

## 순동예비력제약을 고려한 동적경제부하배분

송길영 · 오광해 · 권영구<sup>◎</sup> 차준민 · 김용하<sup>〃</sup>  
 \* 고려대학교 전기공학과  
 \*\* 인천대학교 전기공학과

### SPINNING RESERVE CONSTRAINED DYNAMIC ECONOMIC DISPATCH

K.Y. SONG · K.H. OH · Y.G. KWON · J.M. CHA · Y.H. KIM<sup>〃</sup>

\* Department of Electrical Engineering Korea Univ.

\*\* Department of Electrical Engineering Inchon Univ.

#### ABSTRACT

This paper deals with the optimal dynamic dispatch problem owing to spinning-reserve and power-rate limits. Two computational modules are used in the solution of the problem. The first is an efficient dispatch module for the consideration of reasonable spinning-reserve requirements. The latter is the Lagrange multipliers adjusting module, which is satisfying the Kuhn-Tucker conditions for power-rate constraints. The proposed algorithm obtains very fast solution speed and maintains good accuracy from test examples.

#### 1. 서론

일반적으로 경제부하배분이라 함은 최소의 연료비로 부하를 만족시키기 위하여 각발전기의 출력을 결정하는 것이다. 그런데 화력발전기는 보일러, 증기제어계의 영향에 의해 출력변화속도에 제한이 있으므로 급격한 부하변동시 부하추종문제가 수급조정기술상 커다란 제약의 하나가 되고 있다. 그러므로 중래의 정적경제부하배분 문제에 화력발전기의 출력변화율을 함께 고려하여 발전출력을 결정하는 이론과 동적경제부하배분에 대한 연구가 활발히 진행되었다.

한편, 자동주파수제어와 같은 일상수급운용 측면이나 계통안정성 측면에서 적절한 계통순동 예비력을 유지하는 것은 매우 중요한 문제이다. 그러므로 최근에는 계통순동예비력 지망수준을 확보하면서 부하의 변화를 추종하는 동적경제부하배분 문제가 대두되었다. 이를위해 동적계획법이나 선형계획법 등을 이용한 접근방법들이 소개되었지만 어떤 방법에서도 계통규모의 증가나 여러시간대에 걸쳐 부하가 급변하는 등의 가혹한 계통조건에도 정확하고 신속한 안정된 해를 충분히 보장하기는 어려운 것으로 알려져 있다.<sup>[2][3][4]</sup>

따라서 본 논문에서는 이와같은 문제를 해결하기 위하여 알고리즘을 순동예비력을 고려한 부하배분모듈과 출력변화율제약에 관한 라그랑지승수 수정모듈로 나누고, 각 계산모듈에 대한 효율성을 도모하였다. 즉, 계통순동예비력의 확보를 위한 계산모듈에서는 계통발전기들을 두개의 집합으로 분류하여 1회의 부하배분계산으로 계통순동예비력 지망수준을 확보하도록 하였고, 각 시간대별로 출력변화율제약에 관한 라그랑지승수를 수정하도록 함으로써 신속한 수렴과 해의 최적성을 보장하도록 하였다.

사례연구에서는 제안한 알고리즘을 발전기대수 및 고려대상시간 수가 작은 AEP계통에 적용하여 알고리즘의 신속성과 최적성을 조사하고, 31기 및 66기로 구성된 계통에도 적용하여 실규모계통에 대한 유용성을 검증하였다.

#### 2. 정식화

본 연구에서는 동적경제부하배분문제를 계통의 수급제약, 출력상한제약, 순동예비력제약, 출력변화율상한제약 조건들을 만족하면서 총연료비를 최소로 하는 최적화 문제로 정식화하였다.

##### ● 목적함수

목적함수는 고려대상기간(NHR시간대) 동안의 모든 화력발전기들(NG대)의 연료비의 합으로 정의된다.

$$\text{Min } F = \text{Min} \sum_{t=1}^{NHR} \sum_{i=1}^{NG} [a_i P_{i,t}^2 + b_i P_{i,t} + c_i] \quad [원] \quad (1)$$

단,  $a_i, b_i, c_i$  : 연료비계수

$P_{i,t}$  : t 시간대에서 i 발전기의 출력 [MW]

