

탐욕법에 의한 전력부하평균화문제의 한가지 풀이법

전재경, 박영진

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《생산된 전기를 효과있게 리용하는것은 긴장한 전력문제를 해결하기 위한 중요한 방도의 하나입니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 50페이지)

전력부하평균화문제는 전력의 도중손실을 줄이고 공급하는 전력의 질을 보장하는데서 매우 중요한 문제로 제기된다.

전력부하평균화문제를 수학적으로 모형화하고 풀기 위한 방법들[1—3]이 이미 제안되었지만 도급계통의 전력관리에서 제기되는 현실적문제들을 충분히 반영하지 못하였으며 수천개의 대상들에 대하여 고속으로 효율적으로 계산하기 위한 방법들을 제기하지 못하였다.

여기서는 전력관리에서 현실적으로 제기되는 문제들을 반영하여 전력부하평균화문제의 수학적모형화를 진행하고 탐욕법에 기초하여 대규모문제들을 효율적으로 풀기 위한 알고리즘을 제안하였다.

1. 전력부하평균화문제의 수학적모형화

전력부하평균화문제는 같은 배전선 또는 변전소에서 전력을 공급받는 기업소의 공정들사이에 전력소비시간들을 조직해주는 문제이다.

이 문제에서 부하평균화대상으로 된 기업소의 수 NE , 기업소 e , $e \in \{1, \dots, NE\}$ 에서 공정의 수 NP_e 와 작업교대의 수 NS_e , 계획작성기간 D 는 주어진다고 가정한다.

전력부하평균화문제를 해결하기 위하여 해당한 기업소들에서는 전력부하곡선을 작성한다.

기업소들에서 작성한 전력부하곡선에는 작업시작시간과 작업지속시간, 소비전력량이 반영되어있으며 다음과 같이 표현할수 있다.

기업소 e 에서 공정 p 가 d 일에 작업을 진행하는가 하는것은 $A_{e,p,d}$ 로 표시하는데 두가지 값을 가진다.

$$A_{e,p,d} = \begin{cases} 1, & d\text{일에 작업} \\ 0, & d\text{일에 작업하지 않음} \end{cases}$$

기업소 e 에서 공정 p 의 작업지속시간은 $B_{e,p}$ 로 표시하며 기업소 e 에서 공정 p 의 작업시작시간은 $F_{e,p}$ 로 표시한다. 그리고 기업소 e 에서 공정 p 가 시간 t 에서 소비하는 전력량은 $C_{e,p,t}$, $t \in \{1, \dots, B_{e,p}\}$ 로 표시한다.

전력부하평균화에서는 상대목표부하곡선을 리용하는데 이 곡선은 날자 d 의 시간 t 에서 목표부하곡선의 상대값으로서 $R_{d,t}$ ($d \in \{1, \dots, D\}$, $t \in \{1, \dots, 24\}$)로 표시한다.

전력부하평균화는 공정별로 날자와 시간상으로 밀기를 진행하는 과정이므로 전력부

하평균화문제는 밀기날자 d 와 시간 t 를 결정하는 문제로 된다.

이때 전력부하평균화에서 기업소의 작업교대수를 고려하기 위한 제한조건은 다음과 같다.

$$\max_p (Y_{e,p} + B_{e,p} + F_{e,p}) - \min_p (Y_{e,p} + B_{e,p}) \leq 8 \times NS_e \quad (1)$$

여기서 $Y_{e,p}$ 는 기업소 e 의 공정 p 를 날자상 며칠 밀기하는가를 나타내는데 표준조건에서 이 값은 0으로 된다.

이때 종합부하곡선은 날자, 시간별 총전력소비량으로서 다음과 같이 얻어진다.

$$P_{d,t} = \sum_e \sum_p A_{e,p,(d-X_{e,p})} C_{e,p,(t-Y_{e,p}-F_{e,p})}, \quad d \in \{1, \dots, D\}, \quad t \in \{1, \dots, 24\}$$

여기서 $X_{e,p}$ 는 기업소 e 에서 공정 p 를 시간상으로 몇시간 밀기하는가를 나타내는데 표준조건에서 이 값은 0으로 된다.

또한 총소비량이 얻어진 상태에서 목표부하곡선은 다음과 같이 얻어진다.

$$Q_{d,t} = \frac{R_{d,t}}{\sum_d \sum_t R_{d,t}} P_{d,t}, \quad d \in \{1, \dots, D\}, \quad t \in \{1, \dots, 24\}$$

목적함수는 목표곡선이 주어진 상태에서 부하률을 최대화하는것이므로 다음의 최소화문제로 표현된다.

$$\min_{Y,X} \max_{d,t} (P_{d,t} - Q_{d,t}), \quad d \in \{1, \dots, D\}, \quad t \in \{1, \dots, 24\} \quad (2)$$

리용할 총전력소비량이 고정되어있고 목표부하곡선이 정해진 조건에서 부하률은

$$k_{부} = \frac{Q_{d,t}}{\max_{d,t} P_{d,t}} \quad (<1)$$

로 표시되며 따라서 목적함수 (2)가 부하률을 최대화하는것과 등가이라는것을 알수 있다.

