

전기차 무선충전컨트롤 모듈 EMI 방사성 잡음 저감에 관한 설계 연구

홍승모*

Electric Vehicle Wireless Charging Control Module EMI Radiated Noise Reduction Design Study

Seungmo Hong*

요약 최근 전기 차 시장의 확대로 인해 성능 및 안정성 문제를 보완할 친환경적인 전기 차 시장이 매우 커지고 있다. 전기 차의 화재 등 여러 안전 문제를 일으키는 전장 부품의 연동으로 인한 EMI 문제는 매년 대두되어 지고 있다. 다양한 기술들을 결합하여 최적의 충전효율을 달성하고 무선 충전 컨트롤 모듈에서 발생하는 EMI 잡음을 줄이기 위해 노력하고 있다. 본 논문은 전기자동차의 중요한 부품 중 하나인 무선충전컨트롤 모듈의 EMI 잡음 중 방사성 잡음 저감 기술을 설계하여 실험을 하였다. 무선 충전 컨트롤 모듈에서 발생하는 EMI 문제를 분석하기 위해 Ansys 시뮬레이션 툴 내 Python 기반 스크립트 기능을 활용하여 치명적인 요인에 대한 축적된 시험 데이터를 학습시켜 강화 학습을 통한 최적화 설계 기술을 적용하여 최적화된 무선충전컨트롤 모듈은 일반적인 무선충전 컨트롤 모듈 대비 25dBu V/m의 EMI 잡음 개선 효과를 보였다. 이러한 결과는 전기 자동차에서 더 안정적이고 신뢰성 높은 무선 충전 기능의 개발에 기여할 뿐만 아니라, 이를 통해 전기자동차의 사용성과 효율성을 높이며 환경친화적인 대안으로 자리 잡을 수 있게 한다.

Abstract Because of recent expansion of the electric car market, it is highly growing that should be supplemented its performance and safely issue. The EMI problem due to the interlocking of electrical components that causes various safety problems such as fire in electric vehicles is emerging every time. We strive to achieve optimal charging efficiency by combining various technologies and reduce radioactive noise among the EMI noise of a wireless charging control module, one of the important parts of an electric vehicle was designed and tested. In order to analyze the EMI problems occurring in the wireless charging control module, the optimized wireless charging control module by applying the optimization design technology by learning the accumulated test data for critical factors by utilizing the Python-based script function in the Ansys simulation tool. It showed an EMI noise improvement effect of 25 dBu V/m compared to the charge control module. These results not only contribute to the development of a more stable and reliable wireless charging function in electric vehicles, but also increase the usability and efficiency of electric vehicles. This allows electric vehicles to be more usable and efficient, making them an environmentally friendly alternative.

Key Words : Electromagnetic Interference, Electric Vehicle, EMI, radioactive noise, wireless charging control module

1. 서론

지구의 온난화에 기인하는 탄소 배출을 줄이기 위해 현재 많은 전기자동차가 운영되고 있다. 전기자동차

제조사들이 전기 차의 성능과 안정성 문제를 해결하기 위해 매년 새로운 전기차를 출시하고 있으며, 이에 따른 전기 차 시장이 매우 확대되고 있는 상황이

*Department of Software Engineering, Soongsil University

*Corresponding Author : Department of Telecommunication Engineering, Soongsil University (omnu@ssu.ac.kr)

Received March 30, 2023

Revised April 08, 2023

Accepted April 14, 2023

다. 전기차 충전 시 고전압, 대 전류를 인가해야 되는데 현재 많은 감전과 여러 가지 문제가 발생되어 지고 있다. 특히 주행 중에 갑작스러운 화재로 인해 차가 전소 되거나,급발진으로 인해 인명 피해 등 전기 차에 대한 안정성의 문제가 사회적으로 큰 이슈가 되고 있다. 현재 많은 전기 차 전장부품 기업들이 안정성을 확보하기 위해 각종 연구를 진행하고 있다.[1-2] 전기 자동차를 구성하는 전장 모듈 간에 발생하는 EMC (Electro- magnetic Compatibility)가 발생하게 된다.

