

기초전력공학 공동연구소

장 상 현

기초전력공학 공동연구소 관리실장

설립경위

'80년대 이후 선진국의 보호장벽이 높아짐에 따라 우리는 선진국의 기술도입에서 탈피하여 자체 기술을 개발하지 않을 수 없게 되었다. 그동안 우리의 기업이 여러 가지 어려운 여건속에서도 기술혁신을 위해 노력해 온 것이 사실이나 2천년대 선진국 대열에 진입한다는 국가적 목표를 달성하기 위해서는 아직도 선진국에 비해 기술개발에 대한 투자는 상당히 미흡한 실정이다.

우리의 기술연구 능력을 배양하여 자체 기술개발을 할 수밖에 없는 현실점에서 볼 때 무엇보다도 중요한 것은 기술개발을 위한 연구인력의 양성이라 하겠다.

전력분야에서는 산업규모의 확대에 따른 전기에너지의 급격한 수요가 증대함에 따라 이에 대응한 기술개발에 충분한 대비가 요구되고 있다.

이에 따라 전력기술의 자립과 연구인력 양성의 절경이 연구활동의 활성화와 대학원 교육의 정상화에 있으며 이를 위하여 전국대학이 공동으로 이용할 수 있는 연구소의 설립이 절실히 요구됨을 한전에 건의하였고, '86년 7월 연구소 타당성 조사를 실시하였다.

조사과정에서 전국 각 대학의 전기분야 교수 및 전기학회의 의견을 수렴하여, 같은 해 12월 투자규모, 설립장소 등 구체적 설립방안을 한전에 보고하였다.

이 보고를 기초로 하여 동자부, 과기처, 한전, 한국동력자원연구소, 한국원자력연구소, 대한전기협회, 기초전력공학공동연구소 설립추진위원회 등이 참석한 한전 전력기술자립계획 토론회에서 기초전력공학공동연구소의 설립안이 검토되었고 그 타당성이 인정되었다.

'88년 2월 동자부, 한전 정부출연 연구소 및 기초전력공학공동연구소 설립추진위원회 연석회의에서 재단법인 설립을 가능한 한 조속히 추진하기로 결정하고, 3월에 설립준비사무국이 발족되었으며 같은 해 4월 19일 동력자원부 장관의 설립허가와 이사 11명, 감사 2명이 승인되었고, 법인등기를 완료하고, '89년 12월 서울대학교 구내에 건축공사를 완료하였다.

서울대학교 캠퍼스에 자리 잡은 기초전력공학공동연구소는 같은 캠퍼스내에 있는 다른 연구소와 추구하고자 하는 궁극적인 목표와 취지는 동일하나, 설립경위와 운영형태는 크게 상이하다고 볼 수 있다. 먼저 설립경위면에서 볼 때 상위한

바와 같이 한국전력공사의 출연금 80억원과 민간 기업체 기부금 2억5천만원을 설립자금으로 하여, 동자부산하 재단법인의 형태로 전력공학 및 전력 에너지분야에 있어서의 대학과 기업체간의 산학 협동을 표방하여 설립된 우리나라 최초의 민간연구소이다.

시설현황과 사업목적

본 연구소는 지상 5층, 연건평 1천1백여평의 건물로 총공사비 22억에 공사기간은 지난 '89년 3월부터 12월까지 10개월이 소요되었으며,

건물 1층에는 고전압실험실, M-G Set 실험실, 초전도 및 원자력 실험실,

2층에는 고전압연구실, 고전압실험 관찰실, 재료측정실, 연구원생실(숙박가),

3층에는 재료제조실, 전기재료 및 응용연구실, 전력전자 및 전기기기 연구실,

4층에는 소장실, 관리실, 회의실, 레이저실험실, 연구실장실, 플라즈마실험실, 전력계통 및 제어실험실,

5층에는 전산실, 세미나실, 국제회의실, 도서실, 휴게실

등이 각각 배치되었다.

전국 전기공학분야의 대학 및 산업체 연구원들이 공동으로 이용할 수 있도록 설립된 본 연구소는 약 38억원의 최신 연구기자재를 갖추고 국제적 수준의 연구소로 발돋움하기 위한 새로운 기틀을 마련하고 있으며 다음 세 가지 설립목적을 수행하기 위하여 구체적인 계획을 실행하고 있다.

첫째, 전국대학의 전기공학 및 관련학과의 대학교수, 산업계 등의 연구인력을 조직화하여, 미래 지향적 연구를 통해 진정한 의미에서의 산학 협동체제를 구축한다.

