(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 101715560 B
(45)授权公告日 2014.03.26

(21)申请号 200880021547.2
(22)申请日 2008.05.12
(30)优先权数据
0709200.0 2007.05.12 GB
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2009.12.23
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/GB2008/001640 2008.05.12
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2008/139178 EN 2008.11.20
(73)专利权人 TRW有限公司
地址 英国西米德兰兹
(72)发明人 E·H·英特罗威克兹
(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038
代理人 金晓
(51)Int.Cl.
G01R 19/00(2006.01)
G01R 22/00(2006.01)
H02P 6/18(2006.01)

(56)对比文件
US 5015939 ,1991.05.14, 说明书第1栏第63行至第2栏第9行,第3栏第64行至第5栏第33行、图1-3.
US 3961898 ,1976.06.08, 说明书第3栏第11行至第4栏第38行、图1-2.
US 5386152 A,1995.01.31, 说明书第3栏第15-54行、图1.
US 5015939 ,1991.05.14, 说明书第1栏第63行至第2栏第9行,第3栏第64行至第5栏第33行、图1-3.
CN 1689220 A,2005.10.26, 说明书第3页第1段,第19页第1段、图25.

审查员 郝学江

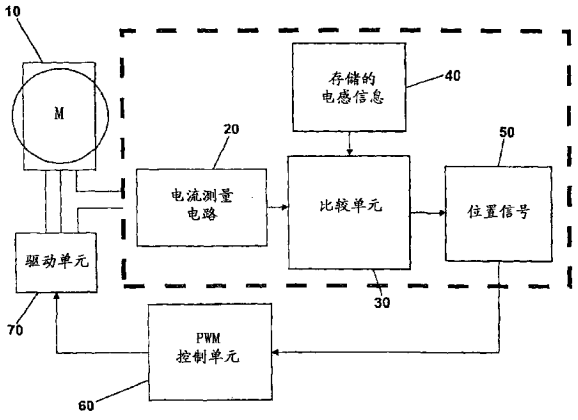
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

用于和电机一起使用的电流测量装置

(57)摘要

一种用于电机的电流测量电路,在测量时段内提供了指示电机相中流动的电流变化 di/dt 的输出。该电路包括具有电阻的电流测量部件;在使用中根据电流测量部件两端电压降的瞬时值选择性地允许向部分电路传输电压的开关;以及开关控制器,其适用于响应由开关控制器提供的时间信号而操作开关以限定测量时段。



CN 101715560 B

1. 一种用于包括多相的多相无刷电机 (10) 的驱动系统，该驱动系统包括驱动电路 (70)，该驱动电路包含相开关装置，用于改变施加至每一相两端的相电压，以及包括控制装置 (60)，被设置用于控制相开关装置以提供相电压的脉冲宽度调制控制用于控制电机的机械输出，该驱动系统还包括电流测量电路，适用于在测量时段期间测量至少一相内的电流变化率，并用于由此确定至少一相的电感，从而确定电机的旋转位置，该电流测量电路包括：

电流测量部件 (20)，具有与所述电机 (10) 的相串联的电阻 (100)，其特征在于该电流测量电路还包括：

在使用中根据电流测量部件 (20) 两端的电压降的瞬时值选择性地允许向部分电路传输电压的开关 (400)；和

开关控制器，适用于响应由开关控制器提供的时序信号来操作开关 (400) 以限定测量时段。

2. 如权利要求 1 所述的驱动系统，其中开关 (400) 能够在第一状态和第二状态之间操作，在第一状态中开关是打开的，在第二状态中开关是闭合的。

3. 如权利要求 1 所述的驱动系统，其中所述电流测量部件 (20) 包括与电机 (10) 的相串联连接的一个或多个电阻器，使得流过电机相的电流流过电阻器，所述电流测量电路被设置为在测量时段期间测量电阻器两端的电压降的变化。

4. 如权利要求 3 所述的驱动系统，其进一步包括电容器，在测量时段之前在开关处于第一状态时，所述电容器被电连接至电阻器以使电容器两端的电压取决于所述电阻器两端的电压，并且在测量时段期间所述电容器与所述电阻器电隔离，从而在开关被移动到其第二状态时将其两端的电压保持为等于电流测量部件 (20) 两端的电压。

5. 如权利要求 4 所述的驱动系统，其中在第一状态中开关是打开的而在第二状态中开关是闭合的。

6. 如权利要求 4 或 5 所述的驱动系统，其中电容器和开关构成采样和保持电路 (500) 的一部分，所述开关执行用于采样和保持电路的触发功能。

7. 如权利要求 6 所述的驱动系统，其中该电流测量电路包括差分放大器 (300)，具有连接至电流测量部件 (20) 的第一输入端和连接至采样和保持电路 (500) 的输出端的第二输入端。

8. 如权利要求 1 所述的驱动系统，其包括电容器 (200)，在测量时段之前将电容器的一端在紧邻测量时段之前以及在测量时段期间电连接至该电流测量电路的电阻，并且在其中开关适用于在紧邻测量时段之前将电容器 (200) 的另一端接地并在测量时段期间将电容器的所述另一端与地隔离。

