

신경회로망에 의한 부하식별과 과도안정도 해석

• 이종필, • 김태응, • 지평식, • 남상천, *임재윤, *김정훈
 * 충북대학교 전기공학과, *충남전문대학 전기과, *홍익대학교 전기제어공학과

Load Characteristic Identification and Transient Stability Analysis Using Neural Network

• Jong-Pil Lee, • Tae-Eung Kim, • Pyeong-Shik Ji
 • Sang-Cheon Nam, *Jae-Yoon Lim, *Jung-Hoon Kim

* Dept. of Electrical Eng. Chung-Buk National University, 361-763
 *Dept. of Electrical Eng. Chung-Nam Junior College, 305-343
 *Dept. of Electrical Eng. Hong-Ik University, Seoul, 121-791

Abstract - In this paper, we developed to artificial neural network for load characteristic identification of power system. We can acquire active power and reactive power of individual load depending on the variation of voltage and frequency from the experimentation of a dynamic characteristic of load. The data of the experimental results were be used in learning of ANN. A proposed ANN model is applied to analyze the transient stability. To demonstrate the propriety of the power system transient stability with load model using ANN, the simulation of the two-machine five-bus system is carried out.

1. 서 론

전력계통의 상태해석이나 시뮬레이션을 위해서는 시스템을 구성하는 요소들의 수학적 표현에 의한 모델화가 전제되어야 한다. 시스템을 구성하는 요소는 각각 고유의 특성을 가지고 있고, 시스템의 상태에 따라서 각각 다른 변화를 보이고 있다. 전력계통을 구성하는 요소는 크게 전원, 선로, 부하로 구성하는데, 부하는 다양한 종류의 부하들로 구성 되어 있고, 전압, 주파수 변동 등으로 인하여 각 부하의 전력은 실제적으로 변화한다.

따라서, 본 논문에서는 이와 같은 부하의 특성을 수학적 모델보다 정도 높은 모델링을 위하여, 비선형 특성을 식별할 수 있는 신경회로망[1,2]을 이용하였다. 대표적인 부하인 유도전동기와 조명부하를 용량별로 선정하여, 부하종류별, 용량별로 전압과 주파수 변화에 따른 각각 부하의 전력을 측정하고, 측정된 자료로부터 구축된 신경회로망을 학습하여 신경회로망에 의한 부하모델을 구축하고, 구축된 신경회로망 부하모델을 사용한 과도안정도 해석 방법을 제시하고, 사례연구로 2기 5모선에 적용하여 결과를 제시하였다.

2. 일반적인 부하 모델

부하모델은 모선 전압과 주파수 그리고 모선 부하에 흐르는 전력과 전력의 사이의 관계를 나타내는 수학적인 표현식이다. 부하모델이라는 말은 방정식 자체를 의미하거나 또는 방정식의 파라미터의 특별한 값을 첨가한 방정식을 의미할 수 있다. 일반적으로, 부하모델은 정태·동태 부하 모델로 분류한다[3,4]. 정태 부하 모델은 정태 모델은 일정 임피던스, 일정전류, 일정 전력 등으로 표현한다. 또한, 동태 부하 모델은 일반적으로 전압의 크기와 주파수의 함수로 어떤 순간의 유효전력과 무효전력을 미분방정식으로 표현하기도 한다.

3. ANN에 의한 부하모델

다층형 신경회로망은 입력변수와 출력변수 사이의 비선형의 관계를 잘 나타낼 수 있어 부하특성의 식별에 이용할 수 있다.

전압과 주파수 변화에 대한 부하의 유효전력과 무효전력을 측정하고, 부하 식별을 위한 신경회로망의 식별자료로 이용했다. 신경회로망을 학습하기 위한 함수관계는 식(1)과 같이 표현 할 수 있다.

$$P_T = \Gamma(v_n, f_n, P_{T-1}) \quad (1)$$

여기서, $n = T-2, T-1, T$.

4. 과도안정도 해석 방법

과도안정도 해석의 과정은 그림 1과 같이 Runge - Kutta 방법에 의해 발전기의 동요방정식을 풀게 된다. 이 때 부하를 일정 전력이 아닌 전압과 주파수를 고려하는 신경망회로망에 의해서 표현된 부하 모델을 사용한다.

