

부하불확실성 및 송전제약을 고려한 지역별 가격 및 공급지장 예측

윤용범, 박정연, 안남성, 이상선, 박성원
한국전력공사 전력연구원

Locational expected energy not served and price forecast considering the load uncertainty and transmission constraints

Yong Beum Yoon, Jung Yeon Park, Nam Sung Ahn, Sam Sun Ma, Sung Won Park
Korea Electric Power Research Institute, KEPCO

Abstract - 계통 운용 및 전력시장측면에서 지역별 적정자원을 어떻게 확보할 것인가에 관한 문제가 최근 국내외적으로 큰 관심사로 대두되고 있다. 이에 본 연구에서는 우리나라 전력수급 계획을 기반으로 부하불확실성과 복잡조류 제약, 발전소 고장정지율 등을 고려하여 지역별(경인지역, 비경인지역, 제주지역) 전력가격 및 공급지장 시간을 고찰하였다.

1. 서 론

우리나라에서의 전력산업을 둘러싼 패러다임의 가장 큰 변화는 발전부문에서의 경쟁도입이다. 발전기 운용을 어떻게 효율적으로 하는가를 결정하는 데 있어서 기존의 수직통합적 체제는 더 이상 유용하지 않게 되었다. 새로운 환경에서의 발전기 추가건설이나 폐지, 가용성을 결정하는 가장 중요한 요소는 전력시장 여건이며 송전망 운용방식도 기존과는 다소 달라질 것으로 예상되고 있다. 따라서 송전망에 흐르는 전력조류패턴의 변화로 인하여 송전제약도 기존의 안정도 제약외에도 시장여건에 따른 제약도 발생할 것으로 판단된다. 이와같은 여건에서의 고신뢰의 전력공급은 발전기 고장 및 송전제약과 관련한 미공급 부하를 어떻게 최소화하여야 할 것인가 하는 문제와 직결된다. 우리나라와 같이 전원설비에 비하여 부하량이 많은 경인지역과 그 반대의 비경인 지역으로 구성된 계통에서는 보다 값싼 전력을 비경인 지역에서 경인지역으로 전송하고자 하는 과정에서 송전혼잡이 발생하게 된다. 이와같이 전원설비 또는 송전용량에서의 지역적 불균형이 존재하는 경우 새로운 경쟁체제에서는 송전제약을 고려한 지역적 신뢰도 평가가 요구된다. 본 논문에서는 송전제약이 발생하는 우리나라 전력계통을 대상으로 지역별 계통한계 가격 및 전력수급 신뢰도 평가와 관련한 공급지장시간(LOLE)을 고찰하였다.

2. 본 론

2.1 모의대상 계통설정

본 논문에서는 비경인지역과 경인지역을 연결하는 송전선로의 송전용량 제약을 고려하여 모의 대상계통을 설정하였다. 기본계통은 우리나라 계통 운용현황 및 공식 발표된 자료를 이용하여 설정하였으나 실제 계통 운용상의 복잡성 및 다양성 등을 고려할 때 본 논문결과가 실제 계통 운용과 반드시 일치한다고 할 수는 없다. 본 논문은 우리나라 전력계통에서 가장 큰 관심사 중 하나로 부각되고 있는 지역별 적정예비력 확보문제를 어떻게 해결할 것인가를 염두에 두고 있다. 우리나라의 전력계통 운용여건 및 시장특성을 반영한 모의계통 설정은 연구결과의 신뢰성 확보를 위하여 매우 중요한 문제로서 여기에는 송전망 구조를 고려하여 지역계통을 적절히 정의하는 문제, 송전 및 발전, 수요데이터 확보, 그리고 전력시장 참여자들의 전략적인 전력설비 투자 및 유지보수에 따른 불확실성을 어떻게 모델링하여야 할 것인가가 연구결과에 큰 영향을 미치게 된다[1]. 본 논문에서는 2004.12 정부에서 발표한 제2차 전력수급 기본계획을 기준으로 전원 및 송전망이 건설된다고 가정하였고 경인지역, 비경인지역, 제주지역으로 분할하여 지역별 공급신뢰도 및 전력가격 전력가격변화를 고찰하였다. 이때 발전기 고장정지율 및 경인지역과 비경인지역간의 송전용량제약, 비경인지역과 제주지역간의 HVDC 용량제약, 전력수급 기본계획에서 예측하고 있는 점두부하의 불확실성도 고려하였다.

