

제주풍력 전망 및 계통영향 분석

김영환*, 강지윤**, 변군익***, 우현철**, 김건훈****, 김세호**
 전력거래소*, 제주대학교**, 한국전력***, 에너지기술연구원****

Prospect and Influence Analysis of Jeju Wind Power System

Yeong-Hwan Kim*, Jee-Yoon Kang**, Kun-Ik Byeon***, Hyun-Chul Woo**, Gun-Hoon Kim****, Se-Ho Kim**
 Korean Power Exchange*, Cheju University**, KEPCO**, KIER****

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 prospect of wind plant construction and influence analysis in Jeju power system.

1. 서 론

풍부한 바람자원의 영향으로 제주지역의 풍력발전건설 및 허가신청이 급증하고 있으며, 최근 2007년 12월에 총 설비용량 15MW의 한경풍력2단계가 준공되어 현재 제주지역에서 운영중인 풍력발전설비 현황은 4개 지역에 총 34MW가 운영되고 있다. 취약한 제주계통에 풍력설비용량이 증가함으로써 풍력설비의 출력변동 특성 및 제주계통에 미치는 영향을 분석할 필요성이 크게 대두되고 있으며 영향분석을 통하여 제주계통의 안정운영기준을 마련하여야 할 것이다. 본 연구에서는 제주지역에 건설이 예정되어 있는 풍력발전의 전망과 제주계통에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 본 론

2.1 제주지역 풍력발전단지 출력변동 특성 분석

2.1.1 제주지역 풍력설비 전망

현재 제주에서 운영중이거나 건설중인 풍력발전설비 및 건설의향을 포함한 총 풍력발전설비 건설전망은 <그림 1>과 같다.



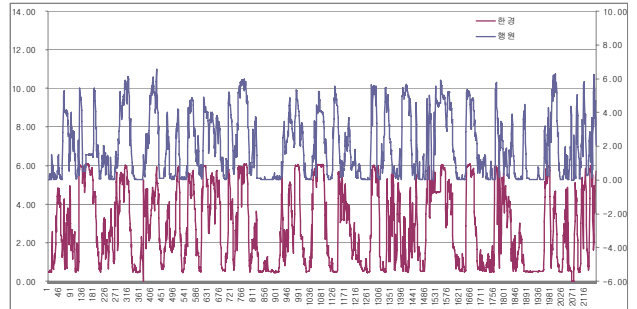
<그림 1> 풍력설비 건설전망

2.1.2 Smoothing 효과

2007년도 1월부터 12월까지의 시간단위 발전량으로부터 제주지역의 동서 양단으로 분산되어 있는 행원, 한경 풍력단지 간 Smoothing 효과를 검토하여 그 중 일부구간을 그래프로 나타내었다. 1월부터 12월까지 양단기간 데이터 분석에서 90% 이상이 거의 동일한 출력패턴을 보이는 것으로 나타나 <그림 1>에서 보는 바와 같이 양 단기간 발전량의 Smoothing 효과는 극히 미미하였다. 즉, 제주지역에 동서로 풍력발전단지가 양분되어 설치된다고 하더라도 거의 동일한 풍속, 동일한 바람의 영향을 받는 것으로 판단된다.

2.1.3 주기별 풍력발전기 출력변동 특성 분석

<표 1>은 행원풍력단지(9.8MW)와 한경풍력단지(6MW)의 2007.1~12월까지의 시간당 출력변동특성을 분석하여 나타내었다. 총 8640시간 중 6476(75%)시간이 설비용량대비 ±5%이내의 출력변동범위를 보였으나 변동률이 ±20%가 넘는 사례 또한 125건을 기록했으며 특히 12월 21일 18시~19시에는 62.5%(9.4MW)나 변동하였다.



