

# 변압기의 열화기구 및 수명평가(하)

류 희 석

(한국전기연구소 절연진단연구팀 · 선임연구원)

## 4. 변압기의 수명 평가법

변압기의 수명은 절연물의 열화에 의해 결정되  
우지며 변압기 절연물은 대표적으로 절연지 및 절  
연유로 구성되어 있다. 특히 이 가운데 절연지의  
열화는 변압기의 수명과 직접 관련이 있으며, 변  
압기의 절연지는 항상 열적, 전기적, 기계적 및 환  
경적인 스트레스하에서 열화하고 있다. 그러므로  
변압기의 수명은 절연지가 이들로부터 받는 스트  
레스에 의해 열화되는 속도에 따라 변하게 된다.

변압기의 절연지는 열적인 열화에서는 중합도가  
일정한 온도에서 시간에 따라 떨어져 기계적 강도  
가 감소하고, 온도증가에 따라 열화속도가 가속하  
고 있는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 변압기가  
정상적으로 제작, 운전되고 있다면 전기적·기계적  
스트레스보다는 열적인 스트레스가 주가 되어서  
절연지의 열화속도의 평가는 온도만을 고려하여  
할 수 있을 것이다. 그러므로 변압기에 존재하는  
열적으로 가장 스트레스를 많이 받는 권선의 상부  
hot spot 영역에서의 온도평가에 따른 변압기의 열  
화정도 추정계산이 가능하다. 이러한 특성들은  
IEC-354 "Loading guide for oil-immersed power  
transformers"와 JEC-204 "변압기" 등에서 제시하  
고 있다. 다음은 이 규격들을 중심으로 변압기의  
열열화에 의한 수명 특성을 설명한 것으로, 열열  
화에 작용하는 요인인 외부기온, 부하율 등에 따  
른 열화가 수명특성에 미치는 영향을 요약하였다.

### 가. 열열화 계산 추정의 배경

IEC-354, JEC-204 등의 규격에서는 Arrhenius  
법칙을 이용하여 한정된 범위내에서 적용이 가능  
한 단순한 형태로 발전된 Montsinger 법칙을 기본  
으로 하여 열화특성을 산출하고 있다. 이들 두 규

<표 3> 각 규격의 온도기준

구 분	IEC-354	JEC-204
공칭주위온도	20℃	25℃
최고점온도	98℃	95℃
적용온도범위	80~140℃	150℃
정규수명	98℃에서 '1'	95℃에서 30년

\* 여기서 '1'은 변압기의 설계수명

격에서 Montsinger식을 도입한 배경은 같으나 기  
준인 주위온도, 최고점온도 및 적용온도 범위에서  
는 표 3과 같이 약간의 차이가 있다.

실제 운전되는 변압기는 운전상태에 있어서 ①  
주위온도의 변동, ② 부하의 변동, ③ 냉각조건의  
변화 등으로 수명 계산을 위한 주 인자인 최고점  
온도가 항상 가변되며 따라서 실제 변압기의 수명  
은 설계치와 많은 차이를 보이는 경우가 대부분이  
다.

### 나. 변압기의 열열화 수명 계산

#### 1) 열열화 법칙

일반적으로 절연물은 열 이외의 다른 모든 영향  
들을 배제하여도, 화학특성상 열화과정이 진행된다.  
이 과정은 누적적이며 최종에는 필요한 특성의  
범위를 벗어나는 점에까지 이르게 된다. 화학적 반  
응속도에 관한 법칙인 Arrhenius 법칙에 따르면 필  
요한 특성의 범위를 벗어나는 순간까지의 시간을  
나타내는 수명은 다음 식(1.6)과 같이 표시된다.

$$\text{Life duration} = e^{(\alpha + \beta/T)} \quad \dots \quad (1.6)$$

여기서,  $\alpha, \beta$ : 상수,

T: 절대온도

Arrhenius 법칙은 일반적인 법칙으로서 일정범  
위의 온도에서는 더욱 단순한 지수함수식인 식

<표 4> IEC-354에 따른 상대 열열화율

권선 최고온도	상대 열열화율
80℃	0.125
86℃	0.25
92℃	0.5
98℃	1.0
104℃	2.0
110℃	4.0
116℃	8.0
122℃	16.0
128℃	32.0
134℃	64.0
140℃	128.0

