



풍력발전 기술의 현황과 동향 ③

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

1. 전기계통 총론

(1) 풍력발전시스템의 전기설비 개괄

풍력발전시스템에서 전기설비는 발전기를 위시하여 인버터, 변압기 및 변전시설과 기타 제어시스템으로 구성된다. 최근에 와서 대형 풍력터빈은 풍력 이용의 극대화를 위하여 가변속 풍력터빈이 채용되고 있다. 이에 따라 대형 인버터가 대량으로 도입되고 있다. 그리고 발전기의 전압은 기술 및 경제적인 측면에서 높은 전압의 채용이 불리함으로 저압(이후 중저압 예상)을 채용할 수밖에 없어 전력계통에 연결하기 위해서는 수십 KV로 승압하며(유럽의 경우 20 KV 한국의 경우 22.9 KV). 중대형 풍력단지에서는 개별 풍력발전기에서 승압된 전력을 모아 이를 다시 특고압 변압기로 승압하여(유럽의 경우 200 KV 한국의 경우 154 KV*) 대전력계통에 연결하게 된다. 즉 단지 내에 자체 승압 변전소가 필요하게 된다.

(2) 풍력발전기의 대전력계통에의 연계조건

1) 발전기 극수와 주파수

터빈의 회전수를 " n " rpm 라하고 발전기의 극수를 " p " 개라 하고 주파수를 " f " Hz라 하면 이들 간에는 다음 공식이 성립한다.

가. 기어가 없는 경우 ; $n=120 f / p$

나. 기어가 있는 경우 : $n=120 f / (p \cdot gr)$
여기서 "gr"는 기어의 증속비

2) 풍력발전기(풍력단지)의 전기적인 강도

가. 접속점에서의 단락용량 (Short Circuit Power)

단락용량이란 풍력발전기(단지)와 전력회사의 전력계통에 연결하는 지점에서 3상 단락고장이 일어났다고 가정했을 때 전력계통으로부터 유입하는 가상 피상전력(단락전류와 정격전압을 곱한 수 -3상의 경우 여기다가 1.732를 곱해야 함-)을 말한다. 이 단락용량이 중요한 것은 연결점에서의 전력계통의 강도를 나타내기 때문이다. 단락용량이 크다는 것은 전력계통이 강하다는 것을 말하며 풍력발전기의 영향을 적게 받는데 비하여 단락용량이 작을 경우에는 풍력발전기의 영향을 많이 받는다는 것을 뜻한다.

나. 저항(Resistanc) 리액탄스(Reactance) 임피던스(Impedance)와 임피던스 각 (Impedance Angle)

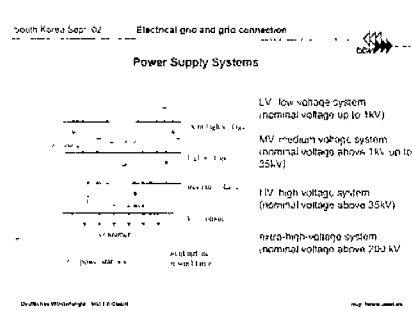
3) 발전기를 전력계통에 연결하기 위해서는 발전기의 전압이 계통의 전압과 같아야 됨은 물론 무엇보다 발전기의 발전주파수가 계통의 주파수와 동일하여야 한다. 전력계통과 풍력발전기(인버터를 경우하면 인버터의 출력)는 교류발전기이어야 하며 동기발전기의 경우에는 계통 병입 시에는 그 위상 각이 같아야 한다. 그 외에도 풍력발전 측에서 고려

해야 할 사항으로는 풍력발전에서 생산되는 전력의 품질(flicker, 고조파 등)이 전력사업의 기준에 합치 하여야 한다.

