

퍼지 알고리즘을 이용한 유중 변압기의 안전진단 및 평가에 관한 연구

論 文

55P-4-6

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

金 榮 日[†]
(Young-il Kim)

Abstract - In this paper, safety algorithm of transformer is introduced for the sake of MV/LV distribution customers by using fuzzy theory. The current-carrying capacity of transformer is usually determined by the maximum temperature at which the transformer is permitted to operate. Overload of transformer has an effect on transformer utilization rate and maximum temperature rises as well as maximum ambient temperature of insulating materials. Therefore, we proposed the safety algorithm considering the overload of transformer and ambient temperature in this paper. We introduced the correlational equations between each parameters using experimental data of IEEE std C57.91-1995, and deduced the result using fuzzy reasoning. We guessed the safety algorithm making a diagnosis for the safety status of oil-immersed transformer.

Key Words : Maximum temperature rises, Fuzzy reasoning , Safety algorithm, Loss of life

1. 서 론

수배전반에는 여러 가지 계측기와 장치 및 변압기가 포함 되어 있어, 과부하 혹은 절연물 열화 등에 의해 변압기 사고로 이어질 수 있는 요소들이 항상 존재하고 있다. 하지만 실제 중소규모 수용가용 수배전반에는 현장 운영자가 아예 없으며 있더라도 전기에 대한 전문적인 지식이 없거나 혹은 수준이 낮은 초보자가 대부분이다.

수배전반 내에는 변압기, 피뢰기, 차단기, CT/PT 등 여러 가지 기기가 포함되어 있지만 변압기가 그 중 핵심요소이므로, 본 연구에서는 변압기 과부하 관련 파라미터 중에서 실제 가장 영향을 끼치는 파라미터로서 변압기 이용률, 절연물 최고허용온도, 그리고 변압기 유온상승을 고려한 안전진단 알고리즘을 구현하였다.

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 힘들고, 사고의 파급은 더욱더 확산될 수 있는 위험을 가지고 있다. 최근 디지털 계전기, 디지털 전력량계의 원격검침 등의 발전 추세를 보면 중전기기의 디지털화가 급속도로 이루어

지고 있음을 쉽게 알 수가 있다. 수배전반도 마찬가지로 초기에는 아날로그 식으로 모든 조작이 수동적으로 이루어졌으나, 90년대 중반부터 현재까지 일체화, 전자화 및 디지털화 등의 전력 IT화가 급속하게 진행되고 있다. 결국 수배전반 내에 암코어 프로세서(arm core 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 한눈에 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 알고리즘 추론을 통해 수배전반 내 유중 변압기의 안전 상태를 진단하고 적용평가를 수행하였다.[1]

2. 유중 변압기의 특성고찰

2.1 절연물 최고허용온도

본 연구에서는 변압기의 비정상적인 수명손실 여부의 판정기준을 변압기 절연물의 허용온도로 설정하였다. 표 1은 대표적인 국외 규격에서 제시된 절연물의 최고 허용온도를 나타낸다.

표 1의 절연물의 최고 허용온도는 정상적인 수명손실과 비정상적인 수명손실의 경계를 의미하는 것으로서, 다시 말해 표 1을 통해 절연물의 최고 허용온도는 변압기 온도가 해당 절연물의 최고 허용온도를 초과하면 이 변압기는 비정상적인 수명손실을 일으키는 운전 상태에 있음을 의미한다고 정의할 수 있다.[2]

[†] 교신저자, 正會員 : 大林大 電氣科 副教授 · 工博
E-mail : yikim@daelim.ac.kr
接受日字 : 2006年 7月 10日
最終完了 : 2006年 8月 28日

표 1 절연물의 최고 허용온도.

Table 1 Maximum permitted temperature of insulating materials.

	분류	JEC-2200	ANSI.C57.12	IEC 76
절연물의 최고허 용온도	A	105	105	105
	E	120	-	120
	B	130	150	130
	F	155	185	155
	H	180	220	180
	C	180을 초과	220을 초과	180을 초과
	200	-	-	200
	220	-	-	220
	250	-	-	250

2.2 변압기 유온상승(°K)

각종 절연물에 따라 최고 허용온도가 정해져 있는데 국내의 A종 절연물의 경우 105°C임을 앞서 언급하였다.

