

# 새로운 전력시장과 신뢰도 평가

김 진 오

(한양대 전자전기공학부)

## 1. 전력산업 환경 변화

최근 10여년 동안 세계 각국이 전력산업 구조개편이라는 도전 속에서 실패와 성공, 그리고 끊임없이 새로운 시도를 하고 있으며, 우리나라도 이제 이러한 새로운 도전의 대열에 동참하려 하고 있다. 이렇게 급격히 변화하는 전력산업의 환경하에서, 많은 전력시장이 각 시장별로 환경에 적합한 모델을 적용하여 시장을 운영중이며, 신뢰도 유지를 위해 시장의 특성에 따라 다양한 연구를 진행중이다. 다양한 환경을 보이는 여러 전력시장에서 공통적으로 계통 신뢰도 유지를 위한 여러 가지 도전을 하고 있는 것은, 계통의 신뢰도 유지 및 향상이 경제적 이익뿐만 아니라 시장의 성패를 좌우하는 중요한 요소임을 인식하였기 때문이다. 본 고에서는 경쟁적 전력시장에서 신뢰도는 어떤 의미를 지니며 수직통합구조의 전력계통 신뢰도 유지와는 어떻게 다른 특성을 보이는지, 그리고 구조개편 이후의 개발되어야 할 신뢰도 평가 도구에 고려하여야 할 사항이 무엇인지 개괄적으로 알아보려고 한다.

## 2. 신뢰도의 정의

신뢰도는 “이미 설정된 기준내에서 요구되는 양을 가지고 소비자에게 전력이 공급되는 시스템의 성능에 대한 정도”라고 정의할 수 있다. 협의의 신뢰도는 “항상 모든 소비자가 요구하는 전력 혹은 에너지를 계통에 공급할 수 있는 능력의 정도”로 정의되는 적정도(Adequacy)를 의미하였으나, 북미 전력신뢰도 위원회(NERC)는 적정도와 함께 “갑작스러운 왜란에 대해 계통이 안정을 유지할 수 있는 능력”을 의미하는 안전도(Security)를 신뢰도의 개념에 포함시켰다.

위의 두 개념을 정리하면 적정도는 수요를 만족시킬 수 있는 충분한 발전 및 송전시설이 설치되어 있고 추가로 상정사고에 대비한 예비자원이 있는 상태를 의미하며, 안전도는 계통이 정전이나 다른 장비의 고장에도 정상상태를 유지할 수 있는 능력을 의미한다. 다시 말하면, 적정성은 계

획과 투자, 안전도는 단기운영에 관련되어 있다.

이러한 적정성과 안전성은 상호 보완적이라 할 수 있다. 안전성이 없는 계통에서는 아무리 발전시설이 풍부하다 할지라도 소비자에게 충분히 전달될 수 없으며, 반대로 충분히 못한 발전과 송전시설하에서는 계통의 높은 안전성도 소용이 없는 것이다.

위의 적정성과 안전성 두 가지 기본적 신뢰도 요소와 함께 전력품질(Power Quality) 또한 새롭게 광의의 신뢰도 영역에 포함되어 평가받기 시작하였다. 산업의 고도화와 전산화로 전력의 품질이 하락할 경우 큰 경제적 손실을 가져오는 원인이 되기 때문이다.

전력품질의 이상 현상은 크게 Electrical Noise, Harmonic Distortion, Momentary Interruptions, Momentary Voltage Surge, Voltage Sag & Swell, Voltage Transient 등으로 구분할 수 있으며 종류에 따라 기기손상, 오동작 유발, 메모리손실, 수명단축 등의 손실을 일으킨다.

과거 좁은 의미로 쓰이던 계통의 신뢰도는 전력이 사회에서 차지하는 중요도가 높아지며 함께 그 범위와 중요성을 더하고 있다. 더구나 전력산업 구조개편을 맞이하여, 전력시장의 원활한 운영을 위하여 신뢰도의 유지는 필수적이며, 이에 따라 신뢰도 유지의 책임 소재 및 한계에 대한 문제와 더불어, 이제 범 세계적인 전력산업 구조개편 움직임과 함께 구조개편 과정동안, 그리고 구조개편 후의 경쟁시장 환경에서 계통의 신뢰도 유지 및 향상 문제가 새롭게 주목받고 있다.

