

EMC 설계 • 대책보고서

(유압발생장치)



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. 제품 사양

1.1.1. 기능 및 작동원리

BLDC 모터를 구동시켜 펌프를 작동함으로써 유압을 발생시키고, 유압을 피드백 받아 모터를 제어함으로써 일정한 압력을 유지시키는 기능과 이상압력 발생시 장비의 작동을 중지시키는 장치

1.1.2. 최대 발생압력 : 80 bar

1.1.3. 전압 및 최대소요전류 : 28 V, 85 A

1.1.4. 모터 사양 : BLDC

1.2. 제품 사진



그림 1. 제품사진

1.3. 장비의 제어 구성도

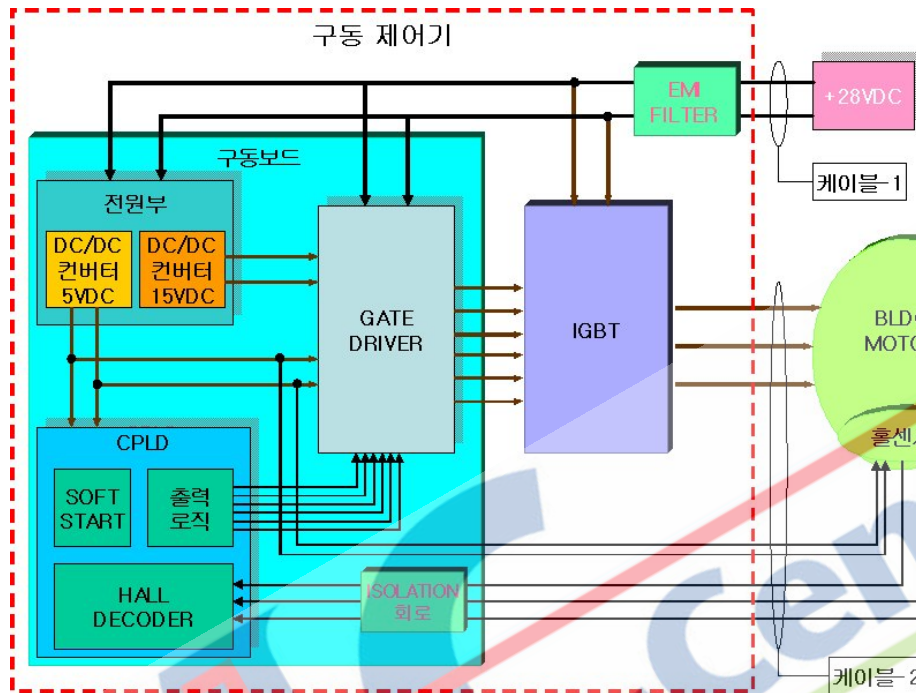


그림 2. 장비의 제어 구성도

2. 전자파 문제 사전 검토 및 문제 제기

2.1. 장비의 적용

유압발생장치는 군용 장비에 장착될 예정으로 개발되는 장비로서 군용장비의 특성상 가혹한 환경조건과 EMC 규격 중 엄격하기로 유명한 미군 규격인 MIL-STD-461E를 만족하여야만 적용이 가능한 장비이다. 유압발생장치는 PWM(Pulse Width Modulation) 제어를 하는 BLDC 모터를 구동하여 유압펌프를 작동시키는 장치이다.

2.2. 적용규격

2.2.1. 법규: MIL-STD-461E Army, 20 August 1999

Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment

2.2.2. 시험 항목

1. CE102 : Conducted Emission – 10 kHz ~ 10 MHz, Power Leads
2. RE102 : Radiated Emission
3. CS101 : Conducted susceptibility – 30 Hz ~ 150 kHz, Power Leads
4. CS114 : Conducted susceptibility – 10 kHz ~ 200 MHz, Bulk Cable Injection
5. CS115 : Conducted susceptibility – Impulse Excitation, Bulk Cable Injection
6. CS116 : Conducted susceptibility – 10 kHz ~ 100 MHz, Damped Sinusoidal Transients
7. RS103 : Radiated susceptibility – 30 MHz ~ 18 GHz, Electric Field

