

전투차량용 분배함의 노이즈 감소를 위한 릴레이 응용

곽대환^{1*}, 박동민¹, 오은빈¹, 김창욱²
¹국방기술품질원 기동화력센터, ²라시본 개발팀

The Application of Relays for Noise Reduction in the Combat Vehicle Distribution Box

Daehwan Kwak^{1*}, Dong Min Park¹, Eunbin Oh¹, Chang Uk Kim²

¹Land Systems Center, Defence Agency for Technology and Quality

²Development Team, Lasibon

요약 본 연구에서는 전투차량용 분배함에 적용된 회로기판에서 전자파 적합성(electromagnetic compatibility, EMC) 시험 간 발생한 전도 노이즈의 원인을 분석하고, 이를 개선하는 방안을 마련하였다. 규격 미충족 분배함에 대한 분석을 진행한 결과, 분배함 내 회로기판의 컨버터 및 반도체 스위칭 소자가 전도노이즈를 유발하는 것을 확인할 수 있었다. 해당 회로카드는 체계장비에 탑재되어 발전기 및 배터리로부터 전원을 공급받아 전력이 필요한 각 구성품으로 공급하는 장치이다. 규격 미충족 구성품은 냉방장치 가동을 위한 회로를 포함하는데 부하특성 확인 결과, 반도체 스위칭 소자가 냉방장치의 켜 혹은 끄 상태를 유지하는 용도로 사용된다는 것을 확인할 수 있었다. 이를 개선하기 위하여 수동 필터를 추가하여 노이즈를 감소시키는 첫 번째 방법과, 노이즈의 근원이 되는 컨버터 및 반도체 스위칭 소자를 릴레이로 대체하는 두 번째 방법을 제안하였다. 두 방법에 대해 발생하는 전도 노이즈를 측정하고, 두 방법 모두 효과가 있었으나 기존 컨버터 및 스위치를 릴레이로 대체하는 것이 노이즈 감소에 유리함을 확인하여, 필터를 추가하는 것보다 노이즈가 발생하는 원인을 제거하는 방법을 적용하기로 하였다. 최종적으로 릴레이를 적용하여 전투차량용 분배함을 개선하였으며 체계적합성 역시 만족하는 것을 확인하였다.

Abstract This study evaluated the improvements for circuits of a combat vehicle distribution box to reduce the noise generated in electromagnetic compatibility (EMC) testing. An analysis of the distribution boxes that failed the standard revealed the conducted noise generated from the converter and semiconductor switching elements on the circuit board. The distribution box transfers power from the generator and battery to the cooling system of a combat vehicle to keep turning the air conditioner on and off. Two methods were proposed to overcome this problem: a passive filter was added to the circuit board for the first method, and the converter and switching elements were replaced with the relays for the second method. Both methods were effective in reducing noise, but a greater improvement was obtained from the second method. The second method was applied to a combat vehicle system and was found to be suitable according to the EMC standards.

Keywords : Noise, EMC, Combat Vehicle, Distribution Box, Relay

1. 서론

여는 민간분야와 마찬가지로 기술의 발전에 따라 군사

목적의 장비에도 많은 전자장비가 적용되고 있다. 이러한 전자장비가 적용되면서 설계에 고려할 점은 더욱 많아지게 되었는데 그 중 한 가지가 바로 고주파 노이즈이다.

*Corresponding Author : Daehwan Kwak(Defence Agency for Technology and Quality)

email: dhkwak@dtaq.re.kr

Received May 13, 2020

Accepted August 7, 2020

Revised June 11, 2020

Published August 31, 2020

본 논문에서 다루는 전투차량용 분배함은 전투차량에 탑재되어 배터리 혹은 발전기로부터 전원을 공급받아 전력이 필요한 각 구성품으로 전원을 공급하는 장비이다. 분배함에서 발생한 노이즈는 차량 내 타 전자장비의 오동작이나 통신장애 등을 발생시킬 수 있다. 그래서 타 장비와 마찬가지로 전자파 간섭에 대하여 규정된 규격에 따라 확인하는 과정을 필수로 거치게 된다. 군용장비에 대해서는 많은 경우에 군사규격(MIL-STD-461)을 인용하여 EMC를 규제하고 있다.[1,2] 본 논문에서는 전자파 적합성 시험 중 전투차량용 분배함이 규격을 충족하지 못한 데 대하여 먼저 원인을 검토하고, 그에 대한 대책을 수립하였다.

