

# 과도안정도 해석을 위한 지능형 부하모델의 새로운 접근법

論 文

57P-2-6

## Nobel Approaches of Intelligent Load Model for Transient Stability Analysis

李鍾弼\* · 林栽尹\*\* · 池平植†  
(Jong-Pil Lee · Jae-Yoon Lim · Pyeong-Shik Ji)

**Abstract** - The field of load modeling has attracted the attention since it plays an important role for improving the accuracy of stability analysis and power flow estimation. Also, load modeling is an essential factor in the simulation and evaluation of power system performance. However, conventional load modeling techniques have some limitations with respect to accuracy for nonlinear and composite loads. Thus, precision load modeling technique and reasonable application method is needed for more accurate power system analysis. In this paper, we develop an intelligent load modeling method based on neural network and application techniques for power system. The proposed method makes it possible to effectively estimate the load model for nonlinear models as well as linear models. Reasonable application method is also proposed for stability analysis. To demonstrate the validity of the proposed method, various experiments are performed and their results are presented.

**Key Words** : Load Model, LMBP, Transient Stability Analysis

### 1. 서 론

최근 신재생 에너지를 이용한 소규모 분산전원이 증가하고 있고 신도시의 개발 등으로 인하여 전력계통의 규모는 점점 대형화 및 복잡화 되는 한편 고품질의 전력에너지 공급에 대한 요구는 점점 높아지고 있으며, 전력산업의 구조개편으로 인해 더욱더 정밀한 계통의 계획 및 운용이 요구되고 있다. 계통의 계획이나 운용을 위한 기초 자료로서 안정도 해석이 사용되는데, 정밀한 안정도 해석을 위해서는 계통을 구성하는 구성 요소에 대한 정밀한 모델이 필수적으로 요구된다[1]. 전력계통을 구성하는 요소 중 전원, 선로 등의 모델은 오랜 기간 연구되어 상당한 진전을 보이고 있으나, 부하에 대한 모델링은 그 중요성은 인정되지만 부하의 종류가 매우 다양하며 모션에서의 부하 구성 역시 매우 복잡한 특성을 보이므로 계통의 다른 요소들에 비해 많은 연구가 진행되지 않고 있다[2].

부하는 그 종류와 특성이 매우 다양하며 특히, 근래에 개발된 부하는 일반적으로 비선형적 특성을 나타내므로 간단한 함수로 나타내는 것은 매우 어려운 문제이다. 대표적인 부하 모델링 방법에는 다항식 모델과 ZIP 모델 기법이 있다. 다항식 모델은 부하의 유/무효 전력을 동 시간대의 전압이나 주파수의 함수로 표현 하는 것이고, ZIP 모델은 부하를 일정 임피던스(Z), 일정전류(I), 일정전력(P)으로 표현하는 방법이

다[3]. 기존의 모델링 방법은 파라미터의 추정이 비교적 간단하고 상용 계통해석 프로그램으로 적용하기가 용이하지만 모델의 차수를 결정하기 어렵고, 부하의 동특성을 표현하는데 어려움이 있다.

한편, 신경회로망은 그 적응성, 강인성 및 비선형 문제를 효율적으로 처리할 수 있는 알고리즘으로서 기존의 수학적 모델링 기법의 단점을 극복하기 위한 대안으로 각광 받고 있으며 부하모델링에서도 부하의 비선형성을 잘 추정할 수 있는 새로운 부하모델링 기법으로 그 가치를 나타내고 있으나, 부하 모델링의 궁극적인 목표인 계통해석에 신경회로망을 이용한 새로운 부하 모델을 적용하기에는 어려움이 있다.

부하모델에 관한 최근 연구로는 개별부하 및 집단부하에 대하여 정특성 실험을 실시하고 주거용 및 상업용, 산업용 부하에 대한 시간별 부하구성비를 추정하여 부하모델의 효용성을 입증[4]하였으며, 신경회로망 등을 이용한 부하모델링 기법 및 계통 적용 방법에 관한 방법론[3]이 제시되었고, 전력계통 안정도 정밀해석을 위한 적정부하모델의 개발방법과 적용 기법[5], 부하 역률모델 개발 기초연구[6] 등이 수행되었다. 또, 참고문헌 [7], [8] 등에서는 신경회로망을 이용한 부하 모델링 기법을 제안하였으며, 참고문헌 [9]에서는 신경회로망 부하모델을 이용하여 조류계산과 부하 모션의 전압 안정도에 적용하고 있으나 지금까지 신경회로망을 이용한 부하모델 관련 논문들은 부하모델링에 관한 연구를 수행한 것이 대부분이고, 부하모델링 결과를 계통 해석에 적용하기 위한 기법들에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 신경회로망을 이용하여 정밀 부하모델을 구축하고, 구축된 부하 모델을 과도안정도 해석에 적용하기 위한 기법을 제안하였으며, 사례연구를 통해 본 연구의 타당성을 입증하였다.

