

[제작사양서]

제작명 : 능동 마그네틱 베어링
신뢰성 평가 장비 제작

2020년 02월



한국기계연구원
KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS

목 차

가. 목적	01
나. 범위	01
1. 사양서 범위	01
2. 납품의 범위	01
다. 제작 개요 및 구성	01
1. 개요	01
2. 구성	02
가) 소재 종합 성능 평가 장비	02
나) 정적 부하 신뢰성 평가 장비	03
다) 동적 부하 신뢰성 평가 장비	04
라) System Controller	05
3. 구성품	07
가) 소재 종합 성능 평가 장비	07
나) 정적 부하 신뢰성 평가 장비	08
다) 동적 부하 신뢰성 평가 장비	09
라) System Controller	10
라. 세부 사양	11
1. 소재 종합 성능 평가 장비	11
2. 정적 부하 신뢰성 평가 장비	18
3. 동적 부하 신뢰성 평가 장비	25
4. System Controller	34

가. 목적

본 사양서는 ‘능동 마그네틱 베어링 신뢰성 평가 장비 제작’에 관한 물품 제원을 기술하고 부가 조건을 명시하는 데 그 목적이 있다.

나. 범위

1. 사양서 범위

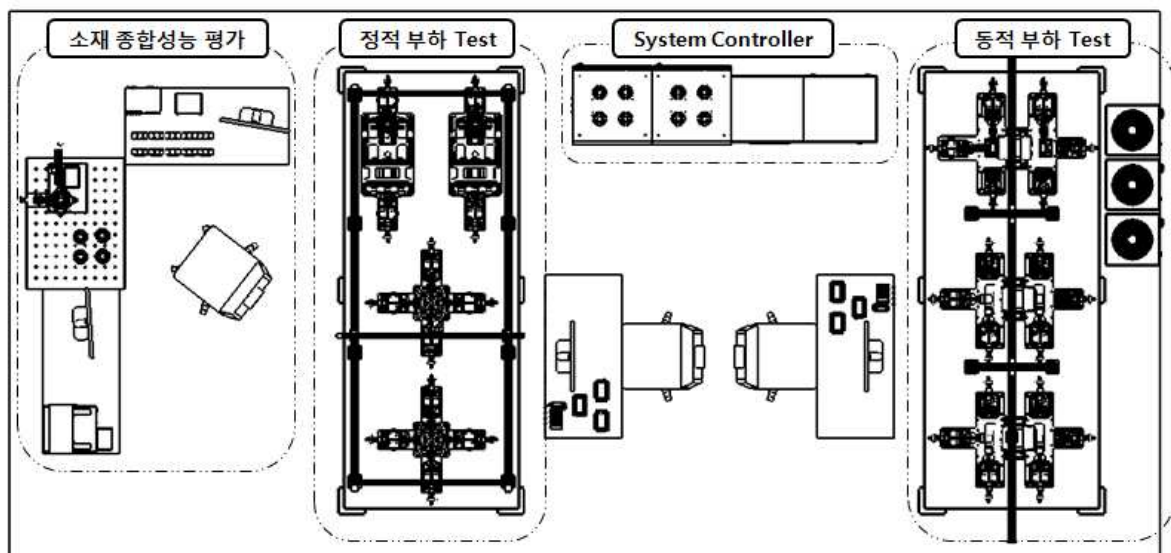
본 사양서의 범위는 제작 물품의 일반 사양, 설계 사양, 제작 사양의 제공 및 보안 수칙 등의 제반 규정을 포함한다.

2. 납품의 범위

본 ‘능동 마그네틱 베어링 신뢰성 평가 장비 제작’의 납품 범위는 장비의 기본 설계, 상세 설계, 제작, 설치, 시운전(성능 검수)을 포함한다.

다. 제작 개요 및 구성

1. 개요



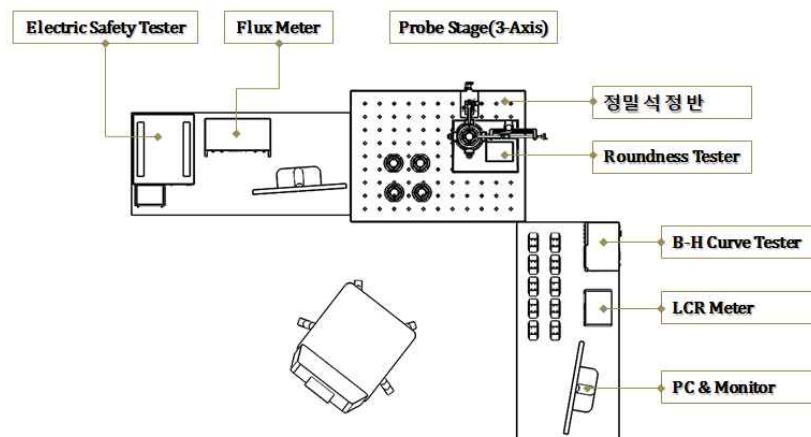
<그림. 1> 능동 마그네틱 베어링 신뢰성 평가 장비 개념도

가) 능동 마그네틱 베어링 신뢰성 평가 장비는 능동 마그네틱 베어링(Active Magnetic Bearing, 이하 AMB)의 소재에 대한 종합 성능 평가와 반경 방향 능동 마그네틱 베어링(이하, Radial AMB), 축 방향 능동 마그네틱 베어링(이하 Thrust AMB)의 정적 부하 신뢰성 평가, Radial AMB 2개와 Thrust AMB 1개로 구성된 테스트 모듈의 동적 부하 신뢰성 평가를 수행할 수 있도록 기본 설계, 상세 설계, 제작, 설치, 시운전(성능 검수)을 이행해야 한다.

나) 능동 마그네틱 베어링 신뢰성 평가 장비의 배치 공간은 L(길이) 7m × W(폭) 6m × H(높이) 3m이며, 소재 종합 성능 평가 장비, 정적 부하 신뢰성 평가 장비, 동적 부하 신뢰성 평가 장비, System Controller 등 모든 시스템이 배치 공간 내에 배치되어야 한다.

2. 구성

가) 소재 종합 성능 평가 장비

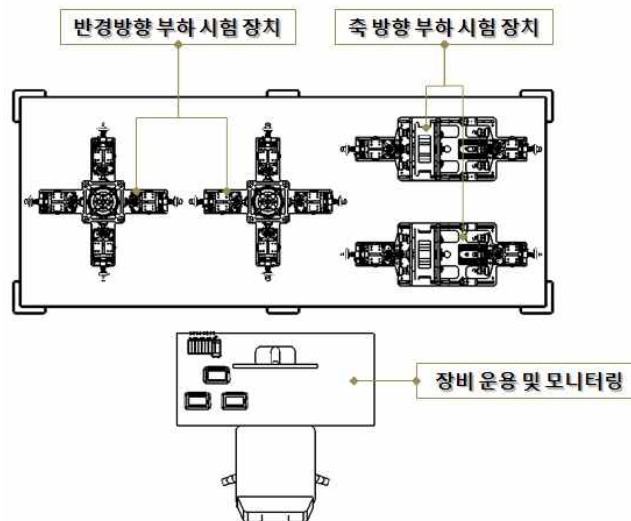


<그림. 2> 소재 종합 성능 평가 장비 개념도

- 1) AMB의 핵심 구성품인 영구자석(Permanent Magnet) 및 전자석(Electromagnet) 소재의 전자기적 특성과 동심을 측정하고 평가하는 것을 목적으로 한다.
- 2) AMB 전자석 소재의 전자기장 특성 평가를 위한 B-H Curve Tracer, 자기 인덕턴스 및 자기 저항 측정을 위한 LCR Meter, 절연 저항 측정을 위한 Electrical Safety Test로 구성되어야 하며, AMB 영구자석 소재의 잔류 자속 밀도 측정을 위한 Flux Meter(Helmholtz Coil 포함)로 구성하여야 한다.

- 3) 당원에서 제공하는 진원도 측정기를 이용하여 AMB의 전자석 소재, 영구자석 소재의 동심도를 측정하고, 동심도 측정과 동시에 AMB 영구자석 소재의 자속 밀도 균일도 측정을 위하여 Gauss Meter(Probe 포함) 및 Gauss Meter Probe Stage로 구성하여야 한다.
- 4) 또한, 시험품 측정 및 평가를 위한 시료 측정 정반과 시험 준비와 계측기 거치를 위한 테이블, 의자, 각종 계측장비와 연결하여 시험 Data를 출력하거나 진원도 측정기의 운용과 Data 출력을 위한 산업용 PC 및 모니터로 구성하여야 한다. (진원도 측정기 운용 및 Data 출력 Software 당원 제공)

나) 정적 부하 신뢰성 평가 장비

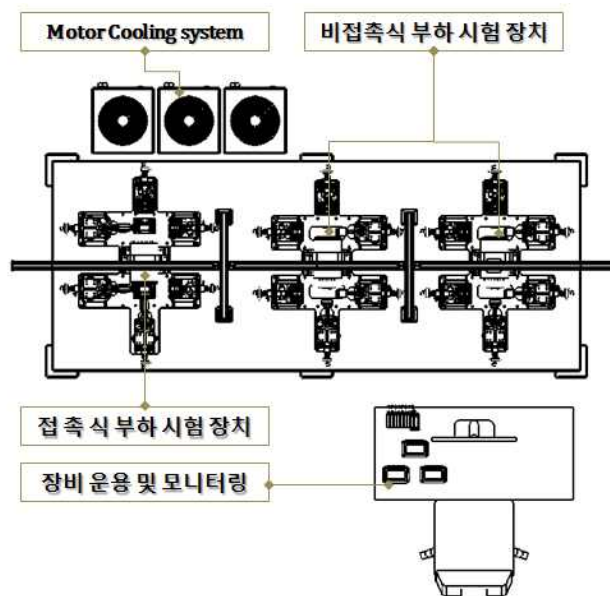


<그림. 3> 정적 부하 신뢰성 평가 장비 개념도

- 1) Radial AMB 또는 Thrust AMB가 반경 방향 또는 축 방향으로 지지하는 회전체 (이하 Rotor)가 회전하지 않는 정적 상태에서 Radial AMB 또는 Thrust AMB의 부하 용량을 시험하고 평가하는 것을 목적으로 한다.
- 2) Radial AMB 또는 Thrust AMB의 정적 상태 부하 용량 시험을 위하여 500N급 반경 방향 부하 용량 시험장치 1set과 2kN급 반경 방향 부하 용량 시험장치 1set, 1kN급 축 방향 부하 용량 시험장치 1set, 5kN급 축 방향 부하 용량 시험장치 1set, 시험장치의 설치를 위한 Test Bed Assembly로 구성하여야 하며, 기본 설계, 상세 설계, 제작, 설치, 시운전(성능 검수)을 이행하여야 한다.

- 3) 정적 부하 신뢰성 평가 중, 제어 전류 인가에 따른 Radial AMB 또는 Thrust AMB 전자석 코일의 자기 인덕턴스 및 자기 저항 측정을 위한 LCR Meter (소재 종합 성능 평가 장비의 LCR Meter 적용)로 구성하여야 한다.
- 4) 정적 부하 신뢰성 평가 중, 전자석 코일 저항에 따른 Radial AMB 또는 Thrust AMB의 온도 분포 모니터링을 위한 열화상 카메라와 열화상 카메라 이송 및 고정부로 구성하여야 한다.
- 5) 장비 운용 및 시험 Data 모니터링을 위한 산업용 PC와 모니터, PC 및 모니터, 계측기 거치와 시험품 준비 등을 위한 테이블과 의자로 구성하여야 한다.
- 6) 시운전 및 성능 검수를 위하여 Radial AMB 1개와 Thrust AMB 1개를 공급 범위에 포함한다. 부하 용량은 협의 후 결정한다.

다) 동적 부하 신뢰성 평가 장비



<그림. 4> 동적 부하 신뢰성 평가 장비 개념도

- 1) Radial AMB 2개와 Thrust AMB 1개로 구성된 테스트 모듈이 반경 방향 및 축 방향으로 지지하는 Rotor가 회전하는 상태에서 각 AMB의 부하 용량 및 Rotor의 흔들림(이하 Runout)을 시험하고 평가하는 것을 목적으로 한다.

