

시뮬레이션에 기초한 전력전자교육의 현황

최재호*, 목형수**

(*충북대 전기전자컴퓨터공학과 교수, **건국대 전기공학과 교수)

1. 서론

전력전자공학 교육의 목적은 부하의 요구에 따라서 적절한 전압과 전류를 공급하기 위하여 전기에너지를 변환하고 제어하는 기술을 이해하고 전력변환장치의 설계기술을 습득하는데 있다. 오늘날 전력전자공학의 중요성이 더욱 강조되고 있는데 이는 전체 전기에너지의 사용하는 대략 80% 이상의 기기들이 전력변환장치를 채택하고 있기 때문이다. 따라서 전력전자기술은 전기기기, 통신, 컴퓨터, 자동화, 교통, 공정제어, 로봇, 친환경에너지 분야 등의 다양한 전기전자 응용분야에서 중요한 기술로 활용되고 있다.

오늘날 우리나라가 전기, 전자, 통신, 반도체, 자동차 및 친환경에너지 분야에서 외국과 강력한 경쟁관계에 돌입한 이래 국내에서 유능한 전력전자 기술자들에 대한 수요가 급격하게 증가하고 있다. 반면에 전력전자공학은 전력시스템, 회로이론, 반도체공학, 전기기기, 제어공학, 아날로그 및 디지털공학, 신호처리, 전자기학, 센서 등의 다양한 학문분야의 복합기술들로 이루어져 있어서 전력전자 기술에 대한 충분한 이해를 위해서는 이들 다양한 분야에 대한 충분한 이해와 응용능력이 요구된다. 물론 국내의 대부분의 대학에서 전력전자 및 관련 분야의 강좌를 개설하고 있지만 대부분의 학생들이 2~3과목 정도의 관련과목을 수강하는 수준에 그치고 있어서 이들 다양한 학문분야를 포함하고 있는 전력전자공학을 충분히 습득하는 데에는 턱없이 부족한 실정이다. 따라서 관련 산업분야에서 증가하고 있는 전력전자기술자에 대한 수요를 양적으로나 질적으로나 충분히 충족시키지 못하고 있는 실정이다. 이에 대학과정에서 전력전자교육을 보다 효율적으로 실시할 수 있

는 교육방안에 대한 필요성이 오래전부터 제기되어 왔다.

한편 현장에서의 전력전자기술자들에 대한 수요에 부응하여 대학이 기술인력을 충분히 공급하지 못하고 있는 실정이 지속됨에 따라서 기술의 변화 및 발전에 부응하여 부족한 전력전자 현장기술자들에 대한 재교육 수준의 전력전자기술교육에 대한 수요가 증가하고 있는 실정이다. 따라서, 현장기술자들의 재교육 수준에 접합한 전력전자기술교육에 대한 방안이 강구될 필요성이 제기되고 있다.

따라서 국내에서의 전력전자교육과정에 대한 검토는 1) 학부과정에서의 전력전자교육, 2) 대학원과정에서의 전력전자교육, 3) 직업과정에서의 전력전자교육의 세 부분으로 나누어서 검토되어야 하겠다. 따라서, 본 기고에서는 국내의 대학 및 현장에서 실시되고 있는 다양한 전력전자교육과정을 검토하고, 이상에서 언급한 세 부분의 전력전자교육과정에 적합한 교육과정을 개발하기 위하여야 현재 진행되고 있는 전력전자교육의 효율적인 운영방안으로서 시뮬레이션을 활용한 전력전자교육 내용을 소개하고자 한다.

2. 대학에서의 전력전자교육

국내의 전력전자교육은 1970년대에 들어서서 서울대학교에 재직하신 박민호 교수가 전력전자과목을 개설하고 교재를 발간하신 것을 필두로 지속적인 발전을 거듭하여 왔다.

2.1 일반적인 교육과정

전력전자교육은 전력용반도체, 마이크로프로세서 및 컴퓨터, 제어공학, 전자공학 관련기술의 발달과 더불어 많은 변천

표 1 국내 대학에서의 전력전자 관련 교과목의 개설사례

과정	학년	전력전자 관련 프로그램	
		전기기기 및 제어	전력전자
학부	3	전기기기 I, II 전기기기	전력전자
	4	전기기기제어 에너지변환공학 전기기기설계	전력전자응용 전력변환장치설계 신재생에너지
대학원		전기기기제어특론	전력전자특론 전력변환 및 제어론

과 발전을 거듭하여 왔다. 대학과정에서의 전력전자관련 교과목은 대체적으로 전력전자 또는 전기기기제어 등으로 개설되는데 이를 정리하면 표 1의 내용과 같다. 대부분의 대학에서 3학년과정에서 전력전자와 전기기기 I, II 등의 과목을 개설하고 4학년과정에서 전기기기제어, 전기에너지변환, 전력전자응용, 신재생에너지 등의 과목을 개설하고 있다. 또한 대학원과정에서 전기기기제어 및 전력전자에 대한 심화교과목을 개설하고 있다.

