

# 사용전력량에 의한 주상변압기의 최대 부하 예측

## The Peak Load Forecasting of Pole-Transformers by Working Electrical Energy

이 동 준*	송실대학교 전기공학과
한 성 호	한국철도기술연구원
이 욱	대전대학교 전기공학과
곽 희 로	송실대학교 전기공학과
김 재 철	송실대학교 전기공학과

### Abstract

This paper describes peak load forecasting technique of pole transformers with correlation equation. While customers are demanding safe energy supply, current correlation equation that is used for load management of pole transformers has some problems.

To get accurate correlation equation, several correlation equation were examined using past data and new data collected using the measuring instrument developed for this study. It was recognized that the quadratic equation was the most accurate for peak load forecasting from working electrical energy.

하여 공급되고 있으며, 그 수량이 막대하고 전국적으로 산재되어있어 이에 대한 관리가 어려운 실정이다.

현재 우리 나라에서 주상변압기 부하 예측에 사용하고 있는 방법은 수용가의 월간 사용전력량(kwh)을 집계하여 단순히 1차식에 의해 최대부하를 예측하는 방법 [1~6]을 사용하고 있으며 이 방법은 경제적 운전과 양질의 전력공급 차원에서 개선되어야 한다.

따라서 본 논문에서는 정확한 상관식을 도출하여 최대부하예측의 정확성을 향상시키기 위해 다양한 회귀 분석식을 적용하여 보았으며 데이터 수집에 있어서 정확도를 높이고 분산창을 통하여 에러를 제거함으로써 더 적합한 상관식을 유도하였다.

### I. 서 론

최근 전력계통은 전력수요의 증가와 더불어 수용가로부터의 서비스 향상에 대한 요구가 증대되고 있어 이를 충족시키기 위해서는 양질의 전력을 안정적으로 수용가에 공급해야 한다. 한편, 산업의 발달에 따른 도시의 과밀화 현상 및 전력 소비경향의 급속한 변화로 인한 수요증가 추세에 효율적으로 대처하기 위해서는 수요증가에 대한 정확한 부하 예측이 절실히 요구되고 있다. 특히 배전시스템에 있어서의 알단에 위치한 일반 저압 수용가의 전원은 주로 소용량의 주상변압기를 통

### II. 데이터 및 상관식

본 논문에서 보다 개선된 상관식을 얻기 위하여 1989년도에 기존의 측정 방식으로 수집한 데이터 [4]를 가지고 분석하여 보았으며 한편, 기존의 데이터 수집 방식은 사용전력량을 조사자가 호별 방문하여 수용가의 전기요금을 확인하고 있으므로 사람의 수동작 [4]으로 인한 문제점을 보완하기 위하여 적산전력량과 적산기간의 최대부하전류 및 발생시간을 동시에 측정하여 부하의 상관계수를 실측할 수 있는 주상변압기 부하관리기를 이용하여 정확한 데이터를 분석하였다.

임의의 데이터에 대한 상관식을 찾는 방법은 데이

더의 관측치에 함수를 적합시키는 것으로 이 상관식에 대한 일반적인 수학적 표현은 다음과 같다.[2][5]

$$y = a_0 + a_1x + e \quad (1)$$

여기서  $a_0$ 는 절편,  $a_1$ 는 기울기,  $e$ 는 관측치와 상관식의 오차이다. 식 (1)의 오차는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$e = y - a_0 - a_1x \quad (2)$$

최적의 상관식을 구하는 방법은 오차의 제곱의 합  $S_r$ 을 최소화하는 것이다.

$$S_r = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1x_i)^2 \quad (3)$$

식 (3)을 변수  $a_0$ 와  $a_1$ 로 편미분하고  $\sum a_0 = na_0$ 를 대입하여 계산하면 2원1차의 정규방정식(normal equation)으로 주어진다. 이 방정식을 정리하면 다음과 같다.

$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (4)$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} \quad (5)$$

여기서  $\bar{y}$ 와  $\bar{x}$ 는 각기  $y$ 의 평균과  $x$  평균이다.