3. 장비의 사용 주파수 및 EMI 사전 검토

1. 수 킬로의 PWM 주파수 및 Harmonic 노이즈 발생
2. 제어기 보드내의 Clock (4 MHz) 노이즈 및 Harmonic 노이즈 발생
3. 전원부 Dc-Dc Converter 의 스위칭 노이즈(250 kHz) 및 Harmonic 노이즈 발생
4. 함체부 차폐구조 및 인터페이스 케이블 Shield 구조임

4. EMC 대책 전 초기 시험 결과 및 분석

4.1. 대책 전 초기 시험 결과

초기상태 Conducted emission 측정 결과 아래 그림 3과 같은 시험 결과를 나타내었다.

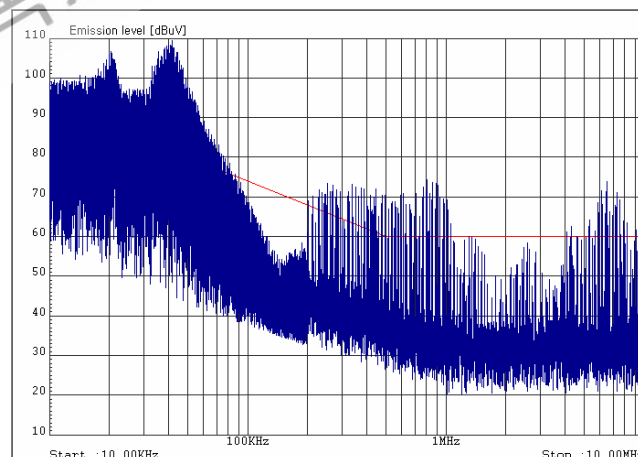


그림 3. 대책 전 유압발생장치 측정결과

4.2. 대책 전 초기 시험 결과 분석

상기의 측정 결과를 보면 유압발생장치 작동 시 BLDC 모터 작동을 위한 PWM 파형을 발생시키기 위한 IGBT의 On-Off 시 발생하는 스위칭 노이즈가 측정 주파수 전 대역에 걸쳐서 발생하며, Normal mode 노이즈 성분과 Common mode 노이즈 성분이 혼재하여 나타나는 것으로 판단되어, 전원부 입력단에 Normal mode 노이즈 성분과 Common mode 노이즈 성분을 제거할 수 있는 필터를 추가하여 개선작업을 진행하기로 하였다.

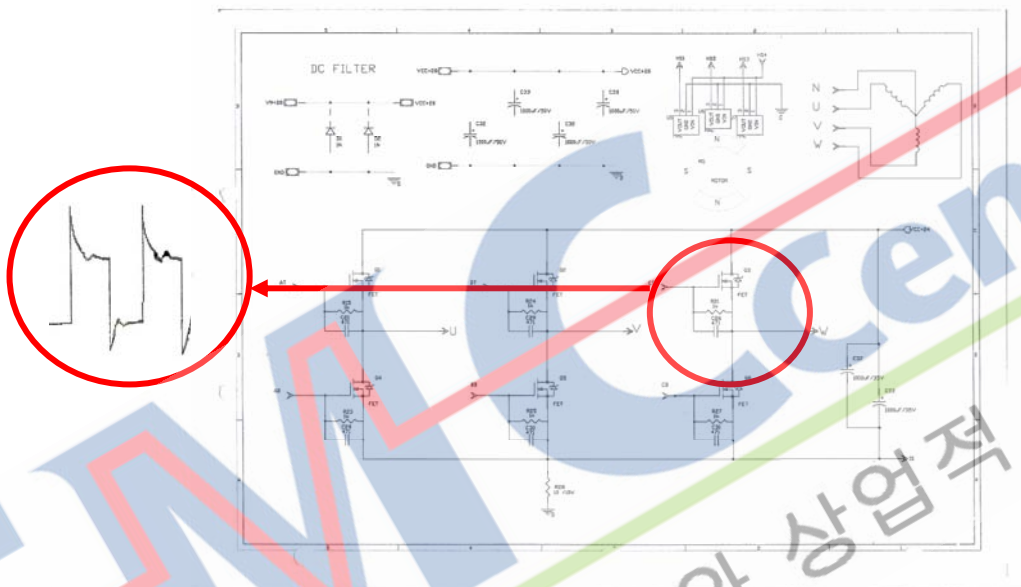
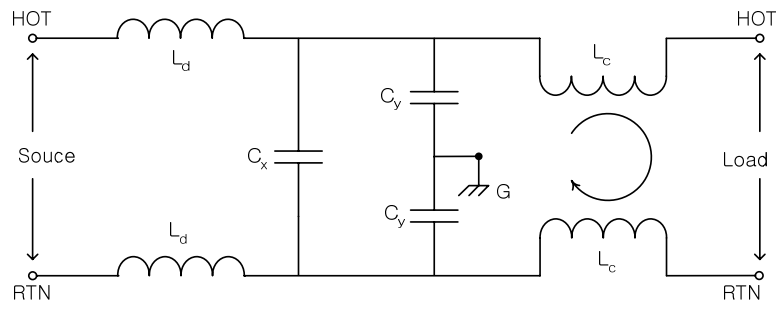


