

고립지역의 풍력/디젤 복합발전 전력품질 특성

고석환*, 김석우*, 이윤섭**

*한국에너지기술연구원(korea19@kier.re.kr, wemins@kier.re.kr),
*공주대학교 전기공학과(yslee@kongju.ac.kr)

The Power Quality about Wind/Diesel combined power generation in isolated area

Ko, Seok-Whan*, Kim, Seok-Woo*, Lee, Youn-Seop**

*Korea Institute of Energy Reserch (korea19@kier.re.kr, wemins@kier.re.kr),
**Dept. of Electric Eng. National Kongju University(yslee@kongju.ac.kr)

Abstract

Antarctic King Sejong Station was established in King George Island, the South Pole in 1988, and has been executing the monitoring studies on the change of antarctic natural environment. As an available power, the wind energy generator has been used in the form of hybrid with mainly diesel generator. Because the wind generation power sharply changes by wind energy, it must be careful during the system operation. When the power system becomes stable, the output performance of wind energy generator becomes stable. But, in case of unstable system, the errors frequently occur on the wind energy generator and it badly impacts the power system by output of wind energy generator. The purpose of this paper is to analyze suitability while operating the system of 10kW wind energy generator at Antarctic King Sejong Station, an isolated area, and to analyze the problem and improvements by power quality.

Keywords : 풍력/디젤발전(Wind/Diesel power generation), 계통연계기준(network interconnection technology standard), 전력분석(Power Quality), 고조파(harmonic)

1. 서 론

최근 관심이 고조되고 있는 분산형 전원으로 풍력발전기는 대체에너지원으로서 그 수가 급속하게 증가하는 추세에 있다. 고립지역의 전원로서는 디젤발전기가 주 전원으로 운영 중이었으나, 최근 분산전원의 안정화 기술이 발달함에 따라 하이브리드(풍

력, 태양광, 연료전기, 바이오) 형태로 운전 중인 곳이 많이 늘어나고 있다. 남극 세종기지지는 2006년에 10kW 풍력발전기가 설치되어 2년간 운전되고 있었으나, 노후된 디젤발전기의 영향으로 주파수 변동 및 전압변동 등 계통연계 운전 시 많은 문제점을 발생시키고 있었다. 그러나, 2008년 남극 세종기지 대수선 공사 시 노후 된 디젤발전기의 교체

등으로 계통주전원의 품질이 향상되므로 인해 풍력발전기의 가동률이 향상될 것으로 보인다. 본 논문에서는 고립지역의 풍력발전시스템의 출력인 전압품질, 전류고조파, 역률 등이 풍력발전 계통연계 기술기준에 적합한지 분석하고, 디젤발전기의 출력에 있어 풍력발전기 출력이 미치는 영향에 대하여 분석하고자 한다.

2. 저압 계통연계 기술기준

전력품질 요구조건에 부합하는가를 평가하는 방법들은 $\pm 1H$ 이내의 고정주파수와 충분한 유/무효전력 조절 능력과 이 풍력발전을 소비할만한 충분한 부하를 갖는 중/고압 계통에 접속된 풍력터빈의 경우에 해당한다.

계통연계 풍력발전기 전력품질 기술기준 [1]은 IEC61400-21에 의거하여 측정 및 평가를 받아야 한다.

① 보호방식

- 과전압계전기(OVR:59), 저전압계전기(UVR:27), 과주파수계전기(OFR:81O)(역조류가 있는 경우에 한함), 저주파수계전기(UFR:81U), 역전력계전기(RPR:32P)(역조류가 없는 경우에 한함) 등의 계전기 이상의 기능을 갖는 장치에 의해 자동적으로 연계를 차단하는 장치를 설치해야 됨

- 전력계통(디젤발전기)이 정지 중에는 분산전원(풍력발전기)을 투입할 수 없도록 시설해야 됨

- 역조류가 존재 시 단독운전 방지 보호 기능이 있어야 되며, 존재하지 않을 경우 역충전 검출보호 기능에 의해 자동적으로 연계 차단해야 됨

② 고조파 전류

유도발전기형 계통연계의 경우 고조파전류가 미미하여 기술기준에는 제외되지만, 인버터타입의 계통연계 풍력발전기의 경우에

는 고조파 전류는 아래의 표와 같이 10분평균 50차까지 전류왜형률이 5%를 초과하지 않도록 규정하고 있다.

