

다중물리 코드를 이용한 대전류 진공아크 플라즈마 해석

조성훈¹, 이종철², 김윤제³

¹성균관대학교 대학원 기계공학과, ²강릉대학교 기계자동차공학부, ³성균관대학교 기계공학부

대전류 진공아크 플라즈마 (High-Current Vacuum Arc Plasma, HVAP)는 전력용 개폐장치인 진공차단기 (vacuum circuit breaker, VCB)의 차단부 (interrupter)가 송배전 시스템에 30 kA 정도의 커다란 사고전류가 흐르는 것을 방지하기 위하여 동작될 때 발생된다. 두 전극 사이에 발생된 HVAP는 약 10ms~20ms 동안 지속되다가 교류전원의 전류영점 부근에서 회복된 절연성능으로 인하여 소멸된다. 하지만 HVAP의 지속 시간 중에 고온의 아크 플라즈마에 의하여 전극의 심각한 손상 등이 발생되면 절연성능이 요구된 만큼 회복되지 못하고 사고전류를 차단하지 못하여 시스템에 연결된 기기들에게 심각한 손상을 입히고 정전사고를 일으킬 것이다. 전극의 심각한 손상은 발생된 아크 플라즈마의 집중현상이 주요한 이유로서 판명되었고, 이를 방지하기 위한 전극설계 및 재질 개선에 관한 노력이 시도되고 있다. 본 논문에서는 다중물리 (multiphysics) 코드를 이용하여 아크 플라즈마의 집중현상을 일으키는 원인을 분석하고자 한다. 수치해석을 위한 아크 영역은 양극과 음극의 직경과 같은 직경의 원기둥으로 가정하였고, 전자계 해석으로부터 얻어진 로렌츠 힘과 줄열을 열유동 해석을 위한 Navier-Stokes 방정식의 파라미터로 입력하여 해석을 수행함으로써 전자계와 유체역학적인 영역을 동시에 연계한 순차적 일방향 연성해석 기법을 적용하였다. 컵형 AMF 진공차단부 내 아크영역에서의 로렌츠 힘의 특성과 온도분포에 대하여 수치해석을 수행하였고, 크기가 다른 두 로렌츠 힘에 의하여 양극표면으로 집중되는 온도분포의 크기를 비교함으로써 진공아크 플라즈마의 집중현상에 영향을 미치는 주요 요소를 규명할 수 있었다. 본 연구에서는 일방향 연성해석 기법을 적용하여 물리적 현상 예측에 한계점을 가질 것으로 보이며, 양방향 연성해석 기법 및 복사모델을 추가한 향상된 기법에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.