

RTDS를 이용한 STATCOM 제어기 검증

최중윤, 한세희, 송중환, 김준모, 김대희
(주)효성

이원교
대전전력연구원

Verification of STATCOM Controller Using RTDS

J.Y.Choi, S.H.Han, J.H.Song, J.M.Kim, D.H.KIM
Hyosung Co.

W.K.Lee
KEPRI

Abstract - 본 논문에서는 RTDS 시뮬레이터를 이용하여 현재 개발중인 STATCOM 시스템의 제어기의 성능을 검증하였다. STATCOM 제어기와 연계하기 위한 RTDS 시뮬레이터의 구성방안과 RTDS 내부에 GPC 카드를 이용한 STATCOM 인버터 모델을 개발하였으며, 간단한 계통을 구성하여 제어기-시뮬레이터 연동시험을 실시하여 제어기의 성능을 검증하였다.

검증을 위하여 GPC 카드를 이용하여 STATCOM의 인버터 Pole과 변압기를 모델링 하였으며, 제어기와 RTDS 시뮬레이터간의 연계를 위한 인터페이스 보드를 제작하여 제어기-시뮬레이터간 연동시험을 실시하여 제어기의 성능을 검증하였다.

2. 본 론

1. 서 론

전력계통의 실시간 디지털 시뮬레이션은 지금까지 계전기 시험과 같은 전력계통 엔지니어링 분야에서 활발하게 연구되어 왔으며, 기기 성능검증 및 제어기 검증 등 많은 분야에서 실제 적용되고 있다. 하지만 실시간 디지털 시뮬레이터의 하드웨어상의 time-step 문제로 VSC(Voltage Sourced Converter)의 모델링은 off-line 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 왔다. 또한 VSC 시스템의 제어기 성능을 검증하기 위해서는 그림 1.(a)와 같이 아날로그 회로로 구성된 축소모형을 구성하여 디지털 시뮬레이터와 연계하는 방법으로 이루어져 왔다. 하지만 이 경우 제어기를 검증하기 위하여 불필요한 아날로그 회로를 만들어야 하며, 각각의 시스템에 별도의 아날로그 회로를 구성해야 하는 불편함이 있었다. 하지만 RTDS 시뮬레이터의 GPC 카드를 사용하면 2 μ sec 미만의 time-step으로 VSC의 모델링이 가능하게 되어, 별도의 아날로그 회로를 사용하지 않더라도 그림 1.(b)와 같이 직접 제어기와 연계가 가능하게 되었다.

2.1 STATCOM 시뮬레이터 제작

RTDS 시뮬레이터는 STATCOM 제어기의 성능 검증을 위하여 제작되었으며 외형은 그림 2와 같다. RTDS 시뮬레이터는 실시간으로 발전기, 변압기, 송전선로, 계통해석 등의 연산을 수행하며, 인버터 모델을 구축하여 STATCOM 제어기로부터 게이팅 신호를 입력받아 실제 STATCOM의 운전상황과 동일한 성능을 모의할 수 있다.

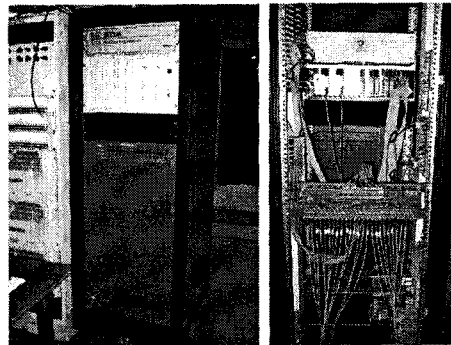


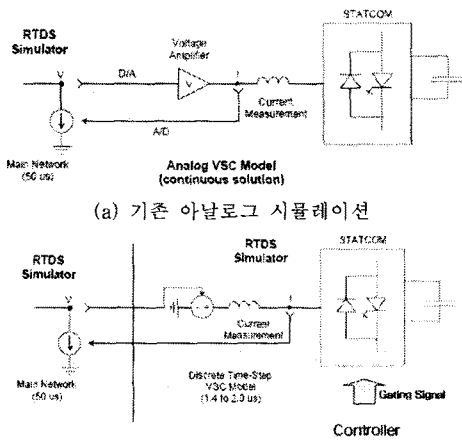
그림 2. STATCOM 시뮬레이터 외형(전면/후면)

STATCOM의 성능을 시험할 수 있는 계통의 구성을 위해 소요되는 3PC 카드의 규모는 다음과 같다.

