Metal Cover에 의한 EMC 분석 및 Noise 저감 방법

윤 상 원¹⁾ · 박 철 의¹⁾ · 이 찬 호¹⁾ · 김 세 현¹⁾ · 양 만 영¹⁾ · 김 동 식²⁾ · 유 지 윤^{*3)}

만도 Global R&D Center¹⁾ · 순천향대학교 전기공학과 · 고려대학교 전기전자전파공학과

The Effect of EMC by Metal Cover and Noise Reduction Method

Sangwon Yun¹⁾ · Chuleui Park¹⁾ · Chanho Lee¹⁾ · Sehyun Kim¹⁾ · Manyoung Yang¹⁾ ·
Dongsik Kim²⁾ · Jiyeon Yoo^{*3)}

¹⁾Electronics Development Team 3, MANDO Company, 21 Pangyo-ro 255 Beon-gil, Bundang-gu, Seongnam-si,
Gyeonggi 463-400, Korea

²⁾Department of Electrical Engineering, College of Engineering, Soonchunhyang University, Chungnam 336-745, Korea

³⁾Department of Electrical Engineering, Korea University, Seoul 136-713, Korea

(Received 31 October 2013 / Revised 23 January 2014 / Accepted 21 February 2014)

Abstract : The ECU which is operating inductive actuator like motor or solenoid should be designed with considering the heat removal performance and the EMC performance. In most cases, these two performances are trade-off. Especially, the metal cover with plastic housing for improving heat removal performance can affect EMC performance by coupling the noise source to harness cable and connector. Therefore, after analyzing the EMC effectiveness of the metal cover, countermeasures for EMC noise reduction should be established. In this paper, by simulating and testing of AHB Gen3 ECU, the influence of the metal cover to EMC performance is analyzed. And based on this result, we propose solutions for EMC noise reduction.

Key words : EMC(전자파 적합성), EMS(전자파 내성), EMI(전자파 방해), ECU(전자 제어 장치)

Subscripts

EMC : electro magnetic compatibility
EMI : electro magnetic interference
EMS : electro magnetic susceptibility
CBS : conventional brake system
AHB : active hydraulic booster
RGB : re-generative braking
ABS : anti-lock brake system
TCS : traction control system
ESC : electronic stability control
ECU : electrical control unit

PWM : pulse width modulation
CE : conducted emission
RE : radiated emission
EV : electric vehicle
HEV : hybrid electric vehicle

1. 서 론

자동차의 개발 방향이 친환경(Green), 안전성 향상(Safety), 편의성 증대(Convenience)로 나아감에 따라 시스템의 전자화가 더욱 가속화 되고, 이를 구현하기 위한 ECU의 수가 증가 하고 있다. 따라서 한정된 차량 공간에 다수의 ECU를 장착하기 위하여 ECU의 소형화 및 통합화가 이루어지고 있고, 이로 인해 ECU 설계 시 방열 및 EMC 성능 확보가 중요한

*A part of this paper was presented at the KSAE 2013 Annual Conference and Exhibition

*Corresponding author, E-mail: bluesimon78@hanmail.net

문제로 대두되었다.

특히 모터, 솔레노이드 등 유도성 Actuator를 구동하는 ECU는 대 전류를 사용하기 때문에 방열 및 EMC 성능 확보가 쉽지 않은데, 대부분 이 두 가지 특성이 서로 Trade-off 이므로, 적절히 조화시켜 최적 설계를 하는 것이 중요하다.

ECU는 발열원에 Metal을 붙여 열을 흡수 및 방출하는데, Metal의 부피가 클수록 방열 성능이 향상된다. 따라서 대 전류를 사용하는 ECU는 Metal 재료의 Cover, Housing 등을 방열판으로 사용하여 방열 성능을 향상 시킨다.

ECU Housing 전체를 Metal로 제작하여 전자파가 완전히 차폐되는 경우에는 방열 성능과 EMC 성능이 모두 향상되지만 가격 경쟁력이 저하된다. 따라서 원가절감 및 방열 성능 향상을 위해서 Plastic Housing에 Metal Cover를 사용한다. 이 경우에는 전자파가 차폐되지 않고, 도리어 전자소자 및 PCB Pattern 등에서 발생한 전자파 Noise가 Metal Cover와 공진을 일으켜 다른 전자 소자 및 Wire에 Coupling되어 EMC 성능에 영향을 미치게 된다. 따라서 Plastic Housing에 Metal Cover를 이용하여 방열 할 경우 먼저 Metal Cover에 의한 EMC 영향성을 분석한 후, 이에 대한 Noise 저감 대책을 수립 및 적용하여야 한다.

당사에서 개발한 친환경 차량(전기차, 하이브리드차) 용 Brake ECU(AHB Gen3) 를 이용하여 Metal Cover 영향성 및 노이즈 저감 대책에 대하여 상세히 고찰해 보기로 한다.

