

# 發電系統의 信賴度 算定에 관한 研究

論 文

32~3~1

## A Study on the Generating System Reliability Evaluation

金 俊 鉉\* · 黃 甲 珠\*\* · 宋 錫 夏\*\*\*

(June - Hyun Kim · Kab - Ju Hwang · Suk - Ha Song)

### Abstract

This paper presents a improved algorithm for the generating capacity reliability evaluation using the frequency and duration approach.

One of the specific feature of this algorithm is that propose the cumulative state load model via analytic expression of load duration curve and cumulative load frequency characteristic in consideration of daily peak load.

The paper illustrates the utilization of the proposed algorithm in actual system studies using the generating system of KEPCO.

The results presented will provide a valuable reference for maintaining and planing the generating system.

### 1. 序 論

良質의 전력을 合理的으로 공급해야 하는 電力系統은 安全性(Security)과 經濟性(Economy)이 서로 排他的인 相關으로 존재하며, 兩者를 조화시키기 위한 尺度로 信賴度(Reliability)의 算定이 필요하게 된다.

1940年代에 電力系統 信賴度 算定을 위하여 確率的인 개념이 도입된 이후<sup>1)</sup>, 近年에는 電力系統의 計劃, 設計 및 運用 전반의 意思決定에 定量的인 信賴度 評價가 강조되고 있다.<sup>2)~5)</sup>

發展系統의 信賴度 算定을 위해 널리 쓰이는 방법으로는 電力不足期待(Loss of Load Expecta-

tion; LOLE)법과 頻度 및 持續時間(Frequency and Duration; F & D)법을 들 수 있다. 최근들어 循環技法(Recursive Approach)등의 도입으로 算法이 계속 개선되어 지고 있는 F & D법<sup>6)~10)</sup>은, 기본적으로

- i) 각 發電機의 定數로부터 적절한 事故容量 모델을 세우고,
- ii) 考察期間의 負荷데이터로부터 負荷 모델을 세운 다음,
- iii) 두 모델을 결합한 系統의 確率모델을 세우는 절차로 이루어진다.

보편적인 방법으로는 累積狀態容量모델과 個別狀態負荷모델을 결합하여 信賴度を 算定하게 되는데, 이때 負荷모델은 持續時間이 같은 最大 및 基底負荷가 서로 교번하여 발생하는 싸이클로 近似化시켰었다.<sup>4)~8)</sup> Ayoub 등<sup>10)</sup>이 이러한 近似性을 배제한 負荷모델로 累積狀態모델링을 제안하였는데, 패턴별 日負荷사이클을 사용하므로써 實系統 적용시 不便性을 내포하고 있다.

\* 正 會 員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 教授

\*\* 正 會 員 : 太平洋建設(株) 電算担当次長

\*\*\* 正 會 員 : 韓國電力公社

接受日字 : 1982年 10月 29日

본 研究에서는 個別狀態容量모델(Exact-state capacity model)과 累積狀態負荷모델(Cumulative-state load model)을 결합하되, 實系統의 確率모델을 세우기 위한 算法의 互換성과 正確性을 提高하는데 주안점을 두었다. 즉 解析的 표현의 負荷持續曲線(Load Duration Curve; LDC)을 도입<sup>1)</sup>하므로써 日負荷레벨을 同一視 할 필요 가 없이 連續變數로 취급하여 임의의 LDC에 대응시켜 정확한 確率을 算定하였으며, 日最大負荷를 고려한 累積負荷頻度特性(Cumulative Load Frequency Characteristic; CLFC)으로부터 累積負荷의 頻度を 정확히 계산하였다.

이와 같이 算定된 累積狀態負荷모델을 個別狀態容量모델과 결합하여 發電系統의 信賴度 인덱스인 電力不足確率(Loss of Load Probability; LOLP), 累積餘裕狀態의 頻度 및 平均持續時間을 算定하였다.

提案한 算法의 効用성을 立證하기 위해 우리나라 發電系統을 대상으로 1982년도 分期別 諸量들을 算定하고 그 결과를 提示 및 검토하였다.

## 2. 容量모델

容量事故의 確率모델은 每 容量事故狀態와 各 狀態에서 높거나 낮은 容量事故狀態로의 遷移率을 내포한다. 모델링 절차는 系統의 各 發電機 容量과 事故停止率(Forced Outage Rate; FOR)을 이용하여 차례대로 發電機를 추가시키므로써 쉽게 얻을수 있다. 各 發電機는 運轉 또는 停止의 2-狀態(No derated state)로 故障率  $\eta$ 와 復舊率  $\mu$ 가 일정한 것으로 假定하였다.

이제 FOR이  $R$ 이고 容量이  $c$  [MW]인 發電機를 추가했을 때  $x$  [MW]의 容量事故가 일어나는 確率은 i) 發電機가 추가되기 前  $x$ 의 容量事故 狀態에서, 추가되는 發電機가 운전되는 경우와, ii) 發電機가 추가되기 前  $x-c$ 의 容量事故狀態에서 추가되는 發電機가 정지되는 경우의 합으로 표현할 수 있으므로

$$P(x) = (1-R)P'(x) + RP'(x-c) \quad (1)$$

식(1)에서  $P'(x)$ 와  $P(x)$ 는 發電機가 추가되기 前 및 後에  $x$ 의 容量事故狀態로 될 確率이며, 初期値는

$$P(0) = 1 - R_1, \quad P(c_1) = R_1 \quad (2)$$

이고, 負의 容量事故狀態는 存在할 수 없으므로

$$P'(x-c) = 0, \quad x < c \quad (3)$$

가 된다.

