

296502

申請日期	85.4.19
案 號	85104674
類 別	H02T / 4



296502

(以上各欄由本局填註)

~~發明~~ 專利說明書

一、發明 名稱	中 文	用來防止電力系統中電壓崩潰之動態方法
	英 文	DYNAMIC METHOD FOR PREVENTING VOLTAGE COLLAPSE IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS
二、發明 創作人	姓 名	1. 江 曉 東 2. 王 成 山
	國 籍	1. 美 國 2. 中 華 民 國
	住、居所	1. 美國.紐約州 14850,以色加,樺林路以北 305 號 2. 美國.紐約州 14850,以色加,溫斯頓第 5 棟公寓 609 號
三、申請人	姓 名 (名稱)	康乃爾研究基金公司
	國 籍	美 國
	住、居所 (事務所)	美國.紐約州 14850,以色加,刺林路 20 號
	代 表 人 姓 名	H. 華特. 休斯勒

裝

訂

線

296502

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大類：
I P C分類：

A6
B6

本案已向：

美 國 (地區) 申請專利，申請日期：1995.4.20.案號：08/425,555' 有 無主張優先權

有關微生物已寄存於： ， 寄存日期： ， 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

五、發明說明 ()

相關專利申請案

本發明相關申請案為美國專利申請案編號08/055,334，其申請日期為1993年5月3號，且指定予共同受讓人，該申請請案列為本文之參考案。

發明領域

本發明係有關於電力產生系統中決定電壓崩潰的動態方法，尤其是有關於預測未來或近期電壓狀態，及系統微弱性的方法，以防止遭受重負載或偶發事件狀態時電力產生系統之電壓崩潰。

發明背景

由於工業社會電力需求持續增加，在世界各地限電的情形益見頻繁，當某一區域電力需求增加時，則必需建立新電廠和配電系統。各功率產生系統為唯一之系統，係因各功率產生系統包含電力產生容量柵，它們集合在一起，以供應特定大眾或區域內變動的電力需求。

一般說來，在世界上大部份系統的電力產生容量並無法符合日益增加的電力需求。此種狀態必需要有正確的填補用電不足量測，如在尖峰用戶負載期間限制程序。限電可導致電壓下降，且頻率也會下降。此方法也只能暫時解決電力不足的問題。最後，如果系統容量不增加，系統仍

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

續

五、發明說明(2)

將失敗。甚至目今，限電仍無法解決電力不足的問題。而電壓及/或頻率下降的狀態，某些如感測電子裝置或電腦等設備無法適當運作。

老化的電力設備也是一項嚴重的問題。目前有許多電廠必須維修及/或存在嚴重的無效率。多種電力產生設備(如核能電廠)已在危險狀態下運作，因此必需除役。所以，現存的多種功率產生系統實際上供應電力的能力已收縮。

因為經濟上的考量及建廠時某些時間上的無法掌握，並非一定能如期蓋新電廠，以增加電力容量。甚至如果增加電力產生容量，其尚未決定在系統之何處加入電力能達到最高效率。另言之，現在沒有任何設備可在各功率產生系統中決定所謂的”微弱區域”。姑且不論不足電力量測及新電力容量加入的問題，許多系統仍必需加以限電。現在限電的原因在於工業上無法預測或校正此微弱區域。

微弱區域定義在功率產生系統中無法容忍加入負載的產生柵部位。例如，現今的計算無法提供解答如是否一特定匯流排可忍受給定的負載增加，或在一匯流排上系統可容忍負載的瞬時增加，而維持柵中另一匯流排中需求增加。

電壓崩潰一般由兩種型式的系統干擾所引起：負載變動及偶發事件。在1987年日本的電壓崩潰係導因於負載變動；在1982上瑞典發生的負載崩潰則導因於偶發事件。當負載重大且其他電力需求無法滿足時，則導致限電。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (3)

在前述已申請的美國專利申請案案號08/055,334，申請日期1992年5月3號，其指定予共同受讓人。該文中說明一種方法可對更功率產生系統決定性能指數。第一次，性能指數直接與相關的負載需求有關。此性能需求易於電力工程師及運轉人員所解釋，所以可預測微弱區域及潛在的電壓崩潰狀態並加以校正。

當崩潰的原因係由於負載變動時，在上述申請案的性能指數可量測負載增加量，其為在此崩潰之前，系統所可容忍者。

當崩潰機構係由於偶發事件時，上述發明的性能指數可量測其嚴重性 (severity)。前項發明的性能指數可了解系統是否維持一偶發事件而不崩潰。

上述專利申請案已說明決定一特定功率產生系統的微弱性的有效方法。須了解該程序基本上為一拍擊技術。所得到的結果僅為暫時狀態，且無法預測近期狀態，如偶發事件發生後25分鐘的狀態。

本發明的方法可反應所需要的知識，實際上，比上述專利申請案更有效地利用馬鞍節點分歧技術，以提供一功率產生系統中未來電壓分佈狀態。已知一偶發事件在時間0時往往是無意義的，但在一段時間後卻令人困擾，即可沿著負載產生變動的預測方向持續產生電壓崩潰。

本發明的方法為先前專利申請案之改進。現在之方法使用動態計算以對不同系統偶發事件及負載變動，相對於時間畫出電力流對系統關係圖。新方法提供一機構，由此可

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明()

更準且適當的執行負載排除懊電力產生加入而防止系統崩潰。此新動態技術決定近期狀態，因此可動態預測系統改變的能力，因此提供系統偶發事件或負載變動微弱性評價。

本發明之電壓崩潰防止及電力產生維持的動態方法包含下列步驟：

- a)使用的馬鞍節點理論對含電力產生柵的功率產生系統預測近期電力流；
- b) 從步驟(a)中的預測，決定負載邊際值指數，其提供負載需求評價，該需求為在馬鞍節點電壓崩潰之前該產生系統所可容忍者；及
- c)使用步驟(b)中得到的該負載邊際值指數在該電力產生柵的某些部位加入產生容量或取出負載而防止該功率產生系統的電壓崩潰，因此保持該功率產生系統的電力產生容量，且負載邊際值指數辨識該功率產生系統的微弱區域，因此可對該功率產生系統持續電力功率產生系統之維持。

在上述方法中步驟(c)亦可加以變動，在另一步驟(d)中加入步驟(b)中所得到的負載邊際指數，以對該電力產生系統得到系統電壓分佈。以使用電壓分佈維持該功率產生系統的電力產生容量。

