

壹、前言

高效率馬達過去都使用於電冰箱、冷氣機等大家電上；家庭中最普遍的小家電所使用馬達之研發偏重於外觀設計，電力消耗卻常被忽略；近來由於節能減碳成為趨勢，馬達效率遂成為相關產業在國際市場上競爭的要點。永磁無刷馬達因為轉子為磁性材料，不需激磁電流，可減少轉子功率損失，提昇運轉效能；以 14 吋 5 片式扇葉風扇為樣品，經過 110V/60Hz 測試，感應馬達(110VAC)強速消耗功率為 49.1W，能源效率 1.18 公尺³/分/瓦，但永磁無刷馬達(單相八極八槽)則僅有 19.2W，能源效率 3.19 公尺³/分/瓦，省電達 60.9%之表現。本篇主要為探討永磁無刷馬達特性，以及其使用於傳統小家電的效果，讓其融入低碳的設計理念，實現「節能環保、綠色低碳」。

貳、無刷馬達與有刷馬達之差異

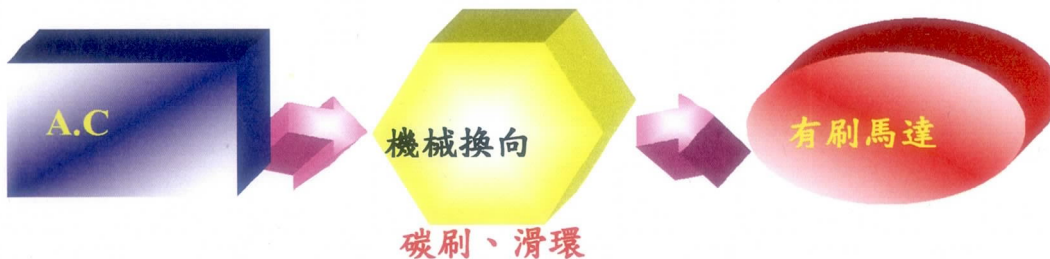


圖 1. 有刷馬達：以機械式整流子或電刷來控制換向動作

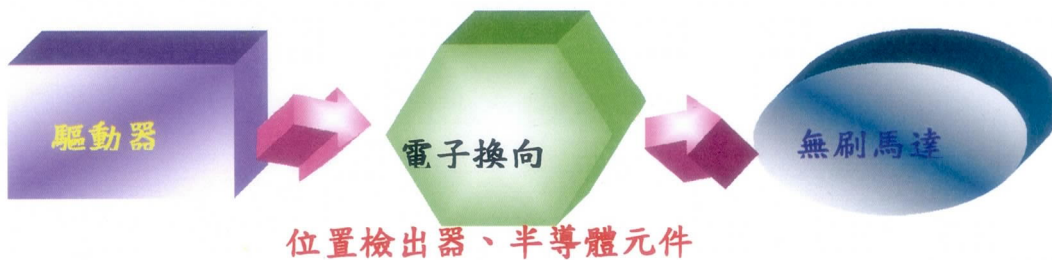


圖 2. 無刷馬達：

1. 以電子式的電晶體來控制換相動作。
2. 利用磁場力的吸引及磁場的變化(換向)來達成旋轉輸出的動作。
3. 電子式的換向器主要是利用 Hall Sensor 感應馬達磁極位置的變化，藉以來控制電晶體的開或關。

相對於有刷直流馬達(brushed DC motor)，永磁無刷馬達(brushless PM motor) 無碳刷及換向片的存在，其具以下特性：

1. 換向時不易產生高溫之電弧及金屬屑。

2. 電氣雜訊少，可靠度高、壽命長且易高速化。
3. 低電壓、起動快、易控制。
4. 製造容易、體積小。
5. 可適用於高溫環境下。
6. 在電刷部分不產生碳粉、油霧等之污垢。
7. 不產生電氣之雜訊(不產生電波干擾)。
8. 不產生火花。