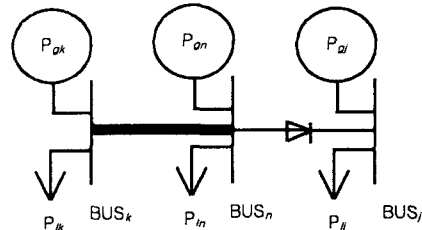
2.1.1 제2차 전력수급 기본계획 고찰

그림1은 제2차 전력수급 기본계획을 바탕으로 한 지역간 전력수급 모델을 나타내고 있다[2].

2.1.2 송전제약 및 부하변동성, 발전기 가용율 조건

○ 송전제약 조건

경인지역과 비경인지역, 그리고 비경인지역과 제주지역을 연결하는 송전선로의 송전용량은 송전선로의 열용량 및 안정도 제약 용량 등을 고려하여 2차전력수급 기본계획 관련자료를 바탕으로 표1과 같이 가정하였다.



〈그림 1〉 우리나라 전력계통 동가 모형도

〈표 1〉 경인지역 및 비경인지역, 제주지역간 연도별 송전용량[MW]

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
경인-비경인	12,200	12,500	13,000	13,000	13,550	13,550	13,550
비경인-제주	150	150	450	450	450	450	450

○ 부하변동성 조건

부하변동성은 수일 혹은 시킨단위의 변동을 나타내는 단기변동성분과 수주 혹은 월단위 변동을 나타내는 중기변동성분, 그리고 년단위 변동을 나타내는 장기변동성분으로 나누어 고려하였으며 입력데이터는 표2와 같다. 발전원별 가용율은 표3과 같이 가정하였다.

〈표 2〉 부하변동성 입력조건

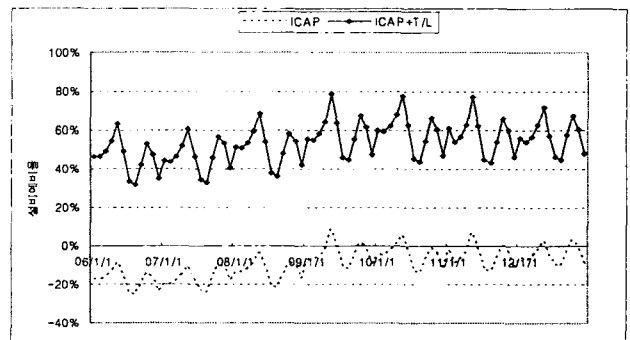
	단기	중기	장기
변동성	0.3	0.15	0.02
평균감쇄율(%)	300	1.1	0.0

〈표 3〉 발전원별 가용율

원자력	석탄	유류	LNG
0.989	0.970	0.950	0.940

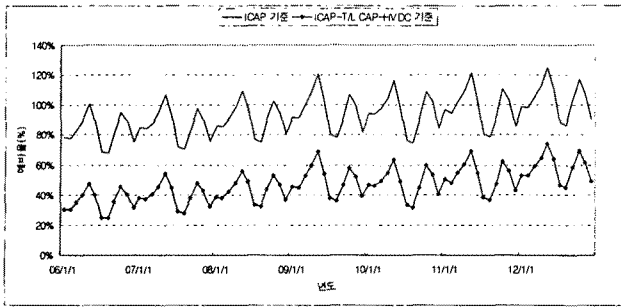
2.1.3 지역별 최대부하 및 설비예비율 예상추이

제2차 전력수급 기본계획에서의 연도별 최대부하 및 지역별 부하특성을 고려하여 경인지역은 총부하의 47%, 비경인지역은 52%, 제주지역은 1%로 가정하였다. 이를 바탕으로 지역별 부하 및 인건계통과의 연계송전선로 용량으로 고려하여 설비예비율을 나타내면 그림2-4와 같다.



