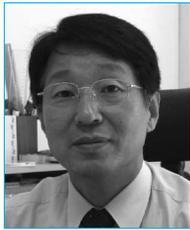


# 전력시스템공학 설계교육 운영사례



유 인 군

창원대학교 전기공학과 교수  
yuik@changwon.ac.kr

동국대학교 전기공학과 학사  
한양대학교 전기공학과 석사  
한양대학교 전기공학과 박사  
(현) 창원대학교 전기공학과 교수

## 1. 서언

한국공학교육인증원(ABEEK)이 출범한 이래로 많은 대학의 프로그램들이 인증을 받았고 또 준비하고 있으나, 실제 교육현장에서 인증프로그램을 운영하는데 있어서 어려움을 겪고 있는 것 또한 사실이다. 특히 설계교육의 도입에 따른 어려움이 많이 드러나고 있는데 이는 우리나라 공학교육의 인증역사가 일천하여 아직 운영측면에서의 경험이 많지 않고 구성원들의 이해 부족에 기인한 경우도 있다. 본고에서는 2003년 인증평가 이후 실시하고 있는 전기공학분야 교과목의 설계교육 운영사례를 중심으로 설계교육계획서, 설계과제 수행절차 및 방법, 관련학습성과 평가방법 및 분석결과 등을 소개하고자 한다.

## 2. 설계교육 계획서

공학이 우리나라 경제성장의 중추적인 역할을 담당해오고 있다는 사실에 대해 반론을 제기할 수 있는 사람은 그리 많지 않을 것이다. 이는 공학교육인증 이전에도 공학교육은 내실 있게 잘 이루어 졌다는 반증일 수 있다. 다만, 교육수준의 지속적인 개선과 국제적인 등가성을 인정받기 위해 시행된 공학교육인증의 핵심이 수요자중심교육(교육목표의 설정)과 성과중심 교육(학습성과 기반 교육 및 평가)인 점을 감안하여 이에 대한 요구사항을 명시적으로 강의계획서 및 교육내용에 포함시키게 된 점이 인증 후에 달라진 가장 큰 변화라 할 수 있

다. 그 중에서 특히 기초-요소-종합설계로 이어지는 설계교육을 강조한 점이 인증평가 이전의 교육내용과 많이 다른 점이라 할 수 있겠다.

<표 1>은 공학교육인증 교과목 강의계획서 내용 중 관련학습성과와 평가체계의 일부를 나타낸 것이다. 인증 이전의 내용과 비교하여 다른 점은 강의계획서에 교과목 관련 학습성과 및 각 학습성과 반영비율과 평가방법 등을 구체적으로 기술하고 있다는 점이다. 아울러 설계교육을 포함하는 교과목일 경우에는 <표 2>와 같은 설계교육 계획서를 추가로 작성하고 운영상 중요한 일정을 제시하고 있다.

<표 1> 전력시스템공학의 학습성과 및 평가체계

학습성과	반영 비율(%)	평가도구
1. 수학 기초과학 공학 지식과 이론을 응용할 수 있는 능력	10	보고서, 시험
4. 요구된 필요조건에 맞추어 시스템 요소 공정을 설계 할 수 있는 능력	30	Project(내용), 발표(내용)
5. 복합 학제적 팀의 한 구성원의 역할을 해낼 수 있는 능력	10	발표(자료준비), 출석
8. 효과적으로 의사를 전달 할 수 있는 능력	10	시험, 발표(설명)
12. 세계문화에 대한 이해와 국제적으로 협동할 수 있는 능력	10	Quiz, 시험
13. 공학 실무에 필요한 기술 방법 최신공학 도구들을 사용할 수 있는 능력	30	Project(종합), 시험

<표 1>에서 알 수 있는 바와 같이 학습성과 중 주로 설계와 관련된 내용의 반영비율이 높고, 인증교육 이전에는 전혀 고려하지 않았던 팀워크, 의사전달 능력을 포함한 설계능력을 배양하고 적절한 도구로 그 능력을 평가하여 성적에 반영한다는 점이 두드러지게 달라진 점이라 할 수 있으며, 산업현장에서 요구하는 엔지니어가 갖추어야 할 필수적인 자질이라는 점에서 인증교육의 실효성을 잘 나타낸 것이라 할 수 있다.

