

초고압차단기용 개폐제어기 개발(I)

김동현*, 김연풍*, 김종규*, 이선재*, 권중록*, 문종필**
 *현대중공업 기계전기연구소, **송실대학교 전기공학과

Development of Controlled Switching Device for High Voltage Circuit Breakers(I)

Kim Dong-Hyun, Kim Yeon-Poong, Kim Jong-Kyu, Lee Seon-Jae, Kwon Jung-Lock, Moon Jong-fil
 *Hyundai Heavy Industries Co., Ltd. **Soong-Sil University

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 in advanced countries. In this paper, basic principle of controlled switching technique is set up and a device to realize this technique is under developing. Controlled switching device will be improved by applying a method minimizing errors of operating time and by adopting compensation function relative to changes of ambient/operating condition.

2.1.2 기본 원리

차단기의 차단/투입 동작은, 위에서 언급한 바와 같이 적절한 시점에, 즉 접점의 피해를 최소화 할 수 있는 시점에 이루어져야 한다. 기계적인 동작시간과 전기적인 아킹타임(차단동작 시)을 고려하여 일정 시간의 지연시간을 두고 동작명령을 보냄으로써 원하는 시점에 차단 또는 투입이 일어나게 한다. 이 때, 기계적/전기적 특성으로 인해 편차가 발생하는데 이를 어떻게 최소화 할 것인가에 대한 방안과 이를 보상하기 위한 방안이 중점적으로 연구되어야 한다. 개폐제어 기본 원리에 대한 자세한 내용은 참고문헌[3]에 잘 언급되어 있으며 그림 1에 차단시 개폐제어 기본 원리를 나타내었다.

1. 서 론

전력계통이 초고압 대용량화됨에 따라 전력설비들이 계통으로부터 받는 또는 계통으로 전달하는 스트레스가 커지고 있다. 이로 인해, 협의적으로는 전력설비의 운전 조건이 가혹해져서 전력설비를 이루는 구성품의 마모 등으로 인해 수명이 단축되고 기기 성능이 저하되며 광의적으로 보면 전력계통의 안정성 저하가 우려된다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 초고압차단기에 개폐제어기술을 적용해야 한다는 필요성이 대두되고 있으며 또한 차단기 설계 및 디지털 제어기술의 향상으로 실질적인 해법으로 인정되고 있다[1].

규격 및 각종 연구보고서에서도 개폐제어기술 적용에 대해 언급하고 있으며[2] 실제 일부 선진국에서는 이미 이 기술을 현장에 적용하고 있다. 특히, 해외 A사의 경우는 개폐제어기술 전용 제어기를 개발하여 상용화하였다. 본 고에서는, 기 발표된 규격 및 연구보고서에 근거를 두고 개폐제어기술의 기본 개념을 설명하고 이 기술의 타당성을 검증하기 위해 EMTP Simulation을 수행하였다. 그리고 현재 개발 중인 개폐제어기에 대해 언급하였고 끝으로, 향후 중점적으로 추진해야 할 연구 분야에 대해 기술하였다.

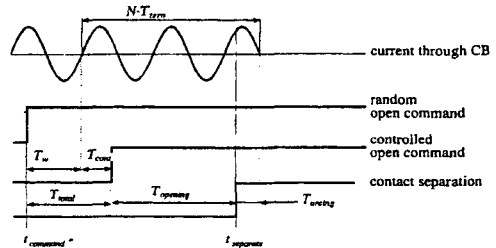


그림 1 개폐제어기술의 기본 원리

그림 1에 나타나 있는 변수들의 의미는 아래와 같다.

- t_{command} : 보호계전기의 동작지령을 수신하는 순간
- t_{separate} : 차단기 접점이 기계적으로 분리되는 순간
- T_w : 제어기에서 수행되는 연산 시간
- T_{cont} : $N \cdot T_{zero} - T_{opening} - T_{arcing}$
- N · T_{zero} : 정수배의 Zero-crossing point
- T_{opening} : 접점분리 순간까지의 차단 동작 시간
- T_{arcing} : 기계적인 분리 이후 아크소멸까지의 시간

다른 변수들은 기존의 알고 있거나 예측 가능한 값이며 각각의 경우에 따라 T_{cont}을 적절히 조절함으로써 원하는 시점에 차단/투입 동작이 일어날 수 있게 한다. 개폐제어기의 역할 및 기능에 관해서는 2.2.3에서 언급하였다.

2. 본 론

2.1 개폐제어 기술

2.1.1 개요

개폐제어 기술이란, 차단기의 차단/투입 시점을 적절히 조절하는 것이다. 이러한 기술을 적용하는 이유는 차단기 구성품이 받는 스트레스를 최소화하기 위한 것이며, 특히 접점의 마모를 최소화하는 것이 주요 관심사이며, 이러한 기술을 도입함으로써 차단기 구성품 및 계통으로 전달되는 스트레스를 감소시킬 수 있으며 이로 인해 차단기 구성품의 수명 연장 더불어 차단 성능 향상을 기대할 수 있다.

