

개별기기 및 종합부하 실험에 의한 고조파 성분을 고려한 전압에 대한 부하역률 모델링

신창기
홍익대학교

김정훈
홍익대학교

Voltage-dependent Power-Factor Modeling with Harmonic Component by Static Experiments of Individual and Composite Loads

SHIN, CHANGKI
HONG-IK UNIVERSITY

KIM, JUNGHOOON
HONG-IK UNIVERSITY

Abstract - This paper is proposed that The voltage-dependant power factor model is established as 5th polynomials with convenience data type. This modeling includes the harmonic components by static experiments of individual and composite load. This paper suggested methodology for modeling bus and regional power factor with consideration of harmonics effect by load composition rates and individual load power factor models.

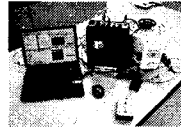


그림 1 트랜스듀서
결선

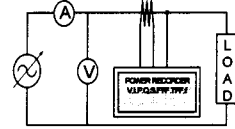


그림 2 부하시험
결선도

1. 서 론

계통해석에 있어 역률은 중요한 입력데이터로 급증하는 고조파 발생설비의 증가로 인한 고조파성분의 영향을 간과할 수 없게 되었다.[1,2] 현재의 역률측정방법으로는 이러한 고조파가 역률에 미치는 영향을 반영하지 못하고 있다. 그러므로 고조파에 의한 역률의 변화를 고려하여, 역률에 따른 전력전송기나 설비에 대해 올바른 이해와 적용이 시급하다. 본 연구에서는 기존 참고문헌[3]에서 수행한 개별기기시험을 통한 역률모델링 방법과 다른 점은 시험측정기기의 업그레이드와 수동작으로 수행한 시험방법을 프로그래밍화 시켜 보다 정확한 결과를 취득하여 더욱 정교한 모델을 얻고자 하였다. 또한 기존 역률모델링계수의 오차를 제시하고, 실제 역률 측정데이터에 가까운 5차식 모델을 제안하여 최대한 현실성을 반영하였다. 또한 개별부하로부터 모선부하 또는 지역 역률을 구축하는 방법론을 제시하였고 이를 개별부하의 수리적인 축약의 타당성을 증명함으로써 참고문헌[4]에 발표된 부하 구성비를 이용한 모선별, 용도별 역률모델링을 구할 수 있는 방법론을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 개별부하 특성실험장치 및 측정기기

개별부하 실험에 있어 기존문헌[3]에서 제시한 측정방법과 개별기기 선정하여 기존실험에 대한 미비점을 보완하면서 시험을 하였다. 기존에 사용했던 전력분석기로 측정을 했을 때 종합부하시험에서 역률의 분포가 무질서하게 이산 되었던 것을 기능이 향상된 전력분석기를 이용함으로써 보완을 하였으며, 측정방법에서도 기존에 수동적으로 전압조절기를 사용하여 전압변동의 기율이 일정치 않았던 점을 LAB VIEW 프로그램을 사용하여 일정한 간격으로 전압을 변동시킴으로써 더욱 정교한 시험을 할 수 있게 하였다.

2.2 부하 역률의 측정 방법에 의한 비교

그림3은 T/D를 이용한 측정 결과와 전력분석기를 이용하여 측정한 결과를 비교하고 있다. 여기서 현재 역률을 측정하는 방법으로 사용되는 T/D 방법이 FPF, 즉 기본파만을 고려하여 측정하는 방식과 일치함으로 볼 수 있고, 현재의 역률에서는 고조파의 영향은 감안하지 않음을 알 수 있다.

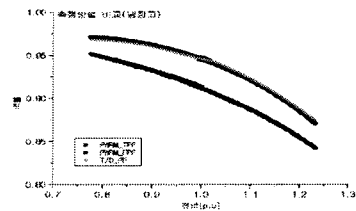


그림 3 측정기기에 따른 역률 비교

개별 부하기기의 인가전압 변화에 대한 부하역률의 특성을 FPF와 TPF로 분리하여 측정된 결과를 살펴보면 기본파만 고려한 FPF와 고조파성분을 고려한 TPF의 역률의 차이는 그림 4에서 볼 수 있듯이 역률간의 차이를 볼 수 있다. 그리고 FPF가 TPF보다 크게 나타날 때도 있었고, 작게 나타나는 경우도 실험에서 나타났으며, 대부분의 경우 TPF가 FPF보다 작게 나타나는 경향을 띠고 있었다. 대표적으로 냉장고의 경우 기준 전압에서 역률이 5%정도 큰 차이를 보이고 있다. 역률은 부하관리측면에서 경제적인 요인과 민감하게 연관이 되어있으므로 공급자나 소비자 모두 상당히 민감한 문제이다. 또한 서론에서 언급했듯이 고조파의 발생설비가 증가함에 따라 고조파의 영향을 포함한 역률(TPF)로서 역률모델링을 하여, 보다 현실과 가까운 역률모델링을 반영할 수 있다는 점에서 TPF로 역률모델링을 하였다.

