

한경 풍력발전설비의 전력 수급 기여도 분석

강지윤*, 김세호**

*제주대학교 **전기에너지연구센터, 제주대학교

Contribution Analysis of Electric Power Supply on Jeju Han-Kyung Wind Power Plants

Jee-Yoon Kang*, Se-Ho Kim**

*Cheju National Univ, **Research Center for Electric Energy, Cheju National Univ.

Abstract - Construction of wind power plant is rapidly increasing since Jeju is known as the most suitable regarding wind power plants in Korea. But implementing wind power generation inevitably introduces new challenges due to its intermittent nature. In the paper, it is introduced the influence analysis and Han-Kyung wind power plants contribution on Jeju power system.

1. 서 론

2007년 12월 한경풍력 2단계(설비용량 3MW급 5기)가 준동됨에 따라 제주지역에서는 총 34MW 풍력발전설비가 운영되고 있다. 현재까지의 풍력설비허가용량은 97MW이며 제3차 전력수급계획에 의해 2011년까지 192MW가 건설될 예정이다. 취약한 제주계통에 풍력설비용량이 크게 증가함으로써 풍력설비의 출력변동 특성 및 제주계통에 미치는 영향을 분석할 필요성이 크게 대두되고 있으며, 영향 분석을 통하여 제주계통의 안정운영기준을 마련하여야 할 것이다. 본 연구에서는 한경 풍력발전설비의 출력변동 특성과 제주계통의 기여도를 분석하고, 앞으로 증설 될 해상풍력단지가 제주 전력계통에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1 한경 풍력설비의 변동률 분석

한경 풍력설비는 1단계 1.5MW급 4기와 2단계 3MW급 5기, 총 21MW가 운영 중에 있으며, 제3차 전력수급계획에 의하여 2011년까지 한경 두모리~판포리해안에 해상풍력설비가 30MW가 들어설 예정이다.

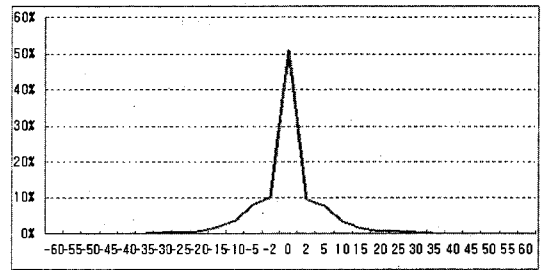
2.1.1 1시간주기 변동률

2007년 1월부터 2008년 9월까지 한경 풍력설비에 대하여 시간당 출력 변동률을 분석하였다. 그림 1에서 나타나듯이 총 15167시간 중 7727시간(50.94%)이 설비용량대비 ±2% 이내 출력변동범위를 보였으며 변동률이 ±60%가 넘는 사례는 9건이었는데 이 중 2007년 9월 13일 1시에 -66.99%(4.02MW)가 최대 변동률로 나타났다. 표 1에서 같은 날의 고산의 풍속변화를 보면 풍속이 4.4%에서 2.3%로 감소했다. 또한 2008년 4월 28일에는 58.49%(12.28MW)의 변동률이 나타났으며 1시간 단위로 서서히 풍속이 증가하였음을 표 1에서 볼 수 있다. 이렇듯 풍속이 급격히 변화하는 경우를 대비하여 풍력발전기의 1시간단위 출력변동은 설비대비 최대 70%까지 고려해야 할 것으로 판단된다.

2.1.2 2초, 1분, 10분주기 변동률

1시간 단위의 출력 변동률이 최대인 날의 2초, 1분, 10분주기 변동률을 분석하였다. 2008년 4월 28일 8시를 사

이로 58.49%의 변동률을 보였는데 이 날의 2초 변동률과 1분 변동률, 10분 변동률을 그림 2에 나타내었다. 2초주기인 경우 91.0%가 ±1% 이내의 출력변동률을 보였으며, 1분주기인 경우 69.8%가 ±1%, 10분주기는 51.0%가 ±1% 이내의 출력변동률을 보였다. 표 2에서 2초주기의 최대변동률은 9시36분54초에 11.08%이며 1분주기의 최대변동률은 6시 6분에 13.24%, 10분주기는 30.76%의 변동률을 나타냈다. 각 주기의 최대변동률을 고려하여 한경풍력설비의 출력변동은 설비용량대비 2초 15%, 1분 20%, 10분은 40%까지 고려해야 할 것으로 판단된다.

