

# 太陽光電高滲透於住宅類饋線之電壓變動改善研究

## Study on Voltage Variation Improvement of Residential Feeders with High Penetration of PV Systems

黃維澤<sup>1</sup>  
Wei-Tzer Huang

林韋辰<sup>1</sup>  
Wei-Chen Lin

陳一葳<sup>1</sup>  
YI-Wei Chen

李沄芳<sup>2</sup>  
Yun-Fang Li

藍柏荏<sup>2</sup>  
Bo-Ren Lan

<sup>1</sup> 國立彰化師範大學工業教育與技術學系  
台灣 彰化市

Department of Industrial Education and Technology,  
National Changhua University of Education,  
Changhua City, Taiwan, R.O.C.  
vichuang@cc.ncue.edu.tw; f56258741@gmail.com

<sup>2</sup> 工業技術研究院 綠能與環境研究所  
台灣 新竹縣

Green Energy and Environment Research Laboratories,  
Industrial Technology Research Institute  
Hsinchu Country, Taiwan, R.O.C.  
YFLi@itri.org.tw; itriA40367@itri.org.tw

### 摘要

本文主要目的在探究太陽光電高滲透對住宅類配電饋線之影響，並考慮智慧變流器與變壓器有載切換分抽頭等電壓調整設備進行電壓變動改善之模擬分析。首先，設計一太陽光電高滲透之住宅類配電饋線以及相關電壓調整設備；接著，利用 Matlab 撰寫程式結合 OpenDSS 所建置之系統模型，進行太陽光電高滲透之範例系統全日模擬分析，藉此深入探究在太陽光電高滲透情況下，加入相關電壓調整設備對抑制太陽光電造成之電壓變動結果；最後，彙整並探究相關模擬分析結果，以期提供未來在再生能源高佔比情況下住宅類配電饋線之電壓調節與控制之參考。

關鍵詞：太陽光電高滲透、電壓調整、配電饋線、智慧變流器、變壓器有載切換分抽頭。

### Abstract

The main purpose of this paper is to explore the impact of photovoltaic (PV) high-penetration on residential distribution feeders, and to simulate and analyze the improvement of voltage variations considering voltage regulators such as smart converters and main transformer with on-line tap changer. Firstly, a residential distribution feeder with PV high-penetration and related voltage regulation equipment was designed; then, a program coded in Matlab integrated with the system modeling by OpenDSS is to conduct a full-day simulation analysis of the PV high-penetration sample system. In the case of high penetration of PV, the voltage fluctuations caused by PV are mitigated by the relevant voltage regulating equipment. Finally, the results of related simulation analysis are summarized and analyzed to provide the reference for adjustment and control the voltage of residential distribution feeders with high penetration of renewable energy in the future.

**Keywords:** PV High Penetration, Voltage Regulation, Distribution Feeder, Smart Inverter, On-Line Tap Changer.

### I. 簡介

近年來，為了降低 CO<sub>2</sub> 排放以減緩溫室效應以及減

少空污排放等議題，以風力與太陽光電等再生能源為主之分散式能源(Distributed Energy Resources)併入配電網的佔比逐年提高，因此國際能源組織(International Energy Agency, IEA)年度報告亦指出至 2030 年止，全球電能的產量，相較於 2008 年，將提升 63%[1]，其中，大部分的能源成長都將倚賴以風能和太陽能再生能源發電，然風力發電與太陽光電發電皆屬於非連續性之間歇性電源，且發電時段與天候因素相關故不可控制，無法單獨隨時提供負載用電需求，為其缺點，必須加以克服。我國政府亦積極推動節能減碳，先後頒佈了「永續能源政策綱領」，規劃推動「能源國家型科技計畫」、「新能源產業旗艦計畫」等重大計畫，並揭示我國電力能源結構將自目前配比(2016 年燃煤 45.5%、燃氣 32.4%、核能 12%、再生能源 4.8%、燃油 4.2%、抽蓄水力 1.2%)大幅改變至 2025 年規劃再生能源發電量占比達 20%、燃煤發電量占比降至 30%與低碳天然氣發電量占比達 50%，其中再生能源發電以太陽光電與風力發電為主，太陽光電屋頂型與地面型(含水面型)裝置容量預計分別為 3 GW 與 17 GW；陸域與離岸風力發電裝置容量預計分別為 1.2 GW 與 3 GW(共計 4.2 GW，部分文獻更高達 7 GW)。綜合上述可知，未來再生能源的發展方向將朝向併入配電網以個別容量小但數量多併網、併網點接近用電負載，以及群聚發電等。綜觀相關文獻可獲知，再生能源大量併入配電網可能衍生造成配電系統的電壓驟升、或驟降、線路壅塞；群聚式變頻器造成嚴重的諧波污染，影響用戶負載的供電品質；電壓變動與諧波失真現象，造成變頻器設備的誤動作，降低用電可靠度；若未妥善整合管理與控制，將會提升系統電壓或電流不平衡率，進而影響用戶負載或造成保護電驛誤動作。

