

行政院原子能委員會  
委託研究計畫研究報告

分散型電力系統與再生能源整合控制技術研究  
**Integrated Control Technology of Distributed Generator System  
and Renewable Energy**

計畫編號：1062001INER011

受委託機關(構)：健行科技大學

計畫主持人：廖炯州

聯絡電話：03-4581196 轉 5140

E-mail address：ccliao@uch.edu.tw

核研所聯絡人員：劉力源

報告日期： 106 年 11 月 29 日

# 目 錄

目 錄.....	I
中文摘要.....	1
ABSTRACT.....	2
壹、計畫緣起與目的.....	3
貳、研究方法與過程.....	6
一、市電併聯同步法.....	6
(一) 三相線電壓軸轉換方程式.....	6
(二) 三相電壓濾波法.....	7
(三) 三相鎖相迴路.....	8
二、柴油引擎發電機模組.....	11
(一) 同步發電機數學模型.....	11
(二) 調速系統.....	13
(三) 激磁機模型.....	14
三、太陽能發電系統架構與模組.....	15
(一) 太陽能電池特性.....	15
(二) 太陽能最大功率追蹤.....	18
(三) 太陽能發電系統架構.....	20
四、儲能系統.....	22
(一) 電池模型.....	22
(二) 儲能系統架構.....	24
(二) 電池殘電量估測.....	24
五、微電網之模擬.....	25
5.1 併網運轉模式.....	30
5.1.1 調整不同類型發電裝置配比(離峰負載特性).....	30
(一) Case 1a.....	30
(二) Case 1b.....	44
5.2 調整不同類型發電裝置配比(尖峰負載特性).....	57

(一) Case 2.....	57
<b>5.2 孤島運轉模式.....</b>	<b>71</b>
5.2.1 調整能源管理系統(EMS)供能.....	71
5.2.1.1 日照充足時.....	72
(一) Case 3a.....	72
<b>(二) Case 3b.....</b>	<b>86</b>
(三) Case 3c.....	100
5.2.1.2 日照不足時.....	114
(一) Case 4a.....	114
(二) Case 4b.....	114
5.2.1.3 PV 與儲能系統異常.....	128
(一) Case 5.....	128
(二) Case 6.....	139
5.2.1.4 額外補充.....	128
(一) Case 7.....	13950
六、結合生態、環保與當地文化.....	164
<b>參、主要發現與優化建議.....</b>	<b>165</b>
目前研究成果.....	165
<b>肆、參考文獻.....</b>	<b>165</b>

## 中文摘要

本計畫主要目標為針對偏遠社區微電網示範區，驗證微電網性能與規劃優化方案，社區微電網示範區主要包含太陽能發電系統、儲能系統、柴油發電機及能源管理系統(Energy Management System, EMS)，能源管理系統可收集與處理相關電力資訊，並且可控制儲能系統以緊急供電使用。微電網示範區平時可與市電併網，利用市電對儲能系統充電，當市電故障發生時，可藉由能源管理系統下令給電源自動切換開關(Automatic Transfer Switches, ATS)從市電併網模式轉換成孤島運轉模式。社區微電網示範區建置在當地國小及里民活動中心(Neighborhood Assembly Center)可視為當地緊急避難所，當不預期災害發生時，可藉由微電網系統緊急供電。此外，微電網系統亦內建監控系統，以獲取即時資訊以利對系統進行即時調度。最後，本計畫將利用模擬軟體針對偏遠社區微電網示範區驗證其效能及規劃相關優化方案。

關鍵字：微電網、再生能源、孤島運轉。

## **Abstract**

The objective of this project is to verify the function and provide the optimization of the microgrid demo system in remote community. The microgrid demo system consists of the photovoltaic system, the storage system, the diesel generator and the energy management system (EMS). Moreover, the electric power information can be collected and processed by the EMS and the data will be sent to the storage system to dispatch the power energy to the local loads for the emergency situation. The microgrid demo system can connect with the power grid, and the storage system can be charged by the power grid. When the power grid is interrupted or fault, the EMS will control the automatic transfer switches (ATS) to switch the operation mode from grid-connected mode to islanding mode. The microgrid demo system is built in local elementary school and neighborhood assembly center and can be considered as the local emergency shelter. When the unexpected calamities occur, the microgrid demo system will deliver the power energy to the load. Furthermore, the microgrid demo system owns the built-in monitoring system to obtain real-time information for the real-time energy management of the microgrid system. Finally, this project will verify the function and provide the optimization of the microgrid demo system in remote community via simulation software.

**Keywords :** microgrid, renewable energy, islanding.

## 壹、計畫緣起與目的

隨著科技不斷進步，人類對生活品質的要求不斷提升，使得電力公司如何在輸配電系統上提供良好與穩定的供電品質給用戶端成為相當重要之議題。過去多數國家在固定區域建設大型發電廠如火力發電廠、核能發電廠以及水力發電廠等。所採行的發電型式稱為集中式發電(Centralized Generation, CG)，而建立一個完善的電力輸送網路所開發大型的發電、輸電及供電系統，必須花費相當多的人力與金錢。不僅如此，為了安全考量，集中式大型發電廠往往建造於偏遠地區與用戶端距離甚遠，所以電力公司必須承擔傳輸電力過程中的能量損失及設備機組的維護。然而大型發電廠一旦發生故障，勢必造成整體電網的穩定度降低，更可能演變成無預警的大規模停電。因此世界各國紛紛開發新的能源供應環境，其中以分散式發電(Distributed Generation, DG) [1]系統最能解決集中式發電所產生的問題。

分散式發電採用再生能源，可有效減緩全球溫室效應的惡化與地球上有限石化能源的枯竭。以再生能源為主的分散式發電具有模組化、建造時程短與接近負載端的特性等優點。儘管分散式發電擁有許多優點，但隨著分散式電源不斷擴增，越來越多的分散式電源與市電併聯運轉產生諸多問題，例如分散式電源單機併入系統的成本高、電源設備控制與相容性問題等。不僅如此，分散式電源對於大電網而言較不易控制，因此 IEEE1547 對於分散型電源併網制定了相關規範，減少對大電網的衝擊，但也限制了分散式電源的效能。為了協調分散式電源對大電網的影響與增加分散式電源為用戶端的價值，近年來相關學者提出一種新概念：微電網(Microgrid)架構

[2,3]。微電網是將分散式電源與鄰近負載端組成新的微型電網，其中包含兩種運轉模式，一是正常情況下，微電網與市電併聯運轉，稱為併網模式；另一是當檢測出微電網外部發生故障或電力品質不滿足要求時，微電網將及時與市電解聯並獨立運轉，稱為孤島運轉模式。微電網是由靜態切換開關、微型電源、電力設備及自動監控系統所組成，可將一系列的負載與微型電源整合而成的單一可控系統。微電網主要併聯於用戶端與大電網間之饋線上以提供穩定之電源；在與大電網併聯運轉時，由大電網平衡微電網內之電力供需；當在大電網發生故障時，微電網亦可獨立運轉。

台灣地處東亞季風盛行區域內，冬季有強勁的東北季風，夏季則有豐沛的西南氣流，常年風向穩定，風速不小，非常具有發展風能的潛力。另一方面，台灣地處亞熱帶，更是適合直接利用太陽光發電，因此近年來台灣地區各式太陽光電模組與系統之發展與安裝更是發展快速。但是不論是利用太陽能或風能所獲得之再生能源均必須利用直流/交流併網型轉換器將分散式發電系統產生之電能送入電力系統，並配合微電網技術以克服台電滲透率上限之困難。

圖 1 為微電網示範區建置系統圖，當地國小內建置 6kW 及 3kW 太陽能系統，並與 50kWh 稀土鋰電池儲能系統(Energy Storage System, ESS)連接，此外一 50kW 柴油發電機亦可藉由開關及交/直流轉換器(AC/DC converter)與太陽能及儲能系統連接，並經變頻器(Power Conditioning System, PCS)與當地國小、衛生所及警察局等地負載連接後，經變壓器饋入台電系統。另一方面，活動中心建置一 20kW 太陽能系統，其可與當地國小儲能系統連接或經變頻器提供電能給活動中心，接著並經由變壓器饋入台電系統。目前微電網示

範圍建置系統設有即時能源管理系統，依據統計，國小尖峰負載約 30.5kW，離峰負載約 6 kW，平均負載約 10-20 kW，活動中心因平時較無使用平均負載約 0.2-0.7 kW，能源管理系統未來亦將納入衛生所及警察局，其額定為 110V/50A。本計畫目的主要依據偏遠社區微電網示範區建置之系統，模擬與驗證其相關效能並規劃相關微電網優化方案，以提昇與改善微電網系統之性能與可行性。

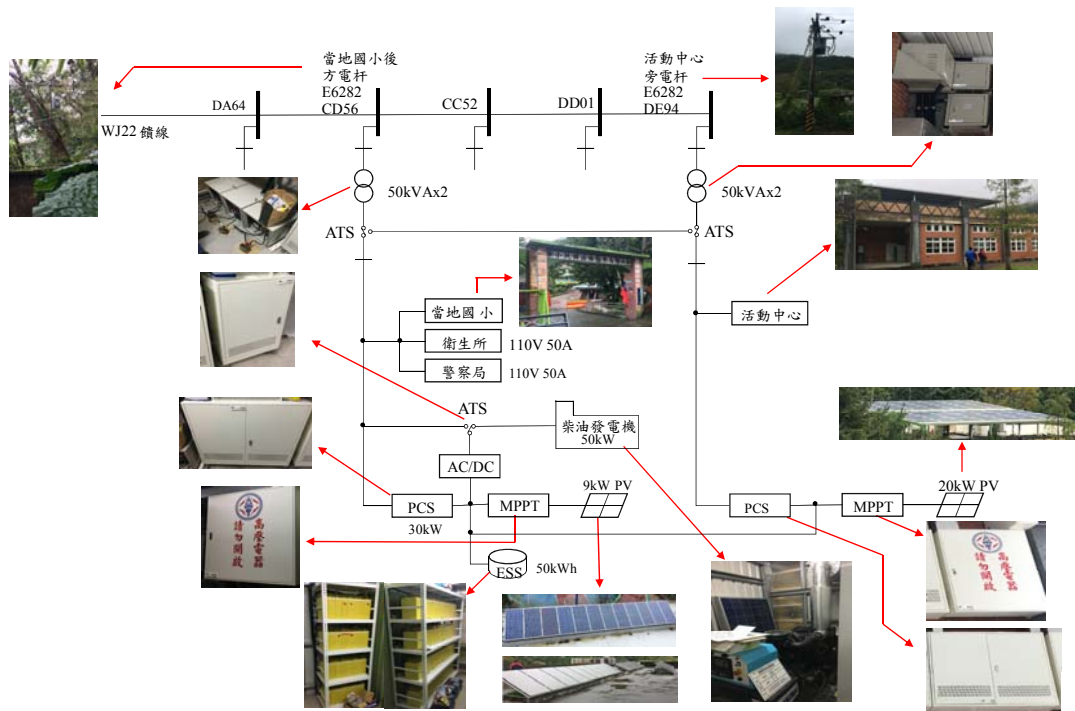


圖 1. 偏遠社區微電網示範區建置系統圖



## 貳、研究方法與過程

為驗證偏遠社區微電網示範區建置之系統，本計畫以 Matlab/Simulink 模擬微電網示範區其相關效能並規劃相關優化方案，以提昇與改善微電網系統之性能與可行性。在控制法則驗證部分，先模擬三相直/交流反流器併市電，以驗證併網控制法之特性。此外，本計畫亦依據偏遠社區微電網示範區模擬不同分散式電源，如 PV、儲能及柴油發電機等。接著，本計畫依據當地國小、衛生所及警察局等地負載規劃不同情境，模擬網電網能源管理，以驗證與改善微電網系統之性能與可行性。相關控制法則說明如後：

### 一、市電併聯同步法

分散式電源若要併聯市電時，須注意如何與市電電壓相角同步，而常見同步法則有以下三種：(1)三相線電壓軸轉換方程式；(2)三相電壓濾波法；(3)三相鎖相迴路，本計畫將分析這三種同步方式。

#### (一) 三相線電壓軸轉換方程式

首先假設三相電壓為：

$$v_{un} = V_n \sin \theta'_e \quad (1)$$

$$v_{vn} = V_n \sin(\theta'_e - 120^\circ) \quad (2)$$

$$v_{wn} = V_n \sin(\theta'_e + 120^\circ) \quad (3)$$

在三相線電壓軸轉換方程式的推導中，將式(1)、(2)與(3)代入下式：

$$v_{uv} = v_{un} - v_{vn} = V_n \left( \frac{3}{2} \sin \theta'_e - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \theta'_e \right) \quad (4)$$

$$v_{vw} = v_{vn} - v_{wn} = V_n (-\sqrt{3} \cos \theta'_e) \quad (5)$$

$$v_{wu} = v_{wn} - v_{un} = V_n \left( -\frac{3}{2} \sin \theta'_e + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \theta'_e \right) \quad (6)$$

再利用(4)、(5)與(6)式可以推導出：

$$V_n \sin \theta'_e = \frac{v_{uv} - v_{wu}}{3} \quad (7)$$

$$V_n \cos \theta'_e = -\frac{v_{vw}}{\sqrt{3}} \quad (8)$$

因此市電的角度可推出為：

$$\theta'_e = \tan^{-1} \frac{(V_n \sin \theta'_e)}{(V_n \cos \theta'_e)} \quad (10)$$

## (二) 三相電壓濾波法

在三相電壓濾波法的推導中，將式(1)、(2)與(3)代入固定座標軸轉換方程式後可得：

$$v_\alpha = \frac{2}{3} v_{un} - \frac{1}{3} v_{vn} - \frac{1}{3} v_{wn} \quad (11)$$

$$v_\beta = -\frac{\sqrt{3}}{3} v_{vn} + \frac{\sqrt{3}}{3} v_{wn} \quad (12)$$

因此可以推導出：

$$v_\alpha = V_n \sin \theta'_e \quad (13)$$

$$v_\beta = V_n \cos \theta'_e \quad (14)$$

因此磁場導向控制的  $\sin \theta'_e$  與  $\cos \theta'_e$  可利用(13)與(14)式取得：

$$\sin \theta'_e = \frac{v_\alpha}{\sqrt{(v_\alpha)^2 + (v_\beta)^2}} \quad (15)$$

$$\cos \theta'_e = \frac{v_\beta}{\sqrt{(v_\alpha)^2 + (v_\beta)^2}} \quad (16)$$

### (三) 三相鎖相迴路

在三相鎖相迴路的推導中，首先假設同步旋轉座標軸轉換公式：

$$\begin{bmatrix} v_q \\ v_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \hat{\theta}'_e & -\sin \hat{\theta}'_e \\ \sin \hat{\theta}'_e & \cos \hat{\theta}'_e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_\alpha \\ v_\beta \end{bmatrix} \quad (17)$$

將式(13)與(14)代入式(17)，可以得到式(18)：

$$\begin{bmatrix} v_q \\ v_d \end{bmatrix} = V_n \begin{bmatrix} \sin(\theta'_e - \hat{\theta}'_e) \\ \cos(\theta'_e - \hat{\theta}'_e) \end{bmatrix} = V_n \begin{bmatrix} \sin \delta \\ \cos \delta \end{bmatrix} \quad (18)$$

其中  $\delta = \theta'_e - \hat{\theta}'_e$ ，當  $\delta = 0$  時，三相市電之電壓角度與鎖相迴路產生之角度完全相同，即達到鎖相之目的，此時  $v_q = 0$ ， $v_d = V_n$ 。如圖 2 三相鎖相迴路控制架構圖所示，首先將市電的三相電壓  $v_{un}$ 、 $v_{vn}$  與  $v_{wn}$  經由同步旋轉座標軸轉換取得  $v_q$  與  $v_d$ ，其中  $v_d$  代表市電三相電壓相電壓之峰值， $v_q$  代表市電三相電壓角度  $\theta'_e$  與鎖相迴路輸出角度  $\hat{\theta}'_e$  之間的誤差量，將  $v_q^*$  設為零，再利用比例積分控制器  $K_f(s)$  去調節  $v_q^*$  與  $v_q$  間的誤差。此誤差過比例積分控制器後得到角頻率  $\hat{\omega}'_e$ ，接著再經過積分器即可獲得輸出角度  $\hat{\theta}'_e$ ，此角度再輸

入座標軸轉換方程式，形成一閉迴路控制，進而達成鎖相之目的。

另外，若將式(1)、(2)與(3)改成：

$$v_{un} = V_n \cos \theta'_e \quad (19)$$

$$v_{vn} = V_n \cos(\theta'_e - 120^\circ) \quad (20)$$

$$v_{wn} = V_n \cos(\theta'_e + 120^\circ) \quad (21)$$

再代入式(11)與(12)可推導出：

$$v_\alpha = V_n \cos \theta'_e \quad (22)$$

$$v_\beta = -V_n \sin \theta'_e \quad (23)$$

此時再將式(22)與(23)代入式(17)：

$$\begin{bmatrix} v_q \\ v_d \end{bmatrix} = V_n \begin{bmatrix} \cos(\hat{\theta}'_e - \theta'_e) \\ \sin(\hat{\theta}'_e - \theta'_e) \end{bmatrix} = V_n \begin{bmatrix} \cos(-\delta) \\ \sin(-\delta) \end{bmatrix} \quad (24)$$

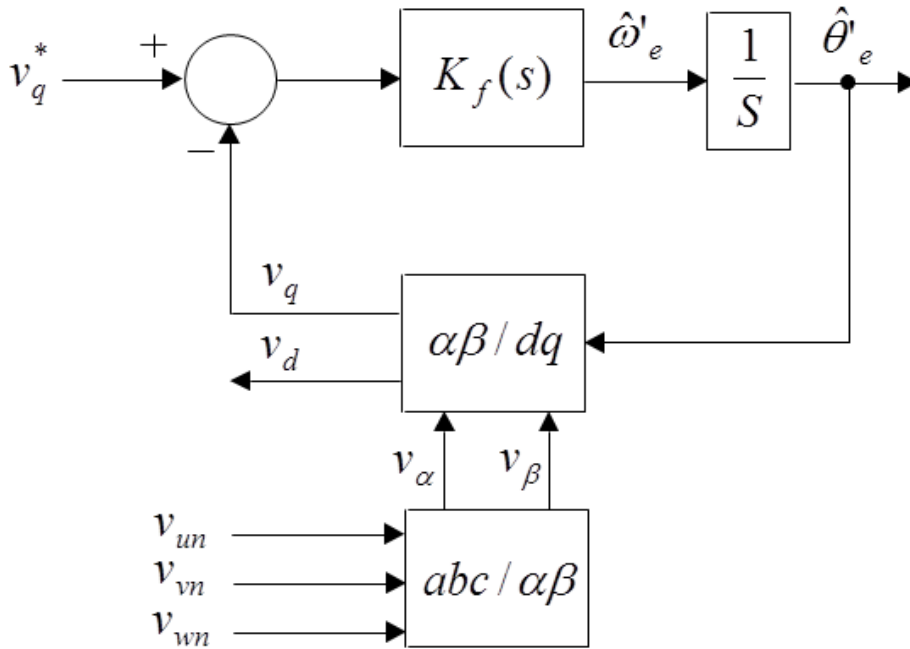


圖 2. 鎖相迴路法同步控制架構

此時可發現若將  $v_d$  控為 0，則可以達到鎖相的目的，與控  $v_q$  為 0 不同，但式 (1)、(2)、(3) 與 (19)、(20)、(21) 所表示的都是市電電壓，只是用法不同，由此可知，鎖相迴路不論是控  $v_q$  為 0 或  $v_d$  為 0 皆可達到目的，只是當控  $v_q = V_n \sin(\theta'_e - \hat{\theta}'_e)$  為 0 時，要以  $v_q - v_q^*$  作為追隨誤差，且  $d$  軸作實功率控制， $q$  軸做虛功率控制。而當控  $v_d = V_n \cos(\theta'_e - \hat{\theta}'_e)$  為 0 時，則以  $v_d - v_d^*$  作為追隨誤差，且  $q$  軸作實功率控制， $d$  軸做虛功率控制。

由於比起三相線電壓軸轉換方程式及三相電壓濾波法，三相鎖相迴路在三相電壓不平衡時有較好的表現，故採用三相鎖相迴路作為市電角度偵測的方法。圖 3 為模擬市電併聯同步電壓與電流響應圖。

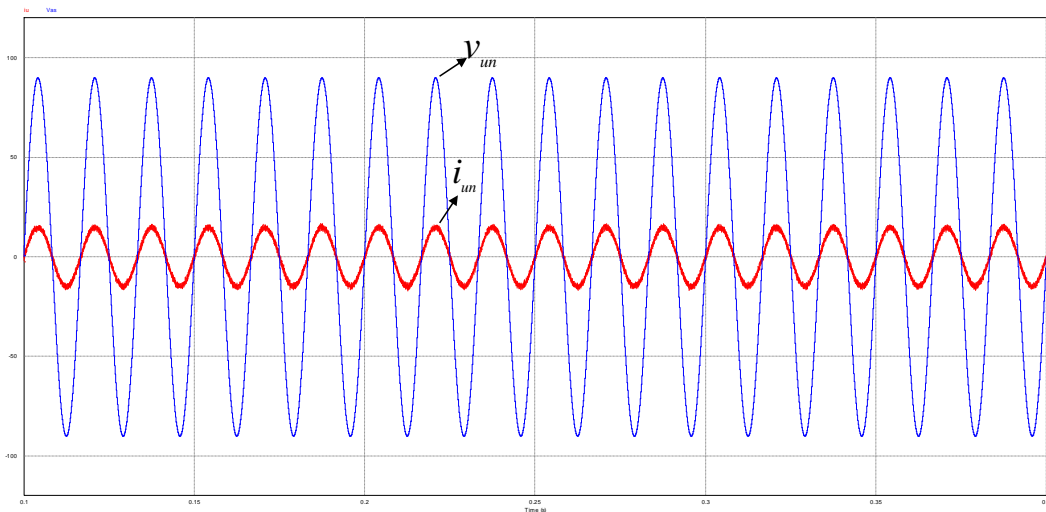


圖 3. 模擬市電併聯同步電壓電流響應圖

## 二、柴油引擎發電機模組

柴油發電機模組主要可分為同步發電機、調速系統及機磁機系統所組成。調速系統使發電機維持穩定轉速並保持系統頻率穩定；激磁系統可以改變激磁電流來維持發電機端電壓穩定。以下為本文所使用之模型。

### (一) 同步發電機數學模型

同步發電機模組而言，都含有電、磁及機械功率之間的能量轉換，以及裝置中各個電路、磁通、電機轉子速度及角度等參數會隨著時間而相互影響，因此若要適當地處理電機及機械之間方程式的關係，可以使用派克轉換(Park's Transformation)將原本三相座標系統轉換為兩相座標( $dq$  軸)系統，可消除動態方程式之電感、零序等時變參數以利分析如圖 4 所示。其電壓方程式如(25)-(36) [4, 5]，此數學模型使用 Matlab\Simulink\Simpowersystem 工具箱

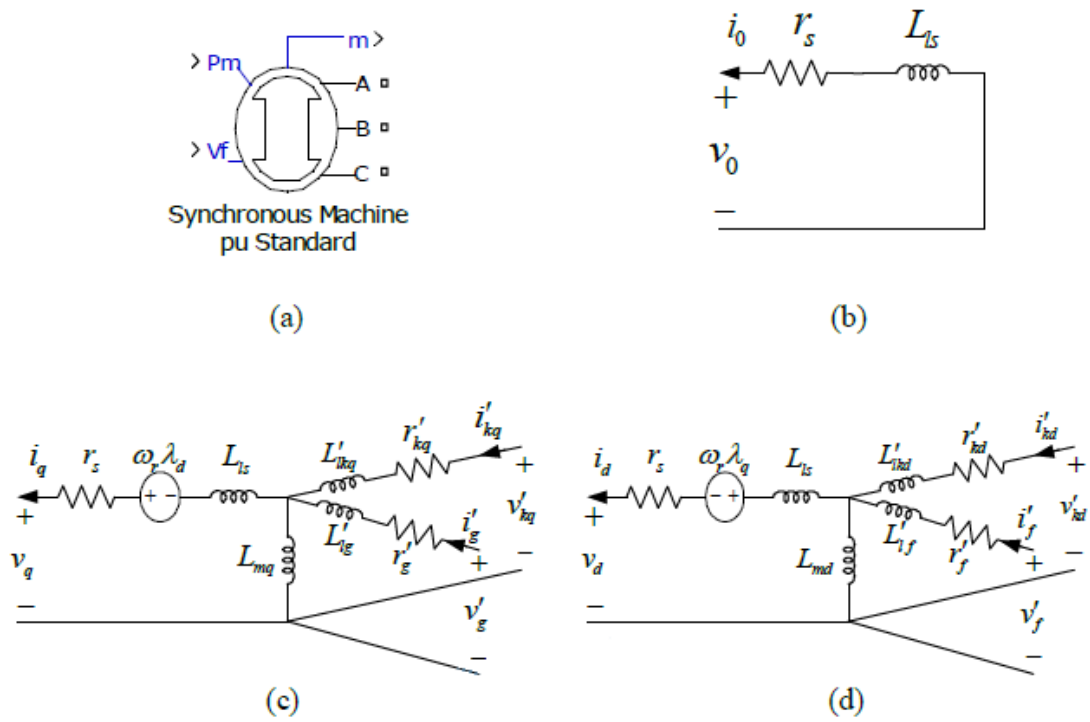


圖 4 三相同步發電機(a)d 軸(b)0 軸(c)d 軸(d)q 軸

$$V_d = R_s + i_d + \frac{d}{dt} \lambda_d - \omega_R + \lambda_q \quad (25)$$

$$V_q = R_s + i_q + \frac{d}{dt} \lambda_q - \omega_R + \lambda_d \quad (26)$$

$$V'_{fd} = R'_{fd} i'_{fd} + \frac{d}{dt} \lambda'_{fd} \quad (27)$$

$$V'_{kd} = R'_{kd} i'_{kd} + \frac{d}{dt} \lambda'_{kd} \quad (28)$$

$$V'_{kq1} = R'_{kq1} i'_{kq1} + \frac{d}{dt} \lambda'_{kq1} \quad (29)$$

$$V'_{kq2} = R'_{kq2} i'_{kq2} + \frac{d}{dt} \lambda'_{kq2} \quad (30)$$

其中

$$\lambda_d = L_d i_d + L_{md} (i'_{fq} + i'_{kd}) \quad (31)$$

$$\lambda_q = L_q i_q + L_{mq} i'_{kq} \quad (32)$$

$$\lambda'_{fd} = L'_{fd} i'_{fd} + L_{md} (i_d + i'_{kd}) \quad (33)$$

$$\lambda'_{kd} = L'_{kd} i'_{kd} + L_{md} (i_d + i'_{fd}) \quad (34)$$

$$\lambda'_{kq1} = L'_{kq1} i'_{kq1} + L_{mq} i_q \quad (35)$$

$$\lambda'_{kq2} = L'_{kq2} i'_{kq2} + L_{mq} i_q \quad (36)$$

## (二) 調速系統

調速系統主要提供發電機輸出與頻率控制，使發電機維持穩定轉速運轉並保持系統頻率穩定。本文調速機是用 Woodward Governor 公司所提供之定速特性柴油引擎調速之數學模型(DEGOV)[6]，作為等速(Isochronous)控制模式使用。如圖 5 所示。由油門控制器(Electric Control Box)、促動器(Actuator)、引擎(Engine)等元件所組合而成。圖 6 是以 Matlab/simulink 建利出具等速特性之柴油引擎調速機。

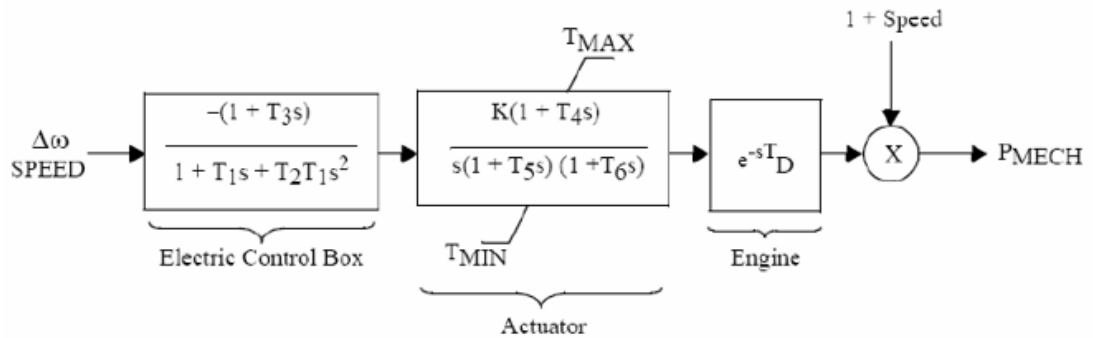


圖 5 定速特性之柴油引擎調速機模型



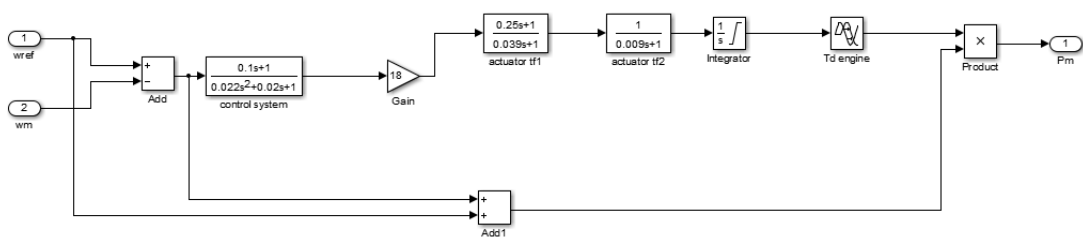


圖 6 Matlab/Simulink 建立等速特性之柴油引擎調速機模組

### (三) 激磁機模型

激磁機系統主要功能是當負載改變造成同步機端電壓變化時，自動調整同步發電機磁場電流以維持端電壓為固定值。本文使用 IEEE TYPE DC1A 激磁機系統模型 [7]，如圖 7 所示。利用直流發電機產生直流電供應給同步發電機磁場繞組，此模型在工業上以廣泛被應用，當無詳細資料或要簡化模型時可以使用，常被利用來表示其他型式之系統。此模型為 Matlab\Simulink\Simpowersystem 內建之激磁即屬 DC1A 模組，其不含激磁飽和情況。圖 8 為 Matlab/simulink 內建之機磁機模組。

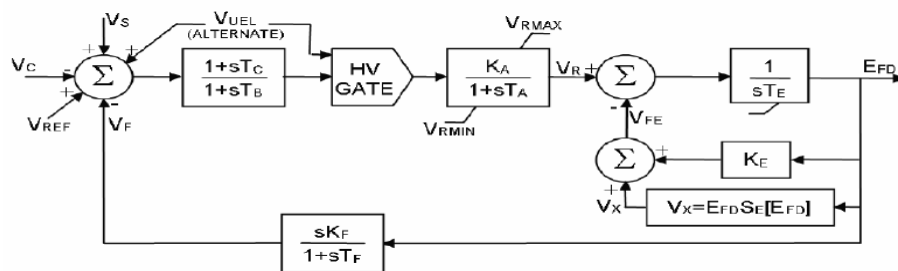


圖 7 IEEE TYPE DC1A 激磁機系統模型

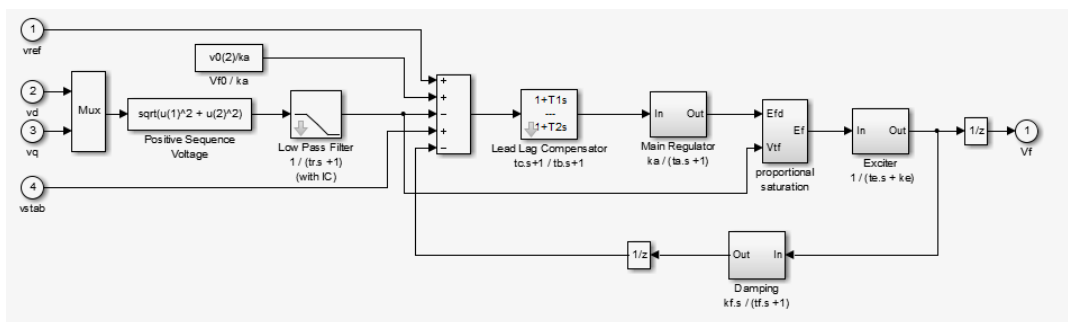


圖 8 Matlab/Simulink 內建激磁機模型

### 三、太陽能發電系統架構與模組

太陽能本章先討論介紹太陽能電池與最大功率追蹤方法，再利用 Matlab\Simulink 軟體工具建構出發電量 20kW、6kW 及 3kW 之太陽能發電系統包含太陽能陣列、直流/直流降壓器及最大功率追蹤，其架構如圖 9。

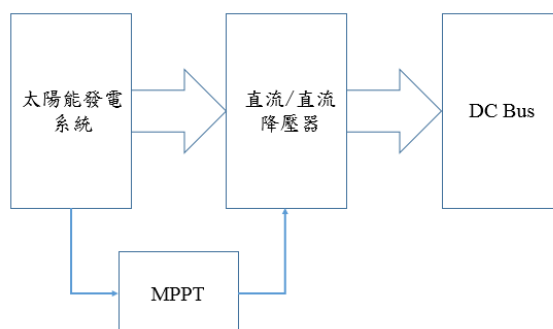


圖 9 太陽能發電系統架構圖

#### (一) 太陽能電池特性

太陽能系統是由最小單元太陽能電池(PV cell)所組成，由於每個太陽能電池輸出電壓及功率都很小，因此必須串並聯連接，來產生足夠的電壓及功率。由數個太陽能電池串並聯而成之模組稱為太陽能模組(PV module)其輸出功率可達到 250 瓦左右；太陽能陣列(PV array)是由數個太陽能模組串並聯組成，在此模擬輸出功率為 20kW、6kW 及 3kW。

太陽能電池由許多P-N接面的半導體組成，並且直接將光能轉換成電能，等效電路如圖10所示[8]，其中 $R_s$ 和 $R_{sh}$ 分別為內部的等效串聯及並聯電阻

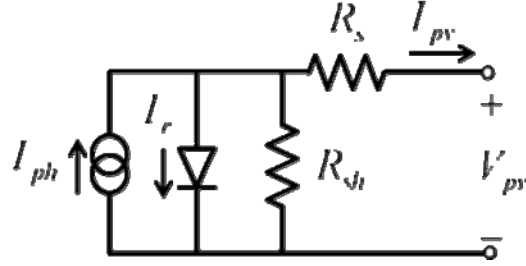


圖 10 太陽能電池等效電路

$I_{ph}$  表示太陽能電池所產生的電流； $I_r$  表示流經二極體的電流； $I_p$  及  $V_p$  分別為輸出電流和電壓。分析時因為  $R_s$  的值很小， $R_{sh}$  的值很大，為了簡化分析過程通常將兩者忽略不計。

由圖10等效電路所示，依據P-N接面半導體的特性，輸出電流可由以下數學式表示(37)：

$$I_{pv} = I_{ph} - I_r = I_{ph} - I_{sat} \left[ \exp\left(\frac{qV_{pv}}{KAT}\right) - 1 \right] \quad (37)$$

其中  $q$  為一個電子之電荷量 ( $1.6 \times 10^{-19} C$ )； $K$  為波茲曼常 ( $1.38 \times 10^{-23} J/K$ )； $A$  為太陽能電池的理想因數 (1~5)； $T$  為太陽能電池的溫度 (K)； $I_{sat}$  為太陽能電池的反向飽和電流，其數學關係可表示如下(38)：

$$I_{sat} = I_{rr} \left(\frac{T}{T_r}\right)^3 \exp\left[\frac{qE_{gap}}{KA} \left(\frac{1}{T_r} - \frac{1}{T}\right)\right] \quad (38)$$

其中  $T_r$  為參考溫度； $I_{rr}$  為太陽能電池溫度在  $T_r$  時的反向飽和電流； $E_{gap}$  為半導體材料跨越能帶間隙時所需能量。

太陽能電池所產生的電流  $I_{ph}$ ，會隨著日照強度 ( $S_i$ ) 和大氣溫度 ( $T$ ) 的變化而改變，其關係可由以下數學式表示(39)：

$$I_{ph} = [I_{scr} + K_i (T - T_r)] S_i \quad (39)$$

其中  $I_{scr}$  為太陽能電池工作在參考溫度及日照條件 ( $1000W/m^2$ ) 下，所量測到的短路電流值； $K_i$  為太陽能電池的短路電流溫度係數； $S_i$  為太陽的日照強度 ( $W/m^2$ )。

以上為太陽能電池的物理特性，綜合以上三式，並且考慮太陽能電池模組的串並聯，可計算出其輸出功率，如下所示(40)：

$$P = V_{pv} I_{pv} = n_p I_{ph} V_{pv} - n_p I_{sat} V_{pv} \left[ \exp\left(\frac{q}{KAT} \frac{V_{pv}}{n_s}\right) - 1 \right] \quad (40)$$

其中  $n_p$  及  $n_s$  為太陽能電池模組的並聯和串聯個數。

由以上公式，可模擬出太陽能電池的電壓、電流與功率，如圖 11、圖 12、圖 13、圖 14 所示分別為 PV 廠商型號、規格與模擬結果。



同昱能源科技股份有限公司  
Gintung Energy Corporation

型號	GTEC-250G6M6A	GTEC-255G6M6A	GTEC-260G6M6A	GTEC-265G6M6A	GTEC-270G6M6A
最大功率 (Pmax)	250wp	255wp	260wp	265wp	270wp
最大功率電壓 (Vmpp) [V]	29.68	29.86	30.02	30.18	30.34
最大功率電流 (Impp) [A]	8.41	8.54	8.66	8.78	8.90
開路電壓 (Voc) [V]	37.43	37.60	37.78	37.91	38.03
短路電流 (Voc) [V]	8.78	8.90	9.02	9.15	9.28
模組效率 [%]	15.52%	15.83%	16.14%	16.45%	16.76%
最大功率溫度係數 [%/K]			-0.4033		
開路電壓溫度係數 [%/K]			-0.2960		
短路電流溫度係數 [%/K]			0.0540		
串列保險絲 [A]			12		
最大系統電壓 [V dc]			1000		
正常運作溫度 (NOCT)			43.4°C		

※ 標準試驗條件 (STC) : 放射照度  $1000W/m^2$ , AM 1.5, 及電池片溫度  $25^\circ C$   
 ※ 正常運作溫度 (NOCT) : 放射照度  $800W/m^2$ , 溫度  $25^\circ C$ , 風速  $1m/s$

圖 11 廠商與GTEC-260G6M6A規格

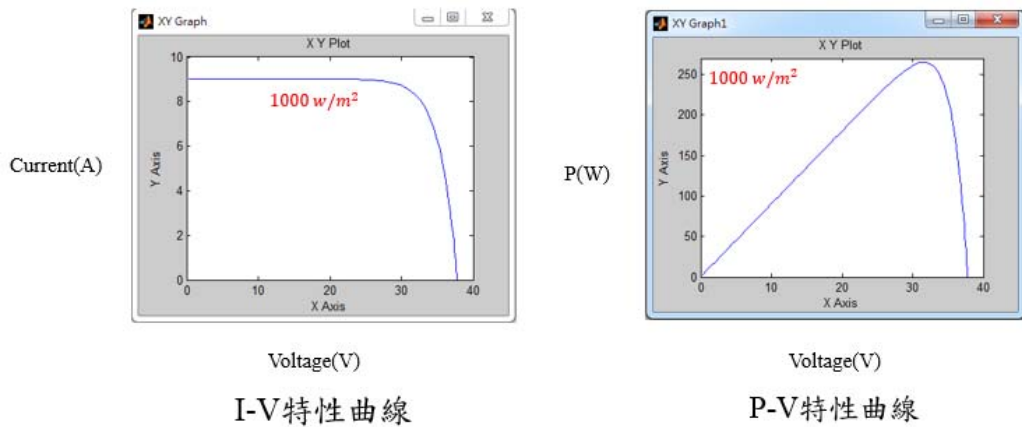


圖 12 GTEC-260G6M6A規格之Matlab/Simulink模擬

SANYO		CE	www.tuv.com	TUV
PHOTOVOLTAIC MODULE				
MODEL NUMBER:HIP-205NHE3				
		NOMINAL VALUES		
MAXIMUM POWER (Pmax)	:	205W		
SHORT CIRCUIT CURRENT (Isc)	:	5.54A		
OPEN CIRCUIT VOLTAGE (Voc)	:	50.3V		
MAXIMUM POWER CURRENT (Imp)	:	5.05A		
MAXIMUM POWER VOLTAGE (Vmp)	:	40.7V		
MAX. SYSTEM VOLTAGE	:	760V		
MINIMUM Pmax	:	194.75W		
* All technical data at standard test conditions:				
AM 1.5, 1000W/m <sup>2</sup> IRRADIANCE				
25°C CELL TEMPERATURE				

圖 13 廠商與 HIP-205NHE 規格

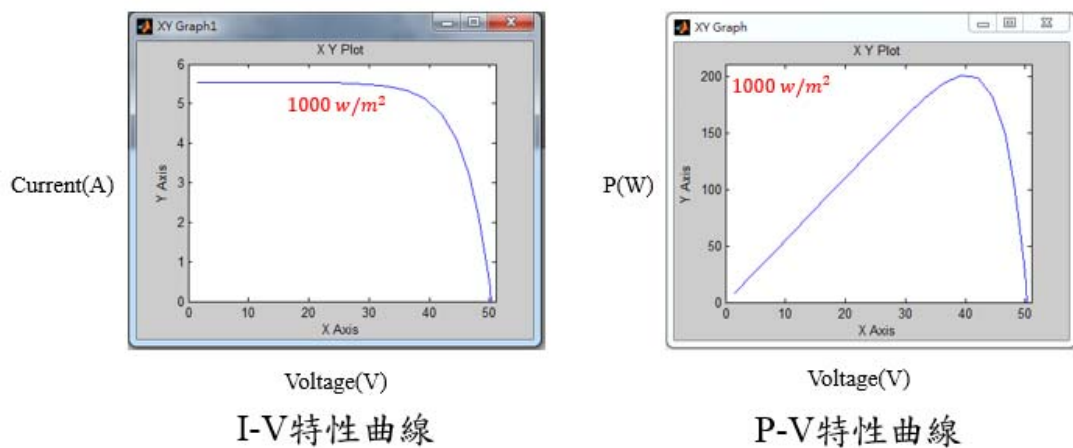


圖 14 HIP-205NHE 規格之Matlab/Simulink 模擬

## (二) 太陽能最大功率追蹤

為由於太陽能發電系統的電壓電流曲線是非線性關係。在

不同的工作環境之下，溫度和日照強度的不同，會產生不同的工作曲線。由上圖 12 及圖 14 的功率與電壓曲線可以看出，每條曲線都有一個峰值，代表此時工作點位於最大功率點。為了提高太陽能電池的工作效率，需要一種控制法則來控制太陽能發電系統的電壓與電流，使其操作在最大功率點。

擾動與觀察法的結構簡單，需要量測參數較少，易於實施，所以普遍應用在太陽能電池的最大功率追蹤上。此方法藉由不斷擾動輸出電流，並觀察其對輸出功率的影響。假設輸出功率較變動前大，則表示電流變化朝同一個方向變動；反之，輸出功率較變動前小，則下個週期改變電流變化方向。圖 15 為擾動觀察法演算流程圖[9]。圖 16 是以 Matlab/simulink 建立出擾動觀察法。

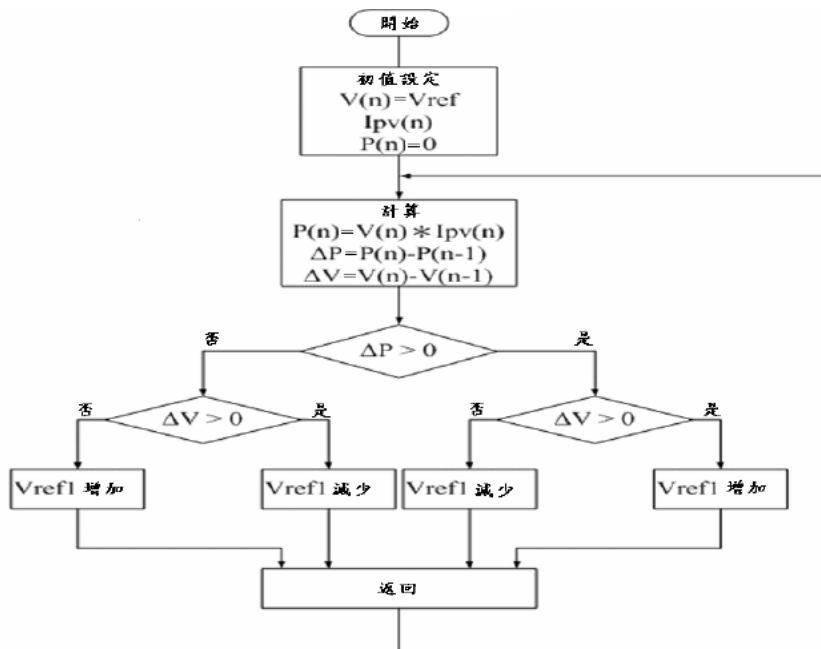


圖 15 為擾動觀察法演算流程圖

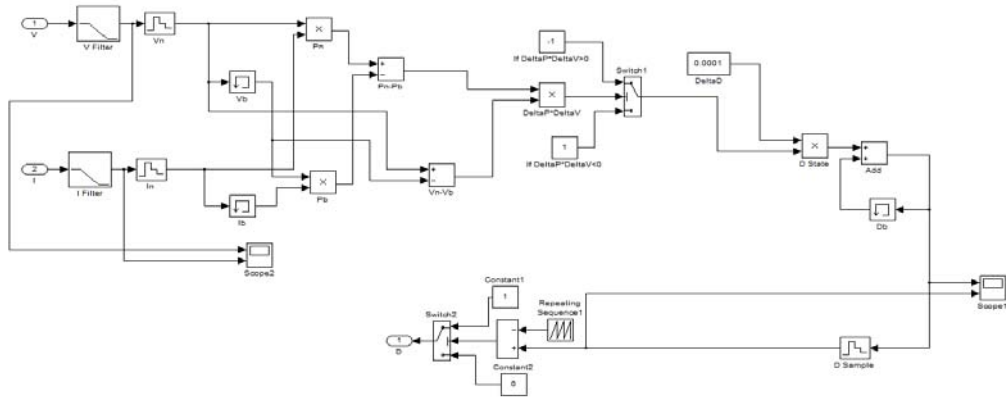


圖16 Matlab/Simulink擾動觀察法模擬

### (三) 太陽能發電系統架構

圖 17 Matlab/Simulink 建立之下之太陽能發電模組，由太陽能模組、直流/直流降壓轉換器與最大功率追蹤之控制策略所組成。圖 18、圖 19、圖 20 為 20kW、6kW 及 3kW 模擬結果圖。

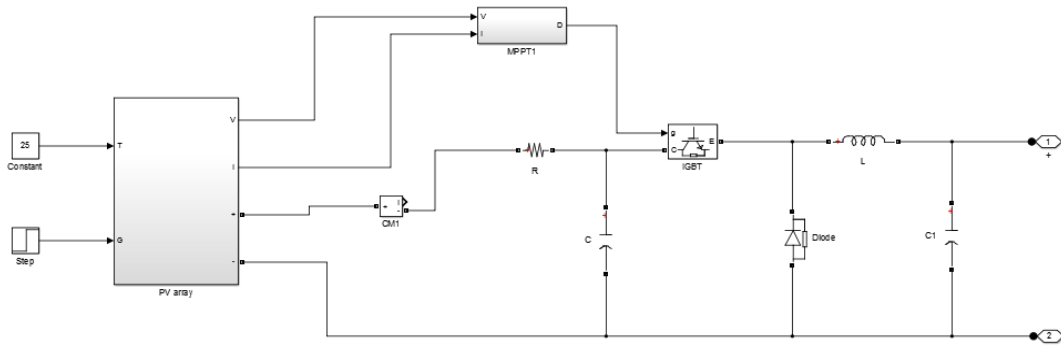


圖 17 太陽能發電系統架構圖

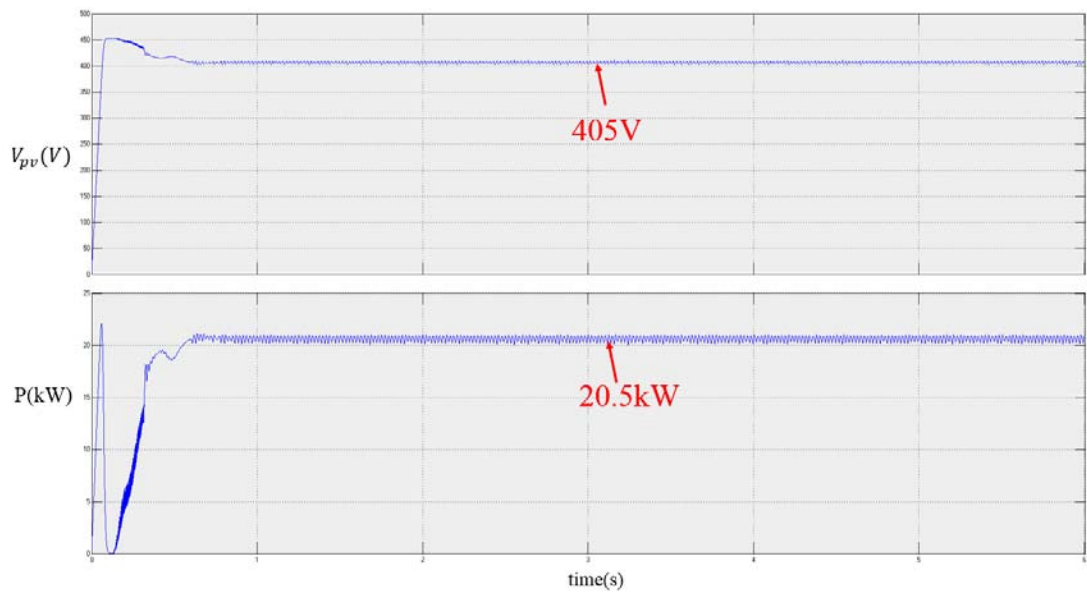


圖 18 20kW 模擬結果圖

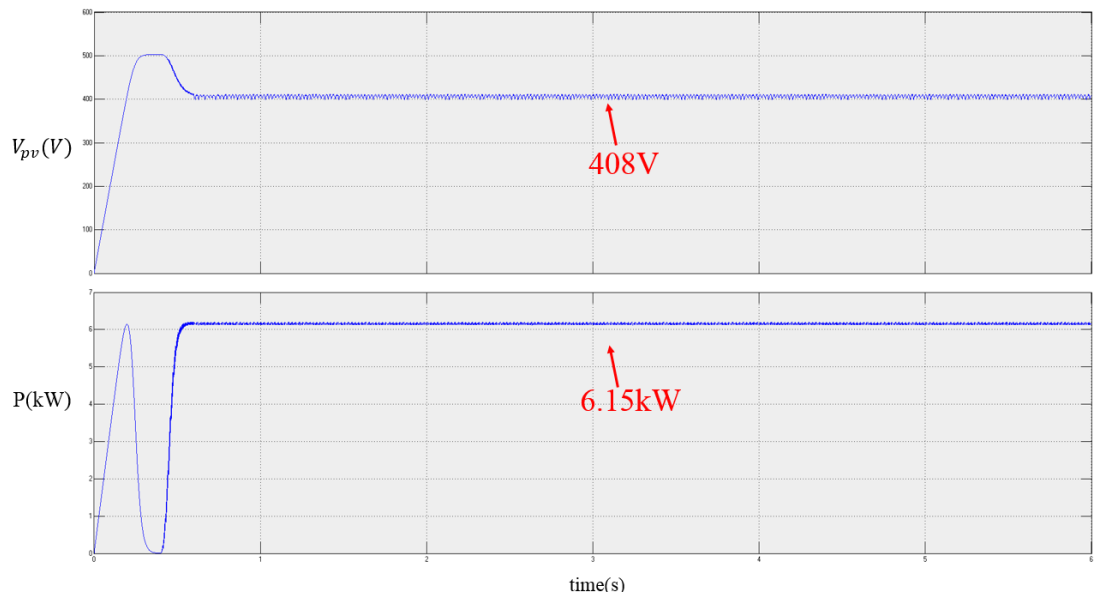


圖 19 6kW 模擬結果圖



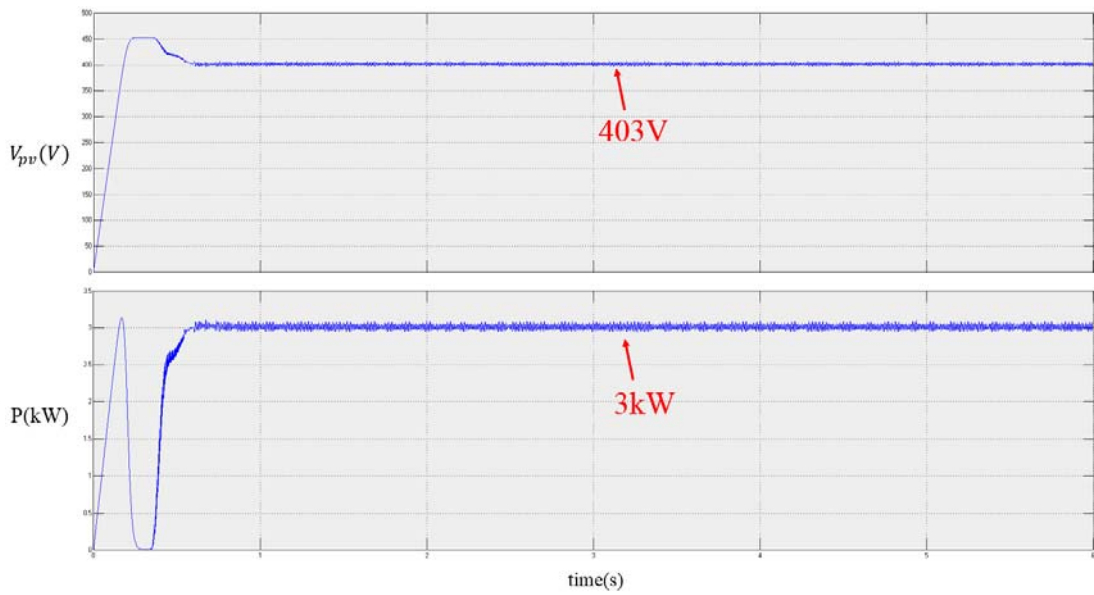


圖 20 3kW 模擬結果圖

#### 四、儲能系統

一般可分為等效電路模型與數學模型，等效電路模型由開路電壓 $V_o$ 和內阻 $R_o$ 及並聯電阻 $R_1$ 與電容 $C_1$ 電路串聯而成。如圖 21 所示。其中 $V_{batt}$ 為電池電壓、 $i$ 為電池電流、 $R_1$ 並聯電阻 $C_1$ 與電容 $C_1$ 之電路為等效鋰離子在材料內部之擴散及電極與電解液之間的電容效應。

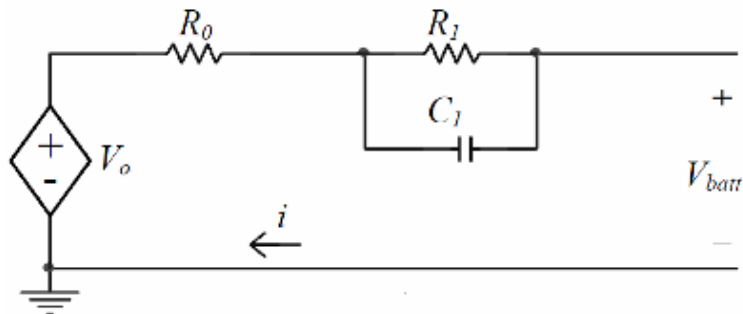


圖 21 鋰離子電池等效電路模型

##### (一) 電池模型

由於電池電壓無法隨著電池的電流使用適當的改變，且無法確切的呈現出目前電池的殘電量，因此採用數學模型的方法，幾乎所有的數學模型都是基於 Shepherd 所建立之數學方程式，其電池的端電壓會隨著電流而改變，Shepherd 之方程式為描述電池特性以電池端電壓  $V$  (V)、開路電壓  $E_o$  (V)、內阻  $R$  ( $\Omega$ )、電流  $i$  (A)、電池電量  $Q$  (Ah) 組合而成，其中  $it = \int idt$  (Ah)、 $K$  為極化常數 ( $\text{Ah}^{-1}$ )。

本文所使用的儲能電池模型為 Matlab/Simulink 內建的動態電池模型具有充放電功能，並可依使用者需求，可以選擇鉛酸電池、離電池、鎳鎘電池或鎳氫電池，圖 22 為電池充放電示意圖。

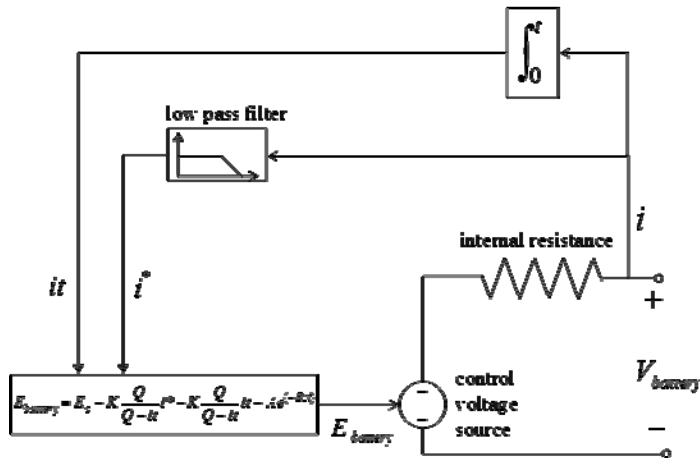


圖 22 鋰離子電池數學模型

本文以鉛酸電池做為儲能電池，鉛酸電池之充電電壓與放電電壓可表示為(41)(42)

$$V_o = E_o - K \frac{Q}{0.1Q + it} i^* - Ri - K \frac{Q}{Q - it} it + Ae^{(-Bit)} \quad (41)$$

$$V_o = E_o - K \frac{Q}{Q - it} i^* - Ri - K \frac{Q}{Q - it} it + Ae^{(-Bit)} \quad (42)$$

其中  $i^*$  為電池低頻電流(A)、 $A$  為指數函數之振幅(V)、 $B$  為指數函數之常數( $Ah^{-1}$ )

## (二) 儲能系統架構

圖 23 所示為在 Matlab/Simulink 環境底下所建立之儲能系統架構，包含電池模塊、雙向直流/直流升降壓型轉換器及充電控制策略。

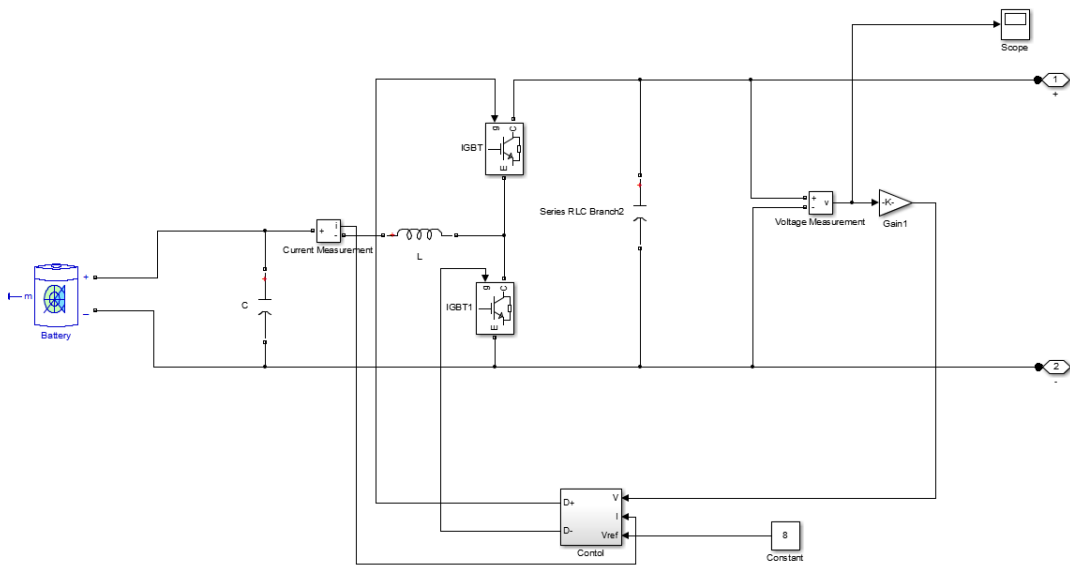


圖 23 儲能系統架構

## (二) 電池殘電量估測

庫倫法：為實際應用上常見的方法，由能量不滅定理所產生。在已知初始電量的情況下，偵測電池流出或流入的電流以及充放電的時間，再以電流對時間做積分，可得知充入或放出之電量，即可估測電池當前的殘電量值，如式(43)，圖 24 Matlab/Simulink 庫倫法模擬。

$$SOC(t) = SOC(t_0) \pm \frac{\int_{t_0}^t I(t) dt}{Q_r} \quad (43)$$

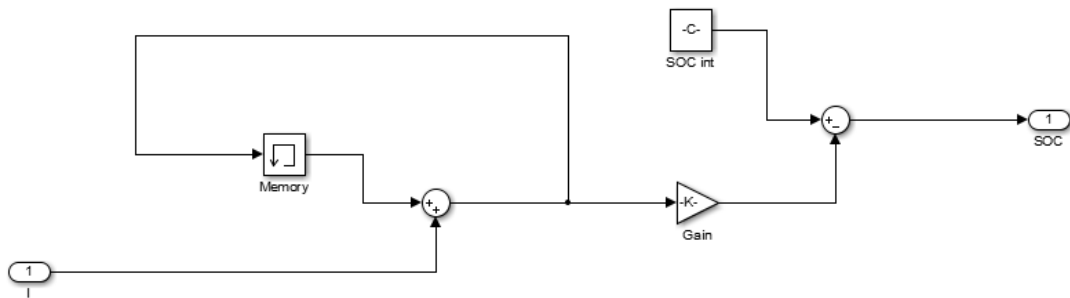


圖 24 Matlab/Simulink 庫倫法模擬

## 五、微電網之模擬

圖 25-30 活動中心與國小近三個月的用電量圖，紅色框框是 H 平均最大意指一個月中最大那一小時之用電量；藍色框框是 H 平均最小意指一個月中最小那一小時用電量。圖 25-27 活動中心用電之量四到六月份 H 平均最大分別為 3.64kW、9.68kW、9.68kW；H 平均最小分別為 0.06kW、0.4kW、0.4kW。圖 28-30 國小用電之量四到六月份 H 平均最大分別為 22.49kW、25.2kW、22.83kW；H 平均最小分別為 3.51kW、5.52kW、5.38kW。

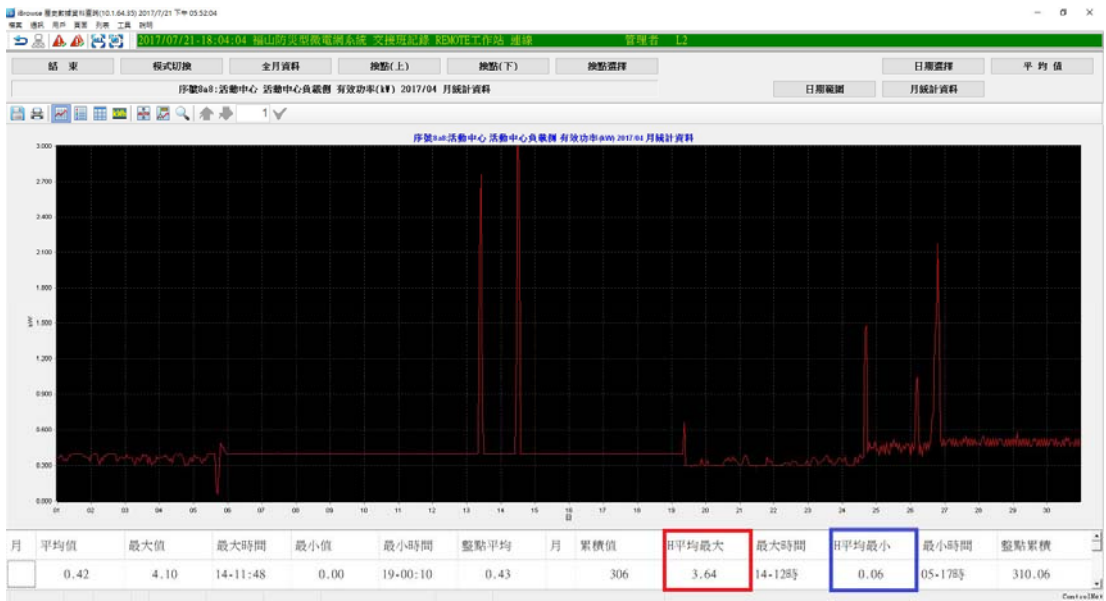


圖 25 活動中心四月份用電量

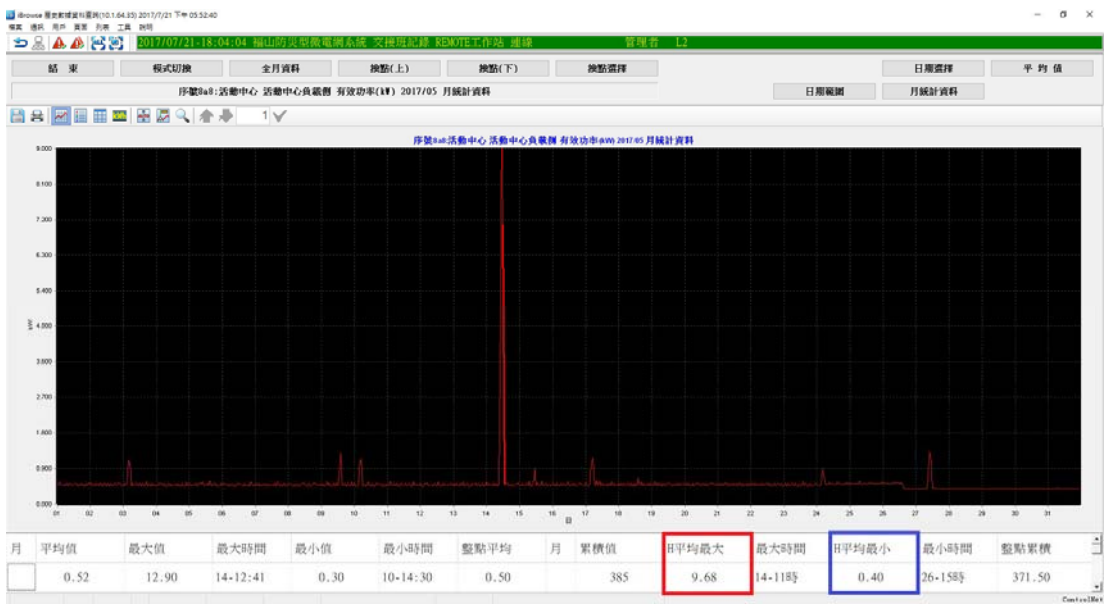


圖 26 活動中心五月份用電量

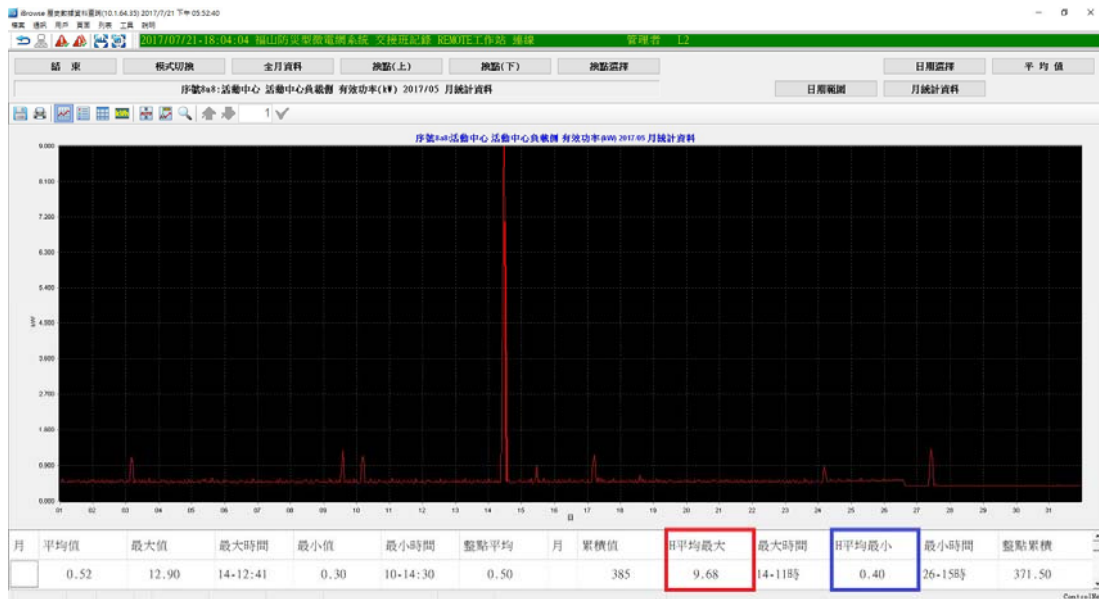


圖 27 活動中心六月份用電量



圖 28 國小四月份用電量



圖 29 國小五月份用電量



圖 30 國小六月份用電量

圖 31 社區微電網現場螢幕顯示，圖 32 利用 Matlab/Simulink 模擬軟體來模擬社區微電網，其中分散式電源有 PV 系統 20kW、6kW、3kW、儲能系統(ESS)、柴油發電機，模擬分為併網運轉模式與孤島運轉模式。



圖 31 社區微電網現場螢幕

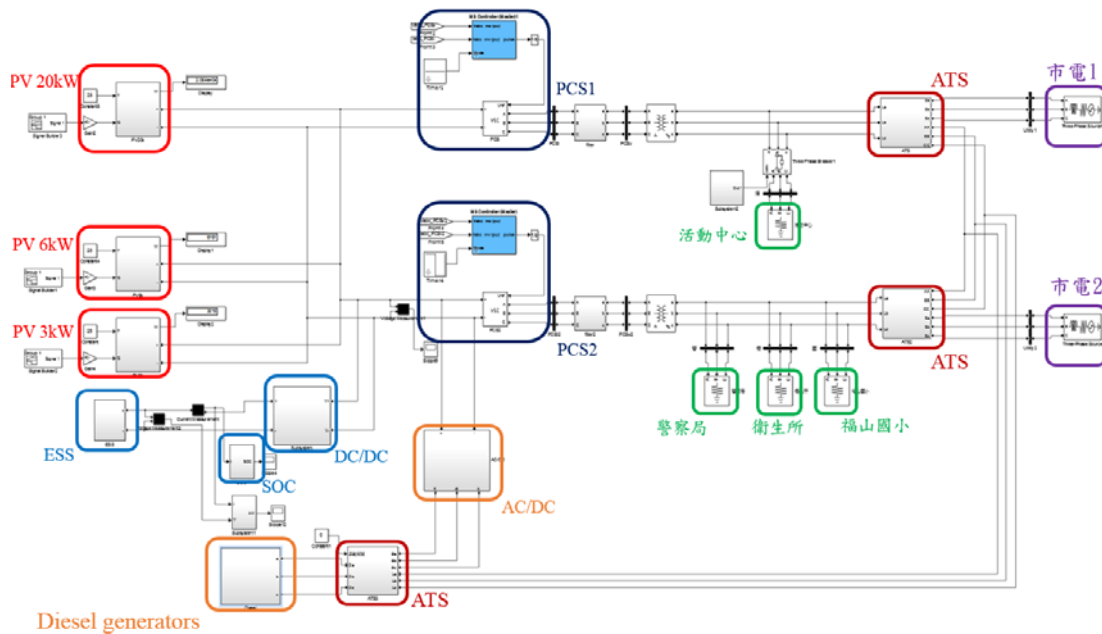


圖 32 Matlab/Simulink 社區微電網

微電網的動作說明：

併網運轉時，PCS 主要以 PCS2 來做 DC/AC 轉換，當 PCS2 損壞時就由 PCS1 代替，而 DC Bus 上之電壓由 DC/DC



converter 所控制；一開始分散式電源只有 PV 和儲能系統會動作，當儲能系統電量不足時，就會啟動柴油發電機經 AC/DC converter 對儲能系統充電。孤島運轉時，PCS 主要以 PCS2 來做 DC/AC 轉換，當 PCS2 損壞時就由 PCS1 代替；一開始分散式電源只有 PV 和儲能系統會動作，當儲能系統電量不足時，就會啟動柴油發電機經 AC/DC converter 對儲能系統充電。當如果 PV 與電池都無法正常運作時，柴油發電機就會直接對負載供電。

單位介紹：

此模擬之三相交流用標么值(pu)來表示，而基準電壓值為有效值 220 V、基準功率為 100 kW；直流電為實際值電壓與功率分別為 V 與 kW 表示。

### 5.1 併網運轉模式

併網運轉模式，市電與分散式電源(太陽能系統、儲能系統與柴油發電機)之併網，並且新增衛生所及警察局納入能源管理系統中。以及調整不同類型發電機裝置配比(尖峰負載特性、離峰負載特性)，讓能源調配更穩定與經濟價值。

#### 5.1.1 調整不同類型發電裝置配比(離峰負載特性)

(一) Case 1a 日照充足時，PV 產生的能源大於負載，多餘的能源存入儲能系統

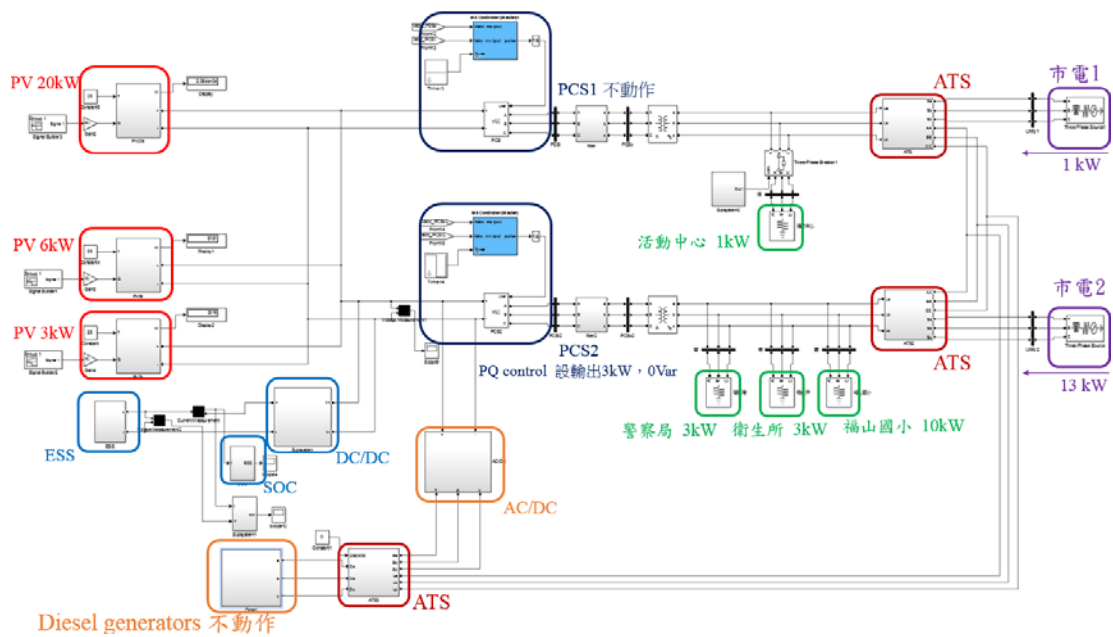


圖 33 Matlab/Simulink Case 1a 動作說明

如圖 33，此章節模擬假日離峰負載特性，負載分別為活動中心 1kW(0.01 pu) 如圖 34-35 所示、國小 10kW(0.1 pu) 如圖 36-37 所示、警察局與衛生所各為 3kW(0.03 pu) 如圖 38-41 所示。假設當日日照充足( $1000 \text{ W/m}^2$ )時如圖 42 所示，PV 所產生的功率分別為 20.5kW、6.15kW、3 kW(共 29.65 kW) 如圖 43-45 所示。依現況設定 PCS1 不動作如圖 46-47 所示、PCS2 做 PQ 控制設定輸出功率為 3 kW(0.03 pu) 如圖 48-49 所示，分散式電源共供應 3 kW(0.03 pu)給負載，剩餘 26kW 之能量會存入儲能系統裡如圖 50-51 所示。由於分散式電源只提供 3kW(0.03 pu)給負載，所以剩餘的負載需求由市電提供。因 PCS1 不動作，所以活動中心 1kW(0.01 pu)由市電 1 提供如圖 52-53 所示；國小、警察局與衛生所共 16kW(0.16 pu)，分散式電源經 PCS2 供應 3kW(0.03 pu)給負載，剩餘 13 kW(0.13 pu)由市電 2 提供如圖 54-55 所示。DC Bus 上之電壓由 DC/DC converter 所控制電壓為 400V 如圖

