

제주지역 풍력발전 및 태양광발전의 전력계통 부하기여 분석

명호산^{*,***} · 김형철^{**} · 강남호^{**} · 김영환^{**} · 김세호^{****}

^{*}SK D&D

^{**}한국전력거래소

^{***}제주대학교 전기공학과

Analysis of the Load Contribution of Wind Power and Photovoltaic Power to Power System in Jeju

Ho-San Myung^{*,***} · Hyung-Chyul Kim^{**} · Nam-Ho Kang^{**} · Yeong-Hwan Kim^{**} · Se-Ho Kim^{****}

^{*}SK D&D

^{**}Korea Power Exchange

^{***}Department of Electrical Engineering, Jeju National University

[†]Corresponding author: hosk@jejunu.ac.kr

Abstract

As part of the “Carbon free Island 2030” policy, the local government of Jeju Island is currently working to reduce carbon through renewable energy supply. However, renewable energy is difficult to predict due to intermittent characteristics. If the share of renewable energy increase, it is difficult to plan of supply of electricity to grid due to that characteristic of renewable. In this paper analyze the fluctuation rate and the capacity credit of wind power and PV to find out how much wind power and PV contribute to supply of electricity of power system in Jeju. As a result mean value of variation rate of wind power and PV is about 3%, 5% and capacity credit is about 10% and 2% respectively.

Keywords: 풍력발전(Wind Power), 태양광발전(Photovoltaic Power), 점유율(Penetration), 피크기여도(Peak Load Contribution), 용량신뢰도(Capacity Credit), 스무딩효과(Smoothing Effect), 변동률(Variation Rate), 전력계통(Power System)

1. 서론

신재생에너지의 확장은 빠르게 진행되어, 2012년 이미 덴마크와 독일 그리고 스페인은 신재생설비의 점유율이 각각 49%, 23%, 그리고 32%에 다다랐다. 그리고 EU의 의회는 “Energy Load map 2050”을 제시하고 2030년도까지 EU의 최종에너지의 27%를 신재생 에너지로 생산하고, 2050년 까지 50~80%까지 점유 할 것을 목표로 하고 있다¹⁾.

국내 또한 2030년까지 신재생에너지의 설비용량을 전체 전력설비의 20%까지 끌어올



Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol.38, No.1, pp.13-24, February 2018
<https://doi.org/10.7836/kses.2018.38.1.013>

pISSN: 1598-6411

eISSN: 2508-3562

Received: 31 October 2017

Revised: 18 January 2018

Accepted: 09 February 2018

Copyright © Korean Solar Energy Society

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NonCommercial License which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

리는 로드맵을 제시하며, 신재생에너지의 보급 및 확대를 본격적으로 추진하고 있으며, 제주지역 역시 “Carbon free Island 2030”의 일환으로 2030년까지 제주에서 필요로 하는 전력을 신재생에너지로 100% 충당하는 목표로 신재생에너지 개발에 더욱 힘쓰고 있다²⁾.

이처럼 탄소배출을 줄이고, 에너지 자립도를 높이려는 노력으로 제주지역의 신재생에너지의 점유율은 점차 증가하고 있으며, 특히 풍력발전과 태양광발전의 점유율이 높아지고 있는 실정이다. 하지만 그 수요와 발전설비가 한정되어 있는 제주지역 계통의 특성상 신재생에너지의 간헐적 특성에 의한 발전량 예측의 어려움은 신재생에너지의 확대에 어려움을 줄 것이다.

다시 말해 신재생에너지 발전량 예측의 어려움을 해결하지 못한다면 신재생에너지의 점유율을 높이는 것은 어려운 일이 될 것이다. 하지만 신재생에너지가 설비용량에 따라 부하에 어느 정도 의 기여를 하고 있는지 안다면, 설비용량에 따른 대략적인 발전량의 예측이 가능하고 적정 설치용량 또한 분석이 가능할 것이다.

본 논문에서는 제주지역에서의 2014년부터 2016년까지 실제 시간별 수요데이터와 풍력 및 태양광 발전량 데이터를 사용하여, 풍력발전과 태양광발전의 설비용량 증대에 따라 얼마만큼의 점유율을 가지며, 발전설비로써 제주지역의 부하에 얼마만큼의 기여를 하고 있는지를 알아보기 위하여 피크기여도, 용량신뢰도 그리고 변동률을 분석하였다.

