

새로운 대체 에너지로서의 풍력발전 현황 및 전망(하)

김 동 용

전북대학교 전자정보공학부 교수·박사
(대한전기협회 1979년도 해외유학 장학생)

김 영 민

담양대학교 전기전자통신공학부 조교수·박사

5. 우리 나라 실정에 맞는 새로운 대체 에너지 개발

가. 풍력 발전

지금 세계는 WTO 및 OECD 체제와 연계한 Green Round에 의거 지구환경보호를 위한 무역규제 파고가 우리 나라 산업체의 국제 경쟁력과 경영여건을 압박하고 있다. 또한 국민소득 \$10,000 사회에 걸맞는 삶의 질을 향상하기 위한 국가 정책적 일환으로 백령도를 비롯한 많은 도서주민을 위한 전력(제2의 생필품) 공급사업은 많은 어려움(디젤발전의 유류 수송, 유지보수비 과다, 24시간 안정적 전력공급 결여 등) 속에 심각한 적자운영(일정액 한전보조)과 더불어 화학연료사용으로 인한 대기오염뿐만 아니라 아황산 가스로 인한 지구황폐화를 가속시켜 그 심각성을 더해가고 있다. 이에 따라 미국을 비롯한 선진국에서는 이미 풍력발전의 이용이 상용화되고 있다.

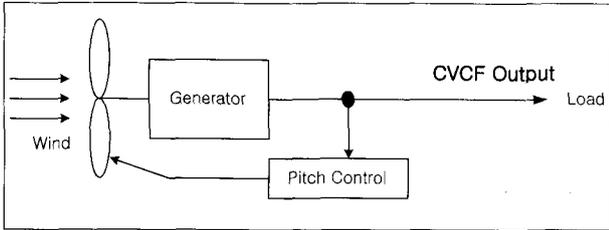
우리 나라에서도 국제화 시대에 발맞추어 지구 환경보호에 범 국가적 차원에서 전략적으로 참여하여 대체에너지 개발 등 활발한 정책개발을 할 때이다.

다행히 삼면이 바다인 우리 나라는 천혜의 부존자원인 도서 및 해안의 풍부한 풍력자원(연평균 풍속 7.3m/sec~10.3m/sec)으로 이를 최대한 이용할 수 있는 지혜와 기술이 마치 덴마크나 네덜란드처럼 21세기에 있어서 우리들의 삶의 질을 향상시키는데 크게 이바지할 것이다.

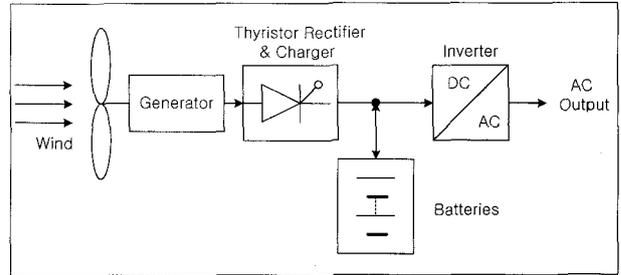
나. 풍력발전 설비의 운전 방식

(1) 단독 부하 운전

- 소규모 용량인 경우
- Mechatronics Control 장치에서 정속출력 발생시 Inverter 불필요



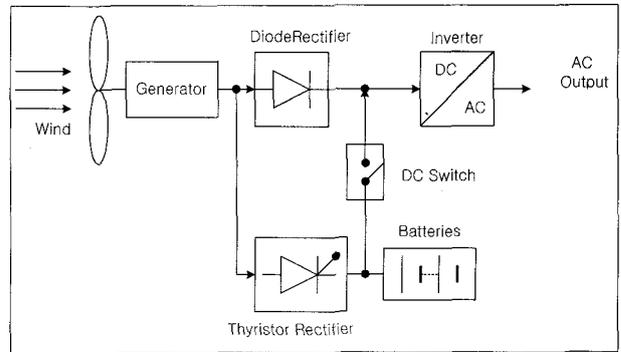
〈그림 1〉 단독 부하운전



〈그림 2〉 부동 충전 방식

(2) 독립 운전(Stand-Alone Type : SA)

- 인버터 방식
- 직류 에너지원의 주변 환경에 따른 불확실성 때문에 반드시 축전지 필요
- 축전지와 정전압 정주파수(CVCF)의 출력을 갖는 인버터 필요
- 직류 에너지원으로부터의 불안정한 입력을 받는 축전지는 인버터에 안정적인 DC전압을 공급하기 위해 매우 중요(그림 2, 3 참조)



