

# 애플리케이션 노트 AN-48

## CAPZero™ 제품군



### 설계 고려 사항

#### 소개

CAPZero는 AC 전압이 인가되었을 경우, 입력 필터 커패시터 방전 저항과 연관된 손실을 줄이기 위해 설계된 자체 구동식 IC 제품군입니다. 방전 저항과 직렬로 연결하도록 설계된 각 CAPZero 디바이스는 SO-8 패키지의 AC 감지기와 MOSFET의 손실을 포함합니다.

AC 입력 전압이 인가되었을 경우, CAPZero는 계속 OFF 상태로 되어 있어 방전 경로에서 전류 흐름을 차단하고 전력 손실을 방지합니다. AC가 제거되면 CAPZero가 ON이 되고 저항에서 스위칭되어 입력 필터 커패시터를 방전할 수 있습니다. CAPZero는 AC 라인에서 공급받아 자체적으로 구동되는 제품이며 소비 전력은 230VAC에서 5mW 미만입니다.

패키지의 크기가 작기 때문에, CAPZero IC를 X 커패시터의 바로 아래쪽, 즉 PCB(인쇄 회로 기판)의 뒷면에 배치할 수 있습니다. 이렇게 하면 PCB를 대대적으로 재설계할 필요 없이 기존 설계를 이용할 수 있으므로 소비 전력이 줄어드는 이점이 있습니다.

#### 배경

모터 드라이브, 가전 제품, 일반적인 산업 기기, 파워 서플라이 등의 오프라인 스위칭 전력 전자제품 애플리케이션에는 EMI(전자파 간섭)를 발생시키는 고전압 및 고전류 스위칭 파형을 가지고 있습니다.

이러한 EMI(전자파 간섭)를 줄이기 위해 AC 입력에 필터 스테이지가 포함되어 있습니다(그림 1). 디퍼렌셜 모드 EMI를 줄이기 위해 일반적으로 이러한 필터의 일부로서 커패시터가 AC 입력 단자에 직접 연결, 배치됩니다. 안전 기관에서 승인한 커패시터 위치 때문에 일반적으로 X 클래스 커패시터(X 커패시터)가 선택됩니다. X 커패시터는 AC 라인 전체의 서지를 견딜 수 있는 정격이어야 하고 특정 정격 전압을 나타내는 숫자가 같이 표시됩니다(X1, X2, X3).

커패시터를 입력 단자의 양단에 사용하기 때문에, 입력 전압의 피크 전압까지 AC 플러그의 단자에 나타날 수 있습니다. 따라서 사용자가 만질 경우 감전당하거나 AC 플러그 단자를 단락시키는 경우 스파크가 발생할 수 있습니다.

안전 기관에서는 이러한 위험을 방지하기 위해 파워 서플라이의 플러그를 뽑은 다음 100nF보다 큰 커패시터는 시정수 1초 이하로 자동으로 방전되도록 의무화하고 있습니다. 일반적으로 이는 방전 저항을 커패시터 양단에 직접 배치시키면 가능합니다. 저항 값으로는 1초 시정수 요구 사항에 맞는 값이 선택되고 안전 기관의 단일 장애점 테스트를 만족시키기 위하여 일반적으로 두 개의 저항이 직렬로 연결됩니다. 저항 하나가 단락되면 두 번째 저항이 AC 입력 전체에서 단락 회로를 방지합니다.

방전 저항이 있으면 AC 전류가 흐르는 동안 정전력 손실이 발생합니다. 무부하 및 대기 입력 전력 요구량이 엄격할수록 이러한 전력 손실이 전체 허용 전력 용량에 차지하는 부분이 커집니다. 예를 들면 입력 AC 전체에 1 $\mu$ F 커패시터를 사용하는 파워 서플라이에는 출력 부하와 무관하게 230VAC에서 53mW가 손실되는 1M $\Omega$ 의 최대 방전 저항 값이 필요합니다. 그림 2는 RC 시정수가 0.75초일 때 X 커패시터 값의 일반적인 방전 저항 손실을 나타내고 있습니다. 0.75초는 커패시터와 저항의 오차를 고려하여 시정수 최대값이라도 방전 시간이 1초 미만이 될 수 있도록 마진을 포함한 값입니다.

