

OLTC를 고려한 고온 초전도 변압기의 설계

Design of an HTS Transformer with OLTC

최지훈¹, 이승욱², 박명진², 주형길³, 한진호⁴, 최경달^{4*}, 한송엽²

J. H. Choi¹, S. W. Lee², M. J. Park², H. G. Joo³, J. H. Han⁴, K. D. Choi^{4*}, S. Y. Hahn²

Abstract: HTS transformers which have been developed until now had only fundamental structures. Among the auxiliary functions of conventional transformers, voltage regulating is the most important one. For the voltage regulation, conventional transformers are equipped with on load tap changers (OLTCs). In this paper, we describe the possibility of the HTS transformer with OLTC. For the case study, we designed a single phase 33 MVA HTS transformer with OLTC. It is one of three individual HTS transformers which composes a 3 phase, 100 MVA transformer. It is expected to substitute for a 3 phase, 60 MVA conventional transformer in Korea. The parameters of an HTS transformer are varied due to the gap length between primary and secondary windings. The length was decided for the transformer to have the impedance of 12 %. Its size was limited to the one of the conventional transformer. The characteristics of the HTS transformer were analyzed in both case of having OLTC and not.

Key Words: ac loss, HTS transformer, On Load Tap Changer(OLTC), tertiary windings.

1. 서 론

초전도 변압기는 일반 변압기보다 많은 장점들을 가지고 있다. 초전도 변압기의 개발 초기 단계에는 고효율에 따른 에너지 절약과 작동 비용의 감소가 가장 중요한 장점이었지만 현재 우리나라에서는 초전도 변압기의 무게와 크기를 줄일 수 있다는 것이 더 큰 이점이라고 볼 수 있다. 일반적으로 사용되고 있는 3상 154 kV급 변압기의 기준 용량은 60 MVA이며, 대도시의 경우 빌딩의 지하에 설치되어 운전되고 있다. 하지만 2017년 경에는 부하가 현재 전력의 150 % 증가가 예상됨에 따라 변압기와 같은 전력기기의 용량 증가가 필요하다. 하지만 기존 구리선을 이용한 변압기의 용량 증가는 부피의 증가로 이어지며 이는 현재 도심지에 설치 운영되고 있는 장소를 새로 모색해야하는 문제점이 발생한다.

초전도 변압기는 기존 변압기를 대체할 수 있을 뿐만 아니라 기존 변압기보다 크기를 1/3 또는 1/2 정도로 줄일 수 있어 용량 증가에 따른 설치장소의 문제점을 해결할 수 있다. 비록 대도시로부터 멀리 떨어진 산이나 들에 설치되는 변전소에는 큰 이득이 되지 못하지만 서울과 같은 대도시의 큰 빌딩의 지하에 있는 50개 정도의 변전소의 경우 빌딩을 새로 짓는 것을 제외하고 대도시 내 변전소의 정격용량을 증가시킬 수 있는 방법이 없어 초전도 변압기 적용의 중요한 장점이 될 수 있다[1].

일반적으로 사용하는 3상 154 kV급 전력용 변압기는 설치장소까지 운반의 편의성을 위하여 3개의 단상 변압기로 구성 된다. 또한 일반변압기에 적용되는 부하 시 탭 절환 장치(On Load Tap Changer)는 부하 변동에 따른 전압의 변화를 일정하게 유지시키기 위하여 설치되며, 1차권선 혹은 2차권선의 권선 비를 조절하여 부하 변동에 따른 전압의 변화를 조절한다. OLTC는 대용량 변압기에 적용되어 사용되어지며, 대용량 초전도 변압기를 상용화하기 위해서 반드시 고려되어야 하는 장치이다.

본 논문에서는 초전도변압기의 상용화를 위해 반드시 적용되어야 하는 OLTC를 초전도 변압기 권선에 적용시켜 설계하였으며, 각 상을 Y 결선으로 연결 시 발생하는 제 3고조파를 감쇄시키기 위하여 3차 권선을 고려하였다. 초전도 변압기 설계에 사용된 초전도 선재는 연구개발이 활발하게 진행되고 있는 2세대 YBCO선재의 특성을 이용하였으며 3상 100 MVA, 154 kV 급 초전도 변압기를 개념적으로 설계하였다. 또한 설계된 초전도 변압기의 실 계통 적용 타당성을 확인하기 위하여 60 MVA 일반 변압기의 특성과 비교하였다.