표 1. 계통연계 풍력발전기 고조파전류 기술기준

고조파 차수	h<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	35≤h	TDD
비율(%)	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0

3. 전력품질 측정

전력품질 측정은 일반계통이 아닌 10kW 풍력발전기와 275kW 디젤발전기가 하이브리드 발전시스템[2]으로 구성된 남극 세종기지에서 측정을 하였으며, 측정장소는 디젤발전기 출력(3상)단과 풍력발전기 출력(단상)단에서 전력분석을 실시하였다. 남극세종기지의 부하는 전등부하, 전열부하, 냉난방설비 부하가 주로 사용되고 있었다. 남극 세종기지의 전력부하 사용전력은 순시값 150kW 내외에서 동작하고 있었다.

3.1 275kW 디젤발전기 전력품질

디젤발전기는 풍력발전기가 가동되는 상태에서 S상 출력에 문제가 발생이 되는지에 대하여 분석을 하였다.

① 정상상태 전압

디젤발전기의 각상의 전압은 그림 1과 같으며, 시간에 따른 전압변동은 그림2와 같다. 그림에서 보는바와 같이 디젤발전기의 전압변동에 대하여 분석한 결과 부하특성에 따른 순간적 전압상승을 제외하고는 1%이내의 전압변동 특성을 보이고 있다. 전압 불평형률도 0.2%로 3상평형이 잘 이루어지고 평균 주파수는 60Hz 이다. 역률은 95%~98%로 출력이 되고 있어 별도의 분석을 실시하지 않았다.

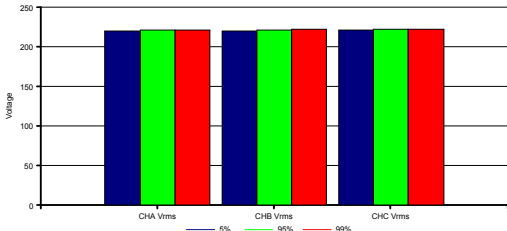


그림 1. 디젤발전기 전압그래프

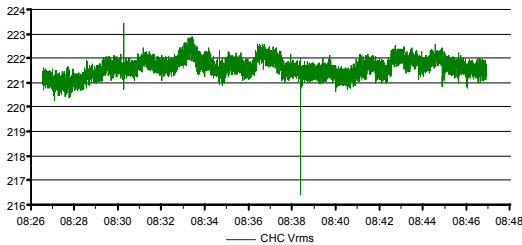


그림2. 디젤발전기 T상 전압(풍력발전기 연계상)

디젤발전기의 전력 분석 시에 10kW 풍력발전기가 연계되어 운전 중이었으며, 이로부터 풍력발전기가 디젤발전기의 전압과형에 문제를 일으키지 않고 있음을 확인하였다.

② 고조파 전류

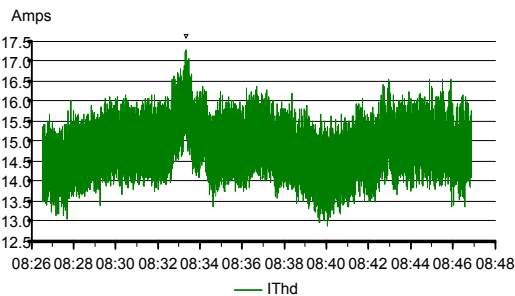


그림 3. 디젤발전기 T상의 고조파전류 Time-Plot

그림 3, 그림 4는 풍력발전기가 연계된 상의 디젤 발전기 측에서 측정된 고조파전류를 나타낸다. 풍력발전기의 고조파전류가 아닌 디젤발전기 운전 시에 발생하는 고조파전류로 추정할 수 있다. 그림 4의 결과는 3, 5고조파 성분으로 주로 유도발전기(디젤발전기)

에 발생되고 있음을 추측할 수 있다.

