

3차원 동적계획법에 의한 직접부하제어를 고려한 기동정지계획 방법론의 개발

論 文
51A-12-1

Development of Unit Commitment Methodology Considering Direct Load Control by 3-Dimensional Dynamic Programming

李 范* · 金 龍 河** · 崔 祥 圭*** · 金 亨 中§
(Lee, Buhm · Kim, Yong-ha · Choi, Sang-kyu · Kim, Hyeong-Jung)

Abstract - This paper presents a new methodology for Direct Load Control(DLC) and Unit Commitment. To consider economical effect of DLC, we developed 3-Dimensional dynamic programming which can combine unit commitment and DLC. Traditional dynamic programming has 2-Dimensional which consist of state and stage, but newly developed dynamic programming has DLC state, U.C. state, and stage. As a result, economical DLC and unit commitment schedule of the power system is possible. This method is applied to the test system, and the usefulness of the method is verified.

Key Words : Direct Load Control, Unit Commitment, 3 Dimensional Dynamic Programming

1. 서 론

전력을 생산·공급하는 전기사업자는 항상 부하를 만족시킬 수 있는 전력을 공급해야 한다. 그러나, 부하를 만족시킬 수 있는 충분한 용량의 발전설비를 확보·운용하는 데에는 많은 비용이 들기 때문에, 이의 대안으로 부하를 직접 제어하여 첨두부하를 줄이는 등 부하를 조절함으로써 작은 규모의 발전 설비로도 운용이 가능한 직접부하제어(Direct Load Control; 이하 DLC)[1]에 대한 관심이 증대되고 있다. 실제로, 미국 등 여러 선진국에서는 자국의 실정에 적합한 DLC를 개발·운용하고 있다.

DLC를 하는 이유로는 계통의 예비율의 확보[2][3]와 경제적인 운용을 들 수 있는데, 이중 경제적인 운용을 살펴보면 DLC는 부하를 시간대별로 조절하여 경제적인 운용이 가능한 새로운 부하의 크기를 결정하는 개념이라 할 수 있다. 또한, 계통의 경제적인 운용을 하는 방법으로는 기동정지계획(Unit Commitment; 이하 UC) 및 경제부하배분(Economic Load Dispatch)을 들 수 있으며, 이는 DLC를 통하여 결정된 부하에 대하여 시행하게 된다. 그러나, DLC후에 UC를 시행하면 개개 화력발전기의 특성을 고려한 운전계획을 수립하기 어려운 문제점을 갖고 있다.

이에, DLC와 UC를 연계시켜 운전계획을 수립하는 방법[4]이 연구되어 왔는데, 이 방법은 우선 동적계획법(Dynamic

Programming; 이하 DP)[5]으로 UC를 푸는 과정에서 State의 개수를 DLC가 가능한 그룹의 수 만큼 그룹단위로 늘리는 방법을 사용하고, 또한 DP의 탐색과정을 거친후 경로가 어느 그룹에 있는가에 따라 DLC 및 UC를 구할 수 있도록 한 것이다. 그러나, 이 방법은 DLC가 가능한 그룹의 수만을 대상으로 State를 증가시킴에 따라 빠른 시간내에 해를 구할 수 있는 반면, 부하의 크기와 관련한 State를 충분히 반영하지 못하여 가능한 경로를 완전히 탐색하지 못하는 문제점이 있었다.

그러므로, 본 연구에서는 DLC 및 Payback에 의해 변화하게 되는 부하의 크기를 정확히 반영하면서 DLC와 UC를 연계시켜 최적의 운전계획을 수립할 수 있도록 DP를 기반으로 하는 새로운 방법을 개발하였다. 우선, DLC문제와 관련하여 '시간대'와 '부하 State'를, UC문제와 관련하여 '시간대'와 'UC State'를 구성하고, 이들을 조합하여 '시간대', '부하 State', 'UC State'를 모두 갖고 있는 3차원 DP를 제안하였으며, 또한 이 3차원 DP를 입체적이면서도 효과적으로 탐색하는 방법을 제안하여 화력발전기 개개의 운전특성을 반영하면서 최적의 DLC와 UC 운전계획을 수립할 수 있도록 하였다. 제안한 방법을 시험계통에 적용하여 특성을 분석하고, 종래의 방법[4]과 비교하여 그 우수성을 검증하였다.