9. 如权利要求 8 所述的驱动系统，其中电容器 (200) 的所述另一端被电连接至放大器的输入端，从而相对于电阻两端的电压降的直流分量构成直流恢复放大器电路。

10. 如权利要求 1 所述的驱动系统，其中开关包括场效应晶体管 (400)，控制信号被施加至晶体管的基极以改变其集电极和发射极之间的阻抗。

11. 如权利要求 1 所述的驱动系统，其中利用模拟放大器 (300) 进一步放大来自电流测量电路的输出并随后将其馈送至 A / D 转换器，在所述 A / D 转换器处，信号的幅值被转化为数字形式作为测量的电流值。

12. 如权利要求 1 所述的驱动系统，其包括存储器，存储相对于电机角位置的电感值。

用于和电机一起使用的电流测量装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于和电机一起使用的电流测量装置，并且涉及一种用于电机的驱动装置，其使用电流测量装置以确定电机的角位置。本发明在电动转向系统方面具有具体的应用。

背景技术

[0002] 电机已经在各种情况下得到广泛应用。在过去二十年间，已经发现可以在其中使用电机的一个具体领域是电动转向系统。在这样的系统中，电机被用于为驾驶员提供辅助转矩。电机被连接至转向系统并施加转矩，该转矩取决于由驾驶员施加至转向系统的转矩。通常使用连接至转向柱的转矩传感器测量该转矩。

[0003] 为了控制电机，经常需要获知电机的位置。该测量也可以被用于转向系统中以确定转向柱的位置，并由此确定车轮和方向盘的角度。如果在电机角度和方向盘之间存在固定关系，那么获知其中一个的位置就使得能够计算另一个的位置。通常使用角位置传感器进行该测量。

[0004] 已经认识到无需专用的位置传感器就能够测量电机位置将会是有利的。这将使得能够进行无传感器控制并且可以降低成本和系统的复杂性。

[0005] 在申请人较早的公开号为 WO2004/023639 的专利申请中，公开了一种控制电机的方法，其通过仔细选择用于驱动各电机相的电压波形来提供低水平的噪声。在该申请中，提出了一种利用测量瞬时电机相电流的无传感器控制的技术。通过测量电机相内的电流变化率确定了与电机位置有关的磁阻变化。这也就意味着不再需要专用的位置传感器，而是可以用如附图的图 6 中所示的测量电路 600 来代替。通过以足够的分辨率和精度测量电机电流波纹的 di/dt，以使得结合已知的与位置有关的电机电感变化，即使在很可能降至 0rpm 的低电机转速下也能够确定电机的位置。

[0006] 在 WO2004/023639 中给出了一种简单的位置测量电路，包括直接跨接在分流电阻器 620 两端的差分放大器 610 以测量相内电流变化率 di/dt，并由此确定相电感和随后确定位置。放大器将放大电阻器两端的电压降并且必须具有大的动态范围以容许电压在测试脉冲开始时的较大变化以及测试脉冲内电压的较小变化。对于高精度放大器的大动态范围放大器的需求增加了成本，申请人现已意识到这是不合需要的。

发明内容

[0007] 根据本发明的第一方面，提供了一种用于电机的电流测量电路，适用于在测量时段内提供指示电机相中流动的电流变化的输出，该电路包括：

[0008] 具有电阻的电流测量部件；

[0009] 在使用中根据电流测量部件两端的电压降的瞬时值选择性地允许向部分电路传输电压的开关；和

[0010] 开关控制器，适用于响应由开关控制器提供的时序信号来操作开关以限定测量时

段。

[0011] 根据电流测量部件两端的瞬时电压降（通过被打开和闭合或者相反）选择性地允许传输电压以提供测量时段的开关的使用，能够用于确保在相内出现过高的电流变化率（例如脉宽调制方案中脉冲的上升沿和下降沿）时至少一部分测量电路不会被暴露于部件两端的电压。

[0012] 开关能够在第一状态和第二状态之间操作，在第一状态中开关是打开的，在第二状态中开关是闭合的。

[0013] 电流测量部件可以包括与电机相串联连接的一个或多个电阻器，以使流过电机相的电流流过电阻器。在测量时段期间，测量电路可以测量电阻器两端的电压降，或者更优选地测量电阻器两端电压降的变化。根据该变化可计算取决于电机相电感的变化率。

[0014] 测量电路可以进一步包括电容器，在测量时段之前开关处于第一状态时电容器（直接或间接地）电连接至电阻元件（或在其两端具有的电压降取决于电阻元件两端电压降的另一部件），以使电容器两端的电压取决于电阻元件两端的电压，并且在测量时段期间电容器与电阻元件电隔离，以在开关被移动到其第二状态时将电容器两端的电压保持为等于电流感测部件两端的电压。

[0015] 因此，在第二状态时，开关在测量时段期间选择性地将包含电容器的部分电路与所述元件两端的瞬时电压降相隔离。

[0016] 开关可以在第一状态被打开并在第二状态被闭合。对于在被闭合时具有零电导和无穷大阻抗的理想开关来说，这就意味着电容器被完全隔离。当然，实际的开关在被闭合时具有非零电导和有限的阻抗，但是权利要求的保护范围应该被解释为，这种有限阻抗的存在仍然被认为是表示所述电容器和所述元件的隔离。

[0017] 在该设置中，开关在测量期间选择性地将电路的电阻元件与电容器隔离，以防止电容器在随后放电。电容器上的该保持电压随后就能够被测量电路用于指示测量时段开始时的电压并提供参考值，测量时段期间所述元件两端的电压能够与该参考值相比较，从而给出电压变化的测量并由此给出电流变化的测量。

