

전기공학의 현재와 전망

연구편 4

전력계통연구및 기술동향

朴 永 文

서울대학교 전기공학과 교수

전력계통 및 전원계획분야는 양질의 전력에너지를 발생원으로부터 수용처까지 경제적으로 안정공급하기 위한 이론과 기술을 연구, 개발함을 목적으로 한다. 그리고 그 내용으로서는 전기에너지시스템의 구성요소인 전력계통의 해석, 시뮬레이션, 설계, 제어, 운용, 예측, 계획등의 공학적 및 기술적 문제를 다루게 될 것이다.

그러나, 전기에너지시스템은 전력계통을 주요 구성요소로 하되, 이를 운용하는 조직(전력회사등)의 운용정책과는 불가분의 관계가 있고, 오히려 후자의 의사 결정이 더 큰 영향을 주는 경우가 허다하므로, 시스템의 분석 또는 운용에 있어서는 기술적인 문제뿐만 아니라, 종합적인 에너지 정책이나, 사회, 경제적인 상관성도 아울러

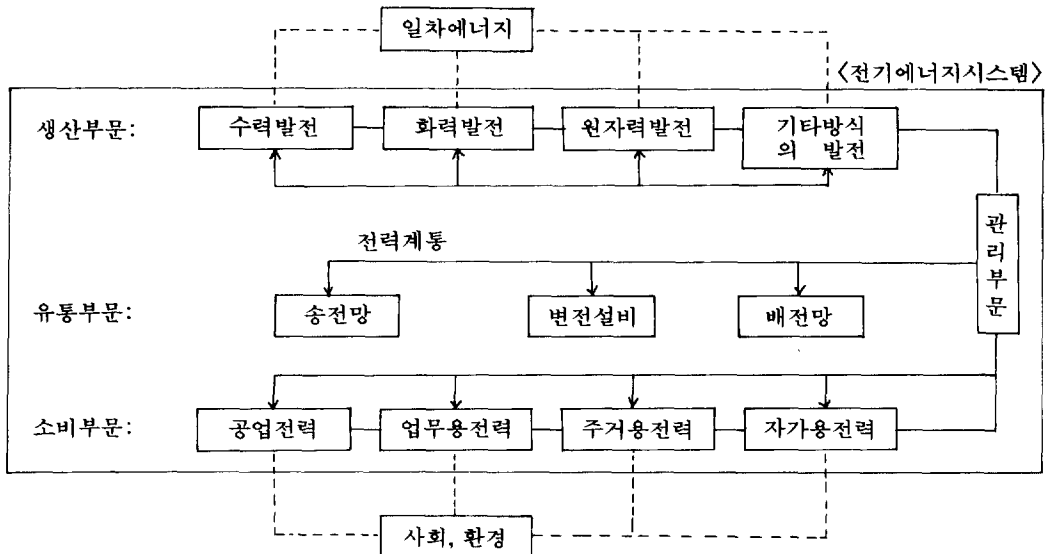


그림1. 전기에너지 시스템

러 고려하여야 할 것이므로, 이와같은 전력경제, 환경, 사회적 충격등의 문제도 전력계통 연구분야에 포함될 것이다.

전기에너지시스템을 개념적으로 도시하여 그림과 같이 생산, 유통, 소비, 관리의 부문으로 대별한다면, 전력계통은 설비면에서 유통부문의 전체와 생산부문, 소비부문의 일부를 포함하고, 최적화계획과 같은 운용측면에서는 관리부문의 일부까지도 포함된다.

생산부문에 있어서 전기에너지시스템의 특질로서는 에너지자원 및 그 구성요소의 다양성에 있는 바, 이 부문의 최대과제로서는 개개 발전방식의 검토, 건설, 운용에 따른 최적조합기술 및 발전방식과 자원의 최적분배를 들 수 있다.

유통부문에 있어서는 수시로 변동하는 부하조건을 충족시키고 동시에 고도의 안정성과 신뢰성을 유지하면서 경제성을 도모할 수 있는 운용 및 제어방식의 개발이 전력장치 그 자체보다도 최근 더욱 강조되고 있다.

