

論 文
36~12~1

확장된 EIGC法에 의한 確率的 發電費 計算에 관한 研究

A Study on the Probabilistic Production Cost Calculation by the Developed EIGC Method.

宋吉永* · 崔在錫** · 金龍河***
(Gil-Young Song · Choi-Jae Suck · Yong-Ha-Kim)

ABSTRACT

The probabilistic production cost is calculated by the Expected Incremental Generation Cost Curve(EIGC) method based on the multi-state and multi-block operating conditions.

For this, A new algorithm for determining production cost by the EIGC and the generation availability curve (GAC) had been developed in order to realize better economic load dispatch and better reliability for power system operation, The simpler method for determining the EIGC and the GAC is proposed for convenience and saving in computation time.

1. 序 論

電力系統에서 發電費計算은 系統擴充計劃 및 經濟運用計劃의 樹立이나 系統運用등을 위하여 必須的인 것이다.

이중 系統擴充計劃을 위해서는 發電機의 事故率이나 負荷의 不確實性을 고려할 수 있는 確率論的方法인 Booth-Baleriaux法, Cumulant法, Monte-Carlo Simulation法등이 많이 사용되고 있다.¹⁾ 한편 經濟運用計劃을 위해서는 事故率과 負荷의 不確實性을 고려하지 않은 等增分燃料費法이나 等價燃料費曲線法등이 사용되고 있다.

그러나 經濟運用計劃에도 發電機의 事故率을 고려할 수 있는 方法의 하나로서 增分費期待值曲線(Expected Incremental Generation Cost Curve,

이하 EIGC라고 부른다.) 및 發電稼動率曲線(Generation Availability Curve, 이하 GAC라 부른다.)에 의한 發電費計算方法이 최근에 SIDENBLAD와 STEPHEN에 의하여 새로이 開發되어 그 유용성이 입증되기도 하였다.²⁾

이것은 增分燃料費가 높은 순으로 發電機를 투입하며 點화식에 의한 系統增分費期待值曲線을 作成하고 다시 이를 負荷持續曲線과 결합시켜서 發電費를 計算하는 方法이다. 이 方法은 일단 增分費期待值曲線이 作成되기만하면 系統에 變化가 없는 한 서로 다른 負荷曲線에도 이것을 그대로 이용할 수 있어서 計算時間 및 計算量을 줄일 수 있다는 장점을 지니고 있지만 반면에 發電機의 運轉狀態를 운전, 정지라는 2개 狀態로만 모델링한 것에 한정된다는 결점이 있다.³⁾

本 研究에서는, 上述한 EIGC法을 改善해서 發電機의 밸브, 재열기, 펌프, 팬, 보일러와 같은 熱사이클內 기기들을 고장으로 인한 減發運轉을 고려한 多個狀態와 실제 經濟運用時에 일어날 수 있는

*正 會 員 : 高麗大 工大 電氣工學科 教授 · 工博
 **正 會 員 : 高麗大 大學院 電氣工學科 博士課程
 ***正 會 員 : 高麗大 大學院 電氣工學科 博士課程
 接受日字 : 1987年 7月 18日
 1次修正 : 1987年 9月 25日

同一發電機의 段階別 負荷分擔狀態까지 고려한 多 個블록으로 취급할 수 있겠음 확장시킨 보다 효율적인 알고리즘을 開發하고 이를 15機系統 및 實系統 규모인 36機系統에 적용해서 그 타당성을 입증하였다.

2. 系統增分費曲線法

2.1 決定論的 方法

等增分燃料費法則에 따라 各發電機의 增分燃料費曲線을 組合하여 系統增分費曲線인 f' 를 만들 수 있으며 이를 이용하여 임의의 負荷持續曲線에 대한 總發電費用 TC와 各發電機의 發電量 E_i 및 費用 C_i 를 아래 式(2.1)~式(2.3)처럼 計算할 수 있다.

$$TC = \int_0^{P_{max}} f'(P_L) t(P_L) dP_L \text{ [원]} \quad (2.1)$$

$$E_i = \int_0^{P_{max}} t(P_L) \frac{(f_i^{-1}(\lambda_{sys}))'}{\sum_{i=1}^{NG} (f_i^{-1}(\lambda_{sys}))'} dP_L \text{ [MWH]} \quad (2.2)$$

$$C_i = \int_0^{P_{max}} f'(P_L) t(P_L) m(P_L) dP_L \text{ [원]} \quad (2.3)$$

- 단, NG : 發電機의 數
- f_i : i 發電機의 燃料費函數 [원/MWH]
- $\lambda_{sys} : = f'(P_L)$
- P_{max} : 尖頭負荷值 [MW]
- $t(P_L)$: 負荷 P_L 의 持續時間 [Hours]
- $m(P_L) : \triangleq \frac{P_{gi}}{P_L}$
- P_{gi} : # i 發電機의 最適出力 [MW]

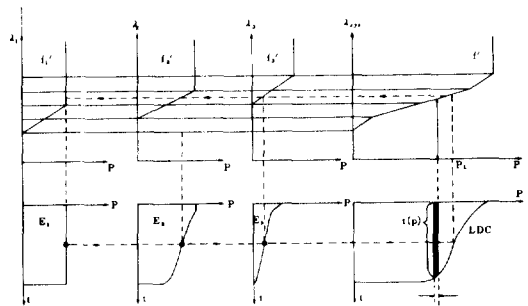


그림 1. 系統增分費曲線法에 의한 負荷分擔
Fig. 1. Loading of three Units according to System incremental cost curve method

그림 1은 임의의 負荷持續曲線(LDC)에 대하여 上述한 系統增分費曲線法으로 이들이 계산되는 모습을 나타낸 것이다.

