



(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 I634734 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 09 月 01 日

(21)申請案號：103109497

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 14 日

(51)Int. Cl. : **H02P6/14 (2016.01)**

(30)優先權：2013/03/14 美國

61/784,606

2013/08/05 美國

13/959,543

(71)申請人：美商微晶片科技公司(美國) MICROCHIP TECHNOLOGY INCORPORATED (US)
美國(72)發明人：布朗 華德 R BROWN, WARD R. (US)；漢德里克 哈渥德 HENDRICKS,
HOWARD (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 201110531A

JP 2006-296088A

US 2004/0056632A1

US 2004/0263104A1

WO 2005/013473A1

審查人員：林迺信

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：7 共 26 頁

(54)名稱

用於修改無刷直流(BLDC)馬達之梯型驅動之方法、用於驅動 BLDC 馬達之系統及用於對一 BLDC 馬達提供經正弦修改之脈衝寬度調變(PWM)驅動之馬達控制器

METHOD FOR MODIFYING TRAPEZOIDAL DRIVE TO A BRUSHLESS DIRECT CURRENT (BLDC) MOTOR, SYSTEM FOR DRIVING BLDC MOTOR, AND MOTOR CONTROLLER FOR PROVIDING SINE MODIFIED PULSE WIDTH MODULATION (PWM) DRIVE TO A BLDC MOTOR

(57)摘要

至一無刷直流(BLDC)馬達之一脈寬調變(PWM)梯型換向驅動係經正弦修改，使得所施加之驅動電壓實質匹配在該 BLDC 馬達中所產生之感應電壓。可取決於由在未連接之馬達端子處所量測到之零交叉 BEMF 電壓之間的時間所判定之轉子角度位置而使用介於大約-30 度與+30 度之間之角度之餘弦值來修改 PWM 驅動信號之工作週期。

A pulse width modulated (PWM) trapezoidal commutation drive to a brushless direct current (BLDC) motor is sine modified so that the applied drive voltage substantially matches the induced voltage generated in the BLDC motor. The values of the cosine of the angles between -30 degrees and +30 degrees are used to modify the duty cycle of the PWM drive signal dependent upon the rotor angular positions determined from the times between the zero crossing BEMF voltages measured at the unconnected motor terminals.

指定代表圖：

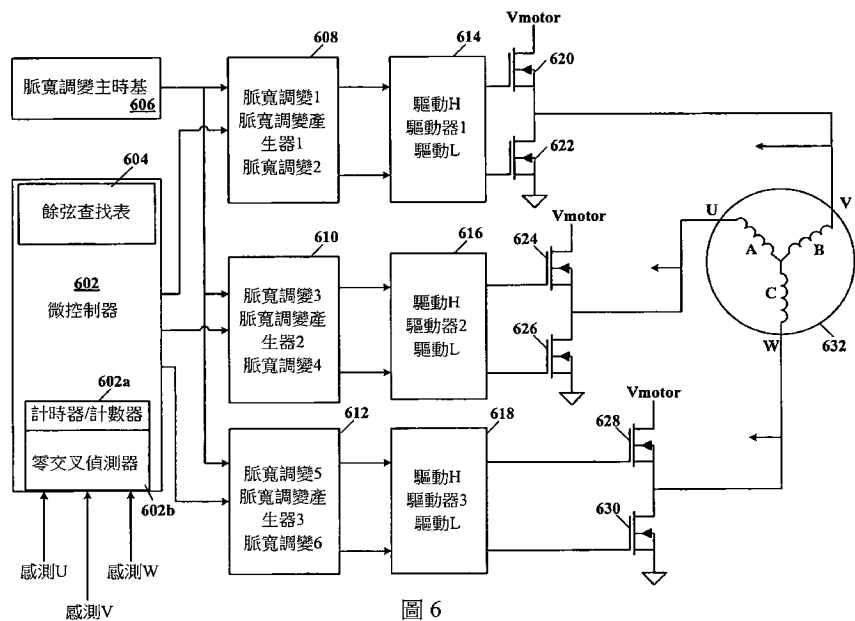
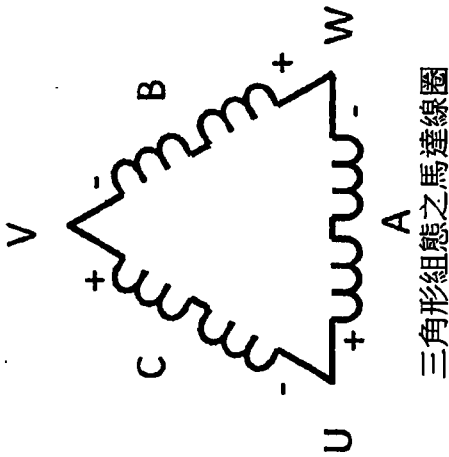


圖 6

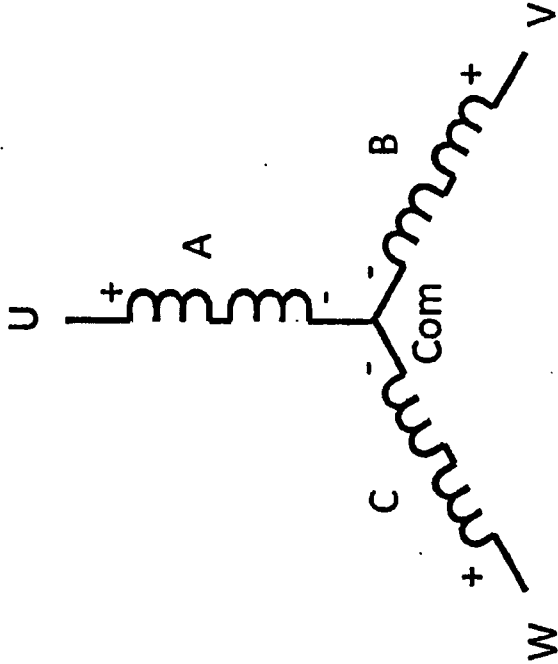
符號簡單說明：

- 602 . . . 微控制器
- 602a . . . 計時器/計數器
- 602b . . . 零交叉偵測器
- 604 . . . 餘弦查找表
- 606 . . . 脈寬調變 (PWM)主時基
- 608 . . . PWM 產生器
- 610 . . . PWM 產生器
- 612 . . . PWM 產生器
- 614 . . . 高端/低端 驅動器
- 616 . . . 高端/低端 驅動器
- 618 . . . 高端/低端 驅動器
- 620 . . . 高端電晶體 開關
- 622 . . . 低端電晶體 開關
- 624 . . . 高端電晶體 開關
- 626 . . . 低端電晶體 開關
- 628 . . . 高端電晶體 開關
- 630 . . . 低端電晶體 開關
- 632 . . . 無刷直流 (BLDC)馬達

