

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580009169.2

F04B 35/04 (2006.01)

F04B 49/06 (2006.01)

H02K 41/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 100538069C

[22] 申请日 2005.1.19

[21] 申请号 200580009169.2

[30] 优先权

[32] 2004.1.22 [33] BR [31] PI0400108-7

[86] 国际申请 PCT/BR2005/000006 2005.1.19

[87] 国际公布 WO2005/071265 英 2005.8.4

[85] 进入国家阶段日期 2006.9.22

[73] 专利权人 惠而浦股份公司

地址 巴西若因维利

[72] 发明人 P·S·戴恩茨

D·E·伯恩哈德利莱

M·R·蒂森

[56] 参考文献

JP2003-309994A 2003.10.31

US2004/0005222A1 2004.1.8

US5980211A 1999.11.9

CN1463486A 2003.12.24

CN1459921A 2003.12.3

审查员 张 敏

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 曹 若 刘华联

权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 8 页

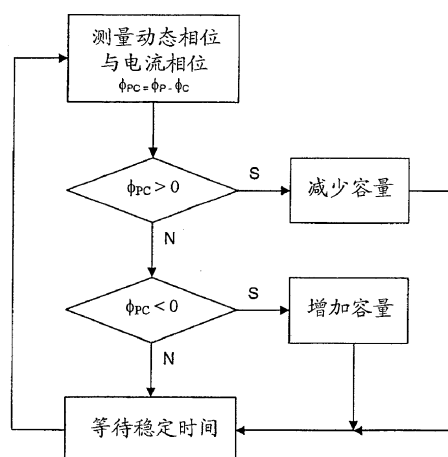
[54] 发明名称

线性马达、线性压缩机、控制线性压缩机的方法、冷却系统以及线性压缩机控制系统

[57] 摘要

本发明公开了一种线性马达(10)、一种线性压缩机(100)、一种控制线性压缩机(100)的方法、一种冷却系统(20)以及一种控制线性压缩机(100)在其整个运行中以尽可能大的效率共振地运行线性压缩机(100)的系统。实现这些目标的方法之一是借助于适于冷却系统(20)的线性压缩机(100)，线性压缩机(100)包括由线性马达(10)驱动的活塞(1)，活塞(1)具有借助于控制电压(V_M)控制的位移范围，具有电压频率(ϕ_p)的控制电压(V_M)施加于线性马达(10)并由处理单元(22)调整，活塞(1)的位移范围随冷却系统(20)的变化的需求动态地受到控制，线性压缩机(100)具有共振频率，处理单元(22)调整活塞(1)的位移范围，以使线性压缩机(100)在冷却系统(20)的整个需求变化中都动态地

保持共振状态。



1.一种线性马达(10)，其包括定子(411)和致动器，控制电压(V_M)供应给所述定子(411)，该控制电压(V_M)施加于线性马达(10)并由处理单元(22)借助于可变频率的逆变器调整，

线性马达(10)根据致动器位移移动负荷，线性马达(10)与负荷形成共振组件，共振组件具有共振频率，

处理单元(22)配置成借助于控制电压(V_M)控制致动器的位移范围，

线性马达(10)的特征在于，以与整个负荷变化中的共振频率的变化成比例的方式，处理单元(22)有选择地增加或减少位移范围，以使共振组件动态地保持共振。

2.一种适用于冷却系统(20)的线性压缩机(100)，该线性压缩机(100)包括由线性马达(10)驱动的活塞(1)，所述活塞(1)具有由控制电压(V_M)控制的位移范围，具有电压频率(F_{VM})的控制电压(V_M)施加于线性马达(10)并由处理单元(22)调整，

线性压缩机(100)的特征在于，处理单元(22)配置成随冷却系统(20)的变化需求动态地控制活塞(1)的位移范围，该线性压缩机(100)具有共振频率，

所述处理单元(22)调整活塞的位移范围，以便该线性压缩机(100)在冷却系统的整个需求变化过程中动态地保持共振状态，借助于可变频率的逆变器调整的控制电压(V_M)，进行该活塞位移的控制；当冷却系统(20)的需求发生变化时，逆变器将所述控制电压(V_M)的该电压频率(f_{VM})动态地调整到一个等于线性压缩机(100)的共振频率值的值。

3.如权利要求2所述的线性压缩机，其特征在于，控制电压(V_M)产生在线性马达(10)中循环的馈电电流(i_A)，

处理单元(22)测量馈电电流(i_A)的馈电相位(ϕ_C)和线性压缩机(100)的活塞(1)的动态相位(ϕ_P)，

处理单元(22)测量馈电相位(ϕ_C)和动态相位(ϕ_P)之差，并形成测量相位(ϕ_{PC})，处理单元(22)调整控制电压(V_M)，使得测量相位(ϕ_{PC})的值变为零。

4.如权利要求 3 所述的线性压缩机,其特征在于,当测量相位(ϕ_{PC})的值为正时,降低控制电压(V_M),当测量相位(ϕ_{PC})为负时增加控制电压(V_M)。

5.如权利要求 4 所述的线性压缩机,其特征在于,馈电相位(ϕ_C)从馈电电流(i_A)的预定义时刻获得。

6.如权利要求 5 所述的线性压缩机,其特征在于,馈电电流(i_A)的预定义时刻为馈电电流(i_A)通过零点时。

7.如权利要求 6 所述的线性压缩机,其特征在于,预定义时刻是在馈电电流(i_A)始终为零的中间点获得的。

8.如权利要求 7 所述的线性压缩机,其特征在于,动态相位(ϕ_p)是从活塞(1)的位移信号(DP)获得的。

9.如权利要求 8 所述的线性压缩机,其特征在于,动态相位(ϕ_p)的值是借助于与处理单元(22)电气相联的位移传感器(30)获得的。

10.如权利要求 9 所述的线性压缩机,其特征在于,动态相位(ϕ_p)的值是从活塞(1)位移(DP)的位置获得的。

11.一种控制线性压缩机(100)的方法,线性压缩机(100)包括由线性马达(10)驱动的活塞(1),线性马达(10)供给有具有线性马达(10)的电压频率(F_{VP})的控制电压(V_M),并产生线性压缩机(100)的容量,

所述方法的特征在于,它包括下列步骤:

测量线性马达(10)的馈电频率(f_{VP}),通过比较测量结果与基准频率(FR),补偿馈电频率(f_{VP}),和

如果电压频率(f_{VP})高于基准频率(FR),增加线性压缩机(100)的容量,或者

如果电压频率(f_{VP})低于基准频率(FR),减少线性压缩机(100)的容量。

12.如权利要求 11 所述的方法,其特征在于,在增加或减少线性压缩机(100)的容量的步骤之后,还有进行等候稳定时间的到来的步骤。

13.如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,在稳定时间到来之后,再次测量线性压缩机(100)的馈电频率。

14.一种控制线性压缩机(100)的方法,线性压缩机(100)包括由线性马达(10)驱动的活塞(1),

所述活塞(1)具有控制电压(V_M),具有电压频率(f_{VM})的控制电压(V_M)施加于线性马达(10)并由处理单元(22)调整,

控制电压(V_M)产生在线性马达(10)中循环的馈电电流(i_A),

所述方法的特征在于,其包括下列步骤:

测量馈电电流(i_A)的馈电相位(ϕ_c)和线性压缩机(100)的活塞(1)的动态相位(ϕ_p),和

测量馈电相位(ϕ_c)和动态相位(ϕ_p)之差,并形成测量相位(ϕ_{pc}),

随着线性压缩机(100)的需求变化,动态地调整位移范围,以便线性压缩机在冷却系统(20)的整个需求变化中都保持在共振状态,这样,测量相位(ϕ_{pc})的值变为零。

15.如权利要求14所述的方法,其特征在于,在形成测量相位(ϕ_{pc})的步骤之后,进行当测量相位(ϕ_{pc})的值为正时增加活塞(1)的位移范围的步骤,或者进行当测量相位(ϕ_{pc})的值为负时减少活塞(1)的位移范围的步骤。

16.如权利要求15所述的方法,其特征在于,在增加或减少活塞(1)的位移范围的步骤之后,预见等候稳定时间的到来。

17.如权利要求16所述的方法,其特征在于,在稳定时间到来之后,进行馈电相位(ϕ_c)和动态相位(ϕ_p)之差的新的测量。

18.一种包括线性压缩机(100)的冷却系统(20),冷却系统(20)包括激活线性压缩机(100)的开/关温度调节装置,

线性压缩机(100)包括由线性马达(10)驱动的活塞(1),

活塞(1)具有借助于控制电压(V_M)进行控制的位移范围,具有电压频率(f_{VM})的控制电压(V_M)施加于线性马达(10)并由处理单元(22)调整,冷却系统(20)的特征在于,

在温度调节装置打开线性压缩机(100)期间,活塞(1)的位移范围随冷却系统(20)的变化的需求动态地受到控制,

线性压缩机(100)具有共振频率,所述处理单元调整活塞(1)的位移范围,以便动态地使线性压缩机(100)在冷却系统(20)的整个需求变化中都保持在共振状态,

通过借助于可变频率逆变器调整的控制电压(V_M)调整位移,当冷却系统(20)的需求发生变化时,逆变器将控制电压(V_M)的电压频率(f_{vp})动态

地调整到一个等于线性压缩机(100)的共振频率的值。

19.一种线性压缩机(100)控制系统,所述系统的特征在于,其包括测量活塞(1)位移范围的处理单元(20),所述处理单元调整活塞(1)的位移范围,以使线性压缩机(100)在冷却系统(20)的整个需求变化中动态地保持在共振状态,控制中心配置成测量馈电电流(i_A)的馈电相位(ϕ_c)和线性压缩机(100)的活塞(1)的动态相位(ϕ_p),

