

신재생에너지의 현재와 미래

손 영 준 | 한국에너지기술연구원 책임연구원
e-mail : yjsohn@kier.re.kr

※ 연재순서

1. 신재생에너지의 정의와 현황(59권 1호 게재)
2. 태양광 발전(59권 2호 게재)
3. 태양광 발전 기술과 시스템(59권 3호, 4호 게재)
4. 태양전지 기술의 발전 방향(59권 5호 게재)
5. 태양열 기술 개요 및 동향(59권 6호 게재)
6. 태양열 시스템의 종류(59권 7호 게재)
7. 태양열 집열 및 발전 기술(59권 8호 게재)
8. 발전용 태양열 시스템 기술 및 적용 사례(59권 9호 게재)
9. 풍력 발전 기술의 역사 및 원리(59권 10호 게재)
10. 풍력 발전 기술의 원리(59권 11호 게재)
11. 풍력 발전 기술의 전망

11. 풍력 발전 기술의 전망

풍력 발전은 전 세계 신재생에너지 발전량에서 수력 에너지 다음으로 많은 비중을 차지하고 있다. 풍력 발전의 증가 또한 지속적인 상승 추세를 보이고 있어서 2017년을 기준으로 보았을 때, 10년간 약 5.7배 이상 증가한 것을 알 수 있다. 국내의 풍력 발전 현황을 보면 2007년에는 196MW에서 2017년에는 1,14GW 정도로 약 5.8배 이상 증가하여 세계적인 추세에 맞추어 발전해 나아가고 있음을 알 수 있다.

도표화되지는 않았지만 2018년까지 집계된 통계에 따르면 전 세계의 풍력 발전량은 597GW에 달하며 2019년은 600GW를 충분히 넘길 것으로 보고 있다. 그림 1에서도 알 수 있듯이 풍력 발전은 재생 및 비재생 전기에너지 발전 방식을 모두 포함하여 보았을 때 5.6% 이상을 차지하고 있기 때문에 매우 중요한 발전 기술이며 시장성 또한 매우 크다. 그렇기 때문에 지금까지도 많은 연구 개발이 이루어지고 있으며 앞으로도 산학연에서 기초부터 응용까지 다양한 연구, 개발이 시도될 것으로 전망하고 있다.

세계적으로 가장 규모가 큰 풍력 발전소는 중국 간쑤

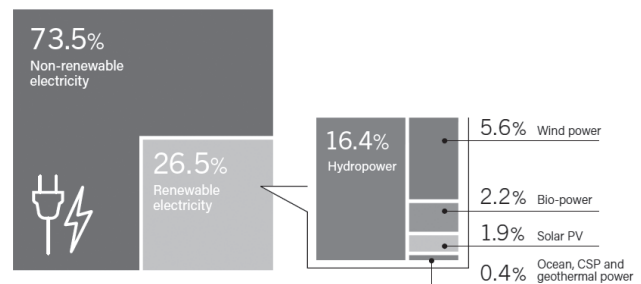


그림 1 발전 방식에 따른 전세계 전기에너지 비중(출처: Renewables 2018 Global status report, REN21)

풍력 발전(Guanzhou Wind Farm)으로 총 발전 용량은 약 8GW에 달한다. 해상 풍력 발전도 환경 친화적 요소가 중요해지면서 빠르게 증가하고 있으며 가장 큰 규모로는 영국의 웰니 풍력 발전(Walney Wind Farm)으로 총 발전 용량은 659MW 이다.

