

초고압차단기용 개폐제어기 개발(II)

김동현*, 김연풍*, 이현우*, 이수병*, 김영성*

*현대중공업

Development of Controlled Switching Device for High Voltage Circuit Breakers II

Kim Dong-Hyun, Kim Yeon-Poong, Lee Hyun-Doo, Lee Soo-Byeong, Kim Young-Sung

*Hyundai Heavy Industries Co., Ltd.

Abstract - It is expected to reduce stresses to components of high voltage circuit breaker and transferred switching surge from power system by applying controlled switching technique to high voltage system. This technique has already been applied to switch shunt reactor or capacitor bank in advanced countries. In this paper, operating software is installed in developed controlled switching device and HMI (Human-machine Interface) is under developing. In the future, this technique is expected to contribute to S.A(Substation Automation).

1. 서 론

전력계통에 설치된 전력기기들이 감당하고 있는, 가혹한 운전조건을 감소시키기 위해 다양한 분야에서 많은 연구들이 수행되어 왔다. 특히, 초고압차단기의 개폐싸지를 줄이는 방법으로, 현재는 투입저항기를 적용하고 있으며, 차단전류를 줄이기 위한 한류기 적용방안에 대해서도 활발히 연구 중에 있다. 개폐싸지 감소 방안 중 하나로, 개폐제어 기술이 있으며 이 기술을 적용함으로써 투입저항기를 제거할 수 있는 장점도 있고 향후 변전자동화와의 연계에도 적용 가능하므로, 많은 관심이 집중되고 있다. 개폐제어 기술은, 과거에는 이론적인 검토에 제한된 반면, 현재는 차단기 설계 및 디자인 제어기술의 향상으로, 개폐싸지 감소에 대한 실질적인 해법으로 인정되고 있다[1]. 이 기술은, 국외의 경우, 이미 상용화 되었고, 국내의 경우는 상용화 단계에 있다.

규격 및 각종 연구보고서에서도 개폐제어기술 적용에 대해 언급하고 있으며[2], 일부 선진국에서는 shunt reactor 또는 capacitor bank 등과 같이 빈번히 동작하는 차단기에 이 기술을 적용하고 있다.

본 고에서는, 개폐제어 기술의 효용성을 입증하기 위해 EMTP Simulation을 수행 후 결과를 나타내었다. 그리고, 제어기 자체 성능 시험 및 그 결과를 정리하였으며 HMI 구현에 관해 언급하였다. 끝으로, 향후 수행할 연구 분야에 대해 기술하였다.

2. 본 론

2.1 투입시점별 과도상태

그림 1에 나타나 있듯이, EMTP 과도해석 툴을 이용하여 345[kV] 모의 계통 모델에 3상 90[MVA], 커페시터를 투입할 때 발생하는 씨지를 모의하였다. 이 모델은 실제 계통에 적용된 모델이 아니기 때문에 발생하는 개폐싸지의 크기는 실제 현상과 상이할 수 있다. 본 연구에서 수행한 EMTP Simulation의 목적은, 같은 조건 하에서, 투입저항의 유무에 따른 영향과 개폐제어 기술을 적용하였을 경우, 투입시점별 개폐싸지 발생 현상을

비교/검토하기 위함이다.

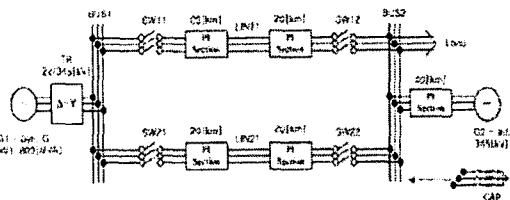
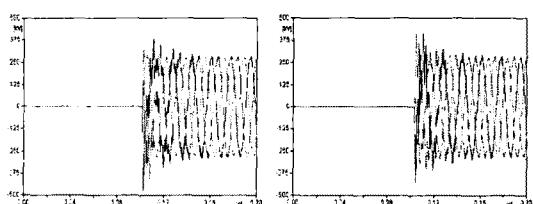