(1.7)과 같은 Montsinger식으로 표현된다.

$$\text{Life duration} = e^{-p\theta} \quad (1.7)$$

여기서, p : 상수,

$\theta$  : 섭씨온도

식(1.7)을 수명시간의 역으로 표현되는 열화율 또는 열화속도의 개념으로 바꾸면 Montsinger식에서 식(1.8)과 같이 된다.

$$\text{열화율} = \text{상수} \times e^{-p\theta} \quad (1.8)$$

식(1.8)의 상수는 절연지로 사용되는 셀룰로스 제품의 기본 재료구성, 화학적 첨가물 등과 습기, 산소 등 환경인자들과 같은 많은 인자들에 따라 결정된다. 그러나 이러한 변수들과 달리 온도변화와 관련된 독립적인 상수 p는 80℃~140℃의 실제온도 범위에서 상수로 취급된다. 온도가 6℃ 증가할 때마다 열화율이 2배씩 증가한다는 실험적 자료에 의해 상수 p의 값이 결정되며 현재로서 변압기의 열화정도를 추정하기 위한 기본지침으로 이용되고 있다.

변압기의 열화율은 변압기 권선내에서 발생하는 hot-spot의 온도에 따라 결정된다. IEC-76에 의해 설계된 변압기가 정격부하와 공칭주위 온도에서 운전된다면 열화율 평가에 사용되는 hot-spot 온도는 98℃이다. 또한 JEC-204에 의해 설계된 변압기의 정격부하와 공칭 주위온도에서의 열화율 평가 기준온도는 95℃이다.

이러한 기준온도들은 통상적인 셀룰로스 계열의 전기절연용 craft paper를 기준으로

하는 것으로 열적으로 특별히 우수한 특성을 지닌 절연구조에 대한 기준은 아니다. 기본적으로 대용량 유입식 전력용변압기의 온도상승한도와 열적특성의 개선사항들은 제작사와 사용자간의 협의에 의해 결정되기 때문에 IEC-76이나 JEC-204와 같은 일반적인 규격에 의하지 않은 변압기에 적용되는 기준온도는 개별적인 설계서를 기준으로 할 수도 있다. 예를 들자면 근래 사용되고 있는 nomax paper와 같은 열적으로 우수한 절연재료를 사용하여 제작한 변압기의 경우 110℃의 hot-spot온도를 적용할 수도 있다. 그러나 변압기의 절연구조 전체적인 특성이 이러한 온도에 맞춰 설계되었는가 세심히 평가되어야 하며 실험적으로도 열화율에 대한 평가자료가 확보되지 않았다면 hot-spot 온도의 상황조정은 매우 위험한 상황을 초래할 수도 있다.

IEC-76에 따라 설계된 변압기의 hot-spot온도가 98℃라는 의미는 주위온도 20℃를 기준으로 주위온도 이상의 온도상승분이 78K라는 것을 뜻한다. 이 IEC-76의 기준에 의한 열화율에 대한 상대치로서의 열화율은 다음 식(1.9)로 계산된다.

$$V = \frac{\text{ageing rate at } \theta_h}{\text{ageing rate at } 98^\circ\text{C}} = 2^{(\theta_h - 98)/6} \quad (1.9)$$

식(1.9)를 사용하여 hot-spot온도에 따른 상대 열열화율을 표 4에 종합한다.

## 2) 수명손실(Loss-of-life)의 계산

통상 98℃의 hot-spot온도로 운전된 몇 개월 몇 일의 기간에서 발생하는 수명손실은 정상적인 몇 개월, 몇 일, 몇 시간으로 표현할 수 있다. 만약 일정기간 t시간동안 주위온도와 부하가 일정하다면 상대적 수명손실은  $V \times t$ 로 표현된다. 가중계산에 의한 주위온도를 사용할 수 있다면 주위온도가 가변되어도 일정한 부하율에 대해서 같은 식의 적용이 가능하다. 일반적으로 운전조건과 주위온도는 변화하는 경우 상대적 열화율은 시간에 따라 변한다. 어떤 시간주기 동안의 상대적 열화(또는 상대적인 수명손실)

는 다음 식(1.10)과 같이 표현된다.

