

800kV 차단부의 무부하 압력상승 측정

장기찬, 송기동, 정진교, 송원표*, 김정배*, 박경엽, 신영준
 한국전기연구소, 개폐장치연구팀
 *(주)효성중공업 기술연구소

Measurement of Pressure-Rise at No-Load in 800kV Model Interrupter

K. C. Chang, K.D.Song, J. K. Chung, W. P. Song*, J. B. Kim*, K. Y. Park, Y. J. Shin
 Switchgear Research Team KERI
 *Hyosung industries Co. R&D Department

ABSTRACT

The variations of cold gas properties such as density, pressure, temperature and velocity which are dependent each other are closely related with the dielectric recovery of an interrupter. So, the pressure-rises at no-load in the puffer cylinder and in front of fixed arcing contact of 800kV model interrupter were measured experimentally using pressure transducers of strain gage type and semiconductor type, respectively.

The maximum value of pressure-rise in the puffer cylinder increased almost linearly from 7.6 bar at the minimum operated pressure to 9.7 bar at the maximum operated pressure, while the pressure-rise in front of fixed arcing contact was independent with the operated pressure. The measured values will be utilized in verifying the self-developed cold flow analysis program and as an input of commercialized CFD program package.

1. 서론

차단과정에서 차단부내에 절연 및 소호매질로 충전되어 있는 SF₆가스의 과도적 특성변화는 차단현상에 아주 밀접한 관련이 있으므로 아크가 존재하는 유부하상태와 아크가 존재하지 않는 무부하상태의 특성변화를 실험적 또는 전산적으로 구하여 차단부를 설계하거나 설계성능을 확인하기 위한 데이터로 활용하고 있다[1].

유부하상태에서의 SF₆가스의 과도적 특성변화는 SLF 및 BTF의 고장전류와 같이 주로 대전류차단 직후의 열적 회복 및 고온유전적 회복에 큰 영향을 끼치며, 무부하상태에서의 특성변화는 충전전류와 같이 전상소전류의 차단후나 대전류차단후의 저온유전적 절연회복에 큰 영향을 준다[2].

아크가 존재하지 않는 상태에서의 SF₆가스의 과도적 특성 변화중에서 유동속도, 밀도, 온도, 압력 등의 변화가 특히 중요하며, 이들은 상호 종속적 관계를 가지고 있으므로 주로 압력변화를 구하여 제약을 산출하고 있다[3].

차단부내에서 노즐의 상류장 및 하류장의 유동에 큰 영향을 주는 파피실린더 내부와 저온유전적 절연회복에 큰 영향을 주는 고정접점의 선단 근처에서 압력의 변화가 특히 중요하므로 본 논문에서는 이 2곳의 압력변화를 측정하기 위한 측정방법과 측정된 과도적 압력변화의 결과를 제시한다.

2. 측정장치 및 측정방법

2.1 압력센서 및 취부방법

800kV 차단부의 무부하동작시 압력을 측정하기 위한 센서

가 갖추어야 하는 조건은 직선성, 히스테리시스성, 취부성(소형)이 좋아야 하며, 저잡음성, 고내진성, 고속응답성이어야 하고, 마이너스압을 측정할 수 있어야 한다.

이런 조건을 만족하는 압력센서 중에서 파피실린더 내부와

고정아크집점 선단의 압력변화를 측정하기 위한 센서로 각각 스트레인 게이지형(Druck사 PDCR 200)과 반도체형(Toyoda사 PSY-3)을 선정하였다. 각 센서는 차압을 측정하는 것이며, 각 센서의 취부위치는 그림 1에 나타나 있다. 그림 1에서 PS1은 파피실린더의 내부압력변화를 측정하기 위한 것이고, PS2는 고정아크집점 선단의 압력변화를 측정하기 위한 것이다. 고정아크집점에 사용된 압력센서(PSY-3)는 센서취부에 의한 집점선단의 형상변화를 최소화하기 위해 극소형이며, 이 센서의 압력측정면의 직경은 3.0mm이다. 각 압력센서의 특성을 표 1에 나타내었다.

