

關鍵議題評析：

## 英國倫敦大停電事故研析

### —事件回顧、原因調查與對外聯絡溝通探討

劉家豪、邱虹儒

工業技術研究院 綠能與環境研究所

#### 摘要

英國在 2019 年 8 月 9 日下午輸電系統遭受雷擊後，Hornsea 離岸風場、Little Barford 燃氣電廠及部分分散式電源在不到二分鐘內累積跳脫 1,878MW，進而觸發低頻卸載並發生倫敦大停電事故，影響百萬民眾交通通勤與日常生活。本文根據 2020 年 1 月英國電業管制機構之最終調查報告及相關資料，針對英國電力系統背景現況、停電事件回顧、原因調查及聯絡溝通等面向進行探討，期能作為我國積極推動能源轉型之借鏡，面對分散式電源日益增加情況下，國內電力系統如何避免發生停電事故，以及事故發生後緊急聯繫溝通處理之參考基礎。

關鍵字：英國、電力系統、分散式電源、雷擊

## 一、前言

英國電力系統在 2019 年 8 月 9 日傍晚發生大停電事故，導致英格蘭及威爾斯廣泛地區大停電，鐵路列車服務暫停，交通燈號亦無法運作，約 100 萬人受到影響。本文參考英國商業、能源與產業策略部 (Department for Business, Energy and Industrial Strategy, BEIS)發布之最終調查報告，以及天然氣與電力市場辦公室 (Office of Gas and Electricity Markets, Ofgem)和國家電網電力調度中心 (National Grid Electricity System Operator, NGESO)相關技術報告，針對英國電力系統背景現況、停電事件回顧、原因調查及聯絡溝通等面向進行探討，期能作為國內電力系統如何避免發生停電事故與緊急應變對外溝通處理之參考基礎。

## 二、英國電力系統簡介

英國 2018 年總電力裝置容量達到 82.9 GW。2018 年第三季，再生能源裝置容量首度超越燃煤。英國 2012 年後燃煤發電持續減少，由再生能源、生質能與燃氣發電補上，2018 年總電力供給約 3,520 億度，且風力與太陽能的發電量首度超過核能發電量，出現能源轉型的第一個交叉點。

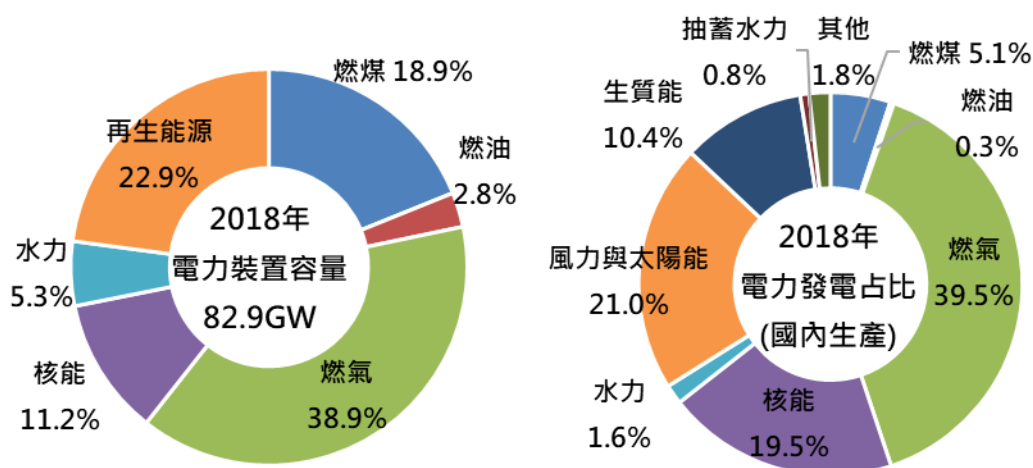


圖 1、2018 年英國電力系統裝置容量及發電量[5]