- 2) 테스트 모듈의 Rotor에 비접촉식으로 부하 하중을 인가하여 각 AMB의 부하 용량 및 Rotor의 Runout을 시험하고 평가하는 비접촉식 하중 시험장치 2set과 접촉식으로 부하 하중을 인가하여 각 AMB의 부하 용량 및 Rotor의 Runout을 시험하고 평가하는 접촉식 하중 시험장치 1set, 시험장치의 설치를 위한 Test Bed Assembly로 구성하여야 하며, 기본 설계, 상세 설계, 제작, 설치, 시운전 (성능 검수)을 이행하여야 한다.
- 3) 동적 부하 신뢰성 평가 중, 제어 전류 인가에 따른 Radial AMB 또는 Thrust AMB 전자석 코일의 자기 인덕턴스 및 자기 저항 측정을 위한 LCR Meter (소재 종합 성능 평가 장비의 LCR Meter 적용)로 구성하여야 한다.
- 4) 동적 부하 신뢰성 평가 중, 전자석 코일 저항에 따른 Radial AMB 또는 Thrust AMB의 온도 분포 모니터링을 위한 열화상 카메라(정적 부하 신뢰성 평가 장비의 열화상 카메라 적용)와 열화상 카메라 이송 및 고정부로 구성하여야 한다.
- 5) 장비 운용 및 시험 Data 모니터링을 위한 산업용 PC와 모니터, PC 및 모니터, 계측기 거치와 시험품 준비 등을 위한 테이블과 의자로 구성하여야 한다.
- 6) 시운전 및 성능 검수를 위하여 부하 용량 500N 이하 Radial AMB 2개와 부하 용량 1kN 이하 Thrust AMB 1개를 1set으로 총 2set과 부하 용량 1kN 이하 Radial AMB 2개와 부하 용량 5kN 이하 Thrust AMB 1개를 1set으로 총 1set을 공급 범위에 포함한다. 부하 용량은 협의 후 결정한다. (변위 센서 일체형)

라) System Controller

- 1) 정적 부하 신뢰성 평가 장비의 정적 상태 부하 용량 시험을 위하여 Radial AMB와 Thrust AMB의 전자석 코일에 제어 전류를 인가하기 위한 정적 부하 제어 전류 드라이버 및 DC 파워 서플라이로 구성하여야 한다.
- 2) 동적 부하 신뢰성 평가 장비의 동적 상태 부하 용량 시험을 위하여 Radial AMB 2개와 Thrust AMB 1개로 구성된 테스트 모듈의 능동 제어를 위한 능동 마그네틱 베어링 제어기로 구성하여야 하며, 정전 또는 차단기 단락 시, 시험품 및 시험 장비의 파손을 방지하기 위하여 무정전 전원공급장치로 구성하여야 한다.

- 3) Radial AMB 및 Thrust AMB를 제어하기 위한 제어 전류 드라이버, DC 파워 서플라이, 능동 마그네틱 베어링 제어기, 무정전 전원공급장치는 정적 및 동적 부하 신뢰성 평가 장비의 배치와 배선 등을 고려하여 통합 또는 분리하여 Rack으로 구성하여야 하며, 기본 설계, 상세 설계, 제작, 설치, 시운전(성능 검수)을 이행하여야 한다.
- 4) Radial AMB 및 Thrust AMB의 제어를 제외한 정적 부하 신뢰성 평가 장비 및 동적 부하 신뢰성 평가 장비의 운용 및 계측을 위한 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 제어반 및 Touch Panel을 적용하여 Radial AMB 및 Thrust AMB의 개별 제어 및 정적 부하 신뢰성 평가 장비, 동적 부하 신뢰성 평가 장비의 운용 및 계측을 할 수 있도록 배전반을 구성하여야 하며, 기본 설계, 상세 설계, 제작, 설치, 시운전(성능 검수)을 이행하여야 한다.
- 5) 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 제어반에는 Rotor 회전을 위한 Drive Motor 용 Motor 인버터, 비접촉식 부하 하중 인가 제어기, 접촉식 부하 하중 인가 제어기 등 평가 장비 운용을 위한 Controller, 외부 전원이 필요한 각종 센서, 계측기의 전원 공급 장치 및 Indicator, 그 외 DIO, AIO, Timer, Counter, 통신, 배선 등으로 구성하여야 하며, 정적 및 동적 부하 신뢰성 평가 장비의 배치와 배선 등을 고려하여 통합 또는 분리하여 구성하여야 하며, Cabinet Type으로 구성하여야 한다.
- 6) 배전반은 Touch Panel을 이용한 Main Control 기능과 Touch Panel과 각 장비의 산업용 PC를 통신 연결하여 제어할 수 있도록 구성하며, 각 시험품 및 시험 장치의 개별 제어가 가능하도록 구성한다. 각종 제어기, 센서 및 계측기의 전원공급장치 및 메인 전원, Touch Panel, PLC, BUS, DIO, AIO, 통신, 배선 등 일체로 구성하여야 한다.
- 7) Touch Panel 및 각 시험 장비의 산업용 PC에서 운용이 가능한 능동 마그네틱 베어링 제어 Software 및 정적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 Software, 동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 Software를 공급하여야 하며, 시운전(성능 검수)을 이행하여야 한다.

3. 구성품

※ 능동 마그네틱 베어링 신뢰성 평가 장비 : 1set

가) 소재 종합 성능 평가 장비 : 1set

No.	구성품	수량	단위	비고
1	B-H Curve Tracer	1	set	Radial AMB, Thrust AMB 전자석 소재 - 전자기장 특성 평가
2	LCR Meter	1	ea	Radial AMB, Thrust AMB 전자석 소재 - 자기 인덕턴스 및 저항 측정
3	Gauss Meter (Probe 포함)	1	set	Radial AMB, Thrust AMB 영구자석 소재 - 자속 밀도 균일도 측정
4	Flux Meter (Helmholtz Coil 포함)	1	set	Radial AMB, Thrust AMB 영구자석 소재 - 잔류 자속 밀도 측정
5	Electrical Safety Tester	1	ea	Radial AMB, Thrust AMB 영구자석 소재 - 절연 저항 측정
6	Gauss Meter Probe Stage	1	set	자속 밀도 균일도 및 동심도 동시 측정
7	산업용 PC (모니터 포함)	1	set	당원이 제공하는 진원도 측정기 운용 및 계측 (측정기 운용 및 Data 출력 Software 당원 제공) 각종 계측기 Interface 및 Data 모니터링 등
8	시료 측정 정반	1	set	시험품 고정 및 측정용 정반
9	테이블	2	ea	시험품의 거치, 시험 준비, 조립, 각종 측정기 배치, PC, 모니터 등 배치
10	의자	1	ea	

나) 정적 부하 신뢰성 평가 장비 : 1set

No.	구성품	수량	단위	비고
1	500N급 반경 방향 부하 용량 시험장치	1	set	Radial AMB (부하 용량 \leq 500N) - 정적 상태 부하 용량 시험
2	2kN급 반경 방향 부하 용량 시험장치	1	set	Radial AMB (500N < 부하 용량 \leq 2kN) - 정적 상태 부하 용량 시험
3	1kN급 축 방향 부하 용량 시험장치	1	set	Thrust AMB (부하 용량 \leq 1kN) - 정적 상태 부하 용량 시험
4	5kN급 축 방향 부하 용량 시험장치	1	set	Thrust AMB (1kN < 부하 용량 \leq 5kN) - 정적 상태 부하 용량 시험
5	Test Bed Assembly	1	set	부하 용량 시험장치 설치용 Bed
6	열화상 카메라	1	ea	Radial AMB, Thrust AMB - 온도 분포 모니터링
7	열화상 카메라 이송 및 고정부	1	set	고정 Frame 및 이송 Guide
8	산업용 PC (모니터 포함)	1	set	정적 부하 신뢰성 평가 장비 운용(제어) 및 계측 각종 계측기 Interface 및 Data 모니터링
9	테이블	1	ea	시험품의 거치, 시험 준비, 조립, 각종 측정기 배치, PC, 모니터 등 배치
10	의자	1	ea	

다) 동적 부하 신뢰성 평가 장비 : 1set

No.	구성품	수량	단위	비고
1	비접촉식 하중 시험장치	2	set	테스트 모듈 (Radial AMB 2ea, 부하 용량 $\leq 500\text{N}$) (Thrust AMB 1ea, 부하 용량 $\leq 1\text{kN}$) - 동적 상태 부하 용량 및 Runout 시험
2	접촉식 하중 시험장치	1	set	테스트 모듈 (Radial AMB 2ea, 부하 용량 $\leq 1\text{kN}$) (Thrust AMB 1ea, 부하 용량 $\leq 5\text{kN}$) - 동적 상태 부하 용량 및 Runout 시험
3	Test Bed Assembly	1	set	하중 시험장치 설치용 Bed
4	열화상 카메라 이송 및 고정부	1	set	고정 Frame 및 이송 Guide
5	산업용 PC (모니터 포함)	1	set	동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용(제어) 및 계측 각종 계측기 Interface 및 Data 모니터링
6	Table	1	ea	시험품의 거치, 시험 준비, 조립, 각종 측정기 배치, PC, 모니터 등 배치
7	Chair	1	ea	

라) Control System : 1set

No.	구성품	수량	단위	비고
1	능동 마그네틱 베어링 Controller	1	set	정적 부하 신뢰성 평가 장비 Radial AMB, Thrust AMB 전류 제어 - 정적 부하 제어 전류 드라이버 6ea - DC 파워 서플라이 1ea
				동적 부하 신뢰성 평가 장비 Radial AMB, Thrust AMB 테스트 모듈 능동 제어 - 능동 마그네틱 베어링 제어기 3ea - 무정전 전원공급장치 3ea
				랙 타입
				통신, 배선 등 일체
2	신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 제어반	1	set	정적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 - Load Cell Indicator 24ea - Temperature Sensor Indicator : 6ea
				동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 - Load Cell Indicator 9ea - Temperature Sensor Indicator : 15ea - Drive Motor 인버터 3ea - 비접촉식 부하 하중 인가 제어기 1set - 접촉식 부하 하중 인가 제어기 1set - 모터 전력 측정기 1ea
				캐비닛 타입
				이 외 DIO, AIO, PLC, BUS, 통신, 배선 등 일체
3	배전반	1	set	Main Controller
				Touch Panel - 능동 마그네틱 베어링 제어기 제어(개별 제어) (정적 부하 제어 전류 드라이버 제어(개별 제어)) - 정적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측(개별 제어) - 동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측(개별 제어)
				Touch Panel과 각 장비의 산업용 PC 통신 연결
				각종 센서 및 계측기 전원공급장치 및 메인 전원, DIO, AIO, PLC, BUS, 통신, 배선 등 일체
				캐비닛 타입
4	Software	1	set	- 능동 마그네틱 베어링 제어 Software - 정적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 Software - 동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 Software

라. 세부 사양

1. 소재 종합 성능 평가 장비

가) B-H Curve Tracer

- ① 용도 : Radial AMB, Thrust AMB 전자석 소재의 전자기장 특성 평가 (자기이력곡선)
- ② 수량 : 1set
- ③ Frequency Range : 1 Hz to 20 kHz
- ④ Signal Generator (PC Board)
 - Resolution : 16 bit
 - Max. Output Voltage : ± 10 V
- ⑤ Analog-to-Digital Converter (PC Board)
 - Number of Inputs : 2
 - Resolution : 12 bit
 - Input Voltage (Full Scale Range) : ± 0.001 V to ± 150 V
 - Accuracy :

No.	Input Voltage	Accuracy
1	Input Voltage > 10 V	Better than 0.4 % of reading
2	0.2 V $<$ Input Voltage ≤ 10 V	Better than 0.2 % of reading
3	0.02 V $<$ Input Voltage ≤ 0.2 V	Better than 0.9 % of reading
4	Input Voltage ≤ 0.02 V	Better than 3 % of reading

- Maximum Sampling Rate : Real Time 5×10^6 points / s
- ⑥ Power Amplifier
 - Current : Approx. ± 30 A (load dependent)
 - Voltage : Approx. ± 150 V (load dependent)
 - Approx. Power : 1,100 VA
 - Bandwidth : DC to 300 kHz
 - Operating Modes : Voltage Amplifier
- ⑦ Low Inductance Measuring Shunt
 - Resistance : 0.2Ω (depending on power amplifier model)
 - Tolerance : 0.1%
 - Maximum Burden : 100 W
- ⑧ Automatic Offset Adjustment, DC bias, Waveform Control for $U_2(t)$ or $B(t)$

나) LCR Meter

- ① 용도 : Radial AMB, Thrust AMB 전자석 소재의 자기 인덕턴스 및 저항 측정
- ② 수량 : 1ea
- ③ Measurement Mode

- LCR Mode : Measurement Using a Single set of Conditions.
- Continuous Measurement Mode : Continuous Measurement Using Previously Saved Conditions.