이제  $\rho_+(x)$ 와  $\rho_-(x)$ 를  $x$ 의 容量事故狀態에서 낮고, 높은 容量事故狀態로의 遷移率이라고,  $\rho_+'(x)$ 와  $\rho_-'(x)$ 는 發電機가 추가되기 前의 경우라 할때, 일어나는 두개의 相互 排他的인 狀態는

i) 發電機가 추가되기 前  $x$ 의 容量事故狀態에서, 추가 發電機가 運轉시

$$\rho_+(x) = \rho_+'(x) \quad (4)$$

$$\rho_-(x) = \rho_-'(x) + \lambda \quad (5)$$

ii) 發電機가 추가되기 前  $x-c$ 의 容量事故狀態에서, 추가 發電機가 停止시

$$\rho_+(x) = \rho_+'(x-c) + \mu \quad (6)$$

$$\rho_-(x) = \rho_-'(x-c) \quad (7)$$

가 된다. 따라서 發電機가 추가된 후의  $x$  容量事故狀態로부터의 遷移率은 위의 相互排他的인 狀態의 加重平均值가 된다.

$$\rho_+(x) = [P'(x)(1-R)\rho_+'(x) + P'(x-c) \times R\{\rho_+'(x-c) + \mu\}] / P(x) \quad (8)$$

$$\rho_-(x) = [P'(x)(1-R)\{\rho_-'(x) + \lambda\} + P'(x-c)R\rho_-'(x-c)] / P(x) \quad (9)$$

윗식의 初期値는

$$\rho_+(0) = 0$$

$$\rho_+(c_1) = \mu_1$$

$$\rho_-(0) = \lambda_1$$

$$\rho_-(c_1) = 0 \quad (10)$$

이며, 負의 容量事故狀態에서는

$$\rho_+'(x-c) = 0, \quad \rho_-'(x-c), \quad x < c \quad (11)$$

이상의 式 (1)~(11)에 의해  $P(x)$ ,  $\rho_+(x)$  및  $\rho_-(x)$ 가 구해지면 個別容量狀態  $x$ 의 頻度  $F(x)$ 와 持續時間  $D(x)$ 는

$$F(x) = P(x)\{\rho_+(x) + \rho_-(x)\} \quad (12)$$

$$D(x) = 1 / \{\rho_+(x) + \rho_-(x)\} \quad (13)$$

로 구해진다. 또한 式 (1), (8), (9)에서  $P'(x)$ ,  $\rho_+'(x)$ ,  $\rho_-'(x)$ 에 대해 풀면 容量모델에서 計劃保修에 반영된 發電機를 제거한 식이 된다.

### 3. 負荷모델

F & D법에서 널리 사용되어 온 負荷모델인 個別狀態모델<sup>7)</sup>은 日負荷사이클을 持續時間이 같은 最大 및 基底負荷의 크기만을 갖는 것으로 近似化시켰었다.

본 研究에서 제안하는 負荷모델은 이러한 近似性を 배제한 累積狀態모델인 LDC를 正弦波 重疊指數形으로 모델링하므로서 負荷레벨을 동일시 할 필요가 없이 連續變數로 취급할 수 있으며, 또한 LDC에 計劃保修容量  $P_m$ 을 더한 複合負荷持續曲線(Combined Load Duration Curve; CLDC)으로 변환하여 信賴度 算定시에 計劃保修를 고려하였다. CLDC와 CLFC에 의해 정의되는 累積모델은 임의의 負荷레벨  $L$ 에 대하여 그림1과 같이 두 가지 狀態過程을 갖는다.

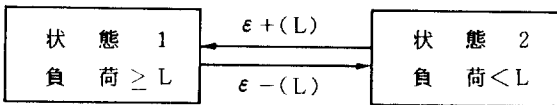


그림 1. 累積狀態負荷모델

Fig. 1. Cumulative - state load model

負荷모델링시 負荷  $\geq L$ 인 狀態의 確率과 頻度は 각각 考察期間의 CLDC와 CLFC에 의해 구해진다. 이때 CLFC는 日最大負荷를 豫測 및 抽出하여 구해지며, 日負荷사이클에서 負荷  $\geq L$ 의 狀態는 1회 발생하는 것으로 假定했다.<sup>11)</sup>

負荷의 確率特性을 나타내는 CLDC는 日負荷사이클을 크기순으로 配列 하므로서 얻어진다. 본 研究에서는 식 (14)와 같이 正弦波를 重疊한 複合指數函數로 표현한 推定式<sup>10)</sup>을 사용하므로서 實系統 적용을 용이하게 하였다.

$$L(t) = D \{ A - Bt^\alpha + C(1+t)^\beta \sin 2\pi t \} + P_m \quad (14)$$

따라서 負荷의 狀態確率은 그림 2와 같이 推定된 CLDC에서 設置容量(Installed Capacity; IC)에 대한 容量事故狀態  $IC - X_i$ 를 代入하므로서 구해진다.

$$P(L_j) = \frac{t_i - t_{i-1}}{t_k} \quad (15)$$

$P(L_j)$ ; 負荷  $L_j$ 의 個別狀態確率,  $L_{i-1} > L_j \geq L_i$

$$P(L_i) = \frac{t_i}{t_k} \quad (16)$$

$P(L_i)$ ; 負荷  $L_i$ 의 累積狀態確率,  $L_i \geq IC - x_i$   
日負荷사이클에서 負荷  $\geq L$ 의 狀態는 1회 발생하는 것으로 하였으므로, 考察期間에 대한 CLFC는 그림 3과 같이 된다.

