

## 송전계통의 신뢰도 진단 기술의 최근동향

- 박 종 근 / 서울대학교 전기공학부 교수
- 최 재 석 / 경상대학교 전기공학과 교수
- 송 경 빈 / 송실대학교 전기공학부 교수

### 1. 개 요

최근에 선진제국을 포함하여 세계적으로 발생한 일련의 대 정전 사고 이후 송전망확충계획을 위한 확률론적인 신뢰도 평가 및 이의 활용이 그 어느 때보다 중요시되고 있다. 전력에너지의 중단 없는 공급에 대한 요청은 근래 경쟁적 시장 환경으로 향한 세계적인 추세에 상관없이 국가적인 요구사항이며 특히 전력에너지의 공급의 능력이 어느 정도인가라는 전력에너지의 공급신뢰도에 대한 정보는 인터넷의 발달에 따른 사회문화 및 정보의 공유 등의 세계적인 글로벌시대에 대한 전력 수요자의 필연적 요청 사항이 되고 있다. 역사적으로 볼 때 이미 신뢰도 평가기술 및 이의 중요성은 1960대 말에 발생한 미국동북부지역의 대정전사고 이후 생겨났으며 이후 신뢰도 평가기술이 크게 발전하였다. 이때 자발적으로 NERC와 같은 신뢰도 관리체계가 생겨나기도 하였으나 근래까지 기술적인 어려움으로 전력기기들의 운전상태가 100% 신뢰하다고 가정한 결정론적인 방법에 토대를 두고 중요 전력계통의 기기 및 요소들의 한개(N-1) 또는 두개(N-2)의 사고에도 견딜 수 있도록 계통계획을 수립하여 오고있는 것이 현실적이다. 즉, N-1 또는 N-2 상정사고를 실시하고 전력계통 안정도 및 동적해석을 실시하여 그 이상 유무를 가지고 판단하여 계획을 수립하여오고 있다. 이때 발전기나 송전선로 및 중요변압기의 사고확률을 고려하

지 않는 즉, 전력계통의 기기가 절대로 불시적인 사고를 발생시키지 않는다고 가정한 결정론적 운전 모형에 기초하여 평가하는 것이다. 각 국가들이 결정론적 이론에 근거한 방법을 사용하고있는 큰 이유는 과거 전자계산기의 성능이 전력계통의 기기들이 운전 중에 불시의 사고를 일으킬 수 있다는 확률론적인 운전모형에 기초한 상대적으로 복잡한 수학적모델을 갖는 확률론적 접근법에 의한 전력계통 계획용 신뢰도를 평가하기에는 미흡하였기 때문이며 나아가 실제 전력회사가 그 입력자료 및 프로그램의 평가 실시가 상대적으로 매우 어려워 계획관련 팀에서 이를 수용하기에는 벽차기 때문이다. 또한, 송전계통의 신뢰도는 각 설비의 구성요소 및 각 지점의 부하크기 등과 복잡하게 관련되어 있어 그 해석이 쉽지 않기 때문이며 송전계통에 대한 다각적인 각도에서의 확률론적 신뢰도 평가방법의 기존 연구가 타 연구에 비하여 상대적으로 부족한데서 비롯된다고 사료된다. 이와같이 전력계통의 확률론적 신뢰도평가 기법이 1960년대 말에 이미 개발되었음에도 불구하고 송전계통의 신뢰도평가에 대한 연구 및 그 응용이 많지 않은 것이 현실적이다.

그러나 실제로는 전력기기들의 운전 중 불시의 사고가 발생하는 경우가 현실적이므로 이를 고려한 확률론적인 방법에 대한 접근이 더욱 합리적이라고 판단되고 최근 전자계산기의 발달로 이의 실용화 및 응용이 전 세계적으로 요청되고 있다. 특히 근래에는 전자계산기