發明概述

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明(5)

本發明提供一種在電力產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，包含下列步驟：

- a)相對於電力產生系統中的時間量測負載需求，該系統含電力產生柵；
- b)計算性能指數，其直接與步驟(a)中得到的負載需求相關；
- c)使用性能指數辯識電力產生系統中的微弱區域；
- d)在崩潰將發生之前，決定該微弱區域的實際安全邊際。
- e)在電力產生系統中的電力產生柵中被辨識為微弱的區域依據該安全邊際釋出電力或加入電力產生能量，以防止電力產生系統中的電壓崩潰。

上述方法亦可包含一額外的步驟(f)，對該功率產生系統產生電壓分佈，以適當也維持該功率產生系統。

本發明亦在性能指數及負載需求間建立一直接關係。此一關係使操作者可評價柵系統的狀態，而使其可輕易地防止潛在的電壓崩潰。

圖形簡述

可由附圖了解本發明，下文為附圖之詳細說明：

圖1示不同的圖形表示的電力流曲線，其視不同的偶發事件而定。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (b)

圖2示本發明的方法的方塊圖，其中下列兩功能加在一起：(a)前瞻性負載邊際分級，及(b)前瞻性電壓分級，以提供能量管理系統；及

圖3示實及電抗負載需求的參數變動圖式，及實際電力產生。

較佳實施例說明

一般說來，偶發事件選擇及偶發事件分析為現代能量管理系統的基本功能。一廣為接受的策略為，使用有效的偶發事件選擇功能以過濾出大量的低嚴重性偶發事件且只對高嚴重偶發事件詳細分析功率流。近十年來，對於電力偶發事件選擇及電壓偶發事件選擇的演算法的發展已有很大的進步（見文尾端中BIBLIO GRAPHY的1-14）。

大多數偶發事件選擇的現存演算法，只提供電力系統的拍擊分析。在正常的操作狀態下，此似敷已足以使用。當由負載互動，產生再規劃時，而使電力系統更進一步發展時，基於拍擊分析的馬鞍節點分級變得不足敷應用。或在最壞的情況下，當電力系統的操作靠近其穩定極限時，該分析方法變得毫不相關。為了詳盡說明這一現象，且為了說明發展一種更前進的偶發事件選擇功能，現在考慮下列情況：假設電力系統現接受三種偶發事件，如“a”，“b”，及“c”，在P-Q-V曲線上，這些偶發事件的效應示於圖1中，該P-Q-V曲線係依據預測的負載變動及經計劃的生

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (7)

產分派。考慮依據這些偶發事件的嚴重性將其分級。給定現在的操作點，則拍擊分級的順序為“c”，“b”及“a”。依據拍擊偶發事件分級當系統負載產生的負載為 λ^0 時，偶發事件“a”被歸類為最不嚴重，當系統發展至 λ^1 時，將導致電壓問題。而偶發事件“a”，歸類為最不嚴重，當導致電壓崩潰，甚至在系統到達負載產生執行 λ^2 時仍一樣，其中係假設在負載產生變動的預定方向中系統持續發展。

可能有人懷疑到當系統在負載產生負載 λ^1 下操作時，無論如何由拍擊偶發事件選擇可得到偶發事件“a”。此方面係因為其依據兩項因素：(i)偶發事件選擇及偶發事件分析功能執行的頻率，及(ii)負載變動率。如果當系統負載產生負載為 λ^0 執行這些功能，且然後在負載 λ^2 下執行，則當系統開展過系統產生負載 λ^1 時，偶發事件“a”將產生電壓問題。當系統在靠近穩定極限下操作時，則上述情況將會發生。

給定現在的電流操作狀況（從狀態估計器及拓撲分析儀中得到），則可使用在各匯流排近期（如在25分鐘之後）的負載需求（可從預測數據或短期負載預測得到）及產生分派（如基於經濟考量的分派），負載邊際量測或索引（MW及/或MVAR）而使系統穩定，以容忍負載預測及生產變動。已提出一方法以預測近期系統電壓分佈。然後，所提出的前瞻性量測及提出分佈方法到偶發事件選擇，以用於近期電力系統，其以崩潰之負載邊際及匯流排

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

訂

五、發明說明 (8)

電壓量表示 (見圖2) 。所提出的前瞻性量測，及所提出的電壓預測方法，由加入前瞻性功能，而增加現行偶發事件選擇功能。當系統之操作靠近穩定極限或者負載生產變動高時，則前瞻性功能相當有用。可在多個電力系統中，計算測試結果，其中包含有偶發事件匯流排電力系統。所提出的負載邊際量測或索引係基於電力流解及馬鞍節點分歧點的一般形式。所提出的電壓預測方法係基於電力流技術及馬鞍節點分歧點的特性方程式。

因為所提出的量測及所提出的電壓預測方法使用為 CPFLOW 所提供的電力流解，所以有必要了解 CPFLOW。CPFLOW (連續功率流為在負載及生產變動下追蹤電力系統穩定狀態行為的工具 [17])。尤其是，CPFLOW 可產生 P-V, Q-V 及 P-Q-V 曲線，其中控制參數入為下列中的一項：(i) 一般匯流排 (P 及 / 或 Q) 負載 + 在 P-V 匯流排的實際生產電力，(ii) 區域 (P 及 / 或 Q) 負載 + 在 P-V 的實際生產電力，(iii) 系統 (P 及 / 或 Q) 負載 + 在 P-V 匯流排處的實際生產電力。CPFLOW 可相對於上述之變動參數，經 " 凸 " 點 (即馬鞍節點分歧點)，在沒有數值運算困難下，追蹤功率流解曲線。

CFPLOW 使用與步階尺寸控制有關的預測校正型連續方法，以達到高準度計算。預測器的目的係發現一使用於下一解的估測點。此來自預測器之估測的品質大大地影響了在得到正確解時，校正器所需的重複次數。以較好的估計點，可使校正器應用較少的次數得到。理想上，步階長

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (q)

度可適於將追蹤之方法曲線的形狀，一較長的步階長度可用於方法曲線的”平坦”部位，而較短的步階長度則適於方法曲線的彎曲部份（曲率較大處）。方法曲線的形態無法事先知道，因此使得設計步階長度的控制相當困難。因此良好的步階長度控制係依據客戶之特定應用加以設計。不只是這樣，在連續程序尚有某些一般的考量，以改進性能。