그림 1은 국내 68개 대학에서 전력전자 관련교과목을 학년별로 개설하고 있는 내용을 도표로 나타내고 있다. 전력전자과목은 전력전자 I/전력전자 II 또는 전력전자/전력변환장치 등으로 3/4학년 과정에서 2과목 정도를 개설하고 있고 전기기기과목은 전기기기 I/전기기기 II 또는 에너지변환/전기기기제어 등으로 3/4학년 과정에서 2과목 정도를 개설하고 있다.

2.2 시뮬레이션을 이용한 전력전자교육

전력전자교육에서 실험실습은 필수적이며 그 차지하는 비중은 매우 크고 중요하다. 그러나 대부분의 대학에서 전력전자관련 실험실습 설비를 충분히 갖추지 못하고 있어서 충분한 실험실습을 실시하지 못하고 있고 시행한다 하더라도 매우 기본적인 과정에 그치고 있는 실정이다.

근래에 들어서 전력전자교육에서의 시뮬레이션 소프트웨어의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 시뮬레이션을 활용한 전력전자교육은 이론적인 내용을 학생들에게 설명하고 이해시키는데 있어서 효과적이며 특히 부족한 실험실습교육을 보완할 수 있다는 이점이 있다. 최근의 학생들은 수학적인 지식을 바탕으로 해석적 방법을 통해서 전력전자이론을 이해하는데 어려움을 겪는 반면에, 컴퓨터에 보다 친숙해져 있는 세대에서 전력전자 소프트웨어를 통해서 전력전자회로를 이해하고 해석하는데 보다 많은 관심을 가지고 쉽게 접근하고 있다. 따라서 시뮬레이션 소프트웨어를 활용하여 회로를 설계하고 해석하는 방법을 선호하는 경향이 있다. 근래에 대학에서 전력

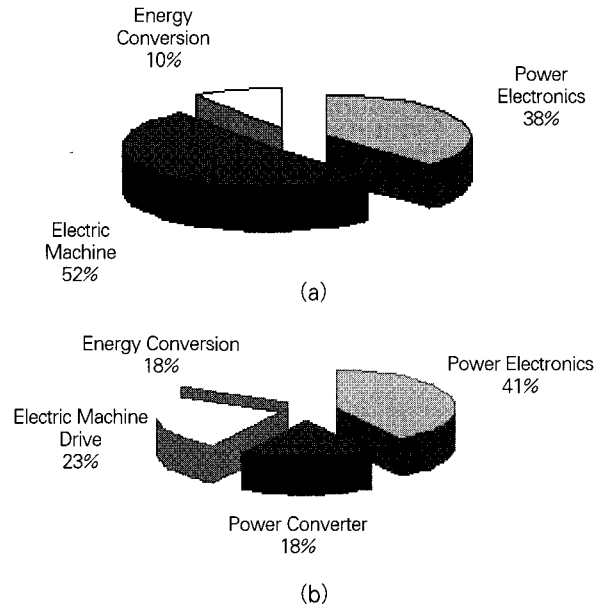


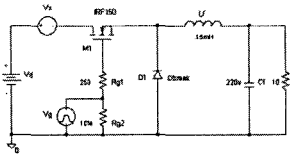
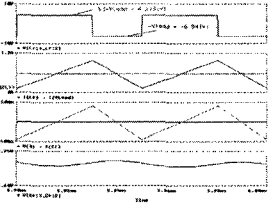
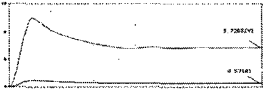
그림 1 국내 68개 대학에서의 학년별 전력전자 관련 교과목분포 : (a) 3학년, (b) 4학년

전자 교육과정에서 많이 사용되고 있는 시뮬레이션 소프트웨어로서는 PSiM, Matlab/Simulink, Simplorer, PSpice 등이 광범위하게 사용되고 있다.