실제 측정하고 있는 최상부 유온을 통해서 변압기 절연물의 온도를 추정해야 한다.[3] 이에 따라 국제 규격별 변압기 온도상승 한도를 제시하였는데, 국내의 경우, 유입식 변압기는 JEC-2200의 유(온도계 법)의 경우의 외기와 직접 접촉할 경우의 기준치인 50°K를 기준으로 하며, 물드식 변압기는 JEC-2200의 권선(저항법)의 경우를 기준으로 한다. 여기서, 50°K는 A종 절연물의 온도상승 제한치가 105°C이며, 최악의 주위온도를 약 40°C로 가정하였다.[4]

정격부하에서의 최상부 유온과 권선 평균온도와와의 편차를 약 10°C, 정격부하에서의 권선평균온도와 최고온점온도와와의 편차를 약 5°C로 가정하여, 정격부하에서의 온도상승 제한치는 50°K(105-40-10-5=50°K)로 결정됨을 의미한다.

즉 어떤 변압기의 온도상승이 50°C라고 하면 이 변압기는 이미 과부하상태라는 것을 의미한다.

2.3 변압기 절연 수명

수명 혹은 절연 열화는 온도, 습도와 산소에 의한 시간 함수이다. 하지만 최근 변압기 시스템에서 습도와 산소가 열화에 기여하는 부분은 상당히 감소하였으므로 온도에 관련된 사항이 열화에 미치는 영향이 가장 크다고 할 수 있다. 따라서 최고온점온도에 의한 수명손실 효과를 고려하는 것이 일반적이다. 본 연구에서의 수명은 실제 변압기의 수명이 아니라 계산된 절연수명을 의미한다.

시간과 온도에 따른 절연열화의 관계는 식 (1)에 의해 결정된다.

$$per\ unit\ life = A \exp \left[\frac{B}{\Theta_H + 273} \right] \quad (1)$$

여기서 Θ_H 는 권선의 최고온점 온도이며, A와 B는 상수이다.

그림 1의 변압기 절연수명 곡선은 변압기의 권선 최고온점온도에 따른 변압기 수명을 나타낸다.[5]

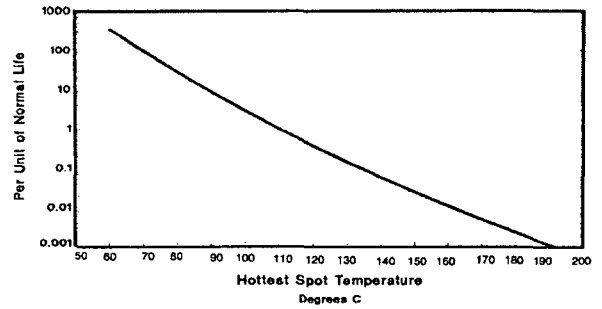


그림 1 유중 변압기 절연수명 곡선.

Fig. 1 Insulation life curve of oil-immersed transformer.

이 곡선은 배전용 변압기와 전력용 변압기가 같은 절연방식을 사용하므로 둘 다 적용될 수 있다. 식 (2)는 110°C를 기준온도로 설정했을 때 수명률이 어느 정도로 가속되는지를 나타낸다.[6]

$$per\ unit\ life = 9.80 \times 10^{-18} \exp \left[\frac{1500}{\Theta_H + 273} \right] \quad (2)$$

그림 1의 변압기 열화 절연수명 곡선은 주어진 부하와 온도 또는 가변하는 부하와 온도에 따른 수명가속지수(aging acceleration factor : F_{AA}) 계산의 근거가 된다. 즉 F_{AA} 가 1보다 큰 값을 가지면 그에 따른 최고온점온도는 110°C보다 높고, 반대로 F_{AA} 가 1보다 작은 값을 가지면 최고온점온도는 110°C보다 낮아진다. F_{AA} 의 수식은 식 (3)과 같다.

$$F_{AA} = \exp \left(\frac{1500}{383} - \frac{1500}{\Theta_H + 273} \right) \quad (3)$$

이 식은 변압기의 등가수명을 계산하는데 사용될 수 있다. 기준 온도에서의 변압기의 등가수명은 주어진 시간과 온도 사이클에서 식 (4)와 같이 된다.