④ Measurement Parameters

No.	Symbol	Parameter	No.	Symbol	Parameter
1	Z	Impedance	9	Rs	Equivalent Series Resistance (ESR)
2	Y	Admittance	10	Rp	Equivalent Parallel Resistance
3	θ	Phase Angle	11	Ls	Equivalent Series Inductance
4	X	Reactance	12	Lp	Equivalent Parallel Inductance
5	G	Conductance	13	Cs	Equivalent Series Capacitance
6	B	Susceptance	14	Cp	Equivalent Parallel Capacitance
7	Q	Q-factor	15	D	Loss Factor $\tan \delta$
8	Rdc	DC Resistance	16	σ	Conductivity
			17	ϵ	Permittivity

- ⑤ Measurable Range : 1 m Ω ~ 200 M Ω
- ⑥ Output Impedance : Normal mode 100 Ω , Low impedance high accuracy mode : 10 Ω
- ⑦ Measurement Frequency : 4 Hz ~ 8 MHz
- ⑧ Measurement Frequency Resolution
- 4.00 Hz to 999.99 Hz : 10 mHz steps
 - 1.0000 kHz to 9.9999 kHz : 100 mHz steps
 - 10.000 kHz to 99.999 kHz : 1 Hz steps
 - 100.00 kHz to 999.99 kHz : 10 Hz steps
 - 1.0000 MHz to 8.0000 MHz : 100 Hz steps
- ⑨ Measurement Frequency Accuracy : \pm 0.01 % of setting or less
- ⑩ Measurement Signal Level
- V Mode, CV Mode (Normal Mode) :

No.	Frequency Range	Measurement Signal Level
1	4 Hz ~ 1.0000 MHz	10 mV ~ 5 V, Maximum 50 mA
2	1.0001 MHz ~ 8 MHz	10 mV ~ 1 V, Maximum 10 mA

- V Mode, CV Mode (Low Impedance High Accuracy Mode) :
4 Hz ~ 1.0000 MHz : 10 mV ~ 1 V @ Maximum 100 mA
- CC Mode (Normal Mode) :

No.	Frequency Range	Measurement Signal Level
1	4 Hz ~ 1.0000 MHz	10 μ A ~ 50 mA, Maximum 5 V
2	1.0001 MHz ~ 8 MHz	10 μ A ~ 10 mA, Maximum 1 V

- CC Mode (Low Impedance High Accuracy Mode) :
4 Hz ~ 1.0000 MHz : 10 μ A ~ 100 mA @ Maximum 1 V
- ⑪ Measurement Signal Level Resolution
- V Mode, CV Mode : 10 mV to 1.000 V, 1 mV steps
 - CC Mode : 10 μ A steps
- ⑫ Monitor Function
- Monitoring Voltage Range : 0.000 V to 5.000 V
 - Monitoring Current Range : 0.000 mA to 100.0 mA

- ⑬ DC Resistance Measurement
 - Measurement signal level : Fixed at 1 V
- ⑭ DC bias Measurement
 - Generating Range : DC Voltage 0 V ~ 2.50 V, 10 mV Resolution
 - In low Z high accuracy mode : 0 V ~ 1 V, 10 mV Resolution
- ⑮ Measurement Speed : FAST/MED/SLOW/SLOW2
- ⑯ Averaging : Valid setting range : 1 to 256 (in steps of 1)
- ⑰ Basic Accuracy
 - Z : ± 0.05 % of Reading
 - θ : $\pm 0.03^\circ$ (representative value)
- ⑱ Guaranteed Accuracy Range : 1 m Ω ~ 200 M Ω (impedance)
- ⑲ Interfaces : EXT. I/O(handler), USB, USB flash drive, LAN, GP-IB, RS-232C
- ⑳ Display : 5.7 inch Color TFT with Touch Panel

다) Gauss Meter (Probe 포함)

- ① 용도 : Radial AMB, Thrust AMB 영구자석 소재의 자속 밀도 균일도 측정
- ② 수량 : 1set (Gauss Meter 1ea, Probe 1ea)
- ③ Display : lit-up LDC 60 × 32 mm
- ④ Reading : 3¾ Digits (0...±2999)
- ⑤ Unit & Range

No.	Unit	Range						
1	Tesla	30 μ T*	300 μ T*	3 mT	30 mT	300 mT	3 T	30 T*
2	Gauss	300 mG*	3 G*	30 G	300 G	3 kG	30 kG	300 kG*
3	A/m	24 A/m*	240 A/m*	2.4 kA/m	24 kA/m	240 kA/m	2.4 MA/m	24 MA/m*

* Special probes required

- ⑥ Resolution (in most sensitive range) : Depending on probe type
- ⑦ Frequency Range
 - DC (with polarity display)
 - AC Approx. 20 Hz ~ 20 kHz
 - (true rms, Limits depend on excitation and on probe type)
- ⑧ Basic Accuracy : DC ± 0.3 %, AC ± 2 % (without probe)
- ⑨ Precision (reproducibility) : DC ± 0.2 %, AC ± 1 % (without probe)
- ⑩ Peak Hold : Impulse rise time > 150 μ s
- ⑪ Relay Output for Limits : 2 form-C Relay
- ⑫ Analog Output : ± 3 V, BNC Connector
- ⑬ Power Supply : 90 ~ 250 V / 50 ~ 60 Hz, 5 W max.
- ⑭ Probe
 - Measurement Range : 3 mT ~ 3 T
 - Cable Length : 1.5 m
 - Active Area(Nominal Diameter) : 0.4 mm
 - Probe Corrected Accuracy (% of Reading, DC) : 0.25 % to 3 T

라) Flux Meter (Helmholtz Coil 포함)

- ① 용도 : Radial AMB, Thrust AMB 영구자석 소재의 잔류 자속 밀도 측정
- ② 수량 : 1set (Flux Meter 1ea, Helmholtz Coil 1ea)
- ③ Display : Lit-up LDC $60 \times 32 \text{ mm}^2$
- ④ Reading : Max. 4 Digits
- ⑤ Resolution : $10^{-4} / 10^{-5} / 10^{-6} / 10^{-7} \text{ Vs}$
- ⑥ Upper Range Limits : $\pm 225.0 \text{ mVs}$, $\pm 99.99 \text{ mVs}$, $\pm 9.999 \text{ mVs}$, $\pm 999.9 \mu\text{Vs}$
- ⑦ Drift per Minute : $< 10^{-6} \text{ Vs}$
- ⑧ Units (Depending on Coil Type) :
Vs, Wb, Mx, T, G, A/m, Oe, Vsm, Vs cm, A, Gb, Vs/n, Wb/n, Mx/n (per turn)
- ⑨ Basic Accuracy :
 - DC 0.3 % of reading
 - AC Peak 5 % of reading
- ⑩ Input Resistance R_i : $100 \text{ k}\Omega$
- ⑪ Measuring Inputs(alternately usable)
 - 15 pole sub-D socket for prefabricated or self-made coils
 - Pole clamps for coil wires or coils with bunch or banana plugs on the rear side
- ⑫ Max. Input Voltage : 40 V
- ⑬ Analog Output : $\pm 1 \text{ V}$ (Auxiliary Output $\pm 5 \text{ V}$)
- ⑭ Power Supply : 90 ~ 250 V / 50 ~ 60 Hz, 5 W max
- ⑮ Helmholtz Coil
 - Measuring Constant : 0.015 cm
 - Field Strength Constant : 67 (A/cm) / A
 - Flux Density Constant : 8.4 mT / A, 84 G / A
 - Resistance : 37Ω
 - Free Pass-Through : 140 mm
 - Limits for 1 % Accuracy
 - Max. Magnet Height : 50 mm
 - Max. Diameter : 70 mm

마) Electrical Safety Tester

- ① 용도 : Radial AMB, Thrust AMB 전자석 소재의 절연 저항 측정
- ② 수량 : 1ea
- ③ AC Withstanding
 - Output Voltage Range : 0.100 kV ~ 5.000 kV AC
 - Output Voltage Resolution : 2 V / step
 - Output Voltage Accuracy : $\pm(1 \text{ % of setting} + 5 \text{ V})$ (no load)
 - Maximum Rated Load : 500 VA (5 kV / 100 mA)
 - Maximum Rated Current :

100 mA ($0.5 \text{ kV} < V \leq 5 \text{ kV}$), 10 mA ($0.1 \text{ kV} \leq V \leq 0.5 \text{ kV}$)

- Output Voltage Waveform : Sine wave
- Output Voltage Frequency : 50 Hz / 60 Hz selectable

④ DC Withstanding

- Output Voltage Range : 0.100 kV ~ 6.000 kV DC
- Output Voltage Resolution : 2 V / step
- Output Voltage Accuracy : $\pm(1 \% \text{ of Setting} + 5 \text{ V})$ (no load)
- Maximum Rated Load : 100 W (5 kV / 20 mA)
- Maximum Rated Current :

20 mA ($0.5 \text{ kV} < V \leq 6 \text{ kV}$), 2 mA ($0.1 \text{ kV} \leq V \leq 0.5 \text{ kV}$)

⑤ Insulation Resistance

- Output Voltage : 50 V ~ 1,000 V DC
- Output Voltage Resolution : 50 V / step
- Output Voltage Accuracy : $\pm(1 \% \text{ of Setting} + 5 \text{ V})$ (no load)
- Resistance Measurement Range : 0.001 G Ω ~ 50.00 G Ω

No.	Test Voltage	Measurable Range	Accuracy
1	50 V \leq V \leq 450 V	0.001 ~ 0.050 G Ω	\pm (5 % of reading + 1 count)
		0.051 ~ 2.000 G Ω	\pm (10 % of reading + 1 count)
2	500 V \leq V \leq 1,000 V	0.001 ~ 0.500 G Ω	\pm (5 % of reading + 1 count)
		0.501 ~ 9.999 G Ω	\pm (10 % of reading + 1 count)
		10.00 ~ 50.00 G Ω	\pm (15 % of reading + 1 count)

- Window Comparator Method
- Output Impedance : 600 k Ω
- RAMP (Ramp-Up Time) : 0.1 s ~ 999.9 s
- TIMER (Test Time) : 1 s ~ 999.9 s

⑥ Ground Bond

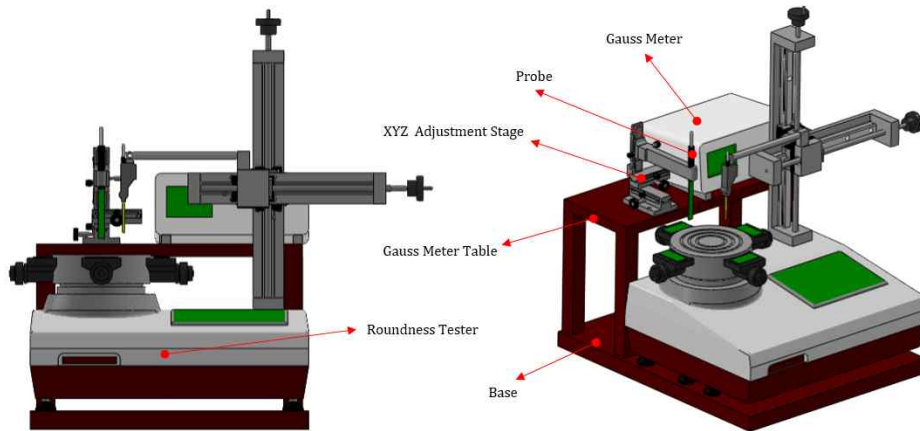
- Output Current : 3.00 A ~ 32.00 A AC
- Output Current Resolution : 0.01 A
- Output Current Accuracy :
 $3 \text{ A} \leq I \leq 8 \text{ A} : \pm(1 \% \text{ of Reading} + 0.2 \text{ A})$
 $8 \text{ A} < I \leq 32 \text{ A} : \pm(1 \% \text{ of Reading} + 0.05 \text{ A})$
- Test Voltage : 6 V AC Max (Open Circuit)
- Test Voltage Frequency : 50 Hz / 60 Hz selectable
- Resistance Measurement Range : 10 m Ω ~ 650.0 m Ω
- Resistance Measurement Resolution : 0.1 m Ω
- Resistance Measurement Accuracy : $\pm(1 \% \text{ of reading} + 2 \text{ m}\Omega)$
- Window Comparator Method
- Test Method : four Terminal

⑦ Display : 240 \times 64 Ice blue dot matrix LCD

⑧ Power : AC 100 V / 120V / 220 V / 230 V \pm 10%, 50 / 60 Hz

⑨ Interface : Rear Output, RS-232C, USB, Remote Terminal(Front), Signal I/O

바) Gauss Meter Probe Stage



<그림. 5> Gauss Meter Probe Stage (예)

- ① 당원이 제공하는 진원도 측정기(Roundness Tester) Kosaka 社 EC 1850H와 제안사가 공급하는 Gauss Meter 및 Probe를 기준으로 Radial AMB, Thrust AMB 전자석 및 영구자석 소재의 동심도 측정과 자속 밀도 균일도 측정을 동시에 수행할 수 있도록 하여야 한다.
- ② Gauss Meter Probe Stage
 - Base, Gauss Meter Table, Probe Stage(3-Axis) 등으로 구성
 - 능동 마그네틱 베어링의 Size를 고려하여 X, Y, Z 축의 Stroke를 결정하여야 한다.

