

需量反應基準線設計

蔡昊廷^{1*} 吳國賓¹ 陳俊宇² 梁佩芳³

摘要

基準線的設計在需量反應中扮演很重要的角色，一個不好的基準線設計，不僅會影響用戶參與的意願，也很容易受到有心人士的操弄並賺取大量利益，且對於系統的幫助有限。因此，本研究針對國內需量反應中的負載管理來討論其效益計算方式，由北美能源標準委員會(North American Energy Standards Board, NAESB)的定義可以了解大部分電力調度中心(Independent System Operator, ISO)是利用第一類型基準線(Baseline Type I - Interval Metering)來對該類型服務進行效益計算，因此收集北美各ISO在該方法下的做法，並利用國內用戶用電資料對於國外第一類型基準線的做法進行基準線計算測試。澳洲能源市場調度中心(Australian Energy Market Operator, AEMO)提出了三種檢定方法，用來檢驗基準線的準確性、偏差性以及變異性，分別是相對均方根誤差(Relative Root Mean Squared Error, RRMSE)、平均相對誤差(Average Relative Error, ARE)以及相對誤差比率(Relative Error Ratio, RER)，利用上述檢定方法來判斷用戶較合適的基準線計算方式。以本研究之結果來看，該用戶在當日負載調整為具有20%限制的比例法下的RRMSE與RER皆最低，代表在該方法下的基準線較為準確。

關鍵詞：需量反應，基準線設計，相對均方根誤差

1. 前言

需量反應可視為一個虛擬電廠，在電力短缺時能提供乾淨、可靠、且低成本的電力容量及能量，除可增加電網的可靠度，亦能降低用戶電力成本。目前需量反應已成功的應用於國際間各個電力系統，若績效驗證方式無法正確的反應出用戶的抑低執行量，可能會使得用戶參與需量反應的意願降低，因此要如何在需量反應執行結束後有效且公平的評估需量反應之執行績效是相當重要的。

本研究第二節先針對需量反應事件的整體

流程以及基準線應該具備的特色進行介紹，接著整理NAESB所提出的各項需量反應服務以及績效評估方法，需量反應服務包含能量服務、容量服務、備轉容量服務以及頻率調節服務，不同服務分別在不同的時機點接受調度，以滿足電力系統的需求，績效評估方法則包含了第一類型基準線、第二類型基準線、最大基準負載、執行前後計量差異值以及發電量量測，其中第一類型基準線以及執行前後計量差異值是較常被使用的評估方式，且不同的服務皆有相對合適的評估方式，該節針對以上項目進行說明以了解需量反應效益評估的重點，並介紹

¹工業技術研究院綠能與環境研究所 副研究員

²工業技術研究院綠能與環境研究所 經理

³工業技術研究院綠能與環境研究所 組長

*通訊作者電話: 03-5918261, E-mail: itriA70438@itri.org.tw

收到日期: 2020年08月31日

修正日期: 2020年10月16日

接受日期: 2020年10月20日

AEMO所提出的三種基準線檢定方式。

第三節則蒐集並介紹國內目前需量反應的基準線計算方式與北美各ISO的第一類型基準線計算方式，北美ISO包括加州電力調度中心(California Independent System Operator, CAISO)、德州電力可靠性委員會(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT)、PJM區域輸電運營商(Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection Regional Transmission Operator, PJM RTO)、紐約電力調度中心(New York Independent System Operator, NYISO)、中部電力調度中心(Midcontinent Independent System Operator, MISO)和新英格蘭電力調度中心(ISO New England, ISO-NE)等。第四節則將國外ISO的需量反應基準線作法進行交叉組合，並以國內用戶進行測試，接著利用AEMO所提出的三種基準線檢定方法來挑選用戶相對適合的基準線計算方式，希望能藉由該試驗方式來找到用戶最合適的基準線計算方案。

2. 需量反應效益測量和驗證

2.1 需量反應服務介紹與效益評估與效益評估方式

需量反應事件在Goldberg and Agnew (2013)的Measurement and Verification for Demand

Response中定義之整體流程如圖1所示，用戶在接收到抑低通知之後，就開始進入需量反應事件，用戶會依照其參與的方案不同，獲得不同時間長度的反應時間，短則數秒，長則前一日即知道隔日抑低時間，在反應時間結束，也就是達到抑低最後期限後，即進入持續時間，該期間用戶必須保持約定的抑低量，藉此來確保不會受到懲罰並獲得抑低回饋，同時也是用來計算用戶執行率與回饋，在執行結束後，用戶會有一段回復時間來讓用戶的用電狀況回到正常使用狀態，在回復時間中用戶不會再次接收到抑低通知，回復時間結束後，該次需量反應事件也跟著結束。

在需量反應事件執行結束後，需先進行量測與驗證(Measurement and Verification, M&V)再進行結算(Settlement)，以了解用戶是否有滿足日前與電力公司或調度中心之約定抑低量，並依實際執行績效與用戶核算獎勵或電費扣減。而需量反應績效評估需基於以下原則進行設計：

