

모호평가법과 무리분석법을 결합한 변전소의 전력공급구역분할방법

박경일, 류영환, 김경준

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 지적하시였다.

《원료와 연료, 동력자원을 새로 개발하는것도 중요하지만 그것을 절약하는것도 그에 못지 않게 중요합니다.》(《김정일선집》 제11권 증보판 136페이지)

우리는 변전소의 전력공급구역분할방법을 연구하였다.

지금까지는 보로노이도분석방법[1-5]으로 변전소의 전력공급구역을 분할하였는데 이 방법은 현존 송배전망정리계획에 효과적으로 리용될수 있지만 새로운 변전소배치에는 불합리하다. 그것은 보로노이도분석방법이 변전소의 위치선정을 전제로 하기때문이다.

우리는 모호평가방법과 무리분석법을 결합시켜 이 부족점을 극복하였다.

1. 결 합 원 리

변전소의 전력공급구역분할을 위한 두 방법결합의 이론적전제는 다음과 같다.

첫째로, 전력부하대상들이 연구지역에 불균등하게 분포되어있다.

둘째로, 전력부하대상들의 위치와 전력수요량이 이미 주어진다.

셋째로, 연구지역에 존재하는 변전소수는 주어지며 새로 배치되어야 할 변전소수는 무리분석을 통하여 결정된다.

넷째로, 변전소의 전력공급구역분할의 기초는 부하대상들의 영역적분류이다.

다섯째로, 변전소의 위치는 영역적으로 분류된 부하대상무리안에서 선정된다.

이 전제에 따라 작성된 결합방법에 의한 변전소의 전력공급구역분할알고리즘은 다음과 같다.

걸음 1 부하대상들의 영역적분류를 위한 지표를 부하대상들이 위치한 지리자리표로 선정한다. 그것은 부하대상들이 공간에 불균등적으로 분포되어있는 특성을 무리분석에 반영하려면 류형적분류가 아니라 영역적분류를 위한 지표로 선정하여야 하기때문이다.

걸음 2 선정된 자리표지표를 표준화한다.

$$z_{jl} = \frac{x_{jl} - \bar{x}_l}{\sigma_l}, \quad (j = \overline{1, n}, l = \overline{1, 2}) \quad (1)$$

여기서 x_{jl} 은 j 째 부하대상의 l 째 지표, \bar{x}_l 은 l 째 지표의 평균값, σ_l 은 l 째 지표의 분산이다.

걸음 3 부하대상들사이의 공간류사성척도값을 구한다.

$$d_{jk} = \left\{ \frac{1}{p^2} [(z_{j1} - z_{k1})^2 + (z_{j2} - z_{k2})^2] \right\}^{1/2} \quad (j, k = \overline{1, n}) \quad (2)$$

여기서 d_{jk} - j 째 부하대상과 k 째 부하대상사이의 공간류사성척도값, z_{j1}, z_{k1} - j 째 부하대상과 k 째 부하대상의 x 축자리표의 표준화값, z_{j2}, z_{k2} - j 째 부하대상과 k 째 부하대상의 y 축자리표의 표준화값이다.

걸음 4 부하대상들의 무리를 묶는다.

무리묶기방법에는 여러가지가 있는데 여기서는 중심법을 리용한다.

합리적인 무리묶기에서 나서는 요구는 다음과 같다.

첫째로, 부하대상무리사이에 공간적차이가 현저하게 나타나야 한다.

둘째로, 무리내부에서 공간적차이가 심하게 나타나지 말아야 한다.

셋째로, 무리내부의 부하밀도, 선전력밀도, 전력공급한계반경을 고려하여 무리를 묶어야 한다.

이 요구에 맞게 무리를 묶으려면 다음의 제한조건을 만족시켜야 한다.

$$l_{ij} \leq R_i, \quad (i = \overline{1, M}) \quad (3)$$

$$\sum_{j \in W_i} W_j \leq S_i \cdot e(S_i) \cdot \cos \varphi, \quad (i = \overline{1, M}) \quad (4)$$

$$\forall j \in J_i, J_1 \cup J_2 \cup \dots \cup J_M = J. \quad (5)$$

여기서 M - 이미 있거나 새로 배치하는 변전소의 총개수, S_i - i 째 변전소총용량, $e(S_i)$ - i 째 변전소의 부하률, J_i - i 째 변전소가 공급하는 부하대상모임, J - 전체 부하대상모임, l_{ij} - i 째 변전소와 j 째 부하대상사이 거리($l_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$), (x_i, y_i) - i 째 변전소의 자리표, (x_j, y_j) - j 째 부하대상의 자리표, W_j - j 째 대상의 유효부하량, R_i - i 째 변전소의 전력공급한계반경이다,

제한조건을 만족시키는 무리등급수준에 대응하는 무리들가운데는 현존변전소의 부하대상무리와 새로 배치될 변전소의 부하대상무리들이 있다. 여기서 새로 배치될 변전소의 부하대상무리의 개수를 배치하려는 변전소개수로 정하며 부하대상무리를 포함하는 영역을 변전소의 전력공급구역으로 한다.

걸음 5 새로 배치할 변전소의 부하대상무리에서 배치후보지를 부하무게중심지를 포함하여 2~3개 선정한다.

걸음 6 변전소배치후보지들가운데서 위치조건, 건설운영조건, 재해안전조건, 창조된 요소와의 결합조건 등 변전소배치조건에 대하여 모호종합평가를 진행하여 최종배치위치로 결정한다.

위치조건에는 매개 부하대상무리에서 후보지와 부하무게중심지, 주민지, 산업지와의 거리 등이 포함된다.