$$F_{EQA} = \frac{\sum_{n=1}^N F_{AA} \Delta t_n}{\sum_{n=1}^N t_n} \quad (4)$$

여기서,

- n : 시간 t에 대한 index
- Δt_n : n번째의 부하가동시간 (hours)
- F_{AA} : 수명가속계수
- F_{AA_n} : Δt_n 기간의 수명열화 가속계수
- F_{EQA} : 총 등가 수명열화 가속계수

변압기의 전체 수명에 따른 수명손실을 %로 나타내면 식 (5)와 같다.

$$\% \text{ loss of life} = \frac{F_{EQA} * t * 100}{normal\ insulation\ life} \quad (5)$$

여기서, 배전용 변압기의 평균절연수명은 IEEE std. C57.91-1995에 의해 180,000시간(약 20년)으로 가정한다.

3. 수배전반 안전 알고리즘 구현

3.1 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 퍼지 알고리즘의 기본 이론을 기술하였다.

본 연구를 통하여 구현된 알고리즘에서는 각 요소들의 허용기준 경계의 불확실성을 처리하기 위하여 퍼지 소속함수 (fuzzy membership function)를 적용하였으며, 보다 효과적인 소속정도를 설정하기 위하여 Dombi가 제안한 S 형태의 소속함수를 사용하여 처리하였다. 이 방법은 전압, 전류, 역률 등을 포함한 다양한 전력 파라미터의 상관관계에 대한 소속정도를 사용자가 설정할 수 있도록 제안된 것으로서 Dombi의 소속 함수는 식 (6)과 같이 정의된다.[9]

$$\mu(x) = \frac{(1-v)^{\lambda-1}(x-a)^{\lambda}}{(1-v)^{\lambda-1}(x-a)^{\lambda} + v^{\lambda-1}(b-x)^{\lambda}} \quad (6)$$

여기서 a는 구간의 하한치, b는 구간의 상한치, λ는 곡선의 기울기, v는 굴절점이다.

표 2 소속 함수의 예.
Table 2 Example of membership function.

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

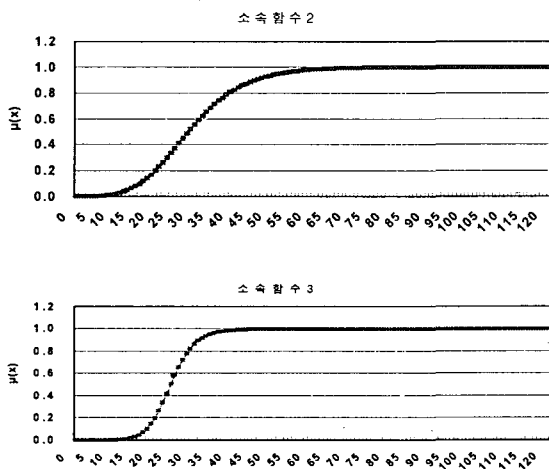


그림 2 소속함수 그래프.
Fig. 2 Graph for membership function.

표 2는 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.

그림 2에서처럼 곡선 기울기 λ값이 커지면 기울기가 샤프해지며 굴절점 v값이 커지면 소속 함수의 중심점이 오른쪽으로 이동하는 것을 알 수가 있다. 따라서 곡선 기울기 λ와 굴절점 v를 원하는 조정하여 특정 측정치에 따른 위험치 기댓값을 사용자가 결정할 수 있게 된다.

3.2 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 동일시하였으며, 변압기 과부하 관련 파라미터는 변압기 이용률, 절연물 최고허용온도, 변압기 유온상승으로 하였다. 따라서 본 연구를 통하여 구현된 수배전반 안전 알고리즘은 변압기 이용률, 절연물 최고허용온도, 변압기 유온상승을 기본 파라미터로 하여, 변압기 절연수명에 대한 국제 규격인 IEEE std C57.91을 기반으로 하여 구성하였다. 또한 기본 구성 요소들을 퍼지 알고리즘으로 통합 추론하여 유중 변압기의 안전 상태를 진단하는 알고리즘을 구현하였다.[7]

그림 3은 유중 변압기 안전알고리즘의 전체 순서도를 보여 준다. 부하율을 지속적으로 모니터링하고 만약 부하율이 100%를 넘어서면, 1시간 직전부하를 계산하고 주변온도 값을 계측기로부터 불러온다. 주변온도와 1시간직전 부하 값을 이용하여 변압기 사용가능 시간을 계산하고, 변압기 최상부 유온 값을 추가로 입력받아 전체적인 위험도를 도출해 낸다.

