

154kV 저소음 변압기 설계 및 제작

김 응식*, 이 상협*, 김 정찬*, 구 교선**
 * 일진중공업 변압기 설계 ** 전력연구원

Design and manufacturing of Low Noise Transformers

Yung-Sig Kim*, Sang-Hyup Lee*, Jung-Chan Kim*, Kyo-Sun Koo**
 * ILJIN Heavy Industries Co., Ltd
 ** Korea Electric Power Research Institute

Abstract - 환경정책기본법과 소음·진동규제법의 소음배출 허용기준은 사업장에서 발생하는 소음을 주간 55dB, 야간 45dB로 규제하고 있으나, 한국전력공사 및 변압기 제작사의 154kV 전력용 변압기 소음 허용기준은 79dB로 환경정책기본법과 소음·진동규제법에 크게 미달되어있고, 이로인한 소음민원이 빈번하게 발생되고 있다. 이에 소음규제에 부합되고, 소음민원을 근본적으로 해결하기 위해서 154kV 저소음 변압기를 개발 중에 있다.

본 논문은 일진중공업의 154kV 저소음 변압기 개발에 관한 전반적인 진행현황을 기술한다.

1. 서 론

최근 생활수준의 향상으로 쾌적하고 정숙한 생활환경에 대한 요구가 높아지고 있다. 그러나 변전소에서 발생하는 소음이 이런 요구를 충족하지 못함으로써, 소음 민원이 발생되고, 증가하는 추세에 있다.[1] 변전소에서 발생하는 소음은 변압기에서 발생하는 소음으로 전력을 공급하는 한전에서 변전소 소음을 줄이기 위해서 자체적으로 많은 노력을 기울이고 있다. 이러한 변압기소음 문제를 원천적으로 해결하기 위해서 제작 3사는 소음문제를 인지하여, 한전과 공동으로 154kV 저소음 변압기 개발 연구를 수행하고 있다. 154kV 저소음 변압기 개발과제는 3차년에 걸쳐 진행되고 있고, 당해년도는 3차년도 기간으로 154kV 저소음 변압기를 제작하고, 시험하여 저소음 변압기 개발을 완료하는 해이다. 본 논문은 저소음 변압기 개발기간 동안 본 제작사가 수행한 연구에 대해서 기술한다.

2. 본 론

2.1 철심소음

철심소음은 변압기 소음의 주된 소음원으로, 이는 철심의 자왜(Magnetostriction)현상에 기인한다.[2] 자왜현상이란 강자성체를 자화시킬 때 그 자성체에 탄성적 변형이 생기는 현상으로 자기변형, 또는 자기일그러짐이라고도 한다. 자왜현상에 의해서 발생한 변형은 자성체 내에서 세로로 진동하고, 이 진동이 반복되면서 음향파를 발생시킨다. 그리고 이 진동의 주파수가 자성체의 고유 주파수와 일치하여 큰 값의 진동을 일으켜 소음을 발생시킨다. 이러한 철심의 자왜현상을 줄이면 변압기 소음을 크게 줄일 수 있다.

2.2 철심소음 감소 설계 및 제작

철심의 자왜현상은 철심재료의 자기적 특성과 진동을 유발하는 자속밀도와 관련있다. 따라서 철심소음 감소 설계는 철심재료와 자속밀도를 고려하여 설계하였다.

2.2.1 고배향성 규소강판 적용

고배향성 규소강판은 철심의 자왜특성을 일반 방향성 규소강판보다 개선시켜서 진동은 줄이고, 철손은 낮은 특성을 갖고 있다. 이런 특성 때문에 고배향성 규소강판은 소음을 저감시킬 수 있는 강판이다.[3] 본 제작사는 고배향성 규소강을 비교 검토하여 TRAN-COR H-0(AK Steel, USA)로 선정하였다. 그리고 선정한 고배향성 규소강판의 소음저감효과를 검증하였다. 소음측정 결과 고배향성 규소강판을 사용하면 일반규소강판 사용시보다 OA기준 4.7dB, FA기준 2.2dB 소음이 감소함을 확인할 수 있었다. 따라서 본 제작사가 저소음 변압기에 선정한 고배향성 규소강판 TRAN-COR H-0는 소음 저감 효과가 있음을 확인 하였다.

