

1MVA 고온초전도 변압기의 3차원 누설임피던스 해석

김성훈*, 김우석**, 최경달***, 주형길***, 홍계원***, 한진호***, 한송엽*

*서울대학교 전기·컴퓨터공학부, **기초전력공학공동연구소, ***한국산업기술대학교 에너지대학원

3-D Analysis of Leakage Impedances in a 1MVA HTS Transformer

Sung-Hoon Kim*, Woo-Seok Kim**, Kyeong-Dal Choi***, Hyeong-Gil Joo***, Gye-Won Hong***, Jin-Ho Han*** and Song-yop Hahn*

*School of Electrical Engineering and Computer Science, Seoul National University,

**Electrical Engineering and Science Research Institute,

***Graduate School of Energy, Korea Polytechnic University

new28@snu.ac.kr

Abstract - In this paper, 3-D electromagnetic analysis of a single phase 1MVA 22.9kV/6.6kV High Temperature Superconducting(HTS) transformer with double pancake windings by using the OPERA 3D was accomplished. And In order to perform the analysis of leakage impedances of a 1MVA HTS transformer, the energy conservation method was used. The efficiency, voltage regulation and % impedance voltage drop of a 1MVA HTS transformer were obtained by the analysis of leakage impedances.

1. 서 론

고전압, 대용량 고온초전도 변압기의 연구가 국내·외에서 활발히 진행되고 있다[1]-[4]. 그러나 지금까지 국내·외에서 개발되어진 고온초전도 변압기는 국내에서 개발된 3상 10kVA 고온초전도 변압기를 제외하고는 모두 권선부가 솔레노이드 형태를 취하고 있다. 이런 솔레노이드 형태의 권선은 초고압 변압기로 갈수록 권선부의 제작상의 어려움이 뒤따르며 그리고 여러 가지 문제점들이 수반되어진다. 이에 본 중·소규모 배전용 고온초전도 변압기 개발 연구팀에서는 제작상의 용이, 크기의 감소 그리고 기타 여러 이점을 가지는 더블팬케이크 형태의 권선부를 취하는 단상 1MVA 고온초전도 변압기의 개발을 진행중이다[4]. 그러나 이런 더블 팬케이크 형태의 권선은 권선부에 수직방향으로 인가되는 누설 자기장(B_r)성분으로 인해서 권선부에 사용되는 고온초전도 선재의 임계전류에 큰 영향을 미친다[5].

따라서 본 논문에서는 더블 팬케이크 형태를 취하고 있는 단상 1MVA 고온초전도 변압기의 3차원 비선형 전자장 해석을 수행하여 권선부에

수직으로 인가되어지는 누설 자기장의 크기를 해석하였으며 1MVA 고온초전도 변압기의 3차원 누설 임피던스 해석을 수행하여 변압기의 특성해석을 하였다.

2. 본 론

2.1 1MVA 고온초전도 변압기 해석 모델

중·소규모 배전용 변압기 개발 연구팀에서 개발중인 단상 1MVA, 22.9/6.6 kV 고온초전도 변압기의 해석 모델의 사양을 표 1에 나타내었다. 그리고 그림 1은 1MVA 고온초전도 변압기의 3차원 해석 모델을 보여주고 있다.

고온초전도 변압기의 권선부에 인가되는 누설 자기장의 수직 성분의 영향을 줄이기 위한 한가지 방법으로 고압측 권선과 저압측 권선을 분할하여 고압-저압-고압 형태인 교호배치 권선 형태로 권선부가 구성되어졌다.

Table 1. Specification of a 1MVA HTS transformer model

Specification		Value
Rating	Capacity	1 MVA
	Voltage	22.9kV/6.6kV
	Current	44A/152A
Windings	Material	Bi-2223 HTS tape
	No. of turns	832/240
	No. of bobbins	8/4
Core	Material	Silicon steel plate
	Height/Width	1,584mm/1,332mm
	Cross Section area	742cm ²
	Max. B	1.4T

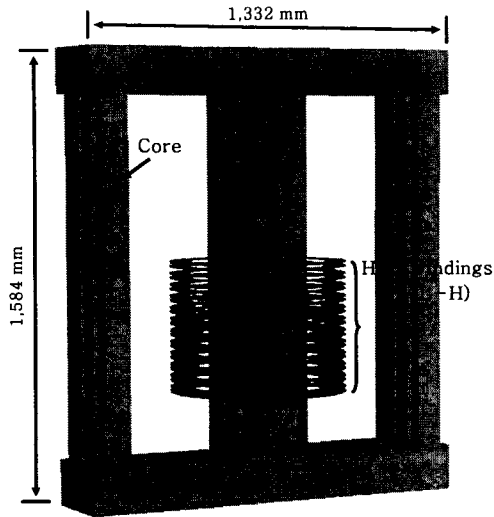


Fig.1. 3-D analysis design of a 1MVA HTS transformer

2.2 1MVA 고온초전도 변압기의 3차원 비선형 전자장 해석

1MVA 고온초전도 변압기의 3차원 전자장 해석은 OPREA 3D를 이용하여 비선형 해석을 수행하였다. 그림 2는 1MVA 고온초전도 변압기의 최대 정격전류 인가시 철심에서의 자속밀도 분포를 보여주고 있으며 이때 철심에서의 최대 자속 밀도는 0.377 T 이다.

