

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H02P 25/08 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580009939.3

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 100446406C

[22] 申请日 2005.1.27

[21] 申请号 200580009939.3

[30] 优先权

[32] 2004.2.5 [33] GB [31] 0402528.4

[86] 国际申请 PCT/GB2005/000296 2005.1.27

[87] 国际公布 WO2005/076459 英 2005.8.18

[85] 进入国家阶段日期 2006.9.27

[73] 专利权人 戴森技术有限公司

地址 英国威尔特郡

[72] 发明人 A·C·克洛西尔 S·格里塔姆

H·戴

[56] 参考文献

US4772839 1988.9.20

WO02/44459A1 2002.6.6

US6222335B1 2001.4.24

US5331535A 1994.7.19

US4611157 1986.9.9

EP1292007A2 2003.3.12

审查员 高时芳

[74] 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

代理人 程伟

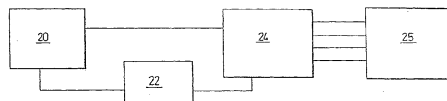
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 10 页

[54] 发明名称

电机控制

[57] 摘要

一种电机，例如开关磁阻电动机(25)，具有转子和控制器(24)，控制器(24)布置成根据转子角位置激励至少一个可电激励的相位绕组。该控制器通常采用通过向绕组施加预定 DC 链电压而导出的控制规律表。所施加 DC 链电压(20)和预定 DC 链电压之间的差异可以通过根据所施加 DC 链电压值向相位绕组激励的角位置施加预定修正来补偿。这种补偿因子可以从保存在存储器中的关系导出。



1、一种在电机中补偿所施加 DC 链电压与预定 DC 链电压之间差异的方法，该电机具有一个转子、至少一个相位绕组，和布置成根据转子角位置激励该相位绕组的控制器，该方法包括测量所施加 DC 链电压以确定所施加 DC 链电压是否已经从前一值变化了一个预定量，以及如果所施加 DC 链电压已经变化了所述预定量，则根据所施加 DC 链电压值向相位绕组激励的角位置施加预定修正的步骤。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中所述控制器包括布置成储存所施加 DC 链电压与角位置修正之间预定关系的存储器。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其中周期性地测量所施加 DC 链电压。

4、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其中在机器启动时测量所施加 DC 链电压。

5、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其中在机器连接到电源但在机器开启前测量所施加 DC 链电压，并且该方法还包括根据所测量的 DC 链电压的值，在机器启动时，向相位绕组激励的角位置施加预定修正的步骤。

6、根据权利要求 1 所述的方法，还包括在该或每次测量时导出所测量 DC 链电压平均值的步骤。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其中导出平均值的步骤包括向所施加 DC 链电压采用滤波器。

8、一种用于电机的控制器，该电机包括一个转子和至少一个相位绕组，该控制器布置成根据转子角位置激励相位绕组，该控制器还布置成测量所施加 DC 链电压以确定所施加 DC 链电压是否已经从前一值变化了一个预定量，以及如果所施加 DC 链电压已经变化了所述预定量，则根据所施加 DC 链电压值向相位绕组激励的角位置施加预定修正。

9、根据权利要求 8 所述的控制器，还包括布置成储存所施加 DC 链电压与角位置修正之间预定关系的存储器。

10、根据权利要求 9 所述的控制器，其中该存储器还包含用于表

示在一定转子转速范围内相对于转子角位置的相位绕组激励的预定提前角图谱。

11、根据权利要求 10 所述的控制器，其中该存储器还包含作用于预定提前角图谱预定部分的角度修正因子，该修正因子相关于测量输入功率和预定功率之间的差异。

12、一种结合了如权利要求 8-11 中任意一项所述的控制器的电机。

13、根据权利要求 12 所述的电机，采用开关磁阻电动机的形式。

14、一种结合了如权利要求 12 所述的电机的清洁设备。

电机控制

技术领域

本发明涉及电机控制，尤其是开关磁阻式电机，例如开关磁阻电动机。

背景技术

近年来，开关磁阻电机已经变得越来越常见。在开关磁阻电动机中，定子具有依次激励的成组电极，在与每组电极相联系的磁场影响下，使转子旋转成与被激励的电极对排成一直线。通过在不同电极对之间迅速切换，可以使转子以非常高的速度旋转。

开关磁阻电动机的近来发展已经导致转子比迄今为止能实现的转子具有更高的转速。但是，在这样高的转速下控制转子可能会成为问题。特别地，需要仔细控制电极被激励和去激励的转子角位置。

已经提出了采用控制规律表（control law table），保存在与电机的控制电路相联的存储器中。该控制规律表通常包括查询表，其在较宽操作条件范围内将开启角和关闭角关联到电机转速和转矩。但是，这种控制规律表通常通过假定施压在绕组上的电压为恒定值而导出，公知为 DC 链电压。实际上，干线供电电压的变化，以及环境中其它跟电有关的变化，导致 DC 链电压随着时间而改变。

已经提出了多种用于补偿施加电压变化的建议。例如，在 US 6586904 中，提出了对 DC 链电压、转子转速和由电动机产生的转矩进行采样。然后将这些措施用于导出补偿转速值和补偿转矩值。而后，为了基于这些值导出期望的运行参数，采用查询表。

发明内容

本发明提供了一种在电机中补偿所施加 DC 链电压与预定 DC 链电压之间差异的方法，该电机具有一个转子，至少一个相位绕组，和布置成根据转子角位置激励该相位绕组的控制器，该方法包括测量所施