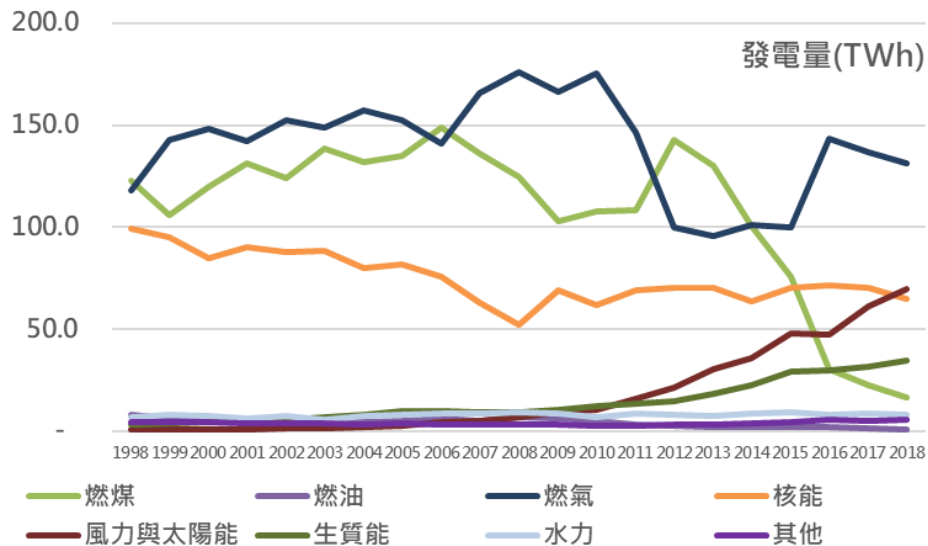


圖 2、英國歷年發電量變化趨勢[5]

英國輸電系統按地理分布可劃為三大區域，蘇格蘭北部地區為蘇格蘭水電公司負責輸電，蘇格蘭南部與中部地區是蘇格蘭電力公司負責輸電，而英格蘭和威爾斯地區則由國家電網公司負責輸電。本次發生大停電的倫敦地區屬於國家電網公司。該公司現有大約 4,474 英里長的架空輸電線，969 英里長的地下電纜線和 346 座變電站。英國有 6 家配電公司(DNO: Distribution Network operators)兼營配電調度中心，擁有並負責調度運轉區域配電網，及從輸電系統供應電力給工業、商業及家庭等用戶使用。

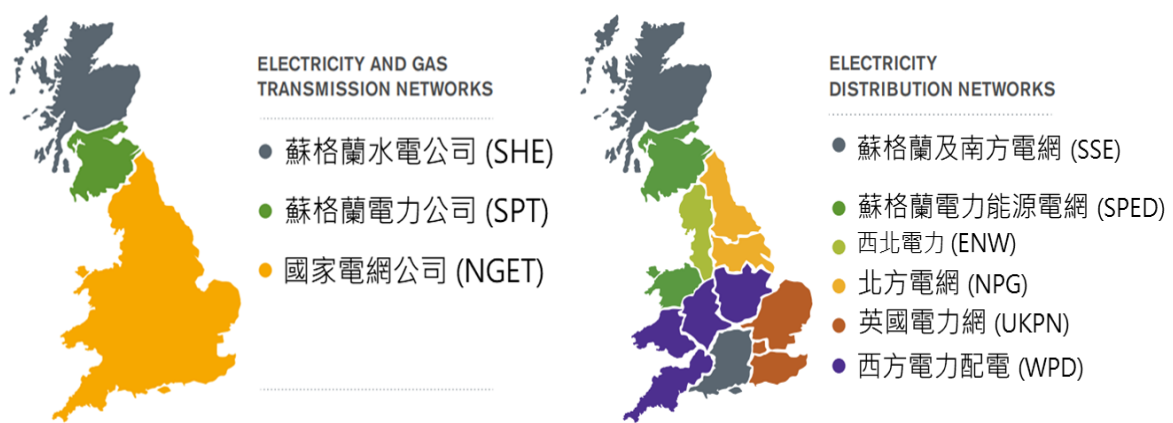


圖 3、英國輸配電系統分區簡介[1]

