

## 전력 신기술의 발전 방향

오 태 규  
한국전기연구원 전기시험연구소 소장

### 1. 머리말

전기는 깨끗하고 편리하며, 가공·변환·통제가 용이하여 산업 활동뿐만 아니라 사무실, 가정 등 모든 생활 속에서 주요한 에너지 공급원이며 또한 신호처리 수단이다. 사실 21세기 정보화 사회는 전기 기술 문명에 그 뿌리를 두고 있으며, 특히 고도 정보화 사회로의 진전 과정에서 기계화와 자동화가 심화 될수록 전기의 안정적 공급과 안전한 이용이 더욱 중요해지고 있다.

지난 8월 14일에 미국과 캐나다 동부지역에서 발생한 정전사고는 다행스럽게 인명사고를 초래하지는 않았지만 전기 기술에 기반한 현대 문명사회에서 전기 공급이 중단될 때 경제사회적으로 얼마나 큰 문제가 발생할 수 있는 지를 보여준 교훈적 사례라 할 수 있다.

전기를 생산하고 공급하는 시스템은 그 구성이 대단히 복잡하고 지리적으로 널리 산재된 설비들이 거미줄 같은 전력망으로 연결되어 항상 설비의 고장이나 불시의 사고에 노출되어 있다고 하여도 과언이 아니다.

우리 나라에서도 태풍 매미에 의한 피해로 일부 지역에 전기공급이 중단된 사고가 발생하였듯이 정전사고에는 태풍이나 산불, 번개와 같은 천재지변에 의해 설비에 고장이 발생하고 이것이 과급되어 발생하는 전기공급 중단사태와 설비의 노후화에 따른 전기 기계적 결함에 의한 설비사고와 시스템 운영상 발생하는 사고에 의해 전기공급이 중단되는 사고로 분류할 수 있다. 금년에는 천재지변과 설비고장에 의한 정전사고가 지구촌 곳곳에서 발생하였는데 이를 정리하면 다음과 같다.

○ 천재지변 정전사례

- 대만 : 태풍 '두지엔'  
일시 : 2003. 9. 2  
정전규모 : 58만 가구 전력공급 중단
- 한국 : 태풍 '매미'  
일시 : 2003. 9. 12  
정전규모 : 147만 가구 전력공급 중단  
전력설비고장 661건
- 미국 : 허리케인 '이사벨'  
일시 : 2003. 9. 18  
정전규모 : 미국 동부 노스캐롤라이나 등  
에 약 600만 명 정전피해

○ 설비고장 정전사례

- 미국 동북부 광역정전사고  
일시 : 2003. 8. 14, 4:11 PM(미동부시간)  
정전지역 : 미국 북동부 8개 주 및 캐나다 동부지역  
정전규모 : 총 61,800MW  
재산피해 약 60억 달러 추산  
추정원인 : 송전선 노후 및 선로과부하로 인한 탈락
- 영국 남부지역 정전사고  
일시 : 2003. 8. 28, 6:20 PM(영국시간)  
정전규모 : 지하철 기차 등 교통마비, 지하철 60%  
정지, 승객 50만 명 통근 피해  
추정원인 : 런던 남동부 워블던지역에 전력을 공급  
하는 2개의 송전선 고장
- 말레이시아 북부 정전  
일시 : 2003. 9. 1  
정전규모 : 콰라룸푸르 국제공항 비행기 이착륙 일  
시 중단  
추정원인 : 북부 4개 주의 배전선로 과부하에 의한  
정전

- 이탈리아 전역정전  
일시 : 2003. 9. 28, 3:25 AM(이탈리아 현지시간)  
정전규모 : 전지역 정전에 따른 5천 7백만 명 피해  
추정원인 : 프랑스, 스위스, 오스트리아의 연계송전  
선로 총 7회선 탈락  
\*참고 : 이탈리아는 전력수요의 17%를 인근  
국가로부터 수입에 의존
- 스웨덴, 덴마크 정전  
일시 : 2003. 9. 23, 12:40 PM  
정전규모 : 스웨덴 남부 200만 및 덴마크 일부 지  
역 240만 수용가 영향  
추정원인 : 스웨덴 남부의 Horred 변전소 이중모선  
사고로 4개의 송전선과 원자력 2기 탈락

전기 기술은 전기의 전압, 전류, 주파수, 위상 등의 기술적 속성을 활용하여 전기의 발생, 변환, 수송, 가공, 통제, 이용에 관한 과학 기술을 종합적으로 일컬으며, 전력 기술은 주로 초고압 대용량 전력에너지를 생산, 변환, 수송, 이용에 관한 기술로 구분하여 생각할 수 있다.

