



하이브리드형 절연방식을 이용한 MV변압기 개발

송일근·이병성<전력연구원 배전기술센터>

1 서론

배전용 변압기의 수명특성은 열화에 의한 변압기의 절연·단락 특성의 변화에 의존한다. 현재의 주상변압기 사고는 주로 내부의 절연약화 및 단락성능 저하에 의한 원인으로 규명되고 있다. 대부분의 제조업체에서는 배전용 변압기의 단락 성능 향상을 위해서 바니시를 사용하고 있는데, 이는 기계적 강도를 향상시키고 있으나, 경화되어 고체화된 바니시가 절연유 속에서 장시간 사용될 때 열화로 인하여 변압기 특성에 미치는 영향을 미칠 수 있다. 배전용 변압기의 절연·단락강도 향상 방안을 마련하여 배전용 변압기의 성능을 향상시켜 변압기의 교체 및 수리비용을 절감하는 것이 필요하다.

순간적인 과부하 내량을 증가시키고, 층간의 절연 신뢰성을 향상시키기 위해 셀룰로오스 절연지와 내열온도가 높은 아라미드 절연지를 복합적으로 구성한 복합절연 방식을 적용하였다. 단락기계력에 대한 보강의 일환으로 권선 내부의 덕트(cooling duct)를 줄였으며, 단락시 발생하는 기계력에 대응하기 위해 프레임지지 구조를 변경하였다. 이와 같은 방법으로 기존의 단락기계력 보강을 위해 수행하고 있는 바니시 함침공정을 생략할 수 있었다.

기존 변압기와 비교하여 신뢰성이 향상된 시제품 변압기를 제작하여 과부하를 인가하여 가속열화 시험을 함으로써 기존 저손실형 변압기와 특성을 비교 평가하였다. 장기 신뢰성 및 수명이 향상된 주상변압기는 기존의 주상변압기에 비해 경제적인 기대이익이 클 것으로 판단되며, 주상변압기의 고장감소에 크게 기여할 것으로 사료된다.

2 주상변압기 사용 현황

2.1 국내 주상변압기 설치 현황

배전선로에 설치된 일단접지 주상변압기는 2002년 6월 현재 148만대에 이르고 있으며, 매년 설치 수량이 증가하고 있다. 주상변압기는 수용가의 전력공급에 직접적인 역할을 담당하고 있기 때문에 적절한 관리가 필요하다. 표 1-1은 주상변압기 총 설치현황을 나타낸 것이다. 최근에는 전력공급 신뢰도에 대한 요구가 증가하고, 부하 밀도 및 증가 속도가 빨라 운영자 입장에서는 정확한 예측이 어려워 용량이 큰 변압기 수요가 증가하고 있다. 따라서 변압기 평균 이용률이 점점 낮아질 가능성이 있다.

표 1-1. 연도별 주상변압기 설치수량

구분	설치수량(대)	용량(MVA)	변대수
2000년	1,287,126	53,922	680,756
2001년	1,405,744	60,234	721,546
2002년 6월	1,486,897	65,796	749,950

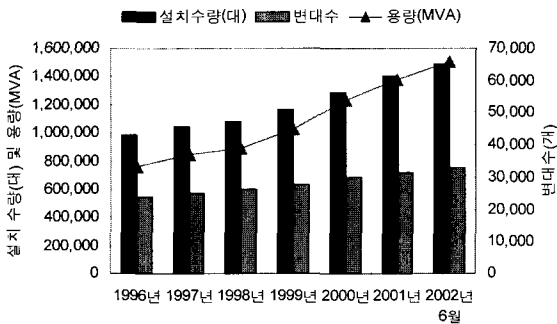


그림 1-1 연도별 주상변압기 설치현황

주상변압기 설치수량은 매년 평균 7.5% 정도로 증가하였으며, 전체 주상변압기 설치용량(MVA)은 매년 평균 12.6% 정도 비율로 증가하였다. 그림 1-1은 연도별 주상변압기 설치현황을 도식화하여 나타낸 것이다.

2.2 주상변압기 성능확인시험 결과

주상변압기에 대한 시험검사는 개발시험을 통과한 기자재를 구매할 때마다 한전 구매시방서(PS 141-482)에 따라 시행하는 시험으로 저손실형 주상변압기의 경우 동압력 내력시험과 가스켓 시험을 제외한 8종의 시험을 규정에 따라 전량 또는 발취하여 시험하고 있다.