加 DC 链电压, 以及根据所施加 DC 链电压值向相位绕组激励的角位置施加预定修正的步骤。

本发明允许以迄今为止能实现的更简单的方式控制电机, 同时还使用更少的内存。

优选地, 所施加 DC 链电压与角位置修正之间的预定关系储存在与控制器相联的存储器 (memory) 中。

DC 链电压可以周期性和/或在机器起动时被测量。DC 链电压还可以在电机连接到诸如干线供电的电源、但在机器开启前被测量。

本发明还包括一种用于电机的控制器, 该电机包括一个转子和至少一个相位绕组, 该控制器布置成根据转子角位置激励相位绕组, 该控制器还布置成在施加 DC 链电压时, 根据所施加 DC 链电压值向相位绕组激励的角位置施加预定修正。

该控制器可以结合到不同的电机中, 例如清洁设备。

附图说明

下面将参考附图, 通过实施例描述本发明, 其中:

图 1 示意性地示出了一种典型的开关磁阻电动机;

图 2 示出了用于图 1 电动机的现有技术控制图谱;

图 3 是产生用于图 1 电动机的控制图谱的设备示意图;

图 4 示出了在图 1 电动机的操作转速范围上的期望输入功率的曲线图;

图 5 示出了用于控制图 1 电动机的控制图谱;

图 6 是产生用于图 1 电动机的控制图谱的可选设备的示意图;

图 7 示意性地示出了图 1 中的电动机和控制电路;

图 8 示出了 DC 链电压的典型波形;

图 9 示出了所采用 DC 链电压与转子角位置修正之间的关系, 其中相位绕组在该转子角位置被激励; 且

图 10 示出了结合了图 1 电动机的旋风真空吸尘器形式的清洁设备。

在说明书全文中相同的附图标记表示相同部件。

具体实施方式

图 1 是典型的开关磁阻电动机的截面图。电动机包括转子 1 和定子 3，其中转子 1 安装在轴 2 上。转子 1 包括轴向层叠的钢板 (steel plates)，它们布置成形成一对电极 1a、1b。定子 3 包括堆叠的钢板 (steel laminations)，在该实施例中，它们被布置成具有四个向内突出的凸极 (salient poles) 3a、3b、3c 和 3d。每个相对的电极 3a 和 3c 支撑共同形成第一相位的绕组 4a、4b。另一对直径相对的电极 3b 和 3d 同样容纳各自的绕组 4c 和 4d，它们表示第二相位。每个绕组 4 包括围绕各自定子电极的多圈 (例如，多于 50 圈) 绝缘导线。

使用中，为了实现转子的旋转，控制相位绕组的激励。从而，必须强调的是，已知相对于相位绕组的转子旋转位置。因此，在该情况下，位置测试装置被提供为编码盘 5、光源 6 和光学传感器 (未表示) 形式。编码盘 5 布置在光源 6 和探测器 (detector) 之间，编码盘平面大致垂直于光辐射方向。盘中的孔允许来自光源的光发射到传感器。随着编码盘 5 与转子组件 1 的轴 2 一起旋转，来自光源的光被间歇中断。这样，光学传感器接收脉冲光信号。来自于光学传感器的信号被发送给控制器。

在低速时，控制施加于相位绕组的电压相对简单。通常，通过脉宽调制 (PWM) 进行，以下将作进一步讨论。但是，随着转速的增大，电压施加于绕组的转子角位置 (开启角) 必须提前，电压停止施加的角位置 (关闭角) 也一样必须提前。开启角必须提前以便使得在电感随着电极的接近而开始上升前，绕组中的通量从零升为期望值。这公知为开启提前角 (on-advance angle)。同样地，关闭角必须提前以便使得在电感随着电极的分开而开始减小前，通量能下降为零。这公知为关闭提前角 (off-advance angle)。

在用于开关磁阻电动机的典型控制器中，控制规律图谱采用查询表形式。这种表的例子如图 2 中所示。该表包括一连串保存在存储器中的存储位置。该表绘制出电动机转速与由该电动机所产生的期望转矩之间的关系。在该表的每个位置中存储有用于控制电机产生相应转速和转矩的控制参数。通常，这些控制参数包括开启提前角和关闭提前角。在电动机的运行过程中，转速和运动 (motoring) 力矩被测量并

输入到控制系统，控制系统采用查询表找出合适的起动（firing）角来控制相位绕组的激励，以实现期望的转速和转矩。

但是，这种控制图谱的缺点是它占用了大量内存。而且，如果该控制图谱用于制造一批电动机，则为了得到恒定的结果，这些电动机必须具有相同的性能特点。因此，电动机必须用具有恒定和规定公差的物理和电气部件制造。自然，这将显著增加电动机的总成本。可选地，可以为每个电动机重新产生查询表，这种建议非常费时并且成本也很高。

产生控制图谱

下面将结合图 3-5 描述克服上述问题的控制图谱以及产生该控制图谱的方法。

一种适于产生依据本发明的控制图谱的设备示意图如图 3 中所示。电动机一般用附图标记 7 表示，并与电控板 9 一起位于电动机壳体 8 中。该构造包括 DC 电源形式的电压源 10，电压源 10 可以是电池或者是被整流和过滤的 AC 电源线。由电源 10 提供的 DC 电压被提供通过 DC 链，并由电控板 9 切换通过电动机 7 的相位绕组。在该应用中，提供给开关磁阻电机的 DC 电压（无论是来自于电池、整流器或者其它）被称为“DC 链电压”。

电控板 9 连接到电动机 7 的每个相位绕组，并通过使相位绕组依次激励而控制电动机的运行。功率表 11 连接到 DC 链，以测量输入功率。来自于功率表 11 的信号被输入到测试（test）控制器 12，然后控制器 12 向电控板 9 发送数据。

图 4 示出了在很宽的运转速度范围上的期望输入功率曲线。这种曲线可以通过建模软件（modelling software）预先确定，并且可以为了电动机的特定应用而生成。例如，已经产生用于真空吸尘器电动机的图 4 曲线。该曲线示出了功率随着转速稳定增大，直到在 80,000-100,000rpm 之间的非常高的转速上实现最大功率。在超过这一限制的转速下，电动机布置成功率下降以避免部件的过渡磨损。