新性能指數

使用性能指數的基本準則為其能力可反映引導使用系統朝向不使用態之直接機構的狀況。在電力系統電壓崩潰的情況中，一有用的性能指數必需在系統在崩潰前（當下層機構的崩潰係由於負載變動時），系統所可容忍的負載增加量，且考慮系統是否可維持一偶發事件而不崩潰（當下層機構之崩潰係由一偶發事件產生時），且量測其嚴重性。

在〔16〕中，提出一新性能指數，此性能指數對其值及在一馬鞍節點電壓崩潰前系統所能容忍的負載需求量之間提供一直接的關係。此指數使用在特別有興趣的分支之電力流解中所含的資訊。此性能指數尤其有用於含足夠的系統尼阻的電力系統。其中之一特徵為辨識所提出的性能在其負載需求空間是否可發展，且是否有能回答諸如下列的問題”系統是否可容忍匯流排2上70 MW的瞬時電力增

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

訂

五、發明說明 (10)

加，或匯流排6上50MVar的電力增加呢？” 。而且，包含在性能指數中的計算與現在指標上所需的計算比較起來相當便宜。但是，在〔16〕中所提出的性能指數存在多種不穩定的問題。

本發明所提出的新性能指數在現行使用點及突出點之間提供一直接的邊際負載量測（即，MW及/或MVAR）。此新的性能指數不會產生數值不穩定的問題。

理論基礎

已證明使用適當的座標轉換以簡化一組複雜方程式表示法的構想相當有用。依此方法，正常形式方法可轉換一組非線性微分方程式成爲在平衡點或周期性解的鄰域中原始估計的幾項級數解。此少數的初始項對方法的行爲提供相當有用的資訊。

在分歧的研究上，正常形式方法亦爲相當有用的工具。當正常形式理論使用在馬鞍節點分歧中時，可得到下列方程式爲用於馬鞍節點分歧的正常形式：

$$\dot{X} = U - X^2 \quad (1)$$

其中 $U \in R^1$ 。簡言之此方程式導致通過突出點（nose point）電力流解答曲線爲一二次方法式，至少在局部情狀下如此。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

訂

訂

五、發明說明 (11)

新指數

先從電力流解答開始考慮，比如在對應參數為 λ_1 之下為 X_1 ，則使用 CPFLOW 在為預測的近期負載及在兩不同參數值，比如說 λ_2 及 λ_3 下的計算實際電力產生所得到的負載產生曲線下，計算其他兩電力流的解答（見圖3）。（注意，CPFLOW 的步階選擇將決定 λ_2 及 λ_3 的值）。設這兩個電力流解答為 X_2 及 X_3 。而選擇一負載匯流排（其為電壓量中下降較大的匯流排）；將此匯流排標示為分歧。假設下列二次方程式：

$$\lambda = \alpha + \beta V_i + \gamma V_i^2 \quad (2)$$

其的適應匯流排 i 上的三個點 (V_{1i}, λ_1) ， (V_{2i}, λ_2) 及 (V_{3i}, λ_3) 。（注意二次曲線的理论基礎為馬鞍節點分歧點的正常形式），則得到參數 α ， β ， γ 的值。從這三個數值及二次方程式，本發明提出下列的負載邊際量測及性能指數，此性能指數對其值與在馬鞍節點電壓崩潰之前系統所能容忍的負載需求量之間提供一直接關係。

$$\lambda_{\max} = \alpha - \beta^2 / 4\gamma \quad (3)$$

注意

五、發明說明 (12)

1. 此指數使用在感興趣之特定分支電力流解答中所包含的資訊。

2. 如果負載匯流排中之一匯流排在角度量下降很大，則可重覆上述程序，以得到一量測值，如 $\lambda_{\theta \max}$ 。在此狀態下，可修改負載邊際量測，其方法為設定 $\lambda_{\max} = 0.5 (\lambda_{v\max} + \lambda_{\theta \max})$ ；否則 $\lambda_{\max} = \lambda_{v\max}$ 。

電壓預測

使用包含在 $\lambda - U$ 曲線及馬鞍節點分歧點的特性方程式，各匯流排的電壓量可在電流值 λ_1 及最大值 λ_{\max} 之間的給定 λ 處加以預測。此方法的關鍵點為對各個匯流排假設以二次曲線，以使各匯流排對於 λ_1 及 λ_{\max} 之間的範圍得到匯流排之約略 $\lambda - V$ 曲線。應用下式可使用 $\lambda_1, X_1, \lambda_3, X_3$ 及 λ_{\max} (負載邊際量測)，及特性方程式對各匯流排，如匯流排 j 決定對應的二次曲線，及在 λ_{\max} 處的匯流排電壓，以 $V_{\max, j}$ 表示：

$$\lambda_1 = \alpha_j + \beta_j V_{1,j} + \gamma_j V_{1,j}^2$$

$$\lambda_3 = \alpha_j + \beta_j V_{3,j} + \gamma_j V_{3,j}^2$$

$$\lambda_{\max} = \alpha_j + \beta_j V_{\max, j} + \gamma_j V_{\max, j}^2$$

$$0 = \beta_j + 2\gamma_j V_{\max, j}$$

在最後的曲線 (其為用於突出點的特性方程式)，相對於突點之負載增加的電壓感測狀態有無限多種。如上列四個曲線。可得到 $\alpha_j, \beta_j, \gamma_j$ 及 $V_{\max, j}$ 之值。所以，可預測

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

五、發明說明 (13)

對任意參數 λ 的匯流排匯流排值 V_j ，該 λ 值係介於 λ_{\min} 及 λ_{\max} 之間，可使用下列曲線：

$$\lambda = \alpha_j + \beta_j V_j + \gamma_j V_j^2 \quad (4)$$

數值研究

已對新英格蘭 39-匯流排電力系統及 1169-匯流排電力系統得到此測試結果。1169 匯流排網路亦為一實際使用的數據組，其模擬一傳輸網路。使用於極大型的系統時，此系統用於證明提出前瞻性電壓及負載邊際量測的可用性及其分級。

考慮一典型的電力系統，其馬鞍節點個為量測發電機及一 slack 匯流排。可加以表示 非線性方程式形式如式：

$$F(X, \lambda) = f(x) - \lambda b \quad (5)$$

其中 $b = \sum_{i \in J} W_i e_i$ ，將 $J \subset \{1, 2, \dots, (2n + m)\}$ ，

$W_i \in R$ 且 e_i 為第 i 個標準單元向量。此方程式模擬在某些負載匯流排處實及阻抗性電力需求的變動，及在某些發電機匯流排處實電力產生的變動；這些變動可加以參數化，而其他係數加以固定（見圖 3）在即時環境中，在約 15 至 25 分鐘的循環時間周期性執行安全分析，在每一循環中，優先考慮系統結構及操作狀態，且由狀態估測器及外部模型加