<표 2> 설계교육 계획서(요약)

설계주제	상업용 전력공급체계 설계		
운영방법	3-5인 1조 Team project		
설계사항			
설계요소	목표설정, 분석	제한조건	경제, 환경
1. 설계대상 : 발전단에서 수용가까지의 전력공급체계 2. 설계방법 1) 발전소의 종류 및 용량은 임의로 선정 2) 공급지역은 대도시로 함(창원대학) 3) 발전기 발전전압은 30,000[V]로 함 4) 1차 전송전압은 345 또는 765[kV]로 함 5) 배전전압은 154[kV] 직수용가 또는 22.9[kV]로 함 6) 송전방식은 3상3선식 직접접지계로 설계함 7) 배전방식은 3상4선식 다중접지방식으로 설계함 8) 기타 언급되지 않은 사항은 교재를 참고하여 일반적인 내용으로 설계함 9) 최소한의 설계요소와 제한조건을 고려하여 설계하고 그 타당성을 기술함 10) 필수 분석평가 항목 - Demand load study - Sizing study - Load flow study - Short circuit study 3. 학기말 팀별 발표평가 후에 내용을 보완하여 개인별 보고서를 작성 제출함 4. 제출자료: 설계관련 내용 전부 - 팀원 회의 자료(3회 이상) - 팀장 및 팀원 간의 역할 분담 내용 - 팀 프로젝트 수행계획 및 추진일정 - 팀 프로젝트 수행결과 분석 및 평가 내용 - 발표자료(power point 10 page 내외) - 최종 결과 정리(제목, 목차, 요약, 서론, 본론, 결론, 참고문헌, 후기 등) 개인별 제출			
평가방법	1. 설계방법의 이해 및 성취도(30%) 2. 설계의 접근방법 및 완성도 (30%) 3. Team work (20%) 4. Presentation skill (20%)		

<표 2>는 설계교육 계획서에 필수적으로 담아야 할 내용을 요약한 것으로 ABEEK에서 요구하고 있는 설계요소와 제한조건의 일부를 포함하고, 설계과제의 내용이 open-ended problem 이며, presentation을 실시하고, 가능하다면 team project로 진행하도록 하고 있다. 다만, 기초설계나 종합설계가 아닌 경우는 개인별 설계과제도 허용하고 있기는 하나 본래의 취지에는 맞지 않으므로

가능한 한 요소설계의 경우에도 team work skill을 배양할 수 있는 기회를 부여하는 것이 타당할 것으로 생각된다.

<표 3> 설계과제 수행계획서

전력시스템공학 설계과제 수행계획서																	
설계참여자	조 성 명	·조장:				·조원:											
설계 제목	발전단에서 수용가까지의 전원공급체계 설계 및 해석																
설계 요소	목표설정, 결과분석	제한 조건				경제성, 친환경성											
설계과제 개요	I. 목표설정 및 설계 II. 결과 분석 및 결론 도출 1) 경제성 분석 2) 친환경성 분석																
설계과제 수행일정	주간별	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	진행내용																
역할분담내용	조장 :				조원 :												

구체적으로 설계과제를 수행하기 위해서는 3-5인으로 구성되는 팀원들이 모여서 팀장을 선출하는 것을 시작으로 과제수행계획서를 작성하고(표 3, 4), 이를 토대로 한 학기동안 팀 중심으로 설계과제를 수행하게 된다. 중간고사기간에 중간점검을 위한 팀별 수행진도발표를 하고, feedback 내용을 참고하여 나머지 기간 동안 설계과제를 완성한다. 조별 회의를 통해 조원별 역할분담내용의 수행정도를 점검하고 필요에 따라서는 관련 시설

<표 4> 조별 회의록

과목명	전력시스템공학	회의일시	2011. . .
조이름		장소	
조장	(인)	총무	
참석자 명단:			
1. 토의사항: 설계과제 수행계획서 및 일정 작성 2. 기타(건의사항 등) 3. 회의자료 첨부			

견학도 추진하는 등 적극적인 팀워크를 발휘하여 project를 완성해 간다.

