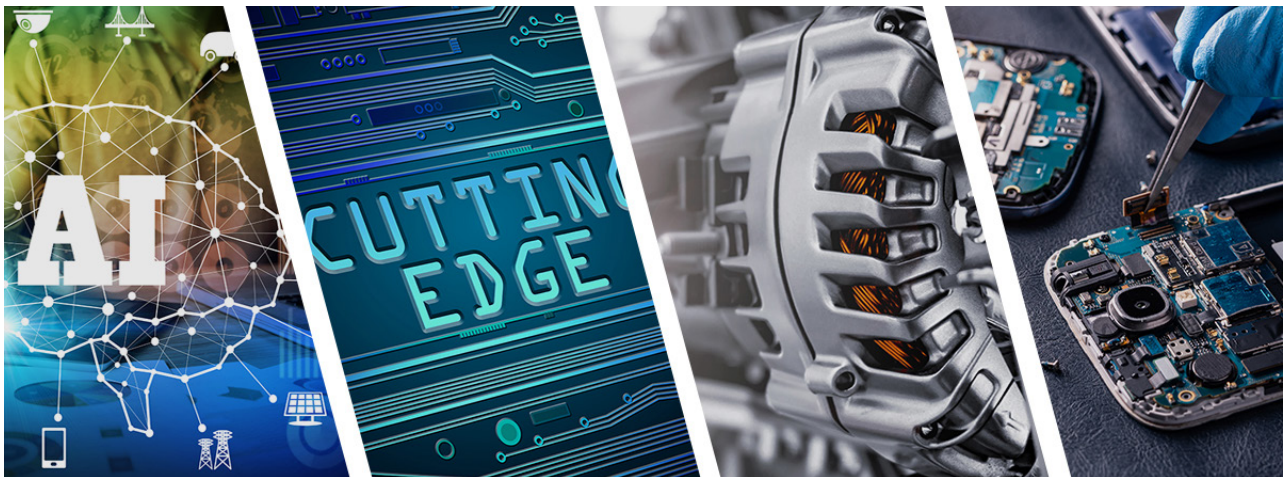

담당편집위원 인사말 및 주제 소개

노종석 |
중앙대학교 전자전기공학부(전임) 및 지능형에너지산업융합학과(겸임)
JONGSUK RO |
School of Electrical and Electronics Engineering, CHUNG-ANG UNIVERSITY

'08 서울대학교 전기공학부 (석사/박사)
'01 한양대학교 기계공학부 (학사)
'16-현재 중앙대학교 조/부/정교수
'13-'16 서울대학교 BK조교수
'14-'14 영국 University of Bath Academic Visitor
'13-'13 기초전력연구원 전임연구원
'12-'13 서울대학교 박사 후 연수연구원
'08-'12 삼성전자 책임연구원

출처 중앙대학교 전기기기 연구실 홈페이지[1]

그림 1 차세대 전기기기 연구 분야 및 핵심 기술

1. 서 문

존경하는 대한전기학회 회원 및 국내외 독자 여러분께, 저는 중앙대학교 전자전기공학부 및 지능형 에너지 산업 융합학과에서 전기기기 교육과 연구를 수행하고 있는 교수 노종석입니다. 이번 10월호 기획 시리즈는 소개 글인 본 기고문 1편과 전기기기의 핵심 부품 및 소재의 최신 기술 동향 관련 3편의 기고문으로 구성되어 있습니다.

기획 시리즈 소개 글인 본고에서는 전기기기 소개 및 주요 기술 동향에 대해 간략하게 소개하고자 합니다. 세부적인 본고의 구성은 하기와 같습니다.

- 전기기기 정의 및 연구 분야
- 전동기 특장점 및 적용 분야
- 전동기 핵심 소재 및 부품의 중요성과 최신 연구 동향
- 10월호 기획 시리즈 소개
- 결문

2. 본 문

· 전기기기 정의 및 연구 분야

전기기기는 기계에너지-전기에너지 상호변환 기기입니다.

차세대 전기기기 연구 분야 및 핵심 기술은 그림 1 및

하기와 같이 크게 하드웨어와 소프트웨어 기술 2가지로 분류되며 각각의 하위에 4가지 기술로 구분할 수 있습니다.