[0018] 电容器和开关可以由此构成采样和保持电路的一部分，由开关执行用于采样和保持电路的触发功能。

[0019] 更具体地，电路可以包括差分放大器，具有连接至电流测量部件的第一输入端和连接至电容器的未连接至开关的那一侧（也就是如上所述的采样和保持电路的输出端）的第二输入端。第一输入端可以构成放大器的正输入端而第二输入端可以构成放大器的负输入端。

[0020] 由此放大器可以在测量时段期间的任意时间给出指示相内电流变化的输出。在其他时间，两个输入端可以接收相同的电压并且因此放大器可以产生零输出电压。通过使用高输入阻抗的放大器和短的测量时段，电容器上的电荷以及因此其保持电压都将只有很小的或者可以忽略的下降。

[0021] 在一种可选设置中，测量电路可以包括电容器，在测量时段之前将电容器紧邻在测量时段之前以及在测量时段期间（直接或间接地）电连接至电阻元件（或在其两端具有的电压降取决于电阻元件两端电压降的另一部件），并且在其中开关适用于紧邻在测量时段之前将电容器的另一侧接地和在测量时段期间将电容器的另一侧与地隔离。

[0022] 因此，开关在测量时段期间选择性地将包含放大器输入端的部分电路与电阻器两端的电压降隔离。

[0023] 在该可选设置中，电容器和开关的作用在于选择性地将电容器的输出侧在测量时段之前箝位在地电位，以使得在测量时段期间电容器输出端的电压只反映测量元件两端的电压在测量时段期间发生的变化。因此有效地去除了电压中的所有直流分量。

[0024] 电容器的接开关侧可以被电连接至放大器的输入端，以使电路相对于电阻元件两端电压降中的直流分量起到键控箝位或直流恢复放大器电路的作用。施加至开关的信号用作“键控”。也可以使用构成键控箝位的部件的其他结构，共同目的在于去除所述元件两端的直流电压分量以使放大器在随后只放大交流部分。

[0025] 两种设置（采样和保持以及直流恢复）与简单的差分放大器相比提供的优点在于，它们不会因相的初始开关期间在电流内产生的高振幅而饱和，以及与需要非常高精度的部件用于测量电流内小的预期波纹的差分放大器相比更易于实施。而且，放大器的输出仅反映电压在测量时段期间的变化，而不是测量元件两端的绝对电压。

[0026] 开关可以包括晶体管，例如场效应晶体管，控制信号被施加至晶体管的基极以改变其集电极和发射极之间的阻抗。其可以包括机械开关例如继电器。

[0027] 利用模拟放大器进一步放大来自测量电路的输出。其随后被馈送至 A/D 转换器，在所述 A/D 转换器处，所述信号的幅值被转化为数字形式作为测量的电流值。

[0028] 数字测量的电流 /di/dt 值可以被存储在存储器中，从而存储了测量值的临时运行窗口用于后续分析。因此装置可以包括易失性存储器区域，能够在进行处理之前将样本存储在其中。

[0029] 电流测量电路可以被配置为专用集成电路 (ASIC)。

[0030] 该装置可以包括产生被施加至电机相的脉冲波形的脉冲发生器电路，开关控制器，通过操作开关而在脉冲的上升沿之后开始测量时段并在脉冲的下降沿之前终止测量时段（或者相反）。脉冲可以是公知的标称恒定电流值，也就是说它可以是方波脉冲。脉冲可以包括在电机 PWM 控制方案中使用的常规脉冲。

[0031] 开关控制器可以从测试脉冲发生器接收信号，其可以构成电机控制器电路的一部分。

[0032] 电流测量电路可以在测量时段一开始就进行测量。另外，可以将开关从闭合位置移动到打开位置（或者从打开位置移动到闭合位置）以在测量电路开始进行测量之前小于 10 微秒或小于 5 微秒或小于 1 微秒的时间处限定测量时段的开始。这种短的延迟允许在需要时使用短的测量时段。这只在由于如下所述的开关和测量时段的准确时序一起确保了测量电路不需要时间从对脉冲信号的边沿的暴露“恢复”的情况下才是可行的。

[0033] 通过提供输出，我们可能希望输出包括要被随后处理以提供电机位置测量的中间信号。所述输出可能会因此不容易获取而是可以简单地用作后续电路的输入。例如，电路可以被实施为 ASIC 并且输出可以包括被用作设置在同一 ASIC 上的后续电路的输入的处理信号。

[0034] 根据本发明的第二方面，提供了一种用于包括多相的多相无刷电机的驱动系统，该系统包括驱动电路，该驱动电路包含相开关装置，用于改变施加至每一相两端的相电压，以及包括控制装置，被设置用于控制相开关装置以提供相电压的 PWM 控制用于控制电机的

机械输出，在测试时段期间测量至少一相内的电流变化率并用于由此确定至少一相的电感，从而确定电机的旋转位置，利用电流测量电路的输出确定电流变化的控制装置包括：

[0035] 具有电阻的电流测量部件；

[0036] 在使用中根据电流测量部件两端的电压降选择性地允许向部分电路传输电压的开关；和

[0037] 开关控制器，适用于响应由开关控制器提供的时序信号来操作开关以限定测量时段。

[0038] 该系统可以包括存储器，其存储相对于电机角位置的电感值。

[0039] 驱动系统可以使用 PWM 方案控制电机并且由此可以生成 PWM 电压模式。测试时段可以被选择为全部位于 PWM 模式的一个脉冲之内，由此使得施加至电机相的电压在整个所述时段期间都被已知为基本恒定的。