- 準確度(Accuracy)：該方法應提供準確的負載估計，確保需量反應績效係依據抑低負載計算，以降低需量反應參與者操作基準線的機會。
- 靈活性(Flexibility)：該方法對所有預期的需量反應資源應提供準確的負載估計，另於特殊情況，如執行日負載可能高於預期時，該

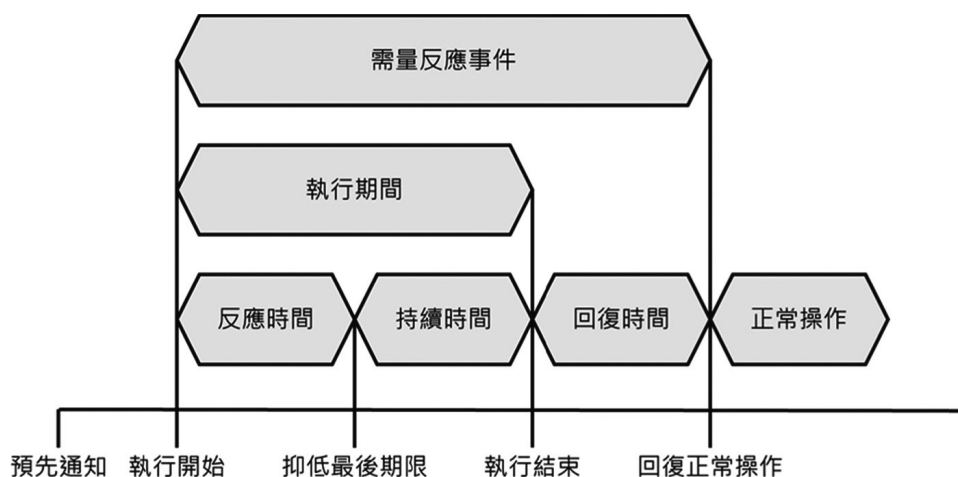


圖1 需量反應事件流程(Goldberg and Agnew, 2013)

方法應能適時調整負載估計，以排除負載估計準確性可能降低的情形。

- 簡潔性/可理解性(Simplicity/Comprehensibility)：該方法應以簡單易懂的語言進行表達，以便容易理解要求與計算方式。
- 再現性(Reproducibility)：績效評估計算應可由需量反應資源、用戶群代表和計畫影響評估者重現。

NAESB為批發和零售市場的需量反應測量和驗證(M&V)制定了評估準則及檢定方式，並由聯邦能源監管委員會(Federal Energy Regulatory Commission, FERC)所採用。NAESB定義需量反應提供之服務類型如下：

- 能量服務(Energy Service)：一種需量反應服務，其中需量來源僅根據需量抑低結果進行補償。
- 容量服務(Capacity Service)：一種需量反應服務，其中需量來源在規定的時間段內有義務在系統操作員調度時提供需量反應。
- 備轉容量服務(Reserves Service)：一種需量反應服務，根據建立的備用容量要求(滿足適用的可靠性標準)，需求資源有義務在系統操作員調度時提供需量抑低的功能。
- 頻率調節服務(Regulation Service)：一種需量反應服務，其中需量來源依據系統操作員的即時訊號增加或減少負載。需量來源提供頻率調節服務在承諾期間內會連續受到調度，提供頻率調節服務與需量反應事件時間表、截止日期和持續時間無關。

其中，備轉容量服務以及頻率調節服務皆屬於輔助服務(Ancillary Services)。而NAESB定義之需量反應性能評估方法說明如下：

- 第一類型基準線(Baseline Type I - Interval Metering)：基於需量來源的歷史間隔電表數據的基準線性能評估方法，其還可以包括其他變量，例如天氣和日曆數據。
- 第二類型基準線(Baseline Type II - Non-interval Metering)：一種基準線性能評估方法，當不是所有需量來源皆具備有間隔計量電表時，

由統計取樣方式估算所有需量來源之聚合用電量，以進行性能評估。

- 最大基準負載(Maximum Base Load, MBL)：一種性能評估方法，僅基於需量來源在需量反應事件之抑低執行時段，將其電力使用維持在或低於指定水平的能力。
- 執行前後計量差異值(Meter Before/Meter After, MBMA)：一種性能評估方法，將部署前之規定時間段內的電力需求與抑低執行期間的類似讀數進行比較。
- 發電量量測(Metering Generator Output, MGO)：一種性能評估方法，其中需量減少量是基於位於需量來源之計費電表後的發電機輸出量。

以上NAESB定義之5種績效評估方法，其分別適用之服務類型如表1所示：

其中，第一類型基準線是能量服務市場中最為普遍使用之性能評估方法，但亦有一些容量及備轉容量服務市場採用第一類型基準線作為性能評估方法。容量服務市場則多採用最大基準負載及發電量量測之性能評估方法，備轉容量以及頻率調節服務市場則主要採用執行前後計量差異值作為性能評估方法。

