

부하변동특성을 고려한 국내계통의 LOLP와 적정예비율과의 관계 분석

정영범\*, 윤용범, 이영일  
(한전전력연구원)

A case study of relationship between LOLP and reasonable RM in the long term planning using WASP

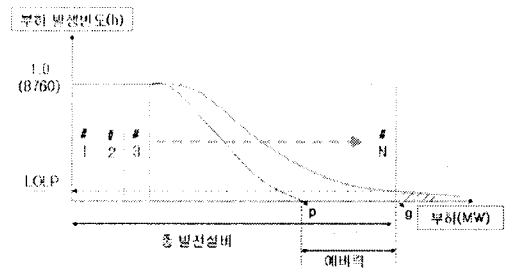
Jung Young-Beom, Yoon Yong-Beom, Lee Young-Eal  
(Korea Electric Power Research Institute)

**Abstract** - 국내계통의 적정설비예비율은 현재까지 정부에서 제시하고 있는 일정 LOLP(Loss of Load Probability)기준 0.5(일/년)을 역으로 환산하여 결정되어진다. 그런데 현재의 LOLP의 산출은 시간별 부하변동특성을 반영하지 못하고 있다. 본 논문에서는 국내 장기전원계획시 사용하고 있는 최적전산모형(WASP)의 이러한 단점을 최대한 극복할 수 있도록 분기를 조절하고 기존의 방법과는 다른 O&M cost 분류를 적용하여 각각의 결과에 따른 분석과 이러한 특성을 반영했을 경우 년도별로 환산된 일정 신뢰도 기준하의 필요 설비예비율의 사례를 분석하였다.

축과 Y축을 전도시켜서 시간(Y축)을 부하 발생빈도수로 환산하고 발전기 가격결정 순서에 따라 각각의 발전기 스택이 가상적으로 쌓여짐에 따라 그때마다 고장정지율과 유지보수일수를 적용하여 곡선을 변화시켜 각 발전기의 공급지장확율을 부하로 등가화 시킨 곡선이다[2].

1. 서 론

장기전력수급계획은 안정적인 전력수급을 유지하기 위해 전원구성과 건설시기를 제시하는데 목적을 두고 있다. 여기서 안정적인 전력수급이란 공급장치가 일어날 수 있는 확률(LOLP)을 신뢰도기준으로 사용하여 그 기대치가 일정값을 넘어가지 않음을 의미한다고 말할 수 있다.



<그림 1> 등가부하지속곡선(ELDC)

한국의 공급지장확률 상한치는 0.5(일/년)인데 이때에 필요한 적정예비율은 계통의 규모와 발전기의 특성에 따라 달라진다. 즉 발전기 고장정지일수 및 고장정지율 데이터에 따라 그리고 전력계통의 크기에 따라 같은 LOLP에 대하여 필요 공급설비예비율의 크기가 달라진다는 것을 의미한다.

기본적으로 부하지속곡선이 각 사례마다 동일하게 정확히 적용되었다는 가정 하에서 다음과 같이 분기의 개수와 LOLP와의 관계를 설명할 수 있다.

또한 같은 특성과 같은규모의 계통에서도 부하변동특성을 얼마나 정확히 고려하느냐에 따라 LOLP 계산의 정확도가 문제가 될 수 있다. 적정예비율의 크기의 차이는 비용으로 이어지므로 같은 신뢰도 기준에서 필요 공급예비율을 정확히 산정하는 것은 매우 중요한 일이다. 본 연구에서는 부하변동특성을 고려하기 위한 분기의 적용사례별 민감도 분석을 제시하고자 한다.

<그림 2>의 p는 공급장치가 일어날 확률의 고려하기 전(곡선을 변화시키기 전) 계통의 피크부하량을 의미한다. 예를들어 1년을 하나의 분기를 적용하는 경우의 p를 p'라 하자, 이때 p'는 1년 중 최대부하가 된다. 그러면 1년을 다중의 분기로 적용한다면 어떻게 분기를 나누더라도 한 개의 분기를 제외한 각 분기별 등가부하지속곡선(전도된 부하지속곡선)의 p는 p'보다 작을 것이다.

2. 본 론

2.1 부하변동특성과 분기의 크기

LOLP를 계산하는 방법에는 여러 가지 방법이 있는데 국내의 장기전원계획시 사용하는 WASP(최적전원개발전산모형프로그램)에서는 등가부하지속곡선을 이용하여 계산되어진다.

