

## 디자인 예제 보고서

제목	<b>14.35W 고효율(&gt;86%) 고역률(&gt;0.95) TRIAC 디머블 비절연 탭 백 LED 드라이버 (LYTSwitch™-4 LYT4322E 사용)</b>
사양	195VAC – 265VAC 입력, 41 V <sub>TYP</sub> , 350 mA 출력
애플리케이션	PAR30 LED 드라이버
작성자	애플리케이션 엔지니어링 부서
문서 번호	DER-395
날짜	2014 년 2 월 27 일
개정	1.0

### 요약 및 기능

- 일체형(single-stage) 역률 보정과 정전류(CC) 출력 조합
- 230VAC에서 효율 > 86%
- TRIAC 디머블
  - 다양한 종류의 TRIAC 디머와 호환 가능
- 낮은 비용, 적은 부품 수, 소형 PCB
- 빠른 스타트업 시간(<200ms) - 인지되는 지연 시간 없음
- 내장된 보호 및 안정성 기능
  - 오토 리커버리 기능으로 출력 단락 회로 보호
  - 큰 히스테리시스(Hysteresis)가 있는 오토 리커버리 써멀 섯다운
  - 브라운아웃 상태에서 손상 없음
  - 입력 과전압 보호
- 230VAC에서 PF > 0.95
- EN55015 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

### 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)

인테그레이션스(Power Integrations)는 고객에게 <<http://www.powerint.com/ip.htm>>에 명시된 특정 특허권에 따라 라이선스를 부여합니다.



## 목차

1	소개.....	5
2	파워 서플라이 사양 .....	7
3	회로도.....	8
4	회로 설명 .....	9
4.1	입력 EMI 필터링 .....	9
4.2	전력 회로 .....	9
4.3	바이어스 전압 및 출력 피드백.....	10
4.4	TRIAC 위상 디밍 컨트롤 호환성 .....	10
5	PCB 레이아웃 .....	12
6	BOM.....	13
7	인덕터 사양.....	14
7.1	전기적 구성도 .....	14
7.2	전기적 사양.....	14
7.3	재료 .....	14
7.4	인덕터 제작 구성도 .....	15
7.5	인덕터 구성.....	15
8	인덕터 디자인 스프레드시트.....	16
9	성능 데이터.....	19
9.1	효율 .....	19
9.2	입력 및 부하 레귤레이션.....	20
9.3	역률 .....	22
9.4	A-THD.....	23
9.5	고조파.....	24
9.6	테스트 데이터 .....	25
9.6.1	테스트 데이터, 38V LED 부하.....	25
9.6.2	테스트 데이터, 41 V LED 부하.....	25
9.6.3	테스트 데이터, 44 V LED 부하.....	25
10	디밍 성능 데이터 .....	26
10.1	리딩 엷지형 디머의 디밍 곡선 .....	26
10.2	디머 호환성 목록 .....	27
11	써멀 성능.....	29
11.1	오픈 프레임 측정 .....	29
11.1.1	비디밍 $V_{IN} = 195VAC, 50Hz, 41V LED$ 부하 .....	29
11.1.2	비디밍 $V_{IN} = 265VAC, 50Hz, 41V LED$ 부하 .....	30
11.2	실제 LED 인클로저에서 열 측정 .....	31
12	비디밍 파형 .....	32
12.1	입력 전압 및 입력 전류 파형.....	32
12.2	정상 작동 시 출력 전류 및 출력 전압 .....	32
12.3	스타트업 시 입력 전압 및 출력 전류 파형 .....	33



12.4	정상 작동 시 드레인 전압 및 전류 .....	33
12.5	스타트업 드레인 전압 및 전류 .....	35
12.6	출력 단락 상태에서의 드레인 전류 및 드레인 전압 .....	36
12.7	출력 다이오드 전류 및 전압 파형 .....	37
12.8	출력 다이오드 전류 및 전압 스타트업 파형 .....	38
12.9	출력 다이오드 전류 및 전압 회로 단락 파형 .....	38
12.10	브라운아웃 .....	39
12.11	라인 과도 .....	40
13	디밍 파형 .....	41
13.1	입력 전압 및 입력 전류 파형 .....	41
13.2	출력 전류 파형 .....	42
14	전도성 EMI .....	43
14.1	테스트 설정 .....	43
15	라인 서지 테스트 .....	45
16	부록 .....	47
16.1	액티브 댐퍼 회로도 .....	47
16.2	회로 설명 .....	48
16.3	효율성 데이터 .....	48
16.3.1	댐퍼 없음 .....	48
16.3.2	액티브 댐퍼 사용 .....	48
16.4	BOM(액티브 댐퍼) .....	49
17	개정 내역 .....	50

**중요 사항:** 이 기판은 안전 절연거리 요구 사항에 맞도록 디자인되었지만 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, 195VAC~265VAC(50Hz 일반)의 입력 전압 범위에서 41V 정격 LED 스트링 전압을 구동하도록 설계된 비절연형, 고역률(PF), 고효율 TRIAC 디머블 LED 드라이버에 대해 설명합니다.

사용된 토폴로지는 고역률, 정전류 레귤레이션 및 디밍 관련 요구 사항을 충족하는 일체형(single-stage) 비절연 탭 백입니다.

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

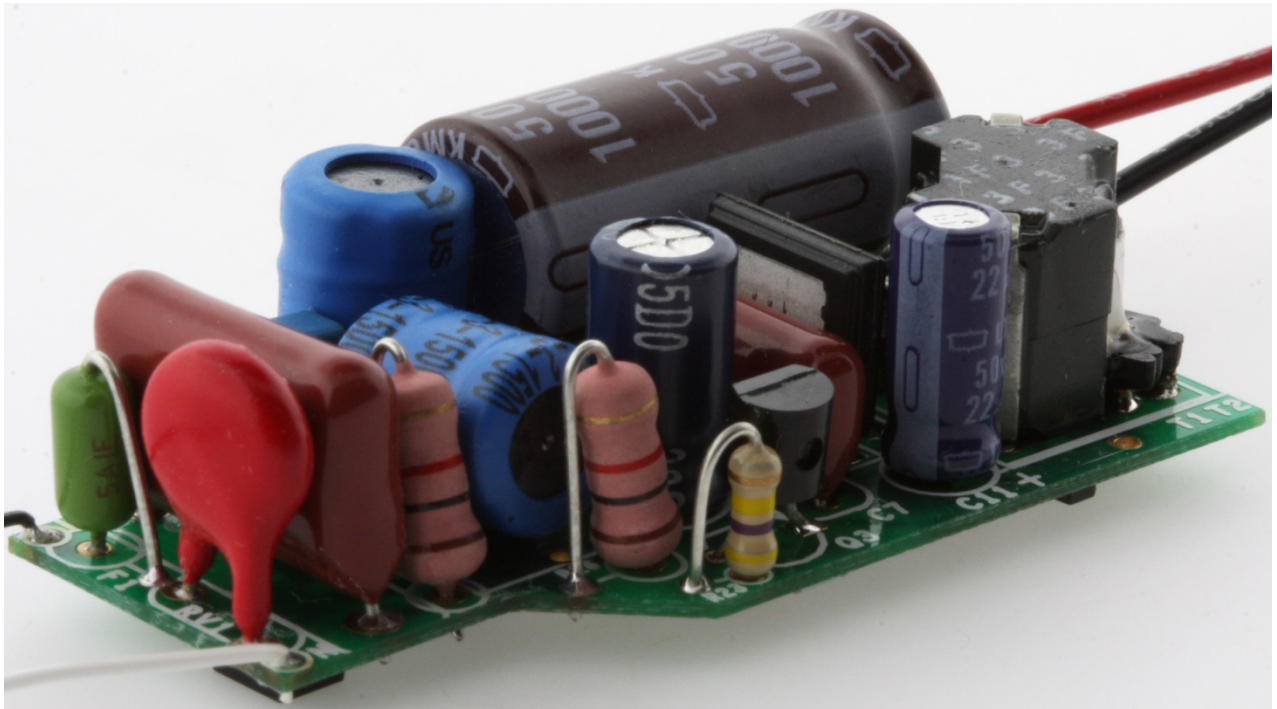


Figure 1 – Populated Circuit Board, Angle View.





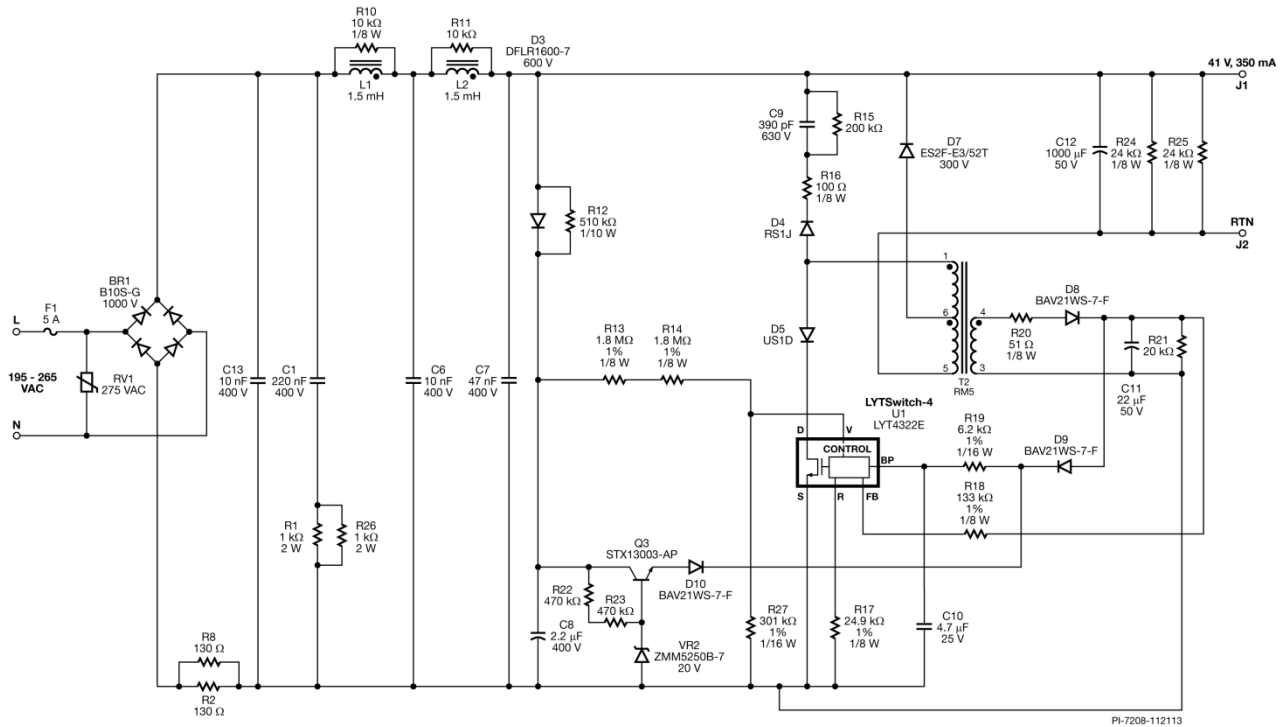
## 2 파워 서플라이 사양

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

설명	기호	최소	일반	최대	단위	설명
입력 전압 주파수	$V_{IN}$ $f_{LINE}$	195	230 50/60	265	VAC Hz	2 선식 - P.E. 없음
출력 출력 전압 출력 전류 총 출력 전력 연속 출력 전력	$V_{OUT}$ $I_{OUT}$ $P_{OUT}$	38	41 350 14.35	44	V mA W	$V_{OUT} = 41V, V_{IN} = 230VAC, 25^{\circ}C$
효율 플루하	$\eta$		86		%	$P_{OUT}$ 25°C 에서 측정
환경 전도성 EMI 안정성 링 웨이브(100kHz) 디퍼렌셜 모드(L1-L2) 커먼 모드(L1/L2-PE) 디퍼렌셜 서지			CISPR 15B/EN55015B 비절연			
			2.5		kV	
			500		V	
역률		0.9				$V_{OUT(TYP)}, I_{OUT(TYP)}$ 및 230VAC, 50Hz 에서 측정
고조파 전류		EN 61000-3-2 클래스 C				
주변 온도	$T_{AMB}$		40		°C	



3 회로도





## 4 회로 설명

LYT4322E(U1)는 LED 드라이버 애플리케이션에서 사용하도록 설계된 고집적 1 차측 컨트롤러입니다. 이 컨트롤러는 일체형 변환 단계에서 입력 범위(195VAC~265VAC)의 출력 전류를 레귤레이션하면서 동시에 고역률을 제공합니다. 이 기능을 제어하는 모든 컨트롤 회로와 고전압 파워 MOSFET 가 IC 에 통합되어 있습니다.

### 4.1 입력 EMI 필터링

퓨즈 F1은 부품이 고장나지 않도록 보호하고 RV1은 라인 서지 중에 최대 전압을 제한하도록 클램핑합니다. 브릿지 정류기 BR1은 AC 입력 전압을 정류합니다.

인덕터 L1, L2와 커패시터 C6, C7, C13은 EMI 필터링을 제공합니다. L1 및 L2의 저항 R10과 R11은 해당 공진 주파수에서의 전도성 EMI 플롯의 노이즈 피크를 방지하기 위해 인덕터의 자기 공진을 댐핑합니다.

선택된 인덕터는 자기 차폐되어있지 않고 서로 인접하여 직렬로 연결됩니다. 일관된 EMI 성능을 내기 위해 L1과 L2 사이의 자기 커플링 효과가 레이아웃에 신중하게 고려되었습니다. 이 설계에서 L1은 L2에 수직으로 장착되며 권선의 시작과 끝이 제어되며 회로도 와 PCB에서 도트로 표시됩니다. (시작 및 끝 권선에 대한 자세한 내용은 인덕터 제조사 데이터 시트를 참조하십시오.)

### 4.2 전력 회로

이 설계에서 선택한 토폴로지는 195VAC~265VAC 의 입력 전압 범위에서 고역률 및 정전류 출력을 제공하도록 구성된 로우 사이드 탭 백입니다.

탭 백 컨버터는 트랜스포머 소형화, 메인 스위치 U1 의 전류 스트레스 감소, 출력 다이오드 D7 의 전압 스트레스 감소와 같은 장점을 제공합니다. 메인 스위치의 전류 스트레스가 줄어들면 더 작은 스위칭 디바이스를 사용할 수 있어 비용 효율적으로 설계할 수 있습니다.

인덕터 T2 은 백 컨버터의 메인 인덕터이며, 1 차측, 2 차측 및 바이어스로 구성되어 있습니다. U1 LYT4322E 의 최대 전압을 최대값 아래로 낮게 잘 유지하면서 300 V 출력 다이오드를 사용할 수 있도록 1 차측 대 2 차측 비율을 3:1 로 선택했습니다.

U1 이 OFF 상태일 때마다 출력 다이오드 D7 이 작동하여 부하에 에너지를 전달합니다. C7 의 전압(정류된 입력 AC)이 출력 전압 이하로 떨어질 때 역방향 전류가 U1 을 통해 흐르는 것을 방지하기 위해 다이오드 D5 이 필요합니다. 또한 T2 의 누설 인덕턴스에 의해 생성되는 전압 스파이크를 제한하기 위해서 전압 클램프 회로가 추가되었습니다. 전압 클램프 네트워크는 다이오드 D4, 커패시터 C9, 저항 R15 및 R16 로 구성됩니다.

출력 리플을 최소화하기 위해(<30%) 출력 커패시터 C12 가 선택되었습니다. 더미 부하 저항 R24 및 R25 는 AC 가 제거될 때 출력이 LED 스트링 전압 아래로 빠르게 방전되도록



하여 램프가 AC 가 제거된 뒤 몇 초 동안 약하게 빛나는 현상 없이 완전히 꺼지게 해 줍니다.

들어오는 정류된 AC 피크는 피크 입력 전압 정보를 U1 에 제공하기 위해 D3 을 통해 C8 을 충전합니다. 그런 다음 R13 및 R14 를 통해 U1 의 VOLTAGE MONITOR(V) 핀에 전류로 공급됩니다. 더 정밀한 라인/부하 레귤레이션을 제공하기 위해 R27 이 추가되었습니다. 저항 R12 는 들어오는 AC 의 변경을 추적할 수 있도록 C8 의 양단 전압에 대한 방전 경로를 제공합니다.

입력 과전압 섯다운 기능(V 핀 전류를 통해 센싱)은 정류된 입력 전압 내성(서지 및 입력 팽창 시)을 내부 파워 MOSFET 의 725BV<sub>DSS</sub> 정격으로 확장합니다.

커패시터 C10는 내장 컨트롤러용 서플라이 핀에 해당하는 U1의 BYPASS(BP) 핀에 로컬 디커플링을 제공합니다. 스타트업 동안에 C10는 U1의 DRAIN(D) 핀에 연결된 내부 고전압 전류 소스를 통해 6V까지 충전됩니다. 디바이스가 최대 모드에서 작동하도록 하기 위해 커패시터 C10는 4.7 $\mu$ F로 설정했습니다.

U1의 REFERENCE(R) 핀은 저항 R17을 통해 그라운드(SOURCE)에 연결됩니다. 정밀한 CC 레귤레이션을 제공하기 위해 24.9k $\Omega$  값이 사용됩니다.

#### 4.3 바이어스 전압 및 출력 피드백

T2 의 바이어스 권선은 피드백을 제공하고 IC 에 전류를 공급하는 데 사용됩니다. 이 바이어스 권선의 플라이백 전압은 D8 에 의해 정류되고 C11 에 의해 평활되며, R20 은 누설 인덕턴스 에너지에 의해 커플링되는 과도한 전압을 줄이는 역할을 합니다. 계속해서 피드백 전류는 저항 R18 를 통해 FEEDBACK(FB) 핀으로 공급됩니다. 다이오드 D9 와 R19 가 BP 핀을 바이어스 권선에 연결합니다. 다이오드 D9 은 스타트업 동안 C10 을 C11 과 분리하는 데 사용되고, 저항 R19 은 바이어스 권선에서 BP 핀으로 공급되는 전류를 제한합니다. 저항 R21 은 바이어스 전압에 부하를 제공하여 AC 사이클 동안 C11 의 방전을 촉진하고 더 높은 디밍 비율 달성을 돕습니다.

