

Reasonable Load Characteristic Experiment for Component Load Modeling

池平植* · 李鍾弼** · 林栽尹*** · 秋鎭夫§ · 金正勳§§

(Pyeong-Shik Ji · Jong-Pil Lee · Jae-Yoon Lim · Jin-Boo Choo · Jeong-Hoon Kim)

Abstract - Load modeling is classified into two methods according to approaching method, so called the measurement and component-based method. The measurement method is to model the load characteristics measured directly at substations and feeders. But it is difficult to measure continuously load characteristics from naturally occurring system variation. The component-based method consists of the following process; component load modeling, composition rate estimation and aggregation of component loads, etc. In this paper, the characteristic experiment of component loads was performed to obtain data for the component load modeling as the component-based method. At first, representative component loads were selected by the proposed method considering the accuracy of load modeling and the performance possibility of component load experiment in the laboratory. Also an algorithm was proposed to identify the reliability of data obtained from the component load characteristic experiments. In addition, the results were presented as the case studies.

Key Words : Component load characteristic, Load modeling

1. 서 론

전력계통의 해석에서 요구되는 부하모델의 중요성은 이미 조류 계산에서 뿐 만 아니라, 계통의 안정도 해석에서의 안정 극한전력 등이 부하모델에 따라 크게 달라짐이 많은 연구에서 발표되어 입증되었다[1-3]. 이와 같이 계통해석에서 중요한 부하모델링의 방법은 일반적으로 거시적인 방법과 미시적인 방법 등이 있다. 거시적인 방법은 모선에서 전압과 주파수 변동에 대하여 부하의 응답인 유효전력과 무효전력을 직접 측정하는 것이고, 이와 반대로 미시적인 방법은 모선의 집단 부하를 구성하는 개별부하를 실험을 통하여 모델링하고 집단 부하의 구성비를 근거로 하여 모선의 단일 부하로 축약하는 것이다. 그러나 대규모 계통의 모든 모선에 대하여 부하모델을 제시할 수 있는 방법은 모선의 수, 현장 측정, 인력 투입, 요구되는 시간 등을 고려하면 현실적으로 후자인 미시적인 방법에 의한 부하모델링만이 가능하다고 볼 수 있다[4-6].

미시적인 방법에 의하여 부하모델링은 모선에 다양한 부하들이 존재하므로 이들 모든 부하에 대한 모델링과 제각기 부하구성비를 파악한다는 것은 비현실적이므로, 모선에서 부하

모델의 정도에 미치는 영향과 실험실에서 개별부하 실험의 가능성을 고려하여 개별부하를 선정하는 것이 효율적일 것이다. 이와 같이 미시적인 방법에 의한 부하모델링시 부하모델의 정도를 높이기 위해서는 개별부하의 선정 및 특성실험 방법 [1,3], 실험자료의 신뢰성 문제, 개별부하 모델링 등이 심도 있게 연구되어야 하나 지금까지는 개별부하모델링에 관한 연구가 주로되었다[7-9].

본 연구에서는 미시적인 방법에 의하여 부하모델링하는 경우 수반되는 개별 부하모델링을 위하여 합리적인 개별부하 특성실험 방안을 제시하였다. 부하모델링을 위하여 다양한 부하 중에서 개별부하의 선정방법과 계통에서의 발생하는 현상에 대하여 선정된 개별부하의 응답 특성을 파악할 수 있는 부하 특성실험 방법을 제안하였으며, 또 반복적인 실험으로부터 얻어지는 자료의 신뢰성을 확보하기 위한 알고리즘을 제안하고, 사례연구를 통하여 본 연구방법의 타당성을 제시하였다.

2. 제안된 연구방법

2.1 부하기기 선정

미시적인 방법에 의하여 부하모델링의 정도는 앞서 설명한 바와 같이 개별부하의 모델링과 부하구성비가 매우 중요하다. 그러나 부하 모선에는 매우 다양한 부하들이 존재하므로 이들 모두에 대하여 실험을 통하여 개별부하를 모델링한다는 것은 현실적으로 불가능하기 때문에 부하모델의 정도에 미치는 영향을 고려하여 대표적인 개별부하를 선정할 수 있으며, 본 연구에서는 다음과 같은 개별부하 선정 기준을 설정하였다[10-12].

* 正 會 員 : 忠州大學校 電氣電子 및 情報工學部 助教授 · 工博

** 正 會 員 : 大德大學 時間講師

*** 正 會 員 : 大德大學 컴퓨터電氣電子系列 副教授 · 工博

§ 正 會 員 : 韓電電力研究員 首席研究員 · 工博

§§ 正 會 員 : 弘益大學校 電子電氣工學部 教授 · 工博

接受日字 : 2001年 2月 23日

最終完了 : 2001年 12月 27日

- 높은 보급률의 부하
- 연간 전력 사용량이 큰 부하
- 다른 부하와 달리 응답 특성이 특이한 부하
- 실험실 및 현장 실험이 가능한 부하 중에서 부하구 성비 추정 가능 부하
- 최근 5년 이내에 생산된 부하

2.2 부하특성실험

대규모 계통에 있어서 전체부하 모션에 대하여 외란시 실 측데이터를 취득한다는 것은 불가능하기 때문에 부하특성 실험은 실험실에서 개별부하에 외란과 유사한 전압과 주파수를 인가하여 부하의 응답특성인 유효전력과 무효전력을 측정함 으로서 개별부하를 모델링할 수 있는 자료를 확보하는 것이 다[9,13].