즉 각 분기별 동일한 발전기 공급지장확율이 적용되어 곡선이 변화할 때 피크분기를 제외한 나머지 분기적용의 등가부하지속곡선은 오른쪽으로 덜 첨예하게 변형 될 것이고 g점(설비용량)이 고정되어 있다는 것을 고려할 때 g가 충당하지 못하는 부분의 면적(LOLP)은 피크분기를 적용한 사례에 비하여 항상 작은 값이 도출 될 것이고, 따라서 이 둘을 합산 값은 항상 1분기로 적용사례보다 작을 것이다.

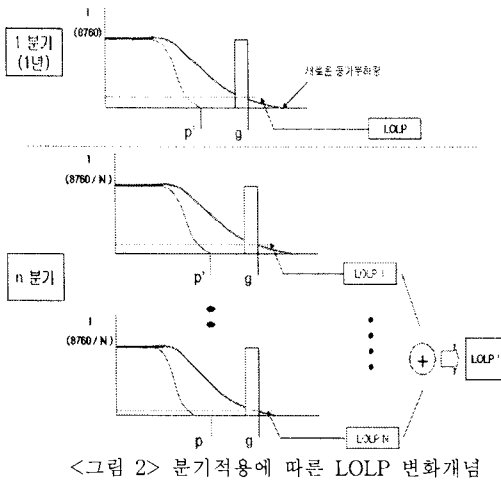
기본적으로 등가부하지속곡선을 이용하기위해 먼저 계통부하를 확률분포곡선(LDC)형태로 프로그램에 인시시켜야 한다. 이때 한 년도의(또는 다수)의 부하를 1분기에 최대 12분기까지 나누어 줄 수 있다. 분기의 분할은 유지보수데이터 적용 관점에서 매우 중요하다. 이는 한 해당 분기마다 보수되는 설비용량을 일정하게 보기 때문이다[1].

2.2 다중분기적용의 결과 비교(민감도 분석)

등가부하지속곡선<그림 1>은 부하지속곡선(LDC)의 X

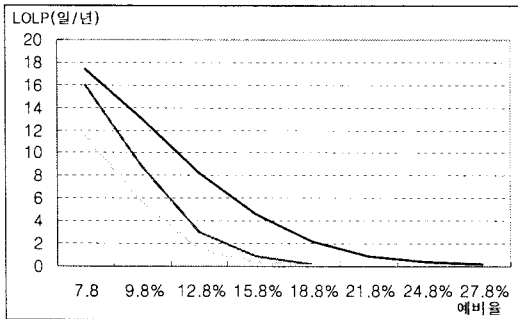
본 사례연구에서는 국내 장기전력수급계획시 사용하는 최적전산모형인 WASP의 최신 버전인 WASP4.0을 사용했다. 발전계통 데이터는 2차 수급계획에 맞추어 사용하였다.

본 사례분석 결과의 의미는 데이터 정확성 자체에 있지 않다. 왜냐하면 발전기속성 데이터 및 경제적 지표 그리고 전력수요정보는 항상 변하기 때문이다. 또한 본래 목적이 경영자의 의사결정을 위한 도구이므로 합리



적 기준설정과 동일한 기준적용을 사용한 결과의 상대적 비교가 관건이라 할 수 있다. 단 합리적인 기준이 적용되었는지를 비교하는 지표가 되는 요소(전원구성, 신뢰도, 최대수요량, 비용 등)들은 국내의 기준에 최대한 부합하여야 한다.

<그림 3>에서는 설비예비를 변화에 따른 LOLP의 변화를 보여준다. 왼쪽은 12분기를 적용하였을 때 프로그램을 통해 나타난 결과이고, 중간은 4분기, 오른쪽은 1분기를 적용한 결과이다.



이 그래프는 발전기의 경제특성을 나타내는 지표가 같고 계통규모가 같을 때(2017년 적용) 부하지속곡선을 얼마만큼 나누어적용하느냐에 따라 그려진 것이다. 예상되는 계통규모 작아지면 (2017년 이전) 전체적으로 그래프가 위쪽으로 상승하는 효과를 가져온다.

WASP에서는 현재까지 최대 12분기 까지 사용할 수 있다[3]. 하지만 실제로는 발전소에서 최대 부하시 유지보수를 피하기 때문에[1] 분기를 최대한 많이 나눌수록 실제와 가까운 효과를 가져올 수 있다. 분기를 나누어 적용할 때 마다 유지보수일수 또한 확률적인 요소로서 분기마다 등가부하지속곡선에 나누어 적용되기 때문이다.

