

# 고효율 전동기 개발 및 보급

전 연 도

한국전기연구원 전동력연구센터

Email: [ydchun@keri.re.kr](mailto:ydchun@keri.re.kr)

Tel: 055-280-1427

2019. 11. 26.

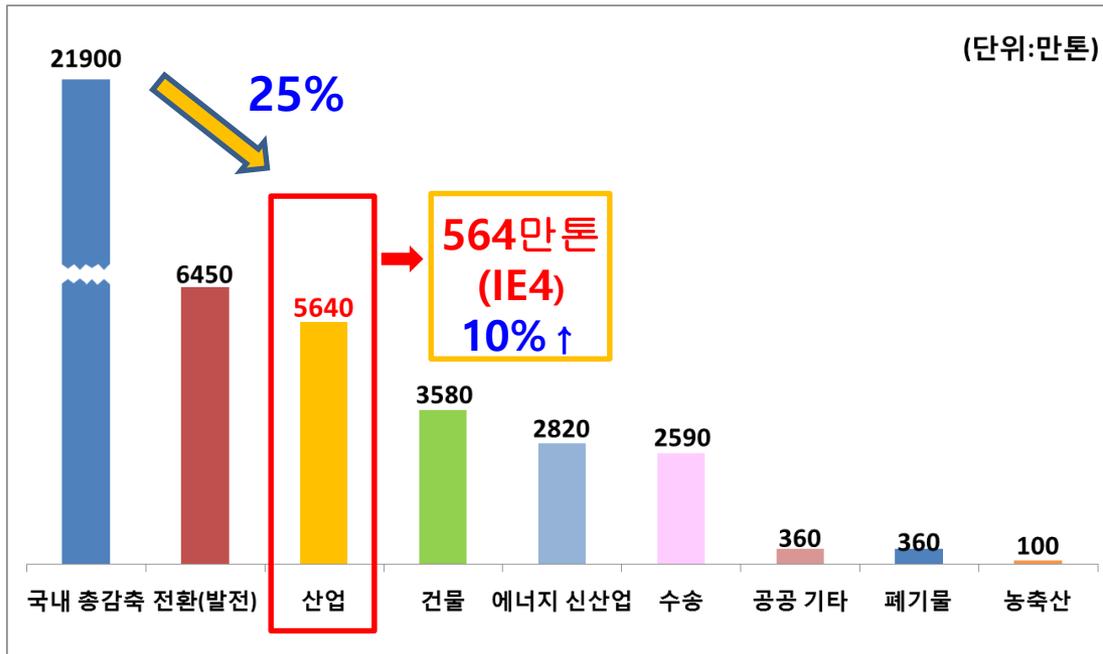
# 목 차

- ① 고효율 전동기 개요
- ② 고효율 전동기 최저효율제
- ③ 고효율 전동기 개발 동향
- ④ 향후 전망 및 결론

## 온실가스 감축

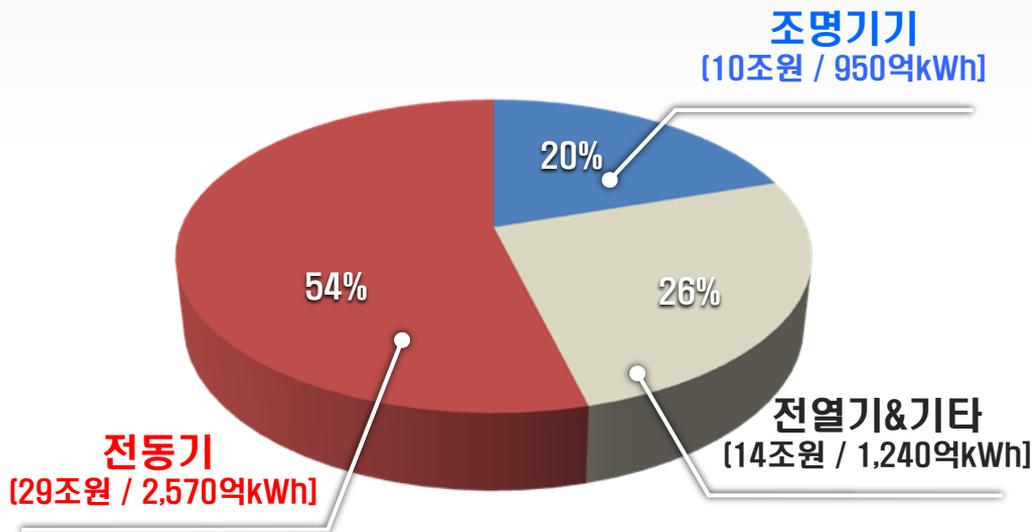
### ❖ 신기후체제 (파리기후협정, 2016.11 발효)

- 한국 2012년 기준 이산화탄소 배출 7위, 온실가스 1인당 배출량 OEDC 6위
- 한국 2030년 온실가스 감축목표 : 배출전망치 대비 37% 저감  
(국내배출 25.7% + 국제 탄소배출권시장 11.3%)
- 온실가스 감축 수단? : 저탄소경제 패러다임 전환 ('규제' → 기술 및 시장 중심 감축)

