

微電網之運轉與智慧型控制

Operation and Intelligent Control of Microgrid



國立中央大學電機工程學系講座教授

林 法 正

E-mail: linfj@ee.ncu.edu.tw

大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

大綱

一、緒論

二、孤島現象介紹

三、Elman類神經網路

四、新型主動式孤島偵測法

五、主動式孤島偵測實驗結果

六、併網型風力驅動感應發電機

七、小波模糊類神經網路

八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果

九、儲能系統與微渦輪發電機

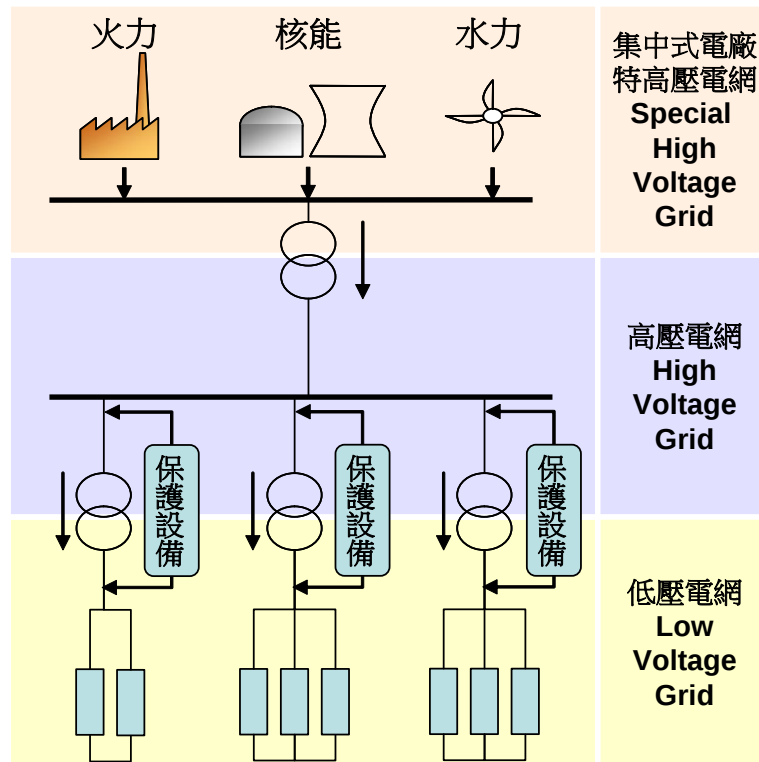
十、微電網系統控制法則與模擬

十一、結論與未來展望

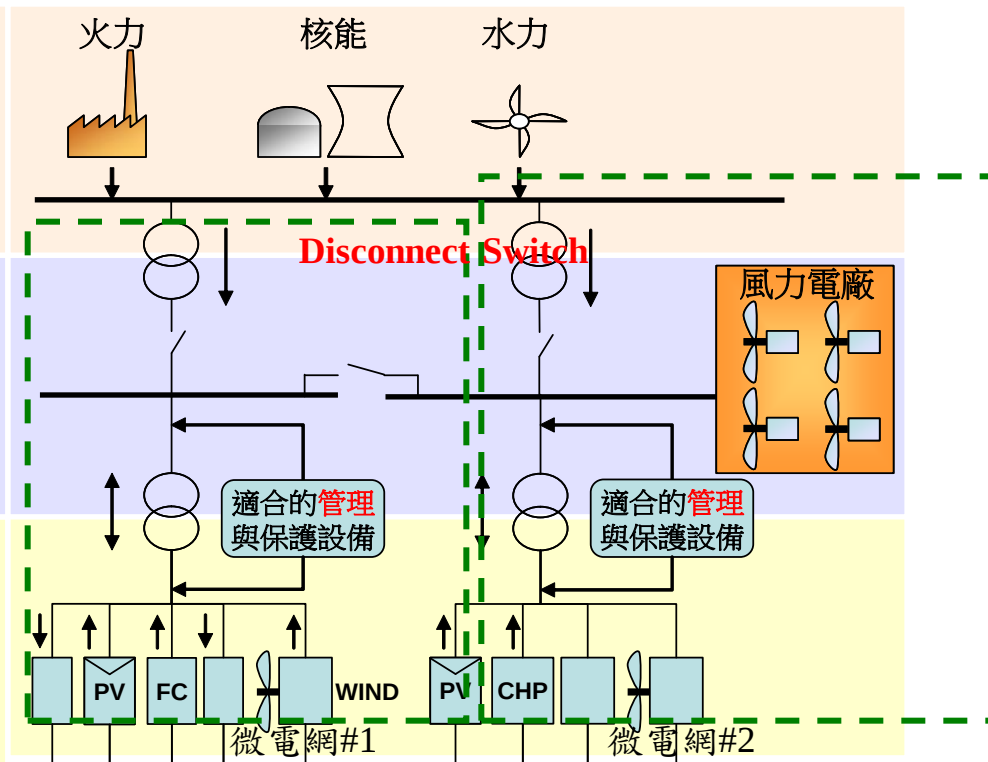
一、緒論

□ 微電網介紹

傳統電力結構



未來電網連結分散式發電設備



一、緒論(續)

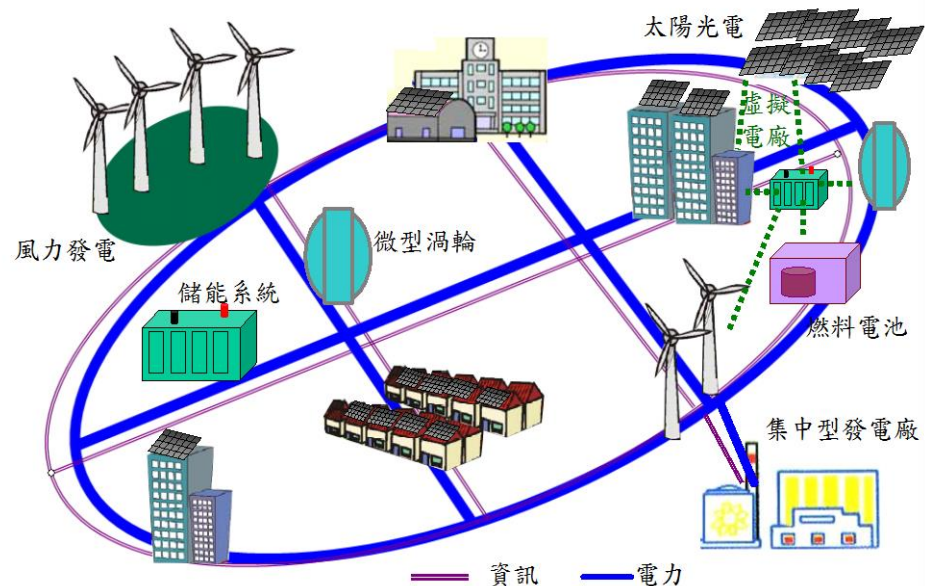
□ 微電網技術發展

- 隨著小容量分散式電源佔比增加，電業勢將面臨大量各類分散型電源併入電力系統所造成之衝擊。
- 為兼顧安全及電力品質，進行分散式電源整合運轉控制是近年來受到相當重視之議題。
- 重要區域可建立微電網來提高供電可靠度，歐盟(EU)、美國電力研究院(EPRI)、日本電力中央研究所(CRIEPI)與NEDO等，均已開始先導性研究計畫。
- 微電網的貢獻：增進能源效率，減低碳排放，改善電力品質，減少傳送損失，降低電網投資。

一、緒論(續)

□ 微電網整合分散式電源系統

- 微電網技術是指將一定區域內的分散發電資源聯結起來(也可以使用儲能裝置),向附近的各終端用戶直接供應各種能源(熱、電、冷)。
- 微電網系統既可以與大電網**併聯運轉**,也可以**獨立運轉**。



Source: Taipower

一、緒論(續)

□ 微電網之優點

- 可在孤島運轉及併聯運轉間轉換，平穩的與大電網併網或切離
- 新的微電源併入不對現行系統造成影響
- 設備對等(peer to peer)，無主控設備
- 隨插即用
- 更為有效之功率管理及控制
- 對實功、虛功可以根據動態負載的要求進行獨立監控
- 最佳化資源配置和提供高效率能源
- 安全可靠的客製化電能服務
- 能源利用更為有效，符合環保概念

一、緒論(續)

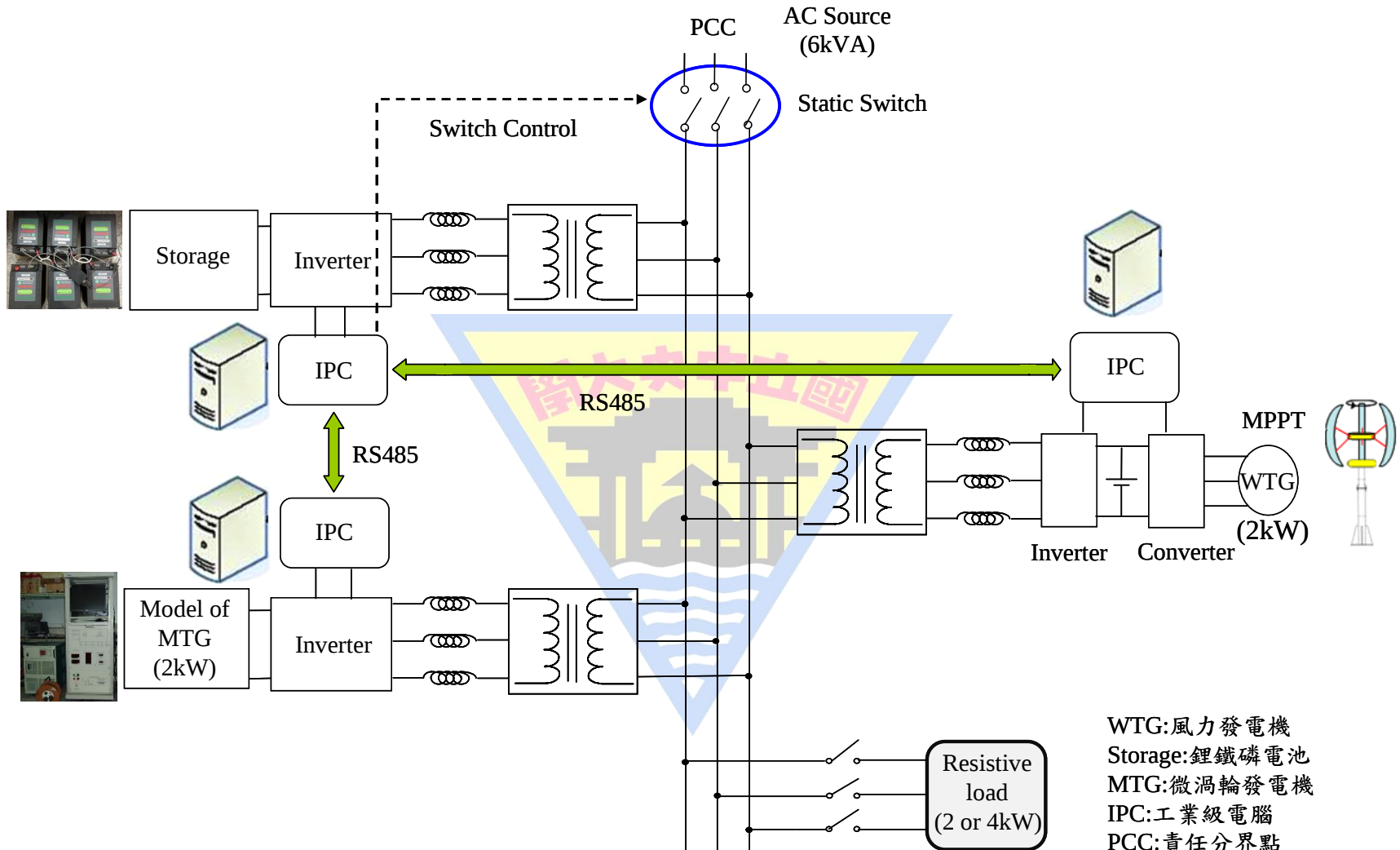
□ 研究動機與目的

- 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；另一是當**檢測出微電網外部發生故障或電力品質不符合要求**時，微電網將即時與市電解聯並獨立運轉，稱為孤島運轉模式。
- 未與市電脫離的威脅：
 1. 對維修人員造成生命安全的威脅。
 2. 產生不穩定電源，迫使敏感性負載電器用品受損。
 3. 形成欠相供電，而造成用戶三相負載的不良影響。
 4. 破壞電力網路的保護協調動作。
- 提出新式主動式孤島偵測法運用電流注入擾動訊號並結合Elman智慧型控制，以提升孤島偵測效能。

一、緒論(續)

- 分散式電源包含風力發電系統、太陽光電發電系統、儲能系統及微渦輪機等各式分散式電源，而本文亦提出**併網型風力驅動鼠籠式感應發電系統**，首先利用交流/直流(AC/DC)轉換器將感應發電機所產生變動電壓及變動頻率之三相交流電源轉換成固定電壓之直流電源，再利用直流/交流(DC/AC)換流器，轉換至三相定電壓及定頻率之交流電源，最後再與市電併聯。
- 結合**小波模糊類神經網路控制器**來取代PI控制器，以改善鼠籠式感應發電機在不同操作情況下之暫態與穩態特性。
- 利用PSIM軟體**模擬微電網系統分散式電源管理與分配**，其中利用儲能系統當作微電網控制主機(Master)，而風力發電機與微渦輪發電機等分散式電源則定位為從屬(Slave)部分。在孤島運轉時，儲能系統則切換至**電壓與頻率控制**，以負責穩定微電網系統的電壓及頻率，並依據負載所需調整功率輸出。

一、緒論(續)



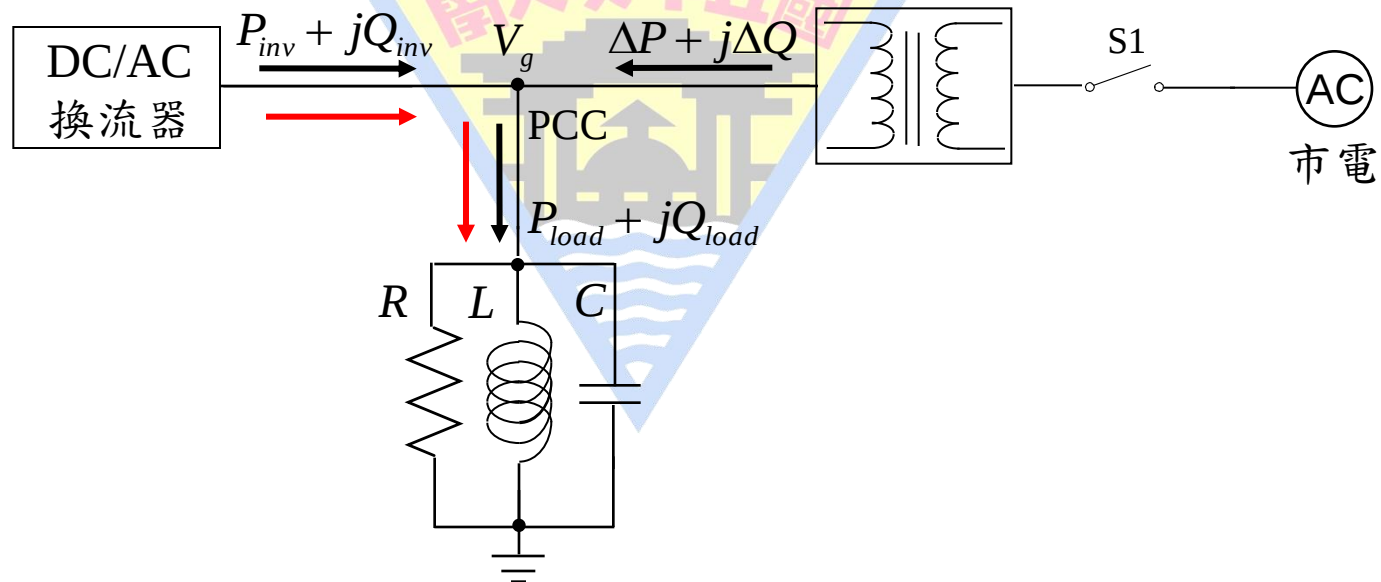
大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

二、孤島現象介紹

□ 孤島運轉

●分散式電源在**市電異常或脫離的情況**下持續對負載供電之情形；此時的負載與分散式發電系統形成一獨立於市電網路中的子系統，此子系統在與市電網路上其他設備雖然隔離，但卻對負載端持續傳送與消耗電能，成為電力系統中的「孤島」。



二、孤島現象介紹(續)

□ 孤島最難偵測點說明

● 當市電斷路器S1關閉

$$P_{inv} = P_{load} - \Delta P \quad Q_{inv} = Q_{load} - \Delta Q$$

● 當市電斷路器S1開啟

- 
1. $\Delta P = 0$ 、 $\Delta Q \neq 0$  電感性或電容性負載，造成頻率偏移。
 2. $\Delta P \neq 0$ 、 $\Delta Q = 0$  電阻性負載，造成電壓偏移。
 3. $\Delta P \neq 0$ 、 $\Delta Q \neq 0$  負載端會有電壓及頻率偏移。
 4. $\Delta P = 0$ 、 $\Delta Q = 0$  換流器之輸出功率和負載端呈現平衡狀態，市電網路存在與否對負載端無影響，故孤島運轉之現象隨即產生。

二、孤島現象介紹(續)

□ RLC測試系統參數

● 換流器額定輸出功率2kW、電壓110V_{rms}、頻率60Hz、品質因數=2.5。

$$L = \frac{V^2}{2\pi \cdot f_o \cdot Q_f \cdot P} = 6.42m(H)$$

$$C = \frac{Q_f \cdot P}{2\pi \cdot f_o \cdot V^2} = 1096\mu(F)$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 60Hz$$

$$R = \frac{V^2}{P} = 6.05(\Omega)$$

R: 有效負載電阻(Ω)

L: 有效負載電感(H)

C: 有效負載電容(F)

P: 實功率(W)

f_o : 共振頻率(Hz)

Q_f : 品質因數

二、孤島現象介紹(續)

□ IEEE1547規範介紹

IEEE1547 4.2.3 不正常電壓測試條件

電壓範圍(%)	最大偵測時間(s)
$V < 50$	0.16
$50 \leq V < 88$	2
$110 < V < 120$	1
$V \geq 120$	0.16

電壓正常操作範圍

$$88\% \leq V \leq 110\%$$

IEEE1547 4.2.4 不正常頻率測試條件

功率大小	頻率範圍(Hz)	最大偵測時間(s)
$\leq 30kW$	> 60.5	0.16
	< 59.3	0.16
$> 30kW$	> 60.5	0.16
	$< \{59.8 \sim 57\}$	0.16~300
	< 57	0.16

頻率正常操作範圍

$$59.3 \leq f \leq 60.5$$

IEEE Std 1547 4.4.1

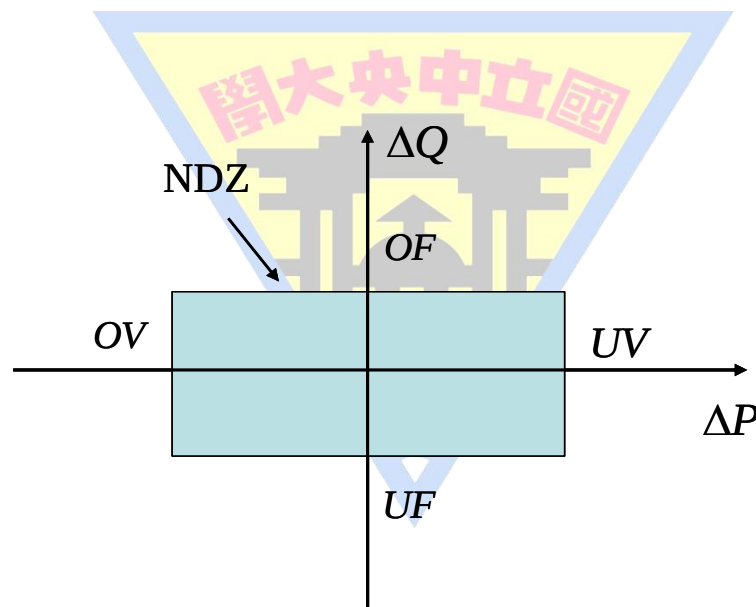
對於一般分散式電源與市電電源之責任分界點發生孤島運轉現象時，分散式市電源端需在**2秒**內偵測到孤島運轉並且停止輸出功率。

二、孤島現象介紹(續)

□ 被動式孤島偵測法

保護電譯偵測法

包括過電壓保護電譯(OVP methods)、欠電壓保護電譯(UVP methods)、過頻率保護電譯(OFP methods)、欠頻率保護電譯(UFP methods)四種保護電譯。

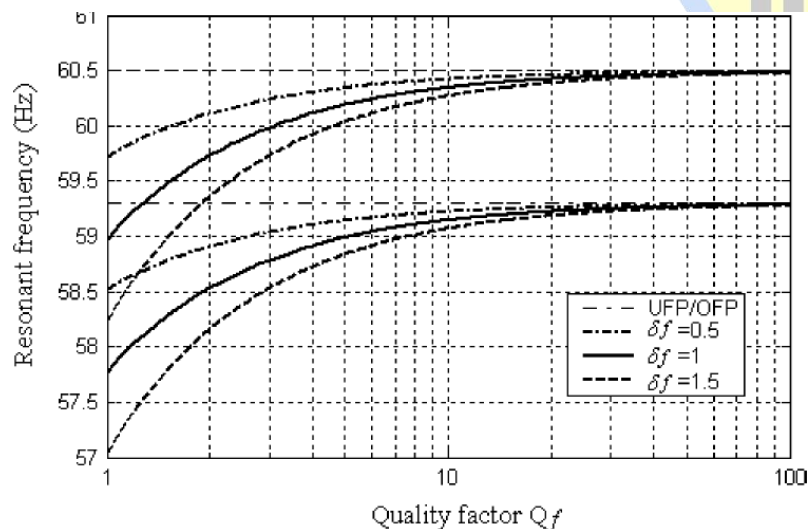
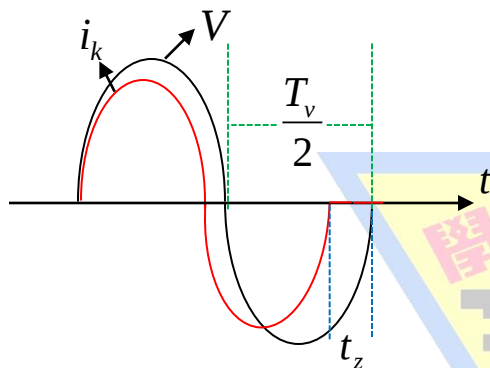


二、孤島現象介紹(續)

□ 主動式孤島偵測法

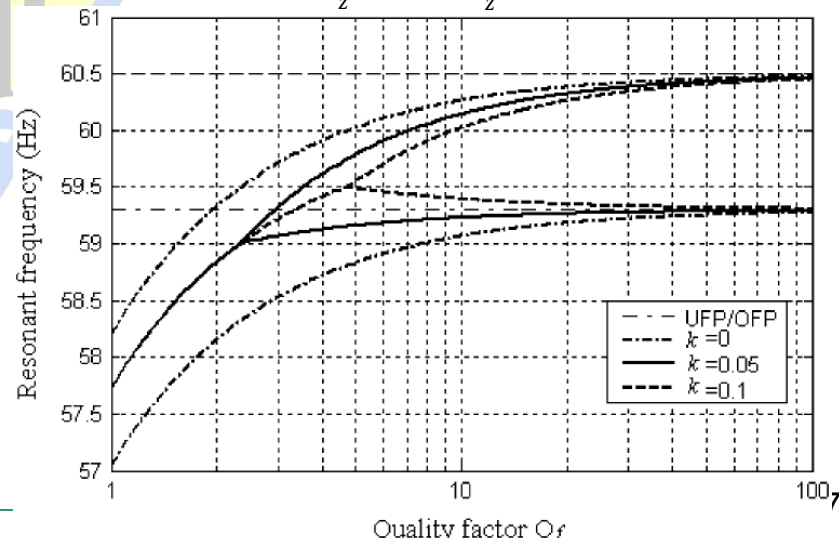
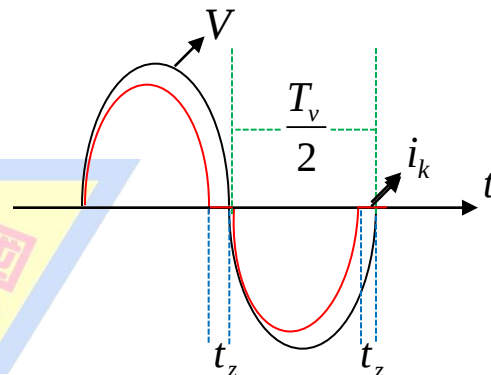
(1) 主動式頻率偏移法

$$i_k = \sqrt{2}I_{inv} \sin[2\pi(f_{k-1} + \delta f)]t$$



(2) Sandia 頻率偏移法

$$cf = cf_o + k(f[k-1] - f_{line})$$



大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

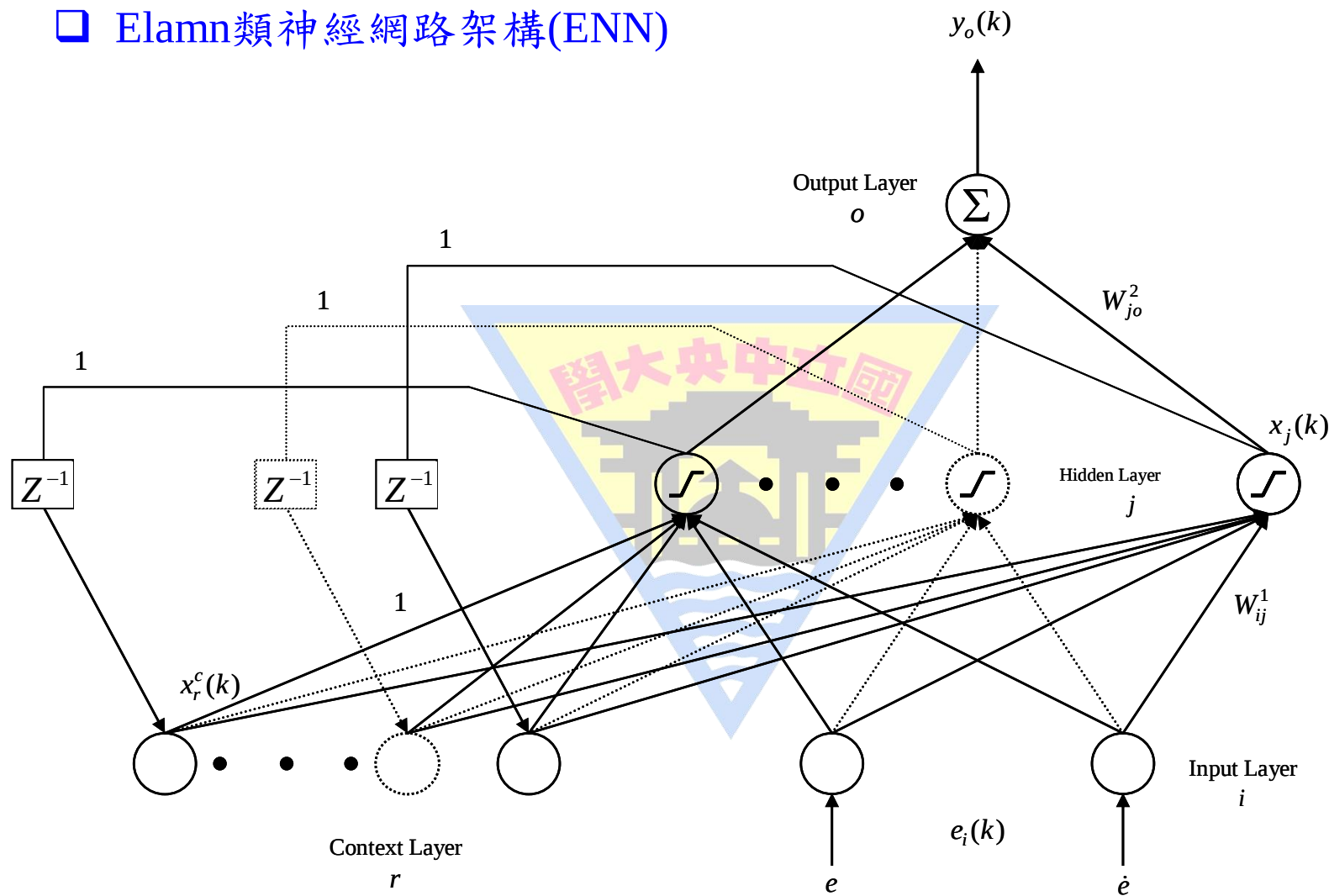
三、Elman類神經網路

□ Elamn類神經網路(ENN)

- ENN最早提出用於語音處理，由於其具傑出的動態特性，已被廣泛應用在動態系統識別和控制應用上。
- 具額外可記憶儲存訊號之神經元，可將隱藏層輸出資料回饋到額外具記憶功能的承接層神經元，記憶先前隱藏層神經元資料，並在時間延遲下輸入至所有隱藏神經元。
- ENN可近似高階系統，並具有**精度高**，**收斂速度快**等優點。
- 本論文利用ENN類神經網路，主要是用來**改善暫態響應速度及提升孤島偵測速度**。

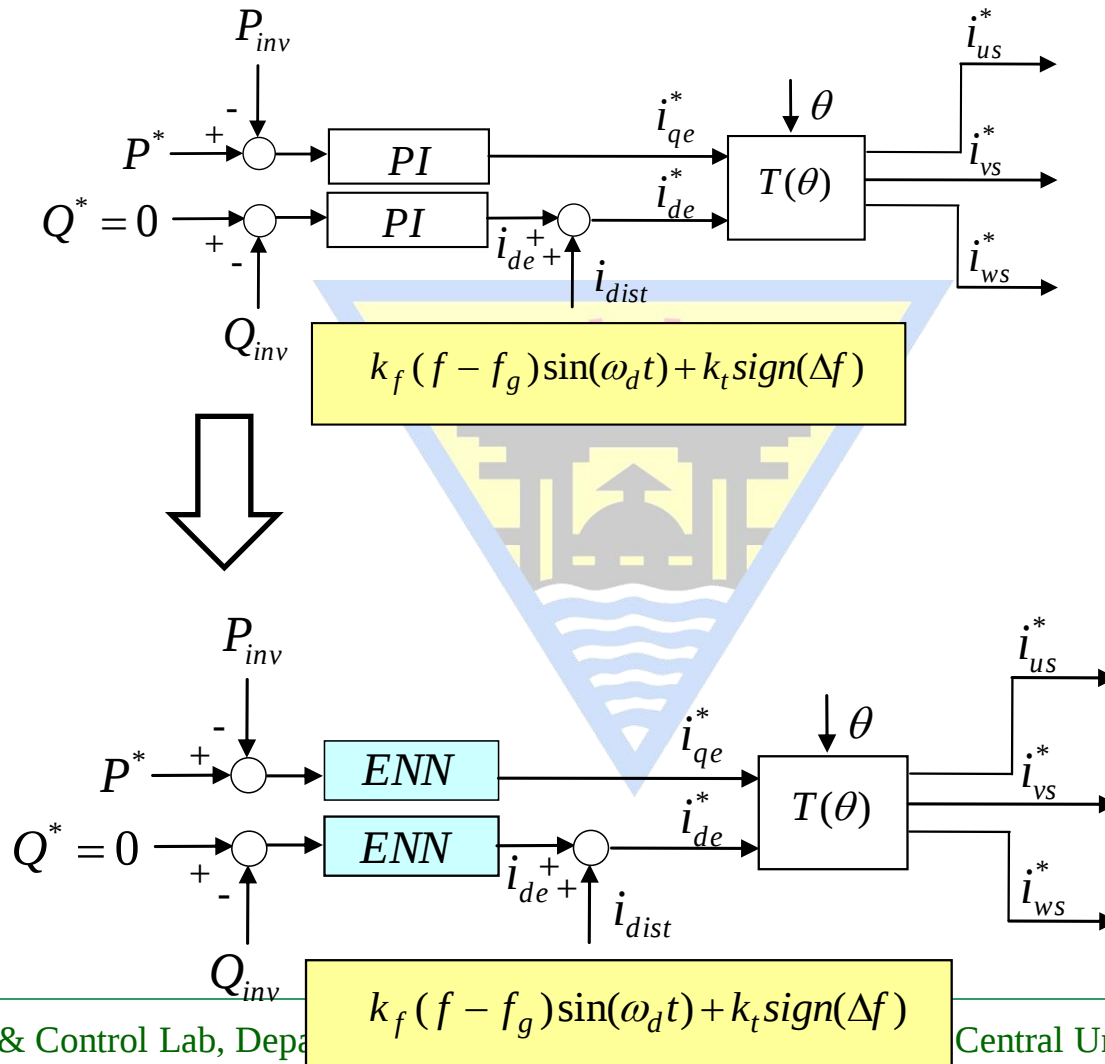
三、Elman類神經網路(續)