〈그림 3〉 직류 스위치 방식

(3) 계통연계운전(Utility-Interactive Type: UI)

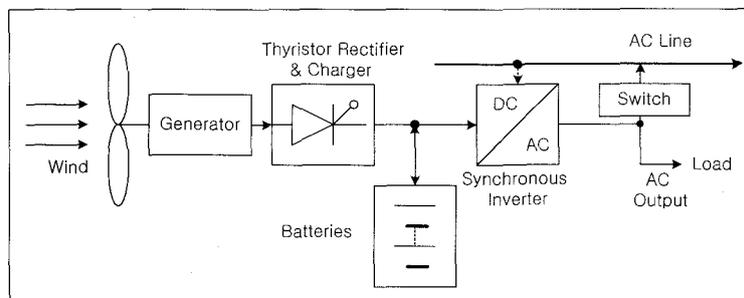
- Synchronous 인버터 필요(그림 4 참조)

다. 새 밀레니엄을 대비한 대체에너지(풍력)의 개발에 대하여

미국, 일본 및 유럽 등 선진국들은 장래에 태양광, 풍

력, 조력 등 대체에너지 개발을 전체 에너지에 비해 그 비율을 획기적으로 높일 것이라는 계획을 발표하고 있다.

우리 나라도 이에 따라 대체에너지에 대한 관심이 높아지고 있고 현재 태양광, 소수력 발전 등은 소규모지만 실제 가정이나 사업장에서 사용되고 있다. 그러나 아직까



〈그림 4〉 계통 연계방식

지 그 규모가 미미하고 풍력발전 등은 거의 전무한 실정이다. 외국에서 도입한 몇 기의 풍력발전기가 운전되고 있지만 한국실정에 맞도록 순수 국산기술로 제작된 제품은 거의 전무한 실정이다.

바람을 우리가 사용할 수 있는 에너지로 변환시키기 위해서는 프로펠러 형태의 Rotor Blade와 발전기 사이에 증속기어장치(치차)가 필요하며 발생된 전기를 실재 가정이나 사업장 등의 시설로 공급하기 위해서는 축전기와 인버터가 필요하다.

(주)자연에너지개발연구소는 기존의 기어장치에 비해, 같은 치수에 있어서 2배의 효율을 갖는 특수증속 기어장치와 기존의 인버터보다 뛰어난 성능을 가지고 간단한 구조로 구성된 인버터를 발명하여 이미 그에 관한 국내특허 7건, 국제특허 4건을 보유하고 있으며 현재 20개국에 국제특허를 획득하였다.

이러한 기술력을 발판으로 삼아 한국전기연구소와 협력하여 전북대학교 내에 실험실 벤처기업을 창업, 새로운 풍력발전기를 개발중이다. 이 새로운 풍력발전기는 유지와 보수가 쉽고, 우리 나라와 같이 풍향변동이 심한 곳의 바람에 잘 적응할 수 있는 시스템이다. 또한 풍력에너지의 흡수율이 높아 바람에너지의 이용률이 크고 최적의 대형화 한계에 가장 적합하게 구성되도록 하고 있다. 이를 한전과 연계하여 '도서', 나 '산간', '오지' 등에 전력공급을 하면 상습적인 전력부족 문제해결은 물론 무공해 청정에너지를 이용함으로써 오염물질 배출량을 줄이고, 또한 이에 따른 고용의 창출 등은 우리 국가의 경제에도 큰 도움이 되리라 확신한다. 또한 새만금 간척단지에 대단위 풍력단지를 조성하여 그곳에 입주하는 공장들에 필요한 전기를 공급하고 풍력발전단지를 관광단지로 개발하여 이를 상품화한다면 국민들에게 풍력에 대한 의식을 새롭게 하고 어린이 및 청소년들에게 산 교육의 장을 제공할 수 있을 것이다.

이 연구소는 현재 국제적인 추세를 수년동안 주시한

결과 풍력, 태양광, 조력 등의 대체에너지 개발은 피할 수 없는 현실이 되어가고 있음을 인식하고, 우리 나라도 이제 더 이상 이에 대한 연구개발을 등한시할 수 없는 실정이라는 판단하에 이번의 (주)자연에너지개발연구소의 설립을 통해 국내에 풍력발전에 대한 관심을 집중시키고 동시에 이 분야의 설비기술을 최첨단으로 개발하여 현재 유럽과 미국이 독차지하고 있는 세계시장 즉, 캐나다, 호주, 중국, 남미 등의 시장으로 진출시켜 한국을 풍력발전의 세계중심 전진기지화 하는데 최대의 노력을 경주하고 있다.

