

로타리아크 차단부에서의 자계특성

정진교, 신영준, 박경엽, 장기찬
한국전기연구원 소재장치연구팀

Magnetic Characteristics of the Rotary-Arc Model Interrupter

J. K. Chong, Y. J. Shin, K. Y. Park, K. C. Chang
Switchgear Research Team, Korea Electrotechnology Research Institute

ABSTRACT: In this paper, the principle of the magnetic flux generation which influences the magnitude of the arc rotation in the interrupter of rotary arc type gas circuit breaker(GCB) is explained. The several factors making the phase difference between arc current and generated flux are analyzed and used to design and manufacture the rotary arc type model GCB. The magnetic flux density is calculated for the model GCB and the calculated result compared with that of the measured one.

1. 서론

배전급차단기에 주로 이용된 소호방식은 파퍼식과 진공방식이었으나 1980년대부터 이들 차단방식의 단점을 보완한 자력소호차단기가 개발되기 시작하였으며, 자력소호 배전급차단기의 소호방식으로 로타리아크식이 많이 채택되고 있다.

로타리 소호방식의 가스차단부를 구성하고 있는 주요 부품으로는 자계발생용인 구동코일, 전류와 자계사이의 위상차 조절용인 단락환, 아크가 회전하는 부분인 아크 런너, 고정접점 및 가동접점 등이 있다. 구동코일에 차단전류 즉, 아크전류가 흐르면 자속이 발생하고 이 자속과 쇄교하는 도체인 부품에는 유도전압이 발생하여 와전류가 흐르게 되며, 이 와전류에 의해 또다른 자속이 발생하게 된다. 소호부내의 총자속의 크기와 위상은 부품의 재질 및 형상에 따라 변하며, 아크에 작용하여 회전력을 발생하여 아크를 냉각시켜 소호하게 된다.

따라서, 본 논문에서는 교류아크를 소호하는데 결정적인 영향을 미치는 아크전류와 자속간의 위상차 발생에 대한 정확한 원리를 정립하고, 위상차에 영향을 미치는 몇가지 요인에 대해 전산해석적으로 분석하며, 그 결과를 토대로 모델차단부를 설계·제작하고 실험적으로 측정한 결과를 제시한다.

2. 로타리아크 소호원리 및 자계특성

2.1 소호원리

로타리아크 소호방식의 차단부를 구성하고 있는 주요부품은 그림 1과 같이 자계발생용 구동코일, 자속과 전류사이의 위상차조절용 단락환, 아크가 회전하는 부분인 아크런너, 고정접점 및 가동접점 등이 있다.

그림 1의 로타리아크 소호부에서 가동접점과 고정접점이 접촉되어 정상전류를 통전하는 중, 고장이 발생하여 차단동작을 시작하면, 가동접점이 중심축을 따라 움직이며 가동접점과

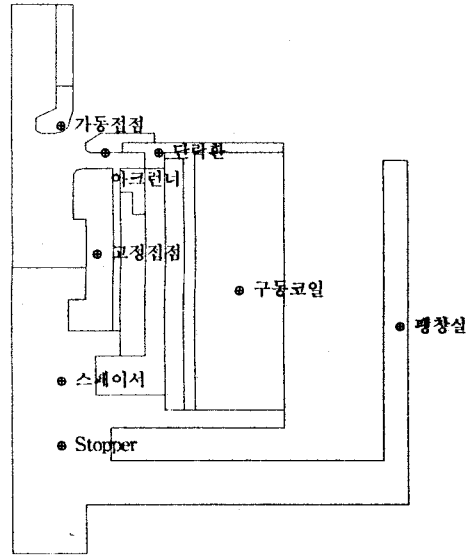


그림 1 로타리아크 소호부의 구조

고정접점이 전기적으로 분리 되는 개극점에서부터 두 접점사이에 아크가 발생한다. 가동접점이 고정접점과 점차로 멀어지면서 아크는 고정접점에서 아크런너쪽으로 전이되고, 아크전류는 가동접점에서 시작하여 아크런너, 단락환, 구동코일을 통하여 흐른다.(설계에 따라 아크전류 일부만 흐르게 하는 경우도 있다.) 따라서 구동코일에 의해 발생한 자속은 아크에 회전력을 주면서 다른 부품과 쇄교한다. 그 결과 와전류가 발생하고 또다른 자속을 발생시킨다.

아크에 작용하는 힘 F 는 식(1)과 같은 로렌츠식에 의해 결정된다.

$$\vec{F} = I \times \vec{B} \quad (1)$$

여기서 I 는 아크전류이며, B 는 아크에 작용하는 자속밀도를 나타낸다. 실제 회전력은 아크에 수직성분자속에 의해 발생하므로 소호부 구조가 이 성분의 자속을 최대로 발생하게끔 설계하여야 한다. 교류아크에서는 전류영점에서 소호되므로 아크전류 영점직전에 회전력을 크게할 필요가 있다. 따라

서 아크전류와 자속간의 위상차가 존재한다면 효과적으로 아크를 소호할 수 있다.