□ Elamn類神經網路架構(ENN)



三、Elman類神經網路(續)

□ ENN與新式主動式孤島偵測法之結合



三、Elman類神經網路(續)

□ ENN類神經網路之調整公式

$$\Delta W_{jo}^2 = -\eta_1 \frac{\partial V}{\partial W_{jo}^2} = -\eta_1 \frac{\partial V}{\partial y_o(k)} \frac{\partial y_o(k)}{\partial net_o(k)} \frac{\partial net_o(k)}{\partial W_{jo}^2} = \eta_1 \delta_o x_j(k)$$

$$W_{jo}^2(k+1) = W_{jo}^2(k) + \Delta W_{jo}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta W_{ij}^1 &= -\eta_2 \frac{\partial V}{\partial W_{ij}^1} = -\eta_2 \frac{\partial V}{\partial y_o(k)} \frac{\partial y_o(k)}{\partial net_o(k)} \frac{\partial net_o(k)}{\partial x_j(k)} \frac{\partial x_j(k)}{\partial W_{ij}^1} \\ &= \eta_2 \delta_o W_{jo}^2 ae_i(k) \end{aligned}$$

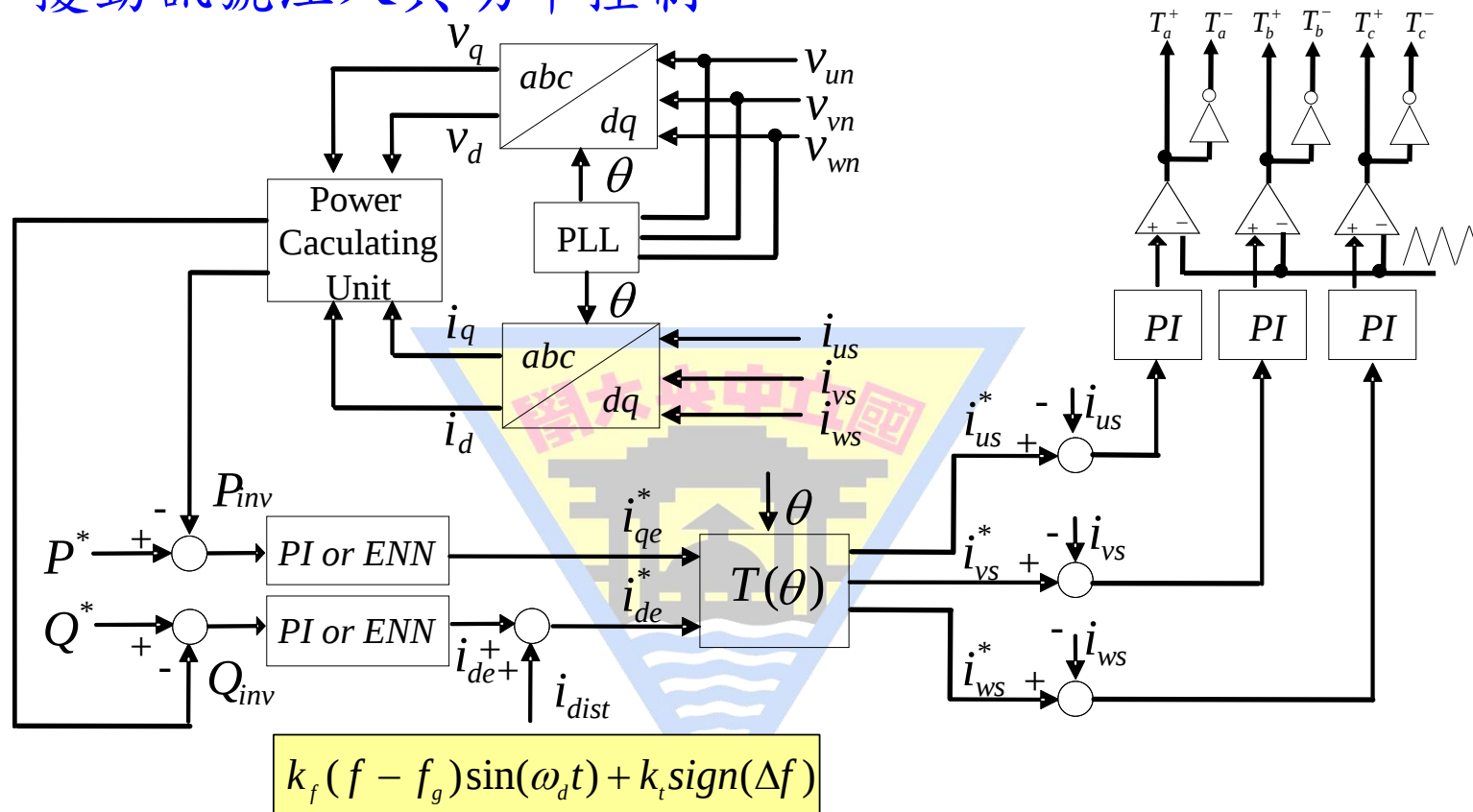
$$W_{ij}^1(k+1) = W_{ij}^1(k) + \Delta W_{ij}^1$$

大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

四、新型主動式孤島偵測法

□ 擾動訊號注入與功率控制

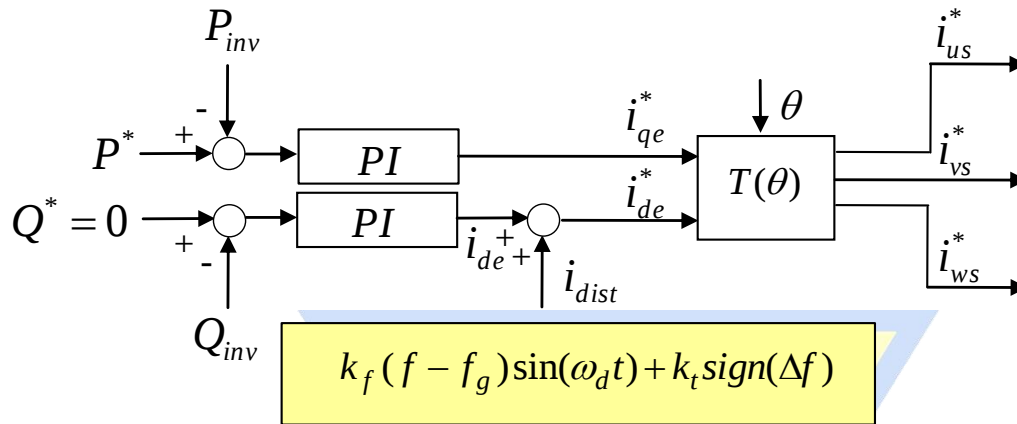


由於電壓值固定與市電電壓相同，外迴路功率控制系統僅需分別控制電流命令 i_{qe}^* 與 i_{de}^*

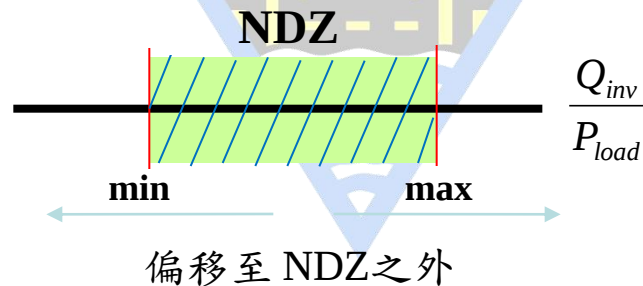
$$P_{inv} = \frac{3}{2}(v_q^e i_q^e + v_d^e i_d^e) \quad Q_{inv} = \frac{3}{2}(v_q^e i_d^e - v_d^e i_q^e)$$

四、新型主動式孤島偵測法(續)

□ 擾動訊號注入法



加入擾動訊號至虛功軸以使頻率偏移至NDZ之範圍之外。



$$Q_f \left(\frac{f_{\min}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\min}} \right) \leq \frac{Q_{inv}}{P_{load}} \leq Q_f \left(\frac{f_{\max}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\max}} \right)$$

四、新型主動式孤島偵測法(續)

□ 主動式孤島偵測法NDZ分析

其中

$$Q_{inv} = Q_{load} - \Delta Q \quad \Delta Q = 0$$

$$\therefore Q_{inv} = Q_{load} = V_g^2 \left(\frac{1}{w_g L} - w_g C \right) = P_{load} R \left(\frac{1}{w_g L} - w_g C \right)$$

$$\therefore \frac{Q_{inv}}{P_{load}} = R \left(\frac{1}{w_g L} - w_g C \right) = R Q_f \frac{1}{Q_f} \left(\frac{1}{w_g L} - w_g C \right)$$

$$\therefore \frac{Q_{inv}}{P_{load}} = R Q_f \frac{1}{R \sqrt{\frac{C}{L}}} \left(\frac{1}{w_g L} - w_g C \right)$$

$$\therefore \frac{Q_{inv}}{P_{load}} = Q_f \left(\frac{w_o}{w_g} - \frac{w_g}{w_o} \right) = Q_f \left(\frac{f_o}{f_g} - \frac{f_g}{f_o} \right)$$

P_{load} : RLC 負載之實功率

Q_{inv} : 換流器輸出之虛功率

Q_{load} : RLC 負載之虛功率

ΔQ : 市電虛功率

Q_f : 品質因數

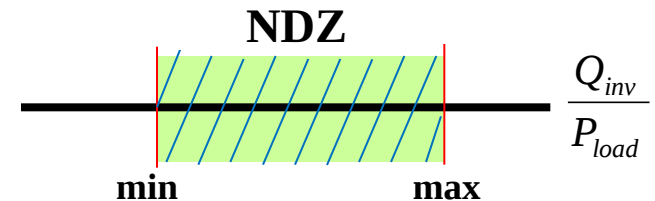
f_g : 市電頻率

f_o : RLC 共振頻率

$$Q_f = R \sqrt{\frac{C}{L}} \quad w_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

藉由設定標準安全規範IEEE1547所限定之安全頻率的_{最大值及最小值得}

$$Q_f \left(\frac{f_{\min}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\min}} \right) \leq \frac{Q_{inv}}{P_{load}} \leq Q_f \left(\frac{f_{\max}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\max}} \right)$$



四、新型主動式孤島偵測法(續)

□ 擾動訊號注入法結合PI控制器分析

$$i_{de}^*(t) = k_p(Q^* - Q_{inv}(t)) + k_I \int (Q^* - Q_{inv}(t))dt + \underbrace{k_f(f - f_g)\sin(\omega_d t) + k_t \text{sign}(\Delta f)}_{\text{擾動訊號}}$$

$$\text{其中 } \text{sign}(\Delta f) = \begin{cases} 1, & f[k] > f[k-1] \\ 0, & f[k] = f[k-1] \\ -1, & f[k] < f[k-1] \end{cases}$$

上式作拉式轉換並將虛功率命令為零代入

$$I_{de}^*(s) = -k_p Q_{inv}(s) - k_I \frac{Q_{inv}(s)}{s} + k_f(f - f_g) \frac{\omega_d}{s^2 + \omega_d^2} + \frac{k_t \text{sign}(\Delta f)}{s}$$

因此 Q_{inv} 可表示成下式

$$Q_{inv}(s) = -\frac{I_{de}^*(s)}{k_p} + \frac{k_f(f - f_g)\omega_d}{k_p} \frac{s}{s^2 + \omega_d^2} \frac{1}{s + \frac{k_I}{k_p}} + \frac{k_t \text{sign}(\Delta f)}{k_p} \frac{1}{s + \frac{k_I}{k_p}} + k_I \frac{I_{de}^*(s)}{k_p^2} \frac{1}{s + \frac{k_I}{k_p}}$$

四、新型主動式孤島偵測法(續)

□ 擾動訊號注入法結合PI控制器分析

上式作反拉式轉換

$$Q_{inv}(t) = -\frac{i_{de}^*(t)}{k_p} + \frac{k_f(f - f_g)\omega_d}{k_p} \left[\frac{\frac{k_I}{k_p}}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} \cos(\omega_d t) + \frac{\omega_d}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} \sin(\omega_d t) + \frac{-\frac{k_I}{k_p}}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} e^{-\frac{k_I}{k_p}t} \right] \\ + \frac{k_t \text{sign}(\Delta f)}{k_p} e^{-\frac{k_I}{k_p}t} + k_I \frac{i_{de}^*(t)}{k_p^2} e^{-\frac{k_I}{k_p}t}$$

代入

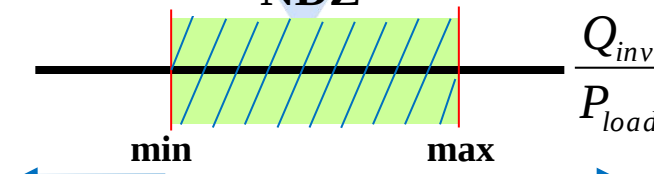
$$\Rightarrow Q_f \left(\frac{f_{\min}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\min}} \right) \leq \frac{Q_{inv}}{P_{load}} \leq Q_f \left(\frac{f_{\max}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\max}} \right)$$

四、新型主動式孤島偵測法(續)

□ 擾動訊號注入法結合PI控制器分析

$$\left\{ \begin{aligned} & -\frac{i_{de}^*(t)}{k_p P_{load}} + \frac{k_f(f - f_g)\omega_d}{k_p P_{load}} \left[\frac{\frac{k_I}{k_p}}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} \cos(\omega_d t) + \frac{\omega_d}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} \sin(\omega_d t) + \frac{-\frac{k_I}{k_p}}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} e^{-\frac{k_I}{k_p} t} \right] \\ & + \frac{k_t \text{sign}(\Delta f)}{k_p P_{load}} e^{-\frac{k_I}{k_p} t} + k_I \frac{i_{de}^*(t)}{k_p^2 P_{load}} e^{-\frac{k_I}{k_p} t} \leq Q_f \left(\frac{f_{\min}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\min}} \right) \\ & -\frac{i_{de}^*(t)}{k_p P_{load}} + \frac{k_f(f - f_g)\omega_d}{k_p P_{load}} \left[\frac{\frac{k_I}{k_p}}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} \cos(\omega_d t) + \frac{\omega_d}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} \sin(\omega_d t) + \frac{-\frac{k_I}{k_p}}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} e^{-\frac{k_I}{k_p} t} \right] \\ & + \frac{k_t \text{sign}(\Delta f)}{k_p P_{load}} e^{-\frac{k_I}{k_p} t} + k_I \frac{i_{de}^*(t)}{k_p^2 P_{load}} e^{-\frac{k_I}{k_p} t} \geq Q_f \left(\frac{f_{\max}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\max}} \right) \end{aligned} \right.$$

NDZ



加速擾動至 NDZ 之外

四、新型主動式孤島偵測法(續)

□ 擾動訊號注入法結合PI控制器分析

其中 k_p 、 k_I 、 w_d 、 k_f 、 f_g 、 P_{load} 為常數

下限不等式



$$f - \frac{k_p P_{load} \left[Q_f \left(\frac{f_{\min}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\min}} \right) + \frac{i_{de}^*(t)}{k_p P_{load}} - \frac{k_t \text{sign}(\Delta f)}{k_p P_{load}} e^{-\frac{k_I t}{k_p}} - k_I \frac{i_{de}^*(t)}{k_p^2 P_{load}} e^{-\frac{k_I t}{k_p}} \right]}{k_f \omega_d \left[\frac{\frac{k_I}{k_p} \cos(\omega_d t) + \frac{\omega_d}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} \sin(\omega_d t) + \frac{-\frac{k_I}{k_p}}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} e^{-\frac{k_I t}{k_p}} \right]} \leq f_g$$

可簡化成

$$f - A \leq f_g$$

上限不等式



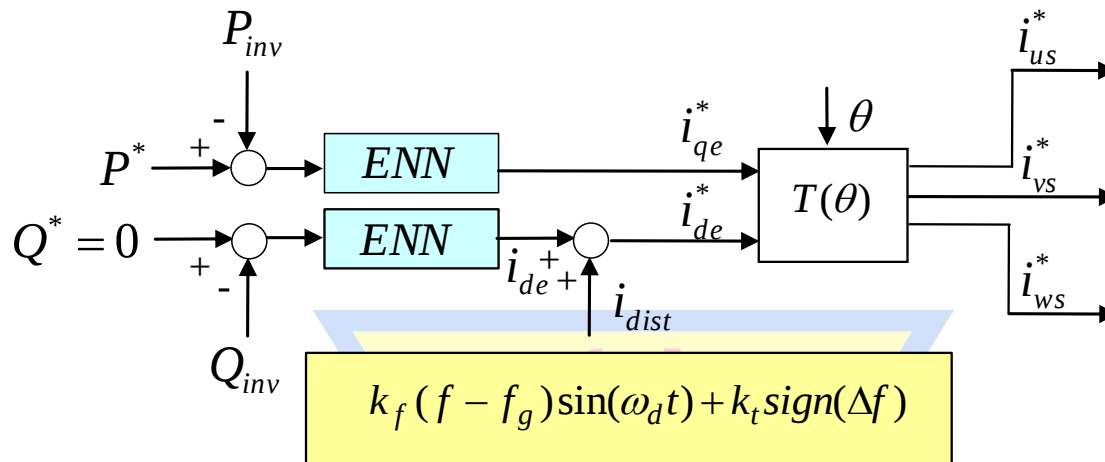
$$f - \frac{k_p P_{load} \left[Q_f \left(\frac{f_{\max}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\max}} \right) + \frac{i_{de}^*(t)}{k_p P_{load}} - \frac{k_t \text{sign}(\Delta f)}{k_p P_{load}} e^{-\frac{k_I t}{k_p}} - k_I \frac{i_{de}^*(t)}{k_p^2 P_{load}} e^{-\frac{k_I t}{k_p}} \right]}{k_f \omega_d \left[\frac{\frac{k_I}{k_p} \cos(\omega_d t) + \frac{\omega_d}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} \sin(\omega_d t) + \frac{-\frac{k_I}{k_p}}{\omega_d^2 + (\frac{k_I}{k_p})^2} e^{-\frac{k_I t}{k_p}} \right]} \geq f_g$$

可簡化成

$$f - B \geq f_g$$

四、新型主動式孤島偵測法(續)

□ 擾動訊號注入法結合ENN控制器分析



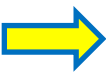
$$i_{de}^*(t) = \underbrace{\left[\sum_j W_{jo}^2(t) x_j(t) \right] (Q^* - Q_{inv}(t))}_{\text{ENN}} + \underbrace{k_f (f - f_g) \sin(\omega_d t) + k_t \text{sign}(\Delta f)}_{\text{擾動訊號}}$$

將虛功率命令為零代入

$$Q_{inv}(t) = \frac{-i_{de}^*(t) + k_f (f - f_g) \sin(\omega_d t) + k_t \text{sign}(\Delta f)}{\left[\sum_j W_{jo}^2(t) x_j(t) \right]} \Rightarrow Q_f \left(\frac{f_{\min}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\min}} \right) \leq \frac{Q_{inv}}{P_{load}} \leq Q_f \left(\frac{f_{\max}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\max}} \right)$$

四、新型主動式孤島偵測法(續)

□ 擾動訊號注入法結合ENN控制器分析



$$\begin{cases} \frac{-i_{de}^*(t) + k_f(f - f_g)\sin(\omega_d t) + k_t \text{sign}(\Delta f)}{P_{load}[\sum_j W_{jo}^2(t)x_j(t)]} \leq Q_f \left(\frac{f_{\min}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\min}} \right) \\ \frac{-i_{de}^*(t) + k_f(f - f_g)\sin(\omega_d t) + k_t \text{sign}(\Delta f)}{P_{load}[\sum_j W_{jo}^2(t)x_j(t)]} \geq Q_f \left(\frac{f_{\max}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\max}} \right) \end{cases}$$

下限不等式 

$$f - \frac{Q_f \left(\frac{f_{\min}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\min}} \right) P_{load}[\sum_j W_{jo}^2(t)x_j(t)] + i_{de}^*(t) - k_t \text{sign}(\Delta f)}{k_f \sin(\omega_d t)} \leq f_g$$

可簡化成 $f - C \leq f_g$

上限不等式 

$$f - \frac{Q_f \left(\frac{f_{\max}}{f_g} - \frac{f_g}{f_{\max}} \right) P_{load}[\sum_j W_{jo}^2(t)x_j(t)] + i_{de}^*(t) - k_t \text{sign}(\Delta f)}{k_f \sin(\omega_d t)} \geq f_g$$

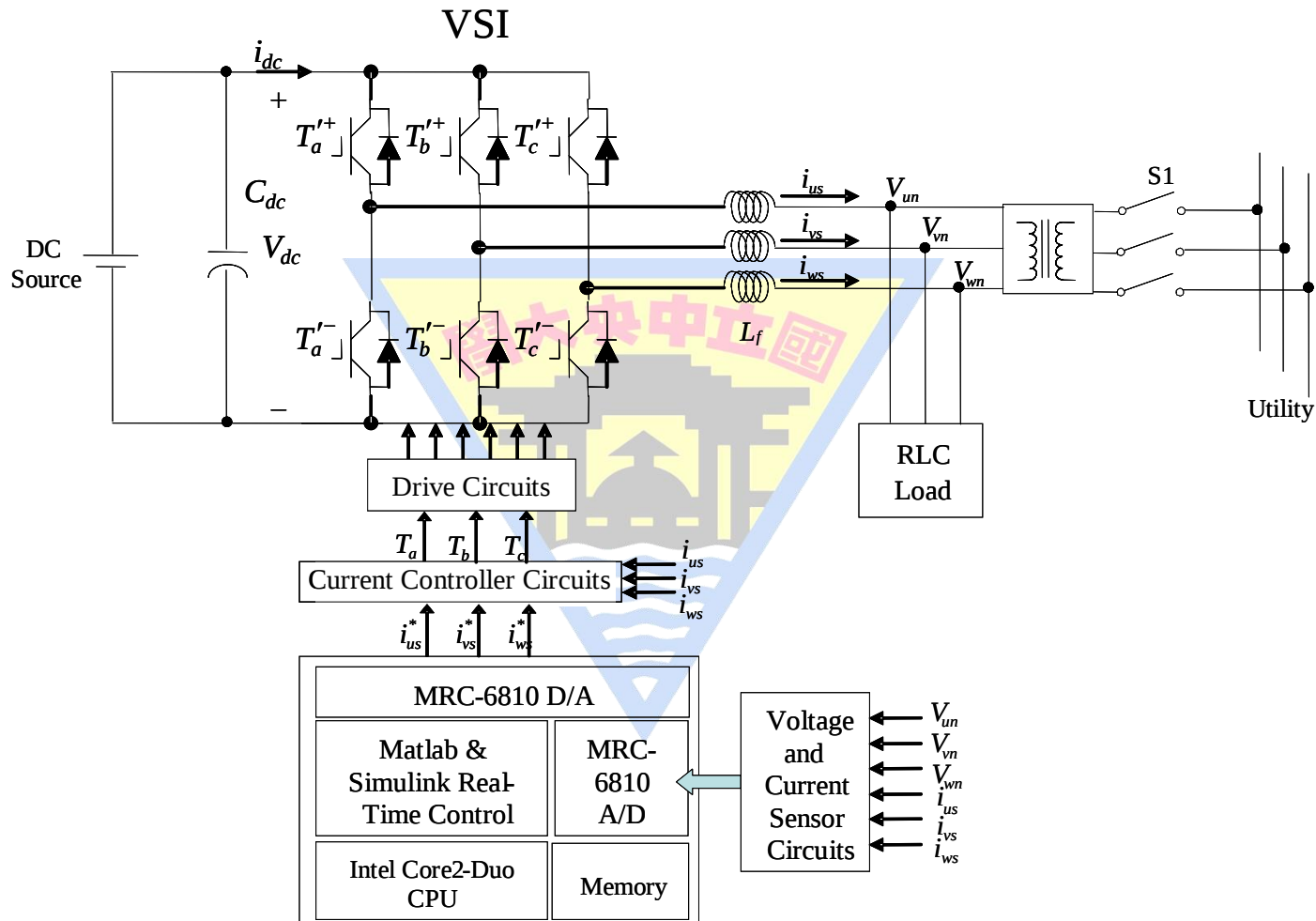
可簡化成 $f - D \geq f_g$

大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

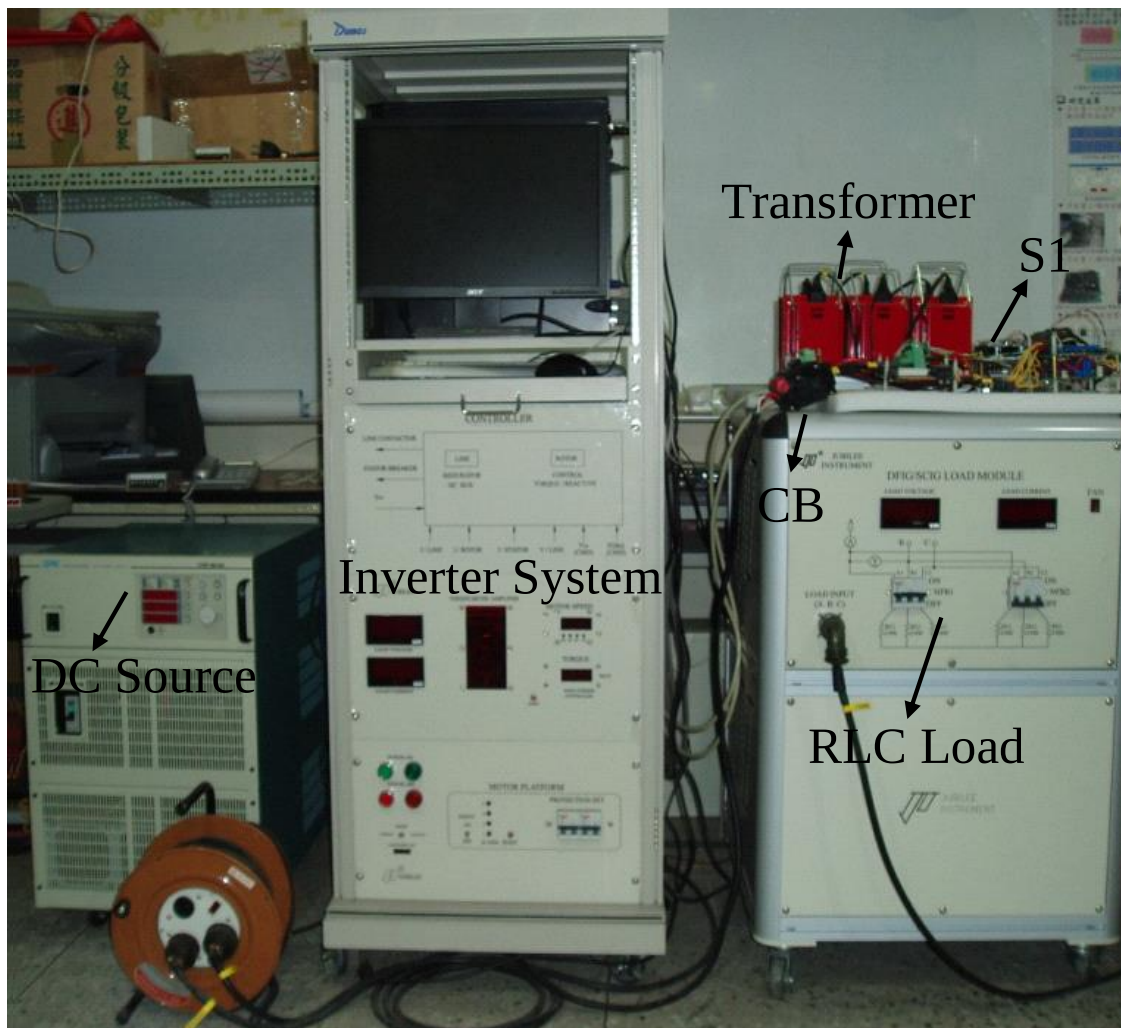
五、主動式孤島偵測實驗結果

□ 孤島偵測系統架構



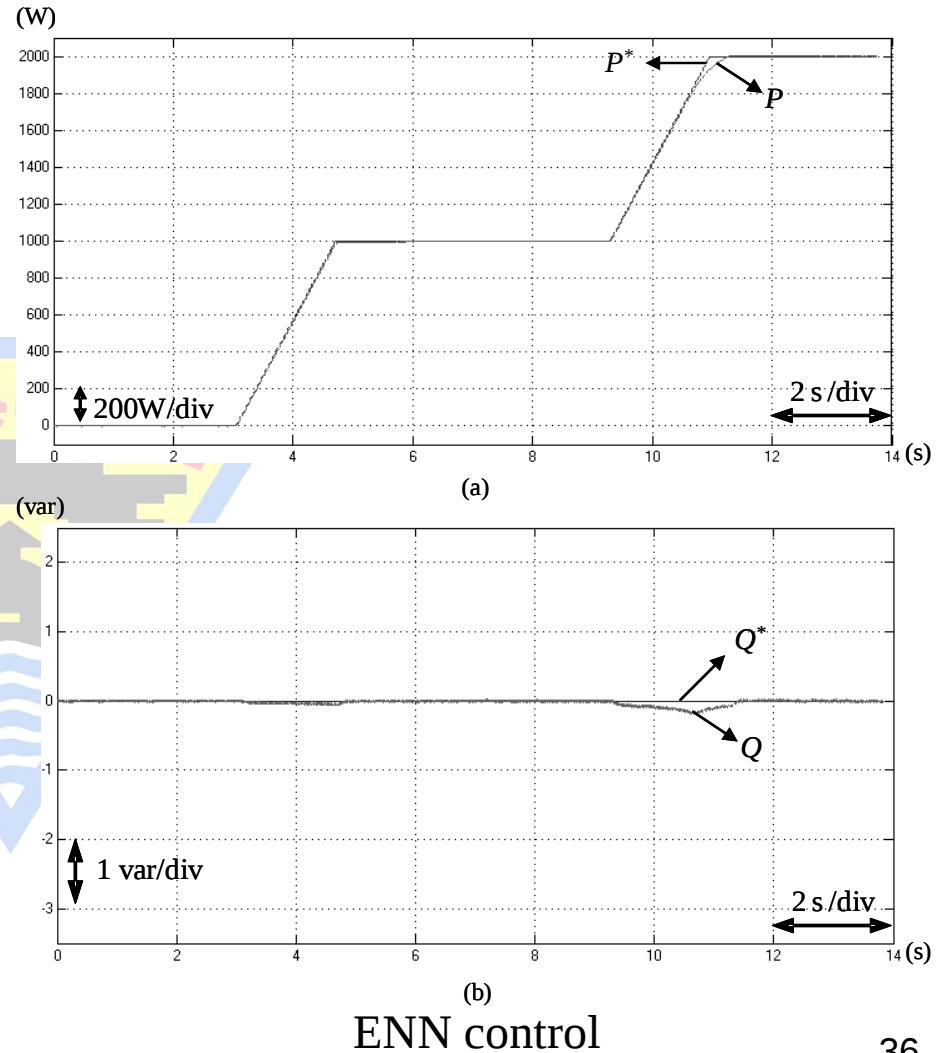
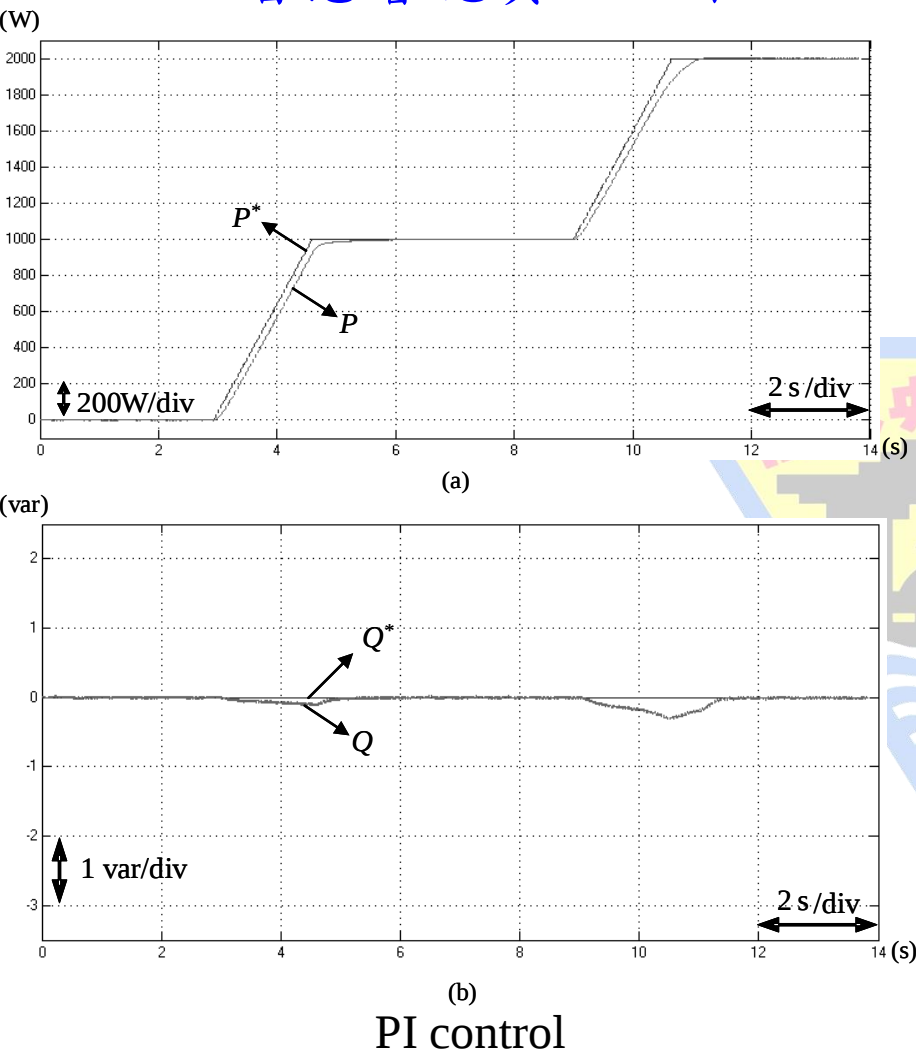
五、主動式孤島偵測實驗結果(續)

