

# 혁신적 풍력터빈 시스템의 최신 설계기술

한국과학기술정보연구원  
전문연구위원 백태현  
(thbaek@reseat.re.kr)

## 1. 서언

- 지난 수 년 동안 풍력 에너지 사용은 크게 증가 되었으며 풍력터빈 설계도 효율을 증가시키는 방향으로 개선되고 있다. 높은 효율과 가장 좋은 특성을 갖는 풍력 터빈을 설계하기 위해서는 풍력에너지의 변환에 밀접히 관계되는 요소를 분석해야 할 필요성이 있다.
- 이 자료에서는 풍력터빈을 혁신적으로 설계하기 위해 체계적인 방법으로 발명에 관한 창의적 문제 해결 방법인 트리즈 이론(TRIZ: Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadach)을 조사하고 연구하였다. 트리즈 방법을 이용하면 풍력터빈의 창의적 개념설계에 관한 아이디어를 얻을 수 있다.
- 이 연구의 주요 목적은 효과적인 절차로 중요한 설계 문제점을 해결하고 혁신적인 제품개발 능력을 높이기 위한 체계적인 방법론을 보여 주는 것이다. 풍력터빈 시스템에 나타나는 기술적 모순을 제거하기 위해 트리즈 방법이 사용되었다.

## 2. 트리즈 방법

- 트리즈 방법은 창의적 문제해결 방법이다. 트리즈 방법은 기술동향의 진화, 모든 혁신에 수반되는 몇 가지 발명의 원리에서 시작, 독창적 해결에 의한 시스템 모순점을 제거하는 것이다. 트리즈 방법을 이용하여 상반되는 두 변수로 나타낼 수 있는 기술적 모순점을 해결할 수 있다.
- 하나의 변수가 개선되면 다른 변수는 악화될 수 있다. 이러한 변수들은 39가지 공학변수로 트리즈 법에 정의하였다. 두 개의 정의된 변수들로 모순점을 나타내면 여러 해결방법을 구할 수 있다. 변수 해석 방법은

공학적 응용분야에 따라 달라질 수 있다.

### 3. 트리즈 방법에 의한 풍력터빈 설계 모순점 해결

- 기술적 모순은 어느 공학 시스템에서도 발생한다. 하나의 시스템 특성이 개선되면 다른 특성은 악화된다. 트리즈 방법에 따르면 모순행렬(contradiction matrix)에 의해 기술적 모순점을 해결해 나갈 수 있다. 기술적 모순점을 해결하는 데는 다음의 4 단계가 있다.
- 제 1 단계: 문제에서 “개선해야 할 사항(feature to improve)”과 “바람직하지 않은 결과(undesired result)”를 결정하기 위하여 변수를 분석한다. 풍력터빈 설계에 대해서 주요 목표는 안정성 개선, 용이한 작동, 융통성, 자동화 등을 들 수 있다. 동시에 어떠한 특성, 예를 들면 풍력터빈 날개의 제조자, 풍력터빈의 복잡성 등은 그대로 유지되어야 한다.
- 제 2 단계: 트리즈에 정의된 39 가지 공학적인 변수 표에 따라 풍력터빈 설계를 개선하기 위한 목록을 식별한다. 이들 목록은 물체의 안정성, 형상, 움직이는 물체의 면적, 제조의 용이, 조작의 용이성, 순응성(adaptability), 자동화 범위, 동력 등을 들 수 있다. 하나의 기능 향상으로 일부 다른 기능에 해를 미칠 수 있는 사항을 피해야 하며, 이들 목록은 보수의 용이, 생산성, 자동화 수준, 움직이는 물체의 무게, 조작의 용이, 장치의 복잡성, 신뢰성, 속도, 동력, 움직이는 물체의 길이, 응력 또는 압력, 물체에 작용하는 유해 요인, 고정된 물체의 무게 등이 있다.
- 제 3 단계: 트리즈 모순행렬 표를 사용하여 전 단계에서 감지된 기술 모순점을 해결해 나간다.
- 제 4 단계: 트리즈 행렬에 의해 만들어진 창의적 원리를 이용하여 기술 모순점 해결을 시도한다.

### 4. 풍력터빈 설계 혁신을 위한 트리즈 방법

- 기술적 모순점을 해결하기 위해 40 가지 트리즈 발명 원리로부터 사용된 해는 ① 과부족 조치(Partial or excessive action), ② 공압식과 유

압식(Pneumatics and hydraulics), ③ 분할(Segmentation), ④ 추출(Taking out), ⑤ 피드백(Feedback), ⑥ 역동성(Dynamics), ⑦ 범용성(Universality), ⑧ 차원 바꾸기(Another dimension), ⑨ 복제(Coping), ⑩ 복합재료(Composite materials), ⑪ 유연한 막 또는 얇은 필름(Flexible shells and thin films), ⑫ 속성 또는 변수 변환(Parameter change), ⑬ 국소적 성질(Local quality)에 관한 13 가지를 사용한다.

