

專案 / 研究主題：

直流無刷馬達與驅動器整合設計

計畫主持人：江瑞利 教授 研發人員：劉勳翰、王啓全、周孝龍

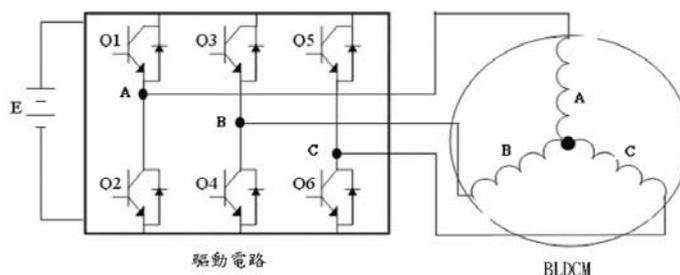
合作夥伴：學校/高苑科技大學 電機系
企業/自遊實公司

計畫重點：

傳統上，在從事直流無刷馬達(Brushless DC Motor, BLDCM)設計時，輸入電壓往往是以標準正弦波形(sine wave)作為設計標準。然而，當運用變頻驅動方式來驅動直流無刷馬達時，因輸入電壓波形為一個調變波形(六部方波、PWM 等)如圖一所示，因而使得馬達性能降低，如表一、表二所示。因此，若能於直流無刷馬達設計時與驅動器之特性做整體考量，將可改善此一缺點。

本計畫案旨在從事直流無刷馬達設計與驅動器特性作整體考量，在馬達性能目標導向下，使得設計之直流無刷馬達與驅動器性能獲得良好匹配，提高馬達驅動系統之整體性能。

本計劃是以 MagenForce 馬達設計軟體作為設計分析平台。成果顯示，將直流無刷馬達與驅動器做整合設計，將可提高馬達效率並發揮馬達應有性能。



變頻器驅動 BLDCM 架構圖

表一 各種驅動器對馬達性能之影響(直流側輸入電壓(E)大小固定)

	正弦波	六步方波	六步方波 (並聯電容)	上橋 SPWM 下橋方波	上橋 SPWM 下橋 SPWM
直流側輸入電壓(E)	***	120	120	120	120
調變後輸入線電壓(V)	120	95.7	97.1	79.4	73.5
轉距(N-m)	2	1.36	1.39	1.14	1.14
輸入功率(W)	812.6	734.4	757.7	567.4	526.8
輸出功率(W)	752.7	514.2	524.3	431.6	431.7
損失功率(W)	59.91	220.3	223.3	135.9	95.07
效率	0.926	0.700	0.692	0.761	0.820
功因(P.F.)	0.891	0.506	0.499	0.610	0.753
d 軸電感(H)	0.0371	0.0110	0.0109	0.0121	0.0130
q 軸電感(H)	0.0711	0.0229	0.0229	0.0239	0.0243