□ 實驗系統



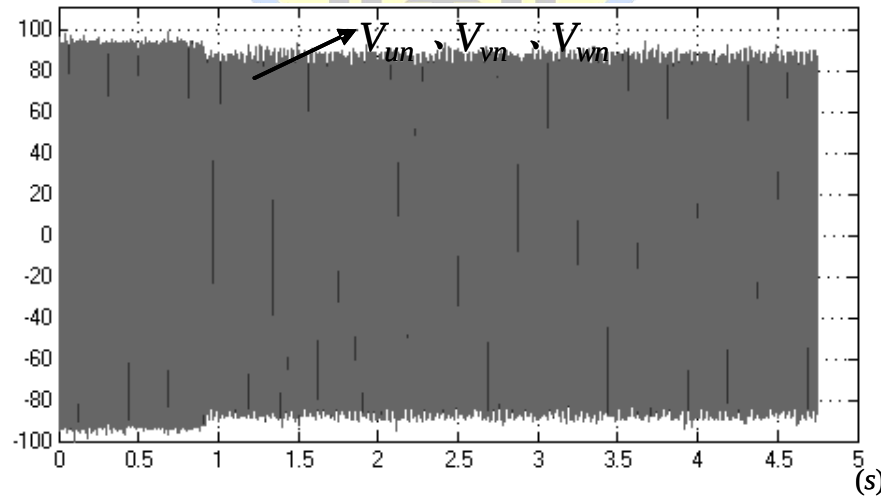
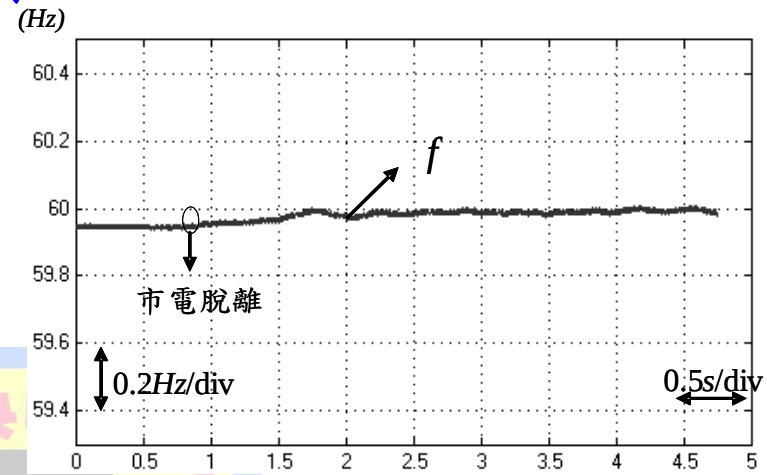
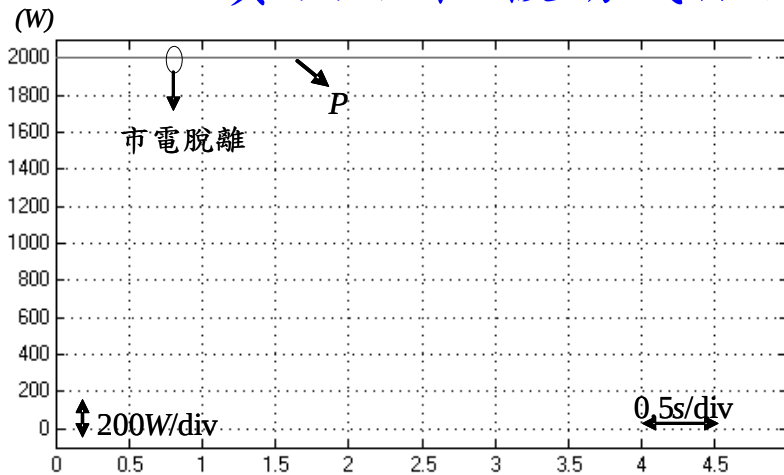
五、主動式孤島偵測實驗結果(續)

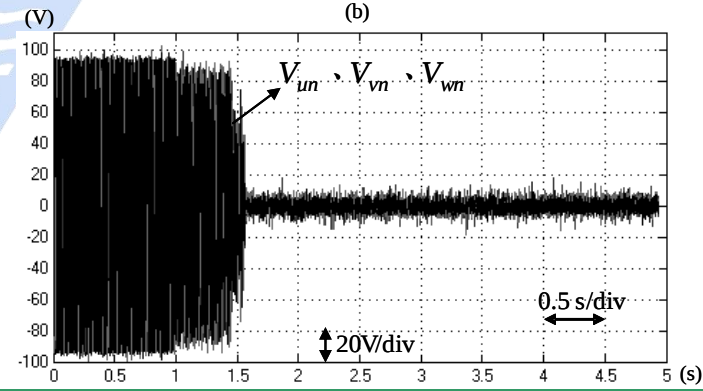
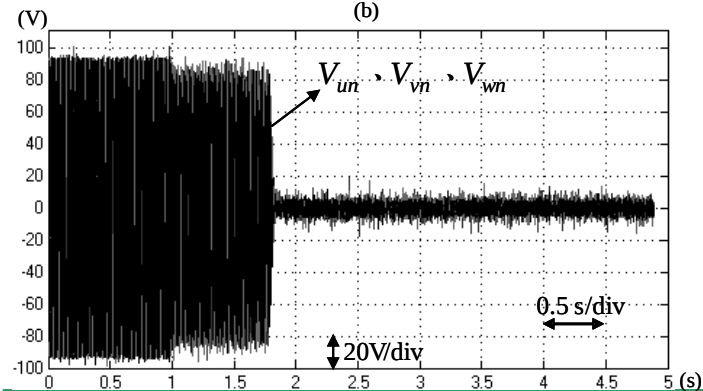
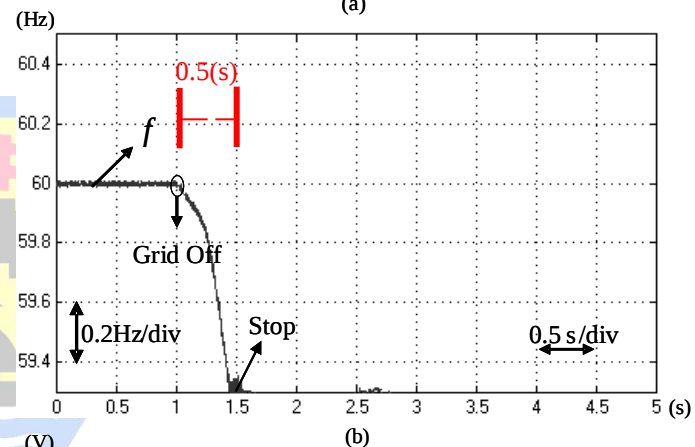
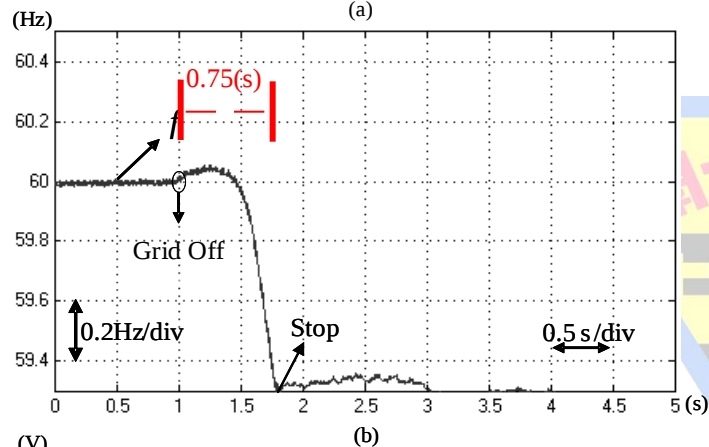
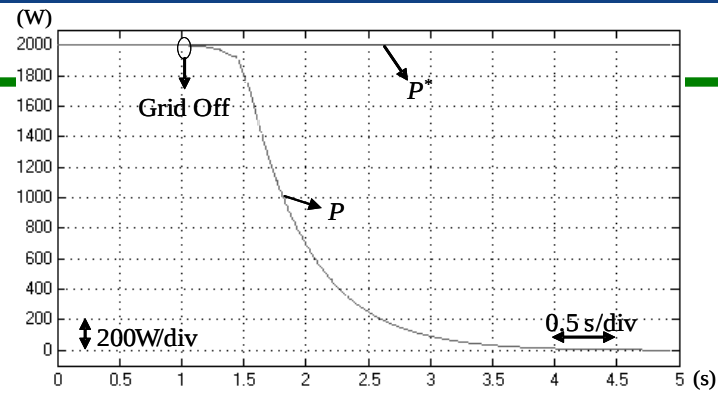
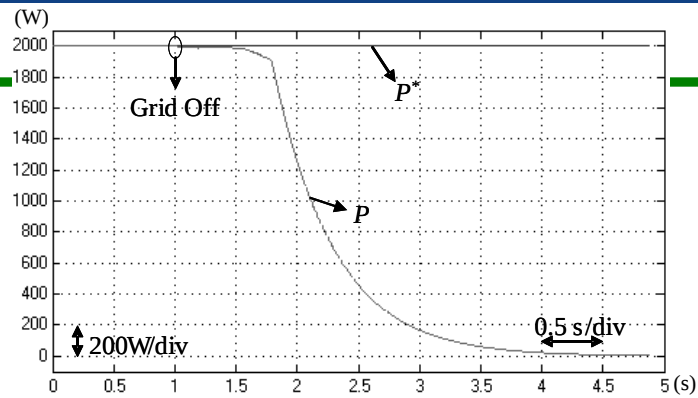
□ 暫態響應實驗結果

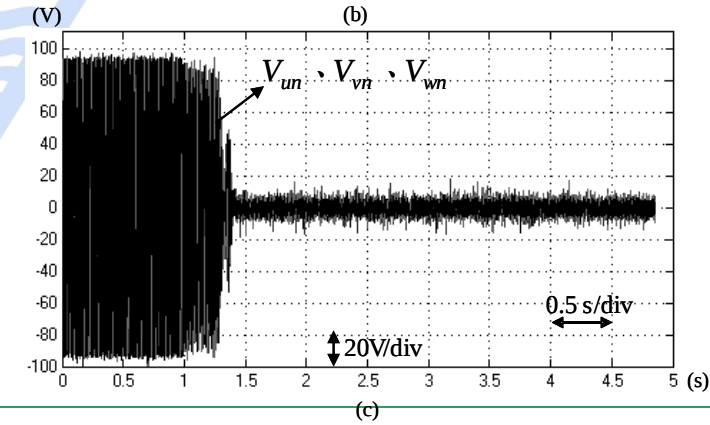
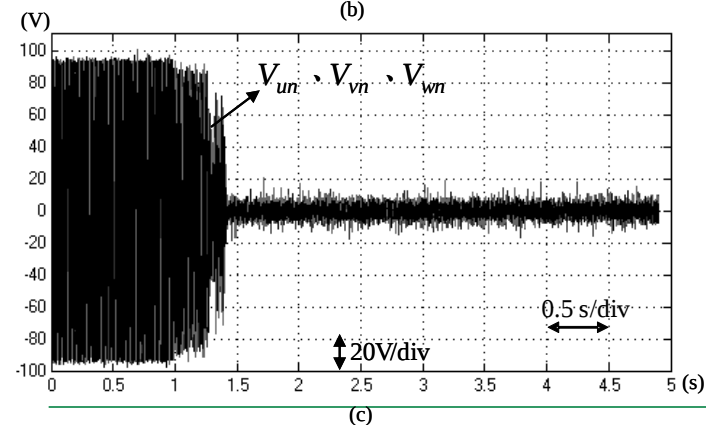
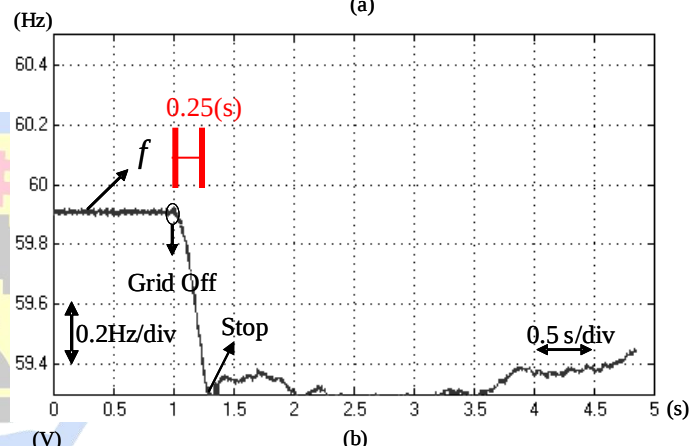
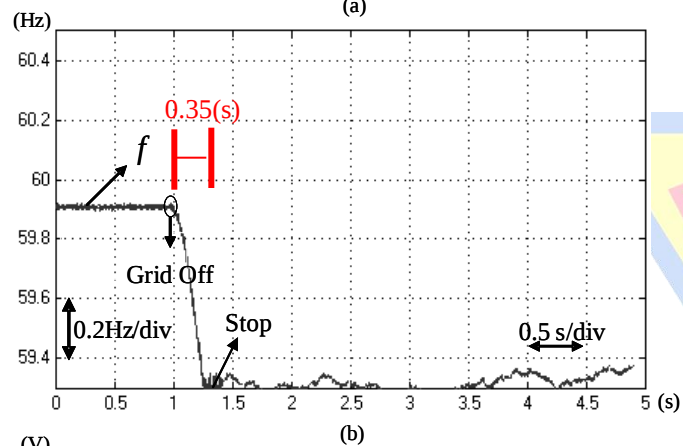
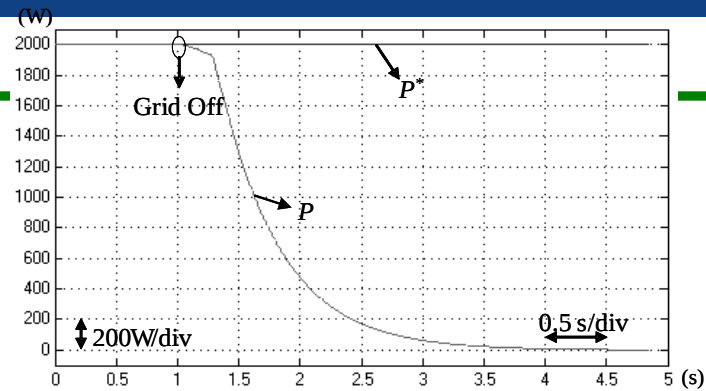
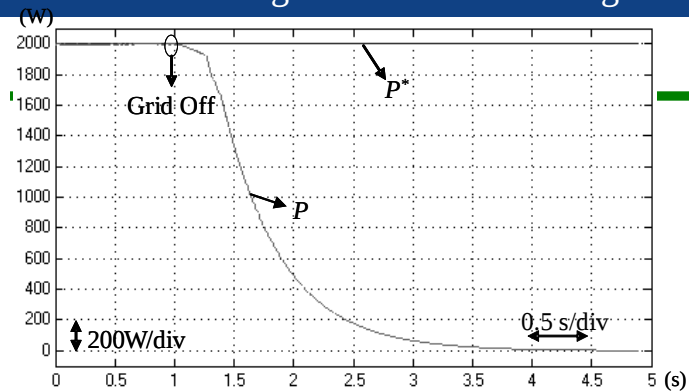


五、主動式孤島偵測實驗結果(續)

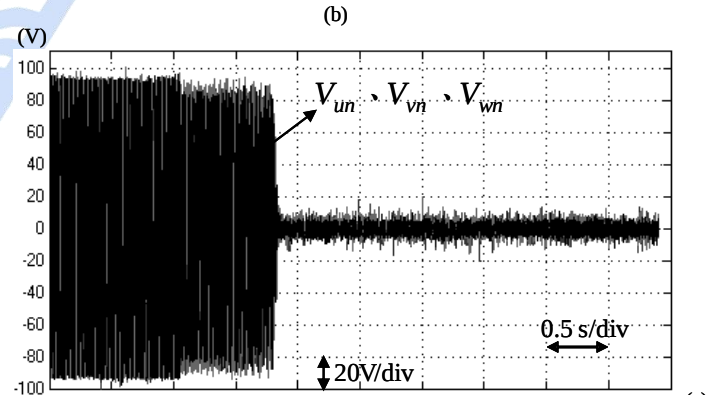
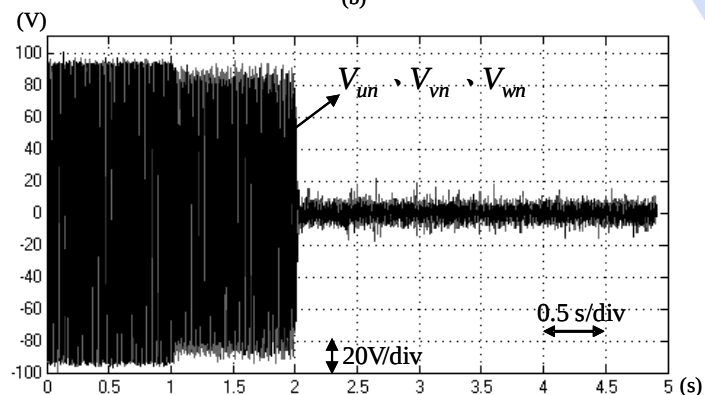
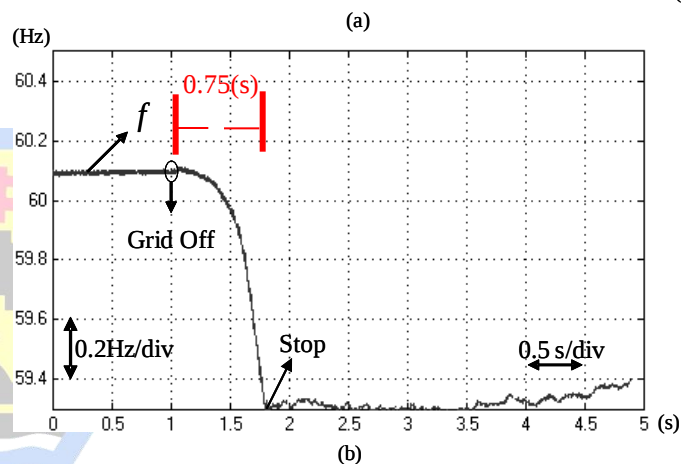
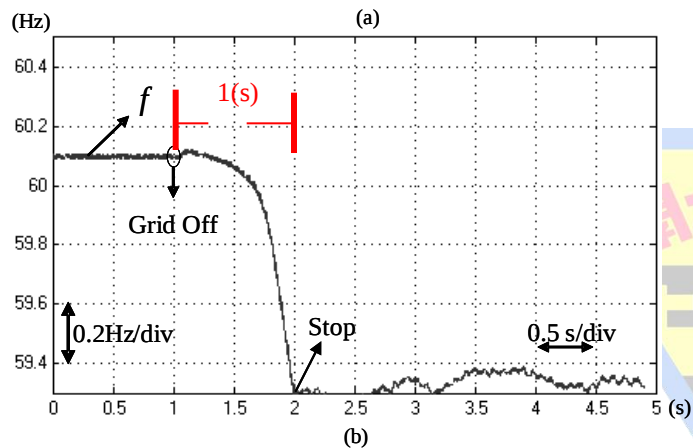
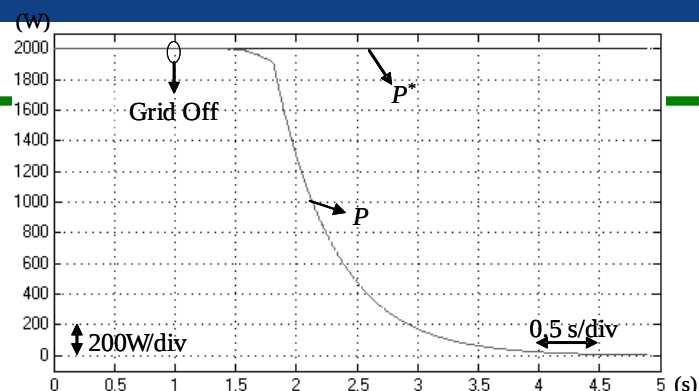
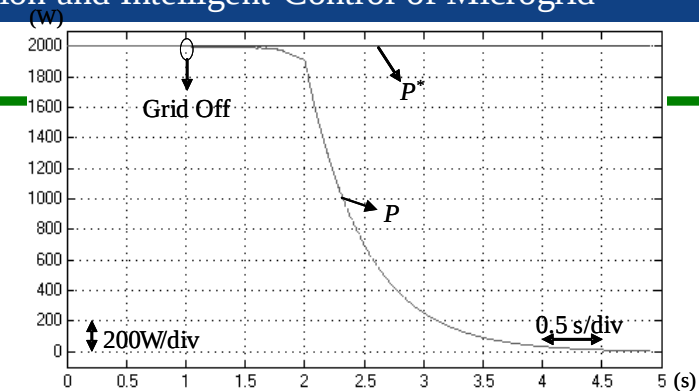
□ 實驗結果-被動式孤島偵測





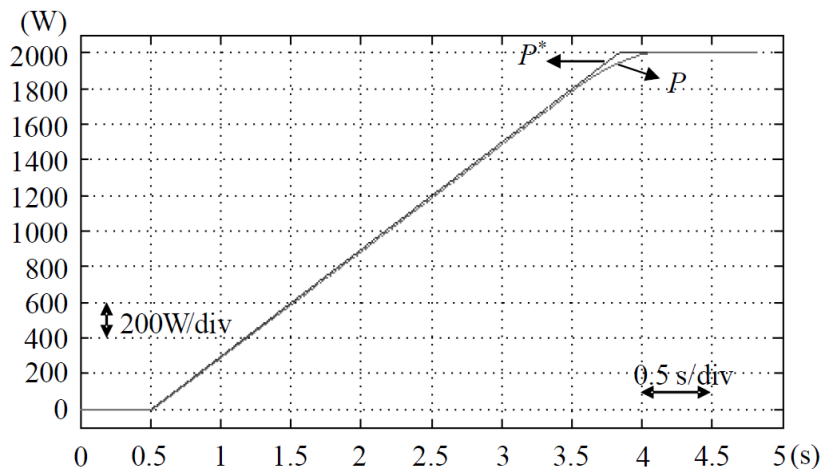


Operation and Intelligent Control of Microgrid

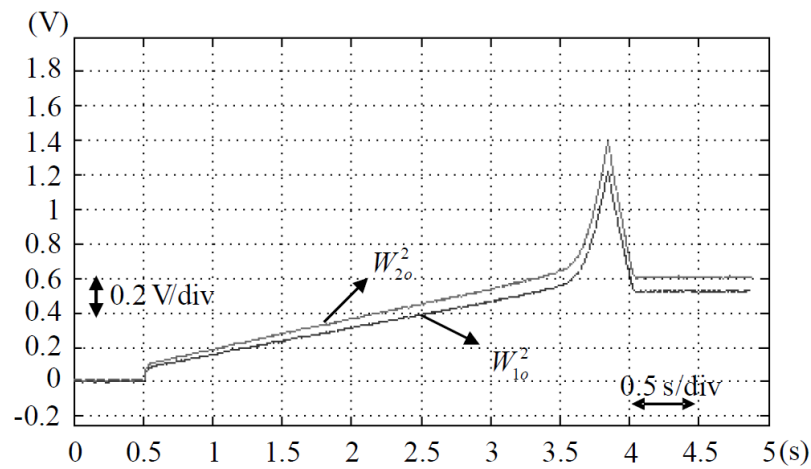


五、主動式孤島偵測實驗結果(續)

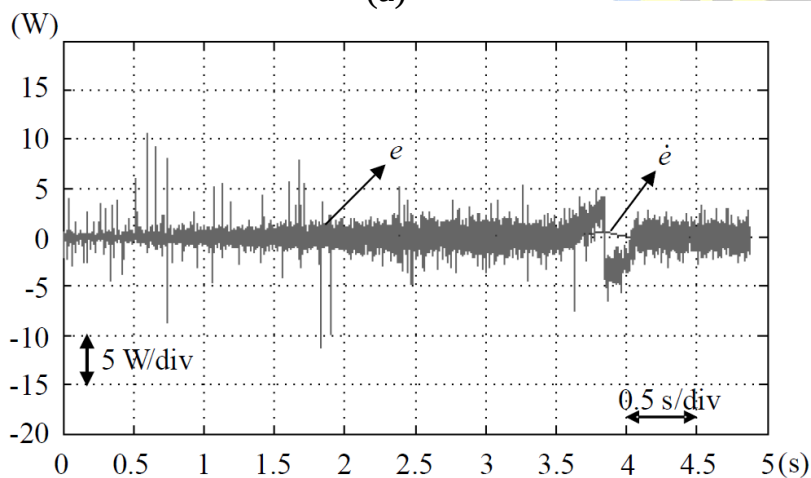
□ ENN實功率控制網路參數響應圖



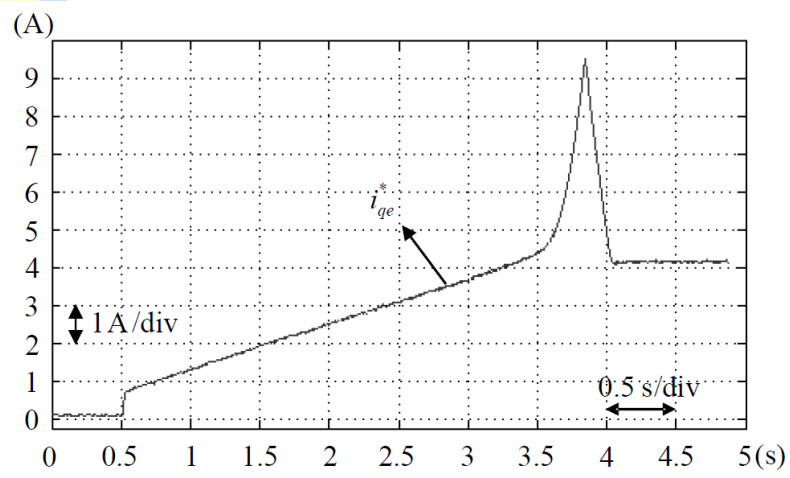
(a)



(c)



(b)



(d)

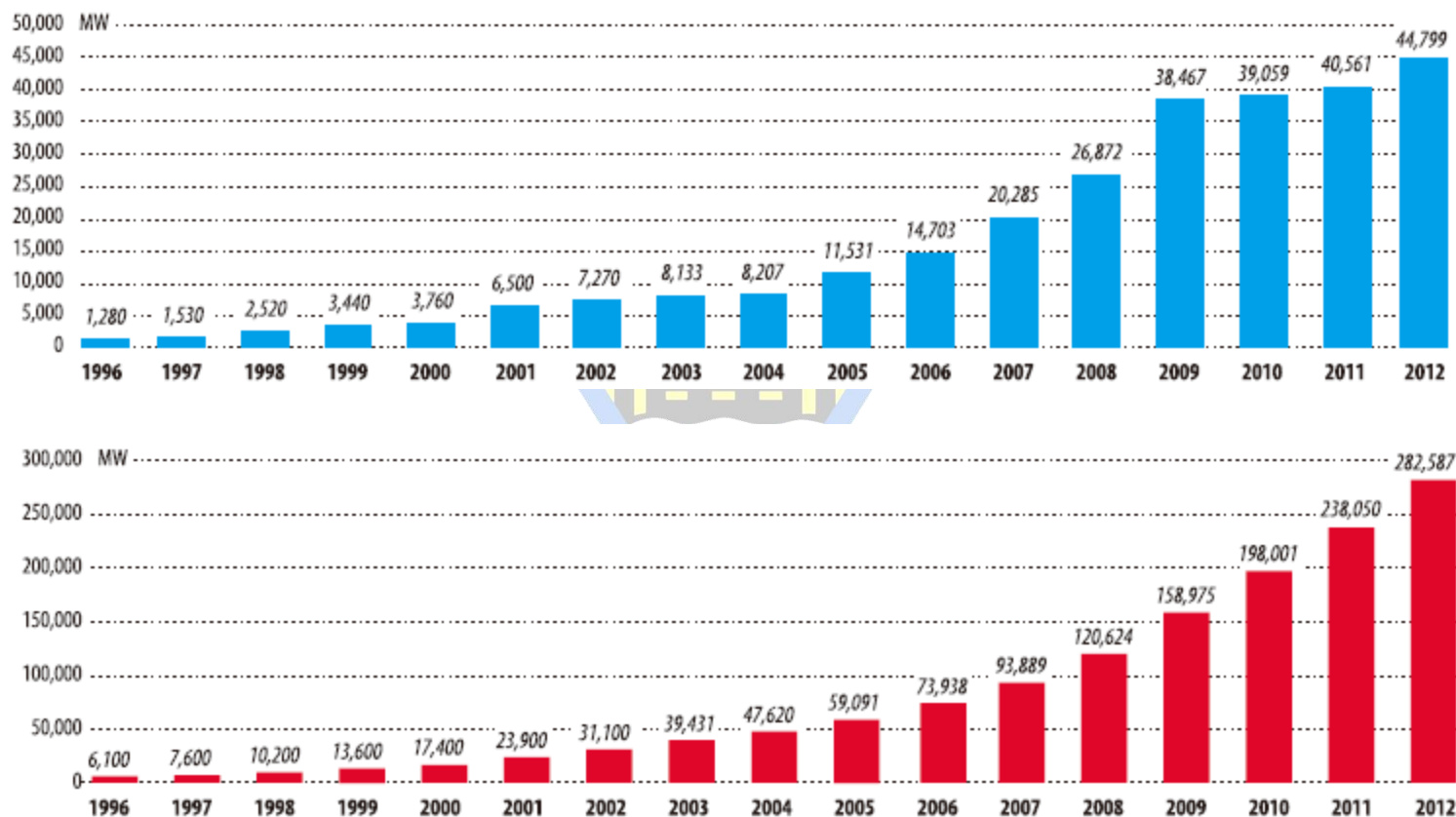
大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

