



차단기의 해석기술

신영준*, 박경엽*, 송기동*, 송원표**, 민석원***

(*전기연구소 전력기기연구부 개폐장치연구팀, ** 효성중공업(주) 기술연구소, *** 순천향대 공대 전기공학과 조교수)

1. 서론

2000년대의 사회는 정보화, 자동화, 복지후생의 시대로 변모해 갈 것이며, 특히 쾌적한 환경은 조유의 관심사가 되고 있다. 중전기분야에서 경제성을 향상시키고 환경문제에 보다 능동적으로 대처하기 위해, 또한 변전소부지 확보와 지가상승에 대응하기 위해 GIS(Gas Insulated Substation)의 개발은 이미 오래 전에 시작되었다. 이러한 GIS의 구성기기 중에서 핵심기술이 집약되어 있는 것이 바로 차단기이며, 그 중 현재 사용중인 대부분의 가스차단기는 소호매질로 SF₆가스를 사용하고 있으며, 초고압계통에 있어서는 주로 파퍼형 가스차단기가 이용되고 있다.

이 형태의 GCB는 상시 일정압력으로 유지하고 있는 가스탱크내에서 개극동작시에는 피스톤과 압축실린더에 의해 SF₆가스를 고압으로 압축, 아크에 분사시켜 소호한다. 또한 차단기의 부품수도 적고, 상시 고압가스를 필요로 하지 않으며, GIS에 용이하게 적용될 수 있으므로 현재 보급되어 있는 대부분의 가스차단기는 파퍼형이다.

차단기의 개발과정은 크게 모의시험, 설계및 제작, 성능시험 3가지로 나누어 볼 수 있다. 이 중에서 모의시험은 일반적으로 해석기술에 의해 주로 이루어 지며, 차단기에 적용되는 해석기술은

- 1) 차단부 전계해석
- 2) 차단부 냉가스 유동해석
- 3) 차단부 열가스 유동해석(차단성능해석)
- 4) 차단기 동작특성해석
- 5) 차단기 응력해석 및 구조해석

으로 대별할 수 있다.

상기의 해석기술은 적용하는 해석방법에 따라 다소 차이가 있지만, 1992년부터 당 연구팀이 개발중인 800kV 40kA 4000A 차단부를 개발하는 과정에 적용한 해석수법을 중심

으로 살펴보기로 한다.

2.1 차단부 전계해석

차단부내의 전계해석은 주로 차단기의 절연설계와 형상 최적화를 위해 사용된다. 차단부에 대하여 절연설계를 행하는 경우 단시간에 정밀도가 높은 절연설계를 행할 필요가 있으며, 문제가 되는 부분에 대하여 적절한 파괴전계강도및 전계해석수법을 선택하여야 한다. 기본적인 절연설계과정을 살펴보면 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.

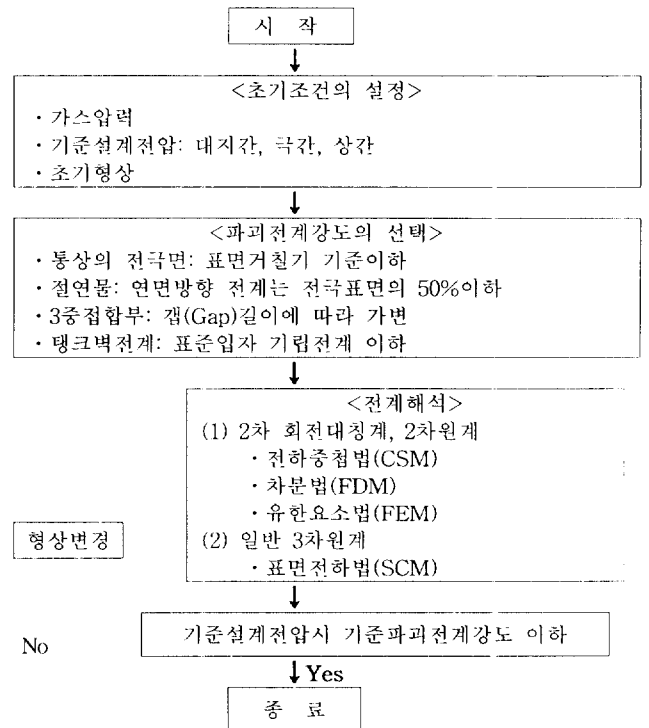


그림 1. 절연설계 과정

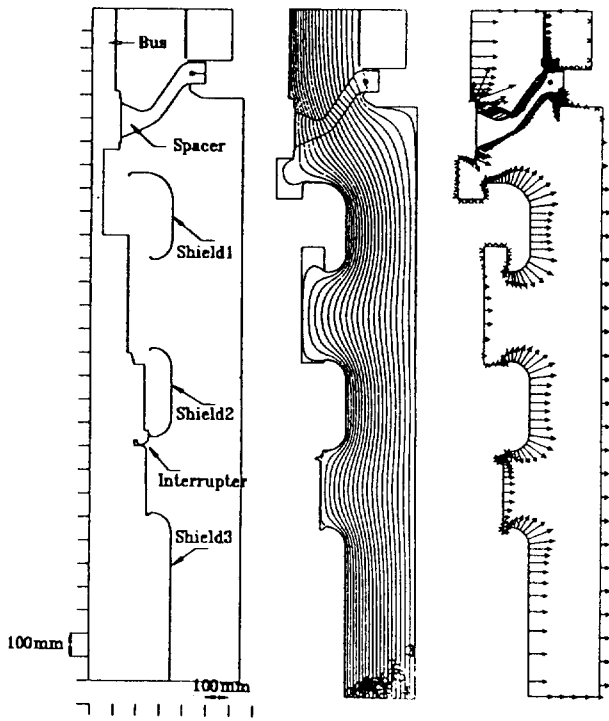
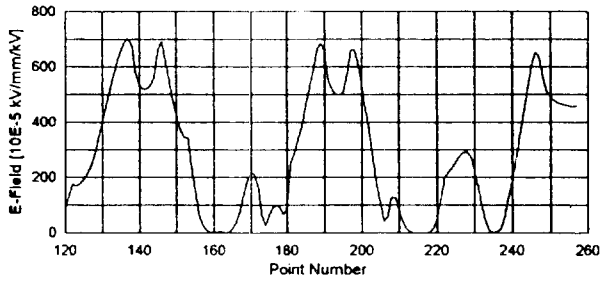
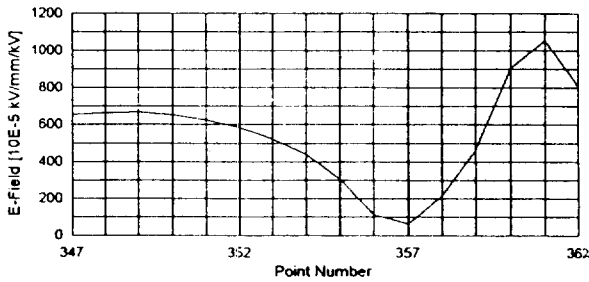