圖式

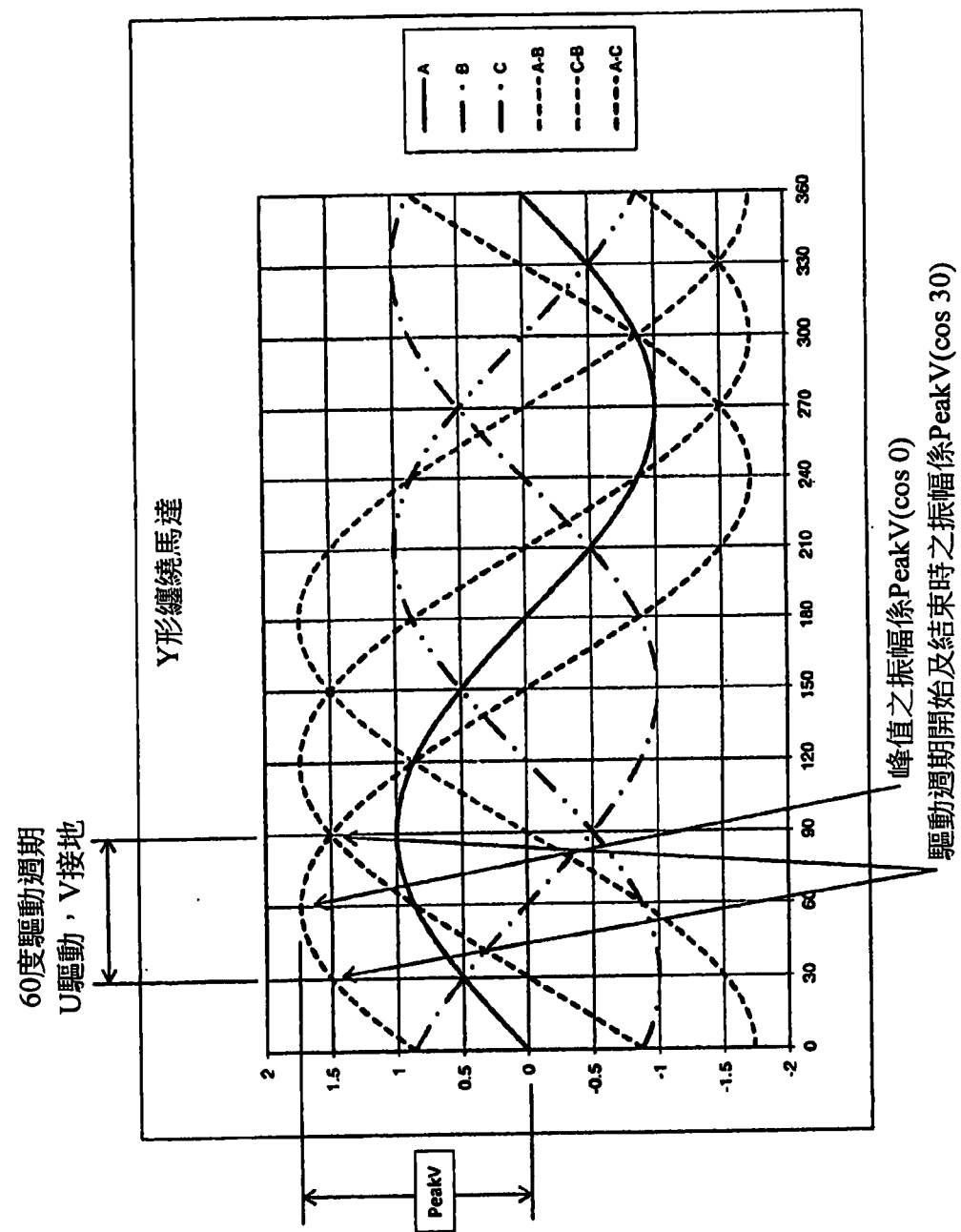


三角形組態之馬達線圈



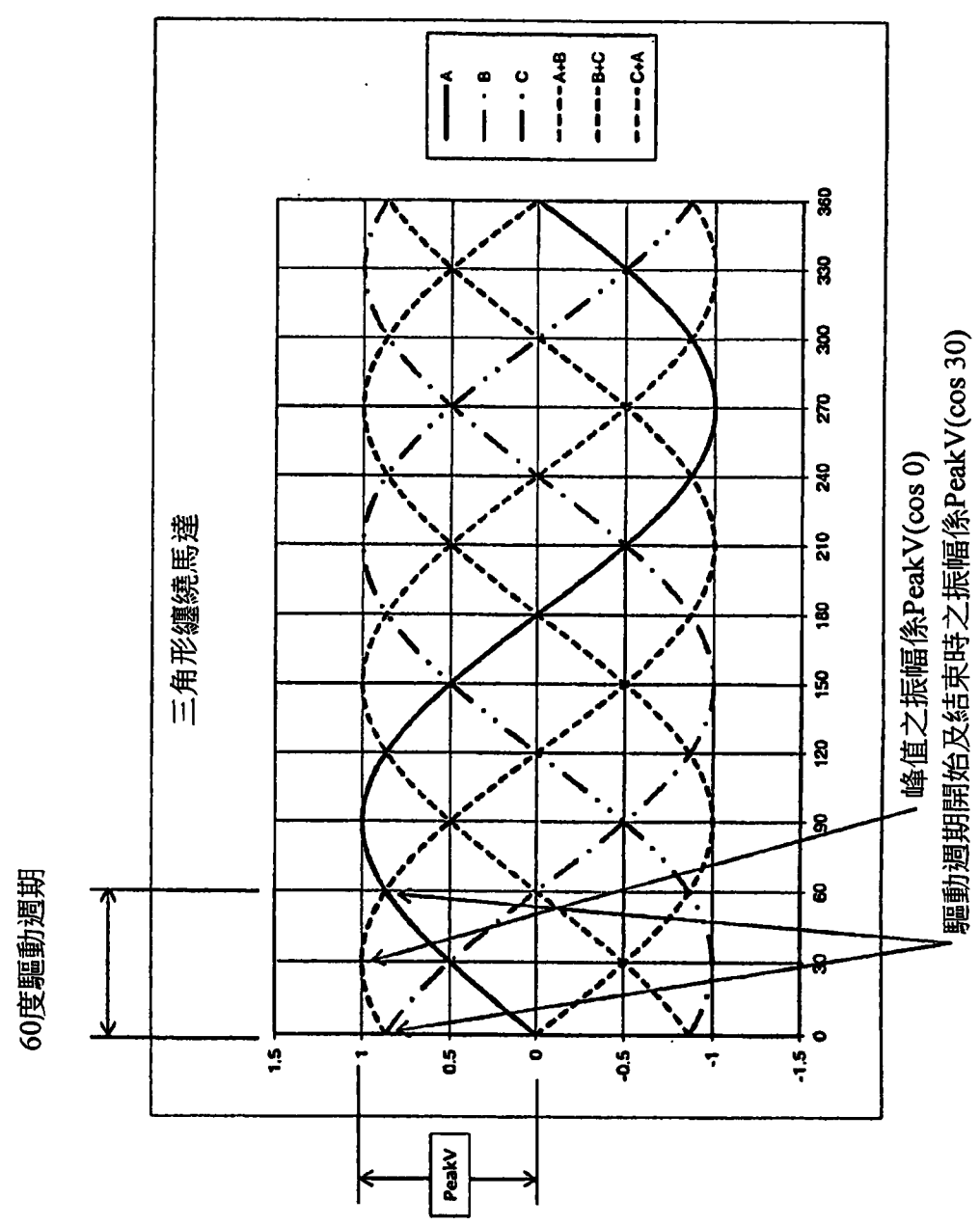
Y形組態之馬達線圈

圖 1



藉由改變脈寬調變工作週期(DC)在驅動週期內改變驅動電壓如下：
 $\text{驅動}\%DC = (\text{Peak } V\%DC) \cos(\text{Alpha})$
Alpha在-30度開始且在+30度結束

