

HTS tape의 Pitch에 따른 임계전류 및 교류손실 특성

김해준, 심기덕, 김재호, 김석호, 조전욱
한국전기연구원

Critical Current and AC loss Characteristics with Pitch of HTS tape

Hae-joon Kim, Ki-deok Sim, Jae-ho Kim, Seok-ho Kim, Jeon-wook Cho
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract : Superconductor is developed for applications in high-power devices such as power-transmission cables, transformers, motor and generators. In such applications, HTS tapes are subjected to various kinds of stress or strain. In the fabrication of the devices, the critical current(Ic) of the high temperature superconductor degrades due to many reasons including the tension applied by bending, twist and thermal contraction. In particular manufactured HTS cable, we need pitch angle controls. This paper is analyzed that Ic characteristics is changed pitch angle of HTS tape. These results will amount the most important basis data in HTS cable.

Key Words : AC loss, Critical Current, pitch, HTS cable

1. 서 론

고온초전도 전력케이블(HTS cable)은 기존 케이블의 구리 도체 대신 고온초전도 도체를 사용하여 전기저항이 없어지는 초전도현상을 이용하여 저손실·대용량 전력수송이 가능한 전력케이블로서 대도시의 전력공급 문제를 해결할 수 있는 환경 친화적 신 개념의 전력케이블이다. 또한 종래의 전력케이블에 비해 HTS케이블은 765 kV나 345 kV의 초고압이 아닌 154 kV 또는 22.9 kV 정도의 전압으로 대용량 송전이 가능하기 때문에 종래 변전소의 고전압송전을 위한 주변기기를 간략화 시킬 수 있으며, 송전손실이 극히 작고 compact한 케이블에 의해 부지 문제를 해결할 수 있다. 또한, 작은 송전손실은 전력케이블 운용단가를 낮출 수 있다. 이러한 장점을 가지는 HTS cable은 대용량 부하가 밀집된 도심지 전력계통의 신규 설비에 적용시킨다면 경제적인 대체수단이 될 수 있다[1].

미국, 유럽 및 일본에서는 HTS cable을 개발하여 시험 중이며, 우리나라에서도 21세기 프론티어 사업의 일환으로 3상 22.9kV급 고온 초전도 케이블을 주관 연구기관인 한국전기연구원과 LS전선(주)이 공동으로 개발하여 장기 성능평가 시험에 성공하였다.[2]

HTS cable에서는 pitch 길이에 따라서 Inductance와 AC loss가 영향을 받는다. 또한, HTS cable 제조와 설계에 앞서 임계전류가 저하되지 않는 pitch 길이를 선정하여 cable를 제조해야 할 것이다.

본 연구에서는 이러한 HTS cable 제조에 앞서 실행되

어야 할 기초 실험으로, HTS tape의 임계전류가 저하되지 않는 pitch 길이를 선정하고, 그때의 교류손실을 측정, 분석하였다.

2. 실험

2.1 실험장치

표 1과 그림 1에서는 본 연구에서 사용된 Bi-2223 tape의 parameter를 나타내었다.



그림 1. Sectional Diagram of Brass Hermetics Wire

표 1. Parameter of Brass Hermetics Wire

Average thickness	0.36-0.44 mm
Minimum width	4.0 mm
Maximum width	4.45 mm
Min. double bend diameter (RT)	70 mm
Max. Rated tensile stress (RT)	175 MPa
Max. Rated wire tension (RT)	20 kg
Max. Rated tensile stress (77K)	200 MPa
Max. Rated tensile strain (77K)	0.30%
Hermeticity	30 atm LN2 for 16 hours

그림 2와 같이 HTS tape를 pitch를 주어 권선하기전에 각각의 임계전류를 측정후 직경 20[mm] 원통에 각 피치길이 150~210[mm]까지 30[mm]단위로 pitch 길이를 변화시키면서 임계전류 저하를 측정하였다. 임계전류가 저하되지 않는 최소 pitch 길이를 선정하여, 다시 권선하기 전, 후의 임계전류와 교류손실을 측정하여 분석하였다.



