

풍력발전기 블레이드를 위한 청소 로봇 설계

Design of Cleaning Robot for Wind Turbine Blade

*전경태¹, 전민석¹, 김병곤¹, #홍대희¹

*K. T. Jun¹, M. S. Jeon¹, B. G. Kim¹, #D. Hong(dhhong@korea.ac.kr)¹

¹고려대학교 기계공학과

Key words : Wind Turbine Blade, Blade Cleaning Robot

1. 서론

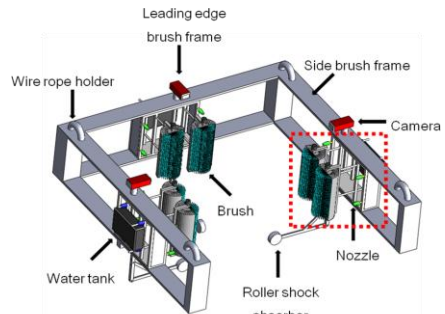
최근 화석 연료의 고갈과 환경문제로 인해 대체 에너지를 이용한 발전 방식에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 풍력발전 방식은 이러한 문제를 해결할 수 있는 하나의 대안으로서 수요가 증가하고 있으며 발전 용량의 증가와 함께 대형화되고 있다. 이에 따라 풍력발전기의 점검 및 청소에 대한 수요도 증가하고 있다.

풍력발전기 블레이드 표면의 오염은 공력 성능 저하의 원인이 된다. 예를 들면, 블레이드 표면에 벌레의 축적으로 인하여 거칠기가 증가 하게 되고 실속각이 감소함에 따라 동일한 풍속에서의 발전량이 감소한다[1]. 기존에는 블레이드 표면을 청소하기 위하여 크레인이나 줄을 이용하여 블레이드에 접근을 하여 사람이 직접 청소를 하는 방법이 주로 사용되었다[2]. 그러나 청소 작업이 이루어지는 곳의 기후, 온도, 그리고 풍속에 영향을 많이 받기 때문에 로프에 직접 매달리거나 로프와 연결된 플랫폼 에서 작업을 하게 되는 작업자의 안전문제와 직결된다. 또한, 작업의 위험도에 따른 높은 인건비와 고가의 장비 사용료로 인해 경제적인 문제점도 가지고 있다.

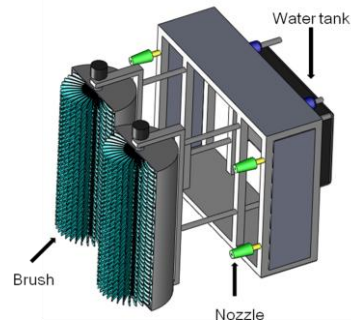
본 논문에서는 기존 청소방법의 안전성과 경제성 문제를 해결하기 위하여 블레이드 표면 형상을 따라 청소가 가능한 로봇 시스템을 설계 하였다.

2. 블레이드 청소 로봇의 구조

Fig. 1은 블레이드 청소 로봇의 3D 모델링이다. Fig. 1의 (a)는 블레이드 청소로봇의 전체적인 구조와 주요 부품들을 나타낸다. 풍력발



(a) Overview and Parts of Wind Turbine Blade Cleaning Robot



(b) Cleaning Kit Module

Fig. 1 3D Modeling of Blade Cleaning Robot

전기 블레이드 청소 로봇은 크게 고정부, 구동부, 계측부의 세 가지 부분으로 구성되어 있다. 고정부는 전면부 프레임(leading edge brush frame) 1개와 측면부 프레임(side brush frame) 2개, 충격 흡수 장치(roller shock absorber) 3개, 와이어 고정용 고리(wire rope holder) 4개로 구성된다. 세 개의 프레임은 구동부의 가이드 역할을 하고 충격 흡수 장치는 청소 로봇과 블레이드의 거리를 일정하게 유지하며 진동을 감소시킨다. 각 와이어 고정용 고리는 풍력

발전기 엔진부와 와이어로 연결되어 로봇의 수평을 유지한다. Fig. 1의 (b)는 Fig. 1의 (a)의 구동부를 확대한 그림이다. 구동부는 각 프레임에 하나씩 위치하며 브러시(brush) 2개, 노즐(nozzle) 4개, 물저장탱크(water tank) 1개로 이루어져 있다. 마지막으로 계측부는 블레이드의 표면 상태를 검사하기 위한 카메라(camera)로써 각 프레임에 설치된다.

