

유한요소법을 이용한 네온관 전원공급용 변압기의 특성개선연구

송혁진*, 신판석*, 박규영**
*홍익대학교 전기공학과, ** (주)대한트랜스

Characteristics Improvement of Luminous-Tube Transformer using FEM

Hyuk-Jin Song, Pan-Seok Shin, Kyu-Young Park
Dept. of Electrical Engineering, Hong-ik Univ., DAEHAN Trans., CO.Ltd.

Abstract - 특수변압기의 일종인 네온 변압기의 기본원리와 특성을 조사하고 원가절감, 효율향상등 특성개선을 위하여 누설자속의 해석기술과 규소강판의 압연방향에 따른 자속의 영향, 압연방향성 코아의 형상설계방향 등을 제시한다.

1. 서 론

네온변압기란, KSC 4305(한국산업규격)에서 네온관용변압기(Luminous-Tube Transformer)로 명칭하고 있다. 전기기기도 에너지절약과 환경문제해결을 위하여 고효율화, 소형화를 추구하고 있으며, 본 논문에서는 네온관 전원공급용 변압기를 개발함에 있어서 기술의 핵심이 되는 누설자속의 해석기술, 규소강판 압연방향에 따른 자속의 영향, 압연방향성코아의 설계방향 제시등에 대해서 다루었다. 이를 위하여 2차원 전자장 수치해석 program인 FLUX2D를 사용하였다.

2. 본 론

네온변압기의 자체해석은 전기회로의 parameter 특성을 해석하기 위하여 외부회로를 사용한 과도자계해석과 방향성 core의 해석을 위해 정자계해석을 하였다.

2.1 해석모델

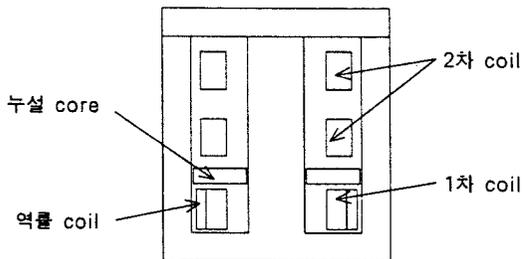


그림 1. 네온 변압기의 2차원 해석모델

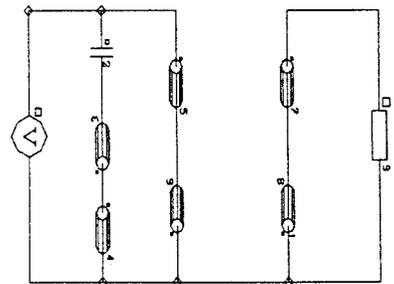
그림 1 은 2차원해석을 위한 네온변압기의 형상을 나타낸다. 누설 core의 공극은 1[mm]이며, core는 등방성 비선형 재질로 modeling 하였다. 표 1은 해석모델의 재질사양을 나타내고 있다. core는 포항제철의 PN-30계열의 B-H Curve를 근사화하여 입력하였으며 포화자속밀도는 1.85[Wb/m²], 초기선형비투자율은 6000으로 가정하였다.

구분	재질	초기 비투자율	비고
Core	규소강판	6000	포화자속밀도 1.85[Wb/m ²]
1차 Coil	구리	1.0	515[turn]
역률 Coil	구리	1.0	386[turn]
2차 Coil	구리	1.0	2000×2[turn]

표 1. 사용 재질의 사양

1차측은 각각 386[turn]의 역률 coil과 515[turn]의 1차 coil의 두부분으로 되어 있고, 2차측은 20,000[turn]의 권선 2개가 직렬로 연결되어 있다.

경계조건은 외함의 강판으로 되어있기 때문에 해석영역의 외각을 고정경계조건 A=0으로 하였고, 정확한 전기적 특성의 계산을 위하여 전기회로 정수를 계산하여 입력하였다.



1.전압원Source 2.Capacitor 3,4. 역률 Coil
5,6. 1차 Coil 7,8. 2차 Coil 9. 부하저항

그림 2. 네온변압기의 외부회로도

그림 2 에 과도자계해석에 사용한 외부회로를 나타내었다. 220[V], 60[Hz]의 1차 전압원, 수[μ F]의 역률 보상 Capacitor, 1차 및 2차 coil의 저항과 부하저항 등으로 구성하였다. 전기적 회로상수를 입력하고 FEM 해석영역과 coupling함으로써 보다 정확한 과도자계해석이 가능하고 순간순간의 전기적 특성 분석도 가능하게 된다. 본 논문에서는 대한트랜스(주)에서 실제 측정한 결과를 이용하여 해석결과와 비교하였다.

