

Rev.0

# 전동력 설비 효율향상 및 상태진단 기술

## Energy Efficiency and Health Assessment Technology for Electric Motor-Driven Systems

한국전자기술연구원

2025.10.29

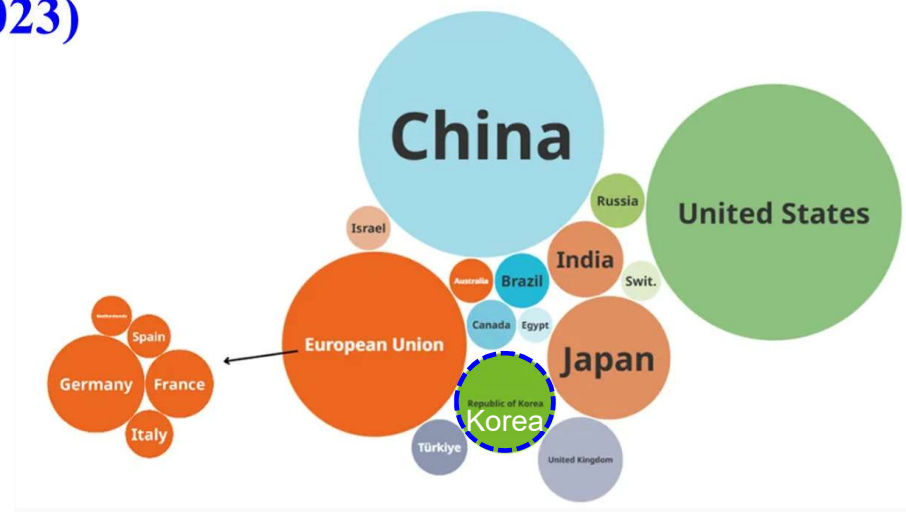
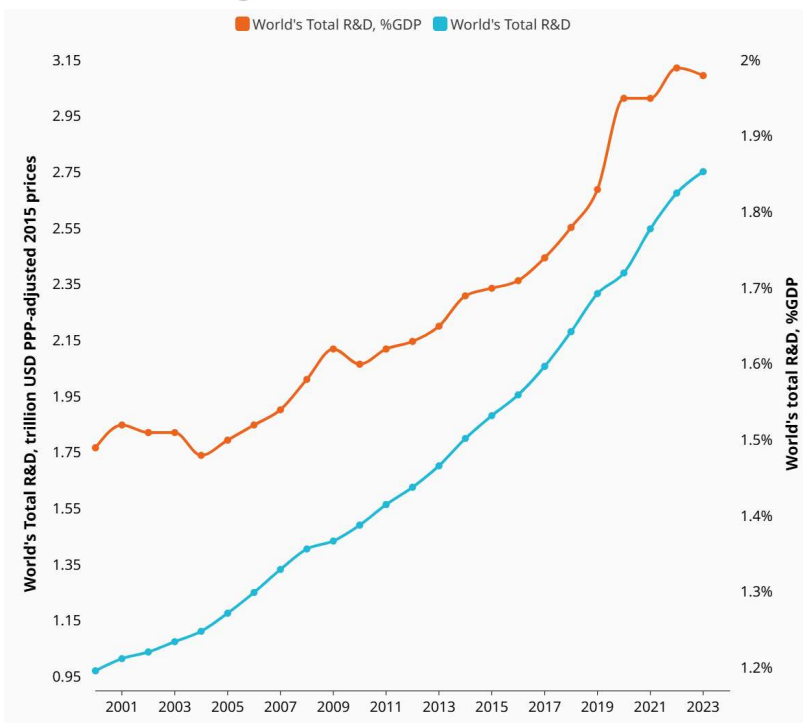
지능메카트로닉스 연구센터  
양성진 책임연구원, 최종락 책임연구원, 신용우 선임연구원

# Contents

- **R&D Overview**
  
- **KETI Introduction**
  
- **Electric Motor-Driven Systems**
  - **I. Energy Efficiency Improvement Technology**
  
  - **II. Thermal Management Technology**
  
  - **III. Reliability and Health Assessment Technology**

## R&D growth and spending by contry (2023)

Global R&D growth, in USD trillion and as % of GDP



Rank	Economy	Total R&D, billion USD
1	United States of America	783.60
2	China	723.00
3	European Union	410.00
4	Japan	183.50
5	Republic of Korea	121.30
6	United Kingdom	88.20
7	India	71.30
8	Türkiye	38.90
9	Brazil	37.10
10	Russian Federation	36.90

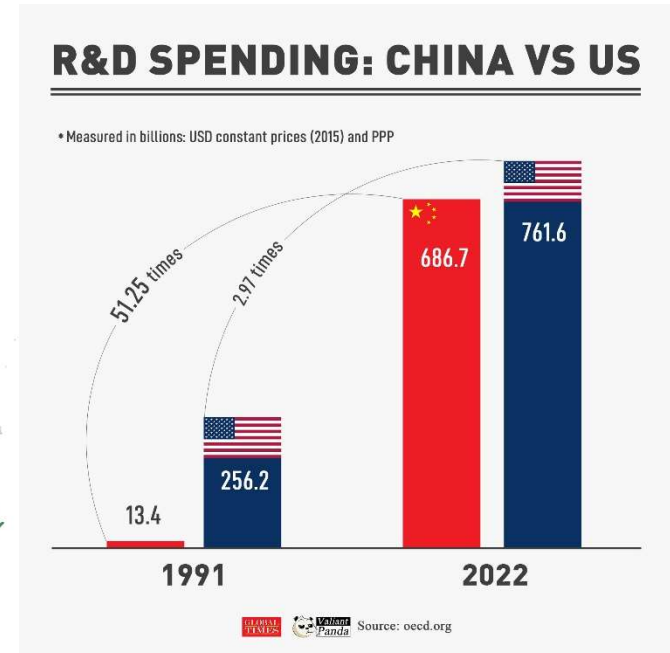
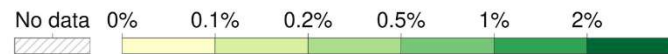
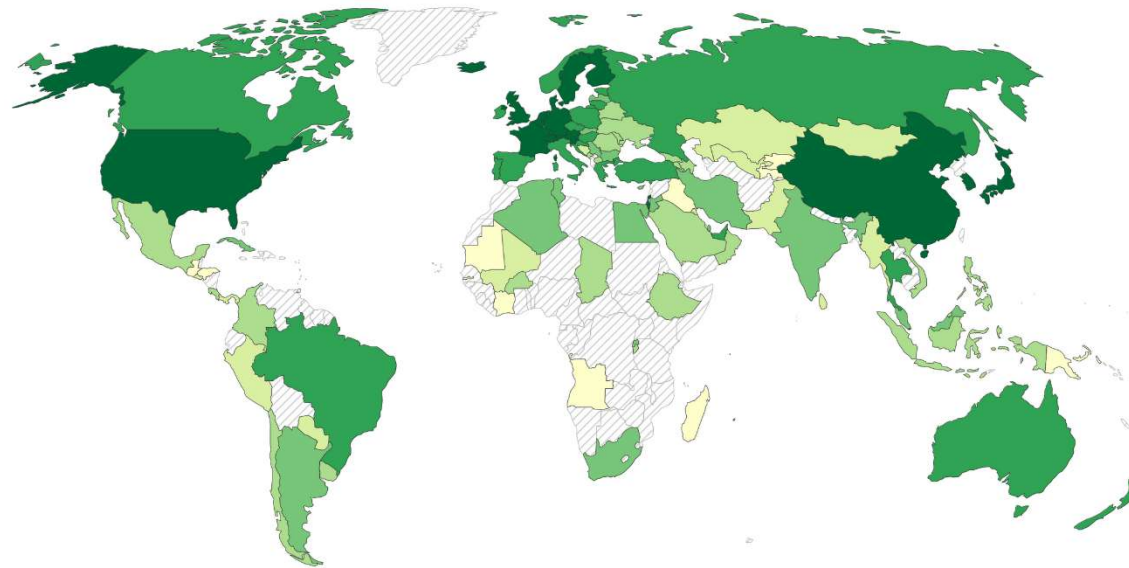
i. End of Year Edition – Against All Odds, Global R&D Has Grown Close to USD 3 Trillion in 2023 ([https://www.wipo.int/web/global-innovation-index/w/blogs/2024/end-of-year-edition?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.wipo.int/web/global-innovation-index/w/blogs/2024/end-of-year-edition?utm_source=chatgpt.com))

## R&D Spending as a share of GDP (2021)

### Research & development spending as a share of GDP, 2021

Our World in Data

Includes basic research, applied research, and experimental development.



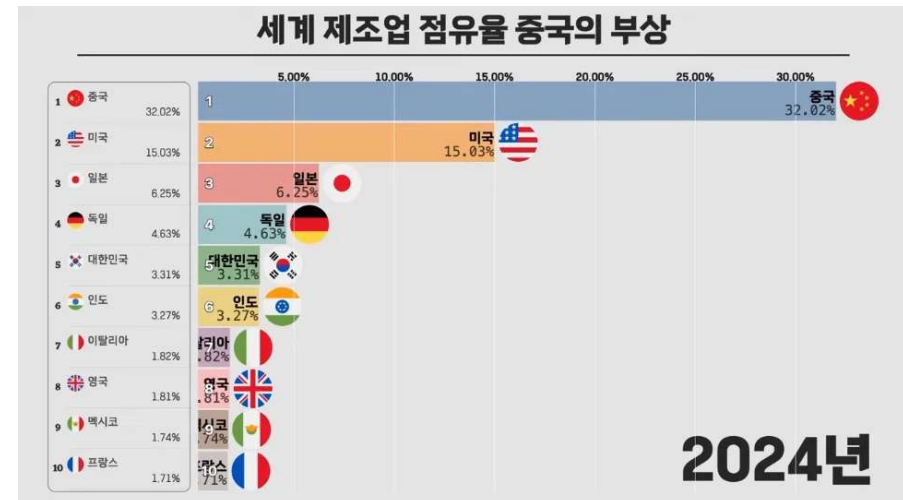
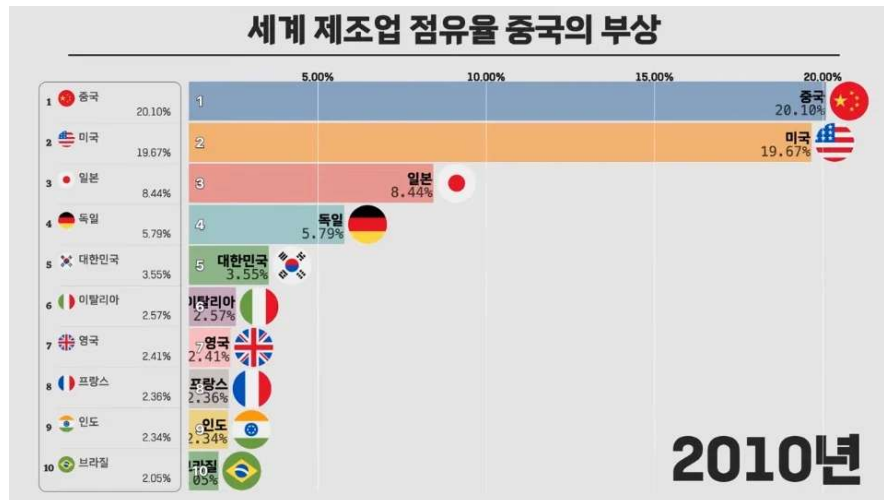
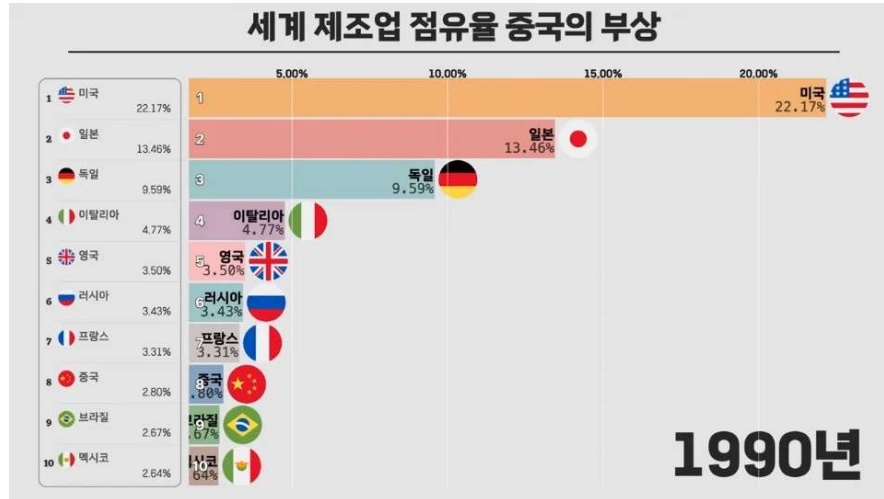
Data source: Multiple sources compiled by World Bank (2024)

OurWorldInData.org/research-and-development | CC BY

Note: Spending includes current and capital expenditures (public and private) on research.

i. World map by research and development spending, according to Our World in Data ([https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_sovereign\\_states\\_by\\_research\\_and\\_development\\_spending?utm\\_source=chatgpt.com](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_sovereign_states_by_research_and_development_spending?utm_source=chatgpt.com))  
ii. Global Times (<https://www.globaltimes.cn/page/202408/1318030.shtml>)

## Global manufacturing market share (up to 2024)



i. [https://www.statista.com/chart/20858/top-10-countries-by-share-of-global-manufacturing-output/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.statista.com/chart/20858/top-10-countries-by-share-of-global-manufacturing-output/?utm_source=chatgpt.com)



