

홈페이지 안내

Interactive Power Electronics Online Text 웹사이트

정영국

(대불대학교 정보공학부 전임강사)

1. 시작의 글

전력전자공학(power electronics)은 제어이론에 입각하여 전자적인 기법에 의해 전력을 변환 및 제어하는 실용학문을 말한다. 최근에 와서 DSP(digital signal processor) 등을 비롯한 여러 종류의 마이크로프로세서는 전력전자를 지능화하고 있고 또한 전력전자 시뮬레이터는 전력전자 제어회로의 설계에 거의 필수적인 장비로 자리 잡고 있다.

현재의 학문들은 세분화되어 있으면서도 서로 상호 유기적인 보완 관계에 있기 때문에 그 경계를 명확하게 구분하기는 어렵다. 특히 전력전자공학은 관련된 여러 학문을 실용성에 근거하여 재구성한 종합학문이기 때문에 학문적인 접근도가 매우 방대하다. 따라서 학부과정에서 1학기 정도의 단기간 동안 전력전자공학을 전부 강의한다는 것은 어려우며, 특히 이해 중심의 강의는 더욱 힘들다고 필자는 생각한다. 그러므로 대학에서 이 분야를 담당하고 있는 교수들은 나름대로의 방법에 의해 어떻게 하면 학생들을 전력전자공학에 쉽게 접근시킬 수 있을까 고심에 빠져 있는 경우가 많다.

그 대표적인 일례가 점호각에 의한 SCR(silicon controlled rectifier) 3상 제어정류기의 스위칭 모드이다. 3상 제어정류기는 전력전자공학의 전반에 걸쳐 전력전자공학을 이해하고 흥미를 느낄 수 있는 부분에 속한다. 따라서 학생들이 이 부분을 이해하게 되면 전력전자공학에 대한 강의는 그 절반이 성공하였다고 필자는 생각한다. 그런데, 점호각에 따른 3상 제어정류기의 직류측 전압파형의 변화와 스위칭 모드를 학생들에게 쉽게 보여주는 방법이 그리 간단하지 않다는 데 있다. 사실상 칠판 판서에 의해 동작모드를 표현한다는 것은 대단한 노동력과 인내심 그리고 색채감각이 뒷받침된 미술적인 기교가 필요하다. O.H.P에 의한 자료제시형 강의는 O.H.P 강의시작과 동시에 관련 자료가 배

포되어야 학생의 이해도가 증진되며 자칫 잘못 운영하면 수박 겉핥기식 교육이 진행될 가능성이 있다. 특히 가장 난이도가 낮다고 생각되는 직류 모터 구동조차도 전력전자 제어법에 의하게 되면, 학부과정에서는 다루기 어려워지며 더군다나 수학적인 제어이론에 입각한 해석은 그냥 넘어가는 경우가 허다하다.

본고에서는 학부과정 뿐만 아니라 대학원 과정에서도 매우 유용한 "web기반의 전력전자 텍스트" 교육사이트인 http://www.ee.uts.edu.au/~venkat/pe_html/peintro.htm을 소개하고자 한다. 본 사이트는 전력전자에 대한 기초부터 응용까지의 전반적인 내용을 전력변환 회로의 원리와 동작, 제어이론에 입각한 수학적 해석 그리고 인터랙티브 시뮬레이션에 의하여 사용자의 전력전자에 대한 이해를 돕도록 하고 있다. 전력전자 인터랙티브 시뮬레이터는 범용성이 뛰어난 C-언어, Pspice, MATLAB, MATHCAD등의 다양한 방법으로 구성되어 있고 각각의 시뮬레이션 소스 또한 공개되어 있으며 zip형태로 다운받을 수 있도록 하고 있는 점에서 종전의 전력전자 웹사이트와는 다르다.

2. INTERACTIVE POWER ELECTRONICS ONLINE TEXT 사이트

본고에서 소개하는 전력전자 웹사이트는 호주의 시드니에 위치한 university of technology sydney의 Dr. Venkat Ramaswamy가 개발한 인터랙티브 전력전자 온라인 텍스트로서 전력전자에 대한 기초 지식과 그 응용회로에 대한 수학적 해석을 다루고 있다. 또한 그 수학적 해석을 기반으로 하여 개발된 시뮬레이터를 web상에서 사용자가 직접 시뮬레이터 변수를 변경할 수 있도록 되어 있다. 특히 본 웹사이트는 전력전자의 기본회로 동작을 스

위칭 순서와 전력전자에서 사용되는 전압, 전류 등의 여러 변수를 시간 영역 상에서 표현 가능하므로 학부과정 수준의 보조 강의수단으로 채택하여도 무난하리라 생각된다.

