특집

전력 시스템의 신기술 동향

박영문, 박종근, 한병문, 이승재, 박준호, 김재철, 이흥재
(기초전력공학공동연구소 전력시스템 신기술 센타)

1. 서 론

현대 산업 사회가 고도화, 거대화하면서, 전력 에너지가 사회에서 요구하는 에너지 중에서 많은 부분을 담당하고 있고, 앞으로도 이러한 추세는 지속될 전망이다. 이에 따라 양질의 전력 에너지를 안전하고, 경제적이며, 높은 신뢰도로 공급하는 것이 전력 시스템을 운용하는 데 있어서 필수적이라 하겠다.

현대 산업 사회의 발전에 발맞추어 전력 에너지를 공급하는 전력 시스템도 거대화되고, 복잡화 추세에 있다. 점점 방대해지고 있는 전력 시스템을 기존의 기술로 효율적이고 안전하게 운용하기에는 이미 한계에 이르렀다. 20세기 후반부터 개발된 전문가 시스템, 신경회로망, 퍼지 논리 등 인공지능 기법 및 최근 들어 급속하게 발달한 전력 전자 기술을 이용하여 전력 계통을 보다 안전하고 효율적으로 운용하고자 노력하고 있는 것이 세계적인 추세이며, 여러 선진국의 전력 연구소 및 회사에서는 이를 위한 새로운 기술 개발에 박차를 가하고 있다.

본 고에서는 전력 시스템을 운용하는 데 있어서 이미 도입되었거나, 앞으로 도입하고자 하는 기술의 국내외 동향 및 앞으로의 방향을 소개하고자 한다.

2. 유연 송전 시스템 (Flexible AC Transmission Systems)

교류송전계통에서 한 지점에서 다른 지점으로 전송되는 전력은 선로의 임피던스, 송/수전단의 전압, 그리고 이 두 전압간의 위상차에 의해 결정된다. 따라서 이들 세 독립변수를 신속하고 정밀하게 제어하면 교류송전계통은 상당한 유연성을 보유하게되나, 지금까지의 기술로는 실현 불가능하다. 교류송전은 전력의 흐름을 제어하기가 어렵고, 고장제거 후 과도 안정도 문제, 그리고 부하변동에 따른 전압 안정도 문제를 야기하는 단점을 갖고 있다. 또한 전원이 위치하고 있는 지점에서 부하가 위치한 지점까지 송전선로가 다수 존재할 경우, 등가 임피던스가 적은 선로에 더 많은 전력이 흐르게 되어, 계통의 운전조건이나 구성이 변하면 일부 송전선로는 전송용량에 여유가 있는 반면, 어떤 선로는 과부하가 걸려 전체적으로 전송용량의 제약을 초래한다. 최근 폭발적으로 발전하고 있는 전력용 반도체소자 기술과 컴퓨터를 이용한 제어 및 고속 데이터통신 기술을 이용하여, 송전계통을 실시간으로 제어하여 운용의 유연성을 도모하기 위해, 미국의 EPRI (Electric Power Research Institute)에 의해 제안된 것이 FACTS (Flexible AC Transmission System)의 개념이다. 현재 FACTS는 EPRI를 중심으로 연구 조합이 결성되어, 이 분야 기술의 실용화를 위한 연구 및 개발이 미국에서 활발히 진행되고 있으며, 유럽과 일본도 연구기관과 전력회사가 협력하여 기본기술 확립과 실용화에 치중하고 있는 상황이다. 또한 IEEE와 CIGRE 등의 학술단체에는 1990년부터 working group 및 study committee가 조직되어 매해 연구 발표가 진행되고 있다. FACTS 기기에는 기존의 차단기나 변압기용 탭변환기, 병렬콘덴서 개폐기와 같은 기계식 스위치를 고속의 Thyristor 스위치로 대체하여 구성한 1세대 시스템과 GTO (Gate Turn-off Thyristor) 스위치에 의한 전압원 인버터와 소규모 수동소자로 구성된 2세대 시스템으로 구분된다. 2세대 시스템은 1세대 시스템에 비해 외현 규모가 적고 성능과 효율이 높으며 운용과 정비면에서 융통성이 크다.

FACTS 기기는 재래의 기계식 제어장치의 한계를 극복하여 송전계통을 다음과 같이 효율적으로 제어 가능하다.

- o 송전계통 제어 범위의 확대로, 지정된 송전선로에 지정된 만큼의 송전용량 확대 가능
- o 신뢰도를 떨어뜨리는 일없이, 송전선로의 열용량 가까이까지 송전용량 확대 가능
- o 제어 지역간의 전력 수송 능력 확대로 발전 예비율 저하 가능
- o 계통 사고 및 기기고장의 영향을 제한시킴으로써 파급고장 방지
- o 송전 용량을 제한하거나 기기고장을 일으킬 수 있는 전력계통 동요억제

또한 송전계통에 FACTS 기술을 도입함으로 기대되는

효과를 요약하면 다음과 같다.

