

새로운 전기전자 Simulation Program인 SIMPLORER를 이용한 해석 사례



최원상

(주) 재우전자 CAE팀



서 론

SIMPLORER는 전력전자회로와 전동기 구동장치가 포함된 회로에 적용하기 쉬운 Simulation Package 이다. PSPICE와 비교하여 빠르고 신뢰성이 있으며 Circuit Simulator에 국한 되지 않고 State Graph, Block Diagram 등을 이용한 Simulation으로 회로, 기계, 제어등의 Simulation이 가능하다. 이러한 SIMPLORER를 본론의 1장 SIMPLORER의 소개와 장점에서 SIMPLORER의 적용 분야와 기본 모듈에 대해 설명하였고 2장 적용 사례에서는 SIMPLORER를 이용한 DC Moter의 해석 사례를 다루었다.

본 론

1장 SIMPLORER의 소개와 장점

SIMPLORER는 전기전자 회로,

Digital회로 전력전자회로의 설계 및 Simulation을 위한 종합 전기 전자 Simulation Program으로, 다양한 회로소자와 해석기능을 보유하고 있으며 신호그래프 상태 그래프, 특성곡성, Function generator, 수식표현, C-interface, Model Libraries가 제공된다. 따라서 자동제어 이산신호시스템, 디지털 시스템, 전력전자시스템 분야 등에 응용되는데에 유용한 강력한 Simulator로 알려져 있다. GTO-thyristor에 의한 제동장치, 단상 전력용 컨버터, DC초퍼에 의한 DC모터, 구형파에 의한 3상 회전용 서보구동장치, Acceleration Sensor, Fuzzy parameter에 디지털 전류 조정회로, 페루프시스템, DC전류에 의한 고전압 12pulse-정류기, IGBT Model, 자기유지접촉기, 전력용 트랜지스터, 무부하 GTO-thyristors의 turn-off시 최적화, 비선형 인덕턴스 모델링, 제너다이오드 모델링, 비선

형 다이내믹시스템(Chau's circuit), switching Power Supplies, 압전 Actuator 제어를 위한 고전압회로 설계 등에서 SIMPLORER를 사용할 수 있다.

SIMPLORER는 기본적으로

1. Electric Circuit Module : 전기전자회로의 다양한 소자로 부터 선형 및 비선형회로 설계
2. Signal Flow Graph Module : Block Diagram과 신호흐름도를 통한 연속계, 불연속계 제어 시스템의 모델링
3. State Graph Module : Petri net 이론(Parallel processes, process priorities)에 의한 불연속계 제어시스템의 실현
4. Time Functions : 크 기, 주파수 사이클 기간, 위상변위, 주기, X-shift Bias의 Prameters에 의시간함수 정의. Arc tangent, 삼각파형,

구형파형, Sine wave, 톱니파의 상승, 톱니파의 하강, X-Y data pairs.

5. Characteristic Functions : 매개변수에 의해 정해진 특성에 따라 비선형 곡선을 Simulation Oscilloscope을 통하여 Display한다.

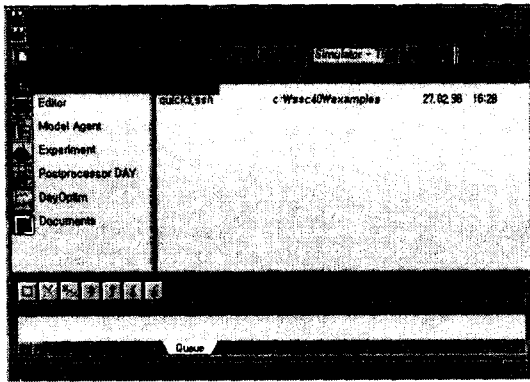
회와 제어시스템의 실행에서 각 Parameter에 의한 평균값, 실효값, 스위칭시간 등을 계산에 대한 분석, Worst case analysis, Monte-Carlo analysis, Approximation, genetic algorithm.