## 3. 전력 시장에서 발생하는 새로운 신뢰도 문제

지금까지 계통의 신뢰도 연구는 수직통합형 전력산업 구조에 적용하는 것을 배경으로 개발된 경우가 대부분이었으며, 급격한 구조개편으로 전력계통 전반적인 신뢰도 관련 문제점이 드러나기 시작하였다. 전력시장 환경에서의 급전 및 부하배분은 시장기능에 의해 이루어지며, 다양한 참여자

의 이익을 최대화하는 문제는 계통의 신뢰도 유지와는 대치되는 경우가 많다. 수직통합 구조의 전력산업에서 경쟁시장 체계로의 변화로 계통의 계획 및 운영시 신뢰도에 대한 새로운 문제가 나타났으며, 오늘날 경쟁시장의 계통운영자들은 다음과 같은 문제점에 직면해 있다.

- 대규모의 계약 및 거래
- 넓어진 제어지역
- 새로운 시장참여자들의 계통운영상의 역할
- 운영상의 권한 및 책임 변화
- 시장신호에 따른 장거리 송전의 증가
- 수요충족을 시장기능에 의지
- 신뢰도 유지를 위한 부하와 발전기에 대한 직접적인 제어 불가능(시장기능 우선)
- 운영규정 및 시장구조의 계속적 변화
- 예비율의 정의 변화와 기준의 축소
- 더욱더 예측 불가능해진 시스템 동작특성
- 기존의 중앙집중적 전력계통에 적합하게 개발된 시스템 계획 및 운영도구를 새로운 시스템 운영에 적용

위와 같은 문제점과 함께 경쟁시장 환경으로 인해 다음과 같이 계통 운영상의 불확실성이 새롭게 나타나고 있다.

- 개방된 전력거래에서 발생하는 매일 운전상의 불확실성(daily operational uncertainty), 즉, 발전가용도는 첨두 부하 발전용량을 다른 지역으로부터의 구매 여부에 따라 크게 좌우됨.
- 다양한 시장참여자에 의해 추구되는 최대이윤은 시스템의 안전도를 해치는 결과로 나타나며 이로 인한 계통운영의 불확실성(operating risk uncertainty)
- 분할된 발전, 송전, 배전회사는 각기 그들의 고객의 요구에 응할 책임이 있으며, 이러한 중앙집중 능력이 결여되는 새로운 환경하에서 장기적인 안전도를 유지할 수 있는가에 대한 불확실성(long-term security uncertainty)
- 혼잡관리, 특히 급변하는 전력조류나 멀리 떨어진 지역간의 전력교환에 따른 혼잡관리에 따른 불확실성(congestion management uncertainty)
- 변칙적이거나 빈약하고 미숙한 시장, 혹은 불안정하거나 계속 구조가 변화하는 시장에서 나타나는 불확실성(market operation uncertainty)

이외에도 전력회사의 인수, 합병 및 도산 등의 문제는 구조개편 이후의 전력산업에 대한 리스크는 물론, 전력계통 자체의 불확실성(market restructuring uncertainty)의 한 요소로 기여를 할 것이며, 또한 위험이 따르는 발전과 송전부문에 대한 투자의 기피는, 적절한 시기에 확충을 요하는 이 분야의 계획에 불확실성(planning uncertainty)을 가중시킬 것이다.

#### 4. 새로운 신뢰도 평가도구의 필요성

전통적인 송전망운영 및 신뢰도 유지 전략과 도구는 기존의 송전선로를 통한 대규모 전력거래에 대한 요구 압력이 높아지는 경쟁 전력시장 환경에는 적용하기 힘들다. 충분한 발전 용량과 송전용량을 보유하고 예비율을 높게 설정하여 계통을 운영한다면 높은 안전도를 유지할 수 있을 것이며, 계통운영자는 적은 데이터와 기존의 분석도구의 응용만으로도 계통을 안정적으로 운영할 수 있을 것이다. 하지만 이것은 분명히 시스템의 경제적 운전과는 거리가 있는 계통운영이다. 경제적인 운전은 계통의 여유 마진을 줄여 같은 용량의 전력계통에서 더 많은 전력을 공급하게 할 것이며, 이때 계통운영자의 높은 계통운영 능력이 필요해진다. 거대하고 복잡한 전력시장 환경에서 신뢰도와 경제성을 동시에 만족시키기 위해서는 높은 수준의 계통운영자 능력이 필수적이며, 이는 계통운영 요원의 훈련과 더불어 신뢰도 유지 및 계통운영 도구(Tool)의 개발 필요성을 부각시킨다.

