I628364

(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 I628364 B**

(45)公告日： 中華民國 107 (2018) 年 07 月 01 日

(21)申請案號：105121241 (22)申請日： 中華民國 105 (2016) 年 07 月 05 日

(51)Int. Cl.： ***F04D27/02 (2006.01)*** ***F25B49/02 (2006.01)***

F04D17/12 (2006.01)

(30)優先權：2015/07/06 美國 62/188,777

(71)申請人：美商江森自控科技公司 (美國) JOHNSON CONTROLS TECHNOLOGY COMPANY (US)

美國

(72)發明人：阿努 戴米恩 J D ARNOU, DAMIEN JEAN DANIEL (FR)

(74)代理人：惲軼群；劉法正

(56)參考文獻：

US 2005/0223737A1 US 2014/0260388A1

WO 2012/177582A2

審查人員：林隆泰

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：5 共 28 頁

(54)名稱

用於多階段離心壓縮機的容量控制系統及方法

CAPACITY CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR MULTI-STAGE CENTRIFUGAL COMPRESSOR

(57)摘要

本案提供了一種用於控制多階段離心壓縮機的方法。該方法允許壓縮機頭部及效率在每一壓縮階段之最佳化，且在減少壓縮機流量上尤其有價值。

A method for controlling multi-stage centrifugal compressors is provided. It allows an optimization of compressor head and efficiency at each compression stage and is specifically valuable at reduced compressor flow.

指定代表圖：

符號簡單說明：

200・・・方法

202~212・・・步驟

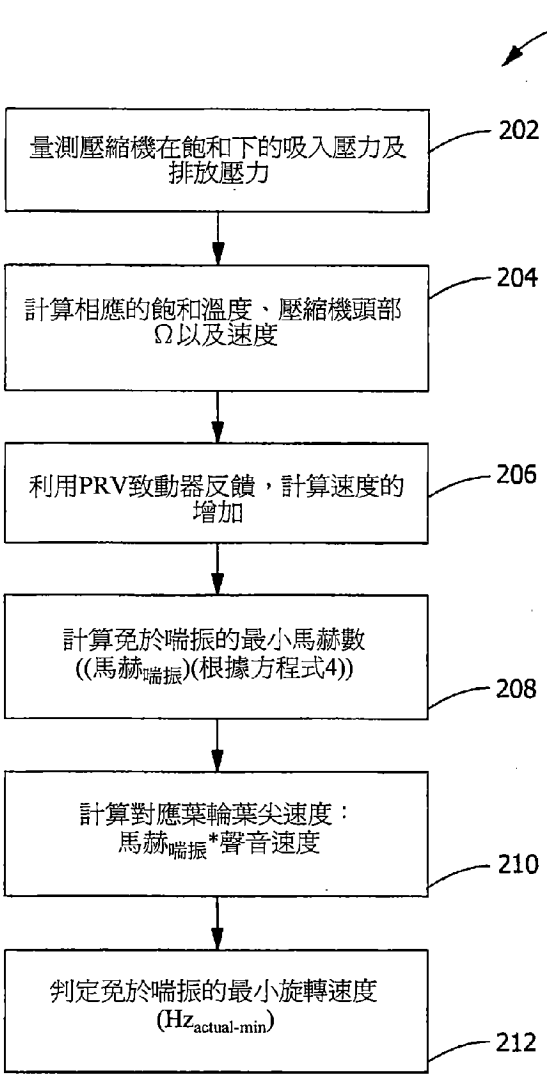


圖 2

發明專利說明書

（本說明書格式、順序，請勿任意更動）

【發明名稱】（中文/英文）

用於多階段離心壓縮機的容量控制系統及方法
CAPACITY CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR MULTI-STAGE CENTRIFUGAL COMPRESSOR

【技術領域】

相關申請案之交互參照

[0001]本申請案根據2015年7月6日所提交之標題爲「CAPACITY CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR MULTI-CENTRIFUGAL COMPRESSOR」的美國臨時專利申請第62/188,777號主張優先權且主張該申請之權益，該申請以引用之方式併入本文。

發明領域

[0002]本申請案大體上係關於用於多階段離心壓縮機的容量控制系統及方法。本申請案更特定而言係關於用於管理用於多階段離心壓縮機中之每一壓縮機的可變幾何形狀擴散器或預旋轉葉片之控制，以最佳化壓縮機操作效率，同時避免壓縮機中之喘振狀況的系統及方法。

【先前技術】

發明背景

[0003]可藉由吸入及排放處的氣體流量、溫度及壓力狀況來限定針對離心壓縮機的設計狀況。該壓縮機可在接近於設計狀況的狀況下連續操作，或操作環境可在延長時期期間自設計狀況極大地偏離。可對HVAC系統中所使用之壓

縮機作出多種改變。氣體流量取決於對冷卻負載之需要，而壓力狀況，尤其冷凝壓力，取決於周圍溫度狀況。

[0004]當操作狀況與設計狀況不同時，離心壓縮機可在操作期間遭遇諸如喘振或失速之不穩定性。喘振(surge或surging)爲具有壓力及流量中之振盪的瞬時現象，且可導致穿過壓縮機之完全回流。當喘振時，壓縮機可去能在所需的壓力狀況下輸送所需流量。此外，喘振可引起壓縮機之旋轉部件及靜止部件劇烈振動，且可導致壓縮機損壞。可使用各種裝置及控制參數以將壓縮機操作調整至所需流量及壓力狀況，同時避免壓縮機喘振。減少離心壓縮機之流量的最簡單方式爲降低其速度。可在可變速度下操作例如渦輪機驅動，或具有經由變速驅動(VSD)所供應之電力的電馬達。當可用時，可僅在受限程度內使用降低速度以避免喘振。當不可能降低速度時，另一解決方案爲使用諸如壓縮機入口處之預旋轉葉片(「PRV」)或可變幾何形狀擴散器(「VGD」)的流量減少裝置(「FRD」)來減少壓縮機的流量。當已窮盡減速及各種FRD之可能性後，糾正喘振狀況的另一技術涉及開啓熱氣體旁通閥以使壓縮機排放氣體中之一些返回至壓縮機入口，以增大壓縮機入口處的流量。取決於其在機器上之可用性，藉由穩定性控制算法來管理前述裝置，即，變速驅動、預旋轉葉片、可變幾何形狀擴散器以及熱氣體旁通之設定，該算法意在保持機器在所需操作狀況下在喘振外穩定操作，同時最佳化其效率。

