

특집

전력전자시스템을 위한 시뮬레이션 tool

목형수
(서울산업대학교)

전력전자분야는 반도체, 전기·전자부품, 전기·전자 회로, 전기기계, 디지털 회로, 제어이론, 전력계통 등 다양한 분야의 결집체로서 지난 30여년 동안 전력용 반도체소자, 마이크로프로세서와 디지털 IC (Integrated Circuit)의 눈부신 발전과 새로운 회로 토폴로지(topology) 및 제어이론의 도입으로 인하여 학계 뿐 아니라 산업계의 발전에 기여한 바가 매우 크며, 그 응용 분야도 급속히 확대되고 있다. 이러한 응용분야의 확대 및 고성능 (high performance)에 대한 수요자의 요구에 의해 날로 변화하는 환경에 적응하기 위해서는 과거 경험이나 이론에 바탕을 둔 전력전자시스템의 설계 방식보다는 설계시 개발시간의 단축과 비용의 절감을 위한 정확한 시뮬레이션을 통한 설계방식의 적용이 불가피한 추세이며, 컴퓨터의 성능향상과 더불어 그 필요성 및 유효성은 더욱 증대되고 있다.

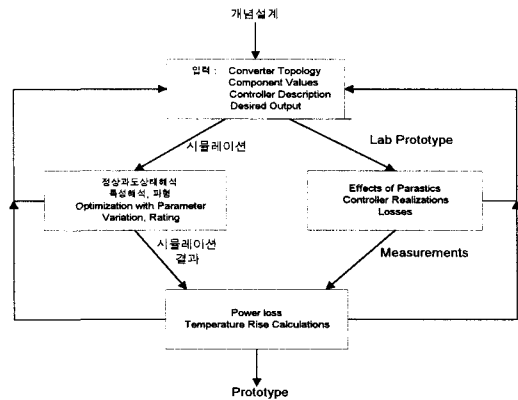


그림 1. 설계과정에서의 시뮬레이션

현재의 지식, 기술의 제약조건등을 기초로 한 개념 설계후 회로 토폴로지를 선정후 시뮬레이션을 통

표 1. 전력전자시스템의 시뮬레이션을 위한 tool의 요구조건

항 목	조 건
User-friendly interface	데이터의 입,출력 및 post-processing, plot이 용이해야함
Multi-level modeling capability	전력용반도체소자, magnetic 소자등의 모델링 continuous, sampled datacontrol system의 구현이 가능해야함. 미분방정식에 의한 부하 및 플랜트의 모델링이 가능해야함. 각 모델 사이의 연결이 수월해야함.
Accurate models	상세한 해석을 위한 accurate model을 제공해야함.
Robust switching operation	전력용 반도체에 의한 스위칭 동작을 정확히 표현해야함.
Execution time	상세한 해석뿐 아니라 long time 해석을 위한 time-step의 변경이 용이해야함.
Initial conditions	초기조건의 설정이 가능해야함.

그림 1은 일례로 전력변환장치 prototype 하드웨어 제작을 위한 설계시 시뮬레이션을 이용하는 과정을 보여준다. 부하에 대한 해석 및 사양의 과거의 경험,

하여 타당성을 검증한다. 다음 단계로는 적절한 component를 선정후 시스템의 안정도 및 과도, 정상상태특성, 기동시, 정지시의 특성, 열해석등 시스

표 2. 각종 시뮬레이션 Tool 비교

대분류	소분류	Tool 명	적용분야	특징	
Circuit oriented simulation	device level	Pspice (PC Windows, Workstation)	SMPS (Hard, Soft switching) Converter, Inverter의 동작 및 swiching 특성 전력변환회로의 고조파해석 및 파형분석	<ul style="list-style-type: none"> - Power device : true V-I Characteristic - Dynamic switching behavior - 회로작성 및 수행이 매우 용이 - 라이브러리가 풍부하고 매우 다양함. - Convergence error가 자주 발생함. - Long time execution - 전동기 시스템등의 시뮬레이션에는 부적합함. - 최종단계의 설계구현에 적합 	
		PSIM (PC Windows, Workstation)	회로토폴로지 검증 제어기법 적용 검증 전력변환회로의 고조파해석 및 파형분석	<ul style="list-style-type: none"> - Power device : ideal - Ideal switching behavior - 연산속도가 빠름 - 제한된 라이브러리 - easy to control - User-friendly interface의 기능이 부족함. - Time domain analysis만 가능함. - 전력변환회로의 detail한 시뮬레이션 불가능 - 초기단계의 설계에 적합 	
		EMTP (PC Windows, Workstation)	대용량 Power system	<ul style="list-style-type: none"> - Power device : ideal - Ideal switching behavior - 검증된 high-power용 라이브러리(변압기, 전기 기계, transmission line) - easy-to-control - low-power 용에는 부적합함. - 전력변환회로의 detail한 시뮬레이션 불가능 - high power level의 system level의 시뮬레이션에 적합함. 	
	controller level	controller level	ACSL with Garphic Modeller (PC Windows, Workstation)	전동기제어시스템의 해석 및 제어기 설계 회로토폴로지 검증 제어기법 적용 검증	<ul style="list-style-type: none"> - Power device : ideal - Ideal switching behavior - 수학적인 모델링 필요 - 전력변환회로의 detail한 시뮬레이션 불가능 - 연산속도가 매우 빠름 - Continuous-Discontinuous의 프로그램이 용이하여 마이크로프로세서의 알고리즘 구현이 매우 용이함. - C, DSP Code generation - DSP와 결합한 real-time control 가능 - 비선형, 시변시스템의 모델링이 매우 용이함. - 사용자의 flexibility가 매우 큼
			Matlab with Simulink (PC Windows, Workstation)	전동기제어시스템의 해석 및 제어기 설계 회로토폴로지 검증 제어기법 적용 검증	<ul style="list-style-type: none"> - Power device : ideal - Ideal switching behavior - 수학적인 모델링 필요 - 전력변환회로의 detail한 시뮬레이션 불가능 - Matrix 연산 용이 - 다양한 tool box (일종의 library) 제공 - C, DSP Code generation - DSP와 결합한 real-time control 가능 - Long execution time - dynamic, nonlinear system 모델링이 용이함
			Saber (PC Windows, NT Workstation)	SMPS (Hard, Soft switching) Converter, Inverter의 동작 및 swiching 특성 전동기제어시스템의 해석 및 제어기 설계 회로-기계통합 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> - Power device : true V-I Characteristic - Dynamic switching behavior - 회로작성 및 수행이 매우 용이 - 라이브러리가 풍부하고 매우 다양함. (기계역학 모델 포함) - 사용자의 flexibility가 매우 큼 - reliability 해석이 편리함. - 초기 및 최종단계의 설계에적합함.
Equation solver simulation	compromization				