풍력 발전은 설치 형태와 풍속에 따른 발전량의 영향 특성에 따라 대형화를 위한 개발이 가장 주요한 이슈 중의 하나이다. 지난 회에서 소개한 바 있듯이 풍력 발전은 지난 20년 정도의 기간 동안 높이가 100m 급에서 300m 급으로 꾸준히 높아지고 있다. 하나의 풍력 발전기에서 가능한 많은 풍력을 받기 위해 블레이드의 길이

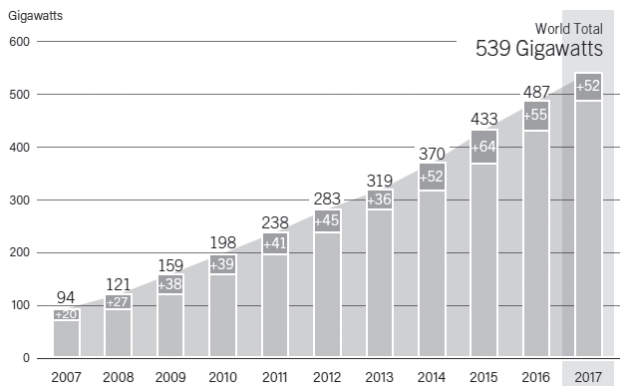


그림 2 전 세계 풍력 발전 누적량 추세(주황색: 연간 누적량, 노란색: 전년도 전력 용량, 출처: Renewables 2018 Global status report, REN21)

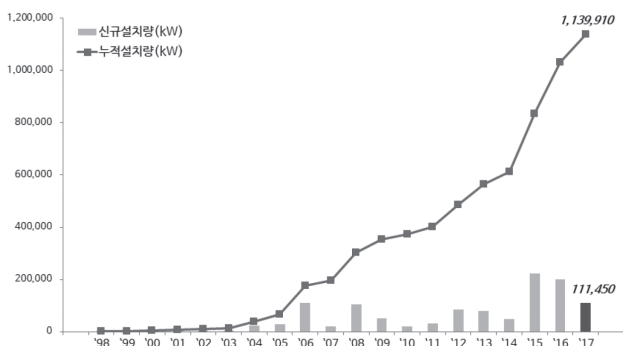


그림 3 국내 풍력 발전 누적량 추세(출처: 2017 Annual report on wind energy industry in Korea, 한국풍력산업협회)



그림 4 중국의 간쑤 풍력 발전 전경(출처: wikipedia.org)



그림 5 영국에서 운영 중인 Walney Wind Farm 전경 (출처: walneyextension.co.uk)

를 증가시키면 그에 따라 풍력 발전기의 높이도 높아지게 되는데 지면 근처에서는 약간의 높이 증가도 풍속이 가파르게 증가하며 지면의 다른 구조물의 영향도 피할 수 있는 특징이 있으므로 대형화를 통해 얻을 수 있는 장점이 상당히 많다. 이에 따라 세계적인 풍력 발전 기업들도 경쟁적으로 대형 풍력 발전기를 개발하고 있다. 현재 세계적으로 가장 큰 풍력 발전기는 MHI Vestas사가 제작한 V164 모델이다(그림 6). V164는 로터(rotor) 즉, 날개의 회전 지름이 164m이며 해상 풍력 발전을 목표로 제작되었다. 본 모델은 2014년 이래로 가장 큰 풍력 발전기 위치를 차지하고 있으며 한 기당 발전량은 가장 최근 모델은 9.5MW에 달한다. 각 날개의 중량만 33~35톤에 이르며 풍력을 받는 면적은 21,124m²으로 알려져 있다. 본 모델의 추가적인 개선을 통해 MHI Vestas사는 2021년 이후에는 10MW급 발전기의 상용화 계획을 발표한 바 있다.

