

高再生能源占比下的電力系統卸載規劃優化方法

學生：陳任廷、張辰宇 指導教授：吳元康 博士

摘要與研究背景

近幾年全球不斷推動再生能源的發展，台電也預計在2025年讓再生能源發電佔比能達到20%，然而，再生能源是使用電子設備連接到電網，有別於傳統發電機組(如:火力發電、水力發電)能使用旋轉機械在發電過程中儲存慣量，因此當電力系統中的再生能源佔比提升，傳統發電機組佔比減少，會導致電力系統的慣量降低，電網的穩定性也會隨之受到更大的挑戰。

由於電網的穩定性降低，同樣的事故將會導致更大的ROCOF (rate of change of frequency, 頻率變化率, 常以Hz/s表示), 換句話說, 電力系統的頻率便會有更大幅度的變動, 因此電力系統保護機制便愈顯重要。歐美許多國家正積極探討新的低頻卸載策略, 以應對未來在高再生能源佔比下可能會發生的大規模事故。

實驗方法介紹

此處使用電力系統分析軟體進行模擬, 系統檔使用台電規劃之2026年的尖峰系統併入分別為6GW與10GW再生能源以及2026年的離峰系統併入6GW再生能源, 跳機事故與低頻卸載規劃方法如下。

系統檔: 尖峰系統併入 6GW再生能源, 再生能源發電量佔比17.2%。

尖峰系統併入10GW再生能源, 再生能源發電量佔比27.5%。

離峰系統併入 6GW再生能源, 再生能源發電量佔比35.8%。

跳機事故: 採用五種跳機事故, 如表1與表2

表1 尖峰系統之跳機事故與跳機量占比

編號	跳機事故	跳機量
1	林口兩部機	3.73%
2	林口三部機	5.59%
3	中火9、10、全部新機組	5.75%
4	興達1號新機組、2號機組、G5-1	3.82%
5	中火9、10、全部新機組、興達1號新機組	8.31%

表2 離峰系統之跳機事故與跳機量占比

編號	跳機事故	跳機量
1	林口兩部機	6.94%
2	林口三部機	10.4%
3	中火9、10、全部新機組	8.29%
4	興達1號新機組、2號機組、G5-1	8.23%
5	中火9、10、全部新機組、興達1號新機組	10.2%

低頻卸載規劃: 採用六種低頻卸載規畫方法

卸載規劃 1 (PLAN 1): 卸載動作頻率共 8段, 每段卸除的負載量相同 (7.5%), 區域卸載量配比北中南為 2:1:1, 如表3。

卸載規劃 2 (PLAN 2): 卸載動作頻率共 8段, 每段卸除的負載量由少到多, 區域卸載量配比北中南為 2:1:1, 如表4。

卸載規劃 3 (PLAN 3): 卸載動作頻率共 8段, 每段卸除的負載量由多到少, 區域卸載量配比北中南為 2:1:1, 如表5。

卸載規劃 4 (PLAN 4): 卸載動作頻率共10段, 每段卸除的負載量相同 (6%), 區域卸載量配比北中南為 2:1:1, 如表6。

卸載規劃 5 (PLAN 5): 卸載動作頻率共10段, 每段卸除的負載量相同, 區域卸載量配比北中南為 2:1:1, 如表7。

卸載規劃 6 (PLAN 6): 卸載動作頻率共10段, 每段卸除的負載量相同, 區域卸載量配比北中南為 2:1:1, 如表8。

表3

動作頻率 (Hz)	卸載量 (%)
59.2	7.5
59.0	7.5
58.8	7.5
58.7	7.5
58.6	7.5
58.5	7.5
58.4	7.5
58.3	7.5

表4

動作頻率 (Hz)	卸載量 (%)
59.2	5.4
59.0	6
58.8	6.6
58.7	7.2
58.6	7.8
58.5	8.4
58.4	9
58.3	9.6

表5

動作頻率 (Hz)	卸載量 (%)
59.2	9.6
59.0	9
58.8	8.4
58.7	7.8
58.6	7.2
58.5	6.6
58.4	6
58.3	5.4

表6

動作頻率 (Hz)	卸載量 (%)
59.2	6
59.1	6
59.0	6
58.9	6
58.8	6
58.7	6
58.6	6
58.5	6
58.4	6
58.3	6

表7

動作頻率 (Hz)	卸載量 (%)
59.2	4.2
59.1	4.6
59.0	5
58.9	5.4
58.8	5.8
58.7	6.2
58.6	6.6
58.5	7
58.4	7.4
58.3	7.8

表8

動作頻率 (Hz)	卸載量 (%)
59.2	7.8
59.1	7.4
59.0	7
58.9	6.6
58.8	6.2
58.7	5.8
58.6	5.4
58.5	5
58.4	4.6
58.3	4.2