템에 대한 좀더 자세한 시물레이션을 수행한다. 이러한 시물레이션과 병행하여 lab 수준의 prototype을 제작한 후 실험을 통하여 시물레이션 결과와 비교 검토하는 디버깅(debugging)단계를 거친다. 이러한 단계를 거친후 최종적으로 시스템의 손실, 온도상승 등과 같은 실험을 거쳐 prototype을 제작함으로써 설계과정을 마치게 된다. 과거 국내에서는 설계자가 직접 C, Pascal, Fortran등으로 프로그램을 작성하여 수치해석을 통해 시물레이션을 수행해 왔지만, 프로그램의 검증에 많은 시간이 소요되며, data input 및 processing을 담당하는 user-interface가 쉽지않은 단점 때문에 최근 상업용 tool을 이용하는 추세에 있다. 본고에서는 전력전자분야에서 현재 널리 사용하고 있는 상업용 시물레이션 tool의 종류와 그특징에 대하여 언급하고자 한다.

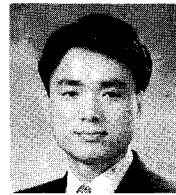
1. 시물레이션 프로그램의 요구조건

스위칭 소자 및 부하모델을 포함한 전력전자시스템의 전체 시물레이션을 위한 필요조건을 나타내면 표 1과 같다. 현재 전력전자분야에 적용하고 있는 시물레이션 tool중 표1의 모든 항목에 근접하고 있는 tool은 saber 정도라 할수 있고, 대부분(MATLAB, ACSL, PSIM, EMTP)은 switching 소자의 정확한 모델링을 제외한 대부분의 항목을 만족한다. 여기서 일부항목을 만족하지 못한다는 사실이 tool의 특성이 그만큼 뒤떨어진다는 것을 의미하지는 않으며, 시물레이션을 적용할 수 있는 설계단계가 제한되어 있다는 것을 의미한다.

2. 시물레이션 tool의 분류

시물레이션 tool은 EPLD, ASIC등에 사용하는 디지털 회로 설계 소프트웨어로부터 전기기계설계시 사용하는 FEM 해석 소프트웨어에 이르기까지 전력전자분야에 관계된 많은 형태의 simulation tool이 있지만 본 고에서는 회로나 시스템해석을 위한 시물레이션 Tool에 국한하기로 한다. 회로나 시스템해석을 위한 시물레이션 tool을 여러 형태의 분류가 가능하지만 전력용 반도체 혹은 magnetic components의 특성을 고려한 device-level simulation과 이상적인 소자를 사용하여 제어기 설계나 시스템의 특성해석에 주력하는 controller-level의 simulation, 상기의 기능을 결합한 compromization simulation tool로 분류하며, 프로그램 작성 방법에 따라 circuit-oriented simulation과 equation-solver simulation으로 분류할 수 있다. 표 2에는 상기의 방법에 의해 분류된 simulation tool의 종류와 특징에 대하여 나타내었다. 표 2에서 알 수 있듯이 각 시물레이션 tool은 그 나름대로의 특징을 지니고 있다. 따라서 각 tool간의

우열를 가리는 것은 매우 어리석은 일이라 할 수 있고, 적용분야에 따라서 각각의 장점을 지니고 있기 때문에 현재까지도 각 분야에 널리 사용되고 있으며 당분간 현 상태를 유지할 것으로 예측된다. 단지 조심스럽게 앞으로의 tool의 추세에 대해 전망하면 현재 분야별로 사용하는 tool의 통합된 기능을 갖는 compromization형 시물레이션 소프트웨어가 사용자의 요구조건을 어느정도 충족할 것이며, 실시간 제어기능의 확대가 기대된다. 또한 시물레이션 소프트웨어의 보급이 점차 확대됨에 따라 다양한 라이브러리에 대한 요구가 증대될 것이며, 아직은 가격면 때문에 여건이 성숙되지는 않았지만 교육목적으로 사용할 경우 교육 보조도구로서 그 역할을 충실히 수행할 것으로 기대된다.



목형수 (睦亨洙)

1982~86 서울대학교 전기공학과(학사)

1986~88 동 대학원 전기공학과(석사)

1988~92 동 대학원 전기공학과(박사)