



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200310103836.6

[43] 公开日 2004 年 6 月 2 日

[11] 公开号 CN 1501077A

[22] 申请日 2003.11.12

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

[21] 申请号 200310103836.6

代理人 吴 鹏 马江立

[30] 优先权

[32] 2002.11.13 [33] US [31] 10/065,734

[71] 申请人 伊顿公司

地址 美国俄亥俄州

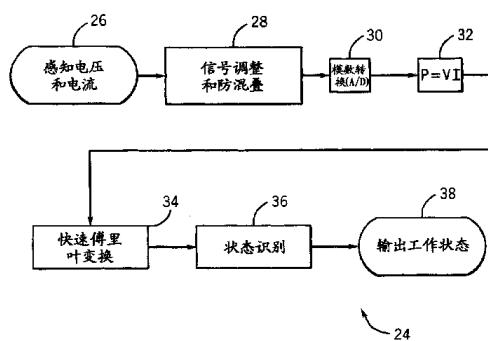
[72] 发明人 S·C·施马尔茨 R·P·舒赫曼

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 4 页

[54] 发明名称 检测离心泵低流量/气蚀的方法和装置

## [57] 摘要

本发明涉及一种离心泵，其中由一泵电机(12)内的电压和电流传感器(20、22)检测电压和电流数据(26、70)。然后由所述电压和电流数据生成一功率信号(32、76)并对该功率信号进行频谱分析以确定所述泵中的低流量或气蚀。这样，不需要在电机或泵上安装附加的传感器和其它仪器就可以检测由不正常的泵运转造成的不希望的工作状态并给出一个警告或维修信号(66、114)。



1. 一种用于一泵的电机控制器（16），该控制器（16）设计成：

由一电机起动器的至少一个电压传感器（20）和至少一个电流传感器（22）获得电压和电流信号（22、42、70、90）；

由所述电压信号（20）和电流信号（22）确定一个所述电机起动器内的功率信号（32、50、76、98）；

对所述功率信号进行一频谱分析（34、56）；

对分析过的功率信号和一基本信号进行比较（36、65、82）；和由所述比较确定所述泵中低流量和气蚀中的至少一种。

2. 根据权利要求1的电机控制器，其特征在于，该控制器还设计成利用一快速傅立叶变换进行所述频谱分析（34、56）。

3. 根据权利要求1的电机控制器，其特征在于，该控制器还设计成利用带通滤波进行所述频谱分析（78、104）。

4. 根据权利要求1的电机控制器，其特征在于，该控制器还设计成检测所述功率信号中的过大噪声（82、114），以其作为所述低流量和气蚀中的至少一个的指示。

5. 根据权利要求1的电机控制器，其特征在于，该控制器还设计成对在可接受的工作条件的泵的工作进行模拟以确定所述基本信号（114）。

6. 根据权利要求1的电机控制器，其特征在于，该控制器还设计成在几个周期上进行频谱分析并比较所述在几个周期上分析的功率信号以确定泵中所述低流量和气蚀中的至少一个。

7. 一个其上存储有一个确定一泵的非正常工作的计算机程序的计算机可读存储介质，所述程序表现为一组指令，所述指令在被一处理器（18）执行时使得处理器（18）：

确定一个一泵电机组件内的功率的实时功率信号（32、50、76、

98)；

对所述实时功率信号在几个时间周期上进行一频谱分析并由此生成一个实时信号频谱(34、56)；

将所述实时频谱与一基线频谱进行比较(36、65、82、114)；

确定所述基线频谱和所述实时频谱之间在一个感兴趣的频率范围内的差别；和

如果所述差别超过一个阈值，则输出一个通知信号(38、66、84、114)。

8. 根据权利要求7的计算机可读的存储介质，其特征为，如果所述差别超过所述阈值，所述一组指令还使所述计算机(处理器)触发一个警告灯(64、66、112、114)。

9. 根据权利要求7的计算机可读的存储介质，其特征为，所述一组指令还使所述处理器对所述实时功率信号进行一快速傅里叶变换(34、56)以生成所述实时频谱。

10. 根据权利要求7的计算机可读的存储介质，其特征为，所述一组指令还使所述处理器将所述实时功率信号输入一个带通滤波器(78、104)以提取在感兴趣的频率范围内的实时频谱。

11. 根据权利要求7的计算机可读的存储介质，其特征为，所述一组指令还使所述处理器根据所述实时功率信号和一基线功率信号之间的频谱能量差别确定泵中低流量和气蚀中的至少一种(114)。

12. 根据权利要求11的计算机可读的存储介质，其特征为，所述一组指令还使所述处理器将所述频谱能量的比较限制在5-25Hz的范围内。

13. 根据权利要求7的计算机可读的存储介质，其特征为，所述一组指令还使所述处理器由从一个三相电机的至少两相获得的电压和电流信号(26、42、70、90)确定所述实时功率信号(32、50、76、98)。

14. 根据权利要求 7 的计算机可读的存储介质，其特征为，所述差别指示所述实时功率信号中不希望的噪声。

15. 一种监控一个离心泵正常工作的方法，包括以下步骤：

生成一已知工作正常的泵的一个基线频谱；

在从一个由电压和电流信号推导出（26、42、70、90）的功率信号得出工作中的泵的一个实时频谱（32、50、76、98），所述电压和电流信号是从一个泵电机中的传感器（20、22）得到的；