\* 正會員 : 忠北大學校 電氣工學科 博士課程

\*\* 正會員 : 大德大學 電氣科 副教授 · 工博

† 교신저자, 正會員 : 忠州大學校 電氣工學科 助教授 · 工博

E-mail: psji@chungju.ac.kr

接受日字 : 2008年 2月 28日

最終完了 : 2008年 4月 7日

## 2. 다층형 신경회로망 기반의 지능형 부하모델

전력계통에서 궁극적으로 필요로 하는 부하모델은 계통모선에서 모선에 연결된 전체 부하를 단일부하로 표현하는 것이다. 하나의 계통 모선에는 그림 1에서 보이는 것처럼 여러 부하들이 직접 또는 변압기와 배전선을 통해서 연결되어 있다. 모선에 병렬로 연결된 집단부하의 소비전력은 Tellegen이론[3]에 의하여 집단부하를 구성하는 개별부하 소비전력의 합과 같다. 따라서 다수의 개별부하가 조합된 모선의 집단부하는 각 개별부하 신경회로망 모델과 개별부하의 구성비를 근거로 선형조합에 의해 축약할 수 있다. 모선의 전압이나 주파수가 변동하면 연결된 개별부하의 신경회로망은 각각 출력을 내게 되고, 이들 출력에 모선 전체 소비전력에 대한 개별부하의 소비전력을 의미하게 되는 개별부하의 구성비를 이용하여 모선의 집단부하에 대한 단일의 유효전력과 무효전력을 얻을 수 있어 신경회로망을 이용하여 차세대 지능형 부하모델인 개별부하 축약에 의한 집단부하 모델을 구축할 수 있다.

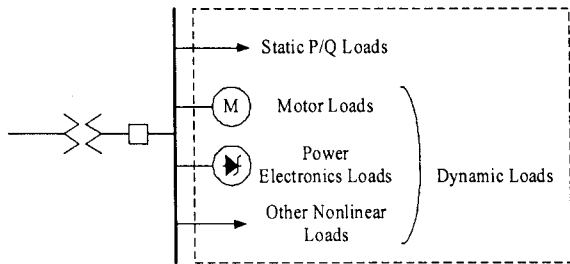


그림 1 부하모선의 예  
Fig. 1 Typical load bus

개별부하 모델링은 개별부하의 입·출력 특성을 모델링 하는 것으로, 본 연구에서는 그림 2에 나타난 바와 같이 신경회로망을 이용하여 구축하였다. 그림 2의 개별부하는 대표적인 주거용 부하이고, 부하 특성실험에 의해 얻어진 입·출력 자료를 이용하여 신경회로망을 학습시켰다.

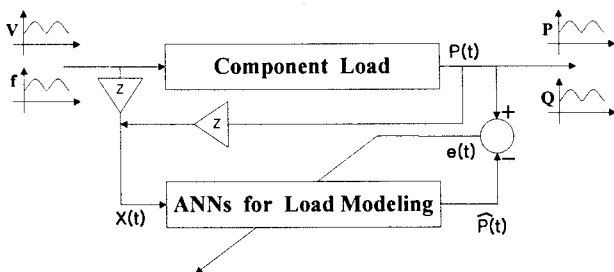


그림 2 신경회로망을 이용한 개별부하 모델 구축  
Fig. 2 Component load model construction using ANN

과도안정도 해석을 위한 지능형 부하모델에서, 신경회로망의 입력은 전압과 주파수의 현재 시점 및 과거 시점의 자료와 과거시점의 유효 또는 무효전력 자료를 이용하였으며, 출력은 부하가 소비하는 현재 시점의 유효 또는 무효전력이다. 전압 및 주파수의 변화 추세에 대한 부하특성의 응답을 고려하여 모델링 정도를 향상시키고자 과거 시점의 실적 자료 정

보도 이용하였다. 본 연구에서는 신경회로망의 학습 알고리즘으로 다층형 신경회로망의 학습방법 중 가장 학습속도가 빠른 방법으로 알려져 있는 Levenberg-Marquardt 학습방법(LMBP)[10]을 이용하였다.