圖 2



藉由改變脈寬調變工作週期(DC)在驅動週期內改變驅動電壓如下：驅動%DC=(Peak V%DC)cos(Alpha)
Alpha在-30度開始且在+30度結束

圖 3



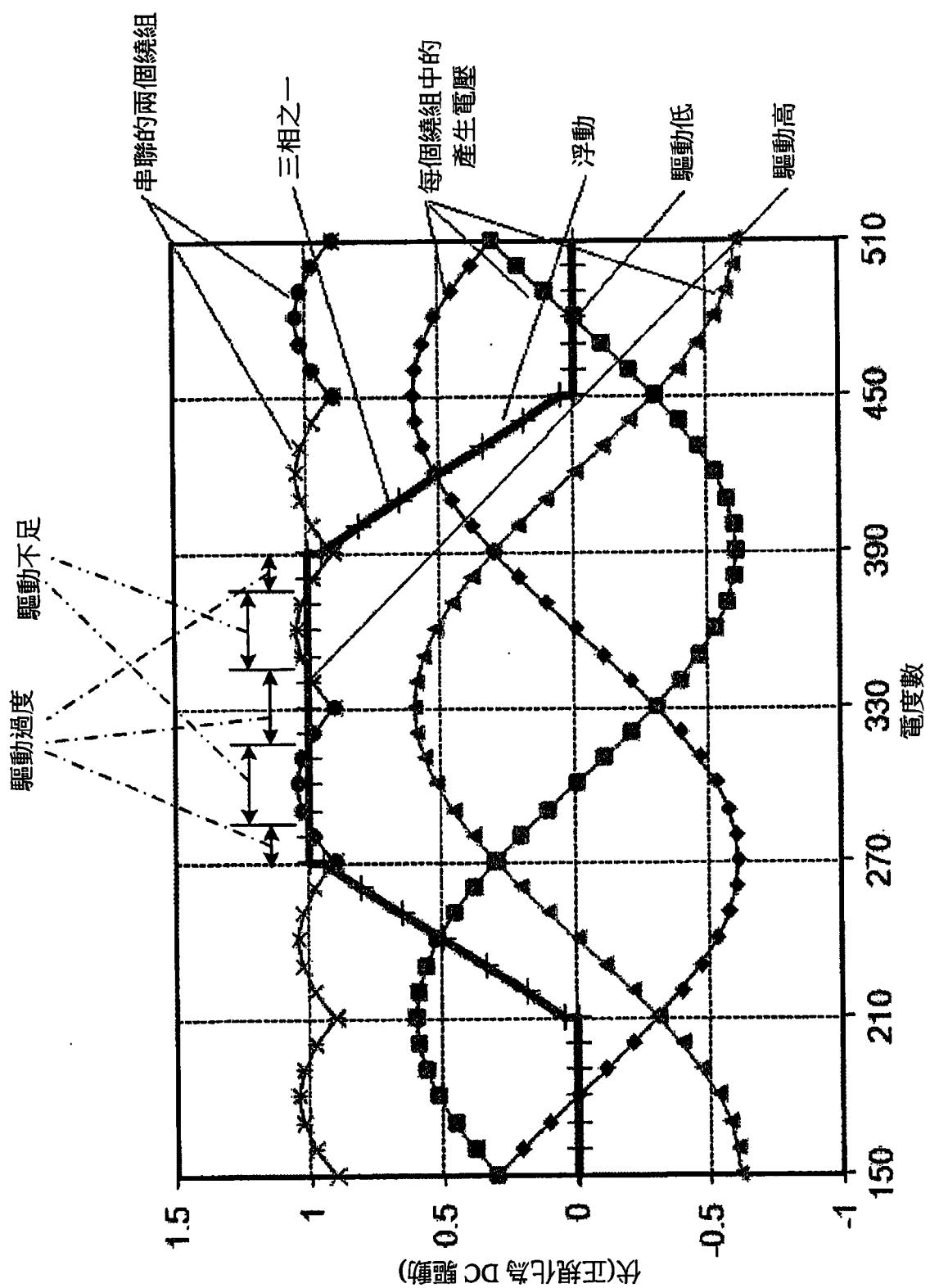


圖 4



驅動脈寬調變以匹
配所產生的電壓

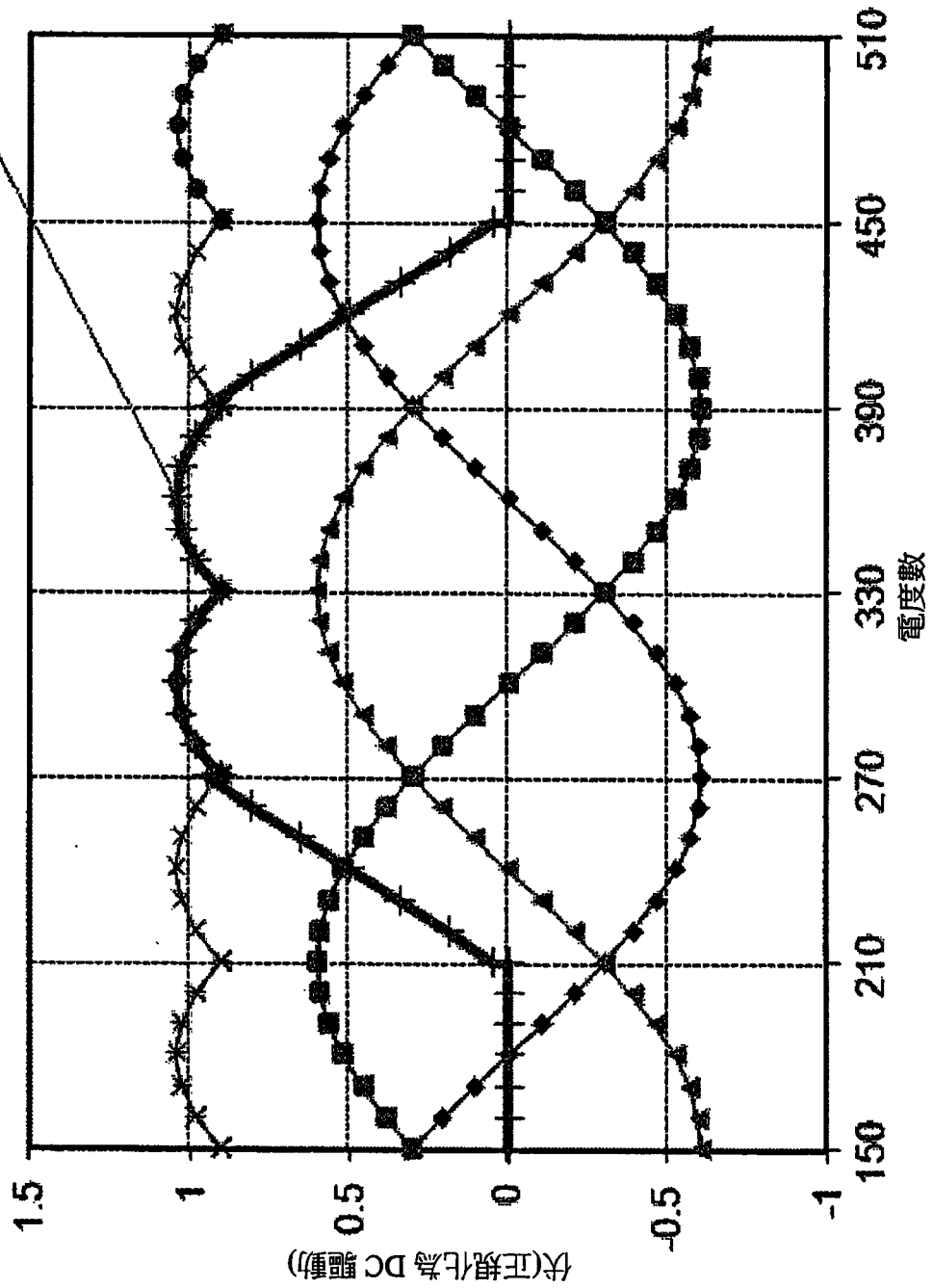


圖 5

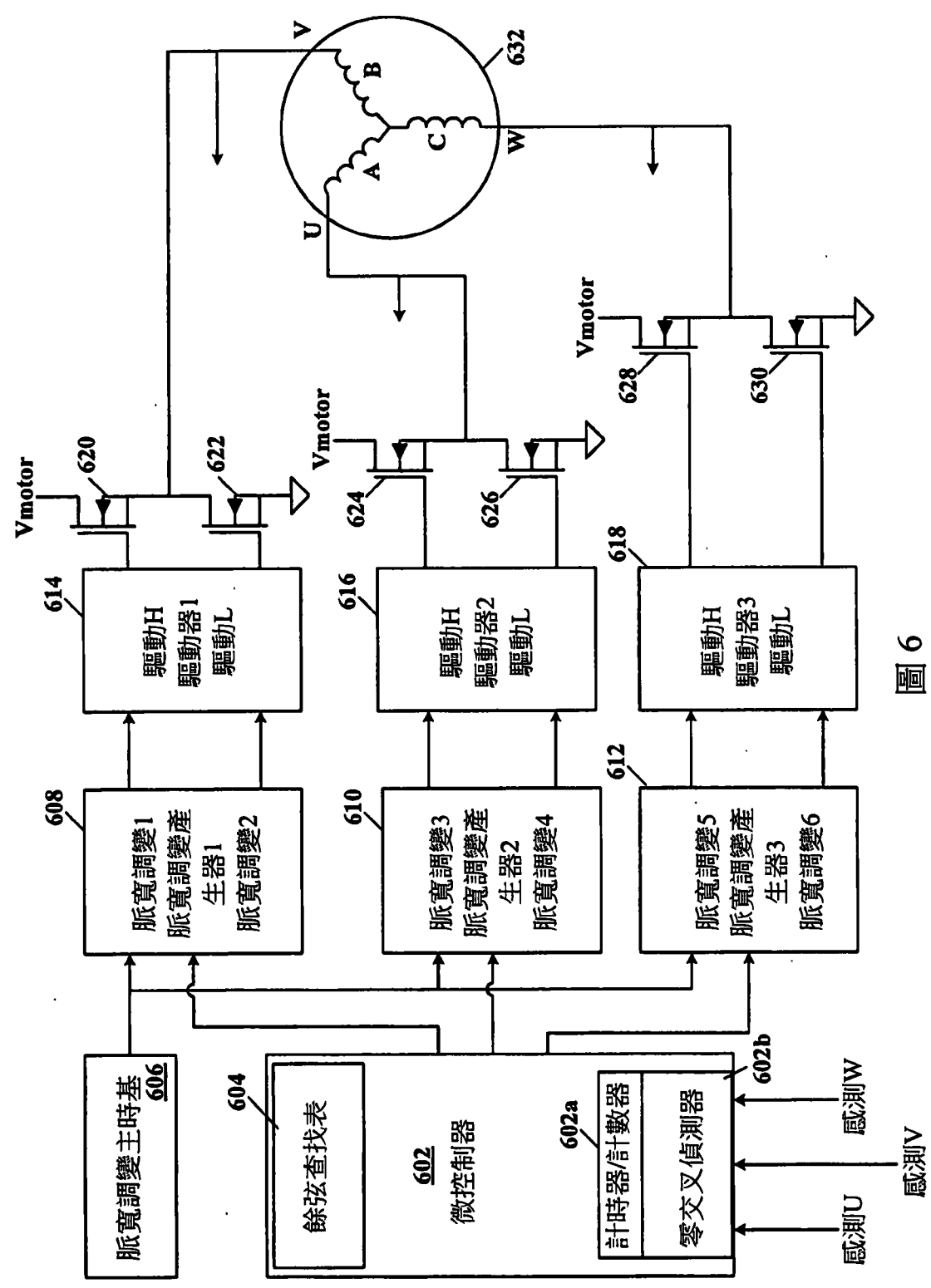


圖 6



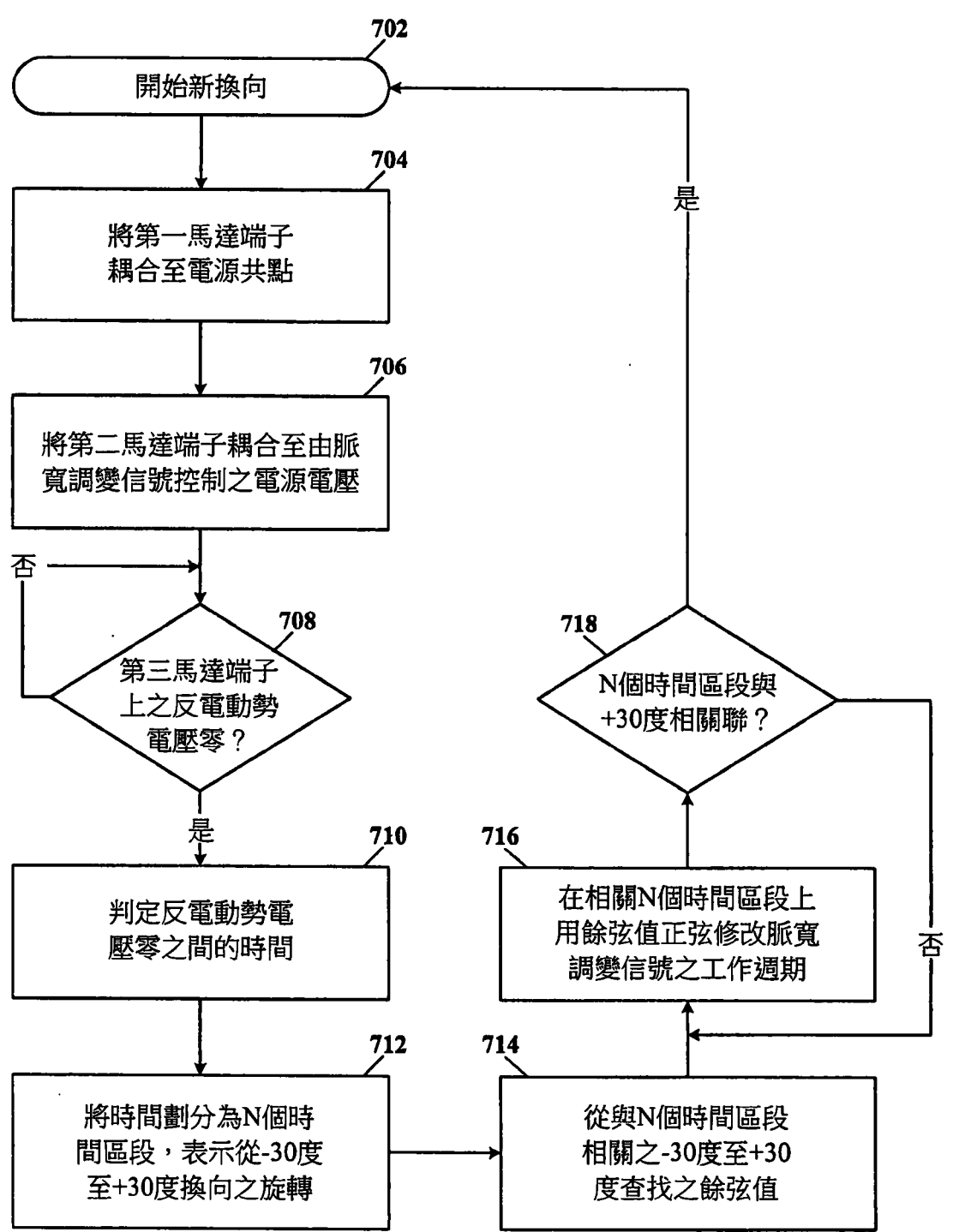


圖 7

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】

用於修改無刷直流(BLDC)馬達之梯型驅動之方法、用於驅動BLDC馬達之系統及用於對一BLDC馬達提供經正弦修改之脈衝寬度調變(PWM)驅動之馬達控制器

METHOD FOR MODIFYING TRAPEZOIDAL DRIVE TO A BRUSHLESS DIRECT CURRENT (BLDC) MOTOR, SYSTEM FOR DRIVING BLDC MOTOR, AND MOTOR CONTROLLER FOR PROVIDING SINE MODIFIED PULSE WIDTH MODULATION (PWM) DRIVE TO A BLDC MOTOR