표 2와 3은 PSpice와 PSiM을 전력전자교육에 활용하는 예를 보인다. 표 2는 DC/DC Buck 컨버터에서 스위칭 소자의 도통비(D)에 따라서 출력전압과 필터인덕터에 흐르는 전류파형들과 출력전압을 일정하게 제어하기 위한 피드백 제어의 과도상태에서 전압파형을 PSpice 시뮬레이션 해석을 통해서 보여주고 있다. 이러한 시뮬레이션 해석과정은 학생들이 당초 기피하였던 수학적인 해석방법을 통해서 정상상태 및 과도상태에서의 회로해석을 접근하는데 동기를 부여하고 이들이 해석적인 방법을 통해서 이해하는데 도움을 제공한다.

표 3은 유도전동기 일정자속제어를 위한 전압-주파수(V/f)일정비제어에 의한 속도제어를 PSiM을 이용하여 해석하고 있는 예를 보인다. 학생들이 유도전동기 정상상태 등 가회로에서 도출한 속도-토크 특성을 이용하여 일정자속상태를 유지하면서 속도를 제어할 수 있다는 내용을 해석적으로 접근하는데 많은 어려움을 겪고 있는게 현실이다. 그러나 인버터를 이용해서 유도전동기에 전압과 주파수의 비가 일정한 삼상 입력전압을 인가하여 속도제어를 할 수 있는 시뮬레이션 해석적인 방법을 통해서 학생들은 쉽게 기술적인 내용에 접근하고 이론적인 내용을 확인하고 이해하는데 많은 도움을 받고 있다. 특히 이들 시뮬레이션을 이용한 교육은 실험실습을 통해서 확인하고자 했던 각부의 전압전류파형과 속도

표 2 PSpice를 이용한 전력전자 시뮬레이션 교육

회로구성	
정상상태해석	$V_{out} = D \cdot V_{in}$ $\Delta V_{out} = \frac{1}{LC} \cdot \frac{V_{in}(1-D)DT^2}{8}$ $I_{Lmax} = I_{out} + \frac{V_{in}(1-D)DT}{2L}$ $I_{Lmin} = I_{out} - \frac{V_{in}(1-D)DT}{2L}$
파형해석	<p>Steady state characteristics</p>  <p>Transient state characteristics</p> 

등을 간접적으로 변경하고 측정할 수 있도록 함으로써 전력 전자회로 및 전기기기의 동작특성을 해석하고 이해하는데 많은 도움을 제공한다.

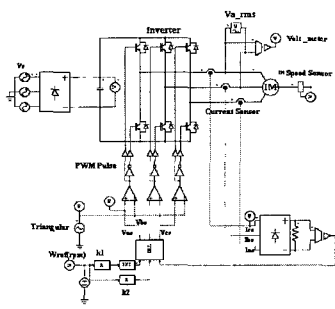
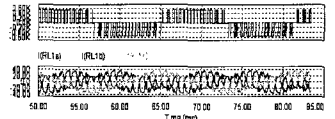
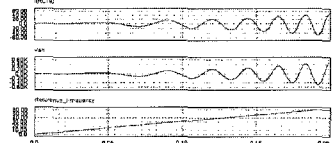
2.3 설계프로젝트

대부분의 대학에서는 설계중심교과목의 운영에 관심을 보이고 있는데 최근 공학인증제도가 확산되면서 이러한 추세가 더욱 강화되고 있다. 일반적인 설계교육은 이론과 설계와 실습제작 등의 세부단계를 거치는데 시뮬레이션과 실습을 통해서 설계결과를 확인하게 된다. 영구자석직류전동기의 속도제어기 설계례를 예로써 설계과정을 설명하면 다음과 같다.

일 단계로서 영구자석형 직류전동기의 구조와 특성, 영구자석형 직류전동기의 모델링, 제어기 설계 전력변환장치 및 PWM 기법 등에 관한 이해를 돕기 위하여 관련 이론교육을 실시한다.

