

## 16. 학사논문 지도교수: 윤 병 동

16-1. 해상풍력발전기 증속기 센서신호 분석

16-2. RK4 로터시험기 고장모드 별 센서신호 분석

16-3. DC fan 스마트 고장진단 시험기 구축

16-4. 리튬이온 배터리 수명 예측법 개발

16-5. Energy Harvesting (EH) 기초 연구

교수 연락처 전화: (02) 880-1919, E-mail: bdyoun@snu.ac.kr

실험실: 시스템 건전성 및 리스크 관리 연구실

연락처 전화: (02) 880-1664, 담당조교: 전병철 ([puurni@empas.com](mailto:puurni@empas.com))

연구실 홈페이지: [shrm.snu.ac.kr](http://shrm.snu.ac.kr)

## 16-1. 해상풍력 시스템의 증속기 센서신호 분석

학사논문 지도교수: 윤 병 동

최근 지구온난화와 이상기후, 유가급등과 같은 에너지문제의 심각성이 대두면서 신재생 에너지 기술이 주목 받고 있다. 그 중 풍력발전은 오랜 기간의 기술 축적에 의한 높은 경제성과 안정성에 힘입어 그 시장이 지속적으로 성장하고 있다. 충분한 부지 확보와 안전을 위해 풍력발전 시스템은 육상에서 해상으로 옮겨져 가고 있는 추세이며, 결과적으로 대용량 해상풍력 시스템의 유지보수에 대한 연구의 필요성이 높아지게 되었다. (그림 1 참조)

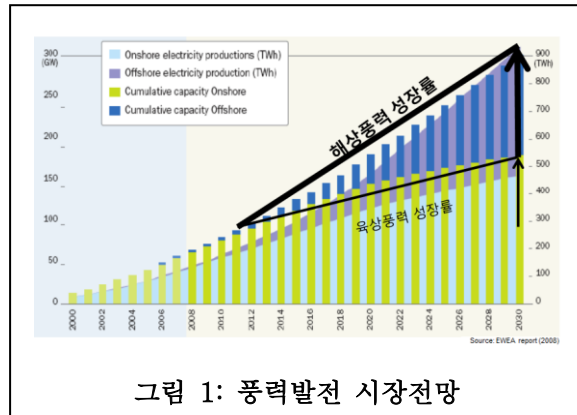


그림 1: 풍력발전 시장전망

해상풍력 시스템은 육상에서보다 가혹한 운전조건에 따른 잦은 시스템 고장과, 낮은 접근성으로 인한 유지보수 비용 증가 등의 과제를 안고 있다. 이로 인해 해상풍력 시스템의 고장 진단 시스템 (Condition Monitoring System: CMS)과 고장 예지 및 건전성 관리 (Prognostics and Health Management: PHM) 기술의 중요성이 증대되었다. 수 MW급의 해상풍력 시스템은 그 규모가 거대하며, 구성 또한 복잡하여 다양한 고장모드가 존재한다. CMS 및 PHM 기술을 위해서는 이러한 고장모드에 대한 물리적 이해가 필수적이며, 시스템의 Failure Analysis를 통해 이러한 문제를 해결할 수 있다. 학부논문 과정에서는 1) 해상풍력 시스템의 Failure Analysis를 수행하여 CMS 및 PHM 기술의 대상이 되는 핵심 구성 요소 선택의 정량적인 근거를 마련한다. 또한 해상풍력 시스템의 핵심 구성 요소인 증속기의 고장 진단 및 예지 기술과 관련하여 2) 해상풍력 발전 시스템의 증속기 센서 신호에 대한 분석을 수행하여, Drive Train의 다양한 고장모드에 대한 물리적 이해를 목표로 한다. (그림 2 참조)