EMC는 EMI(Electromagnetic Interference)와 EMS (Electromagnetic Susceptibility)로 분류할 수 있다.EMI는 전자파 간섭으로 전장부품이 다른 기기에 전자파를 통해 오작동을 일으키는 것이며, EMS는 전자파에 대한 내성으로 다른 기기의 전자파 잡음으로부터 얼마나 잘 견디는지를 의미 한다.[3-4] 전기 차의 경우 많은 문제를 발생시키는 것은 EMI이므로 초기설계부터 EMI 사전검증 및 저감을 위한 기술연구가 활발히 진행되고 있다.[5]

본 논문은 여러 용 복합적인 기술들의 결합으로 최적의 충전효율을 가지는 방식의 핵심 전장부품인 무선충전컨트롤모듈 EMI 저감 연구를 통해 전기 차 무선전력전송 무선충전컨트롤모듈의 EMI 문제를 개선하고자 한다. 따라서 본 논문은 무선충전컨트롤 모듈의 측정 환경을 구성하여 EMI의 방사성 잡음 측정을 통해 분석하여 Ansys사 시뮬레이션 툴 내 Python 기반의 스크립트 기능을 활용해 치명인자에 대한 축적된 시험 데이터를 학습시켜 잡음을 줄인 최적화 설계 기술을 소개하였다. 일반적인 전기 차 무선 충전컨트롤 모듈과 제안한 시뮬레이션을 통해 최적화 설계된 전기 차 무선충전컨트롤 모듈의 방사성 잡음 측정결과를 비교하여 일반 전기 차 무선충전컨트롤 모듈 대비 전체적으로 25dBu V/m 개선 효과를 얻을 수 있었다.

2. 본론

2.1 전기차 무선충전컨트롤 모듈 최적화 설계

전기 자동차의 충전 시스템에 사용되는 무선 충전컨트롤 모듈은 전력 전자 장치의 고주파 스위칭으로

인해 전자파 간섭 방사 잡음을 방출 하여 다른 전자장치 및 시스템에 간섭을 일으킬 수 있으며 충전시스템 자체의 성능에도 영향을 미친다. 이러한 방사성 잡음을 완화하기 위해 충전 모듈과 케이블에 차폐를 적용하거나 적절한 접지 및 필터링 기술을 사용하여 충전 모듈에서의 방출되는 잡음의 양을 제한 할 수 있다. 따라서 EMI 방사잡음을 줄이는 것이 전기 자동차의 안정적이고 안전한 충전을 보장하기 위한 무선 충전 컨트롤 모듈 설계 및 운용이 중요한 고려사항 된다. 전기 차의 무선충전 컨트롤 모듈 EMI를 일으키는 주요 요소인 방사성 잡음을 줄이기 위하여 다음과 같은 방법으로 무선충전 컨트롤 모듈 EMI개선을 위한 프로세스를 제안 하였다.

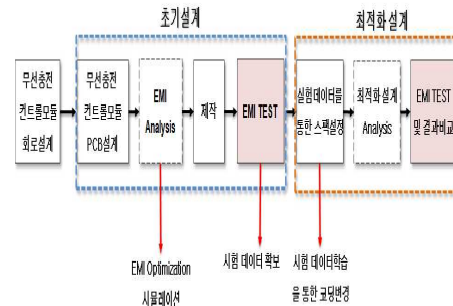


그림 1. 제안한 강화학습을 통한 최적화 설계를 위한 전기 차 무선충전 컨트롤모듈 EMI 저감 프로세스
Fig. 1. Electric vehicle wireless charging control module EMI reduction process for optimized design through proposed reinforcement learning

초기 무선충전컨트롤 모듈 설계 시 잠재적인 EMI 원인을 식별하기 위해 무선충전컨트롤 모듈 회로, 레이아웃 및 부품에 대한 분석을 통하여 방사성 잡음의 주파수 범위를 결정하고 중요한 EMI 방사성 잡음 원인을 식별하였다. 전기 차 무선충전컨트롤 모듈의 방사성 잡음 최적화를 위해 Ansys Siwave 내 Python을 사용하여 스크립트에서 코딩한 최적화 자동화 기술을 적용하였다. 전원 무결성 알고리즘은 수동소자를 이용한 반복적인 시뮬레이션과 저장된 결과 데이터를