이 단계로서 Matlab/Simulink와 Simplorer를 이용한 시뮬레이션을 수행하여 이론적으로 습득한 내용을 확인한다. 그림 2(a)는 Simplorer를 이용하여 4상한 효과를 구성하고 시뮬레이션을 수행한 결과를 보인다. 이 과정에서 학생들은 전력전자회로와 제어기설계를 수행하고 자신의 설계결과를

표 3 PSiM을 이용한 전력전자 시뮬레이션 교육

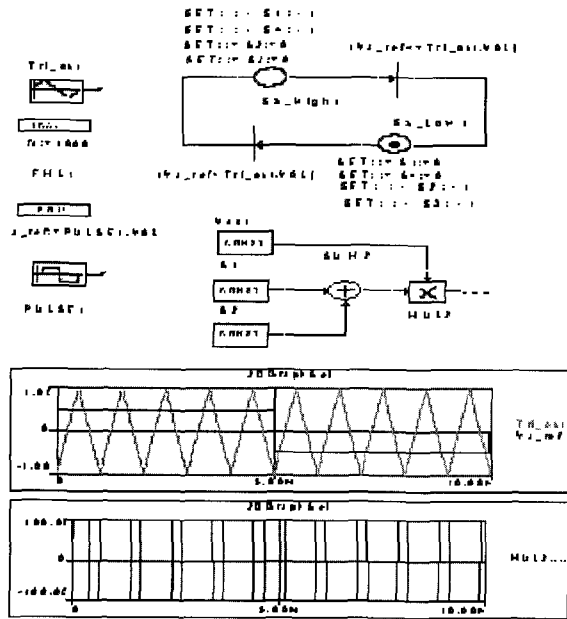
회로구성	
정상상태해석	$T_{em} = 3 \left(\frac{p}{2} \right) \left(\frac{V_s}{\omega_e} \right)^2 \frac{\omega_{slm} R_r}{R_r^2 + \omega_{slm}^2 L_{lr}^2}$
파형해석	<p>Steady state characteristics</p>  <p>Transient state characteristics</p> 

시뮬레이션 해석을 통해서 확인할 수 있다.

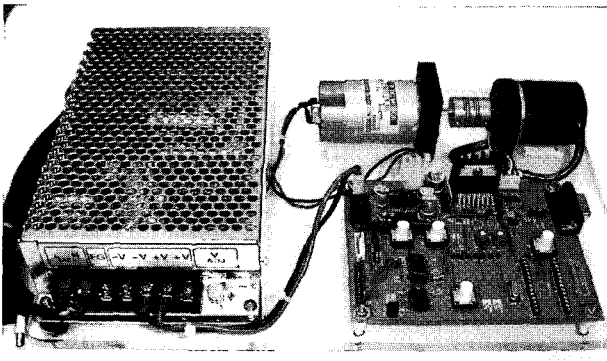
마지막 단계로서 실험을 통해서 이단계의 내용을 재확인하는 과정을 수행한다. 그림 2(b)는 마이크로프로세서를 이용하여 영구자석형 직류전동기의 속도제어를 수행하는 실험장치의 구성 예를 보인다. 최근의 소프트웨어들은 시뮬레이션에서 설계된 자료를 마이크로프로세서 프로그래밍으로 변환하는 작업을 쉽게 진행할 수 있도록 한다.

3. 전력전자교육의 평생교육과정

일부 대학을 제외하고 대부분의 대학에서는 학생들이 대학을 졸업한 후에 대학원을 진학하는 학생은 20% 미만이고 대부분이 산업분야로 진출한다. 그런데 이들 학생들의 경우 이미 언급한 바와 같이 광범위한 분야에 걸친 내용을 포함하고 있는 전력전자기술에 대한 충분한 이해를 구하지 못한 상태에서 현업으로 진출하게 되어 기술적으로 매우 부족한 상태에 있다. 또한 전력전자기술을 잘 습득한 학생이라 할지라도 전자 및 IT등의 다른 산업분야로의 진출을 선호하는 관계로



(a)



(b)

그림 2 영구자석형 직류전동기 속도제어기 설계

전력전자 관련 산업분야에서의 전력전자기술자들에 대한 수요를 충족시키지 못하고 있는 실정이다. 반면에 전력전자 기술자들에 대한 수요는 최근 자동차, 조명, 친환경에너지 등의 산업분야에서 연구 개발인력에 대한 수요가 폭발적으로 증가하고 있는 추세이므로 대학원 석사급의 인력공급을 확대하는 방안과 함께 기존의 산업인력에 재교육 프로그램을 강화시켜야 할 필요성이 꾸준히 제기되고 있다. 특히 이들 현장기술인력은 산업구조변경과 전력전자기술인력의 부족을 대체하는 과정에서 학부과정에서 전력전자 관련과목을 전혀 수강하지 못하고 현업에 근무하고 있는 인력도 다수를 차지하고 있어서 기술개발인력을 위한 전문교육과정 뿐만 아니라 비전문인