둘째, 연구소에서 보유하고 있는 최신 연구설비 및 기자재를 개방함으로써 전국의 관련연구인력이 공동으로 이용할 수 있는 체제를 마련한다.

셋째, 관련분야에 있어서의 석·박사 수준의 고급인력 양성과 국내외 과학기술정보를 활용한다. 이와 같은 목적을 위하여 연구수행에 대학교수, 대학원 학생 및 산업계 중견기술인을 적극 참여시키고 있으며, 연구결과의 보급을 위하여 전문분야별로 별도의 교육 프로그램도 계획하고 있고 기관별 즉 한전기술연구원, 전기연구소, 기초전력공학공동연구소가 특성에 맞는 육성시책에 따라 역할분담이 이루어져 본 연구소가 학계를 대표하여 연구기능을 수행하는 역할을 맡게 되었다.

본 연구소가 대학의 대표로 한전으로부터 출연기관으로 지정됨에 따라 출연연구 과제 수주시에 전국대학의 해당전문분야 교수중에서 적격자를 선정, 연구과제를 위탁하고 있는데 현재 43개의 연구과제가 수행중에 있다.

연구소의 구성과 연구실 현황

연구소의 구성은 3개의 위원회, 관리실, 6개의 연구실로 분류되어 있다.

연구위원회, 시설관리위원회, 교육위원회의 3개 위원회는 본 연구소의 설립취지에 맞게끔 효율적으로 운용되도록 구성되었으며 전국의 대학, 연구소의 교수, 연구원들이 위원으로 활동한다.

연구위원회는 연구의 제반사항, 즉 연구의 방향, 연구의 우선순위, 연구 기자재의 선정 등 연구와 직접 관계되는 사항을 담당한다.

시설관리위원회는 도입된 기자재의 효율적인 운영을 위하여 연구기자재의 운영관리 지침을 마련한다.

교육위원회는 관련산업체 기술자들의 재교육을

위하여 전력공학에 관련되는 강좌, 세미나, 워크숍 등을 통하여 산·학·연의 연계를 도모하는 역할을 한다.

6개의 연구실은 제1 전력계통 및 제어 연구실, 제2 전력전자 및 전기기기 연구실, 제3 전기재료 및 전기응용 연구실, 제4 초전도 및 에너지 연구실, 제5 고전압·플라즈마 및 레이저 연구실, 제6 원자력 연구실이며 별도로 전산실이 분리 운용되고 있다.

제1 연구실에서는 발전소 보일러 디지털 분산 제어 시스템 개발에 관한 연구를 하고 있다. 전력계통 및 제어 연구실에서 수행중인 과제중 “발전소 보일러 디지털 분산제어 시스템 개발”은 지난 '91년 2월부터 '93년 9월까지 DCS(Distributed Control System)의 국산화를 통해 제어분야의 기술자립을 이룩코자 하는데 그 의의가 있다.

특히, 순수 국내기술에 의한 DCS의 국산화란 점에서 전자통신 연구소에서 '80년도 후반부터 수행한 전자교환기(TDX) 개발연구에 버금가는 본연구는 교환기 개발연구가 국가 주도의 정부출연 연구기관과 5대 메이커가 공동으로 참여한데 반하여 한전이 주관하고 학계의 구심체 역할을 하는 당 연구소와 업체가 참여하여 산학 연계를 통한 DCS 유관기술의 국산화 시도 및 구축이란 점에서 시사하는 바가 크다.

본연구의 적용대상이 되는 DCS는 화학플랜트나 수처리같은 현장검증(Field-proven)이 비교적 용이한 분야와는 달리 높은 신뢰성과 정확성을 요구하는 발전분야의 보일러 제어용으로 세계적으로도 미국의 BAILEY사를 비롯한 일부 전문 제어 시스템 회사만이 갖고 있는 고도의 제어기술과 계장관련 노하우를 필요로 하는 분야의 시스템이다.

따라서 DCS를 설계할 때, 이를 고려하여 다음

과 같이 동일분야에 널리 사용중인 BAILEY사의 INFI-90 DCS의 규격을 따르도록 하였으며 특정부분을 하드웨어적으로 이중화하였다. 즉, 다양한 유저 인터페이스를 위하여 운전자터미널로 19인치 X터미널에 X/Motif를 사용하였는데 이는 한 화면에서 2개 이상의 패널을 오퍼레이터가 조작 가능하게 하여 기존의 DCS가 갖는 조작터미널의 개수 제한을 극복하기 위한 것이다. 또한 신뢰성을 위하여 PCS(Process Control Station)의 제어 유닛과 네트워크 제어기, 제어블록 라이브러리를 만들었다. 데이터베이스 머신의 경우 GUI(Graphic User Interface) 서비스 머신과 분리하였고 APS(Alarm Process Station)도 제어 시스템과 별도로 운영되도록 함으로써 고장 및 유지보수시 전체 시스템에 영향을 줄이도록 하였다. 통신 모듈의 경우는 MAP(Manufacturing Automation Protocol) 컨트롤러를 DCS 규격에 맞게 수정하여 사용함으로써 하드웨어의 국산화율을 높였을 뿐만 아니라 DCS의 개발로 국내 DCS 시장에서 연 1,000억원의 수입대체 효과를 올리게 됨은 물론 발전용도로서의 수입대체 효과도 연 100억원에 이를 것으로 추정된다.