2.1.3 부하별 목표 시점

일반적으로 차단기 동작시 부하의 특성에 따라 발생하는 과도현상이 각각 다르기 때문에 적용하는 목표시점 또한 서로 상이하다[3-5]. 개폐제어기술의 효용성 및 부하별 목표시점을 검증하기 위해 EMTP를 이용하여 simulation을 수행하였다.

현재는 345[kV] 모의계통을 이용해서 Simulation을 수행하였고 좀 더 실질적인 연구를 위해 실제 변전소의 계통도를 조사하고 있다. 향후, 실제 계통도와 부하를 모델링하여 Simulation을 수행할 예정이다.

그림 2에는 345[kV] 모의계통 모델링이 나타나 있고 여기에 투입시점별로 Capacitor를 투입한 결과를 그림3에 나타내었다.

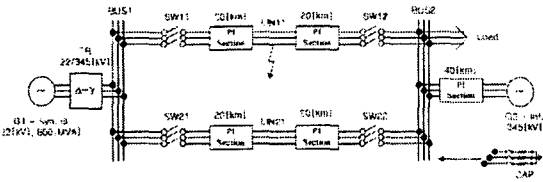


그림 2 345[kV] 모의 계통 모델링

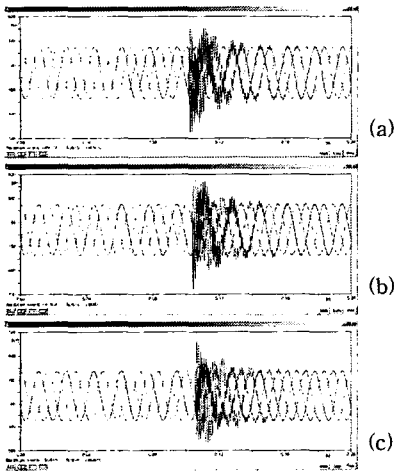


그림 3 Capacitor 투입 Simulation 결과

개폐제어기술의 적용대상 중 가장 많이 언급되고 있는 부하 중의 하나인 Capacitor를 대상으로 계통에 투입될 때를 모의하였다. 그림 3에 나타난 각각의 파형은 3상에서 한 상의 전압 위상을 기준으로 0°, 45°, 90°일 때 Capacitor가 투입되는 순간의 과도현상이다. Simulation 결과, 이상적인 조건이지만 전압 영점에서 투입된 상은 특이한 과도현상 없이 잘 투입되었고 이 결과는 기존에 발표된 부하별 차단시점과도 잘 일치한다.

2.2 개폐제어기 개발

2.2.1 목표 사양

알고리즘을 구현하기 위해서는 전용 제어기 개발이 필수적이며 현재 설계를 완료하였고 제작단계에 있다. 향후 제어기를 전력계통 IT와 접목시키기 위해서는 상위 레벨에 탑재 혹은 독립적인 IED로 개발하는 것이 바람직하리라 사료된다.

표 1에 개폐제어기의 사양이 나타나 있다. 이는 제어기 시제품 개발에 목표로 채택한 최소 사양으로 최종 개발품의 목표 사양과는 상이하다.

동작전압은 차단기의 차단/투입 코일에 인가되는 DC 125V를 기준으로 60% - 125% 범위에서 잘 동작하도록 설계하였고 제어기 내의 산업용 DSP의 채용으로 표 1에 나와 있는 온도에서 신뢰성 있게 동작하리라 기대된다. 입력신호는 아날로그 입력과 디지털 입력이 있는

데 아날로그 입력에서는 계통 전압/전류, 제어전압 등의 값을 취득하고 디지털 입력에서는 보호계전기로부터의 동작지령 신호를 취득하는데, 이를 zero-crossing과 동기화 시켜서 개폐제어 기술의 기준시간으로 정한다.

표 1 개폐제어기 사양

구분	내용
동작전압	75 - 160Vdc
사용온도	-40[°C] to 50[°C]
입력신호	A/I : 16 Points D/I : 8 Points
출력신호	D/O : 8 Points
통신기능	비동기통신(RS-232, 485)
표시기능	형광표시판(VFD ; 2*20 Char.)

2.2.2 하드웨어 구성

하드웨어적으로는 Power 모듈, CPU 모듈, Analog input 모듈, Digital input 및 터미널 단자를 포함한 Back plane 모듈, Digital output을 포함한 Relay 모듈 그리고 형광표시판(Vacuum Fluorescent Display;VFD)을 이용한 HMI(Human Machine Interface) 모듈로 구성되어 있다.