2. 제주지역의 전력설비 및 계통수요 현황

2.1 제주지역 공급설비 현황

2017년 10월 기준 제주지역의 신재생에너지를 제외한 공급설비를 Table 1에 나타내었다. 공급설비용량은 총 990 MW로 HVDC (High Voltage Direct Current, 직류고압송전설비)가 약 40%로 가장 많은 점유율을 차지하고 있으며, 중앙급전발전기로는 기력이 35%, 복합화력 11%, 내연 8%, 가스터빈 6%의 순으로 점유율을 차지하고 있다³⁾.

Table 1 Supply of electricity facility

Facility	Installed capacity (MW)	Capacity rate (%)
HVDC	400	40
Thermal	350	35
Internal combustion	80	8
Gas turbine	55	6
Combine	105	11
Total	990	100

2.2 제주지역 계통수요 현황

Table 2는 2014년부터 2017년 8월까지의 제주지역 총수요량과 첨부부하를 나타낸 것이다. 총 수요량은 2015년, 2016년 대비 각각 약 4.7% 6.7%로 점차 증가하였고, 최대수요도 해마다 증가하는 것으로 나타나고 있다.

Table 2 Demand in Jeju (2014~2017.08)

Year	Demand			
	Product (GWh)	Increasing rate (%)	Peak (kW)	Increasing rate (%)
2014	4,580	-	756,517	-
2015	4,791	4.6	762,266	6.6
2016	5,112	6.7	839,685	10.2
2017.08	3,635	-	921,479	9.7

2.3 제주지역 풍력 및 태양광발전 설치 현황

Table 3은 제주지역의 풍력 및 태양광의 설비용량을 나타낸 것으로, 2017년 8월까지 풍력발전의 설비용량과 태양광발전의 설비용량은 267 MW, 103 MW이다. 풍력발전의 설비용량은 2015년도와 2016년도에 각각 약 62 MW, 52 MW 증가하였으며, 태양광발전의 설비용량은 2015년도와 2016년도에 각각 약 24 MW, 30 MW 증가하였다³⁾.

Table 3 Installed capacity of wind power & PV

Source	2014	2015
Wind power	152 (MW)	216 (MW)
PV	49 (MW)	73 (MW)

현재의 풍력발전과 태양광 설비용량은 약 267 MW, 103 MW 정도의 수준이나, 제주도의 “Carbon free Island 2030” 정책에 의해 향후 풍력발전은 약 2.3 GW 이상, 태양광 1.4 GW 이상의 태양광 설비를 설치할 전망이다²⁾.

3. 제주지역 풍력 및 태양광 발전의 부하기여 현황 분석

풍력 및 태양광 발전의 증대에 따른 영향을 파악하기 위하여 2014년도부터 2016년까지 3년간 제주지역의 실제 수요데이터와 신재생에너지 발전량을 분석하였고, 풍력 및 태양광의 확대가 제주계통에 미치는 영향을 알아보았다. 수요가 가장 높은 시간대인 14시와 15시 그리고 19시부터 21시까지의 수요를 이용하여 피크기여도를 알아보았고, 제주지역의 풍력과 태양광의 발전량 분석을 통하여 출력변동률과 스무딩 효과를 분석하였으며, 풍력발전 및 태양광발전의 출력이 제한되는 사례를 제시하였다.

3.1 풍력 및 태양광의 점유율

Table 4는 2014년부터2016년까지 제주지역에 설치된 풍력발전과 태양광발전의 에너지점유율을 나타낸 것이다. 2016년도 풍력발전과 태양광발전의 점유율은 각각 7.9%, 1.7%로 현재까지 에너지 점유율은 다소 낮은 것으로 보인다. 에너지 점유율은 총 전기 소비량에 대하여 풍력발전에서 생산된 연간 에너지이며, 일반적으로 연간 총 수요의 5% 이하이면 낮은 점유율을, 10% 이상이면 높은 점유율을 의미한다⁴⁾.

Table 4 Penetration ratio of wind power & PV in Jeju_Yearly

Year	Demand (GWh)	Wind power		PV	
		Product (GWh)	Penetration (%)	Product (GWh)	Penetration (%)
2014	4,609	262	5.7	30	0.7
2015	4,822	322	6.7	74	1.5
2016	5,128	405	7.9	89	1.7

Table 5는 풍력 및 태양광발전의 계절별 평균 점유율을 나타낸 것으로, 2015년 겨울과 2016년 겨울 모두 평균 점유율이 10% 이상인 높은 에너지 점유율을 보이며, 설비용량의 증가에 따라 신재생에너지의 에너지 점유율이 점차 높아지고 있음을 알 수 있다.

