

테이프 배열이 3본-도체의 교류손실 특성에 미치는 영향

조영호*, 허대행*, 류경우*, 최병주**, 황시돌***
 *전남대학교, **서라벌대학, ***한전전력연구원

Influence of tape's arrangements on AC Loss Characteristics in a 3-conductor

Young-Ho Jo*, Dae-Haing Huh*, Kyung-Woo Ryu*, Byoung-Ju Choi**, Si-Dole Hwang***
 *Chonnam National University, **Sorabol College, ***KEPRI

ah923@moiza.chonnam.ac.kr

Abstract - AC loss is an important issue in the design of high- T_c superconducting power cables which consist of a number of Bi-2223 tapes wound on a cylindrical former.

In this paper, the ac loss characteristics in the 3-conductor have investigated experimentally. The loss test results indicate that the ac loss is not related to the arrangement of Bi-2223 tapes, contact position and applied frequency. The measured losses in face-to-face arrangement are larger than those in edge-to-edge arrangement. The measured losses in the 3-conductor also agree well with the sum of the transport losses measured in each Bi-2223 tape.

1. 서론

초전도전력케이블에서 발생하는 교류손실은, 케이블의 효율 저하 및 냉동기 비용의 증가를 초래하기 때문에, 초전도케이블의 상용화를 위해서 정확하게 평가되어야 할 과제이다. 그러나, 다수본으로 구성되는 실제의 초전도케이블의 교류손실을 평가하는 것은 사실상 매우 난해하며, 또한 철심의 히스테리시스손실과 같이 자기적인 손실인 관계로부터 정확히 측정하기가 어렵기 때문에 [1]-[3], 초전도케이블의 구조를 모의한 경제적인 평가를 위한 간단한 구조의 실험모델의 구축 및 평가기술을 확립할 필요가 있다.

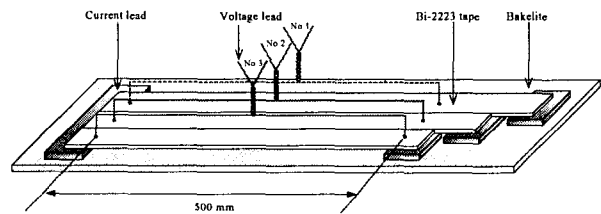
본 논문에서는 초전도전력케이블을 모의한 3본의 Bi-2223초전도테이프(이하 3본-도체)를 이용하여 배열구조를 다르게 한 2종류의 도체모델을 제작하고, 각각의 도체모델에서 측정된 교류손실에 대한 전압리드 접촉위치와 전원주파수 및 테이프 배열구조의 의존성에 대하여 조사하였다.

2. 실험 샘플 및 방법

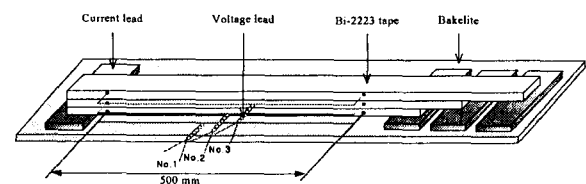
표 1에는 본 실험에 사용한 3본-도체 Bi-2223테이프의 주요사양을 나타내며, 그림 1에는 측면 대 측면(edge-to-edge arrangement) 및 면 대 면(face-to-face arrangement)구조로 제작한 3본-도체 샘플의 개략도를 나타낸다. 각각의 샘플에서 교류손실 측정을 위하여 테이프의 중심선상 또는 가장자리에 사각형 형상의 전압리드(center/ edge-rectangle lead)를 설치하고, 전압리드의 납땀부 사이의 거리는 500 mm로 모두 동일하게 제작하였다. 또한 3본-도체에서 발생할 수 있는 인접한 테이프 사이의 전류 재분배 현상에 의한 영향을 배제하기 위하여 테이프 사이는 전기적으로 완전히 절연하였다.

Table 1. Specifications of a Bi-2223 tape.

항 목	특 성
사이즈	3.1 mm × 0.17 mm
Bi-2223/Ag/Ag합금	38 %/40 %/22 %
필라멘트 수	55
트위스트 유·무	무



a) Edge-to-edge arrangement



b) Face-to-face arrangement

Fig. 1. Schematic of the 3-conductor samples.

