

오실로스코프와 루프안테나를 활용한 자동차용 도어 모터 제어기 EMC 노이즈 분석 효율화

김민기, 홍성율, 한기영, 조현우
피에이치에이 H/W설계팀

Efficiency Enhancement of Automotive Door Motor Controller EMC Noise Analysis Using Oscilloscope and Loop Antenna

Min-Gi Kim, Sung-Ryul Hong, Gi-Young Han, Hyun-Woo Cho
ECU(H/W) Design Team, PHA

요약

본 논문에서는 자동차 산업의 환경 보호 및 에너지 효율성에 대한 관심 증가로 인한 전자화 과정에서 발생하는 EMC 문제를 해결하기 위해 오실로스코프와 루프안테나를 활용하여 자동차용 도어 모터 제어기의 노이즈를 사전에 분석하는 방법을 제안했다.

실험을 통해 사전 검증 데이터와 시험소 평가 데이터가 유사한 경향을 보여, 사전 검증 방법의 유효성을 증명하였다. 따라서 자동차용 도어 모터 제어기 개발 과정에서 이러한 방법을 활용하면 EMC 시험 및 검증 일정을 단축하고 비용을 절감할 수 있었고, 결론적으로 자동차용 도어 모터 제어기의 효율적인 EMC 노이즈 분석 환경을 구축할 수 있었다.

2. 이론적 배경

1. 서론

환경 보호와 에너지 효율성에 대한 급격한 관심 증가로 인해, 자동차 산업은 탄소 중립 및 친환경 기술의 개발을 가속화하고 있다. 특히, 전기자동차의 등장과 함께 자동차 산업은 전자화 과정을 심화시키고 있다. 이로 인해 자동차에는 많은 전자 제어 장치가 도입되고 있다. 그러나 이러한 전자화 추세는 EMC(Electromagnetic Compatibility) 문제를 야기하여 제품의 개발과정을 복잡하게 만들고 있다.

EMC 문제를 해결하려면 상당한 시간과 비용이 소요된다. 더구나, EMC 시험소의 이용이 제한적이며 시험 비용 또한 상당하다. 따라서 제품을 개발하는 초기 단계에서 EMC를 사전에 검증하는 작업이 필수적으로 요구된다. 이러한 과정에서 고가의 EMC 스캐너를 구입하는 것은 비용적으로 어려울 수 있다.

이에 본 논문에서는 오실로스코프와 루프안테나를 활용하여 EMC 문제 중 모터 제어기에서 통상적으로 발생하는 RE(Radiated Emission) 노이즈를 사전 분석하는 방법을 제시한다. 이러한 방법을 통해 저렴한 장비를 활용하여 EMC 문제를 식별하고 개선하는 것이 가능함을 보여줄 것이다.

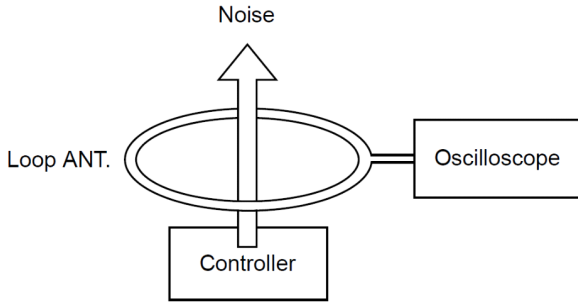
자동차 도어 모터 제어기는 사용자의 스위치 입력에 따라 H-Bridge Motor Driver를 활용하여 양방향 모터를 구동하여 슬라이드 도어를 개폐하는 시스템이다. 모터 제어 주파수는 20kHz로 도어 개폐 속도를 조절하기 위해 PWM(Pulse Width Modulation) 제어로 동작된다.

2.1 루프안테나

루프안테나는 루프 안에 변화하는 자기장은 루프를 통해 전기를 생성하며, 이를 통해 안테나가 신호를 수신하거나 전파할 수 있다. 주변의 전파를 수신할 때는 루프 안에 변화하는 자기장이 전류로 변환되어 이를 감지하게 된다.

루프안테나의 크기에 따라 민감도와 분해능이 반비례 관계를 가지게 되어 목적에 맞게 제작하는 것이 중요하다.

