

## 설계 예제 보고서

|        |   |
|--------|---|
| 제목     | <b>14W TRIAC 디머블, 고효율(&gt;85%),<br/>비절연 벽 컨버터, 역률 보정(&gt;0.95)<br/>LED 드라이버(LYTSwitch™ LYT4313E 사용)</b> |
| 사양     | 90VAC – 132VAC 입력, 41V, 350mA 출력  |
| 애플리케이션 | PAR20 LED 드라이버  |
| 작성자    | 애플리케이션 엔지니어링 부서   |
| 문서 번호  | DER-364   |
| 날짜     | 04.04.13  |
| 개정     | 1.0   |

### 요약 및 기능

- 고효율, 120VAC에서 ≥85%
- 다양한 미국의 TRIAC 기반 디머 제품을 커버할 수 있는 광범위한 디머 호환성(NEMA SSL6 디밍 커브 기준 충족)
  - >1000:1의 높은 디밍 비율
- 향상된 사용자 경험
  - 깜박임 없는 모노토닉 디밍
  - 빠른 모노토닉 스타트업(<200ms) - 인지되는 지연 시간 없음
  - 거의 동일한 디밍 각도에서 턴온 및 턴오프 실행(팝온 현상 없음)
- 저렴한 고집적 솔루션
  - 일체형(single-stage) PFC 및 정확한 1차측 정전류 출력
- 집적된 보호 및 신뢰성 기능
  - 오토 리커버리 기능으로 출력 단락 회로 보호
  - 신속하게 작동하는 라인 입력 과전압 셧다운으로 라인 고장 시 전압 내성 확대
    - ±2500V 링 웨이브 및 ±500V 디퍼렌셜 서지(MOV 없음)
  - 큰 히스테리시스(Hysteresis)를 갖고 있는 자동 복구 써멀 셧다운 기능으로 부품과 PCB 보호

### Power Integrations

5245 Hellyer Avenue, San Jose, CA 95138 USA.

Tel: +1 408 414 9200 Fax: +1 408 414 9201

[www.powerint.com](http://www.powerint.com)

- IEC 61000-4-5 링 웨이브, IEC 61000-3-2 C THD 및 IEC CISPR 15/EN55015 B 전도성 EMI 충족

**특허 정보**

여기에 설명한 제품 및 애플리케이션(제품의 외장 트랜스포머 구성 및 회로 포함)은 하나 이상의 미국 및 해외 특허의 대상이 되거나 파워 인테그레이션스(Power Integrations)에서 출원 중인 미국 및 해외 특허 신청의 대상이 될 수 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)의 전체 특허 목록은 [www.powerint.com](http://www.powerint.com)에서 확인할 수 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 고객에게 <<http://www.powerint.com/ip.htm>>에 명시된 특정 특허권에 따라 라이선스를 부여합니다.



## Table of Contents

|        |                           |    |
|--------|---------------------------|----|
| 1      | 소개.....                   | 5  |
| 2      | 파워 서플라이 사양 .....          | 8  |
| 3      | 회로도 .....                 | 9  |
| 4      | 회로 설명 .....               | 10 |
| 4.1    | 입력 필터링.....               | 10 |
| 4.2    | LYTSwitch 1 차측.....       | 10 |
| 4.3    | 피드백.....                  | 11 |
| 4.4    | 출력 정류 .....               | 11 |
| 4.5    | TRIAC 위상 디밍 컨트롤 호환성 ..... | 11 |
| 4.6    | 액티브 더미 부하.....            | 12 |
| 5      | PCB 레이아웃 .....            | 13 |
| 6      | BOM.....                  | 14 |
| 6.1    | 전기적 BOM.....              | 14 |
| 6.2    | 히트싱크 어셈블리 BOM.....        | 15 |
| 7      | 인덕터 사양.....               | 16 |
| 7.1    | 전기적 구성도 .....             | 16 |
| 7.2    | 전기적 사양.....               | 16 |
| 7.3    | 재료 .....                  | 16 |
| 7.4    | 인덕터 제작 구성도 .....          | 17 |
| 7.5    | 인덕터 구성.....               | 17 |
| 7.6    | 부록 .....                  | 18 |
| 8      | 트랜스포머 설계 스프레드시트 .....     | 19 |
| 9      | U1 히트싱크 어셈블리.....         | 21 |
| 9.1    | U1 히트싱크 제작 도면 .....       | 21 |
| 9.2    | U1 히트싱크 어셈블리 도면 .....     | 22 |
| 9.3    | U1 및 히트싱크 어셈블리 도면.....    | 23 |
| 10     | 성능 데이터.....               | 24 |
| 10.1   | 효율.....                   | 24 |
| 10.2   | 입력 및 부하 레귤레이션 .....       | 25 |
| 10.3   | 역률.....                   | 26 |
| 10.4   | A-THD.....                | 27 |
| 10.5   | 고조파 전류 .....              | 28 |
| 10.5.1 | 38V LED 부하 .....          | 28 |
| 10.5.2 | 41V LED 부하 .....          | 29 |
| 10.5.3 | 43V LED 부하 .....          | 30 |
| 10.6   | 테스트 데이터.....              | 31 |
| 10.6.1 | 테스트 데이터, 38V LED 부하.....  | 31 |
| 10.6.2 | 테스트 데이터, 41V LED 부하.....  | 31 |
| 10.6.3 | 테스트 데이터, 43V LED 부하.....  | 31 |



|        |  |    |
|--------|--|----|
| 10.6.4 | 120VAC 60Hz, 33LED 부하 고조파 데이터 .....                      | 32 |
| 10.6.5 | 120VAC 60Hz, 41V LED 부하 고조파 데이터 .....                    | 33 |
| 10.6.6 | 120VAC 60Hz, 43V LED 부하 고조파 데이터 .....                    | 34 |
| 11     | 디밍 성능 데이터 .....  | 35 |
| 11.1   | Agilent 6812B AC 소스로 시뮬레이션한 리딩 엣지 디머를 사용할 때의 디밍 곡선<br>35 |    |
| 11.2   | TRIAC 기반 디머를 사용한 빠른 스타트업(<200ms) .....                   | 36 |
| 11.3   | TRIAC 기반 디머를 사용할 때의 팝온 포인트 .....                         | 37 |
| 11.4   | 디머를 사용할 때의 출력 전류 및 입력 전류 파형 .....                        | 38 |
| 11.5   | 호환성 목록 .....   | 39 |
| 12     | 온도 성능 .....  | 42 |
| 12.1   | IR 썸열 프로파일 .....   | 42 |
| 12.2   | 정상 작동 시 출력 전류 및 출력 전압 파형 .....                           | 43 |
| 12.3   | 스타트업 시 출력 전압 및 출력 전류 파형 .....                            | 44 |
| 12.4   | 정상 작동 시 드레인 전압 및 전류 .....                                | 44 |
| 12.5   | 스타트업 시 드레인 전압 및 전류 .....                                 | 45 |
| 12.6   | 출력 단락 상태에서 드레인 전압 및 전류 .....                             | 47 |
| 12.7   | 정상 작동 시 출력 다이오드 전압 및 전류 파형 .....                         | 48 |
| 12.8   | 스타트업 프로파일의 출력 전압 및 전류 .....                              | 49 |
| 13     | 비디밍 파형 .....   | 49 |
| 13.1   | 출력 전류 및 입력 전류 파형 .....                                   | 49 |
| 14     | 전도성 EMI .....  | 50 |
| 14.1   | 테스트 설정 .....   | 50 |
| 14.2   | 테스트 결과 .....   | 51 |
| 15     | 라인 서지 .....  | 52 |
| 16     | 개정 내역 .....  | 53 |

**중요 사항:** 이 기판은 안전 절연거리 요구 사항에 맞도록 설계되었지만 엔지니어링 프로토타입은 아직 기관 승인을 받지 않은 상태입니다. 따라서 AC 입력을 프로토타입 보드에 제공하도록 절연 트랜스포머를 사용하여 모든 테스트를 수행해야 합니다.



## 1 소개

이 문서에서는 350mA, 90VAC~132VAC의 입력 전압 범위에서 41V LED 스트링 전압을 구동하도록 설계된 높은 PF(역률)의 절연형 TRIAC LED 디머블 드라이버에 대해 설명합니다. LED 드라이버는 LYTSwitch IC 제품군의 LYT4313E를 사용합니다.

사용된 토폴로지는 고효율, 고역률, 낮은 THD를 제공하고 부품 수가 적은 일체형(single-stage) 역률 보정 벡 컨버터입니다.

LYTSwitch IC를 사용함으로써 고역률과 낮은 THD를 실현할 수 있으며, 오픈 컨트롤투프 및 출력 회로 단락 시 동작하는 오토-리스타트 기능을 비롯한 다양한 보호 기능 또한 구현 가능합니다. 입력 과전압 보호 기능으로 라인 고장 및 서지 내성을 강화하고, 정확한 히스테리시스(Hysteresis) 써멀 셋다운으로 평균 PCB 온도가 모든 조건에서 안전하게 유지되도록 합니다.

이 문서에는 LED 드라이버 사양, 회로도, PCB 구성도, BOM, 트랜스포머 규격 및 일반 성능 특성이 설명되어 있습니다.

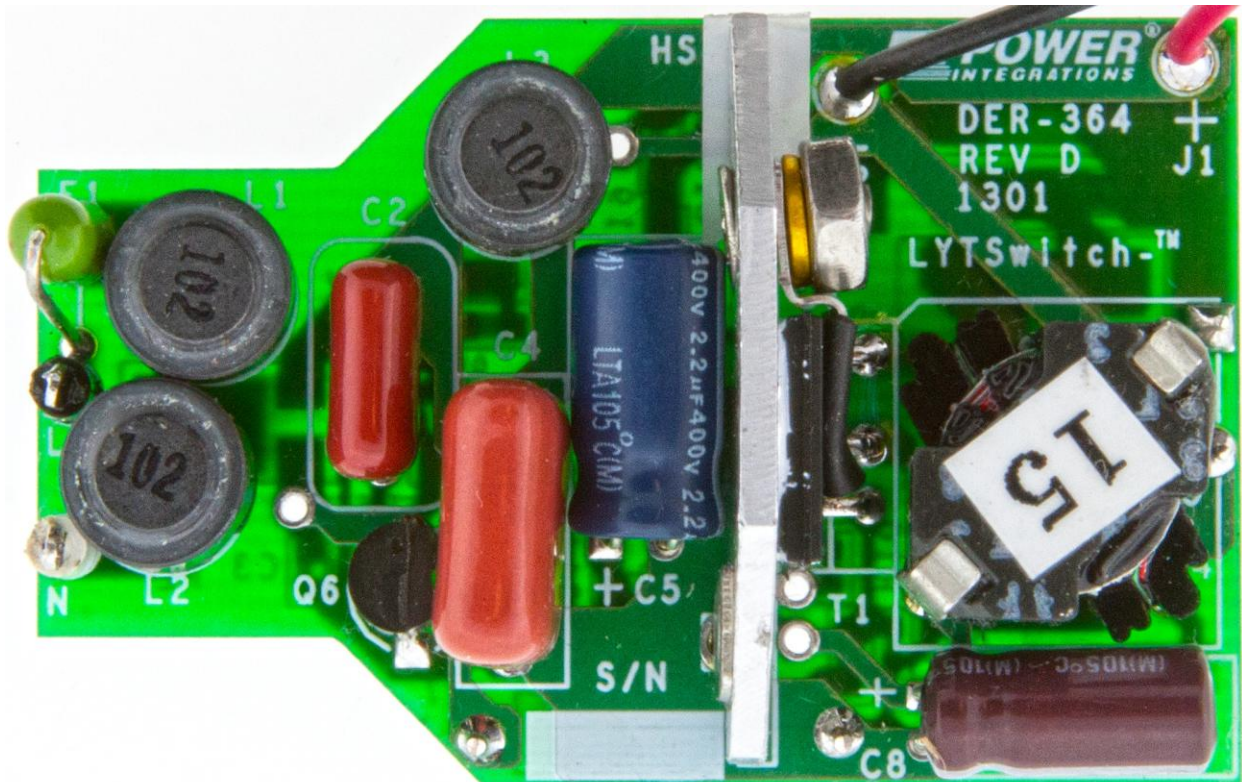


Figure 1 – Populated Circuit Board Photograph (Top).



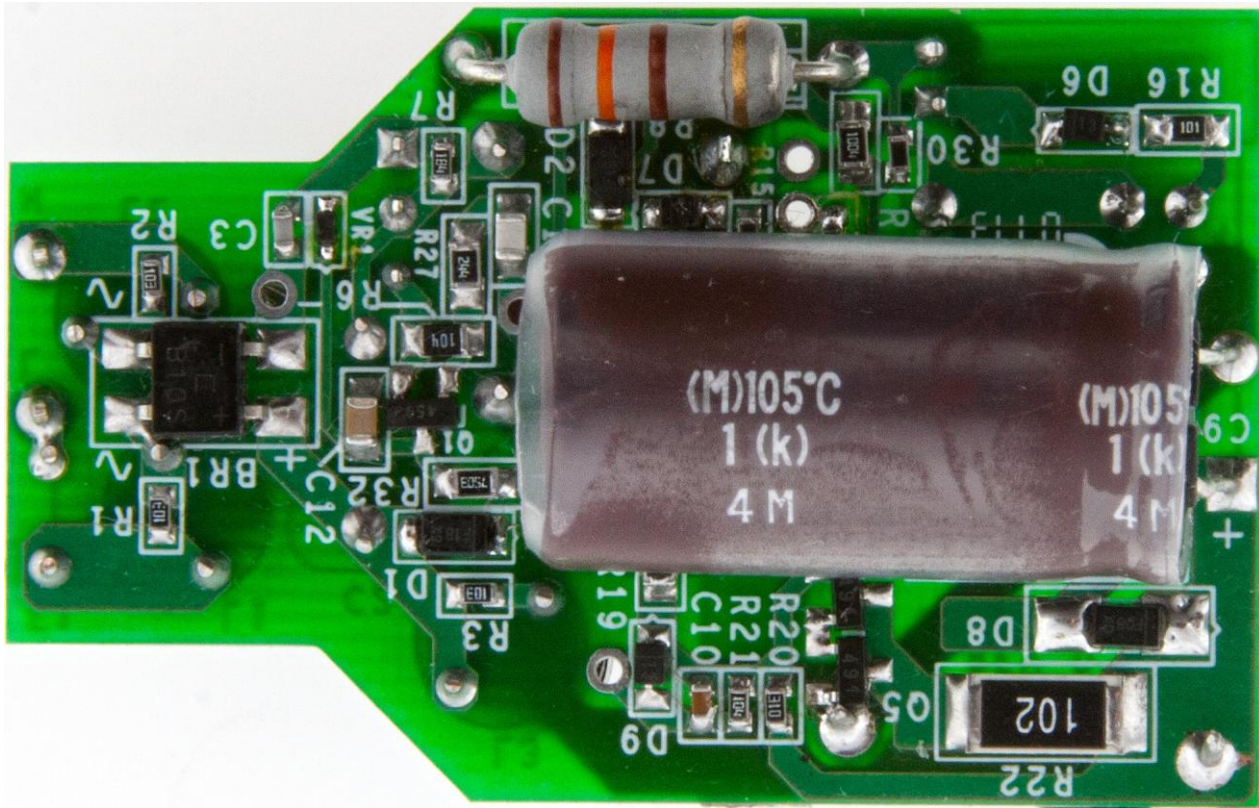
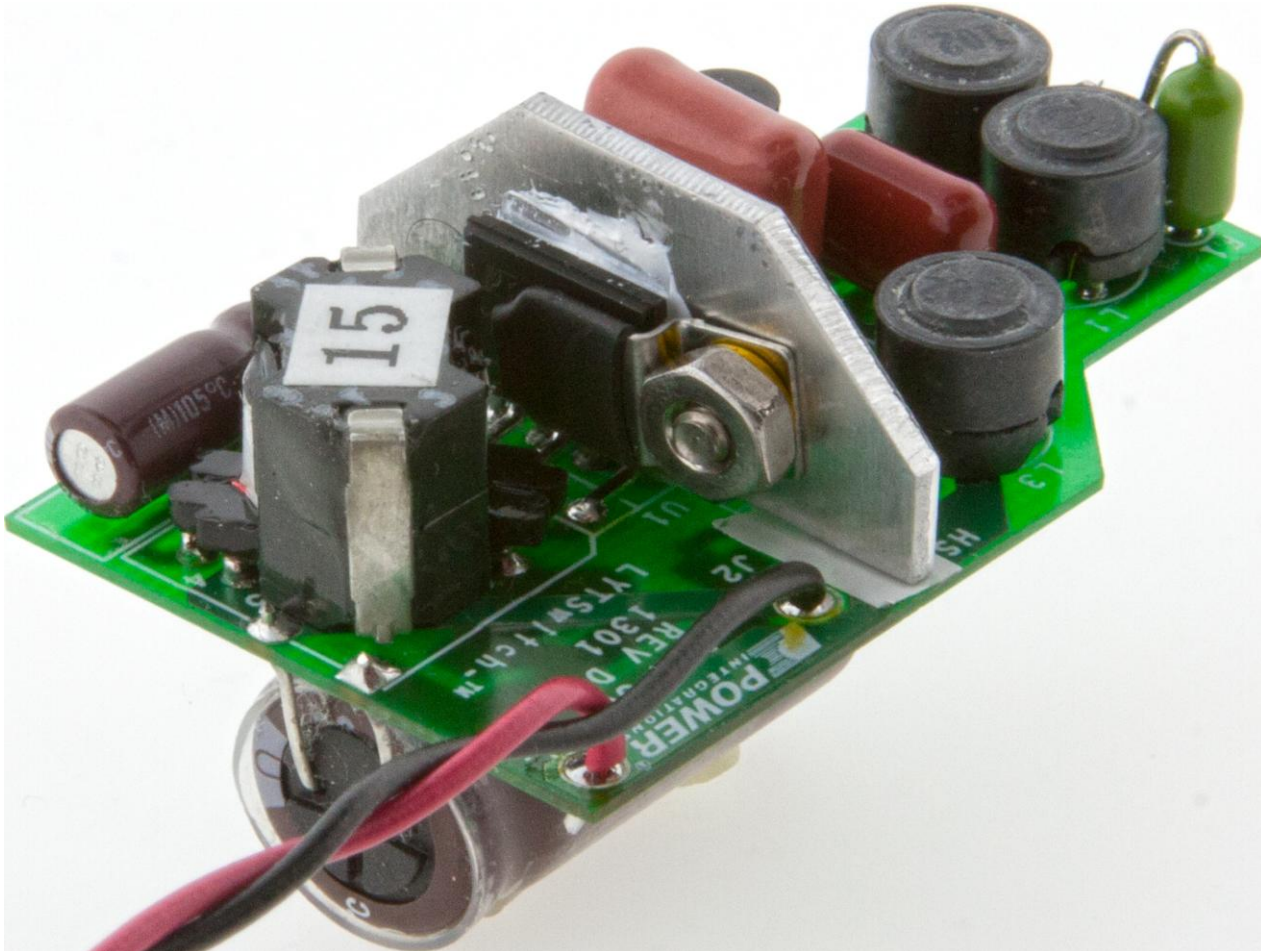


Figure 2 – Populated Circuit Board Photograph (Bottom).



**Figure 3 – Populated Circuit Board Photograph (Angle).**  
Dimensions: 1.99 in [50.6 mm] L x 1.26 in [32 mm] W x 1.19 in [30.2 mm] H.



## 2 파워 서플라이 사양

아래 표는 설계의 최소 허용 성능을 나타냅니다. 실제 성능은 결과 섹션에 나열되어 있습니다.

| 설명   | 기호                                  | 최소 | 일반                        | 최대  | 단위           | 설명   |
|--|-------------------------------------|----|---------------------------|-----|--------------|--|
| 입력<br>전압<br>주파수  | $V_{IN}$<br>$f_{LINE}$              | 90 | 120<br>60                 | 132 | VAC<br>Hz    |  |
| 출력<br>출력 전압<br>출력 전류<br>총 출력 전력<br>연속 출력 전력                                  | $V_{OUT}$<br>$I_{OUT}$<br>$P_{OUT}$ | 38 | 41<br>350<br>14           | 44  | V<br>mA<br>W |  |
| 효율<br>플부하  | $\eta$                              |    | 85                        |     | %            | $V_{OUT} = 41, V_{IN} = 120VAC$ , 주변 온도 25°C       |
| 환경<br>전도성 EMI<br>안정성<br>링 웨이브(100kHz)<br>디퍼렌셜 모드(L1-L2)<br>디퍼렌셜 서지(1.2/50µs) |                                     |    | CISPR 15B/EN55015B<br>비절연 |     |              |  |
| 역률   |                                     |    | 0.99                      |     |              | $V_{OUT(TYP)}, I_{OUT(TYP)}$<br>120VAC, 60Hz 에서 측정 |
| 고조파 전류   |                                     |    | EN 61000-3-2 클래스 D(C)     |     |              | $P_{IN} < 25W$ 일 경우 클래스 C 는 클래스 D 제한치를 지정          |
| 주변 온도  | $T_{AMB}$                           |    | 45                        |     | °C           | 자유대류, 임해고도   |







## 4 회로 설명

LYTSwitch 디바이스는 LED 드라이버 애플리케이션에서 사용하도록 설계된 컨트롤러와 670V 파워 MOSFET가 집적된 제품입니다. LYTSwitch는 일체형(single-stage) 벡 컨버터에서 사용하도록 구성되어 있으며 AC 입력에서 높은 역률을 유지하면서 1차측에서 정전류 출력을 제어합니다.