2. 초전도 변압기의 설계

현재 사용되고 있는 3상 60 MVA, 154 kV/22.9 kV 일반 변압기는 변압기의 무게와 부피 때문에 단상 변압기 3개를 연결하여 사용하며, 1차 측과 2차 측의 연결은 Y-Y 결선으로 되어 있다. 이 경우 변압기에서 발생하는 3차 고조파와 2차측 부하의 불 평형을 막기 위하여 3차 권선을 제작하고 결선을 하여 운전을 한다. 따라서 설계되어지는 초전도 변압기는 3차 권선을 고려하여 설계하였다. 초전도변압기의 1차 전압과 2차 전압은 각각 89.91 kV, 13.22 kV이며, 철심의 형태는 외철형 구조를 채택하였다. 초전도 변압기에서 발생하는 교류손실은 초전도 변압기의 효율뿐만 아니라 매우 비싼 냉각 시스템의 용량을 결정하게 된다. 따라서 교류손실을 줄이기 위하여 1차측, 2차측과 3차권선의 배치를 동심 배치형태로 구성하였으며, 각 권선간 간격은 절연과 누설 퍼센트 임피던스 값에 의하여 결정을

¹학생회원 : 한국산업기술대 에너지대학원

²정 회원 : 기초전력연구원

³정 회원 : 한국산업기술대 메카트로닉스공학과

⁴정 회원 : 한국산업기술대 에너지대학원

*교신저자 : choidal@kpu.ac.kr

원고접수 : 2007년 3월 6일

심사완료 : 2007년 3월 22일

하였다. 초전도 변압기의 운전온도는 65 K의 과냉각된 액체질소를 이용하여 초전도 권선을 냉각시켜 동작하며 초전도 변압기 설계 시 권선의 온도는 교류 손실에 의한 발열을 고려하여 69 K로 가정하고 설계하였다.

2.1. 100 MVA 초전도 변압기 설계 목표

본 논문은 초전도 변압기 설계 시 초전도 변압기의 장점 중 부피 감소를 주요 설계 기준으로 삼았으며, 효율은 일반변압기와 같은 수준으로 설계하였으며, 설계된 100 MVA 초전도 변압기의 사양은 60 MVA 일반 변압기의 사양과 비교하였다. Table 1과 Table 2는 초전도 변압기의 설계 사양과 목표를 보여주며, 60 MVA 일반변압기 기준으로 작성되었다.

2.2. 2세대 초전도 선재의 사양

초전도 선재 제조회사의 예상에 따르면 액체 질소 내에서 300 A/cm의 임계 전류는 상업화를 위한 목표로 선재를 개발하고 있다. 따라서 초전도 변압기 설계 시 2세대 YBCO 초전도선재의 개발 추세를 Table 3과 같이 예측하여 결정하였다.

초전도 선재 한 가닥으로 100 MVA 초전도 변압기 정격 전류를 감당하지 못하기 때문에 초전도 선재 여러 가닥을 병렬로 적층하여 사용해야 한다.

Table 1. Specifications of the HTS transformer.

General Property		Capacity	100 MVA
Winding	Primary	Voltage / Current	154 kV / 0.37 kA
		Winding Type	Continuous disk
	Secondary	Voltage / Current	22.9 kV / 2.5 kA
		Winding Type	Layer
	Tertiary	Voltage / Current	6.6 kV / 1.6 kA
		Winding Type	Layer
Core		Magnetic field	1.4 T

Table 2. Design targets of HTS transformer.

Operating	% Impedance	12 %
	System efficiency	> 99.3
Limits of Dimension	Height	< 7,600 mm
	Width	< 16,680 mm
	Thickness	< 2,450 mm
	Weight	< 105 Ton

Table 3. Specifications of Coated Conductor.

