

發明專利說明書

※申請案號：096149915

※IPC分類：H02H 7/08

一、發明名稱：

無刷直流電動機的過電流保護方法

二、中文發明摘要：

本發明係一種無刷直流電動機的過電流保護方法，提供一反流器，其用於輸出一無刷直流電動機之電壓大小與相位，及根據無刷直流電動機之一轉速 ω_r ，產生反流器開關的切換極限，以進而控制反流器之切換開關的工作週期D或所輸出的該電壓相位之超前角度PAA，使無刷直流電動機不論在額定轉速以下高轉矩輸出運轉，或額定轉速以上弱磁控制運轉，都可達到過電流保護功能。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第四圖

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

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】

[0001] 本發明係有關一種無刷直流電動機領域，特別係一種無刷直流電動機的過電流保護方法。

【先前技術】

[0002] 按，自動化工業一般係使用電動機來驅動各種器械以提高生產，因為使用電動機驅動的消耗功率較大，所以驅動系統最好需具備自我保護的功能，以防止突發或不當操作時而造成驅動器毀壞或產生其他危險。

[0003] 例如我國專利公告編號第209321號之「電動載具用馬達之電流限制方法與裝置」，係採用電流偵測器配合多段磁滯限流電路，再依據電動機溫度高低限制無刷直流電動機的最大電流，達到電動機過電流保護效果；我國專利公告編號第545902號「直流無刷風扇馬達之二段式限流電路」，係採用一過電流檢知電路產生限流控制資料，即過電流檢知電路會輸出一電壓準位以供判別風扇馬達是否發生過電流，惟，過電流檢知電路在電流愈大時所消耗的功率亦會愈大，故此種電路適合較小功率且固定轉速的應用；及我國專利證號第I221702號「無刷直流馬達之轉速控制電路」，係採用一過電流檢知限流電路來檢知風扇馬達之轉速及偵測其是否過電流，當轉速異常且產生過電流時，該過電流檢知限流電路可控制該風扇馬達驅動電路維持在一低電流準位，惟，過電流檢知限流電路在電流愈大時所消耗的功率亦會愈大，故此電路仍只適合較小功率及多段轉速的應用。

[0004] 有鑑於此，本發明提出一種更完善的無刷直流電動機的過電流保護方法，以克服上述之限制與缺失。

【發明內容】

[0005] 在此具體且詳細敘述本創作之目的，其為了克服習知技術之缺點，遂提出一種無刷直流電動機的過電流保護方法，主要是依據無刷直流電動機之實際轉速來產生反流器開關切換極限，以達到過電流保護功能，而不需使用任何電流感測裝置，進而節省硬體成本、減少硬體空間，並簡化電路複雜度以提高可靠度。

[0006] 根據本發明所揭示的無刷直流電動機的過電流保護方法，係提供一反流器以輸出一無刷直流電動機之電壓大小與相位，及根據無刷直流電動機之一轉速 ω_r ，控制反流器之切換開關的工作週期D或所輸出的電壓相位之超前角度PAA。

[0007] 其中，當無刷直流電動機之轉速 ω_r 係低於一額定轉速時，係控制反流器之切換開關的工作週期D係小於或等於反流器之切換開關之一最大工作週期 D_{\max} ，即可限制反流器所輸出的最大電壓值而確保電動機電流在安全範圍內，當無刷直流電動機之轉速 ω_r 係高於一額定轉速時，反流器之切換開關達飽和，若希望再提高電動機之轉速 ω_r ，則需利用弱磁控制方式達到高速運轉目的，即控制反流器輸出電壓之相位超前角度PAA係小於或等於一反流器輸出電壓的最大相位超前角度 PAA_{\max} ，即可防止電動機過電流。