<그림 2> 2007.1~3월 행원,한경 풍력발전단지 발전출력(시간)

<표 1> 2007.1~12월 시간주기 풍력발전량 변동률(%)

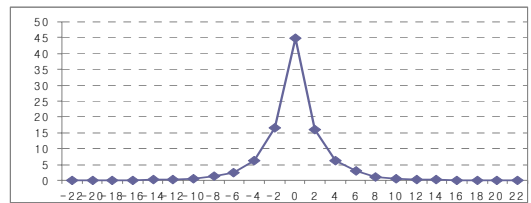
변동률	60%	55%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%	10%
횟수	1	1	0	3	1	12	14	40	92	238
변동률	5%	0%	-5%	-10%	-15%	-20%	-25%	-30%	-35%	-40%
횟수	669	6476	747	234	59	29	14	4	4	2

현재 운영중인 풍력단지가 2개소에 불과했음을 감안하더라도 제주지역에서 최대 40%의 풍력발전기 출력변동은 적어도 연중 3~5회 정도는 발생할 것으로 전망된다.

<표 2> 2007.1~12월 시간단위 풍력발전량 변동(최대순)

일자	시간	변동량	(+)변동률	일자	시간	변동량	(-)변동률
20071221	18	+9.38	+62.54	20070523	13	-6.53	-43.55
20071228	11	+8.75	+58.33	20070916	10	-6.46	-43.10
20071228	15	+7.26	+48.40	20071228	4	-5.87	-39.13
20070523	14	+6.84	+45.58	20071226	23	-5.67	-37.82
20071231	8	+6.81	+45.43	20071224	12	-5.27	-35.12
20071229	7	+6.05	+40.31	20070401	19	-5.25	-35.00
20070116	15	+5.86	+39.04	20071229	5	-5.10	-33.99

<그림 3>은 한경풍력단지 2단계가 준공된 이후, 행원풍력단지(9.8MW)와 한경풍력단지(21MW)의 2008.1~3월까지 3개월간 2초단위로 기록된 발전량을 분석하여 10분주기 변동특성을 분석한 그래프이다. 분석 대상기간 중 최대변동률은 <표 3>에서와 같이 3월 27일 12:00에 9.4MW(31.35%) 변동률을 기록하였으며, 대상기간의 45%가 ±2%이내의 출력변동을 보인 것으로 분석되었다. 이를 바탕으로 제주지역 풍력발전설비 10분 단위의 출력변동률은 풍력 설비용량대비 40%까지 변동될 수 있을 것으로 보인다. 10분 주기의 풍력발전량 변동률 분석결과는 제주 전력계통의 안정적인 운영을 위하여 풍력발전기 설비용량의 적어도 40%는 운전예비력으로 확보되어야 함을 의미한다.



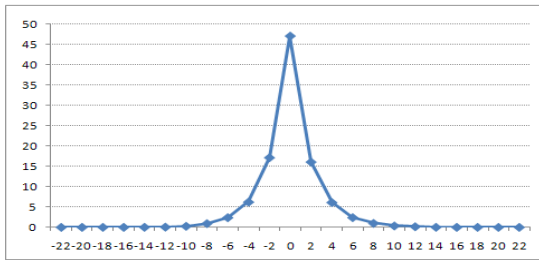
변동률	20%	18%	16%	14%	12%	10%	8%	6	4%	2%
횟수	5	5	11	38	30	80	163	331	821	2139
변동률	0%	-2%	-4%	-6%	-8%	-10%	-12%	-14%	-16%	-18%
횟수	5807	2061	813	371	152	74	31	21	7	7

<그림 3> 2008.1~3월 10분단위 풍력발전량 변동률(%)

<표 3> 2008.1~3월 10분단위 풍력발전량 변동(최대수)

일자	시간	발전량	변동량	변동률	일자	시간	발전량	변동량	변동률
20080327	1200	1.5	+9.40	+31.35	20080227	0450	22.02	-6.97	-23.25
20080223	2220	11.8	+7.93	+26.43	20080322	1820	14.05	-6.43	-21.44
20080208	2350	12.4	+6.95	+23.17	20080207	0840	20.40	-6.17	-20.57
20080207	0010	14.0	+6.73	+22.43	20080206	2300	21.12	-6.08	-20.25
20080318	2150	12.0	+6.41	+21.37	20080214	1630	18.92	-5.97	-19.92
20080214	1620	13.0	+5.89	+19.63	20080327	0710	17.23	-5.62	-18.73
20080101	0600	14.9	+5.75	+19.17	20080327	1540	19.41	-5.62	-18.72
20080207	0850	14.2	+5.65	+18.83	20080214	0630	17.34	-5.54	-18.48
20080207	2320	14.1	+5.56	+18.52	20080207	0000	19.24	-5.25	-17.51