향후 개발계획은 I/O 및 Signal Conditioning 보드의 국산화율을 높이고 시스템 Utility 소프트웨어의 보완과 원자력 발전소용 DCS로 규모를 늘려 시스템 확장에 따른 Network 기능을 보강할 예정이다.

제2 연구실에서는 GTO 인버터용 고성능 교류 전류 제어기의 개발에 관한 연구를 하고 있다.

본연구는 대용량 교류전동기 구동을 위한 전압형 PWM GTO 인버터의 고성능 전류제어에 그 목적이 있다. 종래의 전류제어기로 히스테리시스 제어기, 정지좌표제 PI 제어기, 동기좌표제 PI 제어기, 예측제어기, Deedbeat 제어기 등이 있지

만 아직 여러 가지 문제점이 지적되고 있다.

본연구에서는 선형 다변수 상태궤환 제어이론을 도입하여 정확한 전류오차 보상전압을 유도하였다. 또한 공간전압 벡터 PWM을 적용하여, 고조파 함유율이 적고, 과도응답이 빠른 전압변조를 가능케 하였다.

종래에는 대용량 인버터에 사이리스터를 사용하였지만 지류회로가 복잡하기 때문에 최근에는 GTO를 많이 사용한다. GTO는 500Hz~1kHz의 스위칭이 가능하고, 병렬운전이 쉽기 때문에 대용량 시스템의 전류제어에 적합한 소자이다. GTO 인버터 구동 시스템의 제어를 위해 32bit 부동소수점 연산이 가능하고, 명령어 실행시간이 60ns 인 고성능 DSP TMS320 C30을 사용한다.

그 결과 종래의 전류제어기보다 정상상태 및 과도응답 특성이 우수한 전류제어기를 구현하여, 그 실용 가능성을 입증하였다.

본연구 결과 대용량 교류전동기를 사용하는 발전소 팬구동, 전동차, 밀가공 등에 적용 가능하게 되었다.

제 3 연구실에서는 전력용 신소재 개발, 절연재료 및 전력기기의 열화현상과 열화방지대책 규명을 중점적으로 연구하며 대용량 변압기, 회전기, 전력케이블 및 부품의 예방진단과 수명연장 연구를 집중적으로 수행하여 기능성 박막 및 센서, 도전성 고분자, 전력용 반도체, 박막재료 및 소자 등 차세대 전기재료 및 소자연구를 추진하며 각종 재료평가 및 분석측정 연구도 수행하고 있다. 또한 에너지 절약기술 및 환경문제에 직결되는 절전형 조명기술 전자식 안정기, 고효율 광원개발 등 조명공학 연구수행에 초점을 두고 있다.

배전용 CN/CV 케이블과 접속재의 열화사고 방지대책에 관한 연구는 저전압에서의 열화측정 가능, 직류전압감쇄 및 직류누설전류 동시 측정가

능, 열화측정 데이터의 축적 및 판정의 자동화를 이루어 절연열화에 의한 케이블 사고를 방지할 수 있게 되었으며 특허출원도 하였다.

제 4 연구실에서는 초전도 변압기의 개발에 관한 연구를 수행중에 있다.

1983년 프랑스 알스톰사에서 교류용 초전도선 개발에 성공한 이후 초전도 현상을 교류용 전력기에 응용하려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 초전도 발전기 전체를 초전도로 할 경우 초전도 변압기를 접속하면 전체 시스템의 냉각효율을 높일 수 있다.

지금까지의 연구 결과를 종합해 보면 1GVA급 이상의 초전도 변압기는 종래의 변압기에 비해 전체 전력손실이 20~50% 감소하여 종합 효율이 0.15% 정도 증가한다. 그리고 1V당 권선수를 크게 해줄 수 있으므로 변압기의 외함을 제외한 권선과 철심의 무게도 10% 정도 감소시킬 수 있어 대형 변압기일수록 운반과 설치에 유리해진다.