與此次倫敦大停電相關的電力設施包含 Little Barford 燃氣複循環電廠和 Hornsea One 離岸風場。Little Barford 燃氣複循環電廠位於貝德福特郡 (Bedfordshire)，係德國萊茵公司(RWE)所擁有與運轉，於 1995 年商業運轉，有二台氣渦輪機(GT)及一台蒸汽輪機(ST)，總裝置容量為 740MW，在大停電發生前各發電機組仍有正常供電能力。此外，Hornsea One 離岸風場位於距離英國英格蘭約克郡海岸約 120 公里處，由沃旭(Ørsted)擁有及經營。Hornsea One 自 2018 年 1 月開始進行海上施工，該風場面積 407 平方公里，係由三階段各 400MW 的模組組成，預計將安裝 174 支單機 7MW 的離岸風機，總裝置容量將達到 1,200MW，可以為 100 萬個英國家庭供電，是全世界最大離岸風場。2019 年 8 月該風場二個模組已經完成安裝，第三個模組接近完工，倫敦大停電發生前有 800MW 供電能力。

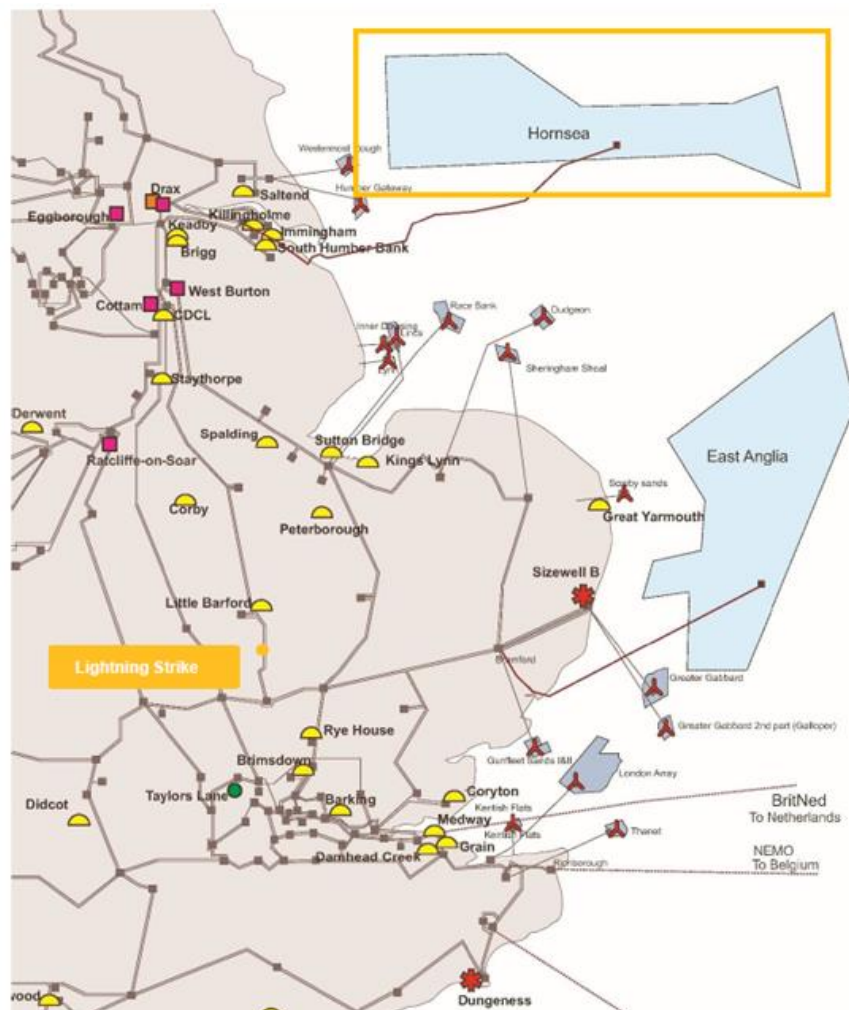


圖 4、英國倫敦停電事故相關設施位置圖[4]

### 三、大停電事故回顧

2019 年 8 月 9 日英國電力系統一如往常正常運轉中。當天雖下著大雨夾帶閃電，但並非罕見氣候。電力系統負載與前一個週五的情況相似，而當日電力供應占比為燃氣佔 30%、風力佔 30%、核能佔 22%及國外進口 10%。