#### 4.4 TRIAC 위상 디밍 컨트롤 호환성

TRIAC 을 기반으로 하는 낮은 가격의 리딩 엣지 및 트레일링 엣지 위상 디머를 사용하여 출력 디밍을 제공하기 위해 다양한 균형 방안이 설계에 적용되었습니다.

LED 기반 조명이 기존의 백열등 전구와 비교해 훨씬 낮은 전력을 소비하므로 램프가 끌려오는 전류는 디머 내에 있는 TRIAC의 유지 전류 아래로 떨어질 수 있습니다. 이로 인해 TRIAC이 불규칙적인 작동을 할 때 제한된 디밍 범위 및/또는 깜박임과 같은 바람직하지 않은 동작이 발생합니다. LED 램프가 라인에 제공하는 상대적으로 큰 임피던스 덕분에 TRIAC이 ON 상태일 때 입력 커패시턴스를 충전하는 돌입 전류로 인해 링잉이 크게 발생할 수 있습니다. 또한 이 경우 링잉으로 인해 TRIAC 전류가 0으로 내려가거나 TRIAC이 OFF 상태가 되는 등의 바람직하지 않은 동작이 일어날 수 있습니다.



설계에 적용된 댐퍼, 블리더 및 선형 레귤레이터 회로는 드라이버의 효율성에 미치는 영향을 최소화하면서 이러한 문제를 해결합니다.

저항 R2 및 R8 은 패시브 댐핑을 제공합니다.

패시브 블리더 네트워크는 커패시터 C1 과 R1//R26 으로 구성됩니다. 이 네트워크는 입력 네트워크를 댐핑하고 TRIAC 디머에 필요한 래칭 및 유지 전류를 제공합니다.

IC 가 매우 낮은 도통각이나 매우 낮은 입력 전압에서도 정상적으로 작동하고 특히 누설 전류가 높은 TRIAC 에 필수적인 부하로 동작할 수 있도록 IC 서플라이(BP 핀)를 일정하게 유지하기 위해 선형 레귤레이터 회로 R22, R23, VR2, Q3 및 D10 이 추가되었습니다. 대부분의 고전력 정격(600W 초과) TRIAC 디머에는 LC 입력 필터가 있습니다. RC 의 커패시턴스의 크기가 커서 LED 드라이버의 입력단을 충전할 수 있을 만큼 충분한 에너지를 제공하는 경우 입력이 방전될 때까지 LED 부하에 에너지가 공급되므로 LED 를 켤 수 있습니다. 계속해서 이 사이클이 반복되면 TRIAC 이 OFF 상태인 경우에도 LED 부하가 깜박이게 됩니다.

바이어스 전압이  $V_{zVR2} + V_{tQ3} + V_{fD10}$  보다 높은 경우 선형 레귤레이터가 활성화되지 않습니다. 바이어스 전압이 매우 낮은 경우 선형 레귤레이터가 딥 디밍 동안에만 작동하도록 전압 레귤레이터 VR2 가 사용되며, 이를 통해 Q3 전력 소모를 최소화할 수 있습니다. Q3 는 저비용 BJT(400V)를 사용하며 저항 R22 및 R23 은 딥 디밍 상태에서 입력 전압이 낮을 때도 충분한 드라이브를 제공합니다.



### 5 PCB 레이아웃

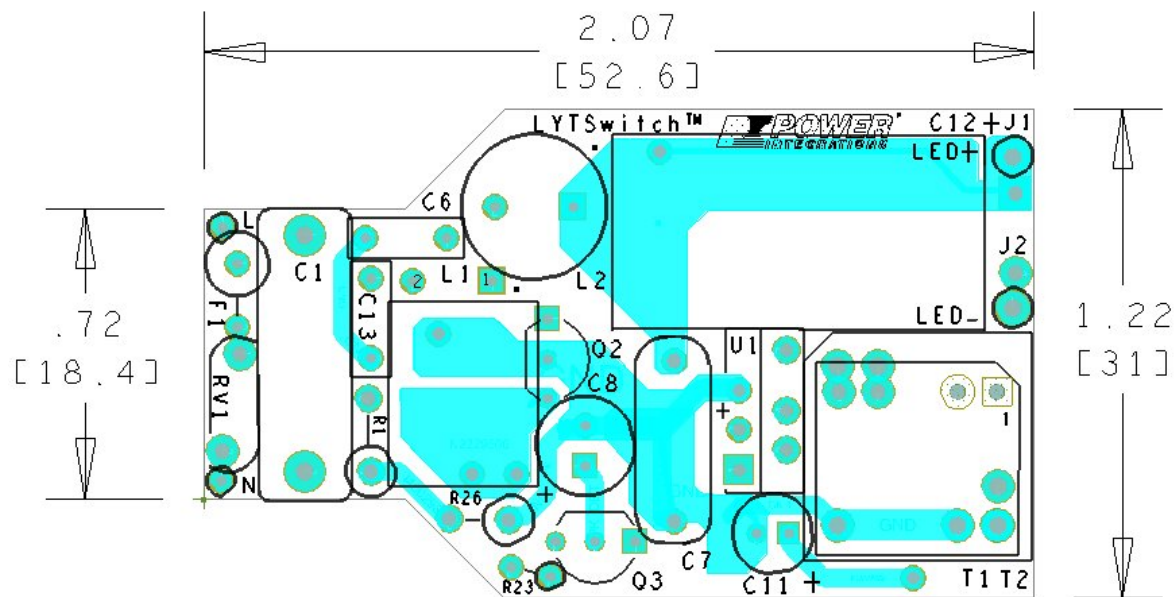


Figure 5 – Top Side.

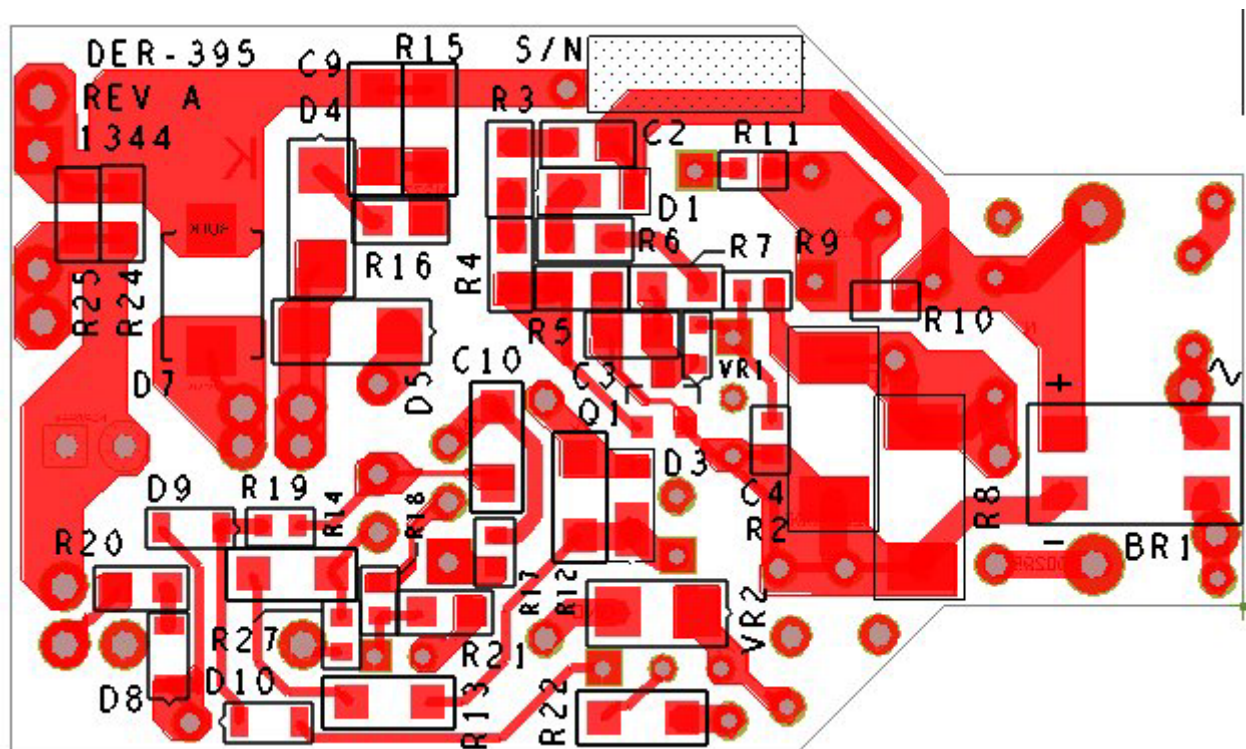


Figure 6 – Bottom Side.

## 6 BOM

Item	Qty	Ref Des	설명	Mfg Part Number	Manufacturer
1	1	BR1	1000 V, 0.8 A, Bridge Rectifier, SMD, MBS-1, 4-SOIC	B10S-G	Comchip
2	1	C1	220 nF, 400 V, Film	ECQ-E4224KF	Panasonic
3	2	C6 C13	10 nF, 400 VDC, Metallized Polyester	B32529C6103K189	Epcos
4	1	C7	47 nF, 400 V, Film	ECQ-E4473KF	Panasonic
5	1	C8	2.2 $\mu$ F, 400 V, Electrolytic, (6.3 x 11)	TAB2GM2R2E 110	Ltec
6	1	C9	390 pF, 630 V, Ceramic, NPO, 1206	C3216COG2J391J	TDK
7	1	C10	4.7 $\mu$ F, 25 V, Ceramic, X7R, 1206	C3216X7R1E475K160AC	TDK
8	1	C11	22 $\mu$ F, 50 V, Electrolytic, (5 x 11)	UPW1H220MDD	Nichicon
9	1	C12	1000 $\mu$ F, 50 V, Electrolytic, Gen. Purpose, (12.5 x 25)	EKMG500ELL102MK25S	Nippon Chemi-Con
10	1	D3	600 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, POWERDI123	DFLR1600-7	Diodes, Inc.
11	1	D4	600 V, 1 A, Fast Recovery, 250 ns, SMA	RS1J-13-F	Diodes, Inc.
12	1	D5	DIODE ULTRA FAST, SW, 200 V, 1 A, SMA	US1D-13-F	Diodes, Inc.
13	1	D7	300 V, 2 A, Ultrafast Recovery, 50 ns, SMB Case	ES2F-E3/52T	Vishay
14	3	D8 D9 D10	250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diode Inc.
15	1	F1	5 A, 250 V, Fast, Microfuse, Axial	0263005.MXL	Littlefuse
16	2	L1 L2	1.5 mH, 0.250 A, 10%	RL-5480HC-3-1500	Renco
17	1	Q3	NPN, Power BJT, 400 V, 1 A, TO-92	STX13003-AP	ST Micro
18	2	R1 R26	1 k $\Omega$ , 5%, 2 W, Metal Film	FMP200JR-52-1K	Yageo
19	2	R2 R8	130 $\Omega$ , 5%, 1 W, Thick Film, 2512	ERJ-1TYJ131U	Panasonic
20	2	R10 R11	10 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ103V	Panasonic
21	1	R12	510 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ514V	Panasonic
22	2	R13 R14	1.80 M $\Omega$ , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1804V	Panasonic
23	1	R15	200 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ204V	Panasonic
24	1	R16	100 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ101V	Panasonic
25	1	R17	24.9 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF2492V	Panasonic
26	1	R18	133 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF1333V	Panasonic
27	1	R19	6.2 k $\Omega$ , 5%, 1/10 W, Thick Film, 0603	ERJ-3GEYJ622V	Panasonic
28	1	R20	51 $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ510V	Panasonic
29	1	R21	20 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ203V	Panasonic
30	1	R22	470 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ474V	Panasonic
31	1	R23	470 k $\Omega$ , 5%, 1/4 W, Carbon Film	CFR-25JB-470K	Yageo
32	2	R24 R25	24 k $\Omega$ , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ243V	Panasonic
33	1	R27	301 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF3013V	Panasonic
34	1	RV1	275 V, 23 J, 7 mm, RADIAL	V275LA4P	Littlefuse
35	1	T2	Bobbin, RM5, Vertical, 6 pins	P-501	Pin Shine
36	1	U1	LYTSwitch-4, eSIP-7C	LYT4322E	Power Integrations
37	1	VR2	20 V, 5%, 500 mW, DO-213AA (MELF)	ZMM5250B-7	Diodes, Inc.



## 7 인덕터 사양

### 7.1 전기적 구성도

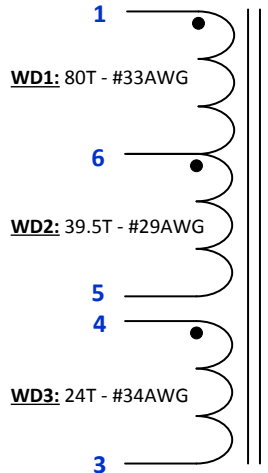


Figure 7 – Inductor Electrical Diagram.

### 7.2 전기적 사양

<b>Primary Inductance</b>	Pins 1-5, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V <sub>RMS</sub> .	1 mH ±3%
<b>Resonant Frequency</b>	Pins 1-5, all other windings open.	>1 MHz

### 7.3 재료

Item	설명
[1]	Core: RM5/I-3F3 Ferroxcube.
[2]	Bobbin: RM5-Vertical, 6 pins (3/3). AllStar Magnetics P/N: CPV-RM5-1S-6P-G.
[3]	Clip: AllStar Magnetics P/N: CLI/P-RM4/5/I.
[4]	Magnet wire: #33 AWG - Double coated.
[5]	Magnet wire: #29 AWG - Double coated.
[6]	Magnet wire: #34 AWG - Double coated.
[7]	Tape: 3M 1298 Polyester Film, 4.5 mm wide, 2.0 mils thick, or equivalent.
[8]	Varnish: Dolph BC-359 or equivalent.



7.4 인덕터 제작 구성도

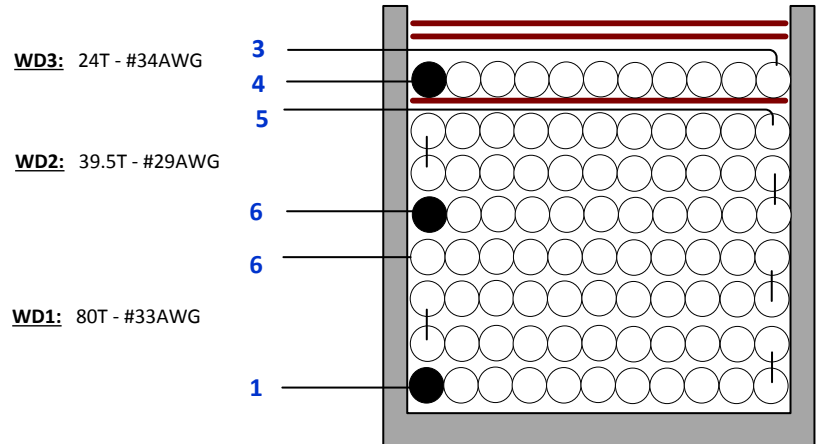


Figure 8 – Inductor Build Diagram.

7.5 인덕터 구성

<b>Winding Preparation</b>	Place the bobbin on the mandrel with the pin side is on the left side. Winding direction is clockwise direction.
<b>WD1</b>	Start at pin 1, wind 80 turns of wire item [4] and end at pin 6. Do not put tape in-between layer.
<b>WD2</b>	Start at pin 6, wind 39.5 turns of wire item [5] and end at pin 5.
<b>Insulation</b>	Place 1 layer of tape item [7].
<b>WD3</b>	Start at pin 4, wind 24 turns of wire item [6] from left to right in 1 layer. At the last turn bring the wire back to the left and end at pin 3.
<b>Insulation</b>	Place 2 layers of tape item [7].
<b>Final Assembly</b>	Grind, assemble, and secure core halves with clip item [3]. Varnish with item [7].
<b>Cutting of extra pins</b>	Cut pin 2 of the bobbin as well as the core clip which is closer to pin 5 and pin 6. Do not cut the other clip as this will be soldered onto PCB.