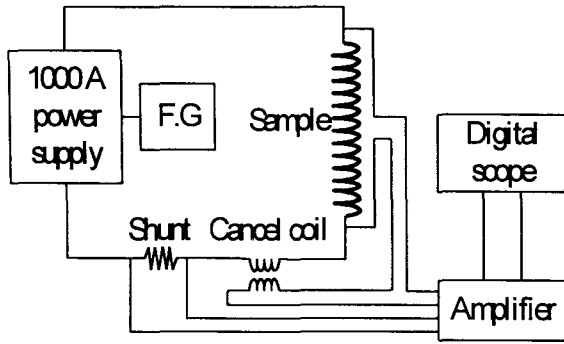


Fig. 2. Experimental setup.

그림 2에는 3본-도체의 교류손실특성 평가에 사용된 실험장치의 개략도를 나타내었다. 1000 A_{rms}, 7 V_{rms}(DC~200 Hz) 전원을 함수발생기로 제어하여 직류와 정현파 교류 전류를 인가하였다.

전압리드에 발생되는 유도성전압은 상쇄코일을 이용하여 상쇄시켰고, Bi-2223테이프에 흐르는 전류를 제어하기 위하여 외부 리액터를 사용하였다. 본 연구의 모든 실험은 액체질소 온도(77 K) 환경에서 행하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림 3 a)는 측면 대 측면 배열구조인 그림 1 a)의 3본-도체샘플에서 측정된 교류손실을, 그림 3 b)는 면 대 면 배열구조인 그림 1 b)의 3본-도체샘플에서 측정된 교류손실을 각각 나타낸다.

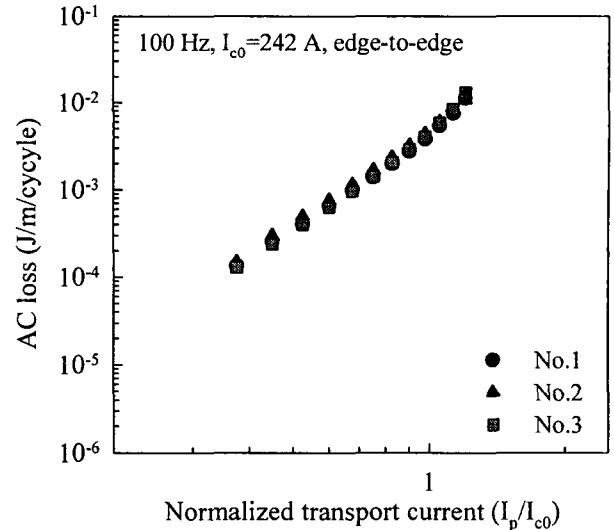
그림 3 a), b)에서, 기호 ●, ▲ 및 ■는 전압리드의 접촉위치를 테이프 no.1, no.2 및 no.3로 각각 다르게 하였을 때의 교류손실을 각각 나타낸다. 이 때 도체 표면으로부터 전압리드의 높이는 1본 테이프의 자기자계손실 측정 시에 일반적으로 채택되고 있는 전압리드 형상을 참조하여 10 mm로 하였다[1].

그림 3의 측정결과로부터, 균일 전류분포인 경우, 3본-도체의 교류손실은 테이프의 배열구조에 관계없이 모두 전압리드의 설치위치에 의존하지 않음을 알 수 있다.

