

# ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI CÓ SỰ THAM GIA MÁY PHÁT ĐIỆN PHÂN TÁN

## RELIABILITY EVALUATION OF DISTRIBUTED SYSTEM WITH PARTICIPATION OF DG

**Phan Thị Thanh Bình**

*DH Bách Khoa- DH Quốc Gia TP. HCM*

**Lê Hoàng Phong**

*CTY Điện Nước An Giang*

### **TÓM TẮT**

*Trong luận văn này tác giả chỉ tập trung giải quyết vấn đề độ tin cậy của hệ thống phân phối khi có DG tham gia theo quan điểm cung cấp đầy đủ điện năng. Phương pháp trình bày dựa vào kiểu vận hành của DG: DG chạy tải đỉnh ( khi giá điện cao hơn chi phí chạy DG ) hoặc là DG dự phòng ( khi giá điện thấp hơn chi phí chạy DG ). Khi DG dự phòng thì xét đến xác suất khởi động thành công của nó. Qua việc tính toán chỉ số độ tin cậy của lưới điện phân phối có DG tham gia bao gồm: tần suất mất điện kéo dài (SIF-sustained interruption frequency), thời gian mất điện (ID- interruption duration), tần suất mất điện thoáng qua (MIF-momentary interruption frequency), năng lượng không được cấp của tải (ENS-energy not supplied) cho phép ta đánh giá độ tin cậy của hệ thống cũng như đề ra được các biện pháp cải thiện được độ tin cậy đó.*

### **ABSTRACT**

*This paper chiefly focuses on solving the reliability problem of the distributive system with participation of DG to provide sufficient power. Methods are presented basing on the operation mode of DG: DG operates peaking mode (when electricity price is higher than fuel costs of DG) or standby mode (when electricity price is lower than fuel cost of DG), and reviewing probability of DG in standby mode succeed in starting. Calculating the reliable indices of section in distribution systems such as SIF, ID, MIF, ENS allows us to evaluate the reliability of system as well as the proposed measures to improve that reliability.*

**Từ khóa** – *distribution generation, reliability of distributed system, evaluating reliability, reliability index.*

### **I. GIỚI THIỆU**

Hệ thống phân phối là một phần quan trọng của hệ thống điện trong việc cung cấp điện đến khách hàng. Phương pháp phân tích DG trong lưới phân phối thì khác phương pháp phân tích máy phát công suất lớn của lưới truyền tải. Một số khách hàng bị tách khỏi trạm biến áp trung gian hoặc DG sau khi sự cố, thậm chí việc mất điện một phần vẫn được duy trì, các khách hàng

có thể bị thiếu hụt điện khẩn cấp, nếu như DG không đủ công suất. Chỉ số quan trọng để đánh giá độ tin cậy của hệ thống là thời gian và tần suất mất điện kéo dài. Nếu thời gian này đủ ngắn thì khách hàng chịu mất điện tức thời, nếu không thì khách hàng chịu mất điện kéo dài. Các nguồn khác nhau gồm (trạm biến áp trung gian và các DG) phục hồi lại phụ tải sẽ ảnh hưởng lên chỉ số độ tin cậy như là thời gian mất điện

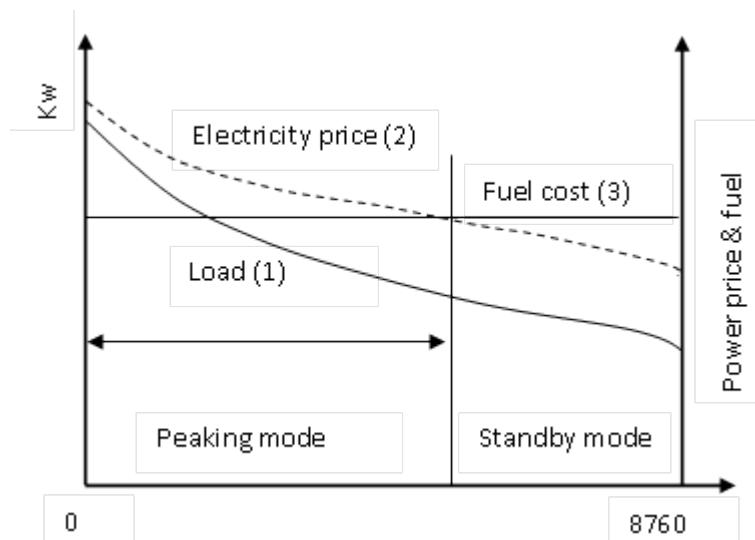
kéo dài hay tức thời.