- o 장기적인 전력수송설비 효율화 방안 마련
  - 전력 설비 이용을 극대화
  - 송전선로의 전송용량 증대
  - 송전선로 경과지 확보난 완화
- o 전력 수송비용의 절감
  - 송전선로 신규 건설에 비해 경제적 우위
  - 송전선로 건설에 필요한 공기 단축 효과
- o 전력계통 운용의 고도화
  - 계통의 안정도 향상
  - 전압변동 및 전압 안정도 향상
  - 전력 공급 신뢰도 향상
  - 사고대처 능력 향상에 의한 피해 감소

실용적인 측면에서 FACTS 기술 개발의 가장 큰 흐름은 송전계통에서 두점을 연결하는 송전선로의 선로임피던스나 양단의 전압과 위상차를 효율적으로 제어하는 설비의 개발이다. 또한 교류 송전에 필연적으로 존재하는 무효전력의 영향을 줄이고, 전압 안정도를 개선하는 무효전력 보상기와 사고 발생에 대한 과도안정도 개선용 FACTS 기기의 개발이 추진되고 있다. 이러한 기기들 중에서 실용화 가능성이 높고, 실계통 적용을 위한 시험연구가 진행되고 있는 기기들은 표 1과 같다.

표 1. 선진국에서 연구중인 FACTS 기기

	FACTS 기기명	주요특징 및 기능
직렬보상기	다이리스터제어 직렬콘덴서 TCSC(Thyristor Controlled Series Capacitor)	선로임피던스 제어 전력조류 제어 안정도 향상
병렬보상기	정지형 동기조상기 STATCON (Static Condenser)	전압유지 안정도 향상
위상제어기	다이리스터제어 위상변이기 TCPR (Thyristor Controlled Phase Angle Regulator)	위상각 제어 전력조류제어 안정도 향상
	UPFC(Unified Power Flow Controller)	위상각제어, 전압제어, 선로임피던스제어, 전력조류제어, 안정도 향상
안정도 개선기	다이리스터제어 제동저항 TCPR (Thyristor Controlled Braking Resistor)	과도안정도 향상 저주파 공진 억제

3. 퍼지 논리(Fuzzy-Logic)를 이용한 보호계전기

보호계전기는 계통의 전압, 전류 등을 변류기를 통하여 측정하고, 이로부터 특정 고조파성분 축출 등의 계전기 적용데이타로의 변환 과정을 거쳐 이를 정정값과의 비교를 통하여 정해진 기준을 넘을 경우 사고로 판정한다. 그러나 데이터에는 측정오차 및 가공오차등이 포함되어 있으며, 정정치를 기준으로 동작하게 되어있는 보호계전기의 동작은 상황에 따라 불확실한 경우가 발생한다. 또한 사고판정에 있어서도 변압기보호에서 보듯이, 어떤 정보를 가지고 어떤 기준에 의하여 사고를 판단할 수 있는지가 불확실한 경우도 있다. 이러한 입력정보의 불확실성 및 판정기준의 모호성은 보호계전기의 오동작 또는 부동작의 원인이 되며 이로 인한 계통상의 중대한 문제를 야기시키기도 한다.

