

100kVA 이하급 배전용 변압기 일부하 패턴의 2-Step 모델링

이영석*, 김재철, 윤상윤
숭실대학교 전기공학과

2-Step Modeling for Daily Load Curve of Up to and Including 100kVA Distribution Transformer

Young-Suk Lee*, Jae-Chul Kim, Sang-Yun Yun
Department of Electrical Engineering, Soongsil Univ.

Abstract - In this paper, we present 2-step load cycle for daily load curve of up to and including 100kVA distribution transformer in domestic. Daily load patterns are classified by two methods dependent upon possession information. In case we possess daily load profiles, make use of K-mean algorithm and in case we have not daily load profiles, make use of customer information of KEPCO. As the parameters of the load pattern classification, we use are daily load profiles and customer information of each distribution transformers. Data management system is used for NT oracle. We can present peak load magnitude, initial load magnitude and peak load duration for daily load patterns by 2-step load cycle for daily load curve of up to and including 100kVA distribution transformer in domestic. We think that this paper contributes to enhancing the distribution transformer overload criterion.

1. 서 론

최근의 전력계통은 전력설비의 대용량화와 냉·난방부 하의 증가로 인한 계절별 전력수요의 변화 및 정밀산업의 발달에 의해 전력공급 신뢰도 요구 수준이 높아지고 있다. 이러한 요구에 맞추어 정확한 수요예측과 더불어 다양적 부하관리방안을 통해 양질의 전력과 신뢰도 높은 전력공급 능력을 갖춘 배전계통의 필요성이 높아지고 있다. 국내의 경우, 동계 및 하계에 과부하로 인한 변압기 소손사고가 빈번히 일어남에 따라 안전상의 문제와 전력공급 신뢰도에 치명적인 손실을 발생시키고 있는 실정이다. 따라서 이에 부합하는 배전용 변압기판리와 과부하 판정기준의 개선에 따른 정확한 과부하 예측이 필요하다. 본 논문은 배전용 변압기 부하판리 방안의 개선을 목적으로 배전용 변압기 부하 패턴분류 부하데이터를 보유한 경우와 보유하지 못한 경우의 두 가지로 나누어 패턴을 분류하여 각 패턴별 계단형 모델을 추출하였다.

과부하 판정을 위해 알고리즘에 적용하기 위해서는 부하패턴을 정량화하는 것이 필수적이기 때문이다. 즉, 각 일부하 대표곡선을 최대부하 크기, 최대부하 지속시간, 기저부하 크기 등으로 표현할 수 있다. 본 논문에서는 1997년부터 1998년까지 서울 각 지역별로 분포된 배전용 변압기에 부착된 데이터 취득장치로부터 취득한 약 2년간의 데이터를 바탕으로 부하관리용 데이터베이스를 구축하였다.

부하데이터를 보유하고 있을 경우의 부하패턴은 보유한 96대 변압기의 데이터 중 변압기 과부하에 의한 부하판리를 필요로 하는 계절인 겨울철(12.1.2월)과 여름철(6.7.8월)의 부하패턴을 패턴분류 알고리즘의 하나인 K-평균 방식을 사용하여 분류하였다. 추출된 일부하 데이터를 주중 및 주말로 분리하고, 각 요일별 시간별 일

부하 데이터로 정제하였다. 이때 시간당 데이터는 10분당 데이터 6개의 평균을 취해 하루 24개의 일부하 데이터를 사용하여 표현하였다. 부하데이터 미보유시의 부하패턴은 해당 배전용 변압기의 수용가 구성비를 이용하여 수용가 구성을 다섯 가지로 나누어 부하패턴을 분류하였고, 마찬가지로 계단형 모델로 표현하였다.