处理单元(22)测量馈电相位(ϕ_c)和动态相位(ϕ_p)之差,并形成测量相位(ϕ_{pc}),所述处理单元(22)调整控制电压(V_M),以使测量相位(ϕ_{pc})的值变为零,

通过借助于可变频率逆变器调整的控制电压(V_M)调整位移,当冷却系统(20)的需求发生变化时,逆变器将控制电压(V_M)的电压频率动态地调整到一个等于线性压缩机(100)的共振频率的值。

线性马达、线性压缩机、控制线性压缩机的方法、冷却系统以及线性压缩机控制系统

本申请要求 2004 年 1 月 22 日提交的案号为 PI0400108-7 的巴西专利的优先权，其披露的内容在此结合作为参考。

技术领域

本发明涉及线性马达、线性压缩机、控制线性压缩机的方法、冷却系统以及以共振操纵该线性压缩机的线性压缩机控制系统，以便线性压缩机在其整个运行中将具有最高的效率。

背景技术

共振线性马达大体上包括线性马达，例如，耦合于共振机构的线性马达，所述共振机构可包括弹簧或对任何负荷都产生弹簧效应的部件，以在线性马达和负荷之间产生共振运动。这种线性马达的应用一般包括驱动的流体泵，上述流体泵能促动可变负荷。

由于电能经济方面的效率，这种构造的典型例子是通常应用于冷却系统的线性压缩机上使用的线性马达。如图 1 所示，在冷却系统上使用的线性压缩机 100 通常安装在壳体（未显示）的内部，容纳于该壳体的气体处于低压，其被线性压缩机吸入和压缩，以释放到高压环境 7 中。

气体压缩机通过活塞 1 在具有气缸盖 3 的气缸 2 内部轴向移动发生；吸入阀 3a 和排出阀 3b 位于气缸盖 3 上，这些阀调节气体在气缸 2 中的进入和排出。活塞 1 由线性马达 10 驱动，所述线性马达 10 由具有线圈 11 和支撑件 4 的定子 411 形成。定子 411 反过来促动致动器的磁铁 5，在这种情况下，活塞 1 即致动器与螺旋型弹簧 8 相联，形成线性压缩机 100 的共振组件。

由线性马达 10 驱动的共振组件具有下列功能：产生线性往复运动，使活塞 1 在气缸 2 内运动，执行压缩由吸入阀 3a 导入的气体的压缩作用，压缩到气体可以通过排出阀 3b 排放到桶 7 中的程度。

线性压缩机 100 运行的振幅调节成与线性马达 10 产生的能量和由机构在压缩气体所消耗的能量加上其它损失相平衡。

线性机构的另一个特征是改变泵送容量的可能性，降低电动机的功率，运行振幅反过来减少泵送容量。

用于控制线性压缩机的可改变的参数可以是电动机的馈电电压。从电动机的馈电电压直到实现所要求的振幅，存在各种各样的耦合阻抗，例如电动机的电阻、电动机的电感、在使用电容的情况下的电容、反电动势、共振系统（质量/弹簧）的阻抗和压缩功及其固有损失。该系统的阻抗取决于系统的激励频率，即施加于电动机的电压频率。在某一频率下，该系统的输出是最佳的，这出现在机械系统进入共振的时候；在该频率下，线性压缩机的输出最大。

“气体弹簧”效应

机构的共振频率不能理想地被固定。当压缩时，气体具有类似于弹簧的机械效应（亦称“气体弹簧”），该“气体弹簧”主要受两个因素的影响：活塞与阀板之间的距离和线性压缩机运行的压力。

当减小活塞冲程时，活塞与阀板之间的距离发生改变，引起“气体弹簧”的增大和机构的共振（该效应与机构的运行稳定性有很大关系）。在冷却系统中，这两个因素基本上是变化的，压力从一打开系统就开始变化，直到达到运行工况，运行工况受室温和冷却器的内部温度的影响，当系统的运行需要更多或更少的能量时，活塞/阀板距离发生改变。这样，机械系统的共振频率由于各种各样的因素会发生变化。

适于本发明借鉴的冷却系统/冷却器/制冷机

主要存在两种类型的冷却器：简单类型冷却器剂和带有搭载电子设备的冷却器。除应用于一般的冷却器之外，借鉴本发明，可以应用于一般的冷却系统，例如空调系统。在这种情况下，唯一的概念上的不同在于，空调系统应用于房间（或被冷却的环境），而在冷却器或制冷机的情况下，系统用于封闭的机柜。

不管怎样，搭载电子设备的冷却器或冷却系统设置有电子电路，该电子电路具有分析冷却器的内部温度和调节线性压缩机的容量以便以尽可能有效的方式运行的能力。

简单类型冷却器或冷却系统不配备搭载电子设备，只具有不定时地开启和关闭线性压缩机（“开/关”温度调节装置）的单一电路，但是，不能对其容量起作用。

尽管以有效的方式运行，但是，带有搭载电子设备的冷却器与简单类型冷

却器相比, 显然具有较高的成本。

鉴于此, 依照本发明, 可以提供一种线性压缩机, 其具有随着冷却系统的需求调整容量的能力, 甚至在采用简单类型冷却器的情况下。为此, 线性压缩机应该能够基于对驱动线性压缩机的电动机的馈电电压和电流的测量结果, 分析冷却器的环境内部需求工况所必须的冷却容量。

现有技术的描述

在包含线性压缩机的系统中实现提高效率的方法之一是使得活塞尽可能地逼近各个行程终点。这些技术的例子可在 US5156005 和 US5342176 文件中找到。在这两个文件中描述了对活塞范围的控制。但是, 这些技术中没有一个预见对线性压缩机振幅的控制以共振运行, 所以, 鉴于这些文件, 线性压缩机依其负荷状况, 会以低效运行。

描述监测线性压缩机的活塞运动的系统的现有技术披露在文件 WO 01/54253 中。鉴于该文件, 预见了适合于线性压缩机的系统和方法, 据此, 测量通过积分施加于电动机的电流获得的第一方波和从施加于电动机的电压获得的第二方波。根据这些测量结果, 通过 TRIAC 进行对活塞运动的控制, 计算第一方波和第二方波之间的相位差。这样, 线性压缩机的活塞在更接近于阀板的位置上运行。

该文件 WO 01/54253 没有研究与“气体弹簧”效应有关的非平衡问题, 在该现有技术中描述的发明目的之一是获得更好的运行稳定性, 所以, 就效率而言, 该系统可能会在不理想的工况下运行。

此外, 由文件 WO 01/54253 所建议的构造引起的另一个缺陷在于, 必须借助于方波监测相位。这种方法导致, 为了获得相位差, 必须采用电子电路或计算机程序来进行电流的积分, 生成在此描述的第一方波和第二方波, 以及计算第一方波和第二方波之间的相位差。但是, 该构造以及在此描述的流程制造成本高, 可靠性较低, 因为它需要用于执行这些换算的电路, 由于执行这些换算的电路包含了大量的部件, 而每个添加的电子部件都代表一个更大的故障概率, 所以上述电路降低了系统的可靠性。通过计算机程序实施在该文件中描述的装置的方案也导致高成本, 因为在这种情况下, 对所使用的方法来说, 必须配备非常尖端的微型控制器, 所以, 导致高成本。

此外, 线性压缩机在冷却系统中的应用取决于能够借助于指令信号传达关

于线性压缩机应该运行的容量的控制的电子温度调节装置的使用。这使得系统复杂，不允许线性压缩机应用于任何系统。

另一个可能性是在固定容量下操纵线性压缩机以及使用传统的温度调节装置（“开/关”类型）。然而，这还难以有效利用有限的资源。

发明内容

本发明的目的是提供一种线性马达、一种线性压缩机、一种控制线性压缩机的方法以及一种冷却器/制冷机，所述冷却器/制冷机不需要搭载电子设备，但同时具有根据需求调整容量的能力。换句话说，借鉴本发明，冷却器将带有电子设备的线性压缩机看作普通的线性压缩机一样，因而保持了简单类型冷却器/制冷机未改变的特征，并将整个电子控制传递到线性压缩机。

另外，本发明的另一个目的是提供一种共振的线性马达，其可以在控制有关位移范围的方式下运行，而不需要利用外部的电子控制。

因而，意图如下：

- 通过正在使用的线性压缩机调整冷却系统的运行能力，不需要复杂的温度调节装置，允许线性压缩机在任何类型的系统中使用。
- 允许线性压缩机在任何带有传统温度调节装置（开/关类型）的系统中使用，还允许调整运行容量，从而利用线性压缩机的全部潜力。
- 使线性压缩机的功能最佳化，使得系统总是在其可能的最高效率下运行。
- 运行共振的线性马达，不需要使用控制其行为的外部电路；线性马达应当总是在最佳的功能工况下运行。