[하드웨어 기술]

- 고전적 방식의 전자기를 활용한 전기기기
- 압전, 형상기억합금, 자왜 재료 등의 신소재를 활용한 특수 전기기기

[소프트웨어 기술]

- 전기기기 개발 및 설계에 필요한 특성 해석 기법과 최적 설계 기법
- 전기기기가 목표로 하는 성능의 극대화를 위한 설계 변수 값 및 조합을 찾기 위한 인공지능 및 최적화 알고리즘

전기기기 관련 연구 분야 및 핵심 기술을 그림 2 및 하기와 같이 다른 관점에서 분류해 볼 수도 있습니다.

- 전기기기 전자장 해석 및 설계 기술
- 진동/소음/열 등의 기계적 특성 해석 및 설계 기술
- 철심, 도전재료, 절연 재료 등의 재료 기술
- 기기를 가공하고 생산하기 위한 생산 기술
- 최종 시제품의 성능을 평가하기 위한 시험/평가 기술

소개 글인 본 원고와 전기기기 전문가 세 분께서 기고해 주신 글에서는 고전적 방식의 전자기를 활용한 전기기기인 전동기의 핵심 부품 세 가지(자석, 코어, 코일)에 대해서 논하였습니다.

· 전동기 특장점 및 적용 분야

전동기는 힘과 속도 변화, 적용 등의 용이성과 더불어 배기가스 배출, 소음, 반응속도, 효율, 저속 고추력 등의 측면에서 유리합니다. 이에 그림 3과 같이 가전, 운송수단, 산업, 군용 등 다양한 분야로 전동기 적용이 확산되고 있습니다.

따라서, 전 세계 전력소모량의 약 50%를 전동기가 차지하는 것으로 추정되며, 우리나라 등 산업화 국가의 경우 전체 전력소모량에서 약 60~70%를 차지하는 것으로 알려져 있습니다. 따라서, 전동기 뿐만 아니라 액추에이터, 변압기 등의 다양한 종류의 전기기기까지 고려한다면 전력 소모의 대부분은 전기기기라 말할 수 있습니다. 또한, 전력 생산량의 대부분은 발전기를 통해 발전됩니다. 즉, 전기기기는 전력의 생산과 소비 대부분을 차지합니다.

출처 프리미엄급 고효율 3상 유도전동기 개발 연구 결과 최종보고서] [2]

그림 2 전기기기 연구 분야 및 핵심 기술

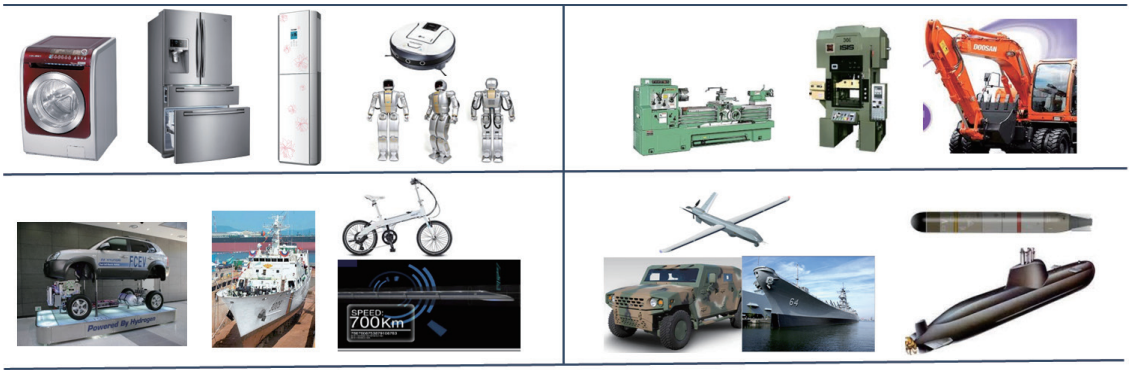

그림 3 다양한 분야로의 전동기 적용 사례

· 전동기 핵심 소재 및 부품의 중요성과 최신 연구 동향

전동기의 핵심 소재 및 부품은 영구자석, 전기강판, 코일입니다. 이 세가지 부품 특성에 따라 전동기 성능이 대부분 결정됩니다. 소재나 부품의 혁신 없이 전동기의 전자기적 특성 해석 및 형상 최적 설계만을 통해서는 성능의 비약적 향상이 어렵습니다. 따라서, 전동기 핵심 소재 및 부품의 혁신적인 개선을 통한 전동기 성능의 비약적 발전 및 극대화가 요구됩니다.