Table 5 Penetration of wind power & PV in Jeju_Seasonal

Year	Season(month)	Demand (GWh)	Wind power		PV	
			Product (GWh)	Penetration ratio (%)	Product (GWh)	Penetration ratio (%)
2014	Spring (3, 4, 5)	1,145	68.6	6.0	6.8	0.6
	Summer (6, 7, 8)	1,110	38.7	3.5	7.4	0.7
	Fall (9, 10, 11)	1,068	57.9	5.4	11.4	1.1
	Winter (1, 2, 12)	1,284	96.9	7.5	4.8	0.4
2015	Spring (3, 4, 5)	1,195	69.3	5.8	20.8	1.7
	Summer (6, 7, 8)	1,177	44.3	3.8	20.6	1.7
	Fall (9, 10, 11)	1,115	74.9	6.7	20.5	1.8
	Winter (1, 2, 12)	1,333	133.7	10.0	12.3	0.9
2016	Spring (3, 4, 5)	1,219	87.4	7.2	28.1	2.3
	Summer (6, 7, 8)	1,334	49.6	3.7	26.0	1.9
	Fall (9, 10, 11)	1,174	101.5	8.6	18.4	1.6
	Winter (1, 2, 12)	1,398	166.4	11.9	16.7	1.2

3.2 풍력 및 태양광의 피크기여도

제주지역 피크시간대는 다른 지역과는 달리 낮 시간과 저녁시간 두 번으로 나타난다. 낮 시간은 14시부터 15

시 그리고 저녁시간은 19시부터 21시까지로 최대수요시간을 정하고 있으므로, 정해진 피크시간대에 대하여 태양광과 풍력발전의 피크기여도를 산정하였다.

Table 6은 19시부터 21시까지 풍력과 태양광의 피크기여도를 나타낸 것이다. 풍력은 겨울철인 1, 2, 12월에서 10%가 넘는 피크기여도를 보이고, 6, 7, 8월에는 약 3%의 피크기여도를 보이며 계절적인 영향이 많이 나타난다. 저녁시간대이므로 태양광의 피크기여도는 무시한다.

Table 6 Peak load contribution of wind power & PV (19 h~21 h) (Unit : %)

Month	2014		2015		2016	
	Wind power	PV	Wind power	PV	Wind power	PV
Jan.	9.7	0.0	9.3	0	5.9	0
Feb.	11.6	0.0	8.9	0	6.1	0
Mar.	8.1	0.0	4.9	0	7.2	0
Apr.	5.6	0.0	5.2	0	4.7	0
May.	4.7	0.0	4.2	0	4.3	0
Jun.	3.6	0.0	3.1	0	2.0	0
Jul.	3.3	0.2	4.0	0.2	2.6	0.1
Aug.	3.4	0.1	3.1	0.1	3.7	0
Sep.	4.2	0.0	5.1	0.0	3.6	0
Oct.	8.8	0.0	5.5	0.0	5.3	0
Nov.	11.6	0.0	6.6	0.0	5.5	0
Dec.	13.9	0.0	8.3	0.0	7.8	0

Table 7 Peak Load Contribution of Wind Power & PV (14 h~15 h) (Unit : %)

Month	2014		2015		2016	
	Wind Power	PV	Wind Power	PV	Wind Power	PV
Jan.	10.6	2.9	11.2	3.3	8.2	0.9
Feb.	14.4	5.8	11.2	3.7	7.2	0.9
Mar.	9.7	7.1	6.4	5.2	8.7	1.5
Apr.	7.3	6.8	4.8	4.8	6.5	1.8
May.	4.3	7.1	3.7	6.6	5.8	2.3
Jun.	4.8	4.3	3.5	4.2	2.8	1.9
Jul.	4.4	4.4	4.7	4.8	3.1	1.6
Aug.	4.8	5.4	3.3	4.5	4.6	1.7
Sep.	4.8	4.6	5.4	5.9	3.8	2.6
Oct.	9.1	4.1	7.5	7.5	7.1	3.8
Nov.	11.8	5.5	8.1	3.3	6.2	3.6
Dec.	12.9	5.1	10.2	3.6	9.5	2.5

Table 7은 제주지역의 낮 피크시간 대인 14시부터 15시까지 풍력과 태양광의 피크기여도를 나타낸 것이다. 풍력

은 저녁피크 시간대와 마찬가지로 계절별 영향이 많이 나타나는 것으로 나타난다. 태양광의 경우 낮 시간의 피크 기여도의 경우 3월과 5월에 7% 이상의 피크기여도를 보이고 있으나, 풍력에 비해 낮은 피크기여도를 보이고 있다.