[0005]目前在諸如馬達、壓縮機或渦輪機的一些渦輪機

械驅動系中利用呈電磁軸承形式之有源磁技術，以減少摩擦力，同時容許在操作期間藉由浮動轉子及軸之自由旋轉移動。在此類旋轉設備之操作中，電磁軸承取代如滾動元件軸承或液體薄膜軸承之傳統技術，但要求將軸置於電磁軸承內的中心。當正常操作壓縮機時，驅動系的旋轉軸與靜止零件之間無機械接觸。在諸如渦輪機器中之喘振的異常過載狀況的情況下，可超過軸承的負載容量；不再能藉由電磁軸承來支撐壓縮機軸，導致磁性軸承安全跳閘。

[0006]在包括變速馬達的HVAC系統中，穩定性控制算法與變速驅動結合使用。例如可使用利用系統操作參數及壓縮機FRD位置資訊的適應能力控制邏輯，以當偵測到喘振且穩定性控制算法處於喘振反應狀態中時在更快的速度下操作壓縮機。可測繪過去之性能參數且存儲於記憶體中，以藉由適應能力控制邏輯來避免未來喘振狀況。示範性適應能力控制過程之描述提供於美國專利第4,608,833號中，該專利以引用之方式併入本文。

[0007]然而，在壓縮機中利用磁軸承的情況下，依賴於進入喘振狀況之壓縮機的適應控制邏輯爲非所期望的，某種程度而言，喘振狀況產生系統停止之增大風險，該風險引起亂真跳閘且可降低軸承的使用壽命。

[0008]所揭示系統及/或方法之預定優點滿足此等需要中之一或多者，或提供其他有利特徵。其他特徵及優點將自本說明書而更顯而易見。所揭示教示擴展至落入申請專利範圍範疇內之彼等實施例，與彼等實施例是否達成前述

需要之一或多者無關。

【發明內容】

發明概要

[0009]一個實施例係關於具有VSD驅動之兩階段離心壓縮機，每一壓縮機階段安裝於單個軸上，且隨後以同一速度操作。

[0010]另一實施例係關於安裝於單個軸上之多階段壓縮機。

[0011]另一實施例係關於串聯或並聯佈置之若干壓縮機之控制，每一壓縮機具有獨立速度。

[0012]本文所描述之實施例的優點爲壓縮機性能之具有減少壓縮機流量之增大效益的最佳化。

[0013]替代示範性實施例係關於如可在申請專利範圍中大致敘述之其他特徵及特徵的組合。

【圖式簡單說明】

[0014]圖1爲用於熱通空調(HVAC)、冷凍或液體冷卻器系統之示範性蒸汽壓縮系統。

[0015]圖2展示計算及控制配備有PRV之壓縮機的旋轉速度的示範性方法。

[0016]圖3爲針對示範性壓縮機的$\Omega_{喘振}$比$Mach^2$之示範性比例曲線圖。

[0017]圖4爲示範性多階段壓縮機系統，該系統在常見馬達軸之每一端部處具有一個壓縮機階段。

[0018]圖5爲用於程式化用於配備有VGD的兩階段離心

壓縮機之控制器的流程圖。

【實施方式】

較佳實施例之詳細說明

[0019]圖1示意性地展示可用於熱通空調(HVAC)、冷凍或液體冷卻器系統的示範性蒸汽壓縮系統100。蒸汽壓縮系統100包括離心壓縮機108，該離心壓縮機壓縮冷凍劑蒸汽且經由管線114將該蒸汽輸送至冷凝器112。壓縮機108包括兩個階段107、109。冷凝器112包括熱交換器線圈116，該熱交換器線圈具有連接至冷卻塔122的入口118及出口120。來自冷凝器112的冷凝液體冷凍劑經由管線124流動至蒸發器126。蒸發器126包括熱交換器線圈128，該熱交換器線圈具有連接至冷卻負載130的供應管線128S及返回管線128R。蒸發器126中的蒸汽冷凍劑經由吸入管線132返回至壓縮機108。第一壓縮機階段107自吸入管線132接收蒸汽冷凍劑，且經由容納第一壓縮機階段VGD 131的管線將壓縮蒸汽冷凍劑輸送至第二壓縮機階段109的入口。第二壓縮機階段109進一步壓縮蒸汽冷凍劑，且經由容納第二壓縮機階段VGD 133的管線將該蒸汽冷凍劑輸送至排放管線114。熱氣體旁通(HGBP)閥134互連於管線136與管線138之間，該等管線自壓縮機108的出口延伸至VGD 133的入口。

[0020]蒸汽壓縮系統100可經由壓縮機108來循環例如冷凍劑之流體，該壓縮機藉由馬達152、冷凝器112、膨脹裝置(未展示)以及蒸發器126來驅動。系統100亦可包括控制面板140，該控制面板可具有類比-數位(A/D)轉換器148、微

處理器150、非依電性記憶體144以及介面板146。可在蒸汽壓縮系統100中用作冷凍劑的流體的一些實例爲基於氫氟碳化物(HFC)的冷凍劑(例如R-410A)、二氧化碳(CO2；R-744)，以及任何其他適宜類型之冷凍劑。

[0021]控制面板140包括用於開啓及關閉HGBP閥134的介面模組146。控制面板140包括類比-數位(A/D)轉換器148、微處理器150、非依電性記憶體144以及介面模組146。

[0022]與壓縮機108一同使用的驅動器152能夠變速。驅動器152可爲藉由變速驅動(VSD)供電的變速引擎或渦輪機，或電馬達，或可由交流電(AC)或直流電(DC)電源直接供電。若使用VSD，則該VSD自AC電源接收具有固定線頻率及固定線電壓(公差範圍內)的AC電力，且將具有可變電壓及頻率的電力提供給馬達。馬達152可爲可藉由VSD供電或由AC電源或DC電源直接供電之任何類型的電馬達。壓縮機108壓縮冷凍劑蒸汽且經由排放管線將壓縮蒸汽輸送至冷凝器112。在示範性實施例中，壓縮機108可爲離心壓縮機。藉由壓縮機108輸送至冷凝器112的冷凍劑蒸汽將熱量轉換爲適宜流體，該流體可爲例如水或空氣。歸因於與流體之熱量轉換，冷凍劑蒸汽在冷凝器112中冷凝爲冷凍劑液體。來自冷凝器112的液體冷凍劑穿過膨脹裝置(未展示)流動至蒸發器126。輸送至蒸發器126的液體冷凍劑自可爲空氣或水的適宜流體中吸收熱量，且經歷至冷凍劑蒸汽之相變。蒸汽冷凍劑離開蒸發器126且藉由吸入管線返回至壓縮機108以完成循環。

