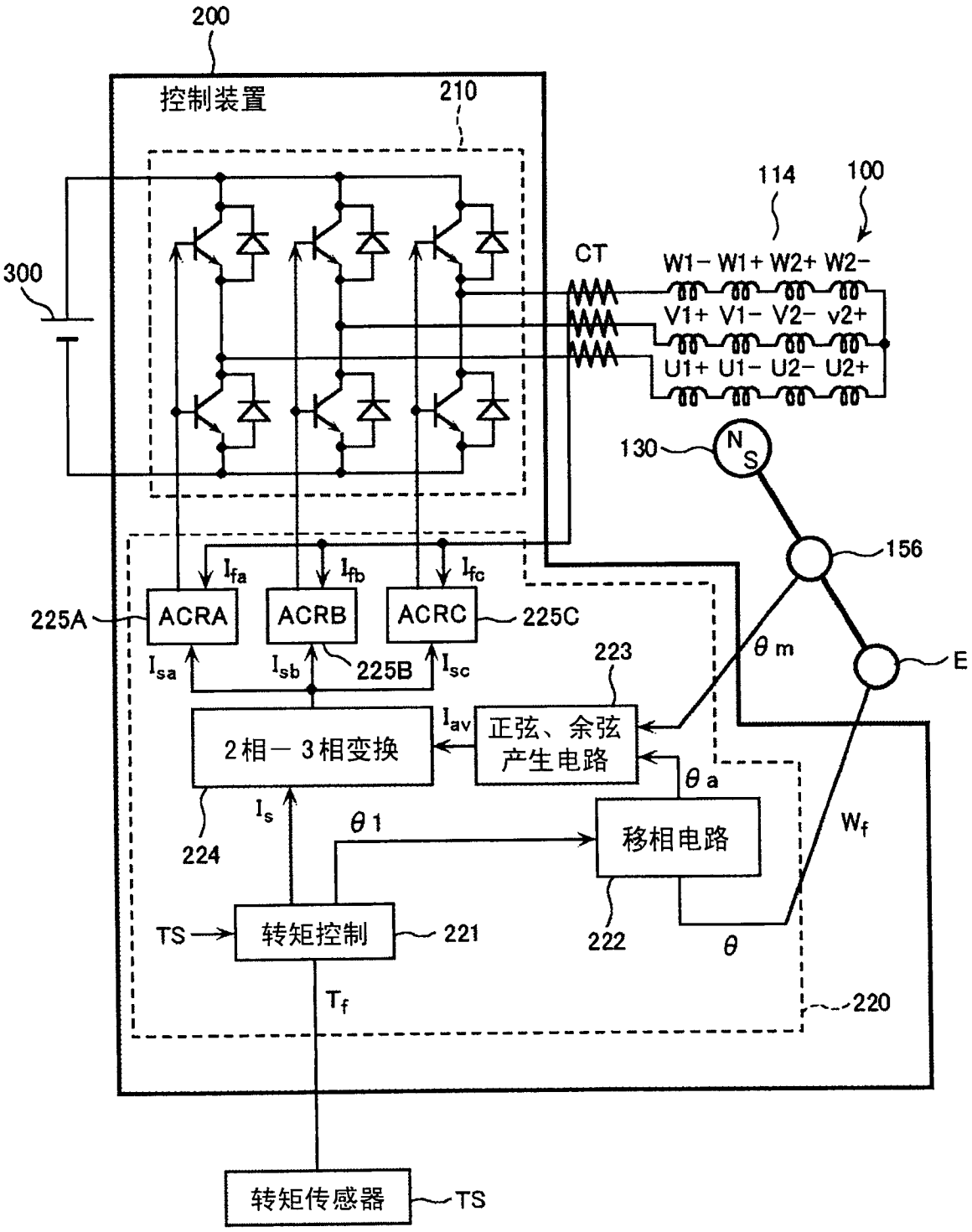

200
控制装置
210
114
100
300
CT
W1- W1+ W2+ W2-
V1+ V1- V2- v2+
U1+ U1- U2- U2+
130
N
S
156
E
θ m
I_{fa}
I_{fb}
I_{fc}
225A
ACRA
ACRB
ACRC
225C
I_{sa}
I_{sb}
225B
I_{sc}
223
I_{av}
2相－3相变换
正弦、余弦
产生电路
θ a
I_s
θ 1
移相电路
W_f
224
TS
转矩控制
221
222
θ
T_f
220
转矩传感器
TS

