

工業馬達驅動系統節電分析

核能研究所能源經濟及策略研究中心 2017年4月 廖偉辰

近年來因應全球氣候與環境變遷，各國政府均積極展開節能行動，除了供給端之外，需求端節能是目前備受關切的議題，其中馬達驅動系統耗電量極大，目前約佔全球電力消耗的50%，而工業部門佔整體馬達驅動系統電力消耗超過60%，因此工業部門馬達驅動系統節電代表了極大的節能潛在機會。雖然各國均積極推動置換高效率馬達，但馬達本身效率提升對整體節電量相當有限，更大的節能效益必須考量整體馬達驅動系統配備能效提升。本研究除了介紹目前馬達概況之外，亦針對整體工業馬達驅動系統進行節能分析，同時提出策略建議。

(1) 工業馬達概況及節電探討

至目前為止各國工業馬達驅動系統節能策略幾乎都在於馬達本身，近年來制定馬達效率分級並且實施最低能效標準(Minimum Efficiency Performance Standard, MEPS)，以推動市售工業馬達達到MEPS標準，藉此使需更換的舊馬達皆置換為高效率馬達。為了避免各國馬達效率標準不同造成溝通上的障礙，國際電工委員會(International Electrotechnical Commission, IEC)2008年公告國際效率標準，效率由低至高分別為IE1、IE2...，世界各國已經統一使用國際IEC標準，圖1為主要國家馬達效率標準分級對照[1]，表1為IEC標準馬達比較表[2]。我國2015年1月1日實施馬達IE2 MEPS，並於2016年7月1日提升至IE3，同時透過補貼獎勵制度，以提升IE2、IE3馬達的使用。根據國際能源署(International Energy Agency, IEA)世界能源展望(World Energy Outlook, WEO)2016[3]研究，目前全球工業馬達以IE1及IE2為主，但為因應節能減碳IE3馬達逐年增加，以新政策情境為例至2040年IE3以上佔60%，如圖2所示。

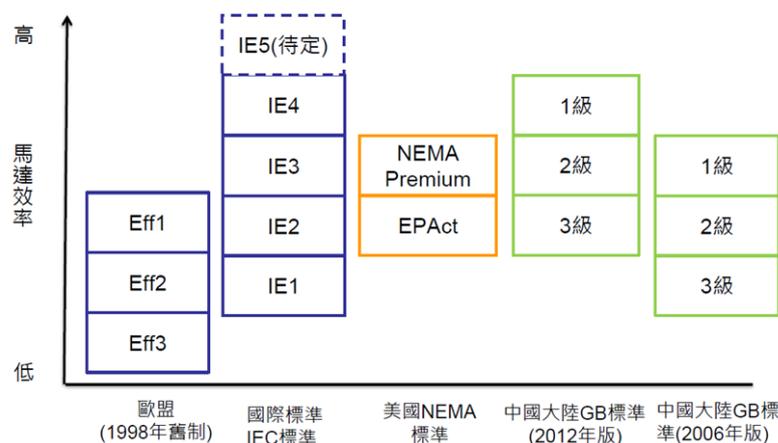


圖 1 主要國家馬達效率標準分級對照(產業經濟與趨勢研究中心，2013[1])

表 1 IEC 馬達比較表(產業經濟與趨勢研究中心, 2014[2]；本研究整理)

| 簡稱 | 英文全名 | 中文名稱 | 全載效率 | 價格 |
|-----|--------------------------|-------|-------|--------|
| IE1 | Standard Efficiency | 標準效率 | 87% | 100% |
| IE2 | High Efficiency | 高效率 | 89% | 115% |
| IE3 | Premium Efficiency | 優級效率 | 91.5% | 132.5% |
| IE4 | Super Premium Efficiency | 超優級效率 | 93% | 239% |

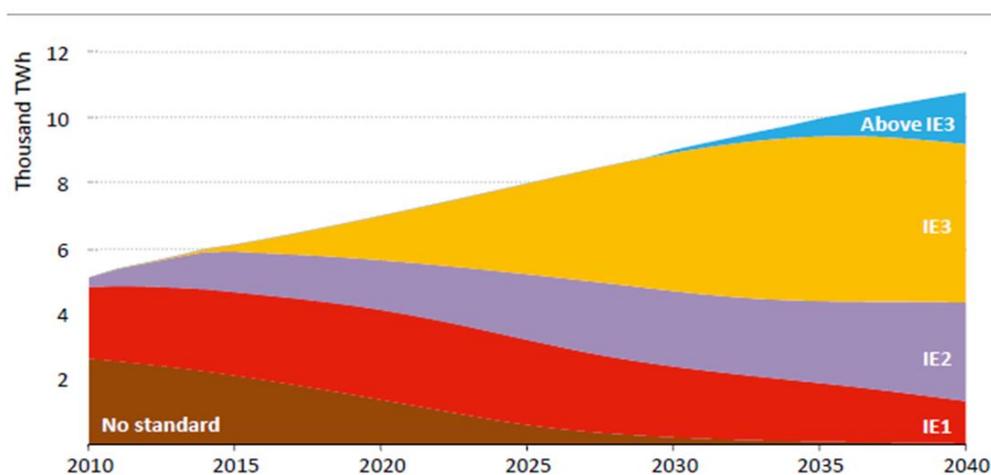


圖 2 新政策情境工業馬達耗電結構[3]

