

## Estimation of Interruption Capability of a Serial-Hybrid Type Model Gas Circuit Breaker

宋基東<sup>†</sup> · 鄭鎮敎<sup>\*</sup> · 朴敬燁<sup>\*\*</sup>

(Ki-Dong Song · Jin-Kyo Chong · Kyong-Yop Park)

**Abstract** - This paper presents the interruption capability of serial-hybrid type GCB (gas circuit breaker) compared with that of puffer type. First a puffer type model interrupter which has the stroke length of 80 mm has been designed and manufactured. And also, a serial-hybrid type interrupter which has the same design parameters as the puffer type interrupter except the serially arranged thermal-expansion chamber and puffer cylinder has been fabricated. Using a simplified synthetic test facility, the critical interruption capabilities of the two GCBs have been estimated. The critical di/dt, the critical dV/dt of ITRV (initial transient recovery voltage) and the minimum arcing time of the puffer type model GCB were 10.7 A/ $\mu$ s, 5.5 kV/ $\mu$ s, and 15.0 ms respectively. In the case of serial-hybrid type model GCB, each of the values was 16.6 A/ $\mu$ s, 11.5 kV/ $\mu$ s and 13.0 ms. As a conclusion of this work, it has been quantitatively confirmed that the hybrid type interrupter can obtain the sufficient interruption capability at the operating force which is so low that puffer type interrupter has not the interruption capability.

**Key Words** : Serial-hybrid, Puffer, Thermal-expansion Chamber, Critical di/dt, Ratio of Rise of Recovery Voltage dV/dt.

### 1. 서 론

현재 기준에 사용되고 있는 초고압 가스차단기(GCB: gas circuit breaker)는 대부분 퍼퍼형(puffer type) 소호방식의 가스 차단기이다. 퍼퍼형 소호방식은 차단동작에 있어서 대단히 큰 조작력이 요구된다. 따라서 큰 조작력을 낼 수 있는 유압(hydraulic mechanism) 또는 공압(pneumatic mechanism)방식의 조작기를 사용하고 있다. 그러나 유지보수, 환경문제, 소음, 경제성 등의 이유로 유압 또는 공압 방식의 조작기는 점차 배척되고 있으며, 일부 선진국에서는 토양오염을 근거로 유압 조작기를 사용하는 차단기에 대해서는 수입을 금지하고 있다. 이에 대응하기 위해 현재 전동스프링 또는 모터 구동(motor drive)형 조작기의 개발이 활발히 진행되고 있다.

그러나, 전동스프링 또는 모터 구동형 조작기가 유지보수, 환경문제, 소음 등에 있어서 장점을 가지고는 있지만, 메카니즘 특성상 기존의 유압 또는 공압 방식의 조작기에 비해 조작력이 훨씬 떨어지는 단점을 가지고 있다. 따라서 큰 조작력 또는 빠른 개극속도(opening speed)를 요구하는 순수 퍼퍼 소호방식에 전동스프링 또는 모터 구동형 조작기를 적용하는 것이 대단히 어려운 일이 되었다[1].

이러한 문제를 극복하기 위해 아크 자체의 에너지를 아크 소화에 필요한 압력상승을 일으키는 데 이용함으로써 조작력의 부담을 덜어주는 자력소호방식(self-extinguishing type)이 초고압 가스차단기에 채용되었다[2]. 하지만, 순수 자력소호방식은 전류크기가 작은 경우 즉, 소전류 차단성능에 단점을 가지게 되었다. 이를 보강하기 위해 작은 체적의 퍼퍼 실린더를 병용하는 즉, 소전류 차단은 퍼퍼 실린더가 담당하고 대전류 차단은 열팽창실이 담당하는 일명 “복합소호방식(hybrid extinguishing type)” 차단부가 고안되었다[3]. 현재 이러한 복합소호형 차단부에 전동스프링 또는 모터 구동형 조작기를 사용하는 초고압 가스차단기의 개발이 국내·외적으로 큰 관심을 끌고 있다.

국내에서의 초고압 복합소호형 차단부 개발은 현재 시작 단계에 있다. 따라서 복합소호형 차단부 개발에 필요한 설계 변수는 물론이거니와, 작은 조작력에서 복합소호형 차단부가 어느 정도의 차단성능을 가지는지, 차단성능을 가진다면 기존의 퍼퍼형 가스차단기와 비교하여 대등한 차단성능을 가질 수는 있는지, 또는 어느 형태의 복합소호 차단부가 가장 좋은 차단성능을 가지는지 등에 대한 해답을 제시할 수 없는 실정이다. 만약 이러한 문제에 대해정량적인 결과가 제공될 수 있다면, 복합소호형 차단부 설계가 훨씬 용이해 질 것이며, 새로운 복합소호형 차단기개발의 시금석이 될 것이다. 이것이 본 연구의 동기이다.

우선, 기존의 퍼퍼형 가스차단기와 동일한 형태의 모델 차단기를 설계, 제작하였다. 그리고 현재 선진국에서 가장 많이 사용되고 있고, 현재 국내에서 이제 개발이 시작된 열팽창실(thermal expansion chamber)과 퍼퍼실(puffer cylinder)이 직렬로 배열된(본 논문에서는 “직렬(serial)-복합소호형”이라

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 韓國電氣研究院 責任研究員

E-mail : kdsong@keri.re.kr

<sup>\*</sup> 正會員 : 韓國電氣研究院 先任研究員

<sup>\*\*</sup> 正會員 : 韓國電氣研究院 責任研究員 Group長

接受日字 : 2004年 6月 21日

最終完了 : 2004年 7月 30日

칭함) 가스차단기를 설계, 제작하였다. 본 논문에서는 이들 두 차단기의 차단성능을 정량적으로 비교한 결과를 우선적으로 제시한다. 그리고 향후, 새로운 형태의 복합소호 차단기의 차단성능에 대해, 본 연구결과와 관련하여 비교/분석한 결과를 제시할 것이다.