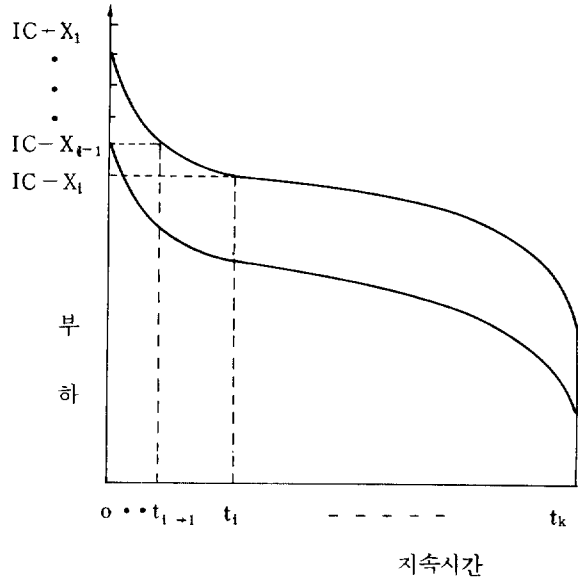


그림 2. 複合負荷持續曲線

Fig. 2. Combined load duration curve

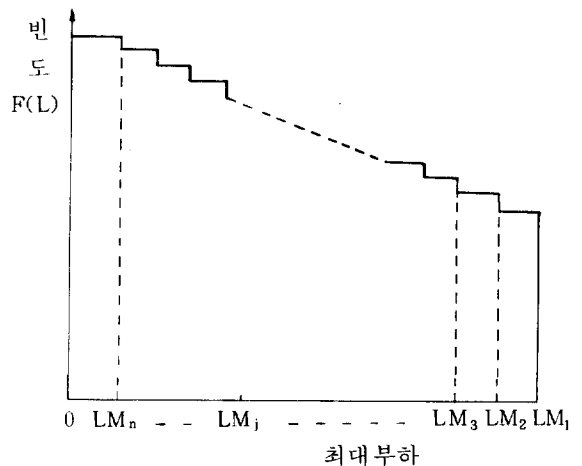


그림 3. 累積負荷頻度曲線

Fig. 3. Cumulative load frequency characteristic

日負荷사이클의 最大值  $LM_j$ 의 발생수를  $n_j$ 라 할 때 考察日數  $u = \sum_{j=1}^N n_j$ 가 되므로,  $L_j > LM_{j+1}$ 인 負荷의 發生頻度는

$$F(L_j) = \frac{\sum_{k=1}^j n_k}{u} \quad (\text{回/日})$$

또는

$$F(L_j) = \frac{\sum_{k=1}^j n_k}{u \times 24} \quad (\text{回/時間})$$

(17)

$L_i > LM_{j+1}$ 인 負荷의 日平均持續時間은

$$M_j = t_j / \sum_{k=1}^j n_k \quad (\text{시간/일}) \quad (18)$$

負荷  $\geq L$ 인 狀態에서 負荷  $< L$ 인 狀態로의 遷移率은

$$\epsilon_{-L} = \frac{1}{M_j}$$

또는

$$\epsilon_{-L} = \frac{F(L_i)}{P(L_j)}$$

(19)

逆으로 負荷  $< L$ 인 狀態에서 負荷  $\geq L$ 인 狀態로의 遷移率은

$$\epsilon_{+L} = \frac{F(L_i)}{1 - P(L_i)} \quad (20)$$

로 주어진다.

#### 4. 信賴度の 算定

發電系統의 信賴度인덱스를 算定하기 위하여 健全한 個別狀態모델과 累積狀態負荷모델을 結合하여 LOLP, 電力不足이 發生할 頻度 및 平均持續時間 등을 구하였다. 餘裕狀態(Margin state)는 稼動可能容量  $A_i$ 와 負荷  $L_i$ 의 差로 정의되며, 累積餘裕狀態는 指定된 餘裕  $M$ 과 같거나 작은 모든 餘裕를 포함한다. 따라서  $M=0$ 일때 負의 餘裕狀態는 그 만큼의 電力不足을 의미한다. 容量狀態와 負荷狀態는 서로 獨立的으로 일어나므로 電力不足狀態는

$$L_i \geq IC - X_i - M = A_i \quad (21)$$

累積餘裕狀態  $M$ 에 대한 遷移率은

$$\rho_{+}(M) = \rho_{+}(X_i) + \epsilon_{-}(IC - X_i - M) \quad (22)$$

$$\rho_{-}M = \rho_{-}(X_i) \quad (23)$$

그러므로 累積餘裕狀態  $M$ 의 確率  $P(M)$ ,  $F(M)$ 은

$$P(M) = \sum_{i=1}^N P(X_i) P(L_i) \quad (24)$$

$$F(M) = \sum_{i=1}^N P(X_i) [ \{ \rho_{+}(X_i) - \rho_{-}(X_i) \} \cdot P(L_i) + F(L_i) ] \quad (25)$$

平均持續時間  $D(M)$ 와 周期  $T(M)$ 은

$$D(M) = \frac{P(M)}{F(M)} \quad (26)$$

$$T(M) = \frac{1}{F(M)} \quad (27)$$

으로 주어진다. 그림 4는 算法의 전체적인 과정을 나타낸 흐름도 이다.