그림 4. BLDC 모터 드라이버의 일반적인 회로도 및 노이즈 발생부위

5. EMC 대책 후 시험 결과 및 분석

5.1. 필터 설계

CE 노이즈를 감소시켜 요구규격을 만족시킬 수 있는 필터를 설계하기 위하여 장비와 전원측 임피던스를 추측하여 (장비측의 입력단에 IGBT 스위칭 시 발생하는 저주파 리플을 제거하기 위해 수만 μF 의 커패시터가 장착되어 있어 장비 측의 임피던스가 낮다는 가정하에) 그림 5와 같이 기본적인 회로로 제작하여 시험하여 그림 6과 같은 시험 결과를 얻을 수 있었다.



Ld	20 uH
Lc	400 uH
Cx	10 uF
Cy	0.47 uF

그림 5. 필터 1 회로도

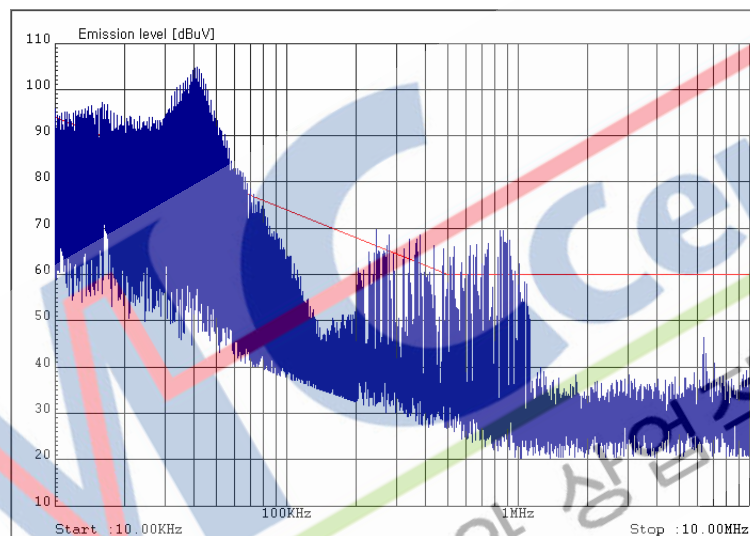
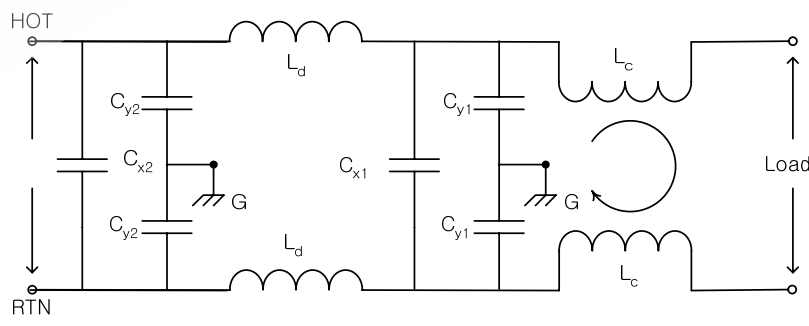


그림 6. 필터1을 장착한 후 CE Data

1차 필터 설계 장착 후 시험결과 1 MHz 이상 대역의 노이즈 성분의 감소 효과는 있었으나, 1 MHz 이하 대역의 노이즈 감소 효과는 미비하여 원인 분석결과 필터의 입력측과 전원측의 임피던스 Matching을 확인하기 위해 필터 입력측에 콘덴서를 추가하여 그림 7과 같은 회로로 필터를 제작하여 시험한 결과 그림 8과 같은 결과를 얻을 수 있었다.