최근 전기기술은 IT, BT, NT 등의 신기술과 융합하여 전력선통신, 전자의료기기 산업의 창출 등 새로운 기술 패러다임으로 발전하고 있으며, 전력기술에도 IT 등의 신기술의 접목으로 설비 기능의 고도화와 시스템 구성 및 운영의 효율성을 제고하기 위한 전력 IT 기술 개발과 응용이 시도되고 있다.

또한 대체에너지 및 신·재생 에너지 기술개발과 궤를 같이 하여 분산전원 기술개발에 대한 연구가 활발히 추진되고 있으며, 대외적으로는 동북아 지역 전력 협력을 위한 계통연계에 대한 타당성 검토가 진행되고 있다.

여기서는 우리 나라 전력산업의 전망과 대규모 시스템으로 성장하고 있는 우리 나라 전력계통의 효율적 구성과 안정적 운영에 필요한 전력기술의 발전방향에 대해 살펴보기로 한다.

## 2. 우리 나라 전력산업의 전망

2000년 말 전력산업 구조개편 촉진에 관한 법률의 제정 및 전기사업의 개정에 의해 전력산업 구조개편에 관한 법률적 토대위에 우리 나라 전력산업에 경쟁을 도입하여 전력공급의 효율성을 제고하고, 전력사용에 있어서 선택권 확대를 통한 소비자의 편익증대를 목적으로 한 전력산업 구조개편이 추진되어 왔다. 그간의 전력산업 구조개편 추진과정을 살펴보면, 단계별 추진방안에 따라 전력거래소의 설립과 발전분할에 의한 발전경쟁 전력시장을 운영하여 왔다.

현재는 차기시장인 도매전력시장의 운영규칙과 시장운영시스템을 구축하였으나 본격적 도매전력시장 운영을 위한 준비과정에서 배전 및 판매 분할에 대한 정책적 검토가 이루어지고 있는 상태이다. 또한 구조개편 추진의 기본계획에 의해 발전부문의 단계적 민영화를 신중하게 준비하고 있는 것으로 알려져 있다.

이러한 전력산업의 환경변화에도 불구하고 전력산업은 발전부문의 경쟁효과가 가시적으로 제시되고 있으며, 계통운영에 있어서도 전력품질의 향상 등 전체적으로 전력산업의 효율성 향상이 지속적으로 이루어지고 있는 것

로 알려져 있다.

전력수급 기본계획에 따르면 2001년 최대수요 4313만kW, 발전설비 5086만kW에서 2015년에는 최대수요 6775만kW, 발전설비 7702만kW에 이를 것으로 전망되고 있다. 확정적 발전설비 계획기준에 따른 우리 나라 중장기 전력수급 전망을 살펴보면 표 1과 같다.

전력수요증가와 발전설비 확충에 따라 송전선로 총 길이가 2001년 25,583C-kM에서 2015년에 35,439C-kM로, 154kV 이상 변전설비는 2001년 472개소, 14만 2806MVA에서 2015년에 769개소 26만 6259MVA로 확충되면서 전력시스템도 대형시스템으로 성장하고 있다.

특히 국산기술 개발에 의한 765kV 송전계통의 도입으로 대용량 전력수송 체계가 자리 잡아가고 있으며, 제주도를 연계하는 HVDC 시스템, FACTS 기술 개발을 위한 Pilot Plant의 도입, 수도권을 비롯한 부하 밀집지역에서의 전압 안정성 향상을 위한 첨단 계통제어설비의 도입 등 계통구성 측면에서 복잡 고도화된 시스템으로 성장하는 특징을 나타내고 있다.

또한 지중화에 대한 사회적 요구의 증대로 지중화 점유비가 2001년 7%에서 2015년에는 12%에 달할 것으로 전망되고 있다.