표 4 전력전자 평생교육과정의 예

구분	프로그램대학
대학	<ul style="list-style-type: none"> ●PSIM을 이용한 전력전자교육 ●전기기기제어 ●시뮬레이션 소프트웨어를 이용한 전원장치설계
직장	<ul style="list-style-type: none"> ●DC/DC 컨버터설계 ●전기기기제어기 설계 ●인버터기술 ●Simplorer/PSiM/Matlab을 이용한 전력변환장치 해석 및 설계학회
학회	<ul style="list-style-type: none"> ●전력전자 자동차 응용기술 ●전력전자 신재생에너지 응용기술 ●전력변자 전력계통 응용기술

력을 위한 전력전자 기본교육과정 수준의 재교육프로그램의 설치도 필요하다.

표 4는 대학과 기업현장 또는 전력전자학회에서 현장기술 인력을 위한 평생교육프로그램으로 제공한 교육과정의 예를 보인다.

전력전자기술에 대한 평생교육은 대학에서보다는 산업현장과 전력전자 시뮬레이션 소프트웨어 회사에서 제공하는 프로그램이 더 활발하게 진행되어 있었다. 그러나 최근 고급인력양성사업 및 에너지인력양성사업 등 정부지원 프로그램이 활성화되어 대학이나 학회 등이 주관하는 평생교육프로그램이 활발하게 진행되고 있다. 따라서, 이들 현장 기술인력에 대한 평생교육 프로그램의 정착을 위한 교육과정에 대한 연구 및 개발이 학회 또는 전문가 그룹차원에서 수행되어야 할 것이다.

4. 학생경진대회

언급한 바와 같이 전력전자 기술이 단순한 전력전자회로에서 그치는 것이 아니라 전기전자회로, 전력용반도체소자, 제어, 전기기기, 마이크로프로세서 하드웨어 및 소프트웨어 등 다양한 기술이 복합적으로 구성되어 있으므로 대부분의 학생들이 전력전자기술을 이해하는데 어려움을 겪고 있고 대학원과정에서 전력전자를 계속 공부하고자 하는 학생이 줄어들고 있는 추세이다. 따라서, 학생들이 전력전자 기술에 대한 관심을 고조시키고 상호 경쟁과정에서 심화과정의 기술을 이해하려는 노력을 유도하기 위하여 전력전자학회에서는 IE(Intelligent Electronics) 경진대회를 매년 실시하고 있다.

IE 경진대회는 사전에 주제와 일정 등이 공고되는데 지정/비지정과제에 따라서 자신들의 대학에서 동아리 그룹수준

표 5 전력전자관련 학생 경진대회

대회명	주관	분야
IE 경진대회	전력전자학회	전력전자, 신재생에너지, 로봇, 자동화, IT
태양광응용 경진대회	에너지기술연구원	태양광 기술 및 응용
신재생에너지 경진대회	산업자원부	신재생에너지, 에너지효율기술
전기공학 창의경진대회	기초전력공학연구소	전기공학관련 창의공학기술

에서 수행한 전력전자 관련 작품들을 한 자리에 모아놓고 경쟁적으로 전시하고 심사받는 과정에서 전력전자의 심화 기술에 대한 관심과 이해를 돕도록 한다. 또한 대회 일정을 매년 전력전자학회 학술대회와 동시에 개최함으로써 대학원 수준 이상의 학술논문발표회와 관련기술전시회에 참가할 수 있는 기회를 제공함으로써 학부 졸업후 대학원에 진학할 수 있는 자연스러운 계기를 마련해주고 있다.

표 5는 전력전자학회과 주관하는 IE 경진대회이외에 현재 국내에서 진행되고 있는 유사한 전력전자관련 학생경진대회의 예를 보인다.

다음에 2006년도에 시행하였던 IC 경진대회의 현황을 정리하였다. 2006년도는 하계학술대회가 제주에서 개최되었고 또한 가을에 전력전자학회 창립 10주년 행사가 계획되어 있어서 하계학술대회에서 개최하지 않고 11월 말에 추계학술대회와 동시에 개최되어 학기말이라는 개최시기의 부적절성으로 인하여 상대적으로 참가팀이 감소되었던 점을 제외하면 예년과 같은 성공적인 결실을 거두었다.

