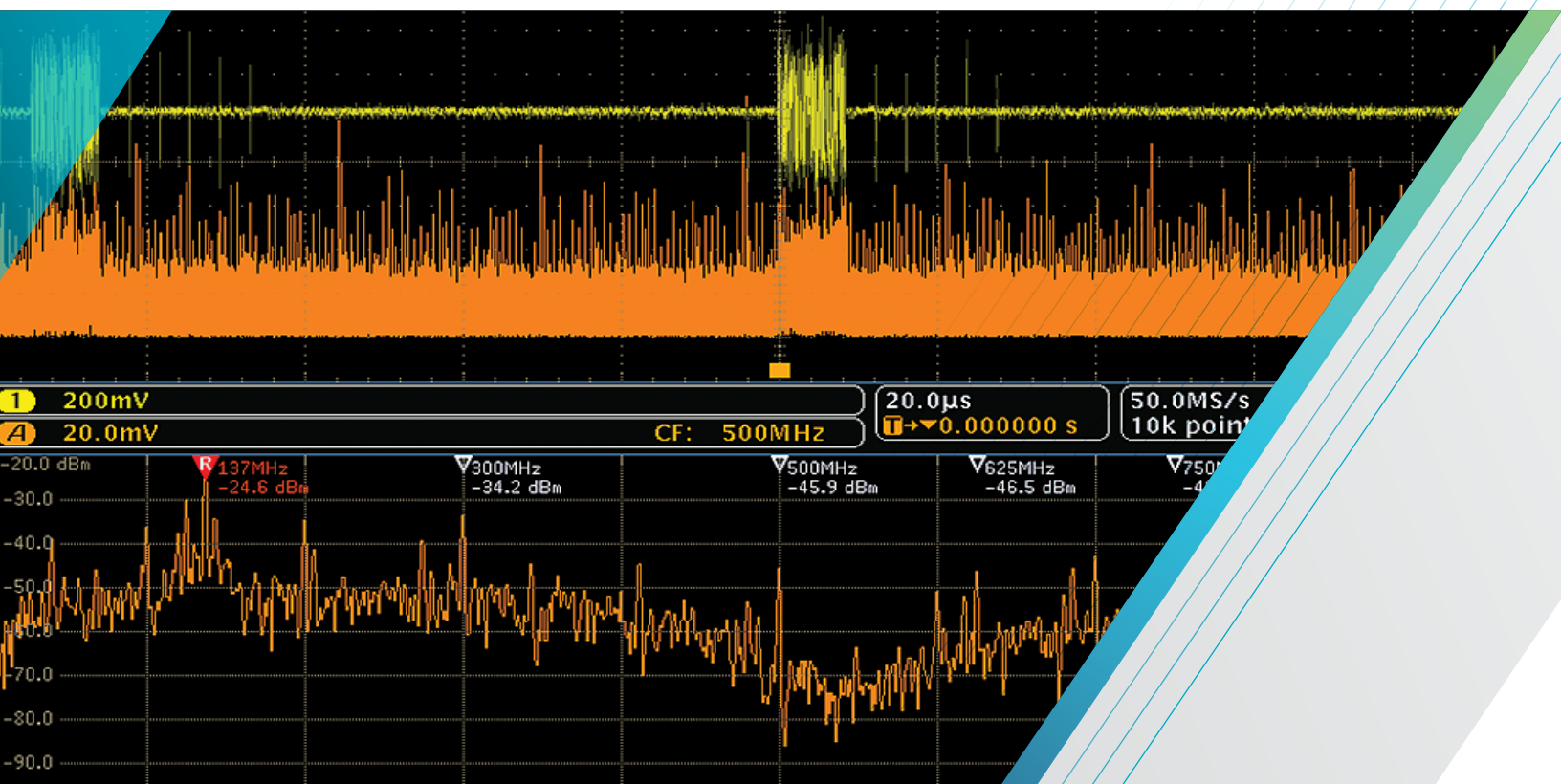


# 실용적인 EMI 문제 해결

## APPLICATION NOTE





## 1.개요

EMI/EMC 규정은 전기 및 전자 장비 사용자를 보호하기 위해 전 세계적으로 시행되고 있습니다. EMI 서명을 최소화하기 위해 오늘날의 제품을 설계하는 데 많은 시간과 노력이 투입됩니다. 많은 회사에서 EMI/EMC 인증에 필요한 실제 적합성 테스트를 수행하기 위해 전문 테스트 시설의 서비스를 사용합니다. 테스트 시설은 외부 회사("테스트 하우스") 또는 내부 EMC 부서에 속할 수 있습니다. 대부분의 엔지니어는 EMI/EMC 문제의 가능성을 최소화하기 위해 우수한 설계 방식을 사용합니다. 정확한 EMI/EMC 시뮬레이션 패키지를 사용할 수 있음에도 불구하고 오늘날에는 설계 및 프로토타이핑 단계에서 "사전 적합성" 측정을 수행하여 적합성 테스트를 위해 제품을 보내기 전에 잠재적인 EMI/EMC 문제를 식별하고 해결하는 것이 일반적입니다. 이러한 기술은 제품이 테스트 하우스에서 최종 전체 규정 준수에 실패할 위험을 줄입니다.

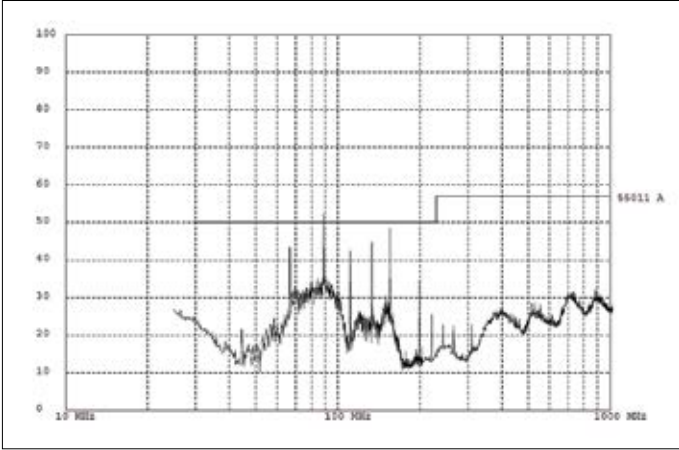


그림 1. 이 EMI 테스트 보고서는 약 90MHz에서 오류를 보여줍니다.

