

신재생에너지 전원의 전력공급 신뢰도 평가분석

양 민승¹⁾, 이 성무²⁾

Reliability Assessment of Renewable Energy

Minseung Yang, Sungmoo Lee

Key words : Renewable Energy(신재생에너지), Reliability(신뢰도)

Abstract : The power outputs of renewable energy such as wind turbines and solar energy powers depend on natural sources. Accordingly, the power outputs of renewable energy is different from capacity rate at the time of peak load. Because of this gap, long term electricity power plan can have over-estimated reserve margin. So, this paper suggests the chronological approach to calculate the reliability assessment of renewable energy.

1. 서 론

풍력 등 신재생 설비의 경우는, 자연에너지에 의존함으로써 Peak시 설비용량만큼 출력을 낼 수 없어, 전력수급기본계획에 설비용량의 100%를 가용용량으로 산정시 설비 예비율에 허수가 생길 수가 있다. 또한, 정부는 2011년까지 전체 발전량의 7%를 신재생에너지로 대체할 계획으로, 향후 신재생에너지의 설비용량의 증가에 따라 예비율 오차도 증가할 것으로 예상되는 바, 신재생에너지의 신뢰도 평가 기준 정립을 통한 적정예비력 확보가 시급하다. 이에, 본고에서는 우리나라 신재생에너지 피크기여도 평가기준으로 해외전력사가 채택하고 있는 시간대별 기법과 순차 몬테카를로스 기법의 국내 적용가능성을 검토하고, 현재의 국내 실정에 적합한 시간대별 기법을 이용하여, 우리나라 신재생에너지 전원들의 전력공급신뢰도 분석 결과를 제시하였다.

2. 해외 피크기여도 평가방법

2.1 신재생에너지 신뢰도 판별기준

해외에서는 용량 크레딧(Capacity Credit)으로

신뢰도를 판별하고 있다. 용량 크레딧(Capacity Credit)이란 전력시스템의 신뢰도를 유지 하면서 기존의 전통적 에너지 자원을 대체할 수 있는(즉, 신규투입을 감소시킬 수 있는) 신재생 에너지 자원의 실질적인 용량을 의미한다.

2.2 해외전력사 용량크레딧 산출방법¹⁾

산정 기법	지역/전력회사
시간 대별 기법	ERCOT : Peak Period(7~8월 오후 4~6시)
	PJM : Peak Period(7~8월 오후 3~7시)
	MAPP : 월간 Peak기준 4시간 산정 (선정된 4시간에 해당하는 매일의 풍력 발전기 출력량 평균)
	Idaho Power : 7월 오후 4~8시
순차 몬테카 를로 시뮬레 이션	PSE and Avista : 정격용량의 20% 또는 1월 용량률의 2/3
	SPP : 매달 상위 10%부하

표 1 해외전력사 산출기법 사례

3. 피크용량기여도 산정방안

기존 장기 수급계획 신뢰도를 판별하는 방법은 LOLP(Loss of load probability)나 LOLE(Loss of load expectation)를 사용하는 확률론적 방법을 택한다. 신재생에너지 피크용량기여도를 평가시에는 해외 사례에서 보여 주듯이 시간대별 기법이나 순차 몬테카를로 시뮬레이션을 사용한다. 시간대별 기법은 과거 실적을 바탕으로 용량크레딧을 산정하는 결정론적 방식으로, 실무진 또는 정책입안자가 가장 손쉽게 접근할 수 있는 방법이나, 간헐 에너지원으로서 신재생에너지 발전이 중지될 수 있는 여러 변수를 고려하지 못하는 단점이 있다. 순차 몬테카를로(MCS)방식은 예비력을 1기 최대 발전기로 산정하는 결정론적 방식과 LOLP가 입력값이 아닌 시뮬레이션 결과로 나오는 확률론적 방식을 결합시킨 방식이다. MCS방식은 신재생에너지들의 발전 특성을 확률적으로 접근할 수 있어 가장 정확한 방법이나, 막대한 기상자료의 구축 및 운영, 다수의 프로그램 도입 및 사용에 대한 단점을 가지고 있다. 이에, 해외 2가지 기법을 바탕으로 우리나라에 어떠한 방식을 적용하는 것이 가장 비용효율적 방법인지를 다음과 같이 검토하였다.