[0023]在圖1所展示之示範性實施例中，冷凝器112中的冷凍劑蒸汽進入與水之熱交換關係，流過連接至冷卻塔122的熱交換器116。歸因於與水在熱交換器線圈中之熱交換關係，冷凝器112中的冷凍劑蒸汽經歷至冷凍劑液體的相變。蒸發器126可包括熱交換器128，該熱交換器具有連接至冷卻負載130的供應管線128S及返回管線128R。熱交換器128可包括蒸發器126內之多個管束。二次液體，例如水、乙烯、氯化鈣液、氯化鈉液或任何其他適宜二次液體，經由返回管線128R行進至蒸發器126中，且經由供應管線128S離開蒸發器126。蒸發器126中的液體冷凍劑在熱交換器128中進入與二次液體之熱交換關係，以冷卻熱交換器線圈128中之二次液體的溫度。歸因於與二次液體在熱交換器線圈128中之熱交換關係，蒸發器126中的冷凍劑液體經歷至冷凍劑蒸汽的相變。

[0024]在第一壓縮機階段107排放處，存在用於控制壓縮機階段107之冷凍劑的流量的VGD 131。在第二壓縮機階段109排放處，存在用於控制壓縮機階段109之冷凍劑的流量的VGD 133。壓縮機108之流量爲流過壓縮機階段107及109之合量。使用致動器來控制VGD 131及133。

[0025]當藉由頭部因子(Ω)及流量因子(Θ)限定之壓縮機的操作點在壓縮機的操作限制內時，在速度及VGD 131、133位置的各種組合下獲得此操作點爲大致可能的。藉由在無喘振之可能最低速度下操作壓縮機來達成最佳操作效率。控制面板140經程式化以判定可能的最低速度及將VGD

131、133調整至所需容量。此外，對任何壓縮機速度而言，壓縮機無法在不進入喘振的情況下超過最大頭部因子$\Omega_{喘振}$。壓縮機幾何形狀及壓縮氣體，以及操作狀況一經限定，則可將壓縮機速度轉換爲馬赫數。馬赫數爲可定義爲葉輪之葉尖速度除以系統中之特定點處的聲音速度的參數。該特定點可位於葉輪入口，但亦可使用系統中之其他點。

[0026]在另一實施例中，若使用FRD，則可使用利用FRD致動器反饋信號的FRD之百分率開口上之速度增加的乘數，如以下所論述。

[0027]在另一實施例中，實際壓縮機頭部可爲實際等熵頭部。

[0028]可根據在壓縮機上游及下游所量測之冷凍劑特性來估計壓縮機頭部，如以下更詳細論述。

[0029]典型曲線組給出針對各種旋轉速度(或馬赫數)之單階段壓縮機的頭部因子(Ω)比流量因子(Θ)。此等曲線中之每一者理由壓縮機之在給定馬赫數下的「速度線」。在給定速度或馬赫數下且FRD完全開啓，自曲線右邊的高流量及低頭部的點A開始，當頭部增大時，流量減少直至達到喘振點B。給定馬赫數下的最大頭部因子$\Omega_{喘振}$達成完全開啓的VGD(或其他FRD)，在速度線與「喘振線」C相交的操作點處。此曲線組可例示任何單階段離心壓縮機之性能。該曲線組可應用於壓縮機107或109。壓縮機109作爲下文段落[0029]至[0034]中所描述之項目的例示之參考。

[0030]對給定壓縮機而言，可相對於$Mach^2$來繪出$\Omega_{喘}$

振。理論上講，兩者成比例。此理論在實踐中通常非常有效，如在代表用於真實工業壓縮機之示範性曲線圖的圖3所見。

[0031]比例係數定義爲馬赫比^2 = Mach^2/Ω。對藉由應用標度因子而根據同一設計外推的一系列壓縮機而言，馬赫比幾乎相同，無論壓縮機尺寸爲何。因此，對給定頭部因子Ω而言，可計算對應最小馬赫數，以避免當壓縮機在VGD 133完全開啓的情況下操作時壓縮機109中之喘振狀況。在另一實施例中，對給定頭部因子Ω而言，可使用對應最小RPM或最小馬達旋轉頻率，而非馬赫數。

[0032]基於以上所定義之比例係數，馬赫喘振= 馬赫比*Ω$^{0.5}$。注意，馬赫數定義爲葉輪葉尖速度除以壓縮機吸入下聲音速度的比率。其與RPM成比例，且與葉輪外部直徑成比例。此外，馬赫比爲壓縮機可操作且VGD 133在Ω=1下開啓時穩定的最小馬赫數，即在不進入喘振狀況的情況下。

[0033]可調整可變馬赫比的值以包括相對於喘振的邊限。選擇更高的馬赫比值將增大相對於喘振的安全邊限。但更高的馬赫比值亦將導致部分負載處的壓縮機效率降低，即隨VGD 133關閉之更高的馬達速度。

[0034]當操作VGD 133部分關閉的壓縮機109及在恆定壓縮機速度下操作時，壓縮機109可輸送的頭部壓力降低，VGD 133更加關閉。例如，在一個示範性實施例中，其中M = 1.25，以下表中表示頭部減少與VGD開啓的比較：

%VGD	$\Omega_{喘振}$(%VGD)	頭部減少 (%VGD)	速度增加 (%VGD)
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

$\Omega_{喘振}$(%VGD)表示針對相關聯%VGD的喘振之前的最大頭部因子；以及

頭部減少(%VGD)定義爲$\Omega_{喘振}$(%VGD)/$\Omega_{喘振}$(100%VGD)的比率。

速度增加(%VGD)限定保持壓縮機在喘振外之所需速度增加的比率。

[0035]頭部減少(%VGD)的係數對最容易實行方案而言可視爲獨立於壓縮機速度。爲避免恆定頭部壓力下的壓縮機喘振，在關閉VGD 133時需提高壓縮機速度。

[0036]接下來參閱圖2，展示了計算及控制壓縮機旋轉速度的新穎方法。該方法的額外細節揭示於普遍共有之專利申請案PCT/US2012/043047中，該申請案以引用之方式併入本文。方法200自步驟202開始，藉由量測壓縮機在飽和下的吸入壓力及排放壓力。其次，方法轉到步驟204，且計算相應於壓縮機在飽和下之吸入壓力及排放壓力的飽和溫度。根據飽和溫度，亦使用充足的相關關係來計算壓縮機頭部Ω及聲音速度。其次，方法轉到步驟206，其中基於PRV

