

역전파알고리즘을 이용한 대지저항률추정에 관한 연구

○박경열* 유보혁* 석진욱* 최종기** 정길조** 김정훈*
*홍익대학교 전기제어공학과 **한국전력공사전력연구원

A Study on the Estimation of Earth Resistivity using Backpropagation Algorithm

○P.K. Park*, B.H. Yu*, J.W. Seok*, J.K. Choi**, G.J. Jung**, J.H. Kim*
*Hong-ik Univ. **KEPRI

◆ Abstract

In this paper, we present a useful method of estimating earth resistivity using BP algorithm in Neural-Networks. From this method, equivalent earth resistivity(EER) can be obtained directly using training data composed of field-measured apparent resistivity and probe distance. This approach can reduce errors which is conventionally raised from manual operation of calculating EER. To evaluate its accuracy and convenience, the result of proposed method is compared to that of conventional methods, graphical(ρ -a graph) and numerical(CDEGS program), respectively.

1. 서론

집지설비의 중요성에 대한 인식은 아주 오래전부터 있었으나, 그동안의 많은 연구에도 불구하고 아직도 집지설비에서 가장 중요한 인자인 대지의 전기적 성질 즉, 대지저항률에 대한 정확한 해석이 정립되지 않고 있다. 그 이유는 실제의 대지가 비균질한 구조로 되어있기 때문에 대지저항률을 정확히 구한다는 것은 현실적으로 불가능하기 때문이다.

대지저항률 측정 및 해석에 관하여 O.H. Gish- W.J. Rooney¹⁾ 이래로, E. Lancaster-Jones²⁾, Irwin Roman³⁾, R.W. Moore⁴⁾, H.M. Mooney-W.W. Wetzel⁵⁾ 등에 의한 연구로 그래프에 의한 대지저항률 해석방법이 정립되었고, 컴퓨터 이용기술의 발달에 따라 F. Dawalibi - C.J. Blattner⁶⁾, T. Takahashi⁷⁾ 등의 다층구조 토양구조 해석방법에 대한 연구가 상당히 진전되었다.

그럼에도 불구하고, 우리나라 현장에서는 아직도 대지저항률을 추정에 의하기 보다는 건설예정지의 일부 토양샘플로 대지저항률을 정하는 경우가 많으며, 일부만이 측정된 겘보기 저항률을 갖고 컴퓨터 프로그램이나 표준곡선을 이용하여 대지저항률을 추정하는 방법을 사용하고 있다.

그러므로, 대부분의 현장에서 사용하고 있는 대지저항률은 정확도에 있어서 많은 문제점을 갖고 있어, 현장에서 충분한 정확성을 갖고 손쉽게 활용할 수 있는 기법을 개발 보급할 필요가 있다.

본 연구에서 제안하고 있는 방법은 여러 단계의 입력과 계산 및 전문기술을 요하는 고가의 프로그램이나 그래프를 이용하는 방법과는 달리, PC와 간단한 프로그램만 구비된다면 여러단계의 작업을 거치지 않고 측정된 겘보기저항률의 입력과 동시에 등가대지저항률이 곧바로 출력되는 방법으로, 수작업이 아니기 때문에 해석에 따른 오차를 그만큼 줄일 수 있다는 장점이 있다.

또한, 본 연구에서 제안한 기법의 신뢰성을 높이기 위해 약 200여개의 실제 측정된 데이터를 7개의 유형별로 구분하여 BP학습시켰으며, 그 값에 대한 검증은 현재 활용되고 있는 ρ -a 곡선법과 SES사의 CDEGS프로그램과 비교하였다.

2. 기존의 대지저항률 추정법

기존의 대지저항률을 추정하는 방법은 현장에서 Schlumberger 또는 Wenner 전극배열방법에 의해 측정된 전극간격에 따른 겘보기저항률의 상관관계를 이용하는 것이다.

그러나, 실제의 대지는 비균질하기 때문에 위치 및 지층별로 대지저항률이 아주 달라, 대개의 경우 전극

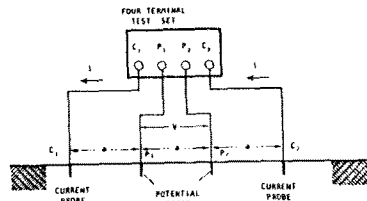


그림1 Wenner의 4전극법

간격에 따른 함수로 나타내는 겉보기 저항율이 전극 간격에 따라 크게 변화하므로, 그 구조를 정확히 해석한다는 것은 거의 불가능하다.

현재, 가장 일반화되어 있는 방법은 표준곡선 및 보조곡선을 이용하여 대지구조를 해석하는 그래픽법과 컴퓨터 프로그램을 이용하여 해석하는 수치해석법이다.

이 구체적인 방법은 Wenner의 4전극법에 의해 측정된 겉보기저항을 ρ 와 전극간격 a 를 이용하여, 등가 균질도양의 등가대지저항을 산정하기 위한 다층구조의 대지파라메타를 구하는 것으로 다음의 2가지 방법이 주로 사용되고 있다.