[0040] 用于改变的装置可以包括多个相开关。

附图说明

[0041] 现在将参照本发明的仅作为示例并且如附图中所示的一个实施例进行介绍，在附图中：

[0042] 图 1 是根据本发明一方面的电机位置测量装置的实施例的示意图；

[0043] 图 2 是图 1 中实施例的电机电流测量单元的示意图；

[0044] 图 3 是图 1 中实施例的一种可选的电机电流测量单元的示意图；以及

[0045] 图 4(a) 至图 4(d) 是示出了典型的存储电感值、电流测量值和能够将它们与存储电感值相匹配以通过图 1 中的装置确定电机位置和转速的方式的曲线图；

[0046] 图 5 示出了利用方波 PWM 驱动信号驱动的电机相内的典型电压波形；

[0047] 图 6 示出了现有技术中在测量电机相内电流变化率时使用的电流测量电路。

具体实施方式

[0048] 图 1 示出了根据本发明第二方面的电机驱动系统的实施例的概况。该系统被示出为连接至电机，电机在该示例中是具有三相的永磁正弦电机（也被称为 PMAC 电机）。这种电机在现有技术中是公知的，并且本领域普通技术人员应该理解可以通过向电机的每一相施加方波电压来驱动它们以近似正弦波，方波的占空比决定了电机转速。PWM 波形由 PWM 控制单元 60 生成并由包括多个相开关的驱动单元 70 实现。

[0049] 在附图的图 5 中示出了被施加至 3 相的典型的波形组，并且在能够看出两个测试时段具有相等的时长 T。要注意的是在导通每一相时，电流就在相内快速升高，具有对应的高 di/dt 并随后在其再次快速下降之前稳定在基本恒定的直流水平。在实际情况下，由于相电感随着电机旋转而改变，该直流水平会发生微小的变化。

[0050] 可选地，测试脉冲可以以如图 5 中所示的 PWM 模式被施加至电机。该测试脉冲的目的在于提供一个时段，在该时段内已知电流仅在电机的一相中流动（没有电流被施加至其他相）。然后就可以测量该测试脉冲，或者可以更准确地测量该电流的变化率，用于在确定电机位置时使用。该测试脉冲应该被保持得尽量短，例如小于 10 微秒，以允许在电机的单转内施加多个这样的短测试脉冲。

[0051] 该系统进一步包括电机电流测量电路 20 和比较单元 30。测量电路 20 在测试时段期间确定电机相内的电流随时间的变化（也就是电流的交流分量），然后比较单元 30 将其与存储在存储器内的已知的电机电感信息 40 相比较。由于电流的变化是由电感的变化造成的，因此比较单元利用对前者的了解来确定对应的电感变化并由此确定电机位置 50。在一转内的测试脉冲越多，能够进行的位置测量就越多，从而允许更好的控制。

[0052] 在附图的图 3 中示出了根据本发明第一方面的电机电流测量电路的第一实施例。电路的职责是在测试脉冲时段期间在电流被施加至电机相时测量瞬时电流变化。例如，如图 5 中所示，提供了几个不同的时段，在其中流过分流电阻器的电流分别等于相 A、B 和 C 中的电流。

[0053] 测量单元可以如图所示包括分流电阻器 100，施加至其中一相的电流通过该分流电阻器。随后，假设电阻值已知，该电阻器 100 两端的电压降 V 即可根据欧姆定律给出电流的测量值。

[0054] 电阻器两端的电压降 V 被馈送至键控箝位电路。在该示例中其包括电容器 C 200，电容器的一侧被连接至电阻器的从相绕组馈送有电流的一端，而电容器的另一侧被连接至运算放大器 300 的输入端。晶体管形式的开关 400 随后被连接在放大器的输入端和地面之间。控制信号从开关控制器（未示出）被施加至晶体管的基极。

[0055] 电路的操作如下所述。开关通常闭合，以使晶体管将放大器的输入端拉至地。在时间的测量时段开始之前保持该状态。放大器的输入端被保持接地并且因此放大器将给出零电压输出。在时间的测量时段开始时，开关被打开，因此晶体管给出了从放大器输入端到地的高阻抗路径。放大器 300 的输出端随后包括如下电压，其幅值作为从测量时段开始以来电阻器两端的电压变化的函数而改变。其原因是电容器两端的电压在打开开关的时间时被箝位。

[0056] 在附图的图 3 中示出了根据本发明的电机电流测量电路的可选实施例。其使用采样和保持电路以紧邻在相内流过电流之后捕获电流值，并随后将该值送至差分放大器的一个输入端。

[0057] 电路包括采样和保持放大器，其将电阻器两端的电压存储在电容器上，与此同时控制开关被保持打开（放大器的“采样”状态）。该状态下，在放大器输出端表现出的电压将等于电阻器两端的电压降。当开关被闭合时（放大器的“保持”状态），电压被保持在电容器上并且在放大器的输出端表现为保持值。

[0058] 采样和保持放大器的输出被馈送至差分放大器的负输入端。放大器的另一输入端直接接收电阻器两端的电压。由于两个输入端处的电压将会相等，因此在测量时段之前的放大器输出将为零，而在测量时段期间由于一个输出端被保持在固定电平，因此放大器的输出将是电阻器 100 两端的电压变化的函数。