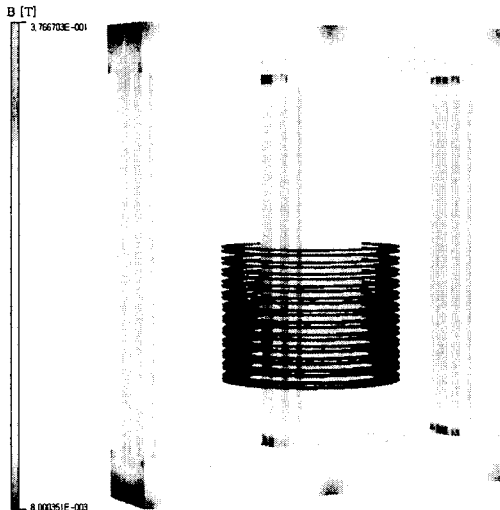


Fig. 2. Distribution of magnetic flux density of a 1MVA HTS transformer

최대 정격전류가 권선부에 인가될 때 고압측 권선(High 2)과 저압측 권선(Low 1)사이에서 방사상 방향으로의 인가되는 누설 자기장(B_r)의 세기를 그림 3에 나타내었으며 권선부의 안쪽(A)에서 바깥쪽(B)까지 권선부에 인가되는 수직 자기장(B_r)의 세기의 분포를 그림 4에 보였으며 이때 최대 수직 자기장은 0.112 T 이다.

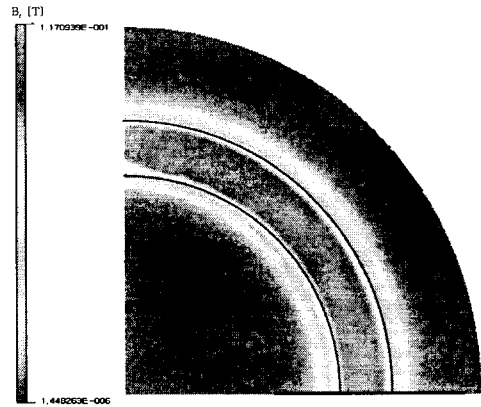


Fig. 3. Distribution of B_r on between high winding(H2)and low(L1) winding

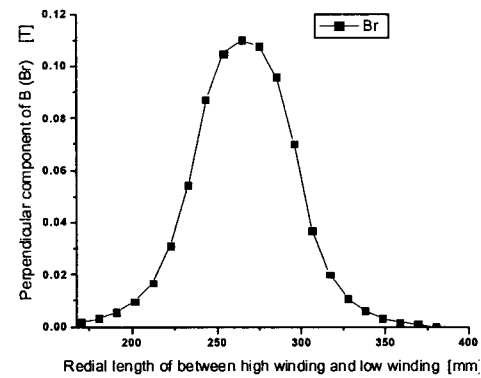


Fig. 4. Distribution of B_r from A to B

2.3 1MVA 고온초전도 변압기의 누설임피던스 해석

1MVA 고온초전도 변압기의 3차원 비선형 전자장 해석을 통하여 변압기의 누설임피던스 해석을 수행하여 표 2에 나타내었다.

Table 2. Characteristic value of a 1MVA HTS transformer

Contents	Value
Primary Self Inductance	35.4126 [H]
Secondary Self Inductance	2.9494 [H]
Mutual Inductance	10.212 [H]
Primary Leakage Reactance	4.1964 [Ω]
Secondary Leakage Reactance	1.3736 [Ω]
% Impedance Voltage Drop	3.95 [%]
Voltage Regulation	0.0032 [%]
Efficiency	99.5 [%]

본 논문에서는 1MVA 고온초전도 변압기의 자기 인덕턴스(self inductance), 상호 인덕턴스(mutual inductance) 그리고 누설 인덕턴스

(leakage inductance)의 값들을 구하기 위해서 energy conservation method를 이용하였다. 그리고 이렇게 구해진 변압기의 파라미터를 이용하여 1MVA 고온초전도 변압기의 효율, 전압 변동률 그리고 % 전압강하 등의 특성값들을 구하였다.

3. 결 론

단상 1MVA, 22.9/6.6 kV 고온초전도 변압기의 제작에 앞서서 이 모델의 3차원 비선형 전자장 해석을 통하여 변압기 권선부의 방사상(수직)방향으로 인가되는 수직 누설 자기장의 크기를 확인하였다. 그리고 3차원 전자장 해석을 통해서 얻어진 값들을 이용하여 1MVA 고온초전도 변압기의 누설 임피던스 해석을 수행하였다.

변압기의 누설 임피던스 해석을 통해서 실제 제작되어질 1MVA 고온초전도 변압기의 특성값들을 계산할 수 있었다.

본 논문은 단상 1MVA, 22.9/6.6 kV 고온초전도 변압기 제작에 도움이 될 것으로 사료된다.

본 연구는 21세기프론티어 연구개발사업인 차세대초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

(참 고 문 헌)

- [1] S.P. Metha, N.Aversa, and M.S. Walker, "Transforming Transformer," *IEEE Spectrum*, pp. 43-49, July 1997.
- [2] H.Zueger, et al., "630kVA High Temperature Superconducting Transformer," *Cryogenics*, vol. 38, pp.1169-1172, 1998.
- [3] K. Funaki, et al., "Development of a 22kV/6.9kV Singl-phase Model for a 3MVA HTS Power Transformer," *IEEE Trans. Appl. Supercond.*, vol. 11, no. 1, pp.1578-1581, March, 2001
- [4] 이희준, 차귀수, 이지광, 한송엽, 류 경우, 최경달, "더블팬케이크 권선형 10kVA 고온초전도변압기," 대한전기학회 논문지, 제50B권, 제2호, pp.65-72, 2001.
- [4] Woo-Seok Kim, et al., "Design of a 1MVA High Tc Superconducting Transformer," *Applied Superconductivity Conference 2002*, August, 2002.
- [5] Chan-Bae Park, et al., "Magnetic Field Analysis of 1MVA HTS Transformer Windings," *Korea-Japan Joint Workshop 2002 on Applied Superconductivity and Cryogenics*, 2002.