

VICOR

AC-DC 프런트 엔드 고려 사항

Vicor korea

SY Kim

Field Application Engineer

INDEX : 디자인 체크리스트

1. 소스에 대한 완전한 이해와 특성화
2. Turn on, Hot restart, Surge, Inrush current 고려 사항
3. 역률 보정의 필요성
4. PFC가 없을 때 부정적인 효과
- 5-1. Passive PFC
- 5-2. Active PFC
6. 3상 소스 고려 사항
7. 과도 및 서지의 차이점
8. 라인 방해 방지, 선로 또는 시리즈 방법론
9. 선로 방해 방지
10. 연속적인 교란 방지
11. 프런트 엔드 UVLO / OVLO , Inrush/Surge에 대한 다운 스트림 DC-DC lockout
12. Restart timer, Fault protection

INDEX : 디자인 체크리스트

- 13 다운 스트림 DC-DC 컨버터의 안정성에 대한 고려 사항
- 14 공진
- 15 라인 주파수에서 감쇠, 큰 필터 구성 요소
- 16 고주파에서 감쇠, (과도) 기생 요소
- 17 AC 누설 전류
- 18 DC 버스의 공통 모드 전압
- 19 서로 다른 소스 구성이 누설 전류에 직접적으로 미치는 영향
- 20 DC 버스에서 양극 및 음극 출력 모두에서 발생 가능한 고장 전류
- 21 Fusing
- 22 작동 온도 및 부품 선정
- 23 안전, 접지, DC 버스 방전, 접촉 전압 및 온도
- 24 원격 측정, SELV 경계
- 25 Hipot 고려 사항

AC-DC 프론트 엔드 고려 사항 : 시스템 이해

1

- AC-DC 프론트 엔드의 설계는 작동 조건이 완전히 이해되면 비교적 간단한 작업입니다.
- 미래의 설계에는 고려해야 할 새로운 미지의 사항이 있을 수 있습니다.
- **항상 체크리스트를 사용하여 완전한 검토를 수행하십시오.**

AC-DC 프런트 엔드 고려 사항 : 시스템 이해

1

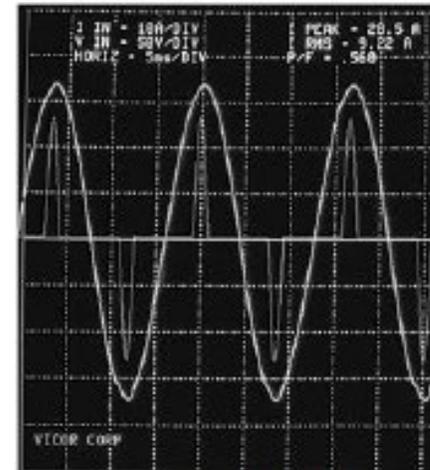
- 전체 작동 범위는 정상 상태 뿐만 아니라 비정상 상태도 고려되어야 합니다.
- 다음 사항을 검토해야 합니다.
 - Turn-On, Turn-Off
 - Line Dropout
 - Line Surges
 - Transients
 - AC 라인의 대형 인버터와 같은 전도 노이즈(Motor)
 - 커패시터와 같은 구성 요소의 노화 효과
 - 고온 및 저온 작동 온도
 - 습기 및 진동과 같은 환경
 - Safety, Fusing, 내부 전압 방전, 터치 온도
 - Fault study: 출력이 단락 되면 어떻게 될까? ... 과열이 된다면?

돌입 전류 고려 사항

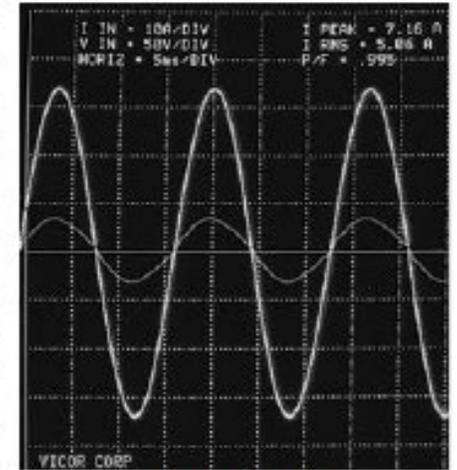
- 높은 피크 전류가 차단기를 트립 하고 라인 장애를 유발할 수 있으므로 돌입 전류를 제어 해야 합니다.
 - 높은 피크 전류로 인해 스위치 접점이 손상 될 수 있음
- NTC 서미스터를 사용하여 돌입을 제한 할 수 있지만 빠른 재시작이 발생하는 경우 (예 : 라인 드롭 발생) 작동하지 않습니다.
- 션팅 장치 및 지능형 제어 로직과 함께 **PTC** 서미스터를 사용하십시오.
 - 제어 로직에는 **UVLO** 및 **OVLO** 기능이 포함 되어야합니다.
- 라인 연결이 불안정한 상태로 입력 전원이 빠르게 순환되는 경우 손상을 방지하기 위해 재시작 타이머를 사용해야 합니다.
- 돌입 전류가 유입되는 기간 동안은 반드시 다운 스트림 컨버터를 차단 해야 합니다.

역률 보정이 필요합니까?