3.1 순차몬테카를로 검토결과

순차 몬테카를로 시뮬레이션을 우리나라 전원 수급기본계획에 적용하기 위해서는 다음과 같은 사항이 필요하다.

입력요소	출력요소	필요 프로그램	비고
과거 33년간의 지역별, 시간대별 평균 풍속 데이터 및 분산데이터	풍속 예측을 위한 ARMA모델	Wseries	○ 기상청 자료 보유 ○ DB구축 필요 ○ 프로그램 도입 필요
과거 33년간의 지역별 복사에너지량 DB 구축	Clearness Index	Watgen	○ 기상청 자료 보유 ○ DB구축 필요 ○ 프로그램 도입 필요
풍속 예측을 위한 ARMA모델	풍력발전량 계산을 위한 a, b, c계수 산출	SIPSREL	○ 프로그램 도입 필요
PN 태양광 발전기의 I-V 특성곡선	태양광 발전량 도출	Watson-PV	○ 프로그램 도입 필요
-	신뢰도 지수 산정	SIPSREL	○ 프로그램 도입 필요

표2 MCS방식을 위한 필요조건

순차 몬테카를로 시뮬레이션(MCS방식)을 적용하기 위해서는 방대한 DB작업이 필요하며, 다수의 프로그램 도입이 필요하다. 신재생에너지 비율이 전체 전원에서 상대적으로 큰 영향을 미치는 수준이라면 정확하고도 방대한 DB를 구축하여 MCS방식을 통한 신뢰도 지수를 산정하는

것이 타당하다. 국내의 경우 2011년 국가 목표가 발전량의 7%로 계획하고 있는 현실에서는 MCS방식을 위한 방대한 인력 및 시간, 재원을 투입 하는 것은 비용효율적 방법이 아니므로, 우리나라 전력수급기본계획에 적용하는 것은 현실적으로 무리가 있다.

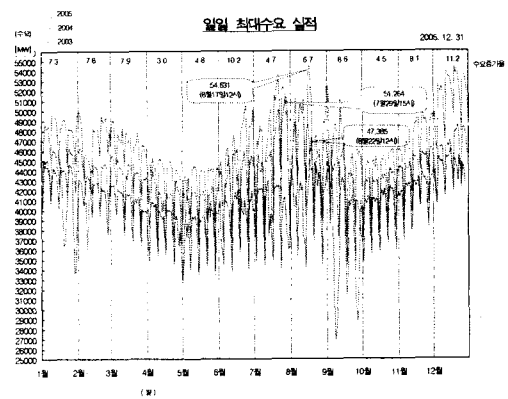
3.2 시간대별 기법 검토결과

시간대별 기법은 다양한 시구간에 대하여 계산할 수 있기 때문에 적절한 시구간을 설정하는 것이 용량 팩터에 있어서 매우 중요한 문제이다. 시구간선정에 대한 해외사례는 다음과 같다.

제안자 (전력사)	주요 내용
Rui M.G. Catro and Luis A.F.M. Ferreria	○ 시간대별 기법을 포르투갈 전력시스템에 적용하여 사례연구 시행 ○ 상위 50%의 피크 시간대에 대한 용량크레딧 산정
D.Percival and J.Harper	○ 단일연도 데이터에 기초한 신재생 발전기 용량 크레딧 예측 결과는 신뢰하기 어렵다고 보고 다년간의 다중 시뮬레이션 기법 제안
Michael Milligan and Brian Parsons	○ 시간대별 피크수요의 30%시구간에 대한 용량 크레딧 산출제시 및 LOLP가 높은 시간대의 용량크레딧 산정방식과 비교
D.Percival and J.Harper, MAPP	○ 투자자나 정책입안자가 이해하기 쉽고 계산이 용이한 근사적인 용량 크레딧값 산정방식 제안

본고에서는 시구간 산정을 위해 2003-2005, 3개년 간의 최대수요를 분석하였다.