더 먼 거리로 전력 계통의 신뢰도를 유지하면서 전력을 전송하려면, 계통의 모니터링, 온라인 분석, 계통제어 등에서 개선이 필요하다. 미국에서 연구중인 광대역 계측시스템(WAMS: Wide-Area Measurement System)은 대규모로 연결되어 있는 송전계통에 필요한 위성통신에 기반을 두고 실시간으로 계통 정보를 제공한다. 넓은 지역의 계통의 상황을 지속적으로 모니터링 함으로써, WAMS는 계통이 한계 근처에서 동작하는 이상 계통상태를 검출한다. WAMS 기술은 현재 미국 전체의 전송망에 동기화된 모니터링 체계를 구현하기 위해서 대규모적인 프로그램으로 통합되어 가고 있다.

온라인 계통분석은 실시간으로 해석되는 WAMS에 의하여 제공되는 정보를 처리하기 위해 필요하며, 매시간 단위로 미국 전체에 도매전력 공급을 계획하는 발송자의 능력을 증대시킨다. 이러한 온라인 계통분석 도구는 신뢰도, 송전선로 개방점근의 촉진, 더 먼 지역에 낮은 가격의 전기공급, 운영비용의 현저한 절감 등에 중요하며, 가능 송전능력(ATC: Available Transfer Capability)의 확률적 수치를 제공하여 급전자가 계통 안전도 한계 내에서 전력조류 최대화를 가능토록 한다. 전력계통의 신뢰도 향상을 위해서는 그림 1과 같이 소프트웨어의 개발과 함께 하드웨어의 인프라 구축이 상호 연계 개발되어야 함은 물론이다.

구조개편 후의 상정사고 분석은 계통신뢰도와 시장경제성간의 상호관계를 반영하여야 하며 더 많은 불확실한 환경에서 짧은 시간 내에 적절한 결정을 요구한다. 이러한 불확실성을 다루는 해석적 기법의 개발을 위해서는, 계통운영 환경의 불확실성의 특성화와 확률적 모델화가 필요하고, 개별적으로 고려되었던 확률모델이나 도구, 방법론 등에 대한 종합적인 상정사고 분석이 필요하다.

전통적으로 전력회사와 발전회사는 불확실성을 다루거나

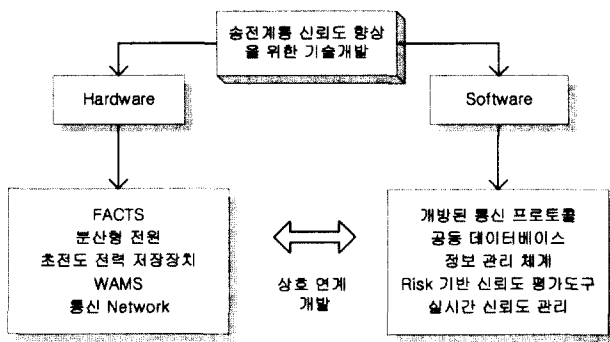


그림 1. 송전계통의 신뢰도 향상을 위한 기술개발.

운영상의 리스크를 평가할 수 없는 결정론적 도구를 사용하여 왔지만, 근래에는 시스템 계획의 목적으로 확률론적인 도구가 폭넓게 받아들여지고 있으며, 최근에는 거의 실시간으로 운영한계를 평가할 수 있는 리스크 기반 계통안전도 평가(risk-based system security assessment)에 많은 연구의 초점이 모아지고 있다.

지난 수십년간 많은 연구가 확률론적 시스템 적정도 평가 영역에서 수행되었으며, 결과적으로 확률론적 신뢰도 기법은 발전원 계획분야에서 광범위하게 사용되어 왔다. 그리고 산업 환경이 경쟁시장 환경으로 바뀌어 감에 따라, 확률론적 신뢰도 평가는 다양한 계획과 운영상의 불확실성을 분석할 수 있는 능력때문에, 송전선 계획분야로 적용범위를 넓혀가고 있다.