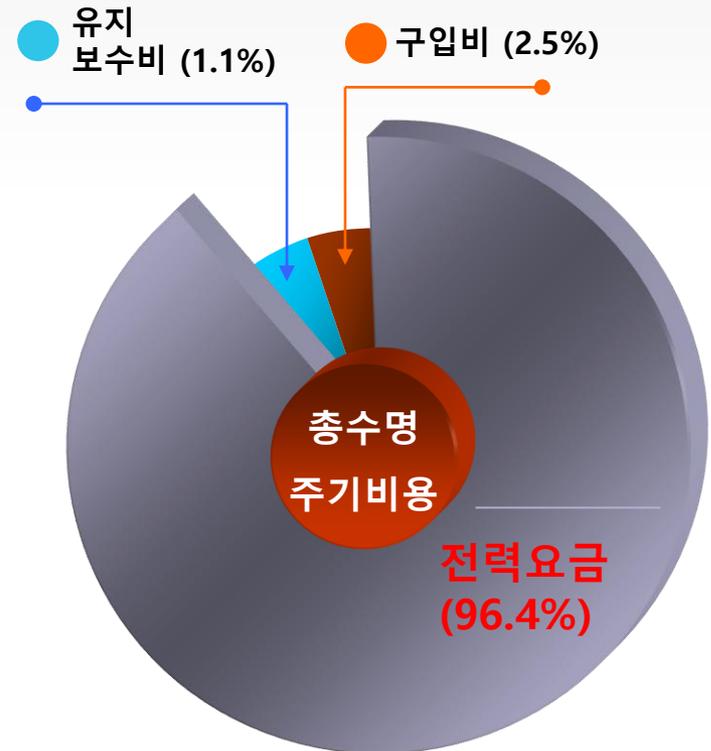


2030 국가온실가스 감축 기본 로드맵 (2016.12)

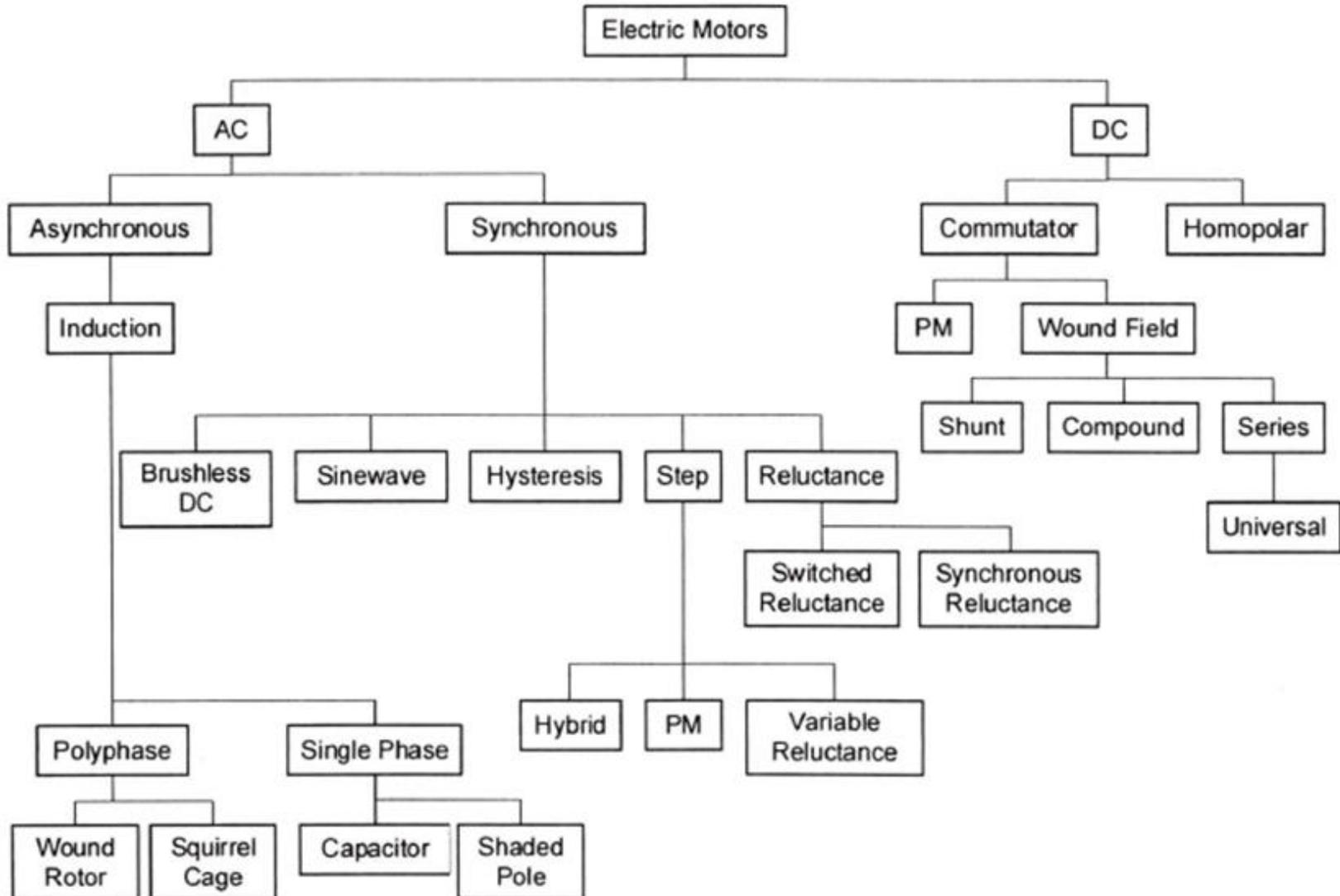
## ● 전력소비 및 에너지비용



전동기 전력소비 비율 (54%)  
(국가 1차 에너지 소비 11%)