2. 차단기의 설계/제작 및 차단 메카니즘

그림 1과 2는 각각 본 연구에서 설계/제작된 퍼퍼형 가스 차단부와 직렬-복합소호형 가스차단부를 나타낸다.

직렬-복합소호형 가스차단부에는 열팽창 실이 퍼퍼 실린더와 직렬로 배치된 것 이외에는, 퍼퍼 실린더 용적, 노즐형상 및 재질, 아크 접점 형상 및 재질, 조작력, 스트로크(stroke) 길이 등 모든 설계변수가 동일하다. 노즐의 재질은 PTFE 95%+BN 5%의 강화 테플론이며, 아크접점의 전류용량은 차단전류 25 kA<sub>rms</sub>를 기준으로 설계하였다.

아크 에너지에 대한 압력 변화를 측정하기 위해 퍼퍼 실린더와 열팽창 실에 각각 압력센서(Kistler 601A, piezo type)를 취부하였다.

의 b), c)). 이렇게 발생된 아크는 퍼퍼 실린더에서 압축된 가스가 제1 노즐로 분사되면서 소호되고(그림 1의 d)), 전류 차단 직후 극간에는 과도회복전압(TRV: transient recovery voltage)이 인가되고, 차단기가 잘 설계되어 극간의 절연성능이 우수하여 전압에 견디게 되면 차단에 성공하게 되고, 그렇지 않은 경우는 차단 실패하게 된다. 폐로상태에서 개로완료 상태(그림 1의 e))까지의 과정은 거의 대부분 30 ms이내의 짧은 시간에 이루어진다. 이처럼 퍼퍼형 가스차단기의 차단성능은 차단과정에서 기계적으로 이루어지는 퍼퍼 실린더 내의 가스 압력상승에 따라 결정된다. 따라서 차단성능을 확보 또는 향상시키기 위해서는 큰 조작력으로 매우 빠른 속도로 퍼퍼 실린더를 압축해야 한다. 이러한 요구조건 때문에 퍼퍼형 가스차단기는 조작력이 큰 조작기가 필요하다. 또한 조작기는 압축과정에서 발생하는 퍼퍼 실린더내의 압력상승에 의한 반발력뿐만 아니라, 노즐 상류장에서 팽창된 SF<sub>6</sub> 열가스(그림 1의 c))가 퍼퍼 실린더 내로 역류하여 일으키는 반발력도 부담해야 한다. 이러한 이유로 인하여 퍼퍼형 가스 차단기에 있어서는, 조작기의 조작력이 반발력보다 작을 경우에는 차단기가 역진행할 수 있어 차단성능에 매우 치명적인 영향을 초래할 수 있다.

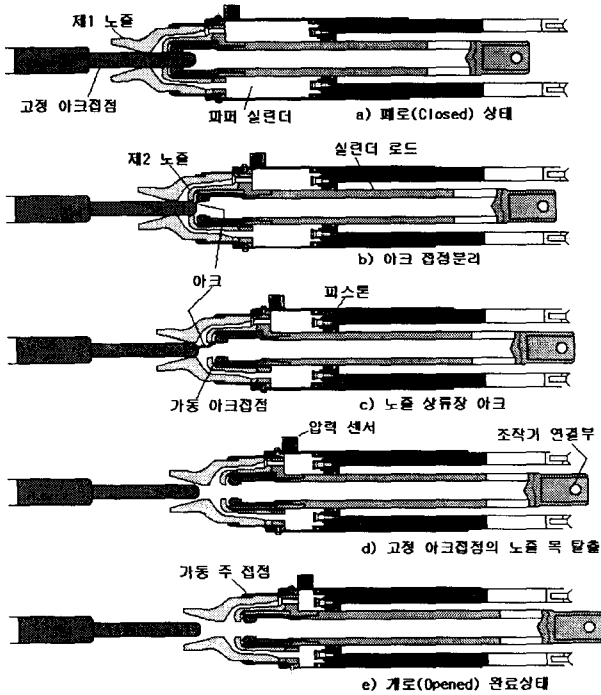


그림 1 퍼퍼형 가스 차단부  
 Fig. 1 Typical puffer type gas interrupter.

퍼퍼형 가스차단기의 차단동작은 다음과 같다. 폐로상태(그림 1 a))에 있던 차단기가 개로신호(open signal)를 받게 되면, 조작기는 조작기 연결부를 통해 가동부(즉, 제1 노즐, 제2 노즐, 가동 아크접점, 퍼퍼 실린더 등)를 그림 1 기준으로 좌에서 우로 스트로크가 끝날 때까지 잡아당기게 된다(그림 3 참조). 이 과정에서 퍼퍼 실린더 내의 SF<sub>6</sub> 가스는 압축되고, 아크 접점이 분리되면서 아크가 발생하게 된다(그림 1