그림 1은 인터랙티브 전력전자 텍스트 사이트의 초기화면을 나타내고 있다.

그림 2는 전력전자 인터랙티브 시뮬레이터의 전체구성을 나타내고 있으며 다음과 같은 6개의 제목으로 되어져 있다. 각 제목별 내용이 방대하고 다양하기 때문에 전형적인 몇 가지 사례만을 살펴보기로 한다.

- 1) INTRODUCTION
- 2) SIMPLE DIODE CIRCUITS
- 3) SIMPLE SCR CIRCUITS
- 4) FULLY-CONTROLLED 1-PH SCR BRIDGE RECTIFIER

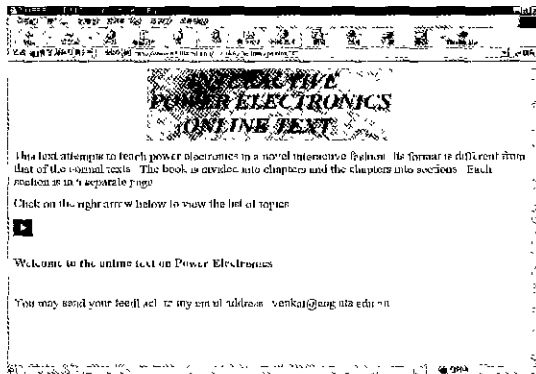


그림 1 인터랙티브 전력전자 텍스트 사이트의 초기화면

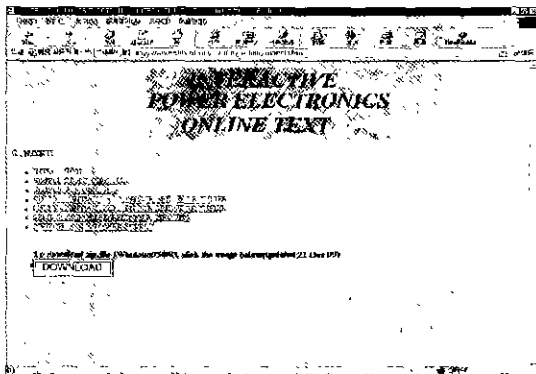


그림 2 전력전자 인터랙티브 시뮬레이터의 전체구성 화면

5) FULLY-CONTROLLED 3-PH SCR BRIDGE RECTIFIER

6) SEMI-CONTROLLED RECTIFIER CIRCUITS

2.1 INTRODUCTION

제1장 도입부는 다음과 같은 전력전자에 대한 8개의 전반적인 기초지식을 설명하고 있으며 비교적 상세하고 쉽게 설명되어져 있다.

- 1) DEFINITION
- 2) MAIN TASK OF POWER ELECTRONICS
- 3) RECTIFICATION
- 4) DC-TO-AC CONVERSION
- 5) DC-TO-DC CONVERSION
- 6) AC-TO-AC CONVERSION
- 7) ADDITIONAL INSIGHTS INTO POWER ELECTRONICS
- 8) STRUCTURE OF THE ONLINE TEXT ON POWER ELECTRONICS

2.2 SIMPLE DIODE CIRCUITS

제2장에서 소개되고 있는 다이오드 회로는 환류 다이오드 (free wheeling diode)의 역할을 인덕터와 함께 설명하고 있다

- 1) A SINGLE DIODE CIRCUIT
- 2) A DIODE CIRCUIT WITH A FREE WHEELING DIODE CIRCUIT OPERATION

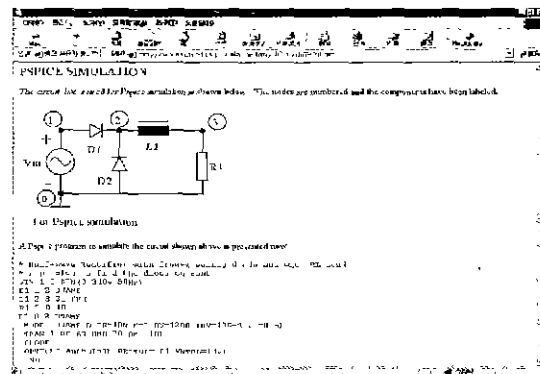


그림 3 다이오드 회로의 Pspice 시뮬레이션 소스화면

환류 다이오드가 없는 경우와 있는 경우의 다이오드회로를 다음의 6가지 과정에 의해 설명하고 있다. 그림 3은 Pspice에 의한 시뮬레이션 소스 화면을 나타내고 있다.