5. FREQUENCY ANALYSIS :

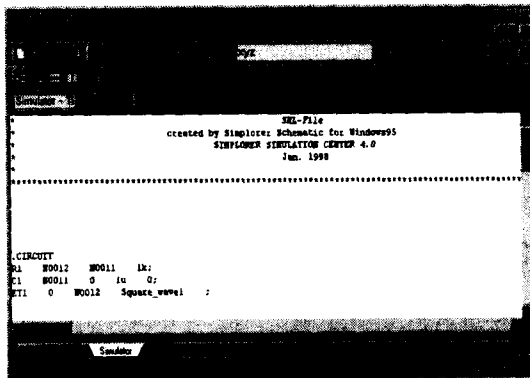
Nyquist diagram, Bode plots, pole-zero mapping.

6. COMPLETE SCHEMATIC INTERFACE : 전기소자의 Library를 포함한 Protel and Viewdraw

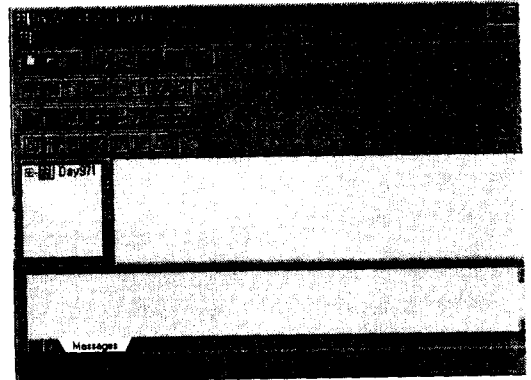
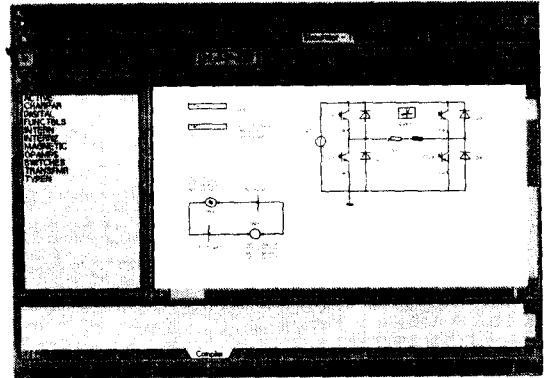
*** 특징 ***



1. SSC COMMANDER : Window 호환의 그래픽 인터페이스 및 project 관리
2. MAGEXPERT : 비선형자성체의 히스테리시스 모델링, 측정 및 검증



3. SML EDITOR - Model generation에 대한 Editor
4. OPTIMIZER : 시스템의 최적



7. DAY GRAPHICAL POSTPROCESSOR : Simulation 결과를 제공

8. MODEL AGENT DATABASE MANAGER : 전기, 전자회로소자, 스위치, 변압기, 전기기계, 등의 구성성분을 포함한 표준라이브러리를 제공.

SIMPLORER는 Electric circuit, State graph, Signal flow chart의 동시적이고 독립적인 세 개의

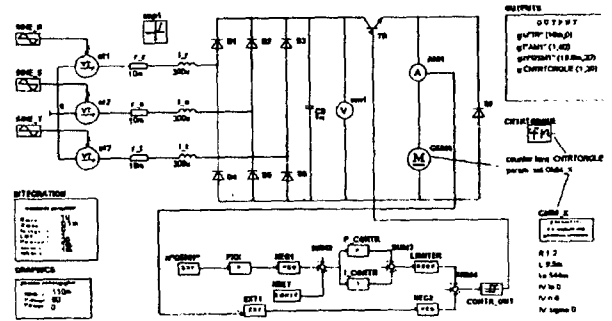
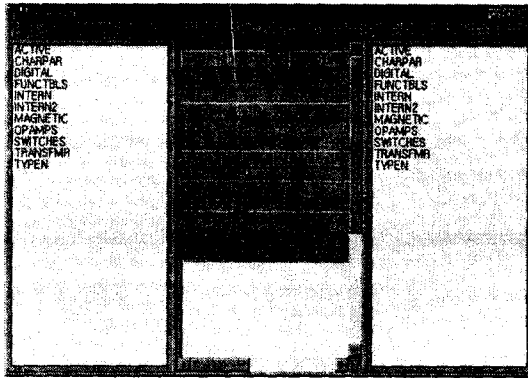


Fig. 1. Integration of electrical circuits and block diagram models using Simplorer

engineering언어를 사용하여 아무리 복잡한 system이라도 간단, 명확한 modelling을 할 수 있고 더 많은 추상적 modelling을 위해 수학적 연산의 직접적 참고와 같은 많은 tool이 제공된다. 이것은 system level 에만 국한되지 않고 매우 복잡한 circuit/component model에서도 허용된다.

여러 번의 switch operation에 의한 Topology 변화는 복잡한 수학적 계산을 요구하지만 SIMPLORER의 수학적 algorithms은 이러한 system에 최적합 하며, 빠른 Speed와 이런 높은 수학적 안정성에서 특별히 전력전자에 적합한 Simulation 도구를 구성 할 수 있다.

Spice를 기초로 한 다른 simulator들은 Transistor circuit의 응용을 위하여 발전해 왔으며, SIMPLORER는 전력전자의 특별한 문제들을 고려하는 유일한 system이다. SIMPLORER가 Spice와 비슷하지만 기능적으로 Spice의 modelling은 electric circuit에 기초되어 있는 반면에 SIMPLORER Unit들은 모델 상세 기술과 함께 event driven system의 modelling에서 발생된 3가지 상태를 제공한다. 빠른 Switch operation 분석에서 SIMPLORER의 수학적 안정성은 강조될 만 하

며 step size의 집적에 의한 동적인 적용은 Simulation 속도를 높여 준다.

SIMPLORER의 modelling database에는 40개의 SPICE semiconductor switch들과 일반적인 electrical machine들과 function block들이 포함되어 있다. 이러한 SIMPLORER는 engineer의 일을 효과적으로 단순화 할 수 있는 많은 특징을 가진 강력한 simulation 이다. 연구 project, 교육용 모든 H/W platform, CAE 환경에서 최상의 S/W구성을 할 수 있는 program이다. 표 1-1은 SIMPLORER의 운영 환경이다.

표 1-1. SIMPLORER 운영환경

CPU	Pentium 130 MHz 이상
Memory	16 MB 이상
Hard Disk	80 MB 이상
Operating System	Window 95/98, Window NT

2장 적용 사례

DC Chopper, Speed-Regulator, 과 Inner Current Control을 이용한 DC Motor Model의 SIMPLORER를 이용한 해석 사례
SIMPLORER는 전력전자회로와

전동기 구동장치가 포함된 회로에 적용하기 위하여 제작된 Simulation 패키지 이다. 이 패키지는 전기, 기계 그리고 불연속적인 디지털 회로가 독립적으로 존재하는 시스템 또는 이들이 상호 결합된 경우에도 효율적으로 시뮬레이션 할 수 있다.

그림 1은 SIMPLORER를 이용하여 시뮬레이션하기 위한 것으로 전기회로와 제어 계통도를 종합해 놓은 것이다. 전체회로의 Topology는 연구자석 전동기의 속도제어를 위한 것으로 DC 초퍼에 의해 구동된다. 시스템의 전원부는 제어되지 않는 삼상브릿지 정류회로를 사용하였고, 제어회로는 내부에 설정된 아마추어 전류를 일정한 범위 내에서 유지시키며 회전속도를 제어하고자 하는 설정된 값으로 조정하도록 구성 하였다.

시뮬레이션을 하기 위한 모델은 전기, 기계 및 제어 회로부를 갖고 있다. 이러한 시뮬레이션 모델을 구현하기 위한 소자들에 관련된 정보는 SIMPLORER 표준 라이브러리에 있다. 또한 라이브러리는 Simporer에 의해 제공된 Current Schematic Editor인 Protel로부터도 얻을 수 있다. 시뮬레이션 파라미터들은 Integration이라는 블록에 있고 출력 파라미터들은 Graphic과

Output 블럭에 규정되어 있다. 그림 1에 있는 시뮬레이션 모델은 전동기의 아마추어 전류를 조정하여, 자동적으로 전동기의 회전속도를 제어할 수 있도록 P/I 제어기를 이용하고 있다. 아마추어 전류는 트랜지스터의 베이스에 인가되는 신호를 제어 함으로써 제어된다.

