
풍력터빈의 구조진동을 저감하기 위한 개별피치제어 설계 기술



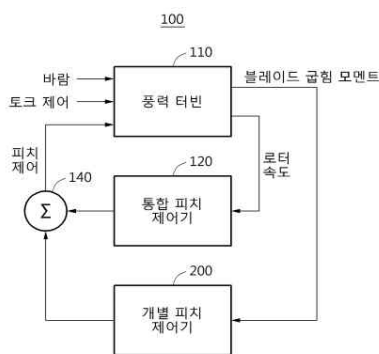
대표발명자 : 박성수 교수

풍력터빈의 구조진동을 저감하기 위한 개별피치제어 설계 기술

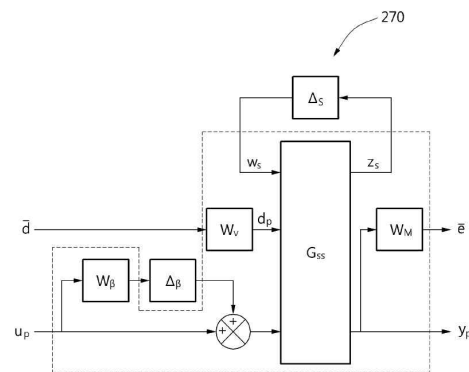
□ 기술개요

- 본 기술은, 풍력 터빈 블레이드 개별피치제어 기술에 관한 것으로서, 좌표변환이나 바람의 특성을 측정할 필요가 없으며 고차 정현파동의 진동에 대한 추가 루프 설계가 필요 없고 시불변제어기를 이용함으로써 연산 속도 등을 줄일 수 있는 터빈 블레이드 개별피치제어 기술임
- 본 기술에 따른 풍력터빈 피치 제어 시스템은, 다수의 블레이드를 구비한 풍력터빈, 상기 블레이드의 하중 평균을 이용하여 블레이드의 피치를 제어하는 통합피치 제어기 및 상기 풍력터빈 또는 상기 블레이드의 구조화된 불확실성을 이용하여 블레이드의 피치를 제어하는 개별피치 제어기를 포함함
- 본 기술은 바람의 특성을 측정하기 위해 피토투브 등을 블레이드에 직접 설치할 필요가 없기 때문에 터빈 생산비용을 절감할 수 있고 보다 안정적으로 블레이드 제어를 할 수 있고 시불변 시스템에 대한 개별피치제어가 가능하기 때문에 안전성도 확보할 수 있고 구조 진동을 획기적으로 감소시킬 수 있음

□ 대표도면



<풍력터빈 피치제어 시스템의 구성도>



<개별피치 제어기 설계부>

100: 풍력터빈 피치 제어 시스템	110: 풍력터빈
120: 통합 피치 제어기	140: 가산기
200: 개별 피치 제어기	270: 개별피치 제어기 설계부

□ 기술의 특징 및 우수성

- 본 기술은 좌표 변환이 필요 없으므로 로터 회전각을 측정할 필요가 없고 블레이드로 불어오는 바람의 특성을 측정할 필요가 없으므로 피토투브 등의 센서가 필요하지 않으며, 고차 정현파동의 진동에 대하여 추가적인 제어루프를 설계할 필요 없이 단일 제어기로 안정적인 제어가 가능하고 액추에이터 시간지연이 발생해도 안정성에 문제가 없을 뿐만 아니라 제어기가 시불변 시스템이므로 안정성을 해석하는데 용이함

[표] 기술의 특징 및 우수성

종래기술 문제점	<ul style="list-style-type: none"> • 블레이드에 형성되는 기계적 하중이 바람과의 공기역학적 관계에 의하여 결정되는 데 착안하여, 블레이드로 불어오는 바람의 특성, 즉 받음각이나 상대속도 등을 측정하여 개별피치제어를 수행하는 방법은 블레이드에 공기의 흐름을 측정할 수 있는 피토투브(pitot tube) 등의 센서를 추가적으로 부착해야 하고 아직 이러한 센서의 신뢰성과 정확성에 문제가 있다는 한계가 있음 • 블레이드의 3축 방향의 기계적 하중을 측정하고, 좌표 변환을 통하여 고정 좌표계에서의 톨팅 및 요잉 방향 하중으로 변환하고, 이 하중을 최소화하는 제어명령을 생성한 후 이를 다시 각 블레이드의 피치각 명령신호로 변환시키는 방법은 센서나 액추에이터 서보에 시간 지연이 생길 경우 안정성에 문제가 생길 수 있고, 고차 정현파동의 진동을 제어하는 경우에는 추가적인 제어루프를 설계해야 하며 이 경우 안정성에 문제가 생길 수 있음
해결방안	<ul style="list-style-type: none"> • 각 블레이드의 하중을 측정하고 평균을 계산한 다음 각 블레이드의 하중을 평균과, 평균에서의 편차로 나누는 단계, 편차량에 포함된 로터 회전각의 영향을 불확실성으로 간주하여 선형 시불변 모델을 구축하는 단계, 구조진동의 주 주파수와 고차 정현파 주파수를 고려하여 가중함수를 설계하는 단계, 두 번째와 세 번째 단계에서 구축한 모델과 가중함수를 이용하여 뮤제어기 설계 방법을 이용하여 개별피치제어를 설계하는 단계를 수행함
기술의 특징 및 우수성	<ul style="list-style-type: none"> • 시불변 시스템에 대한 개별피치제어가 가능하기 때문에 안전성도 확보할 수 있고 구조 진동을 획기적으로 감소시킬 수 있음