Ld	20 uH
Lc	400 uH
Cx1	10 uF
Cy1	0.47 uF
Cx2	10 uF
Cy2	0.1 uF

그림 7. 필터 2 회로도

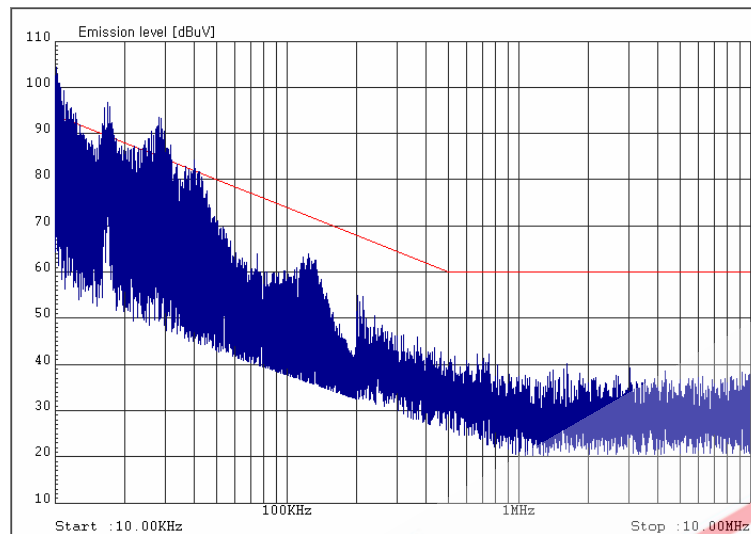
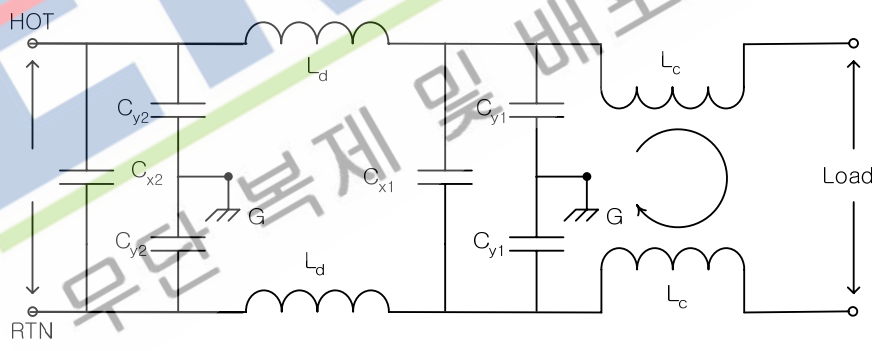


그림 8. 필터2를 장착한 후 CE Data

필터 2를 장착하여 측정한 결과 30 KHz 이하 대역을 제외하고는 전 주파수 대역에서 만족할만한 결과를 얻을 수 있었다. 30 KHz 이하 대역의 노이즈는 위해 필터의 차단 주파수를 저주파 쪽으로 옮겨서 노이즈를 감소시키기로 하고 그림 9와 같은 회로를 적용하여 필터를 제작 시험한 결과 그림 9와 같은 결과를 얻을 수 있었으며, 전 주파수 대역에서 최소 6 dB 이상 마진으로 규격을 만족하여 그림 9. 필터 3 회로를 최종 사양으로 확정하였다.