8 月 9 日下午 4 點 52 分起，英國超高壓輸電線遭受雷擊，Hornsea 離岸風場、Little Barford 燃氣電廠及部分分散式電源陸續跳脫，所有頻率反應備轉容量服務用盡，系統頻率驟降導致低頻卸載，發生大規模停電事故，造成英格蘭與威爾斯大部分地區停電。事故發生時間軸如圖 5 所示，而對系統頻率之衝擊如圖 6 所示，自事故發生開始不到二分鐘內，累計跳脫裝置容量達到1,878MW，所有頻率反應備轉容量服務用盡，必須啟動低頻卸載裝置。

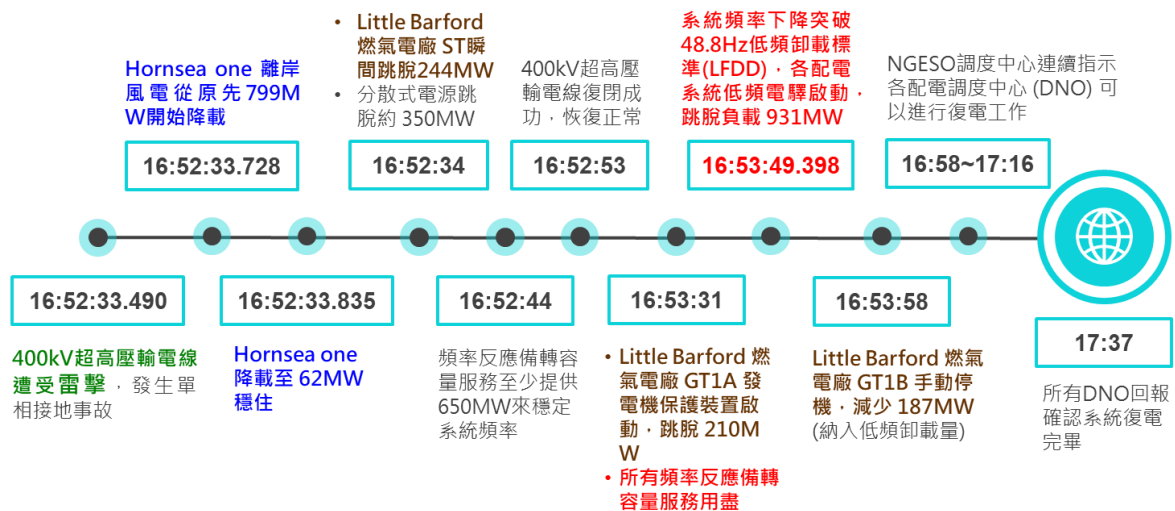


圖 5、英國倫敦大停電事故發生時間軸[3]