的百分比，利用PRV致動器反饋來計算速度增加的乘數。注意，該方法與在使用VGD或任何FRD而非PRV的情況下相同。該方法隨後轉到步驟208，以根據如下方程式式(4)計算最小馬赫數，壓縮機可在該最小馬赫數下操作，同時穩定且在喘振外：

馬赫喘振=馬赫比*速度增加(%VGD)*Ω 0.5　　EQ. 5

[0037]其次，在步驟210處，該方法計算對應於可變馬赫喘振的葉輪葉尖速度：

葉尖速度=馬赫喘振*聲音速度　　EQ. 6

[0038]該方法轉到步驟212，且計算最小旋轉速度($Hz_{actual\text{-}min}$)，壓縮機可在該最小旋轉速度下操作，同時穩定且在喘振外，如：

Hz_{actual_min}=葉尖速度/(葉輪直徑*π)　　EQ. 7

控制在每一階段下具有相同VGD位置的兩階段壓縮機

[0039]在圖4中，展示了示範性多階段壓縮機系統。多階段壓縮機38包括第一壓縮機階段42及第二壓縮機階段44。第一壓縮機階段42及第二壓縮機階段44設置於馬達36的相對端部上，該馬達以相同速度驅動壓縮機階段42、44中之每一者。蒸汽冷凍劑經由冷凍劑管線50拉入第一壓縮機階段42。藉由蒸發器32的排放管線46提供冷凍劑管線50。藉由第一壓縮機階段42壓縮蒸汽冷凍劑，且排放至階段間跨越管線48中。階段間跨越管線48在相對端部處連接至第二壓縮機階段44的吸入輸入52。在第二壓縮機階段44進一步壓縮冷凍劑，用於輸出至壓縮機排放管線54，且供

應至冷凝器30，其中加壓蒸汽冷凍劑冷凝成液體。在圖4中所展示的示範性實施例中，將任擇節約器電路60插入液體冷凍劑返迴路徑56、58中，且蒸汽流動管線62連接至吸入入口52，用於將中間壓力冷凍劑提供給第二壓縮機階段44，以提高冷凍循環的效率。

[0040]接下來參閱圖5，揭示了用於程式化用於二階段離心壓縮機108的控制器的方法。二階段離心壓縮機108可包括磁軸承及具有用於速度控制之VSD的高速馬達。

[0041]在步驟600處，限定針對每一壓縮機階段的馬赫比率(馬赫比)及葉輪直徑(ImpellerOD)。在步驟602處，系統控制計算針對壓縮機的每一階段的最小所需馬達頻率(Hzactual_min)，以在喘振外操作，用於每一階段及VGD位置處的實際頭部。2個壓縮機階段的VGD位置相同。在步驟604處，藉由控制器150來控制離開冷卻水(LCW)溫度設定點，首先藉由調整VGD的位置，同時將馬達頻率維持在其最低可接受值(Hzactual_min)。在步驟606處，一旦VGD完全開啓，若未達到離開水溫度設定點，則馬達速度在針對驅動系部件的最大頻率限制內增加至Hzactual_min之上。

[0042]在步驟608處，系統使用控制器飽和表根據所量測壓力來計算飽和吸入溫度TSat_suct及飽和排放溫度TSat_disc。其次，在步驟610處，使用上文所描述之EQ. 5、6、7計算實際最小馬達頻率Hzactual_min。

[0043]在步驟612處，可選定馬赫比以容許根據喘振點的所需安全邊限。針對馬赫比的更高的值將提供相對於喘

振點之更大安全邊限，但將導致部分負載處的效率降低，即隨著所關閉VGD的更高馬達速度。在步驟614處，速度增加值(SpeedIncrease(%VGD))可藉助用於離散數目之VGD開口的值的表而保存於控制器中。可隨後藉由控制器藉由線性內插來計算中間值。

[0044]對兩階段壓縮機而言，針對每一壓縮機階段限定馬赫比及葉輪外部直徑(ImpellerOD)。須針對每一階段計算頭部因子Ω及聲音速度(SoundSpeed)。針對壓縮機的實際最小速度定義爲兩個壓縮機階段之實際最小速度中的更大者，即 Hzactual_min = max (Hzactual_min_1st ; Hzactual_min_2nd)，具有：針對第1階段及第二階段的最小速度 Hzactual_min_1st 及 Hzactual_min_2nd。速度增加(SpeedIncrease(%VGD))表應用於兩個階段。

控制在每一階段下具有不同VGD位置的兩階段壓縮機

[0045]此處描述本發明之針對圖4的佈置中之用於冷卻器應用的兩階段離心壓縮機的概念。在正常操作期間，分別控制針對第一階段VGD及第二階段VGD的位置。藉由冷卻器所需的容量需要係藉由離開水溫度與對應設定點之間的差來判定。此需要由介於最大允許壓縮機速度與上文限定之Hzactual_min_1st之間的壓縮機速度之改變來滿足，且由介於第1階段VGD位置之最大允許位置與最小允許位置之間的第1階段VGD位置的改變來滿足。在喘振前壓縮機速度始終保持在最小可接受值，以便具有最佳效率。

[0046]在部分負載操作中，隨著第1階段VGD部分關

閉，接近於喘振點而獲得離心壓縮機的最佳效率，具有針對安全操作的充足邊限。針對給定壓縮機之馬赫比的目標爲滿足此等兩個狀況。隨著第1階段VGD部分關閉而以Hzactual_min_1st操作第一壓縮機階段，隨後確保自第1階段壓縮機得到最佳效率。此壓縮機控制及其效益在針對單階段壓縮機的專利A2925619中更確切地描述，且此處針對第1壓縮機階段相同地應用。

[0047]在壓縮機操作期間，計算第2階段頭部係數Ω2nd階段。此值及速度增加(%VGD2nd階段)允許計算Hzactual_min_2nd。實際而言，考慮第2階段壓縮機吸入下的恆定壓縮機速度及給定容積流量，當第2階段VGD開啓時，Hzactual_min_2nd增加。相反，保持相同速度及流量，當第2階段VGD關閉時，Hzactual_min_2nd減小。隨後可在必要時使用第2階段VGD修改Hzactual_min_2nd。