이 전류는 그림 1에 있는 제어부의 출력이 된다.

속도 제어를 위해 DC 전동기의 회전 속도가 1초당 회전수로 환산되어, 설정된 회전수와 이때 발생하는 오차신호는 PI 제어기의 입력이 된다. 제어기의 출력은 Limiter에 의해 정해진 범위를 유지하게 되고, 히스테리시스 블럭에서는 스위칭 방법을 결정하여 각 전압펄스의 폭을 결정하게 된다.

제어의 최종목표는 전동기의 설정 속도와 실제속도가 차이가 클때에는 크고 빠른 제어를 하고, 속도의 차이가 작을때는 느린제어를 시키는데 있다.

다음은 시뮬레이션 모델의 각 부품에 대한 기능을 간략하게 기록한 것이다.

- * 삼상 정류브릿지(전원, D1 - D6) : 교류전원을 직류전원으로 변환
- * 전압원 인버터와 필터(CD) : AC 성분의 제거, 콘덴서는 일정 전압을 유지
- * 트랜지스터(TR) : 유도성 부하의 제어소자, 펄스폭 변조에 의해 제어됨
- * 환류 다이오우드(DF) : 트랜지스터가 개방되었을 때 전류가 흐를수 있는 회로를 구성
- * 전동기 부하 토오크(GSM1) : 전동기 파라메터의 규격, 부하 토오크 = couter

- * 전류계(AM1) : 전기자 전류의 측정
- * 전압계(VM1) : 정류기 양단의 전압측정

인덕터에 흐르고 있을 때 이것을 즉시 차단 하는 것은 불가능하다. 마찬가지로 인덕터에 갑자기 전류를 흘리려고 하면 전류값이 원하는 값에 도달 될 때 까지 인덕터의 양단 전압이 계속해서 커진다. 이 회로에서는 트랜지스터가 유도성 부하를 제어하기 때문에 전류를 차단 하려 할 때 전압의 증가를 볼 수 있고 결국은 트랜지스터가 파괴되는 원인이 된다. 이러한 1현상을 방지하기 위해서는 다이오우드를 인덕터에 병렬로 연결시켜야 된다.

회로를 닫을때는 전류가 다이오드를 통해 흐르지 않지만 회로를 개방하면 다이오드를 통해 전류가 흐를 것이다.

그림 2에서 트랜지스터를 통해서 흐르는 전류의 관계를 살펴보면, 트랜지스터가 ON되면 다이오드는 OFF되고, 트랜지스터가 OFF되면

다이오드는 ON됨을 알 수 있다.

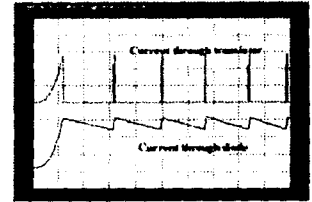


Fig. 2. Current through transistor vs. current through diode

표 2-1은 전동기의 제어방식에 사용된 SIMPLORER 블럭들을 나타낸 것이다.

그림 3은 시뮬레이션을 통해 얻은 결과 또는 시뮬레이션중의 출력파형을 나타낸 것이다. 그래프에서는 전동기의 실제 속도와 제어하고자하는 전동기의 속도, 아마추어 전류, 그리고 트랜지스터에 의해 제어된 전압파형을 볼 수 있다. 전동기가 제어하고자 하는 기준속도에 도달하면 전압 펄스폭이 변화함을 알수 있다. 부하토크가 인가된 시점에서도 실제 전동기