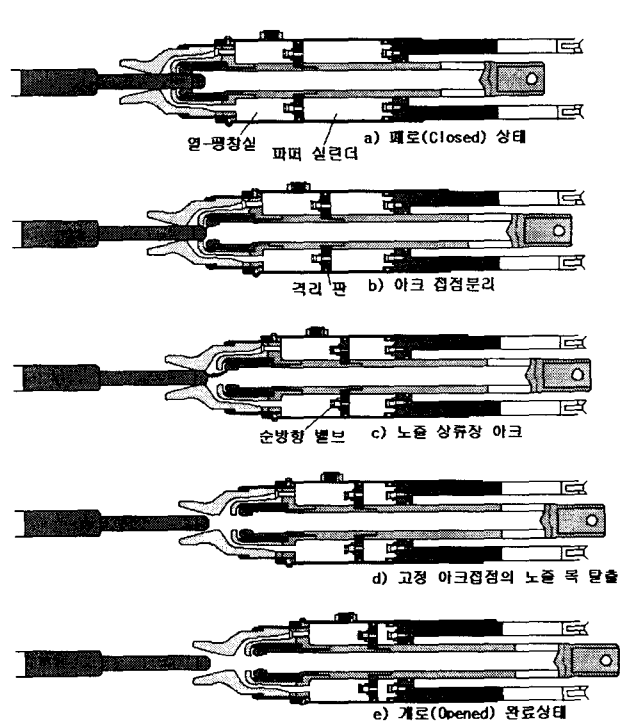


그림 2 직렬-복합소호형 가스차단부  
 Fig. 2 Serial-hybrid type interrupter.

직렬-복합소호형 가스차단기의 차단동작은 다음과 같은 특징을 가진다. 마찬가지로 폐로상태에(그림 1 b))에 있던 차단기가 개로신호를 받게 되면 조작기는 가동부를 그림 2의 좌에서 우로 잡아당기게 된다. 아크접점이 분리되면서 아크가 발생한다(그림 b), c)). 이 때 아크에 의해 팽창된 노즐 상류장의 열가스는 열팽창실로 역류하여 팽창실의 압력을 상

승시킨다. 만약 팽창실의 압력상승이 퍼퍼 실린더의 기계적인 압축작용에 의한 압력상승보다 크다면, 그 압력차에 의해 격리판은 열팽창실과 퍼퍼 실린더 사이의 유로 구멍을 막게 된다. 반대의 경우는 유로 구멍이 열려 퍼퍼 실린더 내의 압축된 가스가 열팽창실과 노즐 상류장을 통해 아크로 분사된다. 열팽창실로 역류했던 열가스는 고정아크 접점이 노즐 목을 빠져 나감으로 해서 다시 노즐 상류장을 통해 아크로 분사되어 아크를 소호하게 된다. 전류차단 직후에는 과도회복 전압이 인가되고 극간의 절연성능에 따라 차단성공과 실패가 결정된다. 이처럼 직렬-복합소호형 가스차단기는 아크에너지에 의해 팽창된 열가스를 아크소호에 다시 활용하는 방법을 사용하고 있다. 하지만, 전류가 작은 경우 즉, 아크 에너지가 작은 경우는 열팽창실의 압력상승을 기대할 수 없기 때문에, 이 경우에는 퍼퍼 실린더에서 압축된 가스로 아크를 소호하게 된다. 이와 같이 복합소호형 가스차단기는 대전류 차단은 열팽창실의 압력상승을, 소전류 차단은 퍼퍼 실린더내의 압력상승을 이용하는 즉, 차단기능을 이원화시킨 특징을 가지고 있다. 따라서 복합소호형 가스차단기는 소전류 차단에 필요한 압력상승만을 기계적인 동작에 의해 얻기만 하면 되므로, 퍼퍼 실린더를 소형화할 수 있고, 그만큼 조작기의 부담을 감소시킬 수 있다.

그림 3은 조작기 위에 차단부가 설치된 것을 나타낸다. 탱크 내에는 SF<sub>6</sub> 가스가 절대기압 6.0 bar로 채워져 있다. 조작기와 차단부가 연결되는 조작 링크(link)에는 차단부의 동작특성을 파악하기 위한 회전저항 형 스트로크 센서가 설치되어 있다.

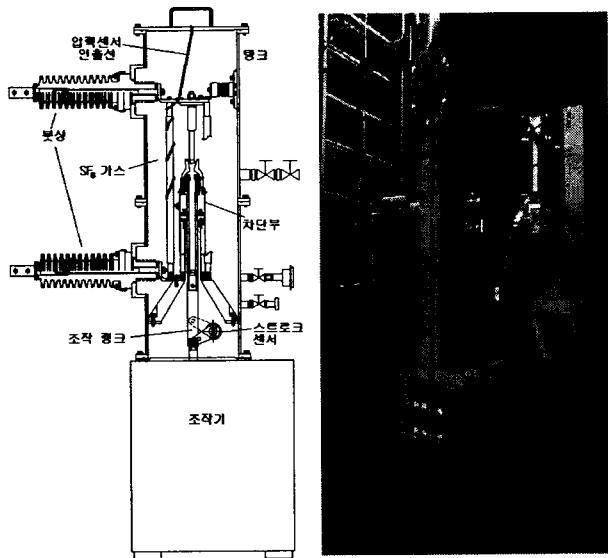


그림 3 모델 가스차단기의 구성도  
Fig. 3 Diagram of model gas circuit breaker.

조작기는 조작력을 변화시키는 것이 용이한 유압식 조작기를 설계/제작하여 사용하였다. 개로(open) 조작력은 현재 개발되어 있는 일반 전동 스프링 조작기보다 작은 약 1900 kgf로 설정되어 있다.