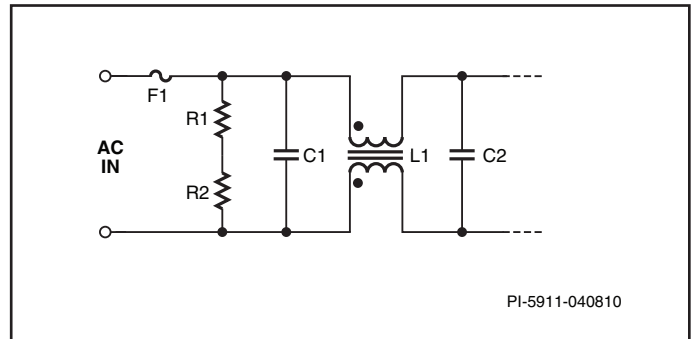


그림 1. 두 개의 X 클래스 커패시터(C1, C2) 및 방전 저항(R1, R2)을 사용하는 스위칭 전원 컨버터의 EMI 필터 스테이지 예

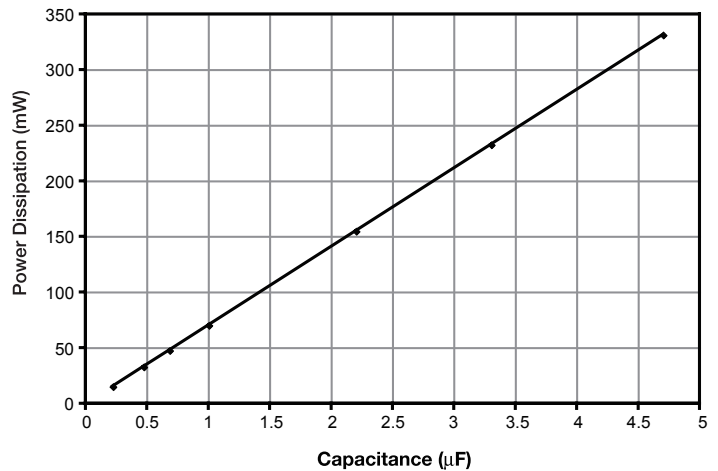


그림 2. X 커패시터 방전 저항과 라인 전압의 손실 비교. 0.75초의 RC 시정수에 대한 데이터

빠른 시작

1단계 - 올바른 CAPZero 디바이스 크기 및 방전 저항 값 선택

표 1에서 총 입력단 커패시턴스에 따라 CAPZero 디바이스 및 방전 저항을 선택하십시오. 표 1에는 0.75초의 RC 시정수를 사용하여 5%의 저항 오차와 20%의 총 커패시턴스 오차가 계산되어 있습니다.

부품 선택 표

제품	BV <sub>DSS</sub>	최대 합계 X-커패시턴스	총 직렬 저항 (R1 + R2)
CAP002DG	825 V	500nF	1.5MΩ
CAP012DG	1000V		
CAP003DG	825 V	750nF	1.02MΩ
CAP013DG	1000V		
CAP004DG	825 V	1μF	780kΩ
CAP014DG	1000V		
CAP005DG	825 V	1.5μF	480kΩ
CAP015DG	1000V		
CAP006DG	825 V	2μF	360kΩ
CAP016DG	1000V		
CAP007DG	825 V	2.5μF	300kΩ
CAP017DG	1000V		
CAP008DG	825 V	3.5μF	200kΩ
CAP018DG	1000V		
CAP009DG	825 V	5μF	150kΩ
CAP019DG	1000V		

표 1. 부품 선택 표

2단계 - 적절한 CAPZero 정격 전압 선택

CAPZero의 정격 전압은 825V와 1kV입니다. 825V 정격은 디퍼렌셜 라인 서지 요구 사항이 1kV 미만인 대부분의 가정용 제품 애플리케이션에 적합합니다. 디바이스에 발생하는 최대 전압 스트레스를 제한하기 위해 MOV(금속 산화물 바리스터)를 함께 사용하면 그 외 나머지 라인 서지 요구 사항에 1kV 정격 CAPZero 디바이스가 적용될 수 있습니다.

디퍼렌셜 라인 서지 수준	권장 CAPZero 정격 전압	참고
<1kV	825V	일반적으로 MOV가 필요하지 않음
1 kV	1000V	
>1kV	1000V	MOV 권장

표 2. CAPZero 정격 전압 선택과 디퍼렌셜 서지 내성 요구 사항 비교

설계 팁

CAPZero의 권장 회로 배치

디퍼렌셜 서지가 1kV보다 높은 경우, MOV를 사용하는 것이 좋습니다. MOV가 있으면 X 커패시터 및 CAPZero의 전압 스트레스가 크게 줄어듭니다. 이는 그림 3에서 확인할 수 있습니다. 여기에는 디퍼렌셜 서지 전압 범위가 1kV~3kV인 CAPZero 디바이스 전체에 걸친 최대 전압이 표시되어 있습니다.

