應用於機器人手臂之無槽式馬達的優化設計與分析

Optimal Design and Analysis of a Slotless Motor for Robotic Arm Applications

黃昌圳
逢甲大學
電機工程研究所
教授

李宗恆
逢甲大學
電機工程研究所
研究生

關鍵詞(Keywords)

- 無槽式永磁無刷馬達
  slotless brushless permanent magnet (PM) motor
- 有限元素法　finite element method
- 遺傳演算法　genetic algorithms (GAs)

摘要(Abstract)

本文旨在針對一只機器人手臂的無槽式馬達作優化設計與分析的論述。馬達為三相，額定轉速為 10,000 rpm，額定轉矩為 100 mNm。馬達轉子採用兩極表面型磁石、定子為無槽式，集中雙層繞。為了實現重量最輕的結構目標，利用有限元素法及遺傳演算法作馬達優化設計與分析。

This paper aims to optimally design a slotless brushless permanent magnet (PM) motor for robotic arms. The proposed motor has three phases and two poles; its rated torque and speed are, respectively, 100 mNm and 10,000 rpm. The motor features a surface mounted PM rotor and a slotless stator with double-layer concentrated windings. For the low motor weight requirement of robot arms, the finite element method and genetic algorithms (GAs) are used for an optimal design of motor geometries.

1. 前言

在 20 世紀中以前，機器人(robot)主要被應用在娛樂或生活上，而到了近代由於各項領域的科技進展，機器人逐漸應用於諸多產業上。以前大多數的公司與中小企業的工廠都是由傳統的人工來製作與生產產品，但是隨著時代的進步，使得產業結構逐漸日新月異，其中自動化產線的發展

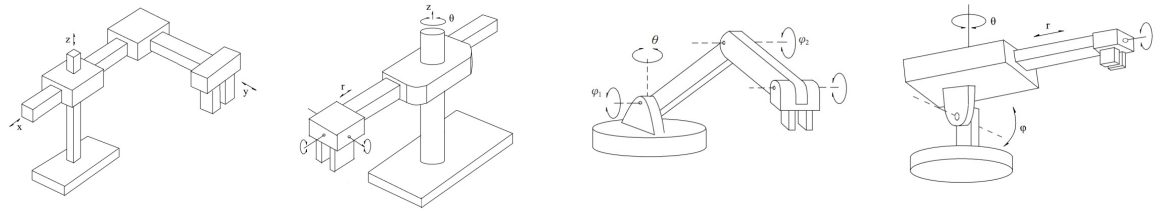
更是讓以往需要大量人力的工作轉由機器人來取代，諸如鑽孔、清洗、研磨、雷射加工等等。使用機器人來代勞除了可以提高工作的效率之外，也能節省許多薪資成本。然而，不管是自動化產線或者是工具機等等，通常設備中皆裝載可以做各種活動的機器人手臂，在構造設計上是希望能夠自由控制其手臂的位置，使得機器人能在其操作範圍空間內的任何位置上工作[1-5]。

常用之機器人手臂型式如圖 1 所示，主要以直角座標式、圓柱座標式、關節型式(articulated)和極座標式機器人手臂爲主[1]。儘管不同的機器人手臂有各種用途，機器人手臂系統通常由三種主要的物件組成，即機械結構、致動器和感測器。致動器爲機器人手臂系統中主要的動力來源，所以致動器的選取將直接影響機器人手臂系統的負載和移動能力。一般致動器可分爲三種類型，分別是氣壓式、液壓式及馬達，三種各有相對應之物理特性與適用場合，需先了解機器人手臂的工作場合及運用，進而選擇適合的致動器。

各類型的致動器當中，馬達是較爲普遍的選擇，大部份機器人手臂系統都使用馬達作爲其致動器，因爲其主要特色是可以從電能直接轉換成機械能，並且不需額外的空間安裝致動器需求配件。除此之外，使用馬達作爲致動器也比較適合在高轉速、低負荷的應用場合，也無環境汙染等問題。因此，本文主要針對機器人手臂中的馬達做優化設計與分析。

在科技產業的應用場合中，機器人手臂需要定位精準、速度、操控性、靈活度等特性，傳統的致動器馬達大多使用步進馬達或直流有刷馬達等，但是步進馬達有高頓轉轉矩的缺點，會產生震動且容易造成定位不準，而直流有刷馬達由於裝有碳刷，而有使用壽命的問題，且會產生高溫及火花造成能量損失，進而使效率下降。

從產業界的角度來看，改善產品的良率非常重要，許多研發單位開始針對應用於機器人手臂系統的無槽式馬達進行開發，與有槽式定子比較起來，使用無槽式定子可消除馬達之頓轉轉矩，也不會產生震動，兩種定子的特性比較，如表 1 所示。因此，在短程的動作時使用無槽式馬達，可使得機器人手臂的精準度提高，足以應付零件細小精密時的自動化產線。由此可知，在高精準度、快速反應的訴求之下，永磁無刷無槽式馬達將具有極高的工業應用價值[6]。因此，本文將探討永磁無刷無槽式馬達的設計與分析，作爲機器人手臂馬達的致動器。



(a) 直角座標型　(b) 圓柱座標型　(c) 關節型　(d) 極座標型

圖 1　機器人手臂的型式

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】364 期・102 年 7 月號

每期 220 元・一年 12 期 2200 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw