

Bi-2223 고온초전도선의 과전류 통전특성

김재호, 심기덕, 조전욱, 김해준, 곽동순, 성기철, 김해중
한국전기연구원

Characteristics of the over current of Bi-2223 HTS tape

Jae-Ho Kim, ki-deok Sim, jeon-wook Cho, hae-jun Kim, dong-soon Kwag, ki-chul Seong, hae-jong Kim
KERI

Abstract : Bi-2223 High-Temperature Superconducting(HTS) tape is one of the most widely used HTS tape for power application. Characteristics of the over current of HTS tape with different sheath are described. This paper presents the basic properties such as temperature and resistivity rise of the Bi-2223 HTS tape which is exposed to the over current. It is expected that results from this study can be utilized as basic data in designing superconducting power devices..

Key Words : Bi-2223 HTS Tape, High-Temperature superconductor, HTS Cable

1. 서론

현재 고온초전도 케이블로 응용 가능한 고온초전도선은 대용량화, 경량화 및 효율 상승으로 기존의 상전도 케이블에 비해서 대용량, 저전압, 저손실 송전이 가능하다.[1][2].

그러나 고온초전도 전력기기의 정상운전시 임계전류 이하로 전류가 흐르게 되지만, 계통사고 시에는 정격전류의 약 100배정도, 초전도변압기의 경우에는 20 ~ 30배 정도의 매우 큰 과전류가 3사이클 내지 5사이클동안 과도적으로 흐르게 된다. 이와 같이 대단히 큰 과전류에 대하여 고온초전도선은 단선되지 않고 사고 복구후 열화특성 또한 없어야 한다[3].

본 연구에서는 고온초전도 케이블에 이용되고 있는 Cu-Zn Lamination된 Bi-2223 Tape, Innost Tape에 초전도케이블과 같은 냉각 조건에서 실험을 위해 SUS봉을 사용하였으며, Laminated PP Paper (LPP)로 절연 하였다.펄스형 과전류에 대한 통전특성을 측정하였으며, 그 결과를 분석하였다.

2. 실험

2.1 실험샘플

표 1은 과전류 통전특성에 사용된 고온초전도선의 특성을 비교하여 나타내었다. 실험에 사용된 고온초전도선은 Powder-in-tube의 공정으로 제작되었으며, AMSC 초전도선의 경우는 과전류에 의한 선재의 단선보호, 기계적 강도 향상등의 목적으로 초전도선의 양면에 Cu-Zn 합금의 Tape가 적층 되어있다. 표 1의 Bi-2223 Tape로 제작된 Sample의 전체길이는 440mm, 전압탭간 거리는 200mm이고 외부 자장에 의한 영향을 상쇄하기 위해 8자형태로 양쪽 페루프의 길이와 면적이 같도록 제작되어졌다. 선재 표면의 온도를 측정하기 위해 E Type의 Thermocouple을 Tape 표면에 부착하였고, 4.6mm의 LPP를 권선하였다.

표 1. Specifications of Bi-2223 Tapes

Maker	Critical current[A] (1uV/Cm, 77K)	Dimension[mm] (width×thickness)	Sheath
AMSC	114.8	4.2 × 0.37	Ag-alloy (Cu-Zn Laminated)
Innost	62	4.2 × 0.23	Ag-alloy (non Laminated)

2.2 실험방법

그림 1은 측정시스템의 전체 구성도이다. Sample의 전류공급은 IDX사의 DC/AC(1000[A]/3000[A]) Power Supply를 사용하였고, 계통사고시에 대한 모의 실험을 위해 시간 조절이 가능한 전류펄스 인가 장치를 설치하였다. 과전류 펄스 인가후 교류손실의 측정을 위해 유도전압을 상쇄시키기 위한 Cancel Coil을 설치하였고 Cancel Coil의 전압은 Step Motor를 이용하여 실시간 PC에서 측정과 조절이 가능하도록 제작하였다. Sample의 전압탭에서 얻어진 신호는 노이즈 제거 및 증폭을 위해서 절연증폭기(YOKOGAWA DC Amplifier)를 통과한후 DAQ Board로 전달되며, 모든 신호는 LabView 측정 프로그램을 사용하였다.