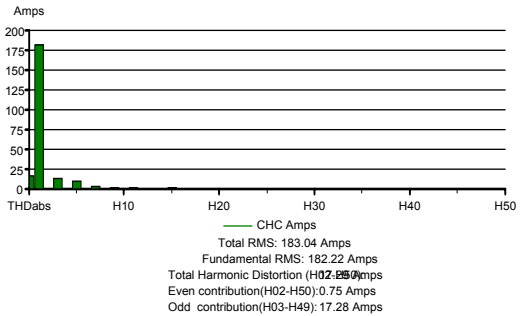


그림4. 디젤발전기 S상의 고조파전류 주파수대역별

3.2 10kW 풍력발전기 전력품질

10kW 풍력발전기는 디젤발전기 측으로부터 약 700m 떨어진 창고동 3상부하에 단상전원으로 연계가 되어 있다. 측정은 발전기 인버터 2차측에서 실시하였다. 측정시간동안 풍력발전기는 계속 운전중이었다.

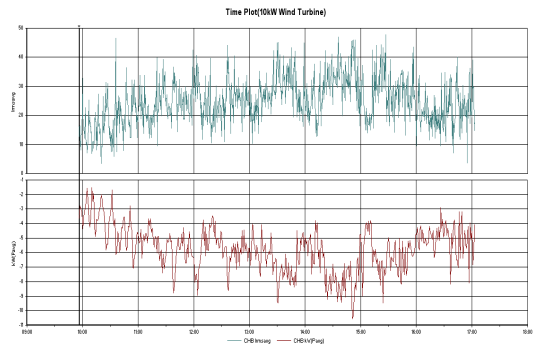


그림5. 풍력발전기 10kW 출력전류 및 순간 전력 추이

측정시간은 오전 10시부터 오후 5시까지이며, 평균전력 5.72kW로 전력을 생산중에 있다.

① 정상상태 전압

설치된 풍력발전기는 3상중 S상에 단상으로 연계하여 발전이 되고 있다. 그림 2는 각

상의 전압을 나타낸다.

측정시 T상에는 전등부하의 영향으로 전압이 200V ~ 220V까지 변동되고 있는 것을 확인할 수 있다. 이는 디젤발전기로부터 거리가 약 700m 떨어져 있으므로 선로의 전압강하 영향으로 생기는 현상이다.

설치된 발전기의 정격출력은 13m/s에서 10kW, 240V이다. 이로 인하여 선로 S상의 전압이 다른 상과 전압 불평형이 발생되고 있음을 확인하였다.

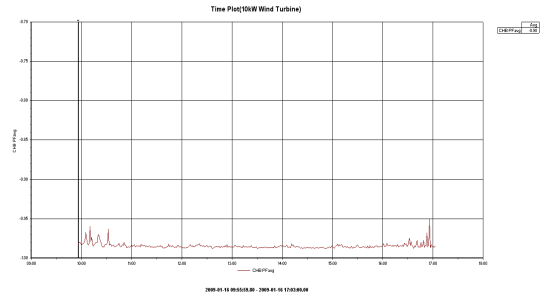


그림8. 풍력발전기 S상 역률 추이

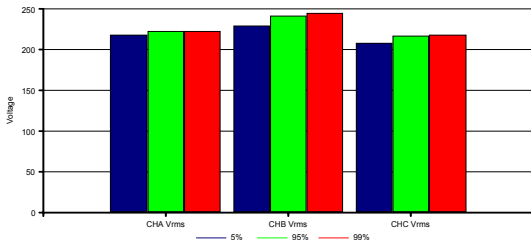


그림6. 풍력발전기 연계상 및 다른상의 전압

전압불평형률 및 계통의 주파수 특성은 그림 3과 같다. 전압 불평형은 최대 2.5% 내에서 운전 중이며, 계통 주파수는 60Hz로 안정적인 운전을 하고 있다.

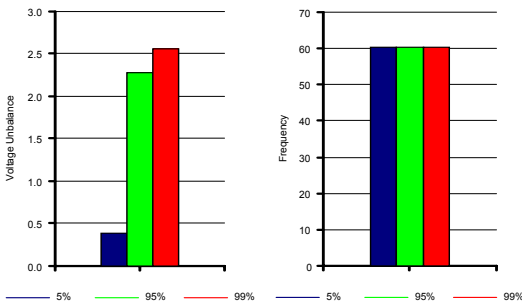


그림7. 계통의 전압 불평형 및 주파수 변동

②역률

풍력발전기 계통에 연계하여 운전시 역률 추이곡선은 그림 4와 같으며, 평균 역률이 0.96으로 운전하고 있으며, 계통연계 기준에 적합하다.

