

## 단상 10MVA 고온초전도 변압기 개념설계

### Conceptual Design of Single Phase 10MVA HTS Transformer

석복렬\*, 최명준\*

B. Y. Seok\*, M. J. Choi\*

**Abstract** : This research is conducted with the object of piling up the foundation of design technologies for high temperature superconducting (HTS) power transformer which is thought to be as a powerful power transformer of next generation.

In this study, not only the theoretical design of high temperature superconducting (HTS) transformer but also the arrangements of superconducting tape and the cooling method have been conducted. Moreover, electromagnetic analyses using finite element method (FEM) were conducted to confirm the efficiency of the designed transformer.

**Key Words** : conceptual design, transformer, solenoid type, magnetic analysis.

## 1. 서 론

전력기기분야에서의 고온초전도체의 응용은 기기효율, 사용부지문제, 환경문제 등의 면에서 상전도 전력기기의 문제를 타개할 기술로서 기대되고 있다. 현재까지 고온초전도 선재를 이용한 모터, 변압기 및 한류기 등의 전력기기에서의 적용에 대한 연구가 활발하게 진행되어 왔으며, 실용화가 근시일 내에 이루어질 것으로 예상되고 있다.

특히, 고온초전도 변압기의 경우는 개발속도가 빨라, 현재 대부분의 선진 중전기 업체들이 상용화 단계의 제품개발에 주력하고 있으며, 국내의 경우도 2001년 9월부터 과학기술부주관 21세기 프론티어연구개발사업으로 지정되어 산업기술대학, 서울대 기초전력공학공동연구소 및 효성중공업 등이 공동연구로 배전급의 단상 1MVA 고온초전도 변압기 개발연구에 착수한 상태이다[1-6].

본 연구에서는, 상기의 국내·외적인 고온초전도 변압기 개발연구에 대응하여 당사에서도 차세대 변압기로 유력한 대용량 고온초전도 변압기 개발을 위한 기술적 토대를 마련하기 위하여 단상 10MVA 고온초전도 변압기 설계기술을 확보하고자 하였다.

본 연구에서는, 고온초전도 변압기 개발에 필요한 이론적 설계방법뿐만 아니라, 선재의 배치 및 냉각방식 등의 초전도 선재를 변압기에 적용할 경우에 요구되는 기술들을 연구하였으며, 전자계 해석을 통하여 누설자속특성에 대하여 연구하였다.

## 2. 단상 10MVA 고온초전도 변압기 설계

### 2.1. 변압기 설계사양

본 연구에서 대상으로 하는 154kV/23kV 단상 10MVA 변압기의 설계사양은 표 1에 나타난 바와 같다. 먼저 전력계통의 Y-Δ계통의 한 상에 해당하는 변압기로서, 주파수는 국내의 상용주파수와 같이 60Hz로 하였으며, 1차측 전압은 88.91kV( $154/\sqrt{3}$ kV), 2차측 전압은 23kV로 하고 통전전류는 1차측과 2차측을 각각 112.5A 및 434.8A로 하였다. 차후에 설명하는 바와 같이 위의 조건에서 초전도 변압기의 턴수의 계산결과는 1차, 2차 각각 1252턴과 324턴이다. 그리고 본 고온초전도 변압기 개발에 사용된 고온초전도 선재로서는 지금까지 진행되어 온 고온초전도 변압기 개발연구에서 가장 널리 사용되고 있는 Bi2223 (ASC제, wide type)를 채택하였다. 표 2는 본 연구에서 채택한 고온초전도체 Bi2223의 규격 및 전류밀도, 기계강도 등의 사양을 나타낸다. 표 2의 Bi2223(ASC제)의 사양을 보면 본 연구에서 채택된 고온초전도 선재(Bi2223)의 임계전류는 약 100[A/분] 정도로 2분 내지는 5분 정도로 충분할 것 같지만, 외부의 수직자계 및 수평자계에 대한 Bi2223선재의 임계전류특성이 심각한 영향을 받기 때문에 외부자계를 고려하여 초전도 선재의 본수를 결정하여야 한다. 본 연구에서는 Bi2223선재의 임계전류 및 외부의 수직자계 및 수평자계에 대한 특성을 고려하여 1차측 및 2차측을 각각 4분과 14분의 Bi2223선재를 병렬중첩하여 감았다. 그러므로 본 설계에서 초전도 선재 1분당 운전전류는 1차측 및 2차측 각각 28.125A 및 31.057A이다.