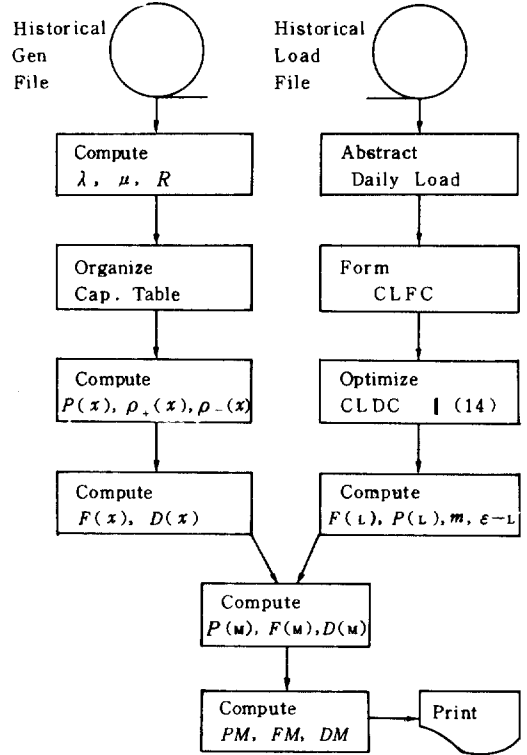


그림 4. 信賴度 算定흐름도

Fig. 4. Flow chart for reliability evaluation

#### 5. 事例研究

提案한 算法의 効用性を 검토하기 위한 事例로

서 우리나라 發電系統의 최근 5년간('77-'81)의 運轉實積을 근거로 諸量들을 算定하였으며, 이때 水力 및 內燃發電機는 過去實積에 대한 자료수집이 어려워 文献 [13]의 統計值를 인용하였다.

그림 5는 각 발전기의 파라미터인 故障率, 復旧率, FOR 및 稼動率을 나타낸 것이며, 그림 6은 식 (1)에 의해 구해진 容量事故確率 리스트이다.

負荷데이터는 負荷사이클의 패턴을 分期別로 나눈 다음 過去데이터<sup>14)</sup>를 이용하여 82년도 分期別 CLDC를 推定하였는데<sup>12)</sup>, 그림 7이 일레인 1/4分期의 LDC, CLDC 및 CLFC를 나타낸 것이다. 그림 8은 負荷레벨을 대상 發電機의 最少容量이라 볼 수 있는 20[MW]를 等間隔으로 하여 離散化한 累積狀態의 負荷모델표이며, 그림 10에 최종결과인 分期別 LOLP, FM 및 DM을 算定提示하였다.

