

전력계통공학을 위한 웹기반 교육시스템의 개발

이옥화, 박인권, 이진, 윤용범*, 전동훈*, 홍준희**
 LG산전 전력연구소, 한전전력연구원*, 경원대학교**

A Web-based Educational Tool for the Power System Engineerings

W.H. Lee, I.K. Park, Jin Lee, Y.B Yoon*, D.H. Jeon*, J.H. Hong**
 LGIS, KEPRI*, KyungWon Uni.**

Abstract - This paper presents a Web-based educational tool for Power System Engineering, especially for power engineers. This tool has Web-oriented educational courses for power system education. The Web-based learning has become more popular year by year in the various fields[1-2]. The proposed educational tool provides some courses such as power system introduction Course, KEPCO's system introduction Course, Power system devices Course, Power Flow Course, OPF Course, ELD Course, Stability Analysis Course, Fault analysis Course, Voltage & Frequency control Course, and power system planning & operation Course. Finally, it will be scheduled to install for the education tool of the power system engineering for KEPS[3].

계획 개요, 유통설비 계획 개요, 계통 운용 개요등을 포함하고 있다. 그림 1은 전력계통 기본 이해 중, 급전 운용의 내용을 담고 있는 웹페이지를 보이고 있다.

2.2 전력계통의 이해 코스

2.2.1 한전계통의 이해

본 코스는 한전계통의 특성을 상세히 포함하고 있다. 한전의 전력수급 현황, 발전설비 및 송전설비 현황, 한전계통의 송배전 손실, 용도별 판매전력 현황, 전력수급 및 발전 설비 계획 등에 대한 통계적 데이터를 포함하고 있고 이를 그래프화하여 표현함으로써 한전계통의 특성을 직관적으로 이해할 수 있도록 하였다. 사용된 통계데이터는 한전 공식 홈페이지를 통하여 공개하는 것을 사용하였다. 그림 2는 한전계통의 통계적 데이터를 담고 있는 웹페이지를 보이고 있다.

2.2.2 전력산업구조 개편

전력산업의 구조 개편의 내용을 포함하고 있다. 선진 외국의 경우와 현재 진행 중인 국내의 구조개편의 목적 및 내용을 포함하고 있다. 외국의 구조개편 코스에서는 구조개편의 배경, 국가별 유형 및 현황, 전력산업 구조개편 모델 등을 포함하고 있다. 국내의 구조개편 코스에서는 국내의 전력산업의 구조개편 목적, 진행되는 구조개편의 과정, 추진체계 및 방향 등을 포함하고 있다. 특히, 국내의 구조개편 내용 및 과정, 진행 절차 등을 수록함으로써 한전 종사자들의 구조개편 진행 전반에 대한 기본 이해를 만족할 것으로 기대된다. 그림 3은 전력산업 구조개편 목적을 보이고 있는 웹페이지이다.

2.3 계통 설비 모델링 코스

본 코스는 계통을 구성하고 있는 주요 설비들에 대한 특성 및 해석을 위한 모델링 내용 등을 포함하고 있다. 그 종류별 내용은 다음과 같다. 동기발전기 부분은 발전의 원리, 동기발전기 구조 등을 그래프화하여 나타내고 있고, 발전기 모델링 부분은 크게 나누어 돌극형 발전기 모델링, 원통형 발전기 모델링 등으로 구분하여 나타내고 있다. 송전선로 부분은 송전선로의 등가회로 모델링, 정식화, 송전선로 종류별 모델 등의 내용을 포함하고 있고, 송전선로 용량에 관계된 최대 전송전력 내용도 포함하고 있다. 변압기는 모델링 부분을 주로 포함하고 있는데, 이상변압기 모델링, 손실 포함한 변압기 모델링, 유출 자속을 포함한 변압기 모델링, 고침투율을 포함한 변압기 모델링을 포함하며, 전력용 변압기, 조정용 변압기 등에 대한 소개 및 모델링에 대한 내용을 포함하고 있다. 끝으로 FACTS 기기들에 대한 간단한 등가도를 포함하고 있다. 그림 4는 발전 시스템의 구조를 그래프화 면으로 설명하는 웹페이지이다.