### 4.1 입력 필터링

퓨즈 F1은 부품 불량 발생 시 보호 기능을 제공합니다. 디퍼렌셜(1.2 $\mu$ s/50 $\mu$ s) 라인 서지로 인한 문제를 방지하기 위해 비교적 높은 정격 전류를 선택했습니다. 브리지 다이오드 BR1은 1차측 스위칭 전류에 낮은 임피던스 경로(디커플링)를 제공하는 커패시터 C4를 통해 AC 입력 전압을 정류합니다.

인덕터 L1, L2, L3과 커패시터 C2, C4에서 EMI를 필터링합니다. L1, L2, L3의 양단 각각의 저항 R1, R2, R3은 필터 부품 및 AC 라인 임피던스와의 LC 공진을 댐핑합니다. 이 공진을 감쇄시키지 않을 경우 전도 EMI가 증가할 수 있습니다.

### 4.2 LYTSwitch 1 차측

이 설계에서 선택한 토폴로지는 90VAC~132VAC 입력 전압 범위에서 낮은 THD, 단일 역률, 정전류 출력을 제공하도록 구성된 로우 사이드 벡입니다.

인덕터 T1은 벡 컨버터의 메인 인덕터이며, 1차측 권선과 바이어스 권선으로 구성되어 있습니다. 1차측 권선은 메인 벡 인덕터이고 바이어스 권선은 IC 서플라이로, 주로 디밍 동안 깜박임 현상(flicker) 및 쉬머(shimmer) 현상을 방지하는 데 도움이 됩니다.

출력 다이오드(직렬로 연결된 D8 및 D10)는 U1이 OFF 상태일 때마다 작동하여 부하에 에너지를 전달합니다. 이 다이오드 대신 정격 전압이 200V 보다 큰 단일 쇼트키 다이오드를 사용해도 됩니다. 다이오드 D4는 C4의 전압(정류된 입력 AC)이 출력 전압 아래로 떨어질 때 역방향 전류가 U1을 통해 흐르는 것을 방지하기 위해 필요합니다.

들어오는 정류된 AC 피크는 피크 입력 전압 정보를 U1에 제공하기 위해 D2를 통해 C5를 충전합니다. 그런 다음 R10 및 R29를 통해 U1의 VOLTAGE MONITOR(V) 핀에 전류로 공급됩니다. 저항 R9는 V 핀이 전력을 더 빠르게 감소하도록 유도하는 입력 새그가 있을 때 C5의 방전 경로 역할을 합니다.

입력 과전압 섯다운 기능(V 핀 전류를 통해 감지)을 통해서 정류된 입력 전압 내성(서지 및 입력 팽창 시)을 내부 파워 MOSFET의 650V<sub>DSS</sub> 정격으로 확장합니다. LYTSwitch의 신속한 입력 과전압 탐지 기능은 D2 및 C5 피크 감지기 커패시터와 함께 파워 라인 서지 이벤트 동안 IC의 MOSFET에서 최대 전압 스트레스를 제한하는 클램프를 제공합니다. C5 값이 2.2 $\mu$ F이면 500V 서지를 견딜 수 있고, 4.7 $\mu$ F이면 1kV 서지를 견딜 수 있습니다.



디퍼렌셜 라인 서지 전압이 >1000V 인 경우에는 추가로 선택형 140VAC 정격 MOV(금속 산화물 배리스터)를 사용할 수 있습니다.

커패시터 C7은 내장 컨트롤러용 서플라이 핀에 해당하는 U1의 BYPASS(BP) 핀에 로컬 디커플링을 제공합니다. 스타트업 동안에 C7은 U1의 DRAIN(D) 핀에 연결된 내부 고전압 전류 소스를 통해 ~6V로 충전됩니다. 딥 디밍 상태에서 디바이스 전력 소모는 최소로 하고 U1에 효율적으로 공급하기 위해 D7 및 R18을 통해 외부 바이어스 서플라이를 사용할 것을 권장합니다.

V 핀 전류와 FEEDBACK(FB) 핀 전류는 내부적으로 평균 출력 LED 전류를 제어하기 위해 사용됩니다. 위상각 디밍 애플리케이션에는 49.9kΩ 저항이 REFERENCE(R) 핀(R14)에 사용되고 2MΩ(R10+R29)이 V 핀에 사용되어, 입력 전압과 출력 전류 간의 선형 관계를 구현합니다. 따라서 TRIAC 디머와 함께 사용할 때 디밍 범위가 최대화됩니다. 하지만 이 설계에서는 타이트한 CC 레귤레이션을 위해 24.9kΩ 값을 사용했습니다. 출력에 액티브 더미 부하를 사용하여 높은 디밍 비율을 얻었습니다.

### 4.3 피드백

바이어스 권선 전압은 출력 전압을 간접적으로 센싱하는 데 사용되기 때문에 2차측 피드백 부품을 사용할 필요가 없습니다. 바이어스 권선 전압은 출력 전압에 비례합니다(바이어스와 1차측 권선 간의 턴비에 의해 설정됨). 이 바이어스 권선의 플라이백 전압은 D6에 의해 정류되고 R16 및 C8에 의해 필터링됩니다. 저항 R15는 바이어스 전압을 U1의 FB 핀에 공급되는 전류로 변환합니다. U1의 내장 엔진에서는 FB 핀 전류, V 핀 전류, 내장 드레인 전류 정보를 결합하여 높은 입력 역률을 유지하면서 일정한 출력 전류를 제공합니다.

다이오드 D7 및 R18은 바이어스가 BP 핀에 전류를 공급할 수 있는 경로를 제공합니다. 다이오드 D7은 스타트업 동안 C7을 C8과 분리하는 데 사용되고, 저항 R18은 바이어스 권선에서 BP 핀으로 공급되는 전류를 제한합니다.

### 4.4 출력 정류

트랜스포머 2차측 권선은 D8 및 D10에 의해 정류되고 커패시터 C9에 의해 필터링됩니다. 이 설계처럼 낮은 리플이 필요한 설계의 경우 높은 커패시턴스 값을 사용해야 합니다. 그렇지 않은 경우에는 이 값이 줄어들 수 있습니다.

### 4.5 TRIAC 위상 디밍 컨트롤 호환성

TRIAC를 기반으로 하는 낮은 가격의 리딩 엣지 위상 디머를 사용하여 출력 디밍을 제공해야 하는 요구 사항에 따라 여러 측면의 설계를 적용하였습니다.

LED 기반 조명은 훨씬 낮은 전력을 소비하므로 램프가 끌어진 전류가 디머 내에 있는 TRIAC의 홀딩 전류 아래로 떨어질 수 있습니다. 이로 인해 디밍 컨트롤 범위가 끝나기 전에 램프가 OFF 상태가 된다거나 TRIAC가 불규칙적으로 작동할 때 램프가



깜박거리는등 바람직하지 않은 동작이 발생합니다. LED 램프가 라인에 제공하는 상대적으로 큰 임피던스 덕분에 TRIAC 가 ON 상태일 때 입력 커패시턴스를 충전하는 돌입 전류로 인해 링잉이 크게 발생할 수 있습니다. 또한 이 경우 링잉으로 인해 TRIAC 전류가 0 으로 내려가는 것과 같은 원치 않는 동작이 일어날 수 있습니다.

이러한 문제를 해결하기 위해 액티브 댐퍼와 액티브 더미 부하 회로를 추가했습니다. 입력 단자와 중성 단자 사이에 있는 퓨즈 뒤에 패시브 RC 블리더 회로를 연결하여 사용할 수도 있습니다. 이러한 회로는 전력 소모가 증가하여 서플라이의 효율이 저하된다는 단점이 있습니다. 비디밍 애플리케이션의 경우 이러한 부품을 생략할 수 있습니다.

새로운 PI 고유의 액티브 댐퍼는 주요 부품 D1, R32, C11, R27, R6, Q1, C12, VR1, Q6, R7, C3 및 R8 로 구성되어 있습니다. 연결된 TRIAC 이 없을 경우 Q6 은 완전히 ON 상태가 되어 R8 을 바이패싱합니다. 그러면 전력 소모가 낮게 유지되고 결국 시스템 효율이 향상됩니다. TRIAC 이 ON 상태가 될 때마다 C11, R27 및 R6 에서 TRIAC 을 감지하여 Q1 을 구동하고 C3 을 계속 접지 상태로, 게이트 Q6 을 낮게 유지합니다. 따라서 R8 이 TRIAC 와 직렬로 연결되어 전류 링잉의 댐핑 요소로 작동할 수 있습니다.

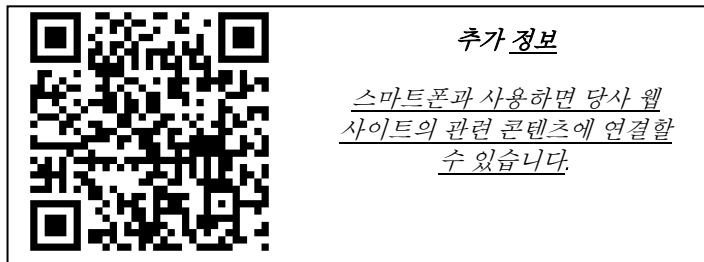
#### 4.6 액티브 더미 부하

이 드라이버에는 디밍 곡선을 다듬고 디밍 비율을 높이는 동시에 정상 작동 시 높은 효율을 유지하기 위해 액티브 더미 부하가 사용되었습니다. 이 회로는 벅, 벅-부스트, 탭 벅 등의 비절연 컨버터에도 사용할 수 있습니다.

액티브 더미 부하 회로는 분배기 R25 및 R24 를 통해 C5 의 입력 피크 전압을 감지하며, 입력 피크 전압은 디머의 도통각에 비례합니다. Q3, R23, R19 및 C10 을 통해 정보를 처리하여 평균 신호를 제공하고, 평균 신호는 저항 R22 를 통해 출력을 로드하는 달링턴(Q4, Q5)을 선형적으로 구동합니다.

비디밍 작동(완전 전도) 시 액티브 블리더가 출력에 연결되지 않으므로 높은 작동 효율을 유지합니다. 프로그래밍된 디밍 각도에서는 블리더가 ON 상태가 됩니다. 액티브 블리더는 TRIAC 가 작동할 수 있는 최저 도통각으로 선형적으로 바이어스되어 디밍 비율을 높입니다.

이 회로는 누설이 있는 TRIAC 의 블리더 역할도 합니다. TRIAC 에서 소량의 에너지가 누설되어 전압이 상승할 경우 달링턴이 R20 을 통해 바이어스되어 R22 를 로드합니다.



### 5 PCB 레이아웃

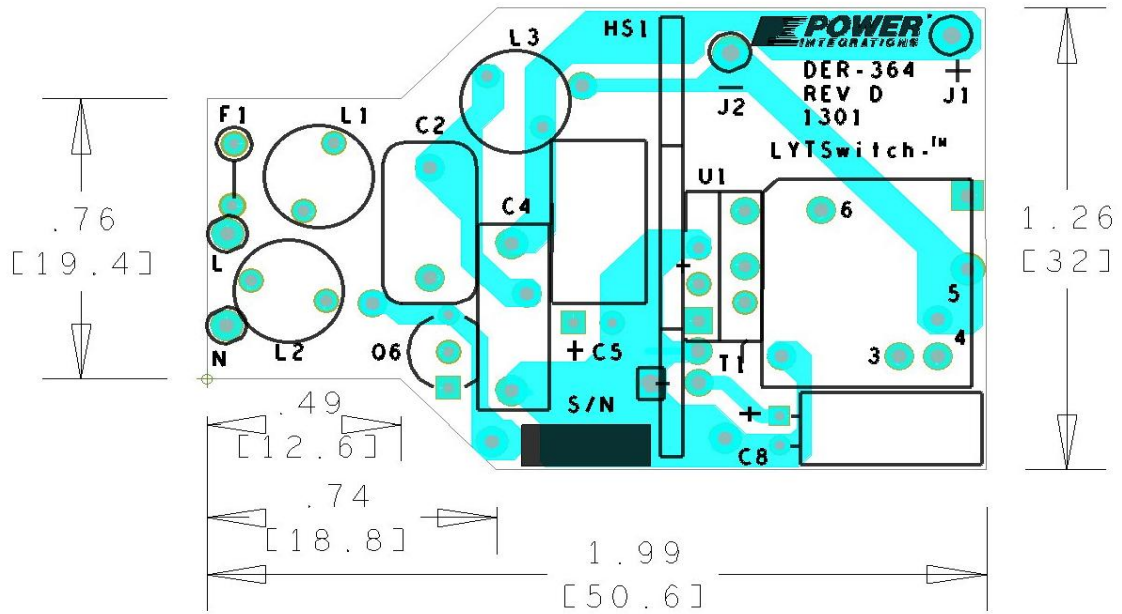


Figure 5 – Top Side.

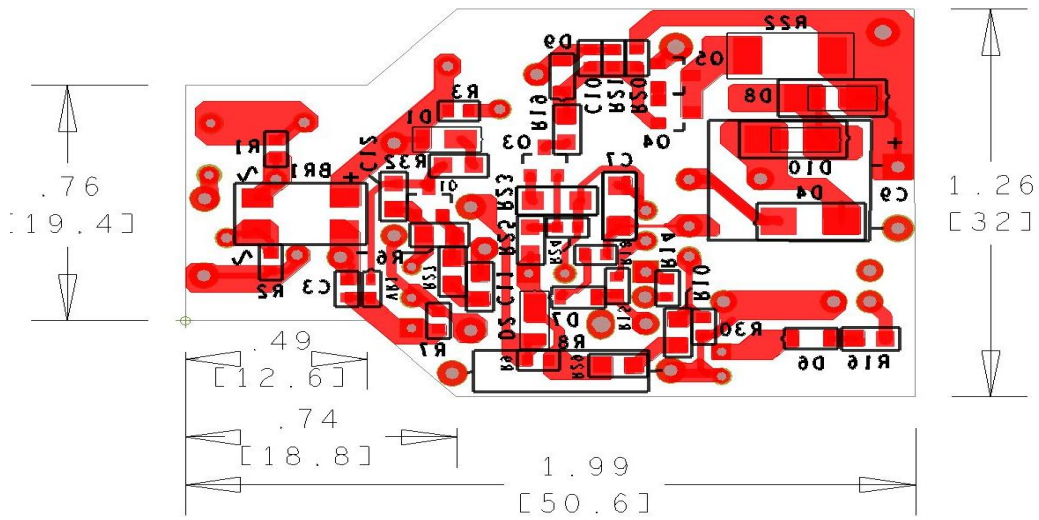


Figure 6 – Bottom Side.



## 6 BOM

### 6.1 전기적 BOM

| Item | Qty | Ref Des  | Description  | Mfg Part Number    | Mfg                  |
|------|-----|----------|--|--------------------|----------------------|
| 1    | 1   | BR1      | 1000 V, 0.8 A, Bridge Rectifier, SMD, MBS-1, 4-SOIC          | B10S-G             | Comchip              |
| 2    | 1   | C2       | 33 nF, 400 V, Film   | ECQ-E4333KF        | Panasonic            |
| 3    | 1   | C3       | 1000 pF, 100 V, Ceramic, COG, 0603                           | C1608C0G2A102J     | TDK                  |
| 4    | 1   | C4       | 100 nF, 400 V, Film  | ECQ-E4104KF        | Panasonic            |
| 5    | 1   | C5       | 2.2 $\mu$ F, 400 V, Electrolytic, (6.3 x 11)                 | TAB2GM2R2E110      | Ltec                 |
| 6    | 1   | C7       | 100 $\mu$ F, 10 V, Ceramic, X5R, 1206                        | C3216X5R1A107M     | TDK                  |
| 7    | 1   | C8       | 47 $\mu$ F, 35 V, Electrolytic, Gen. Purpose, (5 x 11)       | EKMG350ELL470ME11D | Nippon Chemi-Con     |
| 8    | 1   | C9       | 1000 $\mu$ F, 50 V, Electrolytic, Gen. Purpose, (12.5 x 25)  | EKMG500ELL102MK25S | Nippon Chemi-Con     |
| 9    | 1   | C10      | 470 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0603                             | UMK107B7474KA-TR   | Taiyo Yuden          |
| 10   | 1   | C11      | 100 pF, 500 V, Ceramic, NPO, 0805                            | 501R15N101KV4T     | Johanson Dielectrics |
| 11   | 1   | C12      | 100 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805                             | CC0805KRX7R9BB104  | Yageo                |
| 12   | 2   | D1 D2    | 600 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, POWERDI123          | DFLR1600-7         | Diodes, Inc.         |
| 13   | 1   | D4       | 60 V, 1 A, Schottky, DO-214AC                                | SS16-E3/61T        | Vishay               |
| 14   | 3   | D6 D7 D9 | 250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323                 | BAV21WS-7-F        | Diodes, Inc.         |
| 15   | 2   | D8 D10   | 200 V, 1 A, Diode Schottky 1 A 200 V PWRDI 123               | DFLS1200-7         | Diodes, Inc.         |
| 16   | 1   | F1       | Fuse, Pico, 2 A, 250V, Fast, Axial                           | 0263002.MXL        | Littlefuse Inc.      |
| 17   | 1   | HS1      | Heat sink, Custom, Al, 3003, 0.062" Thk (See Heat sink Spec) |                    | Custom               |
| 18   | 2   | L N      | Test Point, BLK, Miniature THRU-HOLE MOUNT                   | 5001               | Keystone             |
| 19   | 3   | L1 L2 L3 | 1 mH, 0.23 A, Ferrite Core                                   | CTSCH875DF-102K    | CT Parts             |
| 20   | 2   | Q1 Q3    | NPN, Small Signal BJT, 450 V, 0.5 A, 150MA ,SOT-23           | FMMT459TA          | Diodes, Inc.         |
| 21   | 2   | Q4 Q5    | NPN, 60 V 1000 MA, SOT-23                                    | FMMT491TA          | Zetex Inc            |
| 22   | 1   | Q6       | 450 V, 0.6 A, 3.8 Ohms, N-Channel, TO-92                     | STQ3N45K3-AP       | ST Micro             |
| 23   | 3   | R1 R2 R3 | 10 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603                 | ERJ-3GEYJ103V      | Panasonic            |
| 24   | 1   | R6       | 100 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805                 | ERJ-6GEYJ104V      | Panasonic            |
| 25   | 1   | R7       | 180 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603                | ERJ-3GEYJ184V      | Panasonic            |
| 26   | 1   | R8       | 130 $\Omega$ , 5%, 1 W, Metal Oxide                          | RSF100JB-130R      | Yageo                |
| 27   | 1   | R9       | 510 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603                | ERJ-3GEYJ514V      | Panasonic            |
| 28   | 2   | R10 R29  | 1 M $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805                   | ERJ-6ENF1004V      | Panasonic            |
| 29   | 1   | R14      | 24.9 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603               | ERJ-3EKF2492V      | Panasonic            |
| 30   | 1   | R15      | 182 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603                | ERJ-3EKF1823V      | Panasonic            |
| 31   | 1   | R16      | 100 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805                   | ERJ-6GEYJ101V      | Panasonic            |
| 32   | 1   | R18      | 4.7 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603                | ERJ-3GEYJ472V      | Panasonic            |
| 33   | 1   | R19      | 47 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805                  | ERJ-6GEYJ473V      | Panasonic            |
| 34   | 2   | R20 R24  | 1 M $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603                  | ERJ-3GEYJ105V      | Panasonic            |
| 35   | 1   | R21      | 100 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603                | ERJ-3GEYJ104V      | Panasonic            |
| 36   | 1   | R22      | 1 k $\Omega$ , 5%, 1 W, Thick Film, 2512                     | ERJ-1TYJ102U       | Panasonic            |
| 37   | 1   | R23      | 470 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206                 | ERJ-8GEYJ474V      | Panasonic            |
| 38   | 1   | R25      | 698 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805                 | ERJ-6ENF6983V      | Panasonic            |
| 39   | 1   | R27      | 240 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805                 | ERJ-6GEYJ244V      | Panasonic            |



|    |   |     |  |                       |                                     |
|----|---|-----|--|-----------------------|-------------------------------------|
| 40 | 1 | R30 | 1.50 M $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603 | ERJ-3EKF1504V         | Panasonic                           |
| 41 | 1 | R32 | 750 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805   | ERJ-6GEYJ754V         | Panasonic                           |
| 42 | 1 | T1  | See Inductor Spec                              | SNX-R1687<br>TSD-3200 | Santronics USA<br>Premier Magnetics |
| 43 | 1 | U1  | LYTSwitch, eSIP-7C                             | LYT4313E              | Power Integrations                  |
| 44 | 1 | VR1 | 15 V, 5%, 150 mW, SSMINI-2                     | DZ2S15000L            | Panasonic                           |

## 6.2 히트싱크 어셈블리 BOM

| Item | Qty | Description   |
|------|-----|---|
| 1    | 1   | HEAT SINK, AL-3003, DER364,PI CUSTOM                  |
| 2    | 1   | RIVET, Al, 0.93 DIA x 0.187 C'sunk                    |
| 3    | 1   | POST, HEAT SINK, SS, Nickel Plated, 5 mm W x 9.1 mm L |
| 4    | 1   | THERMAL GREASE, SILICONE, 5 OZ TUBE                   |
| 5    | 1   | EDGE-CLIP-12.33 mm L x 6.35 mm W                      |
| 6    | 1   | HEAT SHRINK 3/16 IN X 4 FT BLACK                      |
| 7    | 1   | WASHER, LOCK, #4 SS                                   |
| 8    | 1   | NUT, HEX 4-40, SS                                     |
| 9    | 1   | SCREW PHIL FLAT, HEAD, UNDERCUT 4-40 X .250 (1-4) SST |



## 7 인덕터 사양

### 7.1 전기적 구성도

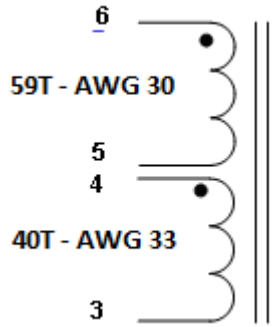


Figure 7 – Inductor Electrical Diagram.