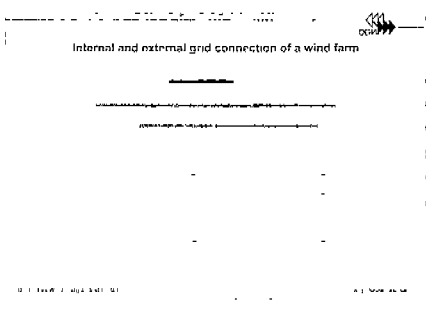
4) 이 외에도 연계되는 전력계통이 충분히 강력하여 풍력발전기(또는 풍력단지)의 전력이 사소한 기술적인 문제를 일으키더라도 끄떡없이 강력하여야 한다.

5) 전력계통과 풍력발전기(풍력단지단지)의 전기 단선접속도 예

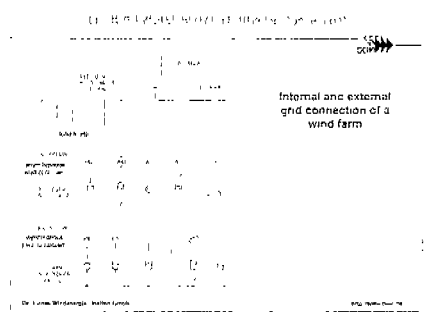
가. 전력계통과의 단선 접속도(One Line - Single Line- Diagram)

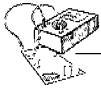


나. 풍력발전기의 환상결선(Ring Connection)



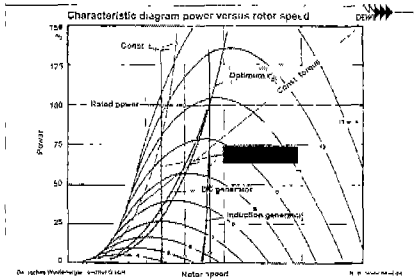
다. 풍력발전기의 방사선 결선(Radial Connection)





(3) 현재 일반적으로 사용되는 풍력발전기의 종류

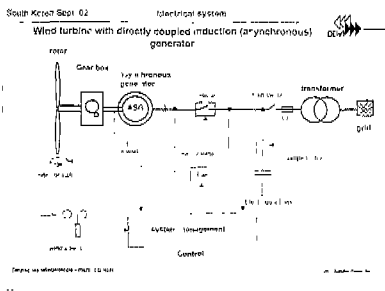
발전기 형식	적용사례
비동기발전기 (Asynchronous Generator) 또는 (유도발전기 - Induction Generator)	현재까지 많이 사용되는 형식
동기발전기 (Synchronous Generator)	- 소형에 일부 이용됨(주로 독립 운전) - *현재는 중대형에서도 일부 이용됨
인버터를 사용하는 동기 또는 비동기 발전기	가변속 대형 발전기에 널리 이용되고있으며 급속한 증가 추세에 있음



3. 풍력발전시스템의 종류별 특징

(1) 직결식 유도발전기 시스템

1) 시스템 일반도



① 특징

- 회전 수 : 정속도 (슬립 범위내)
- 전력계통 연결 : 유연성이 약함

여자 (Excitation) : 전력계통에서 공급
제어 (Control) : 전력제어는 스톱 또는 피치 컨트롤, 속도제어는 피치 컨트롤

이점 : - 간단하고 값이 싸다.

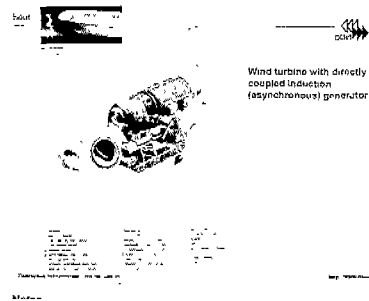
- 동기투입이 불필요하다.

불리 점 : - 최대출력 시 무효전력 발생

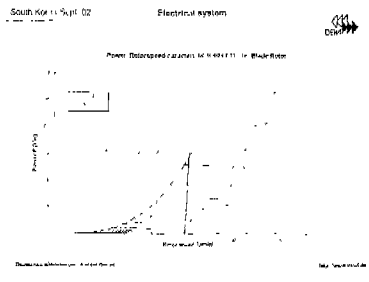
- 풍속변화에 따라 전력계통에 악영향

- 출력을 제어할 수 없다.