以上5種需量反應性能評估方法中，只有第一類型基準線及第二類型基準線之性能評估方法為基準線性能評估方法。

2.2 需量反應性能評估方法準則

針對需量反應性能評估方法之多種型式，NAESB亦針對需量反應性能評估方法提供了準則，如表2所示。主要由基準日可選擇區間(Baseline Window)、計算方式(Calculation Type)、基準日排除規則(Exclusion Rules)、基準線調整(Baseline Adjustments)、調整參考區間(Adjustment Window)等所組成。

基準日可選擇區間及基準日排除規則，通常用以選出與抑低執行事件日用電相似之日期或時段，以及排除與抑低執行事件日用電差異太大之日期或時段。由許多案例顯示，基準線

表1 NAESB制定之性能評估方法(Goldberg and Agnew, 2013)

性能評估方法	適用服務類型			
	能量	容量	備轉容量	頻率調節
第一類型基準線 (Baseline Type I-Interval Metering)	O	O	O	
第二類型基準線 (Baseline Type II-Non-interval Metering)	O	O	O	
最大基準負載 (Maximum Base Load)	O	O	O	
執行前後計量差異值 (Meter Before / Meter After)	O	O	O	O
發電量量測 (Metering Generator Output)	O	O	O	O

表2 NAESB需量反應性能評估方法準則(Goldberg and Agnew, 2013)

基線資訊 (Baseline Information)	基準日可選擇區間(Baseline Window)
	計算方式(Calculation Type)
	取樣精度和準確度(Sampling Precision and Accuracy)
	基準日排除規則(Exclusion Rule)
	基線調整(Baseline Adjustments)
	調整參考區間(Adjustment Window)
事件資訊 (Event Information)	即時遙測之使用(Use of Real-Time Telemetry)
	事後量測之使用(Use of After-the-Fact Metering)
	效益計算區間(Performance Window)
	測量方式(Measurement Type)
特殊處理 (Special Processing)	高變動負載處理(Highly-Variable Load Logic)
	現場發電機要求(On-Site Generation Requirements)

調整可以降低基準日選擇及排除規則對基準線計算之敏感程度。取樣精度和準確度(Sampling Precision and Accuracy)為使用第二類型基準線，進行統計取樣時之精度及準確度準則。即時遙測(Use of Real-Time Telemetry)及事後量測之使用(Use of After-the-Fact Metering)代表性能評估方法計算所需用電資料之即時性，亦即是否需要即時傳回電表量測資料，以進行性能評估。效益計算區間(Performance Window)為計算實際抑低量之時間區間，亦即抑低執行時段。測量方式(Measurement Type)為資料取得及性能計算方式。另外，針對高變動負載處理(Highly-Variable Load Logic)及現場發電機要求(On-Site Generation Requirements)之特殊情況，是否有

指定處理方式或要求。

2.3 基準線檢定方式

目前在國內的現行方案中，並沒有針對用戶的基準線表現有所限制，國外的PJM則有利用RRMSE必須低於20%來做為限制，符合該標準的用戶才能參加，而AEMO則提出了除了RRMSE以外的檢定方式(DNV KEMA Report – Phase 2 Results Final Report, 2013b)，分別是ARE與RER，與RRMSE一起分別用來檢驗基準線的準確性、偏差性以及變異性。

三種檢定之計算方法如下，其中 \hat{y} 為基準用電容量、 y_i 為實際用電容量、 \bar{y} 為實際用電容量平均：

- 準確性(Accuracy)：以RRMSE進行測試，主要用來檢驗此基準線計算方法與實際用電容量之間是否夠精確，其值越小代表越精確，最小值為0，一般而言會以0.3作為是否精確之判斷門檻，計算方式如下：

$$RRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2}}{\bar{y}} \quad (1)$$

- 偏差性(Bias)：以ARE進行測試，用來判斷當基準線用於評估實際用電容量時，產生的高估或低估的整體趨勢，如果ARE值為正則代表基準線高估，反之基準線低估，計算結果越接近0越好，代表該計算方式造成之偏差最小，計算方式如下：

$$ARE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)}{y_i} \quad (2)$$

- 變異性(Variability)：以RER進行計算，主要用來判斷該基準線計算方式與實際用電容量之間的變異性，計算結果越小越好，計算方式如下：

$$RER = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}}{\bar{y}} \quad (3)$$

在了解需量反應所提供的服務以及效益評估方式之後，由於不同需量反應服務所適合的效益計算方式不盡相同，以國內的需量反應來看，主要會分為「負載管理措施」與「輔助服務」兩大類，本研究主要針對「負載管理措施」的部分進行介紹。

「負載管理措施」主要會針對國內「需量反應負載管理措施」與「用戶群代表需量反應採購案」與北美各ISO的基準線計算方式做比較，考慮國內「負載管理措施」皆是利用第一類型基準線，因此國外ISO的基準線計算方式也針對第一類型基準線進行介紹。

3. 國內外基準線設計方式

3.1 國內台電公司方案

首先，先針對國內目前屬於「負載管理措施」的基準線之做法進行介紹，國內目前屬於「負載管理措施」的方案分別是「需量反應負載管理措施」(台電公司，2018)以及「用戶群代表需量反應採購案」兩種，其基準線計算方式皆為第一類型基準線，計算方式整理如表3所示。