图 5 示出了额定（nominal）提前角图谱形式的相应预定曲线。该曲线表示理想的运行情况。由附图标记 13 标示的线表示关闭提前角随

着转子转速的增大而变化。由附图标记 14 标示的线表示开启提前角与转子转速之间的关系。开启提前角根本不变化，直到电动机到达超过 60,000rpm 的转速。在低速时，绕组的激励主要由 PWM 控制。图上的线 15 表示 PWM 控制，并示出了每个周期中电压施加于相位绕组的百分比。例如，在 5,000rpm 的低转速下，电压脉冲仅施加了大约 10% 的占空比。电压脉冲宽度随着转速上升而增大，直到在大约 50,000rpm 转速下，全宽电压脉冲施加于绕组。

为了产生控制图谱，电压源 10 布置成通过电控板 9 向电动机 7 提供恒定电压。所施加的恒定电压值被选择成与典型工作电压一致，其中典型工作电压在使用中通过 DC 链提供给电机。在该用于真空吸尘器的电动机实施例中，恒定电压被选择成代表典型家用干线供电电压，例如，230V。

转速被选择成符合来自于功率转速曲线的预定输入功率。在该实施例中，适宜（convenient）转速为 80,000rpm，因为已知该电动机将在该转速下以全功率运转。为了使转子转速增大，电控板 9 布置成根据图 5 的额定提前角曲线向绕组施加电压脉冲。根据存储在额定提前角曲线中的开启提前角和关闭提前角施加脉冲。

功率表 11 测量输入功率，并将其作为信号发送给测试控制器 12。该控制器 12 将所测量的输入功率与由图 4 的功率曲线所表示的期望输入功率进行比较。如果存在差异，则测试控制器向开启提前角和关闭提前角施加增大的变化，然后再次测量输入功率。又，如果所测量的输入功率与期望输入功率之间仍然存在差异，则通过另一个增量改变开启和关闭提前角。典型增量角度变化为 0.7° 的大小。继续该过程，直到所测量的输入功率与期望输入功率大致相同。当这一点实现时，将提前角的总变化储存在存储器中作为修正因子。在使用中，该修正因子被应用于额定提前角曲线的预定部分，优选地为开启提前角开始作用的部分。所考虑的具有典型修正因子的提前角曲线由图 5 中的虚线表示。加入了修正因子的关闭提前角由线 16 标示。加入了修正因子的开启提前角由线 17 标示。

可选地，提前角可以被增大修正，直到所测量的输入功率相对于预定输入功率处于一定的数值范围内。

额定提前角曲线和修正因子被永久地保存在与电控板相联的非易失性存储器的位置中。存储的数据量通常等于由查询表组成的现有技术控制图谱中的一行数据。这样，控制图谱允许采用更小的存储器，从而降低了电机成本。可选地，额外的、未使用的存储器可以用于其它应用场合。

另一可选方案在图 6 中示意性示出。在该构造中，测试控制器 18 布置成通过射频 (rf) 发射器与电控板 19 通信。在该实施例中，修正因子通过 rf 信号发送给电控板 19 的存储器。这种构造有利地消除了对测试控制器与电控板之间物理电连接的需要，其中电控板隐藏在电动机壳体 8 中。

电压补偿

上述控制图谱，与现有技术控制图谱一样，假设施加到绕组的电压恒定。但是，在使用中，DC 链电压不同于控制图谱的导出电压。

所涉及的图 7-9 示出了用于补偿变化 DC 链电压的方法。

图 7 是示出了使用开关磁阻电动机 25 的简化示意图。在该图中，功率转换设备大致由附图标记 20 标示。在使用中，功率转换设备 20 连接到干线供电线上，并布置成提供经过过滤和整流的 DC 链电压。在我们的共同待审专利申请 GB 0229873.5 中描述了合适的功率转换设备。

实际 DC 链电压的例子如图 8 中的线 21 所示。电压信号随着时间快速波动。为了提供 DC 链电压的平滑平均值，DC 链电压在图 7 的过滤电路 22 中采样。典型的平均 DC 链电压如图 8 中的 23 标示。该平均 DC 链电压值被提供给控制器 24，其中控制器 24 中存储有电压补偿图谱，例如图 9 中所示。

该图谱绘制了提前角与平均 DC 链电压之间的关系。该图谱可以通过实验获得，或通过建模软件产生。该图谱永久地保存在与控制器 24 相联的非易失性存储器中。在该实施例中，提前角在 230V 时为零。这是因为，控制图谱被导出并同时向绕组施加 230V 的恒定电压脉冲。从而，该控制图谱给出了该电压下的电动机精确控制。在该实施例中，提前角布置成随着 DC 链电压的增大而减小，反之亦然。

为了得出施加于相位被起动的提前角的修正因子，当 DC 链电压从滤波器采样时，控制器 24 寻址保存在存储器中的电压关系。例如，如果测量的 DC 链电压为 207V，则控制器向开启和关闭提前角均施加 2.1° 的提前角修正。从而，以简单的方式控制相位的起动，并减少对用于测量电动机特性（如转矩、转速）的传感器的需要。

电压和角度修正之间的关系不需要以图 9 中的图谱形式存储。例如，如果该关系是线性关系，则使控制器为每一伏特或伏特分量向提前角施加预定修正因子，其中所施加 DC 链电压被伏特分量改变，处于本领域技术人员的能力范围内。

上述电压补偿方法可以连续、周期或简单地应用于例如起动电动机的预定事件。

已经发现，当电动机与电源相连、但没有运转时，DC 链电压通常高于期望的 DC 链电压，因为电流没有从电路中流出。从而，在电动机起动时，修正因子可以被完全存储以修正起动角因子。这可以仅通过用预定电压值改变角度补偿因子（factor）而实现。例如，在起动时，315V 的 DC 链电压可以具有 1.4° 的相应提前角调整。

