

공심리액터의 자장차폐에 관한 연구

정진교, 이우영, 박경엽
한국전기연구원 신전력기기연구그룹

Study for the Magnetic Field Shielding on Air Core Reactor

J.K. Chong, W.Y. Lee, K.Y. Park
Advanced Power Apparatus Group, KERI

Abstract - There are many problems when air core reactor is used. Especially, measure instruments are influenced from magnetic field. This paper shows the research results for the magnetic field shielding on air core reactor.

1. 서 론

GCB(Bas Circuit Breaker)의 차단성능을 검증하는 방법으로는 직접시험법과 합성시험법 등 크게 두 방법으로 나눌 수 있다. 직접시험은 단락전류, 과도회복전압 및 회복전압을 하나의 전원인 단락발전기에서 직접 공급하여 시험하는 방법이다. 그러나 단락발전기는 단락용량에 한계가 있으므로, 단락전류의 전원으로는 단락발전기를 사용하고 과도회복전압 및 회복전압을 공급하여 주는 전원으로는 콘덴서 뱅크를 이용하는 합성시험법이 개발되어 현재 세계적으로 널리 사용되고 있으며 이와 같은 합성시험법의 대표적인 것으로는 Weill회법이 있고 현재 대부분의 시험연구소에서 채용하고 있는 방식이다. 하지만, 단락발전기를 이용하는 경우, 운전 및 유지보수에 시간과 비용이 많이 소요되며, 특히 차단기의 개발 시에는 많은 시험을 반복적으로 실시하여야 하므로 단락발전기의 운전에 대한 부담이 더욱 커지게 된다. 따라서 전류 및 전압의 공급원으로 콘덴서와 리액터의 공진전류를 이용하면, 이러한 경제적 부담이 없어지므로 경제적이고 효율적인 시험을 실시할 수 있고, 차단기의 연구개발에 보다 적극적으로 대처해 나갈 수 있다. 이와같이 콘덴서와 리액터의 공진전류를 이용하는 LC공진회로를 이용한 간이합성시험설비의 회로도들 그림 1에 나타내었다.

일반적으로 전류공급원으로 사용되는 리액터(그림1의 L)는 포화특성의 문제로 인하여 공심리액터를 사용하게 된다. 그러나 공심리액터를 사용하는 경우에는 다음과 같은 문제점들이 발생하게 된다.

- ① 로렌쯔힘에 의한 전자력
- ② 고자장에 의한 인체 영향
- ③ 고자장에 의한 계측기류의 오동작

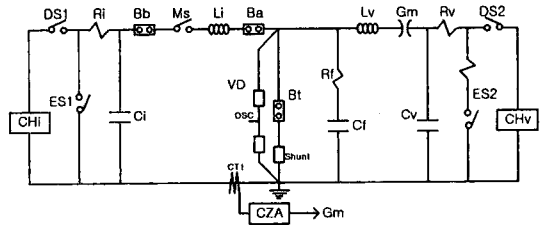


그림 1 간이합성시험설비의 회로도

여기서 ①의 문제점은 기계적인 지지물에 의하여 영향을 감소시킬 수 있고, ②의 문제점은 시험설비에서 떨어져 있으면 영향을 감소할 수 있다. 하지만, ③의 문제점을 해결하기 위해서는 계측기를 공심리액터에서 멀리하거나 자장을 차폐하여 계측기류에 미치는 영향을 감소시켜야 한다. 본 논문에서는 계측기류에 미치는 영향을 감소시키기 위한 자장차폐에 관한 내용을 정리하였다.

2. 공심리액터의 자장차폐

2.1 기본원리

일반적으로 자장의 차폐를 위하여 사용하는 방법으로는 아래와 같은 것이 있다.

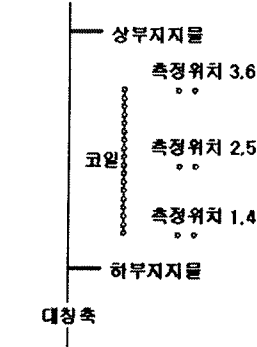
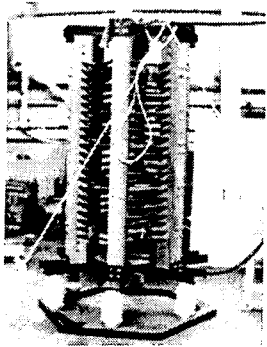
- ① 강자성체를 이용한 방법
- ② 도전체의 와류손을 이용한 방법
- ③ 별도의 코일을 이용하여 자장을 상쇄시키는 방법
- ④ 영구자석을 이용하여 자장을 상쇄시키는 방법

이러한 방법 중에서 일반적으로 이용할 수 있는 방법이 ① 강자성체를 이용한 방법이다. 이는 직류 및 교류자장에도 적용하는 것이 가능하기 때문이다.

2.2 수치해석을 위한 해석형상

자장차폐를 위하여 고려한 공심리액터의 형상을 그림 2(a)에 나타내었으며, 전류가 흐르는 동안, 자속밀도를 측정된 위치가 그림 2(b)에 나타내었다.