2. DLC를 포함하는 UC의 정식화

2.1 목적함수

DLC를 포함하는 UC의 목적함수는 총연료비를 최소화하는 것이라 할 수 있으며, 따라서 화력발전기의 운전연료비에 기동정지비용을 더하여 식(1)로 목적함수를 구성하였다.

* 正 會 員 : 麗 水 大 學 校 電 氣 및 半 導 體 工 學 科 副 教 授, 工 博

** 正 會 員 : 仁 川 大 學 校 電 氣 電 子 工 學 部 教 授, 工 博

*** 正 會 員 : 安 養 科 學 大 學 電 氣 制 御 科 副 教 授, 工 博

§ 正 會 員 : 에 너 지 관 리 공 단, 직 접 부 하 제 어 TF 팀

接 受 日 字 : 2001年 12月 31日

最 終 完 了 : 2002年 10月 31日

$$Min F = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^N (C_i^j U_i^j + S_i^j) \text{ [천원]} \quad (1)$$

여기서,

$$C_i^j = \alpha_i (P_i^j)^2 + \beta_i P_i^j + \gamma_i \text{ [천원]}$$

$\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$: i 화력발전기의 연료비의 계수

P_i^j : t시간대에서의 발전기 i의 출력 [MW]

U_i^j : t시간대에서의 발전기 i의 상태 ($U_i^j=1$:운전, 0 :정지)

S_i^j : t시간대에서의 발전기 i의 기동 또는 정지비용 [천원]

N : 기동정지대상 발전기 수 ($i=1 \dots N$)

2.2 제약조건

2.2.1 DLC 제약조건

DLC는 수용가의 부하를 직접제어하여 부하의 크기를 조절함으로써 계통의 총 연료비를 최소화 하는 것이라 할 수 있다.

(1) DLC의 정식화

일반적인 DLC기법으로, 제어대상 부하를 동일한 크기를 갖는 여러개의 그룹으로 묶은 다음, 각 그룹의 부하를 순차적으로 차단하여 부하를 제어하는 방법이 사용된다.[4] 이를 정식화하면 다음과 같다.

$$DLC^t = X_{DLC}^t * U_{DLC} \text{ [MW]} \quad (2)$$

여기서,

DLC^t : t시간대에서의 총 DLC량 [MW]

X_{DLC}^t : t시간대에서 DLC에 참여하는 U_{DLC} 의 갯수 [개]

(단, $0 \leq X_{DLC}^t \leq X_{DLC}^{max}$)

X_{DLC}^{max} : DLC에 참여가능한 U_{DLC} 의 총 갯수 [개]

U_{DLC} : DLC를 행하는 단위의 크기 [MW/개]

T : 고찰기간 ($t=1 \dots T$)

(2) Payback의 정식화

t 시간대에 DLC에 참여한 부하는 t 시간대 이후에서 각 시간대별로 일정기간동안 차단된 부하만큼의 에너지 Payback이 이루어져야 한다. 일례로 냉방부하인 경우, DLC에 참여한 부하는 부하차단에 의해 냉방상태가 열악해지기 때문에, DLC에 참여하는 부하에 대해 하나의 시간대동안 부하를 차단한 후, t+1 시간대까지 60[%], t+2 시간대까지 90[%], t+3 시간대까지 100[%]를 Payback해 주어 수용가에 불편이 없도록 하고 있다.[4] 이와 같은 Payback을 정식화하면 다음과 같다.

$$PB^{t+k} = a^k * DLC^t \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^K a^k = 1.0$$

여기서,

PB^{t+k} : t시간대의 DLC후 t+k 시간대에서의 Payback [MW]

a^k : t시간대의 DLC후 t+k 시간대에서의 Payback 비율

K : Payback을 하는 총 시간대 수 ($k=1 \dots K$)

2.2.2 UC 제약조건

(1) 수급제약조건

t시간대에 계통에 걸리는 부하는 계통의 원래부하에서 DLC^t 만큼 부하를 감축시키고, 전 시간대의 DLC에 의한 Payback $PB^{t-1}, PB^{t-2}, \dots, PB^{t-k}$ 만큼 증가한 량으로 결정된다.

$$D^t = D_o^t - DLC^t + \sum_{k=1}^K PB^{t-k} \quad (4)$$

여기서,

D_o^t : t시간대에서의 원래 부하 [MW]

D^t : t시간대에서의 DLC 및 Payback에 의해 계통에 실제로 걸리는 부하 [MW]

따라서, 수급제약조건은 다음과 같이 구성하였다.