##### ● 제약조건

###### ① 수급제약

$$(P_D^t - \sum_{i=1}^{NG} P_{i,t}) = 0 \quad t=1, \dots, NHR \quad (2)$$

단,  $P_D^t$  : t 시간대의 부하 [MW]

###### ② 출력상한제약

$$(P_{\underline{i}} \leq P_{i,t} \leq P_{\overline{i}}) \quad i=1, \dots, NG, t=1, \dots, NHR \quad (3)$$

단,  $\underline{P}_i, \overline{P}_i$  : 출력상한치 [MW]

###### ③ 순동예비력제약

$$\sum_{i=1}^{NG} [\min(P_{\overline{i}} - P_{i,t}, Z_i) + \min(P_{i,t+1} - P_{i,t}, 0)] \geq SR(t) + \Delta P_D^t \quad (4)$$

단,  $Z_i$  : 발전기 i 의 출력변화율상한치

$\Delta P_D^t$  : 계통부하의 증가분 ( $P_D^{t+1} - P_D^t$ )

$SR(t)$  : t 시간대에서 계통의 순동예비력요구치

$S = SR(t) + \Delta P_D^t$  : t 시간대에서의 계통의 총예비력 요구치

$$SR(t) = \alpha P_D^t + \beta \text{Max}(P_{i,t}) \quad (4')$$

단  $\alpha, \beta$  : 계통의 신뢰도수준에 따라 결정되는 상수

$\text{Max}(P_{i,t})$  : 최고출력을 가진 발전기의 정격

계통순동예비력요구치는 계통신뢰도 지망수준을 반영하는 계수  $\alpha, \beta$ 에 의해 결정되며 일반적으로  $\alpha = 0.025 \sim 0.05, \beta = 0.015 \sim 0.23$ 의 값을 갖는것으로 알려져 있다.<sup>[3]</sup> 제안한 알고리즘에서는  $\alpha = 0.025, \beta = 0.0375$ 의 값으로 하였다. 그리고 계통의 총예비력요구치  $S$ 는 계통의 순동예비력요구치  $SR(t)$ 와 계통부하의 증가분  $\Delta P_D^t$ 도 포함시킴으로써 부하의 급격한 증가시 더 여유있는 순동예비력을 가지도록 하였다.

④ 출력변화율상하한제약  
 $(P_{i,t-1} + \Delta_i \leq P_{i,t} \leq P_{i,t-1} + \bar{\Delta}_i) \quad i=1, \dots, NG, t=1, \dots, NHR \quad (5)$   
 단,  $\Delta_i$ ,  $\bar{\Delta}_i$  : 출력변화율상하한치 [MW/분]

### 3. 해법

본 연구에서 제안한 알고리즘은 그림 1.에 나타난 바와 같이 각 시간대별 정적경제부하배분의 결과를 구하는 것으로부터 시작된다. 계산된 정적경제부하배분의 결과를 조사하여 순동예비력제약을 위반한 시간대에서는 계통의 발전기들을 최대순동예비력을 가지는 발전기들의 집합과 최대순동예비력 보다 작은 값의 예비력을 가지는 발전기들의 집합으로 분류하고, 분류된 2개의 발전기집합에 대하여 계통순동예비력 위반량만큼 부하분담량을 조절하여 요구되는 계통순동예비력을 확보한다. 계통순동예비력제약을 고려한 결과로부터 출력변화율제약을 위반한 시간대를 탐색하고 출력변화율제약을 위반한 시간대에서 발전기 출력변화율이 상한 혹은 하한으로 되게끔 해당 라그랑지승수를 모두 수정함으로써 첫번째 반복계산이 종료된다. 이때 계통순동예비력제약이나 출력변화율제약이 만족되지 않는다면 순동예비력제약을 고려한 경제부하배분 과정으로 돌아가서 계산을 반복하고, 만약 모든 제약이 만족되었다면 그때의 해를 최적해로 한다.

