

개미무리최량화알고리즘에 기초한 배전망최량계획방법

원 석 철

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《현시기 과학기술을 발전시키는데서 나서는 중요한 문제는 무엇보다도 원료와 연료, 동력문제를 해결하기 위한 과학기술적문제를 푸는것입니다.》(《김정일선집》 증보판 제11권 134페이지)

개미무리최량화알고리즘(ACO Algorithm)은 망구조의 최량화를 위한 산법의 하나로써 여러 점들로 동시에 풀이탐색을 진행하면서 정역방향조종으로 최량풀이를 얻어내는 일종의 확률형대역탐색방법이다.

본문에서는 개미무리최량화알고리즘의 특징으로부터 그것을 배전망구조의 최량화를 위한 최량계획문제에 응용하는 방법에 대하여 서술하였다.

1. 배전망최량화모형

개미무리최량화알고리즘적용을 위한 배전망최량계획의 목적함수는 다음과 같다.[1]

$$\min f(x) = NT + LT = \frac{k(k+1)^m}{(1+k)^m - 1} \left(\sum_{i \in I_1} C_1 L_i + \sum_{i \in I_2} (C_1 L_i + C_2 L_i) x_i + f T_{\max} \sum_{i \in I} B_i \right) + A \sum_{i \in I} P_{*i}^2 \quad (1)$$

여기서 NT - 년종합비용(선로투자 및 운영비와 선로손실비의 합), LT - 과부하손실비, k - 투자보상률, m - 선로감가상각년한, C_1 - 선로 단위길이당 투자보상비용 및 감가상각금, C_2 - 선로 단위길이당 투자비용(만원/km), L_i - 가지선로길이(km), x_i - 결심채택변량(선택이면 $x_i=1$, 아니면 $x_i=0$), f - 전기의 가격(원/(kW·h)), T_{\max} - 선로의 최대손실시간, B_i - 선로 i 의 유효손실, P_{*i} - 선로 i 의 부하률(정상부하일 때 $0 < |P_{*i}| \leq 1$, 과부하일 때 $|P_{*i}| \geq 1$), I_1, I_2, I - 현존과 계획 및 총선로모임, A - 과부하벌칙계수.

한편 모든 부하점에 대한 전력수요를 보장하며 배전망구조는 가능한 방사형구조를 만족시키는것을 전제로 한다.

2. 배전망최량계획을 위한 개미무리최량화알고리즘의 기본공정

걸음 1 파라미터를 초기화한다.

순환회수 $Num = 0$, 매 경로 i 의 초기페로몬값 $\tau_i(0) = C$ (상수), 파라미터들인 $\alpha, \beta, P_{\min}, Q, m$ 을 경험적으로 설정한다.

걸음 2 m 마리의 개미가 확률적으로 n 개의 절점(부하점)에 있다면 초기절점의 위치를 생성나무의 뿌리번호로 기록하고 그 초기위치를 통과점표에 넣는다.

여기서 생성나무는 계획구역안의 변전소를 뿌리절점으로, 매 부하점들을 가지절점으로 하여 구성되는 임의의 배전망이다.

걸음 3 매 개미 $k(k=1, 2, \dots, m)$ 에 대하여 다음식에 의하여 상태이전확률을 계산한다.

$$p_i^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_i(t)^\alpha \eta_i(t)^\beta}{\sum_{l \in R_k} \tau_l(t)^\alpha \eta_l(t)^\beta}, & i \in R_k \\ 0 & i \notin R_k \end{cases} \quad (2)$$

여기서 $\tau_i(t)$ - t 번째 순환에서 경로 i 의 페로몬(Pheromone; 매 개미들이 통과하는 경로에 남기는 흔적을 의미하는데 적당한 수로 표시), $\eta_i(t)$ - 계발함수, R_k - 개미가 통과하지 않은 경로모임, α - 정보계발인자로서 경로의 상대적중요성을 나타내며 값이 클수록 이미 통과한 경로의 선택가능성이 커지므로 탐색의 확률성이 낮아지고 국부최량화에 빨리 도달, β - 기대계발인자로서 경로의 상대적중요성을 반영하는데 값이 클수록 수렴속도가 가속되며 최량경로에 대한 개미의 탐색과정에서 확률성이 낮아진다.

배전망에서 부하최소에 대한 계발함수는 다음과 같이 쓸수 있다.

$$\eta_i(t) = \frac{1}{d_{ij}} \quad (3)$$

여기서 d_{ij} - 서로 린접한 부하점사이의 거리.

걸음 4 계산된 상태이전확률값중에서 $\max\{p_i^k(t)\}$ 인 절점을 다음선택절점으로 통과점 표에 기록한다. 이런 순환을 매 개미가 모든 부하점을 다 방문할 때까지 반복한다.

걸음 5 식 (1)을 리용하여 매 개미가 형성한 경로(방안)의 함수값을 계산하고 최량풀이로 보존한다.

걸음 6 만일 n 번의 순환내에 최량풀이의 명백한 개선이 없으면 국부최량풀이에 들어 간것으로 인정하고 페로몬휘발인자 ρ 를 갱신하고 걸음 2로, 개선이 있으면 걸음 7로 넘어 간다.

ρ 의 개선은 초기값을 $\rho(t_0)$ 이라고 할 때 다음식으로 진행한다.