루프안테나를 그림 1과 같은 구조로 자동차용 도어 모터 제어기의 노이즈원 주파수 및 레벨을 분석하는 EMC 스캐너 역할을 할 수 있게 된다.[1]

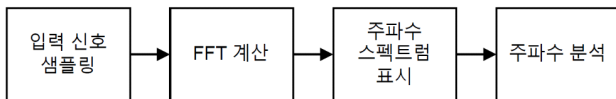


[그림 1] 루프안테나 노이즈 측정 구조

2.2 오실로스코프 FFT 기능

오실로스코프의 FFT(Fast Fourier Transform) 기능은 시간 영역에서의 전압 신호를 주파수 영역으로 변환하여 주파수 성분을 분석하는 기능을 제공한다. 이 기능을 사용하면 오실로스코프로 측정된 신호의 주파수 성분 및 주파수 스펙트럼을 쉽게 확인할 수 있다. FFT 기능을 사용하면 주파수 영역에서의 신호를 살펴볼 수 있으므로, 주파수 도메인에서의 특성을 분석할 수 있다. 이를 통해 신호가 포함하고 있는 주파수 성분이나 주파수 대역폭, 주파수의 변화 등을 파악할 수 있다.

그림 2는 오실로스코프의 FFT 기능 변환 과정을 보여주며 해당 주파수 분석을 통해 노이즈원 레벨의 세기와 진폭을 확인할 수 있다.[2]

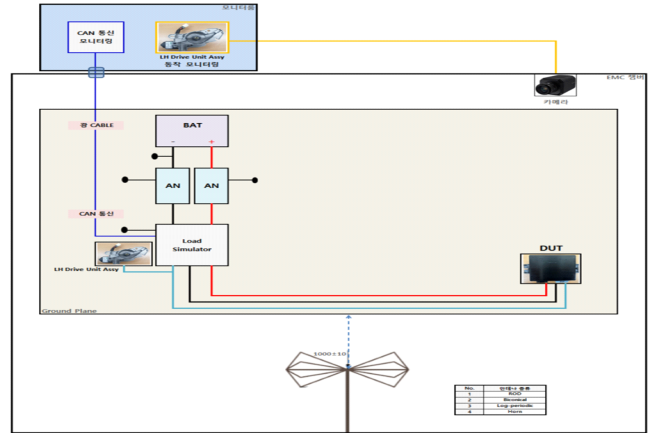


[그림 2] FFT 변환 과정

2.3 전장품 RE 평가

차량에 적용되는 전자 부품 및 서브시스템으로부터 발생되는 전자파가 차량에 탑재되는 수신기 또는 주변 부품 및 외부 환경에 미치는 영향을 평가하기 위함이다.

RE 평가는 전자 부품 및 서브시스템과 그 외 연결된 와이어링 하네스에서 방출되는 방사 노이즈를 자동차 전장품 EMC 기술 규격인 CISPR25 기준으로 그림 3과 같이 환경을 구성하여 전자파 무반사 시험실에서 측정한다.



[그림 3] 표준 RE 평가 환경

3. 실험 조건 및 방법

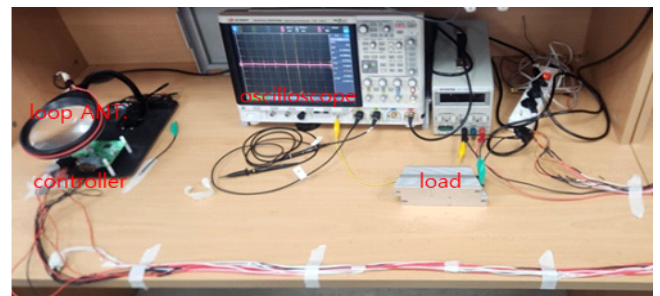
본 실험은 당사가 개발한 자동차용 도어 모터 제어기 개발용 보드를 시료로 사용하였다. 스위칭 노이즈 방출 조건을 위해 Duty 50%, 모터 제어 주파수 20kHz 출력이 될 수 있도록 테스트용 펌웨어를 준비하였다. 분석하는 주파수 범위는 모터 제어기에서 RE 노이즈 문제가 주로 발생하는 100kHz 부터 2MHz 사이를 개선하는 것을 목표로 설정하였다.

실험 방법은 루프 안테나를 사용하여 주요 노이즈원을 선정하고 FFT 기능을 통해 기본 및 튜닝 버전의 제어기를 준비하여 사전 평가된 노이즈 레벨 측정 데이터를 EMC 시험소에서 RE 평가 데이터와 비교 분석하는 방식으로 진행하였다.

본 실험에서 오실로스코프는 RIGOL 사 MSO5354 모델을 사용하였다.

