



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I570330 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 02 月 11 日

(21)申請案號：101122487

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 06 月 22 日

(51)Int. Cl. : F04C28/24 (2006.01)

F04C29/04 (2006.01)

(30)優先權：2011/06/23 美國

61/500,205

(71)申請人：強生控制科技公司 (美國) JOHNSON CONTROLS TECHNOLOGY COMPANY
(US)

美國

(72)發明人：德拉米納特 保羅 DE LARMINAT, PAUL (FR) ; 阿努 戴米恩 J D ARNOU,
DAMIEN JEAN DANIEL (FR)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

(56)參考文獻：

US 4151725

審查人員：周修平

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：3 共 26 頁

(54)名稱

用於離心壓縮機的容量控制系統及方法

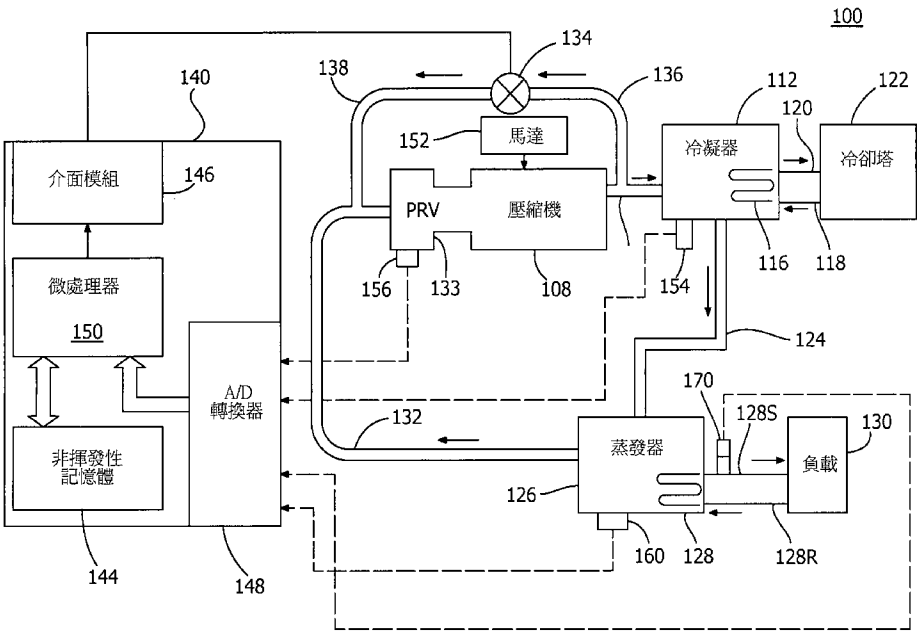
CAPACITY CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR CENTRIFUGAL COMPRESSOR

(57)摘要

一種用以控制壓縮機容量而維持壓縮機穩定性的系統和方法，包含提供一壓縮機及一流量減少裝置用以控制通過該壓縮機的冷媒流量；測量該壓縮機的吸入壓力和排出壓力；依據該吸入和排出壓力計算一壓縮機頭係數；計算該冷媒中的音速；計算該葉輪的末梢速度除以該音速；計算該葉輪在最小馬赫數時的末梢速度；依據一致動器反饋訊號計算一速度增加的乘數作為該流量減少裝置之一函數；決定一最小轉速，在該轉速時該壓縮機可操作而不會有一突沖狀況；及控制該壓縮機之一轉速高於該最小轉速。

A system and method for controlling compressor capacity while maintaining compressor stability includes providing a compressor and a flow reduction device for controlling flow of refrigerant through the compressor; measuring suction pressure and discharge pressure of the compressor; calculating a compressor head factor based on the suction discharge pressures; calculating the speed of sound in the refrigerant; calculating the tip speed of the impeller divided by the speed of sound; calculating the tip speed of the impeller at the minimum Mach number; calculating a multiplier of speed increase as a function of the flow reduction device based on an actuator feed-back signal; determining a minimum rotational speed at which the compressor may operate free from a surge condition; and controlling a rotational speed of the compressor above the minimum rotational speed.

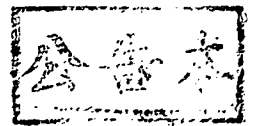
指定代表圖：



第 1 圖

符號簡單說明：

- 100 . . . 蒸氣壓縮系統
- 108 . . . 離心壓縮機
- 112 . . . 冷凝器
- 114 , 124 , 136 , 138 . . . 管線
- 116 . . . 熱交換迴管
- 118 . . . 入口
- 120 . . . 出口
- 122 . . . 冷卻塔
- 126 . . . 蒸發器
- 128 . . . 熱交換迴管
- 128S . . . 供應管線
- 128R . . . 回流管線
- 130 . . . 冷卻負載
- 132 . . . 抽吸管線
- 133 . . . 預旋轉葉片 (PRV)
- 134 . . . 熱氣旁通 (HGBP)閥
- 140 . . . 控制面板
- 144 . . . 非揮發性記憶體
- 146 . . . 介面模組
- 148 . . . 類比變數位 (A/D)轉換器
- 150 . . . 微處理器
- 152 . . . 馬達



發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：101122487

※ 申請日：101.6.22

※IPC 分類：F04C28/24 (2006.01);
F04C29/04 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於離心壓縮機的容量控制系統及方法/CAPACITY CONTROL
SYSTEM AND METHOD FOR CENTRIFUGAL COMPRESSOR

二、中文發明摘要：

一種用以控制壓縮機容量而維持壓縮機穩定性的系統和方法，包含提供一壓縮機及一流量減少裝置用以控制通過該壓縮機的冷媒流量；測量該壓縮機的吸入壓力和排出壓力；依據該吸入和排出壓力計算一壓縮機頭係數；計算該冷媒中的音速；計算該葉輪的末梢速度除以該音速；計算該葉輪在最小馬赫數時的末梢速度；依據一致動器反饋訊號計算一速度增加的乘數作為該流量減少裝置之一函數；決定一最小轉速，在該轉速時該壓縮機可操作而不會有一突沖狀況；及控制該壓縮機之一轉速高於該最小轉速。