- ① MATHEMATICAL ANALYSIS
- ② INTERACTIVE SIMULATION
- ③ PSPICE SIMULATION
- ④ MATLAB SIMULATION
- ⑤ MATHCAD SIMULATION
- ⑥ SUMMARY

2.3 SIMPLE SCR CIRCUITS

제3장의 SCR회로 역시 다이오드 회로와 같이 환류 다이오드의 역할을 인덕터와 더불어 설명하고 있다. 점호각의 범위에 따른 동작설명에 다이오드 회로와는 다르며 MATLAB 시뮬레이션 소스화면을 그림 4에 나타내고 있다.

- 1) A SINGLE SCR CIRCUIT
- 2) A SINGLE-SCR CIRCUIT WITH A FREE WHEELING DIODE CIRCUIT OPERATION
 - ① MATHEMATICAL ANALYSIS
 - ② SIMULATION
 - ③ PSPICE SIMULATION
 - ④ MATLAB SIMULATION
 - ⑤ MATHCAD SIMULATION
 - ⑥ SUMMARY

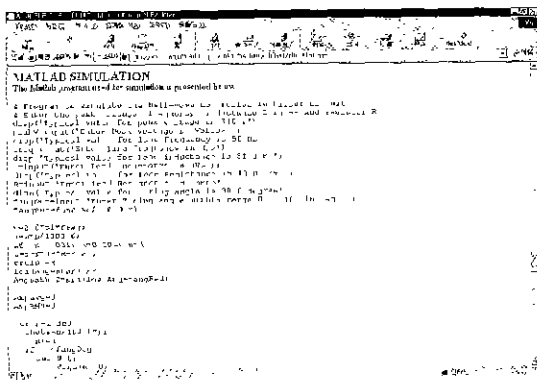


그림 4 SCR 회로의 MATLAB 소스화면

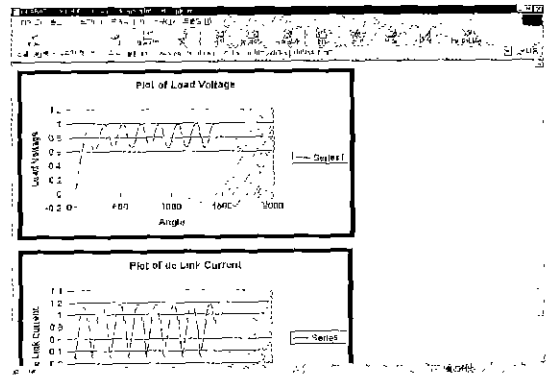


그림 5 소스 임피던스와 RLC부하를 갖는 단상 전파 제어정류기의 C-언어 시뮬레이션 화면

2.4 FULLY-CONTROLLED 1-PH SCR BRIDGE RECTIFIER

제4장에서 다루고 있는 단상 전파 제어정류기는 4개의 기본회로와 2개의 응용회로가 전부이다. 기본회로는 연속 도통모드(continuous conduction mode)와 불연속 도통모드(discontinuous conduction mode)에 입각하여 해석하고 있다. 또한 응용회로는 전기자동차(EV)의 급속한 발전에 따른 배터리 충전기, 2상한 직류모터 구동과 성능특성, 펄스 제어회로 및 블록선도를 수학적인 방법과 실제회로에 의해 설명하였으며 사용자가 web상에서 변수를 직접 변경하여 시뮬레이션 할 수 있도록 되어져 있다.

- 1) OPERATION WITH A PURELY RESISIVE LOAD CIRCUIT OPERATION
- 2) OPERATION WITH AN RL LOAD
- 3) OPERATION WITH SOURCE INDUCTANCE
- 4) OPERATION WITH AN RLC LOAD AND SOURCE INDUCTANCE
 - ① MATHEMATICAL ANALYSIS
 - ② PERFORMANCE PARAMETERS FOR CONVERTERS
 - ③ SIMULATION
 - ④ PSPICE SIMULATION
 - ⑤ MATHCAD SIMULATION
 - ⑥ SUMMARY

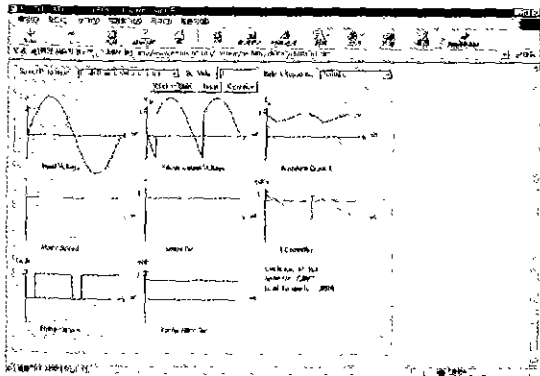


그림 6 직류모터의 2상한 구동 화면

소스 임피던스와 RLC부하를 갖는 단상전파 제어정류기의 C-언어 시뮬레이션 결과를 그림 5에 나타내고 있다.