表3中的「計畫性減少用電措施」、「臨時性減少用電措施」和「需量競價」屬於「需量反應負載管理措施」，「計畫性減少用電措施」是以日前約定的方式來讓用戶於特定時間執行抑低，因此若想參與方案則必須在前一個月即決定下個月要執行抑低的日期，且參加時間僅限於夏月(6~9月)；「臨時性減少用電措施」則是為了因應用電尖峰或臨時性事件導致的缺電狀況，因此需要較短的反应時間來即時接受調度，但相對的回饋也較高，一整年皆屬於可參加時間；「需量競價」則是以用戶投標的方式，並以等效機組的方式去競價，可參加時間為一整年，得標者依照系統的需求來執行抑低。

「計畫性減少用電措施」的基準線計算方式，「月減8日型」是利用事先決定的8個執行日，將抑低日前5個工作日(不包含曾經抑低執行日) 10:00~17:00的15分鐘平均負載取平均；而「日減6時型」是抑低整個月工作日的10:00~12:00、13:00~17:00，因此其基準日是利用抑低月份前10日，也就是假設6月參加此方案，則是利用5月最後10個工作日來當作基準日，取抑低時段的15分鐘平均需量之平均，並利用基準日與抑低日08:00~10:00的平均需量來做調整；「日減2時型」是抑低該月工作日的13:00~15:00，但其基準線是利用抑低執行當日的10:00~12:00、15:00~17:00的15分鐘平均需量取平均來計算。

而「需量競價」的基準線都是利用抑低執行日前5個工作日，接著分別將該5日抑低時段

表3 國內基準線計算方式比較(本研究整理)

類型	方案	基準線計算方式				
		基準	日數	時間	取法	負載因子
計畫性	月減8日	執行日	前5日	10:00~17:00	平均需量	無
	日減6時	抑低用電月份	前10日	10:00~12:00 13:00~17:00		抑低用電月份 工作日 08:00~10:00 平均負載 加減法
	日減2時	抑低用電月份	工作日	10:00~12:00 15:00~17:00		無
臨時性	限電回饋	執行日	前5日	抑低用電時段	最高需量平均	無
	緊急通知	執行日	當天	前2小時	最高需量	
需量競價	經濟型	執行日	前5日	抑低用電時段	最高需量平均	無
	可靠型					
	聯合型					
用戶群代表需量反應採購案		執行日	前10日 移除負載超過 25%範圍日期 往前補足 取負載居中6日	抑低用電時段	每小時平均	第一次有 第二次無

中15分鐘平均需量的最高值取出，並平均該5個最高需量，得到該用戶的基準線。

「用戶群代表需量反應採購案」的基準線計算方式則較為複雜，首先往前挑選10個工作日，接著其基準日排除規則為利用該10日來分別計算每日平均負載以及10日的整體平均負載，若10日各別平均負載超過整體平均負載上下25%範圍，則剔除該日並往前補足基準日，藉此來篩選負載狀況與整體情況差異較小的日子，在挑選出10日後，逐時計算平均負載來當作該小時的基準線。

國內目前的計算方式，尤其是「需量反應負載管理措施」有一個較明顯的缺點，就是其基準線或是執行抑低時段負載容易受到操弄，若用戶選擇工廠機台停休保養或廠休的日子來參加「月減8日型」或「需量競價」，這種方式對於用戶本身其實不需要做出任何負載調整，就能在執行率上有一定的成效，雖然上述的情

境從基準線來看用戶確實有執行抑低，但實際上在當日用戶的用電量本來就會下降，因此對於整體系統的幫助不大。

因此，接下來探討需量反應已行之有年的國外ISO，針對第一類型基準線的計算方式是如何計算，並利用國內的用戶資料來進行基準線的試算，並利用2.3節所提到的基準線檢定方式來決定用戶適合的計算方式。

3.2 北美ISO基準線計算方式

本研究蒐集北美6個主要ISO/RTO在第一類型基準線的計算方式(CAISO, 2019、CAISO, 2009、ERCOT, 2019、PJM, 2019、NYISO, 2019a、MISO, 2019)，各ISO計算方式整理結果如圖2所示。

各ISO所使用的方法主要有10取10、10取5、10取中間8、5取4等，且大部分ISO皆有日期挑選上的時間限制，以避免挑選到過久以前

	歷史資料										執行日				備註
CAISO 10取10	45日依序挑10日，至少需挑到5日										調整時間 執行時間				每小時平均 前2~4小時調整 比例法 (0.8~1.2)
	D45	...	D10	D9	...			D3	D2	D1					
CAISO 10取5	45日依序挑10日，至少需挑到5日，再選負載大的5日										調整時間 執行時間 調整時間				每小時平均 前後2~4小時調整 比例法 (0.71~1.4)
	D45	...		D5	...			D3	D2	D1					
ERCOT 10取8	依序挑10日，再選負載中間8日										調整時間 執行時間				每小時平均 前2~3小時調整 比例法
				D8	...			D2	D1						
PJM 5取4	前45日依序挑5日，5日各別負載<5日整體負載的25%，剔除並往前挑，至少需要4日，再選負載大的4日										調整時間 執行時間				每小時平均 前2~4小時調整 加減法
	D45	...		D4	...			D3	D2	D1					
NYISO 10取5	前30日依序挑10日，負載<前30日中最大負載25%，剔除並往前挑，至少需挑到5日，再選負載大的5日										調整時間 執行時間				每小時平均 前3~4小時調整 比例法 (0.8~1.2)
	D30	...		D5	...			D2	D1						
MISO 10取10	前45日依序挑10日，至少需挑到5日										調整時間 執行時間				每小時平均 前2~4小時調整 比例法 (0.8~1.2)
	D45	...	D10	D9	...			D3	D2	D1					
ISONE 10取10	前30日依序挑10日										調整時間 執行時間				每5分鐘計算 通知前15分鐘調整 加減法
	D30	...	D10	D9	...			D3	D2	D1					