### 3. 차단성능 시험

각 차단기의 차단성능을 파악하기 위해 간이합성시험 설비를 이용하였고, 그림 4는 시험회로도도 나타낸다. 간이합성시험 설비의 시험법, 장·단점, 각 기기의 사양에 대해서는 참고문헌 [4], [5]를 참고하기 바란다. 그림 5는 차단성공 시의 대표적인 전압 및 전류파형을 나타낸다. 전류의 기울기 di/dt는 차단기에 가해지는 전류 스트레스의 크기 즉, 차단해야 할 전류의 크기를 나타내며, dv/dt는 차단기가 감당해야 할 전압 스트레스의 크기를 나타낸다.

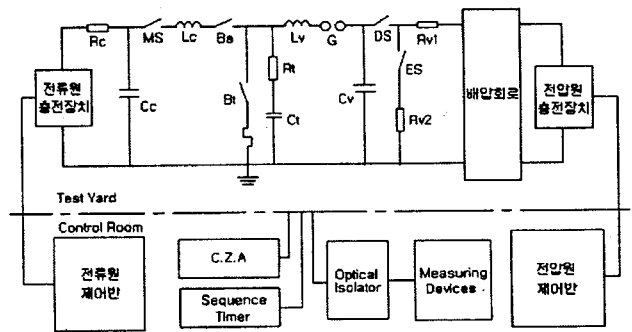


그림 4 간이합성시험 회로도  
Fig. 4 Diagram of simplified synthetic test facility.

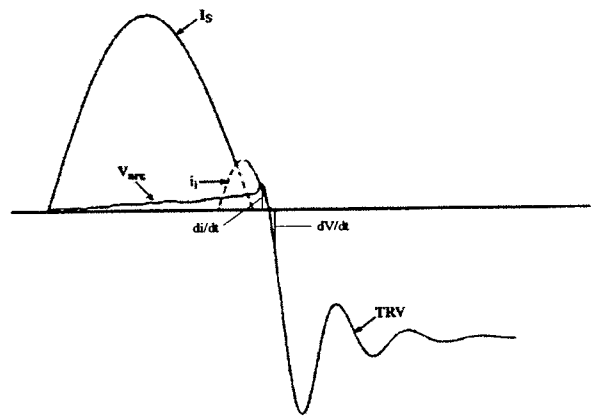


그림 5 차단성공 시의 대표적인 전압 및 전류 파형  
Fig. 5 Typical waves of voltage and current in interruption success.

차단기에 가해지는 전류 스트레스와 전압 스트레스를 동시에 증감시켜 가면서 설계, 제작된 차단기의 차단성능을 파악하였다. 즉, 그림 5의 전류 스트레스 di/dt(차단전류는 상용 주파수 60 Hz의 정현파 전류, 주입전류는 주파수 600 Hz, 크기는 1/10배)와 전류 차단 후 인가되는 전압 스트레스 즉, 과도회복전압의 초기 상승률 dv/dt를 동시에 조정하였다.

### 4. 시험결과 및 검토

그림 6은 퍼퍼형 차단기의 무부하 시의 특성을 나타낸 것이다. 퍼퍼 실린더의 무부하 상승압력은 1.2 bar이다. 개극속

도는 약 3.0 m/s이며 아크접점은 전체 스트로크 길이(80 mm)의 30% 정도에서 분리된다는 것을 알 수 있다.

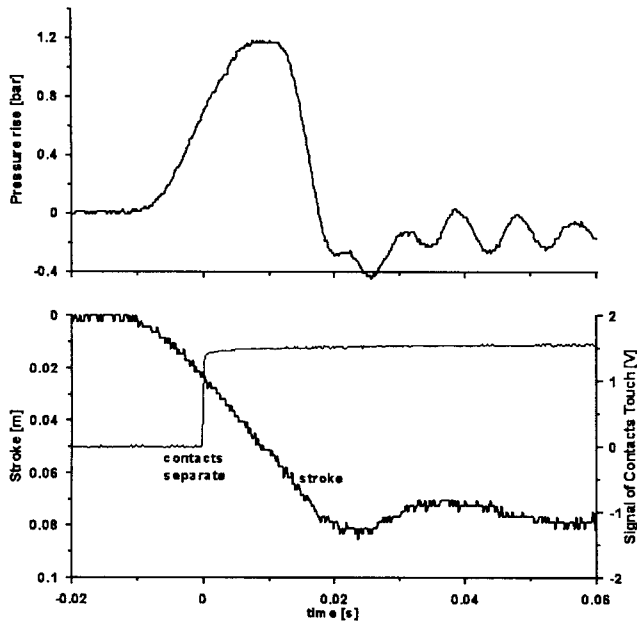
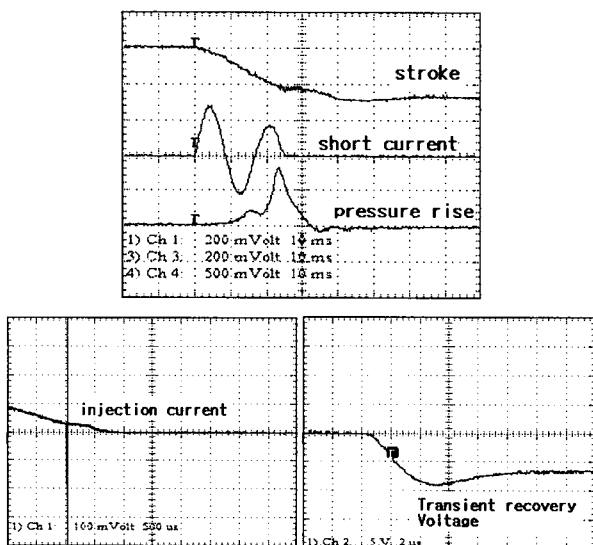
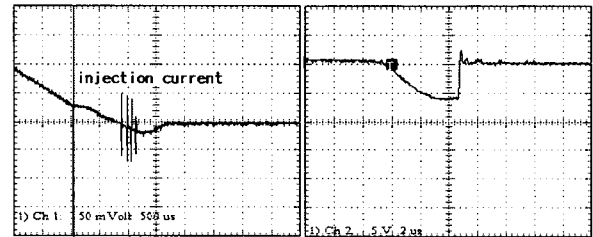
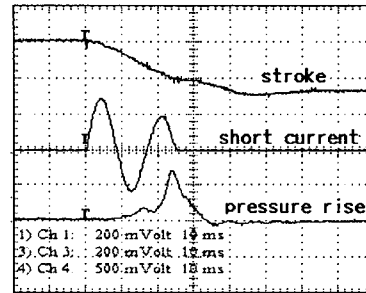