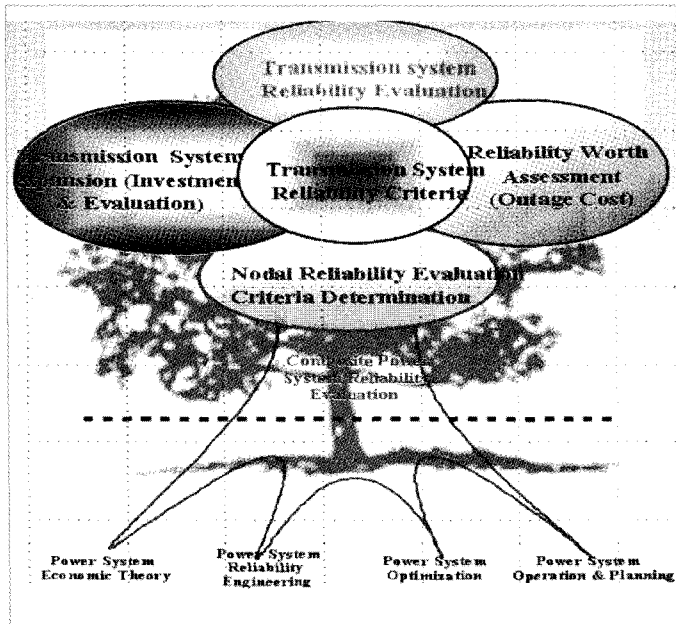


그림 1 전력계통 신뢰도평가를 위한 요소기술, 핵심기술, 응용기술 및 융합기술의 나무

의 급격한 기술 발달로 이의 평가기술의 실현이 가능함에 따라 기술적인 면에서  $N-r$ ( $r$ 은 실수, 예  $N-1.7$ )과 같은 최적인 상정사고를 의미하는 확률론적인 신뢰도 평가 기술의 개발, 응용 및 실용화에 대한 기술이 전 세계적으로 요청받고 있으며 그 필요성은 갈수록 높아지고 있다. 더불어 신뢰도 평가 프로그램의 운용기술 확보와 더불어 이를 이용하여 임의의 년도에 대한 수립된 계통의 신뢰도 평가를 실시하여 신뢰도 정보를 얻어내는 단편적인 기술 외에도 이를 자유자재로 활용하여 최적기준을 마련한다든가 이를 경제적 가치로 변환하는 기술 등 다목적 활용기술 확보 및 요청이 매우 높아지고 있다. 그림 1은 송전계통의 신뢰도평가 기술과 관련한 요소기술 및 융합기술들을 간략히 보인 것이다.

또한, 산업·경제적 측면에서의 중요성을 살펴보면 우리나라 전력산업 구조개편을 위한 기본 계획안에 대한 법률이 국회를 통과한 바 있다. 이에 따라 기존의 전력시장 구조는 필연적으로 변화될 것이며, 더불어 전반적인 전력사업 운영에도 심대한 영향을 끼치게 될 것으로 보인다. 이러한 전반적인 자유경쟁체제는 어디

까지나 시장경제논리에 근거하고 있으므로 전력산업의 운영 및 계획의 기반체계를 공급자와 수요자의 쌍방거래 일치점에서 결정되도록 시장기능에 맡기고 있다. 그러므로 계통 망사업자(ISO 또는 ITO)는 과거의 계통전체의 신뢰도기준의 설정과 더불어 이제 계통망의 확충계획 및 운용을 위하여 송전 계통망의 요구하는 신뢰도 설정기준을 만족하는 확충계획을 수립하도록 신뢰도 평가를 정량적으로 평가하는 것이 필요하다. 그 이유들 중 하나로는 계통망의 확충계획은 건설을 위한 필요기간을 갖고 있는데 비해서 실시간적으로 운용되는 자유경쟁시장에서는 부하지점별로 선택 가능한 품질을 지닌 전력에너지의 공급이 이루어져야 하므로 과연 이를 어떻게 조화롭게 운용해야 할 것인가가 구조조정이후에 자유경쟁시장체제에서 계통망 사업자가 계획 및 운용측면에서

첫 번째로 대두되는 과제이다. 송전계통의 신뢰도 평가는 합당한 이론적 배경을 토대로 정확한 정량적 값을 찾아내야 할 것이지만 송전계통이 갖고 있는 선로 제약조건 및 각 모선의 전압제약조건 등으로 인하여 현실적으로 이 작업은 매우 어려운 과제이다. 더불어 최근에 전력산업구조개편 진행중에 배전분할 등이 중단되어 있으나 발전 및 송전계통사업자가 분할된 상태이고 구조개편의 진행여부와는 상관없이 송전계통의 확률론적인 신뢰도평가는 송전사업자에게 매우 중요한 사안으로 대두되고 있다. 더불어 정책적 측면에서의 중요성을 살펴보면 앞서 기술적 측면에서 언급한 바와 같이 최근에 선진제국을 포함하여 세계적으로 발생한 일련의 대 정전 사고 이후 송전망확충계획을 위한 확률론적인 신뢰도 평가 및 이의 활용이 그 어느 때보다 중요시되고 있다. 이는 전력에너지가 공공적인 에너지원이라는 강한 특성을 지니므로 이의 중단 없는 공급에 대한 요청은 근래 대두되고 있는 경쟁적 시장 환경으로 향한 전력산업의 구조개편의 여부에 상관없이 범국가적인 요구이며 특히 공급의 능력이 어느 정도인가라는 전력에너지의 공급신뢰도에 대한 정보는