<그림 4>는 2008년 1월 중 2초단위로 기록된 풍력발전량을 분석하여 1분주기 변동특성을 분석한 그래프이다. 최대변동률은 1월 16일 08시 11분에 8.31MW(27.7%) 변동량을 기록하였으며 분석대상 기간중 47%가 ±2%이내 변동률을 보였다. 이를 바탕으로 제주 풍력설비의 1분 단위 출력변동은 설비용량대비 약 30%까지 고려해야 할 것으로 판단된다.



변동률	20%	18%	16%	14%	12%	10%	8%	6	4%	2%
횟수	1	1	2	9	28	118	412	1061	2768	7638
변동률	0%	-2%	-4%	-6%	-8%	-10%	-12%	-14%	-16%	-18%
횟수	20976	7154	2721	1068	437	152	71	12	5	3

<그림 4> 2008.1월 1분단위 풍력발전량 변동률(%)

<표 4> 2008.1월 1분단위 풍력발전량 변동(최대수)

일자	시간	발전량	변동량	일자	시간	발전량	변동량
20080116	0811	8.31	27.70	20080116	0806	-5.95	-19.82
20080130	0448	6.25	20.82	20080102	0328	-5.67	-18.90
20080101	0609	5.51	18.35	20080130	0421	-5.05	-16.84

2.2 연계선 정지기간중 풍력발전기 계통영향 분석

2.2.1 계통주파수 영향 분석

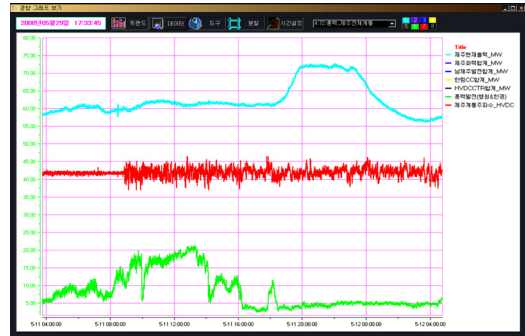
평상시 제주 전력계통은 해남↔제주간 연계된 고압직류송전선로(이하 연계선)의 수전량 조정에 의해 계통주파수가 실시간(6Cycle) 조정됨으로써 계통주파수 및 전압 등 전력품질에 미치는 영향과 제주지역에서 운전 중인 발전기에 미치는 영향을 알기 어렵다. 그러므로, 2007~2008년 도 연계선 계획예방정비기간 중 풍력설비에 의한 제주 전력계통에 미치는 영향을 분석하였다. 연계선 계획예방정비기간은 2007, 2008년 모두 연중 전력수요가 가장 낮은 시기인 5.11~5.17(7일간)일에 이루어 졌다. 풍력발전기의 급격한 출력변동이 계통주파수에 미치는 영향을 조사하기 위해 해당기간 중 2초주기로 측정된 풍력발전기의 최대 출력변동현황은 <표 5>와 같다. 기간 중 풍력발전기 최대 변동률은 2007년 5월 12일 11시 24분 54초에 기록된 1.23MW(7.9%)로 당시 제주계통수요 361.3MW, 풍력발전량 5.6MW(점유율 1.6%), 출력변동량 1.23MW 계통주파수에 미치는 영향을 판독하기는 거의 불가능하였다.

<표 5> 연계선 정지기간중 풍력발전기 최대변동량

일자	시간	행원	한경	합계	변동량	변동률	계통수요	풍력점유율
20070512	112454	1.27	4.34	5.61	1.26	7.88	361.6	1.6%
20070516	080436	3.28	4.54	7.82	1.18	7.38	337.8	2.3%
20080511	115852	1.62	15.55	17.17	1.59	5.31	345.5	4.9%
20080511	065336	2.43	8.75	11.18	-1.57	-5.22	337.0	3.3%
20080511	095540	2.20	12.73	14.93	1.53	5.09	339.0	4.4%
20080511	064004	2.49	6.01	8.49	1.50	5.01	339.0	2.5%
20080511	093612	2.19	13.77	15.96	1.47	4.90	336.0	4.8%
20080511	093336	2.28	15.12	17.40	-1.44	-4.79	337.0	5.2%

