

# 무게보로노이도에 의한 변전소재배치방법에 대한 연구

곽남일, 박경일, 리영성

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《나라의 긴장한 전기문제를 해결하며 에네르기보장을 경제장성에 확고히 앞세우기 위한 과학기술적대책을 세워야 합니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회사업총화보고》 단행본 41페이지)

선행연구[1-3]에서는 보로노이도에 의한 변전소의 전력공급구역결정방법에 대해서는 연구하였지만 무게보로노이도에 의한 변전소재배치방법에 대해서는 연구하지 못하였다.

우리는 무게보로노이도에 의한 변전소의 재배치방법에 대하여 연구하였다.

## 1. 무게보로노이도에 의한 변전소의 위치선정과 전력공급구역결정방법

무게보로노이도는 수학적으로 다음과 같이 정의할수 있다.[1, 2]

$$V(p_i) = \left\{ x \in V(p_i) \left| \frac{d(x, p_i)}{w_i} \leq \frac{d(x, p_j)}{w_j}, i, j = \overline{1, n}, j \neq i \right. \right\} \quad (1)$$

여기서  $p$ 는 유클리드평면위의 점모임( $p = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ ,  $3 \leq n < \infty$ ),  $d(p_i, p_j)$ 는 점  $p_i$ 와  $p_j$ 사이의 유클리드거리( $p_i \neq p_j$ ),  $x$ 는 평면위의 임의의 점,  $w_i, w_j$ 는 무게로서 변전소의 규모(용량),  $V(p_i)$ 는 정점이  $p_i$ 인 무게보로노이도이다.

이제  $p_i(x_i, y_i)$ ,  $p_j(x_j, y_j)$ 는 무게  $w_i, w_j$ 를 가진 점들이며  $L_{ij}$ 는  $p_i, p_j$ 의 수직2등분선이라고 하자. 이때  $L_{ij}$ 의 방정식은 다음과 같다.

$$\sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} / w_i = \sqrt{(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2} / w_j \quad (2)$$

식 (2)의 양변을 두제곱하고 정리하면 원의 방정식을 얻는다.

$$\left( x - \frac{w_i^2 x_j - w_j^2 x_i}{w_i^2 - w_j^2} \right)^2 + \left( y - \frac{w_i^2 y_j - w_j^2 y_i}{w_i^2 - w_j^2} \right)^2 = \left( \frac{w_i w_j}{|w_i^2 - w_j^2|} d(p_i, p_j) \right)^2 \quad (3)$$

이로부터 무게보로노이도는 원의 형태를 가진다는것을 알수 있다.

무게보로노이도에 의한 변전소위치선정과 최량전력공급구역결정알고리즘은 다음과 같다.

걸음 1 변전소계통별 전력도중손실을 계산한다.

걸음 2 전력도중손실이 큰 계통이 1개이상이면 현존변전소를 정점으로 하는 무게보로노이도를 생성한다.

걸음 3 매개 무게보로노이도에 들어있는 현존부하대상들과 새로운 부하대상들을 련결하고 다시 전력도중손실을 계산한 다음 손실이 10%이하이면 계산을 끝낸다. 아니면 다음

결음으로 넘어간다.

결음 4 문제성있는 무게보로노이도에서 결절점  $q_i$ 를 중심으로 하여 이웃하고있는 정점을 지나는 원을 그린다.

결음 5 변전소의 합리적인 전력공급반경보다 큰 반경을 가진 결절점을 새로 배치할 변전소의 후보지로 선정한다.

결음 6 후보지들가운데서 위치, 건설, 재해안전성, 경관조건 등이 유리한 결절점을 변전소위치로 결정한다.

결음 7 현존변전소와 새로운 변전소를 정점으로 하는 무게보로노이도를 다시 구성하여 전력공급구역을 재분할하고 결음 2로 간다.

## 2. 계산 및 결과분석

우리는 연구지역의 배전망에서 전력도중손실을 줄이기 위하여 무게보로노이도에 의한 변전소재배치방법을 적용하였다. 연구지역의 변전소는 11개이며 부하지점은 625개이다.

현존배전망에서 전력도중손실이 큰 계통이 3개이므로 현존변전소를 정점으로 하는 무게보로노이도를 생성하였다.

현존변전소에 해당하는 매개 무게보로노이도로부터 떨어져나간 부하지점수가 전체 부하지점수에서 차지하는 비율은 표 1과 같다.

표 1. 현존변전소계통과 무게보로노이도계통사이 부하지점 변동비율

변전소번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
비율/%	37.7	0	13.0	72.7	7.7	0	3.5	20.0	21.3	42.0	44.0

표 1에서 보는바와 같이 현존변전소계통과 무게보로노이도생성후 계통차이가 심하므로 매개 무게보로노이도안에서 현존부하대상들과 새로운 부하대상들을 합리적으로 연결하고 전력도중손실을 계산한 결과 2, 3변전소계통이 아직도 손실이 크다.

이 지역에서 합리적인 전력공급반경을 2.4km로 결정하였을 때 이보다 큰 반경을 가진 결절점(3.5km)은 하나이다. 이 결절점을 변전소위치로 선정하고 다시 무게보로노이도를 구성하였는데 결과 12개의 구역이 생성되었다. 즉 1개의 새로운 변전소구역, 12변전소구역이 생겨났다. 새로운 변전소가 배치된 후 린접변전소와 새로운 변전소사이의 특성값은 표 2와 같다.

표 2에서 새로운 변전소배치로 인한 전력공급구역재분할의 합리성을 검증하기 위하여 린접변전소들에서 전력도중손실률, 선로길이, 부하밀도, 선전력밀도

표 2. 새로운 변전소가 배치된 후 린접변전소들에서 특성값의 감소비율(%)

변전소명	유효전력손실률	선로길이	부하밀도	선전력밀도
2변전소	15.43	38.94	70.31	0.91
3변전소	14.58	2.78	3.13	32.43

의 감소비율을 계산하였는데 2변전소에서 유효전력손실률이 15.43%, 선로길이가 38.94%, 부하밀도가 70.31%, 3변전소에서 선전력밀도가 32.43%로서 4개 지표들에 대하여 현저히 감소되었다. 새로운 변전소(12변전소)의 특성값도 기준값수준에 도달하였다.

이처럼 연구지역의 현존배전망에서 무게보로노이도분석법으로 전력공급구역을 재분할하고 선로재배치를 진행하였으며 12변전소를 증설하였다. 결과 연구지역의 배전망계통에서 유효전력손실률이 10.6%로서 기준에 도달하였다.

## 맺 는 말

무게보로노이도에 의한 변전소재배치방법은 변전소의 위치와 전력공급구역을 결정하는 효과적인 방법으로서 송배전망에서 변전소배치에 리용할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 리평; 지질 및 지리과학, 4, 47, 주체101(2012).
- [2] A. Navarro et al.; IEEE Transaction on Power Systems, 24, 2, 752, 2009.
- [3] A. S. B. Humayd et al.; IET Generation, Transmission & Distribution, 17, 12, 1415, 2013.

주체105(2016)년 11월 5일 원고접수

## **Relocation Method of Substation by Weighted Voronoi Diagrams**

*Kwak Nam Il, Pak Kyong Il and Ri Yong Song*

We studied the method of locating substation and redividing its electric power supply zone for minimizing the loss in transmission of electricity.

Key words: voronoi diagram, substation