2. 전도성노이즈 발생

분배함은 금속제 함 내에 차량의 각 구성품으로 전력을 공급하기 위한 회로카드가 수납되어 있는 형태로 구성된다. 본 분배함은 체계에 탑재하여 타 컴퓨터와 연동, 수신되는 명령에 따라 탑재된 장비에 전원을 공급하는 장비이다.

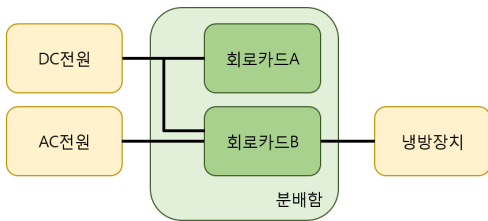


Fig. 1. Schematic of distribution box

이 분배함에 대하여 전원선에 발생하는 노이즈를 측정하기 위한 전도방사(CE, Conducted Emission), 공간에 대해 발생하는 노이즈를 측정하기 위한 복사방사(RE, Radiated Emission) 등의 시험을 실시하였다. 신호발생기(Signal generator)는 HP사의 8648C, 감쇠기(Attenuator)는 JFW사의 50FH-020-10, 수신기(EMI TEST RECEIVER)로서는 R&S사의 ESU40 모델이 사용되었으며, EMI 측정 소프트웨어로서는 Techno Sience Japan사의 TEMTO-DV_AM(version : 4.1.0083)가 사용되었다.

시험 실시 중 CE102 시험 수행 중 규격을 초과하는 노이즈가 발생하였으며, 해당 규격 시험의 구성과 발생 노이즈를 Fig. 2 및 Fig. 3에 보인다.

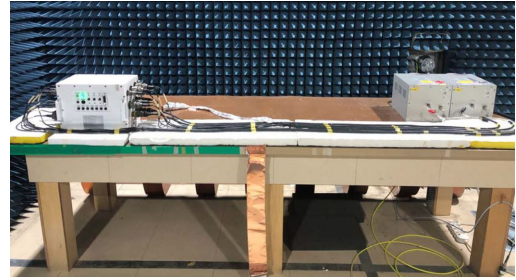


Fig. 2. EMC Testing for the distribution box

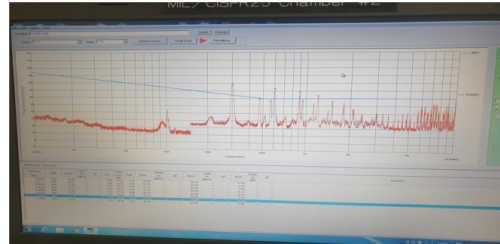


Fig. 3. Waveform(RTN) by EMC Testing standard CE102

고장의 원인을 확인하기 위하여 노이즈가 발생한 분배함을 개방하여 회로를 확인하였다. 그 결과로 기존 연구자들이 반도체 스위치로부터 전도성 노이즈가 발생했다는 것을 보고한 바와 같이[3,4], 특정 회로카드에서 규격에 미충족하는 전도성 노이즈가 발생한 것을 확인하였다.

규격 미충족 회로카드는 냉방장치의 On/Off 신호를 입력받아 컨버터 및 반도체 스위칭 소자로 구성된 회로를 이용, 냉방장치를 제어하는 회로이다. 노이즈를 개선하기 위하여 개선방안을 탐색하고 선정된 후 검증하는 과정을 거쳤으며, 이를 Fig. 4에 보인다.