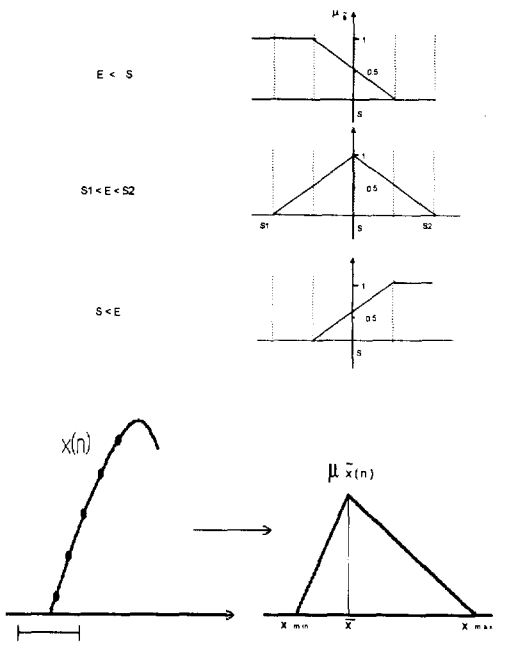


그림 1. 퍼지 보호계전기에서의 퍼지 멤버쉽 함수

보호계전기의 동작신뢰도를 높이기 위한 종래의 연구는 단일기준에 의한 판단방법의 개선에 치중되어 왔으나, 이는 계통의 복잡성과 사고현상의 다양성에 비추어 볼 때 근본적으로 한계가 있다고 할 수 있으며, 특히 입력정보 및 계전기 동작치의 불확실성 (Uncertainty)의 처리문제에 있어서의 개선이 요구된다. 이러한 문제점을 해결하는 방법으로서 최근 퍼지 논리를 적용한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 다양한 정보와 다양한 판단 방법을 종합적으로 고려할 수 있는 퍼지 논리를 이용하는 방법은 보호계전기의 판단 신뢰도를 높여 줄 것으로 기대된다.

퍼지 보호계전기는 계통으로부터 전압, 전류, 압력, 온도, 스위치상태 등의 다양한 정보를 변류기를 통하여 취득하고 필요에 따라 디지탈 필터 (Digital Filter) 등을 이용하여 생성된 데이타를 입력으로서 받아들인다. 입력정보는 퍼지 정정치를 갖는 퍼지 룰을 이용한 퍼지 추론을 거쳐 고장 판별을 하게된다. 여기서 최종 결론은 고장상태의 판정만이 아니라 계통의 다양한 현상까지 인식할 수 있도록 할 수 있다. 입력정보에 포함된 불확실성을 처리하기 위하여 입력정보는 데이터윈도우의 평균값의 퍼지 멤버쉽값을 1 로하여 최소값, 최대값을 좌우 경계로 한 삼각형 멤버쉽 함수를 갖는 퍼지 신호로 변화시키어 사용함으로써 고장 판단의

정확성을 높일 수 있다. 퍼지 보호계전기에서는 사용할 수 있는 판단 룰은 일반적 형태는 다음과 같다.

Si1 < Ei < Si2 --> {F,mi1},{N,mi2},{A,mi3},{(F,N),mi4}, {(F,A),mi5},{(N,A),mi6},{H,mi7}

여기서 판단룰의 조건부 Ei 는 계통으로부터 취득된 퍼지 신호로서 퍼지 정정치 (Si) 조건을 만족할 경우 지지되는 3 가지 상태 (고장 F, 경보 A, 정상 N) 와 각각에 배정되는 증거도 (m) 로 구성된다. 조건부는 아래의 3가지 형태가 가능하며 각각의 경우에 대한 퍼지 정정치는 종래 계전기의 Crisp 정정치에 해당하는 임계치를 기준으로 멤버쉽값을 결정할 수 있다. 이와 같이 주어진 퍼지 신호와 퍼지 룰은 Dempster-Shafer의 Theory of Evidence에 근거한 Demster 결합 규칙을 이용한 방법을 비롯한 다양한 근사 추론 (Approximate Reasoning) 방법을 이용하여 최종 확신도가 가장 높은 상태를 결론으로 유도할 수 있다.

본 절에서는 사고판정에 있어서 정보의 불확실성과 다양한 판단방법을 종합적으로 고려할 수 있는 새로운 퍼지 보호계전기에 대하여 기술하였다. 머지않아 실용화가 될 것으로 예상되는 퍼지 보호계전기는 고장판단에 있어서의 신뢰도를 크게 높여 줄 것으로 기대되며 특히 계통상태의 변화를 스스로 고려하여 가장 정확한 판정을 내릴 수 있는 능력을 부여하기가 용이하여, 앞으로 적응보호 개념의 실현을 앞당기는 역할을 하리라 기대된다.

4. 전력 설비 진단에 있어서의 인공 지능 기법

전문가 시스템 (expert system)은 인공 지능 (artificial intelligence) 기법을 실제 산업에 적용한 가장 일반화되고 범용적인 용어로서 정착되었다. 전문가 시스템은 규칙 (rule), 프레임 (frame), 의미망 (semantic network) 등의 지식 표현 기법을 이용하여 해당 분야의 전문가나 혹은 해당 분야의 지식을 표현하고 적절한 추론 기법 (inference technique)을 이용하여 사용자가 원하는 정보나 해 (solution)를 제공해 준다.