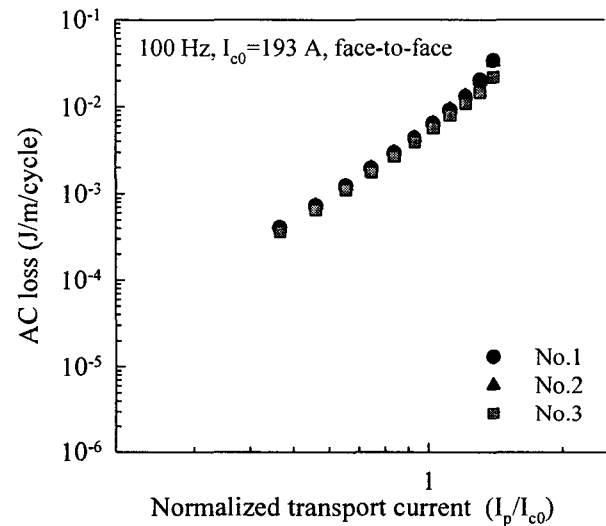
그림 4에는 각 테이프에 전류가 균일하게 흐를 경우, 3본-도체의 측정된 교류손실의 주파수 의존특성을 나타낸다. 그림 4 a), b)에서, 기호 ●, ▲ 및 ■는 인가전원의 주파수가 각각 50Hz, 100Hz, 200Hz일 때 측정된 3본-도체의 교류손실을 나타낸다.

그림 4의 측정결과로부터, 균일 전류분포인 경우, 3본-도체의 교류손실은 테이프의 배열구조에 관계없이 모두 인가전원의 주파수에 의존하지 않음을 알 수 있다.

그림 5에는 각 테이프에 균일하게 전류가 흐를 경우, 3본-도체에서 측정된 교류손실을 종합 분석하여 나타내었다. 그림 5에서, ●는 3본-도체의 no.1 테이프에 납땜된 10 mm 리드에서 측정



a) Edge-to-edge arrangement

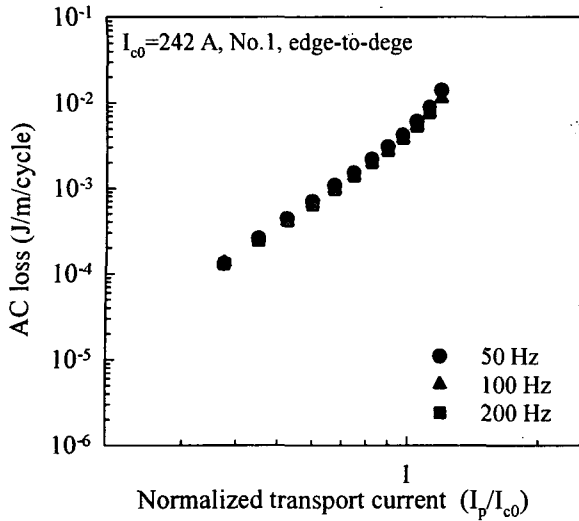


b) Face-to-face arrangement

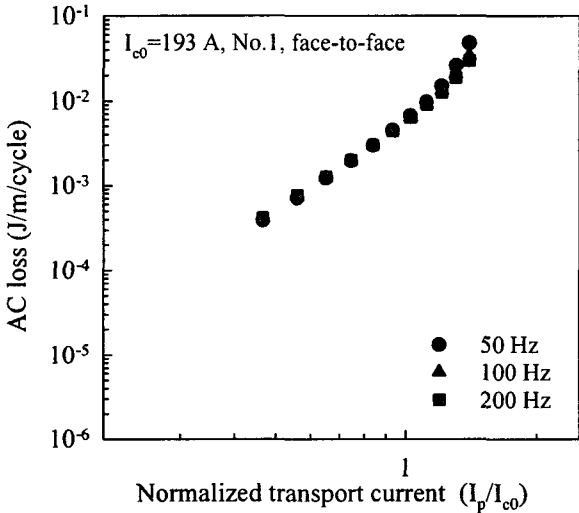
Fig. 3. Voltage lead's arrangement dependence of the AC losses in the 3-conductors: uniform current distribution.

된 교류손실을, ▲는 3본-도체를 구성하는 각각의 Bi-2223테이프에 대하여 측정된 통전손실(인접한 테이프를 통전한 상태에서 측정된 손실)을 합한 손실을 나타낸다. 또한, 실선은 3본-도체를 폭이 9.3 mm(테이프 폭의 3배)인 1본의 Bi-2223테이프로 가상하여 측정된 3본-도체의 임계전류를 타원형 Norris식에 대입하여 계산된 손실을 나타낸다[2]-[3].