Frequency Range	CISPR Band	Detector	Filter BW
9 kHz - 150 kHz	A	Peak, QP	200 Hz
150 kHz - 30 MHz	B	Peak, QP	9 kHz
30 MHz - 1 GHz	C/D	Peak, Average	120 kHz
> 1 GHz	E	Peak, Average	1 MHz

테이블 1. CISPR 테스트 요구 사항은 주파수 범위 및 영향 주파수 분해능에 따라 다릅니다.

Frequency (MHz)	Ampl. (dBμV)	AntFact (dB/m)	Ant. Pol.	Preamp (dB)	Cab.+Atten Loss	Chamber (dB)	Adjusted (dBμV/m)	Spec (dBμV/m)	Margin (dB)
66.5540	61.3	6.6	Hor.	27.9	0.7	2.8	43.5	50.0	6.5
84.5338	45.8	7.5	Hor.	27.8	0.8	8.7	35.0	50.0	15.0
88.7291	64.6	7.9	Hor.	27.8	0.8	6.8	52.3	50.0	-2.3
110.9042	59.0	7.6	Hor.	27.6	1.0	2.6	42.5	50.0	7.5
133.0795	62.1	7.3	Hor.	27.2	1.0	1.7	44.8	50.0	5.2
155.0557	64.8	8.6	Hor.	27.0	1.1	1.0	48.5	50.0	1.5

그림 2. 이 데이터는 88.7291MHz에서 그림 1의 오류를 보여주지만 이러한 모든 숫자로 인해 이것이 소스의 정확한 주파수라고 믿게 해서는 안됩니다.

## 2. 만약 제품이 적합성 테스트에 실패하면 어떻게 됩니까?

좋은 디자인을 사용하고 고품질 구성 요소를 선택하고 시간을 들여 제품을 신중하게 특성화한 후에도 EMI 문제가 발생할 수 있습니다. (그림 1)

위 고서는 이 특정 표준의 한계를 초과하는 단일 피크가 있음을 나타냅니다. 일반적으로 보고서에는 표 형식의 정보도 포함됩니다. (그림 2)

## 3. EMI 보고서 이해

언뜻 보기에 위와 같은 EMI 보고서는 특정 주파수에서의 오류에 대한 직접적인 정보를 제공하는 것처럼 보입니다. 설계의 어떤 구성 요소에 해당 소스 주파수가 포함되어 있는지 식별하고 테스트를 통과하기 위해 약간의 감쇠를 적용하는 것은 간단한 문제여야 합니다. 문제의 원인을 확인하고 결정하기 위해 디자인을 살펴보기 전에 테스트 하우스에서 이 보고서를 생성한 방법을 이해해야 합니다.

그림 2의 보고서는 테스트 주파수, 측정된 진폭, 보정된 보정 계수 및 조정된 필드 강도를 보여줍니다. 조정된 필드 강도는 마진 또는 초과를 결정하기 위해 사양과 비교됩니다. 많은 테스트 조건이 보고서에 명시되어 있지만 고려해야 할 몇 가지 중요한 사항은 그렇게 명확하지 않을 수 있습니다.

기억해야 할 좋은 규칙은 QP가 항상 피크 감지보다 작거나 같으며 결코 크지 않다는 것입니다. 따라서 피크 감지를 사용하여 EMI 문제 해결 및 진단을 수행할 수 있습니다. EMI 부서 또는 실험실 스캔은 모두 상대적이므로 정확할 필요가 없습니다. 실험실 보고서에 설계가 3dB 초과이고 피크 감지가 6dB 초과인 것으로 표시되면 신호를 3dB 이상 줄이는 수정 사항을 구현해야 합니다.

### 주파수 범위 및 테스트 포인트 수 :

테스트 보고서에 제공된 주파수가 정확히 EMI 소스의 주파수일 가능성은 거의 없습니다. 주파수 범위와 테스트 포인트의 수는 적합성 테스트 빈도가 소스의 실제 주파수에 얼마나 근접할지 결정하는 데 도움이 됩니다. CISPR(Special International Committee on Radio Interference)에 따르면 복사 방출 테스트를 수행할 때 주파수 범위에 따라 다른 테스트 방법을 사용해야 합니다. 각 범위에는 표 1과 같이 특정 분해능 대역폭 필터와 검출기 유형이 필요합니다. 주파수 범위는 필터 대역폭을 결정하므로 관심 있는 정확한 주파수를 분해할 수 있는 능력이 결정됩니다.

**감지기 유형:** 일반적으로 테스트 하우스는 이 테스트를 완료하는 데가 짧은 시간이 걸리기 때문에 피크 스캔을 먼저 완료합니다. 준첨두치(QP) 스캔은 감지기의 특성으로 인해 완료하는 데 훨씬 더 많은 시간이 걸립니다(사이드바, "피크 감지의 일반적인 유형" 참조). 준첨두치 감지는 방송 관점에서 더 "성가신" 것으로 해석될 수 있는 신호에 더 중점을 두는 측정 가중치를 사용하므로 감지기 유형이 문제가 되는 신호의 절대 진폭을 마스킹할 수 있습니다.

**방위각/거리:** 스캔을 수행할 때 테스트 중인 장치(UUT)를 턴테이블에 놓아 여러 각도에서 정보를 수집할 수 있습니다. 이 방위각 정보는 문제가 발생하는 UUT 영역을 나타내므로 매우 유용합니다. 문제를 더욱 복잡하게 만들기 위해 EMI/EMC 테스트 하우스는 보정된 RF 챔버에서 측정을 수행하고 그 결과를 필드 강도의 척도로 보고합니다.