비교 하여 스펙을 만족하도록 하는 자동설계 기술이다. 최적화 기술을 적용한 시뮬레이션으로 실장 가능한 소자의 크기와 용량의 범위를 설정 한 후 가상 설계된 모델에 적용하여 EMI 특성 변화를 분석하였으며, 신호 무결성 알고리즘은 신호라인의 임피던스 최적화 설계 자동화로 모든 신호라인의 선포의 크기에 대해 적용범위를 지정 후 신호라인의 설계에 따라 설정한 임피던스 스펙에 만족하도록 반복 시뮬레이션이 진행되는 알고리즘으로 설계하였다.

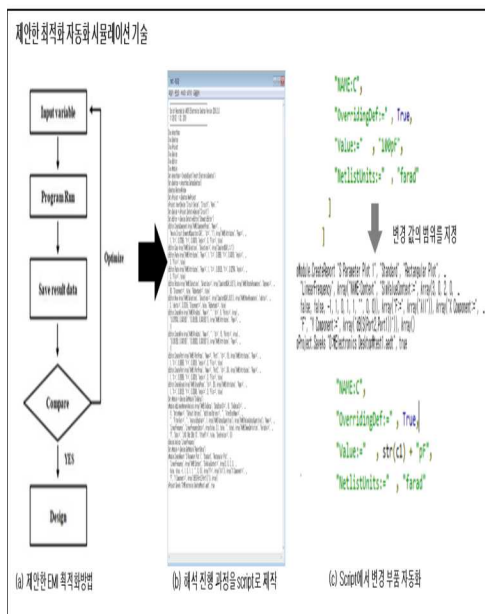


그림 2. 제안된 최적화 자동화 시뮬레이션 기술
Fig. 2. Proposed optimization automation simulation technology

그림 2은 무선충전 컨트롤 모듈의 방사성 잡음의 저감을 위해 최적화 설계 방법에 대하여 설명하고 있다. Ansys사 시뮬레이션 툴 내 python 기반의 스크립트 기능을 활용한 자동화 기술을 적용 하였다. 축적된 시험 데이터를 학습시켜 현 수준을 비교 판단 후 설계하는 방식으로 해석 진행과정을 스크립트로 제작하여 방사성 잡음을 발생시키는 소자의 치명인자에 대한 비교 분석을 통한 반복실험 통해 방사성 잡음 저감 최적화 설계 시뮬레이션을 진행하였다. 치명인자인 경우 캐피

시터, 저항, 인덕터의 변경 값의 범위를 지정하여 스크립트에서 방사성 잡음의 줄이는 최적화 된 값을 찾도록 하였다.

2.2 측정 결과 및 분석

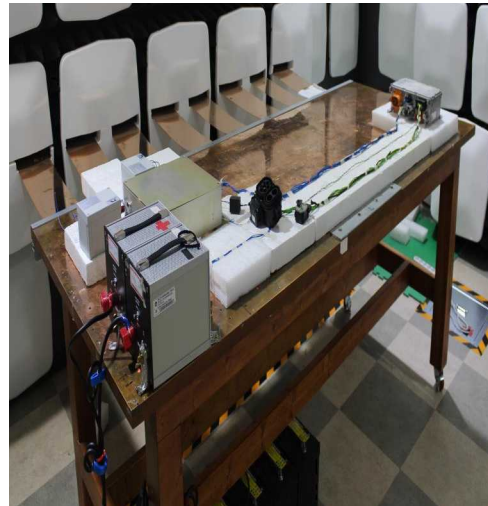


그림 3. 전기차 무선충전컨트롤모듈 EMI 측정
Fig. 3. Electric vehicle wireless charging control module EMI measurement

전기 차 무선충전 컨트롤 모듈의 전자파 측정 환경 구성은 국제 표준인 CISPR 25 측정 환경과 유사하다. 그림 3과 같은 측정 환경을 구성하여 방사성잡음을 측정하였다. 전자파 잡음 레벨의 정량적 측정을 위한 장비로도 로데슈바르츠 EMI 테스트 리시버를 사용하여 측정하였다.