2.2.2 자속밀도 변경

자속밀도 저감에 의한 소음감소 방법은 일반적으로 널리 알려진 사실로, 본 제작사는 식 1)을 이용하여 필요한 자속밀도를 설정하였다.

$$dB = k1 + k2 \log W \quad \dots \dots \dots 1)$$

여기서 k1은 자속밀도에 따른 계수, k2는 철심 재질에 따른 계수, W는 철심 중량이다. 자속밀도 변경에 의한 소음 저감 효과를 -2dB로 설정하였고, 계산결과를 표 3에 나타내었다.

<표 1> 자속밀도에 따른 소음저감 예상치

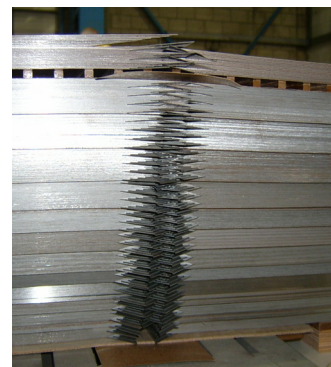
자속밀도(gauss)	TRAN-COR H-0
17500	69
16500	67
16000	66

위 결과에 따라, 본 제작사는 고배향성 규소강판의 자속밀도를 16500(gauss)로 결정하였고, 이는 자속밀도를 1000(gauss) 낮추면 소음저감 효과가 2~3dB 있다는 보고와 일치하고 있다.

2.2.3 Step-lap 적층

스텝-랩(step-lap) 적층기법은 철심의 적층방법을 개선하여 철심의 손실을 줄이기 위한 방법이다. 일반 철심 적층방식에서는 특정부위에 자속이 집중함에 따라 자왜현상이 커지고, 이로 인하여 소음이 증가하게 되나, Step-lap 방식은 철심의 접합부위를 부포하게 하여 자속집중을 분산시킴으로서 철심의 소음을 낮출 수 있다.

'저소음 변압기 개발을 위한 기초 조사 연구'(전력연구 2004)와 철심 절단기 회사인 GEORG(독일)에서 step-lap을 적용하면 소음을 3~5dB

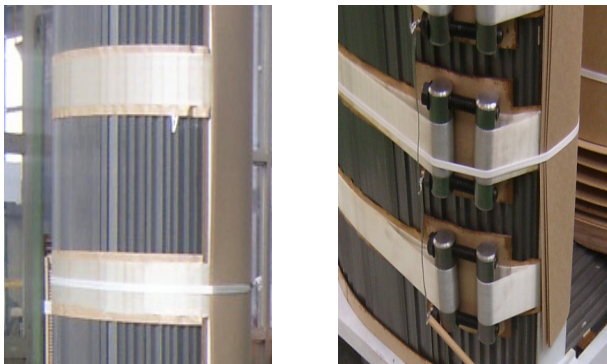


<그림 1> 6 Step-lap 적층

저감할 수 있다는 자료를 바탕으로 Step-lap을 설계에 적용하였다. Step-lap의 스텝은 6step으로 하여 설계하였으며, 그 이유는 일반적층, 3step 또는 4step에 비해 자속밀도가 낮고, 작업 효율성 및 경제성이 우수하다고 판단했기 때문이다. 그림 1은 6step-lap 적층 사진이다.

2.2.4 철심 binding

철심의 소음을 줄이는 방법 중 한 가지는 철심의 결합력을 증가시켜 자왜현상을 줄이는 것이다. 본 제작사는 저소음 변압기 철심 바인딩(binding)을 기존 철심 바인딩보다 강한 체결력을 갖게 고안하였다. 그림 2 (a)는 기존 변압기에 사용하는 바인딩 방법이고, 그림 2 (b)는 저소음 변압기에 적용한 PG테이프 바인딩 사진이다. 작업 방법은 PG테이프를 고정구에 감고 볼트로 밴드 고정구를 조이는 방법으로, 바인딩 체결력을 향상시켜 철심의 자왜현상을 줄임으로써 소음을 줄일 수 있을 것으로 예상된다.



