



專題
報導

電壓調降之節能技術探討

▶ 專案5部 林琦翔

近年來在執行集團連鎖商店節約能源輔導時，與其能源管理人員討論得知，部份門市因處於台電供電側饋線前段，其供電電壓會高於一般設備之額定電壓，即使在相同的營業規模、營業額及營運設備下，其門市之用電量及設備運轉壽命仍有相當大之差異。針對此項議題，本會於98年度進行電壓調降對各項設備用電影響之研究及文獻蒐集，以提供各能源用戶於門市用電電壓偏高時之改善方法，及其改善時須注意之相關事項。

一、用電設備容許之電壓變動範圍

台灣地區電力系統電壓變動之容許幅度，在電業法第36條規定：

1. 電燈 $\Delta V \leq \pm 5\%$ 的額定電壓值之間，電力及電熱 $\Delta V \leq \pm 10\%$ 的額定電壓值之間。
2. 若電燈、電力、電熱合一線路時，依電燈電壓之標準。

若以此標準，依台電供應220V之電壓，其於電燈供電電壓為110V，合理範圍為104.5~115.5V，電力及電熱供電電壓220V，合理範圍為198~242V。能源用戶所使用之電源電壓因台電供電側饋線前、後段之差異而不同，故設備製造時，皆會預留安全裕度以因應所使用之電源電壓高低不同。以馬達設備而言，其容許電壓變動範圍為 $\pm 10\%$ ，供電電壓在此範圍內變動皆不會影響其運轉輸出及其壽命。若為精密電子設備，則其設備皆會加裝電子穩壓裝置，以半導體元件將輸入電壓調整至適當之工作電壓，控制其穩壓於 $\pm 3\%$ 內，以達保護設備及提高設備運轉效率之功效。

二、電壓調整控制之基本架構介紹

圖1為自耦變壓器基本線路圖，其能量轉移除電磁轉換外尚有直接傳導之能量，因此體積小且容量大，可作為電壓升壓及降壓使

用。就圖1中，若由cd供應電源，則ad間之負載電壓較電源側高，為升壓自耦變壓器；若由ad供應電源，則負載端之電壓較電源側低，為降壓自耦變壓器。自耦變壓器之調整 N_2 的匝數，其輸入電壓 V_1 與輸出電壓 V_2 為：

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = N$$

三、電壓調降對用電設備之影響

依一般住宅及商場常使用之用電設備分類，其主要用電可分為1.照明設備；2.馬達(電動機)設備；3.電熱設備，其電壓調降對設備之影響說明如下：

1.照明設備部份：依發光方式及原理不同，其影響亦不同。白熾燈及鹵素燈為純電阻式發光(發熱)，故其電壓調降1%，白熾燈及鹵素燈之光度會降低約1.5~1.8%，減少

用電量約1.5~1.8%。日光燈不同於白熾燈及鹵素燈，通常電壓變動率±10%內仍可滿意輸出(電壓過低會無法點燈)，其輸出之光度約與電壓成正比，電壓降低1%，日光燈之光度降低1%，減少用電量約1%；若以安定器區分，因T-5型日光燈所使用之電子式安定器內附穩壓器，故降壓對其影響較小，相對減少用電量亦較小。電壓調降對整體照明燈具影響而言，其缺點為燈具光度皆會降低；優點為可延長燈具壽命，減少燈具用電量。

各種商業場所在初期照明設計時，因考慮燈具光衰、灰塵覆蓋造成亮度降低及燈具配光效果等因素，故燈具在使用上容易過大設計。例如便利商店，因商品陳列密集，門市內又以全般照明設計(需求1000Lux)，故日光燈具在排列方式上相當密集，以致實測門市內初期照度高達1200~1500Lux，約過度20~50%(照明用