Fig. 1은 풍력발전과 태양광발전의 연간 피크기여도를 나타내고 있다. 풍력은 2014년 5.51%에서 2016년 7.81%로 증가하였고, 태양광발전의 피크기여도는 1.05%에서 2016년도 2.64%로 증가하였다.

현재 피크기여도는 전력수급계획에서 공급설비를 계획하는데 있어서 지표로 사용되고 있으며, 정확한 피크 기여도의 분석을 통하여 공급설비 계획 시 과도한 전력설비 산정으로 인한 불필요한 투자를 막을 수 있을 것이다.

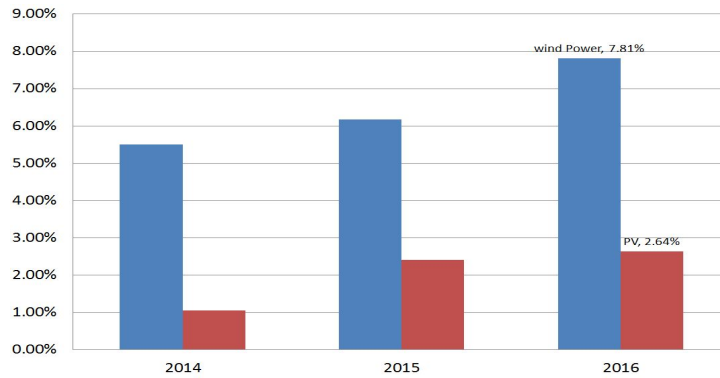


Fig. 1 Trend of yearly peak contribution

3.3 풍력 및 태양광의 용량신뢰도(Capacity Credit)

해외에서는 용량신뢰도(Capacity Credit)로 발전설비의 공급신뢰도를 판단하고 있다. Table 8은 해외 전력 회사들은 용량신뢰도 산출방법 중 시간대별 기법을 이용하여 신재생 에너지의 기여도를 평가하는 방법을 나타 낸 것이다. 시간대별 기법은 다양한 시구간에 대하여 계산할 수 있기 때문에 적절한 시구간을 설정하는 것이 용량신뢰도의 산정에 있어서 가장 중요하다⁴⁾.

용량신뢰도를 산정하기 위하여 제주지역의 피크시간대인 14시부터 15시 그리고 19시부터 21시까지를 피크 시간대를 선정하였고, 2014년부터 2016년도까지의 실적을 기준으로 이용하여 용량신뢰도를 산정하였다.

$$\text{용량신뢰도}(\%) = \frac{\text{피크시간대의 신재생에너지의 평균출력}(kW)}{\text{신재생에너지의 설비용량}(kW)} \times 100 \quad (1)$$

Table 9는 연도별 풍력발전의 용량신뢰도를 나타낸 것이다. 풍력발전의 경우 계절별로 차이를 보이고 있으며, 이용률(CF)이 높은 겨울철의 신뢰도가 가장 높은 것으로 나타나고 있다. 풍력과 태양광 모두 해마다 용량신뢰도가 증가하고 있으며, 현재 태양광발전의 용량신뢰도는 약 2%정도이고, 풍력발전의 용량신뢰도는 약 7% 정도로 나타나고 있다.

Table 8 Method of estimation for capacity credit

Power company	Method
ERCOT	Peak period (16:00~18:00, July~ Aug.)
PJM	Peak period (15:00~19:00, July~ Aug.)
MAPP	Montly peak time : standard 4 hour
Idaho power	16:00~20:00, July
PSE and Avista	20% Rated capacity or 2/3 of capacity rate in January
SPP	Top10 of montly load

Table 9 Capacity credit of wind power & PV

(Unit:%)

