

복합발전기 조합별 증분비 곡선 재설정에 관한 연구

A Study on the Resetting of Incremental Heat Rate Curve of Combined Cycle Unit by Combination

홍 상 범* · 최 준 호†
(Sang-Beom Hong · Jun-Ho Choi)

Abstract - Combined Cycle Unit(CC) generates the primary power from the Gas Turbine(GT) and supplies the remaining heat of the GT to the Steam Turbine(ST) to generate the secondary power from the ST. It plays a major role in terms of energy efficiency and Load Frequency Control(LFC). Incremental Heat Rate(IHR) curves of economic dispatch(ED) of CC is applied differently by GT/ST combination. But It is practically difficult because of performance test by all combinations. This paper suggests a reasonable method for estimating IHR curves for partial combinations(1:1 ~ (N-1):1) using IHR curves when operating with GT alone(1:0) and with all(N:1) combinations of CC.

Key Words : Combined cycle unit, Incremental heat rate, Economic dispatch, Gas turbine, Steam turbine, Energy management system, Load frequency control, Automatic generation control

1. 서 론

복합발전기(CC, Combined Cycle)는 열효율 향상을 위해 하나의 에너지원으로 이종의 열 사이클을 조합하여 발전하는 방식을 사용한다. 복합발전기를 사용하는 이유는 두 가지가 있다. 첫째, 에너지 측면에서 열효율이 높기 때문이다. GT(Gas Turbine)를 통해 1차 전력을 생산하고 남은 열을 ST(Steam Turbine)에 공급하여 2차 전력을 생산한다. 일반적으로 GT는 열효율이 약 30%이고, ST는 약 20%가 되어 해당 복합발전기의 열효율은 약 50%가 된다. 둘째, 최대 부하 시간대에 효율적인 열 공급을 위해 사용한다. 복합발전기는 기동/정지에 소요되는 시간이 적게 들어 최대 부하 시간대에 효과적인 주파수 제어를 할 수 있다. 하지만, 복합발전기는 대부분 LNG를 사용하고 있어 기저부하를 담당하고 있는 원자력이나 석탄 화력에 비해 비용이 더 많이 들기 때문에 효율적인 사용이 요구된다. 복합발전기는 GT/ST가 모두 기동될 때 열효율이 최대가 되지만 GT 일부 정지 시에는 효율이 저하된다. 우리나라의 복합발전기 운영 형태는 GT/ST 비율이 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1 구성이 있으며 GT/ST 비율이 높을수록 효율이 높지만 GT/ST 비율이 높은 발전기에서 GT 일부 정지 시에는 효율이 더 저하된다.

현재 운영 중인 EMS(Energy Management System)에서는 모든

발전기의 증분비(IHR, Incremental Heat Rate) 곡선에 대한 2개의 좌표를 발전기 특성정보로 입력하여 사용한다.

복합발전기에서 GT 단독으로 운영할 때는 복합이 아닌 일반 발전기와 동일하게 자체의 증분비 곡선을 사용하지만, GT/ST가 모두 켜지거나 GT 일부가 꺼진 상태로 운영할 때는 CC 전체 조합의 증분비 곡선을 사용한다. 복합발전기는 GT/ST 비율에 따라 경제급전 증분비 곡선이 다르게 적용되어야 하나 각 조합별 성능 시험을 수행해야 하는 현실적 어려움이 있다.

본 논문에서는 N:1인 복합발전기에서 GT 단독(1:0)으로 운영할 때와 GT/ST 전체 조합(N:1)으로 운영할 때의 증분비 곡선을 사용하여 GT/ST 부분 조합 즉, 1:1 ~ (N-1):1에 대한 증분비 곡선을 합리적으로 계산하여 오차를 개선하는 방안을 제시한다.