将所述实时频谱与所述基线频谱进行比较并由此确定不希望的泵的工作状态（36、114）；和

以信号指示存在所述不希望的泵的工作状态（66、114）。

16. 根据权利要求 15 的方法，其特征为，其中所述生成所述实时频谱的步骤包括由一个电机的至少两相获得电压和电流信号（26、42、70、90）和对获得的信号进行防混叠的步骤。

17. 根据权利要求 16 的方法，其特征为，其中所述生成所述实时频谱的步骤包括对所述功率信号进行快速傅立叶变换（34、56）的步骤。

18. 根据权利要求 16 的方法，其特征为，其中所述生成所述实时频谱的步骤包括对所述功率信号进行带通滤波的步骤（78、104）。

19. 根据权利要求 16 的方法，其特征为，其中还包括在几个时间段上生成所述实时频谱，确定所述几个时间段的一个平均值，和将所述平均值与所述基线频谱进行比较的步骤。

20. 根据权利要求 16 的方法，其特征为，其中在所述实时频谱的一个选定的频带内的、超过一个阈值（82）的噪声指示所述不希望的泵工作状态。

## 检测离心泵低流量/气蚀的方法和装置

### 技术领域

本发明一般地涉及一种离心泵，更为具体地涉及一种利用来自泵电机控制器组件内的电压和电流传感器的电压和电流数据检测一离心泵内低流量和/或气蚀的方法和装置。

潜水电动离心泵一般用于饮用水供应、灌溉、排水以及海上应用。通常电机以及泵都会潜至水下并安装在深达 1000 米的深井内。此外，电机功率经常达到上至 2000kW，电压上至 10000V。由于所述泵的远程位置，工况监控和不希望状态的早期检测通常是困难的。

离心泵中的低流量和气蚀可能由几种情况造成。例如，当在泵内的低压区形成气泡时可能造成气蚀。这种现象一般称作汽化。当气泡破裂或凝缩（degrade）时，它们在泵中的叶轮片处产生侵蚀。随着时间的推移，这种通常可以作为一种从泵发出的“泵砂”声被觉察到的状况会造成泵的破坏或故障。泵的“低流量”或受限输出（量）是作为由泵的输入或输出处的障碍造成的限制的结果而发生的。由这样一种限制可以造成流体在泵壳体内的再循环。这种再循环会在叶轮的叶片之间造成旋转的涡流。这种涡流作用降低了泵内的扭矩，并最终限制了泵的输出（量），显然是一种不希望的状况。

由于潜水泵在工作中所处的位置，通常难于检测到气蚀或低流量的发生。已经开发了一些系统用于检测气蚀或低流量，但是这些系统需要与泵一体地安装的附加仪器。这些附加仪器增加了泵的复杂程度和制造成本。

因此设计一种泵组件是值得期待的，其中在该泵中不需要使用附加仪器即可快速地确定并检测到低流量和/或气蚀。

### 发明内容

本发明涉及一种离心泵，在其中检测来自泵电机控制器内电压和电流传感器的电压和电流数据以确定泵中的低流量和/或气蚀，并克服上述缺点。然后由电压和电流数据生成一个功率信号并对其进行频谱分析以确定泵中的低流量或气蚀。这样，在电机或泵上不使用附加的传感器和其它仪器就可以检测到由泵的不正常工作造成的不希望的工作状态并给出一个警告或维修信号。

因此，电机功率用来确定泵中是否存在低流量和/或气蚀，即扭矩损失和汽化。功率优选地通过来自一个三相电机的电压和电流数据确定。在对泵组件进行初始设置时，由一已知处于正常良好工作状态的泵确定一个基线信号。然后该基线信号或数据用来与从工作数据中推导出来的对应信号进行对比，以能够容易地确定偏离正常良好工作状态的情况。

在一个相对短的时间段如一秒钟内采集电压和电流数据，然后生成相应的功率信号。然后对该功率信号利用一快速傅里叶变换（FFT）进行分析或进行带通滤波，以确定在一个预定频率范围内功率信号中相对于基线信号的增加了的噪声电平/噪声级的位置。通过在感兴趣的频率范围内对转换过或滤波过的信号和所述基线信号的能量进行比较，可以容易地确定指示存在气蚀或低流量的增加了的噪声级。噪声级的相对增量是气蚀或低流量程度大小的指标。优选地，向操作者或其他技术人员提供一个维修或警告信号，这样如果需要，可以关闭泵或对工作条件进行调整以排除造成故障状况的原因。

因此，根据本发明的一个方面，提供一种用于电动泵的电机控制器。该控制器包括至少一个电压传感器和至少一个电流传感器并设计成接收来自所述至少一个电压传感器和至少一个电流传感器的、工作中的泵的一个电压和一个电流信号。该控制器还设计成可以由所述电压信号和电流信号确定一个功率信号，生成对该功率信号的实时频谱分析并从频谱中提取出重要特征。该控制器还设计成由所述频谱分析确定泵中一个低流量和一个气蚀情况中的至少一个。