[0008] 本發明之目的或其他目的對於此技藝之通常知識者而言，閱讀以下實施例之詳細內容後係顯而易知的。

[0009] 先前的概述與接下來的詳細敘述都是範例，以便能進一步解釋本發明之專利請求項。

【實施方式】

[0010] 請參照第一圖，係本發明之一無刷直流電動機速度控制系統的示意圖。如圖所示，本發明

之無刷直流電動機速度控制系統10乃包括一無刷直流電動機12，一反流器14耦接無刷直流電動機且外接一直流鏈電壓源15，以接收一直流電壓並將其轉成一交流電壓輸出至無刷直流電動機12，其中反流器14係一三相全橋反流器，具有六個切換開關S1至S6，其示意圖如第二圖所示，每一切換開關包括一功率電晶體與一相耦接的背接二極體，故反流器14透過切換開關S1至S6控制輸出至無刷直流電動機之電壓大小與相位，一轉子位置偵測器16耦接無刷直流電動機12，且係由三個霍爾偵測器所組成以偵測電動機12之轉子磁石與定子繞組的相對位置而輸出三個位置信號u、v、w，一負載17耦接轉子位置偵測器16，一控制電路18耦接轉子位置偵測器16，且控制電路18包括一轉子位置區域偵測器181、轉速計算器182、速度控制器及限制器183及一驅動控制與過電流保護電路184，其中轉子位置區域偵測器181耦接轉子位置偵測器16以接收三個位置信號u、v、w而輸出一轉子區域值，轉速計算器182耦接轉子位置偵測器16以接收三個位置信號u、v、w計算出直流電動機12之轉速 ω_r ，速度控制器及限制器183則耦接轉速計算器以接收轉速 ω_r ，並同時接收另一轉速命令 ω_r^* ，以計算出 ω_r 與 ω_r^* 之誤差而輸出一控制命令 u^* ，驅動控制與過電流保護電路184耦接轉子位置區域偵測器181、轉速計算器182、速度控制器及限制器183與反流器14，以接收轉子區域值、轉速 ω_r 與控制命令 u^* 之三個輸入參數而得到控制反流器14的六個切換開關控制信號。其中，請同時參照第三圖，係無刷直流電動機12之相反電勢電壓 e_{An} 與對應轉子位置偵測器16所輸出的3組轉子磁石與定子繞組之相對位置信號u, v, w波形示意圖。