另一种改进是采用滞后控制。如果测量的 DC 链电压在两个值之间迅速波动，则提前角修正因子将趋向于相应地波动。控制器可以如此布置以使电压的变化在控制器施加新值给提前角修正之前，必须大于预定增量，从而提前角的改变滞后于电压的改变。例如，如果 DC 链电压从 230V 升到 232V，则控制器可以配置成在向提前角进行修正前等待，直到电压已经上升到 234V。

本发明可用于开关磁阻电机，尤其是可用于在比方说 100,000rpm 的高转速下运转的电机。

图 10 示出了一个真空吸尘器 30 的例子，其中真空吸尘器 30 采用了开关磁阻电动机。该电动机布置成在非常高的转速下驱动叶轮。通过吸嘴 31 和管及棒组件 32，叶轮的泵吸作用将脏空气吸入吸尘器。脏空气进入用于从脏空气中分离污物和灰尘的分离器 33。分离器 33 可以是如这里所示的旋风分离器，或某一其它类分离器（例如集尘袋）。净化过的空气在进入位于吸尘器主体 34 中的电动机壳体之前，离开分离器 33。电动机前过滤器通常位于叶轮前方的空气流通道中，以过滤任

何未被分离器 33 分离的细小灰尘颗粒。电动机后过滤器可以位于空气流通道中。然而，提供的无刷电动机降低了对这种过滤器的需求。然后，净化过的空气通过合适的出口从吸尘器排到大气中。

所述实施例的变形对于本领域技术人员而言是显而易见的，并被认为落入本发明的范围。例如，虽然已经描述了四极定子、两极转子的电机，但本发明同样可以用于具有定子和转子的电极数量为其它数目的以及具有其它尺寸电动机的电机。