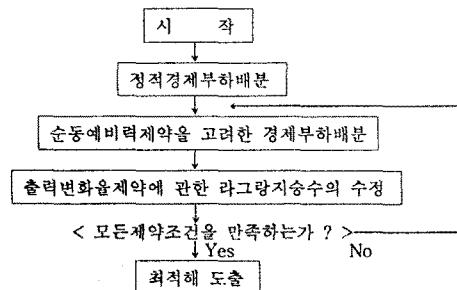


그림 1. 제안한 알고리즘의 구성도

#### 3.1 순동예비력제약을 고려한 경제부하배분

순동예비력제약을 고려한 경제부하배분 문제를 해결하는 일반적인 방법은 수급제약에 관한 라그랑지승수  $\lambda_t$ 와 순동예비력제약에 관한 라그랑지승수  $\lambda_t^*$ 에 해당하는 두개의 반복계산알고리즘을 통하여 쿨터커최적조건을 만족하도록 라그랑지승수 값을 결정하는 것이다.  $\lambda_t$ ,  $\lambda_t^*$ 에 관한 두개의 반복계산알고리즘은 계통의 규모가 증가할 때 계산소요시간이 크게 증가하여 비효율적인 것으로 알려져 있다.<sup>[13]</sup> 따라서 본문에서는  $\lambda_t$ ,  $\lambda_t^*$ 의 이중탐색법(Double Iteration Method)을 사용하지 않고 계산상의 부담이 적으며 신속하게 순동예비력을 고려한 경제부하배분의 결과를 얻을 수 있는 효율적인 방법<sup>[2]</sup>을 사용하였다.

먼저 부하수급제약과 출력상하한제약 만을 고려한 정적경제부하배분을 행한 후 그결과로부터 각발전기들을 최대예비력을 가지는 발전기들의 집합과 최대예비력보다 작은 값의 예비력을 가지는 발전기들의 집합으로 분류한다. 만약 계통예비력이 예비력요구치 보다 작아 순동예비력제약을 위반한다면 최대예비력 보다 작은 값의 예비력을 가지는 발전기들의 집합에서 부족한 예비력에 해당하는 만큼 발전기들의 출력을 낮추어 줌으로써 계통예비력을 증가시킨다. 그리고 최대예비력을 가지는 발전기들의 집합에서 발전기들의 출력을 증가시켜 전체계통의 수급균형을 유지한다. 즉, 정적경제부하배분 결과로부터 발전기들을 두그룹으로 분류하고 각발전기집합에 대하여 충분비용을 조절하는 간단한 과정으로 계통순동예비력이 만족된다. 이에대한 구체적인 계산절차는 다음과 같다.

STEP 1. 정적경제부하배분 결과로부터 각발전기를 두 그룹으로

분류한다.

- (i) 최대예비력을 가지는 발전기들의 집합 (G1그룹)  
발전기의 출력  $P_{i,t}$ 가 발전기 출력상한치에서 출력변화율상한치를 뺀값,  $\bar{P}_i - \Delta_i$  보다 작거나 같은 경우를 말한다. 각 발전기의 예비력은  $\Delta_i$  가 된다.
- (ii) 최대 예비력보다 작은 값의 예비력을 가지는 발전기들의 집합 (G2그룹)  
발전기의 출력  $P_{i,t}$ 가 발전기출력상한치에서 출력변화율상한치를 뺀값  $\bar{P}_i - \Delta_i$  보다 더 큰값을 가지는 경우를 말한다. 각 발전기의 예비력은  $\bar{P}_i - P_{i,t}$ 가 된다.

STEP 2. 최대예비력을 가지는 발전기들의 집합 (G1 그룹)에 대한 부하배분과정

- (i) 계통의 총예비력요구치에서 계통의 현재예비력을 뺀값  $\Delta S$  만큼을 최대예비력을 가지는 발전기들의 집합(G1그룹)이 부담하는 부하량에 더해준다.

$$P_b^t(G1) = \sum_{i \in G1} P_{i,t} + \Delta S$$

- (ii) 새로운 출력상하한치를 정해준다.

$$\bar{P}_i^t(G1) = \bar{P}_i - \Delta_i$$

$$P_i^t(G1) = \bar{P}_i$$

- (iii) 최대예비력을 가지는 발전기들의 집합(G1그룹)에 대해서 새로운  $P_b^t(G1)$ , 새로운 출력상하한치  $\bar{P}_i^t(G1)$ ,  $P_i^t(G1)$ 을 가지고 경제부하배분을 행한다.