2. 본 론

2.1. 경제급전 증분비 곡선

발전기 비용곡선은 다음과 같이 2차식의 형태로 표현된다.

$$F_i(P_i) = aP_i^2 + bP_i + c \quad (1)$$

증분비 곡선은 식 (1)의 2차 비용곡선을 각 발전기의 출력으로 미분하여 다음과 같이 표현된다[1].

$$\frac{dF_i(P_i)}{dP_i} = 2aP_i + b \quad (2)$$

† Corresponding Author : Dept. of Electrical, Chonnam National University, Korea

E-mail: joono@jnu.ac.kr

ORCID: https://0000-0002-1151-2592

* KEPCO KDN Knowledge, Data & Network Co., Ltd. Korea

Received : September 14, 2018; Accepted : January 4, 2019

EMS에서 c 는 무부하비용이고 b 는 무부하 비용에 대한 증분비를 나타낸다. 경제급전은 비용대비 측면에서 발전기 출력 값을 조정하기 위한 프로그램이다. 경제급전의 목적함수는 발전기 출력에 대한 비용 함수로서 모든 발전기에 대해 식 (1)을 최소화한다. 즉, 경제급전의 목적함수는 $\min \sum F_i(P_i)$ 이다. 전력계통에서 기본적인 제약은 “부하량과 발전기 출력의 합은 항상 같다”는 것이다. 이 제약을 다음과 같이 나타낸다.

$$\phi = P_{Load} - \sum P_i = 0 \quad (3)$$

최적의 값을 구하기 위해 식 (1)을 다음과 같이 변형한다.

$$L = \sum F_i(P_i) + \phi\lambda \quad (4)$$

식 (4)는 P_i 및 λ 에 대한 함수로서 라그랑지 함수(Lagrange Function)라고 하고 λ 를 라그랑지 승수(Lagrange Multiplier)라고 한다. EMS에서는 이 값을 계통증분비로 활용한다. 식 (4)를 각 발전기의 출력으로 편미분하여 아래와 같은 식을 얻게 되며, 결과적으로 식 (2)와 같다[1].

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = \frac{dF_i(P_i)}{dP_i} - \lambda = 0, \quad \frac{dF_i(P_i)}{dP_i} = \lambda \quad (5)$$

식 (2)와 (5)에서

$$2aP_i + b = \lambda \quad (6)$$

이 되어 모든 발전기의 증분비가 같아질 때 최적이 된다. 이것을 등증분비의 원칙이라고 한다[1]. EMS의 경제급전에서 Lambda-eration(람다 반복법)을 통해 식 (6)에 대한 해를 구하고 그 때의 발전기 출력(기준값) P_i 를 계산한다. 또한 EMS의 AGC(Automatic Generation Control)는 이 값을 기준으로 목표값 계산 후 발전기별 타겟값을 송출한다[2]. 모든 발전기는 식 (6)에 대한 정보를 가지고 있어야 하나 복합발전기는 경우의 수가 많아 모든 부분 조합에 대한 증분비 곡선을 가지고 있지 않다. EMS에서는 $N:1$ 의 복합발전기에 대해 $1:0$ 과 $N:1$ 의 조합만을 가지고 증분비 곡선을 계산하고 있어 오차가 발생한다. 예를 들어 GT/ST 가 $3:1$ 인 복합발전기는 모든 조합($1:0, 1:1, 2:1, 3:1$)에 대한 식(6)의 정보를 가지고 있지 않다. 즉, 부분 조합($1:1, 2:1$)에 대한 정보를 가지고 있지 않아 증분비 곡선 계산 시 오차가 발생한다.

본 논문에서는 $N:1$ 복합발전기에 대해 식 (6)을 GT/ST 비율이 $1:0$ (GT 단독)과 $N:1$ (CC 전체 조합)인 경우만을 사용하여 부분 조합($1:1 \sim (N-1):1$)의 증분비 곡선을 합리적으로 계산하여 오차를 개선하는 방안을 제시한다.

2.2 EMS의 증분비 곡선 적용 현황

EMS에서는 발전기별로 2개의 좌표 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2)$ 를 발전기 특성정보로 입력 받아 증분비 곡선을 계산한다. 즉, 2개의 좌표로부터 식 (6)의 기울기($2a$)와 Y 절편 값인 b 를 계산한다.