圖2 各ISO Type-I計算方式整理(本研究整理繪製)

的資料，而導致基準線不符合近期的狀況。

而在日期挑選方法上較不同的是PJM以及NYISO，PJM在挑選5日時，會依序往前挑選5個工作日(不包含曾經抑低執行日)，且利用該5日每日抑低時段的平均負載來判斷是否被選入，每日抑低時段平均負載若沒有小於該5日抑低時段整體平均負載的25%，則可當作基準線計算日，反之，若該5日中有某日抑低時段平均負載小於整體負載的25%，則剔除該日，並往前繼續挑選，直到挑到5個基準日或45日歷史資料都挑選完畢為止。而NYISO則是以前30日為限，利用歷史30日資料抑低時段最高負載的25%當作挑選基準線計算日的門檻，若該日抑低時段用電容量低於門檻值，則不會被挑選到。

如果在歷史資料挑選完畢後，挑選日期數量不足，在CAISO的做法中，不管10取10或10取5，只要有挑選到5日即可，若不足5日，則會再加入挑選日期限制內的曾經抑低日，並選取抑低時段用電量較高的日期來當作基準日，5取

4則是4日即可。

挑選日期結束後，即依照各方法進行日期篩選，10取5為選取10日中抑低時段負載較高的5日，來計算未調整基準線，5取4相同做法，10取中間8則是利用去頭去尾，選取平均負載排序中間的8日。

當日負載調整為每一個ISO都有的環節，也間接說明當日負載調整的重要性，在北美大部分ISO皆是以執行時段前2~4小時來當作調整區間，唯有CAISO的10取5有額外加入抑低時段之後的2~4小時來做為調整區間，在調整上，大部分ISO用的是比例法，也就是抑低執行日調整參考區間的平均負載，與基準日調整參考區間平均負載的比值，部分ISO對於該比值會有所限制，例如CAISO 10取10、NYISO與MISO限制比值只能落在0.8~1.2之間，而加減法則是利用抑低執行日和基準日在調整參考區間的負載差值，進行當日負載的調整。

除了上述各ISO的做法之外，ISO-NE另外還有一種較為特別的基準線計算方式，稱為

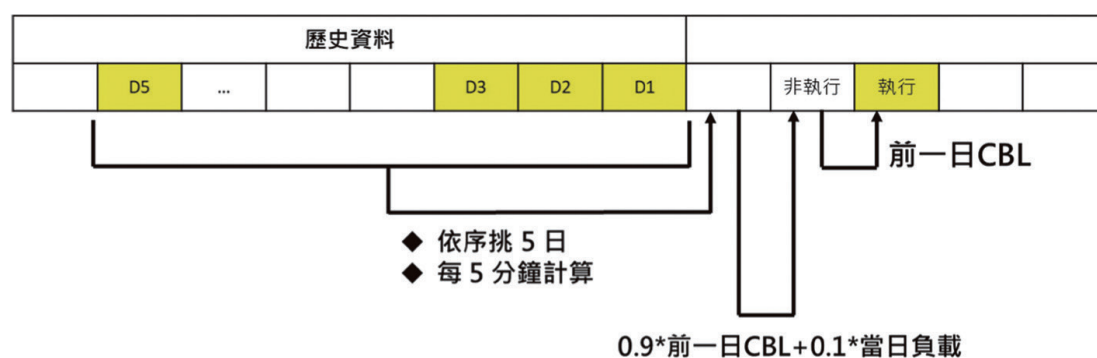


圖3 ISO-NE 90/10計算方式示意圖(本研究整理繪製)

90/10，其主要操作方式如圖3所示，是利用前一個工作日的基準線來進行滾動式的計算，若當日為抑低執行日，則基準線就會與前一個工作日的基準線相同，若不是抑低執行日，則基準線為前一個工作日基準線的90%加上當日負載的10%，而第一日則是利用前5個工作日來計算出基準線。

介紹完北美各ISO針對第一型基準線的計算方式後，接下來針對國內實際用戶的用電資料，進行不同基準線計算方式做測試，目的在於找出各別用戶所適合的基準線計算方式。

4. 用戶基準線計算方式挑選

本研究基準線計算測試日期為2018年1月1日至2018年12月31日期間所有一般日，計算時間為08:00至20:00，共12小時。將蒐集之各ISO第一類型基準線計算方式整合如表4，基準日挑選方式主要分為10取10、10取5、10取8以及5取4四種，基準日挑選限制則分為沒有限制、最大值25%門檻以及已選日25%門檻三種，當日負載調整則有加減法、比例法以及比例法並有上