根据本发明的另一个方面，提供一种其上存储有一个用于检测和用信

号发送一电动泵的不正常工作情况的计算机程序的计算机可读存储介质。该程序表现为一组指令，该组指令在被一处理器执行时使得该处理器确定一个泵电机组件内功率的实时功率信号。这组指令还使处理器在若干的时间周期上对该实时功率信号进行一频谱分析并由其产生一个实时频谱。然后该计算机程序对实时数据和一个处于良好运行状态的并在名义流量状态工作的系统的基线数据进行比较。然后该计算机程序确定所述基线数据和由当前工作状态中得出的数据之间的差别。如果该差别超过一个阈值，所述计算机程序则提供一个用信号指示泵内的异常运行的外部通知。

根据本发明的另一个方面，一种检测在离心泵电机中的正常工作的方法包括产生一已知正常工作的泵的一个基线频谱的步骤。该方法还包括从一个功率信号生成工作中的泵的一个实时频谱的步骤，该功率信号是由从所述泵的一个电机中的传感器获得的电压和电流信号推导出的，然后从该频谱中提取包含在一个规定频谱范围中的能量。然后将该能量与从所述基线频谱获得的能量进行比较，并由此确定一个不希望的泵工作状态。如果存在不希望的工作状态，提供一个指示存在该状态的信号。

本发明的各种其它特征、目的和优点将在下面的详细说明和附图中进行说明。

#### 附图的简要说明

附图示出目前设计的用于实施所述发明的一个优选实施例。

其中：

图 1 示出一个用于一离心泵的电机和控制器组件的示意性视图。

图 2 示出一个总体上说明根据本发明的检测一离心泵中的低流量和/或气蚀的步骤的流程图。

图 3 示出一个更为详细地说明图 2 所示步骤的流程图。

图 4 示出一个总体上说明根据本发明的另一个实施例的检测一离心泵中的低流量和/或气蚀的步骤的流程图。

图 5 示出一个更为详细地说明图 4 所示流程图的流程图。

## 优选实施例的具体说明

本发明涉及对一个具有一个三相电机的离心泵内的低流量和/或气蚀的检测。在图 1 中示出一个用于一离心泵的电机组件。电机组件 10 包括一个从电源 14 接收电力的电机 12。该组件还包括监控和控制电机工作的一个控制器 16。控制器 16 包括一个处理器 18，如将结合图 2-5 更为详细说明的，该处理器执行一个根据电压和电流数据确定离心泵中的低流量和/或气蚀的算法。电机控制器组件 10 还包括一对电压传感器 20 和一对电流传感器 22。众所周知，电压和电流数据可以只由三相电机中的两相得到，这是因为第三相的电压和电流数据可以由被监控的两相的电压和电流数据推导出来。尽管对于本发明的说明是关于三相电机的，但本发明同样可以应用于单相电机。

参考图 2，所示为检测和确定一离心泵内低流量和/或气蚀的存在的总体概况。处理器 24 利用一快速傅立叶变换 (FFT) 以根据由泵电机中的传感器得到的电压和电流数据产生一个功率信号的频谱分析。利用 FFT 检测一个离心泵中低流量和/或气蚀状态的过程从利用电机控制器组件中的电压和电流传感器获得电压和电流数据 26 开始。由于电机控制器一般包括电压和电流传感器，通过直接从电机控制器中的电压传感器 (和电流传感器) 获得电压和电流数据，就没有必要安装附加的仪器以获得电压和电流数据。获得电压和电流数据后，就在步骤 28 对信号进行调整 (condition)。对电压和电流信号的调整包括对信号进行放大、缓冲 (buffering) 和防混叠 (anti-aliasing)。对电压和电流信号进行恰当的调整以后，将信号输入模数转换器 30 以进行取样。在步骤 32 由取样所得电压和电流信号确定一功率信号或计算。所述功率信号是通过将电压值和电流值相乘而确定的。结果是，可以容易地产生一个将电机功率表示为时间函数的功率信号。在步骤 34 对计算所得的功率信号进行一 FFT 以产生一频谱。通过对功率信号进行 FFT，可以生成一频谱并可以将该频谱的特征与一基线频谱的特征进行比较。根据步骤 36 的该比较，可以在步骤 38 输出一个以信号表示该泵

中一低流量和/或气蚀的输出信号。输出可以采取包括声音和视觉警告的各种形式并可以关闭泵。

参考图 3，下面说明利用 FFT 进行低流量/气蚀检测的设计细节。所述算法或过程 40 提供了一种计算电机功率的 FFT 并将一频带的谱能量与阈值进行比较的有效机制，该阈值是当已知泵正常工作或工作于或接近工作于其最佳效率点时在设置时建立的。所述阈值或基线数据在初始设置在各种正常工作条件下的泵电机时获得，以在确定工作的基点时考虑到与每个泵相关的细微差别。简而言之，就是对每个泵进行模拟以确定一工作的基线数据，以使得可以相对于泵的良好和正常的运转容易地确定/识别随时间的变化/差异。

如前所述，电压和电流数据是从泵电机的电机起动器中的电压和电流传感器获得的。特别地，在步骤 42 获得三相异步电机的两个相对于共有节点的线间电压和这两条线的线电流。然后在步骤 44 将所述电压和电流数据输入一防混叠滤波器，该滤波器在一为取样率的一半的频率下提供一至少 40dB 的衰减。建议防混叠滤波器具有一小于 1dB 的通带波动。截止频率优选地约为 1kHz。然后在步骤 46 对防混叠后的信号进行调整。然后将调整过的信号输入一模数转换器，并以为大约 5kHz 的取样率进行取样。然后将采集到的信号输入功率计算装置 50。