2.2 確率論的 方法

發電機는 運轉중 예측치 않는 事故를 일으킬 수가 있다. 이러한 突發事故까지 고려해서 發電費를 計算하려는 이른바 EIGC法이 최근에 開發되어 관심을 끌고 있다.

이것은 零階離散狀態(Zero-Order Discrete State)連續遷移마르코프과정(Continuous Transition Markov Process)에 基礎하여 그림 2처럼 發電機 運轉狀態를 운전 정지라는 2個의 狀態로 모델링한 것으로서, 各發電機의 確率分布函數와 增分費를 그림 3과 같이 다루고 있다.

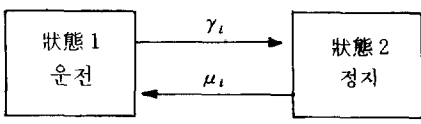


그림 2. 2個狀態의 空間다이어그램
Fig. 2. Space Diagram of 2-State

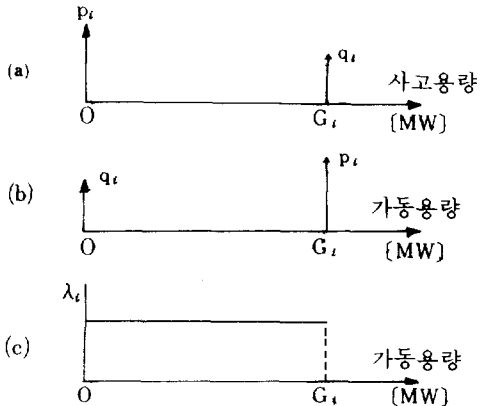


그림 3. 2個狀態모형에서 確率分布 函數와 增分費의 表現
Fig. 3. Representation of incremental cost and PDF in two-state system

여기서, γ_i , μ_i , p_i , q_i 는 各 i 發電機의 事故發生率, 事故復比率, 稼動率 및 事故率을 나타낸다.

이들 確率分布函數와 增分費를 토대로 한 EIGC 및 GAC 作成法은 다음과 같다²⁾.

(1) 增分燃料費가 높은 順으로 發電機投入順序를 배열한다.

(2) 發電系統의 供給支障으로 인한 電力増分費를 λ_p [원/MWH]라 하면 # 1 發電機에 대한 EIGC₁은 운전가능영역 ($0 < x \leq G_1$)에서 운전 또는 사고의 2개 狀態의 기대치로 나타낼 수 있으므로 式(2.4)에 따라 계산할 수 있으며 GAC₁은 式(2.5)와 같이 계산한다.

$$EIGC_1(x) = \begin{cases} 1 & X \leq 0 \\ P_1 \lambda_1 + q_1 \lambda_p & 0 < X \leq G_1 \\ 0 \lambda_p & G_1 < X \end{cases} \quad (2.4)$$

단, λ_p : 供給支障電力増分費 [원/MWH]

$$GAC_1(x) = \begin{cases} 1 & X \leq 0 \\ P_1 & 0 < X \leq G_1 \\ 0 & G_1 < X \end{cases} \quad (2.5)$$

(3) # 2 發電機가 投入될 경우에는 이 發電機가 事故 또는 運轉이라는 두 개의 狀態만을 지니고 있고 이 事象들은 상호 독립이면서 배타사건이므로 EIGC₂ 및 GAC₂는 組合法則을 적용한 式(2.6) 및 式(2.7)에 따라 아래와 같이 作成할 수 있다.

$$EIGC_2(x) = q_2 EIGC_1(x) + P_2 \{ \lambda_2(x) + EIGC_1(X - G_2) \} \quad (2.6)$$

$$GAC_2(x) = q_2 GAC_1(x) + p_2 GAC_1(X - G_2) \quad (2.7)$$

(4) 나머지 發電機들에 대해서도 과정 (3)에서와 같이 漸化式 式(2.8) 및 式(2.9)에 의하여 계산할 수 있다.

$$EIGC_i(x) = q_i EIGC_{i-1}(x) + P_i \{ \lambda_i(x) + EIGC_{i-1}(X - G_i) \} \quad (2.8)$$

$$GAC_i(x) = q_i GAC_{i-1}(x) + P_i GAC_{i-1}(X - G_i) \quad (2.9)$$

윗式(2.8)의 첫항은 #i 發電機가 狀態 2에 있을 경우 #i-1 發電機가 '0'에서 G_{i-1} 까지 負荷를 담당하는 경우를 나타내며, 둘째항 및 셋째항은 #i 發電機가 狀態 1에 있을 경우 #i 發電機의 増分費가 #i-1 發電機가 '0'에서 G_i 까지의 負荷를 담당하고 #i-1 發電機가 G_i 를 초과하는 負荷를 담당하고 있는 경우를 나타내고 있다. 그러므로 결국 式(2.8)은 系統増分費期待值分布表를 作成하는 것이라고 볼 수 있다. 마찬가지로 式(2.9)는 系統의 稼動容量狀態確率分布表를 作成하게 됨으로, 이들 式(2.8)과 式(2.9)를 이용하여 確率的發電費 및 信賴度指數들을 계산할 수 있게 될 것이다.²⁾