## 8 인덕터 디자인 스프레드시트

ACDC_LYTSwitch-4_Buck_102413; Rev.1.0; Copyright Power Integrations 2013	INPUT	INFO	OUTPUT	UNIT	ACDC_LYTSwitch_102413: LYTSwitch-4 Buck / Tapped Buck Design Spreadsheet
<b>ENTER APPLICATION VARIABLES</b>					
Topology Selection	<b>Tapped-Buck</b>				
Dimming required	<b>YES</b>		<b>YES</b>		Select "YES" option if dimming is required. Otherwise select "NO".
VACMIN	195.00		195	V	Minimum AC Input Voltage
VACNOM			230	V	Nominal AC Input Voltage
VACMAX			265	V	Maximum AC input voltage
fL			50	Hz	AC Mains Frequency
VO	41.00		41	V	Typical output voltage of LED string at full load
VO_MAX			44	V	Maximum LED string Voltage
VO_MIN			38	V	Minimum LED string Voltage
IO	0.35		0.35	A	Typical full load LED current
PO			14.35	Watts	Output Power
n	0.86		0.86		Estimated efficiency of operation
Feedback System	BIAS		BIAS		BIAS Supply
Bias Voltage			25	V	Bias Voltage
<b>ENTER LYTSwitch VARIABLES</b>					
LYTSwitch	LYT4xx2		LYT4322		Selected LYTSwitch device.
Current Limit Mode	<b>FULL</b>		FULL		Select "RED" for reduced Current Limit mode or "FULL" for Full current limit mode
ILIMITMIN			0.790	A	Minimum current limit
ILIMITMAX			0.920	A	Maximum current limit
fS			132000	Hz	Switching Frequency
fSmin			124000	Hz	Minimum Switching Frequency
fSmax			140000	Hz	Maximum Switching Frequency
IV			80.57	uA	V pin current
Rv			4	M-ohms	Voltage sense resistor
Rref			24.9	k-ohms	Reference Resistor Value
IFB			165	uA	FB pin current (90 uA < IFB < 210 uA)
RFB			133	k-ohms	IFB setting resistor
VDS			10	V	LYTSwitch on-state Drain to Source Voltage
VD			0.5	V	Output Winding Diode Forward Voltage Drop
VDB			0.7	V	Bias Winding Diode Forward Voltage Drop
CBP			4.7	uF	BP pin capacitor
<b>Key Design Parameters</b>					
L_TOTAL	1000.00		1000	uH	Total Inductance
N_RATIO	3.00		3.00		Turns Ratio (Np/Ns). For Buck Topology, N_RATIO=1
KP_VNOM			1.14		Ripple to Peak Current Ratio VACMIN peak)
KP_VMIN			1.11		Ripple to Peak Current Ratio VACMIN peak)
T_ON_MIN			1.91	us	Minimum T_ON at Maximum Input Voltage
Duty_Expected			0.33		Minimum duty cycle at peak of VACMIN
Expected IO			0.35	A	Expected Average Output Current



(average)					
IFB_VO_MAX			179	uA	FB pin current at VO_MAX
IFB_VO_MIN			152	uA	FB pin current at VO_MIN
<b>STRESS PARAMETERS</b>					
VDRAIN			562.77		Peak voltage at the Drain of LYTSwitch (assuming 100V leakage spike)
VDIODE			187.59		Peak voltage across freewheeling diode
IP			0.57	A	Peak Primary Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
ISP			1.71	A	Peak Secondary Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
PIVB			94.06	V	Bias Rectifier Maximum Peak Inverse Voltage (calculated at VO_MAX, excludes leakage inductance spike)
<b>INPUT CURRENT PARAMETERS</b>					
I AVG			0.07	A	Average Primary Current at VACMIN
IRMS			0.15	A	Primary RMS Current (calculated at minimum input voltage VACMIN)
<b>DC INPUT VOLTAGE PARAMETERS</b>					
VMIN			276	V	Peak input voltage at VACMIN
VMAX			375	V	Peak input voltage at VACMAX
VIN_OVP			495	V	Typical Line Overvoltage Protection Threshold
<b>TRANSFORMER CORE/CONSTRUCTION VARIABLES</b>					
<b>Core Type</b>	<b>RM5/I</b>		RM5/I		Selected Core for inductor
Core		RM5/I		P/N:	RM5/I-3F3
Bobbin		RM5/I_BOBBIN		P/N:	CSV-RM5-1S-6P-G
AE			0.248	cm <sup>2</sup>	Core Effective Cross Sectional Area
LE			2.32	cm	Core Effective Path Length
AL			1700	nH/T <sup>2</sup>	Ungapped Core Effective Inductance
BW			4.68	mm	Bobbin Physical Winding Width
M			0	mm	Safety Margin Width (Half the Primary to Secondary Creepage Distance)
NLAYER_PRI	4.00		4		Number of Primary Layers
NLAYER_SEC	3.00		3		Number of Secondary Layers
<b>TRANSFORMER PRIMARY DESIGN PARAMETERS</b>					
L_TOTAL			1000	uH	Total Inductance
N_RATIO			3		Turns Ratio (Np/Ns). For Buck Topology, N_RATIO=1
N_TOTAL	120.00		120		Total Number of Turns (primary + secondary)
NS			40		Secondary winding turns
NB			24		Bias number of turns
ALG			69	nH/T <sup>2</sup>	Gapped Core Effective Inductance
BM			2047	Gauss	Maximum Flux Density at PO, VMIN (BM<3000)
BP			3091	Gauss	Peak Flux Density (BP<4200)
BAC			1024	Gauss	AC Flux Density for Core Loss Curves (0.5 X Peak to Peak)
ur			1266		Relative Permeability of Ungapped Core
LG			0.43	mm	Gap Length (Lg > 0.1 mm)
BWE			18.72	mm	Effective Bobbin Width



OD			0.23	mm	Maximum Primary Wire Diameter including insulation
INS			0.05	mm	Estimated Total Insulation Thickness (= 2 * film thickness)
DIA			0.19	mm	Bare conductor diameter
AWG			33	AWG	Primary Wire Gauge (Rounded to next smaller standard AWG value)
CM			51	Cmils	Bare conductor effective area in circular mils
CMA			347	Cmils/Amp	Primary Winding Current Capacity (200 < CMA < 500)
<b>TRANSFORMER SECONDARY DESIGN PARAMETERS</b>					
<b>Lumped parameters</b>					
ISP			1.71	A	Peak Secondary Current
ISRMS			0.59	A	Secondary RMS Current
BWES			14.04	mm	Effective Bobbin Width
ODS			0.35	mm	Secondary Maximum Outside Diameter
INSS			0.06	mm	Estimated Total Insulation Thickness (= 2 * film thickness)
DIAS			0.29	mm	Secondary Minimum Bare Conductor Diameter
AWGS			29.00	AWG	Secondary Wire Gauge (Rounded up to next larger standard AWG value)
CMS			128.00	Cmils	Secondary Bare Conductor minimum circular mils
CMAS			210.68	Cmils/Amp	Secondary Winding Current Capacity (200 < CMAS < 500)
<b>Estimated Input Current Harmonic Analysis</b>					
<b>Harmonic</b>			<b>Max Current (mA)</b>	<b>Limit (mA)</b>	
1st Harmonic			69.64	N/A	Fundamental (mA)
3rd Harmonic			12.34	56.73	PASS. 3rd Harmonic current content is lower than the limit
5th Harmonic			2.57	31.70	PASS. 5th Harmonic current content is lower than the limit
7th Harmonic			0.90	16.69	PASS. 7th Harmonic current content is lower than the limit
9th Harmonic			2.28	8.34	PASS. 9th Harmonic current content is lower than the limit
11th Harmonic			2.70	5.84	PASS. 11th Harmonic current content is lower than the limit
13th Harmonic			2.61	4.94	PASS. 13th Harmonic current content is lower than the limit
15th Harmonic			2.24	4.28	PASS. 15th Harmonic current content is lower than the limit
THD			19.5	%	Estimated total Harmonic Distortion (THD)



## 9 성능 데이터

All measurements performed at room temperature using an LED load. The following data was taken measured using 3 sets of loads representing a load range of 38 V to 44 V (output voltage). Refer to the table in Section 9.6 for complete test data values.

### 9.1 효율

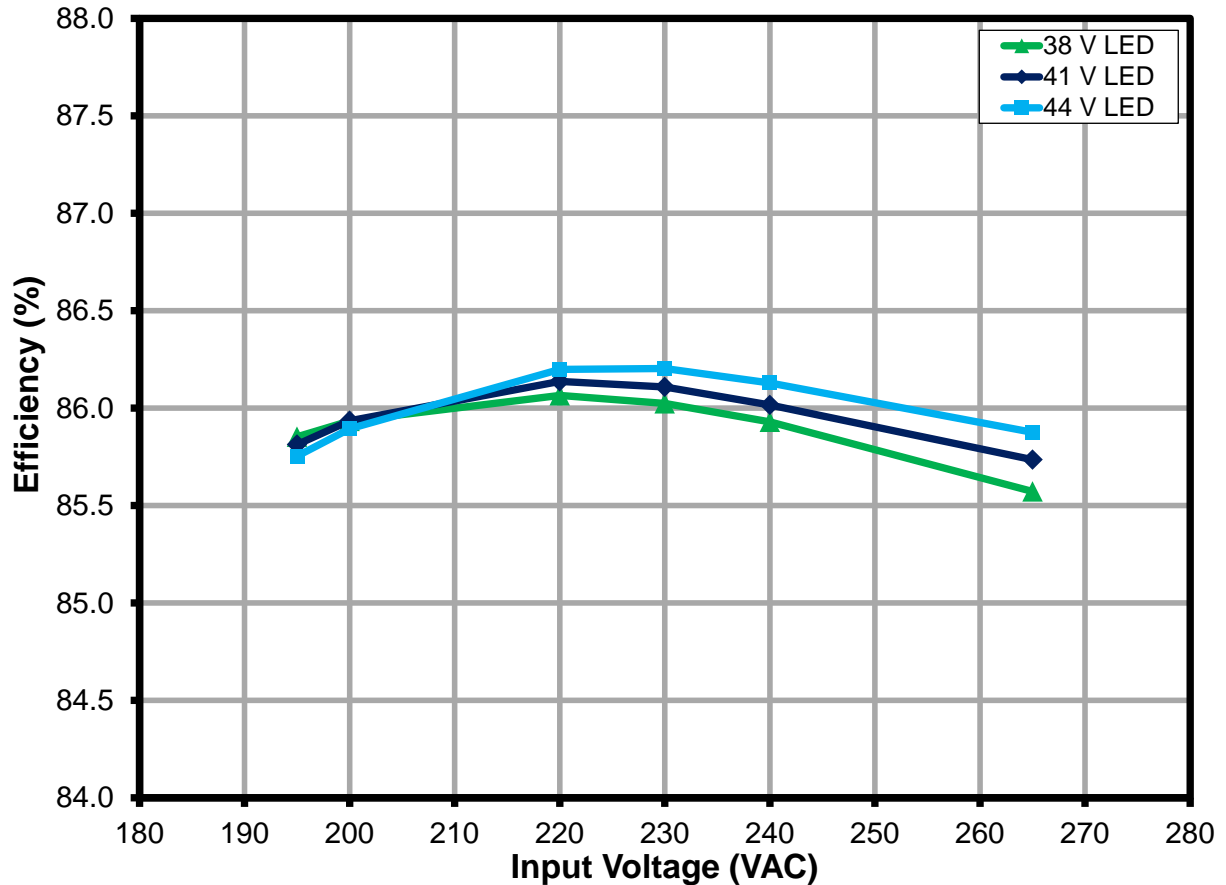


Figure 9 – Efficiency vs. Line and Load



9.2 입력 및 부하 레귤레이션

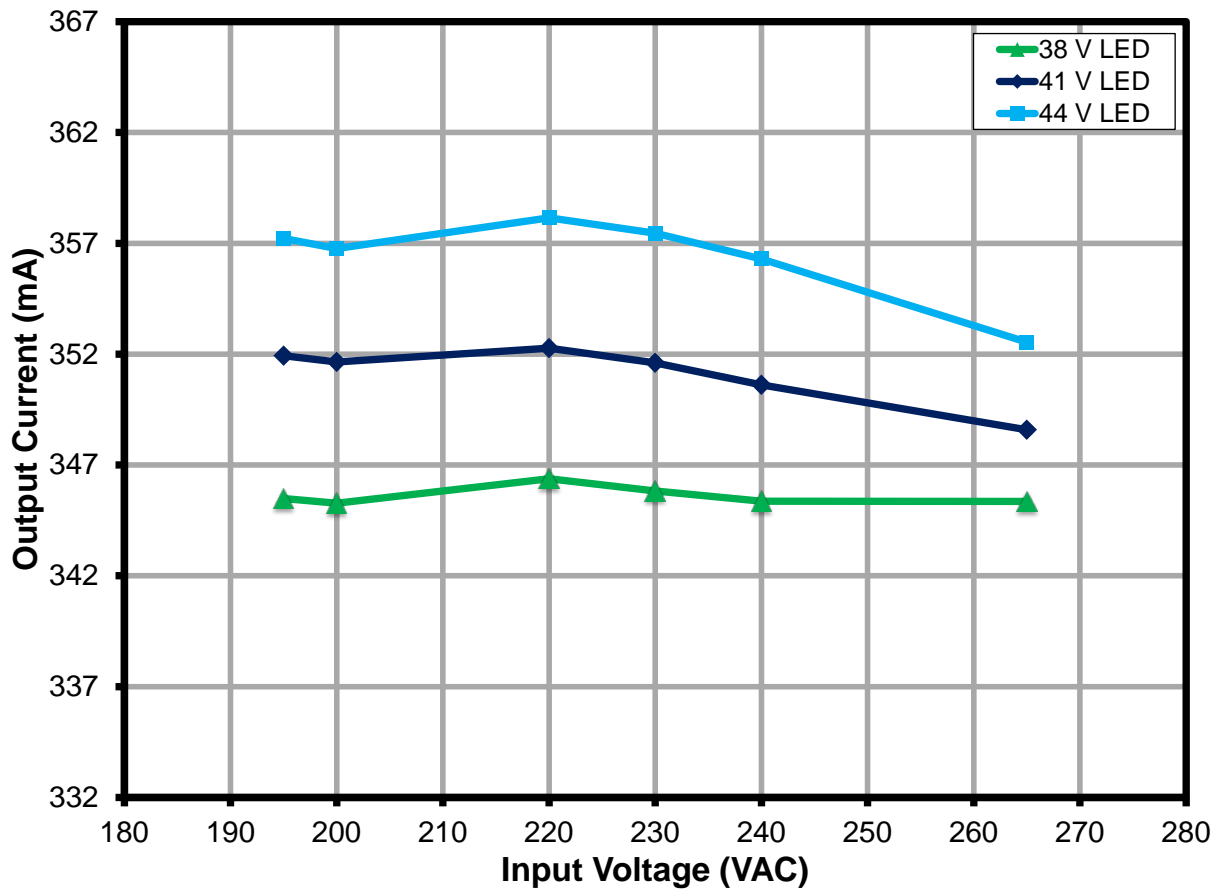


Figure 10 – Regulation vs. Line and Load



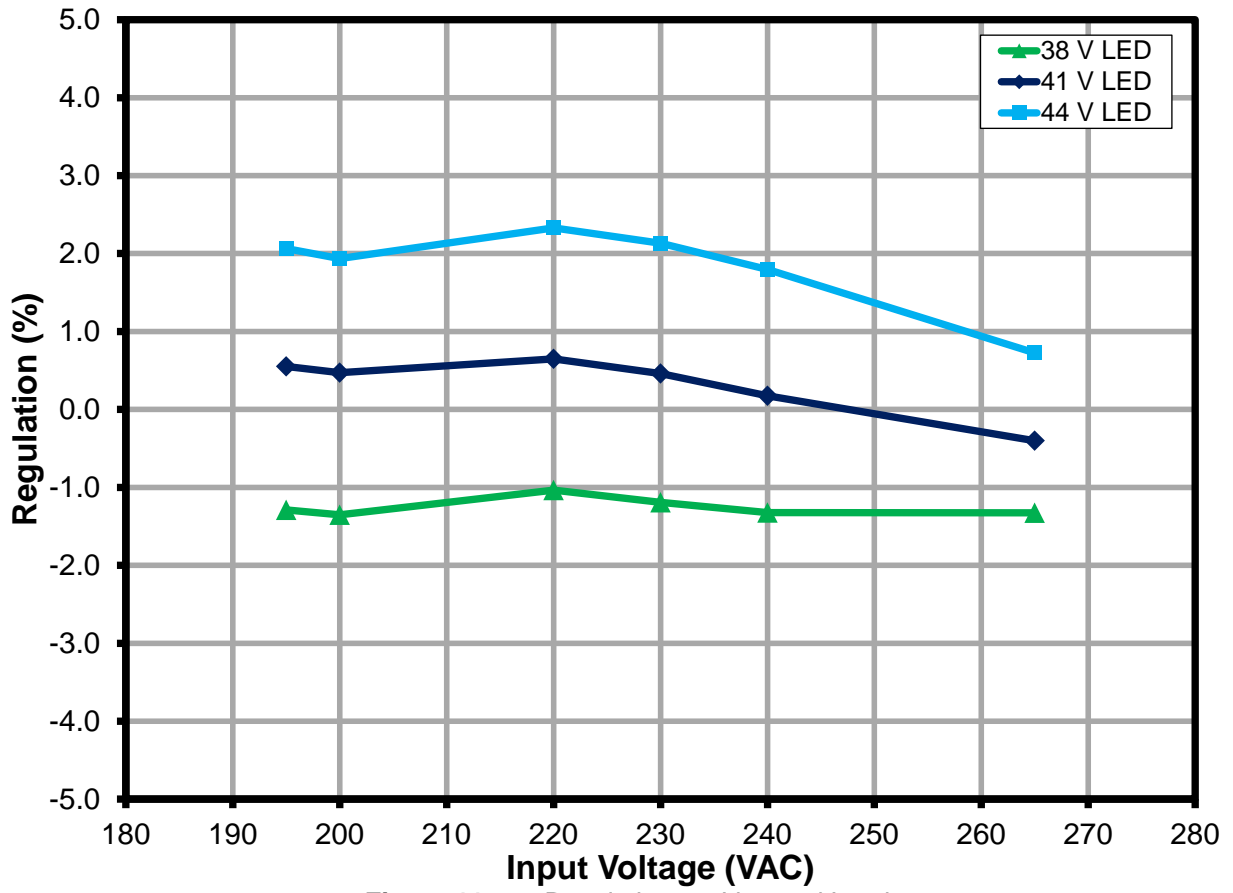


Figure 11 – % Regulation vs. Line and Load.