측정위치 1,2,3은 코일에서 50cm 떨어져 있고, 측정위치 4,5,6은 코일에서 60cm 떨어져 있다.



(a) 실물전경 (b) 해석형상 및 측정위치

그림 2 공심리액터의 형상

2.3 시험결과 및 수치해석 결과 비교

리액터의 수치해석 형상에 대한 타당성을 검증하고자 전류에 대한 특성시험을 수행하였다. 특성시험은 그림 1과 같이 구성된 간이합성시험설비 중 전류원 회로만을 이용하여 수행하였다. 전류를 공급하기 위한 콘덴서(그림1의 Ci)의 충전전압은 4kV로 설정하여 시험을 수행하였다. 콘덴서를 4kV로 충전한 후, 공심리액터(그림1의 L)를 통하여 방전할 경우, 발생하는 공진전류의 크기는 전류측정용 Shunt를 이용하였으며, 공진전류가 리액터에 흐르는 동안 발생하는 자속밀도의 값은 WALKER MG-3D 제품을 이용하여 축방향(B_{axial}) 성분만을 측정하였다. 코일에서 50cm 떨어진 측정위치 2에서의 측정결과를 그림 3에 나타내었다.

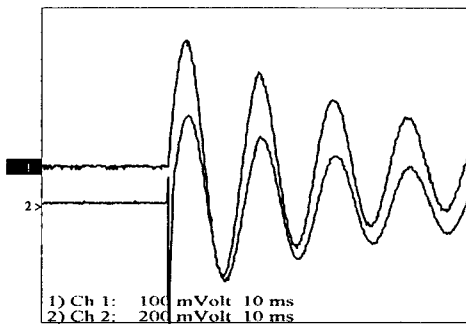


그림 3 전류크기에 따른 자장의 세기

그림 3의 결과에서 Ch1의 파형은 리액터에 흐르는 전류의 파형을 보여주고 있으며, ch2는 측정된 자속밀도의 세기를 보여주고 있다. 측정결과 중에서 최고치에 대한 결과만을 정리하면 전류의 1차 피크값은 50.3kA 이고, 이때 해당되는 자속의 세기는 440[G]이다.

모든 측정위치에서 전류의 피크치 50.3kA에 대한 자속밀도의 세기를 그림 5에 나타내었다.

그림 2의 수치해석 형상을 이용하여 자장해석을 수행하였다. 해석조건은 입력전류의 크기를 50.3kA로 설정하였으며, 계산시간을 고려하여 Magnetostatic 해석모드를

이용하였다. 측정위치 1,2,3 및 측정위치 4,5,6에서 계산된 자속밀도의 값을 그림 4에 나타내었다.

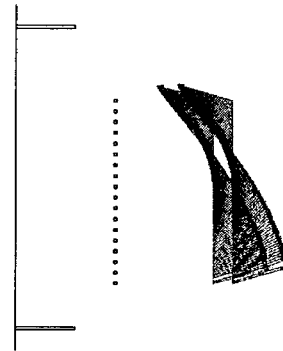


그림 4 자속밀도의 세기

그림 4의 해석결과로부터 측정결과와 동일한 조건에 해당하는 값을 계산하여 정리하면 그림 5와 같다.

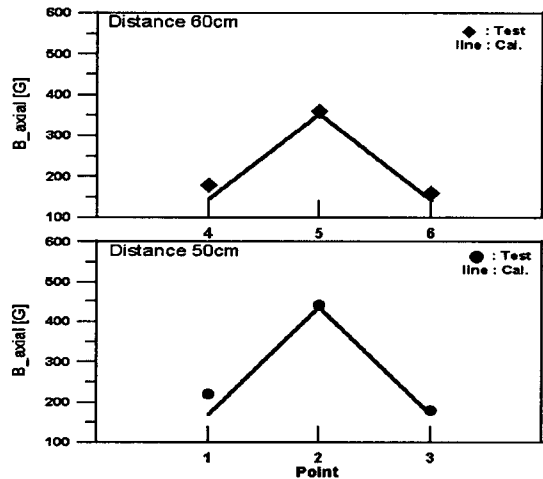


그림 5 측정결과와 해석결과 비교

코일의 중심부에서는 해석결과와 시험결과 값이 일치하고 있지만, 코일의 상부나 하부로 이동하면서 값에 차이가 발생하고 있음을 알 수 있다. 특히 리액터의 상부보다는 하부에서 값의 차이가 커짐을 알 수 있는데, 이는 리액터의 코일을 지지하는 지지구조물의 형상에 의한 것으로 판단된다.

측정결과와 해석결과에 대한 결과를 비교하여 보면 해석형상에 대한 타당성을 검증할 수 있을 것으로 판단된다.