如上所述，机构的共振频率随着压力和线性压缩机的运行振幅的变化而变化。因为压力为变量，在某些阶段是不可控制的（至少直接地），所以线性压缩机会非共振运行，这导致性能降低。另一方面，位移范围或活塞冲程是可控制的变量，这样，依照本发明，预见改变/调整运行冲程以致使电流和活塞速度之间的相位最小化或为零，以便使机构保持理想的共振，因而保持最好的性能。分析冷却系统，可以注意到，当冷却器的门被打开或新的热负荷添加给系统时，线性压缩机的吸入压力会升高。在这种情形下，通过改变运行振幅使相位保持最小化的策略使线性压缩机增大冲程，从而满足系统抽取增加的热量的需求。

重要的是要注意到，尽管参照了电流和活塞速度之间的相位的读数来进行

描述，但是应当理解，这个相位可通过读出其它参数来获得；例如，可以用活塞位移替换活塞速度，两者彼此为 90° 关系，为了控制电路构造方便，可以使用这个信息通过参照活塞位置读出相位。可以用同相的反电动势（CEMF）来替换速度，目的在于测量电流和机构的动态特征（例如 CEMF）之间的相位。最好使用电流相位和 CEMF 相位的平均值，从而形成电动机相位。

CEMF 可通过公式获得，

$$CEMF = k \times \frac{\partial D_p}{\partial t}$$

其中，k 为常数； δD_p 为活塞位移的导数； δt 为时间导数。

由于活塞运动大致为正弦曲线，可以认识到，当位移最大时，CEMF 经过零。为了检测该值，具有一个接近传感器足够了，例如当活塞接近其冲程终点时，所述接近传感器指示信号峰值。因而，为了测量 CEMF 相位，需测量最大活塞位移点。

关于共振性能，众所周知，随着活塞位移的增加，线性压缩机的共振频率降低，而冷却系统所需要的负荷越大，共振频率越高。

出现这种现象是因为，随着吸入压力的增大（冷却系统在线性压缩机的吸入阀处所需求的），这意味着热负荷已经放入冷却器中。这个温热的质量升高了冷却系统的内部环境的温度，导致蒸发压力升高，这是因为冷却液处于饱和液体状态，可以推断压力和温度相互内在相联的。因而，将温热的东西放置在冷却器中，将导致压力升高，提升活塞上的气体压力，导致机构共振降低，这将导致线性压缩机的相位偏移。

实际上，这意味着，随着冷却器内部的热量的升高，系统的负荷也升高，导致系统共振频率的升高，应该增加活塞冲程，由于活塞冲程变长，导致共振频率的降低。在这种情况下，共振频率随添加给系统的负荷增加的差可能使系统再次在上述频率（或共振频率）下运行，增大了活塞位移，引导组件在共振频率下运行。

另一方面，系统负荷（冷冻食品、降低外界温度）的下降引起系统相位的增大，这可以使相位变正，补偿系统容量的下降，直到相位达到零值。

这样，当相位偏移为正时，应当减少冷却器容量，使系统再次共振运行，当相位偏移为负时，应当增加线性压缩机的容量，使系统再次共振运行。

本发明的目的之一是借助于包括定子和致动器的线性马达实现的，上述定子供给有控制电压，控制电压施加于线性马达并由处理单元借助于可变频率的逆变器调整，线性马达具电压频率，线性马达根据致动器位移移动负荷，线性马达与负荷形成共振组件，共振组件具有共振频率，处理单元配置成借助于控制电压控制致动器的位移范围，以与整个负荷变化中的共振频率的变化成比例的方式，处理单元有选择地增加或减少位移范围，以使共振组件动态地保持共振。

进一步，本发明的目的之一是借助于适合于冷却系统的线性压缩机实现的，线性压缩机包括由线性马达驱动的活塞，上述活塞具有由控制电压控制的位移范围，具有电压频率的控制电压施加于线性马达并由处理单元调整，处理单元配置成随着冷却系统的变化需求动态地控制活塞的位移范围，线性压缩机具有共振频率，上述处理单元调整活塞的位移范围，以便线性压缩机在冷却系统的整个需求变化中动态地保持在共振状态，借助于通过可变频率的逆变器调整的控制电压，进行活塞位移的控制，当冷却系统的需求发生变化时，逆变器将控制电压的电压频率动态地调整到一个等于线性压缩机的共振频率值的值。

本发明的目的还借助于一种控制线性压缩机的方法来实现，线性压缩机包括由线性马达驱动的活塞，线性马达供给有具有线性马达的电压频率的控制电压，并产生线性压缩机的容量，上述方法包括下列步骤：测量线性马达的馈电频率，通过比较测量结果与基准频率，从而补偿馈电频率，如果电压频率高于基准频率，增加线性压缩机的容量，或者如果电压频率低于基准频率，减少线性压缩机的容量。

进一步，本发明的目的借助于一种控制线性压缩机的方法实现，上述方法包括步骤：测量馈电电流的馈电相位和线性压缩机的活塞的动态相位，测量并形成测量相位，随着线性压缩机的需求变化，动态地调整位移范围，以便线性压缩机在冷却系统的整个需求变化中动态地保持在共振状态，这样，测量相位的值变为零。

鉴于本发明，还借助于一种包括线性压缩机的冷却系统来进行，冷却系统包括激活线性压缩机的开/关温度调节装置，线性压缩机包括由线性马达驱动的活塞，活塞具有由控制电压控制的位移范围，具有电压频率的控制电压施加于线性马达并由处理单元调整，在温度调节装置开启线性压缩机期间，活塞的位

移范围随线性压缩机的需求变化动态地受到控制，线性压缩机具有共振频率，上述处理单元调整活塞的位移范围，以便线性压缩机在冷却系统的整个需求变化中动态地保持在共振状态，通过借助于可变频率的逆变器调整的控制电压调整位移，当冷却系统的需求发生变化时，逆变器将控制电压的电压频率动态地调整到一个等于线性压缩机的共振频率的值。

附图说明

参考附图所示的实施例，将更为详细地描述本发明。其中：

图 1 是线性压缩机的示意图。

图 2 是本发明的控制系统、线性压缩机和冷却系统的方块图。

图 3 是控制系统、线性压缩机和冷却系统的方框图，显示了传统温度调节装置的使用。

图 4 是本发明的控制系统的方框图。

图 5 是适合于本发明的线性压缩机和冷却系统的容量的自动控制算法的方框图。

图 6 是电动机的负荷随相位变化的曲线图。

图 7 是不同负荷下的电动机的能力随相位变化的曲线图。

图 8 是线性压缩机在共振状态 ($\phi_{PC} = \phi_P - \phi_C = 0$) 下运行的情形时的电网电压、反电动势(CEMF)、电动机的电流、活塞位置以及传感器信号的波形的时间图。

图 9 是线性压缩机高于共振 ($\phi_{PC} = \phi_P - \phi_C > 0$) 运行的情形时的电网电压、反电动势(CEMF)、电动机的电流、活塞位置以及传感器信号的波形的时间图。

图 10 是线性压缩机低于共振 ($\phi_{PC} = \phi_P - \phi_C < 0$) 运行的情形时的电网电压、反电动势(CEMF)、电动机的电流、活塞位置以及传感器信号的波形的时间图。

图 11 是用于控制本发明的线性压缩机的方法的流程图。

图 12 是依照第二优选实施例、当采用本发明的电动机负荷随相位变化的曲线图。

图 13 是依照第二优选实施例、当采用本发明的不同负荷下的电动机能力随相位变化的曲线图。

图 14 是依照本发明的第二实施例的用于控制线性压缩机的方法的流程图。

具体实施方式

可以看到，图 2 显示的系统包括带有搭载电子设备的冷却器/制冷机。在这种情况下，电子温度调节装置 25 结合到冷却系统 20 中，为处理单元 22 提供基准信号。反过来，处理单元 22 控制线性压缩机 100，从传感器 SS 接收对应于活塞 1 的位移的信号。

电子控制装置

图 3 显示了应用于简单类型冷却器的冷却系统 20。可以看到，在这种情况下，冷却系统 20 提供开启和关闭处理单元 22 的唯一信号。这样，冷却系统 20 可省去所有的包括搭载电子设备的冷却器/冷却系统中预见的电子设备。而且，对该构造来说，处理单元 22 可以结合到线性压缩机 100（见符号 31）中，其可以提供各种冷却器 / 制冷机 / 冷却系统 20 制品，与现有技术的装配零件相比，形成具有高挠性的装配。当活塞 1 接近各个冲程终点时，与处理单元 22 相联的接近传感器 30 提供活塞 1 的位置。实际上，活塞冲程的微小变化相当于线性压缩机容量的巨大变化，所以，举例来说，对于 8.5mm 的最大冲程（最大容量）来说，最小冲程应为约 6.5mm（容量接近于零），也就是说，约 2mm 的冲程变化范围对应于从零到最大的容量。

图 4 显示了处理单元 22 的细节。可以看到，处理单元 22 包括微型控制器 40，上述微型控制器 40 通过门电路 42 控制 TRIAC41。微型控制器 40 接收检测电网 V_{Ac} 电压 ZT 的零的信号以及流出 TRIAC41 的电流 ZC 的零信号。如果使用了带有搭载电子设备的冷却器，位移基准信号 REF 可由冷却器提供。用于本发明的主信号引用位移信号 DP，上述位移信号 DP 可从接近传感器 30 的信号 SS 获得，并借鉴例如巴西专利文件 PI 0301969-1 进行处理，该专利文件的说明书在此结合作为参考。也可选择使用不同于 ZC 时刻的馈电电流 i_A 的值；为此，应当进行必要的调整，以便得到正确的测量结果。