다행히 EMI 테스트 실패 문제를 해결하기 위해 테스트 하우스 조건을 복제할 필요가 없습니다. 고도로 통제된 EMI 테스트 시설에서 수행되는 절대 측정 대신 테스트 보고서의 정보, 보고서 생성에 사용된 측정 기술에 대한 충분한 이해, 소스를 분리하기 위해 UUT 주변에서 수행한 상대적 관찰을 사용하여 문제 해결을 수행할 수 있습니다. 교정 효과를 측정합니다.

## 4. 피크 검출의 일반적인 유형

EMI 측정은 간단한 피크 감지기로 수행할 수 있습니다. 그러나 EMI 부서나 외부 테스트 하우스는 QP(Quasi-Peak) 감지기를 사용합니다. 따라서 QP 검출기도 필요하지 궁금할 수 있습니다.

EMI 부서 또는 외부 연구소는 일반적으로 지정된 한계를 초과하거나 근접한 문제 영역을 찾기 위해 간단한 피크 감지기를 사용하여 스캔을 수행하여 테스트를 시작합니다. 한계에 접근하거나 한계를 초과하는 신호에 대해 QP 측정을 수행합니다. QP 검출기는 EMI 측정 표준에 의해 정의된 특수 검출 방법입니다.

QP 검출기는 신호 포락선의 가중 피크 값(quasi-peak)을 검출하는 역할을 합니다. 지속 시간과 반복률에 따라 신호에 가중치를 부여합니다. 더 자주 발생하는 신호는 빈번하지 않은 임펄스보다 더 높은 QP 측정을 초래합니다.

피크 및 QP 감지의 예는 그림 3에 나와 있습니다. 여기에서 피크 및 QP 감지에서 펄스 폭이 8μs이고 반복률이 10ms인 신호가 표시됩니다. 결과 QP 값은 피크 값보다 10.1dB 낮습니다.

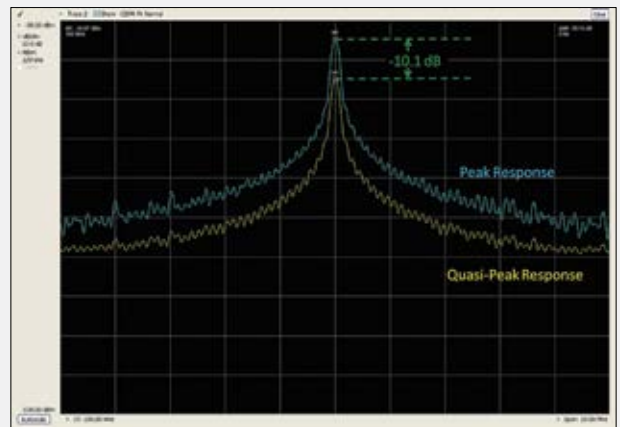


그림 3. 첨두치 검출과 준첨두치 검출의 비교

## 5. 어디서부터 시작해야 하나요?

EMI 관점에서 제품을 볼 때 전체 디자인은 에너지원과 안테나의 집합체로 간주될 수 있습니다. EMI 문제의 원인을 식별하려면 먼저 에너지 소스를 확인하고 두 번째로 이 에너지가 어떻게 방출되는지 알아내야 합니다. EMI 문제의 일반적인 원인은 다음과 같습니다.

- 전원 공급 장치 필터
- 접지 임피던스
- 부적절한 신호 반환
- LCD 방출
- 구성 요소 기생
- 불량 케이블 차폐
- 스위칭 전원 공급 장치(DC/DC 컨버터)
- 내부 커플링 문제
- 금속 인클로저의 ESD
- 불연속 반환 경로

\*W. D. Kimmel, D. D. Gerke; "Ten Common EMI Problems in Medical Electronics"; Medical Electronics Design; October 1, 2005

이 목록은 EMI의 몇 가지 일반적인 소스에 대해 간략하게 설명하지만 절대적인 목록은 아닙니다. 특정 보드의 에너지 소스를 결정하기 위해 엔지니어는 종종 근거리 프로브를 사용합니다. 이러한 유형의 프로브를 사용할 때 신호 전파의 기본 사항을 염두에 두어야 합니다.

특정 EMI 문제의 핵심에 있는 특정 소스와 안테나를 식별하기 위해 관찰된 신호의 주기성과 일치성을 조사할 수 있습니다.

### 주기성:

- 신호의 RF 주파수는 얼마입니까?
- 펄스 또는 연속입니까?

이러한 신호 특성은 기본 스펙트럼 분석기로 모니터링 할 수 있습니다.

### 우연의 일치 :

- UUT의 어떤 신호가 EMI 이벤트와 일치합니까?

오실로스코프를 사용하여 UUT의 전기 신호를 조사하는 것이 일반적입니다. 전기 이벤트와 EMI 문제의 일치를 조사하는 것은 EMI 진단에서 가장 시간이 많이 걸리는 프로세스입니다. 과거에는 스펙트럼 분석기와 오실로스코프의 정보 MDO4000 시리즈 혼합 돔인 오실로스코프(사이드바: "혼합 도메인 오실로스코프" 참조)의 도입으로 EMI 문제 해결을 위해 여러 기기를 동기화는 어려움이 사라졌습니다.