本发明同样可以用于电动机和发电机，不必是开关磁阻式，还可以用在除了家用真空吸尘器以外的设备中，例如割草机、空调、干手器和水泵。

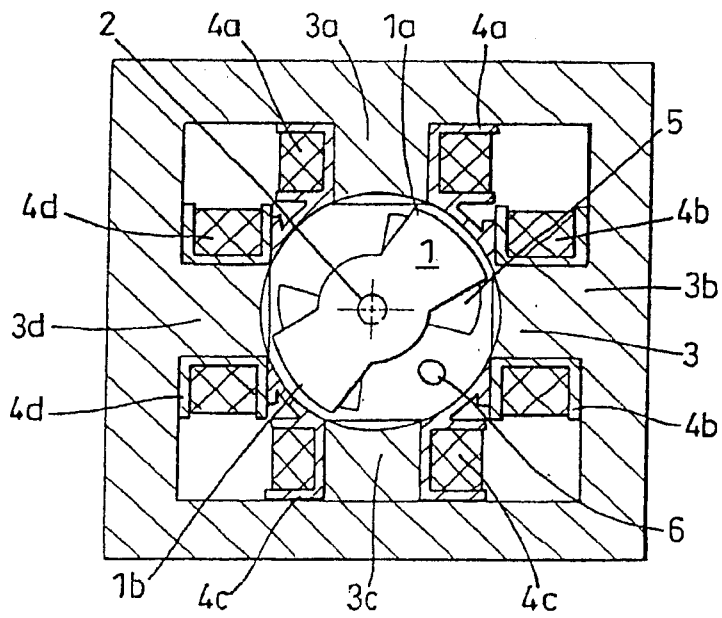


图 1

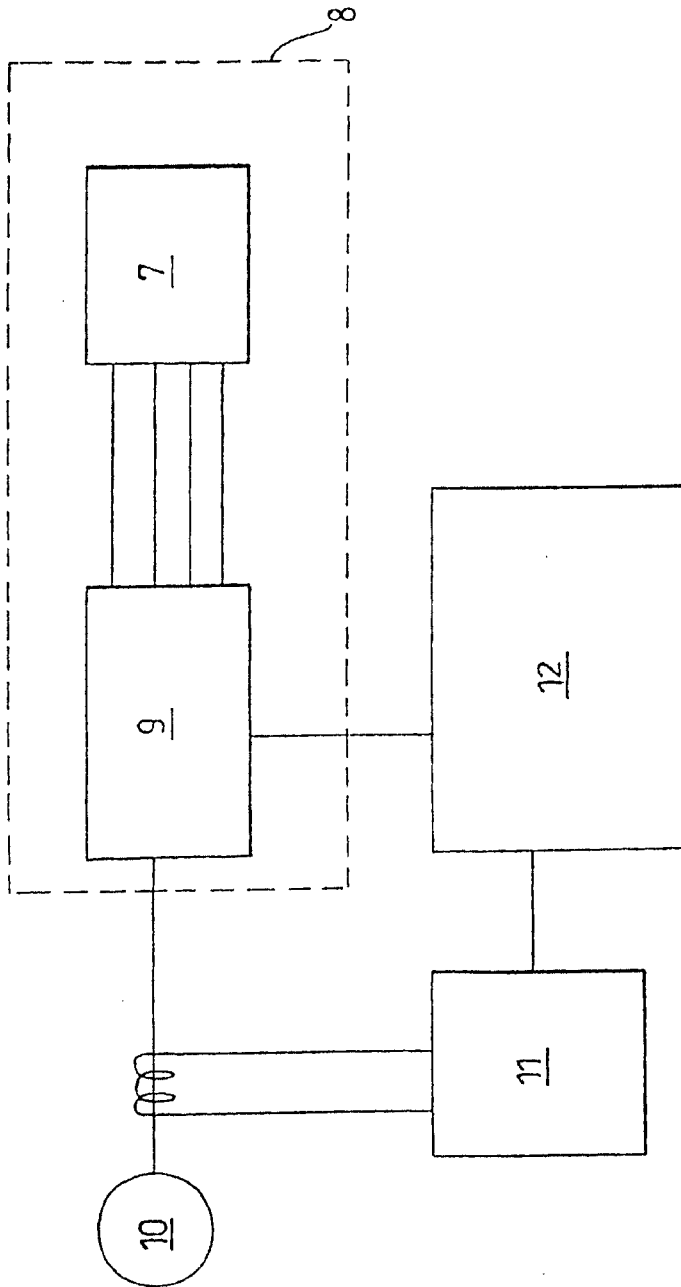