CAPACITY MODEL TABLE

| NO | X   | P(X)     | L-(X)    | L+(X)    | F(X)     | D(X)     |
|----|-----|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1  | 0   | 0.025464 | 0.000000 | 2.131394 | 0.054273 | 0.469176 |
| 2  | 25  | 0.000744 | 0.926892 | 2.120156 | 0.02327  | 0.329226 |
| 3  | 30  | 0.021854 | 0.474723 | 1.959511 | 0.051069 | 0.412331 |
| 4  | 50  | 0.004952 | 0.661357 | 2.007184 | 0.013612 | 0.363829 |
| 5  | 55  | 0.000631 | 1.401245 | 1.932272 | 0.002109 | 0.293355 |
| 6  | 60  | 0.006815 | 0.893206 | 1.858813 | 0.016554 | 0.363370 |
| 7  | 65  | 0.000367 | 0.878731 | 2.110732 | 0.001100 | 0.331651 |
| 8  | 70  | 0.00148  | 1.506352 | 2.075917 | 0.009543 | 0.273894 |
| 9  | 80  | 0.006096 | 0.976775 | 1.971626 | 0.017573 | 0.339167 |
| 10 | 85  | 0.002851 | 0.486279 | 2.074515 | 0.007300 | 0.390594 |
| 11 | 90  | 0.001299 | 1.167775 | 1.926556 | 0.004020 | 0.321172 |
| 12 | 95  | 0.000383 | 1.353454 | 1.937049 | 0.000998 | 0.308381 |
| 13 | 100 | 0.001239 | 1.033872 | 2.103673 | 0.003980 | 0.310721 |
| 14 | 105 | 0.002319 | 0.781986 | 2.096982 | 0.006677 | 0.347347 |
| 15 | 110 | 0.000904 | 1.303765 | 1.804437 | 0.009260 | 0.313656 |
| 16 | 115 | 0.002310 | 0.911823 | 1.914140 | 0.006558 | 0.339622 |
| 17 | 120 | 0.022609 | 0.410777 | 1.822158 | 0.050665 | 0.466244 |
| 18 | 125 | 0.000990 | 0.978934 | 2.022247 | 0.003040 | 0.325608 |
| 19 | 130 | 0.001478 | 1.461373 | 1.966703 | 0.005066 | 0.291872 |
| 20 | 135 | 0.002370 | 1.176432 | 1.951452 | 0.007415 | 0.319785 |
| 21 | 140 | 0.000792 | 1.656207 | 1.853998 | 0.002779 | 0.204804 |
| 22 | 145 | 0.001396 | 1.351779 | 1.823074 | 0.004433 | 0.314975 |
| 23 | 150 | 0.018731 | 0.809017 | 1.647038 | 0.047517 | 0.391998 |
| 24 | 155 | 0.001192 | 1.380339 | 1.908066 | 0.004665 | 0.346222 |
| 25 | 160 | 0.001449 | 1.335326 | 1.990473 | 0.004031 | 0.299550 |
| 26 | 165 | 0.001103 | 1.491023 | 1.899735 | 0.004002 | 0.295784 |
| 27 | 170 | 0.000549 | 1.104789 | 1.702959 | 0.001316 | 0.346300 |
| 28 | 175 | 0.000895 | 1.737506 | 1.764502 | 0.003170 | 0.285550 |
| 29 | 180 | 0.000595 | 1.334503 | 1.573343 | 0.001629 | 0.363897 |
| 30 | 185 | 0.001213 | 1.573690 | 1.907340 | 0.002595 | 0.297716 |
| 31 | 190 | 0.001059 | 1.444216 | 1.940000 | 0.002055 | 0.272641 |
| 32 | 195 | 0.000560 | 1.029047 | 1.837985 | 0.002055 | 0.392430 |
| 33 | 200 | 0.003331 | 0.599524 | 1.940701 | 0.004935 | 0.329230 |
| 34 | 205 | 0.002058 | 1.011432 | 1.791605 | 0.000012 | 0.366756 |
| 35 | 210 | 0.001591 | 1.617772 | 1.727397 | 0.003322 | 0.290939 |
| 36 | 215 | 0.000729 | 1.095000 | 1.793632 | 0.002600 | 0.271093 |
| 37 | 220 | 0.012012 | 0.850431 | 1.940723 | 0.029008 | 0.401904 |
| 38 | 225 | 0.003033 | 1.204195 | 1.850350 | 0.009899 | 0.319026 |
| 39 | 230 | 0.025746 | 0.029660 | 1.792956 | 0.072146 | 0.356066 |
| 40 | 235 | 0.002283 | 1.409412 | 1.639808 | 0.006962 | 0.327953 |