Table 1. Specification of Single Phase 10MVA HTS Transformer.

상수	1Ψ
주파수(Hz)	60Hz
용량(MVA)	10MVA
전압(kV)	1차 : 88.91( $154/\sqrt{3}$ )kV(Y결선) 2차 : 23kV (Δ결선)
전류(A)	1차 : 112.5A 2차 : 434.8A
선재의 종류	Bi-2223(Wide Type)
사용된 초전도 선재의 수(분)	1차측:4분 2차측:14분

\* 정 회 원 : (주)현대중공업 기전연구소  
원고접수 : 2002년 10월 21일  
심사완료 : 2002년 11월 19일

Table 2. Specification of HTS Tape(Bi2223).

Type	Wide
Thickness	0.203(+/-0.02mm)
Width	4.1(+/-0.2mm)
Je	>12kA/cm <sup>2</sup>
Ic	>100A <sup>*</sup>
Max Stress(77K)	75MPa <sup>**</sup>

\* at 77K, sf, 1μV/cm  
 \*\* With 95% Ic Retention

2.2 철심설계

변압기는 전자유도작용을 이용하여 교류전압을 변환하는 정지유도장치로서 철심은 자기회로의 역할을 하고, 초전도변압기에서도 철심의 역할은 일반변압기와 동일하다. 그러므로 설계방법 또한 일반변압기와 큰 차이가 없다. 그러나, 아직 초전도변압기는 일반변압기와는 달리 지금 전 세계적으로 연구개발이 진행되고 있는 단계이기 때문에 중앙각의 단면적 이외에는 절연거리 및 냉각시스템 등 초전도 특성을 유지하기 위한 초전도변압기 특유의 구조가 되기 때문에 철심의 창이나, 높이 등은 권선 및 냉각과, 외함을 설계한 결과에 따라 새로이 설계되어야 한다.

본 연구에서는, 철심의 재료는 일반변압기에서 주로 사용되는 저손실 고투자율의 냉각압연규소강판(30RG140(0.30mm))을 기준으로 설계를 하였으며, 철심의 형태는 외부돌발사고 시에 발생하는 전자력을 최소화하기 위하여 원형(Circular Type)을 채택하여 설계하였다. 그리고 효율의 제고를 위하여 누설자속을 줄일 수 있는 외철형 방식의 철심구조를 채택하여 설계하였다.

철심설계에서 가장 중요한 것은 자기회로를 구성하는 철심의 유효 단면적을 계산하는 것으로, 단상외철형 초전도변압기의 경우는 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{V/T \times 10^8}{B \times 4.44 \times F} \\
 &= \frac{70.99 \times 10^8}{16040 \times 4.44 \times 60} \\
 &= 1661.34 \text{ cm}^2
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

여기서,  $V/T$ 는 권선의 턴당 전압(V),  $B$ 는 자속밀도(Gauss),  $F$ 는 운전시의 주파수를 나타낸다. 일반적으로 자속밀도  $B$ 는 1.6-1.75[Tesla]의 범위에서 설명하는데, 본 연구에서는 초전도변압기의 효율향상을 고려하여 1.604T로 두고 설계하였다. 권선의 턴당 전압( $V/T$ )은 <2.3>절에서 볼 수 있는바와 같이 초전도변압기의 효율을 고려하여 70.99V로 하였다. 변압기 설계에 있어서 턴당 전압은 경험적인 값으로서 매우 중요한 요소의 하나이다. 위의 결과에 의하여 철심의 중앙각의 단면적을 구하면 약 1661.34 cm<sup>2</sup>정도가 되고 철심의 중앙각을 원통형으로 설계한다면, 중앙각 철심의 직경은 약 480mm정도가 된다.