### 7.2 전기적 사양

|                           |   |                      |
|---------------------------|---|----------------------|
| <b>Primary Inductance</b> | Pins 5-6 all other windings open, measured at 132 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> . | 380 $\mu$ H $\pm$ 2% |
| <b>Resonant Frequency</b> | Pins 5-6, all other windings open.  | 2.1 MHz (Min.)       |

### 7.3 재료

| Item | Description  |
|------|--|
| [1]  | Core: RM5/I-3F3 or equivalent.   |
| [2]  | Bobbin: B-RM5-V 6 pins 3/3.  |
| [3]  | Magnet Wire, #30 AWG, solderable double coated.                          |
| [4]  | Magnet Wire, #33 AWG, solderable double coated.                          |
| [5]  | Tape: 3M 1298 Polyester Film, 4.8 mm wide, 2.0 mil thick, or equivalent. |
| [6]  | Varnish: Dolph BC-359, or equivalent.                                    |
| [7]  | CLI/P-RM4/5 or equivalent.   |



### 7.4 인덕터 제작 구성도

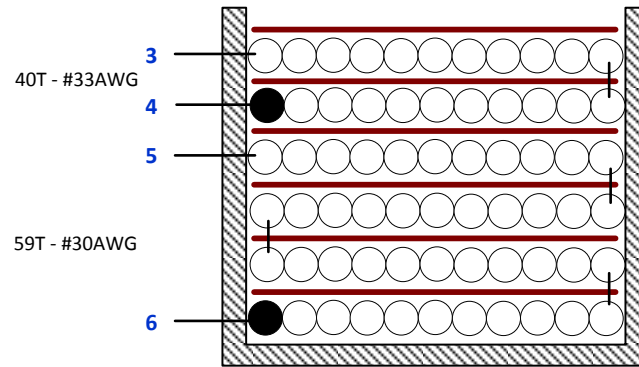


Figure 8 – Inductor Build Diagram.

### 7.5 인덕터 구성

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>General Note</b> | For the purpose of these instructions, bobbin is oriented on winder such that pin 1 side is on the left.   |
| <b>WD1</b>          | Start at pin 6. Wind 59 turns of item [3] as shown in Figure 8. Put 1 layer of tape item [5] every layer. Terminate at pin 5.  |
| <b>WD2</b>          | Start at pin 4. Wind 40 turns of item [4]. Put 1 layer of tape item [5] every layer. Terminate the other end at pin 3.   |
| <b>Insulation</b>   | Place 2 layers of tape item [5] to secure windings.  |
| <b>Finish</b>       | Grind the core to get the specified inductance.<br>Secure with clip item [7].<br>Varnish with item [6].<br>Cut pin 1 and pin 2 of the bobbin.<br>Cut transformer clip pin near pin 5 and 6. Refer to Figure 9. |



7.6 부록

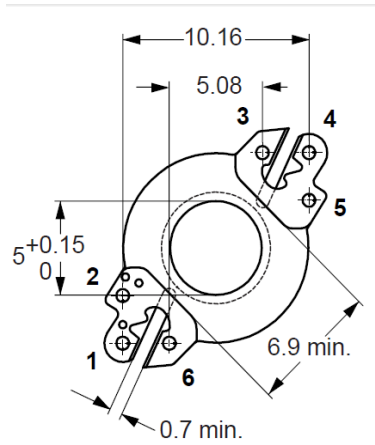


Figure 9 – Bottom View, Transformer Pin Illustration.

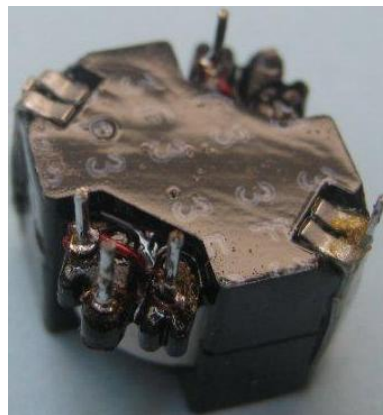


Figure 10 – Sample Choke Illustration for Bottom Actual View.

## 8 트랜스포머 설계 스프레드시트

| ACDC_LYTSwitch_Buck_010913;<br>Rev.0.8; Copyright Power<br>Integrations 2012 | INPUT   | INFO | OUTPUT  | UNIT   | ACADC_LYTSwitch_010913:<br>LYTSwitch Buck Design Spreadsheet  |
|--|---------|------|---------|--------|---|
| <b>ENTER APPLICATION VARIABLES</b>   |         |      |         |        |   |
| Dimming required   | NO      |      | NO      |        | Select "YES" option if dimming is required. Otherwise select "NO".  |
| VACMIN   | 90      |      | 90      | V      | Minimum AC Input Voltage  |
| VACMAX   | 132     |      | 132     | V      | Maximum AC input voltage  |
| fL   |         |      | 50      | Hz     | AC Mains Frequency  |
| VO   | 41      |      |         | V      | Typical output voltage of LED string at full load   |
| VO_MAX   |         |      | 51.25   | V      | Maximum LED string Voltage. Ensure that the maximum LED string voltage is below VO_MAX  |
| VO_MIN   |         |      | 30.75   | V      | Minimum LED string Voltage. Ensure that the minimum LED string voltage is above VO_MIN  |
| V_OVP  |         |      | 56.375  | V      | Overvoltage setpoint  |
| IO   | 0.35    |      |         |        | Typical full load LED current   |
| PO   |         |      | 14.35   | Watts  | Output Power  |
| n  |         |      | 0.85    |        | Estimated efficiency of operation   |
| <b>ENTER LYTSwitch VARIABLES</b>   |         |      |         |        |   |
| LYTSwitch  | LYT4313 |      |         |        | Selected LYTSwitch device. If Dimming is required, select device from LNK42XX family, Otherwise select device from LNK43XX family |
| Current Limit Mode   | RED     |      | RED     |        | Select "RED" for reduced Current Limit mode or "FULL" for Full current limit mode   |
| ILIMITMIN  |         |      | 1       | A      | Minimum current limit   |
| ILIMITMAX  |         |      | 1.16    | A      | Maximum current limit   |
| fS   |         |      | 132000  | Hz     | Switching Frequency   |
| fSmin  |         |      | 124000  | Hz     | Minimum Switching Frequency   |
| fSmax  |         |      | 140000  | Hz     | Maximum Switching Frequency   |
| IV   |         |      | 79.8173 | uA     | V pin current   |
| Rv   |         |      | 2       | M-ohms | Upper V pin resistor  |
| VB   |         |      | 25      | V      | Bias winding voltage  |
| IFB  |         |      | 155.959 | uA     | FB pin current (75 uA < IFB < 250 uA)   |
| RFB  |         |      |         | k-ohms | FB pin resistor (assuming Bias winding feedback)  |
| VDS  |         |      | 10      | V      | LYTSwitch on-state Drain to Source Voltage  |
| VD   | 0.6     |      |         | V      | Output Winding Diode Forward Voltage Drop   |
| VDB  | 0.7     |      |         | V      | Bias Winding Diode Forward Voltage Drop   |
| <b>Key Design Parameters</b>   |         |      |         |        |   |
| KP   |         |      | 0.5     |        | Ripple to Peak Current Ratio (0.4 < KRP < 1.3)  |
| LP   |         |      | 378.185 | uH     | Primary Inductance  |
| KP Expected  |         |      | 0.78636 |        | Ripple to Peak Current Ratio (0.4 < KRP < 1.3)  |
| Expected IO (average)  |         |      | 0.35006 | A      | Expected Average Output Current   |
| <b>ENTER TRANSFORMER CORE/CONSTRUCTION VARIABLES</b>                         |         |      |         |        |   |
| Core Type  | RM5     |      | RM5     |        | Selected Core for inductor  |
| Core   |         | #N/A |         | P/N:   | #N/A  |
| Bobbin   |         | #N/A |         | P/N:   | #N/A  |



|   |      |  |         |                   |   |
|---|------|--|---------|-------------------|---|
| AE  | 0.25 |  | 0.25    | cm <sup>2</sup>   | Core Effective Cross Sectional Area                                   |
| LE  | 2.32 |  | 2.32    | cm                | Core Effective Path Length  |
| AL  | 1700 |  | 1700    | nH/T <sup>2</sup> | Ungapped Core Effective Inductance                                    |
| BW  | 4.7  |  | 4.7     | mm                | Bobbin Physical Winding Width   |
| M   |      |  | 0       | mm                | Safety Margin Width (Half the Primary to Secondary Creepage Distance) |
| L   |      |  | 4       |                   | Number of Primary Layers  |
| <b>DC INPUT VOLTAGE PARAMETERS</b>        |      |  |         |                   |   |
| VMIN                                      |      |  | 127.279 | V                 | Peak input voltage at VACMIN  |
| VMAX                                      |      |  | 186.676 | V                 | Peak input voltage at VACMAX  |
| <b>CURRENT WAVEFORM SHAPE PARAMETERS</b>  |      |  |         |                   |   |
| DMAX                                      |      |  | 0.32213 |                   | Minimum duty cycle at peak of VACMIN                                  |
| I AVG                                     |      |  | 0.35006 | A                 | Average input Current   |
| IP  |      |  | 0.88437 | A                 | Peak Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)             |
| IP_VMAX                                   |      |  | 1.01736 | A                 | Peak Current (calculated at maximum input voltage VACMAX)             |
| <b>INDUCTOR PRIMARY DESIGN PARAMETERS</b> |      |  |         |                   |   |
| LP  |      |  | 378.185 | uH                | Primary Inductance  |
| NP  | 59   |  | 59      |                   | Primary Winding Number of Turns                                       |
| ALG                                       |      |  | 108.643 | nH/T <sup>2</sup> | Gapped Core Effective Inductance                                      |
| BM  |      |  | 2608.46 | Gauss             | Maximum Flux Density at PO, VMIN (BM<3000)                            |
| BP  |      |  | 3421.42 | Gauss             | Peak Flux Density (BP<4200)   |
| BAC                                       |      |  | 652.116 | Gauss             | AC Flux Density for Core Loss Curves (0.5 X Peak to Peak)             |
| ur  |      |  | 1255.41 |                   | Relative Permeability of Ungapped Core                                |
| LG  |      |  | 0.27069 | mm                | Gap Length (Lg > 0.1 mm)  |
| BWE                                       |      |  | 18.8    | mm                | Effective Bobbin Width  |
| OD  |      |  | 0.31864 | mm                | Maximum Primary Wire Diameter including insulation                    |
| INS                                       |      |  | 0.0539  | mm                | Estimated Total Insulation Thickness (= 2 * film thickness)           |
| DIA                                       |      |  | 0.26475 | mm                | Bare conductor diameter   |
| AWG                                       |      |  | 30      | AWG               | Primary Wire Gauge (Rounded to next smaller standard AWG value)       |
| CM  |      |  | 101.594 | Cmils             | Bare conductor effective area in circular mils                        |
| CMA                                       |      |  | 290.216 | Cmils/Amp         | Primary Winding Current Capacity (200 < CMA < 500)                    |



## 9 U1 히트싱크 어셈블리

### 9.1 U1 히트싱크 제작 도면

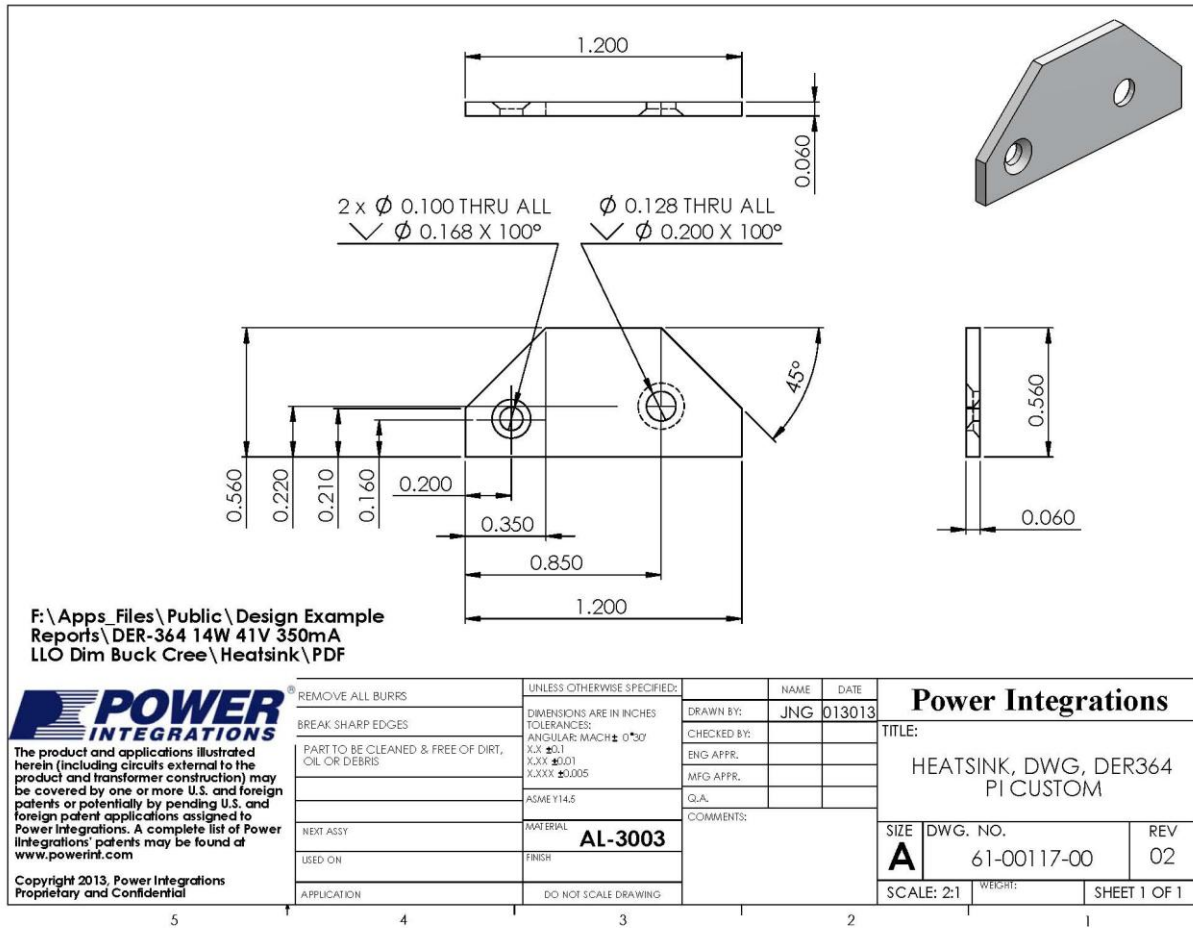


Figure 11 – Heat Sink Fabrication Drawing.



9.2 U1 히트싱크 어셈블리 도면

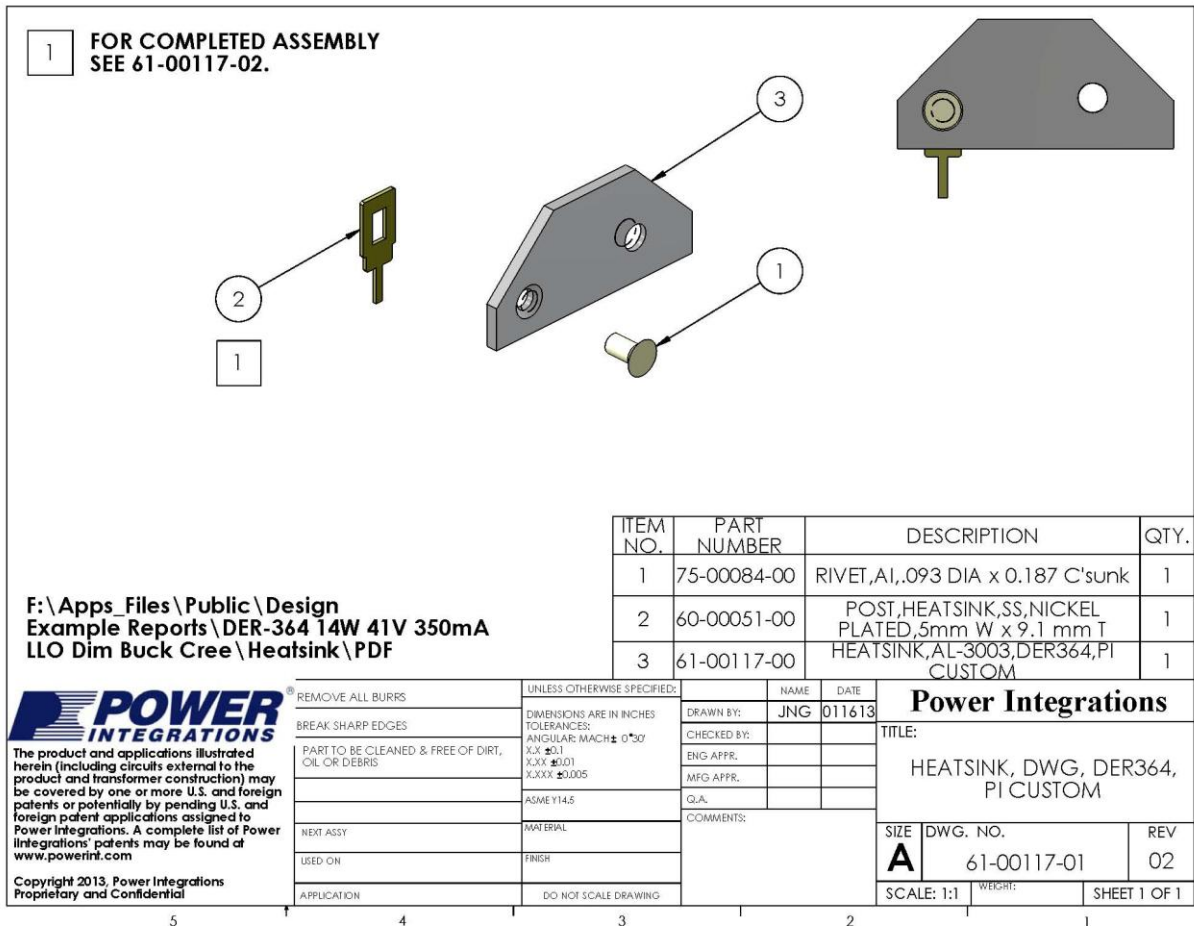


Figure 12 – U1 Heat Sink Assembly Drawing.



9.3 U1 및 히트싱크 어셈블리 도면

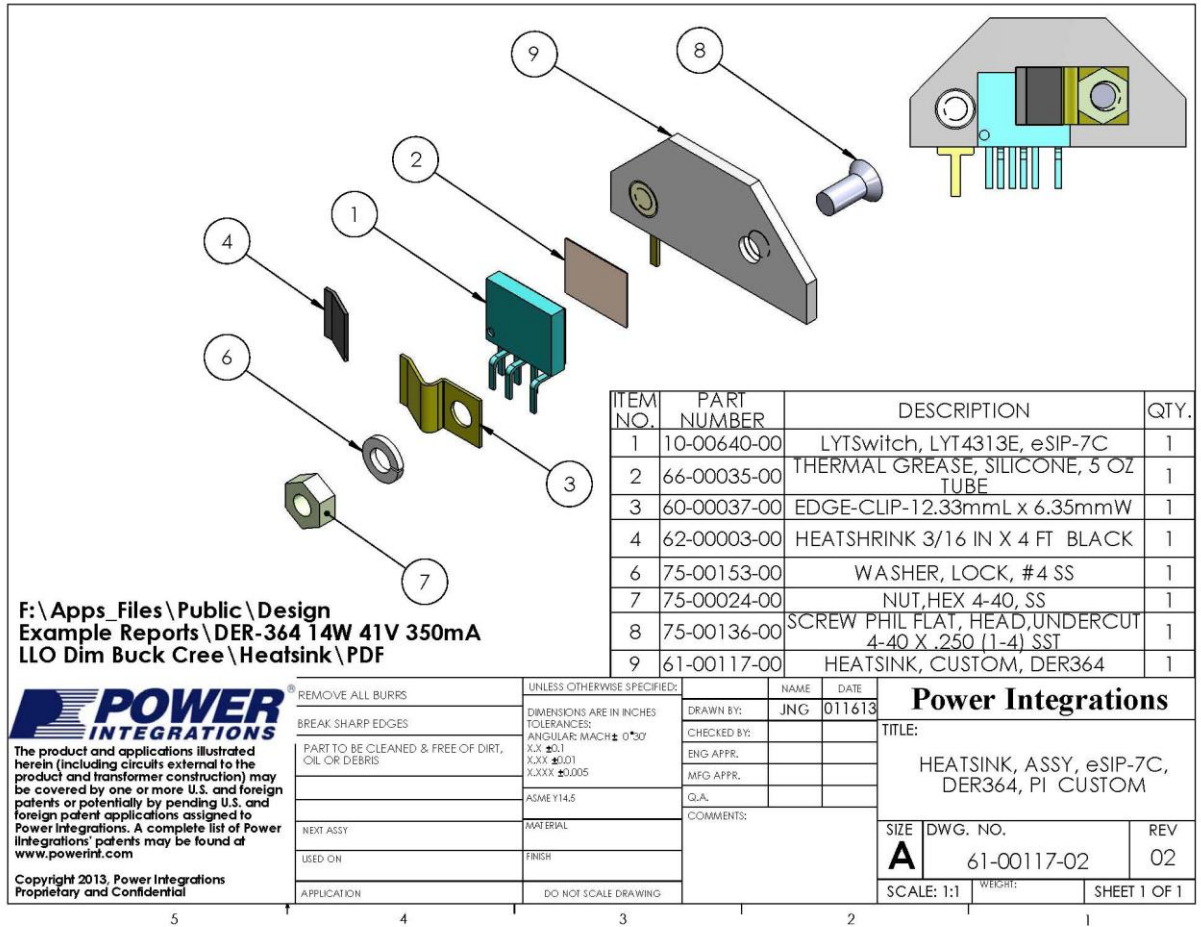


Figure 13 – U1 and Heat Sink Assembly Drawing.