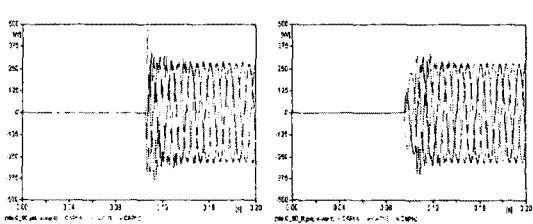
그림 1. 345[kV] 모의 계통 모델

그림 2에 나타난 위상각은 모두 B상 전압을 기준으로 한 값이며, Simulation 결과를 보면, 전압 피크에서 커페시터를 투입했을 때, 개폐싸지가 가장 높게 발생하며, 투입저항기를 삽입함으로써 개폐싸지가 감소함을 알 수 있다. 투입저항기를 제거하고 개폐제어 기술을 적용했을 경우, 투입위상에 따라 발생하는 개폐싸지의 크기는 각각 차이가 발생한다. 전기각을 시간으로 계산했을 때, 전압임펄스를 기준으로 대략 ± 1.5 또는 $2[\text{ms}]$ 범위 내에서 투입이 이루어지면 개폐싸지 감소 축면에서 볼 때, 투입저항기를 삽입했을 경우와 대등한 효과를 얻을 수 있다.

현재 한전에서 차단기에 520[Ω] 정도의 투입저항기를 적용하도록 요구하고 있는데, 이는 개폐싸지를 전체적으로 감소시키기 위함이 아니라 가혹한 조건에서의 개폐싸지를 줄임으로써 계통의 전압계급별로 규정된 개폐싸지 기준을 만족시키기 위함으로 사료된다.



(a) 0°(투입저항 無) (b) 45°(투입저항 無)



(c) 90°(투입저항 無) (d) 90°(투입저항 有)

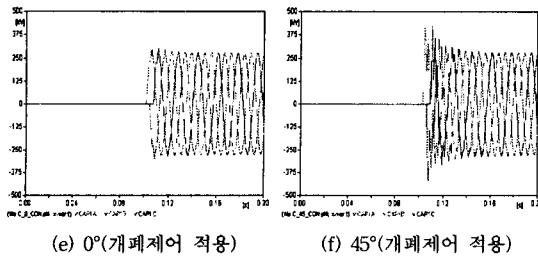


그림 2. EMTP simulation 결과

개폐제어 기술을 적용하여 썬지가 작게 발생하는 범위 내에서 차단기가 동작하도록 투입시점을 제어한다면 투입저항을 제거할 수 있으리라 판단되며, 이 기술의 적용이 차단기의 소형/경량화에 기여하리라 기대된다.

2.2 개폐제어기 성능 시험

그림 3에 나타나 있는 개폐제어기 하드웨어는 기 개발되었으며 이 제어기에 제어 알고리즘을 포함한 구동 프로그램을 탑재하였다. 프로그램은 차단기 동작 목표시점과 기능 흐름도를 바탕으로 작성되었으며[3], 개폐제어기가 탑재된 내부 프로그램에 맞게 잘 작동하는지 동작특성을 확인하기 위해 성능 시험을 실시하였다.

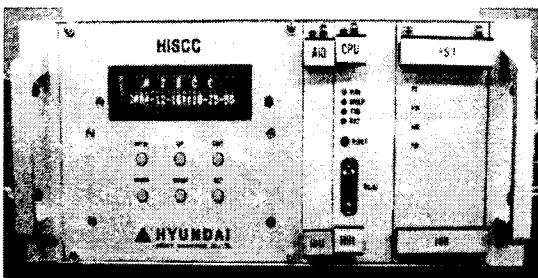


그림 3. 개폐제어기 외형

차단기의 local control panel 또는 제어실의 원격 동작 명령을 받았을 때, 개폐써지가 작게 발생하는 구간에서 차단기가 동작할 수 있도록 트립/투입 코일에 동작명령을 전달하는 것이 개폐제어기의 주요한 동작책무이다. 이로 인해, 최종적으로 성능을 확인하기 위해서는 차단기와 연계하여 성능시험을 실시하여야 하나, 이는 현실적으로 어려움이 있어 본 연구에서는, 그림 4와 같이 시험회로를 구성하여 개폐제어기 자체 성능 시험을 실시하였다.