Bài báo này trình bày phương pháp phân tích chỉ số độ tin cậy của lưới điện phân phối dựa vào 2 kiểu vận hành của DG ( DG chạy tải đỉnh khi giá điện cao hơn chi phí chạy DG và ngược lại DG là dự phòng ). Áp dụng tính chỉ số độ tin cậy của lưới điện phân phối 7 nhánh và 2 DG, từ đó chúng ta đánh giá cũng như đưa ra biện pháp cải thiện độ tin cậy đó.

## II. ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA LƯỚI PHÂN PHỐI DỰA VÀO KIỂU VẬN HÀNH DG:

### 1. Kiểu vận hành của DG ( operation mode ):

DG có hai kiểu vận hành là: kiểu tải đỉnh (peaking mode) là lúc giá điện cao hơn chi phí chạy DG và kiểu dự phòng (standby mode) là lúc giá điện thấp hơn chi phí chạy DG [7]. Thời gian  $t_{ru,k}$  là tổng thời gian DG vận hành kiểu tải đỉnh.



### 2. Ma trận liên kết:

*Ma trận  $A_k(i,j)$* : vùng  $i$  được nối tới nguồn vô hạn S/S được hay không khi sự cố xảy ra trong đoạn  $j$ . Phần tử  $A_k(i,j)$  chỉ có giá trị 0 hoặc 1.  $A_k(i,j)=1$ , vùng  $i$  nối được với

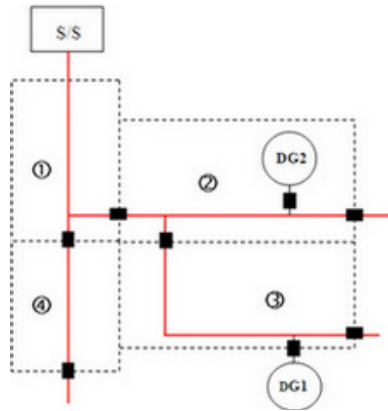
nguồn S/S khi sự cố vùng  $j$ .  $A_k(i,j)=0$ , vùng  $i$  không nối được với nguồn S/S khi sự cố vùng  $j$ .

*Ma trận  $B_k(i,j)$* : vùng  $i$  có được phục hồi bởi DG  $k$  hay không khi sự cố vùng  $j$ .

$$A_1(i,j) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B_1(i,j) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 3 \\ 2 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

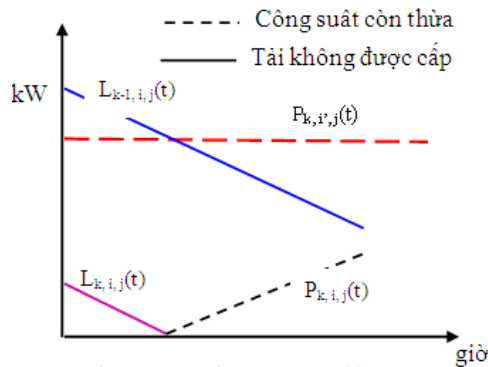
3. Sự thiếu hụt nguồn:



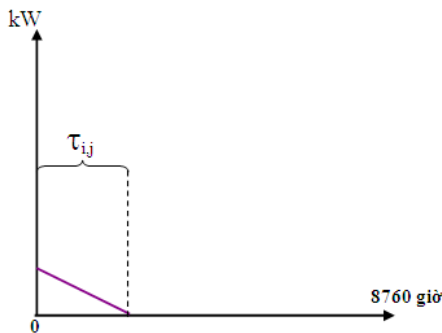
Hình 1. Lưới phân phối minh họa ma trận liên kết

$$\begin{cases} L_{k,i,j}(t) = L_{k-1,i,j}(t) - P_{k,i',j}(t), & L_{k-1,i,j}(t) > P_{k,i',j}(t) \quad (1) \\ L_{k,i,j}(t) = 0 & \text{(ngược lại)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} P_{k,i,j}(t) = P_{k,i',j}(t) - L_{k-1,i,j}(t), & P_{k,i',j}(t) > L_{k-1,i,j}(t) \quad (2) \\ P_{k,i,j}(t) = 0 & \text{(ngược lại)} \end{cases}$$



