

USER MANUAL

GILL WearDetect 4212

오일 마모 입자 센서 사용자 매뉴얼

문서 번호	USENS-GILL-OPM-100
버전	v1.0
기준본	Gill WearDetect Manual 4212-PS-361 Issue 7
작성일	2026-10-11
작성	유센스 주식회사

유센스 주식회사 · USENS CORPORATION

서울시 송파구 충민로 66, T-8045

대표 엄창환 · +82 2 6476 1233 · sales@usens.co.kr · www.usens.co.kr

목 차

1. 개요	04	6.1 설정 화면	21
1.1 문서 범위	04	6.2 센서 형식과 3채널 선택	21
1.2 일반 주의 사항	04	6.3 출력 고정과 채널 비활성화	22
2. 제품 소개	05	6.4 영점 조정 (Zero/Tare)	22
2.1 측정 원리	05	6.5 폴스케일 설정	23
2.2 용도	06	6.6 수동 조정 (Manual Adjustment)	23
2.3 모델 구성과 유센스 공급 모델	07	6.7 온도 한계 설정	23
2.4 나사 어댑터	08	6.8 수분 오염 채널 교정	24
2.5 인플로(Inflow) 피팅	09	6.9 아날로그 출력 레벨	25
2.6 구성품과 액세서리	10	6.10 설정 파일과 공장 기본값	26
3. 설치 전 설정	12	7. Modbus RTU 통신	28
3.1 설정 소프트웨어	12	7.1 통신 규격	28
3.2 PC 연결	12	7.2 레지스터 맵	28
3.3 입자 채널 벤치 시험	13	7.3 지원 함수 코드	29
3.4 오일 채널 벤치 설정	14	7.4 명령 레지스터	29
4. 설치	15	7.5 상태 코드	30
4.1 설치 위치	15	8. CAN J1939 출력	31
4.2 어댑터 치수	15	8.1 메시지 규격	31
4.3 센서 헤드 장착 (드레인 플러그 교체)	16	8.2 데이터 바이트 구성	31
4.4 전장부 고정	17	8.3 NAME 과 PGN 설정값	32
4.5 케이블 처리	17	9. 측정값 해석	33
4.6 인플로 설치	18	9.1 미세-거친 입자 값	33
4.7 접지	18	9.2 오일 상태 (수분 오염) 값	34
5. 배선	19	9.3 오일 온도	34
5.1 리드선 결선	19	10. 유지보수	35
5.2 전원 조건	19	10.1 점검과 세척	35
5.3 통신선 배선 주의	20	10.2 정기 점검 항목	35
6. 센서 설정	21	10.3 소프트웨어와 사용 종료	36

10.4 수리와 반송	36	12.2 기계 사양	38
11. 문제 해결	37	12.3 환경 사양	39
12. 사양	38	12.4 적용 유체	39
12.1 전기 사양 (인라인형)	38	12.5 주문 코드	40

1. 개요

1.1 문서 범위

이 문서는 영국 Gill Sensors & Controls 의 오일 마모 입자 센서 WearDetect 4212 의 설정·설치·운용·유지보수 방법을 정리한 국문 사용자 매뉴얼이다. 제조사 매뉴얼 4212-PS-361 Issue 7 을 기본본으로 번역하고 퀵 스타트 가이드(4212-30-362 Iss 6, 어댑터용 4212-30-363 Iss 4)와 데이터시트(Iss 11)의 수치로 보강하였다.

구분	내용
대상 제품	WearDetect 4212 오일 마모 입자 센서 (Oil Debris Sensor)
기준 모델	디스플레이 없는 인라인형 (4212-PK-148 · 149 · 150 · 151)
참고 모델	디스플레이 일체형 (4212-PK-145 · 146 · 147), 주문 사양
기준본	Gill WearDetect User Manual 4212-PS-361 Issue 7
보강 자료	Quick Start Guide 4212-30-362 Iss 6 · 4212-30-363 Iss 4, Datasheet Iss 11

본문 중 [유센스 주] 로 표시한 단락은 국내 현장 기술자를 위해 유센스가 덧붙인 설명이다. 수치는 모두 제조사 자료의 값을 옮긴 것이다.

1.2 일반 주의 사항

- 처음 사용하기 전에 이 매뉴얼을 끝까지 읽고 이해한 뒤 작업한다. 매뉴얼은 나중에 참고할 수 있도록 보관한다.
- 운반할 때는 공급된 포장재를 사용한다. 정밀 전자부와 감지부가 설계 범위를 벗어난 환경에 노출되지 않게 한다.
- 설정과 설치 중에는 센서를 받쳐서 다루고 알맞은 공구를 사용한다.
- 유지보수는 이 매뉴얼에 적힌 절차로 한정한다. 그 밖의 정비나 세척은 센서를 손상시킬 수 있다.
- 센서 헤드 조립체를 열거나 수리하지 않는다. 센서 헤드를 분해하면 제조사 보증이 무효가 된다.
- 제조사는 지속적인 개선 방침에 따라 제품 사양을 예고 없이 변경할 수 있다.

[주의] 센서 헤드 조립체에는 강한 영구자석이 들어 있다. 심장박동기(페이스메이커) 등 자기에 민감한 물건과 기기는 센서 헤드에 가까이 두지 않는다.

2. 제품 소개

2.1 측정 원리

WearDetect 는 오일 속 철계(강자성) 금속 입자를 감지하는 상태 감시 센서다. 기어·베어링 등 금속 접촉면에서 떨어져 나와 오일에 섞인 금속 입자를 모아, 과부하 상태와 기계 고장의 조기 징후를 알린다.

센서 하나에 다음 네 가지 감지 기능이 들어 있다.

감지 항목	방식	출력
미세 입자 (Ferrous Fine debris)	영구자석에 붙은 철분의 양(체적) 측정	0 ~ 100 %
거친 입자 (Ferrous Coarse debris)	영구자석에 붙은 칩·조각의 양 측정	0 ~ 100 %
오일 유무·수분 오염 (Oil Presence)	오일 유전율(Dielectric) 측정	기준 오일 1000 기준의 정규화 값
온도 (Temperature)	센서 헤드 위치의 오일 온도 측정	°C

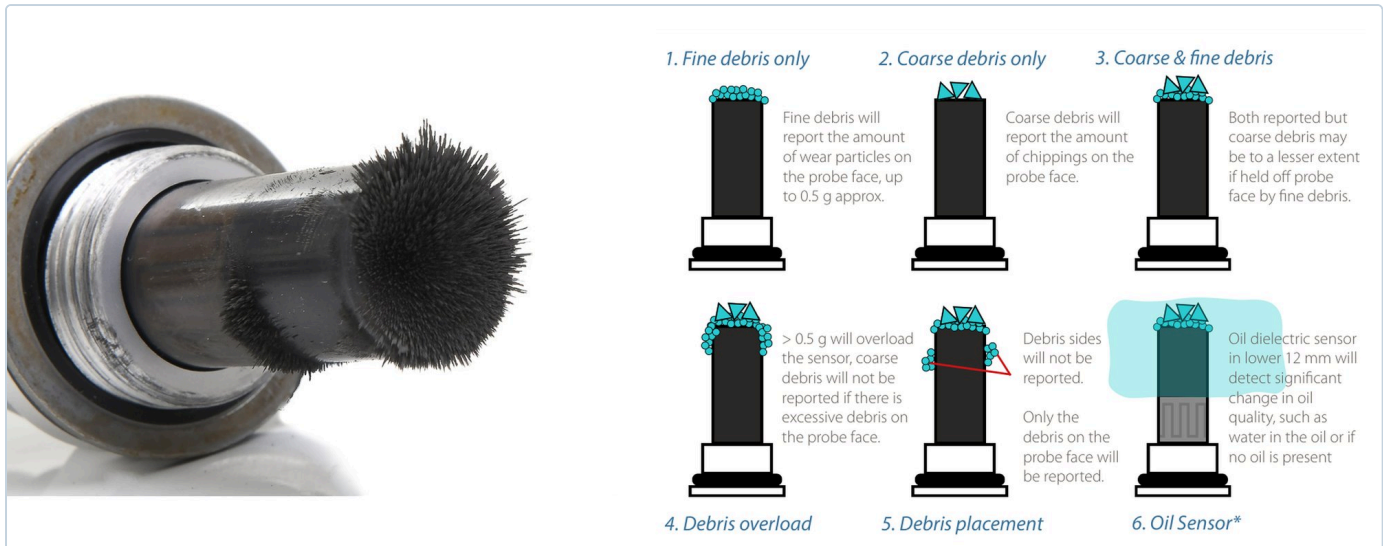
철계 입자 센서는 영구자석으로 감지면에 모인 물질의 양을 측정하여 크기에 따라 미세(fine)·거친(coarse) 입자로 나누고 각각의 양에 해당하는 신호를 출력한다.

오일 감지 센서는 유전율 측정으로 오일 유전값의 큰 변화를 감지한다. 오일이 없는 경우(누유)나 물이 상당량(10 % 초과) 섞인 경우에 이 변화가 나타난다.



센서 헤드 구조. 끝단의 철계 입자 센서(Ferrous sensor)와 그 위의 유전율 센서(Dielectric) (Gill 매뉴얼 Issue 7 도식을 다시 그림)

아래 그림은 입자 종류별로 센서 감지면에 입자가 붙는 모습과 그때의 출력 특성을 보여 준다.