그림 2. pitch 150[mm]와 180[mm]로 권선된 모델 케이블

3. 결과 및 고찰

표 2에서는 각 pitch 별 임계전류 저하특성을 나타내었다. 각 pitch 별 임계전류 실험을 2번씩 실시하였으며, pitch 150[mm]에서 임계전류 저하가 나타났다. 따라서 최소 pitch 길이는 160[mm]로 선정되었다. pitch를 주면서 권선하는 경우에는 HTS tape가 bending과 twist의 2가지 stress를 받게 되고, 이때 tape내에 multi-filament결합이 어긋나면서 임계전류가 저하된다고 사료된다. [3-4]

그림 3에서는 임계전류가 저하되지 않는 pitch에서 모델케이블의 교류손실을 나타내었다. 임계전류가 저하되지 않았기 때문에 교류손실은 권선하기 전이나 후에 거의 변화가 없었다. 그러나 stabilizer 형태의 Cu tape가 삽입되는 경우, 전류분류가 발생되어 모델 케이블에 전류 분포가 불균일하게 되어 교류손실이 크게 증가하게 된다. 이것은 HTS cable을 비롯한 초전도 전력기기 제조 시 stabilizer와 HTS tape 사이 임피던스 조정이 필요하며, 곧 인덕턴스를 잘 고려하여 설계하여야 교류손실이 저감 될 것이라 사료된다.

표 2. pitch 별 임계전류

pitch [mm]	권선되기 전 임계전류 [A]	권선 후 임계전류 [A]
150	136	129
	134	128
160	136.5	134.2
	135.2	134.8
170	136.5	135.6
	137.1	136.9
180	137	137
	135	134
210	134.5	134.1
	133.4	134.5
240	134.8	134.4
	137.4	137

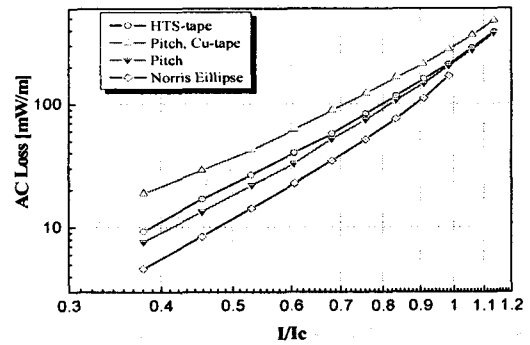


그림 3. 권선 전 후의 AC loss 특성

4. 결론

20[mm] 원통에서 pitch길이가 150[mm]이하에서는 임계전류가 저하한다. pitch를 주면서 권선하는 경우에는 HTS tape가 bending과 twist의 2가지 stress를 받게 되고, 이때 tape내에 multi-filament결합이 어긋나면서 임계전류가 저하된다고 사료된다.

또한 임계전류가 크게 저하되지 않는다면 교류손실 역시 큰 변화가 없다. 그러나 권선 시 HTS tape가 damage를 받아 임계전류가 저하되거나, stabilizer와 임피던스 matching을 고려하지 않으면, 전류분포가 불균일하게 되어 교류손실은 증가되는 것으로 사료된다.

이러한 실험 결과는 향후 제작될 초전도 전력기에서 중요한 기초 데이터 및 제작에 선행되어야 할 실험으로 사료된다.

감사의 글

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

참고 문헌

- [1] 김석환, 한승엽, "초전도 공학 개론", 대영사
- [2] 김해준 외, "고온 초전도 tape의 임계전류 저하에 따른 교류손실 특성", 한국초전도·저온공학회, 7권, 3호, 2005년 9월.
- [3] Jaakko Passi, Et al, "Frequency Dependence of Self-field AC Loss in Bi-2223/Ag Tapes", IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.10, No.1, p. 1212~1215, March, 2000
- [4] S.W.Kim, Et al "Transport Current Loss and Ic Degradation of HTS Tapes under Mechanical Load", IEEE Transaction on Applied Superconductivity, Vol.14, No.2, p1110~1113, June, 2004.