下20%限制三種，將每一種方法進行搭配去計算每個用戶的基準線，因此每一個用戶都會有 $4 \times 3 \times 3$ ，共36種計算結果，再藉由RRMSE、ARE、RER等三種基準線檢驗方式來判斷各用戶所適合的基準線計算方式。

用戶部分以過去曾拜訪過之用戶依據表4之組合進行基準線的計算測試，圖4中橫軸代表各種方法組合，前四碼數字代表基準日挑選方式，後兩碼分別代表挑選限制和負載調整方法，用來檢視準確性的RRMSE之結果如圖4所示，CBL1010_03的RRMSE值最低，代表以10取10配上無基準線挑選限制和比例法且有20%調整限制的當日調整為佳，可以發現在挑選限制上各方法的差異並不大，而是當日負載調整的方式較容易影響到基準線的計算結果。

而圖4中的用戶在當日負載調整是使用沒有限制的比例法時，RRMSE值會超過0.2，也就是20%，由DNV KEMA Report (2013a)－Phase 1 Results內容可以知道以PJM來說，若用戶RRMSE高於20%，則代表該用戶是高變動負載類型用戶，必須測試其他性能評估方式是否較為合適，若其他基準線計算之RRMSE皆無法低於20%，則該用戶將無法參與PJM的需量反應，或必須自行提出計算方式給予PJM進行審核，因此若以該標準對該用戶進行評估，則代表該用戶不適合以沒有限制的比例法來做為當日調整方案。

圖5則是以ARE來觀察各方法偏差性的表現，若以ARE作為判斷標準，會以5取4配上已

表4 基準線計算方式組合(本研究整理)

基準日 挑選方式	基準日 挑選限制	負載調整
10取10	無	加減法
10取5	最大值25%	比例法
10取8	已選日25%	比例法(±20%)
5取4		

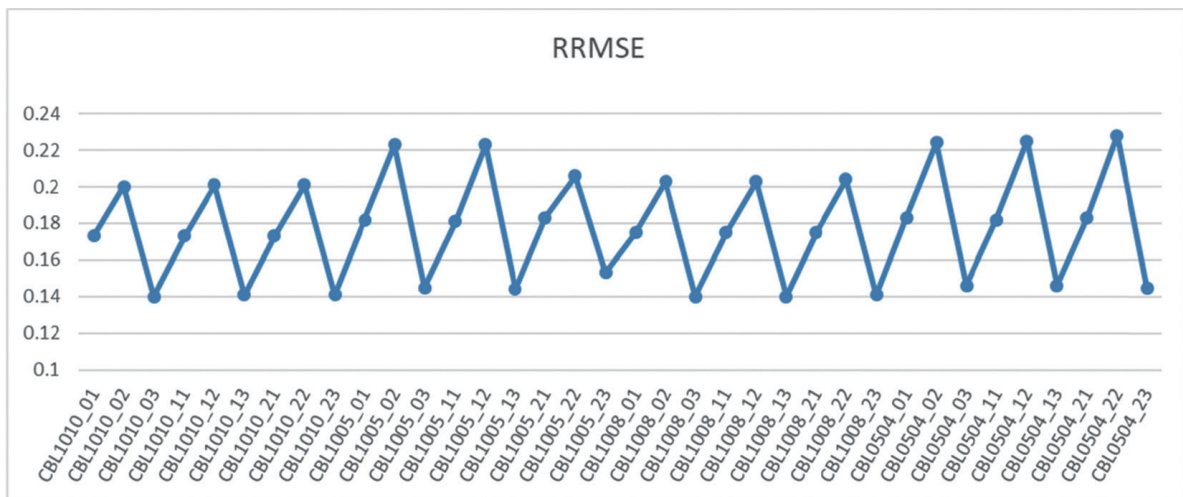


圖4 用戶各方法RRMSE結果(本研究整理繪製)