주요기능을 살펴 보면 크게 네 가지 부분으로 구성되어 있는데, 이는 연산부, 아날로그 입력부, 디지털 입력부, 그리고 디지털 출력부로 나뉘어져 있다. 연산부에서는 실시간으로 취득되는 차단기 정보를 연산하고 명령신호가 출력될 시점을 결정한다. 아날로그 입력부와 디지털 입력부는 각각 계통 전압/전류, 보호계전기의 명령신호를 취득/수신하는 역할을 하며 디지털 출력부는 연산부에서 결정된 시점에 차단기 차단/투입 코일에 전원을 인가하는 역할을 한다. 하드웨어 구성도는 그림 4에 나타나 있다.

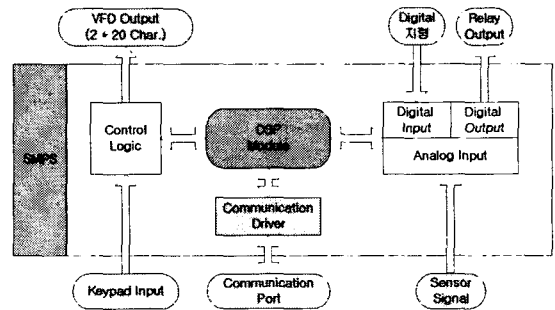


그림 4 개폐제어기 하드웨어 구성도

2.2.3 내부 기능 흐름

그림 5에는 Function flow가 나타나 있다. 전체적인 기능의 흐름을 살펴보면, 가장 큰 전제조건은 제어기가 고장상태더라도 차단동작은 이루어져야 한다는 것이다. 만약, 제어기의 고장으로 인해 차단동작을 수행하지 못한다면 개폐제어기를 적용하기에는 너무 위험부담이 크기 때문이다.

개폐제어기가 정상적으로 동작하고 있는 상태라면 차단기에 인가되는 계통의 전압/전류를 하드웨어적으로 항상 감시하고 소프트웨어로 보상하여 정확한 Zero-crossing point를 감지하고 있다가 보호계전기로부터

차단/투입 명령이 수신되면 Zero-crossing point와 동기를 시켜서 기준시간을 설정한다. 기존에 정해져 있는 차단기의 동작시간과 동작조건 그리고 실시간으로 측정하는 환경 조건을 고려하여 지연시간을 결정한다. 일정 지연시간 경과한 후 접점을 통해서 차단기 코일에 전원을 인가하여 차단기를 동작시킨다. 차단기 동작 전에 예측한 값과 실제 차단기가 동작한 측정값을 비교하여 내부 메모리에 저장하고 다음 번 동작 때 오차를 보정하여 적용한다. 메모리에 저장된 데이터는 비동기통신을 통해 노트북 PC 등 외부 장치에 전송된다.

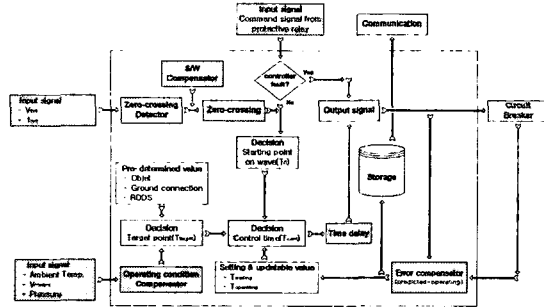


그림 5 Function flow

3. 결 론

전력계통이 초고압 대응량화됨에 따라 전력설비들이 계통으로부터 받는 또는 계통으로 전달하는 스트레스가 커지고 있다. 이러한 부정적인 요인을 보정하기 위해 개폐제어기술의 필요성이 대두되고 있다. 일부 선진국에서는 이미 실제 현장에 적용하고 있으며 국내에서는 연구소와 산업체에서 활발히 연구가 진행되고 있다.

본 고에서는, 개폐제어의 기본 개념을 정립하였고 이 기술의 효용성을 확인하기 위해 EMTP Simulation을 수행하였다. 그리고 개폐제어기술을 구현하기 위해 전용제어기를 개발하고 있다. 본문에서 언급된 사양과 내부 기능 흐름을 토대로 설계작업을 완료하였다. 현재 제작 단계에 있으며 향후, 소프트웨어 탑재 및 장치 인증시험을 계획하고 있다.

전용제어기 개발이 완료되면 시험실 수준의 시험 및 실증시험을 통해서 장비의 유용성을 검증하고 환경변수를 고려한 보정함수 추가 적용 등을 통하여 지속적으로 개선해 나갈 계획이다. 본 연구는 개폐제어기술의 실제 적용에 큰 밑받침이 되리라 사료되며 향후 전력계통 IT 화에도 크게 기여하리라 기대된다.

[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] CIGRE WG13.07, "Guide for Application Lines, Reactors, Capacitors, Transformers(1st Part)", ELECTRA, No.183, pp.43 - 73, April 1999
- [4] CIGRE WG13.07, "Guide for Application Lines, Reactors, Capacitors, Transformers(2nd Part)", ELECTRA, No.185, pp.37 - 57, August 1999
- [5] CIGRE WG13.07, "Planning, Specification and Testing of Controlled Switching Systems", Controlled Switching of HVAC Circuit Breakers, July, 4th 2000