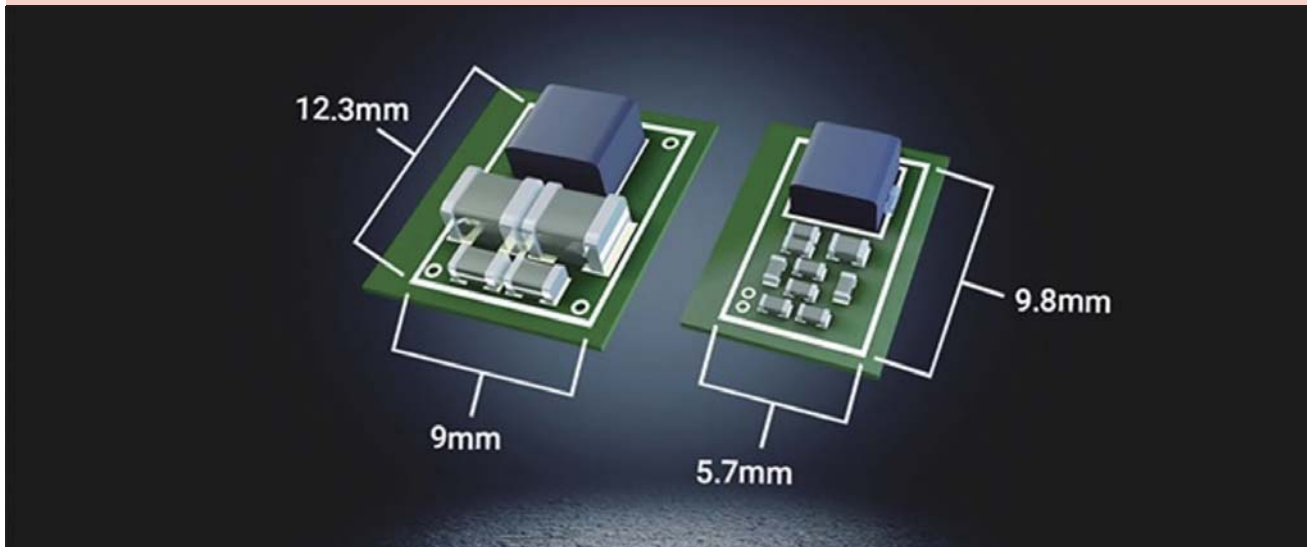


# EMI를 줄이고 전원 공급 장치의 크기를 축소하는 방법

비교적 새로운 EMI 필터링 방식인 능동 EMI 필터링(AEF) 기술은 EMI를 감쇠하며, 엔지니어가 EMI 성능 개선과 더불어 수동 필터 크기와 비용을 줄일 수 있도록 한다. EMI 성능과 공간 절약 측면에서 AEF가 제공할 수 있는 주요 이점을 설명하기 위해, 이번 기술 자료에서 통합 AEF 기능이 포함된 차량용 동기식 벽 컨트롤러 설계 결과를 살펴본다.