계통해석을 위해 필요한 궁극적 모델은 부하 모선에서의 모델이므로, 만약 n개의 개별부하가 연결된 부하모선이라면 각각의 개별부하에 대한 모델이 구축된 후 부하모선의 집단부하는 그림 3과 같이 구축된 개별부하 모델과 부하구성비를 근거로 식 (1), 식 (2)와 같이 선형조합하여 축약할 수 있다.

$$P = \sum_{i=1}^n C_{Pi} \times P_{ANNi} \quad (1)$$

$$Q = \sum_{i=1}^n C_{Qi} \times Q_{ANNi} \quad (2)$$

여기서,  $C_{Pi}$ 는 유효전력의 구성비이며  $C_{Qi}$ 는 무효전력의 구성비를 나타내고,  $P_{ANNi}$ 와  $Q_{ANNi}$ 는 각각 i 모델의 유효, 무효전력 출력이다.

모선의 전압이 변동하면 개별부하 모델은 각각 출력을 내게 되고, 이들 출력에 모선 전체 소비전력에 대한 개별부하의 구성비를 각각 곱하여 그 결과를 모두 합함으로써, 모선의 집단부하에 대한 단일의 유효전력과 무효전력을 얻을 수 있다.

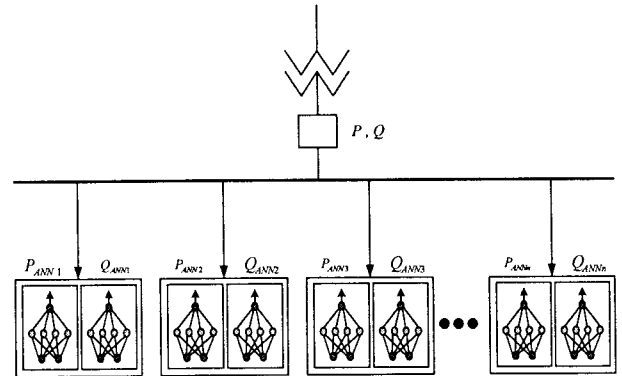


그림 3 개별부하 모델의 축약  
Fig. 3 Aggregation of component load model

## 3. 과도안정도 해석을 위한 지능형 부하모델의 적용기법

전력계통에서의 안정도란 계통이 주어진 여러 운전조건 하에서 안정하게 운전을 계속 할 수 있는가에 관한 능력을 가리키는 것으로 안정도 문제는 외란 후의 동기발전기의 거동에 관련된다. 외란이 가해지면 발전기의 입·출력의 균형이 깨지면서 회전체인 동기 발전기는 식 (3)의 운동방정식에 따라 가속 또는 감속하게 된다.

$$\frac{d\omega_i}{dt} = \frac{\pi f}{H_i} (P_m - P_e) \quad (3)$$

여기서,  $H_i$ 는 i 발전기의 관성정수,  $P_m$ 와  $P_e$ 는 각각 i

발전기의 기계적 입력과 전기적 출력이다.

본 논문에서는 제안된 지능형 부하모델의 과도 안정도 해석에 적용하기 위하여 발전기의 입력은 일정하다고 가정하고, 제동 토크는 무시한다. 정상상태에서의 발전기의 입출력은 평형이지만, 어떤 외란이 발생하게 되면 발전기의 출력인 전력  $P_{oi}$ 은 변화하게 된다.  $P_{oi}$ 는 t시점에서 발전기의 출력으로 식 (4)와 같이 부하와 계통의 손실 합으로 나타내며, 여기서 지능형 부하모델의 적용 모션이 k라면 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{oi} = P_{ANN} + P_{loss} + \sum_{j=1, j \neq k}^n P_j \quad (4)$$

여기서,  $P_j$ 는 j 모선의 전력,  $P_{loss}$ 는 계통의 손실,  $P_{ANN}$ 은 신경회로망 적용 모션의 전력이다.

과도 상태에서는 부하 모션의 전압과 주파수가 변화하기 때문에 부하가 소비하는 전력 역시 변화하므로 부하전력의 합계 또한 변화한다. 따라서 본 연구에서는 과도상태에서의 부하모션의 전력을 지능형 부하모델을 이용하여 계산해서 과도안정도 해석 과정에 반영하도록 하였다.