2. 본 론

AHB Gen3는 일반 차량의 Brake System (CBS)이 아닌 전기차(EV), 하이브리드차(HEV) 등 친환경 차량의 Brake System 에 적용된 ECU로써, 제동력 생성을 통해 CBS(일반적인 Brake 기능)을 수행하고, ABS, TCS, ESC 등 자체 제어 장치의 기능을 수행하며, 회생 제동(RGB)과 유압 제동의 협조 제어를 위하여 운전자 요구 제동력과는 독립적으로 증압 및 감압 등의 기능을 수행한다.

AHB Gen3 ECU는 CBS 기능의 AHB Gen1에 ESC를 통합하여, 170W의 Motor와 15개의 Solenoid를 PWM 방식으로 구동하므로, EMC 특성이 열악하고,

Fig. 1 Heat removal concept using metal cover

또한 약 50A의 전류를 소모하므로 열적인 환경 역시 열악하다.

따라서 알루미늄 재료의 Metal Cover를 사용하여 방열 성능을 확보 하였는데, 발열원에 Heat Sink를 붙인 후, Thermal Grease를 이용하여 Metal Cover와 접촉시켜 열을 방출한다.

Fig. 1의 방열 Concept 적용 시 방열 성능은 향상되나, 완전 차폐되지 않으므로 Metal Cover와 PCB의 metal 사이에 의도치 않게 발생한 구조적 공진으로 인해 Metal cover와 PCB metal 사이에 전자계의 세기가 강해진다. 따라서 Metal Cover 적용에 의한 EMC 영향성을 살펴보아야 한다.

2.1 Metal Cover의 EMC 영향성 Simulation

EMC Simulation Process는 모델링, 공진 해석, 전원단 임피던스 해석, 전원 노이즈 해석, 신호 무결성 해석, 방사 패턴 해석 등의 순서로 이루어진다.¹⁾

AHB Gen3 ECU는 30MHz의 Clock 신호를 사용하는데, CST MWS를 이용하여 Noise Source의 고조파 성분인 90MHz에 대하여 Simulation 해 본 결과 Fig. 2와 같이 90MHz 성분의 자기장(Magnetic Field)이 Cover 전체에 유기됨을 볼 수 있다.

이 자기장은 PCB의 각 종 전자 소자 및 Pattern, Wiring 등에 Noise 신호를 유기 시키게 되어 EMC 성능을 악화 시킨다.

또한 HFSS를 이용하여 ECU 측면 중 커넥터 부위에서의 전기장(Electric Field) 분포를 Simulation 해 보면 Fig. 3과 같이 Metal Cover에 의해 Noise Source의 고조파 성분인 90MHz 및 450MHz 영역에서 전기장의 분포가 변경되었고, 특히 450MHz 에서는 전기장의 강도가 증가하였음을 알 수 있다.

따라서 Metal Cover에 의해 전기장 및 자기장이 변화함을 알 수 있다.

Fig. 2 Magnetic field distribution induced the metal cover

Fig. 3 Electric field distribution at the side of ECU

2.2 Metal Cover의 EMC 영향성 Test

Simulation 결과의 신뢰성 확인을 위하여 Metal Cover의 유무에 따른 CE Current Test(전류법, CSIPR 25 3rd)를 수행한 결과 Fig. 4와 같이 Cover 미적용 시에는 90MHz 대역의 CE Noise가 -17.9dBuV (Average)이었으나, Cover 적용 후에는 +10.6dBuV (Average)로 측정되어 Noise 레벨이 약 28dBuV 상승하였음을 알 수 있다. 이것은 30MHz Clock 신호의 3-고조파 성분인 90MHz Noise의 크기가 Metal Cover와 PCB 사이에서 발생하는 구조적 공진으로 인해 커지고 이러한 Noise가 Wiring과 커넥터로 Coupling 되어 90MHz의 CE Noise Level이 증가되었기 때문이다.

Fig. 4 CE test result (with / without metal cover)

2.3 Noise 저감 대책

EMC 문제를 해결하기 위해서는 전자파 소스원을 줄이는 것이 가장 확실한데, 그 방법으로는 Filter 등을 적용하여 Noise 신호의 상승/하강 시간을 늘리는 것, Bead를 사용하여 고조파 성분을 줄이는 것 등이다.^{2,3)} 상승/하강 시간을 늘릴 경우 소스원은 감소하지만 열 문제가 발생할 수 있으므로 열성능 만족 범위 내에서만 적용 가능하다. 또한 Bead 사용 시 고조파가 감소할 뿐만 아니라 기본파의 크기에 영향을 미칠 수 있으므로 기능 만족 여부를 확인 후 적용해야 한다.

AHB Gen3에서는 Bead와 Capacitor를 사용하였는데, LC Filter에 의해 Clock 신호의 상승/하강 시간을 늘렸고, Bead에 의해 고조파 성분이 감소되었으나 기본파의 크기가 증가하였다(Fig. 5).