- 관리 기관에서 종종 요구하는 PFC
 - 만족해야 하는 설계표준 검토
- 모든 설계에 PFC가 필요한 것은 아닙니다.
 - 언제 생략 가능한가
 - 시스템 단순성이 주요 목표
 - 개발비의 최소 비용 필요
- 비선형 역률은 수동적 또는 능동적으로 개선 될 수 있습니다.



Without PFC



With PFC

PFC가 없을 때, 부정적인 영향

- 정류기 / 커패시터 프론트 엔드의 역률이 낮은 것은 시간에 대한 비선형 전류의 흐름 때문입니다.
- L 또는 C 부하의 경우와 같이 전류의 위상 변위와 동일하지 않습니다.
- 역률이 낮으면 RMS가 아닌 피크 전류에 맞게 크기를 조정해야 하므로 소스의 전체 활용을 방해합니다.
- 전류 임펄스성의 고주파 성분으로 인해 철심 변압기가 과열됩니다.
- Delta 1 차 권선 및 자기 회로가 3고조파 (트리플 렌)에 대한 트랩 역할을 하므로 Delta / Y 변압기에서 과열을 일으킵니다.
- 3 상 시스템에서 중성선의 과열은 중성 전류의 상쇄가 제한되어 있기 때문에 발생합니다.

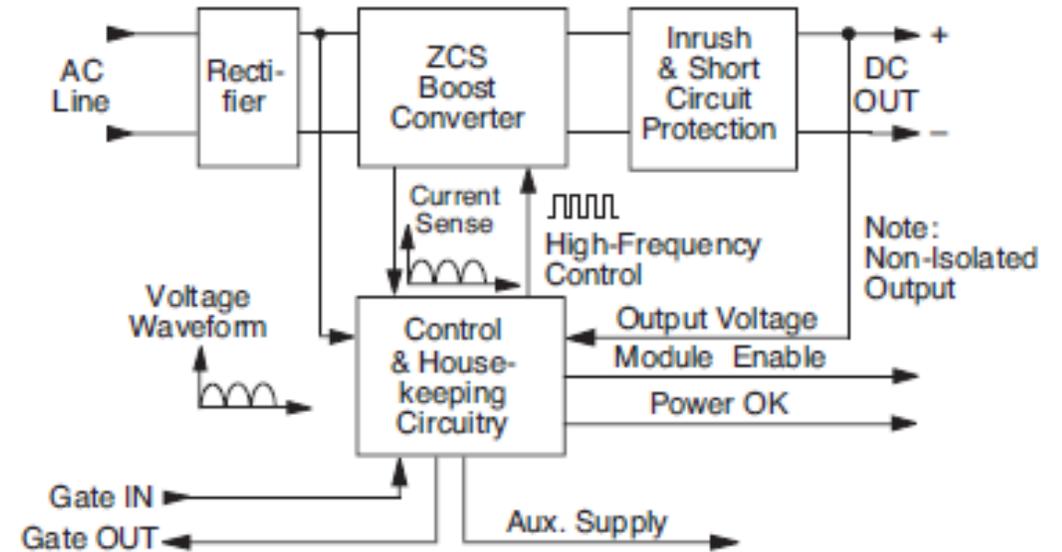
Passive PFC

- 패시브 : 인덕턴스는 정류기와 직렬로 추가되어 di / dt 를 늦춥니다.
- 무겁고 부피가 크지만 매우 간단한 솔루션
- PFC 수정에 제한
- 인덕턴스로 인해 지연된 PFC 생성
- 장비를 수정할 수 없는 기존 상태에 매우 좋은 솔루션
- 단상 및 3상 시스템 모두에 적용 가능
- 표준 카탈로그 인덕터는 % 임피던스로 지정되며 선택적으로 사용할 수 있고 일반적인 값은 1.5%, 3% 및 5%입니다.



Active PFC

- 부스트 컨버터를 라인과 직렬로 사용하고 홀드 업 커패시터의 라인 피크를 초과하는 전압으로 충전
 - 이렇게 하면 AC 라인이 커패시터를 직접 충전 할 수 없으며 부스트 컨버터가 제공하는 부스트 양을 늘려서 만 충전 할 수 있습니다.
- 제어 회로는 AC 라인 전압을 모니터링하고 이를 AC 라인 전류 파형의 템플릿으로 사용합니다.
 - 입력 전류는 템플릿과 비교되고 부스트 컨버터의 부스팅 양은 전류 파형을 전압과 일치하도록 변조됩니다.



3 상 소스 고려 사항

- DC 전원을 생성하려면 가능한 한 3 상 전원을 사용해야 합니다.
 - 정류된 DC에는 제로 크로싱이 없습니다.
 - 사이클 당 필터링 되지 않은 DC 범위는 $V_{pk} \sim 0.866V_{pk}$ 입니다.
 - 홀드 업 목적 및 고주파 바이 패스를 제외하고 최소 정전 용량이 필요합니다.
- 산업 환경에서 전압 강하, 서지, 과도 전류 및 라인의 노이즈가 심할 수 있습니다.
- AC 라인은 용접기, 인덕션 히터, 하드 스위칭 모터 드라이브와 같은 라인에서 사용 될 수 있습니다.
- 대체적으로 사무실 또는 데이터 센터 환경에서는 사용되지 않습니다.