STEP 3. 최대예비력 보다 작은값의 예비력을 가지는 발전기들의 집합 (G2 그룹)에 대한 부하배분과정

- (i) 계통의 총예비력요구치에서 계통의 현재예비력을 뺀값  $\Delta S$  만큼을 최대예비력 보다 작은값의 예비력을 가지는 발전기들의 집합(G2)이 부담하는 부하량에서 빼준다.

$$P_b^t(G2) = \sum_{i \in G2} P_{i,t} - \Delta S$$

- (ii) 새로운 출력상하한치를 정해준다.

$$\bar{P}_i^t(G2) = \bar{P}_i - \Delta_i$$

- (iii) 최대예비력보다 작은값의 예비력을 가지는 발전기들의 집합 (G2그룹)에 대해서 새로운 부하  $P_b^t(G2)$ , 새로운 출력상하한치  $\bar{P}_i^t(G2)$ ,  $P_i^t(G2)$ 을 가지고 경제부하배분을 행한다.

위의 과정을 거치면 1회계산으로 신속하게 순동예비력제약을 고려한 경제부하배분의 결과를 구할 수 있다.

#### 3.2 출력변화율제약에 관한 라그랑지승수의 수정<sup>[5]</sup>

식(1) ~ 식(5)에 대한 라그랑지 확대 목적함수를 구성하면 식(6)과 같다.

$$\left\{
 \begin{aligned}
 L &= \sum_{t=1}^{NHR} \sum_{i=1}^{NG} [a_i P_{i,t}^2 + b_i P_{i,t} + c_i] + \sum_{t=1}^{NHR} \lambda_t (P_b^t - \sum_{i=1}^{NG} P_{i,t}) \\
 &+ \sum_{t=1}^{NHR} \sum_{i=1}^{NG} [\mu_{i,t}^+ (\bar{P}_i - \bar{P}_i^t) + \mu_{i,t}^- (P_i^t - P_{i,t})] + \sum_{t=1}^{NHR} \lambda_t^* M \\
 &+ \sum_{t=1}^{NHR} \sum_{i=1}^{NG} [\gamma_{i,t}^+ (P_{i,t} - P_{i,t-1} - \Delta_i) + \gamma_{i,t}^- (\Delta_i - P_{i,t} + P_{i,t-1})]
 \end{aligned} \right. \quad (6)$$

단,  $\lambda_t$  : t 시간대의 부하수급제약에 관한 라그랑지승수

$\lambda_t^*$  : t 시간대의 순동예비력제약에 관한 라그랑지승수

$\mu_{i,t}^+$ ,  $\mu_{i,t}^-$  : t 시간대에서 발전기 i의 출력상하한제약에 관한 라그랑지승수

$\gamma_{i,t}^+$ ,  $\gamma_{i,t}^-$  : t 시간대와 t-1 시간대 사이에서 발전기 i의 출력변화율제약에 관한 라그랑지승수

$$M = SR(t) + \Delta P_b^t - \sum_{i=1}^{NG} [\min(\bar{P}_i - P_{i,t}, \Delta_i) + \max(P_{i,t+1} - P_{i,t}, 0)]$$

식(6)을  $NG \times NHR$ 개의 결정변수  $P_{i,t}$ 로 편미분하면 식(7)과 같은 쿨터커 제1최적조건을 구할 수 있다.

$$2a_i P_{i,t} + b_i - \lambda_i \pm \mu_{i,t}^{\pm} + \lambda_i^* \frac{dM}{dP_{i,t}} \mp \gamma_{i,t}^{\pm} \mp \gamma_{i,t+1}^{\pm} = 0 \quad (7)$$

또한 등호제약인 부하수급제약에 관한 쿤터커 제2최적조건은 식(8)로 표현되며, 부등호제약에 관한 쿤터커 제3최적조건과 제4최적조건은 식(9) ~ 식(11)로 주어진다.

$$\left( P_{i,t} - \sum_{i=1}^{NG} P_{i,t} = 0 \right) \quad (8)$$

$$\begin{cases} P_{i,t} - \bar{P}_i \leq 0 \\ \underline{P}_i - P_{i,t} \leq 0 \end{cases}, \begin{cases} \mu_{i,t}^+ (P_{i,t} - \bar{P}_i) = 0, \mu_{i,t}^+ \geq 0 \\ \mu_{i,t}^- (\underline{P}_i - P_{i,t}) = 0, \mu_{i,t}^- \geq 0 \end{cases} \quad (9)$$

$$(M \leq 0), (\lambda_i^* M = 0, \lambda_i^* \geq 0) \quad (10)$$

$$\begin{cases} P_{i,t} - P_{i,t-1} - \bar{A}_i \leq 0 \\ \underline{A}_i - P_{i,t} + P_{i,t-1} \leq 0 \end{cases}, \begin{cases} \gamma_{i,t}^+ (P_{i,t} - P_{i,t-1} - \bar{A}_i) = 0, \gamma_{i,t}^+ \geq 0 \\ \gamma_{i,t}^- (\underline{A}_i - P_{i,t} + P_{i,t-1}) = 0, \gamma_{i,t}^- \geq 0 \end{cases} \quad (11)$$

