

풍력발전 기술의 현황과 동향 ⑤

(마지막회)

본 내용은 2002년 9월9일부터 12일까지 대전 소재 한국에너지기술연구원이 개최하고 독일의 풍력연구소(DEWI)가 주관한 “풍력기술 강습회”의 기술적 내용을 전력기술인들이 접할 수 있도록 하기 위하여 연재합니다.

- 에너지 대안 센터 감사 기우봉 기술사 -



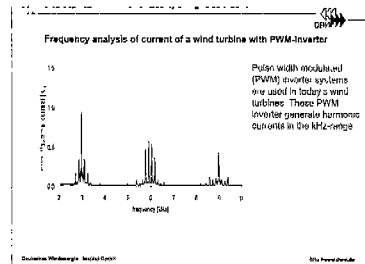
목 차

- I. 개요
- II. 풍력터빈 기술
- III. 풍력터빈의 공기유체역학
- IV. 풍력터빈에 대한 표준과 추천 및 각종 하중과 그에 따른 손상
- V. 풍력자원 입지 선정
- VI. 해양풍력단지 현황기
- VII. 전기계통 및 풍력 발전설비의 전력 품질
- VIII. 풍력과 디젤발전기의 혼합 시스템

나. 각종 측정 표준 표

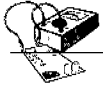
IEC61400	Measnet	German Guidelinge
제 50고조파 까지의 정 배수 고조파 전류의 측정		
없음	2kHz까지의 비 정배수 주파수의 전류 측정	
없음	2kHz-9kHz 사이의 상위 고조파 찌그러짐 측정	

다. PWM 인버터를 이용하는 풍력터빈발전기 전류의 주파수 분석



라. 고조파 측정준칙

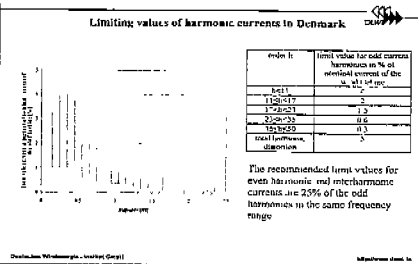
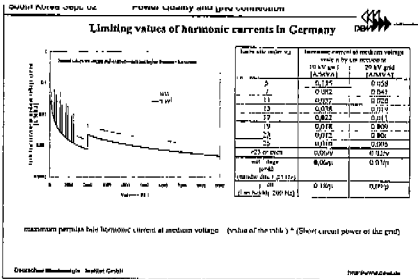
- A. 정 배수 고조파전압의 제한 수치는 IEC 61000-36에 규정됨
- B. 고조파 발생량은 전류로만 표현되고 전압으로는 표현되지 않음(전압은 전력계통의 임피던스에 따라 변함)
- C. 고조파전압은 고조파전류에 전력계통 임피던스를 곱한 수임(그러나 고조파에 대한 전력 계



통 임피던스의 결정은 쉽지 않다.)

- D. 인버터를 이용하는 대부분의 최신 풍력발전기는 정 배수 고조파는 발생하지 않으나, 비정수 고조파와 2kHz 이상의 고주파 찌그러짐을 발생시킨다.
- E. 독일과 덴마크만이 고조파에 대한 제한 수치를 두고 있다.

마. 독일과 덴마크의 고조파 제한 수치 표



바. 풍력단지에서의 고조파 전류제한 수치 구하는 공식

Harmonics of a wind farm

- Harmonic currents of PWM inverter systems N in a statistical way. Thus, these harmonic currents of a wind farm can be calculated from the harmonics of a single wind turbine by:

$$I_{h2} = \sqrt{\sum_{i=1}^N I_{hi}^2}$$
- Harmonic currents of thyristor inverter (6 pulse or 12 pulse) must be added up arithmetically in a wind farm:

$$I_{h2} = \sum_{i=1}^N I_{hi}$$

I_{hi} harmonic current of the wind farm
 I_{hi} harmonic current of the single wind turbine
 N: number of wind turbines

5) 개폐조작

가. 돌입전류(Inrush Current)

- A. 풍력터빈발전기의 개폐 조작이 전압변동과

flicker를 일으킨다.

- B. 가변속 풍력터빈발전기의 돌입전류는 제어가 가능하여 정격전류 이하로 제한하여 전력계통에 주는 영향을 최소화 한다.
- C. 정속도 풍력터빈발전기에는 사이리스터 기술을 이용함으로써 돌입전류의 최대 실효치를 발전기 정격전류의 2배 이하로 제한한다.