控制算法

图 5 显示了依照本发明的第一实施例、用于获得控制电压 V_M 的算法，控制电压 V_M 施加于线性马达 10，这样，可以使线性压缩机 100 保持在共振状态。可以看到，为了计算控制电压 V_M 值，必须计算测量相位 ϕ_{PC} ，其从动态相位 ϕ_P 和电流馈电相位 ϕ_C 之差获得：

$$\phi_{PC} = \phi_P - \phi_C$$

电流相位或馈电相位 ϕ_c 的计算是电流 ZC 为零以及零电压 ZT 进行的，而活塞位移相位或动态相位 ϕ_p 的计算是活塞位移信号 DP 以及电压 ZT 为零进行的。

此外对馈电相位 ϕ_c 的获得来说，馈电电流 i_A 可能没有零通过，这使得捕捉用于建立电流 ZC 的零点的预定义时刻成为可能。例如该预定义时刻可在图 8、9 和 10 中观察到，在该预定义时刻，馈电电流在零点保持一定时间。在这种情况下，应当将预定义时刻作为馈电电流 i_A 始终为 0 的平均点。

根据动态相位 ϕ_p 和馈电相位 ϕ_c ，可以获得测量相位 ϕ_{PC} 值以及最大活塞位移的基准值 DP_{REF} （预想实现所定义的物理位置的位移）。该值可借助于图 11 的算法获得。

一旦已经获得最大活塞位移的基准值 DP_{REF} ，用它减去最大活塞位移 DP_{MAX} ，即等式：

$$E_{DP} = DP_{REF} - DP_{MAX}$$

就足够可以获得最大活塞位移基准 DP_{REF} 和最大活塞位移 DP_{MAX} 之间的偏差值 E_{DP} 。

根据该结果，可以获得控制电压值 V_p ，因为控制电压值是偏差 E_{DP} 的函数。该关系可在图 11 的流程图中观察到。在这里，可以随增大 DP_{REF} 改变增加容量，也可以随减小 DP_{REF} 改变减少容量。做为选择，也可以使用，例如诸如 PID 算法的传统方法来改变 DP_{REF} ；在这种情况下，将通过下列等式进行计算：

$$DP_{REF} = K_P \times \phi_{PC} + K_D \times \left(\frac{\partial \phi_{PC}}{\partial T} \right) + K_i \times \int \phi_{PC} \times \partial T$$

其中， K_P 为比例常数， K_D 为导常数， K_i 为积分常数，这些在控制中的经典符号是众所周知的。

此外，可以直接增减控制电压值 V_p ，因为该值是 ϕ_{PC} 的函数。在这种情况下，在图 11 的流程图中，可以随增大 V_p 改变增加容量，也可以随减小 V_p 改变减少容量，这样在这种方案中，也可以利用诸如 PID 算法的传统方法通过下列等式根据 ϕ_{PC} 来改变 V_p ：

$$V_p = K_P \times \phi_{PC} + K_D \times \left(\frac{\partial \phi_{PC}}{\partial t} \right) + K_i \times \int \phi_{PC} \times \partial t$$

这些常数与前述相同。

根据控制电压的值 V_p ，可以通过计算 TRIAC 的触发角度来调整控制电压

$V_{M^{\circ}}$

依照图 6 和 7 的曲线图, 系统负荷的增加(增大室温、系统热负荷的增加)引起系统相位的降低。如果负荷的增加较大(见图 7 中标示“最大负荷”的短划线), 相位将继续进入负值; 这可以通过增大系统的容量(增大活塞 1 冲程)来补偿, 这将增大相位, 这样容量的持续增加导致相位回到零值, 即, 系统在共振状态运行。以同等的方式, 如果负荷减少(见图 7 中标示“最小负荷”的短划线), 相位将进入正值, 该变化可通过增加相位来补偿, 这样持续增加导致相位值回到零值, 即, 系统在共振状态运行。

就使相位增加或降低的方式来说, 应当预见每一周期或每半周期的馈电相位 ϕ_c 和动态相位 ϕ_p 的读数。所以, 无论何时测量相位 ϕ_{pc} 不同于零, 控制系统就会操纵活塞位移, 依照巴西专利文件 PI 0300010-9, 可以读出动态相位 ϕ_{pc} , 该专利文件在此结合作为参考。

减少的幅度应当考虑到系统对由控制系统引起的增加/减少的反应。因而, 如果增加/减少的值较大, 将需要较长的稳定时间; 反之, 稳定时间将较短。通常, 稳定时间取决于压缩机的时间常数和冷却系统的常数。举例来说, 可以选择等候预定时间, 比如约 10 到 60 秒, 或者监测系统相位直到相位保持恒定。

可选择使用变化的增加/减少值。在这种情况下, 如果测量相位 ϕ_{pc} 较大, 可以使用较大的增加/减少, 当测量相位 ϕ_{pc} 接近于零时减小该值。在这种情况下, 可以选择增加/减少的 1% 的基准值。

图 8 是线性压缩机 100 在共振状态、即 $\phi_{pc} = \phi_p - \phi_c = 0$ 运行的情形时的电网 V_{AC} 电压、反电动势(CEMF)、线性马达 10 的电流 i_A 、活塞位置 DP 以及接近传感器(未显示)信号的波形的时间图。

可以看到, 在共振的情形下, 当线性马达 10 的馈电电流 i_A 经过零时, 活塞位移最大, 这一时刻, 接近传感器显示测量信号(见符号 80)。在这种情况下, 线性压缩机 100 在最佳工况运行, 因为在这种情况下, 馈电电流 i_A 在活塞 1 沿其路径上改变方向的时刻经过零点, 也就是说, 它经过最大位移的时刻, 这时不需要在活塞上施加力, 因为当活塞 1 在中间位移(见符号 82)时, 馈电电流 i_A 和 CEMF 最大, 以尽可能高效的方式推动活塞 1。

在图 9 中, 可以观察到, 线性压缩机 100 高于共振运行, 也就是说, CEMF 相对于线性马达 10 的馈电电流 i_A 是滞后的, 在这种情况下, 等式 $\phi_{pc} = \phi_p - \phi$

$c > 0$, 应当通过升高控制电压 V_M 增加线性压缩机 100 的容量。应当注意到, 在这种情形下, 当活塞 1 处于其路径的最大位移时, 在没有馈电电流 i_A 施加于线性马达 10 的时刻, 馈电电流 i_A 在此刻已经具有很大的值。依照相位偏移的同一情形, 在活塞 1 处于其路径的中间时 (见符号 90), 在最大馈电电流 i_A 施加于线性马达 10 的时刻, 馈电电流 i_A 已经经受了其电平的降低, 这样, 在这两种情形下, 存在能量的浪费, 所以, 总体上存在线性压缩机 100 运行效率的降低。

在图 10 中, 可以观察到, 线性压缩机 100 低于共振运行; 在这种情况下, CEMF 相对于线性马达 10 的馈电电流 i_A 提前, 那么等式 $\phi_{pc} = \phi_p - \phi_c < 0$ 。在这种情况下, 应当增加线性压缩机 100 的容量, 使系统在共振状态运行。

可以看到, 在这种情形下, 相位存在延迟, 这导致线性压缩机低效率运行, 因为在活塞位移最大时刻, 在没有馈电电流 i_A 施加于线性马达 10 的情形下, 可以观察到, 馈电电流 i_A 不为零。此外, 在活塞 1 处于该位移的中间的时刻 (见符号 101), 在最大馈电电流 i_A 施加于线性马达 10 的时刻, 馈电电流 i_A 不是最大, 所以, 在这种情况下, 线性压缩机 100 的效率降低。

在线性压缩机中的应用

在结构上, 线性压缩机 100 和控制线性压缩机 100 的系统具有下列特征:

线性压缩机 100 包括活塞 1, 线性压缩机 100 由线性马达 10 驱动, 线性马达 10 产生一位移范围, 上述位移范围通过控制电压 V_M 进行控制, 该控制电压 V_M 具有电压频率 ϕ_p 。通过处理单元 22, 随冷却系统 20 的需求变化动态地控制活塞 1 的位移范围, 上述处理单元 22 调整活塞的位移范围, 以便线性压缩机 100 在冷却系统 20 的整个需求变化中动态地保持在共振状态, 也就是说, 以便在冷却系统 20 需求的负荷变化引起的整个变化中调整它的位移范围, 推动线性压缩机在共振状态运行。单独来讲, 控制线性压缩机 100 的系统应当适合于线性压缩机, 以便进行位移范围的动态调整, 使线性压缩机在共振状态运行。

在冷却系统中的应用

冷却系统 20 可包括如上所述的冷却器/制冷机或空调系统和类似系统, 冷却系统 20 应当包括由线性压缩机 100 操纵的开/关温度调节装置, 在温度调节装置开启线性压缩机期间, 使活塞的位移范围随冷却系统 20 的需求变化动态

地受到控制。处理单元 22 动态地调整活塞的位移范围，以使线性压缩机在冷却系统 20 的整个需求变化中都保持在共振状态。

为了控制线性压缩机 100，本发明的控制系统和冷却系统 20 设有遵循图 11 所示的流程图的控制线性压缩机 100 的方法。

活塞 1 的位移范围借助于控制电压 V_M 进行控制，上述控制电压 V_M 由处理单元 22 调整。为了调整控制电压 V_M 的电平，可选择遵循巴西专利文件 PI 9907432-0，该专利文件在此结合作为参考。