2.4 조류계산 코스

계통 해석의 기본이면서도 가장 중요한 조류계산에 관한 내용을 포함하고 있는데, 이들을 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 조류의 의미, 조류방정식의 정의, N모션까지

1. 서 론

본 논문은 한전-LG산전-RTI가 개발하는 전력계통 해석 시뮬레이터(KEPS)를 위한 웹기반 교육시스템 개발에 관한 것이다[3]. 개발된 교육시스템은 실무자들이 계통해석 시뮬레이터 업무를 수행하기 앞서 전력계통 전반에 대한 학습을 웹상으로 수행할 수 있도록 구성되어 있다. 특히, 전력계통 전반에 걸쳐 중요한 내용을 알기 쉽게 정리하고 이를 웹페이지로 구성하여 학습의 효과를 높였다. 포함하고 있는 콘텐츠는 다음과 같다. 전력계통 입문 코스, 한국전력 종사자들을 위한 한전계통의 이해 코스, 현재 진행중인 전력산업 구조 개편 코스, 계통설비에 전반에 대한 소개 및 해석을 위한 모델링 내용을 담고 있는 계통설비 코스, 다양한 전력조류계산 기법을 소개하고 있는 전력조류계산 코스, 경제급전 코스, 최적조류계산 코스, 전력요금이론을 소개하는 요금이론 코스 등이 포함되어 있고, 계통의 운영분야에 대한 코스로는 주파수 제어 코스, 전압제어 코스, 안정도 해석 코스, 고장해석 코스 등의 학습코스를 제공하며 코스 내용은 주로 현장기술자의 교육 및 훈련에 맞추어져 있다. 웹 교육시스템에 포함되어 있는 코스를 구체적으로 소개하면 다음과 같다.

2. 본 론

2.1 전력계통의 기본 코스

본 코스는 전력계통이란?란 제목으로 구성되어 있는데 이 전력계통의 기본 특성 및 형태를 초보자들 또는 타분야 종사자들에게 소개하는 내용을 담고 있다. 주요 콘텐츠로는 전력계통 특성, 계통의 동력인 발전설비 소개, 전력을 전송하는 송전계통 소개, 실제 전기가 수용가들에 전달하는 과정인 배전계통 소개 등을 포함하고 있다. 또한, 계통 운용 설비의 소개 특히, 급전 자동화시스템에 대한 내용을 쉬운 형태로 소개하고 있다. 그리고 전력계통 계획 및 운영 코스가 함께 포함되어 있다. 이 코스에는 계통 계획의 개요, 전력수요예측 개요, 전원개발

의 조류방정식 상해 유도 과정, 조류계산을 위한 계통 모선의 정식화 과정 등이 있다. 발전기 모선, 부하모선 별 조류방정식 정식화 과정을 상세히 나타내고 있다. 특히, 다양한 조류계산 기법에 대한 내용도 포함하고 있는데, 가우스 반복법의 기본 개념, 방법, 예제, 조류계산의 적용을 포함하고 있고, 가우스-자이달 반복법의 기본 개념, 반복법의 절차, 간단한 대수식을 통한 가우스-자이달 적용 절차 등을 포함하고 있고 뉴턴-랩슨 반복법의 기본 개념, 단일변수에 대한 뉴턴-랩슨의 유도과정, N개 변수에 대한 뉴턴-랩슨의 유도과정, 조류계산의 적용 등을 포함하고 있다. 또한, 분할조류계산법의 개념, 모델링을 포함하고 있고, 고속분할조류계산법에 사용된 가정들, 모델링과정을 포함하고 있다. 끝으로 직류조류계산에 사용된 가정, 절차들을 포함하고 있다. 그림 5는 뉴턴-랩슨을 통한 조류계산의 적용을 보이고 있다.