9.3 역률

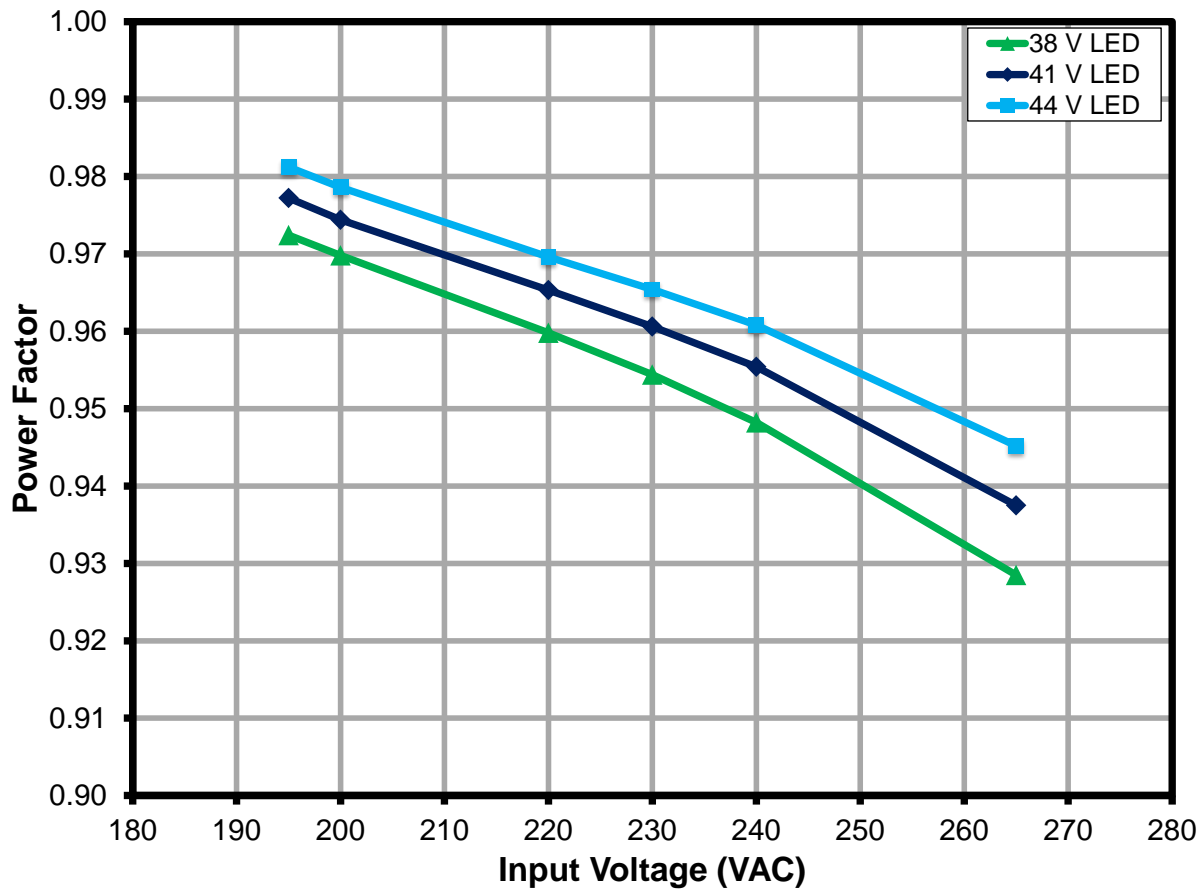


Figure 12 – Power Factor vs. Line and Load.





#### 9.4 A-THD

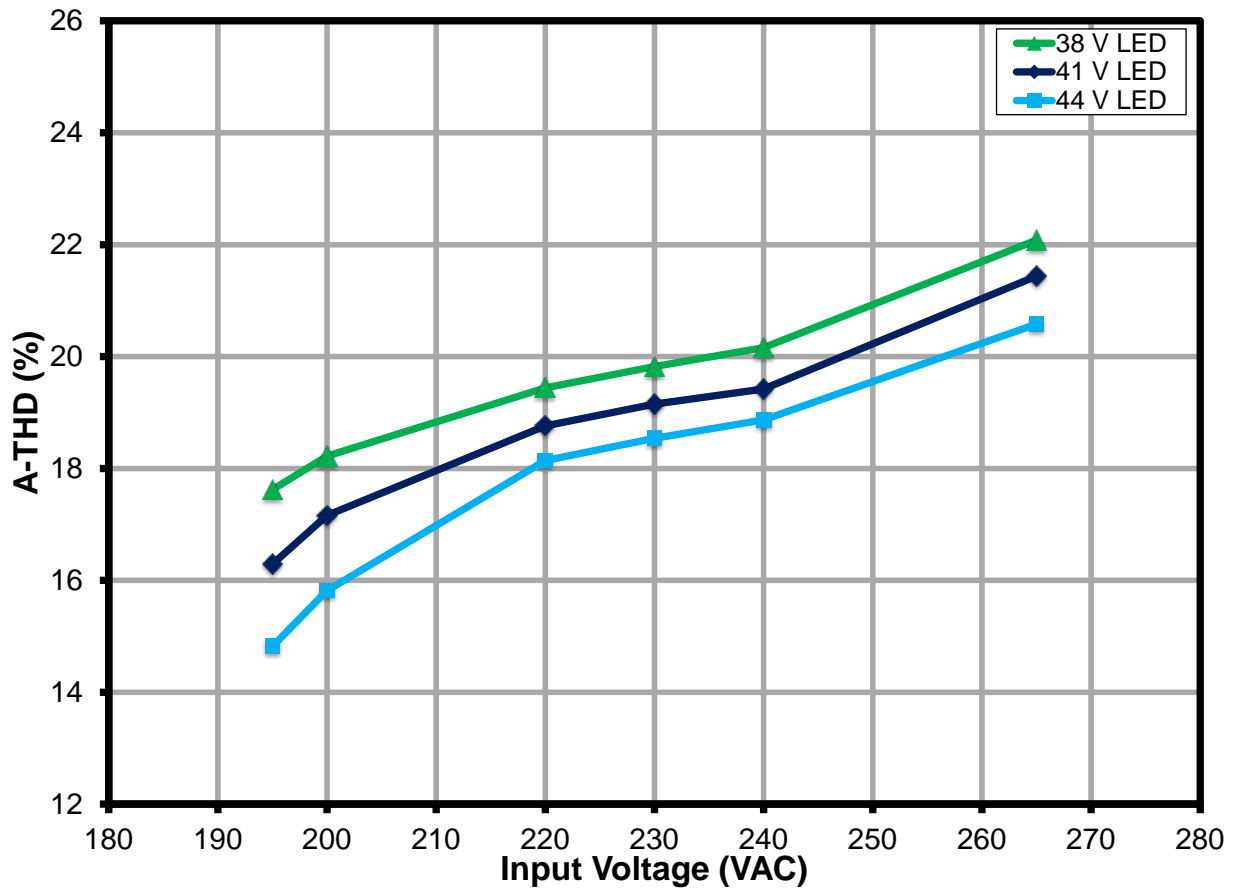


Figure 13 – A-THD vs. Line and Load.



9.5 谐波

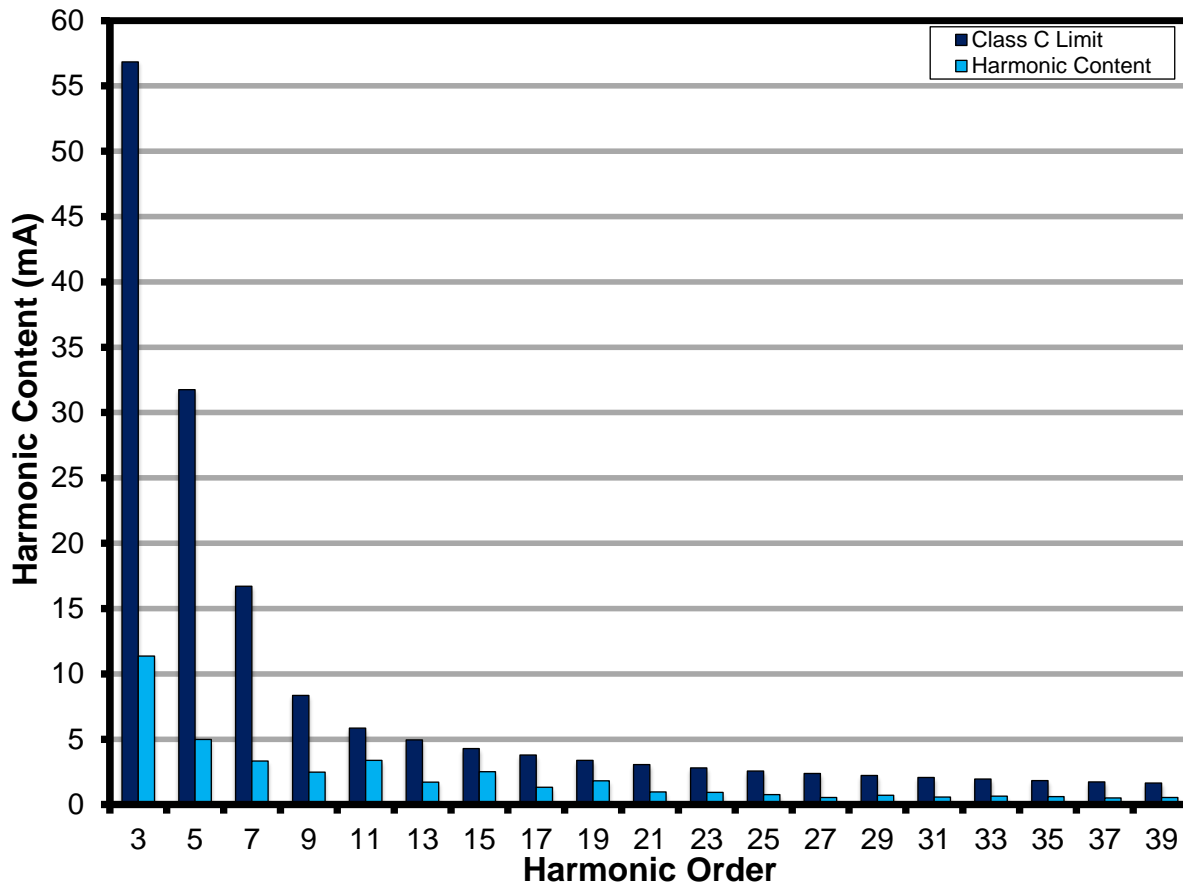


Figure 14 – 41 V LED Load Input Current Harmonics at 230 VAC, 50 Hz.



## 9.6 테스트 데이터

All measurements were taken with the board at open frame, 25 °C ambient, and 50 Hz line frequency.

### 9.6.1 테스트 데이터, 38V LED 부하

입력		Input Measurement					Load Measurement				
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)	Efficiency (%)	% Reg
195	50	194.94	80.88	15.332	0.972	17.62	38.0540	345.490	13.163	85.85	-1.29
200	50	199.92	78.92	15.300	0.970	18.22	38.0350	345.270	13.148	85.93	-1.35
220	50	219.98	72.56	15.322	0.960	19.44	38.0270	346.380	13.187	86.07	-1.03
230	50	229.93	69.71	15.298	0.954	19.82	38.0100	345.830	13.160	86.02	-1.19
240	50	239.97	67.19	15.288	0.948	20.16	37.9940	345.370	13.137	85.93	-1.32
265	50	264.94	62.38	15.346	0.929	22.0800	37.9820	345.360	13.132	85.57	-1.33

### 9.6.2 테스트 데이터, 41 V LED 부하

입력		Input Measurement					Load Measurement				
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)	Efficiency (%)	% Reg
195	50	194.94	88.26	16.812	0.977	16.29	40.9500	351.930	14.427	85.81	0.55
200	50	199.92	86.06	16.766	0.974	17.16	40.9270	351.650	14.408	85.94	0.47
220	50	219.98	78.88	16.750	0.965	18.76	40.9130	352.270	14.428	86.14	0.65
230	50	229.93	75.68	16.715	0.961	19.15	40.8920	351.610	14.393	86.11	0.46
240	50	239.96	72.74	16.676	0.955	19.42	40.8690	350.610	14.344	86.02	0.17
265	50	264.94	66.92	16.622	0.938	21.4400	40.8400	348.590	14.251	85.74	-0.40

### 9.6.3 테스트 데이터, 44 V LED 부하

입력		Input Measurement					Load Measurement				
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)	Efficiency (%)	% Reg
195	50	194.94	95.20	18.209	0.981	14.82	43.6670	357.220	15.615	85.75	2.06
200	50	199.92	92.76	18.148	0.979	15.82	43.6470	356.770	15.588	85.89	1.93
220	50	219.98	85.10	18.151	0.970	18.14	43.6410	358.150	15.646	86.20	2.33
230	50	229.93	81.57	18.106	0.965	18.54	43.6210	357.460	15.608	86.20	2.13
240	50	239.96	78.30	18.052	0.961	18.87	43.5980	356.290	15.548	86.13	1.80
265	50	264.94	71.47	17.898	0.945	20.5800	43.5590	352.540	15.370	85.88	0.73



## 10 디밍 성능 데이터

TRIAC dimming results were taken with input voltage of 230 VAC, 50 Hz line frequency, room temperature, and nominal 41 V LED load.

### 10.1 리딩 엣지형 디머의 디밍 곡선

Taken using programmable AC source providing leading edge chopped AC input

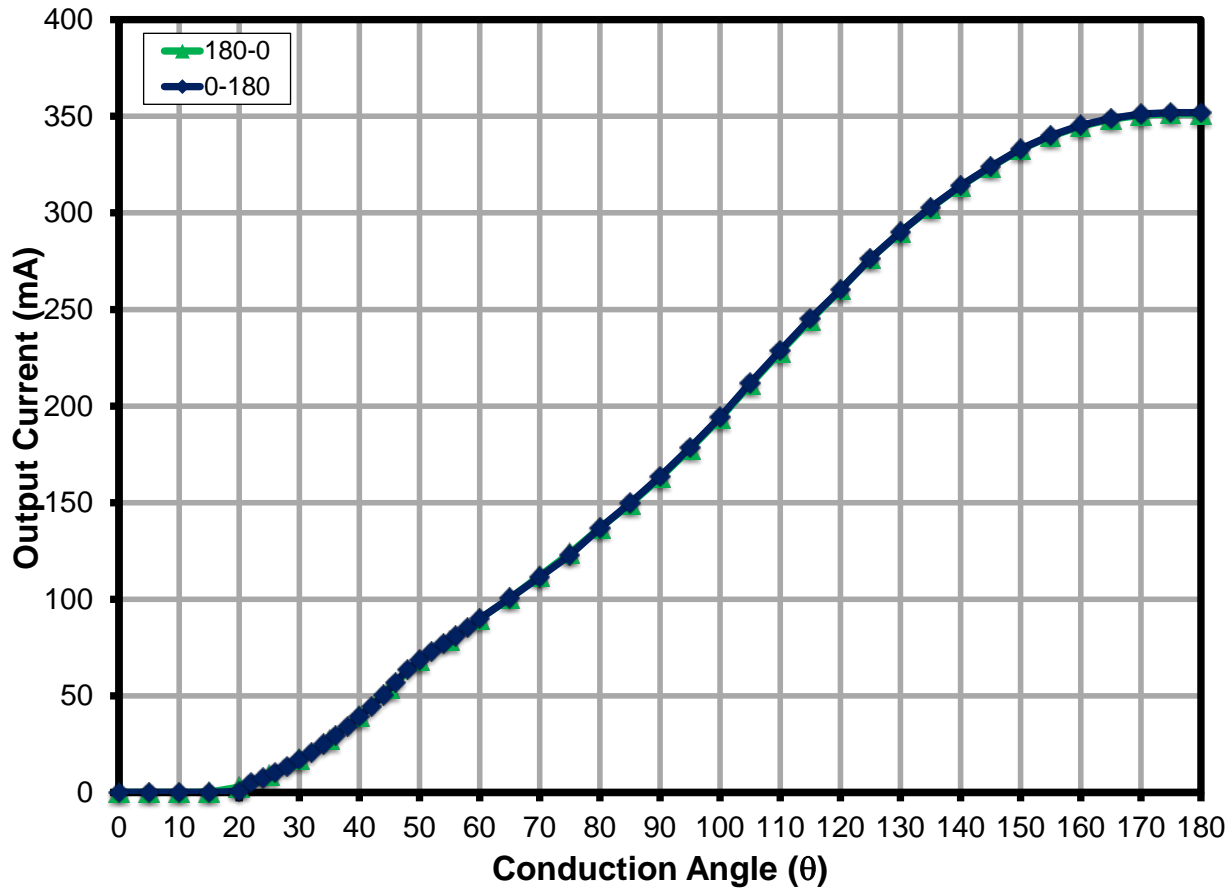


Figure 15 – Leading Edge Dimming Characteristics.



## 10.2 디머 호환성 목록

The unit was tested with the following high-line dimmers at 230 VAC, 50 Hz input and 41 V LED load and using Agilent 6812B AC source.

Chinese Dimmers	Type	Maximum Setting I <sub>OUT</sub> (mA)	Minimum Setting I <sub>OUT</sub> (mA)	Dim Ratio
TCL 630 W	L	345	15	23
SEN BO LANG 300W	L	345	55	6
EBA HUANG	L	345	3	115
SB ELECT 600 W	L	334	3	115
MYONGBO	L	346	49	7
KBE 650W	L	345	4	86
CLIPMEI	L	345	3	115
MANK 200 W	L	346	63	5
<b>Italian Dimmers</b>				
RELCO RM34DMA 160W	L	341	38	9
RELCO RTM34LED DAXS 500W	L	276	25	11
RELCO RM34DMA 500W	L	346	48	7
RELCO RTS34.43 RLI 300W	L	346	9	38
RELCO RT34DSL 500W	L	347	45	8
MATIX AM5702 500W	L	277	58	5
<b>Korean Dimmers</b>				
SHIN SUNG 500W	L	343	71	5
FANTASIA 500W	L	340	84	4
SHIN SUNG	L	345	53	7
<b>EU Dimmers</b>				
NIKO 310-013	L	338	40	8
NIKO 310-014	L	338	62	5
NIKO-310-016	L	335	55	6
BERKER 2830 10	L	323	46	7
JUNG 225 NV DE	L	319	21	15
JUNG 266 G DE	L	323	35	9
BUSCH 2200 UJ-212	L	321	52	6
BUSCH 2250 U	L	330	23	14
BUSCH 2247 U	L	323	47	7
GIRA 2262 00 / IO1	L	325	14	23
GIRA 0300 00 / IO1	L	320	57	6
GIRA 0302 00 / IO1	L	324	37	9
BUSCH 2250	L	330	27	12
MERTEN 572499	L	339	12	28
BERKER 2875 600 W	L	324	34	10
KOPP 8033	L	301	33	9
<b>Australian Dimmers</b>				
32E450LM	L	306	4	77
32E450TM	T	311	34	9
32E2CFLDM	T	307	32	10
32E450UDM	T	326	45	7
<b>Trailing Edge Dimmers</b>				
PEHA 433HAB	T	316	90	4



---

PEHA 433HAB oA	T	285	50	6
BUSCH 6513	T	341	99	3
BUSCH 6591U-101	T	330	93	4
GIRA 1176	T	330	109	3
NIKO 310-017	T	307	76	4

**Figure 16** – Compatibility List.



## 11 씨멀 성능

### 11.1 오픈 프레임 측정

Images captured after running for >30 minutes at room temperature (25 °C), open frame for the conditions specified.