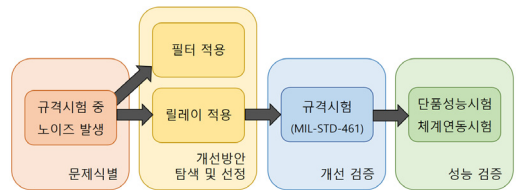


Fig. 4. Task flow of an improvement of noise reduction

3. 설계 개선

3.1 필터 추가

전도 노이즈를 제거하기 위한 가장 일반적인 방법은 필터를 추가하는 것이다[5-7]. 본 개선에서는 먼저 CE102

시험에서 규격을 초과하는 전도 노이즈를 제거하기 위하여 필터를 추가하였다. 초기에는 RC 필터를 적용하였으나 큰 개선을 보이지 않아 LC 필터를 추가하였으며, 그 회로는 Fig. 5와 같다. 또한 아래 회로를 바탕으로 Fig. 6와 같이 회로카드를 제작하였다.

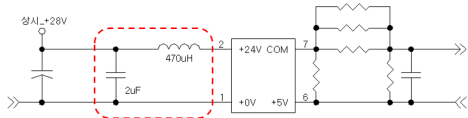


Fig. 5. The circuit for air conditioner with LC filter

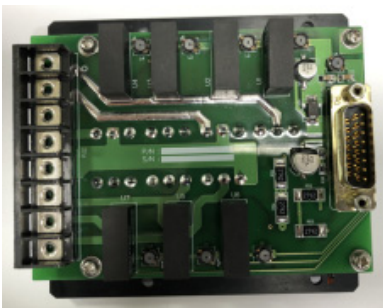


Fig. 6. The circuit board for air conditioner with LC filter

위의 회로를 적용한 결과, AC출력 라인과 내부 하네스에 컨버터의 스위칭 노이즈가 유도되었지만 Fig. 7 및 Fig. 8과 같이 기존 회로 대비 전자기 간섭시험 CE102의 규격에 대한 전도 노이즈를 약 15dB 개선할 수 있었다. 그러나 필터를 적용한 해당 회로는 규격을 충족하지 못하였다.

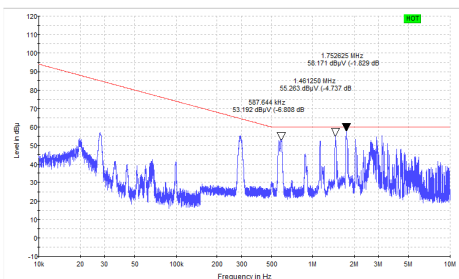


Fig. 7. Waveform(HOT) by EMC Testing standard CE102 with LC filters

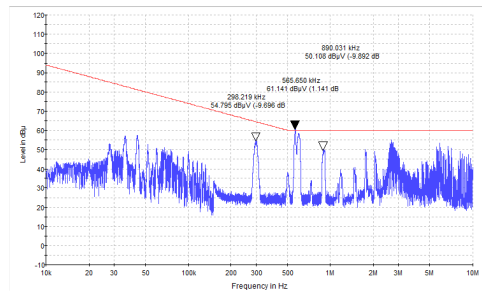


Fig. 8. Waveform(RTN) by EMC Testing standard CE102 with LC filters

3.2 릴레이 적용

앞서 언급한 바와 같이 본 회로는 냉방장치용 전원을 투입하는데 적용된다. 따라서 부하 스위치의 용도로 릴레이를 적용하여도 본래의 목적을 달성할 수 있으며, 반도체 스위칭 소자의 회로를 대체할 수 있어 노이즈 발생을 근본적으로 제거할 수 있다. 냉방장치의 정격전류는 13.6A으로 이를 위하여 정격용량 33A의 릴레이를 적용하였으며 그 회로를 Fig. 9에 보인다. 또한 기존 회로를 릴레이로 대체함에 따라 제작한 회로 기판은 Fig. 10과 같다.

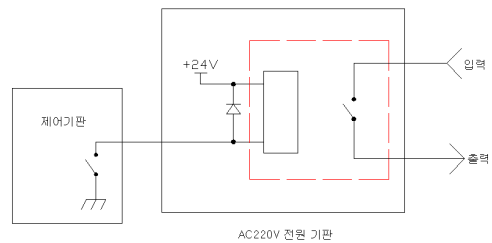


Fig. 9. The circuit for air conditioner with relays



Fig. 10. The circuit board for air conditioner with relays

반도체 스위칭 소자를 릴레이 회로로 대체하여 CE102 규격에 의한 시험을 수행한 결과, 전 구간에서 30dB 이상의 마진이 있음을 확인할 수 있었다. 릴레이로 대체한 회로의 CE102 규격 시험 결과를 Fig. 11 및 Fig. 12에 보인다.