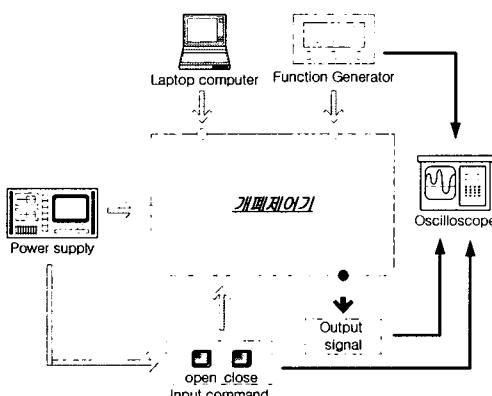
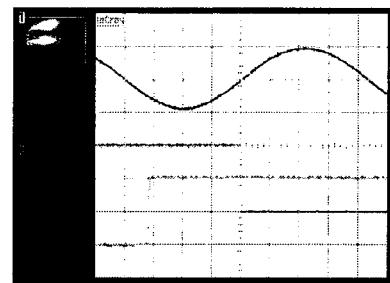


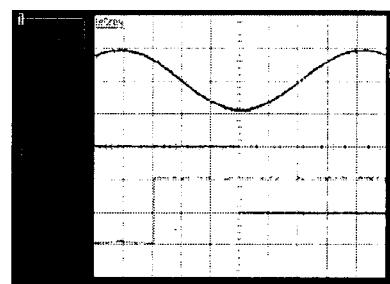
그림 4. 시험회로 구성

Power supply와 Function generator는 각각 직류 전원과 기준 파형을 개폐제어기에 공급한다. 노트북을 이용하여 프로그램을 개폐제어기로 다운로드하였으며, Power supply에 연결한 배선용차단기를 사용하여 직류 전압을 개폐제어기 입력부에 인가함으로써 동작명령 신호를 모의하였다.

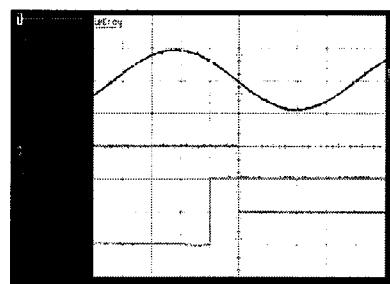
시험은 총 4가지 경우에 대해서 실시하였다. reactor 부하 차단의 경우와 capacitor 부하 투입의 경우에 대해 각각 기준 파형의 영점과 피크에서 개폐제어기의 출력신호가 발생하도록 하였다. 이는 개폐제어기의 정확한 동작시점을 확인하기 위함이며, 이러한 시험조건에 부합하는 차단기 동작시간을 계산하여 이 값을 설정하였다[4].



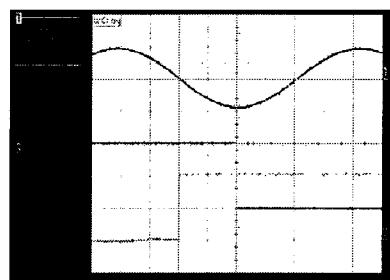
(a) reactor 차단 시, 영점에서 동작



(b) reactor 차단 시, 피크에서 동작



(c) capacitor 투입 시, 영점에서 동작



(d) capacitor 투입 시, 피크에서 동작

그림 5. 시험 결과 측정 파형

그림 5에 나타난 시험 결과 파형을 보면, 3개의 파형 중 1번은 기준 파형이고, 2번은 제어기 출력신호, 그리고 3번은 제어기 입력신호이다. 한 격자의 시간간격은 2[ms]이며, 화면 중앙에서 제어기 출력신호를 기준으로 캡처한 파형이다. 결과에서 알 수 있듯이, 당초 예상했던 시점과 실제 측정 결과가 잘 일치한다.