2.4 자장차폐를 위한 차폐형상 선정

공심리액터의 외부에 발생하는 자장을 차폐하기 위한 해석형상은 리액터 코일의 단자대의 절연성을 고려하여 그림 6과 같이 리액터 코일의 영역만을 선정하였다. 차

폐매질의 위치는 리액터 코일에서 40cm 떨어져 있으며, 차폐영역의 두께는 유한요소의 해석결과에 대한 정확도를 향상시키기 위하여 두께를 20mm로 설정하였다.

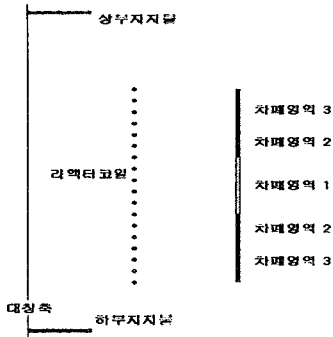


그림 6 자장차폐를 위한 해석형상

수치해석을 위한 입력조건은 실험조건과 동일한 조건을 이용하였으며, 차폐매질의 비투자율의 값은 1000을 입력하여 계산하였다.

차폐영역 1,2,3에 강자성체가 위치하는 경우 코일에서부터 50cm 떨어진 위치에서의 자속밀도의 세기를 정리하면 그림 7과 같으며, 코일 60cm 떨어진 위치에서의 자속밀도의 세기를 정리하면 그림 8과 같다.

그림 7과 8에서 알 수 있듯이 차폐영역 1,2,3에 자성체가 위치함에 따라 자속밀도의 세기가 최소 50[G]까지 감소하는 것을 볼 수 있다.

다음으로 차폐영역 1,2,3에 자성체가 존재하는 경우 자성체 내부에서의 자속밀도의 값을 정리하면 그림 9와 같다. 자성체 내부에서의 자속밀도의 세기는 최대 2.9[T]의 값을 가진다. 그러므로 차폐영역을 설치하기 위해서는 자속밀도의 세기가 최대 3[T]이어도 포화되지 않는 특성을 지니고 있어야 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 공심리액터 주위의 설비가 리액터에 의하여 발생한 자장으로부터 받는 영향을 감소시키기 위한 자장차폐의 연구내용을 정리하였다. 자장차폐를 위한 매질은 자속밀도 3[T]에서도 포화되지 않아야 한다는 결론을 얻었다. 직류전류에 대한 조건으로 수치해석을 수행하였으므로 차폐매질의 포화특성에 대한 값이 문제가 야기될 것으로 판단된다. 자속밀도에 대한 값은 코일에서의 떨어진 거리를 더욱 멀리하거나 비선형 교류해석을 수행함으로써 공심리액터에서 발생하는 자장을 차폐할 수 있을 것으로 판단된다.

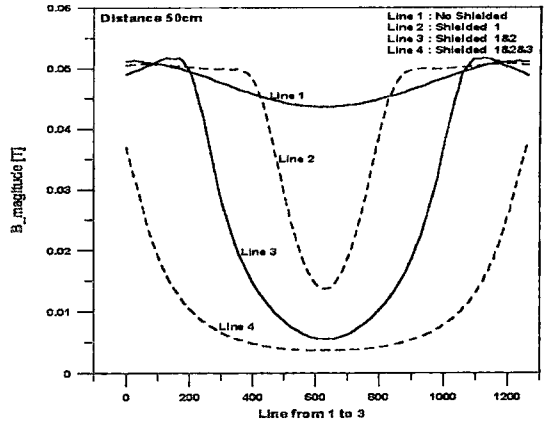


그림 7 자속밀도의 세기 (50cm)

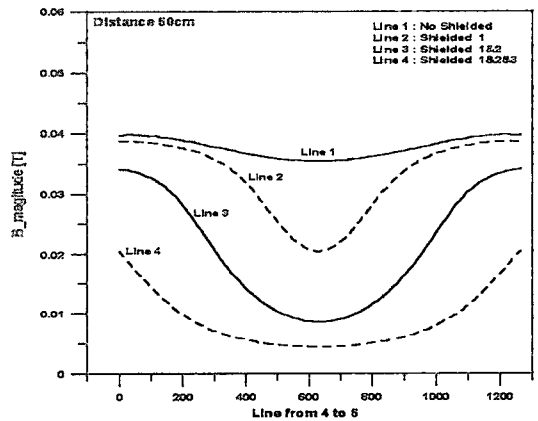


그림 8 자속밀도의 세기 (60cm)

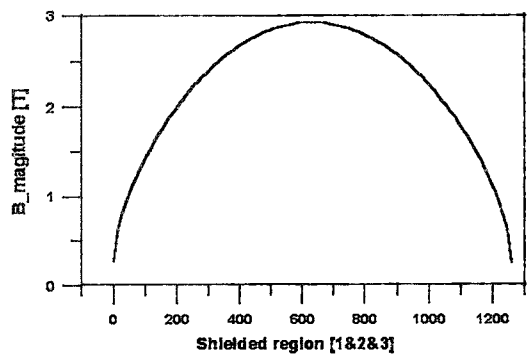


그림 9 자성체 내부에서의 자속밀도