전문가 시스템은 특히 다음의 두 가지 점에서 기존의 인공 지능 시스템들과 구별될 수 있다. 첫째, 지식 (knowledge)과 추론 부문을 분리함으로써 지식의 종류나 형태에 영향을 받지 않는 일반적 전문가 시스템 개발 도구 (expert system shell)를 이용할 수 있다. 둘째, 전문가의 지식을 따로 지식 베이스 (knowledge base)라는 형태의 객체를 유지함으로써 효율적인 지식의 관리와 추론된 결과에 대한 설명력을 가지게 된다. 현재 전문가 시스템은 인공 지능 기법을 이용한 응용 시스템으로서 가장 성공한 대표적인 예로 인식되고 있다. 전력 설비를 양호한 상태로 유지하기 위해서는 넓고 깊은 고도의 기술을 필요로 한다. 특히 최근에는 전력 설비의 고도화에 대응하는 설비 운전원의 양성이 요구되고, 기존 운전원의 노령화로 인한 퇴직으로 경험이 풍부한 운전원을 확보하기 곤란하다. 따라서 신 기술에 대한 대응과 경험 기술의 전승이 필수적인 시기에 이르고 있다. 이것의 해결책으로써 진단 분야 전문가의 지식에 의해 복잡한 문제를 해결할 전력 설비 진단 전문가 시스템의 도입은 앞으로 전력 설비의 유지, 보수에 필요 불가결한 분야라 생각된다. 즉, 전력 설비 운전원으로서 특정 분야의 유지, 보수 전문가가 아닌 사람은 없다. 그러나 전 분야에 걸쳐 전문가인 사람도 없다. 따라서 필요로 하는 분야의 전문적인 지식을 필요로 할 때 그 장소에서 필요로 하는 지식을 이용할 수 있는 전문가 시스템이 이상적이다.

유지, 보수 분야에 있어 전력 설비 진단은 그 대부분이 실무적이고 규모는 적으나 실무 전문가에 의해 이루어지기 때문에 운전 실무를 지향한 전력 설비 진단 전문가 시스템을 실용화하려면 전문가 스스로의 손으로 비전문가일지라도 손쉽게 이용할 수 있는 우수한 특성의 전문가 시스템을 구축하는 것이 우선 조건이다. 이와 같은 문제는 설비 진단 전문가가 직접 전문가 시스템을 구축해야 된다는 단점을 지니고 있다. 그러나 최근에는 인공 지능 분야의 응용 시스템으로 정착된 지식 공학 (knowledge engineering)의 등장으로 지식 공학자가 설비 진단 전문가와의 면담으로 지식을 습득하여 전문가 시스템을 구축할 수 있는 시대에 이르고 있다.

이와 같이 전문가 시스템의 도입은 컴퓨터의 이점을 모두 사용할 수 있다는 기술적인 배경과 이른바 비전문가라도 전문가 못지 않은 지식을 계승하여 활용하고자 하는 요구, 더욱이 운전원의 실수 방지, 운전원의 판단 능력을 강력하게 보조하는 인간-기계 접속부 (man-machine interface) 도입 등의 요구가 배경에 도사리고 있어 고신뢰 시스템에 관한 유력한 방법을 부여하는 것이라고 할 수 있다. 전력 설비 진단에 이용되고 있는 전문가 시스템의 대표적인 것으로는 원자력 분야가 가장 많이 적용되고 있고, 그 밖에 전력용 변압기 분야, 발전기 분야 등으로 이어지고 있다. 또한 지금도 전력 설비 진단의 여러 분야에서 전문가 시스템이 개발되고 있다.

이러한 전문가 시스템도 역시 실제 산업에서의 완전한 적용을 위해서는 아직 많은 문제점들을 가지고 있다. 현재의 전문가 시스템이 갖는 제한점들의 가장 주된 요인은 전문가로부터의 지식 습득과 관리이다. 지식 습득 (knowledge acquisition)에서의 문제점은 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있다.

① 해당 분야 전문가의 지식 자체의 오류
② 전문가의 지식이 시스템의 지식 표현 기법으로의 재표현되는 오류
③ 지식 표현 기법의 한계성(해당 지식에 대한 지식 표현 기법의 부적합성)

전문가 시스템 개발을 위해서는 이들 세 가지 문제에 대한 유용성 및 확인의 과정이 무척 힘들고 기간을 많이 소요된다는 점이다. 지식의 습득 과정뿐만 아니라 전문가 시