【相關專利申請案】

本申請案主張Ward R. Brown及Howard Hendricks共同擁有的美國臨時專利申請案第61/784,606號的優先權，其於2013年3月14日申請；標題為「Sine Modified Trapezoidal Drive for Brushless DC Motors」；且為了所有目的以引用的方式併入本文中。

【技術領域】

本發明係關於無刷直流(BLDC)馬達，且更特定言之係關於產生至BLDC馬達之經正弦修改之梯型驅動。

【先前技術】

無刷直流(BLDC)馬達用於諸如電器、汽車、航太、消費、醫療、工業自動化設備及儀器之行業中。BLDC馬達不使用電刷來換向，而是使用電子換向。BLDC馬達具有優於有刷DC馬達及感應馬達的優點，諸如：更好的速度對轉矩特性、高動態回應、高效率、長工作壽命、維修之間更長的時間間隔、實質無噪音操作及更高速度範圍。BLDC馬達之更詳細概述可見於Microchip Application Note AN857，標題為「Brushless DC Motor Control Made Easy」；及Microchip Application Note AN885，標題為「Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals」；兩者網址皆為www.microchip.com且其中兩者為了所有目的以引用的方式併入本文中。

BLDC馬達控制提供三個事項：(1)用於控制馬達速度之脈寬調變(PWM)驅動電壓，(2)用於使BLDC馬達之定子換向之一機構，及(3)估計BLDC馬達之轉子位置之一方式。PWM可用於提供一可變電壓至BLDC馬達之定子繞組。提供至其上之有效電壓與PWM工作週期成比例。定子線圈之電感充當低通濾波器以使PWM脈衝平滑化為實質直流(DC)電壓。當經適當換向時，BLDC馬達之轉矩-速度特性實質相同於一DC馬達。可變電壓控制馬達之速度及可用轉矩。

三相BLDC馬達以六個步進完成一電循環，即，360電角度之旋轉，每個步進為60電角度。與在每個60電角度處同步，繞組相位電流切換被更新(換向)。但是，一個電循環可能不對應於馬達轉子之一機械迴轉(360機械角度)。用於完成一個機械迴轉所要重複的電循環數目係取決於轉子極對的數目。

BLDC馬達係非自換向且因此控制更複雜。BLDC馬達控制需要知道馬達轉子位置及用於換向該BLDC馬達定子繞組之一機構。對於一BLDC馬達之閉合迴路速度控制，存在兩個額外要求，轉速之測量及用於控制馬達速度及來自其之功率之一脈寬調變(PWM)驅動信號。

為了感測BLDC馬達之轉子位置，霍爾效應感測器可用於提供絕對轉子位置感測。但是，霍爾效應感測器增加一BLDC馬達之成本及複雜性。無傳感器BLDC控制藉由在馬達之各相(A-B-C)上監測反電動勢(BEMF)電壓以判定驅動換向而免除對霍爾效應感測器之需要。當未被驅動相之BEMF在換向週期中間馬達供應電壓之一半交叉時，驅動換向與馬達同步。此被稱作「零交叉」，其中BEMF在各電循環中係高於及低於零交叉電壓而變化。僅當驅動電壓被施加至被驅動相時可在未被驅動相上偵測到零交叉。因此，偵測未被驅動相上之BEMF從小於馬達供應電壓之一半至大於馬達供應電壓之一半之一變化係可在施加電壓至三相BLDC馬達之兩個被驅動相期間使用。

BLDC馬達之最簡單控制方法之其中一種係梯型換向。切換(換向)(例如，使用功率電晶體)取決於轉子位置而給三相BLDC馬達之適當兩個定子繞組通電。第三繞組仍保持與電源斷開。在轉子電流旋轉期間，定子繞組之兩者之量值相同且第三未連接定子繞組電流為零(對於一Y形連接之定子繞組)。使用三相BLDC馬達，僅存在六個不同的空間向量方向，且當轉子轉動時，穿過定子繞組(Y形連接之定子繞組)之兩者之電流每60度電旋轉被電切換(換向)，使得電流空間向量總是在正交方向之最靠近的30度內。每個繞組之電流波形因此係從零至正電流至零且隨後至負電流之一階梯。此產生一電流空間向量，當其在轉子轉動時於六個不同方向之間步進時係近似平滑旋轉。梯型電流驅動的BLDC馬達因控制簡單而流行，但遭受比正弦驅動高的轉矩漣波(ripple)及比其低的效率。

正弦換向係使用在轉子轉動時可平滑變化之三個電流來驅動BLDC馬達之三個定子繞組。此等電流之相對相被選擇為例如分開120度，使得其等提供一平滑旋轉的電流空間向量，該向量恆位在相對於轉子之正交方向上且具有恆定量值。此消除與梯型換向相關之轉矩漣波及換向尖峰。但是，正弦換向驅動系統比梯型換向驅動系統更複雜及昂貴。

【發明內容】

因此，存在在驅動一BLDC馬達時以較低電路複雜性及成本減小轉矩漣波且改良效率之需要。

根據一實施例，一種用於修改至一無刷直流(BLDC)馬達之梯型驅動之方法可包括下列步驟：開始一換向驅動週期；將換向驅動週期劃分為N個時間區段；將N個時間區段關聯至N個度數區段，其中N個時間區段中間之N個度數區段之一者可為實質零(0)度；判定N個度數區段之各者之餘弦值；及在換向驅動週期期間之適當時間用餘弦值修

改至BLDC馬達之一脈寬調變(PWM)驅動之一工作週期。

根據本方法之一進一步實施例，BLDC馬達係三相且具有第一馬達端子、第二馬達端子及第三馬達端子。根據本方法之一進一步實施例，開始換向驅動週期之步驟可包括以下步驟：將第一馬達端子耦合至一電源共點(common)；將第二馬達端子耦合至由PWM驅動控制之一電源電壓；判定第三馬達端子上之一反電動勢(BEMF)電壓何時可實質為零，其中第三馬達端子可能未連接至電源共點或電壓；及從實質零伏之BEMF電壓與前一個實質零伏之BEMF電壓之間之一時間來判定該換向驅動週期。

根據本方法之一進一步實施例，可存在各六十(60)電角度旋轉之六個換向驅動週期且六個換向驅動週期之各者具有馬達端子之一不同連接組態。根據本方法之一進一步實施例，N個度數區段可從大約負三十(-30)度至大約正三十(+30)度。根據本方法之一進一步實施例，PWM驅動之工作週期可能在零(0)度之一度數區段上最大。根據本方法之一進一步實施例，三相BLDC馬達可具有三個定子極對繞組。根據本方法之一進一步實施例，三個定子極對繞組可為Y形連接。根據本方法之一進一步實施例，三個定子極對繞組可為三角形(Δ)連接。根據本方法之一進一步實施例，三相BLDC馬達每相可具有一個極對繞組。根據本方法之一進一步實施例，三相BLDC馬達每相可具有至少兩個極對繞組。根據本方法之一進一步實施例，判定餘弦值之步驟可用一微控制器及一餘弦查找表來完成。根據本方法之一進一步實施例，開始一換向驅動週期、將換向驅動週期劃分為N個時間區段、將N個時間區段關聯至N個度數區段、判定餘弦值及修改PWM驅動之工作週期之該等步驟可用一微控制器來完成。

根據另一實施例，一種用經正弦修改之脈寬調變(PWM)驅動一無刷直流(BLDC)馬達之系統可包括：三相BLDC馬達，其具有第一馬達

端子、第二馬達端子及第三馬達端子；高端功率開關及低端功率開關，其等耦合至馬達端子之各者，其中高端功率開關及低端功率開關可進一步耦合在一電源共點與由PWM驅動控制之一電源電壓之間，其中高端功率開關及低端功率開關之各者會將馬達端子之各自者連接至電源共點、電壓或不連接至兩者；零交叉電壓偵測器，其中馬達端子之各者可連接至零交叉電壓偵測器之一各自者；一PWM主時基；PWM產生器，其耦合至PWM主時基及馬達端子之各自者；及一微控制器，其包括一餘弦查找表及至少一計時器/計數器，其用於儲存未連接至電源共點或電壓之馬達端子之一者上之反電動勢(BEMF)零電壓交叉之間之時間週期，其中零交叉電壓偵測器提供BEMF零電壓交叉何時發生；其中微控制器產生一經正弦修改之工作週期PWM控制信號至PWM產生器以基於與所儲存之BEMF零電壓交叉之間之時間週期相關之旋轉度數之餘弦值來控制來自其之PWM驅動之一工作週期。