$$L = \frac{1}{t} \int_h^{t_2} V dt = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^N V \quad (1.10)$$

여기서, L: 일정기간 동안에 발생한 상대열화량

V: 상대 열열화율

n: 각 시간 간격의 번호

N: 각 시간 간격들의 총 합계수

변압기의 부하가 매일 주기적으로 변동하는 반복부하로서, 1일(24시간)내에  $h_1$ 시간동안 98℃보다 높은 최고점 온도로 운전되고 나머지  $(24-h_1)$ 시간은 수명손실이 문제되지 않는 저온으로 운전된다고 하면 1일간에 해당하는 수명손실  $V_0$ 는 다음 식(1.11)과 같이 표시된다.

$$V_0 = \frac{24}{V} \quad (1.11)$$

### 3) 변압기의 온도 분포

유입변압기에서 권선 및 절연유의 온도분포는 개념적으로 그림 9와 같이 간략하게 표시가 가능하다. 그림 9에 있어서 횡축은 온도, 종축은 권선 위치에 따른 높이를 표시한다. 실제 변압기에서의 온도분포는 복잡하지만, 기본적으로 설명의 편의상 다음의 가정 하에서 그림 9가 만들어진 것이다.

- (가) 냉각방식에 관계없이 권선 내부의 절연유 온도는 하부에서 상부로 선형적으로 상승한다.
- (나) 권선내부의 모든 지점에 있어서 권선의 온도상승은 절연유 온도와 일정한 온도차 그림 9의 두직선간의 차  $g$ 만큼 선형적으로 평행하게 증가한다(여기서  $g$ 는 권선의 저항에 의해 발생하는 평균온도 상승과 절연유의 평균온도상승과의 차이임).
- (다) Hot-spot 부위의 온도 상승은 표류손에 의한 온도의 증가폭을 가짐으로 그림 9에서와 같이 권선 상부의 권선온도 상승보다 더 높아진다. 이와 같은 비선형적 특성을 고려하기 위해서 사용하는 hot-spot

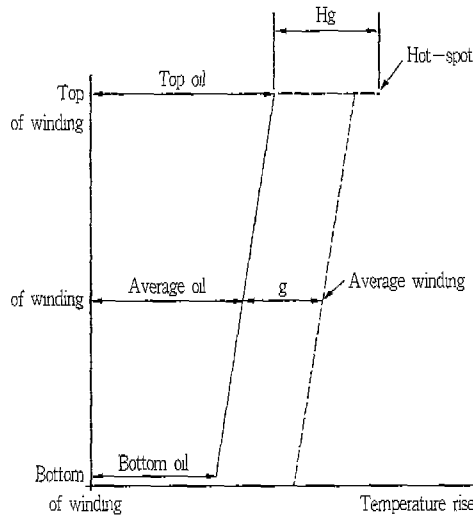
와 변압기 권선상부 절연유에서의 온도차를  $H_g$ 라 한다. H factor는 변압기 크기, 단락 임피던스 및 권선형태에 따라 1.1에서 1.5사이의 값을 지닌다. 일반적으로 배전용 변압기에서는 1.1, 중·대형 변압기에서는 1.3이 사용된다.

온도 상승시험으로 측정된 변압기 상부유온은 권선에서 분리되는 절연유의 온도와는 다르다. 이러한 경우는 특히 갑작스런 큰 부하의 투입시 발생하는 과도주기에서 심하다. 실제로 상부절연유는 각 권선의 내·외부를 따라 순환되는 여러 절연유 흐름의 혼합체이다. 따라서 절연유의 냉각 시스템에 따라 분류할 필요가 있다.

ON(자연순환냉각) 방식에서는 주권선 사이의 온도 차이는 중요하지 않다. 모든 권선에 대해서 권선 상부 유온은 탱크 상부에서의 혼합된 절연유의 온도와 거의 동일하다.

OF(송유순환냉각), OD(직접송유냉각) 방식에서 권선상부의 유온도는 하부유온도에 특정권선의 권선내부 평균유온과 하부유온도의 차이의 2배를 더하여 계산한다.