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

本

訂

五、發明說明 (14)

以模擬，其中產生一電力流模型，且對應的電力流解答稱爲此環境的基本例子。在方程式5中，可由基本例子與用於下一預測期之短期負載預測中的差值決定“b”。在用於兩取樣系統的電壓崩潰偶發事件分級中，在多個匯流排上的電抗及實電力需求假設有所變動；只考慮分支過齡 (branch outage) 的偶發事件。

表 1

Bus No.	現在負載需求		25分鐘後負載變動	
	P	Q	P	Q
3	322	2.4	437.9	5.57
4	500	184	666.7	232.4
7	233.8	84	344.8	90.7
8	522	176	721.3	227.7
12	8.5	88	13.3	134.7
15	320	153	436.7	172.6
16	329.4	32.3	358.8	39.7
18	158	30	258.9	100.9
20	680	103	1021.8	143.4
21	274	115	368.2	192.1
23	247.5	84.6	240.2	74.3
24	308.6	-92.2	388.4	-91.3
25	224	47.2	322.3	69.2
26	139	17	206.1	22.4
27	281	75.5	247.2	64.9
28	206	27.6	203.5	24.4
29	283.5	26.9	415.4	40.7

表1：在全部負載匯流排之負載變動分佈，來自現在負載需求至預測近期（25分鐘）負載需求分佈。

五、發明說明 (15)

編號	狀況	λ_{max}	$\tilde{\lambda}_{max}$	Err %
0	常態	1.07407	1.12312	-4.56757
1	28-29	1.06441	1.09943	-3.29093
2	26-29	1.06928	1.11936	-4.68315
3	26-28	1.07059	1.11707	-4.34172
5	26-27	1.05336	1.08745	-3.23614
8	2-3	0.99057	1.01262	-2.22518
10	8-9	0.95265	0.99027	-3.94935
13	10-13	0.97244	0.98458	-1.24903
14	4-5	0.92652	0.94319	-1.79914
15	13-14	0.92713	0.93206	-0.53128
20	5-6	0.90371	0.90045	0.36074
26	6-7	0.99023	1.01480	-2.48093
27	5-8	1.03590	1.06845	-3.14229
28	9-39	0.95961	0.98990	-3.15680
29	25-26	1.06358	1.10123	-3.53963
30	21-22	1.02437	1.04868	-2.37376

表2：在決定將崩潰之負載邊際中所提出方法與正確方法之間的比較結果。注意在全部例子中誤差只有5%。

新英格蘭39匯流排系統

表1指示基礎狀態，及25分鐘之預測周期結束時的負載狀態。對應於表1中的兩狀態，參數 λ 的值相對為0.0及1.0。表2示在系統中用於某些管路超過使用年限偶發事件之馬鞍節點分歧點(SNBP)， λ 參數的正確值及加計值。 λ_{max} 的正確值得之於CPFLOW。估計值 $\tilde{\lambda}_{max}$ 使用本節所提出的負載邊際性能指數加以計算。為了使用二次方程式以適合 $\lambda - V$ 或 $\lambda - \theta$ 曲線，必需得到曲線上的三個節點。估測的準確度與這三個點的位置有關。在表2中，使用三點 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ ，得到 $\lambda - \theta$ 及 $\lambda - V$ 曲線上的 $\tilde{\lambda}_{max}$ 值，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

本

訂

五、發明說明 (16)

表值小於0.11。 λ_{max} 及 $\tilde{\lambda}_{max}$ 之間的誤差定義為

$$\text{Error}\% = 100 \times (\lambda_{max} - \tilde{\lambda}_{max}) / \lambda_{max} \quad (6)$$

在此須指出當 λ_1 固定，且 λ_2, λ_3 向 λ_{max} 逐漸增加時，該誤差將漸減至0，其為應用不同的電力系統進行大量的計算所證明之結果。對於此取樣系統，當在不同匯流排中的負載依據給定的分佈增加變動時，在某些負載匯流排的電壓量 v 及角度 θ 將經歷更大的變動。所以在此負載匯流排的 $\lambda - V$ 及 $\lambda - \theta$ 曲線可用於估計 λ_{max} 。經由實際計算，已得知 $\tilde{\lambda}_{max}$ 對 λ_{max} 產生不足估計，而 $\tilde{\lambda}_{\theta max}$ 對 λ_{max} 產生過多估計。從 $\lambda - V$ 及 $\lambda - \theta$ 曲線的 $\tilde{\lambda}_{\theta max}$ 對 $\tilde{\lambda}_{vmax}$ 之平均值可大大地改進估計準確度。

對於電壓崩潰，在負載空間中正常形式的估計值可作為正確邊際的約略值。當系統發展到可預測負載位準時，如果過去 (post) 偶發事件 λ_{max} 小於預測值 $\lambda_f = 1.0$ 時，則視偶發事件為一電壓崩潰。正常形式的估計值可用於對偶發事件分級。對於估計值正常形式大於1.0的偶發事件，在 λ_f 的最壓電壓用於對偶發事件分級，此處電壓可由使用在正常形式的二次方程式加以估計。所提出的負載邊際分級及前瞻性電壓分級策略可由1169匯流排電力系統上的模擬加以證明。

編號	狀態	負 載 邊 際				前 瞻 電 壓 量			
		量 測		分 級		最 小 電 壓		分 級	
		正確方法	所提出方法	正確方法	反提出方法	正確方法	反提出方法	正確方法	反提出方法
39	1055-1228	0.23890	0.22822	1	1	collapse	collapse		

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

表
訂

五、發明說明(17)

