

부하모델의 신뢰성 검증을 위한 22.9(kV) 부하모선 선정 및 현장 전압특성실험

이종필* · 위민석** · 한만형** · 김기등*** · 박시우*** · 지평식¹ · 임재운* · 김정호**
 *대덕대학 · **홍익대학교 · ***전력연구원 · ¹충주대학교

Load Characteristic Experiment for Reliability Verification of Load Model in 22.9(kV) Bus

J.P.Lee* · W.S.Weew** · M.H.Han** · K.D.Kim*** · S.W.Park*** · P.S.Ji¹ · J.Y.Lim* · J.H.Kim**
 *Taedok College · **Hongik Univ. · ***KEPRI · ¹Chungju Nat'l Univ.

Abstract-This paper presents the methodology of measuring the 22.9[kV] bus load characteristics for verifying the bus load model developed with equivalent load aggregation of load components, and the analysis of 22.9[kV] load data.

1. 서 론

미시적 접근법에 의한 부하모델링은 개별부하실험, 부하구성비 추정 및 배전선 축약 등의 과정을 통하여 수행된다. 따라서 부하모델링 방법은 개별부하로 구성된 집단부하 또는 개별부하의 정확한 수학적 모델링이 필요하다. [1-2].

따라서 대표적인 부하를 선정하여 개별부하모델링을 하고, 부하특성에 따른 분류인 용도별 특성을 구한 후, 추정된 구성비에 의하여 합성하는 방법을 사용하므로 오차를 내포하고 있어, 이를 검증하는 방법이 필요하다. 이를 검증하기 위하여 부하모선에 대한 모델링을 한 후 실제측정으로 비교한 후 모델링을 수정하게 된다. 모선에 대한 부하모델링 방법은 모선에 연결된 개별부하들을 각각 모델링하고, 개별부하의 구성비를 토대로 축약해서 집단부하를 나타내는 개별부하 축약 방법이 있는데, 개별부하 축약한 모델링 결과는 실 계통에 적용하여 신뢰성을 검증할 필요로 한다. [3-5].

따라서 본 연구에서는 부하모델의 신뢰성을 검증하기 위하여 현재 한전의 17개의 계약종별 용도를 주거용, 상업용, 산업용의 용도별로 구분하여 모선별·용도별 부하구성비자료 [6]을 바탕으로 부하모델을 검증할 실측 목적의 변전소를 선정하고, 선정된 22.9[kV] 실 계통 변전소에서 침두, 기저, 평균 부하 시간대의 부하특성 측정기법을 제안하였으며, 실 계통에서의 부하특성을 분석 고찰하였다.

2. 대상 변전소 선정

한국전력공사 산하의 변전소 전체를 대상으로 실측을 할 수는 없으므로, 부하구성의 대표성을 가지는 변전소를 선정하여 모선 및 각 배전선의 전압, 전류, 유효/무효전력을 측정한다. 실측대상 변전소 선정은 한국전력공사의 계절별 판매전력량을 기준으로 하였다. 변전소의 선정을 위해, 본 연구에서 제안한 모선별·용도별 대표성(주거, 상업, 산업)의 구성비 특징을 보이는 모선을 선정하기 위하여 식 (1)과 같은 근접도 지수 L 를 사용하였다.

$$L = (X - \bar{X})^2 + (Y - \bar{Y})^2 + (Z - \bar{Z})^2 \quad (1)$$

단, X, Y, Z : 변전소용도별 구성비(p.u)
 $\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$: 용도별 기준 지수

예를 들어, $\bar{X}=1, \bar{Y}=0, \bar{Z}=0$ 이면 주거용, $\bar{X}=1/3, \bar{Y}=1/3, \bar{Z}=1/3$ 이면 주거·상업·산업 혼용, $\bar{X}=0, \bar{Y}=1/2, \bar{Z}=1/2$ 이면 상업·산업 혼용이며, 이 지수 L 의 값이

가장 작은 순서대로 순위가 지정된다. 이렇게 하여, 주거용 부하가 많은 변전소를 L 값에 의해서 순위별로 나열한 결과는 Table 1과 같다.