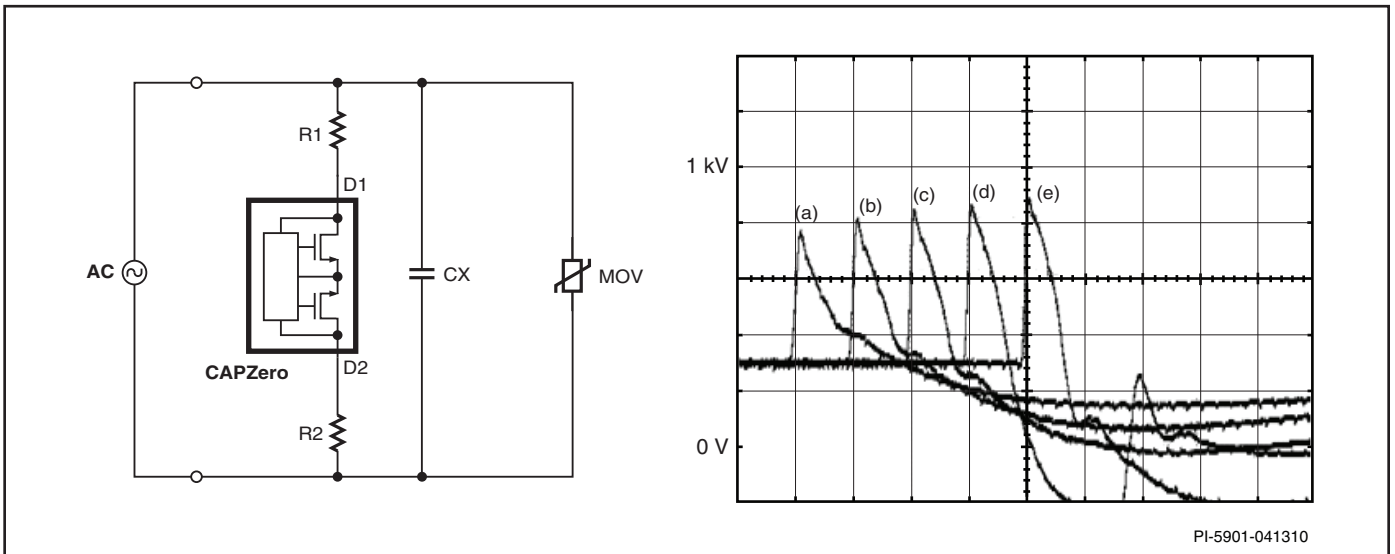


그림 3. 싱글 스테이지 EMI 필터에 대한 권장 CAPZero 배치. 파형은 MOV가 있는 CAPZero 전체에 걸친 피크 전압을 표시. 200V/구간 및 시간 기준 = 50μs/div. (a)-(e) 파형은 디퍼렌셜 모드 입력 서지 전압이 각각 1kV, 1.5kV, 2kV, 2.5kV, 3kV일 때 CAPZero 디바이스 전체에 걸친 전압을 나타냄. 사용된 MOV는 14mm 275VAC임

MOV가 클램핑할 때 큰 전류가 MOV를 통해 흐르므로 입력단에서 필터 부품 전체에 걸쳐 전압이 크게 떨어질 수 있습니다. 그러므로 디퍼렌셜 서지 이벤트 중에 디바이스 전체에 걸친 전압을 최소화하기 위해 CAPZero가 MOV에 가까이 배치되는 것을 권장합니다. MOV가 인덕터 필터 부품 앞의 파워 서플라이 입력측에 배치된 설계(그림 3)의 경우, CAPZero를 X 커패시터 바로 아래에 배치할 수 있습니다. MOV가 커먼 모드 초크, 디퍼렌셜 초크 또는 다른 EMI 필터 부품 뒤에 배치된 설계(그림 4)의 경우, CAPZero를 MOV와 가깝도록 커먼 모드 초크 뒤에 배치하는 것이 좋습니다.

X 커패시터가 시스템 입력 퓨즈의 AC 입력측에 있는 경우는 여기에서 제외됩니다. 이 경우에서 안전 요구 사항을 충족하기 위해 X 커패시터가 100nF보다 크면 일반적으로 CAPZero도 시스템 입력 퓨즈 앞의 X 커패시터와 정격 전압 전체에 바로 배치해야 합니다. CAPZero는 이러한 배치에서 안전 요구 사항을 충족하도록 설계되었습니다. 아래 '안전 고려 사항'을 참조하십시오.

CAPZero 전압 스트레스를 줄이기 위한 외부 병렬 커패시터 추가 MOV를 사용하는 것이 좋을 경우에 일부 설계에서 외부 커패시터  $C_{EXT}$  (그림 5)를 CAPZero에 걸치도록 배치하면 서지 전압 스트레스를 충분히 줄일 수 있습니다. 이 커패시터는 AC 입력 단자에 직접 배치되지 않으므로 X 클래스 유형일 필요는 없으나 정격 값이 사용 중인 CAPZero와 같거나 더 높아야 합니다. 그림 6에는 MOV를 사용하지 않는 설계에서 CAPZero 디바이스에 외부 커패시터를 추가 연결할 경우 미치는 영향이 나와 있습니다. 서지 수준이 1.5kV에서 외부 커패시터가 없는 경우, CAPZero 디바이스는 해당 정격  $BV_{DSS}$ 를 초과하나  $C_{EXT}$  값이 증가되면서 전압 수준은 낮아지는 것을 볼 수 있습니다.