- 과부족 조치: 이 원리는 풍력터빈 작동이 환경조건에 따라 달라짐을 시사한다. 항상 전체 풍력터빈 작동이 필요한 것은 아니며, 풍력터빈은 변화되어야 한다. 가능한 해결책 중 하나는 풍력 변속비를 최적 조건에서 작동하기 위해 풍속에 따라 변경할 수 있어야 한다. 만일 무단변속기(CVT: Continuously Variable Transmission)가 풍력 터빈과 발전기 사이에 추가된 경우는 터빈의 최대 효율을 따라 동작할 것이다.
- 공압식과 유압식: 이 원리는 풍력터빈 설계에서 공압식 또는 유압식 설계를 사용할 수 있음을 시사한다. 해결책의 하나로 유체커플 CVT를 사용하는 것이다. 유체커플 CVT는 두 가지 유형이 있으며 이들은 유체동역학 및 정수학 원리를 적용한 변속기(HST: Hydrodynamic and Hydrostatic Transmission)가 있다.
- 분할: 이 원리는 풍력터빈 설계에서 일부 유닛의 분할을 의미한다. 예를 들어, 이 원리는 풍력의 전달장치(transmission unit)에 적용될 수 있다. 전 단계에서 정의한 CVT 만 사용하는 대신, 전달 장치는 일정 속도비로 동일한 시간에 사용될 수 있는 CVT가 될 수 있다.
- 추출: 이 원리는 손쉽게 작동하기 위해 풍력터빈의 일부 유닛을 분리하는 것을 의미한다. 예를 들면, HST의 유연한 특성으로 펌프는 나셀(nacelle)에 있으며, 풍력 터빈의 모터와 발전기 조립체를 타워의 기저부에 배치시킬 수 있다.
- 피드백: 이 원리는 풍력 터빈의 성능을 개선하기 위해 피드백 방식의 사용을 의미한다. 예로서 피드백 제어 방식은 터빈을 전력 피크에서 작동하고 바람으로부터 최대 에너지를 얻을 수 있도록 구현 될 수 있다.

- 역동성: 이 원리는 이전 단계에서 확인된 제어 방식의 사용을 말한다. 풍력터빈 설계에서 동력분리형 정수학 CVT 개념이 필요하며, 이는 두 분기점 사이의 조정이 자동으로 제어되어야하기 때문이다.
- 범용성: 이 원리는 풍력터빈의 일부 유닛이 범용 적으로 또는 여러 기능을 가져야 한다. 예를 들면 풍력터빈 풍속계는 부정확한 풍속 측정의 원인이 될 수 있으므로 풍력터빈을 이용하여 풍력계 대신 풍속으로 측정하는데 사용될 수 있다.
- 차원 바꾸기: 이 원리는 풍력터빈의 어떤 기능을 향상시킬 수 있음을 의미한다. 예를 들어, 하나의 로터(one rotor) 풍력을 사용하는 대신 다중로터(multi-rotor) 풍력터빈이 사용될 수 있다.
- 복제: 이 원리는 풍력터빈이 크고 고가이기 때문에, 실제로 풍력 발전 단지(wind farm)에 관한 연구를 하는 것이 필수적으로 편리한 것이 아니라는 것을 시사한다. 신기술의 연구 및 개발 주기를 단축하기 위해 실험 비용을 시뮬레이션 해야 할 필요성이 있다.
- 복합재료: 이 원리는 풍력 블레이드 제작에 복합재 사용을 시사한다. 왜냐하면 풍력터빈 설계의 기본 목표는 풍력터빈의 무게를 줄이고 신뢰성을 향상시키는 것이다.
- 유연한 막 또는 얇은 필름: 이 원리는 미래에 강조되는 사항으로 풍력터빈 블레이드를 스마트 감각 막(smart sensory membrane)을 이용하여 개발할 수 있음을 암시한다.
- 속성 또는 변수 변환: 이 원리는 풍력 블레이드 설계를 위한 전 단계 복합 재료 응용에 관한 해를 확인하며 효율을 향상시키기 위해 탄성적인 성능이 변화될 수 있음을 의미한다.
- 국소적 성질: 풍력 터빈의 궁극적인 강도는 주로 타워 구조물에 의해 좌우된다. 이 원리는 예를 들어 태풍과 같은 강한 바람에 견뎌내는 풍력터빈을 위한 경제적이고 실현 가능한 해로서 풍력터빈 타워를 별도로 설계하는 것을 시사한다.