[0048]本發明之原理爲控制第二階段VGD位置，以便獲得等於或接近於Hzactual_min_1st的Hzactual_min_2nd。當達到此狀況時，歸因於充足馬赫比的使用，每一壓縮機階段在其最佳效率下具有足夠安全邊限接近於其喘振線而操作。在兩個壓縮機階段均接近喘振時，每一階段的頭部最大化及速度最小化，此爲最佳效率的狀況。

[0049]應理解，本應用不限於以下描述中所闡述或圖式中所例示之細節或方法。亦應理解，本文所採用之措辭及術語僅爲描述之目的，且不應認爲是限制。

[0050]儘管圖式中所例示及本文所描述之示範性實施

例目前較佳，但應理解此等實施例僅通過實例而提供。因此，本應用不限於特定實施例，但擴展至仍落入隨附申請專利範圍之範疇中的各種修改。任何製程或方法步驟的順序或次序可根據替代實施例而改變或重排。

[0051]本應用涵蓋用於達成其操作的任何機器可讀媒體上之方法、系統以及程式產品。可使用現有電腦處理器或藉由爲此目的或另一目的而併入的用於適當系統的專用電腦處理器，或藉由硬連線系統來實現本應用的實施例。

[0052]重要的是，注意，如各種示範性實施例中所展示之兩階段壓縮機控制系統的構造及佈置僅爲例示性。儘管本揭示案中已僅詳細描述一些實施例，但回顧本揭示案的彼等人士將容易瞭解，在不實質脫離申請專利範圍中所敘述之標的的新穎教示及優點的情況下，許多修改爲可能的(例如，各種元件的大小、尺寸、結構、形狀以及比例，參數值、安裝佈置、材料使用、顏色、定向等等的改變)。例如，展示爲整體形成之元件可由多個零件或元件構造，元件位置可反轉或以其他方式改變，且分散元件的性質或數目或位置可修改或改變。因此，所有此類修改均意在包括於本應用之範疇內。任何製程或方法步驟的順序或次序可根據替代實施例而改變或重排。在申請專利範圍中，任何功能性模組條款意欲覆蓋本文所描述之在進行所敘述功能時的結構，且不僅覆蓋結構等效物，亦覆蓋等效結構。在不脫離本申請之範疇的情況下，可對設計、操作狀況以及示範性實施例的佈置作出其他取代、修改、變更以及省略。

[0053]如上所指出，本應用之範疇內的實施例包括包含機器可讀媒體的程序產品，該機器可讀媒體用於攜帶或具有儲存於其上之機器可執行指令或資料結構。此類機器可讀媒體可爲可藉由通用或專用電腦或具有處理器之其他機器訪問之任何可用媒體。舉例而言，此類機器可讀媒體可包含RAM、ROM、EPROM、EEPROM、CD-ROM或其他光盤儲存器、磁碟儲存媒體或其他磁儲存器裝置，或可用來攜帶或儲存所需程式碼或資料結構且可藉由通用或專用電腦或其他具有處理器的機器訪問之任何其他媒體，該程式碼呈機器可執行指令形式。當將資訊經由網路或另一通訊連接傳送或提供給機器時，該機器恰當地將該連接視爲機器可讀媒體。因此，任何此類連接均恰當地稱爲機器可讀媒體。以上者之組合亦包括於機器可讀媒體範疇內。機器可執行指令包含，例如，引起通用電腦、專用電腦或專用處理機器進行某些功能或功能群的指令及資料。

[0054]應注意，儘管本文圖式可展示方法步驟的特定順序，但應瞭解，此等步驟之順序可不同於所描繪之順序。此外，兩個或兩個以上步驟可同時進行或部分併發。此類改變將取決於所選擇之軟體及硬體系統，且取決於設計者選擇。應瞭解，所有此類改變均在本應用的範疇內。同樣，可使用標準程式化技術來達成軟體實現，該技術具有基於規則的邏輯及其他邏輯以達成各種連接步驟、處理步驟、比較步驟以及決策步驟。

【符號說明】

30、112...冷凝器

32、126...蒸發器

36...馬達

38...多階段壓縮機

42...第一壓縮機階段/壓縮機階段

44...第二壓縮機階段/壓縮機階段

46...排放管線

48...階段間跨越管線

50...冷凍劑管線

52...吸入輸入

54...壓縮機排放管線

56、58...液體冷凍劑返迴路徑

60...節約器電路

100...蒸汽壓縮系統

107...第一壓縮機階段/階段

108...壓縮機

109...第二壓縮機階段/階段

114...排放管線/管線

116、128...熱交換器/熱交換器 線圈

118...入口

120...出口

122...冷卻塔

124、136、138...管線

128R...返回管線

128S...供應管線

130...冷卻負載

131、133...VGD

132...吸入管線

134...HGBP閥

140...控制面板

144...非依電性記憶體

146...介面板

148...類比-數位(A/D)轉換器

150...微處理器

152...驅動器

200...方法

202~212、600~614...步驟

I628364

公告本

發明摘要

※ 申請案號：105121241

※ 申請日：105.07.05　　※IPC 分類：F04D 27/02 (2006.01)
F25B 49/02 (2006.01)
F04D 17/12 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

用於多階段離心壓縮機的容量控制系統及方法
CAPACITY CONTROL SYSTEM AND METHOD FOR MULTI-STAGE CENTRIFUGAL COMPRESSOR

【中文】

本案提供了一種用於控制多階段離心壓縮機的方法。該方法允許壓縮機頭部及效率在每一壓縮階段之最佳化，且在減少壓縮機流量上尤其有價值。

【英文】

A method for controlling multi-stage centrifugal compressors is provided. It allows an optimization of compressor head and efficiency at each compression stage and is specifically valuable at reduced compressor flow.