또한 단상 전파 제어정류기의 응용회로인 2상한 직류모터의 직류전압과 전류, 모터속도, 타코제너레이터의 출력등을 인터랙티브 시뮬레이션한 결과화면을 그림 6에 나타내었다.

- 5) AN APPLICATION: A BATTERY CHARGER
 - ① CIRCUIT DIAGRAM
 - ② CIRCUIT OPERATION
 - ③ MATHEMATICAL ANALYSIS
 - ④ SIMULATION
- 6) AN APPLICATION: A TWO-QUADRANT DC DRIVE
 - ① PERFORMANCE CHARACTERISTICS
 - ② BLOCK DIAGRAM
 - ③ CLOSED-LOOP CONTROL
 - ④ SIMULATION

2.5 FULLY-CONTROLLED 3-PH SCR BRIDGE RECTIFIER

제5장에서 설명되어지는 3상 전파 제어정류기는 단상회로와 동일하게 4개의 기본회로와 2개의 응용회로이다. 기본회로는 전류 중첩각(commutation overlap angle)을 고려한 전압과 전류 파형을 다루고 있고, 응용회로로는 직류전원 공급기와 4상한 직류모터 제어회로가 설명되고 있다.

특히 4상한 직류모터 구동회로는 제어이론에 입각한 전류 제어기, 속도제어기 및 제자 제어기의 설계법과 동작원리를 매우 자세하며 구체적으로 설명하고 있다.

- 1) OPERATION OF A 3-PHASE FULLY CONTROLLED RECTIFIER
- 2) OPERATION WITH A RESISTIVE LOAD
- 3) OPERATION WITH AN RL LOAD
- 4) OPERATION WITH AN RL LOAD AND SOURCE INDUCTANCE

그림 7과 그림 8은 점호각과 교류전압의 변화에 따른 3상 제어정류기의 스위칭 모드 및 도통상태를 나타내고 있다.

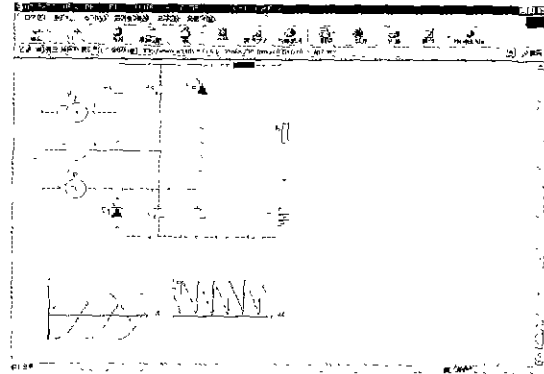


그림 7 점호각에 따른 3상 제어정류기의 스위칭 순서와 직류전압

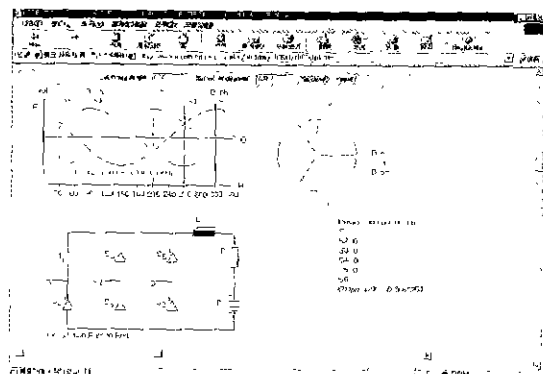


그림 8 점호각과 교류전압의 변화에 따른 3상 제어정류기의 스위칭 모드 및 도통상태

특히 그림 7의 화면은 본 사이트중가장 매력적인 부분으로 SCR의 점호각을 사용자가 입력하게 되면, 교류전압의 순시적인 변화에 따라 도통중인 SCR이 결정되며 이 SCR과 연결된 교류및 직류단의 도통라인이 붉은색으로 표시되고 그위에 붉은 화살표가 움직이기 된다. 따라서 서론에서 언급된 바와 같이 3상 제어정류기의 동작모드와 직류전압 파형을 어떠한 점호각에서도 한눈에 파악 가능하게 된다.