Hình 3.3 Quan hệ giữa  $L_{k,i,j}(t)$  và  $P_{k,i',j}(t)$



Hình 3.4 tải không cung cấp của một vùng

$\tau_{ij}$  là khoảng thời gian tải không được cung cấp trong năm của đoạn  $i$  khi sự cố ở vùng  $j$ .

$L_{0,i,j}(t)$  là công suất của tải ban đầu ngay trước khi sự cố.

Trong đó: Lượng công suất không được cấp của tải ( load not supplied-ENS) và lượng công suất thừa ( remaining power ) của nguồn DG có thể được xác định bằng hệ phương trình đệ quy (1) và (2). Ở đây:

$L_{k,i,j}(t)$  là ENS vùng  $i$  sau khi DG từ 1 đến  $k$  phục hồi tải,  $P_{k,i,j}(t)$  công suất thừa sau khi nguồn  $DG_k$  phục hồi vùng  $i$ .  $i'$  là vùng ngay trước vùng  $i$  theo thứ tự phục hồi.

#### 4. Hệ số ảnh hưởng ( impact factor ) :

Khi có sự cố, công suất sẽ được cung cấp từ nhiều nguồn khác nhau từ đó có thể làm giảm tình trạng mất điện kéo dài thành

những mất điện ngắn hoặc mất điện thoáng qua hay cũng có thể không để mất điện. Tất cả các yếu tố này được xét đến trong hệ số ảnh hưởng  $E_{e,q,i,j}(t)$  được cho trong Bảng 1.

Bảng 1 hệ số ảnh hưởng E

$E_{e,q,i,j}(t)$	$q = 1$	$q = 2$	$q = 3$	$q = 4$	$q = 5$
$e = 1$	0	0	0	0	0
$e = 2$	1	$r_i(t)$	0	1	$L_{0,i,j}(t) \times r_j(t)$
$e = 3$	0	0	1	1	0
$e = 4$	1	$r_j(t)$	0	1	$L_{0,i,j}(t) \times r_j(t)$
$e = 5$	0	0	0	0	0

Trong đó, e cho biết nguồn nào sẽ phục hồi lại vùng i sau khi sự cố xảy ra ở vùng j: e=1: được phục hồi bởi các nguồn vô cùng lớn; e=2: không được cấp điện do thiếu công suất hoặc bị cách ly; e=3: được phục hồi bởi tất cả các DG ở standby mode khởi động thành công; e=4: được phục hồi bởi các DG nhưng khởi động thất bại; e=5: được phục hồi bởi các DG ở peaking mode

(Với peaking mode thì ta không đề cập đến xác suất khởi động thành công vì lúc nào DG cũng hòa lưới)

Còn q đại diện cho các chỉ số tin cậy và cho biết nó tăng lên bao nhiêu khi có sự cố xảy ra: q=1: tăng SIF do sự cố kéo dài; q=2: tăng ID do sự cố kéo dài; q=3: tăng MIF do sự cố kéo dài; q=4: tăng MIF do sự cố thoáng qua; q=5: tăng ENS do sự cố kéo dài.

#### 5. Độ tin cậy trong vùng (reliability in the section) :

Ta có công thức sau:

$$Pr_{i,j}(t) = \prod_{k=1}^{N_{limit}} [1 - \alpha_k(t) \cdot W_{k,i,j}(t) \{1 - Ps_k(t)\}] \quad (3)$$

Trong đó :  $Pr_{i,j}(t)$ : là xác suất DG cung cấp năng lượng khẩn cấp cho vùng i khởi động thành công,  $Ps_k(t)$ : là xác suất DG<sub>k</sub> khởi động thành công.