56 所式，圖 57 為系統頻率。

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

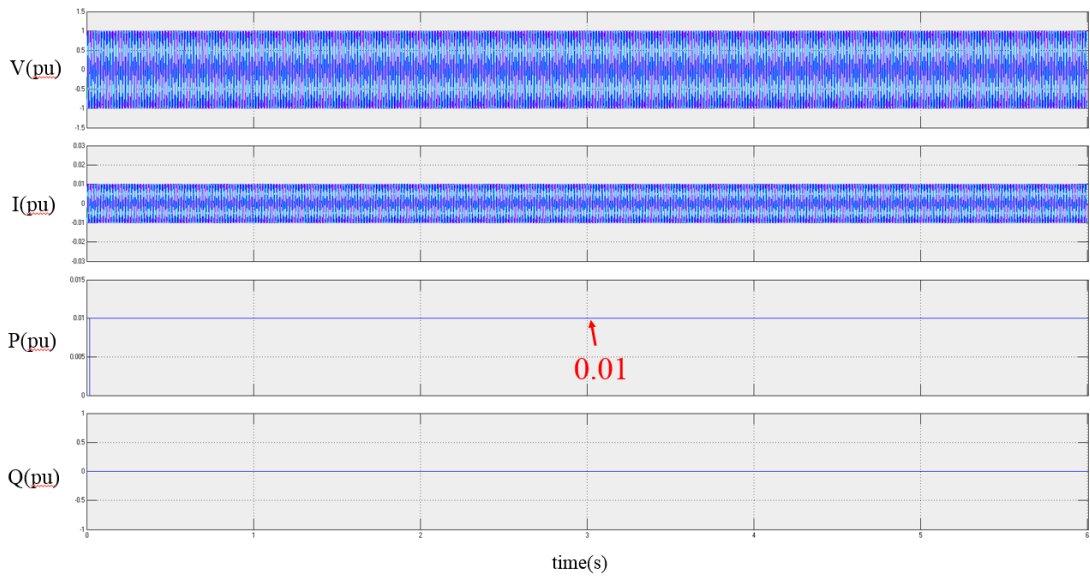


圖 34 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

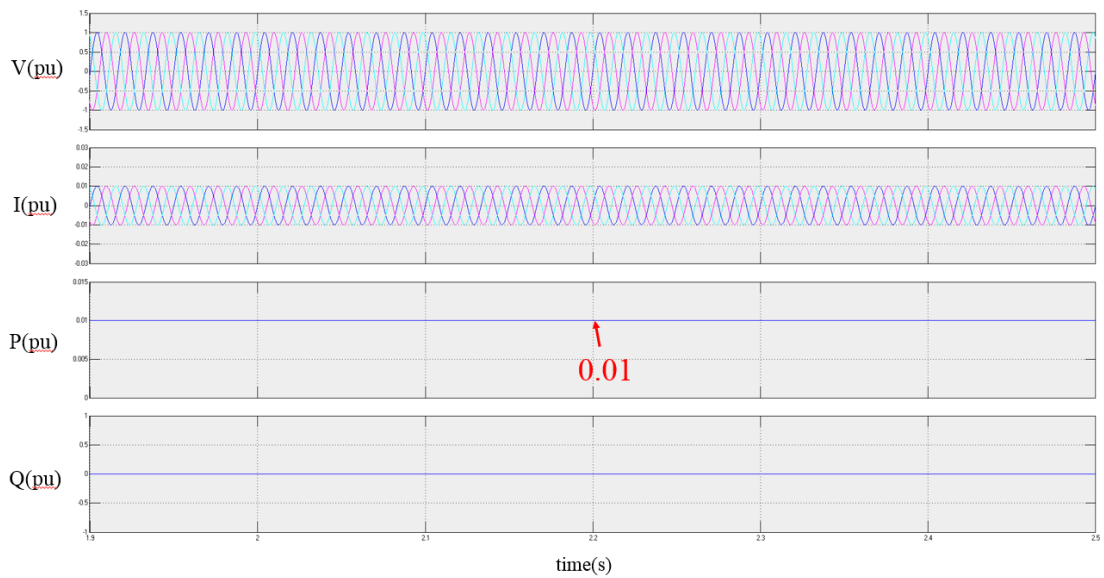


圖 35 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

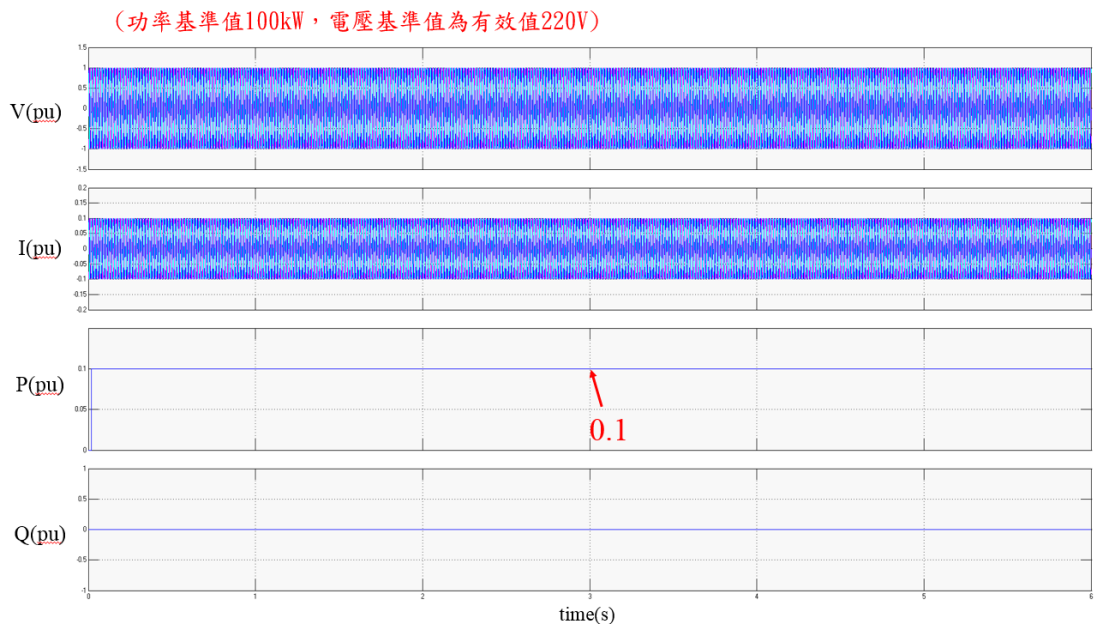


圖 36 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

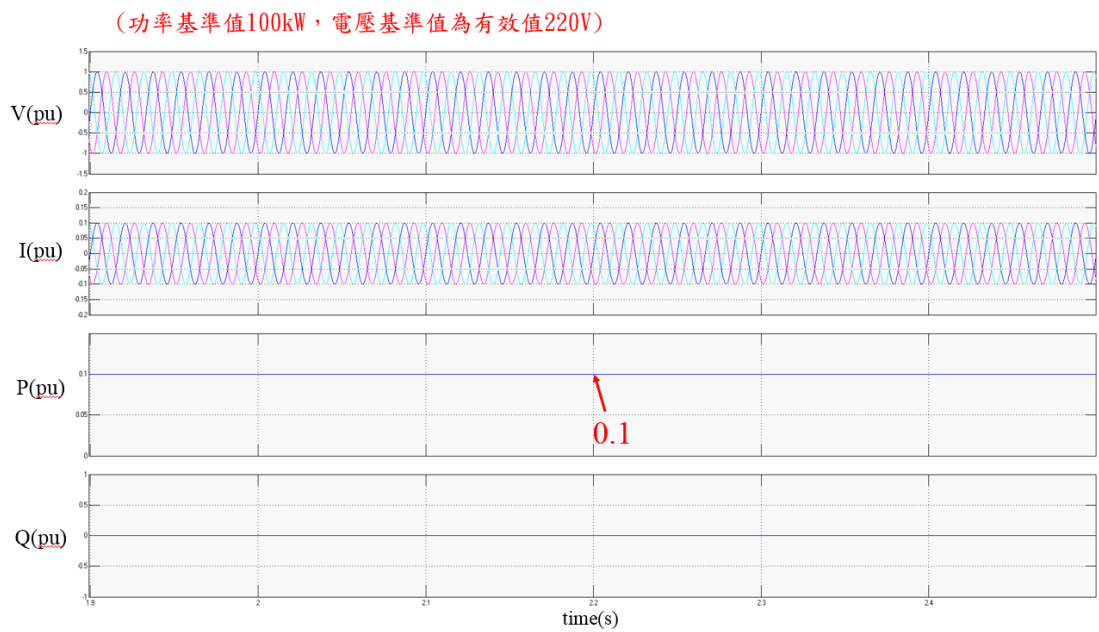


圖 37 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

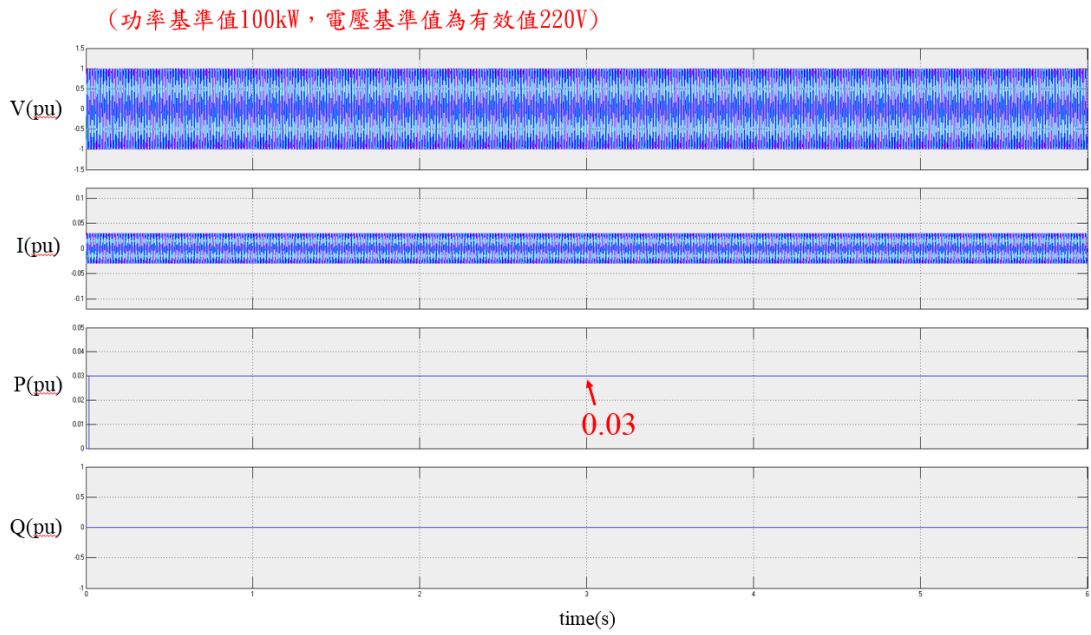


圖 38 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

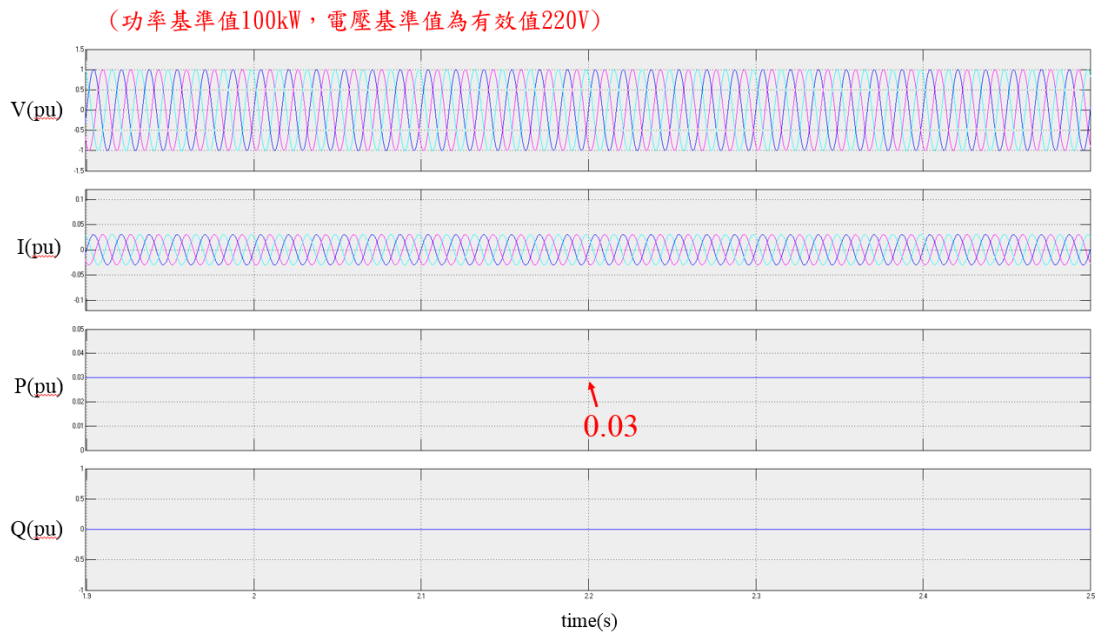


圖 39 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

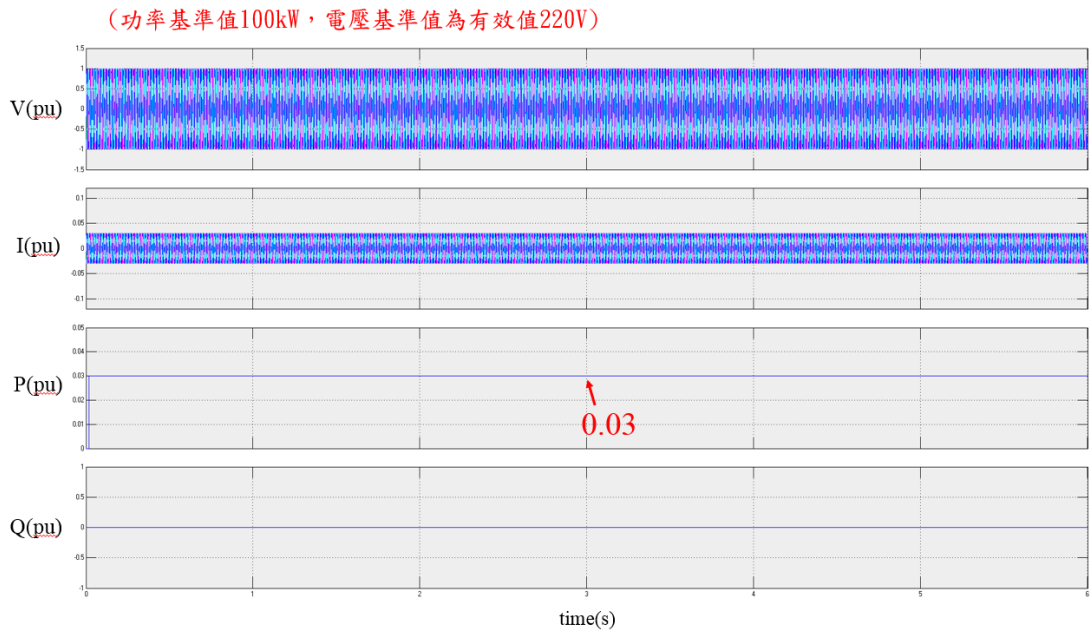


圖 40 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

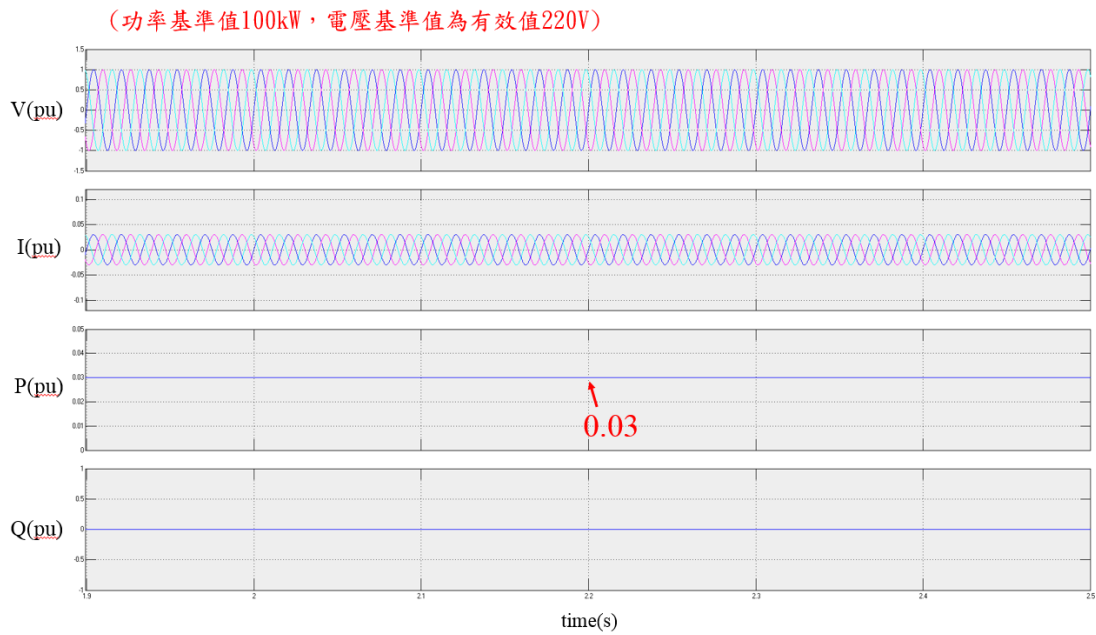


圖 41 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

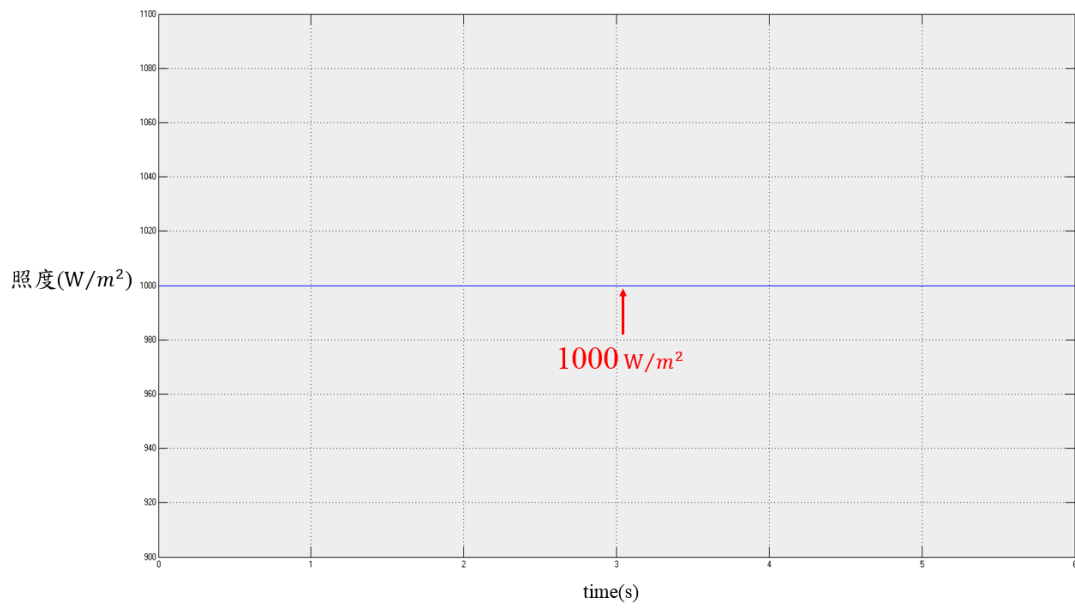


圖 42 當日日照

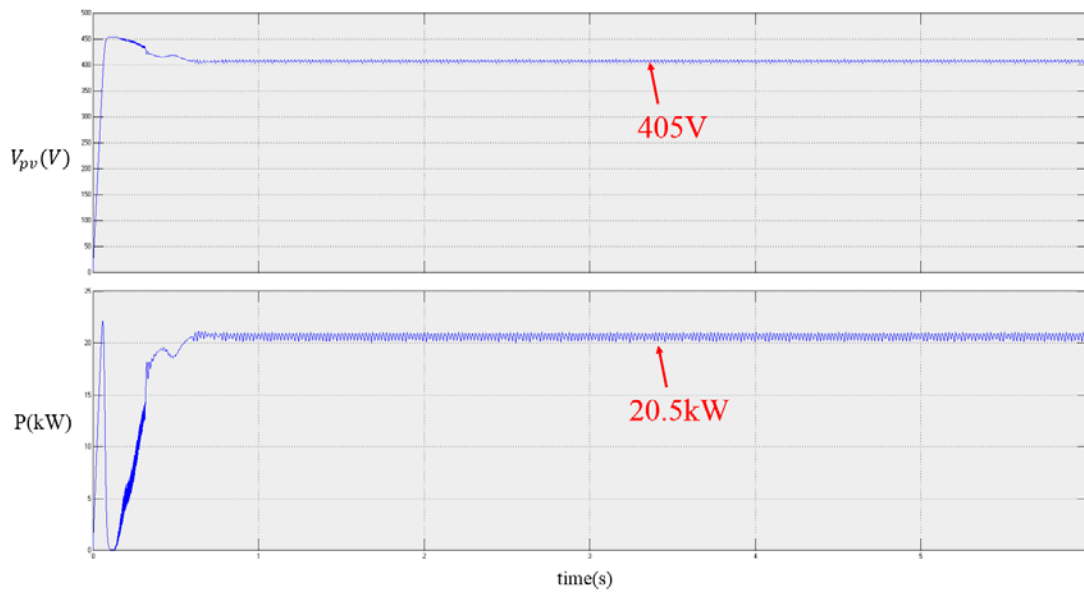


圖 43 PV20kW 電壓、功率模擬圖

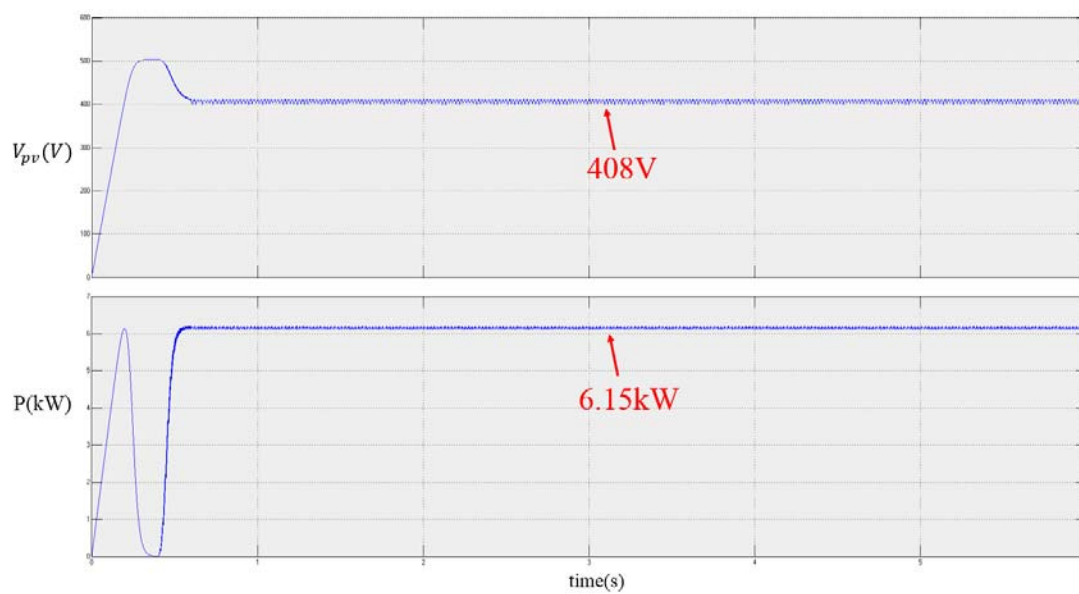


圖 44 PV6kW 電壓、功率模擬圖

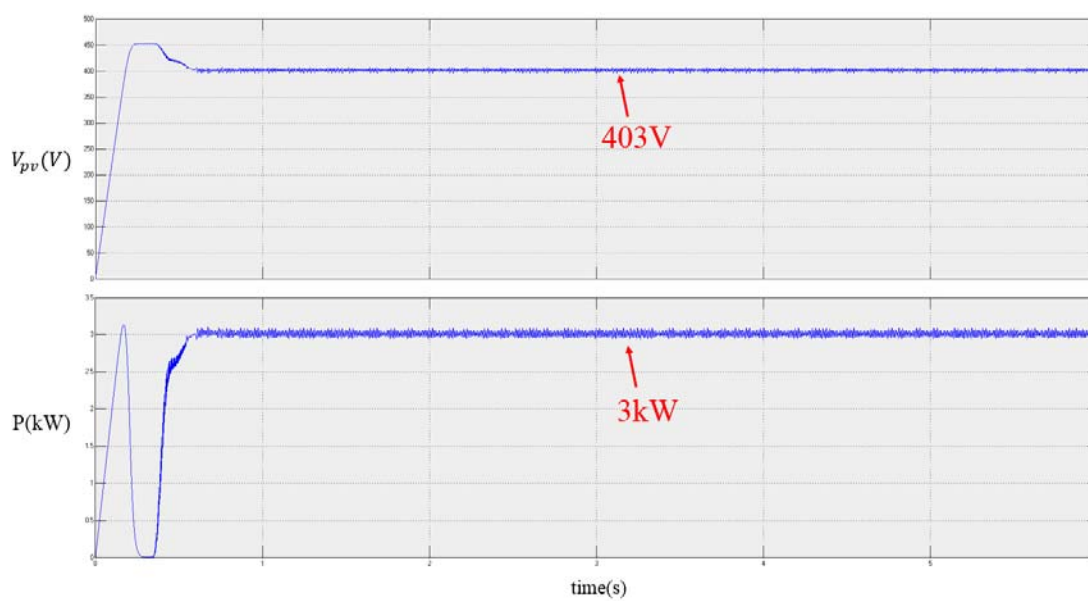


圖 45 PV3kW 電壓、功率模擬圖



(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

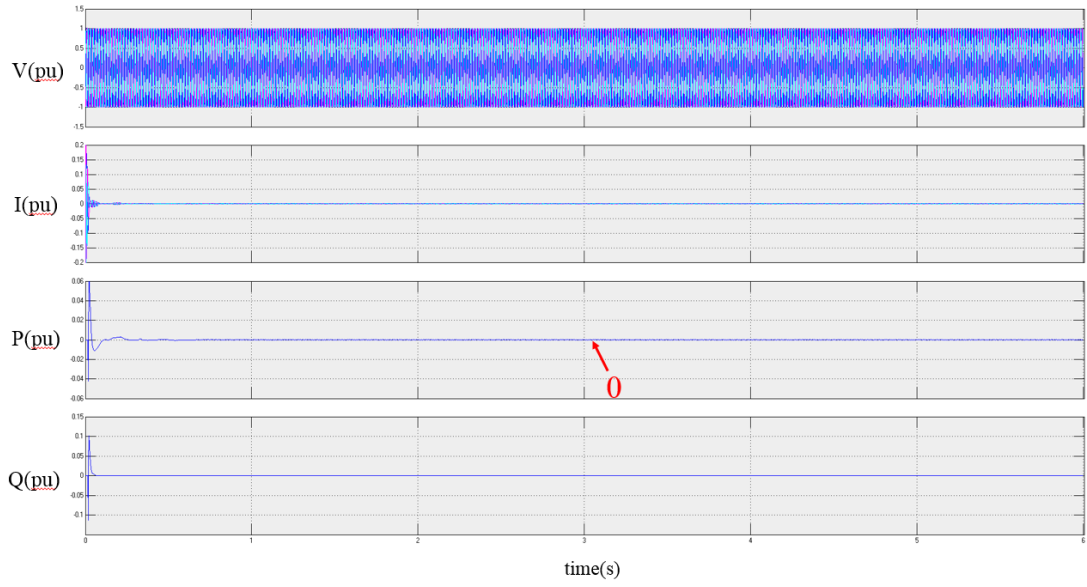


圖 46 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

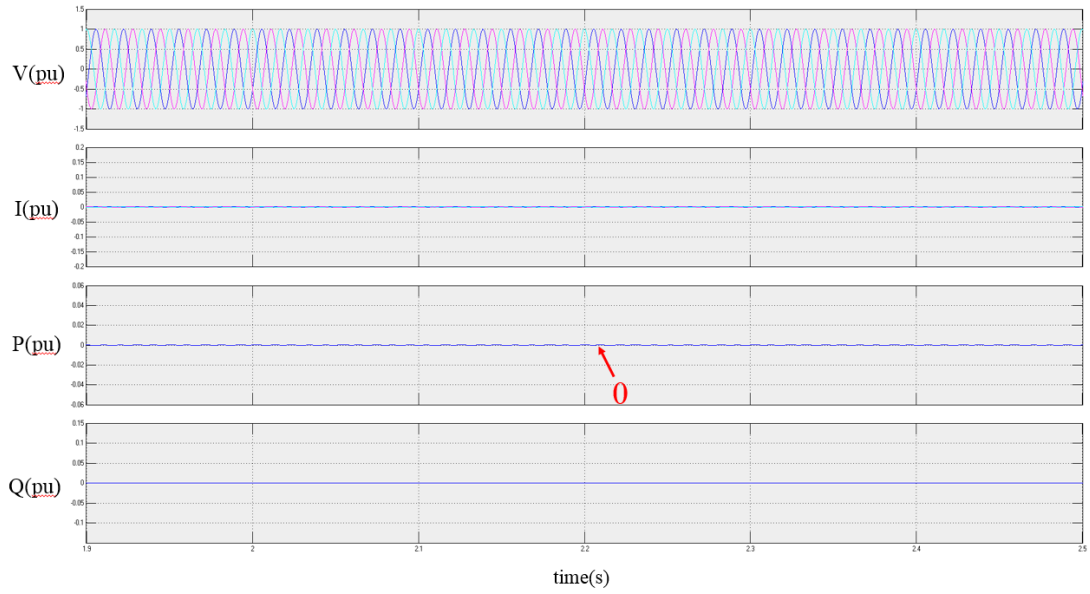


圖 47 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

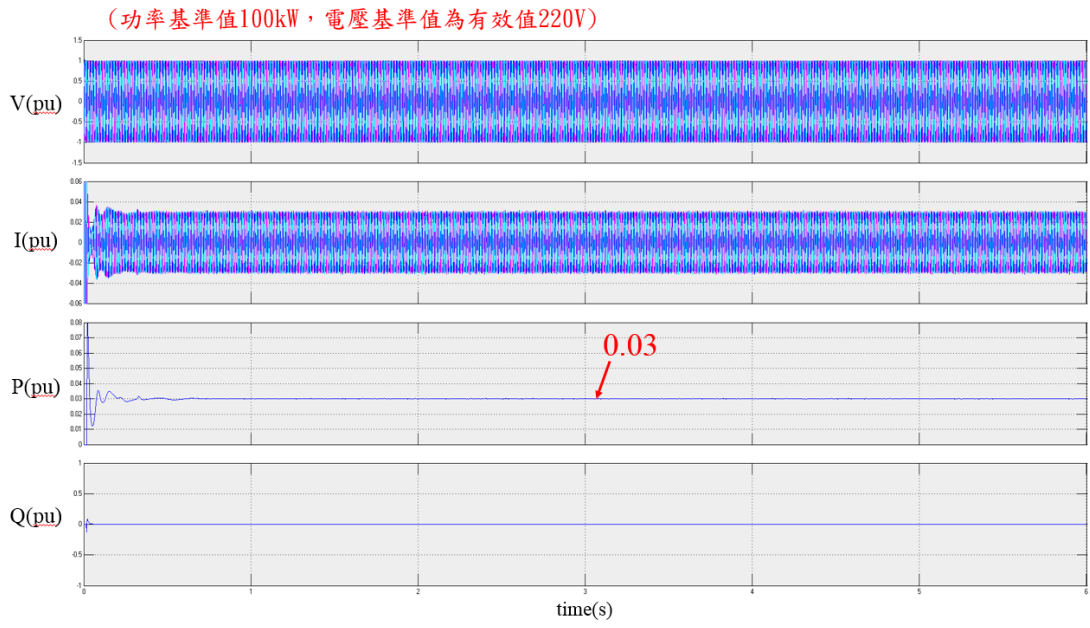


圖 48 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

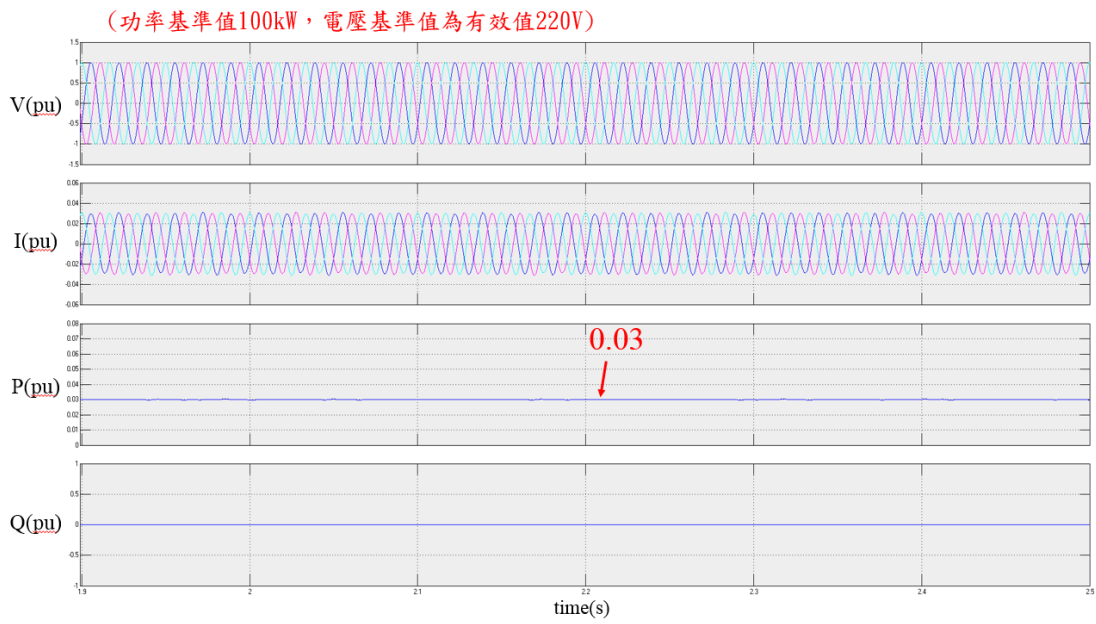


圖 49 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

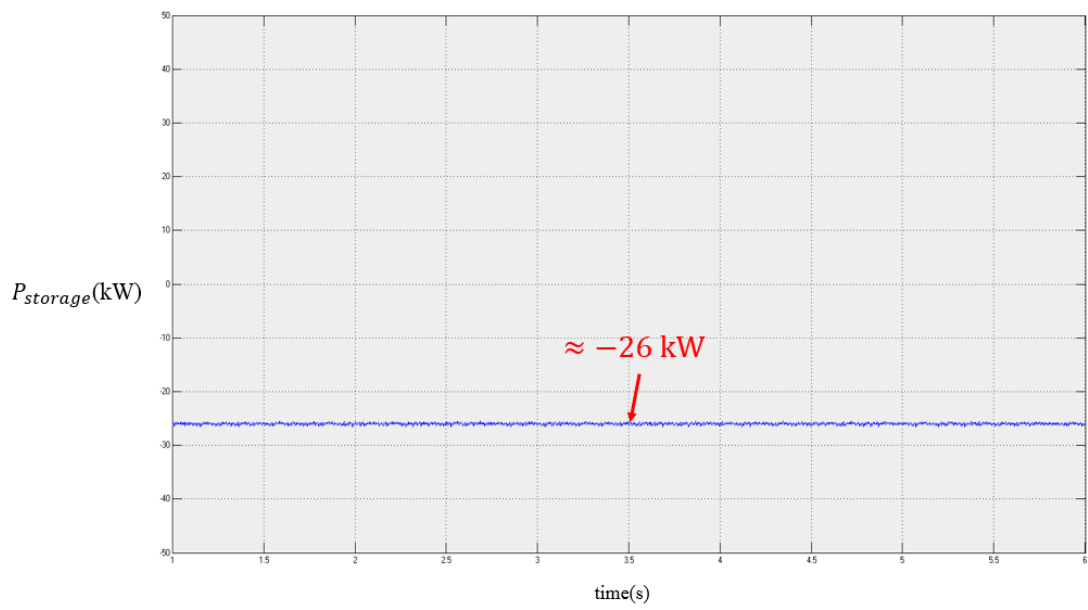


圖 50 儲能系統充放電功率

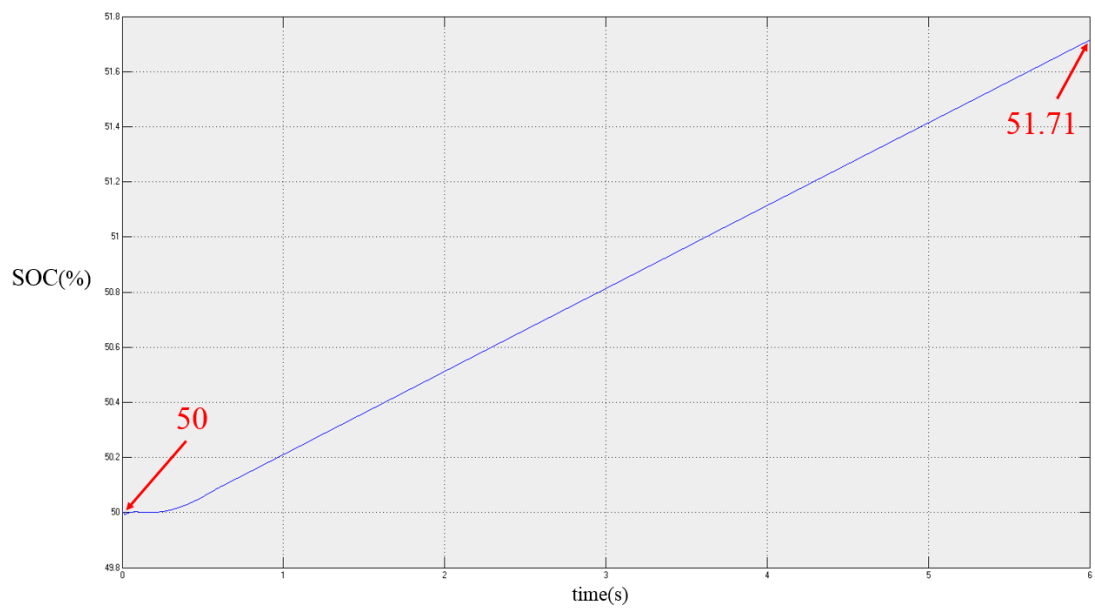


圖 51 儲能系統之 SOC

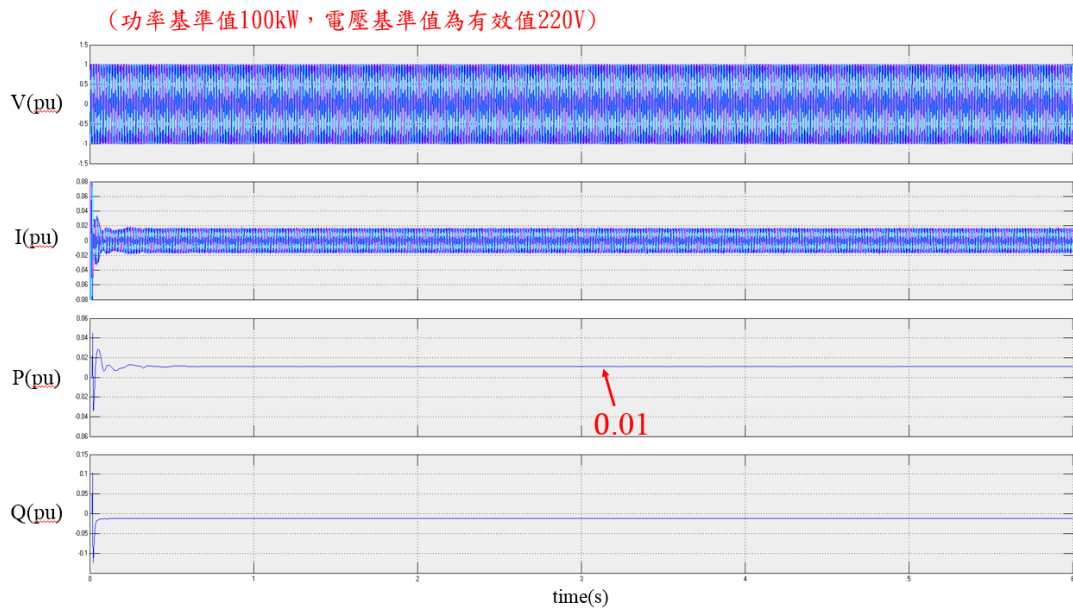


圖 52 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

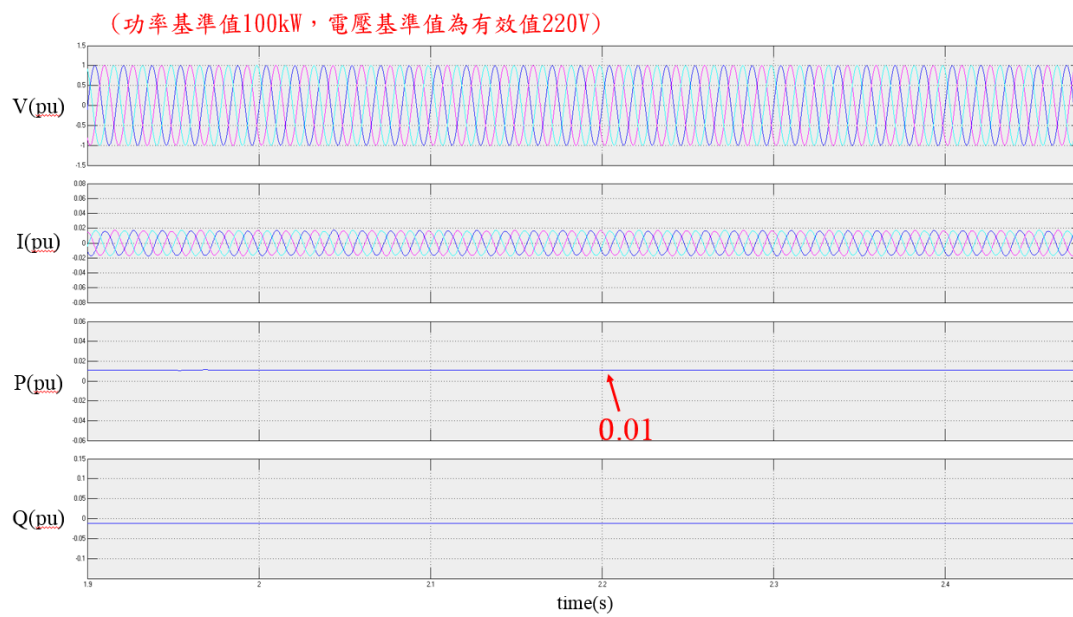


圖 53 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

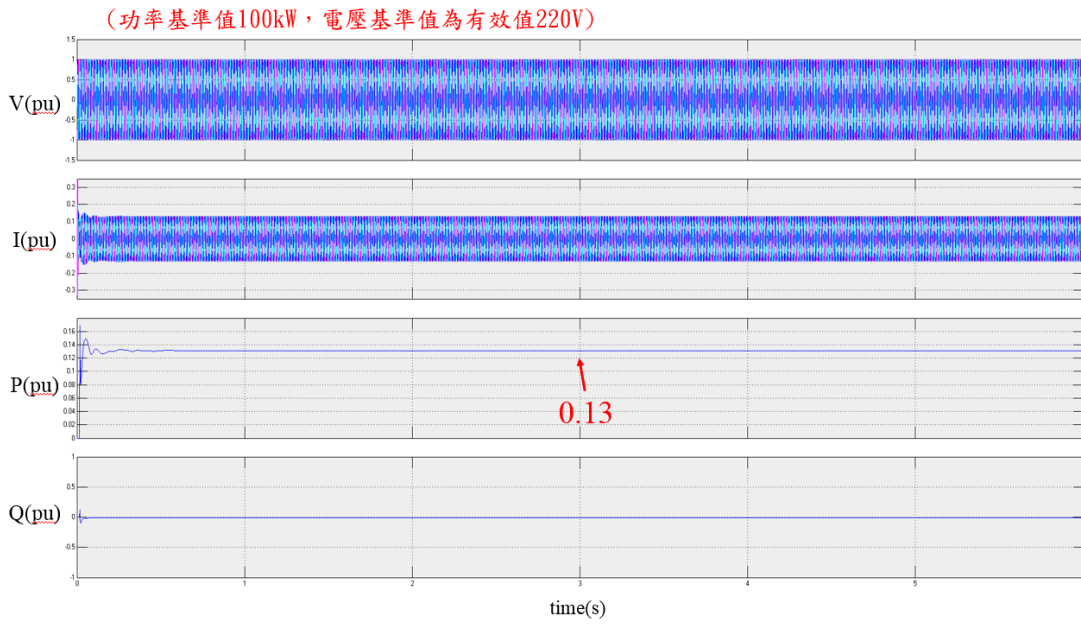


圖 54 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

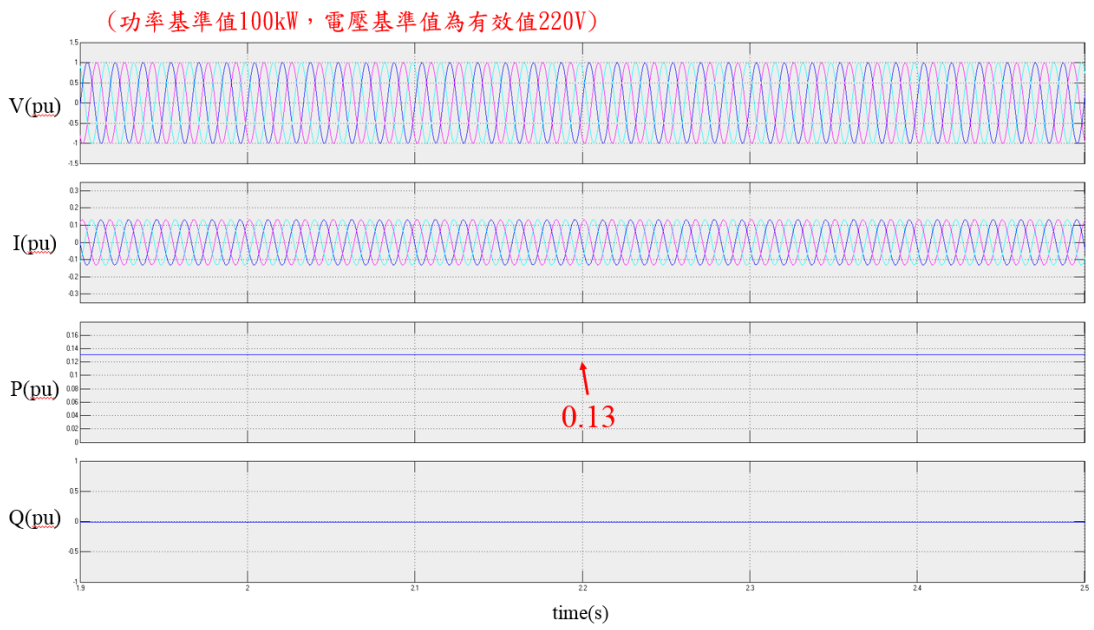


圖 55 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

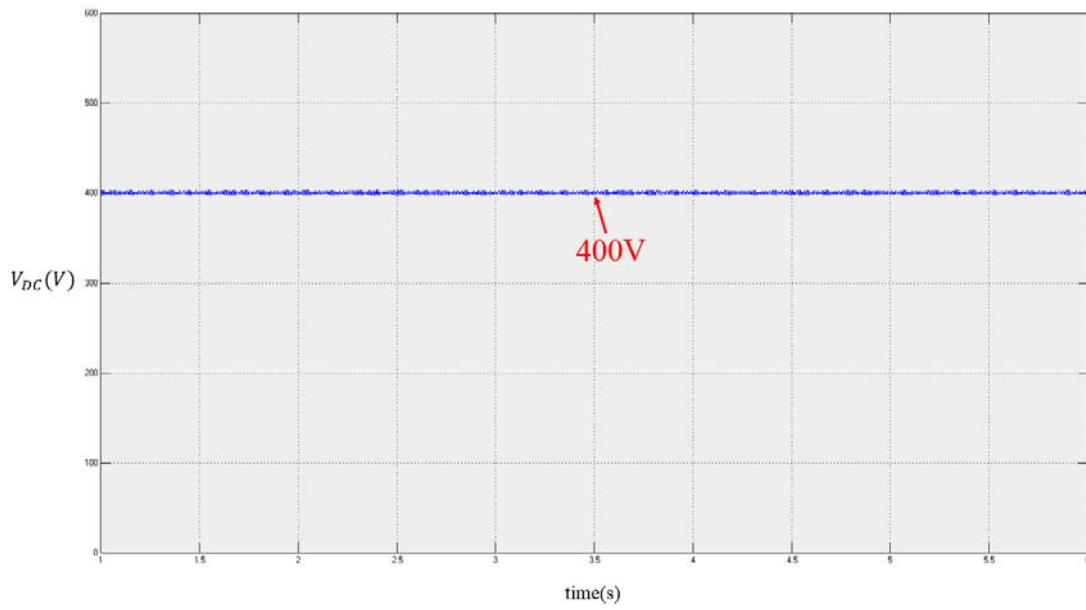


圖 56 DC Bus 之電壓

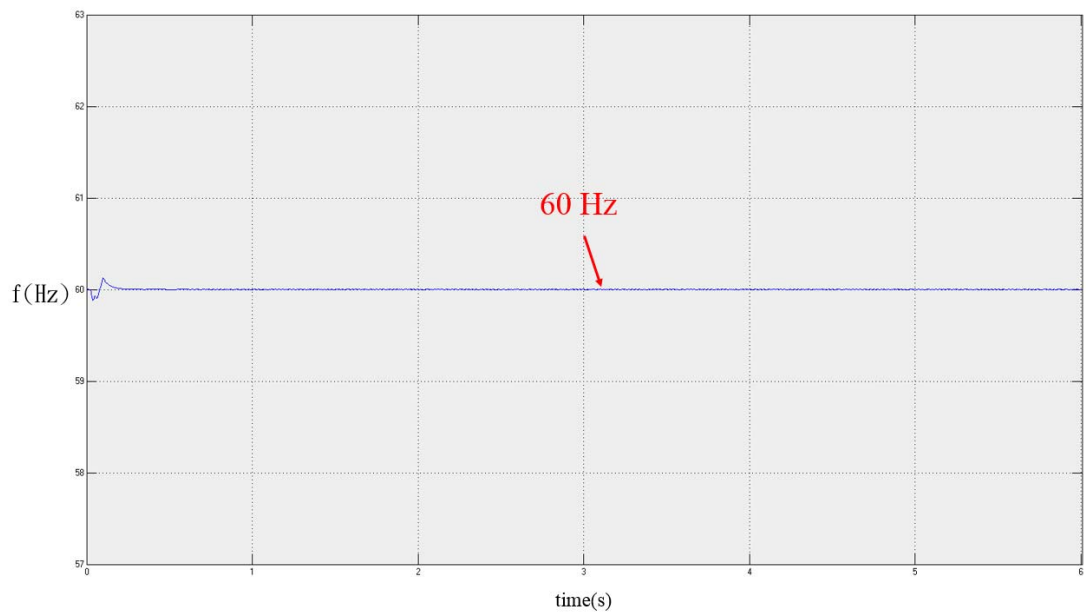


圖 57 系統頻率

心得:

Csae 1a 說明了，併網時 PCS2 可以有效提供功率給負載來減輕市電端供電之壓力。PV 產生之功率大於負載之需求時，系統會對儲能系統進行充電，儲能系統會因電量上升造

成端電壓上升而影響 DC bus 之電壓不穩定，所以在電池前端加入雙方向 DC/DC converter 來穩定 DC bus 上我們想要之電壓。

(二) Case 1b 日照變化時，PV 產生的能源大於負載，多餘的能源存入儲能系統

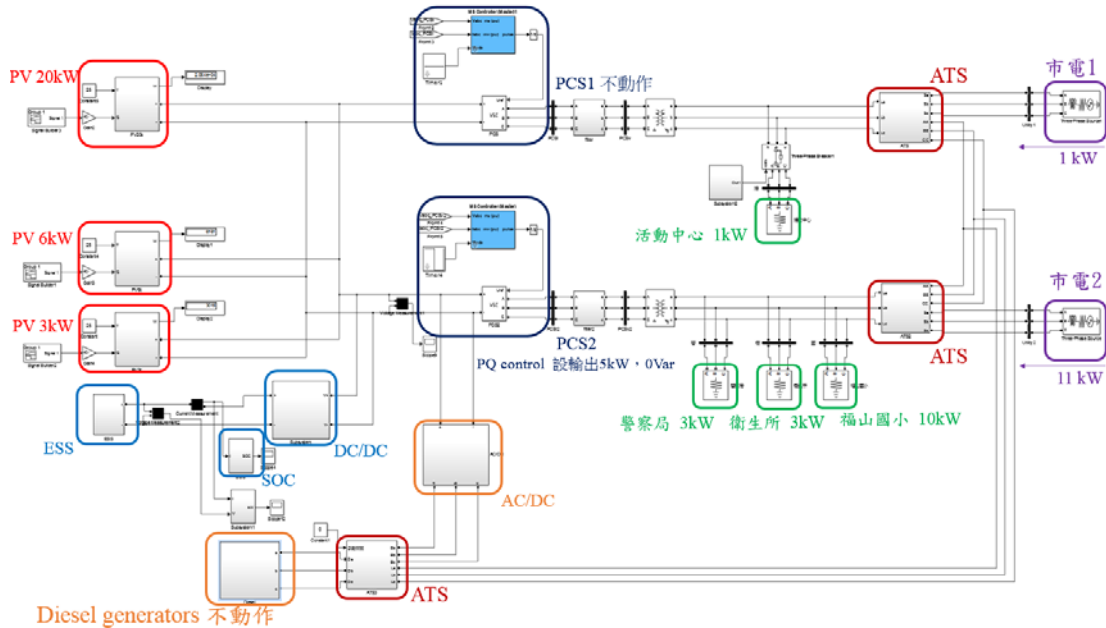


圖 58 Matlab/Simulink Case 1b 動作說明

如圖 58 所示，此章節模擬假日離峰負載特性和日照變化( $1000 \text{ W/m}^2 \rightarrow 750 \text{ W/m}^2 \rightarrow 1000 \text{ W/m}^2$ )，負載分別為活動中心 1kW(0.01 pu) 如圖 59-60 所示、國小 10kW(0.1pu) 如圖 61-62 所示、警察局與衛生所各為 3kW(0.03 pu) 如圖 63-66 所示。先假設日照充足( $1000 \text{ W/m}^2$ )，2 秒到 4 秒日照降到  $750 \text{ W/m}^2$ ，4 秒後日照回到  $1000 \text{ W/m}^2$  如圖 67 所示；PV 所產生的功率分別為 20.5 kW、6.15 kW、3 kW(共 29.65kW)，2 秒到 4 秒 PV 所產生的功率分別為 12.2 kW、6.15 kW、1.81 kW(共 18.36kW)，4 秒後 PV 所產生的功率分別為

20.5 kW、6.15 kW、3 kW(共 29.65kW)如圖 68-70 所示。依現況設定 PCS1 不動作如圖 71-72 所示、PCS2 做 PQ 控制設定輸出功率為 5 kW(0.05 pu) 如圖 73-74 所示，所以分散式電源共供應 5 kW(0.05 pu)給負載。2 秒前和 4 秒後 PV 供應 29kW，剩餘 24kW 之能量會存入儲能系統裡如圖 75-76(2 秒前和 4 秒後)所示；2 秒到 4 秒因日照降，PV 供應較少之能源( $\approx 18\text{kW}$ )，所以存入儲能系統能量減少( $\approx 13\text{kW}$ ) 如圖 75-76(2 秒到 4 秒)所示。由於分散式電源只提供 5kW(0.05 pu)給負載，所以剩餘的負載需求由市電提供。因 PCS1 不動作，所以活動中心 1kW(0.01 pu)由市電 1 提供如圖 77-78 所示；國小、警察局與衛生所共 16kW(0.16 pu)，分散式電源經 PCS2 供應 5kW(0.05pu)給負載，剩餘 11kW(0.11 pu)由市電 2 提供如圖 79-80 所示。DC Bus 上之電壓由 DC/DC converter 所控制電壓為 400V 如圖 81 所式，圖 82 為系統頻率。

