

# 無鐵心式永磁線性無刷直流馬達之設計與分析

粘鏡耀、陳盛基

E-mail: 9607745@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

無刷直流馬達因其優異性能及設計多元化的特性，促使馬達設計的方式產生更多的可能性，而眾多無刷直流馬達的類型當中，線性無刷直流馬達主要是針對線性運動應用而設計，並兼具與無刷直流馬達相同的優點，加上可直接驅動的特性，相當適合於線性運動的場合。本文旨在從事無鐵心式線性永磁無刷直流馬達之分析與設計。首先，應用電磁理論為基礎建立此馬達之一些重要參數主導方程式，含：氣隙磁通密度、推力、電感、推力常數及反電動勢常數等。接著，以有限元素分析軟體Ansoft Maxwell 2D模擬驗證所計算數據與模擬結果的吻合度，確認所建立之分析方程式可適用於無鐵心式線性無刷直流馬達之分析與設計。

關鍵詞：無鐵心；永磁無刷直流馬達；磁路；有限元素法

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	iv
. . . iv 英文摘要 . . . . .	v	v 誌謝 . . . . .	vi
目錄 . . . . .	vii	vii 圖目錄 . . . . .	ix
. . . . .	xi	第一章 緒論 1.1 前言 . . . . .	1
回顧 . . . . .	2	1.2 文獻回顧 . . . . .	1
. . . . .	2	1.3 研究目的及方法 . . . . .	3
. . . . .	3	1.4 論文大綱 . . . . .	3
. . . . .	4	第二章 線性無刷直流馬達特性與分析理論 2.1 無鐵心式線性無刷直流馬達特性 . . . . .	5
. . . . .	5	2.2 線性馬達應用需求估算 . . . . .	6
. . . . .	6	2.3 本文所分析的馬達介紹 . . . . .	11
. . . . .	11	2.4 馬達分析理論 . . . . .	14
尺寸 . . . . .	16	第三章 無鐵心式線性無刷直流馬達設計分析 3.1 馬達尺寸 . . . . .	17
. . . . .	16	3.1.1 定子設計分析 . . . . .	17
. . . . .	20	3.1.2 動子繞線設計 . . . . .	20
4.1 氣隙磁通密度估算 . . . . .	25	3.2 動子繞組電阻估算 . . . . .	24
. . . . .	25	4.1 反電動勢常數、反電動勢波形 . . . . .	28
. . . . .	35	4.1.2 推力及推力常數估算 . . . . .	35
. . . . .	41	4.2 馬達常數估算 . . . . .	39
. . . . .	41	4.3 馬達電感估算 . . . . .	41
. . . . .	48	第五章 有限元素分析 5.1 有限元素法 . . . . .	45
. . . . .	48	5.2 模型各部位標示及說明 . . . . .	48
. . . . .	56	5.3 模擬結果 . . . . .	50
. . . . .	56	第六章 結論 . . . . .	56
. . . . .	60	參考文獻 . . . . .	58
. . . . .	60	符號說明 . . . . .	60

## 參考文獻

- [1] Gyu-Hong Kang, Jung-Pyo Hong and Gyu-Tak Kim, "A Novel Design of an Air-Core Type Permanent Magnet Linear Brushless Motor by Space Harmonics Field Analysis," IEEE Transactions on Magnetics, vol. 37, no. 5, pp. 3732-3736, 2001.
- [2] Ozgur Ustun and R. Nejat Tuncay, "Design, Analysis, and Control of a Novel Linear Actuator," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 42, no. 4, pp. 1007-1013, 2006.
- [3] J. K. Kim, S. W. Joo, S. C. Hahn, J. P. Hong, D. H. Kang and D. H. Koo, "Static Characteristics of Linear BLDC Motor Using Equivalent Magnetic Circuit and Finite Element Method," IEEE Transactions on Magnetics, vol. 40, no. 2, pp. 742-745, 2004.
- [4] Catalog:Platinum DDL, Kollmorgen, Radford, VA, USA, 2001.
- [5] David K. Cheng, Field and Wave Electromagnetics, Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1989.
- [6] D.C. Hanselman, Brushless Permanent Magnet Motor Design, The Writers' Collective, 2003.
- [7] 許溢适, "實用電動機設計手冊", 強峰印刷企業有限公司印, 2007年。
- [8] 王怡鈞, "電磁學", 超級科技圖書股份有限公司, 1987年。
- [9] 孫清華, "最新無刷直流馬達", 全華科技圖書股份有限公司, 2001年。
- [10] 茆尚勳, "直驅式跑步機用直流無刷馬達之設計", 成功大學機械工程學系碩士論文, 2002年。
- [11] 黃昌圳, "有限元素法在電機工程的應用", 全華科技圖書股份有限公司, 2005年。
- [12] 劉國強、趙凌志、蔣繼姪, "Ansoft工程電磁場有限元分析", 電子工業出版社, 2005年。