

EMC 설계 • 대책보고서

(유수경계면검출기)



한 국 전 파 진 흥 협 회
E M C 기 술 지 원 센 터

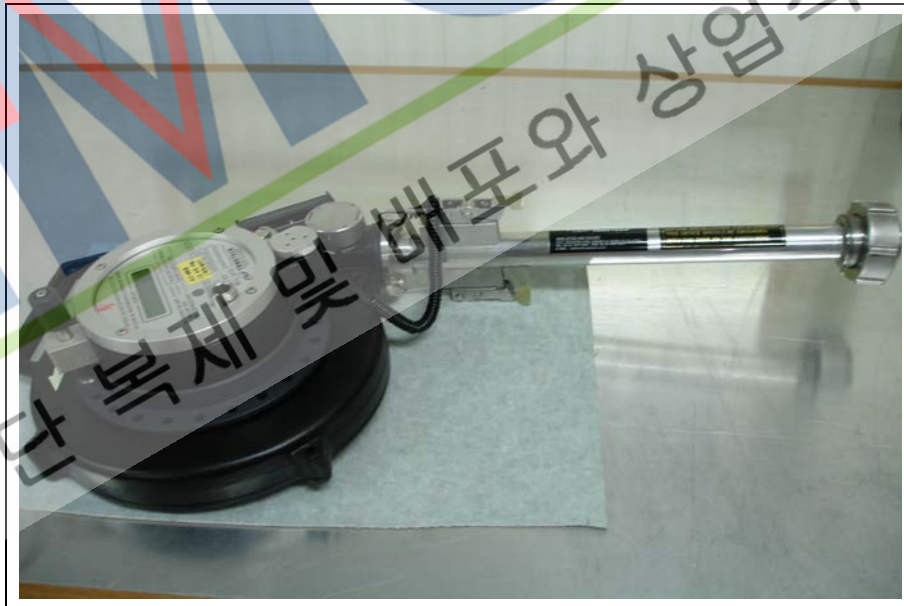
1. 제품 일반 사항 및 기술적 사양

1.1. 제품의 기능

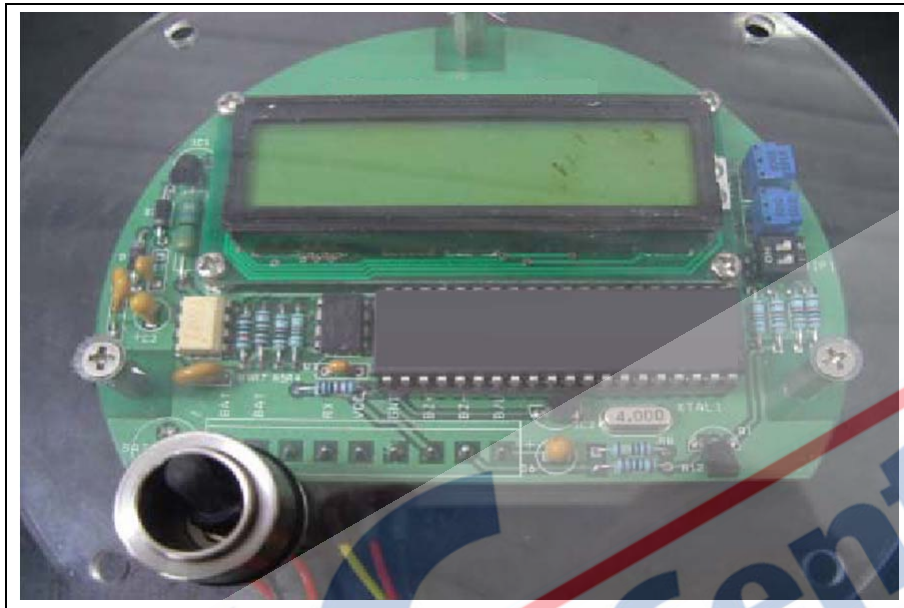
본 휴대용 유수경계면검출기는 유조선 탱크 내의 Ullage (부족량), 유수경계면, 온도를 측정할 수 있는 휴대용 장비이다. 작업자는 LCD상에 표시되는 온도와 부저의 음에 의하여 탱크 내의 센서부 위치에 따른 주위 환경을 알 수 있으며, 또한 탱크 내의 유류 깊이를 측정할 수 있다.

Ullage의 측정은 초음파 센서에 의하여 검출되고, 유수경계면은 전도봉에 의하여 검출되는데 이에 따른 각각의 부저음이 다르고 LCD상에 표시되는 센서부의 검출위치 문자 표시로 센서부의 위치를 알 수 있으며, 온도는 연속적으로 동시에 측정이 가능하다. 전원은 DC 9 V 알카라인 배터리를 사용 한다.