## Electric Motor-Driven Systems

### Various mobility systems

전기추진 자동차/항공선박

물류 및 배송로봇

개인용 모빌리티

### Industrial Motors

E4 & E5 급 전동기 설계 및 제작기술

SynRM

Ferrite PMSM

### Robot Electrical Actuator

전동화 모듈 및 로봇 관절구동

### Heavy Electrical Equipment

고전압 요소부품 및 마그네틱 펌프/감속기

### Energy Management System

유동 최적제어 SW (KETI FLOW)

내역	유량(CHM)	수위(m)	흐름률(L/s)	소배량(L/s)	소배(%)
탄력공급량	0	0	0	0	0
가동 배류공급량	5.5	3.3	0	4.6	0
실제 배류공급량	10.6	9.9	61.5	27.9	20
정수 배류공급량	0	0	0	0	0
배류공급량 (총합 - 정수 배류)				0.0 kW	
공전 배류공급량(과다)				0.0 %	

가변 부하 대응 액츄에이터

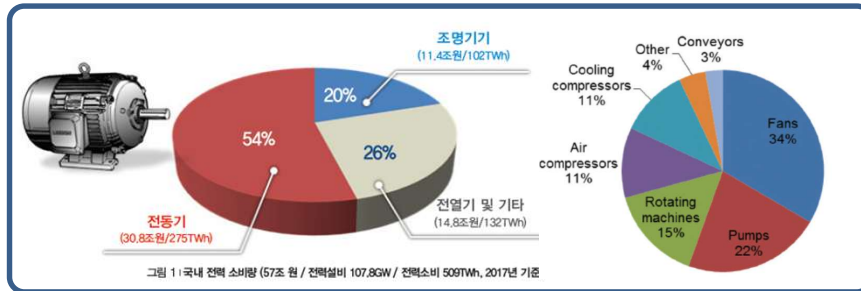
유체기계 최적운전 (에너지/신뢰성/안전)

# I Energy Efficiency Improvement Technology

제조 공정 부하변동 대응  
에너지 효율향상 연구

- 1.1 Background
- 1.2 Research Goals
- 1.3 Demonstration Strategy
- 1.4 R&D Progress
- 1.5 Achievements

## HOT ISSUE 제조 공정 변동부하 대응 현행 전동력기기 문제점 도출 !

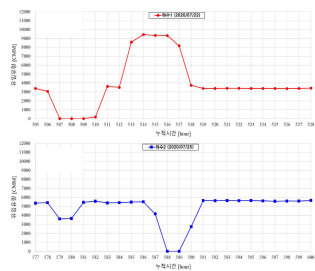


- 산업부문 전력 에너지 사용량의 약 **75% 정도(2750억 kWh, 전체전력의 약 50%)\***를 전동력기기가 차지하고 있음 (\*출처: 2017 전력통계정보시스템)
- 기존 제조공정 **IE1, IE2급** 노후 유도전동기가 **70%** 정도 차지, 대부분의 **기축 공정들은 대부분 50% 미만의 부하율로** 운전

### 현행 제조 설비 환경

- 펌프 설비
- 송풍 설비
- 교반 설비
- 사출 설비 (plastic injection)
- 반송 설비

### 수요측 변동부하



### 기술적 문제점 도출

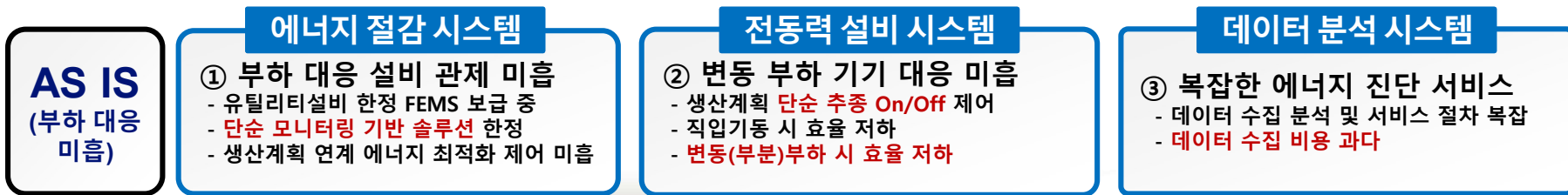
기축 노후 유도기 (IE1, IE2)

- 정격 효율 위주 설계
- 속도·토크 대응한계

- 초기 기동효율 저하
- 낮은 정격 효율
- 부분부하 효율 저하
- 에너지· 상태 측정 미흡

➔ **변동부하 대응형 에너지 효율화 모듈 (전동력 기기 개조) 개발 필요성 대두**

## 기축 유도전동기 개조 기술을 통한 제조 설비 변동부하대응형 에너지 효율화 모듈 개발 및 전동력 설비 전력절감 기술



# Solution – Technical Configuration

기축 계측 센서 연동 및 빅데이터 분석

생산 정보 연동 제조·환경 통합 관제 플랫폼

에너지 절감 M&V 모듈 안전 및 유지보수 관리

**Hansol**  
한솔코에버

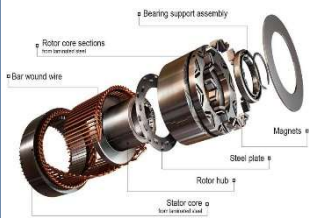


변동부하 능동 대응 가능한 디지털 기반 효율개선 플랫폼 구축

[변동부하 대응 에너지 효율화 모듈]

**(주)태양전기**  
Taeyang Electric

개조전동기 통합 제작설계 통합제작, 시험 및 성능진단



**KETI** 한국전자기술연구원  
Korea Electronics Technology Institute

- ① 부분부하 드라이브 모듈(SLDM)
- ② 최적운전제어 알고리즘 (SW)

- ④ 회전자 효율 향상 개조 (LSPM, PMSM)

**KETI** 한국전자기술연구원  
**(주)태양전기**  
Taeyang Electric



- ③ 디지털 전동기 IoT 모듈 (Sensor : 전력, 진동, 토크, 온도 등)

**KETI** 한국전자기술연구원  
Korea Electronics Technology Institute

- ⑤ 개조 전동기 방열 해석/설계 기술

**SOGANG UNIVERSITY**  
서강대학교

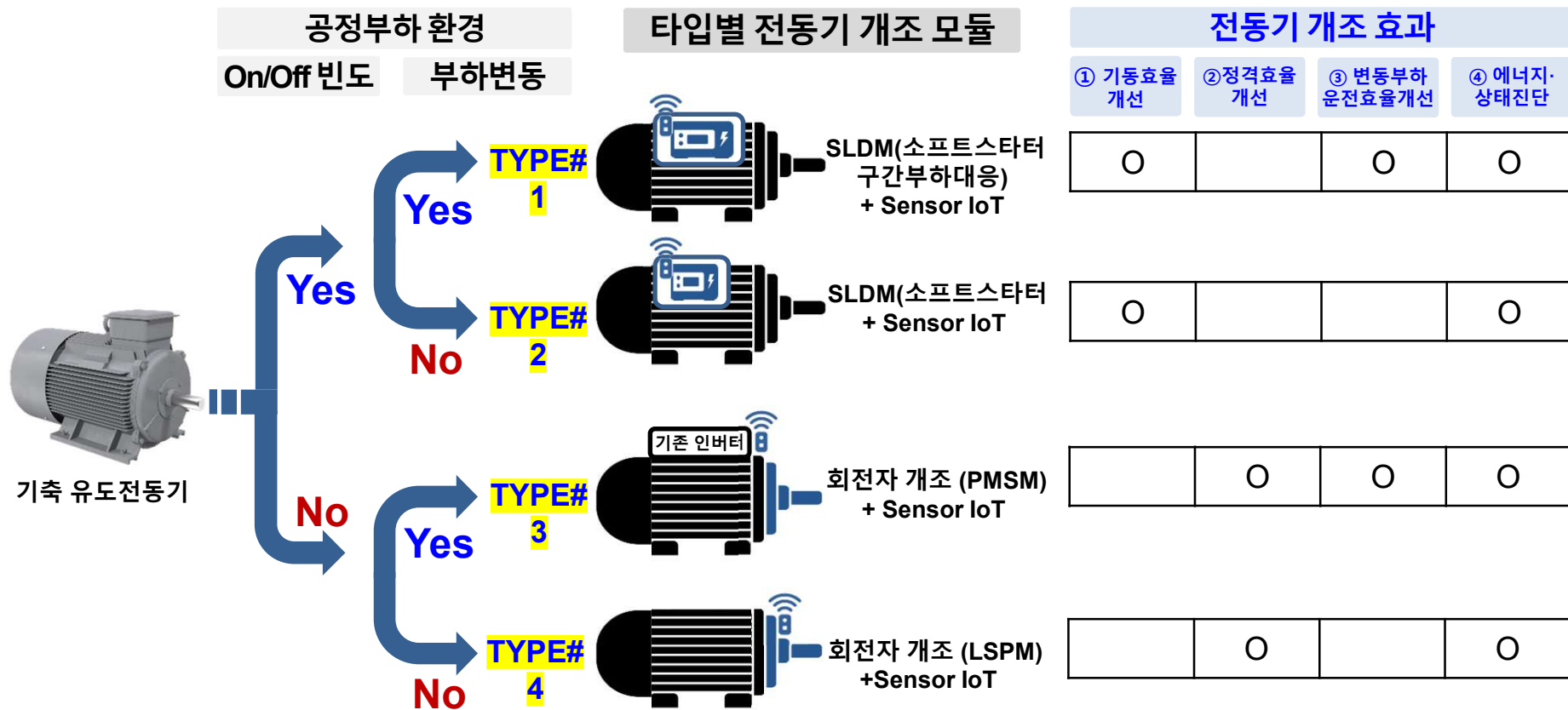
**RS Automation**  
Reliable & Smart

IoT 모듈 통합 SLDM 제작설계 모듈제작, 시험 및 성능진단



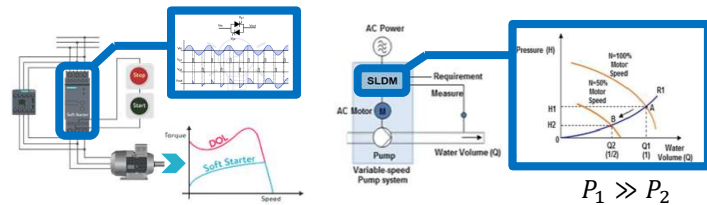
## 공정 맞춤형 실증 전략

### 공정 설비 변동부하 대응형 전동력 설비 개조 모듈 구성도



## 변동부하 대응형 에너지효율화 모듈-핵심 요소 기술

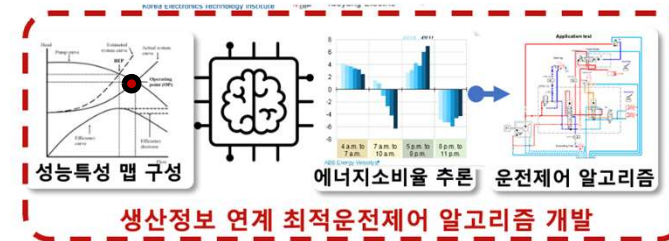
### ① 부분부하 드라이브 모듈(SLDM)



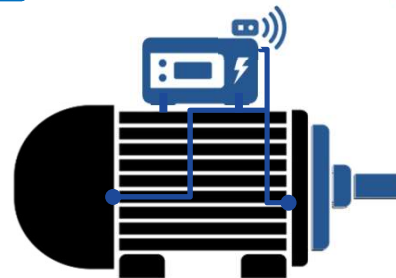
- 고가 IGBT 대신 상대적 저렴한 SCR 활용
- 필터 인덕터 및 DC-Link 커패시터 불필요

\*SLDM (Sectored Load Drive Module)

