

Small-Gap을 이용한 가스차단기에서의 열가스 속도측정에 관한 연구

정진교, 김홍규, 송기동, 박경업
한국전기연구원 신전력기기연구그룹

A Study of Hot Gas Velocity Measurement in GCB Using Small-Gap

J.K. Chong, H.K. Kim, K.D. Song, K.Y. Park
KERI, Advanced Power Apparatus Group

Abstract – SF₆ 가스차단기를 개발하기 위해서는 차단기가 동작하는 동안에 차단기 내부에서의 유동 파라메터(압력, 밀도, 온도, 속도 등)의 값을 정확하게 분석하는 것이 매우 중요하며, 특히, 아크가 존재할 경우 열가스 이동속도에 대한 분석은 필수적이다. 본 연구에서는 small-gap 측정시스템을 이용하여 시험용차단기가 동작할 때 차단부에서 발생하는 열가스의 이동속도를 측정하기 위한 연구내용을 정리하였다.

1. 서 론

초고압 전력계통에서 고장이 발생하는 경우, 고장전류를 차단하기 위하여 일반적으로 SF₆ 가스차단기가 사용된다. 파퍼식 가스차단기는 차단기가 트립동작을 수행하는 동안에 파퍼실린더와 피스톤의 상호작용에 의하여 SF₆ 가스를 압축하게 되고 이 압축된 SF₆ 가스를 절연노즐을 통하여 아크접점 사이에서 발생한 아크에 분사하여 아크를 소호하는 구조를 가진다. 아크가 소호되면 가스차단기의 두 아크접점사이에 과도회복전압(Transient Recovery Voltage)이 인가되는데 재점호 과정없이 이 과도회복 전압을 견디어 내면 차단기는 비로소 고장전류의 차단에 성공하게 된다. 가스차단기를 개발하기 위해서는 전기적인 아크에 의하여 고온으로 가열된 SF₆ 열가스가 존재하는 소호부(노즐과 가동 및 고정아크접점부위)에 압축된 SF₆ 가스를 배출하여 열가스를 냉각시킴으로써 고장전류를 차단한 후, 아크접점 사이의 절연성능을 빠르게 회복시키는 것이 매우 중요하다.

가스차단기의 차단성능을 평가하기 위해서는 차단기의 이동하는 동안에 차단기 내부에서 변화하는 유동 파라메터(압력, 밀도, 온도, 속도 등)의 값을 정확하게 분석하는 것이 매우 중요하며, 특히, 아크가 존재할 경우 열가스 이동속도에 대한 분석은 필수적이다. 고장전류가 공급되는 유부하 조건에서는 아크에너지에 의하여 SF₆ 가스분자가 해리되면서 SF₆ 가스의 고유특성을 상실하게 되므로 수치해석을 수행하여 정확한 해를 구하는 것이 매우 어렵게 된다. 그러므로 유부하 조건에서 측정된 열가스의 이동속도와 수치해석에 의하여 계산된 해석결과를 상호 비교함으로써 해석결과에 대한 타당성을 검증할 필요가 있다.

본 연구에서는 small-gap의 방전특성을 이용한 측정시스템(이하 small-gap 측정시스템)을 이용하여 가스차단기가 트립동작을 수행하는 동안에 차단부에서 발생하

는 열가스의 이동속도를 측정하기 위한 연구내용을 정리하였다.

2. 본 론

가스차단기가 동작하는 동안에 발생하는 열가스의 속도를 측정하기 위하여 간이합성시험설비를 이용하였다. 간이합성 시험설비의 회로도는 그림 1과 같다. 시험용차단기(TCB)를 기준으로 왼쪽은 전류원 공급회로를 보여주고 있으며, 오른쪽은 전압원 공급회로를 보여주고 있다.

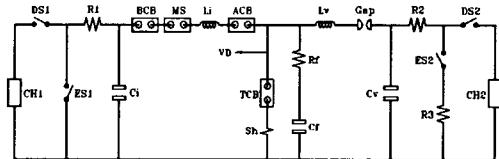


그림 1 간이합성시험설비 회로도

먼저 차단기에 시험전류를 공급하기 위한 회로를 구성하여야 한다. 이를 위해서는 간이합성시험설비의 전류원회로를 이용하였으며, 열가스 속도측정을 위한 small-gap 측정시스템^[1]의 시험전압을 공급하기 위한 전원공급회로를 위해서는 간성시험설비의 전압원회로를 이용하였다.