본 연구에서는 과도안정도 해석 방법으로 널리 알려진 Runge-Kutta 법[11]을 이용하였고, 그림 4에 본 연구에서 제안하는 안정도 해석 알고리즘을 나타내었다. 각 t시점에서, 안정도 해석 알고리즘에 의해 계산된 모션의 전압과 주파수를 신경회로망 부하모델에 입력시켜서 지능형 부하 모델의 출력을 계산한다. 신경회로망 모델의 출력은 해당 모션의 유효, 무효전력 값이므로 안정도 계산 과정에 필요한 어드미턴스 값으로 변환되어 t+1시점의 안정도 해석에 이용된다.

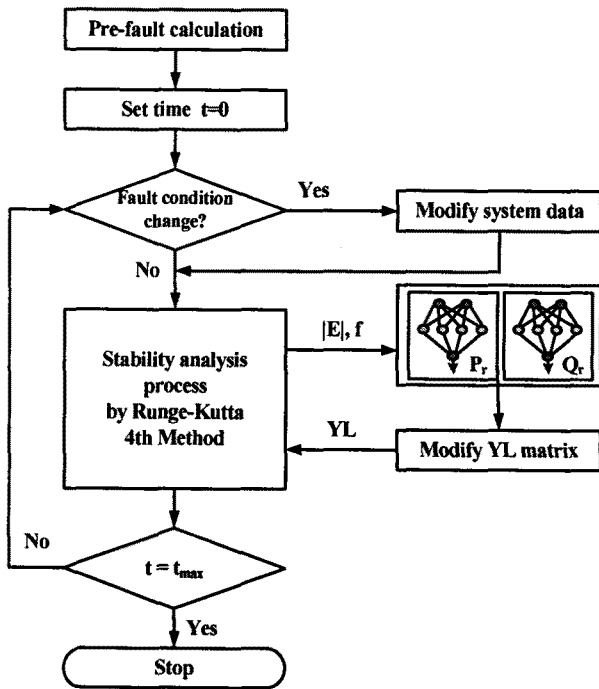


그림 4 제안된 과도안정도 해석 알고리즘  
Fig. 4 Proposed transient stability analysis

#### 4. 사례연구

##### 4.1 특성실험 및 모델링 결과

부하의 특성실험은 계통에서 일어날 수 있는 상황을 묘사하기 위해 각각 개별부하 및 집단부하에 대하여 가해지는 전압 및 주파수를 변화시키면서 유효/무효전력, 즉 부하의 응답 특성을 측정하였다.

과도안정도해석에서는 부하의 동태특성을 요구하는데, 동태특성은 부하에 인가되는 전압 및 주파수를 일정하게 유지하며 공급하다가, 계통의 고장시를 가정하여 전압 및 주파수를 급격히 변화시켰을 때 부하의 응답 특성으로 전압과 주파수를 동시에 급격히 변화시키며 측정하였다.

본 연구에서는 그림 5와 같이 각각의 주거용 부하를 외란 공급전원장치에 연결하고 전압은 0.8[p.u.]~1.05[p.u.], 주파수는 56~62[Hz]의 범위로 변화시키며 전력분석기를 이용하여 50[개/sec]의 데이터를 측정하여 모델링 하였다.

개별부하모델을 부하구성비를 기반으로 축약하여 한 개의 등가부하 모델로 표현하는 부하모델링 방법에 대한 타당성을 실증적으로 확인하고자 개별부하로 구성된 집단부하에 대한 실험 역시 실시하였다.

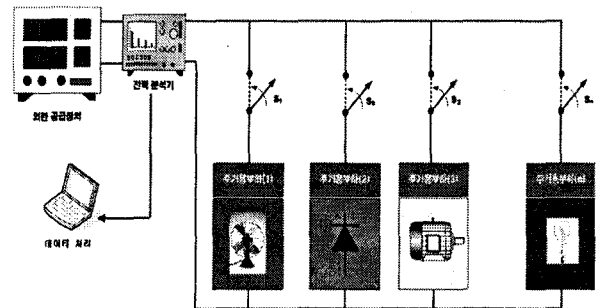


그림 5 부하특성실험의 구성  
Fig. 5 Experimental setup

집단부하 실험을 위해 집단부하의 구성은 실제계의 구성비를 참고하여 실험실에서의 실험이 가능한 범위 내에서 다양한 부하특성을 가진 개별부하로 집단부하를 구성하여 특성실험을 진행했다. 표 1은 본 연구에서 구성한 집단부하의 사례로, 집단부하를 구성하는 각 개별부하의 정격 및 구성비를 표시하였다. 축약모델1은 유도전동기 부하의 구성비율을 높여 산업용 부하의 특징을 나타내도록 구성 하였으며, 축약모델2는 조명부하와 전산부하의 비율이 상대적으로 크게 하여 상업용 부하의 특징을 모의할 수 있도록 구성하였다.