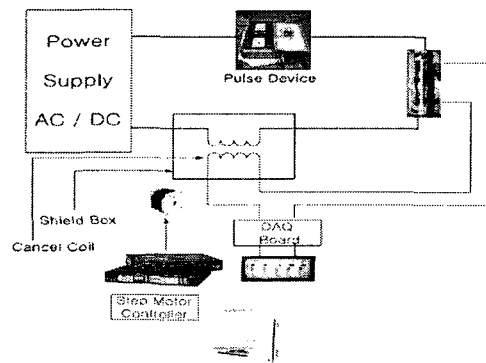


그림 1. Experimental Setup

3. 결과 및 고찰

AMSC HTS Tape의 켈치시점인 20uV일때의 저항값은 0.85uΩ/m, Innost HTS Tape의 경우 1.6uΩ/m이고 $I_0/I_c \approx 0.96$ 일때의 교류손실값은 AMSC = 0.103W/m, Innost = 0.367W/m로 Innost HTS Tape가 저항과 교류손실값이 크게 측정되었다. 그림 2는 교류펄스 통전 시간에 따른 온도 그래프이다. 동일한 전류값에서 온도변화는 교류펄스 인가시간에 따라 증가하는 경향을 알수 있으며 차단기의 동작 시간인 5cycle 이내에서는 AMSC 및 Innost 고온초전도 선재의 온도상승은 1K 이내였다. 그림 3에서 AMSC 초전도선에 임계전류의 약 5.2배에 해당하는 전류 통전시 고온초전도선재는 임계전류를 완전히 초과한 상태이고 인가 시간이 길어질수록 전압은 증가하지만, 인가 전류가 시변하는 관계로 발열과 냉각을 주기적으로 반복하고 있어 선재는 플렉스 플로우 상태를 유지하며, 10sec동안 통전시 온도는 안정화 되었다. 그림 4는 600Apeak 통전시 온도 및 저항 그래프이다. 고온초전도 선재의 저항은 온도가 증가하면 줄열에 의한 저항성분도 증가하는 것을 알수 있으며 600Apeak 1sec 통전시 약 40K의 온도상승, 600Apeak 10sec 통전시에는 173K 온도상승이 있었다. 고온초전도선의 임계온도인 약 100K을 초과하였으나 임계전류 저하 및 교류손실값의 증가는 일어나지 않았다.

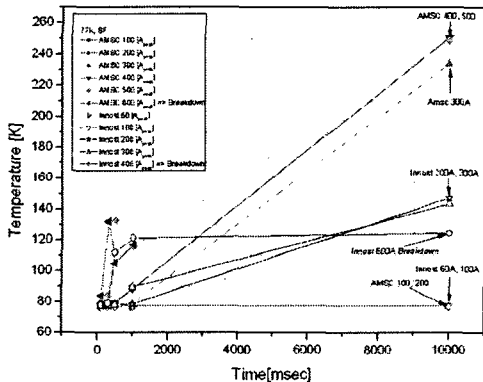


그림 2. 펄스인가 시간에 따른 온도변화

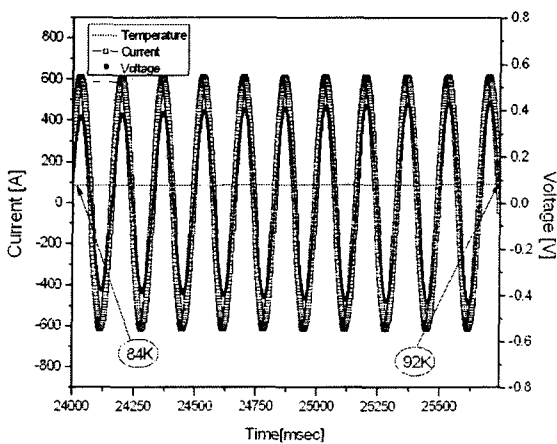


그림 3. 600Apeak 통전시 HTS Tape 전압-전류특성

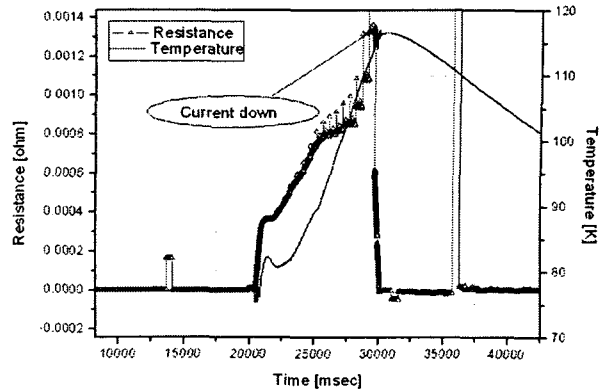


그림 4. 600Apeak 통전시 HTS Tape 온도-저항특성

4. 결론

본 논문에서는 고온초전도 선재의 계통사고시와 같은 펄스형 과전류에 의한 특성을 실험을 통해 알아보고 다음과 같은 결론을 얻었으며, 연구 결과는 향후 고온초전도 전력기기 설계시 기초 자료로 활용될 것으로 판단된다.

1. AMSC, Innost 고온초전도 선재는 임계전류의 5 ~ 6 배를 초과하는 펄스형 과전류 통전시 온도상승은 차단기 동작시간인 5cycle 에서 1K 이내였다.
2. 온도상승에 따른 저항 및 전압은 비례적으로 증가한다.
3. 펄스형 과전류에 의한 온도상승은 전류인가 시간에 비례하지만, 인가 전류가 시변하는 관계로 10sec 동안 통전시 온도는 안정화 되었다.
4. AMSC, Innost 고온초전도 선재는 임계온도를 초과하였지만 임계전류 저하 및 교류손실값의 증가는 없었다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] S.W. Schwenterly, S.P.Mehta, M.S.Walker and R.H.Jones, "Development of HTS Power transformer for the 21st century;Waukesa Electric systems/IGC-SuperPower/RG&E/ORNLSPi Collaboration", Physica C:Superconductivity, Vol. 382, pp. 1-6, 2002.
- [2] V.Cavaliere, M.Cioffi, A.Formisano, R.Martone, "Shape optimization of high Tc superconducting magnets", IEEE trans. on Magnetics, Vol.38, pp.1129-1132, 2002.
- [3] 차귀수의, "고온 초전도 변압기 개발", 고온초전도 변압기 개발에 관한 최종보고서, p167-185, 2001
- [4] 임성우외, "고온초전도 선재의 과전류 통전 특성" 한국 초전도 저온공학회, 2002년 학술대회 논문집, p241-p244, 2002
- [5] 이성수의, "과전류 인가에 따른 Bi-2223 선재의 온도변화 특성" 대한전기학회, 2004년 하계학술대회 논문집, p833-p835, 2004