라. 한국형 풍력 발전기 System의 특징

(1) 수평축(HAWT)과 수직축(VAWT)의 통합 System

새로운 풍력발전 System은 수평축과 수직축 풍력발전 System의 장점으로 구성된 고속회전의 터빈 (Up-wind Auxiliary Turbine)과 저속회전의 주터빈 (Down-wind Main Turbine) 등이 "T"자형 특수 증속기를 중심으로, 동일 수평 연장선상을 전후하여 2개의 회전축으로 입력되는 저속회전력을 단일 수직 고속 출력축으로 출력회전이 통합되어 철탑하부에 고정 설치된 발전기에 전달되는 풍력발전 System으로서, 풍향이 순간적으로 변화하는 잦은 반사돌풍 등 바람의 질(質)이 C급 풍력인 우리나라의 풍황(風況)에 적응할 수 있는 차세대 첨단 풍력발전 System이다. 이 시스템은 같은 크기의 Rotor Turbine의 기존 System보다 특수증속 Gear System의 효율 개선과 주 Rotor Turbine의 Dead Zone의 보상 등으로 약 1.4~1.5배의 출력을 얻을 수 있으며 그 주요 특징은 다음과 같다.

(가) "T"자형 유성 특수 증속기어 장치

Bevel 기어와 유성기어의 종합회전으로 구성된 "T"자형 증속기어장치는 동일한 크기와 동일한 치수의 기존 유성 증속기어 장치보다 약 2배의 증속 비와 고효율의 특

수기어로서 한국형 풍력장치의 핵심부품이다.

$$\text{기존 유성기어 증속비} : i=1+\frac{Z_R}{Z_S}$$

Z_S : 태양치차의 치수

Z_R : 내 치차의 치수

i : 증속비

$$\text{특수 유성기어 증속비} : i=1+\frac{2Z_R}{Z_S}$$

(나) 한국풍력 System의 구조적 특징

기존 풍력발전 System은 철탑상부의 Nacelle(발전실)속에 발전기를 비롯한 모든 장치가 설치되어 있으나 한국형은 "T"자형 증속기어장치만 철탑상부에 설치하고 여타 장치는 철탑하부에 설치할 수 있어 다음과 같은 장점이 있다.

(다) 철탑상 무게(하중) 감소

기존 System의 Tower Top Weight는 660kW급 용량인 경우 약 5~50톤이나 한국형은 약 6~10톤으로 철탑 구조적 강도를 줄일 수 있어 제작 및 건설비 등이 경제적이다.

(라) 발전기 출력선(Slip Ring) 인출선 장치 불필요

기존 System은 철탑상부의 Nacelle 속에 모든 장치가 수용되어 있고 풍향(風向)에 따라 Nacelle이 회전하기 때문에 Slip Ring이 필수장치이다.

(마) 유지보수 용이

증속기를 제외한 모든 장치가 철탑하부에 고정 설치되어 있기 때문에 유지보수 및 수리가 용이하다.

(바) 주 Rotor Blades와 보조 Rotor Blades의 기체 역학적 상호보완

동일한 수평 연장선상의 상이한 회전의 보조 Rotor Blades의 회전과 주 Rotor Blades의 회전의 상호간섭으로 발생하는 기체 역학적 손실을 없애기 위한 주 Rotor Blades의 연장축봉(Extender : 전체 길이의 40~

50%)을 설치함으로써 보조 Rotor Blades의 고속회전으로 발생하는 와류(Wake of Turbulence)를 피하고 각각의 Coefficiency를 높이는 다음과 같은 장점이 있다.

- 주 Rotor Blades의 Dead Zone을 Extender로 대체 길이가 긴 대형 Rotor Blades의 회전은 끝단운동 속도제한(Tip Speed Limitation) 때문에 회전중심영역의 Blades Root 부분(Innermost Portion of Rotor Blade)은 저속으로 발생하는 Aerodynamic Dead Zone(기체 역학적 사각지대)을 연장축봉으로 대체하고 기체 역학적 회전양력이 발생하는 전체길이의 약 50~60% 부분만 Blade로 구성되기 때문에 제작공정이 용이하고 불필요한 무게를 감소시킬 수 있어 동적 무게균형(Dynamic Weight Balance)이 잡혀진 고효율 Blade의 제작이 용이하다.