至於高效率馬達更新後的節電效果，時常可以從一些報導中聽到馬達效率提升可造成 15% 或更多的節電率之類的預估，但若從表 1 各級馬達效率分析，完全由 IE1 提升至 IE3 效率提升也僅 4.5%，因此上述提及報導中的馬達節電率明顯高估。經本研究由國際文獻的分析，若考量整體馬達系統配備效率提升或更新，整個系統有機會達 15% 以上的節電率，但由於國人普遍對此不熟悉，因此容易將此誤以為是完全由馬達效率提升所貢獻。而在 2015 年新境界文教基金會提出的新能源政策中，評估若 2025 年 IE3 工業馬達普及率達 80% 再加上變速趨動裝置 (Variable speed drive, VSD)，相較於 2013 年可達到 20% 的節電率，雖然已經開始考慮馬達之外其他設備的節能效果，但恐高估，以下為本研究針對整體工業馬達驅動系統節電分析。

(2)工業馬達驅動系統節電分析

工業馬達驅動系統主要可拆解為四部分，分別為變速趨動裝置(VSD)、馬達(motor)、終端使用設備(End-use device)、其他系統配件(Others system-wide measures)，如圖 3 所示，其中變速驅動裝置就是一般常聽到的變頻器，在不同的工業程序中可控制馬達於適當轉速，避免過快而造成不必要的耗電；終端使用設備是由馬達驅動的泵浦、風扇、壓縮機等，與馬達相同若提升能源效率可減少耗電；其他系統配件為閥件、管件等，若更換較光滑配件或是選擇合適管件進行動線設計，可減少流體摩擦進而降低馬達轉速達省電效果。



圖 3 工業馬達驅動系統示意圖

國外已經有研究討論除了馬達的汰舊換新之外，搭配系統其他部分的改造，整體馬達系統可獲得大幅的節電效果，2011 年 IEA 研究報告[4]指出若考慮整體系統改善，節能率可提升到 15 至 25%，比馬達的節能效果 4 至 5% 高出許多。2013 年起美國能源效率經濟委員會（American Council for an Energy-Efficient Economy，ACEEE）主導擴大馬達產品標章倡議（Extended Motor Product Label Initiatives，EMPLI），推行變速趨動裝置及終端使用設備自願性標章，如泵浦、風扇、壓縮機等。WEO 2016 詳細分析在新政策及 450 兩個減碳情境下整體馬達驅動系統及拆解後各部分的節電及經濟效益，圖 4 為耗電量分析，圖中呈現維持 2015 年能效時以及考量系統各部分能效提升時 2040 年的耗電量，結果顯示其他系統配件更新所造成的節電量最大，佔比約 60%。若分析相較於現況的能效提升，其中工業馬達本身只提升 3 至 5%，若考量馬達與變速驅動裝置，能效在兩情境提升至約 5% 與 12%，由此可知上述新境界文教基金會所預估 2025 年即達 20% 節電率過度樂觀，假如再考慮來自終端使用設備與其他系統配件更新後，新政策情境工業馬達驅動系統能效提升至約 17%，450 情境約 40%，為只考慮馬達時的 5 與 8 倍，如圖 5 所示。圖 6 為 2016 至 2040 累積的工業馬達驅動系統成本，整個系統四部份之節能與投資佔比及節能成本效益比列於表 2，結果顯示成本效益比最佳為其他系統配件，其次為終端使用設備與馬達驅動裝置，排序最末位反而是目前政府最積極推動的馬達，其投資最高，但成本效益比卻僅為其他系統配件的五分之一。

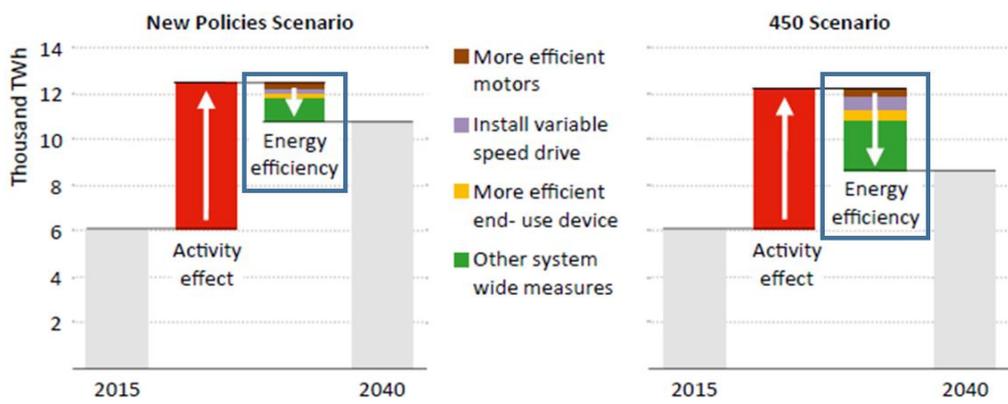


圖 4 新政策與 450 情境工業馬達驅動系統耗電量分析[3]