사) 산업용 PC (모니터 포함)

- ① 용도 : Roundness Tester의 운용, 각종 측정기의 연결 및 Monitoring, 데이터 관리 등
- ② 수량 : 1set (산업용 PC 1ea, 모니터 2ea)
- ③ Processor : Intel Core 10th i7-10700K 이상
- ④ Memory : 16GB DDR4-2666 이상
- ⑤ SDD : 256GB M.2 이상
- ⑥ Monitor : 24 " 이상

아) 시료 측정 정반

- ① 용도 : 시험품 고정 및 측정용
- ② 수량 : 1set
- ③ Type : 정밀 석정반, Bolt hole Type
- ④ Grade : Grade 1
- ⑤ Size : L(길이) 1,200mm × W(폭) 900mm × H(높이) 200mm
- ⑥ 시료 측정용 고정장치(시료 고정 Jig 및 Fix) 포함

자) 테이블

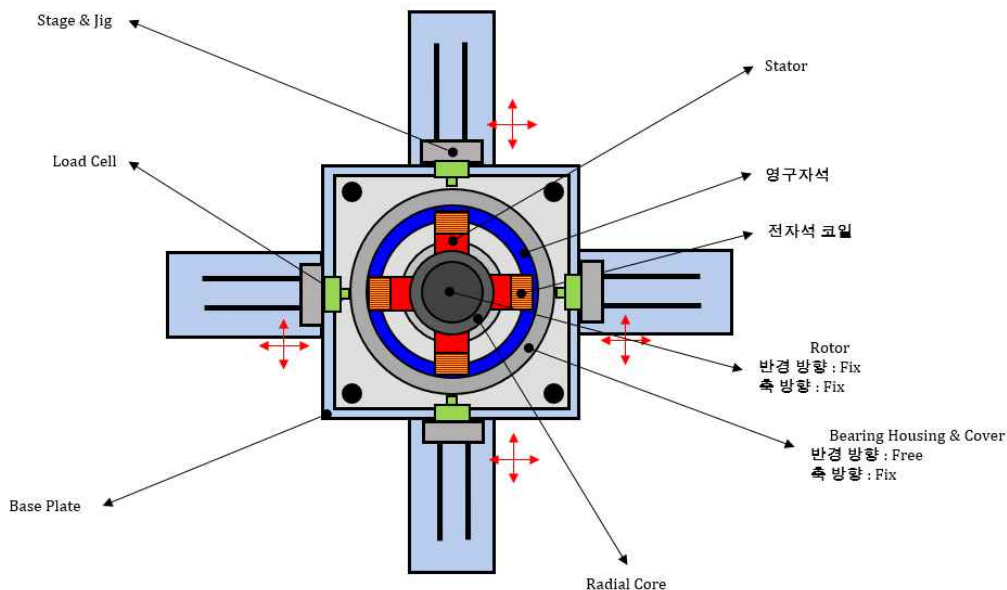
- ① 용도 : 시험품의 거치, 시험 준비, 조립, 각종 측정기 배치, PC, 모니터 등 배치
- ② 수량 : 2ea
- ③ Size : L(길이) 1,800mm × W(폭) 900mm

차) 의자

2. 정적 부하 신뢰성 평가 장비

가) 500N급 반경 방향 부하 용량 시험장치

- ① 용도 : 정적 상태 부하 용량 시험
- ② 수량 : 1set
- ③ 시험 대상 : Radial AMB, 부하 용량 500N 이하
- ④ 시험 방법 : Radial AMB 전자석 코일 제어 전류인가 및 전자기력에 의한 반력(부하 용량) 측정 (4개소)
- ⑤ 제어 전류 : 0A ~ 최대 전류 (Radial AMB의 최대 허용 전류 또는 정적 부하 전류 제어 드라이버 및 DC 파워 서플라이의 최대 허용 전류)
- ⑥ 부하 용량 측정 원리



<그림. 6> 반경 방향 부하 용량 시험장치 개념도 예시 (부하 용량 측정 원리)

- Radial AMB의 전자석 코일 전류 인가
 - 전류에 비례하여 전자기력이 발생, Rotor의 Radial Core에 반경 방향으로 힘 작용
(Rotor : 반경 방향, 축 방향 Fix, Bearing Housing : 축 방향 Fix, 반경 방향 Free)
 - Radial Core에 작용하는 힘은 Radial AMB가 설치된 Bearing Housing에 반력으로 작용
 - 반력으로 작용하는 힘 Load Cell 인가, Load Cell 부하 용량 계측
(Load Cell의 한쪽은 Housing의 외면에 고정, 다른 한쪽은 2-Axis Adjustment Stage Jig에 고정)
- ⑦ Bearing Housing 및 Cover
- 용도 : 부하 용량 500N 이하 Radial AMB 시험품 설치
 - 수량 : 1set
 - Radial AMB 부하 하중 : 500N 이하
 - Radial AMB 외경 : 150mm 이하

- Radial AMB 높이 : 100mm 이하
 - Bearing Housing 및 Bearing Cover의 구조는 다양한 Size의 Radial AMB에 대한 시험이 가능한 구조여야 한다. (Bearing Cover의 Size 변경을 통하여 각각의 Radial AMB Size 대응)
 - 단, Bearing Cover의 Size는 협의 후 결정한다. (시운전(성능 검수)을 위한 Radial AMB의 부하 용량을 결정 후, 그에 따라 Size 결정)
- ⑧ Stage & Jig
- 용도 : Load Cell의 위치 조절 및 고정, 시험품(Bearing Housing 설치)과 Rotor의 동심 조절
 - 수량 : 4set (반경 방향 부하 용량 시험장치 개념도 참조)
 - Stage & Jig는 시험품의 Housing 설치, 다양한 Size의 시험품의 힘 작용점에 대한 Load Cell의 위치 조절, 동심 조절 등을 용이하게 할 수 있는 구조여야 한다.
 - Stage & Jig는 시험 부하 하중의 200% 이상의 충분한 강성을 갖도록 설계, 제작되어야 한다.
- ⑨ Load Cell
- 용도 : Radial AMB의 부하 용량 측정
 - 수량 : 4ea (반경 방향 부하 용량 시험장치 개념도 참조)
 - Type : Tension / Compression
 - Measurement Range : $\pm 50\text{kgf}$
 - Output : $2.0 \text{ mV/V} (\pm 0.25 \%)$
 - Non-linearity : $\pm 0.1 \%$ of R.O. 이하
 - Repeatability : $\pm 0.1 \%$ of R.O. 이하
 - Operating Temperature Range : $- 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- ⑩ 기타 구성품
- Base Plate, Mount 등
- ⑪ 능동 마그네틱 베어링의 작동 원리 및 기능을 충분히 이해하고 용도에 부합하도록 메커니즘을 고안하여 개념도와 함께 제안서에 제시하여야 한다.

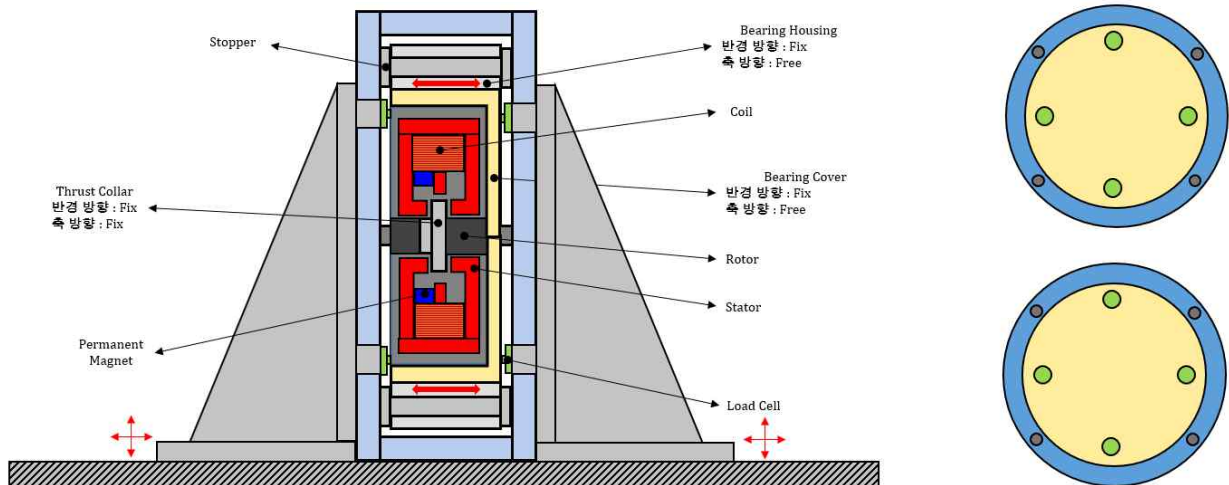
나) 2kN급 반경 방향 부하 용량 시험장치

- ① 용도 : 정적 상태 부하 용량 시험
- ② 수량 : 1set
- ③ 시험 대상 : Radial AMB, 부하 용량 500N 초과, 2kN 이하
- ④ 시험 방법 : Radial AMB 전자석 코일 제어 전류인가 및 전자기력에 의한 반력(부하 용량) 측정 (4개소)
- ⑤ 제어 전류 : 0A ~ 최대 전류 (Radial AMB의 최대 허용 전류 또는 정적 부하 전류 제어 드라이버 및 DC 파워 서플라이의 최대 허용 전류)
- ⑥ 부하 용량 측정 원리 - 500N급 반경 방향 부하 용량 시험장치와 원리 같음
- ⑦ Bearing Housing 및 Cover
 - 용도 : 부하 용량 500N 초과, 2kN 이하 Radial AMB 시험품 설치
 - 수량 : 1set
 - Radial AMB 부하 하중 : 2kN 이하
 - Radial AMB 외경 : 500mm 이하
 - Radial AMB 높이 : 200mm 이하

- Bearing Housing 및 Bearing Cover의 구조는 다양한 Size의 Radial AMB에 대한 시험이 가능한 구조여야 한다. (Bearing Cover의 Size 변경을 통하여 각각의 Radial AMB Size 대응)
 - 단, Bearing Cover의 Size는 협의 후 결정한다. (시운전(성능 검수)을 위한 Radial AMB의 부하 용량을 결정 후, 그에 따라 Size 결정)
- ⑧ Stage & Jig
- 용도 : Load Cell의 위치 조절 및 고정, 시험품(Bearing Housing 설치)과 Rotor의 동심 조절
 - 수량 : 4set (반경 방향 부하 용량 시험장치 개념도 참조)
 - Stage & Jig는 시험품의 Housing 설치, 다양한 Size의 시험품의 힘 작용점에 대한 Load Cell의 위치 조절, 동심 조절 등을 용이하게 할 수 있는 구조여야 한다.
 - Stage & Jig는 시험 부하 하중의 200% 이상의 충분한 강성을 갖도록 설계, 제작되어야 한다.
- ⑨ Load Cell
- 용도 : Radial AMB의 부하 용량 측정
 - 수량 : 4ea (반경 방향 부하 용량 시험장치 개념도 참조)
 - Type : Tension / Compression
 - Measurement Range : $\pm 200\text{kgf}$
 - Output : $2.0 \text{ mV/V} (\pm 0.25 \%)$
 - Non-linearity : $\pm 0.1 \%$ of R.O. 이하
 - Repeatability : $\pm 0.1 \%$ of R.O. 이하
 - Operating Temperature Range : $- 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- ⑩ 기타 구성품
- Base Plate, Mount 등
- ⑪ 능동 마그네틱 베어링의 작동 원리 및 기능을 충분히 이해하고 용도에 부합하도록 메커니즘을 고안하여 개념도와 함께 제안서에 제시하여야 한다.

다) 1kN급 축 방향 부하 용량 시험장치

- ① 용도 : 정적 상태 부하 용량 시험
- ② 수량 : 1set
- ③ 시험 대상 : Thrust AMB, 부하 용량 1kN 이하
- ④ 시험 방법 : Thrust AMB 전자석 코일 제어 전류인가 및 전자기력에 의한 반력(부하 용량) 측정 (8개소)
- ⑤ 제어 전류 : 0A ~ 최대 전류 (Thrust AMB의 최대 허용 전류 또는 정적 부하 전류 제어 드라이버 및 DC 파워 서플라이의 최대 허용 전류)
- ⑥ 부하 용량 측정 원리
 - Thrust AMB의 전자석 코일 전류 인가
 - 전류에 비례하여 전자기력이 발생, Rotor의 Thrust Collar에 축 방향으로 힘 작용 (Rotor : 반경 방향, 축 방향 Fix, Bearing Housing : 반경 방향 Fix, 축 방향 Free)
 - Thrust Collar에 작용하는 힘은 Thrust AMB가 설치된 Bearing Housing에 반력으로 작용
 - 반력으로 작용하는 힘 Load Cell 인가, Load Cell 부하 요양 계측 (Load Cell의 한쪽은 Housing의 외면에 고정, 다른 한쪽은 2-Axis Adjustment Stage Jig에 고정)



<그림. 7> 축 방향 부하 용량 시험장치 개념도 예시 (부하 용량 측정 원리)

⑦ Bearing Housing 및 Cover

- 용도 : 부하 용량 1kN 이하 Thrust AMB 시험품 설치
- 수량 : 1set
- Thrust AMB 부하 하중 : 1kN 이하
- Thrust AMB 외경 : 200mm 이하
- Thrust AMB 높이 : 100mm 이하
- Bearing Housing 및 Bearing Cover의 구조는 다양한 Size의 Thrust AMB에 대한 시험이 가능한 구조여야 한다. (Bearing Cover의 Size 변경을 통하여 각각의 Thrust AMB Size 대응)
- 단, Bearing Cover의 Size는 협의 후 결정한다. (시운전(성능 검수)을 위한 Radial AMB의 부하 용량을 결정 후, 그에 따라 Size 결정)

⑧ Stage & Jig

- 용도 : Load Cell의 위치 조절 및 고정, 시험품(Bearing Housing 설치)과 Rotor의 동심 조절 및 시험품(Bearing Housing 설치)과 Stator(Rotor 설치)와의 위치 조절
- 수량 : 2set (축 방향 부하 용량 시험장치 개념도 참조)
- Stage & Jig는 시험품의 Housing 설치, 다양한 Size의 시험품의 힘 작용점에 대한 Load Cell의 위치 조절, 동심 조절, 위치 조절 등을 용이하게 할 수 있는 구조여야 한다.
- Stage & Jig는 시험 부하 하중의 200% 이상의 충분한 강성을 갖도록 설계, 제작되어야 한다.