2.2 부하특성에 따른 자계 해석결과

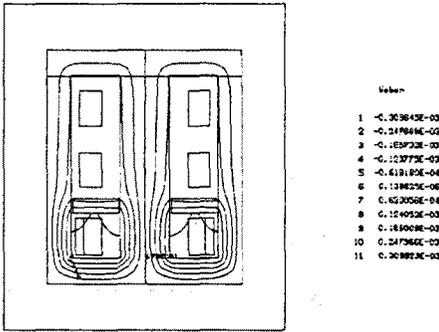


그림 3. 정격부하시 네온변압기의 자속선도

정격부하 해석을 위해 외부회로의 부하저항으로 500[k Ω]의 저항을 가정하여 삽입하고, Capacitor의 초기 충전전압은 0으로 하였다. 다음 그림 3 은 정격부하시의 자속선도를 나타낸다.

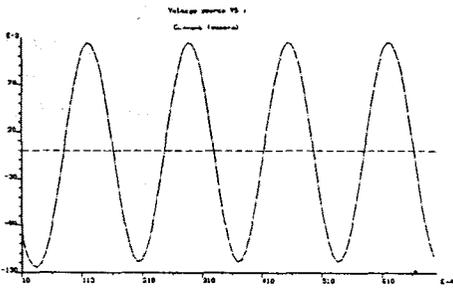


그림 4. 정격부하시 전압원 Source에서 전류변화

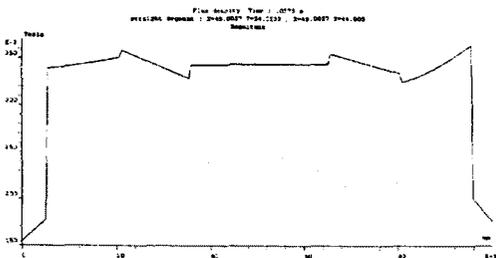


그림 5. 정격부하시 airgap에서의 자속밀도 분포

그림 4 는 전압원 Source에서의 전류의 변화를 나타내고 있으며 220[V(rms)] 정현파에 의해서 전류 파형도 정현파이며 약 0.83[A]로서 측정치와 약 0.06[A]의 오차가 있다. 그림 5 는 airgap에서의 자속밀도 분포를 나타내고 있다. 이때 전체 자속의 약 51.1[%]에 해당하는 약 0.27[Tesla]의 자속이 누설core를 통하여 흐르고 있다.

단락시의 특성을 해석하기 위하여 외부회로의 2차측을 단락하여 계산하였다. 그림 6 은 전원측의 전류의 변화를 나타내고 있으며 그림 7 은 airgap에서의 자속밀도 분포를 나타내고 있다. 이 때 약 74.5[%]인 약 0.040[Tesla]의 자속이 누설 core를 통하여 흐르고 있다.

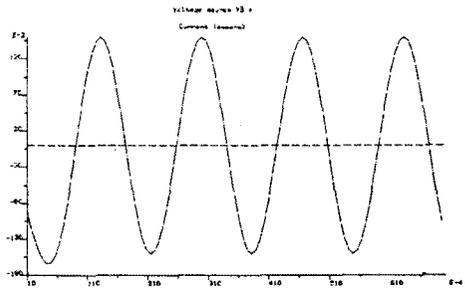


그림 6. 단락시 전원 측에서의 전류변화

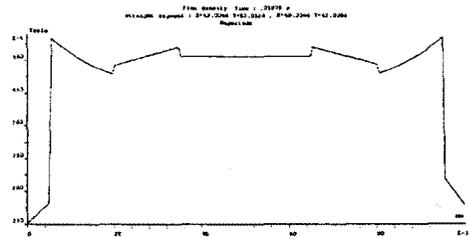


그림 7. 단락시 airgap에서의 자속밀도 분포

무부하 해석을 위해서는 외부회로의 2차측을 개방하였다. 그림 8 은 무부하 해석시의 자속밀도 분포를 보여주고 있으며 평균 약 1.7[%]인 약 0.0073[Tesla]의 자속이 누설 core를 통하여 흐르고 있음을 알 수 있다.

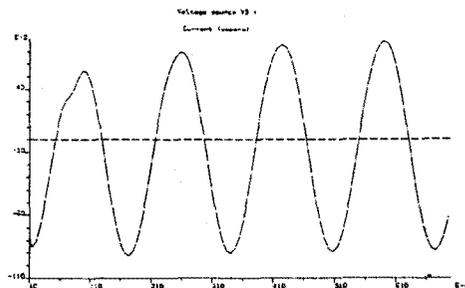


그림 8. 무부하시 전원 측의 전류변화

그림 9 는 airgap에서의 자속밀도 분포를 나타낸다.