六、併網型風力驅動感應發電機

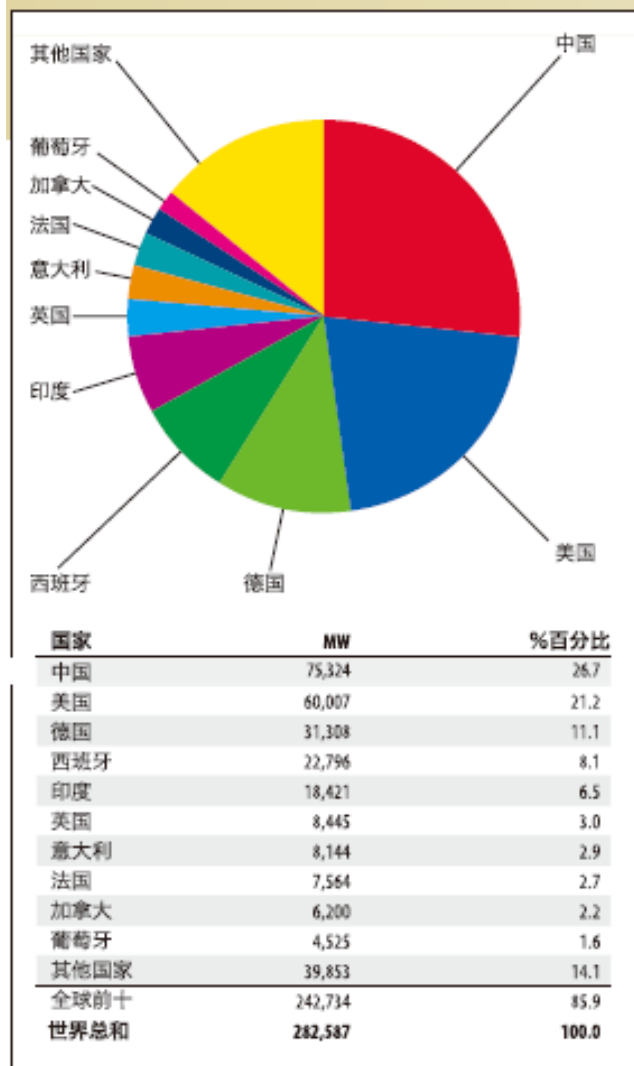
□ 風力發電技術發展概況

- 迄2012年底全球已有53個國家應用風力發電，裝置容量超過282,587MW，主要分佈於歐洲、北美洲與亞洲。

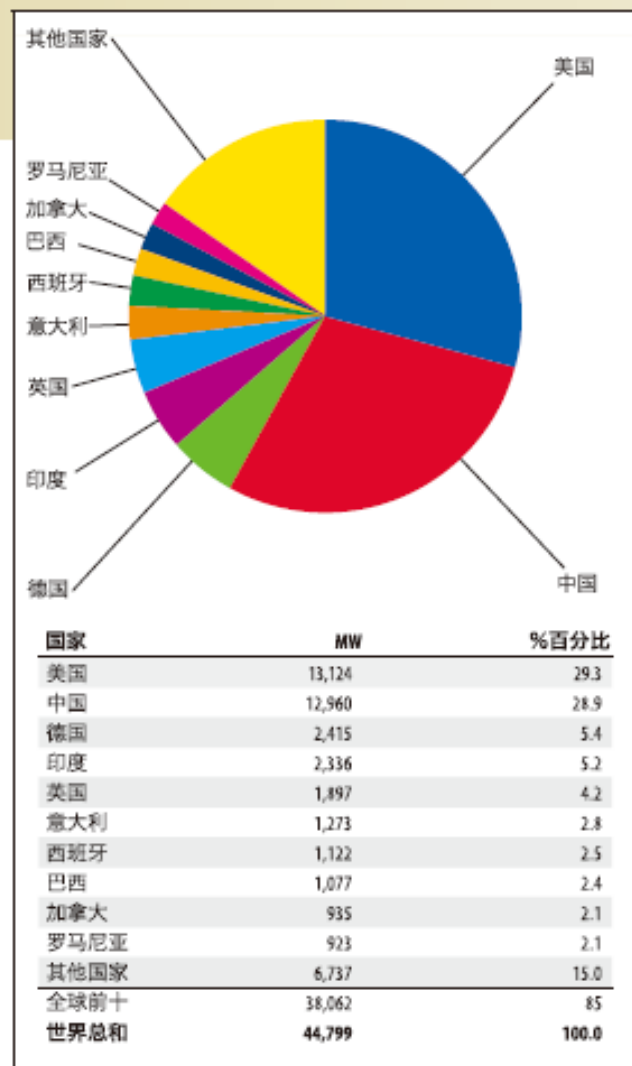


六、併網型風力驅動感應發電機(續)

全球风电累计装机前十 (2012年底)



全球风电新增装机前十名



六、併網型風力驅動感應發電機(續)

□ 風機簡介

- 風機主要結構包含：葉片、發電機與風機塔三部分。
- 風機若依其旋轉軸的方式區分，主要可分為：

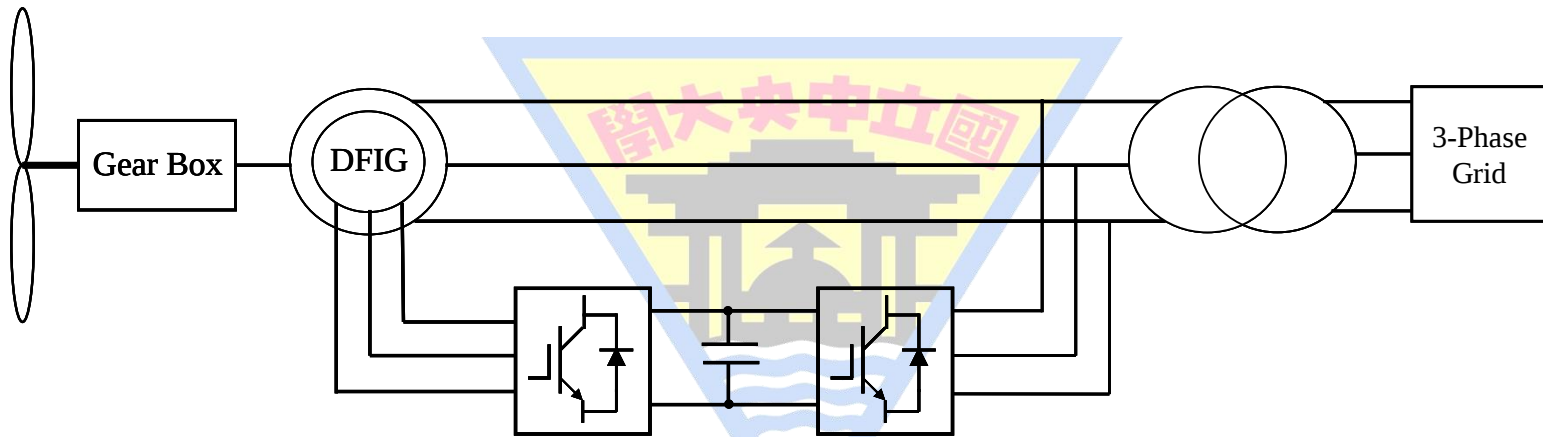
水平軸式(Horizontal-Axis Rotor) 垂直軸式(Vertical-Axis Rotor)



六、併網型風力驅動感應發電機(續)

□ 常見變速風機

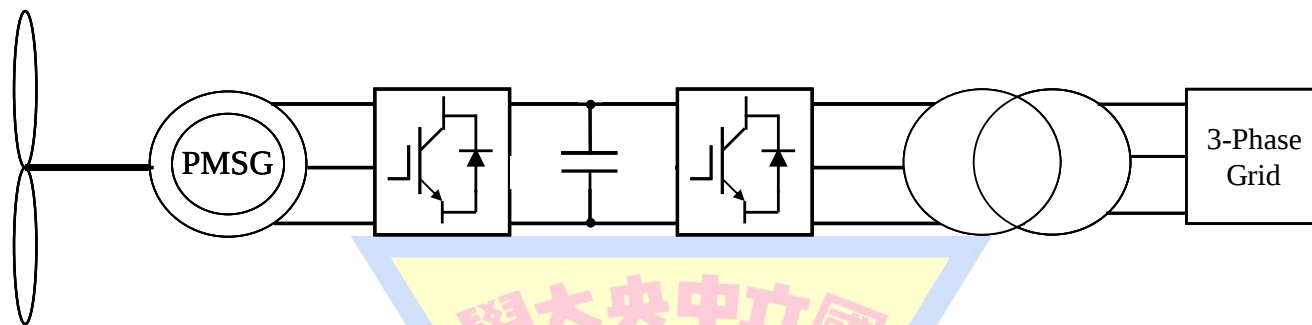
- 常見變速風機區分三種：雙饋式感應風力發電系統、永磁同步風力發電系統與鼠籠式感應發力發電系統。



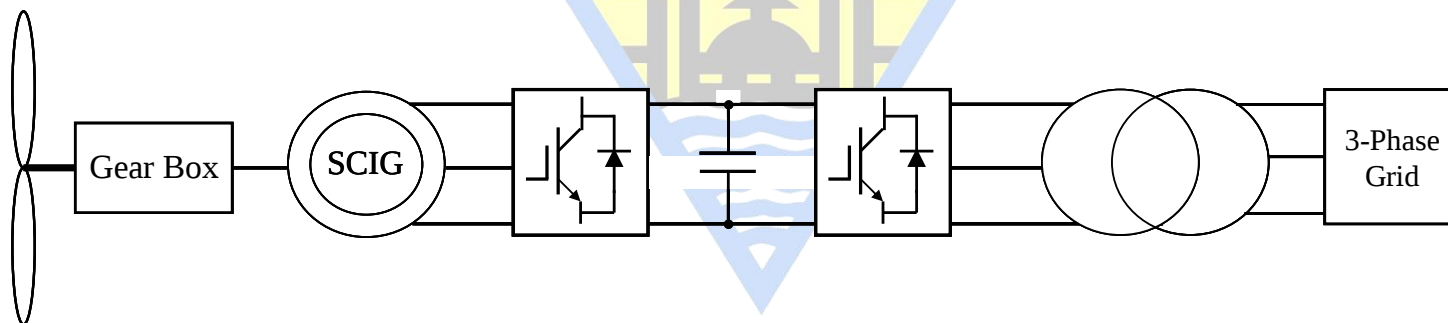
雙饋式感應風力發電系統

六、併網型風力驅動感應發電機(續)

□ 常見變速風機



永磁同步風力發電系統

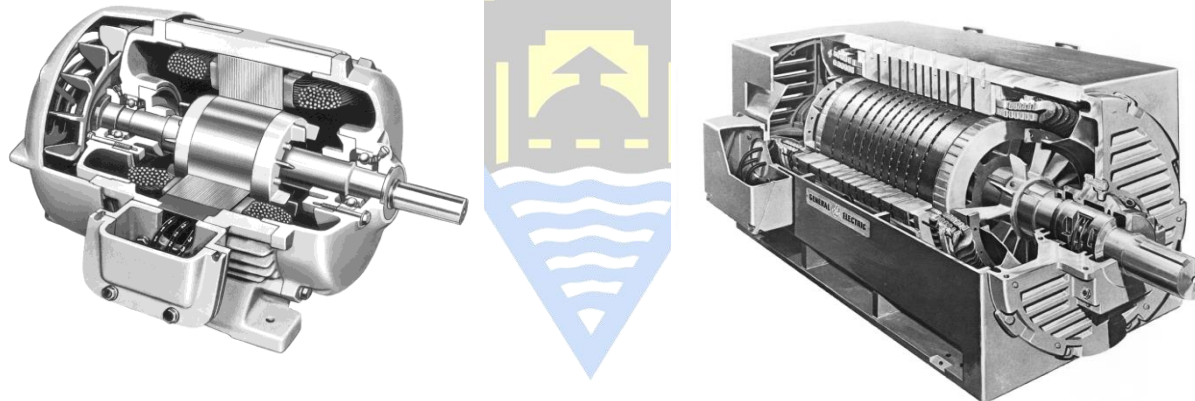


鼠籠式感應發力發電系統

六、併網型風力驅動感應發電機(續)

□ 常見變速風機

●由於鼠籠式感應發電系統具有結構強健、成本低、沒有滑環和電刷、易於操作、性能穩定及維護等優點，在水力發電與風力發電的應用上，鼠籠式感應發電機適合與電力系統連結，並提供一良好的獨立電源。



國立中央大學



六、併網型風力驅動感應發電機(續)

□ 風機仿真系統

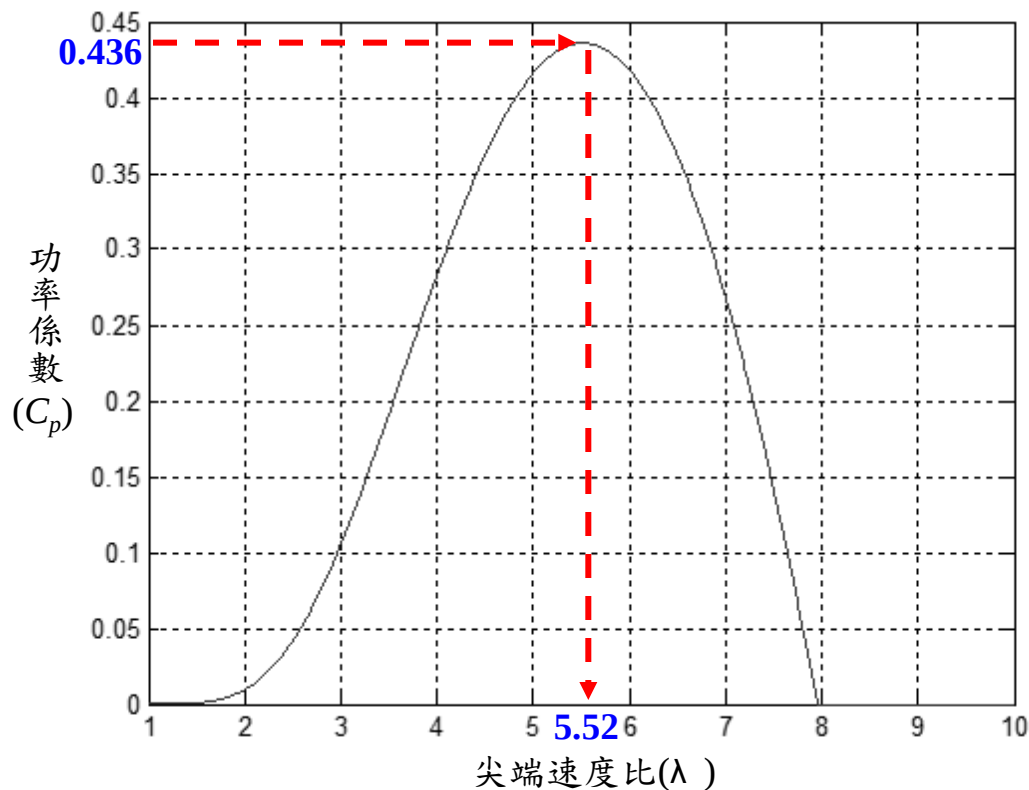
- 本文所提出之感應發電機系統是以**永磁同步馬達**模擬實際之2kW、三葉片水平軸式風機，葉片直徑為2.4公尺。
- 一般在說明風機特性時，會將功率係數以**尖端速度比**(Tip Speed Ratio)的函數表示，而尖端速度比的定義如下：

$$\lambda = \frac{R_m \omega_m}{v}$$

其中 λ 為尖端速度比， R_m 為風機葉片半徑， ω_m 為永磁同步馬達之轉速， v 為風速。

六、併網型風力驅動感應發電機(續)

- 功率係數 C_p 與尖端速度比 λ 之關係曲線圖：



風機之 C_p - λ 曲線圖

若從曲線圖上選取一個具有最大功率係數 $C_{p,max}$ 的理想值 λ_{opt} ，而此時永磁同步馬達相對應的轉子轉速則可表示為：

$$\omega_m^* = \frac{\lambda_{opt} v}{R_m}$$

六、併網型風力驅動感應發電機(續)

- 根據風能之特性，可將風機所獲得之能量表示如下：

$$P_m = \rho A C_p v^3 / 2 = 2.77 \times C_p v^3$$

其中空氣密度為 $\rho=1.225 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ ； A 為風機葉片旋轉面積(m^2)。

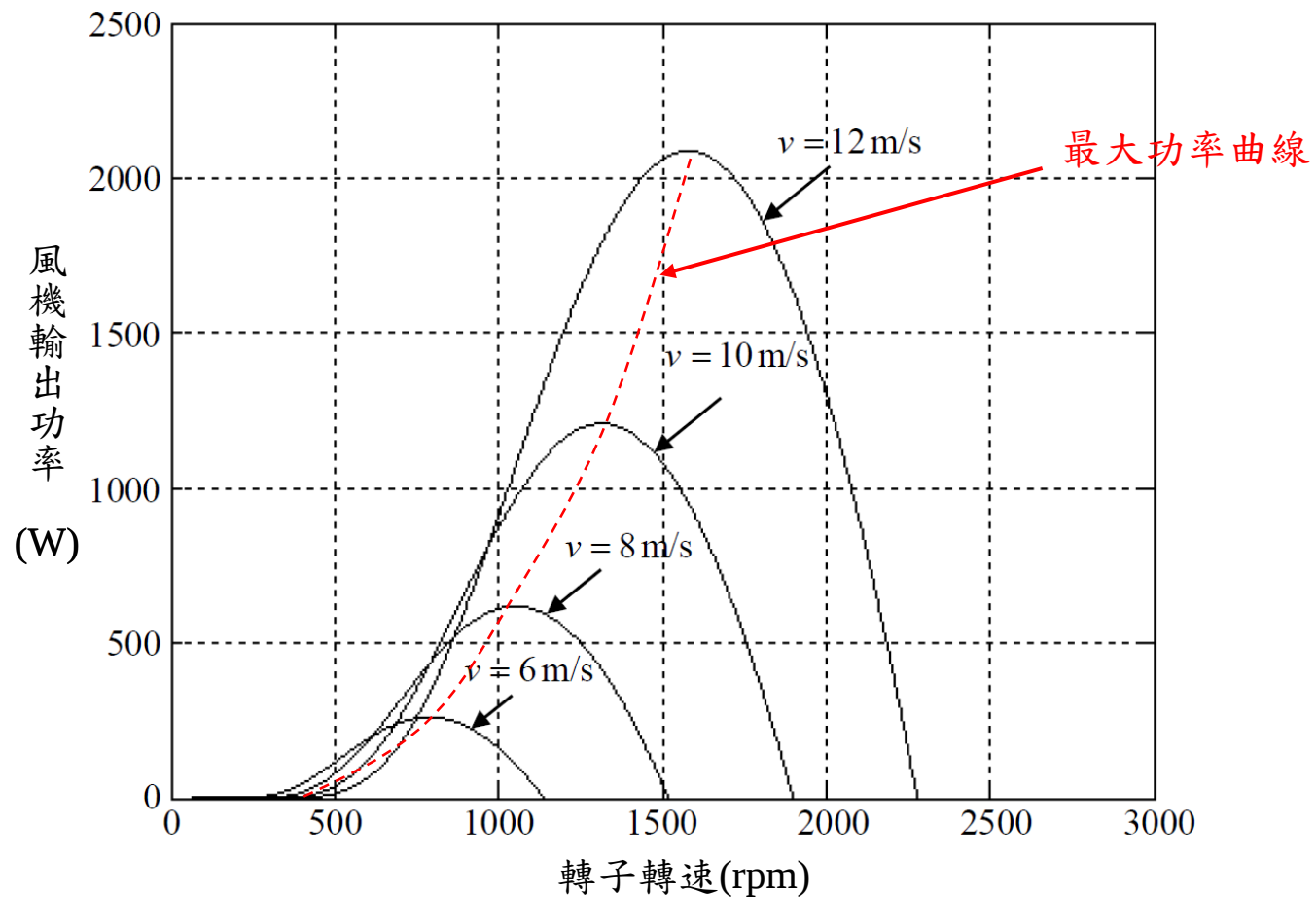
- 感應發電機輸出功率 P_e 可表示如下：

$$P_e = \eta_m \eta_g P_m \approx 0.95 P_m$$

其中，風機機械傳送效率 $\eta_m=0.98$ ，發電機轉換效率 $\eta_g=0.97$ 。

六、併網型風力驅動感應發電機(續)

- 本文所模擬之風機在各種風速情況下，功率輸出-轉子轉速關係圖：



六、併網型風力驅動感應發電機(續)

風機仿真系統於各風速情況之參數對照表

參數 風速	尖端速度比 λ	功率係數 C_p	馬達轉子轉速 ω_m	風機獲得功率 P_m	感應發電機輸出功率 P_e
v = 12 m/s	$\lambda = 5.52$	$C_p = 0.436$	1581 rpm	2084W	1980W
v = 9 m/s	$\lambda = 5.52$	$C_p = 0.436$	1186 rpm	880W	836W
v = 8 m/s	$\lambda = 5.52$	$C_p = 0.436$	1054 rpm	617W	587W
v = 6 m/s	$\lambda = 5.52$	$C_p = 0.436$	790 rpm	263W	250W

六、併網型風力驅動感應發電機(續)

□ 感應發電機系統

- 本文實作中所使用之感應發電機為富田公司所製造之4極、2.2kW、380V、4.7A、2000rpm之三相Y接伺服馬達(SFVF-90MB)，其參數如下所示：

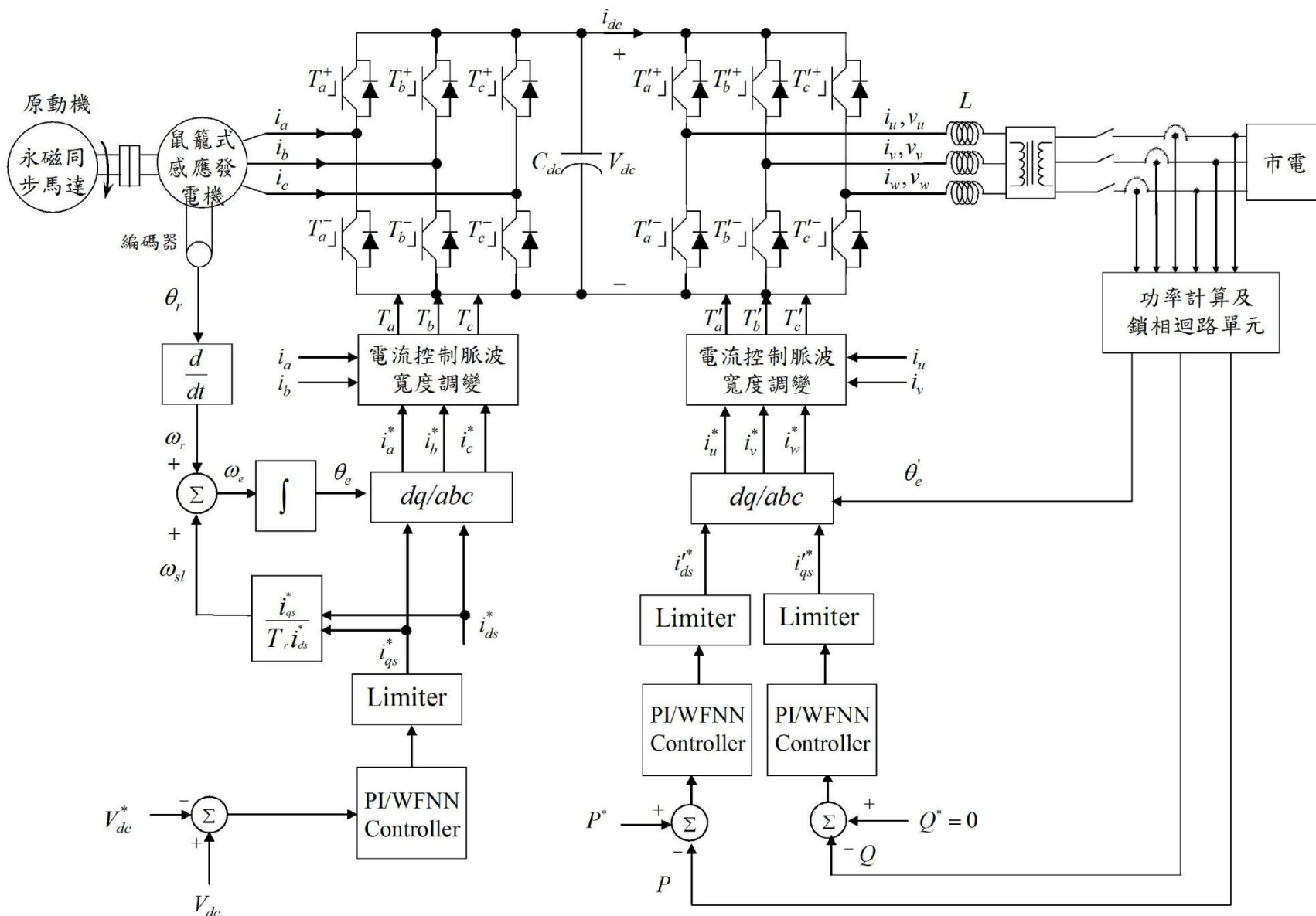
$$R_s = 2.952 \, \Omega, R_r = 1.809 \, \Omega,$$

$$L_s = 0.006459 \, \text{H}, L_r = 0.006577 \, \text{H}, L_m = 0.2123201 \, \text{H}$$

其中 L_s 及 L_r 分別為定子及轉子繞組之漏電感。

- 原動機為Sanyo Denki公司所製造之4極、3.5kW、120V、26.4A、2000rpm之三相Y接永磁同步馬達(P60B18350BXSA3)。

六、併網型風力驅動感應發電機(續)



大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

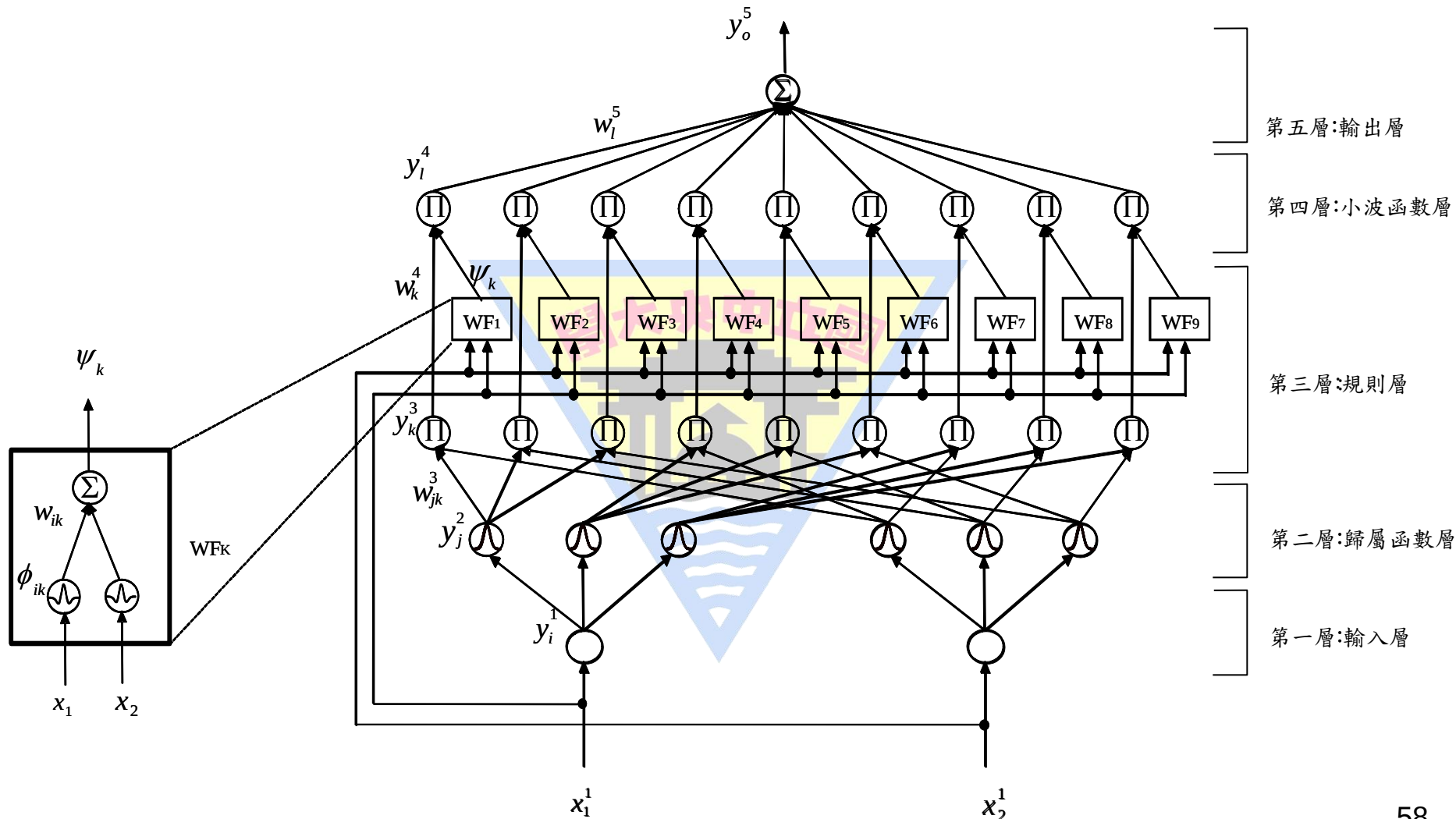
七、小波模糊類神經網路

□ 小波模糊類神經網路架構(WFNN)

- 近年來智慧型控制之發展的崛起，其在解決複雜系統上有良好的效果，如模糊類神經網路FNN其能夠利用模糊推論來處理不確定的資訊與擁有人工智慧的自我學習能力之外，FNN不需額外複雜的數學理論便能夠有效近似非線性與不確定性的系統。
- 根據小波理論的時域及頻域特性，其能夠快速收斂並且能在降低類神經網路大小的情況下提升運算的精確度。
- 本文結合了模糊類神經網路與小波型函數之特性形成WFNN模糊類神經網路，主要是用來改善暫態與穩態響應速度。

七、小波模糊類神經網路(續)

□ 小波模糊類神經網路架構(WFNN)



七、小波模糊類神經網路(續)

□ 小波模糊類神經網路之調整公式

$$\Delta w_l^5 = -\eta_{w1} \frac{\partial V}{\partial w_l^5} = -\eta_{w1} \frac{\partial V}{\partial y_o^5} \frac{\partial y_o^5}{\partial w_l^5} = \eta_{w1} \delta_o^5 y_l^4$$

$$w_l^5(N+1) = w_l^5(N) + \Delta w_l^5$$

$$\Delta w_{ik}^4 = -\eta_{w2} \frac{\partial V}{\partial w_{ik}^4} = -\eta_{w2} \frac{\partial V}{\partial y_o^5} \frac{\partial y_o^5}{\partial y_l^4} \frac{\partial y_l^4}{\partial w_{ik}^4} = \begin{cases} \eta_{w2} \delta_l^4 y_k^3 w_k^4 \phi_{1k}, & i=1 \\ \eta_{w2} \delta_l^4 y_k^3 w_k^4 \phi_{2k}, & i=2 \end{cases}$$

$$w_{ik}^4(N+1) = w_{ik}^4(N) + \Delta w_{ik}^4$$

$$\Delta m_j = -\eta_m \frac{\partial V}{\partial m_j} = -\eta_m \frac{\partial V}{\partial y_o^5} \frac{\partial y_o^5}{\partial y_l^4} \frac{\partial y_l^4}{\partial y_k^3} \frac{\partial y_k^3}{\partial y_j^2} \frac{\partial y_j^2}{\partial m_j} = \eta_m \delta_j^2 y_j^2 \frac{2(y_i^1 - m_j)}{\sigma_j^2}$$