图 22

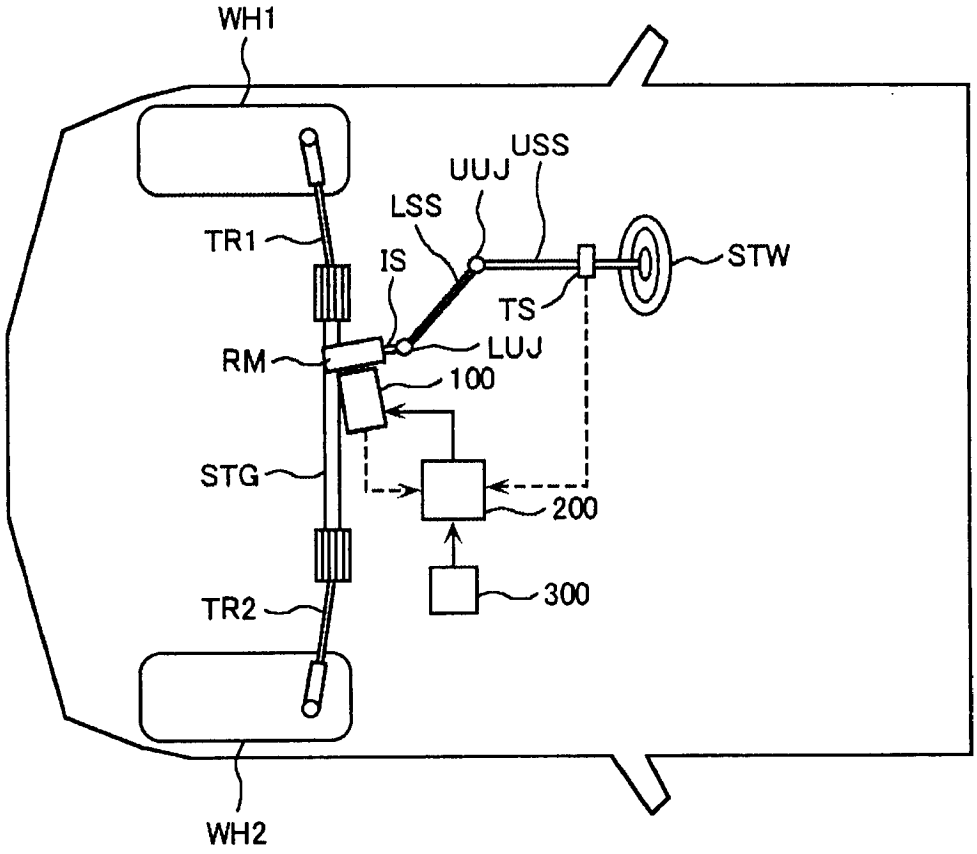


图 23

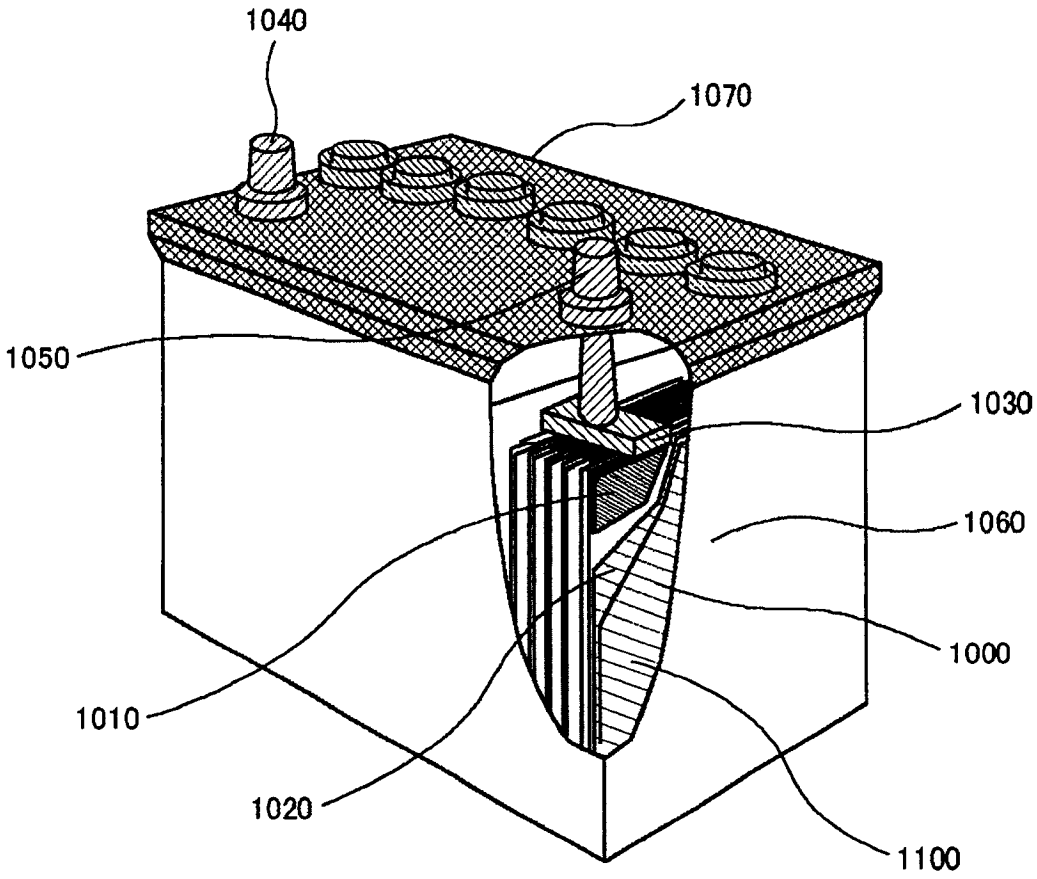


图 24

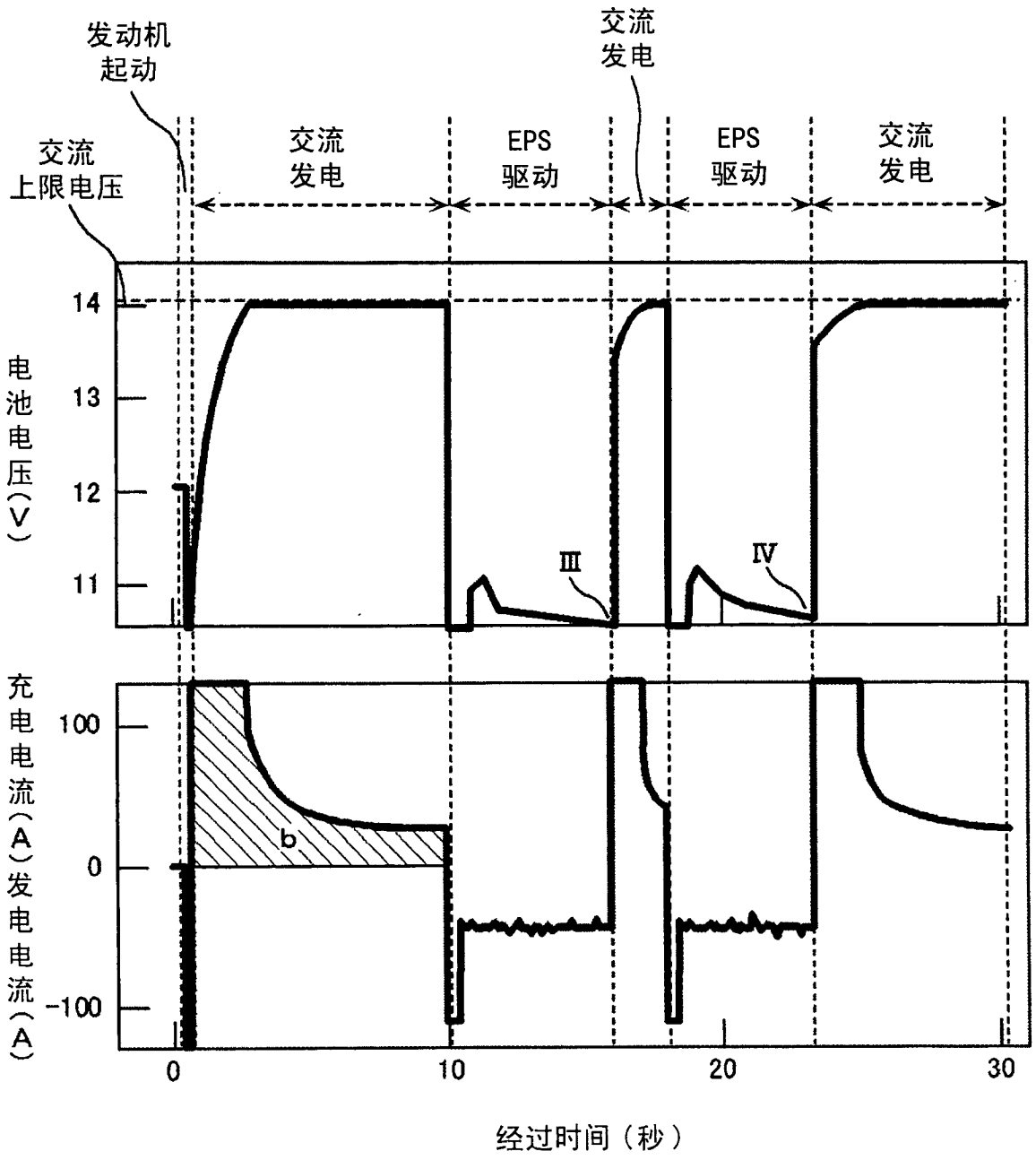

发动机
起动
交流
发电
交流
上限电压
交流
发电
EPS
驱动
EPS
驱动
交流
发电
14
13
12
11
电池电压（V）
Ⅲ
Ⅳ
100
0
-100
充电电流（A）发电电流（A）
b
0
10
20
30
经过时间（秒）

图 25