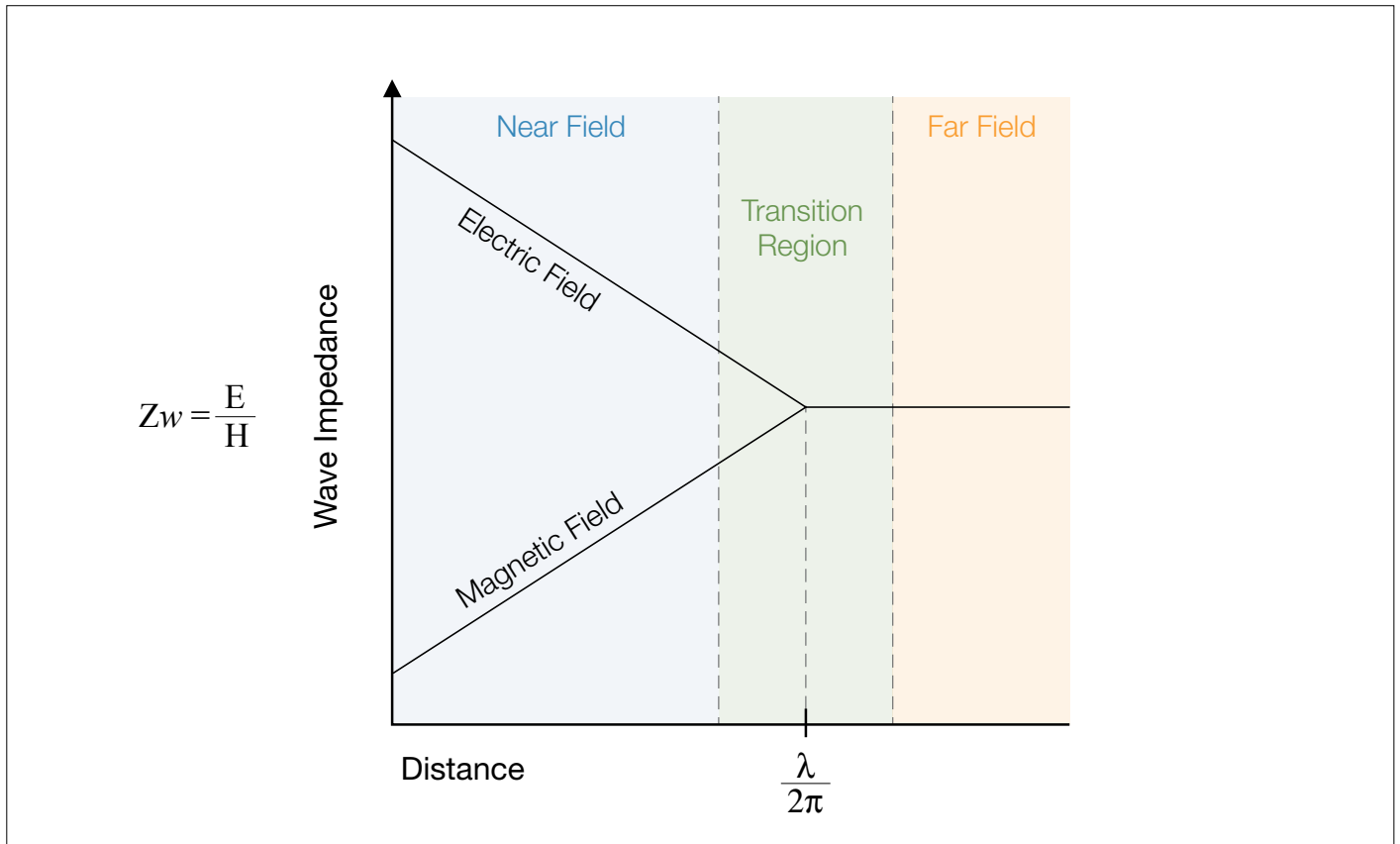


그림 4. 근거리 파동에서 임피던스는 소스의 특성과 소스로부터의 거리에 따라 달라집니다. 원거리 필드에서 임피던스는 일정합니다.

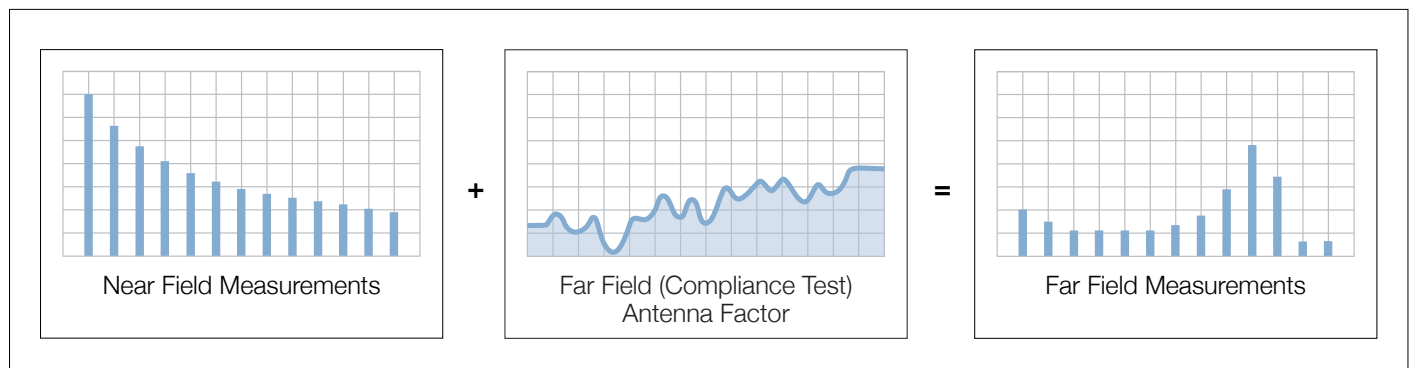


그림 5. 원거리장 측정은 근거리장에서 관찰할 수 있는 활동뿐만 아니라 안테나 이득 및 테스트 조건과 같은 기타 요인에 따라 달라집니다.

### 5-(1). 근거리장 대 원거리장 측정

그림 4는 근거리장과 원거리장에서의 파동 임피던스의 거동과 그들 사이의 천이 영역을 보여줍니다. 근거리 장 영역에서 필드는 주로 자기에서 주로 전기에 이르기까지 다양할 수 있음을 알 수 있습니다. 근거리장 측정은 문제 해결에 사용되는데, 그 이유는 에너지를 정확히 찾아낼 수 있고 특별한 테스트 장소 없이 수행할 수 있기 때문입니다.