글/팀 헤가티(Tim Hegarty), TI 비절연형 전력 솔루션 시스템 엔지니어



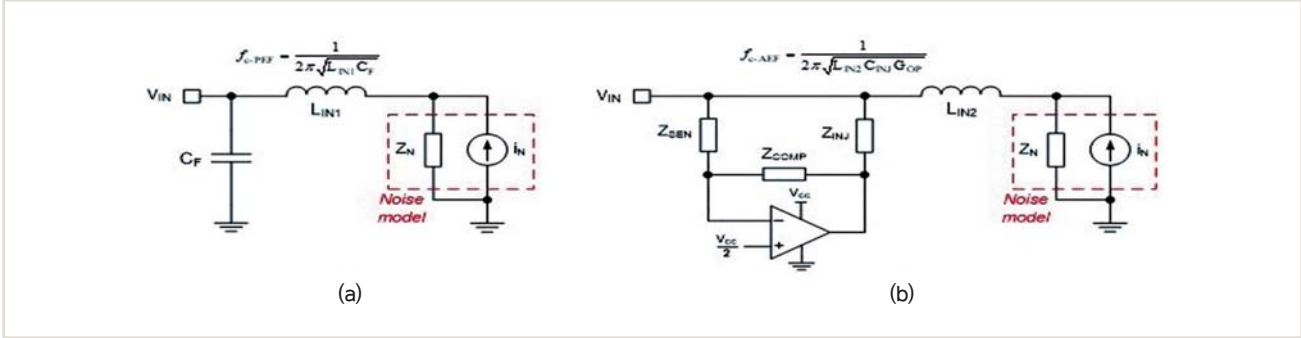
EMI(전자기 간섭) 분야를 연구하는 설계 엔지니어는 일반적으로 두 가지 중요한 과제에 직면한다. 솔루션 크기를 축소하는 동시에 설계에서 EMI를 줄여야 하는 과제다. 스위칭 전원 공급에서 생성된 전도 EMI를 완화하는 프론트 엔드 수동 필터링은 전도된 EMI 표준을 준수하도록 돕지만, 높은 스위칭 속도가 전체 EMI 서명에 미치는 부정적인 영향을 고려할 때, 이 방법은 저EMI 설계의 전력 밀도를 높여야 하는 필요성과 상충될 수 있다. 특히, 이 수동 필터는 부피가 큰 편이며 전체 부피에서 많게는 30%가량을 차지할 수 있다. 따라서 전력 밀도를 높이는 동시에 부피를 최소화하는 것이 시스템 설계자의 우선 과제라고 할 수 있다.

비교적 새로운 EMI 필터링 방식인 능동 EMI 필터링(AEF) 기술은 EMI를 감쇠하며, 엔지니어가 EMI 성능 개선과 더불어 수동 필터 크기와 비용을 줄일 수 있도록 한다. EMI 성능과 공간 절약 측면에서 AEF가 제공할 수 있는 주요 이점을 설명하기 위해, 이번 기술 자료에서 통합 AEF 기능이 포함된 차량용 동기식 벽 컨트롤러 설계 결과를 살펴본다.

## EMI 필터링

수동 필터링은 인덕터와 커패시터를 사용하여 EMI 전류 경로에서 임피던스 불일치를 일으켜서 전원 전자 회로의 전

그림 1. 기존의 수동 필터링(a) 및 능동 필터링(b) 회로 구현



도 방출을 줄인다. 반면, 능동 필터링은 입력 버스의 전압을 감지하고, 스위칭 스테이지에 의해 생성된 EMI 전류와 직접 상쇄되는 역상 전류를 생성한다.

이러한 맥락에서 그림 1의 간소화된 수동 및 능동 필터 회로를 살펴보자면, 여기서  $i_N$  및  $Z_N$  각각은 DC/DC 레귤레이터의 차동 모드 잡음에 대한 노튼 등가 회로의 전류 소스와 임피던스를 나타낸다.

그림 1b에서 전압 감지 및 전류 상쇄(VSCC)를 통해 구현한 능동 EMI 필터는 연산 증폭기(op-amp)를 정전식 멀티플라이어로 이용하여 수동 설계의 필터 커패시터( $C_F$ )를 대체한다. 그림과 같이 능동 필터 감지, 주입 및 보상 임피던스는  $G_{OP}$ 로 표시된 게인 조건을 설계하기 위해, 작은 소자 풋프린트와 함께 비교적 낮은 커패시턴스 값을 이용한다. 유효 능동 커패시턴스는 연산 증폭기 회로 게인과 주입 커패시터( $C_{INJ}$ )

로 설정한다.

그림 1은 유효 필터 차단 주파수에 대한 수식을 포함한다. 유효  $G_{OP}$ 는 감소한 인덕터 및 커패시터 값과 수동 구현의 주파수와 동일한 차단 주파수를 통해 능동 설계를 구현한다.