有此可知，隨著越來越多分散式再生能源的設置併接，配電網所受到的衝擊影響也越來越大，而應用智慧變流器(Smart Inverter, SI)、變壓器有載切換分抽頭(On-Line Tap Changer, OLTC)、線路電壓調節器(Line Voltage Regulator)、儲能系統、可切投的電容/電抗器等控制元件來調節電網為因應此衝擊影響的常見策略方法；然在多數情況下，這些元件的運轉控制並沒有進行整合，而使這些元件的控制動作可能會有不協調甚至是互相衝突的現象。因此若能將一區域電網內的相關控制元件進行整合控制，將可避免上述不協調之問題，而使

配電網的運轉控制更為順暢。目前美國加州(Integrated Grid Project)[2]及歐洲地區(Increase Project)[3]應用區域電網概念因應高占比再生能源電網，而因應未來高占比再生能源對我國配電網之衝擊，區域電網概念亦可作為可能的解決方案。此外，文獻[3-8]亦提出因應高佔比再生能源以區域電網控制、運轉之作法，用以改善再生能源高滲透率對配電網造成之衝擊與影響。本文參考上述文獻以及台電配電網設計一太陽光電高滲透之住宅類配電饋線，並考慮智慧變流器等電壓調整設備進行模擬分析，藉此深入探究在太陽光電高滲透情況下，相關電壓調整設備對抑制太陽光電造成之電壓變動扮演之功能與角色，以期提供未來在再生能源高佔比情況下配電網電壓調節與控制之參考。

## II. 範例系統及其參數設定

### 2.1 範例系統

本文依據台電中部地區預計規劃再生能源高佔比配電網所設計之模擬分析範例系統單線圖，系統內含變

電所內其中一台主變壓器、電力電容器組，以及主變所屬饋線、負載與再生能源(目前僅考慮太陽光電)。該系統屬於典型郊區配電網，主變額定容量為 25 MVA，共饋供 6 條饋線，各饋線長度約 10 公里，配電變壓器則包括結構對稱與非對稱三相變壓器、單相變壓器，而負載類型(Load Pattern)包含住宅、工業、辦公室與商業類，各饋線負載類型佔比不盡相同，相較於市區饋線其負載密度低，故屬於電壓降限制型饋線(Voltage-Drop Limited Feeder)，因此饋線上亦併入電力電容器組改善末端壓降。本次報告僅以該變電所內單一主變所屬一條一次配電饋線(AF#1)，如錯誤! 找不到參照來源。所示，進行相關模擬分析，該範例系統將分歧線(Lateral)甚或次分歧線(Sub-lateral)及其下游變壓器與負載加總後，在不失嚴謹學理與工程分析參考考量下等效至主饋線(Feeder Main)，以下將彙整模擬分析採用之軟體、程式撰寫、相關元件模型、參數設定、模擬情境設計，以及模擬結果分析與探討。

