

Mu-metal을 이용한 765kV 송전선로 특성 감지용 볼센서 내부회로 차폐

남궁원*, 이방욱*, 정승룡*, 오충석*, 신우주*, 구자윤*
한양대학교*

Mu-metal shielding of power ball sensor installed in 765kV transmission line

Won Nam-Koong*, Bang-Wook Lee*, Seung-Yong Jung*, Chung-Seok Oh*, Woo-Ju Shin*, Ja-Yoon Koo*
HanYang University*

Abstract - 한국전력은 765kV 송전선(2,000A/single phase)에 ball sensor를 설치할 계획이다. 우리의 이전연구에서는 다중 Mu-metal 케이스를 설치한 후 여러 조건하에서 센서의 정상동작여부와 차폐효율을 연구하였다. 이번연구에서는 Mu-metal 케이스의 겹 수와 형상에 따른 차폐효율을 연구할 것이다. 차폐효율은 전류가 커짐에 따라 감소하는 것을 보이며, Mu-metal 케이스의 자속경로가 길어짐에 따라 감소하는 것을 알 수 있었다. Ball sensor의 형상에 따른 차이를 고찰하기 위하여 실제 실험 전에 실제 실험과 동일한 조건으로 시뮬레이션툴을 사용하여 모의하였으며 그에 따른 실험을 수행하였다. 이런 방식으로 실제 실험 전에 관련 실험의 결과를 예측 가능하였다. 이러한 일련의 과정을 통해 이상적인 Mu-metal 케이스의 형상과 겹 수를 찾을 수 있었다.

1. 서 론

이전의 우리의 연구에서는 다중 Mu-metal 케이스를 설치한 후 여러 조건하에서 센서의 정상동작여부와 차폐효율을 연구하였다[1]. 그 결과 Mu-metal 케이스의 겹 수를 증가시키에 따라 Mu-metal 케이스의 차폐효율이 증가함을 알 수가 있었다. 또한 부하 전류가 증가함에 따라 차폐효율은 감소함을 볼 수 있었다.

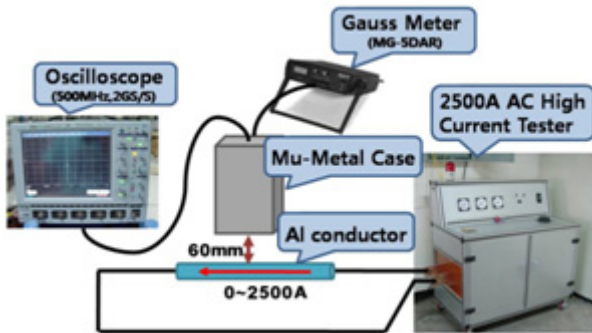
이번 논문에서는 Mu-metal 케이스의 이상적인 겹 수와 형상을 도출하기 위하여 실험과 시뮬레이션툴을 이용하였다. 차폐 겹 수, 인가전류, Mu-metal 케이스 형상에 따라 차폐효율이 크게 변하는 것을 볼 수 있었는데 자속경로가 길어질 경우 자기저항이 늘어나서 그로인하여 차폐효율이 감소하였다. 이번 연구에서는 차폐 겹 수, 인가전류의 크기, Mu-metal 케이스의 형상 이 세 가지를 중심으로 연구하였다.

또한 볼센서의 효과적인 동작특성을 얻기 위하여 다양한 디자인을 시뮬레이션을 통하여 모의 하였으며 같은 조건의 실험을 수행하여 실제 765kV의 송전선로에 설치되는데 가장 이상적인 Mu-metal 케이스를 선택할 수 있었다.