三、英文發明摘要：

A system and method for controlling compressor capacity while maintaining compressor stability includes providing a compressor and a flow reduction device for controlling flow of refrigerant through the compressor; measuring suction pressure and discharge pressure of the compressor; calculating a compressor head factor based on the suction discharge pressures; calculating the speed of sound in the refrigerant; calculating the tip speed of the impeller divided by the speed of sound; calculating the tip speed of the impeller at the minimum Mach number; calculating a multiplier of speed increase as a function of the flow reduction device based on an actuator feed-back signal; determining a minimum rotational speed at which the compressor may operate free from a surge condition; and controlling a rotational speed of the compressor above the minimum rotational speed.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

100...蒸氣壓縮系統	128R...回流管線
108...離心壓縮機	130...冷却負載
112...冷凝器	132...抽吸管線
114, 124, 136, 138...管線	133...預旋轉葉片(PRV)
116...熱交換迴管	134...熱氣旁通(HGBP)閥
118...入口	140...控制面板
120...出口	144...非揮發性記憶體
122...冷却塔	146...介面模組
126...蒸發器	148...類比變數位(A/D)轉換器
128...熱交換迴管	150...微處理器
128S...供應管線	152...馬達

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

相關申請案

本案要請求2011年6月23日申請之No. 61/500,205名稱為“用於離心壓縮機的容量控制方法”美國臨時專利申請案的優先權和利益，其內容併此附送。

發明領域

本申請案概有關一種用於一離心壓縮機的容量控制系統及方法。本案更特別有關於用以管理一離心壓縮機之各種控制參數來最佳化壓縮機操作效率，而避免該壓縮機中之突冲狀況的系統和方法。

【先前技術】

發明背景

一離心壓縮機會被針對所謂的設計條件來設計，典型係由抽吸時的氣體流量、溫度和壓力條件，及排放壓力等來界定。視其製程而定，該壓縮機可能連續地操作非常接近該等設計條件，或該等條件可能會在延長的時間中甚大地偏離於設計條件。使用於HVAC系統中的壓縮機特別會遭遇此等大變化：該氣體流量取決於冷卻負載的需求，而壓力條件，特別是冷凝壓力，則甚大地取決於環境溫度情況。當以偏離設計條件操作時，一離心壓縮機可能會遭遇某些不穩定，譬如操作中的突冲或失速。突冲或激湧是一種具有壓力和流量振盪的瞬時現象，且會造成完全的逆流反向通過該壓縮機。當突冲時，一壓縮機可能完全不能以所需

的壓力條件來輸送所需的流量。且，突冲若未被控制，則會造成該壓縮機之旋轉和固定部件的過大震動，並可能使壓縮機損壞。各種不同的裝置和控制參數可被用來調整該壓縮機操作至所需的偏離設計流量和壓力情況，而避免壓縮機突冲。要減少一離心壓縮機的流量最簡單的方法是減低其速度。此須要該系統具有適當的裝置來減低該速度。典型之例係為渦輪驅動器其能以可變的速度操作，或由一可變頻率驅動器(“VFD”)，亦稱為可變速度驅動器(VSD)來供應電力的電馬達。當技術上可行時，速度減降只能被用來避免突冲至一有限程度。當速度減降係不可行或不再可能時，則下一步係使用一流量減少裝置(“FRD”)；最普遍使用的是在壓縮機入口的預旋轉葉片(“PRV”)，亦稱為“入口導引葉片”，以減少該壓縮機的流量。某些壓縮機亦具有一內部系統可修正擴散器形狀而來減少該壓縮機流量。此能被以一稱作可變間隙擴散器(“VGD”)的系統來達成。FRD能對該壓縮機的突冲極限有一影響。當減低速度和各種FRD的可能性已經耗盡時，用以修正一突冲狀況的最後技術只有開啟一熱氣旁通閥以使該壓縮機的一些排放氣體回到該壓縮機入口，而來增加該壓縮機入口處的流量。視它們對該機器的可用性而定，上述各裝置，即該VSD、PRV、VGD和熱氣旁通等之設定，係被以一“穩定性控制運算法”來管理，其係用來使該機器以所需的操作條件保持在沒有突冲的穩定操作，而最佳化其效率。

呈電磁軸承形式的激活磁性技術係目前被利用於某些

渦輪機具驅動線中，譬如馬達、壓縮機或渦輪機等，用以在操作時懸浮著轉子和轉軸來減少摩擦而容許自由旋轉運動。電磁軸承會在該等旋轉裝置的操作中取代傳統技術，比如滾動元件軸承或流體膜軸承等，但必須該轉軸定心於該等電磁軸承中，該轉軸包含一鐵磁材料，該轉軸在該等電磁軸承中的位置係被以位置感測器監測，其會提供代表轉軸位置的電訊號給一軸承控制器，其則會調整供至該等電磁軸承的電流，以保持該轉軸在一所需位置或在一適當的容差範圍內。

當該壓縮機正常地操作時，在該轉軸與該驅動線的固定部件之間沒有機械性接觸。在一渦輪機中有一不尋常的超載情況譬如突沖時，該等軸承的負載能力會被超過；該壓縮機轉軸不能再被該等電磁軸承支撐，而會造成該等磁性軸承之一安全性故障。

該轉軸嗣必須被以為此目的而供應的機械部件來支撐。因此，機械式或安全軸承會被提供作為後備或保險，以在該機器不能操作，或當該等磁性軸承因任何理由而失能包括安全性故障時來支撐該轉軸。