所述功率计算优选地为一“实时”完成的三相计算。即在获得数据时实时地确定泵电机的功率。通过将电机的一个端子当作一个共有结点 (common node)，然后将相对于该节点的线间电压乘以各自的线电流，从而确定功率。在功率计算之后，在步骤 52 实时地对功率信号进行滤波并在步骤 54 对其进行抽取而得到一个 1024 点的数据集，该数据集存储在存储器中，以用于 FFT。由于功率相对于感兴趣的分量具有相对大的平均值，在将获得的数据用于 FFT 计算之前，必须允许滤波器输出达到该平均值。如下面将更为详细地说明的一样，在存储用于 FFT 计算的所述数据集之前，进行一项稳态分析以确保滤波器输出达到该平均值。

在步骤 52 通过一个具有 90Hz 截止频率、小于 1dB 的通带波动和 180Hz

时 60dB 的衰减的八阶低通椭圆滤波器来完成对功率信号的滤波。要求该滤波过程在对数据进行抽取至最终取样频率时消除混叠现象。为了提供一个对评估各种诊断条件有用的 FFT，选择截止频率以允许感知高达 120Hz 的信号，或频率大约为一工作在 60Hz 电力线上的双极电机的工作频率两倍的信号。初始以大约 5kHz 采集的数据优选地在步骤 54 通过每 25 个点抽取一次产生一个大约为 213.33Hz 的有效取样率。这种选择根据几个因素。例如，为了进行有效的 FFT 该数据集必须具有至  $2^n$  的长度以产生一具有高质量精度 (quality definition) 的频谱。在检查除气蚀以外的故障情况时，还希望区分功率频率的漏泄 (leakage) 和与电机运行速度相关的功率的谐波和信号。例如，对于一个双极电机，它们只通过转差频率进行区分。因此，希望具有至少为 0.4Hz 的谱分辨率，定义为：

$$\text{分辨率} = F_s/N_p \quad (\text{式 1})$$

其中  $F_s$  为取样率，而  $N_p$  为数据集中点的数量。对于  $F_s$  为 213.33 而  $N_p$  为 1024 的情况，分辨率大约为 0.208Hz。另一个要考虑的因素是在执行一定点 FFT 时避免数据分辨率的损失。为此，希望使用最小的数据集长度。应该这样地选择参数，以用较短的数据集长度得到合理的结果。此外希望避免使用一个最终会要求附加的倍乘运算 (multiply operations) 的频率窗。

由于功率相对于感兴趣的信号具有相对大的平均值，在步骤 54 从抽取和存储的数据集中（的数据中）扣除平均值以用于所述 FFT 处理。这会消除在零频率处一个很大的频谱尖峰和减小在 FFT 过程中必须处理的数值的范围，并由此允许使用定点处理。

再次参考图 3，在步骤 56 对抽取所得信号进行一 1024 点 FFT。优选地，使用一个数值信号处理器来实施 FFT 并得出结果和为信号真实幅值平方的谱值。由于平方根运算是繁琐的，平方值被用于步骤 58 的频谱评价。因为对于一给定数据集的 FFT 在与其它在名义上相同的条件下采集的数据集的 FFT 相比时会出现一些随机的变化和频谱幅值，所以优选地通过对

若干 FFT 一起求平均值以减小这些随机变化。结果是，根据本发明在步骤 60 优选地对四次 FFT 求均值。因为 RAM 可能经常是有限的，在计算平均值之前的四次单独的 FFT 的结果没有存储。即，使用相同的频谱存储区来集中所有四次 FFT 的结果并在最终进行一次求平均值运算。然后对四次 FFT 求平均值的结果进行分析以包括在 5 到 25 Hz 之间的频谱。该频率范围是经验地确定为如果泵流动发生阻碍时在一个瞬时功率信号中的噪声增大的范围。然后在步骤 62 将在该范围内的 FFT 数据输入一个数模转换器。结果信号可以在步骤 64 显示在一示波器或计算机屏幕上以供分析。另外，在步骤 65 计算在约为 5 到 25Hz 的频带内的谱能量，并且如果在该频带的噪声能量超过一个阈值则触发一个警告信号或警报 66。同样地，将在该频带内的所述噪声能量与一基线信号进行比较。

如果具有足够数量的数据点以产生一可靠和可用的结果，也可以只执行一次 FFT 而不是对四次 FFT 求平均值。

所述实时功率信号的频谱和所述基线可以显示在一个控制台上，以使一操作者或技术人员可以根据对 5 - 25Hz 频率范围的视觉检查而确定低流量和/或气蚀状况。当持续稳定地超过 5 - 25Hz 范围内的可接受的基线能量时，还可以进行其它指示，如警示灯和声音警告。可使用一两级的警告系统，即，一种略微超过基线的状态起动一个低优先级的警示灯，而当一种大幅度地高于基线的状态触发一个紧急警报。

如前所述，进行一稳态分析以确保数据获得的完整性。即，通过对比数据集第二半部的功率平均值评估第一半部分的功率平均值，为一稳定的工作状态而进行数据评估。对于要存在的稳定状态条件，要求两个半部的功率平均值相互（差别）在一个百分点之内。如果遇到非稳定状态条件，则删除整个 FFT 数据集，该过程以新的一组四次 FFT 重新开始。