그러나 이 방법은 2個狀態運轉모델에 기초로한

것이므로 다른 發電機가 負荷分擔을 하기 전에 한 發電機가 最大出力까지 負荷分擔을 수행한다고 가정하고 있는 바, 이러한 가정에 기초한 負荷分擔은 실제적인 經濟負荷分配을 충분히 반영하고 있다고는 볼 수 없다.²⁾

3. 확장된 EIGC法

本 研究에서는 發電機의 運轉모델을 다음과 같이 多個狀態(Multi-State) 및 多個블록(Multi-Block)으로 모델링한 것에 기초한 EIGC 및 GAC 作成法을 開發하므로써 發電費를 더욱 효과적으로 計算할 수 있도록 하였다.

3.1 多個狀態

發電機는 기기들의 고장으로 인하여 이의 한에로써 그림 4와 같은 狀態로 運轉되므로 運轉狀態를 그림 5와 같은 多個狀態로 모델링 할 수 있다.

이 때의 確率分布函數와 増分費값을 나타내면 그림 6과 같다.

3.2 多個블록 및 이의 等價化

실제면에서의 發電機의 經濟運轉狀態를 본다면 가령 負荷가 증가해 나갈 경우 이에따라 한 發電機

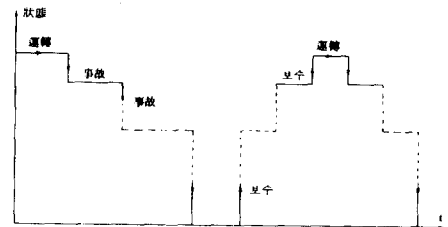


그림 4. 發電機運轉 實績의 예

Fig. 4. An Example of Actual results of generation

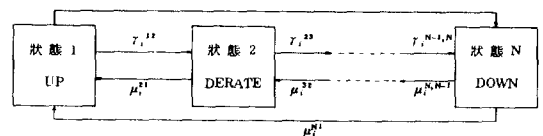


그림 5. 多個狀態의 空間 다이어그램

Fig. 5. Space Diagram of Multi-State

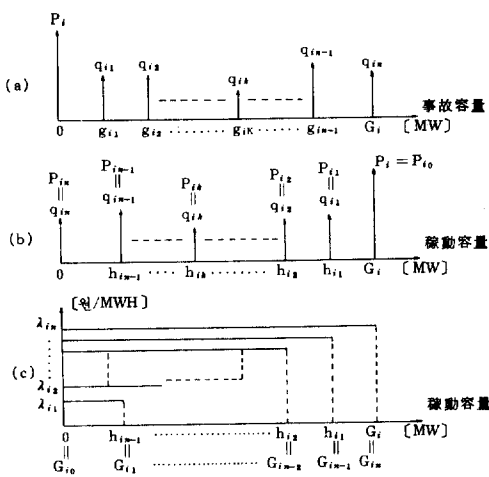


그림 6. 多個狀態의 確率分布函數 및 増分費表現
Fig. 6. Representation of incremental cost and PDF in Multi-State System

가 全出力까지 担当하기전에 다른 發電機를 投入해서 이것으로 負荷의 増加分을 担当하도록 하는 쪽이 더 經濟적일 수도 있는데 이러한 狀況까지 고려해서 發電費計算을 하기 위해서는 發電機運轉 모델을 多個블록으로 모델링할 必要가 있다.¹⁾

그림 7은 上述한 모델링의 한例로써 發電機運轉 狀態를 n個의 多個狀態 및 m個의 多個블록으로 表現한 것이다. 그러나 尙술한 모델을 그대로 사용하기에는 계산이 너무 복잡해짐으로 여기서는 다음과 같이 多個블록을 單個블록들의 總으로 等價化시키는 방법을 채택하였다. 즉, n개의 多個狀態와 m개의 多個블록으로 表現되어지는 #i發電機는 각각의 多個狀態를 갖고 있는 m개의 독립적發電機(m개의 블록)로 等價化 되어질 수 있다. 이 때 #i發電機의 j번째 블록의 稼働容量 GB_{ij}[MW]에 해당되는 稼働確率은 j+1번째 블록 이상에 속하는 모든 稼働確率分布函數들의 總으로 等價化할 수 있고 또 0MW에 해당되는 稼働確率은 j-1번째 블록이하에 속하는 稼働確率分布函數들의 總으로 等價化할 수 있으므로 결국 이를 정리한 式(3. 1)에 따라 j블록의 稼働確率分布函數들을 等價化시킬 수 있다.²⁾

$$P_{ijk} = \begin{cases} \sum_{k \in K_L} P_{ik} & X = 0 \\ P_{ik} & 0 < X < GB_{ij} \\ \sum_{k \in K_U} P_{ik} & X = GB_{ij} \\ 0 & GB_{ij} < X \end{cases} \quad (3.1)$$

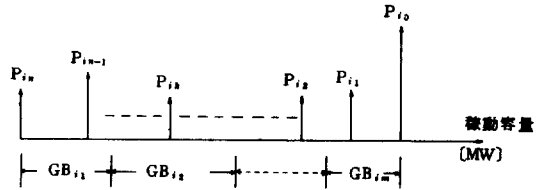


그림 7. 多個블록의 表現
Fig. 7. Representation of multi-Block

그림 8(a)는 그림 7에서 보인바와 같은 多個블록 모델을 單個블록의 總으로 等價化시킨 것을 보인 것이다.