[0059] 该可选电路不是最优选的，这是因为运算放大器将需要正电源电压和负电源电压，这使其不是那么适用于电池供电的应用，例如汽车应用。

[0060] 在两种情况下，测量电路的输出是模拟信号，其电压随着相内电流而改变，并且从中去除直流偏移量。这是一种模拟信号并且利用 A/D 转换器被转化为数字信号。因为测量只在电流已开始流动之后才开始，所以 di/dt 中的大的初始增加不会被包含在测量值中。否则这可能会使电路饱和，随后可能就需要一定的时间来恢复。搁置它直到该事件过去就

消除了该问题。

[0061] 比较单元执行将电流随时间的变化率的改变与电机电感随其旋转的已知改变相比较的功能。为了执行该比较，该单元需要将电感值作为位置的函数处理。因此将这些值的表格存储在存储器内，该表格可以由比较单元访问。在图 4(a) 中示出了用于电机完整一转的一组数值。

[0062] 在图 4(b) 中示出了在与电机的 2 转相对应的时段期间一组电流变化率的测量值。当然，如果电机要被减速，则该时段就将对应于更少的转数，而如果电机要被加速则相反。在该阶段电机转速未知，其在任意时间的位置也未知。

[0063] 然后将一个窗口施加至具有中间时间 T 并且跨度为从时间 T1 到 T2 的电流样本。该窗口将包括预定数量的样本。该样本窗口随后与电感值组相比较以找到最佳匹配。目的在于找到与处于时间 T 的中心样本对应地最好的电感值。

[0064] 该匹配能够在附图的图 4(c) 和图 4(d) 中被概念性地看出。在进行匹配时，比较单元需要考虑电机的转速以及未知的位置。电流样本因此可能需要被“加速”或“减慢”以匹配存储的电感样本。这在图 4(c) 中示出，其中在该例子中，样本通过因数 α 被减慢以使其匹配图 4(d) 中示出的一部分电感样本。

[0065] 扩展的量（即，α 的值）可以通过如下方式确定：观察在模式重复之前已经捕获了多少样本，并进行插值以使符合该时段的样本数量与被存储的用于一转的电感样本的数量相同。

[0066] 扩展或压缩的量给出了电机转速的测量。与在时间 T 处与样本匹配的电感值相对应的转子位置指示了在该时间处的转子位置。在该示例中，转子位置是大约 180 度。

[0067] 将电流样本与电感样本匹配之后，即可由此确定电机转速以及电机位置。

[0068] 在一种改进中，从不同的电机驱动脉冲中获得的多组样本可以被组合以平滑测量值。这可以被用于降低噪声的影响并增加测量值的精确度。而且，该过程可以被重复用于多相。

