

## 7.2kV급 로타리아크 소호방식을 이용한 SF<sub>6</sub>가스 전자접촉기 개발연구

장기찬, 정진교, 신영준, 김귀식\*, 김진기\*  
한국전기연구소, (주)진광

### Development of 7.2kV SF<sub>6</sub> Gas Electromagnetic Contactor Using Rotary Arc Method

K. C. Chang, J. K. Chong, Y. J. Shin, K. S. Kim\*, J. K. Kim\*  
KERI, \*Jin Kwang Co.

**Abstract** - In this paper, a development of the 7.2kV class SF<sub>6</sub> gas electromagnetic contactor which is used a rotary-arc principle in interrupting method is presented. A prototype contactor is made. In the interrupting small current permanent-magnet is used and in the interrupting high current the coil through which arc current itself flows is used. Successfully the prototype contactor carries out the making, the braking and short time test.

#### 1. 서 론

전기에너지 배분에서 최종적인 부하개폐용으로 사용하는 고압전자접촉기에 대하여 고신뢰성, 저써어지형, 저구동력, 소형경량화 등을 수요자가 요구하여 왔다. 이 요구와 더불어 1973년에 SF<sub>6</sub>가스를 소호매질로 이용한 로타리아크 소호방식의 고압전자접촉기가 최초로 제품화되었으며, 그 이후 계속 연구개발하여 1980년대초 영구자석을 추가한 로타리아크 소호방식의 고압전자접촉기가 일본에서 최초로 개발되었다. 현재 유럽 및 일본에서 생산되어 전세계적으로 널리 사용되고 있으며 연구개발이 한창 진행중이다.

SF<sub>6</sub>가스를 소호매질로 채용한 로타리아크 소호방식은 접점개리에 필요한 힘만이 소요되며 아크전류에 의해 발생한 에너지를 아크소호에 이용하는 방식으로서 소전류 및 대전류 영역에서 아크소호에 필요한 적당한 소호력을 발생시킬 수 있다. 따라서 기존의 진공접촉기에서 전류차단시 영전류부근에서 전류재단에 의하여 발생하는 개폐서어지는 로타리아크 소호방식에서 거의 발생하지 않는 장점을 지니고 있다.

본 연구에서는 로타리아크 소호방식을 이용한, 정격전압 7.2kV, 정격차단전류 4.0kA, 정격전류 200A의 SF<sub>6</sub>가스 전자접촉기의 시작품을 설계·제작하고, 제작된 시작품에 대하여 당연구소 단락시

험설비를 이용하여 차단성능, 차단전류용량, 투입성능, 단시간시험과 고전압절연시험을 실시하여 시작품의 성능을 검증한다.

#### 2. 로타리아크 소호원리

일반적으로 교류차단기의 아크에 단위길이당 다음과 같은 에너지평형식이 성립된다.

$$\Delta t \frac{dQ}{dt} + N = P \quad (1)$$

여기서,  $\Delta t$ 는 미소시간이며, Q는  $\Delta t$  동안 아크에 축적된 에너지, N은  $\Delta t$  동안 아크로부터 빠져나가는 방산에너지, P는  $\Delta t$  동안 아크에 주입되는 에너지이다.

에너지평형식에 의하면 차단성공여부는 교류아크전류가 영점을 향하는 과정에서 주입에너지 P보다 열방산에너지 N이 크게 되고, 축적에너지 Q를 억제할 수 있는 상황일 때에 관계된다. 방산에너지를 크게 하는 통상적인 방법은 단열팽창냉각법, 열전도냉각법, 전하입자확산법 등이 있으며, 로타리아크 소호방식은 이 방법중 열전도냉각법을 이용하는 방식이다. 기존의 puffer방식에서는 고정된 아크주위에 SF<sub>6</sub>가스의 유동이 있어 아크를 냉각시키지만, 로타리아크 소호방식에서는 정체된 SF<sub>6</sub>가스 내에서 아크가 회전하여 냉각되는 방식이다. 정체된 SF<sub>6</sub>가스 내에서 다음 식(2)의 로랜즈힘에 의해 아크를 회전시킨다.

$$\vec{F} = \vec{I} \times \vec{B} \quad (2)$$

여기서,  $\vec{F}$ 는 아크가 받는 힘,  $\vec{B}$ 는 아크주변의 자속밀도,  $\vec{I}$ 는 아크전류이다.

따라서 아크는 SF<sub>6</sub>가스내에서 회전력을 받고 회전을 한다. 아크가 회전하면 주위의 SF<sub>6</sub>가스가 아크로부터 에너지를 흡수하게 되며 결국 전류영점에서 아크는 소호된다.