(a) 기존 binding (b) 저소음 binding

<그림 2> 철심 binding 방법

2.3 외함 설계 및 제작

변압기 철심 자왜현상에 의해 발생하는 소음은 전기주파수의 두 배인 120Hz의 n배수의 조합으로 이루어진 진동이 그 원인이며, 이러한 진동이 탱크외벽을 통하여 공기 중으로 전달된다.[4] 이때에 변압기 탱크가 가지는 고유진동수가 만약 변압기 내부에서 발생하는 진동수와 같은 경우 공진현상이 발생하여 진동과 소음이 급격히 증가한다.[5] 이러한 공진현상을 방지하기 위하여 시스템에 강제적으로 감쇠를 추가시키거나 강성과 질량의 조정을 해야 하는데 일반적으로 변압기 탱크와 같은 구조물에 감쇠를 추가하는 일은 비용적인 측면과 생산적인 측면에서 어려움이 많으므로 질량 및 강성을 조정해야 한다. 이에 따라 본제작사 변압기 탱크의 모드해석을 통하여 고유진동수가 얼마인지 알아보고, 진동형태를 해석하여 변위의 최고점을 찾아, 영향이 제일 큰 모드에서 변위 억제가 가능한 형태로 외함을 설계하였다. 본 논문에서는 해석과정 및 결과는 생략하고 해석 결과에 따른 외함 형상변화를 그림4에 나타내었고, 그림 3는 외함 형상이 변경되기 이전의 상분리 외함을 나타내었다.



<그림 3> 기존상분리 외함



<그림 4> 저소음 변압기 외함

3. 결 론

본 제작사는 154kV 저소음 변압기 개발을 위하여 변압기 내부설계에 고배향성 규소강판을 적용하고, 자속밀도를 낮추었으며, 철심 적층 방법을 일반 적층에서 6step-lic 적층으로 변경 하였다. 여기에 철심의 체결력을 높이기 위해서 바인딩 방법을 변경설계 하였다. 이러한 설계 변경은 철심의 자왜현상을 줄여서 소음이 줄어 들것으로 예상된다.

외함 설계는 120Hz 하모닉(120, 240, 360, 480Hz) 저주파 성분과 공진이 발생하지 않게 설계하기 위해서 외함을 모델링 후 외함의 형상을 설계하였다. 위에서 언급한 저소음 변압기 설계를 토대로 변압기를 제작 완료하였다.

향후 일정은 저소음 변압기의 소음을 측정하고, 필요시 변압기를 수정 보완할 것이다. 또한 저소음 변압기에 차음판을 적용할 것이다.

표 2는 기존 상분리 변압기 설계와 저소음 변압기 설계를 비교하여 나타내었다.

<표 2> 기존 상분리 변압기와 저소음 변압기 설계 비교

		기존상분리	저소음 변압기	비교
규소 강판	사양	30PG185(0.3t)	TRAN-COR H-O(0.23t)	-4dB
	자속 밀도(T)	1.75T	1.65T	-4dB
	중량(kg)	7,340	7,940	
적층방법		일반적층	6 Step-lap 적층	-4dB
철심결합 기술		일반 바인딩	고정구를 이용한 바인딩	-1dB
탱크보강 보완			보강추가	-5dB
고효율 차음판		미적용	적용	
동중량(kg)		2,597	2,647	
소음(dB)		73	55	
운송중량(ton)		18.5	22	
수송치수(mm)		3160x2950x3360	3300x3050x3360	

[참 고 문 헌]

- [1] 한국 전력연구원 전력계통연구실 변전 기술그룹, “저소음 변압기 개발을 위한 기초 조사 연구”, 저소음 변압기 개발을 위한 기초 조사연구, '04 전력연 - 단 426, pp. 1, 37-39, 2004
- [2] “IEEE Guide for Sound Level Abatement and Determination for Liquid-Immersed Power Transformer and Shunt Reactor Rated Over 500kVA”, IEEE Std C57.136, September ,2000
- [3] 김정미, “전기 강판”, 한국 특허정보원
- [4] “Power Transformers - part 1- : Determination of sound levels,” International Electrotechnical Commission 60076-10, 2001
- [5] Singiresu S. Rao, 기계진동학 제4판, Pearson Education Korea, pp. 37-39, 2004.