### 3. 학습성과 성취수준 평가

학기말에는 팀별로 준비된 ppt 파일로 결과를 요약하여 발표하고, 이때 팀별 평가가 학생들에 의해 이루어 지는데 (표 5) 이 과정을 통하여 학생들은 자연스럽게 peer evaluation skill도 체험하게 된다. 필자가 담당하는 교과목의 경우 관련성을 갖고 있는 학습성과는 전기공학전공의 13개 학습성과 중 6개(기초지식, 설계능력, 협동능력, 문제해결, 국제협력, 실무능력)로 다소 많아 보이는 측면이 있다. 일반적으로 3-4개의 핵심적인 내용만 참조하도록 권장하고 싶다.

<표 5> Peer Evaluation Sheet

Team	Material & Contents					Presentation Skill				
1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
2	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
3	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
4	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1

<표 6>은 학습성과 성취도 평가 결과의 일부를 나타낸 것이다. 교과목 관련 학습성과 평가도구로는 보고서, 시험, 설계내용, 발표수준, 팀원으로서의 개인별 역할분담에 대한 동료평가, 설계보고서 등을 실시하여 팀 프로젝트를 시행한 후에 개인별 기여도에 따라 차등화 해서 종합 점수를 부여하게 된다. 이러한 평가절차를 통하여 학생들은 강의 내용 이외에 산업체에서 요구하는 자질 향상에 필요한 다양한 skill들을 체험적으로 습득할 수 있는 기회를 갖게 되며 그 결과 또한 매우 긍정적으로 나타나고 있다.

<표 6> 학습성과 성취수준 평가 결과(예시)

학습성과 성취도(반영비율)													
4(30)			5(10)			8(10)			12(10)				
설계, 발표			발표, 출석			발표, 시험			Quiz, 시험				
15.0	4.3	23.2	4.3	25.0	9.8	4.3	73.0	53.0	6.4	9.0	9.0	7.0	8.3
0.0	3.7	4.4	3.7	22.2	8.6	3.7	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
17.0	4.3	25.6	4.3	25.0	9.8	4.3	88.0	95.0	9.1	9.8	9.0	10.0	9.6
13.0	3.3	19.6	3.3	25.0	9.4	3.3	79.0	10.0	4.5	8.6	9.0	0.0	5.9
19.0	3.7	27.2	3.7	23.9	9.2	3.7	75.0	80.0	7.7	8.6	10.0	6.0	8.2

### 4. 교과목 포트폴리오

공학교육인증제도를 적용한 이후의 가장 큰 변화 중의 하나는 교수가 담당교과목에 대해 <표 7>과 같은 내용의 교과목 포트폴리오를 작성하는 것이다.

<표 7> 교과목 포트폴리오 내용

- 1) 강의계획서
- 2) 설계교육계획서
- 3) 출석부
- 4) 설계 project 수행을 위한 조 편성
- 5) 수강설문지 sample 및 설문 분석
- 6) Report sample
- 7) Quiz 답안지 sample 및 중간 분석
- 8) Report sample
- 9) 설계과제 수행계획서 및 회의록
- 10) 중간시험 답안지 sample
- 11) Peer Evaluation (중간발표)
- 12) Design project 중간점검 발표자료
- 13) 조별 Presentation 결과
- 14) 기말시험 답안지 sample
- 15) Design project 최종보고서
- 16) Peer Evaluation (최종발표)
- 17) 개인별 project 보고서
- 18) 성적분석 및 평가자료
- 19) 강의 및 학습성과 성취도 평가
- 20) CQI 보고서