### III. 연구결과 및 분석

전력수요가 많은 계절인 여름철의 부하 특성은 지역에 따라 서로 상이하게 나타날 것이다. 표 1은 '89년도 8월 데이터의 상관계수를 나타낸 것이다.

표 1 함수모델에 따른 상관계수

구분	변화가	주택가	APT	농어촌	
1차함수 모델	a	0.0232	0.0261	0.0262	0.0176
	b	148.3	32.4	-1.7	39.3
2차함수 모델	a	-0.32E-6	-0.009E-6	0.32E-6	0.97E-6
	b	0.0325	0.0289	0.0197	0.0053
	c	75.8	24.1	23.6	67.8
지수함수 모델	a	0.60E-4	0.79E-4	1.1E-4	1.3E-4
	b	5.13	4.72	4.28	4.09
역함수 모델	a	0.481	0.887	0.915	0.635
	b	4.358	0.084	0.055	0.583

그림 1은 8월 전체 데이터를 가지고 선형모델과 비선형 모델을 그림으로 나타낸 것이다.

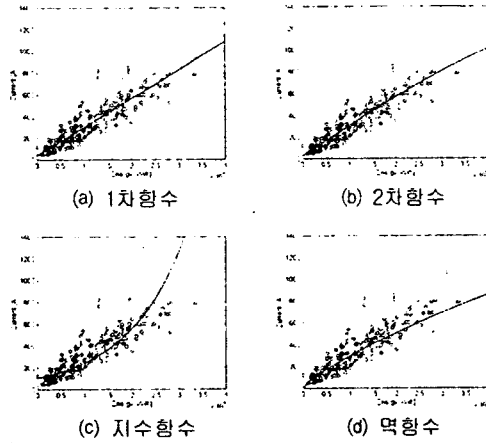


그림 1 함수모델에 따른 회귀식 비교

그림 1에서 보는 바와 같이 함수마다 미소한 차이를 보이고 있는데 이 차이는 소량의 전력을 사용하는 부하 즉, 초기치 부근과 대량의 전력을 사용하는 부하의 KW값을 예측하는데 있어 차이를 나타내고 있다.

위에서 구한 상관식의 정확도를 알아보기 위하여 분산값을 도입하였다. 분산의 수식은 식 (6)과 같다.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (X_i - \mu)^2}{N} \quad (6)$$

윗 수식에 의하여 8월 데이터 전체의 상관식에 따른 분산 값을 구해보면 표 2와 같다. 표에서 알 수 있듯이 분산의 양호한 순서는 대략 2차함수, 1차함수, 역함수, 지수함수 순이다.

표 2 회귀식별 분산값 비교

	1 차함수	2 차함수	지수함수	역함수
전체	10846	10829	23486	12389
변화가	17438	17050	22601	21077
주택가	9560	9526	22353	9684
아파트	1634	1591	2488	1935
농어촌	1054	961	983	1202

또한, 본 논문에서 이용한 부하관리기로 서울의 임의의 지역을 선정하여 측정된 데이터를 선형적인 방법과 비선형적인 방법들을 가지고 분석하였다. 기존의 방식처럼 수식들의 분산 값을 살펴보면 표 3과 같다. 표 3에서 보듯이 실측한 데이터를 분석하여도 2차함수가 1차함수 보다 더 정확하게 측정됨을 알 수 있다.

표 3 부하관리가 측정된 데이터의 분산

1차항수	2차항수	지수항수	역항수
107	105	227	109

본 논문에서는 사용한 데이터중 일부 실험오차가 존재한다고하고 실험오차에 해당하는 부분을 삭제하여 가장 적합한 회귀식을 구하였다. 먼저, 각 회귀식과 회귀식에 따른 분산값을 이용하여 표준정규분포로 데이터를 형성하였다.

