

풍력발전 기술의 현황과 동향 ④

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

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

2) 특징

회전속도 : 가변속도

전력계통 연결 : 유연함 (유연성은 발전기회전자의 관성에 의함)

여자 (Excitation) : 전력계통으로부터

제어 (Control) : 전력의 제어는 스톱과 피치 컨트롤

속도 제한은 피치컨트롤

속도 제어는 인버터의 출력을 제어

이점 : 평활한 출력

풍속 변동의 영향을 보상한다

출력제어 가능

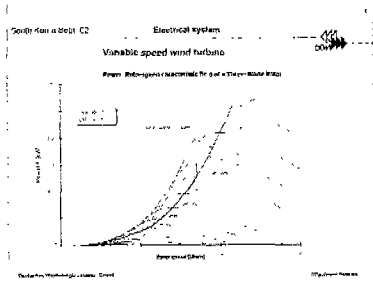
무효전력 제어 가능

가변속도 임으로 최상의 출력계수 상태에서 운전 가능

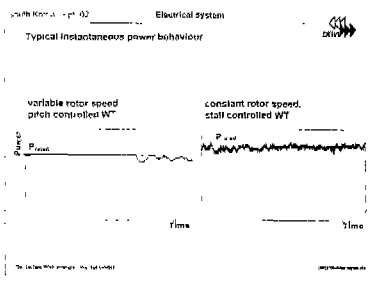
불리점 : 고가임

고조파 발생 (인버터 때문)

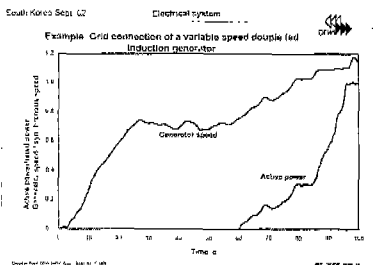
3) 출력선도



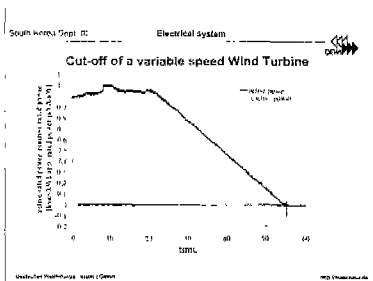
4) 순시출력 변화도



5) 전력계통에의 연계 (병입)

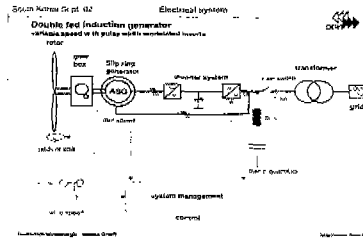


6) 가변속터빈의 해열 (Cut Off)



(4) 직결식 가변 유도발전기 시스템 (가변 슬립)

1) 시스템 일반도



2) 특징

회전속도 : 부분적인 가변속

계통연계 : 유연함, 유연성은 발전기 회전자의 관성에 의해 도출

역자 : 전력계통에서 공급

제어 : 전력제어는 스톱과 피치 컨트롤 속도제한은 피치컨트롤

이점 : 최대출력의 저감

풍속 변동의 영향을 보상한다

출력제어 가능

동기투입이 불필요

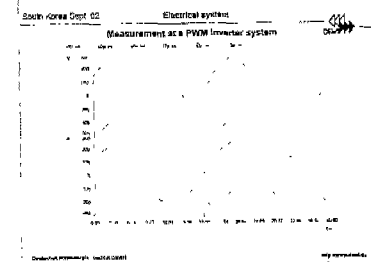
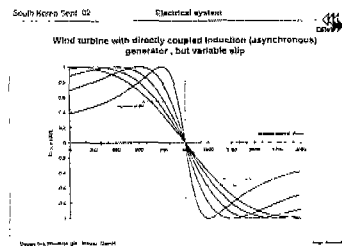
비교적 간단한 시스템임

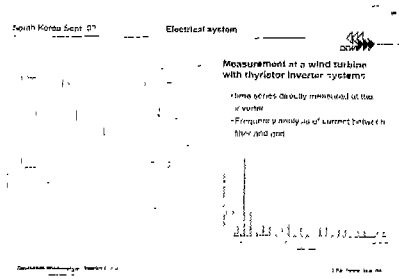
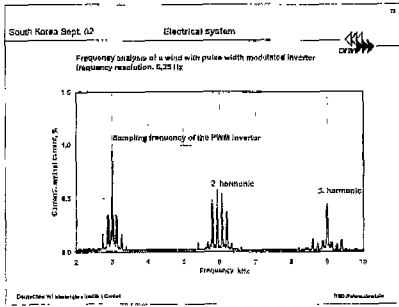
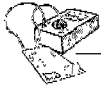
불리점 : 무효전력 발생

스톱 컨트롤 시 출력제어 불가능

부분부하 슬립 컨트롤 시 효율 저하

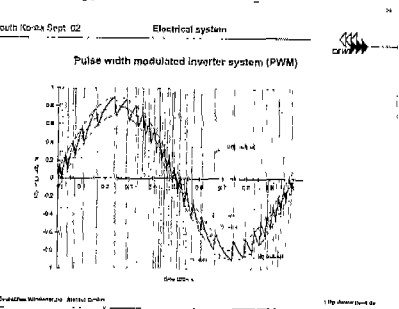
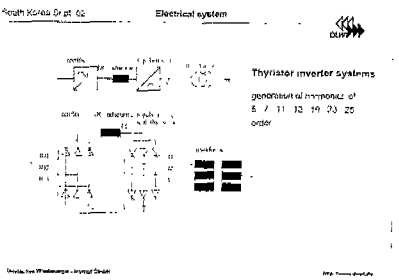
3) 토크선도 (Torque Curve)