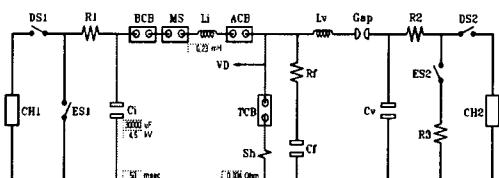


그림 2 전류원 회로해석 조건

시험전류의 주파수 및 크기를 계산하기 위하여 전류원회로에 대한 수치해석을 수행하였다. 그림 2는 전류원회로해석을 위한 회로도를 보여주고 있다. 시험전류의 주파수는 60Hz, 전류의 크기는 1.5사이클 영역에서 25kArms, 전류원 회로를 구성하는 회로의 저항의 값은

4m Ω 으로 가정하여 계산을 수행하였으며, 해석결과를 그림 3에 나타내었다. 그림 3에서와 같이 전류원 커페시터의 용량은 30,000uF, 리액터의 크기는 0.23mH로 설정할 경우, 시험전류의 주파수는 60Hz가 되며 전류원 커페시터의 충전전압을 4.5kV로 설정할 경우, 1.5사이클을 영역에 서 약 26kA rms의 값을 가지는 것을 알 수 있다.

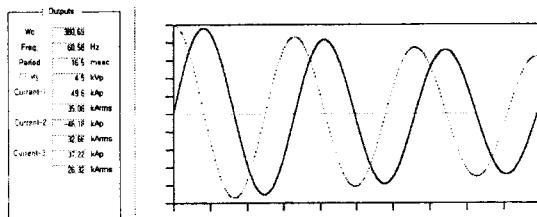


그림 3 전류원 회로해석 결과

다음으로 small-gap 측정시스템의 전원을 공급하기 위한 회로를 간이합성시험설비의 전압원 회로를 이용하여 구축하면 그림 4와 같다.

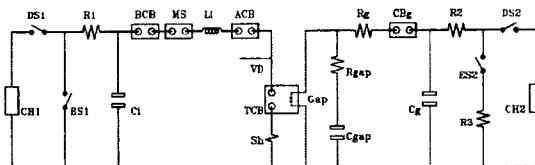


그림 4 전압원회로를 이용한 small-gap 측정시스템

회로장수 및 시험조건 그리고 SF₆ 가스압력에 따른 Small-gap의 방전특성은 참고문헌 [1]의 연구결과를 이용하였다.

가스차단기가 고장전류를 차단하는 동안에 발생하는 열가스의 이동속도를 측정하기 위하여 시험용 가스차단기의 내부 3곳에 small-gap을 설치하였다. 그림 5는 3개의 small-gap이 차단기의 내부에 설치된 형상을 보여주고 있다.



그림 5 3개의 small-gap이 차단부에 설치된 형상

그림 6은 가스차단기가 투입되어 있는 경우 파퍼식 가

스차단기의 내부구조 및 small-gap이 설치된 위치를 보여주고 있다.

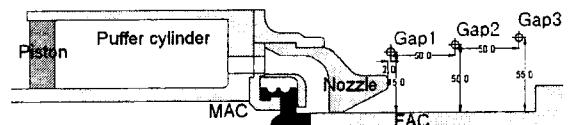


그림 6 차단부형상 및 small-gap의 설치위치

가스차단기에 트립신호가 인가되면 Puffer cylinder, 가동아크접점(MAC), Nozzle의 형상이 왼쪽으로 이동하면서 차단과정이 이루어진다. 그림 7은 열가스 속도측정을 위한 시험설비의 전경을 보여주고 있다.

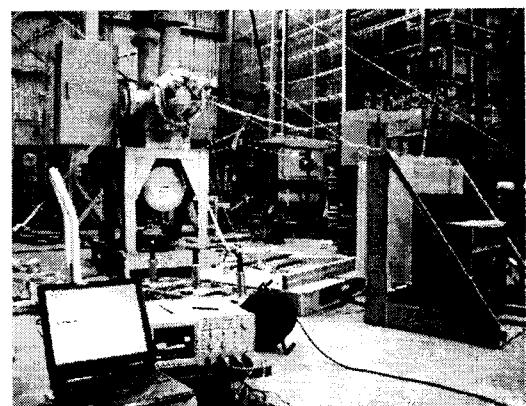


그림 7 열가스 속도측정을 위한 시험설비의 전경

전류원 콘덴서의 충전전압을 4.5kV로 설정하여 시험을 수행한 경우의 시험결과를 그림 8에 나타내었다. 아크시간 및 따른 전류의 크기를 정리하면 표 1과 같다. 수치해석의 결과와 비교하면 1차, 2차 루프에서 1kA의 오차가 발생하고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 수치해석을 위하여 가정한 전류원 회로의 회로저항 4m Ω 과 9.3ms 안 아크접점 사이에서 발생하는 아크저항에 의한 것으로 판단된다.