또한 초전도 전류제한기를 같이 접속하여 운전하면 단락사고와 같은 과도시에 계통의 보호능력이 우수해지고 누설 임피던스가 크므로 초전도 발전기의 적은 과도 리액턴스를 보상해 주는 이점이 있다.

제 5 연구실에서는 Plasma 내에서의 Particulate의 역학과 그 제거방법에 관한 연구를 한다. 플라즈마 분야는 최근 고집적화, 무결합화의 추세로 나아가고 있는 반도체 산업의 추이와 관련하여 연구에 대한 관심이 높아지고 있다. 반도체나 LCD 등의 여러 가지 분야에서 플라즈마는 응용되고 있는데 특히, 자체내에 화학적 활성도가 높은 이온, 라디칼을 발생시키기 때문에 증착과 식각에 널리 이용되고 있다.

반도체 생산라인의 효율을 평가하기 위한 가장 큰 요소중의 하나는 수율이라고 할 수 있는데, 높

은 수율을 얻기 위해서 모든 프로세서를 청정실 내에서 하게 되며, 장비의 청정도를 항상 점검, 유지하게 된다. 이러한 공정환경의 요소들은 크린 룸 기술의 향상, 고정도의 가스사용, 장비 청정도의 정확한 측정 및 공정기저압력(Base Pressure)의 고진공화에 의해 날로 개선되고 있다. 그러나, 공정 자체에서 생성되는 결합요소, 즉 플라즈마에 의해 생성되는 Particle은 그 발생과정과 성질이 완전히 규명되지 않은 새로운 결합요소로 생각되고 있으며, '80년대 후반 그 존재가 알려져 지금까지 Sputtering, Etching, PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) 등 여러 가지의 플라즈마 응용 장치에서 그 존재가 확인되어 왔다. 이러한 Partical들은 Laser 산란이나 SEM(Scanning Electron Microscopy)에 의해 생성정도, 크기를 측정할 수 있으며, 플라즈마내의 활성종들의 과포화(Over Saturation)에 의해 기상으로 생성된 것이라 생각된다. 또한, 이들은 흥미있는 특성을 지니게 되는데, 플라즈마내의 활발한 전자운동에 의하여 자체내에 음전하가 축적되어 전계에 민감한 운동을 하게 된다. 또한, 많은 Particle이 생성될 경우 플라즈마내에는 전자-이온의 재결합이 촉진되어 플라즈마 밀도의 공간적 불균형이 심각하게 되고, 전자에너지 분포 함수에 영향을 미치게 되는 등 플라즈마의 특성 자체에도 영향을 주게 된다는 결과도 보고되고 있다. 이러한 Particle의 특성을 연구하는 일은, Particle의 특성으로부터 이것을 어떻게 제거할 것인가에 대한 결론을 얻는 성과 외에도, 플라즈마를 고순도 Submicron Particle의 생성기구로 응용할 수 있게 되는 가능성도 주게 되어 계속 활발히 검토되고 있다.

현재 본 연구실에서는 DLC(Diamond Like Carbon) 등의 증착에 이용되는 PECVD 과정에

서 발생하는 Particulate의 생성원인, 성질을 분석하기 위해 Ar Laser, HeNe Laser를 이용한 Sputtering 실험이 진행되고 있으며 Plasma와의 interaction에 의한 복잡한 거동이 관측되고 있다.

제 6 연수실에서 수행하고 있는 분야는 선행핵 주기 연구, 원자로 핵설계 연구, 원자로 열수력설계 연구, 원자력 안전해석 연구, 중대사고 해석 연구, 원자로 운전 및 계측제어 연구, 방사선공학 연구, 격납건물 및 구조물의 설계 및 해석 연구, 폐기물 처분기술 연구 그리고, 공학적 환경평가 연구 등이 있다.

그간 본 연구실에서 수행하였거나 현재 수행되고 있는 과제는 중대사고 Database 구축 및 구조해석, 방사선 폐기물처분장의 구조적 안정성을 위한 설계기준 개발, 원자로 구조해석 기술에 관한 연구 등이 수행되었으며, 울진 3, 4호기 중대사고 및 2단계 PSA 수행을 위한 데이터베이스 구축, 원자로 및 노심의 거동 안정성 평가, 증기폭발연구, 과도현상 열수력적 특성실험연구 등이 수행되고 있다. 특히 국내 유일한 2-Loop형 원자력발전소 축소모형의 실험장치를 제작하여 원자로내 과도상태에서 발생하는 자연대류 및 혼합에 관한 실험 등을 수행하고 있다. 앞으로 본 연구실은 그동안의 연구를 토대로 우리나라의 중장기 계획에 입각하여 차세대 및 개량형 원자로개발에도 적극 참여하여 국민의 원자력발전소에 대한 신뢰도 증진과 국내 기술의 자립화에 크게 기여하고자 한다. 이를 위해 전문인력 양성활동과 산·학·연 협동을 적극 추진하고 특히, 원자력발전소의 안전성 향상을 위해 원자력 안전연구에 관한 연구를 주도해 나갈 것이다.