☆馬達規格 4 極，6 槽，120Hz，3600rpm

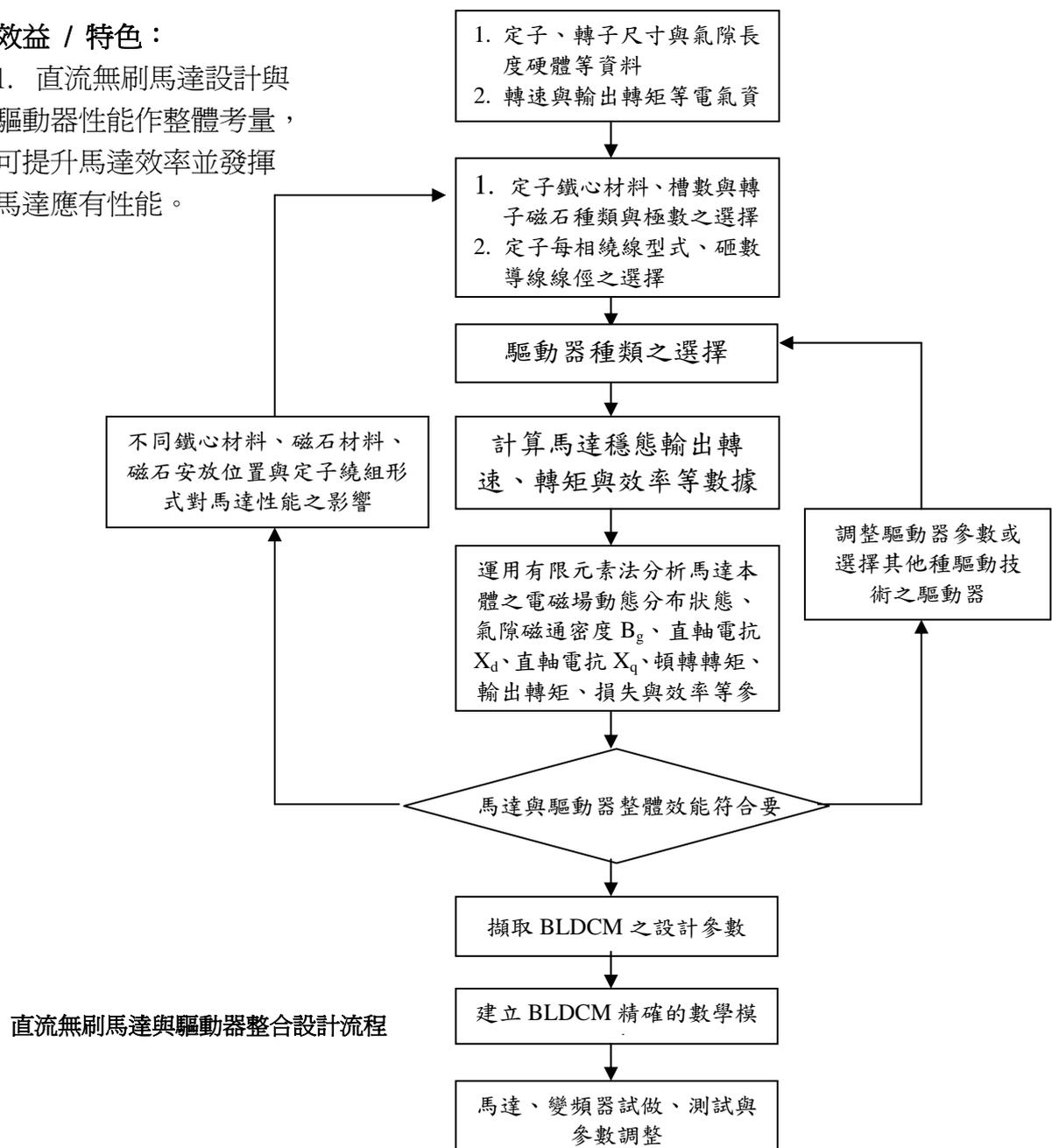
表二 各種驅動器對馬達性能之影響(馬達側輸入線電壓大小固定)

	正弦波	六步方波	六步方波 (並聯電容)	上橋 SPWM 下橋方波	上橋 SPWM 下橋 SPWM
直流側輸入電壓(E)	***	150.5	150.5	181.4	196.1
調變後輸入線電壓(V)	120	120	120	120	120
轉距(N-m)	2	1.85	1.82	1.94	2.14
輸入功率(W)	812.6	1115	1104	1109	1126
輸出功率(W)	752.7	698.6	687.5	732.8	806.2
損失功率(W)	59.91	416.9	416.7	375.7	319.6
效率	0.926	0.626	0.623	0.661	0.716
功因(P.F.)	0.891	0.433	0.428	0.456	0.516
d 軸電感(H)	0.0371	0.0097	0.0097	0.0111	0.0121
q 軸電感(H)	0.0711	0.0213	0.0212	0.0195	0.0115