그림 2. 차단부(도체부와 탱크사이)의 전계해석



(a) 모선부와 스페이스 중심도체부



(b) 차단부

그림 3. 전계분포곡선의 한 예

GIS의 차단부는 기계적으로 매우 복잡한 구조로 구성되어 있으므로 도체부와 접지된 탱크부, 소호부의 극간에 불평등전계가 형성되어 절연과파가 발생할 가능성이 존재한다. 그림 2(a)는 차단기의 고압부와 탱크(대지)부의 절연점

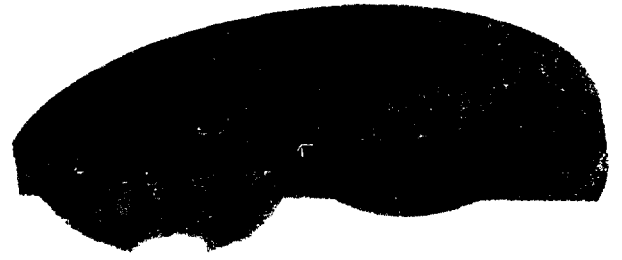
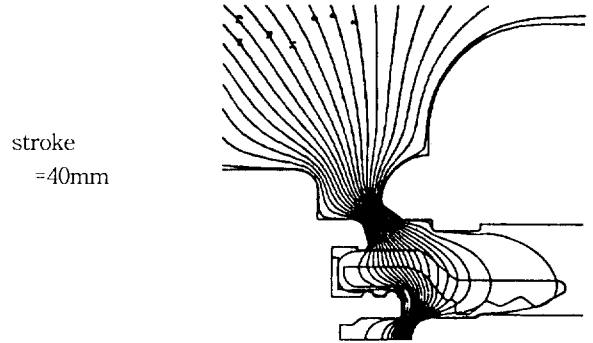
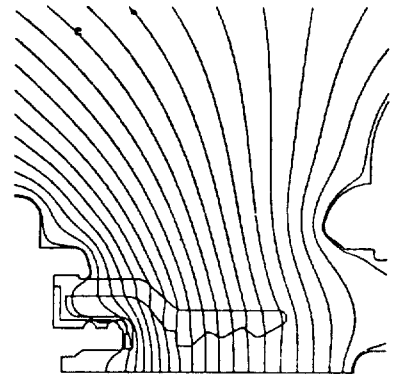


그림 4. 3상일관형 스페이스의 3차원 전계해석 예



stroke
=40mm



stroke
=200mm

그림 5. 스트로크에 따른 차단부 극간의 등전위분포

증을 위한 전계해석의 결과로 등전위선을 나타내고 있다. 계산시 사용한 입력변수는 각각 도체부 100V, 탱크부 0V, 스페이스(Spacer)의 비유전율 ϵ_r 3.6, SF₆ 가스의 비유전율 ϵ_r 1.0으로 하고, 전계해석을 위해 상용 프로그램 FLUX2D를 이용하였다. 그림 2(a)에서 쉘드는 도체부의 전위와 같게 하였으며, 소호부, 모선부, 스페이스가 포함되어 있고 투입상태를 나타내고 있다. 그림 2(b)는 SF₆ 가스가 접하고 있는 도체부 및 절연물의 경계면에서의 전계벡터(1mm = 0.15 kV/m)를 나타낸 것이다.

위 해석결과에서 스페이스의 중심도체부분과 모선이 연결되는 부분의 곡선부에서 최대전계가 발생하고 있으며 이 부분의 전계강도곡선을 그림 3(a)에 나타내고 있다. 그림 3(b)는 해석 모델에 있어서 차단부의 전계강도곡선을 나타내고 있다.

차단기의 모선부와 스페이스 중심도체부에서 발생한 최

대전계강도를 감소시키기 위해 스페이서에 대한 3차원 전계해석의 한 예를 그림 4에 나타내고 있다. 여기서 사용된 프로그램은 FEM을 이용한 상용 프로그램 MSC/EMAS를 이용하였다.

그림 5에는 차단부의 극간절연회복특성을 파악하기 위한 스트로크에 따른 차단부의 극간 등전위분포를 나타내고 있다.

2.2 차단부 냉가스 유동해석

차단기내의 유동해석은 크게 두가지로 분류되는 데, 무부하상태의 냉가스 유동해석과 아크를 포함한 열류해석이다. 냉가스 유동해석은 소호부내의 가스밀도, 압력분포, 속도분포 등을 주로 계산하여 주노즐및 접점의 형상, 실린더출구의 형상, 실린더 용량, 접점노즐의 형상및 배기구 단면적 등에 대한 연구에 활용하며, 특히 진상소전류및 BITF의 차단특성을 개선하기 위해 널리 사용되고 있다.