사회문화의 개방화 및 글로벌화 그리고 인터넷의 발달에 따른 정보의 공유인식 및 전 세계적 글로벌시대에 대한 수요자의 필연적 요청사항이 되고 있다. 그러므로 이의 관리 체계 및 객관적인 평가 기술 확보는 앞으로 국가정책적인 면에서도 매우 중요하다고 할 수 있다. 나아가 경쟁적 전력시장 환경하에서의 전원개발 및 수요예측의 불확실성 증가가 장기 송변전설비 계획 수립에 부정적 요인으로 작용하고 있는 시점에서 안정적인 계통운동을 위해서는 송전망 개방에 따른 전력시장 참여자간 공평성을 유지하고, 송변전 설비투자의 사회적 공감대 형성 및 타당성 확보를 통해 전력시장 참여자간 이해관계에 따른 대립을 해소할 필요가 있다. 이의 해소방안으로 국외에서는 확률론적 공급신뢰도 평가를 통한 계통계획을 수립, 적용하고 있으나, 우리나라는 이에 대한 연구가 전무한 실정이다. 계통망을 성공적으로 운용하기 위해서는 규제완화조건에서 합리적인 계통계획을 수립할 수 있는 평가방법에 대한 이론적 및 실제적 검토를 실시하여 하루빨리 우리나라 계통에 합당한 평가방안을 수립, 적용할 필요가 있다. 특히 송전선로, 변전소 주요 기기 등의 사고율을 고려한 확률론적 계통계획기법을 적용하기 위해서는 외국 선진국의 사례연구 및 확률론적 계통계획기준에 대한 적절한 이론적 검토가 선행되어야 하고, 차후 우리나라 실정에 맞는 평가방안의 수립도 절실히 필요한 시점에 도달해있다고 판단된다. 공급자와 수요자의 판매 구입 의지가 시장신호로 작동하는 자유경쟁 시장원리에 의한 전력구조 개편하에서의 신뢰도 평가기법은 Nodal, Decentralized, Sharpness 등의 핵심적인 측면에서 기술적으로 접근하여야 하며, 이의 자격요건을 요구한다. 그러므로, 전력구조 개편하에서의 신뢰도 평가는 WASP와 같은 과거의 전원개발계획용으로 주로 활용되어오던 수법(HLI)에서 탈피하여 송전계통까지 포함한 복합 전력계통을 대상으로 하여야 하며, 특히 송전망사업자의 망운영비의 합당한 산정등과 결부되어 각 지역별 주요변전소(154kV, 345kV 및 765kV)의 신뢰도지수도 수학적으로 정확히 평가되어야하는 상황으로 접어들었다.

## 2. 국내·외 연구동향

특히, 최근 북미 지역이나 캐나다의 대규모 정전으로 인하여 많은 나라에서 계통의 신뢰도를 평가 및 기존의 N-n 상정사고 기준에서 벗어나 새로운 관점에서 송전계획을 위한 새로운 신뢰도 기준을 설정하고자 하는 것이 매우 큰 이슈가 되고 있다. 최근 본 연구와 관련하여 국내외 동향을 간략히 소개하면 아래와 같다.

### (1) 국외현황

근래 선진제국에서는 전력산업에 있어 신뢰도를 고려한 자원할당 방법, 비용과 신뢰도의 적정한 수준 파악방법의 필요는 계속 증가하고 있으며 복합전력계통의 신뢰도는 중요한 역할을 차지할 것으로 인식되어지고 있으며 근래 급속한 전력산업의 발전으로 복합전력계통의 신뢰도평가의 필요성이 더욱 커지고 있다. 그러나 송전계통을 포함한 신뢰도평가에 있어, 발전계통의 신뢰도 평가에서와 같이 주어진 시나리오를 통한 적정성을 비교 평가하는 것이 아니고 수만 번의 전력조류계산등을 요구하고 있어 실제계통적용에 어려움이 있었던 것이 사실이다. 그럼에도 불구하고 선진제국에서는 과거부터 지속적으로 나름대로 복합전력계통 및 송전계통의 신뢰도평가를 위한 프로그램을 자체적으로 개발하여 사용하여 오고 있다.

복합전력계통 또는 송전계통의 확률론적 신뢰도 평가는 1960년대부터 유럽과 북미를 중심으로 이루어져 왔다. 발전과 송전계통의 전력설비들을 고려한 초기모델은 참고문헌에 잘 나타나 있다. 1960년대 후반부터 복합전력계통의 신뢰도평가에 관한 연구가 활발히 이루어지는데 이러한 연구들은 해석적방법과 시뮬레이션방법으로 크게 구별 되고 프랑스와 이탈리아를 중심으로 양수발전을 포함한 수많은 수력발전을 포함하기 위해 몬테카르로 시뮬레이션 기법을 도입하였다. 복합전력계통 또는 송전계통의 신뢰도평가를 위한 해석적방법의 프로그램 패키지들은 EPRI의 SYREL, Florida Power Corporation의 GATOR, Hydro Quebec의 PREFIAPT & FIAPT, Shawinigan Consultant의 SYREL, Saskatchewan대학의 COMREL, Georgia Power

표 1 국내외의 송전계통 확충계획을 위한 복합전력계통의 확률론적 신뢰도 평가 프로그램

| Name     | System                 | Methodology               | Maker or User   | Remark                   |
|----------|------------------------|---------------------------|---|--------------------------|
| METRIS   | Composite Power System | Monte Carlo               | EDF(France)   | Commercial & Educational |
| TRELSS   | Transmission System    | Enumeration               | USA(EPRI)   | Commercial & Educational |
| TPLAN    | Transmission System    | Monte Carlo & Enumeration | Power Technology (USA)  | Commercial & Educational |
| SICRET   | Composite Power System | Monte Carlo               | (Italy)   | Commercial               |
| CONFTRA  | Composite Power System | Monte Carlo               | (Brazil)  | Commercial               |
| PACOS    | Composite Power System | Monte Carlo               | (Brazil)  | Commercial               |
| CREAM    | Composite Power System | Monte Carlo               | EPR(USA)  | Educational              |
| COMREL   | Composite Power System | Enumeration               | University of Saskatchewan(Canada)                              | Educational              |
| GATOR    | Transmission System    | Enumeration               | Florida Power Corporation(USA)                                  | Commercial               |
| PROCOSE  | Composite Power System | Enumeration               | Ontario Hydro(Canada)   | Commercial               |
| REPLACES | Transmission System    | Enumeration               | University of Manchester Insitute of Science and Technology(UK) | Educational              |
| SYREL    | Transmission           | Enumeration               | Electric Power Research Institute/Power Technology Inc. (USA)   | Commercial & Educational |
| SYREL    | Transmission System    | Enumeration               | Shawinigan Lavalin (Canada)                                     | Educational              |
| TranRel  | Transmission System    | Enumeration & Monte Carlo | GSNU (Korea)  | Educational              |
| CMREL    | Composite Power System | Enumeration & Monte Carlo | GSNU (Korea)  | Educational              |