배전용 주상변압기 신문에 대한 시험검사에서 불합격 사항을 유형별로 분석한 결과를 그림 1-1에 나타내었다. 그림에서와 같이 단락강도시험에서 불합격되는 비율이 가장 많이 차지하고 있다. 다음으로 절연부

분(뇌임펄스내전압 및 유도내전압)에 문제가 있어 불합격되는 비율이 약 34%를 차지하고 있어 배전용 주상변압기가 절연이나 단락에 취약함을 알 수 있다.

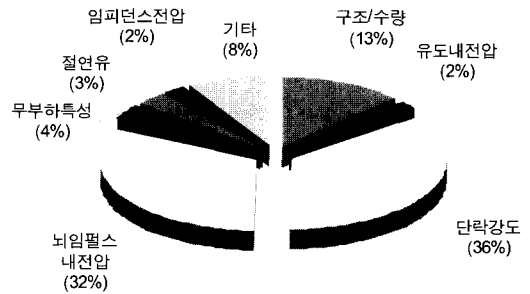


그림 1-2. 시험검사 불합격 유형별 분석

3. 절연단락특성 향상을 위한 복합절연 특성 해석 및 시제품 시험결과

기존 저손실형 주상변압기는 권선의 절연상태가 불량하여 고장이 발생하는 사례가 빈번하고, 검사시험에서 불량률이 높은 편이며 특히 단락기계력이 문제되고 있다. 따라서 기존 저손실형 주상변압기와 비교하여 절연 및 단락 특성을 개선하기 위해 다양한 기초시험과 복합절연시의 전계해석상 장점을 도출하였으며, 이 시험결과를 기초로 개선방안을 도출하였다.

3.1 절연 특성 개선 방안

가. 유전율 정합 설계

유입변압기는 광유와 절연지를 종합하여 절연과 냉각을 행하는 복합절연방식으로 구성되어 있다. 여기서 유침 복합절연계의 절연내력을 향상하고 소회화를 도모하기 위해서는 절연지나 절연유의 유전율 차이를 작게 하여 절연유의 전계집중을 완화하는 유전율 정합절연을 적용하면 효과적이다.

그렇지만 내유성의 제약으로 절연유에 가까운 저유

전율의 적절한 유침 고체재료가 없기 때문에 실용화가 어렵다. 따라서 최근 변압기와 같은 전력기기 용도로 일반적으로 사용되고 있는 광유보다 유전율이 높으며 환경에 우수한 절연유로서 식물유의 개발이 관심이 높아지고 있다.

식물유는 광유를 대체하는 신절연유로서 재생산이 가능한 '종자(種子)상품'으로 생분해성이 높고 환경에 우수한 식물유 유도체 에스테르계 절연유이다. 富士電氣에서는 고유전율을 갖는 채종 에스테르유(관서 테크 제품)를 선정하여 절연유에서의 유전율 정합절연을 실현한 변압기를 개발하고 시험하였다. 실험에 의하면 종자에서 추출한 에스테르 절연유 중의 절연파괴특성은 유전율 정합효과에 의해 광유에 비해 부분방전 개시전압(Partial discharge inception voltage : PDIV)이 30~40%, 절연파괴전압이 약 15%정도 상승하였다. 또한, 정극성 뇌임펄스 파괴전압이 약 15% 향상된 것으로 보고하고 있다.

종자에서 추출한 에스테르유를 적용할 경우 광유에 비해 절연지에 가까운 고유전율($\epsilon_s = 2.9$, 광유의 약 1.3배)이기 때문에 유전율 정합효과에 의해 절연내력 향상을 가져와 절연구조를 축소할 수 있는 합리적인 설계가 가능하다.