식(7)로부터 각시간대별 모든 발전기의 출력은 식(12)으로 표현되어질 수 있다.

$$\left( P_{i,t} = \frac{\lambda_i - b_i \pm \mu_{i,t}^{\pm} - \lambda_i^* \frac{dM}{dP_{i,t}} \mp \gamma_{i,t}^{\pm} \mp \gamma_{i,t+1}^{\pm}}{2a_i} \right) \quad i=1, \dots, NG \quad t=1, \dots, NHR \quad (12)$$

식(12)에서  $\lambda_i$ ,  $\mu_{i,t}^{\pm}$ ,  $\lambda_i^*(dM/dP_{i,t})$  값들은 순동에비력을 고려한 경제부하배분에서 결정된 고정된 값이므로 발전기출력  $P_{i,t}$ 은 출력변화율제약에 관한 라그랑지승수  $\gamma_{i,t}^{\pm}$ 에만 연관된다. 따라서 순동에비력제약을 고려한 정적경제부하배분 결과로부터 각 발전기의 출력이 출력변화율 제약을 위반하는 모든 시간대를 탐색하고, 탐색된 시간대에서 발전기출력변화율이 상한 혹은 하한으로 되게끔 출력변화율제약에 관한 라그랑지 승수  $\gamma_{i,t}^{\pm}$ 를 수정해준다. 모든시간대에 대하여 출력변화율제약을 위반한 해당 라그랑지승수  $\gamma_{i,t}^{\pm}$ 의 수정이 완료되면 결정된  $P_{i,t}$ ,  $\lambda_i$ ,  $\mu_{i,t}^{\pm}$ ,  $\lambda_i^*$ ,  $\gamma_{i,t}^{\pm}$  값들이 식(7) ~ 식(11)의 쿤터커 최적조건을 모두 만족시키는지 여부를 확인하여 모든 쿤터커 최적조건을 만족시킨다면 구해진 해를 최적해로 결정하고, 만약 쿤터커 최적조건을 모두 만족시키지 못한다면 순동에비력을 고려한 경제부하배분과정으로 돌아가서 전 계산과정을 다시 반복한다.

#### 4. 사례연구

본연구에서는 제안한 동적부하배분법을 먼저 AEP 계통에 적용하여 알고리즘의 신속성과 결과의 최적성을 조사하였다. 또한 31기 및 66기로 구성된 계통에도 이 알고리즘을 적용하여 실규모계통에 대한 효율성을 검증하였다.

##### 4.1 계통특성자료

표.1 ~ 표.2 은 사례연구에서 사용한 계통의 특성자료를 보인다.

표.1 계통 특성자료

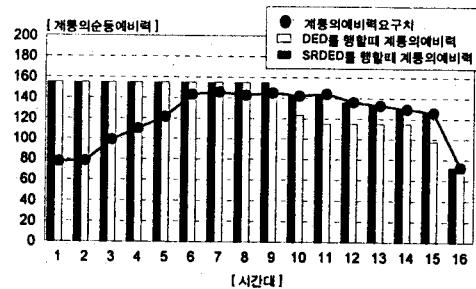
	구성발전기수 [대]	설비용량 [MW]	최대부하증증능력 [MW/분]	최대부하변화량 [MW/분]	그리대상 시간대 수
AEP계통	6대	2700	-190 ~ +155	90	16
31기 계통	31대	8046	-1075 ~ +1075	223	25
66기 계통	66대	22644	-2239 ~ +2239	535	25