- 발전기 3대 : 3PC 프로세서 3개
- 3대의 발전기의 Exciter, Governor 모델 : 3PC 프로세서 3개
- PQ 부하 5개 : 3PC 프로세서 5개
- 송전선로 5개 : 3PC 프로세서 5개
- 차단기와 사고모의 : 3PC 프로세서 1개

위와 같이 시험계통을 위해서 총 17개의 프로세서가 필요하며, 여분으로 3PC 카드 1장을 추가하여 총 7장의 3PC 카드가 필요하다.

또한 3-Level 인버터 2대로 구성되어있는 STATCOM 인버터부 스위칭 소자의 모델링을 위하여 약 1.5 μ s의 빠른 속도로 연산이 가능한 GPC 카드 2장을 이용하였다. 그림 3은 RTDS 시뮬레이터의 카드들을 보여주고 있다



(a) 기존 아날로그 시뮬레이션

(b) GPC 카드를 이용한 디지털 시뮬레이션
그림 1. VSC 시뮬레이터

본 논문에서는 현재 개발중인 STATCOM 제어기의

며, 3PC 카드 7장과 GPC 카드 2장으로 구성되어 있다.

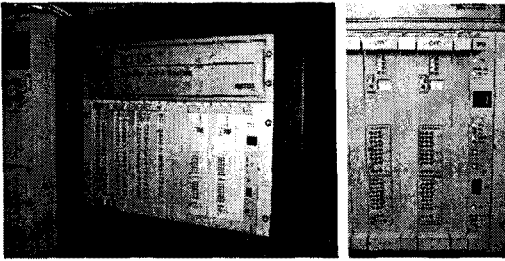
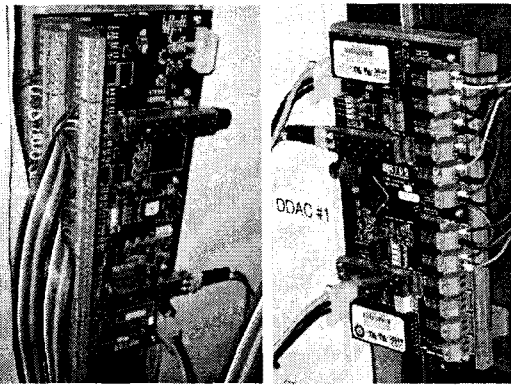


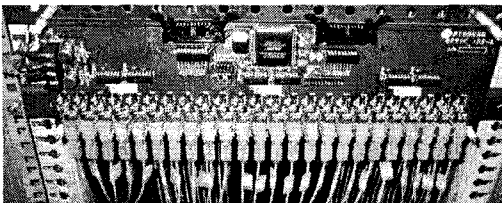
그림 3. RTDS 시뮬레이터 카드 및 GPC 카드

그림 4는 GPC 카드 전용의 입출력 보드들을 나타내고 있다. GTDI 카드는 STATCOM의 각 밸브의 게이팅 신호를 받아들이는 역할을 하며, GTAO 카드는 RTDS 내부에서 연산되는 전압, 전류 값을 실시간으로 아날로그 출력으로 내보내는 역할을 한다. 각 카드는 GPC 카드와 광으로 연결된다.

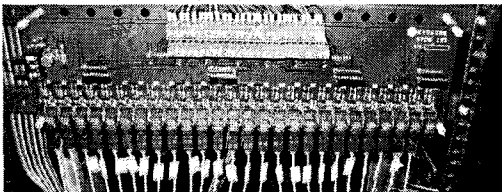


(a) GTDI 카드 (b)GTAO 카드
그림 4. GPC 카드용 입출력 보드

그림 5는 STATCOM 제어기와 RTDS 시뮬레이터를 연계하기 위한 인터페이스 보드이다. STATCOM 제어기에서는 각 밸브의 게이팅 신호를 광으로 변환하여 전송하면, RTDS 시뮬레이터에서는 광신호를 다시 5V 레벨로 변환하여 GTDI 카드의 입력으로 들어가도록 설계하였다.