☆馬達規格 4 極，6 槽，120Hz，3600rpm

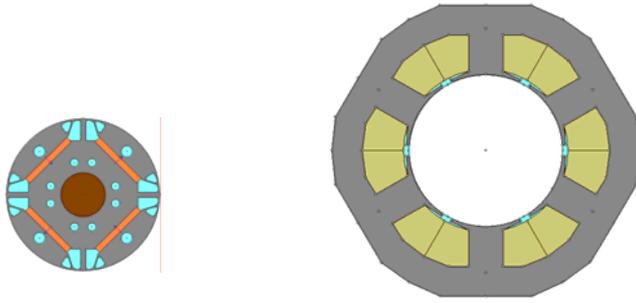
效益 / 特色：

1. 直流無刷馬達設計與驅動器性能作整體考量，可提升馬達效率並發揮馬達應有性能。



直流無刷馬達與驅動器整合設計流程

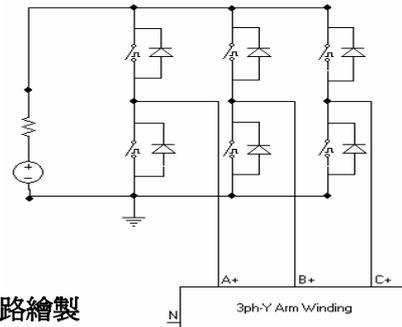
2. 使用工業級 MagenForce BLDC 設計軟體作為設計、分析平台。
3. 可單獨進行 BLDCM 靜態設計與動態分析，亦可進行直流無刷馬達與驅動器整體性能動態分析。
4. 整體設計概念可訓練設計人員機電整合觀念，強化設計人員之 Know How。
5. MagenForce BLDC 設計軟體功能如下：
 - I. 內建定子外型(圖三)、轉子外型(圖四)、繞線型式、磁性材料與矽鋼片材料、驅動電路元件等資料庫，使用者亦可自行建立材料資料庫。