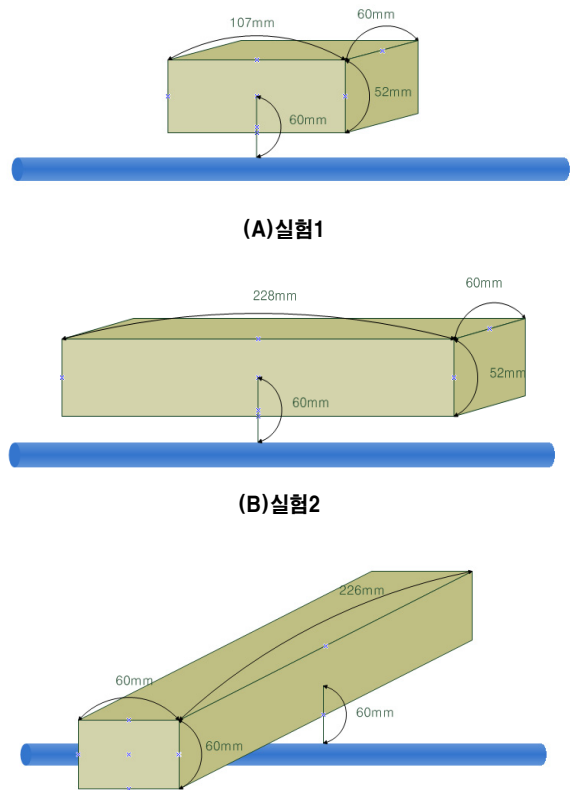
2. 본 론

2.1 실험구성

그림 1은 전류를 인가하여 자계를 생성시키고 인가선 으로부터 60mm 떨어진 곳의 자계를 Mu-metal 케이스의 겹 수와 형상 그리고 전류의 크기에 따른 차폐효율을 보기위한 실험구성이다. 교류전류 테스트기로 765kV 송전선로에 흐르는 전류를 모의할 수 있다(Range of application: 2500A, 60Hz, single phase). 인가선은 알루미늄 도체이며 길이는 1m, 지름은 30mm이다. 자계의 측정은 상용가우스 미터 'MG-5DAR'(Range of measurement: 0.1~19999[G], Error rate: 1%)와 Magnetic probe를 이용하여 oscilloscope(500MHz, 2GS/s)으로 측정하였다.[1]



<그림 1> 실험구성



<그림 2> Mu-metal case 실험구성

형상에 따른 차폐효율을 알아보기 위하여 3가지의 형태의 Mu-metal case의 구성으로 실험을 진행하였다. 각각의 실험은 시뮬레이션툴을 이용하여 모의 한 후 실험이 진행되었다. 그림 2는 각각의 실험 구성을 보여준다. 실험 1과 2의 Mu-metal 케이스의 가로 60mm 세로 52mm 이고 높이는 실험 1의 경우 107mm, 실험 2의 경우 228mm이다. 따라서 자속경로의 길이는 실험1과 2는 60X2+52X2=224mm이다. 반면 실험 3의 Mu-metal 케이스의 길이는 가로 228mm, 세로 52mm,높이 60mm 로 자속의 경로의 길이는 60X2+226X2=572mm로 실험 1,2의 자속 경로의 길이와 다르다.

2.2 실험 1과 실험 2의 차폐효율 비교

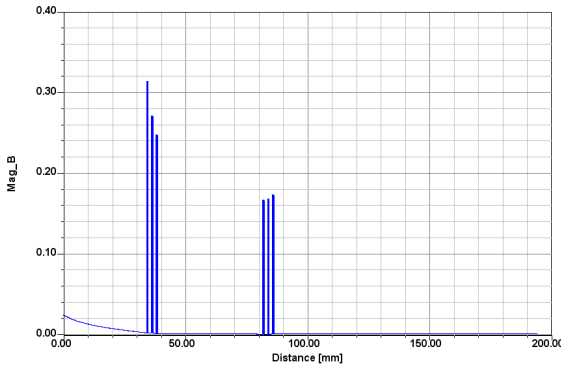
Mu-metal의 히스테리시스 곡선으로 부터 자속밀도의 포화점을 구할 수 있고 그 값은 7000 G 이다. 자속밀도를 측정하는 위치는 알루미늄 컨덕터로 부터 0.06m 떨어진 위치이고 전류값은 2000A를 기준으로 할 경우 자속의 세기는 5305 A/m이고 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ 이다. 따라서 식 (1)을 통하여 상대투자율 의 값이 105 인 것을 알 수 있다.

$$B = \mu_0 \mu_r H \quad (1)$$

$$SE = \frac{(D_1 - D_2)}{D_1} \times 100 \quad (2)$$

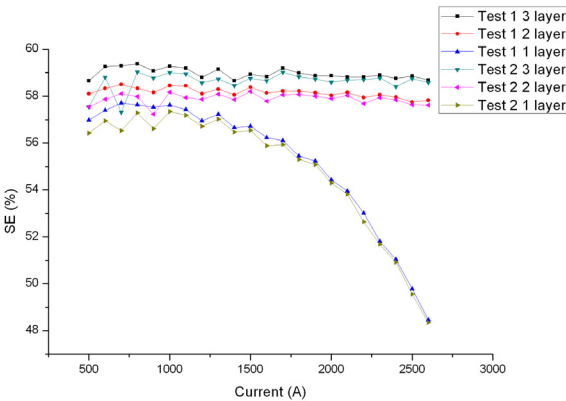
SE=차폐효율, D1=차폐전의 자속밀도, D2=차폐후의 자속밀도

식(2)를 이용하여 차폐를 한 후의 차폐 효율을 알 수 있다.



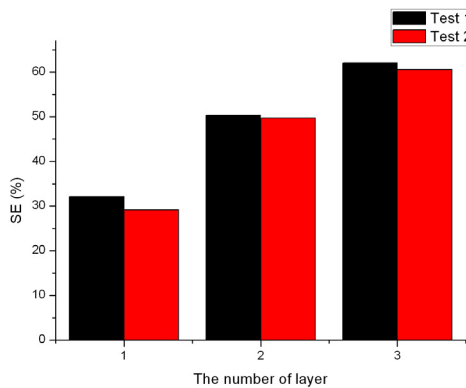
〈그림 3〉 컨덕터로부터 거리에 따른 자속밀도 (시뮬레이션)

그림3은 Mu-metal case의 높은 투자율(2000A 기준 상대투자율 105)로 인하여 자기저항이 작아져서 자속이 Mu-metal case로 집중된 것을 보여준다. 따라서 Mu-metal case내부의 자속밀도는 감소되는 것을 볼 수 있다. 따라서 겹 수를 늘릴 경우 자기저항이 줄어들어 차폐효율이 증가하는 것을 알 수 있다.