현재 사용되는 모델중 확률론적 방법을 사용한 도구로 EPRI에서 개발한 TRELSS(Transmission Reliability Evaluation of Large Scale System)와 CREAM(Composite Reliability Assessment by Monte-Carlo), GE의 MARS(Multi-Area Reliability Simulation)과 MAPS(Market Assessment and Portfolio Strategies), 그리고 Power Technologies의 LARA(Local Area Reliability Assessment)와 MAREL(Multi-Area Reliability AnaLysis) 등이 있으며, 캐나다의 Saskatchewan 대학에서 개발한 COMREL(COMposite RELiability)과 STAREL(STation RELiability), BC Hydro의 MECORE(Montecarlo Evaluation of COMposite system RELiability)가 사용되고 있다. 또한 영국, 프랑스, 이태리, 브라질 등 세계 각국에서 발전 신뢰도 프로그램과 복합계통 신뢰도 평가 프로그램이 사용되고 있으며, 전력계통 계획 및 운영에 대한 확률론적 기법을 활발하게 개발하여 적용하고 있다.

확률론적 전력계통 안전도 평가 분야의 연구는 80년대부터 시작되었지만, 불안정성을 검색할 빠른 컴퓨터와 알고리즘의 부재로 대학수준의 연구와 좁은 영역의 계획에 적용되었을 뿐이었다. 하지만 과거 10년 동안 빨라진 컴퓨터 및 높은 수준의 불안정성 검출 알고리즘 개발과 함께, 시스템 안전도 평가시 다양한 불확실성을 고려해야 할 필요성의 증대로 확률론적 전력계통 안전도 평가에 대한 연구가 범세계적으로 활발히 진행되고 있다.

그러나 확률론적 적정도 평가기법이 전력계통의 계획에 사용될 수 있을 정도로 발달하는 데에는 20년이란 시간이 필요했던 것과 마찬가지로, 전력계통의 리스크 기반 안전도 평가는 쉽게 완성되지 않을 것으로 보인다. 지금까지도 확률론적 적정도 평가기법에 적용하기 위해 다양한 접근법이 시도되고 있다. 안전도 평가에 대해서도 많은 시도가 이루어지고 있지만, 근본적으로 적정도보다 복잡하고, 해결해야 할 문제가 많은 상황으로 인해, 기본적인 개념에 대한 좀더 많은 연구가 필요하다. 그러나 최근의 컴퓨터 기술의 발전과 함께, 이러한 분석·평가 도구에 대한 요구가 경쟁시장 환경에서 크게 늘어나고 있기 때문에, 전력계통 안전도 평가 분야의 개발속도는 지금까지보다 훨씬 빨라질 것으로 보인다.

## 5. 현 계통계획 및 운영 평가 방법과 도구의 한계

### • 계획 모델과 시뮬레이션의 부정확성

계통 모델의 현실성 부족과 모델에서 예측된 결과와 실제 계통 반응의 큰 차이가 1996년 8월 WSCC 전력계통 정전사태의 중요 원인이었다. 실시간 안전도 평가는 현재의 모델과 컴퓨터로는 사실상 불가능하다. Off-line상의 시뮬레이션 연구는 많은 시간과 인력을 필요로 하며 실제 운영 환경과는 일치하지 않는 경우가 빈번하다. 이러한 시뮬레이션의 부정확성을 개선하기 위한 주요 요구사항으로는 더욱 정확한 발전기 상태정수와 함께 송전계통과 같은 계통 구성요소의 확률적 표현이 요구된다. 전력계통 분석의 정확도는 운영, 계획, 그리고 설계에 큰 영향을 미친다.

### • 다중 상정사고와 상호 연관된 고장의 부적절한 처리

현재 전력계통의 계획은 단일 기기의 손실(N-1 상정사고)이나, 드물게는 다중 기기의 손실(N-X)을 고려하여 수립된다. 송전계통을 N-1 안전도 제약조건으로 운영하는 것은, 단일 기기의 손상을 고려한 운전과 최적 경제운전과는 차이가 있기 때문에 비효율적인 경향이 있으며, 이러한 상정사고 고려방식은 일반적으로 결정론적이며 가능한 정전상태의 확률이나 중요도를 포함하지 않는다.

모델링의 복잡함과 막대한 계산량이 요구되기 때문에, 현재 계통의 적정도와 안전도에 대한 확률론적 접근법은 완벽하게 확률론적인 것은 아니며, 일반적으로 확률론적 방식과 결정론적 방식의 혼합 구조를 취하고 있다. 현재의 기술과 적용 가능한 도구들은 상호 연관된 고장을 분석하는 데도 제한된 능력을 보일 뿐이며, 광대한 지역에 퍼져있는 많은 계통 구성요소의 동시 다발적인 고장을 분석하는 능력은 아직 완벽하게 개발이 끝나지 않은 상태다.