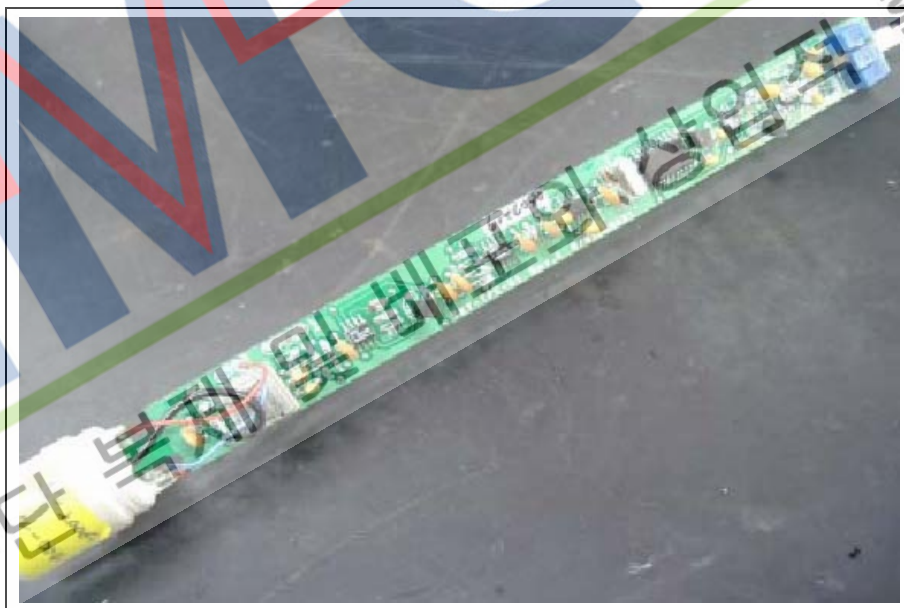
1.2. 제품 사진



[그림 1] 제품 사진



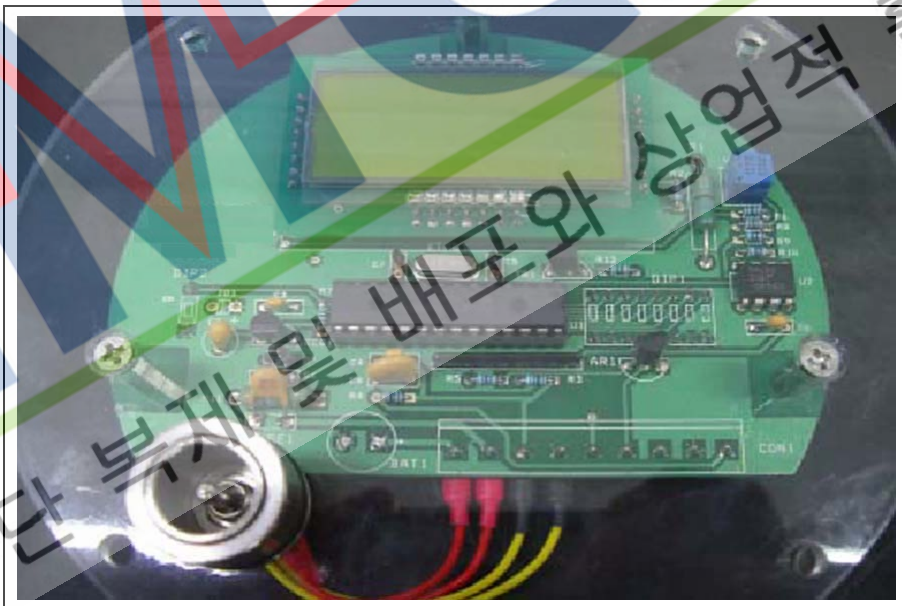
[그림 2] Display



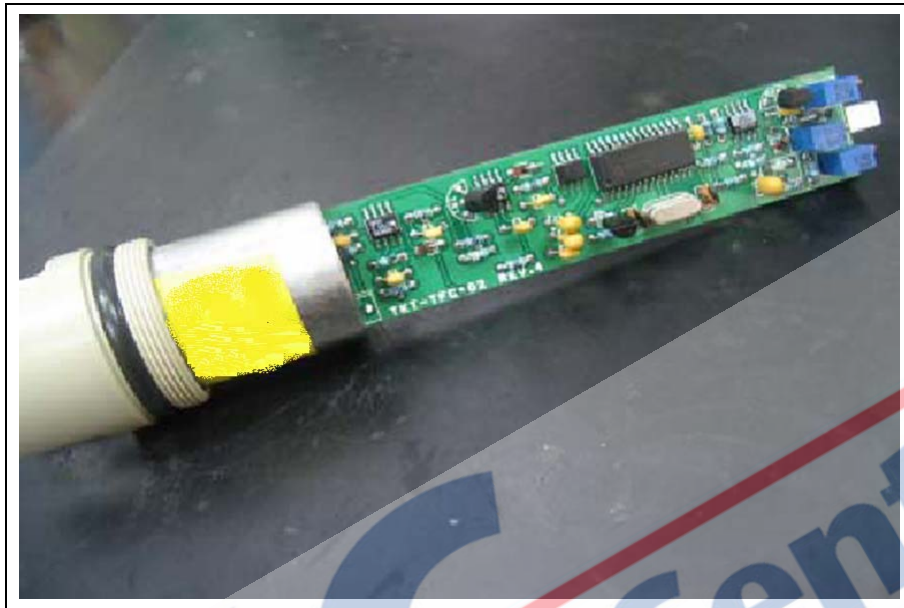
[그림 3] Sensor Probe 내부



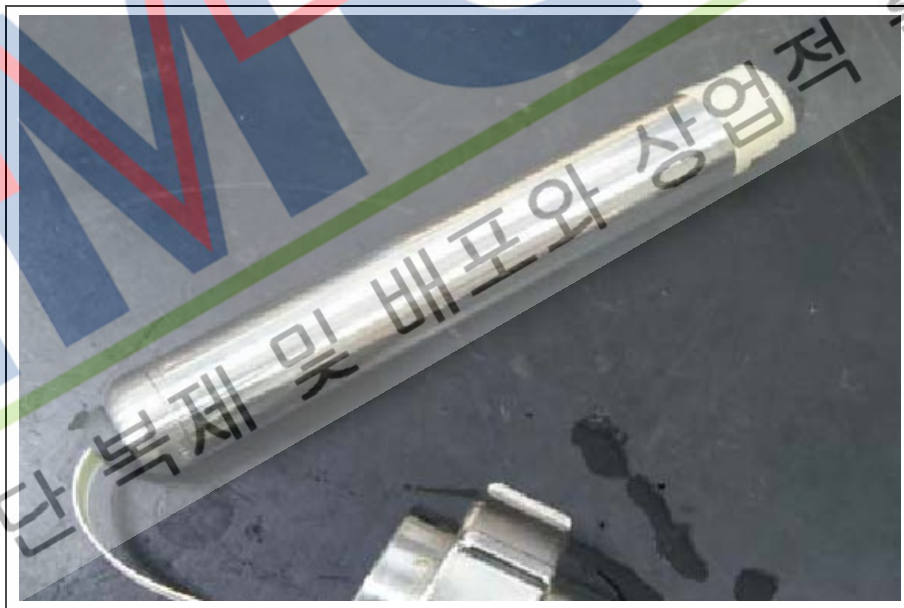
[그림 4] Sensor Probe 외부



[그림 5] Display



[그림 6] Sensor Probe 내부



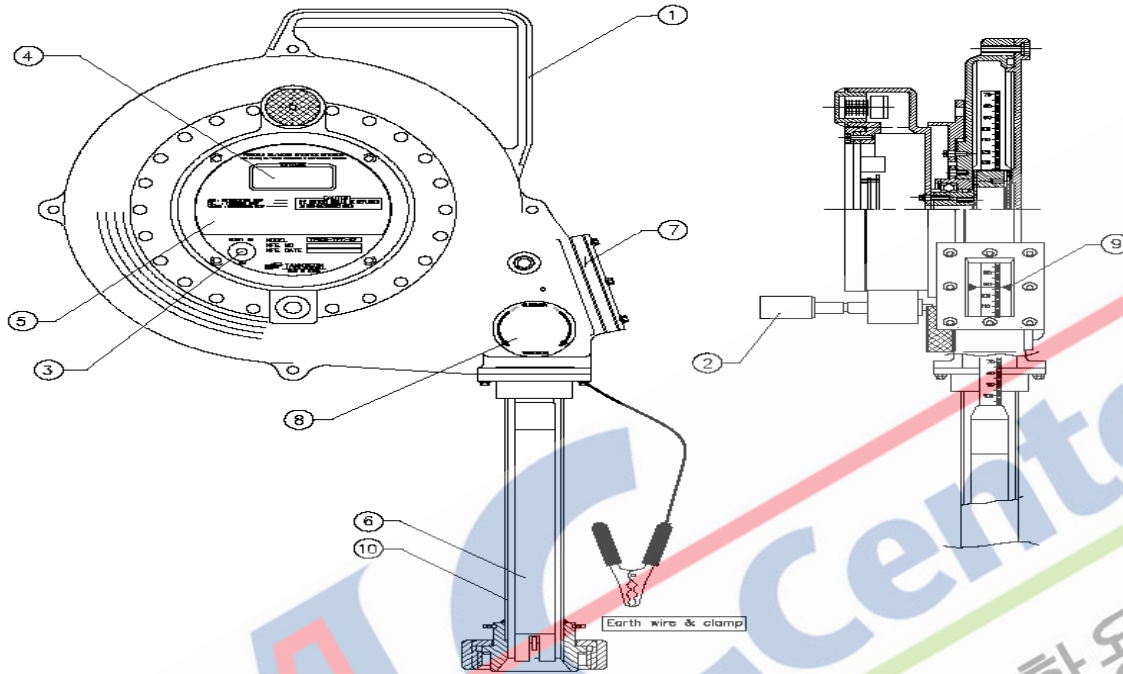
[그림 7] Sensor Probe 외부

1.3. 제품의 각부 기능 및 동작 원리 설명

1.3.1 각 부위 및 형상

- ① Carrying Handle
- ② Handle: 줄자의 감김과 풀림 그리고 고정을 위한 손잡이
- ③ Power Switch
- ④ Display (LCD)
- ⑤ Display Panel
- ⑥ Sensor Probe
- ⑦ Tape Reading Window.
- ⑧ Cleaning Adaptor : 줄자의 이물질 제거하기 위한 기능을 하며, 탱크 내의 측정을 위하여 줄자를 아래 방향으로 내릴 경우에는 “OFF” 방향으로 돌려 줄자가 원활히 내려갈 수 있도록 하고, 상부로 줄자를 올릴 경우에는 “ON” 방향으로 돌려 줄자에 묻은 이물질을 제거하도록 되어있다.
- ⑨ Tape Reading Point (Ullage Read Out Point)
- ⑩ Frame (Storage Barrel)

※ [그림 8] 각 부위 및 형상 참조



[그림 8] 각 부위 및 형상

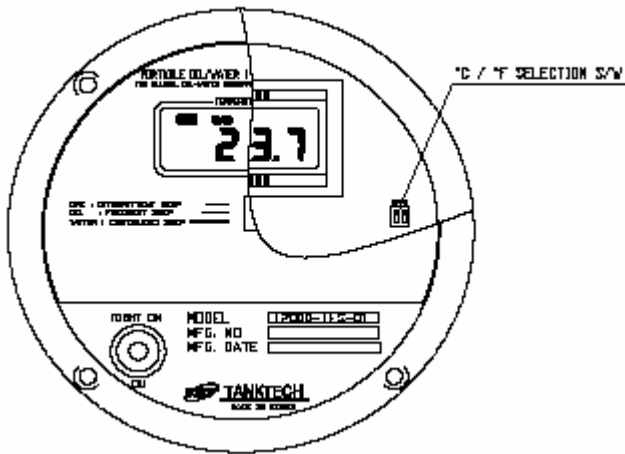
1.3.2 각 장치별 기능 설명

(1) 온도 표시 변환 장치

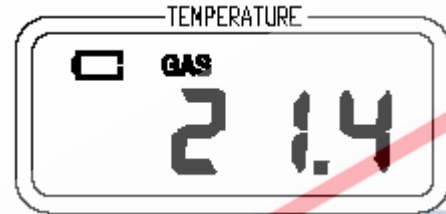
온도 표시는 내부의 절환 스위치로 °C와 °F의 두 가지 형태로 전환 할 수 있다. 만약에 온도 표시를 전환하고자 할 경우에는 전면의 볼트를 풀어낸 후 내부 패널의 전환 스위치를 조절하면 된다.