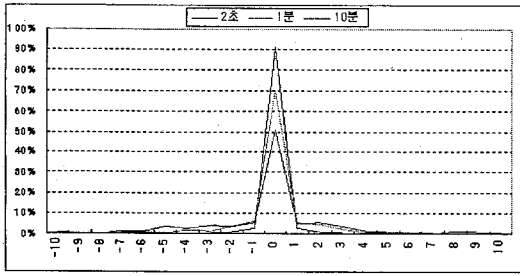


변동률분포	횟수	%	변동률분포	횟수	%
-60	4	0.03	60	5	0.03
-55	1	0.01	55	4	0.03
-50	2	0.01	50	5	0.03
-45	9	0.06	45	13	0.09
-40	8	0.05	40	14	0.09
-35	16	0.11	35	22	0.15
-30	28	0.18	30	44	0.29
-25	67	0.44	25	74	0.49
-20	112	0.74	20	107	0.71
-15	273	1.80	15	242	1.60
-10	526	3.47	10	503	3.32
-5	1227	8.09	5	1173	7.73
-2	1519	10.01	2	1442	9.51
0	7727	50.94	-70~70	15167	100

그림 1. 2007.01~2008.09월 시간주기 한경 풍력발전량 변동률(%)

표 1. 2007.01~2008.09월 시간주기 최대변동 시 풍속 변화

날짜	시간	발전량(MWh)	변동량(MW)	변동률(%)	고산풍속(%)
20070913	1	4.95	-4.02	-66.99	4.4
20070913	2	0.93	-0.29	-4.91	2.3
20070401	9	5.17	-3.20	-53.40	8.1
20070401	10	1.96	0.13	2.25	1.6
20070401	18	5.61	-3.19	-53.12	8.4
20070401	19	2.42	-0.29	-4.90	3.8
20080428	7	1.76	-0.31	-1.48	3.4
20080428	8	1.45	12.28	58.49	7.9
20080428	9	13.73	-1.40	-6.64	9.3
20070217	13	0.80	3.49	58.23	1.8
20070217	14	4.29	1.36	22.65	5.1
20070315	5	0.86	3.43	57.21	1.6
20070315	6	4.29	1.60	26.64	5.0



	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2초	36	76	171	321	1176	36838	1157	390	175	76	30
	0.1%	0.2%	0.4%	0.8%	2.9%	91.0%	2.9%	1.0%	0.4%	0.2%	0.1%
1분	9	25	22	50	91	1005	80	65	30	7	13
	0.6%	1.7%	1.5%	3.3%	6.3%	69.8%	5.6%	4.5%	2.1%	0.9%	0.9%
10분	5	4	6	5	8	73	7	8	5	2	1
	3.5%	2.8%	4.2%	3.5%	5.6%	51.0%	4.9%	5.6%	3.5%	1.4%	0.7%

그림 2 2008년 4월 28일 변동률

표 2 2008년 4월 28일 최대변동률

	날짜	시간	발전량	변동량	변동률
2초	20080428	92344	15.16	-2.10	-9.98
	20080428	93654	12.28	2.33	11.08
	20080428	93910	12.91	1.94	9.24
	20080428	95800	16.05	-1.84	-8.75
1분	20080428	0606	8.15	2.78	13.24
	20080428	0935	14.69	-2.24	-10.69
	20080428	0936	12.45	2.61	12.45
	20080428	1043	9.01	-2.22	-10.56
10분	20080428	0600	6.57	4.35	20.70
	20080428	0620	9.54	-4.22	-20.10
	20080428	0850	4.76	6.46	30.76
	20080428	1110	8.24	-4.33	-20.63

2.1.3 환경 2단계 증설 전후 변동률비교

2007년 11월 21일에 3MW급 환경풍력 8호기가 운영이 시작하였으며 12월 24일에 환경 2단계의 나머지 3MW급 5,6,7,9호기가 운영을 시작하여 총 21MW로 증설되었으며 이에 따라 2007년 1~9월과 2008년 1~9월까지 풍력변동률을 분석하였다.

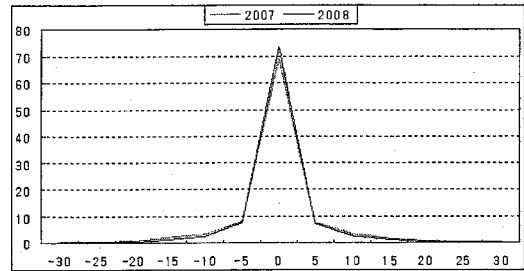
표 3에서 증설 전인 환경풍력 1단계와 2단계 증설 후의 발전량의 각 월별 변화량의 누적 분을 모두 합하고 2007년에는 6MW, 2008년에는 21MW로 나누어 1MW당 변동량을 계산하고 시간당 평균변동량을 구하였다. 2007년의 총 변동량은 181.3MW이며 1MW당 변동량은 302MW로 나타났으며 2008년에는 총 변동량은 553.2MW이며 1MW당 변동량은 263MW로 분석되었다. 07년도와 08년도의 시간당 변동량은 0.046MW와 0.041MW로 나타났으며 설비 증설 후 11.5%의 평균변동량이 감소하였음을 알 수 있다.