### ② 최적운전제어 알고리즘 (SW)

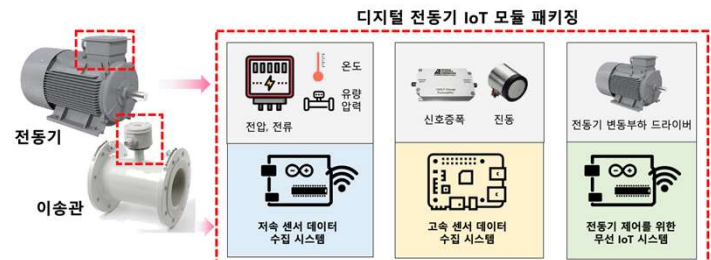


- 변동부하 최적 운전 점/영역 추론
- 생산계획 연계 에너지소비율 추론



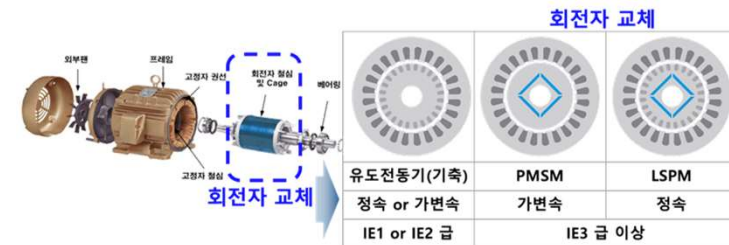
변동부하대응형 디지털 전동기

### ③ 디지털 전동기 IoT 모듈 (Sensor: 전력, 진동, 토크 온도 등)



- 저속/고속 데이터 수집 시스템 개발 및 적용
- 제어 및 운영시스템 과 연동 I/F 모듈 개발

### ④ 회전자 효율 향상 개조 (LSPM, PMSM)

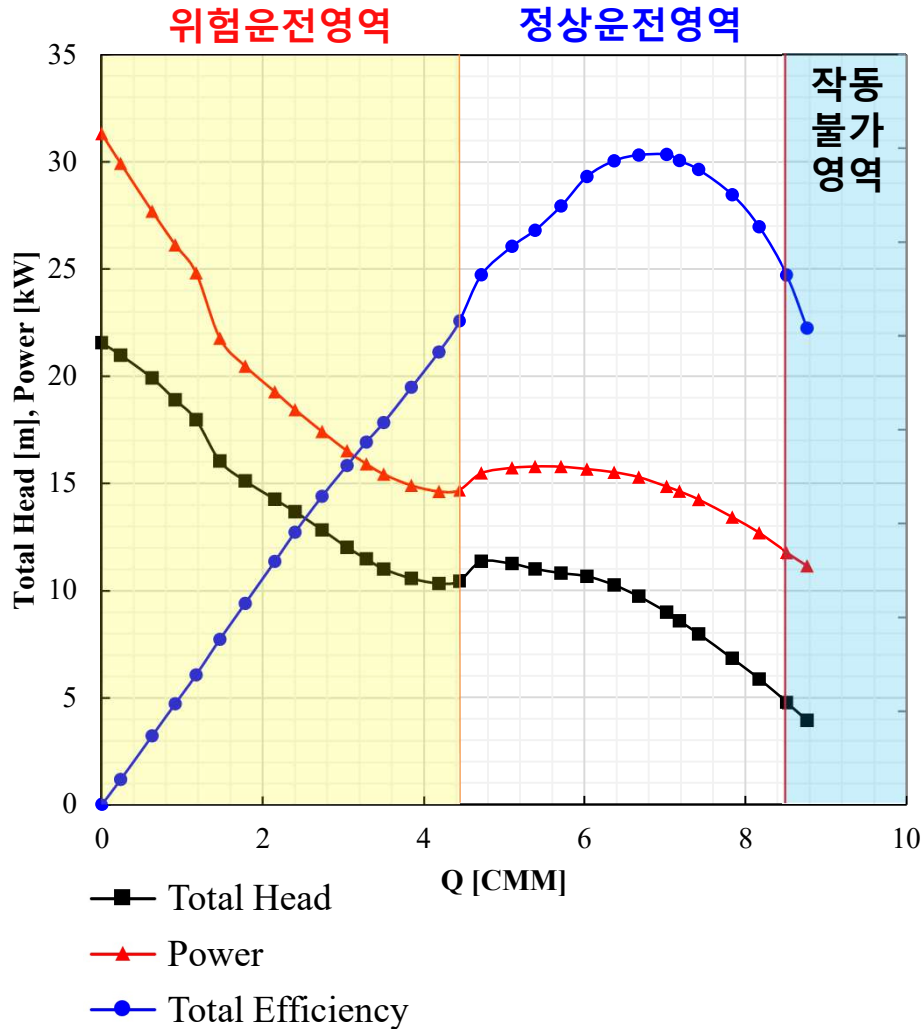


- 정속도 LSPM 기동토크 특성 향상 설계 기술개발
- 가변속도 PMSM 운전범위 확대 설계 기술개발

\*LSPM (Line-Start Permanent Magnet)

\*PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor)

## 펌프 특성 커브



## 변동 부하 대응 최적운전 알고리즘 개발

**가변 부하 대응** (Variable load response) components:

- 펌프 (Pump)
- 송풍기 (Blower)
- 압축기 (Compressor)

기술 (Technologies):

- 가변속 구동기술 (Variable speed drive technology)
- 가변 IGV 기술 (Variable IGV technology)

데이터 분석 (Data Analysis):

- DAQ·DB 모듈 (DAQ·DB module)
- 성능특성 맵 구성 (Performance characteristic map construction)
- 에너지소비를 추론 (Energy consumption inference)

제어 (Control):

- 제어 알고리즘 S/W 통합 패키징 (Control algorithm S/W integrated packaging)
- 운전제어 알고리즘 (Operation control algorithm)

최적운전 (Optimal operation):

- 부하대응 가변운전 (Load response variable operation)
- 위험영역 회피기동 (Dangerous area avoidance start)

상황인지 기반 최적운전제어 알고리즘 개발 (Development of situation-aware optimal operation control algorithm)

내용	유량(CMS)	수두(m)	효율(%)	소비전력(kW)	피치(°)
현재 운전점	0	0	0	0	0
작동 예측 운전점	5.5	3.3	0	4.6	0
실제 작동 운전점	10.6	9.9	61.5	27.9	20
개도 제어 운전점	0	0	0	0	0
에너지 절감량 (개도-가변 예측)				0.0 kW	
운전 예측 오차율(피치)				0.0 %	

## 공정 수요측 부하 요구량 대응 최적 운전점 예측 적용

## 전동력 설비 교체 대수 12대, 에너지절감 목표 10% 이상

압출 냉동3호 순환 펌프  
SLDM (#1, #2)




실증 1: SPC Pack  
(합성수지 포장지 제조)



전동력 기기 #1, 2  
30 kW SLDM 2기 도입

전동력 기기 #9, 10, 11, 12  
5.5 kW 전동기  
회전자 개조 4기 도입

실증 2: 도레이첨단소재  
(화학 섬유제조)



전동력 기기 #7, 8  
전동력 기기 #9, 10  
5.5 kW 전동기  
회전자 개조 4기 도입

전동력 기기 #11, 12  
11 kW  
SLDM 2기 도입

전기실  
운전(전력상태) 데이터진단

역세수 재활용 펌프  
회전자 (#7, #8)



증화조 이송 펌프  
회전자 (#9, #10)



재생 PW 이송 펌프  
SLDM (#11, #12)



인쇄기 필름 건조 블로워  
(#3, #4, #5, #6)



## #1 SPC Pack - ① 압축 냉동3호기 순환펌프 30kW(380V, 4P) SLDM 적용 2기 ② 인쇄기 필름건조 블로워 5.5kW (220/380V, 4P) 회전자 개조 4기

### 한국표준협회 M&V 검증보고서

#### I. 검증개요

업체 정보	업체명	한솔코에버㈜	법인등록번호	110111-3396648	
	사업명	변동부하 대응형 에너지 효율화 모듈 및 제어기술 개발			
	대상 사업장	㈜에스피씨팩 도레이첨단소재	검증기관 정보		
	사업장 주소	서울특별시 금천구 가산디지털1로 168, C동 901호	기관명	한국표준협회	
	대표자	안상윤	대표자	문동민	
	담당자	성명	최수영	검증심사원명	최승근
		부서/직위	개발팀/팀장	부서/직위	에너지환경센터 / 수석전문위원
전화번호		Tel. 02-589-7788 010-4478-7100	전화번호	010-8756-1747	
E-mail		csy@coever.co.kr	E-mail	layerd@ksa.or.kr	
검증 결과	절감활동기간	㈜에스피씨팩 LSPM : 2025년 05월 28일 ~ 2025년 06월 05일 도레이첨단소재 LSPM : 2024년 12월 3일 ~ 2025년 03월 10일 ㈜에스피씨팩 SLDM : 2025년 07월 29일 ~ 2025년 07월 31일 도레이첨단소재 SLDM : 2024년 12월 03일 ~ 2025년 03월 10일			
	방법론	• EVO 10000-1:2022 : IPMVP Core Concepts (March 2022)			
	검증기준	• EVO 10000-1:2022 : IPMVP Core Concepts (March 2022) (참고문서) • KS I ISO 14064-2:2019 온실가스 배출 감축 및 제거의 정량, 모니터링 및 보고를 위한 프로젝트 차원의 사용 규칙 및 지침 • KS I ISO 14064-3:2019 온실가스 성명서에 대한 타당성평가 및 검증용 위한 사용 규칙 및 지침			
	보증수준	한국표준협회는 귀 사의 에너지 절감 프로젝트의 성과에 대하여 "제한적 보증 수준"의 검증을 제공합니다. "제한적 보증 수준"이란, 피검증기관의 요구범위에 제한되어 검증을 수행한 경우를 의미하며 절감 성과를 뒷받침하기 위해 제공된 데이터 및 정보에 대한 신뢰를 기반으로 검증을 수행한 경우를 의미합니다.			
	검증된 절감실적	13.900 TOE/yr (베이스라인 대비 34.58%)			
이 보고서 및 첨부내용은 정부 및 정부기관의 요청을 제외한 조직의 서면동의 없이는 제3자에게 공개하지 않는 것을 원칙으로 합니다. 단, 외부로 검증보고서 사본을 배포하고자 할 때에는 모든 페이지를 누락하지 않은 상태로 배포해야 합니다.					

#### ② 인쇄기 필름건조 블로워 5.5kW (220/380V, 4P) 회전자 개조 4기

번호	사업명	베이스라인 에너지사용량 (TOE/yr)	사업 후 에너지사용량 (TOE/yr)	절감량 (TOE/yr)	절감율 (%)
1	㈜에스피씨팩 고효율 회전자(LSPM) 적용 순환펌프	13.987	6.248	7.739	55.33
2	㈜에스피씨팩 SLDM 적용 순환펌프	10.345	9.867	0.478	4.62

#### ① 압축 냉동3호기 순환펌프 30kW(380V, 4P) SLDM 적용 2기

## #2 도레이 첨단소재 - ① 역세수 재활용 펌프 5.5kW (440V, 4P) 회전자 개조 2기 ② 중화조 폐수 이송펌프 5.5kW (440V, 4P) 회전자 개조 2기 ③ 재생 PW 이송펌프 11kW (440V, 4P) SLDM 적용 2기

### 한국표준협회 M&V 검증보고서

#### I. 검증개요

업체 정보	업체명	한솔코에버㈜	법인등록번호	110111-3396648
	사업명	변동부하 대응형 에너지 효율화 모듈 및 제어기술 개발		
	대상 사업장	㈜에스피씨팩 도레이첨단소재	검증기관 정보	
	사업장 주소	서울특별시 금천구 가산디지털1로 168, C동 901호	기관명	한국표준협회
	대표자	안상윤	대표자	문동민
	담당자	성명	최수영	검증심사원명
부서/직위		개발팀/팀장	부서/직위	에너지환경센터 / 수석전문위원
전화번호		Tel. 02-589-7788 010-4478-7100	전화번호	010-8756-1747
E-mail		csy@coever.co.kr	E-mail	layerd@ksa.or.kr
검증 결과	절감활동기간	㈜에스피씨팩 LSPM : 2025년 05월 28일 ~ 2025년 06월 05일 도레이첨단소재 LSPM : 2024년 12월 3일 ~ 2025년 03월 10일 ㈜에스피씨팩 SLDM : 2025년 07월 29일 ~ 2025년 07월 31일 도레이첨단소재 SLDM : 2024년 12월 03일 ~ 2025년 03월 10일		
	방법론	• EVO 10000-1:2022 : IPMVP Core Concepts (March 2022)		
	검증기준	• EVO 10000-1:2022 : IPMVP Core Concepts (March 2022) (참고문서) • KS I ISO 14064-2:2019 온실가스 배출 감축 및 제거의 정량, 모니터링 및 보고를 위한 프로젝트 차원의 사용 규칙 및 지침 • KS I ISO 14064-3:2019 온실가스 성명서에 대한 타당성평가 및 검증용 위한 사용 규칙 및 지침		
	보증수준	한국표준협회는 귀 사의 에너지 절감 프로젝트의 성과에 대하여 "제한적 보증 수준"의 검증을 제공합니다. "제한적 보증 수준"이란, 피검증기관의 요구범위에 제한되어 검증을 수행한 경우를 의미하며 절감 성과를 뒷받침하기 위해 제공된 데이터 및 정보에 대한 신뢰를 기반으로 검증을 수행한 경우를 의미합니다.		
	검증된 절감실적	13.900 TOE/yr (베이스라인 대비 34.58%)		
이 보고서 및 첨부내용은 정부 및 정부기관의 요청을 제외한 조직의 서면동의 없이는 제3자에게 공개하지 않는 것을 원칙으로 합니다. 단, 외부로 검증보고서 사본을 배포하고자 할 때에는 모든 페이지를 누락하지 않은 상태로 배포해야 합니다.				