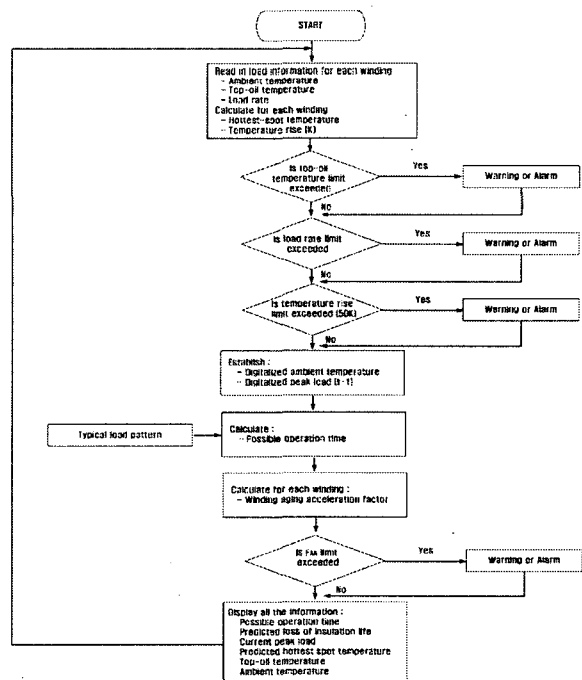


그림 3 유중변압기의 안전알고리즘의 순서도.
Fig. 3 Flowchart for safety algorithm of transformer.

3.3 계측치의 양자화

주변온도와 관련한 다양한 입력 파라미터의 상관관계를 분석하기 위해 주변온도 값을 정규화 함으로써 IEEE std C57.91을 기준으로 실제 계측 값들을 양자화된 값으로 변화시켰다. 표 3은 계측된 주변 온도 값의 1시간 전 부하의 양자화 범위를 나타낸다.

표 3 직전부하의 양자화.

Table 3 Quantization of previous load.

양자화 값	직전부하(load(t-1)) 범위
50%	load(t-1) ≤ 65%
75%	65% < load(t-1) ≤ 85%
90%	85% < load(t-1)

표 4는 수명열화 가속계수를 나타내며, 권선 최고온점 온도에 따라 그 값을 계산하여 보여주고 있다.

이 수명열화 가속계수는 각 권선에 대하여 각각 계산해야 하지만 보통 수배전반 변압기 RST상 중에서 가운데 S상의 권선에 센서를 설치하여 온도를 측정한다. 본 알고리즘은 각 상에 대하여 온도를 측정한다고 가정하였다.

표 4 수명열화 가속계수.

Table 4 Aging acceleration factor.

T _H	F _{AA}	T _H	F _{AA}	T _H	F _{AA}	T _H	F _{AA}
<37	0.0000	64	0.0048	92	0.1449	120	2.7089
37	0.0001	65	0.0054	93	0.1622	121	2.9845
38	0.0001	66	0.0062	94	0.1813	122	3.2865
39	0.0001	67	0.0071	95	0.2026	123	3.6172
40	0.0002	68	0.0080	96	0.2263	124	3.9793
41	0.0002	69	0.0091	97	0.2526	125	4.3756
42	0.0002	70	0.0104	98	0.2817	126	4.8091
43	0.0002	71	0.0118	99	0.3141	127	5.2830
44	0.0003	72	0.0134	100	0.3499	128	5.8009
45	0.0003	73	0.0152	101	0.3897	129	6.3665
46	0.0004	74	0.0172	102	0.4337	130	6.9842
47	0.0004	75	0.0195	103	0.4823	131	7.6582
48	0.0005	76	0.0220	104	0.5362	132	8.3935
49	0.0006	77	0.0249	105	0.5957	133	9.1952
50	0.0007	78	0.0281	106	0.6614	134	10.0689
51	0.0008	79	0.0318	107	0.7340	135	11.0208
52	0.0009	80	0.0358	108	0.8142	136	12.0573
53	0.0011	81	0.0404	109	0.9026	137	13.1856
54	0.0012	82	0.0455	110	1.0000	138	14.4131
55	0.0014	83	0.0513	111	1.1074	139	15.7481
56	0.0016	84	0.0577	112	1.2256	140	17.1994
57	0.0019	85	0.0649	113	1.3558	141	18.7765
58	0.0021	86	0.0729	114	1.4990	142	20.4895
59	0.0024	87	0.0819	115	1.6565	143	22.3493
60	0.0028	88	0.0919	116	1.8296	144	24.3679
61	0.0032	89	0.1031	117	2.0197	145	26.5578
62	0.0037	90	0.1156	118	2.2285	146	28.9315
63	0.0042	91	0.1295	119	2.4576	147	31.5115

