

미국 전력공업의 교육과 연구

李 光 延
(美國 휴스턴大 教授)

1. 머릿말	3. 미국의 전력계통 연구
2. 미국의 전력공학 교육	4. 맺음말

① 머릿말

유학을 목적으로 도미한지 17년만에 처음으로 모국을 방문하니 모든 것이 새롭기만 하다. 한국의 급진적인 발전과정을 멀리서 들어왔기 때문에 크게 놀라지는 않았지만 과연 들어온 대로였다. 사람들이 “ 많이 변했죠?” 라고 묻는 말에, 저는 변했다기 보다는 전혀 “ 새로운 세계(New World)” 라고 답할 수 밖에 없었다. 왜냐하면 그전에는 존재하지 않았던 것들이 너무나 많이 시야에 들어오기 때문이다. 이것은 비단 서울의 강남이나 고속도로와 같은 지리적인 변화나 향상된 생활수준 만이 아니고 교육과 연구면에서도 그러하다.

전기공학의 교과과정도 많은 변화가 눈에 띄고, 무척 대학원생들을 중심으로한 활발한 연구활동이 크게 고무적이다. 연구의 중요성을 인식하고 국가적인 차원에서 한국동력자원연구소, 한국전기통신연구소 등을 설립했고, 한국전력에서 기술연구원을 발족하고, 그리고 민간 전기업체에서도 각종 연구를 추진하고 있는 것을 보고 한국 전력기술의 장래에 밝은 전망이 기대되고 있다.

이와 때를 같이하여 그동안 미국의 전력공학 교육과 연구에 종사하면서 듣고 배운 바를 간략히 소개하는 것이 큰 영광으로 생각되며, 많은 비용을 들여 초빙해준 모국의 전기공업 발전에 조금이라도 도움이 되었으면 한다. 먼저 미국 전력공업의 역사적인 배경을 간략히 소개한 후 지난 15년간의 전력공학

교육의 변천과정을 살펴 보겠다. 그리고나서 미국의 전력공업의 핵심을 이루어온 연구활동을 소개하고, 마지막으로 한국 전력기술의 향상에 도움이 될 몇가지 점을 간추려 보겠다.

② 미국의 전력공학 교육

미국의 전력산업은 여러가지 면에서 제 1위를 차지한다고 하겠다. 총 발전소와 장비에 대한 투자액이 약 2천억불로서 미국은 물론이고 세계에서 가장 큰 산업이 된다. 연 총 발전량이 3분의 1을 증가하는 것으로 추산된다.

원자력의 평화적인 이용면에서도 세계의 선두를 달리고 있다. 지난 50년간 평균 7~8%의 성장율을 유지해온 유일한 산업으로써, 앞으로도 계속 팽창하리라라는 전망이 있다.

그럼에도 불구하고, 중도에서 전력공학은 상아탑의 밑 바닥에 처하게 되었다. 1970년도에 전력공학 교육이 잘 설립되었고 또 현대화된 미국 대학은 손꼽을 정도로 적었다. 사실상, 대부분의 대학은 이 분야에 대한 교과목도 없었고 대학원생들의 연구기회도 부여되지 않았다. 이런 상황은 이차대전 후부터 점차적으로 벌어진 것으로 어느 누구의 실책이라고 할 수도 없다.

1930년대와 40년대에는 대부분의 대학에서 시대에 맞춘 훌륭한 전력공학 교과과정을 마련하였다. 오늘날의 전력공학 과목중 일부는 사실상 그 당시의 유물이라고 할 수 있겠다. 지금의 전력계통의 실무

자들중에 많은 비율이 이차대전 당시의 졸업생들이다.

이와 같은 실무자들이 점차적으로 퇴직함으로써, 전력산업체에서는 일종의 인력위기에 당면했다. 이것은 또한 전력산업이 "원자혁명"의 와중에 있고, "환경장애"를 당면하고, 또 수요상승에 따른 전혀 새로운 기술적인 문제들을 대면한 시기에 일어난 것이다. 전력기술자 양성을 대학에 기대할 수 없었기 때문에, 전력산업체 내의 경험을 통한 자체훈련에만 의존할 수 밖에 없었다.

그러다가 70년대 초반에 밀려온 아랍의 석유파동으로 미국의 에너지 산업은 크게 위협을 당했고, 이에 따른 사회의 관심도가 높아지기 시작했다. 에너지의 자급자족 운동과 절약운동이 일어나고, 정부에서는 우주항공국(NASA)과 같은 규모로 에너지 연구개발국(ERDA)을 설립하여 에너지 연구와 정책 수립에 적극적으로 선봉을 섰다.