## ❖ 사용전원에 따른 전동기 분류





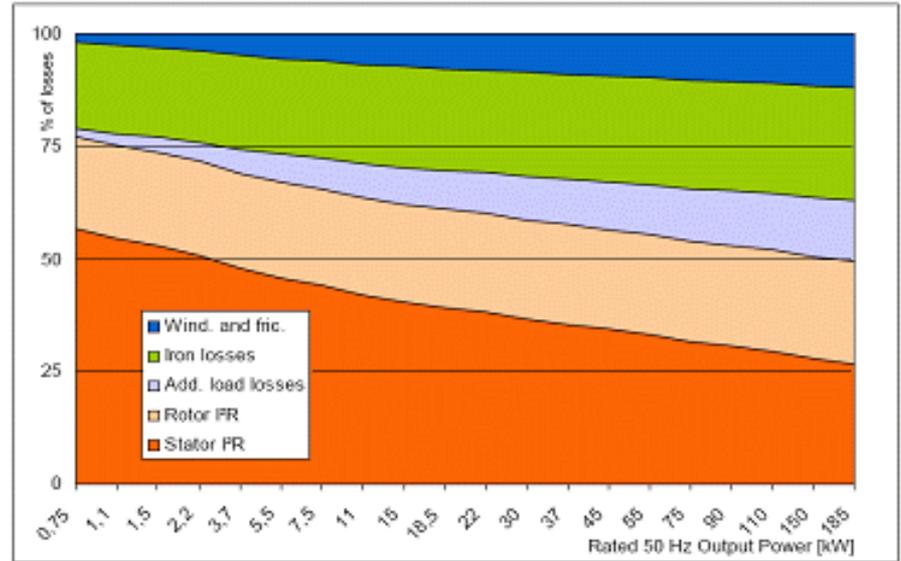
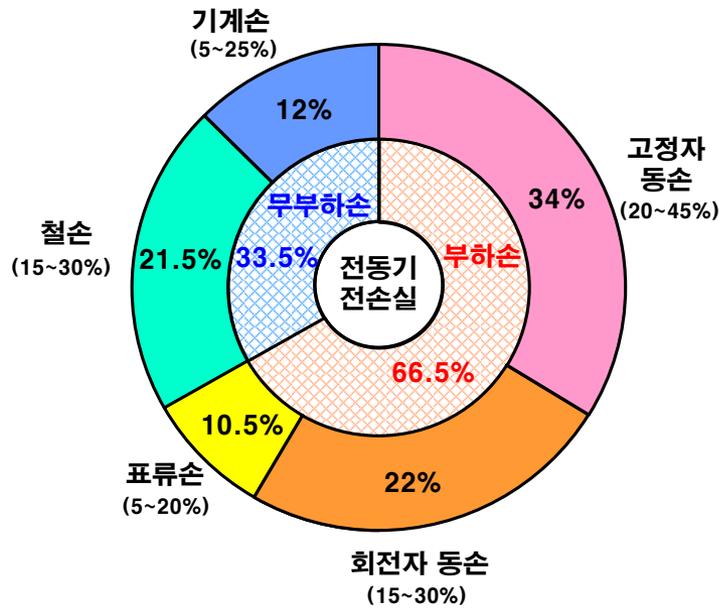
$$\text{효율 [\%]} = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} = \frac{\text{입력} - (\text{동손} + \text{철손} + \text{기계손} + \text{표류부하손})}{\text{입력}}$$

## 손실 저감 기술

- 고정자 동손 저감 : 권선 점적을 향상, 코일단 부분 최소설계
- 회전자 동손 저감 : 회전자 슬롯면적, 엔드링 단면적 증가
- 철손 저감 : 저손실 전기강판 사용
- 기계손 및 풍손 저감 : 냉각팬 최적화, 적정 베어링 선정
- 표류부하손 저감 : 제작기술 향상

# 1. 고효율 전동기 개요

## ❖ Motor Losses

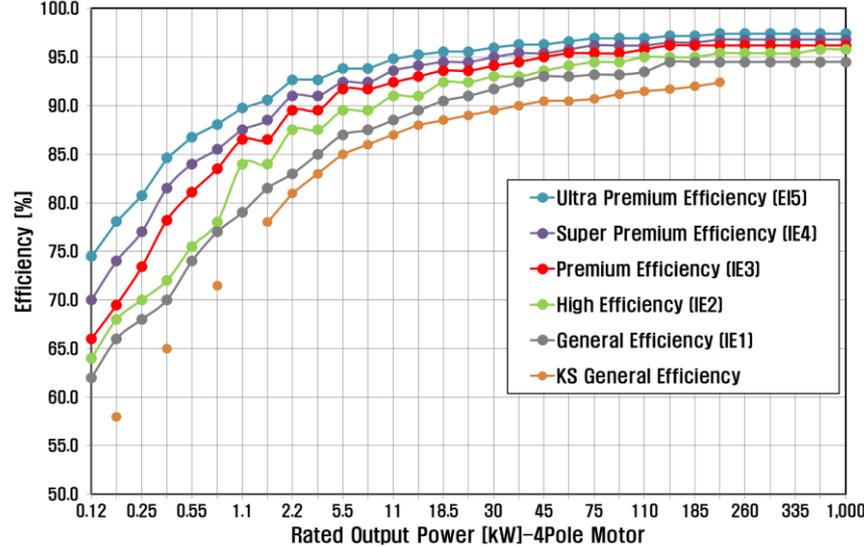
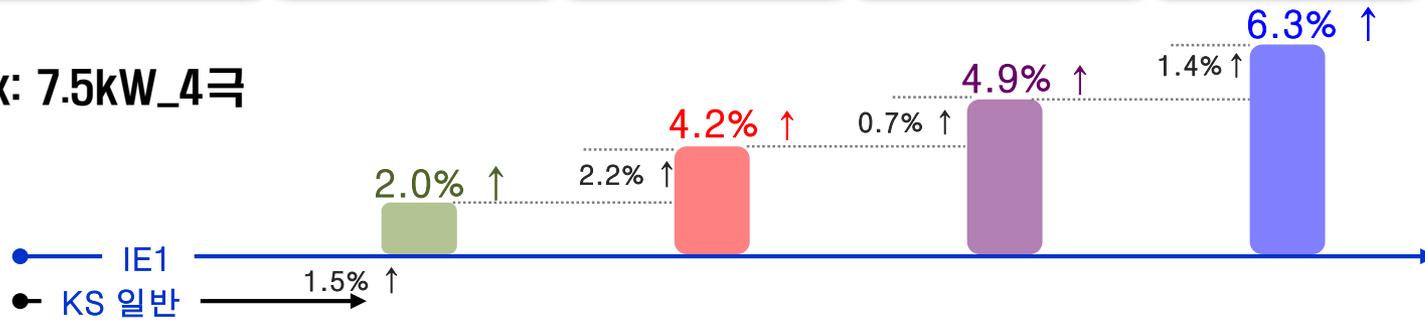