Ld	20 uH
Lc	400 uH
Cx1	10 uF
Cy1	0.47 uF
Cx2	33 uF
Cy2	0.1 uF

그림 9. 필터 3 회로도

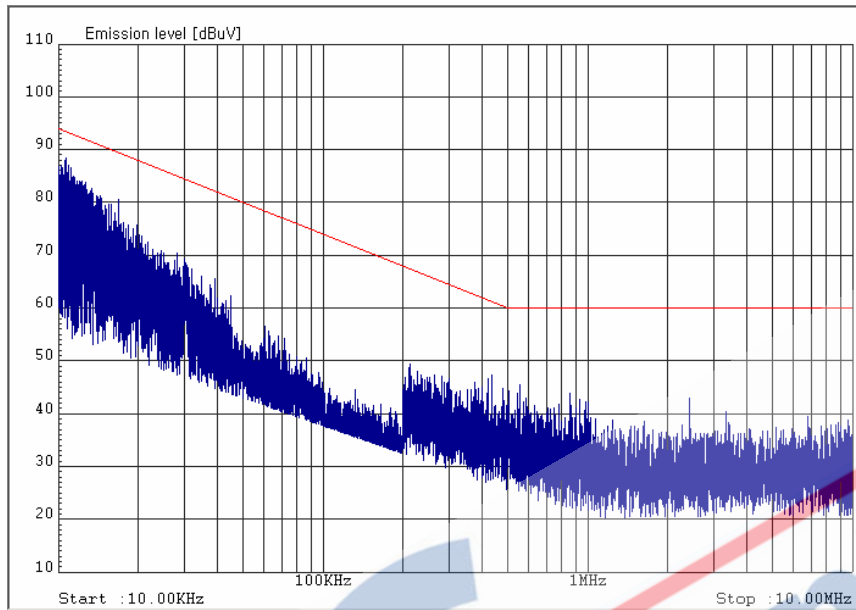


그림 10. 필터 3 을 장착한 후 CE Data

5.2. 필터 사진



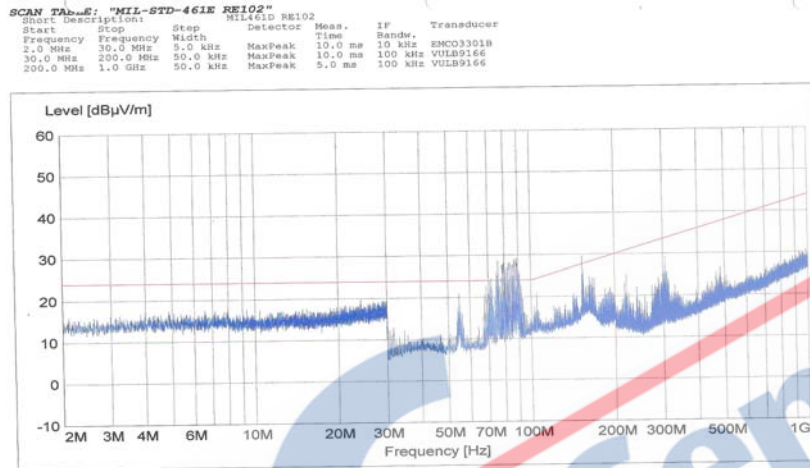
그림 11. 필터 내부 사진



그림 12. 필터 장착 사진

5.3. RE 개선

그림 9와 같이 확정된 회로로 제작된 필터를 그림 12와 같이 장착하여 시험한 결과 그림 13과 같은 결과를 얻을 수 있었다.



Page 1/1

그림 13. RE 시험 결과

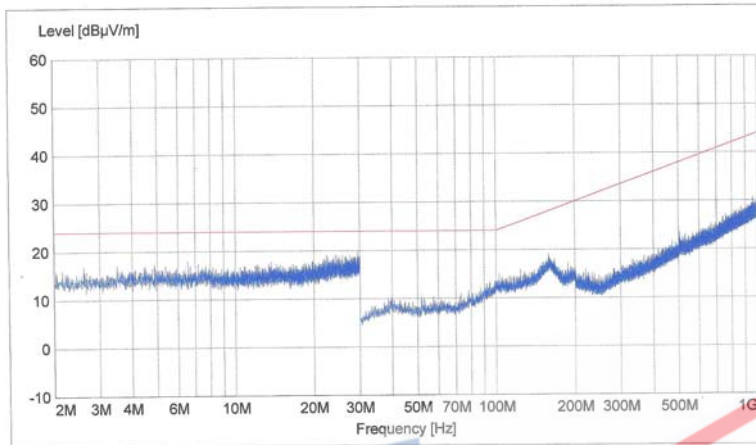
현상파악 결과 제어기 내부에서 발생하는 전원부 스위칭 노이즈가 유압밸브를 제어하는 솔레노이드에 연결된 제어선을 통해 방사되는 것으로 확인되어 그림 14와 같이 케이블의 실드를 솔레노이드 측에 알루미늄 테이프를 이용하여 접지시킨 결과 그림 15와 같은 결과를 얻을 수 있었다.



