

풍력발전시스템 하중해석을 위한 모델링 기법연구

Study of Windturbine modeling method for load analysis

*#이승규¹, 이성욱², 김경희³, 권기영⁴

*#S. K. Lee(vikira@hyosung.com)¹, S. W. Lee², K. H. Kim³, K. Y. Kweon⁴

¹(주)효성 중공업연구소, ²(주)효성 중공업연구소, ³(주)효성 중공업 풍력사업단, ⁴(주)효성 중공업연구소

Key words : Drive train, Dynamic analysis, Gear mesh stiffness, Main shaft

1. 서론

최근 화석에너지의 고갈 위기와 지구 환경 보호에 대한 관심이 고조되면서 신재생에너지를 이용한 전기에너지 생산에 많은 노력이 경주되고 있다. 신재생에너지 부분에는 수소/연료전지, 태양광, 해양에너지 등이 있지만 그 중 대표적인 신재생에너지인 풍력발전 기술은 2004년 말에는 47,912 MW, 2003년 말에는 40,301 MW, 2002년 말에는 32,037 MW의 풍력발전 설비의 보급과 연간 82.24TWh/년 및 64.8TWh/년 이상의 전력을 생산하는 청정 에너지 기술로서, 세계적으로 가장 빠르게 성장하고 있는 발전 기술로서 최근 5년간의 연 평균 산업규모 성장률이 26.3%에 이르는 고도성장 기술이라고 할 수 있다. 2004년 말 기준, 세계적으로는 유럽지역이 38,242여대의 풍력설비수 및 용량기준으로 66.5 % 의 풍력설비를 점유하고 있으며, 독일, 미국, 스페인, 덴마크 등 4개국이 30,469 MW 의 풍력설비 규모로서 세계 보급량의 75.6 % 로 대부분을 점유하고 있는 상황이다.

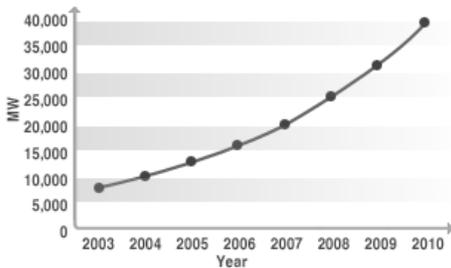


Fig. 1 Prediction of global market in wind power industry[1]

국내에서는 1970년대의 유류과동 이후 풍력발전 연구를 시작 하였는데, 1975년도에 한국과학원(KIST)에서 경기도 화성군 엽섬에 설치한 2 kW 급 풍력발전기가 국내 풍력발전기의 효시이자, 풍력산업의 시초라 할 수 있다. 그 이후, 1990년대 이전까지 약 20 여대의 소형 풍력발전기(1 ~ 14 kW)가 계통연계형이 아닌 단위전원 공급용으로서 연구개발의 시제품으로 또는 외국으로부터 도입하여 설치되었으며 90년대 중반이후 본격적인 정부의 계획수립 및 지원하에 풍력발전 기술개발이 급속도로 발전하고 있다. 그러나 다수의 연구개발 사업의 진행에도 불구하고 많은 연구사업이 외국의 설계 및 원천기술에 의존하는 형태를 띄고 있어, 독자적인 기술의 확보에는 좀더 많은 시간이 필요할 것으로 예상된다.[2]

풍력터빈은 풍력에너지를 전기에너지로 변환하는 기기로서 풍력이 풍부한 지역에 설치가 된다. 이런 지역의 풍속은 평소에는 10 m/s 내외로 불지만, 태풍이나 돌풍이 불면 풍속은 수십 m/s 까지 올라가 안전상의 문제가 발생한다. 이런 안전상의 문제가 발생했을 때, 문제를 극복하거나 피해를 최소화하기 위하여 극한의 조건에서 풍력터빈의 시뮬레이션을 통해 풍력터빈의 신뢰성(reliability), 내구성(durability)등을 확보하는 방안이나 풍력터빈에 모니터링(monitoring) 시스템을 설치하여 안전사고를 사전에 예방하는 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이와 관련하여, 풍력산업의 선진업체인 GL(Germanischer Liloyd)은 드라이브트레인의 하중을 해석적으로 검토하는 방안에 대한 연구를 다각적으로 진행하고 있으며, 드라이브트레인 부품의 모델링 중 중요한 요소로 기어박스 출력 축(Gearbox output shaft), 주축(Main shaft), 커플링(Coupling), 기어(Gear model, Constraint)등을 언급하였다.[3]