⑨ Load Cell

- 용도 : Thrust AMB의 부하 용량 측정
- 수량 : 8ea (축 방향 부하 용량 시험장치 개념도 참조)
- Type : Tension / Compression
- Measurement Range : $\pm 100\text{kgf}$
- Output : $2.0 \text{ mV/V } (\pm 0.25 \%)$
- Non-linearity : $\pm 0.1 \%$ of R.O. 이하
- Repeatability : $\pm 0.1 \%$ of R.O. 이하
- Operating Temperature Range : $-20^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$

⑩ 기타 구성품

- Base Plate, Mount 등

- ⑪ 능동 마그네틱 베어링의 작동 원리 및 기능을 충분히 이해하고 용도에 부합하도록 메커니즘을 고안하여 개념도와 함께 제안서에 제시하여야 한다.

라) 5kN급 축 방향 부하 용량 시험장치

- ① 용도 : 정적 상태 부하 용량 시험
- ② 수량 : 1set
- ③ 시험 대상 : Thrust AMB, 부하 용량 1kN 초과, 5kN 이하
- ④ 시험 방법 : Thrust AMB 전자석 코일 제어 전류인가 및 전자기력에 의한 반력(부하 용량) 측정 (8개소)
- ⑤ 제어 전류 : 0A ~ 최대 전류 (Thrust AMB의 최대 허용 전류 또는 정적 부하 전류 제어 드라이버 및 DC 파워 서플라이의 최대 허용 전류)
- ⑥ 부하 용량 측정 원리 - 1kN급 축 방향 부하 용량 시험장치와 원리 같음
- ⑦ Bearing Housing 및 Cover
 - 용도 : 부하 용량 1kN 초과, 5kN 이하 Thrust AMB 시험품 설치
 - 수량 : 1set
 - Thrust AMB 부하 하중 : 5kN 이하
 - Thrust AMB 외경 : 450mm 이하
 - Thrust AMB 높이 : 200mm 이하
 - Bearing Housing 및 Bearing Cover의 구조는 다양한 Size의 Radial AMB에 대한 시험이 가능한 구조여야 한다. (Bearing Cover의 Size 변경을 통하여 각각의 Radial AMB Size 대응)
 - 단, Bearing Cover의 Size는 협의 후 결정한다. (시운전(성능 검수)을 위한 Radial AMB의 부하 용량을 결정 후, 그에 따라 Size 결정)
- ⑧ Stage & Jig
 - 용도 : Load Cell의 위치 조절 및 고정, 시험품(Bearing Housing 설치)과 Rotor의 동심 조절 및 시험품(Bearing Housing 설치)과 Stator(Rotor 설치)와의 위치 조절
 - 수량 : 2set (축 방향 부하 용량 시험장치 개념도 참조)
 - Stage & Jig는 시험품의 Housing 설치, 다양한 Size의 시험품의 힘 작용점에 대한 Load Cell의 위치 조절, 동심 조절, 위치 조절 등을 용이하게 할 수 있는 구조여야 한다.
 - Stage & Jig는 시험 부하 하중의 200% 이상의 충분한 강성을 갖도록 설계, 제작되어야 한다.
- ⑨ Load Cell
 - 용도 : Thrust AMB의 부하 용량 측정
 - 수량 : 8ea (축 방향 부하 용량 시험장치 개념도 참조)
 - Type : Tension / Compression
 - Measurement Range : $\pm 500\text{kgf}$
 - Output : $2.0 \text{ mV/V } (\pm 0.25 \%)$
 - Non-linearity : $\pm 0.1 \%$ of R.O. 이하
 - Repeatability : $\pm 0.1 \%$ of R.O. 이하
 - Operating Temperature Range : $- 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 80 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- ⑩ 기타 구성품
 - Base Plate, Mount 등 설계

- ⑪ 능동 마그네틱 베어링의 작동 원리 및 기능을 충분히 이해하고 용도에 부합하도록 메커니즘을 고안하여 개념도와 함께 제안서에 제시하여야 한다.

마) Test Bed Assembly

- ① 용도 : 부하 용량 시험장치 설치용
- ② 수량 : 1set
- ③ Size : L(길이) 4,000mm × W(폭) 2,000mm × H(높이) 1,100mm (예상)
- ④ 실험실 배치 공간을 고려하여 추후 협의한다.
- ⑤ 반경 방향 부하 용량 시험장치와 축 방향 부하 용량 시험장치의 Size, 시험품인 Radial AMB, Thrust AMB의 조립을 위한 환경, 정적 부하 신뢰성 평가를 위한 각종 측정기 등을 고려하여 배치하여야 한다.

바) 열화상 카메라

- ① 용도 : Radial AMB, Thrust AMB 시험품의 온도 분포 모니터링
- ② 수량 : 1ea
- ③ Optical Resolution : 382 × 288 pixels
- ④ Detector : FPA, uncooled (17 μ m pitch)
- ⑤ Spectral Range : 7.5 ~ 13 μ m
- ⑥ Temperature Range : - 20℃ to 100℃, 0℃ to 250℃, (20) 150 ~ 900℃
- ⑦ Frame rate : 80 Hz / 27 Hz
- ⑧ Field of View (FOV) : 80° × 54° (f = 5.7)
- ⑨ Focus : Manual motor focus
- ⑩ Thermal Sensitivity (NETD) : 80 mK
- ⑪ Temperature Accuracy : \pm 2℃ or \pm 2 %, whichever is greater
- ⑫ PC Interface : USB 2.0

사) 열화상 카메라 이송 및 고정부

- ① 용도 : 열화상 카메라 고정 Frame 및 이송 Guide
- ② 수량 : 1set
- ③ 열화상 카메라 시야각을 기준으로 부하 용량 시험장치 상부에서 시험품 온도를 모니터링할 수 있어야 한다.
- ④ 시험품 배치 공간의 거리 및 높이를 만족하여야 한다.
- ⑤ 공간적인 제약으로 모든 시험품(총 4개) 온도를 모니터링할 수 없다면, 이에 대한 보완할 수 있는 메커니즘을 고안하여 개념도와 함께 제안서에 제시하여야 한다.

아) 산업용 PC (모니터 포함)

- ① 용도 : 정적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측, 각종 측정기의 Interface 및 Monitoring,

데이터 관리 등

② 수량 : 1set (산업용 PC 1ea, 모니터 2ea)

③ 제원은 소재 종합 성능 평가 장비 산업용 PC(모니터 포함)와 같다.

자) 테이블

① 용도 : 시험품의 거치, 시험 준비, 조립, 각종 측정기 배치, PC, 모니터 등 배치

② 수량 : 1ea

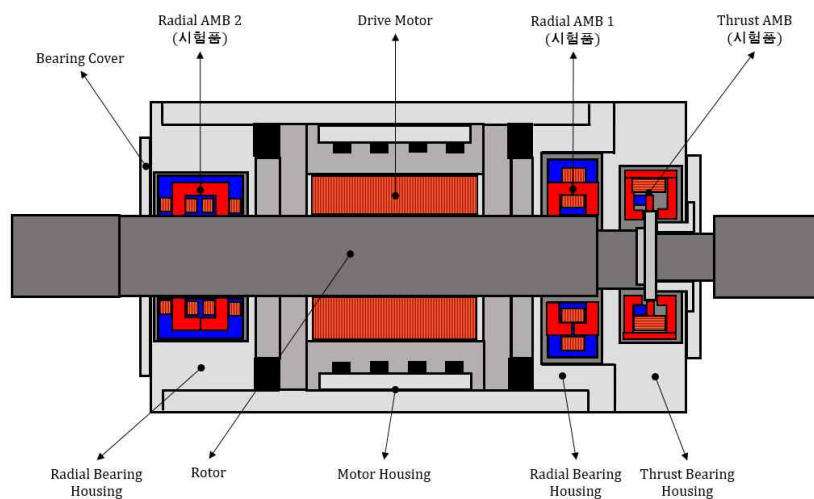
③ 제원은 소재 종합 성능 평가 장비 테이블과 같다.

타) 의자

3. 동적 부하 신뢰성 평가 장비

가) 비접촉식 하중 시험장치

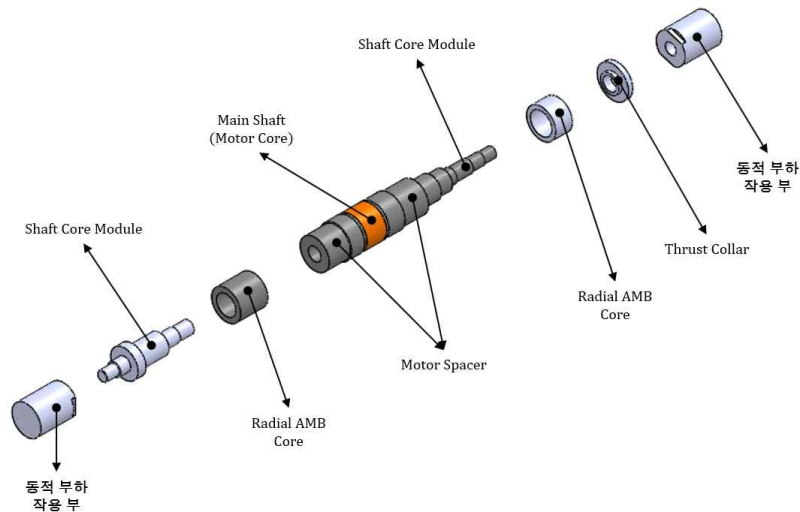
- ① 용도 : 동적 상태 부하 용량 시험 및 Runout 측정
- ② 수량 : 2set
- ③ 시험 대상 : 테스트 모듈
 - Radial AMB 부하 용량 500N 이하 2ea (변위 센서 일체형)
 - Thrust AMB 부하 용량 1kN 이하 1ea (변위 센서 일체형)
- ④ 시험 방법
 - Rotor 회전속도 : 최대 20,000rpm
 - 부하 인가 : 비접촉식
 - 반경 방향 부하 인가 장치 2set : 부하 하중 500N 이상
 - 축 방향 부하 인가 장치 1set : 부하 하중 1kN 이상
 - Rotor가 회전 상태에서 Rotor의 양끝단에 반경 방향으로 부하를 인가하고 한쪽 끝단에 축 방향으로 부하 인가
 - 인가하는 부하 하중을 증가시키면서, 안정적으로 작동하는 최대 부하 시험
 - 부하 시험 중 Displacement Sensor를 이용하여 Runout 측정 시험 병행



<그림. 8> 동적 부하 테스트 모듈 개념도

- ⑤ Radial & Thrust Bearing Housing 및 Cover
 - 용도 : 부하 용량 500N 이하 Radial AMB 2개 및 1kN 이하 Thrust AMB 1개 시험품 설치
 - 수량 : 총 2set (1set × 비접촉식 하중 시험장치 2set)
 - Radial AMB 부하 하중 : 500N 이하
 - Radial AMB 외경 : 150mm 이하
 - Radial AMB 높이 : 100mm 이하

- Thrust AMB 부하 하중 : 1kN 이하
- Thrust AMB 외경 : 200mm 이하
- Thrust AMB 높이 : 100mm 이하
- Bearing Housing 및 Bearing Cover의 구조는 Radial Bearing Housing, Thrust Bearing Housing의 Size를 조절하여 시험품의 다양한 Size에 대응하여야 함. (Motor Housing Fix)
- 단, 시운전(성능 검수)을 위하여 제안사가 공급하는 Radial AMB(변위 센서 일체형) 2개와 Thrust AMB(변위 센서 일체형) 1개에 맞춰 Bearing Housing 및 Cover의 Size를 결정하여야 한다. (총 비접촉식 하중 시험장치 용 시험품 Radial AMB 4개, Thrust AMB 2개를 공급하여야 한다.)



<그림. 9> 동적 부하 테스트 Rotor 개념도

⑥ Drive Motor & Main Shaft, Motor Housing

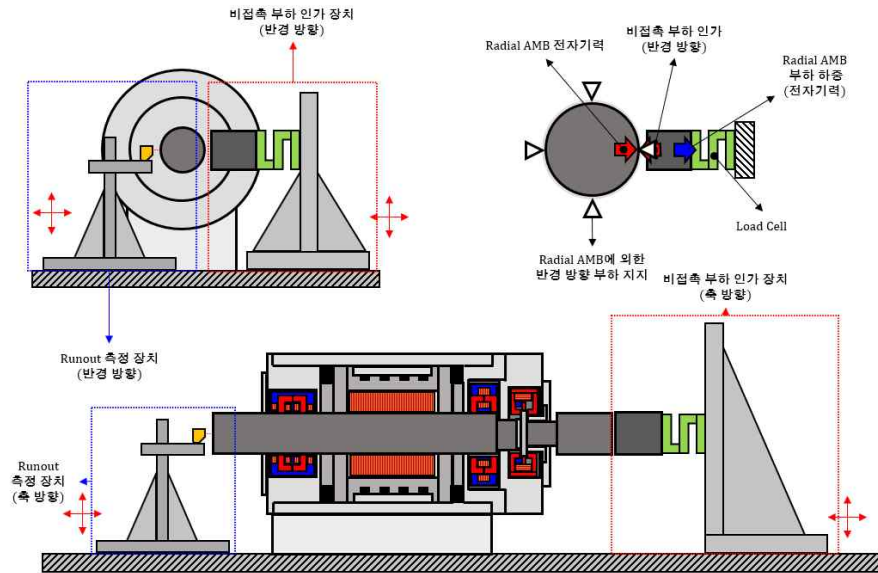
- 용도 : Rotor 회전용
- 수량 : 총 2set (1set × 비접촉식 하중 시험장치 2set)
- Type : AC Motor
- Voltage : 3상 220V
- 회전속도 : 20,000rpm 이상
- 회전속도 제어 : 인버터 주파수 제어
- Drive Motor는 Motor Stator와 Main Shaft(Motor Core) 구성 (Radial AMB, Thrust AMB 지지)
- Motor Housing은 Drive Motor와 Radial AMB, Thrust AMB의 Size를 고려하여 Size를 결정하여야 한다.
- Motor Housing은 Drive Motor의 수냉식 냉각을 위한 구조여야 한다.