Georgia Inst. of Tech.의 RECS 등이 있다. 그리고 몬테 카르로 시뮬레이션 기법을 도입한 프로그램 패키지로는 ENEL의 SICRET, EDF의 METRIS, CEPEL의 CONFTRA 등이 있다. 이러한 프로그램들은 전력계통의 신뢰도평가만을 수행하거나 송전망 확충계획에 있어 신뢰도 평가를 위하여 어느 정도 이용하고 있으나, 향후 규제 완화된 전력시장에 있어 필요로 하는 다양

한 신뢰도평가의 필요성을 모두 수용하지는 못하고 있다. 그러므로 이들 프로그램들은 보다 더 실제계의 상황을 고려하도록 알고리즘을 보강하여 나아감에 따라 실제상황에 부합되게 계속 수정을 가하고 있으며 그 노하우(know-How)는 매우 엄히 관리되고 있는 것이 현실이다. 표 1은 이들 신뢰도진단 프로그램 패키지들을 요약한 것이다.

## (2) 국내현황

국내에서는 주로 결정론적 방법에 의한 송전계통의 신뢰도평가를 연구하고 이용하였으며 확률론적 방법을 이용한 송전계통의 신뢰도평가에 관련하여 다음과 같은 몇몇 연구과제들이 수행되었다. 송전계통의 신뢰도평가에 관련한 국내 논문발표는 지금까지 많지 않으며 한전의 구조개편과정에서 송전계통의 신뢰도평가에 대한 필요성이 강하게 대두되면서 앞으로 많은 연구가 이루어 질것으로 기대된다.

- 最適長期送電系統計劃 模型 및 프로그램 패키지 확립에 관한 研究, 1985
- 송전계통의 신뢰도 산정기법에 관한 기초이론연구, 1987
- 최적장기 송전계통 계획모형 및 Program Package 확립에 관한 연구, 1989
- 대전력계통 공급신뢰도 평가 방안 및 Data Base 구축 연구, 1992
- 경쟁적 전력시장 환경에서의 장기 송변전 설비 계획 수립을 위한 METRIS 최적운영방안 수립, 2004
- 전력계통의 확률론적 신뢰도 평가기법 도입 및 기준수립에 관한 연구, 2007

위와같이 최근 국내에서도 전력계통의 신뢰도 진단 기술분야에 대한 관심이 고조되어 최근에 기초 연구로서 부분적으로 수행되고 있는 것은 참으로 다행이라고 사료된다. 여기서는 우리나라계통에 대한 적용가능성을 확보하는데 성공하고 몇 가지 실 계통에 대한 결과물을 획득하여 앞으로 성숙단계로 나아가는 발판을 구축하는데 성공한 우리나라 확률론적인 신뢰도 평가 기술들에 관한 사항은 참고문헌에 소개되어있으므로 생략하기로한다.

표 2 본 연구분야의 선진제국의 기술수준을 기준으로 한 국내기술의 수준 (2007년 3월 현재)

| 신뢰도 평가의 요소 기술           | 현재 기술수준 (%) |                       |
|-------------------------|-------------|-----------------------|
|                         | 국내          | 국외<br>(미국, 캐나다 프랑스 등) |
| 1. 입력 자료 확보 및 DB 구축기술   | 30          | 100                   |
| 2. 신뢰도 모형, 기법 개발기술      | 50          | 100                   |
| 3. 송전계통의 확률론적 신뢰도 평가기술  | 30          | 100                   |
| 4. 신뢰도평가 프로그램 실계통 적용기술  | 40          | 100                   |
| 5. 신뢰도평가를 이용한 응용 및 융합기술 | 20          | 100                   |
| 6. 신뢰도기준 설정기술           | 10          | 100                   |

## (3) 현 국내기술상태의 취약성

확률론적인 관점에서의 전력계통의 신뢰도란 "전력계통의 신뢰도란 임의의 시각에 그 시스템이 생존하는 확률(Probability of Successful Operation or The Survival Probability)로 정의되며 더불어 그 시스템이 생존하여 시스템이 그 목적하는 임무를 제대로 수행하는 능력의 정도"를 말한다. 이는 전력계통의 요소인 발전기, 변압기 송전선로의 사고확률과 가장 밀접한 관련을 갖는다. 그러므로 확률론적 신뢰도 평가를 정확히 수행하기위하여 가장 중요한 입력변수로 작동하는 전력계통의 사고확률을 추정하는 절차를 구축하기위한 토대가 매우 중요하다. 그러나 우리나라는 이에 대한 인식의 미흡으로 지금까지 사고확률에 관련한 자료 획득 및 D/B 구축 그리고 이의 가공처리기술이 매우 부족하였다. 그러나 다행히 최근 이에 대한 인식의 높아짐에 따라 관련 연구 및 기술이 높아지고 있는 것은 매우 고무적인 일로서 초보적인 단계는 넘었다고 판단되나 아직 과거 오래전부터 이를 활용해온 선진제국에 비하면 미흡하며 이제 성숙단계로 진입할 기회가 주어졌다고 판단된다. 표 2는 선진제국의 수준을 기준으로 하여 현재(2007년도 3월 기준) 우리가 확보한 기술의 수준을 정성적인 관점에서 대략적으로 보인 것이다.