냉각방식이 달라지면 절연유가 흐르는 형태에도 차이가 있으므로 다르게 계산되어야만 한다. ON방식의 변압기에서는 권선내 절



<그림 9> 변압기 권선의 열 분포도

<표 5> 변압기의 일반적 온도 특성표

항목	단위	중·대형 전력용변압기			
		배전변압기 ONAN	ON	OF	OD
Oil exponent	x	0.8	0.9	1.0	1.0
Winding exponent	y	0.6	1.6	1.6	2.0
Loss ratio	R	5	6	6	6
Hot-spot factor	H	1.1	1.3	1.3	1.3
Oil time constant	$\tau_o$ (h)	3.0	2.5	1.5	1.5
Ambient temperature	$\theta_a$ (°C)	20	20	20	20
Hot-spot rise	$\Delta\theta_{hr}$ (K)	78	78	78	78
Average winding rise	$\Delta\theta_{wr}$ (K)	65	63	63	68
Hot-spot to top-oil gradient	$Hg_r$ (K)	23	26	22	29
Average oil rise	$\Delta\theta_{mr}$ (K)	44	43	46	46
Top-of-winding oil rise <sup>1)</sup>	$\Delta\theta_r$ (K)	55	52	56	49
Bottom-oil rise	$\Delta\theta_{br}$ (K)	33	34	36	43

1) For ON cooling,  $\Delta\theta_r$  is taken to be equal to  $\Delta\theta_{or}$

연유의 순환이 열적진행에 의해 설명되는데 반하여 OD방식의 변압기에서의 절연유 흐름속도는 절연유 온도와는 관계없이 송유펌프의 특성에 관련된다.

OF 및 OD방식 변압기에서 평균유온은 hot-spot 온도계산에 직접적으로 적용해야 하므로 최적의 방법에 의해 결정되어야 하며, 이에 관한 것은 IEC-76-2에 여러가지 상세한 방법이 기술되어 있다. IEC 354의 부록B에 기술된 방법을 사용할 수도 있다.

권선의 시정수는 매우 짧기(5~10분 정도) 때문에 매우 단시간의 큰 전류부하도 hot-spot 온도에는 한정된 효과만을 갖는다. 따라서 실제의 부하기록에서 고려 대상이 되는 가장 짧은 피크부하를 30분 단위로 계산하는 경우 시정수는 계산상 zero(0)로 취급된다.

연속적, 주기적 또는 다른 부하 조건하에서의 hot-spot 온도상승을 계산하기 위해서 다음과 같은 여러 가지의 온도 특성치들이 사용된다.

- (1) 권선 내부에서 상부유온도 또는 hot-spot 온도를 직접 측정할 온도 상승시험 결과(직접적인 hot-spot 온도의 측정결과가 없다면 hot-spot factor H는 제작업체에서 제공되어야 한다)
- (2) 일반적인 온도 상승시험 결과

(3) 정격전류하에서 추정된 온도 특성  
표 5는 일반적인 계통부하 조건하에서 발생하는 온도특성의 예이다. 대형 전력용 변압기에 있어서 정격전류하에서 측정된 평균 권선온도 상승이 ON과 OF형에서 65K, OD형에서는 70K인 제한치상에 있다면, hot-spot 온도 상승은 설계에 따라 정격전류하에서 78K를 초과할 수 있다는 점에 주위하여야 한다.

4) Hot-spot 온도의 계산

안정상태의 자연순환(ON)냉각방식의 변압기에서 어떤 부하율 k하에서 최종적인 Hot-spot 온도는 주위온도, 상부유온 상승 및 상부유온과 Hot-spot의 온도차를 합친 것이다.

$$\theta_h = \theta_a + \Delta\theta_{or} \left[ \frac{1+Rk^2}{1+R} \right]^x + H_{gr}k^y \quad (1.12)$$

안정상태의 송유순환(OF)냉각방식의 변압기에 대한 계산식은 앞서 설명한 바와 같이 권선하부 유온과 평균유온을 사용한다. 따라서 어떤 부하율 k하에서 최종적인 Hot-spot 온도는 주위온도, 하부유온 상승, 상부유온과 하부유온의 차 및 상부유온과 Hot-spot의 온도차를 합친 것이다.

$$\theta_h = \theta_a + \Delta\theta_{br} \left[ \frac{1+Rk^2}{1+R} \right]^x + 2 \cdot [\Delta\theta_{mr} - \Delta\theta_{br}] \cdot k^y + H_{gr}k^y \quad (1.13)$$