2. 본 론

2.1 국내 배전용 변압기 과부하 판정 현황

국내의 배전용 변압기 과부하 판정의 기준은 표 1과 같다. 국내 과부하 판정기준은 과부하의 지속시간 및 기저부하의 크기를 배제하고 과부하의 크기만을 고려하고 있음을 알 수 있다[3]. 최대부하의 지속시간, 최대부하의 크기, 기저부하의 크기 등 변압기 과부하에 영향을 미치는 3가지 변수를 수치적으로 나타내기 위해서 부하패턴 분류는 필수적이라고 할 수 있다.

표 1. 배전용 변압기 과부하 판정의 기준

회선 방식	과부하 판정기준 (%)
단상 2선식 220V	130
단상 3선식 220/110V	110
삼상 3선식 200V(Δ)	130
삼상 4선식 220/110V	공용 : 110 전용 : 130
삼상 4선식 380/220V	공용 : 130 전용 : 100
삼상 4선식 380/220V	110(동일 용량 변대)

2.2 배전용 변압기 부하 패턴분류

본 논문에서는 배전용 변압기의 일부하 곡선을 이용하여 그 부하 사용패턴(최대부하 크기, 최대부하 지속시간, 기저부하 크기 등)을 분석하기 위해 같은 사용패턴을 가지는 변압기들을 분류하였다. 이를 위해 일부하 데이터를 보유했을 경우의 패턴분류 알고리즘은 간단한 방법중의 하나인 K-평균 알고리즘을 사용하였고, 일부하 데이터를 보유하지 못한 경우는 한국전력공사의 수용가 정보를 바탕으로 수용가 구성을 다섯 가지로 나누어 대표패턴을 추출하였다. 현재 국내에서 사용되고 있는 배전용 변압기 과부하 판정 기준을 합리적으로 재고찰하고 효율적으로 관리하기 위해 정확한 부하사용 패턴을 찾아서 분류하는 것은 상당히 중요한 일이라 할 수 있을 것이다.

2.2.1 일부하 데이터에 의한 패턴분류

본 논문에서 부하패턴 분류는 변압기별 일부하 데이터를 기준으로 하였으며 계절별로 통계 75대 변압기, 하계 62대 변압기의 주중 데이터($137 \times 5 \times 24 = 16,440$ 개)를 사용하여 1일 144개 데이터의 시간당 평균을 취해 24개 데이터를 사용하여 일부하 곡선을 형성하였다

[1]. 또한 결과의 신뢰성 확보를 위해 한국전력공사 전력경제처에서 발간하는 부하곡선 자료집을 참고하였다 [6]. 부하곡선의 특징별 군집형성을 위해 패턴 분류의 기본적인 기법 중 하나인 K-평균 알고리즘을 사용하여 동·하계 각각 7개의 패턴으로 분류하였다.

그림 1은 그 중 하계 7개 대표패턴의 그림이다. 패턴 1은 사무실이나 공장 등의 부하패턴으로 한국전력공사 전력경제처의 부하곡선자료집에서 분류한 계약종별 분류에서의 일반용 수용가의 부하곡선과 유사하다. 패턴2는 심야부하를 포함한 상업용 부하의 특성을 나타낸다. 패턴3도 역시 사무실 부하를 대표하지만, 특별히 최대부하의 지속시간이 패턴1보다 짧고, 기저부하도 상당히 낮다. 이는 전력경제처에서 계약전력별로 분류한 부하곡선 중 교육용 수용가와 상당히 유사하다. 패턴4는 대표적인 심야부하의 양상을 보이고 있다. 패턴5와 6은 유흥가, 식당가가 포함된 상업부하의 형태를 보이고 있다. 패턴7은 대표적인 주택부하의 형태를 보이고 있고, 이는 계약전력별 분류에서도 주택용 수용가로 분류되어 거의 같은 형태를 보이고 있다.