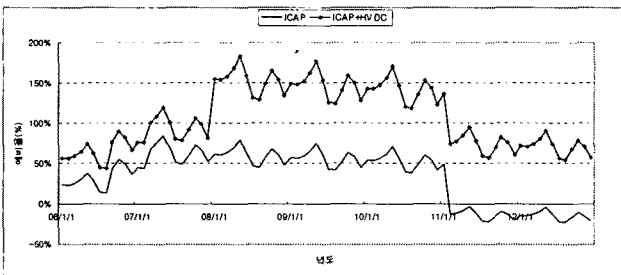
〈그림 2〉 경인지역 설비예비율 예상추이

그림2는 경인지역의 설비예비율을 나타내고 있는데 비경인 지역과의 송전용량을 고려하지 않는 경우 최대 -20%의 설비부족율을 보이고 있으나 송전용량을 고려하는 경우 30%이상의 설비예비율을 유지하는 것으로 나타나



〈그림 3〉 비경인지역 설비예비를 예상추이

고 있다. 그림3은 비경인 지역의 설비예비율 추이로서 경인지역과의 송전용량을 고려하지 않는 경우 80%이상의 설비예비율을, 그리고 경인지역과의 송전용량 및 제주지역과의 HVDC 용량을 고려하는 경우 평균 40% 정도의 설비예비율을 나타내고 있다. 제주지역의 설비예비율 추이는 그림4와 같다. 그러나 본 추이는 제2차 전력수급 기본계획에 비하여 정확한 부하패턴 및 전원별 특성을 충분히 고려하고 있지 않아 현실적인 사실과는 다소 차이가 있을 수 있다.



〈그림 4〉 제주지역 설비예비를 예상추이

2.2 부하변동성 및 송전제약이 계통한계가격 및 공급지장에 미치는 영향

2.2.1 기본 경우

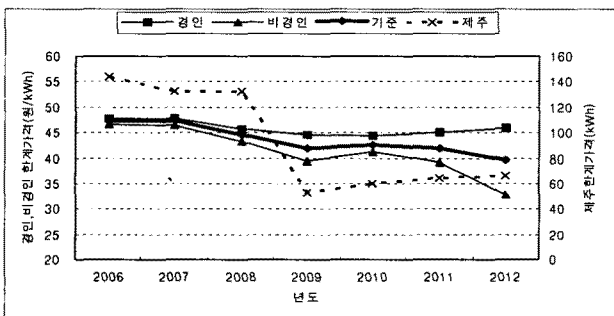
송전제약 및 부하변동성을 고려하지 않은 경우의 연도별 평균계통한계가격은 표4와 같으며 전력수요보다 많은 발전원을 확보하고 있어 공급지장은 발생하지 않았다.

〈표 4〉 연도별 평균 한계가격(원/kWh)

연도	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
평균계통한계가격	47.3	47.2	44.6	41.9	42.6	41.9	39.6

2.2.2 송전제약만을 고려

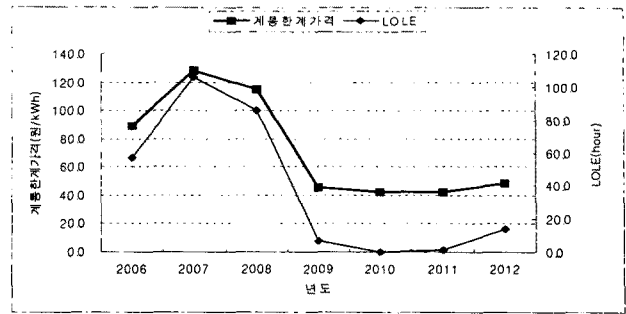
그림5는 송전제약만을 고려했을 경우의 지역별 한계가격변화를 나타내고 있다. 앞의 기본경우에 비하여 경인지역은 0.4~6.1원/kWh 가 증가했으며 비경인지역은 084~6.8원/kWh가 감소하는 추세를, 그리고 제주지역은 11.0~96.6원/kWh 증가하는 추세를 보이고 있어 송전제약이 계통한계가격에 많은 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 반면에 송전제약으로 인한 공급지장은 발생하지 않았다.



