

EMI 와 회로 성능을 고려한 통신선 Filter 최적화

이국형¹, 이병국²

¹성균관대학교 전자전기공학부 학부생

²성균관대학교 전자전기공학부 교수

guk0704@g.skku.edu, bkleesku@skku.edu

Optimization of Telecommunication Line Filter considering EMI and Circuit Performance

Guk-Hyeong Lee¹, Byoung-Kuk Lee²

¹School of Electronic and Electrical Engineering, SungKyunKwan University

²Department of Electrical and Computer Engineering, SungKyunKwan University

요 약

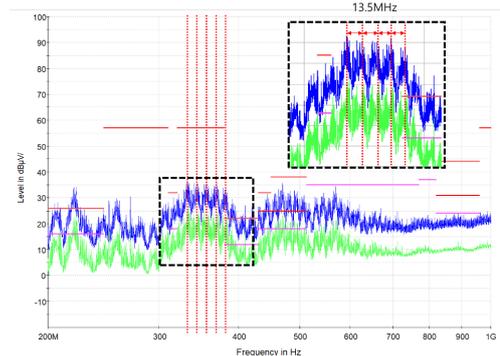
전기자동차의 자율주행 기술의 수요 증가로 안정성을 위해 Redundant Design 이 브레이크 제품에 요구되고 있다. 이러한 Design 으로 인해 발생하는 Noise 와 제어를 위한 성능을 고려한 Filter 를 설계하고자 한다.

1. 서론

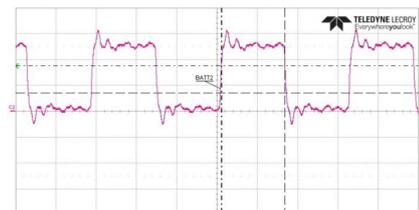
전기자동차 자율주행 기술의 수요 증가로 인해, 안정성 및 기능적 결함을 해결하기 위해 Redundant design 이 요구되고 있다. 안정성을 위해 Full Redundancy 를 적용하게 되면, 두 개의 분리된 전자 브레이크 제어 부품들(ECU)과 두 개의 Actuator(Motor, Valve)로 하나의 제품을 구성해야 한다. 하지만 이는 비용 및 공간의 문제(Sizing)가 발생하게 된다. 이는 하나의 Actuator 들을 두 개의 ECU 로 제어할 수 있도록 설계해 해결할 수 있다. 하지만, 이러한 설계 또한 Noise 방사가 심해진다는 문제점이 있다. 완전히 분리된 두 전자 제어 모듈(A, B)은 하나의 Actuator 를 제어하기 위해 상호 통신을 해야 한다. 또한 통신을 위해 그라운드 레벨과 Clock 도 맞추어야 한다. 위와 같은 이유로 두 모듈을 연결해 주는 Metal Busbar 를 사용한다. ECU 는 PCB 의 한 레벨이 Ground 로 되어있기 때문에 Noise 방사가 적다. 하지만 이러한 Metal Busbar 는 ECU 와 달리 그라운드로 직접 연결되어 있지 않아 방사되는 Noise 가 커진다. 추가로 Busbar 로 인해 루프 면적이 커지기 때문에 Differential mode Noise 가 커진다. 따라서 이번 프로젝트는 해당 통신 라인들의 Noise(EMI, RE)와 회로 성능(제어 Specification) 그리고 경제성을 고려한 Filter 를 설계하고자 한다.

2. 본론

조건은 다음과 같다; 상온, 모터가 동작하지 않는 상태. CRC test(Cyclic Redundancy Checking)를 통한 Worst case, 고온(125° C)과 저온(-40° C)의 Signal integrity 는 검증이 완료되었기 때문에, Signal 측정은 상온에서만 진행했다.