KOREA ELECTRIC POWER CO  
LISTING OF INPUT DATA  
1982 1/4

| NO | NAME | ID  | CAP   | FAILURE RATE | REPAIR RATE | FORCED OUTAGE RATE | AVAIL     |
|----|------|-----|-------|--------------|-------------|--------------------|-----------|
| 1  | GR11 | H/P | 505.0 | 0.0378355    | 0.0613164   | 0.04020791         | 0.9579209 |
| 2  | USH4 | T/P | 400.0 | 0.0277902    | 0.7652248   | 0.0350477          | 0.9649563 |
| 3  | USH5 | T/P | 400.0 | 0.0163025    | 1.0657194   | 0.0151305          | 0.984695  |
| 4  | USH6 | T/P | 400.0 | 0.0147131    | 1.4691479   | 0.0093154          | 0.9900045 |
| 5  | PTG1 | T/P | 350.0 | 0.0125998    | 2.4651504   | 0.0050952          | 0.9949148 |
| 6  | PTG2 | T/P | 350.0 | 0.0120535    | 5.5091943   | 0.0021510          | 0.9970400 |
| 7  | ICH3 | T/P | 325.0 | 0.0306371    | 0.5050956   | 0.0571073          | 0.9420127 |
| 8  | ICH4 | T/P | 325.0 | 0.0374007    | 0.4166472   | 0.0769795          | 0.9230285 |
| 9  | YSU2 | T/P | 300.0 | 0.0247730    | 0.7469820   | 0.0120703          | 0.9607107 |
| 10 | HNM1 | T/P | 200.0 | 0.0230405    | 1.5993530   | 0.0142004          | 0.9857936 |
| 11 | HNM2 | T/P | 200.0 | 0.0249765    | 0.9031900   | 0.0269032          | 0.9730900 |
| 12 | SUL5 | T/P | 250.0 | 0.0206507    | 0.5309790   | 0.0369144          | 0.9630037 |
| 13 | JCH1 | T/P | 250.0 | 0.0044926    | 2.1990167   | 0.0020301          | 0.9979619 |
| 14 | JCH2 | T/P | 250.0 | 0.009626     | 0.7297605   | 0.0117177          | 0.9802023 |
| 15 | YDC2 | T/P | 200.0 | 0.0170369    | 0.5421301   | 0.0304079          | 0.965321  |
| 16 | YHM1 | T/P | 200.0 | 0.0130345    | 0.8142217   | 0.0167072          | 0.9832920 |
| 17 | YSU1 | T/P | 200.0 | 0.0272012    | 3.5399475   | 0.0062555          | 0.9923745 |
| 18 | USH1 | T/P | 200.0 | 0.0150800    | 0.9024172   | 0.0164446          | 0.9035554 |
| 19 | USH2 | T/P | 200.0 | 0.0106070    | 0.6703217   | 0.0271216          | 0.9720705 |
| 20 | USH3 | T/P | 200.0 | 0.0101134    | 1.959715    | 0.0046008          | 0.9133916 |
| 21 | YDC1 | T/P | 125.0 | 0.0142742    | 0.7140024   | 0.0196000          | 0.9004001 |
| 22 | SUL4 | T/P | 125.0 | 0.0140915    | 1.0622026   | 0.0130246          | 0.9061754 |
| 23 | YHM2 | T/P | 120.0 | 0.0265398    | 0.5127794   | 0.0492000          | 0.9507902 |
| 24 | BSH3 | T/P | 100.0 | 0.0112063    | 0.9317063   | 0.0170703          | 0.9000217 |
| 25 | BSH4 | T/P | 100.0 | 0.0170550    | 0.6346400   | 0.0261702          | 0.9730299 |
| 26 | GSH  | T/P | 65.0  | 0.0126615    | 0.0707313   | 0.0142042          | 0.9057959 |
| 27 | DSH1 | T/P | 60.0  | 0.0113776    | 0.9046272   | 0.0114232          | 0.9005760 |
| 28 | BSH2 | T/P | 60.0  | 0.0100319    | 0.4340023   | 0.0225520          | 0.9774000 |
| 29 | YML1 | T/P | 50.0  | 0.0333655    | 1.0494006   | 0.0300000          | 0.9691932 |
| 30 | YML2 | T/P | 50.0  | 0.0144103    | 0.3690093   | 0.0374976          | 0.9625025 |
| 31 | SCK2 | T/P | 30.0  | 0.0214329    | 1.0240469   | 0.0205005          | 0.9794995 |
| 32 | SCK1 | T/P | 25.0  | 0.0145308    | 0.0315721   | 0.0171031          | 0.9020169 |
| 33 | MSH1 | T/P | 25.0  | 0.0060251    | 1.0003044   | 0.0062506          | 0.9937414 |
| 34 | MSH2 | T/P | 25.0  | 0.0064223    | 1.0340027   | 0.0061699          | 0.9930301 |
| 35 | GLH1 | T/P | 160.0 | 0.0150800    | 0.9024172   | 0.0164446          | 0.9035554 |
| 36 | GLH2 | T/P | 160.0 | 0.0096526    | 0.7297605   | 0.0117177          | 0.9802023 |
| 37 | HCNH | H/P | 105.0 | 0.0292240    | 0.6507070   | 0.0429750          | 0.9570242 |
| 38 | CCNH | H/P | 60.0  | 0.0146120    | 0.6507070   | 0.0219590          | 0.9700402 |
| 39 | FNH  | H/P | 50.0  | 0.0146120    | 0.6507070   | 0.0219590          | 0.9700402 |
| 40 | CPGH | H/P | 80.0  | 0.0219100    | 0.6507070   | 0.0329193          | 0.9674101 |
| 41 | PDGH | H/P | 80.0  | 0.0292240    | 0.6507070   | 0.0429750          | 0.9570242 |
| 42 | SBHC | H/P | 50.0  | 0.0065740    | 0.6507070   | 0.0317650          | 0.9002341 |
| 43 | CPP1 | H/P | 200.0 | 0.0253400    | 0.6507070   | 0.0374702          | 0.9625210 |
| 44 | CPP2 | H/P | 200.0 | 0.0253400    | 0.6507070   | 0.0374702          | 0.9625210 |
| 45 | CSRG | D/S | 30.0  | 0.0112961    | 0.9317493   | 0.2024000          | 0.717512  |
| 46 | BPCC | G/T | 05.0  | 0.0415400    | 0.3961900   | 0.0949135          | 0.9050065 |
| 47 | OSUC | G/T | 30.0  | 0.1633360    | 0.3961900   | 0.2919144          | 0.7000057 |
| 48 | YHMC | G/T | 120.0 | 0.0266720    | 0.3961900   | 0.4519090          | 0.5400902 |
| 49 | YMLG | G/T | 200.0 | 0.1633360    | 0.3961900   | 0.2919144          | 0.7000057 |
| 50 | YULS | G/T | 100.0 | 0.0112961    | 0.9317493   | 0.1197030          | 0.9000217 |
| 51 | CSNG | G/T | 200.0 | 0.1633360    | 0.3961900   | 0.2919144          | 0.7000057 |
| 52 | GSNS | S/T | 100.0 | 0.0112961    | 0.9317493   | 0.1197030          | 0.9000217 |
| 53 | USHG | G/T | 220.0 | 0.1633360    | 0.3961900   | 0.2919144          | 0.7000057 |
| 54 | USHS | S/T | 100.0 | 0.0112961    | 0.9317493   | 0.1197030          | 0.9000217 |