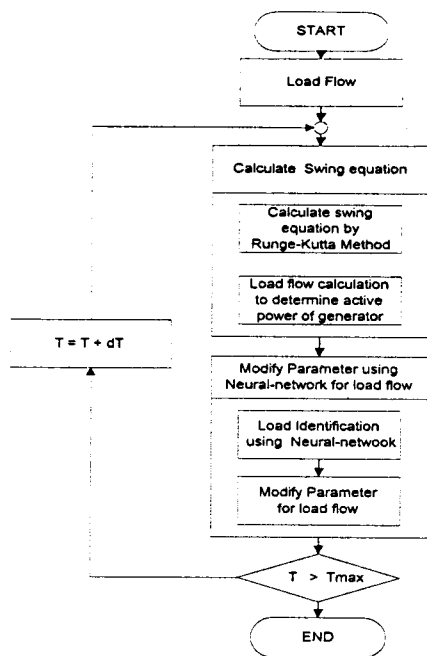


그림1 과도 안정도 해석 흐름도

5. 사례 연구

5.1 ANN에 의한 부하식별 결과

부하의 특성을 신경회로망으로 표현하는데 필요한 자료 수집은 그림2와 같이 3상 유도전압조정기와 주파수 변환기를 사용하여 전압과 주파수를 변환시키며 측정하였다.

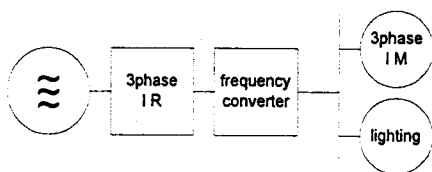


그림2 실험장치 구조

부하는 0.5마력의 유도전동기와 조명부하를 사용하여 전압과 주파수를 그림3과 같이 변화시켜 부하의 유효전력과 무효전력의 변화를 측정하였고 그림4와 같다. 특히 각 전력은 전압의 변화에 민감한 변화를 보이고 있다.

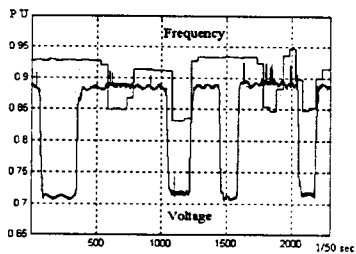


그림3 전압, 주파수의 변화

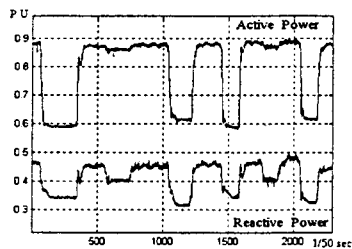


그림4 전압, 주파수 변화시 유효전력과 무효전력

신경회로망의 입력층은 7개로 하였으며, 중간층은 15개로 구축하고, 초기 학습율은 0.01, 그리고 학습 효과의 증대를 위하여 학습을 학습시마다 변화시켰다. 학습 종료 후, 계통의 상태가 학습때와 다른 조건 아래에서 부하의 특성을 식별하였다. 그림5에서 보는바와 같이 주파수의 변화는 없고 부하전압이 변화하였을 때 신경회로망에 의한 유효전력과 무효전력의 식별 결과는 그림6과 같이 실제값과 거의 동일하게 부하의 특성을 식별하고 있음을 알 수 있다.

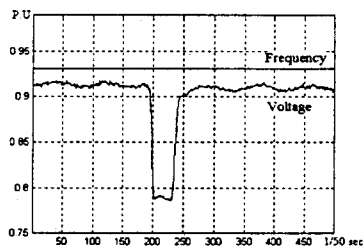
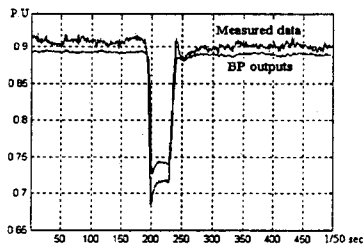
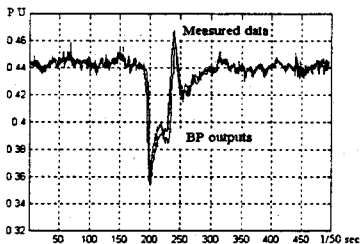


그림5 전압과 주파수 변화



a) 부하의 유효전력



b) 부하의 무효전력

그림6 시뮬레이션 결과

5.2 과도안정도 해석 결과

신경회로망의 표현된 부하를 포함하는 계통에서 과도 안정도 해석을 그림 7과 같은 2기 5모선 계통에 적용했다[5]. 부하모선 5의 경우는 유도전동기와

조명부하로 일정전력 대신에 5.1절에서 설명된 신경회로망으로 표현하였다.