$$E_2 = \frac{V}{\frac{\epsilon_2}{\epsilon_1} d_1 + d_2} \quad (1)$$

$$E_2 = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} E_1 \quad (2)$$

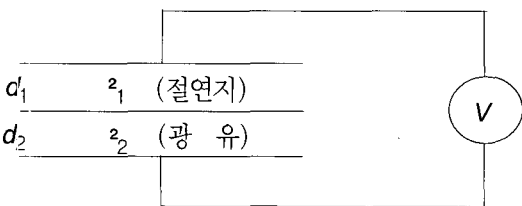


그림 3-1. 유침 복합절연 모델

변압기 절연에는 코일 소선간의 미소한 절연유 갭에 전계가 집중하므로 절연내력 한계가 이 절연유 갭의 전계로 결정된다. 일반적으로 그림 3-1과 같이 유침 복합절연계의 전압 V를 인가할 경우 절연유 갭의 전계 E_2 는 식 (1)과 식 (2)와 같다. 절연유의 비율전율 ϵ_2 를 절연지의 ϵ_1 에 가깝게 하여 절연내력이 낮은 절연유의 전계집중을 가능한 한 완화하는 것이 전체 절연내력 향상을 위해 중요하다.

기설변압기의 환경대책으로서 광유를 에스테르유로 단순치환할 경우 잔유 광유가 절연특성에 미치는 영향도 검토한 결과 20%까지 광유와 혼합된 절연유는 종자추출 에스테르유 100%시의 특성과 동등하였다는 것도 확인하였다.

이와 같이 변압기 절연시스템에서 유전율은 중요시된다. 따라서 본 연구에서는 변압기가 과부하로 인해 과열될 경우에도 전기적인 특성 변화를 최소화 하는 방향으로 설계하였다.

나. 복합절연 적용시의 장단점

복합절연방식의 기본 개념은 기존에 사용되고 있는 셀룰로오스 절연지의 열적용량을 초과하는 부분에 대해 아라미드 절연지를 제한적으로 사용하는 것이다. 이것은 아라미드 절연지가 상대적으로 높은 가격이기 때문이다.

복합절연방식은 국내외에서는 경제적으로 기대이익이 큰 전력용 변압기에 일부 적용하여 효과를 보고 있으나, 아직까지 배전용 변압기에서는 본 방식을 적용한 것이 개발되어 사용되고 있지 않다. 일부 특수한 경우를 제외하고 국외에서 생산되어 사용되고 있는 배전용 변압기 층간 절연물은 대부분 셀룰로오스지(Cellulose paper, A종 또는 B종)를 사용하고 있다. 변압기 사이즈를 줄이고, 과부하에 대한 열화 특성을 개선할 목적으로 권선의 층간 절연물로 고온절

연지(Aramid paper, H종)를 사용하는 경우가 있으나, 일반 셀룰로오스 절연지와 고온절연지를 혼합하여 사용하는 복합절연방식을 적용하는 사례는 없다.

권선온도상승은 권선과 직접적으로 접하고 있는 절연지의 특성에 따르게 되는데, 기존 주상변압기에 사용되고 있는 셀룰로오스 절연지의 경우 권선온도상승이 55℃로 제한되고 있다. 열적 특성이 개선된 내열지(thermally upgraded kraft paper)를 사용한 경우 65℃로 상승될 수 있어 정격의 약 12% 증가를 가져오게 된다. 또한 변압기 절연구조를 아라미드 절연물로 사용하였을 경우 권선온도상승은 95℃로 상승된다.

절연구조의 보강으로 권선온도상승이 증가하게 되면 변압기 설계를 소형화 할 수 있다. 보통 평균권선온도가 10℃정도 상승될 경우 철심과 권선의 중량을 20% 정도까지 줄일 수 있다.

또한 아라미드 절연지를 사용한 변압기의 경우 신뢰성이 개선될 수 있으며, 이러한 개선된 신뢰성은 아라미드의 장기 열화특성 및 고유의 기계적 강도에서 비롯된다. 이런 특성들은 변압기 운전수명 동안 기계적으로 건전한 상태를 유지하게 해 준다.

현재 국내에서 제작 사용되고 있는 권선온도상승이 55℃ 및 65℃인 배전용 변압기 권선의 층간 절연에 사용되는 절연지는 셀룰로오스지이다. 국내에서 개발되어 사용되고 있는 일부 슬립형 변압기는 권선부분 절연에 아라미드계 고온절연지를 적용하고 있으나, 고온절연지의 가격이 높아 경제성 문제로 특수한 목적 이외에는 널리 보급되지 못하고 있는 편이다.