⑦ Rotor

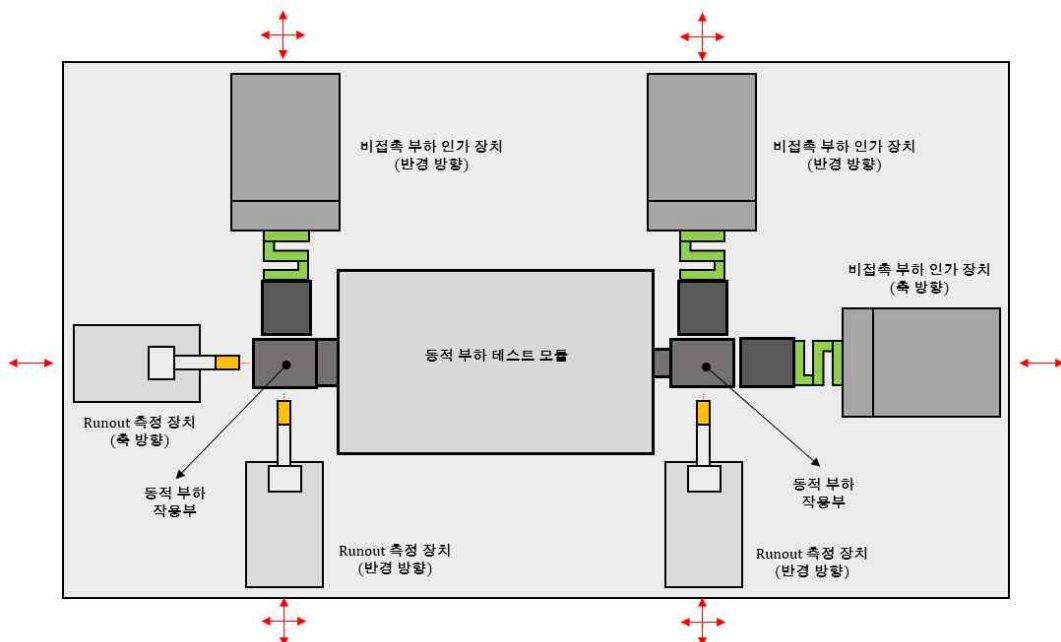
- 용도 : Radial AMB Core, Thrust Collar, 동적 부하 작용부 설치용
- 수량 : 총 2set (1set × 비접촉식 하중 시험장치 2set)
- <그림. 9>와 같은 구조로 구성하여야 한다.
- Radial AMB Core, Thrust Collar는 시험 의뢰업체에서 제공한다.

단, 시운전(성능 검수)을 위하여 제안 업체에서 제공하는 총 Radial AMB 4개, Thrust AMB 2개의 Radial AMB Core와 Thrust Collar로 구성하여야 한다.

- Radial AMB Core와 Thrust Collar, 비접촉 동적 부하 하중이 작용하는 동적 부하 작용부의 설치가 용이한 Shaft Core Module을 Main Shaft에 체결할 수 있는 구조로 구성하여야 한다.
- 동적 부하 작용부는 결정한 비접촉식 부하 인가 작동기 및 시험 조건에 대응하여야 한다.



<그림. 10> 비접촉식 하중 시험장치 개념도



<그림. 11> 비접촉식 하중 시험장치 개념도 (비접촉 부하 인가 장치 및 Runout 측정 장치 위치)

⑧ 비접촉식 부하 인가 장치

- 용도 : 최대 20,000rpm으로 회전하는 Rotor의 양 끝단 반경 방향으로 하중 인가 및 한 쪽 끝단 축 방향으로 하중 인가 (<그림. 10>, <그림. 11> 참조)
- 수량 : 반경 방향 총 4set, 축 방향 총 2set (비접촉 하중 시험장치 2set)
- 비접촉식 부하 인가 장치는 시험품의 Housing 설치, 부하 인가 위치 조절 등을 용이하게 할 수 있는 구조로 구성하여야 한다.
- 부하 용량 500N 이하 Radial AMB, 부하 용량 1kN 이하 Thrust AMB의 Size에 따라, 동적 부하 작용부의 위치가 변하기 때문에, 부하 인가 장치의 부하 작용점을 정밀하게 조절할 수 있는 구조로 구성하여야 한다.
- 비접촉식 부하 인가 장치는 시험 부하 하중의 200% 이상의 충분한 강성을 갖도록 설계, 제작되어야 한다.

㉠ 비접촉식 부하 인가 작동기 (반경 방향)

- 용도 : Rotor의 양 끝단 반경 방향 부하 하중 인가
- 수량 : 총 4ea (2ea × 비접촉식 하중 시험장치 2set)
- 작동기 Type : 비접촉식 부하 하중 방식을 결정하여 제안서에 제시하여야 한다.
- 제어 : 부하 하중의 제어가 가능하여야 한다.
- 부하 하중 : 500N 이상

㉡ 비접촉식 부하 인가 작동기 (축 방향)

- 용도 : Rotor의 한 끝단 축 방향 부하 하중 인가
- 수량 : 총 2ea (1ea × 비접촉식 하중 시험장치 2set)
- 작동기 Type : 비접촉식 부하 하중 방식을 결정하여 제안서에 제시하여야 한다.
- 제어 : 부하 하중의 제어가 가능하여야 한다.
- 부하 하중 : 1kN 이상

㉢ Load Cell (반경 방향)

- 용도 : Radial AMB의 부하 용량 측정
- 수량 : 총 4ea (비접촉식 하중 시험장치 2set)
- Type : Tension / Compression
- Measurement Range : $\pm 50\text{kgf}$
- Output : 1.0 ~ 2.0 mV/V
- Non-linearity : $\pm 0.05\%$ of R.O. 이하
- Repeatability : $\pm 0.03\%$ of R.O. 이하
- Operating Temperature Range : $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$

㉣ Load Cell (축 방향)

- 용도 : Thrust AMB의 부하 용량 측정
- 수량 : 총 2ea (비접촉식 하중 시험장치 2set)
- Measurement Range : $\pm 100\text{kgf}$
- Output : 1.0 ~ 2.0 mV/V
- Non-linearity : $\pm 0.05\%$ of R.O. 이하
- Repeatability : $\pm 0.03\%$ of R.O. 이하
- Operating Temperature Range : $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$

㉤ Water Cooling Unit

- 용도 : Drive Motor 냉각

- 수량 : 총 2ea (비접촉식 하중 시험장치 2set)
- Type : 수냉식
- Cooling Capability : 1,200 kcal/hr 이상
- Tank Volume : 10 Liter 이상
- Rated Power : 0.375 kW 이상
- Power : AC 220 V, 3상

⑨ Runout 측정 장치

- 용도 : 최대 20,000rpm으로 회전하는 Rotor의 양 끝단 반경 방향 및 한 쪽 끝단 축 방향 Runout(흔들림) 측정 (<그림. 10>, <그림. 11> 참조)

$$\text{※ Runout} = \text{Roundness} + \text{Concentricity}$$

- 수량 : 반경 방향 총 4set, 축 방향 총 2set (비접촉식 하중 시험장치 2set)
- Runout 측정 장치는 시험품의 Housing 설치, 측정 위치 조절 등을 용이하게 할 수 있는 구조로 구성하여야 한다.
- 부하 용량 500N 이하 Radial AMB, 부하 용량 1kN 이하 Thrust AMB의 Size에 따라, 동적 부하 작용부의 위치가 변하기 때문에, 측정 장치의 측정 위치를 정밀하게 조절할 수 있는 구조로 구성하여야 한다.

㉠ Displacement Sensor Head

- 용도 : Rotor의 Runout 측정
- 수량 : 총 6ea (3ea × 비접촉식 하중 시험장치 2set)
- Type : Square-Shaped Straight Type
- Measurement Center Distance : 20 mm
- Measuring Range : ± 1 mm
- Static Resolution : $0.25 \mu\text{m}$
- Linearity : $\pm 0.9 \mu\text{m}$
- Spot Diameter : $\varnothing 13 \mu\text{m}$
- Measurement Cycle : $80 \mu\text{s}$ to $1,600 \mu\text{s}$

㉡ Displacement Sensor Controller

- 용도 : Sensor Head Controller
- 수량 : 6ea
- Input/Output Type : NPN/PNP dual Type
- Number of Connected Sensor Heads : 1 ea
- Segment Display : Main display 11-segment white display, 6 digits
Sub-display 11-segment white display, 6 digits
- External I/F : Ethernet, EtherCAT, RS-232C, Analog Output Terminal Block, 32-pole Expansion Connector
- Display cycle : Approx. 10 times/sec.
- Analog output voltage : ± 10 V output, Output impedance: 100Ω
- Analog current output : 4 to 20 mA, Maximum load resistance: 300Ω
- Measuring Cycle : $80 \mu\text{s}$ to $1,600 \mu\text{s}$
- Power Supply : 21.6 V to 26.4 V dc

⑩ 기타 구성품

- Base Plate, Mount 등

- ⑪ 능동 마그네틱 베어링의 작동 원리 및 기능을 충분히 이해하고 용도에 부합하도록 메커니즘을 고안하여 개념도와 함께 제안서에 제시하여야 한다.

나) 접촉식 하중 시험장치

- ① 용도 : 동적 상태 부하 용량 시험 및 Runout 측정
- ② 수량 : 1set
- ③ 시험 대상 : 테스트 모듈
 - Radial AMB 부하 용량 1kN 이하 2ea (변위 센서 일체형)
 - Thrust AMB 부하 용량 5kN 이하 1ea (변위 센서 일체형)
- ④ 시험 방법
 - Rotor 회전속도 : 최대 15,000rpm
 - 부하 인가 : 접촉식
 - 반경 방향 부하 인가 장치 2set : 부하 하중 1kN 이상
 - 축 방향 부하 인가 장치 1set : 부하 하중 5kN 이상
 - Rotor가 회전 상태에서 Rotor의 양끝단에 반경 방향으로 부하를 인가하고 한쪽 끝단에 축 방향으로 부하 인가
 - 인가하는 부하 하중을 증가시키면서, 안정적으로 작동하는 최대 부하 시험
 - 부하 시험 중 Displacement Sensor를 이용하여 Runout 측정 시험 병행
- ⑤ Radial & Thrust Bearing Housing 및 Cover
 - 용도 : 부하 용량 1kN 이하 Radial AMB 2개 및 5kN 이하 Thrust AMB 1개 시험품 설치
 - 수량 : 1set
 - Radial AMB 부하 하중 : 1kN 이하
 - Radial AMB 외경 : 250mm 이하
 - Radial AMB 높이 : 150mm 이하
 - Thrust AMB 부하 하중 : 5kN 이하
 - Thrust AMB 외경 : 450mm 이하
 - Thrust AMB 높이 : 200mm 이하
 - Bearing Housing 및 Bearing Cover의 구조는 Radial Bearing Housing, Thrust Bearing Housing의 Size를 조절하여 시험품의 다양한 Size에 대응하여야 함. (Motor Housing Fix)
 - 단, 시운전(성능 검수)을 위하여 제안사가 공급하는 Radial AMB(변위 센서 일체형) 2개와 Thrust AMB(변위 센서 일체형) 1개에 맞춰 Bearing Housing 및 Cover의 Size를 결정하여야 한다.
- ⑥ Drive Motor & Main Shaft, Motor Housing
 - 용도 : Rotor 회전용
 - 수량 : 총 1set
 - Type : AC Motor
 - Voltage : 3상 220V
 - 회전속도 : 20,000rpm 이상
 - 회전속도 제어 : 인버터 주파수 제어
 - Drive Motor는 Motor Stator와 Main Shaft(Motor Core) 구성 (Radial AMB, Thrust AMB지지)
 - Motor Housing은 Drive Motor와 Radial AMB, Thrust AMB의 Size를 고려하여 Size를 결정

하여야 한다.

- Motor Housing은 Drive Motor의 수냉식 냉각을 위한 구조여야 한다.