## 10 성능 데이터

All measurements performed at room temperature using an LED e-load. The table in Section 10.6 shows complete test data values.

### 10.1 효율

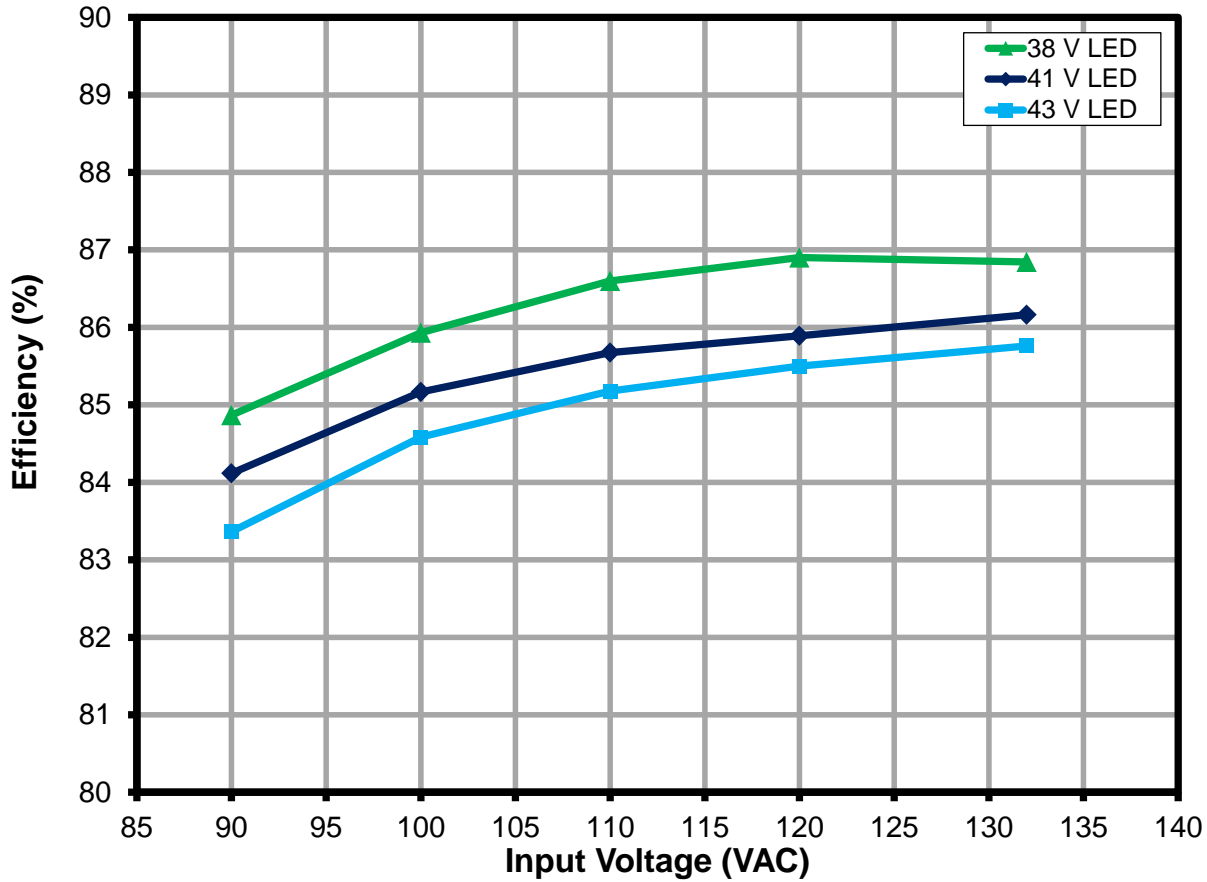


Figure 14 – Efficiency vs. Line.





10.2 입력 및 부하 레귤레이션

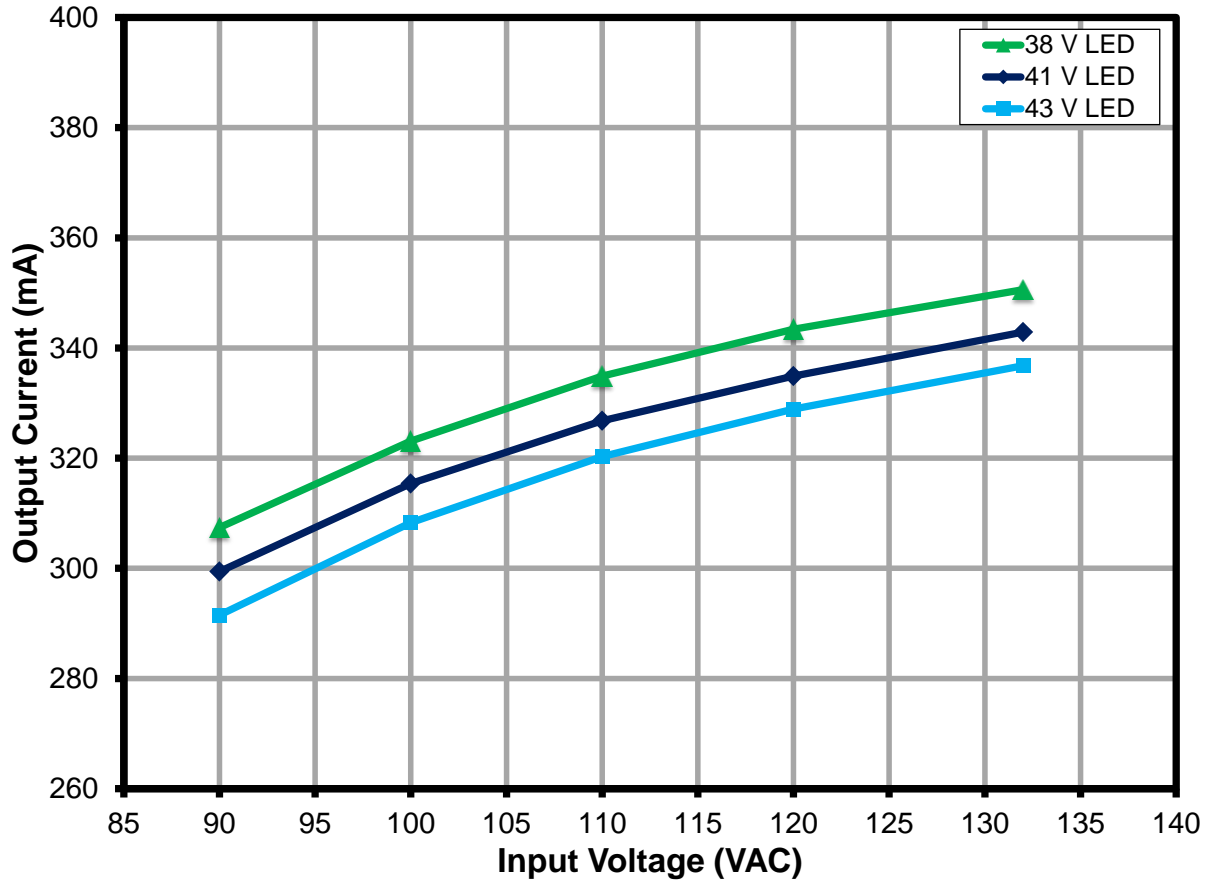


Figure 15 – Regulation vs. Line and Load.

10.3 역률

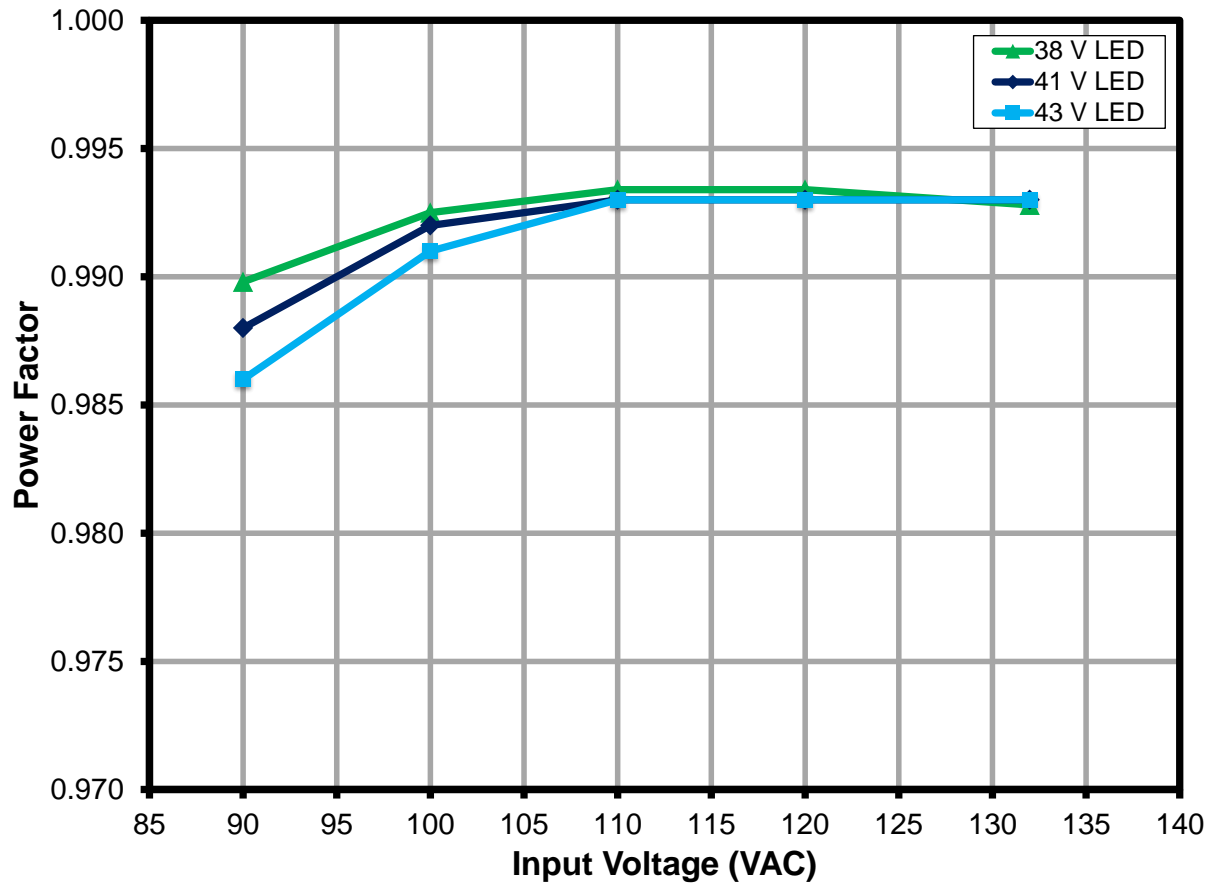


Figure 16 – Power Factor vs. Line and Load.



10.4 A-THD

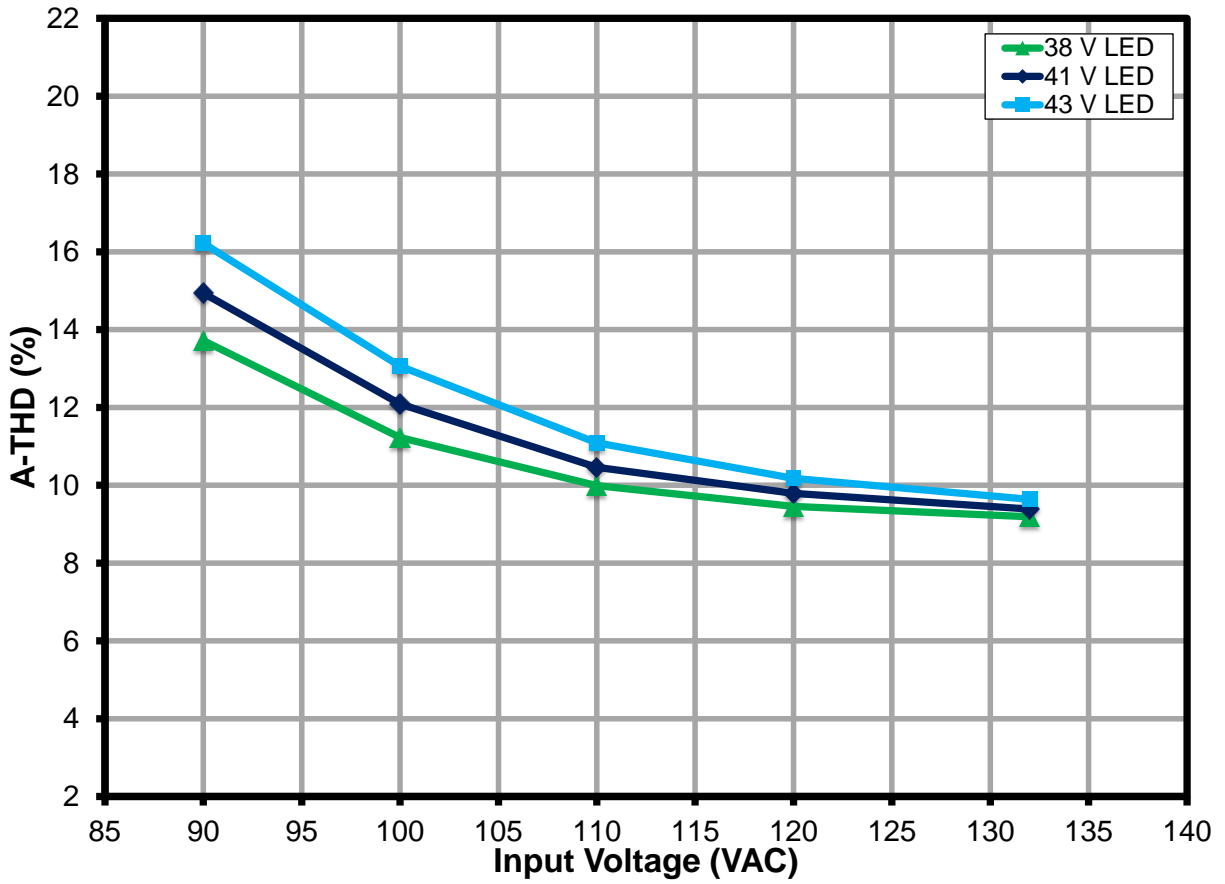


Figure 17 – A-THD vs. Line and Load.

### 10.5 고조파 전류

The design met the IEC61000-3-2 Limits for Class C equipment (section 7.3-a) for an active input power of <25 W, which states that the harmonic currents shall not exceed the related limits given in Table 2 - Limits for Class C equipment.

#### 10.5.1 38V LED 부하

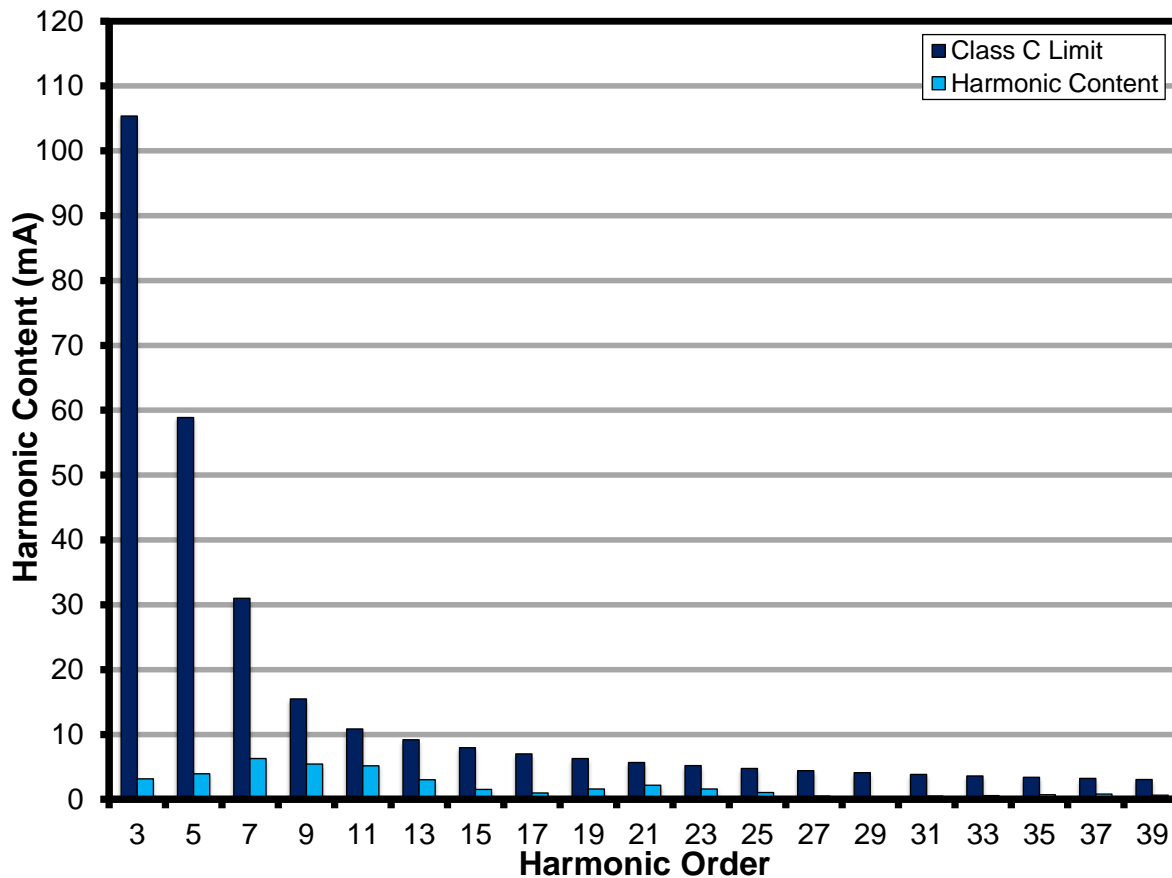


Figure 18 – 38 V LED Load Input Current Harmonics (IEC61000-3-2) at 120 VAC, 60 Hz.