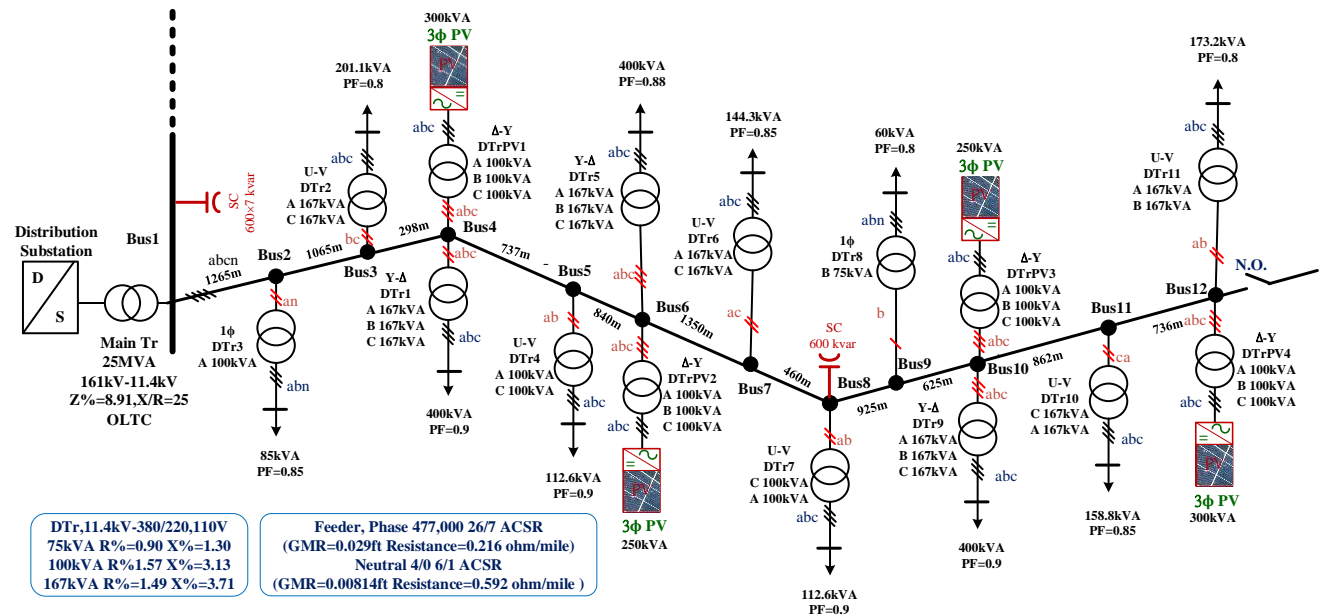


圖 1：單一主變所屬一次配電饋線(AF#1)單線圖

### 2.2 參數設定

本文採用 OpenDSS 作為模擬分析軟體，相關參數設定如下：

#### 2.2.1 變電所一次側電源等效模型與參數設定

一般而言，台電配電網係由配電變電所(Distribution Substation, DS)或二次變電所(Secondary Substation, SS)將 161 kV 或 69 kV 輸電電壓降至 22.8 kV 或 11.4 kV 經由高壓配電饋線將電力輸送至負載端。本文所使用的電源等效電路模型係考慮配電變電所一次側匯流排實際短路容量(Short-Circuit-Capacity, SCC)簡化電路模型所得，電源等效電路模型係視為自該變電所主變一次側上游等效電路，以一平衡三相電源與系統阻抗之串聯，本範例系統一次側三相短路容量設定為 2000 MVA。

#### 2.2.2 主變壓器模型與參數設定

一般而言，配電變電所轄區位於都會區或市區，負載密度高，故主變容量為 60 MVA；相較於前者，郊區大都採用容量為 30 MVA 或 25 MVA 之主變，其繞組採  $\Delta$ -Y 接地接線方式。以本文範例系統之配電變電所主變額定容量 25 MVA 為例，其相關參數列於表 1。

表 1：變電所所屬主變規格

變壓器接線	額定容量	電壓	OLTC	標么阻抗
$\Delta$ -Y	25 MVA	161 kV/11.4 kV	-10%~+10% 32 steps	8.91%, X/R=25

註：主變阻抗百分比乃依照 ANSI 標準可容許在規定值之 10% 變化；OLTC 依據標準變壓器抽頭設定。

### 2.2.3 智慧型變流器模型與參數設定

智慧型變流器對於太陽光電等分散式再生能源在配電網的最大併網量影響甚鉅，其功能包括最大發電限制(Maximum Generation Limit)、固定功因(Fixed Power Factor)、智慧電壓-虛功(Intelligence Volt-Var)、電壓-實功(Volt-Watt)、動態虛功電流(Dynamic Reactive Current)，以及實功-功因(Watt-Power Factor)等[9]。圖所示為 OpenDSS 內建之整合太陽光電系統與變流器控制模型，圖中太陽光電模組可設定光照度、溫度等資料，且智慧變流器功能可設定智慧電壓-虛功、電壓-實功與動態虛功電流等功能。