〈표 1〉 중장기 전력산업 전망

연 도	최대수요 (만kW)	설 비 용 량(만kW, 연말기준)						설비에비율 (%)
		원자력	석탄	LNG	석유	수력	계	
2001 (실적)	4,313	1,372 (27.0)	1,553 (30.5)	1,287 (25.3)	487 (9.6)	388 (7.6)	5,086 (100)	15.1
2005	5,186	1,772 (28.6)	1,817 (29.3)	1,681 (27.2)	467 (7.6)	449 (7.3)	6,185 (100)	16.8
2010	6,062	2,312 (29.2)	2,427 (30.7)	2,004 (25.9)	482 (6.1)	639 (8.1)	7,902 (100)	25.1
2015	6,775	2,664 (34.6)	2,224 (28.8)	1,955 (25.4)	221 (2.9)	639 (8.3)	7,702 (100)	13.7

※확정적 발전설비 계획기준

### 3. 전력시스템 제어 기술

전력시스템이 복잡 고도화된 시스템으로 성장하면서 전력시스템 운영제어 기술의 중요성에 대한 인식이 높아지고 있다. 전력시스템의 합리적 구성과 안정적 운영은 실제로 전력생산, 수송 및 배분의 경제성 제고와 전력품질 유지에 커다란 영향을 주게 된다.

특히 운영제어 측면에서 전력시스템 기술은 자동발전 제어(AGC, Automatic Generation Control), 통합발전 설비 제어, 감시 및 보호 기술, 변전 및 송전 계통 감시, 제어 및 보호, 그리고 배전계통의 감시 및 제어보호 기술로 구분하여 살펴볼 수 있다.

전력시스템 제어기술에 대해 살펴보면 개별 및 단위 제어에서 총괄협조제어로, PID 등의 고전제어기술 적용에서 현대제어 이론의 적용으로 변화하고 있다.

특히 제어 장치는 아날로그에서 디지털을 거쳐 컴퓨터 응용 제어장치로 발전하고 있으며, 기계식 제어시스템에서 전기 및 전자식 제어시스템으로 빠르게 바뀌고 있다.

또한 Tele-metering 및 Tele-control 기술, 무선통신 기술 등을 접목하여 Ubiquitous 시스템 적용 기술로 발전할 것으로 전망되고 있다.

한편, 전원 측면에서 다양한 에너지원이 계통에 접속되고, 초천도 전력기기의 도입, FACTS 제어 설비 도입은 실시간 제어 기술의 필요성 대두 등 전력시스템 제어 기술의 패러다임을 변화시킬 것으로 예상되고 있다.

### 4. 전력 IT 기술의 적용

전력기술에 IT 기술의 응용 가능성이 가시화 되면서 전력 IT에 대한 관심이 높아지고 있으며, 국가 전략산업 육성 정책의 일환으로 전력 IT 기술개발에 대한 검토가 이루어지고 있다.

전력 IT 기술은 전력시스템에 IT 기술을 접목하여 전력시스템을 원격감시, 진단 및 제어·보호하는 일이 종합적으로 가능하게 하는 것을 목적으로 한다.