위의 조건에서 구한 철심의 단면도는 그림 1에 보이는 바와 같다. 여기에서 구하여진 중앙각(中央脚) 및 외부각(外部脚) 이외에도 철심의 창의 면적 및 높이와 전체 넓이에 대하여는 차후에 권선의 설계를 통하여 결정되는 권선부의 규격에 따라 정하여진다.

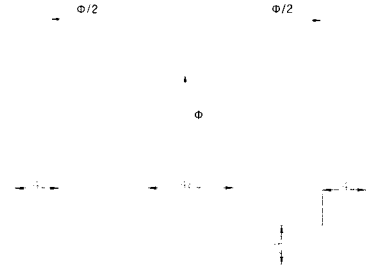


Fig. 1. Cross-sectional diagram of Core.

2.3 권선설계

턴수의 결정

변압기의 턴수는 변압기의 특성에 따라서 턴당 전압( $V/T$ ) 값을 조금씩 다르게 하는 경우가 일반적이다. 하지만 일반적으로 대용량 변압기의 경우는 다음의 식으로  $V/T$ 가 구하여진다.

$$V/T = k \times \sqrt{\frac{\text{변압기의용량}}{\text{권선이감긴다리수}}} \quad (k=0.02 \sim 0.03) \tag{2}$$

그러므로 단상 10MVA의 경우를 외철형으로 생각하여 대입하여 보면,

$$V/T = k \times \sqrt{\frac{10 \times 10^6}{1}} \quad (k=0.02 \sim 0.03)$$

으로 대략 63.25V~94.87V 정도의 값을 얻을 수 있다. 위의 결과는 일반적으로 저압측부터 적용하며, 턴수가 정수가 되도록 근사하여 구한다. 본 초전도 변압기에서는 턴당 전압을 70.99V로 하여, 1차측의 경우는 1252턴, 2차측의 경우는 324턴으로 하였다. 실제로 일반 변압기 설계에 있어서도 턴수의 결정은 변압기 설계에서 가장 중요한 요소의 하나이고, 변압기의 성능 및 부피를 결정하는 중요한 요소가 된다. 참고로, 현재 고온초전도 변압기에 대해서 가장 활발히 연구되고 있는 일본 큐슈(Kyushu)대학의 경우를 보면, 단상 1MVA(22.9kV/6.6kV)의 경우는  $V/T$ 의 값을 39.3V 정도로 하여 설계하였다[6]. 초전도 변압기의 경우는 선재의 전류밀도가 동선에 비하여 수십배 정도 크므로, 실제로는 일반 변압기의 경우보다 낮게  $V/T$ 의 값을 취함으로써 철심의 손실도 같이 줄여 줄 수 있는 방법을 취하는 것이 일반적이다. 그러나, 고온초전도 선재의 경우, 동선보다 연성이 부족하고 액체질소 상태의 냉각 및 퀘칭(Quench) 발생시의 절연을 고려할 경우, 턴수가 변압기 전체의 부피를 결정하는 결정적인 요소로 작용하므로,  $V/T$ 값을 너무 낮게 잡을 경우는 부피가 상당히 증가할 것으로 예상된다. 본 연구에서  $V/T$ 를 70.99로 설정한 것은, 위의 사항들을 고려하여 단상 10MVA(154/√3kV/23kV)급에서 적당하다고 예상되는 값으로 판단하였기 때문이다.