전력부하평균화문제는 제한조건 (1)을 만족시키면서 목적함수 (2)를 최량화하는 밀기날자와 밀기시간을 결정하는 문제로 설정된다.

이러한 수학적모형화는 다음과 같은 특성을 가진다.

첫째로, 상대적목표부하곡선을 리용하면 이 모형은 공장, 기업소들사이의 전력부하평균화와 배전선별, 변전소별 전력부하평균화에 모두 적용할수 있다.

둘째로, 생산기업소의 교대수에 대한 조건을 반영함으로써 전력부하평균화에서 생산조직상 편리를 도모할수 있다.

셋째로, 전력부하평균화문제를 공정작업시간의 날자별밀기와 시간별밀기로 모형화함으로써 현실대상의 특성을 반영한 문제를 발견적방법으로 풀수 있게 한다.

2. 탐욕법에 기초한 전력부하평균화문제의 풀이알고리즘

우에서 모형화한것처럼 전력부하평균화문제는 결정해야 할 변수의 수가 많은 리산최량화문제로 된다. 전력부하평균화대상으로 되는 기업소의 수가 수백개이고 기업소들마다 여러개의 공정들이 있으므로 이 문제에 대한 엄밀한 최량풀이를 얻는다는것은 계산상 어렵다.

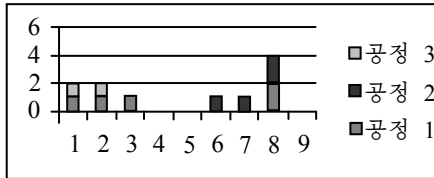
이 문제를 효과적으로 풀기 위하여 준최량풀이를 구하는 발견적방법의 하나인 탐욕법으로 풀이알고리즘을 설계하였다.

탐욕법을 적용함에 있어서 목적함수의 특성을 반영하여 2개 지표(부하률과 분산)에 의한 평가를 진행하였다. 목적함수의 특성은 총전력소비량을 고정시킨 조건에서 부하률이 시기별 총부하량의 최대값 즉 첨두부하값에 의해서만 결정된다는것이다.

부하률만 가지고 평가할 때에는 공정 3을 밀기하지 않을 때(1방안)와 3만큼 밀기하였을 때(2방안)의 목적함수값이 같다. 그러나 분산까지 고려하면 2방안이 더 좋다.(그림 1)

공정 1	1	1	1	1	0	0	0	2	0
공정 2	0	0	0	0	0	1	1	2	0
공정 3	1	1	1	0	0	0	0	0	0

① 공정 3의 시간밀기량은 0
부하률: 0.4, 분산: 1.3



공정 1	1	1	1	0	0	0	0	2	0
공정 2	0	0	0	0	0	1	1	2	0
공정 3	0	0	0	1	1	0	0	0	0

② 공정 3의 시간밀기량은 3
부하률: 0.4, 분산: 1.09

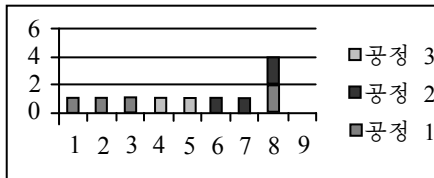


그림 1. 2개의 지표에 의한 평가

탐욕법은 탐색의 어떤 단계에서 가능한 여러 방안 중에서 리익이 가장 큰것 즉 목적함수값이 가장 좋은것을 먼저 선택하는데 부하률의 이러한 특성으로부터 두 방안을 비교할 때 한 시점의 값에 의해 평가되므로 목적함수값이 같은 여러개의 방안들이 생기게 된다. 이러한 방안들을 평가하는데는 목적함수값과 함께 부하률곡선의 분산을 함께 고려하는것이 합리적이다.

그림 2에 탐욕법에 기초한 전력부하평균화알고리즘의 흐름도를 보여주었다

우선 초기상태 즉 공정별밀기가 전혀 진행되지 않은 상태에서 매 공정별로 그 공정에 대한 밀기를 진행할 때 목적함수값이 가장 좋아지는 방안(국부최량풀이)을 결정한다.

다음 목적함수값이 개선되는 가장 좋은 공정을 먼저 선택하고 그 공정에 대해 이미 결정된 방안을 최량방안으로 결정한다. 이렇게 하면 하나의 공정에 대한 밀기량은 이미 결정된다.