2.5 경제급전 코스

경제급전의 주요 내용들을 포함하고 있다. 즉, 발전기 연료비 근사화, 연료비 모델링, 증분비용등을 포함하는 발전기 연료비 모델링 페이지, 경제급전 문제를 최적화 이론을 통하여 모델링하는 경제급전 정식화 페이지, 송전손실을 무시한 경우의 경제급전 정식화 페이지, 송전손실모델링을 구성하고 이를 고려한 경우의 경제급전 정식화 페이지, 경제급전 패널리 벡터의 유도과정을 보이고 있는 페이지 등이 포함되어 있다. 특히, 경제급전에 사용되는 최적화이론 즉, 그라디언트 정의, 라그랑지 승수의 의미, 라그랑지 함수, 최적화 과정 등을 따로 정리하여 알기 쉽게 서술한 최적화 이론 페이지와 수화력협조 문제를 최적화이론으로 구성한 내용을 담고 있는 페이지가 존재한다.

2.6 최적조류계산 코스

최적조류계산(OPF)의 내용을 포함하고 있는 코스로, OPF 개요, OPF의 목적함수, OPF의 제약조건, OPF의 정식화, OPF의 풀이방식 특히, 3모선 시스템을 예로 OPF의 풀이과정을 포함하고 있다. OPF의 해법 -선형계획법, 비선형계획법- 등에 대한 내용을 포함하고 있다.

2.7 전력요금 이론 코스

전력요금 계산 이론을 소개하는 코스로, 단기 생산비용, 단기 평균비용, 총비용과 평균비용, 장기 평균비용 등의 평균비용 이론 페이지, 단기 한계비용, 평균과 한계비용, 단기 한계비용 곡선의 도출, 예제 등을 포함하는 한계비용 이론 페이지, Nodal Pricing, Zonal Pricing 이론에 대한 페이지 등이 포함되어 있다.

2.8 주파수제어 이론 코스

본 코스는 주파수 제어에 대한 내용을 담고 있는데, 주파수 정의, 교류선택 이유, 주파수조정의 필요성, 주파수 유지율 관리 현황 등을 포함하는 주파수제어 개요 페이지, 주파수 변동원인 및 특성을 설명하는 페이지, 주파수제어 단계별 설명을 포함하고 있는 페이지, 조속기 특성 곡선, 조속기 속도조정을, 속도조정률과 부하분담량 등을 포함하는 조속기 설명 페이지, 부하변동에 따른 제어방식 설명 페이지, 연계된 계통의 운용 및 주파수 제어 방식 등에 대한 설명 페이지 등이 포함되어 있다. 그림 6은 주파수 변동원인 및 특성을 설명하는 페이지다.

2.9 안정도해석 코스

전력계통 안정도 해석에 사용되는 여러 이론 및 예들을 포함하고 있는 코스로써, 안정도 해석법 분류 및 기초 발전기 운동방정식 등을 포함하는 페이지, 분류에 따라 정태안정극한 개념, 다기계통에서의 정태안정도 해석 등

을 포함하는 정태안정도 페이지, 과도안정도 특성 및 분류, 등면적법, 단단법, 에너지함수법 등을 포함하는 과도안정도 페이지, 전압안정성 개요, 1기 무한대에서의 전압안정성 예 등을 포함하는 전압안정도 페이지, 안정도 향상 대책을 설명하는 페이지 등을 포함하고 있다. 그림 7은 과도안정도 등면적법 설명 웹페이지이다.

2.10 고장해석 코스

전력계통 고장 해석에 사용되는 여러 이론 및 예들을 포함하고 있는 코스로, 고장계산 필요성, 사고 종류 등을 포함하는 고장해석 개요 페이지, 대칭좌표법 개요 및 정의, 대칭분 전류 및 전압의 유도과정, 대칭좌표법 적용 예 등을 포함하는 페이지, 대칭성분 회로 정의, 작성 예, 영상, 역상, 정상분 회로 유도과정 등을 포함하는 페이지, 단락, 2선 지락 및 단락, 3상 지락/단락 사고 등에 대한 대칭분 회로 적용을 설명하는 페이지, 고장해석 순서 페이지, 발전기, 선로 및 부하, 변압기 등을 대칭분 모델로 표현한 페이지, 전력계통 보호, 보호계전방식 적용 페이지 등이 포함되어 있다. 그림 8은 대칭좌표법 개요 및 정의에 대한 웹페이지이다.