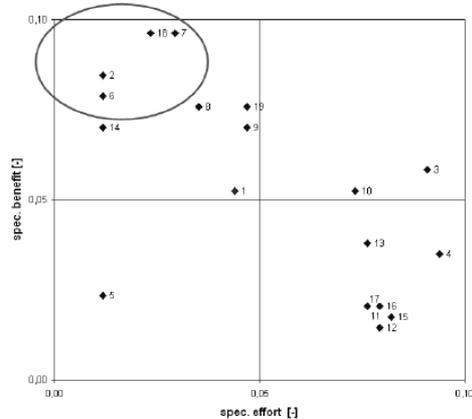


Fig. 2 Benefit vs. Effort plot for components

Table 1 Comparison of measured roughness data

ID	Component/Model Approach	10	GB, Floating Sun
1	3 Point Suspension	11	Main frame
2	Gearbox output shaft	12	Hub, Support Element
3	Damping	13	Planet carrier Rot. stiff
4	Housing, Stiffness	14	Sun wheel
5	Gearbox, 2nd shaft	15	Shaft diameter
6	Main shaft	16	Shaft unbalance
7	Coupling	17	Tower
8	MS Bearing	18	Gear model
9	Brg. Characteristics	19	Tip Relief

또한, 미국의 NREL(National Renewable Energy Laboratory)에서는 드라이브트레인의 하중과 제어 시스템을 연계하여 검토함으로써 하중뿐만 아니라 제어 시스템까지 평가할 수 있는 해석기법을 연구하고 있다.

본 연구에서는 kW급 풍력발전시스템 드라이브트레인의 하중 분석을 위하여 다물체동역학 해석기법을 적용하여 드라이브트레인 하중해석 모델을 구축하고, 주축(Main shaft)의 하중을 실증 시험결과와 해석결과를 비교하여 하중해석 모델을 검증하였다.

2. 드라이브트레인 모델링 기법

본 연구에서 사용한 kW급 드라이브트레인 모델은 블레이드(blade), 허브(hub), 주축(main shaft), 기어박스(gear box), 발전기(generator)로 이루어져 있으며, 기어박스는 1단의 유성기어단(planetary stage)과 1단의 평형 헬리컬기어단(parallel helical stage)으로 이루어져있다. 기어박스 내부의 경우 각 기어의 치강성(gear mesh stiffness)와 축의 비틀림강성(shaft torsional stiffness)을 적용하기 위하여 부가질량요소를 사용하였다. 드라이브트레인의 주축을 유한요소기법(Finite Elements method)을 적용하여 모델링 하였으며, 기어박스 출력축과 발전기사이의 커플링은 축의 회전방향 관성모멘트와 비틀림 강성을 이용하여 모델링 하였다. 드라이브트레인의 지지부는 주축의 메인 베어링 1곳, 기어박스 양쪽의 2곳, 발전기하부의 4곳을 탄성요소를 사용하여 모델링 하였다. 실증시험에서 확보한 허브의 회전속도와 발전기 축의 부하를 입력으로 하여 드라이브트레인 하중해석을 수행하였다. 아래의 Fig. 3, 4에 기어박스내부 유성기어단과 평행기어단

의 모델 개략도를 나타내었다.

