

고장 허용 구동을 위한 다상 시스템 기술

전동력연구센터 | 김지원

- 본 기술은 일부 상 권선의 고장 시에도 연속적으로 운전이 가능한 다상 전동기와 고장 허용 구동용 인버터로 구성된 전기추진 시스템 기술임.
- 기존 3상 전동기를 적용한 추진시스템에서 전동기나 인버터의 한 상 고장 발생시 운전이 불가능하지만, n 상을 갖는 다상 전동기를 적용하는 경우에는 임의의 3개 상이 유지되는 상태까지 연속적으로 운전이 가능함.
- 본 기술은 고장 발생시 토크 리플과 효율 저하를 최소화 시키는 구동 제어 기술과 고효율 다상 전동기의 설계 기술을 특징으로 함.

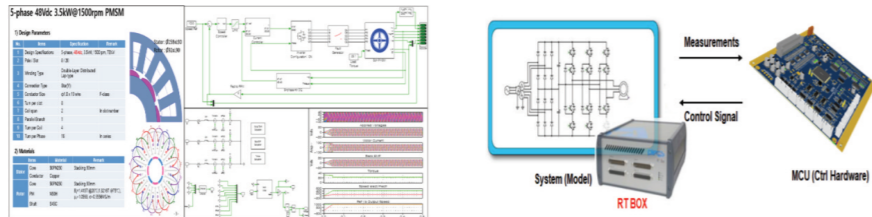
기술개념 및 구성

기술개념

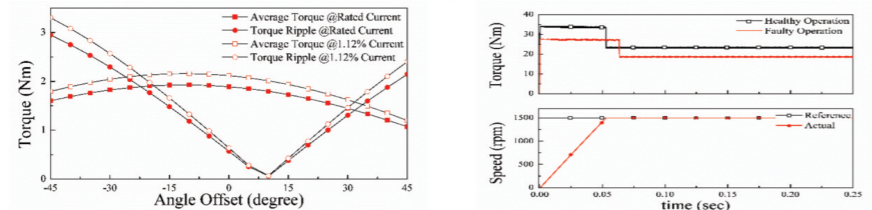
▶ 본 기술은 고장허용 구동이 요구되는 전기추진 시스템에 적합한 다상 전동기 및 인버터 설계에 관한 기술로서, 상 고장 발생시 나머지 건전한 상 전류의 크기와 위상을 변동시킴으로써 주어진 조건에서 최소의 토크 리플을 유지하면서 연속해서 운전이 가능한 제어 알고리즘을 포함하고 있음. 기존 디젤엔진 추진 선박의 하이브리드 추진으로의 개조나 새로운 전기 선박 건조시 추진 시스템에 적용될 수 있음.

기술의 구성도

- ▶ 본 기술은 다상 전동기 설계, 다상 구동용 인버터 및 제어기 설계, 고장 허용 구동 알고리즘 기술로 구성됨.
- ▶ 3상 이상의 임의 상수에 적합한 극수/슬롯수 계산, 다상 권선의 정상 및 고장시 고조파 분석이 가능한 In-house S/W 개발.
- ▶ 수학적인 회로구동 모델과 실제 제어보드 시제품의 결합된 모의 특성 시험을 통하여 실제 인버터의 제어 특성을 확인할 수 있는 HILS 모델 개발.



다상 전동기 설계/시뮬레이션 및 인버터



최소 토크 리플을 갖는 고장 허용 구동 알고리즘

<고장 허용 구동을 위한 다상 시스템 그림설명>

1. 기술 개요

기술개발의 필요성

- ▶ 접근성이 제한된 환경의 전기추진 및 발전 시스템에서는 안정적이고 지속적인 전력공급과 생산이 가능하도록 고장시에도 연속적인 운전이 가능해야 함.
- ▶ 균용 선박이나 잠수함과 같은 시스템의 경우 소음/진동의 저감이 필수적인데 추진시스템에서 발생하는 토크 리플은 소음/진동을 유발하는 주요한 원인 중 하나임. 따라서 정상 운전뿐 아니라 고장시 운전인 경우에도 토크 리플 발생을 최소화 할 수 있는 추진시스템이 필요함.
- ▶ 선박이나 잠수함 등의 시스템에서는 한정된 자원으로 전기를 생산하고 이를 이용하여 전기추진 시스템을 구동하기 때문에 효율적인 전기추진 시스템을 구축하는 것이 필요함.
- ▶ 선박이나 잠수함과 같은 시스템의 경우 가장 중요한 문제 중 하나는 추진시스템의 일부 고장 발생시 출력을 감소해서라도 목표지점까지 지속적인 운전이 가능한 고장허용 구동이 필요함.

2. 기술 내용

기술의 특징

- ▶ 기술의 특징점
 - 기존 3상 전동기를 적용한 추진 시스템에서 전동기나 인버터의 한 상 고장 시 운전이 불가능하지만, 다상 전동기를 적용하는 경우에는 다 상에서 임의의 3개 상이 유지되면 연속 운전이 가능함.
 - 추진 전동기나 구동 인버터의 상 고장시 연속해서 운전이 가능함으로써 접근성이 제한된 환경에서 운행되는 선박의 운항성이나 잠수함의 생존 가능성이 향상됨.
 - 고장 허용 구동시 토크 리플과 효율 저하의 최소화가 가능하여 안정적인 고 에너지 절감적인 시스템 구동이 가능함.
 - 결합형 다상 구동 기술은 독립형 대비 인버터의 가격을 낮추어 산업용 로의 응용에 적합함.
- ▶ 기술의 상세 규격
 - 5상(결합형) 10kW급 영구자석 동기 전동기