단, K_L : GB₁₁ ≤ X ≤ ∑_{α=1}^{j-1} GB_{iα}에 속하는 確率分布 函數번호들의 集合

K_U : ∑_{α=1}^{j+1} GB_{iα} ≤ X ≤ G_i에 속하는 確率分布函數 번호들의 集合

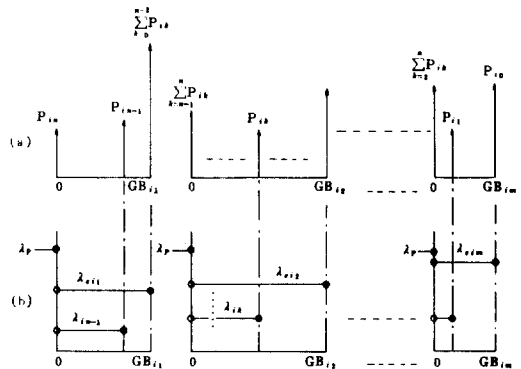


그림 8. 多個狀態, 多個블록의 等價化 모델
Fig. 8. Equivalent Model of Multi-State, Multi-Block

또한, 그림 8(a)처럼 單個블록으로 等價化했을 때 해당 블록의 K_U집합부분까지 이어지는 増分費는 복수개로 나타날 수 있기 때문에 다시 이들을 하나의 等價増分費로 조정하여야만 투입순위를 決定할 수 있게 된다.

따라서 여기서는 確率論的인 개념을 導入해서 K_U 집합에 속하는 増分費에 관한 期待值를 計算하고 이것을 이때의 代表值로 삼았다.³⁾

$$\lambda_{eij} = \frac{\sum_{k \in K_U} \lambda_{ik} P_{ik}'}{\sum_{k \in K_U} P_{ik}'} \quad (3.2)$$

단, λ_{eij} : #i發電機, j블록의 代表 増分費用 [1000/WWh]

$$P_{ik} = 1 - P_{ik}$$

P_{ik} : #i發電機, k狀態에서의 稼動率(P, U)

그림 8 (b)는 各 블록에 대한 λ_{ei} 를 나타낸 것이다.

3.3 多個狀態 및 多個블록에 의한 EIGC 및 GAC 作成法

앞에서 多個狀態, 多個블록을 여러개의 多個狀態, 單個블록으로 等價化시킬 수 있었다. 또한 多個狀態, 單個블록은 多個狀態로 된 하나의 發電機라 생각할 수 있으므로 결국 이것을 多個狀態로 된 여러대의 發電機로 等價化시킬 수 있다.

여기서는 이처럼 等價化된 多個狀態, 單個블록을 基本單位로 하여 아래와 같이 EIGC 및 GAC作成法을 새로이 開發하였다.

이들 計算式의 유효도를 위해 먼저 다음과 같이 기호를 정의하여 둔다.

GB_{ik} : i블록, k狀態에서의 稼動容量[MW]

P_{ik} : i블록, k狀態에서의 稼動率(P, U)

q_i : i블록의 事故率(P, U) (= P_{in})

$\lambda_{ik}(x)$: i블록의 k狀態에서 出力 X[MW]에 따른 增分燃料費[원/MWH]

J_i : i블록의 狀態數

이들 기호를 사용한 본 알고리즘은 다음과 같다.

- (1) 增分費가 높은 順序로 블록이 投入되도록 그 順位를 $\lambda_{i,j}$ 에 따라 배열한다.
- (2) # 1 블록에 대한 $EIGC_1(x)$ 및 $GAC_1(x)$ 를 式(3.3) 및 式(3.4)에 의해 計算한다.

$$EIGC_1(x) = \begin{cases} 0 & X \leq 0 \\ q_1 \lambda_p + \sum_{k=1}^{J_1} P_{1k} \lambda_{1k}(x) & 0 < X \leq GB_{B1} \\ \lambda_p & X > GB_{B1} \end{cases} \quad (3.3)$$

$$GAC_1(x) = \begin{cases} 1 & X \leq 0 \\ \sum_{k=1}^{J_1} P_{1k} GAC_0(X - GB_{1j}) & 0 < X \leq GB_{B1} \\ 0 & X > GB_{B1} \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\text{단, } GAC_0(X - GB_{1j}) = \begin{cases} 0 & X > GB_{1j} \\ 1 & X \leq GB_{1j} \end{cases}$$

(3) # 2 發電機가 投入될 경우에는 이 發電機를 상호독립 및 배타사건들로 된 多個狀態가 존재한다고 가정했으므로 2個狀態의 과정(3)과는 달리 各