在线性马达中的应用

应当牢记，对于可在一般的线性压缩机上使用的控制装置来说，可以在应用于其它类型的用途的线性马达 10 上使用本发明。在这种情况下，致动器（未显示）具有与用于压缩机 100 的活塞 1 相同的功能，也就是说，致动器承受在定子 411 上产生的力，移动负荷，形成具有共振频率的共振组件。

以类似于用于控制线性压缩机 100 的预见的方式，致动器的位移范围可借助于处理单元 22 控制的电压 V_M 进行控制，以便共振组件在负荷的整个变化中动态地保持在共振状态。

对线性马达 10 的控制也可以借助于处理单元 22 进行，前述处理单元 22 测量馈电电流 i_A 的馈电相位 ϕ_c 和动态相位 ϕ_p ，在为致动器而非活塞的情况下，调整控制电压 V_M ，以使测量相位 ϕ_{pc} 变为零。

并且，也可以利用可变频率的逆变器来控制线性马达 10，当负荷发生变化时，上述逆变器应当将控制电压 V_M 的电压频率 f_{VM} 动态地调整到一个等于共振组件的共振频率值的值。

通过相位调整的控制方法

为了执行控制方法，处理单元 22 在线性压缩机 100 的整个运行中监测活塞 1 的位移范围，随着线性压缩机 100 的需求变化，动态地调整位移范围，以使线性压缩机 100 在冷却系统 20 的整个需求变化中保持共振状态。

为了迫使线性压缩机 100 共振运行，测量馈电电流 i_A 的馈电相位 ϕ_c 和线性压缩机 100 的活塞 1 的动态相位 ϕ_p ，并测量所测相位之差，形成测量相位 ϕ_{pc} 。

在形成测量相位 ϕ_{pc} 的步骤之后，还应当采用在测量相位 ϕ_{pc} 的值为正时增加活塞 1 的位移范围，或者当测量相位 ϕ_{pc} 的值为负时进行减少活塞 1 的位

移范围的步骤，应当总是将活塞 1 的位移范围增大或减小至测量相位 ϕ_{PC} 变为零所必须的值。

优选地，在增加或减少活塞 1 的位移范围的步骤之后，在再次测量馈电相位 ϕ_C 和动态相位 ϕ_P 之差之前，应当等候，直到到达稳定时间。

通过调整相位频率的控制方法

依照本发明的第二优选实施例，控制压缩机的另一种方式是控制施加于马达的频率，以使压缩机总是保持在共振状态运行。

在这种情况下，利用可变频率的逆变器（未显示）来控制可变频率。这样，当施加于线性压缩机 100 的负荷发生变化时，系统的动态相位 ϕ_P 也会发生变化，上述动态相位 ϕ_P 由本发明的控制系统检测，以便改变频率，使压缩机共振运行。当冷却系统 20 的需求发生变化时，通过可变频率的逆变器将电压频率 f_{VP} 调整到一个等于线性压缩机 100 的共振频率的值，动态地进行控制。

例如，进行这种调整的方法可包括，改变频率以使馈电电流最小化，或者改变频率以使电流和 CEMF 之间的相位为零。

在图 12 和 13 可以看到，当负荷增加时，线性压缩机 100 的频率增大，应当增加容量，使系统在共振状态运行，反之，当负荷降低时，也就是说，系统应当增加活塞 1 的冲程/容量/压缩机 100，当频率减小时，控制系统应当减少冲程/容量。以与本发明的第一优选实施例相同的方式，可以借助于简单“开/关”类型温度调节装置操作冷却系统，通过改变频率调整活塞 1 的同一构思（压缩机 100 的容量）。

在这点上，可以观察到，本发明的第一优选实施例和第二实施例的基本构思是相似的，也就是说，可以注意到施加于压缩机的负荷的改变相对于共振频率的效应，根据该信息，改变活塞冲程（压缩机容量）。

对于该实施例中的控制方法，可以依照图 14 所示的流程图进行，执行下列步骤：

测量线性马达 10 的馈电频率，上述馈电频率是电压频率 f_{VP} ，然后用基准频率 FR 补偿该测量，上述基准频率 FR 通常为 50 或 60Hz。

在该补偿步骤中，如果电压频率 f_{VP} 高于基准频率 FR，应当增加线性压缩机 100 的容量。如果电压频率 f_{VP} 低于基准频率 FR，应当减少线性压缩机 100 的容量。

为使第一和第二实施例的这些方法对系统在尽可能好的工况运行，当系统稳定并在低容量下时（系统应当 80% 的时间运行在这种工况下），线性压缩机 100 必须设计成在共振状态运行。这样，当需要较大的容量时，算法将增加线性压缩机 100 的容量。

算法应当具有的另一个能力是最大（快速）冷冻的功能。在冷冻机中，当该功能起作用时，线性压缩机 100 将 24 小时运行，不会循环；在带有可变容量的系统中，不管负荷或内部温度为多少，线性压缩机都会以最大容量运行，为了执行该功能，算法测量循环时间，如果该时间比基准时间（例如 2 小时）长，算法将转到最大容量，独立于相位情况，当系统循环的时候或者当已经经过 24 小时的时候，算法将再次只是正常运行。

所建议的解决方案的优点如下：

● 能够将线性压缩机应用于简单系统中，设有传统的温度调节装置，利用可变容量的优点；

- 降低冷却/制冷机系统 20 的成本；
- 优化线性压缩机的运行（线性压缩机总是以最大效率工作）；
- 改善线性压缩机的性能；
- 适应冷却系统 20 的需求，改正线性压缩机的泵送容量。