그림 4는 제작한 전기 차 무선충전컨트롤모듈에서 제안된 최적화 설계기술을 적용하지 않은 제품을 측정 한 결과이다. EMI 테스트 리시버에서 150 kHz ~ 30MHz 전자파 문제가 되는 주파수 대역 에서 방사성 잡음을 측정하였다. 그림 4의 파란색 선은 일반적인 전기 차 무선충전 컨트롤 모듈 방사성 잡음의 측정 피크 값을 나타낸 것이고 녹색선은 일반적인 무선충전 컨트롤 모듈 방사성 잡음의 평균값을 나타낸다. 측정 결과 5MHz 대역에서의 마진 확보가 필요하며 28MHz대역은 잡음 개선이 필요 하다는 것을 보여준

다. PLC 통신 반도체소자의 오실레이터 동작으로 인해 28MHz 노이즈가 발생하였으며 이를 개선 하기 위해 PLC 통신 반도체소자에 대해 시뮬레이션을 진행 하였다.

그림 5는 최적화된 전기차 무선충전컨트롤모듈 방사성 잡음 측정 결과를 보여준다. 측정된 모듈은 제안한 최적화를 위한 설계 시뮬레이션을 통해 설계된 제품의 방사성 잡음 측정결과이다. 그림 4의 파란색 선은 최적화된 무선충전 컨트롤 모듈의 방사성 잡음의 측정 피크 값을 나타낸것이고 녹색선은 최적화된 무선충전 컨트롤 모듈의 방사성 잡음의 평균값을 나타낸다. 그림 4.5 방사성 잡음 측정 비교 결과 5MHz에서 일반적인 전기차 무선충전 컨트롤 모듈 방사성잡음 피크값이 약 45 dB V/m을 나타내며, 최적화된 전기차 무선충전컨트롤 모듈 방사성 잡음은 25 dB V/m의 결과 값을 보여주고 있다. 따라서 약 20dBu V/m의 마진을 확보 하였고 28MHz에서는 약 25dBu V/m의 잡음레벨을 저감한 결과를 보여주고 있다. 전기 차 무선충전컨트롤모듈에 최적화 설계 시뮬레이션을 통해 방사성 잡음에 대한 EMI 줄임 효과를 확인하였다.

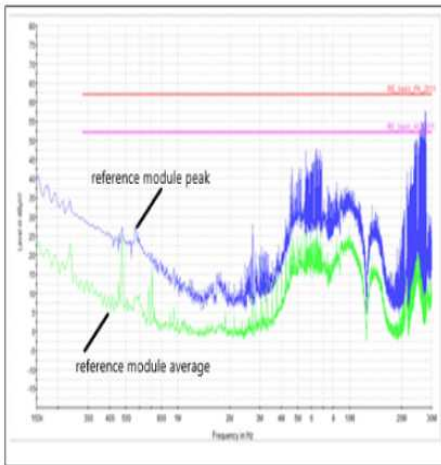


그림 4. 일반적인 전기차 무선충전컨트롤모듈 방사성잡음 측정
Fig. 4.General electric vehicle wireless charging control module radiated noise measurement

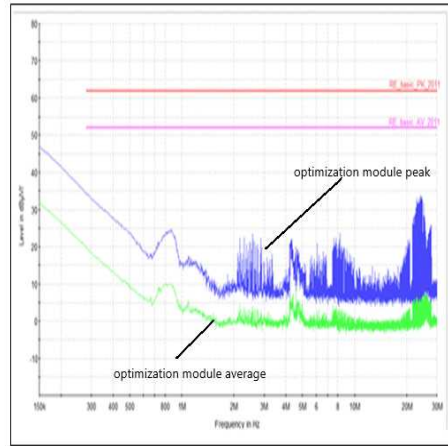


그림 5. 최적화된 전기차 무선충전컨트롤모듈 방사성잡음 측정
Fig. 5.Optimized electric vehicle wireless charging control module radioactivity noise measurement

