

극동 국가의 해상풍력 기술개발을 위한 전략, 특허분석 관점

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 신호순
(0637shin@reseat.re.kr)

1. 머리말

- 해상풍력터빈의 비용은 아직 육상풍력터빈보다 훨씬 많이 든다. 극적인 비용 증가는 해상 환경의 혹독한 상태를 극복하기 위해 특별히 설계되거나 필요한 지지 구조물, 설치 공정, 전기 기반 시설 및 O&M으로부터 주로 과생된다.
- 해상풍력터빈의 비용을 최소화하기 위하여 로터 피치와 전력 조정의 더 좋은 제어를 통한 출력 성능, 안전 문제 및 작업 비용을 개선할 수 있는 감시와 제어 시스템의 개선, 정지 손실과 보수비용을 감소할 수 있는 기어박스, 요 시스템, 전력 변환기, 변압기 및 발전기의 신뢰성 개선에 몰두해 왔다.
- 본 연구에서 미국 특허청(USPTO: United States Patent and Trademark Office)과 유럽 특허청(EPO: European Patent Office)에 등록된 특허들의 평가를 통해 해상풍력기술의 개발을 고찰했다.

2. 특허 분석에 관련된 문헌 검토

- 극동 국가의 해상풍력발전
 - 이 연구에서 극동 국가들을 대표하기 위하여 중국, 일본 한국 및 타이완을 선정하였다. 중국에서는 해상풍력원이 주로 남동 해안지역과 근처 도서들로 집중되어 있고, 수심 5~50m에서 해상풍력발전 잠재 용량은 500GW이다. 2010년에 중국은 Donghai Bridge에 Sinovel에 의해 제작된 중국산 풍력터빈을 설치하여 해상풍력단지를 건설하고 전력망

에 연결했다. 이는 유럽을 제외한 첫 대규모 해상풍력단지이다.

- 일본 풍력협회에 의하면 수심 50m 이내와 50m 이상의 가용 해상풍력에너지는 각각 156.46GW와 300.46GW이다. 계획된 개발 로드맵의 해상풍력터빈은 2020년까지 0.7GW와 2030년까지 10GW이고 그 중 2020년과 2030년까지 각각 0.1GW와 4GW는 부유식 해상풍력이다.
- 한국의 수심 50m 내의 해상풍력 잠재력은 약 11GW이다. 2MW와 3MW 터빈으로 구성된 첫 해상풍력 프로젝트는 2011년과 2012년에 각각 제주도 근처에 설치되었다. 한국은 2019년까지 2.5GW를 목표로 해상풍력 프로젝트를 추진하고 있다.
- 타이완의 수심 30m 이내의 해상풍력 잠재력은 37.6GW이다. 2030년까지 4GW 해상풍력 설치를 목표로 하고 있다. 이들 국가는 해상풍력 잠재 용량은 대단히 크지만 유럽 국가에 비해서 해상풍력기술에 격차가 존재한다.

○ 해상 풍력의 개발 현황



- 해상풍력터빈의 주요 부품은 블레이드, 로터허브, 피치제어, 브레이크 시스템, 기어박스, 발전기, 전력변환기. 승압변압기, 감시 및 제어시스템, 나셀, 요 제어, 타워, 기초 및 전력케이블이다.
- 폴리에스터와 유리섬유 같은 가벼운 물질이 6MW의 거대한 블레이드의 제조에 적용되었다. 변속작업이 고정속도 작업보다 더 선호되고 권선형 로터 유도전동기, 동기발전기 및 영구자석 동기발전기가 전형적인 선택이다. 해상풍력발전기 적용을 위한 타워의 형상은 일반적으로 원뿔형이다. 진동, 굽힘 모멘트 및 바람과 파도에 의해 유도된 피로응력이 고려되어야 한다. 2014년 말에 단지 4기의 실물 크기 전력망에 연결된 부유식 풍력터빈(유럽에 2기, 일본에 2기)이 있다.