부하모델링을 위한 개별부하 실험은 부하의 특성을 파악하 기 위하여 전압의 미소한 변동에 따른 부하의 응답을 측정하 는 정태실험이다. 개별부하의 정태 실험을 위해서 그림 1과 같이 3상 유도 전압조정기와 주파수 변환기를 이용하여 전압 과 주파수를 인가한다. 부하에 주파수별(0.93, 0.97, 1.0, 1.03 [p.u]) 전압 변화(0.8~1.2[p.u])를 인가하여 부하의 응답을 측 정한다. 본 연구에서는 부하특성을 측정하기 위해 전원부, 계 측부, 실험판, 개별부하 등으로 부하특성 실험장치를 구성하 였다.

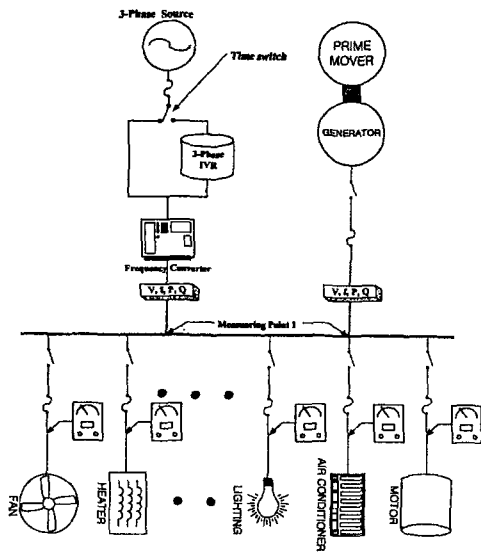


그림 1 개별부하 실험장치의 구성

Fig. 1 Configuration of component load experimentation device

전원부는 전압 변동에 따른 부하의 응답 특성을 파악하기 위한 전압 인가장치이고, 계측부는 부하에 인가된 전압 또는 주파수에 따른 부하의 응답인 유효전력과 무효전력을 실시간 으로 측정하고 자료를 저장하는 장치이다. 그리고 실험판은 전압과 주파수를 부하에 용이하게 인가하고 부하의 응답을 효과적으로 측정할 수 있도록 제작하였다. 이 이외에 보조적 인 장치 및 측정 장비로서는 변류기, 변성기 등을 갖추고 있 다. 표 1에 실험장치의 규격을 나타내었다.

표 1 실험장치의 사양

Table 1 Specification of experiment devices

구분	실험 기기	규격
전원부	원동기 동기발전기	10 [HP] 디젤엔진 최대출력 50[kVA] 전압 150 ~ 380[V] 주파수 55 ~ 65[Hz]
	주파수변환기 유도전압조정기	5[kVA] 0~75[Hz] 10[kVA], 0~380[V]
계측부	전력분석기	전압 0~600VAC 전류 5 Arms AC or DC 주파수 DC or 45~65[Hz] 샘플링 주파수 7.68[kHz] HDD 최대 500 [Mb] Real Time 데이터 관리 가능
	유효·무효전력계 Digital Clamp Meter	P : max 2000[W] Q : max 2000[Var] V : AC or DC max 1000[V] I : AC or DC max 30[A] R : $3 \times 10^2 [\Omega]$
Data처리	컴퓨터	CPU Pentium 450[MHz]
Data보관	디스켓(3.5")	Floppy Diskette 1.44 [Mb]

2.3 신뢰성 확보방안

개별부하에 대한 특성실험시 실험결과의 신뢰성은 부하모델 링의 정도에 많은 영향을 미치기 때문에 보다 신뢰성 높은 자료 를 확보가 요구되는 데, 최근 과학 기술의 발전에 따라 많은 개 별부하들은 비선형 특성을 갖는 전력전자 소자를 일반적으로 사 용하고 있으며, 이와 같은 결과는 개별부하의 비선형 특성과 함 께 백색 잡음의 발생을 초래하고, 또한 전원 장치인 주파수 변 환 장치도 백색 잡음을 발생하기도 하며, 유도전압 조정기에서 도 충격성 잡음이 발생한다[13]. 이러한 잡음은 실험 결과의 신 뢰성을 감소시키므로 이에 대한 방지책으로서 측정 장치에 필터 나 접지 등의 방식을 채용할 수는 있으나, 근본적으로 실험결과 에 대한 신뢰성을 확보하기 위해서는 동일한 부하에 대하여 다 양한 조건에서 반복적인 실험이 요구되어진다.

