



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 93103581.3

[51]Int.Cl<sup>5</sup>

F24F 11/00

[43]公开日 1994年4月20日

[22]申请日 93.3.3

[30]优先权

[32]92.3.4 [33]US[31]845,675

[71]申请人 埃科艾尔公司

地址 美国康涅狄格州

[72]发明人 J·W·包威尔

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 程天正 马铁良

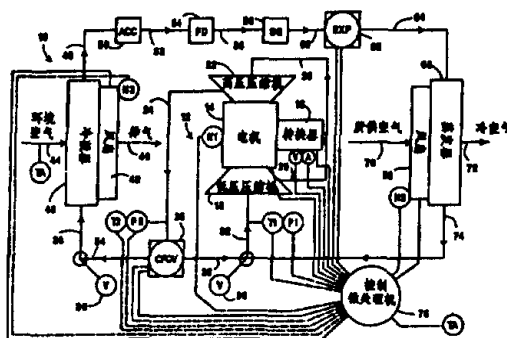
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 用于空调/制冷系统的控制系统

[57]摘要

一种适用于变速压缩机,以微处理机为基础的空调/制冷系统,测量压缩机加速度以及从其输出的制冷剂的温度或压力,确定制冷剂温度或压力变化率指出压缩机处于骤变,就减小压缩机加速度。当压缩机恒速工作时,制冷剂过热量维持在第一预定值,当压缩机加速时,增加至较高的第二预定值。该系统通过测量和比较起始和后续周期之间的压缩机输出功率和在压缩机处的制冷剂温度或压力变化率,能判断压缩机故障,且能辨别压缩机驱动部件或压力部件的故障。



## 权利要求书

---

1. 一种控制制冷系统的方法，该系统具有一种工作流体以及，依次为一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器和一个膨胀阀，包括：

a) 使所述压缩机加速旋转；

b) 测量所述压缩机加速度；

c) 在所述压缩机处，测量工作流体的温度或压力；

d) 在所述压缩机任一加速度确定所述工作流体的温度或压力的变化率；

e) 如果所述工作流体的温度或压力的所述变化率指出，压缩机骤变，减小所述压缩机加速度；

f) 重复步骤 (b) 至 (e) 直至所述压缩机停止加速。

2. 如权利要求 1 的方法，其特征在于，在步骤 (a) 中所述压缩机的所述加速度为一预定最大值。

3. 如权利要求 1 的方法，其特征在于，步骤 (c) 中测量工作流体温度是在所述压缩机中或在压缩机附近的下游进行的。

4. 如权利要求 1 的方法，其特征在于，步骤 (c) 中测量工作流体压力是在所述压缩机中或在压缩机附近的下游。

5. 用于控制制冷系统的装置，该系统具有工作液体以及，依次为一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器和一个膨胀阀，包括：

一个用于测量所述压缩机加速的传感器；

一个在所述压缩机处测量工作流体温度或压力的传感器；

一台用于控制的微处理机，用于确定在所述压缩机任一加速度时的所述工作流体温度或压力变化率，以及如果所述工作流体温度或压力所述变化率指出所述压缩机将骤变，就减小所述压缩机的加速度。

6. 一种控制制冷系统的方法，该系统具有一种工作流体以及，依次有一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器和一个膨胀阀，包括：

a) 使所述压缩机恒速工作；

b) 当所述压缩机恒速工作时，使在所述蒸发器和所述压缩机之间的所述工作流体的过热量维持在第一预定值上；

c) 使所述压缩机加速旋转；

d) 当压缩机加速运转时，使所述蒸发器和所述压缩机之间的所述工作流体过热量增加至大于第一预定值的第二预定值以及，并将过热量维持在所述第二预定值；

e) 当所述压缩机回到恒定工作速度时，减小所述工作流体的过热量至第一预定值。

7. 如权利要求 6 的方法，其特征在于，调整膨胀阀来改变系统中所述工作流体的流量，在步骤 (d) 中通过调节流过膨胀阀的工作流体使所述工作流体的过热量增加。

8. 如权利要求 6 的方法，其特征在于，所述蒸发器包括一个变速风扇，以便改变所述工作流体的热交换率，以及在步骤 (d) 中通过调整蒸发器处的工作流体的热交换，使所述工作流体的过热量增加。

9. 用于控制制冷系统的装置，该系统具有一种工作流体以及，依次为一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器和一个膨胀阀，包括：