- 고장허용 5상 구동용 15kVA급 전력변환장치 및 제어기
- 1상 및 2상 고장시 정상 구동 알고리즘
- 다상 권선의 특성 분석 프로그램
- 5상 구동용 인버터의 제어특성 확인용 HILS 모델
- PEBB 모듈 기반 다상 전력변환 회로 설계기술
- 정상 및 고장시 다상 추진 시스템의 출력특성 분석 시뮬레이터

경쟁기술과 차별성

- ▶ 국내외 유사·경쟁 기술 현황
 - 다상 전동기를 적용한 추진 시스템 기술

구분	기술명	기술 내용
국내	기술명	독립 결선 구조를 갖는 다상 추진 시스템 기술
	기술 내용	독립 결선 방식의 다상 전동기 적용 추진 시스템
국외	기술명	독립 결선 구조를 갖는 다상 추진 시스템 기술
	기술 내용	• 개별 권선에 H-bridge 인버터 적용 • 상 고장시 별도의 제어 알고리즘 없음
국외	기술명	대용량 발전 시스템을 위한 split 구조의 다상 시스템
	기술 내용	• 기존 3상 기술을 바탕으로 한 대용량 12상 발전 시스템 • 단일상 고장에 대한 대책은 없으며, 3상 단위로 고장허용 구동 가능

경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
독립 결선 다상 구동 기술	• 독립 결선 다상 대비 전력변환장치 저가화 가능하여 산업용에 적합. • 상 고장시 최소의 토크리플로 연속운전이 가능하여 구동 신뢰성 향상. • 상당 전류의 저감으로 저전압 대전류의 산업용 추진 시스템 (전기자동차나 대형 로봇 등)에 응용 가능.

3. 기술의 시장성

기술 응용분야 및 제품

- 전기추진을 통한 선박 및 잠수함 제품

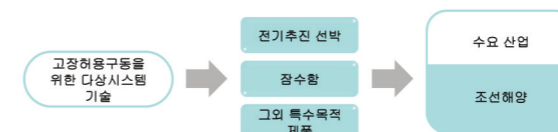


시장이슈

- 지구 온난화 및 환경오염 대응을 위한 국제 사회 공조가 강화되고 있음
- 미세먼지 및 유해 온실가스에 대한 국민적 경각심 증대에 따라 이를 해결하는 전기 자동차, 선박 등에 대한 관심이 높아지고 있음
- 신 기후 체제 및 탄소 배출권 환경오염 문제 현안에 대해 정부 대책 추진이 강화되고 그에 따라 전기추진 선박 및 잠수함의 수요가 증가중임
- 기술 선진국 중심의 순수전기추진 운영을 통해 연안환경 개선노력이 심화되고 있는 단계임

Supply chain

- 본 기술은 권선의 고장시에도 연속적으로 운전이 가능한 다상 전동기와 고장 허용구동용 인버터로 구성된 전기추진 시스템 기술로, 전기추진선박 및 잠수함에 지속적인 전력공급과 문제발생을 최소화 하는데에 적용가능



수요전망

- 전기 및 하이브리드 선박 시장 규모는 2018년 8억 달러에서 연간 26%의 성장률을 거쳐 2029년 124억 달러 규모에 달할 것으로 전망되고 있음



4. 주요 연구성과

특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
출원	3상 3레벨 ANPC 컨버터의 고장허용 스위칭 제어 방법	한국	10-2017-0179733	2017
출원	센서모듈 및 그를 가지는 전동기	한국	10-2018-0042329	2018
등록 예정	다 상 기기의 권선 구성 및 특성분석 프로그램	한국		2018

기술의 완성도

- ▶ TRL 수준 및 기술완성도 단계
 - 시제품 개발 및 기술 검증 단계임 (TRL 4단계)
- ▶ 개발 기술 범위
 - “결합형 다상 구동 시스템의 고장허용 구동 기술 개발”
 - 결합형 다상 영구자석 동기 전동기 설계 기술
 - 정상 및 고장시 전동기의 진동분석 및 모의 기술
 - 고장허용 구동용 전력변환장치 및 제어기 설계 기술
 - 고장허용 구동 알고리즘 분석 및 모의 기술
 - 다상 권선의 특성 분석 프로그램
 - 다상 구동용 인버터의 제어특성 확인용 HILS 모델 개발 기술
- ▶ 기술개발 완료 시기
 - 2018년 12월 : 고장 허용 구동을 위한 다상 시스템

5. 기대 효과

기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
 - 기존 3상 기술이 아닌 새로운 토폴로지의 추진 시스템 적용으로 국외 선진사 제품의 수입대체 효과
 - 다상 시스템의 대용량 시스템 구성 용이성, 구동성능 향상 및 출력밀도 증가의 특성을 이용한 새로운 산업화 영역 확보

기술·산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
 - 전기 추진 선박 및 잠수함 관련 국내기술이 한 단계 더 도약 가능
 - 대용량 시스템 구성에 기술적 파급효과가 큼
- ▶ 접근성이 용이하지 않은 추진 및 발전 기술의 시장 활성화에 기여할 것임
- 안정성, 신뢰성이 요구되는 산업용, 군용 추진 시스템에 응용이 가능함
- 기존 전기선박의 3상 시스템을 대체하여 구동 신뢰성 향상

[R&R : 3-2-3]