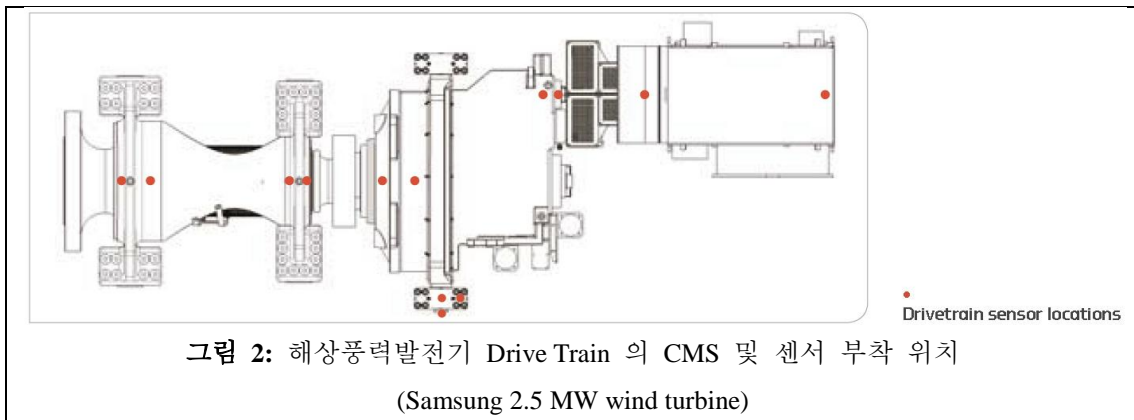


그림 2: 해상풍력발전기 Drive Train 의 CMS 및 센서 부착 위치  
(Samsung 2.5 MW wind turbine)

담당조교 : 최승혁 (rabijoa@snu.ac.kr)

## 16-2. RK4 로터시험기 고장모드 별 센서신호 분석

학사논문 지도교수: 윤 병 동

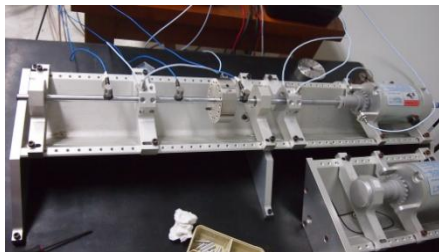
로터 시스템은 대형 플랜트나 공작기계, 운송수단 등에 쓰이는 핵심 구성 요소이며 로터의 파손은 기계시스템 전체의 파손으로 이어져 막대한 손실을 초래할 수 있기 때문에 로터시스템의 상태 모니터링에 대한 연구가 널리 진행되어 왔



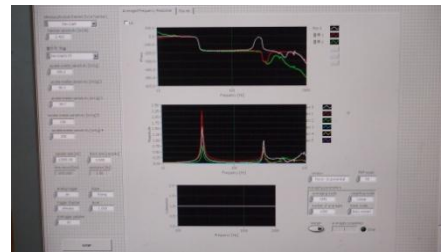
(a) 풍력발전기 블레이드 파손 (b) 헬리콥터 추락  
그림 1: 로터 파손에 의한 피해

다. 로터시스템의 상태를 감시하고 고장을 진단하기 위해서는 로터 시스템의 진동, 온도 등 운행상태를 계속적으로 모니터링하고 취득한 신호를 분석하는 알고리즘 설계 과정이 필요하다. 보통은 기계 시스템의 모니터링시스템을 개발하기 이전에 시험기를 통해 알고리즘을 구성하여 평가하는 전단계가 필요한 것이 일반적이며 이 과정을 통해 개발된 상태감시 시스템은 기계 시스템의 운행환경 및 작동상황에 맞게 수정되어 적용된다.

