

신재생에너지원으로 이루어진 독립계통의 안정 운전을 위한 용량산정

이수미, 정봉상, 전영환
홍익대학교

Capacity Assessment of Renewable Energy Sources for Stable Operation of Isolated Networks

Su-Mi Lee, Bong-Sang Jeong, Yeong-Han Chun
Hongik University

Abstract - 2005년 교토 의정서가 발표됨에 따라 기존 화석연료가 아닌 지속 가능한 에너지원에 대한 관심이 높아지고 있다. 전력산업에서도 신재생에너지원을 이용한 발전원 개발 및 계통 연계방안에 대한 연구를 꾸준히 진행 중에 있다. 신재생에너지원이 기존 발전원들에서 차지하는 비중이 높아짐에 따라 신재생에너지원의 계통운영방안에 대하여 중점을 두고 연구를 실행하였다. 신재생에너지원의 입출력 관계를 통하여 정규분포를 이용한 출력에 대한 신뢰도를 높일 수 있는 각 신재생에너지원의 용량을 산정하였다.

1. 서 론

신재생에너지원에는 태양광, 풍력, 연료전지, 수소, 지열, 수력 등이 있으며 이들 에너지원의 보급확장을 위하여 제도적, 경제적인 노력을 기울이고 있다. 특히 태양광과 풍력에너지원을 이용한 발전원은 전 세계적으로뿐만 아니라 우리나라에서도 신재생에너지원 육성을 위하여 제 2차 신재생에너지 기술개발·보급 기본계획을 발표하여 풍력, 태양광, 수소·연료전지에 정부지원을 집중하고, 다양한 제도를 통하여 2011년까지 신재생에너지원이 에너지 소비 중 5%를 담당하도록 하였다. 신재생에너지원은 기존에너지원과 달리 입출력 변동이 크기 때문에 계통에서 제어가 어렵다. 점차 신재생에너지원의 비중이 높아짐에 따라 운영자는 신재생에너지원의 특성을 고려하여 계통에서 운영하여야 한다. 효과적인 계통 운영을 위하여 신재생에너지원이 계통에 미치는 영향력을 최소화하고 이를 수정·보안할 수 있는 방안으로 신재생에너지원만으로 구성된 소규모계통을 운영하기 위한 신재생에너지원 용량산정방안을 제시하였다.

2. 본 론

신재생에너지원은 출력에 따른 변동 편차가 크기 때문에 이를 보완하기 위하여 각 신재생에너지원의 특성을 파악하고 이들 편차 보정을 위한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 각 에너지원별 공급곡선을 파악하고 표준정규분포를 이용하여 신재생에너지원의 용량을 산정하였다. 풍력발전기의 경우 풍속데이터를, 태양광발전기의 경우 일사량데이터를 사용하여 공급곡선을 확보하였다.

2.1 신재생에너지원 공급곡선

신재생에너지원의 공급곡선은 각 에너지원의 특성에 따라 나타난다. 풍력발전기의 출력은 풍속과 블레이드의 면적, 공기밀도에 비례한다. 이들 관계를 수식으로 나타내면 다음과 같다.[1]

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \rho A V_{wind}^3 \quad (1)$$

여기서, ρ = 공기밀도
 A = 풍력터빈의 회전자 반지름
 V_{wind}^3 = 풍속

태양광에너지원의 출력은 모듈의 효율과 일사량에 관계한다. 이들 관계를 수식으로 나타내면 다음과 같다.[2]

$$P_{solar} = \eta_c G \quad (2)$$

여기서, η_c = 모듈의 효율
 G = 일사량

2.2 표준편차를 이용한 공급곡선

효과적인 계통운영을 위하여 계통운영자는 신재생에너지원의 출력변동에 대한 대비를 하여야 한다. 신재생에너지원의 출력변동은 기후변동에 영향을 받기 때문에 기후 데이터에 대한 분석이 필요하다. 본 논문에서는 우리나라 기준으로 연간 데이터들의 평균값을 이용한 하루에 대한 대표곡선을 사용하였다. 이들 데이터의 신뢰도를 확보하기 위하여 핵심 확률변수를 사용하였다.[3]

$$\text{신뢰구간} : \bar{y} \pm z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

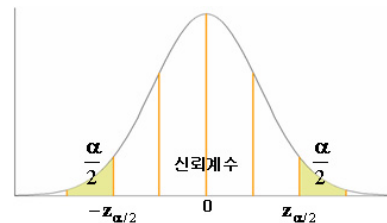
여기서, \bar{y} = 평균

$z_{\alpha/2}$ = 정규분포에 따른 백분위수

σ = 표준편차

n = 정규분포로부터 추출된 크기

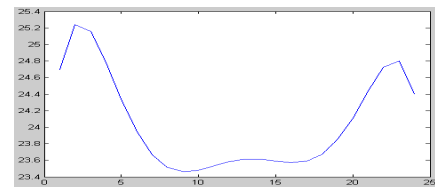
$$\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \text{표준오차}$$



