



## 풍력터빈 나셀 냉각시스템의 급·배기 위치 평가

우상우,<sup>\*1</sup> 김현태,<sup>1</sup> 이진형,<sup>1</sup> 이기학,<sup>1</sup> 박종포<sup>1</sup>

### Estimation on locations of air-supply and exhaust ports in the nacelle of wind turbine

S.W. Woo<sup>\*</sup>, H.T. Kim, J.H. Lee, K.H. Lee, J.P. Park

Wind power system is generally divided into the onshore wind turbine and the offshore wind turbine according to site locations. The offshore wind turbine is manufactured as a closed nacelle cooling system including a heat exchanger to prevent corrosion, but the onshore wind turbine is manufactured as open nacelle cooling system dependent on only the outdoor air without a heat exchanger. The indoor of a nacelle which is composed of a generator, full power converters and a gearbox with a lot of heat is very narrow and airtight. This aim of the study is to demonstrate the temperature effect depending on positions of air-supply and exhaust ports. And this study discusses the flow field and removal efficiency of heat caused by components.

**Keywords:** 풍력발전시스템(Wind Power System), 나셀(Nacelle), 증속기(Gearbox), 발전기(Generator), 전력변환기(full power converter), 급·배기구(air-supply and exhaust ports)

### 1. 서 론

풍력발전시스템(wind power system)은 바람에 의한 운동에너지를 전기적 에너지로 변환할 수 있도록 구성되는 시스템이다. 바람에 의해 저속으로 회전하는 블레이드는 증속기를 통해 1500rpm 이상의 고속으로 회전에너지를 발생시키고, 발전기가 전기에너지로 변환시킨다. 그리고 발전기에서 생산된 전기는 인버터에서 정류되어 변전소로 전송된다. 이러한 일련의 과정에서 열의 형태로 손실이 발생한다. 발전기에서 운동에너지를 전기에너지로 변화시키는 과정과 증속기에서 발생하는 마찰손실 그리고 인터버, 변압기 등과 같은 전력변환장치들에서도 손실에 의한 열이 발생한다.

풍력발전시스템은 설치되는 환경 조건에 따라 육상용(onshore)과 해상용(offshore)으로 구분된다. 해상용 나셀 냉각시스템은 염분에 의한 부식방지를 위해 밀폐형으로 제작되며, 육상용은 주로 개방형 나셀 냉각시스템을 채택하여 제작되고 있다. 나셀 내부의 온도 상승으로 인해 주요 구성품의 허용온도조건을 초과하면 부품 손상 및 고장을 이유로 운전이 중

지되고, 페더링(feathering) 상태가 되어 전력 생산에 큰 차질 일으킬 수 있다. 풍력발전시스템의 나셀(nacelle) 내부는 증속기(gearbox), 발전기(generator), 전력변환기(full power converter), 변압기(transformer) 등의 구성품들로 인해 공기가 원활히 흐를 수 있는 공간이 협소하고, 거의 밀폐된 형태를 가진다. 따라서 본 연구의 목적은 개방형 나셀 냉각시스템의 경우 공기 흐름에 따라 나셀 내부의 주요기기들의 냉각이 원활히 일어날 수 있도록 전산유동해석을 통해 급기구와 배기구의 위치를 평가하는데 있다.

### 2. 연구방법

연구대상은 Fig. 1과 같이 두산중공업 3MW급 풍력발전시스템 WinDS3000™으로 선정하였다. 정상적인 운전을 위한 WinDS3000™의 나셀 내부의 운전 온도조건은 -15~50°C 범위이며, 이 범위를 벗어날 경우 운전이 중지되고 페더링 상태가 된다. 본 연구에서는 나셀 내부의 공기 흐름에 의한 열환경을 전산유동해석 하기 위해 상용 소프트웨어인 FLUENT 6.3을 이용하였다.

WinDS3000™의 정격운전 중 나셀 내부 주요 구성품의 발열량은 증속기 500W/m<sup>2</sup>, 발전기 600W/m<sup>2</sup>, master 전력변환기

\* 두산중공업(주) 풍력기술개발팀

\* TEL : 042) 712-2256

\* Corresponding author E-mail: sangwoo.woo@doosan.com

$200\text{W/m}^2$ , slave 전력변환기  $200\text{W/m}^2$ 이다. 본 연구는 급기구의 위치를 평가하기 위한 것으로서 해석을 간략히 모델링하기 위해 주요 구성품에서 발생하는 열을 무시하였으며, 나셀 내부의 온도가  $50^\circ\text{C}$  도달 후 패더링 상태에서  $40^\circ\text{C}$ 의 외기가 급기될 때 주요 구성품의 표면 평균온도를 가장 빠르게 냉각 시킬 수 있는 급기구 위치를 평가하였다. 급기구는 매우 다양한 위치에서 설치 가능하나 본 연구에서는 실제 설치 가능한 3가지 경우에 대한 결과만을 비교하였다. 외부 벽면은 모두 단열조건이고, 나셀 내부의 초기 온도는  $50^\circ\text{C}$ 이다. 급기구로 들어오는 공기의 유량은  $9500\text{m}^3/\text{h}$ 으로 가정하고, 급·배기구의 위치를 Fig. 2와 같이 변경하여 10분 후 내부 유동 및 온도변화를 고찰하였다. 나셀의 전체 크기는  $12.6\text{m} \times 4.5\text{m} \times 4.5\text{m}$ 이고, 나셀 내부는 총 70만개의 사면체 격자로 구성되어 있으며, 주요 구성품 주변에는 상대적으로 조밀하게 격자로 구성하였다.  $y^+$ 는 대부분  $30\text{-}60$  범위이며, 최대 100을 넘지 않도록 격자를 생성하였다. 지배방정식은 Reynolds-Averaged Navier-Stokes 방정식이며,  $k-\epsilon$  RNG 난류모델을 사용하였다.

