

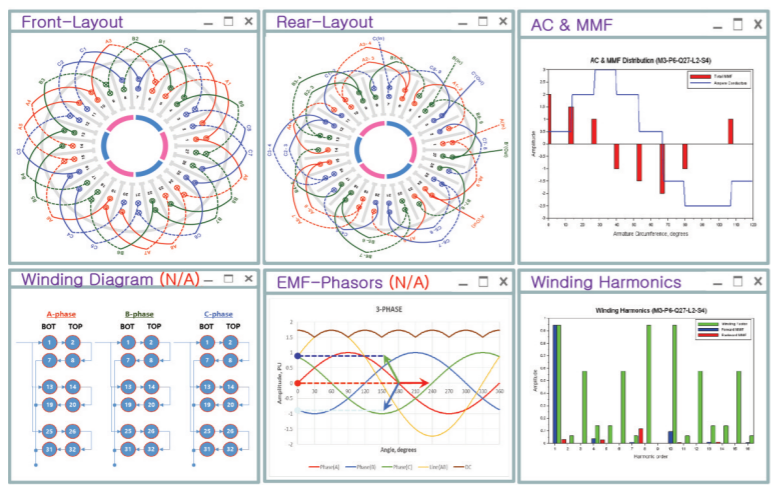
062 다 상 전동기 / 발전기 설계 기술

전동력연구센터 | 정연호

- 본 기술은 전기항공기, 전기선박, 전기자동차, 방산용 이동체 등 높은 신뢰성과 고비출력을 요구하는 구동/추진 시스템과 대용량 또는 고신뢰 전원용 발전 시스템을 구현함에 있어, 고신뢰성의 고장허용 구동이 가능한 추진 다 상(Multi-phase) 영구자석형 회전기(전동기/발전기)의 설계 기술임.
- 다 상 회전기의 전기시스템을 구현하는 다 상 권선은 대칭형(결합형)과 비대칭형(분리형)으로 구분되며 Full-bridge 또는 Half-bridge의 전력변환을 고려하여 전동기와 발전기의 전기회로/자기회로 설계가 가능함.

기술개념 및 구성

- 기술개념
 - ▶ 본 기술은 다 상 권선(Multi-phase Windings)을 전동기 또는 발전기에 채용하여 고품질/고신뢰성의 고장허용 구동이 가능한 구동/추진 시스템을 개발하는데 필요한 다 상 영구자석 전동기/발전기의 전기회로 및 자기회로 설계 기술임.
- 기술의 구성도
 - ▶ 대칭형(결합형)/비대칭형(분리형) 다 상 영구자석 전동기 및 발전기의 전기회로/자기회로 설계기술
 - ▶ 3~26상 권선을 갖는 회전기의 전자계 최적화 설계기술
 - ▶ 다 상 권선 구성 및 극수/슬롯수 최적조합 분석기술
 - ▶ 임의의 상 수에 적합한 극수/슬롯수 계산 및 권선도 구성, 권선계수/기자력계수 고조파 분석 등 다 상 권선의 제반특성 분석



1. 기술 개요

■ 기술개발의 필요성

- ▶ 접근성이 제한된 환경의 전기추진 및 발전 시스템에서는 안정적이고 지속적인 전력공급과 생산이 가능하도록 고장 시에도 연속적인 운전이 가능해야 함
- ▶ 항공기, 선박, 수중 이동체와 같은 추진시스템의 경우 가장 중요한 기술 요건 중 하나는 일부 고장 시 출력을 감소해서라도 목표지점까지 지속적인 운전이 가능한 고장허용 구동이 필요함
- ▶ 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 추진기술이 필요함
- ▶ 한정된 자원으로 전기를 생산하고 이를 이용하는 전기추진 시스템에서는 효율적인 구동/추진 시스템 구축이 필요함

- 기존 3상 전동기를 적용한 추진 시스템에서는 전동기나 전력변환장치의 한 상 고장 시 운전이 불가능하지만, 다 상 전동기를 적용하는 경우에는 다 상에서 임의의 3개 상이 유지되면 연속 운전이 가능함
- 추진용 전동기나 구동용 전력변환장치의 상 고장 시 연속해서 운전이 가능하여 접근성이 제한된 환경에서 운행되는 선박이나 수중 이동체의 운항성 및 생존 가능성이 향상됨
- 분리형 다 상 구동 시스템은 기본 구조가 3상의 배수로 구성되므로 기존의 전력변환장치를 활용 가능함
- 결합형 다 상 시스템에서 고장허용 제어를 적용하여 구동/추진시 토크 리플과 효율 저하의 최소화가 가능하여 안정적이고 에너지 절감적인 시스템 구동이 가능함
- Half-bridge 다 상 구동 기술은 Full-bridge 구동 대비 전력소자의 가격을 낮추어 산업용으로서의 응용에 적합함
- ▶ 기술의 상세 규격
 - 대칭형(결합형) 또는 비대칭형(분리형) 다 상 영구자석 전동기/발전기 설계
 - 다 상 권선의 구성, 제반특성, 권선계수/기자력 계수 고조파 분석
 - Full-bridge 또는 Half-bridge 전력변환을 고려한 전기회로 설계
 - 다 상 권선 구성 및 분석 프로그램 보유

