

차세대 전력시스템 보호제어 기술의 연구동향

이 승 재 · 최 면 송 · 강 상 희
(명지대학교 전기정보제어공학부)

1. 서 론

과학기술부·한국과학재단, 명지대학교, 관련산업체로부터 연간 약 16억원의 지원을 받아 9년간 전력시스템 보호제어기술에 대한 장기연구를 수행하는 차세대전력기술연구센터가 2001년에 과학기술부·한국과학재단이 지정한 “우수공학연구센터”로서 명지대학교에 설립되었다. 명지대학교 전력시스템 센터는 이미 1996년부터 7개의 전력산업체와 전력시스템 컨소시엄을 구성하고 실무교육, 실용연구를 목표로 국내 최다 6명의 전력교수진으로 특성화하고 전력시스템 보호 및 자동화 분야를 중점적으로 특화연구를 수행하여 왔으며 현대적 교육프로그램의 확립과 인재양성에 힘을 기울여 왔다. 새롭게 태어난 차세대 전력기술연구센터는 전력산업구조개편과 분산전원 도입이라는 전력산업의 새 시대 환경을 위한 독창적 차세대 보호제어기술을 개발하여 이 분야의 세계적 연구중심이 되어 우리나라가 보호제어분야에서 세계를 선도하는 기술 주도국으로서 우수한 전문연구인력 및 산업체 기술개발인력을 양성하여 세계적 첨단 전력산업체를 탄생시키는 것을 목표로 하고 있다.

여기서는 차세대전력기술연구센터의 설립배경과 차세대 전력시스템 보호제어 기술의 연구동향, 그리고 차세대전력 기술연구센터의 연구목표를 살펴본다.

2. 차세대전력기술연구센터 설립배경

2.1. 전력시스템 보호제어

전력시스템 보호제어는 시스템 고장 발생 시 시스템, 설비, 인체등을 보호하는 기능으로서, 기간전력망을 비롯하여 일반 산업체 전력망, 빌딩 전력망등 모든 전력망에 필수적으로 요구되는 기능이다. 전력시스템에 적절한 보호제어시스템이 구비되어 있지 않거나 보호제어설비의 오 부동작이 있을 경우, 인명피해와 정전으로 인한 국가산업 경제의 막대한 피해가 있을 수 있다. 다음 그림 1은 보호설비의 오 부동작으로 인한 정전사례를 보여준다. 만약 송전선로의 A

지점에서 일어난다면 이 사고에 대하여 보호설비 1과 2가 정상동작하면 고장선로를 계통에서 분리하여 정상적인 전력공급이 진행된다. 그러나 보호설비 1이 부동작하면 후비 보호로 임무가 있는 보호설비 3이 동작하여 발전기를 보호하지만 이로 인하여 B 지역의 배전계통과 산업체 계통은 정전이 일어나 피해를 입는다.

현대의 첨단정보화시대에 있어서는 순간 정전일지라도 큰 산업 경제적 피해를 가져올 수 있으며, 고장파급으로 인한 대형 정전이 발생할 경우 천문학적인 액수의 국가 경제 피해와 국민생활의 불편이 따를 수 있다. 일례로 2000년도 울산지역에 일어난 30분간의 정전으로 약 200억원의 정전 피해가 보고된 바 있다. IEEE의 조사보고에 의하면 정전의 75%는 보호제어시스템의 문제로 야기되며 우리나라의 경우 이와 같은 보호제어시스템의 문제로 인한 정전피해의 액수가 연간 1조 7천억원에 이른다고 추정된다.

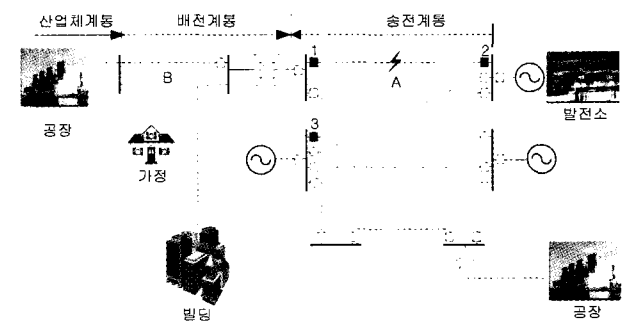


그림 1. 보호설비의 오부동작으로 인한 정전사례

2.2. 전력산업 환경변화

최근 전력산업의 구조개편 진행으로 전력시스템은 궁극적으로 다수의 발전회사, 송전망회사, 다수의 배전회사로 구성되어 자유경쟁 체제가 형성되며, 이들의 연계점에서의 적절한 보호협조 및 제어의 어려움이 예상된다. 특히 시장 원리에 따른 시간적 전력수급 변화가 이전보다 매우 클 것으로 예상되며 이와 같은 상태변화를 추종하여 적절한 보호기능을 갖추지 못할 경우 매우 큰 피해 및 혼란을 가져

올 수 있다. 그러나 현재의 보호제어시스템은 이와 같은 적응형 기능이 없으며 이에 대한 기술개발이 요청된다.