Thickness of HTS wire	200 m
Width of HTS wire	4 mm
Stabilizer	Cu, Thickness 75 m
Thickness of YBCO layer	2 m
Critical current	120 @ 77 K, 0 T
	228 @ 69 K, 0 T

1차측 권선의 경우 371.2 A를 흘려주기 위해 5가닥의 초전도 선재를 병렬로 적층하였으며, 2차측 권선의 경우 2,502 A를 흘려주기 위하여 30개의 초전도 선재를 사용하였다. 또한 병렬선재의 동전 전류 능력은 변압기 정격전류의 30 % 여유를 두고 설계하였다.

초전도 병렬선재를 사용하여 변압기 권선 시 병렬선재를 구성하고 있는 각 초전도 선재 간 임피던스의 차이에 의하여 병렬선재를 구성하고 있는 선재에 크기가 서로 다른 전류가 흘러 초전도 권선의 임계전류 및 교류손실에 영향을 미칠 수 있다. 본 초전도 변압기 설계에서는 전위된 병렬 초전도선재를 사용하여 병렬선재를 구성하고 있는 선재 간 전류가 균일하다고 가정하였다(2-3).

2.3. OLTC 적용 초전도 변압기 설계

변압기에 필요한 조건을 만족시키는 OLTC를 선정하는 것은 매우 중요한 일이다. 따라서 OLTC의 초전도 변압기 적용에 앞서 OLTC가 갖추어야 될 조건을 확인하였다. 한국 산업 규격의 변압기 권선 전압의 전압 조정 범위 규격에 따르면 OLTC의 전압 조정은 일반적으로 정격 전압의 ±10 %이고 정격 전압을 기준으로 조정 가능한 범위 내에서 정격 전압에 대한 1.25 %의 탭 간격을 가져야 한다. 이 전압 조정 범위를 참고하여 OLTC 적용을 하기위한 탭 위치를 결정하였으며, 1차 권선에서 탭을 설치하였다. 이는 변압기의 1차 전압이 정격 전압 이상의 과전압이 될 경우에도 철심이 과포화 되는 것을 막을 수 있으며, 1차 권선에 흐르는 전류가 적은 만큼 탭 및 탭 인출 리드 등의 단면적도 작게 할 수 있어 경제적인 제작이 가능하기 때문이다. 초전도변압기 권선이 액체질소온도에서 동작하기 때문에 OLTC 적용에 어려움이 있다. 따라서 초전도 변압기 권선에 설치된 탭과 접촉하는 탭 선택기만 액체 질소 내로 설치가 되고 OLTC의 나머지 구동 장치들은 상온에 배치한다고 가정하였다.

OLTC 적용을 위한 탭의 위치는 승압과 강압을 하기 위한 탭 수를 각각 8개로 결정 한 후 탭을 내기위한 권선의 턴 수를 계산 하였다. 계산된 턴 수를 정수로 하는 과정에서 전압이 설계 값과 차이가 발생할 수 있으므로 출력 전압 오차(ε)가 0.5 %를 넘어서지 않는 범위에서 턴 수를 결정하였다. 식 1은 출력 전압 오차(ε)를 구하는 식이다.

$$\epsilon = \frac{N_1 \times (V/T) - V_1}{V_1} \times 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

여기서, N_1 은 1차 권선의 턴 수이며, V_1 과 V/T 는 각각 1차 전압과 턴 당 가해지는 전압이다.

초전도 변압기에 탭을 내고 OLTC의 탭 선택기 공간을 확보하기 위하여 초전도 변압기의 권선 위치를 TPSP로 하였으며, 1차측 턴 수가 891턴에서 979턴으로 수정 되었다. 권선의 반경은 3차 권선이 철심에 가까이 위치하며, 레이어 권선으로 반경이 400 mm, 철심과 가까운 1차 권선은 연속 디스크 권선으로 반경이 450 mm, 2차 권선은 레이어 권선으로 반경이 605 mm, OLTC 적용을 위한 바깥쪽 1차권선의 형태는 연속 디스크 권선과 팬케이크 권선으로 구성되며, 반지름은 760 mm이다. 1차 권선은 489.5턴으로 정수가 아닌 턴으로 나누어진다. 이는 OLTC를 적용하기 위한 탭을 내기 위하여 탭 간격을 11 턴으로 고정하여 설계했기 때문에 정수 턴으로 설계되지 않았다. 일반적인 권선 방식이라면 정수배로 수정하여 설계하여야 하나

연속 디스크 권선 방식으로 권선하게 되면 정수 배의 턴 수가 아니어도 제작 가능하기 때문에 1차측 전체 권선 수를 979턴으로 설계하였다. 설계된 100 MVA 초전도 변압기의 제작에 필요한 YBCO 선재의 전체 길이는 109 km이며, 이는 OLTC를 적용하지 않은 변압기에 비해 7 km의 선재가 더 소요된다.