图 3

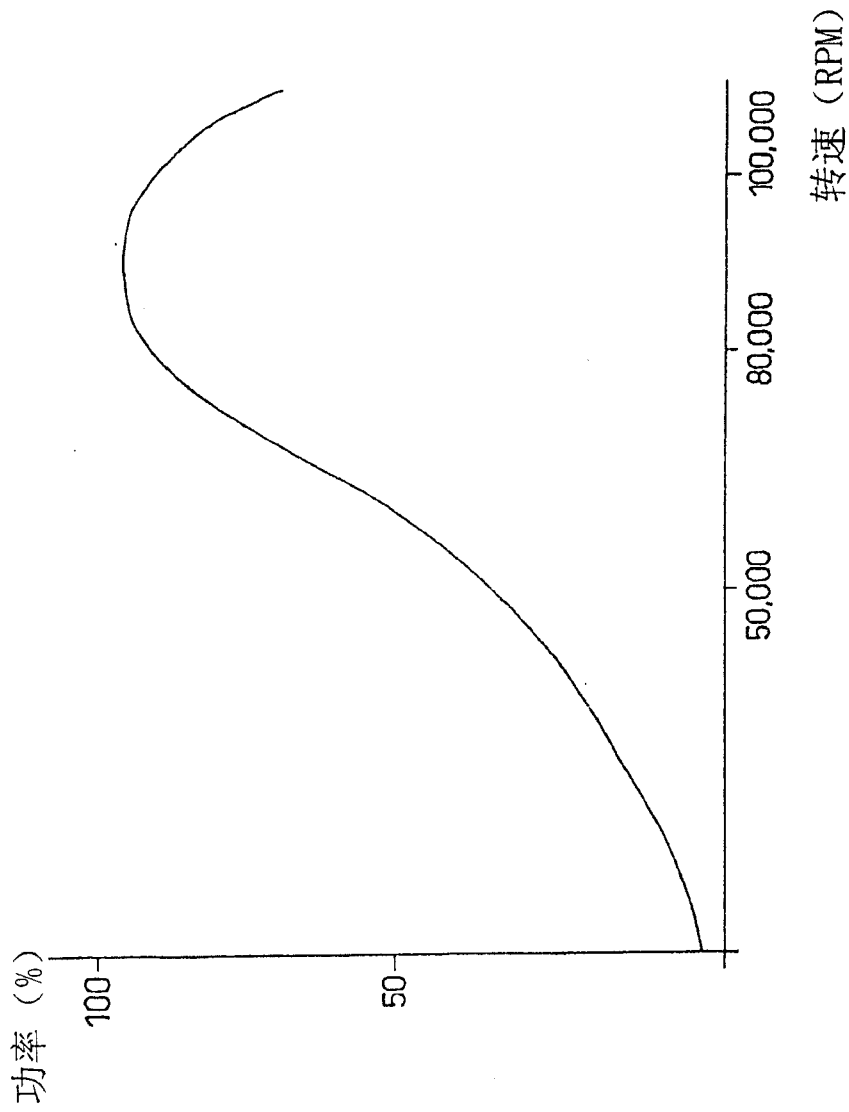


图 4

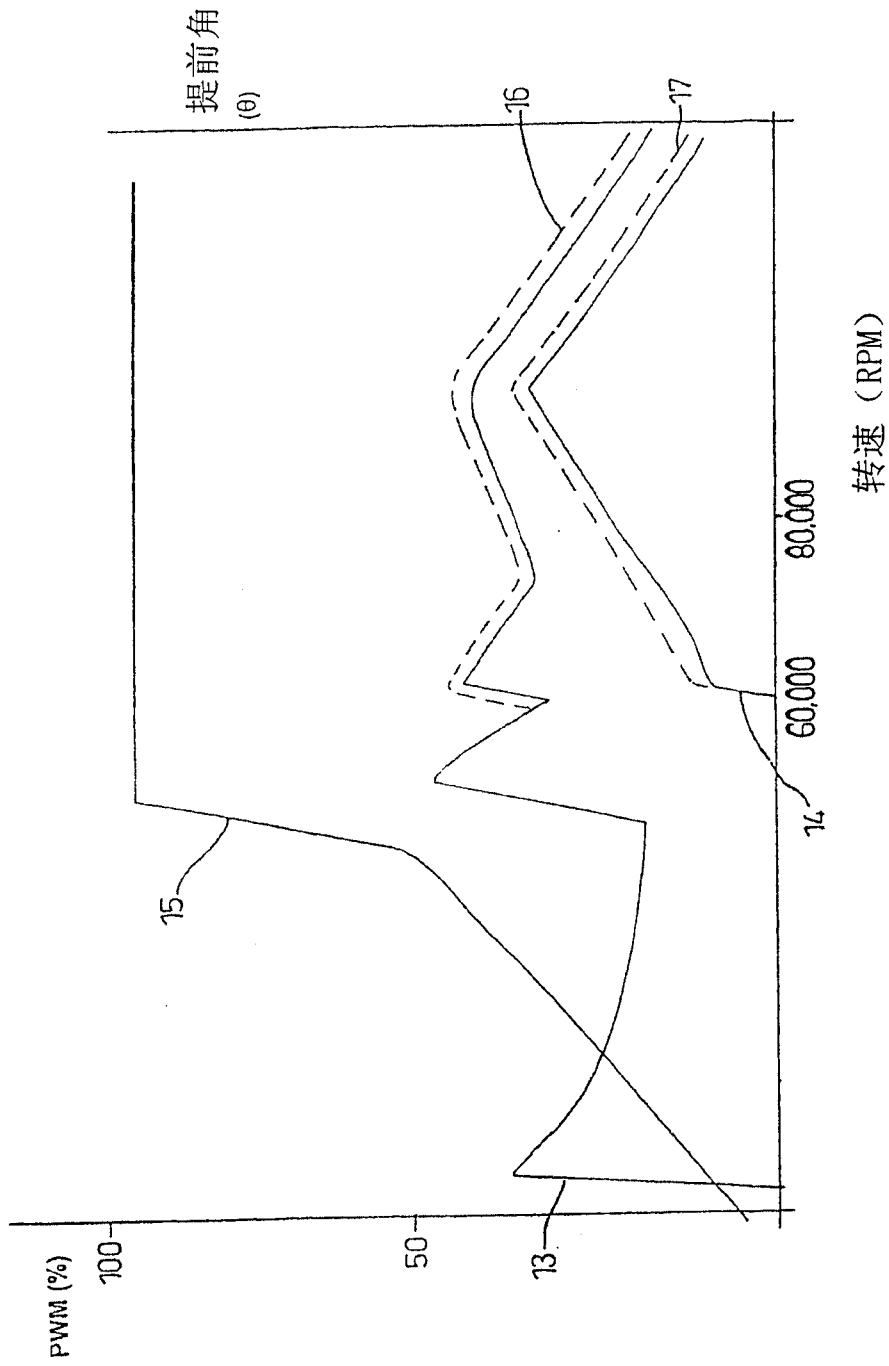
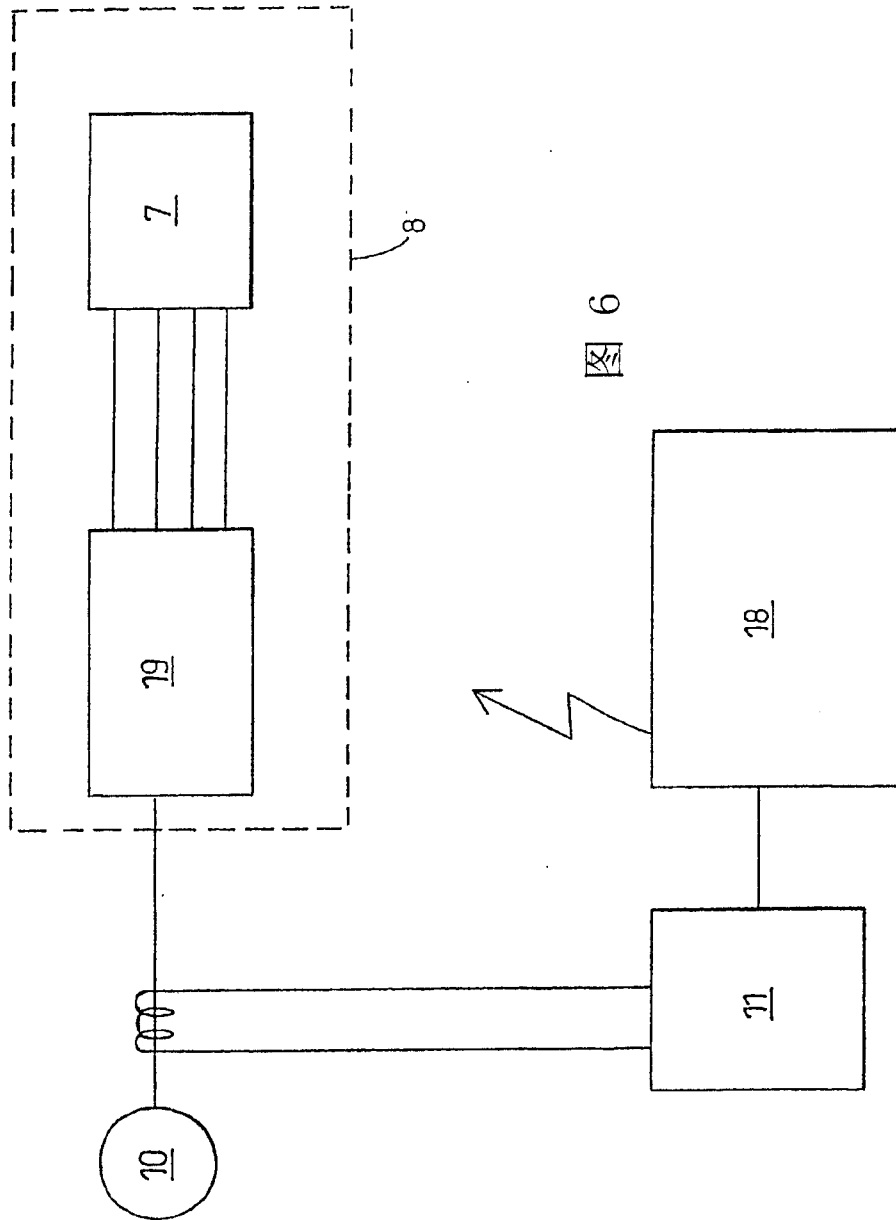