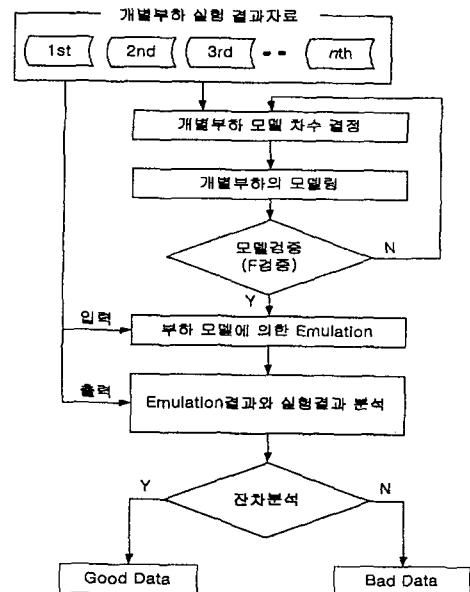


그림 2 제안된 신뢰성 검증 방안

Fig. 2 Proposed algorithm for reliable data from experiment

따라서 본 연구에서는 그림 2와 같이 개별부하 특성 실험으로부터 얻어지는 자료의 신뢰성 확보를 위한 방안을 제시하였다. 일차적으로 동일한 개별부하에 대하여 반복적으로 실험된 결과 중에서 임의의 한 실험 자료를 선정하여 전압과 주파수의 변화에 대한 유효전력과 무효전력의 변화를 선형다항식모델로 표현한다.

이러한 모델링의 적합성을 파악하고자, F검증[14-15]을 수행하고 통계적인 유의수준에 따라 적합한 모델이 되도록 모델의 차수 등을 변경 및 설정한다.

설정된 개별부하에 대한 적합한 수학적 모델을 이용하여 다른 실험 조건에서 얻은 자료에 대한 신뢰성을 검토하게 된다. 즉, 다른 조건에서 실험에 가해진 입력과 출력 결과를 이용하여, 입력인 전압과 주파수를 설정된 수학적 모델에 다시 입력하여 모델의 출력을 얻고, 이 값과 실험으로부터의 실제값인 유효전력 또는 무효전력과 비교하게 된다.

즉, 실험의 결과와 에뮬레이션 결과인 모델의 결과를 비교하게 되며, 비교에 있어 상관계수와 평균오차, 잔차 등으로 모델과 실험 결과 값의 오차를 정량적으로 나타낼 수 있다. 만일 계산된 상관계수 및 평균 오차가 임계값을 벗어나는 경우는 실험 결과의 신뢰성에 문제가 내포된 것으로 판단할 수 있고, 또한 잔차의 경우, 잔차의 분포가 특정한 경향을 갖는가를 분석함으로써 자료의 신뢰성 검증을 할 수 있다.

그리고 지속적으로 다른 조건에서 얻은 실험 결과도 반복적으로 적용하여, 개별 부하모델링에 사용된 실험 결과의 신뢰성에 문제가 있는지 또는 다른 조건에서 실험된 결과들이 문제가 있는지에 대한 분석을 하며, 더 나아가 신뢰성에 문제가 있는 부하에 대해서는 신중한 실험을 추가로 수행하게 된다.

아울러 잔차 분석은 선정된 선형 다항식 모델을 기준으로 하여 기타 실험 자료들의 신뢰성을 검증하게 되는 데, 잔차의 분포도로부터 자료의 신뢰성을 판단하게 된다[16].

3. 사례연구 및 고찰

3.1 부하기기 선정 결과

개별부하기기 특성실험을 위한 개별부하의 선정은 2.1절에서 기술한바와 같이 부하모선의 모델링에 영향을 주지 않고, 실험실내에서의 실험 가능 여부를 고려하고, 제시된 선정기준과 관련자료를 토대로 개별부하기기를 선정하였다.

따라서 가전기기 보급율[10-12], 각 개별부하의 소비전력, 월 사용량, 년 사용량, 연간 평균 사용량, 보급대수 등을 고려하였으며, 또, 안정도 해석의 연구와 관련된 문헌[17]등에서 주로 사용되었던 부하를 대상으로 했으며, 설문지에 의한 분석 자료 즉, 대도시 거주 학생 250명에 대하여 가전기기 보유현황 및 가전기기 일일 사용현황 등도 고려하였으며 설문 조사의 정확도를 높이기 위해 98년 10월과 11월 2회에 걸쳐 같은 조사인원으로 설문 조사를 실시하였다.

이와 같이 가전기기 보급률과 관련 논문[18] 및 설문지 조사 결과를 토대로 부하 모델링을 위한 대표적인 개별부하를 표 2와 같이 선정하였다.