본 연구에서 채용한 복합절연방식은 그림 3-2와 같이 1차권선 절연 방식은 권선과 직접적으로 접하는 부분은 고온절연지(H종)를 사용하여 권선에서 발생된 열에 의해 절연지가 열화되는 것을 완화시킨 구조이다. 즉, 층간절연지가 2매 이하일 경우는 모두 고온절연지를 사용하고 3매 이상일 경우는 권선과 직접 접하는 부분에만 고온절연지를 사용하였다. 권선과

직접적으로 접하지 않는 부분의 절연지는 기존 방식의 셀룰로오스지를 사용한 구조이다. 배전용 변압기의 절연성능을 향상시키고, 과부하 내량을 증대시키기 위해 권선의 층간 절연물에 복합절연방식을 적용하였다. 표 3-1에 복합절연 방식의 장단점을 비교 분석하였다.

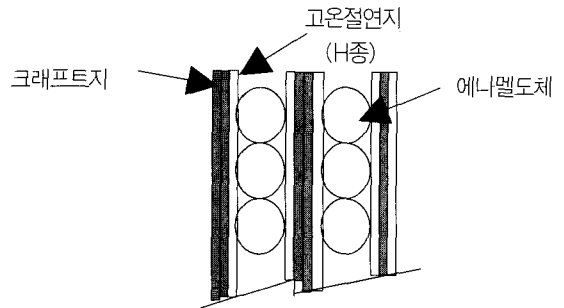


그림 3-2. 1차권선 층간절연 방식(복합절연 구성)

표 3-1. 복합절연 방식의 장단점 비교

장 점	단 점
- 최소의 비용으로 과부하에 내량을 향상시킴	- 생산원가 상승
- 아라미드 절연지의 적용으로 셀룰로오스 절연지 스트레스 완화	- 이종 절연물 적용으로 작업성 저하
- 장기 신뢰성 향상	- 바니시 처리시는 바니시 함침 기술 개발
- 컴팩트한 변압기 생산 가능	
- 권선온도상승 55℃ → 65℃	

다. 절연특성 해석결과

절연유를 분석한 결과 변압기 열화에 따른 유전율 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 그림 3-3은 현장에서 열화된 변압기에서 발취한 절연유의 유전율을 온도변화에 따라 측정된 것이다. 그러나 셀룰로오스 절연지의 경우 열열화가 진행되고 유전율에 변화가 있었다. 표 3-2는 변압기에 사용되는 절연물의 종류별 유전율을 비교한 것이다. 여기서 절연지의 유전율은 유침 상태에서 측정된 것이다.

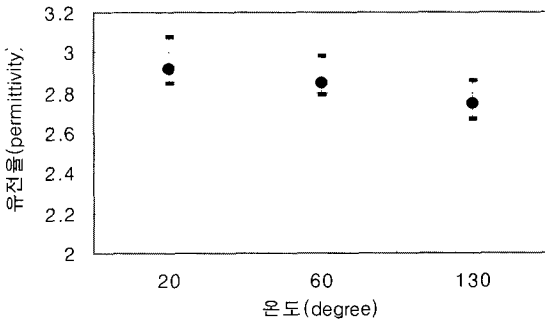


그림 3-3. 현장열화 절연유의 유전율

절연지와 절연유의 유전율 차이에서 오는 전위분포를 해석하기 위해 1차 권선의 2개 층에 대해 모의하여 해석하였다. 표 3-3은 층간 절연물의 전계분포 해석 조건을 나타낸 것이며, 해석에 사용된 층간 절연지는 3매로 하였다. 그림 3-4에서 그림 3-7은 기존 변압기에서 적용하고 있는 절연방식과 복합절연방식을 적용하였을 때의 전위분포 변화를 비교하였다. 또한 고장이 가장 빈번하게 발생하고 있는 권선의 모서리 부분에서의 전위 분포도 해석하였다. 그림의 안쪽층 권선의 전위를 기준으로 하였으며 바깥쪽 층 권선의 전위를 2000(V)로 정하여 해석하였다.

