

## 제어기 모델링을 위한 블록 시뮬레이터 개발

오성균, 신만철, 황인준, 김건중  
충남대학교

### Development of Block Simulator for Controler Model Verify

Oh SungKyun, Shin ManCheol, Hwang InJun, Kim KernJoong  
Chungnam National University

**Abstract** - In this paper describe the block simulator that simulate generator's contoler such as governor, exciter and stabilizer. To use legacy tool such as PSS/E for user defined model is very difficult. The simulation tool such as Matlab/Simulink is easy to simulate user defined model but integrate simulation and power system network analysis is unavailable. As a result this paper show that block simulator for contoler model verify. It is include block simulator design, implementation and verify to Matlab/Simulink.

#### 1. 서 론

발전기의 다이내믹 모델은 전력계통 과도안정도 해석에 주로 사용된다. 다이내믹 모델링을 어떻게 하느냐에 따라 해석결과가 크게 달라진다. 현재 제어기에 대한 모델링 방법은 Matlab/Simulink를 이용한 방법과 전력계통 해석프로그램인 PSS/E를 이용한 방법이 있다. PSS/E를 이용하면 PSS/E에서 제공되는 모델이 아닌 경우 사용자가 모델을 정의해서 이용하거나 프로그램에서 제공되는 모델 중 유사모델을 이용할 수 있는데 사용자가 모델을 정의하는 것은 매우 어렵기 때문에 주로 후자의 방법을 사용한다. 또한 Matlab/Simulink를 이용한 방법은 모델링은 자유롭지만 계통 네트워크와의 연결이 어려워서 과도안정도 해석 등 실제로 사용자가 정의한 모델을 이용한 계통해석이 어려운 문제가 있다. 본 논문에서는 발전기 제어기의 다이내믹 모델링을 위한 블록시뮬레이터에 대해 기술한다. 개발된 블록 시뮬레이터는 Matlab/Simulink에서 처럼 블록 단위의 모델링을 통해 사용자가 쉽게 제어기를 모델링 할 수 있고, 추후에 계통해석 모듈을 연결하여 과도안정도 해석에도 사용될 수 있다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 배경

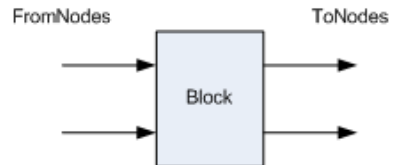
블록 시뮬레이터란 제어기 등 다이내믹 시스템 모델링의 한 형태인 블록 다이어그램을 이용하여 입출력 관계를 파악할 수 있는 툴이라고 할 수 있다. 대표적인 블록 시뮬레이터로는 Matlab/Simulink를 들 수 있다. Matlab/Simulink는 블록 라이브러리를 이용하여 모델을 구성한 후 주어진 입력에 대해 일정시간동안 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 하지만 서론에서 언급한 바와 같이 외부 모듈과 연동하기가 쉽지 않고, 전력계통과 같은 경우 여러 개의 발전기에 대해서 동일한 모델에 대해서 파라미터만 바꿔서 시뮬레이션을 수행해야 하는데, 실제적으로 해석 수행시마다 각 제어기에 대한 파라미터를 다시 설정해서 시뮬레이션을 수행하는 것은 불가능하다고 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 전력계통의 동적 해석에 사용될 수 있는 블록 시뮬레이터를 개발에 목적이 있다. 전력계통 동적해석을 위한 블록 시뮬레이터는 일반 블록 시뮬레이터와는 다른 점이 있는데 그 주요사항으로

- 템플릿 형태의 제어기 모델(파라미터와 구조 분리)
- 계통변수(전압,전류)와 연결
- 정상상태 설정(초기화)

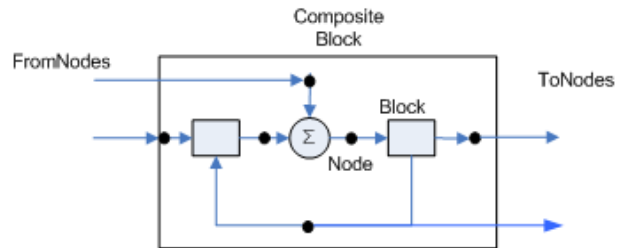
##### 2.2 블록 시뮬레이터 설계

본 절에서는 전력계통 동적해석을 위한 블록 시뮬레이터의 개발을 위한 설계에 대해서 기술한다. 우선 하나의 블록은 다음 그림 1과 같이 여러 개의 입력 노드와 출력노드로 구성할 수 있다.