입자가 감지면에 붙는 형태별 출력 특성 (출처 Gill 매뉴얼 Issue 7, 사진은 Gill WearDetect 안내서)

번호	상태	출력 특성
1	미세 입자만 있음	감지면에 붙은 마모 입자의 양을 약 0.5 g 까지 출력한다
2	거친 입자만 있음	감지면에 붙은 칩의 양을 출력한다
3	거친 입자와 미세 입자가 같이 있음	둘 다 출력한다. 미세 입자가 거친 입자를 감지면에서 띄워 놓으면 거친 입자 값은 작게 나올 수 있다
4	입자 과다	0.5 g 을 넘으면 센서가 과부하된다. 감지면에 입자가 지나치게 많으면 거친 입자는 출력되지 않는다
5	입자 위치	감지면 옆면에 붙은 입자는 출력되지 않고, 감지면 위의 입자만 출력된다
6	오일 센서	아래쪽 12 mm 구간의 유전율 센서가 오일 속 수분, 오일 없음 등 오일 품질의 큰 변화를 감지한다 (NPT 어댑터 사용 시 이 기능은 없다)

2.2 용도

WearDetect 는 회전 기계 윤활 회로 내부 부품의 마모를 조기에 알리기 위한 센서다. 대상은 기어·베어링 등 운전 중 접촉하는 금속 부품이다. 이 부품들은 외부에서 보이지 않으므로 기계 고장으로 운전이 멈출 때까지 마모를 알아채지 못하는 경우가 많다. WearDetect 는 이런 고장 전에 경보를 내어 비싼 정지 손실을 막는다.

[유센스 주] 적용 대상은 감속기·기어박스, 유압 유닛, 엔진 오일 섀프트 등 오일 윤활 설비이며 대개 드레인 플러그 자리에 설치한다.

2.3 모델 구성과 유센스 공급 모델

WearDetect 4212 는 출력 방식에 따라 다음 품번으로 나뉜다.

품번	형식	출력
4212-PK-148	디스플레이 없음 (인라인)	4-20 mA
4212-PK-149	디스플레이 없음 (인라인)	0-10 V
4212-PK-150	디스플레이 없음 (인라인)	CAN (J1939)
4212-PK-151	디스플레이 없음 (인라인)	Modbus RTU (RS-485)
4212-PK-145	디스플레이 일체형	4-20 mA
4212-PK-146	디스플레이 일체형	0-10 V
4212-PK-147	디스플레이 일체형	CAN (J1939)



디스플레이 없는 인라인형(왼쪽)과 디스플레이 일체형(오른쪽) (출처 Gill 퀵스타트 가이드 Issue 4)

유센스는 디스플레이 없는 인라인형을 표준으로 공급한다. 주요 공급 모델의 차이는 다음과 같다.

구분	WearDetect 4212 Modbus형	WearDetect 4212 4-20 mA형	WearDetect 4212 CAN형
품번	4212-PK-151	4212-PK-148	4212-PK-150
통신·출력	RS-485 Modbus RTU	4-20 mA 아날로그 3채널	CAN J1939
미세·거친 입자	레지스터 40001 · 40002 (%)	채널 1 · 채널 2	Byte 1 · Byte 0 (%)
오일 상태(수분 오염)	레지스터 40003	3채널 선택 시 출력	다중화 바이트 0x08
오일 온도	레지스터 40004 ~ 40005 (°C)	3채널 선택 시 출력	다중화 바이트 0x09
3채널 동시 출력	수분 오염·온도 모두 출력	수분 오염 또는 온도 중 하나	수분 오염·온도 모두 출력
공급 전압	5 ~ 32 VDC	9 ~ 32 VDC	5 ~ 32 VDC

[유센스 주] 4-20 mA형과 0-10 V형은 세 번째 출력 채널(Oil/Temp) 하나를 수분 오염 또는 온도 중 한 가지로 정해서 쓴다. 오일 수분과 온도를 동시에 받아야 하면 Modbus형을 선택한다. 디스플레이 일체형과 0-10 V형은 주문 사양으로 공급한다.

2.4 나사 어댑터

WearDetect 는 대개 오일 섬프의 드레인 플러그(sump plug) 자리에 설치하며 오일 바이패스 회로에 설치할 수도 있다. 장비마다 드레인 플러그 크기가 다르므로 Gill 이 공급하는 나사 어댑터 중 하나를 센서와 같이 선택해야 한다. 센서는 설치 유연성을 위해 어댑터 없이 출고된다.

어댑터 나사 규격은 Metric, BSPP, UNF, NPT 네 가지 계열이다. 어댑터는 무두 나사(grub screw)로 센서 헤드에 고정되며 이 구조 덕분에 이후 정비가 쉽다.



어댑터를 따로 둔 센서 헤드(위 왼쪽), 어댑터를 끼운 센서 헤드(위 오른쪽), 나사 어댑터 종류(아래) (출처 Gill 퀵스타트 가이드 Issue 4)

어댑터 품번	나사 규격	어댑터 O-링	장비 측 밀봉
4212-PK-502	M20 × 1.5	O-Ring 14 × 1 HNBR, 1개	본디드 실 FKN-Metric 22, 1개
4212-PK-504	M22 × 1.5	O-Ring 14 × 1 HNBR, 1개	본디드 실 FKN-Metric 22, 1개
4212-PK-507	M24 × 2.0	O-Ring 14 × 1 HNBR, 1개	본디드 실 FKN-Metric 24, 1개
4212-PK-552	3/4" UNF × 16	O-Ring 14 × 1 HNBR, 1개	본디드 실 FKN-BSP 1/2", 1개
4212-PK-533	1/2" BSP × 14	O-Ring 14 × 1 HNBR, 1개	본디드 실 FKN-BSP 5/8", 1개
4212-PK-571	1/2" NPT × 14	O-Ring 14 × 1 HNBR, 1개	나사 실런트, 필요량
4212-PK-573	3/4" NPT × 14	O-Ring 14 × 1 HNBR, 1개	나사 실런트, 필요량
4212-PK-575	1" NPT × 11.5	O-Ring 14 × 1 HNBR, 1개	나사 실런트, 필요량
4212-PK-576	1 1/4" NPT × 11.5	O-Ring 14 × 1 HNBR, 1개	나사 실런트, 필요량
4212-PK-577	1 1/2" NPT × 11.5	O-Ring 14 × 1 HNBR, 1개	나사 실런트, 필요량

[주의] NPT 어댑터를 쓰면 오일 유전율(수분 오염·오일 없음) 감지를 사용할 수 없다. NPT 어댑터에는 본디드 실이 포함되지 않는다. 사용 가능한 어댑터 목록은 수시로 갱신되므로 발주 전에 유센스에 확인한다.

2.5 인플로(Inflow) 피팅

WearDetect 는 오일 바이패스 회로에도 설치할 수 있으며 Gill 은 이를 위한 키트 두 종류를 공급한다.

품번	품명	내용
4212-00-160-100	Inflow Adaptor Kit 1"	인플로 어댑터, 차단 밸브, 지지대. 0.75" · 0.5" 배관에도 사용
4212-00-160-150	Inflow Adaptor Kit 1.5"	인플로 어댑터, 차단 밸브, 지지대. 1.25" 배관에도 사용
4212-00-161	Inflow Adaptor	1.5" BSP T자형 어댑터 단품. 작은 배관은 별도 리듀서(미포함)로 연결

인플로 키트와 어댑터를 쓰려면 센서에 M20 × 1.5 센서 헤드 어댑터(4212-PK-502)를 끼워야 한다.



인플로 어댑터 키트에 설치한 센서. 디스플레이 일체형(왼쪽)과 인라인형(오른쪽) (출처 Gill 데이터시트)

2.6 구성품과 액세서리

기본 구성품

품목	수량	비고
오일 마모 입자 센서 (범용 센서 헤드 포함)	1	
USB 케이블 1.8 m	1	설정용
퀵 스타트 가이드	1	
와이어 페룰 (청색)	7	디스플레이 일체형만

설치에 필요한 것 (전 모델)

- 나사 어댑터 (장비 나사 규격에 맞춰 별도 구매)
- 2 mm 육각 렌치, 어댑터용 36 mm 스패너
- 나사 실런트 (NPT 어댑터만), 나사 고정제 Loctite 270 또는 동등품 (선택)

액세서리

품번	품명	용도
4212-00-063	Debris Strip	센서 교정용 기준 입자 시편
4212-10-051-X	Conduit Kit	디스플레이 일체형의 케이블 보호관
4212-PK-381	Thread Kit	나사 어댑터 10종 세트
4212-PK-382	Tool Kit	설치 공구 세트

[주의] 이 제품은 장비 나사 규격에 맞는 어댑터가 있어야 설치할 수 있다. 맞는 어댑터가 준비된 경우에만 설치를 시작한다.
Gill 승인 어댑터 없이 사용하면 보증이 무효가 될 수 있다. 센서 헤드는 공장에서 밀봉한 정밀 조립체이므로, 수령 시 보고하지 않은 손상은 보증 대상에서 빠질 수 있다.

3. 설치 전 설정

3.1 설정 소프트웨어

WearDetect 는 공장 기본 설정(6.10절)으로 바로 설치해 운용할 수 있다. 다만 제조사는 가능하면 설치 전에 설정 소프트웨어 (WearDetect Sensor Configurator)로 센서를 설정할 것을 권장한다. 소프트웨어로 할 수 있는 일은 다음과 같다.

- 센서 채널 선택과 해제
- 연결된 센서의 측정값 실시간 확인
- 운전 파라미터 설정
- 설정 파일 가져오기와 내보내기
- 센서 초기화

소프트웨어는 www.gillsc.com/support 에서 내려받는다. PC 최소 사양은 다음과 같다.

항목	최소 사양
프로세서	32비트(x86) 또는 64비트(x64)
운영체제	Windows 7 이상
메모리	1 GB RAM
디스크	500 MB 여유 공간

FTDI 드라이버

센서를 연결하면 PC 가 센서를 자동으로 인식하는 경우가 대부분이다. 인식하지 못하면 Windows 업데이트에서 FTDI 드라이버를 자동 검색하게 한다. 이 과정에는 인터넷 연결이 필요하다. 수동 설치 절차는 다음과 같다.

1. FTDI 드라이버를 ftdichip.com 의 VCP 드라이버 페이지에서 내려받는다.
2. 제어판 > 장치 관리자에서 인식되지 않은 USB 직렬 포트를 마우스 오른쪽 버튼으로 눌러 속성을 연다.
3. 드라이버 탭 > 드라이버 업데이트 > 컴퓨터에서 드라이버 소프트웨어 찾아보기를 선택한다.
4. 내려받은 FTDI 드라이버 폴더를 선택하고 다음을 눌러 설치를 마친다.