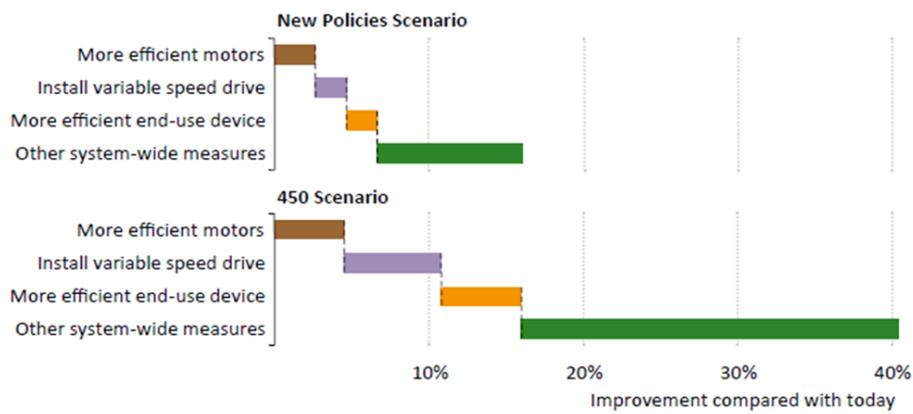


圖 5 新政策與 450 情境工業馬達驅動系統能效提升分析[3]

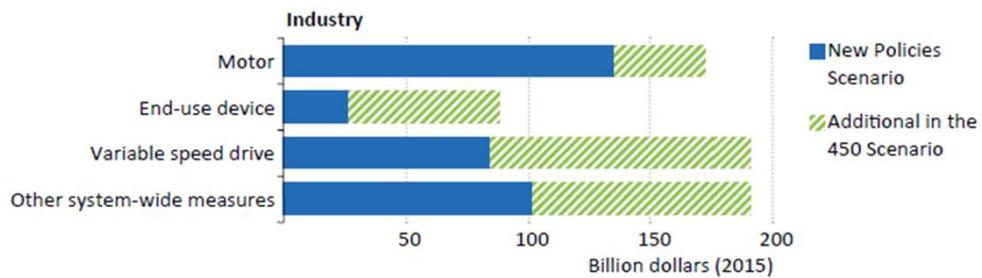


圖 6 新政策與 450 情境 2016-2040 累積工業馬達驅動系統成本分析[3]

表 2 新政策情境各部分節能與投資佔比及節能成本效益比(參考文獻[3]，本研究整理)

| | 馬達 | 變速驅動器 | 終端使用設備 | 其他系統配件 |
|--------|-----|-------|--------|--------|
| 節能(%) | 16 | 12 | 12 | 60 |
| 投資(%) | 40 | 24 | 7 | 29 |
| 成本效益比* | 0.4 | 0.5 | 1.7 | 2.1 |

*:節能(%)／投資(%)

(3)結論與建議

目前各國工業馬達驅動系統節能策略幾乎都在於馬達本身，可能是由於政府目前節能策略強調高效率馬達的置換，或不了解國外研究對於工業馬達驅動系統節能考慮的範疇，因此常將國外研究中所評估整體工業馬達驅動系統節能效益誤認為是完全由工業馬達能效提升所造成，但實際上馬達本身節電效果有限，若除馬達外同時考量變速驅動器、終端使用配備、其他系統配件的能效提升及更新，節能效果才可大幅提升，根據 WEO 2016 研究結果，減碳情境下整體能效提升為馬達本身的 5 至 8 倍，其中以其他系統配件更新所貢獻的節能量最大，其貢獻度佔 60%，也最具經濟效益，節能成本效益比為馬達的五倍。

新境界文教基金會評估若 2025 年 IE3 馬達普及率達 80% 並加裝變速驅動器，2025 年相較於 2013 年有 20% 的節電率，由於馬達本身最多只能貢獻 4.5%，因此其餘 15.5% 必須來自變速驅動器。由 WEO 2016 研究結果，馬達加變速驅動器 2040 年兩個減碳情境能效提升至約 5% 與 12%，因此若要 2025 年就達 20% 恐相當不易，而且根據前述分析可知只以馬達及變速驅動器節電相當不具經濟效益。因此建議政府應擴大工業馬達驅動系統節能的思考層面，除了馬達外也應注重馬達驅動的泵浦、風扇、壓縮機等的能效提升；而管件、閥件等配件具有最大的節能與經濟效益應是一般製造業者過往所意想不到的結果，政府應加強宣導其效益，如此機械裝置能效提升與配件更新雙管齊下，才可使國內工業馬達驅動系統達最大的節能與經濟效益。

參考文獻

1. 黃雅琪，高效率感應馬達市場發展概況，產業經濟與趨勢研究中心(2013)
2. 黃雅琪，馬達產業 2013 年回顧與 2014 年展望，產業經濟與趨勢研究中心 (2013)
3. IEA，World Energy Outlook (2016)
4. IEA，Energy-Efficiency Policy Opportunity for Electric Motor-Driven Systems (2011)