또 다른 주목할 만한 대형 풍력 발전기는 제너럴일렉트릭(GE)사에서 발표한 할리아드(Haliade)-X가 있다(그림 7). 할리아드-X는 프로토 타입 모델로 할리아드-150 모델을 제작하여 운영 중이며 이 모델은 한 기당 발전량이 6MW급으로 2018년 당시 세계에서 다섯 번째로 큰 풍력 발전기였다. 할리아드-150을 바탕으로 올해 GE Renewable Energy는 12MW 급 할리아드-X 모델의 나셀(nacelle) 프로토타입을 출시하여 시험 운영에 들어갔음을 발표했다. 본 모델은 날개의 길이가



그림 6 MHI Vestas V164 모델로 조성한 독일의 해상 풍력 발전소(출처: MHI Vestas Offshore Wind.com)



그림 7 GE의 Haliade-X 주요 사양(출처: GE Renewable Energy)

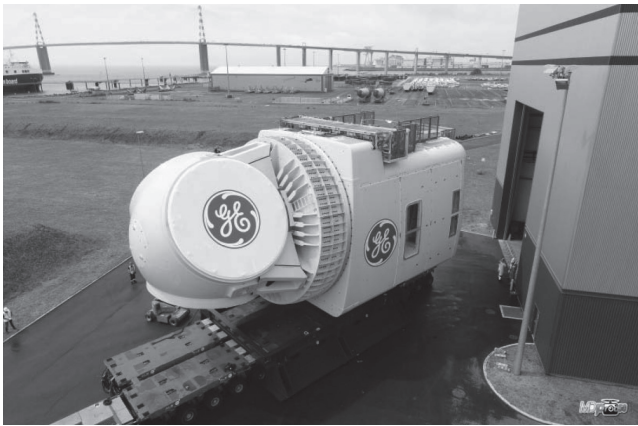


그림 8 GE Renewable Energy의 Haliade-X 나셀(출처: GE Renewable Energy)

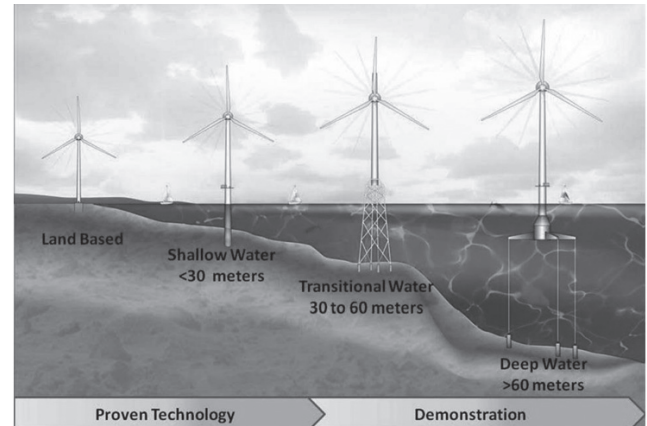


그림 9 해상 풍력 발전기의 설치 형태(출처: wikipedia.org)

100m가 넘으며 로터 직경이 220m로 세계 최대의 풍력 발전기 크기이다. 한 대의 풍력 발전기로 12MW를 생산 가능하며 2021년에 운영을 할 계획이다.

풍력 발전기의 크기가 수백 미터 급으로 커지게 되면 대규모 공사에 따른 자연 환경 훼손, 저주파 소음, 그림자 효과 등의 영향 등으로 인해 설치 공간의 제약이 매우 많기 때문에 결국 해안가 또는 연안 설치 등을 대안으로 하는 해상 풍력 발전 기술이 활발하게 연구되고 있으며 앞에서 언급한 수백 미터 급의 풍력 발전기들도 대부분 해상 풍력(offshore wind turbine)을 위해 개발, 제작되고 있다.

해상 풍력 발전은 그림 9와 같이 규모에 따라 설치 방법이 나뉘게 되는데, 기술 시범 목적으로는 육지 또는

수심이 30m 이하로 낮은 곳에서 진행하지만, 본격적인 설치에는 보다 깊은 곳에 설치하고 프레임에 갖춘 구조물을 사용하거나 부유식 설비를 사용해 설치하게 된다.