안정상태의 직접송유(OD)냉각방식의 변압기에 대한 계산식은 앞서의 OF방식과 같으나 온도에 따른 권선의 Ohmic 저항변화를 고려한 교정항을 추가한다.

$$\theta_h' = \theta_h + 0.15 \cdot (\theta_h - \theta_{hr}) \text{ (for } k > 1) \text{ (1.14)}$$

여기서,

$\theta_h$  : ohmic 저항변화를 고려하지 않고 식(1.13)으로 계산한 값

$\theta_{hr}$  : 정격조건에서의 hot-spot 온도

최종 hot-spot 온도를 계산함에 있어서 전술한 식들은 다음 상태량들의 변화에 대한 교정이 이루어져야 한다.

- (1) 동손(load loss)
- (2) 권선에 있어서 ohmic 저항에 관련된 손실들과 와류손(eddy current loss)의 관계
- (3) 절연유의 점도

ON과 OF형 냉각방식에 있어서 온도에 따른 점도의 변화는 권선의 ohmic 저항변화의 효과와 반대로 작용한다. 이러한 효과들은 서로 상쇄되는 것으로 가정할 수 있다.

OD형 냉각방식에 있어서 온도상승시 절연유 점도변화는 매우 적다. 따라서 ohmic 저항변화의 효과는 식(1.14)의 교정항의 경우에서와 같이 고려되어야만 한다.

부하조건에 어떤 변화는 계단 함수(step function)에 의해 표시될 수 있다. 일반적으로 사각형의 부하 형태는 한번의 계단적 상승 다음 일정한 시간 경과후 한번의 계단적 하강을 갖는다. 연속적으로 변화하는 부하에 대해서는 이러한 계단 함수를 작은 시간간격으로 적용하며 결과적으로 hot-spot 온도 계산과정에서는 컴퓨터 프로그램이 필요하게 된다.

권선 하부유온 같은 시간간격 t 경과후의 유온상승은 다음 식에 의해 계산된다.

$$\Delta\theta_{ht} = \Delta\theta_{hi} + (\Delta\theta_{bu} - \Delta\theta_{hi}) \cdot (1 - e^{-t/\tau}) \quad \dots (1.15)$$

여기서,  $\Delta\theta_{hi}$  : 초기 하부유온 상승  
 $\Delta\theta_{bu}$  : 대상 시간간격의 부하에 따라 발생하는 최종(안정상태의) 하부유온 상승

$\tau$  : 절연유의 시정수

어떤 형태로든 부하가 상승하는 경우 권선과 절연유 사이의 온도차이는 권선의 시정수 특성에 따른 새로운 값으로 상승한다. 앞서 설명한 바와 같이 이 시정수는 무시할 수 있다. 따라서 식(1.12)의 마지막 항과 식(1.13)의 마지막 두 항은 새로운 factor k'에 연관되는 값으로 즉시 가정할 수 있다.

### 5) 주위온도

변압기의 hot-spot 온도는 주위온도를 기준으로 계산되므로 주위온도의 정확한 평가가 중요하다. 실제로 주위온도는 시시각각으로 변화하며 풍향이나 일사의 방향 등에 따라 다양한 분포를 나타내므로 계속하여 정확한 값을 고려한다는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 hot-spot 온도 계산시에는 실제의 주위온도를 가중평가하는 등가주위온도(Weighted ambient temperature)로 환산하여 적용한다.

옥외용 공냉식 변압기에서의 주위온도는 실제의 대기온도를 취한다. 옥내용 배전급변압기에서는 보정된 주위온도를 사용하며, 수냉식 변압기에서의 주위온도는 시간적 온도 변화가 대기보다 적은 공급(incoming)되는 냉각수의 온도를 사용한다.

피크 부하시간이 수시간 이상이라면 주위온도의 변화를 고려하여야만 한다. 사용자의 특성적인 운전조건에 관련되는 이러한 변화는 다음 방법들 가운데 하나를 이용하여 계산에 반영할 수 있다.

- (1) 최대 hot-spot 온도 계산에 매달의 최대치를 평균한 값을 사용하고 열적열화계산에 가중 주위온도를 사용한다.
- (2) 실제의 온도분포를 직접 사용한다.
- (3) 주위온도 변화는 이중 정현(double sinusoidal)함수로 근사할 수 있다.