图 5



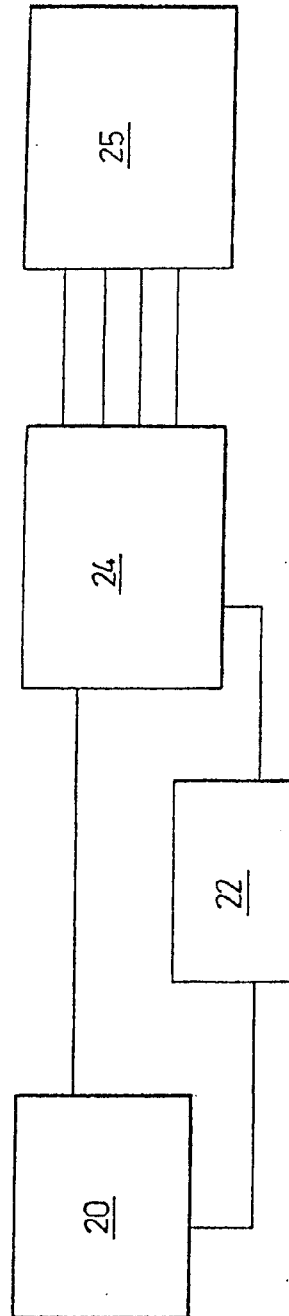
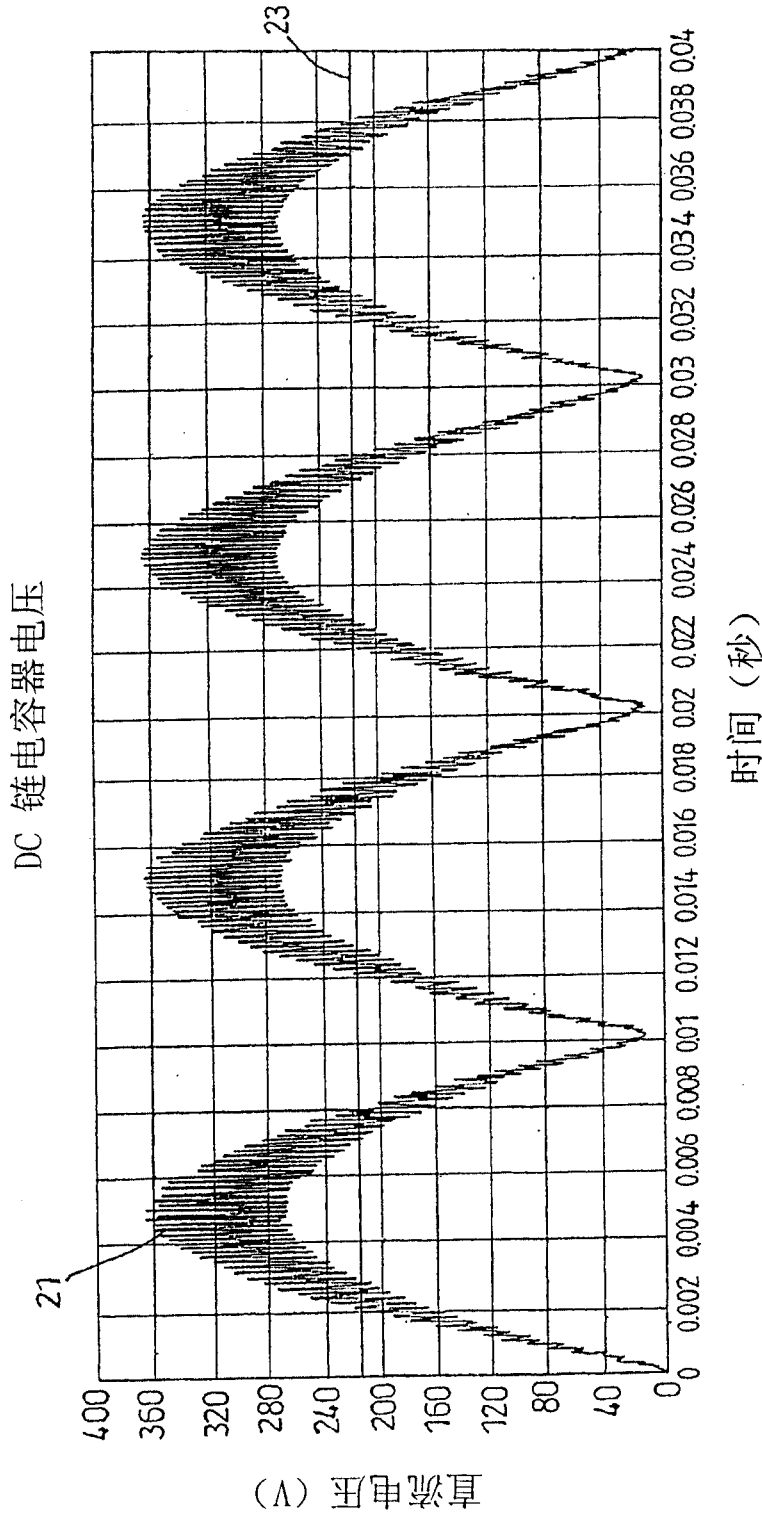