-  $\alpha_k(t)$  cho biết kiểu vận hành của DG k  $\alpha_k(t) = 0$   $t < t_{run,k}$

$\alpha_k(t) = 1$  ngược lại

Nếu DG<sub>k</sub> phát tải đỉnh thì  $\alpha_k(t) = 0$ , dự phòng thì  $\alpha_k(t) = 1$

-  $W_{k,i,j}(t)$ : diễn tả nguồn DG<sub>k</sub> có khôi phục lại đoạn i được hay không.

$W_{k,i,j}(t) = 1$  nếu  $L_{k-1,i,j}(t) > L_{k,i,j}(t)$   
 $W_{k,i,j}(t) = 0$  ngược lại (5)

Nếu nguồn DG<sub>k</sub> phục hồi được vùng i thì  $W_{k,i,j}(t) = 1$  và ngược lại.

Ngoài ra ta có hệ số liên quan sau :

$$- F_{S,i,j}(t) = [1 - \prod_{k=1}^{N_{limit}} \{1 - \alpha_k(t)W_{k,i,j}(t)\}] \times P_{r,i,j} \quad (6)$$

$$- F_{F,i,j}(t) = [1 - \prod_{k=1}^{N_{limit}} \{1 - \alpha_k(t)W_{k,i,j}(t)\}] \times (1 - P_{r,i,j}) \quad (7)$$

$$- F_{P,i,j}(t) = \prod_{k=1}^{N_{limit}} [1 - \alpha_k(t)W_{k,i,j}(t)] \times [1 - \prod_{k=1}^{N_{limit}} \{1 - W_{k,i,j}(t)\}] \quad (8)$$

Tính chỉ số độ tin cậy theo công thức (9), (10), (11) sau đây :

$$R_{r,i} = \sum_{\forall j} \{R_{unlimit\ r,i,j} + R_{limit\ r,i,j}\} \quad (9)$$

$$R_{unlimit\ r,i,j} = \left[ 1 - \prod_{k=1}^{N_{unlimit}} \{1 - A_k(i,j)\} \right] \times \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \lambda_j(t) E_{1,r,i,j}(t) \quad (10)$$

$$R_{limit\ r,i,j} = \prod_{k=1}^{N_{unlimit}} \{1 - A_k(i,j)\} \times \frac{1}{T} \left[ \sum_{t=1}^{\tau_{ij}} \lambda_j(t) E_{2,r,i,j}(t) + \sum_{t=\tau_{ij}+1}^T \lambda_j(t) \{F_{S,i,j}(t) E_{3,r,i,j}(t) + F_{F,i,j}(t) E_{4,r,i,j}(t) + F_{P,i,j}(t) E_{5,r,i,j}(t)\} \right] \quad (11)$$

Độ tin cậy gồm 5 chỉ số sau đây:  $R_{1,i}$ : tần suất mất điện kéo dài vùng i (SIF- lần/năm);  $R_{2,i}$ : Thời gian mất điện kéo dài do sự cố kéo dài vùng i (ID- giờ);  $R_{3,i}$ : tần suất mất điện thoáng qua do sự cố kéo dài vùng i (MIF1- lần/năm);  $R_{4,i}$ : tần suất mất điện thoáng qua do sự cố thoáng qua vùng i (MIF2- lần/năm).  $R_{5,i}$ : Năng lượng không được cấp vùng i do sự cố kéo dài (ENS-kwh).

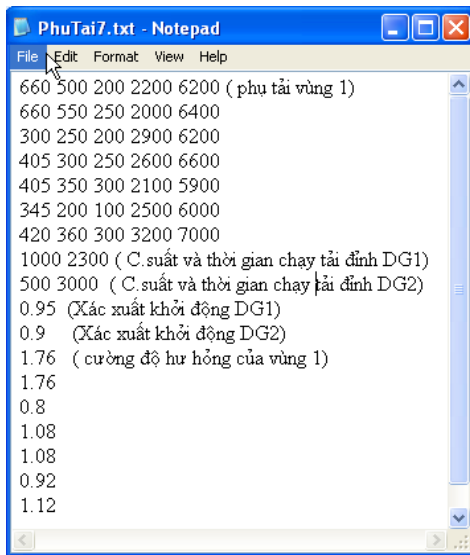
**III. VÍ DỤ ÁP DỤNG:** Khảo sát 1 lưới phân phối có 7 vùng và 2 DG sau đây:

Vùng 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 có chiều dài lần lượt là 22, 22, 10, 13.5, 13.5, 11.5 và 14 km. Công suất đỉnh các vùng là 30kW/km. Cường độ hỏng hóc các vùng là 0.08 (lần/năm/km). Xác suất khởi động thành công là 0,95, 0,9, thời gian chạy tải đỉnh là 2.300 giờ và 3.000 giờ của DG1 và DG2.