2008년 5월 11일 11시 58분52초에 풍력발전량합계 17.2MW(계통수요 346MW 대비 점유율 4.9%), 최대변동량 1.59MW(변동률5.31%)를 기록하였으나 풍력설비 출력변동에 의한 계통주파수에 미치는 영향을 판독하기가 쉽지 않았다. 그러나 <그림 5>에서와 같이 연계선 정지와 함께 계통주파수 변동폭이 크게 바뀌어 풍력발전량 출력 급변동과 계통수요의 변동사항이 함께 영향을 주어 주파수변동과의 상관관계를 명확히 구분해

내긴 아직도 어려운 상태지만, 풍력출력 변동폭이 크게 변한 시점에서의 주파수 변동 또한 반드시 나타나고 있어서 풍력발전기 출력 급변동이 주파수 변동에 영향을 미치는 것으로 보여진다.

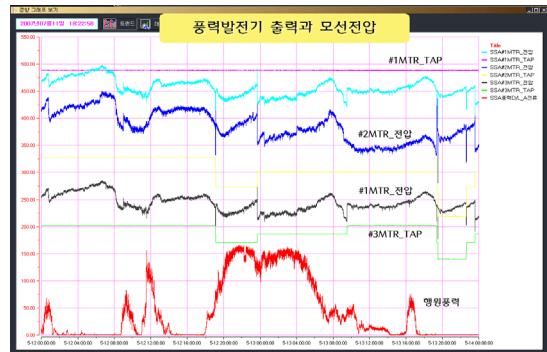


<그림 5> 풍력발전기 출력변동과 계통주파수

비록 그 효과가 미미하긴 하지만 풍력발전단지가 늘어날수록 Smoothing 효과에 의하여 순간 최대 변동량은 점점 감소될 것으로 보이지만 <표 5>를 바탕으로 풍력발전설비의 순간 최대변동률은 설비용량대비 8%까지 가능할 것으로 보여지며 이는 또한 제주계통수요의 예상 최저 부하를 기준으로 한 풍력설비의 운전용량한계 판단에 중요한 기준이 된다.

2.2.2 모선 전압 영향 분석

풍력발전 단지에 의한 연계 변전소 모선전압에 미치는 영향을 분석하기 위하여 풍력발전단지가 연계된 성산변전소 및 한림복합화력발전소 송전 및 배전 모선의 전압, 주변압기 Tap 변동데이터 분석 및 경향그래프 분석결과 <그림 7>에서 보는 바와 같이 풍력발전기의 운전여부 및 발전량과는 전혀 관련이 없는 것으로 나타났다.



<그림 6> 풍력발전기 출력과 모선전압, 변압기 탭변동

3. 결 론

본 연구에서는 현재 설치 운영중인 풍력설비의 출력변동 특성과 제주계통에 미치는 영향을 분석하였다. 풍력설비의 급작스러운 출력 변동특성은 제주계통과 같은 소규모 전력계통에 미치는 영향이 매우 크므로 발생확률이 지극히 낮다 하더라도 그 발생 가능성에 관심을 가질 필요가 매우 크다.

지난 2년간 제주지역 풍력발전단지의 출력변동 특성을 분석한 본 연구의 결과는 제주지역의 안정적 전력계통 운영에 필요한 일일 운영발전 계획 수립은 물론이거니와 풍력발전설비 운전용량에 비례한 연계설비 및 일반발전기의 운전예비력 기준 마련과 제주계통 수요대비 풍력발전 설비 운전한계 용량 산정에 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] Thomas Ackerman, Wind Power in Power Systems, John Wiley & Sons, Ltd, 2005
 [2] 한국전력거래소, 신재생에너지 전원접속에 따른 계통영향 분석 및 운영방안 연구, 2006, 10.
 [3] 김영환, 풍력설비의 제주 전력계통 운영에 미치는 영향에 관한 연구, 제주대학교, 2006