Source	Season (month)	2014		2015		2016	
		Credit	CF	Credit	CF	Credit	CF
Wind power	Spring (3, 4, 5)	5.4	20.4	5.2	19.8	6.4	18
	Summer (6, 7, 8)	3.1	11.5	3.3	9.2	3.3	10.3
	Fall (9, 10, 11)	4.6	17.4	5.7	15.7	6.6	17.2
	Winter (1, 2, 12)	8.1	30.5	10	38.2	11.1	36.1
PV	Spring (3, 4, 5)	0.5	6.2	1.6	12.8	2.1	12.3
	Summer (6, 7, 8)	0.6	16.9	1.6	12.8	1.7	11.4
	Fall (9, 10, 11)	0.9	10.7	1.6	12.9	1.2	8.2
	Winter (1, 2, 12)	0.5	5.3	1.0	7.9	1.1	7.6

신재생에너지는 자연에너지에 의존하여 중앙급전발전기와는 달리 최대수요 시 설비용량만큼의 출력을 낼 수 가 없어 이를 예비력으로 산정하기에는 어려움이 많다. 그러나 신재생에너지가 최대수요 시 얼마만큼 기여를 하고 있는지를 나타내는 용량신뢰도가 분석이 된다면 예비력을 산정하는데 도움이 될 것이다⁵⁾.

3.4 풍력 및 태양광의 출력변동률

신재생에너지의 간헐성은 점유율이 높아질수록 계통의 안정적인 운영을 위하여 더욱 고려되어야 하는 대상이다. 간헐적인 에너지원에 의하여 출력이 급격히 감소하거나 증가한다면 기존의 발전기를 통하여 출력변동에 대한 대응을 해야 한다. 하지만 신재생에너지의 변동률에 대한 정확한 예측이 어렵기 때문에 계통의 운영에 어려움이 발생할 수 있다.

$$\text{출력변동률 (\%)} = \frac{\text{현재시간출력 (kW)} - \text{전시간의출력 (kW)}}{\text{설비용량 (kW)}} \times 100 \quad (2)$$

Table 10은 3년 동안의 제주 전체와 각 지역별 최대 상·하향 출력변동률을 나타낸 것으로, 지역별로 각기 다른 최대 상·하향 출력변동률을 보이고 있다.

Table 10 Peak Variation Rate of Wind Power In Jeju_2014-2016

Year	Variation	North East		West		South East		Total	
		Rate (%)	Variation (MW)	Rate (%)	Variation (MW)	Rate (%)	Variation (MW)	Rate (%)	Variation (MW)
'14	Upward	51	20	29	15	50	38	16	49
	Downward	64	16	63	16	56	37	18	43
'15	Upward	68	30	53	14	50	56	36	64
	Downward	52	31	57	13	57	49	41	79
'16	Upward	30	36	82	36	48	56	32	86
	Downward	39	29	54	22	58	47	35	76

Fig. 2는 출력변동률의 빈도를 나타낸 것이다. 대부분의 변동률이 0~10% 사이에 들어있으며, Table 10에 나타나는 최대 상·하향 출력변동률이 나타나는 빈도는 매우 적다.

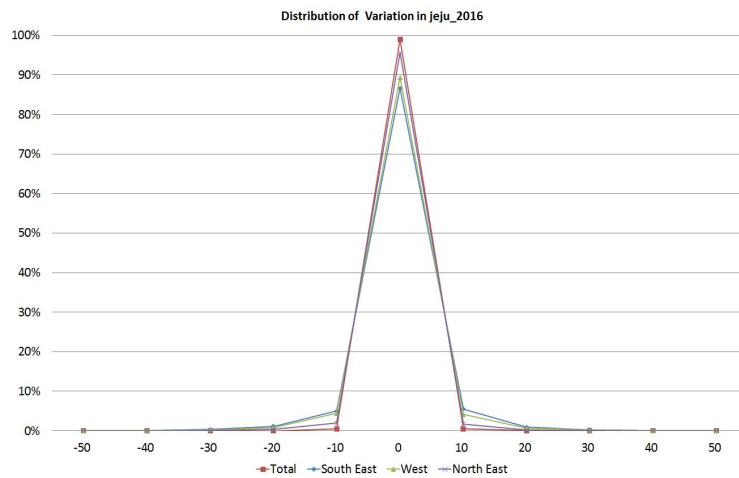


Fig. 2 Distribution variation of wind power

Table 11 Mean variation rate of wind power in Jeju_2014-2016

(Unit : %)