### 3. SF<sub>6</sub> 가스전자접촉기 설계

#### 3.1 사양

개발코자 하는 고압 SF<sub>6</sub> 가스전자접촉기의 사양은 다음과 같다

- \* 정격전압 : 7.2kV
- \* 정격전류 : 200A
- \* 정격차단전류 : 4.0kA
- \* 정격가스충진압력 : 2bar(SF<sub>6</sub> 가스)

#### 3.2 모델전자접촉기 설계

고압가스전자접촉기는 소호부, 통전부, 구동부, 용기부로 구성되어 있다. 소호부에서 소전류와 정격전류는 영구자석에 의한 자계로 아크를 회전시켜 차단하고 정격차단전류의 대전류는 구동코일에 아크전류를 통전시켜 큰 자계를 형성하여 차단하는 구조로 설계를 진행하였다. 또한 구동부는 스프링과 전자석으로 구성하였으며 전자석은 투입 및 유지용으로 이용하고 스프링은 투입될 때 압축되어 그 에너지를 이용하여 접점을 개리하는 구조로 설계하였다. 설계된 모델전자접촉기의 도면이 그림 3.1에 나타나 있다.

그리고 모델소호부의 핵심부품인 소호부의 과도전자계해석 결과를 그림 3.2에 나타내었다. 그림 3.2의 해석결과에서 전류(I)는 아크전류로 아크구동코일에 흐르는 전류치이며 이는 정격차단전류로 해석할 때에 입력으로 사용되었다. 또한 그림 3.2에서 Bz로 표시되어 있는 자속은 해석결과로 구동코일에서 발생한 것과 단락환에 유기된 맴돌이전류에 의하여 발생한 것이다. 이 자속은 아크를 회전시키는 요인으로 작용하고 아크전류와 위상차를 갖는 것이 중요하다.

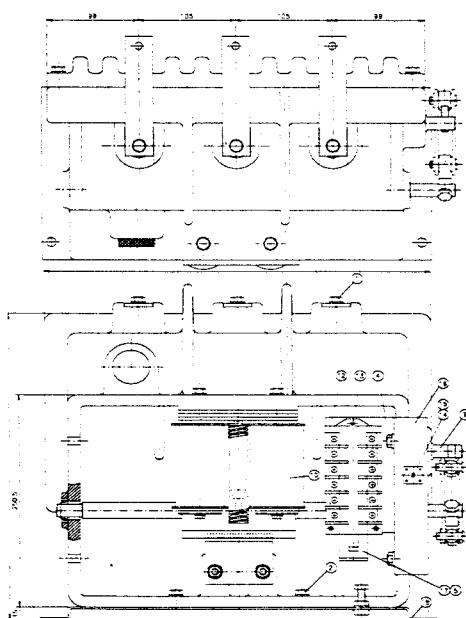


그림 3.1 모델가스 전자접촉기 도면

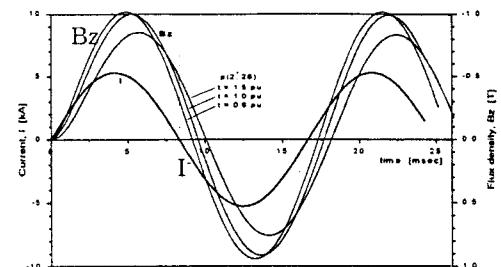


그림 3.2 소호부 자계해석결과

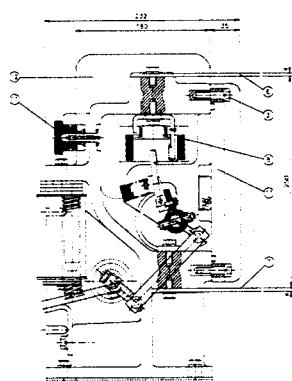
#### 4. 대전력 및 고전압 특성

고압전자접촉기 시작품 제작에 앞서 개발한 모델소호부를 간이차단성능 평가설비를 이용하여 대전력 단락차단시험을 실시한 결과를 표 1에 나타내었다. 그리고 정격차단전류인 4.0kA에 대한 모델소호부의 전압·전류 과형을 그림 3.3에 나타내었다.