개별부하 축약의 영향을 분석하기 위하여 개별부하 모델링 결과를 부하구성비에 의해 축약하고 그 결과를 집단부하 실험 결과에 비교 분석 한 결과, 축약모델 1의 경우 유효전력에 대한 평균 축약 오차는 0.093[%], 무효전력에 대한 축약 오차는 0.13[%]로 매우 양호하게 축약된 것을 알 수 있다. 또한 축약모델 2에 대한 축약오차는 유효전력과 무효전력에 대하여 각각 0.009[%]와 0.14[%]로 나타났다. 본 연구에서는 식 (5)를 이용하여 평균 오차를 구하였다.

$$E_r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{P_{\hat{u}} - P_u}{P_u} \right| \quad (5)$$

여기서,  $P_p$ 는 목표값이고  $P_o$ 는 축약모델의 출력이다.

표 1 집단부하의 구성  
Table 1 Group load composition

축약 모델1	품목	T.V	냉장고	선풍기	유도 전동기	계
	정격[W]	110	300	45	660	1,115
	구성비[%]	9.86	26.90	4.04	59.20	100
축약 모델2	품목	T.V	형광등	백열등	선풍기	계
	정격[W]	110	40	100	45	295
	구성비[%]	37.29	13.56	33.90	15.25	100

4.2 지능형 부하모델을 이용한 과도안정도 해석결과

그림 6과 같은 샘플계통[11]에 지능형 부하모델을 적용하여 과도안정도 해석을 수행하였다. 표 2와 같이 각 부하 모선에 다양한 부하 모델을 채용하고 모선 9에서의 3상 단락고장에 대한 동일한 계통 운용 조건 아래에서 발전기 상태의 변화를 관찰하고, 계통에 고장이 발생한 경우 적용된 부하 모델에 따른 계통의 안정한 상태를 유지하기 위한 임계고장제거시간(critical clearing time)을 비교 검토하였다.

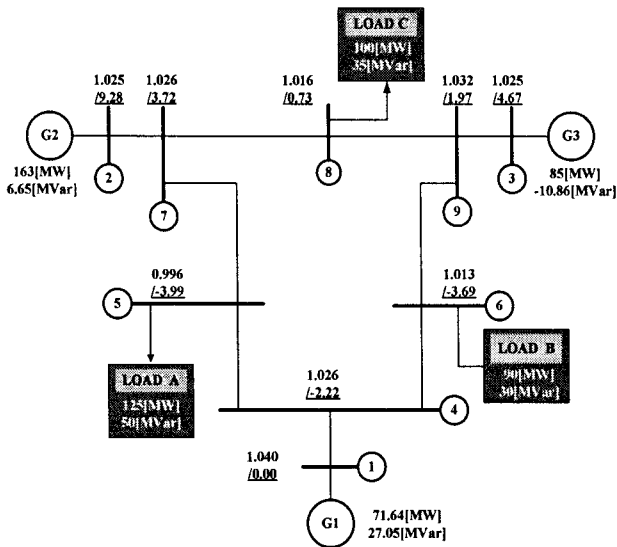


그림 6 샘플계통  
Fig. 6 Sample system

4.2.1 동일한 계통운용 조건에서의 부하 모델의 비교

그림 7 ~ 9에서 정전력 모델과 지능형 부하 모델인 축약 모델 1을 5번 모선에 적용하여 축약모델 적용 모선의 부하와 각 발전기들의 상태를 비교하였다. 고장은 9번 모선에서의 3상 단락사고를 상정하였고, 고장제거시간은 0.2초로 하였다. 그림 7은 축약모델 적용 부하 모선인 5모선에 적용된 정전력 모델과 지능형 부하모델인 축약모델 1의 유효전력이다. 정전력 부하 모델과 달리 축약모델은 모선 전압의 크기변화에 대하여 부하의 유효전력이 크게 변화하고 있다는 것을 알 수 있다. 부하 모델에 따른 유효전력의 크기에 따라 발전기의