在包含一可變速度馬達的HVAC系統中，該穩定性控制運算法會配合該可變速度驅動器來被使用。利用系統操作參數和壓縮機預旋轉葉片(PRV)及/或FRD位置資訊的適當容量控制邏輯能被用來，例如當一突沖被檢知而穩定性控制運算法係在一突沖反應狀態時，以一較快速度操作該壓縮機。往昔的性能參數能被繪成圖表並儲存於記憶體中而

藉該適當的容量控制邏輯來避免將來的突冲狀況。一舉例的適當容量控制方法之說明係被提供於No. 4,608,833美國專利中，其內容併此附送。

但是，若磁性軸承被利用於該壓縮機中，一適當的控制邏輯會有賴於該壓縮機最好不要進入一突冲狀況，因為一突冲狀況具有一增加的系統停俾風險，其會造成煩擾故障，並可能減少該等安全軸承的壽命時間。

所揭的系統及/或方法之設計優點會滿足一或更多的此等需求或提供其它的有利特徵。其它的特徵和優點將可由本說明書清楚得知。所揭的內容擴伸至落於請求範圍內的該等實施例，不論它們是否達成一或更多個前述的需求。

【發明內容】

發明概要

在一實施例中一種方法係被揭露用以控制一壓縮機容量而維持壓縮機穩定性。該方法包括提供一壓縮機及一流量減少裝置用以控制通過該壓縮機的冷媒流量；測量該壓縮機之一吸入壓力及一排出壓力；依據該吸入壓力和排出壓力算出一壓縮機頭係數；計算該冷媒中之一聲音速度；計算一最小參數其包含一葉輪的末梢速度除以一聲音速度；計算該葉輪在該最小參數時的末梢速度；依據一致動器反饋訊號算出一速度增加的乘數作為該流量減少裝置之一函數，決定一最小旋轉速度在該轉速該壓縮機乃可操作而不會有一突冲狀況；及控制該壓縮機之一旋轉速度高於該最小旋轉速度。

在另一實施例中一種方法係被揭露用以計算和控制一壓縮機容量。該方法包含在該壓縮機之一吸入口和一排出口處測量一冷媒的性質；計算該冷媒中之一壓縮機頭壓力；依據一固定係數乘以該實際的壓縮機頭壓力來算出一最小旋轉速度，在該轉速時該壓縮機可操作而保持穩定且沒有突冲狀況。

在又另一實施例中，一用以控制一壓縮機的系統包含一壓縮機具有一葉輪，一冷凝器，及一蒸發器連接於一封閉冷媒迴路中。一控制器會控制該壓縮機之一容量。該控制器係被設成可依據該吸入壓力和排出壓力來計算一壓縮機頭係數；計算一冷媒中之一聲音速度；計算一最小參數其包含該葉輪之一末梢速度除以一聲音速度；計算在該最小參數時的該葉輪之末梢速度；依據一致動器反饋訊號算出一速度增加的乘數作為該流量減少裝置之一函數；及決定一最小旋轉速度，在該轉速該壓縮機可操作而不會有一突冲狀況。該控制器會控制該壓縮機的旋轉速度高於該最小旋轉速度。

於此所述實施例的某些優點係控制一離心壓縮機的PRV來避免該壓縮機中的突冲狀況。基本上相同的策略會被應用，假使該FRD係為一不同的技術，例如一VGD。

有關其它特徵和特徵之組合的變化實施例亦被概述於申請專利範圍中。

圖式簡單說明

第1圖示意地示出一蒸氣壓縮系統之一實施例。

第1-A圖示出一舉例的曲線組其係描繪一壓縮機在不同轉速時的頭係數(Ω)相對於流量係數(θ)的狀況。

第2圖示出用於一壓縮機系統之一舉例的容量控制方法之一流程圖。

第3圖示出一舉例的 Ω_{surge} 與 Mach^2 之對應圖。

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明

第1圖示意地示出一舉例的蒸氣壓縮系統100，其可被使用於加熱、通風和空氣調節(HVAC)，冷凍或液體冷卻系統。蒸氣壓縮系統100包含一離心壓縮機108，其會壓縮該冷媒蒸氣，並經由管線114將它輸送至一冷凝器112。該冷凝器112包含一熱交換迴管116具有一入口118及一出口120連接於一冷卻塔122。被冷凝的液體冷媒會自冷凝器112經由管線124流至一蒸發器126。該蒸發器126包含一熱交換迴管128具有一供應管線128S和一回流管線128R連接於一冷卻負載130。該蒸發器126中的蒸氣冷媒會經由一包含預旋轉葉片(PRV)133的抽吸管線132回到壓縮機108。一熱氣旁通(HGBP)閥134會互連於管線136和138之間，它們係由該壓縮機108的出口延伸至該PRV 133的入口。

蒸氣壓縮系統100能循環一流體，例如一冷媒，使其通過一被一馬達152驅動的壓縮機108，一冷凝器112，一膨脹裝置(未示出)，及一蒸發器126。系統100亦可包含一控制面板140，其可具有一類比變數位(A/D)轉換器148，一微處理器150，一非揮發性記憶體144，及一介面板146。可被用作

蒸氣壓縮系統100中之冷媒的某些流體之例係為氫氟碳(HFC)基的冷媒(如R-410A)，二氧化碳(CO₂；R-744)，及任何其它適當種類的冷媒。

一控制面板140包含一介面模組146可供開啟及關閉該HGBP閥134。控制面板140包含一類比變數位(A/D)轉換器148，一微處理器150，一非揮發性記憶體144，及一介面模組146。

與壓縮機108一起使用的驅動器152係能夠改變速度。其可為一能改變速度的引擎或渦輪機，或一以一可變速度驅動器(VSD)來提供動力，或能直接由一交流電(AC)或直流電(DC)電源來供電的電馬達。一可變速度驅動器若被使用，則會由該AC電源接收具有一固定線頻率和固定線電壓(在一容差範圍內)的AC電力，並提供具有一可變電壓和頻率的電力至該馬達。馬達152可為任何類型的電馬達，其能被以一VSD或直接由一AC或DC電源來供電。例如，馬達152可為一切換式磁阻馬達，一感應馬達，一電子換向式永久磁鐵馬達，或任何其它適當類型的馬達。在一變化實施例中，其它的驅動機構譬如蒸氣或氣體渦輪機或引擎和附設的部件等可被用來驅動壓縮機108。

