

동적 해석을 이용한 진공회로 차단기의 설계 Design of Vacuum Circuit Breaker Using Dynamic Analysis

*양홍익, #안길영, 김인겸, 박우진

H. I. Yang, #K. Y. Ahn(kyahn@lisis.biz), I. K. Kim, W. J. Park

LS 산전 전력제품연구소

Key words : Vacuum Circuit Breaker, VI, Dynamic Analysis, Modeling

1. 서론

고전압과 고전류가 흐르는 송배전 계통에서 과전류, 단락 등에 의한 사고 발생시에 그 과급효과를 최소화하기 위하여 개폐기인 고압 회로차단기(power circuit breaker)를 사용한다⁽¹⁾. 진공 회로차단기(vacuum circuit breaker: VCB)는⁽²⁾ 진공용기(vacuum interrupter: VI)내에서 아크를 소호시키는 것으로, 소형으로 고성능이며 보수 점검이 용이하고, 공해요소가 거의 없는 등의 많은 장점이 있어, 고압 회로차단기로서 널리 사용되고 있다.

VCB 구동메커니즘은 소형 차단기의 개폐 스위치와도 같은 역할을 하는 기구로서 스프링에 미리 충전된 탄성에너지를 캠 및 링크를 이용한 기구부에서 운동에너지로 변환시켜 접점을 개폐하는 운동을 생성한다⁽³⁾. 이러한 스프링 구동 메커니즘(Spring-actuated mechanism)의 장점은 구조가 간단하면서도 큰 질량을 가진 접점들을 수십 ms 동안에 높은 속도로 이동시킬 수 있으며, 스프링과 링크의 변경으로 간단하게 접점의 운동특성을 제어할 수 있다는 것이다⁽⁴⁾. Fig.1은 본 연구의 대상 모델인 스프링구동 메커니즘을 가진 VCB 형상을 나타낸다.

VI 접점의 개폐동작은 다음과 같은 순서로 진행된다. 먼저, 모터에 의한 캠의 회전으로 투입스프링(close spring)을 압축한다. 압축된 스프링 힘에 의하여 mechanism 내의 토글링크가 구동되며 Fig.1(b)처럼 투입은 완료된다.

투입시 가동 및 고정 접점이 붙으며 가압되는 접압스프링(Wipe Spring)의 압축하중에 의하여 mechanism 내의 토글 링크는 투입진행 순서와 반대로 구동되어 Fig.1(a)과 같이 차단이 완료된다.

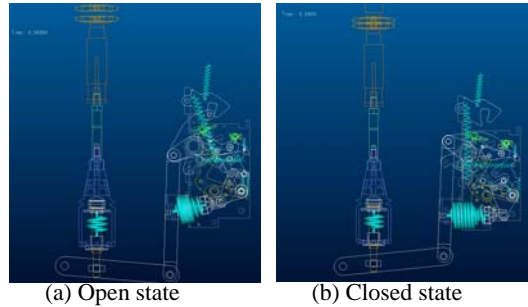


Fig. 1 Structure and dynamic modeling of vacuum circuit breaker

본 논문에서는 먼저 VCB의 투입과 차단동작을 분석하기 위하여, 회로접점과 스프링구동 링크를 가진 구동메커니즘의 동적모델을 Pro/Engineer를 이용하여 구성하고, 개발된 동적모델의 타당성을 검증하기 위하여, 회전센서 및 레이저 센서를 이용하여 측정된 변위들과 비교 및 검증하고자 한다.

2. 모델링

VCB의 기구 동역학적 특성을 분석하기 위한 동적모델은 Pro/Engineer를 기반으로 하여 Fig. 2와 같은 프로세서에 의해 구성된다. 즉 모델링에 필요한 링크들의 형상 및 위치 정보와 관성에 대한 물성치들은 Pro/Engineer를 통해 계산되어 진다. 이러한 정보들은 동적해석 모듈인 MDO에 있어 기초데이터가 된다. 그리고 실험에 의해 동적모델의 타당성이 비교되어진 후, 제품의 신뢰성 향상 및 개선안 도출에 동적모델이 이용되어 진다. 이러한 정립된 프로세서에 의한 메커니즘 개발은 개발기간을 단축시킬 뿐만 아니라 최적화된 메커니즘을 설계하도록 한다.