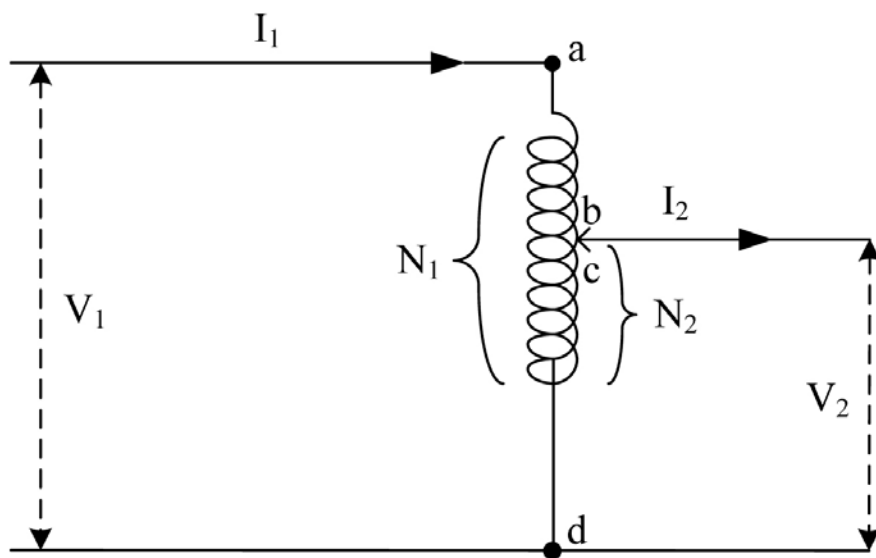


圖1 自耦變壓器基本線路圖

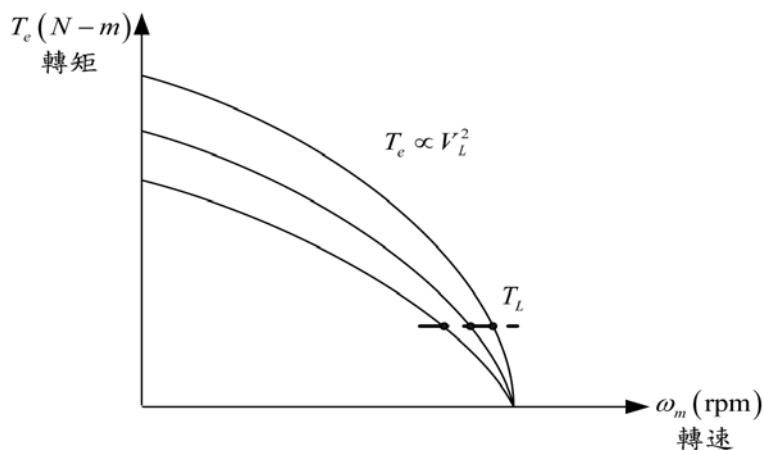


圖2 電動機之電壓、轉矩及轉速之關係圖

電20~50%浪費)。可在不影響燈具啟動條件下，適當降低電壓以降低門市內照度及照明用電，而後隨照度降低再調高電壓，控制門市照度達合理需求以減少不必要之能源消耗；若照明設計上已將照度合理控制，調降電壓將會嚴重影響照明品質。

2.馬達(電動機)設備：一般住宅及商場常使用之感應電動機主要為小型風機及水泵浦等，其線電壓(V_L)與磁通量(Φ_L)為正比，若降低電壓為原供應電壓之(1/N)倍，則磁通量降低(1/N)倍，轉矩降為原來的(1/N)²，其關係如圖2所示。因各國電力公司電源電壓供應之不同，歐美規之電動機額定電壓多為240V±10%、日規多為200V±10%、台製規格多為220V±10%。為保護感應電動機之正常運轉，感應電動機皆設有磁通量之上限(飽和磁通量)，以避免過飽和產生磁滯現象而改變其工作特性。若電源電壓高於額定電壓，其磁通量會被抑制在飽和磁通量，多餘之電壓則會產生無效用電(如圖3所示)。故要採用調降電壓減少感應電動機之用電，則需確認電動機之規格與實際輸入電動機之電壓，以

避免電壓過低而無法達到電動機所需之輸出。

3.電熱設備部份：由焦耳定律(Joule's law)之熱量與電流I平方成正比，與導體之電阻R及時間t成正比可知，若要維持固定熱量輸出，提高電壓可減少加熱運轉時間；降低電壓則需增加加熱運轉時間。就電熱設備而言，電壓若高於額定電壓，雖可減少加熱時間，但其運轉時間所產生之溫度容