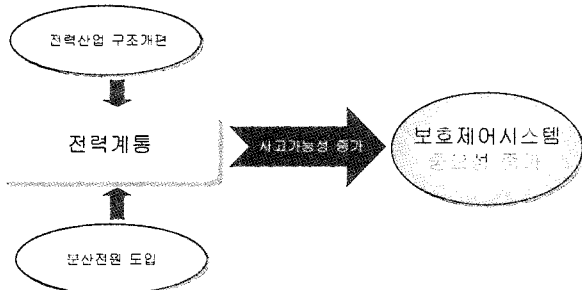


그림 2. 전력산업 시대환경 변화

그리고, 현재 전력시스템에 태양광발전, 풍력발전, 연료전지 발전 등 다양한 형태의 분산전원의 도입이 이루어지고 있다. 미국의 경우 2010년까지 전원의 20%를 분산전원이 담당하리라는 예측이 있으며 우리나라도 최근 새로운 에너지원의 발굴차원에서 분산전원의 적극적 도입이 이루어지고 있다. 분산전원이 도입된 환경은 기존 전력시스템과는 달리 부하와 전원이 혼재되어 있어 기존의 보호방식 및 제어방식의 큰 변화가 요구되며 매우 다양한 새로운 보호제어 기술의 개발이 요구되고 있다.

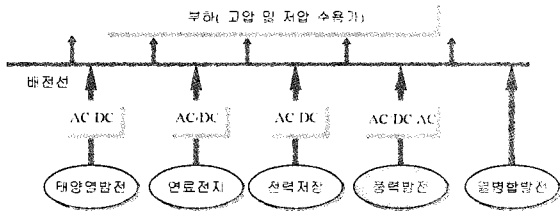


그림 3. 분산 전원의 도입

이와 같이 전력산업 구조개편과 분산전원이 도입된 환경에서 상호간 이해관계가 다르고 성격과 규모가 틀린 다수의 발전, 송전, 배전등 전력회사가 전력시스템에 연결되고, 자체 분산전원을 가진 공장 및 빌딩등 수용가등이 서로 연결되어 운용되는 시스템에서는 각 전력사의 이해관계가 발생하는 연계점에 대한 철저한 보호 및 감시제어 기술이 요구되고 있다.

2.3. 국내 전력산업 현황

현 수준의 보호제어시스템은 초고압 Station 인 경우 1개 소당 약 30억원의 규모로서 매우 고가제품이다. 새로운 환경은 고효율, 고부가가치의 지능형 자율적 보호제어기술 또는 차세대 기술을 요구하고 있으며 그 시장 규모가 수십조원에 이를 것으로 추산되고 있다. 이에 따라 ABB, Alstom, Siemens, Toshiba, Mitsubishi 등 해외 선진업체에서는 차세대 전력기술 개발 경쟁이 매우 치열하다. 우리는 보호계전기 조차 외국에 의존하고 있어 외화 낭비가 심각하다. 따라서 우리도 하루빨리 우리의 독자적 기술을 확보하여 우

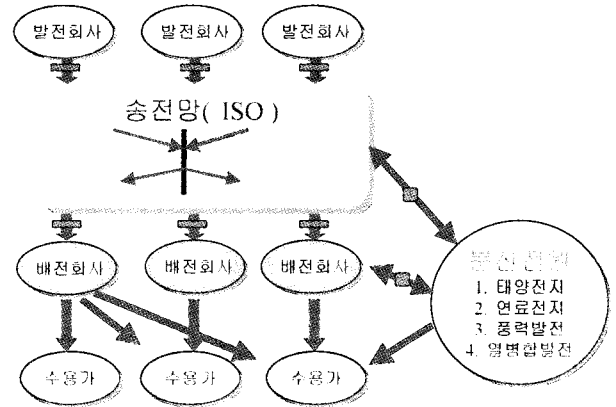


그림 4. 연계점에서의 보호제어 감시

리의 시장은 물론 세계시장을 확보하여 국가 경제발전에 이바지할 당위성이 매우 크다.