그림 6 퍼퍼형 차단기 무부하 시의 압력상승 및 동작특성  
 Fig. 6 No-load pressure rise and mechanical characteristics of puffer type model GCB.

그림 7은 차단성공과 실패 시의 측정된 파형의 한 예를 나타낸 것이다. 전류영점(current zero) 영역(그림 7 (a), (b)에서 전류(short current)가 차단된 시점)에서의 주입전류와 TRV의 time scale이 스트로크와 압력상승에 비해 대단히 작기 때문에 별도로 측정되었다. 차단성공 시에는 전류 영점에서 전류가 차단되고 동시에 TRV가 인가된다. 차단실패한 경우에는 전류영점 후에도 전류가 흐르고 따라서 TRV는 걸리지 않는다.



(a) Interruption success ( $di/dt=9.6 \text{ A}/\mu\text{s}$ ,  $dV/dt=4.9 \text{ kV}/\mu\text{s}$ , arcing time = 15.9 ms).



(b) Interruption failure ( $di/dt=10.7 \text{ A}/\mu\text{s}$ ,  $dV/dt=5.5 \text{ kV}/\mu\text{s}$ , arcing time = 14.0 ms).

그림 7 퍼퍼형 가스차단기의 차단특성의 한 예  
 Fig. 7 An example of interruption characteristics of puffer type model GCB.

그림 8은 차단성능에 절대적인 영향을 미치는 퍼퍼 실린더의 압력상승을 아크에너지,

$$E_{\text{arc}} = \int_{t_1}^{t_2} I_s V_{\text{arc}} dt$$

에 대해 나타낸 것이다. 여기서 ( $t_1-t_2$ )는 아크 시간(arc time),  $I_s$  차단전류,  $V_{\text{arc}}$ 는 아크전압이다. 퍼퍼 실린더의 압력상승이 지수 함수적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 그림 8로부터 아크에너지가 클수록 소호부 특히, 노즐 상류장의 열가스가 아크에 의해 팽창되면서 퍼퍼 실린더로 역류하는 양이 증가한다는 것을 알 수 있다. 이러한 열가스의 역류는 차단성능에 긍정적인 영향을 미치는 역할도 하지만, 그림 9에 나타낸 것과 같이 조작기에 기계적인 스트레스(mechanical stress)를 가할 수 있다. 즉,

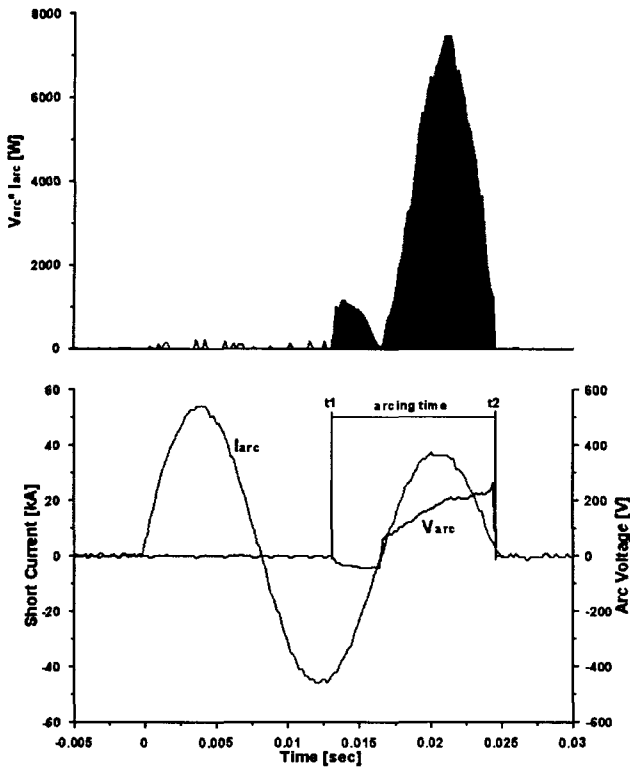
그림 9에서 아크에너지가 클수록 차단기의 개로동작에 있어서 속도변형이 크게 나타날 뿐만 아니라, 퍼퍼 실린더의 압력상승에 의한 반발력이 조작기의 조작력보다 커서 차단기가 역진행하는 경우도 나타나고 있다. 결국 이러한 스트로크 파형의 왜곡은 조작기에 손상을 줄 뿐만 아니라 차단기의 차단특성에 나쁜 영향을 줄 수 있다.