- ρ - a 곡선법(표준곡선과 보조곡선 이용)
- 개발된 컴퓨터 프로그램을 이용하는 방법

그러나, 위의 2방법은 비 균질한 대지를 수평 2층 또는 수평다층구조로 균질하다는 전제하에 계산되어 작성되거나 프로그래밍되었기 때문에 실제의 대지저항을과는 차이가 있을 수 있고, 또한 저항을 추정해 있어서 전문적인 기술을 요하거나 계산량이 많아 현장에서 이용하는 데에는 한계가 있고, 또한 대지파라메타로부터 다시 등가저항(약 5-30m)을 계산해야 하는 번거로움이 있다.

현재, 우리나라에서 Wenner 전극법에 의하여 측정된 대지저항값으로 대지저항을 해석하는 방법은, 일부 대규모 변전소의 설계 등에서 만이 컴퓨터를 이용한 수치해석법을 이용하고 있고, 대부분은 그래픽법을 이용하고 있으며, 여기에서 구한 값으로 대지의 깊이를 5~30m 로 하여 등가대지저항을 계산, 적용하는 방법을 사용하고 있다.

3. BP에 의한 대지저항의 추정법

본 연구에서 제안하고자 하는 방법은 대지저항을 추정을 신경회로망의 역전파알고리즘(BP)을 사용하여 겉보기저항으로부터 대지등가저항을 바로 구하는 것으로서, 총 8개의 BP로부터 1개는 분류기로, 나머지 7개는 추정기로 사용하였다. 이러한 BP를 이용하여 이미 측정되어진 자료를 ρ - a 곡선형태에 따라 분류하고, 이를 각각 학습시켜 임의의 자료가 입력되었을 때 그것에 대한 대지 등가 저항율이 직접 출력되도록 한 것이다.

여기서 제안하는 방법은 2부분으로 나누어지며, 하나는 임의의 자료가 입력되었을 때 이를 ρ - a 곡선형태에 따라 분류하는 분류부분과 각각의 형태에 해당하는 것을 종류별로 학습시켜 등가대지저항을 출력하는 추정부분으로 나누어진다. 이 2부분은 입력치의 표준화(normalize)부분과 목표치의 형태가 서로 다른 모양을 갖는 데, 전자는 입력의 최대치로 후자는 전체를 일정한 값으로 표준화시켰다.

3.1 대지구조의 형태분류

본 연구에서 사용되는 자료는 2, 4, 6, 10, 15, 20, 30m의 전극간격에 대한 겉보기저항을 측정치로, 다음과 같이 분류된다.

- 전체 자료를 특징에 따라 7개 종류로 구분.
 - 7 종류 각각에 대해 독특한 6개씩 선택.
 - 각각의 값의 표준화(입력치의 최대값 사용)
 - 7종류 6개씩의 자료를 각 특성값으로 학습.
- 특성값으로 다음의 7개를 사용.

$$[0\ 00]^T [0\ 01]^T [0\ 10]^T [0\ 11]^T [1\ 00]^T [1\ 01]^T [1\ 10]^T$$

이와 같이 학습된 BP는 임의의 자료가 입력되었을 때 7개의 특성값 중 어느 하나와 유사한 값이 출력되고, 이러한 분류기 출력과 특성값 사이의 오차가 가장 적은 BP특성값을 선택하여 해당 BP로 보낸다.

3.2 대지저항의 추정

분류기에서 분류된 자료를 각각 학습시키고, 입력값은 입력자료 중 최대값으로 나누어 표준화시켜 각 입력값에 대한 정보가 보존되도록 하였다.

목표값은 2층 또는 3층도양을 모델로 하여 SES의 CDEGS프로그램에 의한 결과로부터 구한 대지등가저항을 사용하였는데, 2진수의 형태로 나타내어 출력노드의 수를 증가시켰고, 총 200 여개의 자료를 7개 유형으로 분류하여 각각 학습시켜 총 7개의 BP를 구성하였다.

이상의 등가대지저항의 추정흐름도는 그림과 같다.

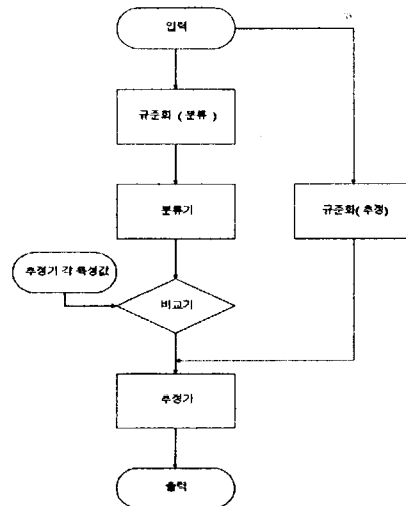


그림 2 대지저항의 추정 흐름도

4. 사례연구

사례연구로는 위에서 구성된 BP 프로그램에 임의의 지역에서 측정된 겉보기 대지저항을 자료를 입력한 후, 이 때 나타난 결과를 동일 자료로부터 구한 CDEGS 프로그램, 그래픽법의 결과와 비교하여 각각의 정확

성을 검토해 보았다.

