

퍼지알고리즘을 이용한 유중 변압기의 안전진단 및 평가에 관한 연구.

김영일
대림대학 전기과

A Study on Safty Diagnosis and Evaluation of Oil Transformer using Fuzzy Algorithm

Young-il, Kim

Daelim College, A Department of Electrical Engineering

Abstract - In this paper, we introduced about safety algorithm of transformer for MV/LV distribution customers using by fuzzy theory. Overload of transformer becomes different by surrounding temperature. And parameters about overload of transformer are connection each other. Therefore, we organize safety algorithm consider overload of transformer and surrounding temperature in this research. And we induce the relational expression of each parameters using experiment data of IEEE std C57.91-1995. Deduction of result used fuzzy reasoning. We guess the safety algorithm suggested in this paper shows the new direction that heavy electrical equipments including switchboard are going to develop in the future.

1. 서 론

사용자의 요구에 맞추어 수배전반은 날이 갈수록 전문화되며 발전하고 있으나 실제 현장 운영자에게 효과적인 정보전달은 사실상 힘든 실정이다. 위험 요소를 사고가 발생하기 이전에 분석하고 예방하는 것이 무엇보다 중요하다. 기존 수배전반의 경우 위급상황이 발생하면 현장 운영자가 상태를 손쉽게 파악하고 조치를 취하기가 힘들었고, 따라서 사고의 파급은 더욱더 확산될 수 있는 위험을 가지고 있다. 최근 디지털 계전기, 디지털 전력량계의 원격검침 등의 발전 상황을 보면 증전기기의 디지털화가 급속도로 이루어지고 있음을 쉽게 알 수가 있다. 수배전반도 마찬가지로 초기에는 아날로그식으로 모든 조작이 수동적으로 이루어졌으나, 90년대 중반부터 현재까지 일체화, 전자화 및 디지털화가 급속하게 진행되어 왔다. 결국 수배전반 내에 암호어 프로세서(Armcore processor)가 내장되기에 이르렀으며 수많은 데이터가 내부에서 처리되고 있다. 이와 같은 현실에 비추어 보았을 때, 전력 수배전반 내의 유중 변압기에서 전력 사용자에게 꼭 필요한 핵심 파라미터를 선정하여 한 눈에 현 유중 변압기 안전 상태를 진단할 수 있는 정확한 안전 진단 알고리즘의 개발이 필요한 시점이라 판단된다. 본 논문에서는 이러한 상황을 고려하여 사용자에게 꼭 필요하고 효과적으로 종합 및 분석 가능한 퍼지 알고리즘으로 추론하여 수배전반 내 유중 변압기의 안전 상태를 진단하고 적용평가를 수행하였다.

2. 유중 변압기의 퍼지 알고리즘

변압기에서는 여러 가지 전력파라미터들이 모니터링되고 분석된다. 기존의 아날로그식 수배전반에서는 수년간의 경험을 가진 전문가가 변압기의 모니터링 결과를 판단하고 조치를 하였으나, 최근에 수배전반이 디지털화되어 감에 따라 변압기의 전문가 지식을 인공적으로 구현할 필요가 있다. 따라서 본 연구를 통하여 구현된 전력 수배전반의 유중변압기의 '안전 진단은 퍼지 알고리즘을 이용하여 구현하였으며, 본 절에서는 본 연구에서 이용한 퍼지 알고리즘의 기본 이론을 기술하였다.

본 연구를 통하여 구현된 알고리즘에서는 각 요소들의 허용기준 경계의 불확실성을 처리하기 위하여 퍼지 소속함수(fuzzy membership function)를 적용하였다. 보다 효과적인 소속정도를 설정하기 위하여 Dombi가 제안한 S 형태의 소속함수를 사용하여 처

리하였으며, 이 방법은 계수의 조절을 통해 사용자가 원하는 소속정도를 설정할 수 있는 장점이 있다. Dombi의 소속 함수는 다음 식과 같이 정의된다.

$$\mu(x) = \frac{(1-v)^{\lambda-1}(x-a)^{\lambda}}{(1-v)^{\lambda-1}(x-a)^{\lambda} + v^{\lambda-1}(b-x)^{\lambda}}$$

여기서 a 는 구간의 하한치, b는 구간의 상한치, λ 는 곡선의 기울기, v 는 굴절점이다.

표 1은 이 소속 함수의 특성을 보여주는 예로서 곡선 기울기 λ와 굴절점 v를 각각 변화시켜 보았다. 구간최소 값 a와 구간 최대 값 b는 비교를 위하여 0과 100으로 하였다.