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

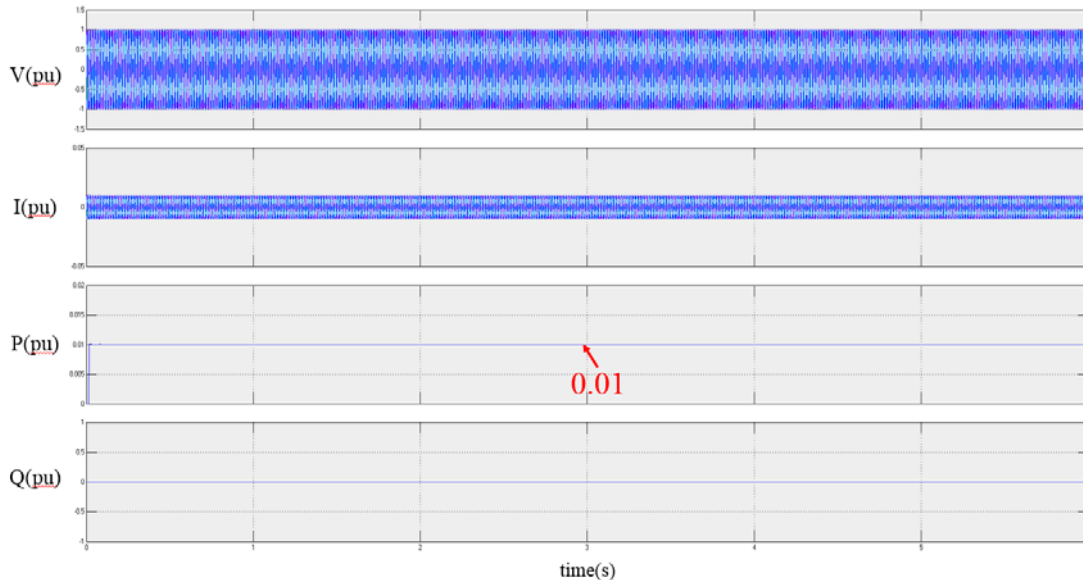


圖 59 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖



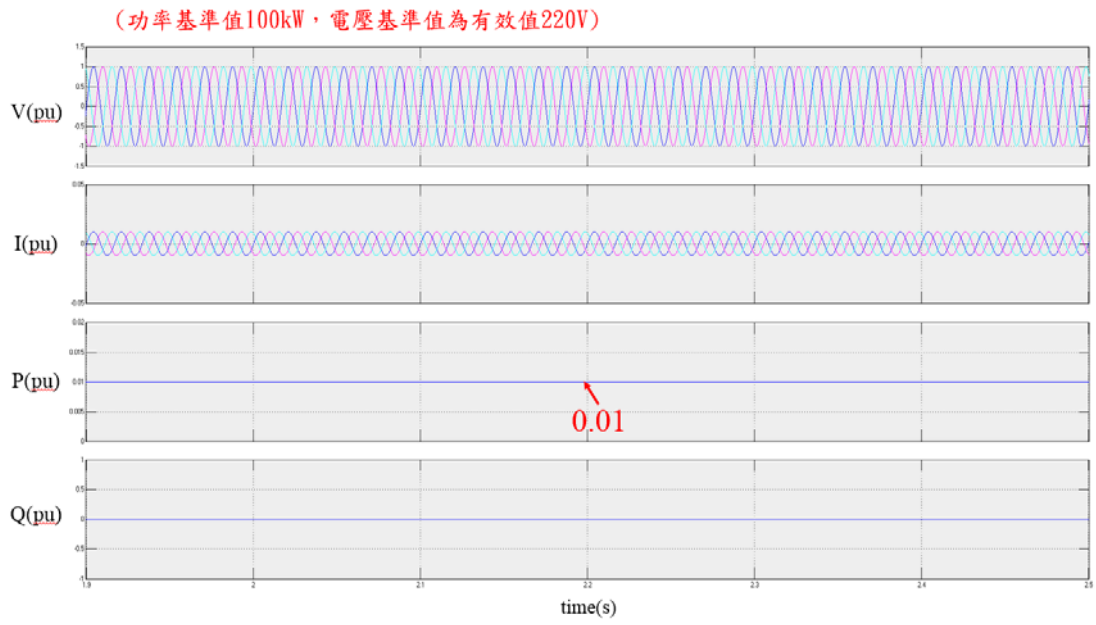


圖 60 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

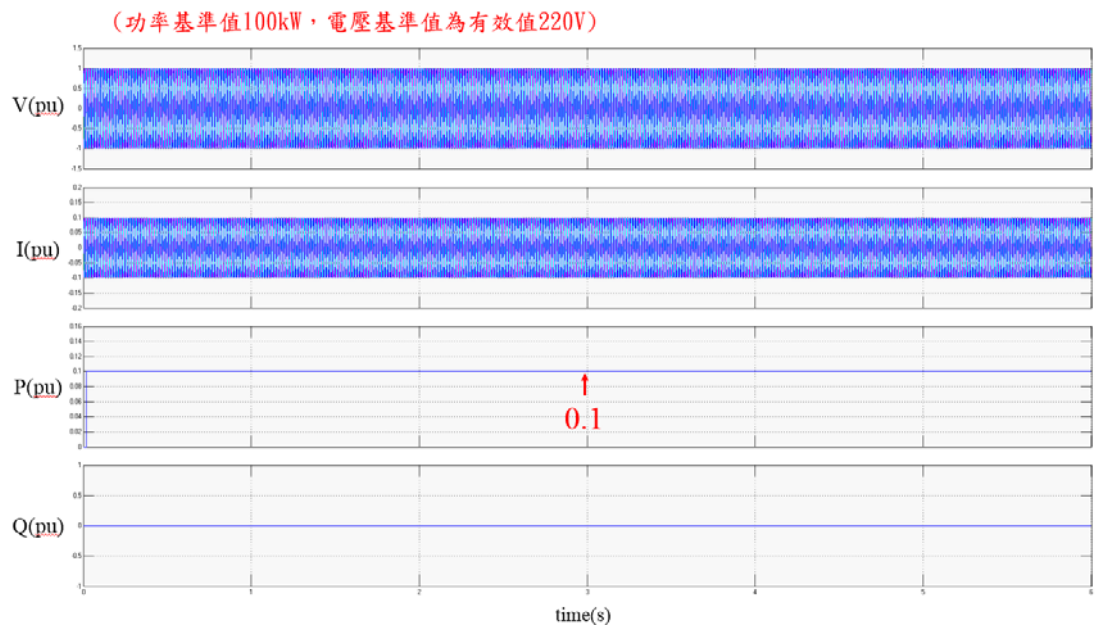


圖 61 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

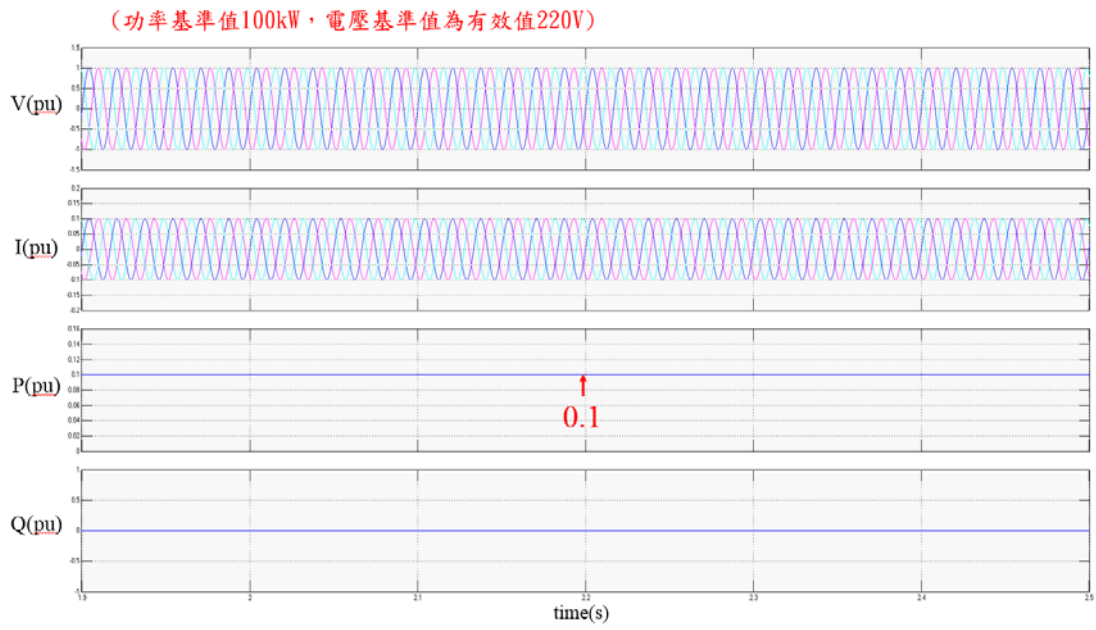


圖 62 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

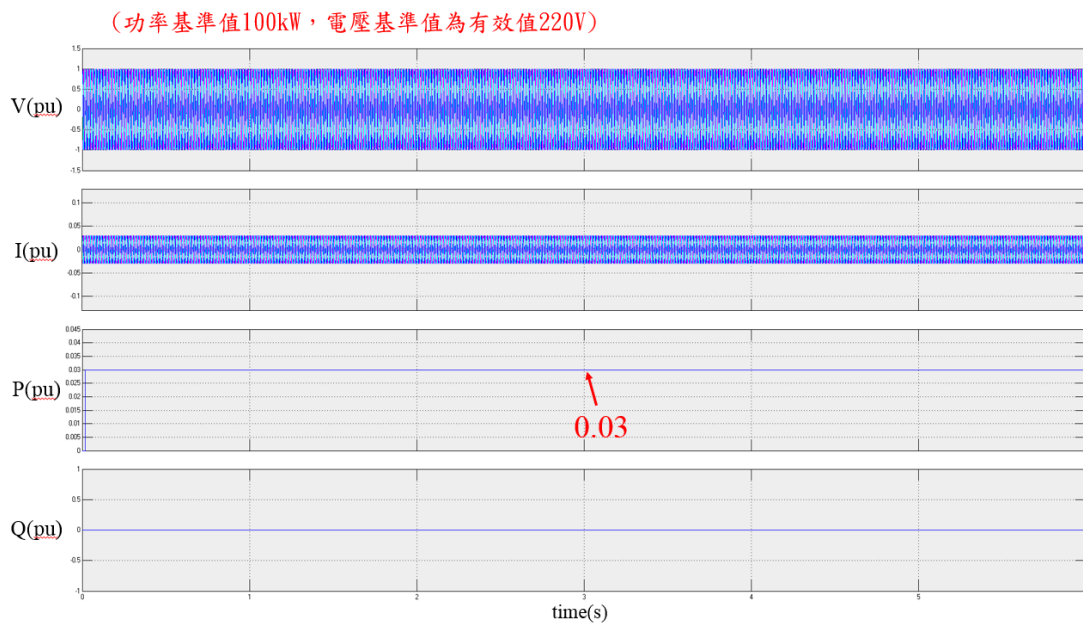


圖 63 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

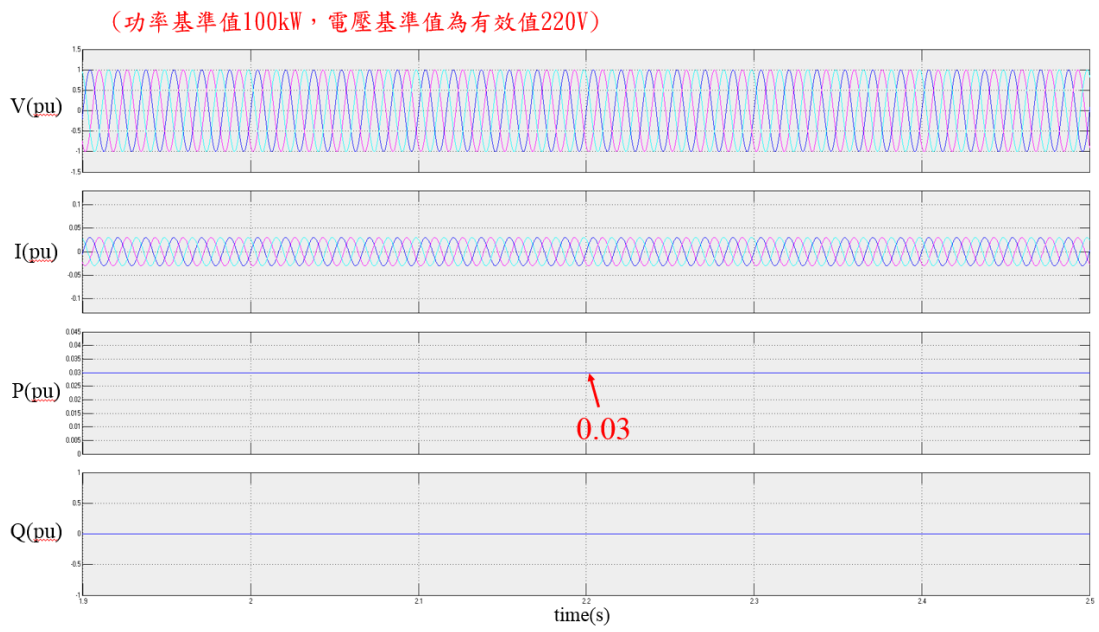


圖 64 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

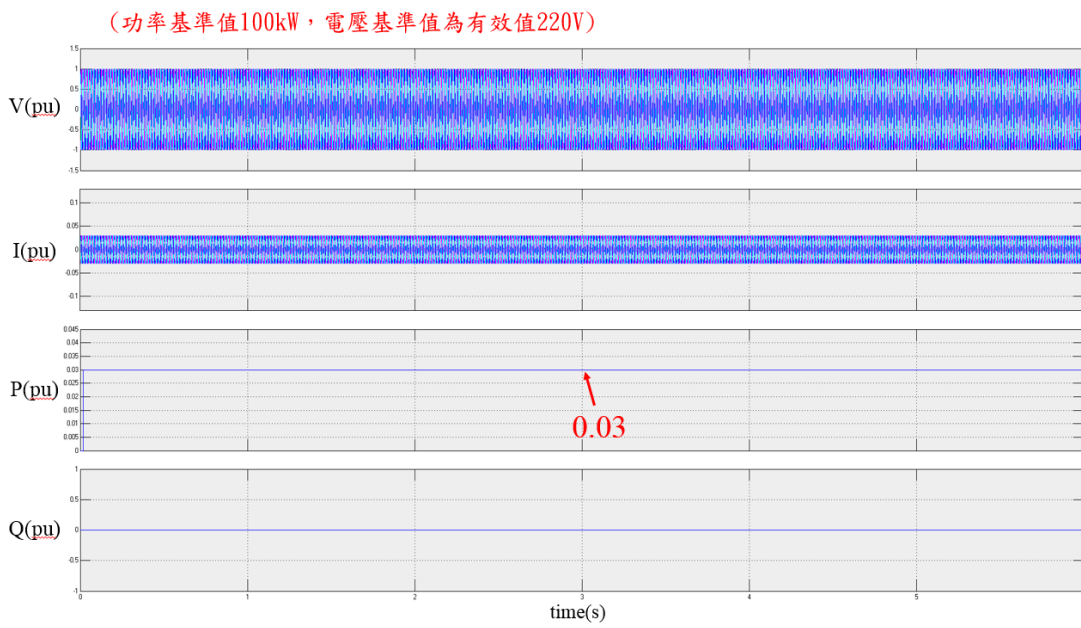


圖 65 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

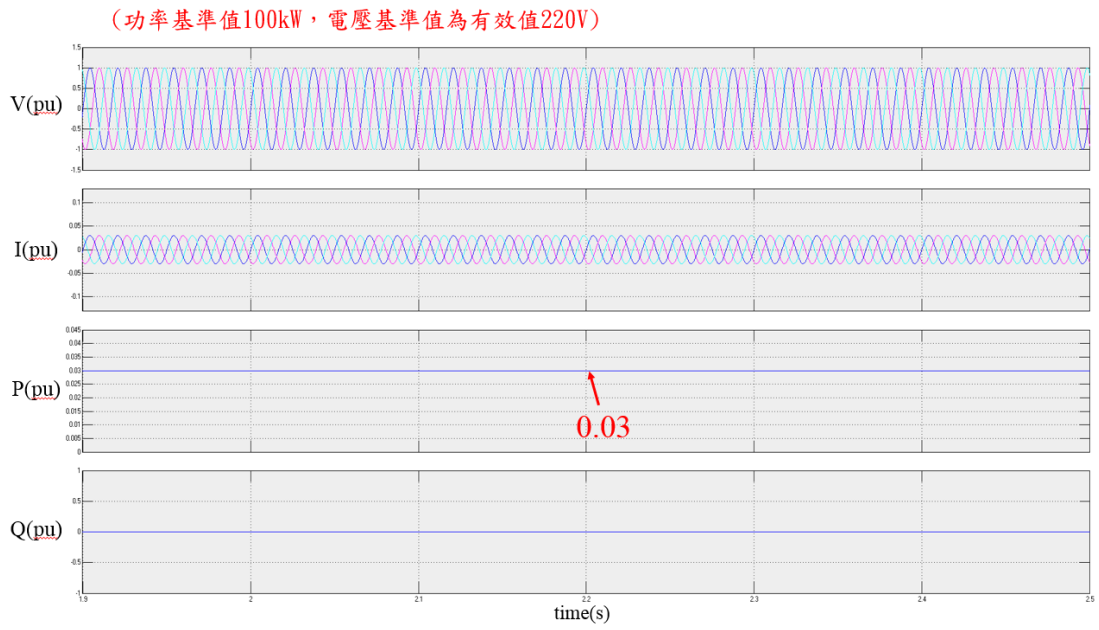


圖 66 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

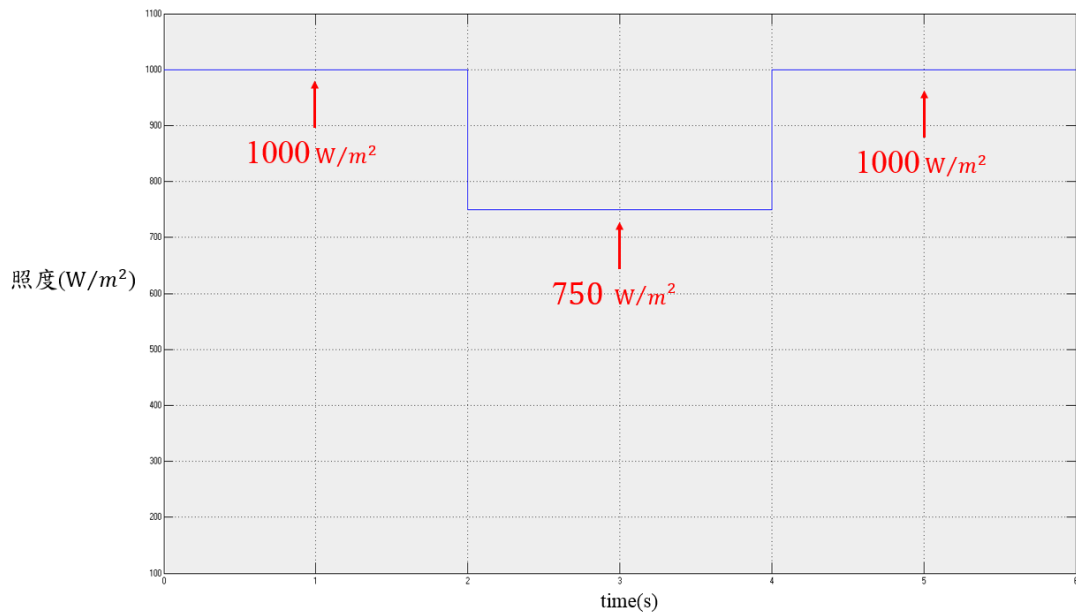


圖 67 當日日照

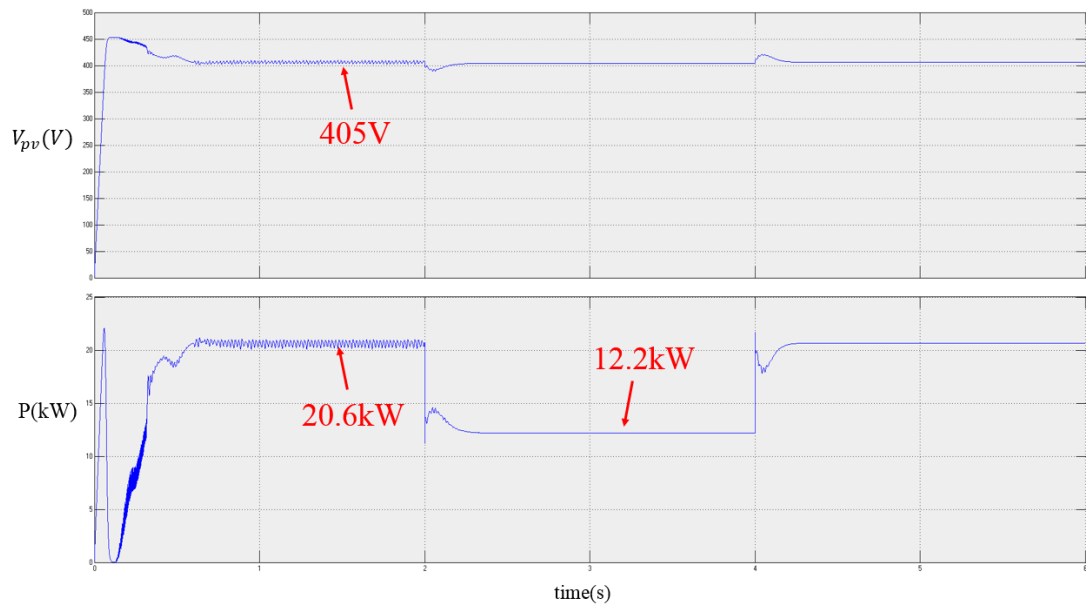


圖 68 PV20kW 電壓、功率模擬圖

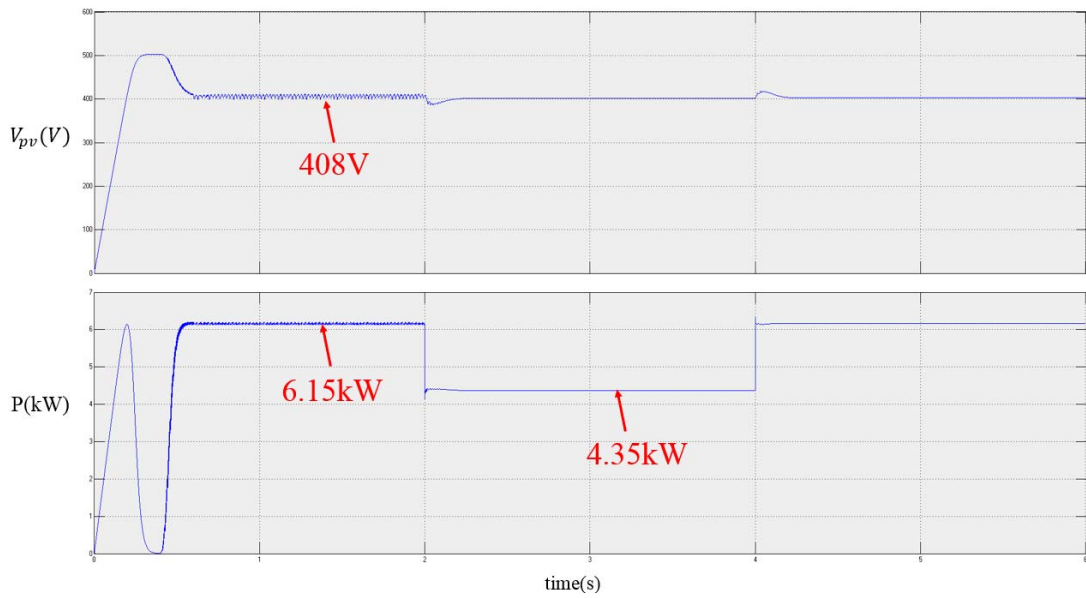


圖 69 PV6kW 電壓、功率模擬圖

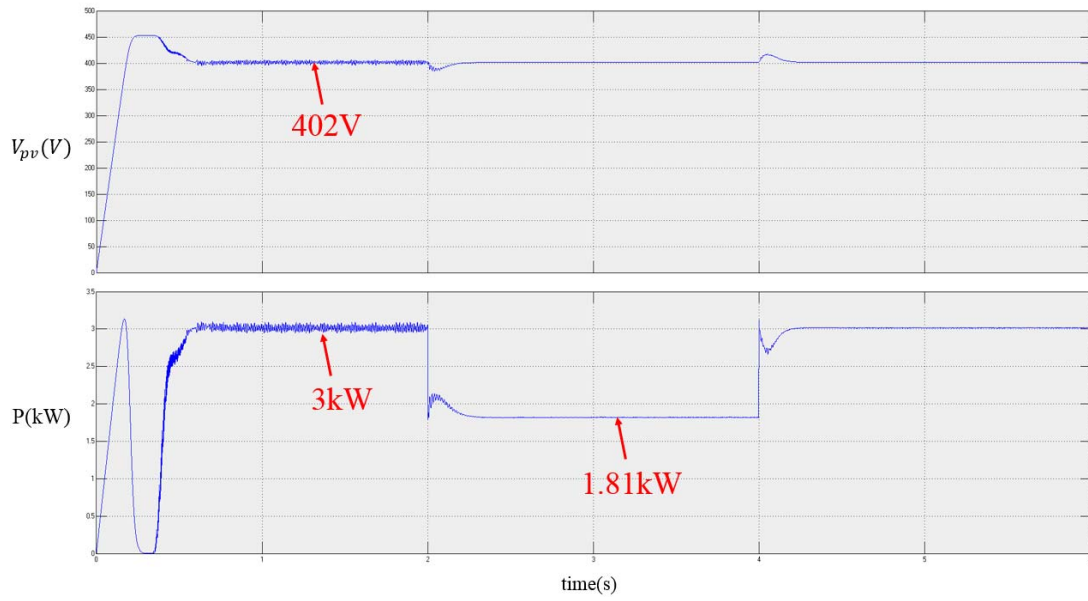


圖 70 PV3kW 電壓、功率模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

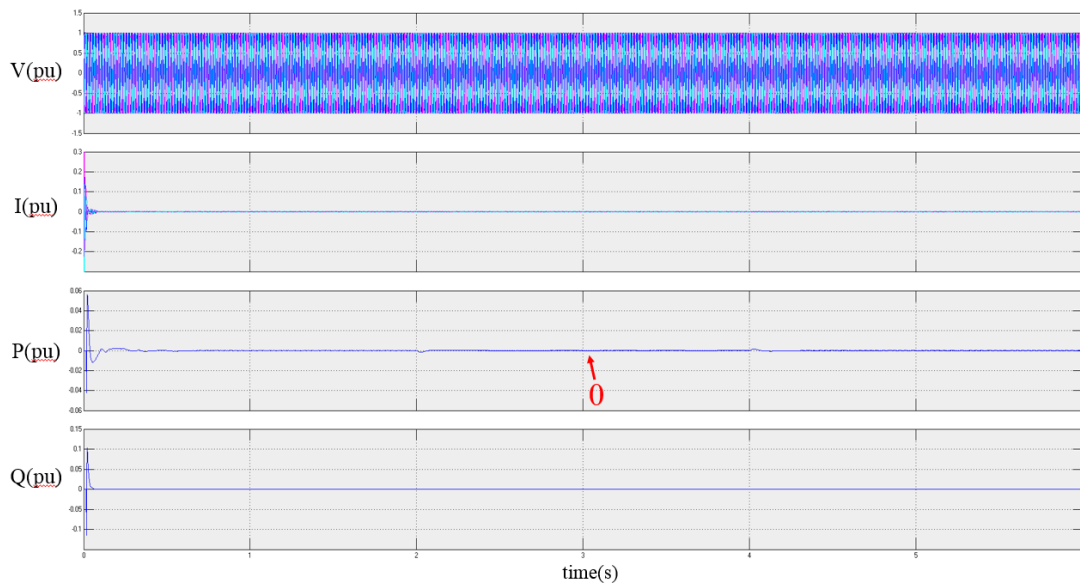


圖 71 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

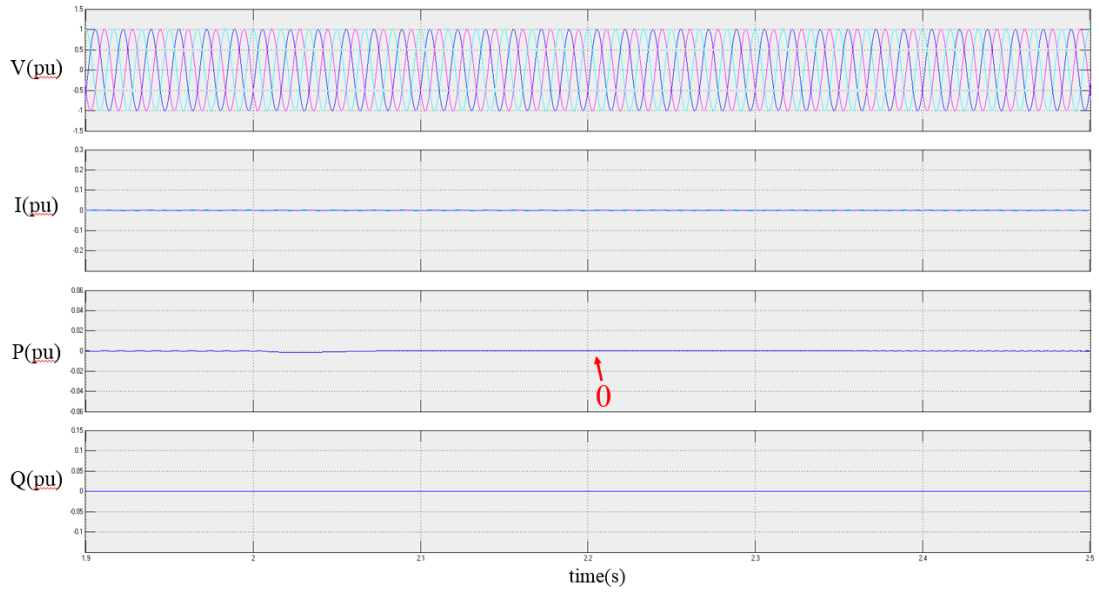


圖 72 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

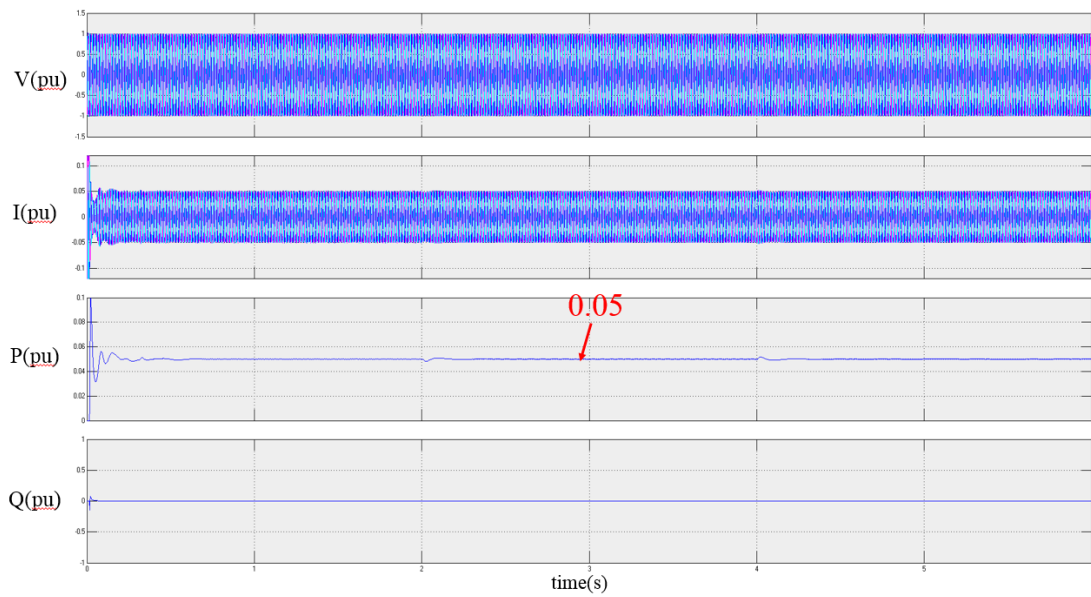


圖 73 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

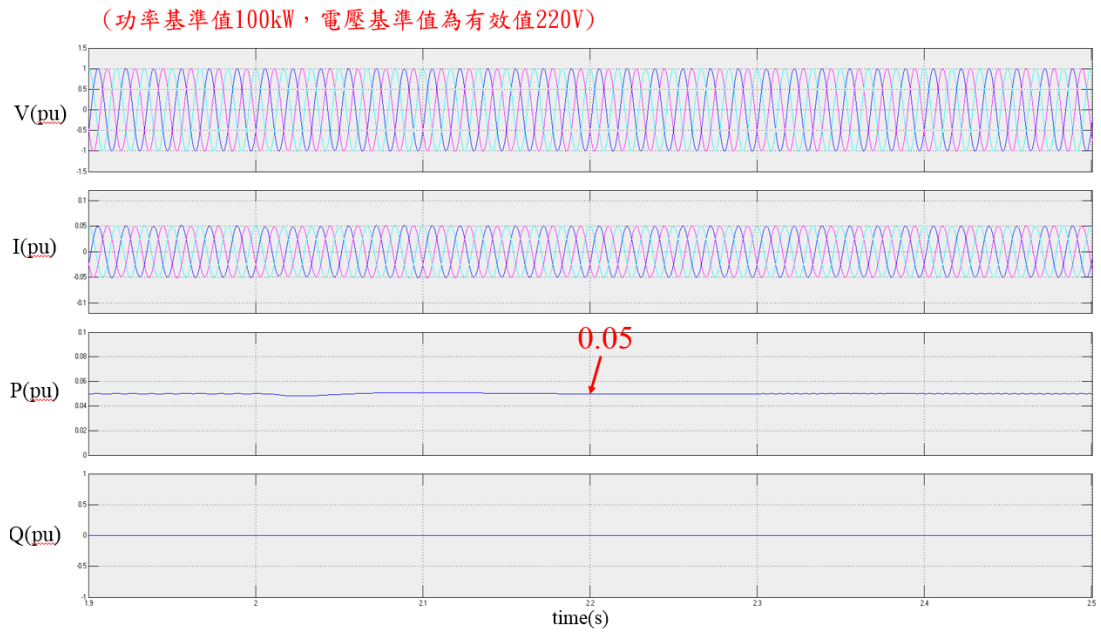


圖 74 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

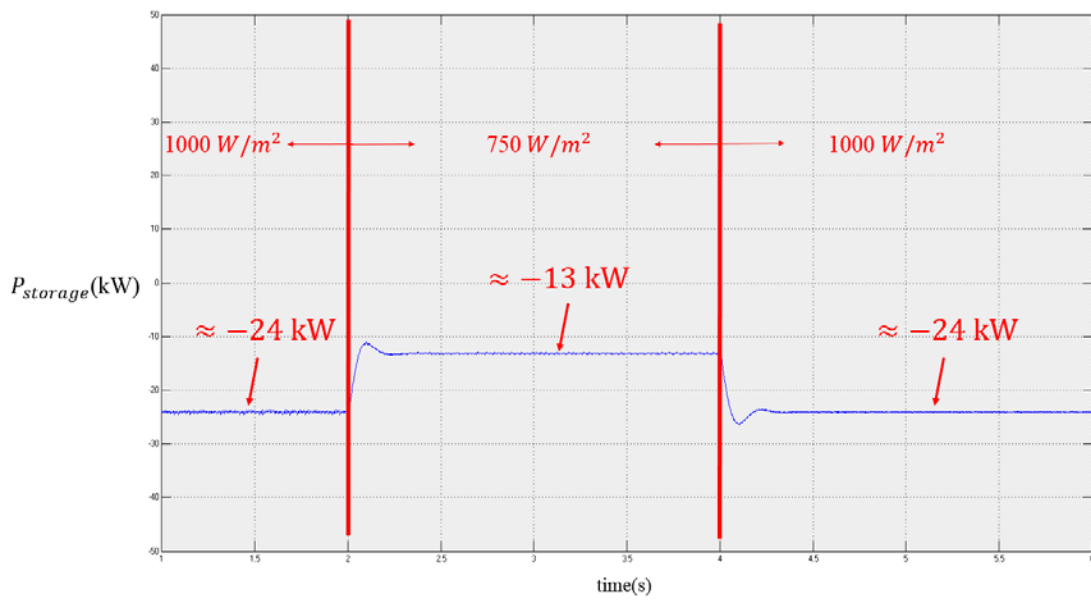


圖 75 儲能系統充放電功率



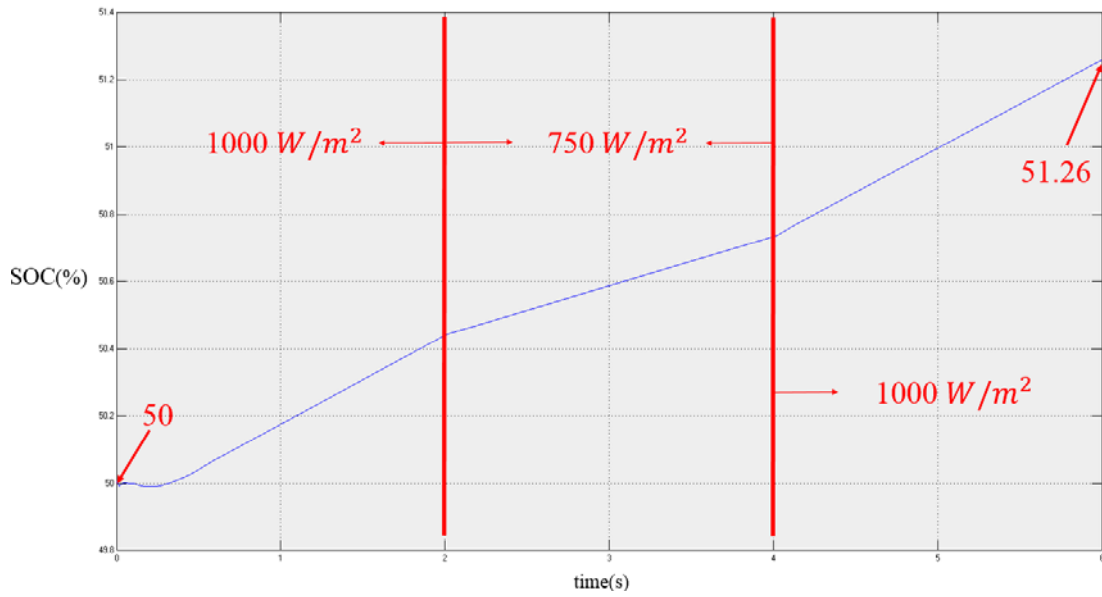


圖 76 儲能系統之 SOC

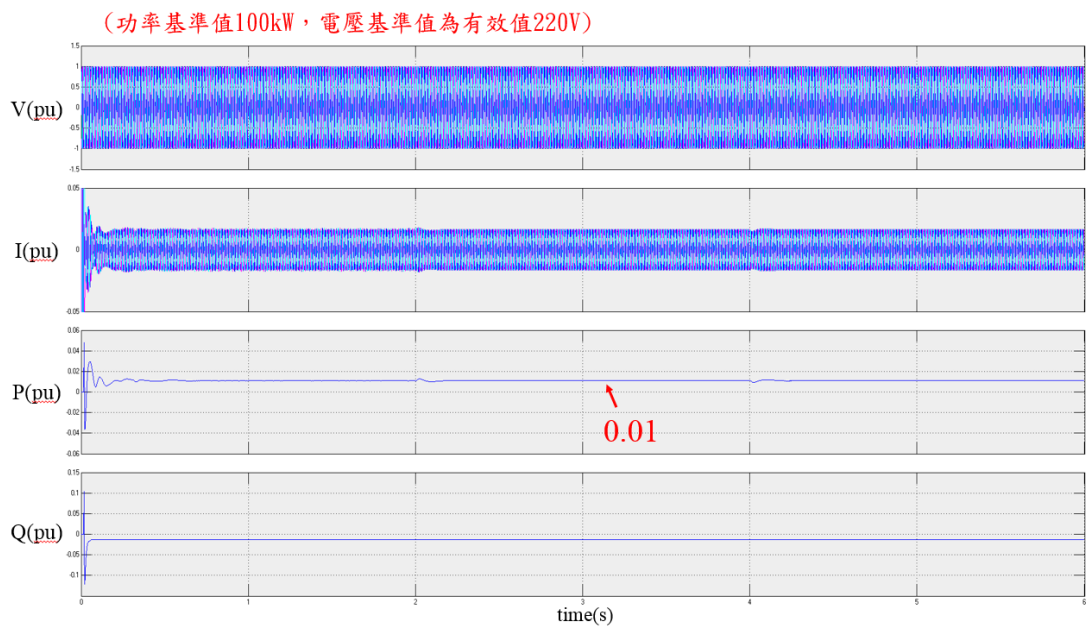


圖 77 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

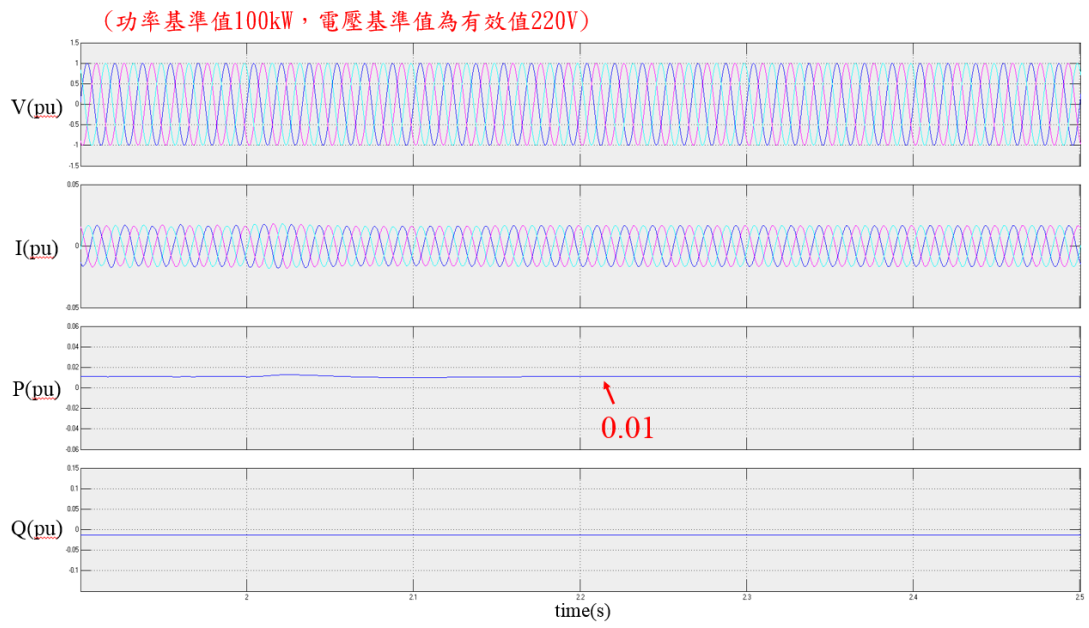


圖 78 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

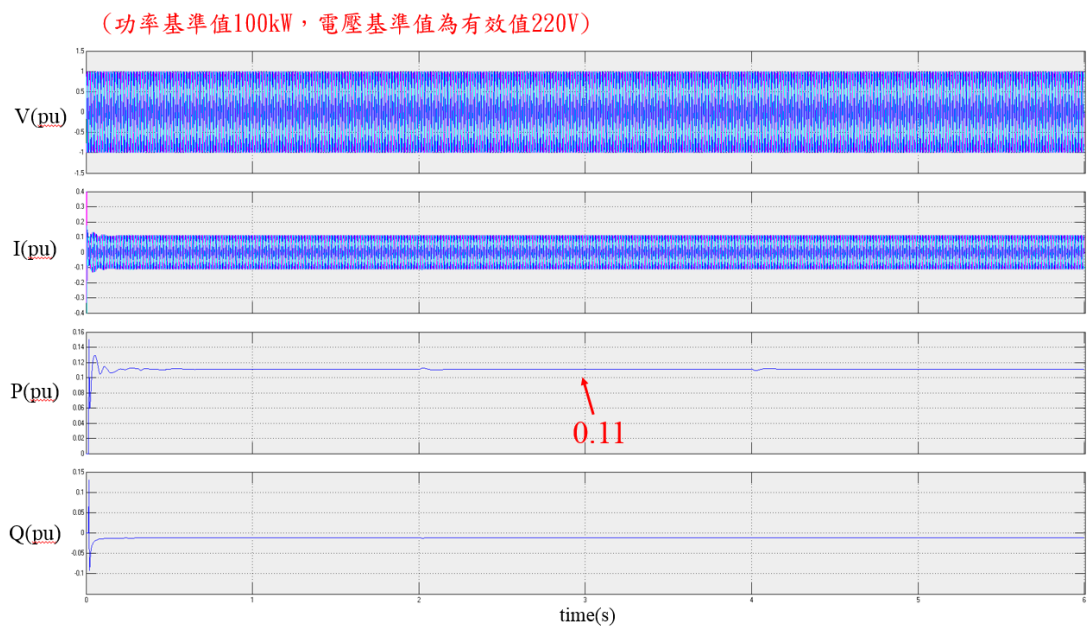


圖 79 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

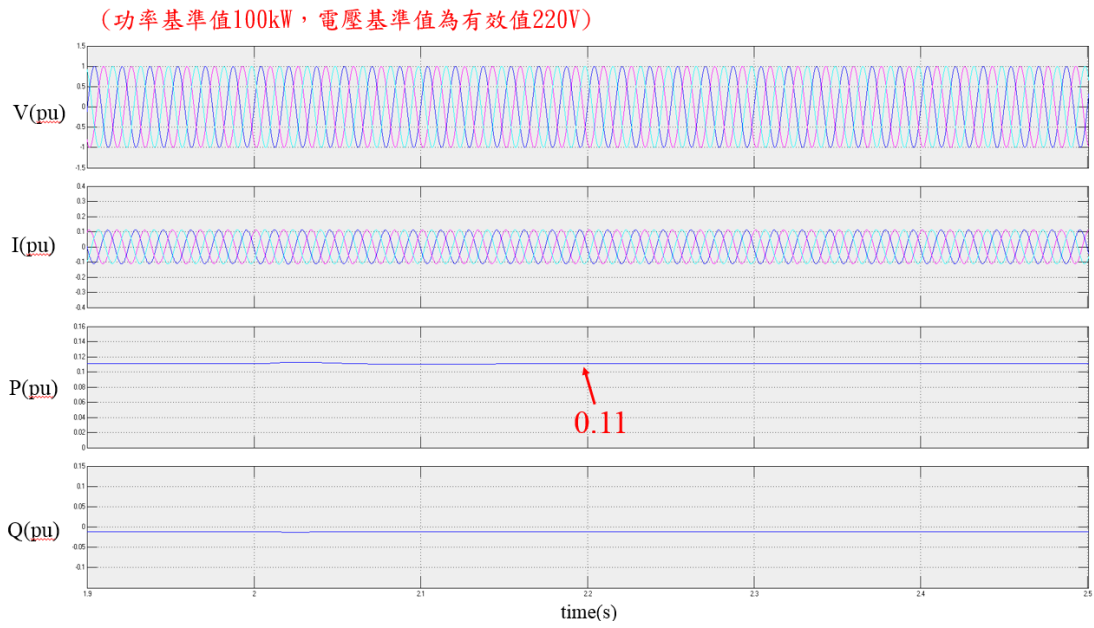


圖 80 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

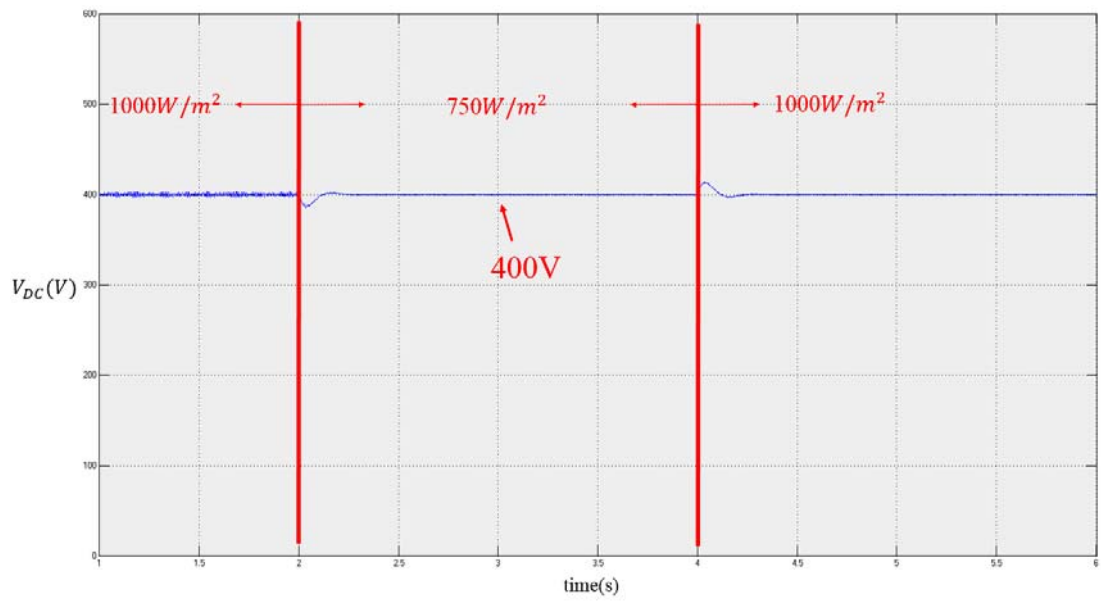


圖 81 DC Bus 之電壓

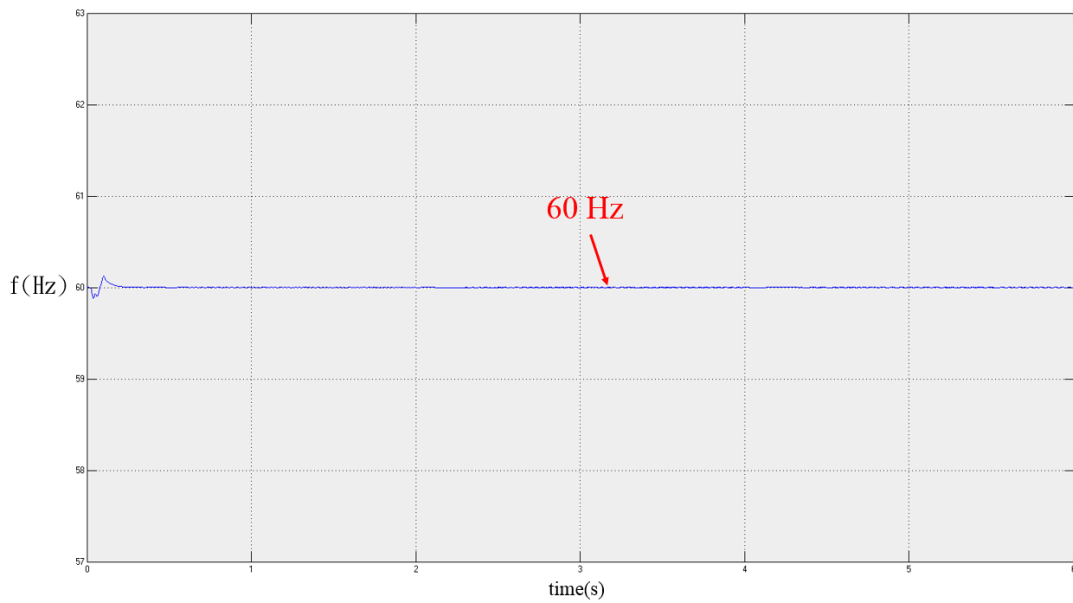


圖 82 系統頻率

心得:

Csae 1b 說明了，併網時 PCS2 可以有效提供功率給負載來減輕市電端供電之壓力。此 case 雖然有照度不穩定之情形但 PV 產生之功率仍大於負載之需求，而儲能系統會進行充電的狀態。儲能系統電量之上升造成端電壓上升而影響 DC bus 之電壓上升，所以在電池前端加入雙方向 DC/DC converter 來穩定 DC bus 上我們想要之電壓。

## 5.2 調整不同類型發電裝置配比(尖峰負載特性)

(一) Case 2 日照變化時，PV 產生的能源小於負載，不足能源由儲能系統提供

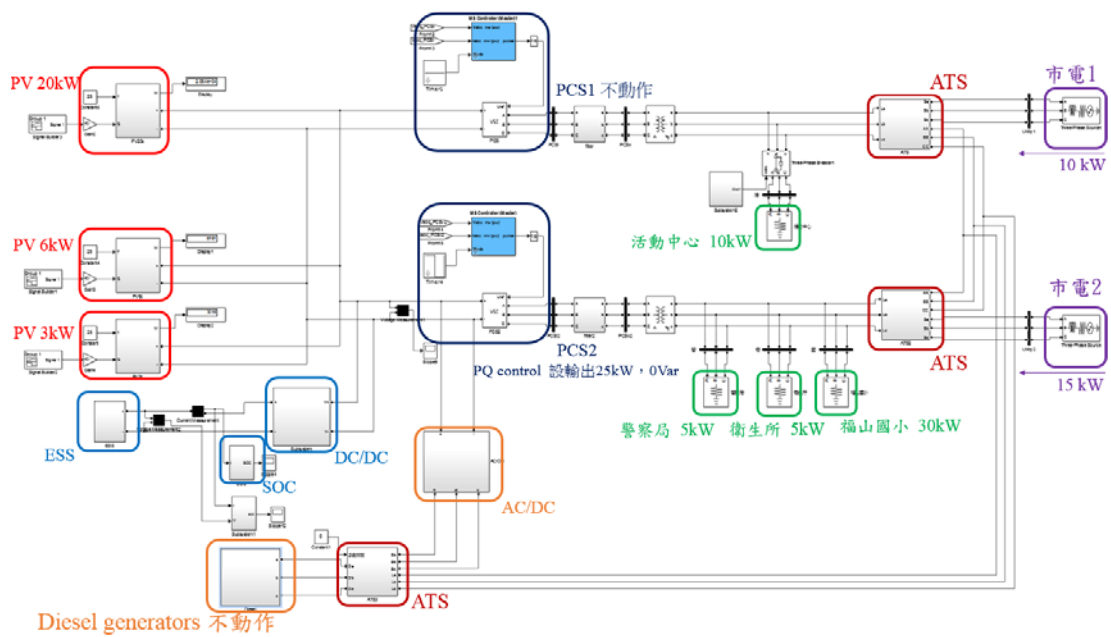


圖 83 Matlab/Simulink Case 2 動作說明

如圖 76 所示，此章節模擬平日尖峰負載特性和日照變化( $1000 \text{ W/m}^2 \rightarrow 450 \text{ W/m}^2 \rightarrow 1000 \text{ W/m}^2$ )，負載分別為活動中心 10kW(0.1 pu) 如圖 77-78 所示、國小 30kW(0.3 pu) 如圖 79-80 所示、警察局與衛生所各為 5kW(0.05 pu) 如圖 81-84 所示。先假設日照充足( $1000 \text{ W/m}^2$ )，2 秒到 4 秒日照降到  $450 \text{ W/m}^2$ ，4 秒後日照回到  $1000 \text{ W/m}^2$  如圖 85 所示；PV 所產生的功率分別為 20.5 kW、6.15 kW、3 kW(共 29.65kW)，2 秒到 4 秒 PV 所產生的功率分別為 1.5 kW、2.22 kW、0.24 kW(共 3.96kW)，4 秒後 PV 所產生的功率分別為 20.5 kW、6.15 kW、3 kW(共 29.65kW) 如圖 86-88 所示。依現況設定 PCS1 不動作如圖 88-90 所示、PCS2 做 PQ 控制設定輸出功率為 25 kW(0.25 pu) 如圖 91-92 所示，所以分散式電源共供應 25 kW(0.25 pu)給負載，2 秒前和 4 秒後 PV 供應大於負載需求，所以剩餘 4kW 之能源會

存入儲能系統提供如圖 93-94(2 秒前和 4 秒後)所示;2 秒到 4 秒因日照降, PV 供應較低能源( $\approx 3.96\text{kW}$ ), 所以儲能系統需提供不足能源( $\approx 21\text{kW}$ )如圖 93-94(2 秒到 4 秒)所示。由於分散式電源只提供  $25\text{kW}(0.25 \text{ pu})$ 給負載, 所以剩餘的負載需求由市電提供。因 PCS1 不動作, 所以活動中心  $10\text{kW}(0.1 \text{ pu})$ 由市電 1 提供如圖 95-96 所示; 國小、警察局與衛生所共  $40\text{kW}(0.4 \text{ pu})$ , 分散式電源經 PCS2 供應  $25\text{kW}(0.25 \text{ pu})$ 給負載, 剩餘  $15\text{kW}(0.15 \text{ pu})$ 由市電 2 提供如圖 97-98 所示。DC Bus 上之電壓由 DC/DC converter 所控制電壓為  $400\text{V}$  如圖 99 所示, 圖 100 為系統頻率。

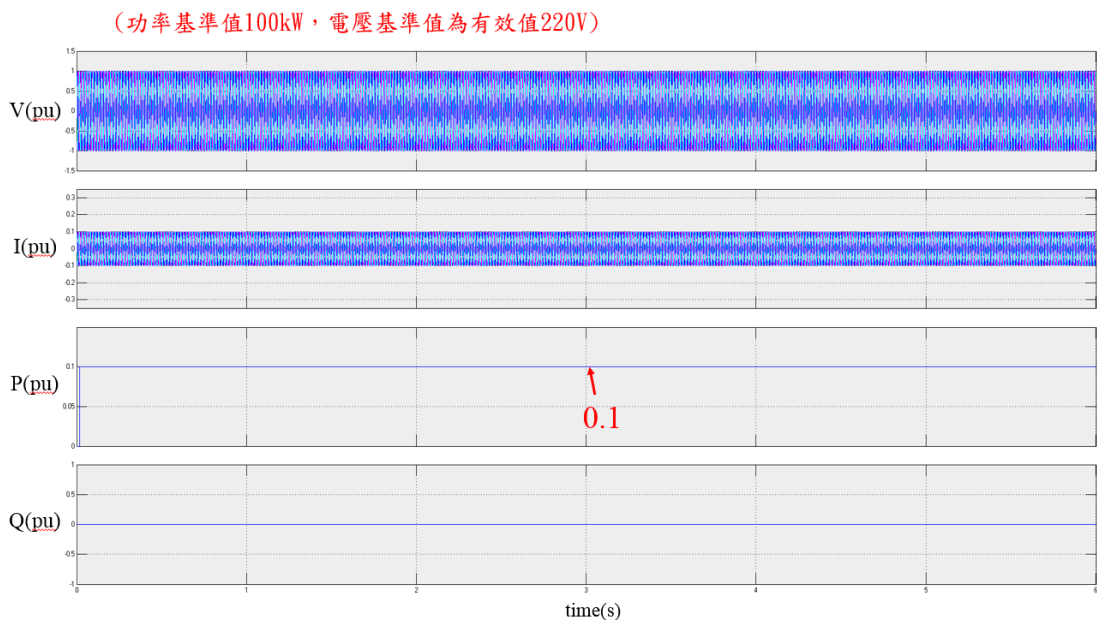


圖 84 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

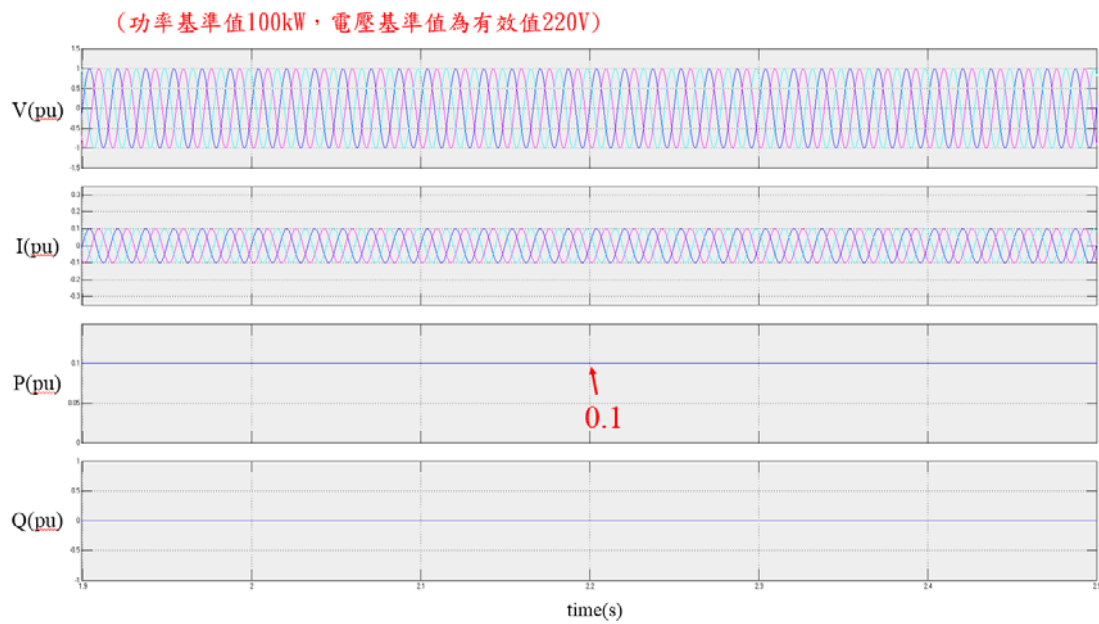


圖 85 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

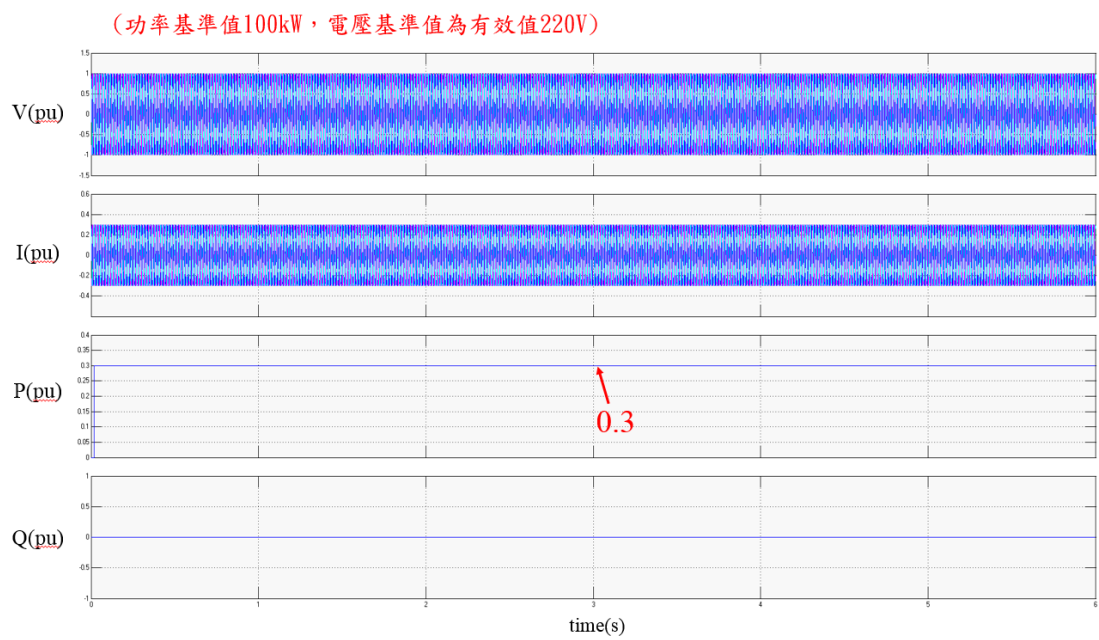


圖 86 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

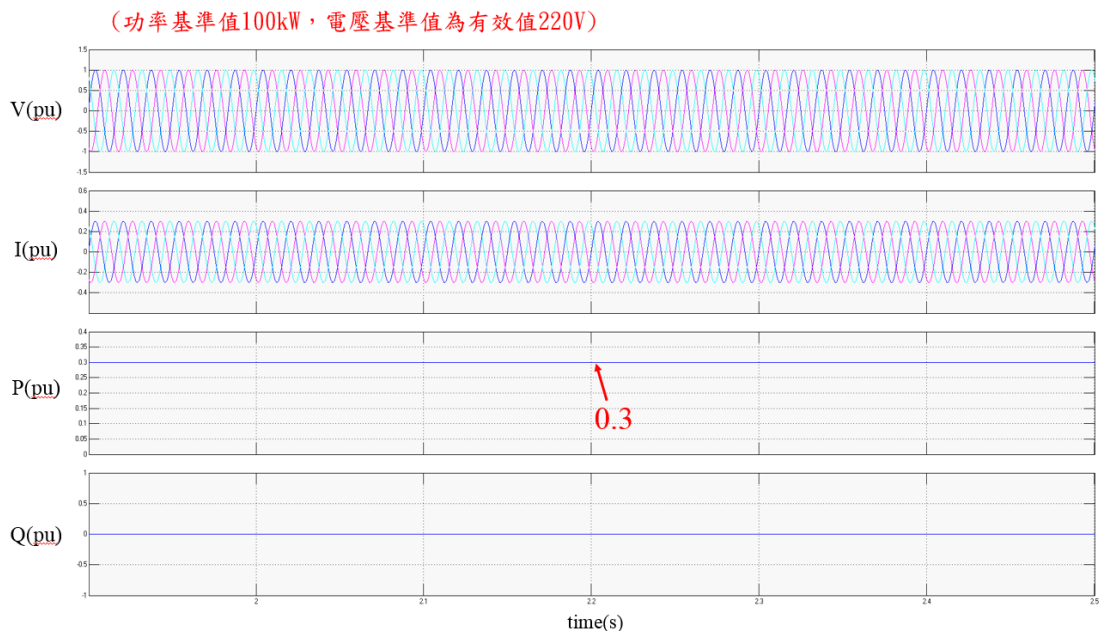


圖 87 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

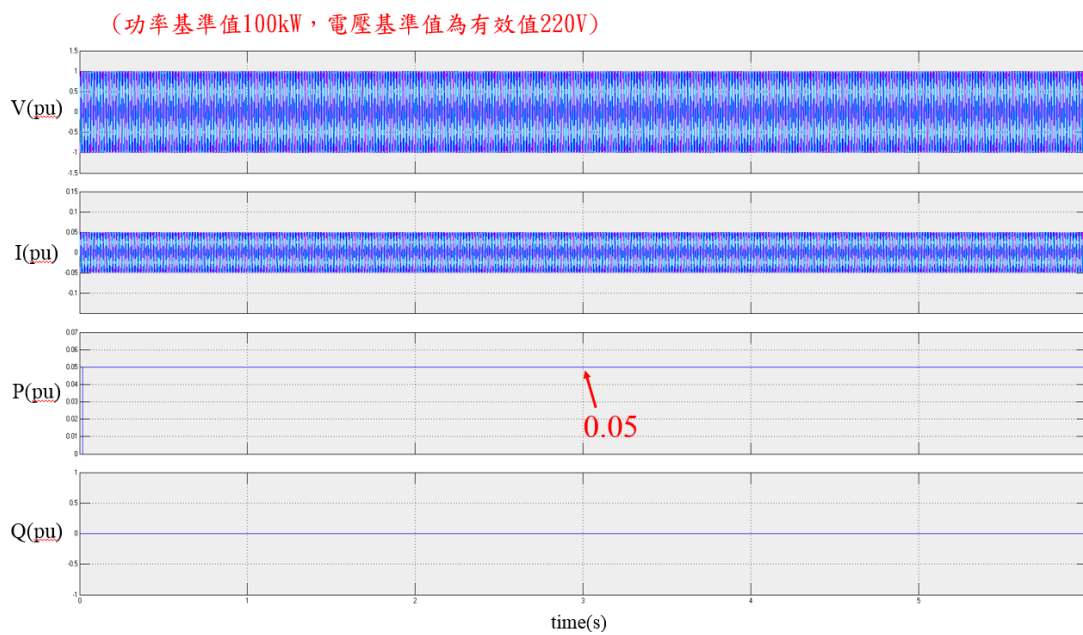


圖 88 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖



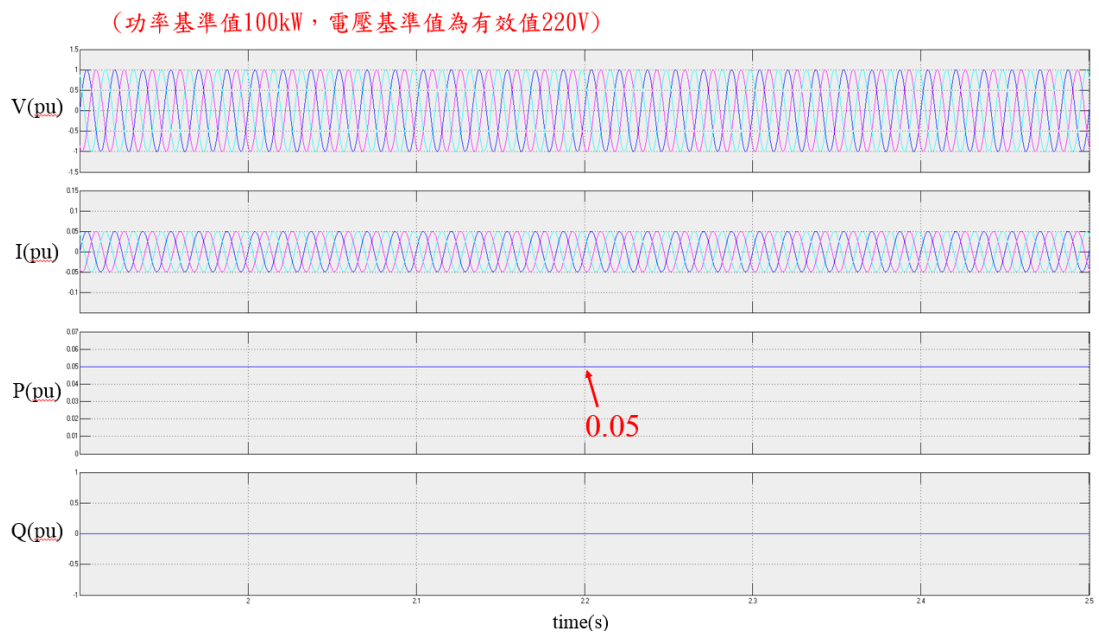


圖 89 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

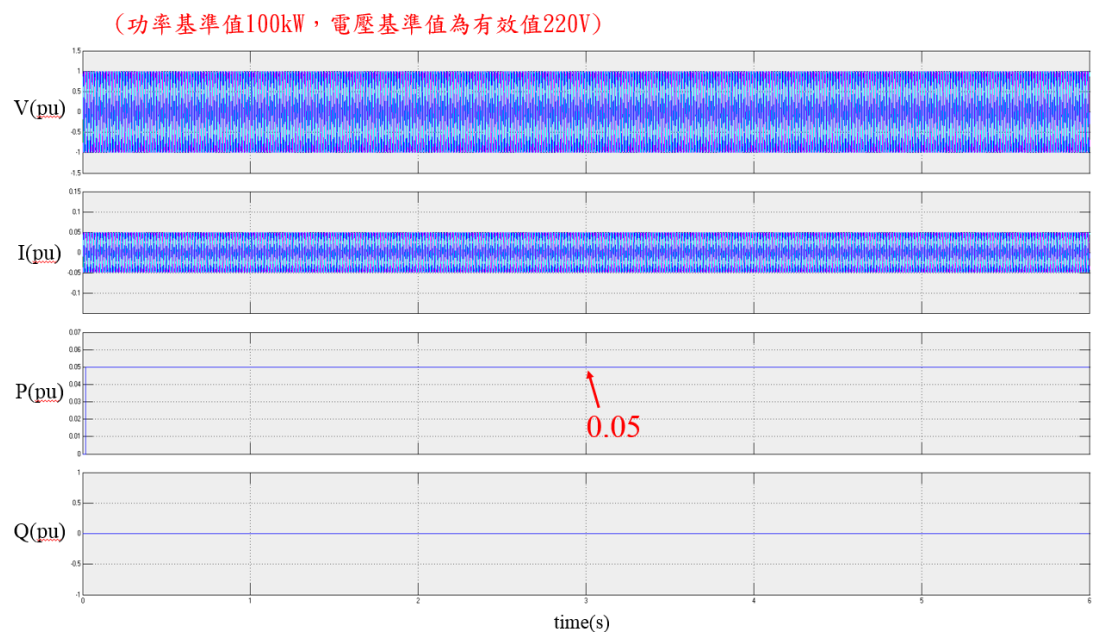


圖 90 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

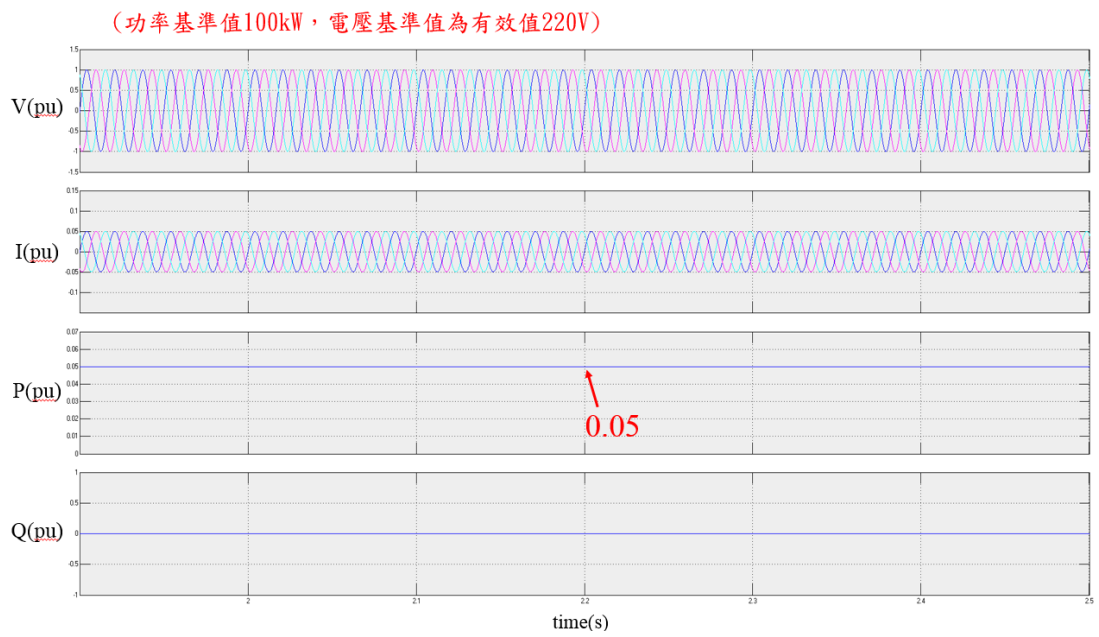


圖 91 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

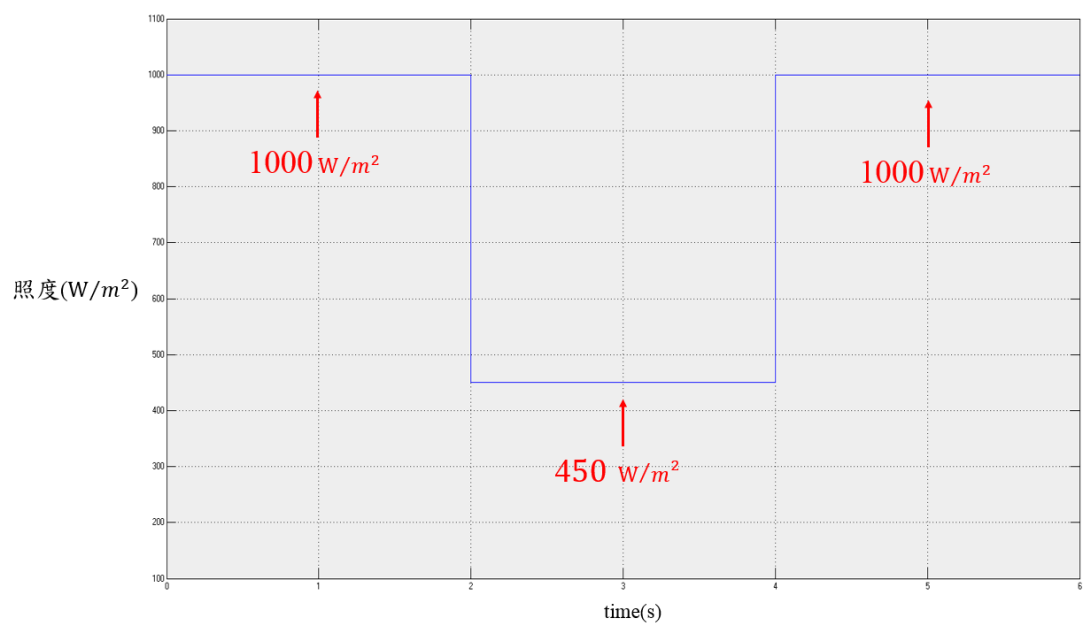


圖 92 當日日照

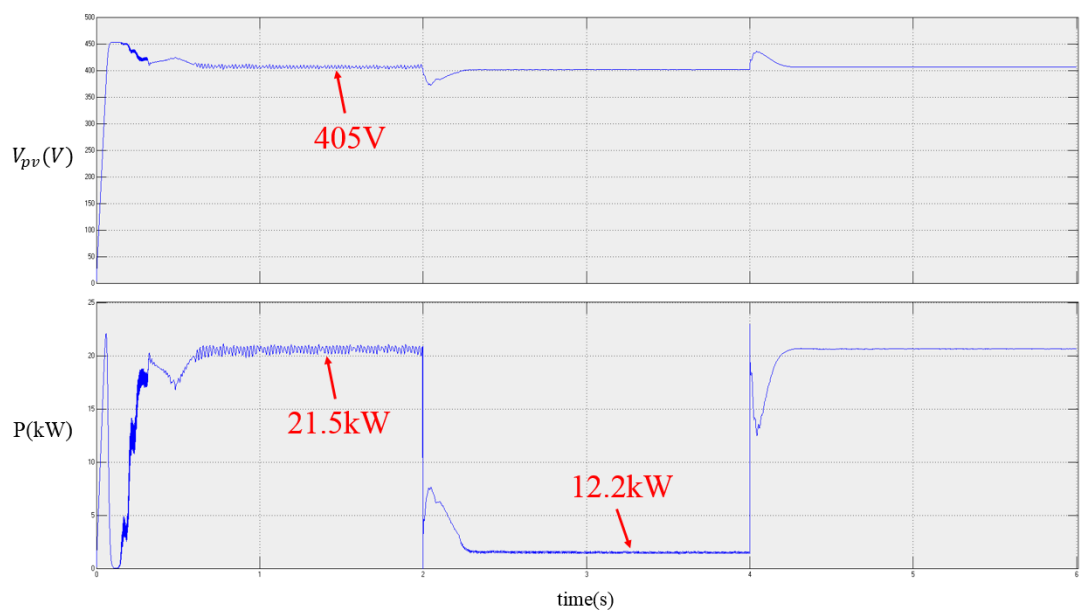


圖 93 PV20kW 電壓、功率模擬圖

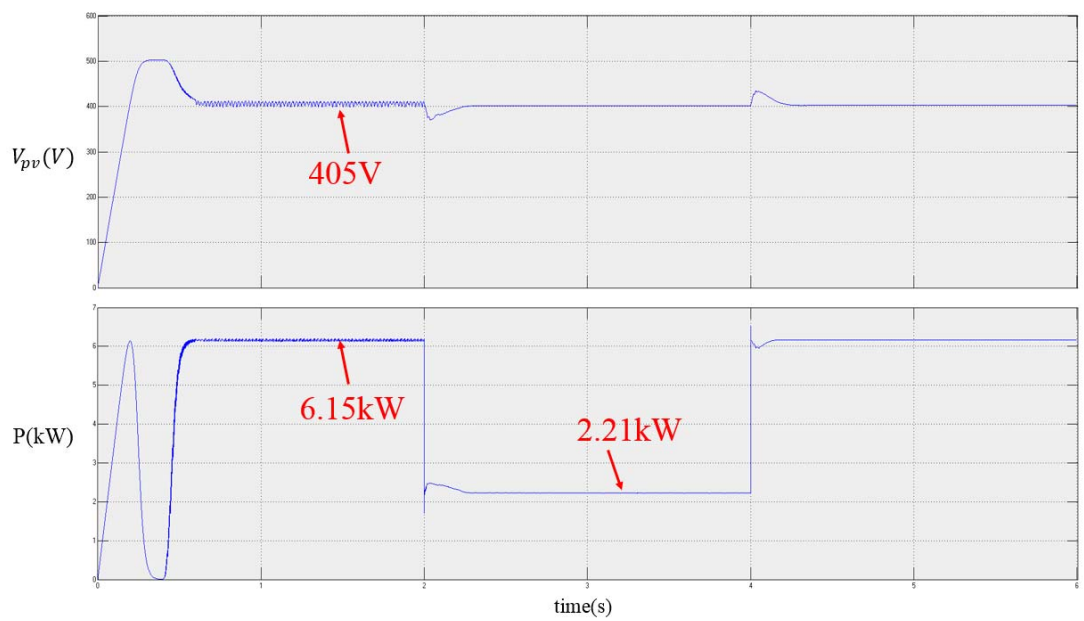


圖 94 PV6kW 電壓、功率模擬圖

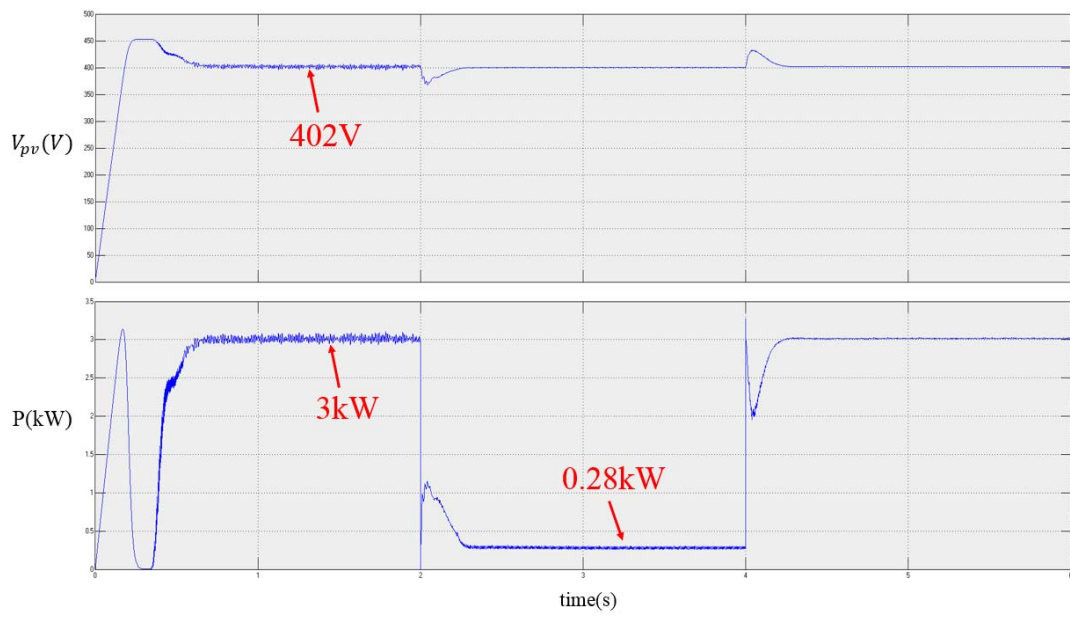


圖 95 PV3kW 電壓、功率模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

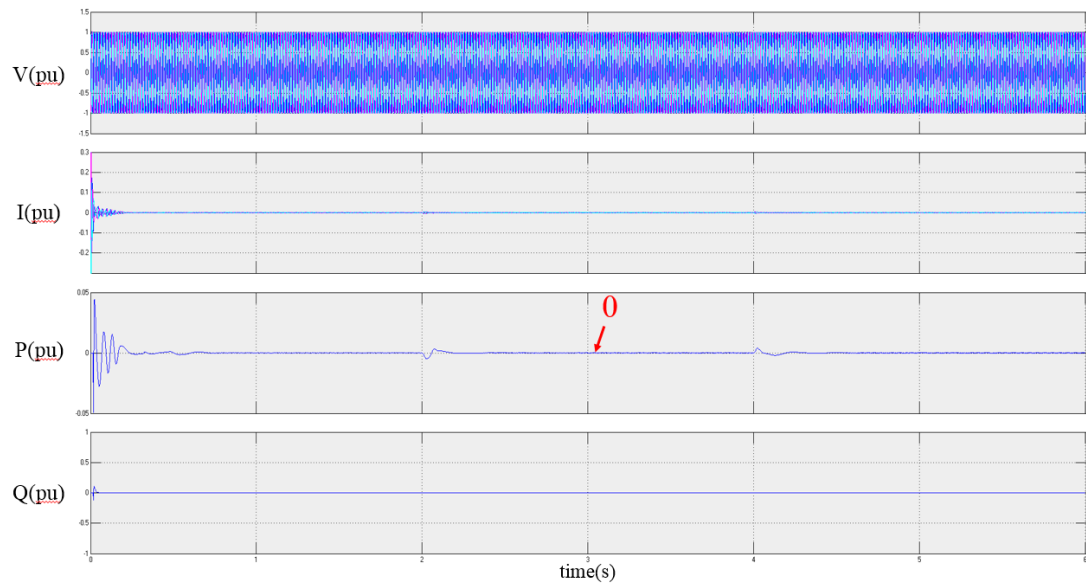


圖 96 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

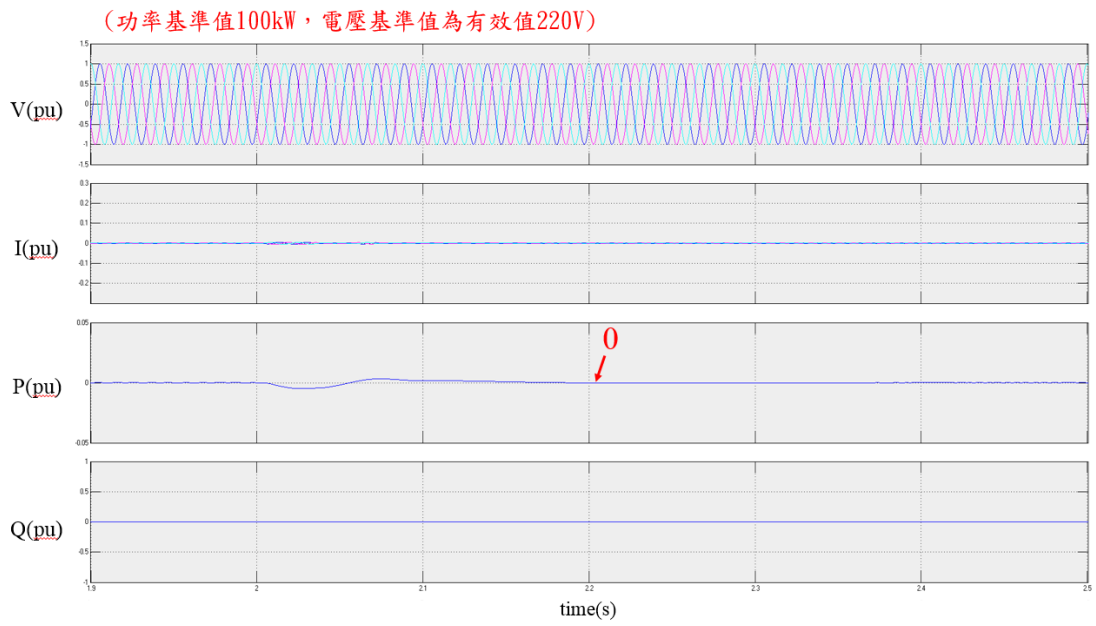


圖 97 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

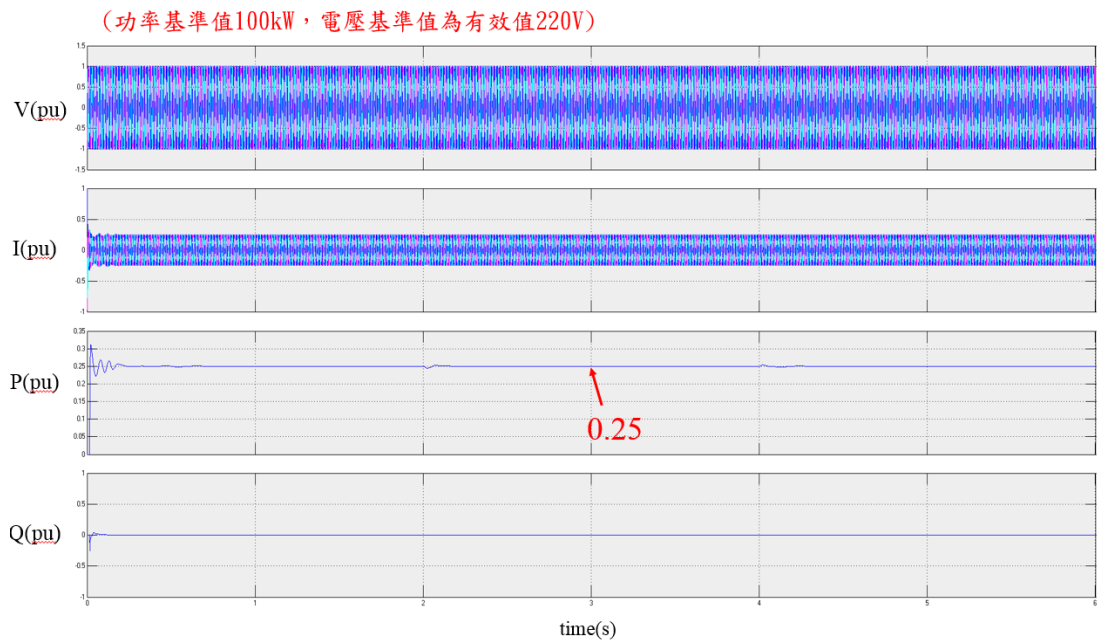


圖 98 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

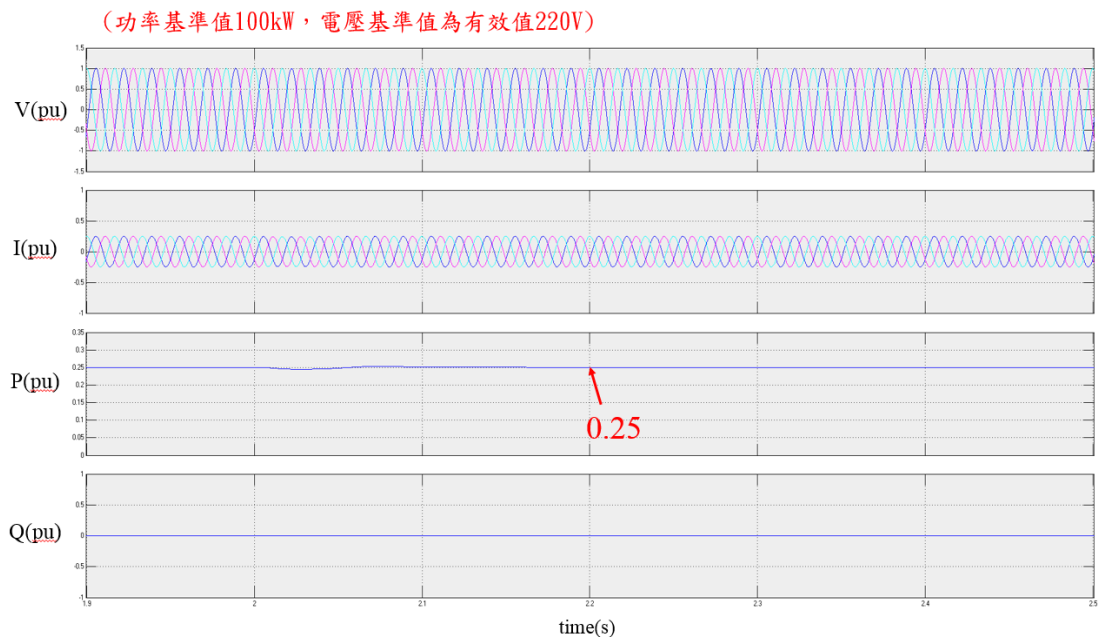


圖 99 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

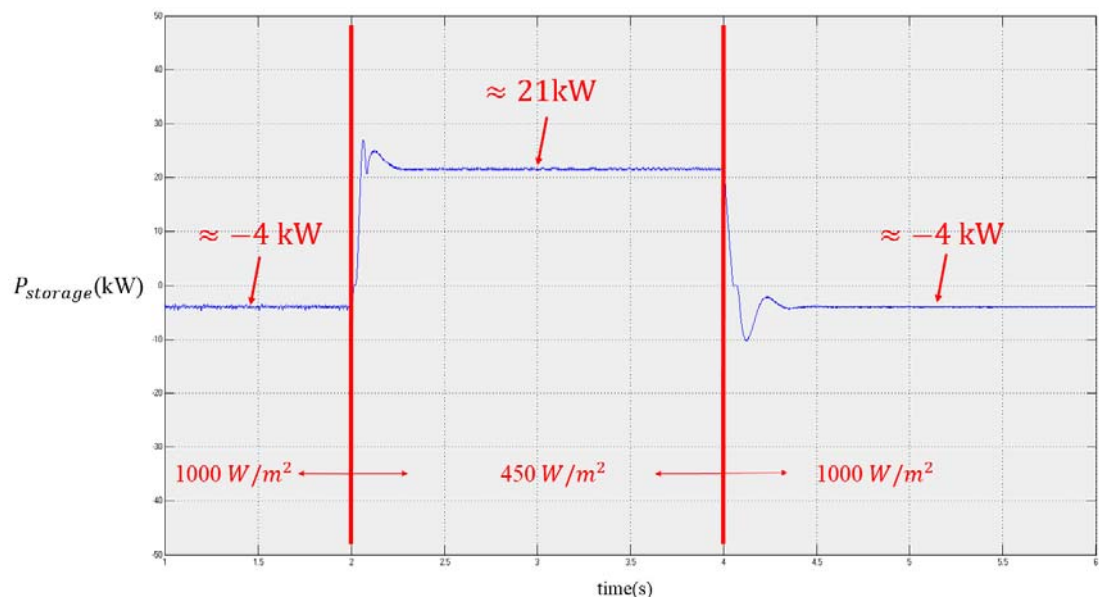


圖 100 儲能系統充放電功率

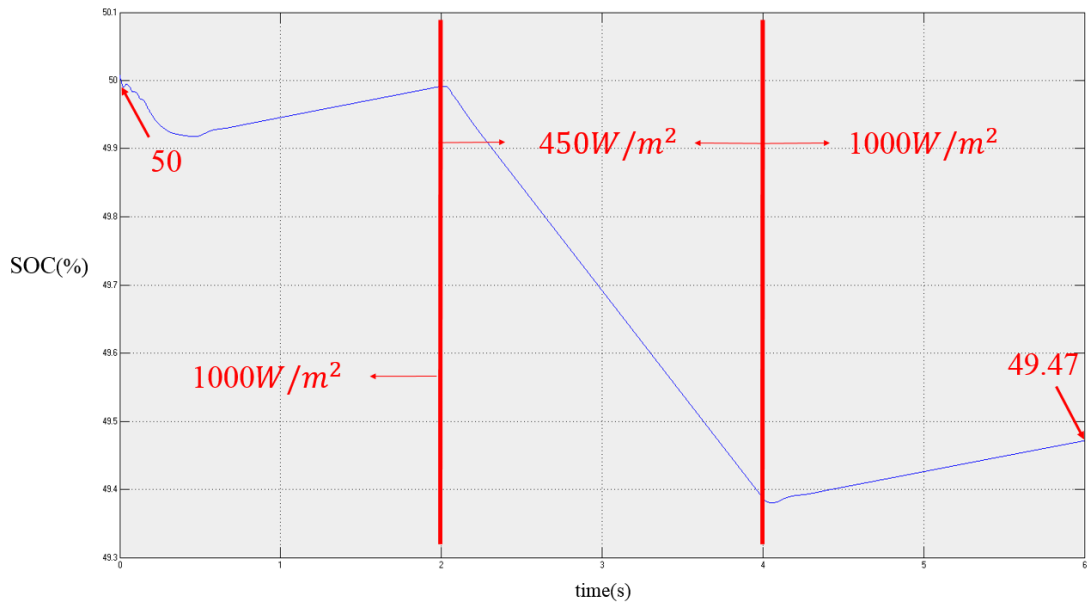


圖 101 儲能系統之 SOC

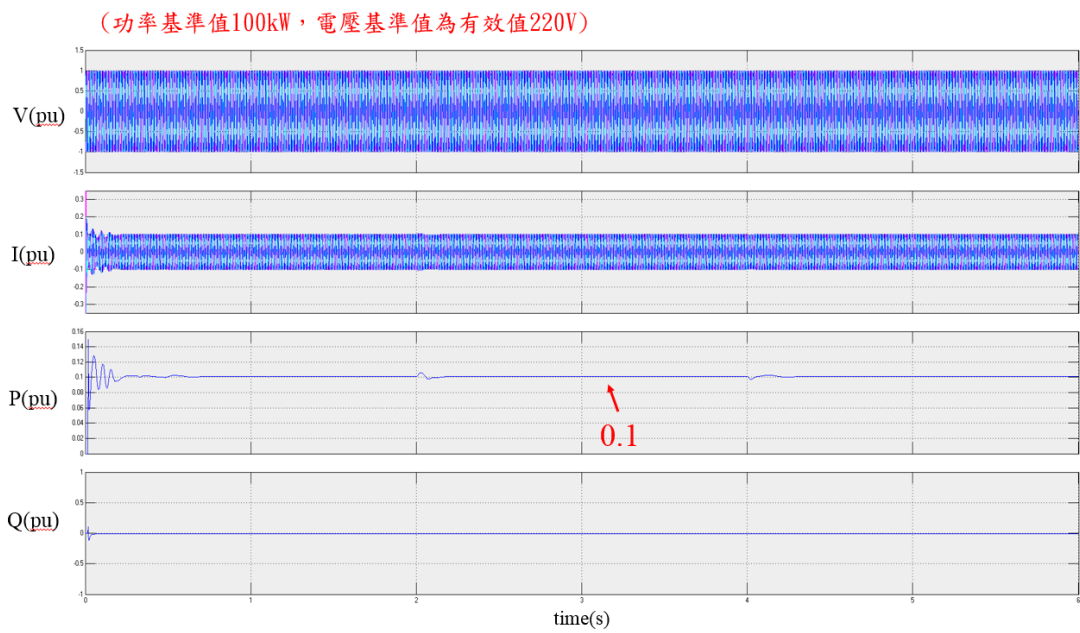


圖 102 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

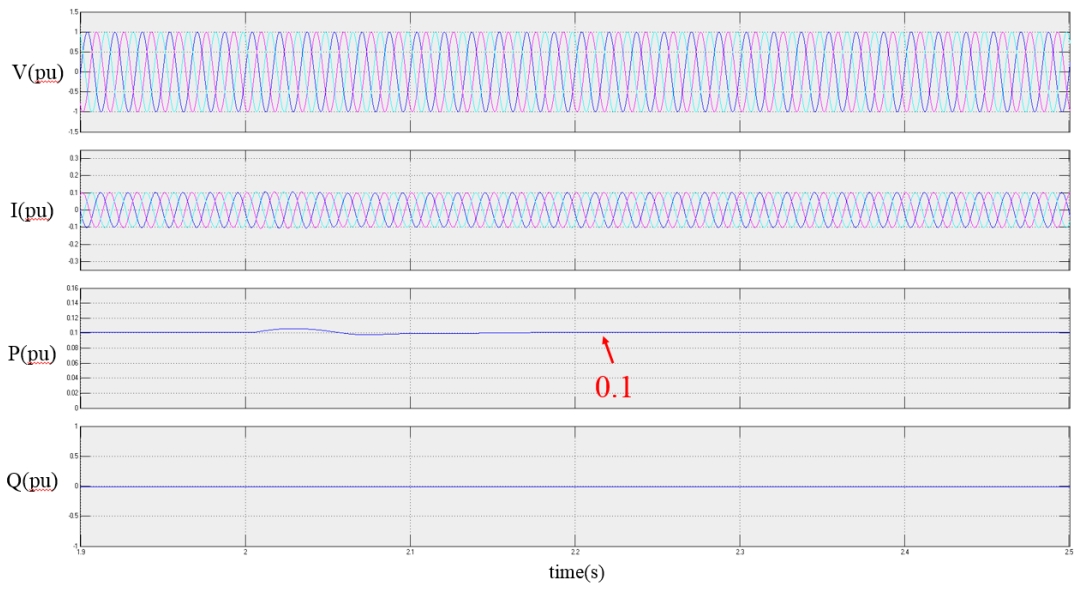


圖 103 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

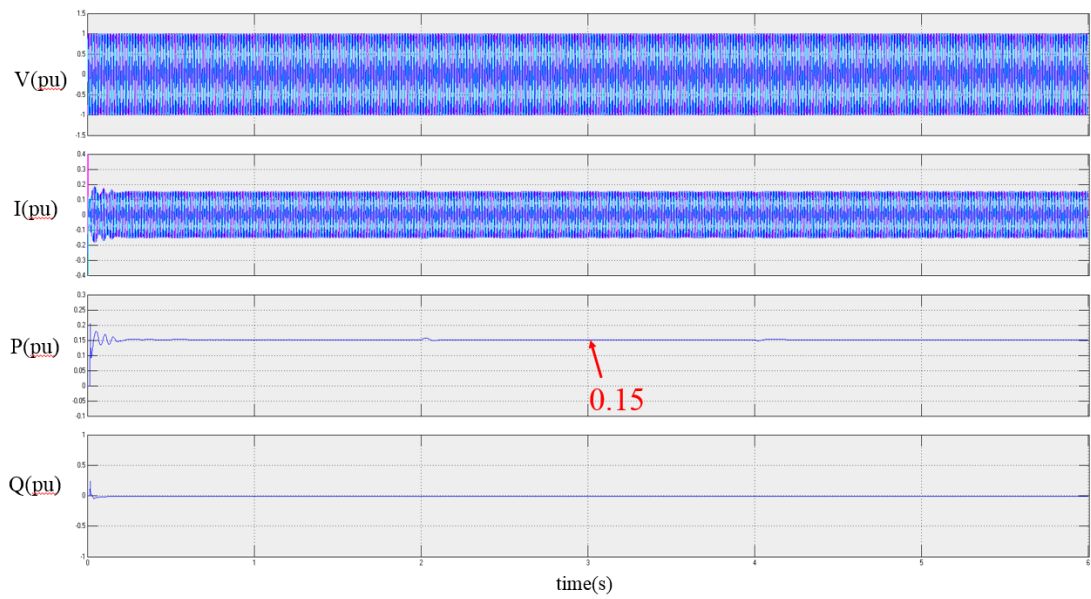


圖 104 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖



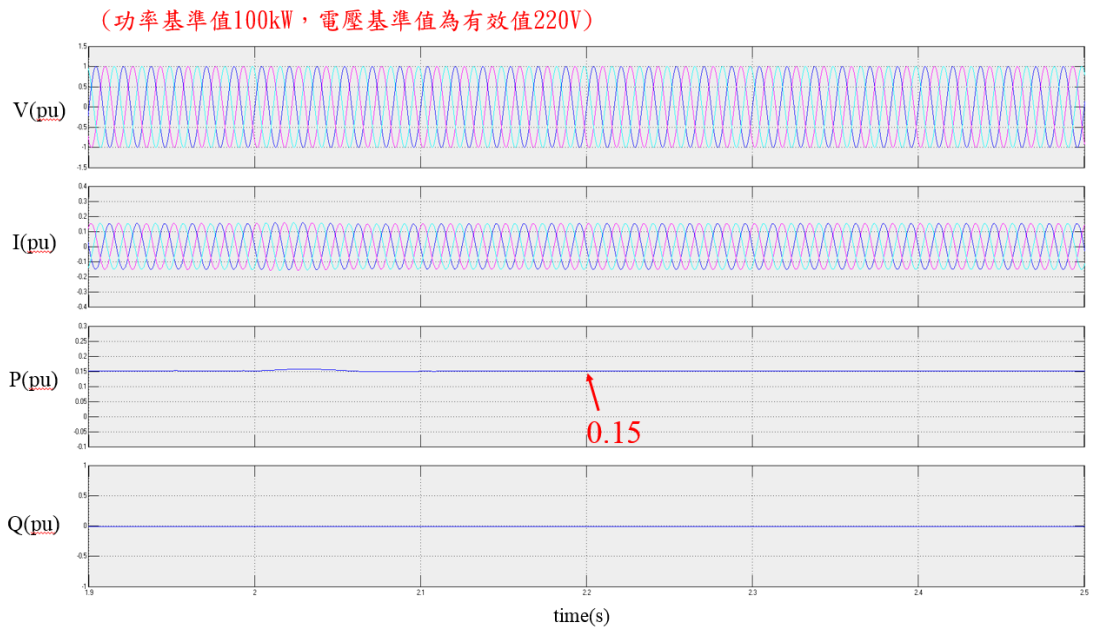


圖 105 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

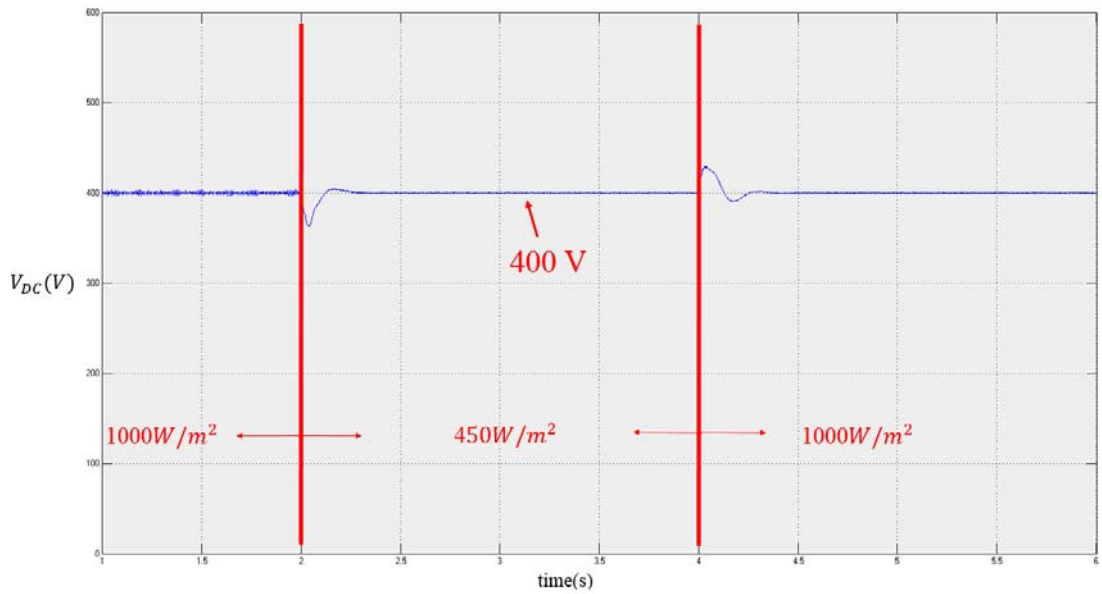


圖 106 DC Bus 之電壓

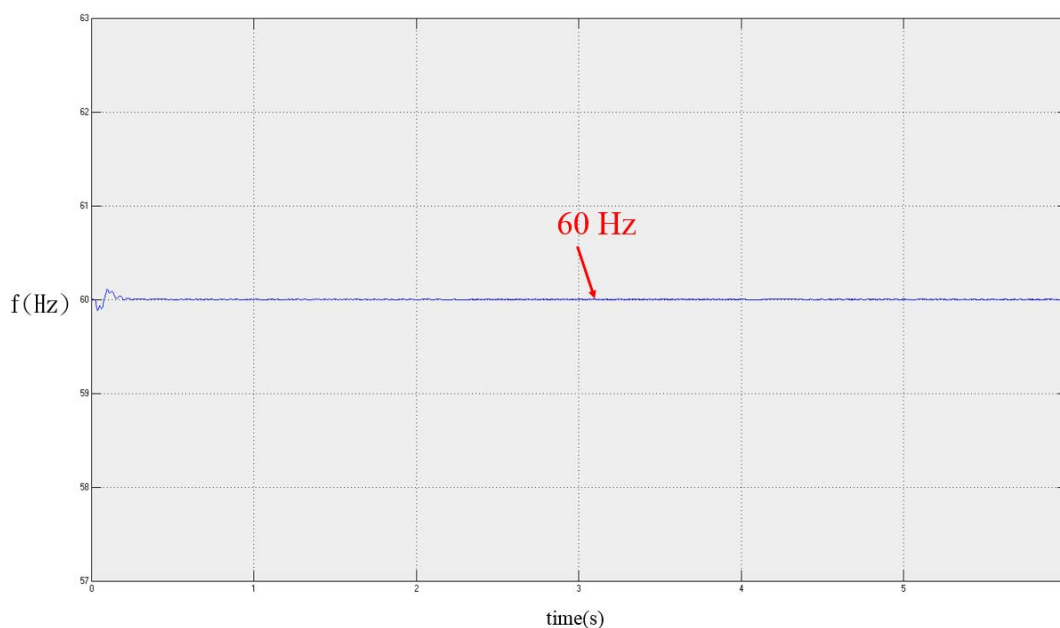


圖 107 系統頻率

心得:

