

저 자 소개



김한성(金漢星)

1931년 3월 20일생. 1955년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1979년 숭실대 대학원 전자공학과 졸업(공학). 현재 건국대 공대 전기공학과 교수. 당학

회 평의원.



이 환(李煥)

1944년 12월 21일생. 1971년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1971~80년 대전문화방송 TV기술부 근무. 1983년 건국대 대학원 전기공학과 졸업(석사) 1991년 동 대학원 박사과정 수료. 현재 대전 산업대 제어계측공학과 부교수.

Aging Test of 20kVA Amorphous Core Transformer by Loading Back Method

閔 馥 基* · 宋 在 成** · 鄭 英 鎬*** · 任 正 宰§
 (Bok-Ki Min · Jae · Song · Yeong-Ho Jeong · Jung-Jae Yim)

Abstract-Aging test was done by loading back method for 20kVA amorphous core transformers manufactured by Hyosung Industries Co. and Korea Electric Power Corporation. Iron losses, copper losses and insulation oil temperatures of the transformers was measured for all the testing period. Expected life of amorphous core transformers on the basis of the degradation of the insulators was 46 years at 100% load, and 2.4 years at 130% load. Average temperature rising of transformer oil of amorphous core transformers was higher than that of silicon steel core transformers. Hence lowering the oil temperature by optimized design is needed for improving the expected life of the amorphous transformers.

Key Words : Amorphous core(비정질 코어), Transformer(변압기), Aging(경년열화), Loading Back Method(부하반환법)

1. 서 론

변압기에 있어서의 손실(철손, 동손)을 줄이기 위하여 core 소재에의 신소재 적용, 구조해석에 의한 최적화 설계 등이 꾸준히 이루어져 왔다[1, 2]. 1970년대 후반 비정질 재료의 상용주파수 변압기에서의 적용은 변압기 손실중 20%~30%를 차지하는 철손을 크게 줄일 수 있다는 점에서 획기적인 일이었다. 그러나 비정질 변압기는 비정질 소재의 광폭양산화, 비정질 core 제작기술(winding, cutting, 열처리 등)의 진보가 이루어진 1980년대 후반이 되어서야 실질적인 상업화가 가능하게 되었다[3, 4].

비정질 변압기는 대용량화를 위한 연구가 꾸준히 진행되어 G.E.사는 20MVA급의 변압기도 시제품으로 제작하기도 하였지만 현재 상용화되어있는 것은 100kVA 미만의 주상변압기이다.

주상용 비정질 변압기를 가장 많이 적용하고 있는 미국의 경우 현재 California 지역을 중심으로 6만대 정도가 설치되어 운용되고 있고, 기타 일본, 대만, 인도 등에 1~2만대의 비정질변압기가 설치되어 있다.

주상 변압기는 20년이상 연속운전할 수 있는 성능이 요구되므로 비정질 변압기와 같은 새로운 변압기가 개발되면 내용년수 동안의 특성변화, 이상 유무 등에 대하여 충분한 검증을 거쳐야 한다. 그러나 비정질 변압기의 적용 역사가 짧은 관계로 현재 실증 시험중에 있다고 해도 과언이 아니다. 물론 비정질 변압기를 적용하고 있는 위의 나라들의 경우 실제 주상변압기로 사용하기 이전에 안전성, 경년열화에 대한 검증실험은 행하였는데 비정질 변압기는 설계, 제조방법에 따라 특성치 및 기대수명이 크게 다르게 나타나고 있다[5]. 따라서 국내에서 제작된 비정질 변압기에 대해서도 경년열화시험을 행할 필요가 있다. 본 연구에서는 1990년에 한전기술연구원의 용역에 의하여 효성중공업이 설계, 제작한 20kVA 주상 변압기를 시료로 하여 단기간 연속과부하에 의한 비정질 core의 철손특성거동, 변압기 절연특성을 파악하여 사용가능 년수를 예측하였다. 현

*正 會 員 : 電氣研究所 電氣材料研究部 前任研究員
 **正 會 員 : 電氣研究所 電氣材料研究部 研究팀장
 ***正 會 員 : 韓電技術研究員 配電研究室 研究員
 §正 會 員 : 韓國電力公社 全南支社 副處長
 接受日字 : 1993年 7月 1日
 1次修正 : 1993年 10月 28日

재 동일 조건으로 제작된 비정질 변압기가 실선로 시험중이므로 추후 본 연구결과와 비교분석이 가능할 것이다.