전산실은 APOLLO DN 1000과 DN 4500, 3500등 총 8대의 Workstation으로 구성되어 각

중 Modeling, Simulation, 공학계산 등 다양하고 복잡한 과정을 빠르고 정확하게 결과를 얻을 수 있으며, 특히 최근에 도입한 HP 730 Workstation에는 각종 Motor 설계, 자계 및 토 코 해석에 널리 사용하는 Maxwell Software (2D, 3D)가 설치되어 전계 및 자계 해석연구를 지원하고 있다.

또한 지난해에는 서울공대와 Computer Network를 구축하여 각 연구실의 PC와 Workstation으로 서울대 전산원, 국·내외 여러 대학(연구소) 및 통신망에 가입되어 있는 여러 곳과 Computer 통신으로 신속하고 정확한 최신 정보를 제공받을 수 있으며, 타기관의 우수한 성능의 대형 Computer를 이용하게 되어 연구과제 수행에 커다란 도움을 줄 수 있게 되었다.

각종 회의실(국제회의실, 세미나실, 임원회의실 등) 및 연구원생실(숙박 가능)은 연구소의 연구 활동을 지원하기 위한 시설로서 24시간 개방하여 연구활동에 능률을 높이고 있다.

주요 사업계획

본 연구소의 주요 사업은 연구사업과 교육사업으로 대별된다.

연구사업은 전력기술분야의 기초이론 및 전기공학과 관련하여 학술연구에 중점을 두며, 산·학·연 협동연구체제의 확대를 통해 연구개발 자립과 선진화에 목표를 세웠다. 이를 위해 제조업 경쟁력 강화를 위한 생산기술 개발사업과 기업체 연구 수탁에 적극 참여하여 기술추적에 힘쓸 계획이며, 현재 본 연구소에서는 각 분야별 전문인력을 전국에 걸쳐 조직중에 있으며, 지난해에는 그 첫단계로서 연구인력의 저변확대, 대학원 교육의 활성화를 위하여 전국의 대학에 약 6억원의

연구비를 대학원 지도교수 61명에게 연구과제를 '92년에 이미 배정하였으며, 금년에는 10억원의 예산을 확보하여 100명의 교수에게 연구비를 지원함으로써 현재 대학원 이상의 고급인력 약 500명이 그 혜택을 받고 있어 21세기의 기술시대에 대비하여 저변확대가 이루어지고 있다.

또한 국가적으로 중요한 전략적, 장기적인 연구과제를 발굴, 도출하기 위해서 기술수요를 면밀히 조사하여, 연구대상 과제에 대한 장기계획을 작성하고, 이에 따른 전문 인력을 전문가끼리 자율적으로 결성케 하여 우수연구센터를 수 10개 운영할 계획이며, 이미 전력시스템 신기술센터, 신설계기센터, 원자력안전연구센터를 수일전에 발족하였다. 그리고 이들 전문연구집단이 경쟁체제로 연구할 수 있도록 연구소 차원에서 지원하고, 세계를 선도하는 유망집단을 더욱 적극 지원하고, 업적이 미미한 집단은 자연도태가 되도록 철저한 경쟁운영방식을 도입함으로써, 세계적으로 권위 있는 전력연구소로 도약할 만반의 준비가 되어 있다.

교육사업은 고급 전문인력의 양성 및 공급과 산업체 기술자의 재교육에 목표를 두며 연구소의 교육위원회 주관으로 진행, 보다 활성화된 교육사업을 위해서 한전, 산업체 협조요청 및 홍보활동을 강화할 방침을 세워놓고 있다.

또한 해외 대표적 연구기관 및 대학과 연구협력체제를 수립하여 기술개발정보의 상호교환 및 국제 경쟁력 강화를 도모하며 기술정보의 수집뿐 아니라 보급에도 주력할 계획이다.

기초전력공학을 연구하는 국내 유일의 본연구소는 기초를 더욱 튼튼히 다지며, 보다 강력한 산·학·연 공동연구로 국내·외 각 기관들과 학술교류를 통하여 머지않은 장래에 기초전력공학의 총본산지로 발돋움할 것을 확신하는 바이다.