Csae 2 說明了，併網時 PCS2 可以有效提供功率給負載來減輕市電端供電之壓力。此 case 有照度不穩定之情行而造成 PV 產生之功率小於負載之需求，儲能系統會補足剩餘負載之需求，儲能系統會進行放電的狀態。儲能系統電量之降低造成端電壓下降而影響 DC bus 之電壓不穩定，所以在電池前端加入雙方向 DC/DC converter 來穩定 DC bus 上我們想要之電壓。

## 5.2 孤島運轉模式

孤島運轉模式。兩秒前市電與分散式(電源太陽能系統、儲能系統與柴油發電機)之併網，兩秒後市電與分散式電源(太陽能系統、儲能系統與柴油發電機)分離，並且新增衛生所及警察局納入能源管理系統中。

### 5.2.1 調整能源管理系統(EMS)供能

調整能源管理系統(EMS)功能，可因應平時運轉與孤島運轉不同情境，包含有效的負載分區或緊急卸載及全黑起動機制；調整不同類型發電機裝置配比(尖峰負載特性、離峰負載特性)，讓能源調配更穩定與經濟價值。

### 5.2.1.1 日照充足時

(一) Case 3a 日照充足時，PV 產生的能源小於負載，不足能源由儲能系統提供

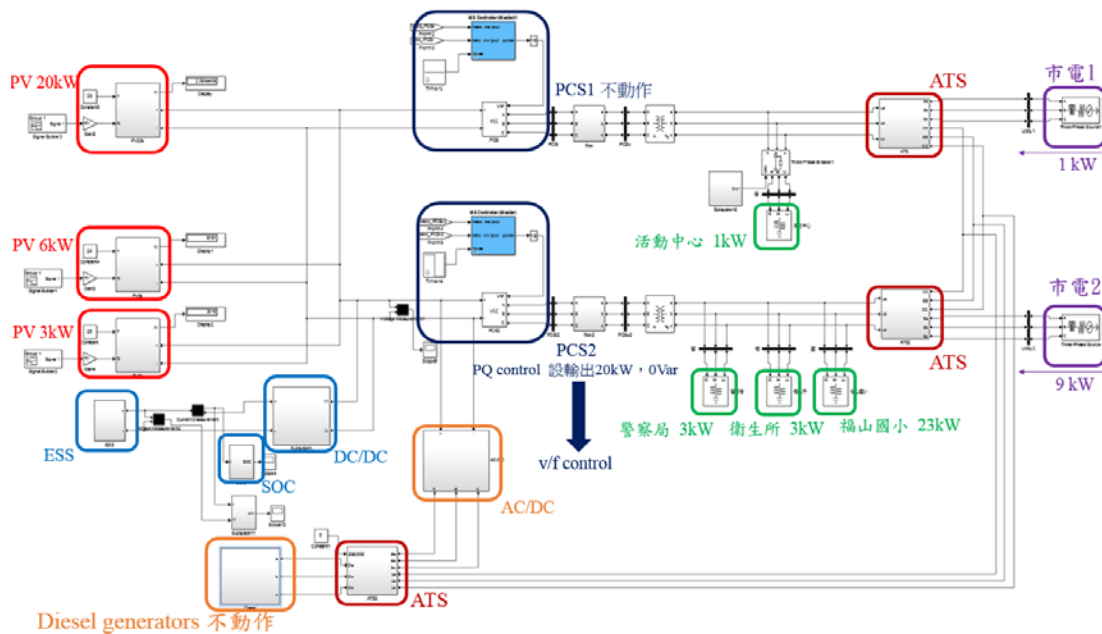


圖 108 Matlab/Simulink Case 3a 動作說明

如圖 108 所示，此章節模擬平日尖峰負載特性、併網運轉與孤島運轉。

2 秒前為併網模式，負載分別為活動中心 1kW(0.01 pu) 如圖 109-110 所示、國小 23 kW(0.23 pu) 如圖 111-112 所示、警察局與衛生所各為 3 kW(0.03 pu) 如圖 113-116 所示。先假設日照充足( $1000 \text{ W/m}^2$ )如圖 117 所示；PV 所產生的功率分別為 20.5 kW、6.15 kW、3 kW(共 29.65kW)如圖 118-120 所示。依現況設定 PCS1 不動作如圖 121-122(2 秒前)所示、

PCS2 做 PQ 控制設定輸出功率為 20 kW(0.2 pu) 如圖 123-124(2 秒前)所示，所以分散式電源共供應 20 kW(0.2 pu) 給負載，剩餘 9kW 之能量會存入儲能系統裡如圖 125-126(2 秒前)所示。由於分散式電源只提供 20 kW(0.2 pu)給負載，所以剩餘的負載需求由市電提供。因 PCS1 不動作，所以活動中心 1 kW(0.01 pu)由市電 1 提供如圖 127-128(2 秒前)所示；國小、警察局與衛生所共 29kW(0.29 pu)，分散式電源經 PCS2 供應 20kW(0.2 pu)給負載，剩餘 9kW(0.09 pu)由市電 2 提供如圖 129-130(2 秒前)所示。

2 秒後為孤島運轉，依現況設定 PCS1 不動作如圖 121-122(2 秒後)所示、PCS2 從 PQ 控制變為 v/f 控制如圖 123-124(2 秒後)所示，v/f 控制設定電壓與頻率分別為有效值 220V 與 60Hz。負載分別為活動中心 1kW(0.01 pu)、國小 23kW(0.23pu)、警察局與衛生所各為 3kW(0.03 pu)共 30kW，而 PV 一共可產生 29kW，不足 1kW 之能量會由儲能系統提供如圖 125-126(2 秒後)所示。DC Bus 上之電壓由 DC/DC converter 所控制電壓為 400V 如圖 131 所式，圖 132 為系統頻率。

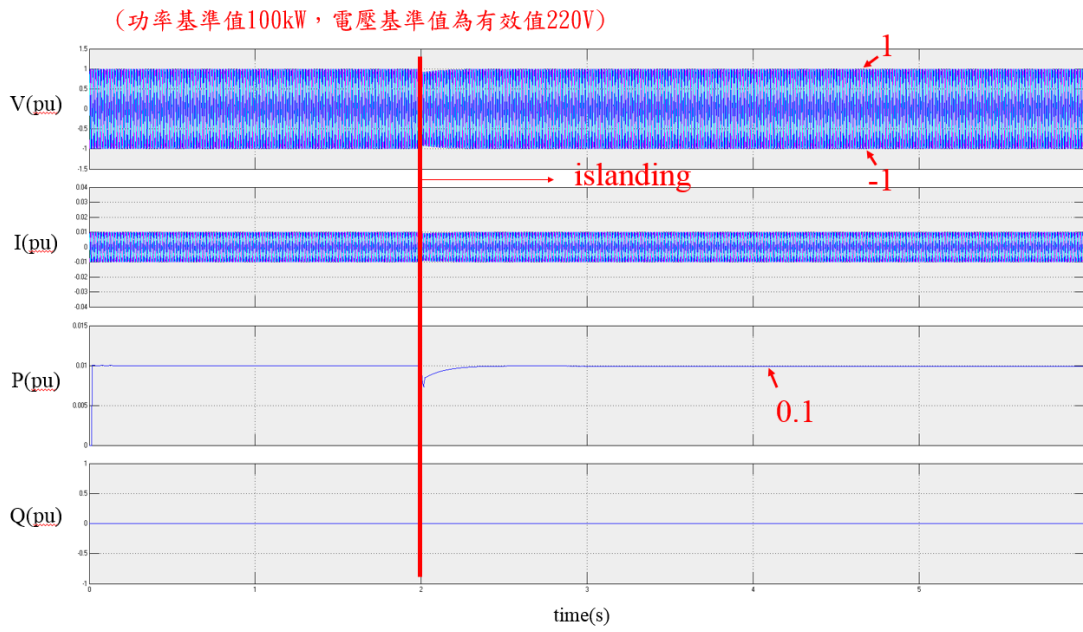


圖 109 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

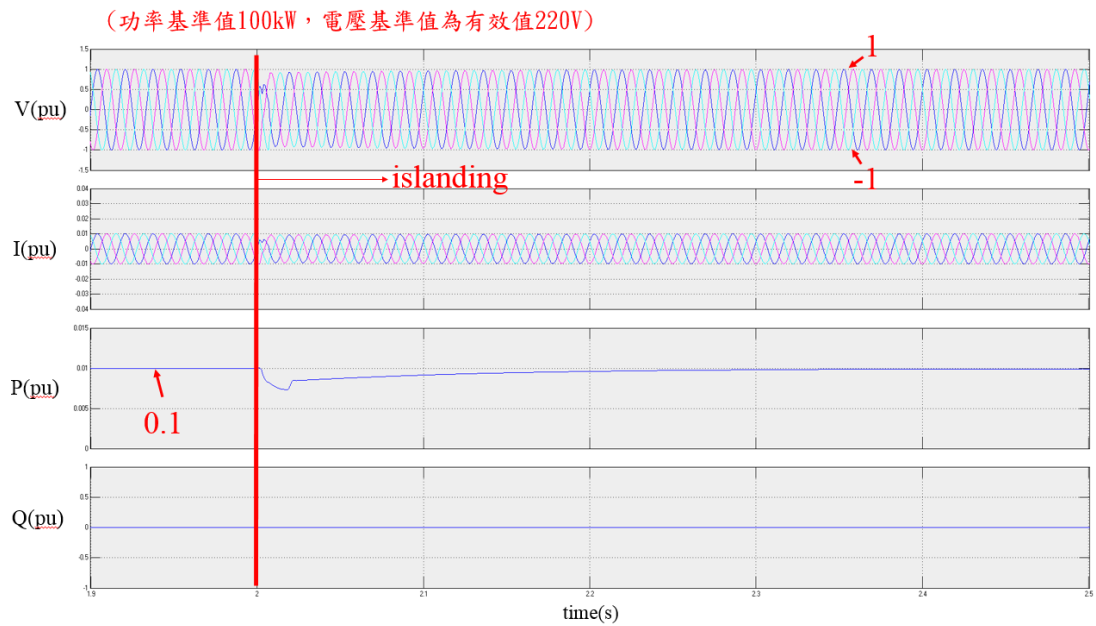


圖 110 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

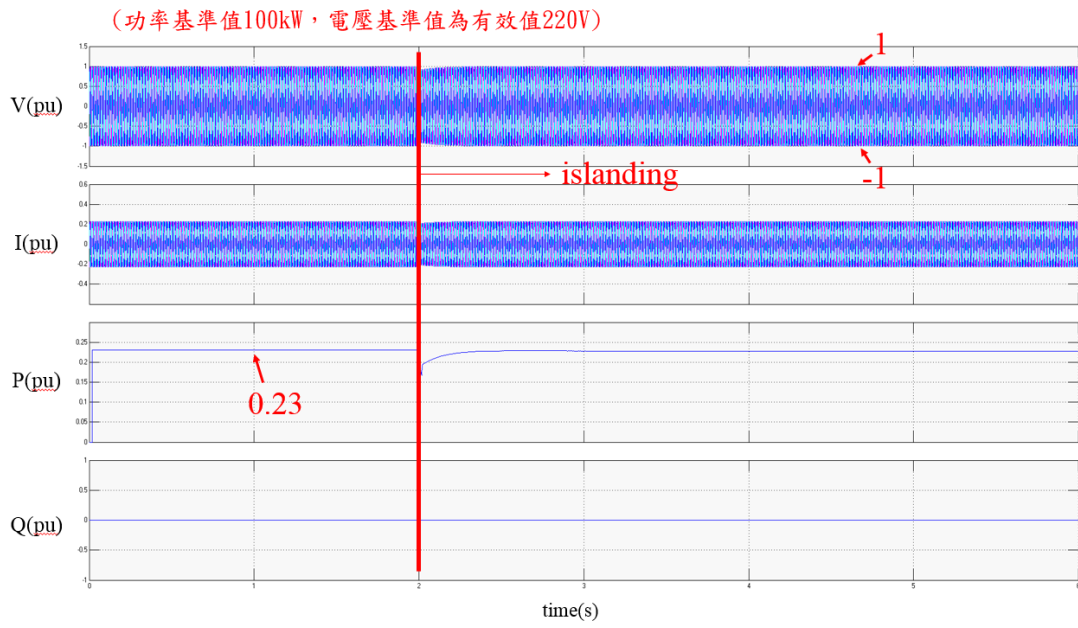


圖 111 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

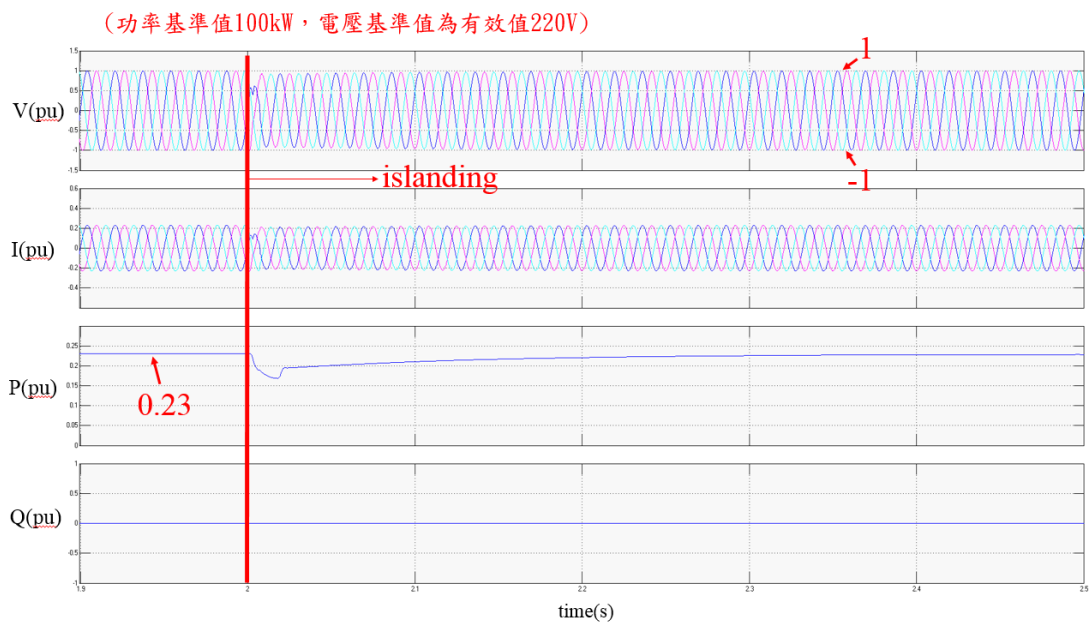


圖 112 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

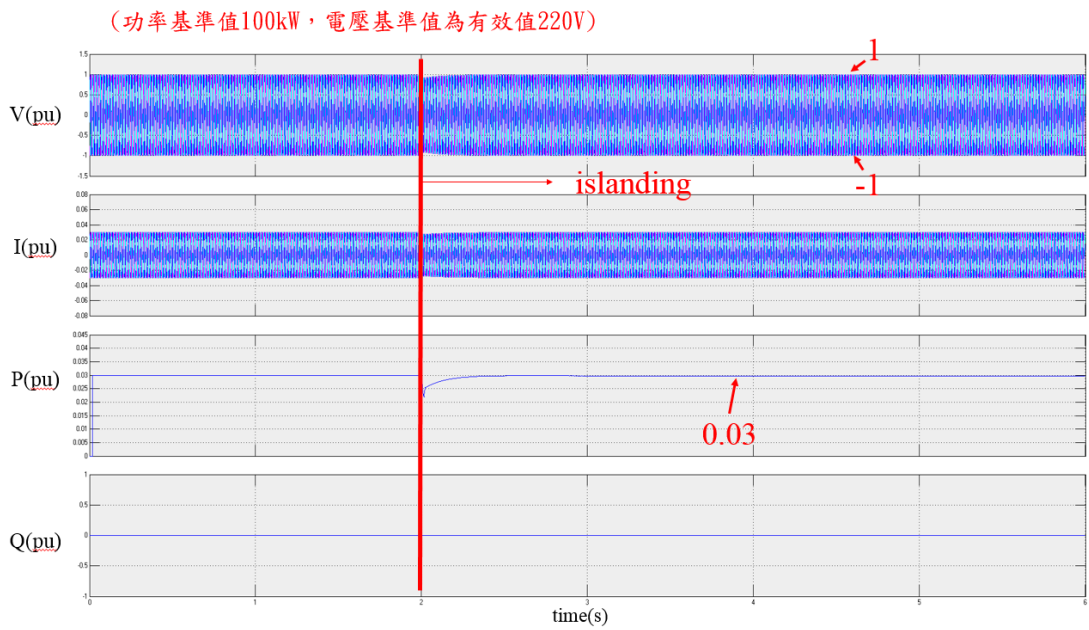


圖 113 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

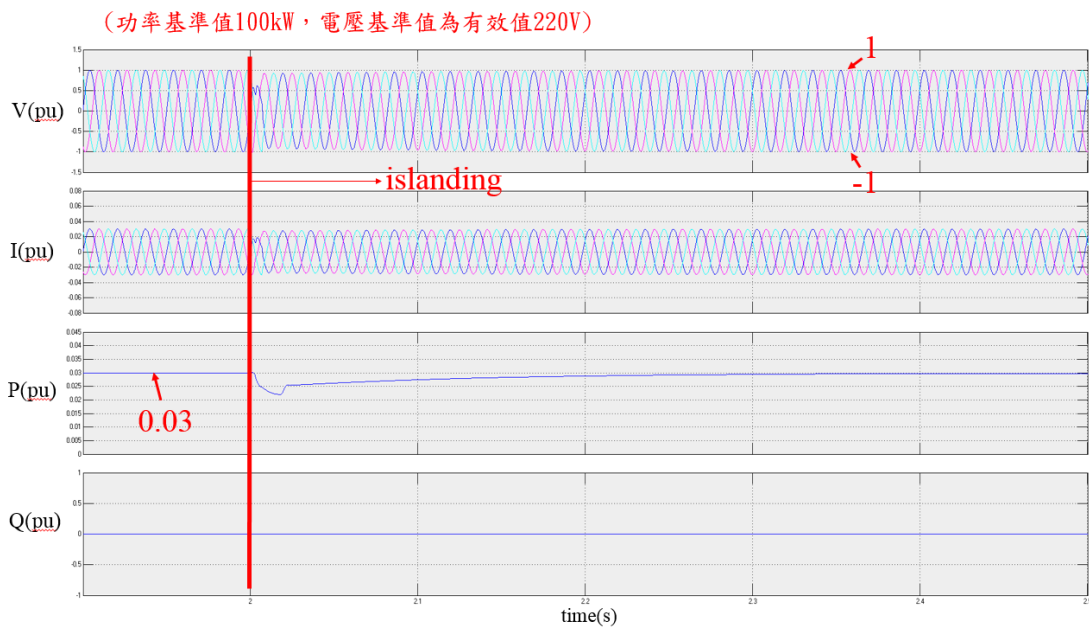


圖 114 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

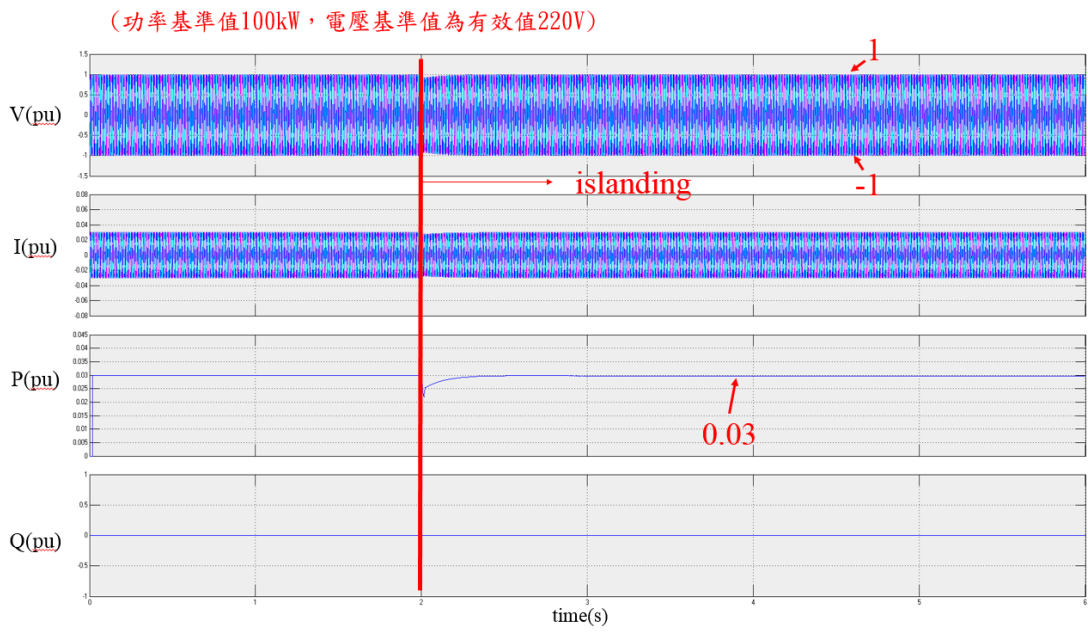


圖 115 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

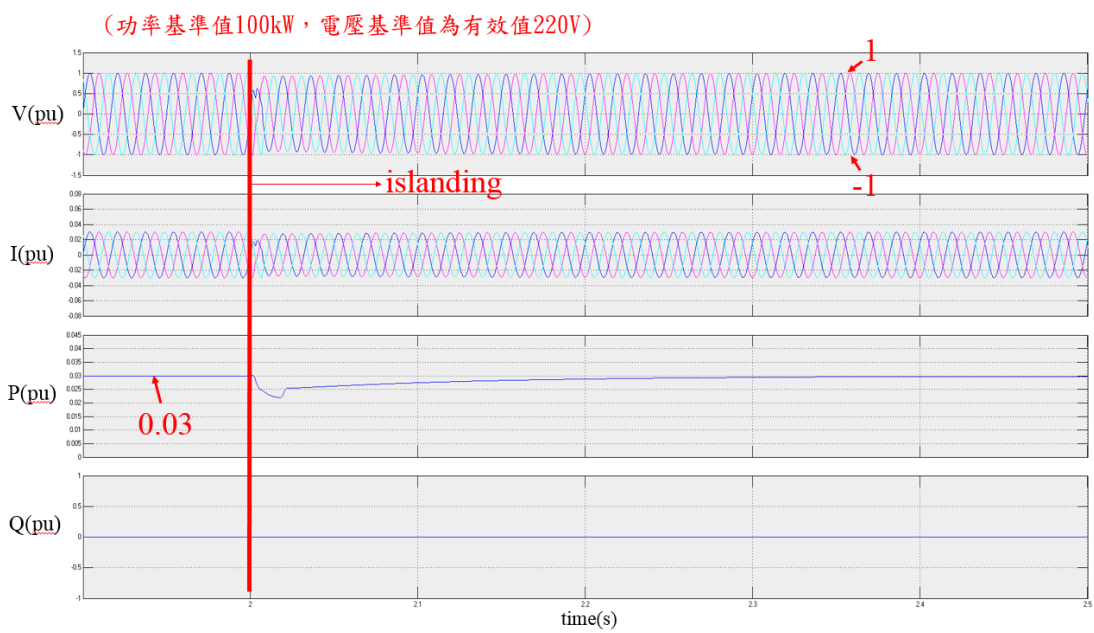


圖 116 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)



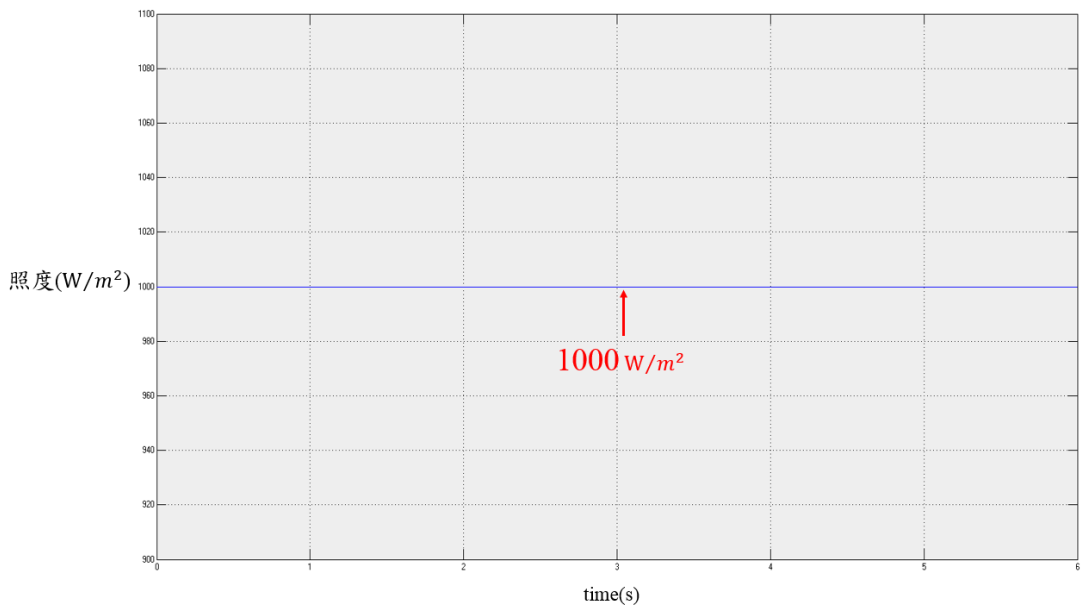


圖 117 當日日照

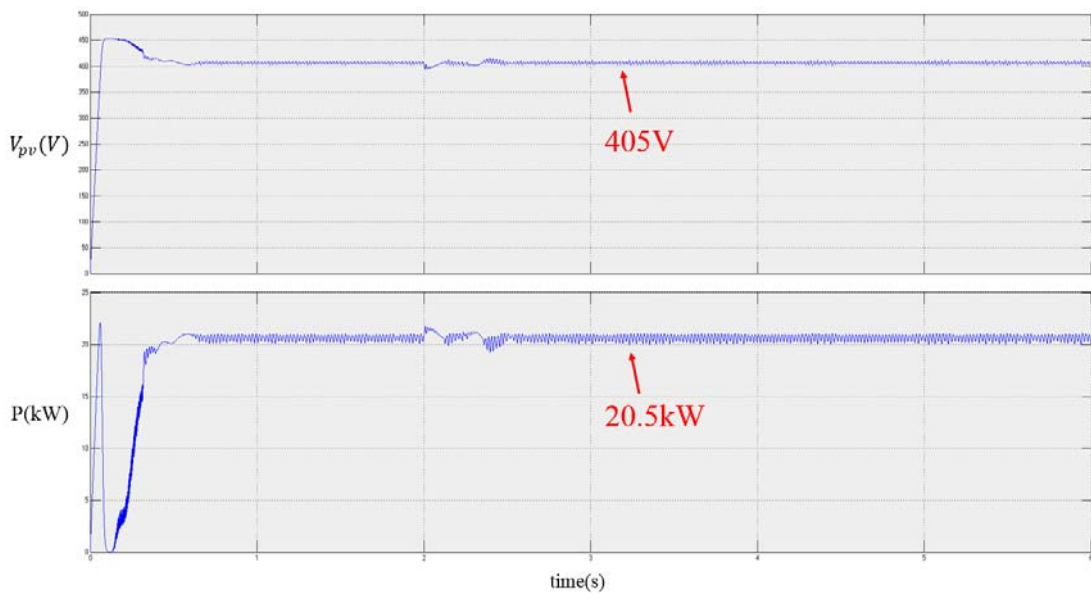


圖 118 PV20kW 電壓、功率模擬圖

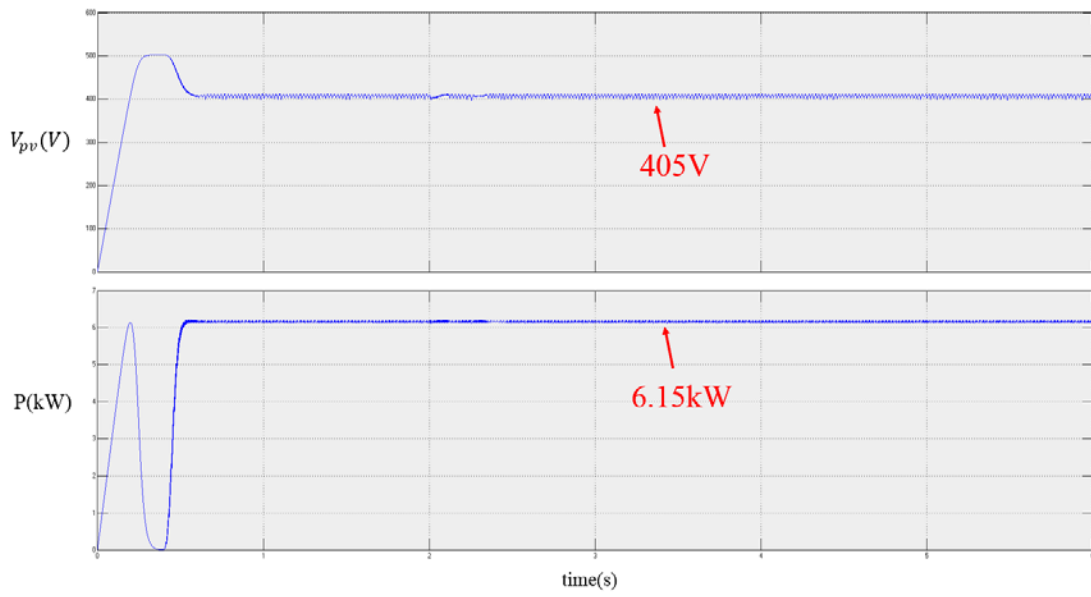


圖 119 PV6kW 電壓、功率模擬圖

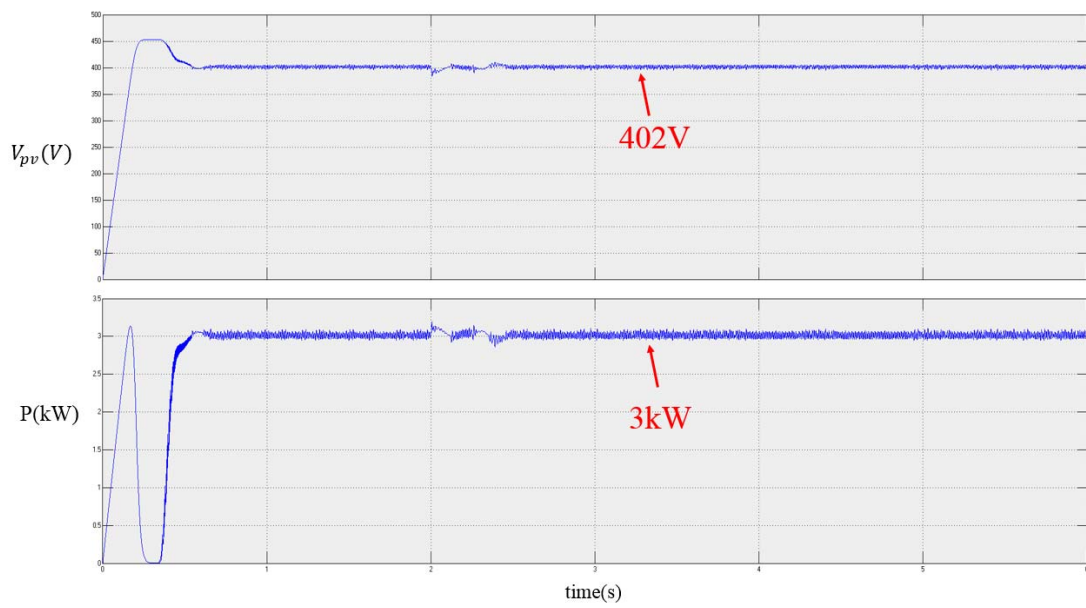


圖 120 PV3kW 電壓、功率模擬圖

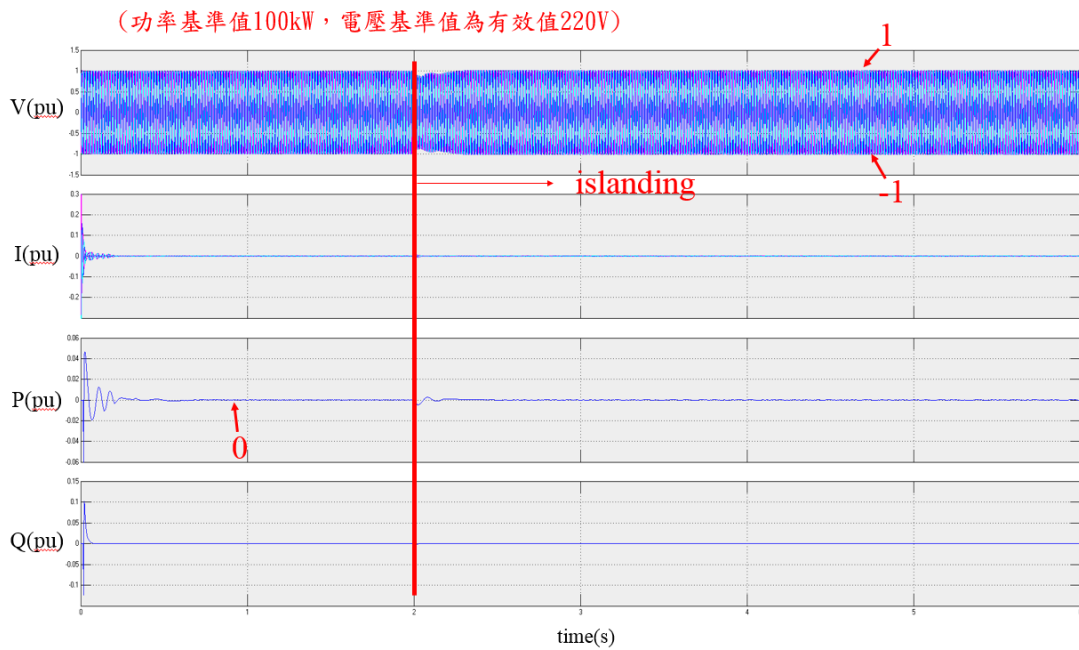


圖 121 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

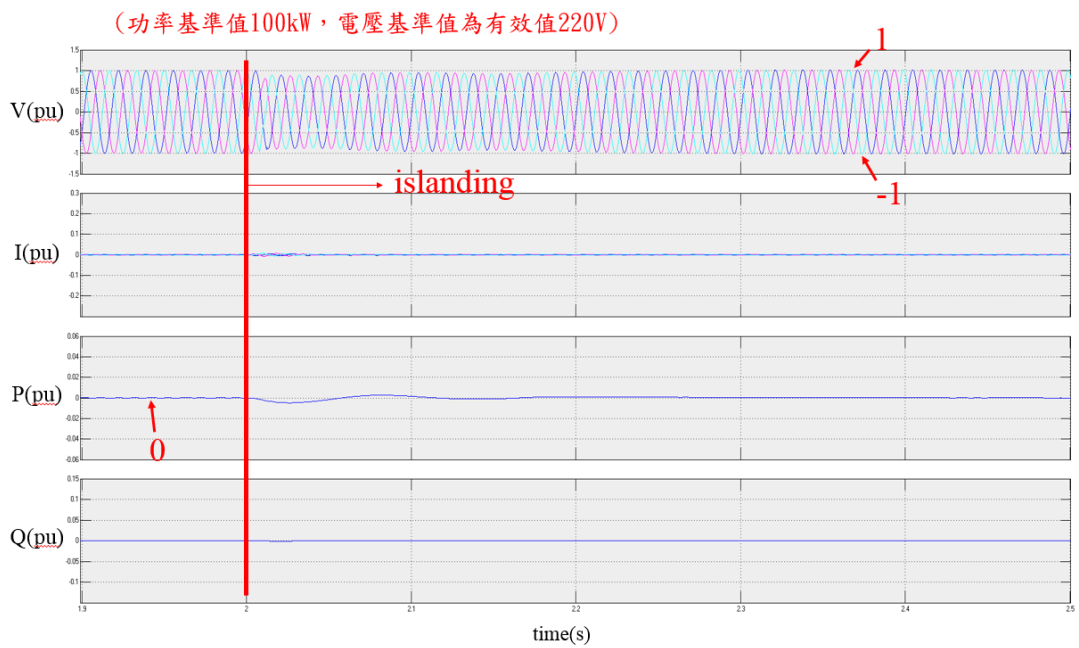


圖 122 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

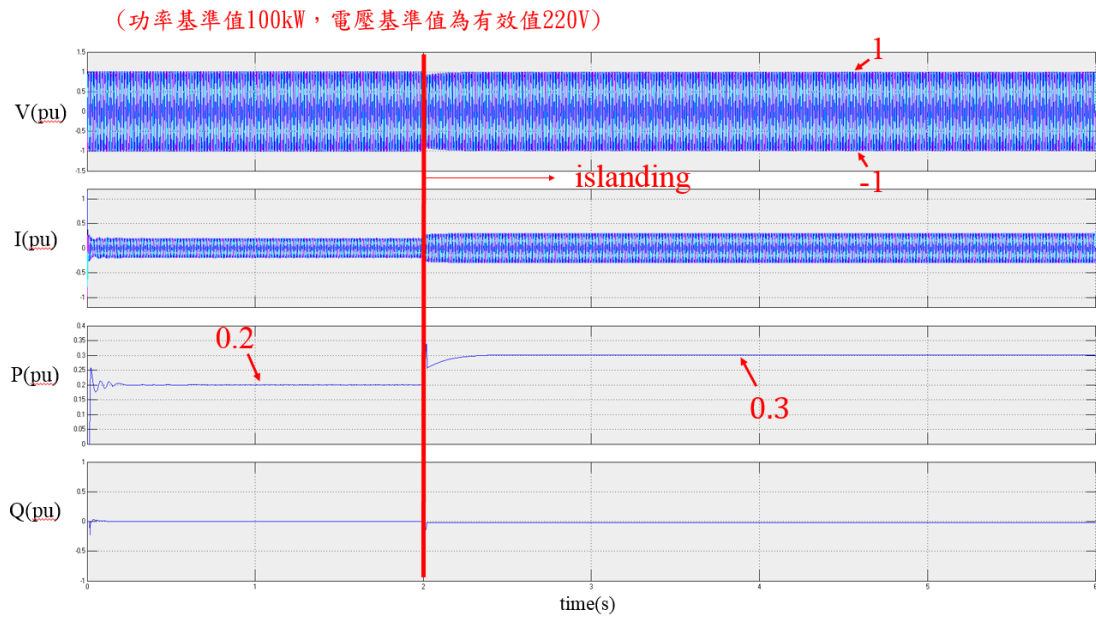


圖 123 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

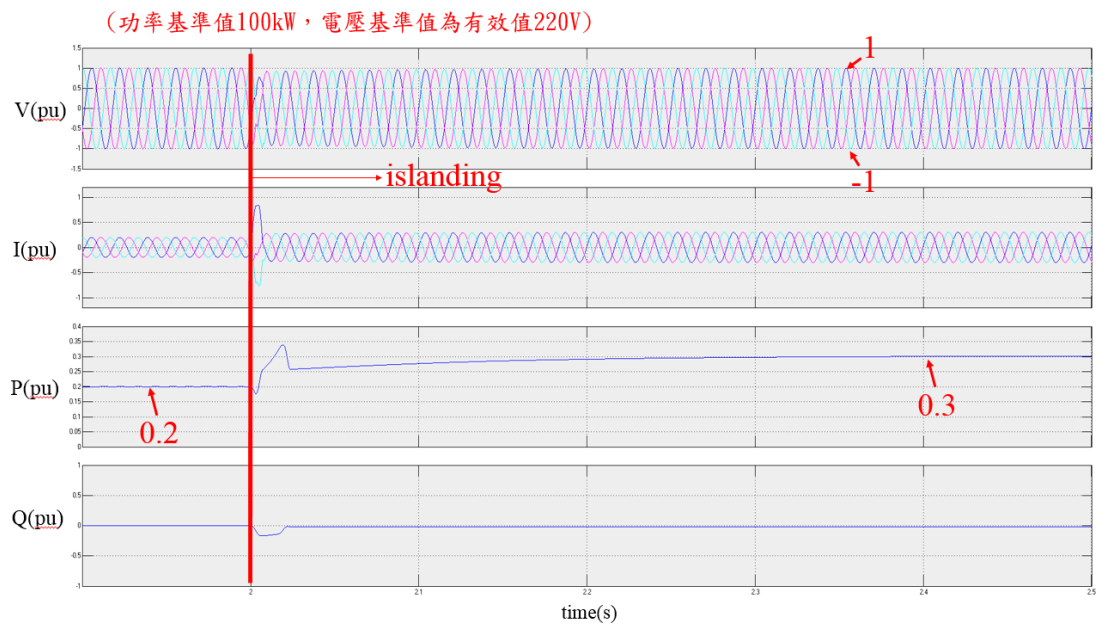


圖 124 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

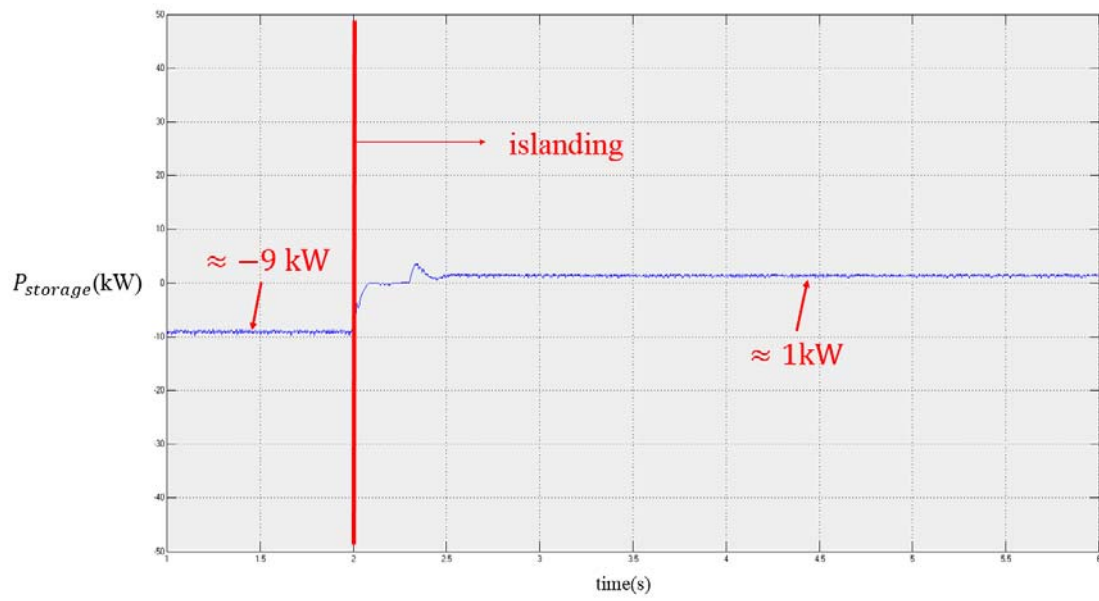


圖 125 儲能系統充放電功率

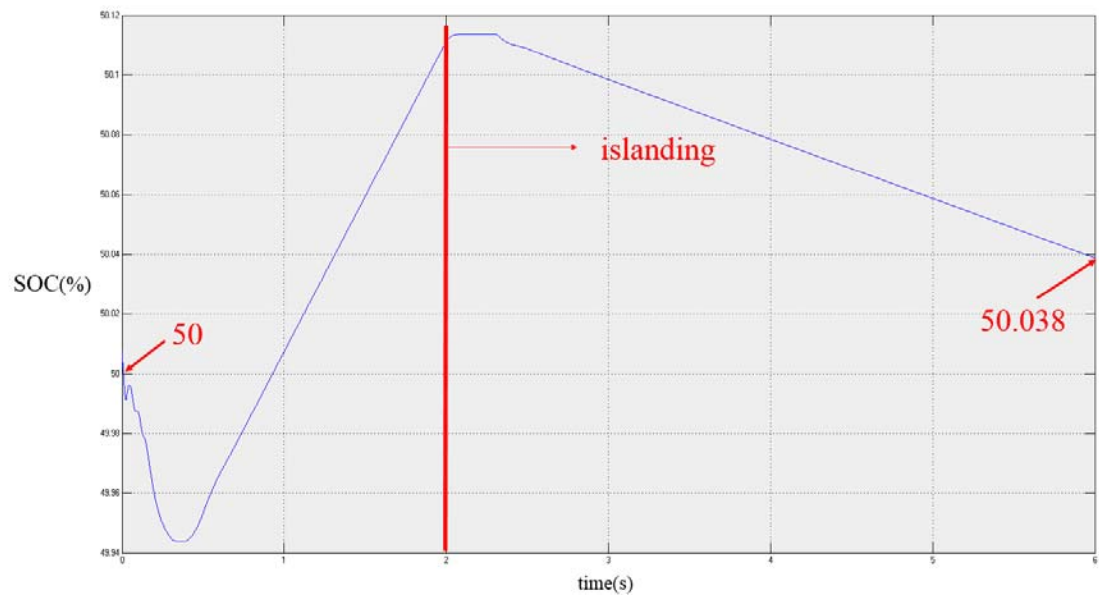


圖 126 儲能系統之 SOC

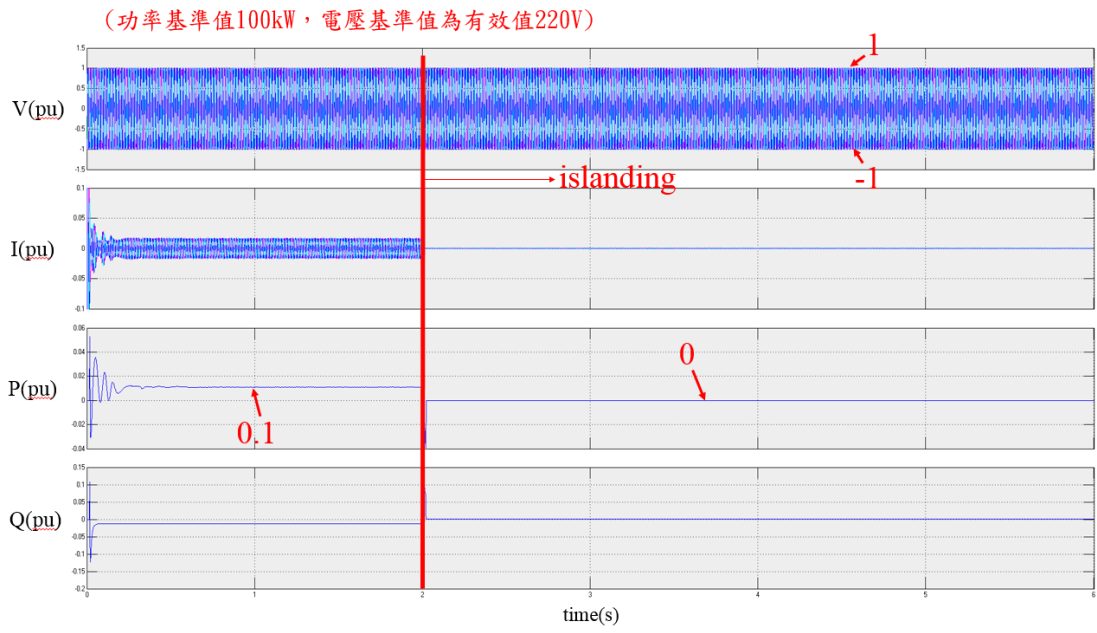


圖 127 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

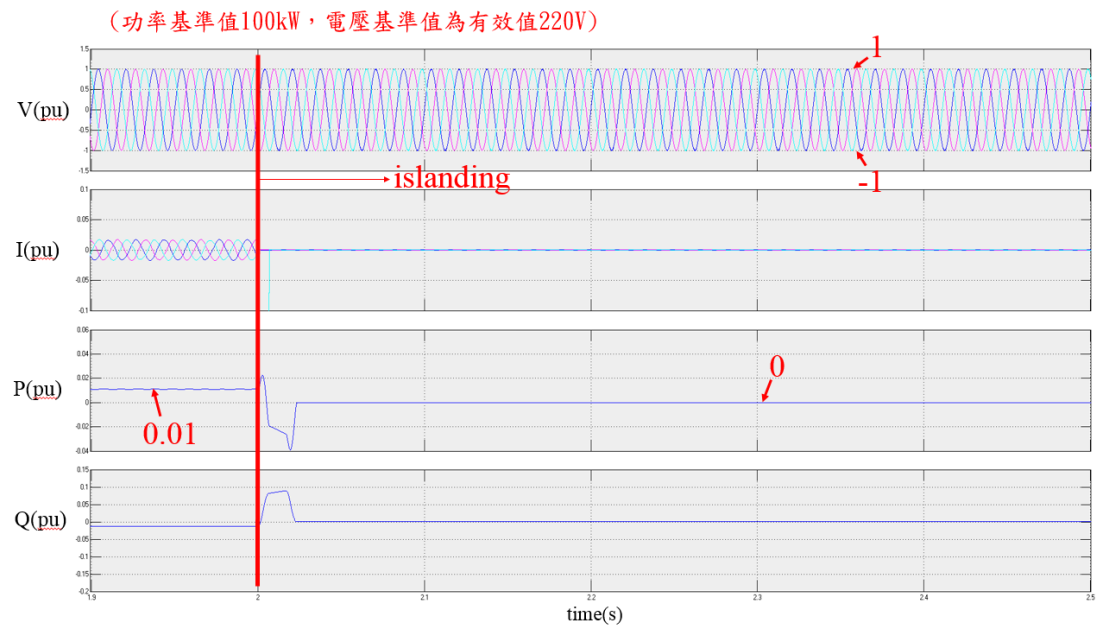


圖 128 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

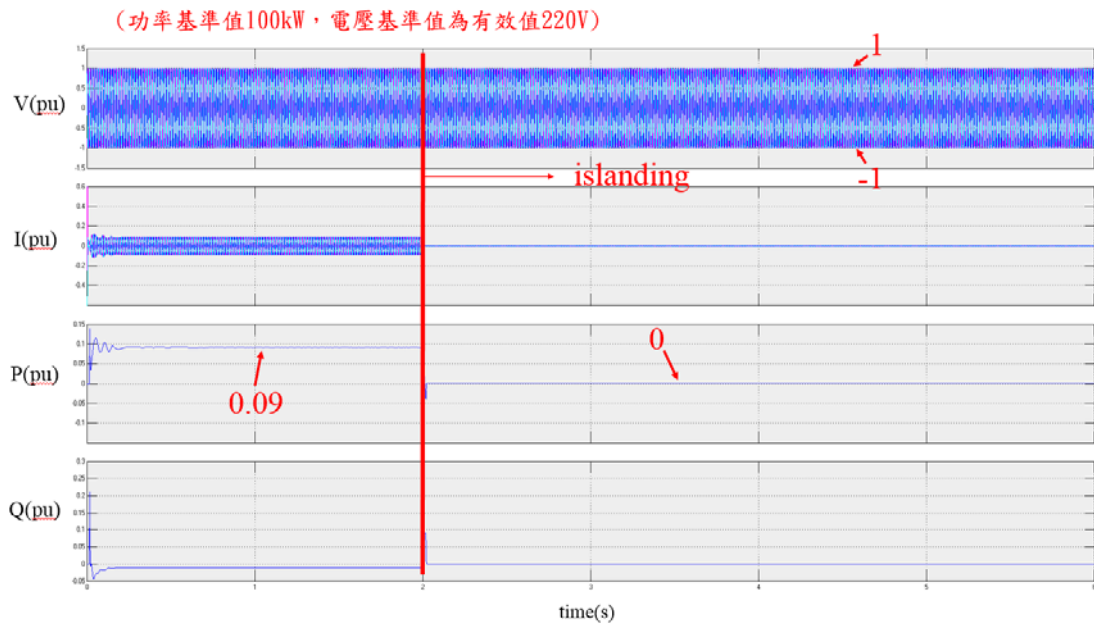


圖 129 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

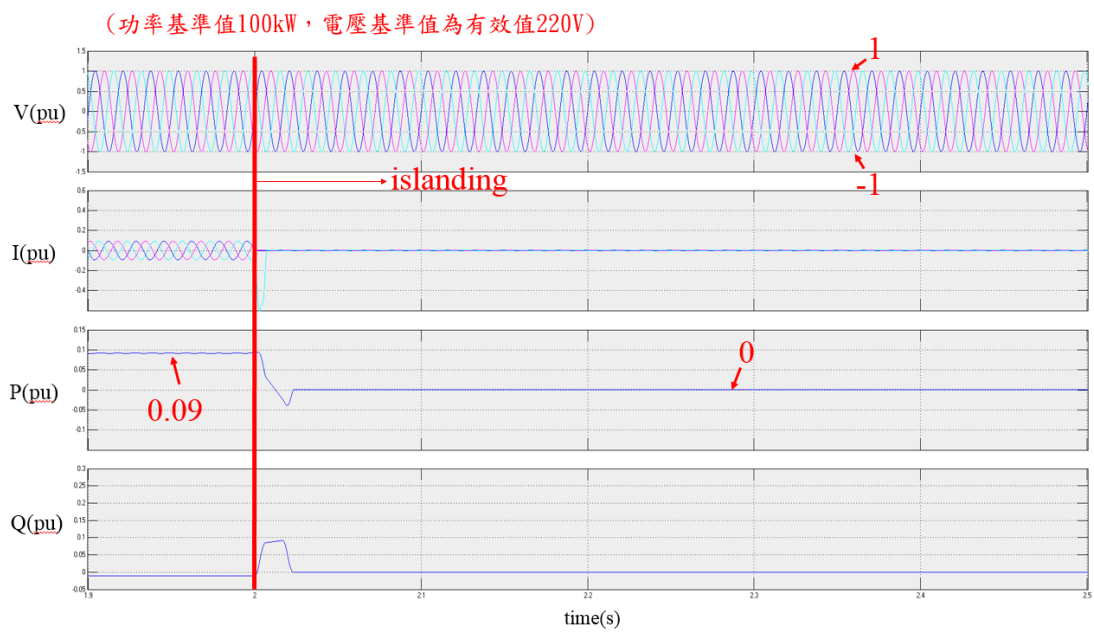


圖 130 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

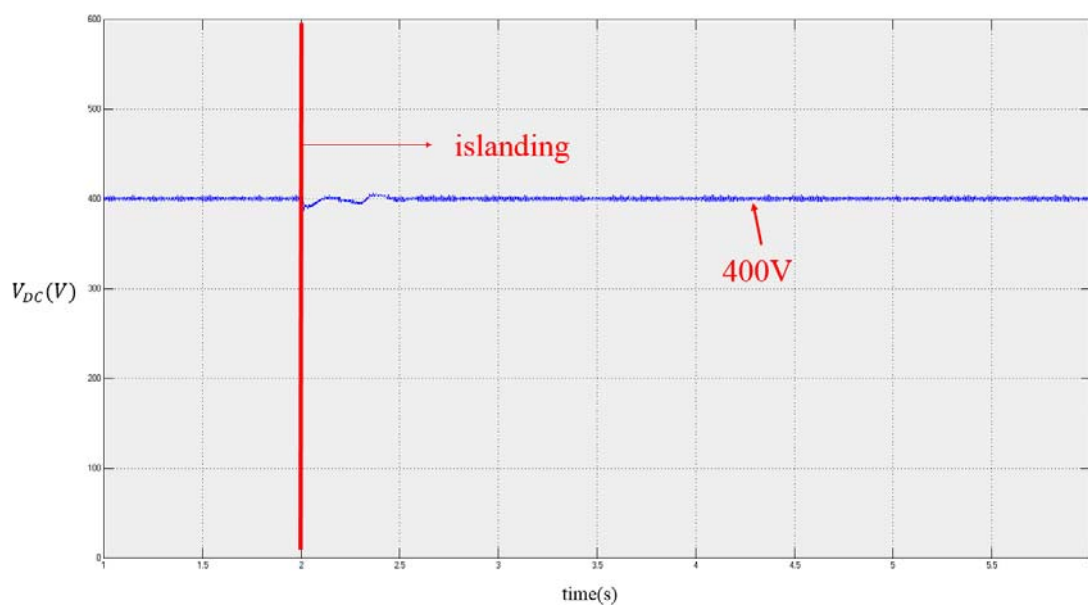


圖 131 DC Bus 之電壓

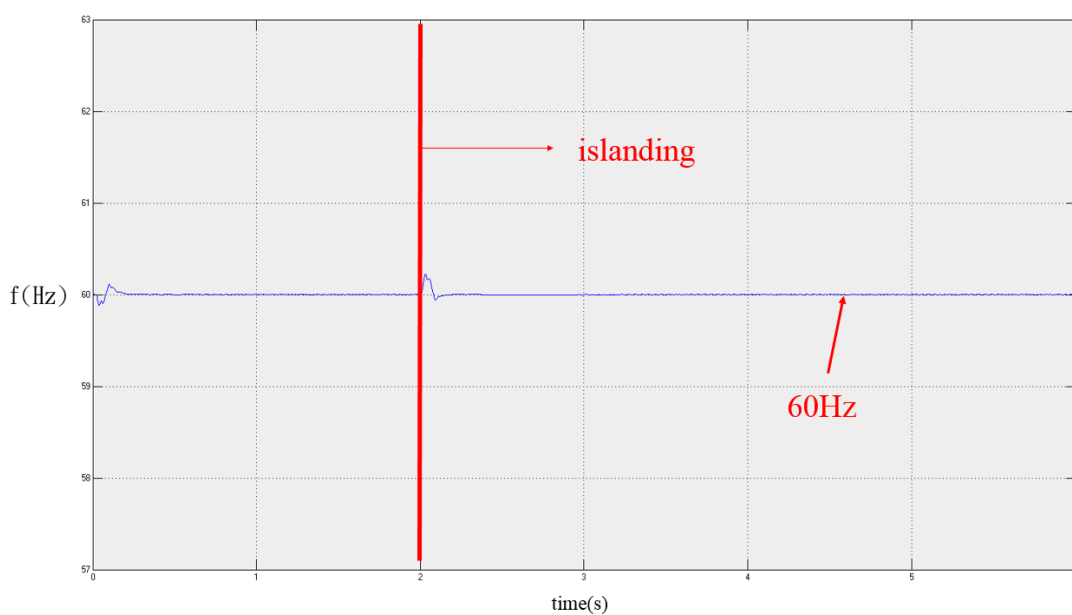


圖 132 系統頻率

心得:

Csae 3a 說明了，併網時 PCS2 可以有效提供功率給負載來減輕市電端供電之壓力；孤島時 PCS2 可以有效控制整個系統電壓及頻率。PV 產生之功率小於負載之需求，儲能系



統會補足剩餘負載之需求，儲能系統會進行放電的狀態。儲能系統電量之降低造成端電壓下降而影響 DC bus 之電壓不穩定，所以在電池前端加入雙方向 DC/DC converter 來穩定 DC bus 上我們想要之電壓。

(二) Case 3b 日照充足時，PV 產生的能源大於負載，多餘的能源存入儲能系統

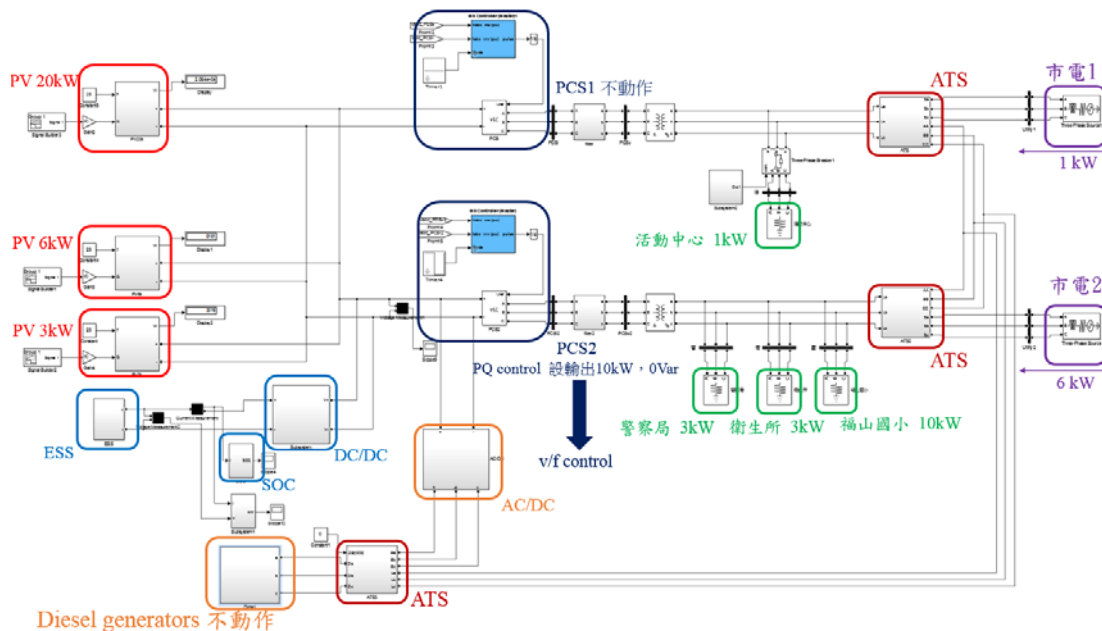


圖 133 Matlab/Simulink Case 3b 動作說明

如圖 133 所示，此章節模擬假日離峰負載特性、併網運轉與孤島運轉。

2 秒前為併網模式，負載分別為活動中心 1kW(0.01 pu) 如圖 134-135 所示、國小 10kW(0.1 pu) 如圖 136-137 所示、警察局與衛生所各為 3kW(0.03 pu) 如圖 138-141 所示。先假

設日照充足( $1000 \text{ W/m}^2$ )如圖 142 所示；PV 所產生的功率分別為 20.5 kW、6.15 kW、3 kW(共 29.65kW)如圖 143-145 所示。依現況設定 PCS1 不動作如圖 146-147(2 秒前)所示、PCS2 做 PQ 控制設定輸出功率為 10 kW(0.1 pu) 如圖 148-149(2 秒前)所示，所以分散式電源共供應 10 kW(0.1 pu) 給負載，剩餘 19kW 之能量會存入儲能系統裡如圖 150-151(2 秒前)所示。由於分散式電源只提供 10kW(0.1 pu)給負載，所以剩餘的負載需求由市電提供。因 PCS1 不動作，所以活動中心 1kW(0.01 pu)由市電 1 提供如圖 152-153(2 秒前)所示；國小、警察局與衛生所共 16kW(0.16 pu)，分散式電源經 PCS2 供應 10kW(0.1 pu)給負載，剩餘 6kW(0.06 pu)由市電 2 提供如圖 154-155(2 秒前)所示。

2 秒後為孤島運轉，依現況設定 PCS1 不動作如圖 152-153(2 秒後)所示、PCS2 從 PQ 控制變為 v/f 控制如圖 154-155(2 秒後)所示，v/f 控制設定電壓與頻率分別為有效值 220V 與 60Hz。負載分別為活動中心 1kW(0.01 pu)、國小 10kW(0.1pu)、警察局與衛生所各為 3kW(0.03 pu)共 17kW，而 PV 一共可產生 29kW，剩餘 12kW 之能量會存入儲能系統如圖 150-151 (2 秒後)所示。DC Bus 上之電壓由 DC/DC converter 所控制電壓為 400V 如圖 156 所式，圖 157 為系統頻率。