냉가스 유동해석은 기존의 범용으로 사용되고 있는 상용 CFD(Computational Fluid Dynamics)프로그램이 주로 이용되며, 일본의 경우는 FLIC(Fluid in Cell)법 또는 변형 FLIC(Modified Fluid in Cell Method)를 이용한 전용 프로그램을 자체 개발하여 사용하고 있다. 냉가스해석용 상용 프로그램은 FEM(Finite Element Method)이나 FVM(Finite Volume Method)을 주로 사용하며, FEM Code로는 FIDAP, FLOTRAN, NEKTOM, 3D-FLUID 등이 있고, FVM Code로는 FLUENT, PHOENICS, FLOW3D, STAR-CD 등이 있다. 상용 프로그램은 입·출력(Pre & Post Processor)기능이 편리하게 되어 있으며 계산결과에 대한 신뢰성이 좋은 반면에, 요구되는 기억용량이 매우 크고 계산시간도 많이 소요되며, 속달되는 데 상당한 시간이 요구되는 단점도 있다.

차단기가 고장전류나 부하전류를 차단하고자 할 경우, 트립신호(trip signal)를 받은 차단기는 초기위치에서 스트로크가 끝날 때까지 노즐부와 실린더, 가동접점이 이동한다. 이러한 이동으로 피스톤이 실린더를 압축하는 효과를 얻게 되고 압축된 가스는 파퍼실린더에서 노즐내부로 분사되어 아크를 소호하게 된다. 그러나 냉가스 유동해석에 있어서는 해석상의 편리함을 위해 피스톤과 고정아크접점이 스트로크에 따라 동일하게 움직이는 것으로 해석한다. 따라서 파퍼형 차단부의 설계변수를 찾기 위한 냉가스유동해석의 모델링에 있어서 요구되는 선결조건이 있다. 즉, 스트로크에 따른 피스톤의 이동을 모델링할 수 있는 이동경계(moving boundary)와 고정접점의 이동을 모델링할 수 있는 미끄럼격자(sliding mesh) 또는 이동격자가 필요하다.

하지만, 현재 전세계적으로 유동해석용 상용 프로그램 중에 이러한 모델링을 완벽히 처리할 수 있는 프로그램은 극히 드물며, 설령 있다 하더라도 사용방법이 아직은 매우 어려워 비효율적이다. 따라서 당 팀에서는 피스톤 및 고정접점의 이동에 따른 소호부의 압력변화 등을 과도상태(transient state)로 해석하는 대신, 계산에 의해 구한 파퍼실린더 내부의 압력치를 경계조건으로 사용하여 해석하는 방법을 사용

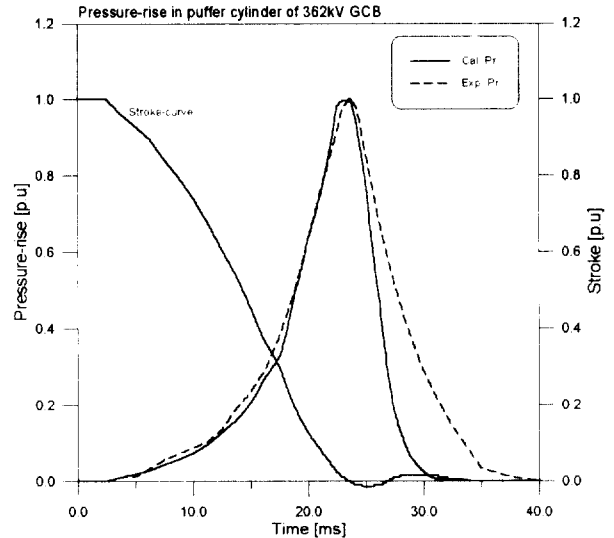


그림 6. 파퍼실린더 상승압력의 비교(362kV급)

하고 있다. 그림 6에는 파퍼실린더의 압력계산치와 실험치를 비교한 것을 나타내고 있다.

이상에서 언급했듯이 상용 프로그램은 피스톤과 고정아크접점의 이동을 모의하는 데 많은 단점이 있다. 따라서, 당 팀에서는 피스톤과 고정아크접점의 이동을 모의하면서 열가스 유동해석 프로그램의 근간을 마련하기 위해 FLIC법을 이용한 냉가스 유동해석 프로그램을 자체 개발하여 사용하고 있다.

FLIC법은 여러가지 복잡한 시간의존성 유동문제(time-dependent flow problems)에 대해 적용하기가 쉽다는 이점과 컴퓨터의 기억용량과 계산시간이 크게 요구되지 않는다는 장점이 있다. 현재 일본의 차단기 제조업체에서는 차단기내의 유동문제를 해결하기 위해 이 FLIC법을 사용하여 모의실험을 수행하고 있으며, 실제 차단기에 해석결과들을 적용하고 있다.

자체 개발된 냉가스 유동해석 프로그램의 지배방정식은 식(1)의 질량, 운동량, 에너지보존식과 식(2)의 상태방정식이 이용된다.