2. 실험

2.1 시료변압기

시료변압기는 1990년 효성중공업에서 한전기술연구원의 용역에 의하여 제작한 일단접지형 단상 20kVA 비정질 변압기를 이용하였다. 변압기 core로 사용된 비정질 리본은 미국 Allied signal사에서 제조한 Metglas 2605-S2($Fe_{78}B_{10}Si_2$)이며 25mm폭의 리본을 조합하여 cutting core 방식으로 설계자속밀도 1.3 Tesla로 제작되었다. 비정질 변압기와 참조용 규소강판 변압기의 제작 사양을 표1에 나타내었다.

2.2 실험장치

ANSI C57. 91-1981(Guide for loading mineral oil-immersed overhead and padmounted distribution transformer)의 시험조건에 따라 제작된 과부하 시험장치를 이용하여 경년열화 실험을 하였으며, 그 회로도를 그림1에 나타내었다. 이 과부하 시험장치는 입력되는 동손 전류, 동손전압 및 철손전류를 motor 구동에 의한 slidac을 이용하여 조절할 수 있도록 설계되었으며, 측정된 동손량 및 철손량을 digital화 하여 computer에 연결하여 monitoring할 수 있도록 구성되었다.

표 1 시료변압기의 제작사양

Table 1 Manufacturing specification of transformers

종	목	이론비스 변압기	규소강판 변압기
오의 유입기 방식			
주	파	60 Hz	
용	량	1φ, 20 kVA	
상	가	1차	12,600 V
		2차	460/230 V
정	격	1차	1.58 A
		2차	43.5/87 A
%		3.30	3.27
전		55 °C	
용	량	53 t	44 t
중	량	184 kg	147 kg
제	조	1990. 5	1991. 7
표정조공일			
제	기	# 1	# 1
		# 2	# 2

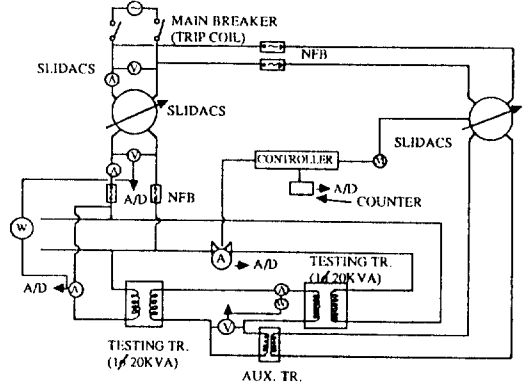


그림 1 변압기 경년열화 실험장치 개략도

Fig. 1 The circuit of the equipment for aging test of transformer

2.3 실험방법

실험은 반환부하법에 의거하여 아몰피스 변압기 2대, 규소강판 변압기 2대를 각각 1조로 하여 2차측을 병렬로 연결하고 1차측은 동상이 되도록 병렬로 접속시켜 1차측에서 정격전압을 인가하여 철손전류를 공급하고, 2차측은 보조변압기를 통하여 slidac으로 전류를 조정하면서 동손전류를 공급하도록 하였다. 또한 변압기 cover를 통하여 온도센서(thermocouple, T-type)를 변압기 몸체와 절연이 잘 되도록 한 상태에서 삽입하여 변압기 절연유의 최고부위의 온도를 측정