[유도전동기 구조 및 세부 손실 비율]

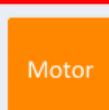
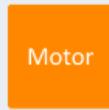
● IEC 60034-30-1 (2014년: IE4 / IE5급 기준 발표)



Ex: 7.5kW\_4극



● 전동기 및 인버터 규격 현황

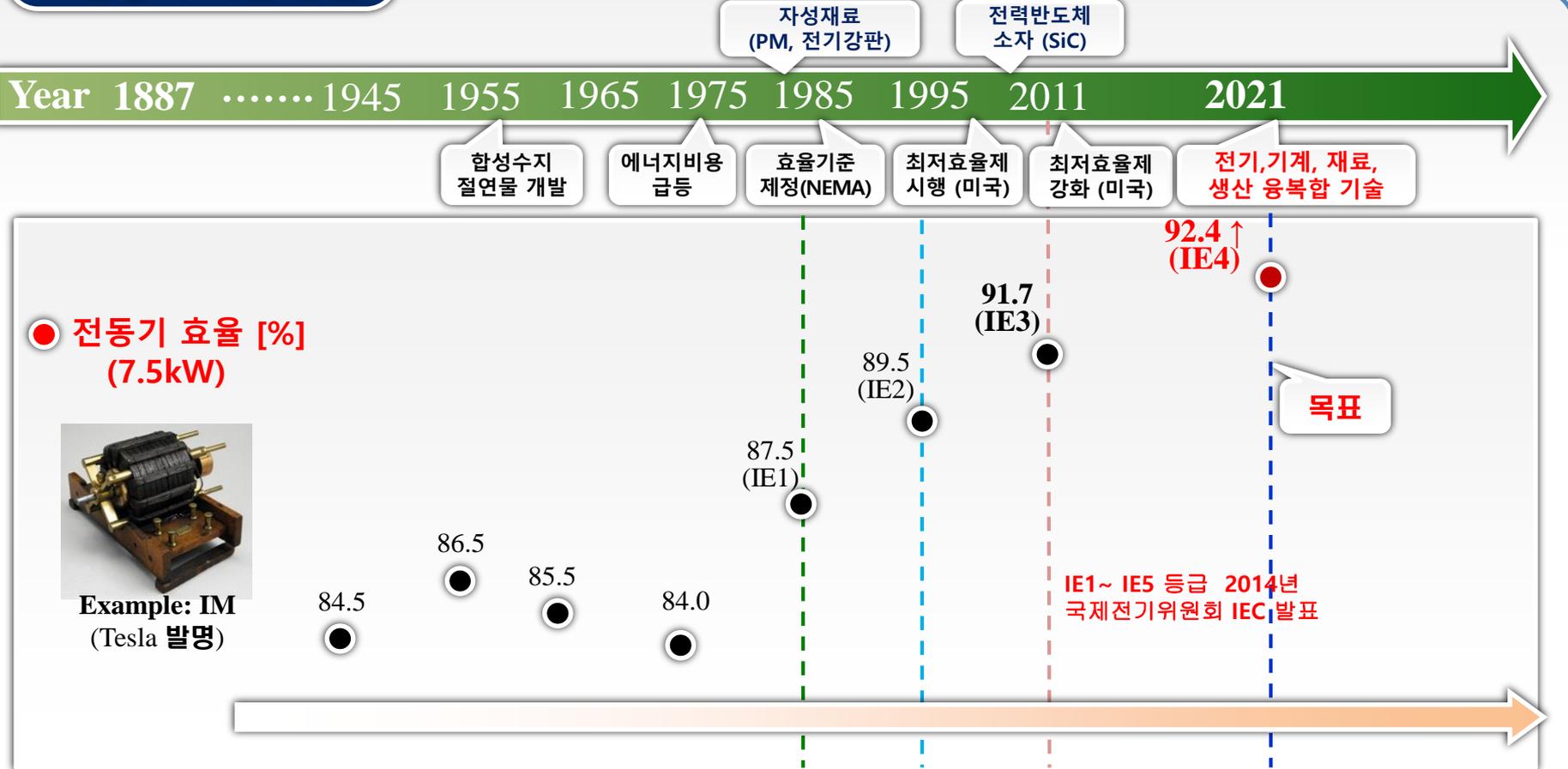
		Scope	Efficiency testing	Efficiency classification
1		Motor	IEC 60034-2-1 Edition 2: 2014-06 IEC TC2 WG28	IEC 60034-30-1 Edition 1: 2014-03 IEC TC2 WG31
2	 	Motor, driven by VFD	IEC 60034-2-3 Edition 2: 2/1879/CD 2017-11 IEC TC2 WG28	IEC TS 60034-30-2 Edition 1: 2016-12 IEC TC2WG31
3	 	VFD	IEC 61800-9-2: VFD Classification/Testing Edition 1: 2017-03 IEC SC22G WG18	
4	 	Motor + VFD		
5	  	Motor + VFD + Application (MDU)		