그림 3-4는 1차권선이 균일하게 배열되어 있을 경우 절연방식에 따른 절연지가 분담하게 되는 전계분포를 해석한 것이고, 그림 3-5는 1차권선이 상호 교차되게 배열되었을 경우 절연방식에 따른 전계분포를 해석한 것이다. 그림에서와 같이 권선이 층간에 교차되게 배열되었을 경우에 비해 균일하게 배열되었을 경우 절연지 또는 절연유는 전기적 스트레스를 대체로 균일하게 분담하게 된다. 하지만 1차 동선이 가늘고 제작상 문제 때문에 균일하게 배열하는 것은 현실적으로 어렵다.

절연구조적인 면에서 그림 3-5의 (a)와 같이 초기 상태에서는 유전율의 차이가 크지 않으므로 기존방식과 복합절연방식의 전계분포는 차이가 적었다. 그러나 열화 및 외적 요인에 의해 셀룰로오스 절연지의 유

전율이 변하게 될 경우, 그림 3-5의 (b)와 같이 복합절연 방식에서는 아라미드 절연지가 분담하게 되는 전기적 스트레스가 최고 약 16%정도 까지 가중되었다. 상대적으로 셀룰로오스 절연지 및 절연유가 분담하는 스트레스가 각각 16% 와 20% 정도 감소되었다.

그림 3-6과 그림 3-7은 K-K-K 절연구조와 N-K-N 절연구조를 갖는 1차권선 모서리 부분의 전위분포를 해석한 결과이다. 해석결과 열화되어 셀룰로오스 절연지의 유전율이 증가하였을 경우 약 18% 정도의 스트레스가 감소되었고, 반면에 열화되지 않은 아라미드 절연지의 경우 최고 17%까지 전계분담이 증가하였다.

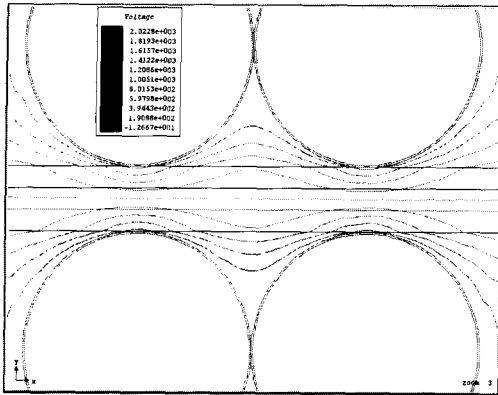
복합절연을 적용함에 따라 변압기가 열화되었을 경우 상대적으로 특성 저하가 심한 절연물에 가해지는 전기적인 스트레스를 아라미드 절연지가 분담하게 되어 신뢰성을 향상시킬 것으로 판단된다.

표 3-2. 절연물 종류 및 온도에 따른 유전율

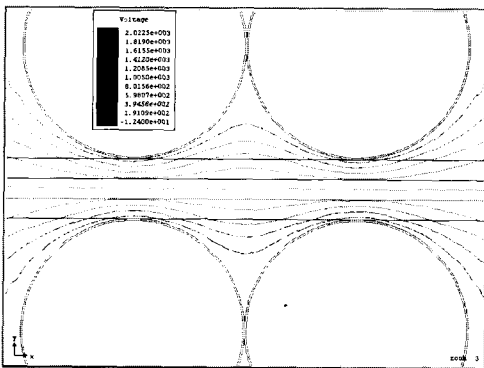
절연물 상태		유 전 율			비고
		20℃	60℃	90℃	
절연유 (광유)	신품	2.9	2.8	2.7	
	1500시간 열화	2.8	2.7	2.6	
	현장발취 13년 경과 변압기	2.9	2.8	2.7	5대 평균
유침 절연지 (0.18mm)	kraft 신품				
	kraft 현장 13년 경과변압기	3.9	4.3	17.3	
	nomex 신품	3.2	3.3	3.5	
	nomex 3000시간 열화	3.5	3.7	3.8	

표 3-3. 전계분포 해석 조건

재료(Materials)	크기(mm)	유침 유전율(Permittivity)	
		상 온	90℃
Copper wire	2.0	-	-
Enamel (class H)	0.015	3.4	3.4
Cellulose paper	0.18	3.8	7.0
Aramid paper (Nomex 410)	0.18	3.5	3.5
Insulation oil (mineral oil)	-	2.2	2.2