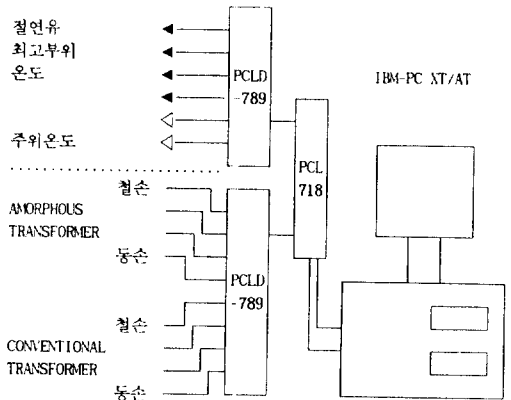


그림 2 경년열화 실험 데이터 수집 및 처리용 hardware 구성 개략도

Fig. 2 Schematic diagram of data acquisition and processing system for aging test of transformer.

할 수 있도록 장치하였다.

부하인가방법은 처음 90% 부하를 시작으로 하여 열화상태를 추적해가면서 최대 130%까지 10% 간격으로 부하를 증가시키면서 인가하여 가속열화실험을 실시하였다. 이때 부하인가 전의 신품변압기와 가속열화실험을 종료한 시점의 경년변압기에 대하여 KS C4306의 규정에 의한 일반특성시험을 행하여 비교, 검토하였다.

변압기 열화실험시 측정되는 온도, 동손, 철손 등의 측정자료를 수집하고 처리하기 위해서 IBM PC 호환기종인 TriGem AT를 이용하고, A/D 변환장치로서 PCLD-789 및 PCL-718 card를 사용하였으며, 그림2에 계측시스템의 H/W구성 개략도를 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 시료변압기의 일반특성시험

경년열화시험을 위한 부하인가 전에 각각의 시료변압기에 대하여 초기특성을 알아보기 위하여 KS C 4306의 규격에 근거하여 일반특성시험을 실시하여 그 결과중의 일부를 표2에 나타내었다.

비정질 합금재료의 가장 큰 특징이며 본 연구에서의 관심의 대상이 되는 비정질 변압기 core의 철손 즉, 무부하 손실을 측정된 결과 규소강판 변압기 core의 철손에 비하여 약 1/3정도였는데, 이는 철심소재 자체의 특성치 비교와 유사한 것이다[6].

3.2 철손의 열화

그림3은 부하를 90%에서 130%까지 10%간격으로 인가부하를 증가시키면서 부하 인가시간에 따른 비정질 변압기와 규소강판 변압기의 철손의 변화를 나타낸 것으로, 부하율이 증가할수록

표 2 시료변압기의 일반특성시험 결과

Table 2 Routine test results of sample transformers

시험항목	비정질 변압기		규소강판 변압기	
	개별	평균	개별	평균
시정률	882128-4	882128-5	911226-1	911226-2
부하 전압 (A / %)	0.32/0.7	0.364/0.79	0.34/0.78	0.4/0.92
부하 손실 (W)	19.6	20	50	62
Imp. 전압 (V / %)	289.8/2.3	287.28/2.28	412.02/3.27	415.1/3.29
부하 손실 (W)	377.18	377.18	341.82	344.18
전압변동률 (1.0%) (%)	1.88	1.88	1.74	1.75
효율 (100% Load) (%)	98.05	98.05	98.07	98.0