參、感應馬達及各類型無刷馬達之特性表現

以馬達特性曲線測試平台量測馬達特性曲線，分析特性曲線與馬達額定負載點關係。經由動力計量測後可得到以下之特性曲線。

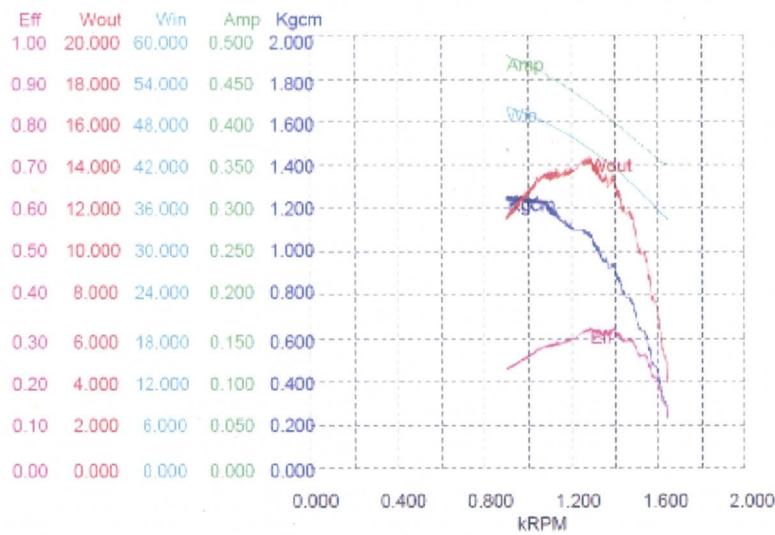


圖 3 110VAC 感應馬達特性曲線

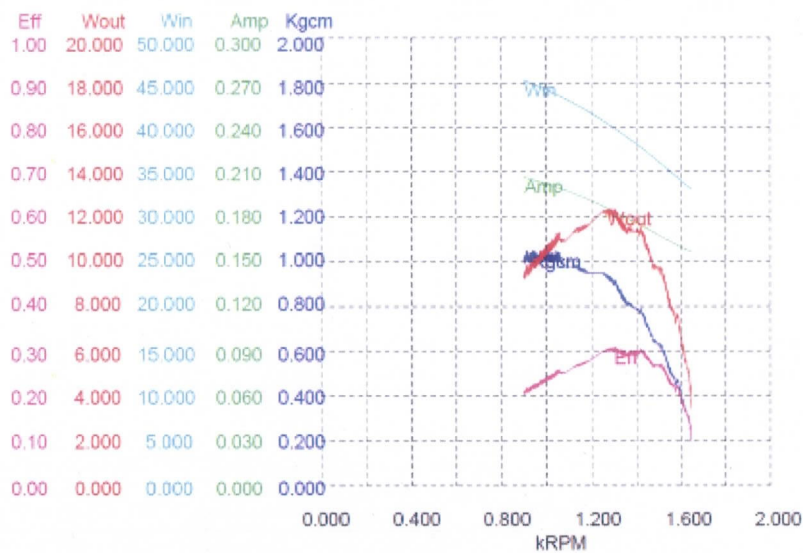


圖 4 220VAC 感應馬達特性曲線

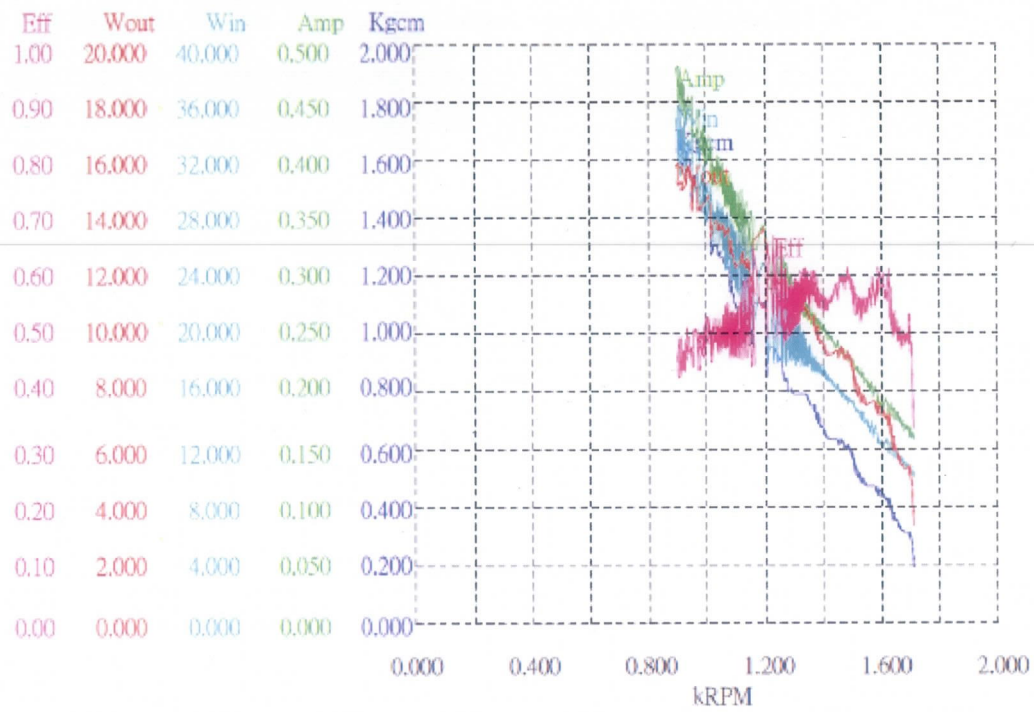


圖 5 六極馬達特性曲線

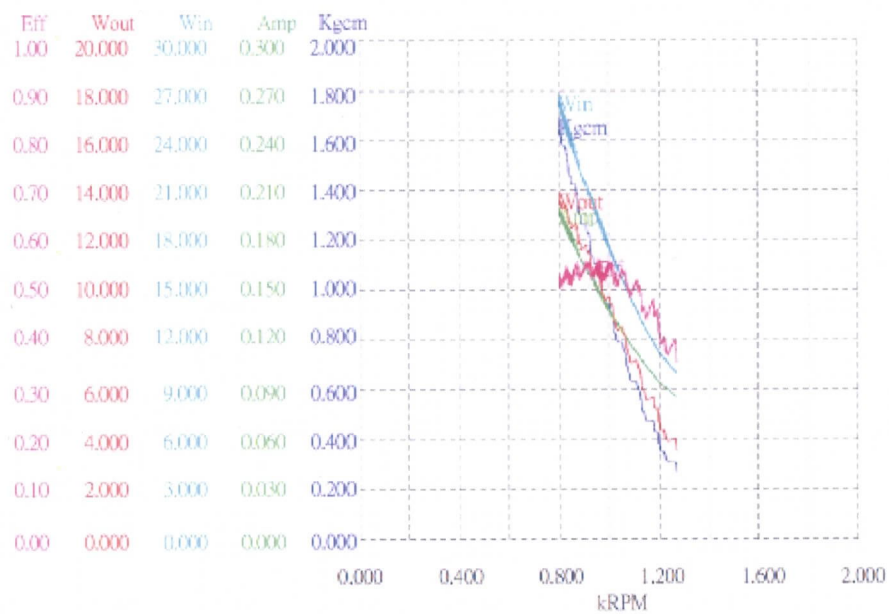


圖 6 八極馬達特性曲線測試

圖 7 及圖 8 分別為六極及八極馬達的定子圖面。

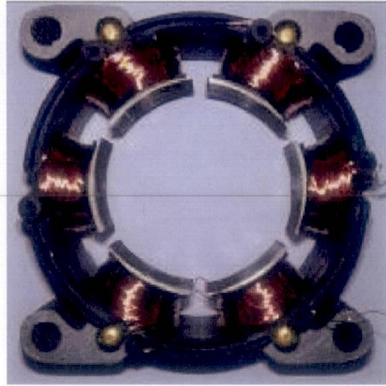


圖 7 六極馬達定子

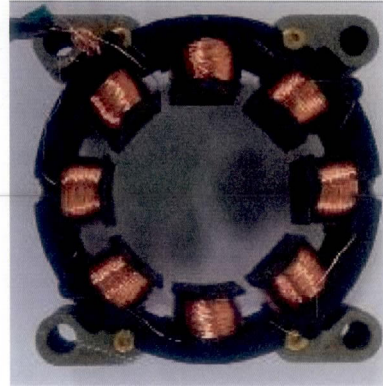


圖 8 八極馬達定子

由於風扇馬達的最高額定轉速約為 1000rpm，故訂定此點為馬達操作點，表 1 詳列出操作點資訊及各種馬達所做之比較表。