그림 5. 發電機 定數

Fig. 5. Generating unit reliability data

그림 6. 容量모델표

Fig. 6. Capacity model table

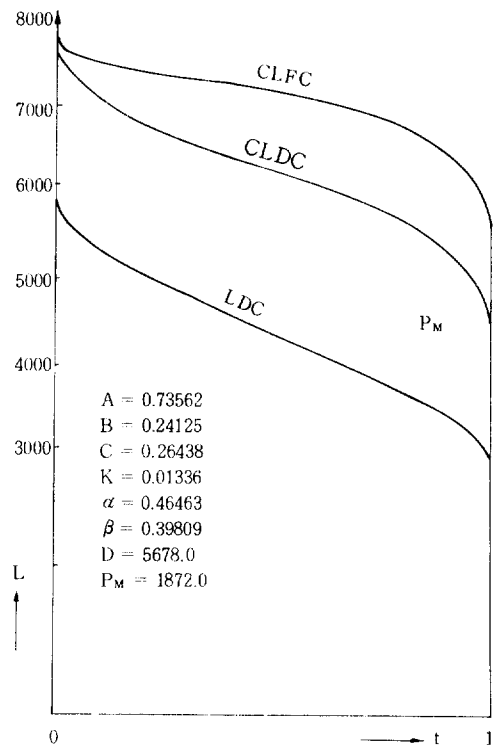


그림 7. LDC, CLDC 및 CLFC ('82, 1/4)  
 Fig. 7. LDC, CLDC and CLFC ('82, 1/4)

LOAD MODEL TABLE (5678 B+1672 B+7559 B)

| NO  | L( >> ) | P(L)     | H         | E( <L )  | F(L)     |
|-----|---------|----------|-----------|----------|----------|
| 1   | 7530 0  | 0.000463 | 0.500000  | 2.000000 | 0.000926 |
| 2   | 7510 0  | 0.000926 | 0.666667  | 1.500000 | 0.001389 |
| 3   | 7490 0  | 0.001389 | 1.000000  | 1.000000 | 0.001389 |
| 4   | 7470 0  | 0.002315 | 1.000000  | 1.000000 | 0.002315 |
| 5   | 7450 0  | 0.003704 | 1.000000  | 1.000000 | 0.003704 |
| 6   | 7430 0  | 0.005556 | 1.000000  | 0.916667 | 0.005893 |
| 7   | 7410 0  | 0.007407 | 1.333333  | 0.750000 | 0.005556 |
| 8   | 7390 0  | 0.009222 | 1.615385  | 0.619048 | 0.006019 |
| 9   | 7370 0  | 0.012500 | 1.000000  | 0.555556 | 0.006944 |
| 10  | 7350 0  | 0.015741 | 2.000000  | 0.500000 | 0.007870 |
| 11  | 7330 0  | 0.019444 | 2.210526  | 0.452381 | 0.008796 |
| 12  | 7310 0  | 0.023148 | 1.923077  | 0.520000 | 0.012037 |
| 13  | 7290 0  | 0.027315 | 1.843750  | 0.542373 | 0.014815 |
| 14  | 7270 0  | 0.031944 | 2.029412  | 0.492754 | 0.015741 |
| 15  | 7250 0  | 0.037037 | 2.222222  | 0.450000 | 0.016667 |
| 16  | 7230 0  | 0.042130 | 2.394737  | 0.417582 | 0.017593 |
| 17  | 7210 0  | 0.048148 | 2.666667  | 0.375000 | 0.018056 |
| 18  | 7190 0  | 0.054167 | 2.853659  | 0.350427 | 0.018981 |
| 19  | 7170 0  | 0.060640 | 2.847026  | 0.351145 | 0.021296 |
| 20  | 7150 0  | 0.067130 | 2.708462  | 0.351621 | 0.024074 |
| 21  | 7130 0  | 0.074074 | 2.857143  | 0.350000 | 0.025926 |
| 22  | 7110 0  | 0.081481 | 2.983051  | 0.352227 | 0.027315 |
| 23  | 7090 0  | 0.089352 | 3.063492  | 0.326455 | 0.029167 |
| 24  | 7070 0  | 0.097222 | 3.181818  | 0.314286 | 0.030556 |
| 25  | 7050 0  | 0.105556 | 3.352941  | 0.298246 | 0.031481 |
| 26  | 7030 0  | 0.113809 | 3.565217  | 0.280480 | 0.031944 |
| 27  | 7010 0  | 0.122405 | 3.723944  | 0.267925 | 0.032870 |
| 28  | 6990 0  | 0.131944 | 4.014095  | 0.249123 | 0.032870 |
| 29  | 6970 0  | 0.148741 | 4.222222  | 0.236042 | 0.033333 |
| 30  | 6950 0  | 0.150000 | 4.500000  | 0.222222 | 0.033333 |
| 122 | 5110 0  | 0.950333 | 23.000000 | 0.043478 | 0.041667 |
| 123 | 5090 0  | 0.962963 | 23.111111 | 0.043269 | 0.041667 |
| 124 | 5070 0  | 0.967592 | 23.222221 | 0.043062 | 0.041667 |
| 125 | 5050 0  | 0.971296 | 23.311111 | 0.042890 | 0.041667 |
| 126 | 5030 0  | 0.975000 | 23.400000 | 0.042735 | 0.041667 |
| 127 | 5010 0  | 0.978241 | 23.477779 | 0.042593 | 0.041667 |
| 128 | 4990 0  | 0.981481 | 23.555557 | 0.042453 | 0.041667 |
| 129 | 4970 0  | 0.984259 | 23.622223 | 0.042333 | 0.041667 |
| 130 | 4950 0  | 0.987037 | 23.688889 | 0.042214 | 0.041667 |
| 131 | 4930 0  | 0.989352 | 23.744444 | 0.042115 | 0.041667 |
| 132 | 4910 0  | 0.991204 | 23.788887 | 0.042036 | 0.041667 |
| 133 | 4890 0  | 0.993055 | 23.833332 | 0.041958 | 0.041667 |
| 134 | 4870 0  | 0.994444 | 23.866665 | 0.041899 | 0.041667 |
| 135 | 4850 0  | 0.995833 | 23.900001 | 0.041841 | 0.041667 |
| 136 | 4830 0  | 0.997222 | 23.933334 | 0.041783 | 0.041667 |
| 137 | 4810 0  | 0.998148 | 23.955555 | 0.041744 | 0.041667 |
| 138 | 4790 0  | 0.998611 | 23.966667 | 0.041725 | 0.041667 |
| 139 | 4770 0  | 0.999537 | 23.980000 | 0.041686 | 0.041667 |
| 140 | 4750 0  | 0.999999 | 24.000000 | 0.041667 | 0.041667 |