2.2 자계특성

그림 1의 로타리아크 소호부에서 자계특성은 그림 2의 벡터와 같다. 그림 2에서 아크전류 i_1 은 구동코일에 흐르며 이 아크전류에 의해 그와 동상인 ψ_1 이 발생한다. 이 ψ_1 은 단락환에 전압 e_2 를 유기하고 단락환의 전류 i_2 는 단락환의 형상

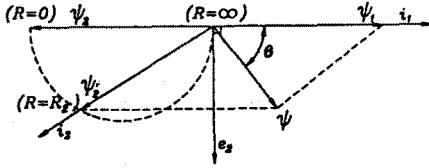


그림 2 벡터도

과 제철에 따라 크기와 위상이 결정된다. 단락환의 형상과 제철이 결정되면 단락환의 전류 i_2 가 결정되고, 이 전류에 의해 그와 동상의 자속 ψ_2 가 발생한다. 따라서 아크의 회전력에 작용하는 자속은 ψ_1 과 ψ_2 의 합성분인 총자속 ψ 가 된다. 합성자속은 공간에 따라 크기가 다르지만 실제 아크가 존재하는 부분의 자속의 크기와 위상을 적절히 설정할 필요가 있다.

3. 모델소호부의 해석 및 측정

3.1 모델소호부의 해석

구동코일의 위상차 특성을 알아보기 위하여 전자계해석용 프로그램인 FLUX-2D를 이용하여 구동코일에 대한 자계해석을 실시하였다. 그림 3, 4, 5는 로타리아크 소호부의 구동코일 내경 부분의 부품의 제철 및 형상을 변경시켜 해석한 결과로 구동코일의 전류와 아크런너의 내경 선단부분의 자속밀도를 나타내는 그림이다. 결과로부터 형상과 제철이 변하면 자속의 크기와 위상이 변하는 것을 알 수 있다.

그림 6은 해석결과를 토대로 복합소호형 자력소호차단기에 이용할 수 있게 설계된 로타리아크 소호부에 대하여 해석한 결과를 나타낸다. 그림 6의 전류는 구동코일의 전류이며, 자속은 반경 5mm, 아크런너 선단에서 2mm 상부의 축방향자속 밀도성분을 나타낸다. 그림 7은 구동코일의 전류 첫영점직전(시간=8.2ms)에서 등자속선 해석결과를 나타낸다. 만약 이 시점에서 아크가 가동접점과 아크런너사이에 있다면 아크에 작용하는 자속의 크기와 방향을 그림 8에 나타내었다.

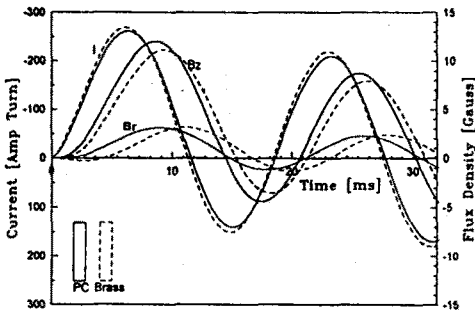


그림 3 제철에 대한 해석결과

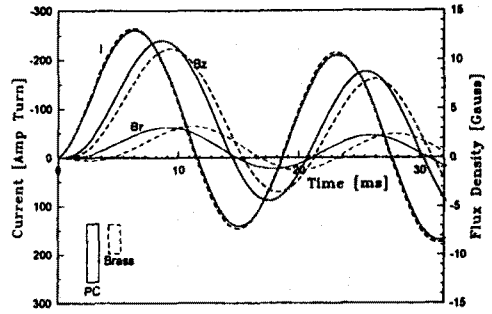


그림 4 형상에 대한 해석결과(Brass 길이 0.5pu)

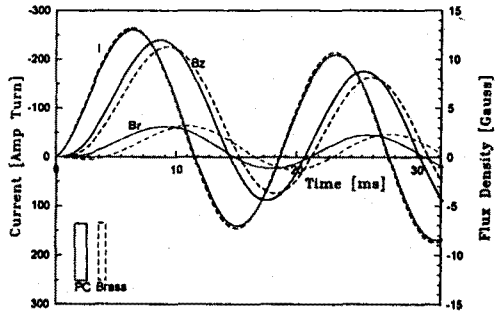


그림 5 형상에 대한 해석결과(Brass 두께 0.5pu)