一个用于确定何时所述压缩机工作为恒速的传感器；

一台用于控制的微处理机，当所述压缩机工作为恒速时，维持所述蒸发器和所述压缩机之间的工作流体的过热量在第一预定值；

一个用于确定何时所述压缩机旋转为加速的传感器；

一台用于控制的微处理机，当所述压缩机加速时增加所述蒸发器和所述压缩机之间所述工作流体的过热量至大于所述第一预定值的第二预定值；并维持过热量在所述第二预定值。

10. 一种在带有工作流体的制冷系统中检测变速离心机的方法，包括：

a) 在起始周期内，所述压缩机旋转是加速时：

I) 测量所述压缩机的加速度；

II) 测量所述压缩机的输入功率；

III) 测量在所述压缩机处的工作流体的温度或压力变化率；

b) 重复步骤(a)采集许多所述测量值；

c) 将起始周期内的所述加速度，输入功率和工作流体温度或压力变化率数据存储起来；

d) 在起始周期后，所述压缩机加速旋转时：

I) 测量所述压缩机加速度；

II) 测量所述压缩机输入功率；

III) 测量在所述压缩机处的工作流体温度或压力的变化率；

e) 将后续周期内的所述加速度，输入功率和工作流体温度或压力的变化率测量值与起始周期时的所述加速度，输入功率和工作流体温度或压力的变化率测量值比较，确定所述压缩机故障征兆。

11. 如权利要求10的方法，其特征在于，在步骤(e)中，

如果在所述后续周期中，所述压缩机的输入功率超过所述起始周期时输入功率一个预定量，而两所述周期之间的加速度和工作流体温度或压力变化率保持恒定，就发出表示压缩机驱动部件出故障的信号。

1 2 . 如权利要求 1 0 的方法，其特征在于，在步骤（ e ）中，如果在所述后续周期中，所述工作流体的温度或压力变化率比所述起始周期时所述工作流体温度变化率低一个预定量，而两所述周期之间，压缩机加速度保持恒定，就发出表示压缩机加压部件出故障的信号。

1 3 . 如权利要求 1 0 的方法，其特征在于，所述压缩机用电动机驱动，在步骤（ a ）（ II ）和（ d ）（ II ）中输入给所述压缩机的所述功率用输给电动机的功率值作为测量值。

1 4 . 如权利要求 1 0 的方法，其特征在于，在确定了所述压缩机故障之后，在一个新的起始周期内重复步骤（ a ）至（ c ）以及重复步骤（ d ）和（ e ）来确定从所述新的起始周期开始的所述压缩机故障征兆。

1 5 . 用于制冷系统中探测带有工作流体的变速离心压缩机的装置，其特征在于包括：

一个用于测量所述压缩机加速度的传感器；

一个用于测量所述压缩机输入功率的传感器；

一个测量所述压缩机处工作流体的温度或压力变化率的传感器。

一台控制微处理机用于存储起始周期时的加速度，输入功率和工作流体的温度或压力变化率的测量值，以及将后续周期内的加速度，输入功率和工作流体温度或压力变化率测量值与起始周期时的加速度，输入功率和工作流体温度或压力变化率测量值比较后，确定所述压缩机故障征兆。

16. 一种控制制冷系统的方法，该系统具有一工作流体以及，依次为一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器，和一个膨胀阀，其特征在于包括：

- a) 在起始周期内所述压缩机加速旋转时，而
  - I) 测量所述压缩机的加速度；
  - II) 测量在所述压缩机处的工作流体的温度或压力变化率；
- b) 重复步骤 (a) 采集许多测量值；
- c) 将所述起始周期内的加速度和工作流体的温度或压力变化率测量值存储起来；
- d) 在所述起始周期后，所述压缩机加速旋转时，而
  - I) 测量所述压缩机加速度；
  - II) 将后续周期内的所述加速度测量值与起始周期时的所述加速度和工作流体温度或压力变化率测量值比较；
- e) 如果在所述起始周期内的加速度为一个可比较的加速度，在所述起始周期时，所述工作流体的温度或压力所述变化率就指出压缩机处于骤变就减小压缩机加速度。

17. 用于控制制冷系统的装置，该系统具有一个工作流体以及，依次为一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器和一个膨胀阀，其特征在于，包括：

- 一个用于测量所述压缩机加速度的传感器；
- 一个用于在所述压缩机处的工作流体温度或压力变化率的传感器；
- 一台控制微处理机，用于存储在起始周期时加速度和工作流体的温度或压力变化率的测量值；将所述后续周期时加速度测量值与所述起始周期时的所述加速度和工作流体温度或压力变化率测量值比较；

如果所述起始周期加速度是一个可比较的加速度，那么所述起始周期时所述工作流体的温度或压力所述变化率就指出所述压缩机处于骤变，就减小所述压缩机加速度。

# 说明书

---

## 用于空调／制冷系统的控制系统

本发明涉及用于空调／制冷系统的控制系统。

最近形成的有关环境的国际立法，保证地球减少变暖和减少臭氧，已命令消除氟里昂，包括其用于几十亿美元的空调／制冷工业。替代的制冷剂具有更有利的环境指数，例如 R 1 3 4 A（一种 R 1 2 替代物，广泛用于汽车工业）已推荐用于传统的空调／制冷系统，但是招来显著的输入功率损失和对于给定部件尺寸的能力损失的代价，以及其他问题，例如润滑剂的不相容性。