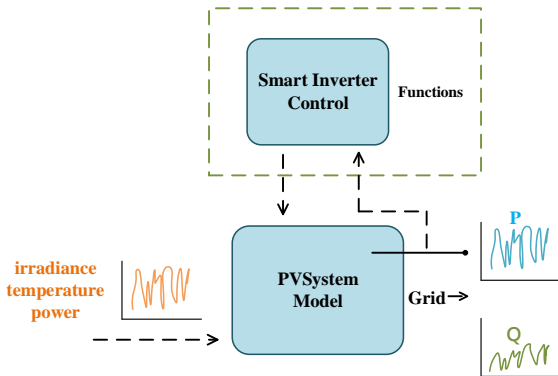


圖 2：OpenDSS 內建整體 PV 系統與變流器控制

在 OpenDSS 中智慧型變流器可在 InvControl 模型中設定相關功能，在 VOLTVAR 模式下的功率電壓關係曲線，須以參數 XYCurve 建立，其中，縱軸為虛功標么值，橫軸為電壓標么值。XYCurve 以內插法由點建立曲線，故只需要幾個轉折點即可建立曲線。此外，VOLTWATT 模式下的功率電壓關係曲線，須以參數 XYCurve 建立，縱軸為實功標么值，橫軸為電壓標么值。

### 2.2.4 電力電容器組模型與參數設定

一般裝設於饋線上之電力電容器組的連接方式有△接、不接地 Y 接及接地 Y 接三種，各種連接方式都各有利弊。以三相△接、電容器容量為 600 kvar、電容器電壓為 11.4 kV 為例，在 OpenDSS 中之相關參數設定與編輯程式碼列示如下。

```
New Capacitor.C2 Bus1=2.1.2.3 Phases=3
Conn=Delta kVAR=600 kV=11.4
```

### 2.2.5 饋線模型與參數設定

配電系統的饋線等效數學模型一般均採用含有串聯阻抗及並聯導納兩部分之  $\pi$  模型( $\pi$ -model)，假設饋線長度並非很長，則並聯導納部分通常可予以省略，僅保留串聯阻抗部分。本文所使用之饋線即是只考慮串聯阻抗而忽略並聯導納，且饋線中每相導線自阻抗與彼此間互阻抗均可假設不同。以線徑代號為 477MCM 架空導線為例，在 OpenDSS 之相關參數設定與編輯程式碼列示如下。

```
New linecode.477MCM phases=3 BaseFreq=60
~ rmatrix = (0.2129 0.0870 0.0799 | 0.0870 0.2285
0.0870 | 0.0799 0.0870 0.2129)
~ xmatrix = (0.5729 0.1633 0.1729 | 0.1633 0.4919
0.2219 | 0.1729 0.2219 0.5729)
```

```
~ cmatrix = (0.0 0.0 0.0 | 0.0 0.0 0.0 | 0.0 0.0 0.0)
~ units=km
```

### 2.2.6 配電變壓器模型與參數設定

配電系統中常見的單相配電變壓器接線方式分為單相二線式與單相三線式兩種；三相配電變壓器接線方式又可依低壓側引出線數之不同而分為三相三線及三相四線式兩大類，其可為之接線方式變化較多。單相配電變壓器之主要用途在提供電力給照明或小型動力負載，而三相配電變壓器除了可提供電力給三相動力負載外，亦可同時提供電力給單相照明及小型動力負載。目前台電配電系統之單相配電變壓器的接線方式大致可區分為低壓單相兩線式(路燈用)、低壓單相三線式(燈用)、低壓三相三線式( $\Delta$ 接線，動力用)、低壓三相三線式(V接線，動力用)、低壓三相四線式(Y接線，燈力併供用)、低壓三相四線式(V接線，動力用)等六種；三相配電變壓器的接線方式則僅有 Y-Y 及 Y- $\Delta$  兩種。以 U-V 接變壓器為例，在 OpenDSS 中相關參數設定與編輯程式碼列示如下。

```
New Transformer.XFM1 Phases=1 Windings=2
Xhl=1.78
~ wdg=1 bus=1.1.0 conn=weye kV=4.16
kVA=6000 %r=0.55
~ wdg=2 bus=2.1.2 conn=DeltakV=0.48
kVA=6000 %r=0.55
```

```
New Transformer.XFM2 Phases=1 Windings=2
Xhl=1.78
~ wdg=1 bus=1.2.0 conn=weye kV=4.16
kVA=6000 %r=0.55
~ wdg=2 bus=2.2.3 conn=Delta kV=0.48
kVA=6000 %r=0.55
```