표.2 AEP 계통의 특성자료

발전기 번호	연료비계수			출력 상한한		출력변화율 상한한	
	a	b	c	하 한 [MW]	상 한 [MW]	하 한 [MW/분]	상 한 [MW/분]
1	0.003124	15.84	1122.0	150.0	600.0	-40.0	35.0
2	0.003880	15.70	620.0	100.0	400.0	-20.0	20.0
3	0.009640	15.94	156.0	50.0	200.0	-20.0	10.0
4	0.002641	13.41	950.0	150.0	600.0	-50.0	40.0
5	0.003496	14.17	560.5	100.0	450.0	-30.0	25.0
6	0.003496	14.17	560.5	100.0	450.0	-30.0	25.0
시간대	1	2	3	4	5	6	7
부 합	1000	1030	1060	1110	1170	1240	1330
	1420	1420	1505	1590	1670	1750	1820
	1885	1945	2000				

#### 4.2 시험계통에의 적용

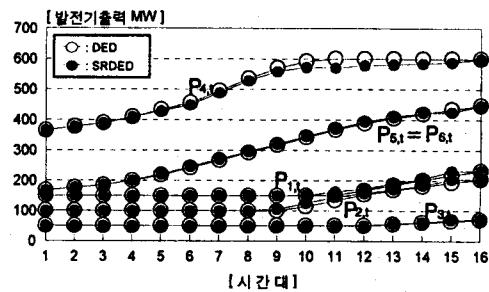
그림 2는 본 알고리즘을 AEP 계통에 적용한 동적경제부하배분 결과를 보인 것이다.



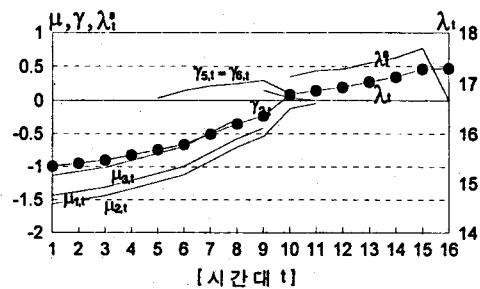
(a) 순동에비력의 비교

DED : 출력변화율제약을 고려한 경제부하배분

SRDED : 출력변화율제약 및 순동에비력제약을 함께 고려한 동적경제부하배분



(b) 발전기출력의 비교



(c) 각시간대별 라그랑지승수값

그림 2. AEP 계통에 적용한 동적경제부하배분 결과의 비교

그림 2의 (a)에서 출력변화율제약을 고려한 경제부하배분결과에서 9시간대까지는 계통의 총에비력이 계통에비력요구치보다 커서 순동에비력제약을 만족하지만 10~16 시간대 까지는 계통의 총에비력이 계통에비력요구치보다 작게되어 순동에비력제약을 위반하게 된다. 그러므로 그림 2. (b)와 같이 4번 발전기는 출력변화율제약을 고려한 경제부하배분에서 10시간대 이후에 출력상한치인 600 MW의 값을 갖지만 출력변화율과 순동에비력제약을 함께 고려한 동적경제부하배분에서는 계통의 부족에비력을 보상하기 위하여 570~590 MW의 값으로 출력이 줄어들었고 이때 나머지 발전기들의 출력이 소폭증가 하여 계통의 순동에비력제약을 만족시키게 된다.

그림 2의 (c)는 출력변화율제약 및 순동에비력제약을 함께 고려한 경우의 각시간대별 라그랑지 승수값을 나타낸 것이다. 여기서는 제약조건의 상한 및 하한에 걸린 라그랑지 승수값만을 그림에 표시하였는데 부등호제약의 하한에 관한 라그랑지승수값은 (-) 값으로 상한에 관한 것은 (+) 값으로 나타내었다. 그럼에서 발전기의 출력이 하한값으로 결정된 시간대에서는 출력상하한 제약에 관한 라그랑지 승수  $\mu_{i,t}$  값이 0이 아닌 값을 나타내고 있고, 발전기의 출력이 출력변화율 상한값으로 증가되는 시간대에서는 출력변화율제약의 라그랑지 승수  $\gamma_{i,t}$  값이 0이 아닌 값을 나타내고 있다. 또한 순동에비력제약이 위반되는 10시간대에서부터 순동에비력제약에 관한 라그랑지 승수  $\lambda_{i,t}^d$  값이 0이 아닌 값을 나타내고 있다. 따라서 본 연구의 알고리즘은 식(9) ~ 식(11)로 표현되는 부등호제약식에대한 쿤터커피제조건이 모두 만족하고 있음을 알 수 있다.

표3은 AEP 계통에 적용한 제안한방법과 선형계획법의 계산소요시간을 비교해서 보인 것이다.