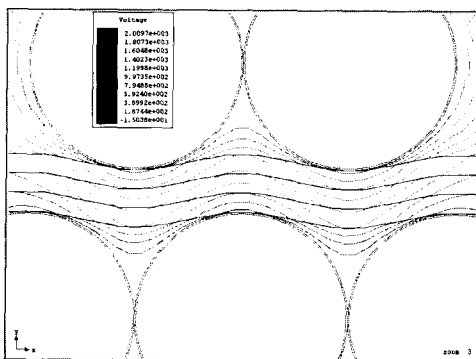


(a) K-K-K 절연구조

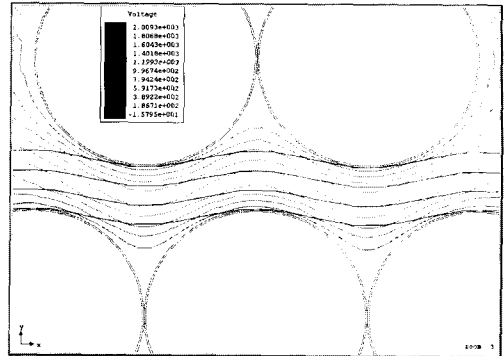


(b) N-K-N 절연구조

그림 3-4. 절연방식에 따른 층간절연지의 전위분포
(권선의 균일 배열, @90°C)

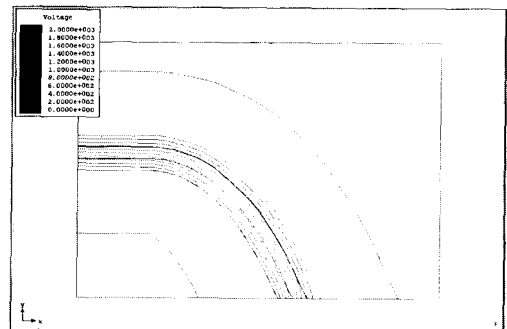


(a) K-K-K 절연구조

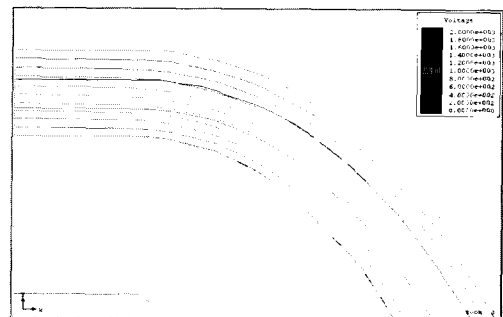


(b) N-K-N 절연구조

그림 3-5. 절연방식에 따른 층간절연지의 전위분포
(권선이 상호 교차 배열시, @90°C)

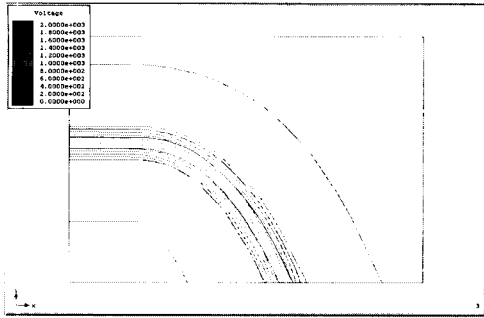


(a) 해석 결과

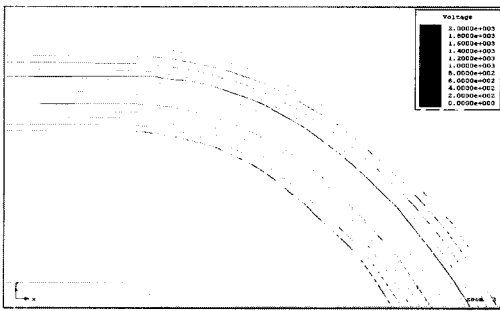


(b) 모서리 부분 확대

그림 3-6. K-K-K 절연구조를 갖는 1차권선
모서리 부분의 전위분포 해석 (@90°C)



(a) 해석 결과



(b) 모서리 부분 확대

그림 3-7. N-K-N 절연구조를 갖는 1차권선 모서리 부분의 전위분포 해석 (@90°C)