과도 및 서지의 차이점

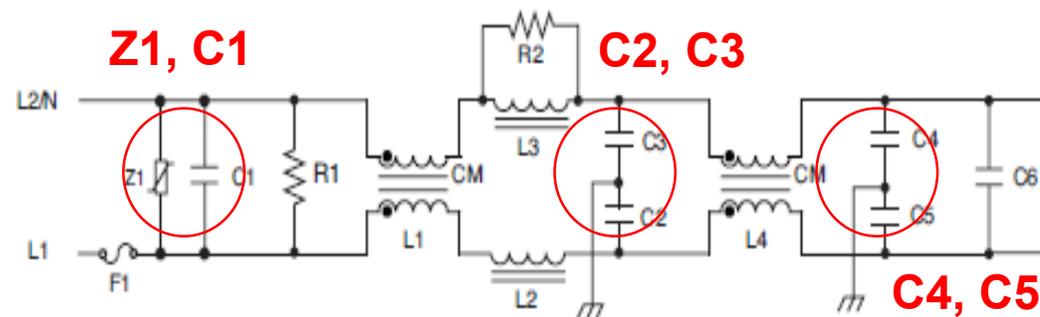
- 요약하면 피크 전압과 피크 전압이 존재하는 시간 사이의 관계입니다.
- 과도 상태 : 짧은 기간동안 발생하며 일반적으로 피크 전압이 높고 소스 임피던스가 높습니다.
 - 공통 모드 전압 이거나 또는 차동 모드 전압 일 수 있습니다.
- 서지 : 지속 시간이 더 길고 피크 전압이 더 낮으며 소스 임피던스가 낮습니다.
 - 대부분 차동 모드 전압입니다.

회선 과도 현상 감쇠 방법

- 과도 현상 : 과도 현상의 감쇠를 위해 셉트 보호 방법이 자주 사용됩니다.
 - 과도 억제 단계는 대부분의 경우 고전압 과도 전류로부터 보호하기 위해 서지 보호 단계보다 우선합니다.
 - 과도 클램프 전압 설정은 항상 예상 서지 전압보다 낮아야 합니다.
- 서지 : 더 긴 지속 시간, 허용 가능한 수준으로 서지 전압을 낮추려면 직렬 통과 요소를 사용해야 합니다.

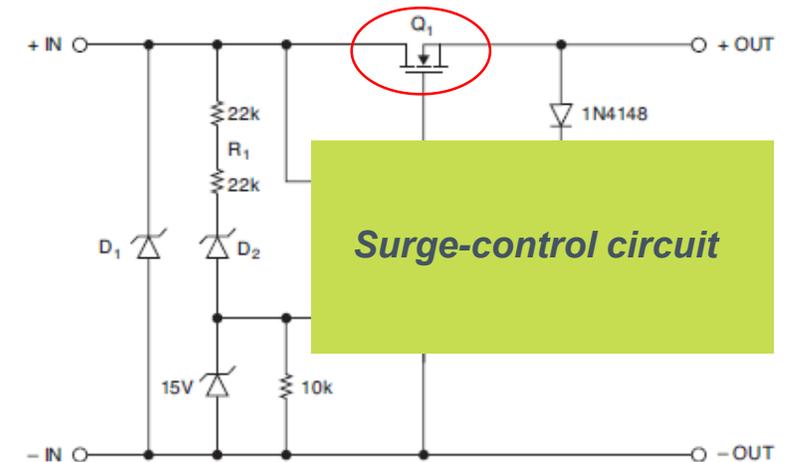
선로 방해 방지의 방법

- 과도 억제 부품 **Z1**이 AC 라인에 직접 추가됩니다.
 - 일반적으로 금속 산화물 배리스터 (MOV) 또는 양방향 과도 전압 억제기 (TVS)
 - 전압 등급은 항상 $> V_{surge}$ 입니다.
 - **Z1**은 안전 기관에서 승인 한 부품이어야 합니다.
- 이 장치의 손상을 방지하려면 최대 전력을 계산이 필요합니다.
- **C1**은 과도 상태에 대한 추가 감쇠를 제공하지만 주요 목적은 컨버터의 **EMI**를 감쇠하는 것입니다.
- **C2, C3, C4, C5**는 **C1**과 유사한 기능을 수행하지만 큰 AC 누설 전류가 접지로 흐르는 것을 방지하기 위해 값이 훨씬 작습니다.
 - 이 커패시터는 공통 모드 과도 현상을 줄이는 데 유용합니다.



회선 방해 억제 방법

- 연결된 제어 회로와 함께 브리지 정류기 이후에 통과 요소 (Q1)가 DC 버스와 직렬로 추가됩니다.
- 이 요소는 서지 전압을 낮추고 출력 단자에 고정 클램프 전압을 제공합니다.
- 이 장치가 소비하는 최대 전력은 SOA 내에 유지되기 위해 정확하게 계산 되어야 합니다.
- 서지가 지속되면 시리즈 요소의 SOA를 초과 할 수 있습니다.
- 고장을 방지하려면 종료 타이머를 사용하여 장치를 비활성화해야 합니다.