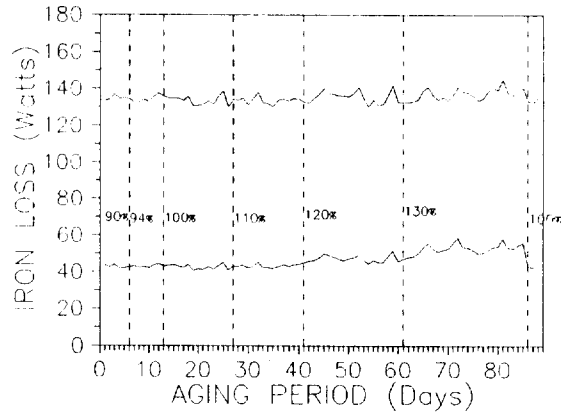


그림 3 부하의 크기 및 인가시간에 따른 변압기의 철손 변화

Fig. 3 Transformer core loss changes with load and aging time

철손은 증가하고 있으나, 각 부하구간에서의 부하 인가시간에 따른 변화 경향은 뚜렷하지 않았으며, 이는 부하 인가시간이 짧기 때문인 것으로

표 3 변압기 철손의 인가부하별 회귀분석 결과

Table 3 Regression output of transformer core losses at each load

인가부하	ITEMS	REGRESSION OUTPUT	
		AMORPHOUS TRANS.	SILICON TRANS.
90%	Constant	44.07447	133.9839
	Std Err of Y Est	0.687594	1.365213
	R Squared	0.537125	0.136277
	X Coefficient(s)	-0.40569	0.297020
	Std Err of Coef.	0.217436	0.431718
94%	Constant	42.15341	132.1839
	Std Err of Y Est	0.636821	1.389568
	R Squared	0.369386	0.469706
	X Coefficient(s)	0.205959	0.552638
	Std Err of Coef.	0.120347	0.262603
100%	Constant	43.15714	134.6703
	Std Err of Y Est	1.274504	2.570076
	R Squared	0.059485	0.043218
	X Coefficient(s)	-0.07361	-0.12545
	Std Err of Coef.	0.084498	0.170394
110%	Constant	42.75953	133.7166
	Std Err of Y Est	0.965248	1.938848
	R Squared	0.045788	0.000026
	X Coefficient(s)	0.048897	0.002471
	Std Err of Coef.	0.067302	0.143716
120%	Constant	47.31191	136.5186
	Std Err of Y Est	1.819185	3.274358
	R Squared	0.008151	0.025271
	X Coefficient(s)	-0.01352	-0.09105
	Std Err of Coef.	0.076197	0.137147
130%	Constant	52.72531	135.9797
	Std Err of Y Est	2.259911	2.802921
	R Squared	0.017217	0.074480
	X Coefficient(s)	0.046987	0.124902
	Std Err of Coef.	0.081441	0.101010

보인다.

부하 인가시간에 따른 변화 경향 즉, 그림3에서 동일 부하에서의 기울기가 곧 철손의 경년변화이며, 이들 각각의 부하 구간에 대하여 선형회귀분석 기법을 이용하여 평가하여 그 결과를 표3에 나타내었다. 여기서 'X coefficient(s)'는 기울기로, 이것이 바로 철손의 변화 경향을 나타내는 것이다[7].

본 실험에서 가장 가혹한 조건인 130% 부하에서 비정질변압기 core의 부하 인가시간에 따른 철손의 열화정도를 표3에 근거하여 '(X-coefficient/constant)x100=철손의 변화(%)'의 식으로부터 계산하면,

$$(0.046987/52.72531) \times 100 = 8.91 \times 10^{-2} (\%)$$

즉, 130% 부하에서 부하 인가시간에 따른 철손의 변화는 그 부하에서의 철손의 초기치에 비해서 1일에 0.0891% 열화하는 것이고, 10% 열화에는 122일이 걸리는 것으로 계산되는데, 이는 부하 130%라는 것이 과중한 부하로 그 정도의 부하에서는 자속밀도가 포화되는 크기의 전류가 흘러 자기이력손실이 급격하게 증가하기 때문으로 생각된다.

본 회귀분석 결과에서 결정계수 'R squared(R²)'값이 매우 작게 나타나고 있는데, 이는 측정 data가 어떠한 일정한 경향성을 갖는 정도가 적다는 것을 의미한다. 이는 경년열화 시험기간이 짧는데 기인하는 것으로, 철손열화 특성을 조금