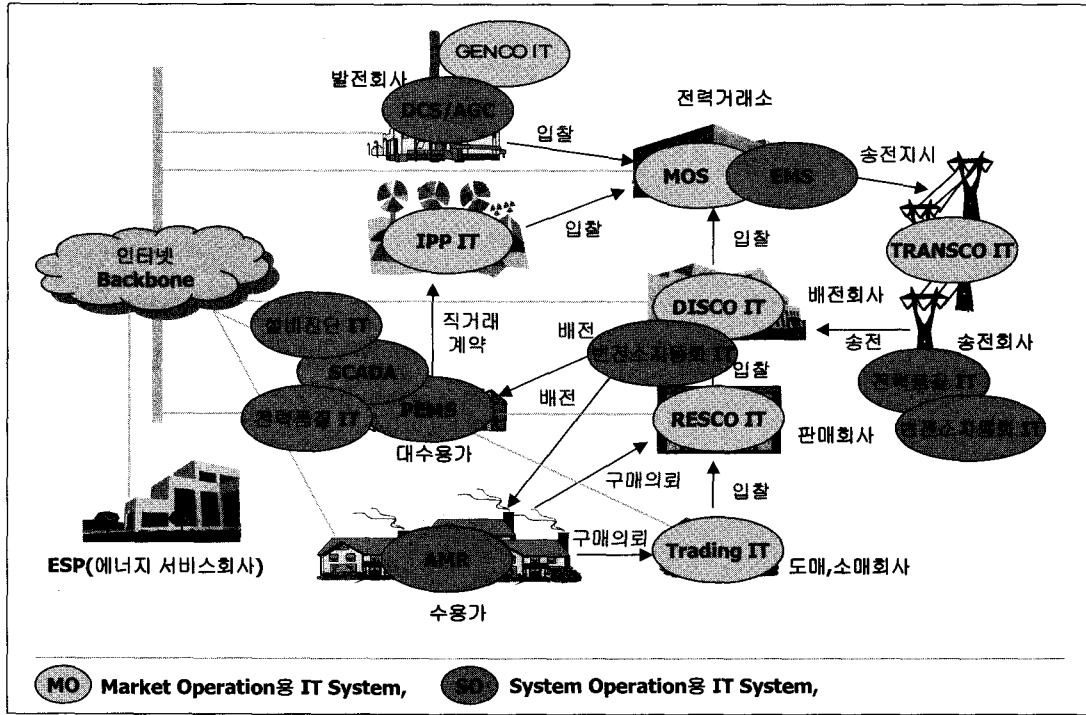
따라서 전력시스템의 자원을 효율적으로 통제 관리하게 되어 전력산업의 효율성을 제고하고, 대형 정전사고를 미연에 방지할 수 있게 된다. 이를 위해서는 전력설비와 제어요소에 IT 기술 기반을 구축하는 일이 요구된다. 전력설비와 제어요소의 상태를 감시하고, 자체진단, 제어·보호 기능과 시스템 차원의 진단, 제어·보호를 합리적으로 통합 관리하기 위한 센서, 실시간 통신, 운영 소프트웨어 기술을 개발해야 한다.

특히, 전력시장 체제의 도입으로 시장참여자는 전력시장에서 전력거래에 필요한 전력정보를 획득하여야 한다. 이러한 전력거래 정보는 전력시장의 발전 및 전력거래의 확대에 의해 현물시장에서, 선도시장에서, 재무적 계약에서, 또는 전력파생상품 시장에서 다양한 형태로 존재하게 되므로 이를 적기에 취득하여 가공 처리하기 위한 전력 IT 시스템의 구축이 필수적으로 요구된다.

또한 이러한 전력시장 운영 및 정보시스템과 전력시스템 운영 시스템 간의 상호 보완적 정보 교환을 위한 정보 관리 및 보완 시스템 기술에 대한 수요 역시 증가 할 것으로 예상되고 있다. 그림 1은 전력 IT 기술이 전력시장 운영(MO, Market Operation)과 전력시스템 운영(SO, System Operation)에 적용되는 예를 보여준다.

### 5. 분산전원 기술

그 동안 전력기술은 전력수요의 지속적인 성장에 효율적으로 대응하기 위해 초고압 대전력 기술로 발전하여 왔다. 전원기술을 살펴보면 단위기 용량이 석탄 화력은 1000MW, 원자력은 1400MW 규모로 발전하였으며, 전원과 부하를 연결하는 전력망의 최고 전압은 1000kV급



〈그림 1〉 전력시장 및 전력시스템에서의 전력 IT 기술 적용

교류송전계통, +/- 600kV 직류송전계통에 이르게 되었다. 이러한 초고압 대용량 전력기술은 양질의 전기를 값싸게 공급하는데 크게 기여하였으나, 최근에는 환경 제약과 NIMBY 현상의 확산에 의해 전원입지 및 송전설비 부지 확보에 어려움이 가중되고 있으며, 한편으로는 지속 가능한 경제 성장과 환경 보전을 위한 대체에너지 개발 및 적용에 대한 사회적 요구가 증대하고 있다. 이러한 사회적 요구와 빠르게 발전하고 있는 주변기술의 응용에 의해 분산전원기술의 기술적 가능성이 증대하면서 아직은 낮은 경제적 타당성에도 불구하고 미래 대체에너지 기술로서 이에 대한 관심이 높아지고 있다.