가중 주위온도는 산술적인 평균치보다 높아지기 때문에 부하주기 동안 주위온도가 다소 변한다면 열적 계산에는 반드시 가중치를 사용하여야 한다. 가중처리된 주위온도

는 어떤 일정한 시간(수일, 수개월 또는 수년 등) 동안에 대해 실제의 가변 주위온도에 의해 발생하는 절연열화와 같은 열화량을 나타내도록 계산된 특징시간 간격에 대해 일정한 가공의 주위온도이다. 6K의 온도 증가시 열화율이 두배가 되고 주위온도의 변화가 정현파 형태(sinusoidally)로 변화한다고 가정할 수 있는 경우, 가공 주위온도는 다음 식(1.16)으로 구할 수 있다.

$$\theta_{ae} = \theta_{ay} + 0.01(\Delta\theta_a)^{1.85} \dots \dots \dots (1.16)$$

여기서,  $\theta_{ay}$  : 평균온도  
 $\Delta\theta_a$  : 평가대상이 되는 어떤 주기에서의 온도변화 범위 (평균치 최대온도-평균치 최소온도)

가중 주위온도는 열적 열화량의 계산에 사용되는 값으로서 피크 부하주기에서 도달하는 최고 Hot-spot 온도를 점검하는 경우에는 사용할 수 없다. 이러한 목적에는 월간 최대치의 평균치를 사용하는 것이 좋다. 실제로 권선에서 설계기준인 최대 hot-spot 온도가 나타나는 확률이 낮고 절연유의 시정수의 영향을 받기 때문에 절대적인 최대치를 사용하는 것은 현명한 방법이 아니다.

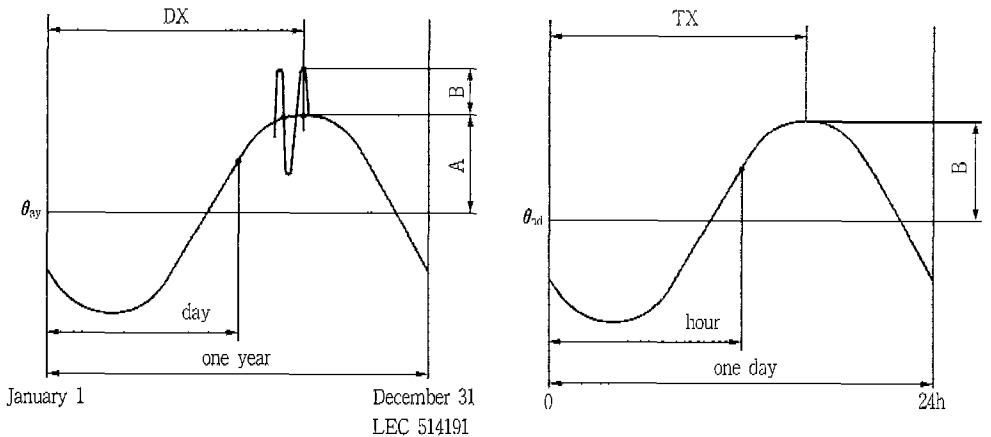
평판정격 이하의 부하에서 운전되는 수일 정도에 대한 열화 및 hot-spot 온도 계산시에는 대상 주기동안 발생하리라 기대되는 실제의 온도 변화분포를 사용하는 것이 더

적합한 방법이다. 주위 온도분포는 부하변동을 기록하기 위하여 선택된 시간 간격에 따른 불연속적 값들의 조합으로 표시된다.

수일 또는 수개월 이상에 대한 계산에서는 식(1.17)에서와 같이 첫번째 항은 연간 온도변동 특성을 두번째 항은 일간 온도변동을 나타내도록 조립된 이중 정현함수에 따른 값을 주위온도로 생각하는 것이 보다 합리적일 것이다. 식(1.17)의 함수를 그림으로 그린 것이 그림 10이다.

$$\theta_a = \theta_{ay} + A \cos \frac{2\pi}{365}(\text{day} - D_x) + (B \text{ or } B_m) \cos \frac{2\pi}{24}(\text{hour} - T_x) \dots \dots \dots (1.17)$$