초전도 선재는 일반 변압기에 사용되는 구리선과 비교하여 기계적 강도 및 전기적 특성이 다르기 때문에 권선 중간에 전류를 인가할 수 있는 탭을 뽑아내는 것이 어렵다. 본 논문에서는 1차 권선을 연속 디스크 권선과 팬케이크 권선 형태로 나누어 배치함으로 초전도 권선의 탭을 인출하는 문제를 해결하였다. Fig. 1은 설계된 변압기의 형상과 탭의 형태를 나타내는 개념도이다.

2.4. 100 MVA 초전도 변압기 권선의 교류손실

설계된 100 MVA 초전도 변압기의 전기적 특성을 확인하기 위하여 유한요소법을 이용하여 교류손실 및 권선에 가해지는 스트레스를 계산하였다. 초전도 권선에서 발생하는 교류손실을 계산하기 위해 수치해석 방법을 이용하였으며 초전도 코일에서 발생하는 자장의 수평성분과 수직성분의 크기를 strip과 slap모델을 이용한 식을 사용하여 초전도 변압기 권선에서 발생하는 교류손실을 계산하였다. 수평방향 자장에 의해서 발생하는 단위길이 당의 손실은 완전침투가 발생하지 않는 경우와 완전침투가 발생하는 경우로 나누어 다음 식 (2)와 (3)을 이용하여 으로 구할 수 있다.

$$P_{//} = \frac{2fCAB_p^2}{3\mu_0} \beta_{//}^3 \quad B < B_p \quad (2)$$

$$P_{//} = \frac{2fCAB_p^2}{\mu_0} (\beta_{//} - \frac{2}{3}) \quad B > B_p \quad (3)$$

위 식에서 f 는 외부자장의 주파수, B_p 는 완전침투 자속밀도, $\beta_{//} = B/B_p$, CA 는 초전도선의 유효 단면적이다.

수직방향 자장에 의한 손실은 Brandt가 제안한 식으로 나타내면 다음 식 (4)와 같다.

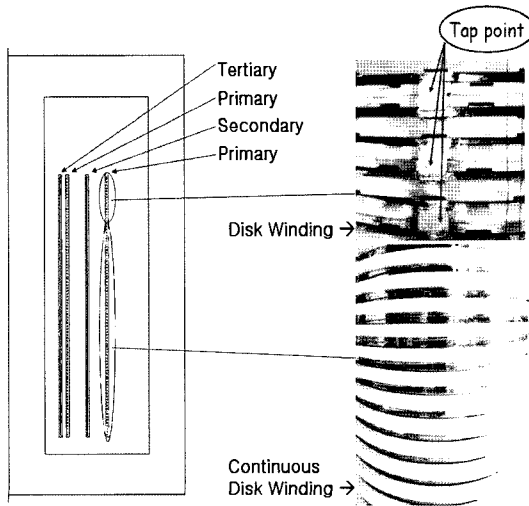


Fig. 1. Arrangement of windings of the 100 MVA HTS transformer.

$$P_{\perp} = \frac{4\pi a^2 f}{\mu_0} B_c B \left[\frac{2}{\beta_{\perp}} \ln(\cosh \beta_{\perp}) - \tanh \beta_{\perp} \right] \quad (4)$$

여기서 B_c 는 임계자속밀도, $\beta_{\perp} = B/B_c$ 이다.

임계전류 이하의 전송전류가 흐르는 경우 임의의 방향으로 가해지는 자장에 의해 권선에서 발생하는 교류손실은 다음 식 (5)와 (6)과 같이 표현할 수 있다 [4-5].

$$P = P_{//} \cos^2 \varphi + P_{\perp} \sin^2 \varphi \quad B < B_p \quad (5)$$

$$P = P_{//} \cos \varphi + P_{\perp} \sin \varphi \quad B > B_p \quad (6)$$

위 식들로부터 초전도 권선에서 발생하는 교류손실은 식 (7)과 같이 계산된다.

$$W = l \cdot P \quad [W] \quad (7)$$

여기서 l 은 초전도 권선의 길이이며, 수직자장의 경우 점적률을 고려하여 계산한다.