图 7



—— DC 链伏特

图 8

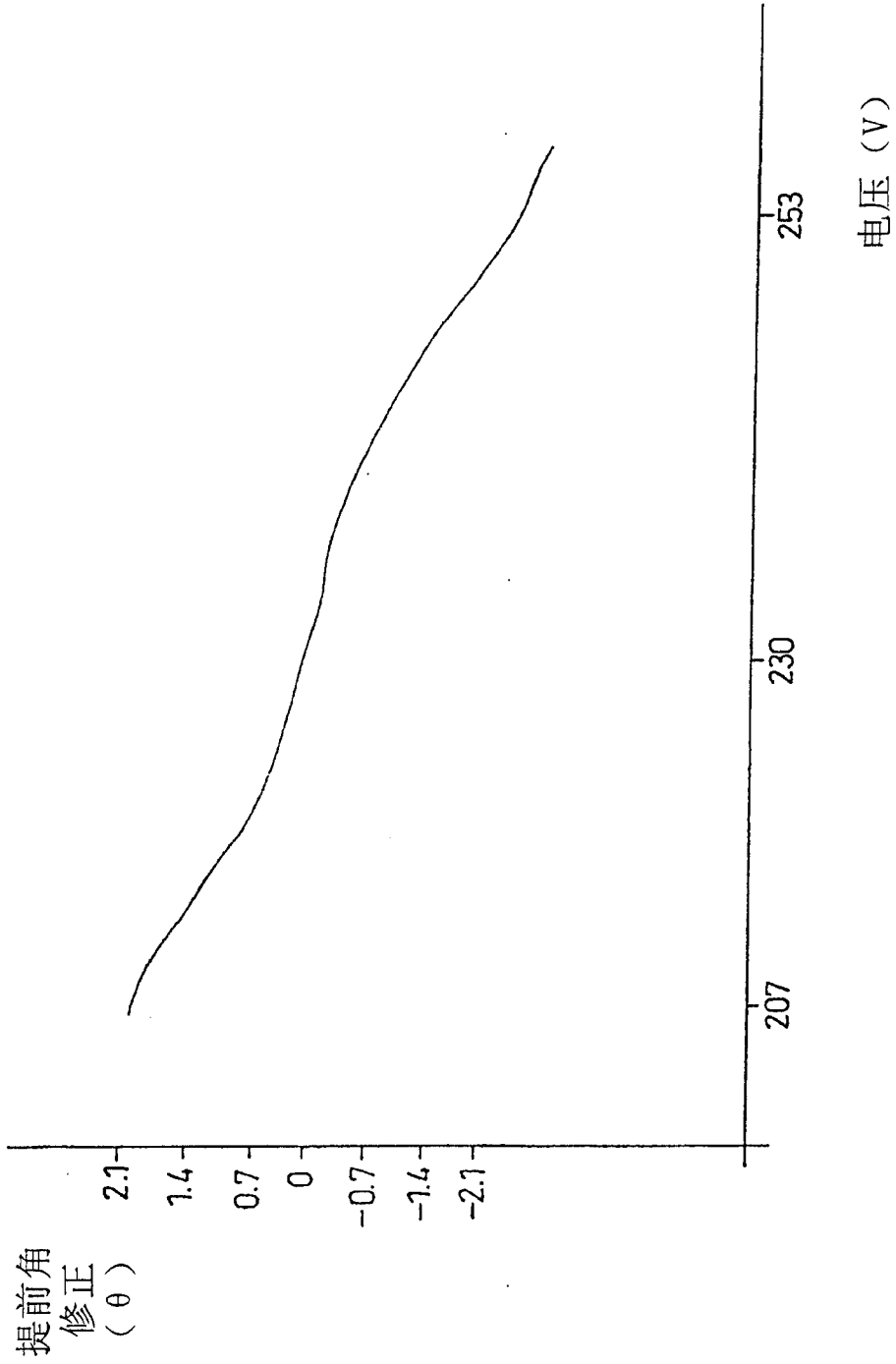


图 9

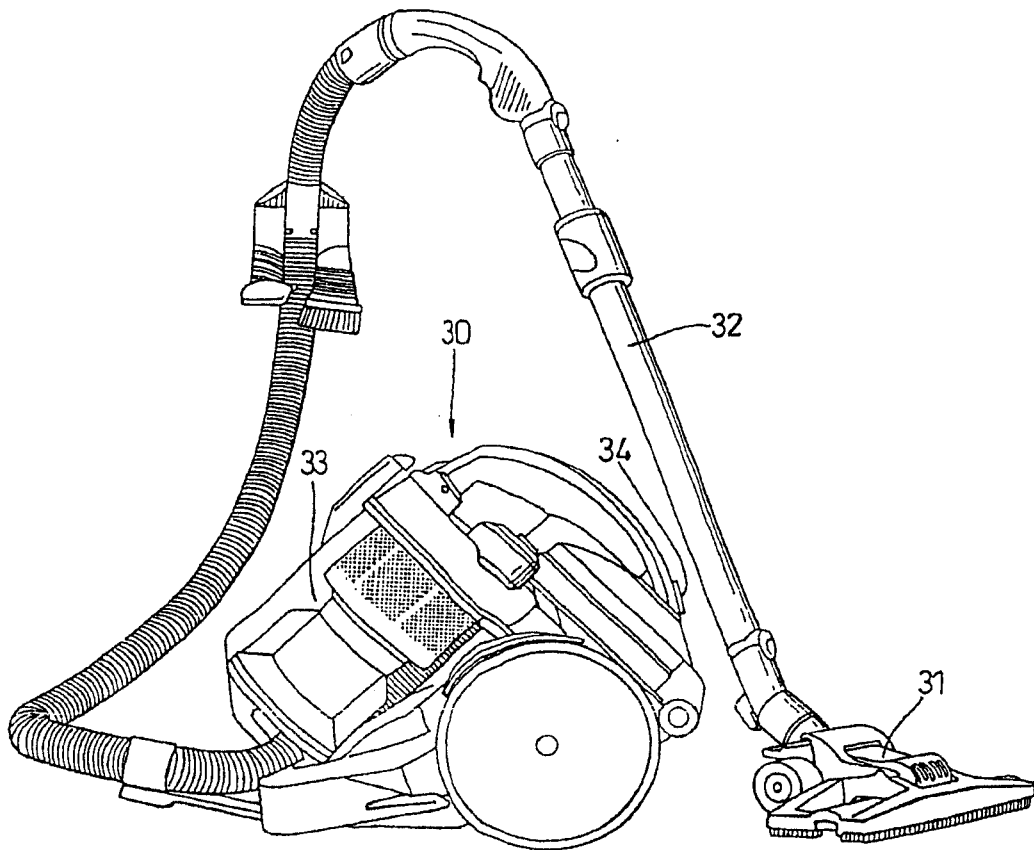


图 10