3.2 PC 연결

센서에 전원을 넣고 공급된 USB 케이블로 PC 와 연결한다. 전원 범위는 모델별로 12장 사양을 따른다.

리드선 색	기능
흑색	전원 GND (V-)
적색	전원 (V+)

인라인형 (디스플레이 없음)

1. Torx T6 드라이버로 전장부 덮개 나사 4개를 풀어 전자부를 연다. 고무 씬이 제자리에 있는지 확인한다.
2. 마이크로 USB 단자에 USB 케이블을 연결한다.
3. 설정을 마치면 케이블을 빼고 씬 위치를 확인한 뒤 덮개 나사를 $0.5 \text{ Nm} \pm 0.05 \text{ Nm}$ 로 조인다.



인라인형 전장부 덮개를 열고 마이크로 USB 단자에 연결한 모습 (출처 Gill 매뉴얼 Issue 7)

디스플레이 일체형

1. 십자 드라이버로 디스플레이 전장부 덮개 상단 나사 4개를 푼다.
2. 마이크로 USB 단자에 USB 케이블을 연결한다.
3. 설정을 마치면 케이블을 빼고 개스킷 위치를 확인한 뒤 덮개 나사를 $4 \text{ Nm} \pm 0.4 \text{ Nm}$ 로 조인다.

3.3 입자 채널 벤치 시험

설치 전에 센서 기능을 벤치에서 시험할 것을 권장한다. 센서에 전원과 USB 를 연결한 상태에서 소프트웨어로 다음을 진행한다.

1. 소프트웨어 홈 화면 메뉴에서 Sensor > Restore Factory Defaults 를 선택한다.
2. 아래 표를 보고 철계 입자 센서의 감도 등급(Small · Medium · Large)을 메뉴에서 고른다. 감도 등급은 입자 크기·양에 맞춰 거친 입자와 미세 입자의 스케일을 정한다.

파라미터	Small	Medium	Large
거친 입자 100 % FSD	지름 3 mm 크롬강 볼 1개	지름 5 mm 크롬강 볼 1개	지름 5 mm 크롬강 볼 4개
미세 입자 100 % FSD	철분 0.1 g	철분 0.25 g	철분 0.5 g

공장 기본 감도는 항상 Small 이다. 센서 헤드를 장비에 설치한 뒤 용도에 맞게 값을 직접 조정(6장)하면 이 감도 등급은 더 이상 적용되지 않는다. 교정에는 액세서리 Debris Strip(4212-00-063)을 쓸 수 있다.

[유센스 주] FSD(Full Scale Deflection)는 출력 100 % 에 해당하는 입자량이다. 감도 등급을 크게 잡을수록 같은 입자량에 대한 % 값이 작아진다.

3.4 오일 채널 벤치 설정

WearDetect 의 유전율 센서는 오일 속 큰 수분 오염(10 % 초과)이나 오일 없음 상태를 감지한다. 설치 전에 다음 절차로 기준을 잡는다. 자세한 설명은 6.8절에 있다.

[주의] 센서 헤드 본체를 손으로 잡으면 측정이 틀어진다. 케이블만 잡고 다룬다. 접지된 금속 비커에 장비에서 쓸 깨끗한 오일과 같은 종류의 오일을 담아 사용한다.

1. 소프트웨어에서 Sensor > Configure > Water Contamination 의 오일 탭으로 이동한다.
2. 손이 감지부에 닿지 않게 하면서 감지부를 새 오일에 완전히 담근다.
3. Set Clean Oil Reference 버튼을 눌러 기준을 설정한다. 값은 1000 으로 정규화된다.
4. 센서를 오일에서 꺼내 3초 기다린 뒤 값을 기록한다. 오일에 두 번 더 담갔다 꺼내며 값을 기록한다.
5. 세 값을 평균해 No Oil Threshold 칸에 넣고 Set 을 누른다.
6. 물이 10 % 이상 섞인 오일 시료를 만들어 센서를 세 번 담그며 세 번 기록한다.
7. 평균값을 Water Contamination Threshold 칸에 넣는다.
8. 오염 시료에 담갔을 때 값이 적색으로 표시되는지 확인한다. 적색이 아니면 문턱값을 표시값보다 1 낮게 고친다.
9. 센서를 장비에 설치한 뒤 1 ~ 3단계를 다시 실행한다.

4. 설치

4.1 설치 위치

WearDetect 는 센서 헤드·전장부와 나사 어댑터(별도 판매) 두 부분으로 이루어진다. 센서는 항상 Gill 이 공급하는 전용 어댑터와 같이 사용한다.

모든 모델은 감시 대상 장비의 윤활 회로 안에 설치해야 한다. 드레인 플러그를 대신해 설치하거나, 필터 바이패스 등 배관 오일 회로 안에 설치한다.

철계 입자 감시 목적

- 가능하면 오일 흐름 안에 설치한다.
- 입자 포집량을 늘리기 위해 입자 필터보다 상류에 설치한다.
- 가라앉은 입자를 포집하도록 오일 펌프나 저장조 바닥에 설치한다.

오일 오염(수분) 감시 목적

- 물과 섞이지 않는 오일이면 셉프 바닥에 설치한다.
- 센서의 오일 감지 구간이 항상 오일에 잠겨 있는 위치라면 어디든 설치할 수 있다.

오일 손실(누유) 감시 목적

- 설치 방향은 상관없다. 오일이 센서에 닿지 않게 되면 오일 손실 상태를 출력한다.

NPT 어댑터를 쓰면 오일·수분 감지 기능은 사용할 수 없다.

4.2 어댑터 치수

어댑터 규격별 치수는 다음과 같다. A · B · C 의 위치는 제조사 어댑터 도면 기준이다.

나사 규격	A	B	C
M20 × 1.5 ~ M24 × 1.5	37.05 mm	12.7 mm	8 mm
1/2" BSP	36.55 mm	13.2 mm	7.5 mm
3/4" × 16 UNF	36.55 mm	13.2 mm	7.5 mm
1/2" BSPP	32.46 mm	17.29 mm	13.56 mm
1/2" NPT	32.46 mm	17.29 mm	13.56 mm

나사 규격	A	B	C
3/4" NPT	32.76 mm	16.99 mm	13.86 mm
1" NPT	36.24 mm	13.51 mm	17.34 mm
1 1/4" NPT	36.85 mm	12.9 mm	17.95 mm
1 1/2" NPT	42.05 mm	12.47 mm	18.38 mm

NPT 어댑터에는 본디드 실이 포함되지 않는다.

4.3 센서 헤드 장착 (드레인 플러그 교체)

센서와 맞는 나사 어댑터를 준비한 뒤 다음 순서로 장착한다.

1. 진동이 큰 장비에서 영구 고정이 필요하면 무두 나사에 나사 고정제(Loctite 270 또는 동등품)를 바른다.
2. 무두 나사 3개 중 최소 1개를 어댑터에 끼우되 끝까지 조이지 않는다.
3. 어댑터에 밀봉 와셔를 끼운다. NPT 어댑터는 알맞은 나사 실런트를 바른다.
4. 장비의 드레인 플러그를 빼고 어댑터를 손으로 돌려 끼운다.
5. 맞는 스패너(36 mm)로 50 Nm 까지 조인다.
6. 센서를 어댑터에 밀어 넣어 센서의 O-링 씬을 지나게 한다.
7. 센서 헤드와 어댑터의 뒷면이 같은 높이가 될 때까지 완전히 밀어 넣은 뒤, 2 mm 육각 렌치로 무두 나사를 1 Nm 로 조인다.
8. 나중에 손상되지 않도록 센서 케이블을 고정한다.



센서 헤드와 나사 어댑터의 결합 (출처 GIII 데이터시트)

다른 설치 방법

센서 헤드를 어댑터에 먼저 결합한 뒤 조립체 전체를 장비에 설치해도 된다. 이 경우 센서 케이블이 꼬이지 않게 주의한다.

- 센서를 설치하는 장비는 접지되어 있어야 한다.
- 어댑터 나사의 늘어붙음(galling)을 막기 위해 고착 방지제(anti-seize) 사용을 권장한다. 스테인리스 피팅에 설치할 때는 반드시 고착 방지제를 쓴다.
- 공급된 무두 나사 대신 다른 나사를 쓰지 않는다. 고정 신뢰성이 떨어진다.

- 어댑터와 센서 사이에 나사 고정제를 쓰면 영구 고정이 되며 센서 헤드를 빼려면 어댑터째 분리해야 한다.
- 무두 나사 구멍 3개 중 아무 것이나 사용할 수 있다.

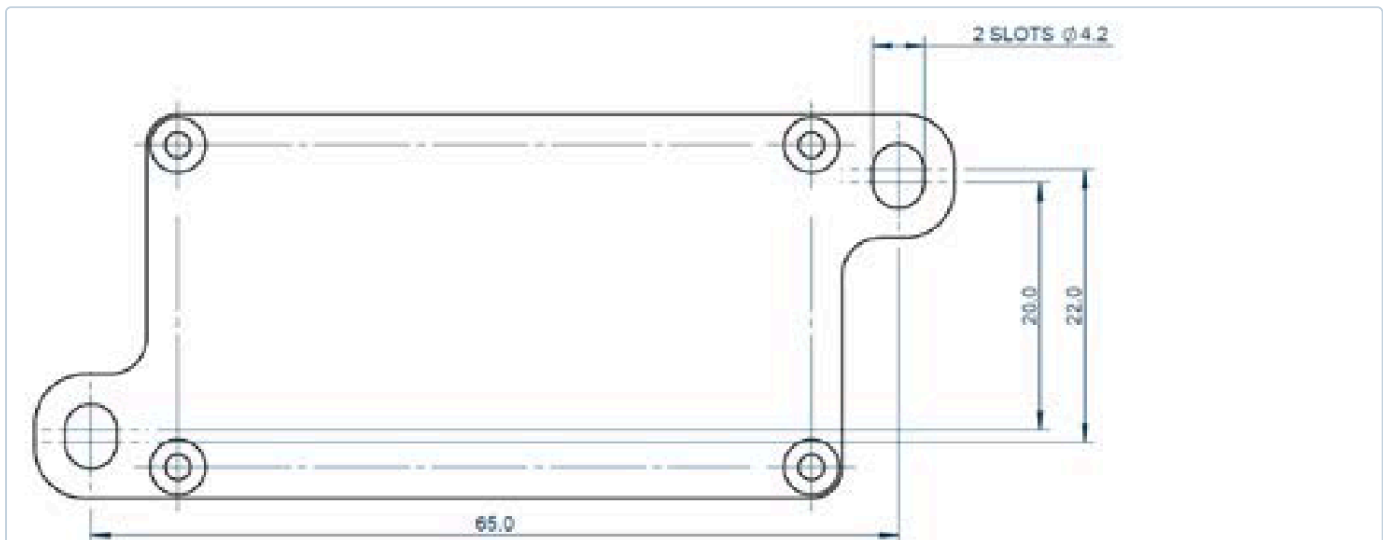
[유센스 주] 드레인 플러그 자리에 설치하면 오일 교환 때 배유구를 쓸 수 없다. 배유 경로를 따로 마련하거나 오일 교환 절차를 미리 정해 둔다.