編號 1、2 分別為感應馬達，編號 3 為三相無刷馬達，編號 4、5、6 則為單相高壓無刷馬達。其中編號 4、5 為六極六槽，編號 6 為八極八槽。比較表中可見，在相同馬達轉速下，編號 4、5、6 之無刷馬達效率約可達編號 1、2 之感應馬達的 2 倍，也較編號 3 之三相無刷馬達高。

表 1 馬達性能比較(模擬負載為 14 吋 5 片式扇葉時之轉速 1000rpm)

編號	輸入電壓 (V)	輸入電流 (A)	輸入功率 (W)	輸出功率 (W)	效率 (%)	轉矩 (Kg-cm)
1	110VAC	0.47	49.1	12.7	26	1.2
2	220VAC	0.2	44	11.2	25	1.1
3	24VDC	1	24	9.6	41.6	1.0
4	110VAC	0.41	30	14.6	48.4	1.4
5	220VAC	0.22	21	10.8	51.3	1.1
6	220VAC	0.15	19.2	10.8	56	1.1

能源效率指標比較

風量測試

針對風扇的風量輸出進行檢測，計算產品的能源效率是否符合節能標章的標準值，計算方式如式(1)。

$$\text{能源效率指標} = \frac{\text{每分鐘輸出風量 (m}^3/\text{min)}}{\text{輸入功率 (W)}} \quad \text{式(1)}$$