분산전원(distributed generation, 혹은 dispersed generation)기술은 대용량 단주기 발전기의 집중에 의한 초고압 대전력 전원기술에 대응하는 발전기술 개념으로서 소용량 고효율 발전기술의 발달과 신·재생 에너지를

비롯한 대체에너지 기술의 개발에 의해 빠르게 발전하고 있는 신 전력기술의 응용분야이다. 이 기술은 그림 2에서 보여주는 바와 같이 전력산업을 둘러싼 환경 변화와 전력 기술의 발전에 의해 영향을 받고, 또 이러한 문제를 해결하기 위한 방향으로 발전하고 있다.

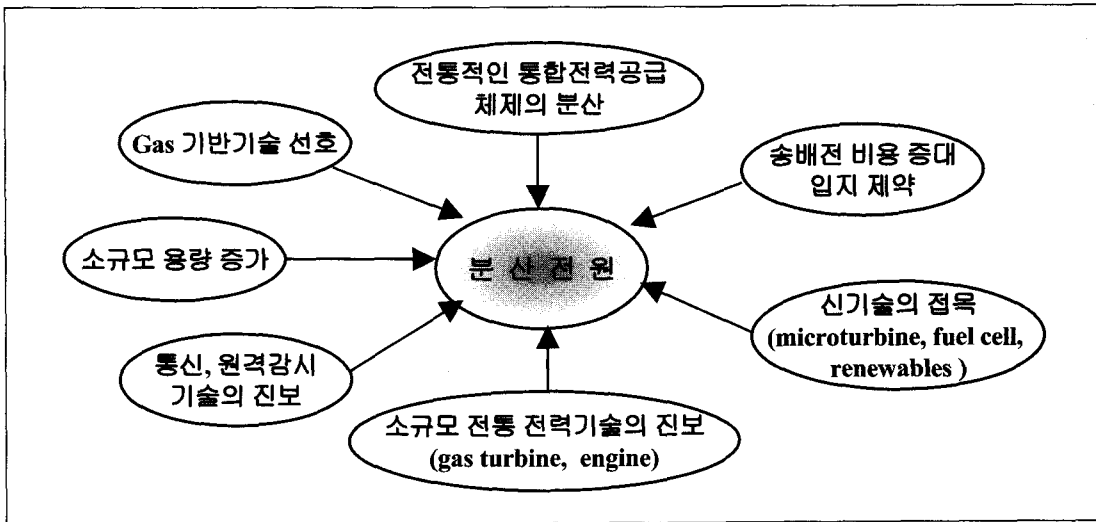
분산전원으로서 대체에너지 및 신·재생에너지 기술과 그 적용분야에 대해 살펴보면 표 2에서와 같이 소용량 고효율 가스 터빈기술과 연료전지 기술, 풍력 발전기술 등이 주요 관심의 대상이 되고 있다.

그리고 분산전원 기술을 전력계통에 효율적이고 효과적으로 적용하기 위해서는 다음과 같은 핵심 기술의 개발이 요구된다.

○에너지원 기술

— 고효율화 : 태양광(7~17%)

연료전지(40~60%, 열병합시 80%)



〈그림 2〉 분산전원의 주변 환경

〈표 2〉 대체에너지 및 신·재생에너지 기술 및 적용 분야

	가정용	상업용	산업용	분산형	이동용	수송용	적용범위
Microturbines		●	●	●	○	○	25 - 300kW
Reciprocating Engines		●	●	●	●	●	5kW - 50MW
Low-Temperature Fuel Cells	●	●	○	●	○	●	2 - 250kW
High-Temperature Fuel Cells		●	●	●	○		100kW - 3MW
Fuel Cell/Gas Turbine Hybrids		○	○	●			250kW - 20MW
Small Gas Turbines			●	●			500kW - 5MW
Photovoltaics	●	○	○	●			1 - 500kW
Wind Power	○			●			20kW - 2MW
Biomass Power			●	●			250kW - 50MW

마이크로터빈(30%)

-저가격 : 연료전지(\$3000~5000/kW)

태양광(\$0.25~0.5/kW)

○전기·전자기술

-최적 출력점 추종기술

-고효율 전력변환 : DC/AC, AC/DC 변환

-초고속 고효율을 발전기 설계기술

○전력계통 연계 운영기술

-계통연계기술 : 연계표준(IEEE P-1547)

-보호·제어기술 : 주파수 및 전압 유지

전자파 보호대책

계통분리 검출 및 보호

-배전망 접속 운영기술

○감시 및 제어기술

-고속 통신망을 통한 원격 감시 제어 기술

-진단 및 최적 운영기술

## 6. 동북아 계통연계

우리 나라 전력계통의 독특한 특징 중의 하나가 인접 계통과 연계가 없는 독립계통이라는 점이다. 이는 우리 나라를 둘러싼 지정학적인 요인과 각국의 전력산업구조의 특성에 의한 것으로 전력기술 개발을 통한 에너지 자원의 효율적 이용과 전력산업의 발전을 위해서는 장기적으로는 인접계통과의 연계를 통해 서로 협조할 수 있어야 한다.