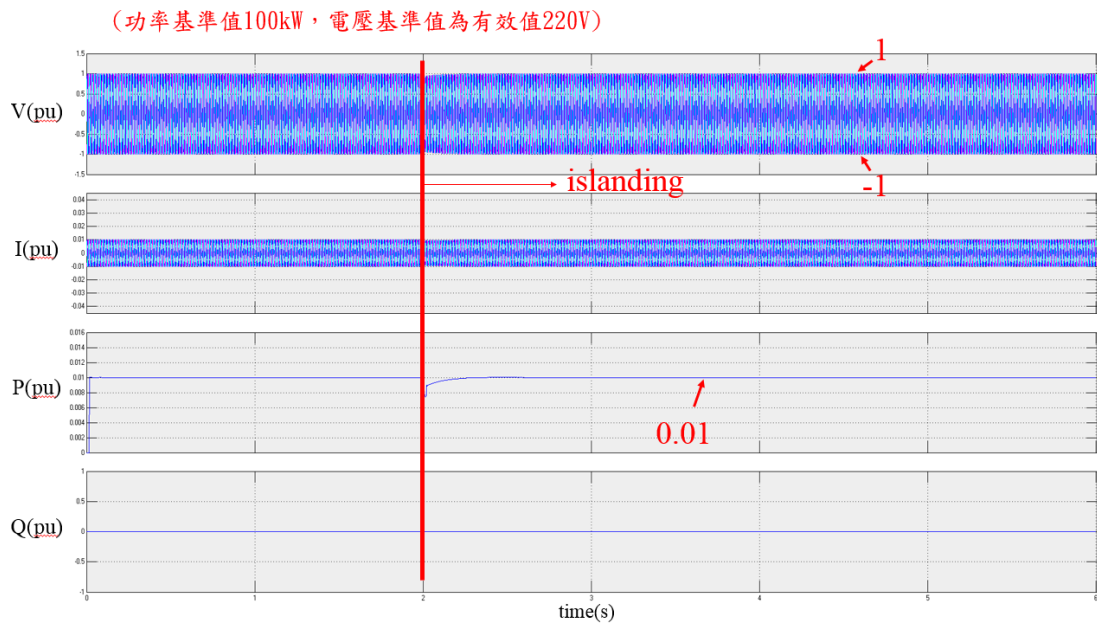


圖 134 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

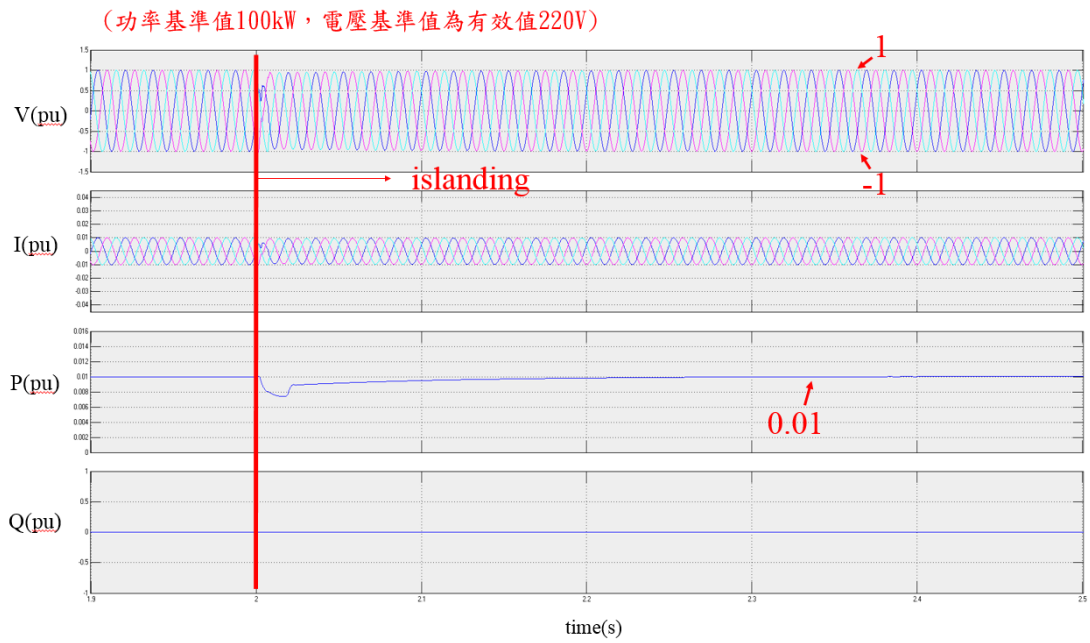


圖 135 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

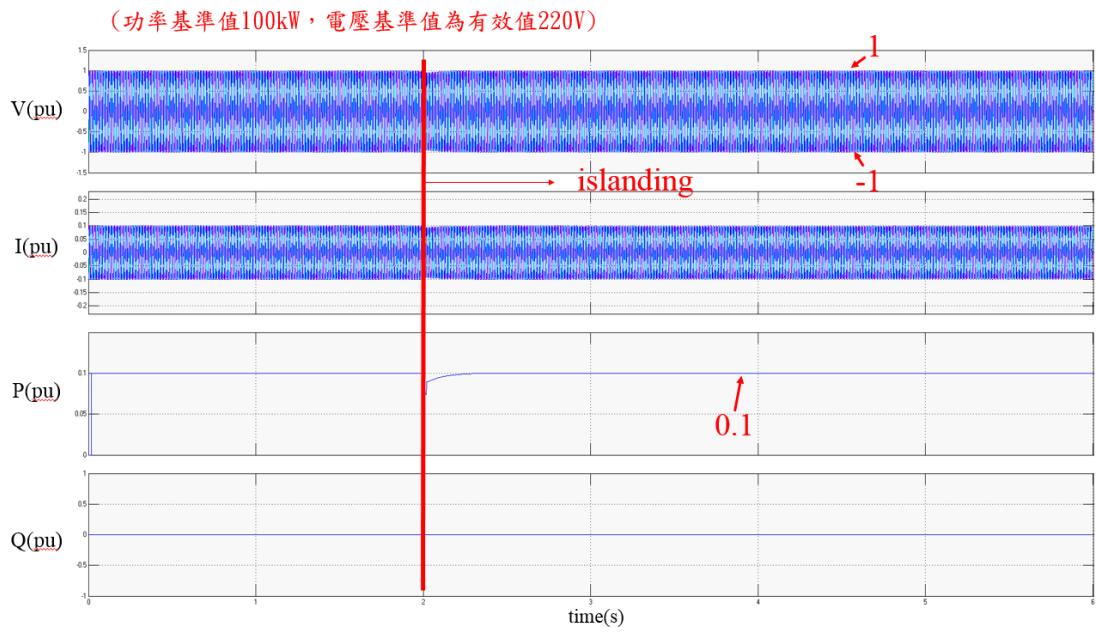


圖 136 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

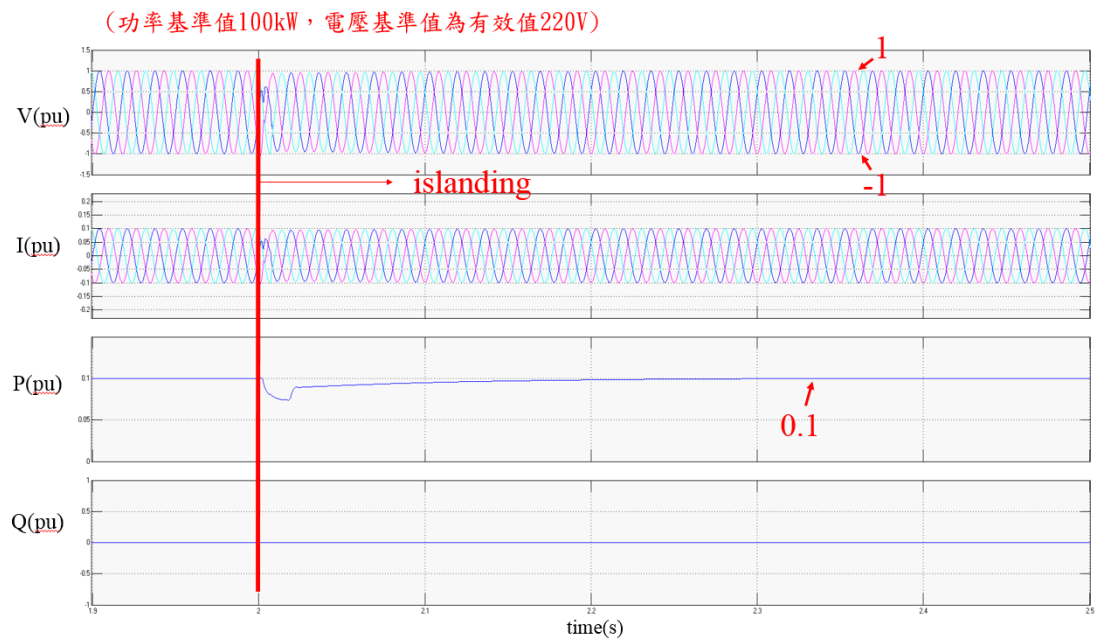


圖 137 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

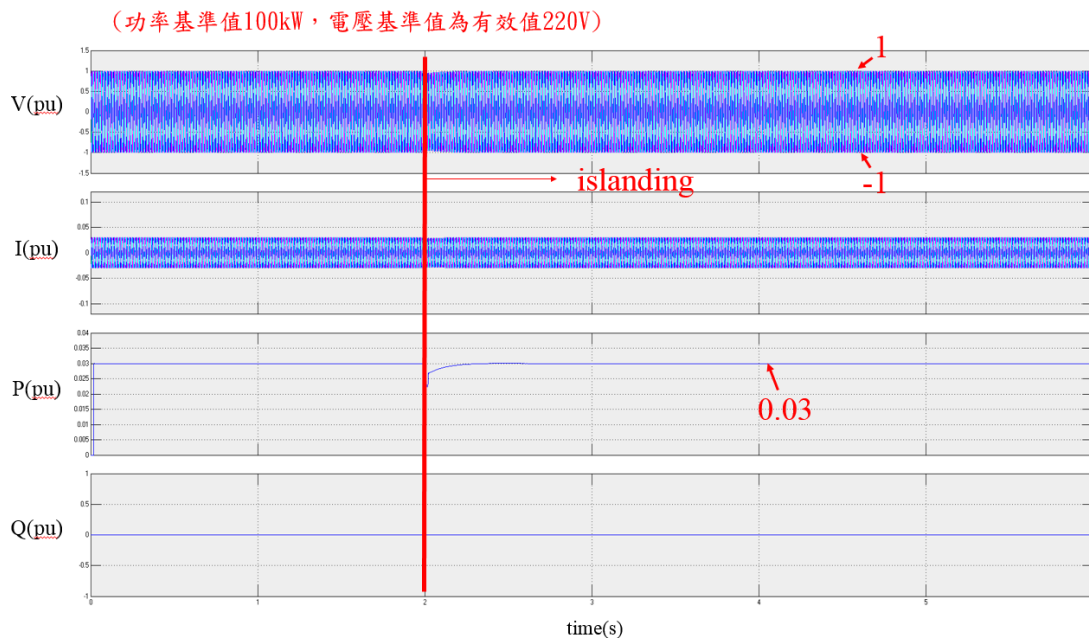


圖 138 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

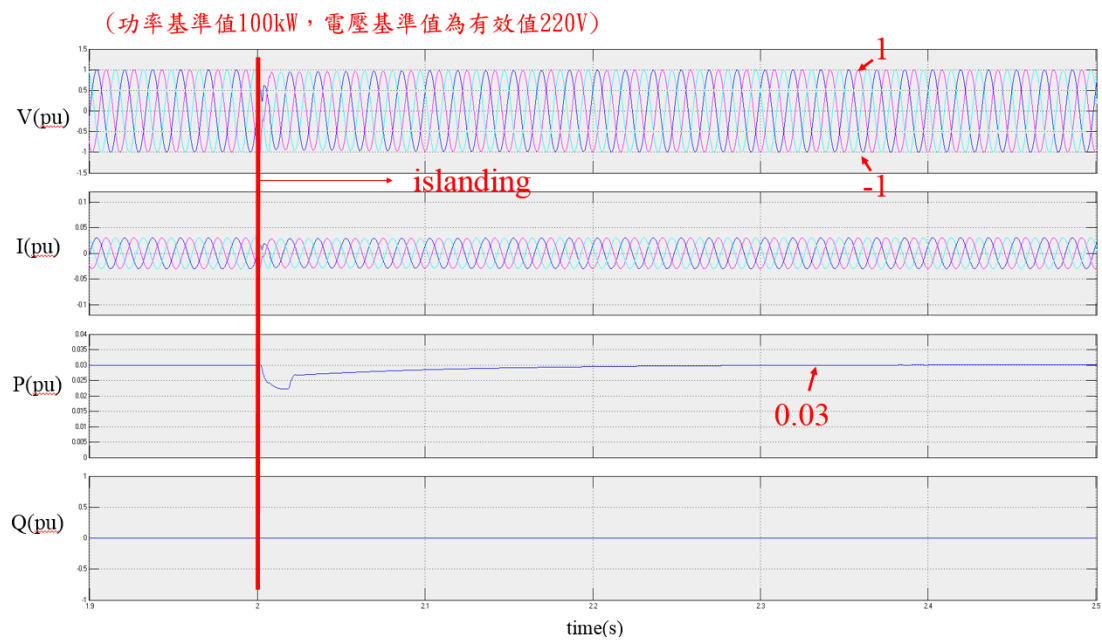


圖 139 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

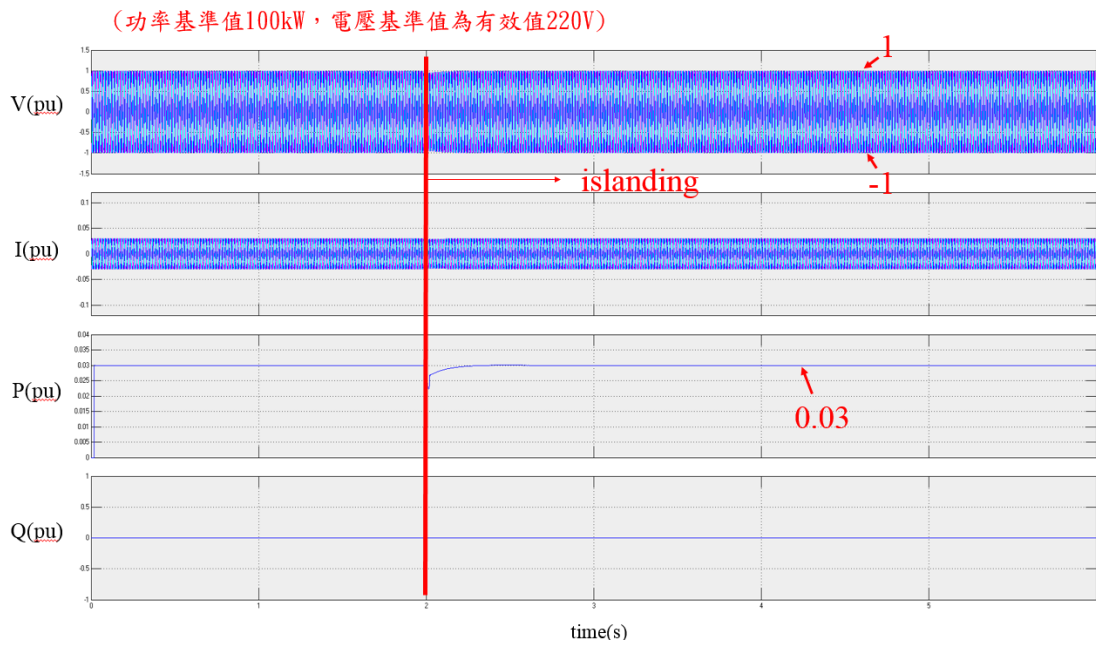


圖 140 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

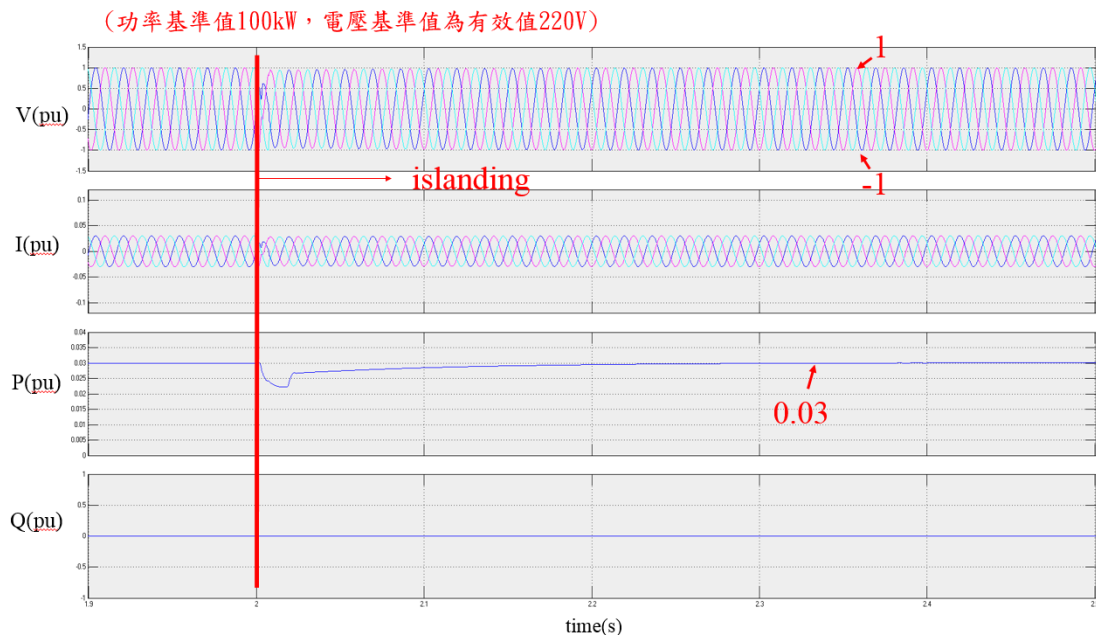


圖 141 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

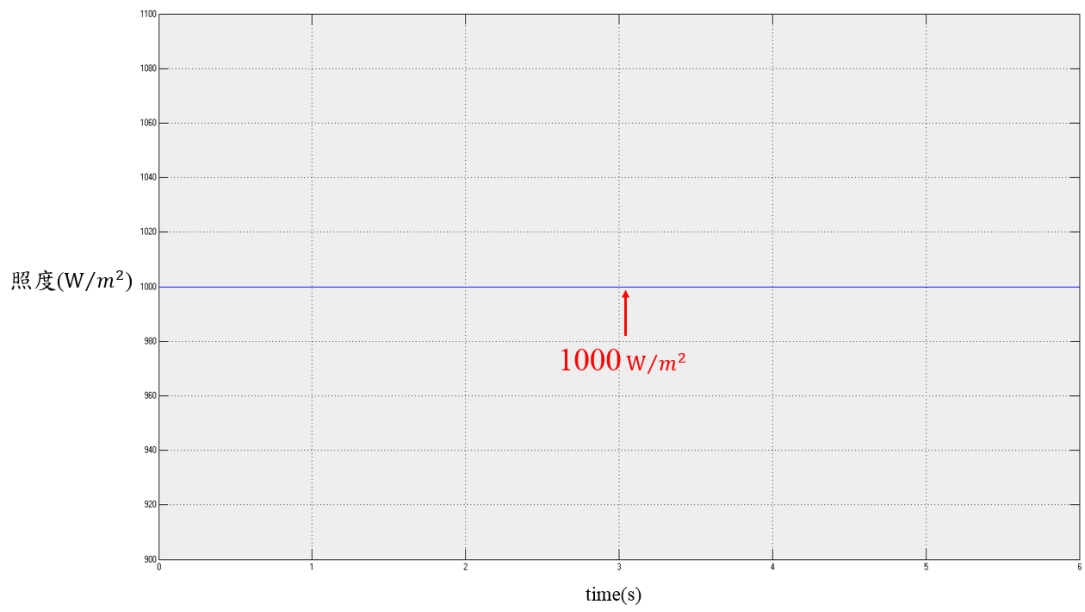


圖 142 當日日照

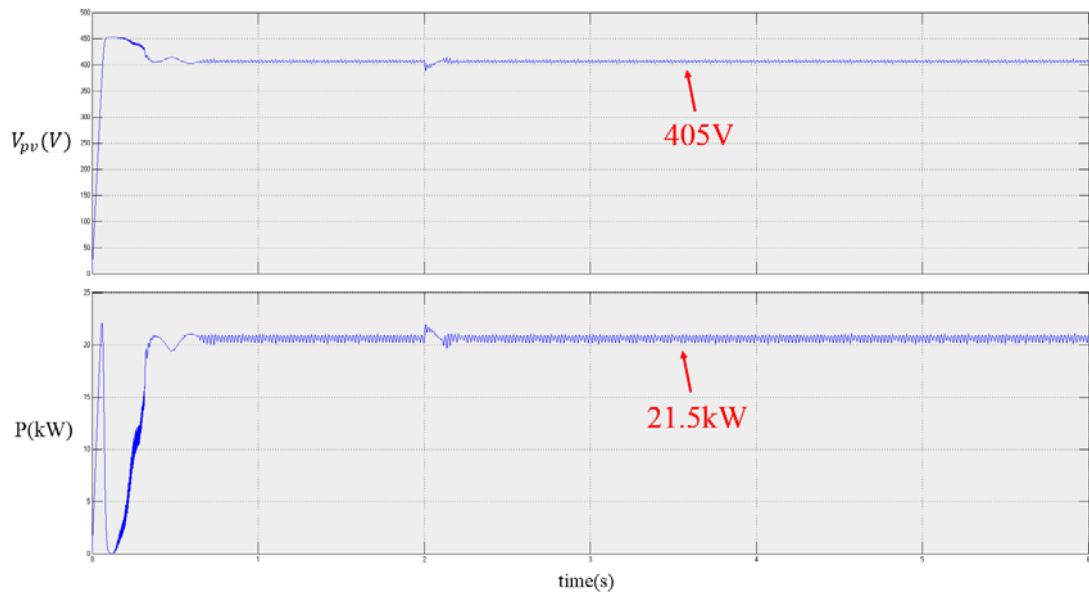


圖 143 PV20kW 電壓、功率模擬圖

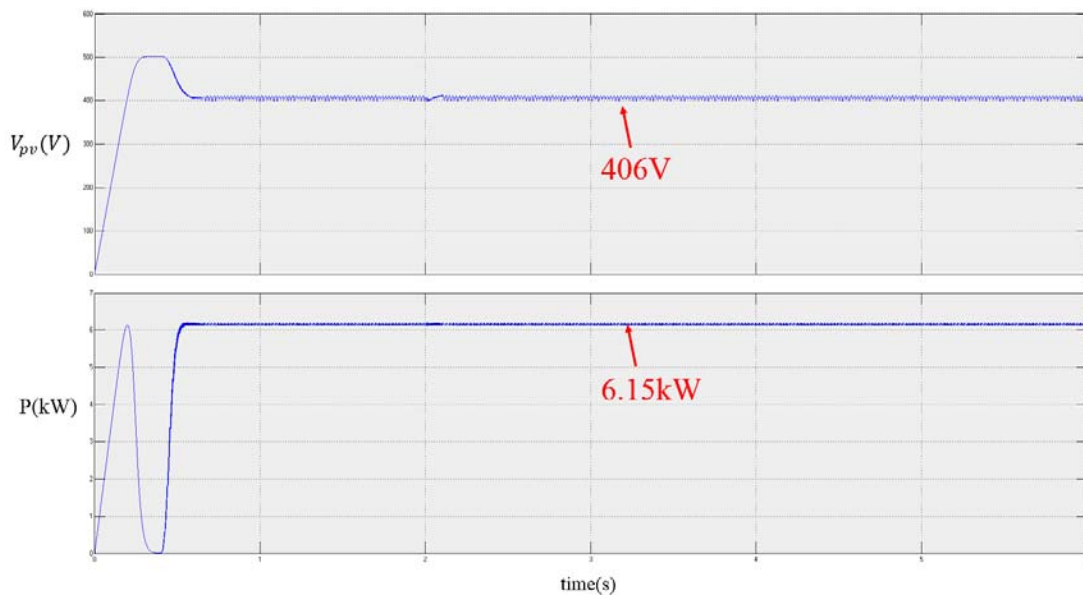


圖 144 PV6kW 電壓、功率模擬圖

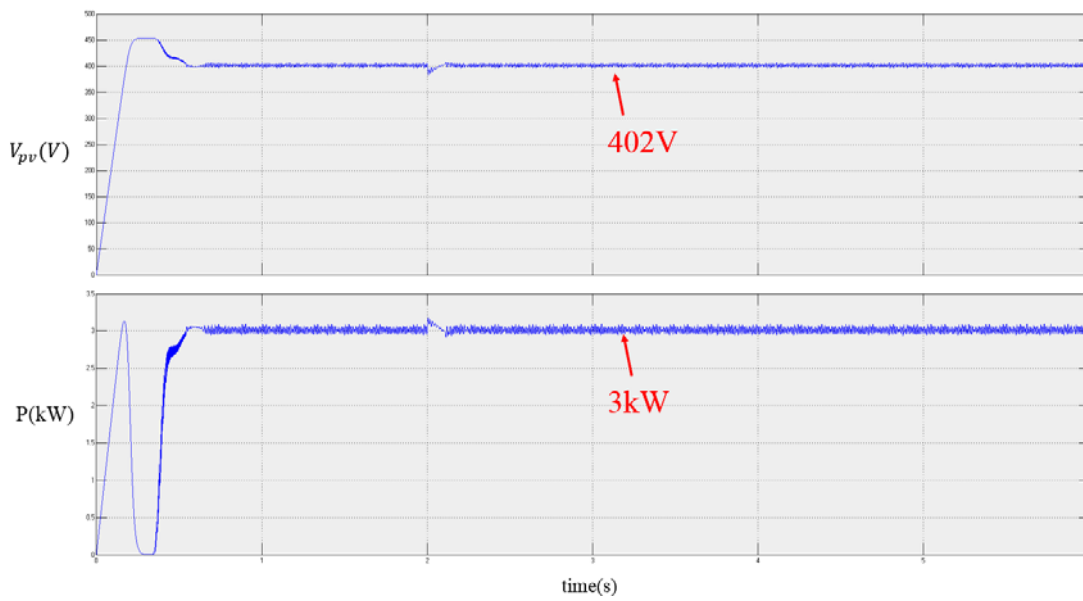


圖 145 PV3kW 電壓、功率模擬圖



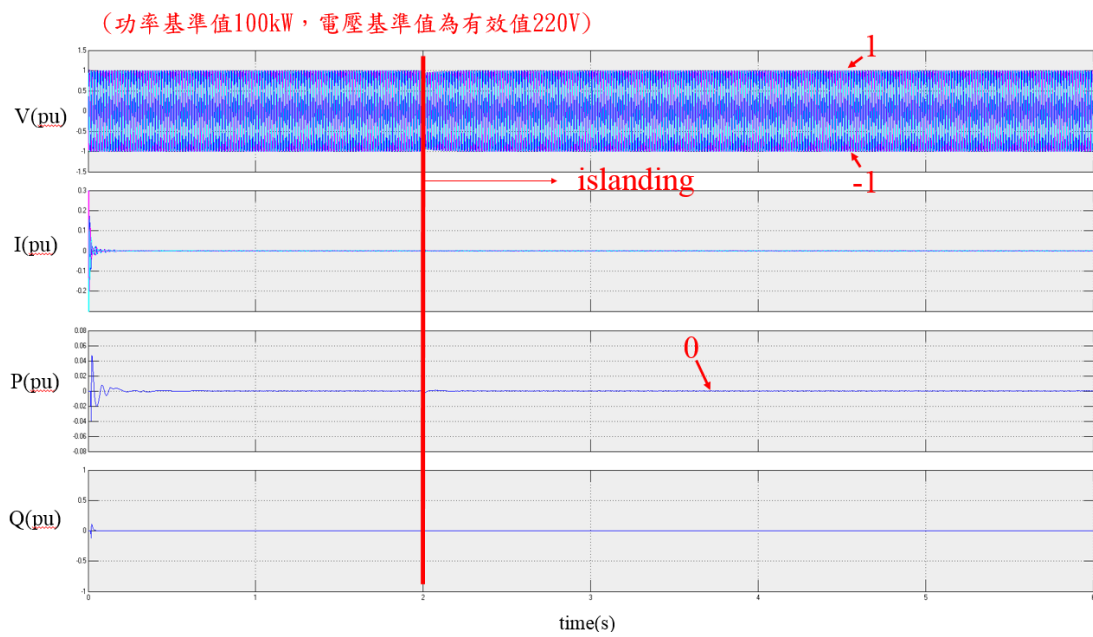


圖 146 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

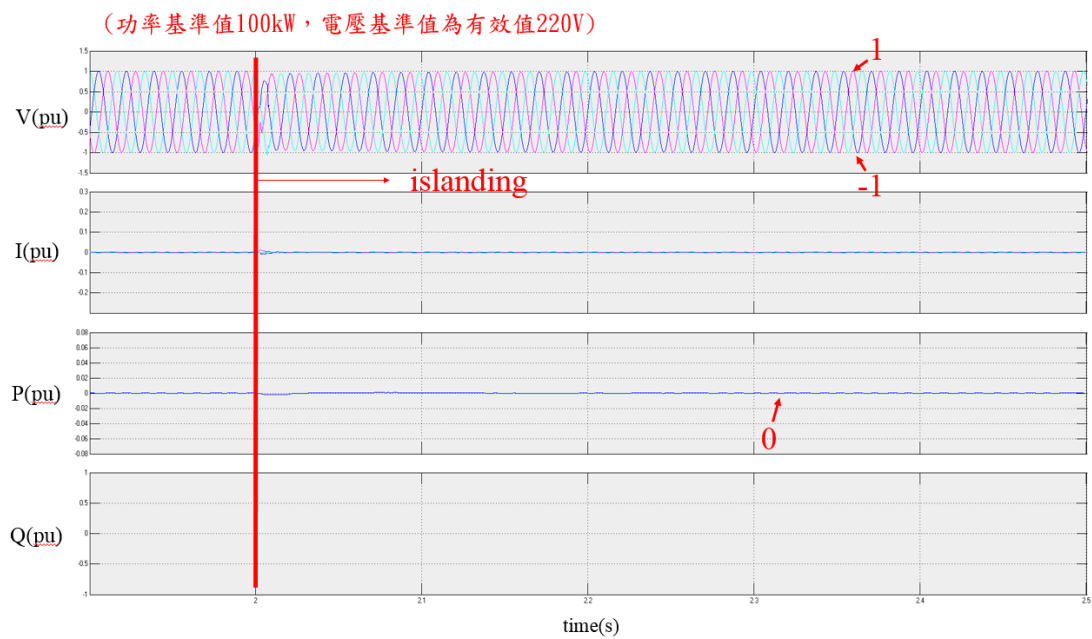


圖 147 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

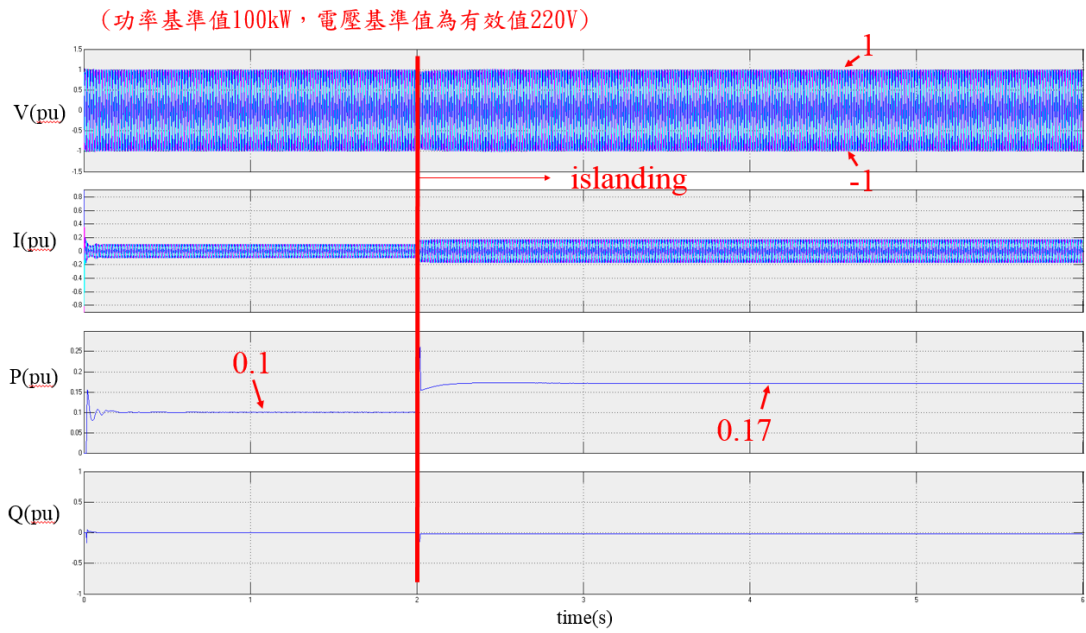


圖 148 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

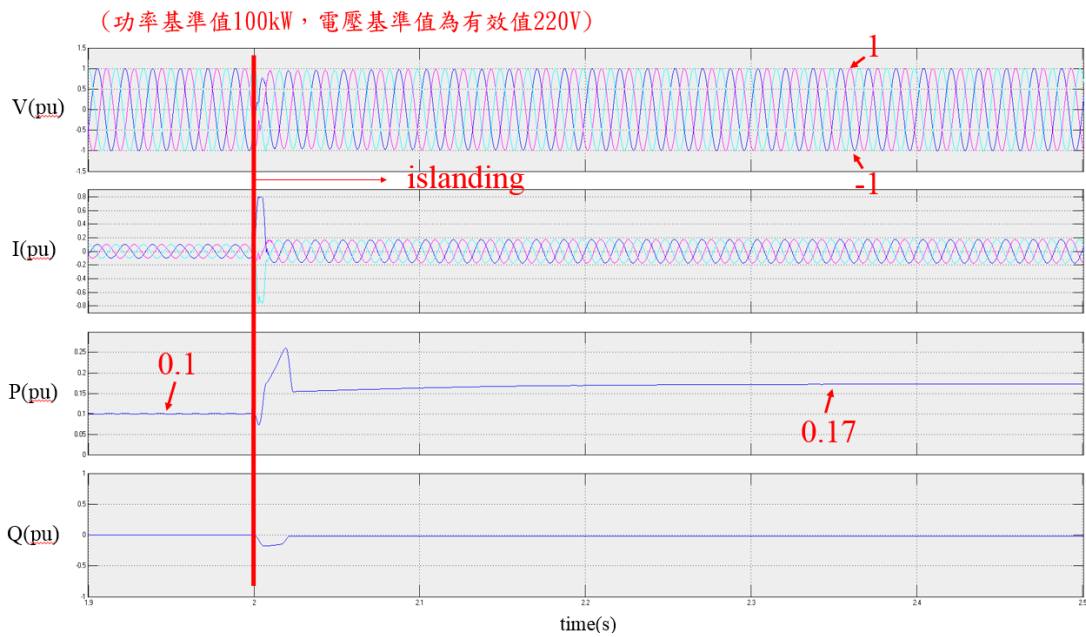


圖 149 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

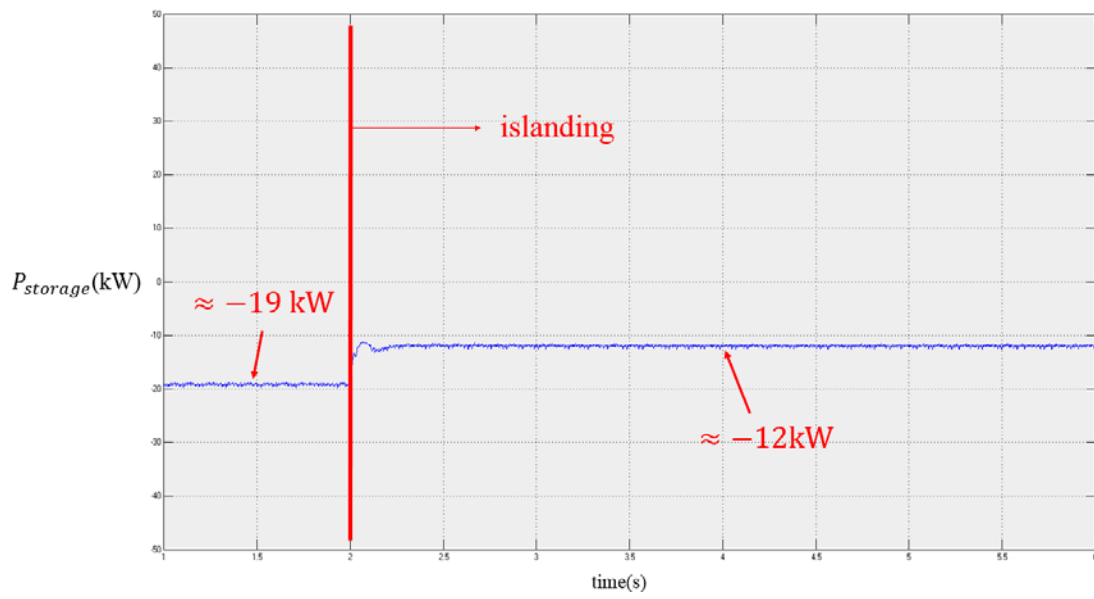


圖 150 儲能系統充放電功率

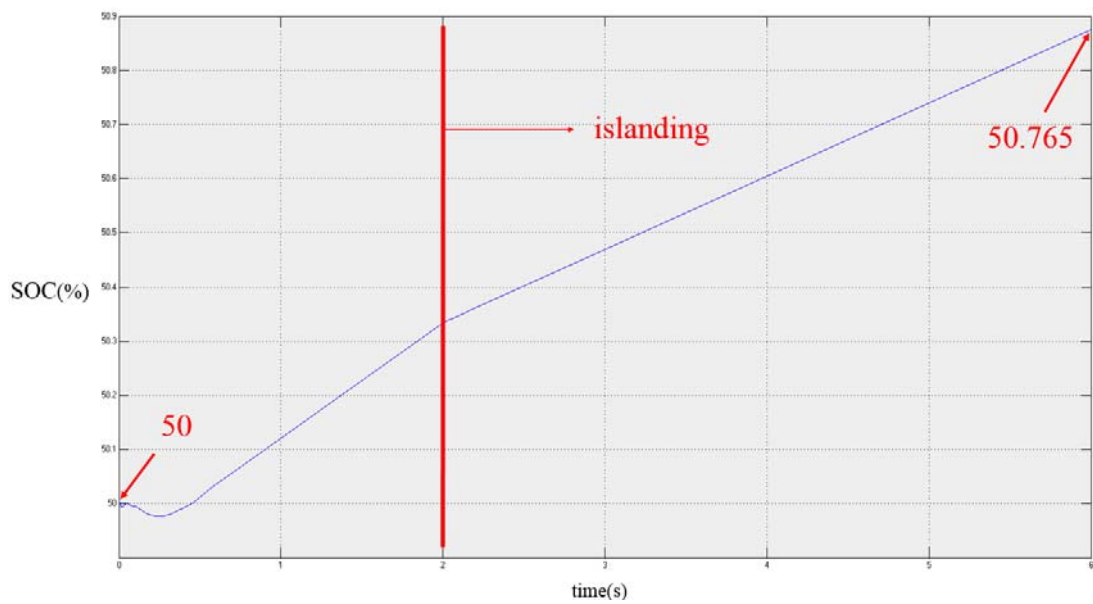


圖 151 儲能系統之 SOC

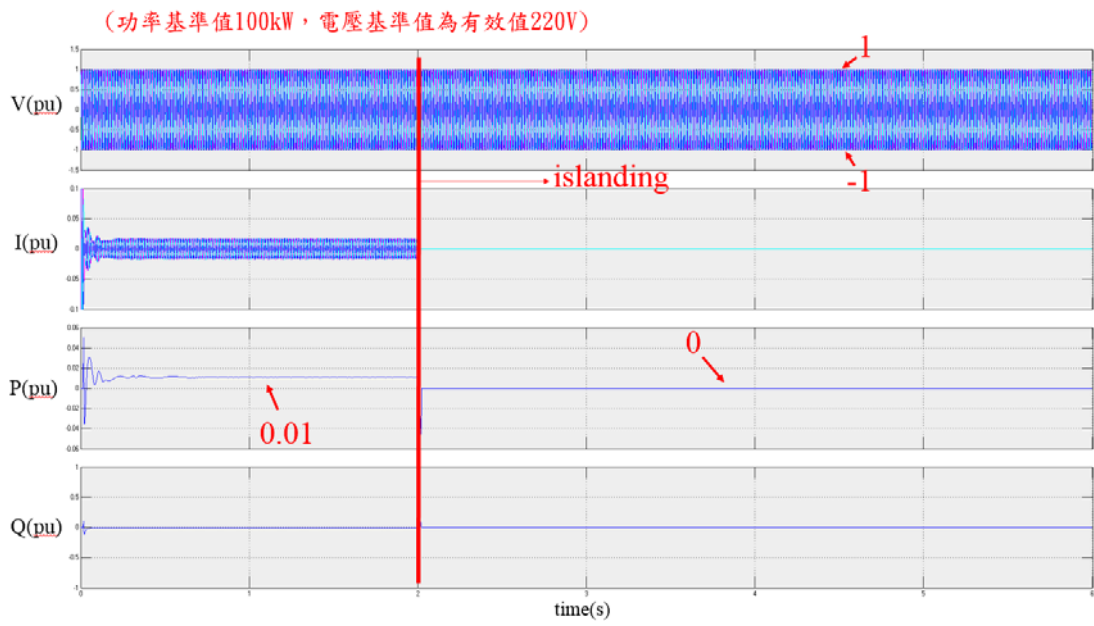


圖 152 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

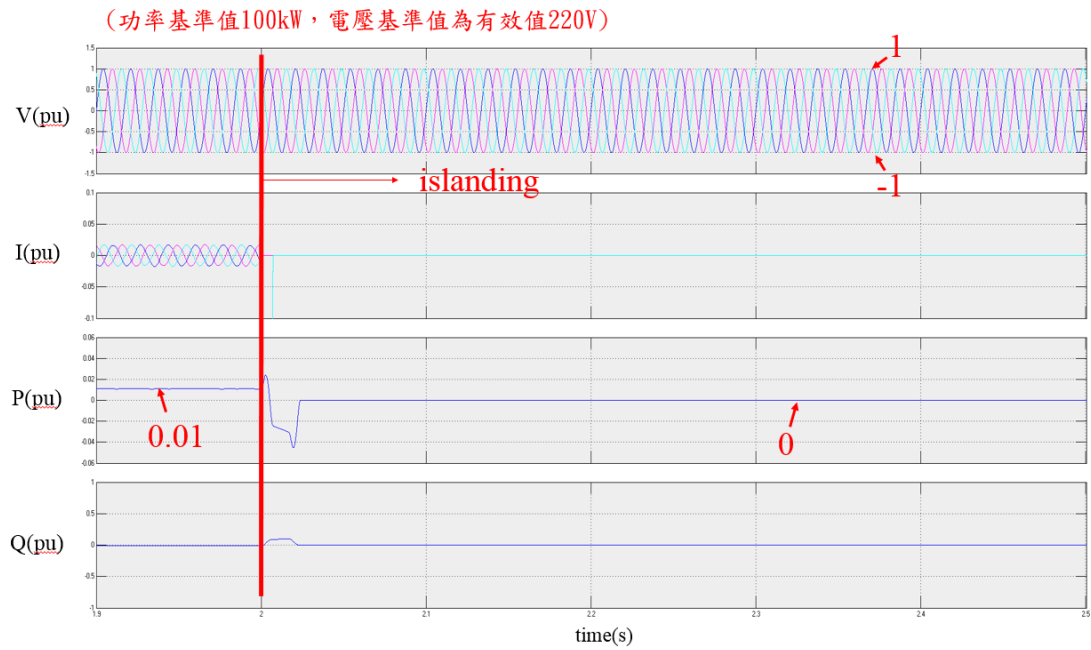


圖 153 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

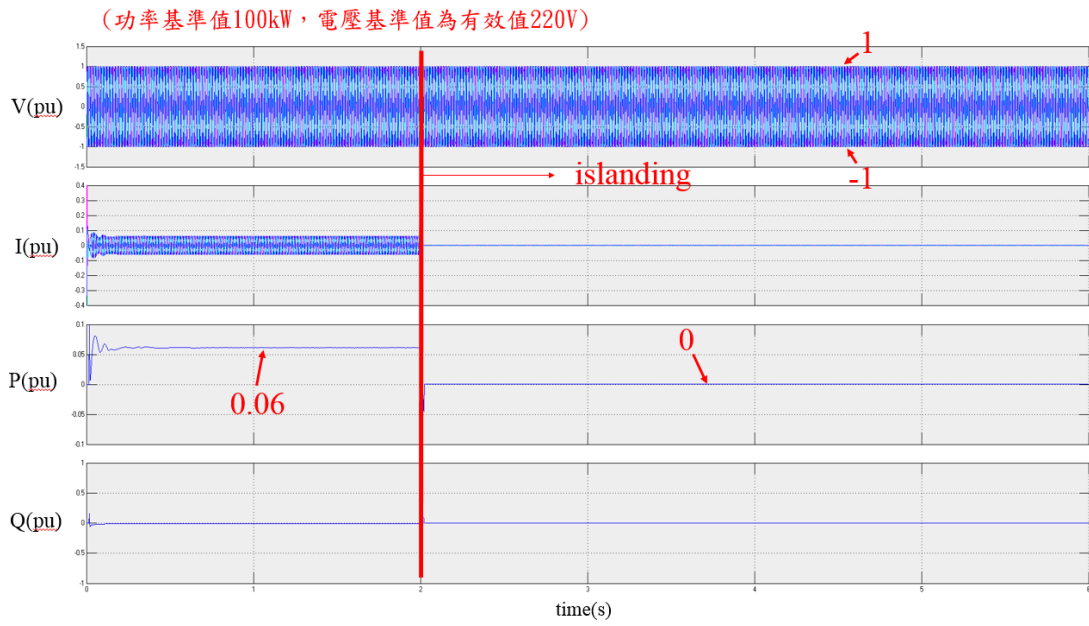


圖 154 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

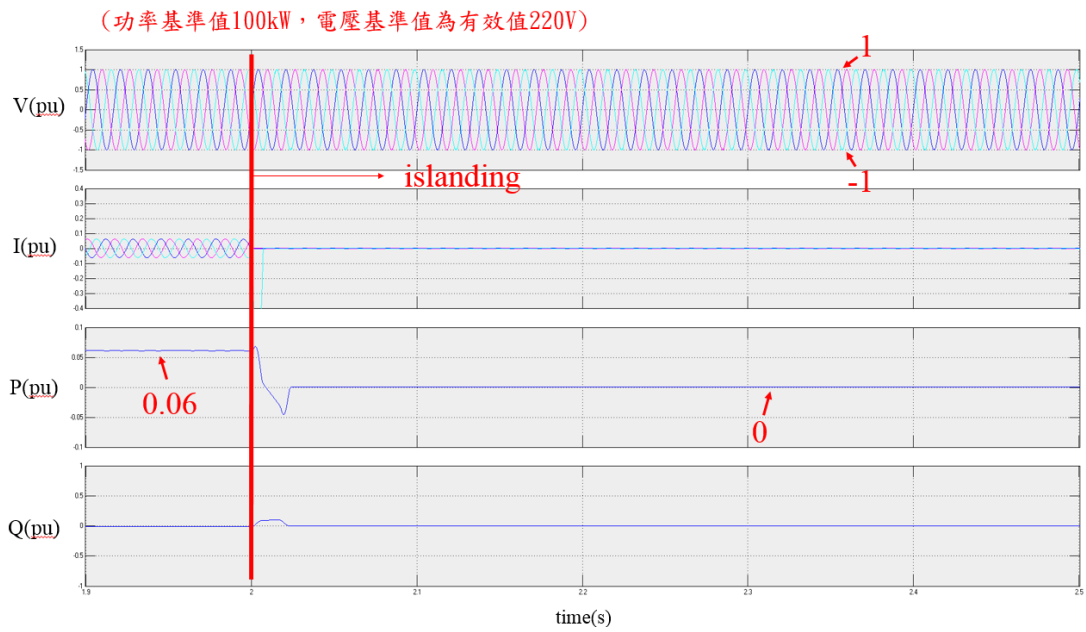


圖 155 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

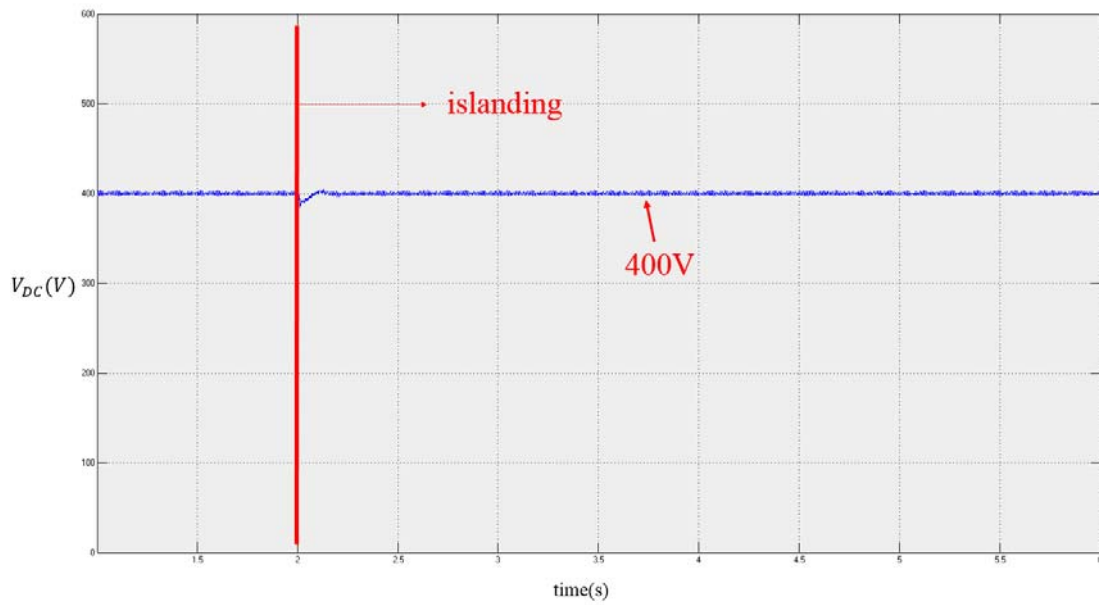


圖 156 DC Bus 之電壓

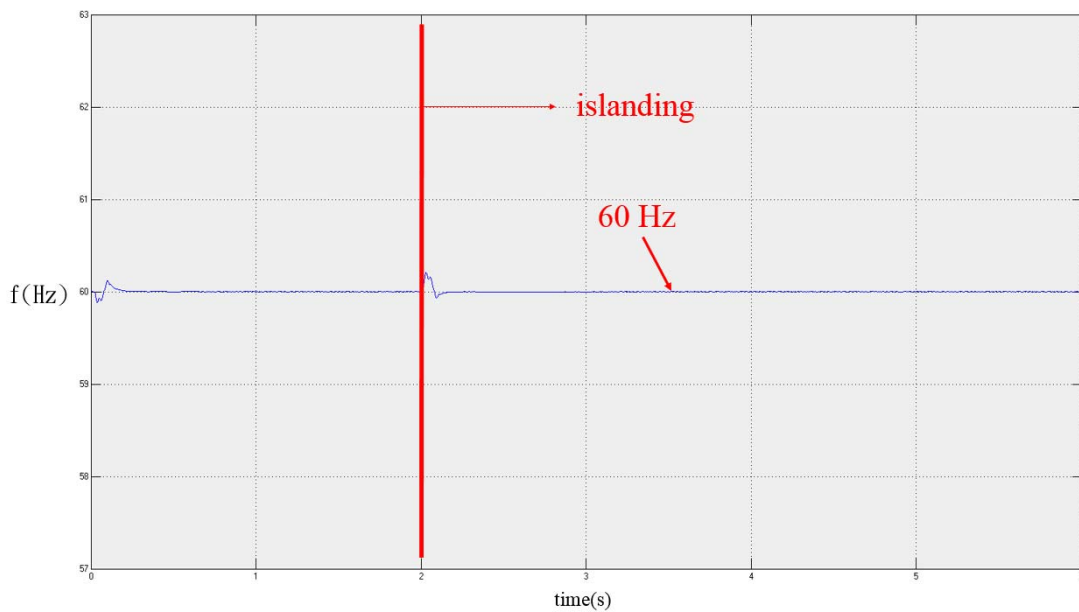


圖 157 系統頻率

心得:

Csae 3b 說明了，併網時 PCS2 可以有效提供功率給負載來減輕市電端供電之壓力；孤島時 PCS2 可以有效控制整個系統電壓及頻率。PV 產生之功率仍大於負載之需求，而儲

能系統會進行充電的狀態。儲能系統電量之上升造成端電壓上升而影響 DC bus 之電壓上升，所以在電池前端加入雙方向 DC/DC converter 來穩定 DC bus 上我們想要之電壓。

(三) Case 3c 日照變化時，PV 產生的能源小於負載，不足能源由儲能系統提供；再因負載需求太大，所以自動將次要負載(活動中心)切離

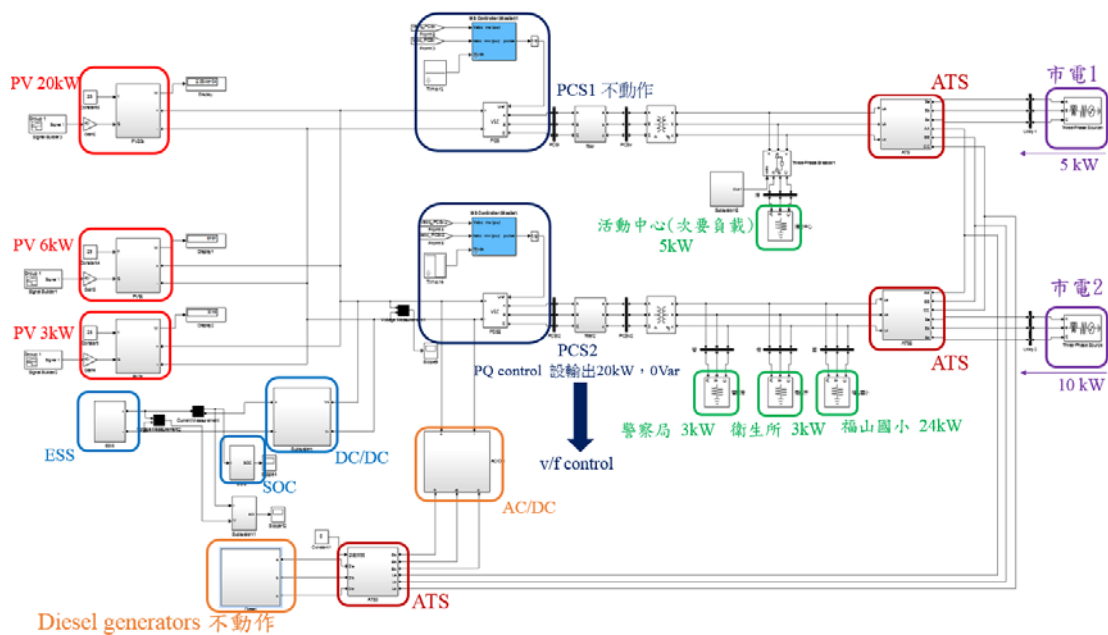


圖 158 Matlab/Simulink Case 3c 動作說明

如圖 158 所示，此章節模擬平日尖峰負載特性、日照變化( $1000 \text{ W/m}^2 \rightarrow 600 \text{ W/m}^2 \rightarrow 1000 \text{ W/m}^2$ )、併網運轉與孤島運轉。

3 秒前為併網模式，負載分別為活動中心 5 kW(0.05 pu) 如圖 159-160(3 秒前)所示、國小 24 kW(0.24 pu) 如圖 161-162 所示、警察局與衛生所各為 3 kW(0.03 pu) 如圖 163-166 所示。

先假設日照充足( $1000 \text{ W/m}^2$ )，2 秒到 4 秒日照降到  $600 \text{ W/m}^2$ ，4 秒後日照回到  $1000 \text{ W/m}^2$  如圖 167 所示；PV 所產生的功率分別為 20.5 kW、6.15 kW、3 kW(共 29.65kW)，2 秒到 4 秒 PV 所產生的功率分別為 6.8 kW、3.25 kW、1 kW(共 11.05 kW)，4 秒後 PV 所產生的功率分別為 20.5 kW、6.15 kW、3 kW(共 29.65 kW)如圖 168-170 所示。依現況設定 PCS1 不動作如圖 171-172(3 秒前)所示、PCS2 做 PQ 控制設定輸出功率為 20 kW(0.2 pu) 如圖 173-174(3 秒前)所示。所以分散式電源共供應 20 kW(0.2 pu)給負載，剩餘 9 kW 之能量會儲存入儲能系統裡如圖 175-176(2 秒前)所示；2 秒到 3 秒因日照降，所以 PV 供應只供應 11.05 kW 之能源，儲能系統需提供不足 9 kW 之能量如圖 175-176(2 秒到 3 秒)所示。由於分散式電源只提供 20 kW(0.2 pu)給負載，所以剩餘的負載需求由市電提供。因 PCS1 不動作，所以活動中心 5kW(0.05 pu)由市電 1 提供如圖 177-178(2 秒前)所示；國小、警察局與衛生所共 30 kW(0.3 pu)，分散式電源經 PCS2 供應 20 kW(0.2 pu)給負載，剩餘 10 kW(0.1 pu)由市電 2 提供如圖 179-180(2 秒前)所示。

3 秒後為孤島運轉，依現況設定 PCS1 不動作如圖 171-172(3 秒後)所示、PCS2 從 PQ 控制變為 v/f 控制如圖 173-174(3 秒後)所示，v/f 控制設定電壓與頻率分別為有效值 220V 與 60Hz。次要負載(活動中心)因負載需求過大而自動切離如圖 159-160(3 秒後)所示，其餘之負載分別為國小 24kW(0.24 pu)、警察局與衛生所各為 3 kW(0.03 pu)共 30 kW 如圖 161-166(3 秒後)所示。3 秒到 4 秒 PV 共產生 11.05kW，



不足之能源由儲能系統提供( $\approx 19 \text{ kW}$ ) 如圖 175-176 (3 秒到 4 秒)所示;而 4 秒後因日照上升,所以 PV 供應較多能源( $\approx 29 \text{ kW}$ ) 儲能系統可降低提供之能量( $\approx 1 \text{ kW}$ )如圖 175-176(4 秒後)所示。DC Bus 上之電壓由 DC/DC converter 所控制電壓為 400V 如圖 181 所示,圖 182 為系統頻率。