⑦ Rotor

- 용도 : Radial AMB Core, Thrust Collar, 동적 부하 작용부 설치용
- 수량 : 총 1set
- <그림. 9>와 같은 구조로 구성하여야 한다.
- Radial AMB Core, Thrust Collar는 시험 의뢰업체에서 제공한다.

단, 시운전(성능 검수)을 위하여 제안 업체에서 제공하는 Radial AMB 2개, Thrust AMB 1개의 Radial AMB Core와 Thrust Collar로 구성하여야 한다.

- Radial AMB Core와 Thrust Collar, 접촉 동적 부하 하중이 작용하는 동적 부하 작용부의 설치가 용이한 Shaft Core Module을 Main Shaft에 체결할 수 있는 구조로 구성하여야 한다.
- 동적 부하 작용부는 결정한 접촉식 부하 인가 작동기 및 시험 조건에 대응하여야 한다.

⑧ 접촉식 부하 인가 장치

- 용도 : 최대 15,000rpm으로 회전하는 Rotor의 양 끝단 반경 방향으로 하중 인가 및 한 쪽 끝단 축 방향으로 하중 인가 (<그림. 10>, <그림. 11> 참조)
- 수량 : 반경 방향 총 2set, 축 방향 총 1set
- 접촉식 부하 인가 장치는 시험품의 Housing 설치, 부하 인가 위치 조절 등을 용이하게 할 수 있는 구조로 구성하여야 한다.
- 부하 용량 1kN 이하 Radial AMB, 부하 용량 5kN 이하 Thrust AMB의 Size에 따라, 동적 부하 작용부의 위치가 변하기 때문에, 부하 인가 장치의 부하 작용점을 정밀하게 조절할 수 있는 구조로 구성하여야 한다.
- 접촉식 부하 인가 장치는 시험 부하 하중의 200% 이상의 충분한 강성을 갖도록 설계, 제작되어야 한다.

㉠ 접촉식 부하 인가 작동기 (반경 방향)

- 용도 : Rotor의 양 끝단 반경 방향 부하 하중 인가
- 수량 : 총 2ea
- 작동기 Type : 접촉식 부하 하중 방식을 결정하여 제안서에 제시하여야 한다.
- 제어 : 부하 하중의 제어가 가능하여야 한다.
- 부하 하중 : 1kN 이상

㉡ 접촉식 부하 인가 작동기 (축 방향)

- 용도 : Rotor의 한 끝단 축 방향 부하 하중 인가
- 수량 : 총 1ea
- 작동기 Type : 접촉식 부하 하중 방식을 결정하여 제안서에 제시하여야 한다.
- 제어 : 부하 하중의 제어가 가능하여야 한다.
- 부하 하중 : 5kN 이상

㉢ Load Cell (반경 방향)

- 용도 : Radial AMB의 부하 용량 측정
- 수량 : 총 2ea
- Type : Tension / Compression
- Measurement Range : $\pm 100\text{kgf}$
- Output : $2.0\text{ mV/V } (\pm 0.25\%)$
- Non-linearity : $\pm 0.1\%$ of R.O. 이하

- Repeatability : ± 0.1 % of R.O. 이하
- Operating Temperature Range : $- 20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ㉠ Load Cell (반경 방향) - 변경될 수 있음
 - 용도 : Thrust AMB의 부하 용량 측정
 - 수량 : 총 1ea
 - Type : Tension / Compression
 - Measurement Range : $\pm 500\text{kgf}$
 - Output : 2.0 mV/V (± 0.25 %)
 - Non-linearity : ± 0.1 % of R.O. 이하
 - Repeatability : ± 0.1 % of R.O. 이하
 - Operating Temperature Range : $- 20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ㉡ Water Cooling Unit
 - 용도 : Drive Motor 냉각
 - 수량 : 총 1ea
 - Type : 수냉식
 - Cooling Capability : $1,200\text{ kcal/hr}$ 이상
 - Tank Volume : 10 Liter 이상
 - Rated Power : 0.375 kW 이상
 - Power : AC 220 V , 3상
- ⑨ Runout 측정 장치
 - 용도 : 최대 $20,000\text{rpm}$ 으로 회전하는 Rotor의 양 끝단 반경 방향 및 한 쪽 끝단 축 방향 Runout(흔들림) 측정 (<그림. 10>, <그림. 11> 참조)
 - ※ $\text{Runout} = \text{Roundness} + \text{Concentricity}$
 - 수량 : 반경 방향 총 2set, 축 방향 총 1set
 - Runout 측정 장치는 시험품의 Housing 설치, 측정 위치 조절 등을 용이하게 할 수 있는 구조로 구성하여야 한다.
 - 부하 용량 1kN 이하 Radial AMB, 부하 용량 5kN 이하 Thrust AMB의 Size에 따라, 동적 부하 작용부의 위치가 변하기 때문에, 측정 장치의 측정 위치를 정밀하게 조절할 수 있는 구조로 구성하여야 한다.
- ㉢ Displacement Sensor Head
 - 용도 : Rotor의 Runout 측정
 - 수량 : 총 3ea
 - 제원은 비접촉식 하중 시험장치의 Displacement Sensor Head와 같다.
- ㉣ Displacement Sensor Controller
 - 용도 : Sensor Head Controller
 - 수량 : 3ea
 - 제원은 비접촉식 하중 시험장치의 Displacement Sensor Controller와 같다.
- ⑩ 기타 구성품
 - Base Plate, Mount 등
- ⑪ 능동 마그네틱 베어링의 작동 원리 및 기능을 충분히 이해하고 용도에 부합하도록 메커니즘을 고안하여 개념도와 함께 제안서에 제시하여야 한다.

다) Test Bed Assembly

- ① 용도 : 하중 시험장치 설치용
- ② 수량 : 1set
- ③ Size : L(길이) 4,000mm × W(폭) 2,000mm × H(높이) 1,100mm (예상)
- ④ 실험실 배치 공간을 고려하여 추후 협의한다.
- ⑤ 비접촉식 하중 시험장치와 접촉식 하중 시험장치의 Size, 시험품인 Radial AMB, Thrust AMB의 조립을 위한 환경, 정적 부하 신뢰성 평가를 위한 각종 측정기 등을 고려하여 배치하여야 한다.
- ⑥ Rotor의 고속 회전으로 인한 시험품 또는 시험장치 구조물의 파손 등으로부터 보호하기 위하여 Sliding Door 방식의 안전 커버를 설치하여야 한다.

라) 열화상 카메라 이송 및 고정부

- ① 용도 : 열화상 카메라 고정 Frame 및 이송 Guide
- ② 수량 : 1set
- ③ 열화상 카메라 시야각을 기준으로 하중 시험장치 상부에서 시험품 온도를 모니터링할 수 있어야 한다. (Sliding Door 방식 안전 커버의 제한을 받지 않는 시험품 온도 모니터링 방법 고안)
- ④ 시험품 배치 공간의 거리 및 높이를 만족하여야 한다.
- ⑤ 공간적인 제약으로 모든 시험품(총 4개) 온도를 모니터링할 수 없다면, 이에 대한 보완할 수 있는 메커니즘을 고안하여 개념도와 함께 제안서에 제시하여야 한다.

마) 산업용 PC (모니터 포함)

- ① 용도 : 동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측, 각종 측정기 Interface 및 Data 모니터링
- ② 수량 : 1set (산업용 PC 1ea, 모니터 2ea)
- ③ 제원은 소재 종합 성능 평가 장비의 산업용 PC(모니터 포함)와 같다.

바) 테이블

- ① 용도 : 시험품의 거치, 시험 준비, 조립, 각종 측정기 배치, PC, 모니터 등 배치
- ② 수량 : 1ea
- ③ 제원은 소재 종합 성능 평가 장비의 테이블과 같다.

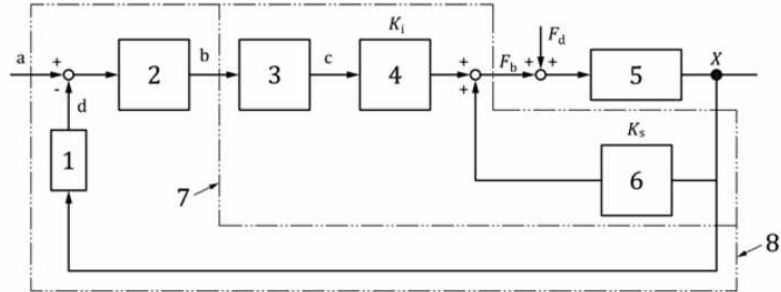
사) 의자

4. Control System

가) 능동 마그네틱 베어링 Controller

- ① 용도 : 정적 부하 신뢰성 평가 장비, 동적 부하 신뢰성 평가 장비 시험품 Controller
- ② 수량 : 1set
- ③ 정적 부하 제어 전류 드라이버
 - 용도 : 정적 부하 신뢰성 평가 장비 시험품 전류 인가 및 인가 전류 제어
 - 수량 : 6ea
 - Peak Current Output: 30 A dc
 - Peak Time : 1 sec
 - Peak Output Power : 5.12 kW
 - Continuous Current Output : 15 A dc
 - Continuous Output Power : 2.56 kW
 - HV min to HV max Input : + 20 to + 180 V dc
 - Peak Current Input : 30 A dc (1 sec)
 - Continuous Current Input : 13.6 A dc
- ④ DC 파워 서플라이
 - 용도 : 정적 부하 제어 전류 드라이버 전원 공급
 - 수량 : 1ea
 - Output Voltage Rating : 0 ~ 210 V dc (@ 0°C ~ 40°C)
 - Output Current Rating : 0 ~ 12.6 A dc (@ 0°C ~ 40°C)
 - Line & Load Regulation : $\leq 0.1 \%$ (0.1 + offset)
 - Programming Voltage Accuracy : 300 mV (@ 25°C, 0.1 + offset)
 - Programming Current Accuracy : 21.6 mA (@ 25°C, 0.1 + offset)
 - Readback Voltage Accuracy : 200 mV (@ 25°C, 0.1 + offset)
 - Readback Current Accuracy : 14.4 mA (@ 25°C, 0.1 + offset)
 - Display Voltage Resolution : 0.1 V
 - Display Current Resolution : 0.01 A
- ⑤ 능동 마그네틱 베어링 제어기
 - 용도 : 동적 부하 신뢰성 평가 장비 시험품 능동 제어
 - 수량 : 3set
- ⑥ Main Input
 - Supply Voltage : 220 V, 단상
 - Maximum Input Current : 10 A
 - Power Consumption : 100 W 미만 (정상 구동 시)
- ⑦ Power Amplifier
 - DC-Link Voltage : 120 V
 - Power Rating : 1.2 kW
 - Switching Frequency : 20 kHz
 - Bearing Current : 정상 구동 시 0.5 A, 최대 인가 가능 전류 15 A for second

- ⓒ Control Panel
- ⓓ Sensor Interface : Analog(Sensor Converter) to Digital(Controller)
- ⓒ Interface : Ethernet



- | | |
|--------------------------|-------------------------|
| 1: 위치 센서 (V / m) | a: 기준 신호 (m) |
| 2: 능동 자기 베어링 제어기 (V / V) | b: 제어 신호 |
| 3: 동력 증폭기 (A / V) | c: 제어 전류 |
| 4: 전자석 힘/전류 게인 (N / A) | F_b : 능동 자기 베어링 힘 (N) |
| 5: 기계적 플랜트의 회전체 | F_d : 외란 힘 (N) |
| 6: 음 위치 감성 (N / m) | X: 변위 (m) |
| 7: 능동 자기 베어링 작동기 | K_i : 전류 감성 (N / A) |
| 8: 능동 자기 베어링 | K_s : 음 위치 감성 (N / m) |

<그림. 12> 능동 마그네틱 베어링 제어기 블록선도

⑥ UPS

- 용도 : 정전 또는 차단기 단락 시 능동 마그네틱 베어링 제어기에 전원 공급
- 수량 : 3ea
- Capacity : 2 kW (2,000 VA) 이상
- Input Voltage : 220 Vac, 60 Hz
- Input Power Factor : 0.97 이상
- Output Voltage : 220 Vac \pm 2 % , 60 Hz
- Surge Protection, Bypass, Short Circuit Protection
- LCD : Input/Output Voltage, Input/Output Frequency, In-line Mode, Back-up Mode, Battery Power, Load Level
- Interface : RS-232, USB

⑦ 정적 및 동적 부하 신뢰성 평가 장비의 배치와 배선 등을 고려하여 통합 또는 분리하여 Rack Type으로 구성하여야 한다.