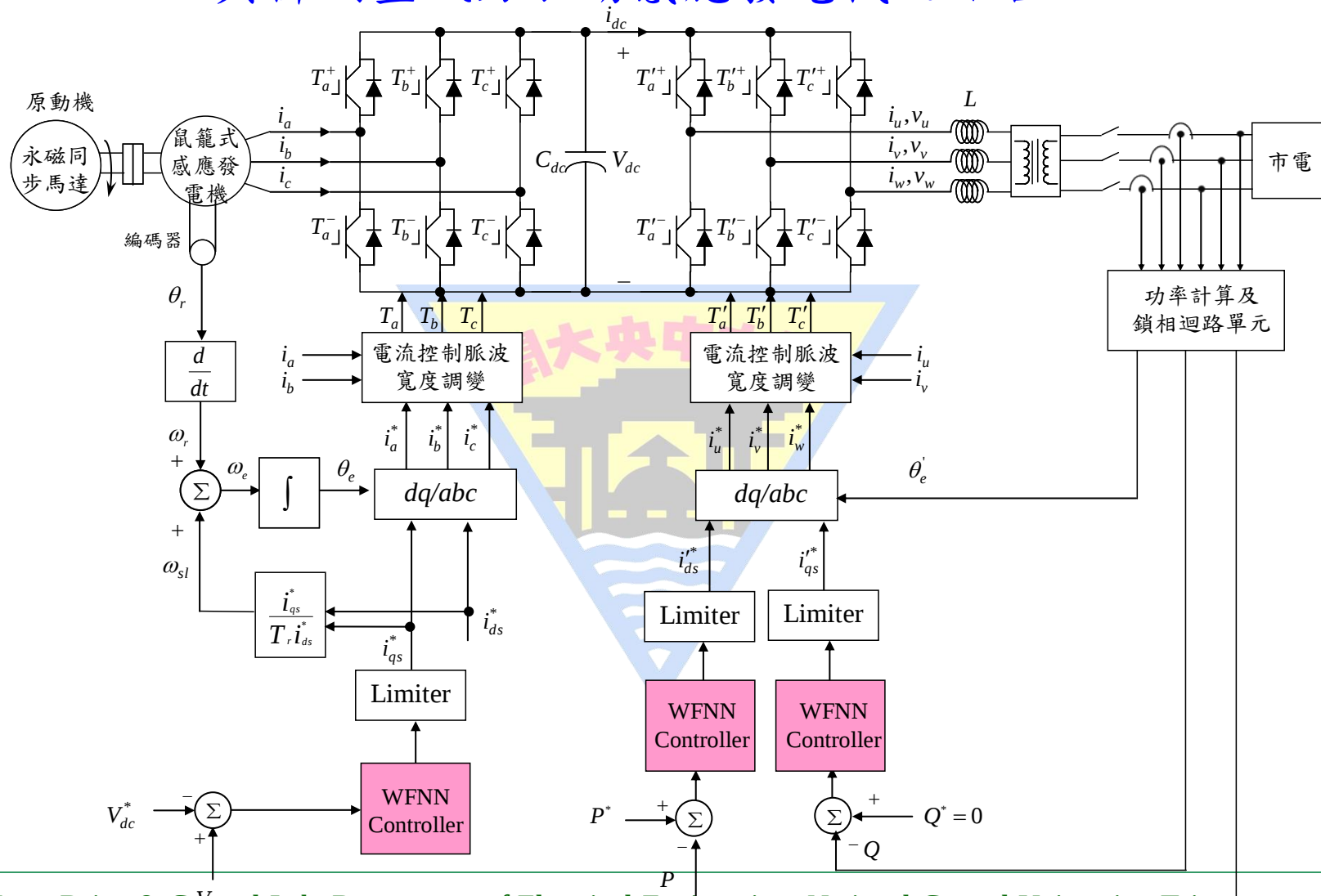
$$m_j(N+1) = m_j(N) + \Delta m_j$$

$$\Delta \sigma_j = -\eta_\sigma \frac{\partial V}{\partial \sigma_j} = -\eta_\sigma \frac{\partial V}{\partial y_o^5} \frac{\partial y_o^5}{\partial y_l^4} \frac{\partial y_l^4}{\partial y_k^3} \frac{\partial y_k^3}{\partial y_j^2} \frac{\partial y_j^2}{\partial \sigma_j} = \eta_\sigma \delta_j^2 y_j^2 \frac{2(y_i^1 - m_j)^2}{\sigma_j^3}$$

$$\sigma_j(N+1) = \sigma_j(N) + \Delta \sigma_j$$

七、小波模糊類神經網路(續)

□ WFNN與併網型風力驅動感應發電機之結合

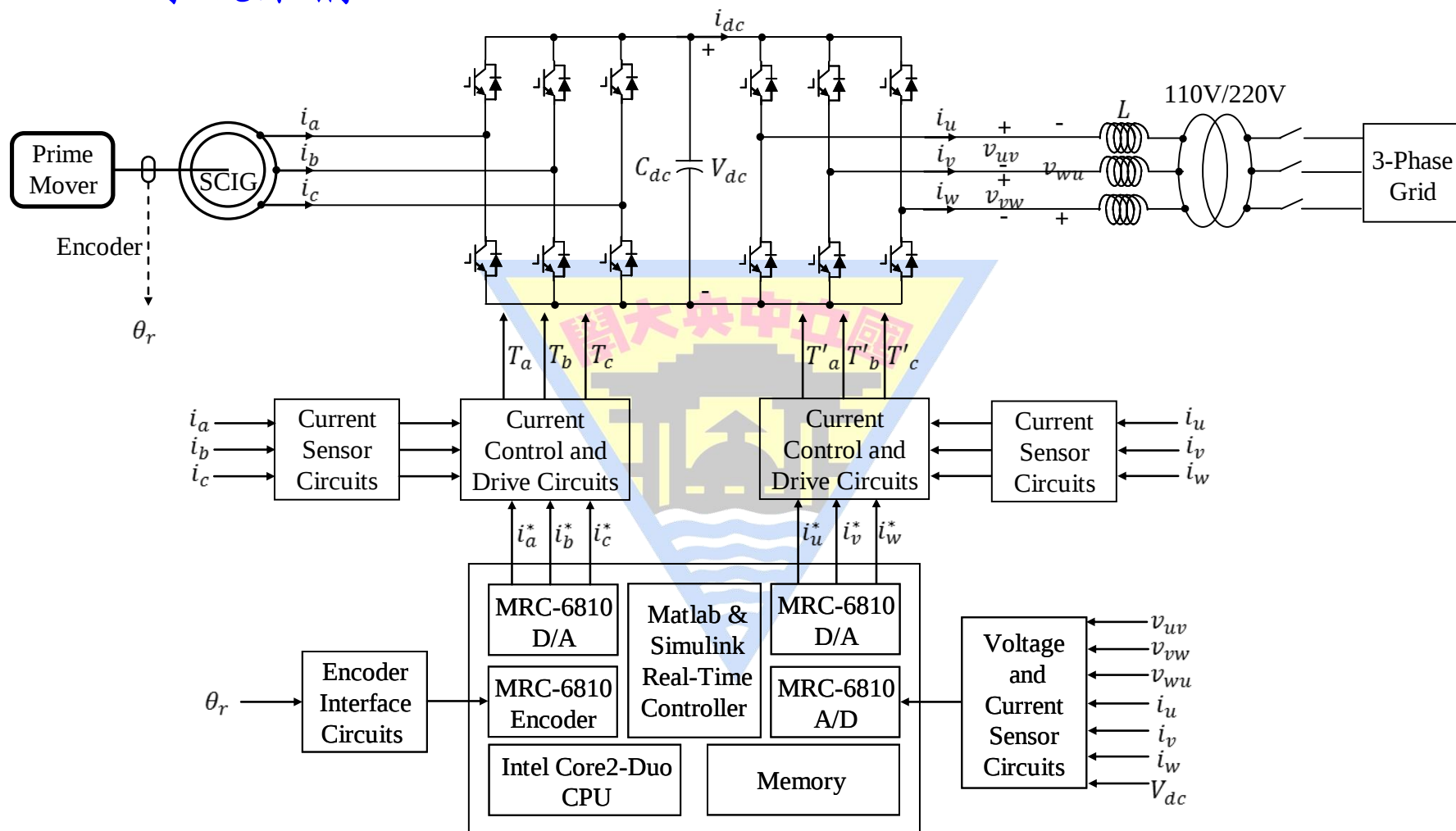


大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果

□ 系統架構



八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果(續)

□ 實驗系統



八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果(續)

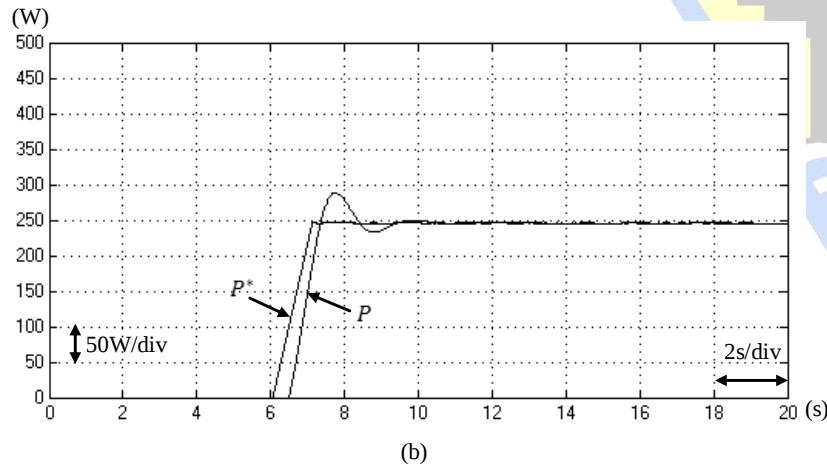
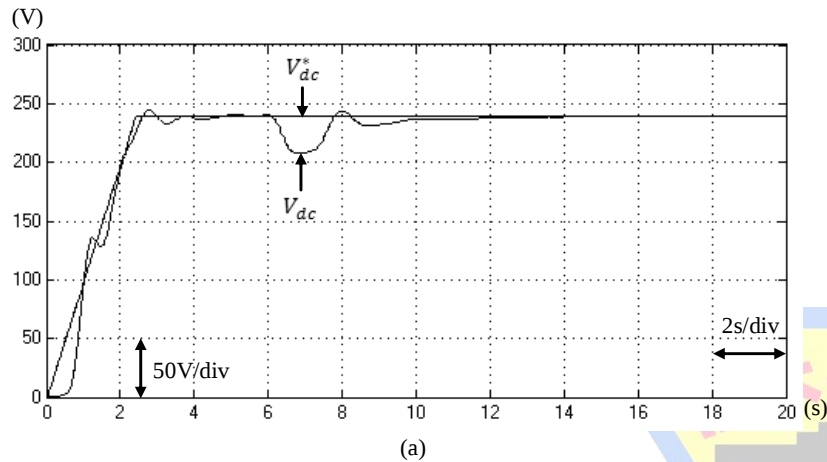
□ 實驗測試狀態

- 狀態一: 定轉子轉速790rpm ($v=6\text{m/s}$)，實功率命令250W。
- 狀態二: 定轉子轉速1581rpm ($v=12\text{m/s}$)，實功率命令1980W。
- 狀態三: 變動轉子轉速以模擬實際風機不同風速之情形，首先轉子轉速由1054rpm ($v=8\text{m/s}$)調整至1186rpm ($v=9\text{m/s}$) 再調整至790rpm ($v=6\text{m/s}$)最後再改並至1581rpm ($v=12\text{m/s}$)，實功率命令分別為587W、836W、250W及1980W。

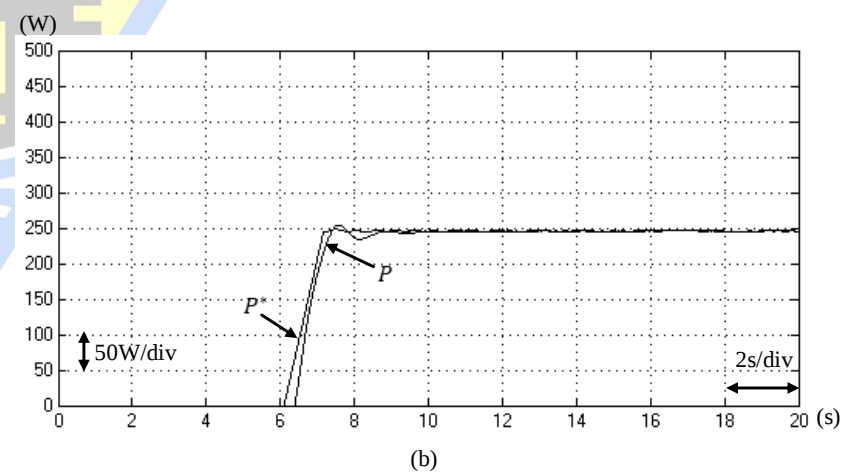
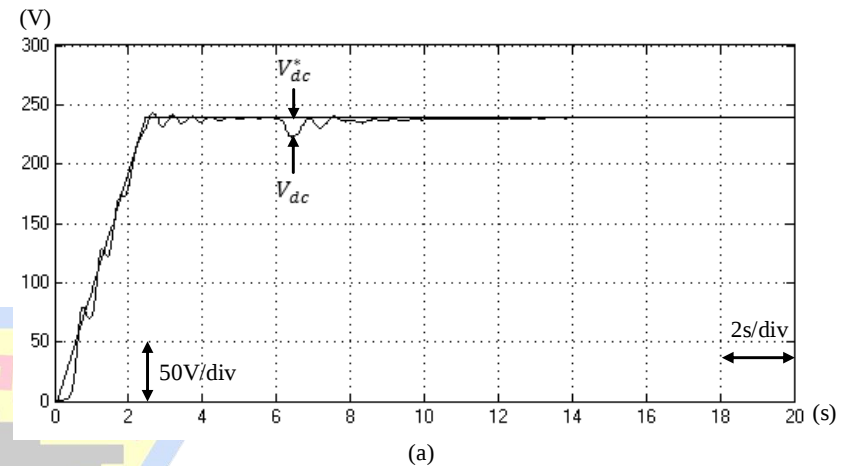
上述三種測試狀態之功率整流器磁場控制電流 i_{ds}^* 均為5.4A，
直流鏈電壓命令 V_{dc}^* 為240V，虛功率命令 Q^* 為0var。

八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果(續)

□ 實驗結果-狀態一定轉子轉速790rpm



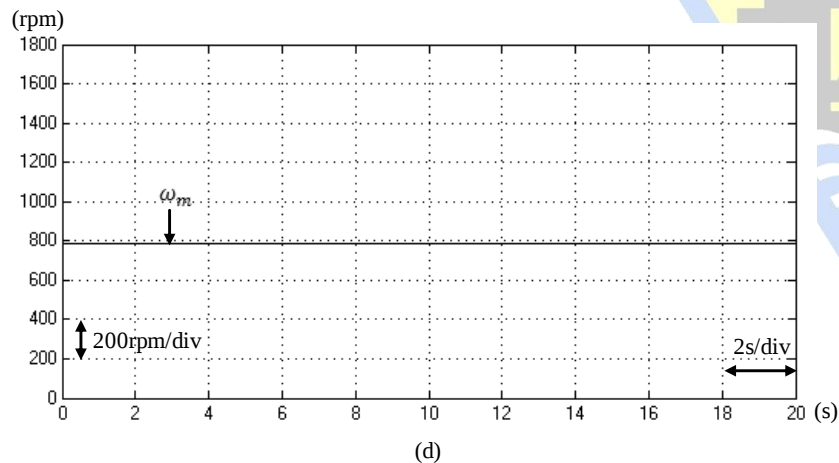
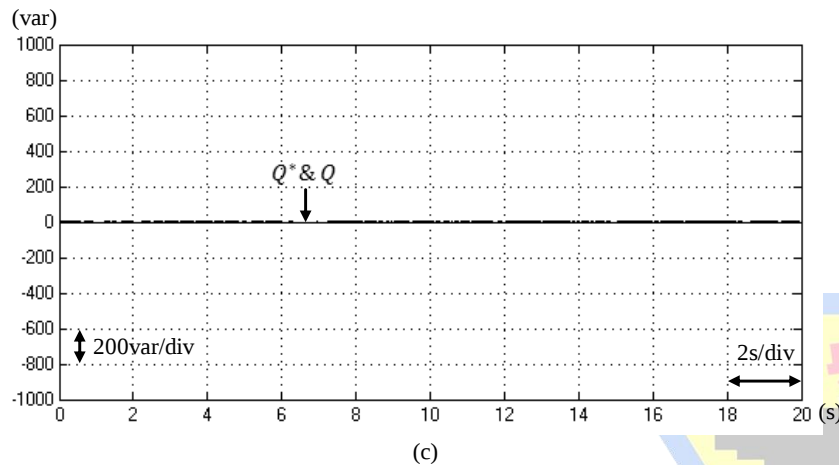
PI control



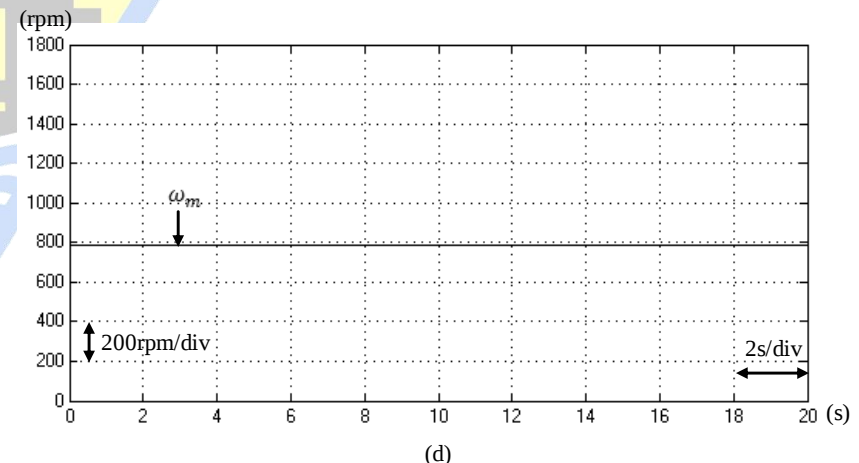
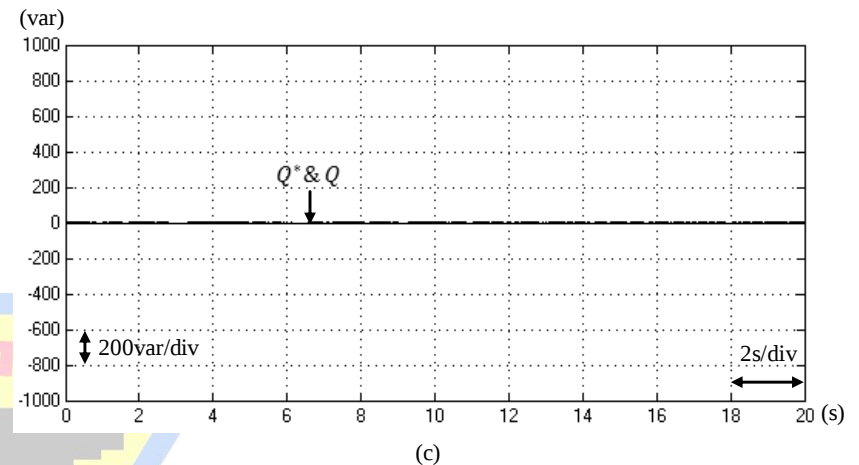
WFNN control

八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果(續)

□ 實驗結果-狀態一定轉子轉速790rpm



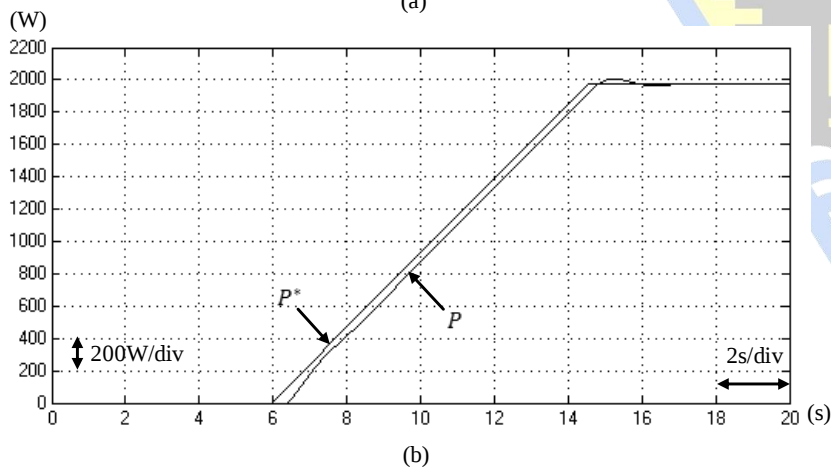
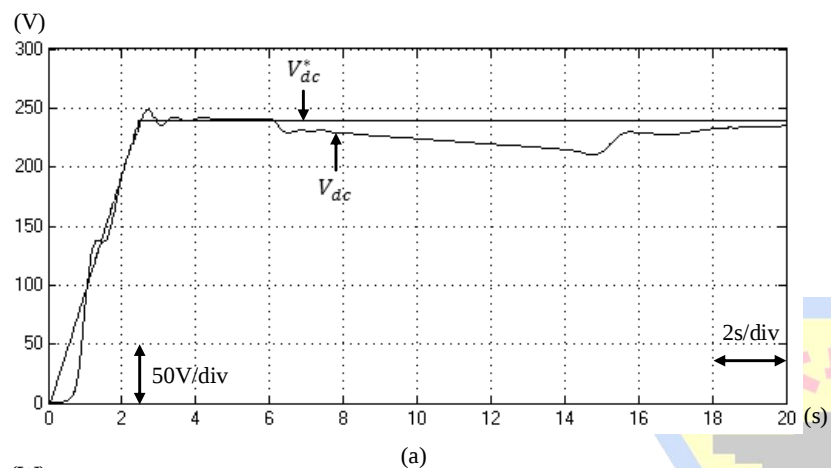
PI control



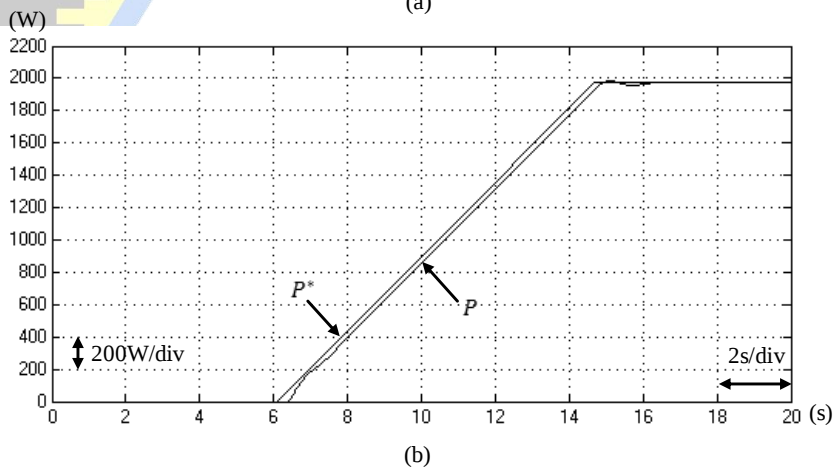
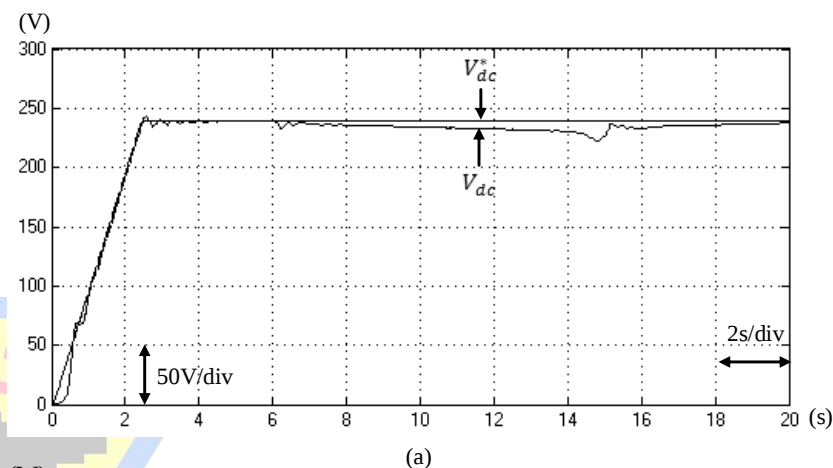
WFNN control

八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果(續)

□ 實驗結果-狀態二定轉子轉速1581rpm



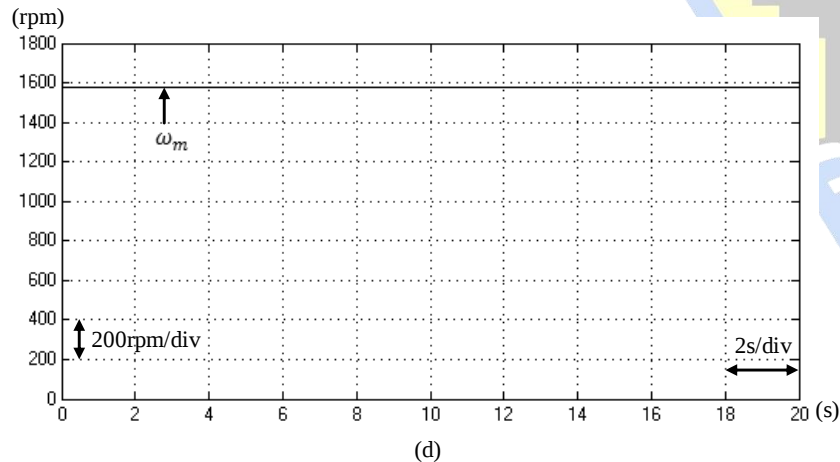
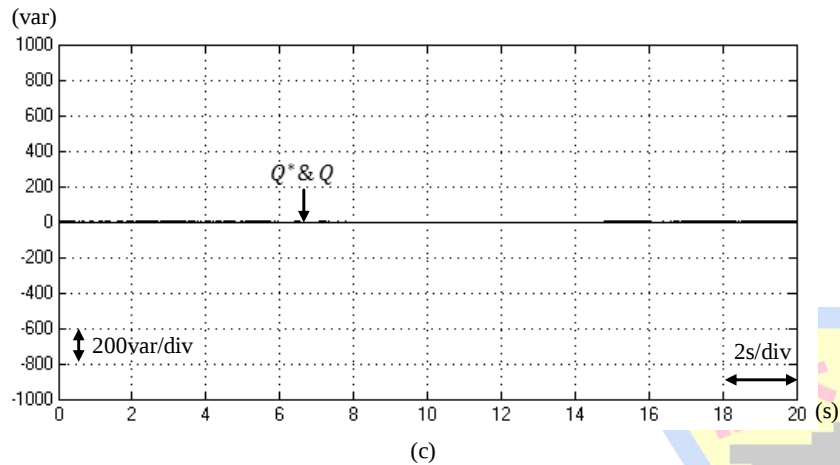
PI control



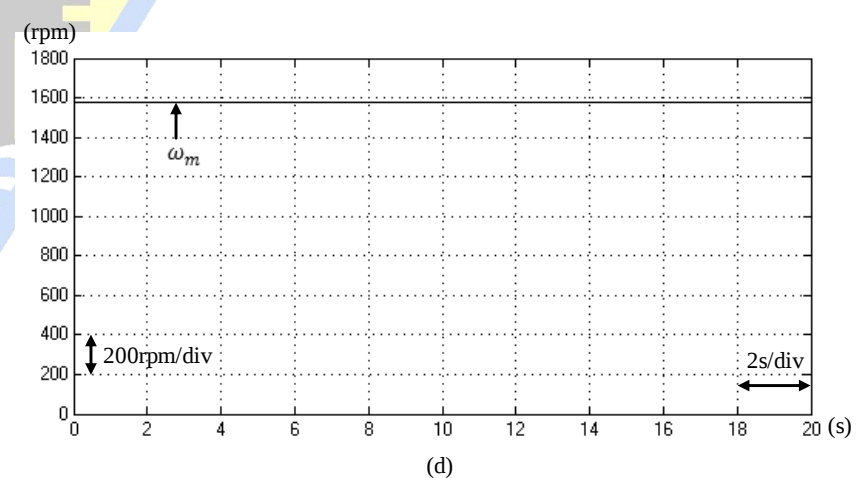
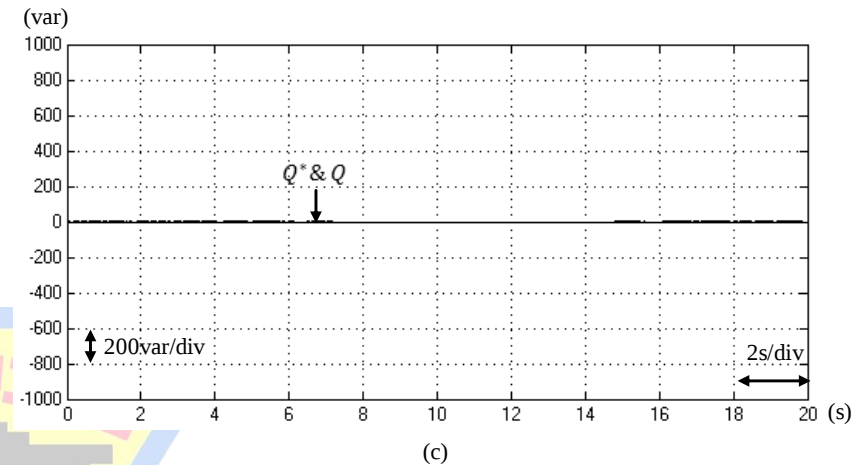
WFNN control

八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果(續)

□ 實驗結果-狀態二定轉子轉速1581rpm



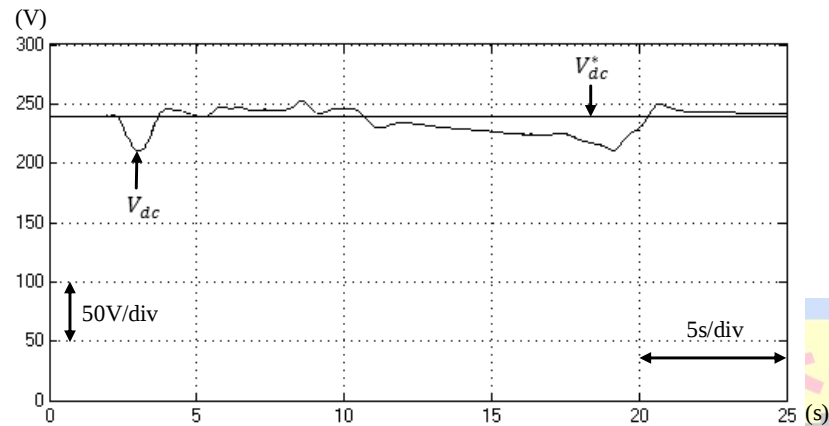
PI control



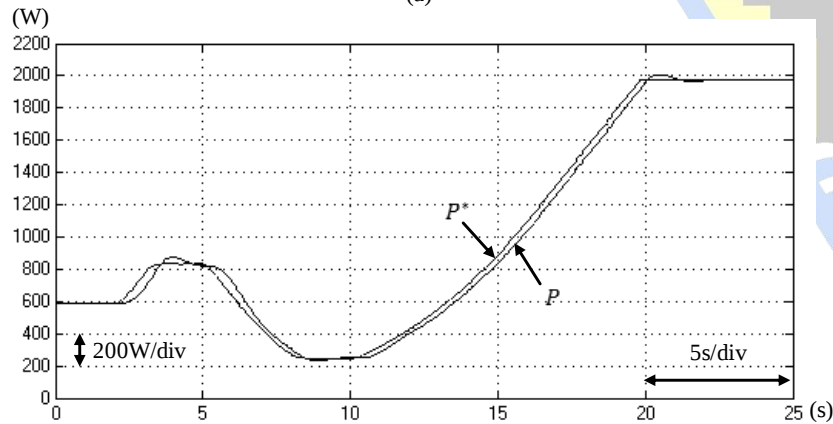
WFNN control

八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果(續)