X 좌표에 해당하는 P_i 는 발전기별 출력을 나타내고, Y 좌표

는 BTU (British Thermal Unit) 당 비용을 나타낸다. 즉, Y 좌표는 $\text{원}/BTU$ 를 나타낸다. $1 BTU = 252 Cal$ 이고 이 후 경제급전에서 BTU 를 $\text{천원}/MW$ 로 변환한다.

식 (6)에서 기울기($2a$)는 두 좌표의 기울기와 같고, a 와 (X_1, Y_1) 을 식 (6)에 대입하여 b 를 계산한다.

$$a = \frac{1}{2} \cdot \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}, \quad b = \frac{X_2 Y_1 - X_1 Y_2}{X_2 - X_1}$$

복합발전기의 경우 GT 는 GT 별 두 좌표를 입력 받고 ST 는 비용이 없으므로 ST 의 증분비 곡선은 CC 전체 조합(GT/ST 모든 조합)의 증분비에 관한 2개의 좌표를 발전기별 특성정보로 입력 받는다. 즉, $N:1$ 발전기에 대해 아래 표 1과 같이 GT 에는 GT 별 2개의 좌표, ST 에는 CC 전체 조합에 해당하는 $N:1$ 의 증분비에 관한 2개의 좌표를 입력 받는다.

표 1 GT/ST 증분비 곡선에 대한 좌표

Table 1 GT/ST IHR Curve Coordinate

발전기	증분비 곡선 좌표
$GT\#1$	$GT\#1$ 에 대한 GT 단독 증분비 곡선 두 좌표
$GT\#2$	$GT\#2$ 에 대한 GT 단독 증분비 곡선 두 좌표
...	...
$GT\#N$	$GT\#N$ 에 대한 GT 단독 증분비 곡선 두 좌표
$ST\#1$	$N:1$ (해당 CC 전체 조합)에 대한 GT 단독 증분비 곡선 두 좌표

ST 가 꺼진 경우는 복합이 아닌 일반 발전기와 동일하게 자체의 단독 곡선을 사용하고 ST 가 켜진 경우는 CC 모드로 GT/ST 조합에 따라 증분비 곡선을 재계산하여 사용해야 하지만 GT 일부가 꺼진 부분 조합에 대한 성능 시험이 현실적으로 어려워 CC 전체 조합에 대한 증분비 곡선을 사용하여 오차가 발생하게 된다. 또한, 해당 복합발전기는 증분비 곡선의 기울기가 낮아져 경제급전에서 더 많이 선택될 수 있다.

2.3 증분비 곡선 개선 방안

EMS의 경제급전 증분비 곡선에서 사용하는 GT 의 두 좌표를 $A(GX_1, GY_1), B(GX_2, GY_2)$ 라 하고 ST 의 두 좌표를 $A'(SX_1, SY_1), B'(SX_2, SY_2)$ 라고 한다.

GT 의 두 좌표 A, B 를 지나는 직선을 방정식(증분비 곡선)을 구한다. GT 가 P_{GT} 만큼 출력을 내고 있을 때의 증분비 곡선은

$$F_{GT}(P_{GT}) = \frac{GY_2 - GY_1}{GX_2 - GX_1} P_{GT} + \frac{GX_2 GY_1 - GX_1 GY_2}{GX_2 - GX_1} \text{이다.}$$

A 좌표는 GT 의 무부하 비용에 대한 증분비를 나타내므로 $A(0, GY_1)$ 이 되어 GT 의 증분비 곡선은 다음과 같다.

$$F_{GT}(P_{GT}) = \frac{GY_2 - GY_1}{GX_2 - GX_1} P_{GT} + GY_1 \quad (7)$$

P_{GT} : GT 출력, $F_{GT}(P_{GT})$: GT 가 P_{GT} 만큼 출력의 낼 때의

증분비

ST(CC전체 조합 N:1)의 두 좌표 A', B'를 지나는 직선을 방정식을 구한다.