표 1. 압력센서 특성표

Transducer Type	PDCR 200	PSY-3
Range [bar g]	60	50
Supply [Volt]	10.0	6.0
Sensitivity [mV]	150	95
Non-linearity [%]	±0.3	±7.0
Hysteresis [%]	±0.3	±2.0
Ramark	파피실린더압력 Druck사	고정아크집점 선단압력 Toyoda사

2.2 측정시스템 및 Calibration

800kV 차단부의 무부하 동작시 압력측정을 하기 위한 전체 측정시스템의 구성은 그림 2에 나타나 있다. 800kV 모델차단기의 차단부는 고압의 밀폐된 용기속에 있으므로 센서의 리이드선을 차단기의 내부와 외부로 전기적으로 연결한 단자대에 결선하여 압력센서의 출력을 모델차단기의 외부로 전달하였다. 파피실린더 내부의 압력변화를 측정하는 센서는 센서 자신이 완전한 Bridge형으로 구성되어 있어 압력센서의 출력이 평형된 상태이나, 고정아크집점 선단의 압력변화를 측정하는 센서는 센서 자신이 완전한 Bridge형으로 구성되어 있지 않아 그림 3에 나타나 있듯이 가변저항을 사용하여 외부에 별도로 평형회로를 구성하였다.

집점의 개극속도와 변위를 측정하기 위하여 LVDT형 스트로크센서를 사용하였다. 증폭기(AMP)는 필터기능을 가진 직류증폭기를 사용하였고, 100Hz의 Cut-Off 주파수를 가진 저역 통과필터를 사용하였다. 오실로스코프는 2채널의 Tektronix 2440을 사용하여 GPIB를 통하여 컴퓨터와 정보를 교환할 수 있도록 구성하였다.

압력센서는 사용하기 전에 사전 Calibration을 하여 측정 신뢰도를 높였다. 파피실린더 하부에 취부한 압력센서 PCDR 200에 대한 Calibration결과가 그림 4에 나타나 있다. 고정아크접점에 사용된 압력센서(PSY-3)는 실험성이 나쁘기 때문에 보정하여 압력으로 환산한 결과가 그림 5에 나타나 있다.

3. 무부하 압력상승 측정결과

그림 2의 측정시스템을 이용하여, 정격조작압력 $15\text{kg/cm}^2 \cdot \text{G}$ 로 동작할 때 전형적인 파피실린더 내부의 압력상승 측정 결과를 그림 6에 나타내었다. 정격조작압력일 때 파피실린더 내부의 상승압력의 최대치는 8.8bar로 개극행정이 완료되는 시점에서 나타났고, 평균개극속도는 7.71m/s 로 측정되었다. 그림 7은 조작압력의 변화에 따른 파피실린더 내부의 압력상승을 측정된 결과를 보여 준다.

정격조작압력 $15\text{kg/cm}^2 \cdot \text{G}$ 로 동작할 때의 고정아크접점 선단의 압력변화를 측정된 결과는 그림 8에 나타나 있다. 그림 8에서 스트로크는 채널 1에 상부 곡선으로 나타내었으며, 고정아크접점 선단의 압력변화는 채널 2에 하부곡선으로 나타내었으며 mV당 1bar를 표시한다.

800kV 모델차단기에서 조작압력에 따른 무부하 압력측정 결과분석을 표 2에 정리하였으며, 이 결과를 사용하여 조작압력에 대한 개극속도 및 상승압력의 최대치를 표시한 것이 그림 9 및 그림 10에 나타나 있다. 측정결과로 부터 차단기의 조작압력이 커지면 개극속도가 더 빨라지고, 따라서 파피실린더 내부의 압력상승이 더 높아지는 반면 상승압력의 최대치까지 도달하는 시간이 점점 더 감소하는 것으로 나타났다. 고정아크접점 선단의 압력측정 결과는 파피실린더 내부의 압력파형에 비하여 많은 변동이 있는 것으로 나타났으며, 그 이유는 노출하류장의 형상에 따른 영향으로 추정된다.

표 2. 800kV 모델차단기의 무부하 압력측정 결과분석

조작압력[kgf/cm ²]	12.8	13.6	15.0	16.5	
개극속도[%]	6.94	7.24	7.71	8.05	
최대 압력 상승 [bar]	실린더	7.6	8.2	8.8	9.7
	고정아크접점	4.9	6.2	4.5	5.5

4. 결론

본 연구를 통해서 800kV GIS 조작기의 조작압력을 최소조작압력부터 최대조작압력까지 변화시켜 가면서 차단부내 2곳, 즉 파피실린더 내부와 고정접점 선단 중앙부에서 아크가 없는 무부하상태의 과도적 압력변화를 측정된 결과 다음과 같은 결론에 도달할 수 있다.