⑧ 통신, 배선 등 일체

나) 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 제어반

- ① 용도 : 정적 부하 신뢰성 평가 장비, 동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측

- ② 수량 : 1set
- ③ 정적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측
- ① 용도 : 정적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측
- ② 수량 : 1set
- ③ Load Cell Indicator
- 용도 : Load Cell 전원 공급 및 하중 계측, 표기
 - 수량 : 24ea
 - Analog Signal Input Range : $\pm 20\text{mV}$
 - Non-linearity : $\pm 0.01\%$ F.S. Max.
 - Max. Display Resolution : 1/20,000
 - Min. Input sensitivity : $0.5\ \mu\text{V} / \text{Digit (min.)}$
 - Load Cell Excitation Voltage : DC $5\text{V} \pm 5\%$, 60 mA
 - Display : 7 Segment LED, 5-Digit
- ④ Temperature Sensor Indicator
- 용도 : 온도 센서 계측 및 표기
 - 수량 : 6ea
 - Measurement : Thermocouple K, J, T, E, R, B, S, L, N, U, C(W5), D(W3)
RTD : KPt100(KS), JPt100(JIS), Pt100(DIN)
 - Input Range : 1 ~ 5 Vdc, -10 ~ 20 mVdc, 0 ~ 100 mVdc, 4 ~ 20 mAdc
 - Input Accuracy : $\pm 0.3\%$ of F.S. + 1 Digit
- ⑤ 계측 데이터의 수를 고려하였을 때, 초당 데이터를 받는 속도가 느릴 것으로 판단되며, 이를 위하여 정적 부하 용량 시험장치 개별적으로 데이터를 받는 System으로 적절하게 구성하여야 한다.
- ⑥ PLC, Hub, 통신, 배선 등 일체
- ④ 동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측
- ① 용도 : 동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측
- ② 수량 : 1set
- ③ Load Cell Indicator
- 용도 : Load Cell 전원 공급 및 하중 계측, 표기
 - 수량 : 9ea
 - Analog Signal Input Range : $\pm 20\text{mV}$
 - Non-linearity : $\pm 0.01\%$ F.S. Max.
 - Max. Display Resolution : 1/20,000
 - Min. Input sensitivity : $0.5\ \mu\text{V} / \text{Digit (min.)}$
 - Load Cell Excitation Voltage : DC $5\text{V} \pm 5\%$, 60 mA
 - Display : 7 Segment LED, 5-Digit
- ④ Temperature Sensor Indicator
- 용도 : 온도 센서 계측 및 표기
 - 수량 : 15ea
 - Measurement : Thermocouple K, J, T, E, R, B, S, L, N, U, C(W5), D(W3)
RTD : KPt100(KS), JPt100(JIS), Pt100(DIN)
 - Input Range : 1 ~ 5 Vdc, -10 ~ 20 mVdc, 0 ~ 100 mVdc, 4 ~ 20 mAdc

- Input Accuracy : $\pm 0.3 \%$ of F.S. + 1 Digit
- ㉔ Drive Motor 인버터
 - 용도 : Drive Motor 전원 공급 및 회전속도 제어
 - 수량 : 3ea
 - Max. Applicable Motor Output : 7.5 kW
 - Rated Input Voltage : 200 ~ 240 V, 3상, 50/60 Hz
 - Rated Input Current : 34 A
 - Rated Output Voltage : 0 ~ 240 V, 3상
 - Rated Output Current : 33 A
 - Output Frequency Range : 0.1 Hz ~ 2,000 Hz
- ㉕ 비접촉식 부하 하중 인가 제어기
 - 용도 : 비접촉식 부하 인가 작동기 부하 하중 제어
 - 수량 : 2set (비접촉식 하중 시험장치 2set)
 - 결정한 비접촉식 부하 인가 작동기를 제어하는 방안을 제안서에 제시하여야 한다.
- ㉖ 접촉식 부하 하중 인가 제어기
 - 용도 : 접촉식 부하 인가 작동기 부하 하중 제어
 - 수량 : 1set
 - 결정한 접촉식 부하 인가 작동기를 제어하는 방안을 제안서에 제시하여야 한다.
- ㉗ 모터 전력 측정기
 - 용도 : Drive Motor의 전력 측정
 - 수량 : 1ea
 - Supported Connections : 3상, 3상 + 단상, 단상 $\times 3$, DC $\times 3$
 - Effective Measurement Range (Voltage) : 0.15 V ~ 1,000 V
 - Effective Measurement Range (Current) : 2 mA ~ 65 A
 - Frequency Band : DC, 0.1 Hz ~ 100 kHz
 - Basic Accuracy
 - AC(Voltage, Current, Power) : $\pm 0.1 \%$ of reading, $\pm 0.05 \%$ of F.S.
 - DC(Voltage, Current, Power) : $\pm 0.1 \%$ of reading, $\pm 0.1 \%$ of F.S.
 - Interface : LAN, RS-232C, GP-IB, D/A Output
- ㉘ Data Log Board
 - 용도 : Displacement Sensor Data 수집
 - 수량 : 1set (Displacement Sensor 9ea) 대응
 - Interface To Host Computer : 10/100 Base-T, Standard RJ-45 connector
 - Interface Daisy Chain Output : 10/100 Base-T, Standard RJ-45 connector
 - Interface Config/General : RS-232, 9-pin "D"
 - Analog Data Transfer Rate : up to 1 mega sample per sec (16-bit samples)
 - DMAP I/O mode : update 1000 I/O channels in less than 1 ms, guaranteed
- ㉙ 제어 신호와 계측 신호를 고려하였을 때, 초당 데이터를 받는 속도가 느릴 것으로 판단되며, 이를 위하여 비접촉식 하중 시험장치, 접촉식 하중 시험장치 개별적으로 데이터를 받는 System으로 적절하게 구성하여야 한다.
- ㉚ PLC, Hub, 통신, 배선 등 일체

⑤ Data Acquisition System

㉠ 용도 : 가속도 센서 등 각종 센서 계측

㉡ 수량 : 1set

㉢ PXI Controller

- 수량 : 1ea
- CPU : Intel® Core™ i7-7820EQ 3.0 GHz (Turbo 3.7 GHz)
- DMI : DMI 3.0 8 GT/s
- Chipset : Mobile Intel® QM175
- Memory : 8 GB dual channel DDR4 at 2133/2400 MHz (Supports non-ECC memory)
- Bus : PCI Express 3.0 (back compatible with 2.x and 1.x)
- Storage : 240 GB (or greater) SSD
- Dual GbE, Four USB 2.0, Dual USB 3.0, GPIB(IEEE488)
- Dual Display Poer Connectors, One RS-232/422/485 D-SUB9 Connector

㉣ PXI Express Chassis

- 수량 : 1ea
- 9-slot PXO Express chassis with one system slot, on system timing slot, and seven hybrid peripheral slots
- PXI™-5 PXI Express hardware specification Rev.1.0 compliant
- Four-link PXI Express chassis
- Up to 7 GB/s system bandwidth & up to 2 GB/s peripheral bandwidth for all slots
- Intelligent chassis management: Automatic fan speed control, Chassis status monitoring and reporting & Remote chassis power on/off control
- BNC connectors for 10 MHz clock input/output

㉤ Dynamic Signal Acquisition & Analysis

- 수량 : 2ea
- 8 simultaneous sampling analog input
- 24-Bit Sigma-Delta ADC
- ± 1 V, and ± 10 V input ranges
- AC (0.5 Hz) or DC input coupling, software selectable
- 110 dB dynamic range
- Support IEPPE output on each analog input, software configurable
- 192 kS/s maximum sampling rate

㉥ Multi-Function DAQ

- 수량 : 2ea
- 16-CH 16-Bit 250 KS/s
- Programmable gains of x1, x4
- Bipolar analog input
- Multiple cards synchronization through PXI trigger bus
- Onboard 8 K-sample (16 KB) memory for data storage
- 4-CH TTL digital input/output
- 16-bit A/D resolution

- ㉑ Terminal Board
 - 수량 : 2set
 - On-board Connector Type : 68-pin SCSI-II female
 - Cable 포함
- ㉒ Terminal Board
 - 수량 : 1set
 - On-board Connector Type: 37-pin D-sub female
 - Cable 포함
- ㉓ Voltage Output Module
 - 수량 : 1ea
 - 8/16-CH 16-Bit Analog Output Modules
- ㉔ Accelerometer
 - 수량 : 4set
 - Sensitivity : ($\pm 10\%$) 100 mV/g (10.2 mV/(m/s²))
 - Measurement Range: ± 50 g pk (± 491 m/s² pk)
 - Electrical Connector: 8-36 4-Pin
 - Cable 4ea 포함
4-conductor, low noise, shielded FEP cable, 20-ft, mini 4-socket plug to (3) BNC plugs (labeled X, Y, Z)
 - High-strength, rare earth magnetic base 4ea 포함
0.375" hex, 2.5 lbf, 5-40 tapped
 - SMB to BNC Cable 12ea 포함
- ⑥ Universal Sound & Vibration Measuring System
 - ㉕ 용도 : 소음 및 진동 측정 및 계측
 - ㉖ 수량 : 1set
 - ㉗ Measuring System
 - ㉘ 수량 : 1ea
 - ㉙ Input channels : 16ch, BNC
 - Resolution : 24-bit
 - Real-time bandwidth : DC ... 20 kHz @ 16 channels
 - Dynamic range : 110 dB
 - Random noise : < 3 μ V(A), < 6 μ V(Z) @ 0.1 Hz ... 20 kHz
 - Sample rates : 51.2 kHz
 - Decimation : down to 200 Hz sample rate, selectable per channel
 - Anti-aliasing filter : yes
 - Max. input voltage : ± 10 V peak
 - Amplification : 0 dB, 20 dB
 - Overload detection : yes
 - Phase mismatch : < 0.1° @ 20 Hz ... 20 kHz
 - Offset adjust : yes, automatically with self-calibration
 - Input coupling : DC, AC 0.15 Hz, HP 10 Hz, LP 2 kHz
 - Microphone power supply : ± 14 V, + 20 / 63 / 200 V switchable(LEMO7

- and MDR versions only)
 - ICP power supply : 2 mA switchable
 - Support of IEEE 1451.4 : yes
- ㉔ Output channels 1-2
 - Resolution : 24-bit
 - Real-time bandwidth : DC ... 20 kHz
 - Max. output voltage : ± 3.16 V_{pea}
- ㉕ Service channels
 - Trigger : 2x Trigger / Tacho, trigger level settable via software
 - Synchronization : via flat cable (up to 4x)
- ㉖ Operating and Analysis Software 포함
- ㉗ FFT, data recorder 포함
- ㉘ Option
 - Fractional Octaves : real-time analyser up to 1/48 octave (according to IEC 61260)
 - Sound Level Meter : Fast, Slow, Impulse, Peak (according to IEC 61672 Class 1, A, C, Z)
 - Order Tracking : based on digital re-sampling
 - Vibration Meter : single & double integration
 - Envelope Analyser : for bearing diagnostics, 2 Microphone & Accelerometer
- ㉙ Microphone
 - 수량 : 1 ea
 - 1/2" TEDS Free-field Microphone Set
 - Nominal Sensitivity : 50 mV/Pa
 - Frequency : 3.15 Hz ~ 20 kHz
 - Power Supply : 2 ~ 20 mA
 - Dynamic Range : 17 dB(A) to 135 dB
 - Temperature : - 30 °C to 80 °C
- ㉚ Extension Cable
 - 수량 : 1ea
 - BNC to BNC 50 Ω , 5m
- ㉛ Accelerometer
 - 수량 : 2ea
 - Ceramic Shear Triaxial Accelerometer
 - Acceleration range : ± 500 g
 - Sensitivity, at 100 Hz, 10 grms : 10 mV/g ± 15 %
 - Resonant frequency, nom. : 55 kHz
 - Frequency response, ± 5 % : 1....10,000 Hz
 - Amplitude linearity : ± 1 % FSO
 - Base strain sensitivity @250 $\mu\epsilon$: 0.005 g/ $\mu\epsilon$
 - Operating temperature range : -54 °C ... 120 °C
 - Connector : 1/4-28, 4 pin
 - Cable : Fluoropolymer jacketed breakout cable, 1/4-28, 4 pin (neg.) to 3x BNC, 5m

- ⑧ Tacho Sensor 1ea 포함
- ⑦ 정적 및 동적 부하 신뢰성 평가 장비의 배치와 배선 등을 고려하여 통합 또는 분리하여 캐비닛 Type으로 구성하여야 한다.
- ⑧ 이 외 정적 및 동적 부하 신뢰성 평가 장비의 구성에 따라 필요한 DIO, AIO, PLC, BUS, 통신, 배선 등 일체

다) 배전반

- ① 용도 : 능동 마그네틱 베어링 Controller, 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 제어반의 Main Controller
- ② 수량 : 1set
- ③ Touch Panel을 이용한 Main Control
 - 능동 마그네틱 베어링 제어기 개별 제어
 - 정적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측
 - 동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측
- ④ Touch Panel과 각 장비의 산업용 PC를 이용하여 제어 가능하여야 한다.
- ⑤ 각종 Controller, 센서 및 계측기 전원공급장치 및 메인 전원, PLC, BUS, DIO, AIO, 통신, 배선 등 일체

라) Software

- ① 용도 : 시험품과 정적 및 동적 부하 신뢰성 평가 장비 제어, 운용, 계측
- ② 수량 : 1set
- ③ 능동 마그네틱 베어링 제어 Software
 - 용도 : 정적 및 동적 부하 신뢰성 평가용 시험품의 제어 및 계측 Software
 - 수량 : 1set
- ④ 정적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 Software
 - 용도 : 정적 부하 신뢰성 평가 장비의 운용 및 계측
 - 수량 : 1set
- ⑤ 동적 부하 신뢰성 평가 장비 운용 및 계측 Software
 - 용도 : 동적 부하 신뢰성 평가 장비의 운용 및 계측
 - 수량 : 1set