그림 5에서 균일 전류분포인 경우, 2종류의 3본-도체 샘플에서 측정된 교류손실은 테이프의 배열구조에 관계없이 3본-도체 샘플을 구성하는 각각의 테이프에 대하여 측정된 통전손실을 합한 손실과 잘 일치한다. 한편, 측면 대 측면 배열구조인 경우가 면 대 면 배열구조인 경우보다 교류손실이 상대적으로 적음을 알 수 있다.



a) Edge-to-edge arrangement



b) Face-to-face arrangement

Fig. 4. Frequency dependence of the AC losses in the 3-conductors.

4. 결론

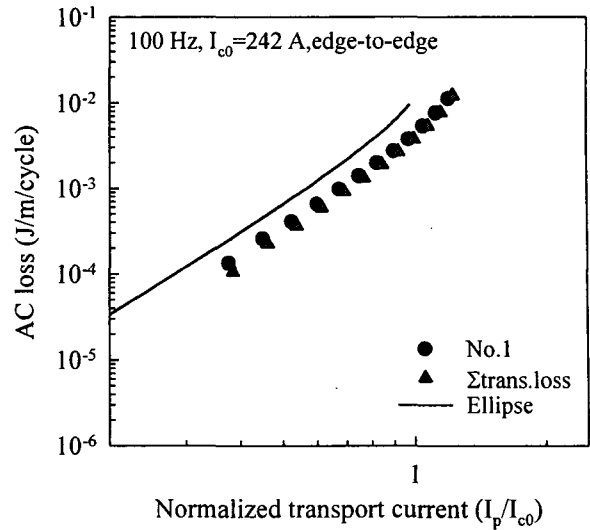
이상의 균일 임계전류 및 균일 전류분포인 3분-도체의 교류손실과 관련하여 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 테이프 배열구조에 관계없이 3분-도체의 측정된 교류손실은 전압리드 접촉위치에 의존하지 않는다.

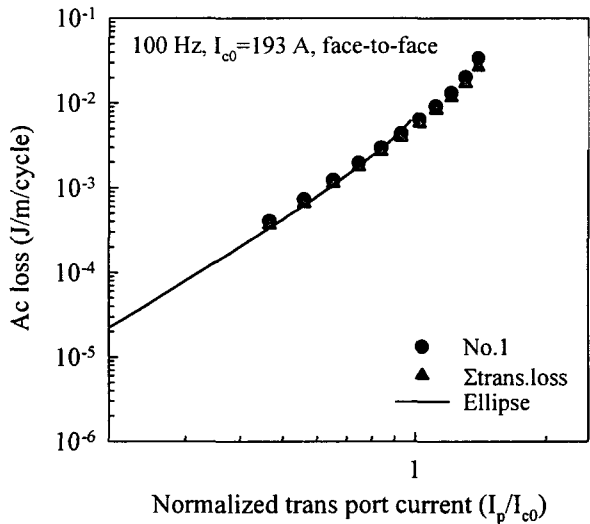
2) 테이프 배열구조에 관계없이 3분-도체의 측정된 교류손실은 각 테이프의 통전손실의 합과 잘 일치한다.

3) 교류손실은 면 대 면 배열구조의 경우가 측면 대 측면 배열구조인 경우보다 커진다.

본 연구는 한국전력공사의 연구비지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.



a) Edge-to-edge arrangement



b) Face-to-face arrangement

Fig. 5. AC losses in the 3-conductors.

(참 고 문 헌)

- [1] 류경우, 박권배, 차귀수, 최경달, 이지광, 한송엽, "장척 Bi-2223테이프의 자기자계손실 특성," 전기학회논문지, 49B권, 4호, p.240, 2000.
- [2] 류경우, 최병주, "인접 교류전류가 Bi-2223테이프의 통전손실에 미치는 영향", 전기전자재료학회논문지, 14권, 3호, p.251, 2001.
- [3] K. Ryu, K.B. Park, G. Cha, "Effect of the neighboring tape's ac currents on transport current loss of a Bi-2223 tape," IEEE Trans. Applied Superconductivity, vol. 11, no. 1, p.2220, 2001.