건설운영조건에는 후보지의 지형경사, 지내력, 지하수위, 해당 무리에서 부하밀도, 선전력밀도, 선로급수, 도중손실률 등이 포함된다.

재해안전조건에는 후보지의 사태, 큰물, 카르스트위험등급 등이 포함된다.

창조된 요소와의 결합조건에는 후보지의 도시령역, 농업토지침범수준 등이 포함된다.

위의 배치지표에 기초하여 후보지에 대한 모호종합평가를 진행한다.

$$(f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{iQ}) = \left[\bigvee_{p=1}^P (w_p \wedge \mu_{p1}^i), \bigvee_{p=1}^P (w_p \wedge \mu_{p2}^i), \dots, \bigvee_{p=1}^P (w_p \wedge \mu_{pQ}^i) \right] \quad (i = \overline{1, m}) \quad (6)$$

여기서 $\mu_{pq}^i (i = \overline{1, m}, p = \overline{1, P}, q = \overline{1, Q})$ - i 째 후보지의 p 지표값이 q 등급에 속할 모호성원수준, $w_p (p = \overline{1, P})$ - 지표우선권무게, $f_{iq} (i = \overline{1, m}, q = \overline{1, Q})$ - i 째 후보지가 q 배치등급에 속할 모호성원수준.

식 (6)을 통하여 변전소의 배치등급을 결정한다.

$$f_{iq_0} = \max(f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{iq}, \dots, f_{iQ}) \quad (7)$$

식 (7)은 후보지가 $f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{iq}, \dots, f_{iQ}$ 등급가운데서 성원수준이 최대인 q_0 배치등급에 속한다는것을 보여준다.

걸음 7 변전소의 전력공급구역분할의 효과성을 검토하여 만족되면 계산을 끝내고 그렇지 않으면 걸음 4로 간다.

2. 적용 사례

우리는 이 방법을 7지역의 배전망배치에 적용하였다. 7지역의 변전소는 11개이며 부하지점은 625개이다.

먼저 7지역의 배전망에서 부하대상들에 대한 무리분석을 진행하였다.

7지역의 지대적특성과 현 변전소시스템의 분포상태에 근거하여 합리적인 전력공급반경을 2.4km로 정하고 식 (3), (4)를 만족시키도록 무리를 묶는다. 이때 무리가 12개 생기는데 그중에서 11개는 현재의 변전소들을 중심으로 이루어지고 나머지 1개는 부하대상들이 밀집되어있는 령역이다.

다음으로 나머지 1개의 무리에 변전소를 배치하기 위하여 3개 후보지를 선정하고 모호종합평가방법으로 평가하였다.

후보지의 지표들에 대한 모호성원수준계산결과는 표 1과 같다.

표 1. 변전소배치후보지의 지표에 대한 모호성원함수값

구분	지표	유리하다	보통이다	불리하다
후보지	도중손실률	0.65	0.08	0.00
	부하밀도	0.38	0.84	0.05
	선전력밀도	0.95	0.00	0.00
	전력공급반경	0.13	0.89	0.08
	주민지와의 거리	0.14	1.00	0.36
	산업지와의 거리	0.00	0.00	0.97

계층구조분석법으로 지표들에 대한 우선권무게를 결정한 결과 도중손실률, 부하밀도, 선전력밀도, 전력공급반경, 주민지까지 거리, 산업지까지 거리의 무게는 각각 0.335, 0.185, 0.176, 0.325, 0.152, 0.154이다.

새로운 변전소의 위치평가결과는 표 2와 같다.

2후보지가 변전소위치로 선정된것은 부하무게중심일뿐아니라 이 지구에 새로운 부하대상들이 많이 배치된것과 관련된다. 모든 변전소의 전력공급구역분할의 합리성을 검증하기 위하여 전력도중손실률, 선로길이, 부하밀도의 감소비율을 계산하였는데 매개 무리에서 평균유효전력손실률이 12.43%, 선로길이가 5.94%, 부하밀도가 6.31%로 현저히 감소되었다.

표 2. 새로운 변전소의 배치후보지평가결과

변전소후보지	유리하다	보통이다	불리하다
1	0	1	0
2	1	0	0
3	0	1	0

2후보지가 변전소위치로 선정된것은 부하무게중심일뿐아니라 이 지구에 새로운 부하대상들이 많이 배치된것과 관련된다. 모든 변전소의 전력공급구역분할의 합리성을 검증하기 위하여 전력도중손실률, 선로길이, 부하밀도의 감소비율을 계산하였는데 매개 무리에서 평균유효전력손실률이 12.43%, 선로길이가 5.94%, 부하밀도가 6.31%로 현저히 감소되었다.

맺 는 말

이 방법은 현재의 변전소들을 옮기지 않고 전력공급구역을 합리적으로 분할할수 있는 효과적인 방법이다.

참 고 문 헌

- [1] 박경일 등; 지질 및 지리과학, 4, 47, 주체100(2011).
- [2] 杨丽徙 等; 电力系统自动化, 27, 18, 87, 2003.
- [3] 朴庆日 等; 地域研究与开发, 22, 1, 5, 2003.
- [4] 杨丽徙 等; 风测绘通报, 3, 5, 33, 2004.
- [5] 杨丽徙 等; 电力系统及其自动化学报, 18, 6, 10, 2006.

주체103(2014)년 6월 5일 원고접수

The Method of the Zoning of Electric Power Canalization of Substation by Fuzzy Assessment and Group Analysis

Pak Kyong Il, Ryu Yong Hwan and Kim Kyong Jun

We studied the method of zoning of electric power supply of substation by fuzzy assessment and group analysis.

We applied the method of fuzzy assessment and group analysis to the selection of location proposal of new power distribution station.

Key words: fuzzy assessment, group analysis, substation, electric power supply