虽然已经描述了优选实施例的例子，应当明白，本发明的范围包括其他可能的变形，本发明的范围仅仅由包括可能的等同物的附带权利要求书的内容限定。

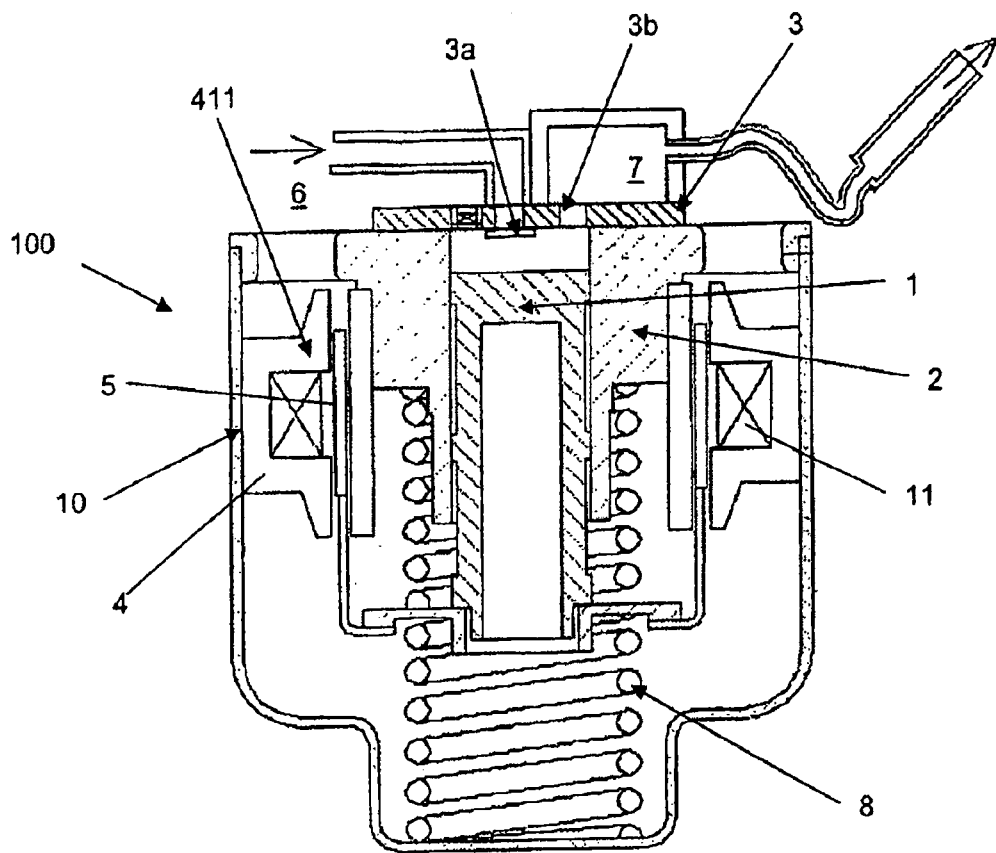


图 1

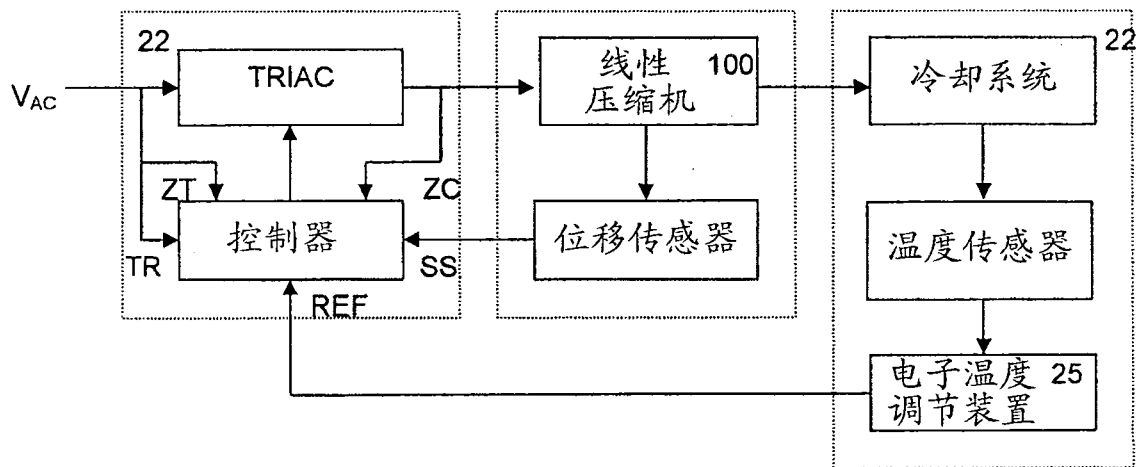


图 2

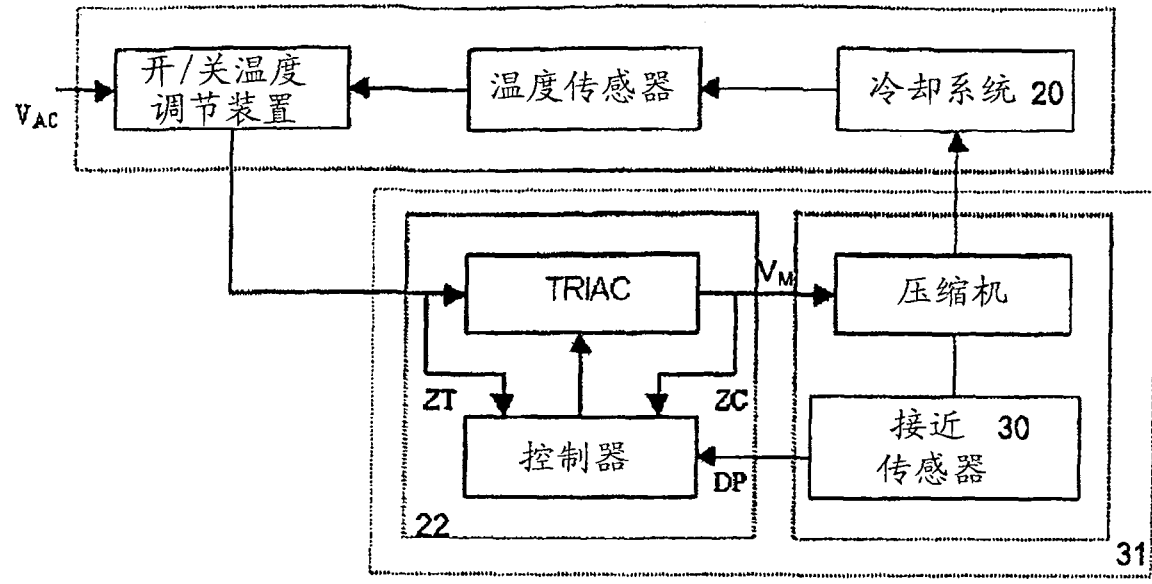


图 3

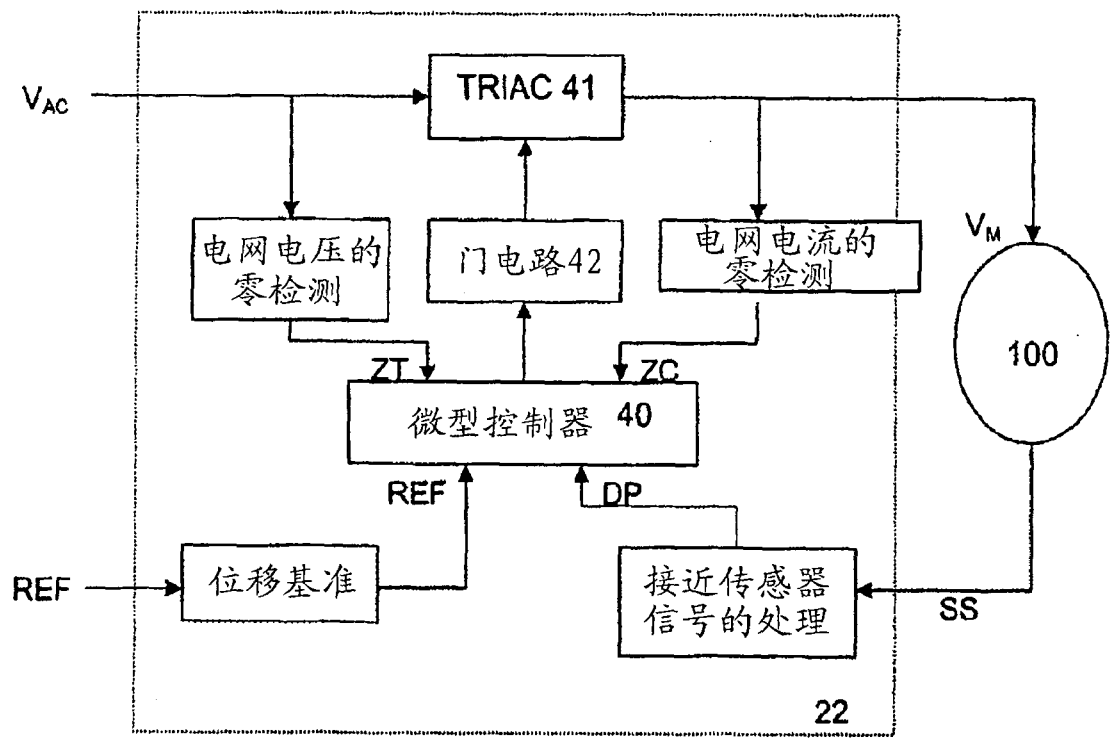