권장  $C_{EXT}$  값은 22pF~47pF이며 주변 온도가 85°C보다 높은 경우 47pF 커패시터는 사용하지 않는 것이 좋습니다. 또한, 47pF이 넘는 크기의 커패시터 사용도 권장하지 않습니다.

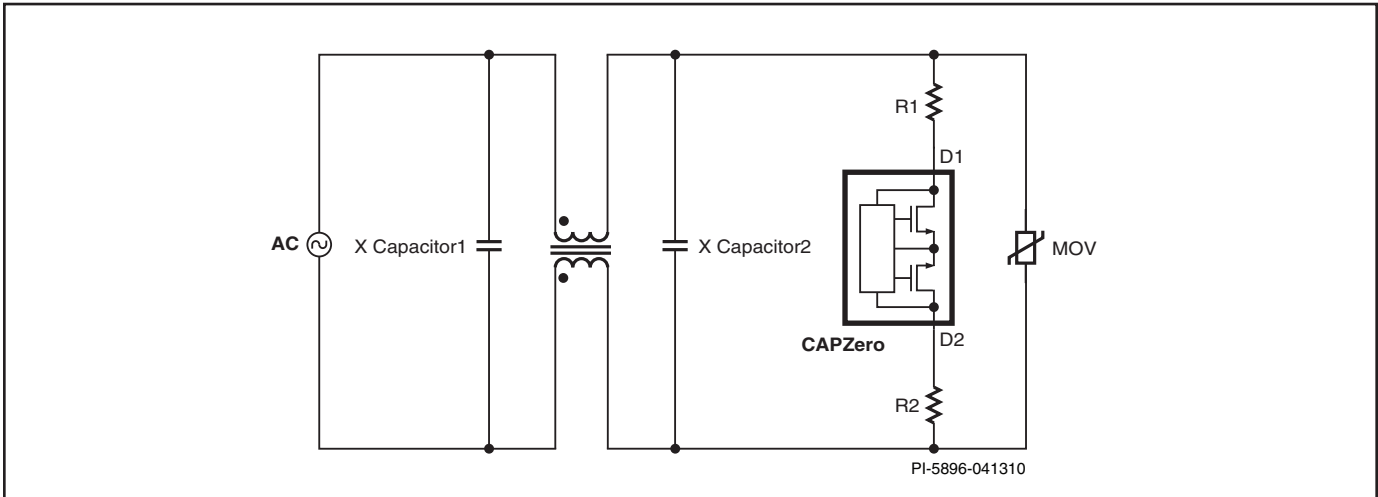


그림 4. 입력 커먼 모드 초크 뒤에 MOV가 배치되고 두 개의 스테이지 EMI 필터를 사용한 경우의 권장 CAPZero 배치

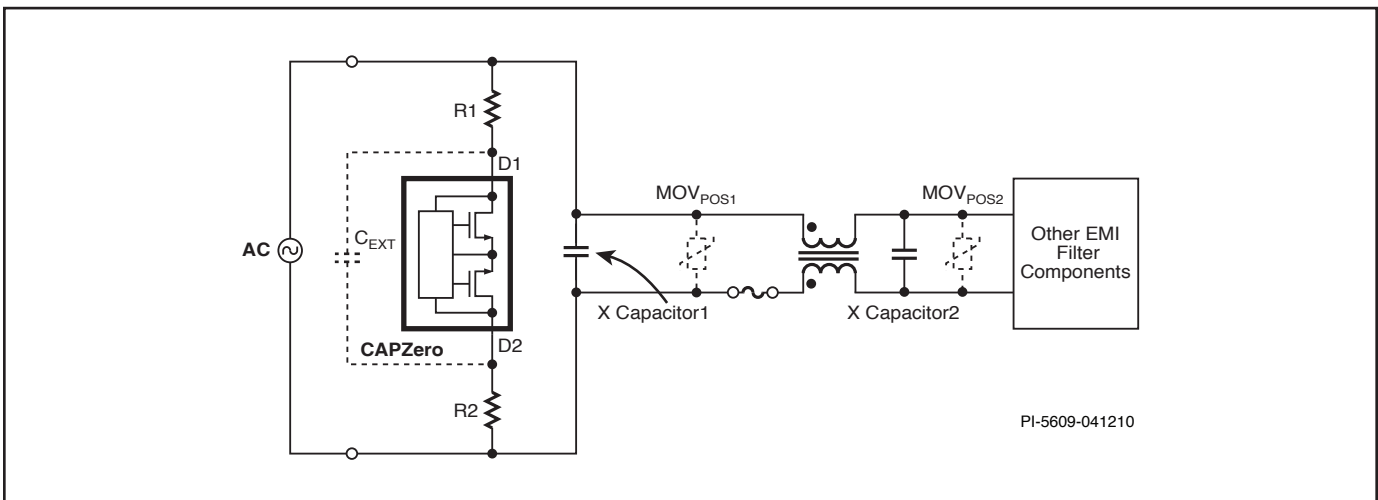
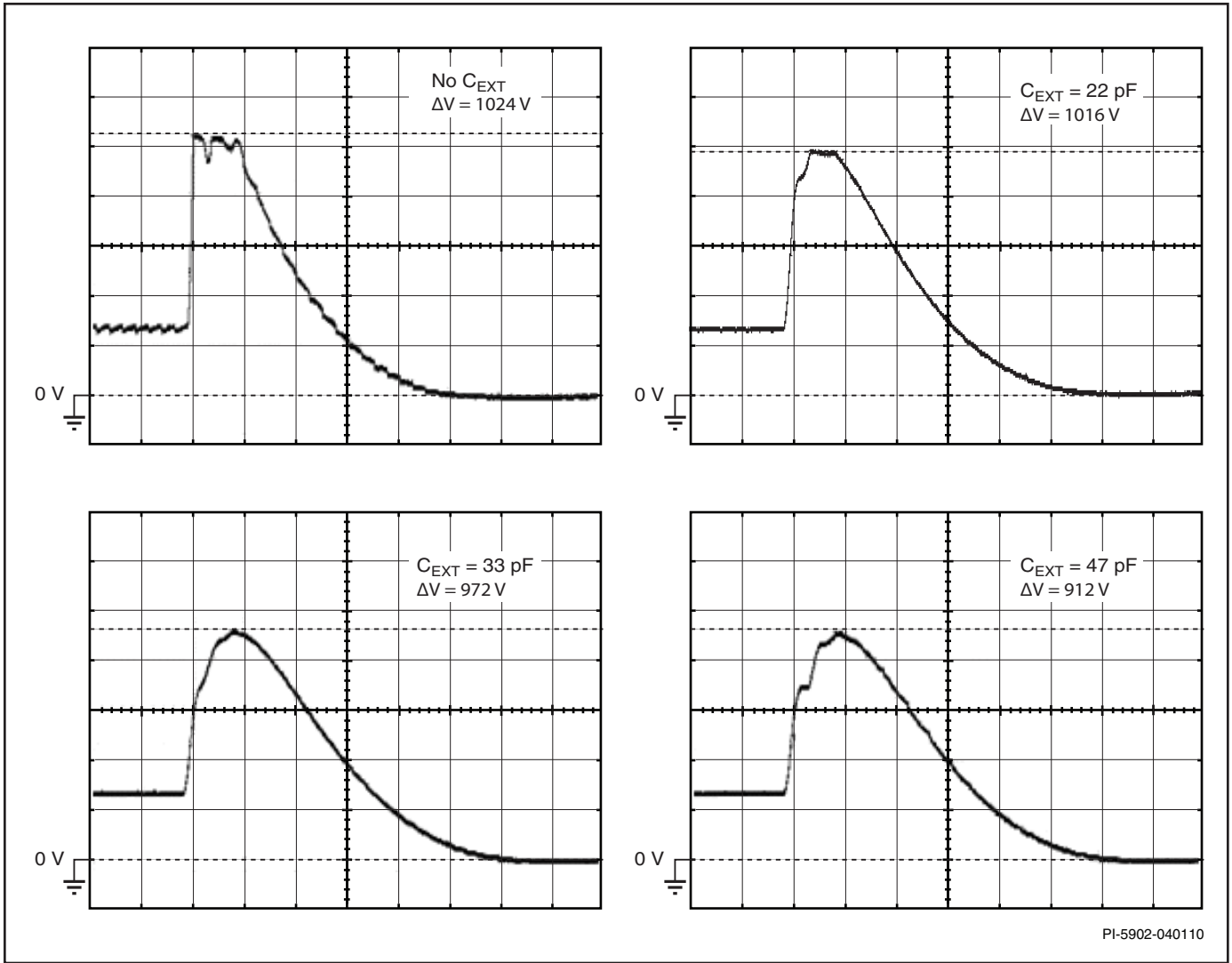


그림 5. CAPZero에 외부 커패시터를 추가하면 서지 이벤트 중 디바이스 전체에 걸친 전압 스트레스를 줄일 수 있음



PI-5902-040110

그림 6. CAPZero에 추가된 외부 커패시터는 서지 이벤트 중에 발생하는 피크 전압을 줄일 수 있음. MOV 사용 안함, 1.5kV 서지. 200V/div., 시간 기준 = 50μs/div

외부 커패시터를 사용하면, 예를 들어 2 x 390kΩ 외부 저항(1μF X 커패시터)과 47pF의 C<sub>EXT</sub>를 사용하는 경우, CAPZero의 전압 스트레스를 최대 100V까지 줄일 수 있습니다. C<sub>EXT</sub>를 사용하면 무부하 소비 전력이 약간 증가합니다.