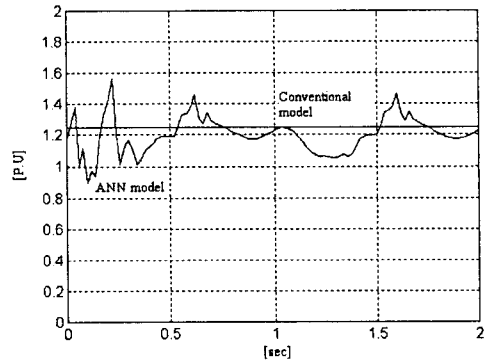
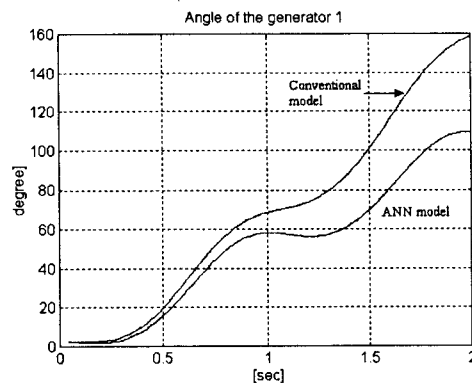


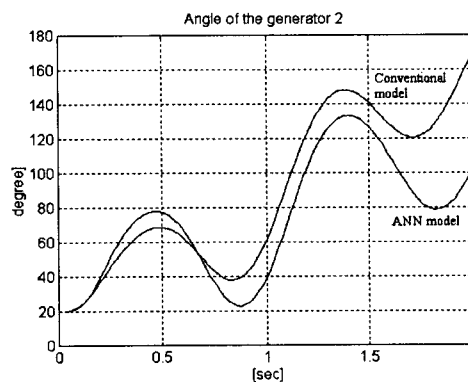
그림 7 모델별 출력 비교  
Fig. 7 Comparison of model output

출력은 식(4)와 같이 요구되고, 이와 같은 출력을 위하여 발전기의 회전 속도는 증감을 하게 된다.

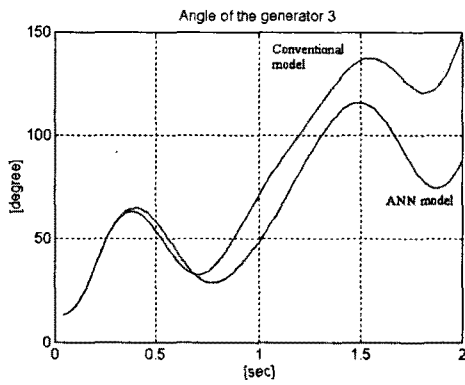
각 발전기들의 위상각 변화는 그림 8에 나타내었다. 각 발전기들의 위상각은 정전력 모델을 적용한 경우에 비해 더 작은 각 변위를 보이고 있다. 그러나 각각의 위상각 변위는 정전력 모델의 변위보다 작을 지라도 상차각은 더욱 많이 벌어지고 있음을 그림 9의 상차각 비교를 통해 알 수 있다. 신경 회로망 모델과 같이 정밀한 부하모델의 경우 그림 7에서 보여지는 것처럼 부하의 변동이 정전력 모델에 비해 커지므로, 발전기의 입출력간의 차이가 더 커지게 되고 전체 발전기의 위상각 변위는 작을지라도 발전기 사이의 상차각은 더 많이 벌어지는 결과를 가져온 것으로 해석할 수 있다.