동북아 전력협력에 관해서는 별도로 기초연구가 진행되고 있으므로 여기서는 계통연계 기술에 한정하여 살펴보기로 한다.

계통관점에서 살펴보면 일본계통과는 바다를 건너 연계해야 하고, 중국이나 러시아 계통과는 주파수가 다르고 장거리 대용량 송전이 되어야 하므로 새로운 계통연계기술이 요구된다. 기존의 연계방법으로 초고압 직류 송전(HVDC)기술이 있으나 최근에 대용량 전력변환 및 제어기술을 이용한 효율적이고 신뢰성이 높은 새로운 대용량 장거리 송전기술(VSC based HVDC, FACTS based HVAC 등)이 개발되고 있으므로 이에 대한 검토가 체계적으로 이루어져야 할 것이다. 여기서 남북 전력계통 연계에 관한 문제는 기술적인 관점보다는 남북경제협력 및 전력사업지원을 위한 제도적 관점에서 검토되어야 하므로 논의하지 않기로 한다.

전 세계적으로 전력산업의 기본 틀은 계통연계를 통해 거대한 전력시장으로 변화하고 있다. 유럽은 2007년 단일 전력시장을 목표로 통합된 연계계통으로 변화 발전하고 있으며, 북미, 남미, 아세안, 북아프리카-유럽 등 지역 내 국가간 전력계통의 연계강화를 통해 에너지 문제를 해결하고자 하는 정책과제가 추진되고 있다. 이는 계통연계를 통한 전력계통의 통합은 새로운 전력기술의 출현을 촉진하고, 다양한 에너지원 기술 개발의 촉매가 될 것

으로 기대되고 있기 때문이다.

우리 나라도 예외가 될 수 없고 우리 나라 전력계통도 궁극적으로는 인접계통과 연계가 필요할 것이므로 이에 대한 중장기적 대책 마련이 요구되며, 특히 이를 선도해 나갈 산업기술의 경쟁력 강화를 추진해야 할 것으로 여겨진다.

## 7. 맺음말

금년에는 미국 동부지역의 대정전 사고를 비롯하여 지구촌 곳곳에서 정전 사고가 발생하여 전기 공급이 중단될 때 겪게 되는 불편과 불안을 통해 현대 고도 정보화 사회에서 편리하고 안전하게 전기를 사용하는 일이 대단히 소중한다는 것을 일깨우는 계기가 되었다. 우리 나라 역시 태풍 매미의 피해로 일부 지역에 정전사고를 경험하였고, 해외 사례를 교훈 삼아 정전사고를 미연에 방지하고자 전력산업 전반의 안정성 및 효율성을 점검하기도 하였다. 그러나 이러한 관심과 점검이 일과성으로 지나가거나, 또는 새로운 업무를 추진하는데 걸림돌로 작용해서는 전력산업 발전을 위해 백해무익한 일이 될 것이다.

전 세계적으로 전력산업을 둘러싼 환경변화에 적극적으로 대응하기 위해 각 나라마다 자국 사정에 따라 필요한 정책과제와 기술개발에 상당한 재원과 인력을 투자하고 있다. 그 가운데에서도 통합전력시장 체제로의 전환에 대비한 전력시스템의 운영제어 기술의 고도화, 전력 IT 기술의 적용, 대체에너지 기술 및 분산전원 기술 개발, 국가간 전력계통 연계 확대 등은 우리에게도 시사하는 바가 적지 않다.

결국, 우리 나라 전력산업도 시간차를 두고 해외의 전력산업의 환경변화에 의해 영향을 받게 될 것이므로 이에 대비한 새로운 전력기술의 개발에 소홀하지 말아야 할 것이다. ■