표 3. 2007, 2008년 1월~9월 변동량 비교

	2007년	2008년
1월	275	716
2월	249	615
3월	284	495
4월	167	553
5월	177	571
6월	132	577
7월	118	470
8월	174	707
9월	237	827
총계	1813	5532
1MW당 변동량	302	263
평균변동량(시간)	0.046	0.041

그림 3은 2007년 1월~9월, 2008년 1월~9월까지의 시간 주기 변동률을 비교한 것이다. 2007년인 경우 6432시간 중 4460시간(69.3%)이 ±5%이내로 변동하였고 2008년에는 6527시간 중 4801시간(73.5%)이 ±5%이내의 변동률을 보여주고 있다. 2008년 환경2단계 증설이후에 변동률 변

화가 ±5%인 경우에 5.7%증가하였음을 알 수 있다.



	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
2007	14	31	53	123	246	517	4460	490	228	108	53	31	21
	0.2	0.5	0.8	1.9	3.8	8.0	69.3	7.6	3.5	1.7	0.8	0.5	0.3
2008	12	26	36	92	192	497	4801	491	180	88	30	34	16
	0.2	0.4	0.6	1.4	2.9	7.6	73.5	7.5	2.8	1.3	0.5	0.5	0.2

그림 3. 2007, 2008년 1월~9월 변동률 비교

2.2 환경 풍력설비의 제주계통의 기여도 분석

환경 풍력이 제주계통에 기여하는 정도를 파악하기 위하여 2006년 1월~2008년 9월까지의 제주계통수요량과 환경풍력발전량을 비교하였다. 또한 2007년 환경2단계 증설이후 기여도의 변화를 분석하여 해상 풍력 30MW가 증설되었을 때의 기여도를 판단한다.

2.2.1 제주계통의 전력수요량

2006년에서 2008년까지 제주계통의 전력수요량은 꾸준히 증가하였다. 특히 겨울철과 여름철에 냉난방설비의 이용이 증가하여 전력수요량도 증가하였다. 표 4는 2006.01~2008.09월까지의 월별 전력수요량을 나타낸 것이다.

표 4. 2006.01~2008.09까지 제주계통의 월별 전력수요량(MWh)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	총계
2006	372	377	358	342	324	328	365	411	338	337	356	382	4287
2007	403	387	362	368	356	352	366	436	353	352	380	397	4552
2008	424	426	363	376	357	355	426	425	383	-	-	-	3535

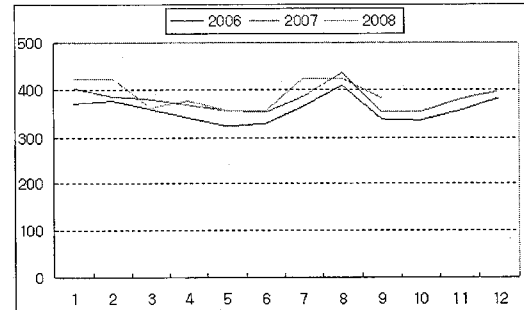


그림 4. 2006.01~2008.09까지의 제주계통의 월별 전력수요량(MWh)

2.2.2 환경 풍력설비 발전량

제주도는 지역특성상 겨울철에 바람이 많이 불며, 9월에 태풍이 북상하면서 바람이 세게 부는 날이 있어 풍력발전량도 증가한다. 표 5에서 2007년 12월 증설 후 풍력발전량이 전년 대비 2배 이상 증가하였으며, 1월과 2월에는 3배 이상이 증가되었다.

표 5. 2006.01~2008.09까지의 환경 풍력설비발전량(MWh)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	총계
2006	3.0	3.6	2.5	2.7	1.7	1.3	1.6	0.8	2.4	1.3	3.1	2.8	27
2007	3.1	2.6	2.6	1.8	1.5	1.0	0.8	1.5	1.7	1.2	3.3	5.9	27
2008	9.8	9.1	5.4	3.6	3.4	3.0	2.9	2.9	3.8	-	-	-	44

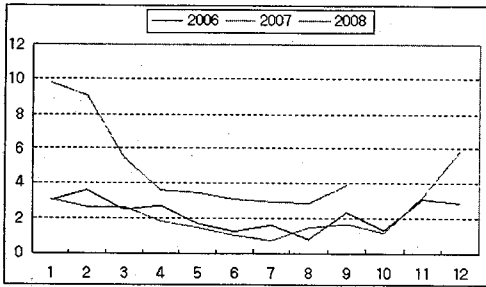


그림 5. 2006.01~2008.09까지의 한경 풍력설비발전량(MWh)

2.2.3 한경 풍력 설비이용률

한경풍력 2단계가 증설된 후 풍력 설비이용률이 얼마나 변화하였는지 알아보았다. 표 6은 풍력설비의 설비이용률을 나타낸 것이며 이는 정격용량과 풍력발전량의 비로 구할 수 있다. 한경 2단계가 증설 전보다 증설 후의 설비이용률이 떨어진 이유는 전년대비 평균풍량(6.5→5.3%)이 줄어들었으며, 한경 2단계 준공 직후 초기가압 운전등으로 추가된 발전기가 정출력운전을 하지 못했다.