그러나 적합성 테스트는 원거리장에서 수행되며 원거리장 신호의 강도는 소스의 강도뿐만 아니라 방사 메커니즘 및 제자리에 있을 수 있는 모든 차폐 또는 필터링. 경험에 따르면 원거리에서 신호를 관찰할 수 있다면 근거리에서도 동일한 신호를 볼 수 있어야 한다는 점을 기억해야 합니다. 그러나 근거리 필드에서는 신호를 관찰하고 원거리 필드에서는 동일한 신호를 볼 수 없습니다.

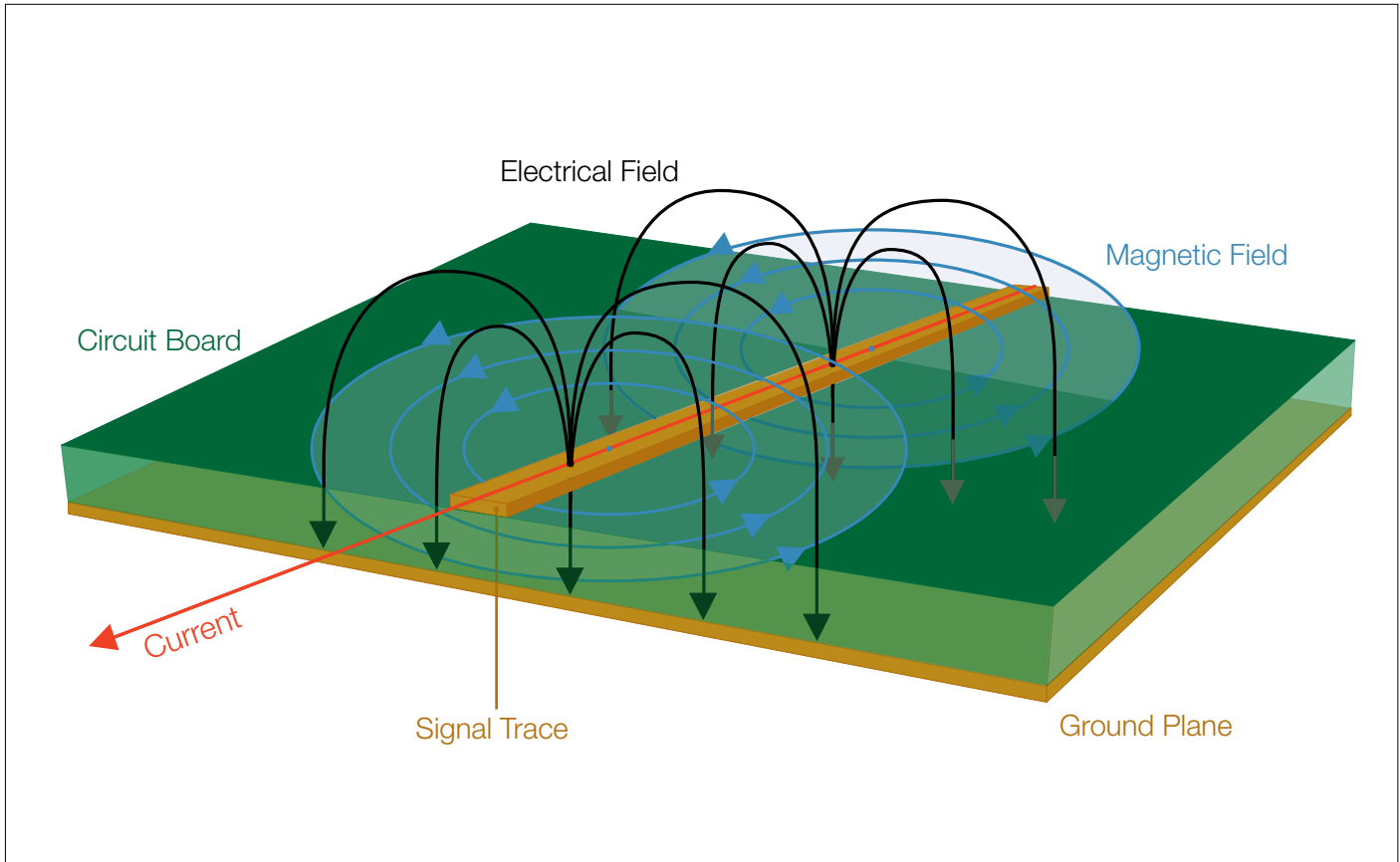


그림 6. 신호를 구성하는 전압과 전류의 변화로 인해 전기장과 자기장이 발생합니다.

## 5-(2). 근거리 프로빙

적합성 테스트 절차는 교정된 절대 측정값을 생성하도록 설계되었지만 대부분의 경우 상대 측정값을 사용하여 문제 해결을 수행할 수 있습니다.

근거리 필드 프로브는 본질적으로 자기(H 필드) 또는 전기(E 필드) 변화를 감지하도록 설계된 안테나입니다. 일반적으로 근거리 장 프로브는 보정 데이터와 함께 제공되지 않으므로 상대 측정을 위한 것입니다.