표 2 부하모델링을 위해 선정된 개별부하

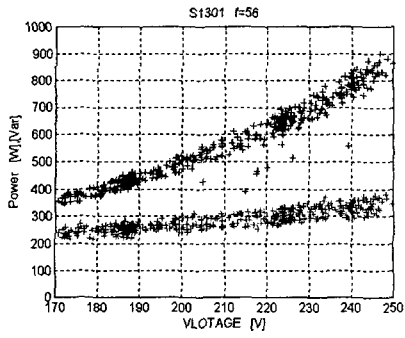
Table 2 Component loads selected for load modeling

품 목	단위규격	정격전압 [V]	소비전력 [W]	제조일 [년]	제작사	선정 근거
T. V 1	14인치	220	36	96.1	S사	①②③
T. V 2	20인치	220	66	97.4	S사	①②③
냉장고 1	390리터	220	265	97.7	S사	①②③
냉장고 2	180리터	220	135	98.9	L사	①②③
다 리 미	자동	220	740	98.1	L사	①②③
드라이어	중	220	600	99.4	L사	①②③
백 열 등	100와트	220	83	98.6	N사	①②③
선 풍 기	35cm	220	44	97.7	L사	①②③
세 탁 기	6.6kg	220	230	97.8	D사	①②③
송 풍 기	1.5kW	220	1500	97.11	I사	②
에어컨 1	룸 형	220	2430	96.3	D사	①②③
에어컨 2	창문형	220	425	96.8	M사	①②③
유도전동기1	단상 1마력	220	550	97.9	I사	②
유도전동기2	3상 1/2마력	220	370	97.10	I사	②
유도전동기3	3상 3마력	220	2200	97.10	I사	②
전기난로	스탠드형	220	380	99.12	S사	①②
전기밥솥	10인용	220	800	98.11	S사	①③
전기장판	110/220겸용	220	160	98.11	S사	①
전자렌지	요리박사814	220	845	98.1	D사	①②③
진공청소기	흡인력 450	220	415	99.2	S사	①③
커피메이커	5잔	220	750	98.9	B사	③
컴 퓨 터	486	220	38	97.1	S사	①③
펄 프	1마력	220	440	96.11	L사	②
형 광 등	40W	220	32	98.11	S사	①②③
전기후라이팬	900W	220	830	99.3	S사	①②③

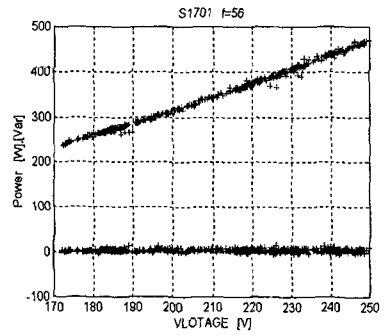
주 : ① 가전기기보급율, ② 관련 문헌조사, ③ 설문지 조사

3.2 개별부하기기 특성실험 결과

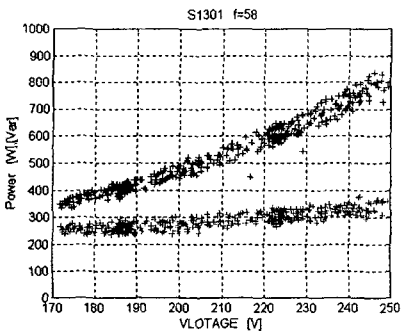
앞의 2.2절에서 설명된 실험 방법에 의해 표 2의 부하를 대상으로 정태실험을 실시하였다. 표 2의 부하들은 전압이나 주파수의 변화에 대한 응답 특성에 따라 크게 유도성 부하군(유도전동기, 선풍기 등)과 전열부하군(전기난로, 전기밥솥 등)으로 나눌 수 있다. 유도성 부하군은 전압이나 주파수의 변화에 대해 유효전력과 무효전력이 모두 영향을 받고, 전열부하군은 주파수에 대한 영향은 받지 않으며 전압의 영향도 유효전력에서만 나타나고 있다. 이 외의 부하들은 전열부하군의 특징과 유사하나 일부 부하에서는 주파수의 영향도 나타났다. 그림 3은 유도성 부하군의 예로써 유도전동기 부하, 그림 4는 전열 부하군의 예로 전기 난로 부하의 특성실험 결과를 나타낸다. 그림에서 각각 주파수가 56, 58, 60, 62[Hz]인 경우 전압을 변화할 때의 응답특성 즉, 유효전력과 무효전력을 나타내고 있으며, 그림의 위 부분 데이터는 유효전력, 아래 부분 데이터는 무효전력을 나타내고 있다. 그림 3에서는 주파수의 변화에 따라 무효전력이 크게 변화하고 있음을 알 수 있으며, 그림 4의 경우는 전열기에 대한 부하의 특성실험 결과로 주파수 변화에 따른 무효전력의 변화하지 않고 일정하게 나타나고 있다. 한편, 실험의 목적을 달성하는 데 가장 중요한 요소는 실험 결과의 신뢰성 확보이다. 이를 위해서는 실험 과정에서의 발생하는 오차를 감소시키는 방법을 고려할 수 있다. 이러한 방법은 오차의 발생원인에 따라 여러 가지를 생각할 수 있으나, 일반적으로 실험의 조건이나 개인적인 관습 및 특성, 실험 환경 등에 의하여 많이 발생하는 오차의 감소는 근본적으로 반복적인 실험으로부터 가능할 것이다.