### 2.2.7 負載模型與參數設定

配電系統的負載種類甚為複雜，一般在電力潮流分析中將其等效數學模型區分為定阻抗(Constant Impedance)、定功率(Constant Power)及定電流(Constant Current)三種。在 OpenDSS5 中應用於電力潮流分析時可將負載表示方式可區分為二大類，其一為單一時間點模擬分析；其二為採用「loadshape」模型可進行時間序列模擬分析，例如：全日模擬分析，本文採用該模型進行全日模擬分析，藉以充分掌握 PV 高滲透對配電網之衝擊影響及其因應控制策略。故首要之務為取得台灣地區典型各類負載模型(Load Pattern)，本文依據台電公司八十七年度研究發展專題『台電系統中部及北部地區負載特性調查分析研究』之研究報告[10]，建立住宅類日負載模型，如圖所示，作為後續模擬分析之用。

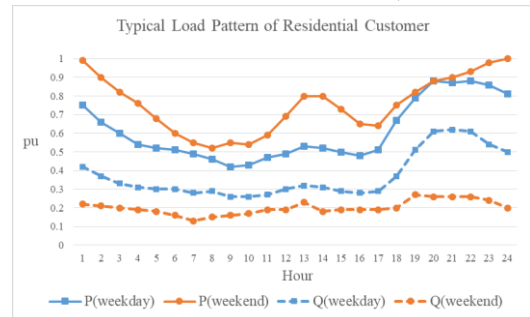


圖 3：本研究採用之住宅類負載模型



### III. 模擬結果探討與分析

#### 3.1 模擬情境設計

為了使模擬分析結果更具代表性與實務參考價值，本計畫擬定之模擬分析情境之設計乃依據未來分散式再生能源高佔比區域之配電網及其負載特性。本文主要呈現住宅類饋線的模擬分析結果，其情境設計如**錯誤! 找不到參照來源。**所示。情境 R1~R3 為住宅類饋線平日(週一至週五)在 PV 零滲透與 PV 高滲透後有無加入智慧型變流器控制功能以及電力電容器與主變 OLTC 情況。以上情境模擬時間為一天 24 小時情形，其負載模型如上一節的圖所示，而 PV 之全日照度、太陽能板溫度則分別如圖 4 與圖 5 所示，本研究假設該日有遮陰情況使照度變化較為劇烈，藉以模擬智慧變流器(SI)控制功能加入與否對穩定配電網電壓之影響；此外，變流器之效率曲線以及 PV 之最大功率點-太陽能板溫度曲線(P-T Curve)分別如圖 6：及圖 7：所示。另外，智慧型變流器之 Volt-Watt(V-P)控制與 Volt-Var(V-Q)控制曲線分別如圖 8 與圖 9 所示。

表 2：模擬分析情境設計

情境編號	模擬時間	日別	PV	Smart Inverter(SI)		Capacitor
				V-P	V-Q	
R1	1 天	平日	X	X	X	X
R2			O	X	X	X
R3			O	X	O	X

**附註：**  
 1. PV 表示太陽光電(Photovoltaic)；ES 表示儲能設備(Energy Storage, ES)。  
 2. 智慧型變流器(SI)，V-P 為 Volt-Watt 控制，V-Q 為 Volt-Var 控制。  
 3. Capacitor：線路 Y 接容量為 600 kvar 之電力電容器組；另變電所以 600 kvar 之電力電容器組為單位，視情況併入。  
 4. Main Tr. OLTC：主變有在切換分抽頭，-10%~+10%調整範圍、32 steps。  
 5. 「O」表示 PV/ES、設備併網或設備加入控制功能；「X」表示 PV/ES、設備未併網或設備未加入控制功能。