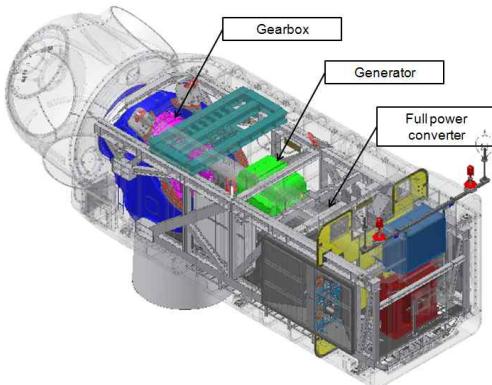


Fig. 1 Nacelle indoor of WinDS3000™

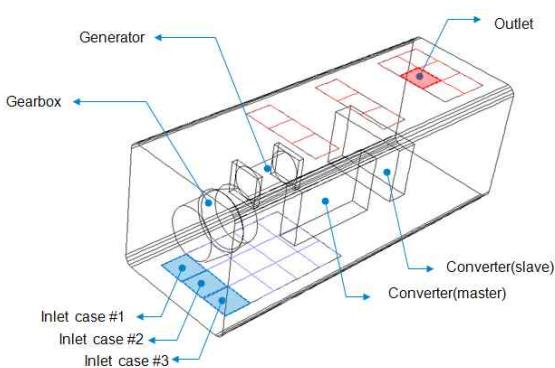


Fig. 2 Geometry and boundary condition

### 3. 결과

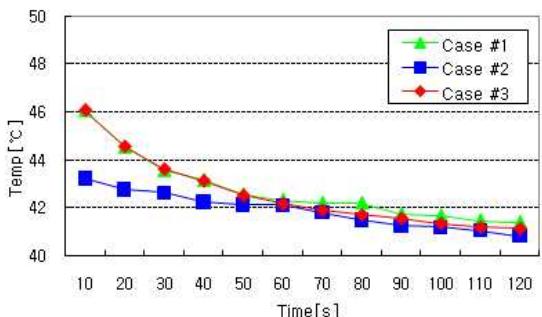


Fig. 3 Temperature on gearbox

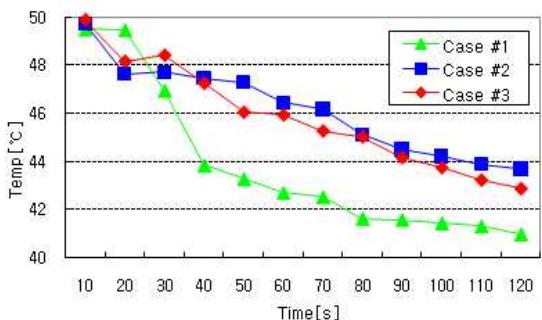


Fig. 4 Temperature on generator

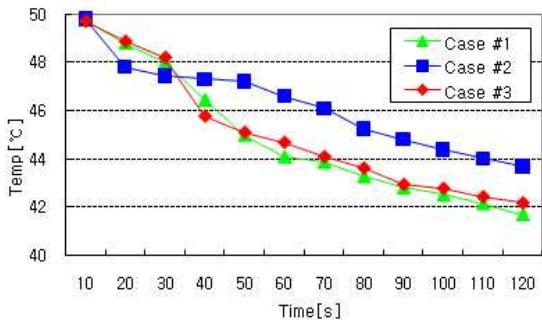


Fig. 5 Temperature on inverter(master)

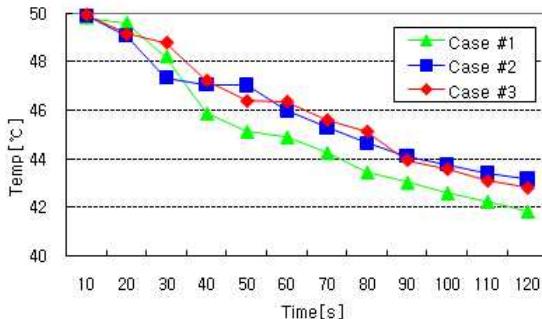


Fig. 6 Temperature on inverter(slave)