- [0011] 承上述之無刷直流電動機速度控制系統10，以下是進一步揭示本發明之無刷直流電動機的過電流保護方法，由於反流器開關的切換模式控制著無刷直流電動機之端電壓大小與相位，且電動機端電壓之大小與轉速高低皆會影響電流大小，故要限制電動機之電流可藉由限制反流器開關的切換模式來達成，其中能夠控制反流器之開關的切換模式就是透過控制電路18之驅動控制與過電流保護電路184所輸出的切換開關控制信號，因此本發明之無刷直流電動機的過電流保護方法主要是驅動控制與過電流保護電路184根據無刷直流電動機之一轉速 ω_r ，控制反流器之切換開關的工作週期D或所輸出的電壓相位之超前角度PAA。
- [0012] 請連同參照第四圖所示，係驅動控制與過電流保護電路184之邏輯作動流程示意圖。如圖所示，驅動控制與過電流保護電路184先進行步驟S1，判斷轉速 ω_r 是否高於一額定轉速，若是，則進行步驟S2，設定變數FW=1，然後進行步驟S3，根據使電動機不過電流的轉速與反流器最大相位超前角度的關係計算反流器最大相位超前角度 PAA_{MAX} ；若否，則進行步驟S4，設定變數FW=0，然後進行步驟S5，根據使電動機不會過電流的轉速與開關最大工作週期的關係計算反流器開關最大工作週期 D_{MAX} 。之後，不論是步驟S3與S5，接著都是進行步驟S6，判斷控制命令 u^* 是否已達飽和，若是，則接著進行步驟S7，若否，則進行步驟S8。
- [0013] 當控制命令 u^* 達飽和，即進行步驟S7，先判斷變數FW是否等於1，即相當於判斷轉速 ω_r 是否大於一額定轉速，當FW是等於1，即轉速 ω_r 高於額定轉速，則依序進行步驟S9與S10，依據控制命令 u^* 及採用弱磁控制切換，計算反流器相位超前角度PAA，然後判斷相位超前角度PAA是否大於或等於最大相位超前角度 PAA_{max} ，若相位超前角度PAA係大於或等於最大相位超前角度 PAA_{max} ，則進行步驟S11，使PAA等於 PAA_{max} 後，才進行步驟S12，若相位超前角度PAA係小於最大相位超前角度 PAA_{max} ，則直接進行步驟S12，使用相位超前角度PAA與轉子區域值共同決定反流器之切換開關控制信號，以達到弱磁限制電流過載的功能；當FW是不等於1，即轉速 ω_r 低於額定轉速，則進行步驟S13，即轉速 ω_r 低於該額定轉速，使反流器切換開關的工作週期D等於最大工作週期 D_{max} 後，才進行步驟S16，使電動機在額定轉速以下係採用波寬調變控制，使用工作週期D與轉子區域值來共同決定反流器之切換開關控制信號，達到額定轉速以下限制電流過載的功能。
- [0014] 當控制命令 u^* 未達飽和，即進行步驟S8，依據控制命令及採用波寬調變切換，計算反流器開關工作週期D，然後進行步驟S14，判斷工作週期D是否大於或等於最大工作週期 D_{max} ，若工作週期是大於或等於最大工作週期 D_{max} ，則進行步驟S15，使工作週期D等於最大工作週期 D_{max} 後，才進行步驟S16，若工作週期是小於最大工作週期 D_{max} ，則直接進行步驟S16，使電動機在額定轉速以下係採用波寬調變控制，使用工作週期D與轉子區域值來共同決定反流器之切換開關控制信號，達到額定轉速以下限制電流過載的功能。
- [0015] 以上的實施流程至此為止是一個週期結束，等待下一個週期的開始時再重新進入第四圖之步驟S1，藉此流程週期之循環而達到限制電流過載的功能。
- [0016] 由此可知，當無刷直流電動機之轉速 ω_r 係低於額定轉速，係控制反流器之切換開關的工作週期D係小於或等於反流器之切換開關之一最大工作週期 D_{max} ，即可限制反流器所輸出的最大電壓值而確保電動機電流在安全範圍內，當無刷直流電動機之轉速 ω_r 係高於額定轉速時，反流器之切換開關達飽和，若希望再提高電機機之轉速 ω_r ，則需利用弱磁控制方式達到高速運轉目的，即控制反流器輸出電壓之相位超前角度PAA係小於或等於一反流器輸出電壓的最大相位超前角度 PAA_{max} ，即可防止電動機過電流。此外，控制電路18是透過數位化方式來實現，可採任何市售的單晶片微處理器、數位信號處理器、可規劃邏輯陣列、各種形式電腦或其他相似功能的數位化處理器等。且，本方法可不但可以使用在開迴路的無刷直流電動機速度控制系統，亦可以使用在閉迴路的無刷直流電動機速度控制系統。
- [0017] 現在，茲以一實際實施例及代表性實驗結果驗證本發明之優點，當無刷直流電動機12之額定電壓是24V，額定功率是360W，額定轉速2550r/min，直流鏈電壓15是24V，所以電流限制是15A，控制電路18採用數位信號處理器模組TI TMS320LF2407A EVM，參照第五圖之實驗結