이 근접도 지수 L 을 이용하여 대상 변전소를 선정한 결과 상업용과 산업용은 각각 최고 99.0%, 99.7%로 뚜렷한 특징을 보였지만 주거용의 경우 67.3%가 최고였다. 또한, 주거·상업·산업 혼용의 경우와 두 가지씩 혼용의 경우에 얻어진 결과도 다른 특징을 가진 모선과 유사하게 나타나 특별한 의미가 없었다. 예를 들면, 주거용·상업용 혼용의 모선 특징과 주거용 모선의 특징이 유사하게 나타나 이 기준을 적용하지 않고, 전국 용도별 구성비와 전력관리처별 구성비 중 특이한 특징을 가지는 모선을 선정 기준으로 하였다. 또한 계약전력 및 사용량이 크며, 계절별 부하변동이 적고 최실풍속이 설치되었고, 시험이 용이하도록 T/D반이 설치되었으며, 계통안정도측면에서 중요시되는 변전소를 우선적으로 고려하여 Table 2와 같이 시험대상 변전소를 선정하였다.

Table 1 The residential load L value order

순위	변전소명	관할 관리처	부하구성비[%]			L
			주거용	상업용	산업용	
1	월림	창원	67.3	30.3	2.4	19.9
2	신월	창원	64.0	35.2	0.9	25.4
3	안좌	광주	61.5	14.2	24.2	22.7
4	은평	서울	59.3	38.3	2.4	31.3
5	송계	계천	57.4	28.4	14.1	28.2
6	와룡	대구	55.3	34.5	10.2	32.9
7	부민	부산	54.2	31.8	14.1	33.1
8	유천	대전	53.9	43.6	2.6	40.4
9	황성	계천	53.3	31.4	15.3	34.0
10	은수	남서울	52.5	25.6	21.9	33.9

Table 2 The characteristic of selected S/S

번호	변전소명	부하구성비[%]			관할 관리처	소재지	비고
		주거	상업	산업			
1	신월S/S	64	35.2	0.9	창원	창원	주거용
2	홍인S/S	1.5	98.1	0.4	서울	서울	상업용
3	목내S/S	0.0	0.3	99.7	수원	안산	산업용
4	임공S/S	18.5	29.1	52.5	부산	부산	전국과 유사
5	황성리S/S	34.1	45.3	20.6	서울	서울	전국과 상이
6	화곡S/S	25.0	68.4	6.6	남서울	서울	전국과 상이
7	영천S/S	14.1	15.9	70.0	대구	영천	전국과 상이

(Table 1,2의 구성비자료는 '99년 1월 자료를 근거로 산출)

3. 변전소 전압-부하 특성 실험

3.1 변전소 구성

변전소는 Fig. 1과 같이 모선에 154/22.9(kV) M.Tr.#1, M.Tr.#2, ..., M.Tr.#N이 연결되어 있으며 각 M.Tr.에는 D/L #1, D/L #2, ..., D/L #N이 연결되어 있고, 각 D/L에는 주거용, 상업용, 산업용 부하 등이

연결되어 있다. 또 각 변전소에는 SCADA측 데이터 취득을 위한 T/D반이 있고 여기에는 Watt/Var, 전압, 전류T/D 등이 설치되어 있다. T/D의 출력은 0~1(mA)의 전류이다.

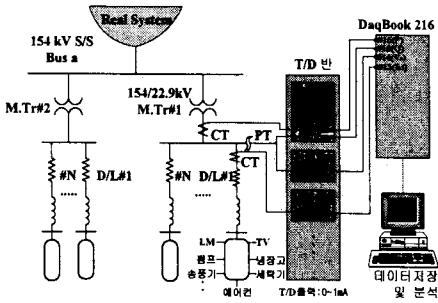


Fig. 1 The proposed experimentation in 22.9(kV)bus

3.2 실험방법

대상 변전소 T/D반의 T/D 2차 측에 측정장비를 Fig. 1과 같이 결선하고, 결선 후 SCADA측 데이터의 전송상태 및 측정장비의 동작상태 확인한다.

M. Tr. 별 OLTC 탭을 Auto(AVR)에서 Local로 제한 후, 허용전압 범위 내에서 수동으로 모션전압을 조작하여 전압을 Fig. 2와 같이 정상상태에서 최대 허용배전전압까지 승압한 후 최소 배전 허용전압까지 강압, 다시 정상상태가 될 때까지 모션전압을 승압한다.

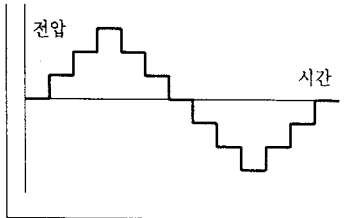


Fig. 2 The variation of main transformer voltage

이 때 M. Tr.의 전압, 유효·무효전력, 각 D/L 별 전류의 변화를 측정·저장하고, 이와 같은 방법으로 최대·최소·정상 부하시 각 M. Tr. 별로 각각 반복 측정한다. 측정 완료 후에는 다음 측정 시간까지 OLTC는 Auto운전 상태를 유지한다. 또한, Tap 변환 후 전압 유지시간은 5초로 하였다.