轉子外型

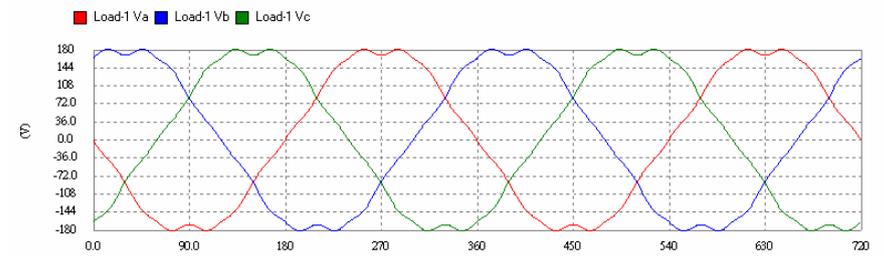
定子外型

II. 整合 SPICE 電路分析與有限元素分析法用於設計分析直流無刷伺服馬達，可繪製六步方波或 PWM 驅動電路(如圖五)與輸入設定轉速、觸發角度與直流匯流排電壓值等參數。

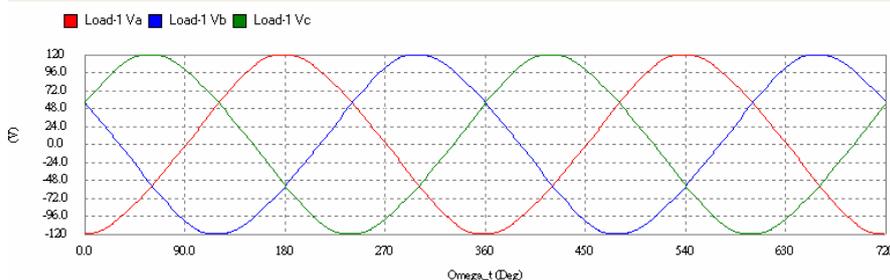


驅動器電路繪製

III. 可執行靜態參數與動態負載模擬與 SPICE 暫態分析。

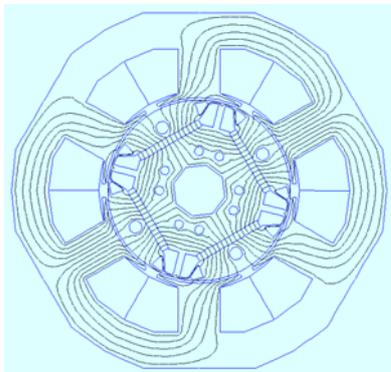


開路電壓模擬

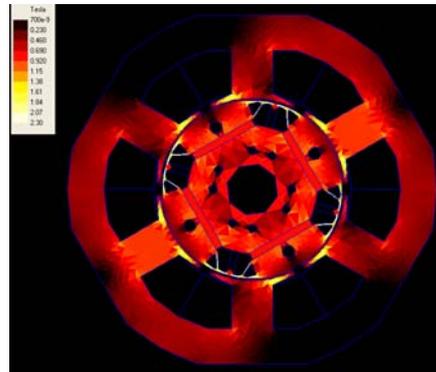


馬達側(負載端)
電壓模擬

IV. 具有限元素分析設計模組，且採圖形介面輸入模式，無須前置建模與應用其他後置波形處理軟體。

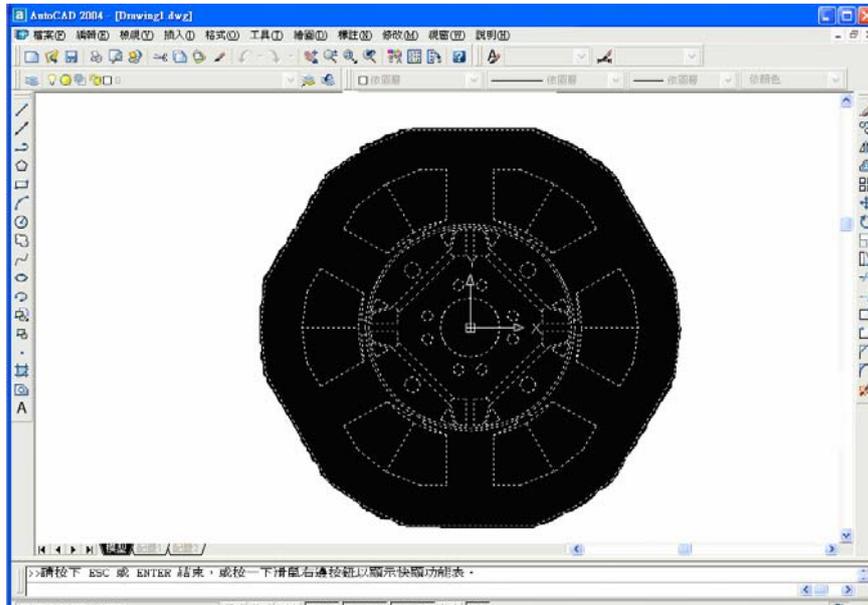


BLDCM 磁力線分布



BLDCM 磁通密度分布

V. 可載出 AUTOCAD-R14 與 AUTOCAD-2000 之馬達外型檔案格式。



研究成果對企業界或學術界的效益：

1. 對學界而言，直流無刷馬達設計與驅動器特性作整體考量，將可培養具機電整合觀念之電機設備研發人才，不僅可強化機電整合設備研發能力，亦可理論與實務並濟。
2. 對業界而言，可強化研發人員的 Know How。將直流無刷馬達與驅動器作整體設計，不僅可發揮變頻馬達應有性能外，亦可減少馬達試作成本及選擇驅動器規格是否與馬達性能配合之煩惱。

教授專長：電機機械設計、變頻器設計、直流無刷馬達控制