目前大多数空调和制冷装置，特别是那些小容量家用和汽车空调器，是利用相对低压缩比（例如 4 / 1）的容积式压缩机装置。这些一般以恒速运转的装置用高压制冷剂中间贮罐或储存装置施加压力负荷而高压制冷剂在作为蒸发器的热交换器中作后续膨胀（和冷却）。这些系统循环地起动和停止均维持储存罐的压力。当冷却荷载减少时，只要求少量制冷剂，开关循环时间变得较长。这种设计事实上存在的缺陷是能效启动时比稳态运转时显著地小，在所有工作状况下频繁地循环，对可靠性来说是有害的。由于中间贮罐的贮存和排放，可以认为需要的冷量是可变的，事实上这种工作类型所能接受的荷载变化的能力多少受到某些限止。

可在较现代的系统中看到对这种类型所作出的后续改进，这些系统调制压缩机，也调制蒸发器和冷凝器的风扇以获得更接近于均匀地

工作以及多少扩大了工作范围和提高了效率。这些系统具体地采用固定的或变化的活塞式、涡卷式或斜盘式压缩机，可从文献中找到许多这样的例子。

已公开的最新技术，使用比常规 R 1 2 和 R 2 2 流体的比容更高的制冷剂。这些常运用小型高速离心式压缩机的系统，系统要求较高压缩比但与正常遇到的情况不同的是要求很低的绝对压力。美国专利 5, 0 6 5, 5 9 0 说明这种系统，在该专利中提到的典型调制系统，通过热气体旁路（效率低）或通过压缩机旁路改变压缩机速度（限止最大至最小荷载范围，而比最佳效率小）来控制荷载变化和环境情况的变化。然而，这些方案及其他在此未特别说明的方案其工作效率和最佳性能都受到限止，功率消耗和工作范围事实上都决定于所用预编输入资料（查阅表）它们不仅与压缩机的机械约束条件，制造偏差，机械状况，工作特性曲线，和限定的参数有关，而且与制冷剂流体的热动力学和气体动力学参数有关。

因为已有技术存在的问题和缺陷，因此本发明的目的是提供一种空调／制冷系统能用对环境无害的制冷剂而无已有技术系统所有的效率损失问题。

本发明的另一个目的是提供一种在整个荷载范围内具有高效率的空调／制冷剂控制系统。

本发明还有另一个目的是提供一种空调／制冷系统，能配用以下压缩机，例如单级离心压缩机，两级离心压缩机，轴向／离心压缩机或混流组合压缩机，能在一个速度范围内从中等荷载至大荷载范围内实现调节，且能对中等荷载至低荷载范围内循环启动和关闭。本发明的还有一个目的提供一种用于空调／制冷系统的控制系统，使得在稳

态和荷载变化时，能无骤变地工作。

本发明另一个目的是提供一种空调／制冷控制系统，使得压缩机从停止状态至满荷载的加速时间最短。

本发明还有另一个目的是提供一种空调／制冷系统，其有能力在同一系统中使用其他制冷剂。

本发明还有一个目的是提供一种用于空调／制冷系统的控制系统其包括一个内在的检测故障和／或损坏的部件诊断能力。

本发明还有另一个目的是提供一种空调／制冷控制系统，其在稳态和瞬时工作时，通过控制过热程度使得循环效率最大。

本发明在各方面均能实现对该领域的技术人员清楚的上述和其它目的，本发明采用对环境无害的制冷剂，并配有一变速离心压缩机或其他类型的压缩机。本发明提供一种独特的控制方案，使得空调／制冷系统在满负荷范围内都具有最大效率，并保持换用对环境有利的工作流体时否则将要损失的那部分效率。

这里所述新的空调／制冷系统配用的对环境无害制冷剂与多数常规的制冷系统相比，具有较高的比容，较高的压缩比和较低的绝对压力。低的绝对压力就允许关键部件用复合材料制造。该控制系统最好用在空调／制冷系统中该系统包括：1）一台电力驱动的封闭的变速压缩机，可以是单级离心压缩机，两级离心压缩机，轴向／离心组合压缩机，或混流压缩机；2）一台感应电机，或永磁电机，或可变磁阻电机以及与其配合的脉宽调节转换器，该转换器不但用作功率源，还用作传感器；3）一个电动调节的止回／流量控制阀；4）带变速风扇的冷凝器；5）需要时用于循环的过滤器／干燥器／中间贮罐组件；6）电子驱动膨胀阀；7）带变速风扇的蒸发器。

本发明之一指的是控制制冷系统的方法，该系统具有一种工作流体以及依次为，蒸发器，变速离心压缩机，冷凝器和膨胀阀。本发明的方法包含的步骤是加速压缩机旋转；测量压缩机加速度；测量在压缩机处的工作流体的温度或压力；在任一压缩机加速度值时确定工作流体的温度或压力的变化率；如果工作流体的温度或压力变化率显示压缩机骤变就减小压缩机加速度；重复这些步骤，直至压缩机停止加速。压缩机的起始加速度最好是一个预定的最大值。工作流体的温度和压力可在压缩机内或下游附近测量。由于压缩机骤变可出现在压缩机速度增加和减小两种情况下，在两个方向控制加速度是重要的。这样，这里所指的增加或减小加速度是指加速度的绝对值，因此包含正或负的加速度。