## 3. 신뢰도 진단 신기술의 미래 방향

한편, 전력계통의 임무란 광의의 의미에서는 주어진 환경에서 공급의 중단 없이 수용가에게 양질의 전력을

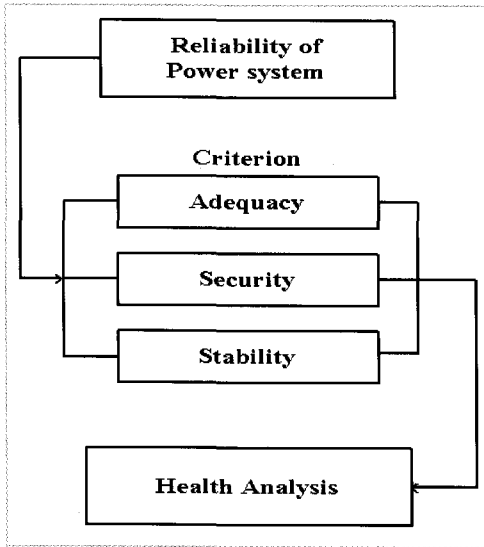


그림 2 미래의 전력계통의 신뢰도 진단영역의 개념도

잘 공급하는 것이라고 할 수 있으므로 결국 전력계통이 임의의 시각까지 잘 생존하고(시스템적인 관점) 나아가 수용가에게 전력에너지를 공급하는 능력의 정도(전력에너지 공급서비스 능력의 관점)라고 말할 수 있다. 이와 관련하여 근래에는 신뢰도의 의미가 그림 2에 보인바와 같이 공급적정도외에도 안전도 및 안정도까지 포함하여 계통의 건강도라는 종합적인 의미까지 나

아가고 있다. 그림 3은 과거 계통계획분야에서 출발한 공급적정도에서 지양하여 운영계획 및 실시간 영역으로 나아가는 미래지향적인 전력계통의 신뢰도평가 및 진단기술의 모습을 보인것이다.

#### 4. 신뢰도 진단용 프로그램

신뢰도의 진단은 전술한 바와같이 전력계통의 계획이나 운용 측면에서 전력계통이 적절한 성능을 발휘할 수 있는 운전 상태를 유지할 것인가 또는 적절한 운전을 하고 있는지를 확인할 수 있는 수단으로써 의미를 둘 수 있으며 이러한 신뢰도를 평가하는 방법에는 여러 종류가 있다. 가장 세계적으로 통용되고 있는 유용한 방법들 중 대표적인 것은 결정론적인 방법과 확률론적인 방법에 의한 평가이다. 간단하게 이 둘의 차이점을 설명하면 확률적 특성의 반영 유, 무에 따라 달라지며 확률론적 방법은 고장가능한 모든 경우의 수를 고려하는 것이고 결정론적 방법은 상정사고 즉, N-1, N-2 등과 같이 임의로 선정된 조건만을 고려하는 방법이다. 결정론적 방법은 주로 해석적 기법을 이용한 송전계통 신뢰도 평가 기법이 개발되어 있으며 확률론적 방법은 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 중심으로 연구

가 진행되어 왔다. 이 두 가지 기법의 대표적인 특성을 바탕으로 장단점을 정리하면 다음과 같이 정리할 수 있다. 먼저 해석적 기법을 이용하면 계산속도가 빠르고, 계통의 복잡한 정도만큼 선형적으로 비례한다. 다음 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 이용하면 복잡한 실제계를 모의하여 반영하기 쉽고, 운용정책의 실제적인 상황을 모두 고려하는 것이 가능하며, 신뢰도가 높은 시스템에 대해서 많은 경우의 수를 요구한다. 현재에는 두 가지 기법 및 두 기법을 혼합한 하이브리드