프런트 엔드 감시 회로

- 프런트 엔드에 지능형 제어 및 모니터링을 추가하면 최종 환경에서 알려 지거나 알려지지 않은 다양한 작동 조건으로부터 보호 할 수 있습니다.
- 프런트 엔드가 유해한 작동 조건에 노출될 경우 제어 장치는 작동 조건이 정상으로 돌아왔을 때 보호 종료 및 순차적 재시작을 시작합니다.
- 모니터링되는 파라미터에는 다음이 포함될 수 있습니다.(→)
- UV 보호 : 저전압 보호는 입력 전압이 지정된 값보다 낮을 때마다 프런트 엔드를 차단하며, 일반적으로 처음 켤 때 한 번 작동하다가 다시 꺼질 때 작동합니다. 조절 및 리플 증가로 인해 부하가 가해질 때 프런트 엔드가 차단되지 않도록 적절한 대역(hysteresis)를 포함해야 합니다.
- OV 보호 : 과전압 보호는 입력 전압이 지정된 값 이상인 경우 프런트 엔드를 차단해 줍니다. OV 보호동작 상황을 정기적으로 입력하는 경우 AC 소스를 검사해야 합니다. OV 이벤트가 거의 발생하지 않아야 하고 다운스트림 컨버터를 다시 초기화하기 전에 입력이 완전히 복구되어야 하므로 큰 이력 대역을 포함해야 합니다.

프런트 엔드 감시 회로

- 모니터링되는 파라미터에는 다음이 포함될 수 있습니다.
 - 재시작 타이머 : 고장 상태가 사전 설정된 시간 동안 해결될 때까지 프런트 엔드가 다시 켜지는 것을 방지합니다. 특히 **AC** 전원이 급격히 낮아졌다가 빠르게 복구될 경우 유용합니다. 타이머는 급박한 이벤트와 과도현상으로 인한 프런트 엔드 손상을 방지합니다.
 - 온도 모니터 : 온도가 너무 높거나 낮은 경우 종료됩니다. 감시 시스템에 대한 조기 경고를 포함할 수 있습니다.
 - 출력 과전류 보호 : 출력 전류가 사전 설정된 값을 초과하는 경우 동작을 멈출 수 있습니다.

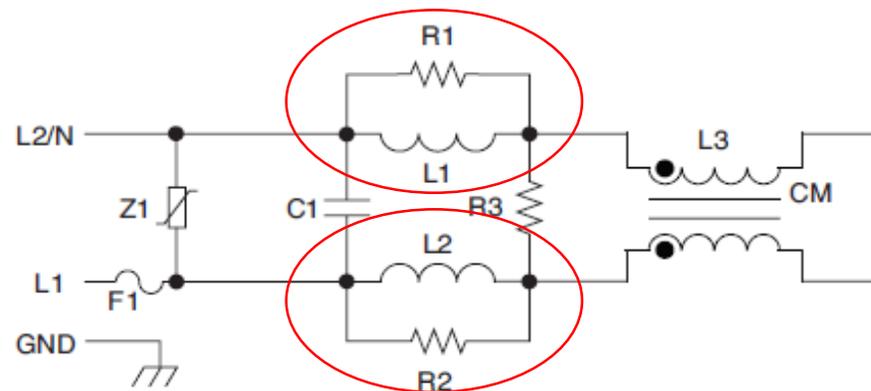
DC-DC 컨버터가 부하인 프런트 엔드의 안정성 13

- 일반적으로 프런트 엔드의 출력 임피던스는 연결된 부하 임피던스의 1/10보다 크지 않아야 합니다.
- 프런트 엔드의 자체 공진 주파수는 면밀히 살펴야 하며 일반적인 문제 영역은 낮은 kHz 범위에 있습니다.
- 공진 L/C 탱크에는 프런트 엔드 내부 필터 구성 요소 및 앞의 모든 배선 인덕턴스와 차동 출력 버스 커패시터의 합이 포함될 수 있습니다.
- 프런트 엔드가 액티브 PFC 설계인 경우 프런트 엔드에 두 개의 제어 루프가 포함되어 있으므로 별도의 스테디를 수행해야 합니다.

- 프론트 엔드는 매우 잘 감쇠 되어야합니다.
 - 꼭 필요한 경우가 아니면 높은 Q 구성 요소를 사용하지 마십시오.
- 프론트 엔드는 고유 주파수로 공진 할 수 있으며 여러 소스에서 야기 될 수 있습니다.
 - 일반적으로 프론트 엔드에 하나 이상의 공진 탱크 회로가 있습니다 (예 : EMI 바이 패스 커패시터 및 배선 인덕턴스).
- 공진은 다음에 의해 발생 될 수 있습니다.
 1. 프론트 엔드에 연결된 입력 전원 라인에 AC 라인에 불안정 요소가 있습니다.
 2. DC-DC 컨버터의 입력에 반영되는 DC-DC 컨버터의 출력에서 반사 된 스위칭 부하. DC-DC 컨버터 출력의 스위칭 부하는 DC-DC 컨버터의 코너 주파수로 제한되는 대역에서 발생할 수 있습니다.
 3. DC-DC 컨버터의 스위칭 동작은 스위칭 주파수에서 강력한 차동 구성 요소를 가지며 고조파에서는 더 작게 나타나지만 컨버터 내의 빠른 dv / dt 또는 di / dt 에는 스위칭 주파수보다 높은 스펙트럼 구성 요소가 포함되어 있으며 이와 관련이 없을 수 있습니다.