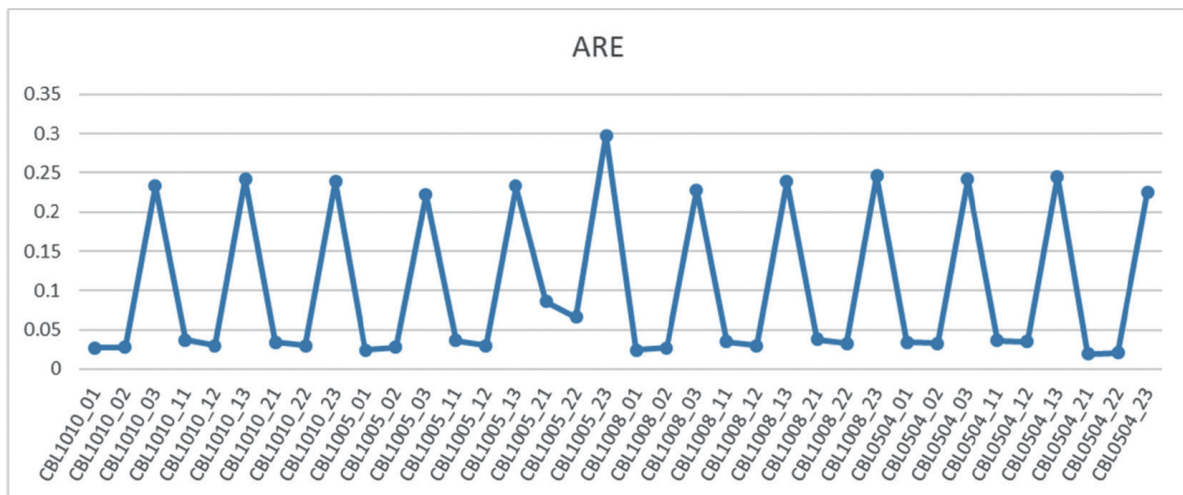


圖5 用戶各方法ARE結果(本研究整理繪製)

選日25%與加減法為佳，但整體來看，除了使用比例法且有20%限制的負載調整方式其結果較差以外，其餘的方式差異不大，這與RRMSE的結果剛好相反，可能是因為該方法的基準線結果在大部分時間會高於負載實際值，導致ARE的誤差會較大，反而其他方法之基準線會在實際值上下跳動，因此在ARE計算時會相互抵消，使得結果也較好。

若ARE整體為正，那代表該基準線評估結果會高於實際負載量，因此若選取ARE較高的計算方式，在執行需量反應時，用戶的實際抑低量會較高，回饋金自然也較高。

圖6為利用RER來檢視變異性的結果，其結

果與RRMSE結果相同，使用具有20%限制的比例法調整的基準線計算方式為佳，其他的參數影響較不明顯，而其餘兩種當日負載調整方式較差的原因，可能是因為其負載調整量沒有限制，容易造成調整量過多的情況，導致變異性上升。

因此，若該用戶想參加需量反應方案，以用戶的角度會推薦其基準線計算方式選取具有20%限制的比例法調整，因為RRMSE和RER較低代表具有一定的準確性且變異性低，且ARE稍高代表基準線會稍微高估而導致在計算執行效益時獲得一些優勢。

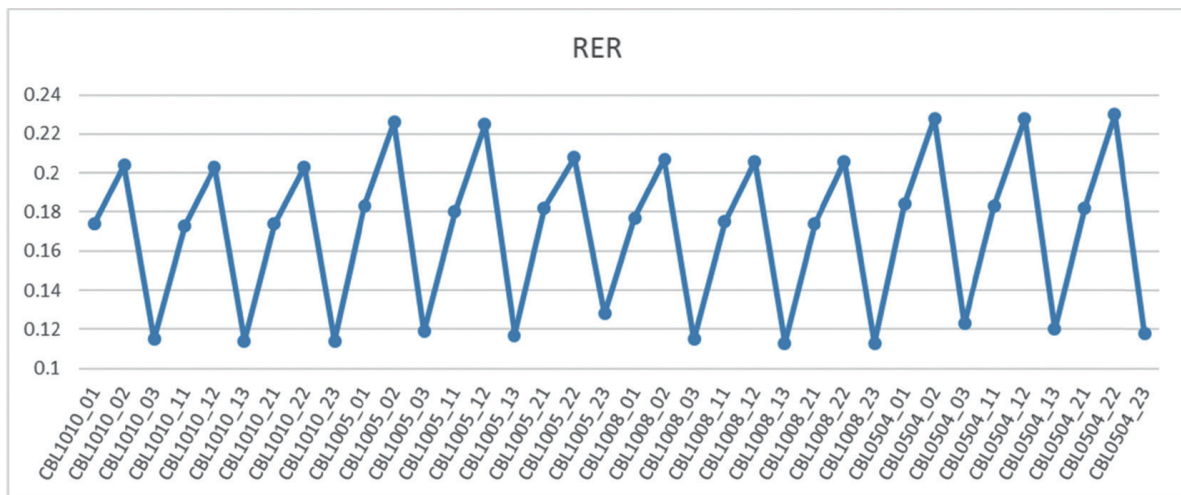


圖6 用戶各方法RER結果(本研究整理繪製)

5. 結 論

以用戶測試結果來看，不同的基準線計算方式或多或少會影響到基準線的表現，從表5的各計算方式RRMSE結果來說，挑選不同的負載調整方式差異最大，其餘不管是基準日的挑選方式或是挑選限制，對於基準線的準確性皆沒有很明顯的差異，未來若有蒐集到更多不同產業的用戶資料，或許可以歸納出個別產業較為合適的基準線計算方式。

在日期長度的設定上大多數ISO都是先挑選出10日再去進一步篩選，10日的時間長度對於用戶的用電趨勢來說可能不會有大幅度的變化，但對於想操作基準線來增加獲利的用戶來

說，因為必須評估未來電力系統需求較緊繃的日子，才能預先進行用電負載的調整，藉此達到基準線的操作，因此若基準日的挑選日期較長，會使得用戶增加預測的困難，也較難在基準日負載上作出操作。