그림 14. 솔레노이드 연결선 실드 접지

SCAN T1 E: "MIL-STD-461E RE102"
 Short Description: MIL461D RE102

Start	Stop	Step	Width	Detector	Meas. Time	IF Bandw.	Transducer
2.0 MHz	30.0 MHz	5.0 kHz	MaxPeak	10.0 ms	10 kHz	EMC03301B	
30.0 MHz	200.0 MHz	50.0 kHz	MaxPeak	10.0 ms	100 kHz	VUL89166	
200.0 MHz	1.0 GHz	50.0 kHz	MaxPeak	5.0 ms	100 kHz	VUL89166	



Page 1/1

그림 15. 솔레노이드 연결선 실드 접지

또한, 작업성을 감안하여 솔레노이드 측 케이블 실드를 접지시키지 않고 그림 16과 같이 제어기 내부 솔레노이드 연결선에 페라이트 코어(TDK ZCAT1518-0730) 1EA를 코먼 모드로 장착한 결과도 그림 17과 같이 전 주파수 대역에서 규제치를 최소 6 dB 이상 여유를 가지고 만족하였다.

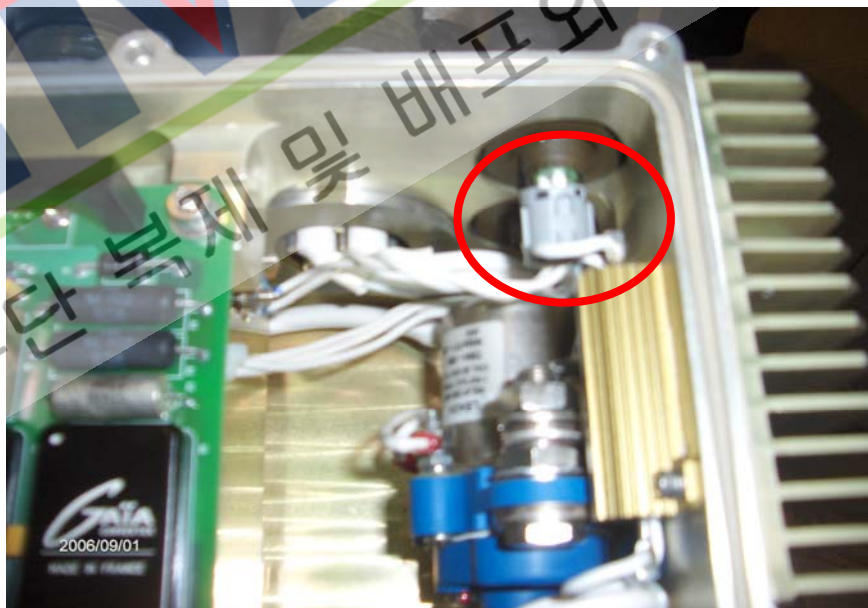
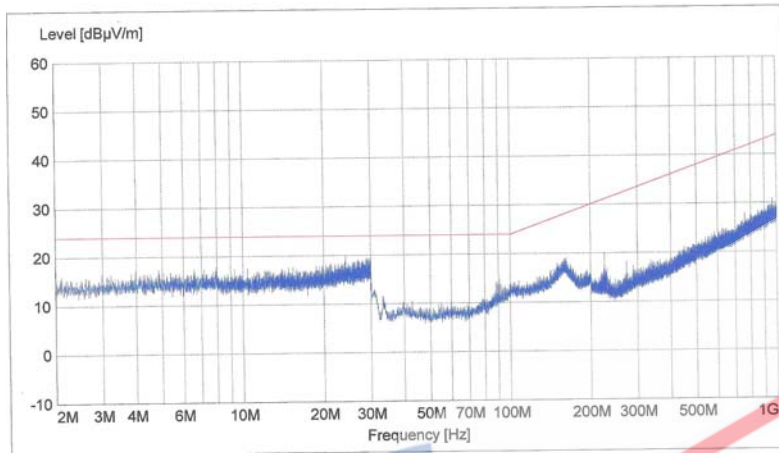