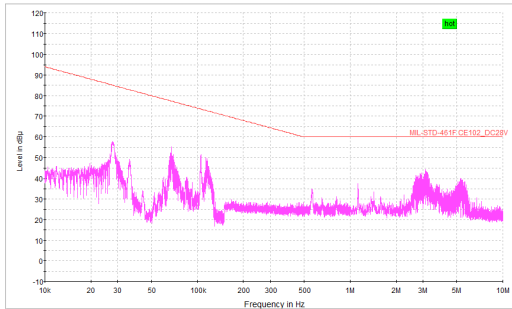


Fig. 11. Waveform(HOT) by EMC Testing standard CE102 with relays

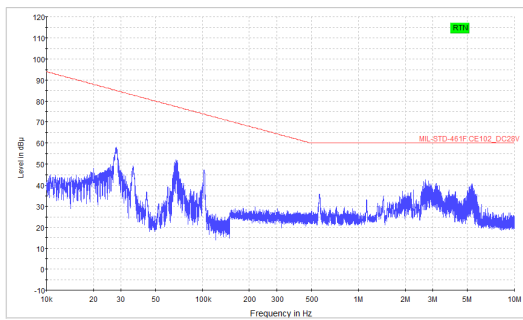


Fig. 12. Waveform(RTN) by EMC Testing standard CE102 with relays

4. 설계검증

앞서 전자기 적합성 시험(CE102)의 규격 미충족에 대한 개선에 대하여 두 가지 방법을 고려하였다. 필터의 설계를 더욱 정교하게 한다면 같은 목적을 달성가능하나, 본 시스템의 경우 해당 부하의 제어가 릴레이만으로도 충분하므로 이것으로 기존회로를 대체하는 것이 개선효과가 더 큰 것으로 나타났다. 또한 경제적인 면을 고려하여도 개선을 위하여 최소한의 설계변경을 수행하여 개선을 하는 것이 유리하므로, 릴레이로 기존 회로를 대체하여 개선을 수행하였다.

해당 회로를 적용하여 전자파 간섭시험 RE102 규격에 대한 시험을 진행한 결과, 약 18dB 이상의 마진을 가지고 Fig. 13 및 Fig. 14와 같이 규격을 충족하였다. 또

한, Fig. 15과 같이 해당 회로카드를 적용하여 분배함 단품 및 주변장치 연동시험을 수행하여 양호하게 작동됨을 확인하였다.

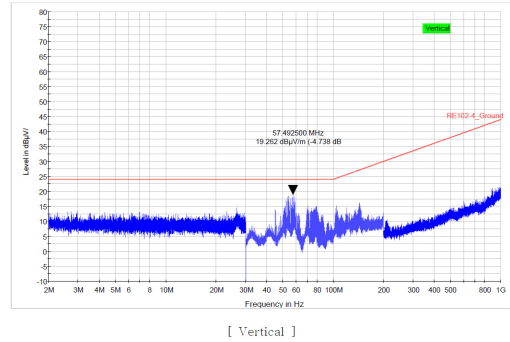


Fig. 13. Waveform(Vertical) by EMC Testing standard RE102 with relays

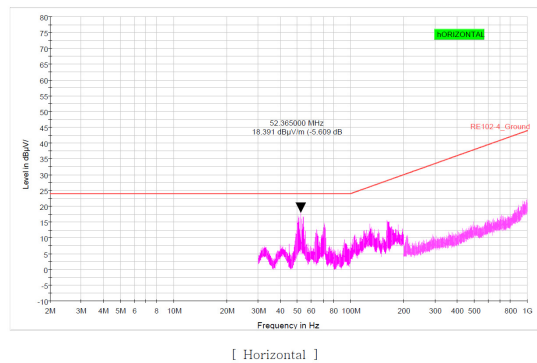


Fig. 14. Waveform(Horizontal) by EMC Testing standard RE102 with relays



Fig. 15. Suitability Test for combat vehicle system

5. 결론

본 연구는 전투차량에 적용되는 분배함의 최초생산간

발생한 전자기간섭 규격 부적합에 대한 것으로, 원인분석을 통하여 두 가지의 대책안을 제시하였다.