KS 부합화 완료

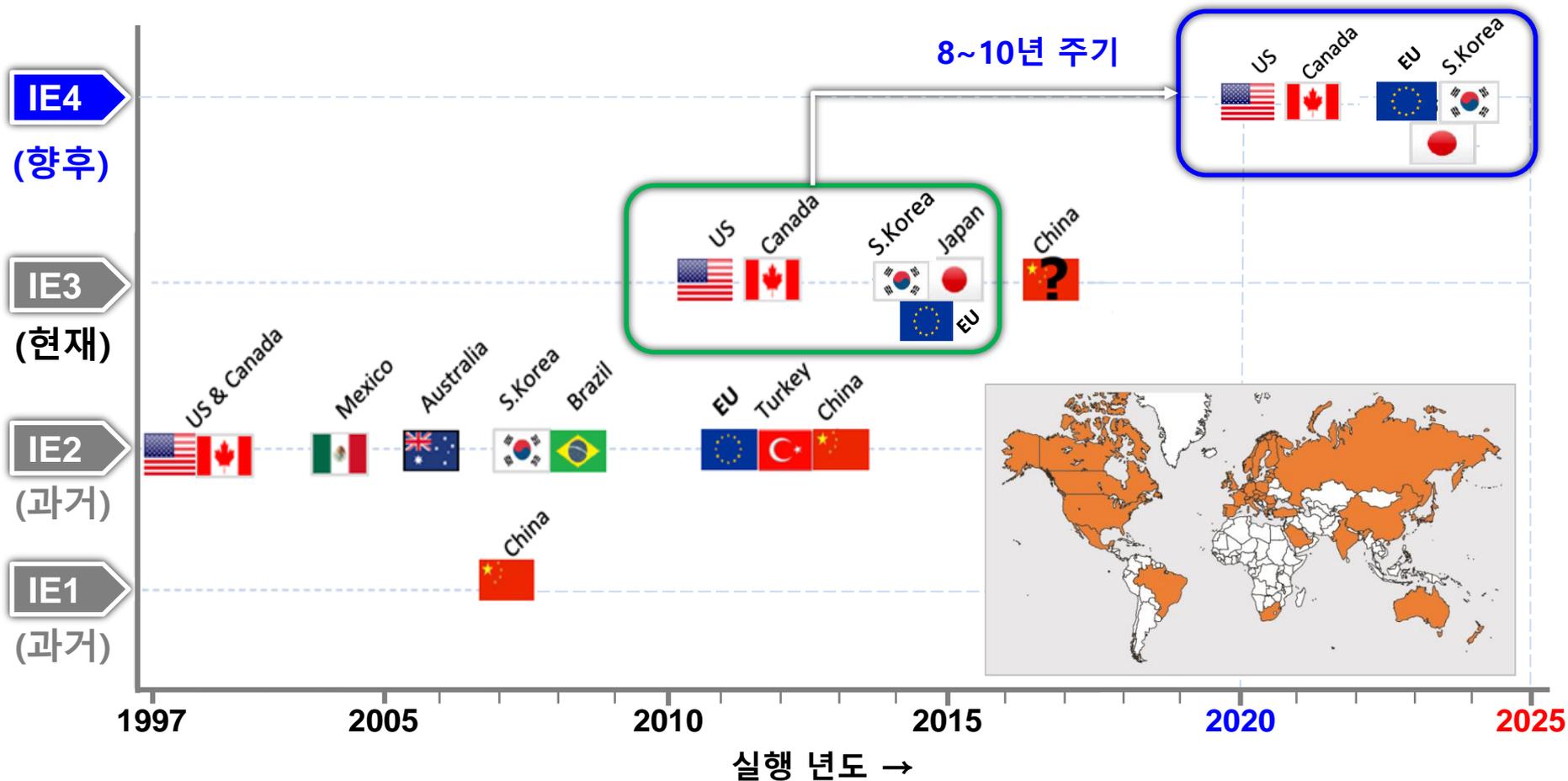
인버터 구동 시스템 KS 부합화 진행중

VFD: Variable Frequency Drive / MDU: Motor Driven Unit

## ● 전동기 기술 발전



## ● 전세계 고효율 전동기 최저효율제 실시 현황

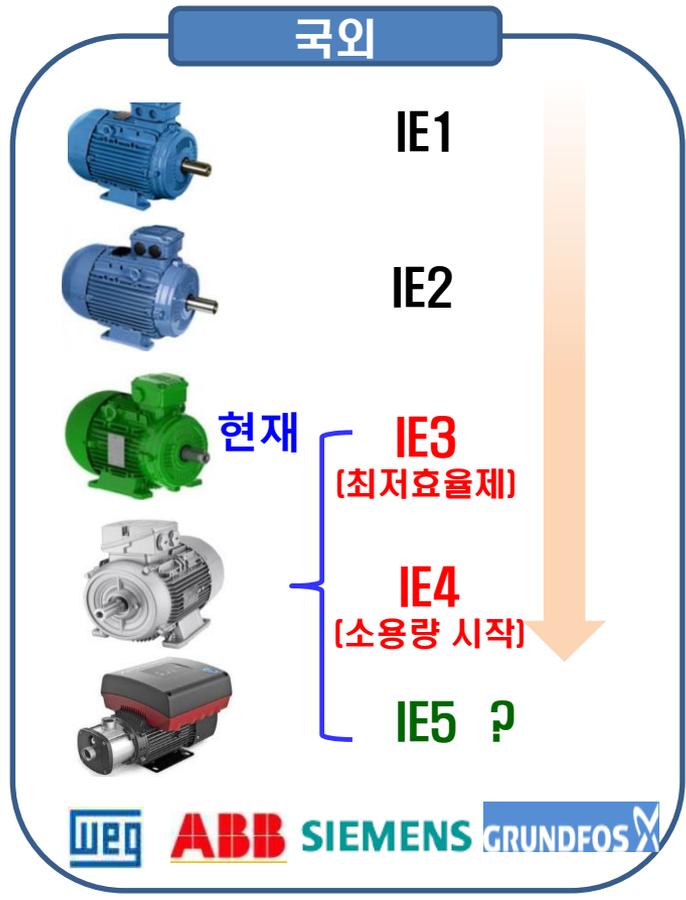
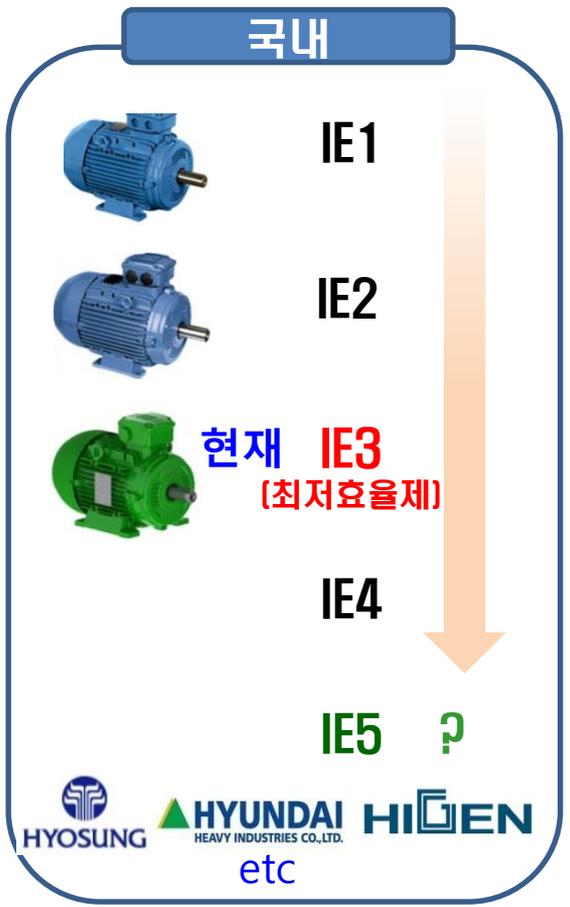


Source : Motor Summit 2016 Swiss, Dr Ruben Kubiak, International Relations & Enlargement Unit European Commission

# 3. 고효율 전동기 개발 동향

## ● 국내외 기술동향

- 유도전동기 : IE3급 (최저효율제 시행), IE4급 전동기 상용화 (Siemens)
- 동기전동기 : LSPM (하이브리드: 유도기+영구자석) IE4, PMSM, SynRM (인버터구동) IE4 / IE5 상용화



# 3. 고효율 전동기 개발 동향

## IE4 프로젝트형 과제 개요

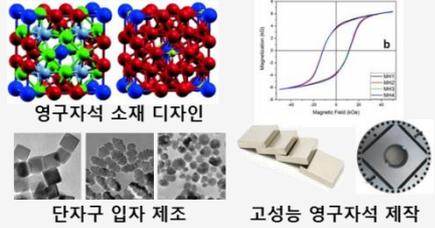
- IE4전동기 설계 (손실 저감 설계)  
