

效率的인 發電費用計算을 위한 알고리즘開發에 관한 研究

A Study for effective algorithm to calculate production Cost

宋 吉 永
龍 在 錫*
全 龍 司

高麗大學校
高麗大學校
高麗大學校

1. 서론

화력발전기의 연료비 계산은 다음과 같은 계획들을 수립하는데 필수적이므로 정확하고도 신속하게 계산할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다. (1)(2)(3)

- (1) 장기 계획
- (2) 연료 예산정책
- (3) 연간 운용 계획
- (4) 주간 운용 계획

여기서 (1),(2)와 같은 비교적 연구대상기간이 긴 경우에는 발전기의 사고율을 포함한 알고리즘이 필요하며 지금까지

Baleraux, Jamulle 등이 이에 대하여 처음으로 보고서를 낸 후 Booth, Jenkins, Joy, Sagar, Ringlee, Wood, Zahavi, Vardi, Stremel, Levy 등이 이를 더욱 발전시키는 데 공헌했다.

그러나 (3),(4)와 같이 대상기간이 짧은 경우 발전기 사고율을 고려한 필요가 없으므로 결정론적인 방법으로 이를 해석하는 알고리즘이 더욱 유용하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 도표변환법이라는 수력을 고려할 수 있는 새로운 컴퓨터 알고리즘을 개발하였으며 이를 결정론적 방법과 확률론적인 방법으로 해석하는 해법을 세우고 두 가지 방법을 실제계에 적용하여 그 해법의 유용성을 입증하였다.

2. 문제의 설정

- (1) 부하는 한모성에 집중된 것으로 가정하였다.
- (2) 수력에너지는 이미 결정된 것으로 보았다.
- (3) 발전계통은 동가화된 수력1대 및 화력기N대로 구성되어 있다고 보았다.
- (4) 운전가능 화력발전기의 조합은 보수유지계획에서 이미 결정되어져 있다고 가정하므로써 보수유지계획을 고려하도록 하였다.
- (5) 송전손실을 고려하지 않았다.

3. 정식화

3.1 결정론적(2)

(1) 에너지 : TE [Mwh]

$$TE = \sum E_i$$

$$\text{단, } E_i = \int_0^{P_{max}} t (P_i) dP_i$$

PL1: 부하 PL에 대한 발전기의 담당

량 [MW]

t(PLi): PLi에 대한 운전시간[h]

Pmax: 첨두부하량[MW]

(2) 발전비용 : TC [S]

$$TC = \int_0^T f_e (P_m) dt$$

단, fe: 화력기의 등가연료비곡선

3.2 확률론적(5)

(1) 에너지

$$TE = \sum E_i$$

$$E_i = (1 - f_i) \cdot T \cdot \int_{x_i}^{x_0 + C_i} P_m^{k_i}(x) dx$$

(2) 발전비용

$$TC = \sum F_i$$

$$F_i = G_i(E_i)$$

4. 해법

4.1 도표변환법에 의한 수력에너지의 첨

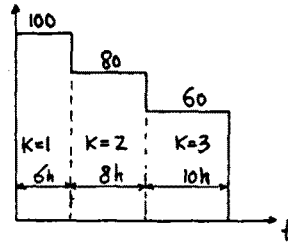
두부하사감

다음과 같은 새로운 개발한 도표변환법에 의하여 부하를 첨두사감하므로써 수력에너지를 고려하도록 하였다.

예를들어 해법을 나타내었다.

표.1

| |
|--|
| 수력발전기 최대 발전력 P _{Hmax} = 25 [MW] |
| 수력발전기 총발전량 P _{HENG} = 240 [Mwh] |



(그림1) LDC

그림1과 같은 LDC가 표1과 같은 수력에너지에 의하여 첨두사감되어 수정 부하지속곡선(MLDC)가 도표변환법에 의하여 구해지는 모습을 나타내면 표2와 같다.

표.2

| K | LDC | NT | P _A ⁰ | P _B ⁰ | P _A ¹ | P _B ¹ | P _A ² | P _B ² | P _A ³ | P _B ³ | P _H | MLDC |
|---|-----|----|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|-------|
| 1 | 100 | 6 | 25 | 20 | 5 | 0 | | | | | 25 | 75 |
| 2 | 80 | 8 | 25 | 20 | 25 | 20 | 20 | 15 | 13.75 | 8.75 | 11.25 | 68.75 |
| 3 | 60 | 10 | 25 | 60 | 25 | 60 | 25 | 60 | 25 | 60 | 6 | 0 |

변환1 변환2 변환3

단, P_k: k블록에 대한 P의 여분출력량 [MW]

P_{Bk}: k블록과 KH블록과의 차이의 여분출력량 [MW]

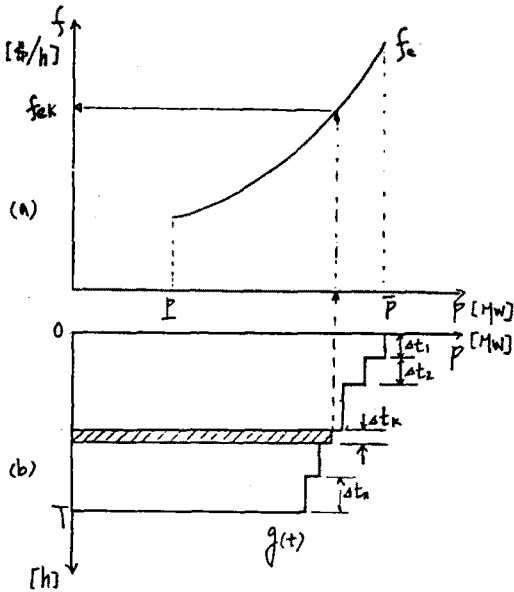
P_{Mk}: k블록에 대한 사감된 전력 [MW]

NTk: k블록의 지속시간 [h]

4.2 발전비용 계산 해석

(1) 결정론적 해석

이때의 발전비용은 화력기 N대를 등가시간 등가화력연료비곡선과 수력에너지만큼 첨두사감된 수정부하지속곡선을 그림2처럼 결합하므로써 구해진다.