만일 $r\rho(t-1) \geq \rho_{\min}$ 이면

$$\rho(t) = r\rho(t-1) \quad (4)$$

아니면

$$\rho(t) = \rho_{\min} \quad (5)$$

여기서 r - 풀이결수, ρ_{\min} - ρ 의 최소값인데 ρ 가 지나치게 작아져 알고리즘의 수렴속도를 떨어뜨리는 것을 막는다.

걸음 7 다음의 공식들을 통하여 매 경로의 정보량을 갱신한다.

$$\tau_i(t+1) = (1-\rho)\tau_i(t) + \Delta\tau_i(t) \quad (6)$$

여기서 $\Delta\tau_i(t)$ 는 t 번째 순환에서 경로 i 의 페로몬증가량인데 다음과 같이 계산한다.

$$\Delta\tau_i(t) = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_i^k(t) \quad (7)$$

여기서 $\Delta\tau_i^k(t)$ - k 째 개미가 t 번째 순환에서 경로 i 상에 남긴 페로몬량.

$$\Delta \tau_i^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{f^k(x)} & k\text{째 개미가 } t\text{째 순환에서 경로 } i\text{를 통과할 때} \\ 0 & \text{통과하지 않을 때} \end{cases} \quad (8)$$

여기서 Q —페로몬세기, f^k — k 째 개미가 t 째 순환에서 지나는 경로에서 개미 k 가 얻은 최량방안의 목표함수값.

걸음 8 $Num = Num + 1$

걸음 9 결속조건을 만족시키면 즉 Num 이 예정값(max)보다 크면 결과를 보존함과 함께 순환을 결속하고 아니면 통과점표를 초기화하고 걸음 2으로 돌아간다.

3. 응용실례와 결과분석

어느 한 지역에서 10개의 부하점들과 4개의 현존선로를 가진 계통에 16개의 선로를 신설하기 위한 배전망을 구성하자.

부하점자료와 가지선로자료는 표 1, 2와 같다.

표 1. 부하점자료

번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
유효부하/MW	0.00	0.50	0.80	0.50	0.40	1.00	0.65	0.70	0.40	0.45
무효부하/MW	0.00	0.38	0.60	0.25	0.20	0.70	0.45	0.40	0.28	0.21
X자리표	30.00	25.00	18.00	25.00	10.00	35.00	45.00	48.00	33.00	15.00
Y자리표	23.00	34.00	18.00	10.00	15.00	20.00	34.00	12.00	45.00	37.00

표 2. 가능한 가지선로자료

선로번호	앞절점번호	뒤절점번호	투자비/만원	유효손실	과부하률	신설구분*
1	1	4	0.0	0	0.5	0
2	9	6	25.0	0	0.5	1
3	4	3	10.5	0	0.5	1
4	3	5	8.7	0	0.5	1
5	1	6	6.3	0	0.5	1
6	2	4	24.0	0	0.5	1
7	2	8	35.0	0	0.5	1
8	7	8	22.0	0	0.5	1
9	10	5	24.2	0	0.5	1
10	6	8	20.3	0	0.5	1
11	5	6	34.3	0	0.5	1
12	6	7	22.8	0	0.5	1
13	1	2	0.0	0	0.5	0
14	5	2	27.0	0	0.5	1
15	5	4	19.2	0	0.5	1
16	7	1	0.0	0	0.5	0
17	2	10	16.2	0	0.5	1
18	2	9	0.0	0	0.5	0
19	7	9	15.0	0	0.5	1
20	1	3	18.0	0	0.5	1

* 0—현존선로, 1—계획선로

초기파라미터는 $\alpha = 1.5$, $\beta = 4$, $\rho = 0.25$, $\gamma = 0.001$, $\rho_{\min} = 0.05$, $Q = 100$ 으로 설정하였다.

계산결과 최대순환회수는 300, 대역최량값은 4 522.203이다.

계산된 배전망최량구조는 그림과 같다.

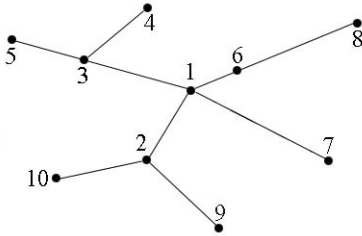


그림. 배전망최량구조

맺 는 말

1) 파라미터는 문제의 요구를 분석하고 많은 모의실험을 통하여 하나의 조합으로 확정하여야 한다.

2) ACO알고리즘의 적용에서 변전소를 중심으로 하는 방사형전류흐름의 배전망특성을 고려하여야 한다.

참 고 문 헌

[1] 阵京荣; 交通网络路线选择及应用研究, 兰州交通大学, 1~110, 2009.

주체104(2015)년 4월 5일 원고접수

Optimal Planning Method of Electric Distribution Network based on Ant Colony Optimization Algorithm

Won Sok Chol

Recently, ant colony optimization algorithm(ACO algorithm) is one of methods for optimal design of network structure, is widely applied. Especially, it is the effective method in design of the technical facility such as the electric network, the traffic network and the network of underground.

In this paper, I studied the method applying to optimal planning for optimization of electric distribution network through ACO algorithm.

Key words: ant colony optimization, electric distribution network