이와 같은 경제정세에 보조를 맞추어 미국의 여러 대학에서도 에너지에 관한 과목을 한두개씩 개설하기 시작했다. 이미 30년 이상 전력공학 교육을 중단해 온 대학에서는 이것이 쉬운 일이 아니었다. 교과목을 개발할 교수도 희귀했을뿐 아니라, 폐쇄되거나 없어진 실험준비를 다시 갖추는 것은 경제적인 면에서도 힘든 일이었다. 에너지 교육에 대한 공동 사명을 안고 대학과 주정부, 연방정부(DOE), 그리고 과학재단(NSF)에서 지원을 함으로 전력공학 교육은 점진적인 재생을 하게 되었다. 휴스턴 대학교의 경우에도 대학당국, Texas 주정부, 그리고 2차에 걸친 과학재단의 보조로 전력공학 교과과정을 기본적인 패도에 올려 놓았다.

학교별로 다소의 차이는 있으나, 오늘날의 전력공학 과목을 분류해 보면 다음과 같다.

- Direct Energy Conversion
- Electromechanical Energy Conversion
- Electric Power Systems
- Industrial Power Applications
- Distribution and Electric Codes
- Power System Analysis
- Advanced Power System Analysis
- Power System Control and Stability
- Power System Planning
- High Voltage Engineering

이중에서 학부과정에서 이수하는 과목은 대개 2~3과목에 불과하고 나머지는 대학원 과정에서 선택한다. 그 이유는 미국의 전기공학 교육은 평준화가

되어, 한국에서 말하는 전기, 전자, 제어계측 및 전산공학 분야가 "전기공학과"라는 한 테두리 안에 포괄되어 있기 때문에 어느 한 특정 분야에 치중을 할 여유가 없기 때문이다. 이에 따라 전력공학은 다른 전공분야와 마찬가지로 대학원 위주의 교육이 되고, 대학원생의 연구와 병행을 이루고 있다.

이와 같은 전기공학 교육의 평준화로 인하여 전기공학과는 가장 취직율이 높은 학과로 지난 30년간을 굳림해 오고 있다. 졸업생들은 평준화된 교육을 받았기 때문에 전기 및 전자등 어느 직종을 선택하여도 쉽게 적응을 할 수 있다. 생산이나 업무에 필요한 전문기술은 각 직장에서 단기간에 습득할 수 있도록 하는 기본적인 바탕이 이 평준화 교육을 통하여 이루어 진다. 비록 전력공학에 대한 교육은 30년대와 같이 중점적으로 받지는 않았지만 전력회사, 전기기기회사 혹은 건설회사는 이들 졸업생들을 잘 활용하고 있다. 이것의 중요한 이유는 전력사업이 과학기술의 진보와 병행하여 근대화 해 가고 있기 때문이다. 오늘날의 전력회사나 전기기기회사는 우리가 알고 있는 종래의 회사들과는 판이하게 다르다. 최신의 대형 및 중형 Computer 와 Microcomputer 기술을 활용하고 있고, 설계나 운영 및 개발에 필요한 Computer Graphics, CAD, CAM 및 각종 Software를 보유하고 있다. 졸업생들은 각자의 취미와 도전에 맞추어 일할 분야를 선정한다. 때로는 약 1년간 여러 부서를 순환하면서 회사의 전반적인 활동을 배우는 동시에 각자가 일하고 싶은 부서를 그 중에서 선택한다.

그 중에서 전력계통을 택한 사원들은 우선 자기회사의 전력계통 기술을 자체교육을 통하여 습득한다. 곧 이어 그들은 대학원에 진학하여 학부에서 배우지 못했던 전력공학 과목등 필요한 과목을 이수한다. 회사들은 이것을 권장하는 방법으로서 학비를 지원해 주고 석사학위를 취득하면 진급에도 참조해 준다. 때로는 단기간에 열리는 Short Course, Workshop 혹은 Seminar 에 보내어 주고, 전기학회등 관계 학술발표회에 참여하는 것을 지원한다.

이상과 같이 미국의 전력공업의 교육은 학부에서 평준화된 기초과목을 끝고루 배워 어느 전공분야이든지 적응할 수 있는 토대를 닦게 하고, 세분화된 전문지식은 회사의 자체교육과 대학원을 통하여 습득하도록 한다. 그리고 또한 중요한 것은 Short Course, Workshop, Seminar 혹은 학회를 통한 평생교육(Life-long or Continuing Education)을 통하여 전력공업 교육이 이루어 진다.

이러한 평생교육은 전력공업이 침체되지 않고 변천하는 첨단기술을 활용하여 전력공업 자체를 첨단산업으로 만드는 뿐만 아니라, 새로운 기술의 개발과 연구에 관심을 둔 사원들에게 일하는 보람을 준다.

③ 미국의 전력계통 연구

미국의 전력계통 연구는 대학, 미국에너지성(DOE), 전력연구소(EPRI), 그리고 산업체인 전력회사 및 전기기기회사등 4가지 기관에서 주로 하고 있다. 이들 기관에서 하는 연구과정을 정리해 보면 다음과 같다.