#### 11.1.1 비디밍 $V_{IN} = 195VAC, 50Hz, 41V$ LED 부하

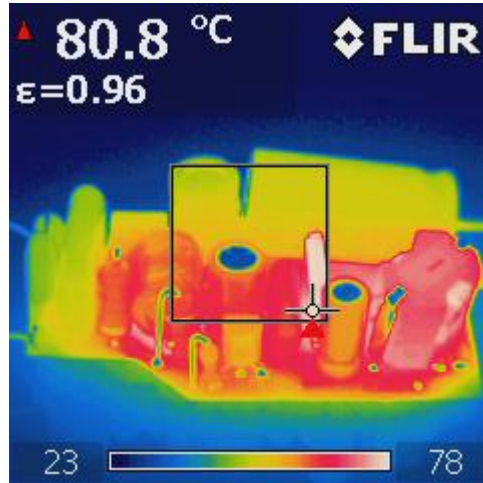


Figure 17 – Top Side.  
U1-LYT4322E: 80.8 °C.

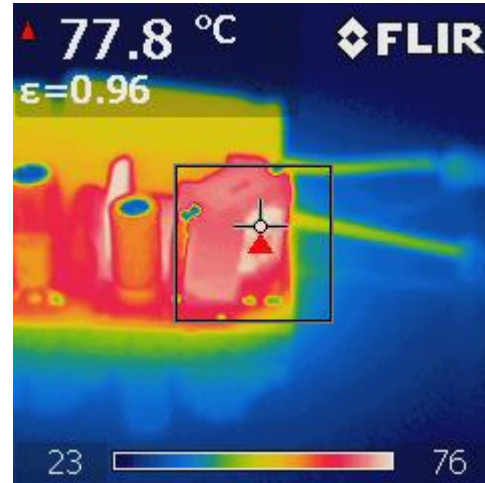


Figure 18 – Top Side.  
T2: 77.8 °C.

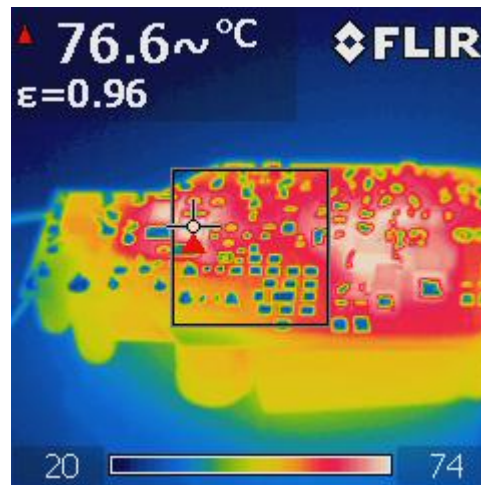


Figure 19 – Bottom Side.  
PCB: 76.6 °C.



11.1.2 비디밍  $V_{IN} = 265VAC, 50Hz, 41V LED$  부하

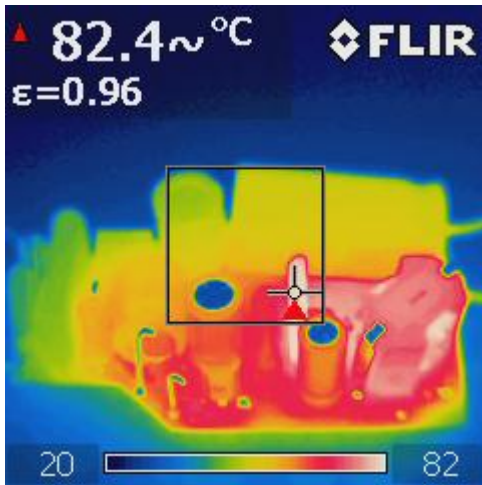


Figure 20 – Top Side.  
U1-LYT4322E: 82.4 °C.

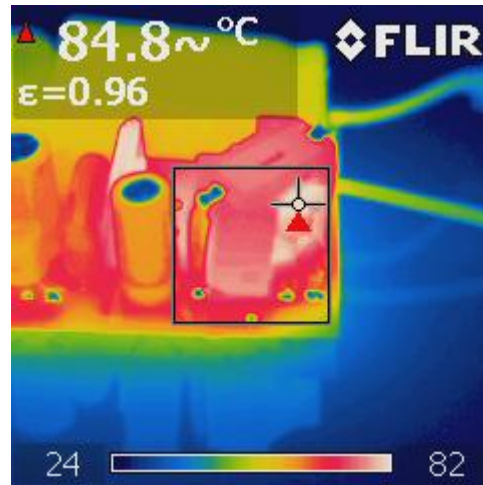


Figure 21 – Top Side, Inductor.  
T2: 84.8 °C.

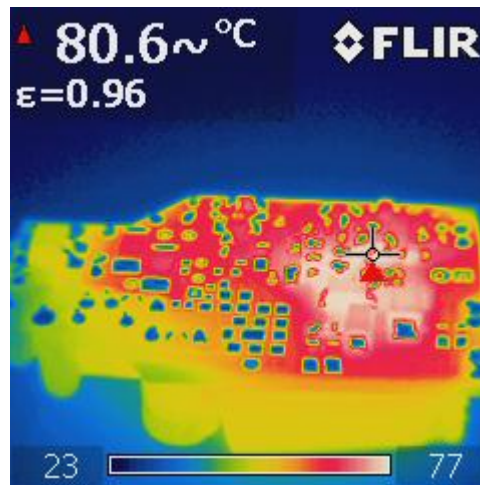


Figure 22 – Bottom Side.  
PCB: 80.6 °C.

11.2 실제 LED 인클로저에서 열 측정



Figure 23 – Actual LED Enclosure Used in Thermal Verification.

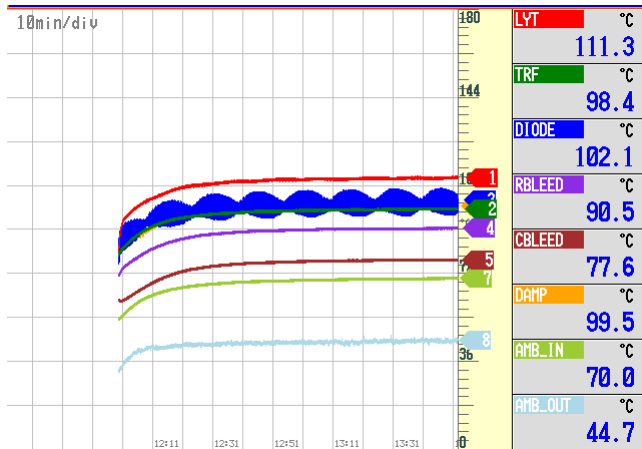


Figure 24 –  $V_{IN} = 195$  VAC, Non-Dimming.

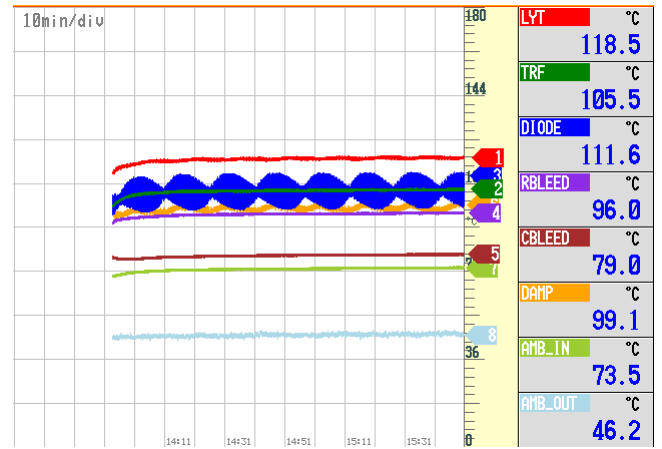


Figure 25 –  $V_{IN} = 265$  VAC, Non-Dimming.

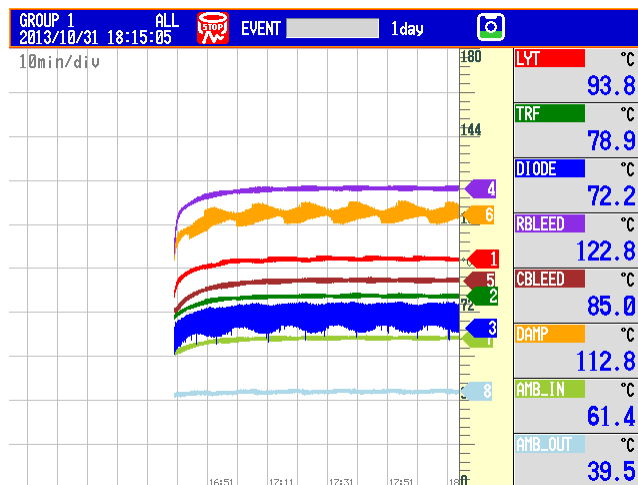
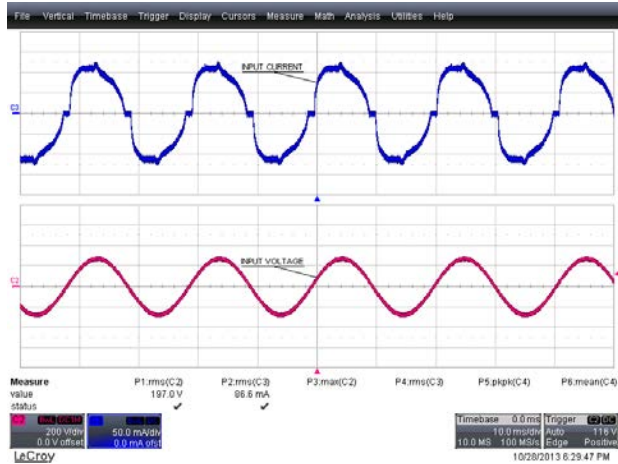


Figure 26 –  $V_{IN} = 230$  VAC, Dimming at 90° Conduction Angle.

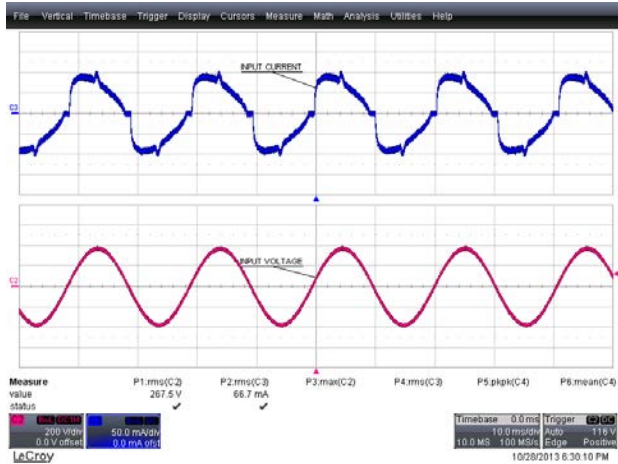


## 12 비디밍 파형

### 12.1 입력 전압 및 입력 전류 파형

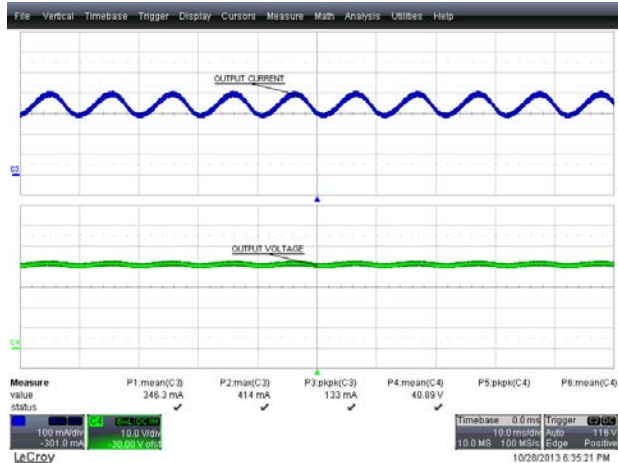


**Figure 27** – 195 VAC, Full Load.  
 Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 10 ms / div.

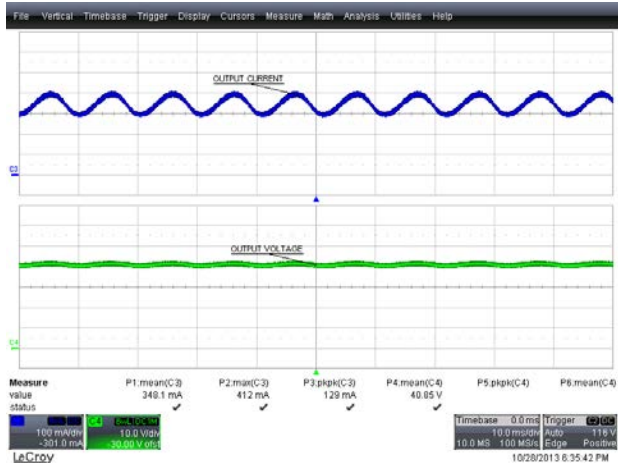


**Figure 28** – 265 VAC, Full Load.  
 Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 10 ms / div.

### 12.2 정상 작동 시 출력 전류 및 출력 전압



**Figure 29** – 195 VAC, 50 Hz Full Load.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{OUT}$ , 10 V, 10 ms / div.



**Figure 30** – 265 VAC, 50 Hz Full Load.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{OUT}$ , 10 V, 10 ms / div.



12.3 스타트업 시 입력 전압 및 출력 전류 파형

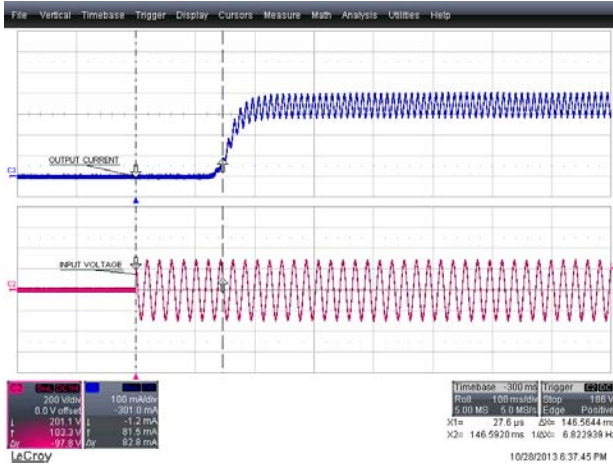


Figure 31 – 195 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 100 ms / div.  
Start-up Time: 146 ms

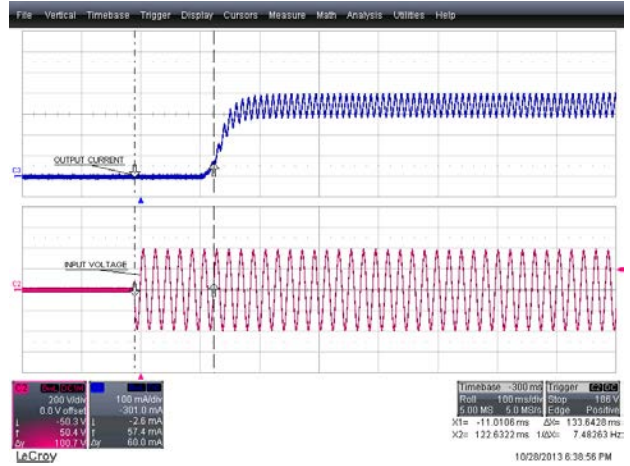


Figure 32 – 265 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{OUT}$ , 100m A / div.  
Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 100 ms / div.  
Start-up Time: 133 ms

12.4 정상 작동 시 드레인 전압 및 전류

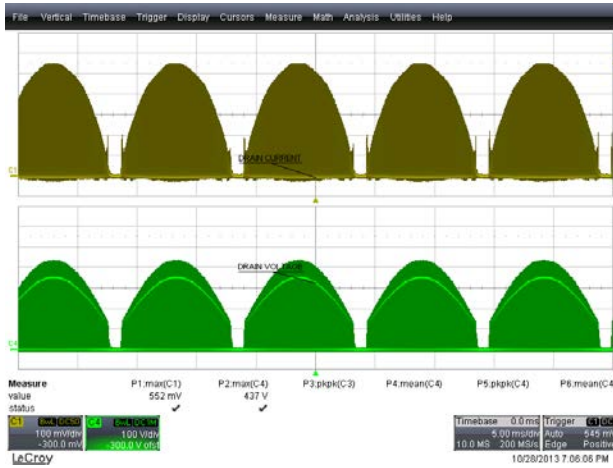


Figure 33 – 195 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 100 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 5 ms / div.