圖式

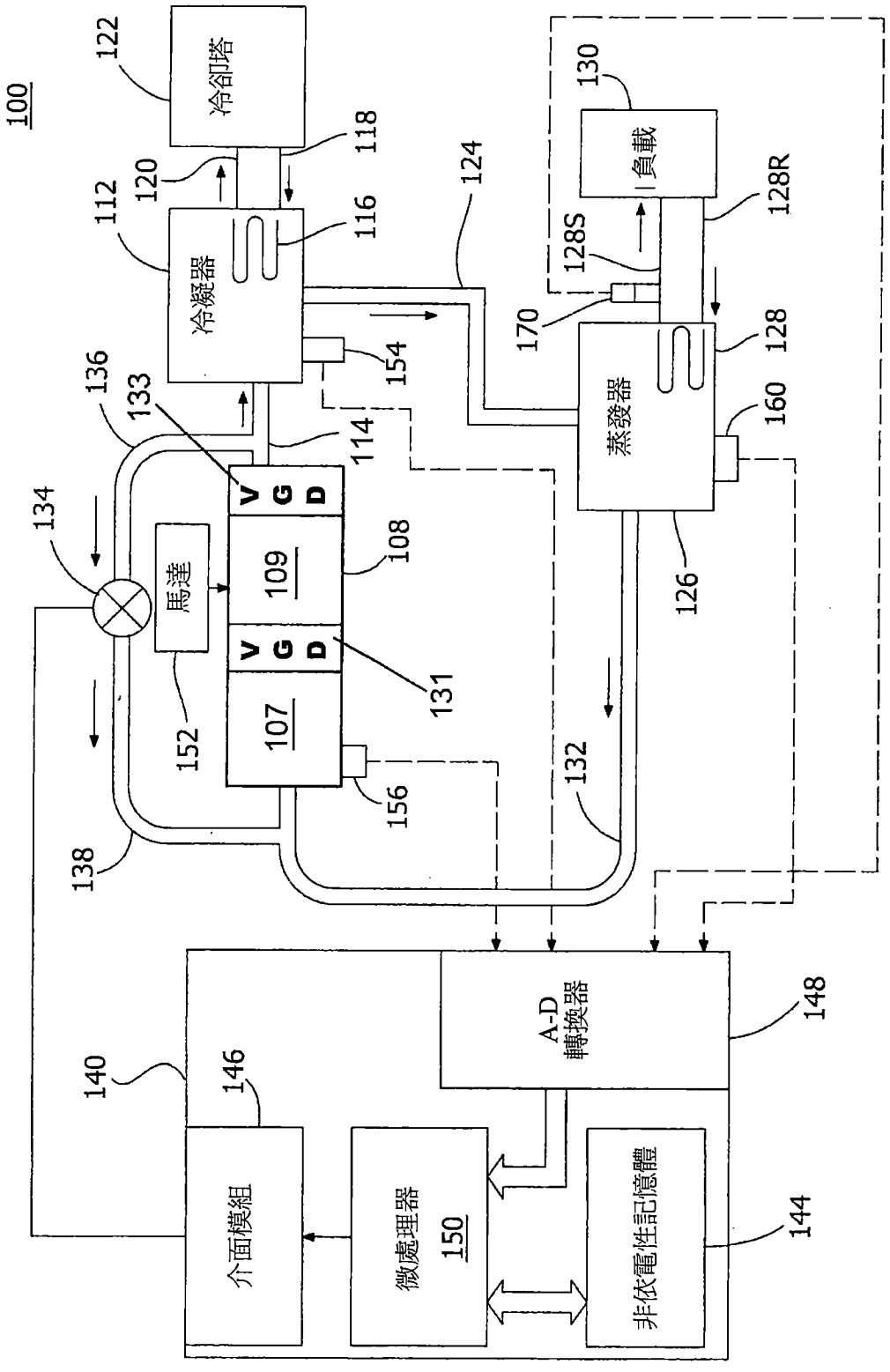

100
冷卻塔
122
118
120
112
冷凝器
116
124
130
負載
128R
128S
170
128
蒸發器
154
136
133
114
160
134
V G D
109
108
馬達
V G D
107
131
152
126
156
132
138
A-D
轉換器
148
140
146
介面模組
微處理器
150
非依電性記憶體
144

圖 1

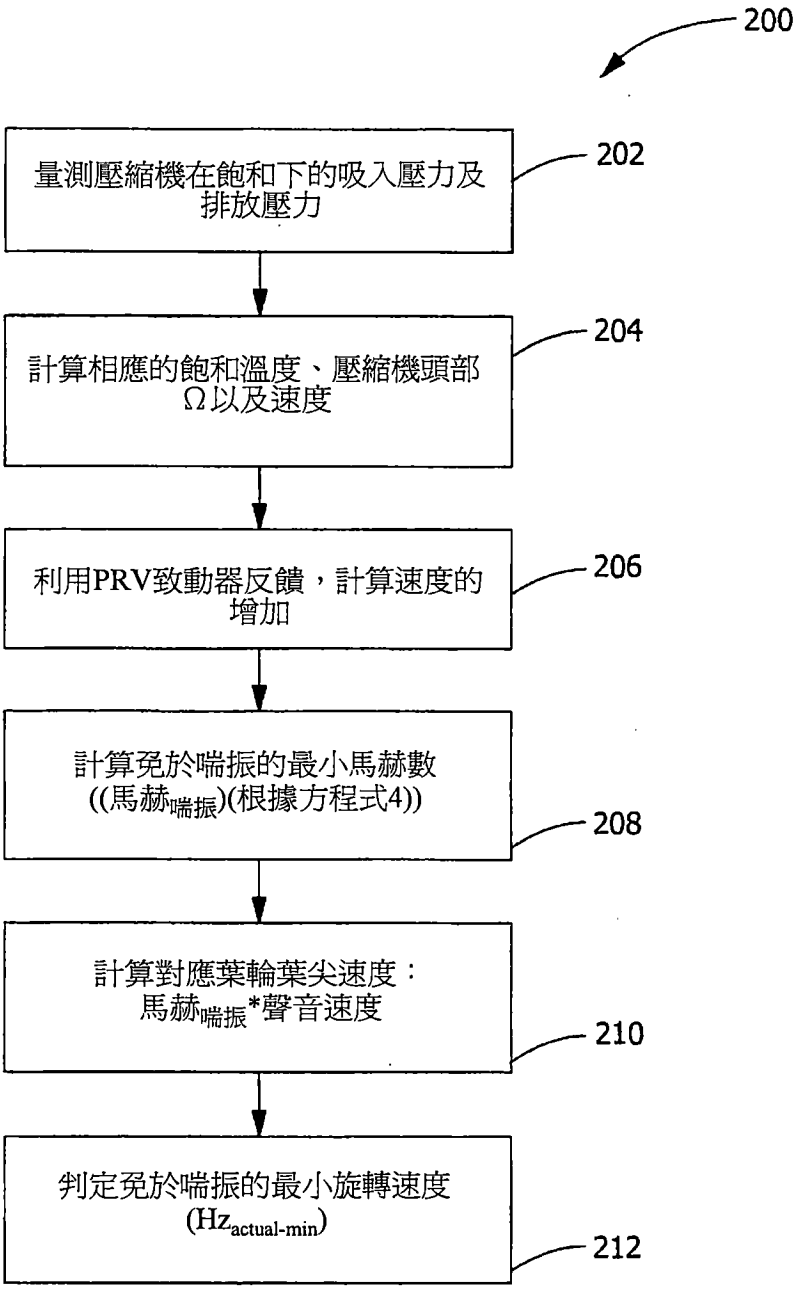

200
量測壓縮機在飽和下的吸入壓力及排放壓力
202
計算相應的飽和溫度、壓縮機頭部Ω以及速度
204
利用PRV致動器反饋，計算速度的增加
206
計算免於喘振的最小馬赫數((馬赫喘振)(根據方程式4))
208
計算對應葉輪葉尖速度：馬赫喘振*聲音速度
210
判定免於喘振的最小旋轉速度(Hzactual-min)
212