표3 AEP 계통에 적용한 결과

구분	계산소요시간 (초)	
	제안한방법	수정된선형계획법
DED	1	1.28
SRDED	2	17.29

본 알고리즘에서는 단 한번의 계산과정을 통하여 순동에비력제약을 고려하였고, 출력변화율제약은 출력변화율제약위반 시간대의 해당 라그랑지승수를 시간대별로 분할 계산하는 효율적인 알고리즘을 구성하였기 때문에 출력변화율제약과 순동에비력까지 함께 포함한 동적경제부하배분문제의 계산소요시간이 크게 줄어든 것으로 사료된다.

#### 4.3 실규모계통에의 적용

그림 3은 AEP 계통, 31기 계통, 66기 계통에 대하여 출력변화율제약을 고려한 경제부하배분결과와 출력변화율제약 및 순동에비력제약을 함께 고려한 동적경제부하배분의 계산소요시간을 비교해서 보인 것이다.

## 6. 참고문헌

- [1] W.O.Stadlin, 「Economic Allocation of Regulating Margin」, IEEE Trans. Power App. Syst., Vol. PAS-90, no. 4, July/August 1971
- [2] W.G.Wood, 「Spinning Reserve Constrained Static and Dynamic Economic Dispatch」, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-101, No. 2 pp 381-388, February, 1982
- [3] C.B.Somuah and N.Khunaizi, 「Application of Linear Programming Redispatch Technique to Dynamic Generation Allocation」, IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 5, No. 1, February 1990
- [4] P.P.J. van den Bosch, 「Optimal Dynamic Dispatch owing to Spinning-Reserve and Power-Rate Limits」, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No. 1, January 1981
- [5] 송길영, 오광해, 김용하, 「출력변화율제약을 고려한 경제부하배분」, 하계학술대회논문집, pp 964-967, 1994
- [6] J.G.Waight et al., 「Generation Dispatch with Reserve Margin Constraints using Linear Programming」, IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No. 1, January 1981
- [7] D.R.Bobo and D.M.Mauzy, 「Economic Generation Dispatch with Responsive Spinning Reserve Constraints」, IEEE Transactions on Power System, Vol. 9, No. 1, February 1994

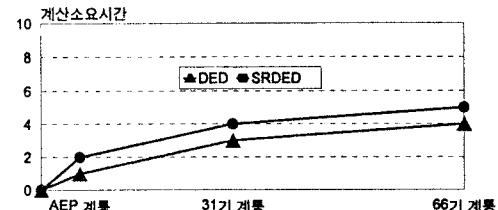


그림 3. 계통규모증가에 따른 계산소요시간

그림 3.에서 나타난 바와 같이 출력변화율제약 및 순동에비력제약을 함께 고려한 동적경제부하배분문제에서 제안한 알고리즘의 계산소요시간은 계통규모에 크게 영향받지 않음을 알 수 있다. 또한 출력변화율제약 및 순동에비력제약을 함께 고려한 경우의 계산소요시간은 출력변화율제약만 고려한 경우에 비해 계통규모가 크게 증가하더라도 그 소요시간의 차이는 더 증가하지 않는다. 이는 제안한 알고리즘에서 순동에비력제약이 효율적으로 고려되었기 때문이라 생각된다.

## 5. 결론

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 본 연구에서는 출력변화율제약 및 순동에비력제약을 함께 고려한 동적부하배분제를 효율적으로 계산하는 새로운 알고리즘을 개발하였다. 즉, 1회의 부하배분계산으로 순동에비력지방수준을 확보하고, 각시간별로 출력변화율제약의 라그랑지승수를 수정하여 동적경제부하배분을 계산하는데 있어서 신속한 수렴과 해의 최적성을 보장하도록 하였다.
- 제안한 방법을 시험계통에 적용하여 본연구의 결과가 쿤터커피제조건을 만족하고 있는최적해임을 입증하였으며, 기존의 선형계획법을 이용한 방법과 계산소요시간의 비교를 통하여 제안한 알고리즘의 신속성을 입증하였다.
- 특히, 제안한 알고리즘의 계산소요시간은 계통규모에 크게 영향받지 않으므로 대규모 실계통에 적합한 알고리즘임을 확인하였다.
- 앞으로, 선로제약 및 환경제약 등 운용상의 제약까지도 고려하여 AGC, LFC 문제에 본 연구를 확대 적용하는 것이 차후과제라고 사료된다.