2.3 HMI 설계

HMI 구현은 개폐제어기의 구동 프로그램 다운로드 및 업그레이드 작업 시 필수적이며 또한 데이터 저장이나 이벤트 발생 시 모니터링 작업을 용이하게 한다.

본 연구에서 구현 중인 HMI는 크게 두 가지로 구분된다. 첫째는 VFD와 키패드로 구성된, 개폐제어기 자체에 부착된 Operator를 통한 인터페이스이며, 둘째는 Windows 기반 PC를 활용한 인터페이스이다.

자체의 Operator를 사용해서 제어기 내부의 변수를 설정하거나 간략한 표시 형태로 모든 변수를 개별적으로 볼 수 있으며, PC를 사용한 HMI에서는 관련 변수들을 한 화면에 모아서 종합적으로 보거나 실시간 그래프를 그릴 수 있다. 세부적으로는, 제어기 표준 및 사용자 설정 데이터를 파일로 저장하거나 제어기에 다운로드, 제어기 플래쉬 루م 업그레이드, 제어기 내부의 트레이스 및 저장된 이벤트 데이터 취득, 이벤트 발생 시 파형 및 관련 정보를 표시하는 기능을 수행한다. 개폐제어기에 필요한 기본적인 내부 변수를 표 1에 정리하였다.

표 1. 개폐제어기 내부 변수

구분	데이터 종류	비고
System data	정격 전압 정격 전류 주파수	기본정보
Condition data	부하종류 접지조건	목표시점
CB data	차단시간 아킹시간 투입시간 프리아킹시간	개폐제어기 동작시점
Compensation data	정격 제어전압 정격 조작기 압력 온도 범위	보상함수
Alarm data	제어전압 허용범위 조작기 압력 허용범위 온도 허용범위	추가기능

3. 결 론

전력계통에 설치된 전력기기들이 감당하고 있는, 가혹한 운전조건을 감소시키기 위해 다양한 분야에서 많은 연구들이 수행되어 왔다. 개폐씨지를 감소시키기 위한 방법 중 하나로, 개폐제어 기술이 있으며 이 기술을 적용하면 투입저항기를 제거할 수 있어 차단기 소형/경량화를 도모할 수 있다. 또한 변전자동화와의 연계에도 적용 가능하므로, 많은 관심이 집중되고 있고 국내의 경우 현재 상용화 단계에 있다.

본 연구에서는, 개폐제어 기술의 효용성을 확인하기 위해 EMTP Simulation을 수행하였다. 이 기술을 적용함으로써 개폐씨지가 감소함을 알 수 있었으며 투입저항기의 역할을 대신 할 수 있는 가능성은 확인하였다. 그리고 개폐제어기 자체 성능 시험을 실시하였다. 시험 결과, 당초 예상했던 동작시점과 개폐제어기 동작시점이 잘 일치하였다. 끝으로, HMI는 구현 중에 있다.

향후, 차단기와 연계한 시험을 계획하고 있으며 이와 병행하여 개폐제어기 자체 인증시험을 준비 중에 있다. 개폐제어 기술은, 차단기 소형/경량화 추세에 부응하며 또한 차단기 신뢰성 향상에 기여하리라 기대된다.

간사의 글

본 연구는 산업자원부가 지원하는 중기거점기술개발 사업을 통하여 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] H.Kohyama 외 6명, "Development of 550kV and 362kV Synchronous Switching Gas Circuit Breakers", 2001 IEEE/PES, 2001 v.1, pp.597 - 602, 2001
- [2] "High-voltage alternating current circuit-breakers -Inductive load switching", IEC1233, July 1999
- [3] 김동현 외 5명, "초고압차단기용 개폐제어기 개발(I)", 2004년도 대한전기학회 학계학술대회 논문집, A권, pp. 563-565, 2004
- [4] CIGRE WG13.07, "Guide for Application Lines, Reactors, Capacitors, Transformers(1st Part)", ELECTRA, No.183, pp.43 - 73, April 1999