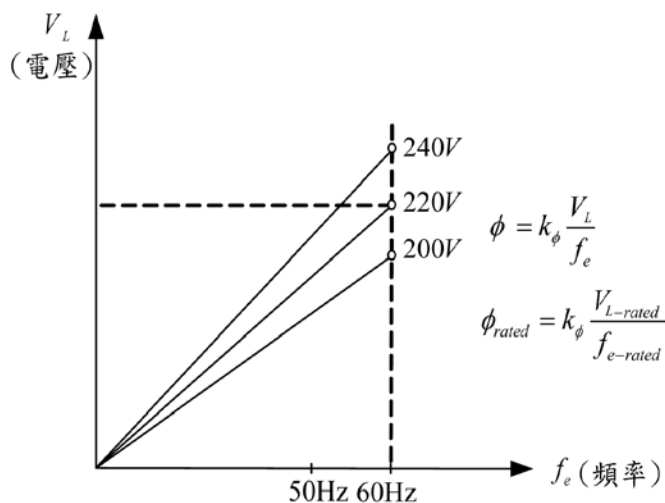


圖3 電壓調降之磁通量變化關係圖



易超過加熱線圈所能承受之溫度，導致電熱設備壽命縮短。故調降電壓在用電度數上很難減少，但對於用電電壓偏高之能源用戶，調降電壓可抑低用電需量及增加設備運轉壽命。

四、連鎖商店應用評估實例

1. 應用理念

- (1) 部份門市供電電壓偏高，導致燈具容易損壞，藉由降低電壓延長燈具壽命，並可減少維修成本。
- (2) 減少因電壓偏高所導致之額外能源耗用，以降低門市營運成本。

2. 門市安裝評估原則

- (1) 電壓控制部分：門市供電電壓平均高於220V以上則考慮安裝，因台電供電電壓早晚差異大，故電壓調整控制器應隨電壓變動自動調整壓降幅度，且經調降後電壓不得低於205V。
- (2) 安全考量部份：於電壓調降時若線路產生異常電流，則須自動跳脫，以避免線路過熱發生意外。
- (3) 營業需求部分：為提供舒適且有氣氛之購物環境，門市電壓經調降後，賣場照度仍需維持500~800Lux，以避免室內外照度變化大所導致之暈眩感。

3. 門市導入排程

- (1) 主要測試用電電壓偏高之13家門市，經電壓調降控制後，其門市所能減少之用電度數及電費，並實際了解所選購之電壓調整控制器，其電壓控制之靈活性及安全性。
- (2) 實際測試門市基本營運設備於電壓調降後之運轉狀態，並了解降壓對於設備壽命之影響，以作為未來拓展門市導入之評估依據。

4. 實際成效：約減少門市用電量13.7%。

五、結語

調降電壓節能改善有其可行性，但其節能效益會依台電供電電壓高低、設備額定電壓及設備運轉效率而有所差異，各設備亦因電壓調降而運轉輸出稍有降低，故在導入電壓調整改善前，需針對現場設備使用之需求進行評估，以避免調降電壓後各設備無法滿意供應現場之需求而產生負面影響。

商業場所所使用之低壓設備可分為：(1) 照明燈具類：以發光為目的之白熾燈、螢光燈等，其發光量約與電壓或電壓平方成正比；(2) 馬達類：以馬達來驅動之電風扇、冷氣機、電冰箱等，其輸出功率與電壓平方成正比；(3) 電熱類：以發熱為目的之電熱水器、電暖器、電鍋等，其發熱量與電壓平方成正比。以上負載中，以照明燈具及馬達類中之冷氣機用電，占商業場所年總用電量至少50~70%，若在初期時過大設計下，能適當調降電壓以減少輸出功率及用電量，將有助於降低營業成本及能源合理化運用。

未來在加強推廣應用上，可先以能源使用密集度較高之連鎖商店及燈具使用量較大之百貨公司、辦公大樓等行業進行評估改善。電壓調整控制器可裝置於小型連鎖商店之總盤上，以減少門市整體用電；大型之能源用戶可依各低壓配電盤之負載不同，選擇較合適之分路進行降壓調整，只要電壓調整範圍不大於10%，仍可兼及照明與馬達負載的降壓運轉。

用電電壓偏高之能源用戶，可藉由合理調降電壓之節能改善使成本降低、提升經營利潤及市場競爭力，對國家整體節約能源及抑低二氧化碳目標推動上，也相對提出貢獻。