参考图 4，一种用于检测电动泵中低流量和/或气蚀的可选算法利用一个代替 FFT 的数值带通滤波器来产生一个只表示功率信号在 5 到 25Hz 范围内的信号内容的输出。因为一基于滤波器的算法的计算工作比 FFT 的少，该基于滤波器的方法特别适用于低成本产品的实施中。但是，如果一

给定电机控制产品已经实施了结合其它电机控制参数的另一种基于 FFT 的算法，该 FFT 方法可以是优选的。

类似于所述 FFT 算法，所述数值带通算法 68 从获得电压和电流数据 70 开始。然后在步骤 72 对所述电压和电流数据或信号进行调整和防混叠处理。然后将加工过的信号输入一模数转换器 74 以进行取样。利用取样信号在步骤 74 推导出一个功率信号。与所述 FFT 方法类似，通过将电压和电流数据相乘推导出该功率信号。然后将功率信号输入一个数值带通滤波器 78。通过对该电机信号进行第一次低通滤波，就可以允许在没有混叠的情况下进行抽取。然后在步骤 80 确定一个所述数值带通滤波器的输出的绝对值的平均值，接下来在步骤 82 将其与一系列阈值进行比较。将所述滤波处理的实时功率信号的平均绝对值和由基线功率信号得到的值进行比较，使得可以容易地确定泵中异常情况，即低流量和气蚀的存在。在步骤 84 输出泵的运行状态。例如，如果泵运行正常，就可以给出一个指示正常工作的“绿色”或运行正常的信号。如果检测到开始出现低流量或气蚀则可以给出一个“黄色”或引起注意的警告，如果泵在有必要关闭泵或提出修正工作条件的紧急要求严重的低流量和/或气蚀工作条件下工作，则给出一个“红色”或关机警告。

下面参考图 5 示出一个专门详细说明上面所述的基于滤波器的算法的处理过程 86。该处理过程 86 从获得电压和电流数据 90 和接下来的对电压和电流信号进行防混叠 92 和信号调整 94 开始。然后将调整过的信号输入一个模数转换器 96，紧接着在步骤 98 执行一功率计算以从所述电压和电流信号得出一个功率信号。优选地进行一个三相功率的计算。然后将该功率信号输入一个低通滤波器 100。该低通滤波器优选地是一六阶契比雪夫一型滤波器。接下来在步骤 102 通过每 10 个点抽取一次将低通滤波信号抽取成一 500Hz 的样本。抽取降低了接下来的带通滤波阶段的通带选择性，由此允许在一个 16 位定点的数值信号处理器体系结构中实施。然后在步骤 104 将抽取的信号输入一个六阶契比雪夫一型带通滤波器。所述带通滤波阶段分离在 5 - 15Hz 范围内绝大部分的频率（约 3dB 的通带）。在一个实

施例中，由于所述数值带通滤波器必须在没有过分复杂的传递函数的情况下充分地衰减 25Hz 以上的频率，所述感兴趣的范围不包括 15 - 30Hz（的频率）。然后在步骤 106 计算滤波信号的绝对值，并利用一个在 0.25Hz 具有一 3dB 衰减的低通巴特沃斯滤波器 108 对其求平均值。该平均信号（所述低通滤波器的输出）在幅值上与由低流量和/或气蚀运转造成的频谱噪声几乎是成比例的。然后在步骤 110 将低通滤波器的输出（信号）输入一个数模转换器，紧接着在步骤 112 可以将该信号显示在一个示波器或控制台上。在一个示波器上显示所述数模转换器的输出使得一个操作者或技术人员能够相对于一基线信号对所述功率信号进行视觉观察，以确定泵中的低流量和/或气蚀。也可以采用其它的图形显示器来“显示”信号。例如，可以在一个计算机屏幕上图形地对比显示所述实时信号和一基线信号。另外，在步骤 114 可以根据所述实时功率信号和基线信号之间的差别触发一个通知灯或声音警报。因此将所述低通滤波信号与工作在或接近工作在其最后效率点的泵的基线信号进行比较。如果所述滤波信号和基线信号之间的差别足够大，则给出一个警告，如触发一个指示灯或警报。

因此，根据本发明的一个实施例，提供一种用于电动泵的电机控制器。该控制器包括至少一个电压传感器和至少一个电流传感器并设计成接收来自所述至少一个电压传感器和至少一个电流传感器的、工作中的泵的一个电压和一个电流信号。该控制器还设计成可以由所述电压信号和电流信号确定一个功率信号并产生对该功率信号的实时频谱分析。该控制器还设计成由频谱分析确定泵中的一个低流量现象和一个气蚀状况中的至少一个。

根据本发明的另一个实施例，提供一个其上存储有一个用于检测和用信号发送一个电动泵的不正常工作的计算机程序的计算机可读的存储介质。该计算机程序表现为一组指令，该组指令在被一处理器执行时使得处理器确定一个泵电机组件功率的一个实时功率信号。该组指令还使处理器在几个时间周期上对实时功率信号进行一频谱分析并由此产生一个实时频谱。该计算机程序将所述实时频谱的特征与由一基线频谱得出的特征进行比较。然后计算机程序确定所述基线数据和由所述实时频谱得出的数据之