그림 10은 본 연구에서 설계, 제작된 퍼퍼형 가스차단기의 차단특성을 나타낸다. 그림 10에서 최소 아크시간(minimum arcing time)은 15.0 ms로 자연스럽게 결정되고, 주입전류 파형을 미분하여 얻어진 한계(critical) 차단전류 기울기  $di/dt$

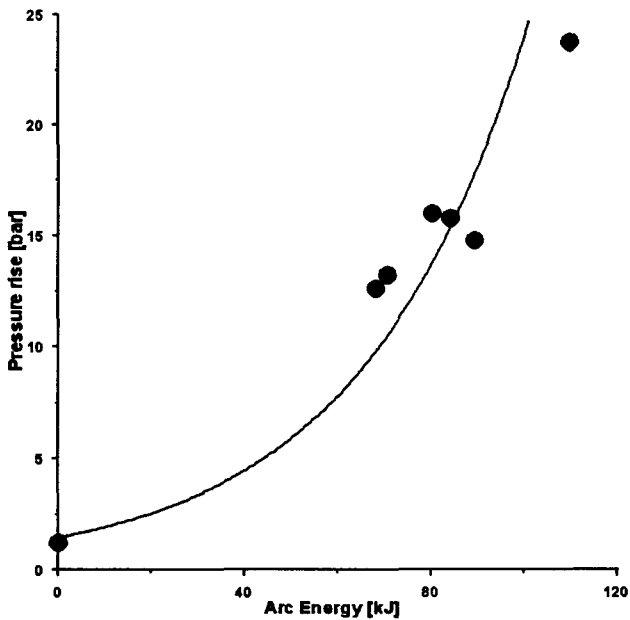
$$\left. \frac{di}{dt} \right|_{t=0} = \left( \frac{d}{dt} (\sqrt{2} I_s \sin 2\pi ft) \right)_{t=0} = \sqrt{2} 2\pi f I_s \text{ [A}/\mu\text{s}]$$

는  $10.7 \text{ A}/\mu\text{s}$ , 측정된 한계 과도회복전압의 초기 상승률

$dV/dt$ 는  $5.5 \text{ kV}/\mu\text{s}$ 라는 것을 알 수 있다.



(a) 아크에너지 계산의 예



(b) 퍼퍼 실린더의 압력상승

그림 8 아크 에너지에 대한 퍼퍼 실린더의 압력상승 변화  
Fig. 8 Variation of pressure rise in the puffer cylinder to the arc energy.

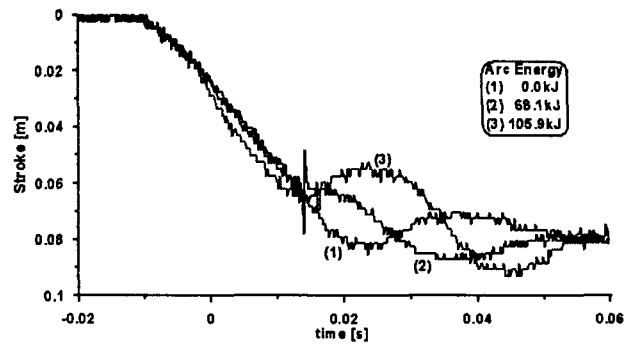


그림 9 퍼퍼형 가스차단기의 아크 에너지에 대한 스트로크의 변형

Fig. 9 Distortion of stroke curve to the arc energy in puffer type GCB.

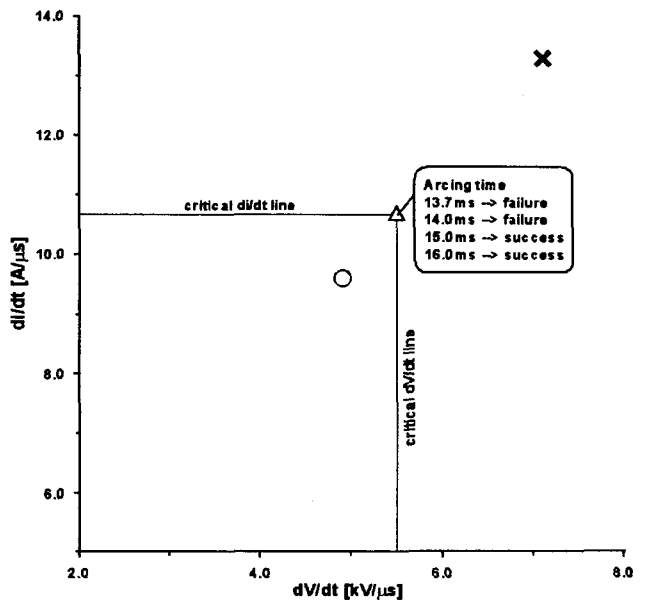


그림 10 퍼퍼형 모델 가스차단기의 한계 차단성능

Fig. 10 Critical interruption capability of puffer type model GCB.

그림 11은 직렬-복합소호형 차단부의 열팽창실 압력상승을 퍼퍼형 차단부의 퍼퍼 실린더 압력상승과 비교하여 나타낸 것이다. 열-팽창실의 압력상승은 아크에너지에 대해 퍼퍼형 차단부의 압력상승보다 급격하게 상승하고 있으며, 낮은 아크에너지로도 차단에 필요한 압력상승을 얻을 수 있는 것을 나타낸다. 따라서 짧은 아크시간 즉, 차단기에 가해지는 전기적 충격(stress)을 감소시키면서 차단성능을 효과적으로 얻을 수 있다.