권선부 설계

본 연구에서 사용된 Bi2223선재는 연성이 약하기 때문에 고온초전도 권선의 감는 방법은 기존의 일반변압기와는 다른 새로운 방법을 강구하지 않으면 안 된다. 그러므로, 고온초전도 권선을 다층의 동심원통형 GFRP(Glass Fiber Reinforced Polyester)의 Frame에 홈을 파서 초전도 권선을 묶는 방법을 채택하였다. 그림 2에서 볼 수 있는바와 같이 1차측의 권선 1252턴을 감기 위하여 10층의 동심원통형 GFRP로 만들어진 Frame을 이용하여 감았으며, 2차측의 권선 324턴을 위

Table 3. Calculation results of L and distributed voltage in each layer .

층수	1층	2층	3층	4층	5층	6층	7층	8층	9층	10층
턴수	173	159	146	135	125	117	109	102	96	89
층별 L값 (×E-08)	9.0865	9.1065	9.1072	9.0940	9.0933	9.1242	9.1220	9.0947	9.1147	8.9762
전압/층(kV)	8.886	8.905	8.906	8.893	8.893	8.923	8.921	8.894	8.914	8.778

해서는 2층의 동심원통형 GFRP를 이용하였다.

일반적으로 변압기의 전압분배는 권선의 인덕턴스 값에 의하여 결정된다. 본 연구에서도, 1차측 권선의 턴수는 1252턴으로 앞에서 설명한 바와 같이 10층의 동심원통형 GFRP Frame에 감았다. 그러나 층간에 균일하게 초전도 선재를 감는 경우에는 원통의 반경에 차이가 있으므로, 각층의 인덕턴스(L)의 값이 일정하지 않게 되고 각 층간에 1차 전압의 분배가 균일하지 않게 되므로 해당 층의 반경이 커질수록 층간에 분배되는 전압도 커질 뿐만 아니라 전계집중현상이 생겨 절연상의 어려움이 예상된다. 그러므로, 본 연구에서는 전계집중현상을 완화시켜주기 위하여 GFRP원통에 감긴 권선을 유한장 솔레노이드로 근사하여 다음의 식을 이용하여 각 층의 L값을 구한 후, L값의 분포에 따라 전압이 균등하게 분배되도록 각 층의 턴수를 결정하였다.

$$L = M \frac{\mu \pi a^2 N^2}{l} \quad (3)$$

(M= 장강계수)

여기서,  $\mu$ 는 투자율,  $a$ 는 유한장 솔레노이드의 반경,  $N$ 은 권수,  $l$ 은 유한장 솔레노이드의 길이,  $M$ 은 장강계수이다.

위의 식에 의하여 구하여진 각 층의 L값 및 턴수, 한 층당의 분배전압은 표 3에 보는바와 같이 된다. 즉, 가장 내부의 첫 번째 층에는 173턴을 감고 점차적으로 턴수를 줄여서 최종적으로 마지막 10번째 층에는 89턴만을 감아서 가장 내부의 층과 가장 외부의 층 간에는 2배 정도의 권선 수의 차이가 있도록 감았다. 위의 결과, 각 층에 분배되는 전압은 표 3에서 볼 수 있는바와 같이 대략 8.9kV 내외로 균일하게 분배되는 것을 알 수 있다. 2차측 권선부의 경우는 총 턴수가 324턴으로 1차 측에 비하여 적고, 운전전압이 23kV로 낮을 뿐만 아니라 1층과 2층 간의 L값의 차이가 거의 없기 때문에 2차 측의 GFRP원통에 동일하게 162턴씩 분배하였다. 위의 결과에 의하여 설계된 변압기 권선부의 단면도는 그림 2 및 그림 3과 같이 된다. 또한, 1차측과 2차측의 경우 초전도 권선을 4장과 14장의 초전도 선재를 병렬중첩하여 사용하였기 때문에, 중복지체의 가장 내부와 외부도체간에는 일정 정도의 반경의 차이를 유발하게 되고, 이로 인하여 유도된 전압 차에 의한 전류분류문제를 발생시킬 우려가 있다. 그러므로, Layer와 Layer간의 도체 접촉부에서는 이러한 병렬중첩하여 사용된 초전도 선재간의 전압차를 고려한 내부도체와 외부도체간의 전압차를 줄일 수 있도록 전위(transpose)를 해 줄 필요가 있을 것으로 사료된다.