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial uF}{\partial z} + \frac{\partial vF}{\partial r} = -G + q \quad (1)$$

여기서,

$$F = \begin{bmatrix} \rho \\ \rho u \\ \rho v \\ \rho E \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} 0 \\ \partial P / \partial z \\ \partial P / \partial r \\ \partial P u / \partial z + \partial P v / \partial r \end{bmatrix}$$

q : artificial viscosity term,

$$E = C_v T + \frac{1}{2} (u^2 + v^2) : \text{총 에너지}$$

C_v : 정적비열, ρ : 밀도, P : 압력,

$u(v)$: z 및 r방향의 속도, T : 온도

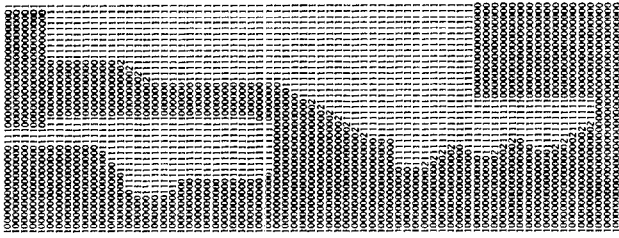


그림 7. 차단부의 계산격자와 각 셀의 초기조건

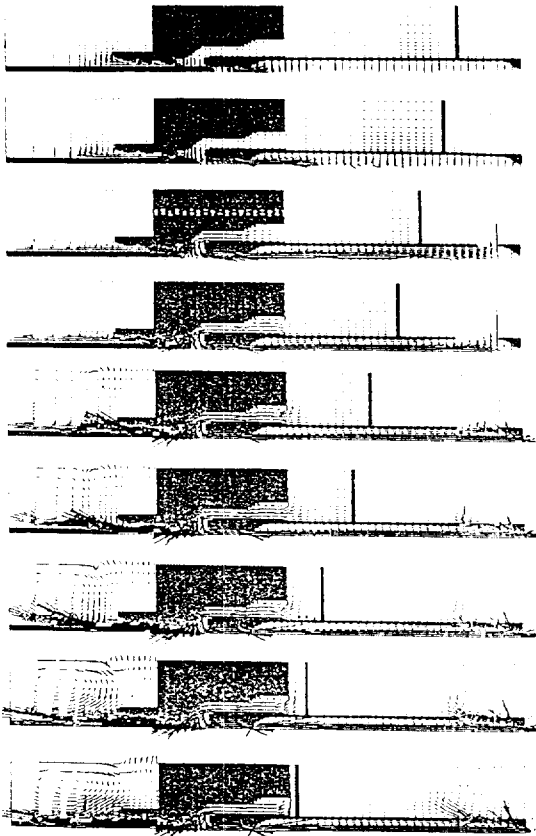


그림 8. 스트로크에 따른 800kV 차단기의 속도분포

$$P = \rho RT \quad (R: \text{기체상수}) \quad (2)$$

해할 얻기 위한 과정으로는 먼저 계산영역을 일정한 수의 셀(cell)로 분할하고, 피스톤과 고정아크접점의 이동에 따른 각각의 시간에서 각 셀에 대한 가속효과, 전달효과 등의 유동파라미터를 고려하여 계산한다.

그림 7은 모델차단부의 계산영역을 분할하고, 각각의 셀에 조건(고체영역: 1, 가스영역: 0, 고체와 가스가 공존하는 영역: 2)을 명시한 예를 나타내고 있다. 그림 8은 피스톤과 고정아크접점의 이동에 따른 속도분포를 나타내고 있으며, 그림 9와 그림 10은 각각 파퍼실린더 및 고정아크접점의 선단에서의 압력상승치를 실험치와 비교하여 나타내고 있다.