本发明包括用于控制制冷系统的装置，该系统具有工作流体以及，依次为一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器和一个膨胀阀。这种装置包括用于测量压缩机加速度的一个传感器和用于测量在压缩机处的工作流体的温度或压力的传感器。一台控制微处理机用于确定压缩机在任一加速度值时的工作流体的温度或压力的变化率，以及，如果工作流体的温度或压力变化率指出压缩机骤变，就减小压缩机的加速度。

在另一方面，本发明是一种控制制冷系统的方法，该系统具有工作流体，以及依次是一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器和一个膨胀阀。该方法包括的步骤是使压缩机以恒速运行；当压缩机以恒速运行时，保持在蒸发器和压缩机之间的工作流体的过热量为第一预定值；使压缩机加速旋转；当压缩机正在加速时增加蒸发器和压缩机之间的工作流体的过热量至大于第一预定值的第二预定值，并保

持过热量在第二预定值上；当压缩机回到恒定工作速度时，减小工作流体的过热量至第一预定值。最好调整膨胀阀来改变系统中工作流体的流量，在压缩机加速期间，可通过调节流过膨胀阀的工作流体的流量来增加工作流体的过热量。蒸发器也包括一个调节风扇，以便改变工作流体的换热量，在压缩机加速期间，通过调节在蒸发器处工作流体的热交换量，使工作流体的过热量增加。

在与此有关的方面中，本发明包括用于控制制冷系统的装置，该系统具有一种工作流体以及依次为一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器和一个膨胀阀，其包括用于确定何时压缩机工作为恒定的传感器以及一台控制微处理机，当压缩机工作为恒速时，用于维持蒸发器和压缩机之间工作流体的过热量在第一预定值。还具有一个传感器用于确定压缩机旋转何时加速，以及一台控制微处理机当压缩机加速时用于增加蒸发器和压缩机之间工作流体的过热量至大于第一预定值的第二预定值，并维持过热量在第二预定值上。

还有一个方面，本发明包括在有工作流体的制冷系统中检测变速离心压缩机的方法。在起始周期内，使压缩机加速，然后测量压缩机的加速度；测量压缩机的输入功率；测量在压缩机处的工作流体的温度或压力的变化率。重复这些步骤，在不同加速度值时重复这些步骤以便采集许多测量数据。于是将起始周期内的加速度，输入功率和工作液体的温度或压力变化率测量数据存储起来。在起始周期后，使压缩机加速旋转，然后，测量压缩机加速度；测量压缩机输入功率；测量在压缩机处工作流体的温度或压力的变化率。

将后续周期时测得的加速度，输入功率和工作流体温度或压力变化率与起始周期时测得的加速度，输入功率和工作流体温度或压力变

化率比较，来确定压缩机故障征兆。如果在后续周期中压缩机的输入功率超过起始周期时输入功率一个预定量，而两周期之间的加速度和工作流体温度或压力变化率保持恒定，就发出表示压缩机驱动部件出故障的信号。如果，在后续周期中工作流体温度或压力的变化率比起始时工作流体温度的变化率低一个预定量，而两周期之间，压缩机加速度保持恒定，就发出压缩机压力部件故障信号。

压缩机最好用电动机驱动，在步骤中测量压缩机输入功率是用电动机的输入功率值作为测量值，在确定压缩机故障后，在一个新的起始周期中重复上述步骤，确定后续周期压缩机故障征兆。

在另一有关方面，本发明提供用于制冷系统中探测带有工作流体的变速离心压缩机的装置，其包括一个用于测量压缩机加速度的传感器；一个用于测量压缩机输入功率的传感器；和一个测量在压缩机处工作流体的温度或压力变化率的传感器。一台控制微处理机存储起始周期时的加速度，输入功率和工作流体的温度或压力变化率的测量值，以及将后续周期时的加速度，输入功率和工作流体温度或压力变化率测量值与起始周期时的加速度，输入功率和工作流体温度或压力变化率测量值比较后，确定压缩机故障征兆。

还有一个方面，本发明包括一种控制制冷系统的方法，该系统具有一工作流体以及，依次为一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器和一个膨胀阀。该方法的步骤包括在起始周期时使压缩机加速旋转，然后测量压缩机加速度；测量在压缩机处的工作流体的温度或压力变化率。在不同加速度值时，重复这些步骤以便采集许多测量值。于是将起始周期时的加速度和工作流体的温度或压力变化率测量值存储起来。在起始周期后，压缩机加速旋转，然后测量压缩机加速度。

将后续周期时加速度的测量值与起始周期时的加速度和工作流体温度或压力变化率测量值比较。如果在起始周期时加速度是一个可比较的加速度值，在起始周期时，工作流体的温度压力变化率就指出压缩机骤变就减小压缩机加速度。