초전도 권선에서 발생하는 교류손실 해석은 1차측과 2차측에 변압기 정격 전류가 균일하게 흐르고, 3차 권선에는 전류가 흐르지 않는다고 가정하였다.

Fig. 2는 권선 사이 공간에 따른 100 MVA 초전도 변압기 중 한 상의 교류 손실과 % 임피던스 변화를 보여준다. 권선 사이의 간격이 늘어날수록 % 임피던스와 교류손실이 증가한다. 또한 권선에서 계산된 힘은 1차권선 영역에서는 수평 방향 및 수직방향으로 각각 -34 N, 11.4 N의 힘이 작용하며, 2차권선 영역에서는 수평 방향으로 30 N, 축 방향으로는 -45 N의 힘이 작용하였다.

초전도 변압기에서 발생하는 교류손실은 누설임피던스에 의하여 크게 좌우된다. 따라서 초전도 변압기의 효율 및 냉각설비 용량을 줄이기 위해서 낮은 % 임피던스를 가지도록 설계가 이루어져야 한다. 하지만 전력계통에 적용하기 위해 요구되는 % 임피던스의 값이 일반적으로 15 %이며, 신 초전도 전력 시스템에 대한 사전 조사에 의해 100 MVA 초전도 변압기에서 요구하는 %임피던스의 값은 12 %이다.

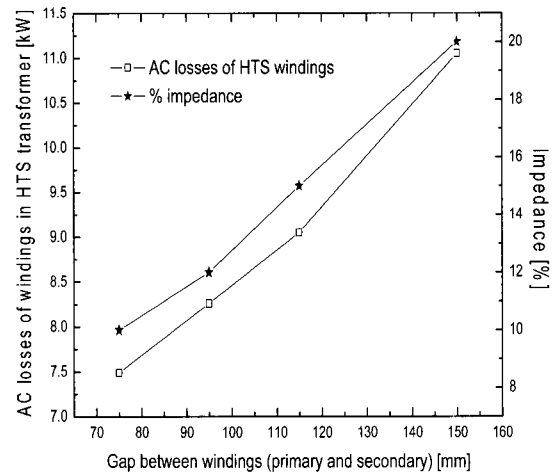


Fig. 2. AC losses and % impedance according to the gap between windings.

3. 초전도 변압기의 설계 결과

60 MVA, 154 kV/22.9 kV 일반 변압기의 효율은 99.3 %이며, 동손과 철손은 각각 대략 100 kW와 33 kW 정도이다. 100 MVA, 154 kV/ 22.9 kV 초전도 변압기의 설계 결과는 V/T을 100이라 가정했을 때 효율은 99.4 %이다. Table 4에서 100 MVA 초전도 변압기와 60 MVA 일반변압기의 설계 값을 비교하였다.

변압기의 크기는 100 MVA 초전도 변압기가 60 MVA 일반 변압기보다 17 % 감소될 수 있으며, 용량 대비 변압기가 차지하는 면적을 비교하면 초전도 변압기가 일반변압기보다 2배 효율이 좋다.

설계된 100 MVA 초전도 변압기의 철손은 30 kW이며, 100 MVA 단상 변압기에서 발생하는 교류 손실은 8.26 kW로 계산되었다. 초전도 변압기와 기존 변압기의 운전비용을 서로 비교하였을 때 초전도 변압기 권선에서 발생하는 교류 손실의 경우 냉매의 온도를 증가시키므로 이를 다시 낮추기 위한 냉각효과도 고려해야 한다. 냉각 계수는 냉각 장치의 효율별로 나뉘는 Carnot 계수와 같이 정의되었으며 본 논문에서 유동적인 냉각기에 대한 냉각 계수(Cooling Penalty)는 19 W/W이다. 따라서 일반변압기의 동손에 해당하는 초전도 변압기 권선에서 발생하는 손실은 157 kW이며, 변압기 철심에서 발생하는 철손을 포함하면 초전도 변압기에서 발생하는 전체 손실은 187 kW이다. 100 MVA 초전도 변압기와 60 MVA 일반 변압기의 상당 설치 면적은 각각 4.6과 5.51 m²이다.