## 5. 결론

- 이 자료에서는 풍력 터빈 시스템을 위한 혁신적인 설계 및 개발이 트리즈 방법론의 틀 속에서 이루어 질 수 있다는 점을 제시하였다. 트리즈는 혁신을 위한 체계적인 방법으로 창의적 문제해결에 관한 이론이다. 주요 목표는 풍력터빈 설계에서 트리즈 방법으로 기술적 모순점을 찾아내는 것이다.
- 이러한 목적으로 트리즈 이론에 의해 39 종류의 공학적인 변수가 사용되었다. 풍력 터빈 설계 발전의 네 단계가 트리즈 모순점 분석으로 이루어 졌다. 트리즈 방법론에 의해 발명 원리의 해를 알아 낼 수 있다.
- 풍력터빈 시스템의 최종설계는 다음과 같이 트리즈의 13 가지 발명원리에서 파생되었다. 이들을 순서대로 열거하면, 과부족 조치, 공압식 또는 유압식 구조물, 분할, 추출, 피드백, 역동성, 범용성, 차원 변경, 복제, 복합재료, 유연한 막 또는 얇은 필름, 변수 변환, 국소적 성질이다.
- 풍력 터빈 설계를 위해 얻어진 본 발명의 원리는 향후에 다른 풍력 터빈의 설계에 사용될 수 있다. 추가적 해석을 위해서는 이들 원리의 각각에 대해 더욱 깊이 연구하여 풍력터빈 설계에 적용되어야 한다. 트리즈는 논리적 방법에 기반을 둔 지식으로 모든 설계과정에 사용될 수 있다. 트리즈 방법을 이용하면 새로운 해법을 찾을 수 있으며 제품 성능을 향상시킬 수 있다.

출처 : Vlastimir Nikolić, Shahin Sajjadi, Dalibor Petković, Shahaboddin Shamsirband, Žarko Čojbašić, Lip Yee Por, “Design and state of art of innovative wind turbine systems”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 2016, pp.258~265

## ◁ 전문가 제언 ▷

- 풍력 에너지는 매우 유망한 대체 에너지로 자리 잡고 있다. 풍력 에너지를 높은 전력 효율로 변환하기 위한 가장 중요한 요소 중 하나는 풍력터빈의 설계이다. 풍력이 널리 보급됨에 따라 주위 경관에 적합한 풍력터빈의 새로운 설계에 대한 인식이 높아지고 있다.
- 국내·외에서도 트리즈 기법에 대한 연구 및 활용이 여러 분야에서 활발히 이루어지고 있다. 해외 기업 중에서 마이크로소프트, GE, 모토로라, 파나소닉 등 많은 기업들이 실무 적용을 통해 획기적인 성공을 거둔 사례가 발표되었다.
- 한국에 최초로 트리즈를 도입한 것은 LG전자로 1995년에 제휴를 맺고 있던 필립스 유럽에서 소개 받아 LG생산기술원에 도입한 것이다. 이어 2000년 초 삼성계열 회사에서도 삼성트리즈 연구회를 만들고 삼성트리즈협회로 발전시켜 삼성전자 관계사 전체가 그룹단위로 활동을 전개하였다. 그 외에도 포항제철, 하이닉스, LS전선 등 국내기업에서 트리즈 기법을 도입, 활용하고 있다. 그러나 국내에서 트리즈 기법을 풍력터빈 시스템의 설계 및 개발에 구체적으로 적용한 예는 찾아보기 어렵다.
- 트리즈 기법에 관련된 학회, 협회 또는 센터로는 한국 트리즈 센터, 한국 트리즈 협회, 한국 트리즈 학회, QM&E Innovation, 국제 트리즈 협회, 미국 트리즈 전문저널 등이 있으며, 이 기관들의 인터넷 웹사이트에서 트리즈 기법에 관한 자세한 정보를 얻을 수 있다.
- 트리즈는 주어진 문제에 대하여 얻을 수 있는 가장 이상적인 결과를 정의하고, 그 결과를 얻기 위해 관건이 되는 모순을 찾아내어 해결책을 제시하는 이론이다. 예를 들어 전사품질관리(TQM)나 6시그마와 같은 기존 혁신기법은 주로 품질개선과 원가절감에 초점을 맞추고 있는 반면 트리즈는 제품 구성이나 생산라인, 작업 시스템 등을 통째로 바꾸는 창조적 혁신을 추구한다. 이러한 의미에서 이 자료가 혁신적인 풍력터빈의 설계에 참고자료로 활용되기를 바란다.

이 분석물은 미래창조과학부 과학기술진흥기금, 복권기금의 지원을 받아 작성하였습니다.