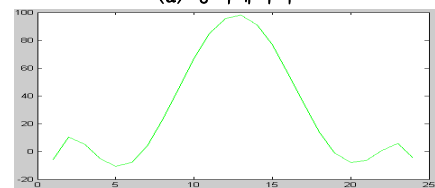
<그림 1> 표준분포

2.3 신재생에너지원의 용량산정

소규모계통에서 신재생에너지원만으로 운영하기 위하여 각 에너지원의 이용률에 따라 발전용량을 산정하여야 한다. 에너지원의 이용률은 각 에너지원의 공급곡선을 바탕으로 나타난다. 이때의 공급곡선은 식 (1), (2)에 의하여 각 에너지원별 입출력관계에 관계한다.[4],[5]



(a) 풍력에너지



(b) 태양광에너지

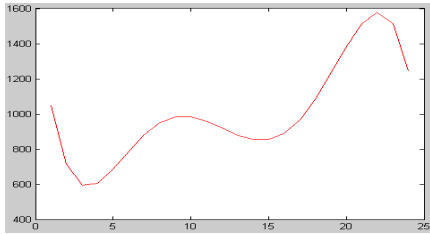
<그림 2> 에너지원별 공급곡선

각 신재생에너지원의 용량은 <그림 1>을 이용한 공급곡선과 소규모 계통의 부하곡선을 통하여 수급균형을 맞추어 산정된다. 이 때 풍력과

태양광발전기의 투자비 곡선에 따라 최소비용을 목적으로 한다. 배터리의 경우 투자비 곡선에 따라 최소비용을 목적으로 하나 발전량과 수요량의 균형에 맞추어 산정된다. 이 때 배터리는 시간에 의한 용량단위로 나타나며 필요량과 동일하게 충전·방전된다고 가정한다.

2.4 사례연구

소규모계통을 신재생에너지원으로만 운영할 경우 각 에너지원별 용량을 산정하였다. 이 때 신재생에너지원으로는 풍력발전기, 태양광발전기, 배터리로 구성하였다. 소규모계통의 시간대별 부하곡선은 다음과 같으며, 부하량과 발전량은 모두 per-unit으로 환산하였다.[6]

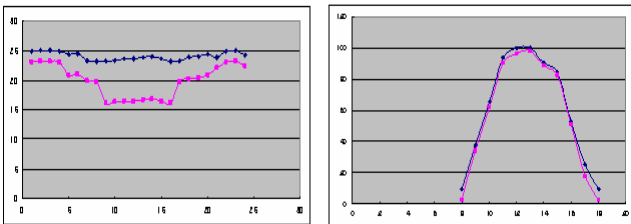


〈그림 3〉 부하곡선

신재생에너지원의 출력변동에 대한 신뢰도를 확보하기 위하여 다양한 케이스로 용량을 산정하였다. 이 때 데이터의 측정기간은 30일로 가정하였으며 동일 지역을 기준으로 하였다. 또한 표본분포로부터의 시간에 따른 각 에너지원별 신뢰구간 중, 작은값과 큰값 중 작은값을 택하여 최소 출력시의 용량을 해당 에너지원의 용량으로 정의하였다.

case 1) 신뢰도가 95%인 경우

〈표 1〉의 데이터를 이용하여 각 신재생에너지원의 표준편차에 따른 공급곡선을 나타내면 다음 그림과 같다. 파란색 곡선은 표준편차를 적용하기 전의 각 발전원의 공급곡선이며, 분홍색 곡선은 표준편차를 적용하였을 시의 각 발전원의 공급곡선을 나타낸다.



〈그림 4〉 표준편차를 적용한 공급곡선 I

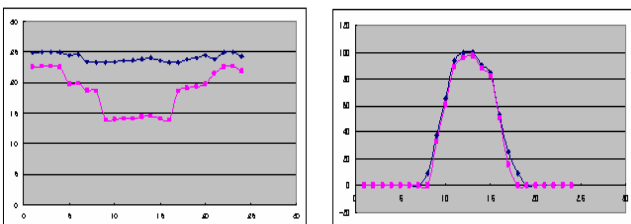
〈표 1〉 표준편차를 적용한 에너지원 용량 I

발전기 종류	변경전		변경후	
	산정된 용량	산정된 용량	산정된 용량	산정된 용량
풍력발전기	3.092	3.333	3.092	3.333
태양광발전기	1.409	1.858	1.409	1.858
배터리	1.685	1.926	1.685	1.926

표준편차 적용시 공급률이 상대적으로 적어지는 것을 알 수 있다. 이에 따라 산정된 신재생에너지원 용량은 약 15% 증가함을 알 수 있다.

case 2) 신뢰도가 99%인 경우

case 1과 동일한 표준편차를 갖으며 신뢰도 정도를 99%로 가정한 각 신재생에너지원의 공급곡선은 다음과 같다. 신뢰도 지수를 높임에 따라 〈그림 4〉의 공급곡선에 비해 더 낮은 공급률을 보인다.