3.2 설계 조건 및 시제품 변압기의 정격과 특성

복합절연 방식을 적용하여 제작할 시제품 변압기의 %임피던스는 기존 저손실형과 동일하게 하였으며, 1차권선은 기존의 PEW계(polyester enamelled copper wire; B종) 대신에 AIW계(polyamide-imide enamelled wire; H종) 전선을 사용하고, 권선 절연지의 일부를 아라미드 절연물로 대체하여 권선온도를 기존의 55°C에서 65°C로 상승하여 설계하였다. 1차측의 탭은 기준탭을 가운데 두고 상위탭과 하위탭을 두었다. 또한 기존 변압기에서 바니시 함침이 불량한 사례가 많이 발생되고 있으며, 권선 층간 절연에 나쁜 영향을 줄 수 있으므로 함침 없이 단락특

성을 만족시키고자 하였다. 따라서 최소의 비용 투자로 수명 및 신뢰성이 향상된 변압기를 설계하였고, 설계 조건은 다음과 같다.

◎ 시제품 변압기의 설계 조건

- % 임피던스 : 3.2±10%(PS 141에 의거)
- 손실 (동손+철손)은 평균 부하의 70% 수준에서
- 절연유 온도 상승 : 65°C
- 권선 온도 상승 : 65°C
- 일차측 탭 : 3탭 (상위탭, 기준탭, 하위탭)
- 바니시 : None
- 사이즈 : 소형화
- Oil Duct : 유덕트를 최소화한 설계
- 단락강도 향상
- 복합 절연지 사용 (Cellulose + Aramid)
- 수명 : 20년 이상
- 원가상승 : 10%이내

상기와 같은 개념으로 본 연구에서 설계·제작한 시제품 변압기의 정격 및 특성은 표 3-4와 같으며, 기존 동일 용량의 저손실형 변압기와 비교하였다.

표 3-4. 시제품 변압기의 특성

정 격	외 철 형	내 철 형	비고 (저손실형)
용 량	1Ø 100kVA	1Ø 100kVA	1Ø 100kVA
정격 1차전압	13200V	13200V	13200V
정격 2차전압	230V	230V	230V
1차 탭형식	(3 Tap) 1Tap: 13800 2Tap: 13200 3Tap: 12600	(3 Tap) 1Tap: 13800 2Tap: 13200 3Tap: 12600	(3 Tap) 1Tap: 13200 2Tap: 12600 3Tap: 12000
무부하 손실	190	191W	209W
전압변동율	1.2%	1.18%	1.4%
효 율	98.6%	98.6%	98.5%
%임피던스	3.2%	3.24%	3.2±10%
절연방식	Cellulose + Aramid	Cellulose + Aramid	Cellulose
기타	1차동선: AIW	1차동선: AIW	1차동선: PEW

3.3 과부하에 의한 가속열화 특성 평가

주상변압기 권선 절연부의 열화 요인은 온도와 시간이다. 보통 주상 변압기는 장시간 동안 일정한 온도에서만 운전되지 않고 시간에 따라 변동하는 부하특성을 갖는다. 따라서 열적 주기(thermal cycling)를 주는 설비를 이용하여 가속열화시험을 하였다.

변압기 설계자나 사용자는 셀룰로오스 절연물로 제작된 변압기의 온도상승 제한치를 상당히 중요하게 관리하고 있다. 변압기 도체의 온도가 규정하고 있는 값 이상으로 유지될 경우 절연물이 열에 의해 열화가 가속된다.

과부하 조건은 그림 3-8과 같이 140~150% 부하를 9시간 인가하고 90% 부하를 15시간 인가하는 것을 1주기로 하여 약 40일간 가속열화 시험을 행하였다. 권선온도를 실측한 결과 과부하율이 150%일 경우 권선최고온도가 155℃~160℃이므로 ANSI/IEEE C57.92의 loading guide에 의하면 권선온도 상승 55℃ 변압기에서 수명기대치는 약 500시간 정도이다. 같은 주기로 40일간 가속열화시켰을 경우 수명 종기의 72%에 이른다. 이와 같은 방법으로 가속열화 시험을 행할 경우 약 14년 이상의 가속효과가 있을 것으로 판단된다.