另一个有关方面，本发明提供一种用于控制制冷系统的装置，该系统具有一个工作流体，以及依次为，一个蒸发器，一台变速离心压缩机，一个冷凝器和一个膨胀阀，该装置包括一个用于测量压缩机加速度的传感器，和一个用于在压缩机处测量工作流体温度或压力变化率的传感器。一台控制微处理机用于存储在起始周期加速度和工作流体的温度或压力变化率的测量值；将后续周期内的加速度测量值与起始周期的加速度和工作流体温度或压力变化率测量值比较；如果起始周期时加速度是一个可比的加速度值，那么起始周期时的工作流体的温度或压力变化率就指出压缩机骤变就减小压缩机的加速度。

图 1 是用于更好理解本发明空调 / 制冷系统最佳实施例中控制参数的压缩机典型工作特性曲线图。

图 2 是本发明空调 / 制冷控制系统最佳实施例方框图。

图 3 描述本发明控制系统的程序逻辑框图。

本发明空调 / 制冷控制系统设计成兼有单一工作点高压压缩机效率的优点，在高负荷和中负荷范围内以可变速工作的优点和低负荷载循环工作且远离设计工作点时较高总系统效率的系统循环的优点。这种可变循环工作是通过唯一的系统工作控制方法来达到。

压缩机典型的工作特性曲线如图 1 所示，其示出压缩机压缩比，也就是纵座标为压缩机出口压力与压缩机入口压力之比 ( $P_2/P_1$ )，横座标为制冷剂流量。图中所示称为“骤变线” 80，即对任一具体

的压缩机来说，线的下方右边为安全区，骤变线的上方左边为工作不稳定区。骤变线表示在任一给定流量时稳定运行的最大压缩机之压力比的界线。将稳态工作线，设计在这曲线上，具有最大效率特性。因不同压缩机具有不同的骤变特性，而用已知试验方法可确定特定压缩机的骤变特性。骤变线 80 下面的线 82，84，86 表示恒定的压缩机速度  $N_1$ ，其速度按箭头所示方向增加。

稳态加载的压缩机 12 的常规工作曲线用虚线 90 表示。叠加在稳态荷载曲线上的形如：“岛屿”的是恒定压缩机效率曲线 92，94，其效率按箭头所示方向增加。现有技术空调/制冷系统的常规压缩机荷载曲线 90，经试验确定离骤变线 80 有一安全距离。与骤变线 80 保持一个预定的距离的理由是因为，在压缩机速度（加速）改变时，虚线 100 表示的瞬态压缩机荷载曲线，可使压缩机工作移至骤变线 80 以上不稳定骤变区。在本发明中，由于压缩机骤变问题可出现在两个方向当压缩机速度增加或减少时能测量加速度并进行控制。尽管对压缩机正确地设计并使其与另外的系统部件相匹配可达到相当好的效果，但往往在某种条件下，从停止到满荷载工作以及再返回至停止状态，带来困难。问题之一是流量落后于压缩比以及瞬时加速荷载曲线会与不稳定工作的骤变区相交（常常是不可恢复的），而带来不能运行并伴随着部件损坏的危险。在过去典型的经验是使控制系统的程序中有一人为的极限以保证压缩机速度，在荷载，环境和部件硬件条件下任意组合不会接近骤变线。虽然，该系统在实践中工作得十分好，但在工作条件和骤变线之间所编程序范围内限制了其达到最大循环效率。

为了避免瞬时工作于不稳定骤变区和损坏压缩机，本发明的控制

系统一方面设置用于探测压缩机的加速度和制冷剂的参数并且假如探测到的制冷剂状态变化率指出压缩机出现骤变，就控制压缩机加速度的装置。如图 1 所示的这类型信息可作为查找表存储在一个普通的控制微处理机中用以确定初始骤变。然而，本发明提供一种系统和方法，能够避免依赖这样的表来控制空调／制冷系统以及不需要在压缩机工作条件与骤变极限之间预编设范围。

正如这里所述，已发现当瞬时荷载曲线接近骤变线时的优良的系统控制方法是探测压缩机速度变化率，或探测压缩机转子加速度，以及制冷温度和／或压缩机压力上升变化率。通过测量压缩机速度变化率（ $dn/dt$ ）和控制输入功率，使得有一安全稳定的值，有可能达到最快速，无骤变和有效率的瞬态。此外，通过设置合适的初始骤变检测装置，例如快速响应温度和压力传感器和合适的控制逻辑，这个能自动地改变的加速度程序调节不能预料的荷载，环境，热动力学或机械工况。现有技术例如美国专利 5, 065, 590 所述，要求复杂的分支流程图和骤变控制阀，而在本发明系统中就可避免。

结合图 2 所示空调／制冷系统 10，说明最佳控制系统实施例。一个变速压缩机 12 包括一个感应电机 14，感应电机两末端的一端与一低压离心压缩机 18 耦合，相反的另一端与高压离心压缩机 22 耦合。气态工作流体或制冷剂由管路 32 供给到低压压缩机。用容易获得的快速反应温度和压力传感器测量绝对的入口温度  $T_1$  和入口压力  $P_1$  并作为时间函数（分别为  $DT_1/DT$  和  $DP_1/DP$ ）。然后，管道 20 将制冷剂从低压压缩机 18 输送至高压压缩机 22。两级离心压缩机可用美国专利 5 065 590 公开的类型，指出压缩机的类型在此处仅作参考。根据系统的设计参数，一个普通技术人员显