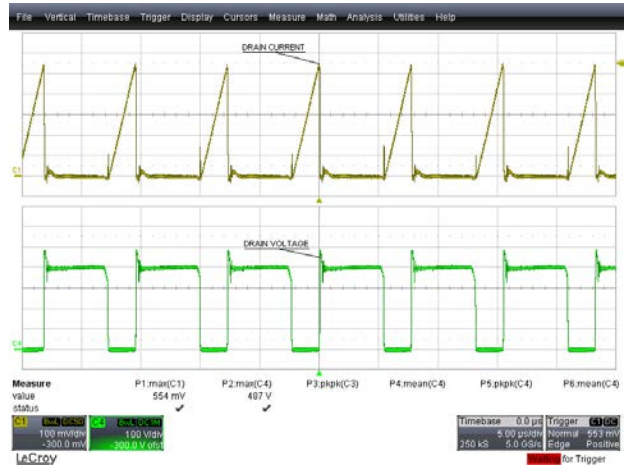
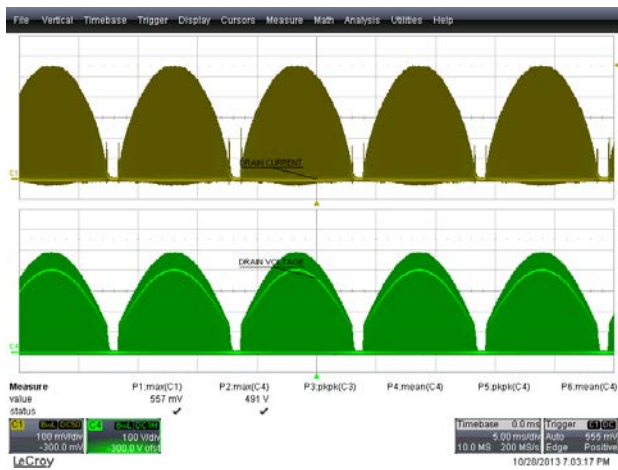
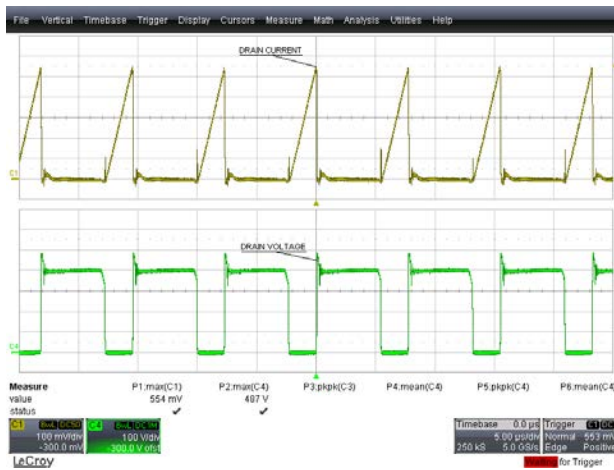


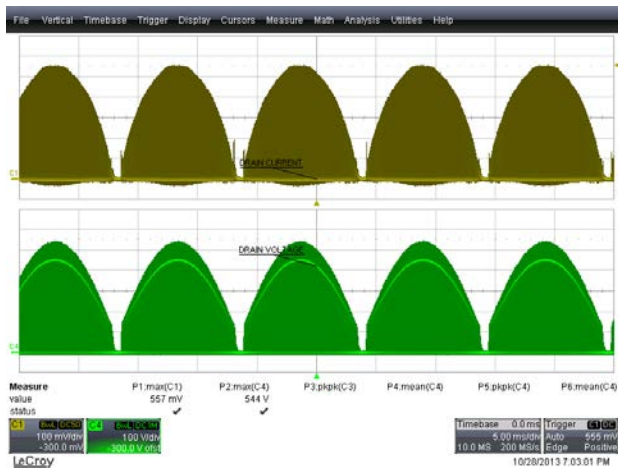
Figure 34 – 195 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 100 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div., 5  $\mu$ s / div.



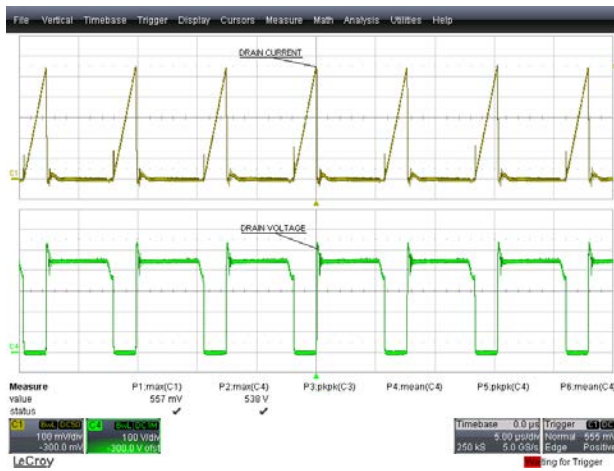
**Figure 35** – 230 VAC, 50 Hz.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 5 ms / div.



**Figure 36** – 230 VAC, 50 Hz.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div., 5  $\mu$ s / div.



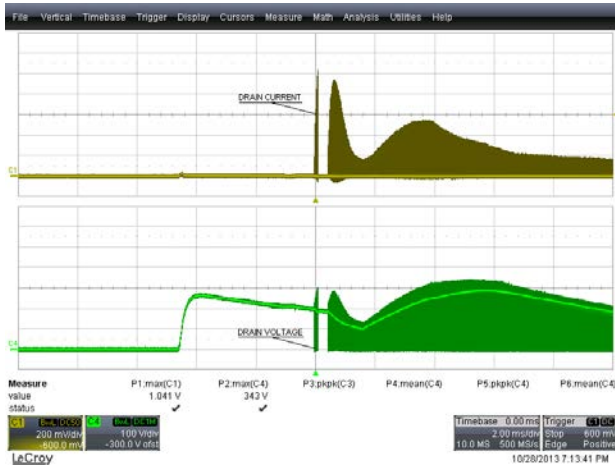
**Figure 37** – 265 VAC, 50 Hz.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 5 ms / div.



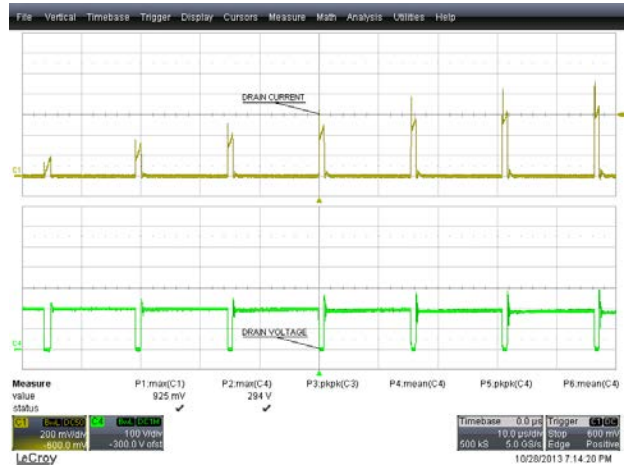
**Figure 38** – 265 VAC, 50 Hz.  
 Upper:  $I_{DRAIN}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V / div., 5  $\mu$ s / div.



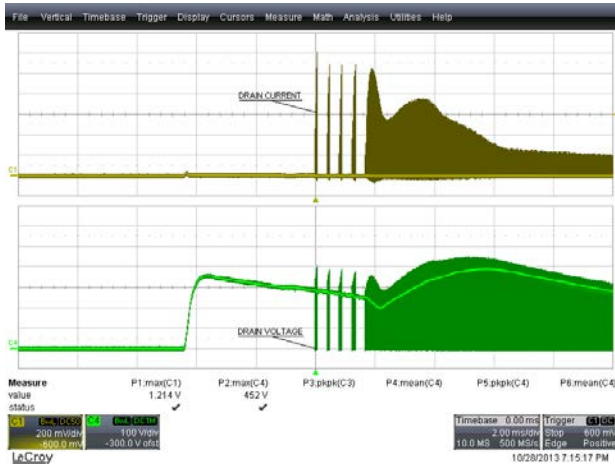
### 12.5 스타트업 드레인 전압 및 전류



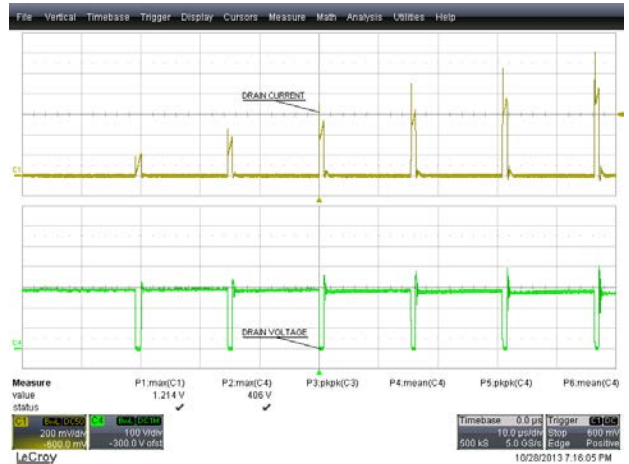
**Figure 39** – 195 VAC, 50 Hz Start-up.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 2 ms / div.



**Figure 40** – 195 VAC, 50 Hz Start-up.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 10 μs / div.



**Figure 41** – 265 VAC, 50 Hz Start-up.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 2 ms / div.



**Figure 42** – 265 VAC, 50 Hz Start-up.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 10 μs / div.

12.6 출력 단락 상태에서의 드레인 전류 및 드레인 전압

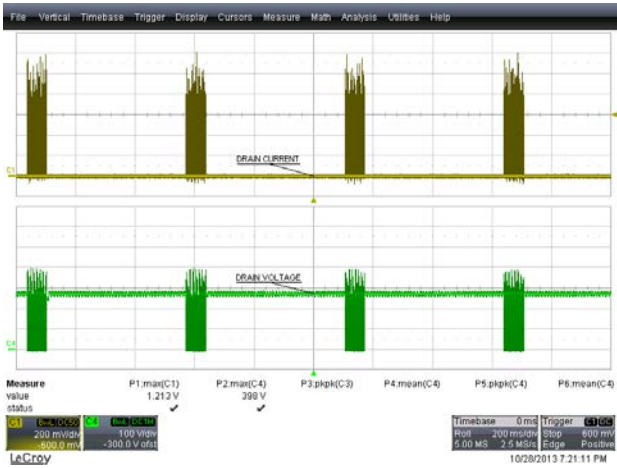


Figure 43 – 195 VAC, 50 Hz Output Short Condition.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 200 ms / div.

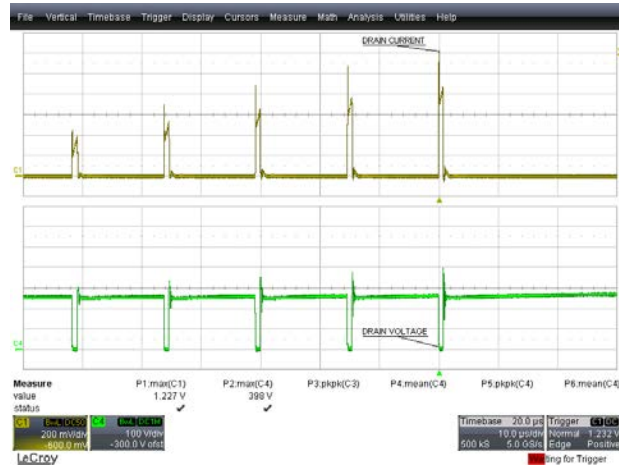


Figure 44 – 195 VAC, 50 Hz Output Short Condition.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 10  $\mu$ s / div.

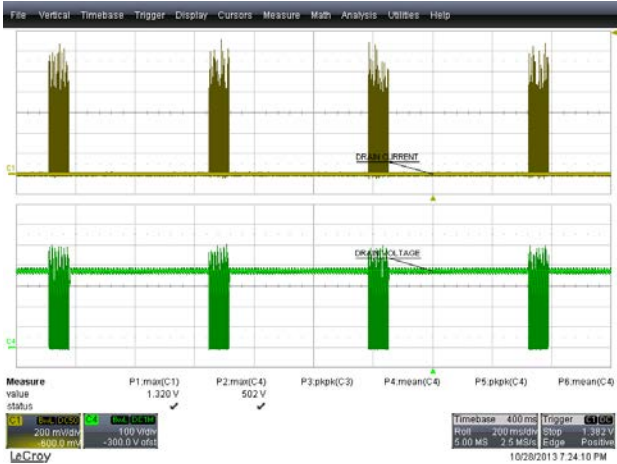


Figure 45 – 265 VAC, 50 Hz Output Short Condition.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 200 ms / div.

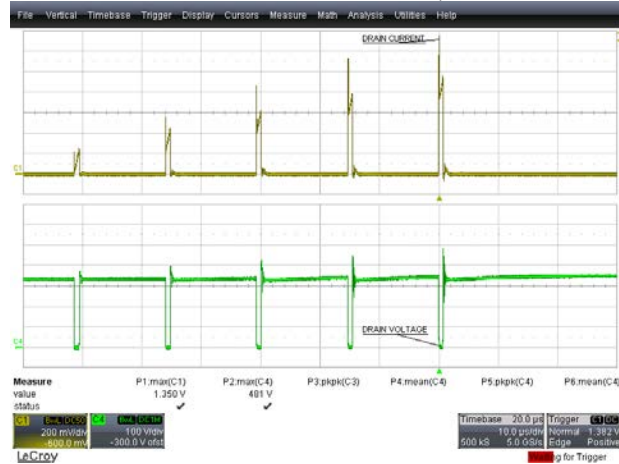


Figure 46 – 265 VAC, 50 Hz Output Short Condition.  
Upper:  $I_{DRAIN}$ , 200 mA / div.  
Lower:  $V_{DRAIN}$ , 100 V, 10  $\mu$ s / div.





12.7 출력 다이오드 전류 및 전압 파형

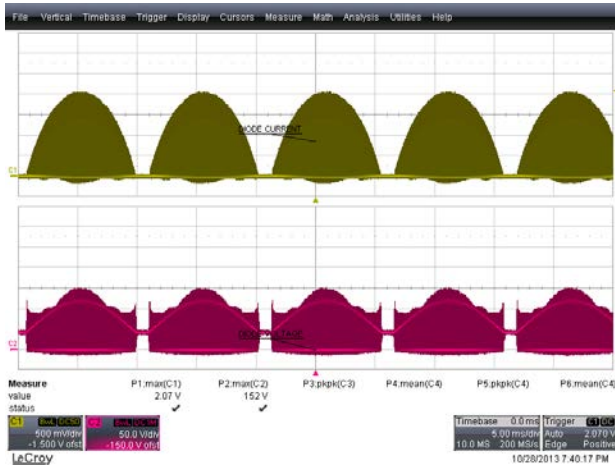


Figure 47 – 195 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 50 V, 5 ms / div.

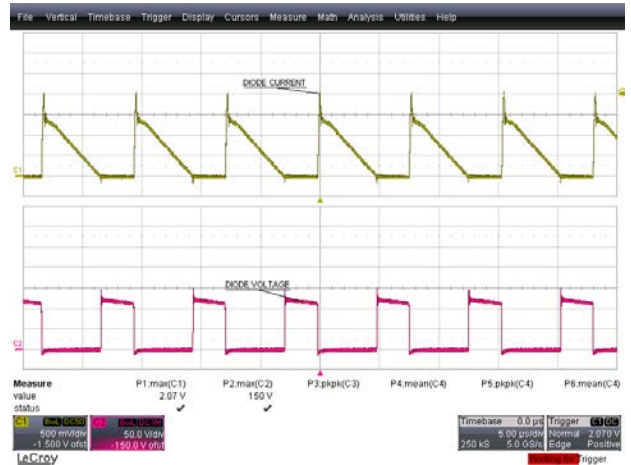


Figure 48 – 195 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 50 V / div., 5  $\mu$ s / div.

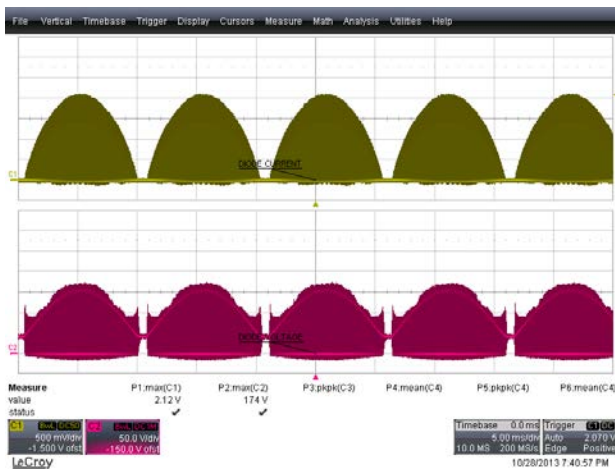


Figure 49 – 265 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 50 V, 5 ms / div.

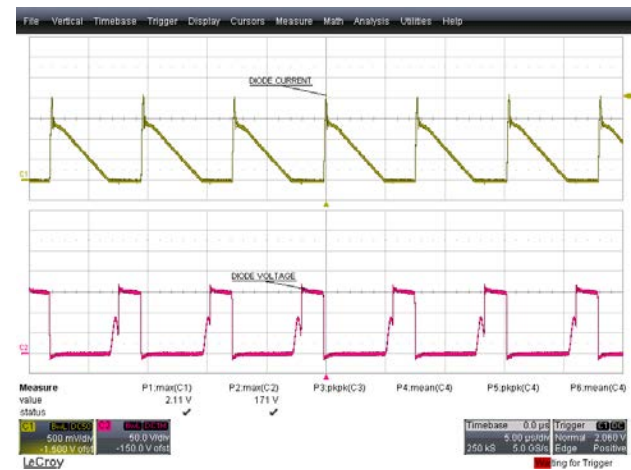


Figure 50 – 265 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 0.5 A / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 50 V / div., 5  $\mu$ s / div.