A' 좌표는 CC의 무부하 비용에 대한 증분비를 나타내므로 A'(0, SY₁)이 되어 ST의 증분비 곡선은 다음과 같다.

$$F_{ST}(P_{ST}) = \frac{SY_2 - SY_1}{SX_2 - SX_1} P_{ST} + SY_1 \quad (8)$$

식 (8)에 GT B의 X 좌표인 GX₂를 대입하여 CC 전체 조합의 증분비 곡선에 있는 새로운 두 번째 Y 좌표를 구한다. 두 점 A'(SX₁, SY₁), B'(GX₂, F_{ST}(GX₂)) 또한 ST(CC 전체 조합)의 증분비 곡선 (8) 위의 좌표다.

(8)에 의해 $F_{ST}(GX_2) = \frac{SY_2 - SY_1}{SX_2 - SX_1} GX_2 + SY_1$ 이다.

본 논문에서는 1:0과 N:1 복합발전기의 증분비 곡선을 발전기 특성 정보로 입력 받아 1:1 ~ (N-1):1 부분 조합의 증분비 곡선을 계산한다. 아래 표 2는 N:1의 복합발전기에서 GT 일부가 꺼진 1:1 ~ (N-1):1인 경우에 대해 X 좌표는 그대로 두고 Y 좌표를 계산한다. 결과적으로 (GX₁, F_{ST}(GX₁)), (GX₂, F_{ST}(GX₂))에서 GX₁ = 0 이므로 ST의 증분비 곡선의 좌표는 같은 곡선위에서 (0, F_{ST}(0)), (GX₂, F_{ST}(GX₂))로 변경된다.

여러 구간을 고려한다면 A의 X 좌표 GX₁을 0으로 놓지 않는다.

본 논문에서는 아래 표 2와 같이 N:1 복합발전기에서 GT 일부가 꺼진 CC 부분 조합에 대한 Y 좌표 계산식을 제안한다. 또한 부분 조합의 증분비 곡선 계산 후 발전기 출력 P_i로 적분하여 비용곡선을 계산할 수 있다. 식 (1)에서 기동비용 c는 GT/ST 비율에 따라 계산할 수 있다.

표 2 GT/ST 증분비 곡선에 대한 좌표

Table 2 GT/ST IHR Curve Coordinate

좌표	좌표 계산식
Y ₁ 좌표	$Y_{1,k:1} = \frac{GY_1 - SY_1}{N} * N - k + GSY_1$ Y _{1,k:1} : (k:1) 발전기의 첫 번째 Y좌표
Y ₂ 좌표	$Y_{2,k:1} = \frac{GY_2 - GSY_2}{N} * (N - k) + GSY_2$ Y _{2,k:1} : (k:1) 발전기의 두 번째 Y 좌표

N: GT 총 대수

k = 1, 2, ..., (N-1), 기동 중인 GT 대수

표 2의 계산식은 다음과 같은 전제 조건을 만 한다[3].

- CC의 기울기가 GT의 기울기보다 클 수 없다. ⇒ CC는 출력이 높아질수록 효율이 향상됨
- 정상 출력을 내고 있는 상황에서 GT의 증분비는 CC 보다

쌀 수 없다. ⇒ CC는 정격 출력 시 효율이 최대

- 증분비 곡선은 단조 증가 함수이다. ⇒ 출력을 높임에 따라 비용도 올라감

GT A의 X₁ 좌표 GX₁(=0)에 대한 Y₁ 좌표(N:1 복합 발전기에서 주어진 조합별 Y₁ 좌표)는 표 2 계산식을 통해 아래와 같이 계산한다.

GT/ST가 1:1 조합인 경우(k=1)

$$Y_{1,1:1} = \frac{GY_1 - SY_1}{N} * (N-1) + SY_1$$

GT/ST가 2:1 조합인 경우(k=2)

$$Y_{1,2:1} = \frac{GY_1 - SY_1}{N} * (N-2) + SY_1 \dots$$

GT/ST가 (N-1):1 조합인 경우(k=N-1)

$$Y_{1,N-1:1} = \frac{GY_1 - SY_1}{N} * 1 + SY_1$$

GT A의 X₂ 좌표 GX₂에 대한 Y₂ 좌표(N:1 복합발전기에서 주어진 조합별 Y₂ 좌표)는 표 2 계산식을 통해 아래와 같이 계산한다.