根據一進一步實施例，高端及低端驅動器對可耦合在PWM產生器與高端功率開關及低端功率開關之各自者之間。根據一進一步實施例，高端功率開關及低端功率開關可包括高端及低端功率金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)。根據一進一步實施例，PWM控制信號之工作週期可在各所儲存之時間週期之一半時間處為最大。

根據又一實施例，一種用於提供經正弦修改之脈寬調變(PWM)驅動至一無刷直流(BLDC)馬達之馬達控制器可包括：高端功率開關及低端功率開關，其等耦合至馬達端子之各者，其中高端功率開關及低端功率開關可進一步耦合在一電源共點與由PWM驅動控制之一電源電壓之間，其中高端功率開關及低端功率開關之各者會將馬達端子之一者連接至電源共點、電壓或不連接至兩者；零交叉電壓偵測器，其中馬達端子之各者可連接至零交叉電壓偵測器之一各自者；一PWM

主時基；PWM產生器，其等耦合至PWM主時基及馬達端子之各自者；及一微控制器，其包括一餘弦查找表及至少一計時器/計數器，該至少一計時器/計數器用於儲存未連接至電源共點或電壓之馬達端子之一者上之反電動勢(BEMF)零電壓交叉之間之時間週期，其中零交叉電壓偵測器提供BEMF零電壓交叉何時發生；其中，微控制器產生一經正弦修改之工作週期PWM控制信號至PWM產生器以基於與所儲存之BEMF零電壓交叉之間之時間週期相關之旋轉度數之餘弦值來控制來自其之PWM驅動之一工作週期。根據一進一步實施例，PWM控制信號之工作週期可在各所儲存之時間週期之一半時間處為最大。

【圖式簡單說明】

可藉由參考結合附圖進行之下文描述而獲取本發明之更全面理解，其中：

圖1繪示根據本發明之教示之連接為Y形及三角形組態之三相BLDC馬達繞組之示意圖；

圖2繪示根據本發明之教示之一Y形繞組組態之三相BLDC馬達之操作之一示意波形圖；

圖3繪示根據本發明之教示之一三角形繞組組態之三相BLDC馬達之一示意波形圖；

圖4繪示根據本發明之教示之至三相BLDC馬達之梯型驅動之一示意波形圖；

圖5繪示根據本發明之一特定例示性實施例之至一BLDC馬達之經正弦修改之驅動之一示意波形圖；

圖6繪示根據本發明之一特定例示性實施例之至一BLDC馬達控制器-驅動器之一示意方塊圖；及

圖7繪示根據本發明之一特定例示性實施例之一BLDC馬達控制器-驅動器之一示意操作流程圖。

雖然本發明具有各種修改及替代形式，但是其特定例示性實施例已展示在圖式中且在本文中詳細描述。但是，應了解，本文特定例示性實施例之描述不旨在將本發明限制為本文中揭示之特定形式，而是相反，本發明將涵蓋如隨附申請專利範圍定義之所有修改例及等效例。

【實施方式】

根據本發明之實施例，一梯型驅動之各驅動步驟係經正弦修改，使得所施加之驅動電壓(例如，PWM)實質匹配BLDC馬達之感應電壓。此將導致BLDC馬達以最佳效率及最低轉矩漣波操作。此可藉由一次僅在一馬達端子上，用具有一單相正弦波之一小部分(例如，經正弦修改之PWM工作週期)修改至一BLDC馬達之正常DC驅動(例如，PWM驅動)而完成，例如，對於三相BLDC馬達，一第一端子連接至一第一定子繞組且處於電源共點上且一第二端子由經正弦修改之PWM工作週期驅動電壓所驅動。三相BLDC馬達之一第三端子仍保持浮動，例如，未連接至電源共點或PWM驅動信號。每當PWM驅動信號開啟時，在第三端子上量測一反電動勢(BEMF)電壓以判定BLDC馬達之轉速並判定何時將驅動電壓換向至另一馬達相端子。第三端子連接關係針對每60度轉子旋轉改變(換向)。可設想且在本發明之範疇內，具有超過三相之BLDC馬達亦可受益於本發明之教示。

對於一Y形連接之三相BLDC馬達，連接至第一端子及第二端子之第一定子繞組及第二定子繞組亦串聯連接且第三定子繞組連接在第一定子繞組與第二定子繞組之間之共點連接與第三端子之間。對於三角形連接之三相BLDC馬達，第一定子繞組連接在第一端子與第二端子之間，第二定子繞組連接在第二端子與第三端子之間，且第三定子繞組連接在第三端子與第一端子之間。當第一端子處於電源共點上且第二端子用經正弦修改之PWM工作週期驅動電壓驅動時，第一定子

繞組具有跨其之完整PWM驅動信號且第二定子繞組及第三定子繞組串聯連接在第一端子與第二端子之間且與第一定子繞組並聯。第三端子連接在第二定子繞組與第三定子繞組之間且仍保持浮動，例如，未連接至電源共點或PWM驅動信號。

現參考圖式，示意繪示一特定例示性實施例之細節。圖式中的相同元件將由相同數字表示，且類似元件將由具有不同的小寫字母下標的相同數字表示。

參考圖1，描繪根據本發明之教示之連接為Y形及三角形組態之三相BLDC馬達繞組之示意圖。參考圖2，描繪根據本發明之教示之一Y形繞組組態之三相BLDC馬達之操作之一示意波形圖。圖2中所示之波形(標註為「A」、「B」及「C」)係由在一永久磁場存在的情況下移動之各自A、B及C定子繞組線圈(圖1)感應之電壓。標註為A-B、C-B及A-C之波形係端子U相對於V、W相對於V及U相對於W之各自感應電壓。

參考圖3，描繪根據本發明之教示之三角形繞組組態之三相BLDC馬達之一示意波形圖。圖3中所示之波形(標註為「A」、「B」及「C」)係由在一永久磁場存在的情況下移動之各自A、B及C繞組線圈(圖1)感應之電壓。標註為A+B、B+C及C+A之波形係端子U相對於V、W相對於U及V相對於W之各自感應電壓。在Y形及三角形組態兩者中，三相BLDC馬達將在所施加之電壓實質匹配所感應之繞組電壓時以最佳效率及最低轉矩漣波操作。

參考圖4，描繪根據本發明之教示之至三相BLDC馬達之梯型驅動之一示意波形圖。未被驅動(即浮動)之定子繞組端子包括一梯型電壓波形，其從實質零(0)伏變化為馬達電壓，且用於針對60度換向判定BEMF零交叉無感測器轉子位置判定，其如在Microchip Application Note AN885中更完整描述，其標題為「Brushless DC (BLDC) Motor

Fundamentals」；網址：www.microchip.com且為了所有目的在本文中以引用的方式併入。定子繞組電壓在時間上相移120電角度，且跨兩個串聯連接之定子繞組之電壓總和被展示為每60電角度變化為稍微高於及低於馬達驅動電壓之頂部波形。當其小於或大於連接至未被驅動之第三定子繞組之浮動端子之梯型波形(BEMF)時，注意此波形之部分。當梯型波形大於跨兩個串聯連接之定子繞組電壓時，其等「驅動過度」且當梯型波形小於跨兩個串聯連接之定子繞組之電壓時，其等「驅動不足」。