소비부문에 있어서는 과거에는 필요한 만큼의 전기에너지를 수용가에게 공급하는 것만으로서 족하고, 부하의 소비패턴에 대하여서는 신성불가침이 없으나, 최근 에너지 위기시대에 돌입한 이래로, 이 소비패턴에 간접적으로 간섭함으로써 수용가나 전기사업자에게 함께 이익을 가져다 줄 새로운 방식인 소위 부하관리기법이 새로운 연구분야로서 각광을 받고있다.

관리부문에 있어서는 종전의 입장을 상술한 3개 부문에 포함된 설비의 건설, 보수, 운용에 따른 제반사항을 실무적 관점에서 처리하는 영업활동의 범주를 벗어나지 못하였으나, 최근 선진각국의 경향은 총체적인 에너지 수급정책과 투자의 최적화 및 전력사업의 합리화방안의 일환으로서 전력기술자가 필수적으로 관여하여야 할 단계로 변천하고 있다.

I. 국내연구 및 기술동향

국내의 연구 및 기술동향은 우리나라의 전력사업의 발전과정과 밀접한 관계가 있다고 하겠다.

8.15해방후부터 60년대 말까지는 국내대학 전기공학파에서 전력공학을 전공한 졸업생을 산업계에 공급하여 우리나라 전력기술의 자립 및 발전을 위한 기틀을 마련하고 유일한 전력관계 연구소인 한전 전기시험소에서의

시험 및 실무중심의 부분적 연구성과가 국내전력사업에 기여한 공적은 인정되나, 진정한 의미에서의 전력관계 분야의 연구 및 개발은 70년대의 영월, 군산 복합화력발전소, 국내최초의 고리원자력발전소, 인천화력3,4호기등의 신규전원의 대량 확보와 초고압전선사업의 추진, ELD의 도입등의 한전전력시스템의 확장 및 현대화 시점부터 시작되었다고 보아야 하겠다.

이와 때를 같이 하여 한국전기시험 연구소(현재 한국전기 연구소로 개칭), 한국원자력기술주식회사(현재 한국전력기술주식회사로 개칭)등의 국내 전문연구기관이 설립되어 전력관계 분야의 연구활동이 진행되었으며, 국내의 각 대학에서도 이 분야에 대한 연구, 개발이 석사학위 이상의 학위논문 또는 산학협동에 의한 연구프로젝트 형태로서 토착화하기에 이르렀다.

이 기간중 산업계에서의 연구는 주로 미국, 일본등지에서의 연구결과를 도입 내지 실용하는데 주안을 둔 연구분위기의 조성 또는 즉각적인 활용을 목적으로 하는 단기적인 연구가 대부분이었다. 그리고 학계에서의 연구는 전자계산기를 이용한 전력계통의 운용, 제어해석에 관한 기본적인 알고리즘 및 프로그램의 개발에 국한되었고 그중 일부는 산업계에서 실용되고 있다.

80년대에 들어서서는 한전계통의 대형화 및 자동화 추세와 에너지 위기의 심각성을 체험한 국민적 자각은 전력사업의 합리화와 국내기술선진화 내지 자립화를 위한 진정한 의미에서의 본격적인 연구, 개발의 필요성을 인식하게 되었고, 이러한 분위기에서 탄생을 보게된 것이 한전기술연구원이라 하겠다.

그동안 한전기술연구원과 70년대에 이미 발족한 한국전기연구소의 연구업적은 규모면에서나 연구성과면에서 과거와는 비교가 되지 않을 정도로 현저하며, 특히 중전기기의 시험체제의 확립, 초고압송전선로의 설계, 장기간전원 및 송·배전선로 계획의 최적화, 에너지관리시스템(Energy Management System)의 운용에 관련된 신기술의 적용등에서 그 공적이 높이 평가되고 있다. 여기서는 산학협동에 의한 학계의 이론적 뒷받침이 하나의 큰 요인으로 작용하고 있음을 부인할 수 없을 것이다.