표 1. 전기차 무선충전컨트롤모듈의 방사성 잡음저감 효과
Table 1. Radiated noise reduction effect of electric vehicle wireless charging control module

Frequency (MHz)	Spec (dBu V/m)		Reference Module (dBu V/m)		Optimization Module (dBu V/m)	
	Peak	Average	Peak	Average	Peak	Average
4- 10	63	53	45	25	20	8
20-30	63	53	55	20	33	7

표 1.은 전기 차 무선충전 컨트롤 모듈의 방사성잡음의 저감 효과를 제안한 최적화 설계 방법으로 실험한 결과의 수치를 보여주고 있다. EMI 전도성잡음의 주파수 대역별로 시뮬레이션 결과 값을 표로 보여주고 있으며 Spec. Reference, optimization 비교 데이터 값을 보여주고 있다. 따라서 표에 28MHz에 피크 값에 대한 약 25 dBu V/m 잡음 레벨의 저감 효과를 보여주고 있다. 제안한 설계 기술에 따라 전기 차 무선충전 컨트롤 모듈의 최적 설계 해석 결과와 전장 부품 레벨시험 측정 결과 비교 했을 때 20~30MHz 대역에서 방사성 잡음 peak 값은 20 dBu V/m 평균값은 약

14 dBu V/m 저감한 결과를 보여주고 있다.

3. 결론

본 논문은 전기 차 무선충전 컨트롤 모듈의 축적된 테스트 데이터를 기반으로 무선충전 모듈을 위한 Ansys 시뮬레이션 도구에서 Python 기반의 스트립트 기능을 사용하여 현재 수준을 비교하고 전자파 간섭 방사에 기여하는 중요한 요소를 식별하였다. 강화학습을 적용하여 반복 테스트를 수행하고 무선 충전 제어 모듈의 성능을 개선하였다. 이 과정을 통해 EMI의 방사성 잡음을 28MHz에서 약 25 dBu V/m 잡음 레벨을 줄이는 효과를 얻었다. 강화 학습 접근 방식은 EMI 방사에 기여하는 중요한 요소를 식별하고 모듈 설계를 최적화하는데 효과적이다. 본 연구에서 무선충전컨트롤 모듈의 방사성 잡음 저감 기술은 전기 자동차의 충전 효율을 높이는 동시에 EMI 간섭 관련된 안전문제를 해결할 수 있는 기술이라고 생각 되어 진다.

REFERENCES

[1] Hong, Seungmo. "Design of EMI reduction of Electric Vehicle Wireless Power Transfer Wireless Charging Control Module with Power Integrity and Signal Integrity." The Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology 14.6 (2021): 452-460.

[2] Tommaso Campi, et al, "EMC and EMF safety issues in wireless charging system for an electric Vehicle(EV)", 2017 International Conference of Electrical and Electronic Technologies for Automatic Ve, pp 15-16, Jun. 2017.

[3] Kwan-Young Park, Seung-In Yang, "High Gain Metamaterial Patch Antenna for 2.4 Band using New Metamaterial Single-Layer", Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 50, no. 6, pp. 56-61, Jun. 2013.

[4] J. Wang, S. L. Ho W.N. Fu and M. Sun, "Analytical design study a no charger with lateral and angular misalignments for

efficient wireless energy transmission," IEEE Trans. Magnetics, vol. 47, no. 10, pp. 2616-2619, Oct. 2011.

[5] Byeong-In Choi, Sung-Hoon Choi, "EMI Reduction Filter Design using Heat Sink", The Institute of Electronics and Information Engineers, vol. 57, no. 12, pp. 3-13, Dec. 2020.

저자약력

홍 승 모 (Seungmo Hong)

[정회원]



- 2018~ 현재 숭실대학교 전자정보공학부 IT융합학과 교수

〈관심분야〉 마이크로파, 안테나, 신호처리