

## 2021년 선박·해양에너지 분야 연구동향

김범석\*

### 1. 서 론

본 학회 선박·해양에너지 분과에는 2021년에 1편의 저널 논문이 출판되었고, 총 6편의 논문이 하계 및 동계 학술대회 구두발표 세션을 통해 발표되었다. 본 논문에서는 2021년에 발표된 선박·해양에너지 분야 논문들이 다루고 있는 주요 연구내용 분석을 통해 개괄적 수준에서 해당 분야의 연구주제 및 기술개발 동향을 파악하고자 한다.

### 2. 해양에너지 분야

2021년에는 허만웅 등(1, 2)이 선박·해양에너지 분야에 1편의 저널 논문을 출판했는데, 해당 분야에 특화된 타 학술지의 영향으로 인해 다양한 유체기계 분야를 전반적으로 다루는 한국유체기계학회 논문집의 출판 논문 편수가 적은 것으로 보인다. 허만웅 등의 연구는 하이브리드형 조류발전용 터빈 설계에 관한 주제를 다루며 H-Type 다리우스와 사보니우스 터빈의 결합을 통한 성능개선과 구조 안전성 확보를 목표로 한다.

이 연구는 ANSYS CFX-v.19.2를 적용한 3차원 비정상 RANS(Reynolds-averaged Navier-Stokes) 시뮬레이션 기반 연구이며, NACA-0025 에어포일을 이용한 수직축 방식의 H-type 듀얼 터빈 설계안을 제시하였고 CFD (computational fluid dynamics) 해석을 통해 출력과 효율( $C_p$ )의 변동성을 분석하였다. 다수의 시뮬레이션을 통해 날개 끝 속도비(tip speed ratio, TSR) 1.5의 조건에서 가장 높은 출력(114kW)과 효율(23.5%)이 발생했다. 이들은 목표 출력성능의 향상을 위해 덕트 구조를 이용한 유속증폭 장치를 설계했으며, 벤투리 효과로 인해 2.6m/s의 유속조건에서 최대출력이 약 160kW로 향상되는 효과가 나타남을 보고하였다. 이들은 H-Type 다리우스 터빈의 자가 구동 성능개선과 시간 변화에 따른 출력 변동성 최소화를 목적으로, 사보니우스 터빈을 결합한 하이브리드형 터빈으로의 설계 개선 연구를 진행했다. 수정된 설계는 수직축에 부착된 사보니우스 터빈의 영향으로 최대출력이 일부 감소하는 영향을 보였

으나, 정지상태에서의 자가 구동 성능향상이 기대되고 출력 변동성 또한 크게 줄어드는 결과를 얻어 구조 건전성 향상 측면에서 유리한 설계임을 보고하였다. 또한, 제안된 유속증폭 장치의 거리 조절에 따른 터빈 성능변화, 토크 변동 최소화를 위한 2단 하이브리드 듀얼 터빈 설계 최적화에 관한 연구결과를 제시하였으며 향후 수직축 조류 터빈 최적 설계를 위한 참고 연구로서의 활용가치가 있을 것으로 주장하였다.

Watchara Tongphong 등(3)은 모듈형 래프트 펜듈럼(raft pendulum) 방식의 신개념 부유식 파력발전장치 개발에 관한 연구를 발표하였다. 새롭게 제안된 파력발전장치는 부유식 모듈 래프트 구조물과 플랩(flap) 장치를 이용하는 기계적 메커니즘을 갖도록 설계되었다. 이 연구에서는 주로 ANSYS-AQWA를 이용하여 불규칙 파의 영향을 받는 조건에서 모듈 래프트 장치의 운동특성과 성능을 검토하고, 효율적인 파력 에너지 포착에 영향을 미치는 주요 설계 인자에 대한 분석결과를 제시하고 있다. 제안된 신형식 파력발전장치는 파 주기(wave period) 3.5초, 유의 파고(significant wave height) 0.5m 조건에서 최대 57.5%의 효율을 보였으며, 파 주기, 유의 파고, PTO 댐핑 계수, 고정식 주 구조물(fixed main structure)이 에너지변환 성능에 미치는 영향이 크다고 보고하였다.

A.H. Samitha Weerakoon 등(4)은 양방향 횡류형 터빈(bi-directional cross flow turbine)을 이용한 파력발전장치의 출력성능에 관한 연구결과를 발표했다. 제안된 파력발전장치는 작동 유체의 양방향 진 출입이 가능한 구조이며 정격 터빈 회전속도가 35rpm으로 설계되었다. 이들은 CFD 해석결과를 분석을 통해 제안된 형식의 터빈이 3m 낙차와 9초 파 주기 조건에서 가장 높은 효율(36.52%)을 나타냄을 확인하였으며 평균 출력이 36.4kW에 이른다고 보고하였다.

프란바우역 등(5)은 수평축 방식의 조류발전용 터빈 블레이드 내부 구조물인 전단 웹(shear web)의 구조 건전성 해석에 관한 연구를 발표했다. 이 연구에서는 완전한 조류 터빈 형상에 대한 CFD 해석을 수행하여 블레이드 표면에 작용하는 하중 값을 구하고, 유한요소해석(ANSYS)을 통한 설계 건전성을 확인하는 단방향 유체-구조 연성해석 중심의 연구결

\* 제주대학교 대학원 풍력공학부  
E-mail : bkim@jejunu.ac.kr

과를 제시하였다. 조류발전용 블레이드 구조 건전성 확보를 위한 전단웹 구조물의 영향도 파악을 위해 전단웹 유무에 따른 해석결과를 제시하였으며, 블레이드 강도가 전단웹 설치를 통해 약 2배 이상 향상될 수 있음을 보고하였다.