**디바이스 전압 스트레스 측정**

디퍼렌셜 라인 서지 테스트 중에 CAPZero IC 전체에 걸친 전압 스트레스를 측정하려면 단자 하나(D1 또는 D2)를 AC 중성 단자에 연결할 수 있도록 CAPZero를 배치해야 합니다. 이렇게 하면 커먼 모드 노이즈로 인한 영향을 줄일 수 있습니다. 오실로스코프 프로브 팁과 접지 리드 사이의 공간은 최소화해야 합니다. 마지막으로, 서지 테스트를 수행하는 동안 오실로스코프를 플로팅하거나 배터리 구동식 오실로스코프를 사용해야 합니다. 스코프 샷시는 높은 접지 전위 특성을 보이므로 스코프를 플로팅할 때 주의해야 합니다.

CAPZero 디바이스 양단에서 측정된 서지 전압이 해당 정격 BV<sub>DSS</sub>보다 낮은지 확인하십시오.

**서지 강도**

서지 신호의 강도는 IEC(국제 전기표준 위원회)에서 발표한 IEC61000-4-5 표준에 정의되어 있습니다. 파워 서플라이의 작동 환경에 따른 서지 전압 수준이 표 3에 나와 있습니다.

특정 애플리케이션의 경우, 서지 수준이 클래스 4에 나온 수치보다 더 높아야 할 수 있습니다. 서지 전압이 3kV보다 높은 경우, CAPZero 양단에 외부 커패시터를 사용하면 각 단자의 전압 스트레스를 위에 나온 것처럼 몇백 볼트만큼 줄일 수 있습니다. 서지 전압이 높은 경우, 관련 에너지가 매우 높으며 이러한 과도한 에너지를 처리할 수 있는 적절한 MOV를 선택해야 합니다. 바리스터의 정격 에너지는 MOV에서 에너지를 안전하게 흡수할 수 있도록 시스템에 전가된 에너지보다 높아야 합니다.

클래스	디퍼렌셜 모드 서지	커먼 모드 서지	설명
	$Z_{OUT} = 2\Omega$	$Z_{OUT} = 12\Omega$	
1	요구 사항 없음	0.5kV	보호된 환경
2	0.5kV	1kV	케이블이 잘 구분되어 있는 전기적 환경
3	1kV	2kV	케이블(전력 및 전자)이 병렬로 연결된 전기적 환경(주거 환경)
4	2kV	4kV	케이블(전력 및 전자)이 병렬로 연결된 전기적 환경(산업 환경)
5	>2kV	>4kV	열악한 서지 환경(교외/인구가 드문 지역)

표 3. 서지 전압 레벨

**DC 입력 환경에서의 사용**

CAPZero는 입력에서 감지되는 AC 전압에 영향을 받으므로 DC 입력 하에서 CAPZero는 항상 ON상태로 되어 있습니다. 이렇게 하면 CAPZero 사용으로 인해 에너지를 절약할 수 없지만 CAPZero는 충분히 동작 가능한 모드입니다.

**UPS(무정전 파워 서플라이)와 함께 사용**

UPS 시스템에서는 구형파 출력 파형이 나오는데 이는 특성상 AC이지만 사인파는 아닙니다. CAPZero는 이러한 입력 파형을 받아들일 수 있습니다.

**안전 고려 사항 및 단일 장애점 테스트**

모든 오프라인 파워 서플라이처럼 CAPZero를 사용하는 경우에도 모든 안전 요구 사항을 충족해야 합니다. 따라서 CAPZero에는 D1 과 D2 단자에 각각 전용 핀이 있어 단일 장애점 테스트(핀 단락/핀 개방 테스트) 중에 예비성을 제공합니다. 그러므로 핀 하나가 디바이스 또는 PCB와 연결이 끊어지더라도 IC가 계속 정상 작동할 수 있습니다. 핀 단락 시에도 테스트 결과는 CAPZero를 사용하지 않을 때와 같으며 직렬 연결된 방전 저항이 계속 안전한 상태를 유지하게 됩니다. 표 4에는 단일 장애점 테스트 결과가 요약되어 있습니다.