2.3 역률모델링 방법

개별기기마다 TPF에 대한 역률 곡선정함을 하여 전압변동에 대하여 식 (1)형태의 5차 다항식으로 모델링을 하였다. 참고문헌[3]에서는 부하모델링을 2차식으로 하였지만 이것은 그림4에서 볼 수 있듯이 신뢰도(편행계수)가 5차

식에 비해서 큰 차이가 남을 알 수 있다.

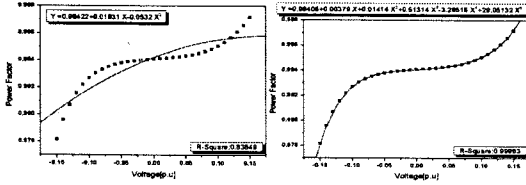


그림 4 2차식과 5차식 곡선정합비교

또한 5차식은 참고문헌[3]에 있는 부하구성비 데이터를 사용하기 위해 다항식의 형태를 통일 시켰으며, 부하 모델 개발 시 제시된 5차 다항식 모델은 부하모델의 정밀도 및 개별부하 축약의 용이성을 모두 고려하여 개발된 수식이다. 그러므로 본 논문에서 별다른 언급을 하지 않겠다.

$$PF(\Delta V) = a_{ij} + b_{ij}\Delta V + c_{ij}\Delta V^2 + d_{ij}\Delta V^3 + e_{ij}\Delta V^4 + f_{ij}\Delta V^5 \quad (1)$$

이러한 방법으로 개별 부하의 역률 모델링을 할 수가 있다. 이것으로부터 집단부하형태에서 차지하는 구성비를 고려하여 축약함으로써 우리는 임의의 시점에서의 관심 있는 모선이나 변전소의 역률을 모델링 얻을 수 있을 것이다.

2.4 개별부하기 실험

2.4.1 개별부하기의 선정

개별부하기 선정은 앞서서도 언급을 했듯이 시험의 신뢰도를 높이기 위해서 참고문헌[3]에서 언급한 실험대상 기준을 토대로 실험기기의 선정을 하였다.

2.4.2 개별부하실험 결과 및 고찰

2.4.2.1 유효 및 무효전력 특성

개별기기의 역률 모델곡선을 대표하는 유효전력 및 무효전력의 측정 결과와 부하 모델링의 결과를 보여주고 있다. 기기별 역률 모델링의 움직임을 형태별로 나누면 표.3과 같이 크게 5가지 형태로 나눌 수 있음을 측정을 통하여 정리하였다.

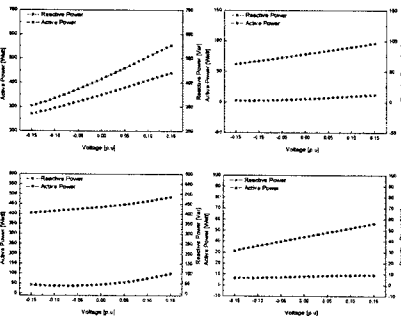


그림 5 개별기기별 유·무효전력비교

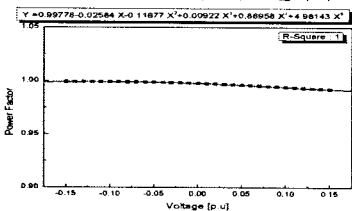


그림 6 역률 곡선정합(A)

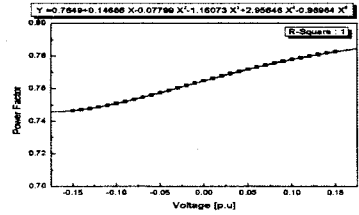


그림 7 진공청소기 역률 곡선정합(B)

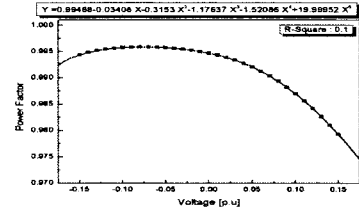


그림 8 에어컨 역률 곡선정합(C)

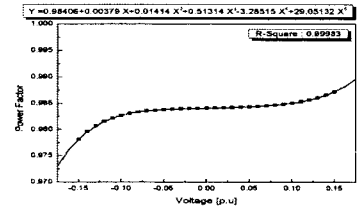


그림 9 선풍기 역률곡선정합(D)

표 3. 역률형태별 분류

특성	기기명
A 형태	TV, 전자렌지, 식기건조기, 전기밥솥
B 형태	진공청소기
C 형태	전기히터, 에어컨, 가습기, 냉장고
D 형태	세탁기, 선풍기

(그림 5는 왼쪽상단부터 시계방향으로 TV,진공청소기,에어컨,선풍기 순이다.) 개별기기 실험결과 얻어진 P, Q 값을 근거로 이것들의 경향을 보면 몇 가지로 분류할 수 있다. 전압의 증가에 따라 역률의 상승, 하강 또는 그대로 유지 등의 특성을 보이고 있다. 전압 증가에 따라 나타난 특성과 기기를 나누어 보면 다음과 같다.