3. 구동 메커니즘

블레이드 청소과정은 청소준비 단계, 1차 청소, 2차 청소의 세 단계로 구분된다. 청소준비단계에서는 블레이드가 정지한 후 풍력발전기의 엔진부와 로봇의 와이어 고정용 고리부분이 와이어로 연결이 되어 로봇이 지면과 수평한 상태를 이룬다. 그 다음, 충격 흡수 장치와 블레이드 표면이 접촉을 한 후 일정한 거리를 유지 하게 된다. 1차 청소 단계가 시작 되면 풍력발전기의 엔진부에 있는 윈치에 의해 와이어가 감겨 올라감에 따라 로봇이 상승을 하게 된다. 동시에 카메라가 블레이드 표면의 오염도와 손상정도를 파악한다. 노즐에 의한 물의 분사와 함께 브러시가 회전함으로써 블레이드 표면이 청소된다. Fig. 2와 같이 3개의 구동부는 모터에 의해 각 프레임과 평행한 방향으로 왕복 운동을 하고, 동시에 브러시는 프레임에 수직인 방향으로 움직이며 블레이드의 표면형상을 따라 청소를 한다. 브러시와 블레이드 표면의 거리는 절대거리 센서와 모터를 이용하여 일정하게 유지된다. 1차 청소는 로봇이 블레이드의 상단에 도달할 때까지 진행된다. 잠시 상단부에 정지한 후 윈치에 의해 와이어가 풀림으로써 로봇이 하강하며 2차 청소가 시작된다. 2차 청소는 1차 청소 과정에서의 카메라 검사 결과에 따라 오염이 심했던 부분을 집중적으로 청소를 하게 되며, 구동부의 청소 메커니즘은 1차 청소와 동일 하게 진행된다.

4. 결론

본 논문에서는 풍력발전기의 공력성능 유지를 위한 블레이드 표면의 오염물질을 청소하는 로봇 시스템을 설계 하였다. 블레이드

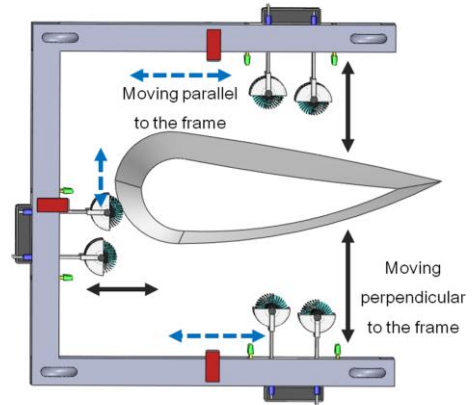


Fig. 2 Operating Mechanism of Blade Cleaning Robot

청소로봇의 이용으로 인력에 의한 청소를 대체함으로써 작업환경 및 날씨의 영향을 덜 받으며 안전성을 확보할 수 있다. 또한, 청소시간을 단축함으로써 풍력발전기의 가동률을 높일 수 있게 되어 정지시간 동안의 손실도 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 현재 물의 분사량과 브러시의 회전속도에 대한 실험을 수행함으로써 효율적인 청소와 사용되는 물과 에너지를 절약하는 방법에 대한 연구가 진행 중이다.

후기

본 연구는 2012년 지식경제부가 지원한 "5MW급 해상풍력발전기용 블레이드 손상감지 및 공력성능 운영관리를 위한 로봇 기술 개발(과제번호 10041091)" 사업을 통해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Corten, G., Veldkamp, H., "Insects cause double stall," European Wind Energy Conference, Copenhagen, Denmark, 470-474, 2001
2. Dalili, N., Edrisy, A., and Carriveau, R., "A Review of Surface Engineering Issues Critical to Wind Turbine Performance," Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13 (2), 428-438, 2009