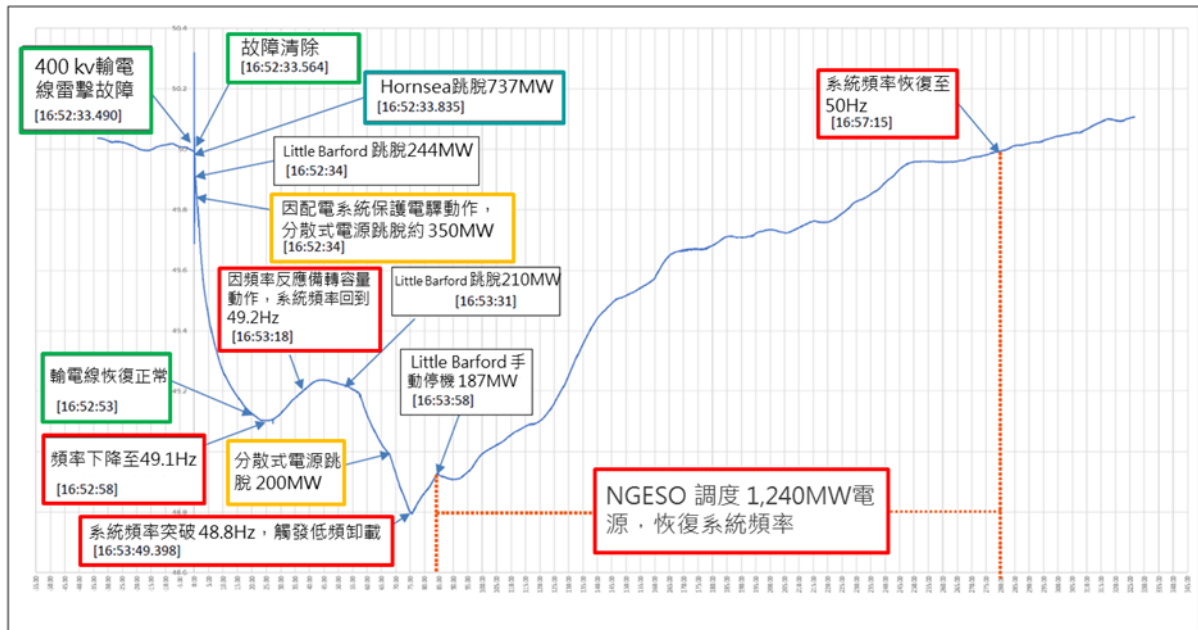


圖 6、倫敦大停電事故對電力系統頻率之衝擊[4]

本次大停電集中在英格蘭與威爾斯地區，約有 100 萬人受到停電影響。停電發生後，部分鐵路網重大斷電，包括法靈頓(Farringdon)及國王十字路(Kings Cross)火車站鐵路線堵塞，致使 371 班車次取消與 873 班車次重大延誤，同時出現道路交通信號中斷等現象，導致民眾正常生活受到影響。部分的機場和醫院由於備用電源不足或故障，亦無法正常運作。

#### 四、大停電事故原因調查

『能源緊急事件執行委員會』(Energy Emergencies Executive Committee, E3C)於事故發生後隨即接到英國商業、能源與產業策略部 (BEIS)委託，針對停電事故展開調查。E3C 係政府、監管機構及業界之間的夥伴關係，協調整個能源產業的韌性規劃 (Resilience planning)。E3C 確保以聯合方式 (joined-up)進行緊急應變與復原、識別風險及過程，以管理影響用戶電力(或天然氣)供應的緊急事件衝擊。E3C 的成員包括：商業、能源與產業策略部 (BEIS)、天然氣與電力市場辦公室 (Ofgem)、國家電網電力調度中心 (NGESO)、配電公司(DNO)、輸電公司 (Transmission Network Owners, TNOs)、發電業者及售電業者 (Generators and suppliers)、天然氣輸送業者 (Gas Distribution Networks Operators, GDNs)。

E3C 在 2020 年 1 月 3 日提出最終調查報告，該報告指出造成此次大停電事故的主要原因是超高壓線雷擊後二大電廠幾乎同時意外故障停機，觸發低頻卸載裝置，最終導致部分地區出現停電事故。當雷擊導致電力系統電壓突降時，Hornsea 風場的陸上控制系統仍正常運作。但是，離岸風機控制器對電網的電壓波動做出不正確反應，導致陸上控制系統與個別風機之間發生不穩定現象，造成二個模組風機自動停機。在 8 月 9 日之前，沃旭公司曾模擬 Hornsea one 風場在滿載 1,200MW 下運轉情形，發現電壓控制系統性能出現問題。沃旭公司通知天然氣與電力市場辦公室 (Ofgem) 將在 8 月 13 日進行軟體更新，但還沒來得及更新就發生 8 月 9 日大停電，於是在大停電後的 8 月 10 日立即更新軟體。

Little Barford 複循環機組之汽輪發電機(ST)跳脫，係因三個運轉速度信號測量值差異而引發，氣渦輪機(GT)則因汽機跳脫後蒸氣系統壓力過高跳脫。此外，電力調度中心表示電力系統在某些地區可能發生每秒 0.125Hz 或更高的系統頻率變化率(Rate of change of frequency, RoCoF)，很可能導致分散式電源自動跳脫。