10.5.2 41V LED 부하

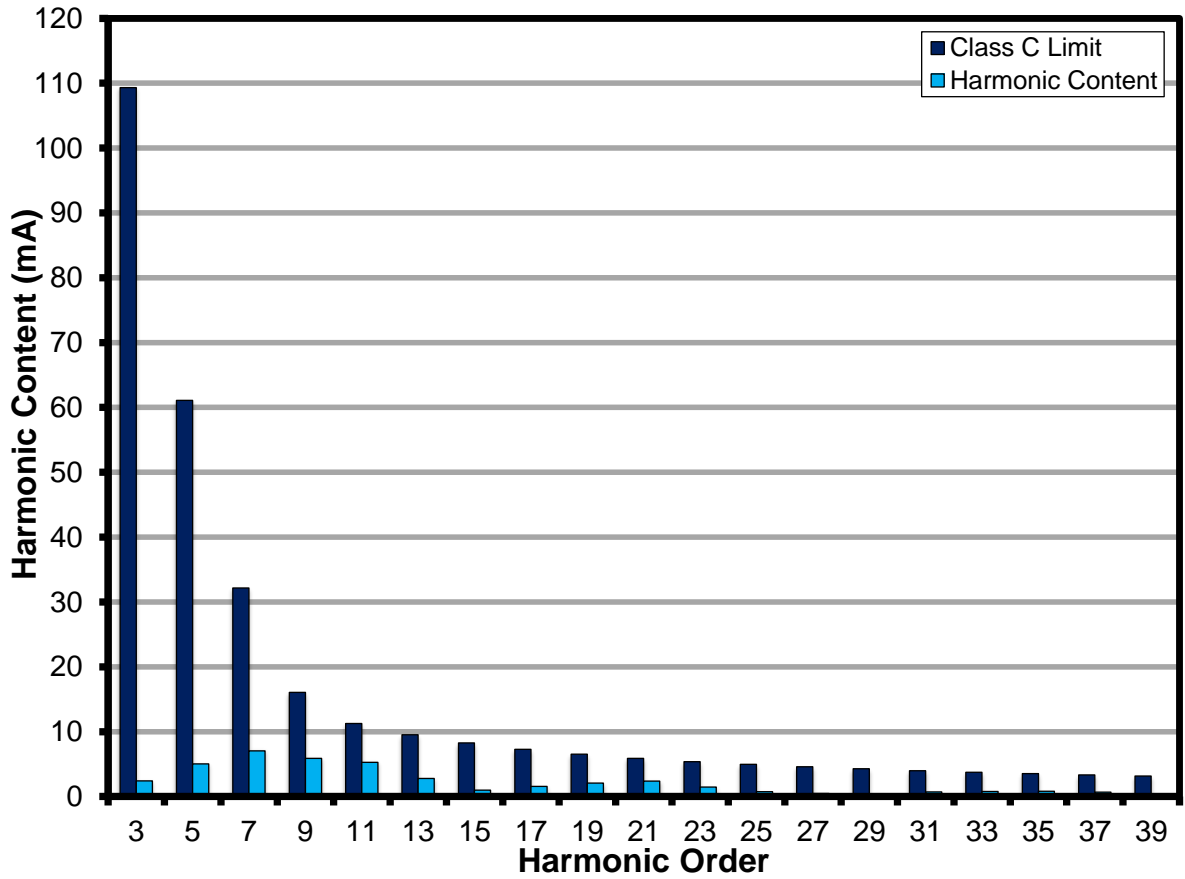


Figure 19 – 41 V LED Load Input Current Harmonics Case (IEC61000-3-2) at 120 VAC, 60 Hz.



10.5.3 43V LED 부하

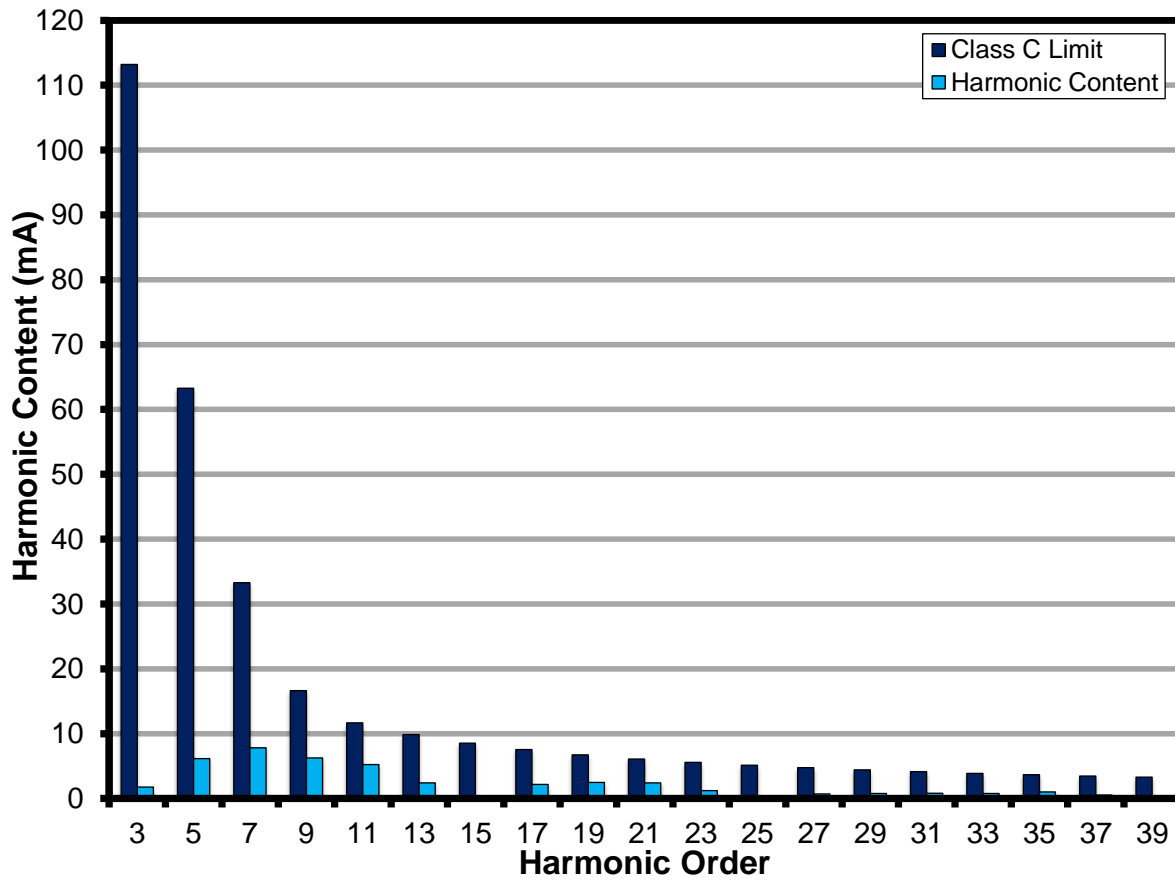


Figure 20 – 43 V LED Load Input Current Harmonics (IEC61000-3-2) at 120 VAC, 60 Hz.



## 10.6 테스트 데이터

All measurements were taken with the board at open frame, 25 °C ambient, and 60 Hz line frequency.

### 10.6.1 테스트 데이터, 38V LED 부하

| Input                   |           | Input Measurement                   |                                      |                     |       |       | Load Measurement                    |                                      |                      | Efficiency (%) |
|-------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------|
| VAC (V <sub>RMS</sub> ) | Freq (Hz) | V <sub>IN</sub> (V <sub>RMS</sub> ) | I <sub>IN</sub> (mA <sub>RMS</sub> ) | P <sub>IN</sub> (W) | PF    | %ATHD | V <sub>OUT</sub> (V <sub>DC</sub> ) | I <sub>OUT</sub> (mA <sub>DC</sub> ) | P <sub>OUT</sub> (W) |                |
| 90                      | 60        | 90.09                               | 158.51                               | 14.135              | 0.990 | 13.72 | 38.9740                             | 307.400                              | 11.996               | 84.87          |
| 100                     | 60        | 100.12                              | 147.98                               | 14.705              | 0.993 | 11.23 | 39.0610                             | 323.100                              | 12.636               | 85.93          |
| 110                     | 60        | 110.15                              | 138.44                               | 15.149              | 0.993 | 9.99  | 39.1250                             | 334.900                              | 13.119               | 86.60          |
| 120                     | 60        | 120.15                              | 129.84                               | 15.497              | 0.993 | 9.46  | 39.1710                             | 343.400                              | 13.467               | 86.90          |
| 132                     | 60        | 132.16                              | 120.79                               | 15.849              | 0.993 | 9.19  | 39.2130                             | 350.600                              | 13.764               | 86.84          |

### 10.6.2 테스트 데이터, 41V LED 부하

| Input                   |           | Input Measurement                   |                                      |                     |       |       | Load Measurement                    |                                      |                      | Efficiency (%) |
|-------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------|
| VAC (V <sub>RMS</sub> ) | Freq (Hz) | V <sub>IN</sub> (V <sub>RMS</sub> ) | I <sub>IN</sub> (mA <sub>RMS</sub> ) | P <sub>IN</sub> (W) | PF    | %ATHD | V <sub>OUT</sub> (V <sub>DC</sub> ) | I <sub>OUT</sub> (mA <sub>DC</sub> ) | P <sub>OUT</sub> (W) |                |
| 90                      | 60        | 90.09                               | 164.06                               | 14.605              | 0.988 | 14.94 | 40.9800                             | 299.400                              | 12.285               | 84.12          |
| 100                     | 60        | 100.11                              | 153.38                               | 15.228              | 0.992 | 12.09 | 41.0720                             | 315.400                              | 12.969               | 85.17          |
| 110                     | 60        | 110.15                              | 143.63                               | 15.712              | 0.993 | 10.46 | 41.1380                             | 326.800                              | 13.461               | 85.67          |
| 120                     | 60        | 120.16                              | 134.68                               | 16.076              | 0.993 | 9.79  | 41.1870                             | 334.900                              | 13.808               | 85.89          |
| 132                     | 60        | 132.19                              | 125.16                               | 16.427              | 0.993 | 9.39  | 41.2320                             | 342.900                              | 14.154               | 86.16          |

### 10.6.3 테스트 데이터, 43V LED 부하

| Input                   |           | Input Measurement                   |                                      |                     |       |       | Load Measurement                    |                                      |                      | Efficiency (%) |
|-------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|-------|-------|-------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------|
| VAC (V <sub>RMS</sub> ) | Freq (Hz) | V <sub>IN</sub> (V <sub>RMS</sub> ) | I <sub>IN</sub> (mA <sub>RMS</sub> ) | P <sub>IN</sub> (W) | PF    | %ATHD | V <sub>OUT</sub> (V <sub>DC</sub> ) | I <sub>OUT</sub> (mA <sub>DC</sub> ) | P <sub>OUT</sub> (W) |                |
| 90                      | 60        | 90.10                               | 169.38                               | 15.050              | 0.986 | 16.22 | 42.9910                             | 291.500                              | 12.546               | 83.36          |
| 100                     | 60        | 100.11                              | 158.57                               | 15.725              | 0.991 | 13.06 | 43.0960                             | 308.300                              | 13.301               | 84.59          |
| 110                     | 60        | 110.12                              | 148.68                               | 16.252              | 0.993 | 11.09 | 43.1690                             | 320.300                              | 13.843               | 85.18          |
| 120                     | 60        | 120.15                              | 139.52                               | 16.647              | 0.993 | 10.18 | 43.2220                             | 328.900                              | 14.233               | 85.50          |
| 132                     | 60        | 132.19                              | 129.60                               | 17.010              | 0.993 | 9.64  | 43.2700                             | 336.800                              | 14.588               | 85.76          |



## 10.6.4 120VAC 60Hz, 33LED 부하 고조파 데이터

## Current Harmonics Limits for IEC61000-3-2

| V         | Freq       | I (mA)    | P           | PF          | %THD    |
|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|---------|
| 120       | 60         | 129.84    | 15.497      | 0.993       | 9.46    |
| nth Order | mA Content | % Content | Limit <25 W | Limit >25 W | Remarks |
| 1         | 128.96     |           |             |             |         |
| 2         | 0.03       | 0.02%     |             | 2.00%       |         |
| 3         | 3.16       | 2.45%     | 105.3796    | 29.80%      | Pass    |
| 5         | 3.96       | 3.07%     | 58.8886     | 10.00%      | Pass    |
| 7         | 6.28       | 4.87%     | 30.9940     | 7.00%       | Pass    |
| 9         | 5.43       | 4.21%     | 15.4970     | 5.00%       | Pass    |
| 11        | 5.16       | 4.00%     | 10.8479     | 3.00%       | Pass    |
| 13        | 3.04       | 2.36%     | 9.1790      | 3.00%       | Pass    |
| 15        | 1.54       | 1.19%     | 7.9551      | 3.00%       | Pass    |
| 17        | 0.99       | 0.77%     | 7.0192      | 3.00%       | Pass    |
| 19        | 1.58       | 1.23%     | 6.2804      | 3.00%       | Pass    |
| 21        | 2.18       | 1.69%     | 5.6822      | 3.00%       | Pass    |
| 23        | 1.58       | 1.23%     | 5.1881      | 3.00%       | Pass    |
| 25        | 1.04       | 0.81%     | 4.7731      | 3.00%       | Pass    |
| 27        | 0.52       | 0.40%     | 4.4195      | 3.00%       | Pass    |
| 29        | 0.20       | 0.16%     | 4.1147      | 3.00%       | Pass    |
| 31        | 0.49       | 0.38%     | 3.8493      | 3.00%       | Pass    |
| 33        | 0.59       | 0.46%     | 3.6160      | 3.00%       | Pass    |
| 35        | 0.72       | 0.56%     | 3.4093      | 3.00%       | Pass    |
| 37        | 0.81       | 0.63%     | 3.2251      | 3.00%       | Pass    |
| 39        | 0.65       | 0.50%     | 3.0597      | 3.00%       | Pass    |





## 10.6.5 120VAC 60Hz, 41V LED 부하 고조파 데이터

## Current Harmonics Limits for IEC61000-3-2

| V         | Freq       | I (mA)    | P           | PF          | %THD    |
|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|---------|
| 120       | 60         | 134.68    | 16.0760     | 0.9933      | 9.79    |
| nth Order | mA Content | % Content | Limit <25 W | Limit >25 W | Remarks |
| 1         | 133.75     |           |             |             |         |
| 2         | 0.04       | 0.03%     |             | 2.00%       |         |
| 3         | 2.42       | 1.81%     | 109.3168    | 29.80%      | Pass    |
| 5         | 5.02       | 3.75%     | 61.0888     | 10.00%      | Pass    |
| 7         | 7.05       | 5.27%     | 32.1520     | 7.00%       | Pass    |
| 9         | 5.88       | 4.40%     | 16.0760     | 5.00%       | Pass    |
| 11        | 5.28       | 3.95%     | 11.2532     | 3.00%       | Pass    |
| 13        | 2.78       | 2.08%     | 9.5219      | 3.00%       | Pass    |
| 15        | 0.99       | 0.74%     | 8.2523      | 3.00%       | Pass    |
| 17        | 1.55       | 1.16%     | 7.2815      | 3.00%       | Pass    |
| 19        | 2.07       | 1.55%     | 6.5150      | 3.00%       | Pass    |
| 21        | 2.39       | 1.79%     | 5.8945      | 3.00%       | Pass    |
| 23        | 1.47       | 1.10%     | 5.3820      | 3.00%       | Pass    |
| 25        | 0.74       | 0.55%     | 4.9514      | 3.00%       | Pass    |
| 27        | 0.46       | 0.34%     | 4.5846      | 3.00%       | Pass    |
| 29        | 0.45       | 0.34%     | 4.2685      | 3.00%       | Pass    |
| 31        | 0.70       | 0.52%     | 3.9931      | 3.00%       | Pass    |
| 33        | 0.77       | 0.58%     | 3.7511      | 3.00%       | Pass    |
| 35        | 0.81       | 0.61%     | 3.5367      | 3.00%       | Pass    |
| 37        | 0.69       | 0.52%     | 3.3455      | 3.00%       | Pass    |
| 39        | 0.34       | 0.25%     | 3.1740      | 3.00%       | Pass    |



## 10.6.6 120VAC 60Hz, 43V LED 부하 고조파 데이터

## Current Harmonics Limits for IEC61000-3-2

| V         | Freq       | I (mA)    | P           | PF          | %THD    |
|-----------|------------|-----------|-------------|-------------|---------|
| 120       | 60         | 139.52    | 16.6470     | 0.9931      | 10.18   |
| nth Order | mA Content | % Content | Limit <25 W | Limit >25 W | Remarks |
| 1         | 138.46     |           |             |             |         |
| 2         | 0.03       | 0.02%     |             | 2.00%       |         |
| 3         | 1.77       | 1.28%     | 113.1996    | 29.79%      | Pass    |
| 5         | 6.17       | 4.46%     | 63.2586     | 10.00%      | Pass    |
| 7         | 7.82       | 5.65%     | 33.2940     | 7.00%       | Pass    |
| 9         | 6.27       | 4.53%     | 16.6470     | 5.00%       | Pass    |
| 11        | 5.25       | 3.79%     | 11.6529     | 3.00%       | Pass    |
| 13        | 2.41       | 1.74%     | 9.8601      | 3.00%       | Pass    |
| 15        | 0.41       | 0.30%     | 8.5455      | 3.00%       | Pass    |
| 17        | 2.16       | 1.56%     | 7.5401      | 3.00%       | Pass    |
| 19        | 2.48       | 1.79%     | 6.7464      | 3.00%       | Pass    |
| 21        | 2.40       | 1.73%     | 6.1039      | 3.00%       | Pass    |
| 23        | 1.23       | 0.89%     | 5.5731      | 3.00%       | Pass    |
| 25        | 0.36       | 0.26%     | 5.1273      | 3.00%       | Pass    |
| 27        | 0.71       | 0.51%     | 4.7475      | 3.00%       | Pass    |
| 29        | 0.77       | 0.56%     | 4.4201      | 3.00%       | Pass    |
| 31        | 0.81       | 0.59%     | 4.1349      | 3.00%       | Pass    |
| 33        | 0.77       | 0.56%     | 3.8843      | 3.00%       | Pass    |
| 35        | 1.00       | 0.72%     | 3.6623      | 3.00%       | Pass    |
| 37        | 0.55       | 0.40%     | 3.4644      | 3.00%       | Pass    |
| 39        | 0.20       | 0.14%     | 3.2867      | 3.00%       | Pass    |



## 11 디밍 성능 데이터

TRIAC dimming results were taken at an input voltage of 120 VAC, 60 Hz line frequency, room temperature, and a nominal 41 V LED load.

The output current High Limit  $I_{OUT}$  (HL) and Low Limit  $I_{OUT}$  (LL) were incorporated based on the USA NEMA publication SSL6-2010 section 4 page 9 for dimming performance system requirements for reference. The standard however refers to 120 VAC operating input voltage and pertains to the limits as relative light output. The limits incorporated on the succeeding graphs assumes that 100% relative light output falls on the maximum operating output current of 360 mA and 0 mA as 0% light output, and input line of 120 VAC, 60 Hz.

### 11.1 Agilent 6812B AC 소스로 시뮬레이션한 리딩 엣지 디머를 사용할 때의 디밍 곡선

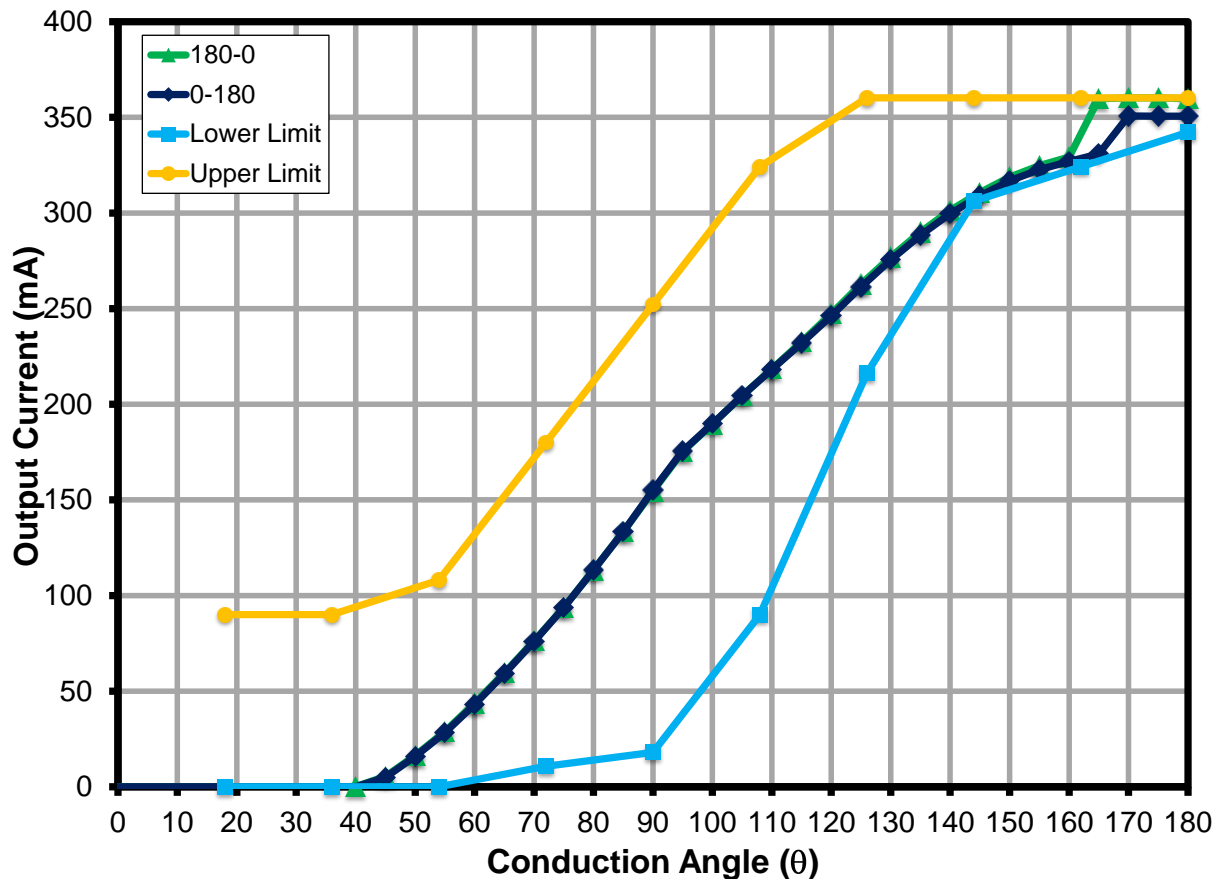


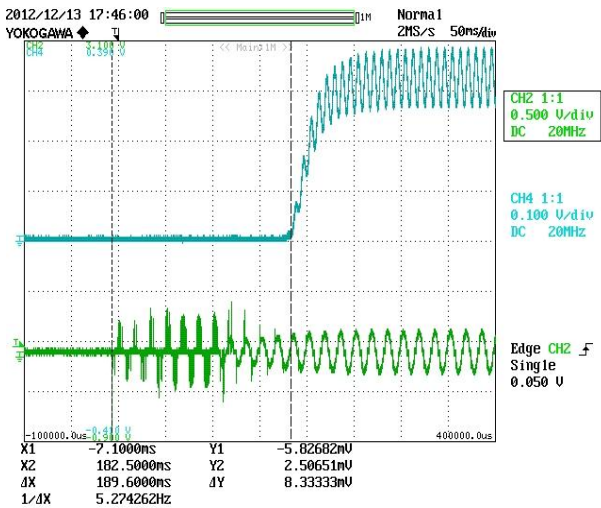
Figure 21 – Dimming Curve at 120 VAC, 60 Hz Input.