圖 2

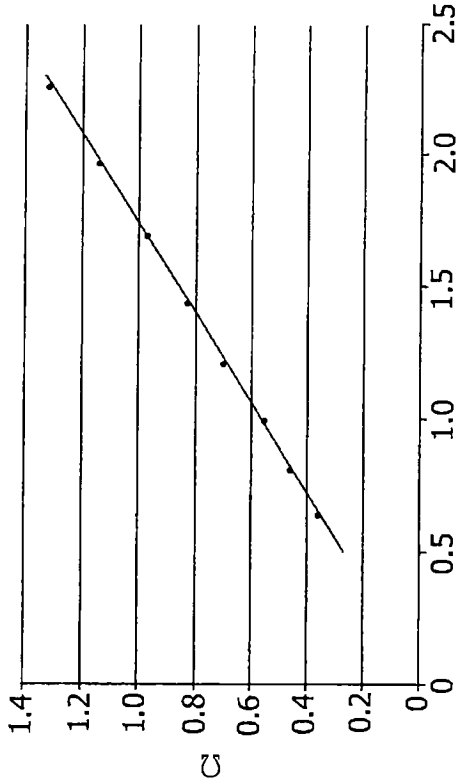


圖 3

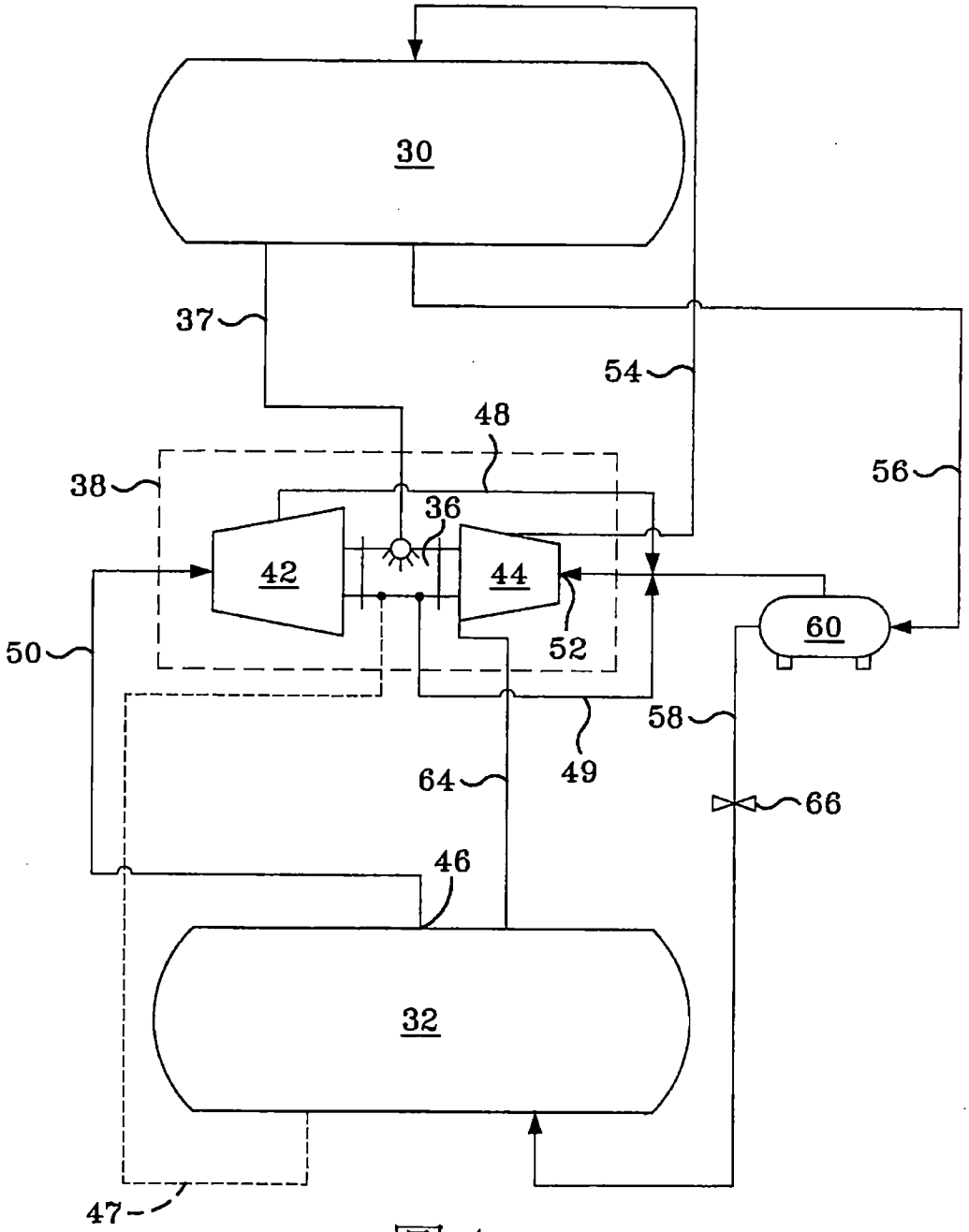


圖 4

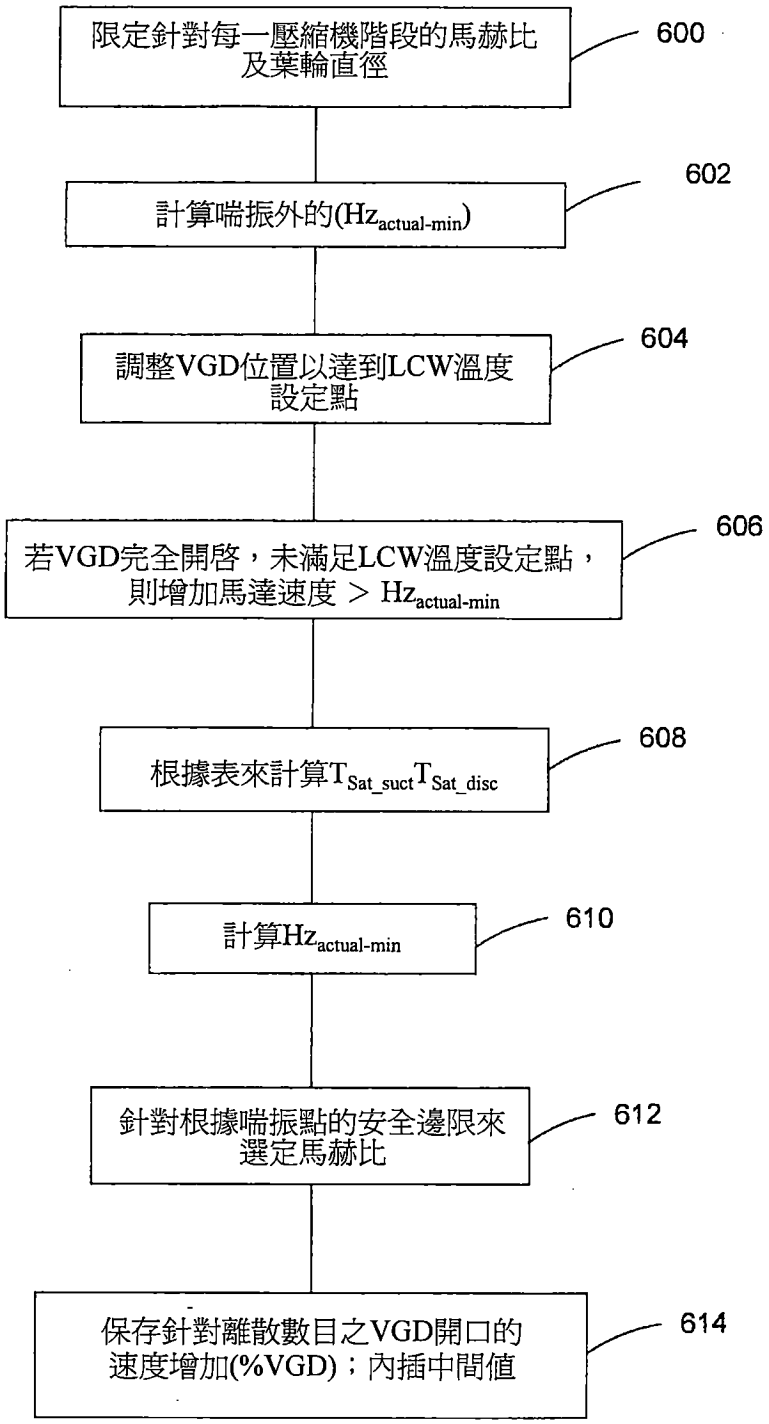

限定針對每一壓縮機階段的馬赫比及葉輪直徑
600
計算喘振外的($Hz_{actual-min}$)
602
調整VGD位置以達到LCW溫度設定點
604
若VGD完全開啓，未滿足LCW溫度設定點，則增加馬達速度 > $Hz_{actual-min}$
606
根據表來計算T_{Sat_suct} T_{Sat_disc}
608
計算$Hz_{actual-min}$
610
針對根據喘振點的安全邊限來選定馬赫比
612
保存針對離散數目之VGD開口的速度增加(%VGD)；內插中間值
614

圖 5

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（2）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

200...方法　　202~212...步驟

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

(無)

申請專利範圍

1. 一種控制一多個階段壓縮機且維持壓縮機穩定性的方法，該方法包含：

提供一壓縮機及一控制系統，該壓縮機具有設置於一馬達軸的相對端部上之一第一壓縮機階段及一第二壓縮機階段，該第一壓縮機階段及該第二壓縮機階段中之每一者具有一各別流量減少裝置，該流量減少裝置用於控制通過該各別壓縮機階段的冷凍劑之流量；

針對每一壓縮機階段界定一馬赫比及葉輪外部直徑；