- 1) 파피실린더 내부의 상승압력은 최소조작압력 $12.8\text{kg/cm}^2 \cdot \text{G}$ 에서 7.6bar, 최대조작압력 $16.5\text{kg/cm}^2 \cdot \text{G}$ 에서 9.7bar이며, 조작압력에 따라 거의 선형적으로 증가하는 경향을 나타낸다.
- 2) 파피실린더 내부의 상승압력 최대치는 개극행정이 완료되는 시점 근처에서 발생하며, 조작압력이 증가할수록 발생시점이 빨라지고 압력상승의 기울기도 증가한다.
- 3) 고정접점 선단 중앙부의 상승압력의 과도적 변화양상은 상호 유사하나 최대치는 조작압력에 거의 무관하게 4.5~6.2bar 사이의 값을 가진다.
- 4) 파피실린더 내부의 상승압력특성은 냉가스 유동해석의 초기치로 유용하게 활용될 수 있으며, 고정접점 선단 중앙부의 상승압력특성과 유동해석의 결과를 비교하여 유동해석의 유용성을 입증하는 데이터로 활용할 수 있다.
- 5) 본 연구결과는 상승압력계산용 프로그램의 비교기준으로 사용될 수 있으며, 차단시험의 결과와 비교하여 저온유전적 절연회복특성을 판단할수 있는 시금식으로 활용될 수 있다.

본 논문은 한국전력공사가 지원하는 생기반과제 95IP30으로 수행한 연구내용중의 일부입니다.

참고 문헌

- [1] "新しい世紀を迎える變電技術", 第38回 電源開閉器研究會
- [2] 박정엽, 송기동, 최영길, 신영준, 송원표, 강종호, "무부하시의 초고압 GCB의 파피실린더 내부의 압력상승 계산", 대한전기학회 하계 학술발표논문집, 1994
- [3] H. Iketa et al., "Development of Large Capacity SF₆ Gas Interrupter Chamber and its Application to GIS", IEEE Trans. on PAS, Vol. PAS-103, No. 10, Oct, 1984.