<2003-2005년 일일 최대수요 실적>



최대수요 실적에서 볼 수 있듯이 우리나라는 하계에 Peak가 발생하므로, 7-8월로 시구간을 형

성하는 것이 타당하다. 7-8월을 기준으로 시구간을 형성하는 데 있어서, 수요순으로 LDC(Load duration curve)커브를 산정하게 되면 수요가 높은 날짜로만 집중하게 되는 데, 신재생 에너지는 기상에 따라 출력이 급변하므로 피크날짜들에 집중하기 보다는 일별 최대 수요가 걸리는 시간대²⁾를 바탕으로 시구간을 산정하는 것이 합당하다. 이에, 일별 최대 수요가 걸리는 시간대를 조사하여, 상위 10%, 30%, 50%부하가 걸리는 시간대를 다음과 같이 도출하였다.

<2005년 7~8월 시간대별 평균수요 분석결과>
(단위 : MW)

시간	수요실적	비고		
15시	46,790	최대부하 상위 10% 시간대		
12시	46,410			
16시	46,394			
17시	46,288	최대부하 상위 30% 시간대		
14시	46,204			
21시	45,914			
18시	45,468	최대부하 상위 50% 시간대		
20시	45,462			
11시	45,444			
19시	44,767			
13시	44,663			
22시	44,451			
10시	43,803			
23시	43,713			
24시	40,877			
9시	39,846			
1시	37,499			
8시	36,264			
2시	35,381			
7시	34,148			
3시	34,092			
4시	33,220			
6시	32,924			
5시	32,860			

표 3 시간대별 평균수요

표3에서 보여 주듯이, 시간대별 기법 적용을 위한 시구간은 상위 10%, 30%, 50%에서 적정 선을 결정하는 것이 합리적이다.

시간대별 기법 적용을 위한 발전량은 전력거래소 정산서버에서 취득이 가능하며, 필요한 형태로 쉽게 변환이 가능하여 시간대별 용량 크레딧을 쉽게 얻을 수 있는 장점이 있다. 또한, 최대수요 시간대도 급전속보 등을 통해 공식적으로 관리되어지고 있다. 따라서, 상대적으로 공급신뢰도 산정이 용이하고 비교적 정확한 결과 도출이 가능한 시간대별 기법을 우리나라 전력수급 기본계획에 적용하는 것이

합리적이다.

4. 피크용량기여도 실적분석 및 적용방안

피크용량 기여도 산정방법으로 MCS방식보다는 시간대별기법을 사용하는 것이 전력수급기본계획에 적용하는 것이 용이하다. 시간대별기법을 적용하기 위한 시구간 검토는 과거 3개년의 실적분석을 통하여 다음과 같이 이루어졌다.

4.1 분석기준

분석은 2003~2005년 7~8월 정산실적을 기준으로 한 발전량으로 시간대별 용량팩터를 계산하였다. 또한, 발전기 준공 후에는 해당 기간의 모든 발전실적을 포함(발전력이 없을 경우도 포함)하여 용량팩터를 산정함으로써 신재생에너지의 FOR과 MOR를 반영하였다. 신재생에너지의 FOR, MOR실적을 반영한 용량팩터를 구함으로써, 전력수급 기본계획 시뮬레이션시 FOR 및 MOR의 산정 부담을 줄였으며, 피크기여도에 대한 신뢰도를 높였다.

4.2 3개년 실적 분석결과

(단위 : %)

구 분	소수력	풍 력	태양광	매립지	
피 크 기 여 도	①최대부하시	65.6	0.6	42.8	47.8
	②상위 10% 부하	58.5	10.4	34.47	51.6
	③상위 30% 부하	59.1	9.6	21.02	52.3
	④상위 50% 부하	59.0	9.7	20.82	52.4

표 4 3개년 실적 분석결과

표4에서 보여 주듯이 소수력, 바이오가스, 풍력은 시구간 밴드의 크기 영향을 받지 않고 거의 일정하며, 태양광은 시구간 밴드의 크기가 영향을 미치므로 이에 대한 별도의 검토가 필요하다.