$$\sum_{i=1}^N P_i^t = D^t = D_o^t - DLC^t + \sum_{k=1}^K PB^{t-k} \quad (5)$$

(2) 운전예비력 제약조건

운전예비력 제약조건은 앞의 수급제약조건에서 구한 D^t 에 운전예비력을 더하여 다음과 같이 구성하였다.

$$\sum_{i=1}^N U_i^t P_i^{Rt} \geq D^t + R^t \quad (6)$$

여기서,

$P_i^{Rt} = \text{Min}(P_i^{t-1} + \Delta P_{i \text{ up}}^{max}, P_i^{max})$ [Mw]

R^t : t 시간대에서의 운전예비력 [Mw]

P_i^{max} : 발전기 i의 최대출력 [MW]

$\Delta P_{i \text{ up}}^{max}$: 발전기 i의 최대증발출 [MW/h]

(3) 개별 화력발전기의 제약조건

개별 화력발전기에 영향을 미치는 제약조건으로는 출력 상하한제약, 최소 운전 및 정지시간제약, 단위시간당 출력 증감발출 등을 고려하였다.[5]

3. 3차원 DP에 의한 해법

본 연구에서는 개개 화력발전기의 특성을 고려한 DLC 및 UC의 운전계획을 수립하기 위하여 3차원 DP에 의한 해법을 개발하였다.

3.1 3차원 DP의 구성

3차원 DP는 Stage로 '시간대'를, State로 '부하 State'와

'UC State'를 사용하여 구성하였다.

3.1.1 Stage의 구성

Stage인 '시간대'는 실제 운전계획상의 시간대를 기준으로 하였다. '시간대'는 DLC 및 UC 모두에서 필요로 하며, 일반적으로 UC의 시간대는 1[h]를 기준으로 하고 있으나, DLC는 이보다 짧기 때문에, DLC와 UC의 시간대중 작은 것으로 설정토록 하였다.

3.1.2 State의 구성

일반적으로 DP를 사용하여 기동정지계획문제의 해를 구함에 있어, State는 화력발전기의 조합으로 구성하게 된다.

DLC와 UC의 연계를 시도한 종래의 방법[4]에서는 우선 State의 개수를 DLC가 가능한 그룹의 수인 X_{DLC}^{max} 만큼 그룹 단위로 늘리는 방법을 사용하였다. 또한 DP의 탐색과정을 거친다음, 경로가 속한 그룹의 위치에 상응하는 X_{DLC}' 를 DLC 대상 그룹으로 결정하였으며, 해당 그룹내 State로부터 UC를 결정하도록 하였다. 그러나, 이 방법은 DLC와 관련한 State수를 X_{DLC}^{max} 로 한정하고 Payback은 식(4)로 계산하여 총 연료비를 누적계산함으로써, 충분한 경로를 탐색하기 어려운 단점이 있다.

그러므로 본 연구에서는 DLC와 Payback이 결정하는 것이 부하의 크기이며, 결정된 부하의 크기가 UC를 결정하는 특성을 반영하기 위하여 종래의 'UC State'와 함께 'DLC와 Payback을 반영하는 부하 State'(이하 '부하 State')를 State로 설정하였다.

(1) '부하 State'의 구성

'부하 State'는 부하의 크기로 구성되므로, 부하의 크기 D' 에 상응하는 State수를 정하여야 한다. DLC가 식(2)와 같이 한번에 이루어지는 반면, Payback은 식(3)과 같이 여러 시간대에 걸쳐 나누어 이루어지게 된다. 따라서 '부하 State'의 격자점은 DLC와 Payback을 모두 감안하여 처리할 수 있도록 이들의 최대공약수를 이용하였으며, 따라서 '부하 State'의 State수는 식(7)과 같이 구성하였다.

$$\text{부하 State 수} = (X_{DLC}^{max} + 1) * Z \quad (7)$$

여기서, Z : DLC와 Payback의 최대공약수

식(7)과 같이 부하 State의 수가 결정되면, 이로부터 각 격자점에 대응하는 부하의 크기를 계산하여 적용한다.

(2) 'UC State'의 구성

'UC State'는 화력발전기의 조합으로 State를 정하였다. 다만, 모든 화력발전기의 조합으로 State를 구성할 경우, State수가 매우 많아지기 때문에 우선순위법과 조합하여 State수를 줄이는 방법[5]을 사용하였다.