針對該壓縮機的每一階段，計算一最小所需馬達驅動頻率以針對一當前頭部因子及流量減少裝置位置而免於喘振狀況來操作；

針對該壓縮機的每一階段，調整該流量減少裝置位置，同時將該馬達驅動頻率維持在一最低可接受等級下，以達到一離開冷卻水溫度設定點；

若針對該壓縮機的每一階段的該流量減少裝置位置達到一完全開啓位置且該離開冷卻水溫度設定點未滿足，以及未超過一最大馬達驅動頻率，則增大該馬達驅動頻率以增大馬達速度；

針對該壓縮機的每一階段，量測一吸入壓力及一排放壓力；

針對該壓縮機的每一階段，計算一飽和吸入溫度及

一飽和排放溫度；

計算該實際最小馬達驅動頻率；以及

選擇一馬赫比，該馬赫比提供免於喘振狀況之一所需邊限。

2. 如請求項1之控制一多個階段壓縮機的方法，其中針對該壓縮機的每一階段調整該流量減少裝置位置包含藉由一同一信號來控制每一流量減少裝置。

3. 如請求項1之控制一多個階段壓縮機的方法，其中計算飽和吸入溫度及飽和排放溫度包含自一控制器飽和表提取該飽和吸入溫度及該飽和排放溫度。

4. 如請求項1之控制一多個階段壓縮機的方法，其中可針對一離散數目之流量減少裝置位置於該控制器中於一值表下保存一速度增加值。

5. 一種用於控制一多個階段壓縮機的系統，該系統包含：

一具有一第一壓縮機階段及一第二壓縮機階段之壓縮機、一冷凝器及一蒸發器，其連接於一閉合冷凍劑迴路中，每一壓縮機階段具有一流量減少裝置；

一控制系統，其經組配來控制該壓縮機之每一階段的一容量，該控制系統經組配來：

計算一最小所需馬達驅動頻率；

調整該流量減少裝置位置；

若該流量減少裝置位置達到一完全開啓位置且一離開冷卻水設定點未滿足，則增大該馬達驅動頻率；

量測一吸入壓力及一排放壓力；

計算一飽和吸入溫度及一飽和排放溫度；

計算實際最小馬達驅動頻率；

選擇一馬赫比，其提供免於喘振狀況之一邊限；以及

控制該多個階段壓縮機以免於一喘振狀況而操作。