4.3 장기 전원수급기본계획 적용방안

만일, 최대부하 시의 기여도를 피크기여도 적용방안으로 채택하게 되면, 표본수가 적어 특정 설비의 운전 실적에 따라 과도하게 영향을 받을 수 있어, 대표성의 왜곡에 대한 우려가 있다. 반면에, 최대부하 50%를 피크기여도 기준으로 잡을 경우에는 범위가 커져서 피크시간대에 대한 기여도로서의 유효성에 무리가 있게 된다. 또한, 최대전력이 발생하는 시간이 12시부터 17시 시간대, 즉 하루 중 5시간 범위인 점을 고려시 상위 20%구간이 적정하나, 단일 구간 사용시 이상현상에 의한 통계치 왜곡이 생길 수 있다. 따라서, 대표성 확보와 피크에 대한 실질 기여 가능성을 감안시 10%와 30%의 평균치를 기준으로 적용하는 것이 바람직한 것으로 평가되었다. 이 기여도 수치를 전력수급 기본계획 적용시에는 반올림을 한 값을 채택하였다. 전원수급 기본계획 적용 값은 표 5와 같다.

구 분	소수력	풍 력	태양광	매립지
해외 연간 실적 ⁽⁴⁵⁾	50.0	21.8	20.5	70
상위 10%+30% 평균값 적용시	58.8	10.0	27.7	52.0
전력수급 기본계획 적용시	60	10	30	50

표 5 신재생에너지 피크용량기여도 적용수치

표 5에서 연간이용률과 피크기여도가 차이가 나는 발전원들의 원인을 분석하여 보면, 풍력은 해외연간 이용률 실적이 21.8%이며, 상위 10%와 30% 평균값 적용시 10.0%, 전력수급 기본계획 적용시도 10%를 적용했다. 풍력의 해외연간 이용률과 피크기여도 실적이 차이를 보이는 이유는 피크기여도 실적은 7~8월 실적이며, 풍속이 여름보다 겨울이 강하므로, 동계까지 합하는 연간이용률 산정하게 되면, 해외 이용률과 큰 편차는 일어나지 않는다.

태양광은 해외연간 이용률 실적이 20.5%이며, 상위 10%와 30% 평균값 적용시 27.7%, 전력수급 기본계획 적용시는 반올림하여 30%를 적용했다. 해외연간 이용률실적이 피크기여도보다 적은 이유는 태양광이 여름보다 겨울이 이용률이 높으므로, 겨울까지 포함한 연간 이용률을 산정하게 되면 피크기여도 이용률보다 떨어지게 된다.

5. 결론

본 논문에서는 우리나라 장기 전원수급기본계획 적용을 위한 신재생에너지 피크기여도 산정 방법으로서 시간대별 기법 적용의 타당성과 적용결과를 제시하였다. 또한, 시간대별 기법 적용시 가장 중요한 시구간 산정을 3개년 최대수요 분석을 통한 7~8월 하계 기간으로 채택하였으며, 하계 기간 중 시간대 구성을 상위 10%와 30%의 평균을 적용하는 것으로 제시하였다. 시간대별 기법은 실무진 및 정책입안자가 가장 용이하게 접근할 수 있는 방식이므로, 제 3차 장기 전력수급기본계획에 채택하였으며, 향후 신재생에너지의 보급률이 점차 확대되면서, 우리나라 전원 차지비율이 커지게 되면 순차 몬테카를로 시뮬레이션(MCS) 방식을 도입하는 것도 합리적이다.

후기

본 자료는 제 3차 전력수급 기본계획 추진시, 신재생에너지 분야의 적정 피크기여도를 산정함으로써, 전체 수급의 적정 예비력 확보 및 신뢰성을 확보하기 위하여 검토한 자료이다.

References

- [1] 한국전기연구원, 2005, “분산형 전원을 고려한 중장기 전력수급계획 수립방안 연구”
- [2] D.Percival and J.Harper, MAPP(Mid-Continent Area Power Pool)
- [3] 한국전기연구원, 2005, “분산형 전원을 고려한 중장기 전력수급계획 수립방안 연구” 산자부, 2005“신재생 전원설비의 전력수급계획 적용방안”
- [4] 산자부, 2005, “신재생 전원설비의 전력수급계획 적용방안”
- [5] EPRI-TR-109496, 1997, Renewable Energy Technology Characterization, CEC Project Report. Wind Power Generation Trends At Multiple California Sites.