RK4로터시험기는 로터의 정상신호와 이상신호를 분석하여 상태감시 알고리즘 구축에 유용한 데이터를 추출하고 간단한 로터시스템의 거동을 이해하도록 하기 위해 제작된 시험기로서 질량불균형(mass-inbalance), 정렬불량(misalignment)등 이상상태를 인가하여 로터 시스템의 이상상태를 모사하고 gap sensor를 통해 로터 중심축의 회전상태를 모니터링할 수 있도록 제작되어 있다. 본 학사 논문에서는 1) 이상상태 모사를 위한 시험설계, 2) 정상상태, 이상상태 데이터 추출 3) 정상상태, 이상상태 데이터 분석을 통한 상태감시 알고리즘 구성에 대한 이해를 목표로 한다.



(a) RK4 로터시험기



(b) 로터 시험기 특성 분석

그림 2: RK4 로터시험기와 시험기 특성 그래프

담당조교 : 하종문 (billyhjm@gmail.com)

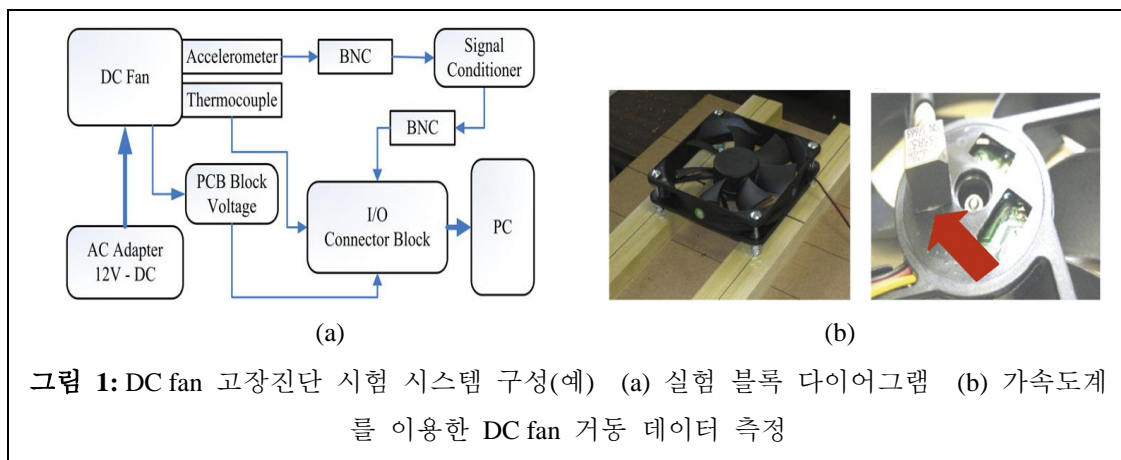
### 16-3. DC fan 스마트 고장진단 시험기 구축

학사논문 지도교수: 윤 병 동

최근에는 기계 시스템의 효율적인 정비를 위해서 실시간 상태 진단 결과에 따라 적절한 조치를 적용하는 상태 기반 정비가 적용되고 있다. 각종 센서와 신호처리 기술의 발전에 따라 시스템의 운영 환경 및 거동 데이터를 정량적으로 측정할 수 있으며, 정상 상태 또는 참조(reference) 데이터와 비교를 통해 실시간으로 시스템의 고장을 진단하고 수명을 예측할 수 있다. 이러한 진단 및 예측 시스템을 개발하기 위해서는 정상 상태와 비정상 상태를 가장 잘 나타낼 수 있는 다양한 조건에서의 운영 및 거동 데이터를 확보가 필수적이다.

기계 시스템의 예로써 전자기기의 열 문제를 해결을 위해 많이 사용되는 냉각 팬을 들 수 있다. 냉각 팬의 이상이나 고장은 전체 시스템의 손상을 초래할 수 있기 때문에 냉각 팬의 이상 상태에 대한 조기 진단 및 조치는 매우 중요하다. 또한, 냉각 팬은 베어링을 포함하는 회전체로 구성되어 있어 간단한 시스템이면서 회전체 시스템의 고장진단 기법 개발에 매우 유용하게 사용될 수 있다.