: 전동기 타입, 신소재, 체적 etc
- 가격경쟁력 확보를 위한 Cost Down 설계
- 전동기 설계(해석)프로그램 upgrade
- IE4전동기 DB구축



- 고방열 프레임 공정 기술
- 고내구 금형 제조 기술
- 고정밀 축계 공정기술
- 하이브리드 회전자 공정기술



- Fe-TM-Re (TM = Co, Ti, etc.), (Re = Ce, La, Sm, etc.) 및 Mn계 신조성 기반의 고풍성 영구자석 개발



- 전동기 고효율화 (IE4) 설계 플랫폼 구축 및 기술지원
- 자성소재 고특성화 및 제조기술 플랫폼 구축
- IE4 전동기 Pilot Plant 생산기술 플랫폼 구축



# 3. 고효율 전동기 개발 동향

## ● 오픈플랫폼 정의

- ❖ **오픈 플랫폼 기술(HW / SW / Service)**
  - 범용성(다목적), 공용성(다수) 기반 제품 개발을 가능하게 하는 기술 또는 지원 프로세스
- ❖ **차세대 전동기 고효율(IE4) 오픈 플랫폼(설계, 소재, 생산) 구축과 운영:**
  - 다양한 전동기 업체의 R&D, 제품화 과정에서 발생할 수 있는 문제점 해결 (SW, DB)
  - IE4급 전동기 개발 원스탑 프로세서 지원 체계 구축 (Total Solution기술 제공: Service, WEB구축)