- ① 역세수 재활용 펌프 5.5kW (440V, 4P)
- ② 중화조 폐수 이송 펌프 5.5kW (440V, 4P)

번호	사업명	베이스라인 에너지사용량 (TOE/yr)	사업 후 에너지사용량 (TOE/yr)	절감량 (TOE/yr)	절감율 (%)
㈜에스피씨팩 합계		24.332	16.115	8.217	33.77
3	도레이첨단소재 고효율 회전자(LSPM) 적용 순환펌프	3.497	3.077	0.420	12.01
4	도레이첨단소재 SLDM 적용 순환펌프	12.367	7.104	5.263	42.56
도레이첨단소재 합계		15.864	10.181	5.683	35.82
총 합계		40.196	26.296	13.900	34.58

- ③ 재생 PW 이송펌프 11kW (440V, 4P) SLDM

# **II Thermal Management Technology**

**다양한 전동기 방열 및 냉각 기술**

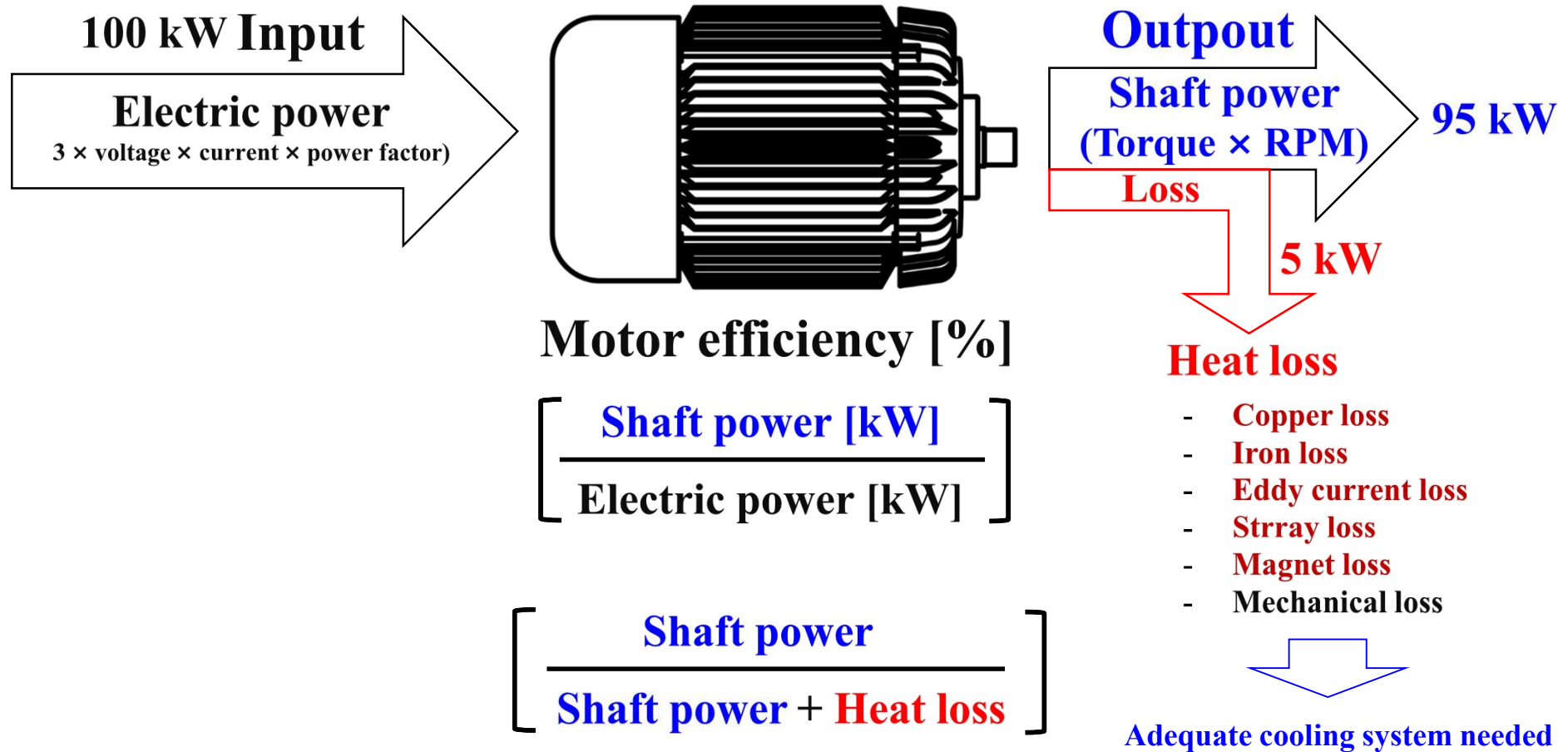
**1.1 Background**

**1.2 Thermal Characteristics**

**1.3 Motor Cooling Methods**

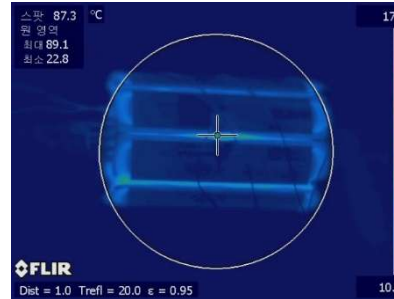
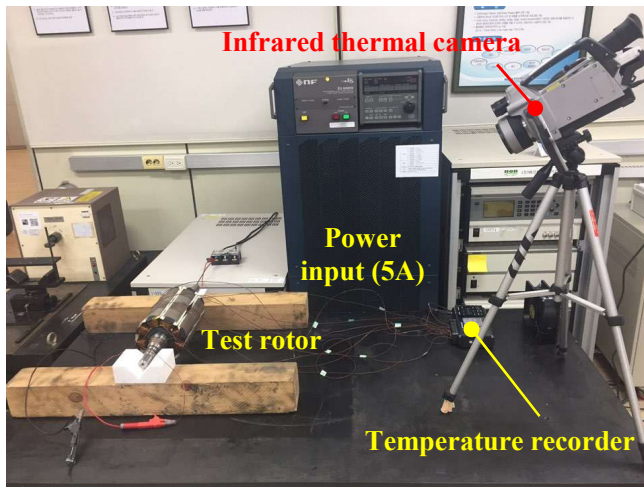
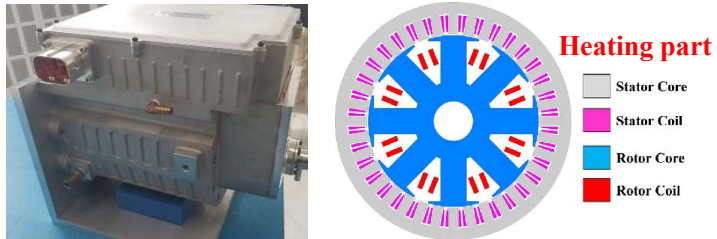
**1.4 Case Study # 01 ~ 06**

## Relationship between motor efficiency and motor loss (heat)

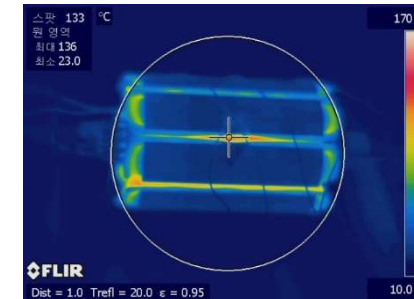


## Motor heat – technical issue

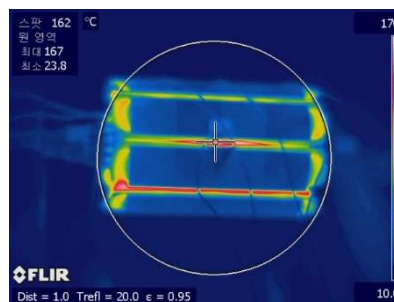
### Motor rotor heat test (80kW WFSM)



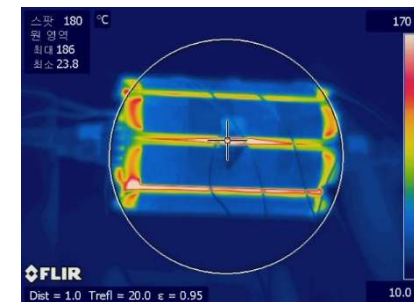
5 min. elapsed



10 min. elapsed



15 min. elapsed



20 min. elapsed

Fig. EV motor heat saturation test results.

## Thermal aspects of materials

### I. Insulation breakdown between the coil winding and the core

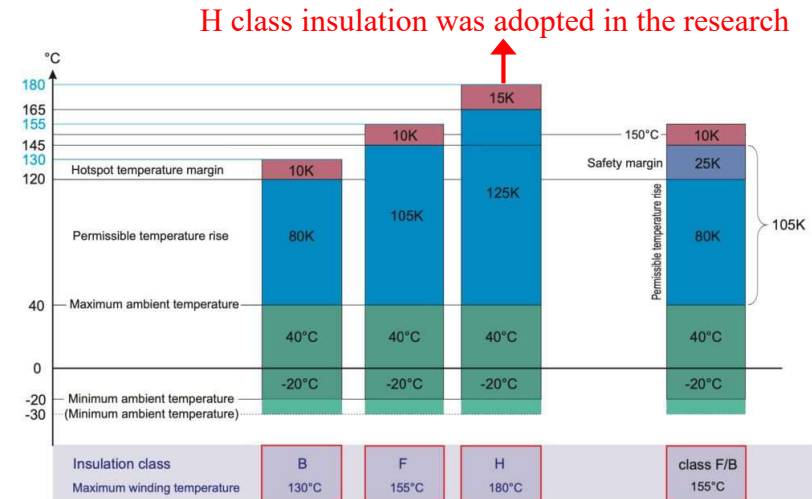
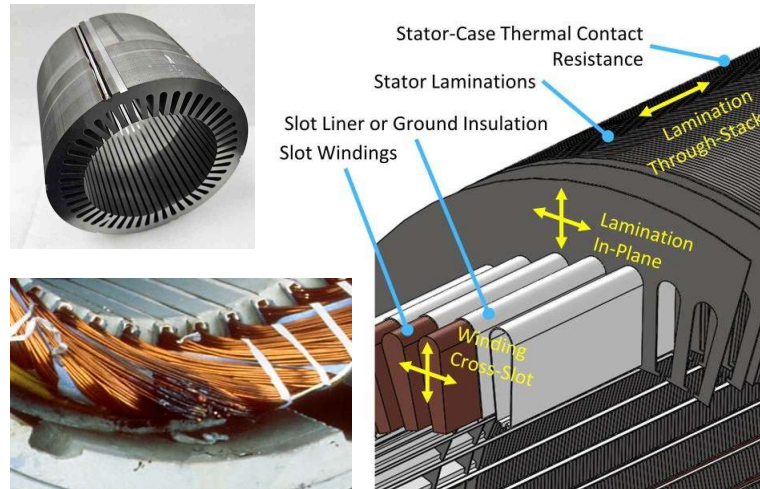


Fig. Passive stack thermal properties and terminology<sup>i</sup>.

Fig. Thermal limits for insulation classes A, B, C and F<sup>ii</sup>.

- The permissible temperature rise and the hot spot allowance temperature were defined in NEMA-MG-1-2014 and IEC 60334-1.
- The highest temperature in the winding which is usually challenging to directly measure or estimate due to limitations of the available measurement methods.
- For every 10 degrees below the maximum allowable temperature that the motor operates, insulation life will approximately double.

Ref.1: K. Bennion., "Electric motor thermal management research," NREL Annual progress report, NREL/MP-5400-67121, Oct., 2017.

Ref.2: National Electrical Manufacturers Association (NEMA) Motor Generator Standard, MG-1-2014.

## Thermal aspects of materials

### II. Irreversible demagnetization temperature range for PM

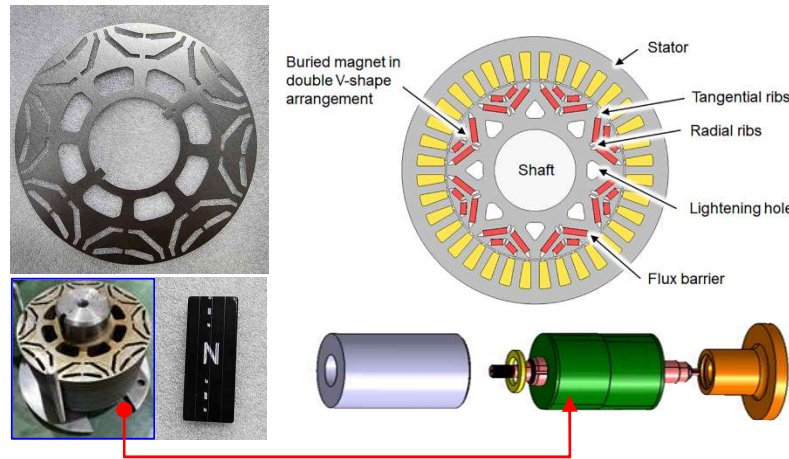


Fig. Cross-section of general IPMSM<sup>i</sup> and 160kW actual research item.

Exposure to high temperatures can cause permanent demagnetization of the magnet.

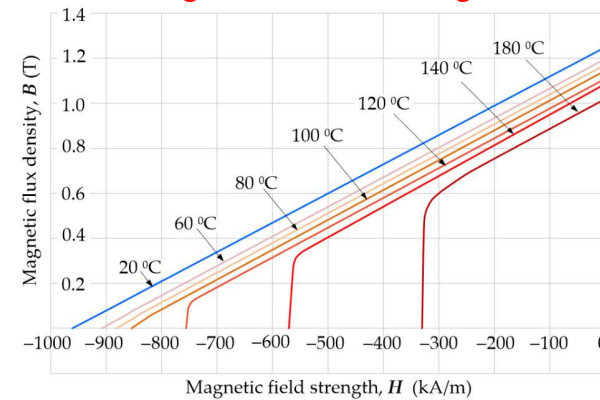


Fig. Family of demagnetization characteristics  $B(H, \tau)$  of magnetically hard N38SH material<sup>ii</sup>.

- In PMSM motors, exposure to high temperatures can cause permanent magnet demagnetization because the thermal energy disrupts the alignment of magnetic domains within the magnet material.
- The typical operating temperature range for **N45SH neodymium magnets** is up to 150°C (302°F). Beyond this temperature, the magnet can begin to experience permanent demagnetization.

Ref.1: M. Clauer and A. Binder, "Investigation of permanent magnet synchronous machines with buried magnets and carbon fiber sleeve for automotive application," e & i Elektrotechnik und Informatik, vol. 140, no. 2, pp. 302-313, 2023/04/01 2023, doi: 10.1007/s00502-023-01131-7.