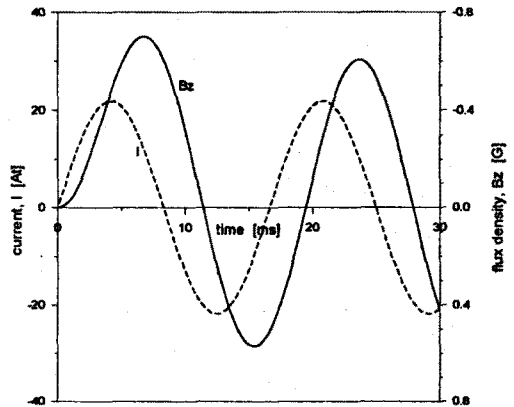


그림 6 모델소호부의 해석결과

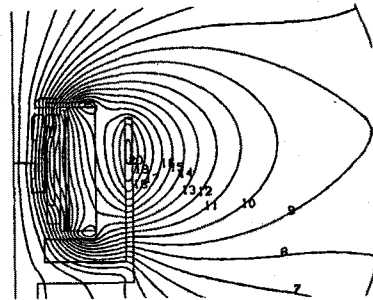


그림 7 첫 영점직전의 등자속분포 해석결과(시간 8.2ms)

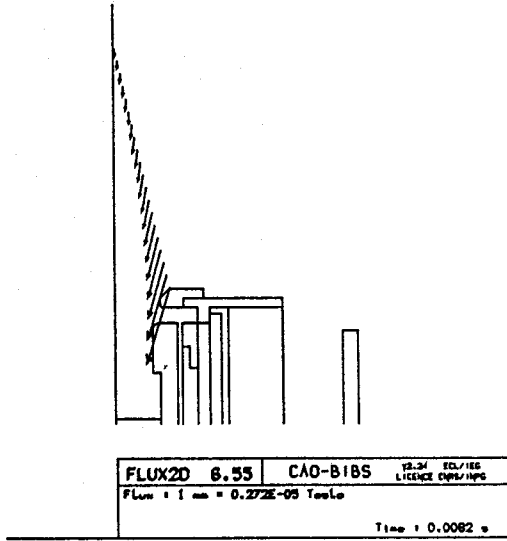


그림 8 첫 영점직전의 아크에 작용하는 자속 백터도

3.2 모델소호부의 자계측정

제작된 모델소호부의 자계특성을 확인하기 위하여 실험을 실시한 결과, 반경 5mm, 아크러너 선단에서 2mm상부의 축방향자속밀도치와 구동코일의 전류 파형을 그림 9에 나타내었다. 그림 9의 CH1의 파형은 구동코일에 흐르는 전류에 해당하는 것으로서 shunt(2.9mΩ)에 걸리는 전압이고 CH2의 파형은 축방향자속밀도 파형(100G일때 1V)이다.

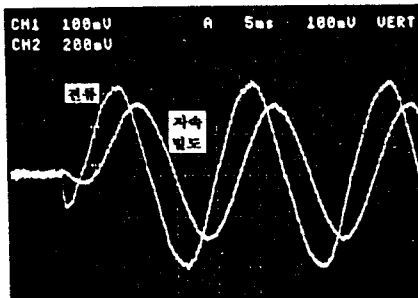


그림 9 모델소호부의 자속밀도 측정결과

3.3 비교분석

설계·제작된 로타리아크 소호부에 대하여 해석치와 설계치의 비교표는 표 1에 나타내었다.

표 1. 해석치와 실험치의 비교

구분	결과	전류 [A]	위상차 [도]	자속밀도 [G]	1[A]당 자속밀도치 [G/A]
실험치		56.4	60.0	23.8	0.412
계산치		1.0	62.2	0.407	0.407

실험치와 계산치의 오차는 위상차가 약 5%, 자속밀도치가 1%로 나타났으며 이는 계산치와 실험치간의 결과는 잘 일치함을 나타낸다.

4. 결론

본 연구는 로타리아크 소호방식을 이용한 가스차단기의 핵심부분이 되는 구동코일에서의 전류와 자속간의 위상차 발생에 대한 원리를 설명하였고 구동코일의 위상차에 영향을 미치는 여러가지 요인들에 대하여 분석한 후, 이 결과를 토대로 설계·제작한 모델차단부의 자속을 측정하여 실험적으로 검증하였다. 로타리아크 소호방식에서 아크 회전에 결정적인 영향을 미치는 아크에 수직성분이 아크전류 영점직전에 발생함이 해석적으로 검증되었다.

측정값과 계산값의 결과를 비교하면 자속에 있어서는 거의 같은 값으로 계산되는 반면에 전류와 자속간의 위상차에 있어서 약간의 차이를 보이고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 기준으로 로타리아크 차단부에 요구되는 자속밀도 및 위상차의 특성을 가지는 구동코일을 설계·제작하는 것이 가능할 것으로 생각된다.

본 연구는 과학기술처의 출연기관 연구과제 95NA61로 수행한 연구내용중의 일부임을 밝히며, 본 연구용 모델차단부를 제작해 주신 (주)진광의 관계자에게 감사드립니다.

참고문헌

- [1] 신영준 외 6인, "자력소호 가스차단기의 국산화기술연구", 2차년도 최종보고서, 제2장, 1994년 9월
- [2] A. Greenwood, "Electrical Transient in Power Systems", Wiley-Interscience Pub., John Wley & Sons, Inc 1991
- [3] 武本安生, 渡邊治男, "로타리 아크 레커", 安川電氣, No. 4, 제 37호, 동권 제 144호, 1973.