參考圖5，描繪根據本發明之一特定例示性實施例之至一BLDC馬達之經正弦修改之驅動之一示意波形圖。根據本發明之教示，至兩個串聯連接之定子繞組(Y形連接之定子繞組)或一被驅動線圈(三角形連接之定子繞組)之PWM驅動之工作週期可變化以實質匹配如圖5中之所得頂部波形中所示之未被驅動之第三繞組上測量之所產生BEMF電壓。此可藉由改變經脈寬調變(PWM)之驅動信號之工作週期而完成，其中驅動電壓之增大係由於PWM工作週期之增大所導致且驅動電壓之減小係由於PWM工作週期之減小所導致。因此，如下文更完整的說明，PWM驅動信號之經正弦修改之工作週期可由以度數為單位之轉子位置及一餘弦函數(例如，使用轉子位置度數來自一餘弦查找表)來判定。

PWM工作週期決定BLDC馬達之速度，例如，對於全速，PWM工作週期將為大約100%且對於半速，PWM工作週期將為大約50%。換向時間可由當未連接之端子之各者上之BEMF處於「零伏」時(例如實質等於Y形定子繞組連接之BLDC馬達之共點上之電壓或大約為驅動電壓之一半)之間之時間所決定。在使用一微控制器之一BLDC馬達控制器中，微控制器可程式化一計時器/計數器以表示BEMF零交叉之間之時間且將用於判定何時將BLDC馬達端子換向為下一60電度數驅

動繞組組態(針對三相BLDC馬達)。當BEMF零交叉之間之時間改變時，微控制器亦將改變計時器/計數器計數值以適當表示BLDC馬達之新轉速。此計數值可用於在一60電度數驅動週期內內插一組PWM工作週期修正值。

例如，PWM脈衝寬度之工作週期在驅動週期之中間最大，與感應電壓之尖峰同時且在驅動週期之各點上減小達角度之餘弦值，其中中心上之角度(例如，圖5中所示之300度)被定義為零(0)度，驅動週期開始時，角度大約為負三十(-30)度(例如，圖5中所示之270度)，且在驅動週期結束時，角度大約為正三十(+30)度(例如，圖5中所示之330度)。可取決於自定時器/計數器計數值所判定之轉子角度位置而使用介於大約-30度與大約+30度之間之角度之餘弦值來修改PWM驅動信號之工作週期，該等計數值表示在未連接之馬達端子處所量測之零交叉BEMF電壓之間之時間。

參考圖6，描繪根據本發明之一特定例示性實施例之一BLDC馬達控制器-驅動器之一示意方塊圖。三相BLDC馬達632可由三組功率開關620至630(例如，功率金屬氧化物半導體(MOSFET)電晶體)驅動，其將馬達端子U、V或W交替地耦合至一電源共點、一電源電壓、V_{motor}；或允許一馬達端子「浮動」，即，未連接至電源共點或電壓。此等功率開關620至630可由高端/低壓驅動器614至618驅動。高端/低端驅動器614至618可耦合至PWM產生器608至612，其等可接收來自一PWM主時基606之一主時鐘信號。來自PWM產生器608至612之PWM信號之工作週期控制可由一微控制器602提供，該微控制器602亦可耦合至一餘弦查找表604。微控制器602亦可監測各定子繞組端子U、V及W(例如，零交叉偵測器602b)上之電壓用於基於BEMF電壓零交叉之轉子位置指示。一計時器/計數器602a可用BEMF電壓零交叉之間判定之時間程式化且在BEMF電壓零交叉之間之時間改變時更

新。

知道轉子之位置(例如，基於計時器/計數器602a中之換向時間計數)，微控制器可「調整」PWM驅動信號之工作週期，使得所施加之驅動電壓(例如，PWM工作週期)及感應電壓實質相同，藉此減小轉矩漣波及改良BLDC馬達632之效率。PWM驅動信號之工作週期可基於驅動週期之各點上之角度之餘弦值修改，其中在中心處之角度被定義為0度($\cosine\ 0=1$)，其中驅動週期之開始可為大約-30度且驅動週期之結束可為大約+30度。因此，PWM工作週期可根據從大約-30度至大約+30度之餘弦值修改，其中PWM工作週期在零(0)度上最大(最高所得驅動電壓)，導致與BLDC馬達感應電壓實質相同之一驅動電壓波形。微控制器602可合成餘弦值用於藉由使用計時器/計數器602a計數增量來修改PWM工作週期，表示從大約-30度至大約+30度之旋轉度數及隨後在餘弦查找表604中查找與各計數增量相關之旋轉度數之餘弦值。此等餘弦值可根據本發明之教示被應用於正弦修改PWM驅動工作週期。微控制器或者可基於由計數增量表示之等效度數計算餘弦值。

參考圖7，描繪根據本發明之一特定實施例之一BLDC馬達控制器-驅動器之一示意操作流程圖。在步驟702中，一新的換向週期開始。在步驟704中，一第一馬達端子例如，透過一低端電晶體開關622、626或630耦合至一電源共點。第一馬達端子可在整個換向週期期間保持耦合至電源共點。在步驟706中，一第二馬達端子例如，透過高端電晶體開關624、628或620耦合至一PWM驅動信號。PWM驅動信號之工作週期用於控制BLDC馬達632之速度。在步驟708，一第三馬達端子被監測以判定一BEMF電壓何時處於實質零電壓交叉，例如，Y形繞組連接之馬達之一共點上之電壓或馬達供應電壓之一半。

在步驟710中，判定本BEMF零電壓交叉與前一BEMF零電壓交叉

之間之時間，其建立表示其轉速之BLDC馬達之一換向驅動時間週期。在步驟712中，所判定之換向驅動時間週期可被劃分為N個時間區段，其等表示從大約-30度至大約+30度之馬達旋轉，其亦表示一換向時間週期。在步驟714中，此N個時間區段可用於查找從-30度至+30度之相關旋轉度數之餘弦值。或者，微控制器602可將N個時間區段轉換為度數區段，例如，取決於所要粒度之度數範圍，從大約-30度至大約+30度且隨後計算各度數區段之餘弦值。在步驟716中，換向N個時間區段期間之各自旋轉度數之餘弦值被用於正弦修改PWM驅動信號之工作週期。步驟718判定換向時間週期何時在大約+30旋轉度數下結束，即換向時間週期被定義為從大約-30度至大約+30度之一60度旋轉。在換向時間週期結束時，一新的換向及換向時間週期在步驟702中開始。

設想且在本發明之範疇內，在換向週期期間正弦修改PWM驅動信號之工作週期亦可適當應用於單相、兩相或超過三相的BLDC馬達。BLDC馬達驅動設計中且受益於本發明之一般技術人員可易於在無需過度實驗的情況下實施此等應用。

雖然本發明之實施例已被描繪、描述且藉由參考本發明之例示性實施例而定義，但是此等參考不暗示對本發明之限制且不得推斷此限制。如相關領域中且受益於本發明之一般技術人員將了解，所揭示之標的能夠在形式及功能上具有大量修改、變更及等效物。本發明之所描繪及所描述實施例僅係實例且不窮盡本發明之範疇。

【符號說明】

602	微控制器
602a	計時器/計數器
602b	零交叉偵測器
604	餘弦查找表

606	脈寬調變(PWM)主時基
608	PWM產生器
610	PWM產生器
612	PWM產生器
614	高端/低端驅動器
616	高端/低端驅動器
618	高端/低端驅動器
620	高端電晶體開關
622	低端電晶體開關
624	高端電晶體開關
626	低端電晶體開關
628	高端電晶體開關
630	低端電晶體開關
632	無刷直流(BLDC)馬達
702	步驟
704	步驟
706	步驟
708	步驟
710	步驟
712	步驟
714	步驟
716	步驟
718	步驟



I634734

發明摘要

公告本

※ 申請案號：103109497

※ 申請日：103年3月14日

※IPC 分類：H02P 6/14 (2016.01)