12.8 출력 다이오드 전류 및 전압 스타트업 파형

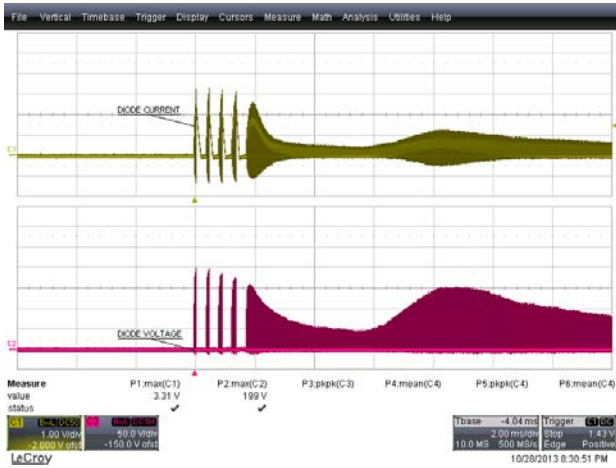


Figure 51 – 195 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 1 A / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 50 V, 2 ms / div.



Figure 52 – 265 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 1 A / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 50 V / div., 2 ms / div.

12.9 출력 다이오드 전류 및 전압 회로 단락 파형



Figure 53 – 195 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 1 A / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 50 V, 200 ms / div.

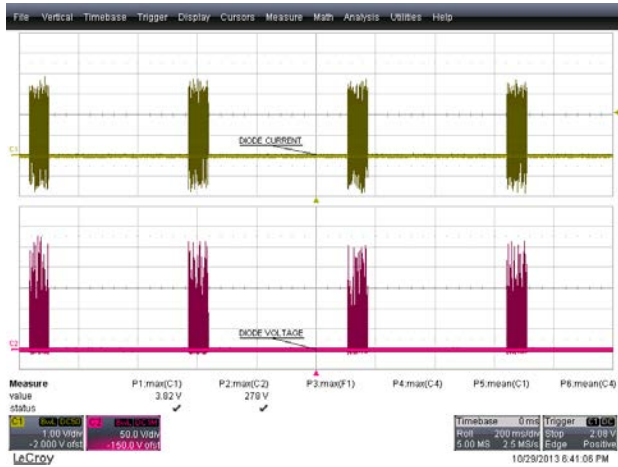
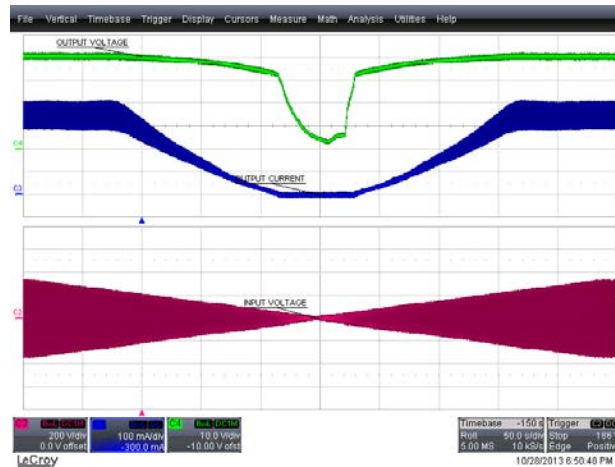


Figure 54 – 265 VAC, 50 Hz.  
Upper:  $I_{D7}$ , 1 A / div.  
Lower:  $V_{D7}$ , 50 V / div., 200 ms / div.



## 12.10 브라운아웃



**Figure 55** – 230 VAC, 50 Hz.

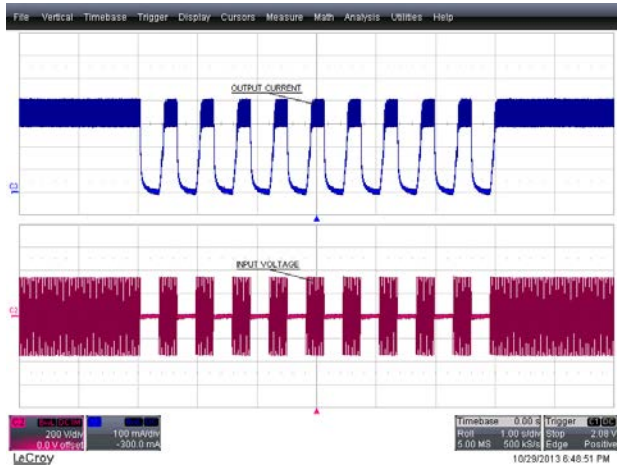
CH4:  $V_{OUT}$ , 10 V / div.

CH3:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.

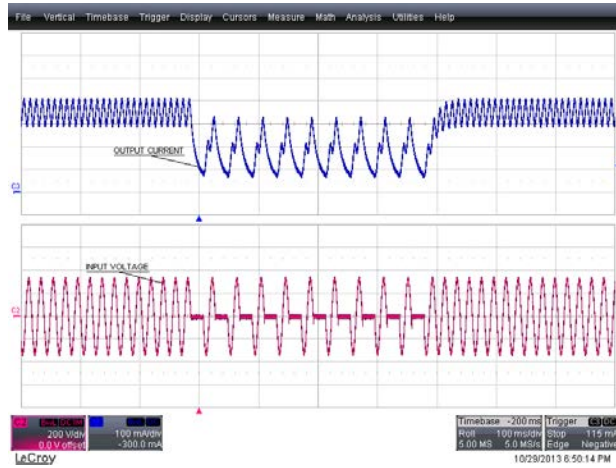
CH2:  $V_{IN}$ , 200 V / div.



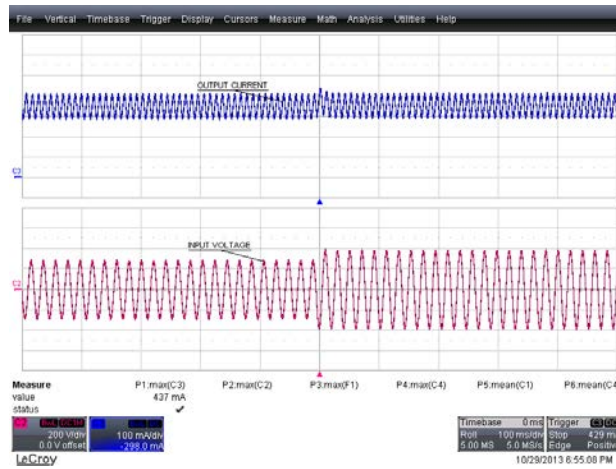
### 12.11 라인 과도



**Figure 56** – 230 VAC, 50 Hz.  
 300 ms ON, 300 ms OFF.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 200 V / div, 1 s / div.



**Figure 57** – 230 VAC, 50 Hz.  
 20 ms ON, 20 ms OFF.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 200 V / div, 100 ms / div.



**Figure 58** – 195 V to 265 V Step.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 100 ms / div.



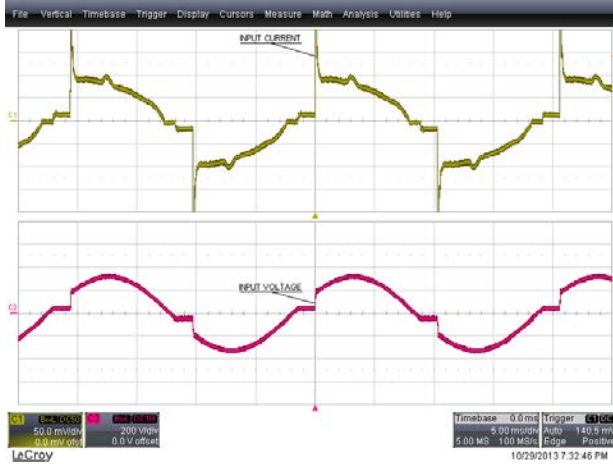
### 13 디밍 파형

#### 13.1 입력 전압 및 입력 전류 파형

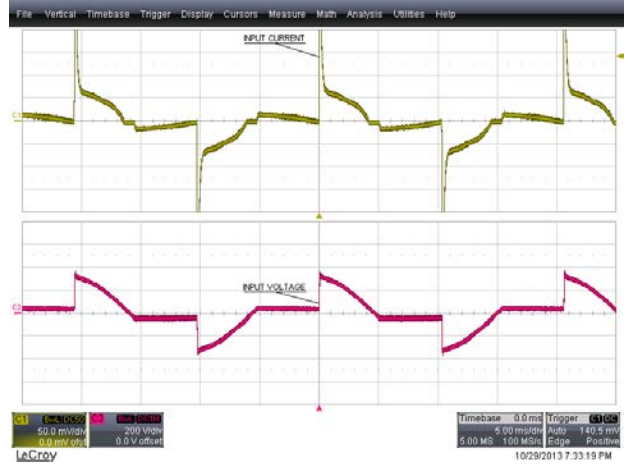
Input: 230 VAC, 50 Hz

Output: 41 V LED Load

Dimmer: BUSCH 2250 600 W



**Figure 59** – 160° Conduction Angle.  
Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 5 ms / div.



**Figure 60** – 90° Conduction Angle.  
Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 5 ms / div.



**Figure 61** – 60° Conduction Angle.  
Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 5 ms / div.



**Figure 62** – 45° Conduction Angle.  
Upper:  $I_{IN}$ , 50 mA / div.  
Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 5 ms / div.





13.2 출력 전류 파형

Input: 230 VAC, 50 Hz

Output: 41 V LED Load

Dimmer: BUSCH 2250 600 W

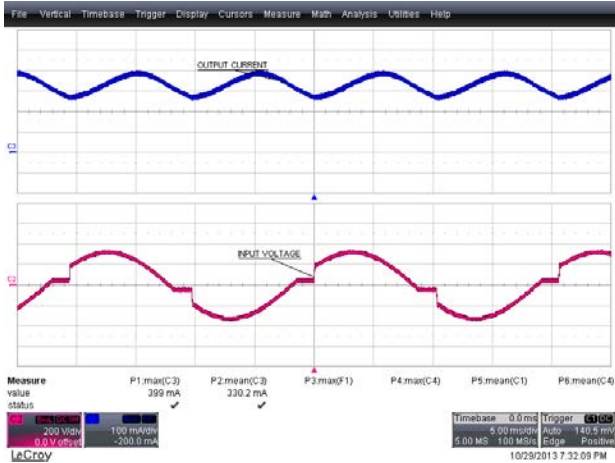


Figure 63 – 160° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 5 ms / div.

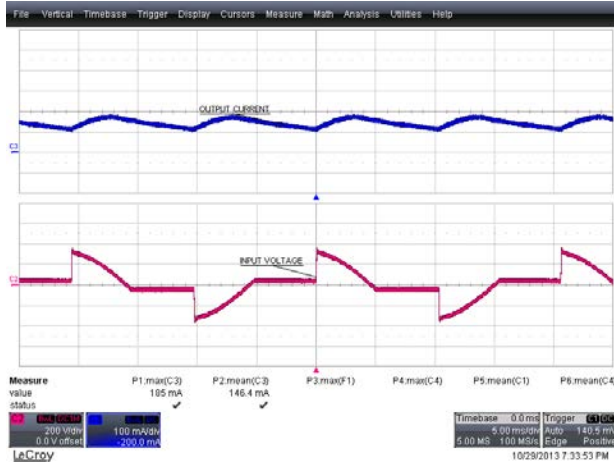


Figure 64 – 90° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 5 ms / div.

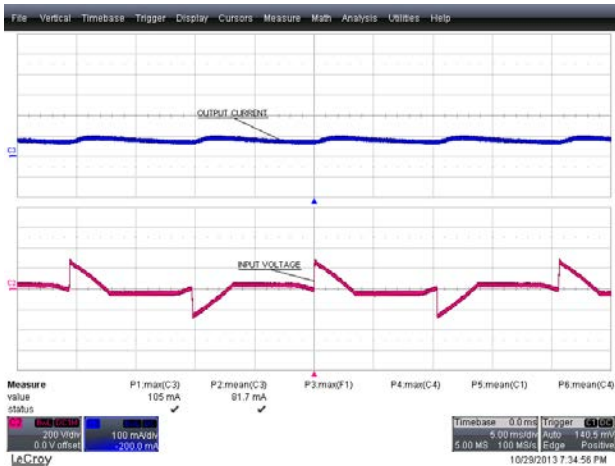


Figure 65 – 60° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 5 ms / div.

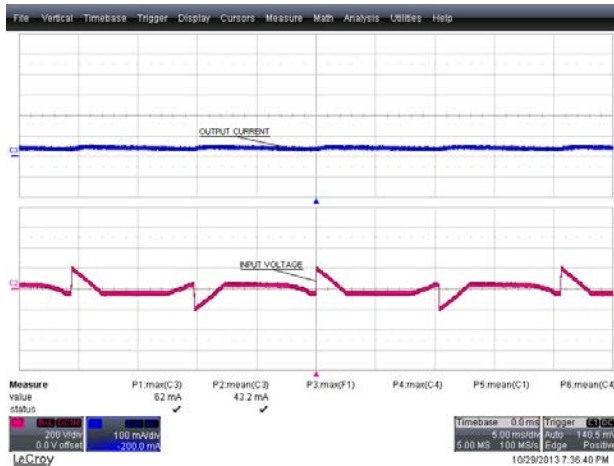


Figure 66 – 45° Conduction Angle.  
 Upper:  $I_{OUT}$ , 100 mA / div.  
 Lower:  $V_{IN}$ , 200 V, 5 ms / div.



## 14 전도성 EMI

### 14.1 테스트 설정

The unit was tested using LED load ( $\sim 41\text{ V } V_{\text{OUT}}$ ) with input voltage of 230 VAC, 60 Hz at room temperature.



Figure 67 – EMI Test Set-up with the Unit and LED Load Placed Inside the Cone.

14.2 테스트 결과

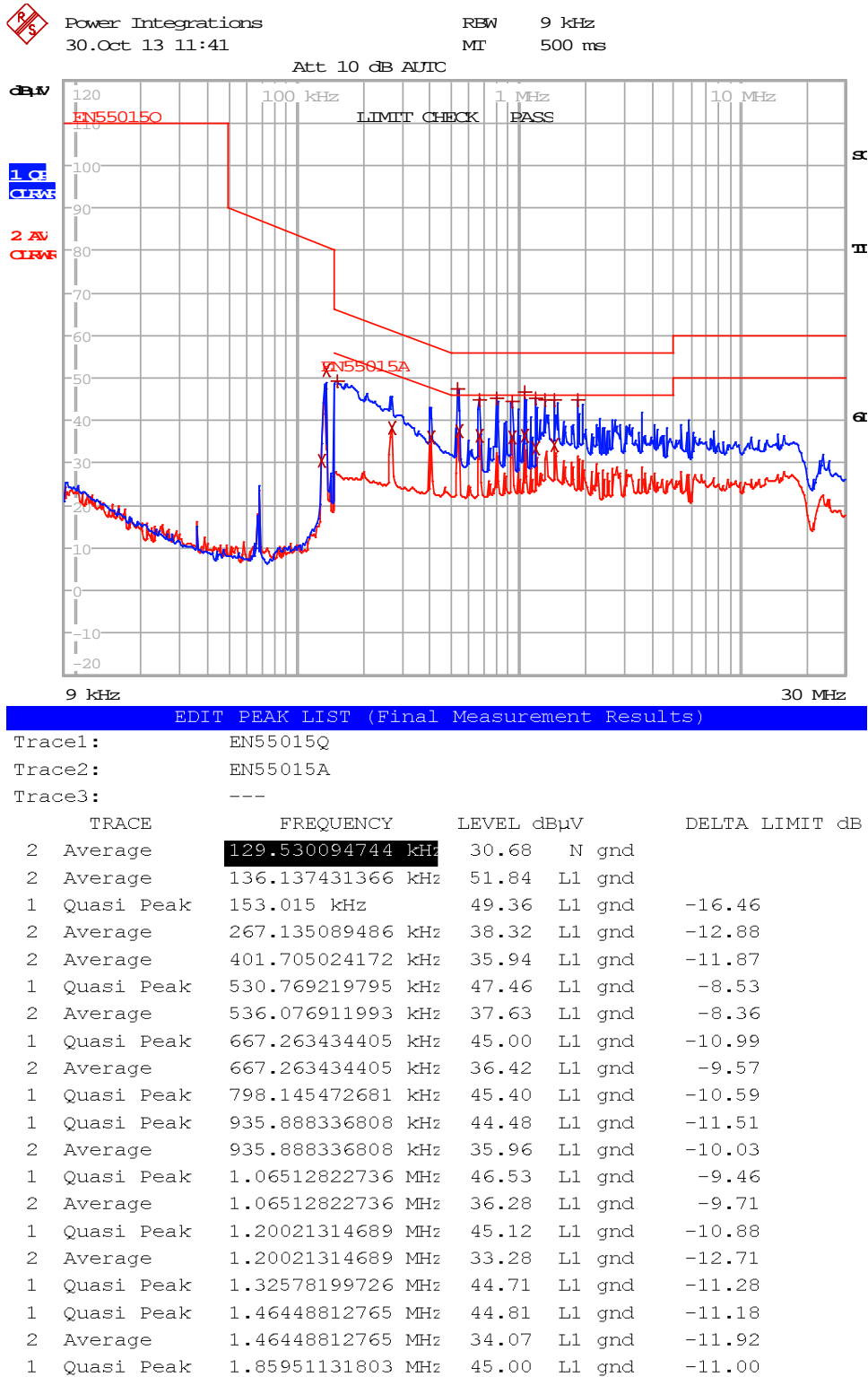


Figure 68 – Conducted EMI, 41 V LED Load, 230 VAC, 60 Hz, and EN55015 B Limits.