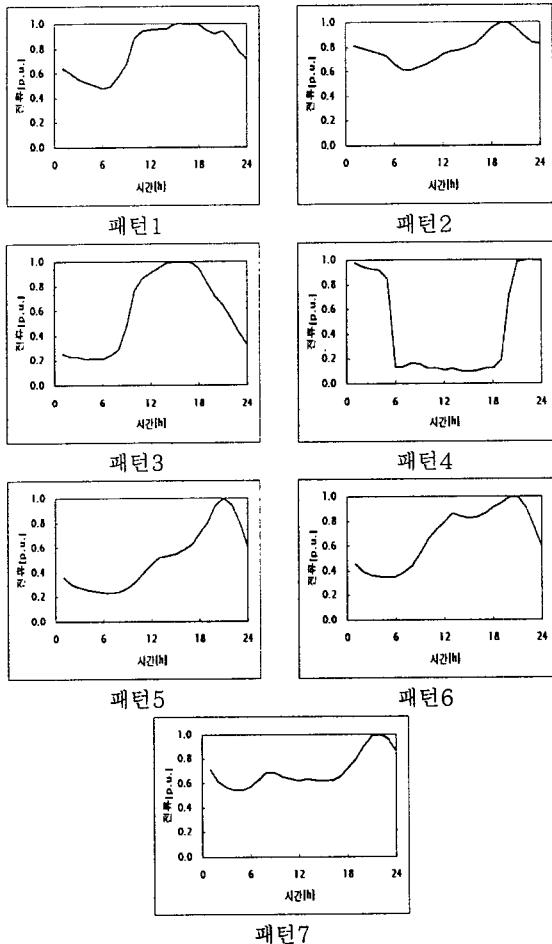


그림 1. 일부하 데이터에 의한 국내 배전용 변압기 대표 부하패턴(하계)

2.2.2 수용가 구성비에 따른 패턴분류

입력값이 부하데이터 혹은 일부하 곡선일 경우는 위에서 설명한 방법과 같이 비교적 간단히 패턴을 판별할 수가 있지만, 이러한 데이터가 없을 경우는 다른 요소를 고려하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 즉, 월간 사용전력량 혹은 계약전력, 그리고 수용가 구성 등의 요소들을

고려해 보아야 할 것이다. 본 논문에서는 이러한 요소들을 모두 적용하여 분석해 보았으며 그 중 수용가 구성을 가지고 패턴을 분류하는 방안을 적용해 보았다. 그 결과 수용가 구성비를 가지고 패턴을 분류할 경우 모두 5가지 수용가 구성을 수용가 구성비에 의해 추출하였으며 이를 계단형 부하형태로 변환하여 입력값에 대해 부하 패턴을 판별하는 방법을 생각할 수 있다. 선택한 대표패턴의 5가지 수용가 구성비는 다음 표 2와 같고 그림 2는 각 대표 일부하 곡선이다.

표 2. 수용가 구성비에 의한 패턴분류

패턴번호	패턴별 수용가 구성비
패턴 1	심야부하
패턴 2	주택 : 20 - 30% 상업 : 70 - 80%
패턴 3	상업 : 80% 이상
패턴 4	주택 : 90% 이상
패턴 5	주택 : 60 - 80% 상업 : 20 - 40%

대표 일부하 곡선은 각 패턴에 속하는 변압기의 일부하곡선의 평균값을 취해 추출하였다. 패턴1은 심야부하 형태를 대표하고, 패턴2는 상업우세지역의 부하곡선이다.

이는 부하 데이터를 가지고 분류한 패턴3과 비슷한 형태를 가진다. 패턴3은 상업절대우세지역으로 유흥가를 포함하고 있다. 패턴4는 주택절대우세지역의 부하곡선이며 패턴5는 주택우세지역의 부하곡선을 나타낸 것이다.