- 여기서,  
 $\theta_{ay}$  : 주위의 연평균 온도[℃]  
 A : 일간 평균온도의 연변화 크기[K]  
 B : 열화속도 계산을 위한 일간 온도 변화진폭[K]  
 $B_m$  : 최대 hot-spot 온도 계산을 위한 일변화폭[K]  
 $D_x$  : 연중 가장 더운 날  
 $T_x$  : 하루중 가장 더운 시간  
 day : 날자수(2월 1일=32)  
 hour : 하루중의 시간(오후 1:15=13.25)  
 기본적으로 식(1.17)에 의해 가중처리된 등가 주위온도를 기준으로 변압기의 열화도



<그림 10> 정현 곡선으로 나타난 주위온도 파라메타

를 산출하기 위하여 적용하는 Hot-spot 온도 산출은 다음 식(1.18)과 같이 간략하게 나타낼 수 있다.

$$\theta_{hs} = \theta_0 + \theta_s + \theta_a \quad \dots \quad (1.18)$$

여기서,

$\theta_0$  : 최고유온 상승온도

$\theta_s$  : 권선의 초고점 온도와 최고유온의 차

이 경우 1년 동안의 수명손실은 다음 식(1.19)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} V &= k \int_0^1 e^{b\theta_{hs}} dt \\ &= k e^{b(\theta_0 + \theta_s)} \int_0^1 e^{b(\theta_a + A \sin^{2n} t + B \cos^{2n} t)} dt \quad \dots \quad (1.19) \end{aligned}$$

위 식에서 얻어진 결과와 동일한 수명손실을 나타내는 일정한 주위온도 즉 등가 주위온도를  $\theta_{ae}$ 로 하면

$$e^{b\theta_{ae}} = e^{b \cdot \theta_w} \int_0^1 e^{b(A \sin^{2n} t + B \cos^{2n} t)} dt \quad \dots \quad (1.20)$$

여기서  $\theta_{ae}$ 를 구하면 다음 식(1.21)과 같다.

$$\begin{aligned} \theta_{ae} &= \theta_{ay} + \frac{1}{b} \ln \left[ \int_0^1 e^{b(A \sin^{2n} t + B \cos^{2n} t)} dt \right] \\ &= \theta_{ay} + \frac{1}{b} \ln [f(bA)f(bB)] \quad \dots \quad (1.21) \end{aligned}$$

단,

$$\begin{aligned} f(x) &= 1 + \frac{x^2}{4} + \frac{x^4}{64} + \frac{x^6}{2304} + \frac{x^8}{147456} + \dots \\ &\quad + \frac{x^{2(n-1)}}{(2^{n-1}(n-1)!)^2} \end{aligned}$$

## 협회 역사자료 수집 안내

협회는 사단법인 대한전기기사협회에서 한국 전력기술인협회로 전환되는 시점인 협회 33년의 역사를 편찬하는 작업에 착수하게 되어 협회 역사자료를 수집하오니, 회원 여러분께서는 전력기술인의 역사정립과 전력기술인의 활동 기록을 영원히 남기는 데 동참한다는 견지에서 자료를 적극적으로 발굴하여 제공하여 주시기 바랍니다.

### 1. 협회 33년사 출판계획

- 1 차 편 집 : '97. 5. 1~11. 30
- 감수 · 정리 : '97. 12. 1~'98. 1. 31
- 2 차 편 집 : '98. 2. 1~ 2. 28
- 교정 · 인쇄 : '98. 3. 1~ 4. 30
- 발 간 : '98. 5. 1

### 2. 역사자료 수집범위

- 자료발생기간 : 1963. 12. 14~1997. 2. 28 (대한전기주임기술자협회, 대한전기기사협회, 한국전력기술인협회)
- 지부역사 : 연혁, 발기 · 창립 · 정기총회 회의록, 주요 발전사, 연도별 회원수, 지부건물 사진(간판중심) 등
- 인물사진 : 전현직 임원, 지부운영위원(반명함판)
- 인물소개 : 전현직 임원, 지부운영위원의 이력과 기술 및 회원을 위한 주요활동 내용

### 3. 자료수집기간 : '97. 6. 1~7. 31

### 4. 자료제출처 : 협회 역사편찬실

한국전력기술인협회 회장 권용득