3.4 부하가압시간과 변압기온도와의 상관식 도출

표 5는 1시간 직전부하가 50%이며 주위온도가 0℃일 때의 과부하율에 따른 최상부 유온 값을 나타내는 추정식이다. 즉, y는 최상부 유온 (℃), x는 과부하율(p.u)을 나타낸다. 이 회귀식은 최소자승법에 의하여 도출되었으며 이때의 적합도는 식 (7)에 의하여 계산된다.[8]

표 5 직전부하 50%, 주위온도 0℃일 때의 상관식.

Table 5 Correlational equation at previous load 50% and ambient temperature 0℃.

구분	상관식	적합도 (R2)
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

$$r^2 = \frac{\sum(\theta_t - \bar{\theta}_t)^2}{\sum(\theta_t - \hat{\theta}_t)^2 + \sum(\hat{\theta}_t - \bar{\theta}_t)^2} \quad (7)$$

여기서, θ_t , $\bar{\theta}_t$, $\hat{\theta}_t$ 는 각각 선택된 회귀식에 의해 추정된 최상부 유온 값, 실제 최상부 유온 값의 평균 및 실제 값을 나타낸다. 아래의 그림 4는 이 회귀식을 그래프로 표현한 것으로 부하가 걸릴수록 거의 선형적으로 최상부 유온 값이 상승하는 것을 알 수 있다.[9]

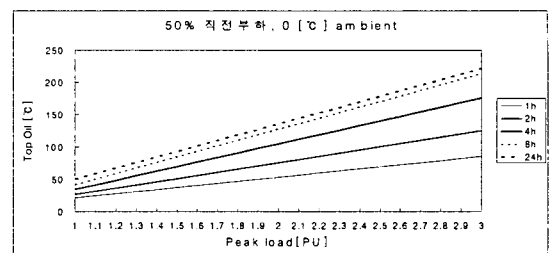


그림 4 직전부하 50%, 주위온도 0℃일 때의 그래프.

Fig. 4 Graph at previous load 50% and ambient temperature 0℃.

본 연구에서는 위와 같이 IEEE std C57.91의 실험데이터를 이용하여 주위온도와 1시간 직전부하를 변화하면서 회귀식을 구하였다.

4. 구현 알고리즘 적용

본 연구를 통하여 변압기 안전 알고리즘은 E종 절연물을 사용하는 변압기에 적용하였다.

그림 5는 변압기의 일부하 그래프인데, 그림 4에서 새벽

에는 0.6pu이하의 부하율로 사용되다가 오전 7시부터 부하율이 지속적으로 상승하고 있음을 보여준다. 17시 경에 어떤 이유에서 부하가 순간적으로 높게 걸리며 그 이후로는 점차 부하율이 낮아지는 형태를 띠고 있다.

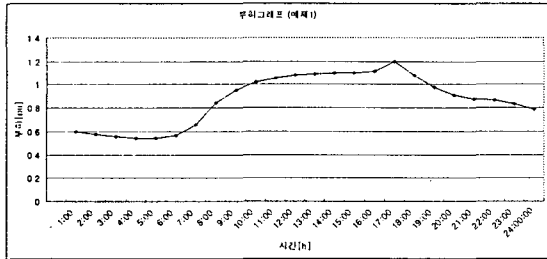


그림 5 변압기의 일 부하 그래프.