3.1 루프안테나 평가

루프안테나는 제어기 전체 노이즈를 스캔하기 위해 동축케이블을 150mm로 제작하여 오실로스코프 임피던스 50옴 설정하여 연결하고 디버깅 시 노이즈 레벨 비교를 위해 환경을 그림 4와 같이 구성한다. 튜닝 파라미터를 변경하며 노이즈 주파수 성분 및 레벨 변화를 비교하며 주요 노이즈원을 H-Bridge Motor Driver 출력으로 선정하여 후속 실험을 진행하였다.



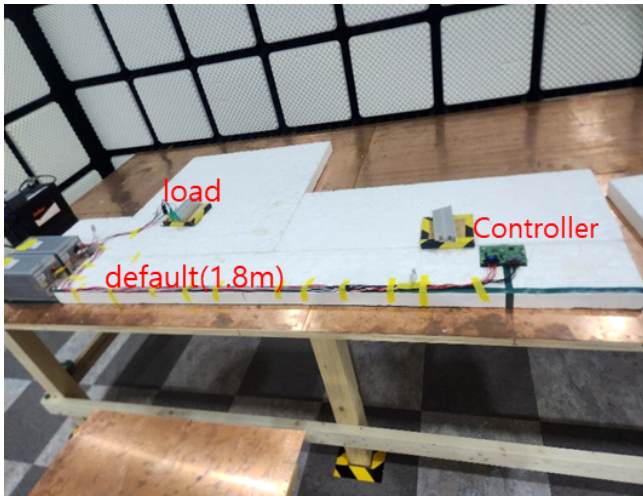
[그림 4] 루프안테나 평가 환경

3.2 FFT 기능 평가

오실로스코프의 MATH 메뉴에서 FFT 기능을 통해 H-Bridge Motor Driver 출력 파형을 분석 소스로 설정하고 주파수 측정 범위를 선정하였고, 분해능은 최대 1Mpts의 FFT를 분석할 수 있도록 설정하였다. 위와 같이 설정한 FFT 기능을 통해 노이즈 레벨의 세기와 진폭의 감쇄를 확인하며 제어기 튜닝 및 사전 분석 데이터를 측정하였다.

3.3 EMC 시험소 RE 평가

RE 평가는 CISPR25 기준으로 그림 5와 같이 환경을 구성하여 기본 및 튜닝 버전 제어기의 노이즈 레벨 데이터를 측정하였다.



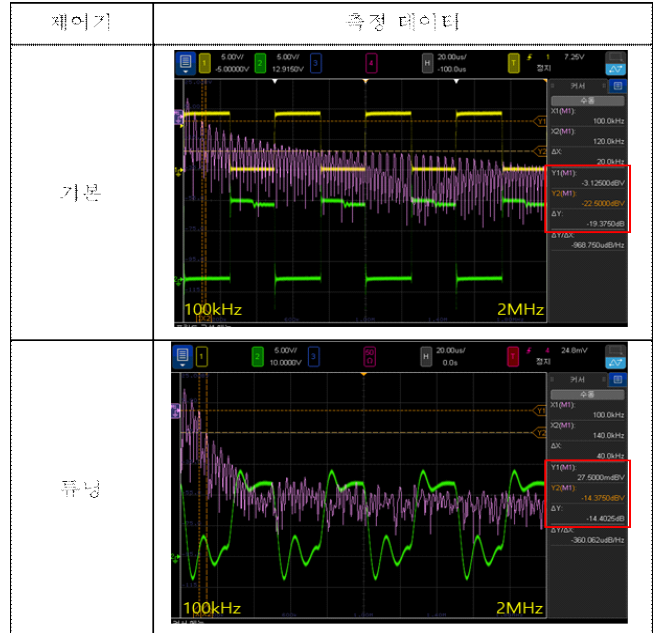
[그림 5] 시험소 RE 평가 환경

4. 실험 결과 및 분석

4.1 사전 검증 결과

그림 6은 주요 노이즈원의 출력 파형(녹색)에 대한 FFT 변환 데이터를 보여준다. 해당 데이터를 비교하면 100kHz 대역에서의 노이즈 레벨이 기본 제어기는 약 19dB 로 측정되고 튜닝 제어기는 약 14dB 로 측정되어 노이즈 레벨이 약 5dB 가 감쇄된 것을 확인할 수 있었다.

또한 기본 제어기는 노이즈 레벨 기울기가 완만하게 내려가는 반면 튜닝 제어기는 노이즈 레벨 기울기가 200kHz 이내에 노이즈 레벨이 급격하게 감쇄되는 모습을 보여준다. 전반적인 주파수 범위에서 노이즈 레벨의 세기와 진폭이 약 15dB 가 감쇄된 모습을 확인할 수 있었다.