이 때 데이터의 정규분포분석에 사용된 식은 아래 식 (7)과 같다. 정규분포로 나타낸 데이터를  $\pm 3\sigma$ 를 벗어나는 데이터를 조사해보고, 또한  $\pm 2\sigma$ 를 벗어나는 데이터와  $\pm \sigma$ 를 벗어나는 데이터를 조사하여 보았다.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (7)$$

그림 2는 1989년 8월의 데이터중 2차식에 대해서 표준편차를 조사하여  $\sigma$ 별로 벗어나는 데이터를 조사한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이  $\pm 3\sigma$ 를 벗어나는 데이터는 약 1[%]정도 존재하며  $\pm 2\sigma$ 를 벗어나는 데이터는 약 4[%],  $\pm \sigma$ 를 벗어나는 데이터는 약 22[%]로 나타나고 있다.

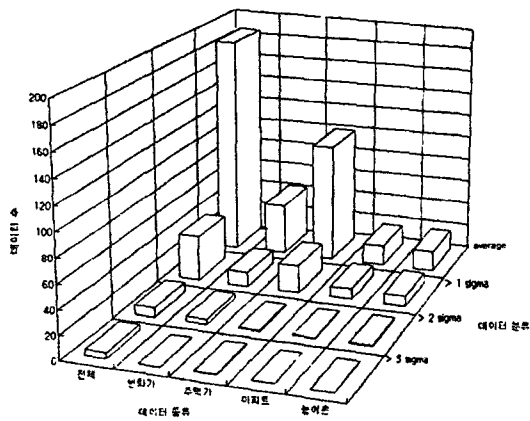


그림 2 분산치를 적용할 경우 구간별 데이터 수

표 4는 본 논문에서 예시로 제시한  $\pm 3\sigma$ 를 벗어나는 데이터를 제거하고 회귀식을 구하여 분산을 구했을 때 그 값이 제거하기 전의 회귀식 분산값 보다 얼마나 개선되었는지를 알아본 것으로 각 항수별로 약 60[%]가 개선되어지는 것을 알 수 있다. 또한 표에서 보듯이 오차값을 제거하더라도 1차항수 보다는 2차항수가 더 양호한 값을 나타내고 있다.

표 4 분산치를 적용한 경우의 회귀식별 분산값 비교

	1차항수	2차항수	지수항수	역항수
Data 전체	10846	10829	23486	12389
Data  < 3σ	6452	6435	16906	7691

## IV. 결 론

본 논문에서는 더 정확한 상관식을 구하기 위하여 1989년도 데이터와 이전 데이터에 나타난 단점을 개선하기 위하여 본 논문에서 이용한 부하관리의 데이터를 가지고 선형회귀분석과 비선형 회귀 방식인 2차식과 지수항수, 역항수를 사용하여 회귀식을 구해보았고, 또한 항수들을 분산을 통하여 회귀식의 정확도에 대한 검증 해 보았다. 실제 자료를 가지고 회귀식을 구해본 결과 가장 정확한 회귀식은 기존의 1차식이 아닌 2차식으로 나타났다.

또한 본 논문에서는 데이터의 오차가 있음을 인정하고 이 오차를 제거하기 위하여 절대값이  $3\sigma$ 를 벗어나는 값들을 오차로 인정하여 그 값을 버리고 새로운 상관식을 구하여 더 우수한 상관식을 도출하였다.

앞으로 좀 더 장기적이고, 다양하게 많은 데이터를 수집하여 주상변압기의 계절별, 지역별, 부하 특성별에 따른 연구를 계속할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 和田 敏, "配電系統の負荷管理", 電氣評論, pp.730, 1981. 8.
- [2] 高橋 圭介 外, "柱上變壓器負荷管理の機械化", 電力(臨時増版), pp.67, 1966. 6.
- [3] Robert P. Broadwater, Jeffrey C. Thompson and Joanicjusz Nazarko, "Estimation of diversity and KWHR-to-peak-KW factors from load research data", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 9, No. 3, pp. 1450-1456 August 1994.
- [4] "주상변압기 부하계산 상관계수 산정에 관한 연구", 전력연구원, 1989.
- [5] "전산 시스템을 이용한 배전계획 최적화 연구" 전력연구원, 1995.
- [6] 한국전력공사, 배전실무반 교재, II, III, 한국전력공사 서울연수원, 1988