스템이 실제 산업에서 사용되기 위해서는 지속적인 지식의 수정 및 추가의 작업 (knowledge maintenance)을 필요로 하게 된다. 자동 학습 (machine learning) 기법이나 편리한 지식 습득 시스템이 제공되지 않는 한 지식의 수정 및 추가 작업도 전문가 시스템의 운영에 있어서 큰 부담이 된다. 전문가 시스템의 기능적인 제한점으로는 불확실성이 존재하는 지식이나 불충분하고 애매모호한 상황의 정보에 대한 적절한 추론 기법이 아직 일반화되지 못하고 있는 것이다. 또한 자동 학습 기법 역시 상징적 지식에 적절하며 실수값이나 산업에서의 비선형적 자료들로부터의 지식의 추출이나 추론에는 상당한 어려움을 가지고 있다. 이와 같이 전문가 시스템은 해결해야 할 많은 문제점을 내포하고 있지만 그 유효성은 앞으로 많은 발전의 가능성을 남기고 있다. 더구나 전문가 시스템의 데이터 베이스를 이루고 이루는 것은 현재 착실하게 쌓아 올리고 있는 전문가로서의 예지, 예측 기술이 기초를 이룬다는 것은 의심할 바 없는 것이다. 그러나 최근에는 이와 같은 전문가 시스템 외에도 인공 지능의 응용 시스템으로 불리는 신경 회로망 (neural networks), 퍼지 이론 (Fuzzy theory), 유전 알고리즘 (genetic algorithm), 소프트 컴퓨팅 (soft computing) 등의 새로운 기술이 등장하여 전력 설비 진단의 예지, 예측 보전, 상태 감시 보전이라는 측면에서는 무시할 수 없게 되었다. 또한 전력 설비 진단에 수반되는 데이터의 '모호성'을 고려한 접근도 시도되고 있다.

특히 신경 회로망 기술은 최근에 새로운 형태의 정보 처리 시스템으로 인식되기 시작했고 많은 분야에 걸쳐 적용 사례가 연구되었다. 신경 회로망은 기존의 인공 지능 기법이 주로 논리적인 측면을 강조했다면 상대적으로 정보의 처리에 있어서 아날로그 적인 측면을 강조하고 있다. 신경 회로망이 지능 정보 시스템으로서 갖는 강점은 내부 지식의 표현과 추론 그리고 학습이 하나의 구조 안에서 자연스럽게 이루어진다는 점이다.

신경 회로망과 전문가 시스템은 여러 가지 측면에서 서로 상이한 성격을 가지고 있다. 신경 회로망은 전문가 시스템이 갖추고 있는 장점들에 약한 반면 상대적으로 기존의 전문가 시스템이 소홀히 했던 자동 학습이나 지식 표현 또는 근사 추론에 강점을 가지고 있다. 특히 아주 복잡하고 양이 많은 데이터를 다루는 경우 그 처리 속도에서 전문가 시스템에 비교될 만큼 빠른 처리 능력을 가지고 있다. 따라서 많은 연구들이나 보고서에서 전문가 시스템과 신경 회로망이 함께 일을 처리하는 형태의 복합 구조 (hybrid architecture)형을 제안하고 있다. 따라서 전문가 시스템과 신경 회로망 기술을 함께 이용하는 복합 시스템 (hybrid system)의 개발로 보다 복잡하고 해결하기 어려웠던 문제들의 해결책을 제시 할 수 있으리라 기대한다.

5. 변전소 자동화시스템

최근 송, 변전계통의 설비가 더욱 복잡, 정교해지고, 전력의 질, 즉, 공급 신뢰도의 향상이 요구됨에 따라 송전계통의 무인운용체계를 목표로 한 지능화시스템의 개발이 국제적 관심사가 되고 있으며 이에 관련된 연구가 활발히 수행되고 있다. 그러나 이러한 무인 운용체제가 제대로 확립되려면 우선 각 무인화 변전소의 지능적 종합자동화가 선결해야 할 필연적인 과제임은 자명하며, 이는 모두가 궁극적으로 지향하는 지능적 계층운용시스템, 즉, EMS를 정점으로 한 현행의 계층구조 (EMS - SCADA - DISTRIBUTION) 중에서 가장 우선적으로 해결되어야 하는 최하층 구조의 실현으로서, 선진국에서는 상술한 EMS, SCADA 수준에서의 지능화시스템을 개발, 또는 시험 중에 있을 뿐만 아니라 단위변전소의 무인자동화에 관한 기초연구도 상당히 진척되고 있는 상황이고, 일본에서는 일부 시스템이 시험운용중에 있다. 우리 나라의 경우도 현재 진행되고 있는 변전소의 무인화 작업이 완료된 후 필연적으로 제기될 변전소 단위 지능적 운용에 대한 요구를 생각할 때, 현 시점이 단위 변전소의 지능화에 대한 기초연구를 시작하기에 가장 시기적절할 뿐 아니라 이 분야의 연구역사가 비교적 일천하므로 산재한 연구인력을 결집하여 추진하면 빠른 시간 내에 기술주도국으로서의 변신도 가능하리라 예상된다.