표 2-1. DC 전동기 제어에 사용된 블럭

Block	Function
(n'GSM1')	Moter speed in RPM
PXX	Multiply by 1/60 to convert RPM to RPS
NEG1	Multiply by -1
NSET	Speed setpoint in RPS
EXT1	Draw information from external source
P_Contr and I_contr	Together from a proportional integral controller
Limiter	Keeps output of controller within specified range
Contr_Out	Hysteresis block specifies switching limits and output magnitude

속도는 설정치를 조금 더 넘는다. 그림 4의 파라미터는 그림 3과 동일하며 제어기의 단위 이득을 가지는 경우의 그림이다. 실제 전동기의 속도는 부하가 인가되기 전에는 원하는 속도치에 다다르지 못했고, 부하가 인가되는 즉시 속도는 즉시 0을 감소하고 있다.

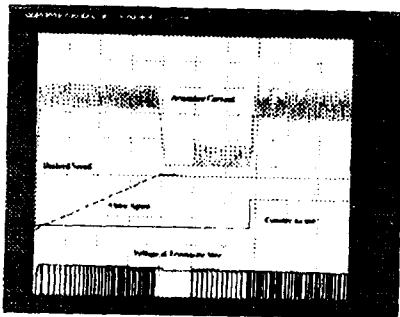


Fig. 3. Graphic output from simulation: Circuit with controller

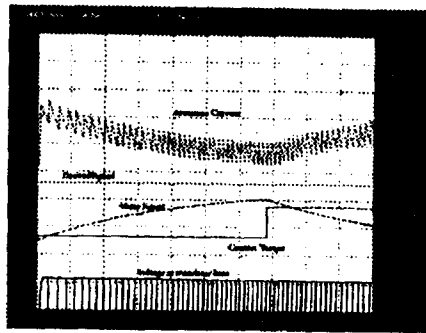
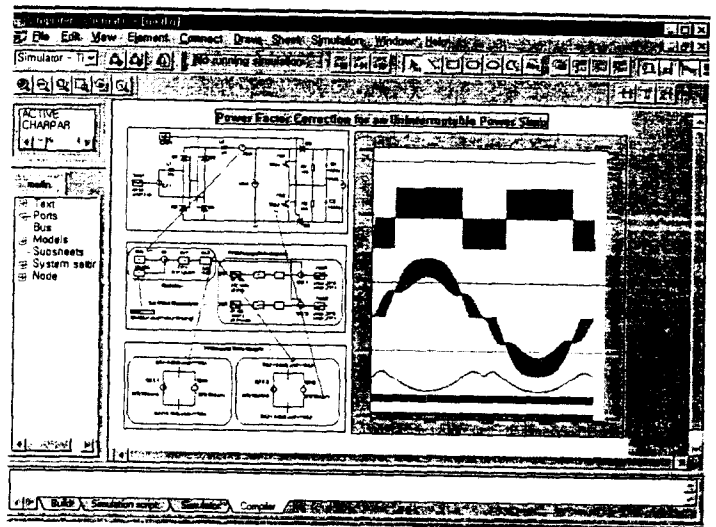


Fig. 4. Results for circuit with controller replaced by singular gain

3. 결 론

SIMPLORER는 기계 및 전기전자(아날로그, 디지털) 제어회로, 전력전자 시스템으로 구성된 메카트로닉스 시스템을 설계하고 분석하는 소프트웨어로서 PSPICE 보다 강력하고 SABER 보다 뛰어난 신뢰성을 보장하는 현존하는 최고의 성능을 지닌 Simulator 이다. PSPICE는 circuit simulator인 반

면 Simplorer는 circuit simulator 외에 State graph, Block diagram 을 이용한 Simulation도 할 수 있어 다른 어떤 프로그램보다 전력 전자 해석에 Powerful 하다 할 수 있다. 또한, SIMPLORER는 전기 기계 해석 프로그램인 FLUX 2D 와 coupling이 이루어져 전력전자 해석의 회로적인 부분, 기계적인 부분, 제어적인 부분을 한 윈도우 안에서 모두 할 수 있다.



< 이상돈 위원 >