연구의 많은 비중을 차지하는 곳이 미국대학이다. 대학원생들의 육성을 위하여 연구는 불가피한 것으로 되어 있다. 대학의 연구는 대개 학문적이고 기본적인 연구이다. 그리고 또한 단기적인 결과보다는 장기적인 성격을 많이 내포하고 있다. 대학의 연구는 미국의 전력계통 연구의 주축을 이루어 왔다. 대학에서 시작한 이론적인 연구결과는 산업체에서 이어받아 실용성의 여부를 타진받고 응용이 될 기회를 기다린다. 대학연구는 DOE, EPRI 그리고 여러 산업체에서 지원을 받는다. 다른 많은 용역기관과의 경쟁을 거쳐 연구계약을 체결할 수도 있고, 또는 대학연구용으로 할당된 예산의 범위에서 연구비를 지급 받기도 한다. 특히 산업체에서 연구비를 지원하는 것은 연구결과에 대한 기대도 있지만 연구를 통하여 전력공학 과정을 육성시키고 학부 및 대학원 졸업생들을 유치할 장기적인 안목을 가지고 한다.

정부적인 차원에서 연구를 지원하는 곳은 미국에너지성(DOE)이다. 이미 언급한 바와 같이 70년대 초반에 시작된 석유파동으로 미국정부는 DOE의 전신인 에너지연구개발국(ERDA)을 설립하여 에너지 연구와 정책수립에 적극적인 참여를 했다. DOE는 기존했던 원자력 통제국(AEC)을 흡수했기 때문에 AEC의 기능과 아울러 새로운 에너지원의 개발과 에너지 절약을 위한 정책을 수립하고 이를 시행하기 위한 장기연구 계획을 세운다. 연구과제의 대부분이 장기적인 성격인 만큼 많은 대학에 연구 계약을 체결하고 지속적인 연구를 하게 한다. 장기적인 연구는 또한 태양열, 풍력, 해양열력등 산업체에서는 다룰 수 없는 모험성이 많은 연구이기도 하나 이와 같은 연구계획을 수립하기 위하여 교수들이 보직을 받아 1~2년정도 상주하기도 한다.

중기 및 단기연구는 전력연구소(EPRI)에서 한

다. EPRI는 미국의 모든 전력회사에서 합자하여 지원을 하는 연구기관이다. Texas주만도 13개가 되는 전력회사가 있는 것을 봐도 미국에는 적고 큰 회사들이 100개가 넘는다. 이런 회사들은 중복을 피하고, 또한 한 회사 힘만으로는 하기가 어려운 연구를 공동투자를 하여 EPRI가 수행하도록 한다. EPRI는 전력회사의 문제점들과 앞으로 필요로 하는 연구분야들을 고려하여 중기 및 단기 연구계획을 설립한다. EPRI는 자체 연구보다는 모든 연구과제를 각종 용역업체와 대학에 분배한다. 대학의 새로운 창의력을 활용하기 위하여 계획연구와는 별도로 대학연구(University Program)를 두어 해마다 새로운 Idea를 초빙하여 연구비를 지급한다. 연구계획의 수립과 연구진행을 감독하기 위하여 Program Manager들이 전력회사로부터 파견되어 상주하고 있다.

EPRI는 연구결과를 보고서의 형태로 각 전력회사에 분배한다. 전력회사는 EPRI의 연구보고서를 보고 각기 회사에 응용할 수 있는가를 검토하여 응용가치가 있다고 판단이 되면 실무자들은 비교적 단기간에 걸쳐 이 연구결과들을 자기들의 회사에 맞도록 개발한다. 때로는 이러한 개발을 다른 용역회사들이나 대학에 위탁하기도 한다. 전력회사들은 또한 EPRI의 연구결과에만 의존하지 않고 독자적인 연구를 대학에 의뢰하여 연구비를 지원한다. 이미 언급한 바와 같이 전력회사에서 연구비를 대학에 지원하는 것은 연구결과에 대한 기대도 있지만 연구를 통하여 전력공학 과정을 육성시키고 학부 및 대학원생들을 유치할 장기적인 안목을 가지고 한다.

이상에서 미국의 전력계통 연구가 대학, DOE, EPRI, 그리고 전력 및 기기회사에서 어떻게 이루어지고 있는가를 살펴 보았다. 이제 어떠한 연구들을 현재 진행하고 있는가를 한번 분류해 보기로 하겠다. 이들을 분류해 보면 (1) 신전원개발, (2) 신기술개발, (3) 운영, (4) 계획, (5) 원자력등으로 나눌 수 있다.