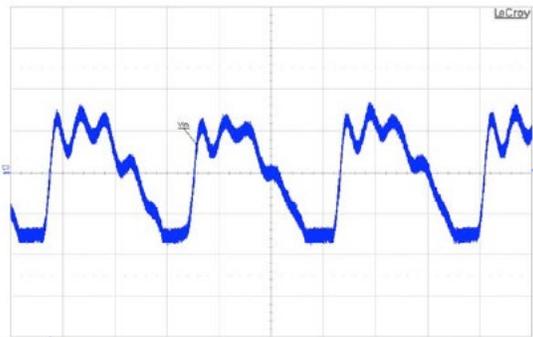
라인 주파수에서 감쇠

- 프런트 엔드에서 전력 처리 구성 요소를 선택할 때는 라인 주파수에서 상대적으로 손실이 적은 구성 요소를 선택하되 공진을 방지하기 위해 잘 감쇠 되었는지 확인하십시오.
- 저 감쇠 필터 및 라인 리액터는 AC 라인 전압을 적용하거나 제거하는 동안, 라인 전압이 갑자기 낮아지는 경우 또는 라인의 간헐적 연결(접촉 불량) 시 큰 전압 변동을 일으킬 수 있습니다.
- 표시된 입력 필터의 경우 R1 및 R2는 차동 인덕터 L1 및 L2에 댐핑을 제공합니다.

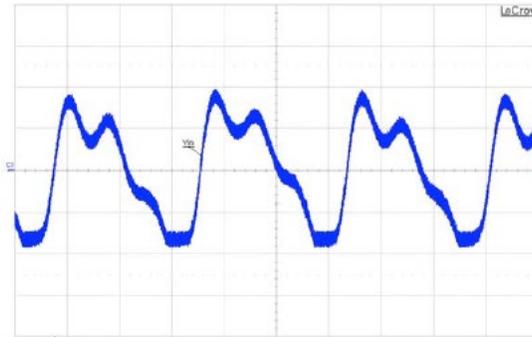


라인보다 높은 주파수에서 감쇠

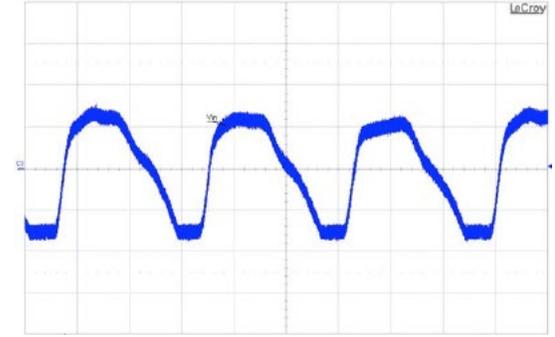
- 프론트 엔드는 AC 라인 리플 또는 연결된 DC-DC 컨버터 부하의 스위칭 주파수 이외의 주파수에서 공진을 나타낼 수 있습니다.
 - 이 공진은 EMI 성능에 부정적인 영향을 미칩니다.
- DC 버스의 리플 피크의 공진은 AC 라인이 정류 될 때 불연속적인 전류 흐름에 의해 발생합니다.
 - 공진 탱크는 배선 인덕턴스와 전력 변환 회로에 분배된 높은 Q값의 필름 커패시터로 인해 발생합니다.



댐핑 없는 프론트 엔드 DC 출력 버스의 응답



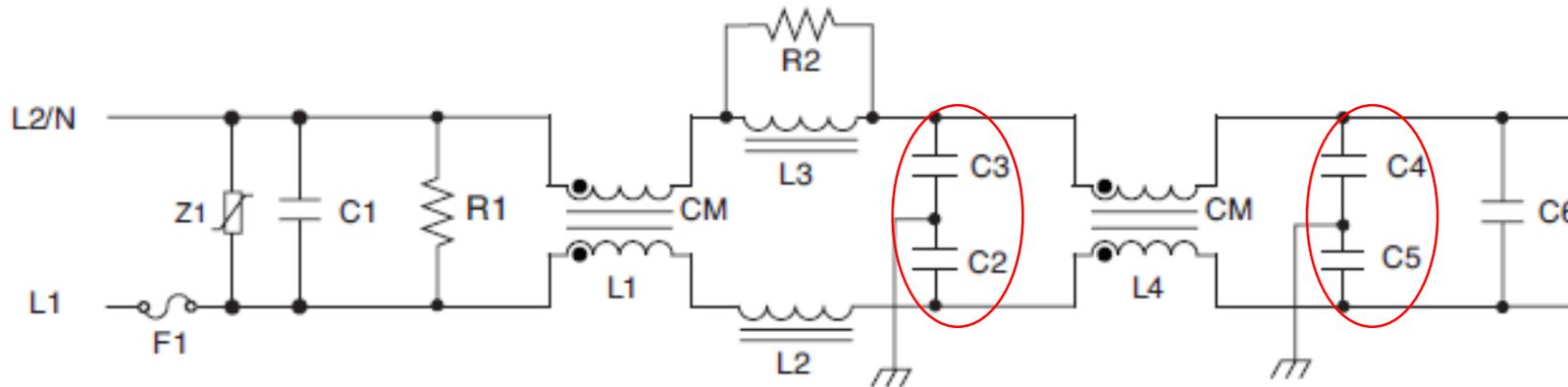
바이 패스 커패시턴스 추가; 공진 주파수가 낮게 이동하고 진폭이 약간 높습니다.