### 1/ Giải thuật đề xuất:

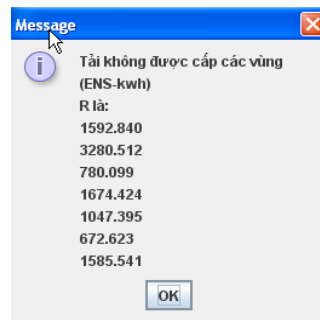
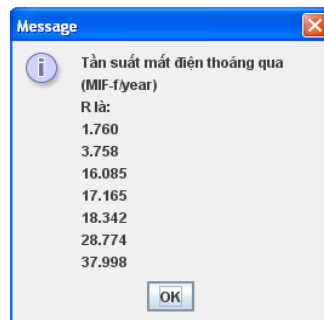
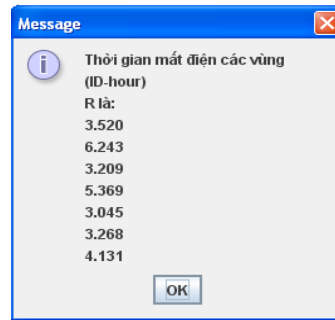
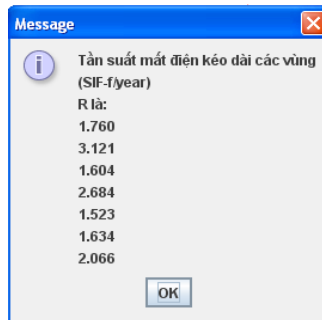
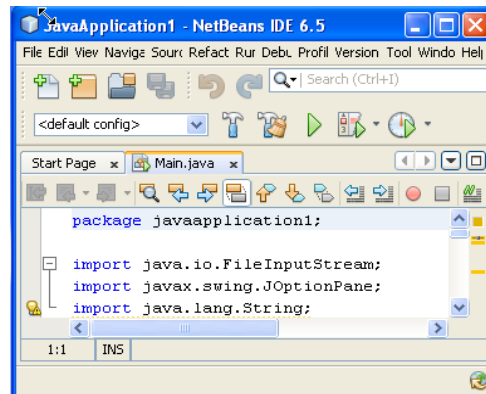
- Sơ đồ lưới điện phân phối được biểu diễn bằng tập tin: MachDien1.txt như sau:

- Thông số phụ tải và thông số DG được xây dựng bằng tập tin: PhuTai7.txt như sau:



## 2/ Kết quả:

Chương trình được trình bày sử dụng ngôn ngữ lập trình Java với phần mềm ứng dụng NetBeans IDE 6.5.



Khi ta thay đổi các thông số của hệ thống, kết quả tính toán các chỉ số độ tin cậy như sau:

1/ Chỉ số độ tin cậy SIF khi thay đổi xác suất khởi động của DG ( $P_{s,k}$ )

Xác suất khởi động thành công của DG càng lớn thì chỉ số SIF càng nhỏ, nghĩa là hệ thống tăng độ tin cậy và ngược lại.

2/ Chỉ số độ tin cậy SIF khi thay đổi thời gian tải đỉnh của DG ( $t_{run,k}$ )

Vùng	SIF ( lần/năm)		
	Khi giảm $t_{run,1}=1900$ giờ và $t_{run,2}=2700$ giờ	K h i $t_{run,1}=2300$ giờ và $t_{run,2}=3000$ giờ	Khi tăng $t_{run,1}=3000$ giờ và $t_{run,2}=3500$
Vùng 1	1.760	1.76	1.760
Vùng 2	3.121	3.121	3.121
Vùng 3	1.840	1.604	1.381
Vùng 4	2.920	2.684	2.461
Vùng 5	1.726	1.523	1.334
Vùng 6	1.963	1.634	1.330
Vùng 7	2.501	2.066	1.663