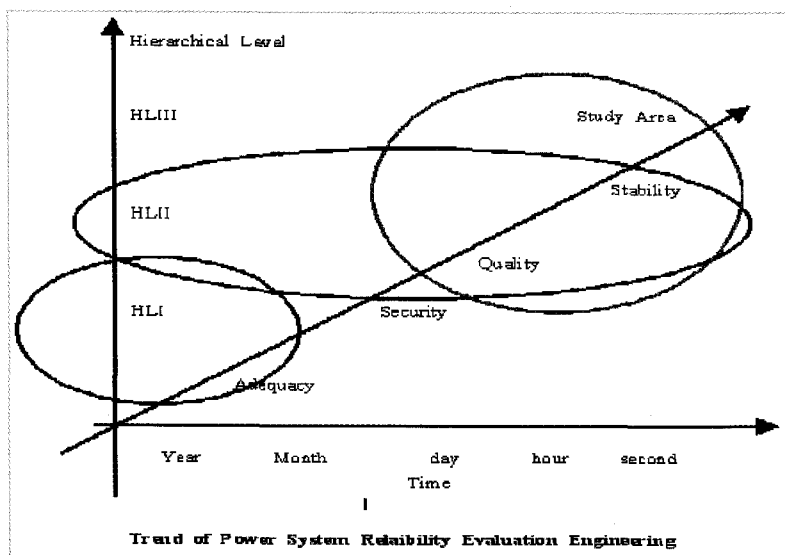


그림 3 미래의 전력계통 신뢰도진단기술방향

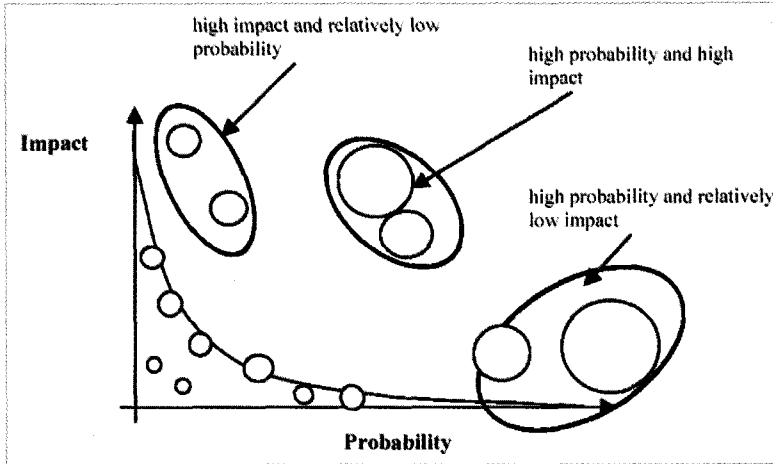


그림 4 임의의 사건에 대한 확률과 충격도

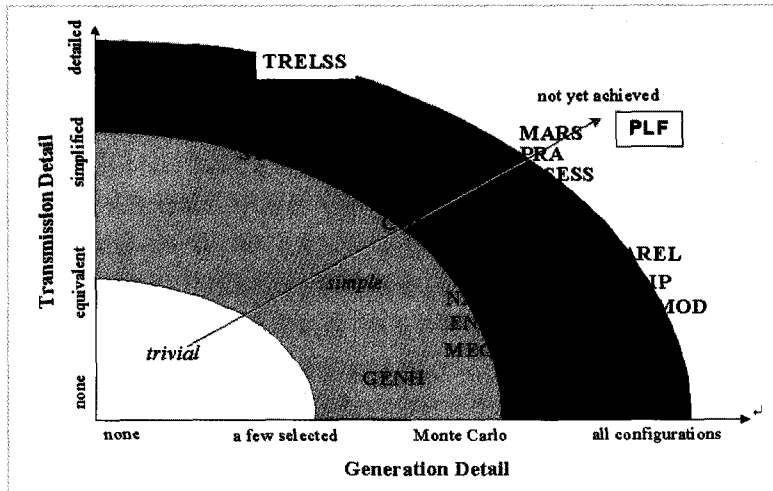


그림 5 복합전력계통의 신뢰도 평가 프로그램 경향도

기법의 연구가 다양하게 이루어지고 있다. 특히 송전선로나 발전기, 변전소 등의 기기들의 사고율을 고려한 확률론적 접근법을 적용하기 위해서는 다른 선진국의 연구 결과들과 확률론적 신뢰도 평가를 위한 기준에 대한 적절한 검토가 우선 실시 되어야 할 것이고 결국 이 말은 우리나라 실정에 맞는 새로운 신뢰도의 기준의 선정 또한 필요할 것이다.

일반적으로 거의 모든 시스템에서는 임의의 사건이 발생할 확률과 그 사건이 시스템에 미치는 충격과의 상관 관계성을 살펴보면 그림 4로 표현할 수 있다. 발

생확률은 낮으나 한번 발생하면 큰 계통사고를 일으키는 부분과 사건이 발생할 확률은 높지만 그 영향은 미비할 수 있는 부분, 그리고 높은 발생확률과 강한 충격을 유발하는 계통사고도 있을 수 있다. 계통을 계획하고 운영하는 사람들은 이와 같은 임의의 사건이 어떠한 영향을 미치고 또한 최대의 빠른 시간내에 이러한 사고들을 찾아내어 계통사고를 미리 방지해야 할 것이다.

현재까지 개발된 복합전력계통의 상용 신뢰도 평가 프로그램은 실제 그 목적하는 바에 따라서 발전계통과 송전계통을 고려한 정도가 다르다. 다음 그림 5는 현재 세계적으로 사용되고 있는 복합전력계통의 상용 신뢰도 평가 프로그램의 모델 편향도를 보인 것이다. 여기서 보는바와 같이 TRELSS, PSS/E는 발전계통보다 송전계통을 보다 상세하게 고려할 수 있는바 이는 발전회사보다 송전회사에 유리한 전력계통 해석용 프로그램으로 사용될 수 있으며 반면에 발전계통을 보다 상세히 고려하는 GRIP 등은 발

전회사에 유리하며 나아가 MARS, PRA, ASSESS 는 발전계통과 송전계통의 모델의 고려정도가 중립을 지키고 있음을 의미한다.