壓縮機108會壓縮一冷媒蒸氣，並經由一排出管線將壓縮的蒸氣送至冷凝器112。在一實施例中，壓縮機108可為一離心式壓縮機。被該壓縮機108送至冷凝器112的冷媒蒸氣會將熱轉移至一適當的流體，其可例如為水或空氣。該冷媒蒸氣會因與該流體熱移轉之故，而在該冷凝器112中冷

凝成一冷媒液體。該液體冷媒會從冷凝器112經由一膨脹裝置(未示出)流至一蒸發器126。被送至蒸發器126的液體冷媒會由一適當的流體其可為空氣或水來吸收熱，並進行一相變化成為一冷媒蒸氣。該蒸氣冷媒會離開蒸發器126並由一抽吸管線回流至壓縮機108來完成該循環。

於一第1圖所示的實施例中，在冷凝器112中的冷媒蒸氣會與水進入熱交換關係，而流經一連接於一冷却塔122的熱交換器116。在冷凝器112中的冷媒蒸氣會因在熱交換迴管中與水的熱交換關係而進行一相變化成為一冷媒液體。蒸發器126可包含一熱交換器128，具有一供應管線128S及一回流管線128R連接於一冷却負載130。熱交換器128可包含多數的管束在蒸發器126中。一第二液體例如水、乙烯、氯化鈣鹽水、氯化鈉鹽水，或任何其它適當的第二液體，會經由回流管線128R流入蒸發器126中，並經由供應管線128S離開該蒸發器126。在蒸發器126中的液體冷媒會與熱交換器128中的第二液體進入一熱交換關係，以冷却熱交換迴管128中之第二液體的溫度。在蒸發器126中的冷媒液體會因與熱交換迴管128中之第二液體的熱交換關係而進行一相變化成為一冷媒蒸氣。

在壓縮機108的輸入或入口處，可設有一組預旋轉葉片(PRV)113或入口導葉等，其係用來控制流至壓縮機108的冷媒流量。一致動器會被用來開啟預旋轉葉片133以增加送至壓縮機108的冷媒量，而得增加該系統100的容量。同樣地，該致動器會被用來關閉預旋轉葉片133以減少送至壓縮機

108的冷媒量，而得減少該系統100的冷却容量。在一變化實施例中，該流量減少裝置可為一在該葉輪出口處的可變形狀擴散器。

當一壓縮機之一由頭係數(Ω)和一流量係數(θ)所界定的操作點係在一壓縮機的操作極限內時，其通常可能以速度和PRV 133位置的不同組合來獲得此操作點。最佳的操作效率係可藉以可能不會有突冲的最低速度操作該壓縮機來達成。控制面板140會被程式化來決定一可能的最低速度，並將該PRV 133調整至所需的容量。且，就任何壓縮機速度而言，該壓縮機不能超過一不會形成突冲的最大頭係數 Ω_{surge} 。當該壓縮機構形，及壓縮的氣體和操作條件被界定後，壓縮機速度可被轉換成一馬赫(Mach)數。該馬赫數為一參數，其係定義為該葉輪的末梢速度除以該系統中之一特定點處的聲音速度。該特定點可位在該葉輪入口處，雖該系統中之其它的點亦可被使用。

在另一實施例中，若一FRD被使用，則利用一FRD致動器反饋訊號在該FRD之一開放百分比時的速度增加之一乘數可被使用如後所述。

在另一實施例中，實際的壓縮機頭可為該實際的等熵頭。

壓縮機頭能被由在該壓縮機上游和下游之容器中所測得的冷媒性質來評估，如後之更詳細說明。

第1-A圖代表一典型的曲線組，示出一壓縮機在不同的轉速(或馬赫數)時之頭係數(Ω)相對於流量係數(θ)的情況。每一該等曲線係稱為該壓縮機在該指定馬赫數時的“速

度線”。在一指定的速度或馬赫數並完全開啟FRD時，由在高流量且低頭的曲線右邊之一點A開始，當該頭增加時，該流量會減少直到該突冲點B達到為止。在一指定馬赫數時的最大頭係數 Ω_{surge} 係以全開的PRV 113(或其它FRD)來達成，在該操作點時該速度線會相交該“突冲”線。

對一指定的壓縮機而言， Ω_{surge} 能夠相對於 Mach^2 被描線標出。理論上，兩者係成比例。此理論在實際上通常是非常地正確有效，如第3圖中所示，代表一真實的工業用壓縮機之舉例的線圖。

該比例係數被定義為馬赫比 $^2 = \text{馬赫}^2 / \Omega$ 。就一系列由相同設計而施以一比例係數來推延的壓縮機而言，不論該壓縮機大小該馬赫比係幾乎相同。因此，就一指定的頭係數 Ω ，一對應的最小馬赫數乃可被算出，俾當壓縮機以PRV 133全開來操作時能避免該壓縮機108中之一突冲狀況。在另一實施例中，就一指定的頭係數 Ω ，一對應的最小RPM或最小馬達旋轉頻率乃可取代該馬赫數來被使用。

依據如上定義的比例係數， $\text{馬赫}_{\text{surge}} = \text{馬赫比} \times \Omega^{0.5}$ 。請注意馬赫數係定義為該葉輪末梢速度除以在壓縮機吸入時所算出的音速之比率。其係正比於RPM，以及該葉輪的外徑。且，馬赫比係為該壓縮機於PRV 133開啟在 $\Omega = 1$ 時能夠操作而穩定—即不會進入一突冲狀況—的最小馬赫數。