### 필터링 성능 향상

그림 2는 CISPR(Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques) 25 클래스 5 표준을 준수하기 위해 피크 및 평균 감지기를 이용하여 전도 EMI 테스트를 기반으로 수동 및 능동 EMI 필터 설계를 비교한다. 각 설계는 LM25149-Q1 동기식 벽 DC/DC 컨트롤러에 기반한 전원 스테이지를 이용하여, 13.5V의 차량용 배터리 입력에서 5V/6A의 출력을 제공한다. 스위칭 주파수는 440kHz이다.

그림 2. 동일한 전원 스테이지 작동 조건을 이용한 수동 필터 솔루션(a)과 능동 필터 설계(b)

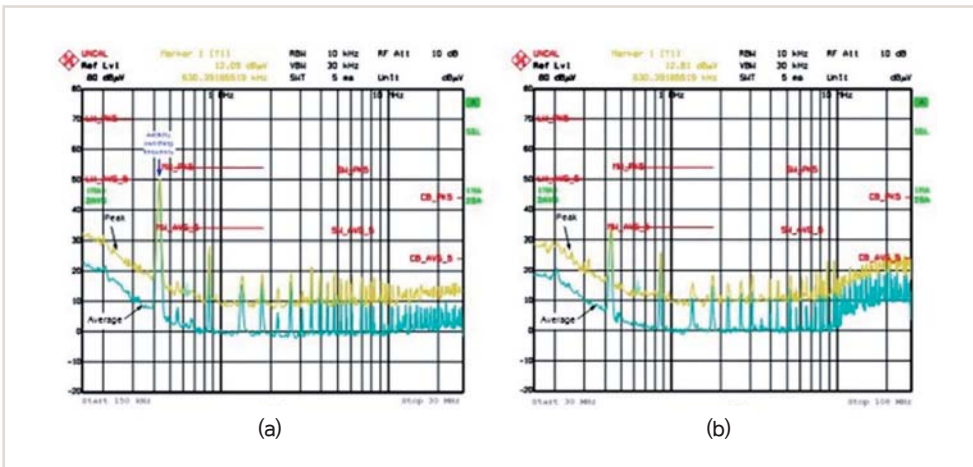


그림 3은 AEF 회로를 활성화 및 비활성화할 때의 결과를 보여준다. 능동 EMI 필터는 필터링이 적용되지 않은 또는 원시의 노이즈 서명에 비해 중저주파의 감쇠가 훨씬 우수하다. 440kHz의 기본 주파수 구성요소는 피크 EMI 레벨이 약 50dB 낮아지므로, 설계자가 엄격한 EMI 요구 사항을 훨씬 쉽게 충족할 수 있다.

## PCB 공간 절약

그림 4는 그림 2에서 도출된 수동 및 능동 필터 스테이지의 인쇄회로기판(PCB) 레이아웃 결과물을 비교하고 있다. 인덕터 풋프린트는 5mm x 5mm에서 4mm x 4mm로 줄어듭니다. 또한 적용된 전압으로 오래 지속되는 2개의 1210 커패시터는 AEF 감지, 주입 및 보상을 위해 안정적인 값의 작은 0402 소자 여러 개로 대체된다. 이 필터 솔루션을 사용하면 풋프린트가 약 50%가량 줄어드는 동시에 부피는 75% 이상 줄어든다.

## 수동 소자의 경쟁 우위

앞서 언급했듯이, AEF의 필터 인덕턴스 값이 낮을수록 수동 필터 설계의 인덕터에 비해 풋프린트와 비용이 절감된다. 또한, 인덕터가 물리적으로 작으면 기생 권선 커패시턴스가 낮고 자기 공명 주파수가 높은 권선 형상을 이루어, 그 결과 CISPR 25: 30MHz~108MHz의 높은 전도 주파수 범위에서 필터링 성능이 향상된다.