본 연구에서는 DC fan을 활용한 실험을 통해 베어링이 포함되어 있는 회전 시스템에서의 데이터 기반 고장진단 시스템을 구성하고자 한다. 먼저 DC fan에서 발생할 수 있는 고장모드와 메커니즘에 대해 살펴보고, 해당 고장을 탐지할 수 있는 거동 데이터와 이를 측정할 수 있는 장치를 구성한다. 학부논문 과정에서는 정상 시스템의 데이터 획득과 함께 다양한 고장 상태에서의 거동 데이터를 확보할 수 있는 시스템을 구성하여, 실시간으로 고장을 식별할 수 있는 DC fan의 스마트 고장진단 시험기 구축을 목표로 한다.(그림 1 참조)



담당조교 : 전병철 (puurni@empas.com)

## 16-4. 리튬이온 배터리 수명 예측법 개발

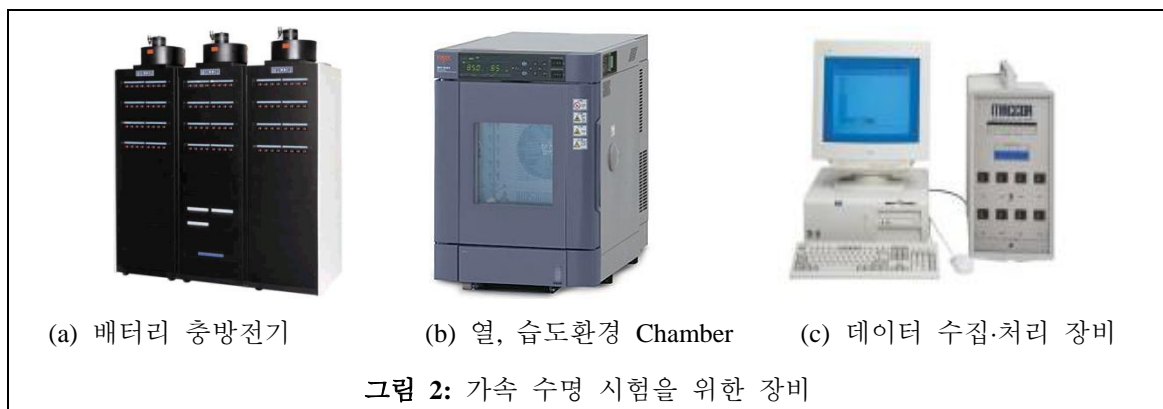
학사논문 지도교수: 윤 병 동

리튬이온 배터리는 고전압, 고전력, 높은 에너지 밀도, 경량성, 긴 수명 등으로 인해 다양한 산업 분야에서 이용되고 있는 2차 전지이다. 휴대용 기기 뿐 아니라, 최근에는 전기자동차 및 스마트 그리드 등 다양한 분야에서 수요 확대와 대용량화가 이루어지고 있다.



그럼에도 불구하고, 드물게 일어나는 리튬이온 배터리의 폭발 사고는 자칫 인명과 막대한 재산피해로 이어질 수 있을 뿐만 아니라 해당 제품의 대량 리콜 사태를 초래하는 등 그 경제적 손실이 만만치 않다. 배터리의 폭발은 주로 배터리의 노화에 따른 성능저하로 인해 발생하므로, 배터리 용량이나 임피던스와 같은 배터리 노화에 따른 배터리의 성능 지수 (capacity 또는 impedance)를 분석하는 것이 배터리 안정성 검사를 위한 첫 단계가 된다. 그러나 배터리 용량 및 임피던스는 직접 측정하는 것이 어렵거나 측정을 위해서는 매우 정교한 실험환경과 고가의 실험장비가 필요하므로 실제 운용되는 배터리에 적용하는 데는 어려움이 따른다. 따라서 일반적으로 배터리의 운용 중에도 쉽게 측정할 수 있는 전압 및 전류 등의 정보를 이용하여 배터리 성능지수를 추정하는 방법을 사용한다. 본 학부 논문 과정에서는 1) 기존의 성능 지수 추정방법을 알아보고, 2) 개선된 성능 지수 추정법을 개발하는 것을 그 목표로 한다.