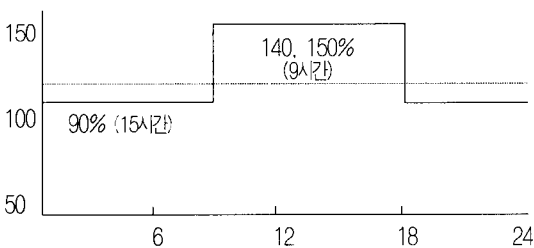


그림 3-8 과부하 인가 주기

또한 시제품 변압기와 기존 변압기의 내부에 토이

드(Toid) 센서를 취부하여 시간 경과에 따른 누설전류를 비교 측정하였다. 복합절연 변압기와 저손실형 변압기 시제품에 설치된 절연유 열화진단 센서에서 측정된 결과를 그림 3-9에 나타내었다. 센서에서 측정된 절연유 누설전류는 변압기 부하율에 영향을 많이 받아 변화폭이 컸다. 열화기간 동안에 측정된 누설전류 증가 추이를 비교할 때 복합절연방식이 일반 저손실 변압기에 비해 과부하 열화에 영향을 덜 받는 것을 알 수 있어 과부하내량 특성이 양호할 것으로 추정된다.

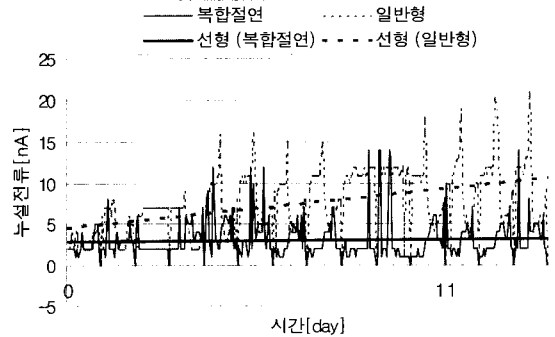


그림 3-9. 절연유 누설전류 측정 결과

4. 결 론

기존 주상변압기의 고장원인은 절연 및 단락특성 저하에 의한 사고가 주류이며, 이런 고장요인을 제거하고 품질향상을 도모하기 위해서는 복합절연방식의 주상변압기 개발 사용이 필요하며, 본 고의 요약은 다음과 같다.

첫째, 셀룰로오스 절연지의 경우 열화에 따라 유전율이 비교적 크게 변화되는 것을 알 수 있다. 이것은 이중 절연구조로 되어 있는 변압기 권선의 층간 절연 부분에 전기적인 스트레스 불균일을 가져와 절연파괴에 이를 수 있으므로 적절한 절연설계가 필요하다.

둘째, 기존의 셀룰로오스 절연지와 고온절연지를

복합적으로 적용한 복합절연 방식의 주상변압기는 다음과 같은 장점이 기대된다.

- 가. 과부하에 대한 셀룰로오스 절연지의 열화 완화 효과 기대
- 나. 2차 단락시 발생한 기계력에 의한 절연지 손상을 줄여 고장 감소
- 다. 복합절연 방식을 기존 저손실형 변압기에 비해 원가상승이 예측되나 장기 신뢰성 향상 기대 셋째, 복합절연 방식을 적용한 시제품 변압기 제작 및 평가
 - 가. 동일한 특성을 갖는 복합절연방식을 적용한 변압기와 기존 저손실형 변압기를 제작하여 가속 열화 시험을 수행한 결과 과부하에 대해 복합절연변압기가 보다 우수한 특성을 보였다.
 - 라. 고온절연지 사용으로 기존 저손실형 변압기에 비해 제조원가가 약 10% 정도 상승하였지만, 장기신뢰성 향상 등의 측면에서 현장 적용시 상당한 경제적인 효과가 예상된다.

◇ 저 자 소 개 ◇



송 일 근(宋一 根)

1984년 숭실대 전기공학과(학사). 1986년 숭실대 대학원 전기공학과(석사). 1997년 숭실대 대학원 전기공학과(박사). 1985년-현재, 전력연구원 배전기술센터 활선진단팀 PL/선임연구원. 관심분야: 배전 설비 수명진단 및 열화진단기술. Tel : 042-865-5920 E-mail : iksong@kepri.re.kr



이 병 성(李丙成)

1968년 8월 17일생. 1993년 충남대 공대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995-현재 : 한전 전력연구원 전력계통연구실 선임연구원. 관심분야: 폴리머애자 및 절연재료의 열화 특성. Tel : 042-865-5924. E-mail : leebs@kepri.re.kr