### 3. 풍력발전 분야

이준용 등(6)은 에너지자립섬 적용을 위한 200kW급 수평축 풍력터빈의 저속발전기 내부 온도변화 특성 검토를 위해 CFD 기법을 이용한 연구를 수행하였으며, 발전기 내부에 위치한 권선(coil), 고정자(stator lamination), 영구자석(permanent magnet)의 온도분포 시뮬레이션 결과를 제시하였다. 이들은 이 연구결과를 통해 구조적으로 단순하고 유지보수가 용이한 장점이 있으나, 초기기동을 어렵게 하고 진동과 소음 발생의 원인이 되는 코깅토크 최소화를 위한 230kW급 저 풍속 중형 풍력터빈설계를 제안하고 전자장해석을 통해 설계적 타당성을 확인하였다. 또한, 발전기 온도 상승 및 기계적 손실 등의 다양한 변수를 고려한 추가 해석의 필요성을 인지하고, 향후 저 풍속 중형 발전기의 신뢰성이 향상된다면 재생에너지 중심의 도서 지역 전력공급 안정성 향상에 기여할 것으로 보고하였다.

### 4. 기타 분야

김윤지 등(7)은 선박 엔진 등에 사용되는 피스톤링의 거친 표면 접촉을 고려한 열전달 특성에 관한 연구를 발표하였다. 상사점 근방에서 피스톤링의 돌기 접촉을 고려한 열전달 해석, 링과 라이너의 최대 온도 예측을 위해 섬광 온도 해석, 열전도 방정식의 유한 체적 해석 연계결과를 제시하였다. 저자들은 이 연구를 통해 경계운환에서의 피스톤링의 열전달 성능예측 프로그램을 개발하였고, 링과 라이너의 접촉 압력과 마찰에 의한 표면 섬광 온도 해석에 표면 거칠기 효과를 반영하여 정밀한 해석결과를 얻을 수 있음을 보였다.

### 5. 결 론

선박·해양에너지 분야에서는 최근 해양에너지를 주제로 하는 연구들이 중점적으로 진행되고 있으며, 분야별로는 조류발전용 터빈 설계, 신형식 파력발전용 장치 설계 및 성능 해석, 조류발전용 블레이드 구조 건전성 해석과 같은 터빈 및 주요부품에 대한 시뮬레이션 중심의 연구들이 다수 발표되고 있다. 시뮬레이션 방법론적 측면에서 다수의 연구자가 CFD 기법을 많이 활용하고 있으며, 유한요소해석을 위한 독

립적 구조해석 방법론 또한 일부 활용되고 있었다. 터빈의 실제 운전 하중 값의 적용을 통한 정밀한 구조 건전성 평가를 위해 단방향 유체-구조 연성해석에 관한 연구 또한 일부 시도되고 있다.

조류 및 파력발전을 제외한 해양에너지 분야에는 풍력터빈용 발전기를 대상으로 하는 전자기장 해석결과가 발표되었으며, 기타 분야로써 피스톤링의 열전달 해석에 관한 연구가 발표되었다. 선박·해양에너지 분야는 탄소 중립 목표달성을 위한 대폭적인 연구과제 지원 추세에 따라, 특히 풍력발전, 조류발전, 파력발전 등의 재생에너지와 관련된 유체기계 분야 연구들이 주류를 이룰 것으로 판단된다.

### References

- (1) Heo, M. W., Kim, D. H., and Park, J. S., 2021, "Design of Hybrid Turbine Combining Darrieus and Savonius for Tidal Current Energy Converter," *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, Vol. 24, No. 6, pp. 37~46.
- (2) Heo, M. W., Kim, D. H., and Park, J. S., 2021, "Design of Hybrid Turbine Combining Darrieus and Savonius for Tidal Current Energy Converter," *Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting*.
- (3) Tongphong, W., Kim, B. H., Yang, H. S., and Lee, Y. H., 2021, "Design and Performance Evaluation of the Module Raft Wave Energy Converter in Irregular Waves," *Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting*.
- (4) Samitha W. A. H., Edirisinghe, D. S., Yang, H. S., and Lee, Y. H., 2021, "Bi-Directional Flow Behavior and Performance Analysis of a Direct Drive Cross Flow Turbine in Wave Energy Harnessing Using CFD Technique," *Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting*.
- (5) Tran, B. N., and Yang, C. J., 2021, "A Study on Shear Webs Contribution to The Structural Strength of the Tidal Turbine Blades," 2021, *Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting*.
- (6) Lee, J. Y., Ahn, T. K., Kim, M. B., Choi, M. S., 2021, "Generator internal Thermal Flow Analysis of 230 kW-class Low Wind Speed Medium Wind Turbine applied Air Hole," *Proceedings of the KSFM 2021 Summer Annual Meeting*.
- (7) Kim, Y. J., Yu, Y. H., Park, S. Y., Baek, J. W., Suh, J. H., 2021, "Heat Transfer Analysis of Piston Ring considering Rough Surface Contact," 2021, *Proceedings of the KSFM 2021 Winter Annual Meeting*.