(그림2) (a) 동가 연료비곡선

(b) 수정부하지속곡선

그림2에서 총발전비용은 다음과 같다

$$TC = \sum_{k=1}^n f_{ek} \Delta t_k$$

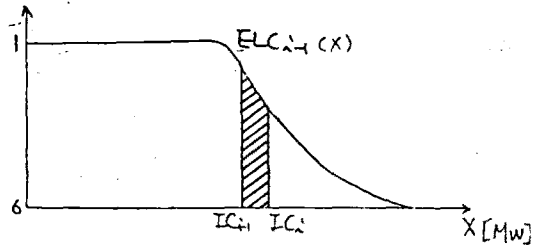
이 해석 순서를 간단히 나타내면 다음과 같다.

- 1 입력자료를 읽는다.
- 2 운전가능 화력발전기들의 동가 연료비 함수 f_{ek} 를 $\sum P_i - LD_{MAX}$ 까지 어느 일정 출력으로 변화시켜 가면서 구한다.
- 3 도표변환법에 의하여 MLDC를 작성한다.
- 4 f_{ek} 와 MLDC를 결합하므로써 T_c 를 구한다.

(2) 확률론적 해석

확률론적인 해석방법에서는 우선순위에 의하여 부하분담을 시키는 방법을 주로 사용하고 있다. 이러한 해법에는 Booth - Baleraux법, Cumulant법 등이 개발되어져 있는데 여기서는 계산시간면에서 우수하다

고 알려져있는 Cumulant법을 사용하여 비교하여 보았다. 이 해석방법은 발전기 및 부하 각각에 대한 Cumulant를 계산하여 각 발전기가 투입되는 순서대로 동가부하곡선(ELC)의 Cumulant를 계산한 다음 이를 이용하여 ELC를 Gram-Charlier표현식으로 나타내고 이로서 발전량을 그림3과 같이 사다리꼴 면적으로 생각하여 구하는 방법이다.⁽⁴⁾



(그림3)

그러므로 #i발전량은 다음과 같이 된다.

$$E_i = (1 - g_i) T \beta_i C_i [ELC_{i-1}(IC_{i-1}) + ELC_i - 1(IC_i)]$$

또 #i의 발전비용은 다음과 같이 해석된다.

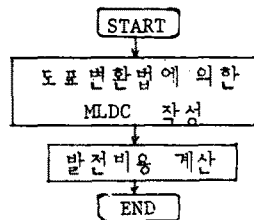
$$F_i = (1 - g_i) T \beta_i ELC_{i-1}(IC_{i-1}) + E_i \times \alpha_i$$

단, α_i : 평균총분연료비 [$\$/MWh$]

$$\beta_i: \text{고정비 } [\$/h]$$

5. 흐름도

5.1 전체작업 흐름도



6. 적용 예

본 연구의 엘고리즘을 수력기 7대, 화력기 31대, 원자력 5대, 복합화력 2대인 실계통에 적용하여 보았다.

6.1 입력자료

연구 기구는 1985년 12월 한 달을 대상으로 하였으며 그 달의 둘째주의 수요일과 일요일을 대표 Weekday와 Weekend day로 채택하고 이의 각 LDC를 5:2의 비율로 높이고 나서 다시 결합하고 7구간씩 잘라 각 구간의 평균값을 모아서 그 달의 대표일 LDC를 작성하였다. 또한 가정된 등가수력기의 특성은 표 3과 같으며 화력기의

표 3

| |
|------------------|
| PHENG = 4965 Mwh |
| PHMAX = 982 MW |

등가연료비 함수는 표 4와 같았다.

표 4

| | |
|----------------|---------|
| A = 0.0009920 | 천원/Hw h |
| B = 7.2263400 | 천원/Hwh |
| C = -11837.277 | 천원/h |

$$Fe = Ap^2 + Bp + C$$

6.2 출력변화

표 5

| | 결정론적 | Cumulant |
|----------|------------------------|------------------------|
| TE [Gwh] | 4,657.770 | 4,657.770 |
| TC [원] | 58.285x10 ⁹ | 41.128x10 ⁹ |

7. 결론

(1) 도표 변환법이라는 수력을 고려할 수 있

는 새로운 첨두부하사감 엘고리즘을 개발하였다.

- (2) 위의 엘고리즘을 실계통에 적용해 본 결과 그 유용성을 입증하였다.
- (3) 본 엘고리즘은 연간 운용 계획 (보수 계획 또는 수화력경제운용 계획 등) 및 주간운용 계획 등에 실제 적용 가능하다고 판단되어 진다.
- (4) 앞으로 수력기의 사고율까지 포함한 엘고리즘의 개발이 요망된다.

8. 참고 문헌

- (1) 송길영 저 ; '전력계통공학', 1977, 동명사.
- (2) Vardi, Ari-Itzhak 저 ; 'Electric Energy Generation', 1981, MIT Press.
- (3) Wood, Wollenberg 저 ; 'Power Generation Operation & Control', 1984, John Wiley & Sons.
- (4) Stremel, Jenkins, Babb, Bayless ; 'Production Costing Using the Cumulant Method of Representing the Egrivalent Load Curve', IEEE, PAS-99, No.5, PP.1947-1956, 1980.
- (5) R.R. Booth ; 'Power System Stimulation Model Based on Probability Analysis', IEEE, PAS-91, No.1, PP.62-69, 1972.