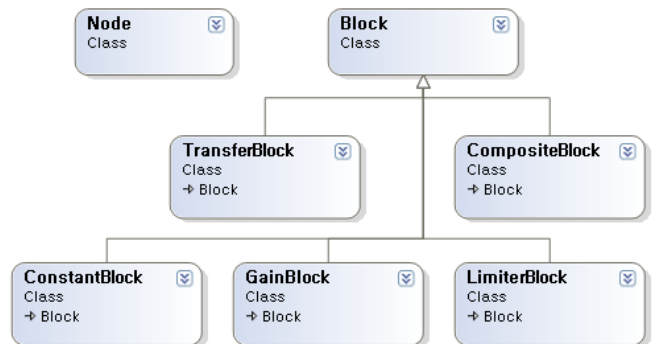
<그림 1> Matlab/Simulink의 예

그리고 제어기 모델은 내부적으로 여러 블록이 연관관계를 갖는 복합블록(Composite Block)이라고 할 수 있다. 또한 제어기와 또다른 제어기가 연결될 수 있도록 블록 구조를 가질 수 있도록 하는 것이 좋다. 따라서 외부적으로는 여러 개의 입력노드와 출력노드를 갖도록 한다. 그리고 각 블록과 블록은 노드를 통해서 연결되어 있다. 노드는 기본적으로 신호 값에 해당하는 값을 가지고 있고 경우에 따라 노드명과 노드번호를 가질 수 있다. 아래 그림 2은 2개의 입력노드와 2개의 출력노드를 가지고 있고, 2개의 내부노드를 가지고 있는 복합블록의 예를 나타내고 있다.



<그림 2> 제어기(복합 블록)의 예

프로그램 개발은 확장성있는 객체지향 프로그래밍 방법론을 적용해서 구현하였다. 이와 같이 설계된 블록 모듈을 클래스 다이어그램으로 나타내면 아래 그림 3과 같이 나타낼 수 있다. 모든 클래스는 Block클래스를 상속받으며 'TransferBlock'은 전달함수 블록을, 'ConstantBlock'은 입력 등에 쓰이는 상수블록을, 'GainBlock'은 이득블록을, 'LimiterBlock'은 리미터블록을 각각 나타낸다. 또한 'CompositBlock'은 내부에 여러 개의 다른 블록을 포함하고 있으면서도 블록으로부터 상속을 받는다는 점을 주의해야한다. 이렇게 함으로써 일관성을 가질 수 있는 장점이 있다.



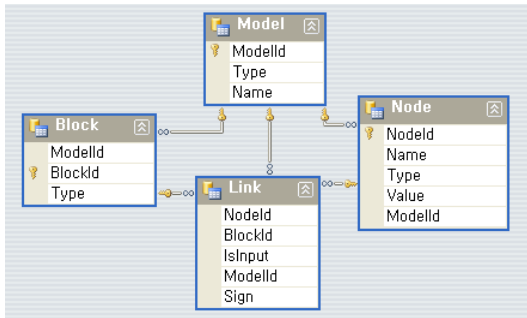
<그림 3> 클래스 다이어그램

##### 2.2.1 모델 데이터 설계

서론에서 언급한 바와 같이 전력계통 동적해석을 위한 블록 시뮬레이

터의 요건으로서 템플릿 형태의 모델을 들었다. 즉 제어기 모델과 제어기 모델의 파라미터를 분리시킴으로써 같은 형식의 모델에 대해서 파라미터만을 변경해서 같은 종류의 모델을 여러개 생성할 수 있게 하는 것이다.

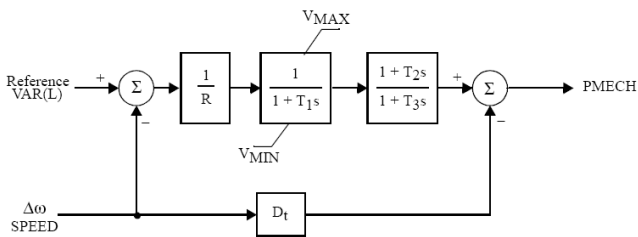
향후 호환성을 위해서 다이나믹 데이터파일의 파라미터는 PSS/E의 것을 그대로 이용하더라도, 제어기 모델에 대해서는 다음 그림과 같이 모델 테이블을 설계할 수 있다. 여기서 Model 테이블은 가장 상위 테이블로서 모델명과 모델에 대한 기본정보를 포함하고 있다. Block 테이블은 각 블록의 Id와 타입을 저장하고 있고, Node 테이블은 각 노드의 정보를 저장한다. 그리고 각 블록과 노드와의 관계는 Link 테이블을 통해서 이루어진다. 즉 어떤 노드는 어느 블록에 대해서는 입력노드이지만 다른 블록에 대해서는 출력노드의 관계를 가질 수 있기 때문이다.