Year	Variation	North East	West	South East	Total
'14	Upward	7.0	8.6	7.5	4.8
	Downward	-3.7	-5.1	-4.8	-2.3
'15	Upward	5.0	5.1	4.8	3.7
	Downward	-4.6	-4.7	-4.6	-3.6
'16	Upward	2.5	4.5	4.6	2.7
	Downward	-2.7	-4.2	-4.7	-2.7

따라서 위의 변동률 분포를 반영하여 3개년간의 제주 지역별 연도별 변동률의 평균치를 구해보면 Table 11 과 같이 변동률이 현저히 떨어지는 것을 볼 수 있다. Fig. 3에서 보면 풍력발전단지가 지형적으로 넓게 퍼져있는

경우, 지역별로 변동률이 서로 상쇄되어 변동률의 작아지는 것을 볼 수 있는데 이를 “스무딩 효과”라고 하며, 풍력발전의 계통 연계 시 과도한 예비력이 산정되는 것을 피하기 위해 이러한 효과를 분석하기도 한다.

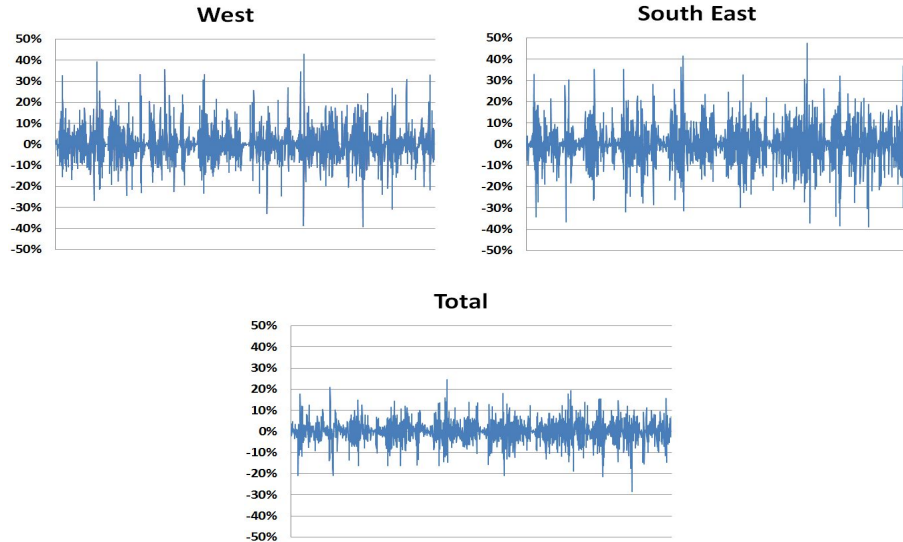


Fig. 3 Smoothing effect

Table 12는 3년간의 제주지역의 연도별 풍력발전과 태양광발전의 변동률을 나타낸 것이다. 2014년부터 2016년까지의 풍력 및 태양광의 설비용량의 증대에 의한 변동률 변화는 크게 없으나, 풍력과 태양광의 발전량이 합쳐지며 변동률이 감소하여 풍력발전과 태양광발전 간의 스무딩 효과를 볼 수 있다.

Table 12 variation rate of wind power & PV

(Unit:%)

Source	2014	2015	2016
Wind (upward / downward)	32/28	30/37	32/28
PV (upward / downward)	28/31	28/30	32/28
Wind+PV (upward / downward)	25/22	21/27	23/20

풍력발전의 출력변동뿐만 아니라 태양에너지를 이용하는 태양광발전 또한 날씨에 의한 출력의 급감 혹은 급증으로 계통 운영에 어려움을 주기도 한다.

Fig. 4는 태양광발전의 일일 시간당 평균 발전량을 나타낸 것으로, 일몰 시 태양광발전의 출력이 급감하고, 정오가 가까운 시간대에 출력이 급증함을 알 수 있다. 특히 급격한 감소는 15시와 일몰시간대인 17시에 발생하고 급격한 증가는 10시와 13시에 발생하며, 최대 30% 전후의 변동률로 나타난다. 하지만 이렇게 출력이 급격히 변하여 변동률이 커지는 빈도 극히 적다. Fig. 5에서 보듯이 대부분의 변동률은 상·하향으로 0%~10%에 몰려 있는 것을 알 수 있다.