英國天然氣與電力市場辦公室 (Ofgem)提出此次事故相關單位之罰責，首先是沃旭 (Ørsted)及萊茵 (RWE)二家公司承認在雷擊之後，Hornsea One 和 Little Barford 並未保持與電網連接，造成本次大停電的疏失，同意向 Ofgem 的賠償基金(Energy Industry Voluntary Redress Scheme)各自願支付 450 萬英鎊 (約新台幣 1 億 8 千萬元)。本地電網運營商已斷開並重新連接用戶，以應對預期的斷電現象，但是英國電力網(UKPN)配電公司在沒有調度中心要求的情況下重新連接客戶，這可能會危及電力系統的恢復，英國電力網配電公司承認違反技術規定，並同意支付 150 萬英鎊 (約新台幣 6 千萬元)。

## 五、電力調度中心對外聯絡溝通處理情形

根據電力調度中心(ESO)之技術分析結果顯示，電力調度中心於 16:56 首次收到配電公司(DNO)電力負載降低通知，並隨即在 16:58 至 17:16 指示配電公司恢復供電，而配電公司於 17:07 至 17:37 分間陸續完成恢復供電。最終，電力調度中心於 17:34 首次收到配電公司恢復供電通知，電力調度中

心與配電公司之業務傳達沒有發生任何問題。

8月9日傍晚停電事故發生後，電力調度中心(ESO)即時向政府和管制機構進行通報，並配合發布緊急調查報告。電力調度中心於17:41首次向商業、能源與產業策略部通報，此時用戶供電已在陸續恢復中，且電力調度中心亦於17:51首次向天然氣與電力市場辦公室(Ofgem)通報，並針對事故細節持續溝通。電力調度中心、天然氣與電力市場辦公室於8月11日(週日)共同出席商業、能源與產業策略部部長主持之停電事故緊急會議。從8月12日開始的一週中，針對電力調度中心預計於8月16日發表對此次事件的緊急調查報告內容，持續進行內部審核。此外，電力調度中心透過新聞媒體持續進行對外溝通，在8月9日晚上6點27分，電力調度中心進行第一次對外記者會，並在當日晚上和整個週末繼續回應媒體採訪與外界訴求，整體對外溝通時程表如表2所示。

表 1、電力調度中心與配電公司之業務聯繫情形[4]

	DNO Areas											
	SSE	SPED	ENW	NPG North East	NPG Yorkshire	UKPN SPN	UKPN EPN	UKPN LPN	WPD South West	WPD South Wales	WPD West Midlands	WPD East Midlands
ESO何時被通知 負載降低	17:01	17:01	17:01	17:01	17:01	17:04	17:04	16:58	16:56		17:02	16:57
ESO何時指示 恢復供電	17:06	17:13	17:10	17:08	17:10	17:13	17:14	16:58	17:08		17:05	17:16
何時恢復供電	17:07	17:17	17:17	17:18	17:12	17:37			17:30			



表 2、電力調度中心透過新聞媒體對外溝通時程表[4]

	時間	媒體曝光與聯繫
8/9 (週五)	18:27	第一次透過電視、廣播和Twitter對外說明， <b>確認發生停電事故，目前電力系統已恢復正常。</b>
	20:06	第二次透過電視、廣播和Twitter對外說明， <b>解釋斷電原因</b> ，並再次確認系統已正常。
	20:11	英國國家電網發展負責人(Julian Leslie)在Twitter上發布了進一步解釋。
8/10 (週六)	8~13點	Radio 4 Today Programme, Five Live, ITV, BBC Breakfast and Sky等媒體採訪播報。
	08:33	第三次透過電視、廣播、Twitter和報紙對外說明， <b>關於事件的進一步解釋和國家電網不涉及發電的澄清說明。</b>
	19:31	第四份透過電視、廣播、Twitter和報紙對外說明，表示 <b>支持能源緊急事件執行委員會(E3C)的調查</b> ，並強調 <b>ESO正在內部調查中。</b>
	20:00	ESO協助商業、能源與產業策略部(BEIS)彙整停電事故最新進展，提供給國務卿和交通運輸部。
8/11 (週日)	11:00	ESO與BEIS部長(Kwasi Kwarteng)進行視訊會議

