

# PSpice와 Simulink를 이용한 DC-DC 컨버터 설계 및 해석에 대한 연구

김무현, 장대웅  
나인플러스이디에이(주)

## A Study on Design and analysis of DC-DC converter using PSpice and Simulink Co-Simulation

Mu Hyun Kim, Dae Woong Chang  
NineplusEDA CO.,Ltd

### ABSTRACT

본 논문에서는 DC DC 컨버터의 설계 및 해석 방법을 PSpice와 Simulink를 이용한 Co Simulation 방법으로 제안하였다. 일반적인 회로 및 제어기 설계방식은 회로와 제어기를 각각 설계하여 시제품으로 측정하는 방법과 이상적인 모델을 이용하여 시뮬레이션 하는 방법을 사용한다. 본 논문에서는 상용 소자모델로 구성된 컨버터를 PSpice로 설계하였고, Simulink에서 PSpice Solver를 이용하여 시뮬레이션 함으로써 일반적인 설계 방식보다 높은 신뢰성을 가진 시뮬레이션 방법을 제안한다.

### 1. 서론

전력전자 시스템을 해석하기 위해서는 다양한 종류의 톨들이 사용되고 있다. PSpice은 전력전자 소자에 대한 Spice 모델을 이용하여 시뮬레이션 함으로써 회로에 대한 해석이 뛰어나고, MATLAB/Simulink은 뛰어난 연산 기능과 프로그래밍언어를 지원하기 때문에 제어기 설계에는 적합하다. 따라서 시스템 설계에 있어서 설계단계마다 특성에 맞는 톨을 선정 역시 중요한 요소이다.

일반적인 시스템 설계 방법은 시스템 해석과 회로 해석을 별도 수행하며, 하드웨어를 구성하여 전체 시스템을 검증 것이 일반적이다. 이러한 시스템 설계 방식은 제품의 개발 주기가 빨라지며 기능이 복잡해지는 오늘날의 설계방식과 맞지 않다.<sup>[1]</sup>

본 논문에서는 PSpice와 Simulink의 Co Simulation 방법을 이용한 설계 방법을 제안하였다. PSpice의 SLPS 인터페이스를 이용하여 PSpice에서 해석한 전력전자 회로를 Simulink에서 Co simulation을 함으로써 전체 시스템에 대하여 좀 더 현실적인 시뮬레이션이 가능할 뿐 아니라, 전기 회로 뿐 아니라 기계 시스템이 포함된 복잡한 시스템 해석이 가능하다.

## 2. PSpice A/D를 이용한 해석

### 2.1 벡컨버터 모델링

컨버터에서 정전압 출력을 위해서는 스위치의 제어가 필요하다. 그림 1은 벡 컨버터의 일반적인 PWM 제어 방식에 대한 회로도이다. 출력전압을 제어하기 위해서는 전압을 제어하는 제어기와 PWM 발생기로 구성되어 있으며, 제어기에 대한 블록도는 그림 2와 같다.