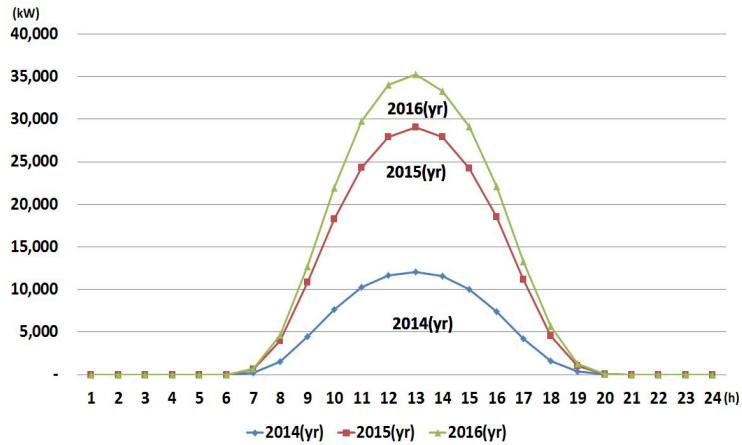


Fig. 4 Total accumulated PV_2014-2016

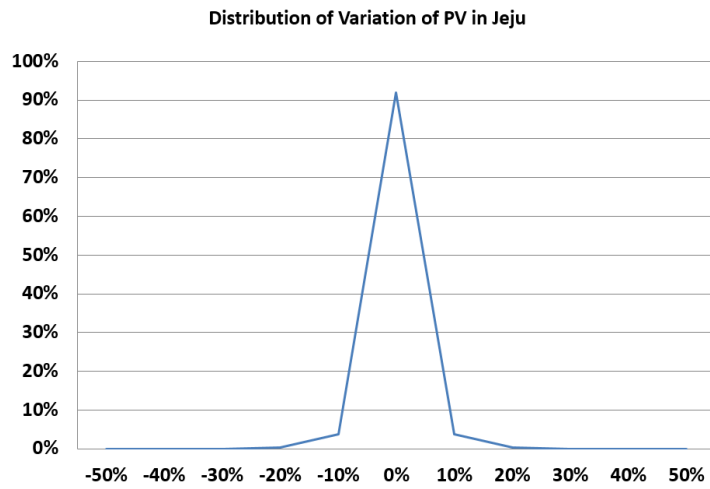


Fig. 5 Distribution of variation of PV

Table 13은 3년간 제주지역 태양광발전의 평균 변동률을 나타낸 것이다. 2016년 평균 변동률은 5~6% 정도로 나타나고 있으며, 3개년도의 변동률을 살펴보았을 때 계절별 혹은 설비용량 증가에 따른 변동률의 증감은 뚜렷하게 나타나지 않고 있다.

Table 13 Variation rate of PV in Jeju

(Unit : %)

Year	Variation	Spring (3, 4, 5)	Summer (6, 7, 8)	Fall (9, 10, 11)	Winter (1, 2, 12)
'14	Upward	3.2	3.4	5.0	2.1
	Downward	3.1	-3.2	-6.4	-1.9
'15	Upward	5.1	6.7	5.6	7.4
	Downward	-5.0	-2.8	-5.7	-7.6
'16	Upward	6.3	5.2	4.9	5.2
	Downward	-6.1	-4.9	-4.9	-5.0

10시에서 13시까지의 시간대에서는 출력이 급격히 증가하는 만큼 태양광 설비용량의 변동량 만큼을 감발할 수 있는 발전설비가 필요할 것이며, 여의치 않을 경우 태양광발전의 출력제한을 고려해야 할 것이다. 반대로 출력이 급격히 감소하는 15시부터 17시 사이에는 급격히 감소하는 출력에 대하여 일정이상의 예비력을 확보하여 즉시 응동 가능한 공급설비를 확보해야 할 것이다.

3.5 풍력발전 및 태양광발전의 출력제한

신재생에너지의 점유율이 급격히 증가하게 되면 전력수급의 불균형으로 인하여 신재생에너지의 출력을 더 이상 계통이 수용하지 못하는 경우가 발생한다. 이러한 경우 발전하고 있는 발전기의 출력을 제한하는 경우가 발생하게 된다.

제주지역의 출력제한은 경부하 혹은 풍력발전의 출력이 부하에 비하여 큰 경우 출력제한을 실시하고 있고, 태양광발전의 출력이 급증하는 경우 출력제한 또한 고려하고 있다.