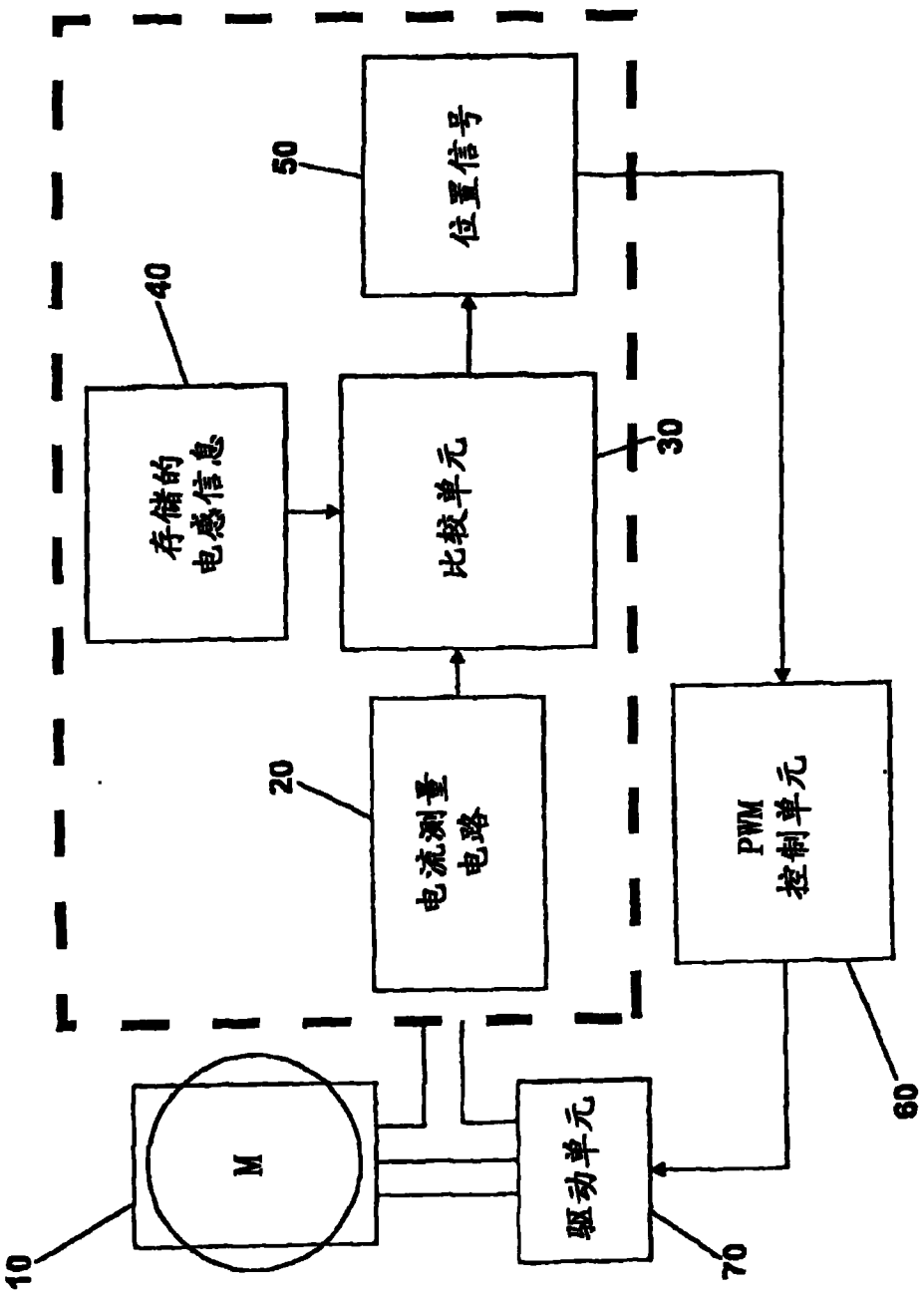


图 1

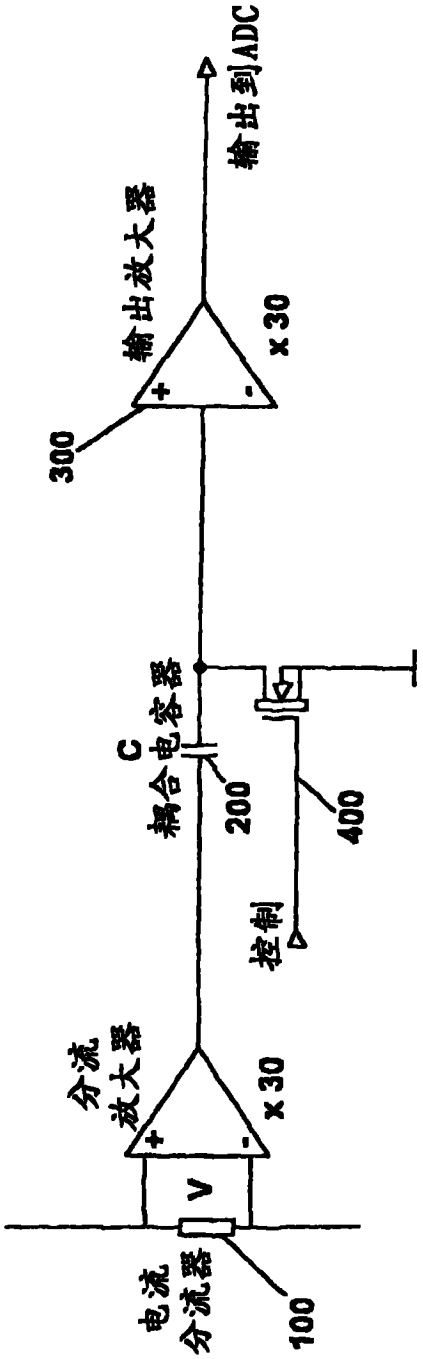

输出到ADC
输出放大器
x 30
300
C
耦合电容器
200
400
控制
分流
放大器
x 30
V
电流
分流器
100

图 2

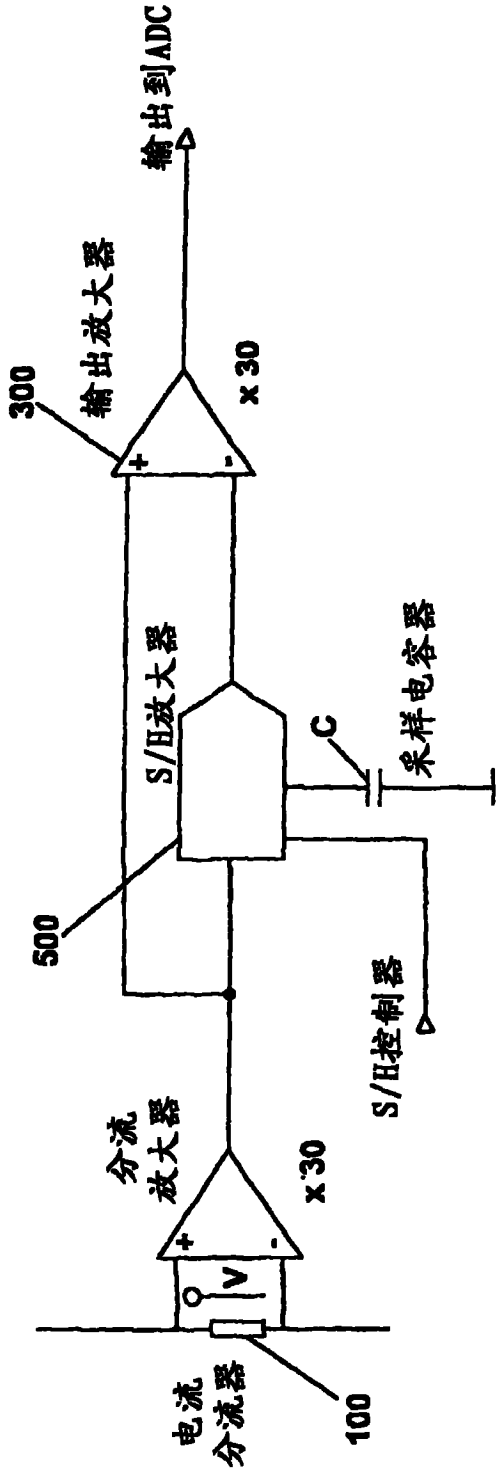

输出到ADC
300