### 2.4. 냉각용기(Cryostat) 설계

고온초전도 변압기가 일반변압기와 다른 가장 큰 차이점의 하나는 일반변압기에서는 절연 및 냉각을 위하여 변압기 절연유를 사용하지만, 초전도변압기의 경우는 초전도 상태를 유지하여야 하기 때문에 절연 및 냉각을 위한 매질로서 극저온 액체질소를 사용하는 점이다. 이러한, 극저온 액체질소를 저장하기 위해서는 일반변압기와 다른 액체질소에 적합한 용기가 필요하다.

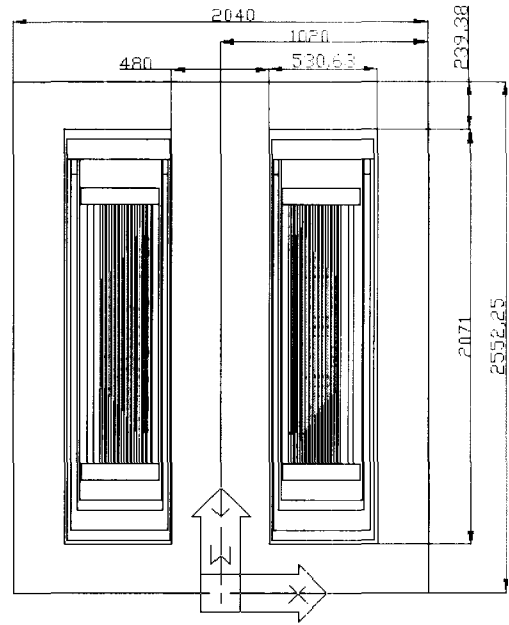


Fig. 2. Conceptual diagram of HTS Transformer

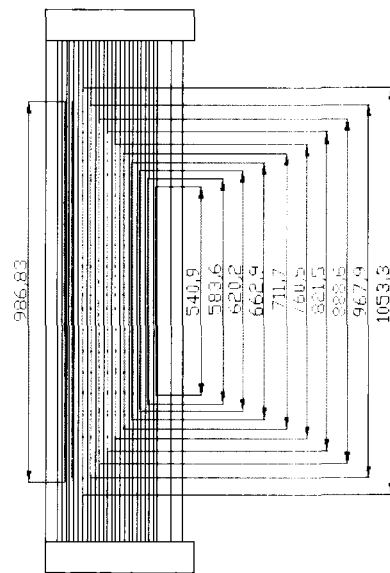


Fig. 3. Conceptual diagram of HTS winding.

액체질소와 같은 극저온 냉매의 경우는 작은 열의 침입에 의해서도 비등하기 쉽고, 이러한 경우에는 다시 액화시키는데, 많은 에너지가 필요할 뿐만 아니라, 전기절연적으로도 심각한 상황이 초래될 수 있다. 또한, 냉각용기(Cryostat)의 상층부에는 대기압 액체질소의 비등온도인 77K로부터 상온에 이르는 넓은 범위의

온도영역이 존재하게 되므로, 열적인 부분에 대하여도 고려되어야 할 것으로 생각된다. 다행히, 근래에는 재료기술의 발달로 인하여 많은 극저온 절연재료들이 개발되고 있는 상황이다.

본 연구에서는 위의 사항들을 고려하여, 현재 고온 초전도 변압기 연구의 가장 선두를 달리고 있는, 큐슈(Kyushu)대학의 고온초전도 변압기의 것과 유사한 타입의 그림 4와 같은 냉각용기를 설계하였다.