### • 확률론적 단기 운영계획 도구의 부재

대부분의 확률론적 장기 신뢰도 계획은 일반적으로 단기



운영에 적용할 수 없다. 확률론적 접근법을 기반으로 단기 계획을 보완하여 운영전략을 위한 도구와 기술의 개발이 요구된다.

• 부적절한 유지보수 계획

유지보수 계획은 구조개편 이후 큰 문제로 대두되고 있으며, 구조개편 이전보다 더 많은 외부 기구와의 협의를 통한 일정 조정이 필요하다. 유지보수 계획은 최근 미국 중서부 가격 폭동의 한 요인이었다.

• 부적절한 실시간 동적 송전선로 정격용량 결정 도구와 모델

결정론적인 송전선로의 정격용량 결정방식은 일반적으로 계획 단계에서 많이 사용되며 경제적으로 최적치보다 낮은 정격을 보인다. 현재 일부 확률론적 선로정격 결정방식이 개발되었지만 널리 활용되고 있지는 못하며, 실시간 송전선로의 동적 정격을 결정하는 도구의 개발이 요구된다.

• 부적절한 장·단기 수요 계획

수요예측은 장·단기 불확실성을 반영하며 일반적으로 과거 데이터와 단기 경제성장률, 기후정보 등을 기반으로 수행된다. 전력산업 환경이 경쟁체제와 소비자 선택권을 보장하는 방향으로 변화됨에 따라 전력회사는 더 이상 장기 계약 소비자에 의존할 수 없게 되었다.

미국에서 실시된 조사결과에 따르면 69%의 소비자는 단지 2%만 가격이 싸다면 전력 공급업자를 바꾸겠다고 하였으며, 12%가 싸면 다른 공급업자를 선택하겠다는 소비자는 92%에 달한다. 또한 소비자는 공급받는 전력의 신뢰도가 매우 중요하다고 했지만, 높은 신뢰도가 소비자를 잡아두는 중요 요인은 아니다. 하지만, 낮은 신뢰도는 소비자의 이탈을 초래할 것이 분명하다. 소비자와 전력회사 양측을 모두 만족시키는 신뢰도 수준의 결정은, 계획과 운영 양측에 모두 영향을 미치는 불확실성의 한 요소이며, 또한 이에 따른 수요예측 방법도 새롭게 연구되어야 할 것이다.

• 부적절한 정적, 동적 계통 성능 데이터

계통의 동적성능 데이터는 일반적으로 구하기 힘든 자료이며 동적성능 측정실험은 어렵고 비용이 많이 소모되는 과정이다. 이와 함께, 동적상태 연구에 적합할 정도의 정밀도로 계통의 동적성능을 측정할 수 있는 모니터링 시스템은 그리 많이 개발되어 있지 않다. 이를 위한 정밀 계측시스템으로 보급되고 있는 WAMS는 지난 1996년 WSCC 계통의 정전상태 당시 매우 중요한 정보를 제공하였었다. 현재 계통성능을 측정하는 지수는 초기 개발단계이며, 전력품질 지수와 같은 계통성능 지수(system performance indices)에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다.

• 부적절한 구성요소 성능 데이터

신뢰도 연구와 리스크 평가를 위해서는 장기간 수집된 성능 데이터가 필수적이지만, 대규모 전력계통의 구성요소

에 대한 상세한 데이터는 매우 드물다. 캐나다 전력협회(CEA : Canadian Electricity Association)는 발전, 송전, 배전계통의 구성요소 고장 데이터를 매우 심도있게 수집하여 왔다. 또한, 주요 송전점의 계통 성능 정보 또한 데이터베이스화 한 상태다. 하지만, 이러한 정보를 CEA에 제공하는 것은 권장사항일 뿐이며 경쟁 환경으로 진입할 경우 발전, 송전, 배전회사로부터 이러한 정보를 제공받는 것은 더욱 힘든 일이 될 것이다. 심도있는 데이터가 없다면, 신뢰도를 예측하고 계획을 수립하는 능력은 크게 제한될 것은 분명하다.

• 계통 제어의 불확실성

제어장비의 성능, 운영의 강인성, 그리고 예측할 수 없는 자동제어 반응 등에 따른, 구조조정 후의 환경에서 어떠한 제어 형태가 효과적인 것인가가 현재 논란의 대상이 되고 있다. 운영환경이나 계통형태의 갑작스럽고 큰 변화나 실제 계통행태 감시의 부족 등이 동적 환경에서 제어기기의 동작특성에 영향을 미치는 요소가 될 것이다.