비록 위의 결과가 실험치와 거의 일치하고 있다 하더라도 소호부내의 유동 파라미터는 노즐과 아크접점의 형상에

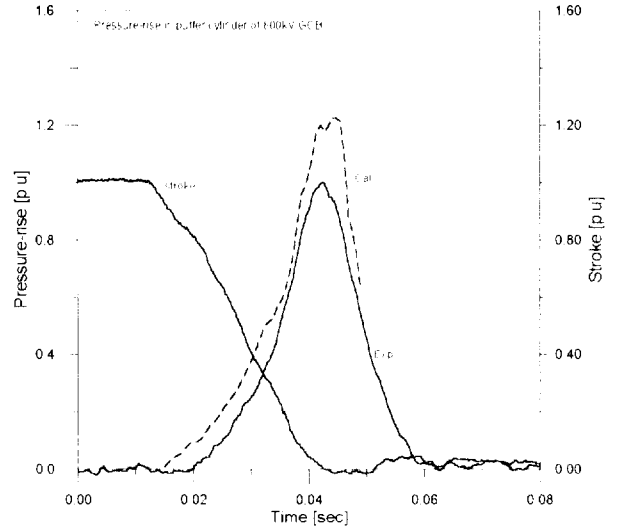


그림 9. 파퍼실린더 상승압력치와 계산치의 비교

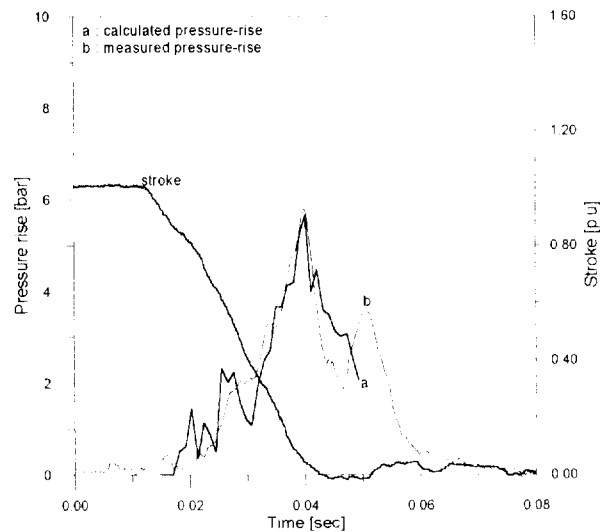


그림 10. 고정아크접점 선단에서의 상승압력치와 계산치의 비교

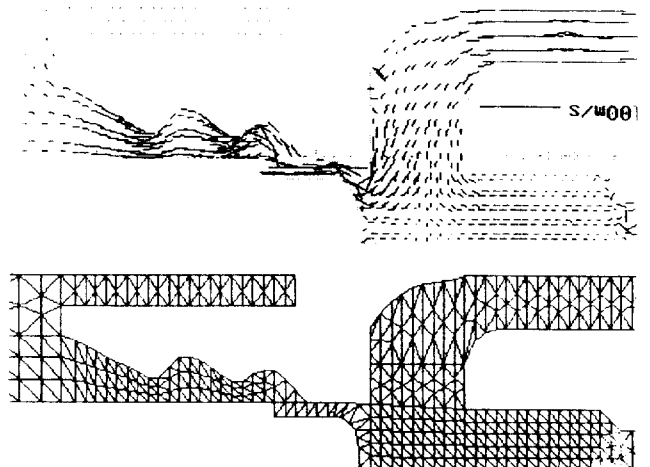


그림 11. 변형FLIC법을 이용한 냉가스 유동해석의 계산격자 및 속도분포의 한 예

크게 영향을 받는다. 따라서 차단부의 형상모델링에서 보다 정확해야 한다. 하지만, 위에서 언급한 자체 개발 냉가스 유동해석 프로그램의 계산격자는 사각형을 사용하고 있으므로 해서 형상 모델링이 다소 어렵다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 그림 11과 같이 형상모델링은 삼각형매쉬(triangler mash)를 사용하면서 지배방정식으로 차분방정식을 푸는 변형FLIC법을 이용한 프로그램도 개발하여 사용하고 있다.

2.3 차단부의 극간절연회복특성 해석

차단기는 일반적으로 대전류 차단성능과 소전류 차단성능을 동시에 가져야 한다. 초고압급 이상 차단기의 대전류 차단성능에는 BTF(Bus Terminal Fault)차단성능과 SLF(Short Line Fault)차단성능이 있으며, 소전류 차단성능의 대표적 예로 진상소전류 차단성능을 들 수 있다. 대부분의 차단기는 고장전류를 차단할 때 첫 전류영점에서 차단하지 못하고 점점간격이 충분히 확보된 후에야 가능하지만, 진상소전류와 같이 작은 전류는 점점이 개리한 뒤 곧 차단할 수 있게 된다. 이 경우 극간에는 계통전압 최대치의 2배에 가까운 전압이 인가되어 재점호(Restrike)가 일어날 가능성이 증가하게 된다. 일단 재점호가 일어난 후 전류를 차단하게 되면, 이론적으로 전압이 점차 상승하여 외부에서 섬락이 일어나거나 콘덴서가 터지는 일이 발생한다. 따라서 진상소전류 차단성능은 극간의 절연회복능력과 밀접한 관계가 있으며, 차단부의 개리속도 및 점점형상에 따라 크게 영향을 받는다.

차단부의 극간 절연회복특성을 해석하기 위해서는 우선 개극 거리별로 전계해석을 수행하여 차단부 각 부분의 전계강도를 알아야 하며, 그 후 스트로크별로 냉가스 유동해석을 수행하여 차단부 각 부분의 유동특성, 즉 밀도, 온도, 압력, 속도를 구해야 된다. 이러한 전계강도의 변화 및 유동특성의 변화를 이용하여 차단부 각 부분의 절연회복특성을 구할 수 있게 된다.

차단기 극간의 절연회복성능은 그림 5에서 구한 스트로크별 전계강도와 그림 10에서 구한 가스밀도를 식(3)에 대입하여 구할 수 있다.

$$V_{bd} = a \frac{\rho^b}{E} \text{ [kV]} \quad (3)$$

여기서, a, b는 상수이고 ρ 는 가스밀도[kg/m³], E는 전계강도[pv/mm]를 나타낸다.

식(3)을 사용하여 고정아크점점, 가동아크점점, 노즐 등에서의 절연회복성능을 구해보면, 고정아크점점의 선단부분이 절연회복에 가장 취약하다는 것을 알 수 있다. 왜냐하면, 이 부분은 가스밀도가 급격히 변화하여 감소하고 전계가 가장 집중되기 때문이다. 따라서 차단부의 극간 절연회복특성 해석은 주로 고정아크점점의 선단을 중심으로 이루어진다. 또한 노즐형상이 변하는 경우에 고정아크점점 선단부분에서의 가스밀도는 크게 변하지만, 전계강도는 차단부 전

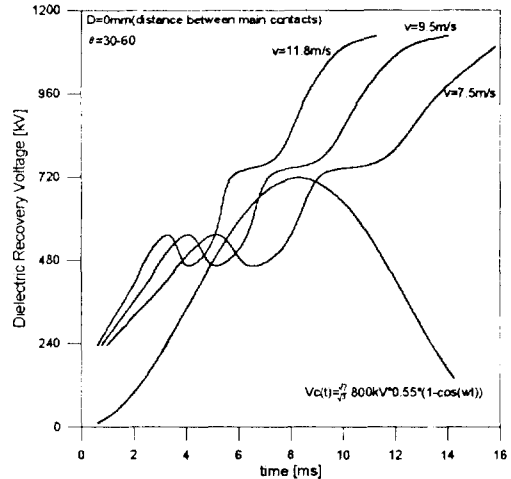


그림 12. 개리속도에 따른 극간 절연회복특성의 해석 예

체에 걸쳐 거의 변화가 없기 때문에 노즐형상의 설계방향은 고정아크점점선단의 밀도를 증가시키는 쪽으로 추진한다.

차단부의 극간 절연회복특성에 영향을 미치는 설계변수로는 노즐형상외에 가동아크점점의 개리속도가 있다. 개리속도가 빠를수록 동일한 시간대에서 극간거리는 더욱 멀어지게 되므로 차단후에 인가되는 과도회복전압을 그만큼 더 잘 견딜 수 있게 된다. 그림 12에는 개리속도에 따른 극간 절연회복특성을 나타내고 있다. 이 그림에서 개리속도가 최소한 11.8m/s 이상이어야 하며, 이보다 개리속도가 떨어지면 절연회복에 실패할 수 있다는 것을 알 수 있다. 다만, 개리속도를 증가시키기 위해서는 조작기의 조작력을 증가시켜야 하는 문제가 있다.