(2) 전원 부족 경고 표시

전원이 소모되어 전원 교체 시기를 알려주기 위하여 그림10에 표시된 것처럼 상단의 끝에 배터리 형상 모양 내에 충전량 눈금 표시가 사라지게 된다. 이 형상 내의 충전량 눈금 표시가 사라지게 되면 스위치를 끄고 전원을 교체하여 사용하여야 한다. 전원이 부족하면 검출 성능이 저하되므로 교체하여 사용하여야 한다.



[그림 9] 온도 표시 변환 장치

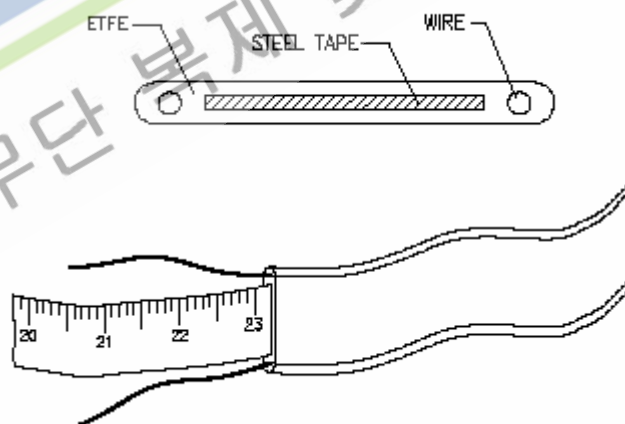


[그림 10] 전원 부족 경고 표시

(3) 줄자

T2000 시리즈의 줄자는 눈금 철자와 두 개의 전선으로 이루어져 있으며, 표면에는 정전기의 발생을 방지할 수 있는 ETFE로 표면 처리 되어있다. 이 ETFE는 테프론 종류로서 원유 및 케미칼류 등 거의 모든 유체에 적용이 가능하다.

두 개의 전선은 센서로부터 감지한 데이터를 갑판 위의 표시부로 전송하는데 사용하며, 아울러 센서의 전원을 공급하는데 사용된다. 눈금 철자는 센서부의 무게를 충분히 지탱할 수 있으며, 측정 깊이를 읽기 위하여 사용되며, 또한 전원의 접지로 사용된다. 그러므로 작업자는 줄자에 손상을 주지 않도록 주의하여 사용하여야 한다.



[그림 11] 줄자의 단면

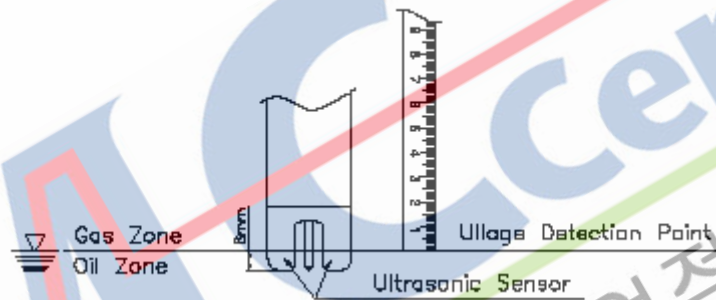
1.3.3 검출 원리 설명

(1) Ullage 검출

Ullage 검출은 초음파 센서 수신부의 음향임피던스의 차이에 따른 검출 전압에 따라 구분된다.

1. Ullage 레벨 (가스-오일경계면) 검출 장치: 초음파센서

2. 검출: 초음파센서 수신부의 출력 전압이 가스와 오일의 음향 임피던스가 다르므로 출력 전압의 차이에 의하여 결정되며, 초음파센서의 송신부와 수신부의 중앙에서 검출이 된다.



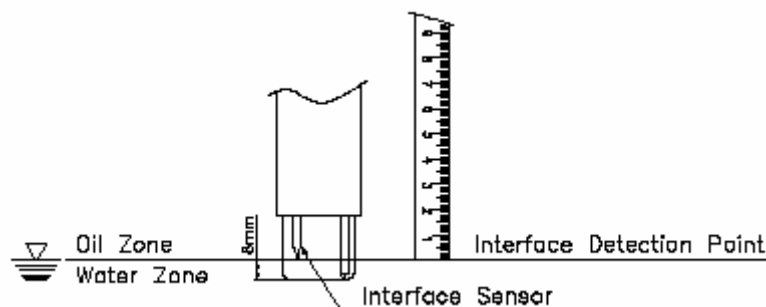
[그림 12] Ullage 검출 위치

(2) 유수경계면 검출

검출 방식은 기름과 물의 전도성에 따른 전압 차이에 의하여 검출된다.

1. 유수경계면 레벨(오일-물 경계면) 검출 장치: 전도봉과 온도센서봉

2. 검출: 물의 전도성 원리에 의한 검출



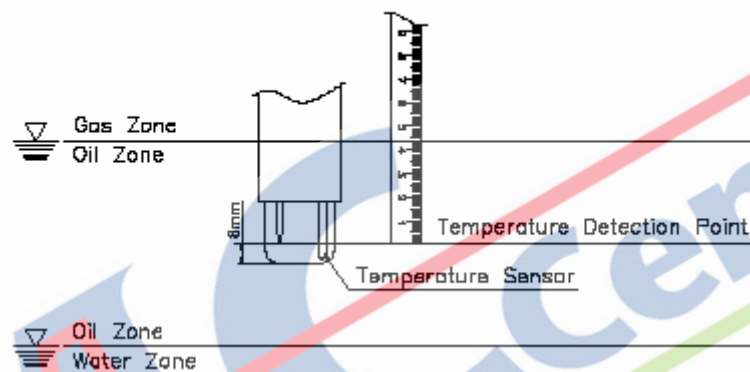
[그림 13] 유수경계면 검출 위치

(3) 온도 측정

측정 방법은 RTD (Resistance Temperature Detector: 측온저항체) 온도 센서의 저항 값의 차이에 의하여 측정된다.

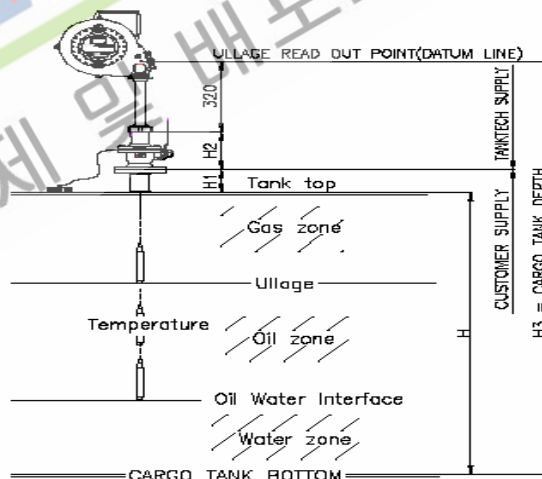
1. 온도 측정 장치: RTD 온도 센서

2. 검출: 온도 변화에 따른 온도 센서의 저항 값 변화에 의하여 검출



[그림 14] 온도 검출 위치

(4) 검출 위치



DIMENSION				(UNIT : mm)	
MODEL	I.D	H1	H2	H3	REMARK
TVC-02	50	*	180	$H3 = H + H1 + H2 + 320$	

1. * FILL OUT BLANK BY CUSTOMER SCOPE
2. DIMENSION H2 IS WITHOUT GASKET (Gasket is Customer Scope)

[그림 15] 각층의 검출 위치

2. 전자파 문제 사전 검토 및 문제 제기

2.1. 제품의 사용 환경

본 휴대용 유수경계면검출기는 선박의 탱크내 저장물의 효율적인 관리를 위해 고안된 제품이므로, 선박의 갑판 위에서 Ullage (부족량), 유수경계면과 온도를 쉽게 측정할 수 있도록 사용되는 환경이다.