바이 패스 커패시터에 직렬 댐핑 저항이 추가 되었을 때.

AC 누설 전류

- 프런트 엔드와 연결된 부하에는 종종 AC 라인과 접지 사이에 연결된 EMI 억제 커패시터가 있습니다 (예 : 아래의 C2, C3, C4 및 C5).
- 접지에 대한 AC 누설 전류의 크기는 다음에 따라 달라집니다.
 1. 인가 전압
 2. 접지에 대한 총 커패시턴스
 3. L1 및 L2 / N에 연결된 소스의 접지 구성



DC 버스 출력의 프런트 엔드 공통 모드 전압

- 프런트 엔드 출력의 차동 DC 전압 외에도 AC 공통 모드 구성 요소가 있습니다.
- AC 공통 모드 전압은 정현파가 아니며 임피던스가 매우 낮습니다.
- 유럽과 중국에서 사용하는 230VAC, 미국에서 사용하는 120VAC의 일반적인 사용 전압은 동일한 파형을 가지며 진폭과 주파수 만 다릅니다.

Europe 230VAC

The single phase European 230VAC distribution operates at 50 Hz and the output voltage is 230VAC or 325V peak. Typical European 230VAC systems are shown in Figure 25.

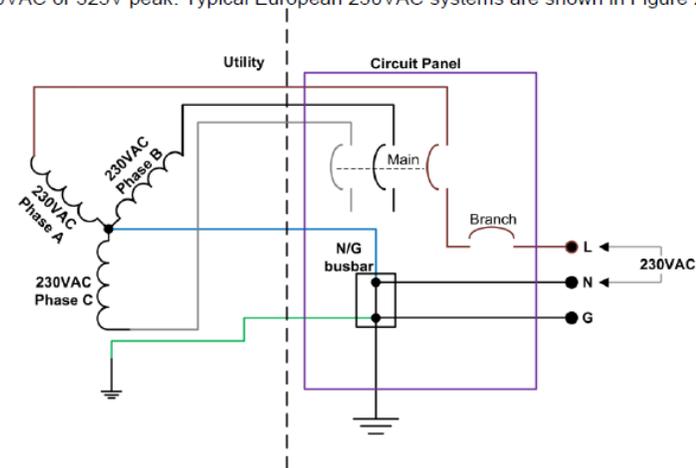


Figure 25 Single phase European 230VAC distribution

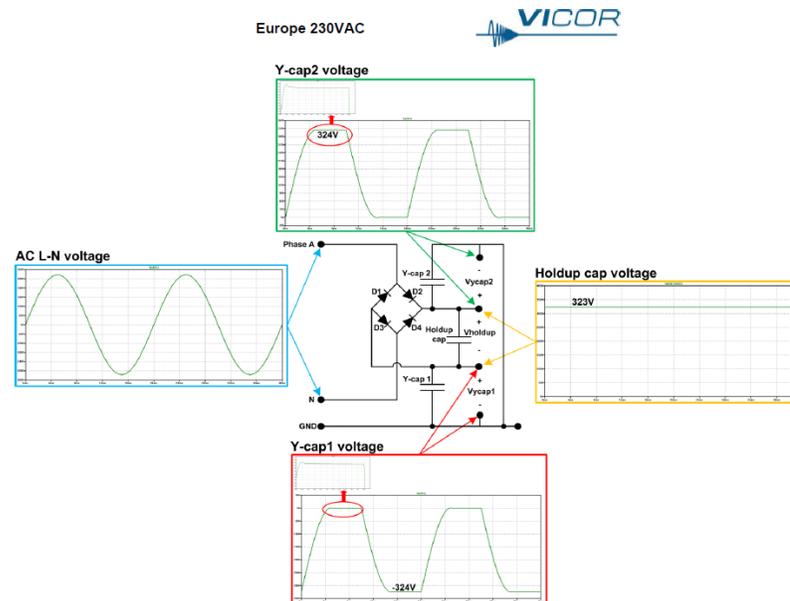


Figure 26 Single Phase European 230VAC rectifier circuit with Y-caps

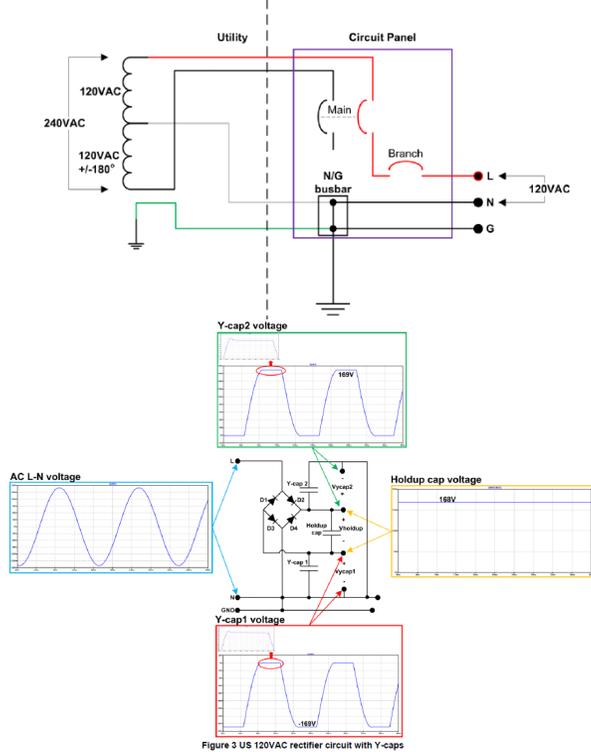
소스 구성이 다른 DC 버스의 AC 전압

19

출력 전압을 사용하는 일반적인 소스 구성의 예

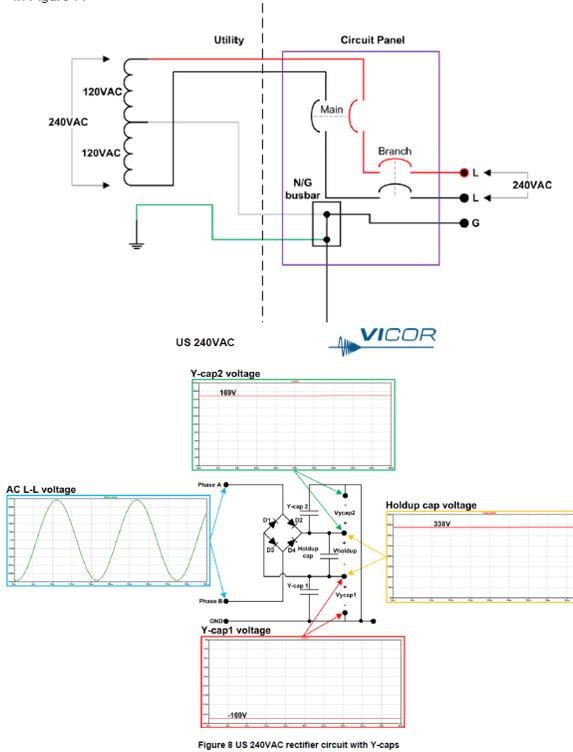
US 120VAC