Fig. 5 A day-load graph of transformer.

표 6은 F_{AA}와 누적수명시간을 각 시간대별로 보여주고 있다.

표 6 변압기 수명손실.

Table 6 Loss of life for an oil-immersed transformer.

시간	부하 [pu]	T _H [°C]	F _{AA,n}	수명시간 (aging hours)	누적수명 시간
1:00	0.599	80.0	0.036	0.036	0.036
2:00	0.577	72.8	0.015	0.015	0.051
3:00	0.555	72.9	0.015	0.015	0.066
4:00	0.544	72.8	0.015	0.015	0.080
5:00	0.544	71.8	0.013	0.013	0.093
6:00	0.566	71.8	0.013	0.013	0.107
7:00	0.655	73.0	0.015	0.015	0.122
8:00	0.844	74.2	0.018	0.018	0.139
9:00	0.955	85.1	0.066	0.066	0.205
10:00	1.021	92.2	0.148	0.148	0.353
11:00	1.054	99.1	0.318	0.318	0.671
12:00	1.077	104.6	0.571	0.571	1.242
13:00	1.088	109.2	0.921	0.921	2.163
14:00	1.099	112.8	1.329	1.329	3.492
15:00	1.099	116.0	1.830	1.830	5.322
16:00	1.110	117.8	2.185	2.185	7.507
17:00	1.200	125.0	4.376	4.376	11.882
18:00	1.077	130.0	6.984	6.984	18.866
19:00	0.977	125.0	4.376	4.376	23.242
20:00	0.910	114.0	1.499	1.499	24.741
21:00	0.877	104.8	0.583	0.583	25.324
22:00	0.866	97.9	0.279	0.279	25.603
23:00	0.832	93.2	1.166	1.166	25.769
24:00	0.788	87.6	0.088	0.088	25.857

이때의 F_{EQA}는 다음 식(8)과 같이 구할 수 있다.

$$F_{EQA} = \frac{\sum_{n=1}^N F_{AA,n} \Delta t_n}{\sum_{n=1}^N t_n} = \frac{25.857}{24} = 1.077 \quad (8)$$

즉, 이 변압기는 1.077일 혹은 25.848 시간과 등가로 운전 되고, 수명손실을 백분율로 구하면 식(9)와 같다.

$$\% \text{ loss of life} = \frac{1.077 \times 2400}{180} = 0.014\% \quad (9)$$

이 변압기는 20년을 변압기의 평균수명으로 가정했을 때 약 0.014%의 수명이 감소하였음을 의미한다.

본 알고리즘에 이 데이터를 적용한 결과를 표 7에 정리하였다.[10] 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 수 있다. 이때 경보가 울리고, 지시된 조치가 취해질 것이다. 또한 여기서 계산된 위험도는 24시가 가장 안전한 상태이며 그 값이 낮아질수록 위험한 상태임을 뜻한다.

이 위험도는 앞 절에서 도출해낸 상관 식에 최고온점 온도 혹은 최상부 유온과 부하율을 대입하여 얻어진 사용가능 시간을 나타낸다. 변압기의 절연물질이 파괴될 때까지의 남은 사용 가능시간을 말하기 때문에, 이는 곧 변압기의 위험 상태를 표현한다고 할 수 있다.[11]

표 7 수배전반 안전 알고리즘의 위험도.

Table 7 A dangerous conditions of safety algorithm for medium voltage cubicle.

