

汽電共生系統對高科技廠商之電壓驟降弱化區域改善分析

Voltage Sag Vulnerability Improvement for the High-Tech Industrial Customers with Cogeneration System

許振廷
C. T. Hsu

謝發慨
F. K. Hshieh

楊世安
S. A. Yang

鄭尊仁
J. J. Cheng

吳國揚
G. Y. Wu

南台科技大學電機系
Department of Electrical Engineering
Southern Taiwan University of Technology
Tainan, Taiwan, R. O. C.

摘要

本文主要在研究高科技園區廠商並聯於汽電共生系統前後之電壓驟降弱化區域分析，文中將介紹電壓驟降的忍受曲線及計算方法，推導放射狀與環路狀系統故障後的電壓大小，然後以在竹科園區內之汽電廠為研究對象，分析當台電系統發生故障時，高科技廠商有無接引於汽電廠對電壓驟降弱化區域之影響。

關鍵詞：汽電廠、電壓弱化區域、電壓驟降。

Abstract

This paper presents the computing technology about voltage sag to find the vulnerability area of the high-tech industrial customers with or without connecting to cogeneration system. The magnitudes of voltage sag for the radial and mesh circuits have been derived and the voltage sag ride-through curves for the industrial customers have also been applied. The cogeneration system installed in the Hsin-Chu science-based industrial park has been selected for study. The voltage sag vulnerability areas will be generated for the industrial customers with or without connecting to the cogeneration system by assuming faults occurred at the Taipower system.

Keywords: Cogeneration system, Vulnerability area, Voltage sag

1. 前言

不論是配電系統或輸電系統事故所引起的電壓驟降，可經由短路故障分析以瞭解不同類型事故所帶來之衝擊及影響區域。本論文以全台電力系統觀點，執行龍松變電所 161kV 匯流排之電壓弱化區域分析，並比較系統有無並聯汽電廠的差別，以作為電力公司與高科技業者對電壓驟降之改善參考。本文所建立的台電系統網路係以民國 92 年之架構為研究對象[1]，包含一次電變電所以上之匯流排、以 161kV 線路以上加入系統之發電機組、兩百多個地區負載及 345kV 與 161kV 之輸電線路，因整個系統過於繁雜，所以在執行電力系統分析時，本論文經由台電系統夏季尖峰負載潮流分析之結果，將 161kV 以下之網路以等效負載來表示，而等效系統單線圖主要係以 345kV 匯流排及線路為架構，另外，包含峨嵋 161kV 及龍松 161kV 匯流排和本文所研究之汽電廠，而 345kV 以下之網路係以等效負載與等

效發電機組表示。

高科技園區的營業範圍包含各式各樣的資訊產品，例如積體電路、電腦及週邊設備、面板產業、通訊、光電、精密機械及生物技術等，對我國的整體經濟貢獻很大，對於這些高科技產業而言，其對用電品質及可靠度要求甚高，任何不當之斷電將導致工廠嚴重損失，所以如何維持供電穩定與提高供電品質，是相當重要的。除了限電與瞬間停電，電壓驟降亦會引起工廠設備跳機，電壓驟降所造成的損失雖不如停電來的大，但發生的次數卻比停電較為頻繁，將造成高科技園區較多的損失，因設置汽電共生系統將有效的改善高科技園區電壓弱化的區域。

2. 電壓驟降忍受曲線

電壓驟降一般可定義為在基頻電壓均方根值的減少，其電壓下降持續時間可從0.5週期至1分鐘之久，電壓大小介於0.1至0.9 p.u.之間。目前許多國際組織或產業工會均有針對電壓驟降的問題制定了負載設備對電壓降容忍度曲線，目前國際上常見的曲線有CBEMA曲線、ITIC曲線及SEMI F47曲線等，本文以SEMI F47曲線針對其所屬的相關設備所建議的電壓驟降忍受曲線做說明。圖1為SEMI F47 為半導體製造業所規範出之製程設備對電壓驟降之忍受曲線，定義時間從0.05秒至1秒，當電壓降至 0.5pu 以下且持續時間超過0.05秒，或電壓降至0.7pu 以下且持續時間超過0.2秒，或電壓降至0.8pu 以下且持續時間超過0.5秒，則半導體機台設備有可能因電壓驟降而跳機[2][3][4]。