표 1. 모델소호부의 실험결

순 번	차단 전류 [kA]	아크 시간 [ms]	과도회복전압(TRV)				차단여부
			U <sub>c</sub> [kV]	t <sub>3</sub> [μs]	t <sub>d</sub> [μs]	rrv [kV/μs]	
C1	4.07	10.5	12.2	80.0	6.0	0.14	차단성공
C2	5.00	11.5	13.1	80.0	6.0	0.15	차단성공
C3	6.06	11.3	13.1	80.0	6.0	0.15	차단실패
C4	4.14	9.16	12.2	80.0	6.0	0.14	차단성공
C5	4.18	7.26	12.2	80.0	6.0	0.14	차단성공
C6	3.92	7.25	12.2	80.0	6.0	0.14	차단성공
C7	3.92	6.50	12.2	80.0	6.0	0.14	차단실패
C8	3.15	13.8	16.9	80.0	6.0	0.20	차단실패
	4.0		12.4	104	-	0.118	IEC 632-1

이상과 같이 차단성능이 확인된 모델소호부를 그림 3.1에 나타난 도면의 전자접촉기를 제작하여 단연구소가보유한 단락발전기를 이용하여 JEM1167의 규격에 명시된 폐로전류용량시험, 차단전류용량시험, 단락차단전류시험, 단시간시험 및 고전압 절연시험을 수행하고 그결과를 표 2에 나타내었다.



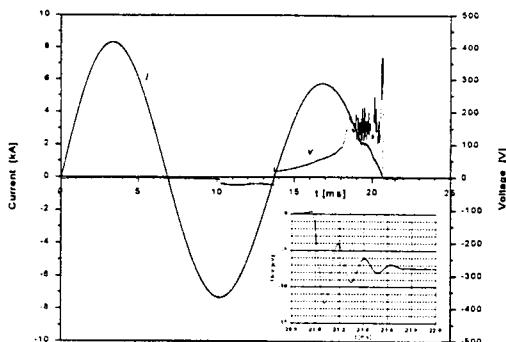


그림 3.3 차단성공시(C1) 전압·전류 과정

표 2 시험 결과

구분	항목	규격치	결과	비고
대전력시험	투입전류 용량시험	10I <sub>e</sub> , 1.1U <sub>e</sub> , pf=0.35이하	성공(110회)	100회
	차단 전류 최소	0.1I <sub>e</sub> , 1.1U <sub>e</sub> , pf=0.15이하	차단성공 (25회)	각 CO 25회씩
	용량 시험	8.0I <sub>e</sub> , 1.1U <sub>e</sub> , pf=0.35이하	차단성공 (25회)	
	단락차단 전류시험	4.0kA, pf=0.30이하	차단성공 (5.3kA 차단성공)	0-2분-CO
고전압시험	단시간 시험	4.0kA (0.5초이상)	성공 4.0kA, 0.517초	초기피크 8.0kA
	뇌충	대지간 45kV	양호	JEM1225적용
	격내	상간 45kV	양호	
	전압	극간 45kV	양호	
상용주파	상간	대지간 16kV	양호	JEM1225적용
	주파	상간 16kV	양호	
	전압	극간 25kV	양호	

\* 적용규격 : JEM1167 I<sub>e</sub> : 정격전류

U<sub>e</sub> : 정격사용전압

pf = cos φ (역률)

차단시험시 인가 과도회복전압

u<sub>c</sub>=12.6kV, t<sub>3</sub>=104.6μs, t<sub>d</sub>=2.8μs, mrv=0.12kV/μs

### 3. 결 론

로타리아크 소호방식을 이용한, 정격전압 7.2kV, 정격차단전류 4.0kA의 SF<sub>6</sub>가스 전자접촉기의 시작품을 설계, 제작후 JEM1167에 규정된 폐로 전류용량시험, 차단전류용량시험, 단락차단전류시험, 단시간시험 및 고전압시험을 수행한 결과 문제점이 없는 것으로 판명 되었고 정격차단전류보다 큰 5kA도 차단하는 것으로 판명되었다. 따라서 본 설계치로 가스전자접촉기를 제작하여 상용화하는데 문제점이 없는 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- [1] G.R. Jones, D.R. Turner, J. Spencer, D. Chen and J. Parry, "Factors affecting the performance and properties of an SF<sub>6</sub> rotary arc interrupter," 2nd Int'l Conf. Devel. Dist. Switching, Publ. No.261, 1986, pp1-5
- [2] L. Keinert, K. Ragaller and D. Poole, "Service experience with, and development of SF<sub>6</sub> gas circuit-breakers employing the self-extinguishing principle," Int'l Conf. Elec. Dist., 1981, pp36-40

본 연구는 한국전력공사 지원 생산기반기술과제로 수행한 연구결과입니다.