그림 16. 솔레노이드 출력선에 Ferrite Core 장착

SCAN TA E: "MIL-STD-461E RE102"
 Short Description: MIL461D RE102

Start	Stop	Step	Detector	Meas.	IF	Transducer
Frequency	Frequency	Width		Time	Bandw.	
2.0 MHz	30.0 MHz	5.0 kHz	MaxPeak	10.0 ms	10 kHz	EMCO3301B
30.0 MHz	200.0 MHz	50.0 kHz	MaxPeak	10.0 ms	100 kHz	VULS9166
200.0 MHz	1.0 GHz	50.0 kHz	MaxPeak	5.0 ms	100 kHz	VULS9166



Page 1/1

그림 17. 제어기 내부 솔레노이드 출력선에 F/core 추가 후 Data (Horizontal)

5.4 Ferrite Core

5.4.1. Ferrite Core 기능

- (1) Noise를 투자율 (한 물질의 자기 투자율은 자속밀도(B)를 자기장(H)으로 나눈 값으로 정의된다. $\mu_0 = B/H$, μ_0 는 미터 당 헨리(H/m)로 표현되는 매질의 투자율)에 의해 흡수하여 열로 방출
- (2) Mn (망간)-Zn (아연) 페라이트 ($\mu_0 = 750 \sim 15,000$) Core: 통상 40 MHz까지 감쇠
- (3) Ni (니켈)-Zn (아연) 페라이트 ($\mu_0 = 10 \sim 1,500$) 2개의 Core: 200 MHz 이상을 감쇠
- (4) 높은 투자율과 높은 전기저항력의 세라믹을 만들기 위하여 이러한 Metal-oxide 물질은 산화철에 혼합. 이러한 Core는 안테나 Balun과 CM Choke들에 사용되고 높은 주파수에 대역에 효과적

5.4.2. Ferrite Core 효과

페라이트의 효과

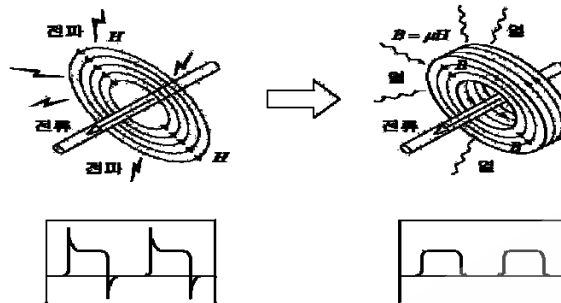


그림 18. 페라이트의 효과

6. 설계·대책 Design Rule

본 제품의 대책 기법으로 전원 입력측에 전도성 노이즈 감쇄를 위한 필터가 사용되었으며, 접지 및 실드를 적절히 사용하여 방사성 노이즈를 감쇄시킬 수 있다는 것을 확인하였다.

7. 종합적인 기술 지원 내용 분석

국방규격인 MIL-STD-461E CE102와, RE 102 만족을 위한 필터 설계와 접지 등 기구적인 보완을 통한 개선을 하였다.

8. 향후 제품 설계에 반영되어야 할 방향

- ◆ 전원 입력단에 필터 장착
- ◆ 유압발생장치 제어기에서 솔레노이드로 연결된 선에 솔레노이드 측에서 SHIELD 선을 금속 하우징에 접지 또는 제어기 내부 솔레노이드 출력선에 페라이트 코어 (ZCAT1518-0730) 1개 장착 -> 작업성 및 내구성 고려하여 판단 후 결정