



發想 執行 實踐

協和發電廠第三、四號機組 VFD 變頻節能裝置

文／林蔓禎 圖／編輯部

民國 50、60 年代，台灣電力公司為配合政府經濟建設，因應全臺用電量大增與提高供電穩定度，民國 61 年決定於北臺灣基隆興建協和火力發電廠，以取代原有八斗子北部發電廠的功能。民國 66 年第一號機正式商轉，其他機組亦陸續啓用，於民國 74 年全部完工，總共裝置有 4 部全燃重油 50 萬瓩機組，裝置容量共 200 萬瓩。

協和發電廠地處基隆港邊，背山面海、視野遼闊；因緊臨基隆市區，交通便利、生活機能完整，是全臺灣少數兼具人文環境與交通條件的發電廠。尤其廠房中為提高擴散作用而興建的 3 座紅白顏色、高 204 公尺的煙囪，已成為當地最顯著的人工地標。

變頻節能裝置的發想與緣起

協和火力發電廠是北臺灣燃油發電廠，負責中載發電量，屬於任務型電廠。而廠內 4 部 50 萬瓩機組為配合系統調度，經常需要大幅度變動，因送風機馬達為定速運轉，有相當程度的節能損失。根據風扇相似定理“Affinity Law”若運用得宜，將可大幅降低能源之耗用，以達到節能減碳政策目標之推行。

以此觀念為基礎，民國 73 年 6 月號的「台電工程月刊」(第 430 期)第 55~59 頁，一篇「交流迴轉輔機應用靜態變頻裝置控速與效益評估」，探討的就是變頻裝置帶來的節能減碳效益評估內容。作者是甫由國立臺灣技術學院(現今的臺灣科技



▲ 葉恩明經理聚精會神的解說協和三號機變頻節能裝置控制儀表數據

大學)畢業、時任發電處儀電課(現任協和發電廠經理)葉恩明。這個變頻式發電機的節能概念在當時還十分先進，文章發表後還引起民間企業的興趣與詢問。然而當年大環境的節能氛圍尚未成熟，此議題便暫時擱置下來。

時間來到民國 95 年前後，節能減碳的觀念越來越受重視，97 年國際金融危機帶動油價大漲，更加快節能計畫的推動。當時擔任協和電廠電機課課長的葉恩明，

除了熱忱，也為了想證明自己當年的想法是可行的，他在分內工作之外還做了許多變頻節能相關分析與評估，包括加裝電流表觀察電流狀況，並至少花了整整一年時間做記錄。之後的技術會報上，葉恩明正式提出完整的構想，鍾炳利廠長(現任副總經理)與賴東陽副廠長(已退休)皆大表贊同，並表示會全力支持。此時亦得知，賴副廠長早在 10 多年前就曾提出過類似的概念，可謂英雄所見略同，兩人觀點不



▲ 變頻節能裝置的落實，事前需經過嚴謹評估與計算

謀而合。

經過 20 年的歲月，時機已然成熟，是推動變頻發電裝置的時候了。當時雖然覺得計畫可行，但還沒有做，結果如何沒人敢斷言，因為為了改善工程，要在原本完好的機組裡插入另一個系統，還是充滿風險，因此整體效益分析必須做得非常精確、嚴謹…，包括現場運作上的發電狀況，可能省電的方式，節約的成果、內容、效率與可行性…。所謂的可行性效益評估，也必須根據多年的營運成本狀況、發電量、風扇特性曲線…數據進行分析報告，並且換算成實際的金額與數字。

變頻裝置的理論基礎與效益評估

一般傳統馬達為定速運轉，而變頻裝置則是把頻率降低。例如台電是 60 周波，可依照馬達的級數有不同的運轉，譬如 890RPM；但在低載時風量是跟轉速成正比，如果轉速是原來一半的時候，原來的 890RPM 就能降到 450，但其消耗功率是跟轉速的平方、三次方成正比。也就是說，如果風量成正比、消耗功率是三次方，而全速運轉的風量要百分之百、消耗的功率要百分之百，那麼要降半載的話，轉速只有一半，原來的 0.5 而已，這時功率的消耗就是 0.5 的三次方，乘下來就只要原來的百分之 12.5，也就是能源只要原來的 12.5% 就足夠，其他的 87.5% 就能省下來。其他的評估報告也指出，6 項消耗功率效率的分析結果，很明顯的，變頻驅動馬達為效率最佳的方式。

尤其協和發電廠屬燃油價格高的燃油發電。在運轉上，晚間 7、8 點過後就呈最低載狀態，早上 8 點以後再提升負載，接著中午來到高峰，進入滿載狀態。也就是協和的機組一直都處於發電的狀態，但用電量少、不需發電的時候，就保持在最低載，低載時節省的電量也越多。以協和

共 4 部機組，1 部機 50 萬瓩來計算，4 部機就有 200 萬瓩。換算成家用電鍋的用電量，電鍋煮一次飯約需 1,000 瓦的用電量，當 4 部機組同時滿載全部運轉的時候，全額輸出的用電量就是 200 萬瓩，也就是可以供應給 200 萬個家庭同時煮飯的概念。