输出放大器
x 30
S/H放大器
C
采样电容器
500
S/H控制器
分流
放大器
x 30
V
电流
分流器
100

图 3

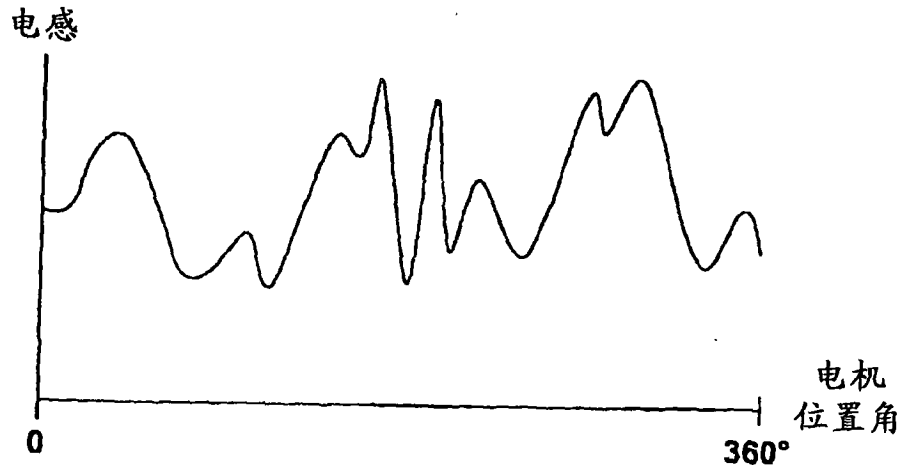


图 4(a)

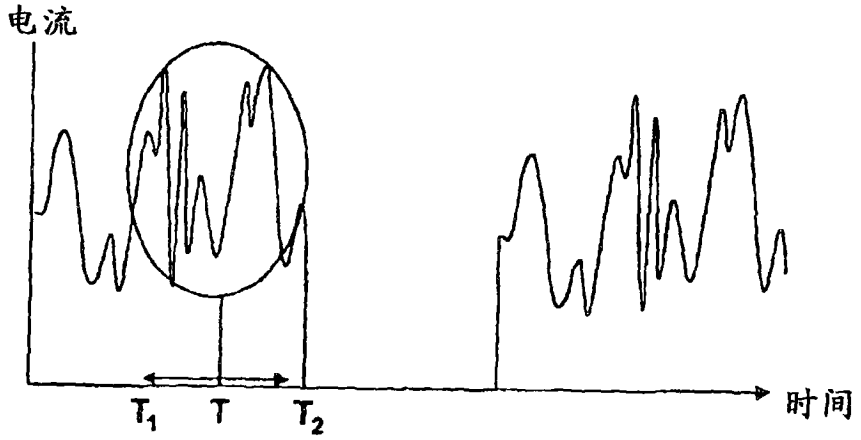


图 4(b)

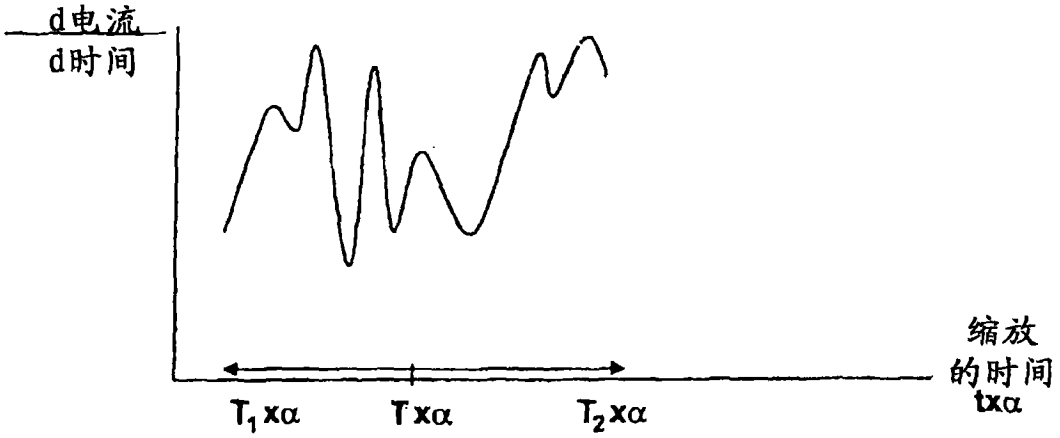


图 4(c)