3차원 DP의 구조와 경로를 탐색하는 중간과정을 그림 1에 나타내었다.

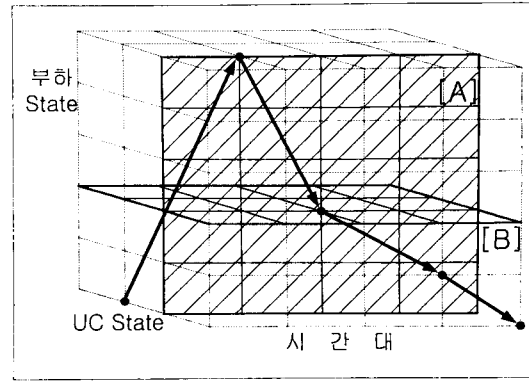


그림 1 3차원 DP (중간과정)

Fig. 1 3-Dimensional dynamic programming

3.2 3차원 DP의 탐색방법

(1) 누적 총연료비의 계산

우선, DP의 경로에 따른 누적 총연료비는 식(8)과 같은 방법으로 계산한다.

$$F_{cost}(t, d, u) = \min \{ P_{cost}(t, d, u), \{ D, U \} \} + S_{cost}(t-1, D \Rightarrow t, d, U \Rightarrow t, u) + F_{cost}(t-1, D, U) \quad [천원] \quad (8)$$

여기서,

$F_{cost}(t, d, u)$: State (t, d, u) 에서의 누적 총연료비[천원]

$P_{cost}(t, d, u)$: State (t, d, u) 에서의 연료비[천원]

$S_{cost}(t-1, D \Rightarrow t, d, U \Rightarrow t, u)$: State (t, D, U) 에서

State (t, d, u) 로 천이시 소요되는 기동정지비용[천원]

d : '부하 State'의 격자점 (1..D)

u : 'UC State'의 격자점 (1..U)

일반적인 UC가 전 시간대의 각 State로부터 현재 시간대의 대상 State로의 천이비용을 계산하여 누적하는데 반하여, 식(8)은 전 시간대의 각 '부하 State'와 'UC State'로부터 현재 시간대의 대상 State로의 천이비용을 계산하여 누적한 것이다. 또한, 천이가 불가능한 경로의 누적총연료비는 무한대로 처리하였다.

(2) 가능해의 탐색

3차원 DP의 탐색은 '부하 State 수' × 'UC State 수'의 전 시간대의 State들로부터 현재 시간대의 대상 State로 천이하는 누적총연료비를 식(8)로 계산하여 가장 작은 비용을 나타내는 경로와 비용을 저장하며, 최종 시간대까지의 누적총연료비를 계산한 다음, 역으로 경로를 추적하여 최적의 경로를 찾는다.

그러나, 모든 경로에 가능해가 존재하는 것은 아니며, 특히 DLC 및 Payback이 가능한 경로는 매우 제한된다. 따라서 탐색을 진행하는 과정에서, '부하 State'와 관련하여 DLC 및 Payback특성에 맞는 경로가 존재하지 않거나, 'UC State'와 관련하여 각종 제약조건을 만족시키는 경로가 존재하지 않음

면 대상 State로의 천이 자체가 불가능하기 때문에, 이들중 어느 한 경우라도 만족하지 못하는 경우에는 식(8)로 누적총 연료비를 계산하지 않고 바로 무한대로 처리하는 방법으로 계산량을 줄였다.

탐색경로중 그림 1의 '부하 State'와 관련한 [A](빗금부분)측에서 바라본 탐색경로를 그림 2에 나타내었으며, 또한 'UC State'와 관련한 [B]측에서 바라본 탐색경로는 종래의 UC문제와 동일하기 때문에 이의 가능해 여부는 종래의 UC문제와 동일하게 처리하였다. 다만, 이 그림은 이 과정을 설명하기 위하여 한 그룹의 DLC가 이루어진 후 Payback도중 다시한번의 DLC가 이루어진 것으로 제한하여 나타내었다.