果，當 $t=0\text{sec}$ 時，電動機在無載下，轉速命令設為 500r/min ，當轉速達穩態時，在 $t=3.58\text{sec}$ 突然將轉子堵止，轉速瞬間降為 0r/min ，電流被限制在額定值 15A 左右，參照第六圖之實驗結果，當 $t=0\text{sec}$ 時，電動機在無載下，轉速命令設為 5000r/min ，當轉速在 0.72sec 時超過額定轉速，驅動器繼續以弱磁驅動方法使轉子在 $t=2.38\text{sec}$ 達穩態，在 $t=4.36\text{sec}$ 突然將一個重載加入，使轉速瞬間降為 4100r/min ，電流也因而增加，最終限制在額定值 15A 左右，參照第七圖之實驗結果，當 $t=0\text{sec}$ 時，電動機從靜止就開始帶動如第六圖所加的負載，轉速命令也設定為 5000r/min ，與第六圖之加載結果相同，轉速在穩態時只能達 4100r/min ，電流限制在 15A 左右， $t=4.12\text{sec}$ 突然有一個更重負載加入，使轉速降為 3420r/min ，而電流仍限制在額定值 15A 左右。當 $t=6.39\text{sec}$ 將此前次所加負載移除，使轉速恢復為 4100r/min 而電流仍限制在額定值 15A 左右。由此可知，藉由本發明所揭示的過電流保護方法，確實能達到無刷直流電動機的過電流保護。

[0018] 綜上所述，本發明之無刷直流電動機的過電流保護方法無需使用電流感測器即可達到無刷直流電動機的過電流保護，並同時適用於電動機額定轉速以下及高速弱磁的過電流保護，且只需修改習用驅動系統的軟體程式，不需增加額外硬體，可減少硬體成本。