표 6. 2006.01~2008.09월까지 한경 풍력설비이용률(%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1~9월	1~12월
2006	51	60	41	45	28	21	27	14	40	22	52	47	36	37
2007	51	44	44	30	24	17	13	25	28	19	54	65	30	34
2008	47	43	26	17	16	15	14	14	18	-	-	-	24	-

2.2.4 제주계통 기여도

한경2단계 준공에 따라 풍력설비용량이 6MW에서 21MW로 증가되면서 한경풍력의 제주계통의 전력수급 기여도를 분석하여 보았다. 표 7은 2006.01~2008.09까지의 한경 풍력의 제주계통 기여도를 나타낸 것이다. 기여도는 풍력발전량과 전력수요량의 비로 나타내며, 발전량이 많은 겨울철에 기여도가 높다. 특히 증설 후에는 2.3%까지 증가하였으며, 여름철에도 2배 이상 기여도가 증가하였다.

표 7. 2006.01~2008.09까지의 한경풍력의 제주계통 기여도(%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	총계
2006	0.82	0.95	0.69	0.79	0.52	0.39	0.45	0.20	0.70	0.39	0.87	0.74	0.62
2007	0.76	0.68	0.68	0.49	0.41	0.29	0.20	0.34	0.47	0.33	0.86	1.48	0.59
2008	2.31	2.13	1.48	0.95	0.96	0.86	0.68	0.68	1.00	-	-	-	1.24

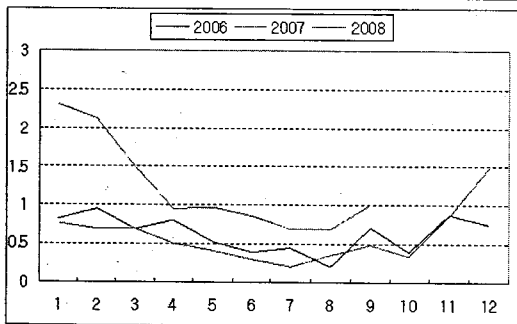


그림 6. 2006.01~2008.09까지의 한경풍력의 제주계통 기여도(%)

2.2.5 2011년 이후 기여도 예측

2011년 제3차 전력수급계획에 따르면 30MW가 한경 해안에 증설될 예정이다. 한경 2단계 증설 후 정격용량이 6MW에서 21MW로 3.5배 증가하였고, 제주계통의 기여도가 증설 전보다 2.1배가 증가했다. 이에 따라 한경 해상 30MW가 더 증설되면 정격용량이 2.9배 증가하고, 제주계통의 기여도는 1.74배가 증가 할 것으로 예상된다. 그럴 경우 2008년 1월~9월까지 기여도가 1.24%일 경우 한경 해상이 증설된 후에는 기여도가 2.16%까지 증가 할 것

로 예상할 수 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 2007년 1월~2008년 9월까지의 한경 풍력단지의 풍력설비의 변동 특성 분석과 제주계통의 기여도를 알아보고 2011년 이후에 한경 해상 30MW급 풍력설비가 증설되었을 경우의 기여도를 분석하였다. 풍력설비의 급작스러운 출력변동특성은 제주계통과 같은 소규모 전력계통에 미치는 영향이 매우 크므로 발생확률이 지극히 낮다 하더라도 그 발생 가능성에 관심을 가질 필요가 있다.

또한, 현재 설치 운영 중인 한경의 풍력단지의 증설 전후를 비교해본 결과 증설 후 제주계통의 기여도가 증설 전보다 2.1배가 증가했으며, 한경 해상 30MW가 증설되었을 경우에 1.7배가 증가 할 것으로 예상되었다.

본 연구는 전력산업 연구개발사업으로 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김영환, "제주풍력 전망 및 계통영향 분석", 2008년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2008.7.16 - 18
- [2] 한국전력거래소, "신재생에너지 전원접속에 따른 계통영향 분석 및 운영방안 연구", 2006.10
- [3] 우현철, "제주 풍력발전특성 및 계통영향분석", 2008년도 합동학술발표회논문집, 2008.8.29