5) AN APPLICATION: A DC POWER SUPPLY

- ① CIRCUIT OPERATION
- ② MATHEMATICAL ANALYSIS
- ③ SIMULATION

6) AN APPLICATION: A FOUR-QUADRANT DC DRIVE

- ① INTRODUCTION
- ② CIRCUIT OPERATION
- ③ CURRENT LOOP
- ④ THE PER UNIT NOTATION
- ⑤ SPEED LOOP
- ⑥ PARAMETERS IN PER UNIT NOTATION
- ⑦ CURRENT CONTROLLER DESIGN
- ⑧ SPEED CONTROLLER DESIGN
- ⑨ FIELD CONTROLLER DESIGN
- ⑩ LOGIC FOR FOUR-QUADRANT OPERATION

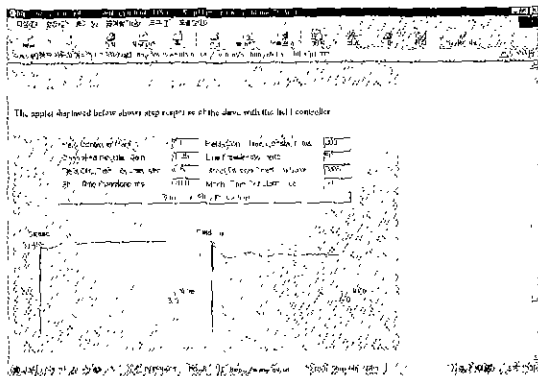


그림 9 4상한 구동 직류모터의 속도와 계자전류의 인터랙티브 시뮬레이션 화면

- ⑪ SWITCH-OVER OF CONTROL FROM ARMATURE TO FIELD
- ⑫ SIMULATION OF THE FOUR QUADRANT DRIVE
- ⑬ SUMMARY

그림 9는 직류모터를 4상한으로 구동할 때, 모터의 계자 제어기 개인과 모터 파라미터에 따른 속도및 계자전류의 변화를 나타내고 있다.

2.6 SEMI CONTROLLED RECTIFIER CIRCUITS

제6장은 아래와 같은 단상 및 3상 세미 제어정류기를 다루고 있다.

- 1) HALF CONTROLLED SINGLE PHASE BRIDGE RECTIFIER
- 2) HALF CONTROLLED THREE PHASE BRIDGE RECTIFIER
 - ① CIRCUIT OPERATION
 - ② MATHEMATICAL ANALYSIS
 - ③ SIMULATION
 - ④ PSPICE SIMULATION
 - ⑤ MATHCAD SIMULATION
 - ⑥ SUMMARY

2.7 SWITCH-MODE POWER SUPPLY (SMPS)

제7장은 컴퓨터, 정보통신기기 및 각종 사무용 기기의 안정된 직류전원으로 사용되고 있는 SMPS에 대해 다루고 있다. SMPS를 강압형과 승압형 으로 나누어 설명하고 있으며 이상적인 회로와 실제적인 응용에 관해서도 다루고 있다. 또한 SMPS를 PWM(pulse width modulation)기반으로 한 페루프 제어, 마이크로 콘트롤러 구현 그리고 곱셈기에 의한 구현등 다양한 접근법도 제시하고 있다.

- 1) STEP-DOWN /BUCK CONVERTER : IDEAL CIRCUIT
 - ① INTRODUCTION
 - ② BASIC CIRCUIT OPERATION
 - ③ DISCONTINUOUS OPERATION

어난 C-언어, Pspice, MATLAB, MATHCAD 등의 다양한 방법으로 되어있고 각각의 시뮬레이션 소스 또한 공개되어져 있기 때문에 이를 응용하여 또 다른 전력전자 시뮬레이터의 개발이 가능하다. 끝으로 본고에서 소개된 전력전자 교육사이트가 교육현장에 보급되어 전력전자공학의 이해를 돕는데 많은 도움이 되었으면 한다.

〈저 자 소 개〉



정영국(鄭榮國)

1963년 11월 10일생. 1986년 전남대 전기공학과 졸업. 1988년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(석사) 1996년 전남대 대학원 전기공학과 졸업(박사) 2000년 일본 오카야마 대학 연구방문. 현재 대불대 정보공학부 전임강사.

기술혁신교육센터 사무국장. 한국과학재단 지정 전남대 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터(RRC) 연구원