고주파 노이즈를 해결할 수 있는 일반적인 방법인 필터 적용을 첫 번째로 제안하였으며 최초 발생한 노이즈 대비 CE102에서 15dB의 개선을 확인할 수 있었으나 규격을 충족하지 못하였다. 그러나 반도체 소자가 적용된 해당 회로를 릴레이로 대체하여 적용하는 방법으로 규격 충족은 물론, 최초 발생한 노이즈 대비 CE102에서 약 30dB의 노이즈 개선을 확인할 수 있었다. 스위칭 방법 및 소자를 선택할 때, 부하의 특성을 이해하여 신뢰도가 높은 방법에 대한 고민을 할 필요가 있음을 본 연구를 통하여 확인하였다.

References

- [1] L.M. Schneider, "Noise Source Equivalent Circuit Model for Off-Line Converters and its Use in Input Filter Design", *IEEE Symposium on Electro-Magnetic Compatibility*, Arlington VA, pp.167-175, Aug. 1983. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/IEMC.1983.7567390>
- [2] C.R. Paul, K.B. Hardin, "Diagnosis and Reduction of Conducted Noise Emissions", *IEEE Trans on Electromagnetic Compatibility*, Vol. 30, No.4, pp.553-560, Nov. 1988. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/15.8769>
- [3] S. Lee, K. Bae, and W. Nah, "Reduction of Conducted Emission in Interleaved RPWM Buck Converter", *The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol. 28, No.4, pp.298-308, Apr. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5515/KJKIEES.2017.28.4.298>
- [4] H.H. Yi, and Y.A. Kwon, "A Study on Reduction of Conducted-Noise by the Expanded Node of the Forward Converter", *The Transaction of the Korean institute of electrical engineers B*, Vol. 55B, No.7, pp.374-379, Jul. 2006.
- [5] H.H. Lee, B.H. Bae, Y.S. Kim, and Y.A. Kwon, "Conducted Emission Reduction of SMPS by Expanded Node", *2003 Spring Conference on the Korea institute of Electrical engineers*, pp.273-275, Apr. 2003.
- [6] J.S. Kim, J.L. Lee, J.H. Kwon, C.S. Kim, and Y.M. Kim, "The Filter Design for the Switched Converter using the Separation Technique of Conducted Noise Mode", *1997 Summer Conference on the Korea institute of Electrical engineers*, pp.2230-2233, Jul. 1997.
- [7] Y.J. Song, "Design of Input Stage Filter for Noise Reduction of Inverter Driven Flyback Converter", Master's degree, Chosun University, pp.22-28.

곽 대 환(Daehwan Kwak)

[정회원]



- 2012년 2월 : 강원대학교 전기전자공학전공 (공학사)
- 2017년 2월 : 과학기술연합대학원대학교 에너지변환공학전공 (공학박사)
- 2018년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 전기전자, 펄스전원

박 동 민(Dong Min Park)

[정회원]



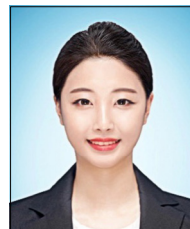
- 2015년 2월 : 강원대학교 기계공학전공 (공학사)
- 2015년 9월 ~ 2016년 9월 : Sulzer Pump Korea 설계팀 엔지니어
- 2017년 9월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 기계/재료, 열역학

오 은 빈(Eunbin Oh)

[정회원]



- 2017년 2월 : 경상대학교 기계공학전공 (공학사)
- 2017년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 기계/재료, 열역학

김 창 옥(Chang Uk Kim)

[정회원]



- 2006년 2월 : 한국폴리텍대학 전자과 (공학전문학사)
- 2006년 1월 ~ 2009년 6월 : 대호테크 사원
- 2009년 6월 ~ 2015년 9월 : ㈜라시본 선임연구원
- 2018년 12월 ~ 현재 : ㈜라시본 과장

〈관심분야〉

국방, 전기전자, 회로이론, 전자제어