3. 방법

- 가장 대표적으로 인정받는 특허자료인 USPTO와 EPO를 특허 검색용으

로 사용하였다. 연구 목표가 해상풍력발전이므로 등록된 특허를 검색하기 위해 사용한 키워드는 *wind power or wind turbine or wind energy or wind generator or wind farm or windmill or energy of wind or energy from wind or wind rotor or wind axis or wind blade*로, 제목, 초록 및 클레임을 검색하기 위해 사용하였다.

- 그 다음 *offshore or shore or sea or ocean or shallow water, or deep water or floating or mooring or vessel or foundation*을 육상 기반만인 특허를 걸러낸 제목, 초록 및 클레임을 검색하기 위해 사용하였다. January 1, 1976년과 June 30, 2015 사이의 출판일이 선택되었다. 키워드 검색에 의하여 수집된 등록된 특허 후에 이 특허가 발전 목적이 아닌 특허를 제외하기 위해 걸러냈다.
- 본 연구의 목적이 극동지역 해상풍력발전의 기술개발을 위한 건설적인 전략을 제안하는 것이므로 이 지역의 마케팅, 정책, 산업 및 환경 조건을 전략 작성 과정을 통해 고려하였다.

4. 결과 및 검토



- 특허의 개량 서지학적 분석
 - 이 연구에서 키워드 탐색을 통해 저자들은 USPTO와 EPO 데이터베이스로부터 각각 545건과 267건의 특허를 발견하였다. 해양에너지 변환 장비를 위한 것, 전력발전에 직접 관계되지 않은 것 및 해상풍력 발전을 위해 특별히 개발되지 않은 해상구조물과 계류기술을 제거한 후에 USPTO와 EPO로부터 각각 207건과 174건의 등록된 특허를 선택하였다.
 - GE와 Vestas가 USPTO와 EPO 특허에서 각각 1위를 차지했고 독일, 덴마크, 노르웨이 및 미국이 톱 5위를 차지했다. 국제 특허 분류(IPC: International Patent Classification)는 특허 분류를 위해 널리 사용되는 코딩 시스템이다. wind motor(FO3D)가 USPTO와 EPO 양쪽에서 등록된 특허의 1위를 차지했다.

- USPTO와 EPO 양쪽에서 등록된 특허에서 “선박 또는 기타 수인성 선박, 선적이 가능한 장비(B63B)” 부문이 2위를 차지했다. EPO 특허에서는 완전히 조립된 터빈을 수송할 수 있는 구조를 가진 선박(EP1356205)이 경쟁자를 추월하기 위하여 필요한 핵심기술을 가진 특허이다.

○ 기술-기능 매트릭스 분석

- USPTO 특허의 기술-기능 매트릭스 분석에 의하면 부유식 기초 (T24)가 모든 특허 가운데 기술적 항목의 1위를 차지했고 다중 기술의 통합, 타워, 선박 및 터빈 설치가 뒤따랐다. 비용 감소(F1)가 기능적 항목 가운데 1위를 차지했고 개선된 장비설치, 개선된 장비수송, 개선된 신뢰성 또는 수명 및 중량 감소가 뒤따랐다.
- 부유식 기초 : 부유식 기초에 관계된 43건의 특허가 등록되었다. 이들 특허 클레임의 주 기능은 개선된 장비 수송, 개선된 설치, 비용 감소, 고 파도로부터 보호, 중량 감소, 개선된 발전 용량, 강한 바람으로부터 보호이다. spar형, 텐션 래그(TLP), 텐션 래그 부표(TLP) 및 V형 3기둥 반 잠수식 플랫폼과 같은 위에 언급한 기능들을 달성하기 위한 다양한 개념이 사용되었다. 2014년 현재 spar형, 3기둥 반 잠수식 플랫폼 및 4기둥 반 잠수식 플랫폼만이 현장에서 대규모 프로토타입 시험을 했다.
- 다중기술의 통합(T36)에 대하여 여러 특허들(US5549445, US6100600, US7932621, US8330296, US8441139, US8578586, US8866320, US8803346, US8878381, US8970056, US9080664 등)이 전력의 규모를 증가하고 MW당 설치비를 감소하기 위하여 단일 부유식 플랫폼 내 또는 고정된 기초 내에 태양에너지, 파도 에너지 및 해양열에너지 등과 같은 다른 재생에너지 통합을 추구한다.
- 흥미 있는 세 가지 특허(US7766608, US8235629, US8291863)가 해상 풍력터빈과 해양 양식 산업의 조합으로 혜택을 시도하였다. 이 방법은 해양 동식물의 성장을 촉진하기 위하여 자동 먹이 공급시스템을 결합한 고정식 기초 주위에 분리가 가능한 다공성 물질을 사용하거나, 해저를 따라서 무척추 동물을 서식하고 수확할 이동식 장비를 사