【發明名稱】

用於修改無刷直流(BLDC)馬達之梯型驅動之方法、用於驅動BLDC馬達之系統及用於對一BLDC馬達提供經正弦修改之脈衝寬度調變(PWM)驅動之馬達控制器

METHOD FOR MODIFYING TRAPEZOIDAL DRIVE TO A BRUSHLESS DIRECT CURRENT (BLDC) MOTOR, SYSTEM FOR DRIVING BLDC MOTOR, AND MOTOR CONTROLLER FOR PROVIDING SINE MODIFIED PULSE WIDTH MODULATION (PWM) DRIVE TO A BLDC MOTOR

【中文】

至一無刷直流(BLDC)馬達之一脈寬調變(PWM)梯型換向驅動係經正弦修改，使得所施加之驅動電壓實質匹配在該BLDC馬達中所產生之感應電壓。可取決於由在未連接之馬達端子處所量測到之零交叉BEMF電壓之間的時間所判定之轉子角度位置而使用介於大約-30度與+30度之間之角度之餘弦值來修改PWM驅動信號之工作週期。

【英文】

A pulse width modulated (PWM) trapezoidal commutation drive to a brushless direct current (BLDC) motor is sine modified so that the applied drive voltage substantially matches the induced voltage generated in the BLDC motor. The values of the cosine of the angles between -30 degrees and +30 degrees are used to modify the duty cycle of the PWM drive signal dependent upon the rotor angular positions determined from the times between the zero crossing BEMF voltages measured at the unconnected motor terminals.

申請專利範圍

1. 一種用於修改(modifying)至一無刷直流(BLDC)馬達之梯型驅動之方法，該方法包括下列步驟：
 - 開始一換向(commutation)驅動週期；
 - 將該換向驅動週期劃分為N個時間區段；
 - 將該N個時間區段關聯至N個度數區段，其中在該N個時間區段之中間的N個度數區段(degree segments)之一者可為實質零(0)度；
 - 判定該N個度數區段之各者之餘弦值(cosine values)；及
 - 在該換向驅動週期期間之適當時間以該等餘弦值修改該BLDC馬達之一脈寬調變(PWM)驅動之一工作週期。
2. 如請求項1之方法，其中該BLDC馬達係三相且具有第一、第二及第三馬達端子。
3. 如請求項2之方法，其中開始該換向驅動週期之該步驟包括以下步驟：
 - 將該第一馬達端子耦合至一電源共點；
 - 將第二馬達端子耦合至由PWM驅動控制之一電源電壓；
 - 判定何時一反電動勢(BEMF)電壓在該第三馬達端子處實質為零，其中該第三馬達端子係未連接至該電源共點或電壓；及
 - 從該實質零伏之BEMF電壓與一前一個實質零伏之BEMF電壓之間之一時間來判定該換向驅動週期。
4. 如請求項2之方法，其中存在各六十(60)度旋轉角度之六個換向驅動週期且該六個換向驅動週期之各者具有馬達端子之一不同連接組態。
5. 如請求項2之方法，其中該N個度數區段可為從大約負三十(-30)

度至大約正三十(+30)度。

6. 如請求項5之方法，其中該PWM驅動之該工作週期在零(0)度之一度數區段處為最大。
7. 如請求項2之方法，其中該三相BLDC馬達具有三個定子極對繞組。
8. 如請求項7之方法，其中該三個定子極對繞組係Y形連接。
9. 如請求項7之方法，其中該三個定子極對繞組係三角形連接。
10. 如請求項2之方法，其中該三相BLDC馬達每相具有一個極對繞組。
11. 如請求項2之方法，其中該三相BLDC馬達每相具有至少兩個極對繞組。
12. 如請求項1之方法，其中判定餘弦值之該步驟係用一微控制器及一餘弦查找表完成。
13. 如請求項1之方法，其中開始一換向驅動週期、將該換向驅動週期劃分為N個時間區段、將該N個時間區段關聯至N個度數區段、判定餘弦值及修改該PWM驅動之工作週期之該等步驟可用一微控制器完成。
14. 一種以經正弦修改(sine modified)之脈寬調變(PWM)驅動一無刷直流(BLDC)馬達之系統，該系統包括：

一三相BLDC馬達，其具有第一、第二及第三馬達端子；

耦合至馬達端子之各者之高端功率開關(high side power switch)及低端功率開關(low side power switch)，其中該高端功率開關及該低端功率開關可進一步耦合在一電源共點(power supply common)與由該PWM驅動所控制之一電源電壓之間，其中該高端功率開關及該低端功率開關之各者會將該等馬達端子之各自者連接至該電源共點、電壓或不連接至兩者；

零交叉電壓偵測器，其中該等馬達端子之各者可連接至該等零交叉電壓偵測器之一各自者；

一PWM主時基(master time base)；

PWM產生器，其耦合至該PWM主時基及該等馬達端子之各自者；及

及一微控制器，其包括一餘弦查找表(lookup table)及至少一計時器/計數器，其用於儲存未連接至該電源共點或電壓之該等馬達端子之各者處之反電動勢(BEMF)電壓零交叉之間之時間週期，其中該等零交叉電壓偵測器提供該等BEMF電壓零交叉何時發生；

其中，該微控制器產生一經正弦修改之工作週期PWM控制信號至該等PWM產生器，以基於與所儲存之該等BEMF電壓零交叉之間之該等時間週期相關聯之旋轉度數之餘弦值來控制來自其之該PWM驅動之一工作週期。

15. 如請求項14之系統，其進一步包括耦合在該等PWM產生器與該高端功率開關及該低端功率開關之各自者之間之高端及低端驅動器對。
16. 如請求項14之系統，其中該高端功率開關及該低端功率開關包括高端及低端功率金屬氧化物半導體場效電晶體(MOSFET)。
17. 如請求項14之系統，其中該PWM控制信號之該工作週期在各所儲存之時間週期之一半時間處為最大。
18. 一種用於提供經正弦修改之脈寬調變(PWM)驅動至一無刷直流(BLDC)馬達之馬達控制器，其包括：

耦合至各馬達端子之高端功率開關及低端功率開關，其中該高端功率開關及該低端功率開關可進一步耦合在一電源共點與由該PWM驅動所控制之一電源電壓之間，其中該高端功率開關

及該低端功率開關之各者會將該等馬達端子之一者連接至該電源共點、電壓或不連接至兩者；

零交叉電壓偵測器，其中該等馬達端子之各者可連接至該等零交叉電壓偵測器之一各自者；

一PWM主時基；

PWM產生器，其耦合至該PWM主時基及該等馬達端子之各自者；及

及一微控制器，其包括一餘弦查找表及至少一計時器/計數器，其用於儲存未連接至電源共點或電壓之該等馬達端子之各者上之反電動勢(BEMF)電壓零交叉之間之時間週期，其中該等零交叉電壓偵測器提供該等BEMF電壓零交叉何時發生；

其中，該微控制器產生一經正弦修改之工作週期PWM控制信號至該等PWM產生器以基於與所儲存之該等BEMF電壓零交叉之間之該等時間週期相關聯之旋轉度數之餘弦值來控制來自其之該PWM驅動之一工作週期。

19. 如請求項18之馬達控制器，其中該PWM控制信號之該工作週期在各所儲存之時間週期之一半時間處為最大。

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（6）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

602	微控制器
602a	計時器/計數器
602b	零交叉偵測器
604	餘弦查找表
606	脈寬調變(PWM)主時基
608	PWM產生器
610	PWM產生器
612	PWM產生器
614	高端/低端驅動器
616	高端/低端驅動器
618	高端/低端驅動器
620	高端電晶體開關
622	低端電晶體開關
624	高端電晶體開關
626	低端電晶體開關
628	高端電晶體開關
630	低端電晶體開關
632	無刷直流(BLDC)馬達

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）