14	1055-2236	0.25056	0.23132	2	2	collapse	collapse		
40	1134-1228	0.29300	0.28992	3	3	collapse	collapse		
7	1097-2285	0.43774	0.41952	4	4	collapse	collapse		
8	1098-2285	0.46088	0.43892	5	5	collapse	collapse		
42	1134-1152	0.49230	0.46962	6	6	collapse	collapse		
22	1003-2200	0.78726	0.68370	7	7	collapse	collapse		
21	1002-2200	0.80248	0.69054	8	8	collapse	collapse		
15	1037-2221	1.04826	0.87926	9	10	collapse	collapse		
16	1039-2221	1.07254	0.87612	10	9	collapse	collapse		
20	2351-1159	1.08854	0.93246	11	13	collapse	collapse		
10	2343-1141	1.19042	0.92532	12	12	collapse	collapse		
11	2343-1142	1.22244	0.91672	13	11	collapse	collapse		
19	2351-1158	1.22846	0.96466	14	14	collapse	collapse		
9	2343-1140	1.33370	0.97386	15	15	collapse	collapse		
17	1037-2220	1.49622	1.18056	16	16	0.75010	0.75608	2	2
18	1039-2220	1.45424	1.19898	17	17	0.68841	0.69678	1	1
25	565-940	1.62596	1.22642	18	18	0.83781	0.83211	4	3
48	1098-1062	2.17812	1.67198	19	20	0.85298	0.85979	8	8
27	561-935	2.24880	1.72326	20	22	0.85027	0.85759	6	6
24	1080-2269	2.25406	1.59172	21	19	0.83498	0.84056	3	4
28	562-935	2.28832	1.69526	22	21	0.85286	0.85971	7	7
23	1079-2269	2.32812	1.88166	23		0.84139	0.84647	5	5
46	1097-1062	2.39608	1.76974	24	23	0.87224	0.87816	9	9
44	1062-1152	2.48758	1.81866	25	24	0.88720	0.89261	10	10
47	1097-1141	2.55962	1.85682	26	27	0.89641	0.90221	32	33
45	1109-1152	2.58874	1.83244	27	25	0.89343	0.89876	11	11
0	Normal	2.61190	1.89932			0.894281	0.90009		32
1	516-532	2.60950	1.87350			0.89379	0.89941	18	16
2	516-533	2.60964	1.89024			0.89378	0.89950	17	17
3	516-563	2.61106	1.87308			0.89429	0.89987	23	24
4	516-564	2.60986	1.90418			0.89422	0.89997	21	27
5	516-587	2.60924	1.93940			0.89370	0.89972	15	22
6	516-588	2.60914	1.88552			0.89371	0.89936	16	15
12	2343-2314	2.61180	1.87688			0.89429	0.89991	23	25
13	1054-2236	2.61180	1.87688			0.89429	0.89991	23	25
26	566-940	2.61180	1.89376			0.89431	0.90004	24	29
29	1108-2309	2.60858	1.88954			0.89382	0.89952	19	18
30	1109-2309	2.60708	1.86144			0.89414	0.89961	20	20
31	1110-2309	2.60742	1.89766			0.89378	0.89956	17	19
32	1111-2309	2.60670	1.86562			0.89422	0.89975	21	23
33	502-556	2.60894	1.89062			0.89454	0.89993	31	26
34	503-556	2.60914	1.89644			0.89453	0.89997	30	27
35	532-556	2.60776	1.88888			0.89357	0.89924	14	14
36	533-556	2.60780	1.84708		26	0.89356	0.89897	13	12
37	556-4088	2.61190	1.89932			0.89428	0.90009	22	32
38	556-4089	2.61082	1.90204			0.89457	0.90006		31
41	1228-2493	2.59554	1.86326			0.89347	0.89904	12	13
43	1134-2322	2.61172	1.88804			0.89431	0.90005	25	30
49	1098-1140	2.59818	1.87446			0.89719	0.90287	33	34
50	1003-1110	2.61140	1.87826			0.89434	0.89997	27	27
51	1003-1184	2.60908	1.89226			0.89437	0.90005	28	30
52	1002-1158	2.60774	1.88036			0.89441	0.90000	29	28
53	1002-1185	2.60038	1.85878			0.89433	0.89967	26	21

表3：負載邊際量測，電壓預測，及其與從正確方法及前瞻性分級所得到的比較結果，其以1069匯流排電力系統上的負載邊際及電壓量加以表示。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (18)

1169 匯流排系統

在此系統中有624個負載。由於空間限制，只呈現在27個匯流排上，一數值模擬，檢查實及電抗電力變動。在表3中，顯示電壓崩潰的指數及對不同偶發事件估計的前瞻性電壓。基於本發明的方法而得到的這些偶發事件之順序及從CPFLOW所得到的結果亦顯示在表上。從表3中可觀察到，兩種方法所得到的偶發事件分級結果相似。雖然在正確邊際正常形式及估計的邊際 $\tilde{\lambda}_{max}$ 之間的誤差並不令人滿意，與此取樣系統中的39匯流排系統相比較，對於執行狀態的偶發事件分級結果仍然準確，此係因在系統中的大量負載的狀態下，常碰到此種情況。實際上，表3示兩種方法的分級結果，其係基於電壓崩潰邊際，當正常形式小於1.29437時，兩者幾乎相同。因為電壓崩潰的邊際非常接近在基礎例子中的邊際，對偶發事件例的分級（其正常形式大於1.29437）在安全分析上並不重要。而且顯然對於邊際例子中兩方法的分級結果幾乎相同。在對於此取樣系統的數值模擬中，只有最大電壓降之負載匯流排處 $\lambda - V$ 曲線用於估計正常形式，且計算前瞻性電壓。在此模擬中各負載匯流排的電壓角度 θ 極小，且 $\lambda - \theta$ 曲線中得到足夠資訊以改進估計正常形式的準確度，所以誤差相當大。由一只從 $\lambda - V$ 曲線計算 $\tilde{\lambda}_{max}$ ，其為一保守的不足估計，在電壓崩潰的例子中，比之實際導致電壓崩潰的情況，可診斷更多的偶發事件狀態。但是，對於額外偶發事件之計劃校

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (19)

正動作只可證明電力系統的安全性。無論如何，偶發事件之準確相關分級為最重要事項。本發明所提出方法的性能深具提振作用。

結論

給定現在的電流操作狀況（從狀態估計器及拓撲分析儀中得到），則可使用在各匯流排近期（如在25分鐘之後）的負載需求（可從預測數據或短期負載預測得到）及產生分派（如基於經濟考量的分派），負載邊際量測或索引（MW及/或MVAR）而使系統穩定，以容忍負載預測及生產變動。已提出一方法以預測近期系統電壓分佈。然後，所提出的前瞻性量測及提出分佈方法到偶發事件選擇，以用於近期電力系統，其以崩潰之負載邊際及匯流排電壓量表示。所提出的前瞻性量測，及所提出的電壓預測方法，由加入前瞻性功能，而增加現行偶發事件選擇功能。當系統之操作靠近穩定極限或者負載生產變動高時，則前瞻性功能相當有用。可在多個電力系統中，計算測試結果，其中包含有偶發事件匯流排電力系統。所提出的負載邊際量測或索引係基於電力流解及馬鞍節點分歧點的一般形式。所提出的電壓預測方法係基於電力流技術及馬鞍節點分歧點的特性方程式。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

五、發明說明 (ㄨ)

參考文獻

[1] Y. Chen and A. Bose, "An Adaptive pre-filter for the voltage contingency selection function", IEEE Trans. on Power System, 第5卷, 1990年11月, 1478-1656頁.