표 1 아크시간에 따른 시험전류조건

아크시간	최대전류 [kAmps]		
	1차	2차	3차
9.0 [msec]	36.4	31.9	26.0

다음으로 시험전류를 차단하는 동안에 발생하는 열가스의 이동속도를 측정한 결과를 그림 9에 나타내었다. 그림 9에서 볼 수 있듯이 차단과정이 일어나는 동안에 Gap1은 동작하지 않고 있음을 알 수 있다. 다음으로 Gap2의 측정결과로부터 접점이 분리된 후 8.2ms 이후에 열가스가 통과하고 있음을 알 수 있다. 다음으로 Gap3의 결과로부터 열가스가 Gap2를 통과한 후, 1.3ms 지나서 Gap3를 통과하고 있음을 알 수 있다. 즉, Gap2, Gap3의

시험결과로부터 가스차단기가 시험전류를 차단하는 동안에 발생하는 열가스는 38m/sec(50m/1.3s)의 속도로 분출되고 있음을 알 수 있다.

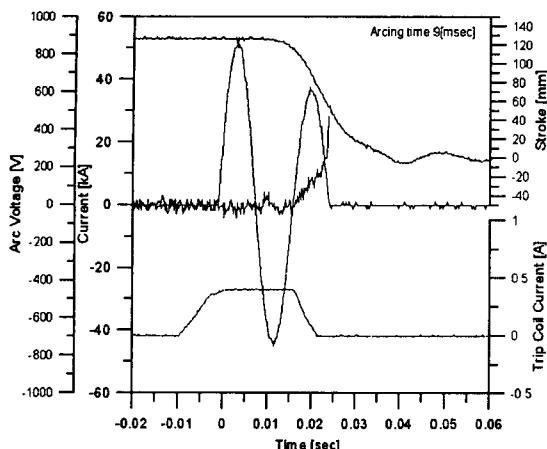
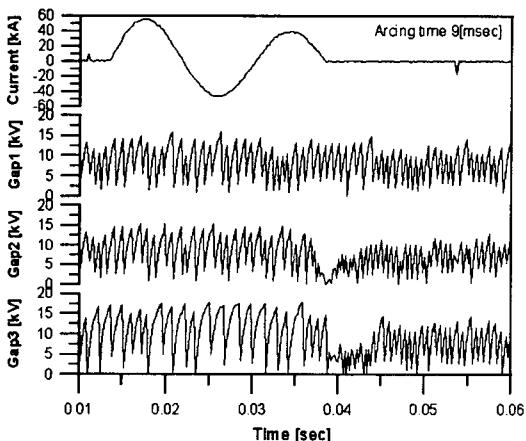


그림 8 측정결과의 예 (아크시간 9.0ms)



3. 결 론

가스차단기가 동작하는 동안에 발생하는 열가스의 이동속도를 측정하기 위하여 small-gap 측정시스템을 이용하였으며, 간이합성시험설비를 활용하여 가스차단기가 동작할 때 차단기 내부에서 발생하는 열가스의 속도를 측정하기 위한 시험설비를 구축하였다. 또한 시험용차단기의 내부 3곳에 small-gap을 설치하여 차단과정에 발생하는 열가스가 약 38m/sec로 이동하고 있음을 측정하였다. 향후, 본 연구를 통하여 구축된 시험설비를 적극적으로 활용하여 측정된 결과를 수치해석의 결과와 비교분석함으로써 수치해석의 결과에 대한 신뢰성을 향상시키고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 정진교, 김홍규, 송기동, 이우영, 박경엽 “SF₆ 가스차단기에서 가스 속도측정을 위한 Small-Gap 측정시스템에 관한 연구”, 전기학회논문지 54B권 3호 2005년 3월
- [2] T. Yoshizumi, "Hot Gas Flow Analysis IN SF6

Gas Circuit Breaker During The Short Circuit Interruption”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 4, No. 3, pp. 1757-1763, July 1989.

- [3] G.J. Cliteur, "Calculation of the Uniform Breakdown Field Strength of SF₆ Gas", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol. 5, No. 6, pp. 843-849, December 1998.
- [4] Toshiyuki Uchii, "Effects of Hot SF₆ on Post-Arc Circuit Breaker Design", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 19, No. 1, pp. 124-130, January 2004.
- [5] M. Okamoto, "COMPUTER SIMULATION PHENOMENA ASSOCIATED WITH HOT GAS IN PUFFER-TYPE GAS CIRCUIT BREAKER", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 6, No. 2, pp. 833-839, April 1991.
- [6] Yasushi Hayashi, "Investigation of Hot-Gas Flow in SF₆ Gas Circuit Breakers" IEE of Japan Power & Energy'95, pp269-274,
- [7] Yasushi Hayashi, "Diffusion Process of Hot-Gas Flow During the Short Circuit Current Interruption of SF₆ Gas Circuit Breaker", GD95, I pp390-393, Sep. 1995