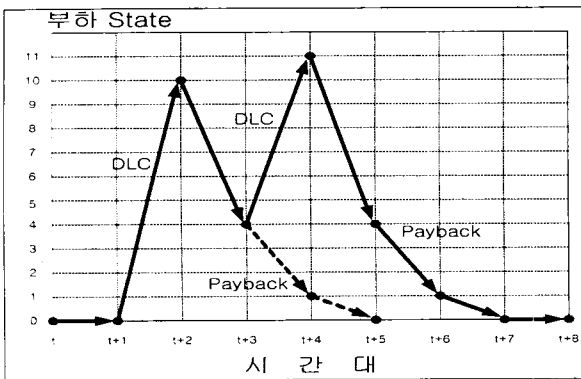


그림 2 DP의 경로(부하 State)
Fig. 2 Path of DP (Load State)

그림 2는 t+1 시간대까지 DLC는 시행되지 않으며, t+2 시간대에서 처음으로 DLC가 시행된 후, t+3 시간대에 60[%], t+4 시간대까지 90[%], t+5 시간대까지 100[%]의 Payback이 이루어지는 일례이다. 또한, t+4 시간대에서 Payback중 다시 DLC가 이루어지고 있다.

그림 2로부터, t+2 시간대의 DLC는 전 시간대인 t+1 시간대로부터 결정이 가능하며, 따라서 State 0, State 10 만이 천이가 가능하며 이 이외의 State는 모두 불가능한 경로가 된다. 또한 t+4 시간대에서는 t+3 시간대에서 Payback이 이루어지는 과정중 새로이 DLC가 이루어지고 있는데, 앞의 경로로부터 Payback만이 이루어지고 있는 State 1 또는 Payback중 다시 DLC가 이루어지는 State 11만이 천이가 가능한 경로가 되어 가능한 경로가 제한된다. 그러나, 탐색경로는 앞 State의 경로가 어떻게 되어있는가에 따라 또 다른 경로가 존재하기 때문에, DLC 및 Payback이 이루어지는 모든 경로에 대해 탐색을 하여야 하나, 이와 같이 다양한 경로를 탐색하더라도 DLC 및 Payback이 가능한 경로는 일부에 불과하다. 따라서, 본 연구에서는 계산량을 줄이기 위하여 전 State에 저장된 경로로부터 대상경로가 DLC 및 Payback특성에 맞는지를 먼저 검토하여 식(8)을 계산할 것인지의 여부를 정하도록 하였다. 이 결과, '부하 State 수' × 'UC State 수' × '시간대'라는 대단히 많은 경로에도 불구하고, 계산시간은 종래의 방법에 비해 제한적으로만 증가하게 된다.

4. 사례연구

시험계통의 일간부하를 대상으로 종래의 방법[4]과 제안한 방법으로 DLC 및 UC를 시행하고, 이들의 결과를 비교·검토하였다.

4.1 계통 자료

본 연구에서 사용한 시험계통으로는 IEEE RTS-24계통을 사용하였으며, 부하로는 그림 3과 같은 일간부하를 사용하였고, 운전예비력은 300[MW]로 하였다.

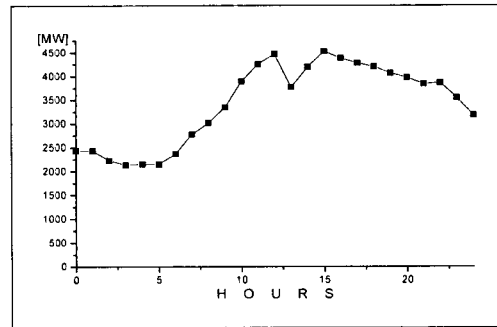


그림 3 일간 부하
Fig. 3 Daily Load Curves of Test System

또한, 3차원 DP로 운전계획을 수립하기 위하여 다음과 같은 값을 계통에 맞도록 가정하여 사용하였다.

- ① 각 시간대 : 0.5[h]
- ② DLC 대상 : 10시~21시
- ③ $U_{DLC} = 200[MW]$
- ④ $X_{DLC}^{max} = 2$
- ⑤ $\alpha^1 = 0.6, \alpha^2 = 0.3, \alpha^3 = 0.1, K = 3$
- ⑥ 부하 State 수 = $(X_{DLC}^{max} + 1) * Z = 30$

4.2 계산 결과

계통자료를 대상으로 하여 종래의 방법과 제안한 방법으로 DLC 및 UC의 운전계획을 수립하였다. 우선, 이들 방법으로 계산한 D^t 를 그림 4에 나타내었으며, DLC와 Payback 특성을 표 1에 나타내었고, 이의 기동정지계획을 그림 5에 나타내었다.