**무부하 입력 전력의 정확한 측정**

X 커패시터는 실제 전력을 소비하지 않지만 이로 인해 상당한 무효 전류가 AC 소스로부터 흐르게 됩니다. 그림 7에서처럼 이러한 무효 전류는 AC 소스와 전력 측정기에 파워 서플라이를 연결하는 케이블에서 실제 전력 손실을 발생시킵니다. 이러한 케이블 손실은 무부하 및 저부하 입력 전력에서 측정값이 부정확하게 나오는 원인이 됩니다. 일반적으로 이러한 손실과 비교하면 방전 저항의 소비 전력은 훨씬 더 높습니다. 그러나 CAPZero를 사용하면 이러한 손실이 방지되므로 케이블 손실이 무부하 손실의 대부분을 차지하게 됩니다.

테스트	기존 시스템 테스트	CAPZero 등가 회로	설명
<p><b>오픈 회로:</b> 디바이스의 핀 하나의 연결을 끊고 시스템에 미치는 영향 확인</p>	<p>PI-5907-041310</p>	<p>PI-5905-041310</p>	<p>CAPZero 디바이스 핀 하나를 제거해도 드레인 단자 두 곳에 핀이 각각 연결되어 있으므로 아무 변화가 없습니다. 오픈 회로를 만드는 유일한 방법은 방전 저항 리드 중 하나를 제거하는 것입니다. 따라서 이는 CAPZero를 사용하지 않는 기존의 시스템의 상태와 같습니다.</p>
<p><b>단락 회로:</b> 인접한 핀 두 개를 단락시키고 시스템에 미치는 영향 확인</p>	<p>PI-5908-041310</p>	<p>PI-5906-041310</p>	<p>D1 및 D2 핀을 단락시키면 CAPZero를 사용하지 않는 기존 시스템의 상태와 동일한 상태가 됩니다.</p>

표 4. CAPZero의 장애 모드와 관련된 SPOF(단일 장애점) 테스트. CAPZero는 두 가지 테스트를 모두 통과함

또한 입력 전력이 낮을 경우, MOV의 누설 전류도 고려해야 합니다. 일반적으로 이러한 누설 전류는 약  $10\mu\text{A}$ 이며, 265VAC 일때 무부하 소비 전력이 1mW~2mW까지 증가할 수 있습니다.

따라서 CAPZero IC의 소비 전력을 측정하려면 회로에서 X 커패시터 및 MOV(사용할 경우)와의 연결을 끊어야 합니다.

또한 전력 측정기를 구성할 때 전압 센싱 요소에서 공급받는 전류는 측정에서 제외하도록 해야 합니다.

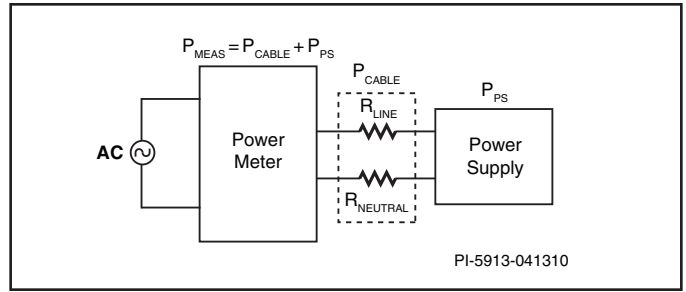


그림 7. 측정된 전력은 많은 양의 RMS 전류로 인해 값이 잘못 나와 케이블에 측정 가능한 전력 손실이 발생할 수 있음



개정	참고	날짜
A	최초 출시	04/14/10

## 최신 업데이트에 대한 자세한 내용은 당사 웹사이트를 참조하십시오. [www.powerint.com](http://www.powerint.com)

Power Integrations는 안정성 또는 생산성 향상을 위하여 언제든지 당사 제품을 변경할 수 있는 권한이 있습니다. Power Integrations는 여기서 설명하는 장치나 회로 사용으로 인해 발생하는 어떠한 책임도 지지 않습니다. POWER INTEGRATIONS는 어떠한 보증도 제공하지 않으며 모든 보증(상품성에 대한 묵시적 보증, 특정 목적에의 적합성 및 타사 권리의 비침해를 포함하되 이에 제한되지 않음)을 명백하게 부인합니다.

### 특허 정보

여기에 설명한 제품 및 애플리케이션(제품 외부 트랜스포머 구성 및 회로 포함)은 하나 이상의 미국 및 해외 특허를 포함하거나 또는 Power Integrations에서 출원 중인 미국 및 해외 특허를 포함할 수 있습니다. Power Integrations의 전체 특허 목록은 [www.powerint.com](http://www.powerint.com)에서 확인할 수 있습니다. Power Integrations는 고객에게 <http://www.powerint.com/ip.htm>에 명시된 특정 특허권에 따른 라이선스를 부여합니다.