2.11 전압 및 무효전력 제어 코스

전력계통 전압 및 무효전력 제어에 대한 내용을 포함하고 있는 코스로, 전압/무효전력 제어의 필요성을 설명하는 페이지, 전압과 무효전력의 기본 특성을 설명하는 페이지, 전압제어를 위한 무효전력 보상 방식을 설명하는 페이지, 전압 및 무효전력제어의 특성을 설명하는 페이지 등을 포함하고 있다.

3. 결론

본 논문은 전력계통 전반에 대한 학습을 웹상으로 수행할 수 있도록 구성된 웹기반 교육시스템을 제시하였다. 포함된 코스로 전력계통 입문 코스, 한국전력 종사자들을 위한 한전계통의 이해 코스, 현재 진행중인 전력산업 구조 개편 코스, 계통설비에 전반에 대한 소개 및 해석을 위한 모델링 내용을 담고 있는 계통설비 코스, 다양한 전력조류계산 기법을 소개하고 있는 전력조류계산 코스, 경제급전 코스, 최적조류계산 코스, 전력요금이론을 소개하는 요금이론 코스, 주파수 제어 코스, 전압제어 코스, 안정도 해석 코스, 고장해석 코스 등이다. 구성된 교육시스템을 이용하여 한전의 전력계통 종사자들이 별도의 교육 출장 없이 현장에서 효과적으로 전력계통 전반에 대한 학습을 수행할 수 있을 것으로 기대된다. 추후 기존 시스템을 바탕으로 전력계통 전문가 교육/훈련을 위한 웹 교육시스템을 개발할 계획이다.