[2] A. P. Sakis Meliopoulos, C. S. Cheng, and F. Xia, "Performance evaluation of static security analysis methods", IEEE Trans. on Power Systems, 第9卷, 第3號, 1994年八月, 1441-1449頁.

[3] N. Hadjasaid, M. Benahmed, J. Fandino, J. C. Sabonnadiere, and G. Nerin, "Fast contingency screening for voltage-reactive considerations in security analysis", IEEE Trans. on Power Systems, 第8卷, 第1號, 1993年二月.

[4] N. D. Reppen, R. R. Austria, J. A. Uhrin, M. C. Patel, and A. Galatic, "Performance of methods for ranking and evaluation of voltage collapse contingencies applied to a large-scale network", IEEE/Ntua Athens Power Tech Conference: Planning, Operation and Control of Today's Electric Power System, Athens, Greece, .5-8, 1993年九月, 337-355頁.

[5] J. Zaborszky, K. W. Whang, and K. Prasad, "Fast contingency evaluation using con centric relaxation:", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-99, No. 1, Feb. 1980, pp.28-36.

[6] V. Brandwajn, "Efficient bonding method for linear

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

五、發明說明 (21)

contingency analysis", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 3, No. 1, Feb. 1988, pp.38-43. [7] V. Brandwajn and M. G. Lauby, "Complete bounding method for AC contingency screening", IEEE Trans. on Power Systems, 第4卷, 第2號, 1989年五月, 724-729頁.

[8] G. C. Ejebe, H. P. Van Meeteren, and B. F. Wollengerg, "Fast contingency screening and evaluation for voltage security analysis", IEEE Trans. on Power Systems, 第3卷, 第4號, 1988年12月, 1582-1590頁.

[9] Y. Chen and A. Bose, "Direct ranking for voltage contingency selection", IEEE Trans. on Power Systems, 第3卷, 第4號, 1988年11月, 1335-1344頁.

[10] M. G. Lauby, "Evaluation of a local DC load flow screening method for branch contingency selection of overloads", IEEE Trans. on Power Systems, 第3卷, 第3號, 1988年八月, 923-928頁.

[11] R. Bacher and W. F. Tinney, "Faster local power flow solutions", IEEE Trans. on Power Systems, PWRS-4, 第3號, 1989年11月, 1345-1362頁.

[12] W. F. Tinney, V. Brandwajn, and S. M. Chan, "Sparse vector methods", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, PAS-104, 第2號, 1985年2月, 295-301頁.

[13] B. Stott, O. Alsac and F. L. Alvarado, "Analytical and computations improvements in performance-index ranking

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

訂

五、發明說明 (22)

algorithms for networks", International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 第7卷, 1985年7月, 154-160頁.

[14] V. Brandwajn, Y. Liu, and M. G. Lauby, "Pre-screening of single contingencies causing network topology changes", Paper 90 SM487-9-PWRS, PES 1990年夏季會議.

[15] N. Flatabo, O. B. Fosso, R. Ognedal, T. Carlsen, and K. R. Heggland, "A method for calculation of margins to voltage instability applied on the Norwegian system for Systems, 第8卷, 第3號, 1993年8月, 920-928頁.

[16] H. D. Chiang and Rene Jean-Jumeau, "Toward a Practical Performance Index for Predicting Voltage Collapse in Electric Power System", IEEE 1993 夏季電力會議 93-SM512-4 PWRS.

[17] H. D. Chiang, A. J. Flueck, K. S. Shah and N. Balu, "CHFLOW: A Practical Tool for Tracing Power System Steady-State Stationary Behavior Due to Load and Generation Variations", IEEE 冬季電力會議.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

以

五、發明說明 (3)

因為適應特定操作需求及環境的其他修改及變動可為嫺熟本技術者所了解，所以本發明並不限於上述實施例，其僅作為說明之用，且該實施例及所修改及變動例並不偏離本發明的真正精神及觀點。

已說明本發明，下列申請專利範圍說明本發明所欲接受專利保護之範。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

四、中文發明摘要 (發明之名稱:)

用來防止電力系統中電壓崩潰之動態方法

給定一功率產生系統的現在操作狀態 (從即時數據中得到), 從近期 (如25分鐘) 各匯流排 (從短期負載預測中得到) 的負載需求及產生分派 (基於經濟上的分派) 可決定負載邊際量測值 (MW及/或MVAR), 以了解系統容忍預測負載及生產變動的能力。本發明含一方法可預測近期 (如在25分鐘) 後系統電壓分佈。然後, 將所提出的前瞻性量測及/或系統電壓分佈加到近期電力系統的偶發事件選擇, 其以崩潰之負載邊際及匯流排電壓量表示。所提出的負載邊際量測及電壓分佈係基於電力流技術及馬鞍節點分歧理論。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

英文發明摘要 (發明之名稱:)

DYNAMIC METHOD FOR PREVENTING VOLTAGE COLLAPSE
IN ELECTRICAL POWER SYSTEMS

Given the current operating condition of a power-generating system (obtained from real-time data), the near-term (e.g., after 25 min.) load demand at each bus (obtained from short-term load forecast) and the generation dispatch (based on economic dispatch), a load margin measure (MW and/or MVAR) is determined in order to assess the system's ability to withstand the forecasted load and generation variations. The invention has a method to predict near-term (e.g., after 25 min.) system voltage profiles. The proposed look-ahead measure and/or the system voltage profiles are then applied to contingency selections for the near-term power system, in terms of load margins to collapse and bus voltage magnitudes. The proposed load margin measure and the voltage profiles are based on the power flow technique and the saddle-node bifurcation theory.