該可變的馬赫比之值可被調整成包含一相對突冲的界限裕度。選擇一較高的馬赫比值將會增加相對突冲的安全裕度。但一較高的馬赫比值亦會在部份負載時造成較低的

壓縮機效率，即於PRV 133關閉時有一較高的馬達速度。

當使PRV 133部份關閉且以固定的壓縮機速度來操作壓縮機108時，該壓縮機108能傳送的頭壓力會減少比PRV 133關閉時更多。例如，在一實施例中，其中 $M=1.25$ ，該頭減少相對於PRV開放係被呈現於下表中：

%PRV	$\Omega_{\text{surge}}(\%PRV)$	頭減少 (%PRV)	速度增加 (%PRV)
100	0.92	1.000	1.000
80	0.90	0.978	1.011
60	0.89	0.967	1.017
40	0.86	0.935	1.034
20	0.82	0.891	1.059
10	0.77	0.837	1.093
3	0.65	0.707	1.190
0	0.55	0.598	1.293

$\Omega_{\text{surge}}(\%PRV)$ 表示針對相關的%PRV在突冲之前的最大頭係數；及

頭減少(%PRV)係定義為一 $\Omega_{\text{surge}}(\%PRV)/\Omega_{\text{surge}}(100\%PRV)$ 的比率，

該頭減少(%PRV)的係數可被視為獨立於壓縮機速度以便最容易實施。為了在固定的頭壓力時避免壓縮機突冲，若PRV 133關閉則壓縮機速度必須增加。對部份關閉的PRV則：

$$\text{馬赫}_{\text{surge}} = \text{馬赫比} \times \text{速度增加}(\%PRV) \times \Omega^{0.5} \dots \text{公式 1}$$

其中所需的壓縮機速度增加(速度增加(%PRV))係由如下的公式2來界定：

$$\text{速度增加}(\%PRV) = 1/[\text{頭減少}(\%PRV)]^{0.5} \dots \text{公式 2}$$

且該馬赫比參數為：馬赫比 = 馬赫比100%PRV。為了簡明

之故，該頭減少係數係只被作為PRV開放之一函數。為更精細地調整該速度來進一步改良在部份負載時的效率，其它的第二參數亦可被納入考量。例如，該頭減少係數可被作為PRV開放和馬赫數之一函數。此外，若該容量減少裝置並非一PRV而是一種不同的系統如一VGD，其原理會保持相同。在此情況下，該頭減少係數將會被界定為VGD開放之一函數，且可能亦為該馬赫數之一函數。

該壓縮頭係數 Ω 估算需要決定該壓縮機吸入口處的聲音速度，及該等熵壓縮焓 ΔH_i 。在一實施例中，各種不同的參數，例如在壓縮機吸入口處的壓力和溫度，及該壓縮機排出壓力將會被測量，並應用於該冷媒性質。在一變化實施例中，簡單的多項關係式可由得自National Institute of Standards and Technology的NIST-REFPROP資料庫來精心作成。該REFPROP資料庫實際上是一電腦程式，且除了該等純流體的關鍵和三元點外，並不含有任何實驗資訊。該程式會用熱力與傳輸性質的公式來計算該冷媒流體或混合物的狀態點。對R134a冷媒之舉例的壓縮機頭計算和相互關係乃如下所示：

針對R134a的壓縮機頭計算：

$$\Omega = (0.0329 * \Delta T_{\text{sat}} - 0.0001 * \Delta T_{\text{sat}}^2) / [1 + (T_{\text{Sat_suct}} - 5) * 0.0065] \dots \text{公式3}$$

$$\text{且 } \Delta T_{\text{sat}} = T_{\text{Sat_disc}} - T_{\text{Sat_suct}}$$

此關係乃可應用於：

$T_{\text{Sat_suct}}$ 由 0°C 至 30°C (其中 $T_{\text{Sat_suct}}$ 是在該壓縮機排出口處的冷媒飽和溫度，而 $T_{\text{Sat_disc}}$ 是在該壓縮機吸入端處的冷媒飽

和溫度)

ΔT_{sat} 由0°C至50°C

其具有±0.5%精確度的有效性

針對R134a在抽吸時的音速計算：

$$\text{音速} = 147.6 + (T_{\text{sat_suction}} - 5^\circ\text{C}) \times (145.31 - 147.59) / (25 - 5)$$

$$= 147.6 - 0.114 \times (T_{\text{sat_suction}} - 5^\circ\text{C}) \dots \text{公式4}$$

此線性關係的參考點係：在5°C為147.59m/s，而在25°C為145.31m/s。

嗣請參閱第2圖，一種計算和控制壓縮機轉速的新穎方法係被示出。該方法200起始於步驟202，係測量該壓縮機在飽和時的吸入及排出壓力。嗣，該方法會前進至步驟204，並計算與該壓縮機在飽和時的吸入及排出壓力對應的飽和溫度。由該等飽和溫度，該壓縮機頭 Ω 和音速亦會被使用適當的關係式算出。嗣，該方法會前進至步驟206，其中速度增加的乘數會被依據該PRV的百分比，利用該PRV致動器反饋來算出。該方法嗣會前進至步驟208，來由如下公式(4)算出該壓縮機可操作而穩定且沒有突沖的最小馬赫數：

$$\text{馬赫}_{\text{surge}} = \text{馬赫比} \times \text{速度增加}(\% \text{PRV}) \times \Omega^{0.5} \dots \text{公式1}$$

嗣，在步驟210時，該方法會計算一對應於該可變的馬赫 $_{\text{surge}}$ 之葉輪末梢速度：

$$\text{末梢速度} = \text{馬赫}_{\text{surge}} \times \text{音速} \dots \text{公式5}$$

該方法會前進至步驟212，並計算該壓縮機可操作而穩定且沒有突沖的最小轉速(Hz $_{\text{actual-min}}$)如下：

$$H_{\text{actual-min}} = \text{末梢速度} / (\text{葉輪外徑} \times \pi) \dots \text{公式 6}$$