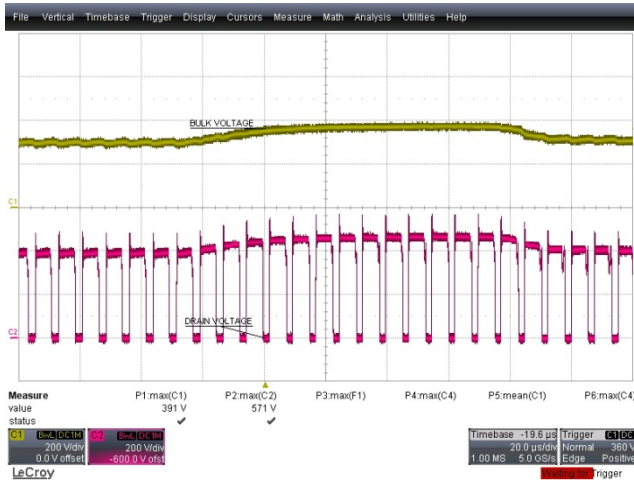


### 15 라인 서지 테스트

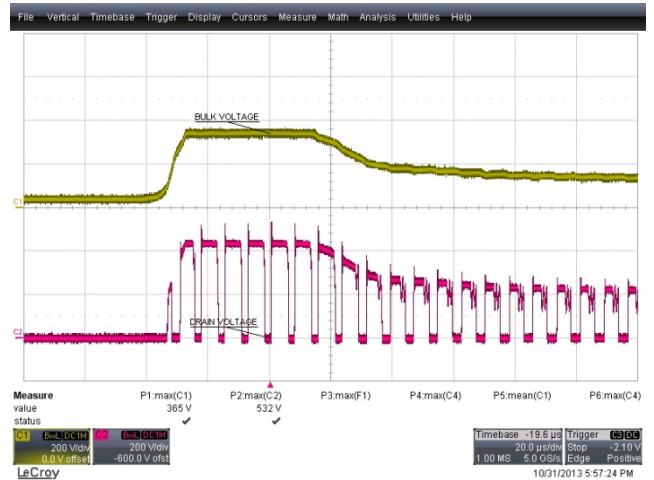
The unit was subjected to  $\pm 2500$  V, 100 kHz ring wave and  $\pm 500$  V differential surge at 230 VAC using 10 strikes at each condition. A test failure was defined as a non-recoverable interruption of output requiring supply repair or recycling of input voltage.

Level (V)	Input Voltage (VAC)	Injection Location	Injection Phase (°)	Type	Test Result (Pass/Fail)
+2500	230	L1, L2	0	100 kHz Ring Wave (500 A)	Pass
-2500	230	L1, L2	90	100 kHz Ring Wave (500 A)	Pass
+2500	230	L1, L2	0	100 kHz Ring Wave (500 A)	Pass
-2500	230	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	230	L1, L2	0	Surge ( $2\Omega$ )	Pass
-500	230	L1, L2	90	Surge ( $2\Omega$ )	Pass
+500	230	L1, L2	0	Surge ( $2\Omega$ )	Pass
-500	230	L1, L2	90	Surge ( $2\Omega$ )	Pass

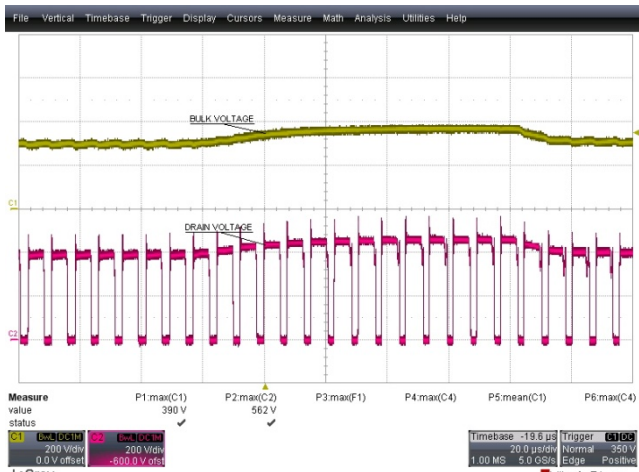


**Figure 69** – (+)500 V Differential Surge, 90°. Upper:  $V_{BULK}$ , 200 V / div. Lower:  $V_{DRAIN}$ , 200 V, 20  $\mu$ s / div.

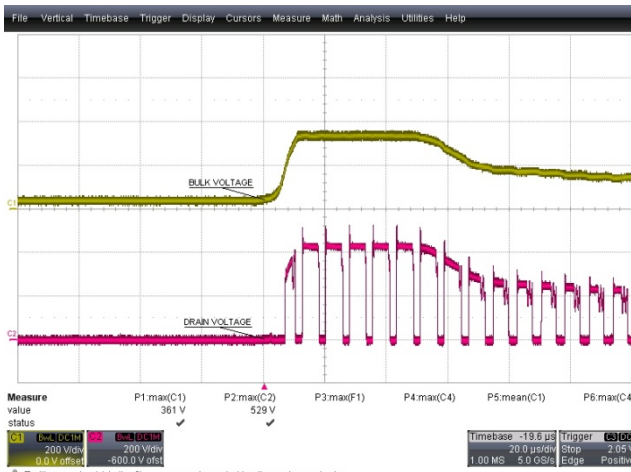


**Figure 70** – (+)500 V Differential Surge, 0°. Upper:  $V_{BULK}$ , 200 V / div. Lower:  $V_{DRAIN}$ , 200 V, 20  $\mu$ s / div.

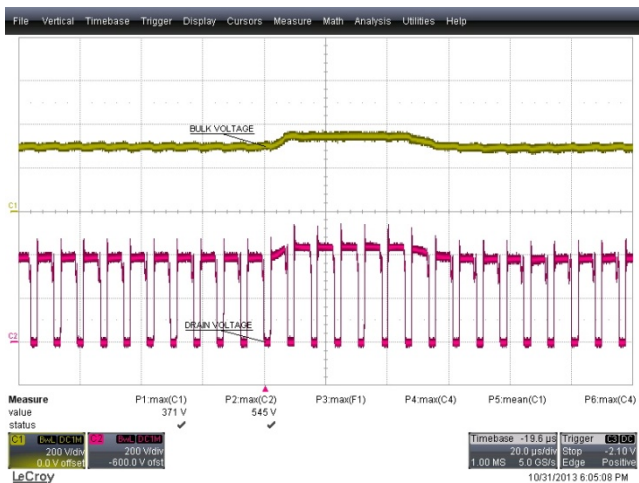




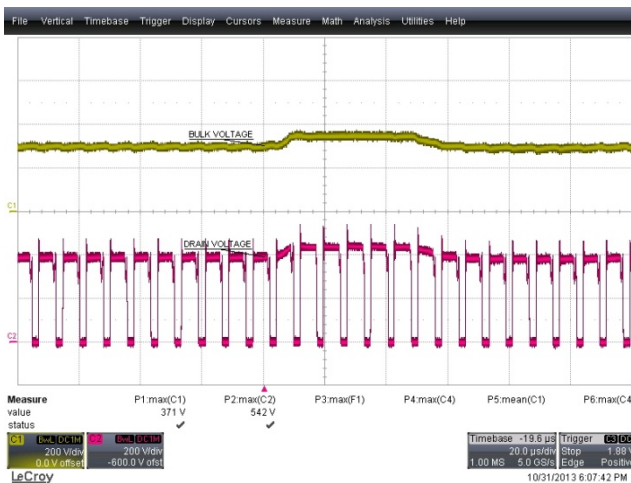
**Figure 71** – (-)500 V Differential Surge, 270°. Upper:  $V_{BULK}$ , 200 V / div. Lower:  $V_{DRAIN}$ , 200 V, 20  $\mu$ s / div.



**Figure 72** – (-)500 V Differential Surge, 0°. Upper:  $V_{BULK}$ , 200 V / div. Lower:  $V_{DRAIN}$ , 200 V, 20  $\mu$ s / div.



**Figure 73** – (+)2.5 kV Ring Wave, 90°. Upper:  $V_{BULK}$ , 200 V / div. Lower:  $V_{DRAIN}$ , 200 V, 20  $\mu$ s / div.



**Figure 74** – (-)2.5 kV Ring Wave, 90°. Upper:  $V_{BULK}$ , 200 V / div. Lower:  $V_{DRAIN}$ , 200 V, 20  $\mu$ s / div.



## 16 부록

This section describes the operation of the optional active damper circuit that is incorporated in the pcb layout.

### 16.1 액티브 댐퍼 회로도

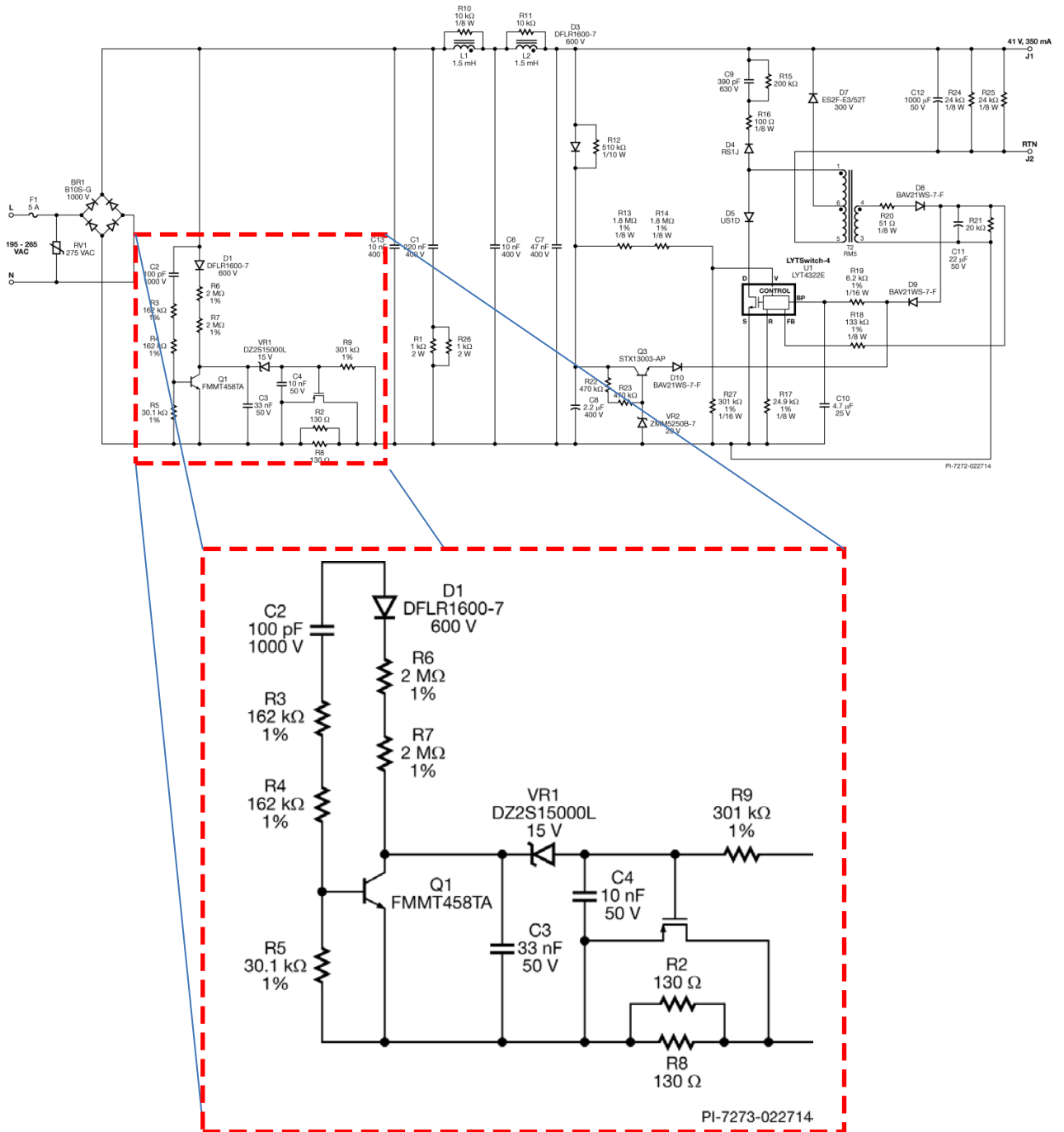


Figure 75 – Active Damper Schematic.



**16.2 회로 설명**

Resistors R2 and R8 provide passive damping and the surrounding circuit comprised of D1, R6, R7, C3, VR1, C4, Q2, and R9 minimize power dissipation of R2 and R8 by operating Q2 in linear mode approximately 2 ms after the TRIAC turns ON. Capacitor C2, R3, R4, R5 and Q1 provide a discharge path so that Q2 is initially turned OFF when the next TRIAC switching cycle begins. The values were also selected such that when there is no TRIAC connected, Q2 will be permanently ON which helps improve efficiency in non-dimming operation.

With this circuit, the values of R2 and R8 can be increased further for better dimmer compatibility but with less impact on the thermal performance of these resistors during dimming.

**16.3 효율성 데이터**

With the active damper circuit, efficiency improves by as much as +2% over the one without the optional circuit.

**16.3.1 댐퍼 없음**

입력		Input Measurement					Load Measurement			
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)	Efficiency (%)
195	50	194.95	87.09	16.600	0.978	15.86	42.0250	339.840	14.294	86.11
210	50	209.96	81.96	16.717	0.972	17.19	42.0210	342.990	14.425	86.29
220	50	220.00	79.41	16.901	0.967	17.79	42.0320	346.830	14.590	86.33
230	50	229.95	76.75	16.995	0.963	18.27	42.0280	348.660	14.666	86.30
240	50	239.98	74.05	17.021	0.958	18.75	42.0110	348.910	14.671	86.19
265	50	264.95	68.30	17.029	0.941	20.7200	41.9870	347.950	14.621	85.86

**16.3.2 액티브 댐퍼 사용**

입력		Input Measurement					Load Measurement				Efficiency Improvement (%)
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)	Efficiency (%)	Efficiency Improvement (%)
195	50	194.95	85.87	16.314	0.975	16.77	42.1030	342.590	14.436	88.49	2.38
210	50	209.96	81.25	16.517	0.968	17.96	42.1070	346.400	14.598	88.38	2.09
220	50	219.99	78.59	16.672	0.964	18.32	42.1070	349.130	14.713	88.25	1.92
230	50	229.94	75.91	16.749	0.960	18.79	42.0950	350.030	14.747	88.05	1.75
240	50	239.98	73.25	16.773	0.954	19.25	42.0730	349.740	14.727	87.80	1.61
265	50	264.95	67.81	16.825	0.937	21.3300	42.0480	348.750	14.676	87.23	1.37



**16.4 BOM(액티브 댐퍼)**

Item	Qty	Ref Des	설명	Mfg Part Number	Manufacturer
1	1	C2	100 pF, 1000 V, Ceramic, NPO, 0805	C0805C101MDGACTU	Kemet
2	1	C3	33 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	CC0805KRX7R9BB333	Yageo
3	1	C4	10 nF 50 V, Ceramic, X7R, 0603	C0603C103K5RACTU	Kemet
4	1	D1	600 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, POWERDI123	DFLR1600-7	Diodes, Inc.
5	1	Q1	NPN, HP, 400 V, 225 mA, SOT23-3	FMMT458TA	Diodes, Inc.
6	1	Q2	600 V, 0.4 A, 8 $\Omega$ , N-Channel, TO-92	STQ2NK60ZR-AP	ST Micro
7	2	R2 R8	130 $\Omega$ , 5%, 1 W, Thick Film, 2512	ERJ-1TYJ131U	Panasonic
8	2	R3 R4	162 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF1623V	Panasonic
9	1	R5	30.1 k $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF3012V	Panasonic
10	2	R6 R7	2 M $\Omega$ , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF2004V	Panasonic
11	1	R9	301 k $\Omega$ , 1%, 1/16 W, Thick Film, 0603	ERJ-3EKF3013V	Panasonic
12	1	VR1	15 V, 5%, 150 mW, SSMINI-2	DZ2S15000L	Panasonic



**17 개정 내역**

날짜	작성자	개정	Description and Changes	Reviewed
27.02.14	DS	1.0	Initial Release	Apps & 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

### 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)

### 독일

Lindwurmstrasse 114  
80337, Munich  
Germany  
전화: +49-895-527-39110  
팩스: +49-895-527-39200  
전자 메일:  
[eurossales@powerint.com](mailto:eurossales@powerint.com)

### 일본

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

### 대만

5F, No. 318, Nei Hu Rd.,  
Sec. 1  
Nei Hu District  
Taipei 11493, Taiwan R.O.C.  
전화: +886-2-2659-4570  
팩스: +886-2-2659-4550  
전자 메일:  
[taiwansales@powerint.com](mailto:taiwansales@powerint.com)

### 중국(상하이)

Rm 2410, Charity Plaza, No. 88,  
North Caoxi Road,  
Shanghai, PRC 200030  
전화: +86-21-6354-6323  
팩스: +86-21-6354-6325  
전자 메일:  
[chinasales@powerint.com](mailto:chinasales@powerint.com)

### 인도

#1, 14<sup>th</sup> 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)

### 한국

RM 602, 6FL  
Korea City Air Terminal B/D,  
159-6  
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,  
Seoul, 135-728 Korea  
전화: +82-2-2016-6610  
팩스: +82-2-2016-6630  
전자 메일:  
[koreasales@powerint.com](mailto:koreasales@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:  
[eurossales@powerint.com](mailto:eurossales@powerint.com)

### 중국(셴젠)

3rd Floor, Block A,  
Zhongtuo International Business  
Center, No. 1061, Xiang Mei Rd,  
FuTian District, ShenZhen,  
China, 518040  
전화: +86-755-8379-3243  
팩스: +86-755-8379-5828  
전자 메일:  
[chinasales@powerint.com](mailto:chinasales@powerint.com)

### 이탈리아

Via Milanese 20, 3<sup>rd</sup>. Fl.  
20099 Sesto San Giovanni  
(MI) Italy  
전화: +39-024-550-8701  
팩스: +39-028-928-6009  
전자 메일:  
[eurossales@powerint.com](mailto:eurossales@powerint.com)

### 싱가포르

51 Newton Road,  
#19-01/05 Goldhill Plaza  
Singapore, 308900  
전화: +65-6358-2160  
팩스: +65-6358-2015  
전자 메일:  
[singaporesales@powerint.com](mailto:singaporesales@powerint.com)

### 애플리케이션 문의 전화

전 세계 통합 번호 +1-408-414-9660

### 애플리케이션 문의 팩스

전 세계 통합 번호 +1-408-414-9760