〈그림 5〉 송전제약에 따른 한계가격 변화

2.2.3 부하변동성만을 고려

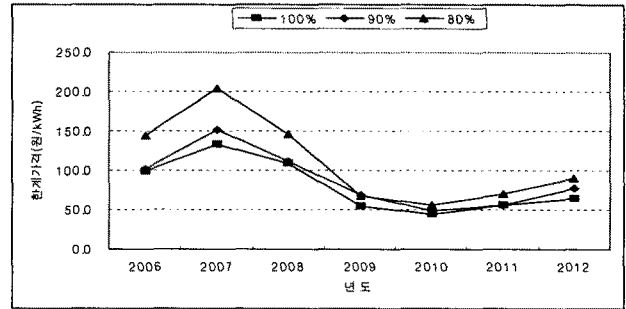
그림6은 부하불확실성 고려시의 계통한계가격 및 공급지장시간(LOLE) 변화추이를 나타내고 있다. 부하불확실성을 고려하는 경우 계통한계가격은 기본 경우에 비하여 급격한 상승추세를 보이고 있으며 이에 따라 공급지장이 발생하고 있다. 그러나 보다 정확한 영향평가를 위해서는 우리나라 전력수요에 대한 정확한 불확실성 모델링 및 관련데이터 도출이 선행되어야 할 것이다.



〈그림 6〉 부하불확실성 고려시의 계통한계가격 및 공급지장시간

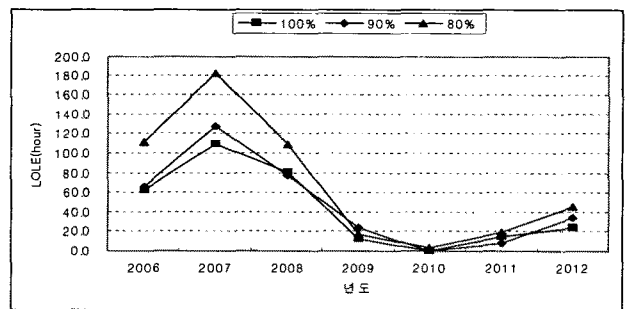
2.2.4 부하변동성 및 송전제약 동시 고려

부하변동성 및 송전제약을 동시에 고려한 경우의 송전용량변화에 따른 경인지역 한계가격 및 공급지장시간변화를 그림7에 나타내었다. 본 분석에서는 경인지역과 비경인지역간의 송전용량 변화만을 대상으로 하였으며 표1에 나타난 송전용량을 100%로 하여 90%, 80%로 감소하는 경우를 비교하였다.



〈그림 7〉 부하변동성 및 송전제약에 따른 한계가격 변화

경인지역과 비경인지역을 연결하는 송전선로의 송전용량이 감소함에 따라 계통한계가격 및 공급지장시간 모두 증가하는 추세를 나타내고 있다. 이는 전력수요에 비하여 충분한 발전력이 존재하지 않는 경인지역측면에서 볼 때 비경인지역을 연계하는 송전용량은 일종의 발전력으로 간주되고 이러한 발전력이 감소하게 되면 경인지역의 한계가격 및 공급지장시간이 증가하는 것은 당연할 결과로 판단된다. 다만 본 연구에서 제시한 정량적 해석결과가 실제통과 일치하는지는 별개의 문제로서 이를 위해서는 보다 현실적인 데이터 반영이 있어야 할 것이다.



〈그림 8〉 부하변동성 및 송전제약에 따른 공급지장시간 변화

3. 결 론

본 논문에서는 발전기의 고장정지율 뿐만 아니라 송전선로의 송전능력 변화에 따른 지역별 계통한계가격 및 부하 미공급시간을 평가하였다. 송전능력이 감소함에 따라 지역별 계통 한계가격 및 부하미공급 시간이 많은 차이를 보였다. 이를 통하여 발전기 한계가격 및 송전선로의 가용성이 전력가격 및 계통신뢰도에 많은 영향을 미침을 확인하였다.

본 논문은 우리나라의 전력계통 특성 데이터를 정확히 반영하고 있지 않아 실제통과 일치한 결과를 포함하고 있지 않다. 향후 발전기 및 송전선로에 대한 보다 실질적인 고장정지율과 부하 불확실성에 대한 데이터 정확도 제고를 바탕으로 우리나라 실제통에 대한 연구를 계속할 예정이다.

〈참 고 문 헌〉

- [1] Henry Chao, Fangxing Li, "Resource Adequacy Assessment Considering Transmission and Generation via Market Simulations", 2004 IEEE/PE S T&D Conference and Exposition, 2004
- [2] 산업자원부, "제2차 전력수급 기본계획(2004~2017)", 2004.12