국내에서는 최근 전력분야에 대한 사회적 인식부족으로 인하여 연구투자가 미미할 뿐만 아니라 전력분야 전공인력도 현격히 줄고 있다. 이는 국가 기간산업인 전력산업의 미래를 어둡게 하는 요소이며 국가경제에 심각한 후유증을 남길 위험성이 크다고 할 수 있다. 따라서 이에 대한 국가차원의 고려와 적극적 대책마련이 시급히 요구되고 있다.

그리고 현재 상황은 갖고있는 전력기술이 매우 부족한 우리에게 매우 불리하게 보이나 이것은 또한 매우 좋은 기회를 제공하고 있다. IT, AI 등 신기술 응용이 핵심을 이루는 차세대 전력보호제어 기술은 세계적으로도 매우 새로운 기술이어서 기술 격차가 상대적으로 그리 크지 않다고 할 수 있다. 이제부터 체계적이고 집중적인 연구를 한다면 우리는 세계를 선도하는 기술을 보유하고 보호제어 분야의 거대한 세계시장을 장악할 수 있을 것이다.

차세대 전력기술은 고부가가치를 지니고 있으며 수백조원의 거대한 잠재시장이 있으며 다른 산업 및 국가경제에 대한 영향이 매우 큰 산업이란 점, 그리고 세계 선도 기술 개발의 성공가능성이 크다는 점등을 고려하여 볼 때 국가차원에서의 장기 집중적인 연구지원이 필요 하다.

3. 전력시스템 보호제어 기술의 연구동향

3.1. 국제 연구 동향

최근 비약적인 발전을 하고 있는 디지털 컴퓨터 및 통신 기술의 발전으로 전력시스템 보호는 변전소내의 감시 및 제어기능을 포함한 종합 보호제어 시스템으로 발전하고 있다. 최근 전력산업 구조개편 및 분산전원의 도입으로 인하여 각 전력사의 이해관계가 얽혀있는 연계점에 대한 철저한 보호 및 감시제어가 요구되고 있어 실 적용이 크게 앞당겨지는 추세이다. 최근 들어서는 인공지능의 기술이 핵심으로 부각되고 있으며 이를 통한 '지능화', '자율화', '적응화' 기능이 강조되고 있다.

전세계적으로 보호제어 분야에 ABB, Alstom, Siemens,

GE, Toshiba, Mitsubishi 등의 우수한 전력회사가 고효율, 고부가가치의 지능형 자율적 보호제어기술 또는 차세대 기술개발 경쟁을 하고 있으며 기존의 계전기, RTU (Remote Terminal Unit), Fault Recorder, Sequence of Event Recorder 등에 지능형 기능을 추가하여 IED 요소로 활용하고 시스템내의 정보통신망을 강화하는 기술개발로 나아가고 있다. 현재 ABB, Alstom, Siemens, GE 등은 기본기능을 갖춘 시제품이 나와 있으며 Toshiba, Mitsubishi, SEL 등은 개발이 막바지에 와 있다.

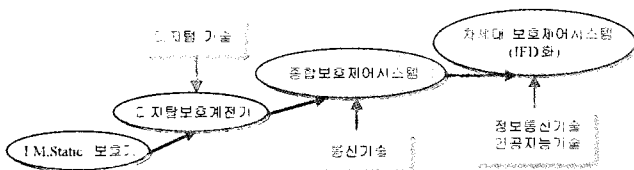


그림 5. 보호설비의 발달 단계

그리고 대학에서의 차세대 전력기술 개발 경쟁 또한 매우 치열하다. 미국에는 NSF의 지원으로 전력분야의 핵심대학들 (UW, ISU, VPI, ASU, Purdue 등)에 신기술전력센터가 설치되어 차세대 신기술 개발에 장기 집중 연구투자가 이루어지고 있으며 캐나다 Saskatchewan, McGill U, 스위스 Federal Institute of Tech., 영국의 Bath 대학등에는 국가 지원으로 산학협력체제를 갖추어 지능형 기술, 적응보호 기술등의 연구가 매우 활발하다.

3.2. 국내 현황

우리나라에서 보호계전기는 중소기업 품목으로 지정되어 기술력과 자본력이 있는 대기업의 참여가 금지되어 왔다. 그러므로 국내의 보호계전 산업은 중소기업체에 의존되어 왔는데 그동안 기술개발 및 기술 축적이 거의 없었으며 이제까지 해외업체 계전기 조립수준에 머물러 왔다. 따라서 154kV 이상 시스템을 예로 들면 실제 현장에서 쓰이고 있는 계전기는 재작년까지만 하여도 100% 외국산이었다. 2000년 들어 국산계전기가 만들어져 일부 쓰이고 있으나 이는 거리계전기 단일 종목에 한한 것으로서 그 외의 종류는 여전히 외국산이 도입되고 있으며 가격도 매우 높아 외화 유출이 매우 큰 현실이다. 저압계통 민수용으로는 몇 개 업체에서 생산하고 있으나 대부분 전자기계형이고 디지털 계전기의 개발은 최근에 이루어져 제품으로 나오고 있으나 이 역시 한정된 품목에 한하여 외국 제품의 국내시장 점유율이 여전히 매우 높은 편이다.