영구자석은 전동기의 주 자속을 생성하는 소재 및 부품입니다. 20세기 초부터 페라이트 영구자석이 주로 사용되었습니다. 페라이트 영구자석은 가격이 저렴하지만 영구자석 성능이 낮습니다. 20세기 후반 희토류 계열의 영구자석이 개발되면서 전동기 및 전기기기의 성능이 비약적으로 발전하게 되었습니다. 하지만, 희토류 영구자석은 특정 국가에 대부분이 매장되어 있어 자석 수급 문제가 있으며, 가격도 높은 단점이 있습니다. 이에 전동기 분야의 최근 연구/개발 추세는 새로운 영구자석 개발 및 적용 또는 희토류를 사용하지 않으면서도 고성능이 가능한 전동기 개발입니다.

코어는 자속의 길을 만들어 주는 자로 역할을 합니다. 히스테리시스 손실 저감 등을 위해 연자성 소재가 사용되어야 하며, 주로 규소 강판이 사용됩니다. 강판에서 발생되는 와전류에 의한 손실을 저감하기 위해서는 와전류 값을 낮추는 방법이 있습니다. 와전류 값을 낮추기 위해 강판의 전기적 저항을 높이면 되는데, 이를 위해 전기저항 값이 높은 규소를 강판에 첨가합니다. 하지만, 3~4% 이상의 규소를 첨가하게 되면 강판의 기계적 연신률이 저하되기 때문에 특정 값 이상을 넣을 수 없습니다. 이에 최근에는 강판 손실(철손)을 저감하기 위한 연구가 활발합니다. 그 중 하나가 연자성분말 소재(Soft Magnetic Composite; 이하 SMC) 코어의 활용입니다. 최근 벤츠가 YASA(Yokeless And Segmented Armature) 회사를 인수합병하면서 축방향 자속형 모터에 대한 관심이 급증하였습니다. 축방향 자속형 모터 코어의 태생적인 까다로운 생산 및 양산 문제를 해결하면서 고속운전에서 철손도 저감하기 위한 SMC 코어의 적용 연구 및 개발이 활발합니다. 또한, 강판 코어의 기존 체결 방식들인 Riveting, Wedling, Interlocking 등은 코어의 기계적 변형이 불가피하며, 이로 인한 자기적 특성이 열화되고 모터의 전자기 및 기계적 특성이 저하되는 등의 문제가 있었습니다. 이를 해결하기 위하여 셀프본딩(Selfbonding) 기술 개발 및 적용에 대한 연구/개발이 최근 활발합니다. 이와 더불어, 전동기 코어 일부에 방향성 강판의 적용, 비정질 및 나노결정질 코어의 적용, 고강도 강판의 적용 등을 통한 전동기 성능 극대화도 최근 연구 및 개발 추세입니다.

코일은 전동기의 자속 및 회전자계 등을 만들어내기 위한 주요 소재 및 부품입니다. 슬롯에 코일 나동이 차지하는 비율을 나타내는 점적율의 증대는 전동기 효율의 증가로 이어집니다. 이에 기존 환형 코일 대비 점적률을 상당히 높일 수 있는 헤어핀 권선, MSO(Maximum Slot Occupation Coil)에 대한 연구 및 개발이 활발합니다. 특히 헤

어핀 권선은 실제 양산용 전동기 및 전기차에 적용되어 전동기 효율 및 전기차의 연비 및 성능 개선에 큰 기여를 하고 있습니다.

앞서 언급하였듯이, 전동기의 핵심 소재 및 부품의 개선을 통해 전동기의 성능 개선이 가능하며, 이로 인해 국내외 많은 연구자들이 관련 연구에 매진하고 있습니다. 이에 본 10월에서는 전동기의 핵심 소재 및 부품들에 관한 내용으로 구성하였습니다.

· 10월호 기획 시리즈 소개

이번 기획 시리즈는 국내에서 전동기 및 전동기 핵심 소재/부품 관련 연구를 수행 중이신 세 분의 박사님들께서 준비해주신 최신 기술 동향 원고로 구성하였습니다.