- 목적: 학생들의 전력전자, 로봇공학, 자동화, IT 분야에서의 창의적 설계 및 산업응용기술 증진
- 대상: 학부 및 대학원생 개인 또는 단체
- 지정종목: 태양광 또는 신재생에너지를 이용한 자동차, 전원장치 및 기타 응용분야
- 자유종목: 전력전자관련 지능시스템, 자동화, 전동기 제어, 로봇공학 등의 응용분야
- 참가팀 수: 47(지정 17, 자유 30)
- 평가: 제안 기술자료에 대한 간단한 발표 및 현장평가
- 지정종목우승팀: Sun Tracking System(광운대학교) 산자부장관상
- 자유종목우승팀: MCA(동양공과대학) 산자부장관상

5. 결론

본 기고에서는 우리나라에서의 전력전자교육에 대한 현황을 대학과 대학원에서의 교육과정과 기업현장 기술인력을 위한 평생교육을 중심으로 정리 설명하였다. 지금의 추세는 전력전자 및 전기기기제어와 관련한 내용을 이론적으로 접근하여 이해하려는 학생들이 감소하고 있는 추세이며 공부하는 과정에서도 상당한 어려움을 겪고 있다. 또한 새로운 학문분야의 출현에 따라서 기존의 전력전자 및 전기기기 관련 교과목의 개설 및 수강과목 수가 점점 줄어들어 어려운 내용을 여러 과목에 걸쳐서 자세하게 수강할 수 있는 기회조차도 점점 줄어들고 있는 실정이다. 따라서 학생들의 관심을 이끌면서 동시에 전력전자에 대한 이해를 쉽게하기 위한 교육방안이 강구되어야 하는데 이에 대한 좋은 방안으로서 시뮬레이션에 기초한 전력전자교육의 필요성을 강조하고 있다. 이러한 시뮬레이션에 기초한 전력전자교육은 컴퓨터에 익숙해져 있는 학생들에게 어렵게만 생각했던 전력전자교육을 보다 친숙하게 만들고 이해를 돕도록 하고 있으며 많은 흥미를 유발시킬 수 있다. 또한 실험실습 설비의 부족으로 이론에 이해 및 설계기술 습득을 위한 대안으로서 효과적으로 기여하고 있음을 강조하고 있다.

이러한 시뮬레이션에 기초한 전력전자교육은 특히 전력전자기술자의 부족으로 어려움을 겪고 있는 전력전자 관련 산업분야의 연구개발기술자들을 위한 전문 심화교육 및 현장기술자들을 위한 전력전자 기초과정의 평생교육에 효과적으로 활용되고 있음을 소개하고 있다.

또한 전력전자학회가 실시하고 있는 IE 학생경진대회 등을 통하여 학부생들의 전력전자 관련기술에 관심을 고조시키고 타 대학 또는 대학원과의 교류를 증진시킴으로써 학문 연구에 대한 관심을 증진시키고 향후 대학원에 진학하는 동기부여의 기회로 긍정적으로 작용하고 있음을 밝히고 있다.

참고 문헌

- [1] Chunting Mi, Z. Jhon Shen and Theresa Ceccarelli, "Continuing Education in Power Electronics," IEEE Trans. Educ. vol. 48, no. 1, pp. 183-190, Feb. 2005.
- [2] Mikihiro Matsui, Akiteru Ueda, and Kuniomi Oguchi, "Education of Power Electronics in Japan," Journal of Power Electronics, vol. 2, no. 4, pp. 268-277, October, 2002.
- [3] Frede Blaabjerg, "A Power Electronics and Drives Curriculum with Project-oriented and Problem-based Learning: A Dynamic Teaching Approach

- for the Future,” Journal of Power Electronics, vol. 2, no. 4, pp. 240-249, October, 2002.
- [4] George G. Karady and Gerald T. Heydt, “Increasing Student Interest and Comprehension in Power Engineering at the Graduate and Undergraduate Levels,” vol. 15, no. 1, pp. 16-21, February, 2000.
- [5] Jaeho Choi and Hyungsoo Mok, “Simulation Based Power Electronics Education in Korea,” PCC-Nagoya 2007.

〈 저 자 소 개 〉



최재호(崔載昊)

1955년 9월 27일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1981년~1983년 중경공업전문대학 전자과 전임강사. 1983년~현재 충북대 전기전자컴퓨터공학과 교수. 1993년, 1998년, 2003년~2004년 University of Tronto(Visiting professor). 당 학회 부회장.



목형수(睦亨洙)

1963년 10월 31일생. 1986년 서울대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원(석사). 1992년 동 대학원 졸업(공학박). 1992년~1996년 서울산업대 제어계측공학과 조교수. 1997년~현재 건국대 전기공학과 교수. 당 학회 조사이사.