2.4 차단부의 열가스 유동해석(차단성능해석)

유부하시, 즉 아크가 존재하는 경우의 열가스 유동해석은 냉가스 유동해석과는 달리 매우 복잡한 과정을 거치야 한다. 또한 아직까지 아크로부터 주위 냉가스로의 에너지의 전달 메카니즘이 정확하게 규명되어 있지 않으며, 노즐 용삭과 점점의 용삭까지 고려한다면 그 해석과정은 더욱 복잡해진다. 또한, 유부하시의 아크 파라미터들의 측정은 매우 어렵기 때문에 유부하시의 유동해석은 전적으로 모의실험에 의존하고 있다.

열가스 유동해석은 이미 서술한 냉가스 유동해석 프로그램에 아크모델을 접목시켜 전류크기에 따른 아크반경, 아크 온도, 냉가스로의 에너지전달 등과 같은 아크파라미터들을 계산한다. 또한 전류영점후의 열류해석을 통해 열적파괴의 발생여부를 파악한다.

열가스 유동해석용 프로그램의 구성은 대략적으로 초기 값을 설정하는 부분과 각 셀의 특성 및 형상을 입력하는 부분, 전류크기에 따른 아크반경, 온도 등 아크의 특성파라미터들을 계산하는 부분으로 이루어져 있다. 아크는 다음과 같은 과정에 의해 고려된다.

i) 아크내부에서 반경방향으로의 열전도도, 온도, 압력은 일정하다고 가정하고, 아크에 인접한 냉가스의 압력은 아크의 압력은 같다고 가정한다. 즉,

$$P_{arc} = P(i_c, j_c) \quad (4)$$

여기서, i_c, j_c 는 아크에 인접한 냉가스의 셀번호이다.

ii) 전류의 크기에 따른 아크반경을 다음식으로 계산한다.

$$R_a = K \cdot \sqrt{I_a} \cdot \sqrt{\frac{L_a}{P_a}} \quad (5)$$

여기서, R_a : 아크반경, K : 실험상수, L_a : 아크길이, I_a : 아크전류, P_a : 아크압력을 나타낸다. 이 식은 현재까지 연구된 이론치와 실험치의 비교 데이터로부터 유도된 것이다.

iii) 아크온도를 계산하기 위한 아크에너지 보존식은

$$\begin{aligned} V_a \cdot I_a &= h \cdot \rho \cdot u \cdot A \\ &= F \cdot m \cdot P_a \cdot A = \frac{L_a}{\sigma \cdot A} \cdot I_a^2 \end{aligned} \quad (6)$$

로 표현된다. 여기서, V_a : 아크전압, h : 엔탈피, ρ : 밀도, u : 가스속도, A : 아크단면적, σ : 전기전도도를 각각 나타내며, m 은 마하수(Mach Number)로

$$m = \sqrt{\frac{2}{\gamma} \cdot \left\{ \left(\frac{P_a}{P_d} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right\}} \quad (7)$$

로부터 계산되어 진다. 여기서 P_d 는 노즐하류장의 압력을 나타낸다. F 는 엔탈피유동(Enthalpy flow)으로

$$F = \frac{\rho \cdot c \cdot h}{P} \quad (8)$$

로 표현되며, C 는 가스의 음속도이다. 식(6)을 다시 정리하면,

$$f(T_a) = 1 - \frac{F \cdot m \cdot P_a \cdot A^2 \cdot \sigma}{L_a \cdot I_a^2} = 0 \quad (9)$$

와 같이 나타낼 수 있다. 임의의 아크온도 T_a 에 대한 $\sigma(T_a)$, $F(T_a)$ 를 참고문헌에서 구하고, 식(9)에 대입해서 함수 $f(T_a)=0$ 를 만족할 때까지 반복 계산하여 아크온도 T_a 를 구한다.

iv) 아크로부터 냉가스로 전달되는 에너지중 아크에 의한 방사에너지는

$$E_{rad} = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_N \cdot \frac{R_a^2 \cdot P_a}{L_a} \quad (10)$$

여기서 ϵ_N 은 방사계수(Net Emission Coefficient)를 나타낸다. ϵ_N 은 이미 계산한 아크반경, 아크온도를 이용하면 참고문

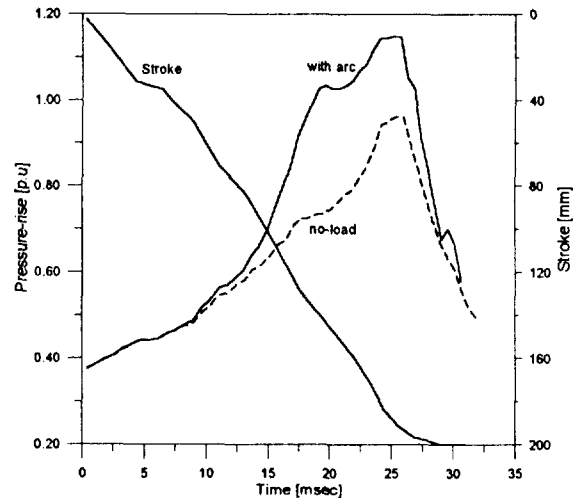


그림 13. 유부하시의 파퍼실린더의 압력

헌[8]의 해당 도표에서 구할 수 있으며, 방사에너지는 식(10)을 이용하여 계산한다. 일반적으로 아크에 의한 가스로의 에너지전달은 아크전류의 크기가 10kA이하인 경우에 전극으로부터의 전도에 의한 손실분이 약 25%, 노즐벽면으로 흡수되는 손실분이 약 15%, 가스의 대류에 의해 손실분은 약 10%로 정도이며, 그 나머지 손실분(50%)이 방사에 의한 손실이다. 만약, 아크전류의 크기가 증가하는 경우에는 방사에 의한 에너지 손실분은 더욱 증가할 것이다. 따라서 이 프로그램은 아직까지는 아크모델링에 있어서 냉가스로의 에너지전달은 방사에 의한 것만을 고려하고 있다. 냉가스영역의 셀(i,j)에 전달되는 아크에 의한 방사에너지는

$$EJ[i,j] = E_{rad} \cdot \frac{(1 - f_a)}{f_L} \cdot \frac{\exp\left(\frac{-dr(i)}{f_L}\right)}{dr(i)^2} \quad (11)$$

와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 f_a 는 방사분(radiation fraction), f_L 은 흡수길이(absorption length), dr 는 아크로부터 반경방향으로의 길이를 나타낸다.