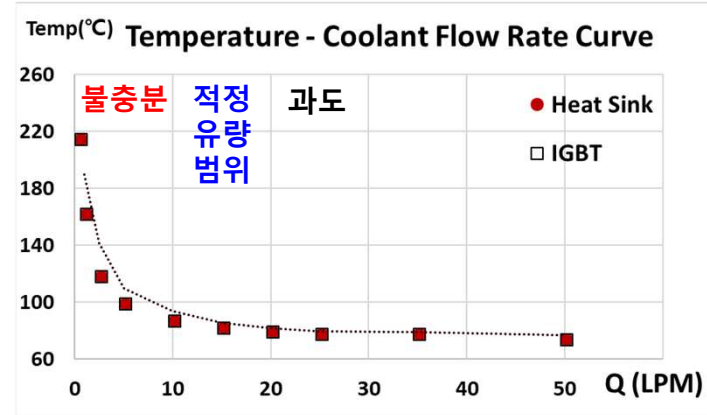
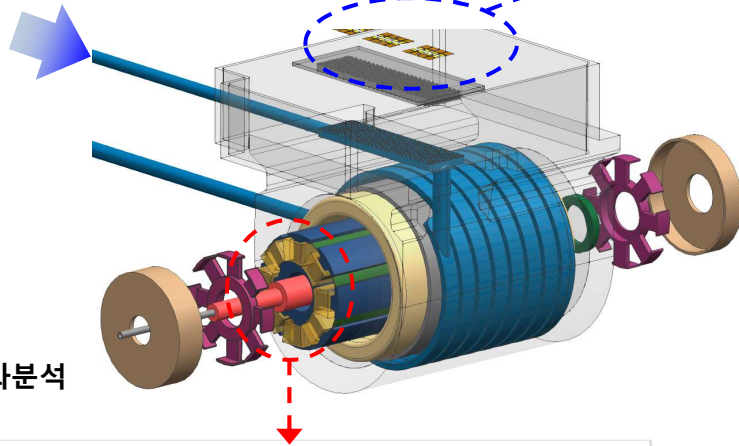
Ref.2: M. Baranski, W. Szlag, and W. Lyskawinski, "Analysis of the Partial Demagnetization Process of Magnets in a Line Start Permanent Magnet Synchronous Motor," Energies, vol. 13, no. 21, doi: 10.3390/en13211562

# Case Study #1 : 80kW EV WFSM

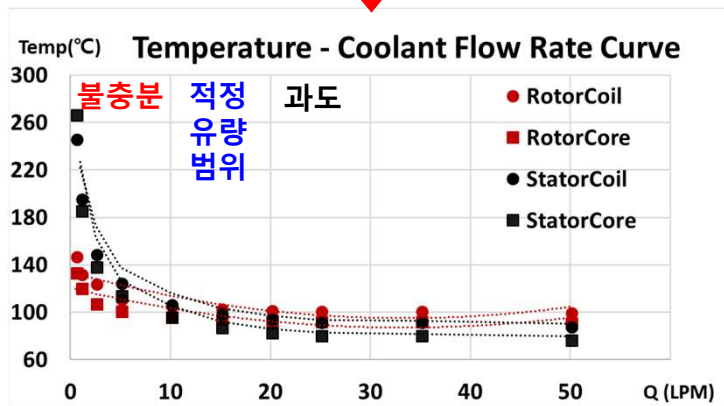
## 복합냉각 유로 유량 변화에 따른 일체형 모듈 냉각

인버터 및 전동기 통합 냉각 유량 설정

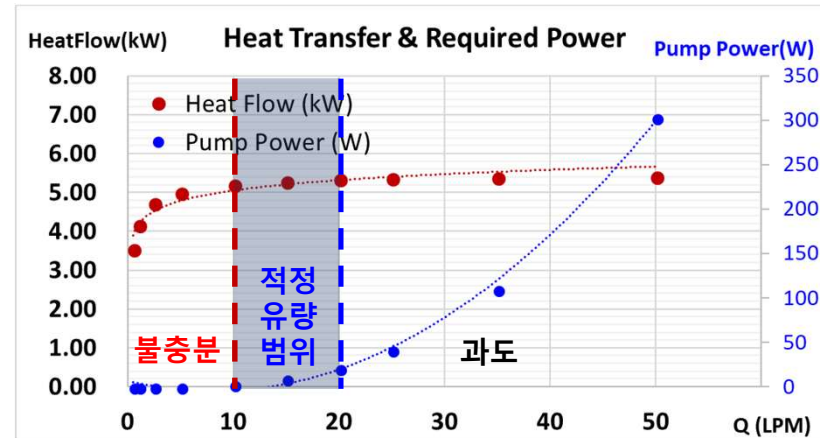
- 0.1 LPM
  - 0.5 LPM
  - 1 LPM
  - 2.5 LPM
  - 5 LPM
  - 10 LPM
  - 15 LPM
  - 20 LPM
  - 25 LPM
  - 35 LPM
  - 50 LPM-
- 냉각 효과분석



a) 냉각유량에 따른 인버터 부품 냉각효과



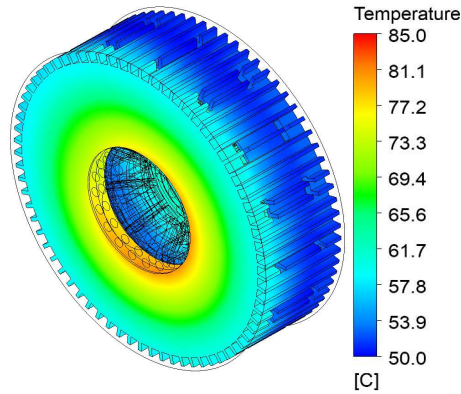
b) 냉각유량에 따른 전동기 부품 냉각효과



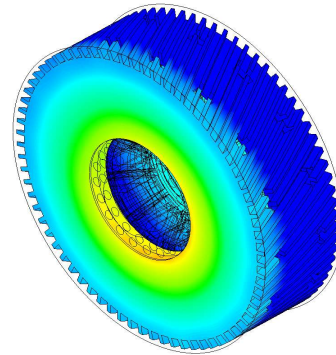
c) 냉각유량에 따른 냉각성능 종합 (소요 펌프 동력 대비 열전달량)

- 10 LPM 이하 불충분 냉각유량 구간 / 20LPM 이상 과도 냉각유량 구간
- 10~20LPM 적정 냉각유량 구간

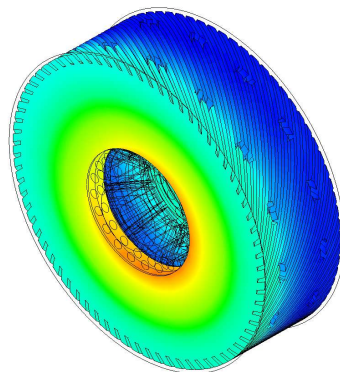
# Case Study #4 : Hybrid-cooling for UAM 150kW AFPM



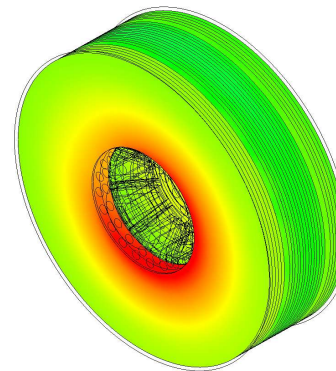
(a) inclined angle = 0°  
(axial straight fin array)



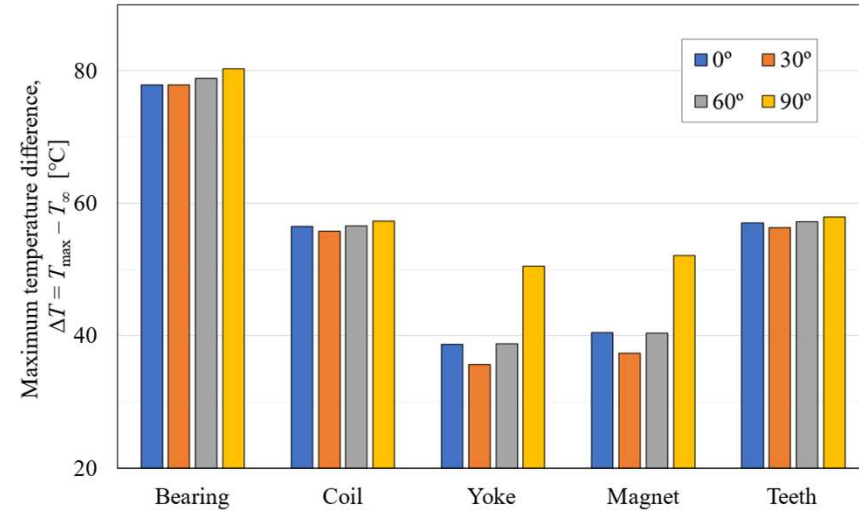
(b) inclined angle = 30°



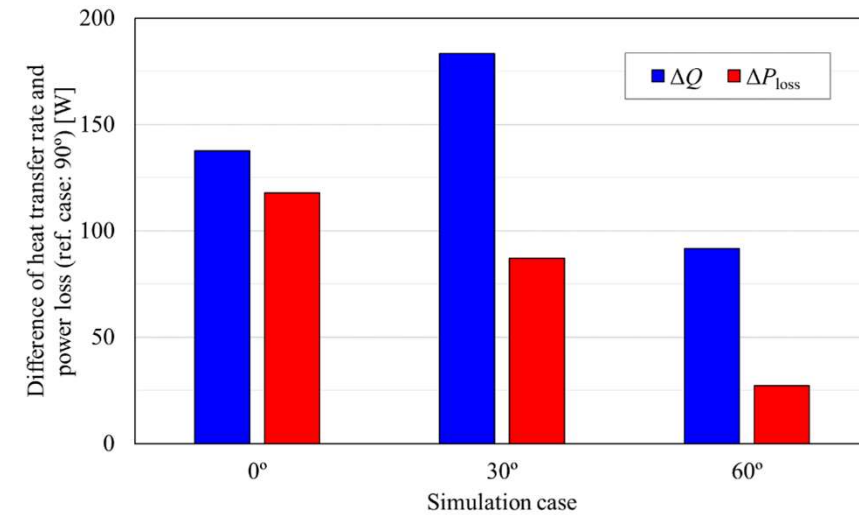
(c) inclined angle = 60°



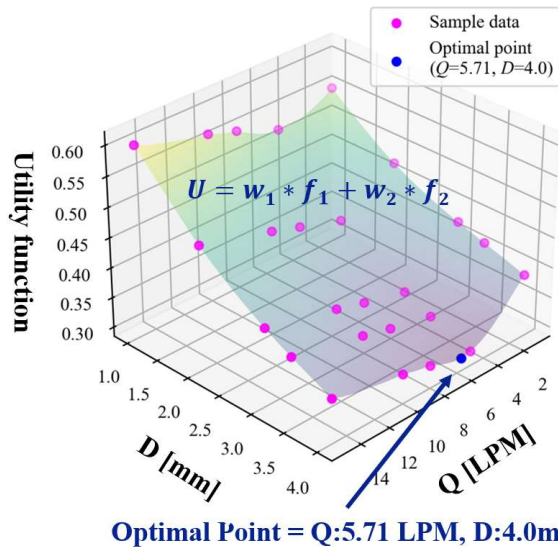
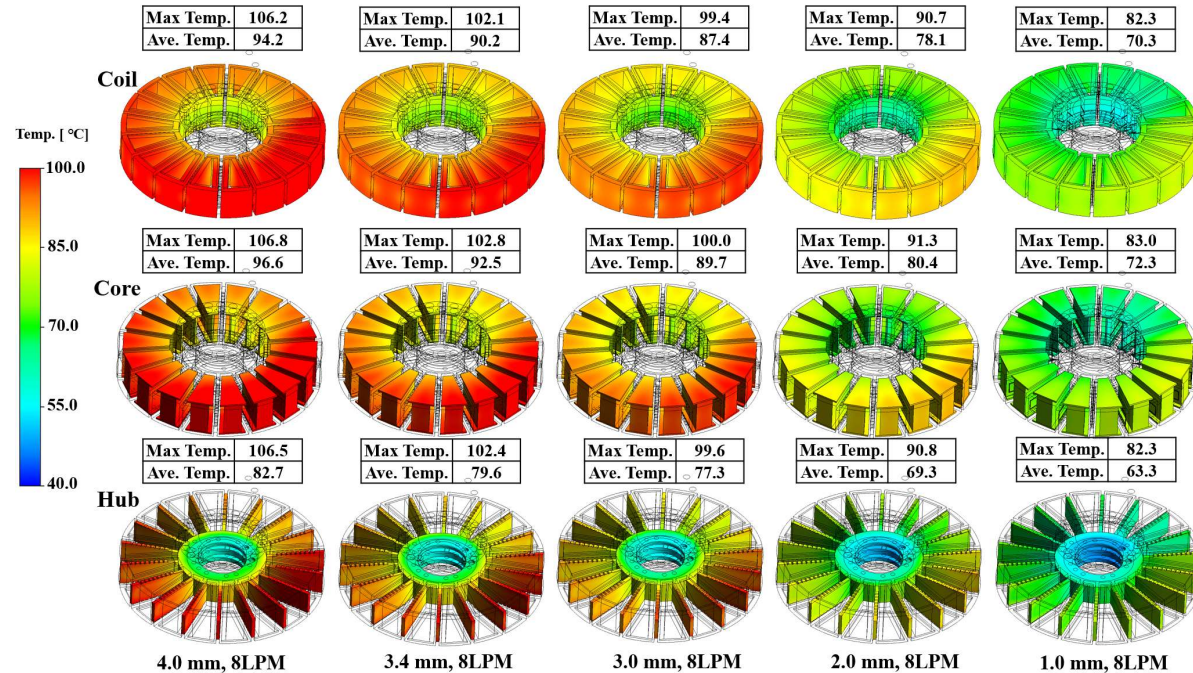
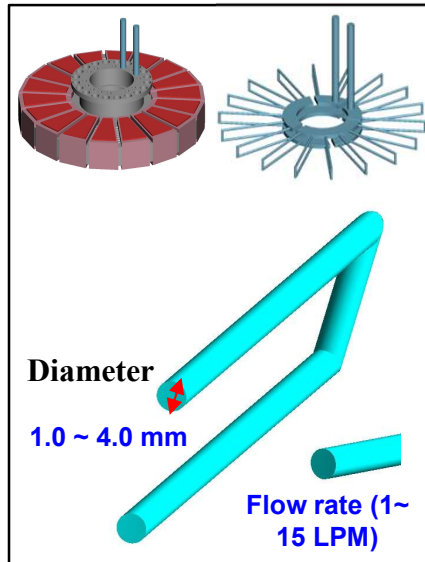
(d) inclined angle = 90°  
(concentric radial fin array)