일부 차량 설계에서는 배터리 공급 레일에 직접 연결할 때 고장에 안전한 견고성을 달성하기 위해 2개의 입력 커패시터를 직렬로 연결해야 한다. 그 결과, 능동 회로는 추가적으로 공간을 절약할 수 있다. 여러 개의 1210 커패시터를 대체하기 위해 작은 0402/0603 감지 및 주입 커패시터를 직렬로 연결하기 때문이다. 커패시터가 작으면 소자를 손쉽게 구할 수 있

그림 3. AEF를 활성화(a) 및 비활성화(b)할 때의 필터링 성능 비교

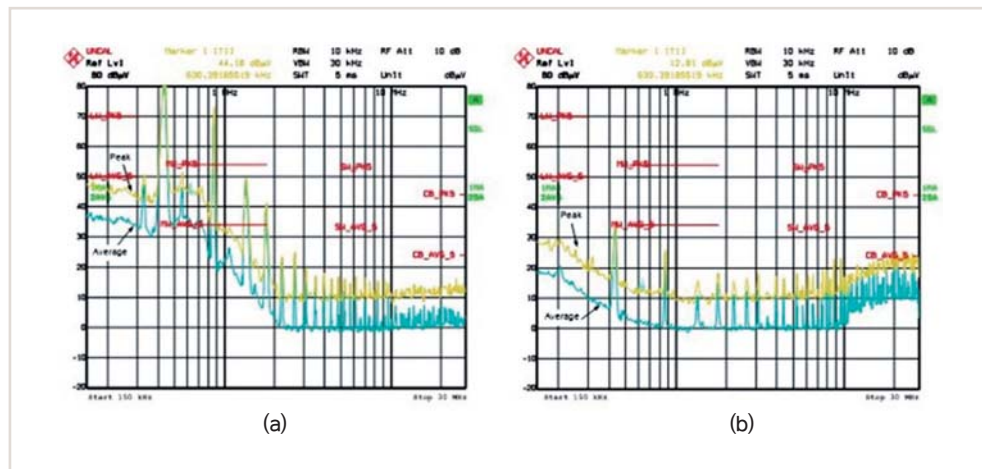
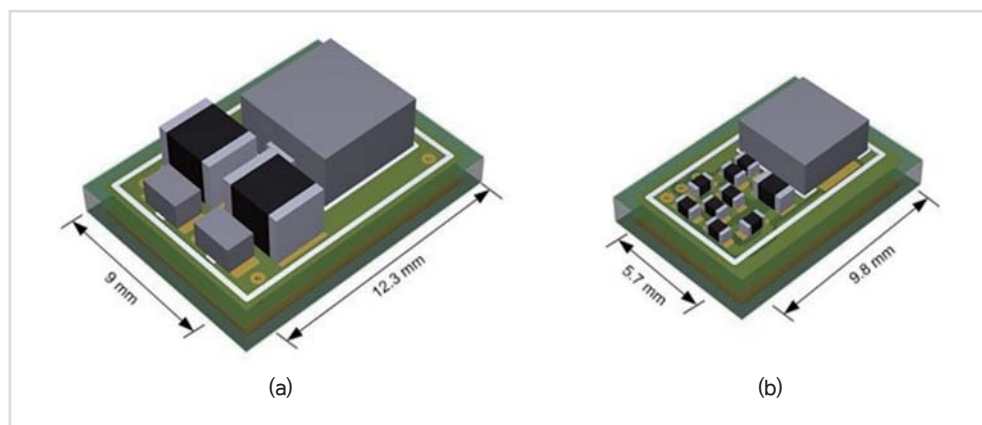


그림 4. 수동(a) 및 능동(b) 필터 설계의 PCB 레이아웃 크기 비교



고 공급에 제약을 받지 않기 때문에 구성 요소 조달이 비교적 용이하다.

## 마무리

특히 자동차 애플리케이션 부문에서 EMI에 계속 초점을 맞추고 있는 가운데, 전압 감지 및 전류 주입을 이용한 능동 필터는 저EMI 시그니처를 구현하여, 결국 풋프린트 및 부피 감소와 솔루션 비용 개선이라는 두 가지 과제를 모두 달성할 수 있도록 한다. AEF 회로와 동기식 벽 컨트롤러를 통합하면 DC/DC 레귤레이터 애플리케이션에서 낮은 EMI와 높은 전력 밀도 간의 균형을 해결할 수 있다. **SN**