<그림 4> 테이블 설계

**2.3 블록 시뮬레이터 구현**

이와 같이 구현된 블록 시뮬레이터에 대해서 조속기중 'TGOV1' 모델을 이용해서 개발된 프로그램을 검증하였다. 아래 그림 5는 'TGOV1' 조속기 모델의 블록 다이어그램을 나타낸 것이고 표 1은 여기에 사용된 파라미터 표이다.[1]

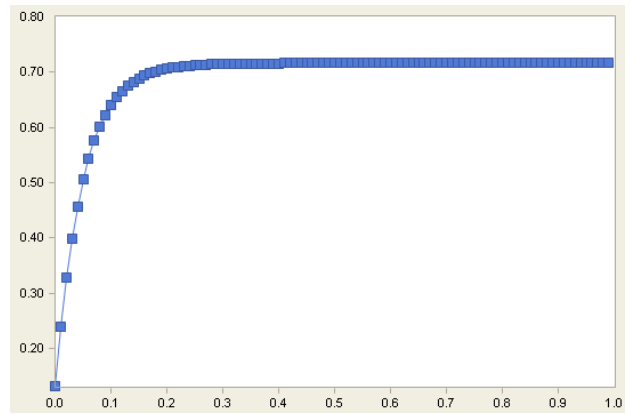


<그림 5> TGOV1 모델 블록 다이어그램

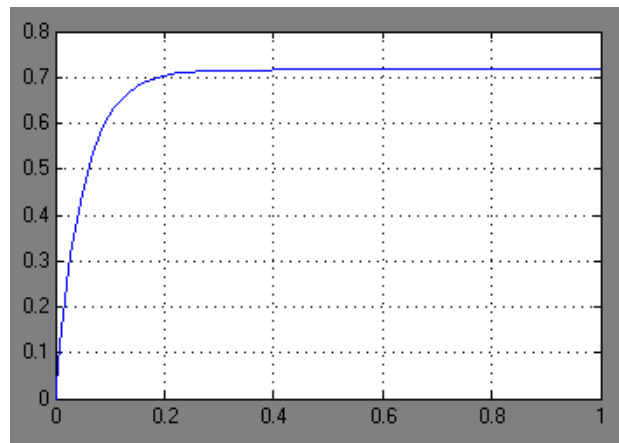
<표 1> TGOV1 파라미터

파라미터 명	값
R	0.05
T1	0.05
VMAX	2.0
VMIN	-0.3
T2	1
T3	1
Dt	0

아래 그림 6, 그림 7은 위 표와 같은 파라미터를 이용하여 개발된 블록 시뮬레이터를 이용한 실행결과와 동일한 모델과 파라미터에 대해서 Matlab/Simulink를 이용한 실행결과를 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 두 개의 결과가 동일한 것을 확인할 수 있다.



<그림 6> 개발 프로그램 실행결과



<그림 7> Matlab/Simulink 실행결과

개발된 블록 시뮬레이터는 Matlab/Simulink에서처럼 사용자가 제어기 모델을 쉽게 모델링할 수 있을 뿐만 아니라 한 번 정의한 모델은 파라미터만 바꿔줌으로써 동일한 형태의 제어기를 여러 개 생성할 수 있는 장점이 있다. 또한 개발된 블록 시뮬레이터 프로그램은 모듈로서 개발되었기 때문에 향후 전력계통 해석 프로그램과 연계하여 전력계통의 동적 해석에도 활용될 수 있을 것이다.

**3. 결 론**

본 논문은 전력계통 동적해석에 사용되는 제어기의 모델링과 검증을 위한 블록 시뮬레이션 프로그램 개발에 관한 것이다. 전력계통 동적해석에 널리 사용되고 있는 기존 PSS/E 프로그램은 사용자 정의 모델을 추가하기가 매우 어려워서 실제의 제어기 모델을 PSS/E 프로그램이 제공하는 유사한 모델에 맞춰서 모델링하는 경우가 많았다.

본 논문에서는 확장성있는 객체지향 프로그래밍 기법을 활용하여 사용자가 원하는 형태의 제어기모델을 설계할 수 있게 하였고, 이것을 곧바로 계통의 동적해석에 사용할 수 있도록 하였다. 향후 전력계통 해석 모듈과 연계하여 실제 전력계통을 대상으로 동적해석을 수행하는 연구를 진행할 예정이다.

**[참 고 문 헌]**

[1] Siemens/PTI, "PSS/E Program Operation Manual Volume I", 2005  
 [2] Siemens/PTI, "PSS/E Program Operation Manual Volume II", 2005  
 [3] MathWorks, Inc. "Simulink Manual", 2005  
 [4] Richard L. Burden, "Numerical Analysis", BROOKS/COLE, 1997  
 [5] 박종국 외 공역, "최신제어시스템", SciTech, 1999,