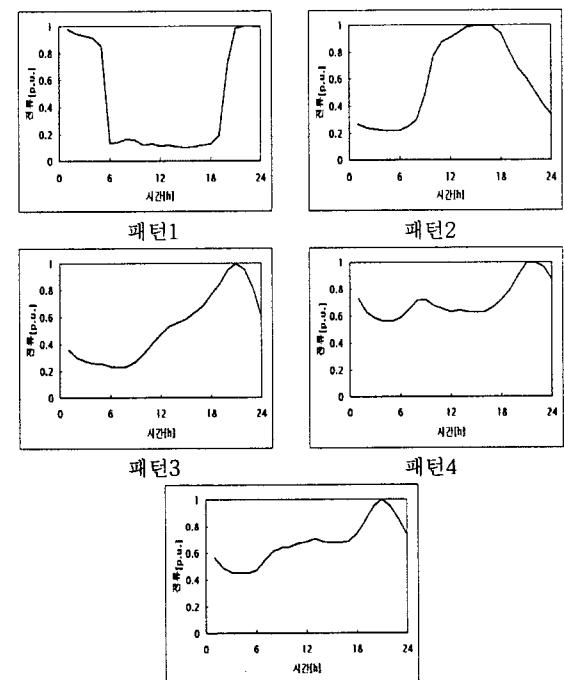


그림 2. 수용가 구성에 의한 국내 배전용 변압기 대표 부하패턴(하계)

2.3 일부하 패턴별 계단형 대표패턴 파라메타 검출

2.3.1 일부하 곡선의 계단형 표현

부하 모델을 표현하는 방법은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째 표현법이 실부하 곡선 표현이고 두 번째 표현법이 부하곡선을 최대부하와 기저부하의 계단

형태로 표현하는 계단형 표현방법이다[2]. 기본적 개념은 그림 3과 같다. 본 논문에서는 일부하 패턴으로 추출한 국내 배전용 변압기 대표 부하패턴을 계단형 형태로 변환함으로써 그 실부하 값을 실효치 값인 두 계단값으로 표현하였다. 실부하 곡선을 계단형 모델로 변환하는 방법은 IEC 354 "Loading Guide for Oil Immersed Transformers"를 참조하였다[5]. 변압기 과부하 판정 등 여러 가지 판단의 기본이 되는 변압기 최고온점 온도 등 여러 요소가 일부하 패턴에 의존한다고 볼 수 있다.

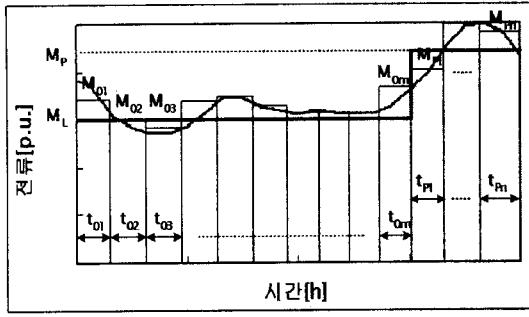


그림 3. 일부하 곡선의 계단형 표현

$t_{01} - t_{0m}$: 기저부하 지속시간

$t_{P1} - t_{Pn}$: 최대부하 지속시간

$M_{01} - M_{0m}$: 시간당 기저부하 크기

$M_{P1} - M_{Pn}$: 시간당 최대부하 크기

M_P : 계단형 최대부하, M_L : 계단형 기저부하

$$M_P = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^n M_{Pm}^2 \cdot t_{Pm}}{\sum_{m=1}^n t_{Pm}}} \quad (1)$$

$$M_L = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^m M_{0L}^2 \cdot t_{0L}}{\sum_{l=1}^m t_{0L}}} \quad (2)$$

식 (1)과 (2)의 M_P , M_L 은 각 지속시간에서의 부하의 실효치 값이다.