訂

線

六、申請專利範圍

1. 一種在電力產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，包含下列步驟：

a) 相對於電力產生系統中的時間量測負載需求，該系統含電力產生柵；

b) 計算性能指數，其直接與步驟(a)中得到的負載需求相關；

c) 使用性能指數辨識電力產生系統中的微弱區域；

d) 在崩潰將發生之前，決定該微弱區域的安全邊際；

e) 在電力產生系統中的電力產生柵中被辨識為微弱的區域依據該安全邊際釋出電力，以防止電力產生系統中的電壓崩潰。

2. 一種在電力產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，包含下列步驟：

a) 相對於電力產生系統中的時間量測負載需求，該系統含電力產生柵；

b) 計算性能指數，其直接與步驟(a)中得到的負載需求相關；

c) 使用性能指數辨識電力產生系統中的微弱區域；

d) 在崩潰將發生之前，決定存在該微弱區域的安全邊際；

e) 在電力產生系統中的電力產生柵中被辨識為微弱的區域依據該安全邊際加入額外的功率產生容量，以防止電力產生系統中的電壓崩潰

3. 如申請專利範圍第1項之在電力產生系統中防止電壓

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

水

六、申請專利範圍

崩潰的動態方法，其中在該電力產生系統的柵中多個匯流排之至少兩匯流排中同時改變電抗電力。

4.如申請專利範圍第2項之在電力產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，其中在該電力產生系統的柵中多個匯流排之至少兩匯流排中同時改變電抗電力。

5.如申請專利範圍第1項之在電力產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，更包含下列步驟：

f)對該電力產生系統產生電壓分佈，以適當地維持該電力產生系統。

6.如申請專利範圍第2項之在電力產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，更包含下列步驟：

f)對該電力產生系統產生電壓分佈，以適當地維持該電力產生系統。

7.一種在電力產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，包含下列步驟：

a)產生一前瞻性負載邊際分級；

b)產生一前瞻性電壓分級；

c)結合該前瞻性負載邊際分級及該前瞻性電壓分級，以對電力產生系統提供一能量管理計畫，其中在該電力產生系統中將防止電壓崩潰。

8.一種在功率產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，包含下列步驟：

a)使用馬鞍節點理論，對含電力生產柵的功率產生系統預測近期電力流；

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

六、申請專利範圍

b)從步驟(a)中的預測，決定負載邊際值指數，其提供負載需求評價，該需求為在馬鞍節點電壓崩潰之前該產生系統所可容忍者；及

c)基於步驟(b)中的負載需求評價，由防止該功率產生系統的電壓崩潰，而維持該功率產生系統的電力產生容量。

9.如申請專利範圍第8項之在電力產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，其中步驟(c)更包含下列步驟：

d)對該功率產生系統的一柵加入電力產生容量。

10.如申請專利範圍第8項之在電力產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，其中步驟(c)更包含下列步驟：

d)對該功率產生系統的一柵的一部份釋出負載。

11.如申請專利範圍第8項之在電力產生系統中防止電壓崩潰的動態方法，更包含下列步驟：

d)將在步驟(b)中得到的負載邊際指數加入，以負載該功率產生系統的系統電壓分佈，該電壓分佈可用於維持該功率產生系統的電力產生容量。

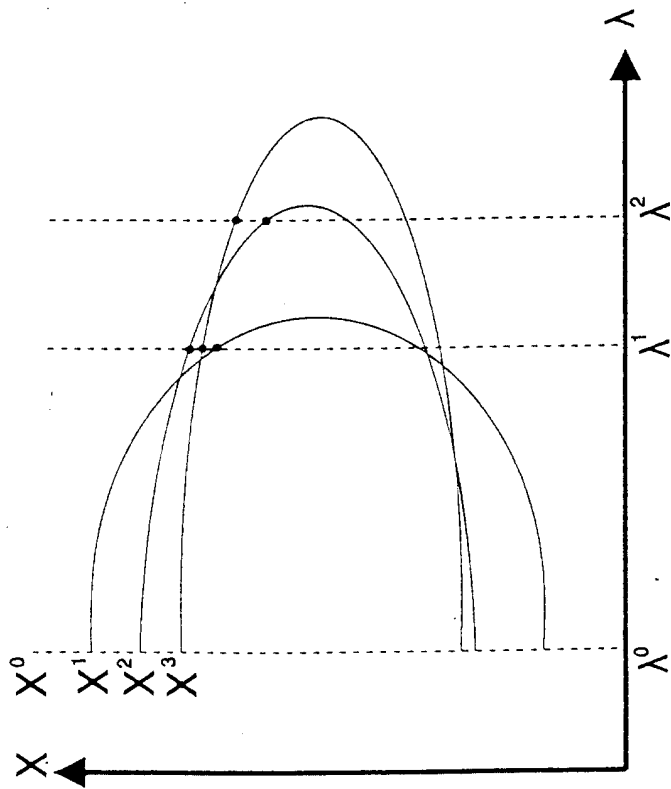
(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