4.4 전장부 고정

전장부는 진동이 적은 위치에 둔다. 디스플레이 일체형은 디스플레이가 보이는 위치를 고른다.

인라인형 (디스플레이 없음)

전장부를 고정면에 붙이기 위한 지름 4.2 mm 장착 슬롯 2개가 있다. 고정 부품(미포함)은 전장부 무게를 견딜 수 있어야 한다.



인라인형 전장부 장착 치수 (단위 mm, 출처 Gill 매뉴얼 Issue 7)

디스플레이 일체형

지름 6.4 mm 장착 구멍 2개가 있으며 덮개를 열어야 접근할 수 있다. 고정 부품(미포함)은 전장부 무게를 견딜 수 있어야 한다.

4.5 케이블 처리

- 설치 전에 센서 헤드 케이블이 감기지 않도록 케이블 돌림은 최대 3바퀴로 제한한다.
- 센서와 전장부 사이 케이블은 디스플레이 일체형에서만 잘라 다시 연결할 수 있다. 이때 공급된 와이어 페룰을 쓰고 신호 신뢰성을 위해 케이블 길이는 3 m 를 넘기지 않는다.
- 케이블이 센서 헤드와 전장부로 들어가는 곳에 장력 완화 구조가 있다. 인입부에 힘이 걸리지 않게 하고 모든 케이블의 최소 굽힘 반경은 20 mm 로 한다.
- 디스플레이 일체형의 케이블 글랜드는 외경 2 ~ 6 mm 케이블용이다. 글랜드를 끝까지 조여 장력 완화와 방진·방수 성능을 유지한다.

디스플레이 일체형에는 케이블 보호관 키트(4212-10-051-X)를 쓸 수 있다. 보호관은 센서를 어댑터에 끼우기 전에 설치한다.

1. 디스플레이 전장부에서 센서를 분리하고 단자대의 배선을 푼다.
2. M16 백너트를 풀어 센서에서 M16 케이블 글랜드를 떼낸다.
3. 암 어댑터를 센서 헤드 뒤쪽에 설치한다. 알맞은 나사 실러로 방진·방수 성능을 유지한다.
4. 보호관을 필요한 길이로 자르고 센서 헤드 케이블을 보호관에 통과시킨 뒤, 보호관을 암 어댑터 뒤쪽 구멍에 밀어 끼운다.
5. 케이블을 수 어댑터에 통과시키고 보호관을 수 어댑터 뒤쪽에 밀어 끼운다.
6. 밀봉 와셔를 써서 센서를 기어박스·엔진·펌프 하우징에 설치한다.
7. 밀봉 와셔를 써서 수 어댑터를 전장부에 백너트로 단단히 고정한다.

4.6 인플로 설치

인플로 키트를 쓰면 센서를 오일 바이패스 회로에 설치할 수 있다. 1" · 1.5" 키트는 표준 BSP 배관 피팅에 맞으며 인플로 어댑터, 차단 밸브, 브래킷이 들어 있다. 센서에는 M20 × 1.5 센서 헤드 어댑터(4212-PK-502)를 끼운다.

인플로 키트는 접지에 본딩해야 한다. 자세한 설치 방법은 Gill 의 WearDetect Inflow Adaptor 퀵 스타트 가이드를 따른다.

4.7 접지

WearDetect 는 국제 EMC 규격을 만족한다. 규격 적합성을 유지하려면 전기 설치가 올바르게 설계되어야 한다. 적용 규격과 시공 관행은 국가와 시공사마다 다르므로, 전기 설치 설계 책임자가 해당 규격을 정하고 지켜야 한다. 설계 시 다음을 고려한다.

- 디스플레이 일체형은 외부 접지 단자에 선을 연결해 보호 접지를 할 수 있다.
- 센서와 전장부 외함은 전기적 잡음이 있는 금속 구조물이나 도체에 연결하지 않는 것이 좋다. 가능하면 저잡음 계측 접지에 연결한다.
- 디스플레이 전장부에서는 현장 케이블의 실드를 외함 안 단자에서 센서 실드와 연결해, 저잡음 계측 접지에 이어지는 연속된 실드 하나로 만든다. 이 연결이 접지 루프를 만들거나 계측 접지를 보호 접지에 잇게 해서는 안 된다.
- 외장(armoured) 케이블을 쓸 때는 외함 안 접지 단자에서 보호 접지가 계측 접지에 연결되지 않게 한다. 현장 케이블 인입에 절연형 케이블 글랜드를 쓰면 쉽게 해결된다.
- 외함을 보호 접지에서 분리하기 어렵다면 현지 규정에 맞게 외함을 접지한다.
- 센서 헤드를 설치한 장비를 접지하면 유전율 측정 정확도가 높아진다.

5. 배선

5.1 리드선 결선

인라인형은 플라이 리드(7 × 26 AWG, 0.15 mm 연선, 외경 4.0 ± 0.2 mm)로 출고된다. 출력 방식별 리드선 기능은 다음과 같다.

리드선 색	4-20 mA · 0-10 V	CAN J1939	Modbus RTU
백색	미세 입자 (Fine)	CAN H	신호 접지 (Signal ground)
녹색	거친 입자 (Coarse)	미연결	Data + (A)
주황색	오일/온도 (Oil/Temp)	미연결	Data - (B)
적색	전원 (V+)	전원 (V+)	전원 (V+)
흑색	전원 GND (V-)	전원 GND (V-)	전원 GND (V-)
청색	미연결	CAN L	미연결
투명	실드 (Screen)	실드 (Screen)	실드 (Screen)

미연결(NC) 리드선은 플라이 리드 끝에서 아무 곳에도 연결하지 않는다. 접지 방법은 4.7절을 따른다.

[유센스 주] 아날로그형의 출력 신호 기준은 흑색(전원 GND)이다. PLC 아날로그 입력 카드에는 백색·녹색·주황색을 각 채널의 + 입력에, 흑색을 공통(-)에 연결한다.

디스플레이 일체형은 전장부 안 단자대에 연결한다. 단자대 허용 전선은 단선 35 ~ 13 AWG 또는 연선 35 ~ 15 AWG 이며 나사 단자에서 전선이 손상되지 않도록 공급된 와이어 페룰을 끼운다.

5.2 전원 조건

항목	4-20 mA	0-10 V	CAN J1939	Modbus RTU
공급 전압 (인라인형)	9 ~ 32 VDC	6 ~ 32 VDC	5 ~ 32 VDC	5 ~ 32 VDC
소비 전력 (인라인형)	2.6 W 미만	0.7 W 미만	0.7 W 미만	0.7 W 미만
소비 전력 (디스플레이 일체형)	5.6 W 미만	2.9 W 미만	0.7 W 미만	해당 없음
과전압 보호	32 VDC 초과	32 VDC 초과	32 VDC 초과	32 VDC 초과

항목	4-20 mA	0-10 V	CAN J1939	Modbus RTU
역극성 보호	-32 VDC	-32 VDC	-32 VDC	-32 VDC

0-10 V 형은 아날로그 출력이 공급 전압의 제한을 받는다. 공급 전압은 설정한 출력 전압보다 0.7 V 이상 높아야 하며 5 V 출력이면 공급 전압이 5.7 V 를 넘어야 한다.

5.3 통신선 배선 주의

Modbus RTU (RS-485)

- 일부 장비는 센서와 반대로 A+/B- 표기를 쓴다. 통신이 되지 않으면 한쪽 끝에서 A·B 연결을 바꾼다.
- 전원을 넣은 뒤 10초 기다렸다가 측정값을 요청한다.
- RS-485 데이터선 양 끝에 종단 저항이 필요할 수 있다. 통신 케이블 특성 임피던스와 같은 외부 저항(대개 120 Ω)을 쓴다.