風量計主要功能為量測每分鐘在特定位置所蒐集到之風量。將該風量值與電源供應器的輸出功率相除後，即可得知該產品之能源效率指標。表 2 為各類馬達之結果比較。

表 2 能源效率指標比較

項目	規範	感應馬達	三相無刷	單相六極六槽	單相八極八槽
能源效率指標	1.33	1.18	1.95	2.91	3.19

由上表可知，單相六極六槽、單相八極八槽之無刷馬達符合能源效率指標之規範，且亦優於感應馬達。

肆. 永磁式無刷馬達特性

4.1. 低損失、高效率

轉子為永久性磁鐵，不需激磁電流，可減少轉子功率損失，提昇運轉效能。

4.2. 馬力大、體積小

使用永久性磁鐵型轉子，轉子不需激磁電流，電流機內部發熱量小，故相同馬力數之下，可有較小的散熱表面積，也就是體積相對減小。即相同產熱量、體積、表面積之下，同框號可設計較大馬力數。

4.3. 有非常線性的電流對應轉矩曲線(可無段變速)

馬達藉由電力電子驅動，可達成輸入馬達與輸出轉矩呈線性關係(即，輸出轉矩=常數×輸入電流)，比傳統 DC 有刷馬達有更精準的轉矩控制(電流控制)。

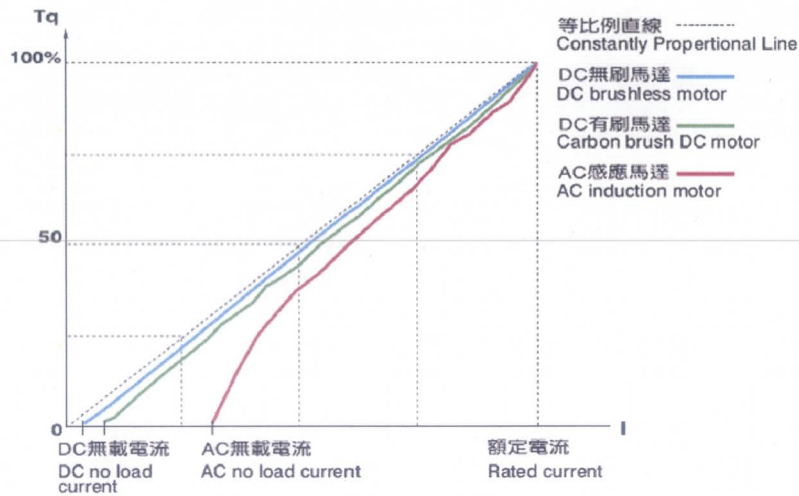


圖 9. I-T 特性曲線

4. 4. 有非常高的「低速連續轉矩」(高效率低速運轉)