방안이 결정되지 않은 나머지공정들에 대하여서는 위의 과정을 공정의 개수만큼 반복하여 모든 공정의 방안들을 결정한다. 이렇게 모든 공정들의 방안이 결정된 상태에서 공정별 방안선택과정을 다시 진행한다. 이런 과정을 목적함수값이 개선될 때까지 계속 반복한다.

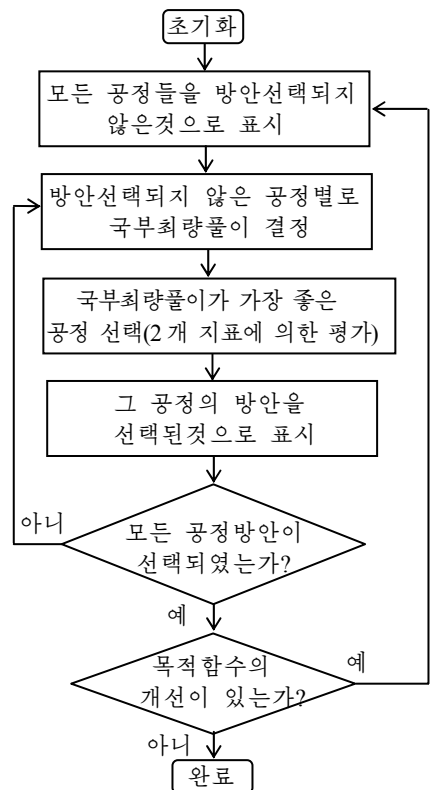


그림 2. 전력부하평균화알고리즘의 흐름도

3. 결과 분석

론문에서 제기한 2개의 지표에 의한 탐욕법알고리즘의 효과성과 현실대상문제들에 대한 적용가능성을 검증하기 위한 모의실험을 진행하였다.

그림 3은 공정의 개수가 변하는데 따라 2개 지표에 의한 평가방법과 일반적인 탐욕법인 경우 목표로 되는 부하률의 개선정도를 보여준다.

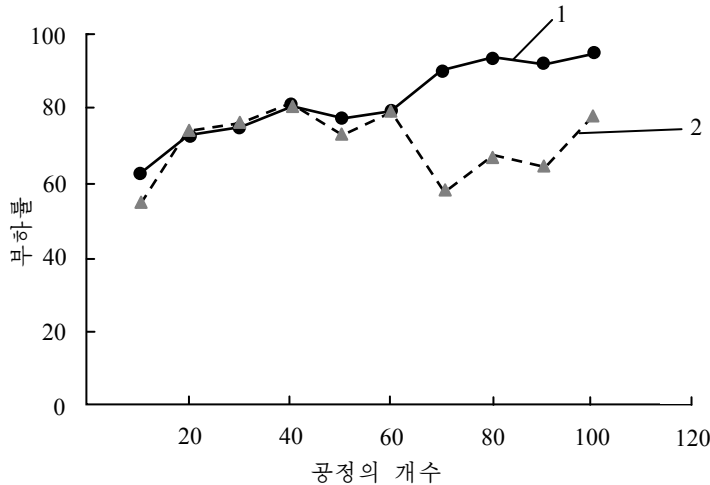


그림 3. 공정개수에 따르는 부하률곡선
1—2개 지표, 2—일반탐욕법

실험결과는 제안한 알고리즘이 부하률을 개선하는데서 효과성이 있으며 그 효과는 활동의 수가 증가하는데 따라 더 잘 나타난다는것을 보여준다.

맺는 말

론문에서는 전력부하평균화업무의 특성과 생산조직의 특성을 정확히 반영하는 전력부하평균화문제의 수학적모형을 제기하였다. 전력부하평균화문제의 목적함수특성을 반영한 탐욕법의 알고리즘을 작성하고 풀이알고리즘의 효과성을 보여주었다. 론문에서 제기한 모형과 작성한 알고리즘을 실지 도급 전력계통에서의 전력부하평균화에 적용하여 전력계통의 도중손실을 줄일수 있게 하였다.

참고 문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 60, 10, 136, 주체103(2014).
- [2] 김일성종합대학학보(자연과학), 58, 2, 158, 주체101(2012).
- [3] 김일성종합대학학보(자연과학), 55, 9, 164, 주체98(2009).

A Solution Method of Electric Load Levelling Problem by Greedy Method

Jon Jae Gyong, Pak Yong Jin

In this paper, we formulated the electric load levelling problem considering the requests arising in the provincial—level power management and presented a solution algorithm based on greedy method.

Key words: power system, electric load levelling, greedy method