

# 電力系統頻率響應之動態簡化模型

## 一、簡介

由於台電系統包含許多匯流排、線路、負載等，模擬其暫態頻率響應的難度不低，若能先簡化系統的動態模型，例如系統等效慣量、負載模型以及等效調速機特性，將可大幅降低模擬的困難性，同時排除某些不需要觀測的變數，如電壓與虛功。

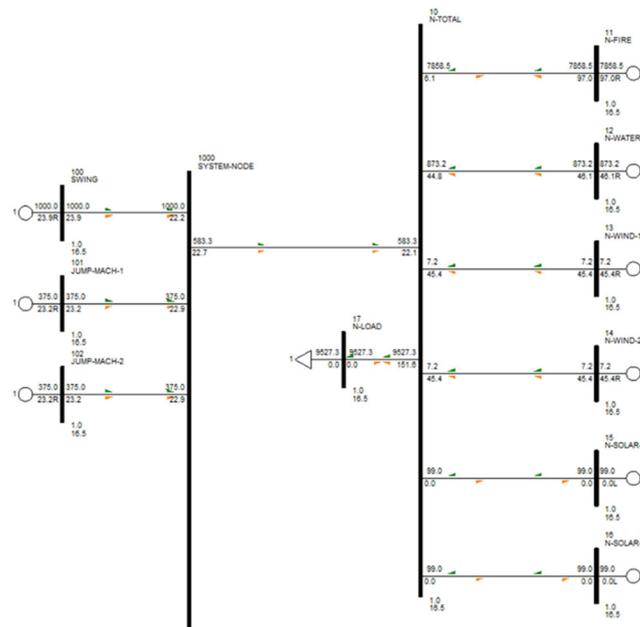
## 二、簡化動態模型

### ● 重要目標

將探究這些簡化模型產生的機制與程序，以及如何利用台電歷史資料(PMU量測)進行等效模型參數的擬合。研究的過程，特別著重於：

- (1) 調查系統元件與控制器高度影響頻率響應的重要參數。
- (2) 等效模型的架構，如可調整北、中、南各區發電量(含再生能源)與負載量。
- (3) 各型發電機(如蒸氣渦輪機與水輪機)、調速機以及負載的模型參數，對於系統頻率響應的影響。
- (4) 觀察跳機事故後的暫態頻率結果應與歷史資料的頻率響應結果接近

### ● 等效系統模型



預計建立 28-Bus 小等校系統進行頻率擬合，以北部區域為例(如上圖)，設立一部等校火力機組、一部等校水力機組、兩部風力機組、兩部光電機組及一個北部總負載，並設立兩座跳機分析的用的火力機組(N-1、N-2 事故)

### ● 各發電機之動態模型選擇

### (1) 火力機組動態模型

發電機模型為 GENROU 模型、激磁機模型為 EXST1、調速機模型為 GAST 模型

### (2) 水力機組動態模型

發電機模型為 GENSAL 模型、激磁機模型為 EXST1、調速機模型為 PIDGOV 模型

### (3) 光電機組動態模型

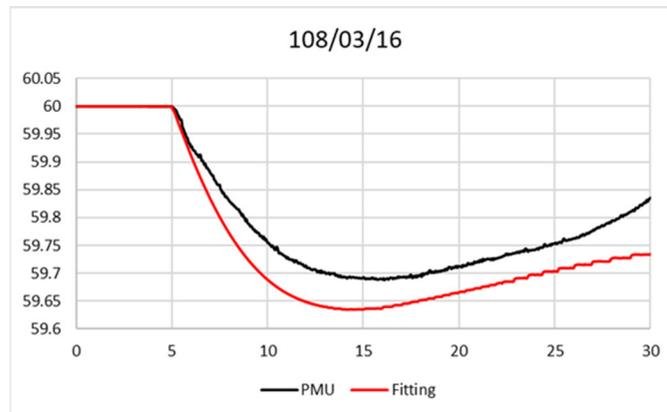
發電機模型為 PVGU1 模型、電力控制模型為 PVEU1 模型

### (4) 風力機組動態模型

發電機模型為 REGCAU1 模型、電力控制模型為 REECAU1 模型、傳動系統模型為 WDTAU1 模型、俯仰角控制模型為 WTPTAU1 模型、空氣動力學模型為 WTARAU1 模型、轉矩控制模型為 WTTQAU1 模型

## 三、重要參數 H 與 R

主要會針對水力慣性常數 H 與水力調速機的下垂增益 R 進行參數調整，已知將 H 的數值調大可讓頻率變化率變小、頻率最低點提升且可讓到達頻率最低點的時間延長；將 R 的數值調小可讓頻率最低點提升並讓到達穩態時的終值頻率提升。

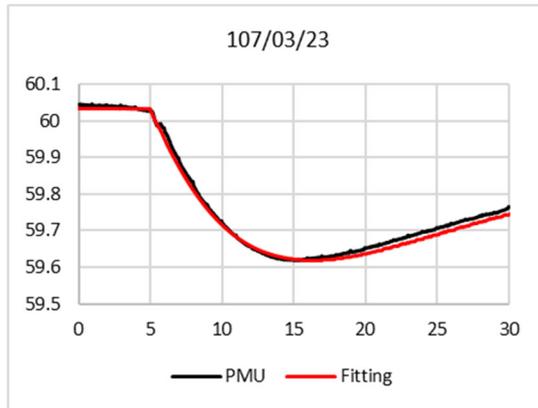


PMU 與預設參數模擬結果的比較

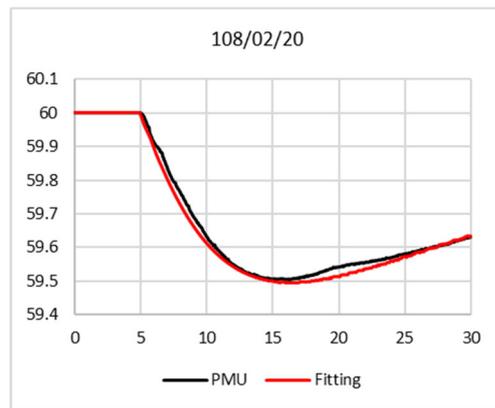
以上圖為例，可知必須將 H 數值調大，並將 R 數值調小。依序調整 H 與 R 的數值針對 PMU 資料進行擬合，將擬合的頻率與 PMU 頻率進行比對，可得兩者之間的誤差，特訂定誤差的範圍，擬合成功與否的判斷標準為：

- (1) 頻率最低點誤差小於 $\pm 0.01$  Hz
- (2) 到達最低點時間誤差小於 $\pm 2.5$  秒

## 四、與歷史資料(PMU)比較結果



107 年 03 月 23 日頻率擬合



108 年 02 月 20 日頻率擬合

## 五、結論與建議

經過模擬證實，28-Bus 小系統的頻率擬合結果非常接近 PMU 歷史資料，值得注意的是，大多數擬合所使用的參數值已超過 PSS/E 建議範圍，但此為可接受之現象，因為在擬合中的慣性常數與下垂增益為「等效值」，並非現實世界中的真實值。

## 六、參考文獻

1. N. Tong *et al.*, "Dynamic Model Reduction for Large-Scale Power Systems Using Wide-Area Measurements," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 97863-97872, 2020.
2. L. Chen *et al.*, "Modelling and investigating the impact of asynchronous inertia of induction motor on power system frequency response," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 117, p. 105708, 2020.