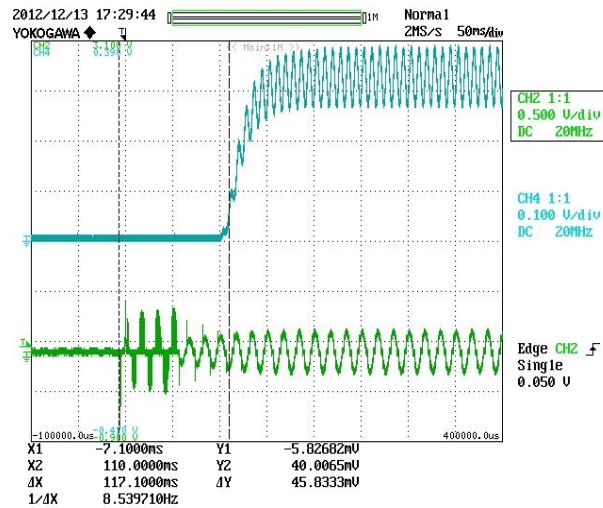
**11.2 TRIAC 기반 디머를 사용한 빠른 스타트업(<200ms)**

Using a TRIAC-based U.S. dimmer model NT-600 (Lutron) with thumb-wheel adjust set to minimum turn-on (i.e. <30 degrees) which guarantees the LED driver is off when it is switched to ON position. The test was made by turning/sliding the dimmer knob as quickly as possible from minimum to maximum position then measuring the time from the point the dimmer started conducting to the point the output current started rising.

Input voltage: 120 VAC / 60 Hz



**Figure 22** – Measured Start-up Time 189 ms.  
 Flicking the Switch ON, Dimmer at Full Conduction.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $I_{IN}$ , 500 mA, 50 ms / div.



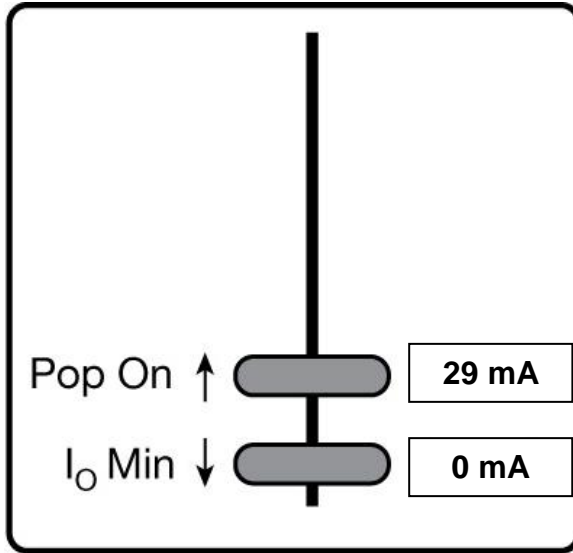
**Figure 23** – Measured Start-up Time 117 ms.  
 Quickly Sliding the Knob from Minimum to Full Conduction.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $I_{IN}$ , 500 mA, 50 ms / div.



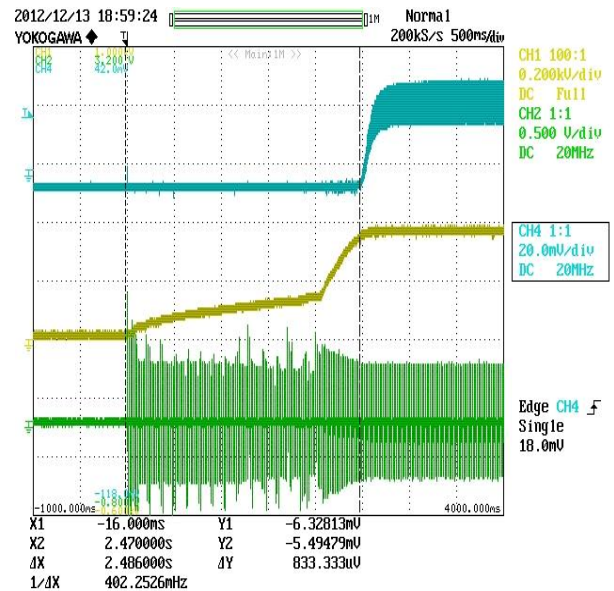
**11.3 TRIAC 기반 디머를 사용할 때의 팝온 포인트**

Pop-on per NEMA SSL-6 definition is lowest dimmer setting above minimum at which the lamp transitions from off to dimmed.

This particular test was conducted using 120 V / 60 Hz TRIAC dimmer model NT-600 (LUTRON dimmer).



**Figure 24** – 42° Conduction Angle was Measured at Pop-on Point.



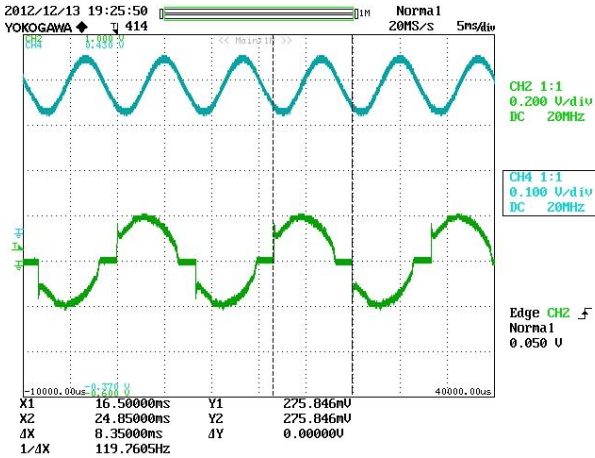
**Figure 25** – 42° Conduction Angle at Pop-on Point.  
 Upper: I<sub>OUT</sub>, 20 mA / div.  
 Middle: V<sub>OUT</sub>, 200 V / div.  
 Lower: I<sub>IN</sub>, 0.5 A / div., 500 ms / div.

11.4 디머를 사용할 때의 출력 전류 및 입력 전류 파형

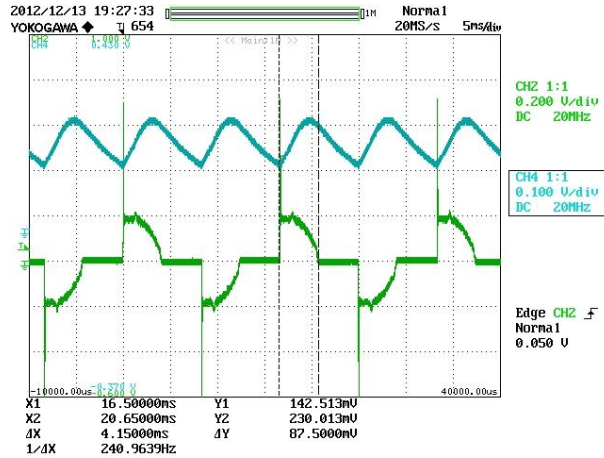
Input: 120 VAC, 60 Hz Utility Line

Output: 41 V LED Load

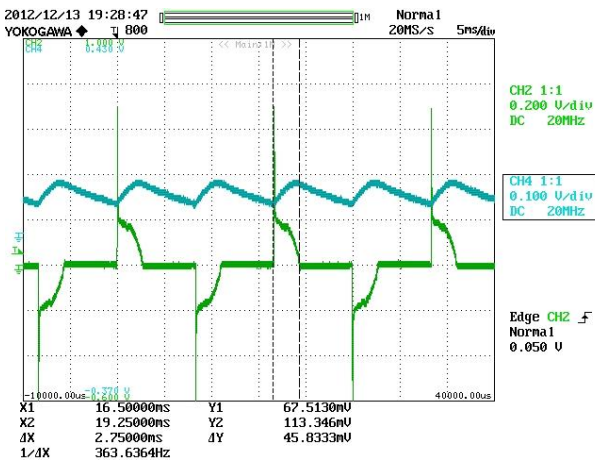
Dimmer: LUTRON NT-600



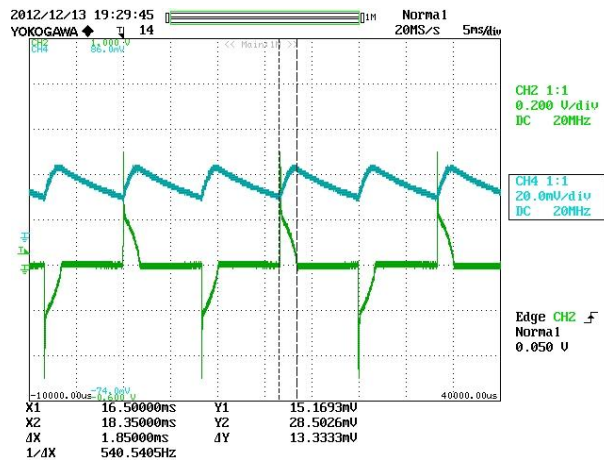
**Figure 26** – 144° Conduction Angle.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Lower:  $I_{IN}$ , 200 mA, 5 ms / div.



**Figure 27** – 90° Conduction Angle.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Lower:  $I_{IN}$ , 200 mA, 5 ms / div.



**Figure 28** – 60° Conduction Angle.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Lower:  $I_{IN}$ , 200 mA, 5 ms / div.



**Figure 29** – 40° Conduction Angle.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 20 mA / div.  
Lower:  $I_{IN}$ , 200 mA, 5 ms / div.



### 11.5 호환성 목록

The following U.S. TRIAC-based dimmers were tested with programmable AC source (120 VAC, 60 Hz) and 41 V LED load.

| Dimmer Brand | Type       | Remarks  | Power | Part Number      | I <sub>MIN</sub> (mA) | I <sub>MAX</sub> (mA) | Dim Ratio |
|--------------|------------|--|-------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| LUTRON       | L          | Lutron 600-Watt Slide Dimmer LG-600PH-LA   | 600W  | LG-600PH-WH      | 0.1                   | 277                   | 2700      |
| LUTRON       | L          | Lutron Skylark Incandescent 600W 3-Way Preset Dimmer with On/Off   | 600W  | S-603P-WH        | 0.1                   | 293                   | 2930      |
| LUTRON       | T          | Lutron SLV-600P-WH 600-Watt Skylark Magnetic Low-Voltage Single-Pole Dimmer  | 600W  | SLV600P-WH       | 0.1                   | 291                   | 2910      |
| LUTRON       | L          | Slide-to-Off Single Pole Skylark Dimmer Switch (RFI suppression)   | 600W  | S-600-WH         | 0.1                   | 318                   | 3180      |
| LUTRON       | L          | Lutron Skylark 5-Amp White Gloss Dimmer  | 600W  | S-600PH-WH       | 0.1                   | 296                   | 2960      |
| LUTRON       | L          | Cfl&led Dimmer, Paddle/slide, 120V, 600W   | 600W  | DVWCL-153-PLH-WH | 14                    | 302                   | 21        |
| LUTRON       | L          | 600W Diva Dimmer, 3-Way - Ivory  | 600W  | DV-603P-WH       | 0.1                   | 278                   | 2780      |
| LUTRON       | L          | Lutron Diva DV-600P-WH Incand 600 Watt Single Pole Light Dimmer in White   | 600W  | DV-600P-WH       | 0.1                   | 278                   | 2780      |
| LUTRON       | L          | Ivry Toggle Dimmer 1p Preset   | 600W  | TG-600PH-WH      | 0.1                   | 287                   | 2870      |
| LUTRON       | T          | Lutron Ariadni AY-600P-WH Incand Preset 600 Watt Single Pole Light Dimmer in White                                   | 600W  | AY-600P-WH       | 15                    | 305                   | 20        |
| LUTRON       | L          | Glyder Incandescent Single Pole 600 Watts Preset Dimmer, White   | 600W  | GL-600P-WH       | 0.1                   | 290                   | 2900      |
| LEVITON      | L          | SureSlide 600W Incandescent Dimmer   | 600W  | R62-06633-1LW    | 0.1                   | 325                   | 3250      |
| LEVITON      | L          | SureSlide 600W Incandescent Slide Dimmer, Single-Pol   | 600W  | R62-06631-1LW    | 0.1                   | 310                   | 3100      |
| LEVITON      | L          | IllumaTech Incandescent Preset Slide Dimmer  | 600W  | R60-IP106-1LM    | 62                    | 326                   | 5         |
| LEVITON      | Electronic | I 500 W, 120 VAC, Decora Brand Style 4 Level Dimmer  | 500W  | R52-06161-00W    | 41                    | 312                   | 8         |
| LEVITON      | L          | IllumaTech Rotary Controls 120V AC 60Hz  | 600W  | R52-RPI06-1LW    | 0.1                   | 334                   | 3340      |
| LEVITON      | L          | A Push On and Push Off Dimmer  | 600W  | R60-06681-0LW    | 0.1                   | 269                   | 2690      |
| LEVITON      | L          | Leviton 600-Watt 3-Way Lighted White/Ivory Push Dimmer   | 600W  | R60-06684-1LW    | 0.1                   | 354                   | 3540      |
| LEVITON      |            |  | 600W  | 6683             | 0.1                   | 354                   | 3540      |
| LEVITON      | L          | SURESLIDE" MAGNETIC LOW VOLTAGE DIMMER *600VA, 120V AC, 60Hz   | 450W  | R02-06613-PLW    | 0.1                   | 322                   | 3220      |
| COOPER       |            |  |       | SLC03P-W-K-L     | 0.1                   | 302                   | 3020      |
| LUTRON       | L          | Lutron 15-Amp White Slide Dimmer   | 600W  | GL-600-WH        | 0.1                   | 317                   | 3170      |
| LUTRON       | L          | Diva, Screw Base Compact Fluorescent Dimming with Philips® DIMMABLE Energy Saver CFL, Single Pole/3-Way, 200W, White | 200W  | DVPDC-203P-WH    | 148                   | 322                   | 2         |
| LUTRON       | L          | Lyneo Lx Single Pole Dimmer 600W   | 500W  | LX-600PL-wh      | 31                    | 312                   | 10        |
| LUTRON       | L          | Single Pole - Incandescent - Push On/Off - 600 Watt - White  | 600W  | D-600P-WH        | 0.1                   | 292                   | 2920      |
| LUTRON       |            |  | 600W  | CTCL-153PDH      | 9                     | 301                   | 34        |
| LUTRON       |            |  | 600W  | S-600P           | 0.1                   | 294                   | 2940      |



|        |   |   |      |              |     |     |      |
|--------|---|---|------|--------------|-----|-----|------|
| LUTRON |   |   |      | TGLV-600P    | 0.1 | 292 | 2920 |
| LUTRON |   |   | 450W | TGLV-600PR   | 0.1 | 288 | 2880 |
| LUTRON | L | Lutron Diva Satin 5-Amp Desert Stone Preset Dimmer  | 300W | TT-300NLH-WH | 0.1 | 316 | 3160 |
| LUTRON | L | Lutron Credenza 300-Watt White Lamp Dimmer  | 300W | TT-300H-WH   | 0.1 | 316 | 3160 |
| LUTRON |   |   |      | S-600P       | 0.1 | 298 | 2980 |
| LUTRON |   |   |      | S-600P       | 0.1 | 323 | 3230 |
| COOPER |   |   |      | S106P        | 0.1 | 307 | 3070 |
| LUTRON |   | Skylark, Dimmers with On/Off Switch, Incandescent/Halogen, 3-Way, 1000W, White                                  | 1000 | S-103P-WH    | 55  | 315 | 5    |
| LUTRON |   | Skylark, Dimmers with On/Off Switch, Incandescent/Halogen, Single Pole, 1000W, White                            | 1000 | S-10P-WH     | 35  | 312 | 9    |
| LUTRON |   | Skylark, Dimmers with On/Off Switch & Locator Light, Incandescent/Halogen, Single Pole, 600W, White             | 600  | S-600PNLH-WH | 0.1 | 300 | 3000 |
| LUTRON |   | Skylark, Dimmers with On/Off Switch & Locator Light, Incandescent/Halogen, 3-Way, 600W, White                   | 600  | S-603PNL-WH  | 0.1 | 300 | 3000 |
| LUTRON |   | Skylark, Dimmers with On/Off Switch, Magnetic Low Voltage, 3-Way, 600VA, White                                  | 600  | SLV-603P-WH  | 0.1 | 287 | 2870 |
| LUTRON |   | Skylark, Slide-To-Off Dimmers, Incandescent/Halogen, Eco-Dim, Single Pole/3-Way, 600W, Clamshell Packing, White | 600  | S-603PGH-WH  | 0.1 | 225 | 2250 |
| LUTRON |   | Ariadni, Dimmers, Magnetic Low Voltage, Single Pole, 600VA, White   | 600  | AYLV-600P-WH | 0.1 | 291 | 2910 |
| LUTRON |   | Ariadni, Dimmers, Magnetic Low Voltage, 3-Way, 600VA, White   | 600  | AYLV-603P-WH | 0.1 | 280 | 2800 |
| LUTRON |   | Ariadni, Dimmers with Locator Light, Incandescent/Halogen, 3-Way, 1000W, White                                  | 1000 | AY-103PNL-WH | 32  | 310 | 9    |
| LUTRON |   | Ariadni, Dimmers, Incandescent/Halogen, 3-Way, 1000W, White   | 1000 | AY-103P-WH   | 30  | 310 | 10   |
| LUTRON |   | Ariadni, Dimmers with Locator Light, Incandescent/Halogen, Single Pole, 1000W, White                            | 1000 | AY-10PNL-WH  | 44  | 330 | 7    |
| LUTRON |   | Ariadni, Dimmers, Incandescent/Halogen, Single Pole, 1000W, White   | 1000 | AY-10P-WH    | 50  | 311 | 6    |
| LUTRON |   | Ariadni, Dimmers with Locator Light, Incandescent/Halogen, 3-Way, 600W, White                                   | 600  | AY-603PNL-WH | 0.1 | 268 | 2680 |
| LUTRON |   | Ariadni, Dimmers, Incandescent/Halogen, Eco-dim, Single Pole/3-Way, 600W, White                                 | 600  | AY-603PG-WH  | 0.1 | 194 | 1940 |
| LUTRON |   | Ariadni, Dimmers, Incandescent/Halogen, 3-Way, 600W, White  | 600  | AY-603P-WH   | 0.1 | 275 | 2750 |
| LUTRON |   | Ariadni, Dimmers with Locator Light, Incandescent/Halogen, Single Pole, 600W, White                             | 600  | AY-600PNL-WH | 0.1 | 283 | 2830 |
| LUTRON |   | Diva, Dimmers with Locator Light, Magnetic Low Voltage, Single Pole, 1000VA, White                              | 1000 | DVLV-10P-WH  | 0.1 | 273 | 2730 |
| LUTRON |   | Diva, Dimmers with Locator Light, Magnetic Low Voltage, 3-Way,  | 1000 | DVLV-103P-WH | 0.1 | 277 | 2770 |





|        |  |  |      |              |     |     |      |
|--------|--|--|------|--------------|-----|-----|------|
|        |  | 1000VA, White  |      |              |     |     |      |
| LUTRON |  | Diva, Dimmers with Locator Light, Magnetic Low Voltage, 3-Way, 600VA, White                    | 600  | DVLV-603P-WH | 0.1 | 278 | 2780 |
| LUTRON |  | Skylark, Slide-To-Off Dimmers, Incandescent/Halogen, Single Pole, 1000W, White                 | 1000 | S-1000-WH    | 0.1 | 315 | 3150 |
| LUTRON |  | Skylark, Dimmers with On/Off Switch, Incandescent/Halogen, Single Pole, 600W, White            | 600  | S-600P-WH    | 0.1 | 290 | 2900 |
| LUTRON |  | Skylark, Dimmers with On/Off Switch & Locator Light, Incandescent/Halogen, 3-Way, 1000W, White | 1000 | S-103PNL-WH  | 52  | 317 | 6    |
| LUTRON |  | Glyder, Slide-To-Off Dimmers, Magnetic Low Voltage, Single Pole, 600W, White                   | 600  | GLV-600-WH   | 0.1 | 313 | 3130 |