Table 3 Portable PC-Based data acquisition system specification

Item	Specification
A/D resolution & Speed	16bit, 100kHz
No. of analog input channels	8 DE, 16SE
Maximum channel capacity	256ch
Channel/gain sequencer depth	512
Built-in expansion card slot	1 slot
FIFO size	4k
No. of analog input channels	2ch
D/A resolution	12bit

본 연구에 사용된 장비는 Table 3과 같은 규격의 DaqBook을 사용하였다. 한편, T/D는 0~1(mA)의 전류 출력으로 나타나지만 본 장비는 입력을 전압으로 하기 때문에 T/D의 출력전류를 전압으로 변환하는 panel을 제작하였다. Fig. 3은 실험장치의 결선을 나타낸다.

변전소별 측정시간은 대상 변전소의 부하패턴을 참고하여 첩두부하, 정상부하, 기저부하 측정 시간대를 설정하였다. Fig. 4에 엄궁변전소의 부하패턴을 나타내었다. 한편, 실험 종료 후에는 SCADA측의 데이터 전송상태를 확인한다.

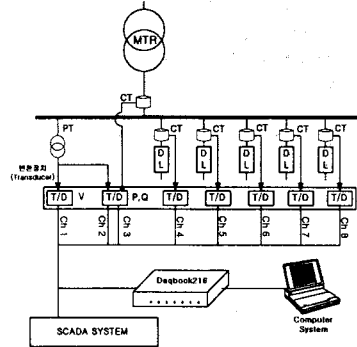


Fig. 3 The configuration of measurement device

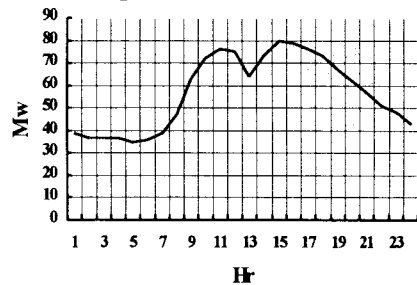


Fig. 4 The summer load pattern(Eumgung S/S)

4. 실험 결과 및 고찰

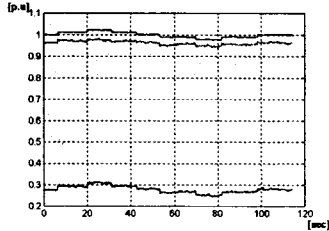
지금까지 기술한 내용을 바탕으로 선정된 변전소에 대하여 각 변전소의 OLTC 탭변화에 따른 T/D 2차측 전압 및 유효·무효전력의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 그림에서 전압은 정격전압으로, 유효전력과 무효전력은 각 M.Tr.별 피상전력으로 정규화 하였다.

그림 (a)는 주거용 변전소로 선정된 신월 변전소의 피크부하(15시)에 대한 특성실험 결과로 전압의 변화에 대한 유효·무효전력은 크게 변화하지 않고 있다. 그러나, (b)의 경우는 부하구성비가 상업용 98.1(%)로 상업용이 대부분을 차지하고 있고, 변전소 특성상 피크부하가 오전 10시에 나타나고 있다. 또, 전압 0.1(p.u)변화에 대해 유효전력은 0.2(p.u)로 변화하고 있다. 이것은 변전소의 주된 부하가 지하철 전동기의 전원공급용이기 때문으로 해석할 수 있다. 또한, 이 변전소는 전동기 부하의 기동과 정지가 빈번하기 때문에 전압 변동에 따른 유효·무효전력의 패턴 변화보다는 전압보다 지하철의 운전특성에 많은 영향을 받는 것을 알 수 있다.

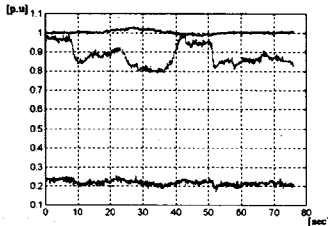
한편, (c)는 같은 변압기뱅크에 대하여 기저부하(04시)때의 부하특성을 나타내고 있다. 그림에서 부하특성이 진동하며 나타나고 있는 것은 본 변전소가 타 변전소와는 다르게 옥외에 설치되어 있어 지하 또는 옥내에 설치되어 있는 변전소와의 접지 방식 차이에 의한 측정시의 노이즈로 사료된다. (d)는 부하구성비가 산업용 부하가 99.7(%)인 목내변전소 평균부하(10시) 시간대의 부하특성을 나타내고 있다. 이 변전소는 특성상 유도전동기 부하가 대부분을 차지하고 있기 때문에 전압 변화에 따른 유효·무효전력의 변화가 뚜렷하게 나타나고 있다. 또, (e)는 부하구성비가 전국과 유사한 엄궁변전소의 피크부하(15시)시의 부하특성으로 무효전력은 전압의 변화에 따라 변화하고 있다. 그러나 (f),(g)의 경우