負責此案的葉恩明經理表示，選擇協四機做示範，是因為協四機鍋爐燃燒系統的進氣控制由原風門控制改善為可變頻馬達之轉速控制，而且協四機從民國 74 年 8 月開始商轉，比起從 66 年即開始商轉的協一機、協二機，可回收效益的期限更長，利益更為顯著。「最初我保守估算出來還是很有效益，大約每年可節約 1,844 萬度電，換算成 CO₂ 減碳量約 14,600 多噸，保守估計約 2 年就可回收。所以計畫一提出去很快就核准，接下來就是執行。」

變頻裝置的實際節能效益

此計畫正式於民國 98 年 8 月簽准成案，通過針對協四機機組進行「鍋爐送風進氣量採用送風機馬達變頻轉速控制」(VFD-Variable Frequency Drive)。99 年 4 月由臺灣 ABB 艾波比公司得標，VFD 主設備由瑞士 ABB 原廠承製，其餘系統

與設備分別由中興電工與本國廠商負責製造、安裝，充分發揮跨國團隊分工合作的精神。這是台電公司第一個最大容量的標案，具有歷史性的指標意義。100 年 2 月，改善後的協四機完成併聯、3 月滿載。實際運作之後，經濟效益超乎預期，3~4 個月就能回收。103 年協三機亦引進變頻發電機設備，達到每年節電 5,000 萬度的成效。

協三、四機的改善，從整個統計數字可以看到，協四機從 100 年開始啓用變頻裝置，到 104 年底，5 年節省下來的相當的省電量，第一年就有 2,800 多萬度，第



▲ 葉經理解說協四機與變頻發電機組的併聯方式



二年省下 3,300 多萬度…。104 年因為整體電力較不足，協和電廠發的量可說是之前電量的加倍。加倍在整體節能效益的表現上，因提升負載輸出時必須加速輔機的功率，這部分會抵消掉節能的效率，影響發電量，所以 104 年節約的電量特別少，但不論如何還是節省了 500 多萬度電。

5 年統計下來，單單協四機就節約了 1 億 2 千 6 百多萬度電，省下的燃料費總計約 7 億元，減碳量約 9 萬 7 千多公噸的 CO2 量。至於協三機從 102 年開始使用變頻裝置，到 103 年 7 月開始統計，第一年便節約了 2 千 7 百多萬度電。由於協三機比協四機多了 1 部機器，因此效益更高更明顯，2 年就有 2 億多。以任務型電廠的屬性來講，每年可省 5,000 萬多度電已是非常高的成效，協三、四機到目前為止加總起來，約莫節省了 1 億 6 千多萬度電，換算成實際金額約有 9 億元。

理論上來說，變頻

裝置最適合中載與間載、變動量大的任務型電廠，譬如協和電廠。低載時省下來的電量最多最大，從簡報上就可略知一二：負載的提升從 15 萬到 50 萬，消耗電流在 400 安培到 600 安培之間；改善後最低載時能節約將近 400 安培，但在最高載時節約量就只有 100 安培，所以變頻裝置非常適合變動量大的電廠，但也不是絕對如此。進行效益評估時，還要考慮到機器的運轉特性、機組回收年限等等問題，例如協一機與協二機已經運轉近 40 年，明年即將除役，考量到整體經濟效益，當然就沒必要改為變頻裝置了。



▲ 協和四號機變頻節能裝置的機房



▲ 協和三、四號變頻節能機組運轉後為台電公司帶來顯著的節電效益

從變頻的種苗開出節能的花朵

在台電 40 年的生涯裡，葉恩明經理曾完成多項階段性的計畫，例如「電力系統自動化」，對目前變電所自動化系統的整合功不可沒。而「變頻節能裝置」的推動，從 30 年前起心動念、在月刊發表節能文章開始，中間經過持續的關注與資料的收集，歷經 20 多年時間才有機會將當初的想法一步步落實，這無寧是他在台電生涯中最大的成就感。

當時節能減碳熱潮正夯，四號機旁剛好又有個半廢棄的鍋爐房可供使用，加上長官、上級的全力支持，在天時、地利、人和三者統統到位的情況下，執行單位可說勢在必行。「我們自己有知識有 know

how，公司贊成、預算申請也通過…當主事者都覺得胸有成竹，對自己的專業也有信心的時候，只要有這種信念，幾乎沒有什麼事是做不到的，沒有什麼任務是無法達成的…」實事求是、使命必達的台電人，展現出來的就是堅持到底的精神與氣魄。雖然 20 多年後才得到印證，但是，「能在台電這個環境實現自我，在工作任內得到印證、有所貢獻，這是工作上的一種自我滿足，也是最大的榮耀，我的台電人生已了無遺憾！」葉經理欣慰的表示。其實不論對台電公司發展的歷程或者葉經理個人職涯來說，「VFD 變頻節能裝置」的落實，都是一個重要的里程碑，一個意義重大的貢獻。源