(a) 광 인터페이스 보드(제어기측)



(b) RTDS 인터페이스 보드(RTDS측)

그림 5. 제어기-시뮬레이터 인터페이스 보드

2.2 STATCOM 모델 작성

그림 6은 STATCOM 모델의 인버터 부이다. 그림에서 좌측상단의 Interface TR은 주계통과 인버터부를 연결시켜주는 역할을 한다. Interface TR의 1차측은 3PC Card의 time-step인 50 μ s로 연산을 수행하며, 2차측은 GPC Card의 연산속도인 최소 1.5 μ s에서 연산이 수행된다. 인버터부는 3-Level 인버터 2대가 보조변압기를 통해 연결되는 형태를 취하여 출력전류에 5, 7차 고조파를 제거하도록 하였다.

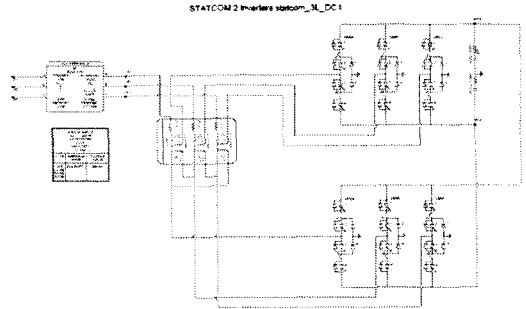


그림 6. STATCOM 모델 - 인버터부

STATCOM 제어기는 실제 계통의 PT, CT로부터 계통의 전압, 전류값을 입력받아야 하므로, STATCOM 제어기 위해서는 시뮬레이터 내부에서 연산되어지는 전압, 전류 값을 실시간으로 아날로그 출력으로 내보내 주어야 한다. RTDS 시뮬레이터 내부 변수를 아날로그 값으로 출력하기 위해서는 GTAO 카드와 GTAO 카드를 통해 출력을 내보내는 GTAO 모델이 필요하다. 그림 7은 GTAO 모델을 나타내고 있으며 STATCOM 제어를 위해서 변압기 1차측의 3상전압과 3상전류, DC 전압을 출력하고 있다.

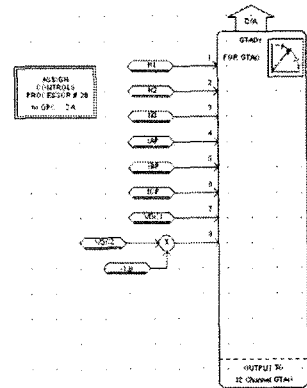


그림 7. GTAO 모델

2.3 계통모델 작성

그림 8은 STATCOM 제어기 시험을 위한 RTDS 시뮬레이터의 계통모델이다. 발전기는 120MVA Steam Turbine 발전기와 90MVA Gas Turbine 발전기로 구성되며, 모선은 총 4개 무선으로 구성된다. 각 모선에 연결된 총 부하량은 유효전력 152.3MW, 무효전력 65.13MVar이다. STATCOM은 그림 왼쪽의 STATCOM 연결부에 연결되며, 2회선중 1회선 사고모의를 위해 송전선로는 2회선으로 구성하였다. 또한 장거리 사고 모의를 위하여 장거리 선로와 모선을 추가하였다.

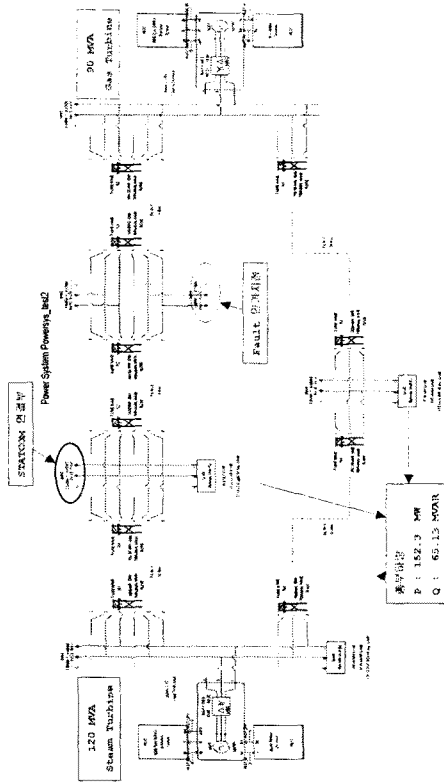


그림 8. RTDS 계통모델

2.4 제어기-시뮬레이터 연동시험 결과

그림 9는 RTDS 시뮬레이터를 이용한 제어기 연동시험의 개략도를 나타내었다.