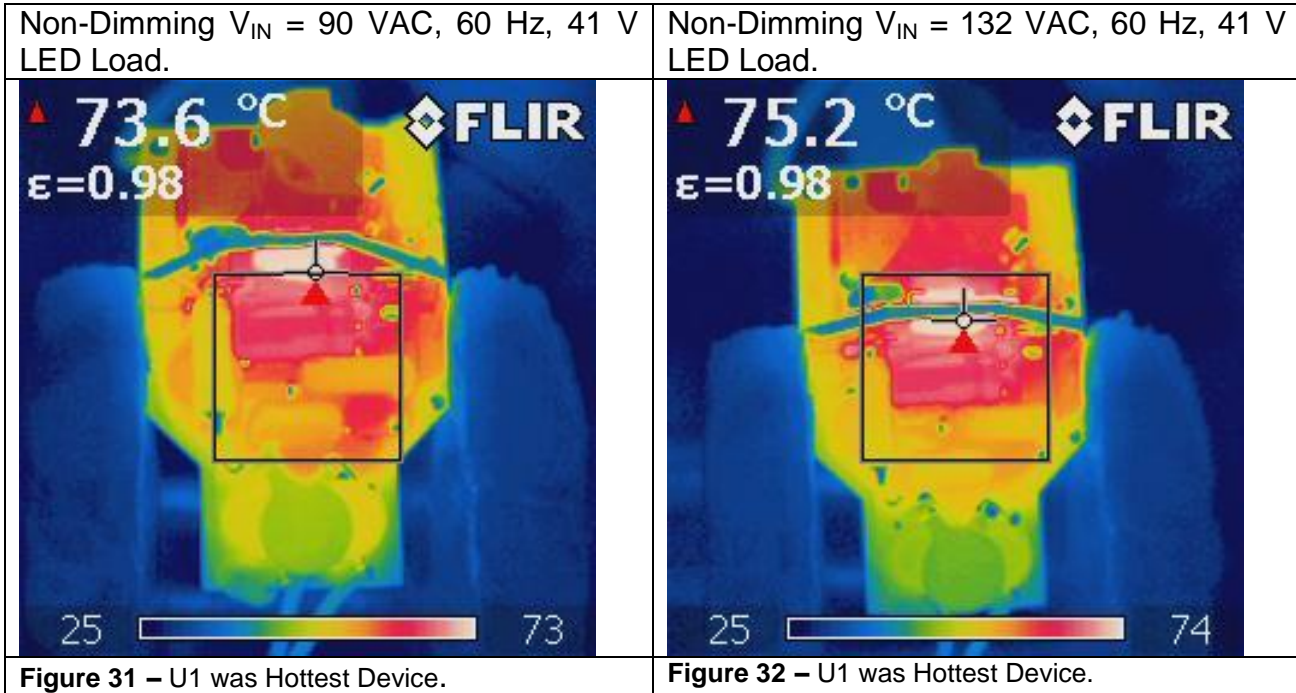
**Figure 30 – U.S. TRIAC-Based Dimmers Compatibility List.**



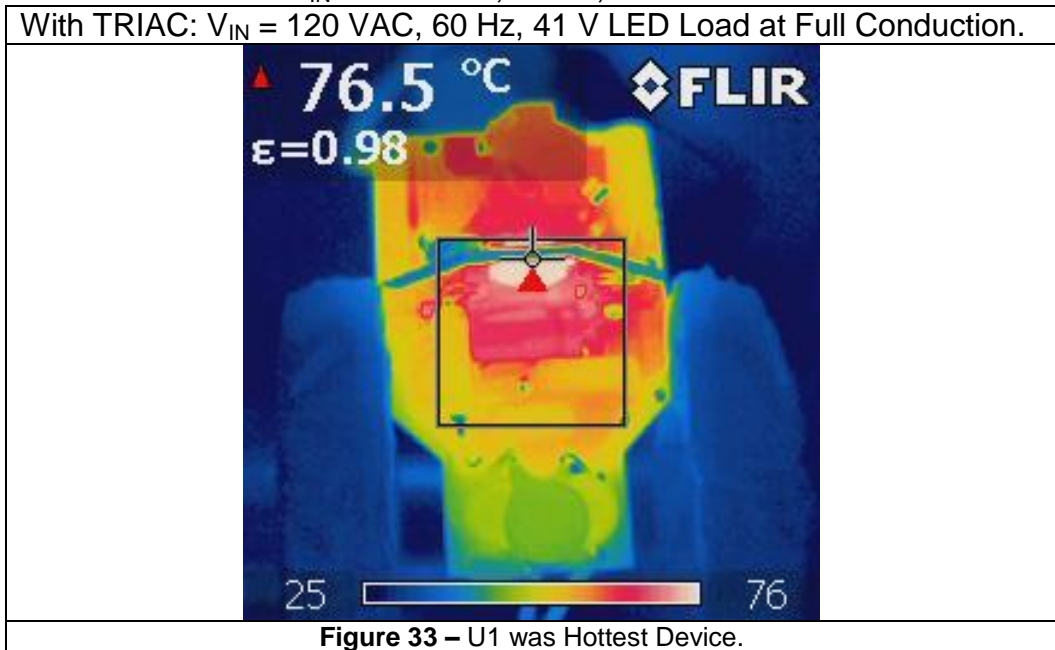
## 12 온도 성능

### 12.1 IR 썬얼 프로파일

Images captured after running for more than 2 hours (25 °C), open frame for the conditions specified.

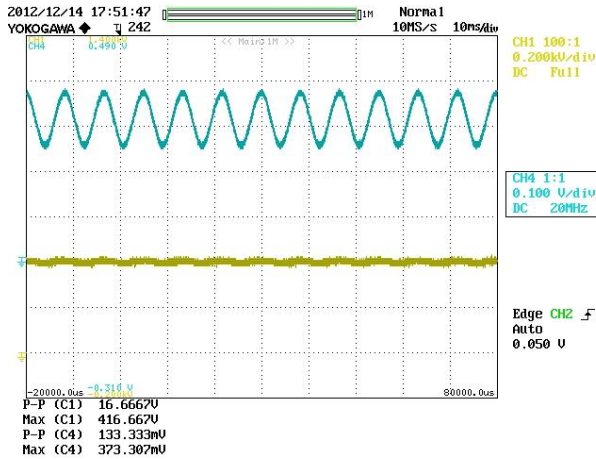


TRIAC Dimmer Connected  $V_{IN} = 120$  VAC, 60 Hz, 41 V LED Load.

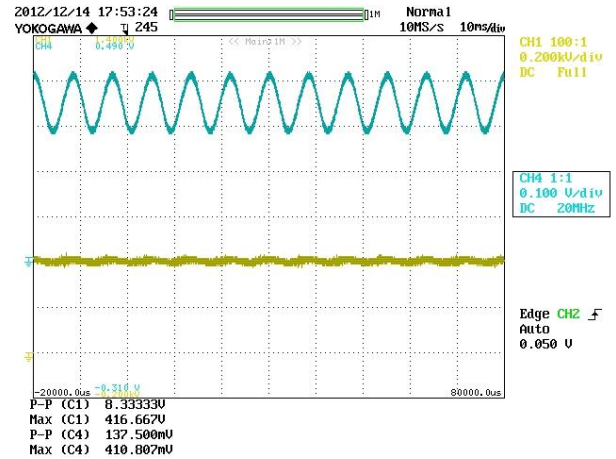


12.2 정상 작동 시 출력 전류 및 출력 전압 파형

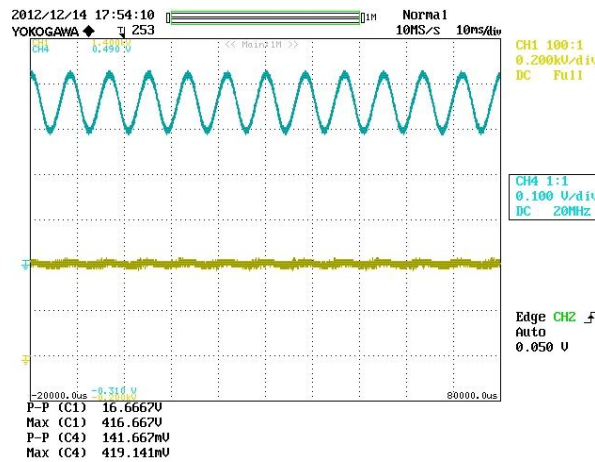
| Input Condition | I <sub>OUT</sub> , Mean (mA) | I <sub>OUT</sub> , Peak to Peak (mA) | I <sub>OUT</sub> Ripple (%) |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 90 VAC, 60 Hz   | 310                          | 133                                  | ±21.4                       |
| 120 VAC, 60 Hz  | 344                          | 138                                  | ±20                         |
| 132 VAC, 60 Hz  | 353                          | 142                                  | ±20.1                       |



**Figure 34 – 90 VAC, 60 Hz Full Load.**  
 Upper: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Lower: V<sub>OUT</sub>, 200 V, 10 ms / div.



**Figure 35 – 120 VAC, 60 Hz Full Load.**  
 Upper: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Lower: V<sub>OUT</sub>, 200 V, 10 ms / div.



**Figure 36 – 132 VAC, 60 Hz Full Load.**  
 Upper: I<sub>OUT</sub>, 100 mA / div.  
 Lower: V<sub>OUT</sub>, 200 V, 10 ms / div.

12.3 스타트업 시 출력 전압 및 출력 전류 파형

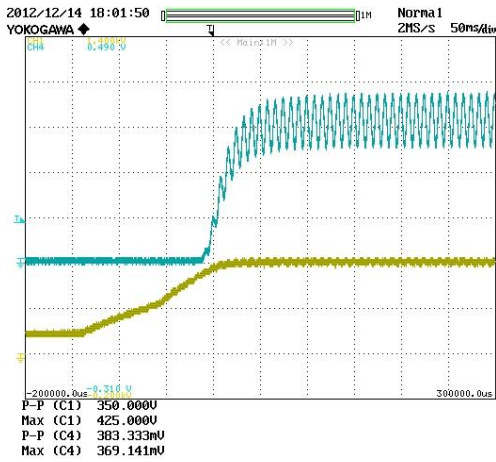


Figure 37 – 90 VAC, 60 Hz.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Lower:  $V_{OUT}$ , 200 V, 50 ms / div.

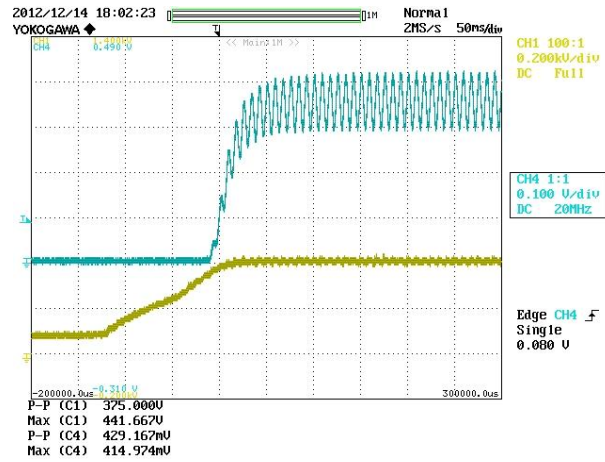


Figure 38 – 132 VAC, 60 Hz.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Lower:  $V_{OUT}$ , 200 V, 50 ms / div.

12.4 정상 작동 시 드레인 전압 및 전류

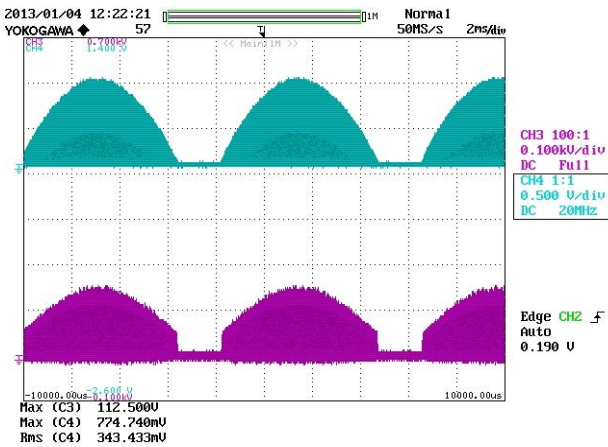
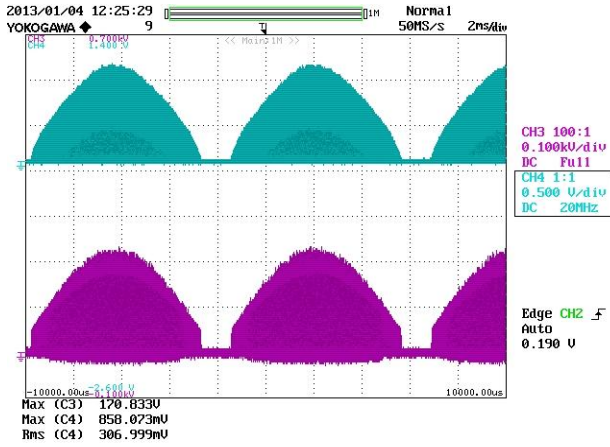


Figure 39 – 90 VAC, 60 Hz.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 2 ms / div.

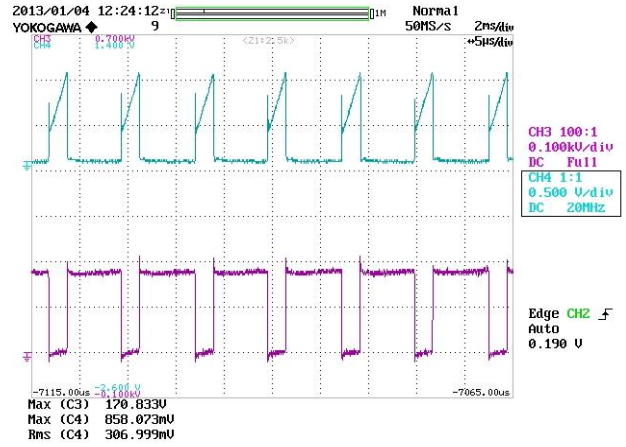


Figure 40 – 90 VAC, 60 Hz.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div., 5 ns / div.



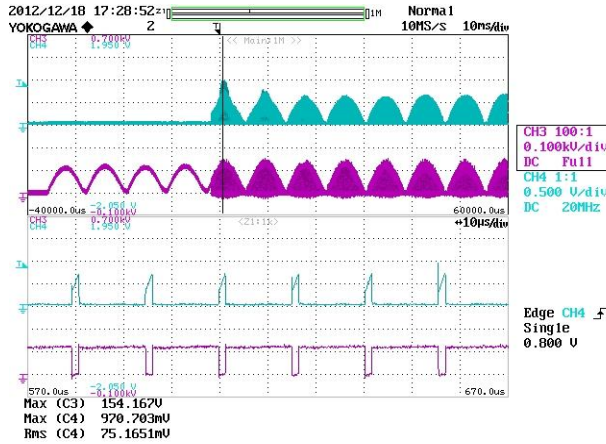


**Figure 41** – 132 VAC, 60 Hz.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.5 A / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 2 ms / div.



**Figure 42** – 132 VAC, 60 Hz.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 0.5 A / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div., 5  $\mu$ s / div.

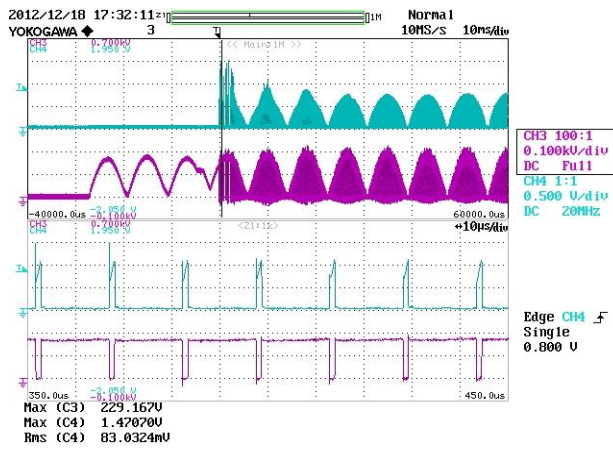
**12.5 스타트업 시 드레인 전압 및 전류**



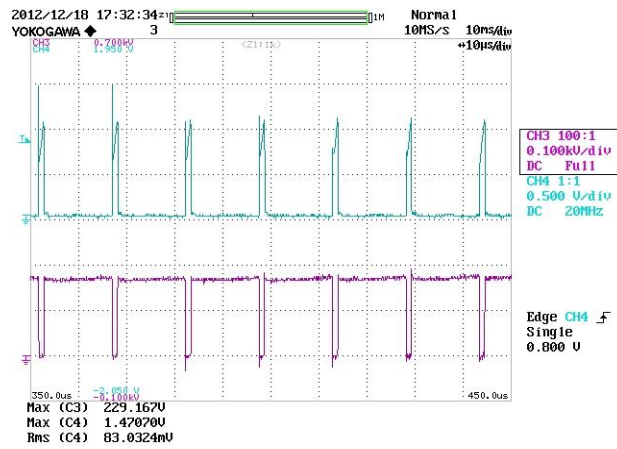
**Figure 43** – 90 VAC, 60 Hz Start-up.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 500 mA / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 10 ms / div.



**Figure 44** – 90 VAC, 60 Hz Start-up.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 500 mA / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 10  $\mu$ s / div.



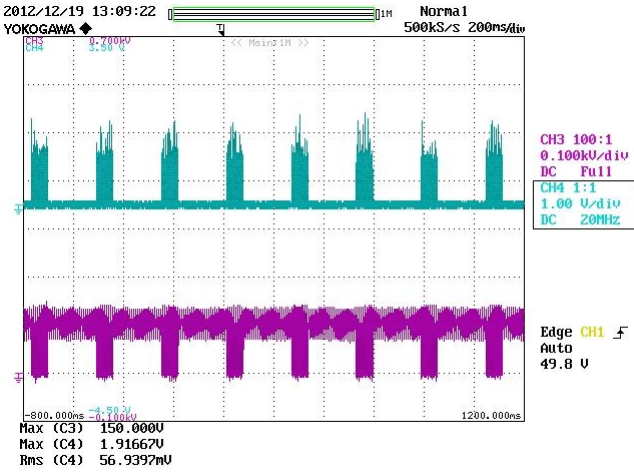
**Figure 45** – 132 VAC, 60 Hz Start-up.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 500 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 10 ms / div.



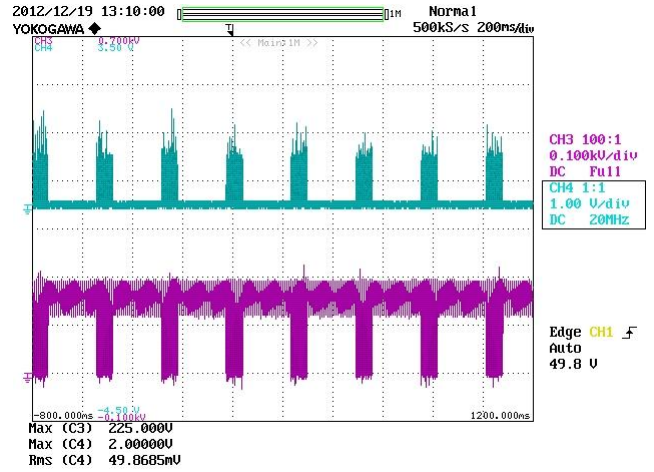
**Figure 46** – 132 VAC, 60 Hz Start-up.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 500 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 10  $\mu$ s / div.

**12.6 출력 단락 상태에서 드레인 전압 및 전류**

During output short condition, the  $I_{FB}$  current falls below the  $I_{FB(AR)}$  threshold and enters the auto-restart condition. During this condition, to minimize power dissipation on the power components, the auto-restart circuit turns the power supply on and off at an auto-restart duty cycle of typically  $DC_{AR}$  for as long as the fault condition persists.



**Figure 47 – 90 VAC, 60 Hz Output Short Condition.**  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 1 A / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 200 ms / div.



**Figure 48 – 132 VAC, 60 Hz Output Short Condition.**  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 1 A / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 200 ms / div.

12.7 정상 작동 시 출력 다이오드 전압 및 전류 파형

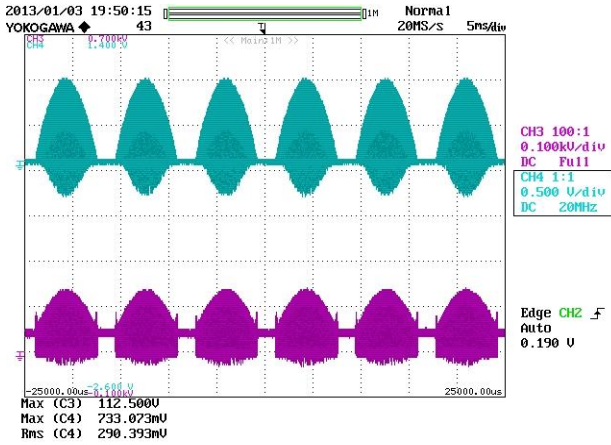


Figure 49 – 90 VAC, 60 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 500 mA / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 100 V, 5 ms / div.

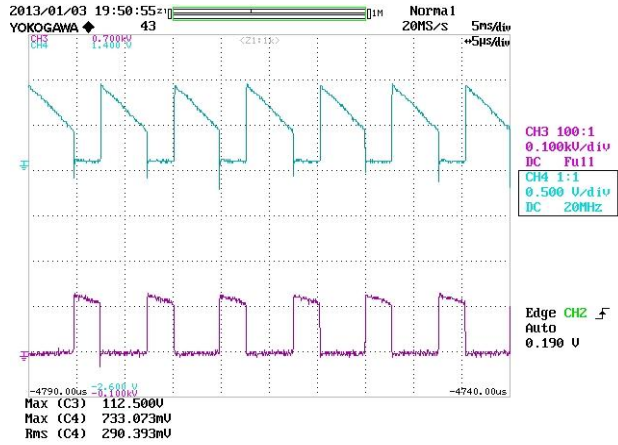


Figure 50 – 90 VAC, 60 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 500  $\mu$ A / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 100 V, 5  $\mu$ s / div.