나. 전압변동

- A. 전압변동 계산식(풍력단지의 경우 각 터빈의 합한 수치임)

$$d = ku(\Psi k) \cdot Sn / Sk$$

- Sn : 풍력발전기의 정격출력에서의 피상전력
- Sk : 전력계통 연결점에서의 단락용량
- ku(Ψk) : 전압변동 계수
- d : 상대전압변동(Relative Voltage Change)

B. 제한치

$$d \leq 2\% \text{ (독일) } \dots \text{ 덴마크는 } 10\%$$

다. flicker

개별발전기

$$Plt = 8 \cdot (N120)^{0.181} \cdot kf(\Psi k) \cdot Sn / Sk$$

풍력단지 $Plt = \sum Plt_i$

- kf(Ψk) : flicker 단 계수
- N120 : 2시간 동안의 개폐회수
- Plt : flicker 일그러짐 계수

라. 제한치

$$Plt \leq 0.25 \text{ (IEC 61000-3-7)}$$

VIII. 풍력과 디젤발전기의 혼합 시스템

1. 풍력-디젤발전기 혼합시스템

(1) 구성

풍력-디젤발전 시스템은 보통 1대이상의 디젤발전기와 1대 이상의 풍력발전기로 구성되어 전력 수요가에 전력을 공급하는 시스템을 말하는데, 때에 따라서는 여기에 전력저장설비와 과잉출력 소비용 부하설비를 추가하기도 한다.

(2) 장점과 단점

주요 이점	주요 단점
1. 유류 절약	1. 풍력 발전기 투자비 추가
2. 경우에 따라 최대출력 저감	2. 풍력발전의 출력 변화를 디젤발전기 등 다른 발전기나 전력저장으로 보상하여야 한다.

2. 각종 풍력 - 디젤발전시스템 구성방법과 차이점 비교표

아래 그림 VIII-1, VIII-2, VIII-3에서 각각 위쪽 시스템을 "A-시스템," 아래쪽 시스템을 "B 시스템" 이라 하였을 때 각 시스템의 특성 및 차이점은 아래 표와 같다.

그림번호	시스템 간의 차이점	
	시스템 "A"	시스템 "B"
그림 VIII-1	디젤발전기 클러치 없음. 디젤 발전기 중 한대는 항상 운전(무효전력 공급 목적)	디젤발전기 클러치 있음. 디젤엔진을 발전기와 클러치로 분리하여 정지가능(이때 디젤 발전기는 무효전력 공급)
풍력유도발전기 + 디젤동기발전기	스톨 컨트롤 시 풍력터빈의 과잉전력 처리용 부하 필요. 풍력 단독 운전시 풍력의 출력은 수용가 부하 이상이어야 한다.	스톨 컨트롤 시 풍력터빈의 과잉전력 처리용 부하 필요. 풍력 단독 운전시 풍력의 출력은 수용가 부하 이상이어야 한다.
그림 VIII-2	батери 없음	батери 있음 (풍력터빈 출력의 평활화 목적)
풍력동기발전기 + 디젤동기발전기	디젤발전기를 필요하면 언제나 정지 가능하다 스톨 컨트롤 시 풍력터빈의 과잉전력 처리용 부하 필요. 풍력단독 운전시 풍력의 출력은 수용가 부하 이상이어야 한다.	디젤발전기를 필요하면 언제나 정지 가능하다 스톨 컨트롤 시 풍력터빈의 과잉전력 처리용 부하 필요. 풍력단독 운전시 풍력의 출력은 수용가 부하 이상이어야 한다.

그림번호	시스템 간의 차이점	
	시스템 "A"	시스템 "B"
그림 VIII-3 가변속풍력발전기 + 인버터 또는 컨버터 + 동기디젤발전기	AC모선	DC모선
	각 수용가에 직접 공급	각 수용가에는 인버터를 통해 공급
	풍력터빈의 가변속 운전으로 풍속변동에 대한 요동저감 가능	DC 전원의 병렬 운전은 쉽지 않음.
	-	필요하면 언제나 디젤발전기를 정지 가능하다. 스톨 컨트롤 시 풍력터빈의 과잉전력 처리용 부하 필요