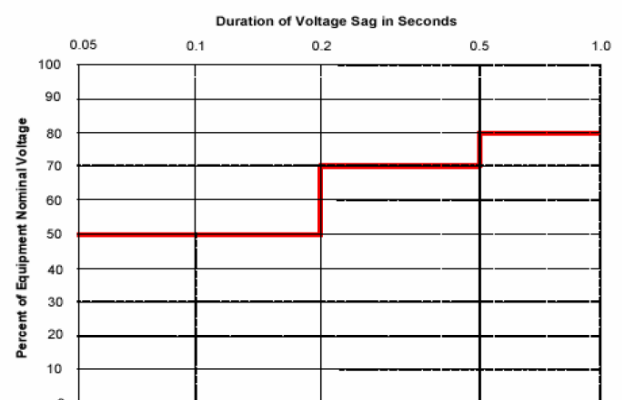


圖1 SEMI F47電壓忍受曲線

3. 電壓驟降計算

3.1 放射狀系統

對一個放射狀系統而言，我們可以非常容易推導出其在線路故障時，電壓驟降的大小。若故障越接近負載，則其所導致的電壓驟降將更為嚴重。如圖2所示，若忽略負載電流並假設故障前電壓為1pu，則電力耦合點(point-of-common-coupling, PCC)處的電壓可以表示為[5][6]

$$V_{pcc} = \frac{Z_F}{Z_S + Z_F} \quad (1)$$

其中 Z_F 為電力耦合點和故障點之間的阻抗， Z_S 為電力耦合點電源端之阻抗。又 $Z_F = z\ell$ ，其中 z 為饋線上每單位長度的阻抗大小，而 ℓ 為電力耦合點和故障點之間的長度，故式可推導為

$$V_{sag} = \frac{z\ell}{Z_S + z\ell} \quad (2)$$

由(2)式可知，故障發生時，用戶端由pcc點所感受的電壓驟降與 $z\ell$ 成正比，意即「故障點距離用戶越遠，則用戶所感受到壓降的情形越不明顯」。假設已知某一對壓降敏感的設備所能容忍壓降的最低電壓為 V_{sag} 時，可由(2)式重新整理，計算出在離感性負載多遠距離的線路長度發生故障時，所發生的壓降剛好不會使得該感性負載跳脫。此長度稱為臨界距離(critical distance)，並以式(3)之 ℓ_{crit} 表示。

$$\ell_{crit} = \frac{Z_S}{z} \times \frac{V_{sag}}{1 - V_{sag}} \quad (3)$$

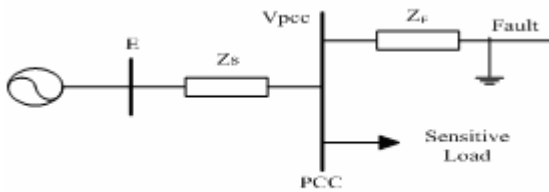


圖2 放射狀系統單線圖

3.2 環路狀系統

當一個環路系統變更複雜時，可利用矩陣的計算方式將之簡化，再根據Thevenin's Superposition定律來計算各節點的電壓。利用各個節點之間的等效阻抗，我們可以建立一個與節點電壓和節點電流相關的Z矩陣如式(4)所示。

$$V = ZI \quad (4)$$

對一個N節點加一參考點的系統而言，第k個節點故障前電壓為 $V_k^{(0)}$ ，若節點f發生故障，則故障後節點k電壓可表示為

$$V_k = V_k^{(0)} + \Delta V_k \quad (5)$$

而其 ΔV_k 為節點k在故障期間的電壓改變量，此時，故障點有唯一的電壓源 $-\Delta V_f^{(0)}$ ，而系統上其他的電壓源將被短路，所以節點f將是唯一的非零電流節點，所以可將上式寫成

$$\Delta V_k = Z_{kf} I_f \quad (6)$$

在故障點 ($k = f$) 時之 $\Delta V_f = -\Delta V_f^{(0)}$ ，所以

$$I_f = -\frac{V_f^{(0)}}{Z_{ff}} \quad (7)$$

將(6)式與(7)式帶入(5)式可得

$$V_k = V_k^{(0)} - \frac{Z_{kf}}{Z_{ff}} V_f^{(0)} \quad (8)$$

由於故障前初始電壓通常接近於1.0，故可將(8)式更進一步簡化為(9)式，故當節點阻抗矩陣已知時，計算故障後任何節點之電壓驟降大小將很簡單。

$$V_k = 1 - \frac{Z_{kf}}{Z_{ff}} \quad (9)$$

4. 台電系統與汽電廠簡介

如圖3所示，台電系統為一南北長島型的輸電結構，系統依照台電現行之劃分方式區分為北區、中區及南區三部份，分別以龍潭、中寮及龍崎為主要分界，其中以345kV超高壓輸電線為主要傳送電力線路。北區部份有5個等效發電廠及7個等效負載匯流排；中區有6個等效發電廠及8個等效負載匯流排；南區有4個等效發電廠及8個等效負載匯流排。原東區系統因發電量及負載量與上述三區相比相當小，且主要輸電線與中部系統相聯結故併入中區系統中。此外，部份小型水力電廠並未包含在此等效系統中。