狀態모두에 대한 組合法則을 사용한 새로운 式(3.5) 및 式(3.6)에 따라 $EIGC_2(x)$ 및 $GAC_2(x)$ 를 作成해 나가야 한다.

$$EIGC_2(x) = q_2 EIGC_1(x) + \sum_{k=1}^{J_2} P_{2k} \lambda_{2k}(x) + EIGC_1(X - GB_{2k}) \quad (3.5)$$

$$GAC_2(x) = q_2 GAC_1(x) + \sum_{k=1}^{J_2} P_{2k} GAC_1(X - GB_{2k}) \quad (3.6)$$

(4) 나머지 블록들에 대해서도 아래와 같이 과정(3)과 같은 數學的 의미를 갖는 漸化式에 의하여 계산할 수 있다.

$$EIGC_i(x) = q_i EIGC_{i-1}(x) + \sum_{k=1}^{J_i} P_{ik} \lambda_{ik}(x) + EIGC_{i-1}(x - GB_{ik}) \quad (3.7)$$

$$GAC_i(x) = q_i GAC_{i-1}(x) + \sum_{k=1}^{J_i} P_{ik} GAC_{i-1}(X - GB_{ik}) \quad (3.8)$$

4. 確率的 發電費 및 信賴度 計算

4.1 確率的 發電費 計算

前述한 바와 같이 系統增分燃料費期待值 曲線인 EIGC가 作成되면 式(4.1)처럼 이것과 해당時間을 상승적분하므로써 確率的 發電費用인 TC를 計算할 수 있다.²⁾

$$TC = \int_0^{P_{max}} EIGC(P_L) t(P_L) dP_L [\text{원}] \quad (4.1)$$

4.2 信賴度 計算

系統信賴度指數의 하나인 供給支障確率(LOLP: Loss of Load Probability)은 負荷持續時間인 't(P_L)'과 앞서 작성한 'GAC_{NB}' (단, NB는 블록의 總數)를 이용해서 0[MW]에서 P_{max}[MW]까지 상승적분하므로써 구할 수 있다.²⁾

$$LOLP = \int_0^{P_{max}} \{1 - GAC_{NB}(P_L)\} t(P_L) dP_L \quad (4.2)$$

마찬가지로 信賴度指數의 하나인 供給支障電力量(E(DNS): Expected Value of Demand Not Served)도 式(4.3)에 따라 계산할 수 있다.²⁾

$$E(DNS) = \int_0^{P_{max}} EUE(P_L) t(P_L) dP_L \quad (4.3)$$

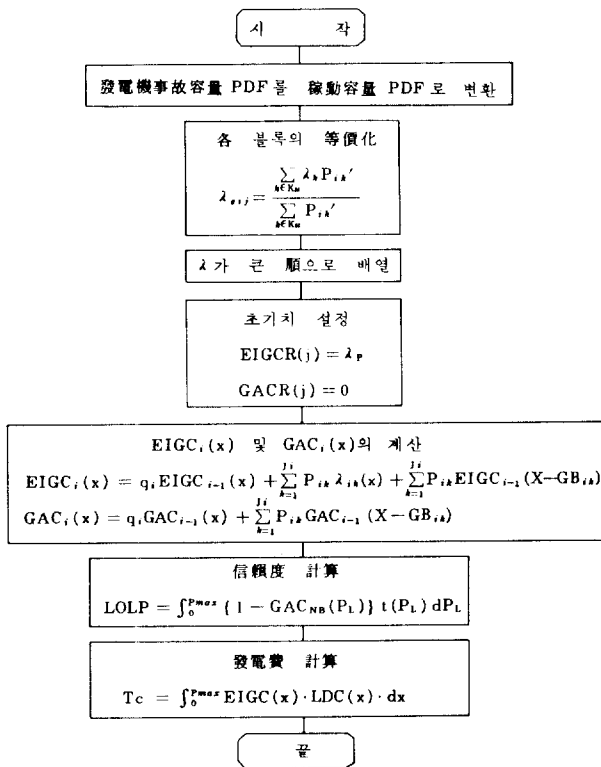


그림 9. 흐름도
Fig. 9. Flow chart

$$\text{단, } EUE(P_L) = \int_0^{P_L} \{1 - GAC_{NB}(x)\} dx$$

그림9는 이들의 계산과정을 간략하게 흐름도로 나타낸 것이다.

5. 적용예

이번에 새로 개발한 多個狀態, 多個 블록모델에 의한 EIGC法을 發電機 15機인 모델系統과 EPRI 보고서에서 인용한 實系統 규모의 36機系統에 적용시켜 이의 유용성을 검증하였다.³⁾

5.1 15機 모델系統

여기서는 多角的인 分析을 위해 다음과 같이 發電機運轉모델을 6 가지 경우로 나누어 해석해 보았다.