30° 모델 소요 토크 대비 열전달 우수



# Case Study #4 : Hybrid-cooling for UAM 150kW AFPM



$$U = (w_1 \cdot f_1 + w_2 \cdot f_2)$$

효용 함수의 정의, U

- 압력 차 최적화 가중치 ( $w_1$ )과 온도 최적화 가중치 ( $w_2$ )를 이용한 맥-가중 합 효용함수 정의

$$f_1 = P_n \quad P_n = \ln(Q \cdot \frac{\Delta P - \Delta P_{\min}}{\Delta P_{\max} - \Delta P_{\min}})$$

압력 최적화 인자 정의,  $f_1$

- 이송 성능이 좋을 수록 압력차가 낮음

$$f_2 = T_n \quad T_n = \ln(\frac{T - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}})$$

온도 최적화 인자 정의,  $f_2$

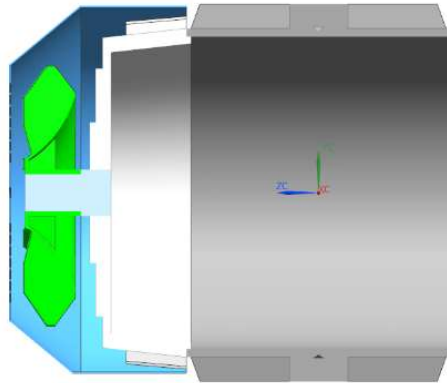
- 방열 성능이 좋을 수록 코일 최대 온도가 낮음

# Case Study #5 : Air-cooling for 11kW IM

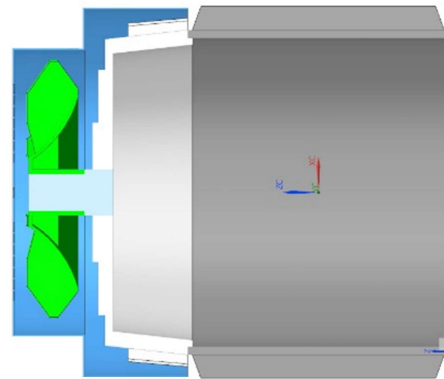
## Compensated motor loss condition

### - Velocity magnitude

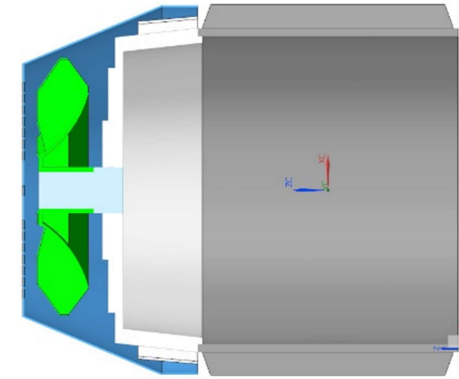
CASE 01: Original fan cover



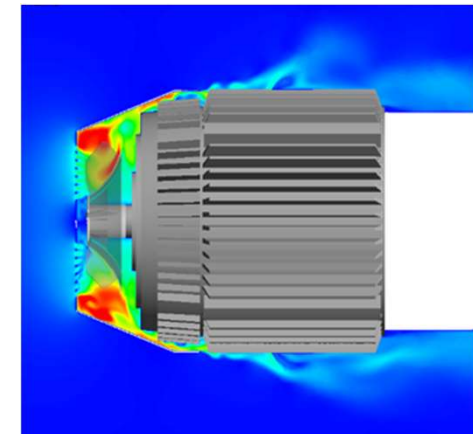
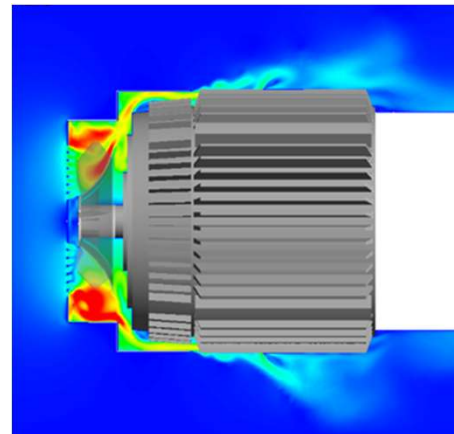
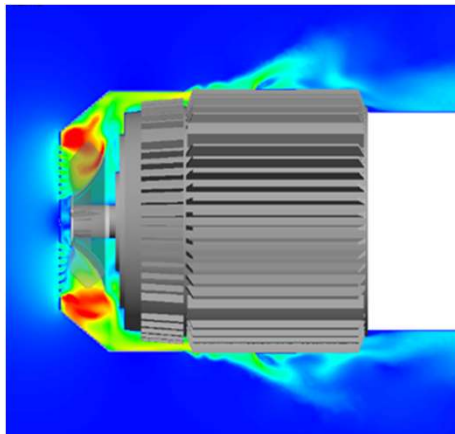
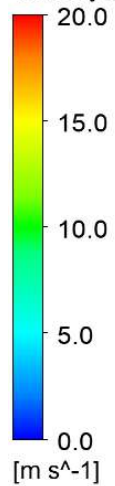
CASE 02: Stepped fan cover