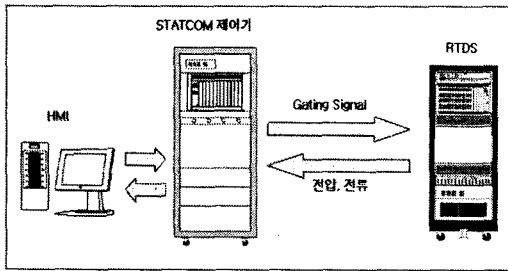


그림 9. 제어기-시뮬레이터 연동시험 개략도

그림 10과 그림 11은 제어기 연동시험의 결과 파형이다. 그림 10은 Capacitive 운전모드에서 Reactive 운전모드로 변경하는 순간의 파형이며, 그림 11은 Reactive 운전모드에서 Capacitive 운전모드로 변경하는 순간의 파형이다. 각 그래프의 내용은 다음과 같다.

- d, q축 출력전류 (Id, Iq)
- DC 전압 (Vdc+, Vdc-)
- 모선 전압과 STATCOM 출력전류

그림을 보면 전류의 위상이 순간적으로 180° 바뀌는 것을 확인할 수 있다. 그림 12는 인버터 Pole A와 Pole D의 출력전압과 보조변압기 합성된 주변압기 2차측 전압을 나타내었다.

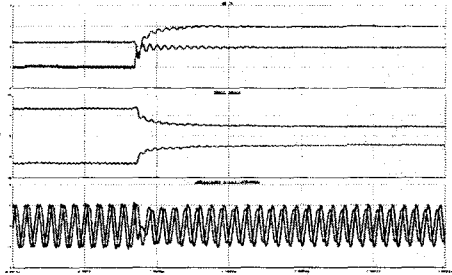


그림 10. 연동시험 결과파형(C모드 -> L모드)

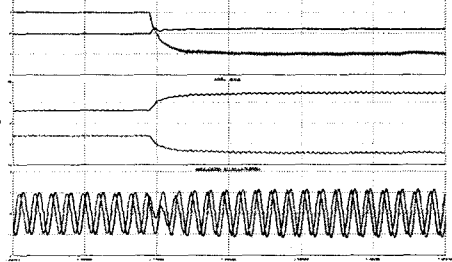


그림 11. 연동시험 결과파형(L모드 -> C모드)

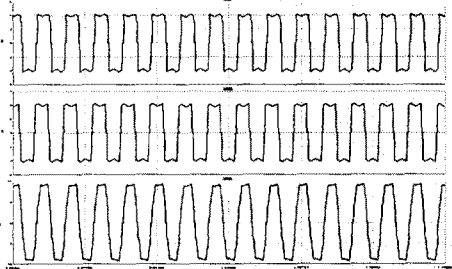


그림 12. 인버터 출력파형

연동시험 결과를 보면 외부에서 제어기로부터 게이팅 신호를 입력받아 3-레벨 인버터가 정상적으로 동작하고 있음을 보여주고 있다.

3. 결 론

본 논문에서는 RTDS 시뮬레이터의 GPC 카드를 이용하여 STATCOM 인버터 Pole를 모델링하였으며, 시뮬레이터와 개발중인 STATCOM 제어기를 연계하여 제어기의 성능을 검증하였다. GPC 카드를 이용한 VSC 모델은 2 μ sec 미만의 time-step으로 동작하기 때문에 아날로그 축소모델로 VSC 시스템의 제어기 검증방법을 기존의 방식에서 완전한 디지털 시뮬레이터로 전환이 가능하였다. 이런 방식의 디지털 시뮬레이터는 STATCOM 뿐만 아니라 전동기 드라이브와 연료전지 PCS, 풍력발전기의 인버터 등 다양한 VSC 시스템의 제어기 검증에도 구현이 가능할 것으로 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Trevor Maguire, Paul Forsyth, Rick Kuffel, "Small Time-step(<2 μ sec) VSC Machine Drives for the Real Time Digital Simulator", Electrimacs 2005, Hammamet, Tunisia
- [2] T.L. Maguire, W.J. Giesbrecht, "Small Time-step(<2 μ sec) VSC Model for Real Time Digital Simulator", International Conference on Power System Transient(IPST '05), 2005