그림 12는 직렬-복합소호형 차단기의 무·유부하 시의 동작특성을 나타내는 스트로크 파형이다. 동일한 조작력으로 구동시킨 퍼퍼형 차단기와 같이 역진행하는 현상이 뚜렷하지는 않지만, 열-팽창실의 압력상승에 의한 반발력으로 차단기의 개구속도가 느려지는 현상을 볼 수 있다. 따라서 조작력을 증가시키거나 열팽창실의 압력상승 반발력이 조작기에 영

향을 미치지 않도록 하는 방안이 필요하다.

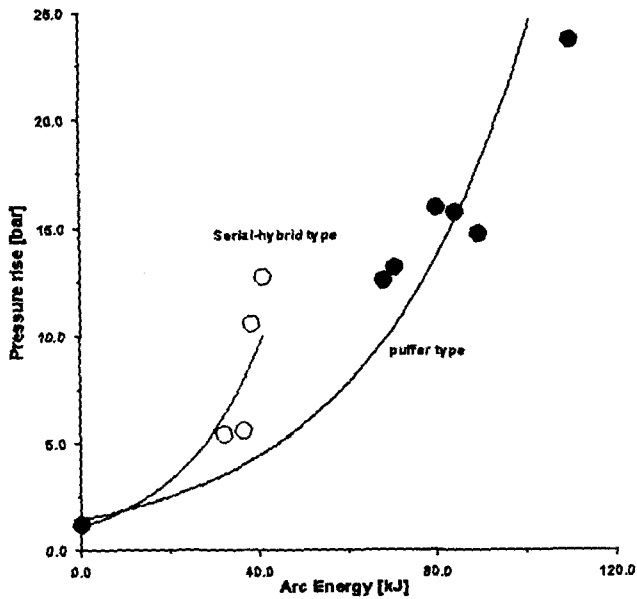


그림 11 열-팽창실과 퍼퍼 실린더에서의 압력상승 비교  
Fig. 11 Comparison of pressure rises in puffer cylinder and thermal expansion chamber.

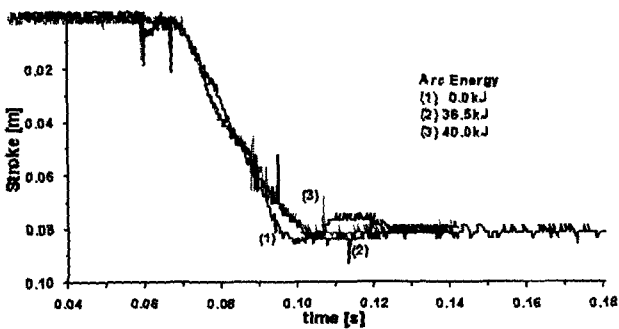


그림 12 직렬-복합소호형 차단기에서 아크에너지에 대한 스트로크 변형  
Fig. 12 Distortion of stroke curve to the arc energy in serial-hybrid type model GCB.

그림 13은 본 연구에서 설계, 제작된 직렬-복합소호형 가스차단기의 차단특성을 나타낸다. 최소 아크시간은 약 13.0 ms이고, 한계 차단전류 기울기  $di/dt$ 는 16.6 A/ $\mu$ s, 한계 과도 회복전압의 초기 상승률  $dV/dt$ 는 11.5 kV/ $\mu$ s라는 것을 알 수 있다.

최종적으로, 본 연구에서 설계, 제작된 두 차단기의 한계 차단성능을 국제규격(IEC 66307)[6]에서 정의한 차단기 용량과 비교한 것이 그림 14이다. 그림 14에서 본 연구의 차단기들은 정격용량 72.5 kV 20 kA와 145 kV 40 kA 사이에 있다는 것을 알 수 있다. 특히 직렬-복합소호형 차단기의 아크 접점의 전류용량이 25 kA로 설계되어 있는 것을 40 kA에 대한 보정설계를 수행하는 경우, 당장 145 kV 40 kA이상의 초고압 차단기에 적용할 수 있는 것으로 판단된다.

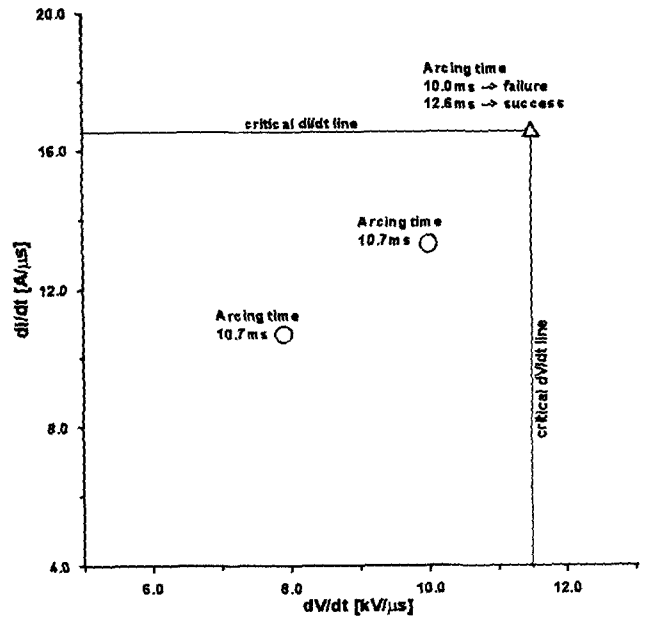


그림 13 직렬-복합소호형 모델 가스차단기의 한계 차단성능  
Fig. 13 Critical interruption capability of serial-hybrid type model GCB.