GT/ST가 1:1 조합인 경우(k=1)

$$Y_{2,1:1} = \frac{GY_2 - GSY_2}{N} * (N-1) + GSY_2$$

GT/ST가 2:1 조합인 경우(k=2)

$$Y_{2,2:1} = \frac{GY_2 - GSY_2}{N} * (N-2) + GSY_2 \dots$$

GT/ST가 (N-1):1 조합인 경우(k=N-1)

$$Y_{2,N-1:1} = \frac{GY_2 - GSY_2}{N} * 1 + GSY_2$$

N:1 복합발전기에서 1:1 조합의 두 좌표는 (0, Y_{1,1:1}), (GX₂, Y_{2,1:1})이고, N:1 복합발전기에서 (N-1):1 조합의 두 좌표는 (0, Y_{1,N-1:1}), (GX₂, Y_{2,N-1:1})이 된다.

(예제) 3:1 복합발전기에 대한 부분 조합 증분비 곡선 계산 (실제 EMS에서 사용하는 증분비 곡선, 경기지역 복합발전기, 주기적으로 변경됨)

$$GT: (0, 1.6948), (120, 2.3254),$$

$$ST(CC): (0, 1.7651), (550, 2.2133) \quad (9)$$

좌표 (9)에서 GT 좌표는 GT 단독(1:0)의 증분비 곡선에 대한 좌표이고, ST는 CC 전체 조합(N:1)의 증분비 곡선에 대한 좌표이다.

그림 1에서 가로축(X 축)은 발전기 출력을 나타내고 세로축(Y 축)은 증분비(BTU 당 비용)를 나타낸다. 또한, X 축의 발전기 출력 값을 비교하기 위해 X 값을 통일하여 그림 2와 같이 나타낸다.

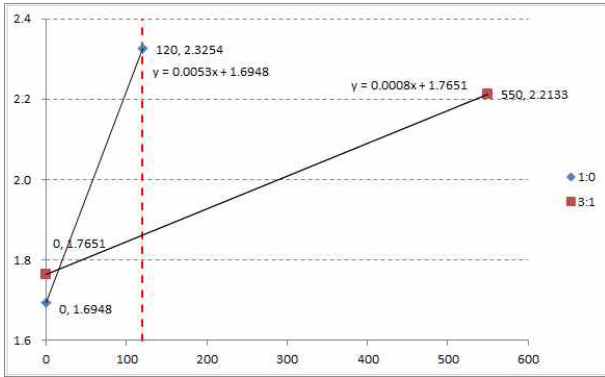


그림 1 GT(1:0)와 CC(3:1)의 증분비 곡선
 Fig. 1 GT(1:0) and CC(3:1) IHR Curve

GT 단독(1:0)으로 운전할 때와 CC 전체 조합(3:1)로 운전할 때 비교를 하면 CC 전체 조합으로 운전할 경우 무부하 비용은 다소 높게 나타나고 기울기는 GT 단독일 때 보다 다소 완만함을 알 수 있다. 또한, CC 전체 조합(3:1)으로 운전할 때는 일정 시점(두 곡선의 교점)이 지나면 효율이 향상되어 GT 보다 비용이 낮아지는 것을 알 수 있다. GT 단독과 CC 전체 조합의 증분비 곡선을 비교하기 위해 다음과 같이 X 좌표를 통일하여 같은 곡선 위의 좌표 (9)를 좌표 (10)으로 변경한다. (붉은 색 점선)

$$\begin{aligned}
 - \text{GT} : & (0, 1.6948), (120, 2.3254), \\
 - \text{ST(CC)} : & (0, 1.7651), (120, 1.8629) \quad (10)
 \end{aligned}$$

그림 2는 식 (10)의 좌표를 증분비 곡선으로 표현한 그림이다.