〈그림 4〉 실험1과 실험2의 전류별, 겹 수별 차폐효율

그림 4를 통하여 차폐효율은 전류가 증가함에 따라 Mu-metal의 투자율이 낮아지기 때문에 자기저항의 증가로 차폐효율이 감소하는 것을 볼 수 있다. 실험에서 전류의 변화는 300A 부터 2500A 까지이며 실험1과 2의 차폐효율은 0.18%~4.92% 차이가 난다. 이때 자속경로의 길이는 실험1과 2가 같고 두 실험의 차이점은 자속경로와 수직인 부분의 Mu-metal case의 길이만 길어졌다. 실험 결과로 보았을 때 실험1과 2의 차폐효율은 거의 같음을 알 수 있다.

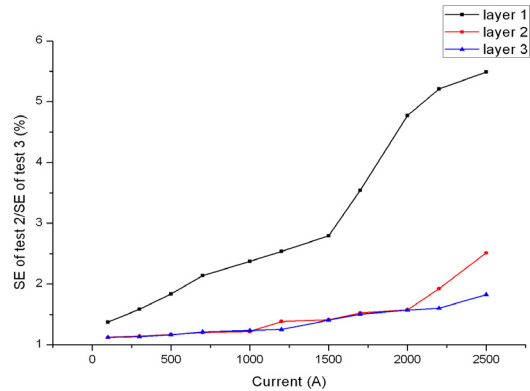


〈그림 4〉 시뮬레이션을 통한 실험 1과 2의 차폐효율의 비교

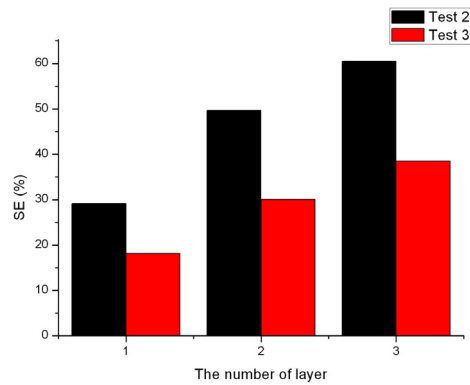
시뮬레이션의 결과로 실험 1과 2의 차이가 0.69%~에서 3%로 실험 1과 2의 차폐효율이 거의 같음을 알 수가 있다.

2.3 실험2와 실험 3의 차폐효율 비교

실험 2와 3은 자속경로의 길이의 변화에 따른 차폐효율의 변화를 알아보기 위하여 수행하였다. 이 실험을 통하여 긴 자속 경로로 인한 자기저항의 증가로 실험 3의 차폐효율이 더 낮은 것을 알 수 있었다.



〈그림 5〉 실험2와 실험 3의 전류별, 겹 수별 차폐효율



〈그림 6〉 실험2와 실험 3의 겹 수별 차폐효율(시뮬레이션)

그림5는 겹 수와 전류의 크기에 따른 실험2와 실험3의 차폐효율의 비교를 보여준다. 1겹일 경우 실험2가 실험3보다 1.37~5.48배 더 좋은 차폐효율을 보이고 2겹일 경우는 1.12~2.51배, 3겹일 경우 1.12~1.82배 더 좋은 차폐효율을 보이는 것을 알 수 있다. 차폐효율은 겹 수가 증가할수록 좋아지고 인가되는 전류가 증가할수록 감소되는 것을 볼 수 있다.

그림6은 실험2와 3의 시뮬레이션 결과를 보여준다. 실험2의 차폐효율은 3보다 겹 수에 따라 10.98%~22.03% 좋은 것을 볼 수 있다.

3. 결 론

이 논문에서는 Mu-metal의 겹 수 변화, 인가전류, 자속경로의 길이를 변화함에 따른 차폐효율을 연구하였다. 실험과 시뮬레이션을 통하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

- [1] 차폐효율은 차폐 겹 수를 증가함에 따라 증가 한다
- [2] 자속경로의 증가로 자기저항의 증가로 인해 차폐효율은 감소한다.
- [3] 인가전류가 증가할수록 비투자율이 감소하기 때문에 차폐효율은 감소된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이승철, 구자운, "An Investigation of the Shielding Effect of Magnetic Field using Mu-metal for the Application to 765kV Transmission Line", 14th Asian Conference on Electrical Discharge, 2008
- [2] KENICHI YAMAZAKI, TOSHIHISA IWAMOTO, TADASHI KAWAMOTO and HIDEO FUJINAMI, "Investigation of Shielding Method of ELF Magnetic Field Generated from Conductors", Electrical Engineering in Japan, Vol. 131, No. 2, 2002
- [3] John H. Morecroft and Alva Turner, "The shielding of electric and magnetic fields", Proceedings of the IRE, Vol.13 No. 4, pp. 477-505, 1925