보호계전 관련 중소기업은 기술개발 인력부족과 연구투자 능력의 결핍으로 현재 보호계전기술에 관하여 우리는 기술기반이 너무나 취약한 편이다. 최근 세계화 및 개방시장 체제 돌입으로 인하여 그나마 있던 우리의 기존 전력산업체는 존재 위기에 처해 있는 심각한 상황으로 치닫고 있다. 그러나 최근의 전력환경의 급변화로 새로운 기술개발에 대한 요구와 대규모 시장성이 열림에 따라 대기업 (LG, 현대, 효성등)들의 관심이 높아지게 되었으나 여전히 연구 및

개발인력 부족과 기술력 부족으로 많은 어려움을 겪고 있다. 대학 및 연구소의 기술개발 현황으로 보호계전 분야는 그동안 학계에서는 주목을 받지 못하였으나 최근의 시대환경 변화로 그 중요성이 인식되기 시작하였다. 80년대 초 서울대에서 보호계전기 개발연구가 잠시 있었고, 90년대부터 명지대와 성균관대에서 지속적인 연구가 이루어지고 있고 최근 들어 전북대에서 가세한 정도이다. 학교에서는 값비싼 장비의 부족으로 H/W 실험은 못하고 알고리즘 위주의 연구가 이루어지고 있다. 알고리즘은 기존의 알고리즘에서 탈피한 새로운 지능형 알고리즘의 개발 (Fuzzy Logic, Neural Net, Wavelet 적용등) 이 이루어지고 있다. 이론 면에서의 선진국과의 격차는 그리 크지 않은 편이나 실 제작에서는 그 경험이 일천하여 많은 격차가 있다.

미래 전망으로서 현재 우리나라를 비롯하여 전 세계적으로 보호제어시스템의 도입추진이 빠르게 진행되고 있다. 우리나라의 시장 규모만 하여도 약 6천5백억원이고 세계적으로 30조원 이상으로 추산되고 있다. 따라서 이 거대한 시장을 장악하는 것은 국가경제적 부를 쌓는 것이다. 비록 현재 상황은 갖고있는 기술이 매우 부족한 우리에게 매우 불리하게 보이나 이것은 또한 매우 좋은 기회를 제공하고 있다. IT, AI 등 신기술 응용이 핵심을 이루는 차세대 전력보호 제어 기술은 세계적으로도 매우 새로운 기술이어서 기술 격차가 상대적으로 그리 크지 않다고 할 수 있다. 이제부터 체계적이고 집중적인 연구를 한다면 우리는 세계를 선도하는 독창적 기술을 확보하는 것은 어렵지 않으며 산업체와의 긴밀한 협조를 통하여 신뢰성있는 차별화된 보호제어시스템을 만들 수 있다. 이를 통하여 이 분야의 거대한 세계 시장을 장악할 수 있을 것이며 세계를 선도하는 기술보유국이 될 수 있다.

4. 센터의 연구 목표

차세대전력기술연구센터에서 최종적으로 목표하는 차세대 보호제어 기술개발의 효율적 연구를 위하여 그림 6과 같이 3개의 핵심연구분야로 구성하여 체계적으로 연구를 수행하고자 한다. 각 연구부는 그림과 같이 매우 밀접한 상호 유기적인 연관관계를 갖는다.

4.1. 연구과제 구성

제1연구부는 기존의 전력시스템 환경을 대상으로 자율적응형 보호제어를 실현하는 시스템 기술을 다루고 있으며 제2연구부는 시스템을 구성하는 요소기술 개발을 다루고 있다. 제1연구부에서는 제2연구부의 연구결과를 고려하여만 고효율의 최적시스템 기술을 개발 할 수 있으며, 제2연구부는 제1연구부의 요구사항 및 제한점을 고려하여야 고기능의 IED 요소기술을 개발할 수 있다.