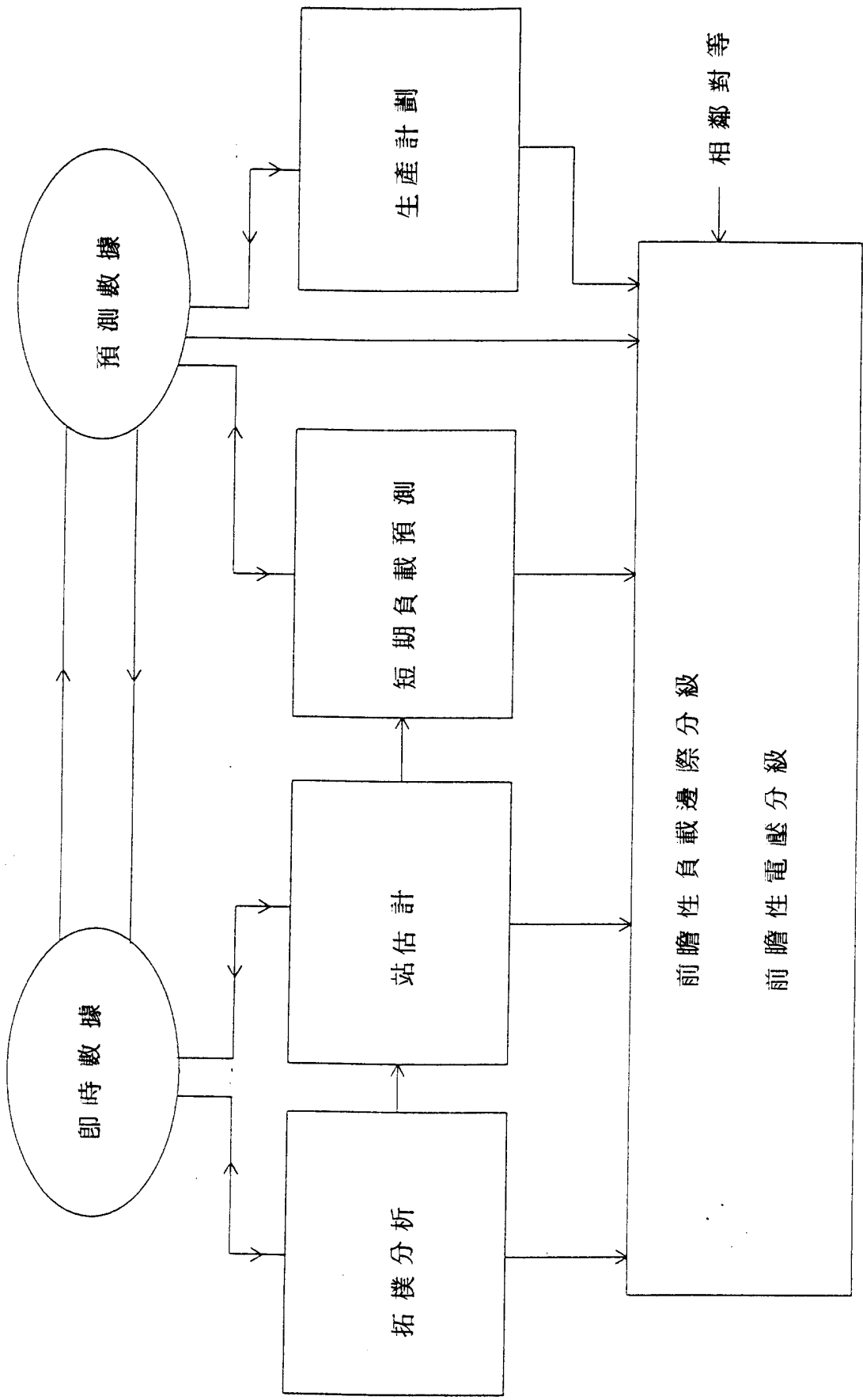
85104674

電壓分級	負載生產位準		
	at λ^0	at λ^1	at λ^2
1	c	a	a 崩潰
2	b	c	b
3	a	b	c

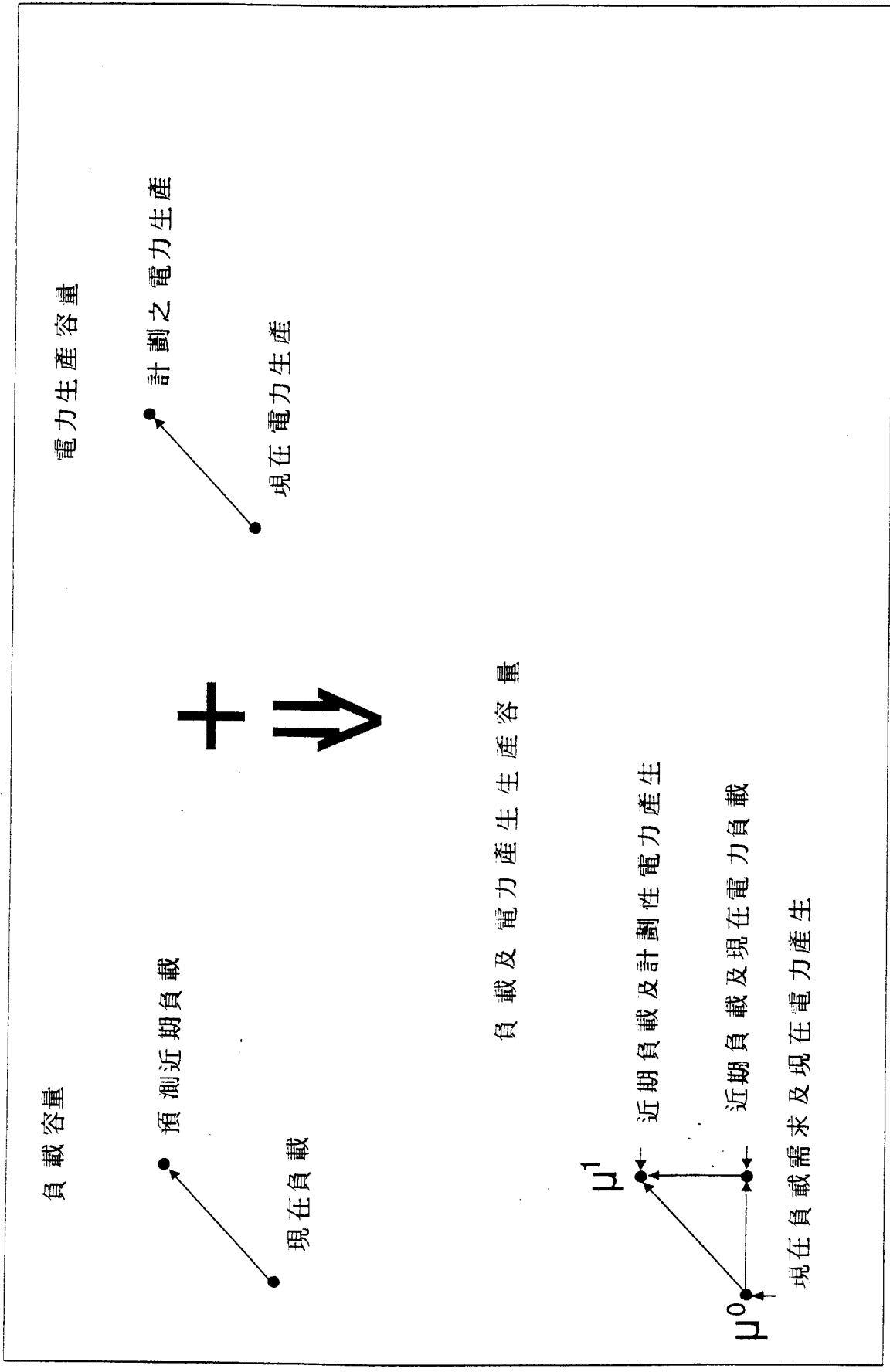


- X^0 : 熱功率電流解答
- X^1 : 電力流偶發事件 a
- X^2 : 電力流偶發事件 b
- X^3 : 電力流偶發事件 c

圖一



圖二



圖三