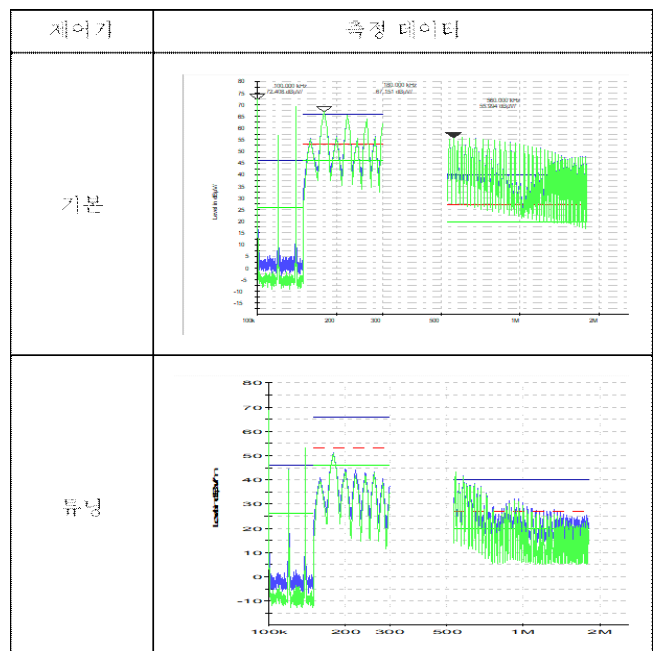


[그림 6] FFT 평가 비교 데이터

4.1 EMC 시험소 RE 평가 결과

그림 7의 실험 결과는 100kHz 대역에서 기본 제어기는 약 72dB 가 측정되고 튜닝 제어기는 약 68dB 가 측정되어 약 4dB 가 감쇄된 것을 확인할 수 있었다.

또한 노이즈 레벨 기울기도 기본 제어기에 비해 튜닝 제어기의 기울기가 급격하게 감쇄하는 모습을 보이며 150kHz 부터 300kHz 대역에서의 최대 노이즈가 약 15dB 감쇄하였고 500kHz 부터 2MHz 대역까지의 최대 노이즈가 약 12dB 감쇄하여 전반적인 영역에서의 노이즈 레벨이 감쇄된 모습을 확인할 수 있었다.



[그림 7] 시험소 RE 평가 데이터

4.3 데이터 비교 분석

4.1장과 4.2장 결과를 비교해보면 100kHz 대역에서의 노이즈 레벨 감쇄 데이터 오차가 약 1dB 이내이고 전반적인 주파수 범위에서의 노이즈 레벨 감쇄 데이터 오차는 약 3dB 이내로 표 1과 같이 분석할 수 있었다.

[표 1] 데이터 비교표

주파수 영역 (Hz)	최대 감쇄 노이즈 레벨 (dB)		
	사전 검증	시험소	오차
100k - 150k	5	4	1
150k - 300k	15	15	0
500k - 2M	15	12	3

또한 각 제어기의 노이즈 레벨 기울기가 두 실험 데이터의 경향이 유사하게 감쇄되는 것을 확인 할 수 있었다.

이와 같은 결과로 노이즈 레벨에 대한 두 실험 데이터의 비교를 통해 실험 데이터의 유사성과 차이점을 고려하여 보다 정확한 사전 검증에서의 분석과 합격 기준의 설정이 가능할 것으로 기대된다.

5. 결론

본 논문에서는 자동차용 도어 모터 제어기의 EMC 노이즈를 사전 분석하고 개선하는 방법으로 오실로스코프와 루프안테나를 활용하였다. 실험을 통해 사전 검증 데이터와 시험소 평가 데이터가 유사한 경향을 보여, 사전 검증 방법의 유효성을 증명하였다.

따라서 자동차용 도어 모터 제어기 개발 과정에서 이러한 방법을 활용하면 EMC 시험 및 검증 일정을 단축하고 비용을 절감할 수 있었고, 결론적으로 자동차용 도어 모터 제어기의 효율적인 EMC 노이즈 분석 환경을 구축할 수 있었다.

참고문헌

- [1] Cherry Clough Consultants, "EMC techniques in electronic design Part 2 - Cables and Connectors", May 2009
- [2] RIGOL, "MSO5000 Series Digital Oscilloscope", Jan 2022