2.2. Field 환경에서 제품 사용시 문제점

2.2.1 제품 100대당 2~3대의 비율로 Field 문제 발생

2.2.2 Field 문제 발생이 현재까지 없으나, 현 사양으로서는 Field 문제 발생 가능성 있음

2.2.3 문제 현상



[그림 16] 측정 Mode에서 Error 발생하며 측정 불능 상태가 됨

2.3. 제품의 특징

2.3.1 제품의 사양

Accuracy of ullage, interface detection	±2 mm
Indication of level divided by ullage and interface	Visible and Audible
Tape length	15 m / 30 m /40 m
Tape graduation	Metric
Tape resolution	1 mm
Diameter of probe	34 mm
Minimum detectable level	10 mm
Ambient temperature range	-20℃ to 70℃
Temperature sensor measurement range	-20℃ to 110℃
Temperature measurement resolution	0.1℃
Accuracy over calibration range	±0.1℃ (0℃ to 70℃)
Temperature reading mode	℃ (Celsius)
LCD display	4-7 Segment
Ball valve coupling (Top mounting of model : TVC-02) Weight	PF 2-1/4" TAP
Overall dimensions (height×width×thickness)	8.1 kg / 30 m
Battery	APP. 585×346×150 mm
Intrinsically safe type	9 Volt (MODEL : MN1604)
Intrinsically safe type	Ex ia IIB T4

2.3.1 재질

MODEL: T2000-TFS-01/02 (Body): Aluminum (AL061)

2.3.2 도장

IN/OUT SIDE: Epoxy nylon coating

COLOR: Black

THICKNESS (IN/OUT SIDE): 80 mic.



3. 노이즈/EMC 문제점 분석

3.1. 개요

Field 환경에서 Error 문제의 현상 재현을 위한 시험 방법 설정 및 문제점 분석

3.2. 시험 방법 설정 배경

3.2.1 휴대용 유수경계면검출기는 업체 확인 결과 EMC 시험을 진행한 적이 없음

3.2.2 Field 환경을 고려한 IACS (국제선급협회) 선박 부품 시험 기준 적용

3.2.3 Field 환경을 고려한 IMO (국제해사기구) 선박 통신 기기 시험 기준 적용

3.2.4 Field 환경을 고려한 유럽의 측정기기 인증 기준 (EN 61326) 적용

3.3. 시험 방법

3.3.1 상기 3.2. 항에 의하여 Field 문제점 분석을 위하여 다음의 시험 방법 결정

3.3.2 Electrostatic Discharge (ESD): IEC 61000-4-2

3.3.3 Radiated Susceptibility: IEC 61000-4-3 단, (G)TEM cell 방법으로 시험

3.4. Electrostatic Discharge (ESD): 정전기 시험 기준

3.4.1. 주위 온도: 23 °C (통상 제품 사용 환경)

3.4.2. 상대습도: 40 % (IEC 61000-4-2에 의함)

3.4.3. 대기 압력: 101 kPa (IEC 61000-4-2에 의함)

3.4.4. ESD Simulator: Schaffner사의 NSG 432

3.4.5. Contact/Air discharge RC 사양: $\pm 150\text{pF}/\pm 330\text{pF}/330\Omega$

3.4.6. Contact/Air discharge 인가 전압: Contact: $\pm 8\text{ kV}$, Air: $\pm 15\text{ kV}$

3.4.7. 단, 제품 인증 시험의 경우 Contact: $\pm 4\text{ kV}$, Air: $\pm 8\text{ kV}$ 기준임

3.5. Radiated Susceptibility ((G)TEM cell): 전자파 방사 내성 시험 기준

3.5.1. 시험 주파수: 80MHz~1GHz

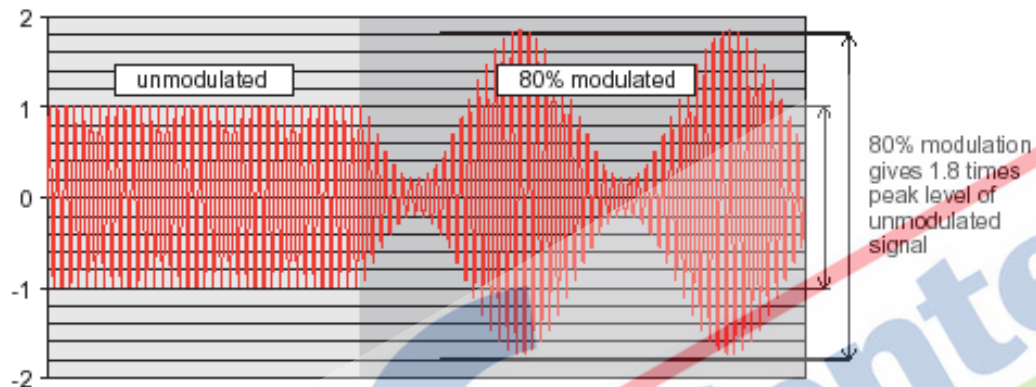
3.5.2. 시험 주파수 Step: 1% Step

3.5.3. 시험 주파수 변조: Sine wave 80% AM Modulation (1 kHz)

3.5.4. 시험 인가 전자계 강도: 25 V/m, 50 V/m

3.5.5. 단, 인증 시험의 경우 10 V/m 기준임

3.5.6. 시험 주파수 변조 그림



3.6. 정전기 시험 및 전자파 방사 내성 시험 결과 및 문제점 분석

3.6.1 정전기 시험 결과 분석

- (1) Contact: ± 8 kV를 Sensor Probe Pin에 인가 시 간헐적 Field 문제 동일 현상 발생
- (2) Air: ± 15 kV를 Sensor Probe Pin에 인가 시 간헐적 Field 문제 동일 현상 발생
- (3) Field 문제 동일 현상 발생 부위: Sensor Probe Pin (Water 검출 입력단)

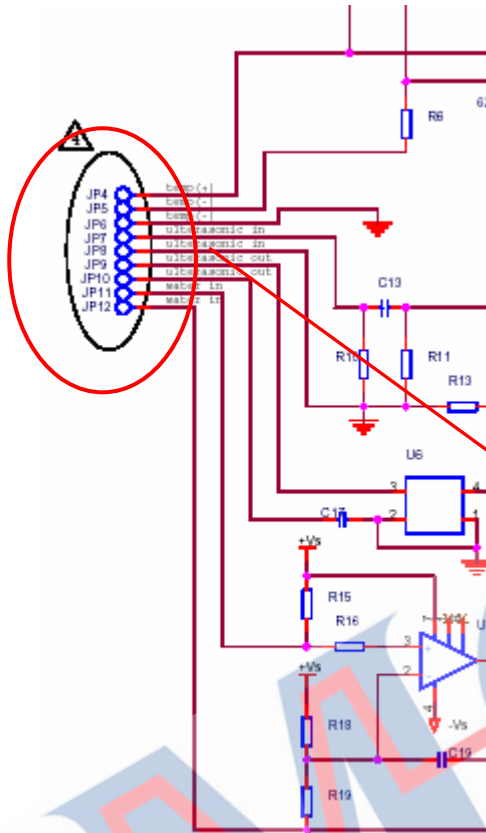
3.6.2 전자파 방사 내성 시험 결과 분석

- (1) 25 V/m 전자계 강도: 인가 시 Field 문제 재현 안됨
- (2) 50 V/m 전자계 강도: 인가 시 80 MHz부터 측정 Mode (GAS=>Water) 변환 및 Error 현상 발생하나 Field 문제와 동일 현상은 아닌 것으로 판단함
(80 MHz~250 MHz까지 결과 확인)