표준 DB/매뉴얼 구축

- IE4 전동기 타입별 제작도면 DB(IM, LSPM, LS-SynPM)
- 설계, 생산, 소재 및 플랫폼 기술별 자료 구축(매뉴얼)
- 전기강판 DB
- 영구자석 DB
- 고풍열 프레임 소재 DB
- DEF 금형강화 소재 DB
- 핵심부품 공정기술 DB (회전자주소, 금형강화, 축계)



설계/해석 프로그램

- 전동기 설계 프로그램 Web 연동
  - IM 설계 프로그램
  - LSPM 설계 프로그램
  - LS-SynPM 설계 프로그램
- 전동기 오픈소스 활용
  - 설계 프로그램-오픈소스 연동 전동기 특성 해석



기술 지원 및 교육

- 각 모터 단위의 기술교육 (이론, 원리)
- 각 설계 프로그램 DB 연동 사용 방법 교육
- 모터 종류별 비교 검증 기술 자료 (장단점 분석) 제공
- 기업별 맞춤형 문제점 분석, 활용 방안 조사 및 기술지원
- 모터 시험 평가 기술 교육

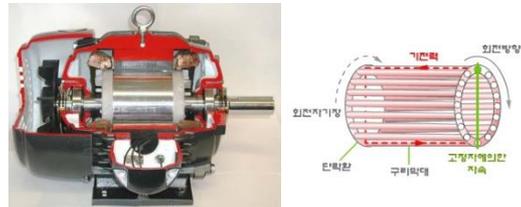
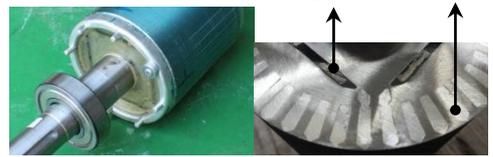
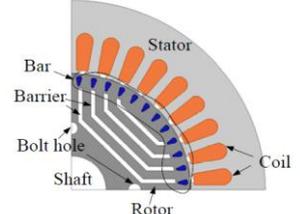


홈페이지 및 DB관리

- DB활용 홈페이지 운영
- DB, 재질 자료 공유 (PM, 전기강판 자료 etc)
- 새로운 재질 DB의 교체 및 Update 관리
- 회원제 홈페이지 관리 및 운영
- 교육 신청 및 접수

# 3. 고효율 전동기 개발 동향

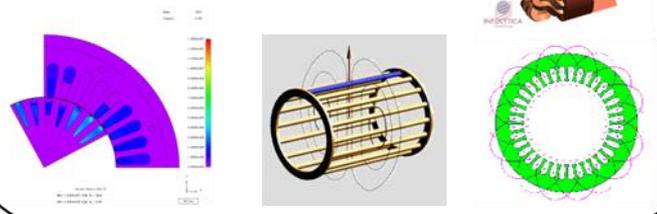
## ● 기술개발 전동기 개요

항목	유도 전동기 (Induction Motor)	LSPM 전동기 (Line Start Permanent Magnet Motor)	LS SynRM (Line Start Synchronous Reluctance Motor)
구조 및 원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>회전자에 유기되는 전류에 의해 토크 발생</li> </ul>  <p>[유도전동기 내부]      도체바형상</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>하이브리드형 전동기 [유도기+영구자석전동기]</li> </ul>  <p>[회전자 Assembly 외관 및 내부구조]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>하이브리드형 전동기 [유도기 + SynRM]</li> </ul>  <p>[전동기 내부 구조]</p>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>견고함, 신뢰성 우수</li> <li>영구자석(PM)전동기 대비 가격 경쟁력 높음</li> <li>→ 전동기 시장의 80%이상 점유</li> <li>→ MEPS에 의한 국내외 효율 규제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율</li> <li>높은 출력밀도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고효율</li> <li>낮은 제조원가</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>회전자에 발생하는 동손에 의한 효율 저하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기동특성 저하 (by braking torque)</li> <li>높은 제조원가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>낮은 역율</li> <li>회전자 구조로 인한 강성 저하</li> </ul>

# 3. 고효율 전동기 개발 동향

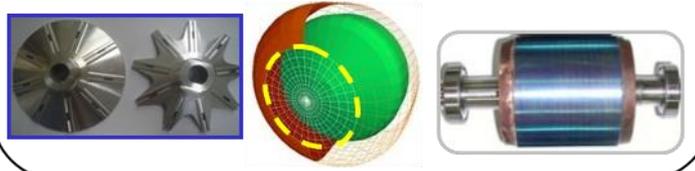
## 전자기적 설계 및 해석 기술

- 전자장 해석 [전자계 해석, 비선형 자기포화 해석]
- 최적의 Slot / Bar 조합 선택
- 권선 및 슬롯 최적설계



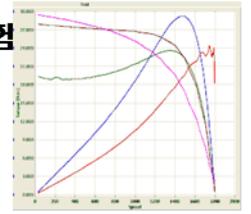
## 기계적 설계 기술

- 소음, 진동 저감 기술 [팬소음, 베어링 소음]
- 냉각 Fan 저토크, 고품량 설계



## 시험 평가 기술 (KOLAS)

- IEC 60034-2-1 시험
- DAS시험 설비
- 다이نام 시스템



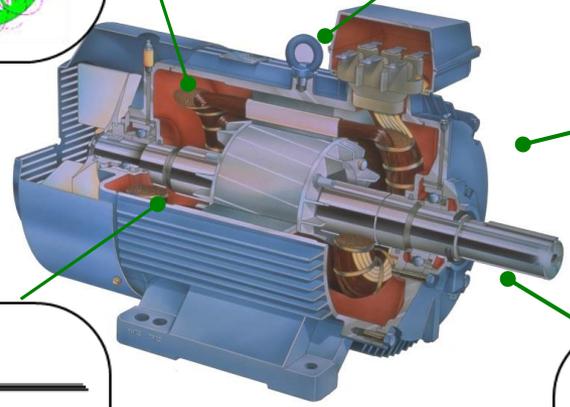
## 재료 기술

- 철심재료 [히스테리시스손과 와전류손 저감]
- 도전재료 [알루미늄/동 다이캐스팅]
- 절연재료 [열화수명과 내전압이 증가, 점적률증가]