위와 같은 한계를 극복하고 확률론적인 의사결정을 신속히 내리기 위하여, 불확실성에 대비한 Stochastic Optimization, Monte-Carlo & Sequential Simulation, Fuzzy Models, Expert Systems, Neural Network 등의 수학적 모델이 개발·적용될 것이며, 또한 지금까지 별개로 개발되어 왔던 확률론적 적정도와 안전도 평가기법이 이제 하나의 단일 프레임 속에 결합되어 개발될 것이다. 이 외에도 WAMS와 같은 모니터링 시스템에 의한 실시간 계통운용 정보의 수집과 저장은 신뢰도 평가에 필수적인 요소이며, 전력품질 지수 개발에도 사용될 수 있을 것이다.

## 6. 미국의 새로운 신뢰도 평가도구 개발 프로젝트

수직적 통합구조에서 수평적 역할 분할로의 과도기간 동안, 경쟁적 전력시장에서 신뢰도를 관리할 수 있는 새로운 도구와 기술에 대한 산업계에서의 요구와, 이를 인식하고 개발할 수 있는 능력간에는 아직도 많은 갭이 존재한다. 즉 적절한 시기에 새로운 환경하의 신뢰도를 다룰 수 있는 도구의 개발과 공급이 시장구조의 변화에 못미치고 있는 것이다. 미국은 앞절에서 지적한 기존 신뢰도 평가도구에 대한 여러 문제점을 인식하고 새로운 도구개발에 박차를 가하고 있으며, 본 절에서는 대표적인 개발계획과 현재 진행 상황을 알아보려고 한다.

### 6.1 CERTS

미국은 DOE의 송전망 신뢰도 프로그램의 자금지원을 받아, 전력신뢰도 기술개발 컨소시엄(CERTS : Consortium for Electric Reliability Technology Solutions)을 구성하여

운영중이다. 이의 구성원을 살펴보면 6개의 국립연구소<sup>1)</sup>와, NSF(National Science Foundation)와 대학의 연합 연구센터인 PSERC(Power Systems Engineering Research Center)<sup>2)</sup>가 이 컨소시엄에 참여하고 있다.

CERTS에서는 1999년 12월에 6개의 백서를 발표하였으며<sup>3)</sup>, 그 중 하나인 실시간 송전망 신뢰도 관리(Real-Time Grid Reliability Management) 영역의 첫 번째 작업으로, 급전 운영 및 전력시스템 신뢰도 강화 소프트웨어의 시제품(Prototype)을 개발하여 캘리포니아 에너지위원회의 자금지원으로 CAISO에서 시험적용 중이다. CERTS는 현재 이 소프트웨어의 시험적용 및 추가개발과 관련하여 전력회사 및 여러 독립계통 운영자, 그리고 NERC 등과 협의를 계속하고 있다. 그림 2는 CERTS의 실시간 송전망 신뢰도 관리 도구 개발계획의 순서도이다. 계통의 발전 및 송전시설의 적정성과 보조서비스 자원 평가도구의 개발을 첫 단계로 하고, 급전 및 운영요원이 사용할 안전도 유지 및 모니터링 도구를 개발하며, 실시간 제어를 위한 새로운 계통모델을 개발하여 최종적으로 송전망의 자동운전을 목표로 하고 있는, 총 11년의 개발기간을 예상하는 장기 프로젝트이다.

CERTS의 신뢰도 적정성에 대한 프로그램은 송전망 운영자의 실시간 송전망 신뢰도 관리를 보조할 수 있도록 설계되었다. 시장환경에서 계통의 부하분담은 기술적 원칙이나 경제급전 원칙이 아닌 시장원리에 의하여 결정되므로, 기존의 모델과 분석도구는 적용에 어려움이 따른다. 새로운 시장환경에서 공급자의 다양한 상품을 통해 소비자의 욕구를 충족시키는 동시에, 계통 신뢰도와 효율성을 유지할 수 있는 최적 계통운영 도구가 필요하며, 또한 계통운영자에게 시장변화에 따른 공급과 수요에 대한 적정성에 신속히 대응하고, 신뢰도를 위해 할 지후에 대해 미리 적절히 조치를 취할 수 있도록 하는 특별한 도구가 필요하다. 또한 순동예

