

## 전력용변압기 소음저감을 위한 철심기술 연구

장철혁, 이곤, 조익춘  
(주)효성 중공업연구소

### The Study of Core Technology for the Noise Reduction of Power Transformer

Chang Cheul-Hyeok, Lee Kon, Cho Ik-Choon  
Power & Industrial System R&D Center, Hyosung Corporation

**Abstract** - 본 논문은 변압기 주 소음원인 철심에서 발생하는 소음의 저감을 위한 연구에 대하여 기술하였다. 변압기 본체소음의 발생원인과 철심의 자속밀도에 따른 소음 level의 차이, 철심의 적층방식에 따른 소음저감효과에 대하여 연구하였으며, 축소형 모델 및 실모델(154kV 변압기)을 제작하여 실증하였다.

함으로써, 소음 저감효과를 얻을 수 있다. 그림 3에 일반적으로 사용되는 Step-Lap 적층방식을 나타내었다.

적층 단수에 있어서는 단수가 많을수록 소음은 줄어들 수도 있지만, 일정 단수 이상에서는 포화가 되어 소음 저감효과를 보기 어려우며, 따라서 제작사마다 제작공수 대비 Step-Lap 효과, 작업 표준화 등을 고려하여 Step-Lap의 단수 및 Step 간격 등의 표준을 정하고 있다.

#### 1. 서 론

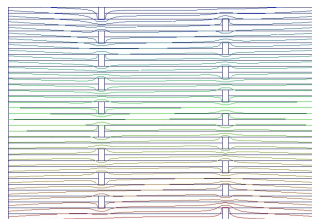
전력수요의 증가로 인해 변전소의 설비증설이 필요하며, 특히 주거지역 근방의 변전소 신설시 전력기기(변압기, 리액터)의 저소음화는 중요하다. 변압기 소음의 원인은 크게 3가지로 볼 수 있는데 첫 번째로는 철심재료의 자기변형에 따른 철심의 신축 및 자기흡인력에 따른 철심의 진동과 전자력에 따른 권선의 진동이며, 두 번째는 탱크나 부속품에 전달되어 이것들을 진동시켜 생기는 본체소음, 마지막으로, 냉각기, 송유펌프에서 발생하는 냉각기 소음이 있다. 이러한 변압기의 소음원 중 철심에 대한 효과적인 소음저감을 위해서 철심 적층방법, 철심 자속밀도 저감 등의 적용기술을 정립하고자 한다.



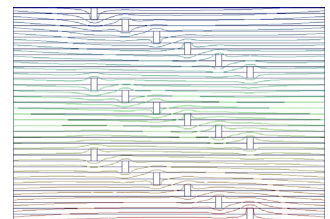
#### 2. 본 론

##### 2.1 변압기 소음

변압기 소음의 발생 원인으로서 철심재료의 자왜, 철심 이음부나 적층 간에 작용하는 자기 흡인력, 권선 도체간 또는 코일간에 작용하는 전자력과 누설 자속 때문에 철심 프레임이나 탱크벽 등에 작용하는 힘이 있다. 이러한 원인 중 자왜에 따른 철심의 진동이 변압기 소음발생의 주된 요인이라 생각되고 있으며, 자왜에 의해 발생한 철심의 진동이 절연유를 통하여 탱크나 외부 부속품을 진동시켜 외부에 소음으로서 방사된다. 철심재료인 규소강판의 자기변형-자속밀도 특성곡선의 예를 그림 1에 보인다.

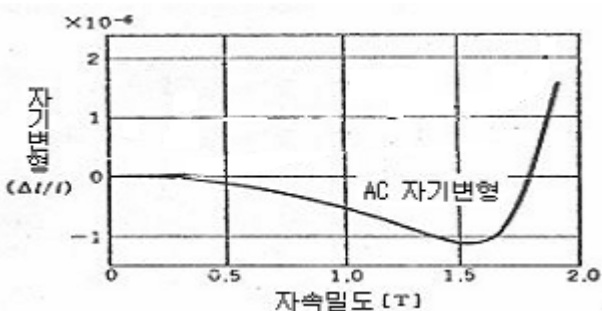


<그림 2> Normal 적층방식



<그림 3> Step-Lap 적층방식

Normal Joint 적층방식 대비 Step-Lap 적층방식의 소음저감 효과를 확인하기 위하여, Step-Lap 방식으로 실 변압기 5대를 제작하여 소음을 측정하였다. 그 결과를 Normal Joint 방식의 소음 계산치와 비교하여 소음저감 효과를 확인하였으며, 그 내역은 표 1과 같다.



<그림 1> 규소강판의 자속밀도와 자왜현상

<표 1> Step-Lap 적층방식 변압기 소음치

No.	변압기 사양	Step-Lap Joint 소음 (시험치)	Normal Joint 소음(설계치)	소음저감 효과
1	25MVA 154kV Tr.	67.7 dB	72.0 dB	4.3 dB
2	30MVA 154kV Tr.	73.7 dB	77.8 dB	4.1 dB
3	45MVA 154kV Tr.	67.8 dB	71.6 dB	3.8 dB
4	50MVA 154kV Tr.	69.1 dB	72.7 dB	3.6 dB
5	100MVA 154kV Tr.	72.7 dB	76.6 dB	3.9 dB

변압기의 소음은 철심 치수가 큰 대용량 변압기일수록 소음 레벨이 크게 되고, 또 철심 자속밀도가 높아지면 소음 레벨이 커짐과 동시에 소음의 주파수 성분이 증가하는 경향이 있다.

Step-Lap 방식으로 제작된 변압기는 Normal Joint 방식(계산치)대비 평균 3.9dB 소음저감 효과를 보였다.