图 4

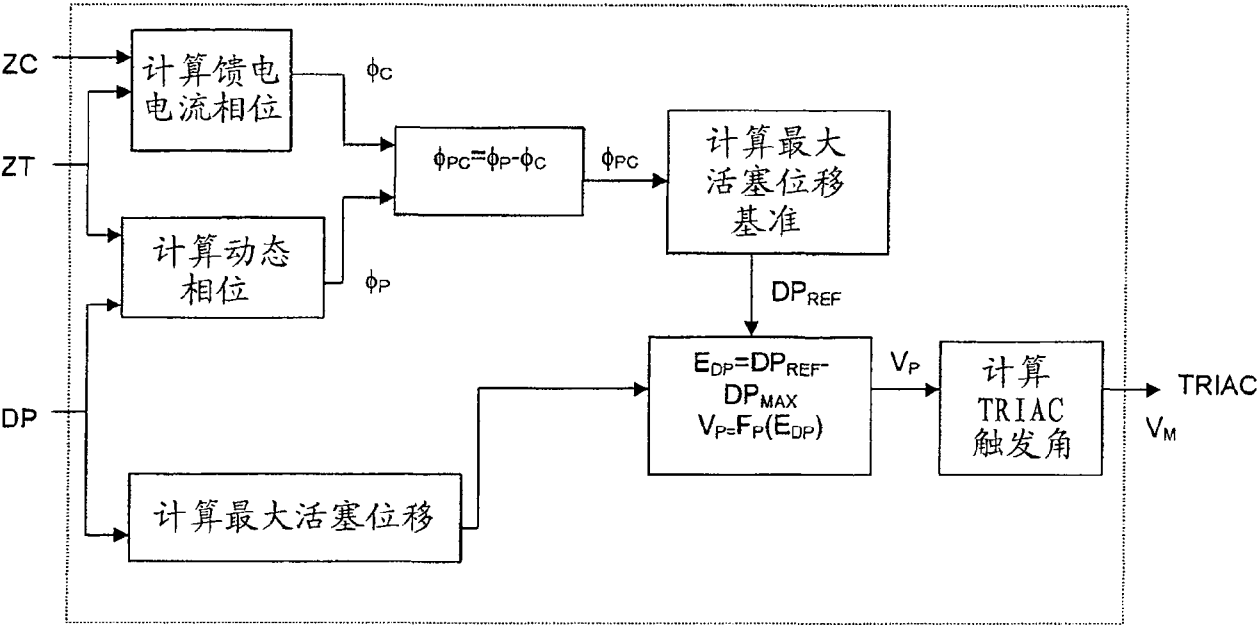


图 5

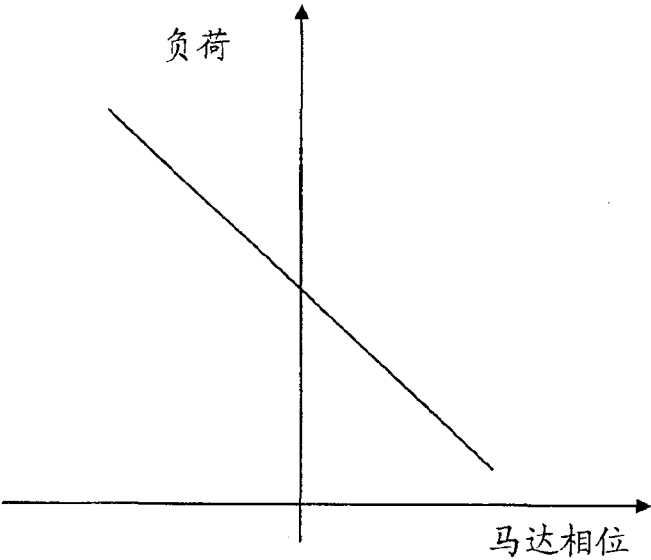


图 6

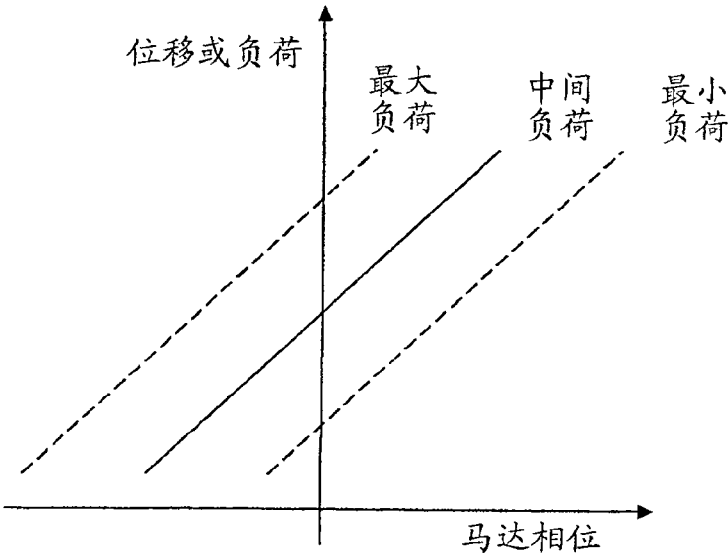


图 7

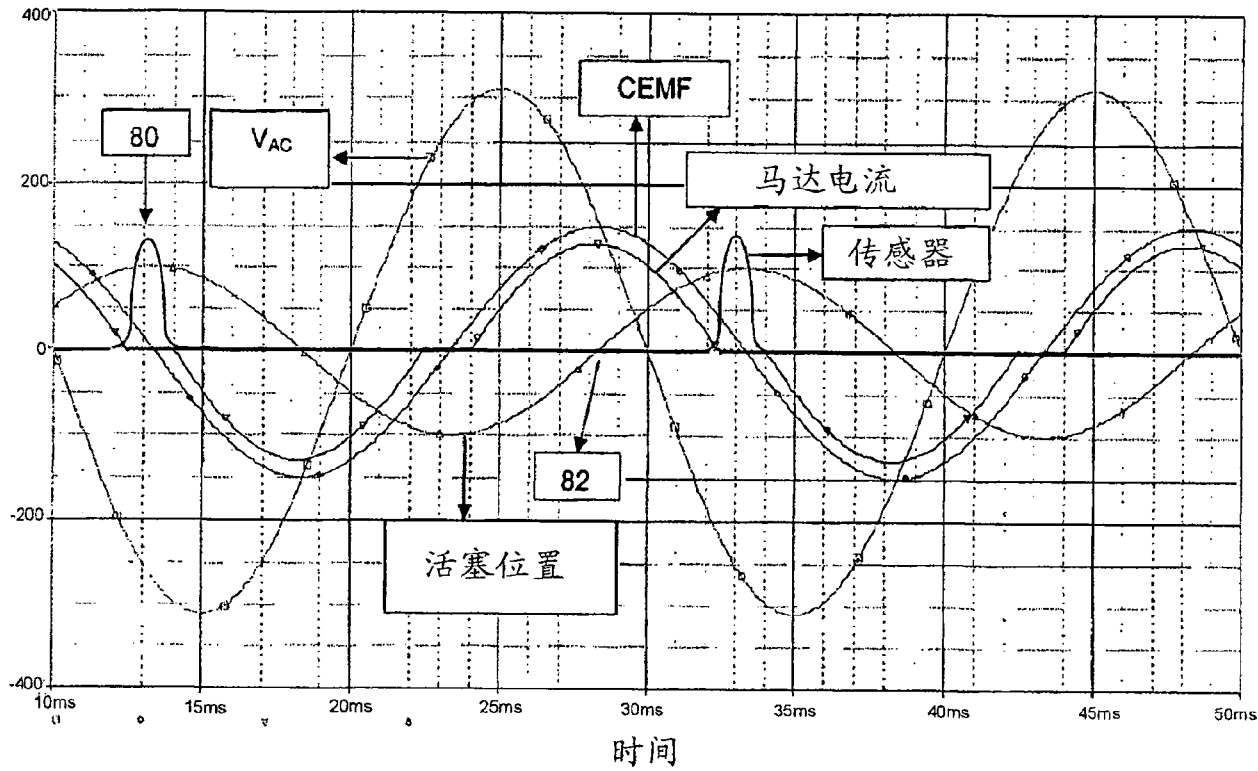
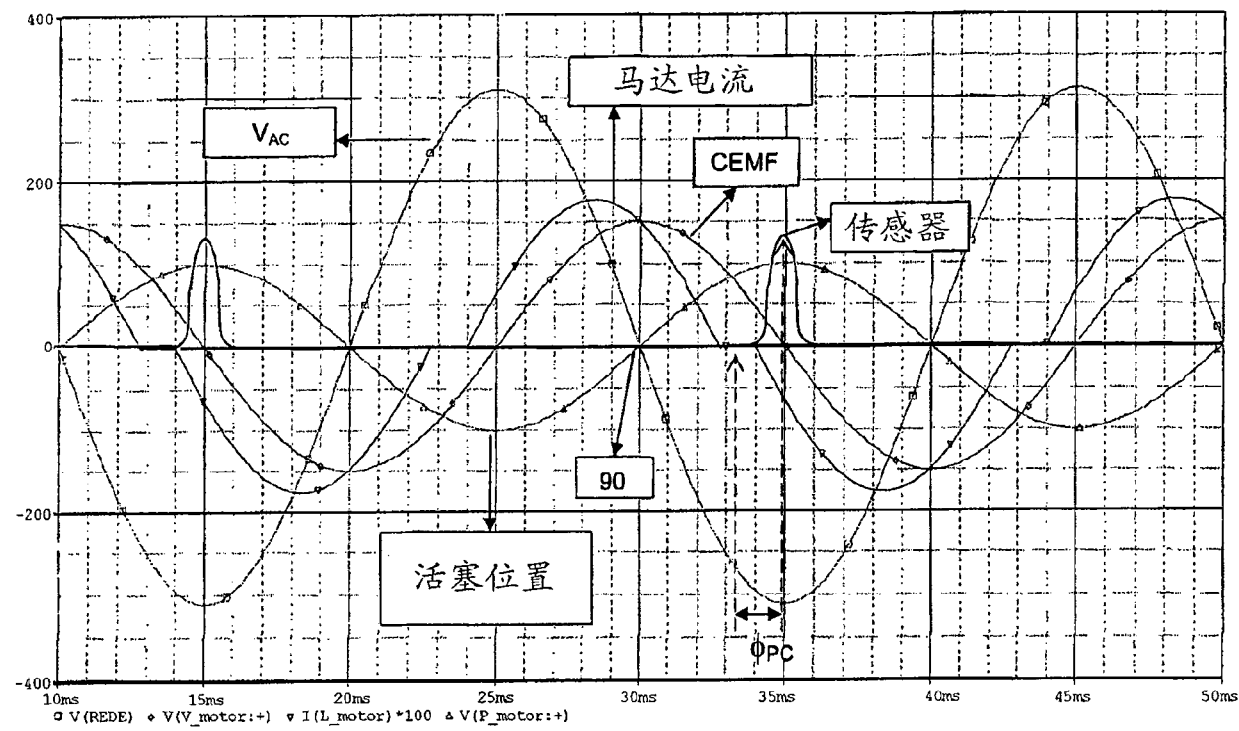