이러한 단위변전소의 무인화는 전술한 바와 같이 세계적인 추세이며, 현재 국내에서도 무인화가 진행되고는 있으나, 이는 단지 원격감시 및 원격제어 기능일 뿐, 무인변전소 자체의 지능적 운용수준에까지는 이르지 못하고 있는데, 그 주된 이유는 변전소 종합자동화 시스템의 본질이 여러 분야의 다양한 기술이 유기적으로 결합된 종합기술의 성격이므로, 이것이 실현되기 위해서는 선결하여야 할 많은 문제들이 산재해 있기 때문이다.

이러한 문제들을 대별하면 기본적인 감시 및 기록장치는 차치하고 우선 변전소 내에서 사고발생시 정전구역을 최소화하기 위한 긴급조치로서 사고설비의 판정과 사고복구 문제가 있으며, 정상상태에서 사고 발생의 가능성을 감소시킬 수 있는 기기의 예방제어와 병렬콘덴서, 리액터, 변압기 탭 조정 등의 전압제어문제 등을 들 수 있으며, 또한, 보다 신뢰성 있는 시스템을 구축하기 위해서는 새로운 보호방식의 연구도 필요하다고 본다. 상술한 항목별 국내외 연구현황으로 우선 사고구간 식별 및 사고복구 분야를 살펴보면 이는 해외에서도 보다 진보된 변전소의 무인운용을 위하여 활발히 연구되고 있는 부분이지만 대부분의 연구가 SCADA 시스템에서의 운용자 지원기능에 중점을 두고 있으며 특히 사고복구의 경우는 아직까지 특별한 연구결과가 발표되어 있지 않다. 그 이유는 배전계통의 경우 방사상으로 운용되고 있음에도 불구하고 상, 하위모선의 위상학적 구조가 매우 복잡한 다중루우프를 형성하고 있을 뿐만 아니라 그 운용의 제약조건상 스위칭의 순서에 관계되는 복잡한 문제이기 때문으로 앞으로 이에 대한 많은 연구가 행해지리라 판단된다. 또한 사고구간 판정에 있어서도 불확실성의 처리기법 및 다중사고의 효과적인 판별 등 실계통에의 적용에는 보다 효율적인 연구가 병행되어져야 할 부분이다. 이와 더

불어 궁극적으로 계통의 지능적 종합자동화를 이루기 위한 또하나의 중요한 부분은 사고시의 조치와 더불어 정상상태에서도 사고발생의 위험을 극소화할 수 있는 예방제어, 즉, 변전소 내에 설치된 변압기와 병렬 콘덴서, 리액터 등의 전압제어 설비를 위시하여 차단기, 단로기 등의 각종 스위칭 기구들의 제어부분이다. 현재까지 국내에서는 변전소의 자동화에 관련된 예방제어에 관한 연구는 전무한 실정이며 해외에서도 이에 대한 기초연구가 최근 시작되고 있는 수준으로서 아직까지 예방제어의 개념까지는 도달하지 못하고 있는 실정이나, 전술한 바와 같이 이러한 기능은 변전소 무인자동화에 있어서 반드시 해결되어야 할 핵심적인 부분이므로 현재 많은 연구가 진행중일 것으로 예측되며, 수년내에 많은 논문이 발표될 것으로 예상된다.

6. 전력 계통에서의 신경회로망의 응용

6.1 신경회로망의 발전 배경

신경회로망의 연구는 1943년 McCulloch와 Pitts가 최초로 인간 두뇌의 수학적 모델을 제시하여 시작되었으나, 본격적인 연구는 1956년에 시작된 Dartmouth Summer Research Project에서 출발하였다. 이 연구과제에서, 지능을 가진 컴퓨터 프로그램을 개발하려고 했던 인공지능 (Artificial Intelligence; AI)연구와 두뇌의 구조 및 기능과 유사한 정보처리 모델을 개발하고자한 신경회로망 (Neural Network; NN) 연구가 서로 경쟁적으로 진행되었다.

1959년 Widrow와 Hoff가 ADALINE 모델을 개발했고, 이것은 전화선에서 echo를 제거하는 적응필터로서 상업용으로 수 십년간 실제 문제에 응용된 최초의 신경회로망이었다. 1960년대, 신경회로당 모델을 개발하기 위한 Grossberg의 광범위한 생리학적 연구와 Rosenblatt이 제시한 퍼셉트론 등으로 신경회로망의 연구가 활발하였으나, 1969년 Minsky와 Papert가 출판한 "Perceptron"이라는 책에서 퍼셉트론의 한계를 지적함으로써 많은 연구자들은 그 당시 전망이 기대되었던 AI 연구로 방향을 바꾸었다.