The single phase US 120VAC distribution is used in residential and commercial facilities where the frequency is 60Hz and the output voltage is 120VAC (170V peak) line to neutral (L-N). Typical US 120VAC systems are shown in Figures 1 and 2.



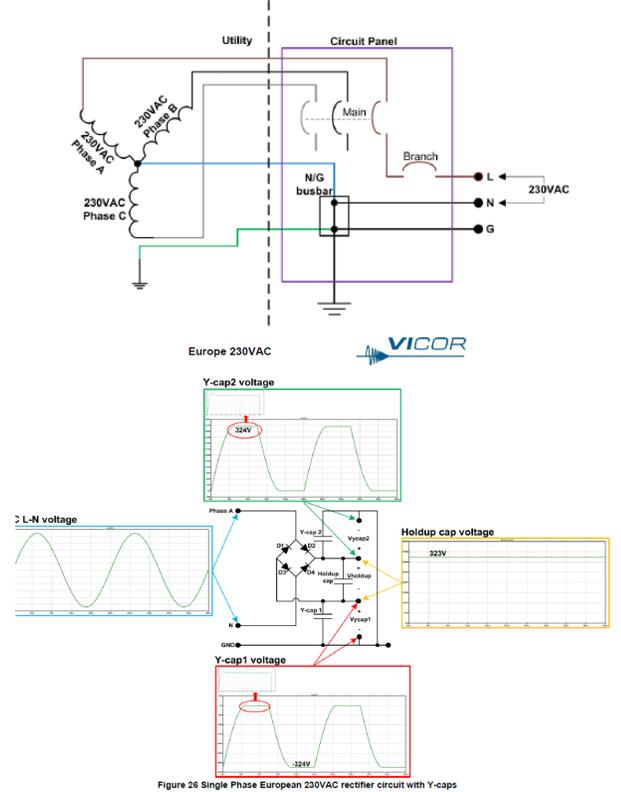
US 240VAC

The single phase US 240VAC (also known as split phase 240) distribution has two voltage legs that are 180° apart and operate at 60Hz. The line-to-neutral voltage is 120VAC and the line-to-line voltage is 240VAC or 340V peak. Typical US 240VAC systems are shown in Figure 7.



Europe 230VAC

The single phase European 230VAC distribution operates at 50 Hz and the output voltage is 230VAC or 325V peak. Typical European 230VAC systems are shown in Figure 25.



프런트 엔드의 출력 고장 전류

20

- 가장 일반적으로 프런트 엔드에는 안전을 위해 고려해야하는 세 가지 저임피던스 소스가 있습니다.
 - +와 - 출력 사이에 나타나는 차동 DC 전압의 임피던스
 - + 출력과 접지 사이의 공통 모드 AC 전압의 임피던스
 - - 출력과 접지 사이의 공통 모드 AC 전압의 임피던스
- DC 버스는 홀드 업 커패시터와 병렬로 연결된 AC 라인의 매우 낮은 임피던스이므로 상당한 고장 전류 요소가 있으며 고장이 발생할 경우 수천 암페어가 흐를 수 있습니다.
- 공통 모드 AC 고장 전류 기능은 AC 라인의 임피던스입니다.
 - + 또는 - 출력에서 접지로 이어지는 고장 전류는 거의 발생하지 않지만 그 영향까지도 고려해야 합니다.