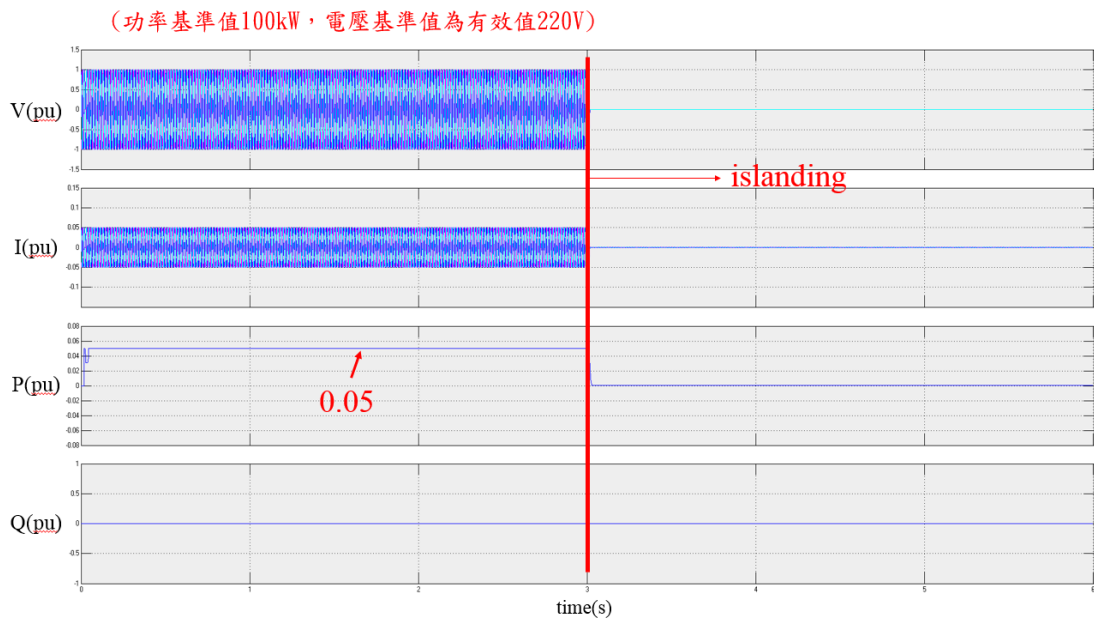


圖 159 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

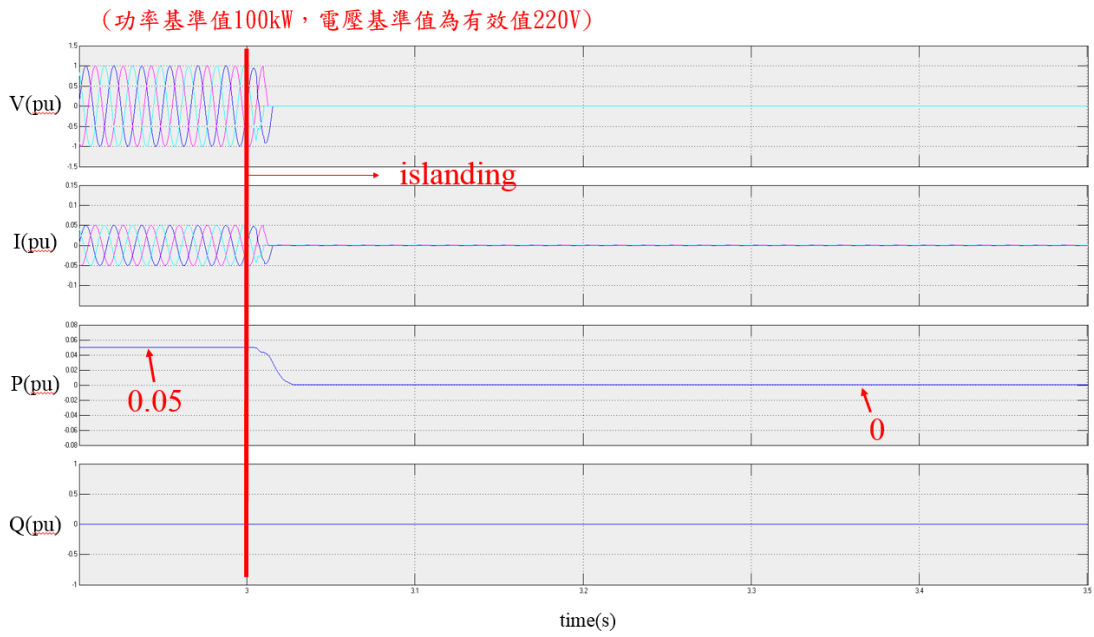


圖 160 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

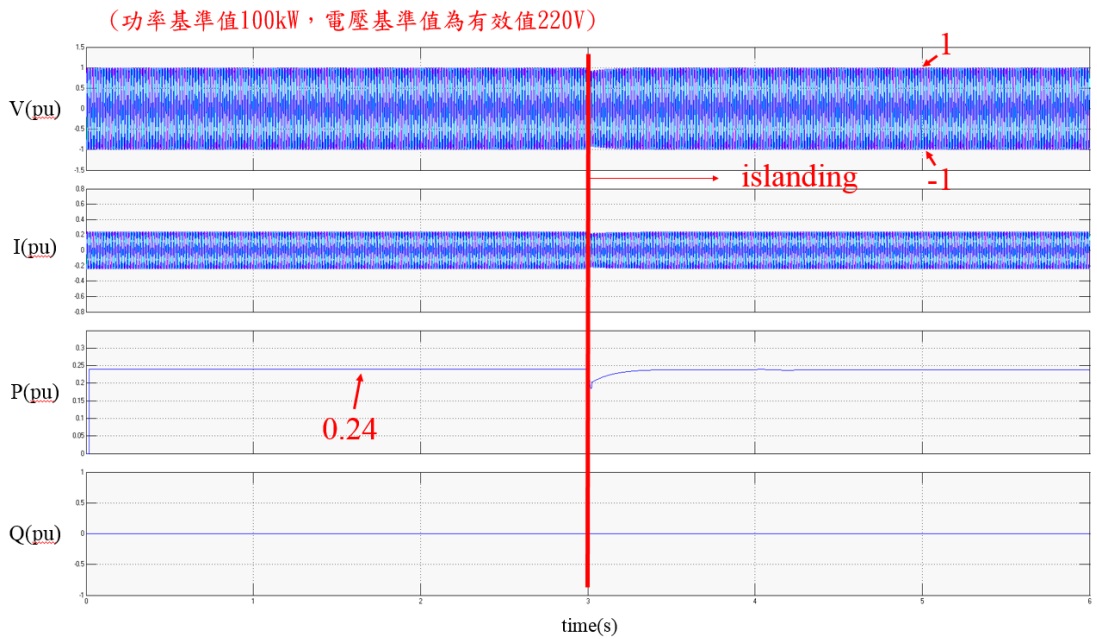


圖 161 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

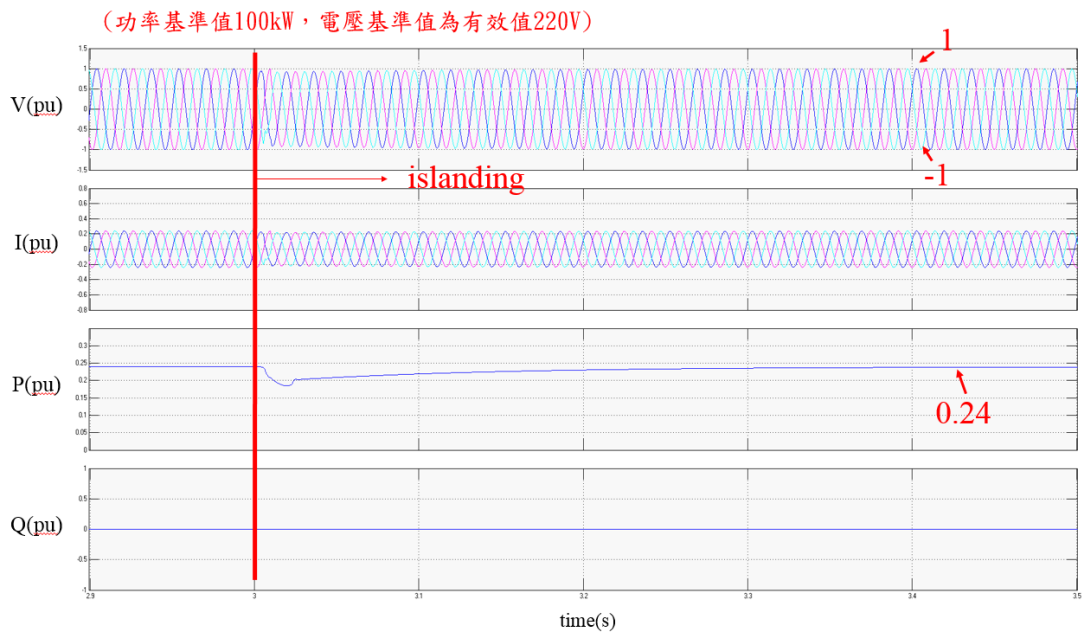


圖 162 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

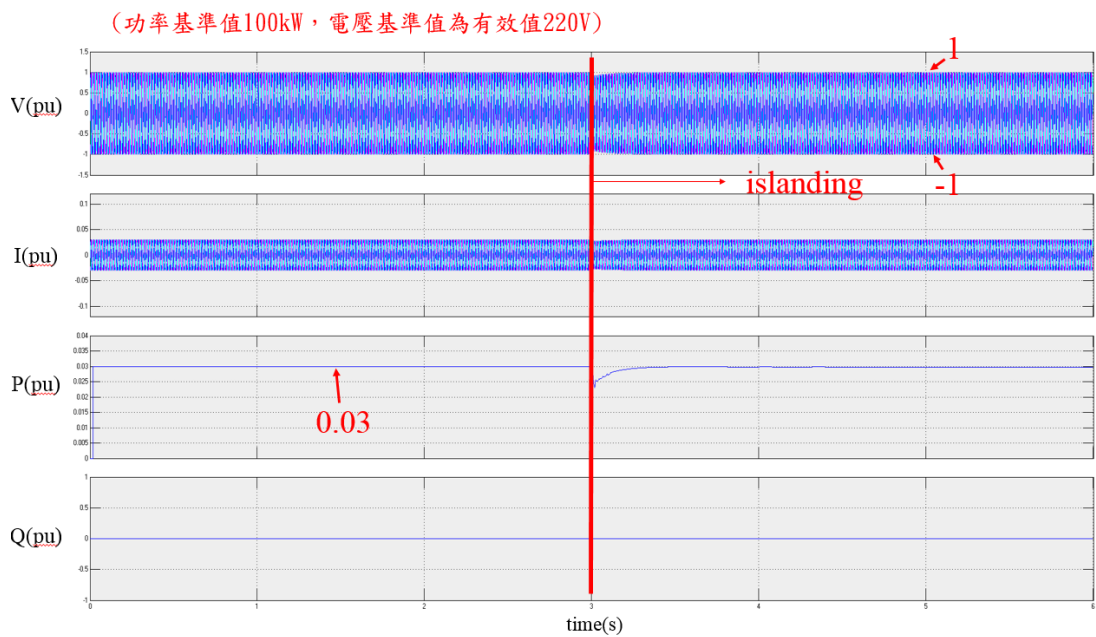


圖 163 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

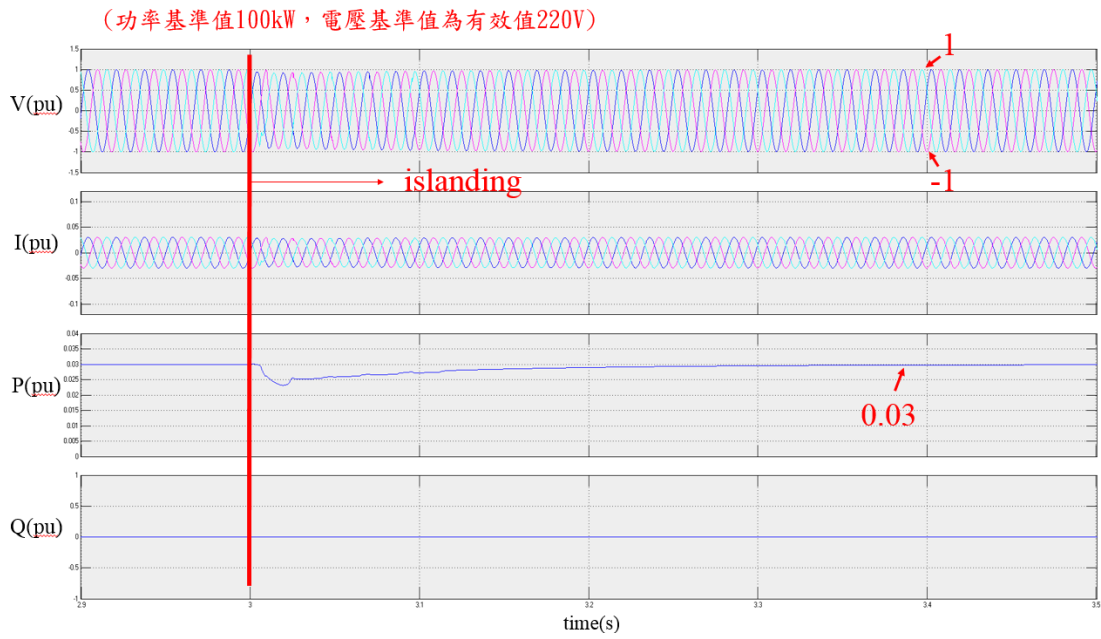


圖 164 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

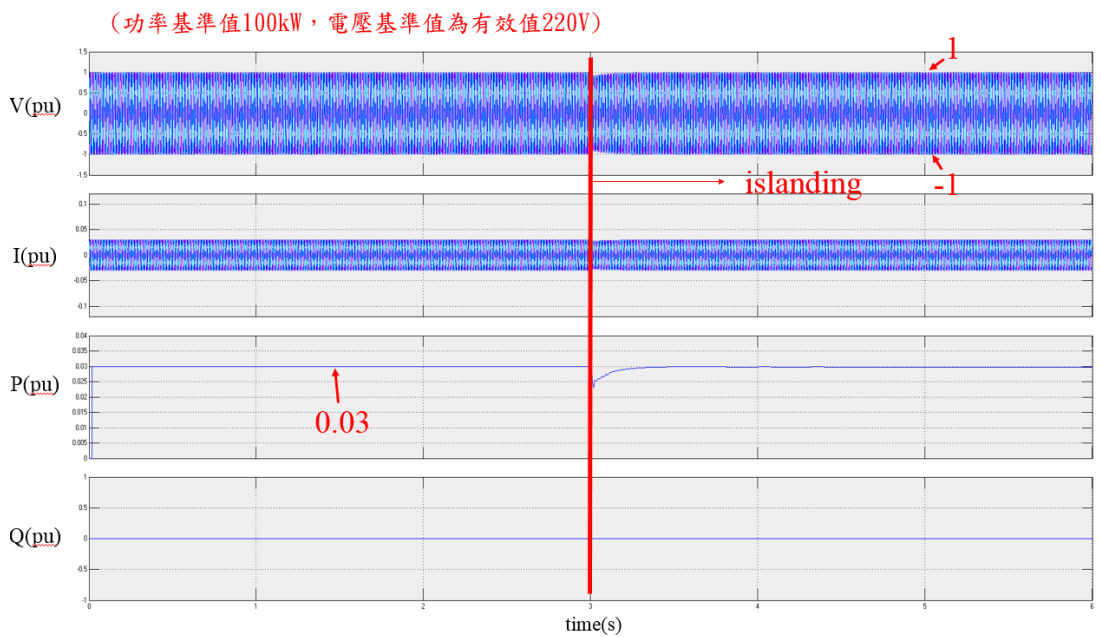


圖 165 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

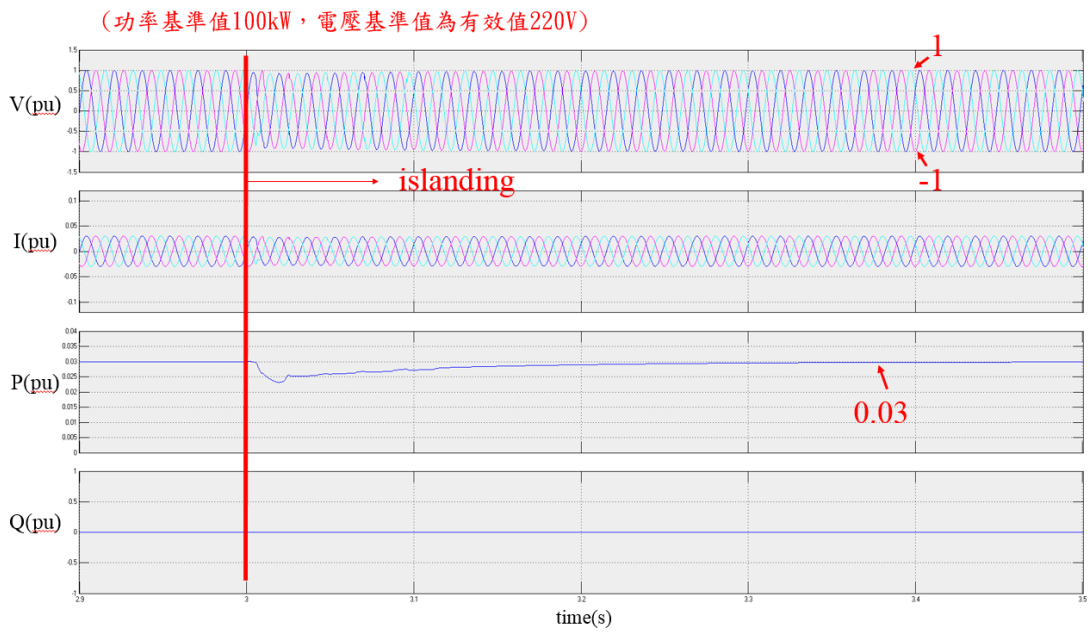


圖 166 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

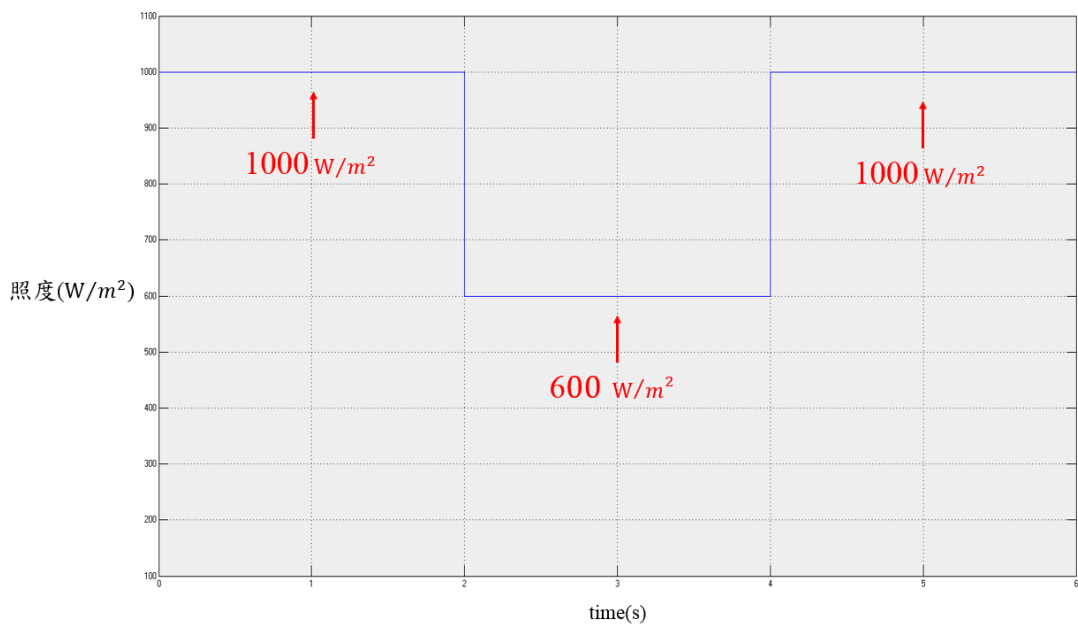


圖 167 當日日照

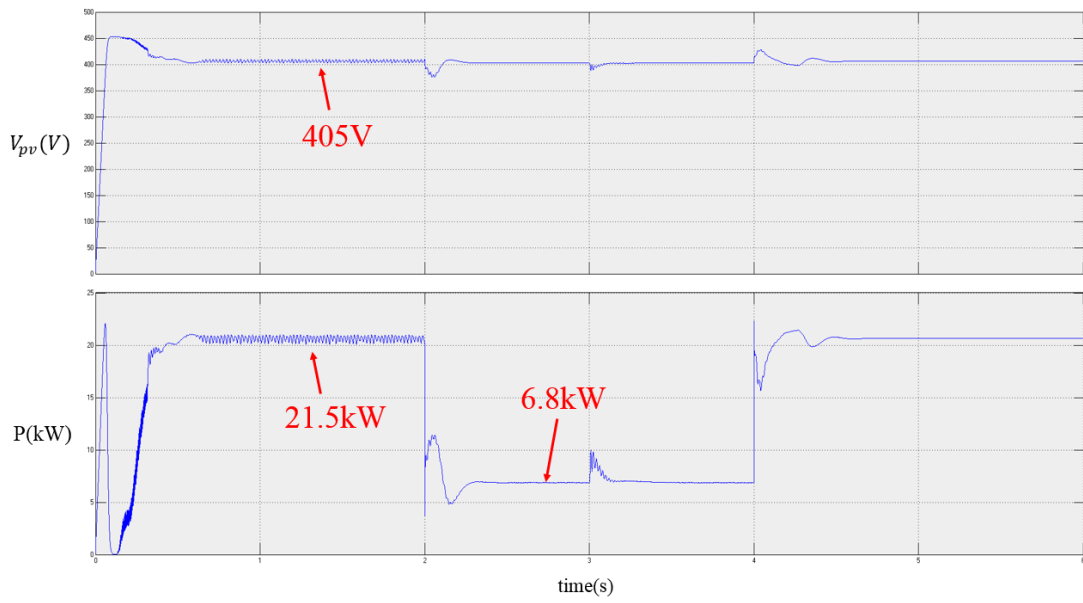


圖 168 PV20kW 電壓、功率模擬圖

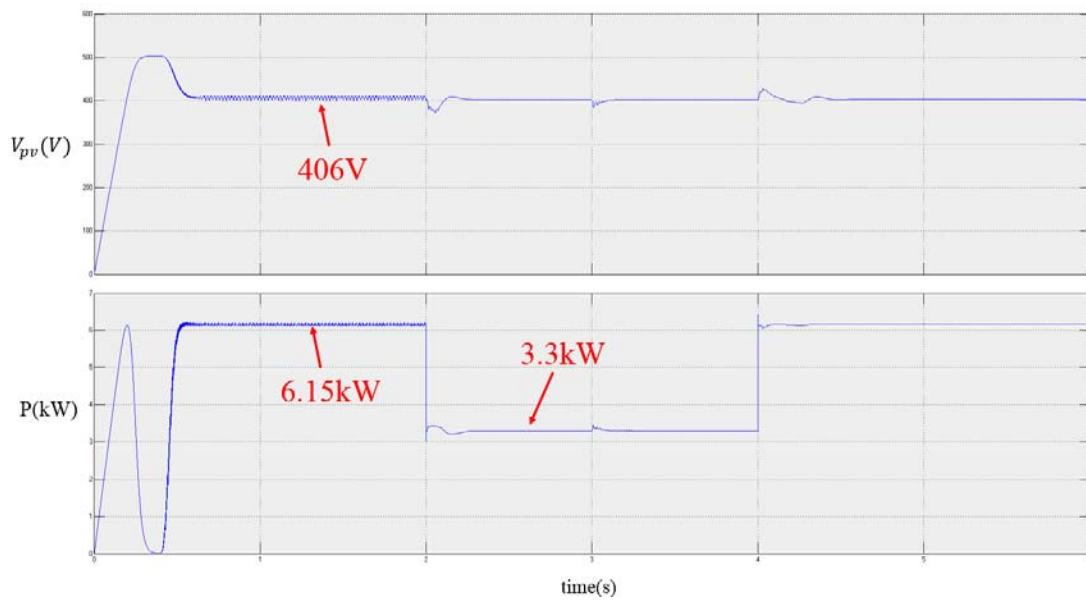


圖 169 PV6kW 電壓、功率模擬圖

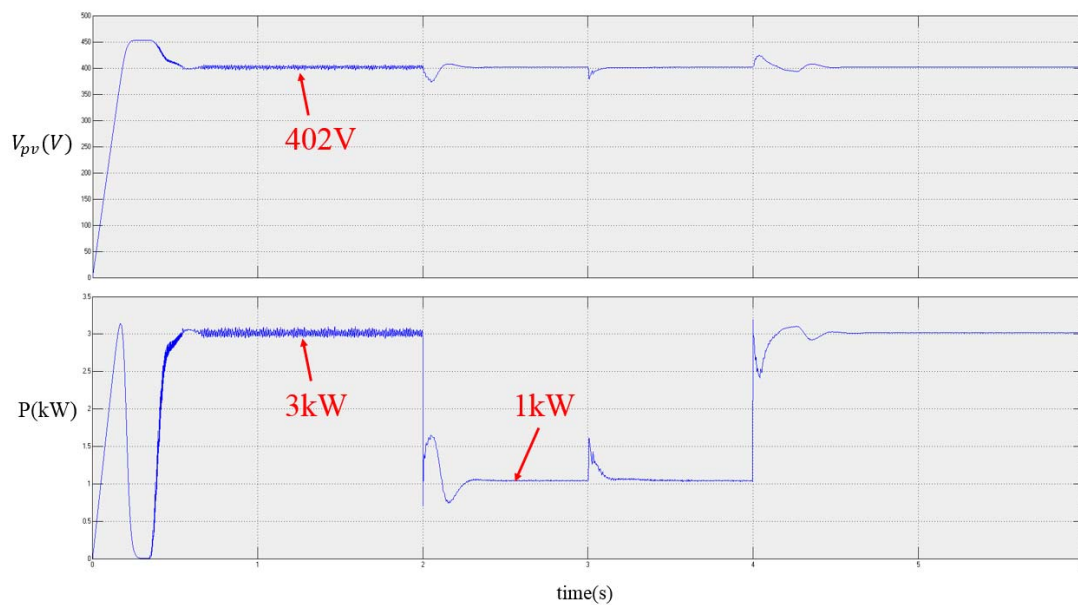


圖 170 PV3kW 電壓、功率模擬圖

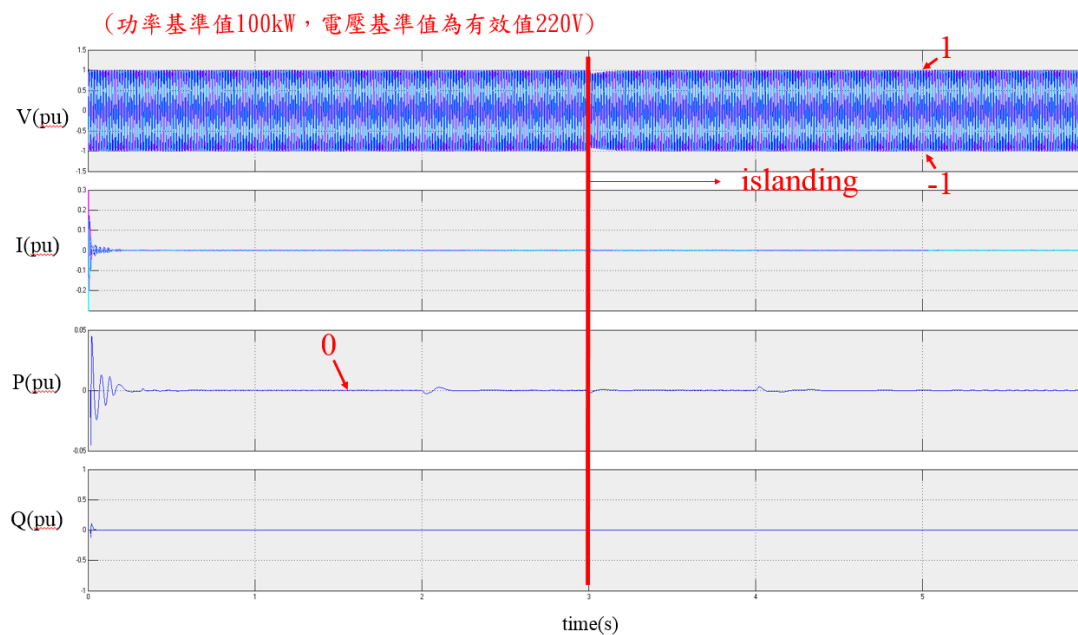


圖 171 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

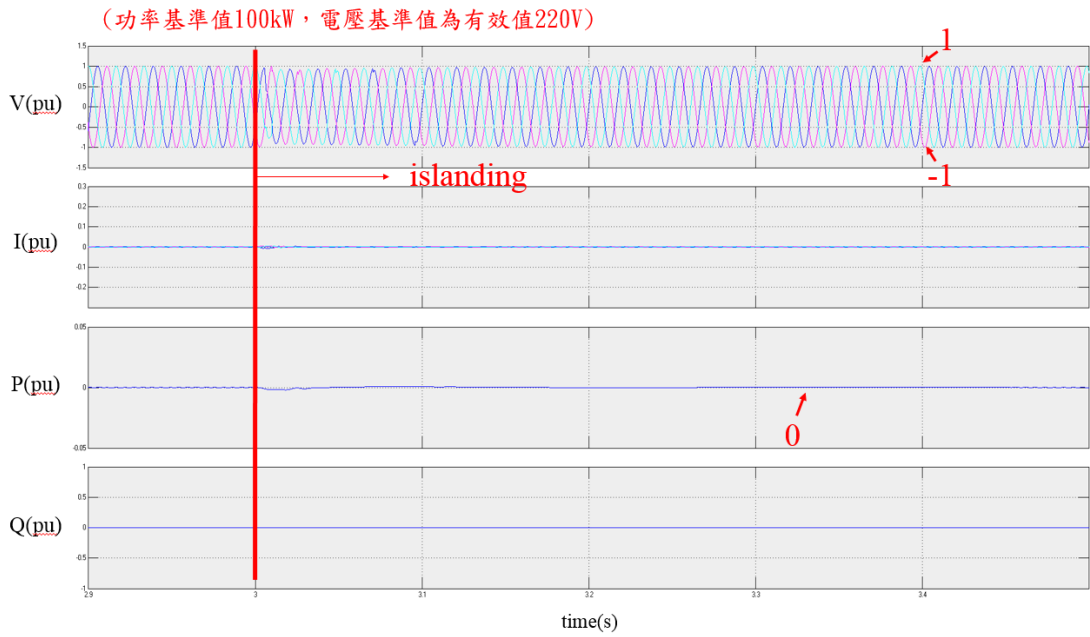


圖 172 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

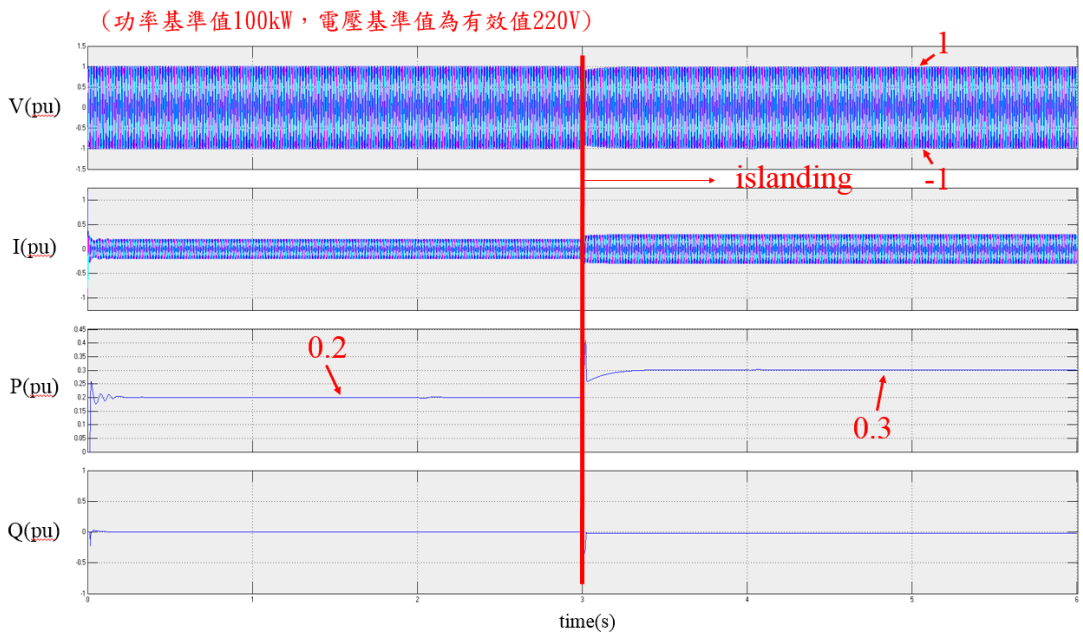


圖 173 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖



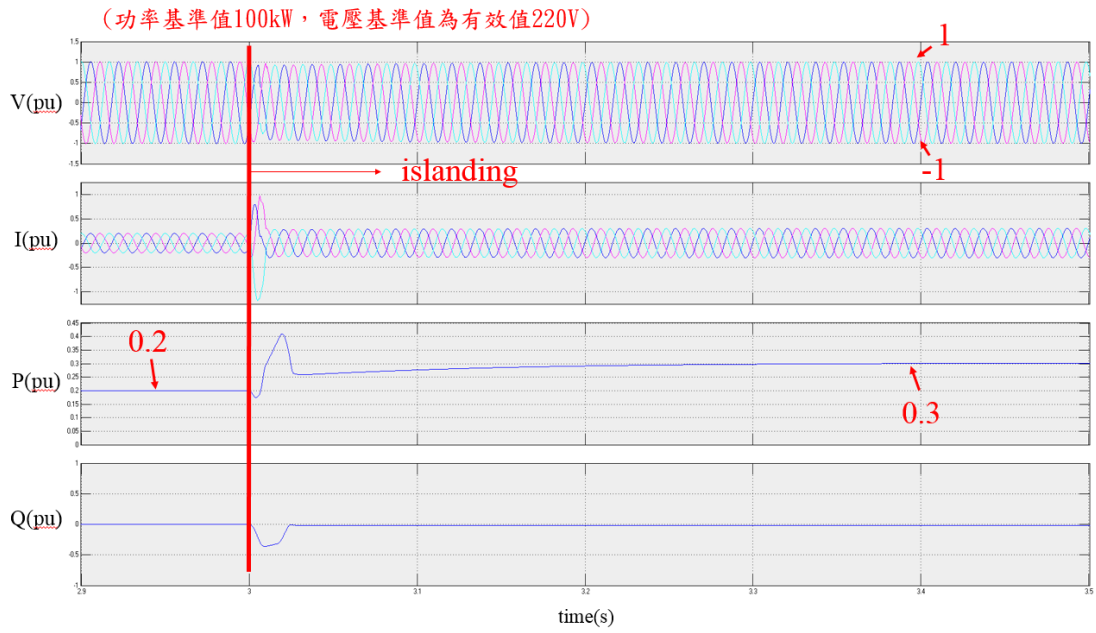


圖 174 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

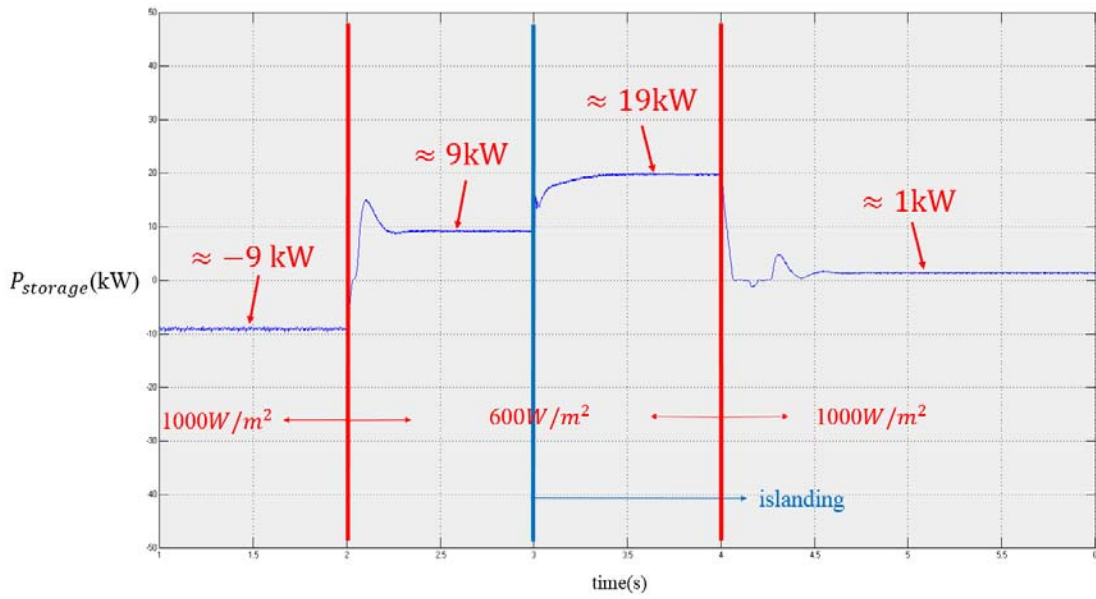


圖 175 儲能系統充放電功率

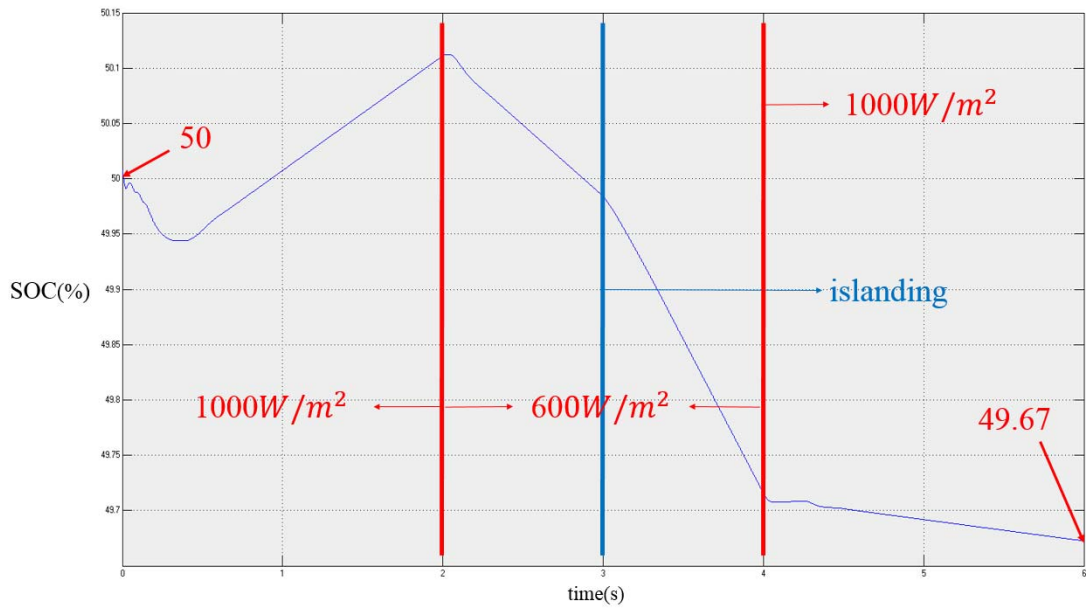


圖 176 儲能系統之 SOC

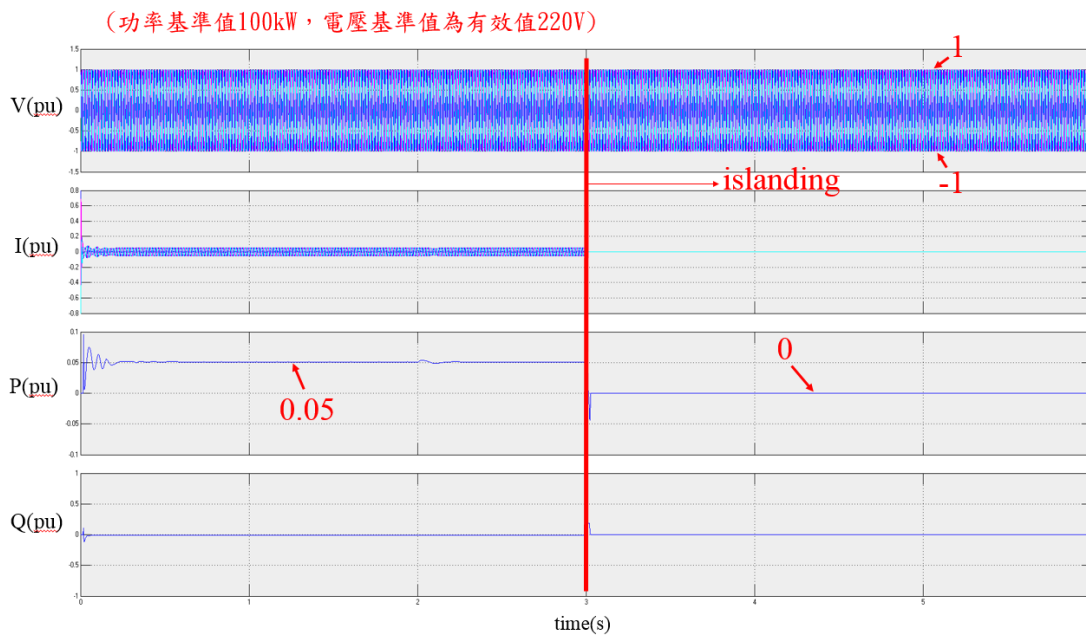


圖 177 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

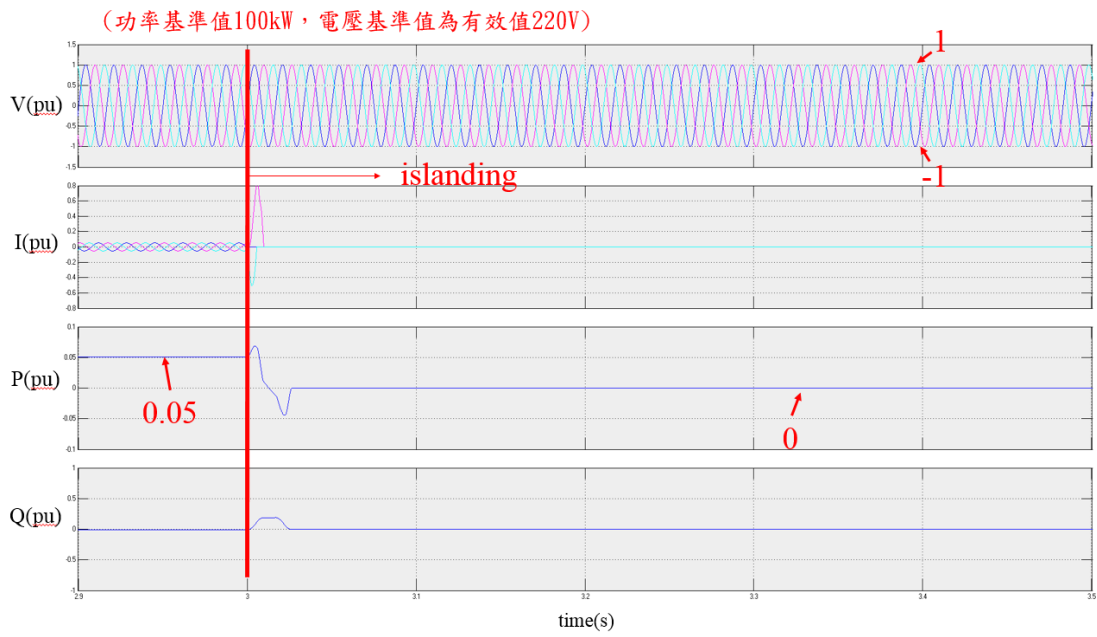


圖 178 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

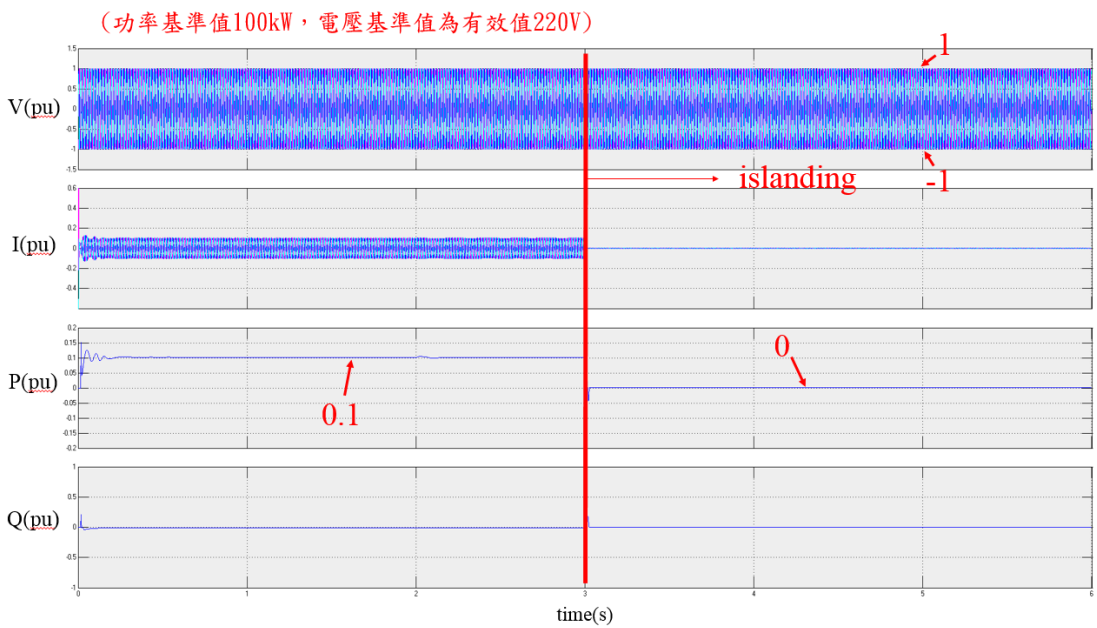


圖 179 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

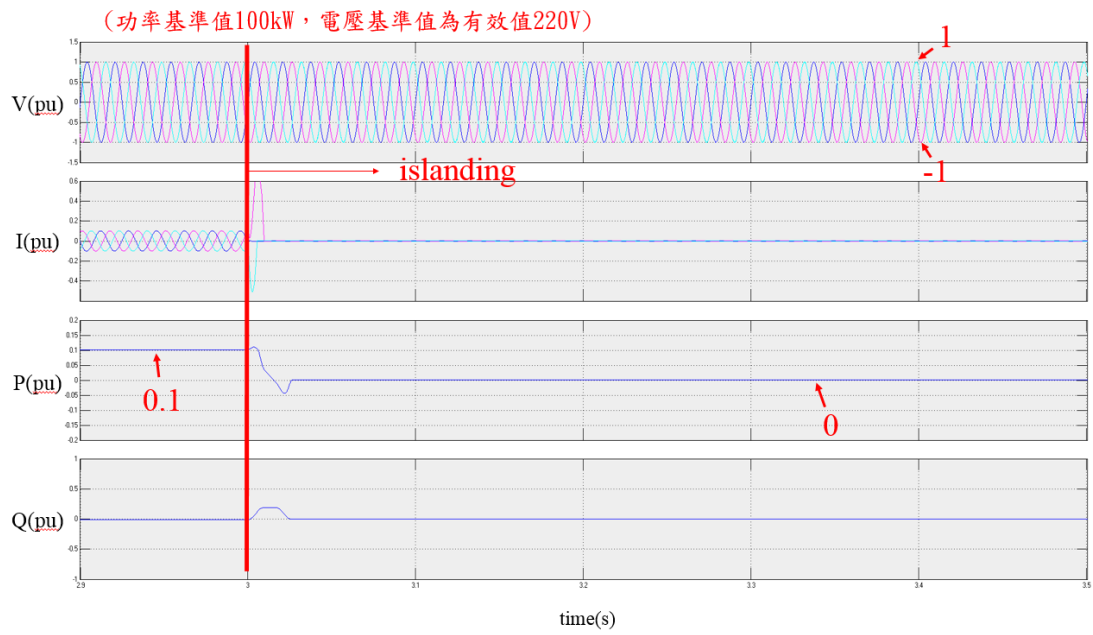


圖 180 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

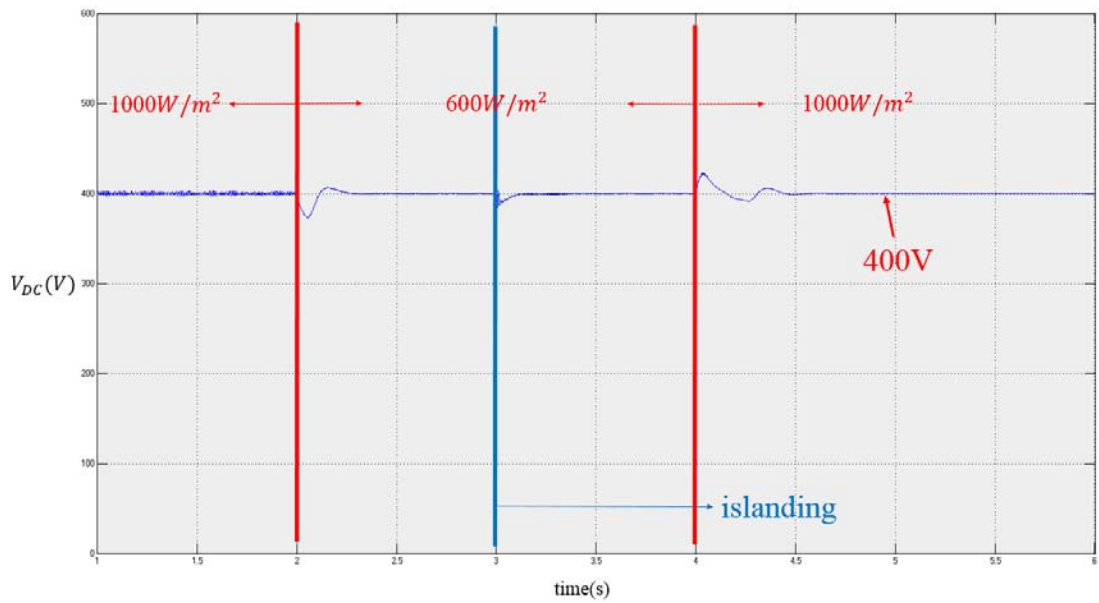


圖 181 DC Bus 之電壓

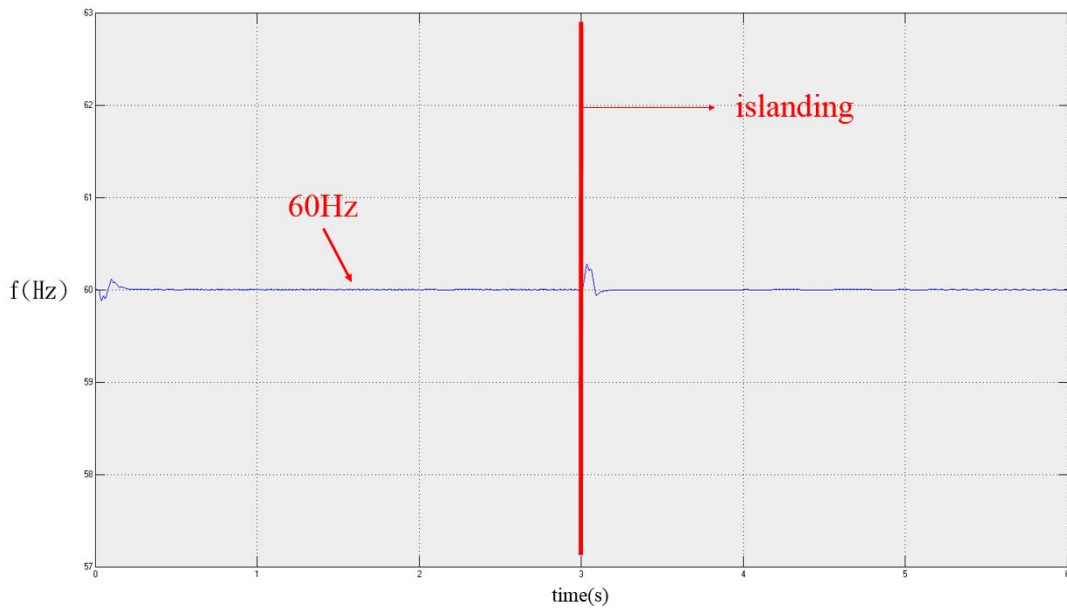


圖 182 系統頻率

心得:

Csae 3c 說明了，併網時 PCS2 可以有效提供功率給負載來減輕市電端供電之壓力；孤島時 PCS2 可以有效控制整個系統電壓及頻率。此 case 也有照度不穩定之情況 PV 產生之功率小於負載之需求，儲能系統會補足剩餘負載之需求，儲能系統會進行放電的狀態。儲能系統電量之降低造成端電壓下降而影響 DC bus 之電壓不穩定，所以在電池前端加入雙方向 DC/DC converter 來穩定 DC bus 上我們想要之電壓。

#### 5.2.1.2 日照不足時

(一)Case 4a PV 因夜晚或陰天無法產生功率，又儲能系統提供電量過低，所以啟動柴油發電機對儲能系統供電

(二) Case 4b PV 因夜晚或陰天無法產生功率，因此負載

皆由儲能系統提供

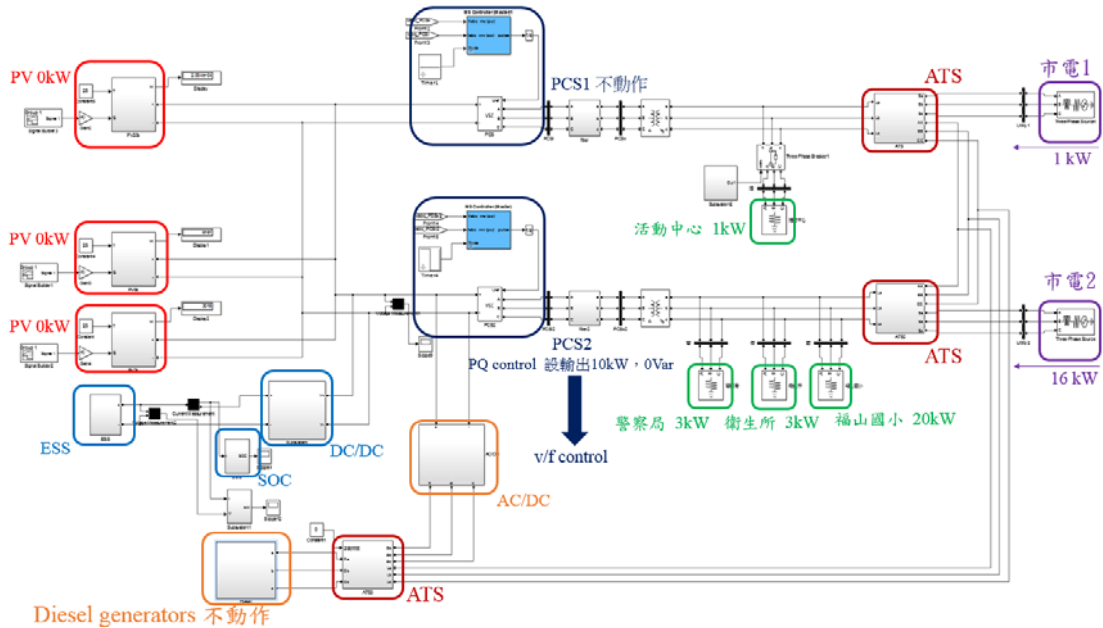


圖 183 Matlab/Simulink Case 4b 動作說明

如圖 183 所示，此章節模擬孤島運轉與 PV 因夜晚或陰天無法產生功率；先假設日照不足( $0 \text{ W}/\text{m}^2$ )時如圖 177 所示，PV 所產生的功率為 0 kW 如圖 178-180 所示。

2 秒前為併網運轉，依現況設定 PCS1 不動作如圖 181-182(2 秒前)所示、PCS2 做 PQ 控制設定輸出功率為 10 kW(0.1 pu)如圖 183-184(2 秒前)所示，分散式電源共供應 10 kW(0.1 pu)給負載，因 PV 無法產生功率所以 10kW 皆由儲能系統提供如圖 185-186(2 秒前)所示；負載分別為活動中心 1kW(0.01 pu) 如圖 187-188(2 秒前)所示、國小 20kW(0.2 pu)如圖 189-190(2 秒前)所示、警察局與衛生所各為 3kW(0.03 pu) 如圖 191-194(2 秒前)所示。因分散式電源提供 10kW(0.1 pu)給負載，所以剩餘的負載需求由市電提供。因 PCS1 不動作，所以活動中心 1kW(0.01pu)由市電 1 提供如圖 195-196(2 秒前)所示；國小、警

察局與衛生所共 26 kW(0.26 pu)，分散式電源經 PCS2 供應 10kW(0.1pu)給負載，剩餘 16kW(0.16 pu)由市電 2 提供如圖 197-198(2 秒前)所示。

2 秒後為孤島運轉，依現況設定 PCS1 不動作、PCS2 從 PQ 控制變為 v/f 控制，v/f 控制設定電壓與頻率分別為有效值 220V 與 60Hz。負載分別為活動中心 1kW(0.01 pu) 如圖 187-188(2 秒後)所示、國小 20kW(0.2 pu) 如圖 189-190(2 秒後)所示、警察局與衛生所各為 3kW(0.03 pu)如圖 191-194(2 秒後)所示負載共共 27 kW，而 PV 無法產生功率，27kW 皆由儲能系統來提供如圖 177(2 秒後)所示。DC Bus 上之電壓由 DC/DC converter 所控制電壓為 400V 如圖 199 所式，圖 200 為系統頻率。

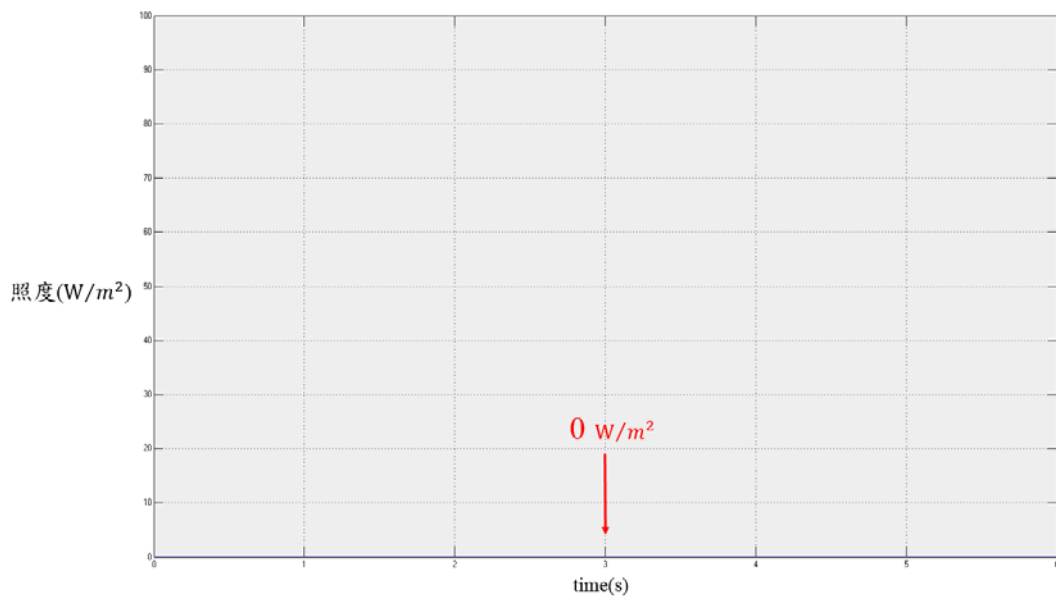


圖 184 當日日照

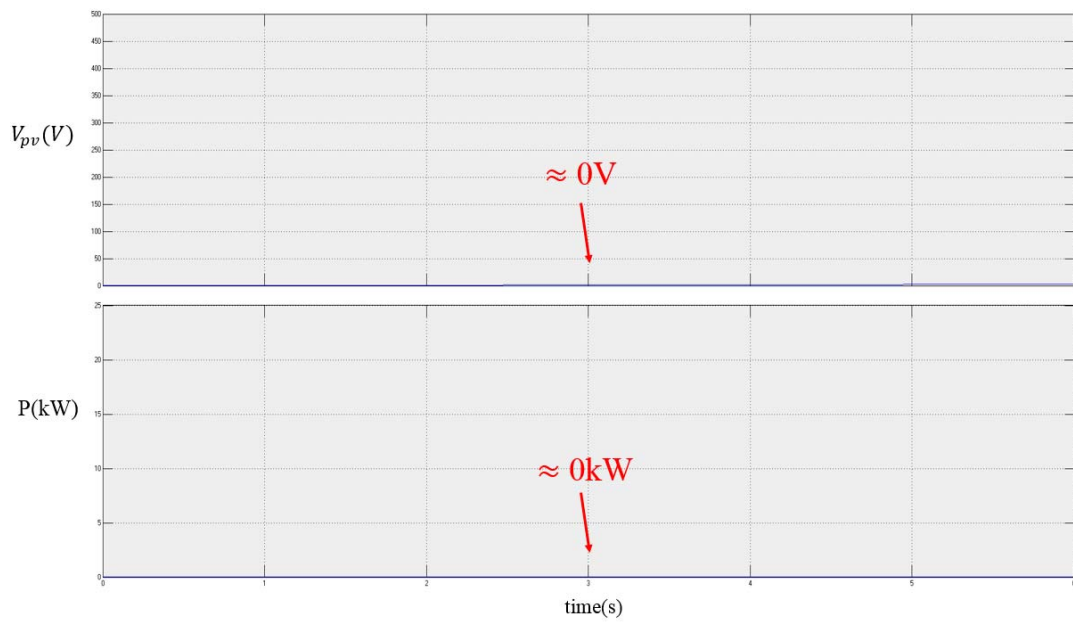


圖 185 PV20kW 電壓、功率模擬圖

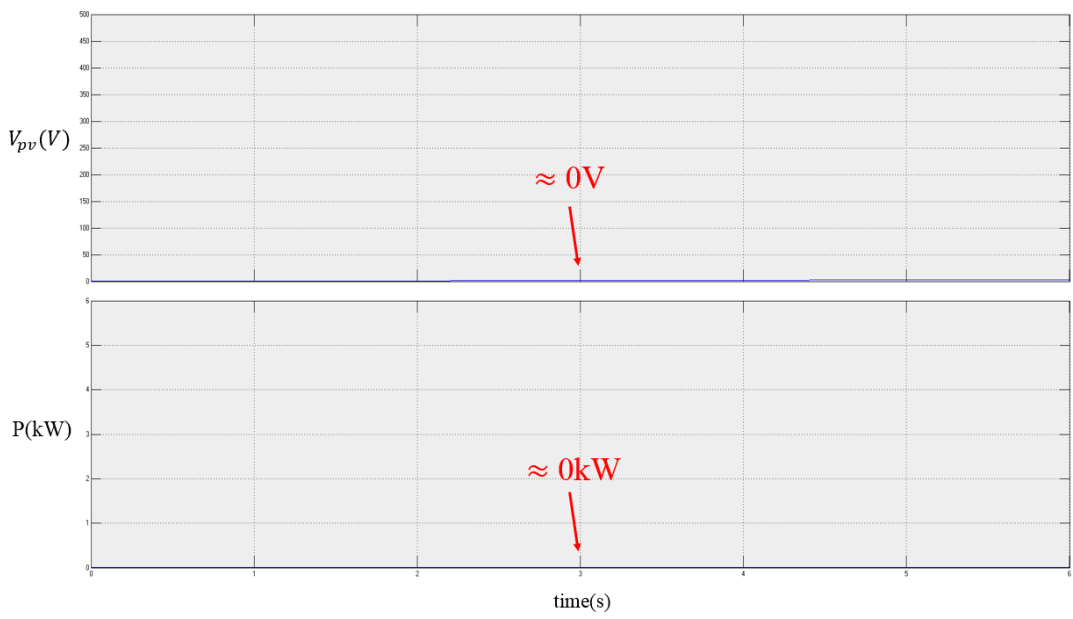


圖 186 PV6kW 電壓、功率模擬圖



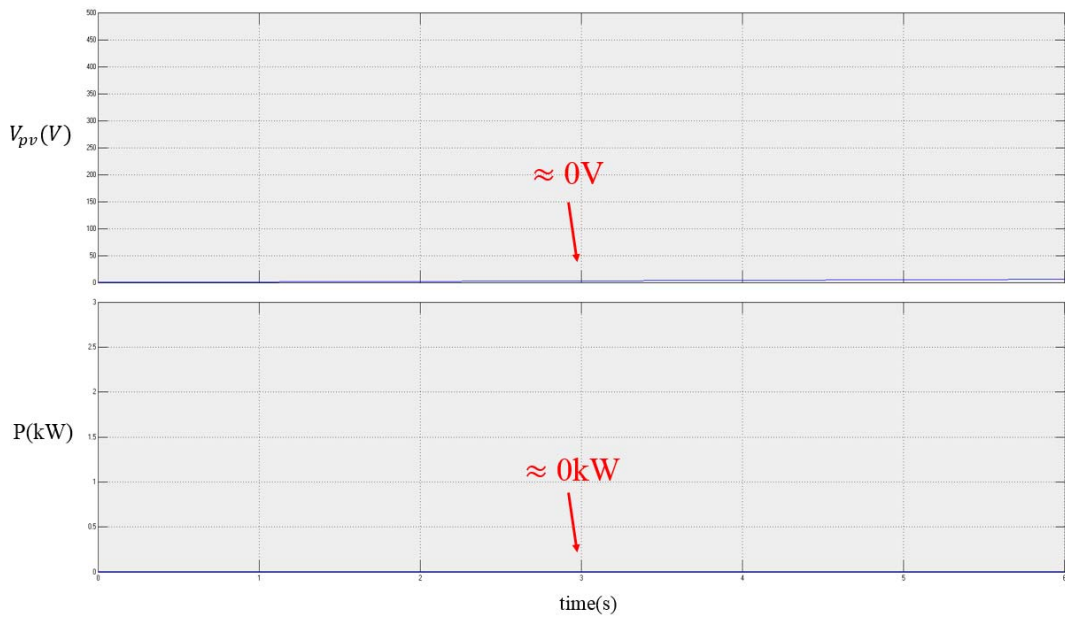


圖 187 PV3kW 電壓、功率模擬圖

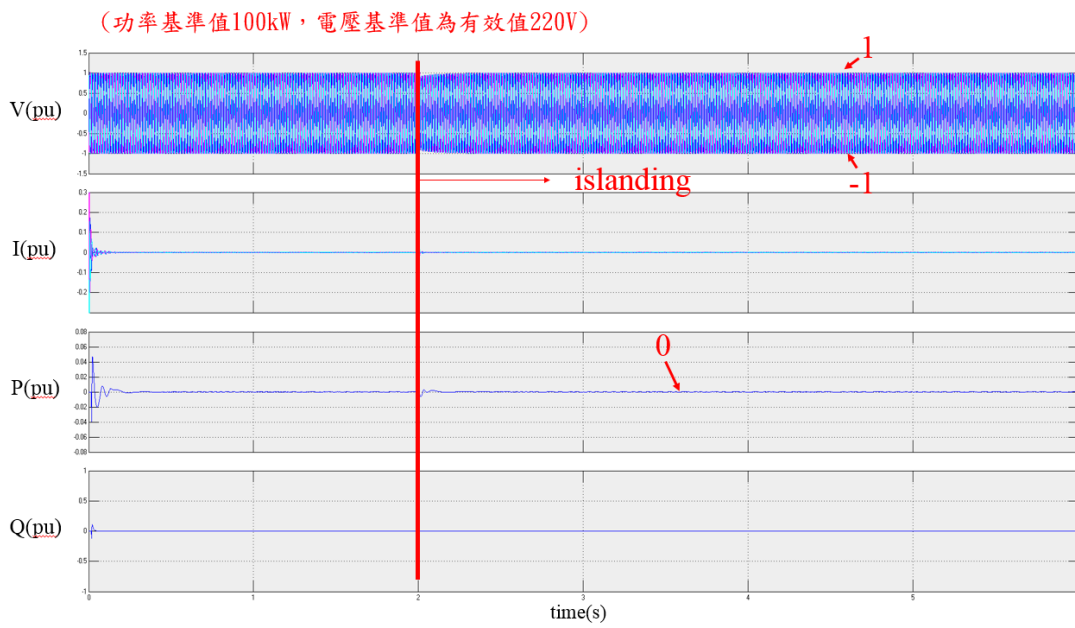


圖 188 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

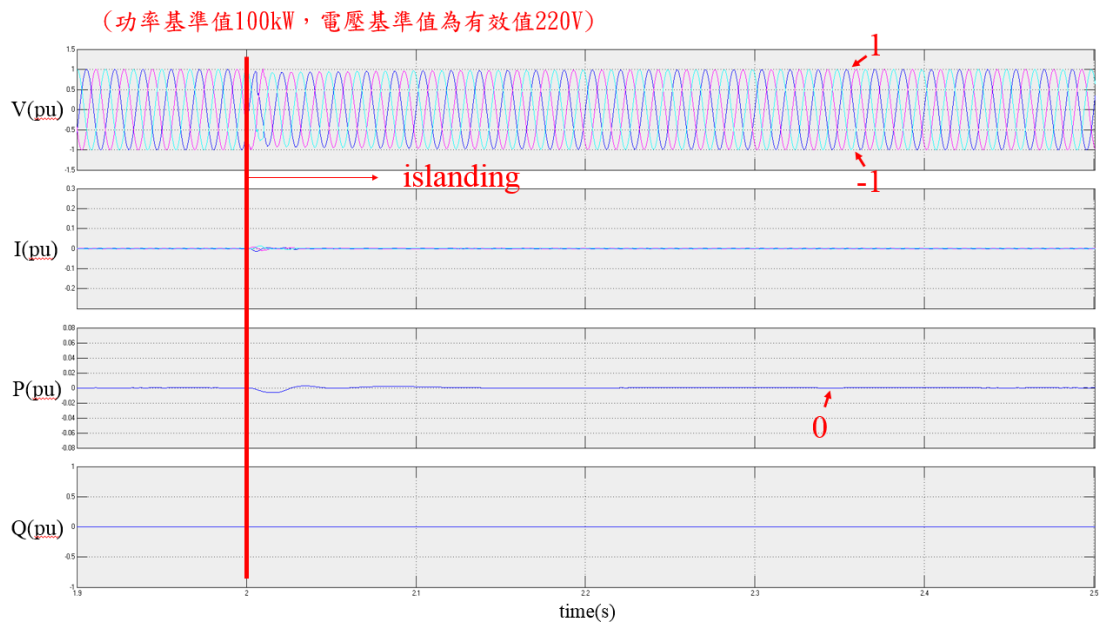


圖 189 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

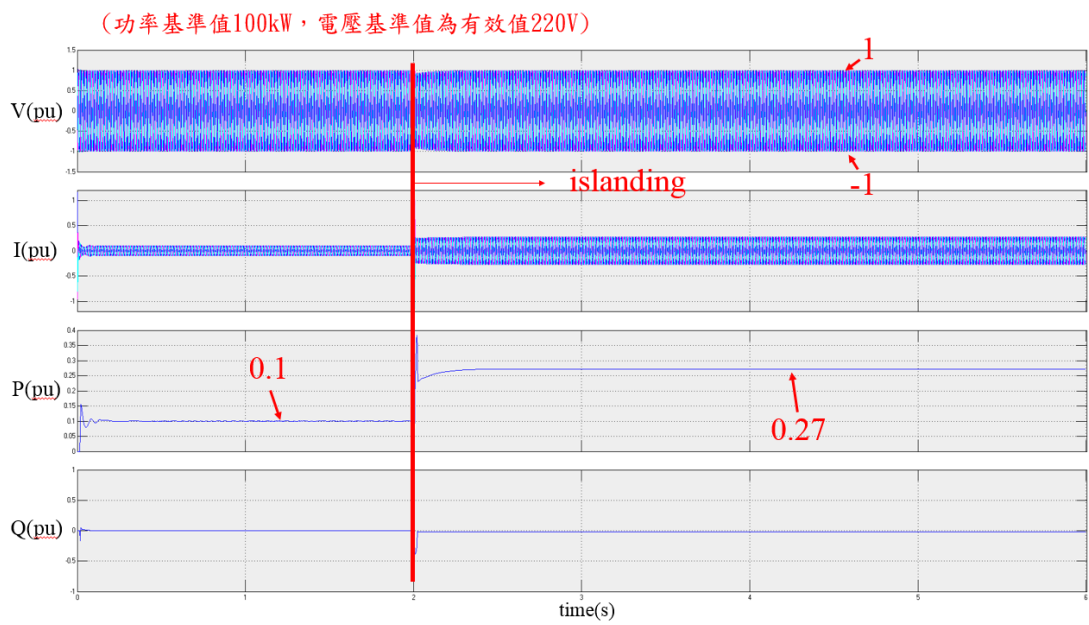


圖 190 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

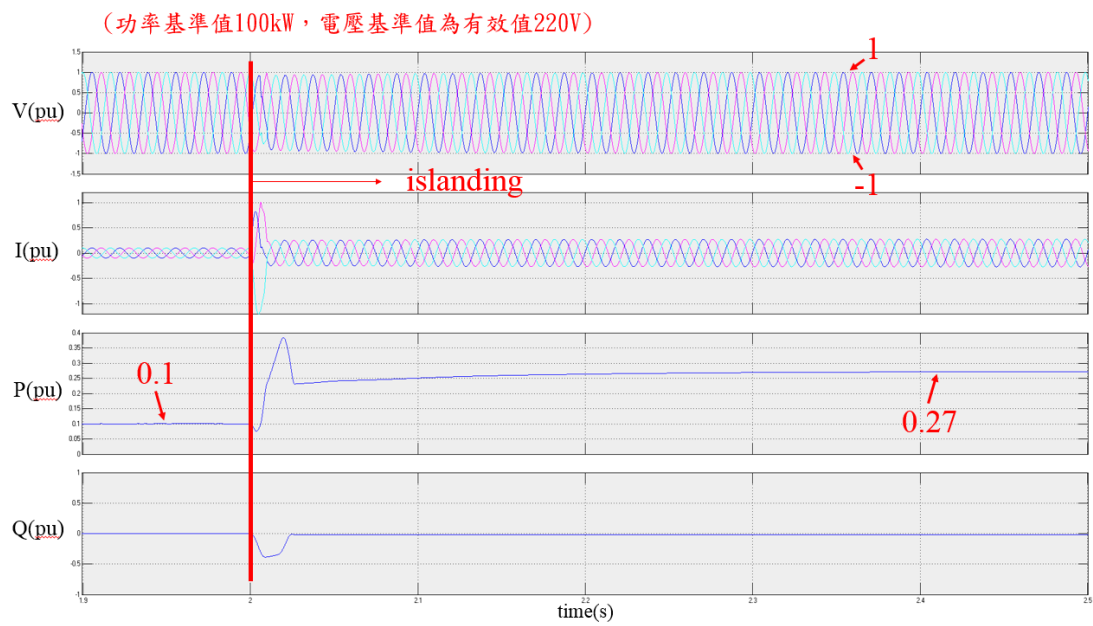


圖 191 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

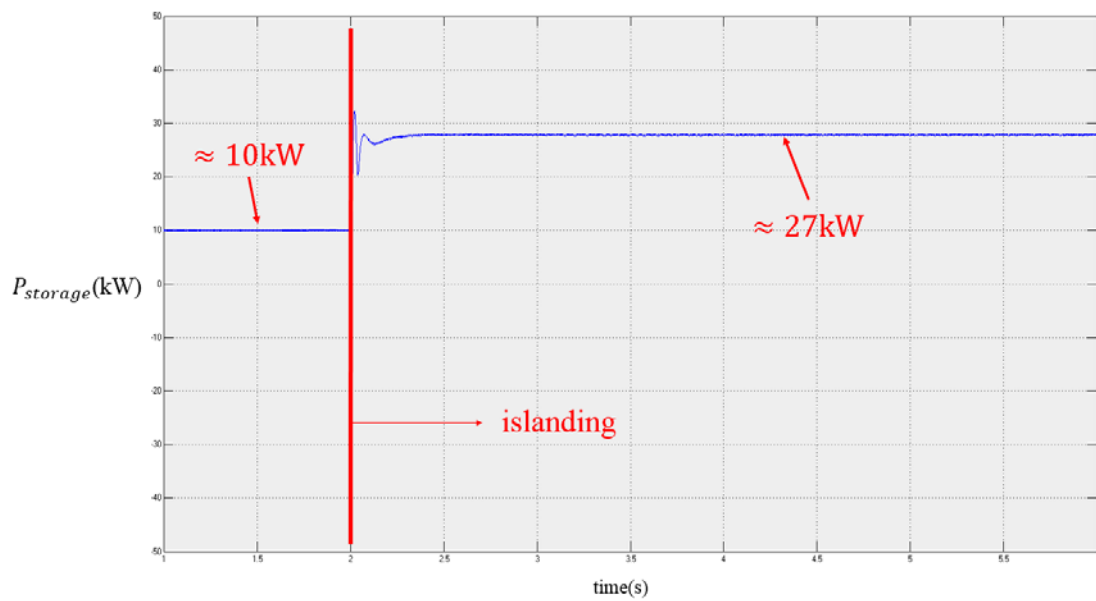


圖 192 儲能系統充放電功率

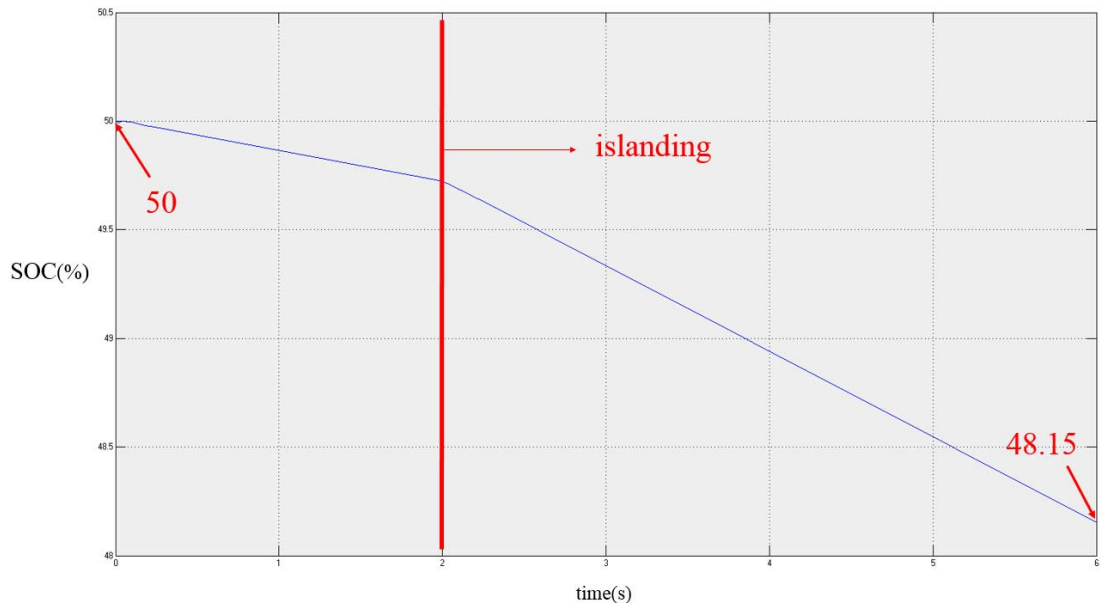


圖 193 儲能系統之 SOC

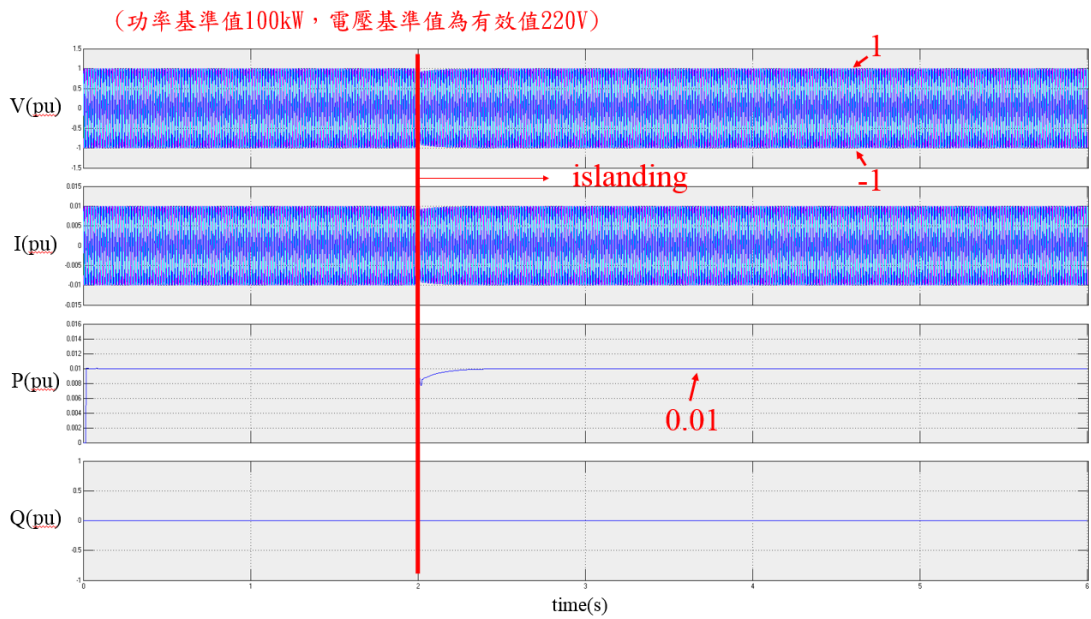


圖 194 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

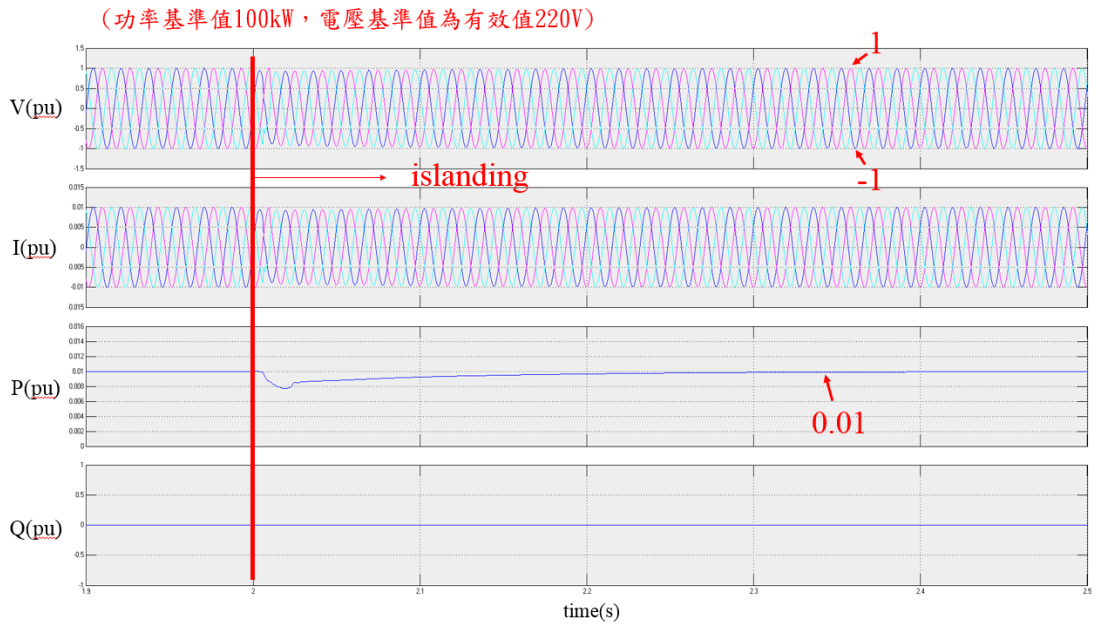


圖 195 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

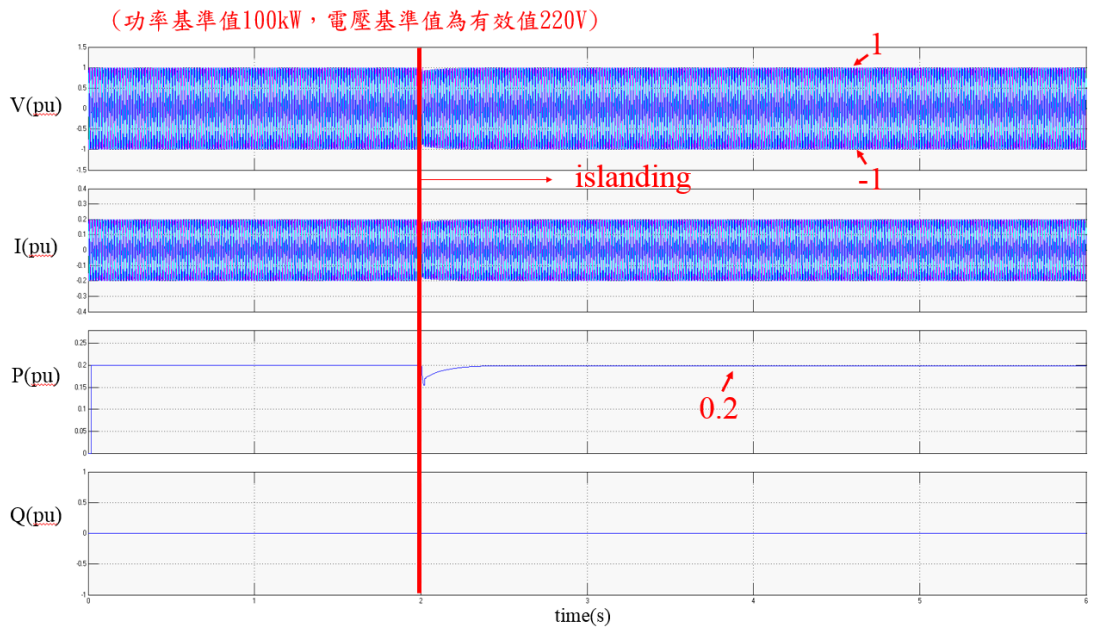


圖 196 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

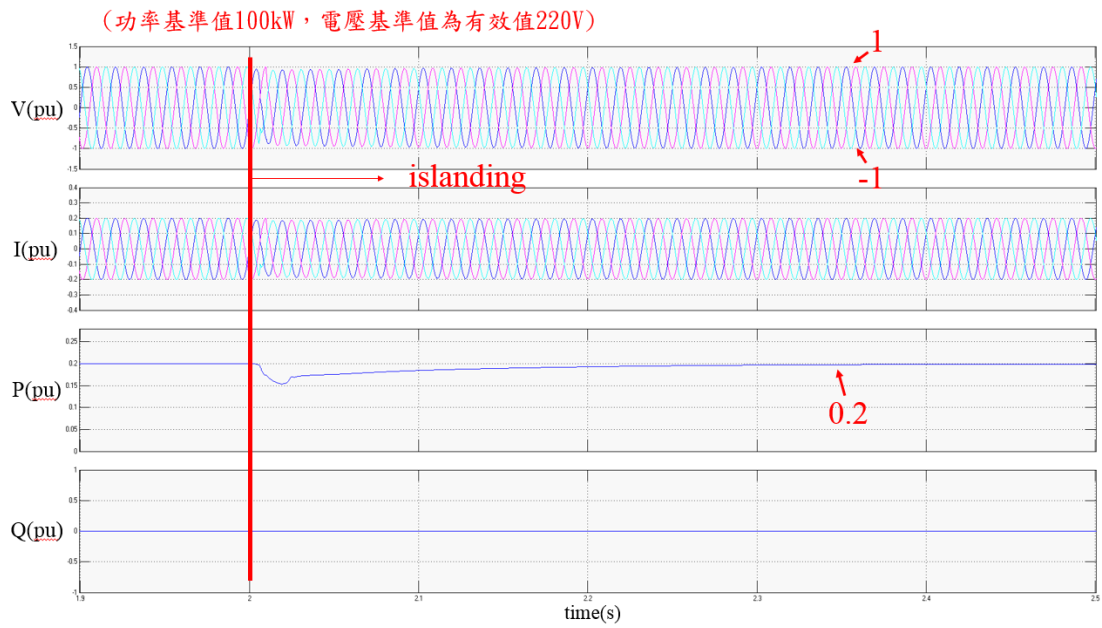


圖 197 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

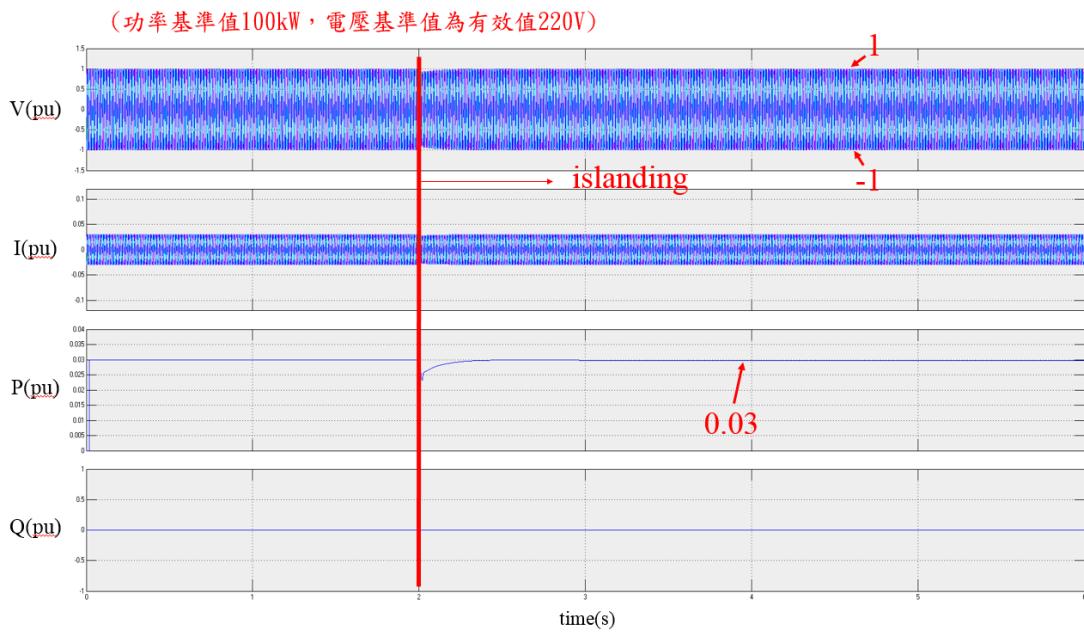


圖 198 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

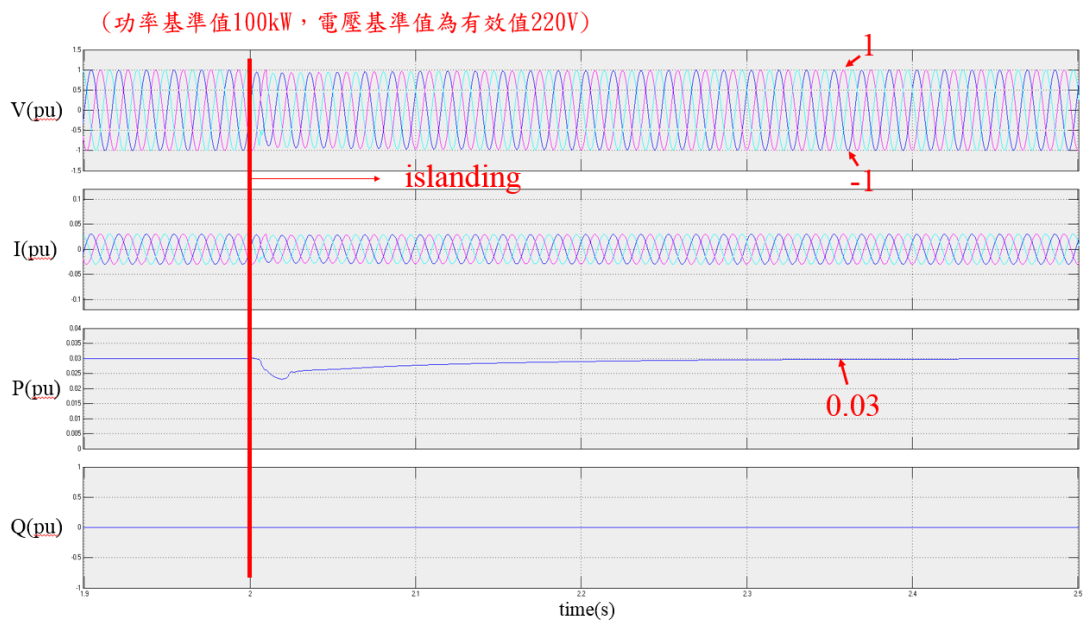


圖 199 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

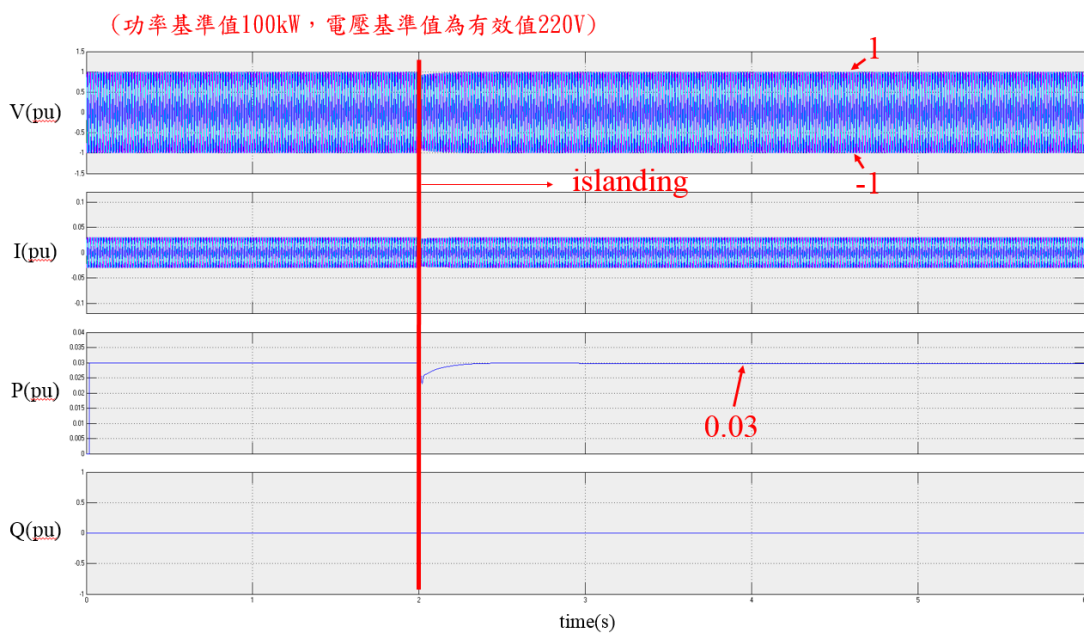


圖 200 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

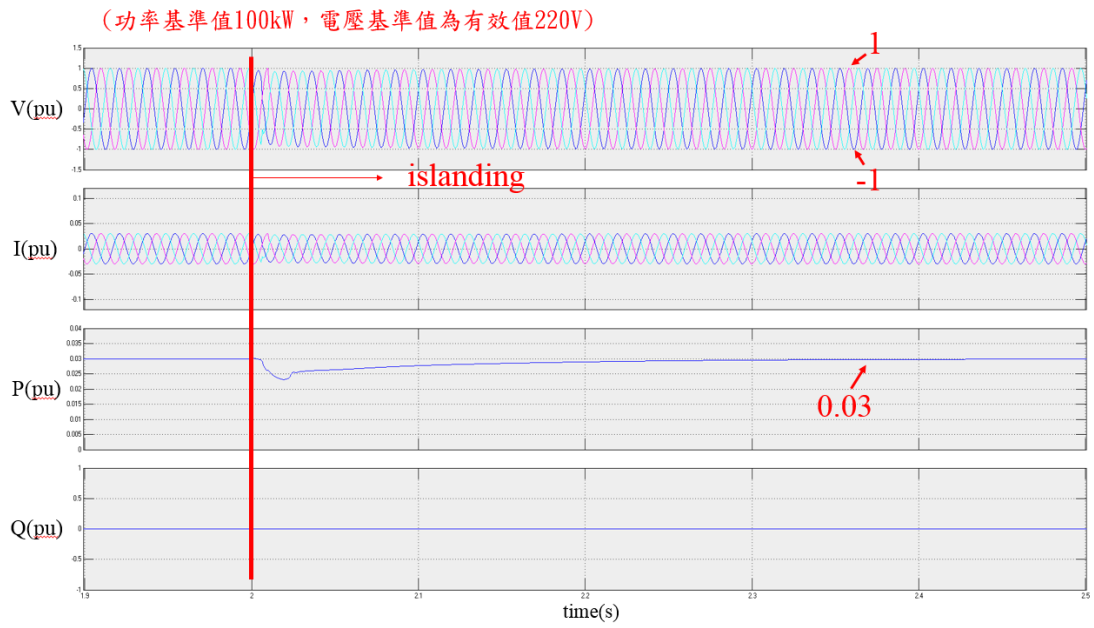


圖 201 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

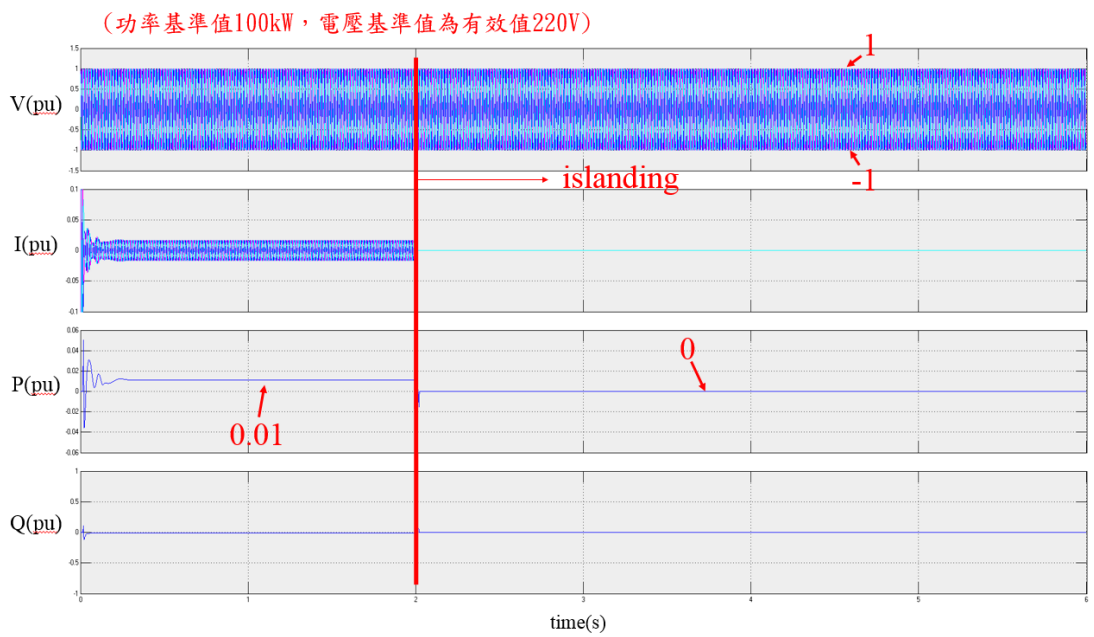


圖 202 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖



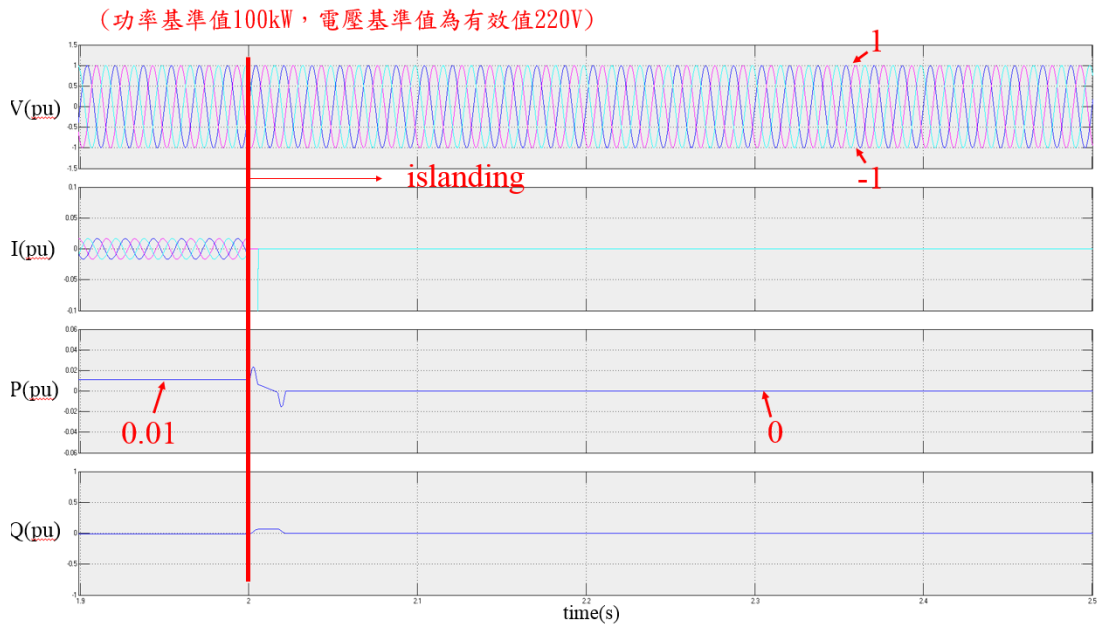


圖 203 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

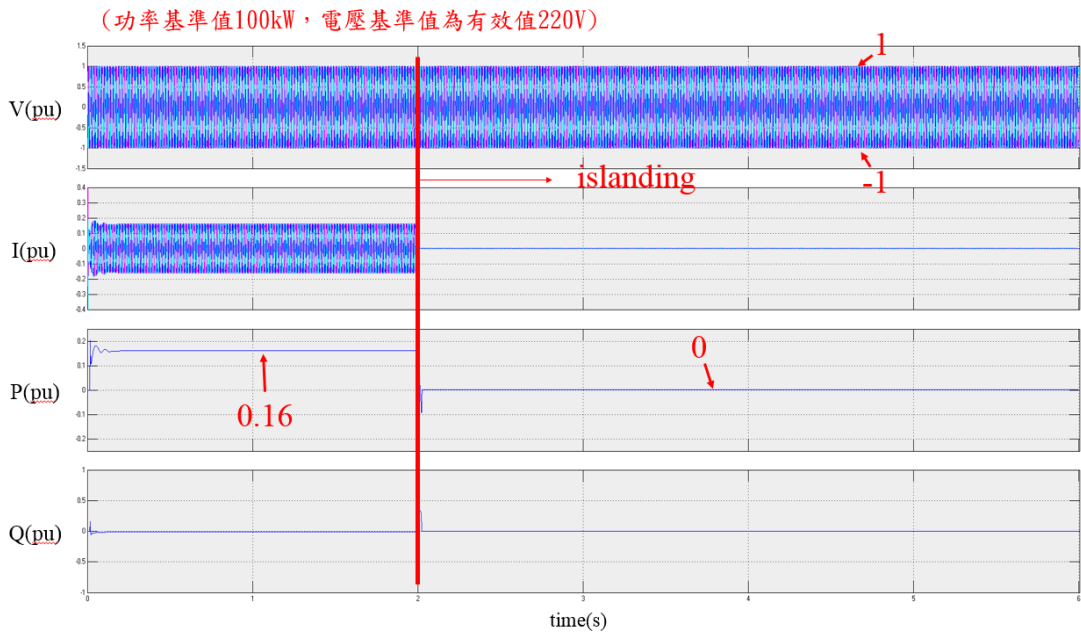


圖 204 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

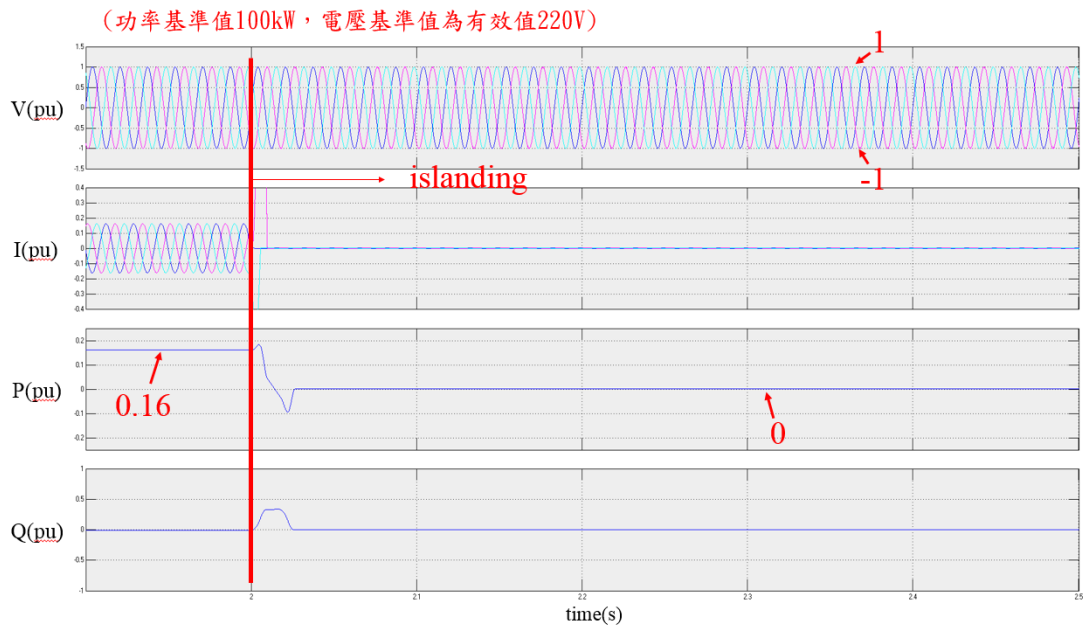


圖 205 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

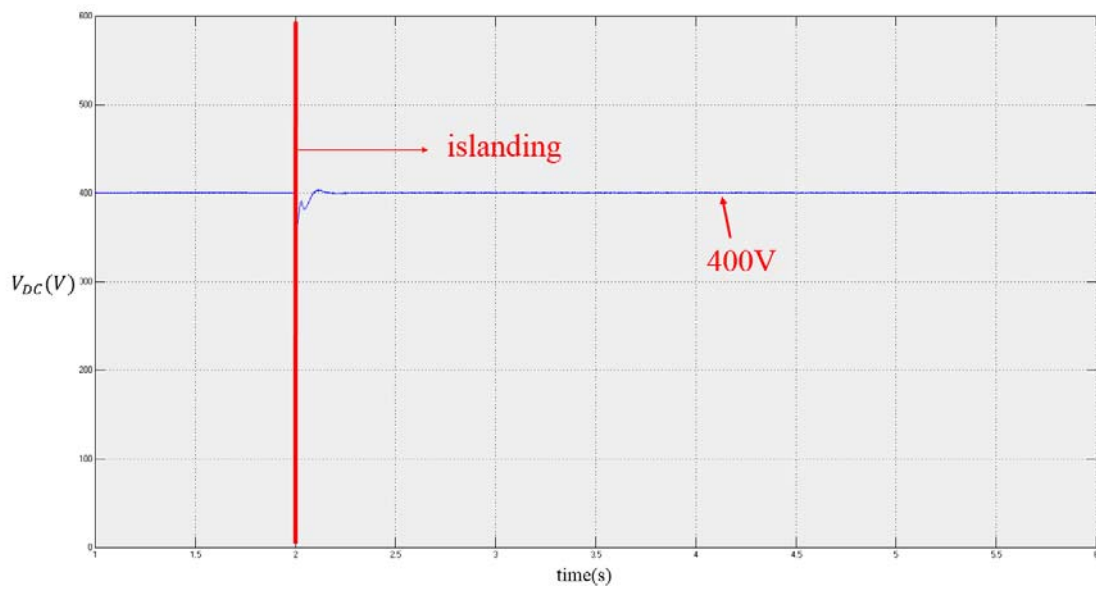


圖 206 DC Bus 之電壓

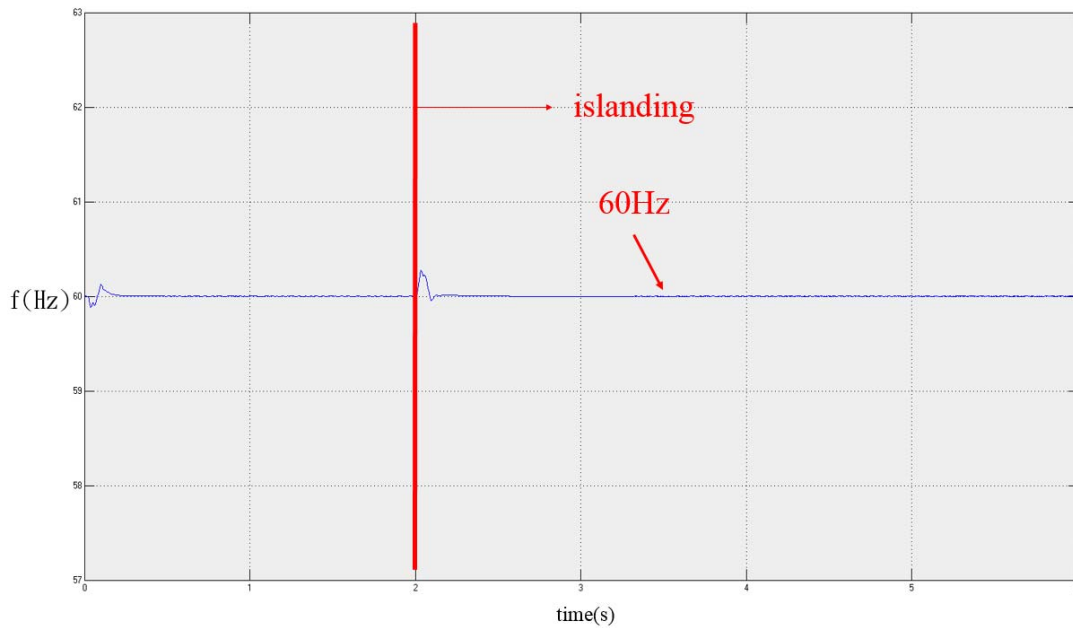


圖 207 系統頻率

心得:

Csae 4b 說明了，併網時 PCS2 可以有效提供功率給負載來減輕市電端供電之壓力；孤島時 PCS2 可以有效控制整個系統電壓及頻率。此 case 不足或夜間之情況 PV 產生之功率為 0 kW，負載之需求全部由儲能系統提供，儲能系統會進行放電的狀態。儲能系統電量之降低造成端電壓下降而影響 DC bus 之電壓不穩定，所以在電池前端加入雙方向 DC/DC converter 來穩定 DC bus 上我們想要之電壓。

### 5.2.1.3 PV 與儲能系統異常

(一) Case 5 孤島運轉時，PV 和儲能系統皆不能正常運作時，柴油發電機直接對負載供電

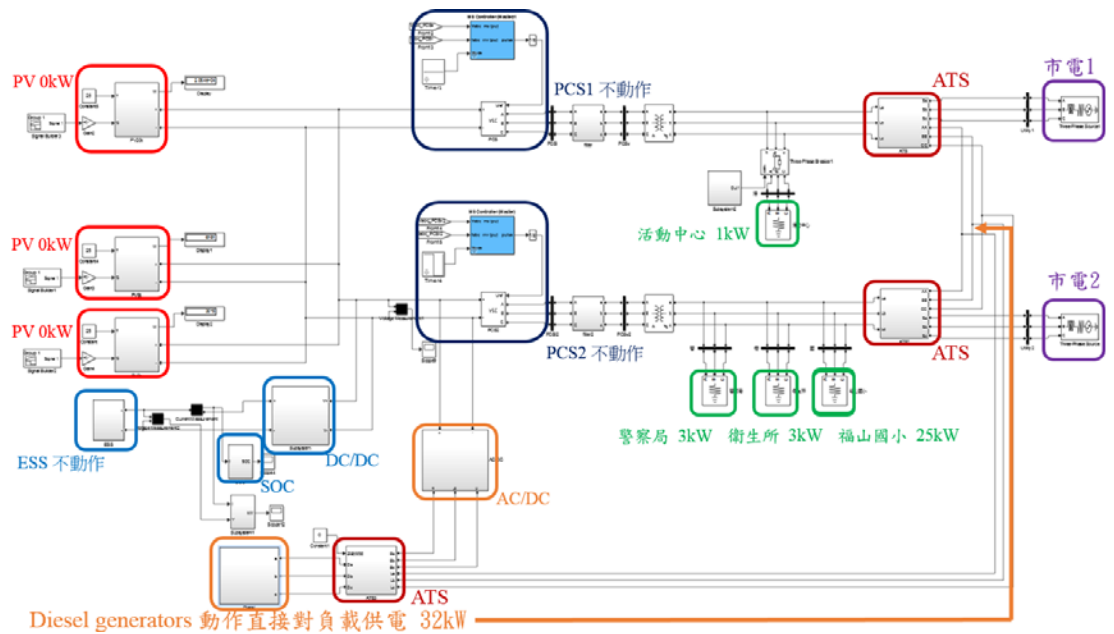


圖 208 Matlab/Simulink Case 5 動作說明

如圖 208 所示，此章節模擬孤島運轉時，市電一與市電二斷開如圖 209-210 和圖 211-212 所示且日照不足( $0 W/m^2$ )時如圖 213 所示，PV 所產生的功率皆為 0kW 如圖 214-216 所示與儲能系統已不能正常供電，只能由柴油電機直接對負載供電，如圖 217-218 所示。負載分別為活動中心 1kW(0.01 pu) 如圖 219-220 所示、國小 25kW(0.25pu) 如圖 221-222 所示、警察局與衛生所各為 3kW(0.03 pu) 如圖 223-226 所示。圖 227 為柴油發電機頻率。

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

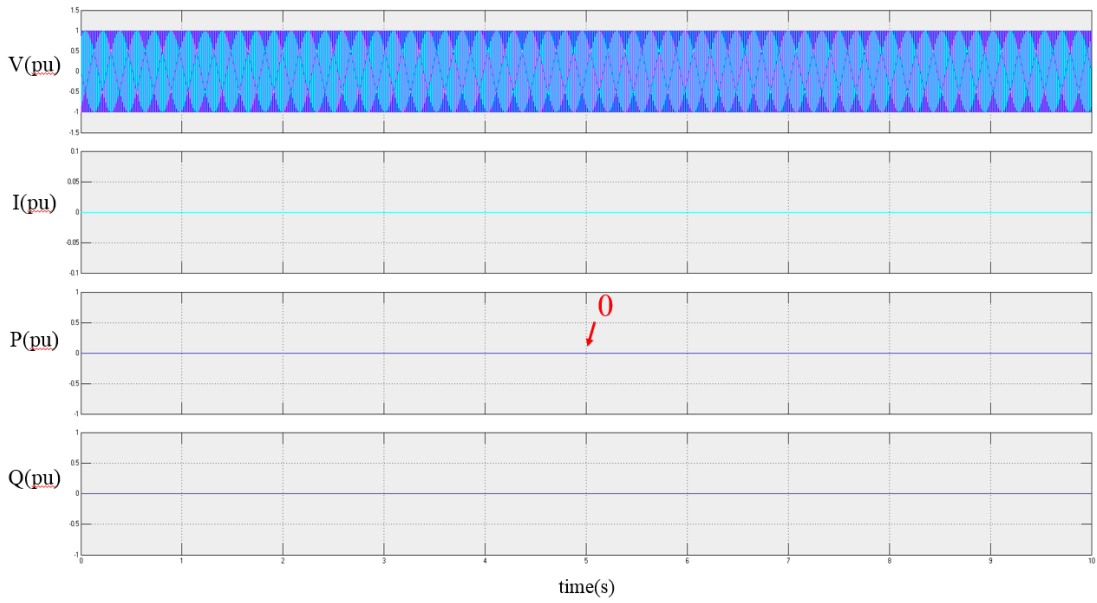


圖 209 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

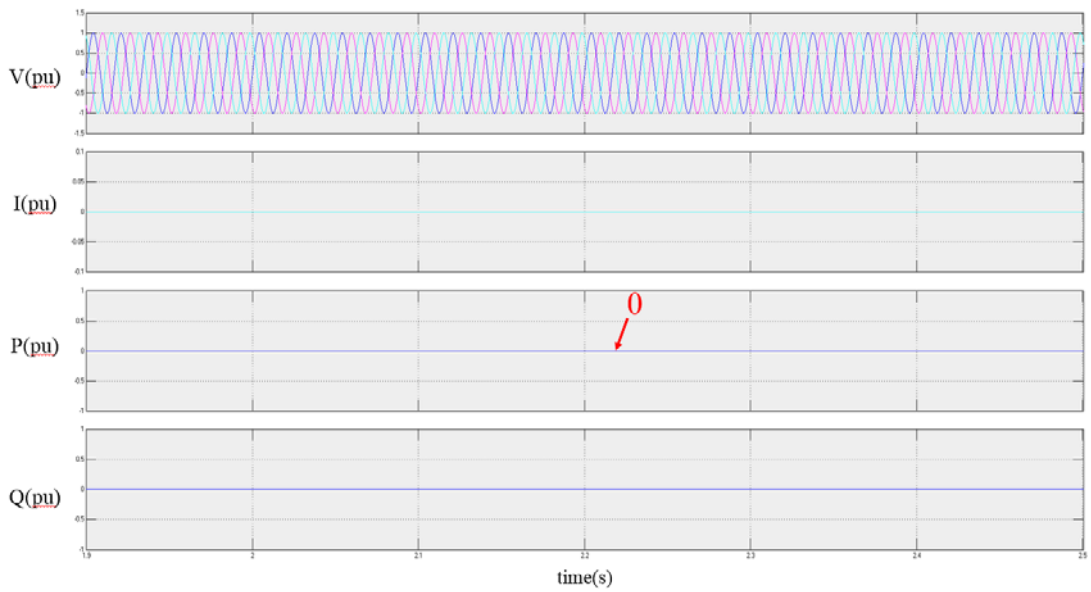


圖 210 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

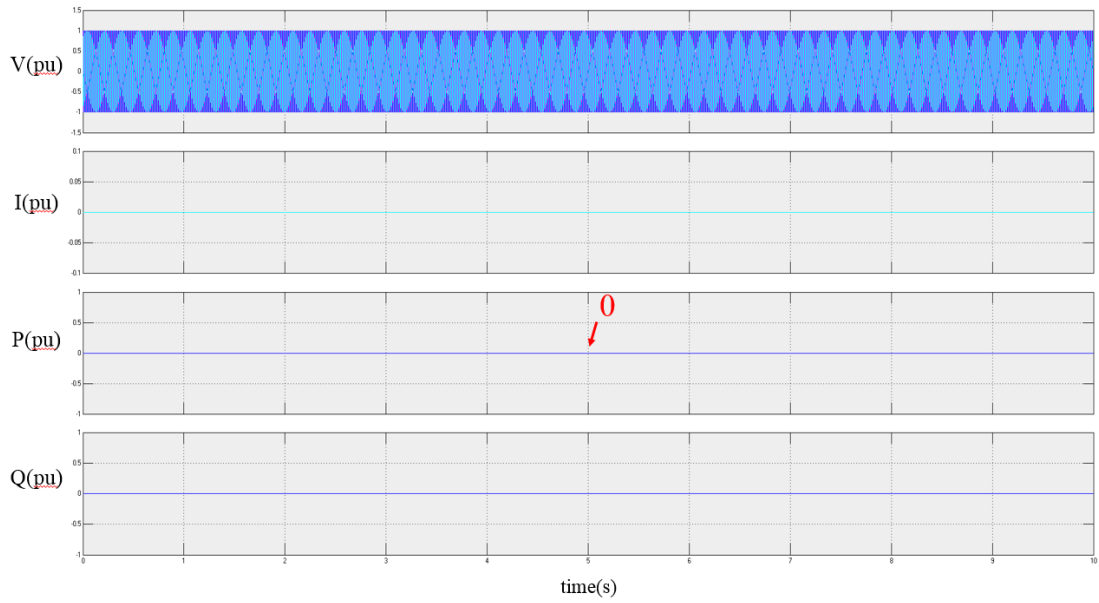


圖 211 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

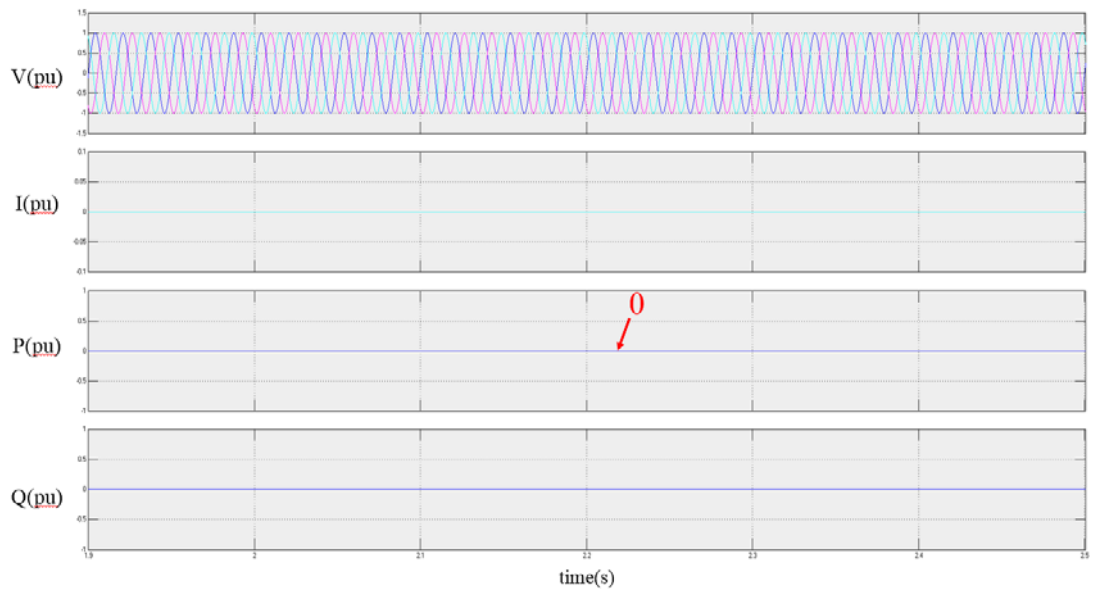


圖 212 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

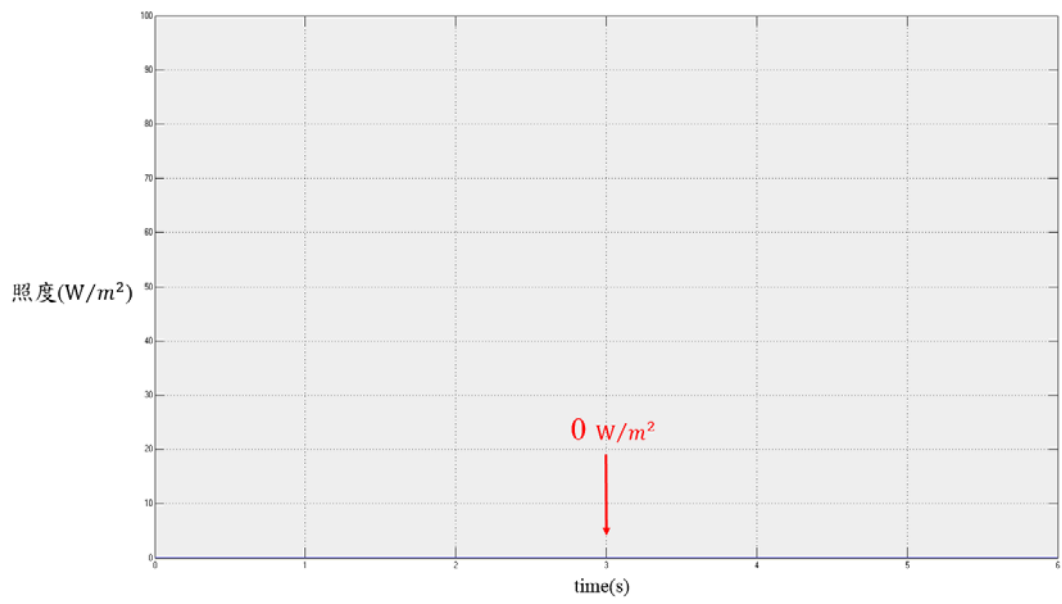


圖 213 當日日照

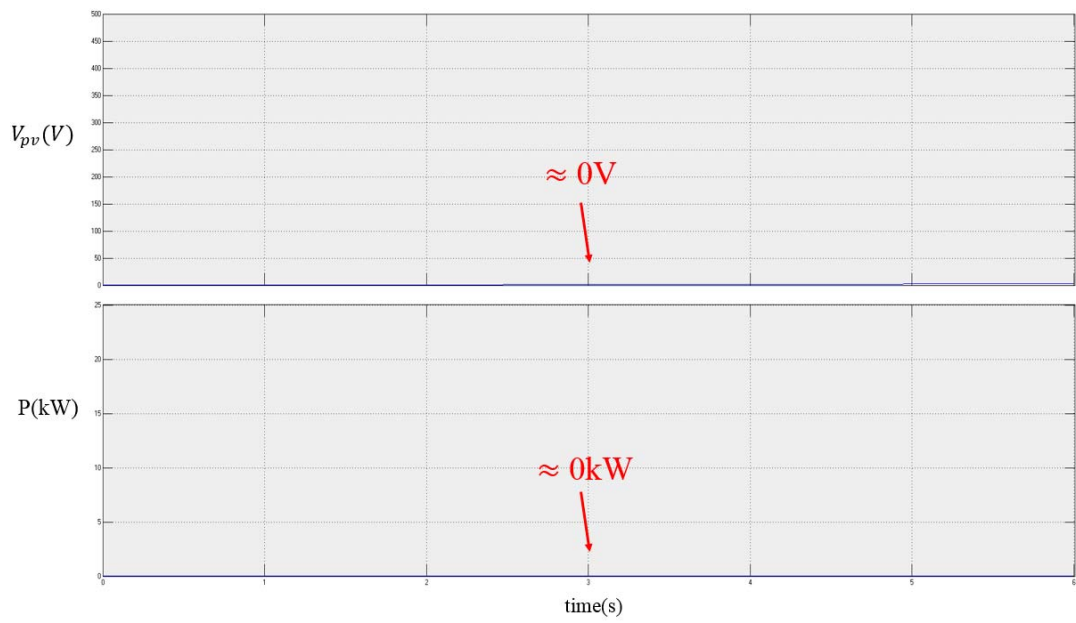


圖 214 PV20kW 電壓、功率模擬圖

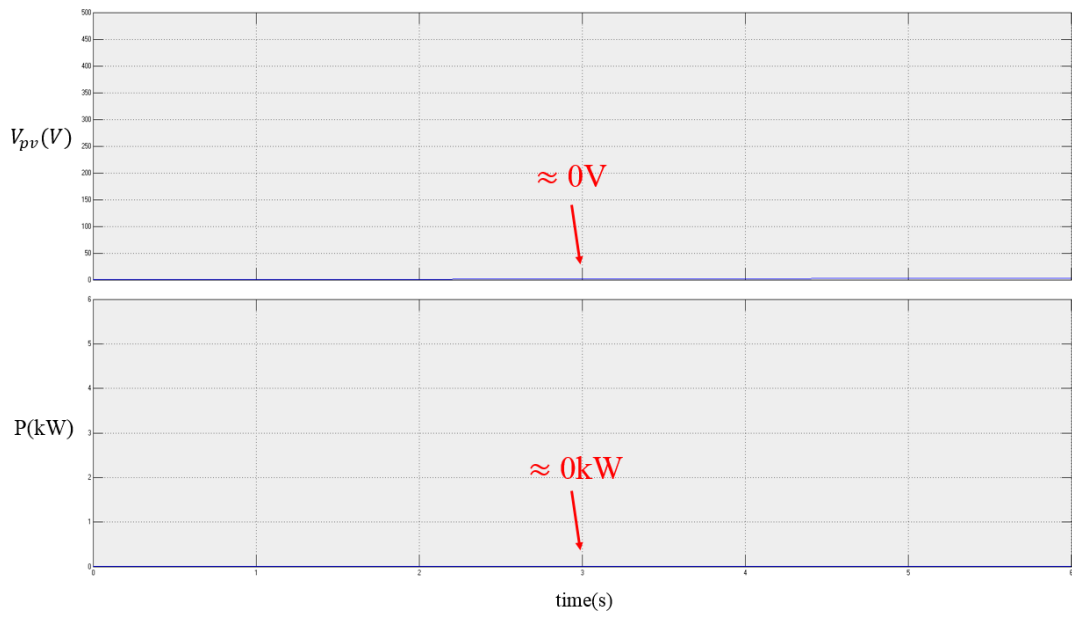


圖 215 PV6kW 電壓、功率模擬圖

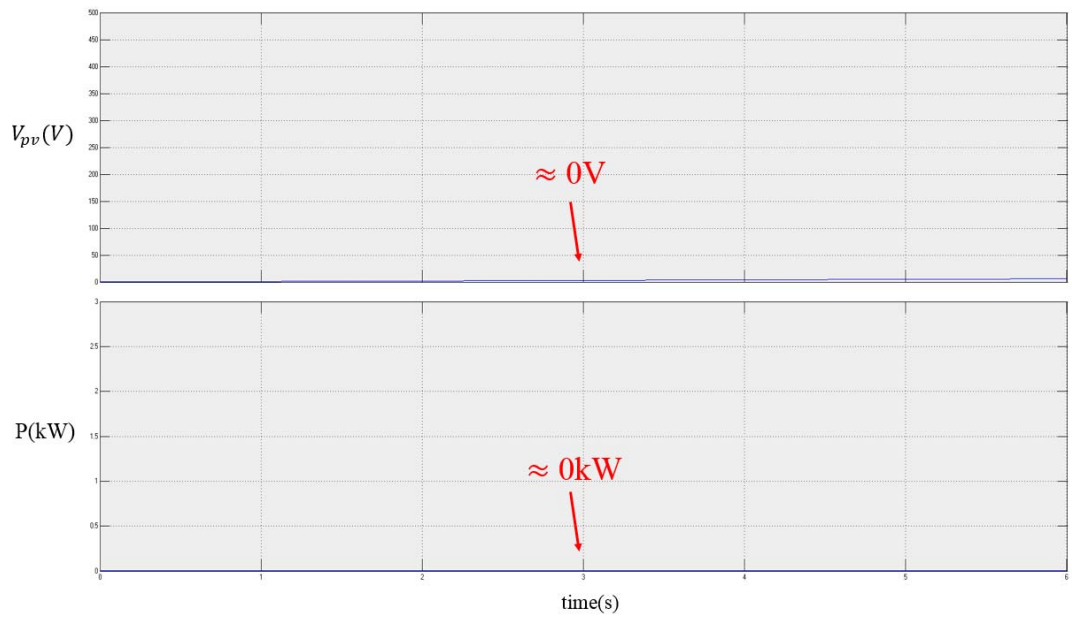


圖 216 PV3kW 電壓、功率模擬圖



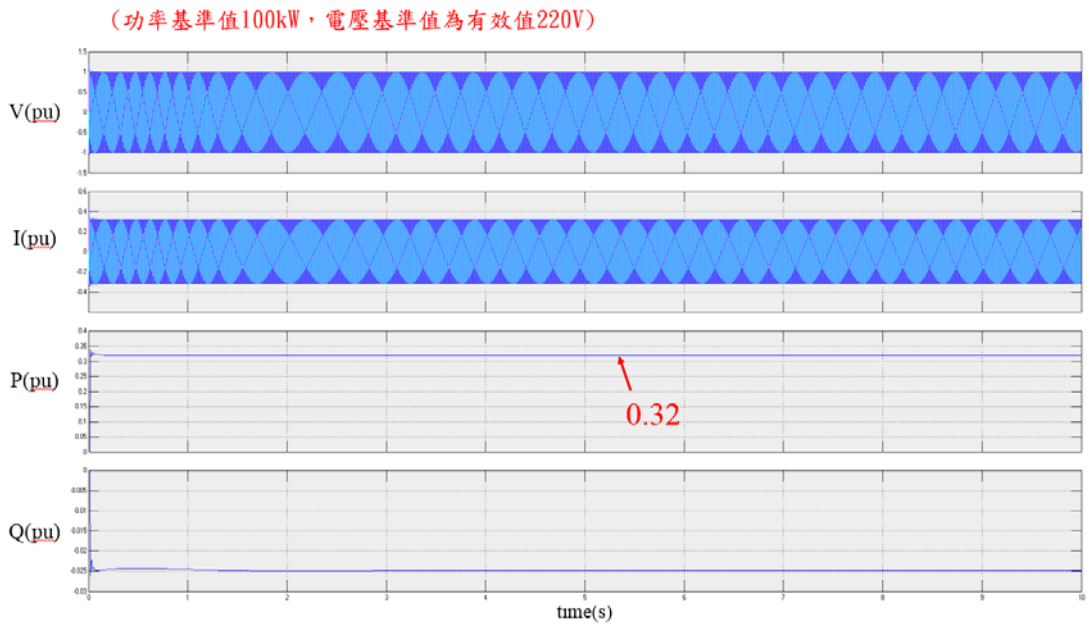


圖 217 柴油發電機之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

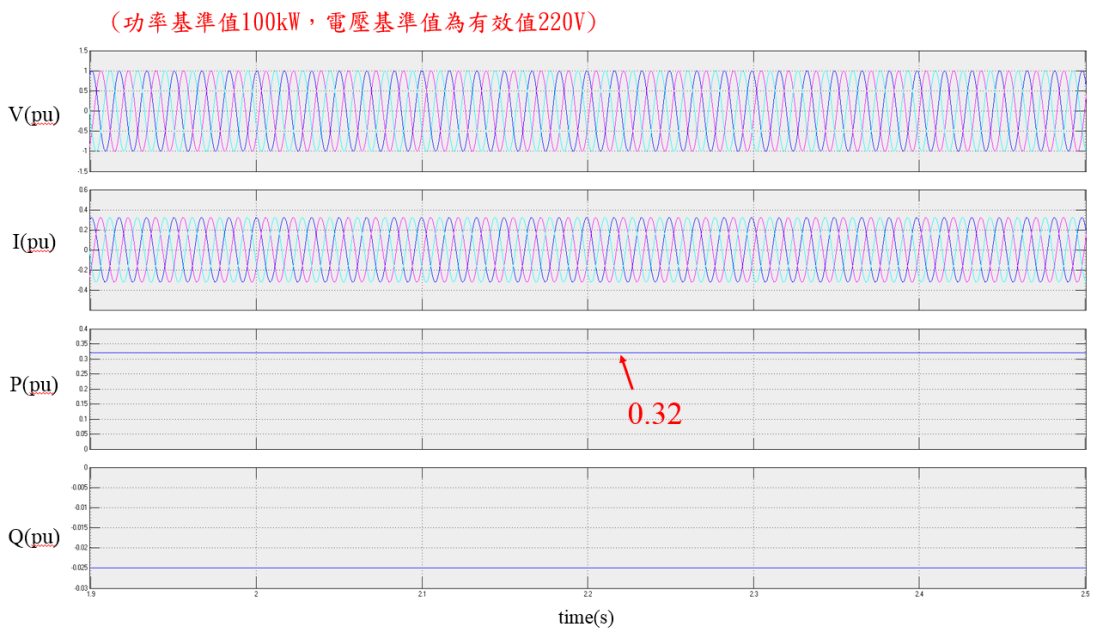


圖 218 柴油發電機之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

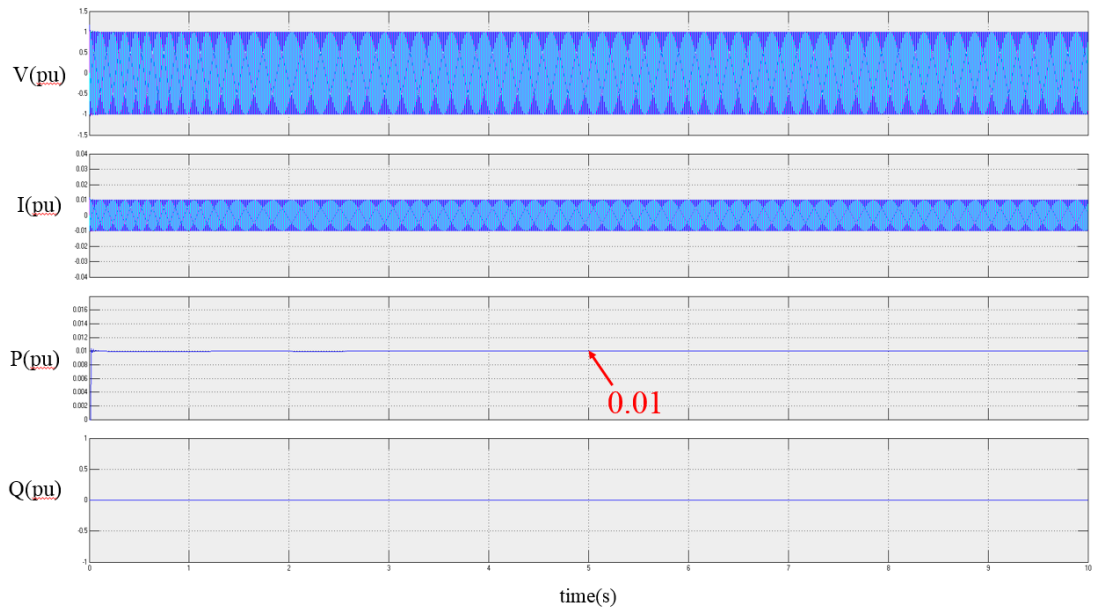


圖 219 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

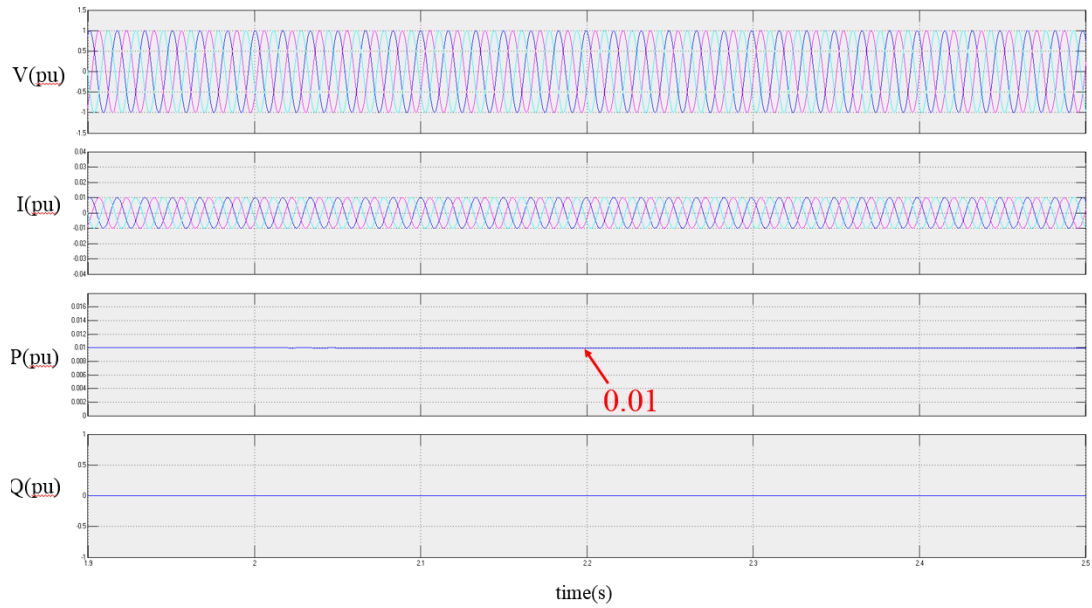


圖 220 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

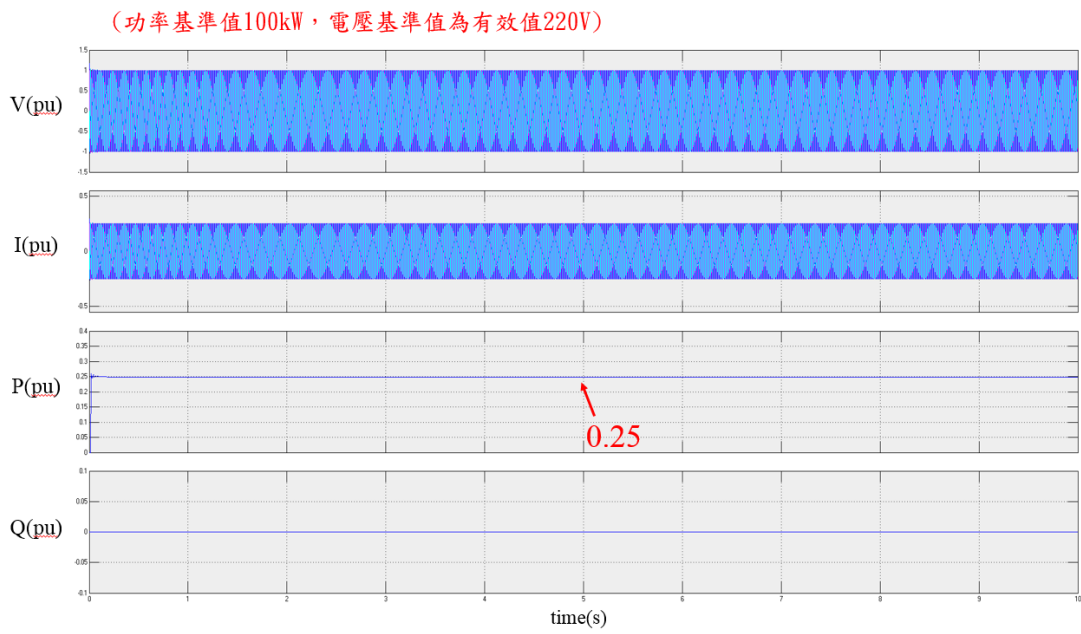


圖 221 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

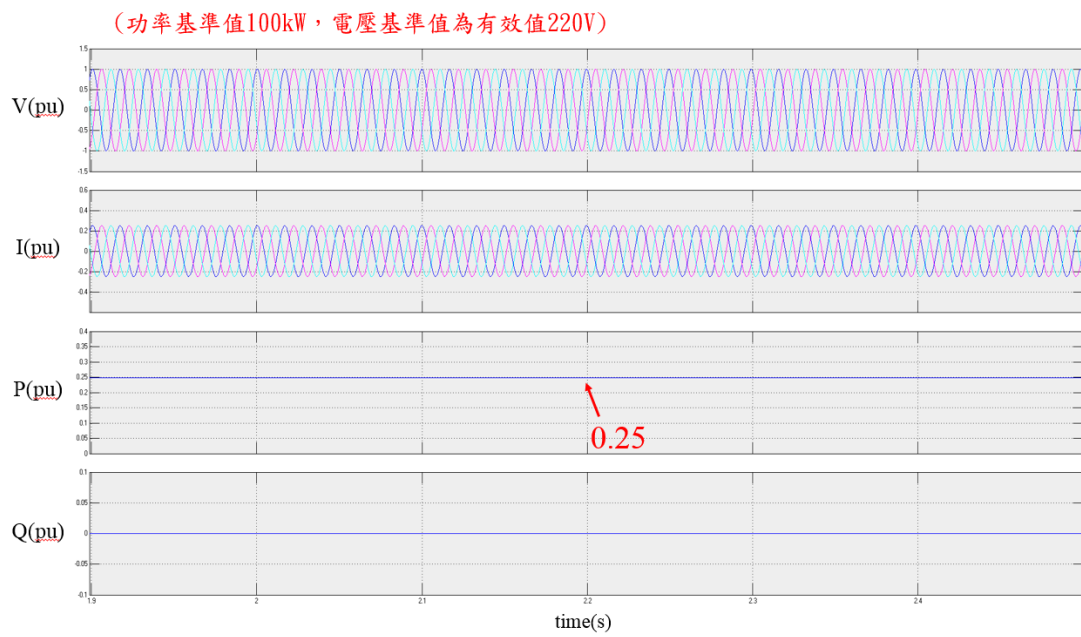


圖 222 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

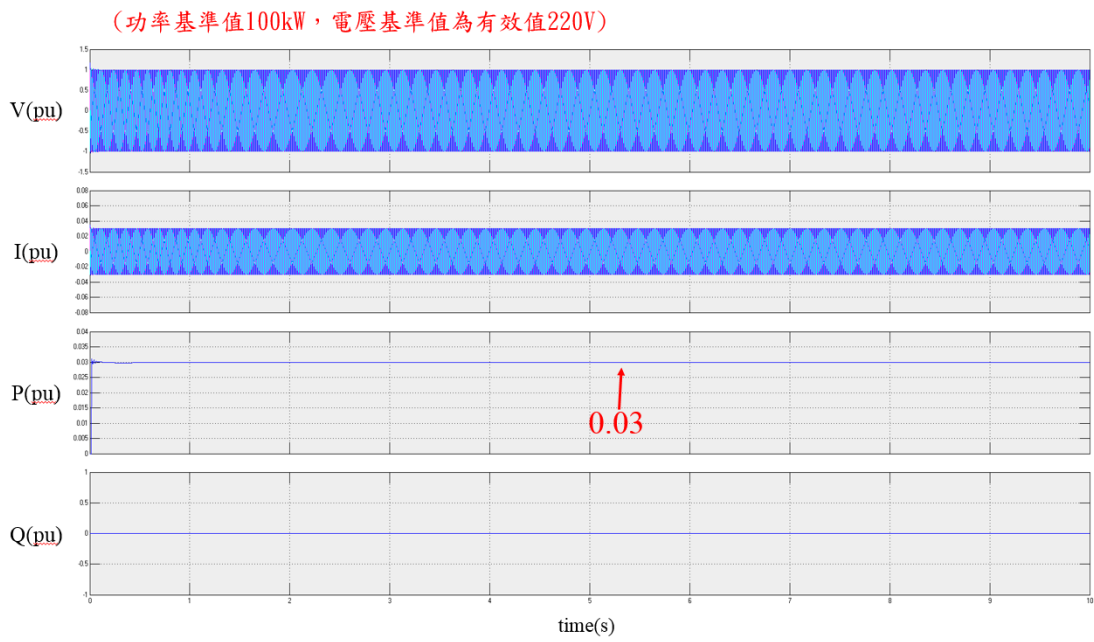


圖 223 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

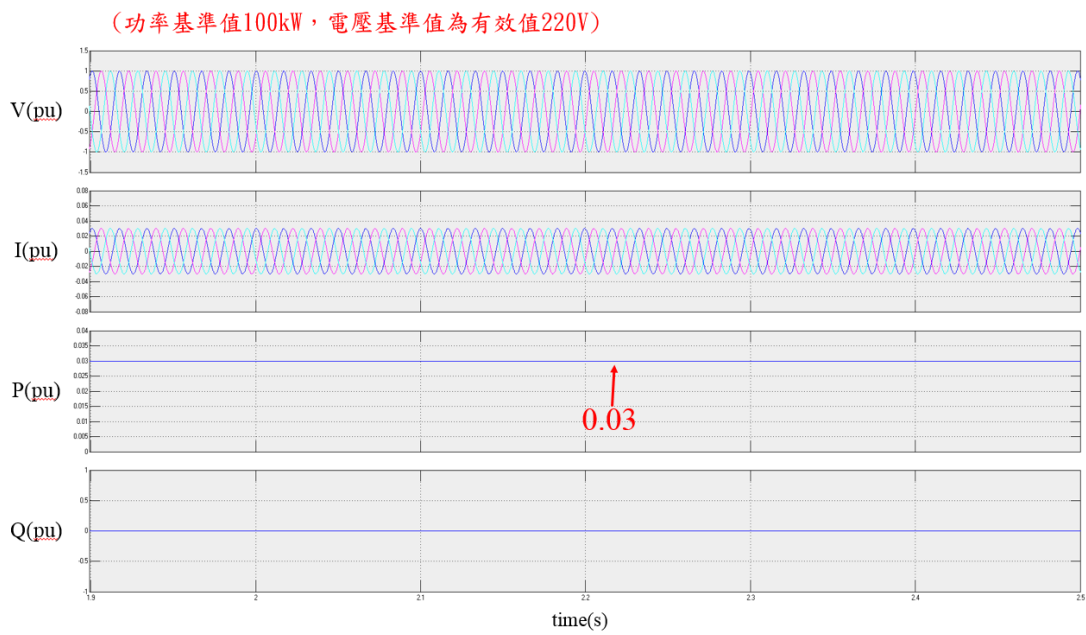


圖 224 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

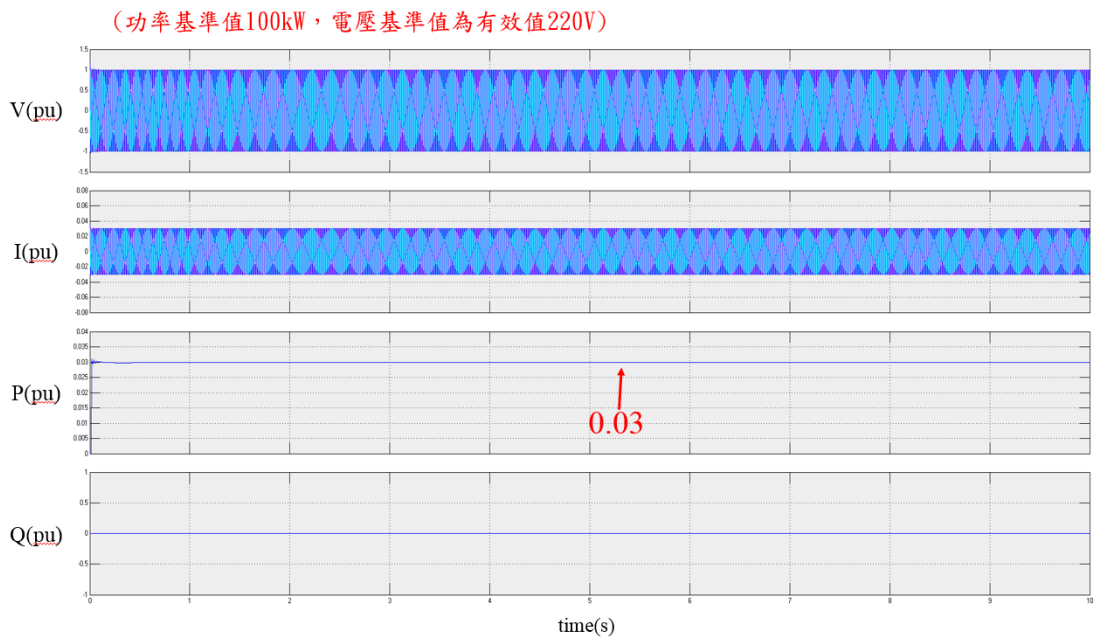


圖 225 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

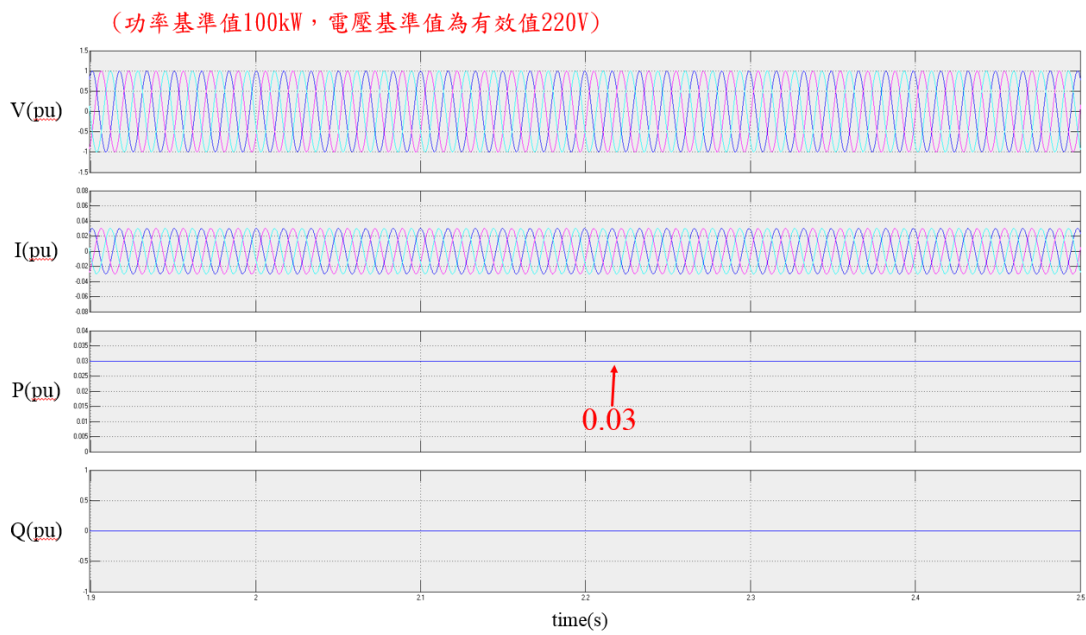


圖 226 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

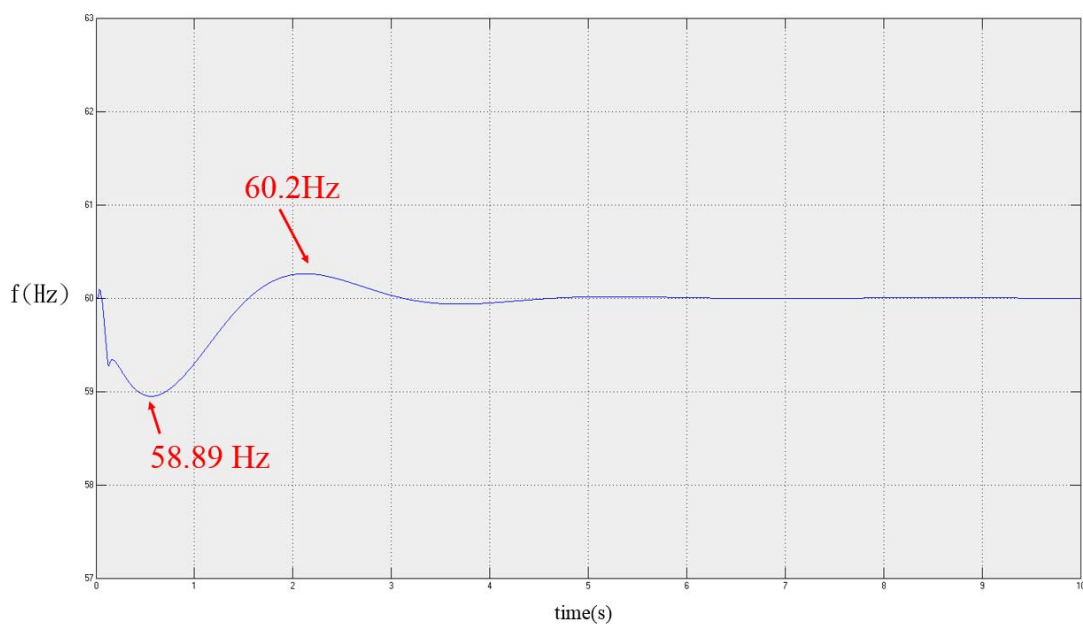


圖 227 柴油發電機頻率

心得:

Csae 5 說明了，此 case 為日照不足或夜間之情況 PV 產生之功率為 0 kW 與儲能系統不能正常運作時，直接由柴油發電機對負載供電。因柴油發電機之特性，需要等待一段時間讓柴油發電機整個供電穩定才可以併上負載，否則會造成電器產品之損壞。

(二) Case 6 孤島運轉時，PV 和儲能系統皆不能正常運作時，柴油發電機直接對負載供電。但負載需求過大，而為了要維持整個系統發電及用電平衡，所以自動將次要負載(活動中心)切離。

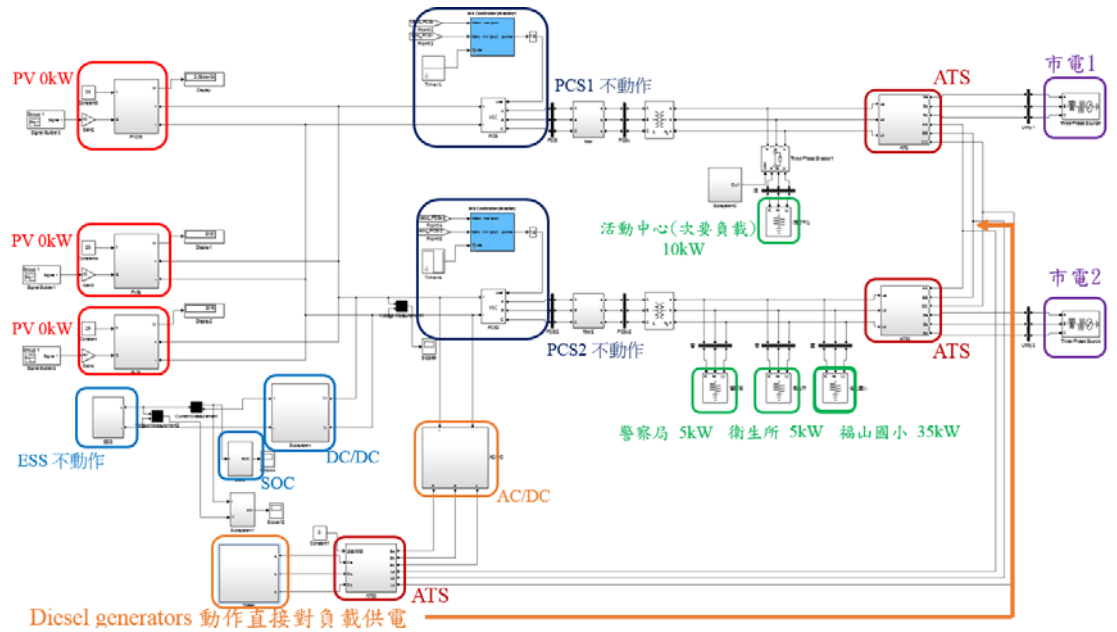


圖 228 Matlab/Simulink Case 6 動作說明

如圖 228 所示，此章節模擬孤島運轉時，市電一與市電二斷開如圖 229-230 和圖 231-232 所示且日照不足( $0 W/m^2$ )時如圖 233 所示，PV 所產生的功率皆為 0kW 如圖 234-236 所示與儲能系統已不能正常供電，只能由柴油電機直接對負載供電。而負載分別為活動中心 10kW(0.1 pu) 如圖 237-238(3 秒前)所示、國小 35kW(0.3 pu) 如圖 239-240 所示、警察局與衛生所各為 5kW(0.05 pu) 如圖 241-244 所示。總負載共 55kW(0.55 pu)皆由柴油電機提供發電量如圖 245-246 所示。由於負載需求大於柴油發電機所提供之發電量，柴油發電機頻率如圖 247 所示會無法穩定在 60Hz 以及功率無法確實提供，所以在第 3 秒將次要負載(活動中心)切離如圖 237-238(3 秒後)所示，來維持整個系統發電及用電之平衡。

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

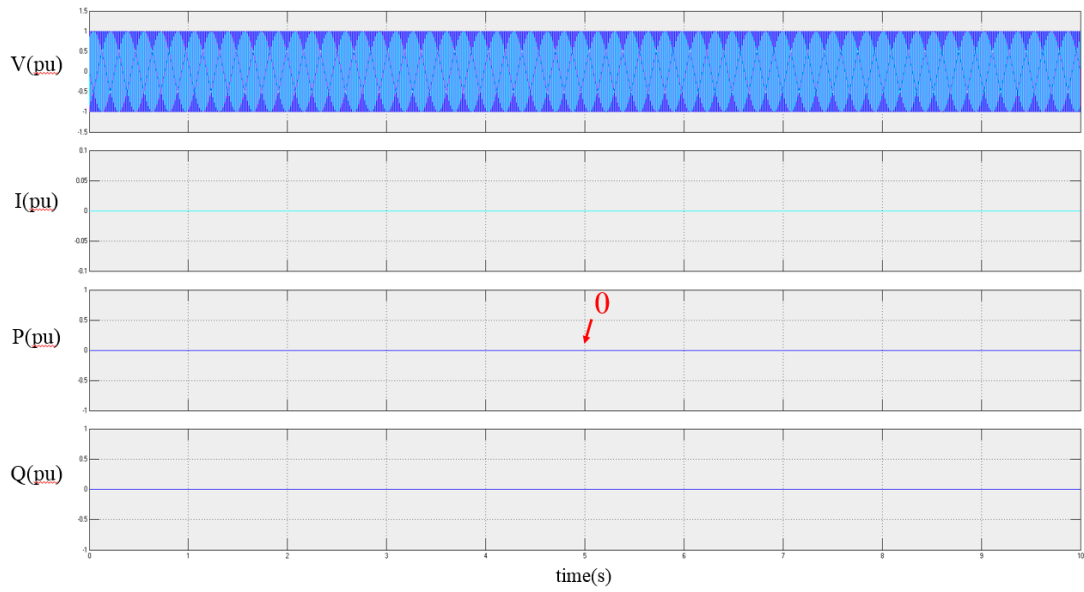


圖 229 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

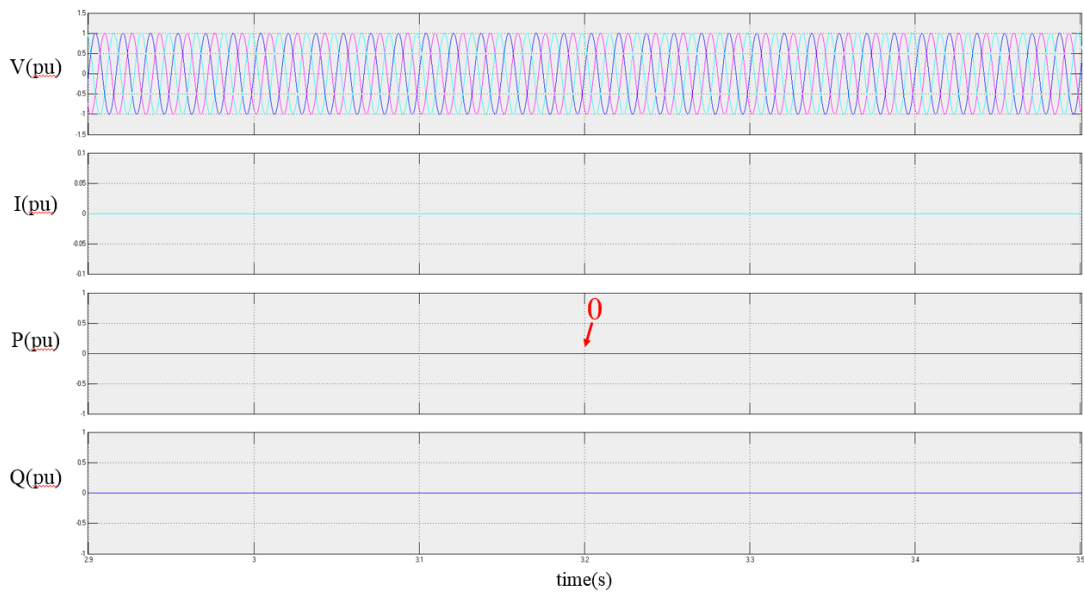


圖 230 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)



(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

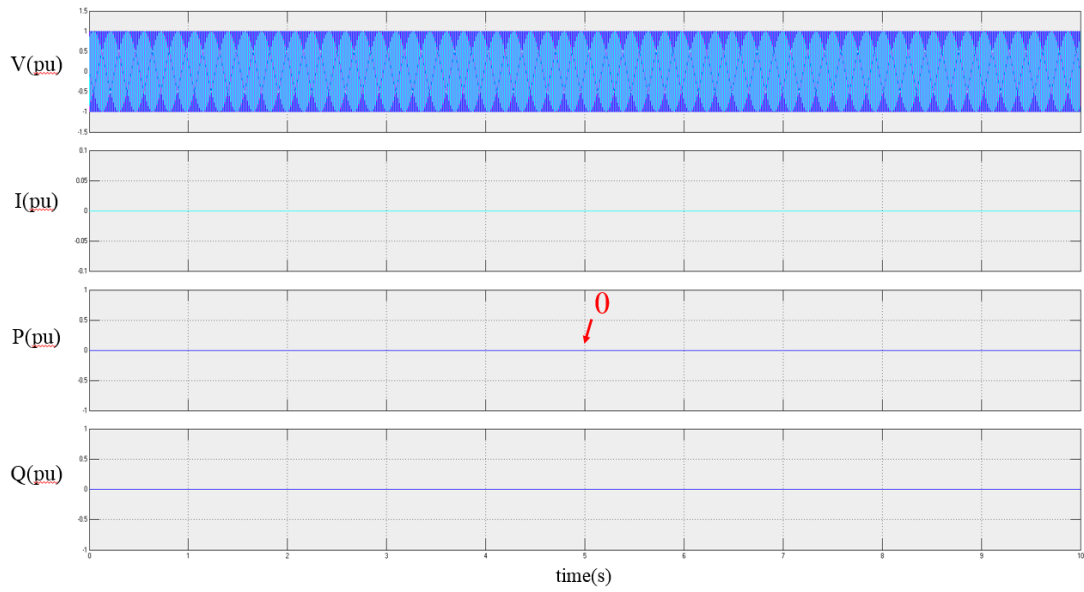


圖 231 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

(功率基準值100kW，電壓基準值為有效值220V)

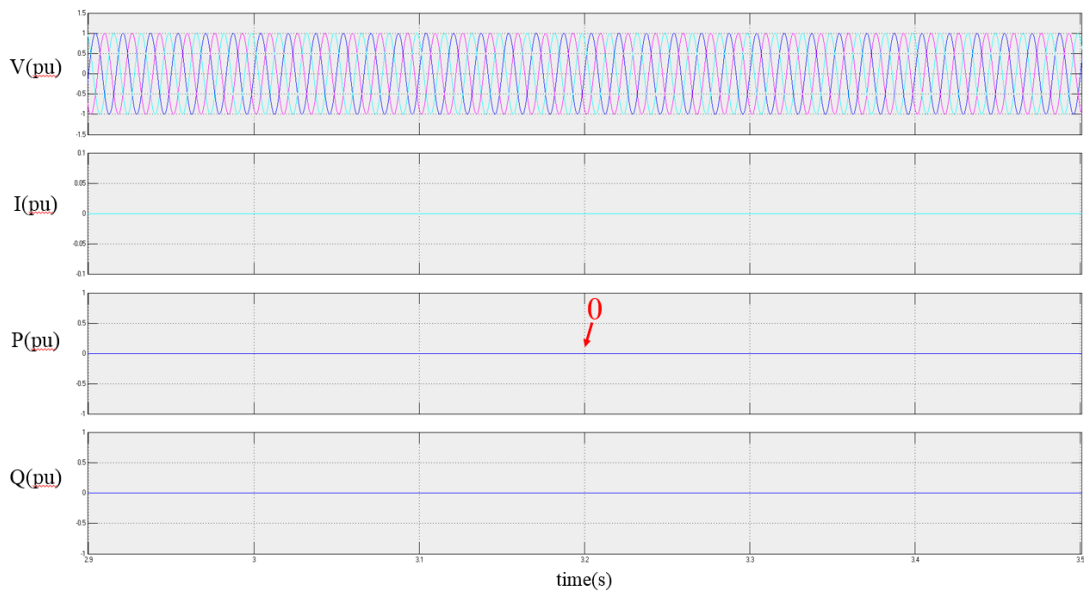


圖 232 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

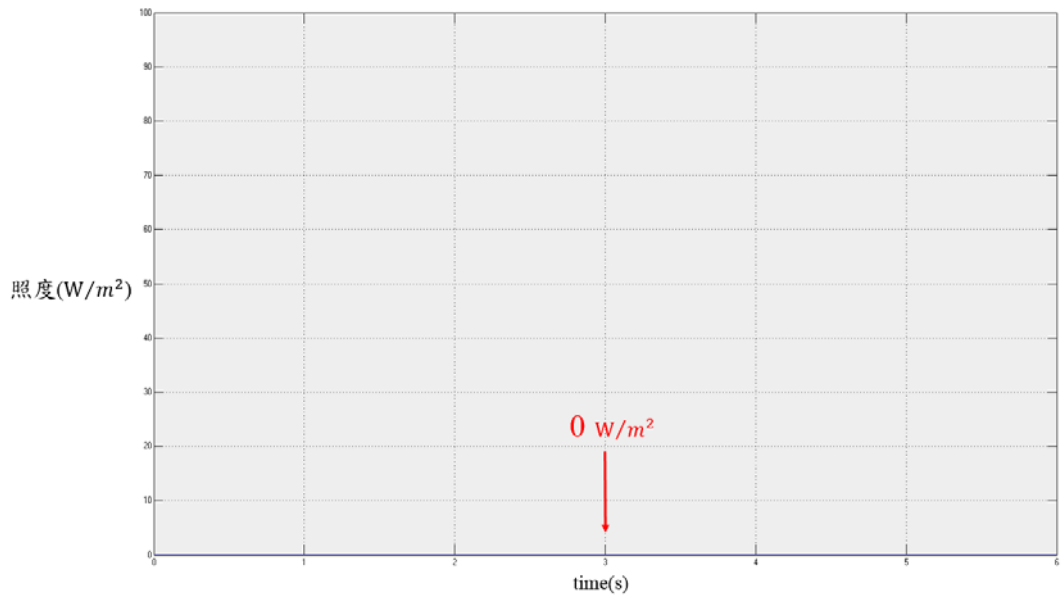


圖 233 當日日照

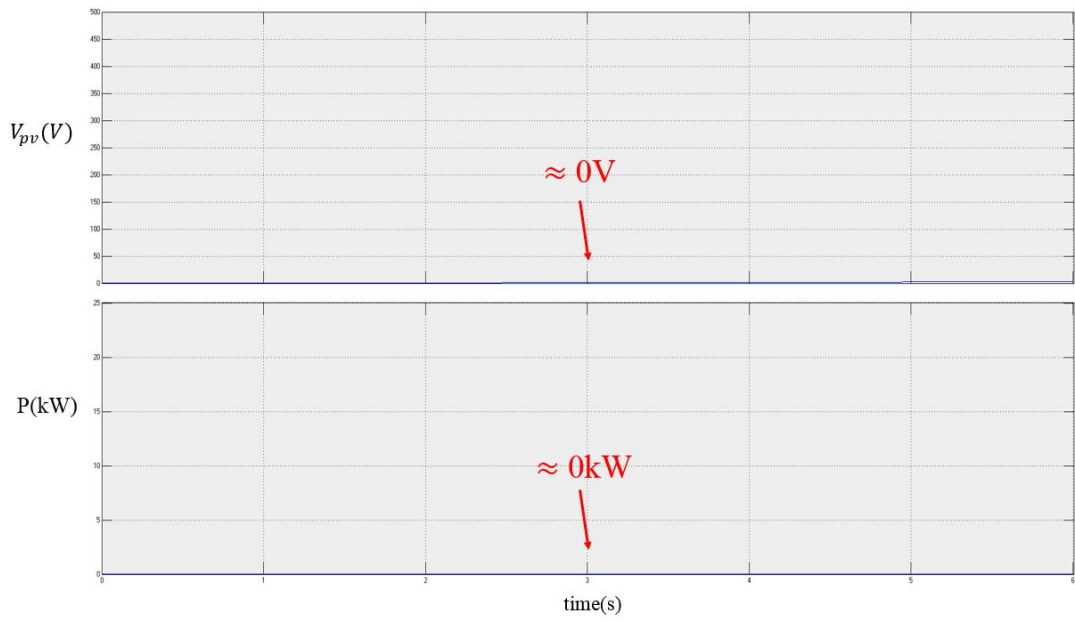


圖 234 PV20kW 電壓、功率模擬圖

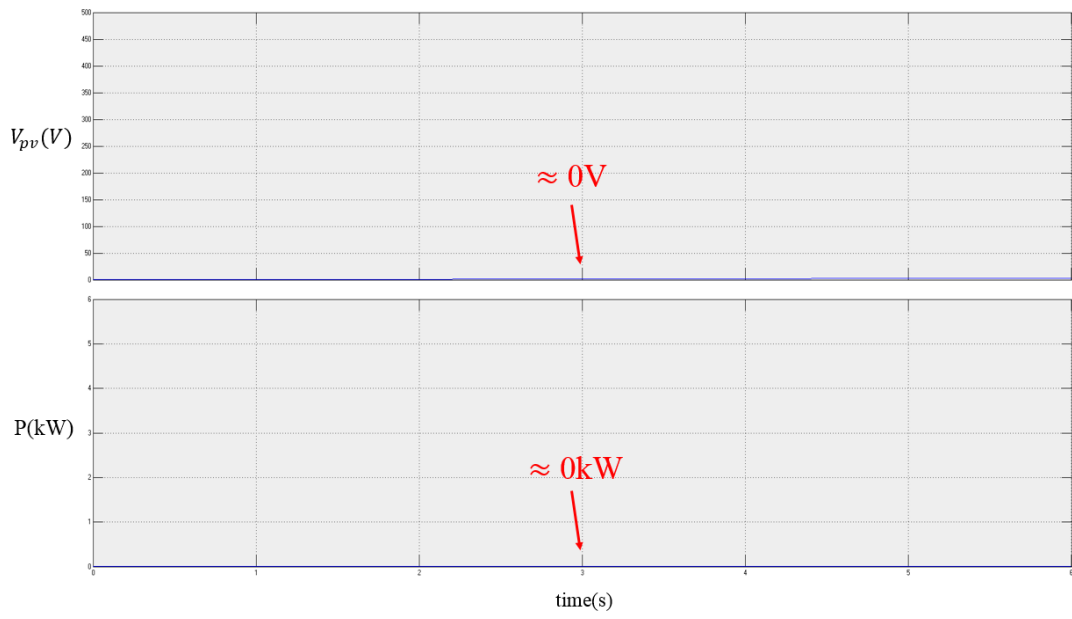


圖 235 PV6kW 電壓、功率模擬圖

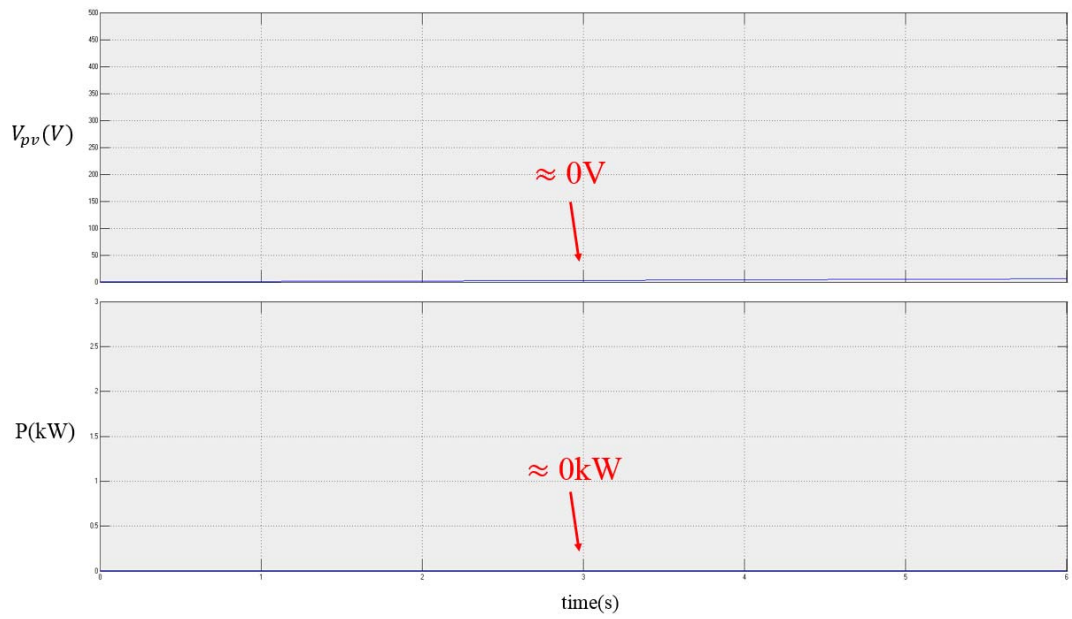


圖 236 PV3kW 電壓、功率模擬圖

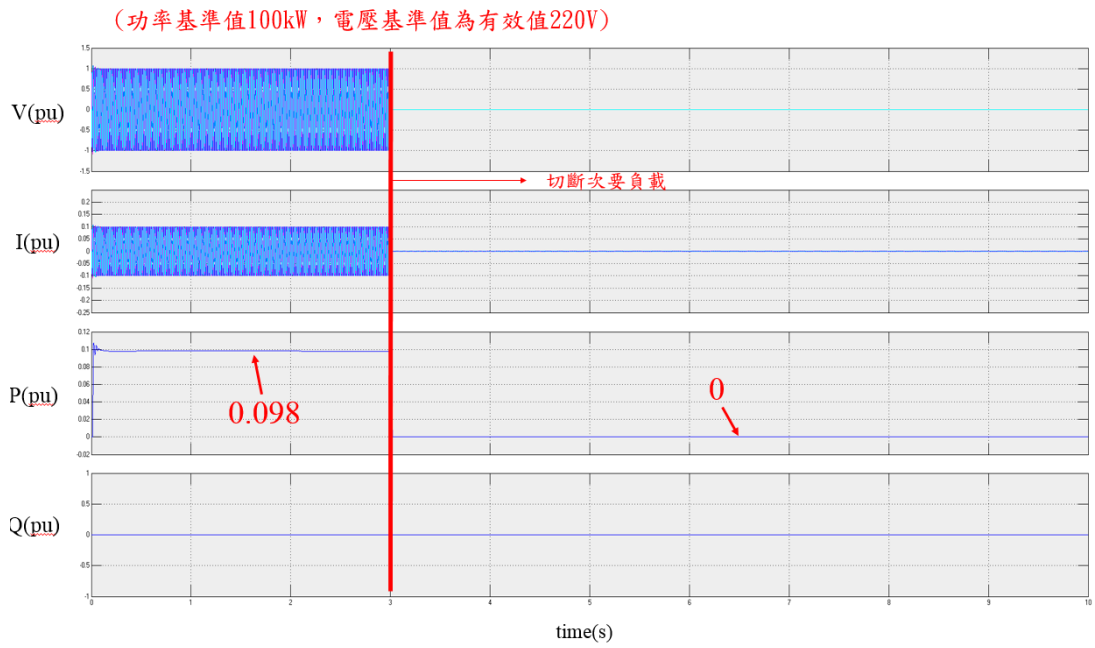


圖 237 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

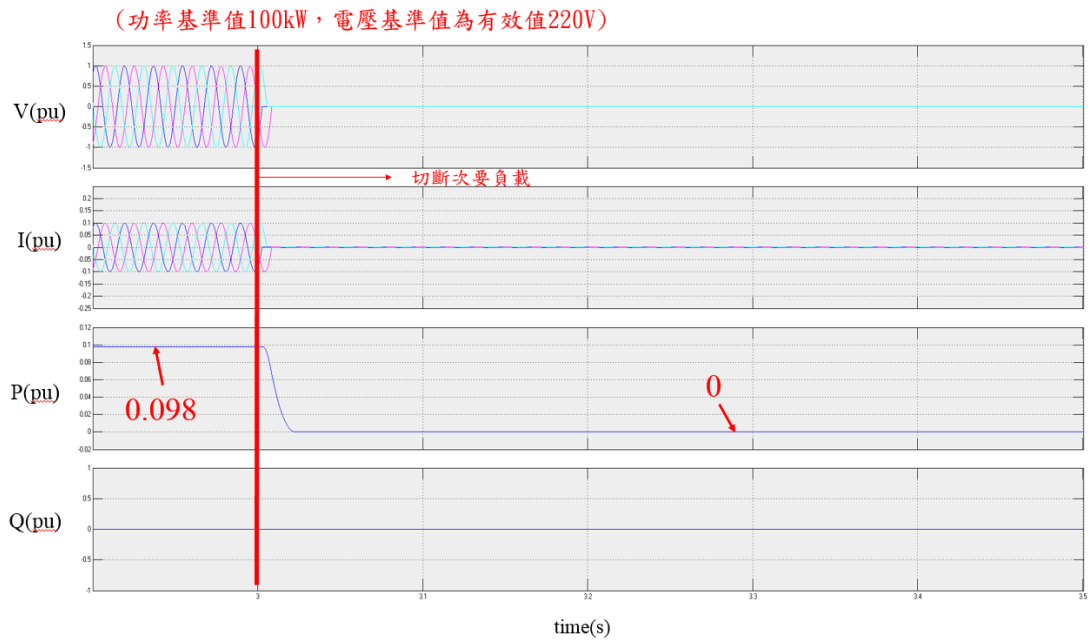


圖 238 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

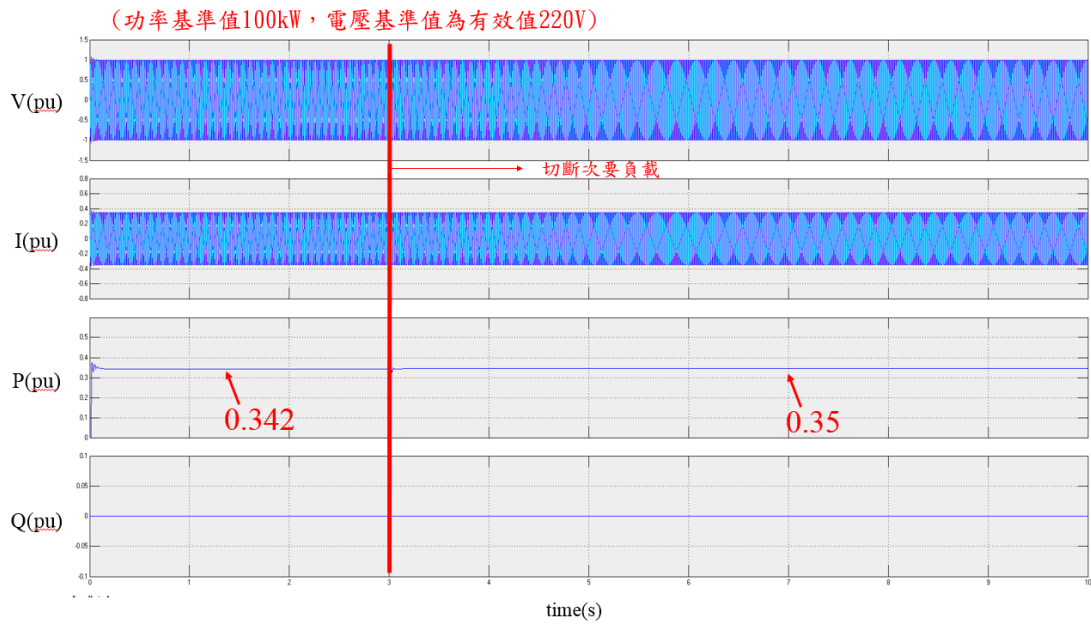


圖 239 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

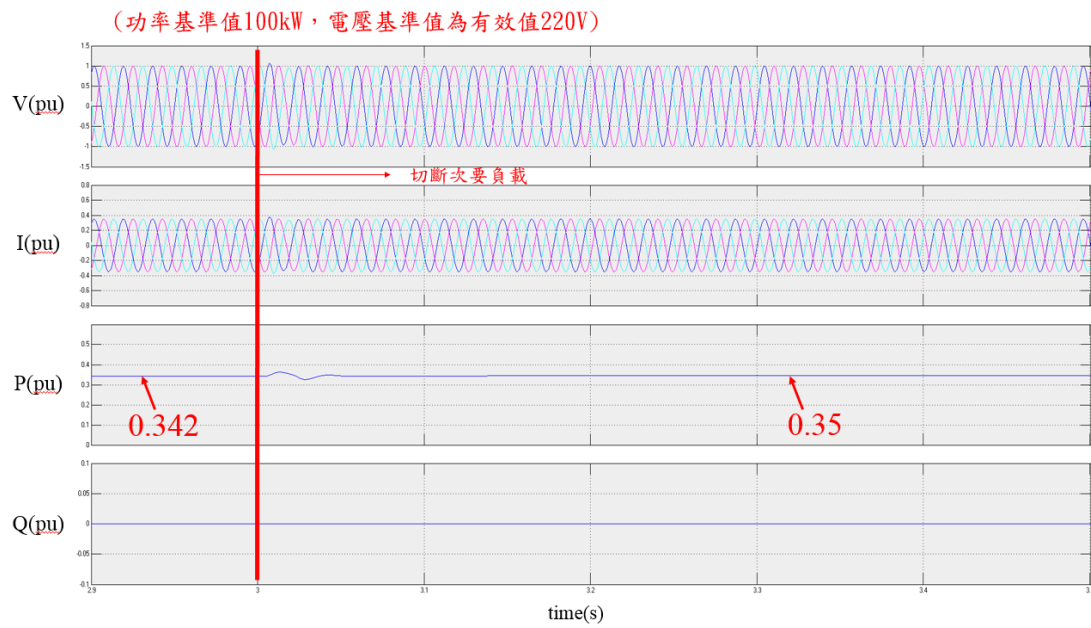


圖 240 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

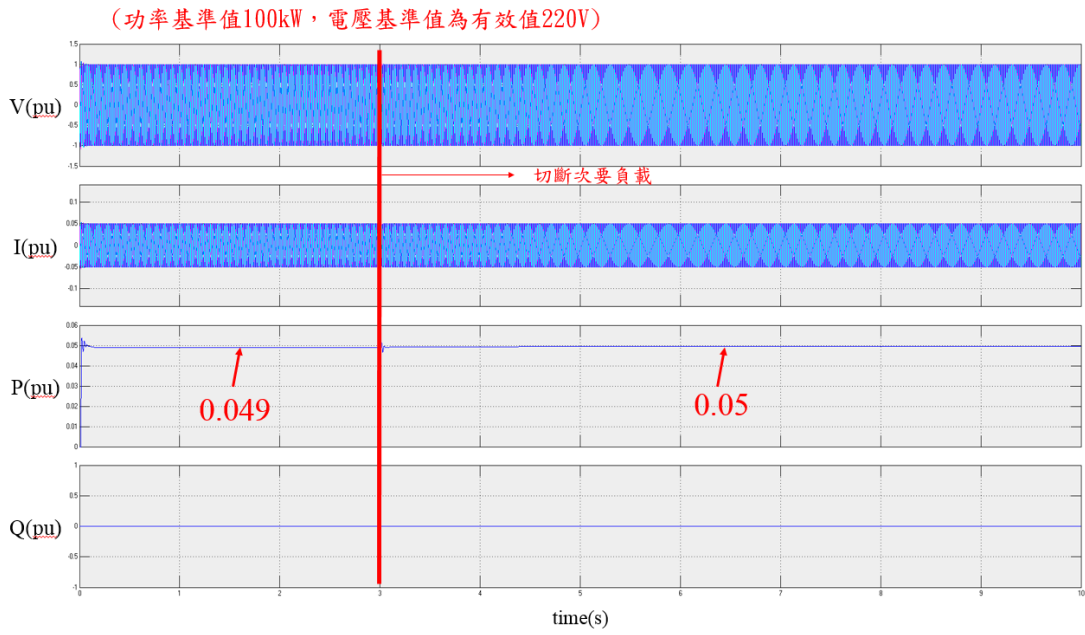


圖 241 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

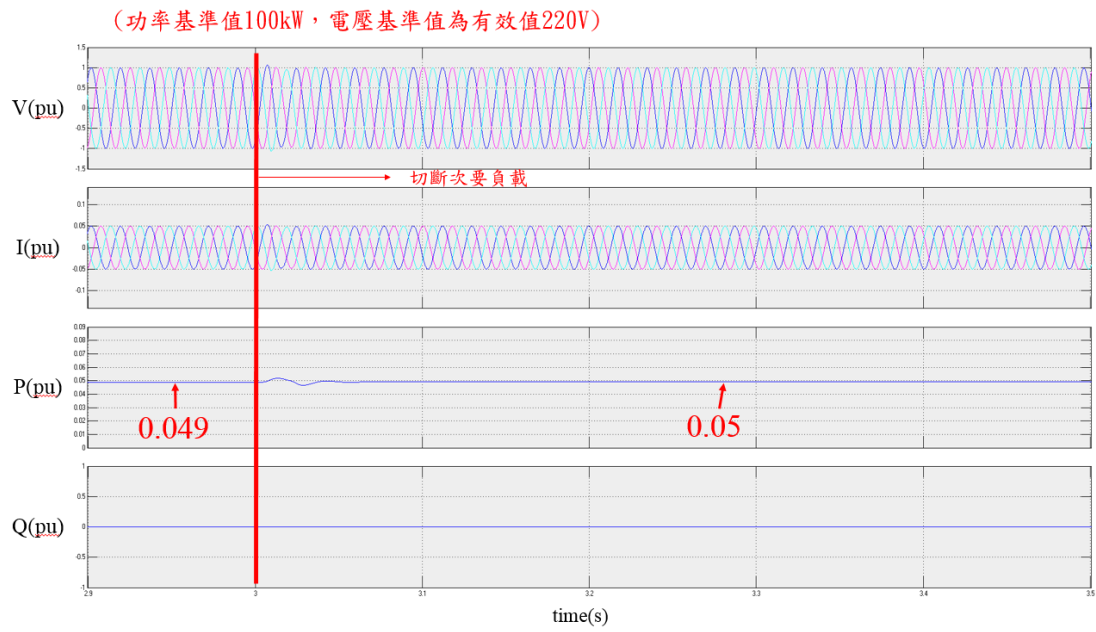


圖 242 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

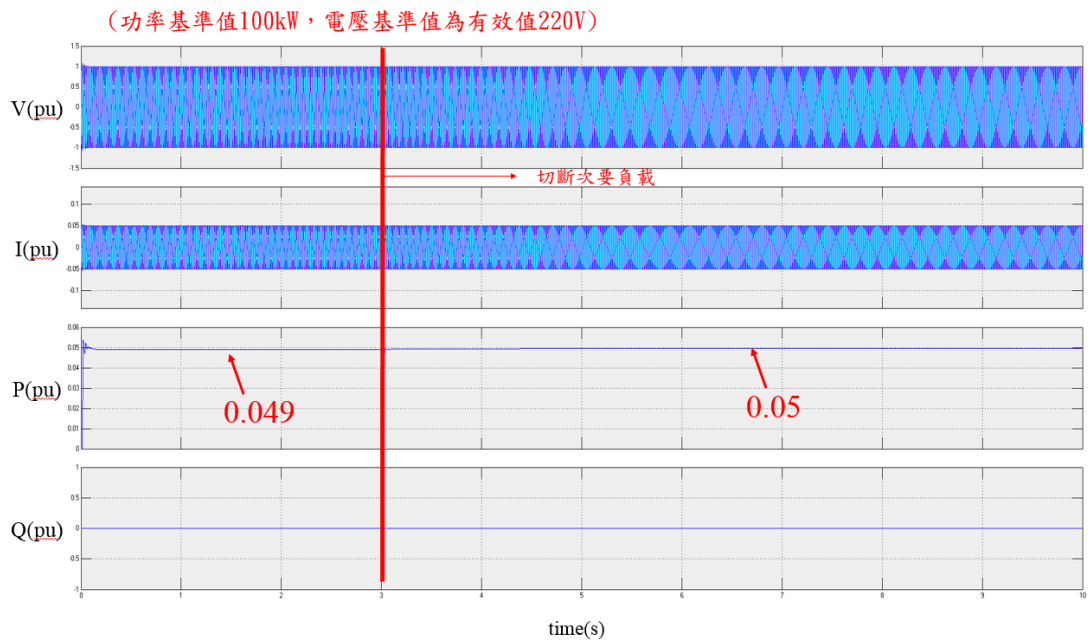


圖 243 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

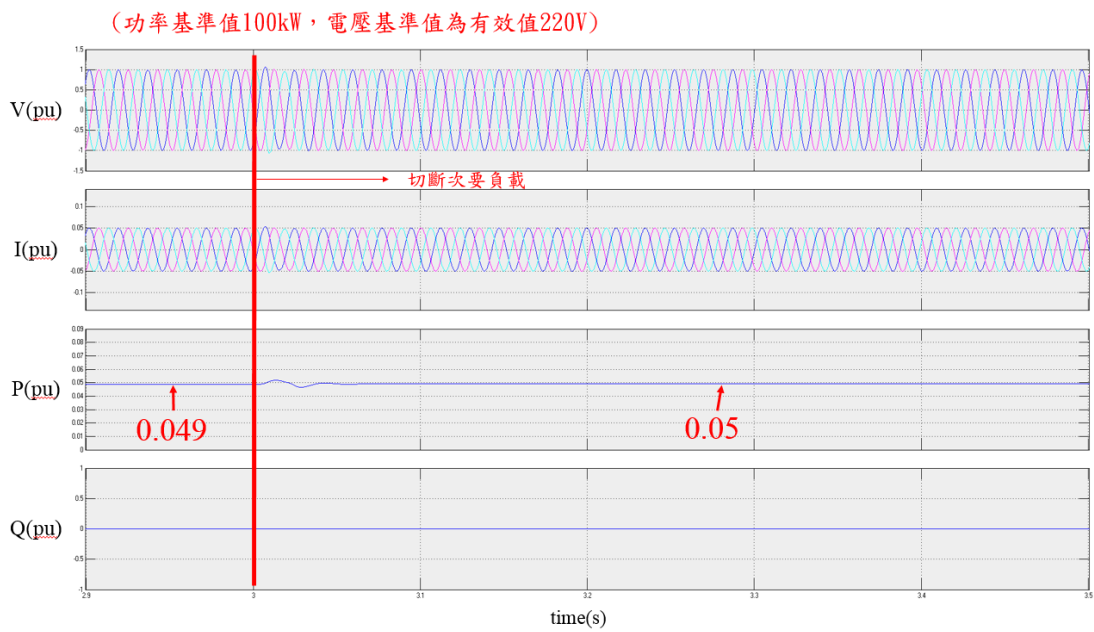


圖 244 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)