용할 수 있다. 부유식 기초마저도 수중에 매달린 양어장 우리 (US8235629)가 제안되었다. 이들 아이디어는 해상풍력단지와 어업 간의 이해 상충을 처리할 혁신적인 방법을 제공한다.

○ 극동 국가에서 해상풍력의 개발을 위한 전략

- 신뢰성과 보수능력이 실제 이익을 위한 핵심요소이다. 해상풍력의 설치와 보수에 선박이 필요하므로 엔지니어링의 개발과 풍력단지 서비스 선박이 많은 관심을 요구한다. USPTO와 EPO의 등록된 특허의 선박부문에 관계된 공동기능은 개선된 설치, 감소된 장비 수송, 높은 파도로부터 보호, 개선된 접근성이나 보수성 및 개선된 인명안전이다.
- 이들 항목은 획기적 선박설계의 기본요구로 고려될 수 있다. 특허에 공개된 기술로부터 특별히 설계된 지지구조물을 사용한 “한 번에 들어올리기”와 완전 조립된 터빈의 배치는 대형 갑판 승강형 선박의 사용을 피할 수 있는 가능한 해법이다. 해상풍력단지의 설치를 위한 선단이 아직 잘 확립되지 않았으므로 이들 개념은 극동 국가들이 개발하기에 적합하다.
- 태풍은 한중일 및 대만 국가들에는 필연적이므로 강풍, 파도 및 조류의 타워와 기초에 대한 결합된 영향의 고려와 풍력터빈의 제어전략이 개발되어야 하고 설계자에 의해 규정된 현재 S급인 태풍이나 허리케인에 견딜 터빈을 위한 새로운 코드가 일찍 촉진되어야 한다.
- 부유식 풍력발전 종류의 선택에 대하여 TLP가 수심 45~75m와 수심 300m에서 TLB 또는 TLS가 비용 효율적 이다. 해상풍력단지와 파력단지의 결합이 전력출력 제로 시간과 시간별 변동성 및 송전케이블 시스템 용량을 감소시킨다. 해상풍력과 해양양식 결합이 해상풍력과 어업 간의 이해상충을 처리할 혁신적 방법이다.

5. 맺음말

- 해상풍력터빈의 설치와 보수 비용이 선박부문에 전적으로 의존하므로 이 부문의 개발이 최우선 순위를 받아야 한다. 잭 래그 장비로 터빈설

치에서 한 번에 들어 올리는 방법처럼 더 획기적인 아이디어가 설계 단계 동안 구현될 수 있다.