Table 14는 제주지역의 발전설비들이 최소발전운전을 하였지만 풍력발전의 발전량이 너무 많거나, 수요가 적어 한국전력거래소(KPX) 제주지사에서 급전지시를 통하여 풍력발전의 출력을 제한 시켰던 기록이다. 현재 풍력 및 태양광의 점유율이 높지 않은 상황에서도 출력의 제한이 발생하고 있다. 출력제한은 특히 풍력발전의 발전량이 높고, 수요가 낮은 새벽시간에 주로 발생하였으나, 태양광의 설비용량 증가로 인하여 낮에도 풍력발전의 출력의 제한이 발생하고 있다. 향후 풍력발전과 태양광발전의 설비용량이 점차 증가할 경우 이러한 출력의 제한의 빈도가 더욱 많아질 것이다. 계통운영의 어려움을 해결하기 위하여 전력수요뿐만 아니라 풍력발전과 태양광발전의 발전량 예측의 정확도 및 신뢰도를 높여 이처럼 출력이 제한되는 상황에 대비를 해야 한다.

Table 14 History of limit of wind power record by KPX

Year	Date			Count
2015	08. 25.01:00~06:00	10. 02. 01:00~05:00	10. 11. 02:00~05:00	3
2016	04. 17. 13:00~14:00	05. 16. 01:00~06:00	10. 29. 01:35~04:30	6
	11. 01. 02:15~15:48	11. 08. 3:49~04:14	11. 05. 02:50~04:50	
	03. 21. 12:15~15:10	04. 01. 14:30~16:10	04. 14. 11:25~13:16	
2017	05. 26.11:51~14:45	09. 11. 02:30~06:00	09. 16. 03:00~05:00	8
	10. 13. 02:00~04:40	10. 16. 02:30~04:30		

4. 결론

2014년부터 2016년까지 제주지역의 실제 수요데이터와 신재생에너지인 풍력 및 태양광 발전을 분석하여, 풍력 및 태양광발전의 점유율이 증가할 경우 부하에 대한 기여도 및 신뢰도가 어떻게 변하고 있는지를 알아보았다.

풍력발전과 태양광발전이 제주계통에서 차지하고 있는 에너지 점유율은 각각 8%와 2%이며, 설비용량의 증

대로 인하여 연도별로 점유율이 올라가고 있다. 하지만 피크기여도는 신재생에너지원의 간헐적인 특징으로 인하여 풍력발전은 바람이 좋은 겨울철에만 10% 이상, 태양광은 평균 2% 수준으로 현재까지는 그 기여도가 미미한 수준이지만 설비용량이 늘어날수록 증가하는 추세를 보이고 있다. 용량신뢰도의 경우 풍력발전은 8~10%, 태양광발전은 1~2%로 나타나고 있으나, 설비용량이 증가에 따른 변동을 보이고 있어, 보다 정확한 용량신뢰도의 확보를 위해서는 향후 추가적인 분석이 필요할 것으로 보인다. 변동률의 경우에는 풍력발전과 태양광발전 모두 시간당 최대 상·하향 변동률이 30% 정도로 나타나고 있고, 평균변동률은 각각 약 3%와 5%로 나타난다.

현재 제주지역은 전력공급과잉으로 인하여 새벽시간에 풍력발전에 급전지시를 내려 출력을 제한시키는 사례가 몇 차례 발생하였다. 그리고 이와 같이 계속해서 신재생에너지의 발전량 예측이 어렵다면, 신재생에너지의 설비용량 및 점유율의 증가할수록 더 많은 출력제한 사례가 발생할 것이다. 하지만 피크기여도, 용량신뢰도 및 변동률 분석을 통하여 신재생에너지가 월별로 어느 정도의 전력공급을 일정하게 해줄 수 있는지를 예측할 수 있다면, 전략적인 공급계획의 수립을 통하여 보다 안정적인 전력공급설비로서 제주지역의 전력공급에 보다 많은 기여를 할 수 있을 것이라고 사료된다.

후기

이 논문은 제주대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음(This was supported by the research grant of the Jeju National University).

REFERENCES

1. Analyzing major challenges of wind and solar variability in power system, Falko Ueckerdt, physics Faculty Publication, 2015.
2. Jeju Special Self-Governing Province, Carbon Free Island Jeju by 2030, 2012.
3. Electricity Market Operation Report_2017.08_KPX.
4. Power System Requirements for Wind Power, Hannele Holttinen and Ritava Hirvonen, Wind power in Power systems, 2005.
5. Reliability Assessment of Renewable Energy_KSNRE, The 2006 Spring Conference pp.339~342_Yang, Min-Seung.