應請瞭解本申請案並不限制於以下說明所述或圖式中所示的細節或方法論。亦請瞭解於此所用的措詞和術語係僅為說明之目的，而不應被視為限制。

雖圖中所示和於此所述的實施例係為目前較佳的，但請瞭解此等實施例乃僅被提供作為舉例。因此，本申請案並不限制於一特定實施例，而會延伸至各種不同的修正變化，其仍然落諸於所附申請專利的範圍內。任何製程或方法步驟的次序或順序可依據不同的實施例而被改變或重整順序。

本申請案會涉及用以完成其操作之任何機器可讀媒體上的方法、系統和程式產品。本申請案的實施例可被使用一既有的電腦處理器來實行，或藉一用於一適當系統的特殊目的電腦處理器，該系統係為此目的或另一目的而被併附者，或以一硬線系統來實行。

重要的是請瞭解該容量控制系統和方法的結構和設置，如在不同的實施例中所示者，係僅為舉例說明。雖只有少數實施例被詳細描述於本揭露中，但詳閱本揭露者將會很快地瞭解許多修正變化是可能的(例如大小、尺寸、結構、形狀的變化，及各種元素的比例，參數值，安裝設置，材料的使用，顏色，定向等)而實質上不超出申請專利範圍中所載述之主題內容的新穎教示和優點。例如，被示為整體形成的元件可被由多個部件或元件來構成，元件的位置可以倒反或者改變，且個別元件的本質或數目或位置係可

改變或不同。因此，所有此等修正變化皆欲要被包含於本申請案的範圍內。任何製程或方法步驟的次序或順序可依據不同的實施例來被改變或重新定序。在申請專利範圍中，任何功能加裝置的句子係意要涵蓋會執行所述功能的所述結構，且不僅是結構上等同物亦包含等效結構物。其它的替代、修正、變化和略除亦可被作成於該等實施例的設計、操作條件和安排中，而不超出本申請案的範圍。

如上所述，在本申請案之範圍內的實施例包括程式產品包含機器可讀的媒體用以承帶或具有機器可執行的指令或資料儲存於其中。該機器可讀的媒體可為任何可用的媒體，其能被以一通用目的或特殊目的的電腦或其它具有一處理器的機器來進入。舉例而言，該機器可讀的媒體可包含RAM、ROM、EPROM、EEPROM、CD-ROM，或其它光碟儲存器、磁碟儲存器或其它磁性儲存裝置，或任何其它媒體其能被用來承帶或儲存呈機器可執行指令或資料結構之形式的所需程式碼，且其可被以一通用目的或特殊目的的電腦或其它具有一處理器的機器來進入。當資訊被經由一網路或另一通訊連結物(硬線、無線、或一硬線或無線的連結物)傳輸或提供至一機器時，該機器會妥當地將該連結物視為一機器可讀的媒體。故，任何此等連結物皆會被妥切地稱為一機器可讀的媒體。上述的組合亦包含在機器可讀的媒體之範圍內。機器可執行的指令包含例如指令和資料等，其會使一通用目的電腦，特殊目的電腦，或特殊目的處理機器來執行一特定功能或一組功能。

應請注意雖該等圖式可示出一特定的方法步驟次序，但請瞭解此等次序可不同於所載述者。二或更多個步驟亦可能同時地或有部份同時地被執行。此等變化將取決於所選擇的軟體和硬體系統，及設計者的選擇。請瞭解所有此等變化皆在本申請案的範圍內。同樣地，軟體執行可被以具有規則基本邏輯和其它用以達成不同連結步驟、處理步驟、比較步驟和決定步驟之邏輯的標準程式化技術來完成。

一種計算和控制一壓縮機容量的方法係測量該壓縮機在吸入和排出時的冷媒性質；計算一個別的冷媒中之實際壓縮機頭；及使用一固定係數乘以實際的頭來計算一最小的轉速($\text{Hz}_{\text{actual-min}}$)，在該轉速時該壓縮機可操作而穩定且不會有突沖。

【圖式簡單說明】

第1圖示意地示出一蒸氣壓縮系統之一實施例。

第1-A圖示出一舉例的曲線組其係描繪一壓縮機在不同轉速時的頭係數(Ω)相對於流量係數(θ)的狀況。

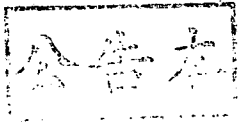
第2圖示出用於一壓縮機系統之一舉例的容量控制方法之一流程圖。

第3圖示出一舉例的 Ω_{surge} 與 Mach^2 之對應圖。

【主要元件符號說明】

100...蒸氣壓縮系統	116...熱交換迴管
108...離心壓縮機	118...入口
112...冷凝器	120...出口
114, 124, 136, 138...管線	122...冷却塔

- | | |
|-------------------|---------------------|
| 126...蒸發器 | 148...類比變數位(A/D)轉換器 |
| 128...熱交換迴管 | 150...微處理器 |
| 128S...供應管線 | 152...馬達 |
| 128R...回流管線 | 200...計算和控制壓縮機轉速的方法 |
| 130...冷卻負載 | 202~212...各步驟 |
| 132...抽吸管線 | FRD...流量減少裝置 |
| 133...預旋轉葉片(PRV) | HVAC...加熱、通風和空間 |
| 134...熱氣旁通(HGBP)閥 | VGD...可變間隙擴散器 |
| 140...控制面板 | VSD...可變速度驅動器 |
| 144...非揮發性記憶體 | Ω ...頭係數 |
| 146...介面模組 | |