CASE 03: Tapered fan cover



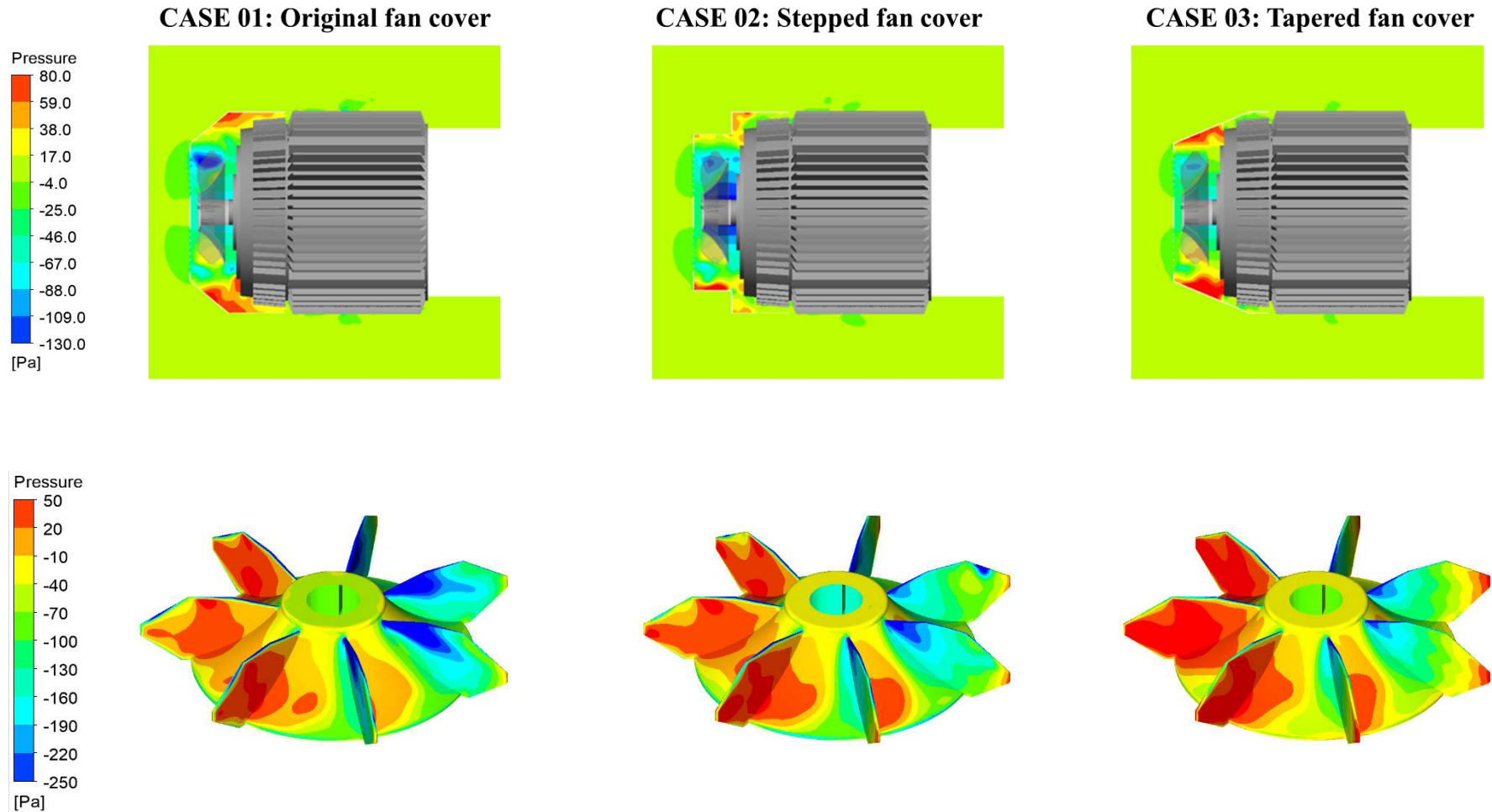
Velocity in Stn Frame



# Case Study #5 : Air-cooling for 11kW IM

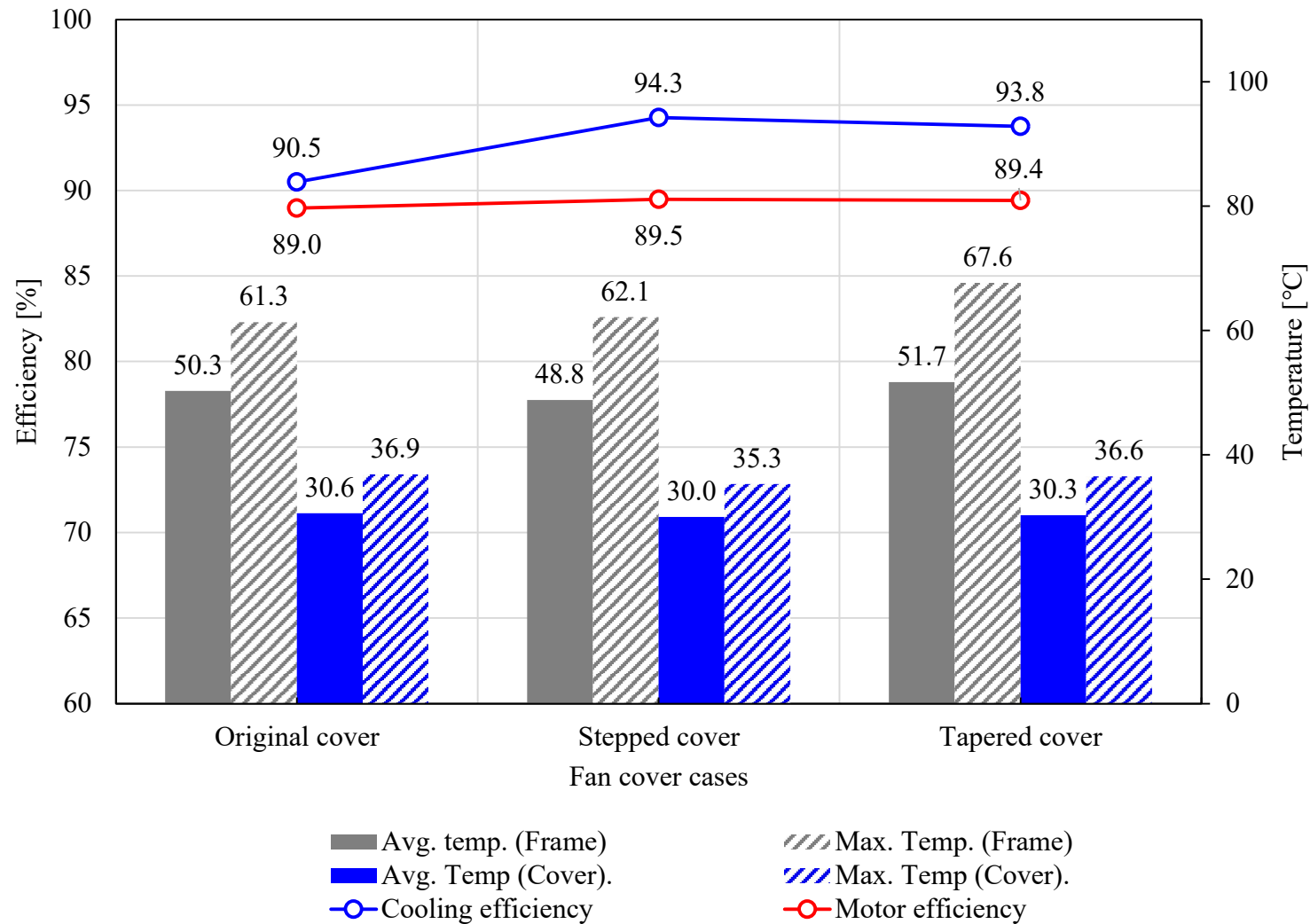
## Compensated motor loss condition

### - Pressure distribution



# Case Study #5 : Air-cooling for 11kW IM

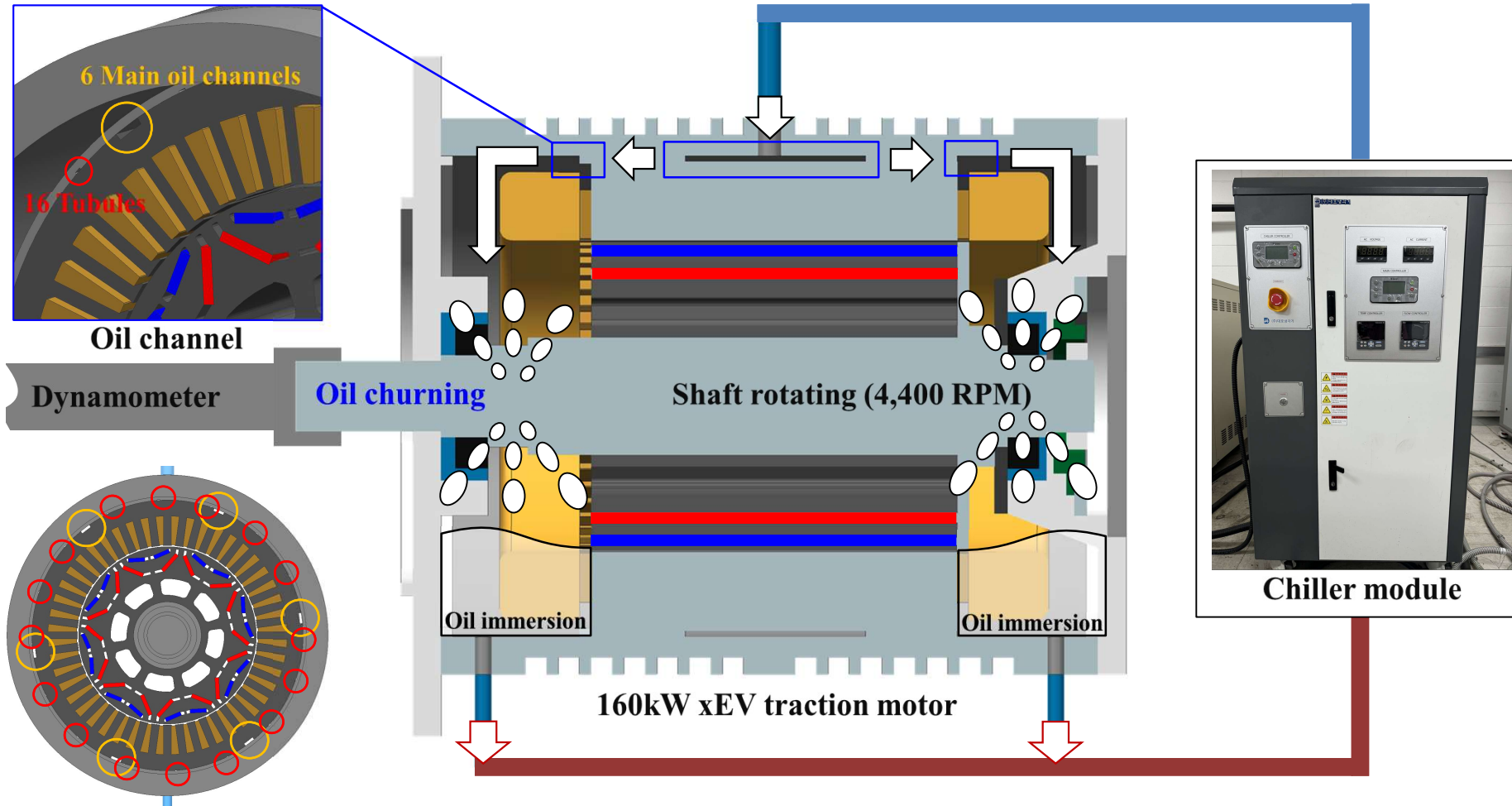
## Compensated motor loss condition



< Fig. Cooling and Motor Efficiency with Temperature Profiles under Various Fan Cover Configurations. >

# Case Study #6 150kW EV Oil-Cooled-Motor (IPMSM)

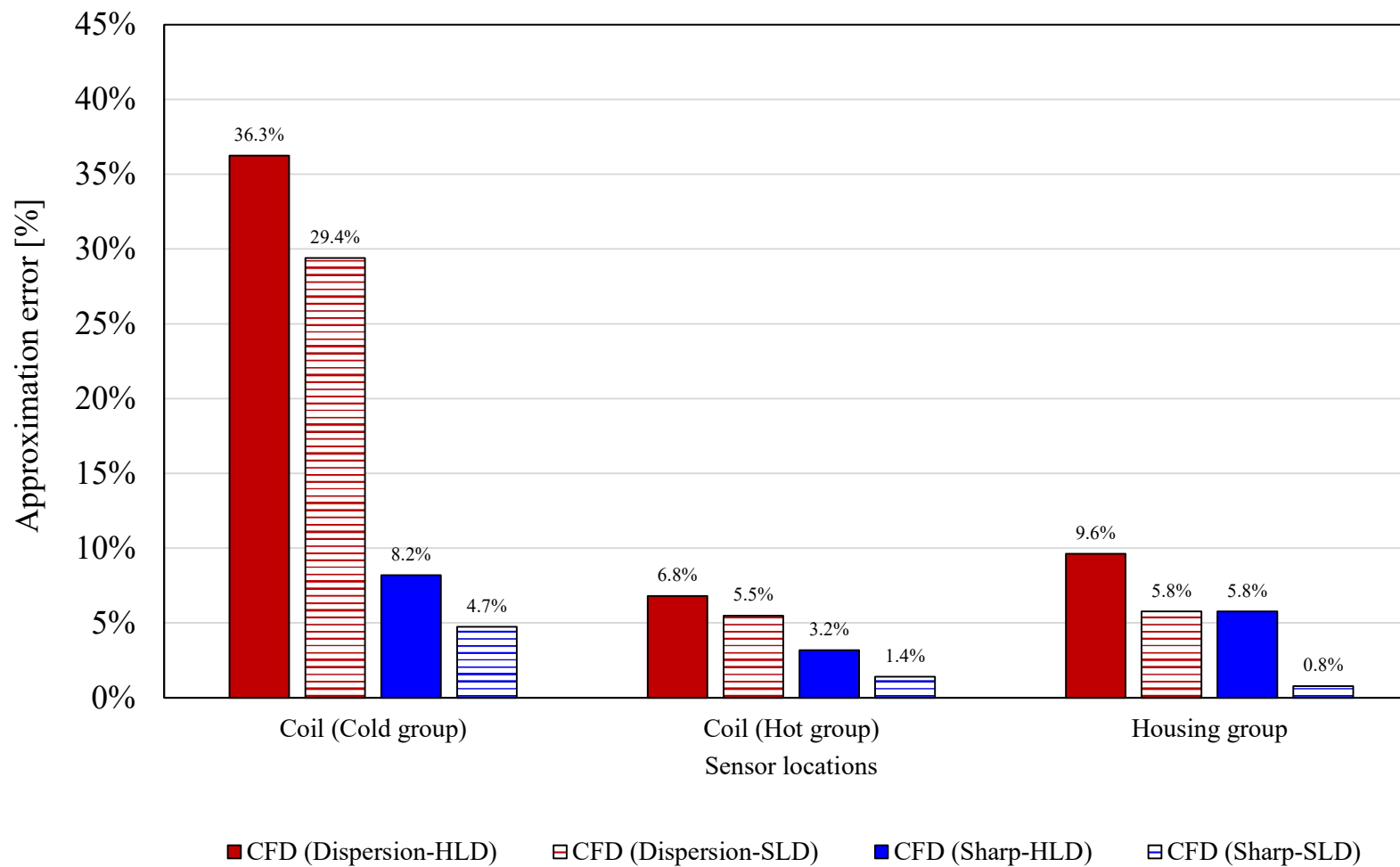
## Cooling scheme of motor oil-cooled system



### Locations of oil channels

Fig. Cooling scheme of motor oil-cooled system: oil channel locations and flow behavior during operation.

# Case Study #6 150kW EV Oil-Cooled-Motor (IPMSM)



# **III Reliability and Health Assessment Technology**

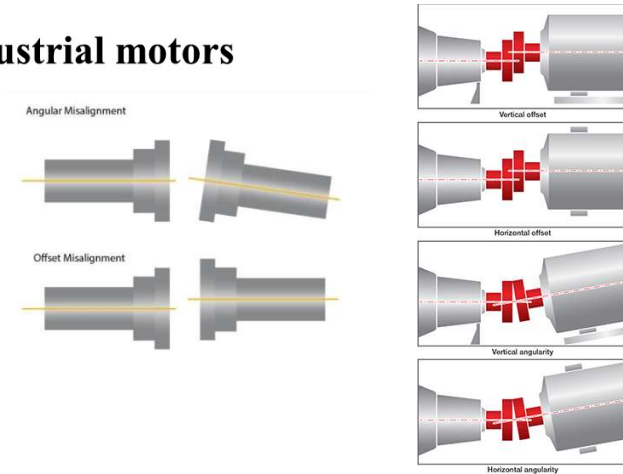
## **산업용 전동기 상태진단 기술**

- 1.1 Introduction**
- 1.2 Data preparation**
- 1.3 Sample Data Acquisition**
- 1.4 SVM modeling**
- 1.5 Case study for IE3, IE4**

# Data Preparation

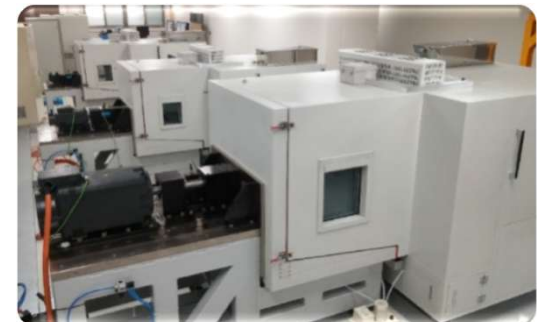
## ❑ Factors for classifying normal and abnormal operation of industrial motors

- Misalignment
  - ▶ Misalignment is a major factor causing unstable mechanical vibration and noise.
  - ▶ Misalignment conditions that do not cause mechanical damage.
- Electrical fault
  - ▶ Electrical faults in industrial motors cause frequency and waveform changes.
  - ▶ Electrical fault conditions considering motor resistor faults.



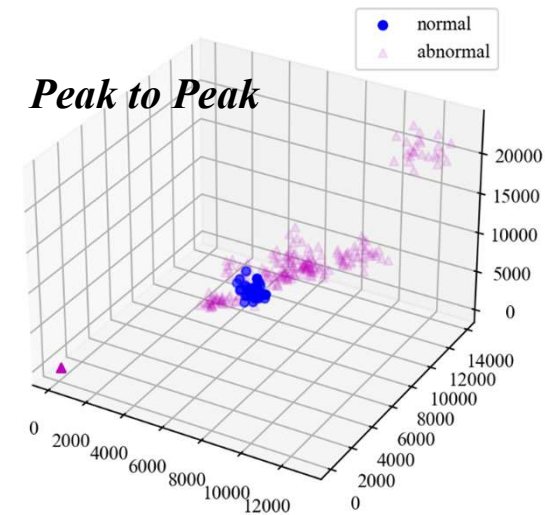
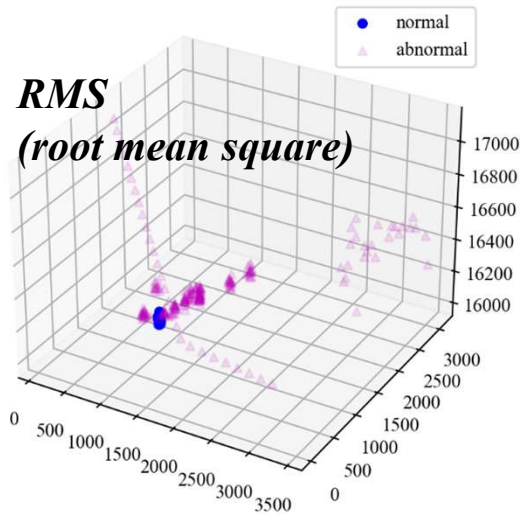
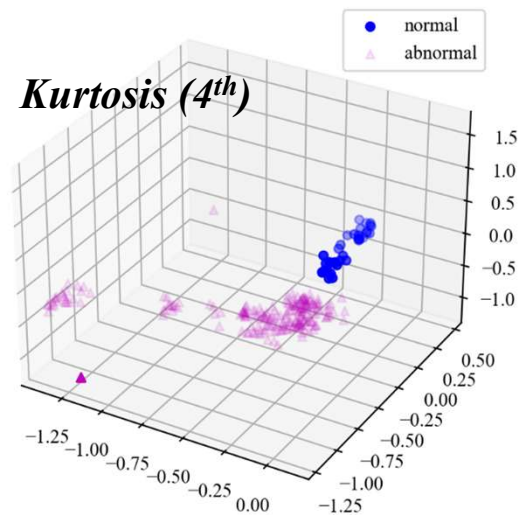
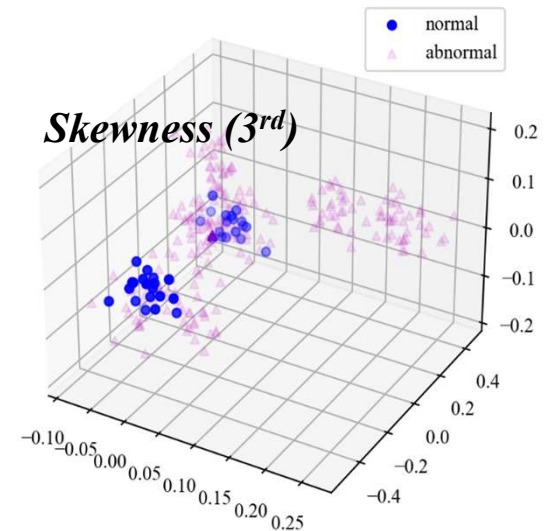
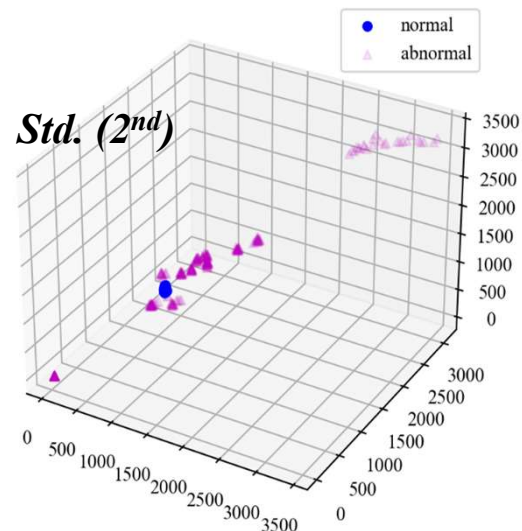
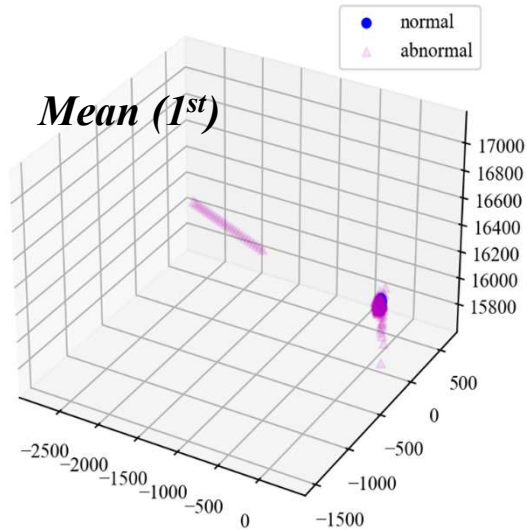
## ❑ Configuration of environmental conditions for acquiring vibration data of industrial motors