여기서 전극간격 a 는 m 단위이고, 길보기저항을 ρ_a 은 Ω - m 단위이다.

(1) 입력

입력으로 사용된 임의지역(A, B, C, D, E)의 측정치는 다음의 표 1과 같다.

표 1 전극간격에 대한 길보기 저항률

a (전극 간격) ρ_a (길보기저항률)		2	4	6	10	15	20	30
	A	116.8	110.5	113	144.4	178.9	197	216.6
B	2355	1306	1130	449	358	376	471	
C	483	445	348	282	263	345	480	
D	188	213	226	132	113	138	188	
E	904	1430	1997	1004	942	754	659	

(2) 출력

A의 경우, 분류기를 통한 출력은 [0.1371 0.0000 0.0075]인데, 이는 [0 0 0]과 가장 근접하므로 증가경향이라고 볼 수 있고, B는 [1.0000 0.6485 0.0000]으로 [1 1 0] 감소경향, C는 [0.0001 1.0000 0.0000]으로 [0 1 0]의 아래로 불룩한 경향, D는 [0.4547 0.0010 0.6267]으로 [0 0 1]의 위로 불룩 & 아래로 불룩한 경향, E는 [1.0000 0.0000 0.0138]으로 [1 0 0]의 위로 불룩한 경향으로 볼 수 있고, 이에 대한 등가대지저항율은 표 2에 나타난 '제안한 방법'과 같다.

표 2 각 방법에 의한 등가대지저항율의 비교

CDEGS	제안한 방법(BP)	graphical method
207.689(100%)	203.127(97.80%)	210.994(101.59%)
424.898(100%)	430.546(101.33%)	357(84.02%)
207.599(100%)	202.722(97.65%)	146.742(70.69%)
882.1059(100%)	872.689(98.93%)	604.864(68.57%)
414.551(100%)	420.839(101.52%)	363(87.56%)

여기서 등가대지저항율의 단위는 Ω - m 이고, ()안의 % 수치는 CDEGS프로그램을 기준으로 각 방법들을 비교한 것이다.

사례연구 결과, CDEGS프로그램을 기준으로 하여 그래픽을 이용하여 구한 값은 5~35% 차이가 났으나, 제안한 방법에서는 5~10% 정도의 차이를 보이고 있다. 또한, 실측한 데이터를 보유한 상태에서 등가 대지저항율을 계산하는 데 드는 시간은 CDEGS 프로그램이 약 10~20분 정도, 그래픽법이 약 30~60분이 소요되었으나 제안한 방법은 약 2~3분 내에 결과를 얻을 수 있었다.

5. 결론

- (1) 본 연구에서는 다층형 신경회로망을 이용하여 전극간격에 따른 대지저항율의 상관관계로부터 직접 등가대지저항율을 추정하였으며, 시뮬레이션 결과 양호한 결과를 얻었다.
- (2) 또한, 측정된 길보기 저항율로부터 대지 도양구조를 판정하는 알고리즘을 개발하여 본 연구에서 제안된 방법의 정확성 및 편리성의 향상을 도모하였다.
- (3) 본 연구상의 제약조건은, BP학습에 필요한 목표값으로 다 기법에서 얻은 값을 이용해야 하는 문제, 기 측정된 데이터가 일정 간격을 가져야 하는 것과 대지의 심도가 30m로 제한된다는 것 등이며, 이는 향후 더 많은 자료의 적용과 관련 프로그램의 개발에 의해 해결될 것으로 본다.

[참고문헌]

- [1] O.H. Gish and W.J. Rooney. "Measurement of Resistivity of Large Masses of Undisturbed Earth". Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, Vol. XXX, p. 161.
- [2] E. Lancaster-Jones. "The Earth-Resistivity Method of Electrical Prospecting". The Mining Magazine, June 1930.
- [3] Irwin Roman. "Some Interpretations of Earth-Resistivity Data". American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, Contribution No. 66(Class L, Geophysical Prospecting), March 1934.
- [4] R. W. Moore. "An Empirical Method of Interpretation of Earth Resistivity Measurements". Trans. A.I.M.E.(1945), 164, p. 197.
- [5] H. E. Barnes. "Soil Investigation Employing a New Method of Layer Value Determination". Bulletin Michigan Highway Department(1951).
- [6] F. Dawalibi, C. J. Blattner, "Earth Resistivity Measurement Interpretation Technique", IEEE PAS, Vol. 103, No. 2, Feb. 1984, pp 374~382
- [7] Takehiko Takahashi, Taroh Kawase, "Analysis of Apparent Resistivity in a Multi-Layer Earth Structure" IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 5, No. 2, 1990, pp 604~612
- [8] Jack M. Zurada, "Artificial Neural Systems" 1992