전자파 Noise의 소스원을 최대한 줄인 후에는 매개체를 수정하거나, 경로를 차단하는 방법을 사용한다. 차폐(Shielding)는 두 매개체 사이에 차폐 물질을 두어 전기장, 자기장, 전자파를 막는 역할을 한다.⁴⁾

Fig. 5 Clock signal before/after applying filter

Fig. 6 Ground shielding of clock pattern

Fig. 7 Contact between metal cover and ECU ground

Fig. 8 Metal cover appearance change

또한 Ground의 면적 및 위치 또한 전자파 노이즈 방사를 막기 위한 중요한 요소이다.⁵⁾

AHB Gen3에서는 Fig. 6과 같이 Clock 신호 주위에 Ground로 Shielding 하여, Coupling Noise가 타 신호에 영향을 주지 않도록 설계하였고, Fig. 7과 같이 Cover를 PCB의 ECU Ground와 접지시켜서 Ground

의 면적을 증가시켰고, 또한 Cover를 Ground 시킴으로써 Metal Cover에 의한 공진 주파수를 변경시켰다. 그 결과로 30MHz 및 고주파 성분의 Noise를 감소시킬 수 있었다.

그리고 Fig. 8과 같이 Metal Cover의 형상을 변경하여 Clock 신호와 Cover 사이의 거리를 증가시킴으로써 Metal Cover에 유기되는 Noise를 감소 시켰다.

2.4 Noise 저감 대책 적용 Test 결과

위에서 언급한 Noise 저감 대책을 적용한 후 CE Current Test를 수행한 결과 Fig. 9와 같이 90MHz 성분이 +10.6dBuV (Average)에서 -20dBuV (Average)로 약 30dBuV 감소되었다. 또한 RE Test (CSIPR 25 3rd)를 수행한 결과 Fig. 10과 같이 450MHz 성분이

Fig. 9 CE test result (before/after applying measures)

Fig. 10 RE test result (before/after applying measures)

+16.3 dBuV (Average) 에서 +12.2dBuV (Average)로 약 4dBuV 감소되었다. 따라서 상기 Noise 저감 대책이 유효함을 알 수 있다.

3. 결 론

ECU에 Metal Cover를 적용하는 것은 방열 성능 향상을 위함이다. Housing 전체가 Metal로 설계되어 전자파가 완전 차폐되면 방열 및 EMC 성능 모두 향상되지만, 가격이 크게 상승하게 된다. 따라서 가격 절감을 위하여 Plastic Housing에 Metal Cover를 적용한다. 이 경우 완전 차폐되지 않기 때문에 EMC 성능이 영향을 받는다.

EMC 성능 확보를 위해서는 Simulation 및 Test를 통해 각 Noise Source의 기본파 및 고조파 성분이 Metal Cover에 유기되어 PCB나 Wiring에 미치는 EMC 영향성을 분석한다.

그리고 여러 가지 Filter 등을 적용하여 Noise Source를 감소시킨다. 단, Filter 선정은 방열 성능 및 동작 기능을 만족하는 범위 내에서 이루어져야 한다.

Noise Source를 감소시키는 것은 한계가 있으므로 그 주위를 최대한 차폐(Shielding) 시켜서 유기되는 Noise의 양을 감소시킨다. Clock 신호의 경우 PCB에서 최단 거리로 설계하고, 신호의 상하좌우를 최대한 Ground로 차폐한다.

또한 Metal Cover를 Ground와 접지시킴으로써 공간 포인트를 변경하거나, 방열 성능 만족 부분 내에서 Noise Source와 Metal Cover와의 간격을 최대화 시킴으로써 유기되는 Noise의 양을 줄이는 것도 좋은 방법이다.

이 논문에서는 AHB Gen3 ECU를 개발하면서 발생하였던 EMC 문제를 해결하는 과정에서 적용된 기법들이 설명되어 있다. Simulation 및 Mechanism

분석, EMC Test 등을 통해 Plastic Housing에 Metal Cover를 적용 하였을 경우 EMC 성능을 분석하였고, 이에 대한 Noise 저감 방법을 적용하여 유효성을 확인 하였다.

자동차가 전자화 되어 감에 따라 ECU의 수량이 증가하게 되고, EMC 성능 확보가 중요하고 어려운 과제로 남겨져 있다. 무엇보다 가장 중요한 것은 System Concept 설계 시 EMC 성능 및 방열 성능 확보가 고려되어야 한다는 것이다. 또한 많은 실험 Data를 분석하여 EMC 특성과의 상관관계를 규명해 나가는 것도 중요한 과제 일 것이다.

후 기

본 연구는 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(No. 20134030200340) 입니다.

References

- 1) J. Jung, "Early Stage ECU EMC Improvement by Simulation," KSAE Annual Conference Proceedings, pp.863-864, 2013.
- 2) M. Yang, "How to Design Chassis Control ECU for EMC Robustness," KSAE Annual Conference Proceedings, pp.1544-1549, 2012.
- 3) S. Yun, "ECU Circuit Design Guideline for Improving EMC Performance," KSAE Annual Conference Proceedings, pp.1636-1641, 2011.
- 4) C. Lee, MANDO EMC Design Guideline, 2013.
- 5) Y. Kim, "Brake ECU Design for Reducing EMC Noise," KSAE Annual Conference Proceedings, pp.1550-1556, 2012.