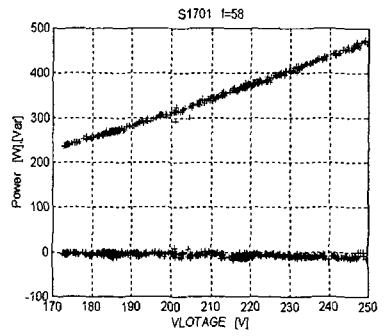
(a) 56 [Hz]



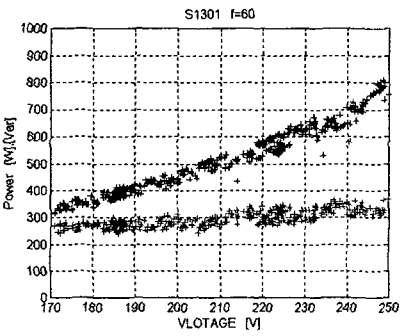
(a) 56 [Hz]



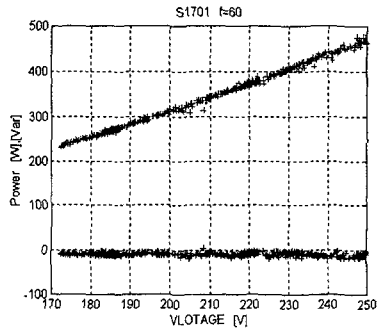
(b) 58 [Hz]



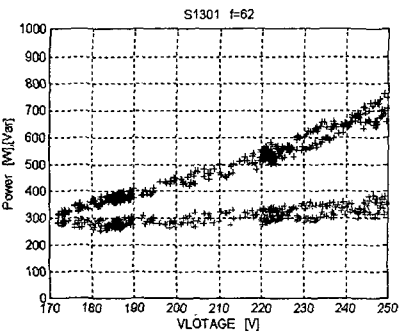
(b) 58 [Hz]



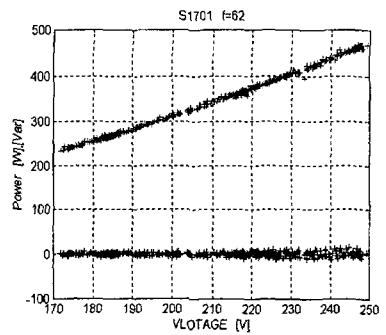
(c) 60 [Hz]



(c) 60 [Hz]



(d) 62 [Hz]

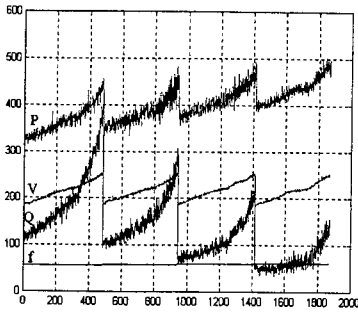


(d) 62 [Hz]

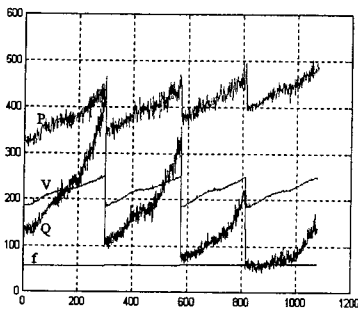
그림 3 유도전동기 부하의 특성실험결과
Fig. 3 Experiment results of induction motor

그림 4 전기난로 부하의 특성실험결과
Fig. 4 Experiment results of heater load

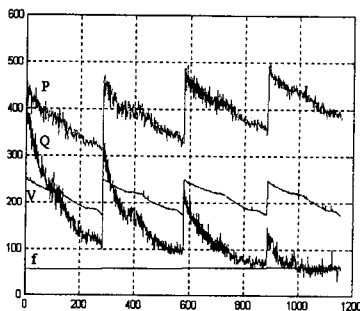
본 연구에서는 보다 신뢰성 있는 자료확보를 위하여 2.2 절에서 설명된 실험 방법에 따라, 동일 부하에 대하여 5차에 걸친 반복 실험을 수행하였다. 그림 5는 개별부하인 펌프 (1[Hp])의 각 정태 실험 결과로 각 주파수 별 전압의 증감에 따른 응답으로 유효전력과 무효전력의 결과를 보여주고 있다. 특히 그림 5의 (c) 경우는 동일 부하에 대한 3차 실험 결과로 1, 2차 실험에서 전압의 증가와는 달리 각 주파수에 대하여 전압을 서서히 감소시켜 부하의 응답특성을 측정하였다.