## 5. 결 언

여기서는 최근 그 중요성이 높아지고 있는 전력계통의 신뢰도 진단 신기술에 대하여 간단히 알아보았다. 전력구조개편의 여부와 관계없이 점차 대두되고 있는 고신뢰도 및 품질을 갖는 전력에너지 공급이 요청되는

추세에 대하여 송전망은 그 어느 때보다 중요한 역할을 요청받고 있다고 할 수 있다. 그러므로 계통의 불확실성을 고려한 확률론적인 접근법에 의한 신뢰도 진단 기법이 세계적으로 요구되고 있다. 근래 국내적으로도 이의방법으로 평가를 실시하는 톨의 성공적인 도입 및 실용화의 채택 등은 참으로 다행하다고 사료된다. 특히 근래 발생한 미동부 및 유럽등지에서의 대규모 정전 사고는 계통의 계획이나 운영측면에서 다각적으로 신뢰도 진단기술 개발 및 확보에 힘을 쏟아야 됴을 말해주고 있다. 현재 확보된 신뢰도 진단 신기술을 잘 이용할 경우에 얻어질 수 있는 잇점을 살펴보면 다음과 같다.

**(1) 기술적 측면**

- 신뢰도 진단 및 운영기술 확보 및 신뢰도평가를 위한 자동화시스템 확보
- 송전계통 확률론적 신뢰도 평가기술의 진일보
- 신뢰도 평가를 이용한 응용 및 융합기술 획득가능

**(2) 산업·경제적 측면**

- 송전계통만의 신뢰도 평가로 발전비용 산정 및 배전계통의 입력기준 마련
- 전력에너지 신뢰도에 대한 국가적 이해도 향상 및 국제적 경쟁력 확보
- 지역별 특성에 맞는 신뢰도수준 결정으로 투자비 감소 및 전력계통의 경제성 연구에 관한 사회적 공감대 형성

**(3) 정책적 측면**

- 계통시설 확충계획의 타당성 및 투명성, 공익성 확보
- 경쟁적 전력시장에서 송전계통 보장을 위한 적정 신뢰도 산출
- 지방자치화 시대에 부합한 각 지방산업체의 전력 계통망 신뢰도평가가 가능

끝으로 앞으로 신뢰도 진단 기술과 관련하여 다음과 같은 점을 더욱 염두에 두어야할 것으로 사료된다.

- (1) 새로운 신뢰도 지수의 개발 : 과거의 공급지장시간 기대치(LOLE) 측면에서 신뢰도지수가 통상 사용되어왔으나 개방체제로의 전향여부에 상관없이 송전망의 제약에 따른 전원에서의 각부하지점까지의 전력에너지의 수송능력의 평가와 관계하여 볼 때 공급지장에너지의 기대치인 EENS(EUE)에 더욱 관심을 가지고 이를 이용한 새로운 신뢰도지수의 개발 및 활용여부에 더욱 중점을 두어야 할 것으로 사료된다.
- (2) 계통 신뢰도 지수와 더불어 각 모션별 신뢰도지수 개발에 더욱 중점을 두어야할 것으로 보여진다.
- (3) 송전계통 신뢰도지수의 기준설정 연구: 이는 송전계통 투자비와 상관되는 문제로써 투자는 신뢰도에 신뢰도의 기준수준은 투자비에 상호영향을 미친다. 그러므로 이의 두 가지의 상관성 연구가 미래 연구로써 필요하다.
- (4) 확률론적 기법을 적용하되 이러한 계통의 불확실성을 고려한다고 완전한 것은 결코 아님을 인지하고 과거의 N-1 상정기준 등과 같은 신뢰도 기준과의 협조를 어떻게 풀어나가야 하는지의 연구를 실시할 필요가 있다고 사료된다.
- (5) 세계 리더국가인 미국에서의 새로운 신뢰도 기준의 설정이 완료됨에 따라 추천성보다는 강제성을 지닌 신뢰도 기준에 대한 국민적인 합의가 현실화되고있는 분위기에서 우리나라도 이에대한 기준수립이 필요하다.
- (7) 과거 어느 하나의 신뢰도 기준의 개념에서 벗어나 다양하고도 복합적인 신뢰도 기준체택의 필요성이 강하게 나타나고 있으며 이에 따라 새로운 지수 및 융합적인 신뢰도 평가기술이 개발되고 있다.
- (8) Cascading, Risk 및 Sharpness 등과 관련한 신뢰도 평가 기술의 중요성이 상대적으로 높게 인식되고 있다. 그러므로 이 분야에 대한 신뢰도 평가 기법의 개발이 절실하다.



## 감사의 글

본 기획시리즈는 산업자원부 지정 '전력신뢰도/품질 연구센터'에서의 재정적인 지원을 받아 진행되었습니다. 본 센터에는 경상대, 서울대, 숭실대, 전북대, 한양대의 교수들과 대학원생들이 연구원으로 참여하고 있습니다.