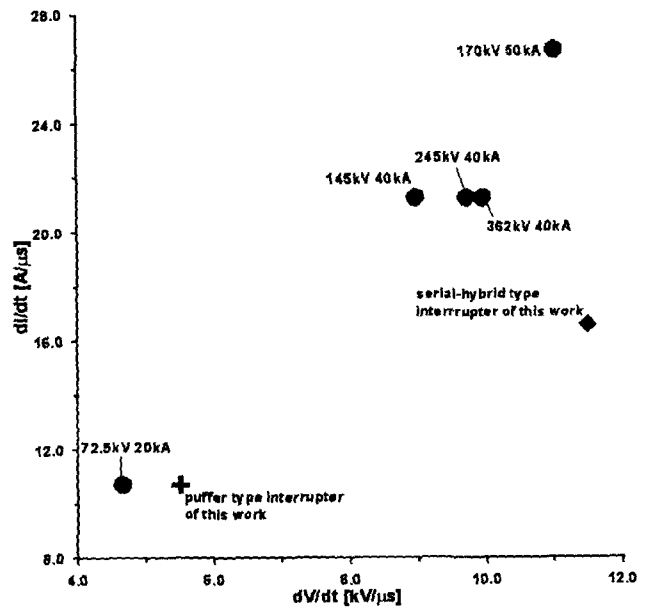


그림 14 용량별 차단성능 비교  
Fig. 14 Comparison of interruption capabilities according to GCB's capacity.

### 5. 결 론

동일한 설계변수를 가진 직렬-복합소호형 가스차단기와 퍼퍼형 가스차단기를 설계, 제작하고 동일한 조작력에서 한계 차단성능 시험을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 본 연구에서 설계 제작된 퍼퍼형 차단기의 한계 차단성능은 최소 아크시간 15.0 ms에서, 한계  $di/dt$ 는 10.7 A/ $\mu$ s, 한계  $dV/dt$ 는 5.5 kV/ $\mu$ s이었으며, 직렬-복합소호형 차단기의 경우 최소 아크시간 13.0 ms에서, 한계  $di/dt$ 는 16.6 A/ $\mu$ s, 한계  $dV/dt$ 는 11.5 kV/ $\mu$ s이었다. 특히 직렬-복합소호형 차단기의 경우, 25 kA로 설계된 아크접점의 전류용량에 대해 40 kA로 보정설계를 수행하는 경우 145 kV 40 kA 복합소호형 차단부 개발에 실제 적용할 수 있는 결과를 얻었다.
2. 퍼퍼형 가스차단부가 거의 차단성능을 가질 수 없을 만큼 낮은 조작성에서도 복합소호형 가스차단부는 충분한 차단성능을 가질 수 있다는 것을 차단성능시험을 통해 정량적으로 확인하였다.
3. 아크에너지가 큰 경우 압력상승 반발력 때문에, 퍼퍼형 차단기에서는 차단기가 역진행하는 현상이 나타났으며, 직렬-복합소호형 차단기에서는 개극속도가 느려지는 부정적인 현상이 발생하였다. 따라서 조작기에 가해지는 퍼퍼 실린더 또는 열팽창실의 압력상승 반발력을 최소화할 수 있는 차단부 설계가 필요하다는 결론을 얻었다.

### 참 고 문 헌

- [1] Ruben D. Garzon, High Voltage Circuit Breakers Design and Applications, Marcel Dekker, Inc, pp217-227, 2002.
- [2] 송기동, 박경엽 외, 25.8kV급 열팽창 분사식 차단부의 개발에 관한 연구, 과학기술부 보고서, pp I 17-26, 1995.
- [3] 송기동, 박경엽, 72.5kV 20kA 전철용 GIS 차단부 개발, 산업자원부, pp18-23, 2000.
- [4] 이우영, 박경엽, 송기동 외, 간이차단성능 평가기술 및 시스템 개발, 1997-EL02-E-41, 산업자원부, 2000.8
- [5] J. G. P. Anderson et al., "Synthetic Testing of A.C. Circuit Breakers," IEE Proc., Vol. 113, No. 4, April 1966.
- [6] IEC 62271-100, High-Voltage Alternating-Current Circuit-Breakers, 2001.

## 저 자 소 개



### 송기동(宋基東)

1963년 7월 5일생. 1988년 인하대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1990년 3월~현재 한국전기연구원 전력연구단 신전력기기연구그룹 책임연구원.

Tel : 055-280-1563, Fax : 055-280-1569

E-mail : kdsong@keri.re.kr



### 정진교(鄭鎭敎)

1967년생. 1991년 강원대 공대 전기공학과 졸업(학사). 1994년 강원대 공대 전기공학과 대학원 졸업(석사). 현재 한국전기연구원 전력연구단 신전력기기연구그룹 선임연구원.

Tel : 055-280-1564, Fax : 055-280-1589

E-mail : jkchong@keri.re.kr



### 박경엽(朴敬燁)

1957년 1월 3일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 영국 Liverpool 대학 전기공학과 졸업(공학박). 1978년 12월~1981년 5월 효성중공업(주) 전장설계부. 1981년 6월~현재 한국전기연구소 전력연구단 신전력기기연구그룹 그룹장(책임연구원).

Tel : 055-280-1561, Fax : 055-280-1589

E-mail : kypark@keri.re.kr