(a) 1st experiment result



(b) 2nd experiment result



(c) 3rd experiment result

그림 5 펌프 부하의 특성실험결과
Fig. 5 Experiment results of pump load

3.3 신뢰성 검증 결과

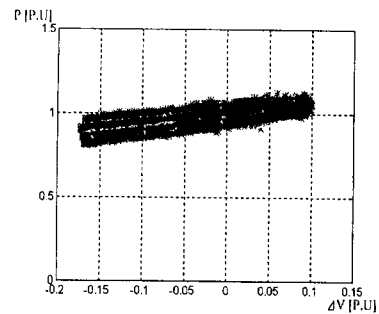
앞 절에서 기술한 바와 같이 반복적으로 수행된 실험 결과의 신뢰성을 검증하기 위하여 식 (1)과 같이 다항식 모델을 이용하여 실험자료의 신뢰성을 검증하였다.

$$\begin{aligned}
 P(V, f) &= a_p + b_p \Delta V + c_p \Delta V^2 + d_p \Delta V^3 + e_p \Delta V^4 + f_p \Delta V^5 \\
 &\quad + g_p \Delta V \Delta f + h_p \Delta V^2 \Delta f + i_p \Delta f \\
 Q(V, f) &= a_q + b_q \Delta V + c_q \Delta V^2 + d_q \Delta V^3 + e_q \Delta V^4 + f_q \Delta V^5 \\
 &\quad + g_q \Delta V \Delta f + h_q \Delta V^2 \Delta f + i_q \Delta f
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

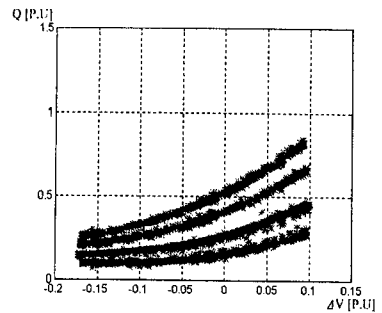
다항식 모델의 차수를 결정하기 위해 F 검증을 통하여 통계적 유의수준, 잔차분석 등에 의해 적합한 모델의 차수를 선정된 결과 펌프부하의 경우 5차 다항식이 가장 최적의 모델로 선정되었다. 이와 같이 선정된 다항식 모델을 이용하여 추정된 펌프 부하모델의 파라미터는 표 3과 같다.

표 3 펌프 부하모델의 추정된 계수
Table 3 Estimated parameter of pump load model

계수	a_p	b_p	c_p	d_p	e_p
유효전력	1.000	0.7108	1.3329	8.7491	-5.0550
	f_p	g_p	h_p	i_p	
	-261.62	-1.4641	-6.5579	1.6409	
계수	a_q	b_q	c_q	d_q	e_q
무효전력	0.2621	1.0523	4.6148	11.8814	-2.9022
	f_q	g_q	h_q	i_q	
	-156.45	-14.095	-26.970	-3.2654	



(a) Active power



(b) Reactive power

그림 6 펌프부하의 모델링 결과
Fig. 6 Modeling results of pump load

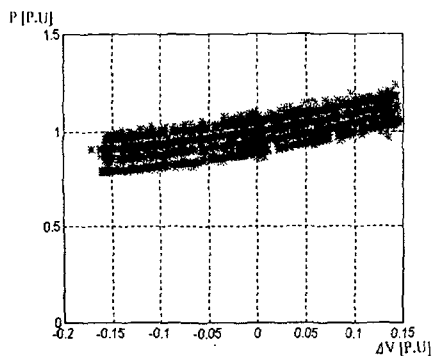
그림 6은 펌프부하에 대하여 실험으로부터 얻어진 결과를 점으로 나타내었고, 이들 자료를 근거로 식 (1)에 의하여 모델링 된 결과를 굵은 실선으로 하여 각 주파수별로 나타내었다. 그림으로부터 개별부하의 모델링이 양호함을 시각적으로 짐작할 수 있다.

이와 같은 방법으로 기타 부하에 대해서도 각 차수별 모델에 따른 F 검증과 잔차분석에 의하여 최적 모델을 선정하였다. 그 결과 유도전동기의 경우 F 검증에서 가설의 검증을 위한 $p-1 = 7, n-p = \infty$, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 에서의 임계값은 2.01이었다. 그 결과 설정된 부하모델은 통계값 2.01보다 큰 값을 가지기 때문에 2, 3, 4, 5차 다항식 모델은 모두 적합하다고 할 수 있다. 따라서 잔차분석 결과 오차제곱의 합(SSE)이 가장 적은 5차식을 선정하였다. 또, 진공청소기, 선풍기, 전기후라이팬 부하에 대해서도 같은 방법의 F 검증에서 설정된 부하모델은 임계값은 2.01보다 큰 값을 가지기 때문에 각 차수별 모델은 모두 적합하다고 할 수 있어 잔차분석 결과 SSE가 가장 적은 5차식이 적합한 것으로 나타났으며, 표 4에 F 검증 결과 및 잔차분석 결과를 나타내었다. 잔차분석 결과 유효전력의 SSE는 최대 0.14[%], 무효전력은 0.20[%]로 나타났다.