그림 4에서 볼 수 있는바와 같이, 냉각용기(Cryostat)는 1510mm×2001mm의 GFRP제 원통형으로 되어 있으며, 한가운데에는 철심의 통로를 만들어 주기 위하여 직경 500mm의 공심형으로 되어 있는, 전체적으로는 중공원통형 구조의 용기이다. 여기서, 재료를 GFRP로 한 것은 외부로부터의 전도에 의한 열침입의 차단과, 내부 초전도 권선과 외부 용기사이에서 문제시 될 수 있는 전기절연을 고려한 것이다. 물론, 냉각용기를 일반변압기에 사용되는 금속을 이용하여 만드는 경우도 있지만, 현재는, 외국의 선진 연구기관에서도 GFRP를 이용하는 곳들이 증가하고 있다. 또한, Cryostat의 모양을 중공형으로 하여 철심에서 발생하는 열이 내부로 침입할 수 없도록 하여 냉각효율을 증대시키고자 하였다. 그리고, 외부로부터 열의 침입을 방지하기 위하여, 내부와 외부벽면의 전체두께 50mm 중 벽면의 중간부분에 폭 30mm의 진공층을 두어 외부로부터의 열침입을 방지하고자 하였다.

Cryostat의 연구는 초전도 전력기기의 실현을 위하여 매우 중요한 기술로, 본 연구에서는 선진 연구기관들의 연구결과를 취합한 자료와 전기절연적 관점을 고려하여 설계되었지만, Cryostat 자체의 목적이 냉각효율의 상승에 가장 큰 목적이 있는 만큼 전문적인 열해석 및 기계적 응력해석 등을 통하여 보완설계가 이루어져야 될 것으로 사료된다.

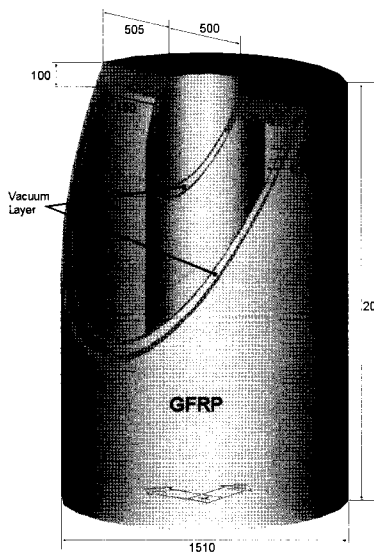


Fig. 4. Conceptual diagram of Cryostat.

### 3. 전자장해석

본 연구에서 자계해석은 Flux2D를 이용하였으며 철심의 투자율은 본 연구에서 사용된 냉각압연규소강판(3RG140(0.30mm))의 자화특성곡선 데이터를 입력하여 비선형 재료에 대하여 2차원 축대칭으로 수치해석을

행하였다. 그림 5의 자속밀도 분포해석 결과에서 알 수 있는 바와 같이 자속분포는 철심 전체에 걸쳐서 거의 균일하게 분포하고, 누설자속은 거의 없음을 알 수 있다.

고온초전도체의 임계특성은 초전도체 표면에 작용하는 수직 및 수평자계에 의하여 크게 의존한다. 본 연구에서는 이러한 고온초전도체의 특성을 고려하여, 본 연구에서 설계한 고온초전도 변압기의 권선 도체의