Table 4. Result design of 100 MVA HTS transformer according to the V/T:100.

Conventional transformer					
Capacity	V/T	Size [m ²]	Volume [m ³]	m ² / MVA	Efficiency [%]
60 MVA	100	5.5	20.6	0.28	99.3
HTS transformer					
Capacity	V/T	Size [m ²]	Volume [m ³]	m ² / MVA	Efficiency [%]
100 MVA	100	4.6	15.7	0.14	99.4

4. 극저온 냉각 장치

Fig. 3은 3상 100 MVA 초전도 변압기에 대한 개념적인 설계도이다. 과냉각된 액체 질소는 극저온 펌프에 의해 순환된다. 저온 용기는 SUS로 제작되었고, 극저온 냉각기는 저온 용기에 설치되었다. 저온 유지 장치 내부의 열 교환기는 변압기 저온 용기에 65 K의 액체 질소를 공급한다.

외부 저온 용기 내의 열 교환기에서 65 K으로 냉각되는 액체질소는 변압기 저온 용기 내부로 들어오는 전송선을 통해 흐른다. 액체질소는 원 파이프 내로 흘러 밑바닥에서 나뉘며 Fig. 4에 보여진 것과 같이 구멍을 통해 권선으로 주입된다. 따뜻한 액체질소는 가장 위에 있는 지름이 1인 출구를 통해 다시 외부 저온 용기로 보내진다.

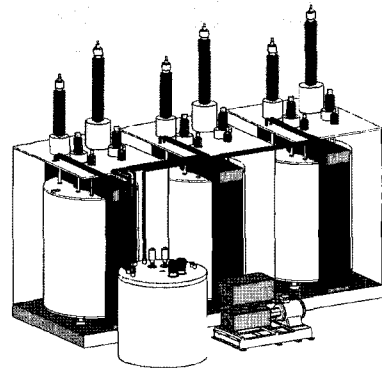


Fig. 3. Conceptual design for 3 phase 100 MVA HTS transformer.

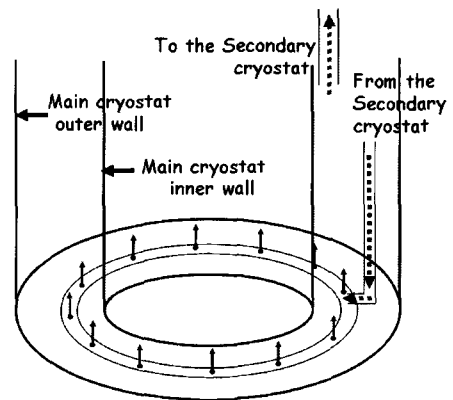


Fig. 4. Graphics of the LN₂ supply and return at the main cryostat.

냉각 부하는 교류 손실, 벽으로부터의 방사, 전류 도선을 통한 열전도도의 합으로 이루어지며, 3상에서 25 kW 정도로 계산되었다.

65 K에서 28 kW를 얻어낼 수 있는 5개의 LPC-8 유동적인 극저온 냉각기들과 3개의 극저온 펌프는 액체질소를 공급해주는 외부 저온 용기에 설치하였다. 각 극저온 펌프는 권선 온도를 67 K 이하로 유지시키기 위해 권선으로 한 상 당 150 liter/min의 흐름 비율을 가지고 65 K의 액체질소를 제공한다.

외부 저온 용기는 2 m의 높이와 1.8 m의 직경을 가지고, 2200 liter의 액체질소를 저장할 수 있다. Fig. 5는 100 MVA 3상 초전도 변압기용 냉각 장치 설계도이며, 갭의 많은 부분은 냉각기가 차지한다.

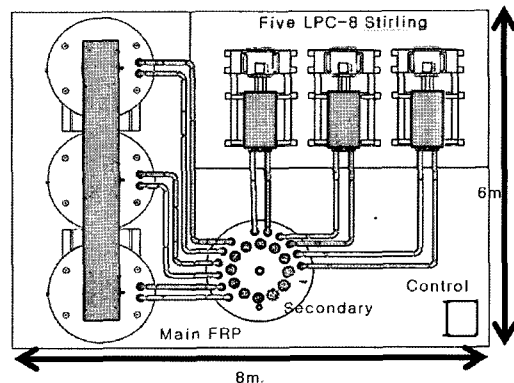


Fig. 5. 100 MVA HTS Transformer system layout.