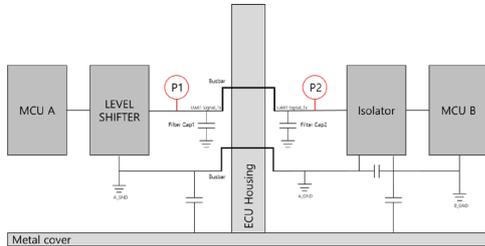


(Fig. 1) Radiated Emission Measurement Result

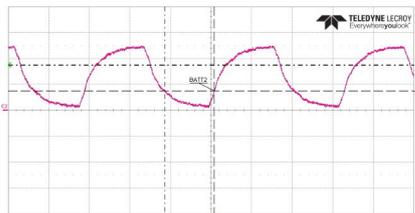


(Fig. 2) Filter 가 없는 UART Signal 파형

Overshoot 과 Undershoot 그리고 Ringing 이 발생하는 것을 확인할 수 있다. Ringing 이란 하드 스위칭 시 기생 인덕턴스 및 정전 용량, 스위칭 회로 등의 이유로, Rising 및 Falling 완료 시점에서 발생한다. 또한 Ringing 은 Ripple 보다 높은 주파수를 갖기 때문에 EMI 의 Source 가 된다. 13.5MHz 체배의 Noise 임과 위의 위의 파형을 확인한 결과 UART Signal 이 위의 Noise Source 임을 알 수 있다. 이를 위한 해결책으로 UART Signal line 양단에 다음과 같이 Bypass Capacitor 를 이용한 Filter 를 Busbar 양단에 추가했다. Resistance 값을 변경하는 것보다 Capacitance 값을 변경하는 것이 효과가 더 크고 효율이 더 좋기 때문에, Filter 의 Capacitor 값을 변경하기로 한다. Bypass Capacitor 는 Noise 를 저감하고자 하는 AC 신호와 Ground 를 Capacitor 로 접지해 신호의 Ringing 을 저감해준다.



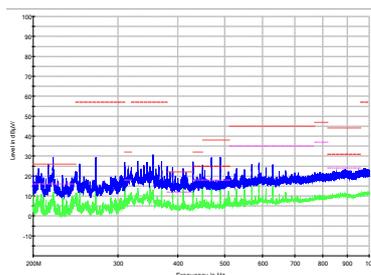
(Fig. 3) 두 제어 모듈의 개략도(UART)



(Fig. 4) UART Signal Result with 680pF Filter(P1)

SIGNAL	FILTER CAPACITANCE	Rise time(ns)		Test result
		Spec	Result	
UART_TX at P1	470pF	<70ns	63.279	Pass
	680pF	<70ns	65.353	Pass
	820pF	<70ns	79.860	Fail
	1.2nF	<70ns	84.445	Fail

(Fig. 5) UART Signal Specification(P1)



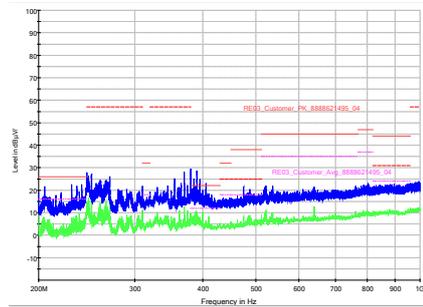
(Fig. 6) Radiated Emission Measurement Result with 680pF Filter(P1)

소자의 단가는 680pF 가 470pF 보다 더 저렴하기에 680pF 를 채택하였다.

다음은 SPI ASIC Clock Signal line 에 Filter 를 추가한 시스템과 UART Signal Filter Bypass Capacitor 의 Capacitance 를 680pF 로 고정한 뒤, Filter Capacitor 의 Capacitance 를 조절해 EMI 를 측정 한 결과이다.

SIGNAL	FILTER CAPACITANCE	Rise time(ns)		Test result
		Spec	Result	
ASIC CLK	0pF	<10ns	8.157	Pass
	27pF	<10ns	9.002	Pass
	51pF	<10ns	9.872	Pass
	82pF	<10ns	12.582	Fail

(Fig. 8) ASIC Signal Specification



(Fig. 9) Radiated Emission Measurement Result with 51pF Filter

소자의 단가는 51pF 가 가장 저렴했기 때문에 51pF 를 Filter 로 채택했다.

3. 결론

이 논문에서는 Redundant Design 의 요구에 따라 만들어진 Brake ECU 제품의 구조적 특성에서 발생하는 Noise 를 줄이기 위한 최적의 Filter 를 설계한 과정을 설명했다. Redundant Design 으로 인한 통신의 필요성과 Busbar 로부터 발생하는 Noise 를 줄이기 위해 Busbar 양단에 Bypass Capacitor 를 설치했다. EMI, Specification 을 고려한 각각의 Filter 설계를 제안한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(교육부-산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0022098, 2024 년 미래형자동차 기술융합혁신인재양성사업)

참고문헌

[1] J. Ha, M. Kim, S. Kim, S. Yun, K. Kim and Y. Kim, "A study on the characteristics of signal transmission in the electronic brake system for autonomous driving," 2023 International Symposium on Electromagnetic Compatibility – EMC Europe, Krakow, Poland, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/EMCEurope57790.2023.10274398.