□ 實驗結果-狀態三變動轉子轉速

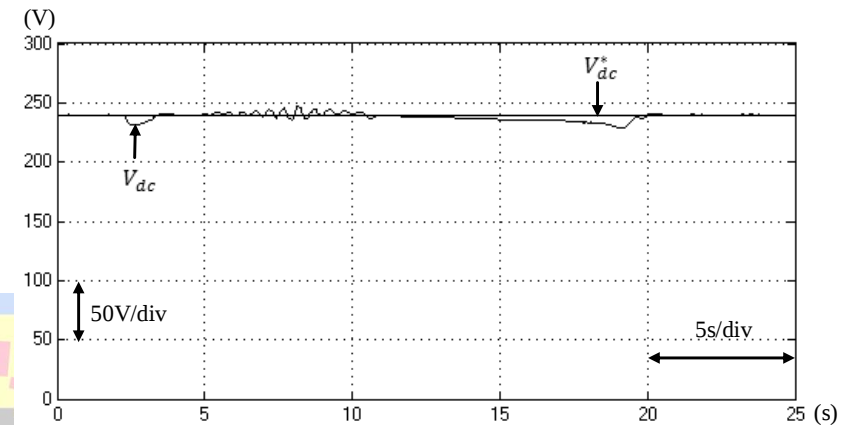


(a)

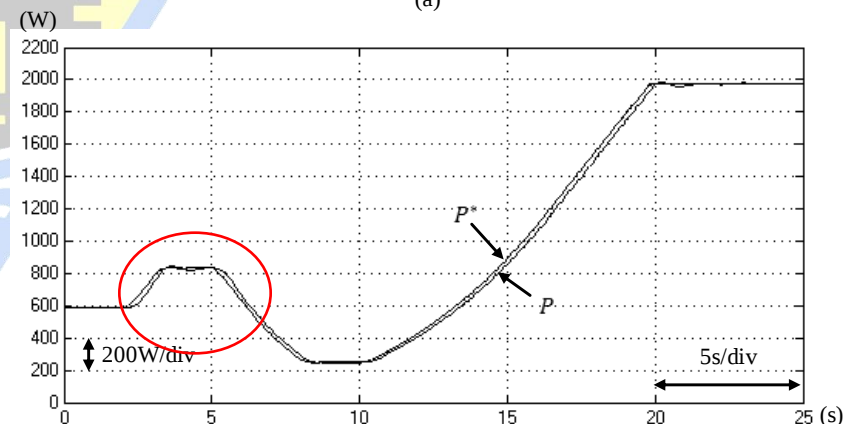


(b)

PI control



(a)

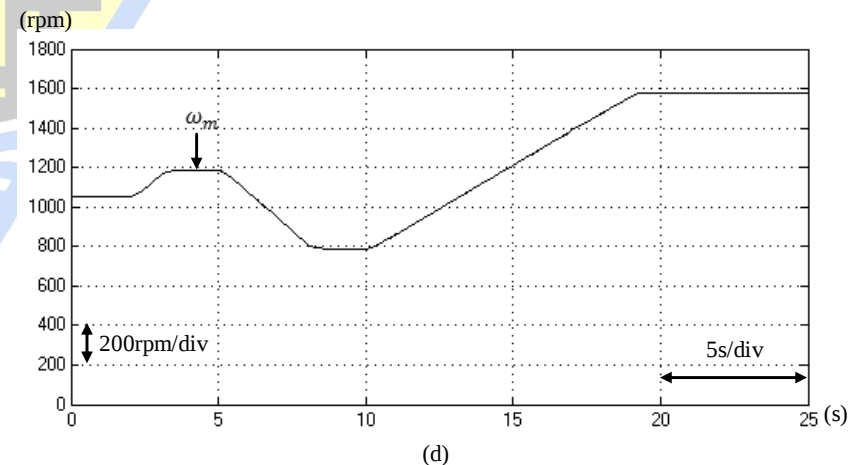
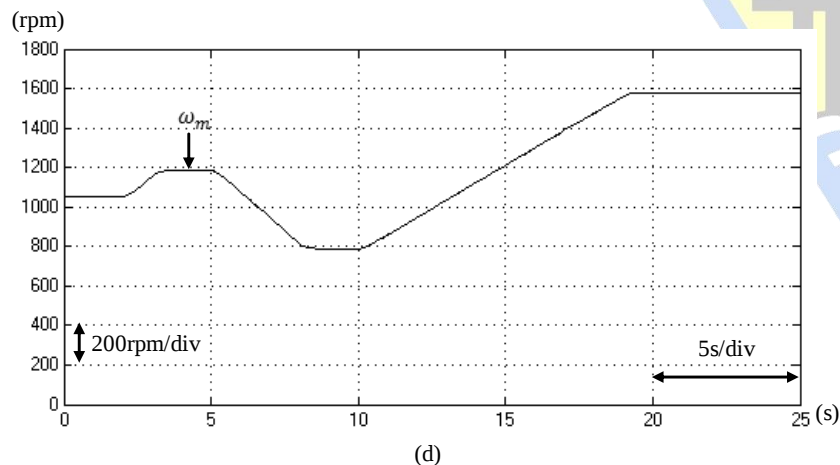
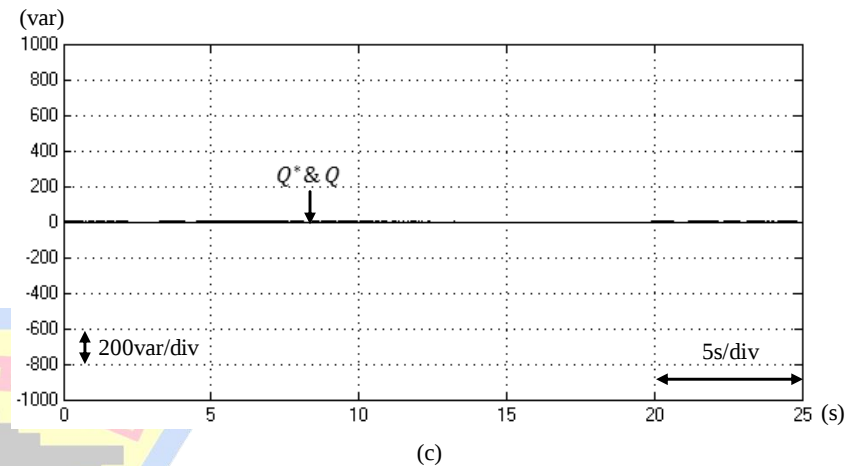
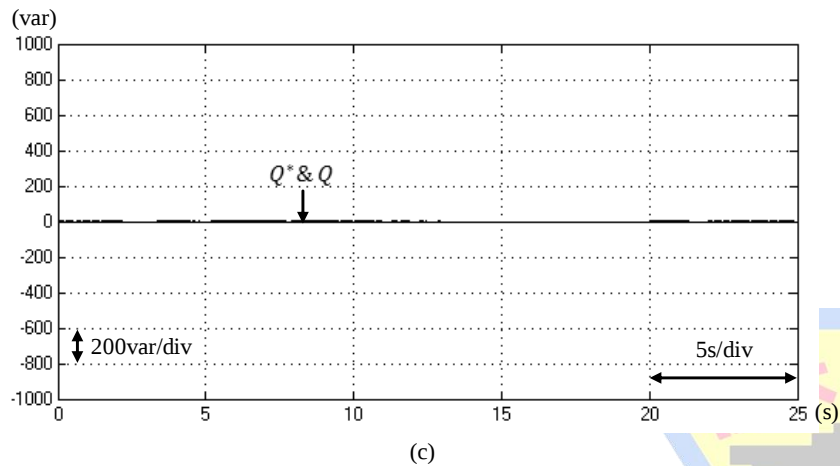


(b)

WFNN control

八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果(續)

□ 實驗結果-狀態三變動轉子轉速

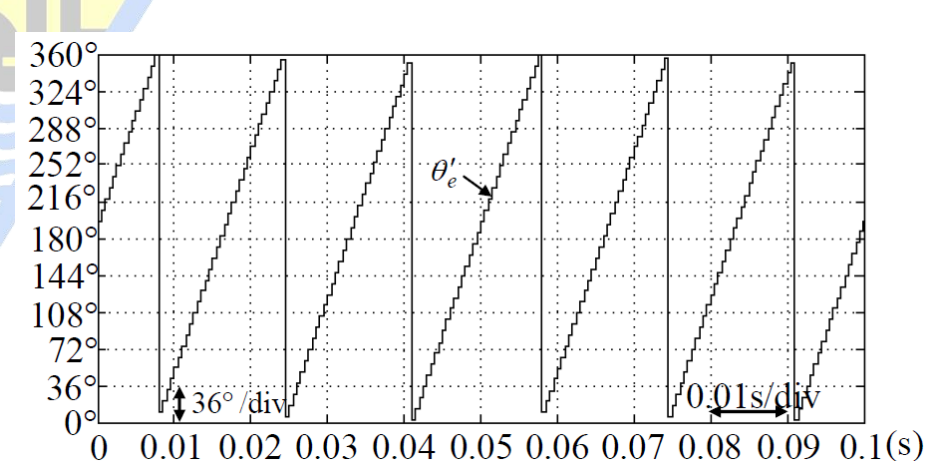
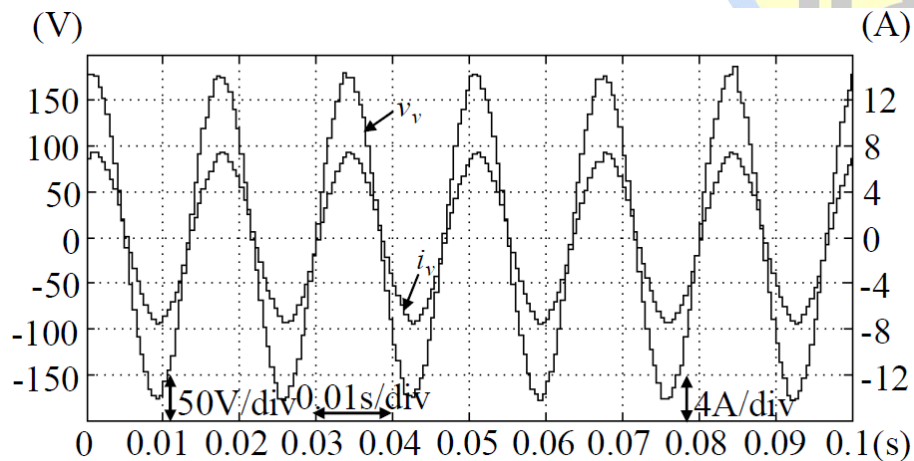
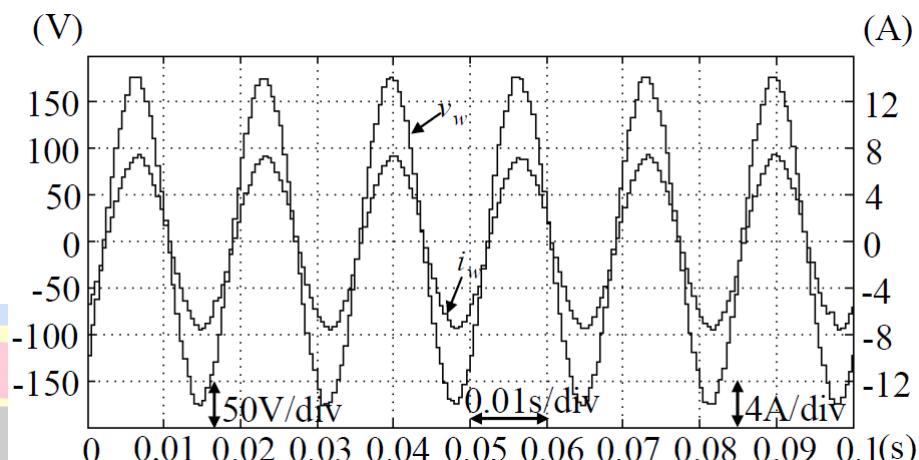
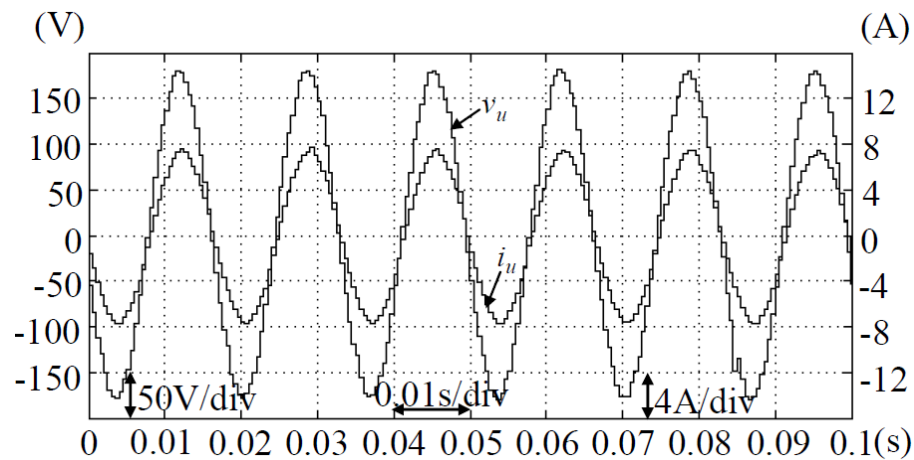


PI control

WFNN control

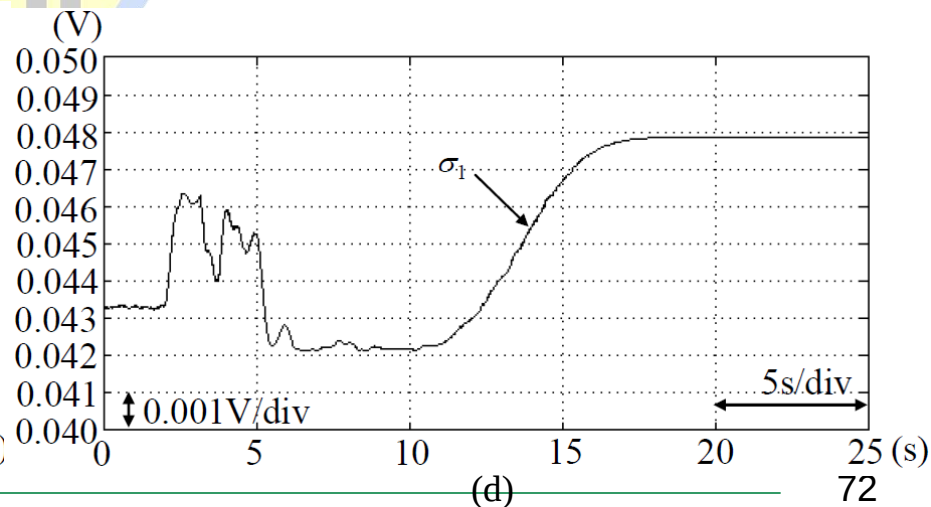
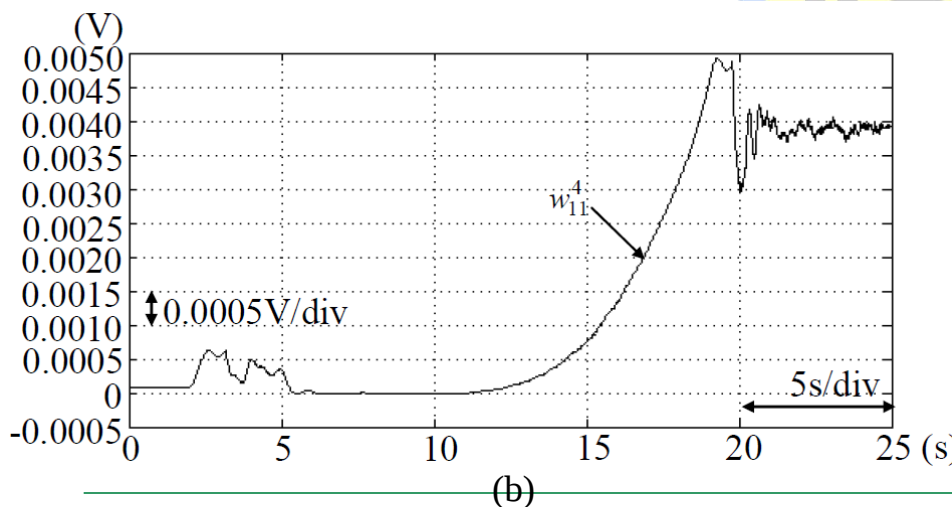
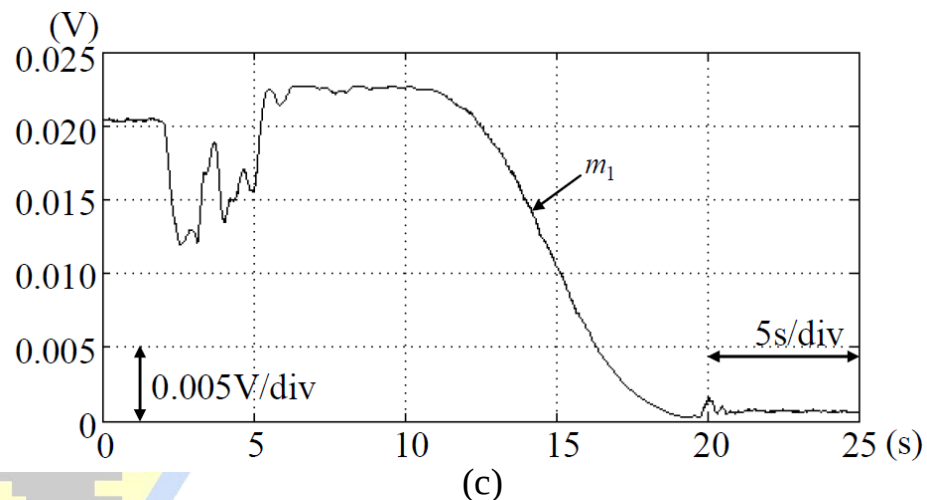
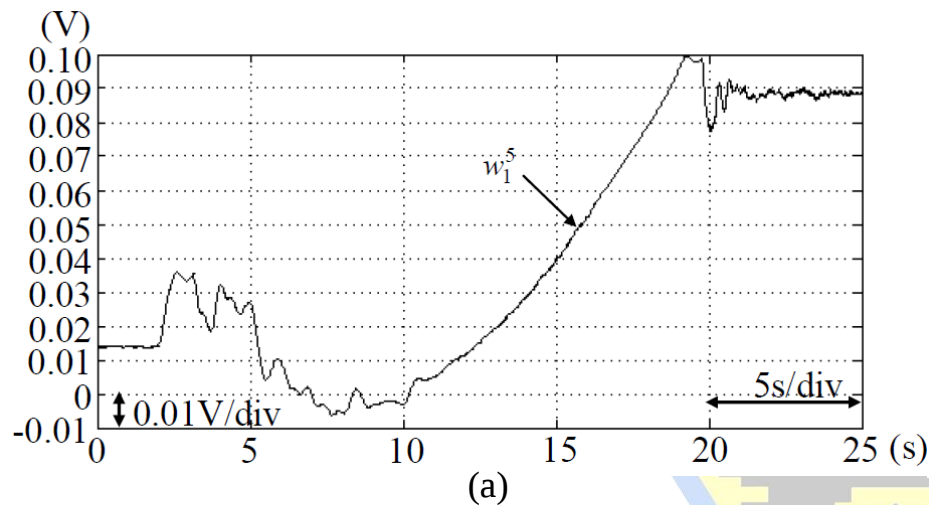
八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果(續)

□ 實驗結果-鎖相迴路狀態二響應



八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果(續)

□ 實驗結果-WFNN於狀態三網路參數響應圖



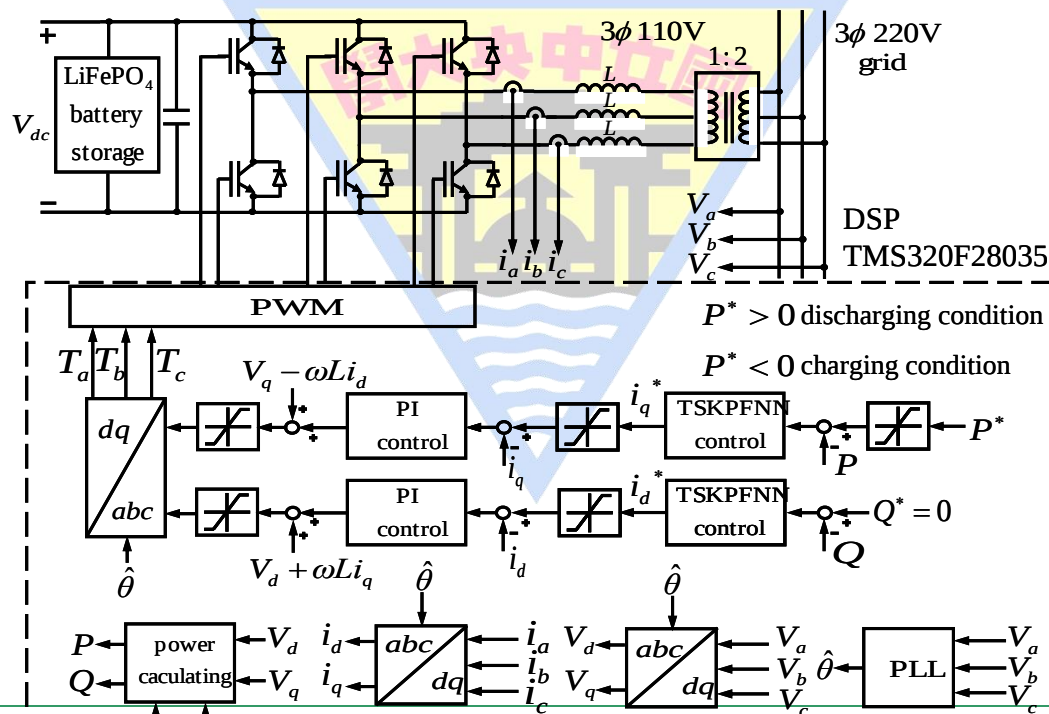
大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

九、儲能系統與微渦輪發電機

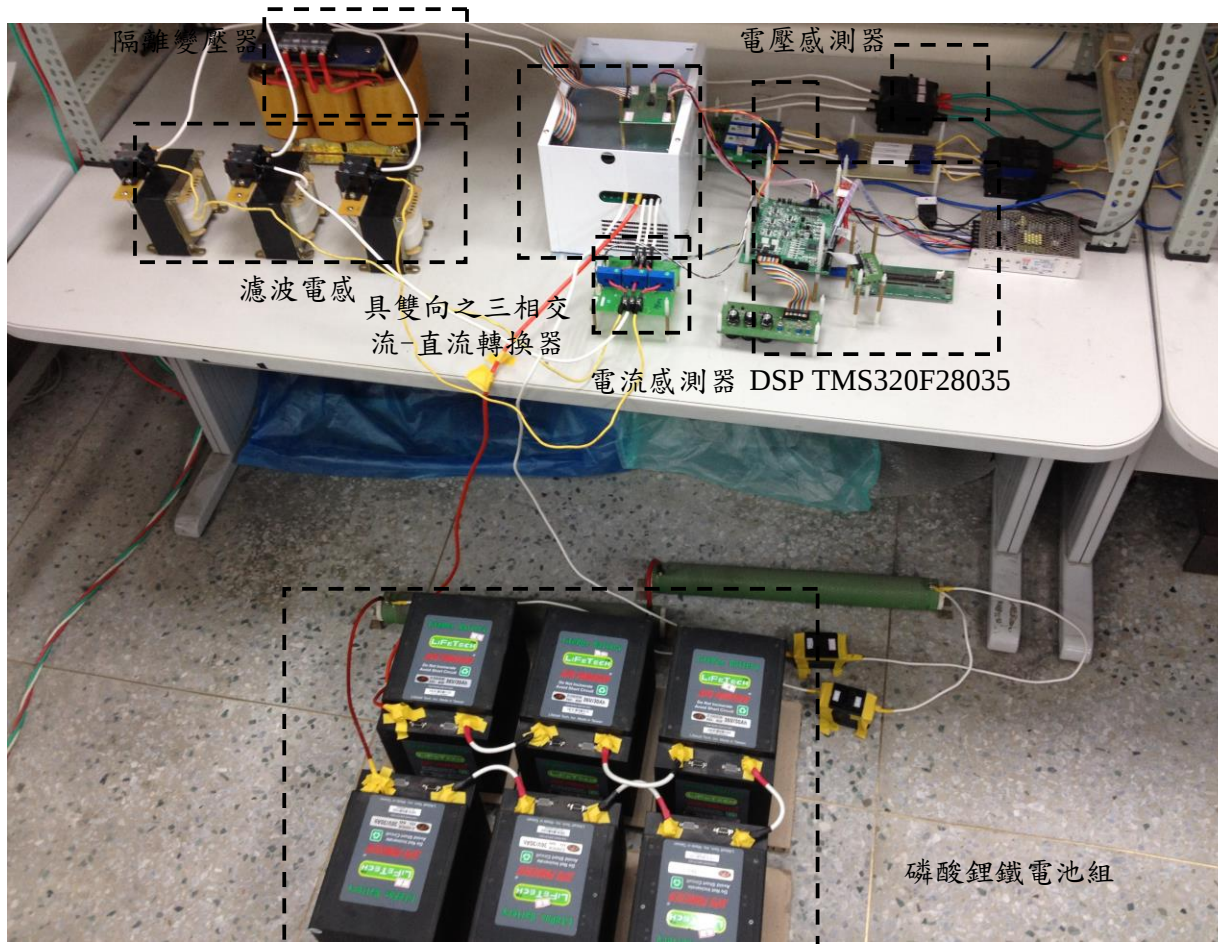
□ 儲能系統：磷酸鋰鐵電池 [63,64]

●因本文所發展之微電網包含儲能系統與微渦輪發電機等分散式電源，故加以說明其運作原理。在儲能系統部分，實驗室已完成建置磷酸鋰鐵電池，其主要由磷酸鋰鐵電池組與具雙向功率流動之三相交流/直流(AC/DC)轉換器所組成，並連接至市電端，最後以鎖相迴路法達到與市電電壓同步。



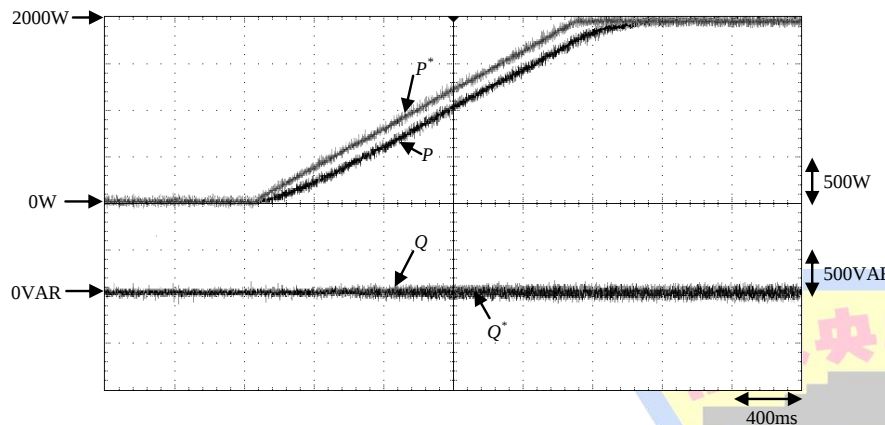
九、儲能系統與微渦輪發電機(續)

□ 磷酸鋰鐵電池實驗系統

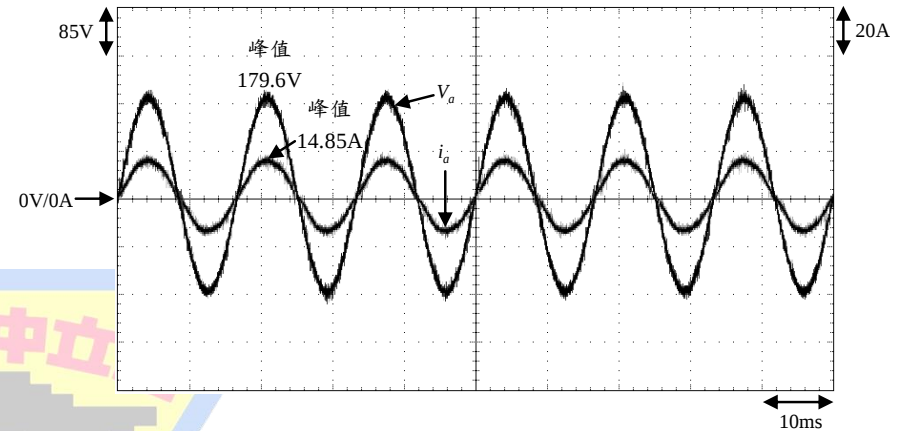


九、儲能系統與微渦輪發電機(續)

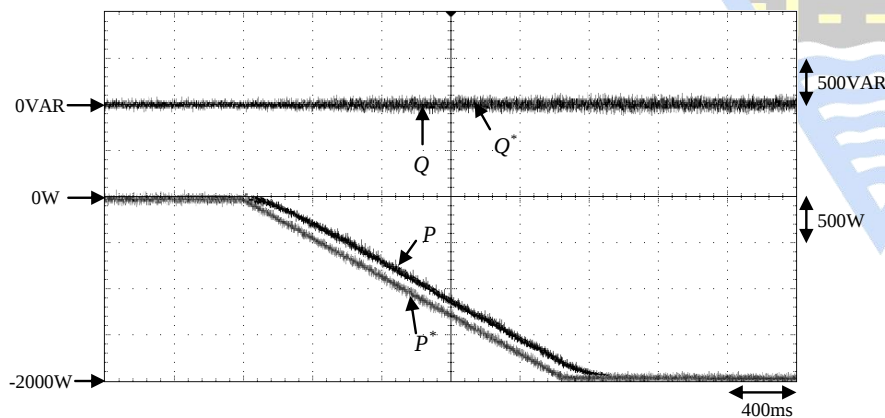
□ 實驗結果-充放電模式暫態與穩態響應



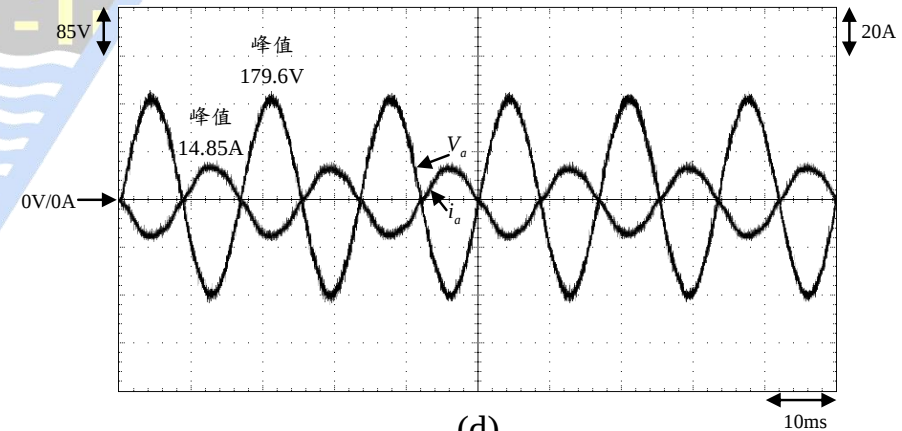
(a)



(c)



(b)

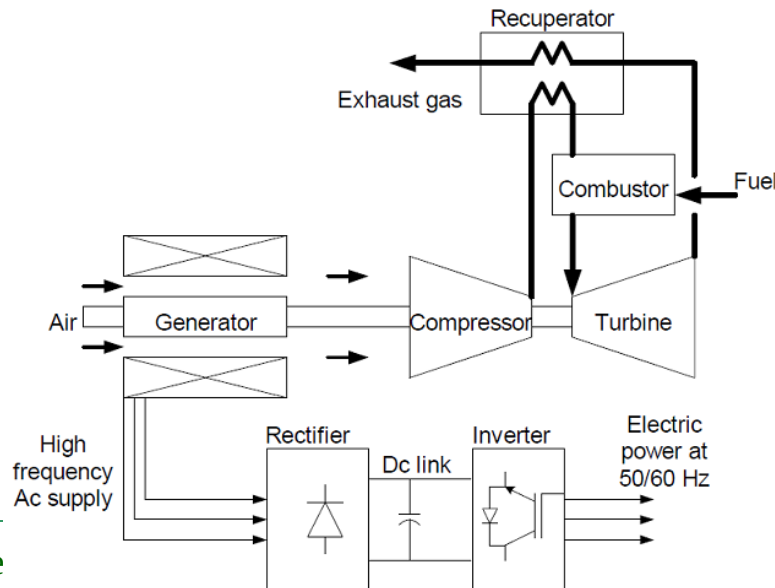


(d)