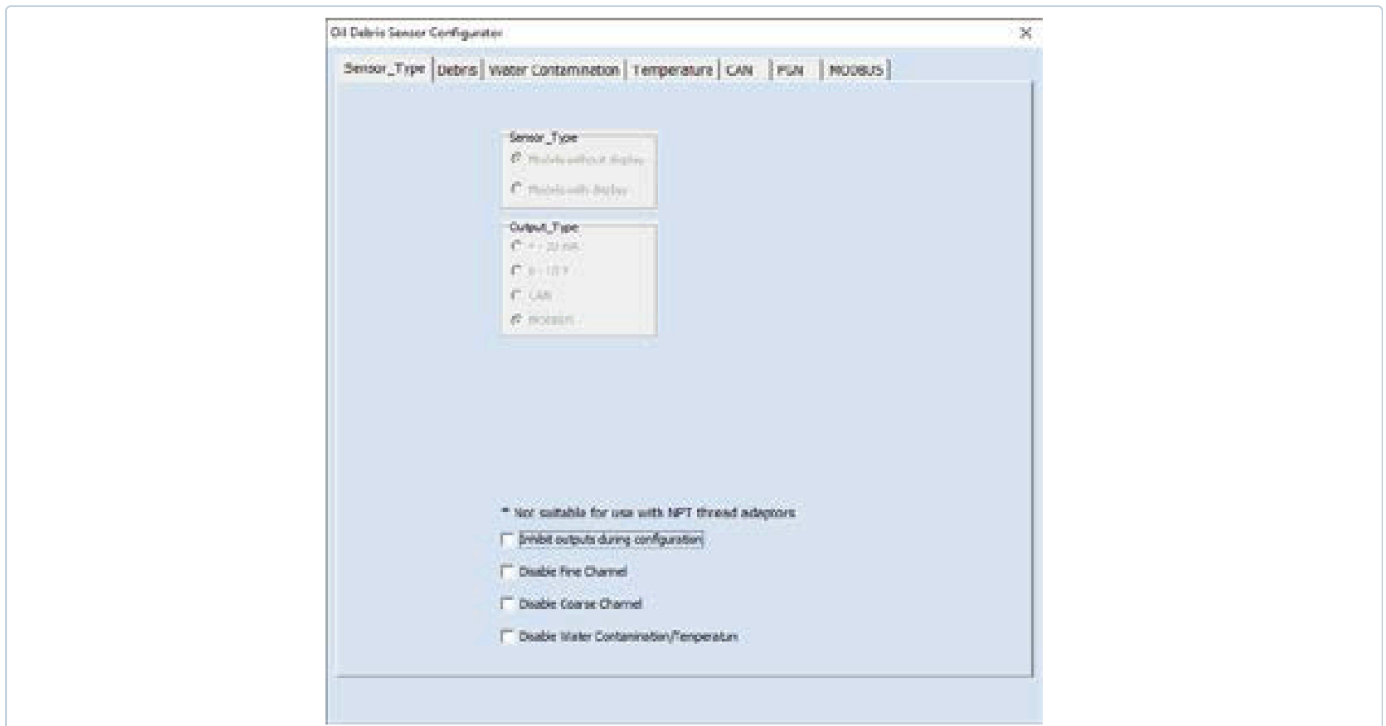
CAN J1939

- CAN 출력에는 내부 종단 저항이 없다. 네트워크 양 끝에 종단 저항을 둔다.

6. 센서 설정

6.1 설정 화면

센서는 WearDetect 설정 소프트웨어로 설정한다. 상단 메뉴에서 Sensor > Configure 를 선택하면 설정 창이 열린다. 디스플레이 일체형은 설정 중 녹색 LED 가 청색으로 바뀐다.



설정 소프트웨어의 Sensor_Type 탭 (출처 Gill 매뉴얼 Issue 7)

설정 창의 탭은 Sensor_Type, Debris, Water Contamination, Temperature, CAN, PGN, MODBUS 등으로 이루어지며 출력 형식에 따라 보이는 탭이 달라진다.

6.2 센서 형식과 3채널 선택

항목	내용
Sensor Type	공장에서 정한 값이며 확인용으로만 표시된다. 디스플레이 일체형(4212i) 또는 인라인형(4212)
Output Type	공장에서 정한 값이며 확인용으로만 표시된다. 4-20 mA, 0-10 V, CAN, Modbus 중 하나
3채널 (Water Contamination / Temperature)	세 번째 채널을 수분 오염 또는 온도로 선택한다. 선택에 맞춰 설정 탭이 바뀐다. 기본 값은 수분 오염

- NPT 어댑터를 쓰면 기본값을 바꿔 온도를 선택한다.
- Modbus 형은 수분 오염과 온도를 모두 출력한다. Modbus 형에서는 설정 중 출력 고정과 채널 비활성화 항목이 필요 없다.

온도 채널은 센서 헤드 위치의 오일 온도를 측정한다. 상한·하한 경보로 쓰거나 연속 온도값으로 출력할 수 있다.

6.3 출력 고정과 채널 비활성화

설정 중 출력 고정 (Inhibit outputs during configuration)

이 항목을 선택하면 설정 중 아날로그 출력이 정해진 값으로 고정된다. 풀스케일 설정처럼 센서 설정·정비 중에 외부 PLC 경보가 잘못 울리는 것을 막는 데 쓴다. 고정값은 Analog Output 탭 > Inhibit level 에서 정한다. 이 항목을 해제하면 Analog Output 탭의 Inhibit level 도 비활성화된다. 고정값은 전압형 0.5 V, 전류형 2 mA 다.

[유센스 주] 이 항목의 공장 기본값이 기준본 안에서 서로 다르게 적혀 있다(기준본 5.1절은 꺼짐, 부록 B 와 퀵 스타트 가이드 는 꺼짐). 납품 센서에서 실제 상태를 확인하고 운전 중 설비에 연결된 센서를 설정할 때는 이 항목을 켜 뒤 작업하고 작업이 끝나면 해제한다.

미세 입자 채널 비활성화 (Disable fine channel)

미세 입자 채널을 켜지 않게 한다. 해제 시 Debris 탭의 미세 입자 설정도 비활성화된다. 기본값은 꺼짐(채널 사용)이다.

거친 입자 채널 비활성화 (Disable coarse channel)

거친 입자 채널을 켜지 않게 한다. 해제 시 Debris 탭의 거친 입자 설정도 비활성화된다. 기본값은 꺼짐(채널 사용)이다.

수분 오염/온도 채널 비활성화 (Disable Water Contamination/Temperature channel)

세 번째 채널을 켜지 않게 한다. 기본값은 꺼짐(채널 사용)이다.

홈 화면은 선택한 항목을 반영하며 켜지 않는 기능은 이 창에서 비활성화된다.

6.4 영점 조정 (Zero/Tare)

설치 중 주변 금속 구조물 때문에 센서에 오프셋이 생기면 영점 조정을 해야 한다. 기어박스에 설치한 뒤 입자가 없는데도 출력이 사용자가 정한 영점(0 %)보다 크면 오프셋이 생긴 것이다. 이 기능은 Debris 탭에 있다.

1. Debris 탭에서 Zero, Full Scale Coarse, Full Scale Fine 세 버튼을 확인한다.
2. 감지면에 입자가 없는 상태에서 Zero 버튼을 눌러 센서 헤드를 초기화한다.

영점 조정은 모든 설정의 시작과 끝에, 그리고 NPT 어댑터를 쓰는 모든 설치에서 실행할 것을 권장한다. 이 단계까지 마치면 센서는 기본 설정으로 동작한다. 용도에 맞춰 더 조정하려면 6.5 ~ 6.7절을 따른다.

설정을 마치면 USB 케이블을 빼고 센서 전원을 끈 뒤, 쉴 위치를 확인하고 덮개 나사를 인라인형 0.5 Nm, 디스플레이 일체형 4 Nm ($\pm 10\%$)로 조인다.

6.5 풀스케일 설정

거친 입자 풀스케일 (Full Scale Coarse)

감지면에 거친 입자 최대량(100 % FSD)을 올린 상태로 센서 출력을 맞춘다.

1. 센서 헤드에 거친 입자를 올린다. 이 양은 100 % 고장으로 볼 양이어야 한다. 제조사 예시는 지름 2 mm 볼 5개이며 Debris Strip 을 기준으로 써도 된다.
2. 창에 거친 입자 값이 표시된다. 거친 입자 포화점은 9.1절을 참고한다.
3. Full Scale Coarse 버튼을 누르면 이 입자량이 100 % 로 설정된다.

미세 입자 풀스케일 (Full Scale Fine)

1. 센서 헤드에 미세 입자를 올린다. 이 양도 100 % 고장으로 볼 양이어야 한다.
2. 창에 미세 입자 값이 표시된다.
3. Full Scale Fine 버튼을 누르면 이 입자량이 100 % 로 설정된다.

이제 센서 헤드 교정이 끝나 장비에 설치할 수 있다.

6.6 수동 조정 (Manual Adjustment)

미세·거친 입자 채널의 영점과 풀스케일을 직접 조정하는 기능이다. 그래프 창의 위·아래 화살표로 영점과 풀스케일을 옮기고 원하는 값이 되면 Set 을 눌러 센서에 기록한다.

- 칸에 표시되는 숫자는 퍼센트가 아니라 센서 내부 카운트다.
- 거친 입자·미세 입자 100 % 값에 음수를 넣지 않는다. 음수를 넣으면 센서가 반대로 동작해 입자가 적을수록 % 가 커진다.
- 값이 지나치게 크면 감도가 둔해져 표시값이 0 % 에 머문다. 값이 지나치게 작으면 감도가 지나치게 높아 입자가 없어도 100 % 가 된다.
- 처음에는 두 채널 모두 250 으로 설정하는 것이 좋다.
- 일반적인 칩 감지에는 거친 입자 100 % 를 250 으로 권장한다. 출력 추세를 관리하는 경우 미세 입자 채널 범위를 최대로 쓰려면 미세 입자 100 % 를 750 으로 설정할 수 있다.

6.7 온도 한계 설정

원하는 온도값을 입력하고 Set 을 눌러 센서에 기록한다.

- 온도 경보로 쓸 때는 상한·하한 설정값을 센서 한계($-26\text{ }^{\circ}\text{C}$, $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$) 안에서 정한다.
- 연속 온도 출력으로 쓸 때는 측정 범위의 양 끝을 같은 한계 안에서 정한다.

- 센서 한계값은 용도에 맞게 좁혀 쓰는 것이 좋다. 이 값은 센서가 경보(폴스케일) 출력을 내는 온도다.
- 측정 분해능은 0.0625 °C 다.

6.8 수분 오염 채널 교정

WearDetect 는 감지부를 둘러싼 액체의 유전 특성을 측정해 오일 없음(공기) 상태와 오일 속 수분 상태를 알린다. NPT 어댑터를 쓰는 센서는 이 기능이 없다.

경보 방식에서는 수분 오염 문턱값에 도달하면 출력이 폴스케일로 바뀌고 정상일 때는 0 을 유지한다. 연속 방식에서는 설정한 최소-최대값 사이로 정규화한 값을 출력한다. 따라서 사용 오일에 맞는 문턱값을 미리 정해 둔다.

[주의] 수분 오염 측정은 대략적인 상태 표시다. 체적비 10 % (v/v) 미만의 수분은 정확히 감지하지 못한다.