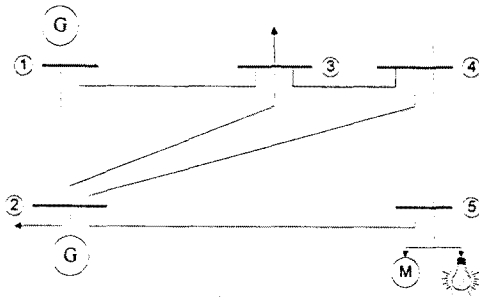


그림7 샘플 계통

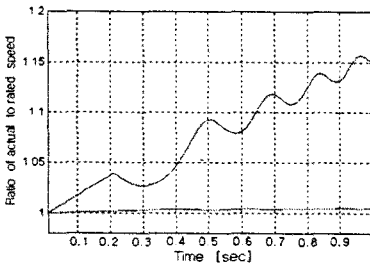
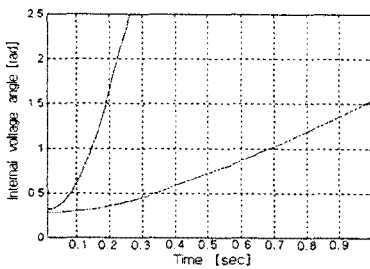


그림8. 고장시 발전기 위상각과 각속도(일정전력)

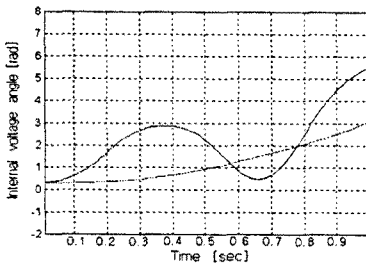


그림9. 고장시 발전기 위상각과 각속도(신경회로망)

신경회로망으로 표현된 부하를 포함하는 계통의 과도 안정도 영향을 알아보기 위하여 모선2에 3상 단락 고장을 상정하고 0.2초 후 고장을 제거하였다. 부하를 일정전력으로 표현된 계통에서 외란시 각 발전기의 위상각과 각속도의 변화는 그림8과 같이 탈조하게 된다. 그러나 부하를 신경회로망으로 표현한 경우 같은 조건에서 각 발전기의 위상각과 각속도의 변화는 그림9와 같이 계통의 안정을 유지하고 있다.

6. 결 론

본 연구는 다층형 신경회로망을 이용하여 부하의 동특성을 식별하였다. 시뮬레이션 결과 신경회로망은 양호한 식별결과를 얻었다. 그리고 신경회로망으로 표현된 부하모델을 포함하는 계통에서의 과도 안정도의 해석 방법을 제시하였고, 해석 결과 부하를 일정전력으로 표현하는 경우와 비교하여 실제 부하특성과 부합되게 표현된 신경회로망을 이용하는 경우 계통 안정도와 고장제거시간 등에 다소 큰 차이가 있었다. 이와 같은 결과는 부하 모델의 중요성에 대한 재인식과 함께 정도 높은 계통해석과 효과적인 운용을 위해 심도 있는 연구가 필요하다.

[참고문헌]

- [1] B.Y. Ku, R.J. Thomas, C.Y. Chiou, C.J. Lin: "Power system dynamic load modeling using artificial neural networks" IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 9, No.4, Nov. 1994, pp.1868-1875.
- [2] Jack M. Zurada, "Artificial Neural System", West, 1992, pp.163-235.
- [3] Chin-Teng Lin, C. S. George Lee, "Neural Fuzzy Systems", Prentice Hall, 1996, pp.235-252.
- [4] IEEE Task Force on Load Representation for Dynamic Performance: "Load representation for dynamic performance analysis" IEEE Trans. on Power Sys., Vol. 8, No.2, May 1993, pp.472-482.
- [5] IEEE Task Force on Load Representation for Dynamic Performance: "Standard load models for power flow and dynamic performance simulation" IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 10, No.3, August 1995, pp.1302-1313.
- [6] Glenn W. Stagg, etc., Computer Methods in Power Systems Analysis, McGraw-Hill, 1968, pp. 386-399