첫 번째 원고는 국립한국교통대학교 철도운전시스템공학과의 박찬배 교수님의 "마그네틱 기어와 마그네틱 기어드 동기전동기 기술 개발 동향 (Trends in the technological development of magnetic gears and magnetic geared synchronous motor)"입니다. 박찬배 교수님께서는, 본 기고문의 주제인 MG 및 MG-PMSM 기술 연구를 선도하고 계시며, 철도차량 등으로의 응용 연구도 활발히 하고 계십니다.

본 기고문에서는 기존 전동기와 기계식 감속기어로 구성된 동력 전달 시스템의 대체 기술로써 마그네틱 기어(Magnetic Gear, 이하 MG)와 마그네틱 기어드 동기전동기(Magnetic Geared Permanent Magnet Synchronous Motor, 이하 MG-PMSM) 기술을 소개하였으며, 관련 기술의 국내·외 기술 개발 현황을 소개하였습니다.

본 원고에서도 언급하였듯이, MG 및 MG-PMSM는 비접촉 동력전달이 가능하여 기존 동력전달시스템의 직접 접촉에 의해 발생하는 기어부의 치 마모 및 파손 등의 근본적인 문제 해결이 가능해지며 유지보수성 및 신뢰성 향상이 기대됩니다. 따라서, 향후 다양한 산업 분야에서 MG 및 MG-PMSM의 활용도가 크게 향상될 것으로 기대됩니다. 특히 산업용 협동로봇 분야에서는 MG 및 MG-PMSM 기술의 본격적인 연구 및 실용화 사례가 아직까지는 알려지지 않고 있다고 합니다. 이와 더불어, 국내 대학/연구기관들이 현재까지는 MG 및 MG-PMSM 관련 설계 기술 개발에만 집중을 해 온바, 향후에는 제작 기술 고도화를 통한 신뢰성 높은 제품 개발에 집중이 필요하다고 언급하였습니다. 이에 이번 MG 및 MG-PMSM 기술 소개를 통해 국내 연구자분들께서 본 기술에 많은 관심을 갖게 되어 관련 기술들을 확보함으로써 차세대 스마트 팩토리 시장 등에서 기존 선진 기술 보유국 대비 기술 우위를 선점하고 실용성이 높은 제품까지도 개발되는 계기가 되기를 희망해 봅니다.

두 번째 원고는 전기자동차 시대의 핵심 소재 전기강판 기술동향 (Technical Trends in Electrical Steel: A Key Material in the Era of Electric Vehicles)으로 이세일 박사님께서 작성해 주셨습니다. 이세일 박사님께서는 본 기고문의 주제인 전기기기용 전기강판의 대표 기업이자 우리나라에서 전기강판을 전량 생산하는 기업인 포스코의 기술연구소에서 관련 연구를 세계적으로 선도하고 계십니다.

본 기고문에서는, 전력 시스템의 필수 소재인 전기강판에 대하여 심도 있게 다루었습니다. 구체적으로 무방향성 및 방향성 전기강판의 개발 및 생산 역사, 활용 제품, 최근 연구 동향 등에 관하여 소개하였습니다. 이와 더불어, 무방향성 및 방향성 전기강판의 전기자동차용으로의 적용 기술에 대해서도 다루었습니다.

본 기고문에서 언급하였듯이, 전기강판 기술 발전은 에너지 효율 향상에 크게 기여할 수 있습니다. 최근 친환경 에너지 관련 시장 및 전기자동차 시장이 확대되는바 전기강판의 중요성은 더욱 커지고 있습니다. 전기강판은 향후 에너지 및 전기자동차 시장에서 더욱 중요한 위치를 차지할 것으로 예상되며, 이 소재의 중요성은 앞으로도 계속 증가할 것으로 전망된다고 합니다. 이에 본 기고문을 읽고 국내의 더 많은 연구자분들께서 전기강판 기술에 관심을 갖게 되어 전기강판 기술이 한 단계 발전하는 계기가 되었으면

하는 바램입니다. 이를 통해, 전기강판이 미래 에너지 산업과 친환경 기술 발전의 핵심 요소가 되어 앞으로도 우리 사회의 지속가능한 발전과 에너지 효율화에 중추적인 역할을 담당하기를 바랍니다.