间的差别，如果所述差别超过一个阈值，则提供一个以信号指示泵内不正常工作的外部的通知信号。

根据本发明的另一个实施例，一种监控一个离心泵电机中正常工作的方法包括生成一已知工作正常的泵的一个基线频谱的步骤。该方法还包括在从一个由电压和电流信号推导出的功率信号得出工作中的泵的一个实时频谱的步骤，所述电压和电流信号是从一个泵电机中的传感器得到的。然后将部分所述实时频谱与所述基线频谱进行比较并由此确定不希望的泵工作状态。如果存在一不希望的状态，则给出一个指示该状态存在的信号。

本发明是根据优选实施例进行说明的，并且应该认识到除了这些明确说明的方案，（本发明的）等效方案，可选方案和改进方案也是可能的并属于从属权利要求的范围之内。

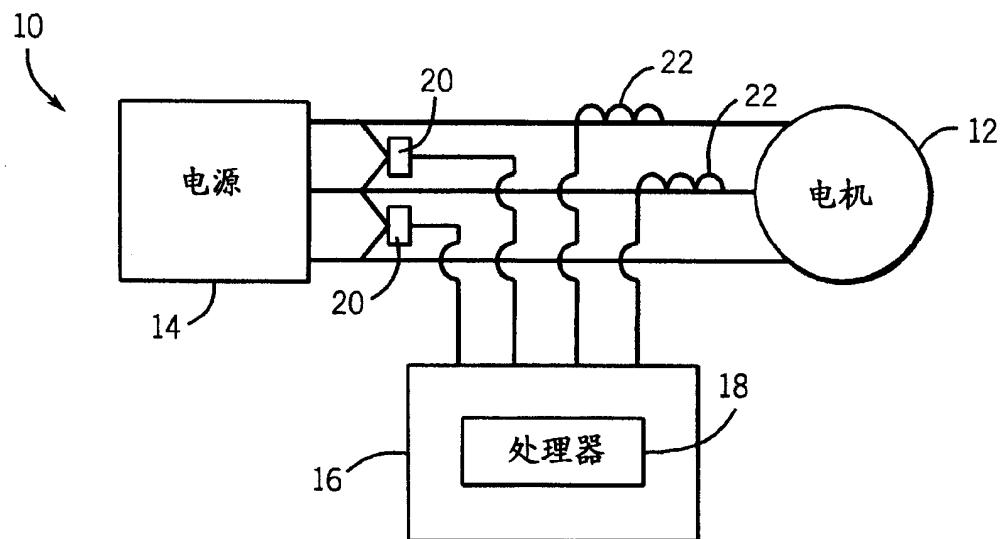


图1