## 생산 기술

- 다이캐스팅 기술 & 권선 자동화 기술
- 열처리 기술 [전자기적 손실, 기계적 강도]
- 가공 및 조립 기술 [전동기의 완성도 향상]
- 베어링 압입기술 [표유부하손, 내구성, 수명]



## ● 고효율(IE2) 전동기 개발 (1, 2단계 총 34개 모델)

■ 2008 (완료)    
 ■ 2009 (완료)    
 ■ 2010 (완료)    
 ■ 2012 (완료)

Power \ Poles	Poles			
	2 poles	4 poles	6 poles	8 poles
0.75kW	82.2%	85.9%	81.9%	74.0%
1.5kW	84.0%	86.8%	87.0%	82.5%
2.2kW	86.2%	88.4%	87.0%	84.0%
3.7kW	88.6%	89.3%	87.5%	85.5%
5.5kW	88.5%	89.5%	90.3%	85.5%
7.5kW	90.7%	89.5%	89.5%	88.5%
11kW		91.0%	90.2%	
15kW		91.0%	90.2%	
18.5kW		92.4%	91.7%	
22kW		92.4%	91.7%	
30kW		93.0%		
37kW		93.0%		

## ● 프리미엄 (IE3) 전동기 개발 (1, 2단계 14개 모델)

구분	용량	회전자 type	고효율기준[%]	목표 효율 [%]	개발결과 [%]	시작품
2007	3.7kW_4극	AL 다이캐스팅	87.5	89.5	90.6	
	5.5kW_4극	AL 다이캐스팅	89.5	91.7	91.7	
	7.5kW_4극	AL 다이캐스팅	89.5	91.7	92.0	
2008	1.1kW_4극	Cu 다이캐스팅	84.0	85.5	87.0	
	1.5kW_4극	Cu 다이캐스팅	84.0	86.5	88.5	
2009	0.75kW-4극	AL 다이캐스팅	82.5	85.5%	86.2	
	1.5kW-4극	AL 다이캐스팅	84.0	86.5%	88.0	
	2.2kW-4극	Cu 다이캐스팅	87.5	89.5%	91.0	

# 3. 고효율 전동기 개발 동향

## 슈퍼 프리미엄 (IE4) 전동기 개발 (3종 총14개 모델)

개발 모델			개발 연도			
			2018	2019	2020	2021
전 동 기 개 발 내 역	유도기 [6]	15KW_2극		86.5 [시험, IE4]		
		37KW_2극			89.5 [설계, IE4]	89.5 [시험, IE4]
		22KW_4극		89.5[시험, IE3]/ 91.0[시험, IE4]		
		75KW_4극			92.4 [설계, IE4]	92.4 [시험, IE4]
		15KW_4극	93.0 [설계, IE3]	93.0[시험, IE3]/ 94.1[시험, IE4]		
		0.75KW_6극			84.0 [설계, IE4]	84.0 [시험, IE4]
	LS PM [4]	22KW_4극	89.5 [설계, IE3]	89.5[시험, IE3]/ 91.0[시험, IE4]		
		75KW_4극			92.4 [설계, IE4]	92.4 [시험, IE4]
		15KW_6극	88.5 [설계, IE3]	88.5[시험, IE3]/ 89.5[시험, IE4]		
		22KW_6극			90.2 [설계, IE4]	90.2 [시험, IE4]
	LS SynPM [4]	22KW_4극	89.5 [설계, IE3]	89.5[시험, IE3]/ 91.0[시험, IE4]		
		75KW_4극			92.4 [설계, IE4]	92.4 [시험, IE4]
		55KW_6극	91.0 [설계, IE3]	91.0[시험, IE3]/ 91.7[시험, IE4]		
		11KW_6극			93.0 [설계, IE4]	93.0 [시험, IE4]

## 4. 향후 전망 및 결론

- ❖ IE4급 전동기 상용화 기술 확보한 선진사 (Siemens, ABB, WEG 등)  
세계전동기 시장 주도 (다양한 토폴로지 적용: IM, LSPM etc)
- ❖ 미래 동력시스템: 기계기반 에서 전기기반 전환 확산 (4차 산업혁명: ICT 융합)  
(자동차, 로봇, 친환경, 고효율, IoT, 온실가스 저감 etc)
- ❖ Nut Cracker: 일본 및 중국 틈새에서 전동기 산업에 대한 고부가가치 기술  
기반 확보 → 역 넛크래커 (위기를 기회로)
- ❖ 전동기 고효율화에 따른 에너지 소비 절감 (22~31년)
  - 온실가스 감축 효과 (564만톤 CO2 저감: 산업 10% ↑ 부담)
  - 전력소비 절감량 28,210GWh (65조원 절감)
  - 1GW 원전 28기 절약 (22~31년)
    - \* 평균 전동기 효율 33% 향상 시 (50% 보급)
- ❖ 고효율 전동기 국내 기술경쟁력 확보 및 전후방 산업 생태계 활성화

감사합니다!