신전원개발은 주로 DOE의 소관인 장기 개발 연구대상으로 태양력(Solar), 풍력(Wind), 지열(Geothermal), 간만의 조류(Tidal), 해양열(Ocean Thermal)등을 들 수 있다. 태양열은 상당한 발전을 가져와 현재 10MW의 태양열 발전기를 California 주의 사막에 건설완료중이다. 이 연구과정을 예로 들어보면, 처음에 휴스턴대학의 연구원들의 중앙 집열개념(Central Receiver Concept)이 채택이 되어 DOE의 적극적인 지원

으로 연구가 완료되고 McDonal Douglas 가 용역을 받아 Southern California Edison 전력회사의 전력망에 투입이 되고 있다.

신기술 개발분야는 초전도 발전기, 변환기, Microcomputer Relay, DC Transmission, SVC 등을 들을 수 있다. 이 분야는 재료과학, Computer, Electronics 등의 최 첨단 과학의 개발과 병행하여 이루어지고 있다. 이런 이유로 전기공학을 전공한 졸업생들은 어느 분야이든지 간에 쉽게 적응할 수 있는 교육을 받고 있다.

운영면에서는 Optimal load flow, Economic real and reactive power dispatch, Security, Automatic generation control, Long-term dynamics, SCADA, hydro operation, Vector processing, Load management, environmental dispatch 등을 들 수 있다.

이같은 운영분야는 Systems theory, Computer 및 Communication 을 활용하는 분야로서 전력계통 연구의 이론적인 주축을 이루어 오고 있다. 물론 전기공학 교육은 이에 맞추어 평준화 되어 있는 것이다.

계획면에서는 Load forecasting, Generation plant siting, Generation expansion planning, Var planning, transmission and distribution planning, cooperate planning 등이 있다. 이 계획분야는 정치, 경제, Systems theory 및 Computation 등 광범위한 지식을 요구하는 분야로서 대학원 과정을 끝낸 연구원들과 대학에서 주로 할 수 있는 분야이다.

마지막으로 원자력에 관한 연구는 새로운 발전기술 (Bleeder reactor) 에 대한 연구와 안전기술에 대한 연구등이 있다. 환경에 극도로 예민한 미국 국민들의 끊임없는 항의로 원자력발전소의 건설은 매우 어려운 시련을 겪어 왔다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 인력개발은 전기공학 교과과정에 또한까지 과제를 던지고 있다.

4. 맺음말

미국의 전력공학 교육과 연구에 대하여 이상으로 검토해 보았다. 전기공학 교육은 평준화되어 전기, 전자, 제어, 전산기, 통신등의 분야가 "전기공학"이라는 한 교과과정하에서 융화를 이루고 있기 때문에 졸업생들은 어떠한 직종이라도 쉽게 적응할 수 있게 되어 있다. 이들은 직장에서 자체교육을 통하여 실용적인 전문지식을 습득하고, 대학원 과정에서도 또한 전공분야의 훈련을 쌓는다. 미국의 전력회사나 전기기기회사는 이와 같이 평준화된 기초교육을 받은 졸업생을 흡수하여 각기 취미에 맞는 분야를 선정하도록 한다. 회사는 이들의 창의력을 살리고 새로운 기술을 도입함으로써 전력산업 자체를 시대와 병행하여 첨단화하고, 또한 사원들에게도 일하는 보람을 준다.

전력계통연구 또한 정부, 대학 및 산업체간에 밀접한 관계를 유지해 왔다. 정부는 대학의 협조하에 장기 연구계획을 수립하고 대학연구를 지원하며, 연구소나 산업체는 중기 및 단기 연구과제를 대학 및 다른 용역기관에 분배한다. 산업체는 대학연구를 지원함으로써 전력공학의 교과과정을 육성할 뿐만 아니라 필요한 학부 및 대학원의 인력자원을 개발하는 장기적인 안목을 두고 있다.

한국의 전력공업도 이와 같은 미국의 전기공학 교육과 연구과정을 잘 검토하여 국제적인 차원에서 어개를 맞추었으면 한다. 이를 위하여 대학당국과 산업체에게 각각 한가지씩 충심으로 권고하고자 한다. 첫째로, 대학당국은 지금까지도 많은 노력을 해왔지만, 앞으로는 과감하게 전기공학의 교과과정을 평준화하여 졸업생들이 전자, 제어, 전산 및 통신분야에도 적응할 수 있도록 하여 변모하고 있는 전력사업을 첨단화 할 수 있는 기본토대를 만들어 주었으면 한다.

둘째로는, 산업체와 연구소는 대학과 더욱더 깊은 연구관계를 맺어 호흡을 같이 했으면 한다. 장기적인 안목으로 대학에 투자하여 필요시에 연구 결과를 활용하고 자문을 받을 뿐만 아니라 더욱더 중요한 인력자원 개발에 동참했으면 한다.