〈그림 5〉 표준편차를 적용한 공급곡선 II

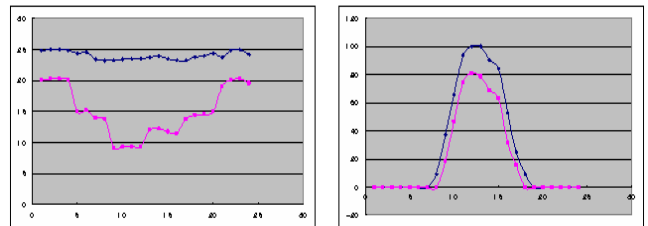
〈표 2〉 표준편차를 적용한 에너지원 용량 II

발전기 종류	변경전		변경후	
	산정된 용량	산정된 용량	산정된 용량	산정된 용량
풍력발전기	3.092	3.377	3.092	3.377
태양광발전기	1.409	2.036	1.409	2.036
배터리	1.685	2.021	1.685	2.021

신뢰도를 높일 경우 case 1에 비하여 시간대별 공급량이 더욱 감소하는 것을 볼 수 있다. 이에 따라 각 신재생에너지원별 용량은 표준편차를 적용하지 않을 경우의 20%가 증가한다.

case 3) 표준편차가 큰 경우 - 신뢰도 99%

신재생에너지원의 데이터 구간범위가 큰 경우 신재생에너지원 출력변동이 심화된다. 이에 따라 신뢰도를 확보하기 위하여 각 에너지원의 용량이 43%가 증가하게 된다.



〈그림 6〉 표준편차를 적용한 공급곡선 III

〈표 3〉 표준편차를 적용한 에너지원 용량 III

발전기 종류	변경전		변경후	
	산정된 용량	산정된 용량	산정된 용량	산정된 용량
풍력발전기	3.092	3.812	3.092	3.812
태양광발전기	1.409	2.866	1.409	2.866
배터리	1.685	2.168	1.685	2.168

신재생에너지원으로 구성된 소규모계통에서 출력변동에 대비한 표준편차를 적용한 결과, 모든 케이스에서 용량이 증가하였다. 표준편차와 신뢰도 수준에 따른 변동으로 전체적인 투자비가 증가하였다. 그러나 기후적 변화에 민감하게 반응하는 신재생에너지원만을 사용하는 경우 필요 부하요구량에 비해 더 많은 예비력을 갖추어야 계통에서 효과적으로 운영될 수 있다.

3. 결 론

신재생에너지원으로 소규모계통을 구성하기 위하여 소규모계통의 부하곡선에 따라서 에너지원별 공급곡선의 특성에 맞게 용량을 산정하였다. 이 때 신재생에너지원의 가장 큰 단점인 출력변동을 보완하기 위하여 표준편차를 이용하여 출력에 대한 신뢰도를 높일 수 있었다. 이는 실험 데이터를 사용하여 운영자가 원하는 계통에 적용이 가능함을 보였다. 소규모계통에서 독립운전을 위한 타에너지원과 배터리에 대한 보다 자세한 연구가 진행 중에 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] Ezzeldin S.Abdin, Wilson Xu, "Control Design and Dynamic Performance Analysis of a Wind Turbine-Induction Generator Unit", IEEE, transaction on Power Systems, Vol. 15, No. 1, pp. 91-96, March, 2000
- [2] Stefan Krauter, "Solar Electric Power Generation", Springer, pp.117-123, 2006
- [3] 김병휘, 차경준, 동경화, 장인홍, 박영선, "공학·자연계를 위한 확률 및 통계", 자유아카데미, 2007
- [4] 박경호, 김건훈, 정현생, "국내외 풍력자원 특성 분석", 태양에너지(Solar Energy) Vol.10, No. 2, pp.3-9, 1990
- [5] 조덕기, 전일수, 이태규, "태양에너지 최적 이용을 위한 Typical Day 산출에 관한 연구, 태양에너지(Solar Energy) Vol. 20. No. 1. pp.21-29, 2000
- [6] 전력거래소 수요예측팀, <http://epsis.kpx.or.kr/epsis>