本文所探討之汽電共生廠興建於新竹科學園區第三期計畫區內[7]，共規劃有3部45MW之氣渦輪(Gas Turbine, GTG1、GTG2、GTG3)發電機組及1部26.9MW之汽渦輪(Steam Turbine, STG)發電機組，該廠於民國八十八年開始商業運轉，初期只有氣渦輪發電機組與汽渦輪發電機組各1部進行發電，並提供161kV與22.8kV兩種電壓等級給高科技廠商，由於日間負載較重且台電電價較高，故採用3部氣渦輪發電機組與1部汽渦輪發電機組進行發電；夜間時段則因負載較輕且電價較為低廉，故採用2部(或1部)氣渦輪發電機組與1部汽渦輪發電機組進行發電。圖4為本汽電廠電力系統單線圖，發電機G4為在台電龍松變電所161kV匯流排之等效發電機。本汽電廠經二台三相三繞組隔離變壓器(一、二次繞組為161kV採Y接線，其容量分別為90

5.1 汽電廠未並聯時之電壓驟降弱化區域

圖 5 為汽電廠未並聯時，龍松 161kV 匯流排之電壓驟降弱化區域範圍，共有 4 個壓降範圍分別為 50%、70%、80%與 90%的區域，代表在此範圍發生的三相短路故障範圍的故障發生會導致龍松 161 匯流排的電壓分別驟降至 50%、70%、80%與 90%。越靠近所欲分析的匯流排發生故障，則電壓驟降越嚴重。越遠，則電壓驟降越輕微。以此事例而言，中寮變電所以南之變電所發生故障，則龍松 161kV 匯流排的電壓尚可維持在 0.8pu 以上。

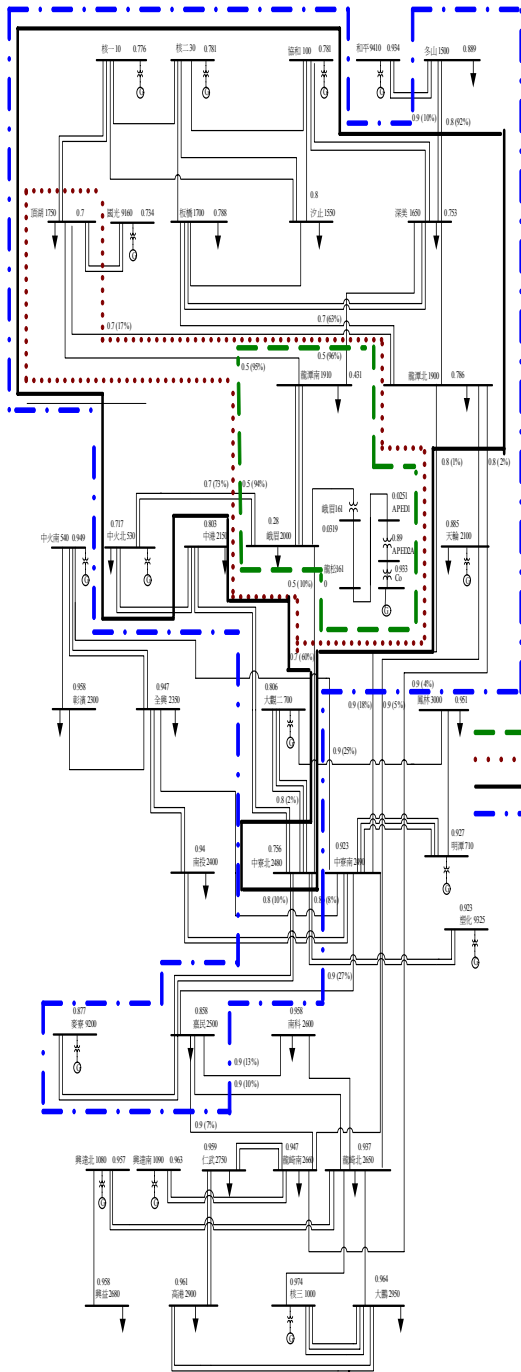


圖 6 汽電廠並聯時，龍松 161kV 匯流排之電壓驟降弱化區域範圍

5.2 汽電廠並聯時之電壓驟降弱化區域

圖 6 為汽電廠並聯時，龍松 161kV 匯流排之電壓驟降弱化區域範圍，其模擬結果與沒有裝設汽電廠之事例相當接近。圖 7 為汽電廠並聯時，汽電廠內部 161kV 匯流排之電壓驟降弱化區域範圍，以此事例而言中寮變電所以南之變電所發生故障，則汽電廠內部 161kV 匯流排之電壓尚可維持在 0.9pu 以上，整個弱化區域範圍明顯縮小。