九、儲能系統與微渦輪發電機(續)

□ 微渦輪發電機運作原理

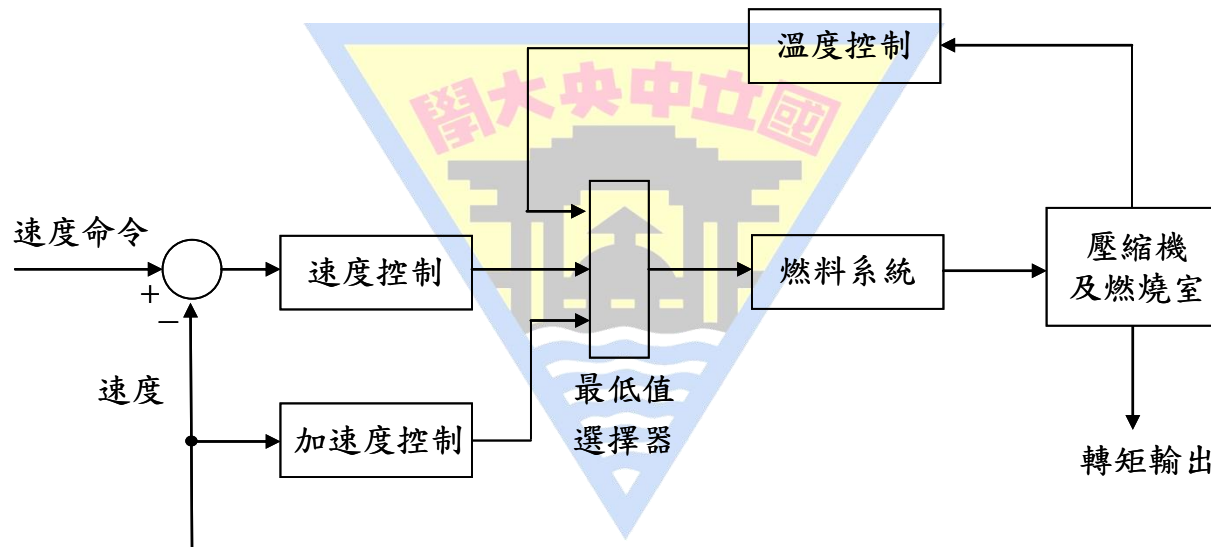
- 微渦輪發電機是由一渦輪機驅動永磁同步發電機，微渦輪發電機可區分**高速單軸渦輪機**與**分軸渦輪機**兩大類，單軸渦輪機是將壓縮機與發電機固定在同一轉軸，故操作在高轉速、高頻率之下（1500Hz至4000Hz）最後可藉由換流器轉換至60Hz交流電源與市電併網。分軸渦輪機則是藉由齒輪箱與傳統發電機連結，因此可直接產生60Hz交流電源[65-68]，而目前較為採用者為高速單軸渦輪機，故本文以單軸渦輪機為主並介紹其運作原理。



九、儲能系統與微渦輪發電機(續)

□ 微渦輪發電機運作原理

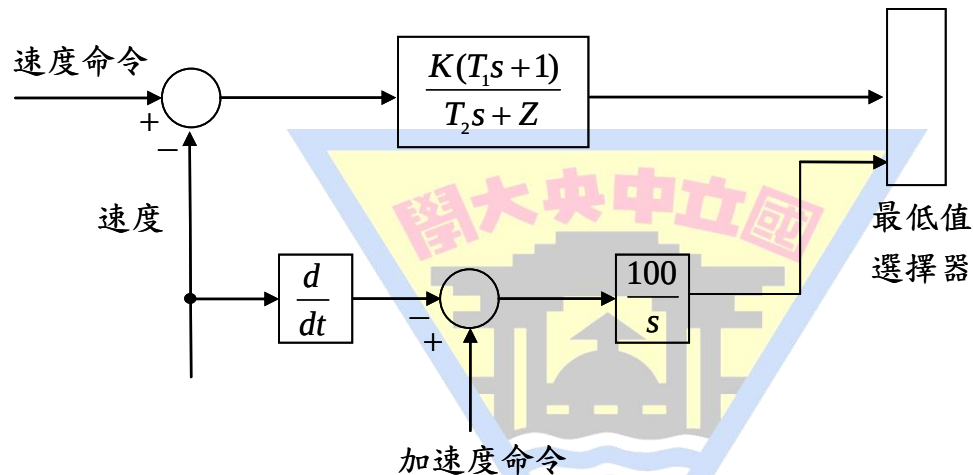
- 微渦輪發電機主要是由速度與加速度控制、溫度控制及燃料系統三種模組構成。



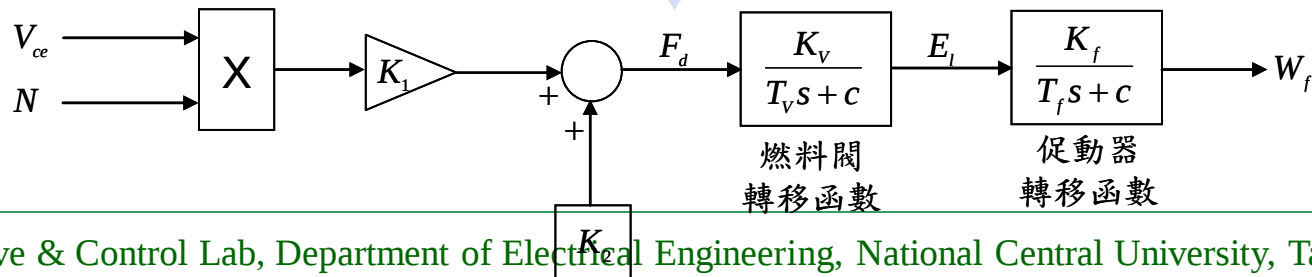
九、儲能系統與微渦輪發電機(續)

速度及加速控制

- 加速控制主要做為微渦輪機啟動時之加速控制，當達到操作速度時，加速控制隨即停止。



燃料系統



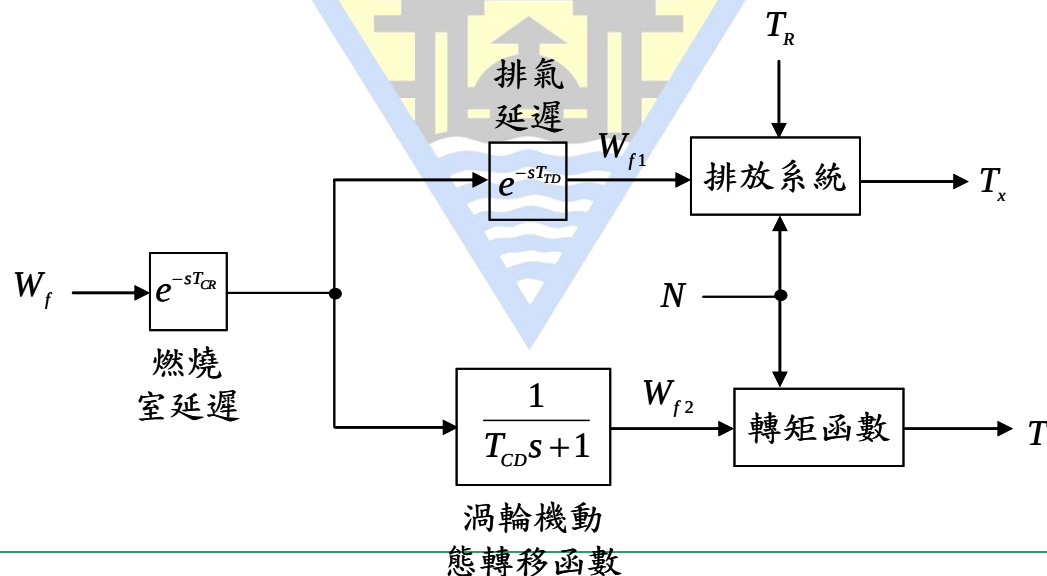
九、儲能系統與微渦輪發電機(續)

□ 壓縮機與渦輪機

- 壓縮機與渦輪機為微渦輪機之心臟，其本質為一線性非動態設備。在此系統中，轉矩 T 及排氣溫度 T_x 特性將可表示如下：

$$T = K_{HHV} (W_{f2} - 0.23) + 0.5(1 - N)(Nm)$$

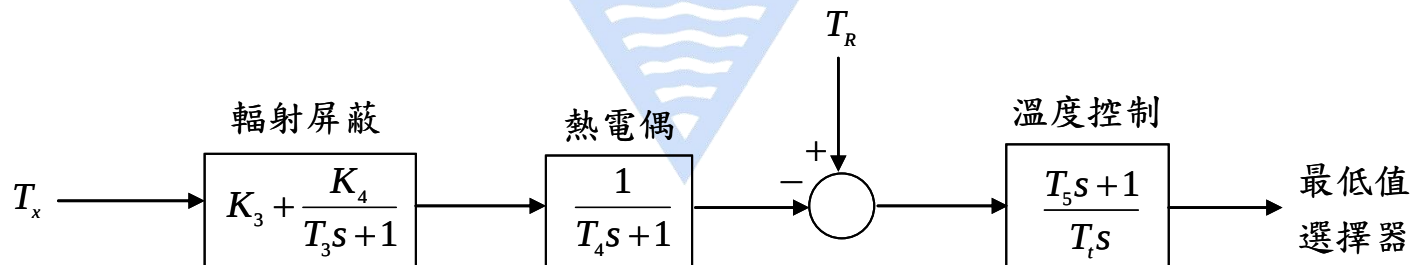
$$T_x = T_R - 700(1 - W_{f1}) + 550(1 - N)(^{\circ}F)$$



九、儲能系統與微渦輪發電機(續)

□ 溫度控制

- 溫度控制為微渦輪機輸出功率限制在一預設之操作溫度，燃料在燃燒過程將產生排氣溫度與轉矩，產生排氣溫度可藉由一連串熱電偶量測出。熱電偶之輸出將與溫度命令比較，當溫度命令大於熱電偶之輸出，則將可保證微渦輪機操作在速度控制之情況，但當溫度命令小於熱電偶之輸出，此代表溫度控制之輸出將逐漸減少，因此溫度控制之輸出將低於速度控制之輸出，因而在最低值選擇器將選擇溫度控制之輸出，故可達到限制微渦輪機之功率輸出。



大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

十、微電網系統控制法則與模擬

□ 微電網系統控制法則

- 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時，微電網將即時與市電解聯並獨立運轉，稱為**孤島運轉模式**。
- 在微電網系統中最重要的**議題**為功率分配亦即**電能管理**，在併網模式運作時，市電與微電網內各分散式電源將一起負責負載所需功率並達到供需平衡，而當在孤島運轉模式時，由於微電網已與市電脫離，微電網內分散式電源將適時改變輸出功率，以符合負載供需平衡。
- **併網**模式運作時，微電網**系統的電壓與頻率**皆完全**由市電所箝制**，而當市電發生異常脫離進入**孤島運轉模式**時，由於**供需的不平衡**，將導致微電網**系統的電壓與頻率造成波動**，嚴重的話將導致微電網系統無法運作而崩潰。

十、微電網系統控制法則與模擬(續)

□ 微電網系統控制法則

- 定功率控制法:為各分散式電源依已預先設定之實、虛功率命令來輸出功率。
- 電壓、頻率控制法:主要是控制及穩定系統電壓與頻率，而忽略分散式電源功率之改變輸出。
- 下降控制法:下降控制法有電壓控制性能較差、高電壓失真及市電恢復重新同步之問題。

$$f_{\min} - f = -k_p (P_{\max} - P)$$

$$V_{\min} - V = -k_Q (Q_{\max} - Q)$$

十、微電網系統控制法則與模擬(續)

□ 微電網系統控制法則(系統層級)

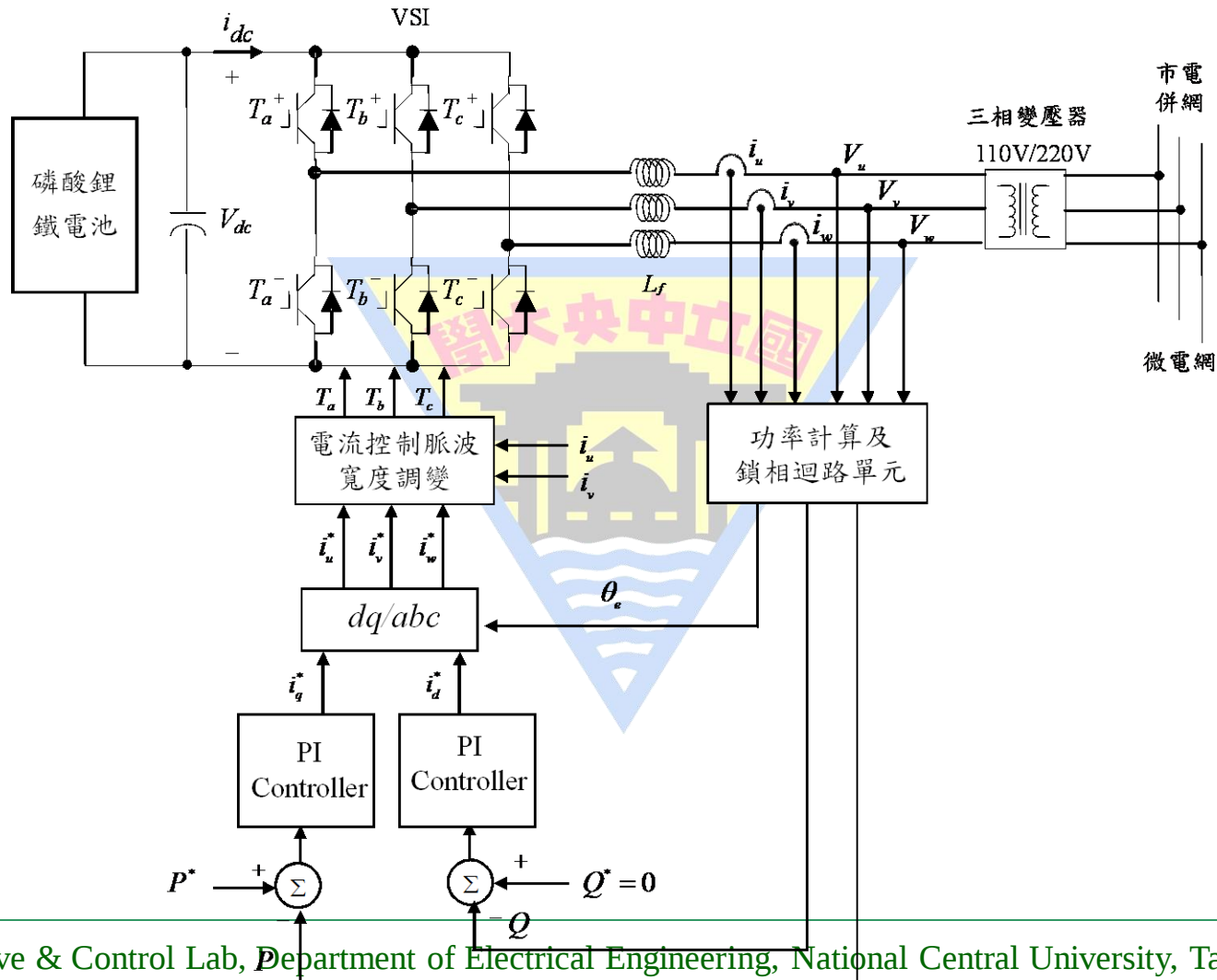
- 主、從控制模式:最主要是當微電網孤島運轉時，將其中一個分散式電源由原先定功率控制法轉換成電壓、頻率控制法，而其他分散式電源則仍然維持定功率控制。
- 分級控制模式:通常會有一個中央控制器負責收集各分散式電源電壓、電流、頻率及負載需求等相關訊息，並且依據現況預測及調節各分散式電源之輸出與負載卸除等。

□ 微電網系統PSIM模擬

- 本文採用主、從控制模式，以PSIM軟體模擬分散式電源功率分配，其中以儲能系統當作微電網控制主機(Master)，而風力發電機及微渦輪發電機等分散式電源則定位為從屬(Slave)部分，當在併網模式運作時，各分散式電源皆控制實、虛功率之輸出，而在進入孤島運轉時，風力發電機及微渦輪發電機依然輸出固定功率，而儲能系統即微電網控制主機則負責穩定微電網的電壓及頻率，並依據負載所需調整輸出功率。

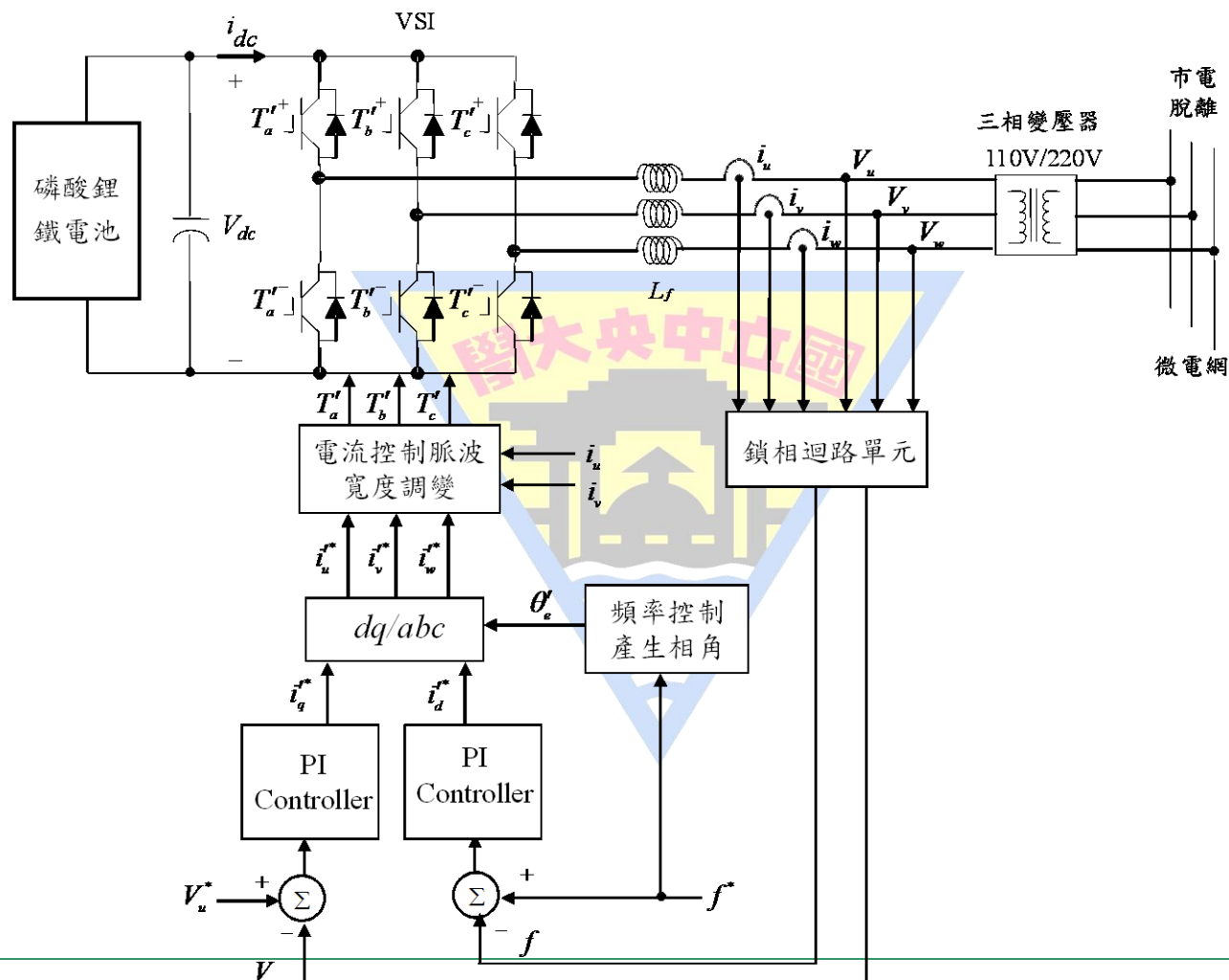
十、微電網系統控制法則與模擬(續)

儲能系統於微電網併網控制方塊圖



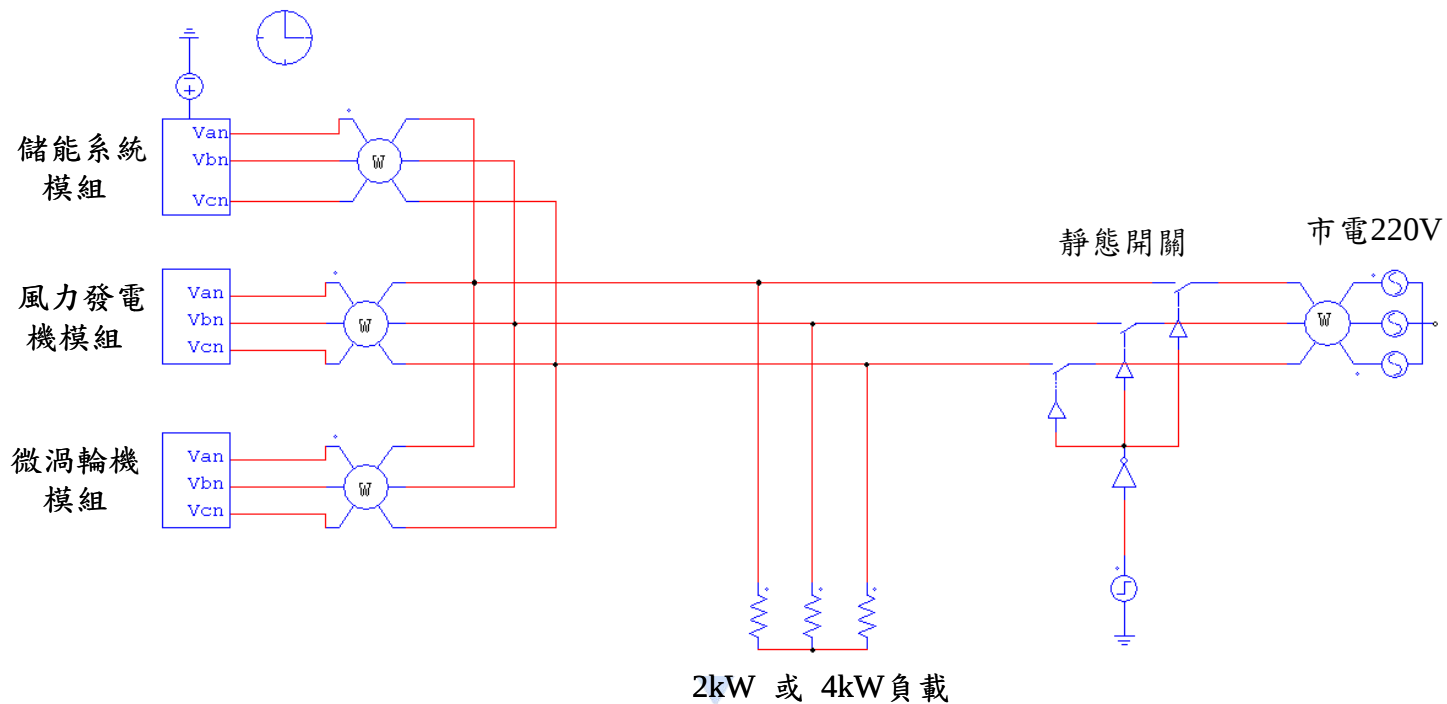
十、微電網系統控制法則與模擬(續)

□ 儲能系統於孤島運轉控制方塊圖



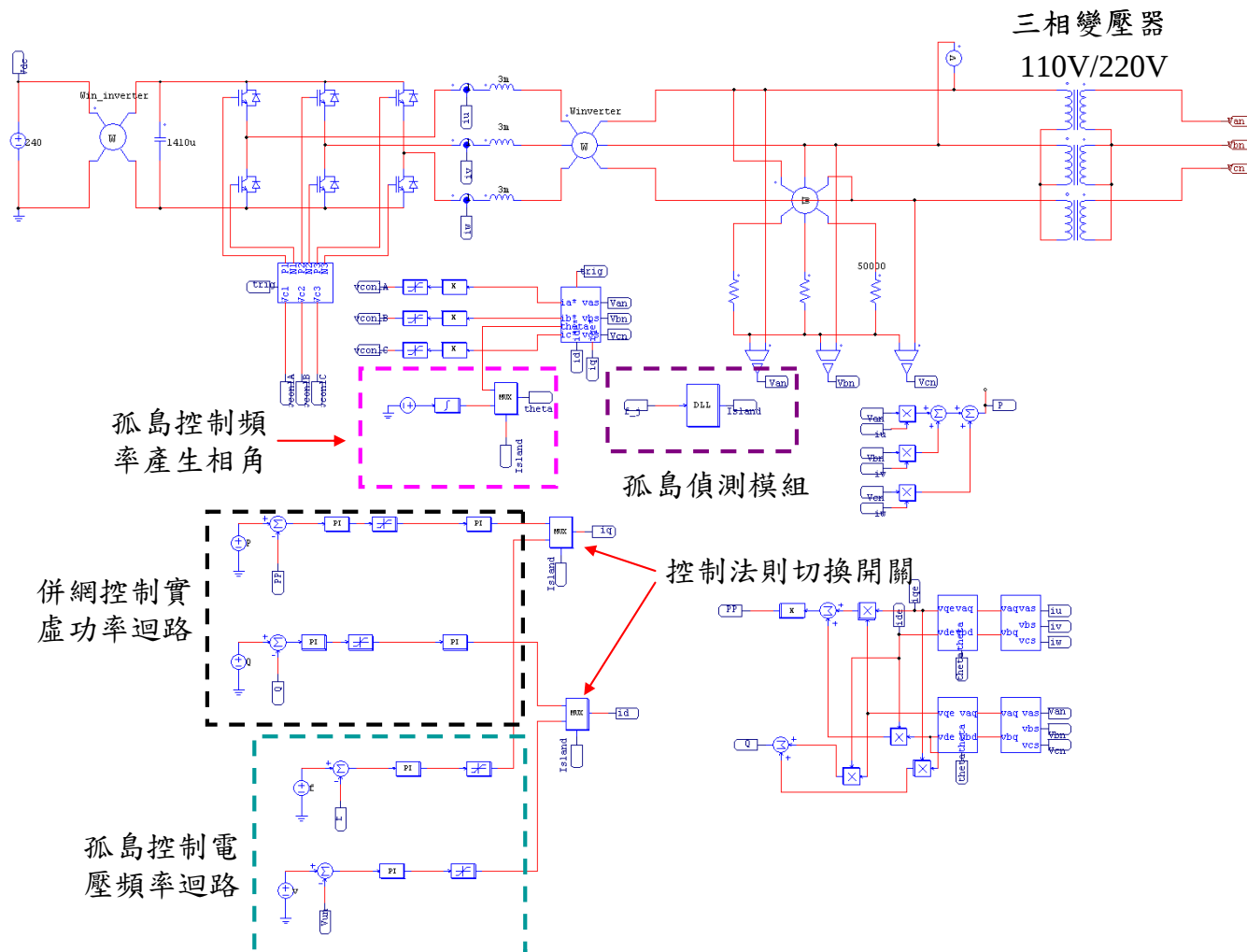
十、微電網系統控制法則與模擬(續)

□ 微電網PSIM模擬模組



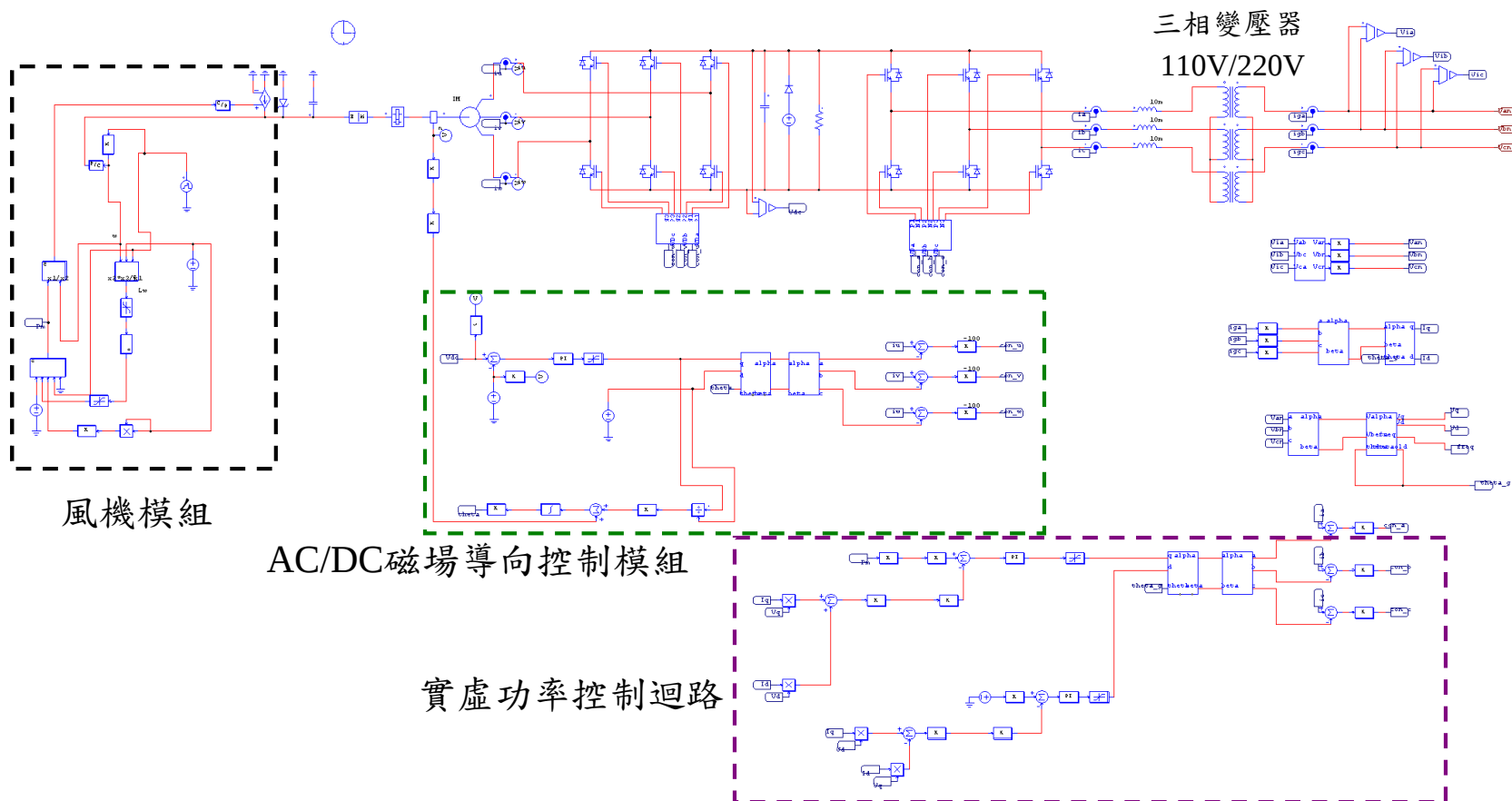
十、微電網系統控制法則與模擬(續)

微電網PSIM儲能系統模擬模組



十、微電網系統控制法則與模擬(續)