無刷永磁馬達在低轉速區可具有高扭力輸出之特點，非常適合用於需要低速連續運轉，非常適合用於需要低速連續運轉。

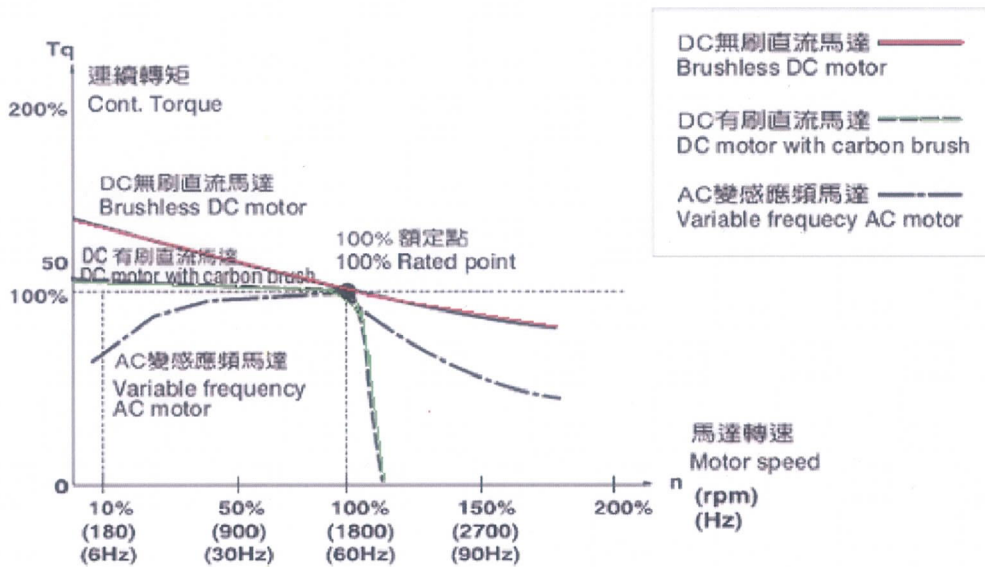


圖 10. 轉速-轉矩特性曲線

伍. 效益

電器用品的馬達時常是在低負載運轉，但是傳統感應馬達則採用分段式的定轉速來對應；永磁無刷馬達則係藉由電力電子驅動，可使輸出轉矩隨輸入電流呈正線性關係(如圖 9.)，故在可變速驅動及運動控制等領域的發展，有相當好的表現。再者，無刷永磁馬達在低轉速

區可具有高扭力輸出之特點(如圖 10.)，非常適合用於需要低速連續運轉的家電產品。

陸. 結論

永磁無刷馬達的「節能表現」及「有非常線性的電流對應轉矩曲線(可無段變速)」及「有非常高的「低速連續轉矩」(高效率低速運轉)」非常適合用於需要低速連續運轉的家電產品上；然而，因永磁無刷馬達需搭配驅動器才能運轉，驅動控制器是永磁無刷馬達的重要零組件之一，除了負責輸入電力的開啟與轉換以驅動馬達轉動之外，還要接受設備系統對功能需求的感測資訊，以進行解析與決策，而使系統設備達成高效能的運轉，其在成本上較難與單純市電即可運轉的感應馬達或僅需相對簡單之變壓和變流裝置的直流馬達競爭，其馬達及電路基板的價格比一般交流馬達貴了約 1000~2000 元，如何運用新科技，降低節能家電的製造成本，就成了積極發展的方向；另如何消除或降低頓轉扭矩的產生，又能保有直流無刷馬達的特性，是朝向高精密度馬達發展的一項重要課題。