아크가 발생한 경우 파퍼실린더내부의 압력변화와 무부하시의 압력변화를 비교해서 그림 13에 나타내고 있다.

아크가 있는 경우의 파퍼실린더 내부의 압력상승은 가동 접점이 노즐하류장출구를 빠져나가는 시점에서 무부하시보다 약 0.5MPa정도 높게 나타났다. 이는 아크에 의해 가열·팽창된 가스압과 아크가 노즐목을 봉쇄(clogging)하여 상승한 가스압에 의한 것이다.

그림 14에는 접점이 분리되기 시작하여 아킹시간 14.4ms 후인 두 번째 전류영점에서 전류를 차단한 경우의 아크온도의 변화와 노즐복봉쇄가 일어나지 않을 때의 아크반경의 변화를 나타내고 있으며, 영전류후에 이 모델차단부의 열적 회복특성을 알아보기 위해 영전류후의 아크후전류(post-arc

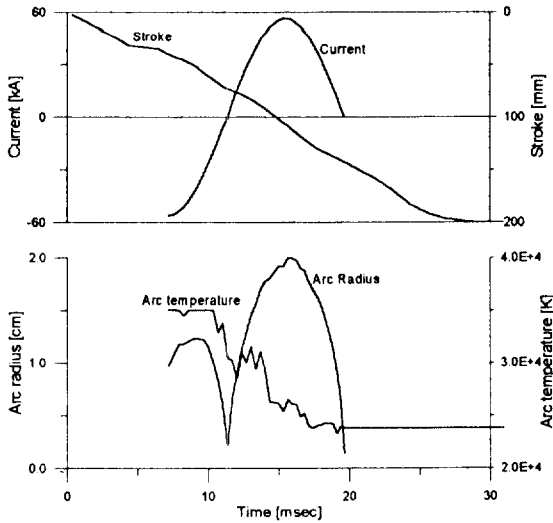


그림 14. 시간에 대한 아크반경 및 아크온도의 변화

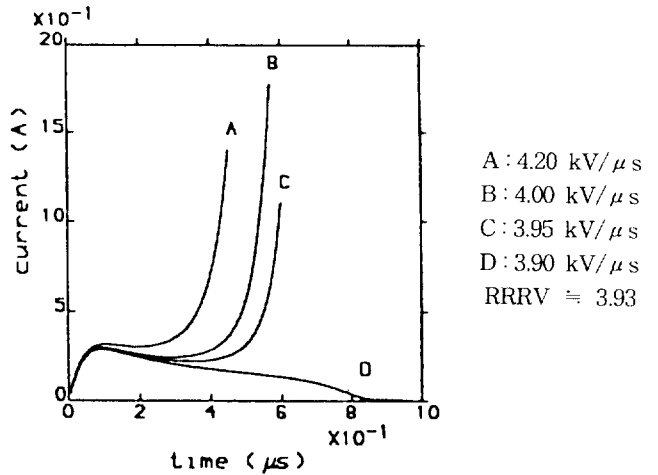


그림 16. dV/dt의 변화에 대한 아크후전류
전체압력 P=22.4bar, di/dt=-20A/μs

향후 지속적인 연구와 수정·보완작업을 병행한다면 실제 차단기를 설계하는 경우에 있어서 유용한 도구가 될 것으로 기대된다.

참고로 그림 16에 당 연구팀에서 최근에 발표한 Hybrid Arc Modelling에 의해 계산된 아크후전류와 RRRV(즉 열적 회복성능)를 제시한다.

Hybrid Arc Modelling은 전류0점 이전 수십 μsec까지는 적분법에 의해, 그 이후는 미분법에 의해 아크를 해석함으로써 통상 1사이클을 초과하는 아크시간 전체를 해석할 수 있는 장점이 있다. 이와 같은 열적회복성능 계산은 초고압 차단기의 SLF차단성능을 예측할 수 있으므로 실제의 단락 시험 횟수를 줄일 수 있어 막대한 단락시험료 절감과 개발 기간의 단축이 가능하다.

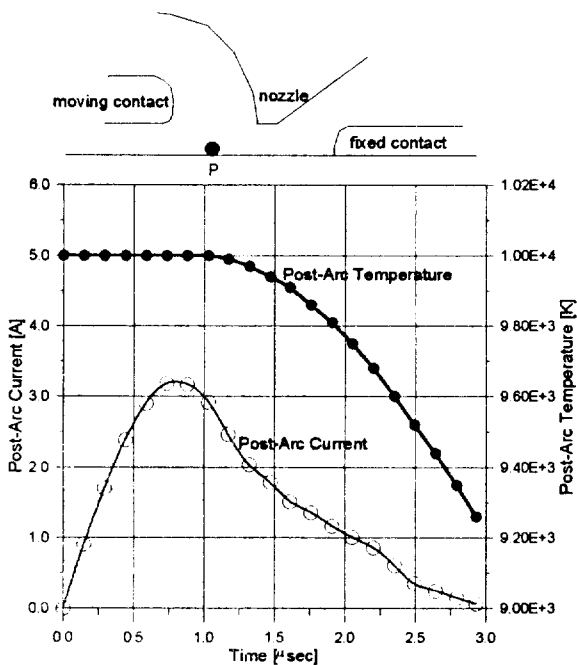


그림 15. 영전류후의 아크전류와 고온가스온도

current)와 고온가스의 온도변화를 그림 15에 나타내고 있다. 아크후전류는 약 3.2A까지 흐르다 접점사이의 절연내력이 점차 회복되어 감에 따라 감소되어 0이 되고, 열적회복에 성공하게 된다.