- 전압증가에 따라 역률변화가 일정한 기기
 - 전압증가에 따라 역률이 증가하는 기기
 - 전압증가에 따라 역률이 감소하는 기기
 - 전압증가에 따라 S커브를 그리며 올라가는 기기
- 이러한 역률형태를 가지는 기기별로 나누었다.

2.5 종합부하기기 시험

2.5.1 종합부하 특성 실험

본 연구에서 종합 부하에 대한 모델을 개별 부하기기 역률 모델의 축약만으로도 충분히 특성을 나타낼 수 있는 가 하는 문제에 대하여 검토하고자 실험실에서 실험이 가능한 범위 내에서 개별기기의 조합을 만들어서 종합 부하 실험을 수행하였다. 실험한 종합 부하의 구성을 나타낸 것이 표 4이다.

표 4. 종합 부하의 구성

사례	부하기기 1		부하기기 2		부하기기 3		부하기기 4		총 부하 용량
	기기명	정격 용량	기기명	정격 용량	기기명	정격 용량	기기명	정격 용량	
사례 1	선동기	63 (26.14)	TV	80 (33.20)	냉장고	98 (40.66)	-	-	241
사례 2	공기 청정기	52 (22.61)	TV	80 (34.78)	냉장고	98 (42.61)	-	-	230
사례 3	에어컨	970 (84.49)	TV	80 (6.97)	냉장고	98 (8.54)	-	-	1148
사례 4	공기 청정기	52 (4.77)	TV	80 (7.34)	냉장고	98 (8.99)	히터 (원)	860 (78.90)	1090
사례 5	가습기	40 (2.93)	TV	80 (5.87)	냉장고	98 (7.19)	히터 (원)	1145 (84.01)	1363

이러한 기기 구성은 다양하게 할 필요가 있으나, 장소와 가전기기들의 한계로 5가지 사례를 구성하였다.

2.5.2 개별부하실험결과와의 비교 및 검토

실험되어진 개별부하의 유효전력, 무효전력 및 역률을 합한 결과값과 종합부하시험에서 제시한 사례별로 구성을 한 다음 측정된 결과를 비교하였다. 그림 10에서 볼 수 있듯이 개별부하들의 역률을 개별합산 역률과 종합부하시험을 통한 역률의 형태가 기준전압을 중심으로 거의 일치하는 것을 볼 수 있다. 이것은 개별부하를 각각 합산하여 종합부하를 나타내어도 큰 문제가 되지 않음을 보여준다. (사례.1)

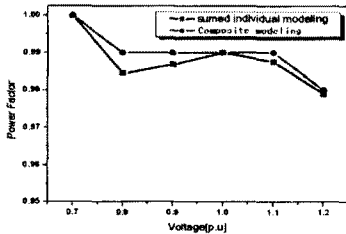


그림 10 개별부하시험, 종합부하시험 비교

2.6 부하구성비를 고려한 한국형 부하역률 모델 제안

2.6.1 기존 문헌에서의 구성비의 추정 및 추정방법

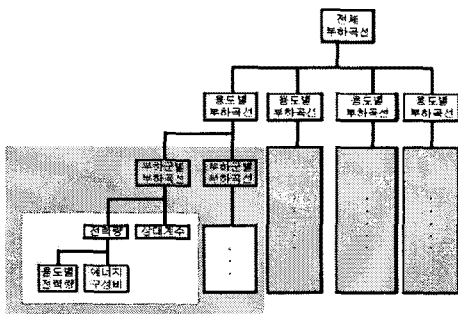


그림 11 부하구성비 추정방법 순서도

부하구성비 추정방법에 대하여 간략하게 소개를 하자면, 우선 입력자료인 상대계수와 에너지 구성비를 가지고 부하곡선을 산출하게 된다. 용도별 전력량에 에너지 구성비를 곱하면 각 부하군에 해당하는 전력량이 구해지며, 여기에 상대계수를 곱하면 부하군별 부하곡선이 계산되고, 다시 이 값들을 합산함으로써 용도별 부하곡선을 구성할 수 있다. 만일 두 부하곡선이 서로 동일하지 않다면 그 오차를 분을 조정해 주는 과정을 통하여 부하구성비를 추정할 수 있다.