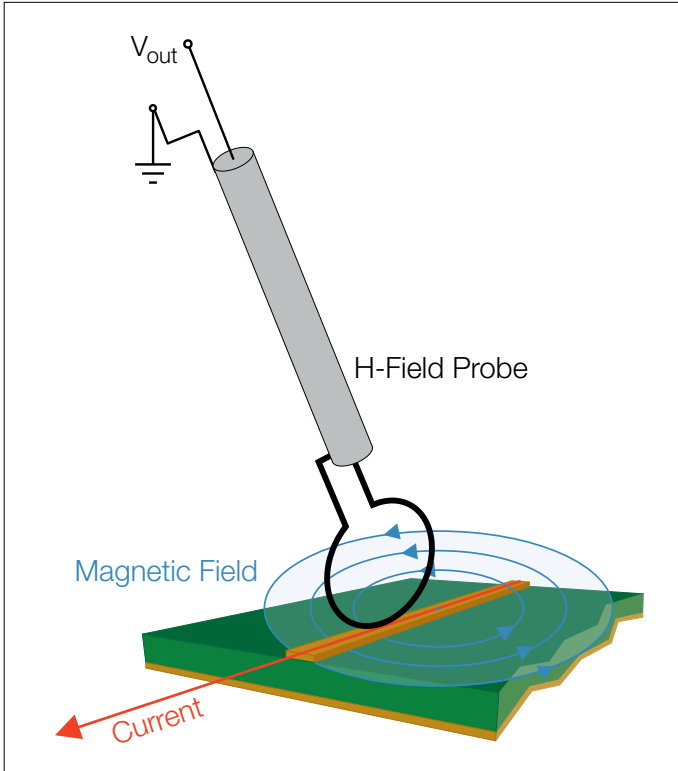


그림 7. 자기장 라인이 루프를 통과하도록 전류 흐름에 맞춰 H-필드 프로브를 배치합니다.

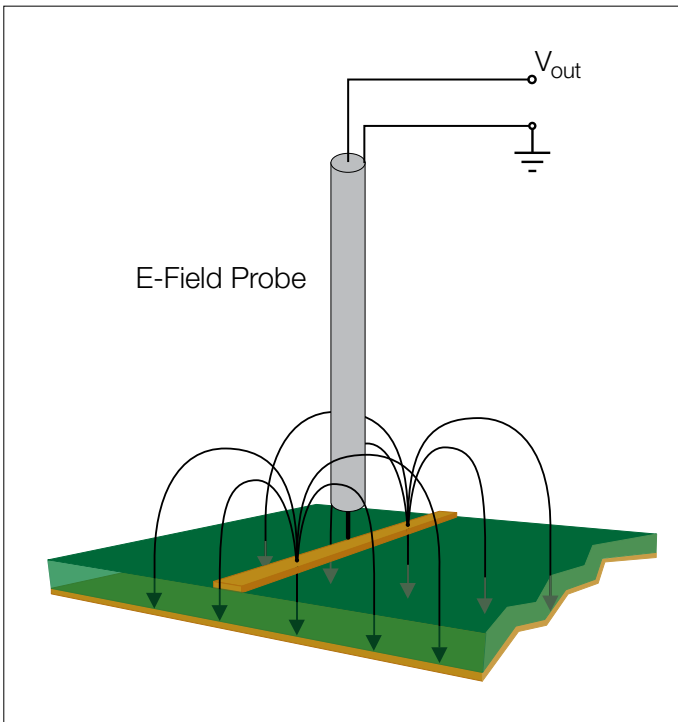


그림 8. 전기장을 관찰하기 위해 전도체에 수직으로 전기장 프로브를 배치합니다.

### 5-(3). H-필드 프로브

H-필드 프로브는 독특한 루프 디자인을 가지고 있으며 루프가 자속의 자기장 라인과 교차하도록 전류 흐름과 인라인으로 루프 평면을 유지해야 합니다. 루프의 크기는 감도와 측정 영역을 결정하므로 이러한 유형의 프로브를 사용하여 에너지 소스를 분리할 때는 주의해야 합니다. 근거리 필드 프로브 키트는 측정 영역을 좁히기 위해 점진적으로 더 작은 루프 크기를 사용할 수 있도록 다양한 크기가 포함되는 경우가 많습니다. H 필드 프로브는 다음과 같은 비교적 높은 전류의 소스를 식별하는 데 매우 유용합니다.

- 저임피던스 노드 및
- 회로전송선
- 전원 공급
- 장치종단 전선 및 케이블

### 5-(4). 전자장 프로브

E-Field 프로브는 작은 모노폴 안테나로 작동하며 전기장 또는 전압변화에 반응합니다. 이러한 유형의 프로브를 사용할 때 프로브를 측정 평면에 수직으로 유지하는 것이 중요합니다. 실제로 E-field 프로브는 다음과 같이 종단이 없는 소스뿐만 아니라 상대적으로 높은 전압을 가진 소스를 식별하는 매우 작은 영역의 제로 인에 이상적으로 적합합니다.

- 고임피던스 노드 및 회로
- 비종말 PCB 트레이스
- 케이블

낮은 주파수에서 시스템의 회로 노드 임피던스는 크게 달라질 수 있으므로 H-Field 또는 E-Field 프로브가 가장 감도를 제공하는지 여부를 결정하려면 회로에 대한 지식이나 실험이 필요합니다. 더 높은 주파수에서 이러한 차이는 극적입니다. 모든 경우에 반복적인 상대 측정을 수행하는 것이 중요하므로 구현된 변경 사항의 근거리 방출 결과가 정확하게 표현된다는 확신을 가질 수 있습니다. 가장 중요한 고려 사항은 각 실험 변경에 대해 근거리장 프로브의 배치 및 방향을 일관되게 유지하는 것입니다.



## 혼합 도메인 오실로스코프

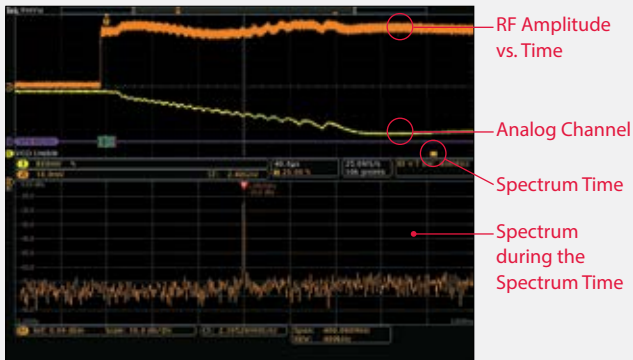


그림9. MDO4000 시리즈 오실로스코프는 오실레이터 시작의 시간 상관 보기를 제공합니다.