七、申請專利範圍：

1. 一種控制一壓縮機容量而維持壓縮機穩定性的方法，包含：

提供一壓縮機及一流量減少裝置用以控制通過該壓縮機的冷媒流量；

測量該壓縮機之一吸入壓力和一排出壓力；

依據該吸入壓力和該排出壓力來計算一壓縮機頭係數；

計算該冷媒中之一音速；

計算一最小參數包含一葉輪之一末梢速度除以該音速；

計算在該最小參數時之該葉輪的末梢速度；

依據一致動器反饋訊號計算一速度增加的乘數作為該流量減少裝置之一函數；

決定一最小轉速，在該轉速時該壓縮機可操作而不會有一突冲狀況；及

控制該壓縮機之一轉速高於該最小轉速。

2. 如申請專利範圍第1項之方法，其中計算該壓縮機頭係數的步驟更包含：計算一與該吸入壓力對應的第一飽和溫度及一與該排出壓力對應的第二飽和溫度；並依據該第一飽和溫度和該第二飽和溫度來計算一壓縮機頭係數。

3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中計算該音速的步驟更包含：應用預定的關係式來決定該音速。

4. 如申請專利範圍第1項之方法，其中計算該最小參數的步驟包含：在該壓縮機中之一預定點處計算該最小參

- 數，在該參數時該壓縮機能操作而穩定且不會有突冲狀況。
5. 如申請專利範圍第1項之方法，其中計算該最小參數的步驟包含：決定該末梢速度除以該音速之一最小比率。
 6. 如申請專利範圍第5項之方法，其中該最小參數係沒有操作該流量減少裝置來決定。
 7. 如申請專利範圍第5項之方法，其中該壓縮機能操作而穩定且不會有突冲狀況的該最小參數，係在當一冷媒流路中之一預旋轉葉片(PRV)全開時來決定。
 8. 如申請專利範圍第5項之方法，更包含：調整該最小參數至包含一相對於一突冲狀況的安全裕度。
 9. 如申請專利範圍第1項之方法，更包含：當該流量減少裝置關閉時增加該壓縮機速度。
 10. 如申請專利範圍第9項之方法，其中因部份關閉流量減少裝置而增加該壓縮機速度係反比於部份關閉流量減少裝置時之一減少的頭壓力。
 11. 如申請專利範圍第10項之方法，其中該壓縮機速度的增加係依據一算法來相關於該頭壓力的減少，該算法包含：

$$\text{在 \%PRV 時的速度增加} = 1 / [\text{在 (\%PRV) 時的頭減少}]^{0.5}$$

其中：速度增加是該壓縮機速度的增加；
 頭減少是該壓縮機頭壓力的減少；且
 \%PRV 是一預旋轉葉片之一全開的百分比。
 12. 如申請專利範圍第11項之方法，其中該速度增加會更改良部份負載時的效率，其它的第二參數亦可被納入考量，其中該頭減少係數係為一預旋轉葉片開放及該最小

參數之一函數。

13. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該流量減少裝置是一可變形狀擴散器，且其中該頭減少係數會被定義為一可變間隙擴散器(VGD)開放之百分比及該最小參數的至少一者之一函數。

14. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該最小參數為一馬赫數(Mach number)。

15. 一種計算及控制一壓縮機容量的方法，包含：

測量一冷媒在該壓縮機之一吸入口和排出口時的性質；

計算該冷媒中之一壓縮機頭壓力；

依據一固定係數乘以實際的壓縮機頭壓力來計算一最小轉速，在該轉速時該壓縮機可操作而穩定且不會有突沖狀況，其中該實際的壓縮機頭係依據在一與該壓縮機相關聯的冷媒容器中所測得的冷媒性質來決定；及