- Load conditions
  - ▶ Separate collection of motor vibration data under **full load** and **half load** conditions → A definition of the load condition is needed.
  - ▶ Fix the operating frequency to the rated speed condition, change the shaft torque condition.
  - ▶ Simplify experimental configuration by adding dual **full/half load** conditions.
- Environmental noise conditions
  - ▶ Use two motors with the same output and configuration for proximity tests.
  - ▶ The first motor is the main motor for classifying abnormal operating modes.
  - ▶ The second motor is the environmental noise-generating motor for adding sync noise.



# Results of Classifier Modeling

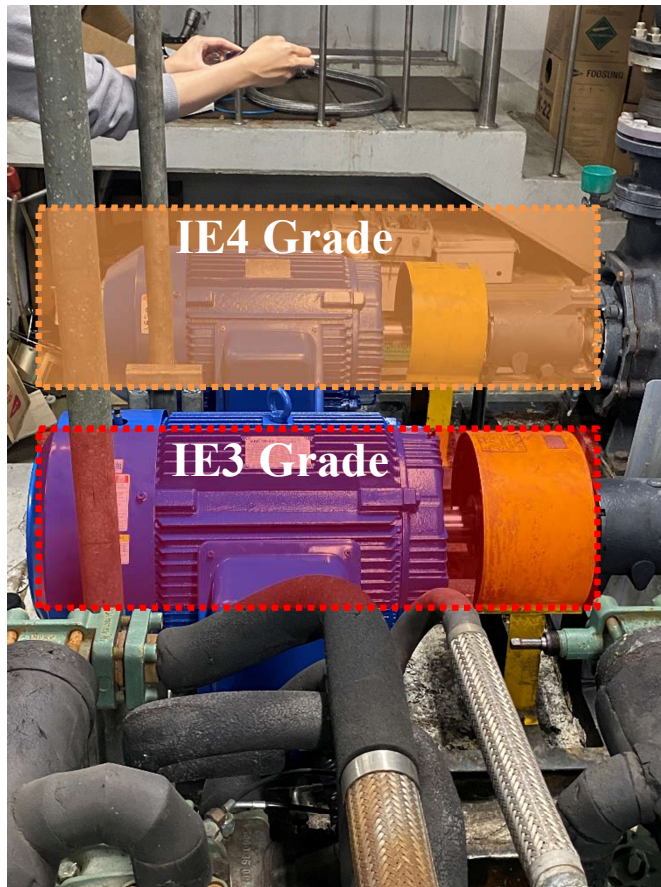
## □ Statistical analysis of data to classify the abnormal data



# Data acquisition environment for prototype IE3/IE4 motors

## Installation configuration of IE3/IE4-grade motors

### ○ 37kW induction motor



### ■ 3-axis vibration data

: Continuous data acquisition via wireless API communication.



[ IE4 motor ]

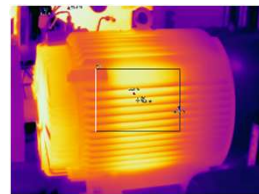


[ IE3 motor ]

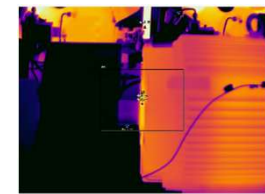


### ■ Thermal distribution data

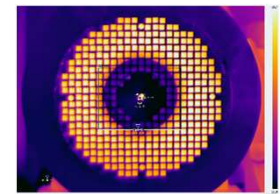
: Instantaneous data acquisition for CFD mapping.



[Side view ]



[ x-axis view ]



[ y-axis view ]

### ■ Noise data

: Instantaneous data acquisition for measuring noise specifications.



[ Motor noise ]



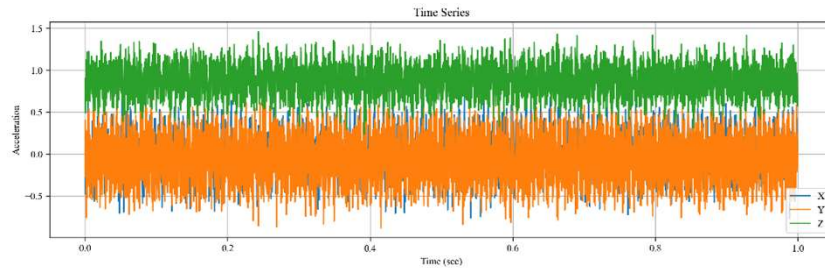
[ Environmental noise ]

\* Demonstration site: Gukje Food, 1498 Nakdong-daero, Sasang-gu, Busan, Republic of Korea

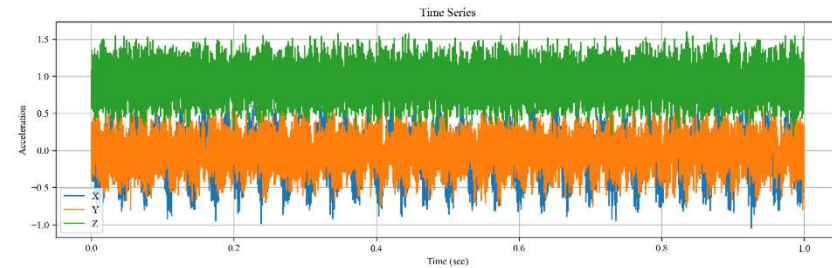
# Demo: Three-axis vibration data analysis

## Waveform acceleration analysis (Time domain)

### ○ Operational state



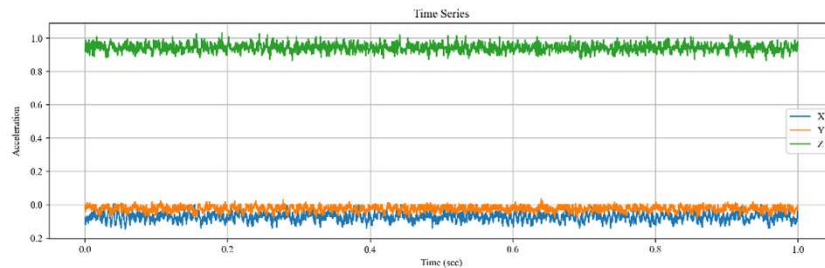
< IE3 Grade: Conventional motor >



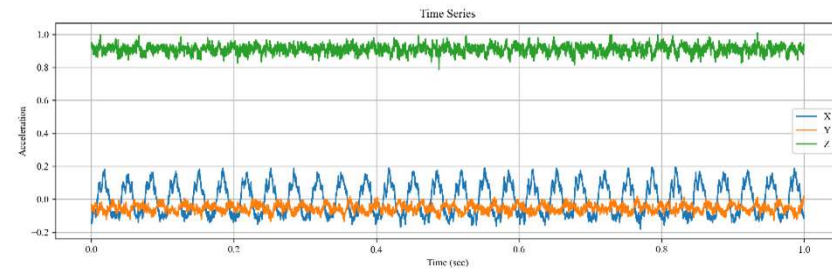
< IE4 Grade: Developed motor >

- The developed IE4 motor exhibits pronounced periodicity and a high signal-to-noise ratio (SNR), which are advantageous for health condition analysis.

### ○ Idle state



< IE3 Grade: Conventional motor >



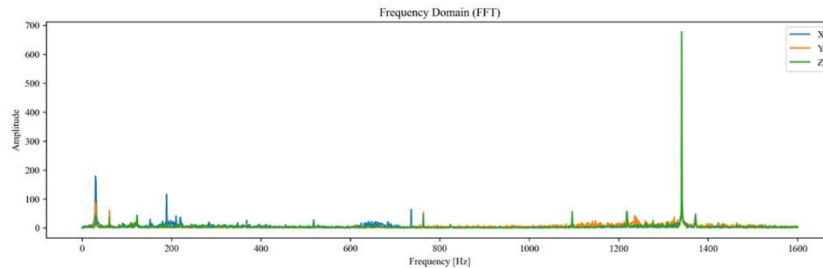
< IE4 Grade: Developed motor >

- Since the IE3 and IE4 motors operate alternately, their vibration characteristics during idle periods provide mutual insight into each other's behavior.
- Accordingly, it can be confirmed that the characteristics imposed by the IE3-class motor on the overall system are not within the normal range.

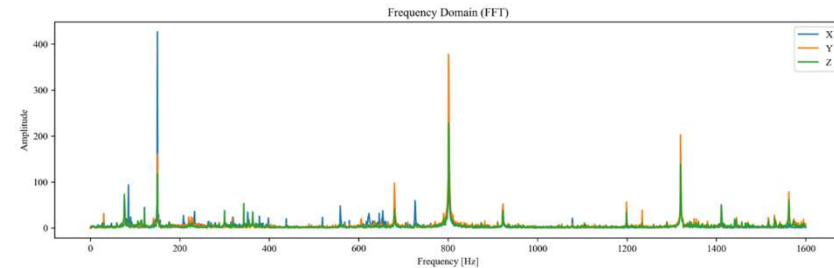
# Demo: Three-axis vibration data analysis

## Waveform acceleration analysis (Frequency domain)

### ○ Operational state



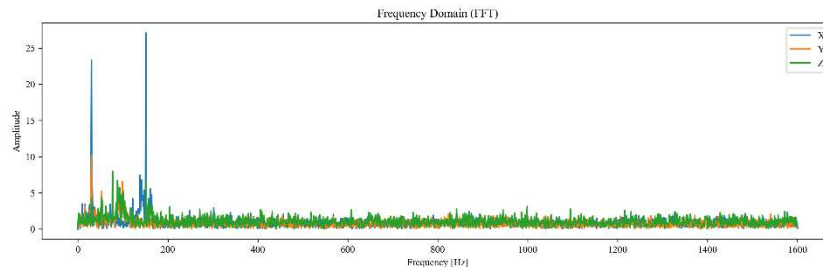
< IE3 Grade: Conventional motor >



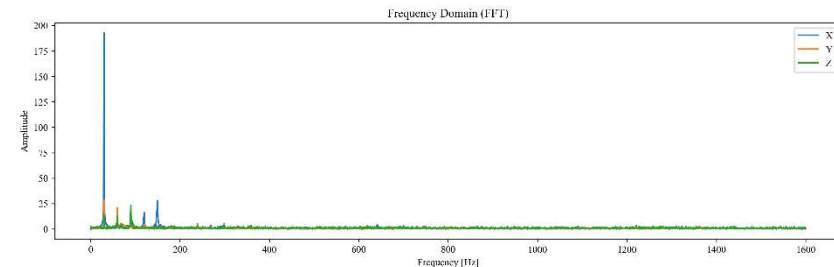
< IE4 Grade: Developed motor >

- The IE4 motor exhibits a concentration of vibration energy at the rotational frequency (1X) with minimal harmonic dispersion in the FFT spectrum, indicating **superior vibration stability during operation** compared to the IE3 motor, in accordance with ISO 10816 and SKF vibration diagnostic standards.

### ○ Idle state



< IE3 Grade: Conventional motor >



< IE4 Grade: Developed motor >

- During idle periods, the transmitted vibration measured on the IE4 motor is lower than that observed during IE3 motor operation, suggesting that **the IE4 motor exhibits better vibration isolation characteristics** in terms of structural vibration transmission.



KETI  
embedded

# Thank you

기업과 함께 성장하는 최고의 파트너  
전자·IT분야 글로벌 전문생산연구기관

Connecting imagination  
to the real world