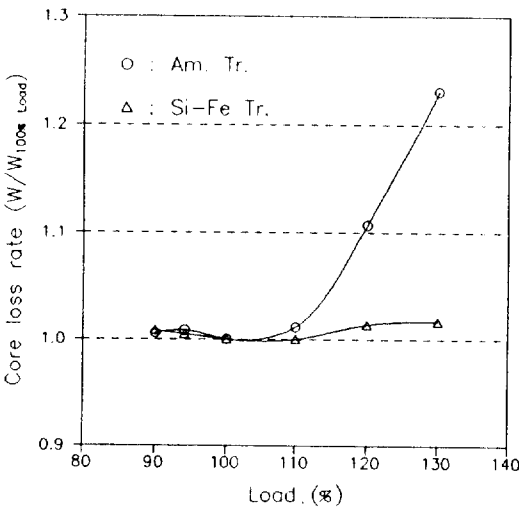


그림 4 인가부하율에 따른 철손변화율
Fig. 4 Core loss changing rate of transformers vs. load

더 정확하게 예측하기 위해서는 장기간의 열화 시험이 필요할 것으로 사료된다.

그림4는 100% 부하때의 철손을 기준으로 하여 각각의 부하에서의 인가부하의 크기에 따른 철손의 변화율을 나타낸 것인데, 철손은 각 부하에서 부하 인가시간 동안의 철손값들을 평균하여 구하였다. 과부하 정도가 커짐에 따라 변압기의 온도도 직선적으로 증가하였다. 따라서 그림4에서의 가로축인 인가부하율을 변압기 절연유의 온도로 대체하여 plot하여도 유사한 경향을 나타내는데, 규소강판 변압기의 경우에는 철연유의 온도가 크게 높아져도 철손의 변화가 적는데 비해 비정질 변압기의 경우는 변압기 절연유의 온도가 높아짐에 따라 철손이 크게 증가하였다. 즉, 110% 인가부하까지는 규소강판 변압기와 마찬가지로 철손의 변화가 거의 없다가 130%부하를 인가했을때 유온상승분이 75℃에 달하여 철손의 증가율이 약 23%였다. 이는 비정질 소재가 과전류 및 온도상승에 따라 자속밀도와 보자력이 현저하게 증가하여 자기이력 손실이 커졌기 때문인 것으로 사료된다.

한편 변압기 경년열화 실험증 부하를 과부하에서 100% 부하로 환원시켰을 때 이내 철손치도 100% 부하에서의 철손치 수준으로 환원되었

표 4 4 경년열화실험 종료후의 시료변압기의 절연저항

Table 4 Electrical resistance of aged sample transformers

구분	권선 저항 (M Ω)		
	1차-2차권선	1차권선-case	2차권선-case
아몰피스변압기	1000 * 70	0 *0	1000 * 50
규소강판변압기	2000 * 60	0 *0	2000 * 35

* 표시한 것은 온도센서 삽입한 변압기를 나타낸 것임.

표 5 5 경년열화실험 종료후의 시료변압기 절연유의 전산가, 절연파괴전압

Table 5 Total acid No. and dielectric strength of aged transformer oil

구분	전산가 (mg KOH/g)	절연파괴전압 (kV) (12.5 mm)
아몰피스변압기	0.0241 0.1232*	21.2 20.6*
규소강판변압기	0.0546 0.0245*	17.4 18.8*

* 표시한 것은 온도센서 삽입한 변압기를 나타낸 것임.

는데 이로부터 위의 그림4의 철손변화율은 경년 시간과는 무관하게 순전히 인가부하 및 절연유 온도의 함수인 것을 알 수 있었다.

위의 결과로부터 본 비정질 core 변압기의 경우에는 철손의 경년열화를 감안하지 않더라도 초기 철손치와 비교하여 10% 증가범위 이내에서 사용하려면 120% 이내의 부하에서 사용되어야 할 것이다.

3.3 절연상태 및 해체분석

90%~130% 부하범위에서의 과부하 인가에 따른 철손열화 평가 실험후 비정질 변압기의 절연상태를 조사하기 위하여 170% 부하를 인가하였는데 철손치가 급격히 증가하여 약 48시간이 경과했을 때에는 철손치의 측정이 불가능하였다. 이 상태에서 부하 인가를 중지하고 변압기를 공

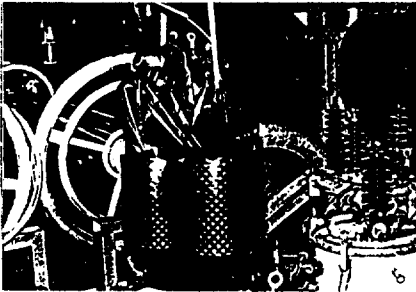


그림 5 권선이 감겨져 있는 상태의 비정질 변압기 철심.