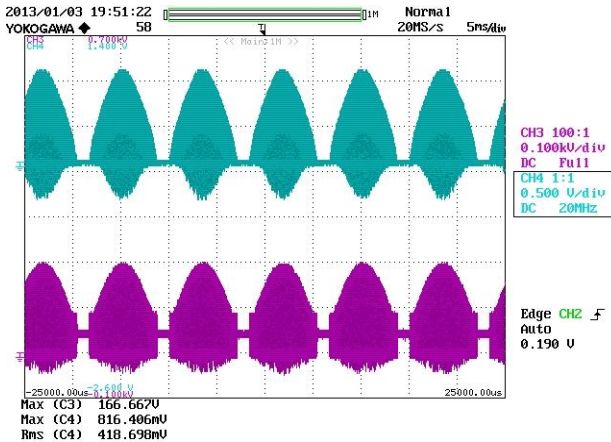


Figure 51 – 132 VAC, 60 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 500 mA / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 100 V, 5 ms / div.

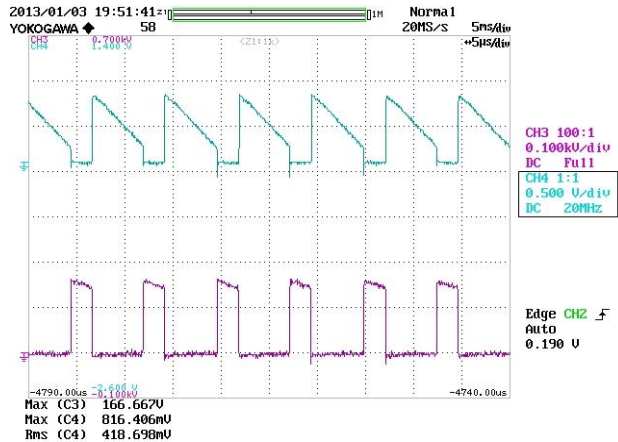
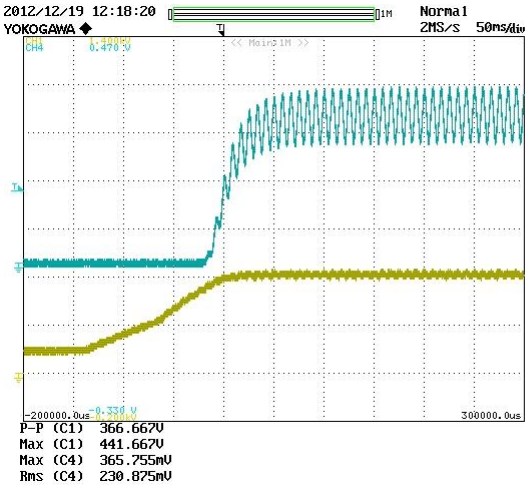


Figure 52 – 132 VAC, 60 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 500 mA / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 100 V, 5  $\mu$ s / div.

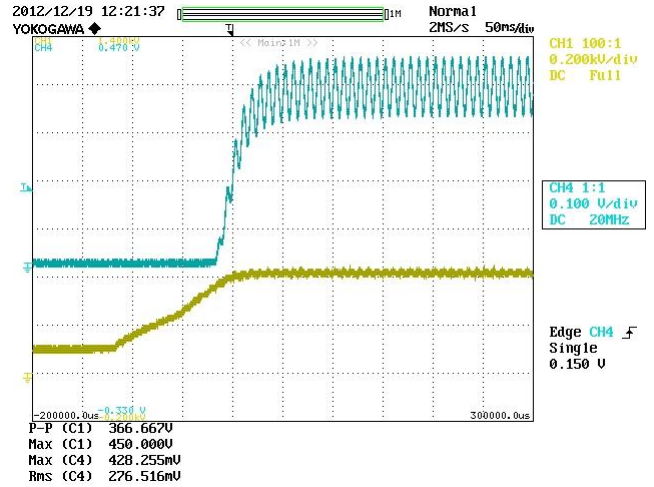




### 12.8 스타트업 프로파일의 출력 전압 및 전류



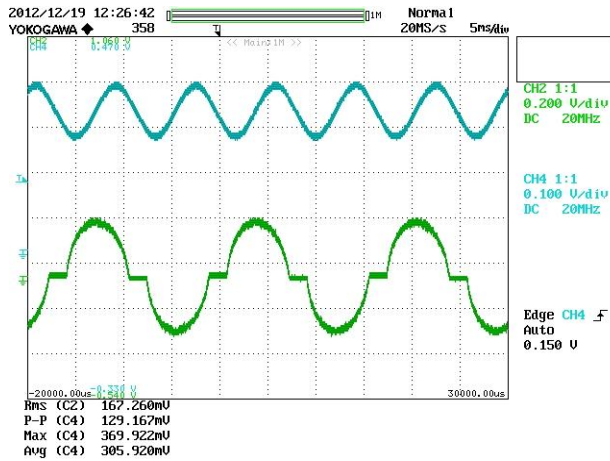
**Figure 53** – 90 VAC, 60 Hz Start-up Condition.  
Upper:  $I_{D5}$ , 0.1 A / div.  
Lower:  $V_{D5}$ , 200 V, 50 ms / div.



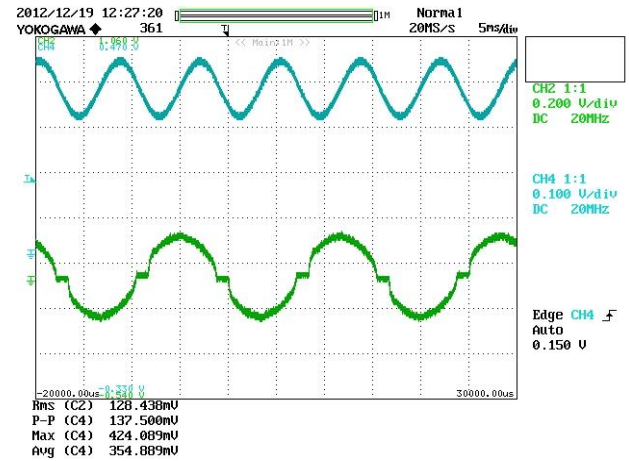
**Figure 54** – 132 VAC, 60 Hz Output Short Condition.  
Upper:  $I_{D5}$ , 0.1 A / div.  
Lower:  $V_{D5}$ , 200 V, 50 ms / div.

## 13 비디밍 파형

### 13.1 출력 전류 및 입력 전류 파형



**Figure 55** – 90 VAC, 41 V LED Load.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Lower:  $I_{IN}$ , 200 mA, 5 ms / div.



**Figure 56** – 132 VAC, 41 V LED Load.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Lower:  $I_{IN}$ , 200 mA, 5 ms / div.



## 14 전도성 EMI

The design met the limits for conducted electromagnetic emission (EMI) with frequency range of 9 kHz to 30 MHz as per described in the CISPR 15 / IEC: 2005 Standard.

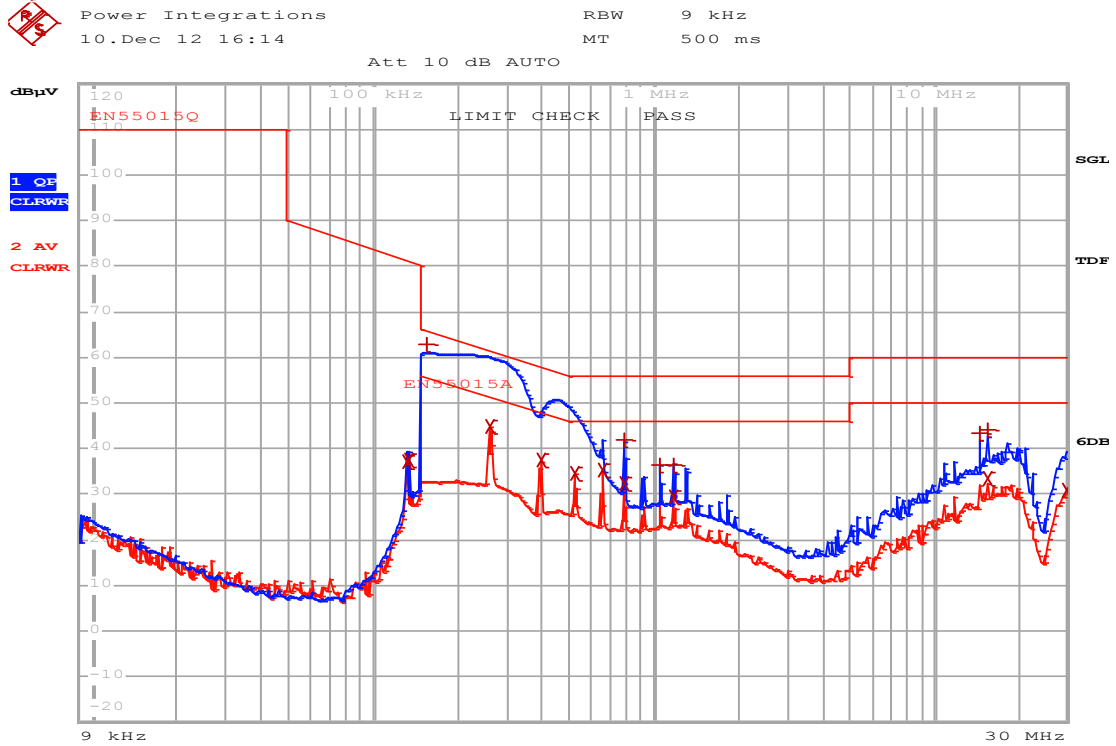
### 14.1 테스트 설정

The unit was tested using 41 V LED load at input voltage of 120 VAC, 60 Hz at room temperature. The unit was placed inside a conical metal housing as shown in Figure 57.



**Figure 57** – EMI Test Set-up with the Unit and LED Load Placed Inside a Conical Metal Housing as Described in CISPR 15 / IEC: 2005 Standard.

14.2 테스트 결과



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)

```

Trace1:      EN55015Q
Trace2:      EN55015A
Trace3:      ---
    
```

| TRACE        | FREQUENCY         | LEVEL dBμV   | DELTA LIMIT dB |
|--------------|-------------------|--------------|----------------|
| 2 Average    | 130.825395691 kHz | 37.10 N gnd  |                |
| 2 Average    | 133.454986145 kHz | 37.53 N gnd  |                |
| 1 Quasi Peak | 154.54515 kHz     | 62.86 L1 gnd | -2.89          |
| 2 Average    | 261.871472881 kHz | 45.01 L1 gnd | -6.35          |
| 2 Average    | 393.789848222 kHz | 37.53 N gnd  | -10.45         |
| 2 Average    | 525.514079005 kHz | 34.65 L1 gnd | -11.34         |
| 2 Average    | 654.11570866 kHz  | 35.15 N gnd  | -10.84         |
| 1 Quasi Peak | 782.418853721 kHz | 41.74 N gnd  | -14.25         |
| 2 Average    | 782.418853721 kHz | 32.34 N gnd  | -13.65         |
| 1 Quasi Peak | 1.04414099339 MHz | 36.45 L1 gnd | -19.54         |
| 1 Quasi Peak | 1.17656420634 MHz | 36.51 L1 gnd | -19.48         |
| 2 Average    | 1.17656420634 MHz | 29.34 L1 gnd | -16.65         |
| 1 Quasi Peak | 14.4411515385 MHz | 43.37 N gnd  | -16.62         |
| 1 Quasi Peak | 15.4828690896 MHz | 44.08 N gnd  | -15.91         |
| 2 Average    | 15.4828690896 MHz | 33.47 N gnd  | -16.52         |
| 2 Average    | 29.8580960942 MHz | 31.03 N gnd  | -18.96         |

Figure 58 – Conducted EMI, 41 V LED Load, 120 VAC, 60 Hz, and EN55015 B Limits.

### 15 라인 서지

The unit was subjected to  $\pm 2500$  V 100 kHz ring wave and  $\pm 500$  V differential surge at 120 VAC using 10 strikes at each condition. A test failure was defined as a non-recoverable interruption of output requiring supply repair or recycling of input voltage.

The unit tested passed both  $\pm 2500$  V 100 kHz ring wave and  $\pm 500$  V differential surge with and without MOV (see Figures 59 and 60). In both conditions unit passed.

| Level (V) | Input Voltage (VAC) | Injection Location | Injection Phase (°) | Type                      | Test Result (Pass/Fail) |
|-----------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------|
| +2500     | 120                 | L1, L2             | 0                   | 100 kHz Ring Wave (500 A) | Pass                    |
| -2500     | 120                 | L1, L2             | 0                   | 100 kHz Ring Wave (500 A) | Pass                    |
| +2500     | 120                 | L1, L2             | 90                  | 100 kHz Ring Wave (500 A) | Pass                    |
| -2500     | 120                 | L1, L2             | 90                  | 100 kHz Ring Wave (500 A) | Pass                    |

| Level (V) | Input Voltage (VAC) | Injection Location | Injection Phase (°) | Type        | Test Result (Pass/Fail) |
|-----------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------|-------------------------|
| +500      | 120                 | L1, L2             | 0                   | Surge (2 □) | Pass                    |
| -500      | 120                 | L1, L2             | 0                   | Surge (2 □) | Pass                    |
| +500      | 120                 | L1, L2             | 90                  | Surge (2 □) | Pass                    |
| -500      | 120                 | L1, L2             | 90                  | Surge (2 □) | Pass                    |

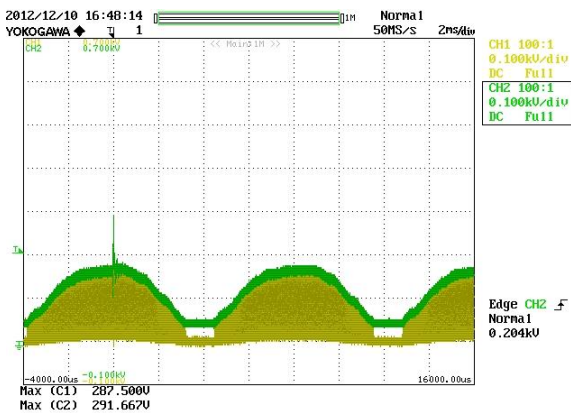


Figure 59 – +2500 V 100 kHz Differential Ring Wave.

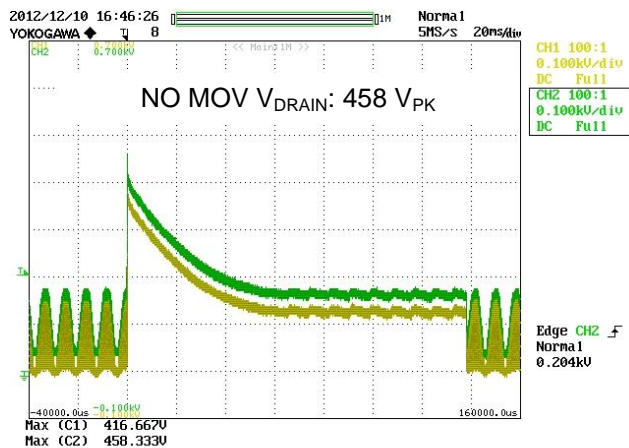


Figure 60 – No MOV +500 V 1.2 □s / 50 □s Differential Surge.



**16 개정 내역**

| Date      | Author | Revision | Description and Changes | Reviewed      |
|-----------|--------|----------|-------------------------|---------------|
| 04-Apr-13 | RM     | 1.0      | Initial release         | Apps and Mktg |
|           |        |          |                         |               |
|           |        |          |                         |               |



**최신 업데이트에 대한 자세한 내용은 당사 웹사이트([www.powerint.com](http://www.powerint.com))를 참고하십시오.**

파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 안정성 또는 생산성 향상을 위하여 언제든지 당사 제품을 변경할 수 있는 권한이 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 여기서 설명하는 디바이스나 회로 사용으로 인해 발생하는 어떠한 책임도 지지 않습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 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(제품의 외장 트랜스포머 구성 및 회로 포함)은 하나 이상의 미국 및 해외 특허의 대상이 되거나 파워 인테그레이션스(Power Integrations)에서 출원 중인 미국 및 해외 특허 신청의 대상이 될 수 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)의 전체 특허 목록은 [www.powerint.com](http://www.powerint.com)에서 확인할 수 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)는 고객에게 <http://www.powerint.com/ip.htm>에 명시된 특정 특허권에 따라 라이선스를 부여합니다.

PI 로고, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, LYTSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, CAPZero, SENZero, LinkZero, HiperPFS, HiperTFS, HiperLCS, Qspeed, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, StackFET, PI Expert 및 PI FACTS 는 Power Integrations, Inc 의 상표입니다. 다른 상표는 각 회사 고유의 자산입니다. ©Copyright 2013 Power Integrations, Inc.

**파워 인테그레이션스(Power Integrations) 전 세계 판매 지원 지역**

|   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| <p><b>세계 본사</b><br/>5245 Hellyer Avenue<br/>San Jose, CA 95138, USA.<br/>본사 전화: +1-408-414-9200<br/>고객 서비스:<br/>전화: +1-408-414-9665<br/>팩스: +1-408-414-9765<br/>전자 메일: <a href="mailto:usasales@powerint.com">usasales@powerint.com</a></p>   | <p><b>독일</b><br/>Lindwurmstrasse 114<br/>80337, Munich<br/>Germany<br/>전화: +49-895-527-39110<br/>팩스: +49-895-527-39200<br/>전자 메일: <a href="mailto:eurosales@powerint.com">eurosales@powerint.com</a></p>                                | <p><b>일본</b><br/>Kosei Dai-3 Building<br/>2-12-11, Shin-Yokohama,<br/>Kohoku-ku, Yokohama-shi,<br/>Kanagawa 222-0033<br/>Japan<br/>전화: +81-45-471-1021<br/>팩스: +81-45-471-3717<br/>전자 메일: <a href="mailto:japansales@powerint.com">japansales@powerint.com</a></p> | <p><b>대만</b><br/>5F, No. 318, Nei Hu Rd.,<br/>Sec. 1<br/>Nei Hu District<br/>Taipei 11493, Taiwan R.O.C.<br/>전화: +886-2-2659-4570<br/>팩스: +886-2-2659-4550<br/>전자 메일: <a href="mailto:taiwansales@powerint.com">taiwansales@powerint.com</a></p>            |
| <p><b>중국(상하이)</b><br/>Rm 1601/1610, Tower 1,<br/>Kerry Everbright City<br/>No. 218 Tianmu Road West,<br/>Shanghai, P.R.C. 200070<br/>전화: +86-21-6354-6323<br/>팩스: +86-21-6354-6325<br/>전자 메일: <a href="mailto:chinasales@powerint.com">chinasales@powerint.com</a></p>                                    | <p><b>인도</b><br/>#1, 14<sup>th</sup> Main Road<br/>Vasanthanagar<br/>Bangalore-560052<br/>India<br/>전화: +91-80-4113-8020<br/>팩스: +91-80-4113-8023<br/>전자 메일: <a href="mailto:indiasales@powerint.com">indiasales@powerint.com</a></p>   | <p><b>한국</b><br/>RM 602, 6FL<br/>Korea City Air Terminal B/D,<br/>159-6<br/>Samsung-Dong, Kangnam-Gu,<br/>Seoul, 135-728 Korea<br/>전화: +82-2-2016-6610<br/>팩스: +82-2-2016-6630<br/>전자 메일: <a href="mailto:koreasales@powerint.com">koreasales@powerint.com</a></p> | <p><b>유럽 본사</b><br/>1st Floor, St. James's House<br/>East Street, Farnham<br/>Surrey GU9 7TJ<br/>United Kingdom<br/>전화: +44 (0) 1252-730-141<br/>팩스: +44 (0) 1252-727-689<br/>전자 메일: <a href="mailto:eurosales@powerint.com">eurosales@powerint.com</a></p> |
| <p><b>중국(셴젠)</b><br/>3rd Floor, Block A,<br/>Zhongtuo International Business<br/>Center, No. 1061, Xiang Mei Rd,<br/>FuTian District, ShenZhen,<br/>China, 518040<br/>전화: +86-755-8379-3243<br/>팩스: +86-755-8379-5828<br/>전자 메일: <a href="mailto:chinasales@powerint.com">chinasales@powerint.com</a></p> | <p><b>이탈리아</b><br/>Via Milanese 20, 3<sup>rd</sup>. Fl.<br/>20099 Sesto San Giovanni<br/>(MI) Italy<br/>전화: +39-024-550-8701<br/>팩스: +39-028-928-6009<br/>전자 메일: <a href="mailto:eurosales@powerint.com">eurosales@powerint.com</a></p> | <p><b>싱가포르</b><br/>51 Newton Road,<br/>#19-01/05 Goldhill Plaza<br/>Singapore, 308900<br/>전화: +65-6358-2160<br/>팩스: +65-6358-2015<br/>전자 메일: <a href="mailto:singaporesales@powerint.com">singaporesales@powerint.com</a></p>                                      | <p><b>애플리케이션 문의 전화</b><br/>전 세계 통합 번호 +1-408-414-9660</p> <p><b>애플리케이션 문의 팩스</b><br/>전 세계 통합 번호 +1-408-414-9760</p>   |