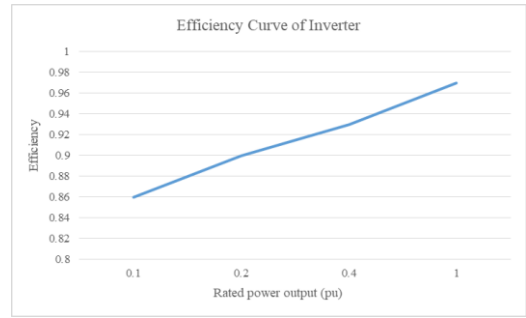


圖 6：變流器之效率曲線

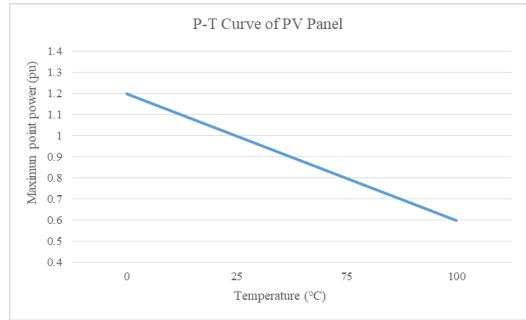


圖 7：PV 之 P-T 曲線

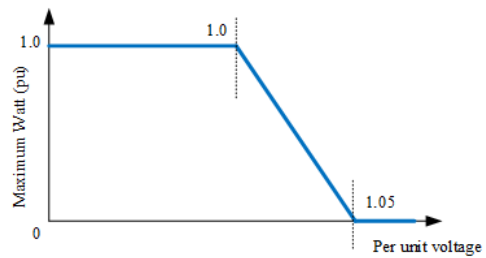


圖 8：智慧型變流器之 V-P 控制曲線

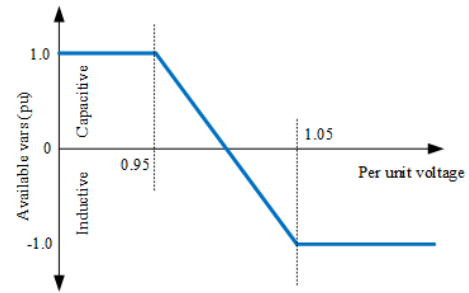


圖 9：智慧型變流器之 V-Q 控制曲線

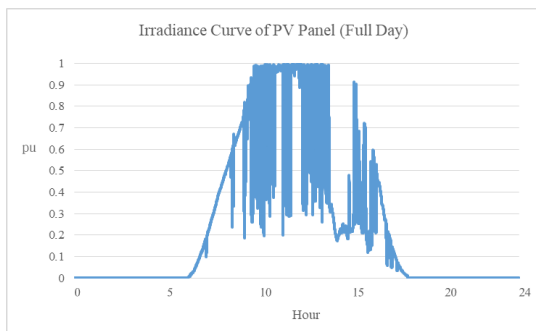


圖 4：PV 全日照度曲線

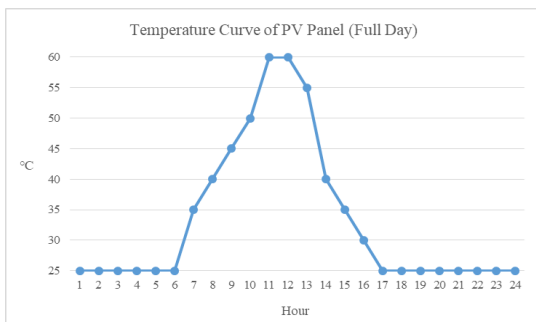


圖 5：PV 全日溫度曲線

#### 3.2 模擬結果探討與分析

模擬分析採用之標的系統主變容量 25 MVA(含 OLTC)，其中饋線(AF#1)，屬於郊區架空配電饋線，線路長度約 9.163 km、2 台單相配電變壓器、5 台 U-V 接線三相配電變壓器，以及 4 台 U-V 接線三相配電變壓器，總計配電變壓器裝置容量為 3414 kVA；另主變二次側匯流排裝置每組 600 kvar 電容器共 7 組，且饋線上併接一可控 600 kvar 三相電力電容器組，視系統運轉情況投入。該饋線上共分散併接 4 處 PV 經 SI 與升壓變壓器併入一次饋線，總裝置容量 1100 kVA，故 PV 裝置容量約為配電變壓器總裝置容量 32%。本文採用之功率滲透率計算方式採同一時間下 PV 輸出實功率佔負載實功率需求百分比，如式(1)所示[11]，其物理意義為全日饋線上 PV 總輸出實功對該饋線總負載需求的供應能力，因

此最大功率滲透率高於 100% 代表該饋線 PV 總輸出實功超過饋線負載需求，其功率將逆送至同一主變所屬其他饋線，在 R2 情境下全日最大功率滲透率約 98%。至於 PV 併接母線全日電壓變動率計算方式則採同一時間下 PV 併網後與併網前電壓大小值差除以併網前電壓大小值百分比，如式(2)所示。

$$PV \text{ Power Penetration}(t) = \frac{P_{PV}(t)}{P_{Load}(t)} \times 100\% \quad (1)$$

$$VD_{PCC}(t) = \frac{V_{PCC,WithPV}(t) - V_{PCC,WithoutPV}(t)}{V_{PCC,WithoutPV}(t)} \times 100\% \quad (2)$$