(a) 1번 발전기

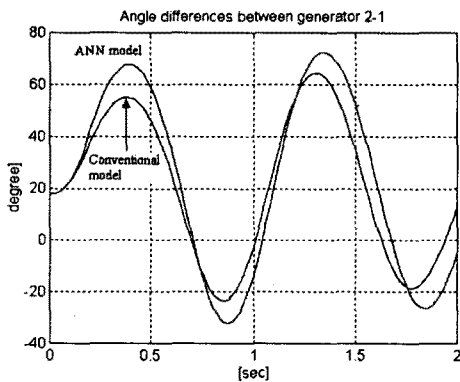


(b) 2번 발전기

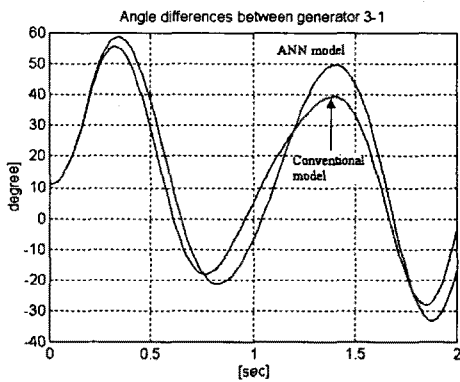


(c) 3번 발전기

그림 8 각 발전기들의 위상각 비교  
Fig. 8 Comparison of generator angle



(a)  $\delta_{21}$



(b)  $\delta_{31}$

그림 9 모델별 상차각 추이의 비교  
Fig. 9 Comparison of Angle differences

4.2.2 임계고장제거시간에 대한 부하모델의 비교

지능형 부하모델을 이용한 과도 안정도 해석 방법의 타당성을 비교 분석하기 위한 정전력 모델과 축약모델 1, 2 등의 모의 실험 조건 및 그 결과를 표 2와 그림 10 ~ 11에 나타내었다.

그림 10은 정전력 모델을 샘플계통에 적용하고 9번 모선에 서 발생한 3상 단락사고의 복구시간을 증가시키며 계통의 발전기간의 상차각의 변화 추이를 나타내고 있다. 슬랙발전기

표 2 과도안정도 해석 결과

Table 2 Result of transient stability analysis

부하 모션 사례	5	6	8	고장 제거 시간	상정사고
1	정전력	정전력	정전력	0.36 [sec]	모션 9 3상단락
2	지능형 (축약1)	정전력	정전력	0.26 [sec]	
3	지능형 (축약2)	정전력	정전력	0.28 [sec]	

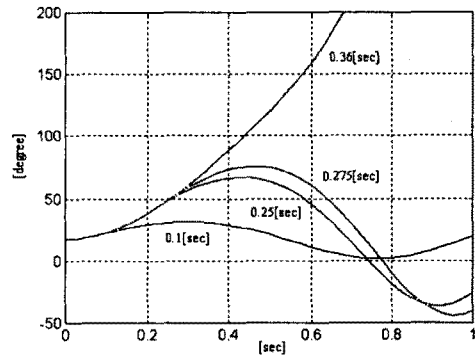


그림 10 상차각-시간 곡선(사례1)  
Fig. 10 Angle difference curve(Case 1)

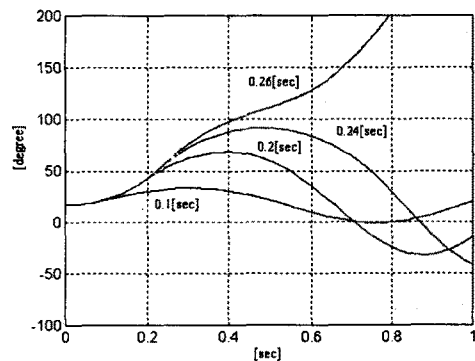


그림 11 상차각-시간 곡선(사례2)  
Fig. 11 Angle difference curve(Case 2)

와 2번 발전기간의 상차각으로 고장제거 시간이 0.36초 일 때 발전기가 탈조하고 있음을 알 수 있다.

한편, 그림 11은 5번 모선에 정전력 부하모델 대신 지능형 부하모델을 적용한 경우이다. 그림은 슬랙발전기와 2번 발전기간의 상차각으로 고장제거 시간이 0.24초까지는 안정하게 운전되고 있으나 고장제거 시간이 0.26초일 경우 탈조한 것을 알 수 있다.

정전력 모델을 적용한 경우 고장제거시간은 0.36초이었고, 공업용 부하를 고려한 지능형 부하모델 1을 적용한 경우는 0.26초로, 이것은 지능형 부하모델을 적용한 경우에 실제통에서와 같이 모선의 부하가 모션전압에 따라 변화하므로 전체 계통의 부하 또한 증감하게 되어, 정전력 모델을 적용한 경우보다 상차각이 더 많이 벌어진 것으로 해석할 수 있다. 한편, 상업용 부하를 고려한 지능형 부하모델 2를 부하모션 5에 적

용한 사례 3의 경우는 지능형 부하모델1과 모델의 출력에 차이가 발생하여 임계고장제거시간이 0.28초로 달라졌다. 이것은 모선을 구성하고 있는 부하의 구성비가 달라지면서 전압 변화에 대한 부하전력의 변화가 바뀌게 되므로 계통의 과도 안정도에 영향을 미친 것으로 해석 할 수 있다. 따라서, 과도 안정도 해석의 정도를 향상시키기 위해서는 정밀한 부하모델이 필요함을 나타내는 결과로 사료된다.