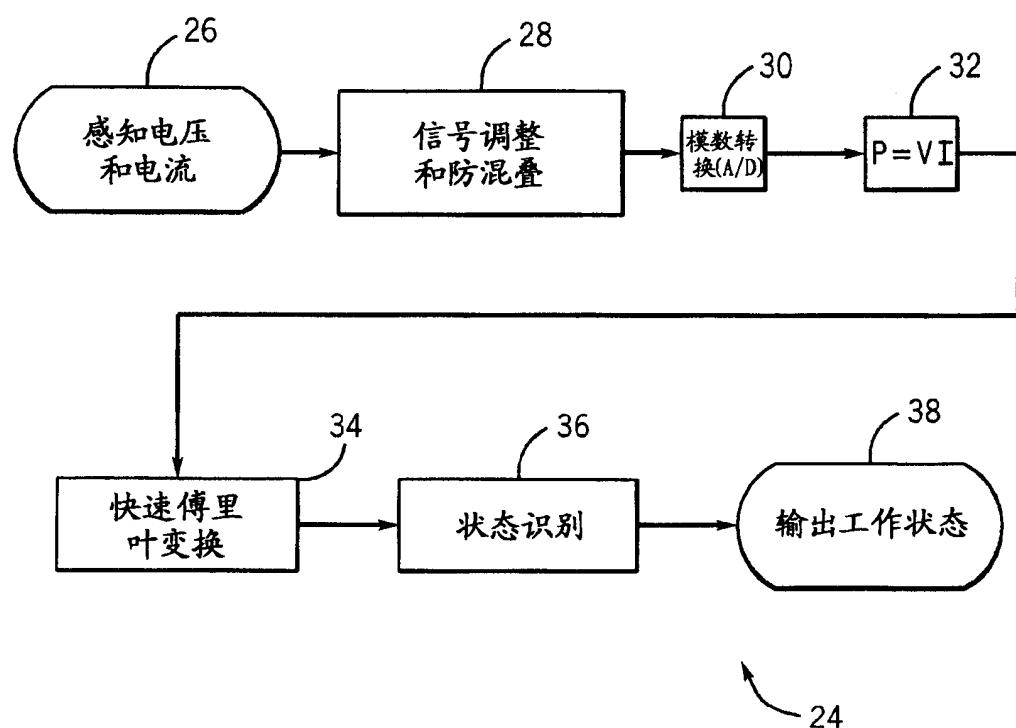


图2

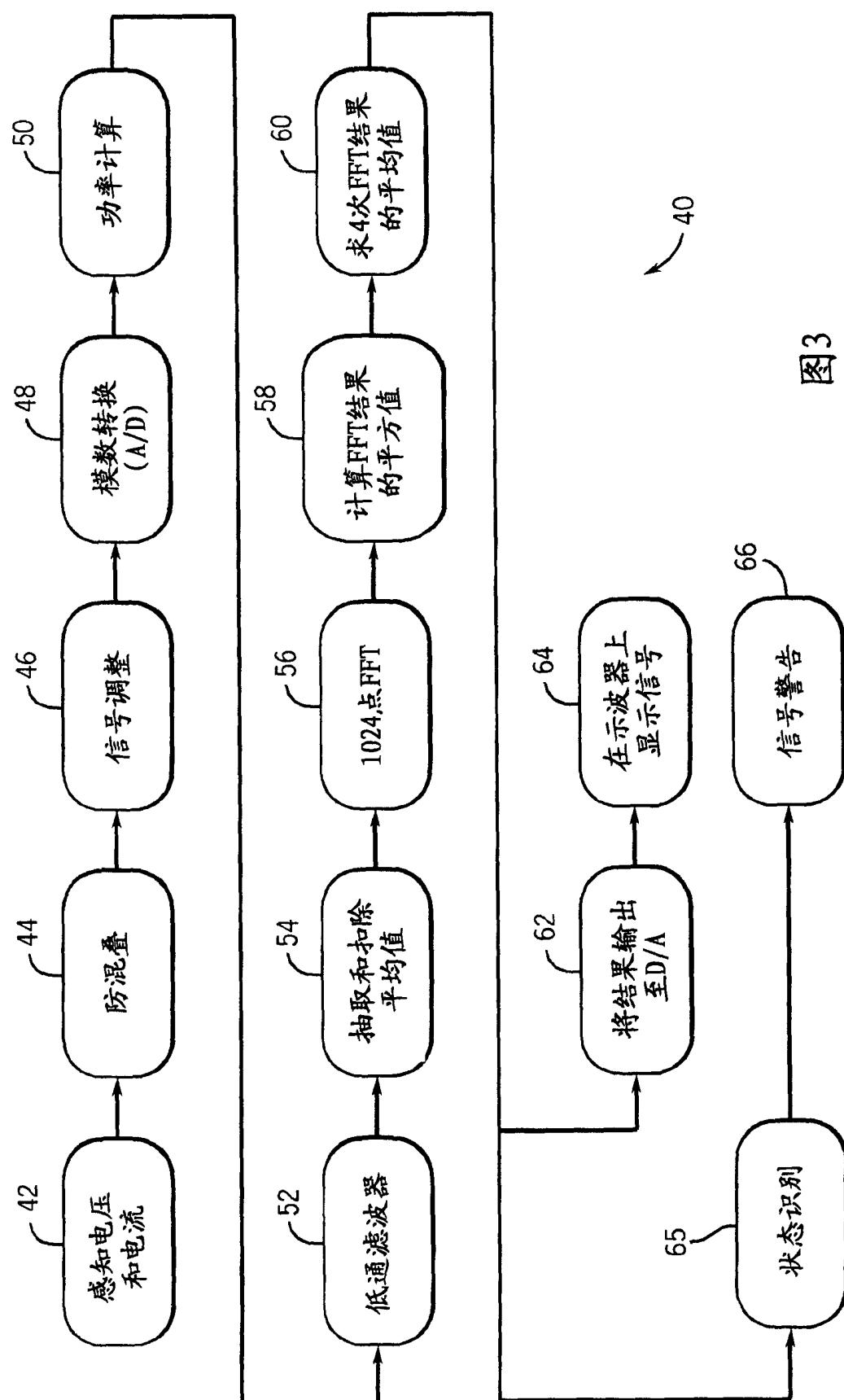


图3

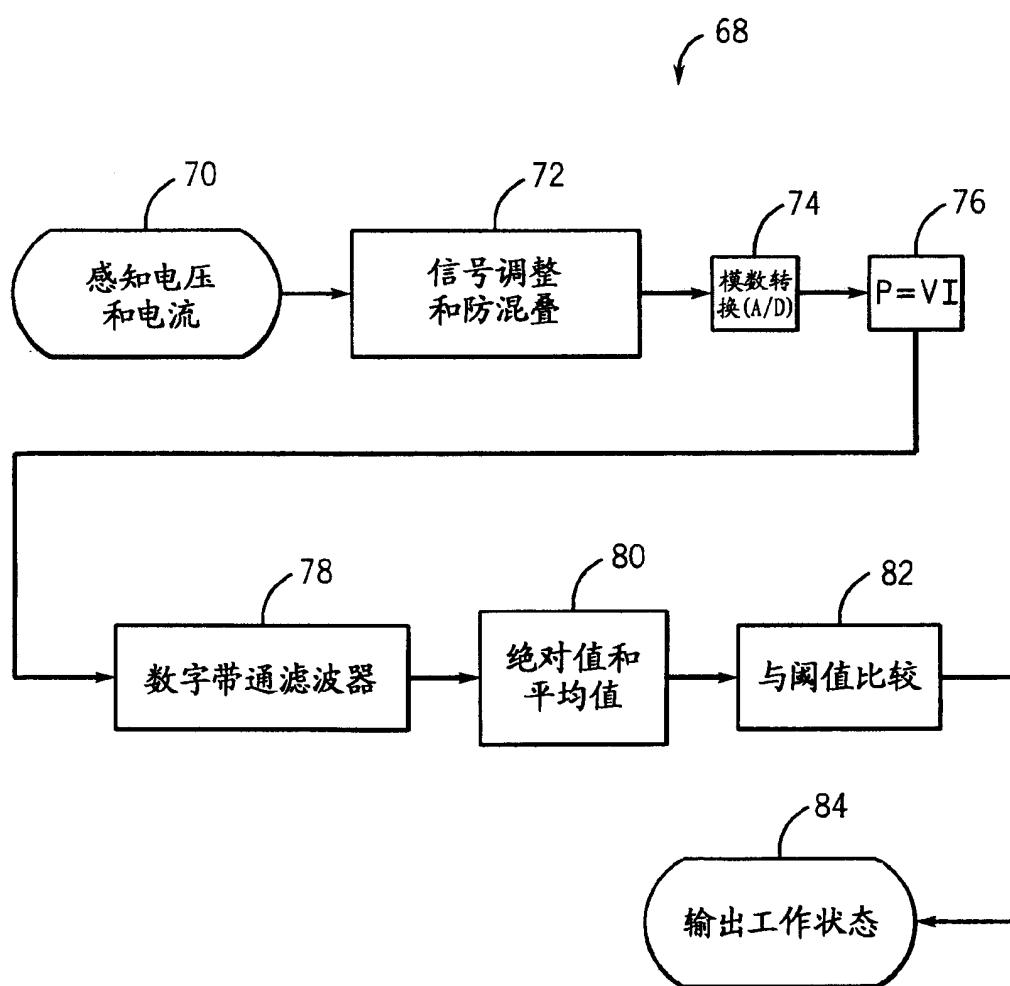


图4

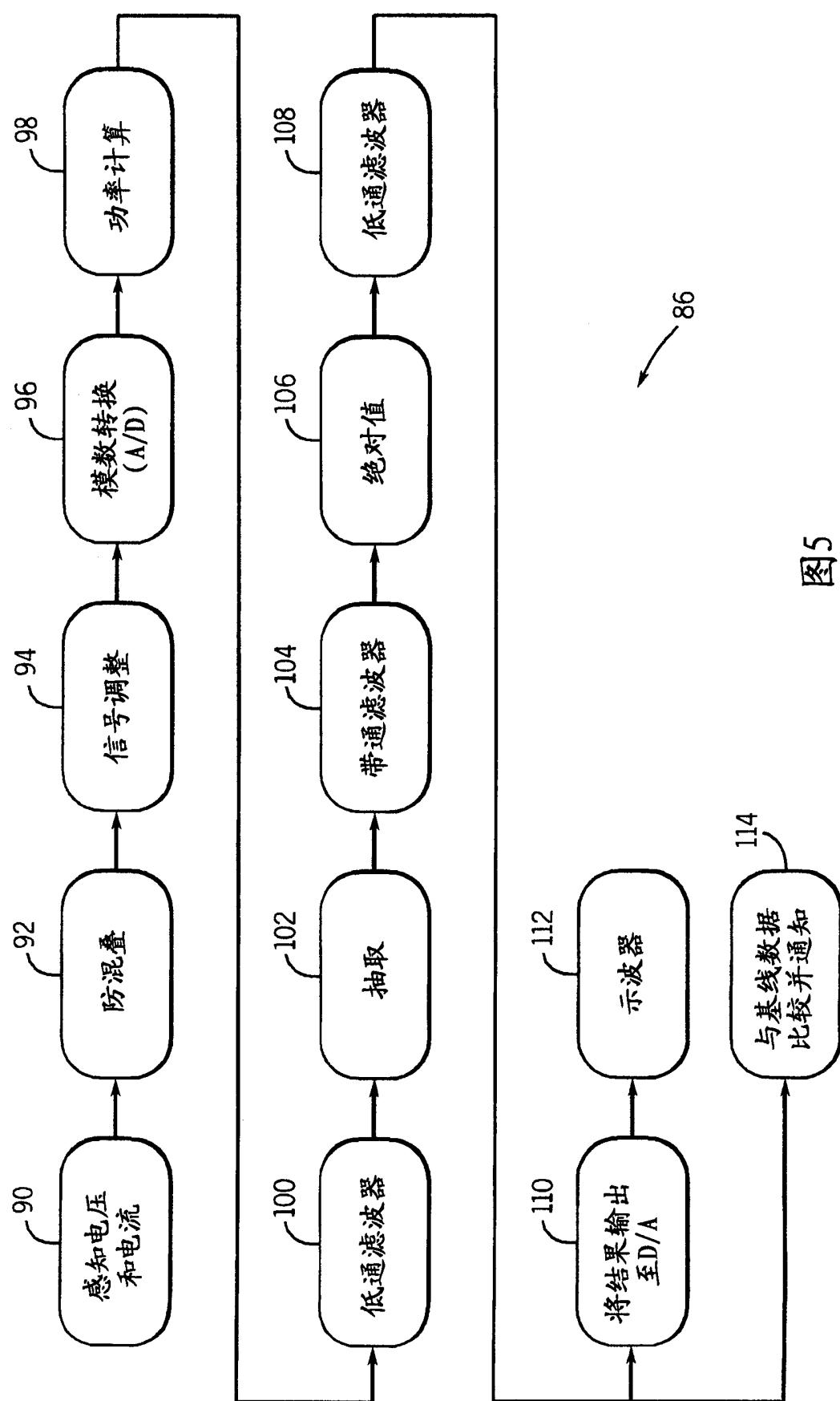


图5