1980년대 symbolic 연산에 기초를 둔 인공지능의 연구가 침체기에 빠지고, 반면 Rumelhart, McClelland, PDP (Parallel Distributed Processing) 그룹의 Back-propagation 학습 알고리즘의 개발과 Hopfield의 Hopfield 모델의 개발로 신경회로망의 연구가 비약적으로 발전되었다. 현재 수 백가지의 신경회로망 응용제품들이 개발되어 사용되고 있으며, 미국 Calera Recognition System 회사와 Caere 회사의 팩시밀리의 광학적 문자인식 (Optical Character Recognition) 시스템, 미국 Neuromedical System 회사의 심전도 시스템, 미국 Pavilion Technologies 회사와 일본 Fujitsu 회사의 프로세서 제어, 군사용으로 표적인식 및 비행제어 등에 사용되고 있다.

전력계통분야에서는 1990년 4월 미국 과학재단 (NSF)의 후원하에 "전력계통공학에서 인공 신경회로망 방법"의 제목으로 Workshop이 개최되었고, 1991년 미국, 시애틀에서 NSF, Puget Sound 전력회사, EPRI, IEEE의 후원으로 "전력계통에서 신경회로망 응용에 관한 국제학술회의"가 개최되었다. 1992년 8월 Standford 대학에서 EPRI와 International Neural Network Society의 후원으로 "Neural Network Computing for the Electric Power Industry"란 회의명으로 Workshop이 있었다. 1993년 4월 일본 요꼬하마에서 제2차 "전력계통에서 신경회로망 응용에 관한 국제학술회의"가 개최되어 11개국, 200여명이 참가하여 82편의 논문을 발표하였다. 1994년 9월 프랑스 몽펠리에와 1996년 1월 미국 올란도에서는 전문가 시스템, 유전 알고리즘, 퍼지 시스템 등이 포함되는 "전력계통에서 지능시스템 응용에 관한 국제학술회의"로 개칭되어 신경회로망 관련논문이 발표되었고, 1997년 7월에는 한국에서 이 국제학술회의가 개최될 예정이다.

6.2 신경회로망의 주요 특징

신경회로망의 주요 장점은 다음과 같다. 첫째, 신경회로망은 데이터로부터 학습할 수 있다. 종래의 문제해결방법은 규칙 (rules)에 의한 방법인 데 반하여, 신경회로망은 예 (examples)에서 '학습'에 의해 자신의 규칙을 만든다. 소위 지도학습 (supervised learning)에서는, 입력 데이터와 원하는 출력데이타가 주어지면 신경회로망은 원하는 입·출력 맵핑 (mapping)이 성취되도록 신경회로망의 가중치 (weight)가 조정된다. 따라서 신경회로망의 이런 특징은 규칙을 명확하게 찾기 힘든 패턴인식과 같은 문제에 유용하게 응용될 수 있다.

둘째, 신경회로망은 일반화될 수 있다. 이것은 처음에 학습한 패턴과 유사한 패턴에 신경회로망이 정확하게 응답할 수 있음을 의미한다. 즉 불완전한 데이터를 처리할 수 있기 때문에 실제적인 응용시에 잡음이 있는 실 데이터를 용이하게 처리할 수 있다.

셋째, 신경회로망은 비선형이기 때문에 입·출력 변수간의 복잡한 상호관계를 쉽게 표현할 수 있다. 즉 신경회로망은 어떤 복잡한 문제 (주로 수학적으로 다루기 어려운 비선형 시스템)를 해결하고자할 때 선형기법보다 더 정확하게 해결할 수 있다.

넷째, 신경회로망을 병렬처리 하드웨어로 구현하면 종래의 마이크로 프로세서와 DSP보다 수백 혹은 수천배 더 빠르게 실행할 수 있다.

6.3 전력계통에서 NN의 응용현황

1989년부터 미국, 일본, 유럽 등에서 전력계통의 여러 문제에 신경회로망의 장점을 이용, 응용해 보고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재까지 약 400여편의 논문이 발표되었으며 분야별로 발표된 논문의 수는 그림 1과 같다. 또 전체 발표논문수에 대한 세부분야별로 차지하는 비율은 그림 2와 같다.

현재 신경회로망을 사용하여 실 계통에 운용중인 사례는 미국 Pacific Gas & Electric 회사 등에서 개발한 단기전력.