그러나, 아직까지는 전력계통분야에 관련된 연구 및 기술수준은 선진외국의 그것에 비하여 질·양적인 면에서 또는 체제 및 접근 방법론적 입장에서 재검토해야 할 점이 많다. 현재까지 연구실적의 취약점이 두드러진

실례를 몇가지 든다면, 연구과제가 고식적이고, 단기적 이어서, 지속적인 발전효과를 기대하기 어렵다는 점, 연구방법에 있어서 최신이론이나 정보의 적용이 미흡하다는 점, 연구결과의 홍보 또는 국제적 교류가 거의 없다는 점, 외국기술의 일괄도입, 야심적인 대형프로젝트의 기피, 연구소간의 업무분담의 불명확성, 전문성결여등이라 하겠다.

이상과 같은 취약점의 보강시책은 여러 측면에서 강구되어야 하나 가장 절실한 것은 연구요원의 지속적 인력확보와 질적향상이고, 질적향상은 연구요원의 기초지식 또는 최신이론 및 기법에의 기회제공이라 하겠다.

전력계통 및 전원계획에 관련된 국내의 연구 및 기술동향을 발표된 논문을 중심으로 개관하면 다음과 같다.

60년대 초는 주로 일본에서 연구된 연구결과를 우리나라 계통에 적용한 사례연구가 주류를 이루는 전력계통연구의 계몽시기로 볼 수 있겠고, 우리나라 학계가 이 분야에서 전자계산기를 활용한 고장계산, 전력조류계산, 안정도계산등의 기초적 해석 논문이 발표된 것은 60년대 후반부터이다. 70년도에 들어서서는 연구인구도 급증하고, 연구내용도 비교적 다양할 뿐만 아니라 연구방법이나 이론에 있어서도 독창성이 인정되는 논문이 수 10편 발표되었는데, 주로 ELD, 무효전력제어, 수화력운용, 주파수제어 등의 전력계통 최적운용에 관련된 논문이 서울대학, 고려대학, 한양대학, 연세대학, 중앙대학 등에서 독자적으로 또는 한전과의 협동연구에 의하여 발표되었다. 70년도 후반부터는 최적운용에 관련된 것 이외에 전력계통 안정성제어, 전력계통 상정사고 해석 및 대책, 전력계통상태추정, 전력계통 안정도해석에 관한 논문이 서울대학, 고려대학, 한양대학, 성균관대학 등에서 수10편 발표되었고, 이 중 일부는 한전에서 실제로 활용되었다.

70년대 후반부터는 이상의 분야에 추가하여 전원계획, 송전계획의 최적화 관련논문이 서울대학, 고려대학을 중심으로 10여편 발표되고 부하예측 기법이 수편 발표되었으며, 이 중 수편의 논문은 한전에서 실제로 활용함으로써 실효를 거두었다는 점은 특기할 만하다. 그리고 80년대에 와서는 전력설비투자의 최적화, 전력사업의 경제성등을 주제로 한 논문이 추가되고 있어 전력계통분야의 영역확대 현상이 두드러지고 있다.

이상은 국내전문지에 발표한 것에 대하여 기술하였으나, 70년대 후반부터는 연구결과가 IEEE, IEE, EPSR 등

의 해외전문지 또는 IFAC, PAIS, AER등의 국제학술회의에서 25편이 발표되었으며, 이 연구는 주로 전력계통의 최적운용과 전력시설투자의 최적화 관련논문으로서 그 대부분이 한전과 한국과학재단의 연구지원으로 이루어진 것이다.

결론적으로 말해서, 지금까지의 국내연구로 한전기술연구원 또는 전기연구소는 주로 당면한 기술적인 문제의 해결에 주안을 둔 실용연구에, 학계에서는 순수 이론에 입각한 학술연구에 치중한 관계로 산업간의 괴리현상이 두드러져 있는 실정이며, 이를 효과적으로 시정하여 진정한 의미에서의 산학협동체제를 구축함으로써 전력계통분야연구의 활성화를 기하는 것이 앞으로의 숙제라 하겠다.