3.6.3 문제점 분석

- (1) 휴대용 유수경계면검출기는 유조선의 Cargo Tank 안에서 측정되는 용도임
- (2) Radiated Susceptibility에 의한 문제 발생 요인보다는 Cargo Tank 내의 유류 및 GAS에 의한 정전기가 문제 발생 요인으로 판단함
- (3) 상기 시험 결과 참조

(4) Field 문제 동일 현상 발생 부위



정전기 인가 시
Field 문제 동일
(Water 검출 입력단)



3.6.4 향후 진행 방안

- (1) 휴대용 유수경계면검출기의 Field 환경에서 발생하는 문제는 정전기에 대한 대책으로 지원 되어야 함

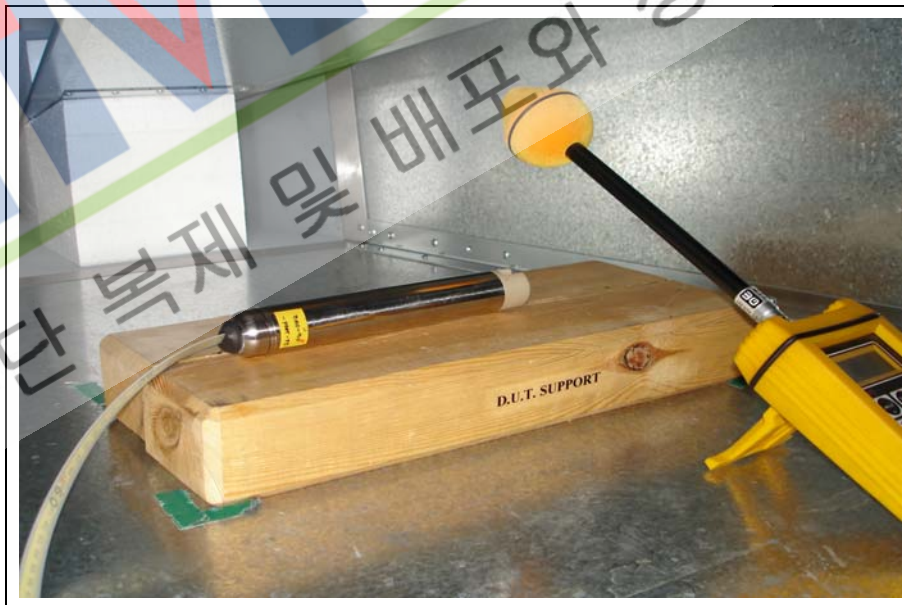
4. EMC를 고려한 설계·대책 및 결과

4.1 EMC 대책 전 초기 시험 Set-up 및 결과 분석

4.1.1 대책 전 초기 시험 Set-up 및 시험 Data



[그림 17] ESD 시험 Set-Up



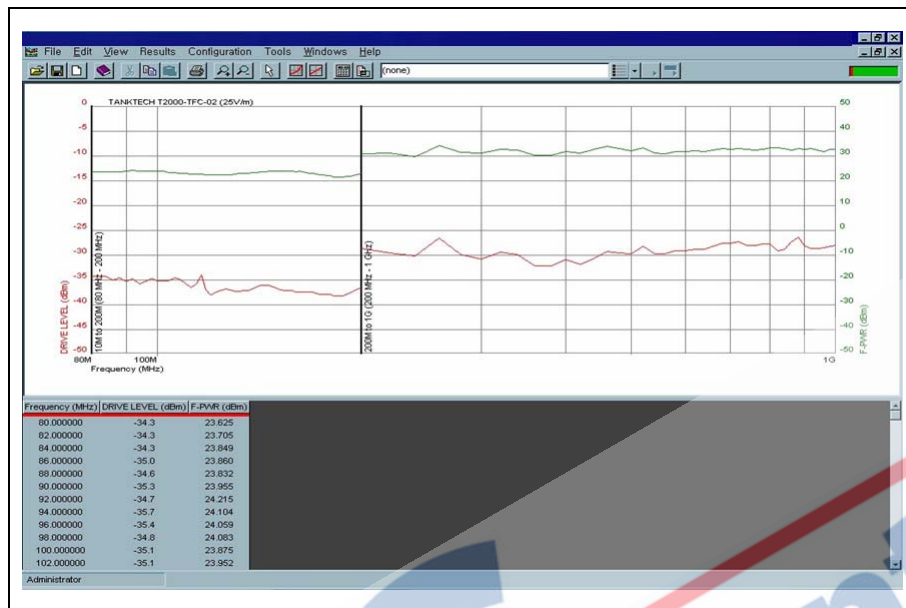
[그림 18] (G)TEM cell 시험 Set-Up (Sensor Probe)



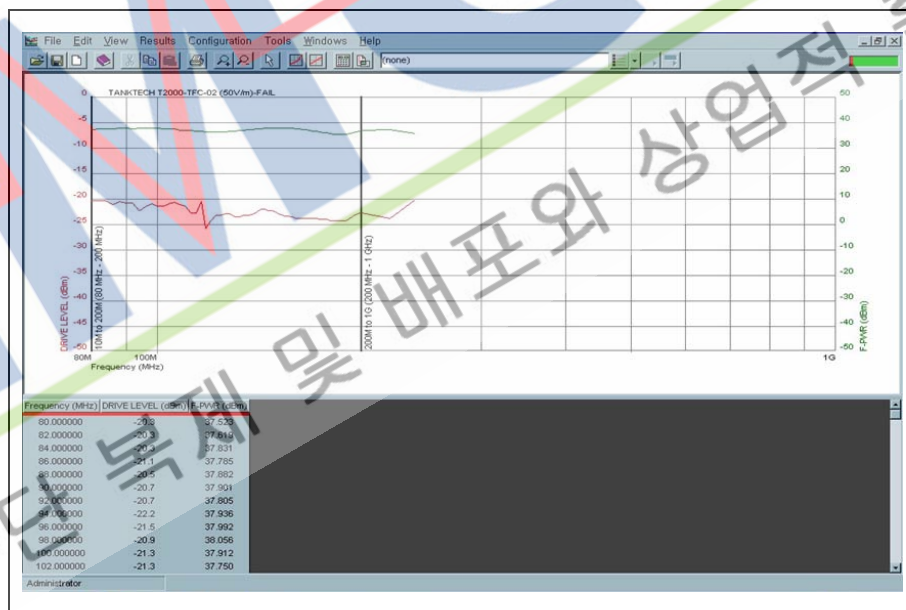
[그림 19] (G)TEM cell 시험 Set-Up (LCD)



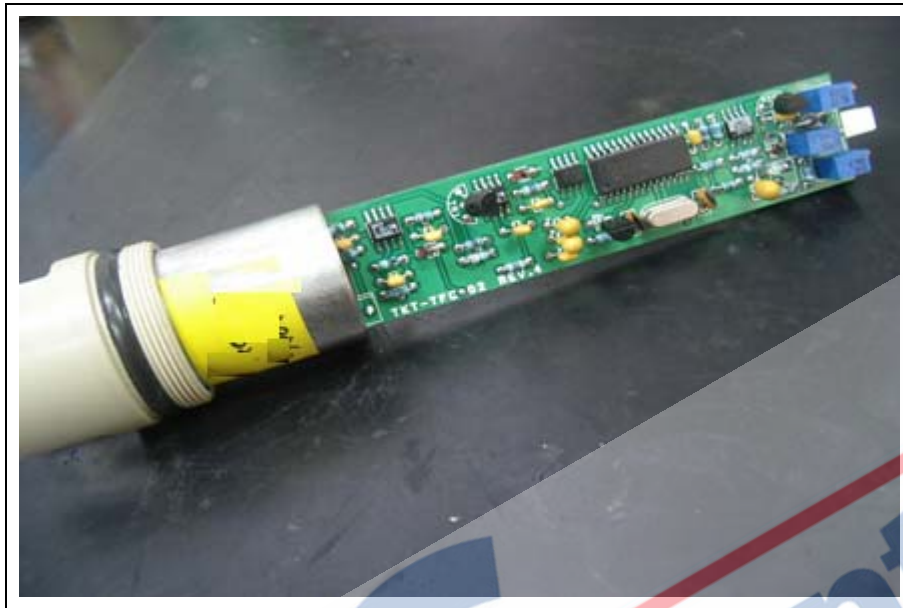
[그림 20] 유수경계면검출기 정상 동작 Mode



[표 1] 전자계 강도 25 V/m 인가 시



[표 2] 전자계 강도 50 V/m 인가 시



[그림 21] 초기 Sensor Probe 내부 사진

4.2 대책 전 초기 시험 결과 분석

(1) 4.6항 시험 결과 참조

4.3 정전기 발생

정전기는 서로 다른 물체가 상대적인 운동을 할 때 절연된 표면에 전하가 충전되는데 이때 한쪽의 물체는 전자를 잃고, 다른 쪽은 받아들여 각각 양(+), 음(-)으로 대전 된다. 이외에도 유도, 냉각, 이온과 전자빔, 스프레이 등에 따라 발생되는데, 이들 중 빈번이 발생하는 마찰대전과 유도대전에 대하여 설명한다.