### 수명 유지 장치 사용 정책

POWER INTEGRATIONS의 제품은 POWER INTEGRATIONS 사장의 명백한 문서상의 허가가 없는 한 수명 유지 장치 또는 시스템의 핵심 부품으로 사용할 수 없습니다. 다음과 같이 사용되는 경우:

1. 수명 유지 장치 또는 시스템이란 (i)신체에 외과적 이식을 목적으로 하거나, (ii)수명 지원 또는 유지 및 (iii) 사용 지침에 따라 올바르게 사용하는 경우에도 동작의 실패가 사용자의 상당한 부상 또는 사망을 초래할 수 있는 장치 또는 시스템입니다.
2. 핵심 부품이란 부품의 동작 실패가 수명 유지 장치 또는 시스템의 동작 실패를 초래하거나, 해당 장치 또는 시스템의 안전성 및 효율성에 영향을 줄 수 있는 수명 유지 장치 또는 시스템에 사용되는 모든 부품입니다.

PI 로고, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, StakFET, PI Expert 및 PI FACTS는 Power Integrations, Inc의 상표입니다. 다른 상표는 각 회사 고유의 자산입니다.

© 2010, Power Integrations, Inc.

## Power Integrations 전세계 세일즈 지원 사무소

### 세계 본사

5245 Hellyer Avenue  
San Jose, CA 95138, USA.  
본사 전화: +1-408-414-9200  
고객 서비스:  
전화: +1-408-414-9665  
팩스: +1-408-414-9765  
전자 메일: [usasales@powerint.com](mailto:usasales@powerint.com)

### 중국(상하이)

Room 1601/1610, Tower 1  
Kerry Everbright City  
No. 218 Tianmu Road West  
Shanghai, P.R.C. 200070  
전화: +86-21-6354-6323  
팩스: +86-21-6354-6325  
전자 메일: [chinasales@powerint.com](mailto:chinasales@powerint.com)

### 중국(셴젠)

Rm A, B & C 4th Floor, Block C,  
Electronics Science and  
Technology Bldg., 2070  
Shennan Zhong Rd,  
Shenzhen, Guangdong,  
China, 518031  
전화: +86-755-8379-3243  
팩스: +86-755-8379-5828  
전자 메일: [chinasales@powerint.com](mailto:chinasales@powerint.com)

### 독일

Rüeckertstrasse 3  
D-80336, Munich  
Germany  
전화: +49-89-5527-3910  
팩스: +49-89-5527-3920  
전자 메일: [eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@powerint.com)

### 인도

#1, 14th Main Road  
Vasanthanagar  
Bangalore-560052 India  
전화: +91-80-4113-8020  
팩스: +91-80-4113-8023  
전자 메일: [indiasales@powerint.com](mailto:indiasales@powerint.com)

### 이탈리아

Via De Amicis 2  
20091 Bresso MI  
Italy  
전화: +39-028-928-6000  
팩스: +39-028-928-6009  
전자 메일: [eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@powerint.com)

### 일본

Kosei Dai-3 Bldg.  
2-12-11, Shin-Yokomana,  
Kohoku-ku  
Yokohama-shi Kanagwan  
222-0033 Japan  
전화: +81-45-471-1021  
팩스: +81-45-471-3717  
전자 메일: [japansales@powerint.com](mailto:japansales@powerint.com)

### 한국

대한민국 서울특별시  
강남구 삼성동  
도심 공향 터미널 빌딩 159-6  
6층 RM 602, 우편번호: 135-728  
전화: +82-2-2016-6610  
팩스: +82-2-2016-6630  
전자 메일: [koreasales@powerint.com](mailto:koreasales@powerint.com)

### 싱가포르

51 Newton Road  
#15-08/10 Goldhill Plaza  
Singapore, 308900  
전화: +65-6358-2160  
팩스: +65-6358-2015  
전자 메일: [singaporesales@powerint.com](mailto:singaporesales@powerint.com)

### 대만

5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1  
Nei Hu Dist.  
Taipei, Taiwan 114, R.O.C.  
전화: +886-2-2659-4570  
팩스: +886-2-2659-4550  
전자 메일: [taiwansales@powerint.com](mailto:taiwansales@powerint.com)

### 유럽 본사

1st Floor, St. James's House  
East Street, Farnham  
Surrey GU9 7TJ  
United Kingdom  
전화: +44 (0) 1252-730-141  
팩스: +44 (0) 1252-727-689  
전자 메일: [eurosales@powerint.com](mailto:eurosales@powerint.com)

### 애플리케이션 핫라인

전 세계 +1-408-414-9660

### 애플리케이션 팩스

전 세계 +1-408-414-9760