- ① 決定論的인 경우
- ② 單個모델
- ③ 多個狀態, 블록모델 1 : 3個狀態, 單個블록

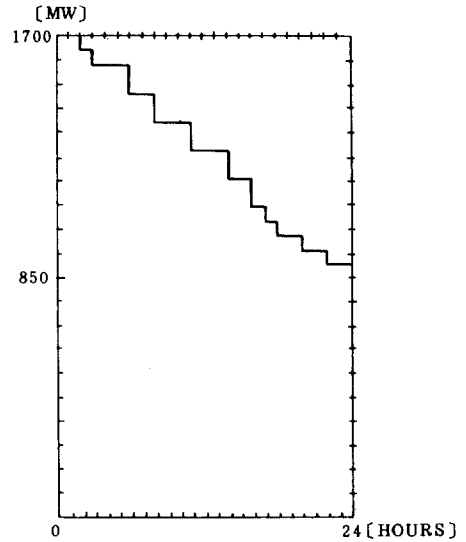


그림10. 負荷持續曲線 (15機 系統)
Fig. 10. LDC (15-Gen System)

- ④ 多個狀態, 블록모델 2 : 3個狀態, 2個블록
 - ⑤ 多個狀態, 블록모델 3 : 3個狀態, 3個블록
 - ⑥ 多個狀態, 블록모델 4 : 3個狀態, 4個블록
- (1) 系統資料

發電機의 事故容量에 따른 增分燃料費와 그 確率은 표 1과 같고 負荷는 그림10과 같은 패턴에 따른다고 가정했다.

(2) 計算結果

위의 6 가지 경우에 대하여 供給支障 電力增分燃料費인 λ_p 를 20(원/MWH) 및 50(원/MWH)의 2 가지로 가정하고 계산한 EIGC를 각각 그림11 및 그림12에 보이며 그림13은 이때의 GAC를 求한 것이다.

이들 그림에 의하면 確率論的인 모델인 경우, EIGC의 기울기가 적은 부분까지는(여기서는 1000MW 정도임) 서로 거의 일치하고 기울기가 큰 부분에서는 차이가 나고 있음을 알 수 있다.

이는 發電機가 投入됨에 따라 전자의 경우에는 q_i 보다 P_i 값의 영향을 많이 받아서 λ_p 의 영향이 작기 때문이며, 반대로 후자의 경우는 q_i 값의 영향이 커서 λ_p 의 영향을 많이 받기 때문인 것으로 사료된다. 표 2는 이때의 결과를 구체적으로 정리해서 보인 것인데 이에 따르면 發電機의 運轉狀態 및 블록의 수가 증가함에 따라 發電費 및 LOLP값은 減小되고 있어서 새로운 計算法의 有用性을 확인할 수 있었다. 이것은 發電機의 運轉狀態를 多個狀態, 블록모

표 1 各 發電機의 事故容量, 增分燃料費 및 確率 (15機系統)

Tab.1 Outage Capacity, Incrementalfuelcost and Probability of each generator (15-Gen System)

NO	OUTAGE-CAPACITY	INCREMENTAL FUEL COST	PROBABILITY
1	0, 000	13, 234	0, 825
	20, 000	12, 000	0, 050
	120, 000	50, 000	0, 125
2	0, 000	13, 132	0, 825
	20, 000	12, 000	0, 050
	120, 000	50, 000	0, 125
3	0, 000	11, 676	0, 875
	15, 000	10, 000	0, 050
	75, 000	50, 000	0, 075
4	0, 000	11, 026	0, 875
	15, 000	10, 000	0, 050
	75, 000	50, 000	0, 075
13	0, 000	7, 661	0, 825
	15, 000	6, 000	0, 050
	115, 000	50, 000	0, 125
14	0, 000	7, 366	0, 775
	20, 000	6, 000	0, 050
	240, 000	50, 000	0, 175
15	0, 000	7, 120	0, 775
	25, 000	6, 000	0, 050
	225, 000	50, 000	0, 175

표 2 各 경우별 發電費用과 LOLP(15機系統)

Tab.2 Production cost & LOLP in each cases (15-Gen System)

CASE	STATE	BLOCK	發電費(원)		LOLP (P.U)
			$\lambda_p=20$	$\lambda_p=50$	
決定論的			244, 530	244, 530	0, 0
單個모델	2	1	274, 460	305, 840	0, 127396
多個狀態, 블록모델 1	3	1	265, 850	288, 300	0, 098648
多個狀態, 블록모델 2	3	2	262, 450	282, 030	0, 092323
多個狀態, 블록모델 3	3	3	253, 350	267, 600	0, 078723
多個狀態, 블록모델 4	3	4	253, 590	266, 940	0, 071249
Cumulant	2	1	278, 299	289, 560	

델로 세웠기 때문에 더욱 정밀한 經濟運用을 실현 할 수 있다는 것을 뜻하며 또한 信賴性도 향상시킬 수 있다는 것으로서 바람직한 결과라 볼 수 있겠다.

또한, 單個모델은 Cumulant法에 의한 發電費와 비교해보더라도 多個狀態 EIGC가 더 낮은 값을 갖는다는 것은 위의 사실은 더욱 뒷받침하는 것이라 사료된다.

표 3 簡略法에 의한 發電費 및 LOLP

Tab.3 Production cost & LOLP by Simplicity Method

	發電費(원)		LOLP [p.u]
	$\lambda_p=50$ (원/MWH)		
單個모델	305, 840 (1, 0000)		0, 127396 (1, 0000)
多個狀態, 블록모델 4	266, 940 (0, 8728)		0, 077249 (0, 6064)
簡略法	274, 660 (0, 8981)		0, 0808 (0, 6342)

단, ()안은 單個모델 기준시의 비율임.