Fig. 5 Coil wound amorphous transformer core

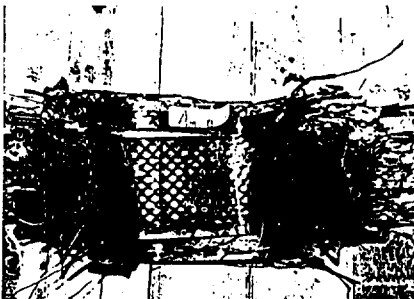


그림 6 권선의 일부층을 벗겨낸 후의 권선 내부의 상태

Fig. 6 Disassembled inner layer of winding coil of aged transformer

냉하여 상온에서 변압기의 절연저항과 절연유의 전산가 및 절연파괴전압을 측정하였으며, 변압기 권선의 절연저항을 표4에, 절연유의 전산가 및 절연파괴전압을 표5에 나타내었다.

일반적으로 1차, 2차권선 사이의 절연저항이 1000M Ω 이상이면 정상절연 상태라고 말하여지고 있다. 본 실험에서 시료로 사용된 두 종류의 변압기 모두 온도센서를 삽입하였던 변압기의 절연저항이 낮은 수치를 나타내고 있는데, 이는 온도센서를 삽입하기 위해 변압기의 뚜껑을 몇 회에 걸쳐 개봉한 적이 있고 또 센서 취부지점의 기밀을 잘 유지하지 못한 결과로, 온도센서를 삽입하지 않은 변압기에 비해 산소, 수분 등의 혼입에 의하여 절연계통의 열화가 가속되었기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 온도센서를 삽입하지 않았던 변압기의 경우 90%~130%의 부하가 경년열화실험 기간동안 인가되고 또 170% 부하가 48시간동안 인가된 후에도 변압기 권선의 절연상태는 양호한 것으로 판단할 수 있다.

KS C2301에 의하면 절연유의 전산가는 0.02mg KOH/g 이하, 절연파괴전압은 30kV 이상의 것을 정상으로 규정하고 있는데, 표5의 절연유 평가 결과는 비정질 변압기와 규소강판 변압기 모두 대체적으로 정상상태에 미치지 못한다. 일반적으로 절연유는 변압기가 장기간 운전됨에 따라 대기중의 수분 혹은 산소, 기타 먼지 및 온도 상승에 의한 탄화등의 원인에 의해 열화가 일어나는 것으로 알려져 있는데, 본 실험에서는 절연유의 열화가 주로 너무 높은 과부하에 의하여 절연유의 온도가 과도하게 상승하여 절연지 및 절연유가 열화된 것에 기인하는 것으로 사료된다.

본 연구에서는 이상의 절연상태의 열화에 의한 권선의 혼촉 또는 단선 유무를 직접 확인하기 위하여 변압기를 해체, 조사하였다. 그림5는 비정질 변압기의 몸체로부터 분리하여 철심에 권선이 감겨져 있는 상태를 나타낸 것이고, 그림6은 권선의 일부 층을 벗겨낸 후의 내부층을 보인 것이다.

권선의 이상 유무를 확인하기 위하여 절연지 및 권선을 한층 한층 벗겨가면서 면밀하게 육안으로 관찰하여 보았으나, 절연지가 심하게 그을리는 하였지만 권선에서의 이상은 발견할 수가 없었다. 결국 혹독한 과부하 조건에서도 비정질 변압기의 권선간 절연상태가 양호하게 유지되었고, 단지 고온에 의해서 절연지 및 절연유가

표 6 변압기 기대수명식에 의해 환산된
경년열화실험 변압기의 예상수명

Table 6 Expected life of sample transformers
calculated based on the average rising
temperature of the insulstion oil.