而易见地可用任何其他类型的压缩机来替代这种两级压缩机，例如一级离心压缩机或轴向/离心压缩机组合成多级的，用于25000至50000 Btu/小时范围（Btu英热量单位=252卡）内较小的应用，一个两级离心压缩机典型的压缩比 $DP_2 / DP_1$ 范围可为8-15以及工作速度可超过100000转/分。

多个常规的速度传感器是用于测量压缩机轴的旋转速度 $N_1$ 和加速度 $DN_1 / DT$ 。一个常规的变换器16是用于将脉冲输出供给变速电机14。变换器输出的频率是由它的逻辑电路提供的定时信号来调节的。输入变换的电压 $V$ 和电流 $A$ 用常规的电压和电流传感器测量。压缩机转速变化率控制的特殊方法是本发明一个重要的方面，将进一步作详细的说明。

高压压缩机22经制冷剂管道24与可变的止回/流量控制阀26相连接。还有，快速反应温度和压力传感器是用于分别测量冷凝器输出绝对温度 $T_2$ 和输出绝对压力 $P_2$ ，并作为时间函数（分别为 $DT_2 / DT$ ）。假如使用相对低的压力，有益于环境的制冷剂可变止回/流量控制阀将有一个相对低的压力降。根据阀26的设定，制冷剂或者管道28并经一低压辅助阀30流过管道32回到低压压缩机18。达到合适的流量平衡，或者经管道34，经高压辅助阀36和管道38到冷凝器40，或者调节得使得能到上述两处。当制冷剂经过冷凝器40时，变速冷凝器风扇42（包括常规的测量风扇速度 $N_3$ 的装置）吸入温度为 $T_A$ 的环境空气44经过冷凝器，冷却和液化制冷剂，再将加热后的环境空气46排出返回周围环境中去。

这时的液态制冷剂经过管道48到达常规的中间罐50，经过管道52到常规的制冷过滤器干燥器54，再经管道56到一常规的玻

璃观察管 5 8，最后经管道 6 0 至可变膨胀阀 6 2。膨胀阀 6 2 的作用是控制制冷剂流量，当制冷剂呈气态离开蒸发器时，保持制冷剂所要求的过热量。本发明控制过热量用特殊的方法，将在下面说明。当制冷剂经过管道 6 4 至蒸发器 6 6，一个变速蒸发器风扇 6 8（包括测量风扇速度 N 2 的常规装置）。吸入外部环境或需要冷却区的内部空气 7 0。经过蒸发器 6 6 后，冷空气 7 2 排出至需要冷却区。这时的气态制冷剂经管道 7 4 及低压辅助阀 3 0 和管道 3 2 返回至压缩机 1 2。一台个人计算机型的微处理机控制器 7 6 接收来自于测量系统参数的各个传感器输给计算机的信号（虚线）和输出停车（实线）按照如下讨论的预编程序算法至各种装置。

本发明控制系统的一个最佳实施例的逻辑框图如图 3 所示。该逻辑系统是用于变速压缩机工作保持在低于骤变线下安全区（见图 2）。该控制系统还提供一种方法，这种方法通过改变流出蒸发器出口制冷剂过热量来增加工作效率。系统控制变量如表 1 所示，在图 1 所示位置进行测量。

表 1

系统控制变量：

- T 1 压缩机入口温度
- T 2 压缩机出口温度
- T A 冷凝器空气侧入口温度
- P 1 压缩机入口压力
- P 2 压缩机出口压力

N 1 压缩机电机速度  
N 2 蒸发器风扇速度  
N 3 冷凝器风扇速度  
C F C V 止回 / 流量控制阀位置  
E X P 膨胀阀位置  
V 调制电压的脉冲宽度  
A 电机电流

如图 3 所示逻辑系统可编程序作为常规微处理机的软件算法，其可利用工业中许多输入 / 输出通讯方案中任何一种，例如用于 I B M 兼容系统的 R S 2 3 2 标准串连通讯方案。一个标准值由恒温器或类似装置发出某种要求的初始停车以便增加或减少系统的制冷输出。这时，微处理机校正压缩机电机速度 N 1 确定是不是以所要求的速度工作。所要求的速度是事先用空调 / 制冷系统的特殊的工作特性曲线确定的，并作为查找表存储在存储器中。

假如压缩机速度 N 1 太低，将压缩机旋转加速度增量  $D N 1 / D T$  增加至用压缩机工作特性曲线预先确定的第一速度值。同时，将膨胀阀位置调至关闭处，而蒸发器风扇速度 N 2 增加使蒸发器出口制冷剂过热量上升，工作情况将在下面进一步详细说明。测量压缩机出口的制冷剂压力变化率  $D P 2 / D T$ ，检查确定其是不是在所要求的范围内，即压缩机是否仍然工作在骤变线以下的稳定区。 $D P 2 / D T$  特定的安全范围是根据所使用压缩机的独有的特性曲线来确定的，并存储在微处理机的存储器中。举例，压力上升值为  $400 \text{ psi} / \text{秒}$