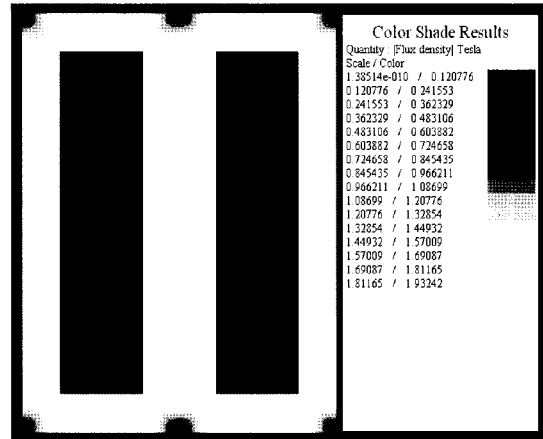
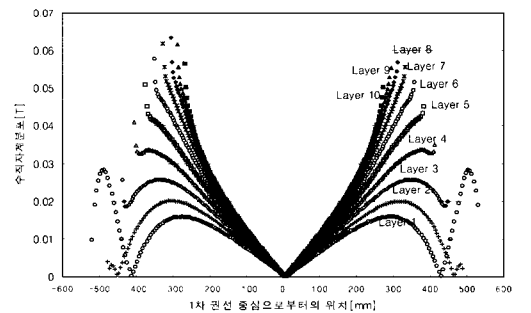


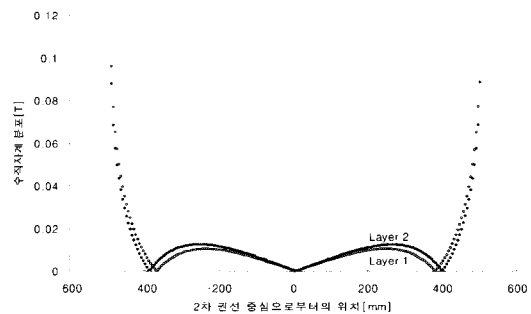
Fig. 5. Distribution of magnetic field.

1차측 및 2차측 표면에서의 수직 및 수평자계를 계산하여, 각 층별로 그림 6과 그림 7에 나타내었다.

수직성분 자계분포는, 1차측의 경우는 그림 6(a)에서 볼 수 있는 바와 같이 전체적으로 권선의 중앙부에서 거의 0에 가깝고 가장자리로 갈수록 그 값이 커지



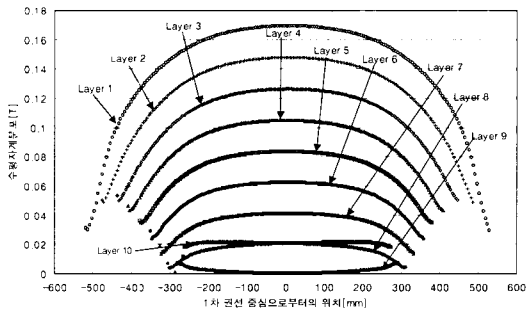
(a) Primary



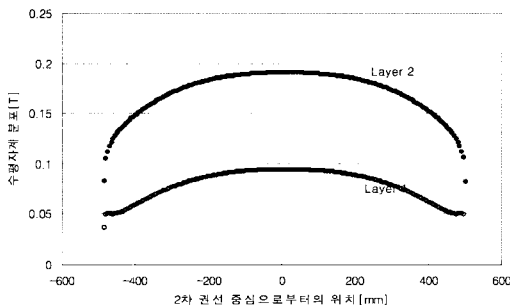
(b) Secondary

Fig. 6. Perpendicular component distributions of magnetic field on the surface of HTS Tape. 는 것을 알 수 있다. 위의 계산결과에 의하면 최대가