[0019] 以上所述之實施例僅為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【圖式簡單說明】

[0031] 第一圖為本發明之無刷直流電動機速度控制系統的示意圖。

[0032] 第二圖為本發明之反流器的電路結構示意圖。

[0033] 第三圖為本發明之無刷直流電動機A相反電勢電壓 e_{An} 與對應3組轉子位置偵測器所輸出的位置信號 u, v, w 的波形示意圖。

[0034] 第四圖為本發明無刷直流電動機的過電流保護方法之流程示意圖。

[0035] 第五圖為應用本發明之電動機低速時之堵止實驗響應波形圖。

[0036] 第六圖為應用本發明之電動機高速時之加重載響應波形圖。

[0037] 第七圖為應用本發明之電動機高速時之加兩種重載響應波形圖。

【主要元件符號說明】

[0020] 10...無刷直流電動機速度控制系統

[0021] 12...無刷直流電動機

[0022] 14...反流器

[0023] 15...直流鏈電壓源

[0024] 16...轉子位置偵測器

[0025] 17...負載

[0026] 18...控制電路

[0027] 181...轉子位置區域偵測器

[0028] 182...轉速計算器

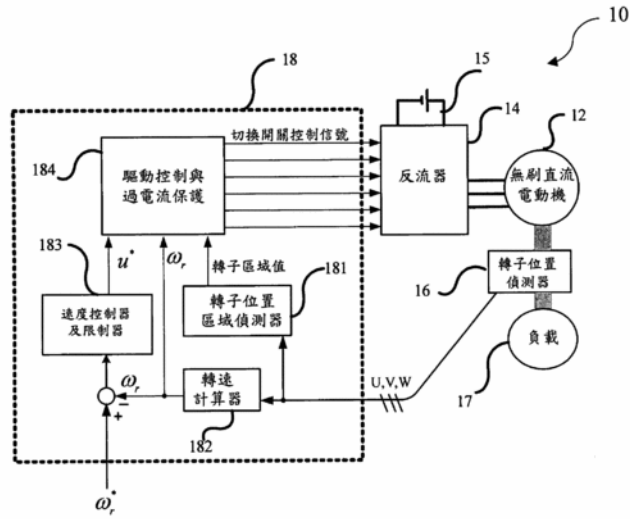
[0029] 183...速度控制器及限制器

[0030] 184...驅動控制與過電流保護電路

七、申請專利範圍：

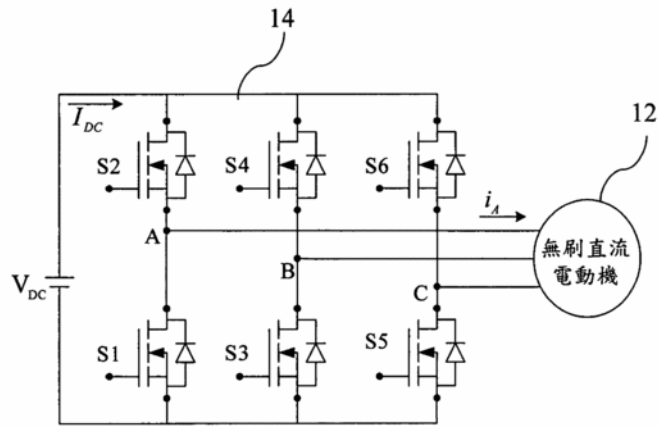
1. 一種無刷直流電動機的過電流保護方法，包括以下步驟：提供一反流器，其用於輸出一無刷直流電動機之電壓大小與相位；根據該無刷直流電動機之一轉速 ω_r ，控制該反流器之切換開關的工作週期 D 或所輸出的該電壓相位之超前角度 PAA ；及提供一控制命令，其係作為該反流器之切換開關控制信號的控制變數，並判斷該控制命令是否達飽和，當該控制命令達飽和時，判斷該轉速 ω_r 是否大於一額定轉速，當該轉速 ω_r 高於該額定轉速時，判斷該電壓相位之超前角度 PAA 是否大於或等於該反流器之輸出電壓之一最大相位超前角度 PAA_{\max} ，當該電壓相位之超前角度 PAA 係小於該最大相位超前角度 PAA_{\max} ，則使用該電壓相位之超前角度 PAA 來決定該反流器之切換開關的控制信號，當該電壓相位之超前角度 PAA 係大於或等於該最大相位超前角度 PAA_{\max} ，則使該電壓相位之超前角度 PAA 等於該最大相位超前角度 PAA_{\max} 後，才使用該電壓相位之超前角度 PAA 來決定該反流器之切換開關的控制信號。
2. 如申請專利範圍第1項所述之無刷直流電動機的過電流保護方法，其中當該轉速 ω_r 低於該額定轉速，使該工作週期 D 等於該反流器之切換開關之一最大工作週期 D_{\max} 後，才使用該工作週期 D 來決定該反流器之切換開關的控制信號。
3. 如申請專利範圍第1項所述之無刷直流電動機的過電流保護方法，其中該控制命令未達飽和，判斷該工作週期 D 是否大於或等於該反流器之切換開關之一最大工作週期 D_{\max} 。
4. 如申請專利範圍第3項所述之無刷直流電動機的過電流保護方法，其中當該工作週期 D 係小於該最大工作週期 D_{\max} ，則使用該工作週期 D 來決定該反流器之切換開關的控制信號。
5. 如申請專利範圍第3項所述之無刷直流電動機的過電流保護方法，其中當該工作週期 D 係大於或等於該最大工作週期 D_{\max} ，則使該工作週期 D 等於該最大工作週期 D_{\max} 後，才使用該工作週期 D 來決定該反流器之切換開關的控制信號。