□ 기술의 효과

- 본 기술은, 편차량에 포함된 로터 회전각의 영향을 불확실성(uncertainty)으로 간주하여 선형 시불변 모델을 구축하기 때문에 로터 회전각 측정이 필요하지 않으며 고정좌표계로의 변환이 필요 없고 액추에이터 시간지연에도 안정성을 잃지 않음

□ 기술의 완성도(TRL)

기초 연구 단계		실험 단계		시작품 단계		제품화 단계		사업화
기본원리 파악	기본개념 정립	기능 및 개념 검증	연구실환경 테스트	유사환경 테스트	파일럿현장 테스트	상용모델 개발	실제 환경 최종테스트	상용운영
			●					

□ 기술 키워드

한글키워드	풍력발전, 터빈, 블레이드, 피치, 제어, 컨트롤
영문키워드	wind, turbine, blade, rotor, electric generation, pitch, control

□ 기술의 적용분야

- 본 기술은 풍력발전 분야에 적용될 수 있으며 특히 풍력발전에 이용되는 로터의 블레이드 피치 제어 분야에 적용될 수 있으며 블레이드 피치 설계 분야에도 이용될 수 있음

[표] 적용분야

신재생 에너지	풍력 터빈 제어
풍력 발전	블레이드 피치 제어 및 설계

□ 기술경쟁력

- 본 기술은 풍력터빈의 구조화된 불확실성을 제외하고 개별피치 제어를 하기 때문에 액추에이터 시간지연이 발생하더라도 안전성에 문제가 없고 제어가 시불변 시스템이기 때문에 안전성을 해석하는데도 용이하며 풍력터빈의 블레이드로 불어오는 바람 및 로터 회전각을 측정할 필요가 없기 때문에 피토투브, 로터 회전각 측정 센서 등이 필요하지 않아서 유지비용을 줄일 수

있음

- 본 기술은 구조진동의 주 주파수와 고차 정현파 주파수를 고려하여 가중함수(weighting function)을 설계하기 때문에 고차 정현파동의 진동에 대하여 추가적인 제어루프를 설계할 필요가 없으며 단일 제어기로 안정적인 제어가 가능함

□ 기술실시에 따른 기업에서의 이점

- 풍력터빈이 대형화되면서 Wind shear 및 난류강도에 의하여 풍력터빈 블레이드(날개)에 전달되는 풍하중에 편차가 발생되고 이로 인하여 풍력시스템에 발생하는 구조진동은 피로파괴를 일으킬 뿐만 아니라 풍력시스템 성능에 영향을 주게 되는데, 본 기술을 도입할 경우 풍력시스템의 구조진동을 획기적으로 줄일 수 있기 때문에 풍력시스템의 내구성을 개선하고 유지 보수 비용을 절감하는 등 기술 경쟁력 뿐만 아니라 가격 경쟁력을 갖출 수 있음

[표] 풍력 발전 관련 SWOT 분석

강점(Strength)	약점(Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> • 풍력발전시스템의 개발경험 • 학계, 기업 및 연구소의 풍력발전 시스템 개발 의지 • 풍력인프라의 저변확대 • 지자체의 풍력산업 육성의지 	<ul style="list-style-type: none"> • 핵심 및 기초기술의 기반취약 • 시스템 통합 및 신뢰성 확보기술 미흡 • 체계적인 기술개발 및 보급지원정책 수립의 미진 • 국내 개발품 테스트베드 단지 부족
기회요인(Opportunity)	위협요인(Threat)
<ul style="list-style-type: none"> • 기후변화협약에 의한 풍력에너지 보급 확대 • 국내/외풍력발전시장 확대 • 에너지 산업의 구조개선/민영화 • 정부의 강력한 의지 	<ul style="list-style-type: none"> • 해외 선진 풍력제작사의 시장지배력 증대 • 중국, 인도 등 풍력발전시장 비약적 성장

□ 특허현황

구분	발명의 명칭	출원번호 (출원일)	등록번호 (등록일)	출원국가
1	풍력터빈 피치 제어시스템 및 제어방법, 그 방법을 수행하기 위한 프로그램이 기록된 기록매체	10-2014-0170404 (2014.12.02)	10-1635926 (2016.06.28)	한국