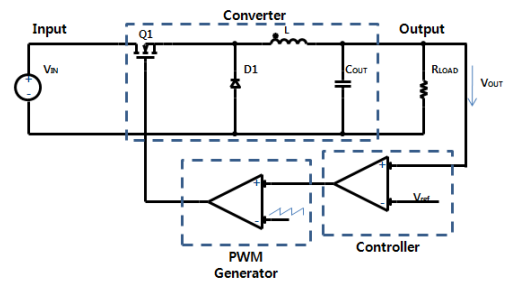


그림 1 벡 컨버터 회로도  
Fig. 1 Schematic diagram of Buck converter

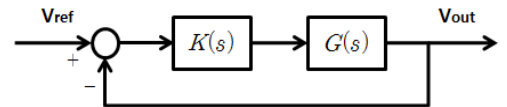


그림 2 벡 컨버터 블록도  
Fig. 2 Block diagram of Buck Converter

$$G(s) = \frac{R_L}{R_L L C s^2 + L s + R_L} \quad (1)$$

$$K(s) = \frac{K_P s + K_I}{s} \quad (2)$$

## 2.2 PSpice를 이용한 회로 설계

### 2.2.1 특정 파라미터를 이용한 회로 설계

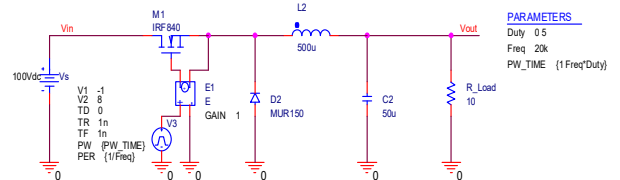


그림 3 벡컨버터 해석을 위한 PSpice 도면  
Fig. 3 Schematic of PSpice for Buck Converter analysis

그림 3에는 PSpice를 이용하여 설계한 벡 컨버터이다. 그림 3의 회로에 대한 해석 시 특정 상태에 대한 파라미터 값을 이용하여 회로를 해석하는 방법으로 출력을 확인하기 위해서는 소자의 파라미터를 수정하여 결과를 확인 하는 일반적인 해석 방법이다.

### 2.1.2 PSpice를 이용한 제어기 설계

PSpice를 이용하여 제어기 설계 시 전력전자 소자를 이용한 제어기 설계방식과 ABM을 이용한 제어기 설계방식, 그리고 제어 소자의 Spice Model을 이용한 제어기 설계 방식이 있다. 그림 4는 OP Amp를 이용한 아날로그 제어기 부분으로 출력 전압을 입력받아 PWM을 출력하는 회로이다. OP Amp를 이용한 제어기는 저가격화와 선형제어기로서 사용한다.

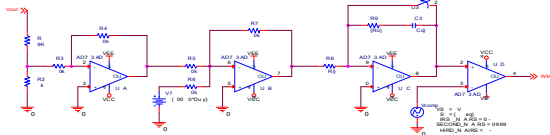


그림 4 OP-Amp를 이용한 PI 제어기  
Fig. 4 PI Controller Using OP-Amp

ABM은 전력전자소자를 이용하여 설계하지 않아도, 회로의 동작을 수학적 표현으로 해석할 수 있는 PSpice 라이브러리이다. 그림 5는 ABM을 이용하여 설계한 제어기 부분이다.

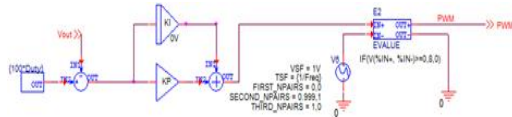


그림 5 ABM를 이용한 PI 제어기  
Fig. 5 PI Controller Using ABM

PSpice를 이용하여 제어기 설계 시에는 소자의 특성과 convergence문제를 고려하여 설계를 해야 한다. 제어 소자의 Spice 모델의 경우는 특정 회로에만 적합하며, 제조사에서 제공되는 Spice 모델이 제한되어 사용하기 어려운 점이 있다.

## 3. Simulink를 이용한 회로 설계

### 3.1 Simulink 모델을 이용한 회로 해석

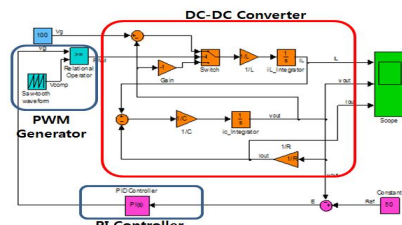


그림 6 buck컨버터의 Simulink 모델  
Fig. 6 Simulink model of Buck Converter

그림 6은 buck컨버터와 제어기가 수식으로 등가된 Simulink 모델이다. Simulink는 수식화된 다양한 블록과 프로그램 언어를 이용하여 시스템 설계에 뛰어난 툴이다. 하지만 Simulink는 전기적 특성이 없는 블록을 이용하여 회로를 시뮬레이션 하기 때문에 시스템 설계 시 별도의 회로해석이 필요하다.