八、圖式：



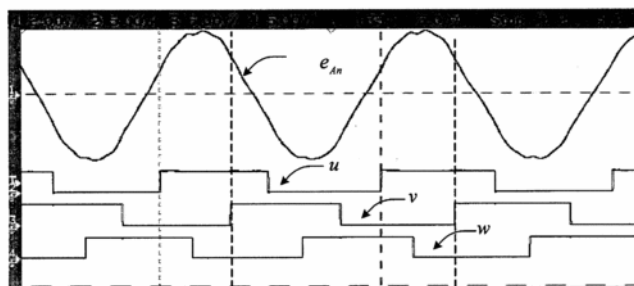
第一圖

第一圖



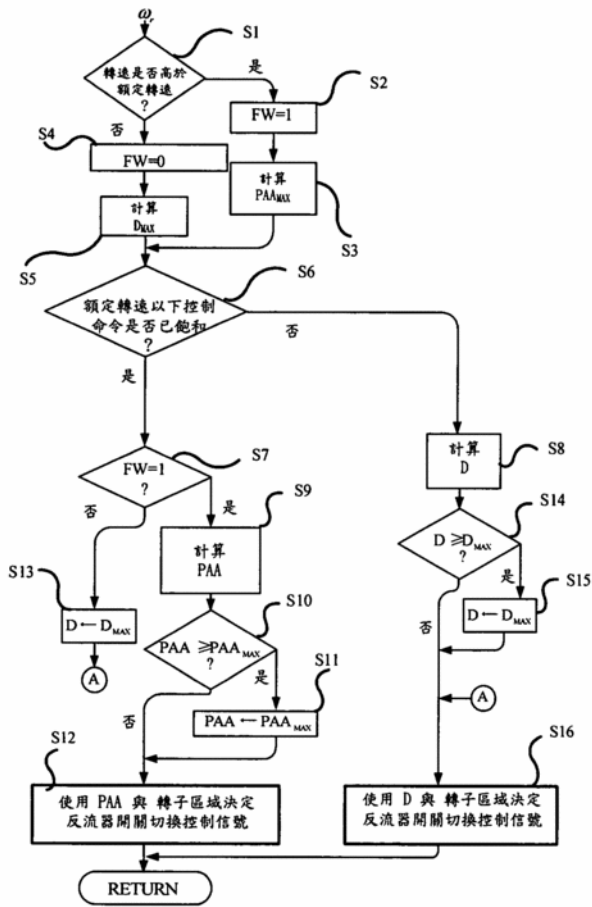
第二圖

第二圖



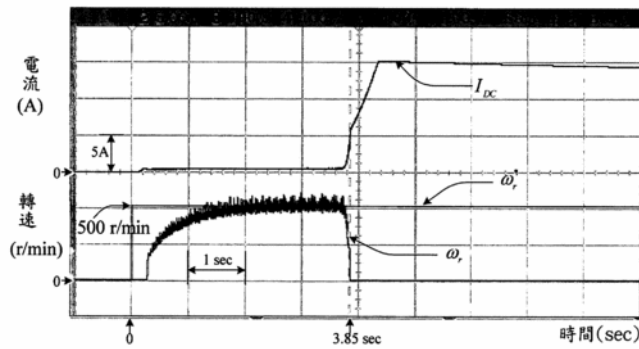
第三圖

第三圖



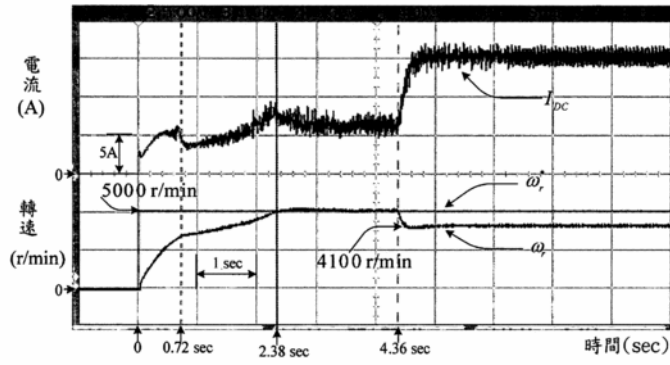
第四圖

第四圖



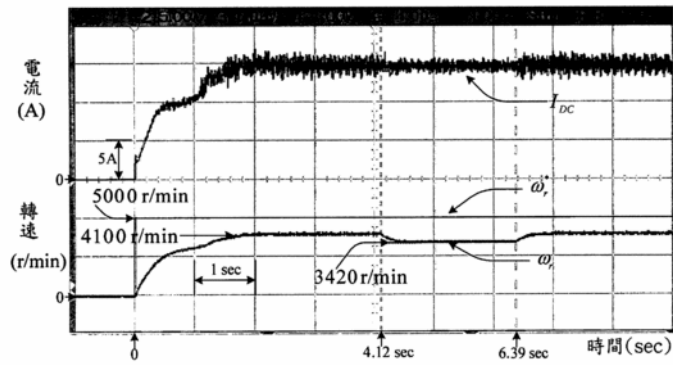
第五圖

第五圖



第六圖

第六圖



第七圖

第七圖