세 번째 원고는 전남대학교 전기공학과의 이진환 교수님께서 기고하신 차량용 구동모터 핵심 요소부품 기술 동향 (Trends in technology for core components of vehicle traction motors)입니다. 이진환 교수님께서는 전기기기 해석 및 설계 전문가로 교수로 최근 임용이 되신 신진 연구자입니다. 향후 열정적인 연구와 산업체 경력을 바탕으로 관련 기술 발전에 큰 기여를 할 것입니다.

본 고의 서론에서는 친환경 차량 및 친환경 차량용 구동 모터 기술 변천사에 대하여 소개하였습니다. 이와 더불어, 친환경 차량용 구동 모터의 핵심 요소 부품 세 가지인 자석, 코어, 코일의 연구개발 및 기술 동향에 대해 소개하였습니다. 전기 강판에서는 강판의 두께 저감, 적층 방식 측면에서의 기술 변화에 대하여 기술하였습니다. 영구자석에서는 탈희토류 관련 기술에 대하여, 코일에서는 고전압 추세에 따른 절연기술 동향에 대해서 논하였습니다. 기술된 세 가지 부품은 핵심 부품 기술들인바, 본 고의 기술 소개를 통해 관련 기술이 한 단계 성장하는 계기가 될 수 있기를 희망해 봅니다.

3. 결 문

전기의 세계 10월호를 위하여 수고하신 박찬배 교수님, 이세일 박사님, 이진환 교수님과 더불어 준비를 위해 수고해주신 모든 분들께 감사의 인사를 드립니다.

전기기기는 전세계 전력 생산과 소비의 대부분을 차지합니다. 따라서, 전기기기 성능 및 효율 향상은 에너지 절감에 큰 기여를 할 수 있습니다. 이를 통해, 최근 인류가 당면한 해결 과제로 화두가 되고 있는 지구 온난화 문제, 에너지 문제 등을 완화하는데 기여할 수 있습니다.

이와 같이 전기기기 성능 및 효율 향상을 위해서는 기존의 단순 전자계 특성 해석 및 형상 최적 설계가 아닌, 소재와 부품의 혁신적인 개선이 이루어져야만 합니다. 따라서, 본 기고문 및 기획 시리즈에서는 전기기기의 핵심 소재 및 부품에 관하여 심도있게 다루었습니다. 이를 통해, 국내외 더 많은 연구자들이 전기기기 부품 및 소재 연구/개발에 매진하여 궁극적으로는 인류에 기여할 수 있는 계기가 되기를 바랍니다.

기존의 전기기기는 전자기만을 이용합니다. 하지만, 최근 전기에너지-기계에너지 상호 변환에 유용한 최첨단 지능형 신소재 연구 및 개발이 활발히 진행되고 있습니다. 이에, 지능형 소재를 이용하여 효과적으로 에너지를 생산하거나 활용하는 시스템들과 시장이 새롭게 생겨나고 있습니다. 따라서, 본 기고문을 통해 고전적인 전자기 방식의 전기기기 뿐만 아니라 압전, 형상 기억합금 등의 첨단 신소재 등을 이용한 특수 전기기기에 관한 최첨단 연구도 활발해지기를 희망해 봅니다.

전기기기는 인류에게 필수적인 기기입니다. 따라서, 인류가 존재하는 한 전기기기는 꾸준한 수요가 있으며, 존재할 것입니다. 최근 무인화, 전동화, 지능화 등에 따라 전기기기에 대한 수요 및 시장은 더욱 급성장할 것입니다.

전기 학회 회원분들과 더불어 전기 관련 업무를 수행하시는 국내/외 모든 분들께 전기기기 연구회에 지속적인 관심과 참여를 부탁드립니다. 이를 통해서 대한전기학회가 국가와 인류의 미래를 견인해나가는 중추적 역할을 하기를 기대합니다. 전기기기 연구회 소개 및 10월호 기획시리즈 기고문 소개를 마치고자 합니다.

[참고문헌]

[1] http://fem.cau.ac.kr/about/intro.php

[2] 프리미엄급 고효율 3상 유도전동기 개발(The Development of Premium High Efficiency Three Phase Induction Motor), 연구개발 최종보고서, 한국전기연구원, 2011-10.