- (1) 마찰대전: 두 물체를 서로 문지르거나 접촉시켰다가 분리되면서 정전하가 발생한다. 이때 물체가 맞닿는 표면에서 발생하게 되어 두 물질의 성질에 따라 한쪽은 양전하, 다른 쪽은 음전하로 대전한다. 마찰시 발생하는 전하량의 크기는 접촉압력, 접촉면적, 격리속도, 표면의 매끄러운 정도 및 습도에 따라 다르다.
- (2) 유도대전: 물체가 대전되면 그 물체 주위에 전자기장이 형성되는데 이 전자기장에 대전되지 않은 물체를 놓으면 그 물체는 전기적으로 분극화된다. 즉, 대전된 물체와 전하량이 같고 극성이 반대인 전하는 대전체 가까이로 이동하고, 극성이 같은 전하는 먼 쪽으로 이동한다. 이때 분극화된 물체는 외부적으로

아무런 극성을 띄지 않지만 접지가 되어 전하가 없어지면 그 물체는 대전되어 극성을 띄게 되는데 이를 유도대전이라 한다. 대전되지 않은 물체가 도체인 경우는 이렇게 유도대전이 일어나지만 부도체인 경우는 분극화로 인하여 쌍극자 (Dipole) 들이 재배치되어 표면전하를 형성할 뿐 대전은 일어나지 않는다.

- (3) 습도와 정전기 관계: 정전기는 여러 요인에 의해서 크기가 달라지는데 그 중에서 가장 밀접한 영향을 미치는 것이 상대습도이다. 특히 여름철보다 겨울철에 심한 것은 상대습도가 낮아 공기의 도전성이 떨어져 전하가 누설되지 않고 그대로 축적되기 때문이다. 상대습도는 절연물질, 정전기 방전보호재 등의 도전율에 큰 영향을 미친다. 대개 상대습도가 60% 이상이 되면 물체가 습기를 흡수하여 도전성이 좋아지지만 상대습도가 20~30% 이하가 되면 물체가 습기를 잃어 정전기가 소멸되지 않고 그대로 축적된다.
- (4) 인체모델: 인체는 가장 일반적인 정전기 발생원이다. 인체모델에서 인체의 정전용량과 저항이 가장 중요한 사항이며, 그 외에 낮은 인덕턴스가 존재한다. 인체의 정전용량은 체구, 입고 있는 옷, 신발, 바닥의 재질에 따라 달라지며 그 범위는 50~250 pF 이다. 인체의 저항 및 인덕턴스는 피부의 습기, 염분, 지방, 피부에 접촉되는 면적 및 압력에 따라 달라지는데 저항은 500 Ω ~ 10 KΩ 정도이다.

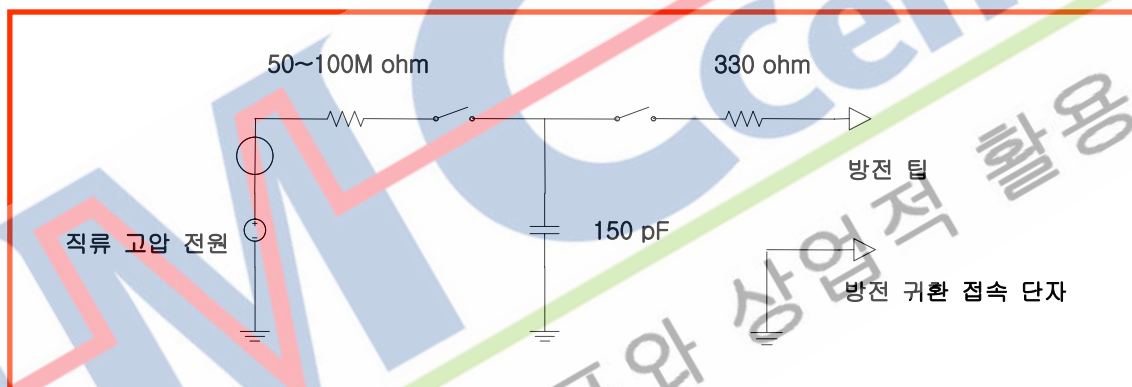
4.3.1 물질 대전열

+				-			
아 유	머 나	면 양	알 폴	종 나	철 아	동 스	고 아
세 리	이		루 리	미 에	이 무	테 인	무 크
테 리	카	본	피	스	테	이	리
이 락			늄	테	트	레	우
트			르			스	탄
							폴
							합
							성
							리
							프
							에
							비
							닐
							폴
							임
							실
							리
							프
							본
							본

(+) 석면 - 토끼 털가죽 - 유리 - 운모 - 양털 - 석영(수정) - 고양이 털가죽 - 납 - 실크 - 알미늄, 사람의 피부 - 솜 - 나무 - 호박 - 구리 - 고무 - 황 - 셀룰로이드 (-)

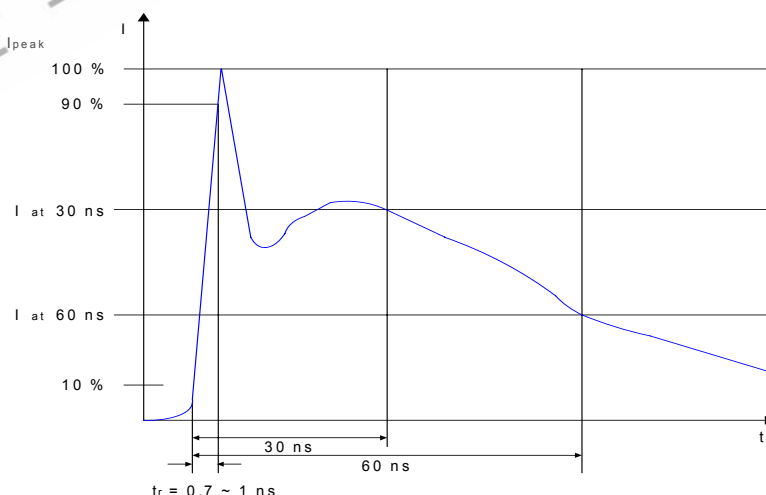
4.3.2 정전기 방전 발생기

정전기 방전을 Simulation 하는 장치는 인체를 모델링한 것인데 이는 대부분 정전기 피해를 일으키는 요소는 작업자, 즉 인체이기 때문이다. 따라서 이 인체와 같은 분포용량을 갖는 날개에 고전압을 충전시키고 방전 저항을 통하여 시험품에 방전하는 용량성 날개 방식과, 인체의 분포용량과 같은 정도의 콘덴서를 설치하고, 스위칭 작용으로 고전압을 충, 방전시키는 콘덴서 방식이 있는데 IEC 61000-4-2 에서는 콘덴서 방식이 적용되고 있다. 충·방전 장치 (정전기 발생기)는 권총 모양의 구조로서 사용하기에 편리하도록 되어 있으며 직류 전원은 별도 장치로 되어 있다. EUT에 접촉되는 Tip은 정전기 발생기에 꽂아서 사용되는데 용도에 따라 둥근 모양 (Round Type)과 송곳 모양 (Sharp Type)이 있다.