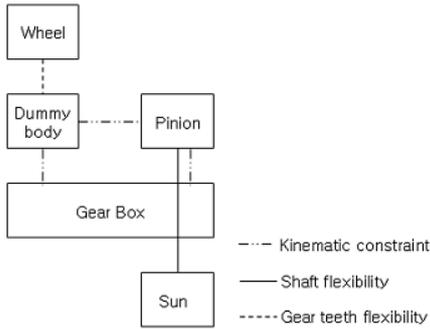


Fig. 3 Model of the planetary gear

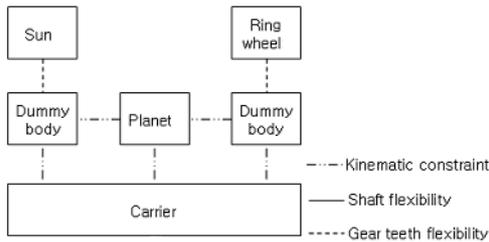


Fig. 4 Model of the parallel transmission

3. 드라이브트레인 모델 검증

드라이브트레인 하중해석 모델을 검증하기 위하여 실증시험과 해석결과 중 주축에 작용하는 토크를 비교하였다. 허브의 회전속도와 발전기의 부하토크를 입력으로 사용하였다. 즉, 공력에 의하여 블레이드에 작용하는 풍하중은 허브의 회전속도로 입력하였다. 발전기 부하토크의 경우 발전기 회전속도에 따른 회전속도-부하토크 곡선을 사용하였다. 아래의 Fig. 5와 6에 2가지 경우에 대하여 주축에 작용하는 토크의 실증시험과 해석결과 비교 내용을 나타내었다.

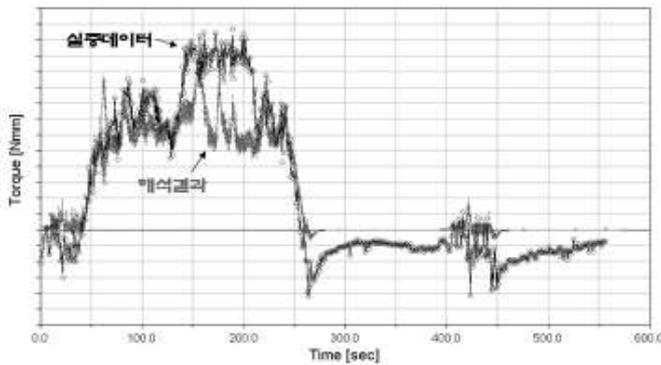


Fig. 5 Simulation results vs. Test of main shaft torque 1

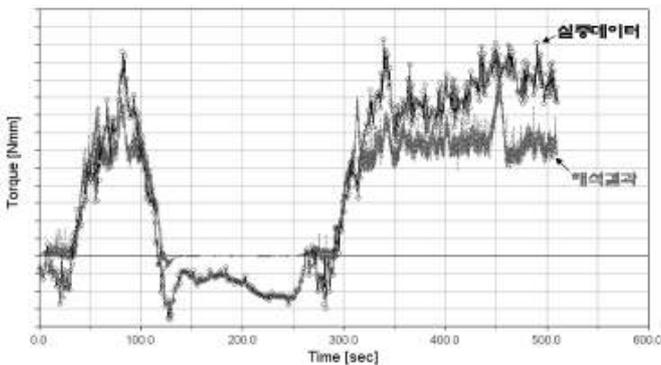


Fig. 6 Simulation results vs. Test of main shaft torque 2

주축 토크값을 비교한 결과 일정 토크이상에서는 해석결과 토크가 시험결과에 비하여 작게 나타남을 알 수 있었으며, 이는 풍하중에 의해 발행되는 토크에 의한 것으로 판단된다.

4. 결론

풍력발전시스템 드라이브트레인의 동하중해석을 위한 다물체동역학해석 모델을 구축 하였다. 기어박스 내부의 기어 치강성과 축의 축강성을 고려하였으며, 실증시험에서 측정된 허브 회전속도와 발전기 토크를 입력으로 주축의 토크를 산출하여 실증시험데이터와 비교하였다. 일정토크 이상에서는 해석결과가 시험결과에 비하여 작게 나타났으며 이는 풍하중의 영향인 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 한국 신재생에너지협회, www.knrea.or.kr.
2. 김건훈, "풍력기술의 특성 및 국내의 현황," 전기전자 학회지, 제 11권 1호. pp. 13-18, 2006.
3. Markus Kochmann, Milan Ristow, "Efficient Modeling of the Drive Train Dynamics in Wind Turbines," Germanischer Lloyd industrial service GmbH.
4. J. Peeters, D. Vandepitte, P. Sas, S. Lammens, "Comparison of analysis techniques for the dynamic behaviour of an integrated drivetrain in a wind turbine," ISMA2002, Vol III, pp.1397-1405,2002.