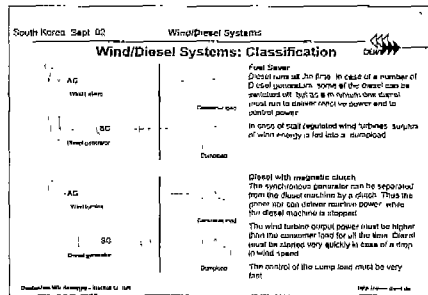


그림 VIII-1

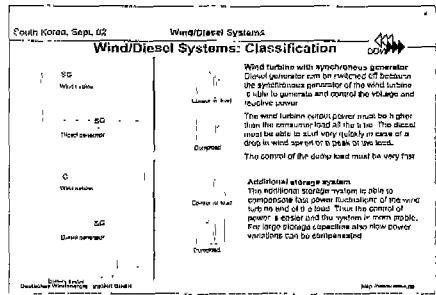


그림 VIII-2

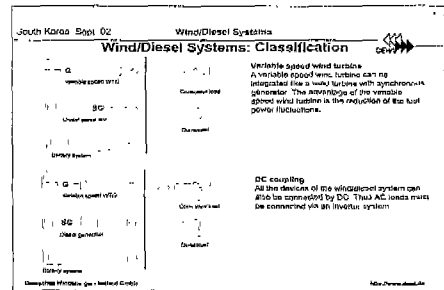
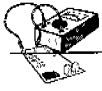


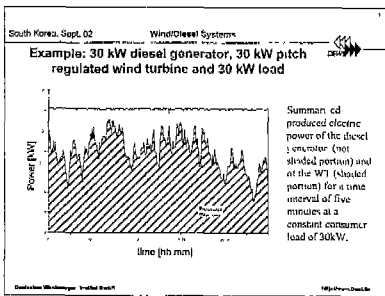
그림 VIII-3



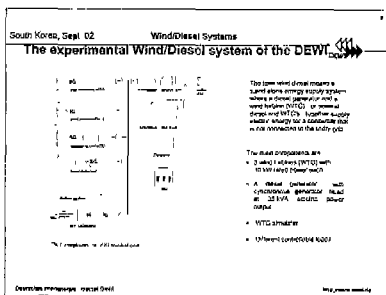
3. 풍력-디젤발전시스템의 계획

이 시스템은 일반적으로 디젤발전기가 설치된 곳에 풍력발전기를 추가하는 경우가 많다. 경우에 따라서는 디젤발전기를 수동으로 기동 정지하는 시스템일 수 있다. 이러한 경우에는 풍력터빈의 출력을 보상 또는 저장해주는 고속으로 자동조정이 되는 디젤발전기나 전력저장설비를 시스템에 추가하여야 한다. 합리적인 시설의 배분을 위해서는 세밀한 부하분석과 풍속 분석이 절대 필요하다. 이를 위해서는 풍력발전기의 잉여출력에 의한 경제적인 손실과 디젤발전기의 기동회수를 감안하여야 한다.

4. 30kW 피치컨트롤 풍력터빈과 30kW 디젤발전기와 30kW 부하를 가진 시스템의 출력선도(사선을 그은 부분이 풍력발전 임)



5. DEWI의 실험용 풍력-디젤발전시스템



위 그림은 DEWI에서 전력계통과 연계하지 않는 지역에 풍력터빈으로 전력을 공급하기 위하여 디젤 발전기와 혼합 운전하는 최적 시스템을 개발하기 위한 실험용 풍력 디젤 발전 시스템이다. 그 시스템을 각 설비는 다음과 같다.

- 30kW 풍력터빈 3대

- 35Kva 디젤발전기 1대
- 각종 조정 가능한 부하
- 시뮬레이터

IX. 후기

지난 9월 9일부터 12일 까지 4일간에 걸쳐 독일의 유명 풍력발전 전문가 2명(독일풍력연구소의 부소장 및 전기관계 연구책임자)을 초빙하여 대전 소재 에너지기술연구원에서 있는 세미나에서 강의된 내용을 부족하나마 요약해 보았다.

본 요약에서는 세미나에서 사용된 교재를 사용하였으며 극히 일부는 "한국의 경우" 또는 "*" 표를 하여 (빠진 부분도 혹시 있을 수 있음) 요약자가 설명을 추가한 부분도 있다.

가능하면 상세하게 그리고 전부를 요약하고자 하였으나, 일부는 너무나 전문적인 내용이라 전문가가 아닌 분들에게 불필요하면서 요약자에게는 벼락기도 하여 요약에서 제외하였다. 주요 제외 항목은 풍력측정과 그 기술의 상세, 각종 풍력터빈의 운전 시 유체역학적인 설명의 상세, 각종 국제적인 기술 기준의 많은 부분 등을 들 수 있다. 모든 그림과 대부분의 표는 교재의 것을 복사하여 사용하였으며 요약자의 부족한 컴퓨터 실력 때문에 일부 공식은 복사를 하고 일부는 식으로 표시하였으나 적당한 기호 자료가 없어 표현이 서툰 부분이 있음을 양해 해주시기 바란다. "끝"

혹시 질문이 있으신 분은 kwb35@dreamwiz.com 으로 연락 바랍니다.