[그림 22] 정전기 발생기 회로

정전기가 방전할 때 전류 파형은 다음 그림과 같아야 하며, 확인은 1000 MHz의 대역폭을 갖춘 오실로스코프로 한다.



전류 파형의 제반 수치는 다음과 같다.

Level	Indicated Voltage	First peak current of discharge ($\pm 10\%$)	Rise time tr	current at 30ns ($\pm 30\%$)	current at 60ns ($\pm 30\%$)
1	2kV	7.5 A	0.7 ~ 1 ns	4 A	2 A
2	4kV	15 A	0.7 ~ 1 ns	8 A	4 A
3	6kV	22.5 A	0.7 ~ 1 ns	12 A	6 A
4	8kV	30 A	0.7 ~ 1 ns	16 A	8 A

4.3.3 전자 부품의 정전 내압

Device Type	파괴되는 ESD 전압 Range	
	(Volts)	(Energy)
VMOS	30-1800	-
MOSFET	100-200	0.5 μ J-2.0 μ J
EPROM	100	0.5 μ J
JFET	140-7000	0.98 μ J-2.45 μ J
OP-AMP	190-2500	1.62 μ J-312.5 μ J
CMOS	250-3000	3.13 μ J-450 μ J
SCHOTTKY DIODE	300-2500	4.5 μ J-312.5 μ J
FILM REGISTER	300-3000	4.5 μ J-450 μ J
BIPOLAR TRANSISTOR	300-7000	4.5 μ J-2.45 μ J
SCHOTTKY TTL	1000-2500	50 μ J-312.5 μ J

[표 3] ESD Susceptibility of Various Electronic Devices

산화막질	내압($\times 10^6$ V/cm)
Sio2	2~9
Si3N	~10
Al2O3	6 \pm 2
PSG	2~6
BSG	2~6
TiO2	0.5

[표 4] 각종 절연 산화막 내압

4.2 EMC 대책 후 시험 결과 및 분석

4.2.1 위와 같은 Field 환경을 고려한 정전기 대책을 Varistor와 Seal Tape를 SensorProbe (Water 검출 입력단)에 적용하여 최종적으로 개선된 결과를 보여주고자 한다. [그림 22]와 같이 Sensor Probe (Water 검출 입력단)에 아래의 부품을 PCB에 적용한 후, 시험한 결과 [표 3]과 같은 시험 결과가 도출되었다.



[그림 23] S20K17AUTO Varistor 및 Seal Tape 적용

4.2.2 ESD 대책 후, 시험 결과

대책 내용	Discharge Mode	인가 전압	시험 결과
S14K30AUTO (Varistor) Seal Tape 적용	Contact	±8 kV	Field 환경의 Error 문제 없음
	Air	±15 kV	간헐적 Field 환경의 Error 문제 발생
S14K30AUTO (Varistor) Seal Tape 미적용	Contact	±8 kV	Field 환경의 Error 문제 없음
	Air	±15 kV	간헐적 Field 환경의 Error 문제 발생
S20K17AUTO (Varistor) Seal Tape 적용	Contact	±8 kV	Field 환경의 Error 문제 없음
	Air	±15 kV	Field 환경의 Error 문제 없음
S20K17AUTO (Varistor) Seal Tape 미적용	Contact	±8 kV	Field 환경의 Error 문제 없음
	Air	±15 kV	간헐적 Field 환경의 Error 문제 발생

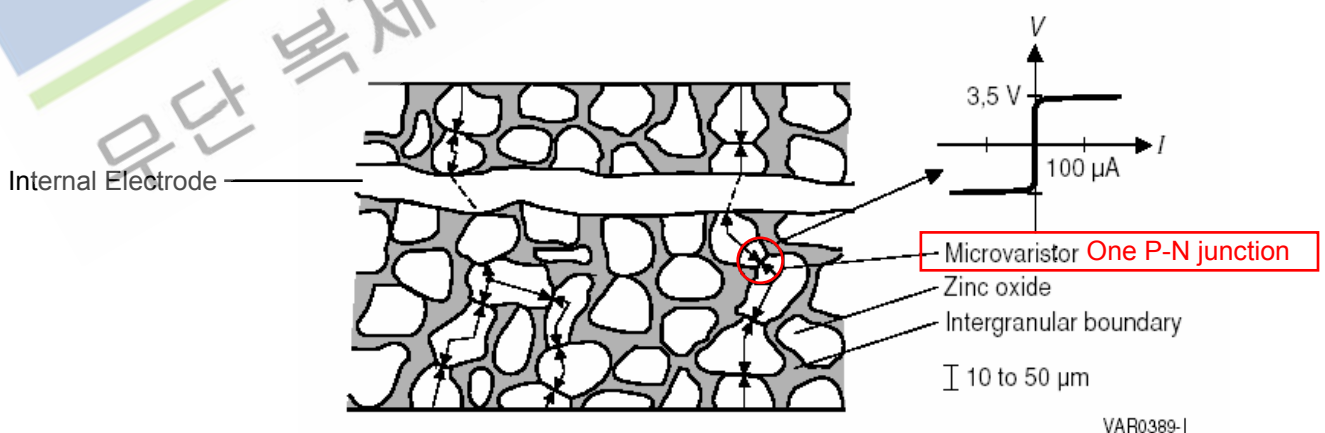
4.2.3 바리스터 (Varistor)의 정의

바리스터 (Varistor)는 Variable Resistor의 약어로 회로에 장착되어, 평상시에는 동작되지 않는 높은 저항의 부도체로 작용하다가, 외부에서 정전기 및 surge 등의 과전압이 인가될 경우, 임계 전압 이상에서 작동되어 Varistor를 통해 과전압에 의한 과전류를 ground시키는 기능을 하는 소자이다.

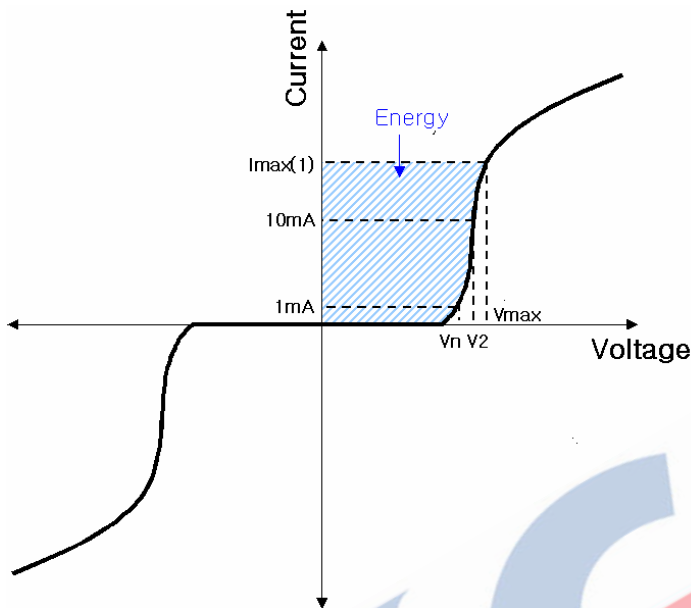
4.2.4 바리스터의 미세구조 및 전도 메커니즘

Bi, Co, Mn, Ni, Sb 등과 같은 금속산화물과 함께 만들어지는 소결된 ZnO 바리스터 다결정의 저항은 우수한 전압의존성을 갖는데, 이러한 현상을 바리스터 효과라 함. ZnO Grain은 높은 전기 전도도를 갖고, 입계면 (Grain Boundary)을 형성하는 다른 산화물은 매우 큰 저항을 가짐. 금속산화물 바리스터의 전기적인 특성은 수 많은 미세 바리스터가 직렬 또는 병렬로 연결되어 나타나게 됨. 따라서, 바리스터의 물리적인 치수 조절에 의해 특성 제어가 가능함.