혼합 도메인 오실로스코프는 오실로스코프, 스펙트럼 분석기 및 로직 분석기의 측정 기능을 결합합니다. MDO4000 시리즈는 아날로그 신호 특성, 디지털 타이밍, 버스 트랜잭션 및 함께 동기화된 주파수 스펙트럼을 볼 수 있는 고유한 기능을 제공합니다. MDO3000은 또한 오실로스코프, 스펙트럼 분석기 및 로직 분석기 기능을 결합하지만 주파수 스펙트럼과 시간 도메인 파형을 동시에 획득하거나 볼 수는 없습니다.



MDO4000 시리즈는 스펙트럼 분석기, 오실로스코프 및 로직 분석기를 단일 장치에 결합하여 세 가지 계측기 모두에서 시간 상관 측정을 생성합니다.

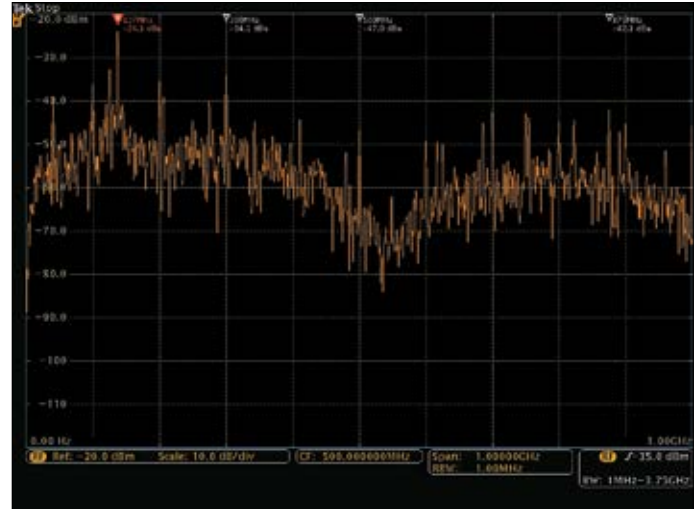


그림10. 스펙트럼 분석기는 UUT 근처에 배치된 H-필드 프로브의 출력을 보여줍니다.

## 6. 사례 연구 : 신호 특성 결정 및 소스 결정을 위한 일치성 결정

이 사례 연구는 EMI 소스를 분리하기 위해 증거를 수집하는 프로세스를 설명합니다. 소형 마이크로컨트롤러의 EMI 스캔은 144MHz를 중심으로 하는 광대역 신호로 보이는 것에서 한계 초과 오류를 나타냅니다.

MDO4000의 스펙트럼 분석기(그림 10)를 사용하여 먼저 H-필드 프로브를 RF 입력에 연결하여 에너지 소스를 현지화할 수 있습니다.

루프의 평면이 평가되는 도체와 일치선이 되도록 H-필드 프로브의 방향을 지정하여 자속의 자기장 라인이 통과하도록 루프를 배치하는 것이 중요합니다. H-Field 증명을 PCB 주변으로 이동하여 에너지 소스를 현지화할 수 있습니다. 더 좁은 조리개 프로브를 선택하면 더 작은 영역에서 검색에 초점을 맞출 수 있습니다.