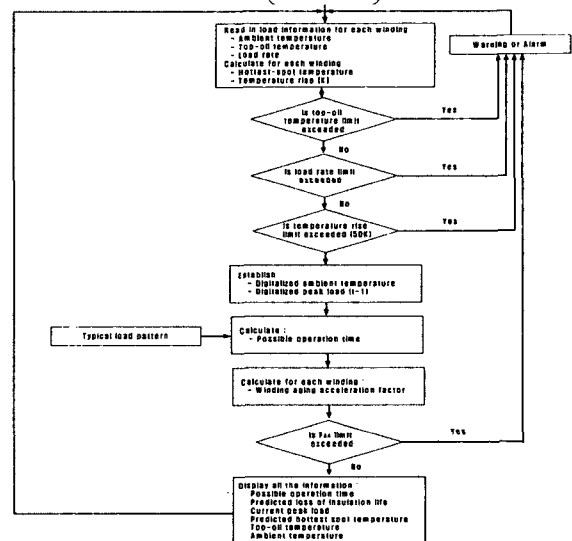
구 분	소속함수1	소속함수2	소속함수3
λ	2	3	6
v	0.2	0.2	0.2
a	0	0	0
b	100	100	100

3. 수배전반 안전 알고리즘 구성

3.1 알고리즘 구성

수배전반 내에는 변압기, 피뢰기, 차단기, CT/PT 등 여러 가지 기기가 포함되어 있지만 변압기가 그 중 핵심요소이므로 본 연구에서는 변압기의 안전을 수배전반의 안전과 동일하게 보았으며, 변압기 과부하 관련 파라미터들을 변압기 이용률, 절연물 최고허용온도, 변압기 유온상승, 이상 3가지로 보았다. 따라서 본 연구를 통하여 구현된 수배전반 안전 알고리즘은 변압기 이용률, 절연물 최고허용온도, 변압기 유온상승을 기본 파라미터로 하였으며, 변압기 절연수명에 대한 국제규격인 IEEE std C57.91을 기반으로 구성하였다.

그림 1은 유중 변압기 안전알고리즘의 전체 순서도를 보여준다.



<그림 1> 유중변압기의 안전알고리즘의 순서도

3.2 부하가압시간과 변압기온도와의 상관식 도출

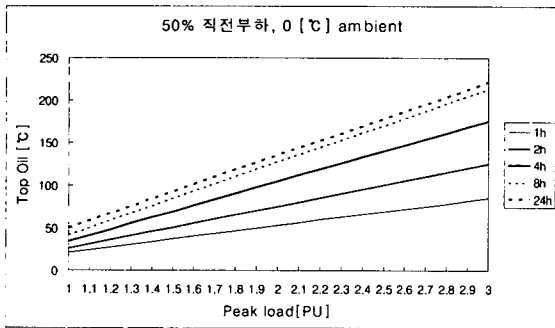
표 1은 1시간직전부하가 50%이며 주위온도가 0℃일 때의 과부하율에 따른 최상부 유온값을 나타내는 추정식이다. 즉, y는 최상부 유온(℃), x는 과부하율(p.u)을 나타낸다. 이 회귀식은 최소자승법에 의하여 도출되었으며 이때의 적합도는 다음 식에 의하여 계산되었다.

〈표 1〉 직전부하 50%, 주위온도 0℃일때의 상관식

구분	상관식	적합도
1시간 과부하	$y = 32.083x - 10.983$	0.9985
2시간 과부하	$y = 49.797x - 23.889$	0.9994
4시간 과부하	$y = 70.886x - 36.908$	0.9716
8시간 과부하	$y = 85.925x - 44.531$	0.9981
24시간 과부하	$y = 85.752x - 36.173$	0.9986

$$r^2 = \frac{\sum(\theta_i - \bar{\theta}_i)^2}{\sum(\theta_i - \bar{\theta}_i)^2 + \sum(\hat{\theta}_i - \theta_i)^2}$$

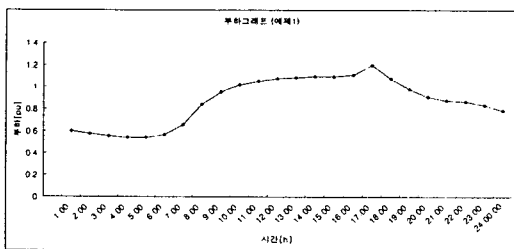
여기서, θ_i , $\bar{\theta}_i$, $\hat{\theta}_i$ 는 각각 선택된 회귀식에 의해 추정된 최상부 유온 값, 실제 최상부 유온 값의 평균 및 실제 값을 나타낸다. 아래의 그림 2는 이 회귀식을 그래프로 표현한 것으로 부하가 걸릴수록 거의 선형적으로 최상부 유온값이 상승하는 것을 알수가 있다.