또한 이는 다시 말하면 12분기로 나눈 것조차도 실제 공급지장확률(LOLP)보다 높게 책정되어 있을 수 있다는 것을 의미한다. 현재 변동비 반영시장에서 용량요금을 적정예비율에 따라 차등지급하려는 움직임을 고려할 때 매우 민감한 사항이라 말할 수 있다.

### 2.3 LOLP와 예비율의 관계

<표 1>은 LOLP기준으로 사례별 필요 설비예비율을

나타내고 있다. WASP 프로그램의 발전소건설 후보대안을 생성하는 모듈 특성상 직접 특정 파라미터값을 고정시키고 다른 한쪽의 변화를 얻을 수 없기 때문에 설비예비율 범위에 따른 결과를 구하고 그중 LOLP값(일/년)의 오차 범위가 ±2%이내에 포함되는 값들을 기준으로 일부를 표로 구성하였다.

표에서 볼수 있듯이 LOLP값을 고정시켰을때 분기의 개수가 감소함에 따라 같은 신뢰도값을 만족시키기위한 설비예비율의 규모가 증가하고 그 증가량이 LOLP의 변화에는 큰 영향을 받지 않음을 볼 수 있다. 표에서는 12분기와 1분기사례의 경우 필요 설비예비율의 차이가 약 8%정도 되는 것으로 나타났다.

<표 1> 분기적용 사례별 LOLP에 대한 필요예비율

12 분기		4 분기		1 분기	
LOLP	예비율(%)	LOLP	예비율(%)	LOLP	예비율(%)
0.50	15.155	0.51	16.97	0.50	23.8
0.72	14.355	0.71	16.25	0.71	22.6
1.03	13.627	1.01	15.45	1.02	21.4

2017년의 최대부하량이 68,737(MW)이상 될 것으로 기대하고(2차 수급계획 반영) 시뮬레이션을 했기 때문에 8%는 발전소 설비용량으로 환산하였을때 약 5,499(MW)가 된다. 이는 1,000(MW)급 원자력발전기 거의 5대에 해당하므로 기저발전소 1개의 건설비용과 관련지을 수 있다.

### 3. 결 론

지금까지 분기 개수에 따른 적정신뢰도 기준에 합당한 설비예비율의 크기의 차이가 생기는 이유와 이를 증명하기 위해 동일한 조건을 특정년도의 국내발전계통에 적용시켜 분기 개수만을 변화시켜가며 시뮬레이션한 결과로 이를 나타내었다.

그러나, 앞 절에서 언급하였듯이 12분기로 나눈 것조차도 실제 공급지장확률(LOLP)보다 높게 책정되어 있을 가능성이 높다. 이를 총비용측면에서 고려한다면 고정비를 실제 보다 불필요하게 높게 나오도록 전원계획시 고려해왔다고 생각할 수 있다. 물론 변동비 발전원가 측면에서 고려한다면 국내계통의 경우 설비용량이 일정량까지 커질수록 증대되는 성향이 있지만, 국내 정산단가 구성을 보면 용량요금이 40%에서 최대 50% 가까이 산정되어 있으므로 단순히 안정적인 전력수급운영을 위해 묵과되어질 사항이 될 수 없다고 생각된다.

또한 국내의 전력수급 신뢰도 기준은 0.5(일/년)을 쓰고 있는데, 과연 이 값이 합당한지에 대해 필자는 의문을 갖고 있다. 이 점에 대하여 향후 총비용최소화를 갖는 LOLP별 결과 값들을 구하여 최적의 전력공급 신뢰도기준산정을 제검토할 예정이다. 이를 구하는 시점에서 본 논문에서 적용된 사례들은 필수적으로 검토되어질 사항이라 생각된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 김창수, 이창호, "전력수급기본계획의 적정 설비예비율 산정 개선방안", 하계학술대회 논문집, A 권, 2006년, 대한전기학회.
- [2] 김영창, 김광인, "전력설비투자이론", 전력경제론, 4 권, 1996년, 한국전력공사 전력경제처.
- [3] International Atomic Energy Agency, Wien Automatic System Planning(WASP-IV) User's Manual, Computer Manual Series 16, 2004.
- [4] 김영창, 김광인, 박종배, 오세일, "LOLP 민감도 분석을 통한 전원개발계획 공급신뢰도 기준 설정에 관한 연구", 한국에너지공학회지, 제4권 2호, 1994.