③전류 고조파

그림5, 그림 6은 계통에 연계된 S상의 고조파전류의 시간 및 주파수 대역별로 나타낸 그림이다.

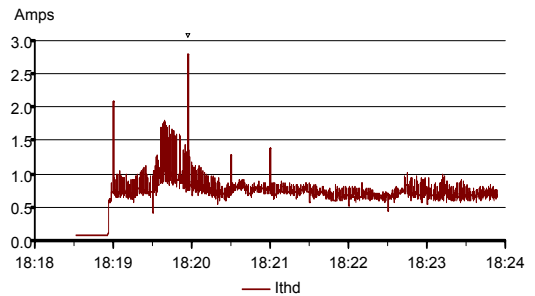


그림9. 풍력발전기 S상의 고조파전류 Timp-Plot

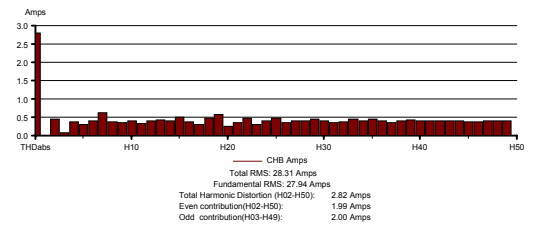


그림10. S상의 주파 대역별 고조파전류 특성

고조파 전류는 정상전류의 Max value 3% 이내에서 운전하는 것으로 보아 계통에는 문제를 발생시키지 않고 있다. 이는 계통연계 인버터에서 고조파 제거 모듈이 있어 일정부분 제거하여 계통에 투입시키는 것으로 볼 수 있다.

4. 결론

남극세종기지에 설치된 275kW 디젤발전기와 10kW 풍력발전기의 계통연계 시 전력 품질을 분석하고 저전압계통연계기준에 적합한지에 대하여 분석 하였다. 결과는 아래와 같다.

○ 275kW 디젤발전기의 출력과 10kW 풍력발전기의 출력에 대한 전력분석을 수행한 결과 분산전원인 풍력발전기가 단상에 전원을 공급하므로 인한 전원상 불평형 문제는 풍력발전기 상의 부하량을 늘려서 사용하고 있으므로 전력계통이 안정적으로 운영되고 있음.

○ 풍력발전기가 설치된 지점에서 3상의 전압 불평형률이 약 2.5%인데, 이는 저압선로의 전압불평형률 기준에 적합하며 풍력발전기를 3상으로 연계운전하는 방안을 고려하여야 할 것이다.

문제점으로는 계통 주전원이 정지 되었을 때의 무부하로 인한 풍력발전기의 단독운전 방지 및 마이크로그리드 내에서 풍력발전시스템의 효율적 운영을 위한 디젤/풍력 연계운전을 위한 제어기 설계에 대한 후속 연구가 필요할 것이다. 향후 소형 풍력발전설비의 무부하시 문제점 개선에 대한 연구 및 디젤발전기와 풍력발전기의 부하분담 제어기에 대한 연구 등이 이루어져 고립지역분산전원의 안정적 운영이 될 수 있도록 되어야 할 것이다.

후 기

본 논문은 한국해양연구원 극지연구소의 지원을 받아 수행한 사업으로 도움을 주신 관계자 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

참고 문헌

1. 한전전력연구원, 풍력발전 계통연계 기술지침 및 연계선로 운영기준 제정에 관한 연구, 2004. 8
2. KIER, Wind-Diesel Hybrid Operation at the King-Sejeong Station, 2006. 7
3. 안해준, 노경수, 김현구, “풍력발전 계통연계 변압기의 결선에 따른 배전계통 고장전류에 관한 연구”, 한국신·재생에너지학회 추계학술대회논문집, pp369-371, 2007
4. Alexandra Von Meier, "Electric Power System: A Conceptual Introduction", WILEY, 2006.