- 우리나라 동해안, 제주도 남해안, 일본(남쪽 해안) 및 대만(동쪽 해안)은 심해에 놓여 있으므로 안티 태풍 특징을 갖는 부유식 풍력 터빈이 가능한 선택이다. 그 외에 공동 부유식 플랫폼 상에 파도에너지 및 해양조류에너지 같은 다중 재생기술의 통합이 MW 발전당 비용을 감소하고 R&D 예산 공유에 의한 각 기술개발을 증진하기 위하여 가능할 것이다.
- 전술한 개발전략은 육지에서 터빈의 완전한 조립과, 선박에 터빈을 이동하는 장비를 갖춘 항구의 지원이 필요하다. 육상 교통을 통한 블레이드, 타워 및 기초 같은 거대한 부품들의 수송을 방지하기 위하여 선박의 획기적인 설계를 포함해야 한다.
- 고정이나 부유식 기초와 어업이나 양식시설의 통합이 이들 두 부문간의 이해 충돌을 감소하는데 효과적이다. 풍력단지와 어업 양자에 도움이 되는 다중목적 선박이 이 제안에 따라서 개발될 필요가 있다. 특히, 생태학적으로 양립할 수 있는 고정식 기초 건설에 대한 새로운 방법이 파일공정이 요구되는 기초에 개발되어야 한다.
- 육상기반 풍력터빈의 특허들은 주로 로터와 발전기에 집중했으나 해상 풍력터빈을 위한 특허는 필연적으로 혹독한 환경변화를 극복하기 위한 해법과 바다 조건으로부터의 특별 비용에 집중했다. 타워, 고정식 기초 및 부유식 기초가 이들 어려움을 극복하기 위해 제안되었다. 해상풍력 터빈과 다른 재생에너지 및 어업시설의 통합도 총 비용을 감소하기 위한 변화된 관점을 제공한다.

출처 : Yu-Ching Tsai, Yu-Fen Huang, Jing-Tang Yang, "Strategies for the development of offshore wind technology for far-east countries - A point of view from patent analysis", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 2016, pp.182-194

◁ 전문가 제언 ▷

- 미국특허청(USPTO)과 유럽특허청(EPO)에 등록된 특허의 검색 및 평가를 통해 해상풍력기술의 개발을 고찰했다. 해상풍력 특허 현황의 설정에서 기술개발의 핵심 추세가 선도국가들로부터 확인되었다. 풍력터빈 자체보다 설치선박의 엔지니어링, 부유식 기초, 터빈 설치, 다중 파일기술의 통합과 계류 시스템 관련기술의 개발이 최우선 순위로 확인되었다.
- 비용 감소, 장비운송 개선 및 설치 개선이 달성되어야 할 가장 일반적인 목표로 이들이 USPTO와 EPO에 등록된 특허의 각각 45%와 50%를 차지했다. 특별히 설계된 지지와 수송시스템을 가진 전체로 조립된 풍력터빈을 설치(EP1356205)하는 경향이 선박과 터빈 설치 분야에서 관측되었다.
- 부유식 기초에 관련된 특허의 수가 증가하고 있지만 명확한 특정형의 부유식 기초와 계류시스템의 경향은 관측되지 않았다. 선도 국가들과 극동 국가의 개발 현황으로부터 특허의 포트폴리오 관측에 근거해서 극동 국가들을 위한 특화된 개발 전략이 본 연구에서 제안되었다.
- 세 가지 특허(US7766608, US8235629, US8291863)가 해상풍력터빈과 해양 양식 산업의 조합으로 혜택을 시도하였다. 이 방법은 해양 동식물의 성장을 촉진하기 위하여 자동먹이 공급시스템을 결합한 고정식 기초 주위에 분리가 가능한 다공성 물질을 사용하거나, 해저를 따라서 무척추 동물을 서식하고 수확할 이동식 장비를 사용할 수 있다.
- 부유식 기초마저도 수중에 매달린 양어장 우리(US8235629)가 제안되었다. 이들 아이디어는 전남 서해안 2.5GW 해상풍력단지과 어업 간의 이해상충을 설득할 혁신적인 방법이 될 것이다.
- 태풍은 한중일 및 대만 국가들에는 필연적이므로 강풍, 파도 및 조류의 타워와 기초에 대한 결합된 영향의 고려와 풍력터빈의 제어전략이 개발되어야 한다.

이 분석물은 미래창조과학부 과학기술진흥기금, 복권기금의 지원을 받아 작성하였습니다.