2.6.2 구성비를 고려한 역률모델 축약

기존 참고문헌[4]에서 제시한 모션별, 변전소별 부하구성비를 이용하여, 개별 부하기기의 역률을 구성비를 고려하여 종합부하역률로 축약하였다. 주거용 부하구성비와 개별기기 시험을 통해서 수립한 역률 모델로서 주거용 부하역률 모델을 축약해 보았으며 사용되어진 부하구성비는 1997년 8월 서울지역의 토요일, 오후8시에 측정된 구성비를 사용하였다.

표 4.주거용 여름 토요일 부하 구성비(1997년 8월)

기기 시간	취사	냉방	TV	냉장고	조명	세탁기	진공 청소기	기타
20	14.31	17.49	10.05	19.35	17.40	3.76	2.33	15.32

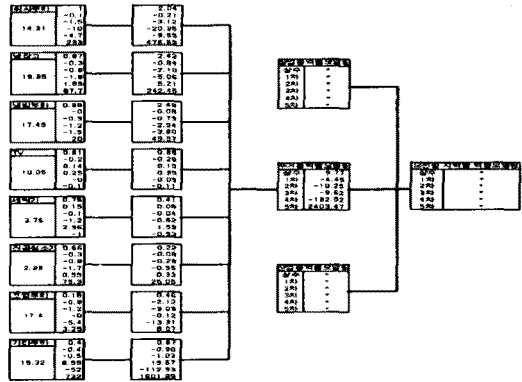


그림 12 주거용 부하역률 모델링 결과

개별기기시험을 결과에 표4와 같은 부하구성비를 이용하여 주거용에 대해서 역률 모델링을 하였다. 이러한 방법을 상업용과 산업용에 똑같이 적용한다면 전체적인 역률 모델을 수식화 할 수 있을 것이다. 이것은 전력계통 시뮬레이션을 이용한 계통분석의 기초데이터로서 편리하게 사용이 되어 질 것이다.

3. 결 론

- 1) 기존 실험에서 부족했던 시험측정방법, 모델링 방법 그리고 측정장비에 대한 보완점을 제시하여 실험의 신뢰도를 높였다.
- 2) 개별기기의 부하역률 모델은 전압에 관한 함수로 주요가전기기에 대하여 실험을 통하여 2차식 모델을 5차식으로 모델링하여 보다 정교한 다항식 수리모델을 수립하였다.
- 3) 고조파 성분인 유·무효에 따른 역률의 크기가 일정한 형태로 나타나지 않았다는 것이 문제점으로 나타났지만, 어떠한 역률을 사용하던 계통상 운영과 부하의 안정성을 고려하여 기기적으로 여유 있는 역률이 확보되어야 할 것이다.
- 4) 개별기기의 유·무효전력의 추이와 전압변동에 따른 역률변동을 형태에 따라 분류함으로써 앞으로 역률 형태별 분류를 새로이 시도하였다.
- 5) 모션의 수학적 부하역률모델을 구하는데 미시적 방법을 사용하여 개별기기의 부하역률모델로부터 부하구성비를 이용하여 용도별을 거쳐 모션별 모델을 확립하는 절차를 확립하였다.
- 5) 개별기기시험 결과에 대한 검증할 목적과 대표부하 집단의 특성을 보여줄 종합부하실험 방법을 제안하

였다.

6) 대표적인 변전소의 부하구성비를 사용하여 실제 변전소 등을 대표하는 변전소 부하역률모델을 수립하였다.

향후, TPF와 FPF에 대한 관계를 반복적인 시험을 통하여 기기별 안정적으로 이용할 수 있는 역률에 대한 분류와 더 많은 개별기기에 대해 전압변동에 따른 역률곡선의 형태를 분류하여 부하축약을 더욱 더 손쉽게 할 수 있는 연구가 뒷받침 되어야 할 것이다. 또한 산업용과 상업용의 부하 구성비를 이용하여 모선별, 용도별 역률모델링을 완성 할 수 있는 연구가 수행 되어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 산업자원부 전력산업연구개발사업 전력기술기초연구에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전력거래소, “전력계통 전압운용 및 부하 역률 결정 방안 에 관한 연구”, 2002.12.
- [2] 이병하, 오민혁, 김정훈, 심건보, “발전비용의 부하역률 감도와 종합비용을 활용한 효과적인 역률 개선 방안 연구”, 대한전기학회 추계 학술대회논문집, pp.284-286, 2003.11.
- [3] 김정훈, 이병하, 심건보 “개별기기 실험을 통한 부하역률 특성에 관한 연구”, 대한전기학회 전력계통연구회 춘계 2003.5.
- [4] 한전전력연구원, “전력계통 안정도 정밀 해석을 위한 적정 부하 모델에 대한 연구”, 2001.3.