- 상호 근접회전에 의한 기체 역학 간섭 배제
앞맞이 바람(Up-wind)의 보조 Rotor Turbine의 고속회전에 의한 와류(渦流)의 영역은 주 Rotor Blade의 Extender에 한정시킴으로써 주 및 보조 Rotor Turbine은 각각 기체 역학적 회전양력(Aerodynamic Coefficiency)을 100% 발휘할 수 있다.

- 보조 Rotor Blade에 의한 주 Rotor Blade의 사각지대 보상
회전중 주 Rotor Blade의 기체 역학적 사각지대(Extender로 대체한 부분)를 고속 회전의 보조 Rotor Blade가 보상(Compensation)하여 주 Rotor Blade의 회전양력을 높이고 전체가 하나의 풍력벽(Wind Wall)을 형성하여 풍력에너지를 흡수한다.

(사) 대형 복합 Rotor Turbine의 주속(Tip Speed) 향상 효과

복합 주 Rotor Turbine의 회전중 주 Rotor Blades의 끝단 운동속도(주속 : Tip Speed)를 공전과 자전의

상호 역회전으로 외곽반원주간(The Outward of a Semicircumference)의 주속을 상살시킴으로써 기체 역학적 저항(Drag Force)을 줄일 수 있다.

(아) 보조 Rotor Turbine과 주 Rotor Turbine의 동일한 주속비(Tip Speed Ratio)

풍력 Turbine의 효율을 결정하는 주속비(主速比)를 함께 함으로써 변화하는 어떤 풍속의 영역에서도 주 Rotor Turbine이나 보조 Rotor Turbine이 각각의 상대방에게 기체 역학적 저항(Drag Force)부하가 되지 않고 전체가 하나의 풍력벽(Wind Wall)을 형성하여 통과하는 풍력에너지를 흡수한다.

(자) 새로운 풍력발전 System의 주 수요처

- 도서지방의 전력공급용

풍력발전과 디젤발전 혼성방식(24시간 디젤발전에 의존하는 도서의 운영적자 해소, 공해(CO₂)감축 및 소음 해소)

- 풍력발전단지 건설(상용전력과 연계운영)

- 상수도원의 댐, 호수, 저수지, 하천 등의 수질개선용 전력

- 해수 담수화 장치의 전력(도서지방의 식수난 해결)

- 냉동, 냉장장고, 제빙기용 전력(상용전력과 연계운영)

- 도서벽지의 방송 및 통신중계소와 대용량 통신용 전력(상용전력과 연계운영 또는 단독운영)

- 양어장 및 가두리 양식장의 소요전력

- 대단위 위락시설용 전력(골프장, 스키장 등 관광단지의 전력, 상용전력과 연계 운영)

- 기타 중소용량(30kW~300kW)으로 관광지, 호텔, 별장, 콘도 및 사찰 등 자가용 전력, 상용전력과 연계운영 또는 단독운영

나. 새로운 풍력발전 System의 장점

- (1) 발전기를 비롯한 제어장치가 지상까지 연장설치가 가능하여 유지보수가 용이하다.
- (2) 우리 나라와 같이 풍향변동이 심한 바람에 잘 적응할 수 있는 Passive Yaw System이다(Active Yaw Control System은 별도 동력장치 필요).
- (3) 복수의 Rotor Blades로 기체 역학적으로 풍력에너지 흡수율(고효율)이 높다.
- (4) 대형 풍력 System(600kW 이상)의 Rotor Blade 저속회전에 수반되는 Hub 중심 부분의 기체 역학적 사각지대(Dead Zone)를 보조 Rotor Blade가 보상한다.
- (5) 최적대형화 한계 System(Cost-effective Optimum System Size: 2MW~3MW)에 가장 적합한 System으로 발전단가가 저렴하다(3~4cents/kWh).
- (6) 발전기 인출선 장치가 불필요하다.

〈참 고 문 헌〉

- ① 김정인, "교토 의정서 이후의 선진국들의 대응과 에너지 정책 과제", 1998 에너지 절약 토론회 발표자료, 시멘트 협회 및 에너지 관리공단, 1998. 10. 16
- ② 대한민국정부, 「제1차 국가에너지 기본계획」, 1997
- ③ 부경진, 「신·재생 에너지 보급확대를 위한 관련 법, 제도개선방안 연구」, 에너지 경제 연구원, 1995. 4.
- ④ 이경태, 「산업 정책의 이론과 현실」, 산업 연구원, 1996. 8. 30.
- ⑤ 환경부, 「기후 협약관련 최근 동향」, 환경부 지구환경과, 1981. 1.
- ⑥ 산업연구원, 「환경·신에너지 산업의 발전 전략」, 1999. 4