在住宅類饋線情況下，本範例系統平日尖峰負載為 1685 kW；此外，考慮光照度、溫度與 SI 轉換效率下 PV 最大輸出功率為 834 kW。由於所設計之饋線屬於負載普遍偏輕之郊區或新重劃區負載密度低，再加上模擬分析時考慮線路充電電容效應，因此同一時刻饋線前後端電壓展幅相較於負載密度高饋線小，由圖 10：可獲知住宅類饋線在 PV 輸出最大功率的時刻饋線自變電所出口端至末端沿線各母線電壓 A 相電壓在 R1~R3 情境下，PV 零滲透率下末端最低電壓約 0.988 pu，PV 併入後在全日最大輸出功率時因 PV 併接點電壓接近 1 pu 且變化幅度小，故在圖的 SI 之 V-Q 控制模式設定下，有無 SI 之 V-Q 控制調整對穩定母線電壓效果較不顯著，反而使得 V-Q 控制後電壓普遍略低於 PV 全輸出實功情況。另外，改變 SI 的 V-Q 控制曲線設定零虛功補償電壓範圍介於 0.99 pu~1.0 pu 之間，如圖 11 所示，住宅類饋線模擬結果列示於圖 12：，顯示末端母線(Bus12)電壓在所設定之 SI 的調控曲線下，可平滑 PV 因天候因素造成之電壓波動，由此可知，在相同的 V-Q 控制功能下，其控制模式設定對動態調整電壓影響不容小覷。

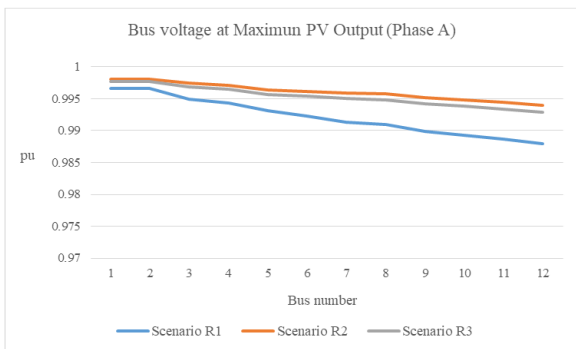


圖 10: 情境 R1~R3 於 PV 最大功率輸出時間之母線電壓

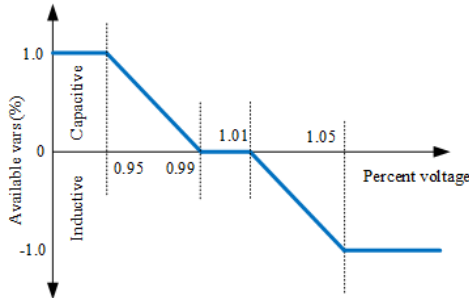


圖 11: 設定零虛功補償電壓範圍之 SI 的 V-Q 控制曲線

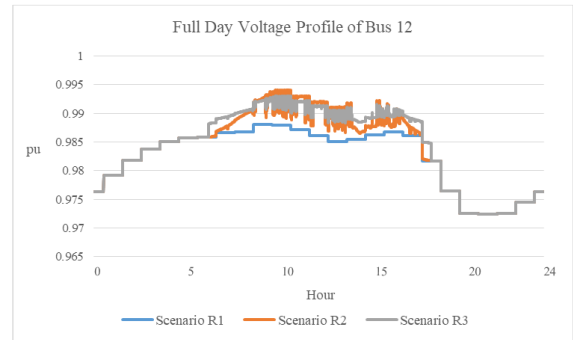


圖 12: 情境 R1~R3 之末端母線(Bus12)電壓全日歷程

此外，PV 高佔比除了關注併接點電壓變動率外，導線熱容量限制議題亦值得關切，PV 在不同時刻之功率高滲透加上輕載時可能產生逆送電流與逆送功率情況，故各饋線段在同一時刻下之電流展幅度亦值得關切，圖所示為彙整情境 R1~R3 於 PV 最大功率輸出時間之饋線電流，由圖可知住宅類饋線因負載輕，故饋線沿線電流普遍降低，末端電流接近零，若再提供 PV 佔比將導致逆送電流與功率情況，饋線沿線電流普遍降低。另外，圖所示為彙整情境 R1~R3 饋線最前端(Line1)全日電流變化情形，由圖可知，PV 併入後若加入 SI 之 V-Q 控制，可相對抑制電流變動。上述饋線最前端最大電流均低於 477 MCM 饋線安培容量，並無熱容量限制問題。