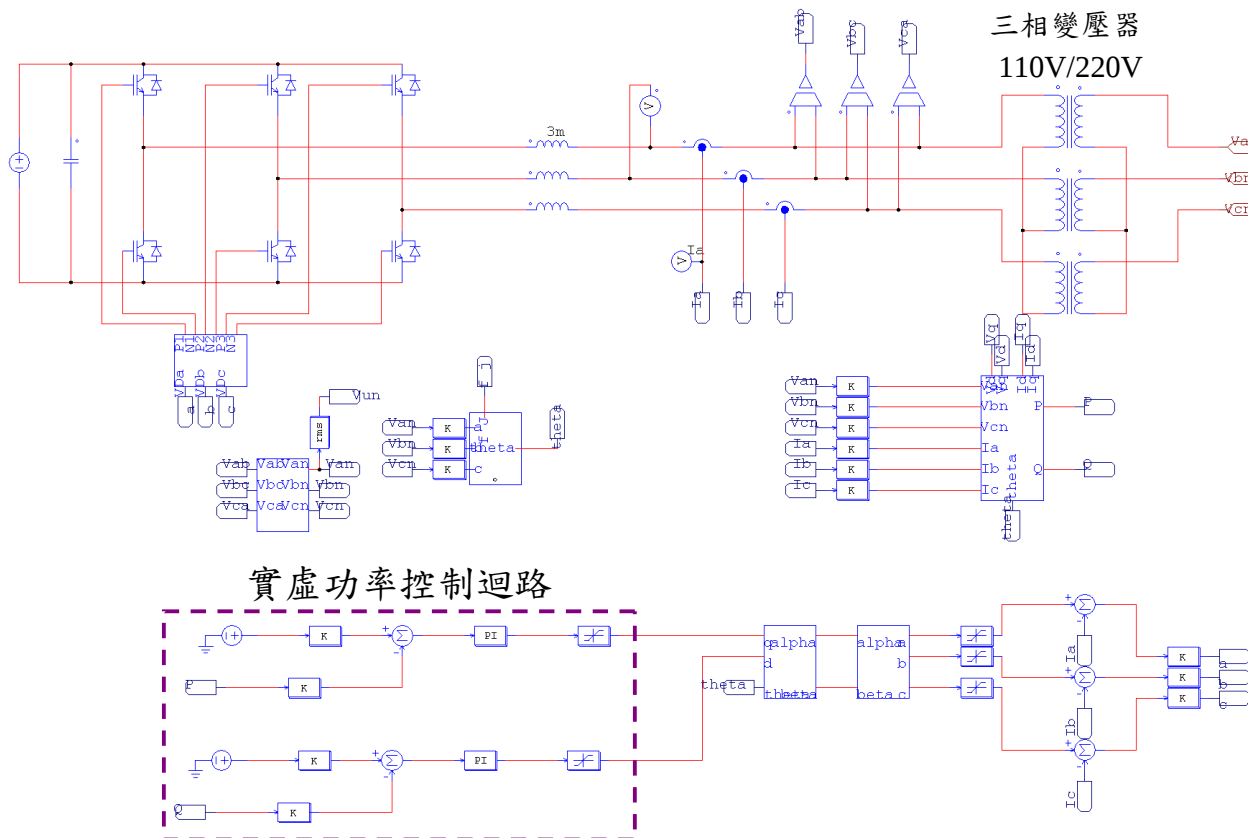
微電網PSIM風力發電機模擬模組



十、微電網系統控制法則與模擬(續)

□ 微電網PSIM微渦輪發電機模擬模組

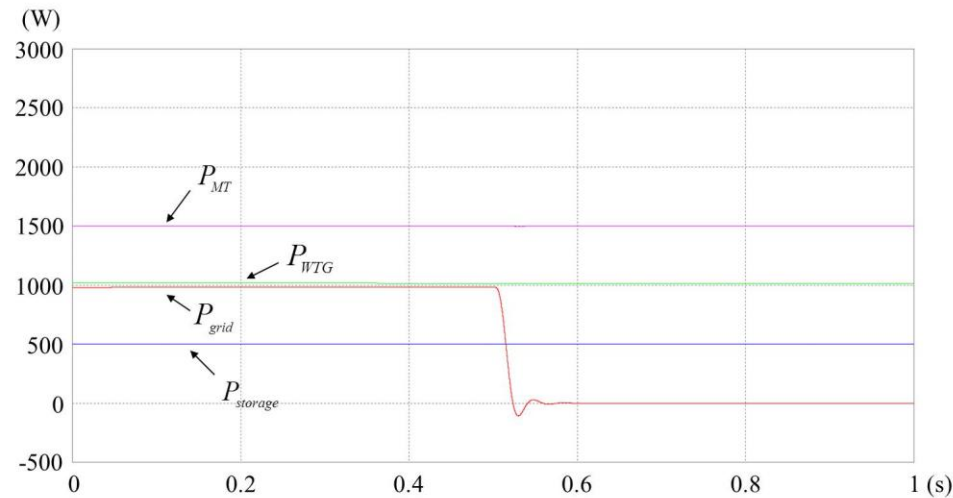
- 微渦輪發電機因其動態響應較為複雜且緩慢，故以理想電壓源當作微渦輪發電機輸出。



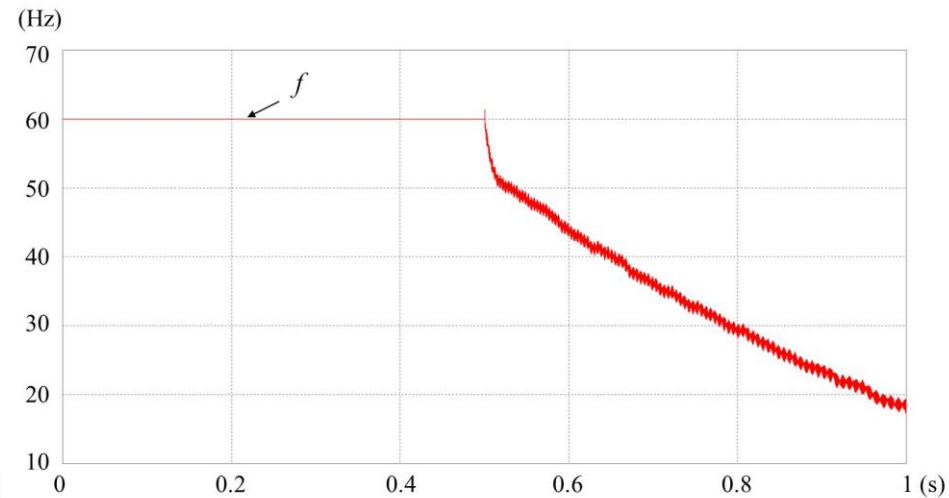
十、微電網系統控制法則與模擬(續)

□ 儲能系統未控制電壓及頻率響應(孤島運轉時)

- 本文先模擬孤島運轉時儲能系統未控制電壓與頻率，亦即維持實、虛功率控制之情形。併網時儲能系統設定輸出功率 $P_{storage}$ 0.5kW，風力發電機設定輸出功率 P_{WTG} 約1kW（風速9.6m/s），微渦輪發電機設定輸出功率 P_{MT} 1.5kW，負載為4kW，市電異常發生於0.5秒。



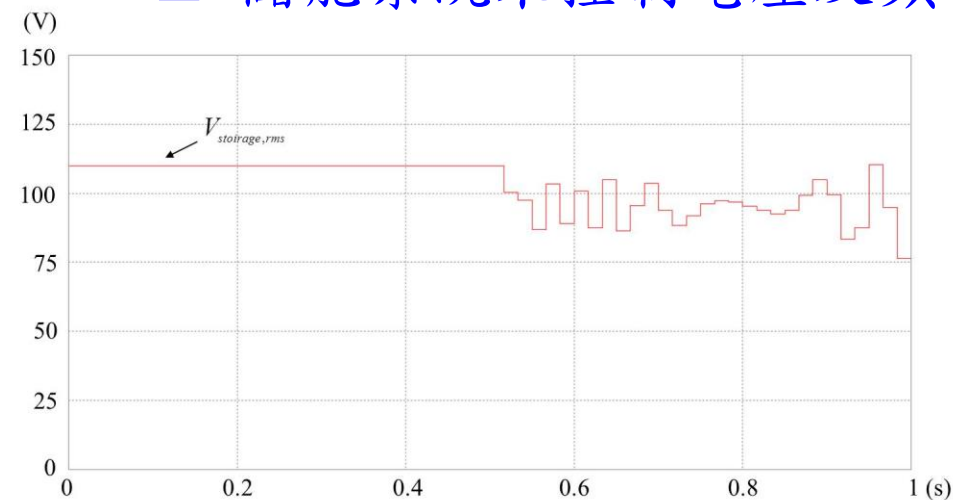
(a)



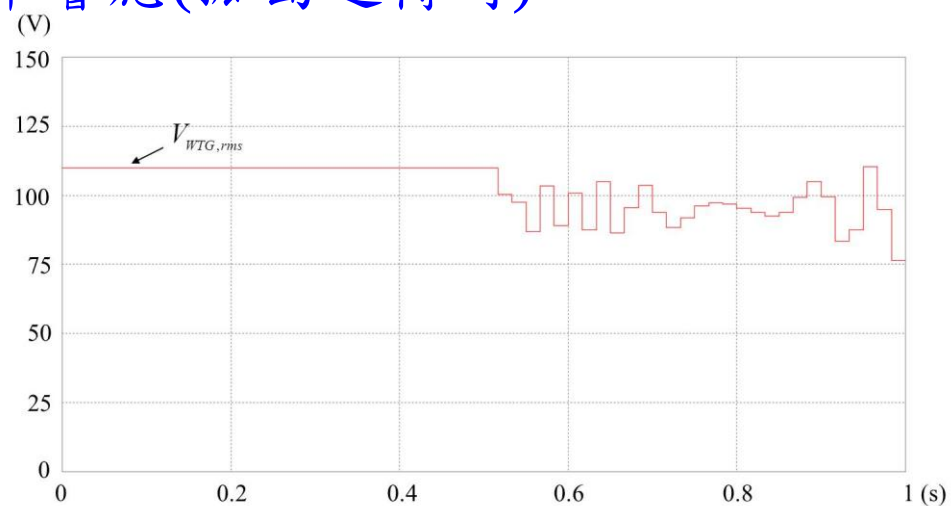
(b)

十、微電網系統控制法則與模擬(續)

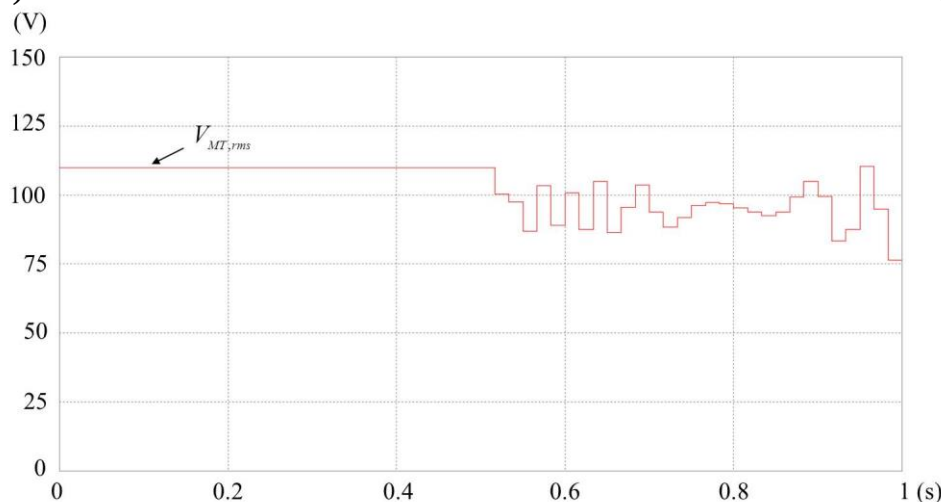
□ 儲能系統未控制電壓及頻率響應(孤島運轉時)



(c)



(d)

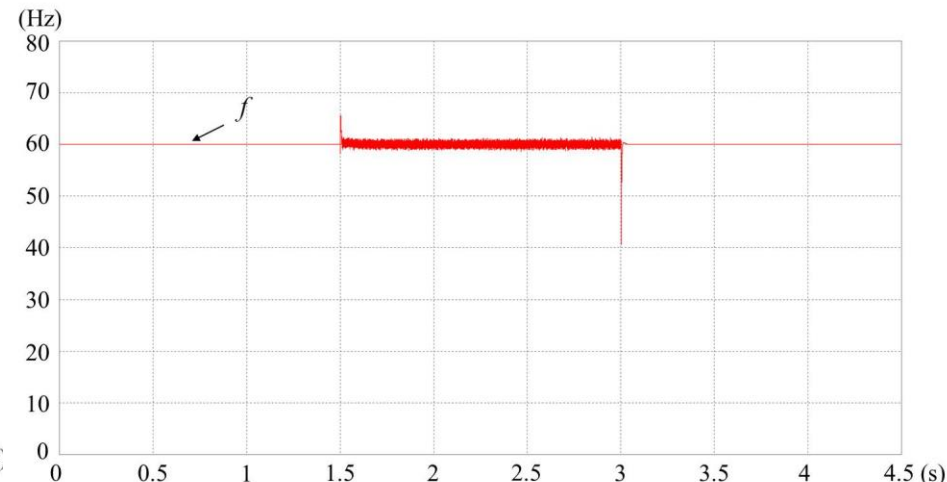
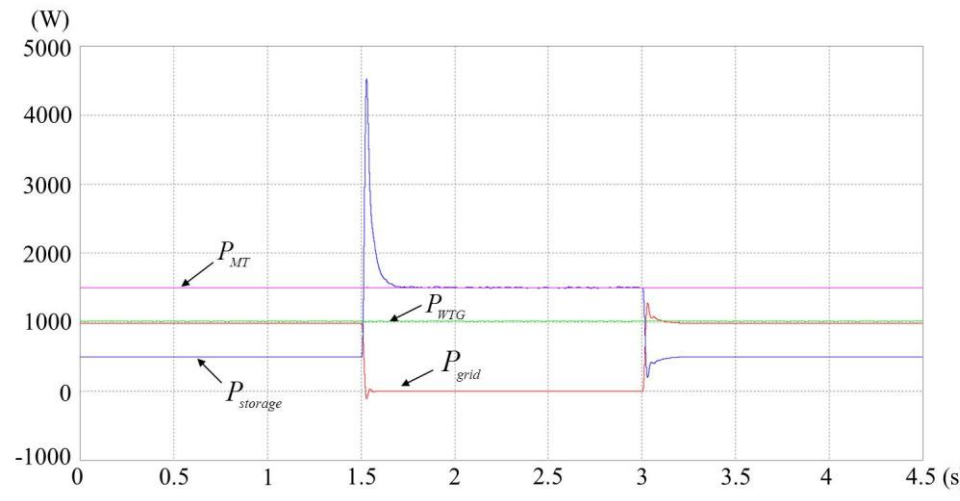


(e)

十、微電網系統控制法則與模擬(續)

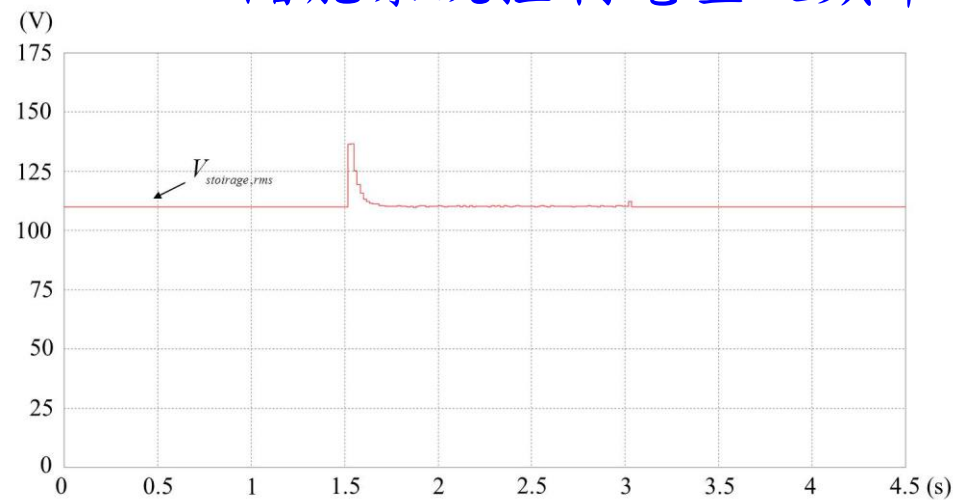
□ 儲能系統控制電壓及頻率響應(負載4kW時)

- 模擬儲能系統於孤島運轉時切換至電壓與頻率控制之情形，另外當市電恢復正常後，儲能系統再切換至實、虛功率控制，亦即微電網系統經過併網操作、孤島運轉及偵測市電恢復正常後，隨即切換回併網運作之情形。併網時儲能系統設定輸出功率 $P_{storage}$ 0.5kW，風力發電機設定輸出功率 P_{WTG} 約1kW（風速9.6m/s），微渦輪發電機設定輸出功率 P_{MT} 1.5kW，負載為4kW，市電異常發生於1.5秒，市電恢復正常於3秒重新併網。

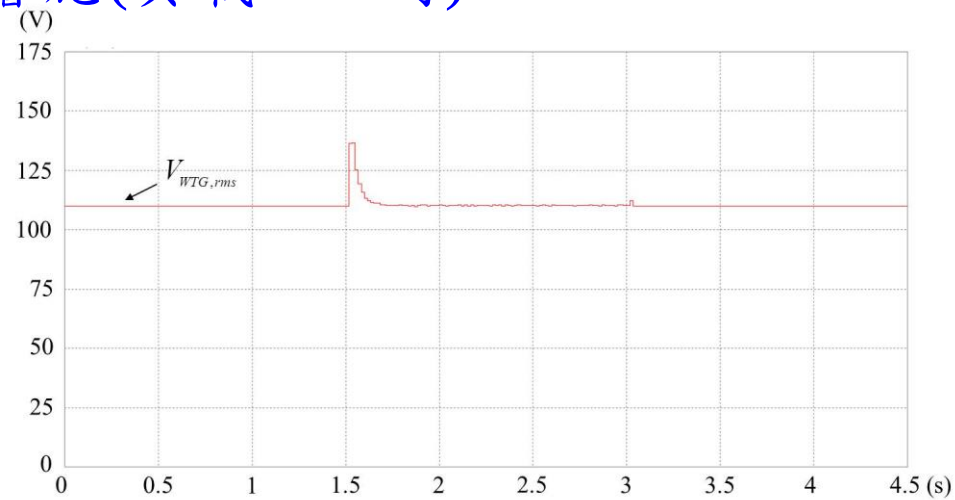


十、微電網系統控制法則與模擬(續)

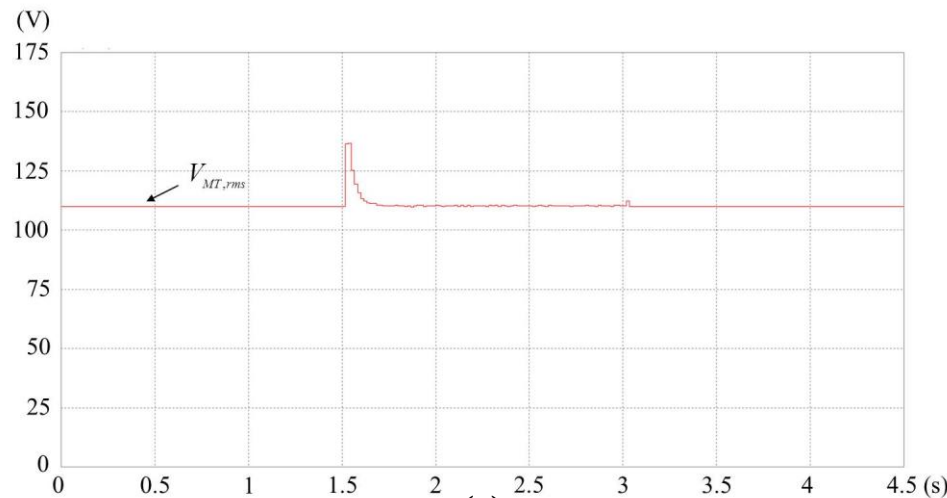
□ 儲能系統控制電壓及頻率響應(負載4kW時)



(c)



(d)

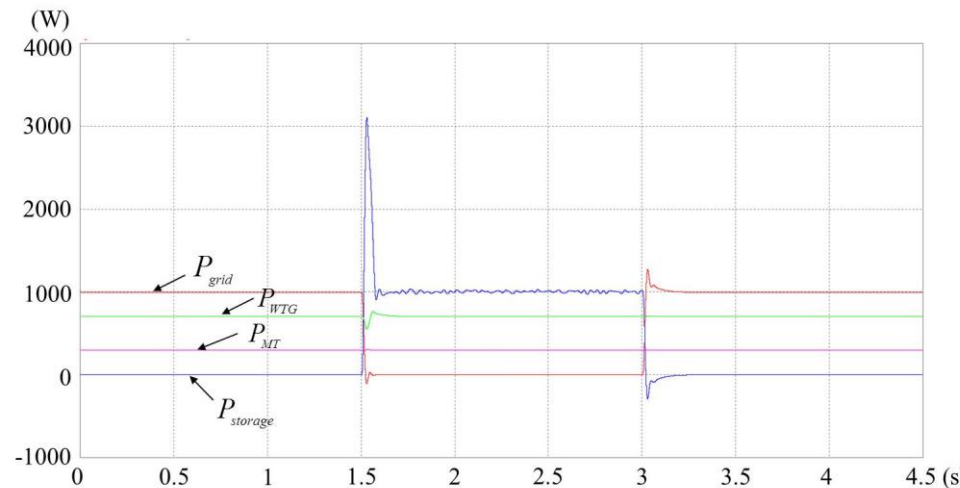
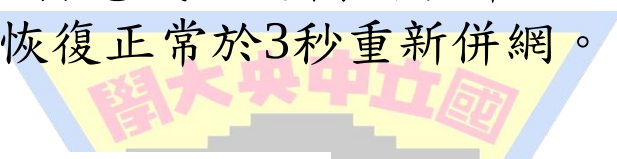


(e)

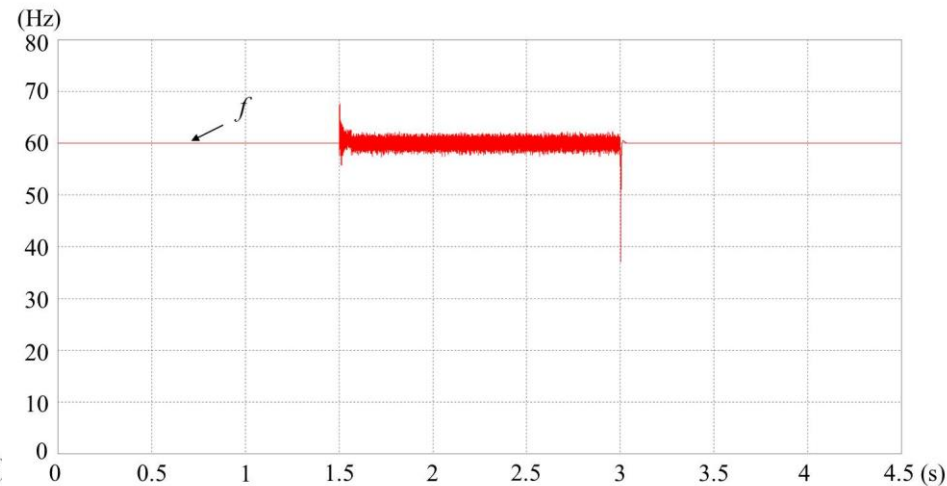
十、微電網系統控制法則與模擬(續)

□ 儲能系統控制電壓及頻率響應(負載2kW時)

- 負載2kW時，儲能系統經過併網操作、孤島運轉及偵測市電恢復正常後，重新併網運作之情形。併網時儲能系統設定輸出功率 $P_{storage}$ 0kW，風力發電機設定輸出功率 P_{WTG} 約0.7kW（風速8.5m/s），微渦輪發電機設定輸出功率 P_{MT} 0.3kW，市電異常發生於1.5秒，市電恢復正常於3秒重新併網。



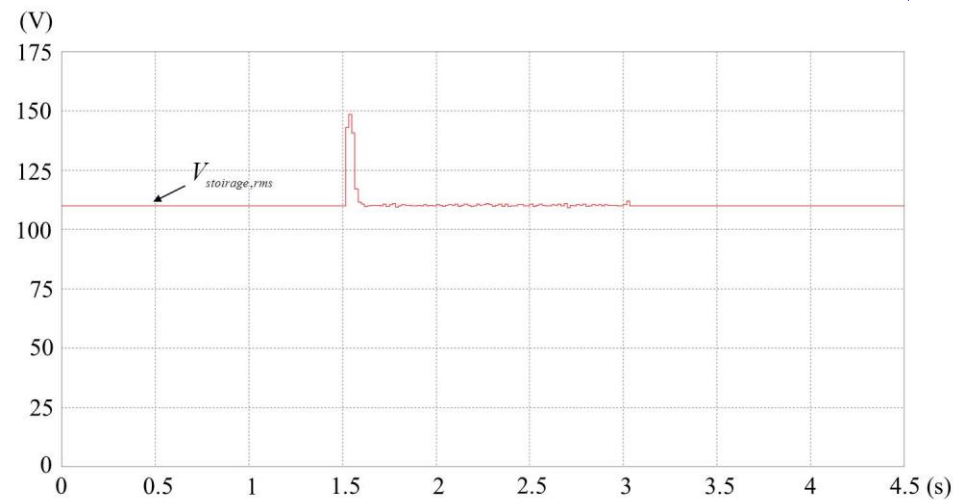
(a)



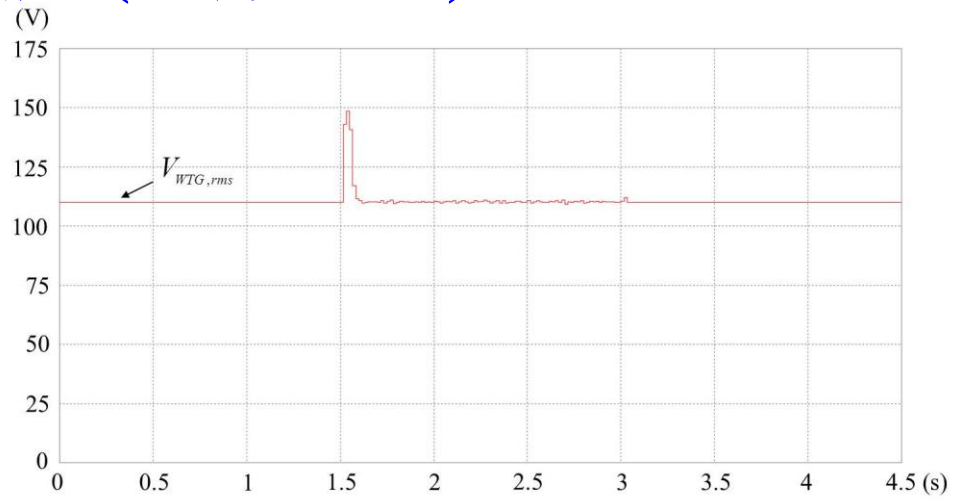
(b)

十、微電網系統控制法則與模擬(續)

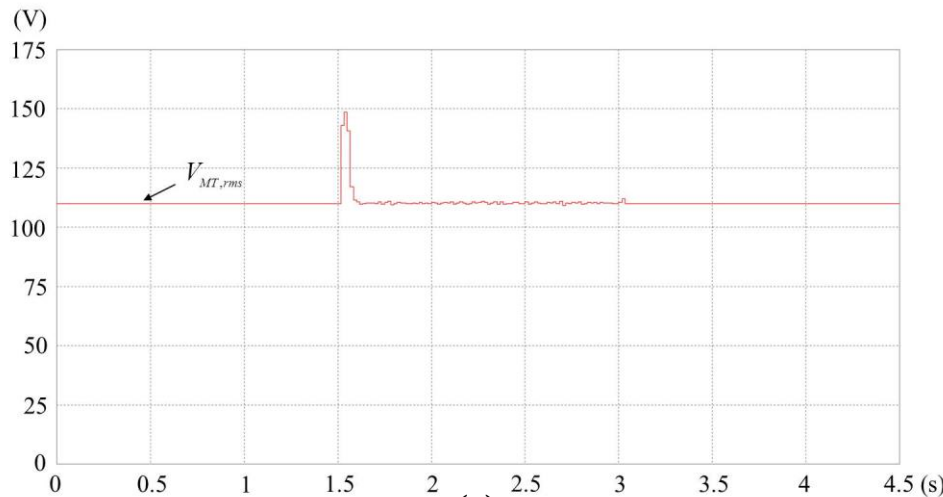
□ 儲能系統控制電壓及頻率響應(負載2kW時)



(c)



(d)



(e)

大綱

- 一、緒論
- 二、孤島現象介紹
- 三、Elman類神經網路
- 四、新型主動式孤島偵測法
- 五、主動式孤島偵測實驗結果
- 六、併網型風力驅動感應發電機
- 七、小波模糊類神經網路
- 八、併網型風力驅動感應發電機實驗結果
- 九、儲能系統與微渦輪發電機
- 十、微電網系統控制法則與模擬
- 十一、結論與未來展望

十一、結論與展望

□ 結論

1. 提出新式電流注入擾動訊號孤島偵測法。
2. 成功結合ENN智慧型控制器於電流注入擾動訊號孤島偵測法並增強孤島偵測能力。
3. 發展一併網型風力驅動鼠籠式感應發電系統。
4. 提出一新型WFNN智慧型類神經網路控制器。
5. 成功結合WFNN類神經網路控制器於併網型風力驅動鼠籠式感應發電系統並增強系統暫態及穩態控制之能力。
6. 成功模擬微電網能源管理系統。

十一、結論與展望(續)

□ 未來展望

1. 研究微電網中儲能系統進入充電模式之情境。
2. 研究微渦輪發電機模組，並依實際模組加入微電網系統中模擬。
3. 建立微電網通訊模組，使儲能系統能與其他分散式電源通訊。
4. 發展新智慧型模糊類神經網路控制器應用於微電網系統，以驗證及提升電能管理與控制等性能。
5. 研究當孤島運轉時，儲能系統透過通訊方式，調配風力發電機與微渦輪發電機之輸出功率，使儲能系統只需負責穩定微電網之電壓與頻率。

THANKS FOR YOUR ATTENTION

論文發表

□ 期刊論文

- [1] Lin, F. J., Hwang, J. C., Tan, K. H., Lu, Z. H., and Chang, Y. R., “Intelligent Control of Doubly-Fed Induction Generator Systems Using PIDNNs,” *Asian Journal of Control*, Vol. 14, No. 3, pp. 768-783, 2012.
- [2] Lin, F. J., Huang, Y. S., Tan, K. H., Lu, Z. H., and Chang, Y. R., “Intelligent-Controlled Doubly Fed Induction Generator System Using PFNN,” *Neural Computing and Applications*, [Accepted](#), 2012.
- [3] Lin, F. J., Huang, Y. S., Tan, K. H., Chiu, J. H., and Chang, Y. R., “Active Islanding Detection Method Using D-axis Disturbance Signal Injection with Intelligent Control,” *IET Generation, Transmission and Distribution*, [Accepted](#), 2013.
- [4] Lin, F. J., Tan, K. H., Fang, D. Y., and Lee, Y. D., “Intelligent Controlled Three-Phase Squirrel-Cage Induction Generator System Using Wavelet Fuzzy Neural Network for Wind Power,” *IET Renewable Power Generation*, [Accepted](#), 2013.
- [5] Lin, F. J., Huang, Y. S., Tan, K. H., and Chang, Y. R., “Active Islanding Detection Method via Current Injection Disturbance Using Elman Neural Network,” *Journal of Chinese Institute of Engineer*, [Revised](#), 2013.
- [6] Lin, F. J., Tan, K. H., Fang, D. Y., and Shih, G. Y., “Squirrel-Cage Induction Generator System Using Hybrid Wavelet Fuzzy Neural Network Control for Wind Power Applications,” *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, [Submitted](#), 2013.

論文發表(續)

□ 研討會論文

- [1] Lin, F. J., Tan, K. H., and Fang, D. Y., “Squirrel-Cage Induction Generator System Using Intelligent Control for Wind Power Applications,” Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Fuzzy System, Accepted, 2013.
- [2] Lin, F. J., Tan, K. H., and Chiu, J. H., “Active Islanding Detection Method Using Wavelet Fuzzy Neural Network,” Proceedings of the 2012 IEEE International Conference on Fuzzy System, Brisbane, Queensland, pp. 1-8, 2012.
- [3] Lin, F. J., Tan, K. H., Lu, Z. H., and Chang, Y. R., “Control of Doubly-Fed Induction Generator System Using PFNN,” Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Fuzzy System, Taipei, Taiwan, pp. 2614-2621, 2011.
- [4] Lin, F. J., Hwang, J. C., Tan, K. H., Lu, Z. H., and Chang, Y. R., “Control of Doubly-Fed Induction Generator System Using PIDNNs,” Proceedings of the 2010 Ninth International Conference on Machine Learning and Applications, Washington, USA, pp. 675-680, 2010.