이때 아래 장비들을 사용하게 된다.(그림 2 참조)



담당조교 : 김태진 (godori16@snu.ac.kr)

## 16-5. Energy Harvesting (EH) 기초 연구

학사논문 지도교수: 윤 병 동

최근 들어 새로운 형태의 신 에너지 기술인 에너지 하베스팅(Energy Harvesting, EH)이 많은 각광받고 있다. 에너지 하베스팅이란, 우리 주변에서 버려지는 에너지를 수확하여 전기 에너지로 변환해서, 소형 전자기기 및 무선 센서 네트워크 등에 반영구적으로 전력을 공급하여 기존의 배터리 교체 비용을 혁신적으로 절감할 수 있는 기술이다. 특히 별도의 에너지원 공급이 필요 없이 진동, 폐 열 등의 버려지는 주변 에너지를 사용하기 때문에, 에너지 효율을 크게 향상 시킬 수 있을 뿐만 아니라, 궁극적으로는 전자기기의 자가 발전을 가능하게 한다.

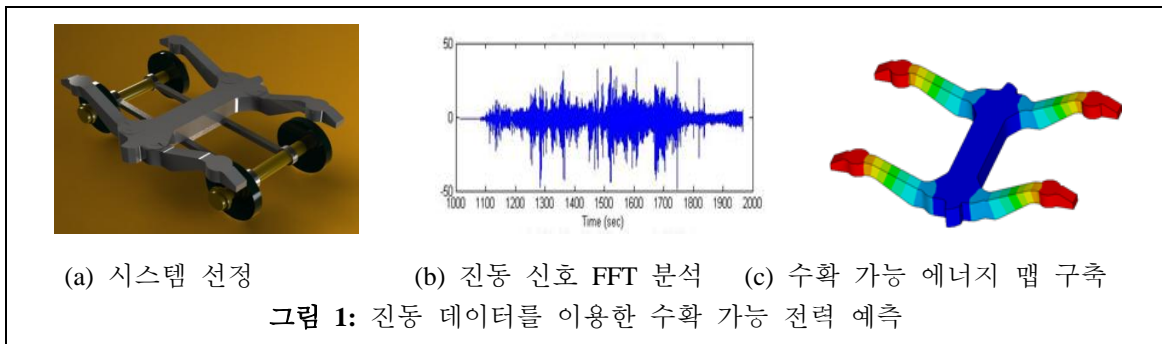
따라서 본 학사논문 과정에서는 진동과 같은 외력에 의해 기계적 변형이 일어나면 전기가 발생하는 에너지 하베스터(Piezoelectric Energy Harvester)를 이용하여, 수확 가능한 전력 예측을 목표로 하며, 세부 연구 단계는 아래와 같다.

### 1. 시스템의 진동 특성 분석

- 1) 대상 시스템 선정
- 2) FFT를 통한 진동의 가속도 및 주파수 정보 추출

### 2. 수확 가능한 전력 정량화

- 1) 압전 에너지 하베스터의 기초 해석 모델 선정
- 2) 에너지 변환 식(Voltage Prediction Model)을 이용해 수확 가능한 전력 예측



또한 본 학사논문에서 다루지는 에너지 하베스팅 기초 연구는 향후 모바일 기기의 전원 장치, 가로등이나 비상계단의 전원 발생기, 인공 장기 및 건강 진단 장치, 무선 센서를 이용한 스마트 빌딩의 원격 조정 시스템 및 구조물 건전성 진단 등의 폭넓은 분야에 적용이 가능할 것이다.

담당조교 : 윤현준 ([heonjun@snu.ac.kr](mailto:heonjun@snu.ac.kr))