Vùng	SIF( lần/năm)		
	Khi giảm cs $DG_1=750$ $DG_2=300$	Khi cs $DG_1=1000$ $DG_2=500$	Khi tăng cs $DG_1=1500$ $DG_2=1000$
Vùng 1	1.760	1.76	1.760
Vùng 2	3.520	3.121	2.162
Vùng 3	1.604	1.604	1.604
Vùng 4	3.850	2.684	2.684
Vùng 5	1.962	1.523	1.523
Vùng 6	1.634	1.634	1.634
Vùng 7	2.066	2.066	2.066

tăng lên, nghĩa là hệ thống giảm độ tin cậy. Khi tăng thời gian chạy DG lên thì SIF giảm xuống nghĩa là độ tin cậy của hệ thống tăng lên.

3/ Chỉ số độ tin cậy SIF khi thay đổi công suất của DG (kW):

Vùng	SIF (lần/năm)		
	Khi giảm cs DG <sub>1</sub> =750 DG <sub>2</sub> =300	Khi cs DG <sub>1</sub> =1000 DG <sub>2</sub> =500	Khi tăng cs DG <sub>1</sub> =1500 DG <sub>2</sub> =1000
Vùng 1	1.760	1.76	1.760
Vùng 2	3.520	3.121	2.162
Vùng 3	1.604	1.604	1.604
Vùng 4	3.850	2.684	2.684
Vùng 5	1.962	1.523	1.523
Vùng 6	1.634	1.634	1.634
Vùng 7	2.066	2.066	2.066

4/ Chỉ số độ tin cậy SIF 3 trường hợp: DG dự phòng và DG phát hỗn hợp khi tải thay đổi theo thời gian và DG phát hỗn hợp khi tải đỉnh

Vùng	SIF (lần/năm)		
	Tất cả DG đều là dự phòng - khởi động thành công và tải theo thời gian	DG phát hỗn hợp và tải theo thời gian	DG phát hỗn hợp, tải đỉnh
Vùng 1	1.760	1.76	1.760
Vùng 2	3.086	3.121	3.520
Vùng 3	0.800	1.604	1.604
Vùng 4	1.880	2.684	2.684
Vùng 5	1.080	1.523	1.523
Vùng 6	0.920	1.634	1.634
Vùng 7	1.120	2.066	2.066

#### IV. KẾT LUẬN

- Khi có DG tham gia vào lưới phân phối, nếu xác suất DG khởi động thành công càng lớn thì tần suất mất điện kéo dài (SIF) càng nhỏ.
- Độ tin cậy của lưới điện được nâng cao khi tổ chức có máy phát điện phân tán và dùng máy phát này để dự phòng ( khởi động hoàn toàn thành công ).
- Khuyến khích chủ sở hữu DG tham gia

vào phát điện hòa lưới góp phần giảm áp lực thiếu điện và cũng cải thiện độ tin cậy cấp điện, bởi vì tăng thời gian chạy ( $t_{run,k}$ ) của DG thì thời gian mất điện lưới phân phối giảm.

- Độ tin cậy của hệ thống phân phối ở khía cạnh sự đầy đủ cung cấp điện. Do đó công suất hay khả năng của DG càng lớn sẽ cải thiện được độ tin cậy của hệ thống.
- Chỉ số độ tin cậy không phụ thuộc vào kiểu tải ( tải đỉnh hoặc tải thay đổi theo thời

gian ).

- Tần suất mất điện thoáng qua (MIF) do sự cố kéo dài hay sự cố thoáng qua đều được DG hoặc S/S phục hồi nên không ảnh hưởng đến thời gian mất điện của hệ thống.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

In-Su Bae and Jin-O Kim, “Reliability evaluation of distributed generation based on operation mode”, IEEE Trans. on Power Systems, vol.22,

No.2, May 2007.

Roger C. Dugan and Thomas E. Mc Dermott “Distributed Generation.” IEEE Industry Application Magazine. Mar/Apr – 2002. NXB Khoa Học Kỹ Thuật, 2005.

J.H.Teng, T.S Luor, and Y.H. Liu, “ Strategic distributed generation placements for service reliability.” IEEE Power Engineering Society.