##### 2.2 철심 적층 방법별 소음저감 연구

변압기 제작시에 일반적으로 사용되는 철심 적층방식은 그림 2와 같이 Normal Joint(Symmetric-D)방식으로 규소강판을 2단으로 교차하여 지그재그 형태로 적층하는 방식을 적용하고 있다. 이 적층방식은 교차점에서 자속밀도가 증가하는 단점이 있다.

##### 2.2.1 실모델 제작 소음 실증시험

철심 적층방식에 대한 소음저감효과를 확인하기 위하여, 변압기 철심을 Step-Lap으로 적층한 154kV 변압기를 제작하였으며, 기존의 Normal Joint 적층방식으로 제작된 변압기와 소음시험을 실시하여 소음저감효과를 검증하였다.

이를 개선한 적층방식으로 Step-Lap Joint 방식이 있다. 이 방식에 따르면 적층부위를 몇 단으로 교차시켜, 교차점에서 자속 흐름을 원활하게



〈그림 4〉 Step-Lap 방식으로 제작된 154kV 변압기

적층방식별 소음비교를 위해 Normal 방식으로 제작된 변압기(2대)와 Step-Lap으로 제작된 변압기에 대해 동일 자속밀도에서 소음시험을 실시, 그 결과를 표 2에 정리하였다. Step-Lap 적층방식이 Normal 적층 방식에 비하여 평균 4.4dB의 소음저감 효과가 있었다.

〈표 2〉 철심 적층방법별 소음치 비교

No	변압기 구분	소음 시험치 (dB)		저감 효과 (dB)	저감효과 평균치 (dB)
		Normal	Step-Lap		
1	154kV 변압기-1	74.6	70.5	4.1	4.4
2	154kV 변압기-2	75.1		4.6	

### 2.3 철심 자속밀도 저감에 따른 소음 level 연구

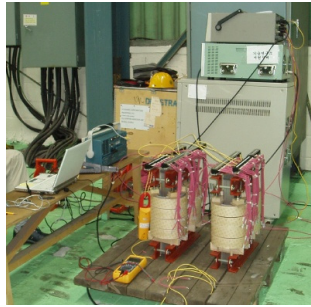
소음의 주요인은 철심재료의 자왜진동으로, 이 진동소음을 줄이기 위해 고려할 수 있는 우선적인 대책은 자속밀도를 저감하는 방법이다. 대략적으로 자속밀도 0.1[T]당 약 3~5dB의 소음저감 효과가 있다고 보고되고 있다. 단, 자속밀도를 저감을 시키면 철심의 단면적이 늘어나게 되어 철심의 부피와 중량을 증가시키게 된다. 따라서 자속밀도 선정시 Size 및 중량 제한을 고려하여 최적의 자속밀도가 되도록 설계하는 것이 중요하다.

#### 2.3.1 자속밀도별 소음특성 시험

자속밀도에 따른 소음저감 효과를 검증하기 위하여 그림 5와 같이 초고압 변압기와 똑같은 형태의 철심 및 권선구조를 갖는 축소형 변압기 모델을 제작, 그림 6과 같이 자속밀도에 따른 철심소음 측정시험을 실시하였다.



〈그림 5〉 축소형변압기 모델



〈그림 6〉 축소형변압기 모델시험

시험에 사용된 축소형 변압기 모델의 철심재질은 30PG140이며, 적층방식은 Normal Joint 방식이다. 이때 자속밀도별 측정된 소음치를 정리하면 표 3과 같다. 자속밀도의 감소에 따라 측정소음은 감소하며, 0.1[T]당 약 3.8dB 소음저감 효과를 보인다.

〈표 3〉 축소형변압기 자속밀도별 소음치(적층방식: Normal 방식)

No.	자속밀도 (Gauss)	소음치 (dB)	적층방식	재질
1	18650	65.4	Normal Joint (Symmetric-D)	30PG140
2	18090	63.2		
3	17540	61.4		
4	16980	59.2		
5	16480	57.6		
6	16020	55.4		
7	15570	53.5		
8	15030	51.4		
9	14560	49.6		

\* 자속밀도는 인가전압에 의해 계산한 계산치임

또한, Step-Lap 적층방식으로 제작된 154kV 변압기에 대하여 자속밀도별로 소음시험을 실시하였으며, 표 4에 소음측정 결과를 정리하였다. 대략적으로 0.1[T]당 평균 4dB의 소음저감 효과가 있었다.

〈표 4〉 실모델 변압기의 자속밀도별 소음치(적층방식:Step-Lap방식)

No.	자속밀도 (Gauss)	소음치 (dB)	0.1[T]당 소음저감치	적층방식	재질
1	18900	80.1	평균 4 dB	Step-Lap	30PG140
2	17662	75.0			
3	16854	70.5			
4	16215	68.1			
6	주위소음	63.3	-	-	-

## 3. 결 론

본 논문에서는 변압기 소음저감 특성연구를 위하여 축소형 변압기 모델과 154kV 변압기 피시품을 제작하여 적층방식과 자속밀도에 따른 소음특성 평가시험을 실시하였다.

연구결과 자속밀도 저감시 0.1[T]당 평균 3.8~4dB의 소음저감효과가 있었으며, 철심적층을 Step-Lap방식으로 하였을 경우 Normal Joint 방식에 비해 평균 4.4dB의 소음저감 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

## [참 고 문 헌]

- [1] Masaaki Maejima, "Recent Noise Reduction Techniques for Power Transformers", 日立評論, VOL. 67, 55-60, 1985
- [2] 見谷正男, "50dB級 400MVA 低騒音變壓器の完成", 電氣學會電力・エネルギー部門, 499, 1999