시간	부하 [pu]	T _H [°C]	T _{Top} [°C]	T _{abient} [°C]	온도 상승 [K]	하루 전부하 [pu]	전부하 [pu]	주변 온도 [°C]	위험도
1:00	0.599	80.0	65	40	25	0.7	0.5	40	24
2:00	0.577	72.8	57.8	40	17.8	0.6	0.7	40	24
3:00	0.555	72.9	67.9	39	18.9	0.612	0.7	40	24
4:00	0.544	72.8	57.8	38	19.8	0.612	0.7	40	24
5:00	0.544	71.8	56.8	40	16.8	0.614	0.7	40	24
6:00	0.566	71.8	56.8	42	14.8	0.615	0.7	40	24
7:00	0.655	73.0	58	50	8	0.667	0.7	50	24
8:00	0.844	74.2	59.2	52	7.2	0.867	0.7	50	24
9:00	0.955	85.1	70.1	55	15.1	0.999	0.9	50	24
10:00	1.021	92.2	77.2	58	19.2	1.1	0.9	50	4
11:00	1.054	99.1	84.1	61	23.1	1.1	0.9	50	4
12:00	1.077	104.6	89.6	65	24.6	1.125	0.9	50	3
13:00	1.088	109.2	94.2	65	29.2	1.125	0.9	50	3
14:00	1.099	112.8	97.8	68	29.8	1.159	0.9	50	2
15:00	1.099	116.0	101	65	36	1.1	0.9	50	2
16:00	1.110	117.8	102.8	60	42.8	1.22	0.9	50	2
17:00	1.200	125.0	110	55	55	1.28	0.9	50	2
18:00	1.077	130.0	115	52	63	1.112	0.9	50	3
19:00	0.977	125.0	110	50	60	0.977	0.9	50	24
20:00	0.910	114.0	99	51	48	0.899	0.9	50	24
21:00	0.877	104.8	89.8	46	43.8	0.812	0.9	50	24
22:00	0.866	97.9	82.9	47	35.9	0.81	0.9	50	24
23:00	0.832	93.2	78.2	44	34.2	0.8	0.9	40	24
24:00	0.788	87.6	72.6	42	30.6	0.7115	0.9	40	24

5. 결 론

본 연구에서는 변압기 과부하율, 절연물 최고허용온도, 변압기 유온상승(°K)을 고려하고, IEEE std C57.91-1995의 실험데이터를 이용하여 부하전압과 변압기 온도와 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 인자이므로 변압기의 절연물 최고허용 온도, 변압기의 유온 상승 등을 기본 파라미터로 하였다. 또한 IEEE std C57.91-1995를 인용하여 변압기의 수명손실을 추정하였으며, 최종적으로 이상의 데이터들을 종합하여 비전문가도 쉽게 알아볼 수 있도록 위험도를 수치로 표현하고, 경보를 올려주는 결과를 도출해내는 알고리즘을 구현하였다. 최근 기술의 진보 속도는 매우 빠르며, 앞으로 중전기 기는 일체화, 전자화, 디지털화가 더욱 급속도로 진행될 것으로 사료된다. 그 일환으로서 본 연구가 앞으로 변압기를 비롯한 중전기기의 발전 방향을 제시하였으며, 변압기에 관련된 기준 자료로서 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 중장기 전기안전정책 연구방향 I, 산업자원부, 2003.2.
- [2] 배전용 변압기 최적 부하관리 방안 연구, 한국전력공사 2003.1.
- [3] 주상변압기 부하관리 개선에 관한 연구, 한국전력공사, 1999. 2
- [4] IEEE Std. C57.12.90, IEEE Std Test Code for Liquid Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers and IEEE Guide for Short-Circuit Testing of Distribution and Power Transformers, 1993.
- [5] IEEE Std. C57.12.100, IEEE Std Test Procedure for Thermal Evaluation of Oil-Immersed Distribution Transformers, 1999.
- [6] IEEE Std. C57.91, IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Overhead and Pad-Mounted Distribution Transformers Rated 500kVA and Less with 65°C or 55°C Average Winding Rise, 1981.
- [7] IEC 60076-2, Power Transformers-Part 2:Temp. Rise
- [8] IEC 60076-11, Power Transformers-Part 11 : Dry-Type Transformers, 2001.
- [9] J. Dombi, "Membership Function as an Evaluation", Fuzzy Set and Systems, 35, pp. 1-21, 1990.

저 자 소 개



김 영 일 (金 榮 日)

1952년 10월 27일생. 1972년 건국대 물리대 수학. 1983년 숭실대 전기공학과 졸업. 1985년 연세대 대학원 전기공학과공학석사. 1989년 동대학원 공학박사. 1989년 LS산전 연구소 선임연구원. 1992년 동해중앙연구소

수석연구원. ~현재 대림대학 전기과 교수

Tel : 031-467-4864

Fax : 031-467-4861

E-mail : yikim@daelim.ac.kr