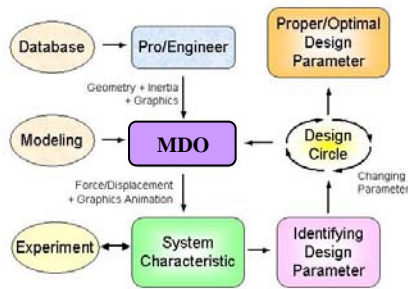


Fig. 2 Development process of dynamic model based on Pro/Engineer

먼저, 회로접점과 구동메커니즘을 포함한 VCB 접점의 투입특성을 분석하기 위한 동적모델은 Fig.1(a)와 같이 기본적인 강체로서 지면(ground), 래치링크와 가동접점을 포함한 다수 개의 링크들로 구성되어져 있다. 구동메커니즘에서 투입 및 차단 에너지원을 제공하는 투입 스프링과 접압 스프링들은 선형적인 스프링과 댐핑을 가진 요소로 모델링하였다.

3. 실험과 해석결과의 비교

Fig. 3은 VCB 투입 동작시에 VI 가동접점의 변위를 나타낸다. 이 결과는 동적모델과 실제 VCB의 투입 동작시의 변위가 거의 유사함을 보여준다. Fig. 4는 차단 동작시에 가동접점의 변위를 나타낸다. 여기에서 가동접점이 rebound 되는 부분을 제외하면, 동적모델은 실제 VCB의 차단특성과 유사함을 알 수 있다. 즉, 이 결과들은 동적모델이 실제 VCB의 투입과 차단 특성을 잘 반영함을 입증한다.

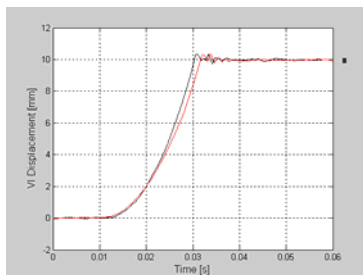


Fig. 3 Displacement of moving contact during closing operation

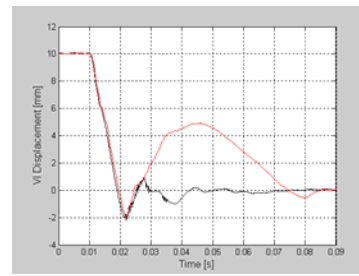


Fig. 4 Displacement of moving contact during opening operation

4. 결론

스프링구동 링크를 가진 진공 회로 차단기의 접점의 투입 및 차단특성과 링크들의 동적현상을 규명하기 위한 동적모델이 유도되었다. 이러한 동적모델은 Pro/Engineer을 기반으로 정립된 프로세서를 통하여 개발되었다. 회로차단기의 동특성의 예측을 어렵게 만드는 복잡한 기구학적 체인, 링크들 사이에서 아주 짧은 순간에 발생하는 충격이 동적모델에 쉽게 반영되어 졌다. 실험 결과와 동적모델에 의한 결과가 거의 유사함을 보였다. 이로부터 실제 회로차단기의 투입 및 차단특성은 모델에 의해 분석될 수 있음이 입증되었다. 이러한 검증된 동적모델은 메커니즘의 성능을 개선시키는데 대한 방향을 제시하고, 차단용량이 다른 회로 차단기의 분석에 쉽게 적용되어질 수 있다..

참고문헌

1. Willis, H. L., 1997, Power Distribution Planning Reference Book, Marcel Dekker, Inc.
2. Flurscheim, C. H., 1975, Power Circuit Breaker Theory and Design, Short Run Press Ltd.
3. Greenwood, A., 1994, Vacuum Switchgear, Short Run Press Ltd.
4. Van Sickle, R. C. and Goodman, T. P., 1953, "Spring Actuated Linkage Analysis to Increase Speed," Product Engineering, Vol. 24, pp. 152-157, July.