依據一葉輪之一末梢速度除以該冷媒中的音速來計算該最小轉速。

16. 如申請專利範圍第15項之方法，其中該實際的壓縮機頭是實際的等熵頭。

17. 0如申請專利範圍第15項之方法，更包含：計算在一最小馬赫數時的末梢速度；並依據一致動器反饋訊號計算一速度增加的乘數作為該流量減少裝置之一函數。

18. 一種用以控制一壓縮機的系統，包含：

一壓縮機，具有一葉輪、一冷凝器、及一蒸發器連

接於一封閉冷媒迴路中；

一控制器，構製成可控制該壓縮機之一容量；該控制器構製成可：

依據吸入壓力和排出壓力來計算一壓縮機頭係數；

計算一冷媒中之一音速；

計算一最小參數包含該葉輪之一末梢速度除以該音速；

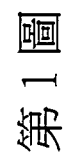
計算該葉輪在該最小參數時的末梢速度；

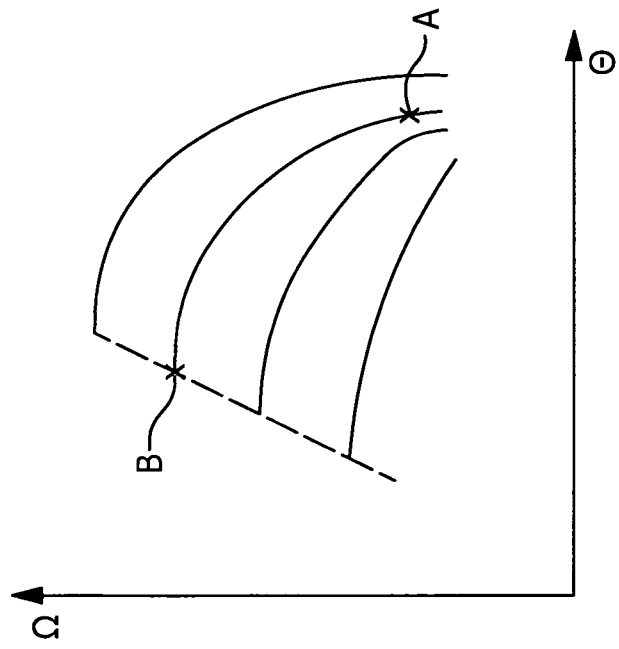
依據一致動器反饋訊號計算一速度增加的乘數作為該流量減少裝置之一函數；及

決定一最小轉速，在該轉速時該壓縮機可操作而不會有一突冲狀況；及

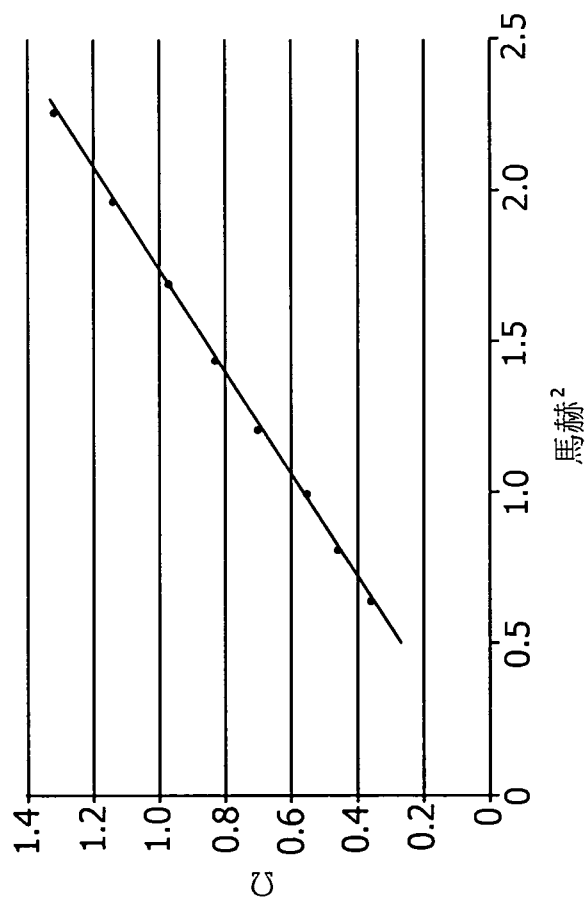
控制該壓縮機之一轉速高於該最小轉速。

1/3

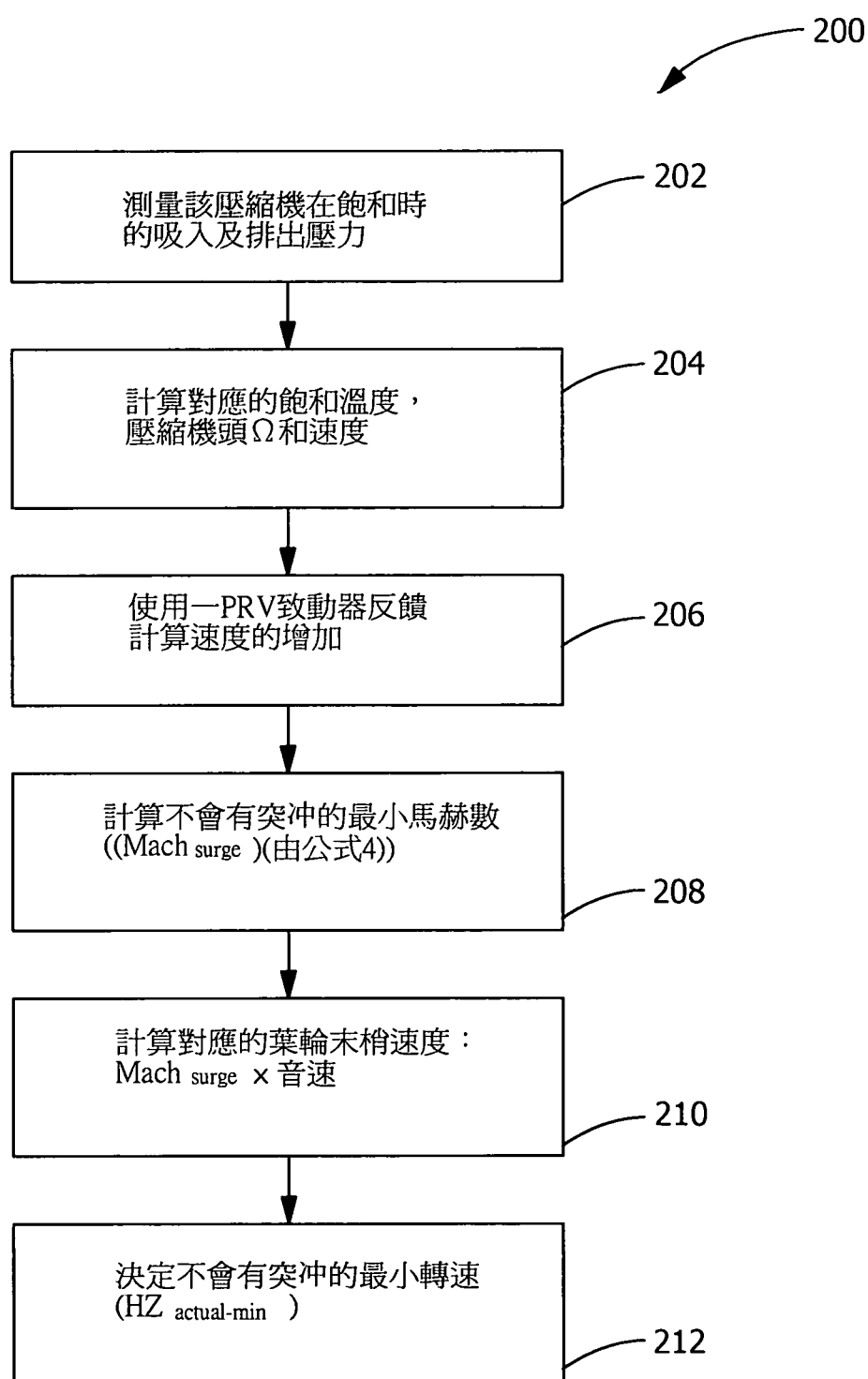




第 1-A 圖



第 3 圖



第 2 圖