그다음 그림11과 그림12를 비교해볼 때 λ_p 가 달라지면 最大出力으로 갈수록 EIGC가 현격하게 달라짐을 알 수 있다. 이는 EIGC 作成時 λ_p 가 초기치로 설정되기 때문인 것으로 사료되며 이 값의 설정이 중요함을 가리키고 있다. 그러나 현실적으로는 모든 발전기의 運轉狀態를 多個狀態, 블록모델로 취급해서 계산한다는 資料入手의 困難性과 所要 計算時間面에서 여러가지 문제가 있으므로 여기서는 사전에 선정된 重要發電機(가령, 大容量發電機)만을 多個狀態, 블록모델로 세우고 다른것은 그대로 單個모델로 취급하는 簡略法을 사용하기로 하였다.

표.3은 이의 계산결과로서 모든 發電機를 多個狀態, 블록모델로 취급한 多個狀態, 블록모델 4에 대한 결과와 上述한 簡略法에 의한 결과를 비교한 것이다. 이에 따르면 양자간에 별 차이가 없으며 계산소요시간은 3분의1로 단축시킬 수 있었다. 따라서 入力資料의 간편성및 소요시간면에서 이러한 簡略法으로 계산하더라도 별 문제점이 없다는 것을 알 수 있다.

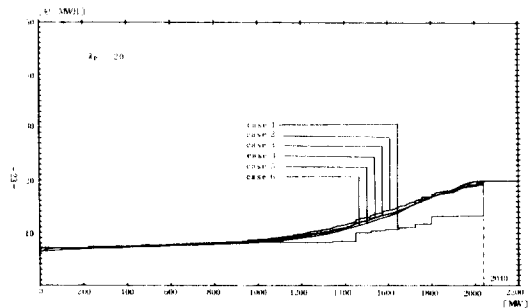


그림11. $\lambda_p=20$ 일 경우의 EIGC (15機系統)

Fig.11. EIGC in the case of $\lambda_p=20$ (15-Gen system)

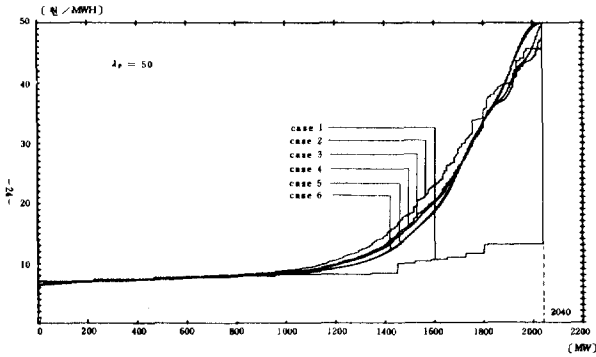


그림12. $\lambda_p=50$ 일 경우의 EIGC (15機 系統)
Fig.12. EIGC in the case of $\lambda_p=50$ (15-Gen System)

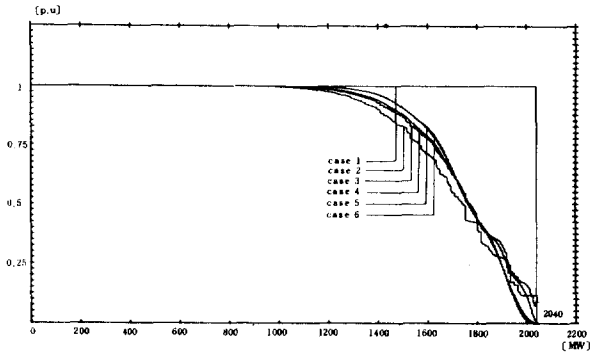


그림13. GAC (15機 系統)
Fig.13. GAC (15-Gen System)

5. 2. 36機 모델系統

여기서는 多個狀態, 블록모델을 상술한 간략법으로 계산하여 보았다.

(1) 系統資料

發電機의 事故容量에 따른 増分燃料費와 그 確率은 표. 4와 같고 負荷는 그림. 14와 같은 패턴에 따른다고 가정하였다.

여기서 # 1과 # 5 發電機만을 표. 5와 같이 多個狀態로 모델링하고 # 13發電機를 4개의 等블록으로 # 14, # 15, 및 # 16發電機는 2개의 等블록으로 가정하였다.

(2) 計算結果

單個모델과 多個狀態, 블록모델에 대하여 $\lambda_p=100$ (원/MWh)로 가정해서 얻은 EIGC 및 GAC는 그림

표 4 36機系統의 發電入力資料

Tab. 4 Generator Input Data of 36-Gen. System

Unit No.	Capacity [MW]	λ_i [원/Mwh]	FOR [%]
1	1200	5	13.2
2	1200	5	13.2
3	600	10	15.3
4	600	10	15.3
5	400	13	11.3
34	50	40	12.0
35	50	40	12.0
36	50	40	12.0