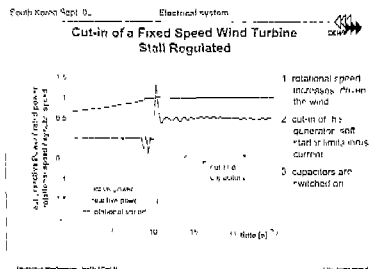
② 터빈발전기 사진



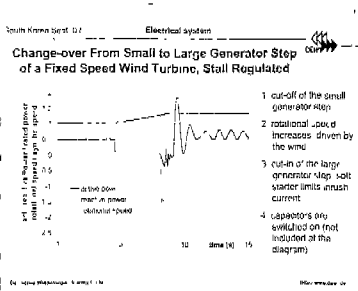
③ 출력선도



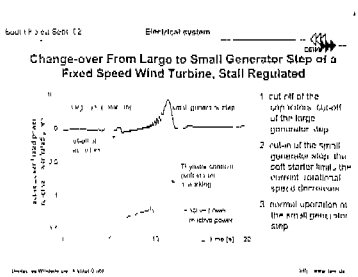
④ 스톱컨트롤 정속 풍력발전기의 계통 병입 시 파형



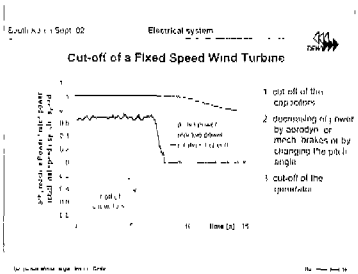
⑤ 스톨컨트롤 정속 풍력발전기의 저속운전에서 고속 운전으로의 전환



⑥ 스톨컨트롤 정속 풍력발전기의 고속운전에서 저속 운전으로의 전환

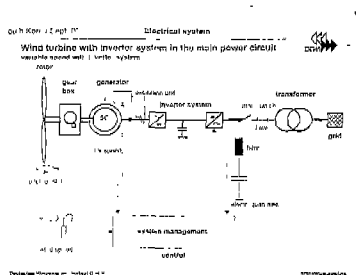


⑦ 정속 터빈의 해열(Cut-Off) 시 파형



(2) 인버터를 통한 주 전력 공급 시스템

1) 시스템 일반도



2) 특징

회전 수 : 가변속도

전력계통 연결 : 유연하며 전력계통의 주파수에 역대이지 않는다.

유연성은 발전기의 관성에 의해 조성된다.

여자 (Excitation) : 자체 여자

제어 (Control) : 전력제어는 스톨 또는 피치컨트롤, 속도제한은 피치컨트롤

이점 : - 출력곡선이 평활하다.

- 풍속에 무관하게 전력계통에 보상한다.
- 무효전력을 제어한다.
- 가변속 속도로 최적의 출력을 낸다.
- 자체로 전압과 주파수를 조정한다.

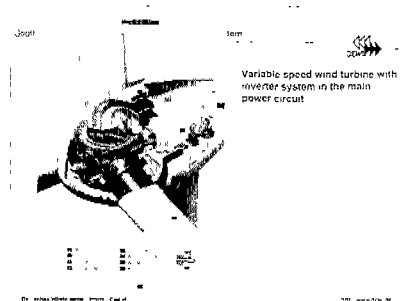
불리점 : - 가격이 비싸다.

- 고조파 발생

3) 터빈발전기 사진

(3) 2중공급 유도발전기 시스템 (PWM 인버터를 이용한 가변속 운전)

1) 시스템 일반도



2) 특징

회전속도 : 가변속도

전력계통 연결 : 유연함(유연성은 발전기회전자의 관성에 의함)

여자 (Excitation) : 전력계통으로부터

제어 (Control) : 전력의 제어는 스톨과 피치

다음호에 계속됩니다.