교과목 포트폴리오의 내용은 전적으로 교수의 고유 권한에 속한 것으로 이해할 수 있으나 반드시 포함해야 하는 필수 사항의 하나로 지속적강좌품질개선(CQI) 보고서를 들 수 있다. 이는 공학교육인증에서 가장 중요하게 다루고 있는 순환형 자율개선체계의 기본이 교과목 CQI에 있기 때문이며, 실제적으로 교육의 수준향상은 강의실에서 이루어 져야 하기 때문에 매우 중요하게 다루어지고 있는 내용인면서 인증제도의 정착에 대한 척도로도 생각할 수 있겠다. 이 외에도 설계를 포함하는 교과목의 경우 팀 프로젝트를 수행하게 되는데, 이때 학생들이 작성해야 하는 내용으로 설계과제 수행계획서, 조별 회의록 등은 중요한 요소이므로 적의하게 개발하여 사용하여야 하며, 그 내용 또한 교과목 포트폴리오에 포함되어야 한다. 학생들의 학습성과 성취도 평가 관련으로는 개별적인 평가와 더불어 팀별 평가도 필요한데,

이때 팀 구성원들의 개별 기여도를 평가에 반영하기 위한 절차로 동료평가를 실시한다.

<표 7>의 내용에서 알 수 있는 바와 같이 인증교육이 후에 크게 달라진 내용들은 2, 4, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19 및 20번등으로 인증교육 이전에는 전혀 고려할 필요가 없었던 내용들이다. 다시 말해서, 인증교육을 시작한 이후 강의 관련 내용뿐만 아니라 학생들 수학내용도 다양하게 변화된 것을 알 수 있으며 실질적으로 그 효과는 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 또한, CQI는 인증교육의 본질이자 최고의 가치로 인식되어야 할 내용이며, 이는 강의실에서 교수가 담당하는 교과목을 중심으로 실현되어야 할 가장 중요한 내용임을 다시 한 번 강조하고 싶다. CQI 주요 내용으로는 교과목 관련 학습성과성취도 평가, 선수과목 Quiz 및 중간고사 검토결과, 평가결과(성적, 학습성과 달성 및 강의평가 결과요약), 강좌개선요청사항(교과목변경, 학습성과, 교수방법, 평가기준 및 방법 등), Feed Back-개선 결과분석(전년대비 개선내용) 중에서도 핵심사항으로 강조되고 있는 강좌개선요청과 Feed-back 개선결과분석내용 등을 들 수 있겠다.

## 5. 결론

본고에서는 공학교육인증관련 교과목의 운영에 필요한 몇 가지 핵심내용을 인증기준에서 요구하고 있는 요건을 충족시키기 위한 절차와 학생들의 자질 향상을 위한 교육내용의 개선 관점에서 고찰해보았다. 특히 전기공학분야의 전력시스템공학 교과목의 설계교육 운영사례를 중심으로 강의계획서와 설계교육계획서의 내용, 관련학습성과 평가방법 및 분석결과, 팀워크 및 발표능력 배양, CQI를 포함한 교과목 포트폴리오 작성내용 등을 소개하였다. 이들 대부분이 인증제도 도입이후에 달라진 내용들이다. 인증교육 도입이후 지난 수년간 달라진 교육내용과 다양화된 학생들의 학습과정을 통하여 산업체에서 요구하는 중요한 자질이 향상되고 있음을 확인 할 수 있었으며, 소위 성과 및 수요자 중심 교육을 각각의 교과목에서 실행하고 그 결과 확인을 통하여 인증교육의 가치와 실효성을 인식하게 되었다. 이러한 부가적인 내용에 대한 요구가 인증 자체에 있지 않고 공학교육의 전반적인 수준향상에 있음은 주지의 사실이며, 따라서 인증제도의 성공적인 정착을 위해서는 시행주체인 교수들의 진지하고 깊이 있는 이해와 동참이 필수적이다. 