## 4. PSpice와 Simulink를 이용한 해석<sup>[2]</sup>

### 4.1 SLPS를 이용한 Co-Simulation 구조

PSpice를 이용하여 제어기와 모터가 포함된 전력전자 시스템 설계에는 어려운 점이 있으며, Simulink는 수식화된 전력전자 모델을 사용하기 때문에 회로 설계에는 어려운 점이 있다. 제안하는 방법은 SLPS를 이용하여 PSpice의 회로를 Simulink 모델에 포함하여 시스템을 설계하는 방법이다. SLPS 인터페이스

를 이용하여 Simulink에서 시뮬레이션 시 그림 7과 같이 Vin과 PWM과 같은 data를 SLPS블록으로 전달하며, SLPS에서는 PSpice Solver를 이용하여 시뮬레이션을 수행하며, 그 결과를 Simulink로 전달하는 방법으로 Co Simulation할 수 있다.

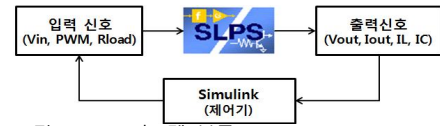


그림 7 SLPS 시스템 블록도  
Fig. 7 Block diagram of SLPS system

### 4.2 PSpice를 이용하여 회로 구성

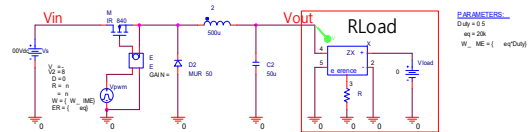


그림 8 PSpice 도면  
Fig. 8 PSpice Schematic

SLPS를 이용하여 PSpice와 Simulink가 Co Simulation을 하기 위해서는 PSpice로 해석된 회로가 필요하다. 그림 8과 같이 buck컨버터를 구성하여 시뮬레이션이 선행되어야 된다.

### 4.3 SLPS를 이용한 Co-Simulation

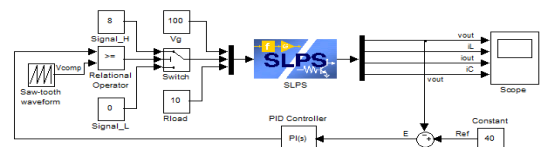


그림 9 SLPS를 이용한 Simulink 모델  
Fig. 9 Simulink model using SLPS

그림 9는 그림 6의 simulink 모델에서 회로부분을 그림 8의 PSpice 회로가 설정된 SLPS 블록으로 배치시킨 Simulink모델이다. SLPS를 이용함으로써 시뮬레이션 시 PSpice의 회로의 부하 및 제어기의 변화에 대하여 실시간으로 결과를 확인할 수 있었으며, PSpice 해석 시 구성하기 어려웠던 모터 역시 시뮬레이션이 가능하였다.

## 5. 결론

SLPS를 이용하여 PSpice와 Simulink가 Co Simulation 함으로써 PSpice에서 설계된 회로를 수식화된 모델링 없이 Simulink에서 시뮬레이션이 가능하여, 일반적인 시스템 시뮬레이션 보다 좀 더 현실적인 시뮬레이션이 가능해졌다. 또한 실시간으로 시스템에 대한 결과를 확인할 수 있었으며, 하드웨어 검증 전에 전자 소자의 특성에 의해 발생할 수 있는 오류를 시뮬레이션 결과에서 확인함으로써 회로 및 제어기에 대한 디버깅이 쉬워졌다.

### 참고 문헌

- [1] O.A. Ahmed, J.A.M Bleys, "PSpice and Simulink Co Simulation For High Efficiency DC DC Converter Using SLPS Interface Software", PEMD 2010, pp. 1 6, 2010, April.
- [2] SLPS User Guide, Cadence Design Systems, INC.. pp. 71 80, 2007.