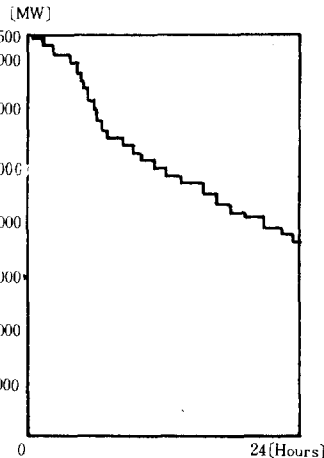


그림14. 36機系統의 負荷持續曲線
Fig.14. LDC of 36-Gen System

표 5. # 1, # 5의 多個狀態

Tab. 5 Multi-State Data of #1 and #5 Gen

#1-Gen				
Outage Capacity	0	300	600	1200
Probability	0,868	0,04	0,052	0,04
#5-Gen				
Outage Capacity	0	100	200	400
Probability	0,881	0,01	0,069	0,04

.15 및 그림. 16과 같다. 이들 결과로부터 앞서 15機系統에서 얻어진 결론을 똑같이 유도해 낼 수 있다. 곧 이때도 單個모델에 비해 多個狀態 블록모델의 發電費와 LOLP 값이 減小되고 있음을 알 수 있었

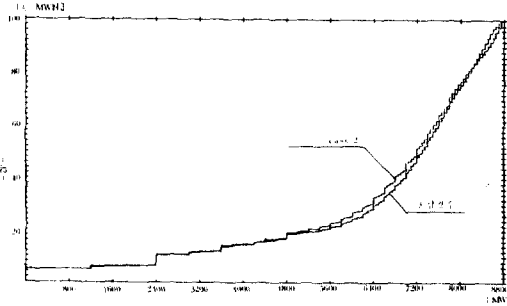


그림15. 36機 系統의 EIGC
Fig.15. EIGC of 36-Gen System

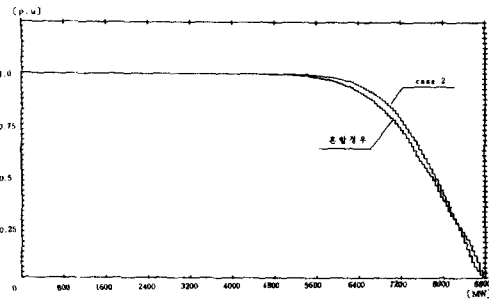


그림16. 36機 系統의 GAC
Fig.16. GAC of 36-Gen System

표 6 36機系統의 發電費 및 LOLP
Tab.6 Production Cost & LOLP of 36-Gen System

	發電費(원) $\lambda=100$ (원/MWH)	LOLP[p.u]
單 個 모 델	1, 832, 515 (1.00)	0.11394 (1.00)
多 個 狀 態, 블 록 모 델 (간략계산법)	1, 753, 808 (0.9570)	0.09173 (0.8051)

단, ()안은 單個모델 기준시 비율임.

는데 표.6은 구체적으로 이때의 값을 정리해서 보인다.

6. 結 論

本 研究의 結論을 要約하면 다음과 같다.

(1) 發電機 事故率까지 고려한 系統增分費期待值

曲線作成法을 研究對象으로 삼고 發電機의 運轉 모델을 중래의 2個狀態로 부터 보다 精밀한 多個狀態 및 多個블록 모델로 취급한 새로운 EIGC 및 GAC를 作成할 수 있는 알고리즘을 開發하였다.

(2) 本 알고리즘은 多個狀態 및 多個블록을 多個狀態 및 單個블록의 疊으로 等價化시킬 수 있다는데 근거해서 이것을 計算單位로 하므로써 計算의 간략화를 기할 수 있었다.

(3) 15機 및 36機系統의 적용예를 통하여 多個狀態 블록모델에 의한 發電費가 單個모델에 비해 감소되고 있음을 확인할 수 있었는데 이는 發電機 運轉狀態를 多個狀態, 블록모델로 취급하므로써 더욱 精밀한 經濟運用計算을 실현할 수 있어서 發電費의 輕減을 기할 수 있었는데 이는 본 알고리즘의 유용성을 검증해준 것이라고 하겠다.

(4) 한편 실제사용시에는 入力資料의 現實性, 계산소요시간의 단축이라는 측면에서 重要發電機만을 多個狀態, 블록모델로 취급하는 簡略計算法이 더욱 效果의이라 생각되며 이를 적용예를 통해 확인할 수 있었다.

(5) 그러나 本簡略法에서는 重要發電機 선정기준을 단순히 大容量發電機우선으로 하였으나 실제로는 增分費나 事故率까지도 감안해야 할 것으로 料되며 또한 狀態 및 블록數의 결정기준도 앞으로 해결해야 할 研究課題로 생각된다. 앞으로 이들까지 포함 한 새로운 計算 알고리즘을 연구개발해 나갈 계획이다.

REFERENCE

- 1) J. P. Stremel 외 ; 'Production Costing using the Cumulant Method of Representing the Equivalent Load Curve' IEEE, PAS-99, No. 5, Sept/Oct. 1980, pp. 1947~1956.
- 2) K. M. Sidenblad 외 ; 'A Probabilistic Production Costing Methodology for Systems with Storage' IEEE PAS June, 1981, pp. 3116~3124.
- 3) N. S. Rau 외 ; 'Expected Energy Production Costs by the Method of Moments.' IEEE. PAS -99 No5, Sep/Oct, 1980, pp.1908 ~1915
- 4) J. Zahavi 외 ; 'Operating Cost Calculation of an Electric Power Generating System under Incremental Loading Procedure.' IEEE PAS-96. No. 1. Jan/Feb, 1977, pp. 285 ~292