II. 국외연구 및 기술동향

송배전선로나 발전소를 개개의 독립된 설비로 보면 그 특성을 해석하고, 그 설비의 설계, 운용, 보수등에 관련된 문제를 오로지 기술적 또는 하아드웨어적인 관점에서만 다루던 종래의 접근방법은 2차대전 이후 시스템이론, 제어공학의 탄생, 전자계산기의 보급에 힘입어 전력계통공학이라는 새로운 접근방법으로 대체됨으로써 전력계통공학은 그동안 눈부신 발전을 거듭하여 왔으며, 그 성과는 선진제국에서 전력사업의 합리화에 지대한 공헌을 하여 왔다.

그 최대의 공헌은 계통운용면에서 Kirchmager 에 의하여 창출된 ELD의 도입, 계통해석면에서의 교류 및 직류계산반의 활용을 꼽을 수 있으며, 그 후 전자계산기의 활용보급으로 50년대에는 자동급전지령소의 도입, 가동이 유행화되었고, 한편 고장계산, 과도안정도 해석, 전력조류계산, 수화력협조, 자동주파수제어를 포함한 AGC, 무효전력제어 등에 관련된 새로운 이론 및 활용 등 주로 계통운용, 제어, 해석에 관한 연구가 주류를 이루고 있었다. 그 후 60년대후반에 이르러서는 계통운용 분야에서의 계통의 신뢰성, 안전성 향상을 목표로 하는 온라인 제어기법인 전력계통 안정성제어가 새로운 분야로서 각광을 받기 시작하였고, 상정사고해석 및 대책, 조속기, 자동전압조정장치, SVC 등의 최적제어에 의한 계통안정영역의 확대, 계통교란의 극소화를 위한 여러 방안이 제시되었다. 또한 전력계통상태추정이론, 최적

전력조류계산기법의 개발, 일간 및 주간운용계획의 자동화, 부하예측기법의 개발등의 연구도 많은 진전을 보기에 이르렀다. 이와 같은 연구성과를 집대화하고, 이미 이룩한 ELD 또는 AGC의 기능을 확대하여 전력계통운용 및 제어를 자동화하려는 꾸준한 시도의 구체적 산물이 에너지관리시스템의 형태로서 70년대말 또는 80년대에 실용화하기에 이르렀다. 그러나 이 에너지관리시스템의 목적인 계통운용 및 제어의 경제성, 신뢰성, 품질향상을 위해서는 아직도 많은 연구가 필요하며, 현재 연구의 주요관심은 여기에 집중되고 있다.

한편 현재 연구의 추세는 전력계통고유의 문제보다는 오히려 에너지관리시스템의 중추기능인 전자계산기 시스템의 아키텍처(architecture), 데이터관리기법, 전송망 설계등의 정보처리기술에 더 연구의 노력이 경주되고 있으며, 마이크로 프로세서의 보급확대에 의한 제어기능의 분산, 각 설비의 인공지능기능 부여, 계산기처리속

도의 한계성을 극복하려는 병행처리기법, 전력계통분야에 있어서의 패턴인식, 엑스퍼트시스템등의 인공지능분야의 활용이 앞으로의 연구추세를 지배하게 될 것으로 예견된다.

전력사업의 경제성과 직결되는 투자계획, 수요예측, 전기요율제, 에너지자원의 배분등의 주요정책결정은 종전에는 주로 전력기술외적인 즉, 사회, 경제적인 요인에 의하여 더 크게 좌우되고, 전력기술자는 이 정책입안에 소요되는 기술적 보조역할을 담당하는 것이 상례였으나, 근래에 와서는 이를 시스템이론과 시스템공학적인 관점에서 다루려는 기술공학적인 접근이 두드러지고, 따라서 이 분야에 관련된 연구가 최적전원계획, 최적송배전선로계획, 전력한계비용의 산출, 부하관리, 전력사업최적화 기법등의 연구제목으로서 전력기술자 또는 시스템이론을 전공하는 학자들에 의하여 활발하게 진행되고 있는 사실에 특히 유의할 필요가 있다.