(  $1 \text{ psi} = 0.068 \text{ 大气压力}$  ) 可确定在骤变线以下的稳定工作区中，而压力升速为  $2000 \text{ psi} / \text{秒}$ ，可确定为逼近骤变。在这种情况下，

$DP_2 / DT$ 的安全范围约可设置在  $800 \text{ psi} / \text{秒}$ ，任何值不希望使其超过。

可用出口温度  $T_2$  的变化率替代出口压力  $P_2$  的变化率来确定骤变。已发现中等程度的骤变预测，用温度变化率  $DT_2 / DT$  是满意的标志。可是，预测较大的骤变，发现用压力不稳定性较好，因此压力变化率  $DP_2 / DT$  用作标志更好。

假如  $DP_2 / DT$ （或  $DT_2 / DN_1$ ）的值是在安全范围内，系统检查  $N_1$  是否稳定，即工作在恒速还是加速状态下。如果，为另一种情况， $DP_2 / DN_1$ （或  $DT_2 / DN_1$ ）不在可容许的范围内，例如，其值过分高到指出压缩机工作在骤变线上的不稳定区，那末加速度要下降，即  $DN_1 / DT$  降低，并且重新检查  $DP_2 / DT$ （或  $DT_2 / DN_1$ ）是否是非骤变区，是否在容许范围内。如果  $DP_2 / DT$  或  $DT_2 / DN_1$  还是太高，加速度再降低，直至其在容许范围内。只要出现这种情况，系统就再次检查  $N_1$  比输入的标准值太高还是太低。

如果压缩机速度  $N_1$  太高，于是一个负的加速度增量替代最初建立的加速度增量，预置值为  $-DN_1 / DT$  使压缩机降低。还发现，甚至于在过快使压缩机减速时可出现骤变问题。在同一时间膨胀阀  $EXP$  调节至关闭位置，并且蒸发器风扇速度  $N_2$  增加，使得蒸发器出口制冷剂过热量上升。检查  $DP_2 / DT$  或  $DT_2 / DT$  是否在安全范围内，即非骤变区。如果为“是”，系统继续进行检查压缩机速度  $N_1$  是否稳定。如果  $DP_2 / DT$  或  $DT_2 / DT$  太高，则  $DN_1 / DT$  增加（由于  $DN_1 / DT$  为负值，使得加速度绝对值较低）直到  $DP_2 / DT$  或  $DT_2 / DT$  在安全区域内。于是系统再检查  $N_1$

是否比输入的标准值过高或过低。

只需要压缩机速度  $N_1$  稳定在标准值所要求的值，即  $DN_1/DT=0$ ，膨胀阀调节位置和蒸发器风扇  $N_2$  和冷凝器风扇  $N_3$  的速度作为环境温度  $T_A$  和按照整个系统的工作特性曲线的压缩机速度  $N_1$  的函数进行调节（或重新调节膨胀阀位置  $EXP$  和  $N_2$ ）同时检查压缩机入口温度  $T_1$  和压缩机入口压力  $P_1$ ，确定流过止回/流量控制阀的流量是否要调节。止回/流量控制阀  $CECV$  的位置或者是打开，允许通过较大流量，或者关闭阻止流体流动直至调到合适位置。如果输入到系统的需求量如此低，以致于压缩机工作在效率低的速度，则止回/流量控制阀  $CFCV$  完全关闭，压缩机停止运转，但中间罐继续供给制冷剂至蒸发器，在低指令值时间，系统的循环停止。这样，在这里所述的空调/制冷剂控制系统，能用改变压缩机速度，通过正常的要求状态有效地工作，更重要的是当要增加和减小速度时，控制压缩机加速度即可。探测压缩机制冷剂压力或温度的变化率，能使微处理机控制压缩机工作状态接近骤变线，实际上不会进入骤变区任意长的时间，而一旦进入就会导致产生故障。在特别低的冷却荷载时，通过使用低压降止回/流量控制阀使压缩机循环停止。仅仅在系统要求量低于表示不可接受的压缩机热动力学性能水平时，关闭该阀。控制系统的自动编程加速度能力具有可观的效果。例如，同一压缩机能用十分不同的制冷剂和硬件可达到非常不同的荷载特性，而不需要修改或重新编制系统的程序。例如，设计适用  $CFC$  制冷剂，如  $R113$  的最基本的系统，能换用替代物  $HFC$ ，例如， $HFC43-10$ ，其多少有某些不同的热动力学特性，但对工作无影响，或能换用  $FC123$ ，例如可达到该压缩机能力的两倍以上，不影响控制或压