는 왕십리 변전소의 부하특성 측정결과로 0.1(p.u)의 전압변화에 대해 유효전력은 0.25(p.u)의 범위로 크게 변화하고 있다. 이것은 부하구성비가 전국과 상이한 변전소로 상업용 부하는 지하철 부하가 대부분으로 지하철 운전특성에 많은 영향을 받는 것으로 해석된다.

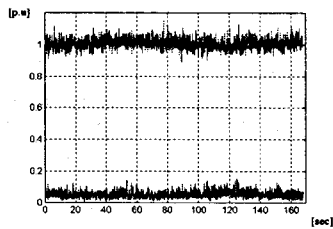
본 연구 결과는 주 변압기별 부하특성을 근거로 하여 각 모선별 부하모델의 합성이 가능하기 때문에 추후 개발될 모선별 부하모델과 비교하여 부하의 체계적인 분석이 가능할 것이다.



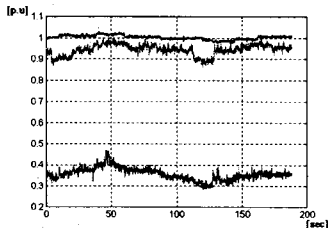
(a) M.Tr. #1 peak load(Shinweol S/S)



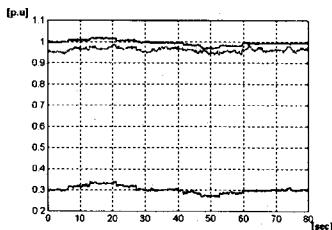
(b) M.Tr. #1 peak load(Heungin S/S)



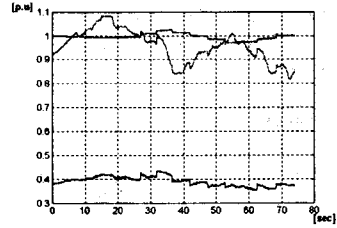
(c) M.Tr. #1 low load(Heungin S/S)



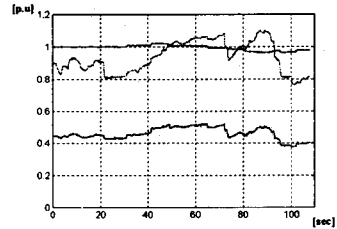
(d) M.Tr. #1 average load(Moknae S/S)



(e) M.Tr. #1 peak load(Eumgung S/S)



(f) M.Tr. #1 average load(Wangsipri S/S)



(g) M.Tr. #3 average load(Wangsipri S/S)

Fig. 5 The results of experimentation in 22.9(kV)

6. 결론

본 연구에서는 각 부하 모선의 부하모델의 신뢰성을 검증하기 위하여 국내 부하구성비와 유사한 변전소와 또 상이한 변전소를 각 전력관리처별로 선정하고 계약종별 용도인 주거용, 상업용, 산업용의 용도별로 구분하여 용도별 특성을 나타내는 실측 목적의 변전소를 선정하였다. 또한, 선정된 변전소를 대상으로 하여, 22.9(kV) 실 계통에서의 침두, 기저, 평균 부하 시간대의 부하특성 측정기법을 제안하였으며, 실 계통에서의 부하특성을 분석 고찰하였다.

본 연구 결과는 집단부하의 모델링결과를 실 계통에 적용하는데 있어 부하특성을 파악하는데 유용하게 사용될 것으로 사료된다.

(참 고 문 헌)

- [1] C. F. Walker, "Residential Load Shape Modeling Based on Customer Behavior," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, July 1985
- [2] H. L. Willis, "An Interactive End-Use Electric Load Model For Microcomputer Implementation," IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Nov 1983
- [3] Hydro-Quebec, "Real-Time Digital Data Acquisition System for Load Characteristics," EPRI Report EL-851, 1980
- [4] W. W. Price, "Load Modeling for Power Flow and Transient Stability Computer Studies," IEEE T-PWRS, Vol. PWRS-3, 1988
- [5] G. Singh, "Load Modeling for Real Time Monitoring of Power Systems," 1977
- [6] 박시우, 김기동, 윤용범, 추진부, "한전계통의 부하구성비 분석," 대한전기학회 하계학술대회 논문집 C권 pp.1478-1480, 1999. 7.