〈그림 2〉 직전부하 50%, 주위온도 0℃일때의 그래프

3.3 구현 알고리즘 적용

본 연구를 통하여 개발된 변압기 안전 알고리즘은 E종 절연물을 사용하는 변압기에 적용하였다. 그림4는 변압기의 일부하 그래프인데, 그림 3에서 새벽에는 0.6pu이하의 부하율로 사용되다가 오전 7시부터 부하율이 지속적으로 상승하고 있다. 17시경에 어떤 이유에서 부하가 순간적으로 높게 걸리며 그 이후로는 점차 부하율이 낮아지는 형태를 띠고 있다.



〈그림 3〉 변압기의 일부하 그래프

이때의 FEQA는 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$F_{EQA} = \frac{\sum_{n=1}^N F_{AA_n} \Delta t_n}{\sum_{n=1}^N t_n} = \frac{25.857}{24} = 1.077$$

즉, 이 변압기는 1.077일 혹은 25.848시간과 등가로 운전하였다.

다시 말해 이 변압기는 20년을 변압기의 평균수명으로 보았을 때 약 0.014%의 수명이 감소하였음을 의미한다.

여기서 주위온도가 비정상적으로 높은 이유는 상정사고를 가정하여 알고리즘에 의하여 위험도가 제대로 계산되는지를 검증하기 위함이다. 이 데이터 값을 계산한 결과, 17시부터 19시에 최고온점 온도와 최상부 유온도, 그리고 온도상승 제한치를 넘어서는 것을 알 수가 있다. 이때 경보가 울리고, 지시된 조치가 취해질 것이다. 또한 여기서 계산된 위험도는 24시가 가장 안전한 상태이며 그 값이 낮아질수록 위험한 상태를 뜻한다. 이 위험도는 앞 절에서 도출해낸 상관식에 최고온점 온도 혹은 최상부 유온과 부하율을 대입하여 얻어진 사용가능시간을 나타낸다. 변압기의 절연물질이 파괴될 때까지의 남은 사용 가능시간을 말하기 때문에, 이는 곧 변압기의 위험 상태를 표현한다고 할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 변압기 과부하율, 절연물 최고허용온도, 변압기 유온상승(K)을 고려하고, IEEE std C57.91-1995의 실험데이터를 이용하여 부하전압과 변압기 온도와의 상관식을 도출하였으며, 이러한 요소들을 바탕으로 퍼지 추론을 통하여 진단 결과를 나타내는 유종 변압기의 안전 진단 알고리즘을 구성하였다. 그리고 구현된 알고리즘에 데이터를 적용하여 그 타당성을 확인하였다. 본 연구에서는 변압기가 수배전반의 위험도에서 차지하는 비중이 매우 크며, 변압기의 수명은 그 사용한 절연물의 수명에 의해 정해진다는 것을 고찰하였다. 절연물의 열화는 온도와 밀접한 관계가 있기 때문에 변압기에 있어서 온도는 대단히 중요한 인자이다. 그래서 변압기의 절연물 최고허용온도, 변압기의 유온 상승 등을 기본 파라미터로 하였다, 그리고 IEEE std C57.91-1995를 인용하여 변압기의 수명손실을 계산하였으며, 최종적으로 이상의 데이터들을 종합하여 비전문가도 쉽게 알아볼 수 있도록 위험도를 수치로 표현하고 경보를 울려주는 결과를 도출해내는 알고리즘을 구현하였다.

최근 기술의 진보 속도는 매우 빠르며, 앞으로 중전기기는 일체화, 전자화, 디지털화가 더욱 급속도로 진행될 것으로 사료된다. 그 일환으로 본 연구가 앞으로 변압기를 비롯한 중전기기의 발전 방향을 제시하였으며, 변압기에 관련된 기준자료로서 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Ivan Herman, "Graph Visualization and Navigation in Information Visualization : ASurvey", IEEE Trans. on Visualization and computer graphics, Vol. 6, No. 1, pp. 24-43, 2000.
- [2] Readings in Information Visualization, S.K. Card, J.D. Mackinlay, and Bshneiderman, eds. Morgan Kaufmann, 1999.
- [3] G. di Battista, P. Eades, R. Tamassia, and I.G. Tollis, Graph Drawing : Algorithms for the Visualization of Graphs. Prentice Hall, 1999.
- [4] Haeberli, P., "ConMan : A Visual Programming Landguage for Interactive Graphics", ACM SigGraph '88, pp. 109-111, 1988.
- [5] 중장기 전기안전정책 연구방향 I, 산업자원부, 2003년 2월.
- [6] 배전용 변압기 최적 부하관리 방안 연구, 한국전력공사, 2003년 1월.
- [7] 주상변압기 부하관리 개선에 관한 연구, 한국전력공사, 1999년 2월.