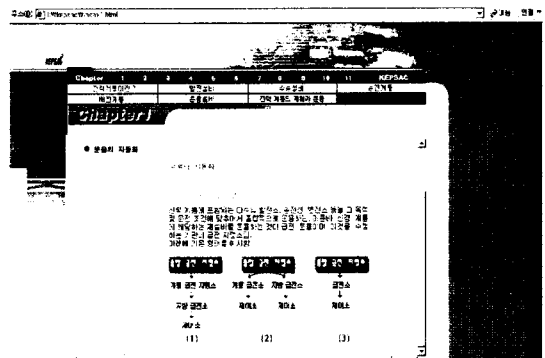


그림 1. 급전 운용 자동화 개요에 대한 웹페이지

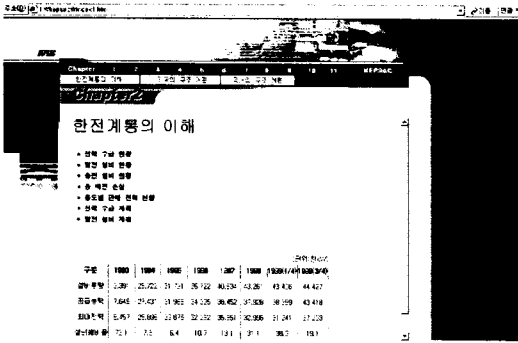


그림 2. 한전계통의 이해 웹페이지

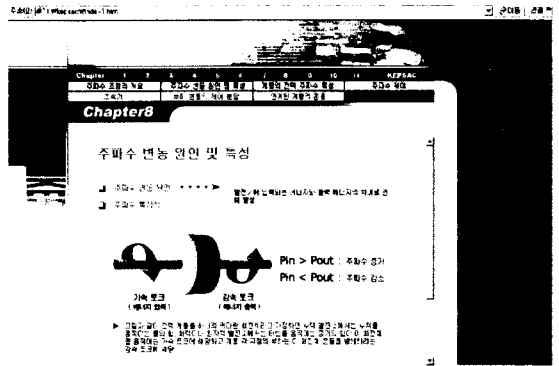


그림 6. 주파수 변동 원인 및 특성에 대한 웹페이지

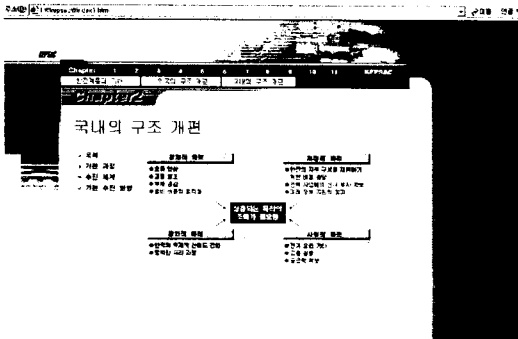


그림 3. 국내구조개편에 대한 웹페이지

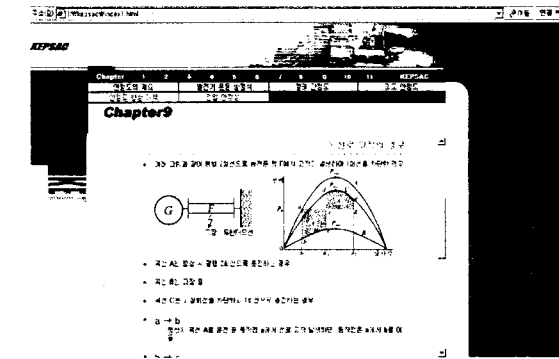


그림 7. 과도안정도 등면적법에 대한 웹페이지

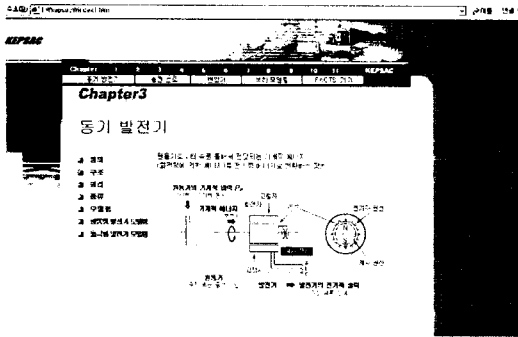


그림 4. 동기발전기 발전원리에 대한 웹페이지

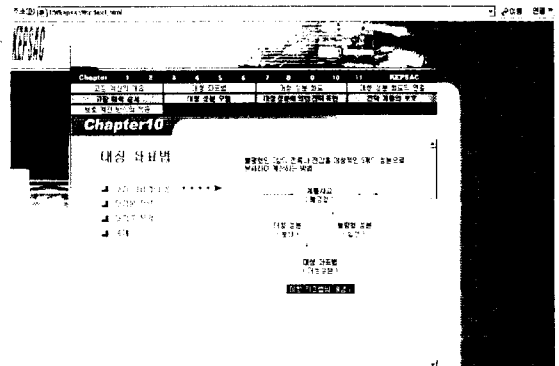


그림 8. 대칭좌표법 개요에 대한 웹페이지

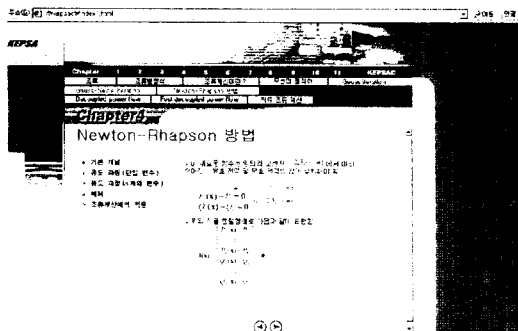


그림 5. 뉴턴-랩슨 조류계산에 대한 웹페이지

(참 고 문 헌)

- [1] 이옥화, 신중린, "전력계통 운용 및 제어에 대한 교육 및 훈련용 대화식 그래픽 소프트웨어 개발", 전기학회 논문지 48 권 8호 pp.932-940, 1999.
- [2] 이옥화, "전력계통 해석과 운용을 위한 새로운 대화식 교육용 수단의 개발", 계통연구회 춘계학술대회 논문집, pp.1-8, 1999.
- [3] 한국전력, LG산전, "전력계통 해석용 시뮬레이터 개발 및 설치", 연구개발 계획서, 1998.