電力調度中心(ESO)向用戶釐清停電事件原因，在停電事故出現後的大約 90 分鐘內，部分配電公司(DNO)和鐵路企業在未與電力調度中心確認前就對外發布消息，指出是電網故障造成此次停電事故。這些消息雖然沒有延誤電力調度中心指揮恢復供電的時間，但確實導致大量用戶與新聞媒體向配電公司及電力調度中心求證與追查。

表 3、8 月 9 日傍晚電力用戶來電詢問之統計次數[4]

DNO	SSEPD	ENW	SPEN	NPG	UKPN	WPD	TOTAL
TIME							
16:00	265	473	632	1,008	1,030	2,074	5,482
17:00	1,140	2,643	2,699	5,292	6,341	15,151	33,266
18:00	81	64	75	238	200	162	820

## 六、電力調度中心之檢討與建議

針對倫敦大停電事故，電力調度中心(NGESO)提出以下事項值得檢討或持續關注：

- (一) 建議電力調度中心應在事故發生後，立即(1 小時內)進行有效緊急聯絡溝通，對象包含系統操作者、管制機構、新聞媒體與一般用戶。
- (二) 英國電業管制機關為確保電力系統韌性，都有規定有關備轉容量與保

護系統的具體義務，包括電網法規(Grid Code)及「供電安全與品質標準」(Security and Quality of Supply Standard, SQSS)。供電安全與品質標準主要在應付單一事故，但是 8 月 9 日傍晚的雷擊導致二部大機組跳脫的規模，已超出 SQSS 標準，導致頻率大幅且快速下降，故建議進行適當修正。

(三) 為確保關鍵基礎設施或服務可持續供電，應檢討低頻卸載(Low Frequency Demand Disconnection, LFDD) 停電之設備(用戶)清單。

(四) 因應分散式電源的不斷增加，應檢討分散式電源高佔比對系統之風險。

1. 檢討有關分散式電源保護裝置(設定) 對電網擾動(事故)敏感度。
2. 提高電力調度中心(NGESO)與配電電網公司 (DNO) 對分散式電源之即時發電資料之掌握度。
3. 檢討分散式電源監管架構與準則，如：併網申設流程中對於執照許可的資格審查標準。

## 七、我國可參考借鏡之處

2017 年 8 月 15 日傍晚 16:51 國內發生全台大停電事故，主因係中油人員在大潭電廠天然氣計量站更換電源供應器時導致大潭電廠供氣中斷，六部機組跳脫，供電量減少約 420 萬瓩，造成電力系統頻率瞬間降低，因此自動啟動低頻電驛安全保護措施，全台因此多處停電，台電公司緊急分區輪流停電，直至晚上 21:40 才正式解除，造成民眾不便。

由英國倫敦大停電事故的經驗可知，建議應加強台電公司內部及相關廠商業務傳達管道暢通和解決問題能力，並即時透過新聞媒體和社群平台進行對外溝通，向用戶釐清停電事件原因，降低社會大眾憂心與不安。此外，為了避免再次發生停電事件，由倫敦停電事故發現，倘若電力系統頻率異常變化，分散式電源恐在短時間內大量跳脫，造成供電不穩定情形。

我國正處能源轉型過程，能源結構逐漸由大量分散式電源取代傳統集中式電力，恐面臨發電量瞬間減少，系統頻率不穩，以及再生能源間歇性和不易預測性等挑戰，建議避免將國內分散式電源的保護電驛設定在單一的頻率標準，提升電力系統彈性，降低發生停電事故之可能性。

參考文獻：

- [1] 9 August 2019 power outage report, Ofgem, 2020.
- [2] GB power system disruption on 9 August 2019, Energy Emergencies Executive Committee (E3C): Final report, 2020.
- [3] GB POWER SYSTEM DISRUPTION – 9 AUGUST 2019, Energy Emergencies Executive Committee: Interim Report, 2019.
- [4] Technical Report on the events of 9 August 2019, NGESO, 2019.
- [5] 工研院，國家能源政策評析報告：英國，2019。
- [6] <https://www.gov.uk/government/publications/great-britain-power-system-disruption-review>
- [7] <https://www.ofgem.gov.uk>
- [8] <https://hornseaprojectone.co.uk>