취급 요령

- 측정할 때 센서는 케이블이나 열수축 튜브 부분을 잡는다. 감지부를 잡으면 수분 오염 측정에 오차가 생긴다.
- 수분 오염 벤치 교정은 접지(또는 센서 실드)에 연결할 수 있는 금속 비커에서 한다. 접지하지 않은 용기나 비전도성 용기를 쓰면 정확한 값이 나오지 않는다.
- 인플로 키트 사용자는 키트를 접지 또는 센서 실드에 연결한다.
- 이 접지 방법은 벤치 교정에만 해당한다. 실제 설치하는 4.7절의 접지 방법을 따른다.
- 교정에는 깨끗한 오일, 실제 설치에서 쓸 것과 같은 종류의 오일을 쓴다.

기준 오일 설정 (Set Clean Oil Reference)

1. Sensor > Configure 를 선택하고 오일 탭을 연다.
2. 감지부를 기준 오일(새 오일)에 완전히 담근다.
3. Set Clean Oil Reference 버튼을 누른다. 수분 오염 창에 기준값이 실시간으로 표시되며 설정 후 1000 으로 정규화된다.

벤치에서 정한 기준값은 벤치 교정용이다. 센서를 장비에 설치한 뒤 주변 금속의 영향을 없애기 위해 기준 오일 설정을 다시 한다. 하한-상한 경보 문턱에 도달하면 창 표시가 녹색에서 적색으로 바뀐다.

오일 없음 문턱 (No Oil Threshold)

1. 센서를 오일에서 꺼내 3초 기다린 뒤 값을 기록한다.
2. 다시 오일에 담갔다 꺼내며 두 번 더 기록한다.
3. 세 값을 평균해 No Oil Threshold 칸에 넣고 Set 을 누른다. 이 값은 기준 오일(1000)과 공기 중 값(1000 초과) 사이여야 한다.
4. 다시 꺼내 경보가 켜지는지 확인한다. 적색이 아니면 문턱값을 표시값보다 1 카운트 낮게 고친다.

수분 오염 문턱 (Water Contamination Threshold)

1. 오일 시료에 물을 체적비 10 % 이상 넣고 충분히 섞는다.
2. 감지부를 완전히 담그고 표시값을 기록한다.
3. 센서를 꺼내 시료를 다시 섞고 다시 담가 기록한다. 이 과정을 한 번 더 한다.
4. 세 값을 평균해 Water Contamination Threshold 칸에 넣고 Set 을 누른다.
5. 다시 담가 경보가 켜지는지 확인한다. 적색이 아니면 문턱값을 표시값보다 1 카운트 높게 고친다.

오경보를 줄이려면 문턱값을 허용되는 가장 높은 수준으로 정한다. 다만 10 % v/v 에서 표시된 값보다 문턱값을 높이면 오경보 가능성이 커진다. 사용 수명이 끝난 오일 시료로 같은 절차를 밟아 열화 오일 문턱으로 쓸 수도 있다.

필터 시간 (Filter Time)

필터 시간은 보통 1초 샘플 주기로 둔다. 감지부가 오일에 완전히 잠기지 않는 비산(splash) 운할 방식에서는 샘플 주기를 늘려 오경보를 막는다.

6.9 아날로그 출력 레벨

아날로그 출력형(4-20 mA, 0-10 V)은 다음 값을 사용자가 정할 수 있다. 값을 입력하고 Set 을 눌러 센서에 기록한다.

설정	내용	적용 채널
Error level	센서 고장 상태의 출력값	3개 채널 모두
Zero level	입자 0 %, 수분 오염 문턱 도달, 고온 문턱 도달 시 출력값	3개 채널 모두
Full scale level	입자 100 %, 오일 없음 문턱 도달, 저온 문턱 도달 시 출력값	3개 채널 모두
Inhibit level	설정·정비·세척 중 고정 출력값	3개 채널 모두

[유센스 주] 위 표는 기준본 부록 A 의 표를 옮긴 것이다. 같은 기준본 부록 B 의 설명에는 연속 수분·온도 출력에서 Zero level 이 수분 오염/저온 문턱, Full scale level 이 오일 없음/고온 문턱에 해당한다고 적혀 있어 온도 방향이 서로 다르다. 온도 채널을 PLC 에 연결할 때는 시운전에서 실제 출력 방향을 확인한다.

출력	Error level	0 % FSD	100 % FSD	Inhibit
4-20 mA	0 mA	4 mA	20 mA	2 mA
0-10 V	0.0 V	2 V	10 V	0.5 V

6.10 설정 파일과 공장 기본값

LED 밝기 (디스플레이 일체형만)

상단 메뉴 Sensor > Brightness 에서 LED 밝기를 고른다.

설정 파일 내보내기

설정을 마친 센서는 설정 파일로 저장해 두는 것을 권장한다. 설정 파일에는 사용자가 정할 수 있는 모든 값이 들어 있다.

1. 상단 메뉴에서 Sensor > Export 를 선택한다.
2. 파일 이름을 입력하고 *.dsc 파일로 PC 에 저장한다.

설정 파일 가져오기

1. 상단 메뉴에서 Sensor > Import 를 선택한다.
2. 저장해 둔 *.dsc 파일을 골라 열기를 누르면 설정이 자동으로 적용된다.

공장 기본값 복원 (Restore Factory Defaults)

공장 기본값은 설정 중 언제든지 복원할 수 있다. 센서는 측정 스케일 Small 로 출고된다.

파라미터	공장 기본값
감도 등급	Small
3채널	수분 오염 (경보)
설정 중 출력 고정	꺼짐
미세 입자 채널 비활성화	꺼짐
거친 입자 채널 비활성화	꺼짐
오일 상태/온도 채널 비활성화	꺼짐
거친 입자 100 % FSD	지름 3 mm 크롬강 볼 1개
미세 입자 100 % FSD	철분 0.1 g
기준 오일 종류	광유 (Mineral Oil)
오일 없음 문턱	1010
수분 오염 문턱	985

파라미터	공장 기본값
필터 시간	1초
고온 경보	+150 °C
저온 경보	-26 °C
LED 밝기 (디스플레이 일체형)	최대

기본값이 있더라도 제조사는 센서와 문턱값을 실제 용도에 맞춰 교정할 것을 강하게 권장한다.

7. Modbus RTU 통신

7.1 통신 규격

항목	값
물리 계층	RS-485 반이중 (Half-Duplex)
통신 속도	4800, 9600, 19200, 38400, 57600 bps
데이터 형식	8E1, 8O1, 8N2, 8N1
슬레이브 ID	1 ~ 247
바이트·워드 순서	상위 바이트·상위 워드 먼저 (High Byte/Word First)
오류 검사	CRC
프레임 시작·끝	3.5 문자 길이 무신호
메시지 내 간격	1.5 문자 길이
지원 함수 코드	0×03, 0×06, 0×10, 0×11
측정 갱신 주기	1 Hz

기본 통신 설정은 19200 bps, 데이터 8비트, 짝수 패리티, 정지 1비트, 슬레이브 ID 1 이다. 모든 레지스터 값을 받으려면 트랜잭션 사이에 최소 1000 ms 간격을 둔다.

통신 설정은 WearDetect 설정 소프트웨어의 MODBUS 탭에서 Modbus 네트워크에 맞춘다. 슬레이브 ID 는 네트워크에서 쓰지 않는 값으로 정하며 제조사는 기본값 1 을 그대로 쓰지 말 것을 권장한다.

7.2 레지스터 맵

레지스터	데이터 형식	내용 (단위)	범위
40001	16-bit UINT	미세 입자 (%)	0 ~ 100 (소수 0자리)
40002	16-bit UINT	거친 입자 (%)	0 ~ 100 (소수 0자리)
40003	16-bit UINT	오일 상태 (Oil Status)	800 ~ 1200 (소수 0자리)
40004 ~ 40005	32-bit Float	오일 프로브 온도 (°C)	-26 ~ +150 °C (소수 2자리)
40006 ~ 40009	해당 없음	제조사 전용	해당 없음

레지스터	데이터 형식	내용 (단위)	범위
40010	16-bit UINT	상태 코드 (Status Codes)	7.5절 참조
40011 ~ 40018	16자 문자열	센서 이름 (Sensor Name)	A-Z, a-z, 0-9, 대시, 점, 괄호
40019 ~ 40026	16자 문자열	센서 위치 (Sensor Location)	A-Z, a-z, 0-9, 대시, 점, 괄호
40027 ~ 40049	해당 없음	제조사 전용	해당 없음
40050	2자 문자열	명령 레지스터 (Command Register)	7.4절 참조

데이터시트 기준 분해능은 미세·거친 입자 1 %, 오일 상태 1 카운트, 온도 0.0625 °C 다. 16비트·32비트 레지스터는 모두 상위 바이트·상위 워드가 먼저 온다.

[유센스 주] 40001 은 Modbus 홀딩 레지스터 표기이며 프로토콜 주소로는 0번(0x0000)이다. 온도(40004 ~ 40005)는 레지스터 2개를 IEEE 754 32비트 실수로 읽고 앞 레지스터가 상위 워드다. PLC-SCADA 설정에서 워드 순서를 ABCD(Big-endian)로 맞춘다.

7.3 지원 함수 코드

함수 코드	기능
FC03 (0x03)	홀딩 레지스터 읽기 (Read Holding Registers)
FC06 (0x06)	홀딩 레지스터 1개 쓰기 (Write Holding Register)
FC16 (0x10)	홀딩 레지스터 여러 개 쓰기 (Write Multiple Holding Registers)
FC17 (0x11)	슬레이브 ID 보고 (Report Slave ID)

FC06 과 FC16 으로 센서 이름(40011 ~ 40018)과 센서 위치(40019 ~ 40026) 레지스터의 내용을 바꿀 수 있다.

7.4 명령 레지스터

레지스터 40050 에 아래 ASCII 2자 명령을 쓰면 해당 동작을 실행한다.