- (1) 바리스터의 두께를 두 배로 올리면 보호 레벨이 두 배 올라감. 즉, 두 배 만큼의 미세 바리스터가 직렬로 연결되어 있음
- (2) 제품의 면적을 두 배로 하면 서지 전류 내량이 두 배로 올라감. 서로 병렬로 연결되어 있으므로 전류 경로가 두 배로 증가
- (3) 제품의 부피를 두 배로 하면 에너지 내량이 두 배로 올라감. 즉, 에너지 업서버로 작용하는 ZnO Grain의 수가 두 배로 증가하기 때문임



4.2.5 I-V curve를 통한 Varistor 특성



- Varistor의 전기적 특성 항목

- Varistor voltage (V_n) (Breakdown voltage)
- Nonlinearity coefficient (α)
- Leakage current (I_L)
- Capacitance (C_p)
- Clamping voltage (V_c)
- Peak current (I_{max})
- Insulation resistance (I_R)

4.2.6 Varistor의 전기적 특성 항목

(1) Varistor voltage (Breakdown voltage, V_n)

- Varistor의 작동되는 임계 전압을 나타낸다.
- Varistor voltage는 재료의 소결 온도 및 내부 전극간 거리 등에 따라 변화하며, 회로의 동작 전압에 따라 Varistor voltage spec을 정한다.

(2) Surge 내량 (Peak current, I_{max})

- Varistor가 견딜 수 있는 최대 전류값을 나타낸다.
- Peak current값 이상의 전류 값에서는 Varistor의 기능이 파괴되고, 저항으로 작용한다.

(3) 비선형 계수 (Nonlinearity coefficient, α)

- 과전압이 회로에 들어올 경우, Chip varistor의 동작 속도를 나타내는 척도이며, Varistor의 동작 유,무를 결정하는 인자이다

(4) 누설 전류 (Leakage current, I_L)

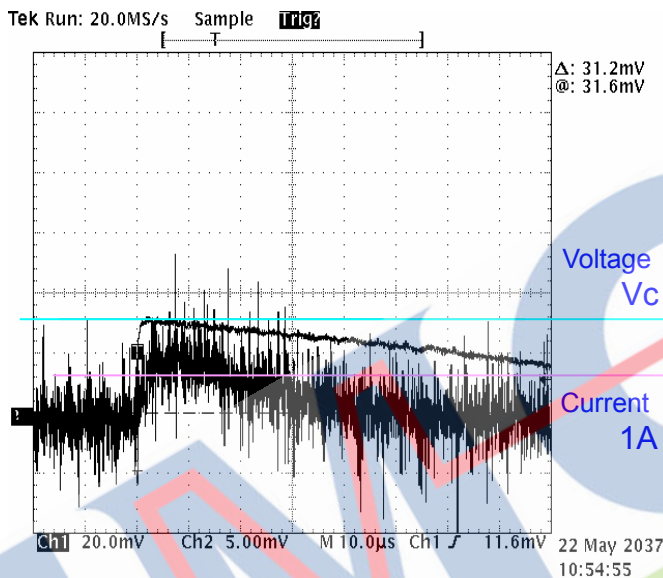
- Varistor가 동작하는 앵는 V_n 이하의 voltage 영역에서 varistor의 표면을 타고 회로로 흐르는 전류 값을 나타낸다.

(5) 절연 저항 (Insulation resistance, IR)

- Varistor를 PCB에 실장한 상태에서 Varistor 양단에 제품의 작동 전압을 인가하여, Varistor의 저항 값을 측정한 것

(6) Clamping voltage (V_c)

- 정전기, surge 등의 과전압이 회로에 들어올 경우, chip varistor가 감쇄하여 varistor 뒤의 회로로 일정 전압을 보내게 되는데, 이때 감쇄된 전압의 상한치



8/20 μs pulse를 인가하여, 1A의 current값에서의 voltage를 V_c 로 읽는다

(7) 정전용량 (Capacitance, C_p)

- ZnO는 큰 유전상수를 갖고 있어 바리스터는 Capacitor 처럼 작용함. 유전율은 전극의 면적에 비례하고 전극간의 거리에 비례하여 감소함. 바리스터의 경우 Capacitance는 일반적으로 참고치로 하며, 때로는 Capacitance를 중요시하는 경우도 있음

4.2.7 대책에 적용 된 Varistor의 사양

Type (DIP)	V_{RMS} (V)	V_{DC} (V)	I_{max} 8/20 μs (A)	W_{max} (2 ms) (J)	P_{max} (W)
S14K30AUTO	30	34	1000	9,0	0,10
S20K17AUTO	17	20	2000	14,0	0,20

* DIP Type이 적용 되었으나, SMD Type의 적용도 가능함

5. 시험에 따른 설계·대책 측정 결과 및 분석

위의 대책 과정과 결과를 살펴보면 다음과 같은 분석을 할 수가 있다.

5.1 정전기 방전에 의한 영향

5.1.1 하드웨어 에러 (IC 파괴 등..)

5.1.2 소프트웨어 에러 (메모리 변경 등..)

5.1.3 일시적 오동작 (표시기, 지시기의 깜박 현상 등..)

5.2 습도와 대전 전위

정전기에 의한 장애는 습도의 정도에 의해 일반적으로 여름은 겨울보다도 적게 발생하고 있다. 이러한 원리에 의하여 습도 조절로 대전을 방지하려면 절연체 (Plastic, Film, Glass etc)의 경우는 흡습성이 없기 때문에 흡습성이 있는 소재와 같은 효과를 얻기 위해서는 습기가 소재에 충분할 때까지 습도를 높여야 한다.

그 결과 작업자에의 불쾌감, 금속 부품 및 기계의 부식 등의 문제를 일으키는 사례가 있어 주의하여야 하며 상대습도의 정도에 따라 대전물이 대전되는 대전 전위는 아래와 같이 큰 차이가 있는 것을 고려한다면 습도가 대전에 미치는 영향을 알 수 있다.

항 목	상대습도 / 대전 전위 (V)			
	10 %	40 %	50 %	60 %
카펫 위를 걸을 때 - 인체	35,000	15,000	7,500	1,500
비닐 마루 위를 걸을 때 - 인체	12,000	5,000	3,000	250
일반적인 작업자	6,000	800	400	100
일반 플라스틱 Tube 속의 IC	2,000	700	400	100
스티로폼에 꼽혀있는 IC	14,500	5,000	3,500	1,500
플라스틱 포장을 해체하였을 때 내부	26,000	20,000	7,000	3,000
스티로폼으로 포장했을 때	21,000	11,000	5,500	1,000
비닐 통 속의 IC	11,500	4,000	2,000	600

5.3 정전기 방전으로의 보호 방법

- 5.3.1 신호원에서 정전하 생성을 방지 (접지 등..)
- 5.3.2 회로 및 시스템을 격리
- 5.3.3 우회 경로 구성
- 5.3.4 차폐 조치
- 5.3.5 내성 부품/회로 구성 (Varistor, Zener diode, TVS diode 등...)

6. 설계·대책 Design Rule

본 제품의 대책 기법으로 위에서 사용된 적절한 Varistor 부품과 용량 값을 선택한 결과가 결국 이와 같은 정전기 방전에 문제를 있는 방안으로 5장, 6장, 에서 언급한 대책과 분석의 내용과 같다.

7. 종합적인 기술 지원 내용 분석

본 휴대용 유수경계면검출기의 Field 환경에서 발생하는 Error 문제에 대해 아래와 같이 정전기 대책을 지원 함.

7.1 정전기 대책 지원 내용

- 7.1.1 Sensor probe (Water 검출부): Varistor 적용 (5.2.7. 항 사양 참조)
- 7.1.2 Seal Tape 적용하여 Sensor probe Pin과 PCB의 정전기 결합 방지
(양산시 Sensor probe Pin과 PCB 앞단에 Molding 적용)

8. 향후 제품 설계에 반영되어야 할 방향

본 휴대용 유수경계면검출기 사용 목적에 적합 하도록 향후 다른 모델의 제품 개발 시 Field 환경을 고려한 Field Sensor Probe의 사양이 개발 되어야 하며, 특히 검출 입력단에 정전기 보호 회로 (DC Surge Absorber 등) 및 PCB Pattern의 Ground 면적 확대의 적용이 반드시 사전 검토 되어야 할 것으로 판단 됨.