压缩机。至此各种应用所考虑到的矛盾能用同一基本的硬件和软件来编址。这是有显著的好处，因为对于所用压缩机具有不同蒸发器温度通常要求改变控制系统和硬件。

本发明空调／制冷控制系统另一特征是涉及控制制冷剂过热量方法。本发明控制系统提供一种控制和改变蒸发器出口的制冷剂过热量以便增加工作效率。过去的经验是依靠预置固定的蒸发器出口过热量值，用多个控制措施来保持它，保证在荷载，硬件或环境状况任何变化时，无液体进入压缩机。已经发现，保持固定的过热量值在大都数工作状态下是困难的，这是因为提供的过热量比安全工作所要求的要多，因此对循环效率的影响是负效应。

与现有系统不同的本发明控制系统，仅在压缩机恒速运行时期即  $DN1 / DT = 0$  可通过控制膨胀阀的调节而将过热量保持在相对低的水准上，即  $DN1 / DT = 0$ ，过热量例如维持在  $2 - 5^{\circ}\text{C}$ 。然而，当压缩机加速时（速度或者增加或者减少），制冷剂的过热量增加至较高的预定值，在正常的稳态水准以上。换句话说，当系统检测出  $DN1 / DT$  大于或小于零，膨胀阀关闭，使过热量增加至正常稳态水准以上，例如  $10$  至  $15^{\circ}\text{C}$ 。一旦压缩机回到恒定的工作速度，即  $DN1 / DT = 0$ ，那末，膨胀阀  $EXP$  打开，使过热量降低至其较低的预先规定的稳态水准。一个单独系统所要求的过热量值能容易地确定，而不需要做试验。除了利用膨胀阀位置  $EXP$  来确定过热量程度以外或可用另一种选择，在压缩机加速时期，可增加蒸发器风扇  $N2$  速度，当压缩机回到恒定工作时  $DN1 / DT = 0$ ，于是再降低速度。

执行的这种依靠工作状态控制加速度与前面提到的基于骤变检测的控制结合起来，使得有可能达到更有效的工作方式。在稳态工作时，

系统仅用最小过热量工作，大大地提高了效率。随着瞬态工作开始，就进行恰当的调节，包括修正压缩机压缩比，调节膨胀阀，和改变蒸发器风扇速度来增加过热余量。

本发明还可用检测器检测作为时间函数的压缩机工况，在压缩机出现如机械方面的或气体动力学方面的特定故障或损坏时发出信号，直到检修工作完成后，才允许系统稳定工作。在这方面，设定一个起始周期，在该周期内，压缩机加速旋转，并测量加速度。同时，在转换器处测量压缩机输入功率（ $V \times A$ ）以及在压缩机输出端制冷剂温度和/或压力变化率（分别为  $DT^2 / DT$  和/或  $DP^2 / DT$ ）。最好，在各加速度值采集许多这种测量数据。这些加速度，功率输入和制冷温度或压力的变化率的测量数据存储在例如控制系统微处理机的内在的存储器中。起始同期后的任何时间，当压缩机加速旋转时，测量压缩机的输入功率，在压缩机输出端制冷剂的温度或压力变化率。在所希望的后续周期内的加速度，输入功率和温度或压力变化率的测量数据与起始周期内的类似测量数据比较。如果压缩机的输入功率在后续周期内显著增加，超过起始周期内输入功率的预定量例如5-10%，并且在这两周期间，加速度和工作流体的温度变化率保持常数，这就指出压缩机的机械驱动部件有损坏，例如轴瓦已磨损。在这点上，系统可产生机械损坏的合适的信号提醒操作者。

相反，如果后续周期内制冷剂的温度或压力变化率显著减少，超过周期内工作流体的温度变化率例如5-10%，并且在这两周期间压缩机加速度保持恒定，这就指出压缩机的空气动力学的，增压部件损坏，例如压缩机叶片。这种情况，控制系统发出信号提醒操作者。如果起始和后续周期间测量参数比较得出无显著变化，也可显示出来。

如果给出压缩机损坏的任何显示，系统可重新回至起始状态，以便在有其他故障时还可发出信号提醒操作者。

该控制系统的自补偿能力使系统具有可靠性和工作效果，不仅有自诊断能力显示起始问题，而且通过加速度值自动重新回到起始状态，系统将允许在性能下降状态下稳定工作，直至进行校正工作。通过将前面所述的传感器的结合，输入功率与起始的和“原样”的定值加速度比较，用于诊断例如压缩机磨损，性能下降后效率损失，迷宫式密封制动器等故障。

前面提到的在初始周期时测量和存储系统参数的系统也可用于控制空调／制冷系统。在起始位置后的时期内在正常运行时，可使压缩机加速，并将实际加速度与起始时期内测到的并存储在存储器中的加速度和工作流体的温度或压力的变化率比较，如果起始周期内的加速度为一个可比的加速度值，即两者相差不大，那么起始周期的制冷剂温度或压力变化率就指示压缩机的骤变，在预测到骤变状态时就降低压缩机的速度。

用具体实施例对本发明作了说明，凡是普通技术人员能够做到的变型都属于本发明保护范围，不能用本发明公开的所有实施例限制本发明的保护范围。