## 참고 문헌

1. Roy Billinton and Ronald N. Allan, 1993. Reliability Assessment of Large Electric Power Systems. Kluwer Academic Pub.
2. Roy Billinton and Wenyuan Li, 1994. Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods. Plenum Press.
3. 전력계통설비 고장관리 체계화 방안 연구, 2004. 02, KPX(전력거래소)
4. Nicolas Maruejols, Vincent Sermanson, Stephen T. Lee, Pei Zhang, 2004. A Practical Probability Reliability Assessment Using Contingency Simulation, IEEE.
5. Assessment Methods and Operating Tools for Grid Reliability, EPRI, 1001408, An Executive Report on the Transmission Program of EPRI's Power Delivery Initiative, April 2001.
6. EPRI Report - "Application of Probabilistic Reliability Assessment to a Part of the AEP System", Reliability Initiative Publications, September 29, 2000.
7. EPRI Report - "Preliminary Application of Probabilistic Reliability Assessment to the U.S. Eastern Interconnection and ERCOT", Reliability Initiative Publications, January 2002.
8. Lockwood, Navarro et al, "Utility Experience Computing Physical and Operational Margins : Part I and Part II", IEEE Power System Conference & Exposition, New York City, October 10-13, 2004.
9. W.S Read, W.K. Newman, I.J. Perez-Arriaga, H.Rudnick, M.R. Gent & A.J. Roman. 1999. Reliability in the New Market Structure (Part1). IEEE Power Engineering Review:4~14.
10. W.S Read, W.K. Newman, I.J. Perez-Arriaga, H.Rudnick, M.R. Gent & A.J. Roman. 1999. Reliability in the New Market Structure (Part2). IEEE Power Engineering Review. :10~16.
11. M. Ilic, et al, 1998. Power Systems Restructuring; Engineering and Economics. Kluwer Academic Pub.
12. CEA, Industry Restructuring - News & Info: CEA connections online news, March 2000.
13. EPRI. 1990. Development of a Composite System Reliability Evaluation Program. EPRI EL-6926.
14. 한국전력공사 기술연구원, "최적장기송전계획 모형 개발을 위한 이론연구," 한국전력공사 기술연구소 중간보고서, 1985, 5.
15. 한국전력공사 기술연구원, "공무국의여행귀국보고서 (송전계획모형 MEXICO/ ORELLA 도입 인수시험)," 한국전력공사 기술연구원 전력경제연구실 보고서, 1988, 6.
16. 한국전력공사 기술연구원, "대전력계통 공급신뢰도 평가방안 및 Data Base 구축연구," 한국전력공사 기술연구원 보고서, 1991, 10.
17. 한국전력공사 기술연구원, "대전력계통 공급신뢰도 평가방안 및 Data Base 구축연구(별책 I 분석적 기법에 의한 신뢰도 평가방안)," 한국전력공사 기술연구원 보고서, 1992, 10.
18. 한국전력공사 기술연구원, "대전력계통 공급신뢰도 평가방안 및 Data Base 구축연구(별책 II MEXICO모형 및 자료처리 지침서)," 한국전력공사 기술연구원 보고서, 1992, 10.
19. 한전 기술연구원. 1987. 송전계통의 신뢰도 산정기법에 관한 기초이론연구. 한전 연구보고서 KRC-58E-S06.
20. 강 성록, 트란트롱 톤, 최 재석, 전 동훈, 문 승필, 추 진부, "송전계통의 확률론적 신뢰도 평가에 관

- 한 연구; TRELSS and TranRel” J. of KIEE, Vol. 53A, No. 1, pp.43-55, Jan. 2004.
21. 최 재석, 강 성록, 이 지훈, 김 호용, 김 슬기, “거시적 접근법에 의한 계통계획 수립용 공급지장비의 추정” J. of KIEE, Vol. 53A, No. 5, May. 2004.
  22. Marija Ilic, "Transmission Reliability and Security under Open Access" IEEE GM2003, July 14-17, 2003.
  23. Marija Ilic, "Methods for Managing Uncertainties in the Changing Electric Power Industry" IEEE GM2003, July 14-17, 2003.
  24. RAS-NERC, Reliability Assessment (The Reliability of Bulk Electric Systems in North America 2001-2010), NERC Report-2001, Oct. 16, 2001.
  25. RAS-NERC, Reliability Assessment (The Reliability of Bulk Electric Systems in North America 2003-2012), NERC Report-2003, Dec., 2003.
  26. IEEE, Reliability Task Force Contributing Members: J. McCalley, etc., COMPARISON BETWEEN DETERMINISTIC AND PROBABILISTIC STUDY METHODS IN SECURITY ASSESSMENT FOR OPERATIONS: IEEE PSM 2001, Vancouver, July 16, 2001.
  27. 한국전력공사 송변전처, “1997-2002년 송전설비고장분석 및 대책” 한국전력공사 송변전처 송전운영팀 연간보고서, 1998년3월-2003년3월.
  28. 경쟁적 전력시장 환경에서의 장기 송변전 설비계획 수립을 위한 METRIS 최적운영방안 수립, 2004년 한전전력연구원 보고서.
  29. 전력계통의 확률론적 신뢰도 평가기법 도입 및 기준수립에 관한 연구, 2007년, 전력거래소 활용 한전전력연구원 보고서 (6월 발간예정).