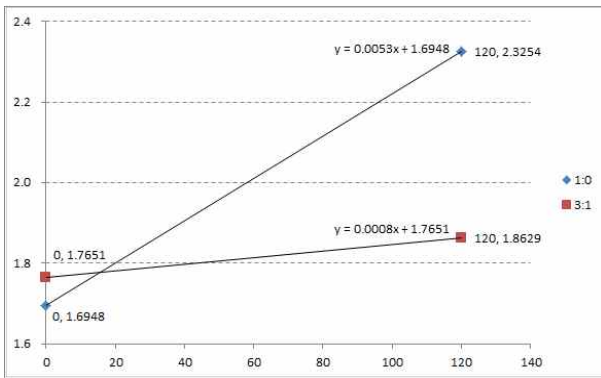


그림 2 GT와 CC의 증분비 곡선
 Fig. 2 GT and CC IHR Curve

그림 2는 그림 1에서 비교를 위해 CC의 X 좌표를 동일하게 한 후 식 (10)을 적용하여 Y 좌표를 계산한다.

3:1 발전기이므로 GT가 일부 꺼진 1:1, 2:1 조합별 Y_1, Y_2 좌표를 표 2의 계산식에 의해 계산한다.

- GT/ST가 1:1 조합인 경우,

$$\begin{aligned}
 Y_{1,1:1} &= \frac{GY_1 - GSY_1}{N} * (3-1) + GSY_1 \\
 &= \frac{1.6948 - 1.7651}{3} * 2 + 1.7651 = 1.7182
 \end{aligned}$$

- GT/ST가 1:1 조합인 경우,

$$\begin{aligned}
 Y_{2,1:1} &= \frac{GY_2 - GSY_2}{N} * (3-1) + GSY_2 \\
 &= \frac{2.3254 - 1.8629}{3} * 2 + 1.8629 = 2.1712
 \end{aligned}$$

- GT/ST가 2:1 조합인 경우,

$$\begin{aligned}
 Y_{1,2:1} &= \frac{GY_1 - GSY_1}{N} * (3-2) + GSY_1 \\
 &= \frac{1.6948 - 1.7651}{3} * 1 + 1.7651 = 1.7417
 \end{aligned}$$

- GT/ST가 2:1 조합인 경우,

$$\begin{aligned}
 Y_{2,2:1} &= \frac{GY_2 - GSY_2}{N} * (3-2) + GSY_2 \\
 &= \frac{2.3254 - 1.8629}{3} * 1 + 1.8629 = 2.0171
 \end{aligned}$$

1:1 조합의 증분비 곡선 좌표는 (0, 1.7182), (120, 2.1712)

2:1 조합의 증분비 곡선 좌표는 (0, 1.7417), (120, 2.0171)

2:1 조합이 1:1 조합 보다 기울기가 완만하고 기동비용은 다소 비싼 것을 알 수 있다.

그림 3은 3:1 복합발전기에 대해 GT(1:0)인 경우와 CC(3:1)인 경우만을 이용해 1:1과 2:1 조합에 대한 합리적인 증분비 곡선을 계산하였다.(파란색) 또한 무부하 비용(X 좌표의 값이 0)은 3:1 조합인 경우 가장 비싸고 1:0(GT 단독)인 경우 가장 싼 것을 알 수 있다.