표 3. 일부하 데이터에 의해 분류된 부하패턴의 계단형 파라메타

패턴 1	최대부하크기(p.u.)	0.98
	기저부하크기(p.u.)	0.71
	최대부하지속시간(h)	8
패턴 2	최대부하크기(p.u.)	0.95
	기저부하크기(p.u.)	0.74
	최대부하지속시간(h)	6
패턴 3	최대부하크기(p.u.)	0.96
	기저부하크기(p.u.)	0.46
	최대부하지속시간(h)	8
패턴 4	최대부하크기(p.u.)	0.97
	기저부하크기(p.u.)	0.30
	최대부하지속시간(h)	8
패턴 5	최대부하크기(p.u.)	0.93
	기저부하크기(p.u.)	0.46
	최대부하지속시간(h)	4
패턴 6	최대부하크기(p.u.)	0.94
	기저부하크기(p.u.)	0.62
	최대부하지속시간(h)	6
패턴 7	최대부하크기(p.u.)	0.97
	기저부하크기(p.u.)	0.66
	최대부하지속시간(h)	4

표 4. 수용가 구성비에 의해 분류된 부하패턴의 계단형 파라메타

패턴 1	최대부하크기(p.u.)	0.97
	기저부하크기(p.u.)	0.30
	최대부하지속시간(h)	8
패턴 2	최대부하크기(p.u.)	0.96
	기저부하크기(p.u.)	0.46
	최대부하지속시간(h)	8
패턴 3	최대부하크기(p.u.)	0.94
	기저부하크기(p.u.)	0.48
	최대부하지속시간(h)	4
패턴 4	최대부하크기(p.u.)	0.92
	기저부하크기(p.u.)	0.65
	최대부하지속시간(h)	6
패턴 5	최대부하크기(p.u.)	0.95
	기저부하크기(p.u.)	0.72
	최대부하지속시간(h)	4

표 3과 표 4는 각각 일부하 데이터에 의해 분류된 일부하 패턴의 계단형 모델과 수용가 구성비에 의해 분류된 일부하 패턴의 계단형 모델이다. 본 계단형 모델에서 변압기의 실제 변압기 이용율이 정해진다면 최대부하크기에 적용할 수 있고, 각 변압기의 기저부하 크기 또한 계단형 모델에서의 계단값의 차에 의해 정해질 수 있을 것이다.

3. 결 론

본 논문에서 제시한 100kVA이하급 배전용 변압기의 계단형 모델의 추출을 위한 패턴분류 방법은 크게 두 가지이다. 첫째는 변압기의 부하 데이터를 보유하고 있을 경우이며, 두 번째는 변압기 부하 데이터를 보유하지 못하고 일반적인 수용가 정보만을 가지고 있을 경우이다. 패턴분류를 통하여 궁극적으로 각 대표패턴의 특성을 정량적으로 추출하기 위해 계단형 모델을 제시하였다.

이를 통해 변압기의 과부하에 영향을 주는 3가지 요소 즉, 최대부하 크기, 최대부하 지속시간, 기저부하 크기를 도출할 수 있었다. 부하 데이터를 가지고 부하패턴을 분류할 경우 K-평균 알고리즘을 사용하여 패턴을 7개 패턴으로 분류하였고, 수용가 정보만을 가지고 부하패턴을 분류할 경우는 수용가 구성비에 따라 5개 패턴으로 분류하여 각각의 계단형 파라메타를 생성하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] 윤상윤, 김재철, 이영석, "배전용 변압기 부하사용 패턴분류," 대한전기학회 춘계학술대회 논문집, pp.89-91, 2001년 5월.
- [2] 이영석, 김재철, 윤상윤, 오정환, 박창호, "데이터베이스를 이용한 부하패턴별 수용가 특징 모델링," 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp., 2001년 7월
- [3] 한국전력공사 전력연구원, 배전용 변압기 최적 부하관리 방안 연구, 2001년 8월
- [4] D. Elmakis, A. Braunstein, "A Probabilistic Method for Establishing Capacity in Substations Based on The of Transformer Expected Life", IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 3, No. 2, May 1988.
- [5] IEC Standard 354(1971), Loading guide for oil-immersed power transformers.
- [6] 한국전력공사 전력경제처, 부하곡선 자료집, 한국전력공사, 1997년 10월
- [7] 한국전력공사 전력연구원, 배전용 변압기 최적 부하관리 방안에 관한 연구, 한국전력공사, 2001년 1월.