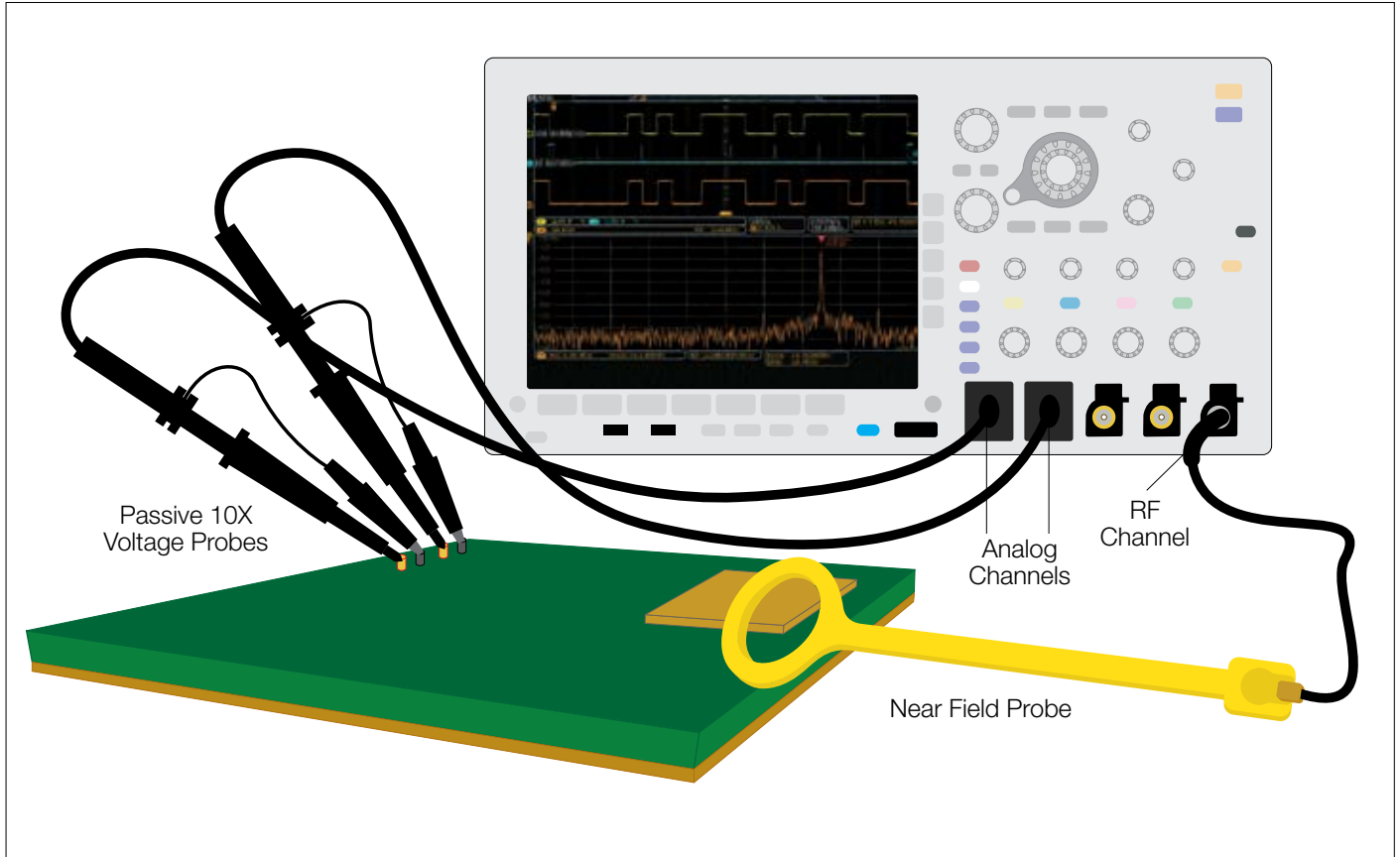


그림 11. 테스트 설정은 혼합 도메인 오실로스코프에서 아날로그 오실로스코프 채널과 스펙트럼 분석기 채널을 결합합니다.

걸보기 에너지를 찾았으면 RF 진폭 대 시간 추적을 켭니다(그림 12). 이 트레이스는 범위의 모든 신호에 대한 통합 전력 대 시간을 보여줍니다. 디스플레이에서 큰 펄스를 명확하게 볼 수 있습니다. 레코드 길이를 통해 스펙트럼 시간을 이동하면 EMI 이벤트(140MHz를 중심으로 하는 광대역 신호)가 큰 펄스에 직접 해당함을 알 수 있습니다. 측정을 안정화하기 위해 RF 전력 트리거를 활성화한 다음 RF 펄스가 발생하는 빈도를 결정할 수 있도록 레코드 길이를 늘릴 수 있습니다. 펄스 반복 주기를 측정하기 위해 측정 마커를 활성화하고 주기를 직접 결정할 수 있습니다.



그림 12. RF 진폭 대 시간 추적은 상당한 펄스를 보여줍니다. 스펙트럼 디스플레이는 주파수 내용을 보여줍니다.

EMI의 소스를 확실하게 식별하는 다음 단계는 MDO4000 시리즈 오실로스코프의 오실로스코프 부분을 활용하는 것입니다. 동일한 설정을 유지하면서 이제 오실로스코프의 채널 1을 활성화하고 EMI 이벤트와 일치하는 신호 소스를 찾는 PCB를 탐색할 수 있습니다. 잠시 동안 오실로스코프 프로브로 신호를 탐색한 후 그림 13의 신호가 발견되었습니다. 스크프의 채널 1에 연결된 신호가 EMI 이벤트와 직접적으로 연관될 수 있다는 것을 디스플레이에서 명확하게 볼 수 있습니다.



그림 13. 오실로스코프 채널 중 하나에서 패시브 프로브로 신호를 프로빙하면 RF와 상관관계가 있는 신호를 찾을 수 있습니다.

## 결론

EMI 규정 준수 테스트에 실패하면 제품 개발 일정이 위험해질 수 있습니다. 그러나 여기에 설명된 문제 해결 기술은 에너지원을 격리하는 데 도움이 되어 문제 해결 계획을 세울 수 있습니다.

효과적인 문제 해결을 위해서는 준수 테스트 보고서와 준수 테스트 및 문제 해결이 다양한 측정 기술을 사용하는 방법을 이해해야 합니다. 일반적으로 상대적으로 높은 전자기장을 찾고, 그 특성을 결정하고, 자기장 활동을 회로 활동과 연관시켜 소스를 결정하는 데 의존합니다.

Contact Information:

Australia\* 1 800 709 465  
Austria 00800 2255 4835  
Balkans, Israel, South Africa and other ISE Countries +41 52 675 3777  
Belgium\* 00800 2255 4835  
Brazil +55 (11) 3759 7627  
Canada 1 800 833 9200  
Central East Europe / Baltics +41 52 675 3777  
Central Europe / Greece +41 52 675 3777  
Denmark +45 80 88 1401  
Finland +41 52 675 3777  
France\* 00800 2255 4835  
Germany\* 00800 2255 4835  
Hong Kong 400 820 5835  
India 000 800 650 1835  
Indonesia 007 803 601 5249  
Italy 00800 2255 4835  
Japan 81 (3) 6714 3086  
Luxembourg +41 52 675 3777  
Malaysia 1 800 22 55835  
Mexico, Central/South America and Caribbean 52 (55) 56 04 50 90  
Middle East, Asia, and North Africa +41 52 675 3777  
The Netherlands\* 00800 2255 4835  
New Zealand 0800 800 238  
Norway 800 16098  
People's Republic of China 400 820 5835  
Philippines 1 800 1601 0077  
Poland +41 52 675 3777  
Portugal 80 08 12370  
Republic of Korea +82 2 6917 5000  
Russia / CIS +7 (495) 6647564  
Singapore 800 6011 473  
South Africa +41 52 675 3777  
Spain\* 00800 2255 4835  
Sweden\* 00800 2255 4835  
Switzerland\* 00800 2255 4835  
Taiwan 886 (2) 2656 6688  
Thailand 1 800 011 931  
United Kingdom / Ireland\* 00800 2255 4835  
USA 1 800 833 9200  
Vietnam 12060128

\* European toll-free number. If not accessible, call: +41 52 675 3777

Rev. 090617



서울 본사: 서울특별시 영등포구 경인로 775 (문래동 3가, 에이스하이테크시티 3동 201호)  
TEL. 070-7872-0701 FAX. 02-2167-3801 E-mail. sales@nubicom.co.kr  
대전 지사: 대전광역시 유성구 동서대로 5번길 47-10 진선빌B 202호  
TEL. 070-7872-0712 FAX. 02-2167-3801 E-mail. jbkim@nubicom.co.kr