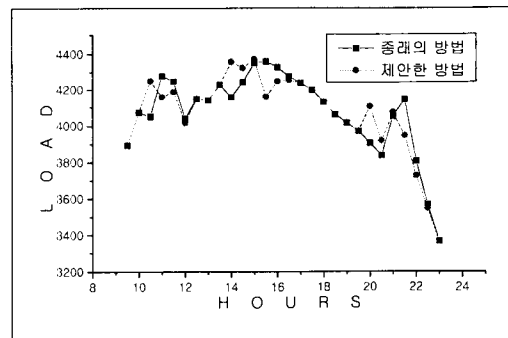
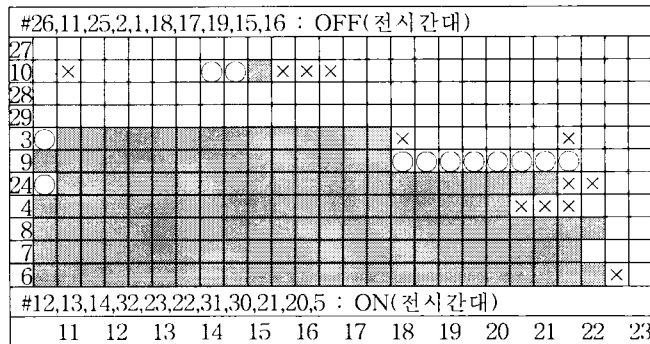


그림 4 일간 부하곡선
Fig. 4 The Comparison of Daily Load Curves

표 1 DLC 및 Payback 특성

Table 1 The Characteristic of DLC and Payback

시간대 [h]	계통부하 [MW]	종래의 방법				DLC후부하 [MW]	제안한 방법				DLC후부하 [MW]
		DLC	PBI	PB2	PB3		DLC	PBI	PB2	PB3	
10.5	4251	200				4051					4251
11.0	4360	200	120	-		4280	200	-			4160
11.5	4469	400	120	60		4249	400	120	-		4189
12.0	4119	400	240	60	20	4039	400	240	60		4019
12.5	3769		240	120	20	4149	-	240	120	20	4149
13.0	3980		-	120	40	4140		-	120	40	4140
13.5	4190		-	-	40	4230		-	-	40	4230
14.0	4357	200		-		4157					4357
14.5	4524	400	120		-	4244	200	-			4324
15.0	4452	400	240	60		4352	200	120	-		4372
15.5	4379	400	240	120	20	4359	400	120	60	-	4159
16.0	4328	400	240	120	40	4328	400	240	60	20	4248
16.5	4276	400	240	120	40	4276	400	240	120	20	4256
17.0	4238	400	240	120	40	4238	400	240	120	40	4238
17.5	4199	400	240	120	40	4199	400	240	120	40	4199
18.0	4131	400	240	120	40	4131	400	240	120	40	4131
18.5	4062	400	240	120	40	4062	400	240	120	40	4062
19.0	4018	400	240	120	40	4018	400	240	120	40	4018
19.5	3973	400	240	120	40	3973	400	240	120	40	3973
20.0	3906	400	240	120	40	3906	200	240	120	40	4106
20.5	3839	400	240	120	40	3839	200	120	120	40	3919
21.0	3853	200	240	120	40	4053	-	120	60	40	4073
21.5	3866	-	120	120	40	4146	-	-	60	20	3946
22.0	3706	-	-	60	40	3806	-	-	-	20	3726
22.5	3546	-	-	-	20	3566	-	-	-	-	3546
23.0	3365	-	-	-	-	3365	-	-	-	-	3365
총연료비	1321741[천원] (7074[천원] 감소)					1319659[천원] (9156[천원] 감소)					



여기서,

- : 종래와 제안한 방법 모두에서 기동하는 발전기
- : 제안한 방법에서 추가 기동되는 발전기
- × : 제안한 방법에서 정지되는 발전기

그림 5 기동정지계획의 비교

Fig. 5 The Comparison of Unit Commitment

우선, D' 의 특성을 살펴보면, 그림 4 및 표 1로부터 피크 부하의 크기는 비슷함을 알 수 있었다. 실제로 종래의 방법이 피크치는 15시에서 4352[MW]로 제안한 방법(4372[MW])에 비해 낮게 나타나 종래의 방법이 DLC의 목표인 피크치의 저감에 일조하나, 15시에서 그림 5의 기동정지계획의 변화는 나타나지 않고 있어 제안한 방법이 다소 높은 피크치에도 불

구하고 효과적임을 알 수 있다. 또한, 제안한 방법이 종래의 방법에 비해 표 1의 음영부분과 같이 DLC량이 상대적으로 작은 운전계획을 수립하고 있는데 반하여, 오히려 총연료비는 작게 나타나고 있어 DLC를 시행하면 경제적이란 통념과 달리 적절한 DLC가 오히려 경제적인 운전에도 도움이 되고 있음을 알 수 있다.