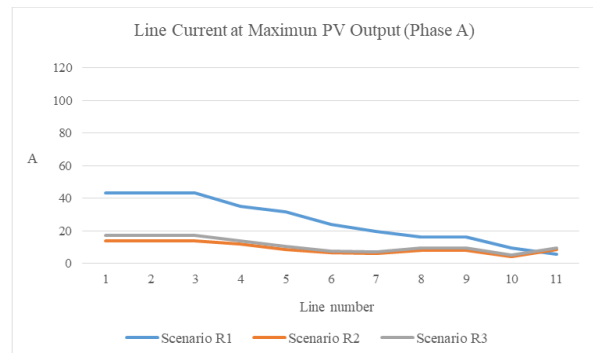


圖 13: 情境 R1~R3 於 PV 最大功率輸出時間之饋線電流

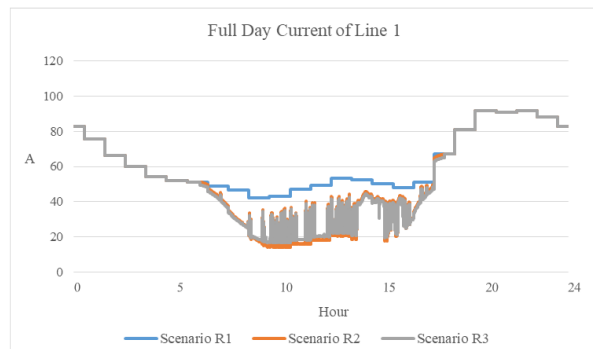


圖 14: 情境 R1~R3 之前端饋線(Line1)電流全日歷程

#### IV. 結論

本文單一饋線基於智慧變流器、電力電容器組與主變 OLTC 個別設定調控模式使其具備先後調控次序下之相關模擬分析，由模擬分析結果可獲知上述元件調控具改善 PV 高滲透造成電壓波動效果；然在智慧變流器

調控下 PV 輸出實功被迫降低，藉以提高虛功輸出，進而補償電壓波動，且在放射狀電網拓普結構下，併接末端 PV 因電壓相較於前端低，故在相同的 V-Q 控制設定模式下，其實功輸出降低提高虛功補償量普遍高於前端現像值得注意，因此智慧變流器調控功能與模式設定必須考慮 PV 併接位置；此外，PV 高佔比對不同負載屬性饋線造成影響亦不盡全然相同，因此管理控制策略也非略有不同。

### 誌謝

本文承蒙經濟部能源局 107 年高占比再生能源併網政策研究與技術推動計畫(2/2) (107-D0306)經費補助，特此感謝。

### 參考文獻

- [1] World Energy Outlook 2017, [http://www.iea.org/bookshop/750-World\\_Energy\\_Outlook\\_2017](http://www.iea.org/bookshop/750-World_Energy_Outlook_2017). (accessed on 08 February 2018)
- [2] The integrated Grid, <http://integratedgrid.com/>. (accessed on 08 February 2018)
- [3] Increasing the penetration of renewable energy sources in the distribution grid by developing control strategies and using ancillary services Final publishable summary report part 3, <http://www.project-increase.eu/>. (accessed on 08 February 2018)
- [4] Tine L. Vandoorn, Jan Van de Vyver, Louis Gevaert, Lieven Degroote and Lieven Vandeveld, "Congestion Control Algorithm in Distribution Feeders: Integration in a Distribution Management System," *Energies* 2015, 8, 6013-6032.
- [5] Robert Sherick and Robert Yinger, "Preparing for a Future with High Penetrations of Distributed Energy Resources", *ieec power & energy magazine*, march/april 2017, 21-28.
- [6] Utility and vendor collaboration is essential to enable the future grid, <https://www.edison.com/home/innovation/smart-grids.html>. (accessed on 08 February 2018)
- [7] S. Corneli and S. Kihm, "Electric industry structure and regulatory responses in a high distributed energy resources future," *Future Electric Utility Regulation Series—LBNL*, Nov. 2015.
- [8] Robert Sherick and Robert Yinger, "Preparing for a Future with High Penetrations of Distributed Energy Resource," *IEEE power & energy magazine*, march/april 2017, 20-28.
- [9] *Common Functions for Smart Inverters*. EPRI, Palo Alto CA. 2011. 1023059.
- [10] 黃鍾慶、黃佳文、陳朝順、鄭義副，「台電系統中部及北部地區負載特性調查分析研究」，台灣電力公司八十七年度研究發展專題，民國八十七年六月。
- [11] K. Anderson, M. Coddington, K. Burman, S. Hayter, B. Kroposki, and A. Watson, *Interconnecting PV on New York City's Secondary Network Distribution System*, November 2009, NREL/ TP-7A2-46902.