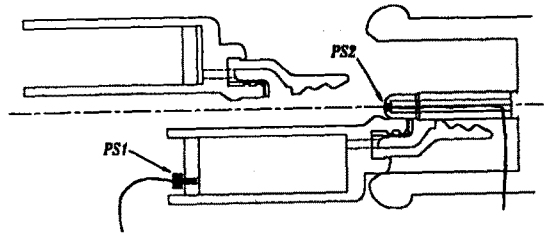


그림 1. 압력센서 취부도

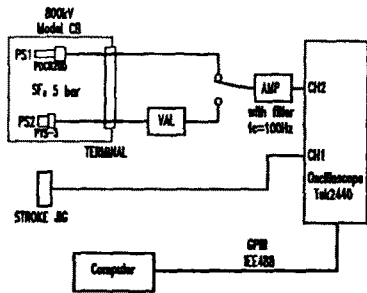


그림 2. 측정시스템 전체구성도

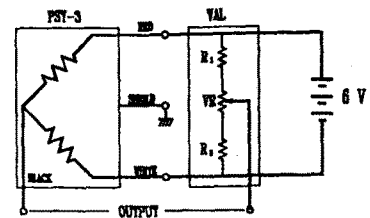


그림 3. 반도체형 압력센서의 병형상태 조정회로도

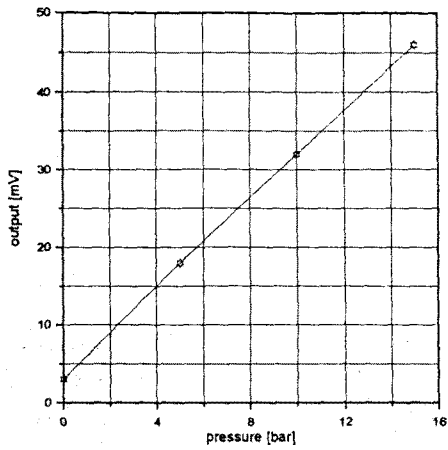


그림 4. 압력센서 PCDR 200의 압력에 대한 출력전압

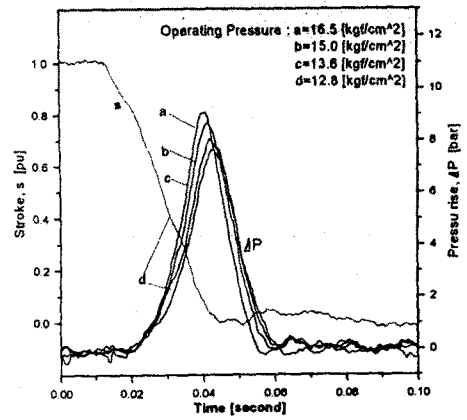


그림 7. 조작압력에 따른 파퍼실린더 내부의 압력측정 결과

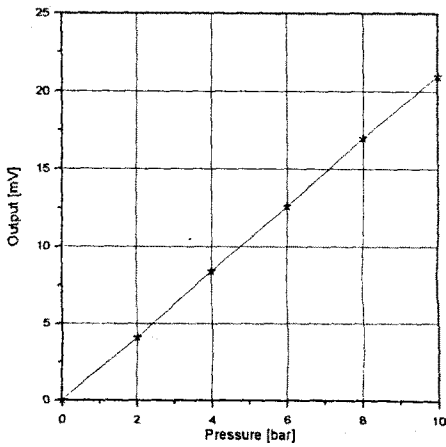


그림 5. 압력센서 PSY-3의 압력에 대한 출력전압

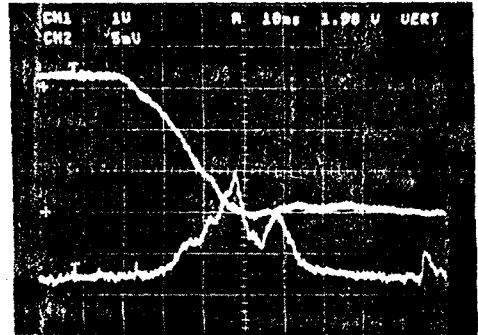


그림 8. 정적조작압력인 때 고정점점선단의 압력측정 결과

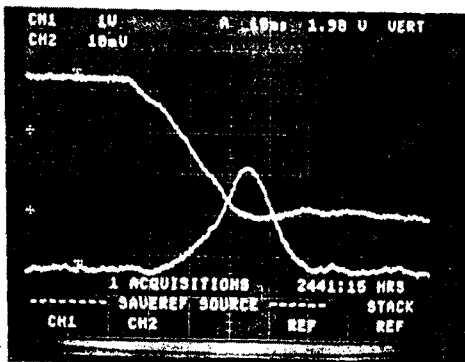


그림 6. 정적조작압력시 파퍼실린더 내부의 압력측정 결과

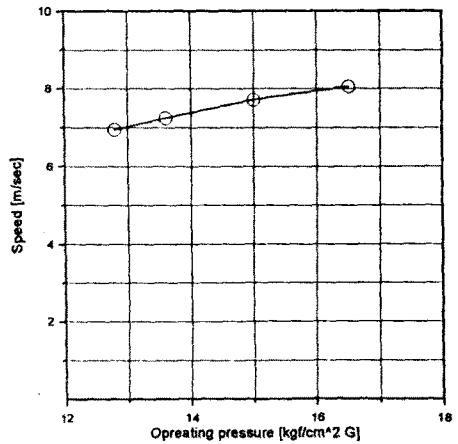


그림 9. 조작압력에 따른 계극속도의 변화

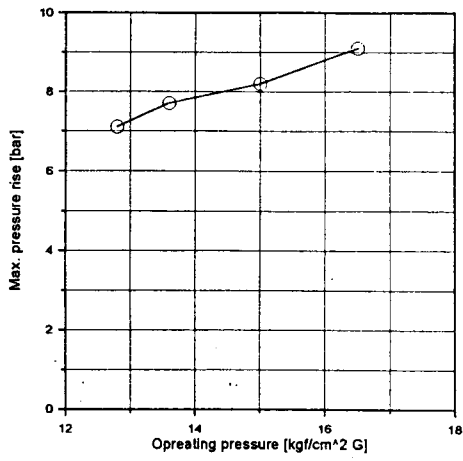


그림 10. 조작압력에 따른 최대상승압력의 변화