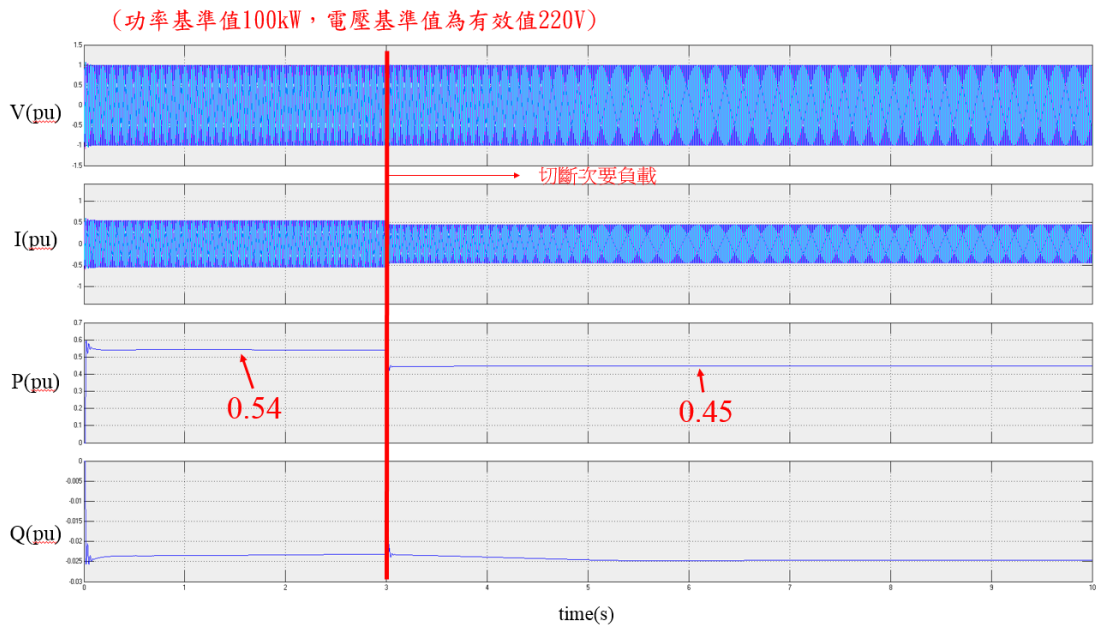


圖 245 柴油發電機之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

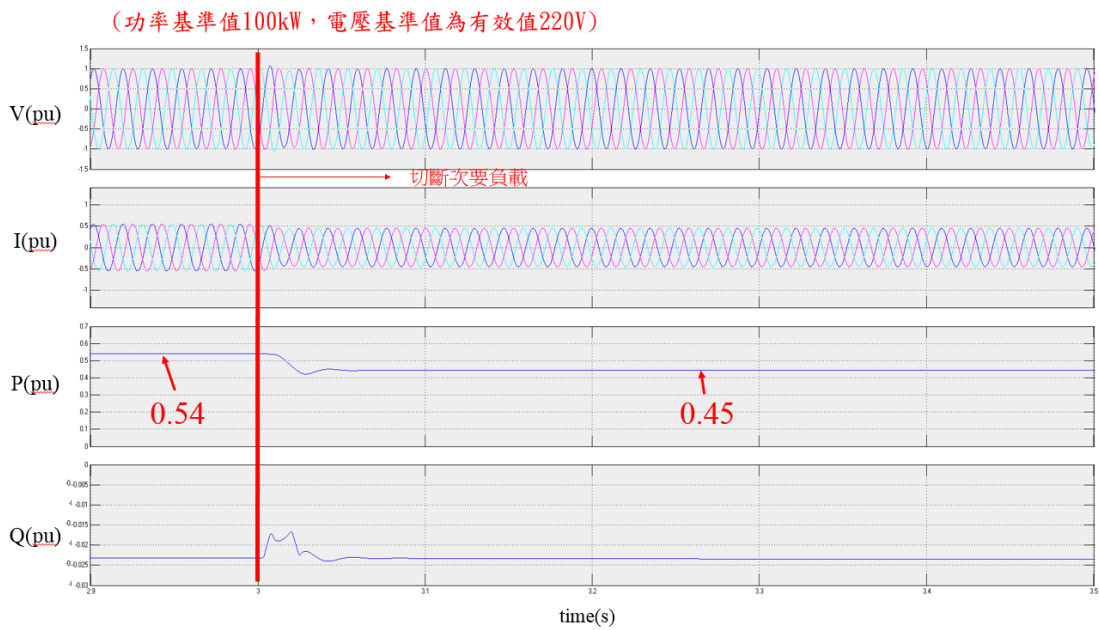


圖 246 柴油發電機之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(2.9s~3.5s)



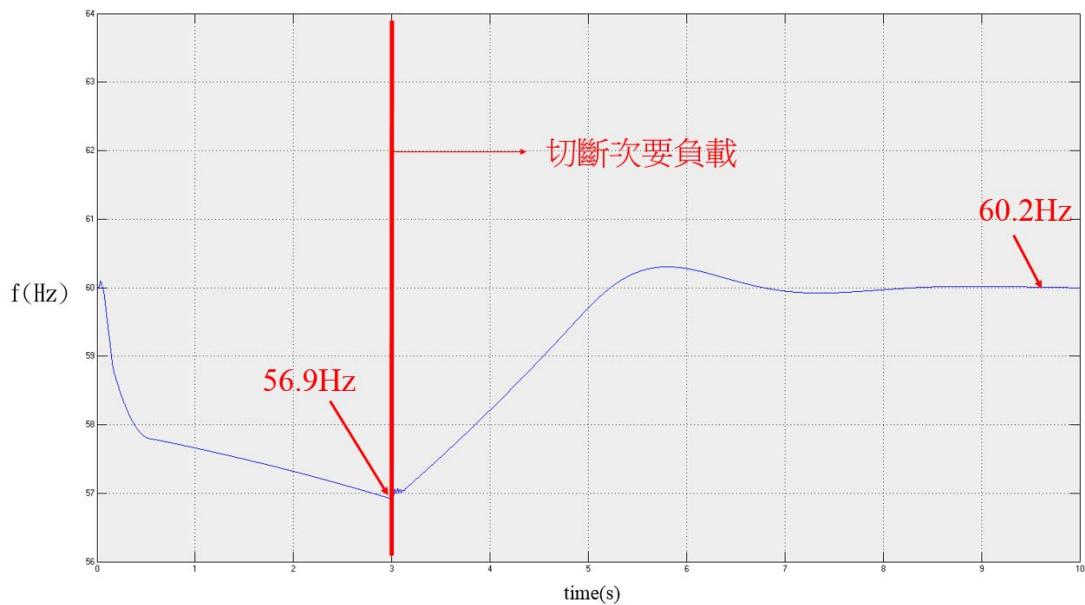


圖 247 柴油發電機頻率

心得:

Csae 6 說明了，此 case 為日照不足或夜間之情況 PV 產生之功率為 0 kW 與儲能系統不能正常運作時，直接由柴油發電機對負載供電。又因負載需求量過大而造成頻率無法維持在 60 Hz，所以切斷次要負載(活動中心)來穩定柴油發電機正常供電。

#### 5.2.1.4 額外補充

(一) Case 7 日照充足時，PV 產生的能源大於負載，多餘的能源存入儲能系統。當儲能系統 SOC 達到 80%時，PCS2 會將 PV 所提供之能源全部送回市電與負載。

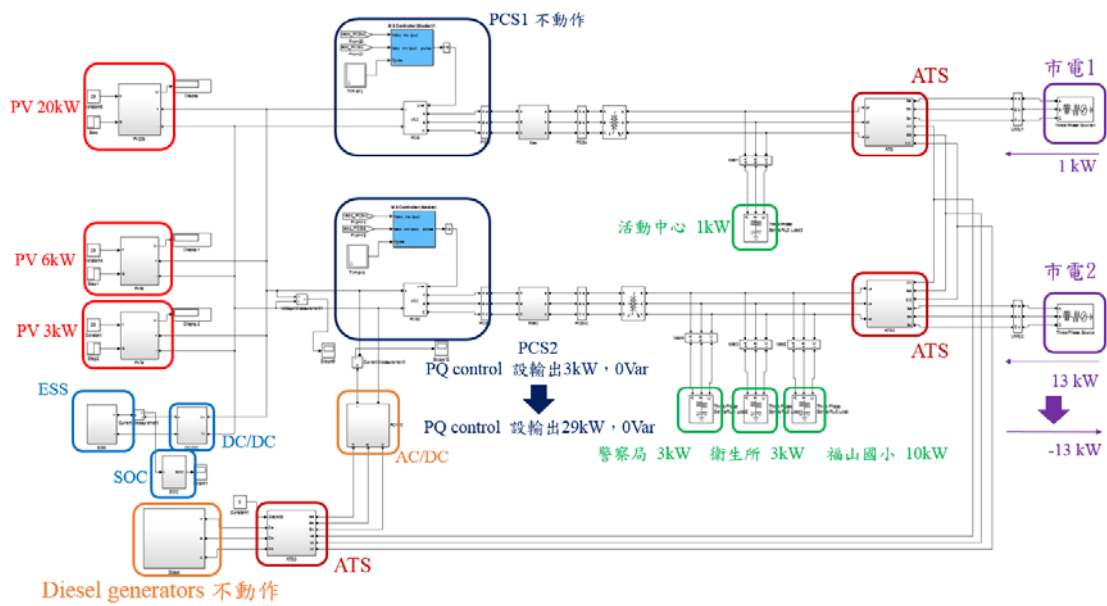


圖 248 Matlab/Simulink Case 7 動作說明

如圖 248，此章節模擬假日離峰負載特性，負載分別為活動中心 1kW(0.01 pu) 如圖 249-250 所示、國小 10kW(0.1 pu) 如圖 251-252 所示、警察局與衛生所各為 3kW(0.03 pu) 如圖 253-256 所示。假設當日日照充足( $1000 \text{ W/m}^2$ )時如圖 257 所示，PV 所產生的功率分別為 20.5kW、6.15kW、3 kW(共 29.65 kW) 如圖 258-260 所示。依現況設定 PCS1 不動作如圖 261-262 所示、PCS2 做 PQ 控制設定輸出功率為 3 kW(0.03 pu) 如圖 263-264 所示，分散式電源共供應 3 kW(0.03 pu)給負載，剩餘 26kW 之能量會存入儲能系統裡如圖 265-266 所示。由於分散式電源只提供 3kW(0.03 pu)給負載，所以剩餘的負載需求由市電提供。因 PCS1 不動作，所以活動中心 1kW(0.01 pu)由市電 1 提供如圖 267-268 所示；國小、警察局與衛生所共 16kW(0.16 pu)，分散式電源經 PCS2 供應 3kW(0.03 pu)給負載，剩餘 13 kW(0.13 pu)由市電 2 提供如圖 269-270 所示。

當儲能系統 SOC 到達 80%時如圖 265-266 所示，PCS2 會輸出所有 PV 所產生之能量 29 kW 如圖 263-264 所示，而國小、警察局與衛生所共 16 kW(0.16 pu)，剩餘 13 kW 會往市電 2 送如圖 269-270 所示。DC Bus 上之電壓由 DC/DC converter 所控制電壓為 400V 如圖 271 所式，圖 272 為系統頻率。

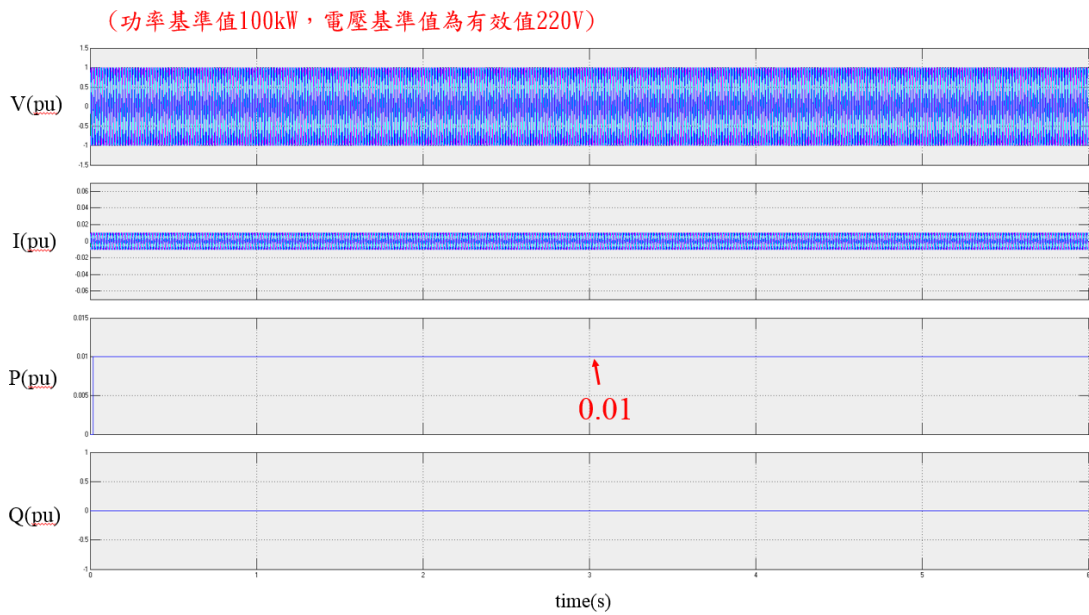


圖 249 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

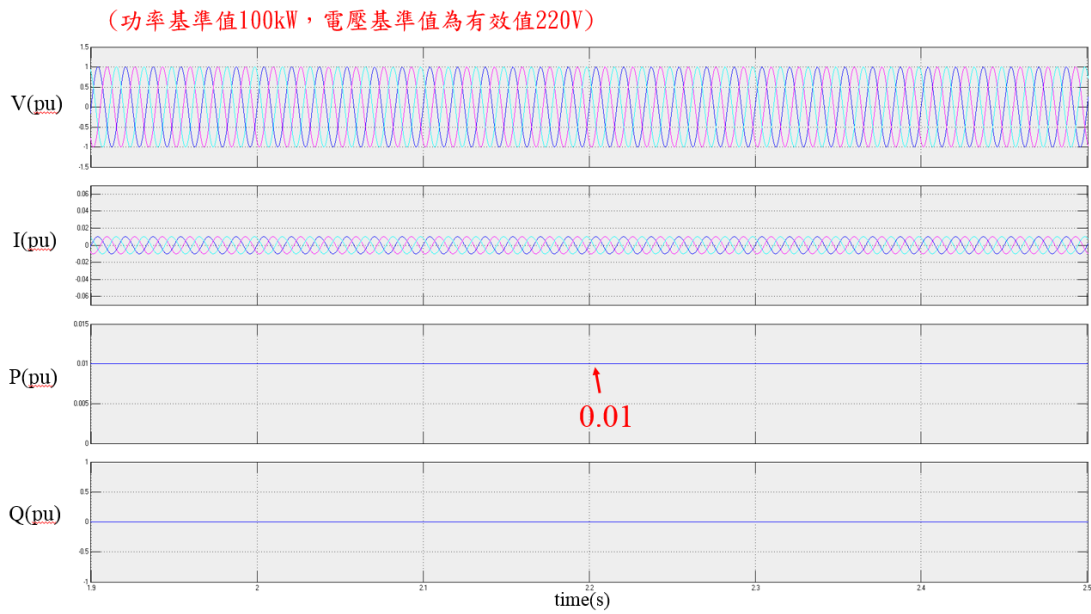


圖 250 活動中心之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

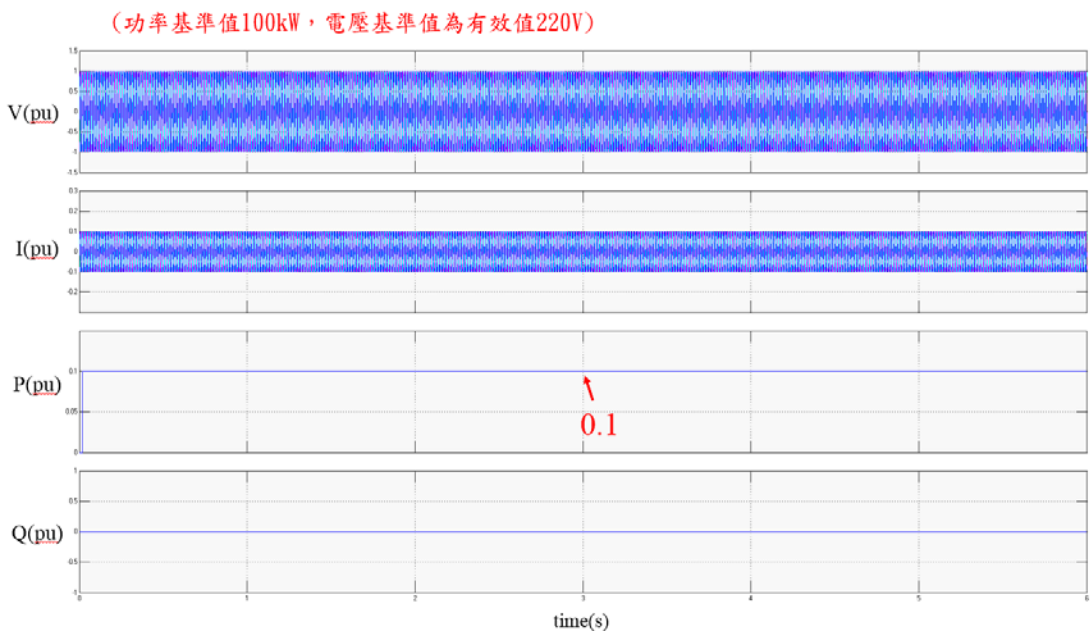


圖 251 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

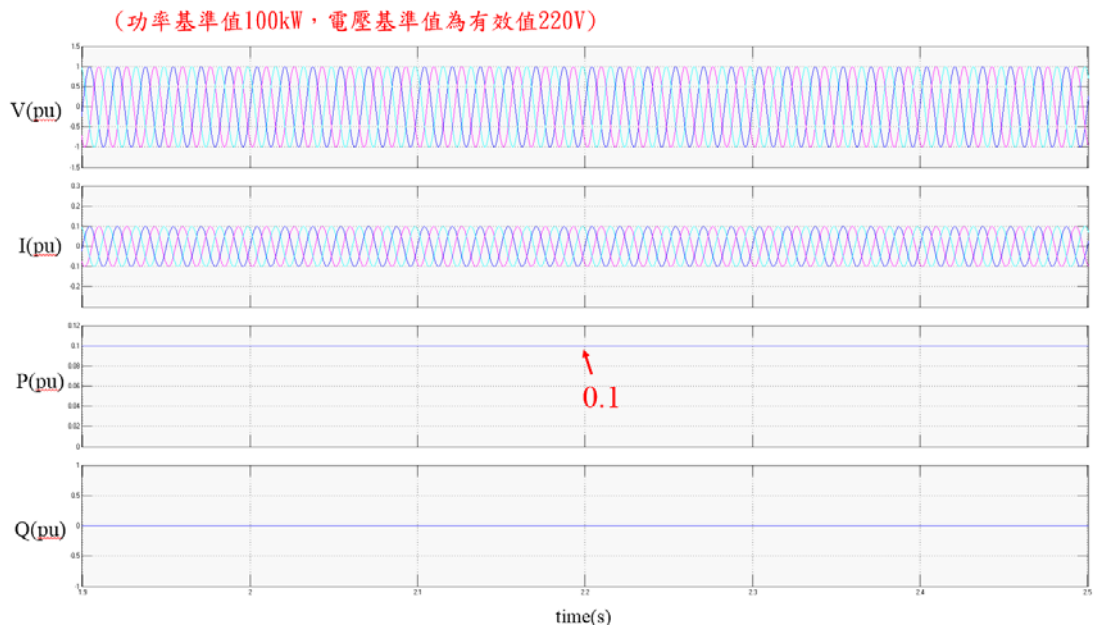


圖 252 國小之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

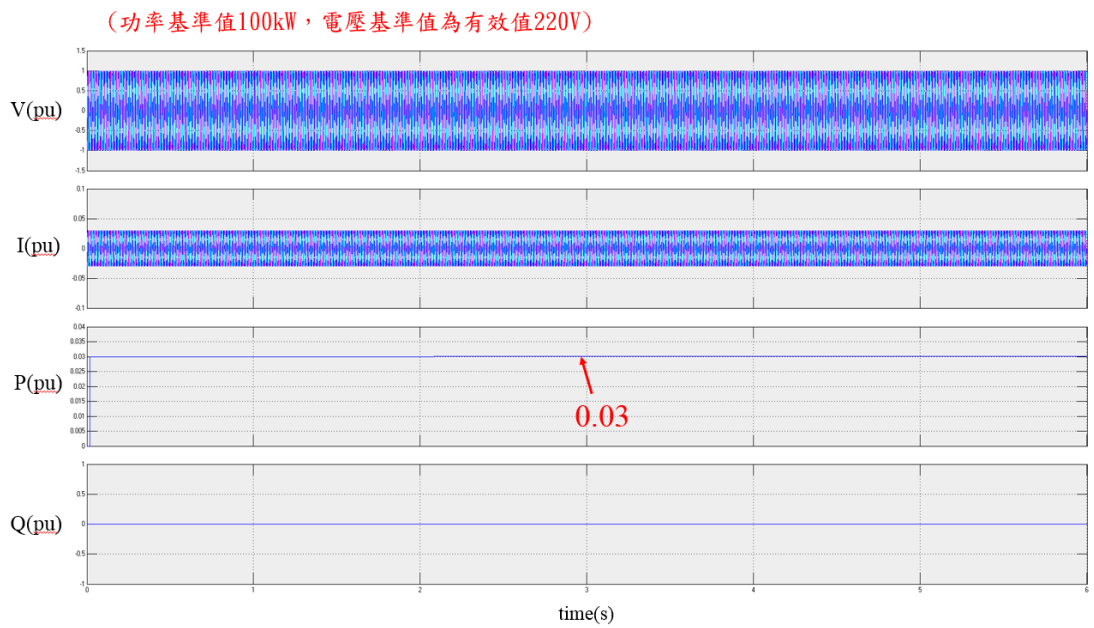


圖 253 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

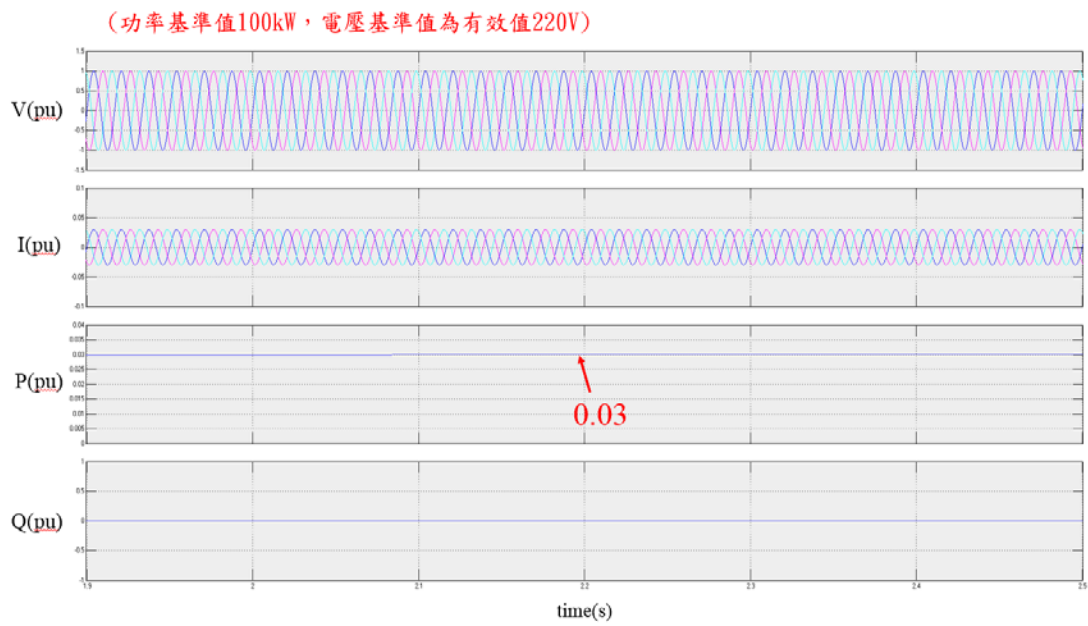


圖 254 衛生所之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

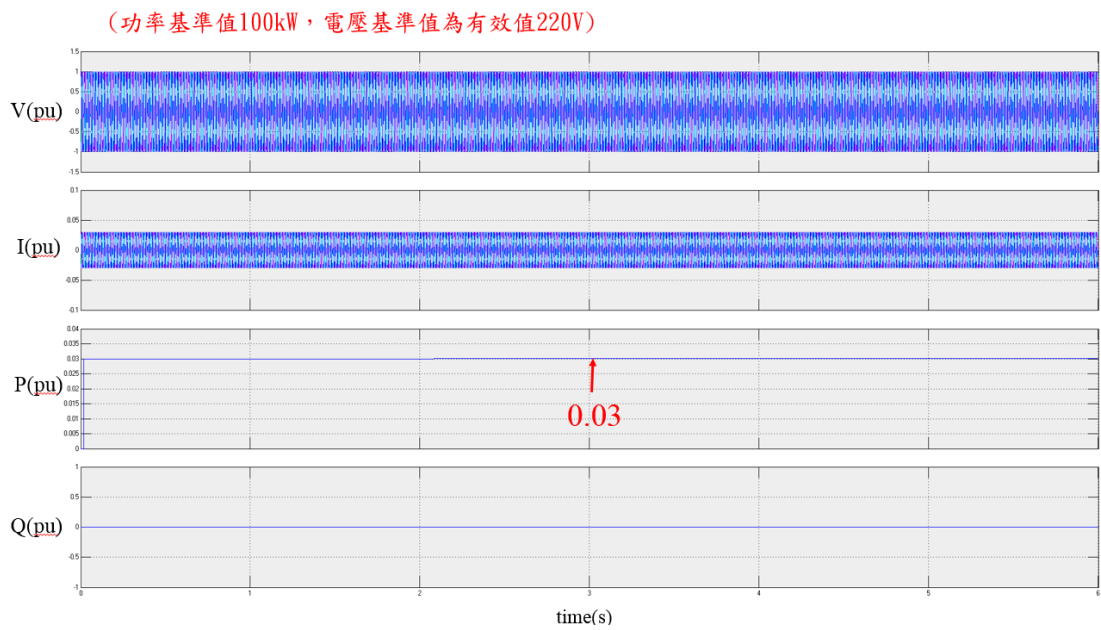


圖 255 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

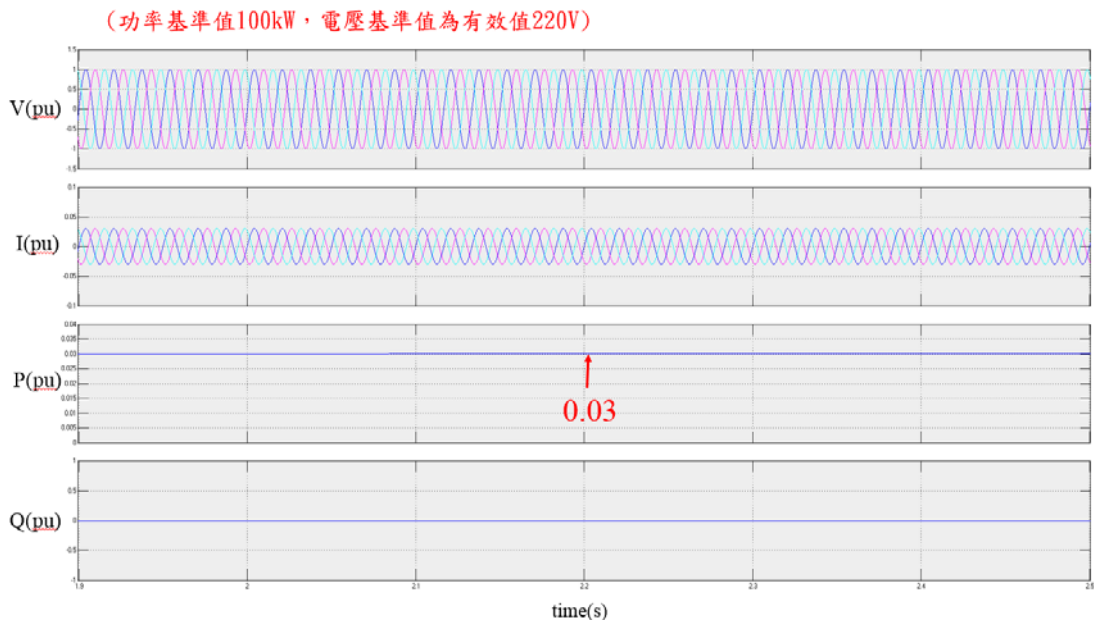


圖 256 警察局之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

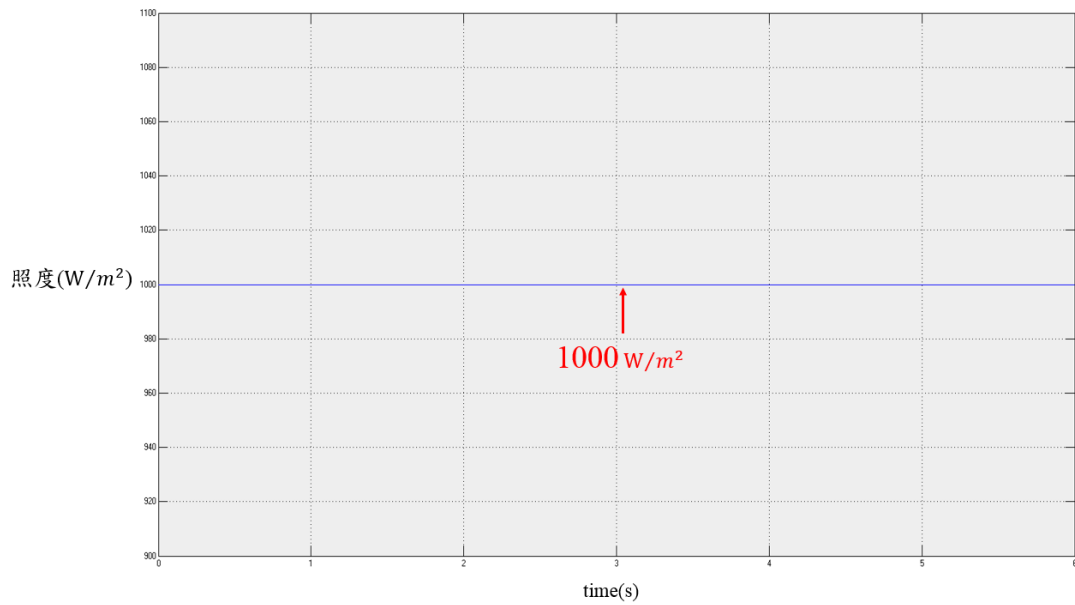


圖 257 當日日照

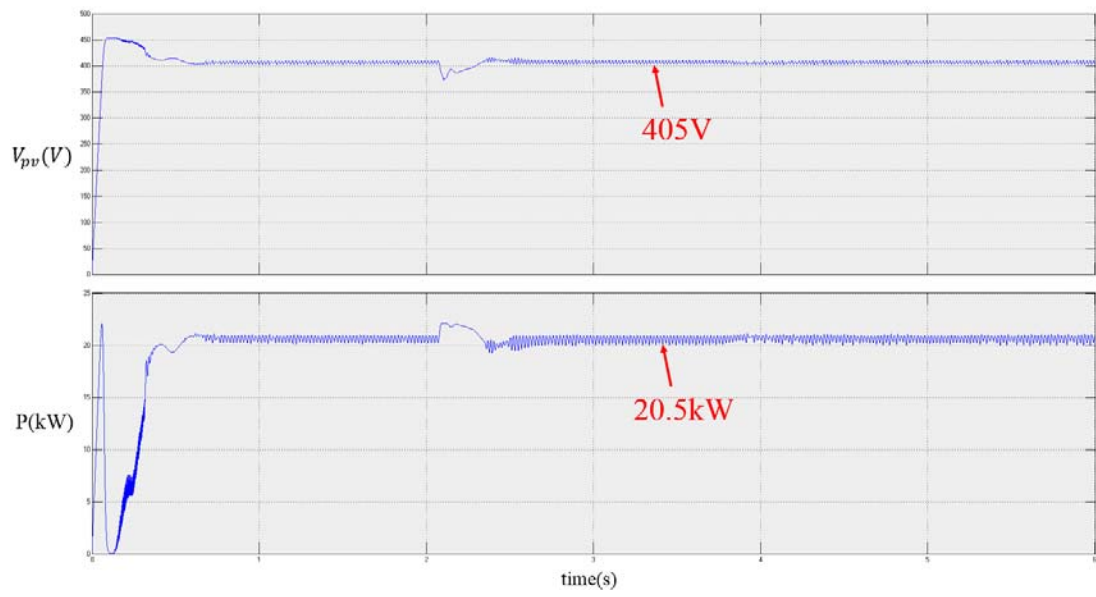


圖 258 PV20kW 電壓、功率模擬圖

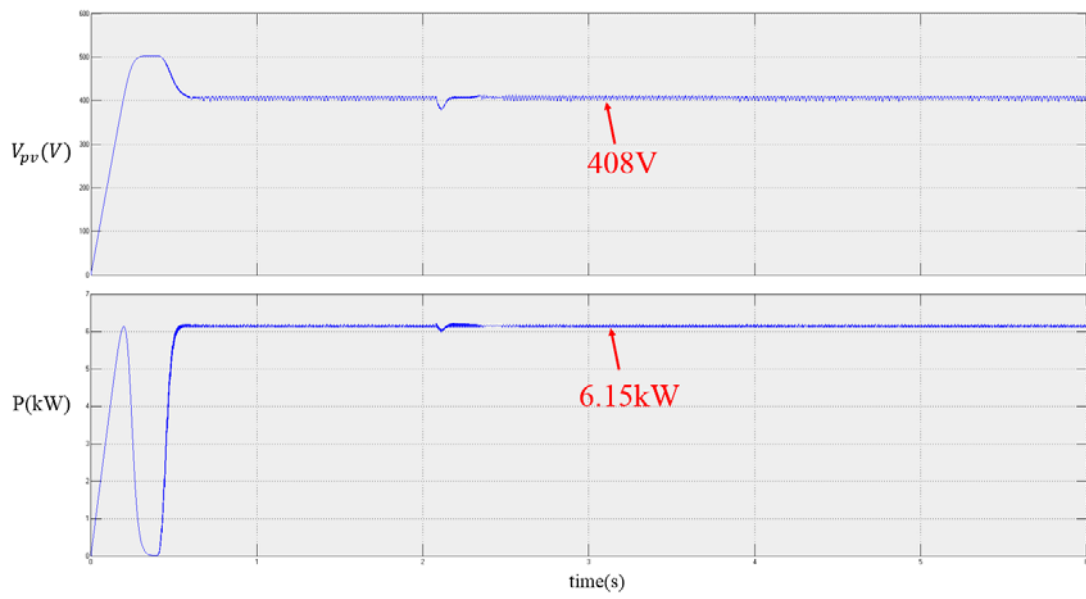


圖 259 PV6kW 電壓、功率模擬圖



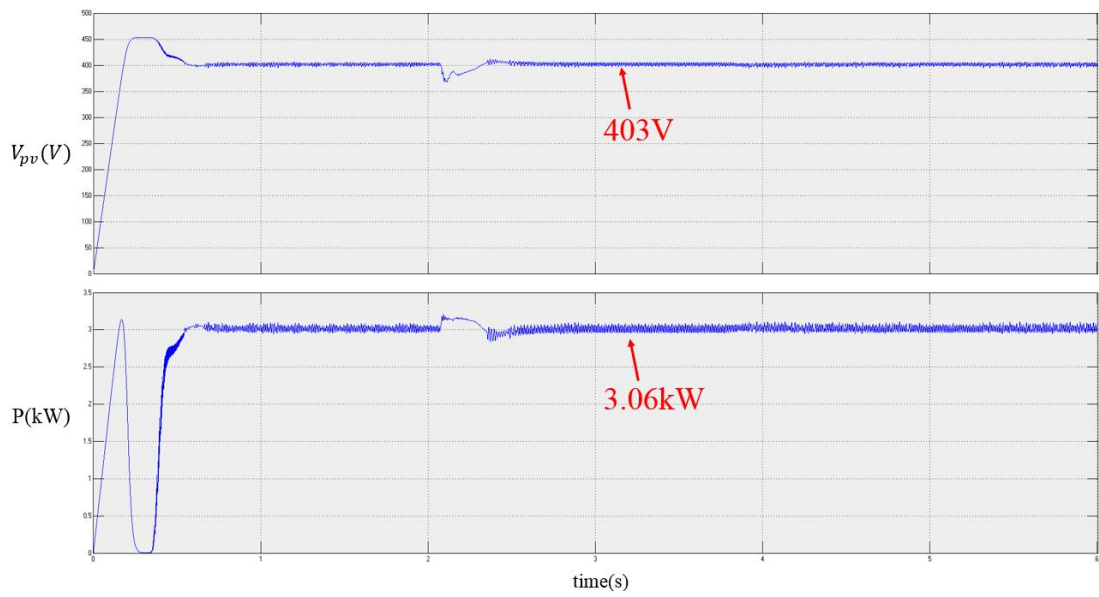


圖 260 PV3kW 電壓、功率模擬圖

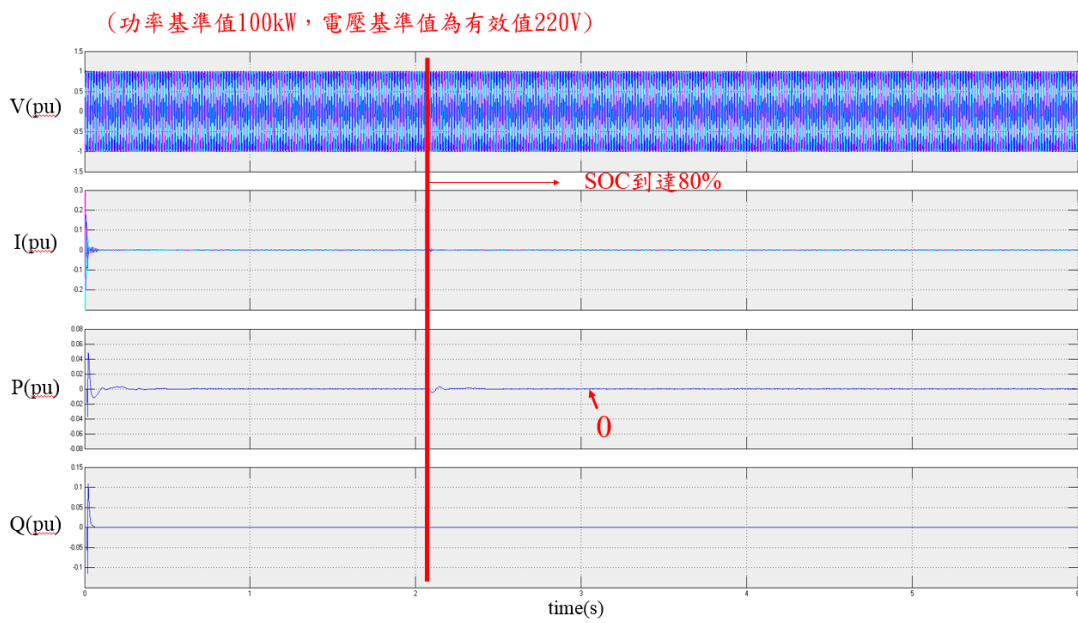


圖 261 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

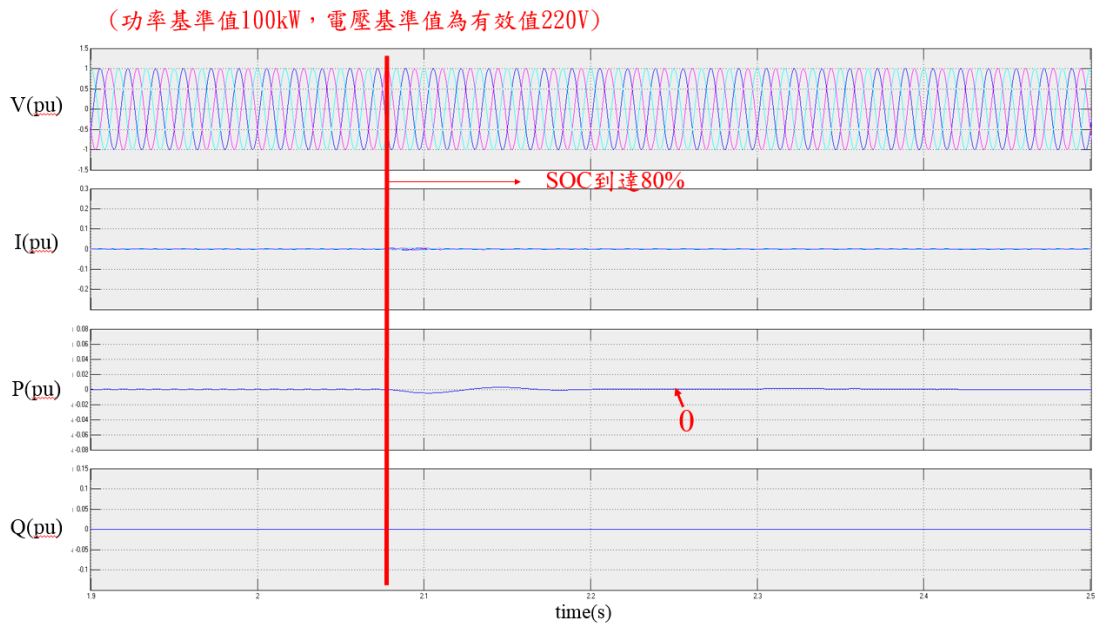


圖 262 PCS1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

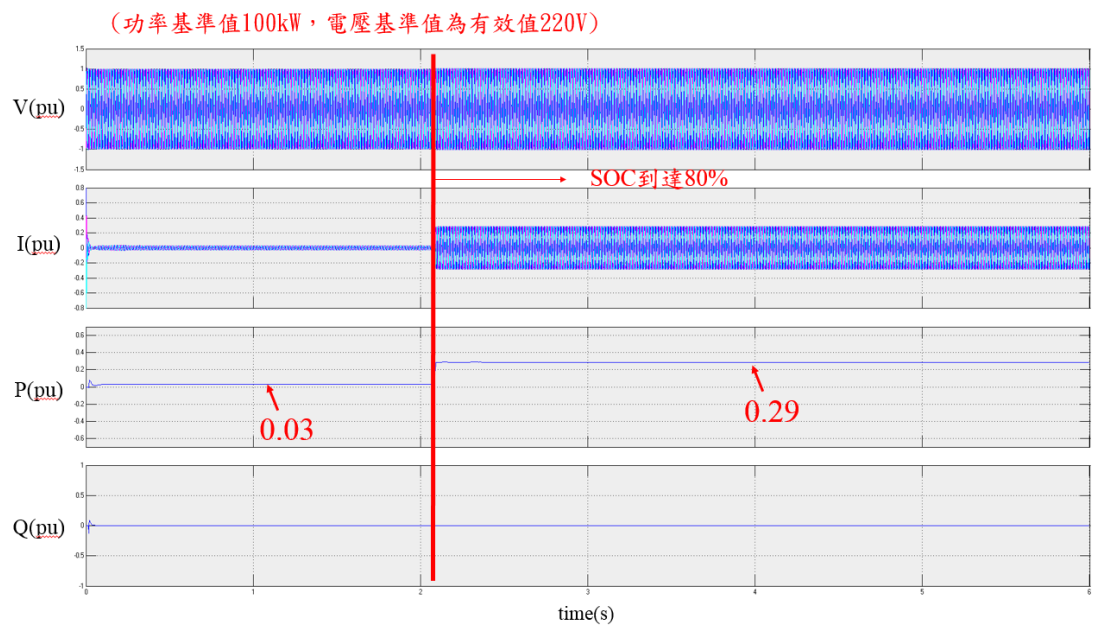


圖 263 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

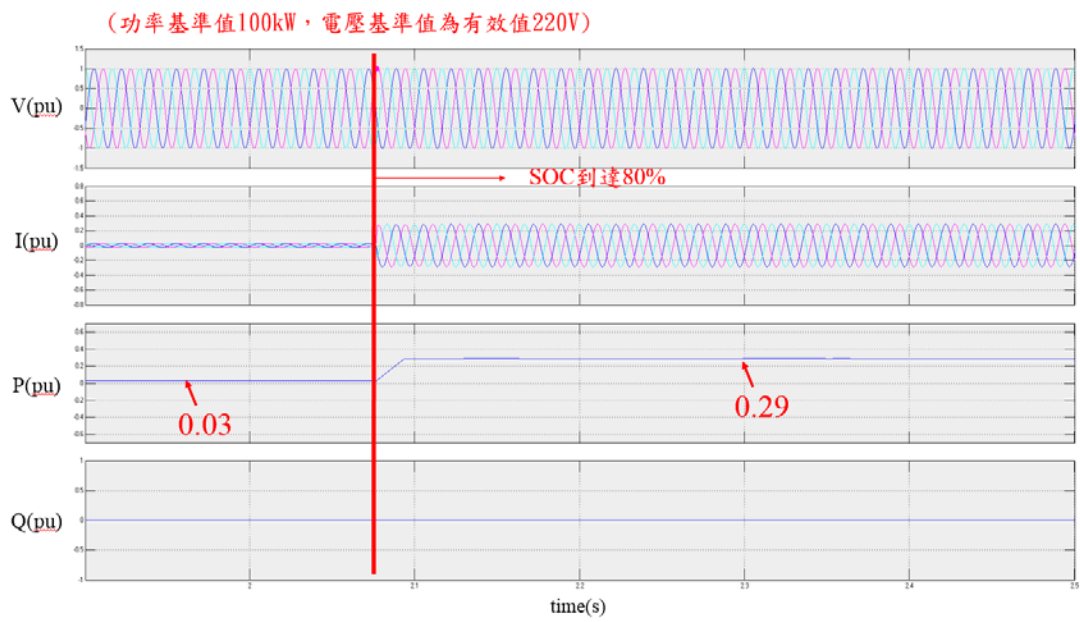


圖 264 PCS2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

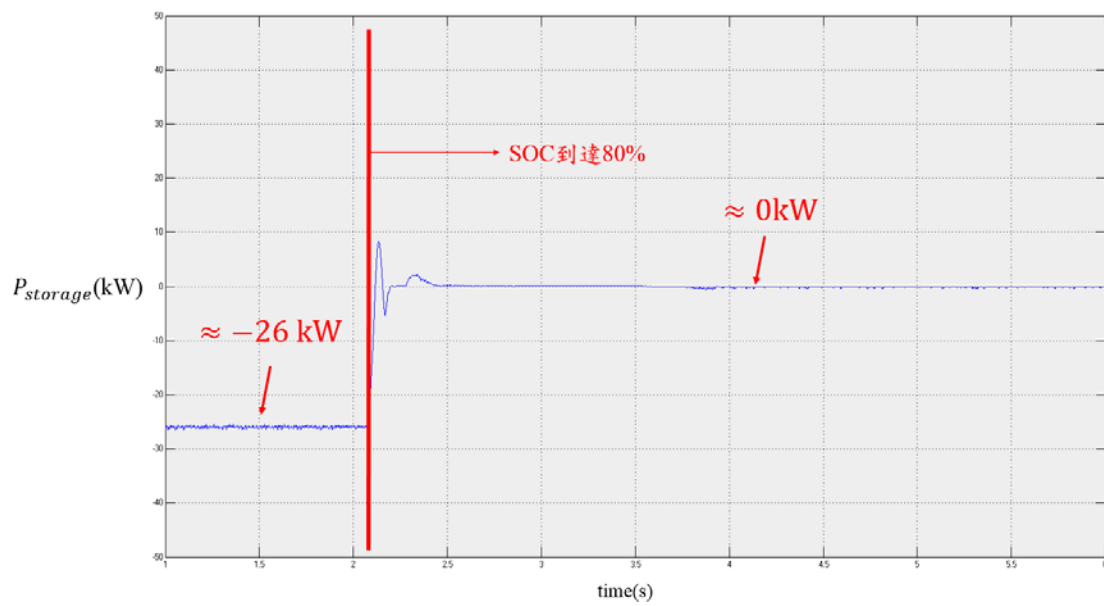


圖 265 儲能系統充放電功率

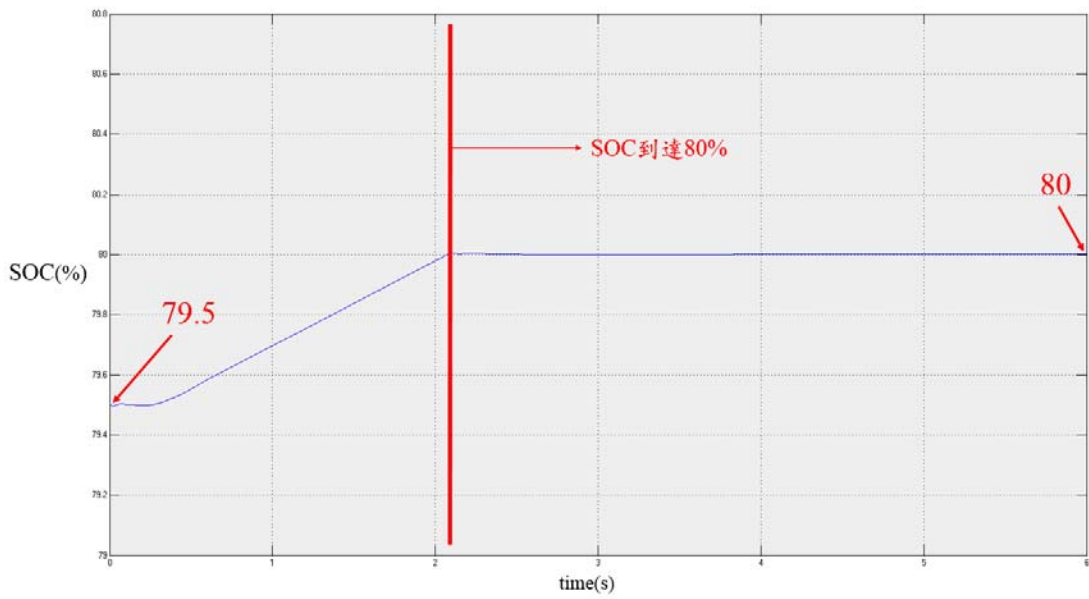


圖 266 儲能系統之 SOC

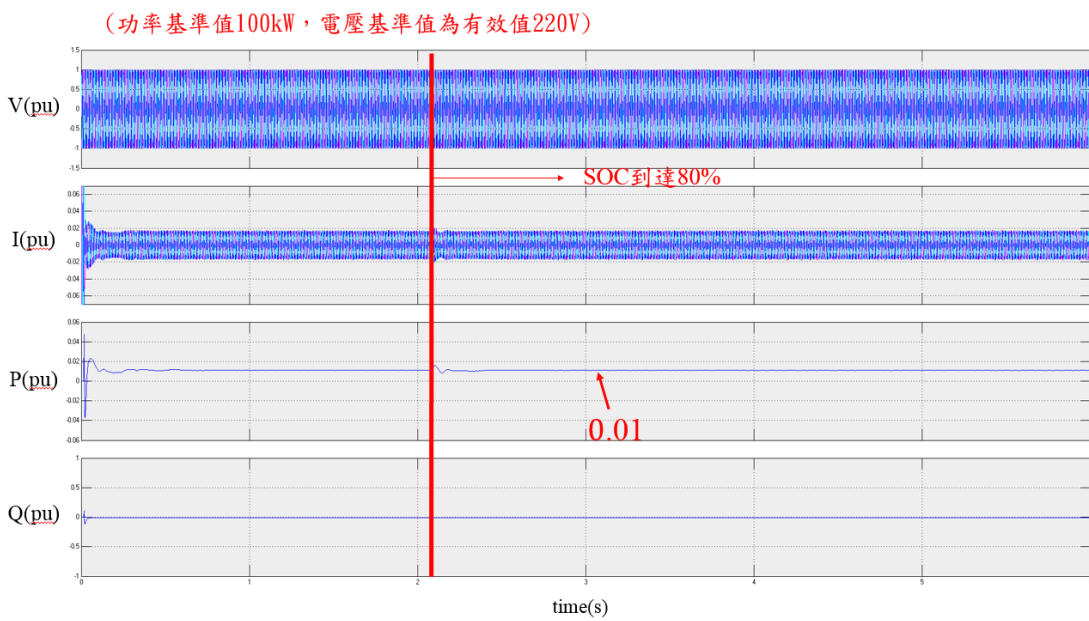


圖 267 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

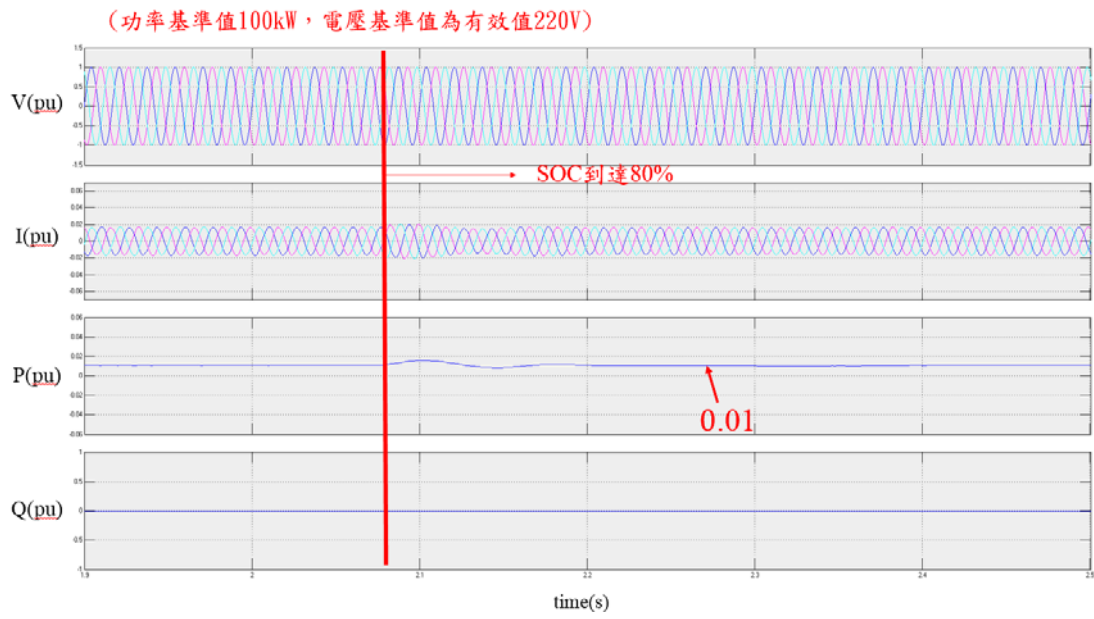


圖 268 市電 1 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

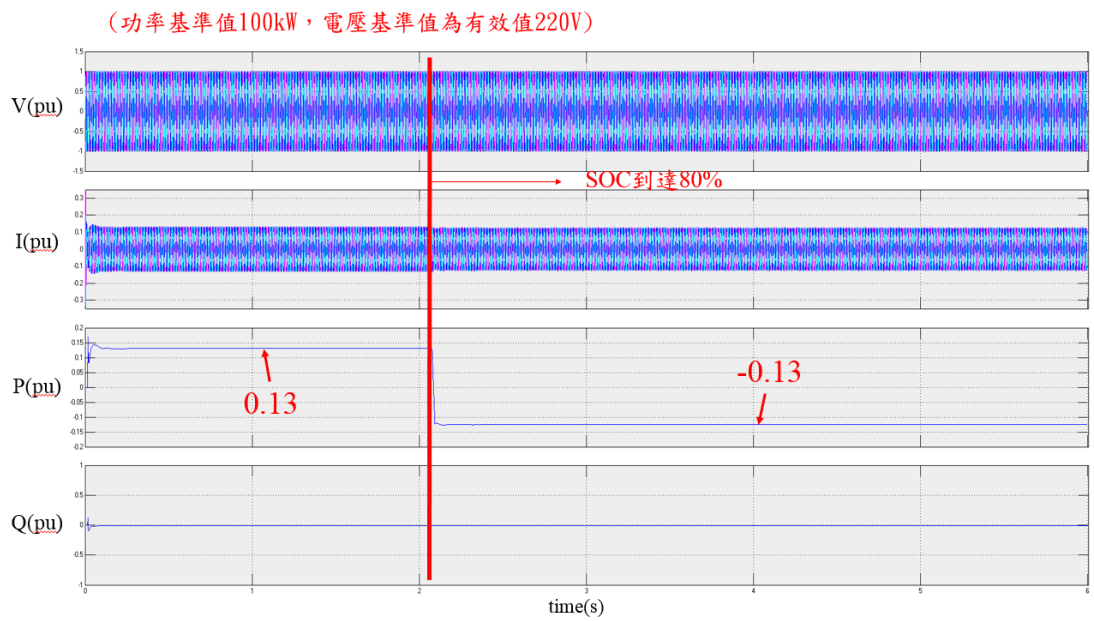


圖 269 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖

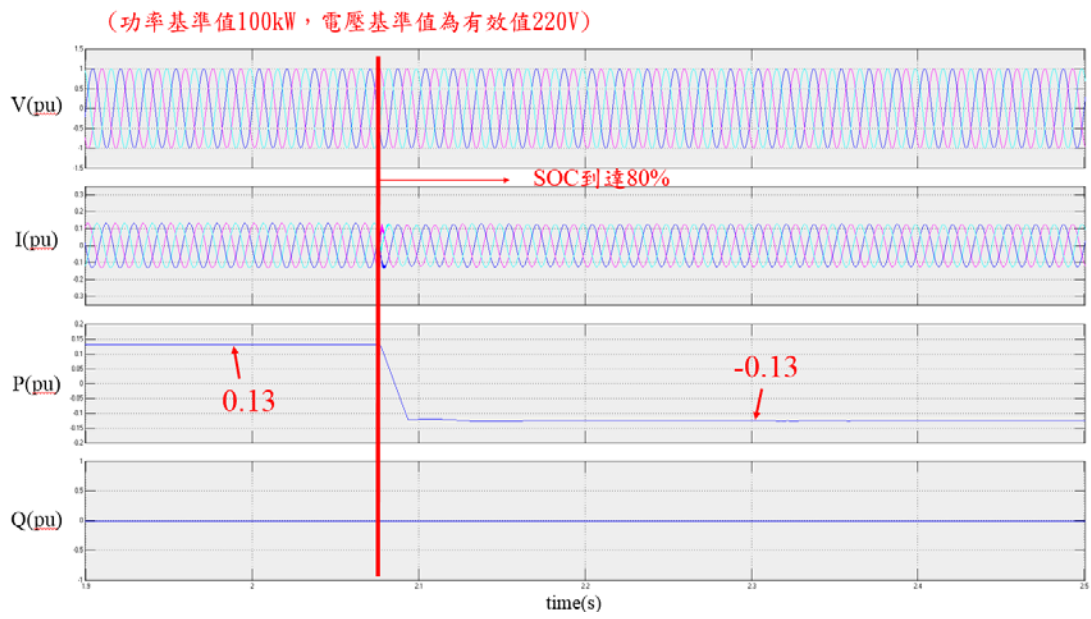


圖 270 市電 2 之電壓、電流、實功、虛功模擬圖(1.9s~2.5s)

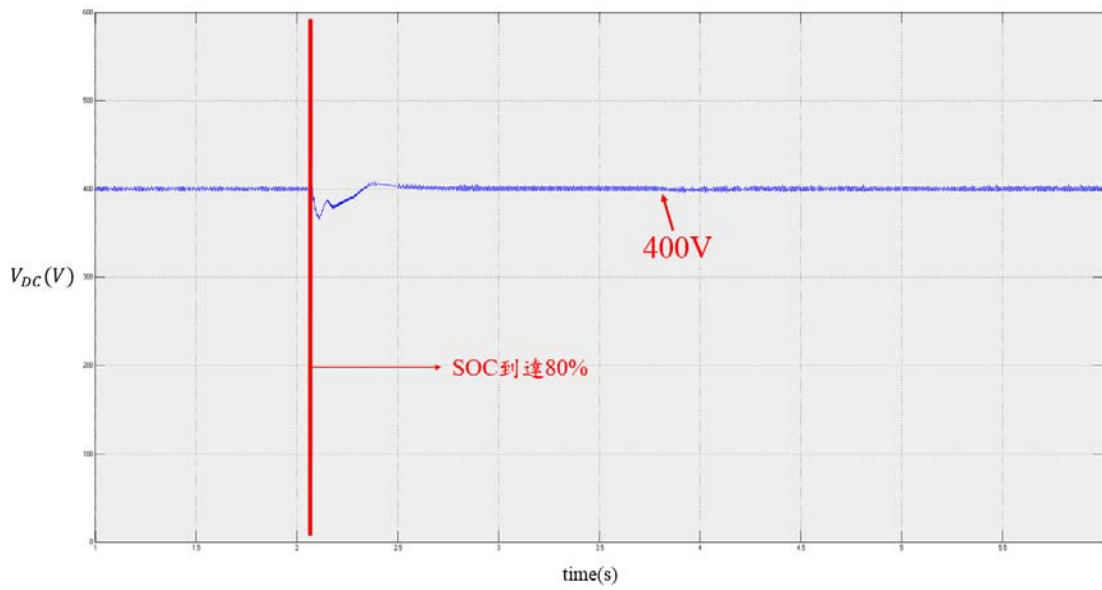


圖 271 DC Bus 之電壓

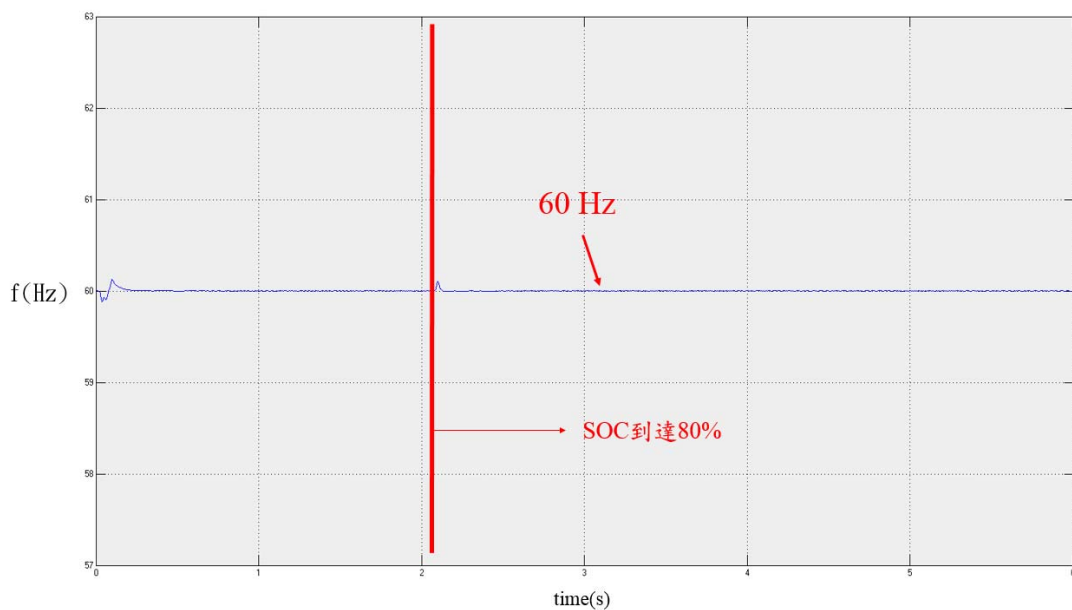


圖 272 系統頻率

心得:

Csae 7 說明了，併網時 PCS2 可以有效提供功率給負載來減輕市電端供電之壓力。由於 PV 產生之功率大於負載之需求時，系統會對儲能系統進行充電。而當儲能系統之 SOC 到達 80% 時，PCS2 會輸出所有 PV 所產生之能量送給負載與市電，停止 PV 對儲能系統充電。

## 六、結合生態、環保與當地文化

近年由於氣候的極度變化各國均都相當重視環境保護，再生能源與電力智慧調度形成目前國家能源發展重要項目，微電網即可有效取代高污染的小型發電設備，且不受限於自然條件，應用範圍廣泛。

微電網示範區，位居南勢溪上游，是泰雅族人移居烏來的最初地點，至今保有較自然風光明媚山水，生態也相當豐

富，是烏來五個村莊中最具原住民風格的部落，由於微電網示範區位居深山且交通不便，每年往往遇到颱風豪雨便會導致部落交通中斷甚至斷水、斷電情況產生，形成名符其實之孤島，因此為解決此一問題，微電網的需求便孕育而生。

### 參、主要發現與優化建議

本計畫社區微電網由 ATS 偵測市電故障後，再通知 PCS 進行分散式發電系統關機，再切換成孤島模式，建議該微電網系統具備主動式孤島偵測能力，使其能在併網與孤島模式間能無縫切換。此外，社區微電網 PCS 為單方向換流器，建議 PCS 採用雙方向功率轉換器，儲能系統建議裝設 DC/DC 功率轉換器，以利儲能系統進行充放電，當正常供電時，可利用夜間以市電對儲能系統充電，或白天時以 PV 對儲能系統充電，當供電異常時，則以柴油發電機對儲能系統充電，以達到微電網系統最大經濟效益。

#### 目前研究成果

1. 陳俊豪、談光雄、廖烱州、林法正\* "利用智慧型控制之主動式電力濾波器補償電壓諧波於微電網系統" *電力電子雙月刊*, 投稿中.

### 肆、參考文獻

1. 經濟部能源局，2012 年能源產業技術白皮書，經濟部能源局，台北市，2012。
2. B. Zhao, X. Zhang, and J. Chen, "Integrated microgrid laboratory system," *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 27, no. 4, pp. 2175-2185, 2012.



3. M. Chamana, and S. B. Bayne, “Modeling and control of directly connected and inverter interfaced sources in a microgrid,” *North American Power Symposium*, Boston, USA, pp. 1-7, 2011.
4. X. M. Yuan, Y. Q. Zhang, “Status and Opportunities of Photovoltaic Inverters in Grid-Tied and Micro-Grid Systems,” *IEEE Power Electronics and Motion Control Conference*, Vol. 1, pp.1-4, Aug. 2006.
5. Y. S. Kim, J. S. Kim and S. H. Ko,
5. P. C. Krause, *Analysis of Electric Machinery*, McGraw-Hill, 1986
6. Turbine-Governor Model Data Sheets, PSS/E 30 Program User Manual, Power Technologies Inc., Shaw Group of Technologies, 2004.
7. IEEE Standard 421.5-1992, “Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies,” August 1992
8. 太陽光電能供電與照明系統綜論 = Solar Power / 吳財福, 張健軒, 陳裕愷著
9. C. Hua , J. Lin and C. Shen “ Implementation of a DSP-controlled photovoltaic system with peak power tracking,”*IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol45, pp.99-107, feb.1998.