2. 기술 내용

■ 기술의 특징

- ▶ 기술의 특징점

■ 경쟁기술과 차별성

- ▶ 국내외 유사 · 경쟁 기술 현황
 - 고장 허용 구동이 가능한 전동기/발전기 기술

구분	기술명	고장허용 구동/추진 기술
국내	기술 내용	3상 추진 전동기를 2중화 또는 3중화 등 추진 시스템을 다중화 하여 고장에 대한 연속운전을 구현함
	기술명	고장허용 구동/추진 기술
국외	기술 내용	3상 추진 전동기를 2중화 또는 3중화 등 추진 시스템을 다중화 하여 고장에 대한 연속운전을 구현함
	기술명	고장허용 구동/추진 기술

▶ 경쟁 기술 대비 우수성

경쟁기술	본 기술의 우수성
다중화 3상 구동 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 상 고장시 연속운전이 가능하여 구동 신뢰성 향상 (기본적으로 구동/추진 시스템의 다중화 특성을 가짐) • 상당 전류의 저감으로 저전압/대전류의 산업용 구동/추진 시스템에 응용 가능함 • 대칭형/비대칭형 다 상 시스템에 대해 Full-bridge 또는 Half-bridge 전력변환을 고려하여 전기회로 구성이 가능

3. 기술의 시장성

■ 기술 응용분야 및 제품

- 추진용 전동기(△전기 항공기 △전기 선박 △전기 자동차, 특수임무차량 △전투차량 △방재차량 △전동휠체어
- 물류이송용 구동장치(△물류이송 로봇 △컨베이어 시스템 △견인장치)

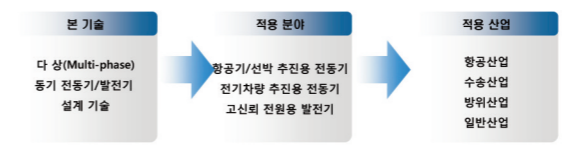


■ 시장이슈

- 3차 에너지 기본계획이 확정돼 산업부문 에너지 효율화 정책의 일환으로 산업용 저압전동기의 고효율 전동기 교체를 촉진하고 있음
- 전기 자동차/선박 등은 친환경 교통수단의 일환으로 수요가 증가해서 고효율 구동/추진 시스템의 수요도 증가할 것으로 전망됨
- 구동 및 추진체의 신뢰성이 매우 중요한 시스템에서는 고장에도 구동/추진이 가능한 기술이 요구되고 있음
- 저압/대전류의 전류특성을 갖는 중/대용량 구동/추진 체계에서 기존 3상 시스템의 단점(전기절연, 직/병렬 문제) 극복

■ Supply chain

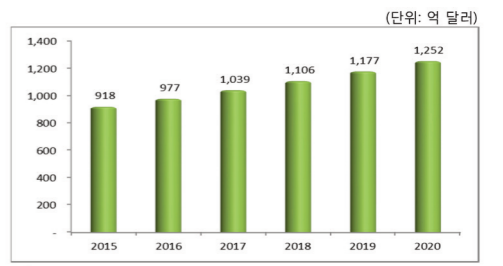
- 본 기술은 기존의 일반산업/방위산업 수송분야 등에 적용되는 전동기/발전기를 생산하는 기업체로부터 공급망 구성



■ 수요전망

- 세계 전동기 시장은 2015년 918억 달러 규모였으며, 연평균 6.4% 성장률로 2020년에는 1,250억 달러 규모에 이를 것으로 전망됨

[세계 전동기 시장규모]



자료: Marketsandmarkets, 2017

4. 주요 연구성과

■ 특허 출원 및 등록 현황

구분	특허명	국가	번호	년도
등록	전기기기의 다 상 권선 구성 및 특성분석 프로그램(AutoWinderM)	한국	C-2018-033820	2018

■ 기술의 완성도

- ▶ TRL 6 수준의 기술완성도 단계
- 유사 환경에서의 프로토타입 개발
- ▶ 개발 기술 범위
 - “다 상(Multi-phase) 영구자석 전동기/발전기 설계 기술”
 - 대칭형(결합형) 다 상 전동기/발전기 설계 기술
 - 비대칭형(분리형) 다 상 전동기/발전기 설계 기술
 - 다 상 전동기/발전기의 전기회로/자기회로 최적화 기술
- ▶ 기술개발 완료 시기
 - 2019년 6월 : 대칭형/비대칭형 다 상 동기 전동기/발전기 설계 기술 개발

5. 기대 효과

■ 기술 도입 효과

- ▶ 경제적인 효과
 - 다 상 전동기가 채용된 고신뢰성 구동/추진 시스템을 구성함으로써 물류 이송지연, 인명피해 등으로 인한 직/간접 비용 저감
 - 기존 구동/추진 시스템(전기자동차, 해상풍력 등)에 대한 다 상 구동/추진 장치의 대체 수요 및 시장 확대

■ 기술 · 산업적 파급 효과

- ▶ 기술적 파급 효과
 - 기존 구동/추진 시스템의 신뢰성 및 유지보수성 향상
 - 기존 구동/추진 시스템의 성능/품질 고도화
- ▶ 다 상 기술을 적용한 응용기술 및 제품 확대
 - 추진 시스템의 신뢰도 증가로 사회비용 저감

스마트전력망
차세대전력기기
첨단전기응용
전기소재융합