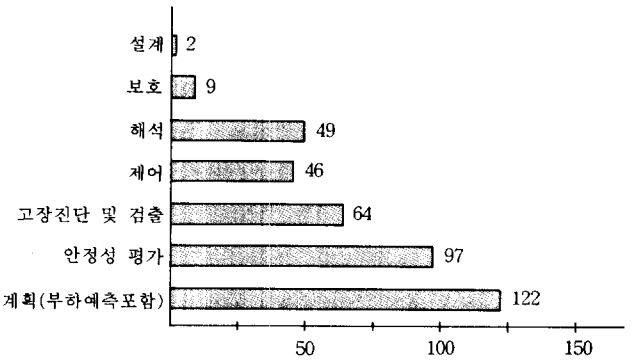
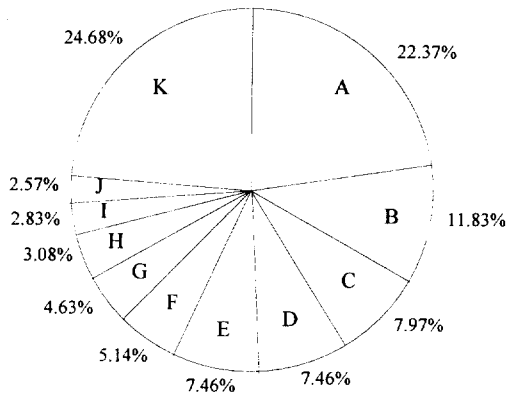


그림 2. 전력계통에서 신경회로망응용 논문의 분류



A : 부하예측
B : 동태 안정도 평가
C : 정태 안정도 평가
D : 계통의 고장진단 및 검출
E : 기기의 고장진단 및 검출
F : 전압 안정도 평가
G : 전력계통 제어
H : 전기기기 제어
I : 경제 급전
J : 기동 정지 계획
K : 기타

그림 3. 세부 분야별 발표 비율

부하예측과 일본 Hitachi Cable에서 개발한 송전선로의 고장위치검출시스템 등을 들 수 있다. 기대되는 응용분야로서는 전력기기의 고장진단, 전력케이블내의 코로나 방전의 검출, 송전선로의 고장위치 검출, 안전도 감시 등의 진단분야와 일간최대부하예측, 일간부하곡선예측 등의 예측분야이며, 향후 실 계통에의 적용사례가 점차 증가될 것으로 예상된다.

7. 맺 음 말

본 고에서는 전력 시스템 운용에 있어서, 세계 및 국내에 이미 도입되었거나 앞으로 도입하고자 하는 유연송전 시스템, 퍼지 논리를 이용한 보호 계전기, 전력 설비의 진단에 있어서의 인공 지능 기법, 변전소 자동화 시스템, 전력계통에 있어서의 신경회로망의 응용 등 새로운 컴퓨터 기술 및 인공 지능 기법을 이용한 다양한 기술 동향과 앞으로의 방향을 소개하였다.

현대 사회에서 요구하는 양질의 전력 에너지를 높은 신뢰도로 공급하는 전력 시스템 운용에 있어서의 기술 발전과 신기술 도입에 대한 연구의 활성화를 목적으로 서울대학교 내의 기초 전력 공학 공동 연구소에 1994년부터 전력시스템 신기술 센터가 설치되어 운영되고 있다. 관심이 있으신 회원 여러분의 많은 참가와 협조를 기대한다.

저 자 소 개

박영문(朴永文)

1933년 1월 20일생. 1956년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1971년 동 대학원 졸업(공박). 1983년 미국 휴스턴대 교환교수. 1989년~90년 당 학회 회장역임. 현재 서울대 공대 전기공학부 교수.

박종근(朴鍾根)

1952년 10월 21일생. 1973년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1979년 일본 동경대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1982년 일본 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 서울대 공대 전기공학부 교수. 당 학회 국제이사.

한병문(韓炳文)

1953년 7월 5일생. 1976년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1988년 아리조나 주립대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1978년~86년 대한항공 기술연구소. 1983년~84년 미국 Northrop 중앙연구소. 1987년~92년 미국 아리조나 주립대 전력 및 에너지 연구소.. 1992년~93년 미국 Westinghouse 중앙연구소. 1993년 9월-96년 2월 시립인천대 공대 전기공학과 조교수. 현재 명지대 공대 전기전자공학부 조교수.

박준호(朴俊灝)

1955년 9월 17일생. 1978년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1978~81년 한국전기연구소 연구원. 1981년~84년 충남대 공대 전기공학과 전임강사 및 조교수. 1989년~90년 Pen. State Univ. Visiting Scholar. 현재 부산대 공대 전기공학과 교수

이흥재(李興載)

1958년 1월 28일생. 1983년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1986년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 광운대 공대 전기공학과 부교수.

이승재(李承宰)

1955년 11월 30일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1988년 Univ. of Washington 전기공학과 졸업(공박). 1994년 Univ. of Washington 교환교수. 현재 명지대 공대 전기공학과 부교수

김재철(金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대 공대 전기공학과 졸업. 1983년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 숭실대 공대 전기공학과 부교수.