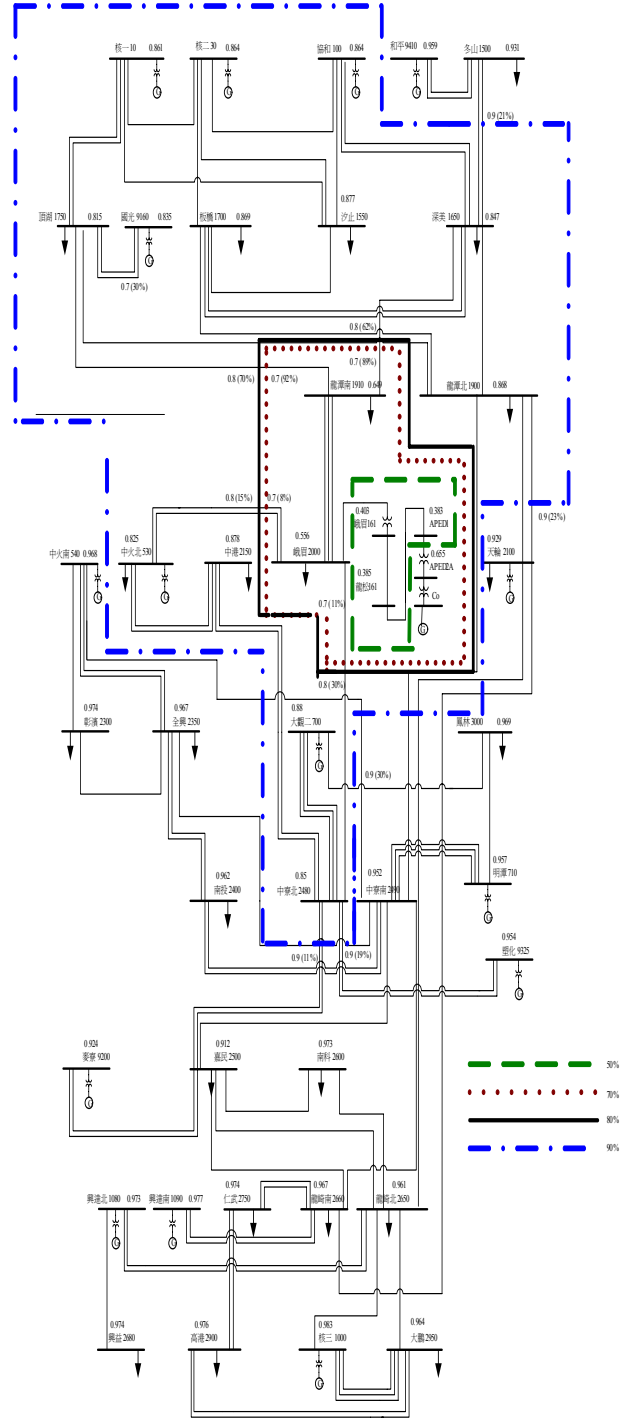


圖 7 汽電廠並聯時，汽電廠內匯流排之電壓驟降弱化區域範圍

6. 結論

由本文對電壓驟降弱化區域的分析可知，若汽電共生廠的裝設容量不夠大時，則有無汽電共生系統對鄰近地區之電壓驟降大小影響不大，但對汽電共生廠內部而言，則其對於台電各地區所發生的故障有較高的電壓驟降忍受能力，整個電壓驟降弱化區域範圍明顯縮小，故對高科技廠商而言，若可接引於汽電共生系統內部，則對外部電力公司故障所引起的電壓驟降將有良好的改善效果。

參考文獻

- [1] 林泓儒，"以能量或阻抗間隙法選擇跳脫發電機組改善暫態穩定度分析，" 碩士論文，國立中山大學，中華民國94年6月。
- [2] IEEE Std. 1159-1995, Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality.
- [3] 江榮城，"電力品質實務(一)，" 全華科技圖書，中華民國90年7月。
- [4] 江榮城，"電力品質實務(二)，" 全華科技圖書，中華民國91年5月。
- [5] Math H.J. Bollen, "Understanding Power Quality Problems," The Institute of Electronic Engineers, Inc, New York, 2000.
- [6] R. C. Dugan, M. F. McGranahan and H. W. Beaty, "Electrical Power Systems Quality," McGraw-Hill, New York, 1996.
- [7] 余學承，"科學園區汽電共生系統之故障計算與穩定度分析，" 碩士論文，國立中山大學，中華民國89年12月。
- [8] A. C. Wang, J. H. Teng, C. C. Shen, C. N. Lu, Y. T. Chen, C. Y. Huang and E. Liu, "Voltage Sag Vulnerability Study in Power System Planning," Proceedings of IEEE PES General Meeting, vol 3, pp. 12-16, June 2005.