그림 8. 負荷모델표

Fig. 8. Load model table

SUMMARY OF RELIABILITY INDICES  
KEPCO SYSTEM '82

| CASE | DAY | PROBABILITY | FREQUENCY   | DURATION    |
|------|-----|-------------|-------------|-------------|
| 1/4  | 98  | 0.18479E-04 | 0.23936E-01 | 0.77200E-03 |
| 2/4  | 98  | 0.76095E-05 | 0.94073E-02 | 0.00879E-03 |
| 3/4  | 92  | 0.21798E-03 | 0.28216E-03 | 0.98627E-03 |
| 4/4  | 93  | 0.14989E-04 | 0.30227E-01 | 0.49560E-03 |

그림 9. 信賴度 인덱스 산정결과

Fig. 9. Computed indices of reliability

그림 5와 그림 9에 의하면 우리나라의 發電系統은 LOLP가  $10^{-4}$  水準으로 상당한 系統信賴度를 확보하고 있는 반면, 개별 發電機의 信賴度는 낮은 편이다.

## 6. 結 論

發電系統의 信賴度 算定을 위하여 頻度 및 持續時間 (F&D)에 의한 改善된 算法의 提案으로

i) 負荷모델링시 日最大負荷로 부터 抽出한 累積負荷頻度特性을 구성하여 모든 發電力 組合에 대해 順次的으로 대응시켜 狀態의 確率과 頻度を 算定하므로써 信賴度 인덱스의 精度를 改善하였고,

ii) 豫測負荷 파일로부터 解析的 表現의 複合負荷持續曲線式을 導出하여 日負荷레벨을 同一視 할 必要가 없이 連續變數로 취급하므로써 算法의 互換性을 높였으며,

iii) 추후의 比較研究를 위하여 우리나라 實系統을 대상으로 한 事例研究 結果를 提示하였다.

## 參 考 文 獻

- 1) G. Calabres, "Generating reserve capacity determined by the probability method", AIEE Trans. vol. 66, pp. 1439-1450, 1947.
- 2) IEEE Committee Report, "Bibliography on the application of probability methods in power system reliability evaluation", IEEE Trans. PAS-91, pp. 649-660, 1972.
- 3) IEEE Committee Report, "Bibliography on the application of probability methods in power system reliability evaluation", IEEE Trans. PAS-97, pp. 2235-2242, 1978.
- 4) R. Billinton, "Power system reliability evaluation", Gordon and Breach, New York, 1970.
- 5) J. Endrenyi, "Reliability modeling in electric power system", John Wiley, New York, 1978.
- 6) J. D. Hall, R. J. Ringlee, A. J. Wood, "Frequency and duration methods for power system reliability calculations. Part I - Generation system model", IEEE Trans. PAS-87, pp. 1787-1796, 1968.
- 7) R. J. Ringlee, A. J. Wood, "Frequency and duration methods for power system reliability calculations. Part II - Demand model and capacity reserve model", IEEE Trans. PAS-88, pp. 378-388, 1969.
- 8) C. D. Galloway L. L. Garver, R. J. Ringlee, A. J. Wood, "Frequency and duration methods for power system reliability calcu-

- lations. Part III-Generation system planning", IEEE Trans PAS-83, pp.1216-1223, 1969.
- 9) A. K. Ayoub, J. D. Guy, A. Patton, "Evaluation and comparison of some methods for calculating generating system reliability", IEEE Trans. PAS-89, pp. 537-544, 1970.
- 10) A. K. Ayoub, A. D. Patton, "A frequency duration method for generating system reliability evaluation", IEEE Trans. PAS-95, pp. 1929-1933, Nov./Dec. 1976.
- 11) R. Billinton, C. Singh, "System load representation in generating capacity reliability studies, Part I-model formulation and analysis", IEEE Trans. PAS-91, pp. 2125-2132, 1972.
- 12) 金建中, 金允浩, "WASP에서의 最適負荷曲線式의 決定에 관한 研究", 大韓工業教育學會誌, vol. 5, No. 2, Dec. 1980.
- 13) "Report on equipment availability for the ten-year period, 1968-1977", Edison Electric Institute, 1979.
- 14) 金俊鉉, 黃甲珠, "大氣狀態를 고려한 短期負荷予測에 관한 研究", 大韓電氣學會誌, vol. 31, No. 5, May 1982.