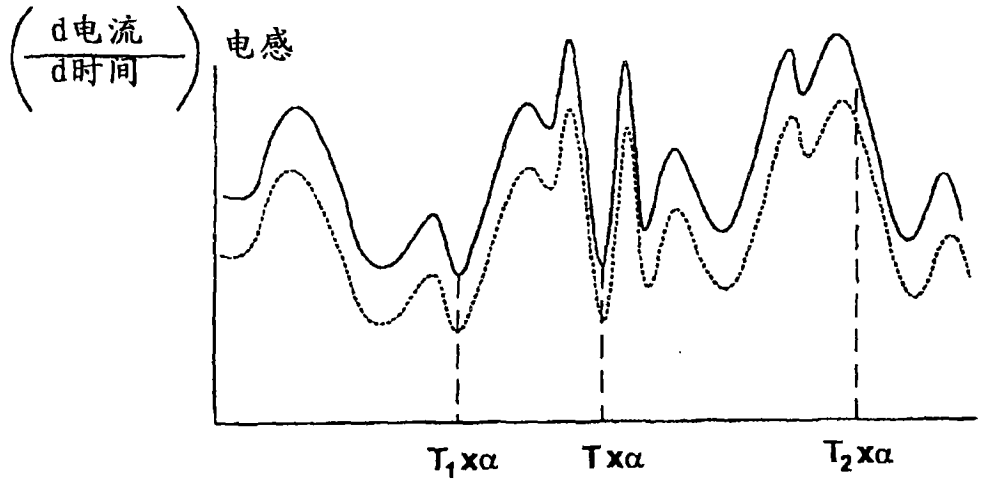


图 4(d)

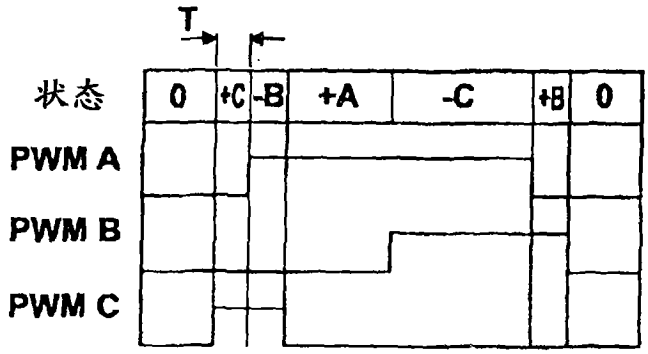


图 5

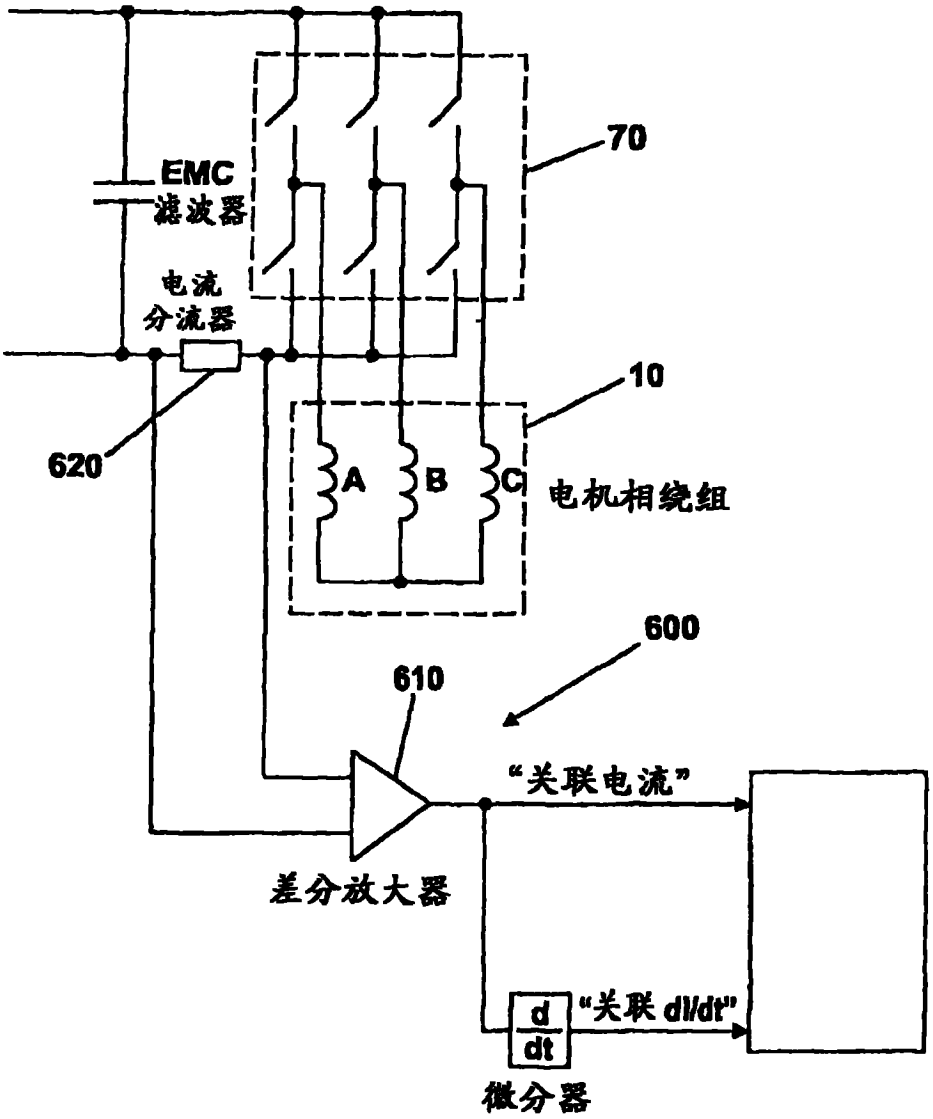

70
EMC
滤波器
电流
分流器
10
620
A
B
C
电机相绕组
600
610
“关联电流”
差分放大器
d
dt
“关联 dI/dt”
微分器

图 6