본연구의 기동정지계획을 살펴보면, 제안한 방법에서 #9발전기를 18~21.5시까지 계속 기동시키는 반면 #6, 4, 24, 3 발전기의 기동을 제한하고 있다. 이와 같은 DLC운전계획과 UC 운전계획이 수립됨에 따라 총연료비가 종래의 방법에서 1321741[천원]인데 반하여 1319659[천원]로 나타나 2082[천원](0.15[%]감소)의 절감효과를 나타내고 있다. 이는 종래의 방법이 State의 수를 DLC가 가능한 그룹의 수로만 증가시킴에 따라 준최적의 경로만을 찾아낼 수 있었던 반면, 제안한 방법은 '부하 State'로 확장함으로써 준최적이 아닌 최적의 경로를 찾아낼 수 있었다 하겠다.

또한, 제안한 방법이 매우 많은 격자점 수에도 불구하고 탐색과정중 해가 불가능한 경로를 미리 제거하는 방법을 사용함에 따라 실제 계산시간은 약 2.6배정도가 증가하였지만, 최신 컴퓨터의 발달로 인하여 불편할 정도의 계산량 증가는 아니었다.

이로부터 단순히 DLC가 가능한 그룹의 수만큼 State의 수를 늘린 종래의 방법에 비해, DLC와 관련한 특성을 전부 반영할 수 있도록 '부하 State'를 추가하고 이를 3차원화 한 제안한 방법이 보다 최적의 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

5. 결 론

단순히 DLC가 가능한 그룹의 수만큼 State의 수를 증가시켜 DLC와 UC를 연계운용하는 종래의 방법과 달리, '부하 State'와 'UC State'로 State를 구성하고, '시간대'로 Stage를 구성한 3차원 DP를 개발하였으며, 또한 3차원 DP를 탐색하는 과정에서 가능한 경로만을 탐색할 수 있도록 하는 방법을 제안하였다. 이로써, 최적의 DLC 운전계획과 UC 운전계획을 수립할 수 있도록 하였다. 제안한 방법을 시험계통에 적용하고, 종래의 방법에 비해 보다 경제적인 DLC 및 UC의 운전계획을 수립할 수 있음을 보였다.

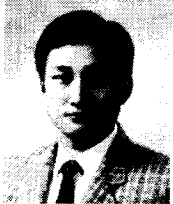
감사의 글

본 연구는 인천대학교의 지원 및 동북아전자물류 연구센터의 일부지원으로 수행되었습

참 고 문 헌

- [1] C.O.B.A., "The Direct Load Control Industry Report", 1993-1994
- [2] 한국전력공사, "최대부하 직접부하제어방식 실용화를 위한 연구", 1990.12
- [3] 한국전력공사, "전력경제론", 1995
- [4] Yuan-Yih Hsu, "Dispatch of Direct Load Control using Dynamic Programming", 1991
- [5] A. J. Wood, B. F. Wollenberg, "Power Generation, Operation, and Control", Wiley, 1984

저 자 소 개



이 범(李 范)

1959년 10월 28일생. 1981년 고려대 전기공학과 졸업. 1989년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년~현재 여수대학교 전기 및 반도체공학과 부교수.

Tel : (061) 659-3313

Email : buhmlee@yosu.ac.kr



최 상 규(崔 祥圭)

1960년 12월 22일생. 1983년 충북대 전기공학과 졸업. 1986년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1990년~현재 안양과학대학 전기제어과 부교수.

Tel : (031) 441-1326

Email : cskm@aytc.anyang-c.ac.kr



김 용 하(金 龍 河)

1959년 5월 16일생. 1982년 고려대 전기공학과 졸업. 1987년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 인천대학교 전기전자공학부 교수.

Tel : (032) 770-8434

Email : yhkim@lion.inchon.ac.kr



김 형 중(金 亨 中)

1969년 7월 7일생. 1996년 인천대학교 전기공학과 졸업. 2001년 인천대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년~현재 에너지관리공단 직접부하제어 TF팀.

Tel : (031) 260-4063

Email : k1307@kemco.or.kr