해상 풍력의 중요 구성 요소 중의 하나로 전력 연결 플랫폼이 있다. 그림 10의 해상 풍력 구성도를 보게 되면 여러 대의 풍력 발전기가 전기를 생산하면 이것을 모아서 육지로 보내는 역할을 하게 되는데 송전의 가장 중요한 고려점은 손실 최소화과 설치 용이성이다. 해상에 설치하는 특성상 케이블의 비용, 송전 손실을 최소화하여 장거리 송전이 가능한 방식을 도입해야 한다. 해상 풍력에서 사용하는 송전을 위한 방식은 크게 HVAC (High-Voltage Alternating Current)와 HVDC (High-Voltage Direct Current)로 나뉜다.

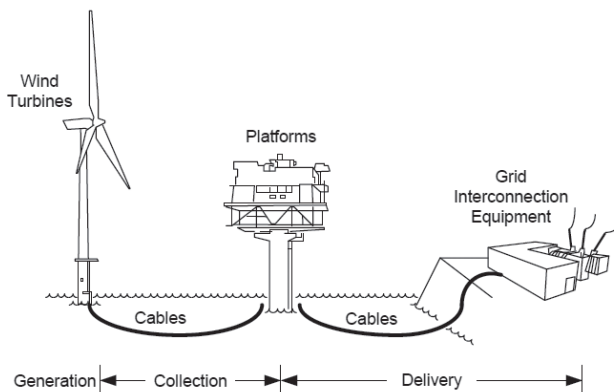


그림 10 해상 풍력 발전 시스템 구성도(출처: National Offshore Wind Energy Grid Interconnection Study Executive Summary, DOE award project)



그림 11 노르웨이에서 설치를 위해 이동 중인 해상 풍력용 HVDC 변환 플랫폼(출처: wikipedia.org)

HVAC 방식은 고전압 교류 전류를 송전하는 형태로 지금까지 해상 풍력 발전에 가장 많이 쓰이고 있는 방식이지만 고전압 교류 전선이 수중에서는 손실이 특히 많아져서 송전 가능 범위가 80km 이내로 사용할 수 있다



그림 12 결빙 방지를 위한 기술 적용 사례(출처: MHI Vestas)

고 보고되어 있다.¹⁾ 때문에 최근에는 HVDC 형태의 송전 방식이 많이 개발되고 있다. 해상 풍력의 설치, 송전 등은 가장 첨단 기술의 공학 연구가 필요한 분야로 현재도 많은 연구 개발이 활발하게 진행이 되고 있다.

풍력 발전의 대형화, 해상 풍력 발전 등의 개발에 중요한 주제 중의 하나가 경제성인데 이를 확보하기 위한 또 다른 중요한 요소로 내구성을 들 수 있다. 풍력 발전이 대형화 되면서 블레이드의 길이가 매우 길고 육중해짐에 따라 구조적 안정성과 오랜 시간에도 견딜 수 있는 내구성을 확보하는 기술 또한 높은 난이도를 가지게 되었다. 약 20년간의 풍력 발전의 운영 과정에서 발생한 사고의 빈도를 보면 풍력 발전기 자체의 문제로는 블레이드 파손과 발전기의 화재가 가장 큰 비중으로 차지하며 구조 설비 파손, 얼음 비산 문제가 뒤를 이었다.²⁾ 각각의 문제는 대형 풍력 발전기가 개발되면서 보다 진일보된 기술적 해결을 요구하고 있으며 이를 위해 블레이드 비파괴 분석, 결빙 해소 기술, 블레이드 센싱 기술 등이 적용되고 있다. 향후에도 초대형 풍력 발전기 개발을 위해 초전도체를 이용한 송전 설비, 고내구성 경량 탄소재 등 첨단 재료 과학과 고내구성 기어 박스, 기계 구조 및 유체 역학 등의 분야에서도 지속적인 연구가 이루어질 전망이다.

1) J. Daniel, S. Liu, E. Ibanez, K. Pennock, G. Reed and S. Hanes, National Offshore Wind Energy Grid Interconnection Study Executive Summary, Retrieved 1 May (2019)

2) Summary of Wind turbine accident data to 31 May 2017