명령 문자열 (ASCII)	동작
"cn"	영점 조정 (미세·거친 입자 Zero-Tare)
"cc"	거친 입자 폴스케일 설정
"cf"	미세 입자 폴스케일 설정
"cd"	기준 오일 설정 (Set Clean Oil Reference)

[유센스 주] 명령은 감지면 상태가 각 기능의 조건을 만족할 때만 실행한다. 영점 조정은 감지면에 입자가 없을 때, 폴스케일 설정은 100 % 로 볼 입자를 올렸을 때, 기준 오일 설정은 감지부가 깨끗한 오일에 잠겼을 때 실행한다.

7.5 상태 코드

레지스터 40010 (CAN 은 Byte 2) 의 각 비트는 다음 상태를 뜻한다. 오류가 여러 개 동시에 발생하면 표시값은 각 HEX 값의 합이 된다.

코드 (HEX)	비트	상태	설명
00 (OK)	없음	정상 동작	정상 동작
01	bit 0	온도 경고	온도가 문턱 초과 또는 미만
02	bit 1	수분 오염 높음	수분 오염 값이 문턱 초과
04	bit 2	수분 오염 낮음	수분 오염 값이 문턱 미만
08	bit 3	미세 입자 오류	미세 입자 채널 오류
10	bit 4	거친 입자 오류	거친 입자 채널 오류
20	bit 5	수분 오염 오류	수분 오염 채널 오류
40	bit 6	내부 온도 오류	신호처리 전자부 온도가 범위를 벗어남
80	bit 7	외부 온도 오류	센서 헤드 온도가 범위를 벗어남

예를 들어 값이 0x41 이면 내부 온도 오류(0x40)와 온도 경고(0x01)가 동시에 발생한 상태다.

통신 오류가 나면 설정 소프트웨어 시작 창에 통신 실패 메시지가 표시된다. 전원과 통신 연결을 점검하고 설정 소프트웨어를 다시 시작한다.

8. CAN J1939 출력

8.1 메시지 규격

항목	값
메시지 규격	J1939 호환
데이터 길이	8 바이트
PGN	130816
송신 주기	1 Hz
CAN 통신 속도	250 kbps
종단 저항	내장하지 않음

8.2 데이터 바이트 구성

바이트	내용
Byte 0	거친 입자 0 ~ 100 % (1 %/bit). 값 255 는 교정 중 출력 고정(선택 기능)
Byte 1	미세 입자 0 ~ 100 % (1 %/bit). 값 255 는 교정 중 출력 고정(선택 기능)
Byte 2	상태 비트 8개 (7.5절 상태 코드와 같음)
Byte 3	다중화(Mux) 번호. Byte 4 ~ 7 의 의미를 정한다
Byte 4 ~ 7	Byte 3 값에 따라 의미가 달라지는 데이터

Byte 3 값	Byte 4 ~ 7 의 내용
0x00 ~ 0x07	제조사 전용
0x08	오일 유전율 값 (1024 중심)
0x09	오일 프로브 온도 (0.0625 °C/bit)
0x0A ~ 0x13	제조사 전용

[유센스 주] 오일 유전율 값은 CAN 에서는 1024 를 중심으로, Modbus 와 설정 소프트웨어에서는 1000 을 기준으로 표시된다. 두 값을 같은 문턱값으로 비교하지 않는다.

8.3 NAME 과 PGN 설정값

CAN 출력형은 설정 소프트웨어의 CAN 탭과 PGN 탭에서 다음 값을 확인하고 바꿀 수 있다. 다른 CAN 구성이 필요하면 Gill(유센스 경유)에 요청한다. 세부 정의는 J1939 표준을 따른다.

항목	설명	공장 설정
Function instance	같은 기능의 ECU 가 여럿일 때 기능 인스턴스 번호 (5비트, 첫 인스턴스 0)	0000
ECU instance	같은 기능의 ECU 인스턴스 번호 (3비트, 첫 인스턴스 0)	0000
Industry group	SAE 가 정한 산업군 코드 (3비트)	0000
Vehicle system instance	같은 차량 시스템의 인스턴스 번호 (4비트, 0 ~ 15)	0000
Vehicle system	SAE 가 정한 차량 시스템 코드 (7비트)	0000
Function	SAE 가 정한 기능 코드 (0 ~ 255)	07FF
Manufacturer code	SAE 가 부여한 제조사 코드 (11비트)	07FF
Identity number	제조사가 정하는 고유 번호	0000
NAME	64비트 장치 이름. 주소 경합 시 값이 낮은 쪽이 주소를 차지	사용자 설정
Priority	중재 우선순위. 0 이 가장 높음	0006
Data page	프로토콜 데이터 단위(PDU) 페이지 선택 비트	0001
PDU format	240 ~ 255 는 브로드캐스트, 0 ~ 239 는 피어 투 피어	00FF
PDU specific	PDU format 값에 따라 해석	0000

메시지 식별자의 마지막 8비트는 송신 장치 주소다. 사용 가능한 주소는 253개이며 네트워크 안에서 겹치지 않아야 한다. PGN 은 송신하는 파라미터 그룹을 식별하며 화면에 CAN ID 가 표시된다. 값을 입력하고 Set 을 눌러 센서에 기록한다.

9. 측정값 해석

9.1 미세·거친 입자 값

입자 값은 감지면에 지금 붙어 있는 철계 입자의 양을 실시간으로 나타낸다. 오일 속 입자 농도가 아니라 누적 포집량이므로, 시간에 따라 값이 늘어나는 기울기가 마모 진행 속도를 보여 준다.

- 거친 입자 채널은 미세 입자의 영향을 받지 않는다.
- 미세 입자 채널은 거친 입자가 많으면(지름 2 mm 크롬강 볼 2개 초과) 영향을 받을 수 있다. 일반 사용에서는 두 채널이 독립적으로 동작한다.
- 큰 고장을 가장 빨리 알려려면 설정 단계에서 지름 2 mm 크롬강 볼 1개가 감지면에 있을 때 거친 입자 경보가 나도록 정할 것을 권장한다.
- 폴스케일 출력에 도달하면 센서를 꺼내 점검한다. 입자를 제거하거나, 다시 설치하고 폴스케일 경보 수준을 높이는 방법 중 하나를 고른다.

거친 입자 최대 측정 범위 (참고값)

거친 입자 크기	재질	최대 개수
2 mm	크롬강 볼	20개 초과
3 mm	크롬강 볼	20개
5 mm	크롬강 볼	10개

미세 입자 시험 재질 (참고)

미세 입자 크기	재질
1 ~ 6 μm	철분
60 μm	철분
125 ~ 300 μm	철분
450 μm	쇳가루 (Iron filings)
420 ~ 850 μm	쇳가루 (Iron filings)

최대 범위 수치는 참고용이며 실제 입자 시료로 확인해야 한다. 입자 층이 두꺼울 때, 재질이 다를 때, 위치가 달라질 때 결과가 달라질 수 있다.

[유센스 주] 현장에서는 설치 직후 영점 조정 값을 기준으로 두고 정기 점검 때마다 미세·거친 입자 % 를 기록해 추세를 본다. 미세 입자가 꾸준히 오르는 것은 정상 마모, 거친 입자가 갑자기 오르는 것은 기어 치면 박리·베어링 손상 등 이상 마모의 징후로 보는 것이 일반적이다. 경고 수준은 설비 특성과 운전 이력에 맞춰 정한다.

9.2 오일 상태 (수분 오염) 값

값	의미
약 1000	기준 오일(설치 후 기준 오일 설정을 한 깨끗한 오일)과 같은 상태
오일 없음 문턱 이상 (기본 1010)	감지부가 공기 중에 있음. 누유·유면 저하
수분 오염 문턱 이하 (기본 985)	물이 상당량(10 % v/v 이상) 섞였거나 오일이 열화됨

- Modbus 형은 레지스터 40003 에 800 ~ 1200 범위의 값을 출력한다.
- 이 값은 오일의 유전 특성 변화를 보여 주는 대략적인 지표다. 10 % v/v 미만의 수분 함량(ppm 수준)은 측정 대상이 아니다.
- 오일 종류가 바뀌거나 오일을 교환하면 기준 오일 설정과 문턱값을 다시 정한다.

9.3 오일 온도

- 센서 헤드 위치의 오일 온도를 -26 ~ +150 °C 범위에서 측정한다.
- Modbus 형은 레지스터 40004 ~ 40005 에 32비트 실수(°C, 소수 2자리)로 출력한다.
- 아날로그형에서 3채널을 온도로 선택하면, 경고 방식은 문턱 도달 시 출력이 바뀌고 연속 방식은 설정한 온도 범위를 출력 범위로 환산한다.
- 상태 코드 bit 0 (온도 경고)은 설정한 상한·하한 문턱을 벗어났다는 뜻이고 bit 7 (외부 온도 오류)은 센서 헤드 온도가 센서 사용 범위를 벗어났다는 뜻이다.

10. 유지보수

10.1 점검과 세척

WearDetect 는 센서에 붙은 철계 물질의 양을 실시간으로 출력한다. 폴스케일 출력에 도달하면 센서를 점검할 것을 권장한다.

1. 맞는 스패너로 나사 어댑터와 센서 조립체 전체를 장비에서 푼다.
2. 감지면의 입자를 제거하거나, 그대로 다시 설치하고 폴스케일 경보 수준을 높인다.
3. 설치 전에 비연마성 천으로 센서를 닦아 사용한 오일과 금속 입자를 제거한다.

[주의] 장비에 설치된 상태에서 센서 프로브를 어댑터에서 빼지 않는다. 프로브에 붙은 입자가 어댑터 안쪽 O-링을 손상시킨다. 연마성 세제나 솔벤트로 센서를 닦지 않는다.

- 정기 정비 때 센서 프로브를 어댑터에서 뺄 필요는 없다. 꼭 필요할 때만 무두 나사를 풀어 뺀다.
- 케이블이 꼬이지 않도록 무두 나사를 조금 풀어 센서가 어댑터 안에서 돌 수 있게 할 수 있다. 무두 나사에 나사 고정제를 썼다면 열을 가해야 풀리며 이때 센서와 케이블이 과열되지 않게 한다.
- 다시 장착할 때는 장착 방향 조임으로 케이블이 감기는 것을 상쇄하기 위해 센서 헤드를 반시계 방향으로 3바퀴 돌려 둔 뒤 본리의 역순으로 장착한다.
- 다시 장착하기 전에 센서 헤드 나사부와 모든 밀봉면을 깨끗이 한다. NPT 나사에는 실런트를 다시 바른다.