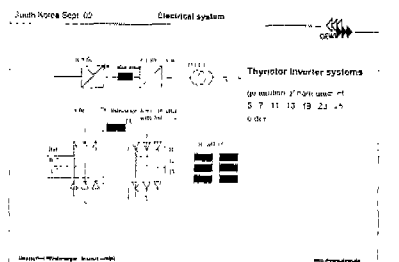


3. 인버터 종류 및 특성

(1) 펄스 폭 변조형 변환기 (Pulse Width Modulated-PWM- Inverter)



(2) 사이리스터 인버터



4. 풍력발전기 및 시스템 보호

풍력발전기 정지조건

항 목	조건(영역 전압 또는 주파수 기준)
과전압(Over-voltage)	> 106-110%
저전압(Under-voltage)	< 80%
과주파수(Over-frequency)	> 101-113%
저주파수(Under-frequency)	< 99-95%

5. 풍력발전기의 전력품질

(1) 풍력발전 전력품질 측정 지침

IEC 61400-21	MEASNET 전력품질 측정기준	독일 지침	비고
	최대 전력		
	무효전력, 역률		
	깜빡임 (flicker)		35Hz
2.5kHz까지 정수 고조파	9kHz까지의 고조파		
	개폐조작		
		전력계통보호	

(2) 풍력발전기에 의한 전력계통에의 간섭

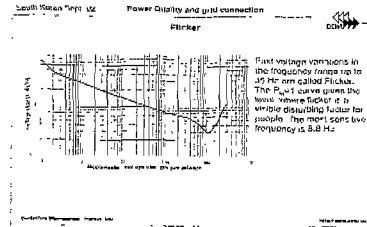
항목	간섭요인	비고
전압상승	전력생산중단	
전압요동 과깜빡임	개폐조작	
	지지물 그늘효과	
	날개각도 오류	
	풍향추적 착오	
고조파	풍속측 형성	
	풍속의 요동	
무효전력	주파수 변환기	
	사이리스터 제어기	
전압상승 및 강하	유도부하 또는 유도발전기	
	개폐조작	

(3) 풍력발전의 전력품질 상세

시각혼란 계수의 정도를 나타낸다. 가장 예민한 주파수는 8.8Hz 이다.

1) 전력품질 결정 항목

- 부효전력
- 정태 전압
- flicker (35Hz 까지)
- 고조파 (50Hz 까지)
- 개폐 조작



2) 정태 전압 (Steady State Voltage)

풍력발전에서 정태 전압의 상승과 강하가 전력계통 연계운전에 주요한 문제로 자주 대두한다. 큰 폭의 정태 전압 강하는 장거리 송전선, 수용가의 무효전력 수요 및 풍력터빈의 무효전력 발생에 의해서이다. 전력계통의 연결 지점에서의 전압 변화는 다음 식으로 간이제산을 할 수 있다.

$$D = (S60 / Sk) \times | \cos(\Psi + \phi) |$$

- D : 연결 점에서의 정태 전압의 변동
- S60 : 1분 최고 유효전력에서의 피상전력
- Sk : 연결 점에서의 단락전력
- Ψ : 전력계통의 임피던스 각도
- ϕ : 전력의 역율 각도

풍력단지에서의 총합 전압변동은 다음 식으로 표현된다.

$$D = \sum Di$$

3) flicker

가. Flicker의 발생요인은 다음과 같다.

- 구조물 그늘
- 풍향 조타 오차
- 풍속 층 발생
- 바람의 회오리
- 제어시스템의 흔들림

나. flicker의 정의와 한계곡선

주파수 35Hz 범위내의 고속 전압 변동을 flicker라 한다. Pst = 1 곡선은 사람에 대한

다. FDV(flicker distortion Value)

- FDV는 통계적인 숫자로 정해진 시간동안 발생하는 깜박임(flicker) 수를 말한다. 수식으로 표현하면 아래 식과 같다.

- 단시간 수치 (10분)

$$Ast = Pst^3, \quad Ps = (Pst)^{1/3}$$
- 장시간 수치 (2시간)

$$Ali = Plt^3, \quad Plt = (Ali)^{1/3}$$

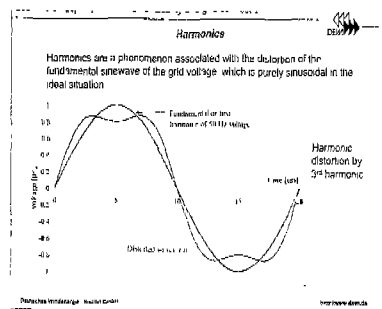
Pst = 1 또는 Plt = 1에서 flicker는 혼란효과가 나타난다.

라. flicker의 제한치

- $Plt \leq 0.25$ (IEC 61000-3-7)
- $Pst \leq 0.35$ (IEC 61000-3-7)

4) 고조파

가. 고조파를 포함한 파형도 (기본파에 제3고조파만을 포함하는)



다음호에 계속됩니다