當日負載調整幾乎在每個ISO都有各自的做法，代表其重要性，因為在有當日負載調整的情況之下，抑低執行日基準線較不會受到每日溫度變化的影響，可以更準確的呈現當日的負載狀況，另一方面，若用戶想依靠廠休來參加需量反應方案，也必須確保抑低時段前2~4小時具有一定的用電量，因此整體搭便車的發生機會理論上會降低。

雖然目前台電公司「需量反應負載管理措

表5 用戶各方法RRMSE結果(本研究整理)

挑選限制	負載調整	10取10	10取5	10取8	5取4
無	加減法	0.173	0.182	0.175	0.183
	比例法	0.200	0.223	0.203	0.224
	比例法(±20%)	0.140	0.145	0.140	0.146
最大值25%	加減法	0.173	0.181	0.175	0.182
	比例法	0.201	0.223	0.203	0.225
	比例法(±20%)	0.141	0.144	0.140	0.146
已選日25%	加減法	0.173	0.183	0.175	0.183
	比例法	0.201	0.206	0.204	0.228
	比例法(±20%)	0.141	0.153	0.141	0.145

施」中計畫性減少用電措施的日減6時型也是以10日來進行基準日挑選，且同時具備負載調整因子，但其結算方式為月結算，因此其基準線的計算是依據整個月的負載狀況來進行基準線的調整與效益計算，與國外ISO是以每日的狀況進行執行結算的狀況不同，但日減6時型的計算邏輯仍是一種可以做為日後方案設計的參考。

上述的設計方式缺點在於過於嚴格或複雜的計算方式，在用戶推廣上會較為不易，並且在現今價格不好的時候，用戶會不想耗費過多人力來執行，導致參加需量反應的意願會下降，因此要如何在公平性與用戶意願之間取得平衡，是決策方必須考慮到的問題。

目前在基準線計算方式上只參考了北美的ISO，而基準線檢定方法目前只蒐集到AEMO所提出的方式，未來會再針對更多國外ISO的基準線計算方式以及檢定方式進行蒐集，藉此增加需量反應方案在基準線設計的豐富性，以期讓各式各樣不同負載趨勢的用戶都有合適的基準線計算方法。

誌 謝

本研究工作(計畫編號109-E0215)承蒙能源局經費補助，僅此致謝。

參考文獻

- 台灣電力公司，2018。需量反應負載管理措施。
- DNV KEMA Report, 2013a. Development of Demand Response Mechanism: Baseline Consumption Methodology – Phase 1 Results.
- DNV KEMA Report, 2013b. Development of Demand Response Mechanism: Baseline Consumption Methodology – Phase 2 Results Final Report.
- CAISO, 2019. California Independent System Operator Corporation Fifth Replacement FERC Electric Tariff.
- CAISO, 2009. California ISO Proxy Demand Resource (PDR) Project Implementation Plan (DRAFT).
- ERCOT, 2019. ERCOT Nodal Protocols.
- Goldberg, M. L. and G. K. Agnew, 2013. Measurement and Verification for Demand Response Prepared for the National Forum on the National Action Plan on Demand Response: Measurement and Verification Working Group.
- PJM, 2019. Manual 11: Energy & Ancillary Services Market Operations.
- NYISO, 2019a. Manual 7: Emergency Demand Response Program Manual.
- NYISO, 2019b. NYISO MST.
- MISO, 2019. Business Practices Manual No26: Demand Response.

Demand Response Baseline Design

Hao-Ting Tsai^{1*} Gwo-Bin Wu¹ Chun-Yu Chen² Pei-Fang Liang³

ABSTRACT

The baseline design plays an important role in the demand response. A bad baseline design is not only affects the willingness of users to participate, but also easily manipulated by people with bad intention and earns a lot of benefits, and it has limited help to the system. The study discusses the performance calculation method for the load management in the demand response. According to the definition of the North American Energy Standards Board (NAESB), most ISOs use the Baseline Type I - Interval Metering to calculate the performance. Therefore, collect the calculation methods of the Baseline Type I - Interval Metering in North American ISOs, and use the AMI data to calculate user's baseline by different methods. The Australian Energy Market Operator (AEMO) has proposed three verification methods to test the accuracy, deviation, and variability of the baseline, called Relative Root Mean Squared Error (RRMSE), Average Relative Error (ARE), and Relative Error Ratio (RER). This study uses these verification methods to find a most appropriate baseline calculation method. Based on the results of this study, the RRMSE and RER under the proportional method with a 20% limit baseline adjustment are the lowest, which means that the baseline under this method is more accurate.

Keywords: Demand Response, Baseline Design, Relative Root Mean Squared Error.

¹Associate Researcher, Green Energy & Environment Research Laboratories, Industrial Technology Research Institute.

²Manager, GEL, ITRI.

³Division Director, GEL, ITRI.

* Corresponding Author, Phone: +886-5918261, E-mail: itriA70438@itri.org.tw

Received Date: August 31, 2020

Revised Date: October 16, 2020

Accepted Date: October 20, 2020