10.2 정기 점검 항목

센서에는 사용자가 정비할 부품이 없다. 다음 항목을 정기적으로 점검한다.

점검 항목	내용
누유	센서 주변 누유 여부. 누유가 있으면 밀봉 방법을 확인하고 센서를 하우징에 단단히 조인다
무두 나사	센서 헤드를 어댑터에 고정하는 무두 나사의 조임 상태
영점·스팬·기준 오일	설정 소프트웨어로 영점, 폴스케일, 기준 오일 값을 확인
덮개 나사	전장부 덮개 나사가 완전히 조여져 있는지 확인
케이블 글랜드	디스플레이 일체형의 케이블 글랜드 조임 상태
밀봉 와셔·O-링	누유 여부를 보고 필요하면 새 와셔·실런트·O-링으로 교체

부식

센서의 모든 부품은 부식 방지 처리되어 있다.

밀봉

어댑터와 오일 하우징 사이는 수소화 니트릴(HNBR) 본디드 밀봉 와셔(NPT 제외) 또는 알맞은 실런트(NPT 전용)로 밀봉한다. 센서 헤드와 어댑터 사이는 O-링으로 밀봉한다. 정상 사용에서 O-링이 손상되는 일은 드물지만 주기적으로 상태를 보고 필요하면 교체한다.

부품	대상	수량
O-Ring 23 × 1 HNBR	센서 헤드 (4212-PK-145 ~ 151 전 모델)	1
O-Ring 14 × 1 HNBR	각 나사 어댑터 (2.4절 표)	1
본디드 실 또는 나사 실런트	각 나사 어댑터 (2.4절 표)	1 또는 필요량

10.3 소프트웨어와 사용 종료

- 설정 소프트웨어는 최신판을 쓴다. 최신판에서 센서의 모든 기능을 쓸 수 있다. 내려받기 주소는 www.gillsc.com/support 다.
- 소프트웨어를 지우려면 설치 폴더의 제거 프로그램을 실행하거나, 제어판 > 프로그램 및 기능에서 Oil Debris Sensor Configurator 를 골라 제거한다.
- 센서를 사용 종료할 때는 나사 어댑터와 센서 조립체 전체를 장비에서 분리한 뒤, 정비 작업장에서 세척하고 프로브를 분리한다.

10.4 수리와 반송

보증 기간 안에 고장이 나거나 수리가 필요하면 유센스에 연락한다. 유센스가 제조사의 반송 승인 번호(RMA)를 받아 처리한다. 반송하는 센서는 세척한 뒤 보낸다.

11. 문제 해결

증상	원인과 조치
수분 오염/온도 채널에 접근할 수 없음	센서 형식 메뉴에서 수분 오염/온도 채널이 비활성화되어 있다. 6.3절에서 해제한다
출력 고정값(Inhibit level)을 정할 수 없음	센서 형식 메뉴에서 설정 중 출력 고정 기능이 꺼져 있다. 6.3절에서 켜다
입자가 없는데 출력이 영점(0 %)보다 큼	감지면에 입자가 없는지 확인하고, 센서를 설치한 상태에서 영점 조정을 다시 한다. 주변 금속 구조물이 오프셋을 만들 수 있으므로 설치 후 영점 조정이 필요하다
상태 LED 가 켜지지 않음 (디스플레이 일체형)	LED 밝기를 높인다 (6.10절)
깨끗한 오일에 설치했는데 수분 오염 값이 1000 이 아님	센서가 어댑터에 끝까지 들어갔는지, NPT 어댑터를 쓰지 않았는지 확인한다. 설치 후 기준 오일 설정을 했는지 확인한다 (6.8절)
비산 윤활에서 오일 없음 경보가 자주 남	필터 시간을 늘린다 (6.8절)
Modbus 응답 없음	A·B 선을 한쪽 끝에서 바꾼다. 통신 속도·패리티·슬레이브 ID 를 확인한다. 전원 투입 후 10초 뒤에 요청한다. 종단 저항(120 Ω)을 확인한다
Modbus 일부 레지스터 값이 비정상	트랜잭션 간격을 1000 ms 이상으로 늘린다. 온도 레지스터의 워드 순서를 확인한다
설정 소프트웨어에 통신 실패 메시지	전원과 USB 연결을 점검하고 소프트웨어를 다시 시작한다. FTDI 드라이버 설치를 확인한다 (3.1절)
상태 코드에 오류 비트가 켜짐	7.5절 표로 원인 채널을 확인한다. 채널 오류가 계속되면 유센스에 문의한다

12. 사양

12.1 전기 사양 (인라인형)

항목	4-20 mA	0-10 V	CAN J1939	Modbus RTU
품번	4212-PK-148	4212-PK-149	4212-PK-150	4212-PK-151
공급 전압	9 ~ 32 VDC	6 ~ 32 VDC	5 ~ 32 VDC	5 ~ 32 VDC
과전압 보호	32 VDC 초과	32 VDC 초과	32 VDC 초과	32 VDC 초과
소비 전력	2.6 W 미만	0.7 W 미만	0.7 W 미만	0.7 W 미만
역극성 보호	-32 VDC	-32 VDC	-32 VDC	-32 VDC
분해능	10 bit	10 bit	메시지 규격 참조	메시지 규격 참조
출력 갱신 주기	10 Hz	10 Hz	1 Hz	1 Hz
설정 인터페이스	마이크로 USB	마이크로 USB	마이크로 USB	마이크로 USB

아날로그 출력 (설정 가능)	전압형	전류형
미세·거친 입자, 수분/온도	0.25 ~ 10 VDC	4 ~ 20 mA
오류 표시	0.25 ~ 10 VDC	1 ~ 20 mA

12.2 기계 사양

항목	인라인형	디스플레이 일체형
센서 헤드 크기	57 mm × Ø 24.5 mm	57 mm × Ø 24.5 mm
전장부 크기	55 × 30 × 12 mm	105.5 × 105.5 × 66 mm
전장부 고정	M4 나사 2개 (미포함), 4.2 mm 슬롯	M6 육각 홈 볼트 2개 (미포함), 6.4 mm 구멍
센서 재질	스테인리스강, FEP, PEI	스테인리스강, FEP, PEI
전장부 재질	알루미늄 합금, 스테인리스강, 폴리에스터	알루미늄 합금, 스테인리스강, 폴리에스터
센서·전장부 케이블	26 AWG PTFE, DR25 재킷, 3 m 또는 1 m	단자대 연결 (최대 3 m)
출력 케이블	플라잉 리드 7 × 26 AWG, 외경 4.0 ± 0.2 mm	단자대, 케이블 외경 2 ~ 6 mm

항목	인라인형	디스플레이 일체형
무게	0.21 kg (전체)	0.7 kg (전체)

12.3 환경 사양

항목	센서 헤드	인라인 전장부·케이블	디스플레이 전장부·케이블
사용 온도	-26 ~ +150 °C	-40 ~ +85 °C	-40 ~ +85 °C
보호 등급 (EN 60529)	IP68 · IP69K	IP66 · IP68	IP65
습도	95 % RH, +55 °C	95 % RH, +55 °C	95 % RH, +55 °C
차압	10 bar	해당 없음	해당 없음

항목	내용
온도 시험	EN 60068-2-1, ISO 16750-4
습도 시험	EN 60945, EN 60068-2-30 Test Db, ISO 16750-4
열충격	EN 60945, EN 60068-2-14 Test Na, ISO 16750-4
EMC	EN 60945 (선박), EN 61000-6-3 · 6-1 (경공업), EN 61000-6-4 · 6-2 (중공업), EN 61326-2-1 (계측 제어), EN 13309 (건설기계), ISO 13766 (토공기계), ISO 14982 (농림기계), FCC Class A Part 15
진동	EN 60945 (선박) 3축 2 ~ 13 Hz ± 1 mm, EN 60068-2-6 (산업) 3축 10 ~ 55 Hz 0.75 mm 또는 10 g 및 13.2 ~ 100 Hz 0.7 g 정가속도
충격	EN 60068-2-27, 3축 25 g, 6 ms, 1000회
케이블 인장	3축 모두 50 N
낙하	포장 상태 1 m, 3면

12.4 적용 유체

구분	유체
연료	디젤, 가솔린
오일	유압유, 기어유, 광유, 식물성유, 합성 에스테르, 반합성유, PAO(폴리알파올레핀), 폴리알킬렌글리콜(PAG)

구분	유체
냉각수·기타	에틸렌글리콜, 물, 해수

12.5 주문 코드

구분	코드	내용
센서	4212-PK-148	4-20 mA
센서	4212-PK-149	0-10 V
센서	4212-PK-150	CAN
센서	4212-PK-151	Modbus
나사 어댑터	4212-PK-504	M22 × 1.5
나사 어댑터	4212-PK-507	M24 × 2.0
나사 어댑터	4212-PK-552	3/4" × 16 UNF
보호관 키트	4212-10-051-X	디스플레이 일체형용

데이터시트에 없는 나사 규격은 2.4절의 어댑터 표를 참고하고 발주 전에 유센스에 공급 가능 여부를 확인한다.

[유센스 주] 센서 헤드 사용 온도 -26 ~ +150 °C 는 센서 헤드(오일 접촉부) 기준이다. 인라인 전장부와 케이블은 -40 ~ +85 °C 이므로, 고온 설비에서는 전장부를 열원에서 떨어진 곳에 고정한다.

유센스 주식회사 · USENS CORPORATION

서울시 송파구 충민로 66, T-8045

대표 엄창환 · +82 2 6476 1233 · sales@usens.co.kr · www.usens.co.kr

GILL WearDetect 4212 — 오일 마모 입자 센서 사용자 매뉴얼 · USENS-GILL-OPM-100 · 2026-10-11