Testing Load		90%	94%	100%	110%	120%	130%
Loading Term(hours)		114	100	576	360	408	840
Average Rising Temp.(°C)	Am. Tr	40	41.7	47	56.4	66.9	75.3
	Si. Tr	33.3	37.8	39.4	46.9	55.1	63.4
T (10°C) (°C)	Am. Tr	80	81.7	87	96.4	105.9	115.3
	Si. Tr	74.3	77.8	79.4	86.9	95.1	103.4
Eggs (life)	Am. Tr	5.957	5.867	5.604	5.277	4.699	4.331
	Si. Tr	6.216	6.065	5.983	5.609	5.218	4.839
*** hours	Am. Tr	896374.0	73595.4	401966.7	143624.9	19104.4	21415.9
	Si. Tr	1763886	1169978	964581.6	406509.1	165076.0	60005.1
I.H.E.	Am. Tr	102.3	88.0	45.9	16.4	5.6	2.4
	Si. Tr	201.1	132.5	109.8	46.4	18.8	7.9
**** hours	Am. Tr	61.6	163.9	576	1007.5	3791.3	16912.0
	Si. Tr	2.1	6.8	21	42.0	111.4	667.2
Reduced loading term based on the 100% level	Am. Tr	0.07	0.019	0.066	0.115	0.48	1.828
	Si. Tr	78.5	248.5	576	851.0	2376.0	11705.3
hours	Am. Tr	3.3	19.4	24	35.5	99.0	487.7
	Si. Tr	0.009	0.028	0.066	0.097	0.271	1.336
							SUM
							1.8

열화되었는데, 열화정도가 규소강판 변압기와 비교하여 큰 차이가 없는 것으로 보아 비정질 변압기의 과부하 특성도 양호한 것으로 평가할 수 있다.

3.4 기대수명 예측

일반적으로 변압기의 수명은 절연물의 열화에 의해 결정되며, 이러한 절연물의 열화는 거의 절대적으로 변압기의 운전중의 온도 상승에 기인한다. 변압기의 수명시험은 ANSI/IEEE C57.12에 규정되어 있는데 여기서 제시된 배전용 변압기의 수명을 나타내는 수명곡선과 수명계산식을 이용하여 비정질 변압기의 수명을 진단하였다. 배전용변압기의 수명계산식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{Log}_{10} \text{ life(h)} = A + B/T \quad (1)$$

여기서

$$T : \text{절대온도} = \theta_s + 273^\circ\text{C}$$

$$\theta_s : \text{Temperature of Hottest-spot}(^\circ\text{C})$$

A, B : 상수

65°C용 변압기인 경우 A = -11.269, B = 6328.8

55°C용 변압기인 경우 A = -11.968, B = 6328.8

이에 근거하여 인가부하에 따른 시료변압기의 온도상승 data를 식(1)에 적용하여 각각의 부하에서 운전할 경우의 정상 기대수명을 계산하였으며, 이를 표6에 나타내었다. 표6에 의하면 10% 부하로 상시운전하였을 때 비정질 변압기의 경우 평균온도상승이 47°C이므로 이 온도에서 계속 운전할 경우 기대할 수 있는 변압기의 수

명은 401968.7시간, 즉 45.9년으로 평가되며 규소강판 변압기의 경우는 평균온도상승이 39.4°C로써 기대수명은 109.8년으로 평가된다.

그러나 여기서 계산한 각각의 부하에서의 변압기 기대수명은 단순히 변압기의 온도상승에 의한 절연물의 열화에 기준한 것이므로, 변압기의 설계 방법에 따라 달라질 수 있다.