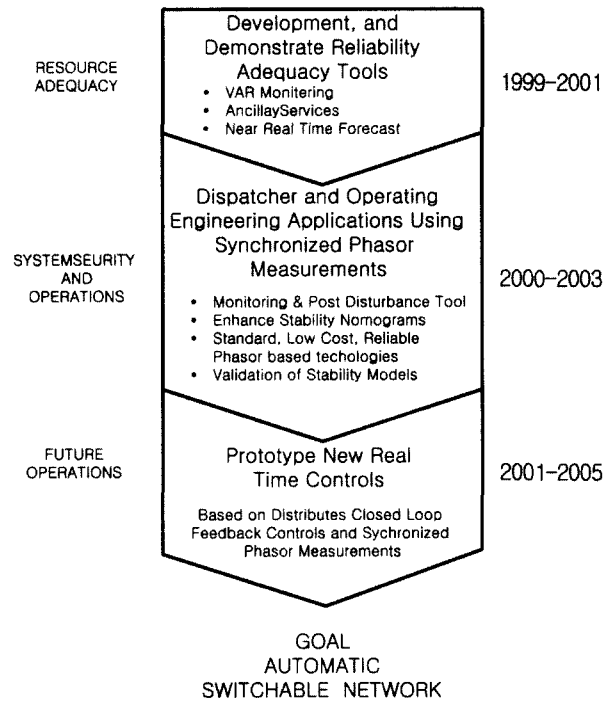


그림 2. CERTS의 실시간 송전망 신뢰도 관리도구 개발 계획.

비력과 전압조정을 포함한 보조서비스의 실시간 관리를 위해, 측정과 상태의 추적, 준 실시간 예측 등에 대한 능력은 필수적이다. 위와 같은 특성을 보유한 운영도구를 개발하는 과정으로 CERTS는 VARMAT(VAR Management Adequacy Tool)와 ASPTAT(Ancillary Service Performance and Tracking Adequacy Tool)를 개발하였다.

VARMAT는 광범위한 제어지역의 전압정보를 관리하고 안전도 관리자와 계통운영자에게 주요 정보를 즉각 제공할 수 있다. 또한 민감도 계산과 그래프를 통해 계통의 주요 지점의 무효전력 여유에 대한 정보도 제공한다. 이러한 실시간 자동화 무효전력 관리도구를 통해 평상시뿐만 아니라 대규모 상정사고 발생 후의 계통전압을 적절하게 유지할 수 있다.

ASPTAT는 전력시장의 보조서비스 운영자의 요구에 의해 개발되었다. 이 프로그램은 발전사업자의 보조서비스에 대한 성능을 추적하고 예측하며 계통 제어능력에 미치는 영향을 시각화하여 보여줌으로써 보조서비스 운영자가 발전소의 실질적인 보조서비스 제공성능을 평가하고 장래 보조서비스의 요구량을 예측할 수 있도록 도와준다.

위의 두 가지 신뢰도 적정성 도구 개발과 함께 CERTS는 전문화된 계통감시 기술을 이용하여, 운영상의 의사결정에 필요한 정보를 제공하는 동기위상 데이터(Synchronized Phasor Data) 수집 프로그램을 개발중이다.

CERTS는 경쟁시장으로의 변화기간 동안, 시스템의 운영 한계를 예측하고 복구조치를 취하는데 있어 기존의 결정론적인 방법을 확률론적인 방법으로 대체하여, 계통의 신뢰도

1) Edison Technology Solutions(ETS), Lawrence Berkeley National Laboratory(LBNL), Oak Ridge National Laboratory(ORNL), Pacific Northwest National Laboratory(PNNL), Sandia National Laboratories(SNL)  
 2) Arizona State University, University of Illinois, University of California-Berkeley, Iowa State University, Carnegie Mellon University, Texas A&M University, Colorado School of Mines, Washington State University, Cornell University, University of Wisconsin-Madison, Georgia Institute of Technology  
 3) Grid of the Future: White Papers  
 1. The Federal Role in Electric System Reliability RD&D During a Time of Industry Transition: An Application of Scenario Analysis  
 2. Review of Recent Reliability Issues and System Events  
 3. Review of the Structure of Bulk Power Markets  
 4. Real Time Security Monitoring and Control of Power Systems  
 5. Accommodating Uncertainty in Planning and Operations  
 6. Interconnection and Controls for Reliable, Large-Scale Integration of Distributed Energy Resources



를 강화할 수 있는 소프트웨어의 개발 및 시연을 위한 장기 프로젝트를 수행중이며, 이러한 도구를 개발하는 기본적인 개념은 장래 계통신뢰도는 현재와 같이 중앙급전자가 아닌 시장에 의해 유지될 것이라는 것이다.