되는 가장자리의 경우도 1차측의 경우는 0.07Tesla 이내, 2차측의 경우는 0.1Tesla 이내로 나타남을 알 수 있다. 또한, 1차측의 경우는 내부의 층보다는 대체로 바깥쪽 층으로 갈수록 조금씩 높게 나타남을 알 수 있다. 그러나 2차측의 경우는 내부층과 외부층 상관없이 대체로 비슷한 경향과 값을 가지는 것을 알 수 있었다. 그리고 수평자계는 그림 7의 계산 결과에 나타낸 바와 같이 전체적으로 권선의 중심부분이 가장 높고 가장자리로 이동할수록 감소하는 경향을 나타냈으며, 중심부분에서의 1차측의 수평자계의 최대값은 0.17Tesla 이내이고, 2차측의 경우는 0.2T에 근접하는 것을 볼 수 있다. 위의 결과는 전체적으로 2차측의 누설자속이 1차측의 경우보다는 훨씬 높은 값을 나타내는 것을 의미한다. 또한, 수평자계의 세기는 1차측의 경우에 있어, 외부층보다는 내부층으로 이동할 수록 훨씬 크게 나타남을 알 수 있다. 이것은 외부에서 발생한 누설자속이 내부로 갈수록 증폭되기 때문인 것으로 판단된다. 그러나, 2차 층의 경우는 첫 번째 층보다는 두 번째 층에서 훨씬 큰 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 이러한 선재 표면에서의 누설자속의 저감문제는 고온초전도 변압기의 실용화 여부를 결정하는 가장 중요한 해결과제의 하나로 향후 지속적인 연구·보완이 필요할 것으로 생각된다.



(a) Primary



(b) Secondary

Fig. 7. Parallel component distributions of magnetic field on the surface of HTS Tape.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 단상 10MVA 고온초전도 변압기 개념설계 및 전자장해석을 수행하였다.

FEM을 이용한 비선형 재질에 대한 자체해석 결과에 의하면, 철심에서의 자속밀도 분포는 거의 설계 기

준치와 동일한 분포를 이루고 있는 것을 알 수 있었다. 초전도 권선부의 누설자속은 최대 수직자계가 2차측에서 약 0.1T 정도이고, 수평자계는 0.2T까지 상승하는 것을 확인할 수 있었다. 그러므로, 본 연구에서 설계한 Solenoid방식의 모델이 Pancake방식보다는 효율면에서 우수하다고 판단된다. 그러나, Solenoid방식을 이용하여 설계할 경우에는 초전도 선재의 기하학적 형상 및 전기절연적 문제점 등으로 인하여 Double pancake방식에 비하여 부피가 과도하게 크질 염려가 있을 것으로 사료된다. 그러므로, 현재의 고온초전도 선재인 Bi2223를 이용한 고온초전도 변압기의 소형·경량화 및 고 효율화를 위해서는 어느 한가지 방식보다는 두가지 방식의 장점을 이용한 새로운 방식의 권선법에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

- [1] R. F. Giese, "The Status of Progress Toward High-Temperature Superconducting Transformers", Arogonne National Laboratory Annual Report.
- [2] C. T. Reis, et. al., "Development of High Temperature Superconducting Power Transformers", IEEE, pp. 432-437, 2001
- [3] S. P. Metha, et. al., "Transforming transformers", IEEE Spectrum, pp. 43-49, July 1997
- [4] B. W. McConnell, "Transformers - A Successful Application of High Temperature Superconductors", IEEE Trans. on Applied Supercon., Vol. 10, No. 1, pp. 716-720, March 2000
- [5] J. K. Sykuski, et. al., "Prospects for large high - Temperature Superconducting Power Transformers: Conclusions from a Design Study", IEEE Proc., Electr. Power Appl., Vol. 146, No. 1, pp. 41-51, January 1999
- [6] K. Funaki, et. al., "Development of a 22kV/6.9kV Single-Phase Model for a 3MVA HTS Power Transformer", IEEE Trans. on Applied Supercon., Vol. 11, No. 1, pp. 1578-1581, March 2001

#### 저 자 소 개



석복렬(石福烈)

1971년 2월 16일생, 1994년 부산대학교 전기공학과 졸업, 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 2000년 3월 일본 큐슈대학 시스템정보과학연구과 졸업(공학박사), 2000년 4월~2001년 3월 일본 통산성 공업기술원 특별연구원(AIST fellow), 현재 현대중공업주식회사 기전연구소 선임연구원



최명준(崔名俊)

1969년 11월 28일생, 1995년 숭실대학교 전기공학과 졸업, 1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학석사), 현재 (주) 현대중공업 기전연구소 연구원