이상과 같이 수치해석적으로 보다 간편하고, 신뢰성이 있는 FLIC법으로 차단기 소호부의 냉가스유동해석법을 제시 하였으며 아크모델을 접목시켜 아크파라미터에 대한 적용 방법을 제시하고 있다. 그러나 이 프로그램은 아크로부터 냉가스로의 에너지전달을 방사에너지만을 고려한 점, 전류 영점후의 차단특성의 판단기준으로 절연회복(TRV의 최고치)은 고려치 않고 열적회복만을 고려한 점, 복잡한 모델링 과정 등, 아직까지 다소의 문제점을 가지고 있다. 하지만,

2.5 응력해석 및 동작특성해석

차단부의 응력해석은 주로 조작부와 연결되는 링크부 또는 도체를 지지하고 GIS의 가스구획을 만들어 주는 스페이서를 설계할 경우에 주로 사용된다. 현재 당 팀에서 사용하고 있는 프로그램은 상용 프로그램 MSC/ NASTRAN이다.

구조해석의 경우는 일본의 경우와 같이 지진이 빈번한 지역에서 내진성을 가질 수 있는 구조를 검증하는 데 주로 사용되고 있다.

동작특성해석의 경우 주로 차단기의 조작부를 설계할 때 사용되며, 상용화된 프로그램은 없으며 일반적으로 제작업체에서 자체적으로 개발해서 사용하고 있다.

3. 결 론

이제까지의 우리나라의 초고압 GCB/GIS의 제조기술은 일본, 구미 등의 선진국으로부터의 기술도입을 바탕으로 성

장해 왔으나, 최근들어 기술선진국들의 기술의 블록화가 강화되고 있고, 더욱이 선진기술국들이 우리나라를 이 분야에서의 경쟁상대국으로 간주하기 시작하면서 핵심기술의 이전은 더욱 어려워지고 있다.

따라서, 중전기분야의 선진국으로 도약하기 위해서는 자체 기술력을 확보하는 것이 무엇보다 시급한 일이며, 이를 위해서는 위와 같은 해석기술들을 차단기설계에 효과적으로 적용하는 것이 필수적이다.

참 고 문 헌

[1] 신영준, 박경엽, 송기동, 송원표 외, "765kV급 GIS용 차단부설계 및 제조기술 개발", 3차년도 중간보고서, 한국전기연구소, 개폐장치연구팀, 1995.1

[2] M. Sakaki, N. Morito, M. Takakura and S. Tanigaki, "GIS의 가스絶縁技術", 明電時報, 가스 絶縁變電技術特輯, 通卷232號, No.5, 1993年 9·10月, pp12-24.

[3] L.S. Frost and R.W. Liebermann, "Composition and Transport Properties of SF6 and Their Use in a Simplified Enthalpy Flow Arc Model", Proc. IEEE,

Vol. 59, No. 4, 1971, pp474-485.

[4] Richard A. Gentry, Robert E.Martin and Bart J. Daly, "An Eulerian Differencing method for Unsteady Compressible Flow Problem", J. Computational, Phys., 1, pp87-118, 1966.

[5] 송기동, 박경엽, 신영준, 권기영, 송원표, "극간절연회복 성능 향상을 위한 초고압GCB의 노즐형상설계", 대한전기학회 추계학술대회 논문집, pp 479-481. 11, 1995

[6] 신영준, 박경엽, 장기찬, 송기동, 정진교, 송원표, 강종호, "800kV모텔차단부의 극간 절연회복특성: 1. 가동주접점과 가동아크접점간 이격거리의 변화에 대한 영향 분석", 94년도 대한전기학회 추계학술대회 논문집 pp270-273.

[7] 박경엽, 송기동, 최영길, 신영준, 송원표, 강종호, "무부하시의 초고압 GCB의 파파실린더 내부의 상승압력 계산", 94년도 하계학술대회 논문집(C), 7. 1994. pp1559-1561.

[8] R.W. Liebermann and J.J. Lowke, "Radiation emission coefficient for sulfur hexafluoride arc plasma", JQSRT Vol. 16, pp299-327, 1975.

저 자 소 개



신영준(慎英俊)
1955년 7월 3일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1982년 UNION COLLEGE at SCHENECTADY 전기공학과 졸업(석사). 1987년 미국 RPI 전력공학과 졸업(공학박). 현재 한국전기연구소 개폐장치연구팀장(책임연구원).



송원표(宋元杓)
1958년 9월 23일생. 1981년 서울대 공대 원자력공학과 졸업. 1991년 경남대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1985년 1월~현재 (주) 효성중공업 기술연구소 근무 - SF₆ GCB, GIS 연구개발.



박경엽(朴敬燁)
1957년 1월 3일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1986년 부산대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 영국LIVERPOOL 대학 전기공학과 졸업(공학박). 1978년 12월~1981년 5월 효성중공업(주) 전장설계부. 1981년 6월~현재 한국전기연구소 개폐장치연구팀 책임연구원. 관심분야 : 전력용 차단기의 아크현상 규명 및 차단부 설계/해석 기술.



민석원(閔錫源)
1958년 1월 3일생. 1981년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1984년~1991년 한전 전력연구원 계통연구실 근무. 현재 순천향대 공대 전기공학과 조교수.



송기동(宋基東)
1963년 7월 5일생. 1988년 인하대 공대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 3월~현재 한국전기연구소 개폐장치연구팀 선임연구원.