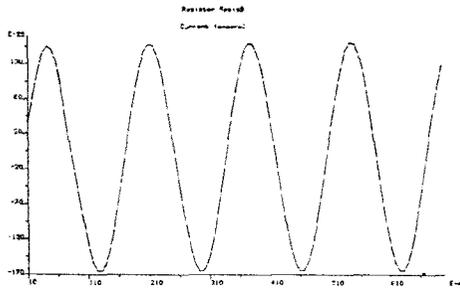


그림 9. 무부하시 부하 축의 전류변화

2.3 압연방향에 따른 자계특성 해석결과

그림 10 에 이방성 core를 사용한 해석모델의 압연방향을 나타내었다.

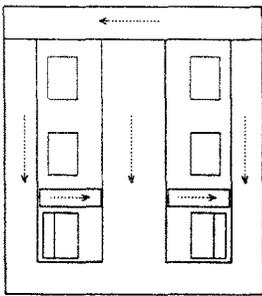


그림 10. 이방성 해석모델의 압연방향

core의 Easy axis는 포화자속밀도 $1.85(Wb/m^2)$ 와 초기 투자율 6000을, Transverse axis는 포화자속밀도 $0.8(Wb/m^2)$ 와 초기 투자율 800을 가정하여 해석하였다. 1차전류를 각각 정격의 25(%), 50(%), 75(%), 100(%), 125(%), 150(%의 비로 변화시켜 그에 따른 영향을 등방성 core의 경우와 비교하였다. 그림 11 은 이방성 core의 경우에 자속선도를 나타낸다.

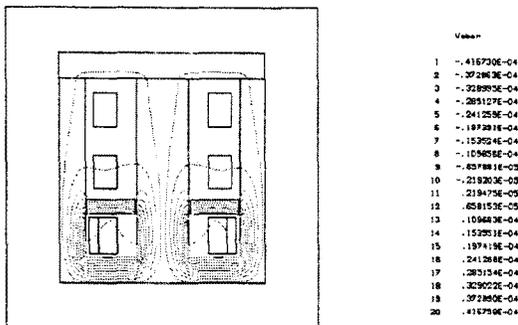


그림 11. 이방성 core에서의 자속선도

그림 12 는 1차전류를 각각의 비율에 따라 변화시켰을 때 Airgap을 지나는 평균자속밀도의 변화를 등방성 core와 비교하여 보여준다.

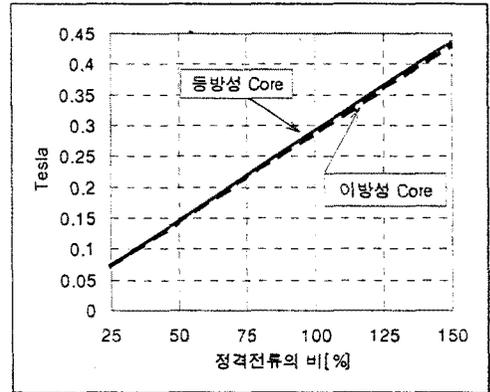


그림 12. Airgap에서의 자속밀도의 비교

3. 결 론

과도자계 해석에서 보았듯이 2차측이 무부하 상태이거나 단락상태일 때 1차측의 역률 coil에 많은 전류가 흐름으로써 전압원 Source의 전류변화는 상대적으로 적어지게 되어 전기적으로 회로가 안정화됨을 알 수 있었다. 또한, 누설 자속 해석에서 각 coil에 흐르는 전류가 커짐에 따라 누설 core로 흘러드는 자속밀도 또한 커짐으로서 2차측이 안정화 된다는 사실도 입증하게 되었다.

압연 방향에 따른 해석에서 이방성 core일 때가 등방성 core일 때보다 오히려 누설 core로 흘러드는 자속이 줄어드는 것을 볼 수 있는데 이는 E-core의 압연방향이 그림상의 수직방향이므로 이것이 자속의 누설을 방해하는 것으로 추정된다. 그러므로, 이를 고려하여 core의 구조를 설계한다면 보다 안정화된 변압기의 특성을 도출해 낼 수 있을 것이다.

본 논문의 해석영역은 2차원이기 때문에 원형인 coil과 사각형인 core사이의 구조적인 문제에 대해서는 고려하지 않았다. 좀더 정확한 해석을 위해서는 각형인 core와 그곳에 감겨 있는 원형 coil 사이의 공간상의 차이를 감소시키고 그 영향의 분석을 위해서는 3차원의 해석이 병행되어야 할 것이다.

본 논문은 통상산업부에서 지원한 에너지 절약기술 과제 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] (주)대한트랜스의 Neon관용 변압기 기술 특허자료 및 실험결과, 1996