### 5. 결 론

전력계통의 성능평가를 위한 과도안정도 해석을 위해 정밀한 부하모델의 사용은 필수적이다. 그러나 기존의 수학적 모델링 기법은 비선형성을 나타내는 부하들을 모델링 하는데 있어 그 정밀도에 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 보다 정밀한 전력계통해석을 위해 신경회로망 모델링 기법을 이용한 차세대 지능형 부하모델링 기법을 제안하였다. 본 연구의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

첫째, 개별부하 특성실험을 통해 얻어진 자료를 이용하여 개별부하 모델을 구축한 후 개별부하 모델링 결과를 부하구성비에 의해 축약하여 모선에서의 축약 모델을 만들어 그 결과를 집단부하 실험 결과에 비교 분석 하였다.

둘째, 과도 안정도 해석시 지능형 부하모델의 적용 방법을 제안하고 사례연구를 통하여 사용 부하모델에 따른 고장제거 시간을 분석한 결과 정밀한 부하모델의 개발 및 적용이 필요함을 보였다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2005-7-061) 주관으로 수행된 과제임.

### 참 고 문 헌

- [1] M. Bosranci, J. Koplowitz, C. W. Taylor, "Identification of Power System Load Dynamics Using Artificial Neural Networks", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 12, No. 4, Nov. 1997, pp. 1468-1473.
- [2] Qian Ai, Danzhen Gu, Chen Chen, "New Load Modeling Approaches Based on Field Tests for Fast Transient Stability Calculations" IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 21, No. 4, Nov. 2006, pp. 1864-1873.
- [3] 지평식, "신경회로망에 의한 부하모델링과 계통해석에 관한 연구", 충북대학교 대학원 박사학위 논문, 1998. 8.
- [4] 한국전력공사 기술연구원 "전력계통 안정도 해석을 위한 적정부하 모델에 관한 연구" KRC-88S-J02, 1989. 10.
- [5] 김정훈 외, "전력계통 안정도 정밀해석을 위한 적정부하모델에 대한 연구" 한국전력공사 전력연구원 연구보고서, 2000.
- [6] 이병하, 김정훈, "전력산업구조개편하에서 전력계통 운용과 계획을 위한 부하역물모델 개발에 관한 연구", 기초전력연구원 연구보고서, 2004. 8
- [7] Vilathgamuwa, D.M. Wijekoon, H.M, "Representation of Power System Load Dynamics with ANN for Real-time application", 2003, IEEE General Meeting
- [8] Knyazkin, V.; Canizares, C.A.; Soder, L.H, "On the Parameter Estimation and Modeling of Aggregate Power System Load", IEEE Trans. On Power System, Vol. 19, No. 2, May 2004
- [9] Dingguo Chen, Ronald R. Mohler, "Neural-Network-Based Load Modeling and Its Use in Voltage Stability Analysis", IEEE Trans. On Control Systems Technology, Vol. 11, No. 11, 4 July 2003
- [10] Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, Mark Beale, Neural Network Design, Thomson Learning, 1996, pp. 12-19~12-31.
- [11] Paul M. Anderson and A. A. Fouad, Power System Control and Stability, IEEE PRESS, 1993, pp. 37~41

## 저 자 소 개



### 이 종 필 (李鍾弼)

1970년 12월 14일생. 1996년 충북대학교 공대 전기공학과 졸업, 1999년 동 대학원 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정  
E-mail : jolious@ddc.ac.kr



### 임 재 윤 (林裁尹)

1961년 8월 4일생. 1984년 충북대 공대 전기공학과 졸업, 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 1995년 홍익대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 1999~2000 Texas A&M Univ. 방문교수, 현재 대덕대학 전기과 부교수  
E-mail : jyylim@ddc.ac.kr



### 지 평 식 (池平植)

1964년 3월 5일생. 1994년 충북대학교 대학원 전기공학과 석사과정 졸업(공학석사), 1998년 동대학원 전기공학과 박사과정 졸업(공학박사), 현재 충주대학교 전기공학과 조교수  
E-mail : psji@chungju.ac.kr