图 8



时间

图 9

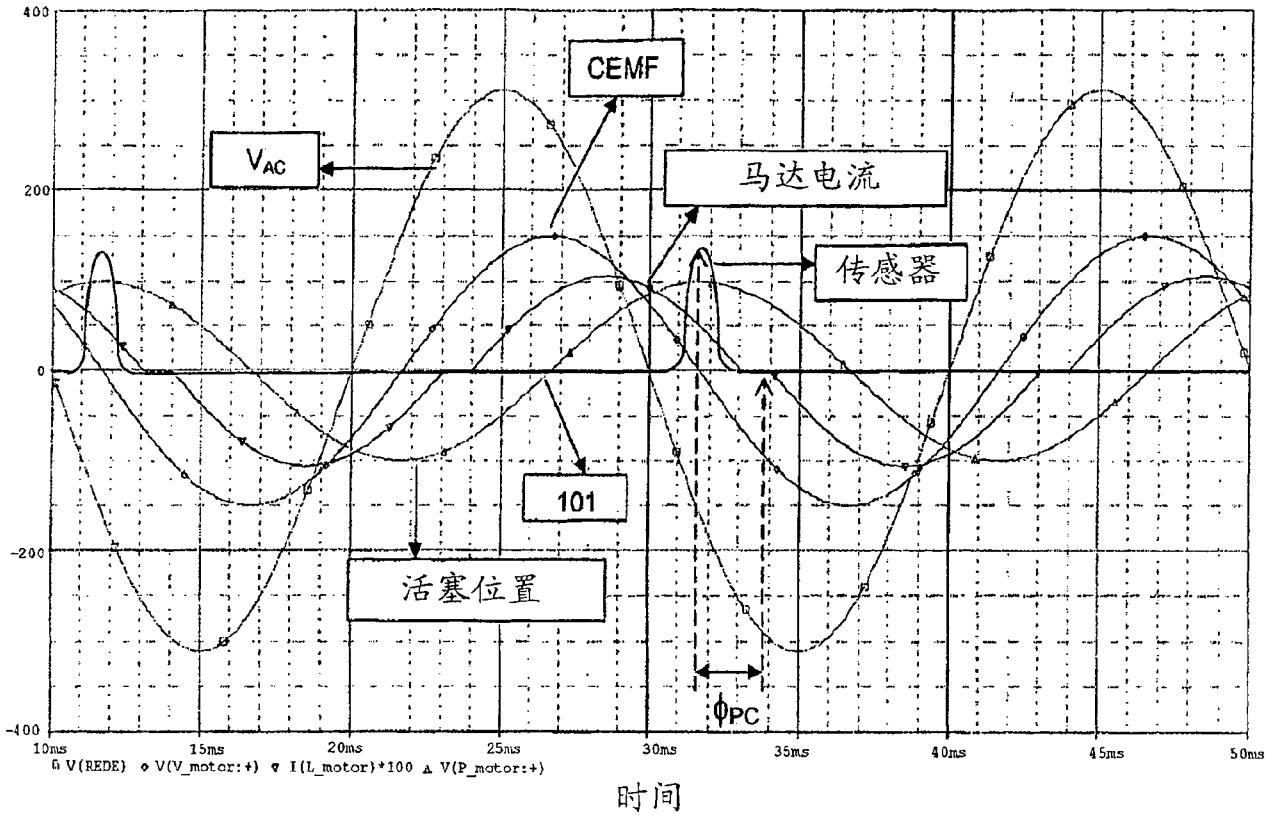


图 10

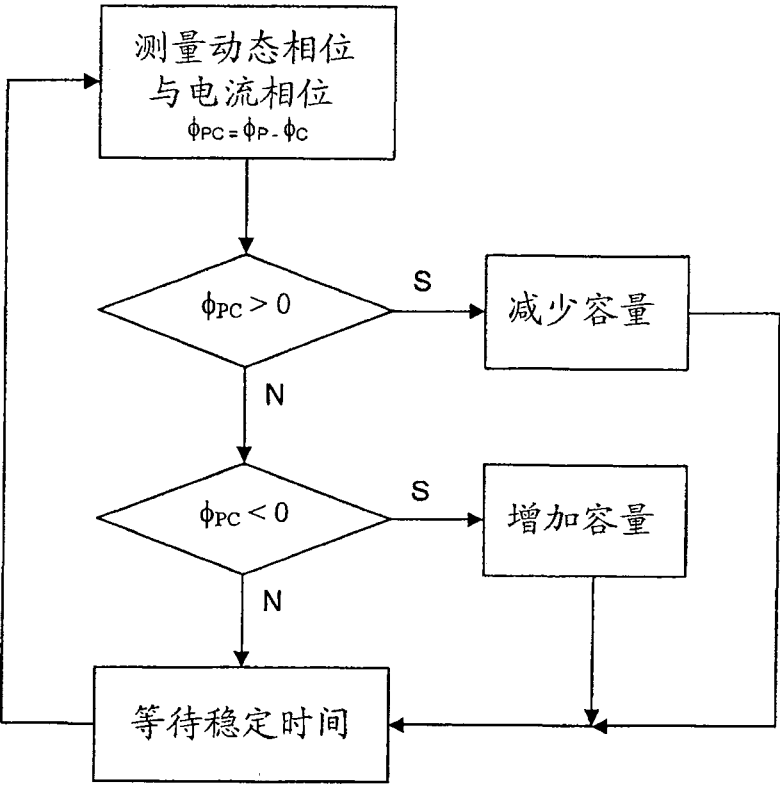


图 11

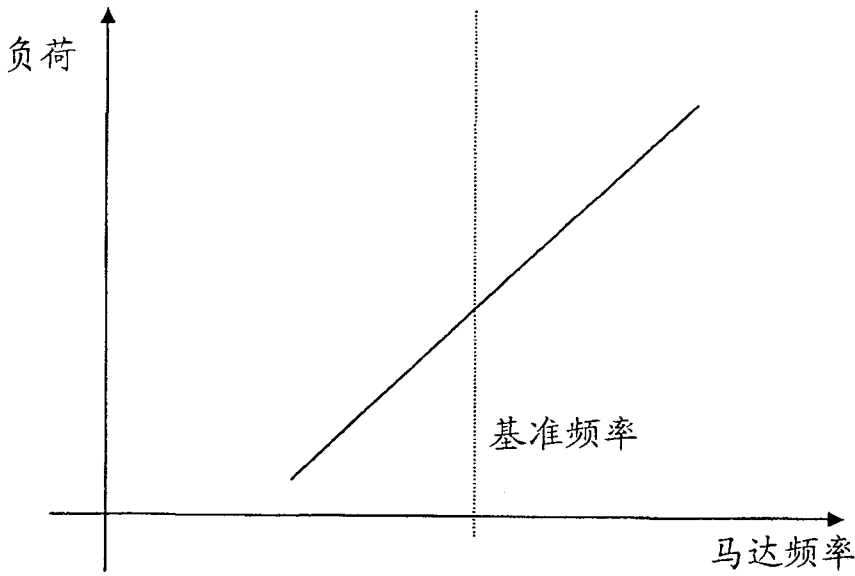


图 12

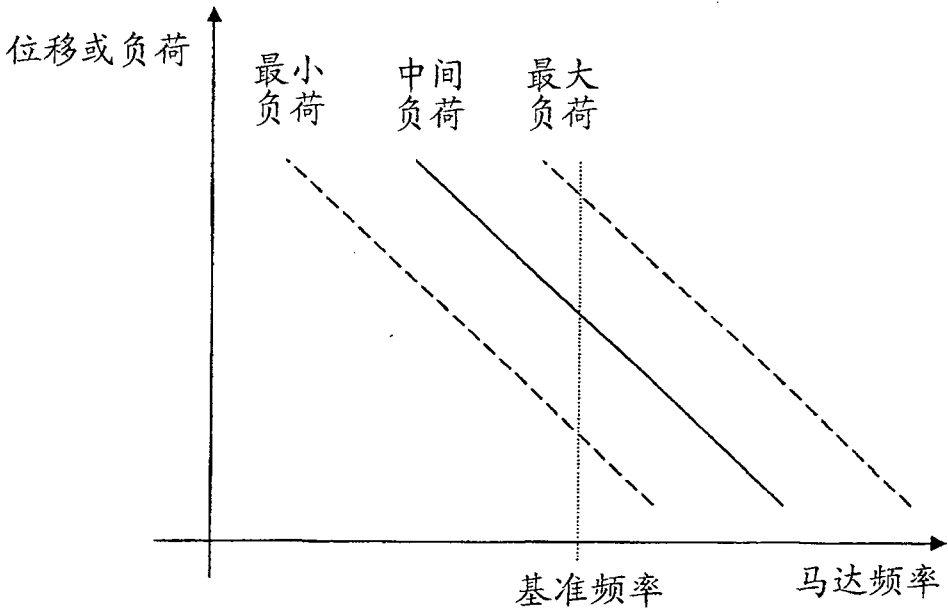


图 13

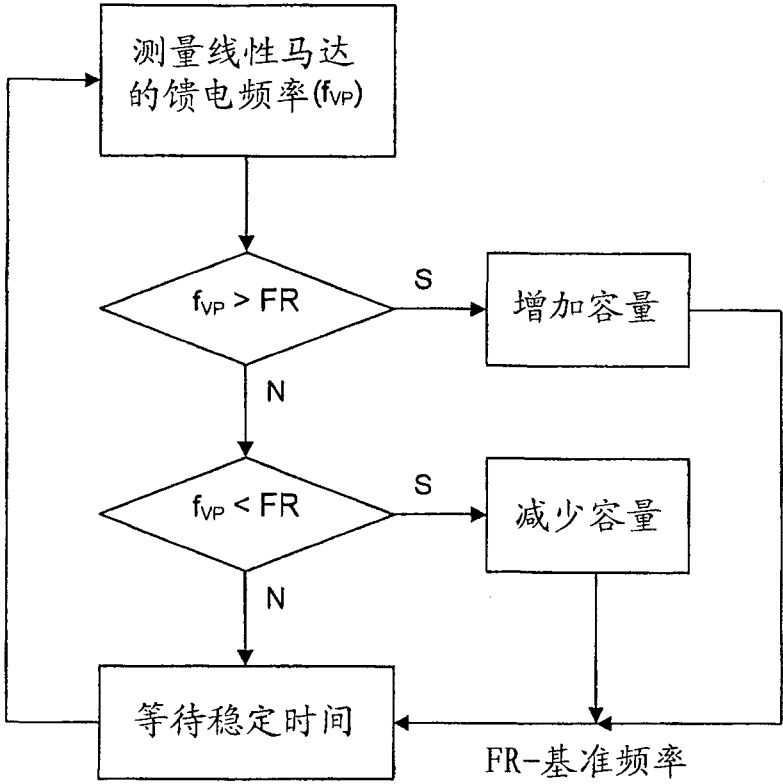


图 14