實驗過程與模擬結果

為了要比較低頻卸載規畫的結果, 此處使用頻率響應其中之一的指標, 是利用負載變化除以額定頻率與穩態頻率之差的絕對值 ($\Delta P / \Delta f$, ΔP 為負載變化、 Δf 為 |穩態頻率-額定頻率|), 較高的功率數表示系統能在頻率變化相同的情況下承受較大的負載變化, 顯示出良好的穩定性, 故以此作為評估低頻卸載方法優劣的評比。

此處使用的三個系統檔搭配的五個跳機事故, 都各有六種低頻卸載方法, 將每部分的六種模擬結果分為優、普、劣作統計。

優: 電網功率數位列最高與次高, 以綠色標記。

普: 電網功率數位列第三與四高, 以橘色標記。

劣: 電網功率數位列最低與次低, 以紅色標記。

六種低頻卸載規畫模擬結果

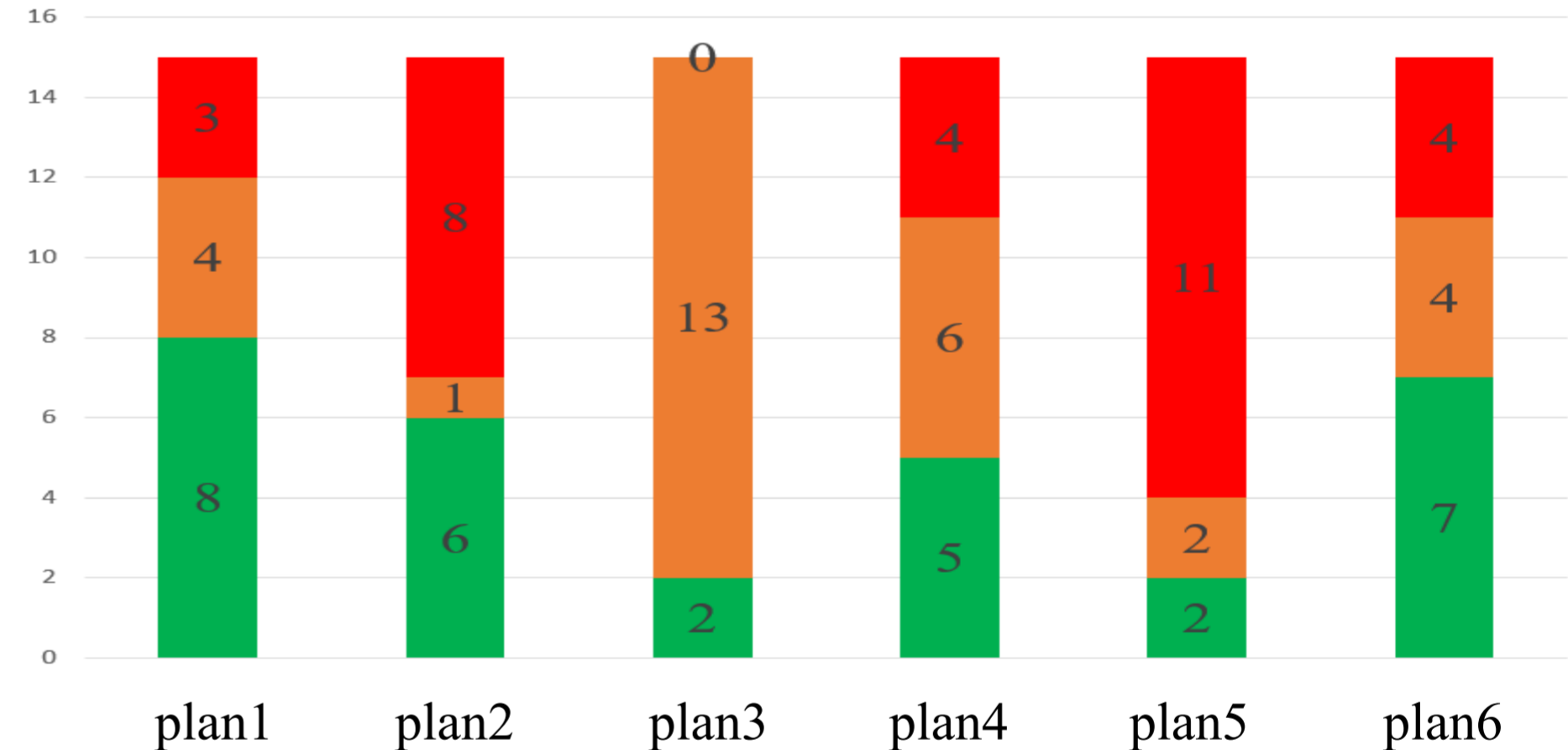


圖1 六種低頻卸載統計結果

分組比較:

1. plan1~3為分八段卸載, plan4~6為分十段卸載, 因此分此兩組做比較, 如圖2。

2. plan1與4皆為等量卸載、plan2與5皆為卸載量由少至多、plan3與6皆為卸載量由多至少, 因此分此三組做比較, 如圖3。

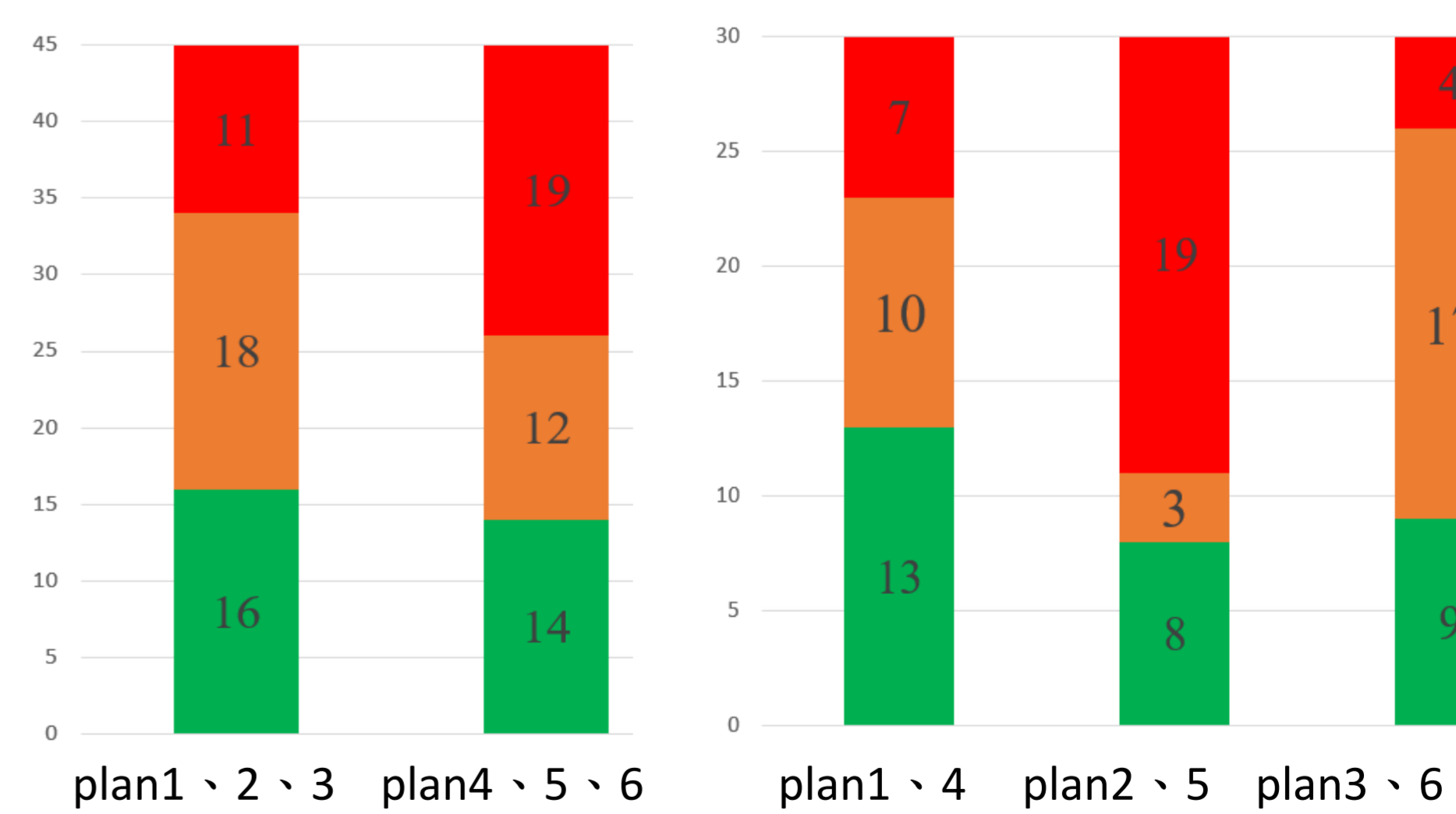


圖2

圖3

結論與未來研究方向

如圖2顯示, plan1~3評為優的次數比plan4~6多, 劣的次數也較少, 因此以電網功率數的指標在此三個系統做模擬的情況下, 卸載8段的頻率響應表現比卸載10段佳。

如圖3顯示, plan2、5的表現是三組最差, 因此在相同的情況下, 一開始不適合卸除較小的負載。

未來會嘗試使用更多的系統檔, 並加入更多不同的頻率響應指標以及不同的電驛以及最優化設定, 已得出更完整的結論。