제3연구부는 분산전원의 도입시 연계 Station 의 보호제어 기술을 다루고 있다. 이는 제1연구부의 시스템 개념과 제2연구부의 요소기술이 대부분 적용이 되고 이를 고려하

여 연구를 진행하여야 하나, 여기서는 특히 기존과는 다른 새로운 환경의 특수성을 고려한 보호제어 기술을 중점으로 연구하도록 되어있다. 따라서 제1, 제2연구부의 연구결과와 적용가능 부분과 변경이 필요한 부분을 구분하여 연구가 수행되어야 하며, 제1, 제2연구부와 상호 중간 연구결과를 교환하는 등 매우 긴밀한 연구체제를 갖추어야 한다.

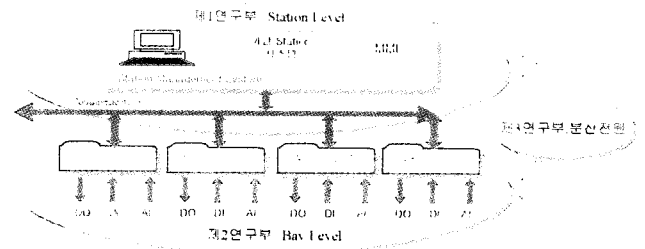


그림 7. 연구부별 연구 대상

3. 결론

지능화기술, 자율화 기술, 적응화 기술 및 시스템 통합기술을 응용한 차세대 보호제어기술 연구를 위하여 차세대전력기술연구센터가 다음과 같은 비전을 가지고 2001년 명지대학교에 설립되었다.

- 자율적응형 최적보호 제어시스템 구현을 위한 이론 및 제반 S/W 및 H/W 시스템 기술 개발
 - 보호제어시스템을 구성하는 보호 및 감시제어용 차세대 지능형 요소기술 및 장치개발
 - 분산전원 연계 계통연계를 위한 지능형 최적 보호제어기술 및 구성 보호제어기기 개발
- 그리고 차세대 전력시스템 보호제어기술의 연구동향과 차세대전력기술연구센터의 연구 목표를 살펴보았다.

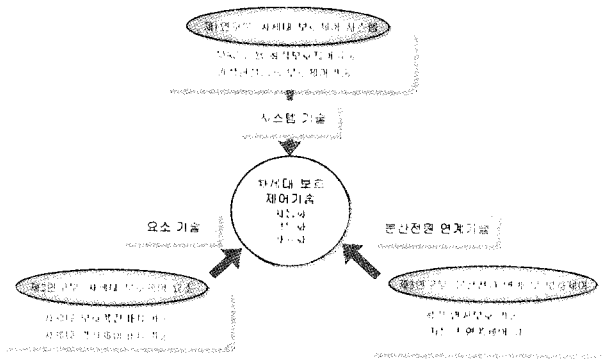


그림 6. 연구부 구성

4.2. 단계별 연구목표

초기단계 목표: 기반이론 확립 및 핵심기술 확보		
(1) 차세대 보호제어 시스템 기술개발	(2) 차세대 보호제어 요소 기술개발	(3) 분산전원 연계 지능형 보호제어 기술개발
<ul style="list-style-type: none"> • 차세대 보호제어시스템 설계 및 최적보호 전략 확립 • Visualization 및 가상 전력 시스템 기술확립 	<ul style="list-style-type: none"> • 전력설비별 신기능 디지털 보호계전 알고리즘 개발 • 지능형 Station 감시 데이터 처리, 편집 지능화 기술 확립 	<ul style="list-style-type: none"> • 분산전원 연계시스템 해석 기법 확립 • 지능형 최적보호 및 제어 방안 확립
중기단계 목표: 프로토타입 개발 및 성능향상		
(1) 차세대 보호제어 시스템 기술개발	(2) 차세대 보호제어 요소 기술개발	(3) 분산전원 연계 지능형 보호제어 기술개발
<ul style="list-style-type: none"> • 최적 보호제어 Agent 및 프로토타입 구축 • 가상 보호제어시스템 및 가상Station 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 지능적 감시진단 IED 및 보호계전기 프로토타입 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 지능형 보호 및 제어 Package 프로토타입 개발
장기단계 목표: 실적용 단계의 시스템과 장치 개발 및 산업화		
(1) 차세대 보호제어 시스템 기술개발	(2) 차세대 보호제어 요소 기술개발	(3) 분산전원 연계 지능형 보호제어 기술개발
<ul style="list-style-type: none"> • 실적용 레벨 최적 보호제어 MAS 개발 및 신뢰성 확보 • 가상 온라인 보호제어시스템 개발 및 신뢰성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 자율 적응형 감시 진단보호 복합 IED 개발 및 신뢰성 확보 	<ul style="list-style-type: none"> • 분산전원 연계 최적 보호 및 제어 실증 Package 개발 및 산업화