### 6.2 EPRI

지난 25년 동안 전력 및 에너지 기술에 대한 학술적 연구를 수행해 온 EPRI(Electric Power Research Institute)는 신뢰도 평가도구를 개발하는데 많은 노력을 기울여 왔으며, 최근 전력산업 구조개편으로 인한 신뢰도 문제의 원인을 분석하고 해결책을 제시하는 것을 목표로 2000년에 새로운 신뢰도 프로젝트(EPRI Reliability Initiative)를 시작하였다. 프로젝트는 40개 이상의 전력회사 회원들의 재정지원을 받고 있어 에너지성의 지원을 받는 CERTS의 프로젝트와 차이를 보이고 있다.

불확실성이 증가하는 새로운 시장환경에 적용하기 위해 확률적 위험평가(PRA: Probabilistic Risk Assessment)기법을 개발하였으며, 이 기법을 이용하여 가장 심각한 결과를 보일 수 있는 사고를 예측하고 발생가능성에 따라 가중치를 주어 관리할 수 있게 되었다. 확률적 위험평가 기법을 두 곳의 대규모 송전계통에 적용하는 시험을 2001년 3월까지 완료할 예정이며, 전력회사의 사업계획 수립시 계통의 문제점을 파악할 수 있도록 재원을 제공한 회원사들에게 프로그램을 제공할 예정이다.

이렇게 개발중인 기법과 더불어 신뢰도 프로그램을 통해 개발된 두 종류의 소프트웨어는 이미 실용화되어 전력회사에서 사용중이다. 실시간 안전도 데이터 디스플레이(RSDD: Real-time Security Data Display) 프로그램과 배전신뢰도 자체평가 도구(DRSAT: Distribution Reliability Self-Assessment Tool)가 그것이다.

송전망 신뢰도 평가 프로그램인 RSDD를 사용하여 시스템 운영자는 전체 복미 송전망과 같은 대규모 송전망의 신뢰도를 파악할 수 있다. 또한 RSDD는 문제발생 가능성이 있는 지점을 표시해 주며 밀접한 감시가 필요한 주요 송전선로의 전력조류를 나타내고 주요 접속점의 현재전압과 한계전압을 함께 보여준다. DRSAT는 가장 훌륭한 신뢰도 유지 결과를 보이는 다른 배전회사와의 계통을 비교하여 자

신의 계통의 문제점을 파악하는데 사용된다. 계획, 유지보수, 운영, 그리고 신뢰도의 기준설정과 개선 등의 네 가지 영역 모두에 DRSAT를 이용할 수 있다.

## 6. 결 론

지금까지 범 세계적으로 진행되고 있는 전력산업 구조개편 과정과 구조개편 이후 전력시장 환경에서 전력계통의 신뢰도 유지에 대한 문제점 및 앞으로의 방향, 진행중인 프로젝트 및 신뢰도 평가도구에 대해 알아보았다.

전력산업 구조개편이 진행되는 동안, 전력계통 신뢰도 R&D의 투자중 개별적인 R&D는 시장환경의 불확실성과 신뢰도 유지에 대한 불분명한 책임소재로 인하여 축소되는 경향을 보이고 있으나, 전력시장의 성공적인 구성과 운영을 위해서 계통의 신뢰도 유지는 필수적이므로 공공부분의 신뢰도 R&D 지원은 중요한 의미를 지니는 것이다. 미국을 비롯한 기타 전력시장을 이미 도입한 나라와 마찬가지로, 우리나라도 장기적인 안목을 가지고 정부, 시장참여자 및 연구소, 학계가 폭넓게 참여하여, 점차 중요성을 높여 가는 전력시장 환경의 신뢰도 문제를 우리나라 전력산업 구조개편 과정과 함께 연구하여야 하며, 우리의 환경에 적합한 계통 신뢰도 평가 및 운영도구를 개발하려는 도전이 필수적이다.

## 저 자 소개



김진오 (金鎭吾)

1956년 1월 17일생. 1980년 2월 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1983년 2월 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 12월 Texas A&M 대학교 전기공학과 졸업(공박). 현재 한양대학교

전자전기공학부 부교수