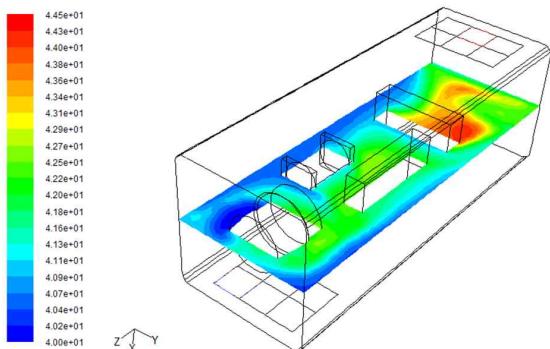


Fig. 7 Temperature contour of case #1

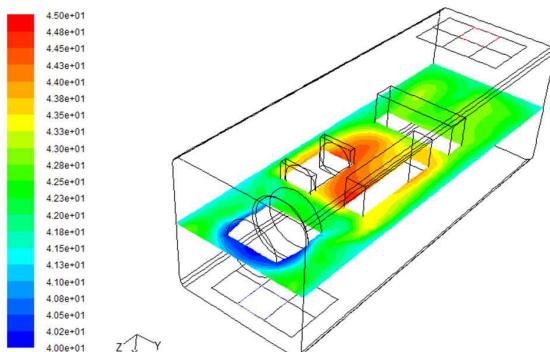


Fig. 8 Temperature contour of case #2

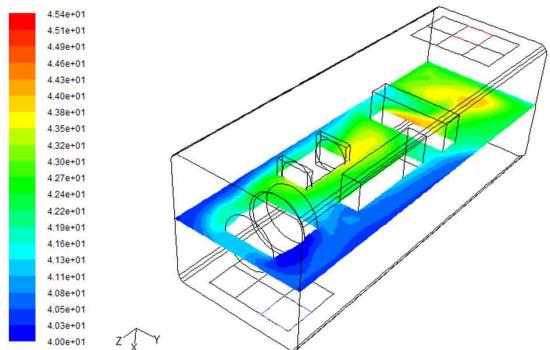


Fig. 9 Temperature contour of case #3

Fig. 3~6은 주요 구성품의 온도변화를 나타낸 것이다. 2분이 경과되었을 때 case #1의 경우가 가장 냉각이 우수한 위치인 것으로 나타났다. Case #1의 경우 증속기를 제외하고 2분이 경과된 후로는 발전기, 전력변환기(m), 전력변환기(s)의 표면온도가 가장 낮다. 이는 낮은 온도의 외기가 주요 구성품에 고르게 전달되는 것을 의미하므로 case #2, #3에 비해 상대적으로 냉각효율이 높을 것으로 판단할 수 있다.

Case #2의 경우는 낮은 온도의 외기가 직접적으로 증속기

에 영향을 미치므로 초기에는 증속기의 온도를 빠르게 냉각시킬 수 있다. 하지만 2분 후에는 증속기를 제외한 모든 구성품의 표면 온도는 가장 높으므로 외기가 증속기를 제외한 구성품으로 잘 전달되지 않음을 짐작할 수 있다.

Case #3는 case #1과 대칭적 위치에 있으나 발전기, 전력변환기(s)의 표면 온도가 case #1 보다 높으므로 냉각효율은 상대적으로 떨어지는 것을 알 수 있다. 이는 주요 구성품의 위치 및 크기에 따라 내부 유동에 직접적으로 큰 영향을 받으며, 내부 구성품의 배치가 완료 후 냉각시스템의 급·배기 위치를 반드시 상세히 재평가 해야 함을 보여주고 있다.

Fig. 7~8은 온도 분포를 나타낸 것으로서 case #2는 저온의 외기에 의한 냉각은 증속기에 제한적으로 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있으며, 상대적으로 발전기, 전력변환기에는 저온의 외기가 도달하지 못하는 것으로 확인할 수 있다. Case #3는 저온의 외기가 전력변환기(m)에 막혀 발전기와 전력변환기(s)에 접근하지 못해 냉각효율이 낮음을 쉽게 예측할 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구는 3MW 풍력발전시스템 개방형 냉각시스템의 급·배기 위치를 평가하였다. 급기구를 위치에 따라 냉각속도와 냉각효율에 큰 영향을 미치며, 급기구의 위치 뿐만 아니라 내부 구성품에 의한 영향이 크므로 구성품의 배치가 완료 후 상세히 재평가가 이루어져야 한다. 실제 나셀 내부는 많은 전장품들로 인해 매우 협소하고 복잡하여 공기가 정체되는 공간이 생길 가능성이 매우 높다. 따라서 사례연구를 통해 급·배기구의 수를 증가시키거나 다양한 위치에 배치하여 최적위치를 찾아야하며, 실제와 같이 각 구성품의 발열량을 모두 적용하고, 풍력발전시스템의 설치 지역에 대한 외기의 특성(특히 극고온 지역)을 고려하여 해석해야 할 것으로 사료된다.

#### 후기

본 연구는 "지식경제부", "한국산업기술진흥원", "호남광역경제권 선도산업지원단"의 "광역경제권 선도산업 육성사업"으로 수행된 연구결과입니다.

#### 참고문헌

- [1] Fluent Inc, 「FLUENT 6.3 User's Guide」, 2006. 9
- [2] 2010, Park J. "3MW class offshore wind turbine development", Current applied physics, Vol. 10, No.2, pp.S307-S310