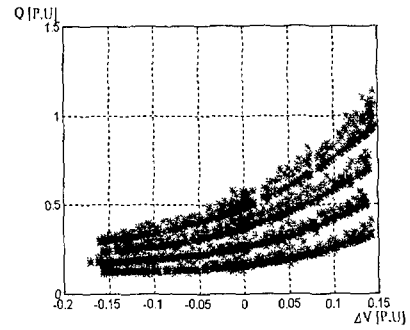
표 4 개별부하의 F 검증 및 잔차분석 결과

Table 4 F verification and residual analysis result of component loads

실험 대상	다항식 모델	데이터수	F 검증 결과		잔차분석 결과	
			유효전력 F test값	무효전력 F test값	유효전력 SSE[%]	무효전력 SSE[%]
유도전동기2	5차식	1543	512.22 (2.01)	5966.5 (2.01)	0.1438	0.2011
진공청소기	5차식	1870	12092.7 (2.01)	7229.6 (2.01)	0.0729	0.0655
펌 프	5차식	1864	3254.3 (2.01)	10663 (2.01)	0.0541	0.0542
선풍기	5차식	1815	23706.3 (2.01)	622.2 (2.01)	0.0455	0.0813
전기후라이팬	5차식	1923	27115.4 (2.01)	19.3 (2.01)	0.0363	0.0488



(a) Active power



(b) Reactive power

그림 7 구축된 부하모델에 2차 실험 자료를 입력해서 얻은 결과

Fig. 7 Comparison of actual data with data emulated by load model

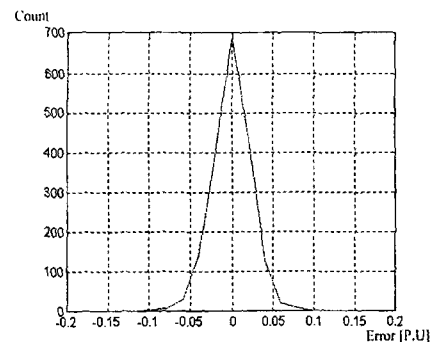
이와 같이 추출된 실험 자료로부터 적합한 개별 부하모델을 구축하고, 이를 토대로 다른 동일한 개별부하의 실험 자료에 대한 신뢰성을 검증하기 위하여, 특성실험에서 개별부하에 가해진 입력(전압, 주파수)을 동일하게 구축된 부하모델에 적용한 결과 그림 7과 같은 결과를 얻었다. 그림에 의하면 부하모델의 결과와 실험 결과가 유사함을 알 수 있다.

이것을 보다 정량적으로 알아보하고자 각 개별부하에 대하여 잔차 분석을 시행한 결과 표 5와 같이 오차제곱의 합(SSE)은 유효전력이 최대 2.81[%], 무효전력이 최대 1.53[%]로 양호한 결과를 얻었다.

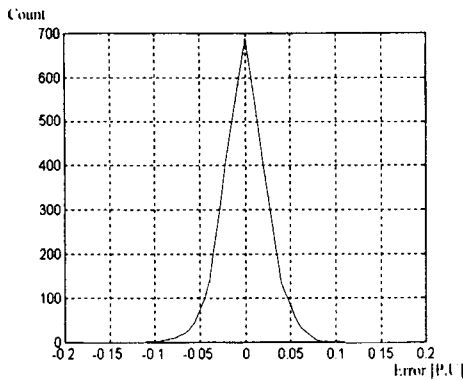
표 5 구축된 부하모델에 의한 2차 실험 자료의 잔차분석 결과

Table 5 Residual analysis result of emulated by load model

실험 대상	다항식 모델	데이터수	잔차분석 결과	
			유효전력 SSE[%]	무효전력 SSE[%]
유도전동기2	5차식	1135	0.27	0.29
진공청소기	5차식	1262	2.81	0.91
펌 프	5차식	1069	0.05	0.06
선풍기	5차식	1229	0.44	1.53
전기후라이팬	5차식	1157	0.06	0.07



(a) Active power



(b) Reactive power

그림 8 펌프부하의 잔차 분석 결과

Fig. 8 Residual analysis results of pump load model

또한, 잔차에 대한 분포도를 그림 8에 나타낸 결과, 작은 잔차와 함께 어떠한 경향을 갖지 않고 랜덤한 분포를 보여주고 있어 잔차가 정규분포를 나타내었다. 이와 같은 결과는 부하모델링 결과와 잔차를 분석한 실험 결과가 유사함을 의미한다. 이로부터 동일한 부하에 대하여 다른 조건에서 실험한 결과이지만 동일한 특성의 결과를 획득하였음을 알 수 있고, 또한 일관성 있는 반복적인 실험이 되었음을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 미시적 방법에 의하여 모선의 부하모델링을 수행하는 경우 반드시 수반되는 개별부하 기기의 모델링을 위한 전 단계로 아주 중요한 의사결정이 요구되는 개별부하 기기 선정과정과 신뢰성 높은 부하기기의 특성 실험을 위한 장치의 선택, 그리고 부하기기의 실험 방법 등을 제시하였다.

또한, 특성실험으로부터 얻어진 자료의 신뢰성확보를 위한 알고리즘을 제시하였다. 개별부하의 실험 자료 중 하나를 선택하여 3개의 변수(상수항, 전압, 주파수)로 구성되는 선형 다항식을 구축하고 독립변수 3개에 대한 검증, 즉 모델 식에 대한 검증으로 F 검증을 수행하여 선정된 선형 다항식 모델의 타당성을 검증하였다.