비정질 변압기의 경우 110% 부하에서부터 규소강판 변압기와는 달리 기대 수명이 현저하게 감소하고 있으며, 120% 부하에서는 더욱 현저하다. 변압기는 단시간이기는 하나 130% 정도의 과부하가 걸리는 경우도 있으므로, 본 시료변압기인 20kVA 비정질 철심 변압기의 설계시에 절연유의 온도상승을 충분히 고려한다면 통상 변압기 수명으로 인정되는 20년 이상의 기간동안 안정하게 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

비정질 소재(Metglas 2605-S2, Fe₇₈B₁₃Si₉)를 사용하여 국내에서 제작한 단상 20kVA 비정질 변압기에 대한 경년열화 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 비정질 변압기는 부하율 상승에 따라 철손도 증가하여 유온 상승이 75.3°C에 달하는 130% 부하에서 100% 부하시의 철손값보다 약 23% 정도 증가하였다. 그러나 부하율 100%로 환원시키면 곧 철손치도 환원되었다. 이와같이 과부하 상태에서 철손이 급격하게 증가하는 것은 부하 및 절연유온도가 증가함에 따라 자속밀도와 보자력이 현저하게 증가하여 자기이력손실이 커졌기 때문으로 생각된다. 따라서 본 연구에서 시료로 사용된 비정질 변압기의 경우 철손의 경년열화를 감안하지 않더라도 철손증가가 10% 이내인 범위에서 사용하려면 과부하율은 120% 이내이어야 한다.
2. 170%의 혹독한 과부하 조건에서도 비정질 변압기의 전선간 절연상태가 양호한 상태로 유지되었고, 단지 고온에 의해서 절연지 및 절연유가 탄화되어 절연유가 열화되었는데, 그 열화정도가 규소강판 변압기와 비교하여 큰 차이가 없었으므로 비정질 변압기의 순간적인 과부하 특성도 우수한 것으로 평가할 수 있다.
3. 비정질 변압기의 경우 100% 부하에서의 평균 유온상승은 47°C였고, 이때의 정상기대수명은 46년이었다. 또한 130% 부하에서의 평균유온

상승은 75.3°C이었고, 이때의 정상기대수명은 2.4년으로 계산되었다. 110%부하에서부터 기대수명이 현저하게 감소하고 있으며, 통상적으로 연속적이지는 않으나 변압기에는 과부하가 걸리는 경우가 많은 것을 감안할 때 변압기의 온도관련 설계를 조정하여 변압기 운전시 온도상승이 크지 않도록 비정질 변압기를 설계, 제작하는 것이 바람직하다.

참 고 문 헌

[1] A. C. Lee, US Patent 4663605, 1987.
 [2] H. H. Liebermann, J. APP1. Phys., Vol.

49, p. 4595, 1978.
 [3] M. Ichikawa et al., CRIEPI Research Report, W90025, 1990.
 [4] H. W. Ng, R. Hasegawa, A. C. Lee and L. A. Lowdermilk, Proc. IEEE, Vol. 79, 1608, 1991.
 [5] T. Hamada et al., CRIEPI/EPRI Amorphous Transformers Symposium, March 1989.
 [6] J. S. Song, H. B. Im and M. S. Yun, J. Appl. Phys., Vol. 69, 5014, 1991.
 [7] M. Kato et al., CRIEPI Research Report, W88017, 1988.

저 자 소 개



민복기(閔馥基)

1959년 9월 26일생. 1982년 고려대 공대 재료공학과 졸업. 1984년 동 대학원 재료공학과 졸업(석사). 현재 한국전기연구소 전기재료연구부 선임연구원.



정영호(鄭英鎬)

1957년 5월 5일생. 1980년 동국대 전기공학과 졸업. 1983년 연세대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국전력공사 기술연구원 전력연구실 연구원.



송재성(宋在成)

1956년 8월 31일생. 1980년 서울대 공대 금속공학과 졸업. 1982년 한국 과학기술원 재료공학과 졸업(석사). 1991년 한국과학기술원 재료공학과 졸업(공학박사). 현재 한국전기연구소 전기재료연구부 비정질 재료 연구팀장.



임정재(任正宰)

1947년 7월 2일생. 1970년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 현재 한국전력공사 전남지사 부처장.