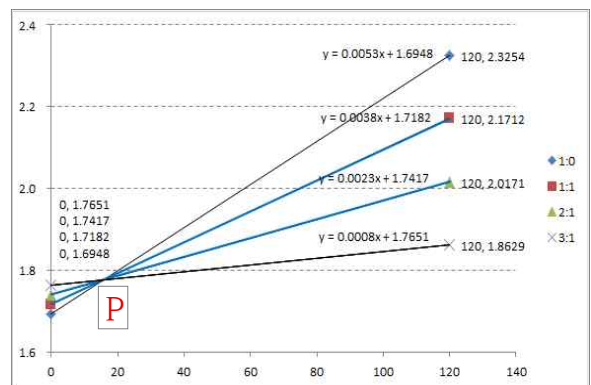


그림 3 복합발전기의 GT/ST 조합별 증분비 곡선
 Fig. 3 IHR Curve of CC by GT/ST Combination

표 3 복합발전기 증분비 곡선 개선 전후 비교

Table 3 CC Generator IHR before and after compare

	Before	After
GT 일부 꺼진 조합	CC 전체 조합 사용	GT 일부 꺼진 조합 사용
부하하 비용에 대한 증분비	↑(CC 전체 조합 사용하여 오차발생)	↓(꺼진 GT가 반영되어 오차 개선)
정격 출력 시 비용	↓(CC 전체 조합 사용하여 오차발생)	↑(꺼진 GT가 반영되어 오차 개선)
증분비 곡선 기울기	CC 전체 조합이므로 낮아짐	GT 일부 꺼진 조합이므로 기존보다 선택 가능성이 높아짐
부하가 낮은 시간대에경제급전 선택 여부	기울기가 완만하여 경제급전에서 선택의 가능성이 높아짐	기울기가 커짐 경제급전에서 선택 가능성이 낮아짐

결과적으로 복합발전기 증분비 곡선은 1차식이므로 GT/ST 부분 조합에 대해서도 선형적으로 나타낼 수 있다. 모든 조합은 1:0과 3:1의 증분비 곡선의 교점 P를 지나고 기울기도 1:0과 3:1 증분비 곡선 기울기 사이에 있다.

복합발전기에서 GT 일부가 꺼진 CC 부분 조합의 증분비 곡선이 합리적으로 계산되었다. ◆

본 논문을 통해 GT/ST의 모든 부분 조합을 고려하여 성능 시험을 하지 않고, GT 단독(1:0)과 CC 전체 조합(N:1)인 경우만을 통해 모든 부분 조합에 대한 증분비 곡선을 합리적으로 계산할 수 있게 되었다. 운영 중인 복합발전기의 GT는 대부분 동일한 특성이므로 선형적으로 나타낼 수 있으므로 그림 3에서와 같이 GT 비율을 반영했을 때 하나의 교점 P를 지나게 된다.

3. 결 론

본 논문을 통해 복합발전기의 GT/ST 부분 조합에 대한 증분비 곡선 개선 전후를 표 3과 같이 요약하였다. 개선 전은 부분 조합에 대한 증분비 곡선을 CC 전체 조합을 사용하였으나 개선 후는 GT 일부가 꺼진 부분 조합을 고려하여 오차를 개선하였다.

전력계통 운영에 있어서 복합발전기는 기동시간이 빠르고 열 효율이 우수하여 주파수 제어용으로 사용하고 있지만 비싼 LNG를 사용하고 있어 더욱 효율적인 사용이 요구된다.

본 논문에서는 비용 대비 측면에서 효율적인 계통운영이 가능하도록 합리적인 증분비 곡선 계산식을 제시하였다.

N:1 발전기에서 GT 일부가 꺼진 경우 즉, (N-1):1 조합인 경우의 기울기는 N:1 보다 급해지고 효율은 떨어지게 된다. 결과적으로 EMS의 경제급전에서 부하량이 적은 시간대에는 선택되지 않을 수 있지만 전력계통 운영 전반적인 측면에서 더욱 합리적이고 경제적 배분이 가능할 수 있다.

향 후 EMS의 경제급전에 적용하여 합리적이고 경제적인 발전 기별 배분량 결정이 되도록 개선한다.

감사의 글

본 연구를 할 수 있게 지원해주신 지도교수님 및 관계자 분들께 감사드립니다.

References

- [1] Allen J. Wood, Bruce F. Wollenberg, Gerald B. Shebla (c), "Power Generation, Operation, and Control", Wiley, pp. 6-21, 63-69, 2013
- [2] Jae-Hyo Jang, "Improved Automatic Generation Control Algorithm for Stabilized Operation of National Power Grid", Gyeongsang National University Graduate School, 2015. 8
- [3] F. Gao, G. B. Sheble, "Stochastic Optimization Techniques for Economic Dispatch with Combined Cycle Units", IEEE, 2006

저 자 소 개



홍 상 범 (Sang-Beom Hong)

한전KDN 과장, 충남대학교 수학과 석사, 전남대학교 전기공학과 박사과정



최 준 호 (Jun-Ho Choi)

전남대학교 전기공학과 교수, 대한전기학회 영문 편집위원, IEEE 회원