- 올바른 퓨즈를 선택하는 것은 생명 및 재산보호와 안전에 중요합니다.
- 대체 장치를 사용하기 위한 충분한 엔지니어링 기반이 없는 한, 구성 요소 또는 장비 제조업체의 퓨즈 권장 사항을 따라야 합니다.
 - 대체품이 사용되는 경우 안전 기관 테스트가 필요할 수 있습니다.
- 퓨즈 선택은 비용이나 가용성을 기반으로해서는 안 됩니다.
- 적절한 보호를 위해 성능을 기반으로 해야 합니다.

고려 사항 :

퓨즈 전압 정격은 적용된 전압을 초과해야 합니다.

퓨즈의 차단 전류 정격은 소스의 "볼트 결함"정격을 초과해야 합니다.

퓨즈는 DC에서 사용할 때 DC 애플리케이션에 대한 정격이어야 하며 퓨즈 데이터 시트에 표시됩니다.

퓨즈의 I_{2t} 등급을 고려하면 속도형 퓨즈와 저속형 퓨즈간에 상당한 차이가 있습니다.

고속 및 저속 차단 특성이라는 용어는 퓨즈 제조업체마다 다릅니다. 데이터 시트 검토

작동 온도를 고려하고 퓨즈는 온도에 따라 감소합니다.

퓨즈는 Fluorinert와 같은 액체에 사용해서는 안 됩니다.

작동 온도 및 구성 요소 선택

- 제품의 최대 수명을 위해 구성 요소 선택이 중요합니다.
- 최대 온도 근처에서 구성 요소를 작동하면 구성 요소의 수명이 단축됩니다.
- 전해 콘덴서와 같은 부품은 고온에서 급속히 수명이 저하되고 모든 온도에서 필름 또는 세라믹 콘덴서와 같은 대체품에 비해 수명이 제한됩니다.
- 구성 요소 사양은 온도에 따라 변하고 -55°C 등급 부품은 더 낮은 온도에서 사용할 수 있지만 다른 성능은 설계에 영향을 미칠 정도로 낮아 졌을 수도 있습니다.(ESR)
- 구성 요소의 비용과 구성 요소 선정에 실패할 경우의 비용도 고려가 필요합니다. 구성 요소 선정 시 약간의 비용 증가는 수명의 증가로 결과적인 비용을 크게 줄일 수 있습니다.
- 새 구성 요소 및 공급 업체를 신중하게 추가하고 성능을 확인해야 합니다.

안전 및 일반 고려 사항

- 다양한 애플리케이션과 이러한 요구를 충족 할 수 있는 무한한 설계로 장비를 사용할 때 많은 가능성을 고려해야 합니다.
- 설계 계획 단계에 상당히 특별한 조건이 있는 경우 사용 중 발생할 수 있는 문제 또는 장비의 오용 가능성을 고려하는 데 도움이 되도록 안전 검토를 수행해야 합니다.

예 :

- 접지 요구 사항, 접지 또는 라인 연결 손실
- 케이스 또는 노출 된 단자의 터치 전압
- 어셈블리 내에서 위험한 전압을 방전하는 시간, 안전 인터록
- 표면의 온도, 날카로운 모서리, 취급 조건, 무게
- 위험한 환경, 가연성 가스 및 먼지
- 가혹한 환경, 높은 습도, 염분, 물, 높은 고도 또는 고압
- 사용 또는 배송 중 진동
- 현장 수리, 창고 수리 또는 수리가 필요하지 않은 설계
- 고 신뢰성 설계를 위한 이중화
- 원격 모니터링 및 오류 감지
- 의도 된 사용 환경에 대한 모든 도체의 연면 거리 및 여유 거리

원격 측정 및 안전 장벽

- 최고의 시스템 가용성이 필요한 애플리케이션의 경우 원격 모니터링이 시스템에 설계되어야 합니다.
- 데이터의 한계 및 추세 분석을 모두 사용하여 시스템 상태를 확인할 수 있습니다.
 - DC 출력 전압, 전류, AC 라인 전압, 범위를 벗어난 이벤트에 대한 AC 라인 모니터링 / 로깅, 사용되는 경우 팬 속도 및 시스템 온도와 같은 변수.
- 오류에 대한 잘못된 신호는 많은 비용 손실이 발생하기 때문에 모니터링은 정확해야 합니다.
- AC 라인 또는 비 절연 DC 출력을 모니터링하는 시스템은 해당 안전 표준을 충족하기 위해 적절한 수준의 절연이 필요합니다.
 - 유전체 재료에 대해 일반적으로 3kV AC 정격 강화 절연

Hipot 고려 사항

- 내전압 테스트 전압은 작동 전압이 아닙니다.
- Hipot 테스트는 전기적인 절연이 제대로 구성 되었는지 증명하기 위해 높은 테스트 전압을 일정한 시간동안 적용하는 것입니다.
 - 인가 전압의 지속 시간은 일반적으로 1 분입니다.
- 테스트 결과로 절연이 온전하고 낮은 연속 작동 전압에 적합함을 입증
- Hipot 전압에서 계속 테스트하거나 정상보다 높은 작동 전압에서 시스템을 작동하려면 유전체의 절연 구조 및 거리 그리고 높은 Hipot 테스트 전압조건 견딜 수 있는 설계를 검토해야 합니다.



Thank you

Questions?

The information contained herein and presented by Vicor is for general informational purposes only. Vicor assumes no responsibility for inaccuracies, errors or omissions in this presentation. Users of power supply products remain responsible for the design, testing and operational safeguards related to such use.