5. 결 론

본 논문에서는 초전도 변압기에 대한 많은 연구가 이루어짐에 따라 일반 변압기보다 많은 장점을 가진 초전도 변압기를 상용화시키기 위해 OLTC를 적용한 100 MVA, 154 kV/22.9 kV 초전도 변압기를 개념 설계하였다. 일반 변압기의 구리선과는 다른 초전도 선재의 특성을 고려하였으며, 100 V/T을 이용하여 100 MVA 초전도 변압기의 탭을 내야 할 권선의 턴 수와 초전도 변압기에 적용시키기 위한 사항들을 고려하였다. 교류손실을 감소시키기 위해 권선의 배치를 TPSP로 하였으며, 권선 중간에 전류 인가가 가능한 탭을 내는 문제를 1차 권선을 연속 디스크 권선과 팬케이크 권선 형태로 나누어 배치함으로써 해결하였다. 이 초전도 변압기의 OLTC와 일반 변압기의 OLTC와 다른 점은 탭 선택기가 액체 질소 내에 설치된다는 것이다. 앞으로 OLTC에 관한 연구를 더 진행할 예정에 있으며 이러한 사항들을 이용하여 초전도 변압기의 상용화를 실현시킬 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 차세대 초전도응용기술개발 사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] S.W. Lee, W.S. Kim, S.Y. Han, Y.I. Hwang, K.D. Choi, "Conceptual Design of a Single Phase 33 MVA HTS Transformer with a Tertiary Winding," The Korean Superconductivity Society, Vol. 7, No. 2, pp. 162-166, 2006.
- [2] Woo-seok Kim, et al., "Fabrication and Test of Multiple HTS Wire with Transposition for HTS Power Transformer," Magnet Technology 19, Sept, 2005.
- [3] Y-I Hwang, et al., "Continuous Disk Type HTS Winding of High Voltage Power Transformer," Magnet Technology 19, Sept., 2005.
- [4] M. Wilson, Superconducting Magnet, Clarendon Press, New York, 1983.
- [5] E.H. Brandt and M. Indenbom, "Type-II superconductor strip with current in a perpendicular magnetic field," Physical Review B, Vol. 48, pp. 12893-12906, Nov., 1993.

저 자 소 개



최지훈(崔志勳)

1983년 1월 13일생. 2006년 한국산업기술대 전자공학과 졸업. 현재 동대학원 전기공학과 석사과정.



이승욱(李昇昱)

1973년 12월 23일생. 1999년 순천향대 공대 전기공학과 졸업. 2001년 동대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 2005년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 현재 기초전력연구원 선임연구원.



박명진(朴明陣)

1973년 12월 07일생. 1999년 순천향대 전기공학과 졸업. 2001년 동국대학교 전기공학과 졸업(공학석사), 2005년 순천향대학교 전기공학과 졸업(공학박사), 현재 기초전력연구원 전기에너지 변환시스템 선임연구원.



주형길(朱亨吉)

1964년 10월 08일생. 1986년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 한국과학기술원 전기공학과 졸업(공학석사). 2000년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 한국산업기술대 부교수.



한진호(韓軫皓)

1964년 08월 07일생. 1987년 서울대 기계공학과 졸업. 1989년 동 대학원 기계공학과 졸업(공학석사). 1996년 Univ. of Wisconsin Madison Mechanical Engineering(공학박사). 현재 한국산업기술대 부교수.



최경달(崔景達)

1962년 2월 12일생. 1984년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 졸업(공학박사). 1993~1997년 기초전력공학공동연구소근무. 1995~1996년 일본 사가대학교 객원연구원. 현재 한국산업기술대학교 교수.



한송엽(韓松擘)

1939년 3월 14일생. 1963년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1968년 서울대 전기공학과 전임강사. 1979년 프랑스 로렌공과대학 대학원 졸업(공학박사). 1995년 대한전기학회 회장. 1995년~1996년 서울대 공과대학 학장. 현재 기초전력연구원 고문.