그리고 다른 실험 조건에서 얻어진 입력 자료를 선정된 다항식 모델에 입력하는 예물레이션을 통하여 개별부하의 출력인 계산값을 얻고, 실제 실험으로부터 얻어진 개별부하 출력 자료와의 잔차 분석을 통하여 자료의 신뢰성을 검증하였다.

그 결과 동일한 부하에 대하여 다른 조건에서 실험한 결과이지만 신뢰할 수 있는 동일한 특성의 결과를 획득하였음을 알 수 있고, 또한 일관성 있는 반복적인 실험이 되었음을 알 수 있었다.

앞으로 본 연구 결과는 미시적 방법에 의한 모선의 부하를 모델링하는 경우 개별부하의 선정, 특성실험에 중요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE Task Force on Load Representation for Dynamic Performance, "Load representation for dynamic performance analysis", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 8, No. 2, pp. 472~482, May 1993
- [2] H. Lee Willis, "Spatial Electric Load Forecasting", Marcel Dekker, Inc. 1996
- [3] Y. Liang, "Dynamic Reactive Load Model", IEEE T-PWRS, Nov. 1998
- [4] B. Kirby, "Generator Response to Intrahour Load Flucts", IEEE T-PWRS, Nov. 1998
- [5] E. H. Baracat, "Methodology for Weekly Load Forecasting", IEEE T-PWRS, Nov. 1998
- [6] J.Y. Lim, J.H. Kim, J.O Kim, C. Singh, "Application of Expert System to Load Composition Rate Estimation Algorithm", IEEE Trans. on Power System, Vol. 14, No. 3, pp. 1137~1143, Aug. 1999
- [7] T.Dovan, T.S.Dillon, C.S. Berger and K.E.Forward, "A Microcomputer Based On-Line Identification Approach to Power System Dynamic Load Modeling", IEEE Trans. on PWRS, Vol. PWRS-2, pp. 529-536, 1987
- [8] Ali Abur, Antonio, "Bad Data Identification When Using Ampere Measurement", IEEE Trans. on Power System, Vol. 12, No. 2, pp. 831~836, May 1997
- [9] G.T. Heydt, E. Gunther, "Post-Measurement Processing of Electric Power Quality Data", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 11, No. 4, pp. 1853~1859, Oct. 1996.
- [10] 한국전력공사 전력경제처, "가전기기별 전력소비행태 조사", 1995.
- [11] 한국전력공사 전력경제처, "계약종별·산업별 부하곡선 자료집", 1997. 10.
- [12] 한국전력공사 전원계획처, "계약종별·산업별 부하곡선 자료집 II", 1999. 2.
- [13] A.P. Alves da Silva, V.H. Quintana, G.K.H. Pang, "Solving Data Acquisition and Processing Problems in Power System Using a Pattern Analysis Approach", IEE Proceedings-C, Vol. 138, No. 4, pp. 365~376, July 1991
- [14] John Neter, Michael H. Kunter, etc, Applied Linear Statistical Models, IRWIN, 1999
- [15] Bruce L. Bowerman etc, Linear Statistical Models an Applied Approach, Duxbury, 1999
- [16] 이종필 외, "부하모델 구축을 위한 개별부하 특성실험과 자료의 신뢰성 확보에 관한 연구", 대한전기학회 전력계통연구회 춘계학술대회 논문집, pp. 35~38, 2000. 5.
- [17] P. Kundur, Power System Stability and Control, McGraw-Hill, pp. 271~314, 1994
- [18] Roderick J. Frowd, Robin Podmore, Mark Waldron, "Synthesis of Dynamic Load Models for Stability Studies", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-101, No. 1, pp. 127~135, January 1982

저 자 소 개



지 평 식 (池 平 植)

1964년 3월 5일생. 1994년 충북대학교 대학원 전기공학과 석사과정 졸업(공학석사), 1998년 동대학원 전기공학과 박사과정 졸업(공학박사), 현재 충주대학교 전기전자 및 정보공학부(BK21)조교수
E-mail : psji@gukwon.chungju.ac.kr



이 증 필 (李 鍾 弼)

1970년 12월 14일생. 1996년 충북대학교 공대 전기공학과 졸업, 1999년 동 대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 대덕대학 전기과 시간강사
E-mail : jolious@mail.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 전기전자계열 부교수
E-mail : jyylim@mail.ddc.ac.kr



추 진 부 (秋 鎭 夫)

1950년 1월 7일생. 1977년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 한전 전력연구원 전력계통 안정화 그룹 수석연구원



김 정 훈 (金 正 勳)

1955년 9월 13일 생. 1978년 서울대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과(석사). 1985년 동 대학원 전기공학과(공학박). 1988~1989년 미국 Penn. State Univ. 방문교수. 1981년~ 현재 홍익대 전자전기공학부 교수. 현 대한전기학회 사업이사 및 용어위원회 위원장
E-mail : jhkim@hongik.ac.kr