

설계 예제 보고서

제목	9.5W, 절연 플라이백, TRIAC 디머블, 역률 보장(>0.96) LED 드라이버 (LYTSwitch™ LYT4314E 사용)
사양	90VAC – 132VAC 입력, 18V, 530mA 출력
애플리케이션	트랙 조명 LED 드라이버
작성자	애플리케이션 엔지니어링 부서
문서 번호	DER-353
날짜	13.11.12
개정	1.0

요약 및 기능

- 고효율, 120VAC에서 $\geq 81\%$
- PF >0.96, EN 61000-3-2 클래스 D(C)를 용이하게 준수
- THD <15%
- 두 가지 TRIAC 디머블 구성 제공
 - 액티브 더미 부하 사용 - 가장 광범위한 디머 모델 호환성 및 광범위한 디밍 범위
 - 최저 비용(액티브 더미 부하 사용하지 않음) - 600W 디머를 위한 광범위한 디머 호환성
- 시스템 비용 절감
 - 일체형(single-stage) 컨버터
 - 단면 PCB
 - 적은 부품 수
- 향상된 사용자 경험
 - 깜박임 없는(flicker-free) 빠른 모노토닉 스타트업(<200ms) – 인지되는 지연 시간 없음
 - 팝온 또는 데드 트래블 현상이 나타나지 않음
 - 광범위한 디머 호환성
- 집적된 보호 및 신뢰성 기능
 - 오토 리커버리 기능으로 출력 회로/오픈 및 단락 방지

Power Integrations

5245 Hellyer Avenue, San Jose, CA 95138 USA.

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

www.powerint.com

- 신속하게 작동하는 라인 입력 과전압 셧다운으로 라인 고장 시 전압 내성 확대
 - $\pm 2500V$ 링 웨이브 및 $\pm 500V$ 디퍼렌셜 서지 준수 용이



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.com에서 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	7
2	파워 서플라이 사양	9
3	회로도	10
4	회로 설명	11
4.1	입력 필터링	11
4.2	LYTSwitch 1 차측	11
4.3	피드백	12
4.4	출력 정류	12
4.5	부하 차단 및 단락 보호 기능	13
4.6	TRIAC 위상 디밍 컨트롤 호환성	13
4.6.1	액티브 더미 부하 회로	14
5	PCB 레이아웃	15
6	BOM	16
7	트랜스포머 사양	18
7.1	전기적 구성도	18
7.2	전기적 사양	18
7.3	재료	18
7.4	트랜스포머 제작 구성도	19
7.5	트랜스포머 구성	19
8	U1 히트싱크	20
8.1	U1 히트싱크 제작 도면	20
8.2	U1 히트싱크 어셈블리 도면	21
8.3	U1 및 히트싱크 어셈블리 도면	22
9	성능 데이터	23
9.1	효율	23
9.2	입력 및 부하 레귤레이션	24
9.3	역률	25
9.4	A-THD	26
9.5	고조파 전류	27
9.5.1	15V LED 부하	27
9.5.3	18V LED 부하	28
9.5.4	21V LED 부하	29
9.6	테스트 데이터	30
9.6.1	테스트 데이터, 15V LED 부하	30
9.6.2	테스트 데이터, 18V LED 부하	30
9.6.3	테스트 데이터, 21V LED 부하	30
9.6.4	120VAC 60Hz, 15V LED 부하 고조파 데이터	31
9.6.5	120VAC 60Hz, 18V LED 부하 고조파 데이터	32
9.6.6	120VAC 60Hz, 21V LED 부하 고조파 데이터	33



10	디밍 성능 데이터.....	34
10.1	시뮬레이션된 TRIAC 을 사용한 디밍 곡선	34
10.2	실제 디머를 사용한 성능	35
10.2.1	디밍 곡선	35
10.2.2	일반 리딩 엣지 디머 성능 데이터	36
10.2.3	일반 트레일링 엣지 디머 성능 데이터	37
10.2.4	디머 호환성 목록	37
11	온도 성능	39
11.1	비디밍 $V_{IN} = 90VAC, 60Hz, 21V LED$ 부하	39
11.2	비디밍 $V_{IN} = 132VAC, 60Hz, 21V LED$ 부하	39
11.3	디밍 $V_{IN} = 120VAC, 60Hz, \text{도통각 } 90^\circ, 21V LED$ 부하	40
12	비디밍 파형	41
12.1	입력 전압 및 입력 전류 파형.....	41
12.2	정상 작동 시 출력 전류 및 출력 전압	42
12.3	스타트업 시 입력 전압 및 출력 전류 파형	43
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.....	46
12.7	정상 작동 시 출력 다이오드 전압 및 전류	47
12.8	스타트업 및 출력 단락 상태의 출력 다이오드 전압과 전류	48
12.9	오픈 부하 상태의 출력 전압.....	48
13	디밍 파형	49
13.1	입력 전압 및 입력 전류 파형.....	49
13.2	출력 전류 파형.....	50
13.3	스타트업 시 입력 전압 및 출력 전류 파형	51
14	전도성 EMI.....	52
14.1	테스트 설정	52
14.2	테스트 결과	53
15	라인 서지	54
16	액티브 더미 부하(Active Pre-Load)를 사용하지 않을 경우	56
16.1	회로도	56
16.2	APL 이 없을 때의 BOM	57
16.3	APL 이 없을 때의 효율	58
16.4	APL 이 없을 때의 라인 및 부하 레귤레이션	59
16.5	APL 이 없을 때의 역률	60
16.6	APL 이 없을 때의 A-THD	61
16.7	APL 이 없을 때의 고조파 전류	62
16.7.1	15V LED 부하	62
16.7.3	18V LED 부하	63
16.7.4	21V LED 부하	64



16.8	APL 이 없을 때의 테스트 데이터	65
16.8.1	테스트 데이터, 15V LED 부하	65
16.8.2	테스트 데이터, 18V LED 부하	65
16.8.3	테스트 데이터, 21V LED 부하	65
16.8.4	120VAC 60Hz, 15V LED 부하 고조파 데이터	66
16.8.5	120VAC 60Hz, 18V LED 부하 고조파 데이터	67
16.8.7	120VAC 60Hz, 21V LED 부하 고조파 데이터	68
16.9	APL 없이 시뮬레이션된 TRIAC 을 사용할 때의 디밍 곡선	69
16.10	APL 없이 실제 디머를 사용할 때의 성능	70
16.10.1	디밍 곡선	70
16.10.2	일반 리딩 엣지 디머 성능 데이터	71
16.10.3	일반 트레일링 엣지 디머 성능 데이터	71
16.10.4	디머 호환성 목록	71
17	개정 내역	74

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 530mA, 90VAC~132VAC의 입력 전압 범위에서 21V LED 스트링 전압을 구동하도록 설계된 높은 PF(역률)의 절연형 TRIAC LED 디머블 드라이버에 대해 설명합니다. LED 드라이버는 LYTSwitch IC 제품군의 LYT4314E를 사용합니다.

사용된 토폴로지는 고효율, 고역률, 낮은 THD, 절연 기능을 제공하고 부품 수가 적으며 우수한 TRIAC 디밍을 제공하는 일체형(single-stage) 역률 보정 플라이백입니다.

LYTSwitch IC를 사용함으로써 고역률과 낮은 THD를 실현할 수 있으며 오픈 컨트롤 루프 및 출력 회로 단락 시 동작하는 오토-리스타트 기능을 비롯한 다양한 첨단 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.

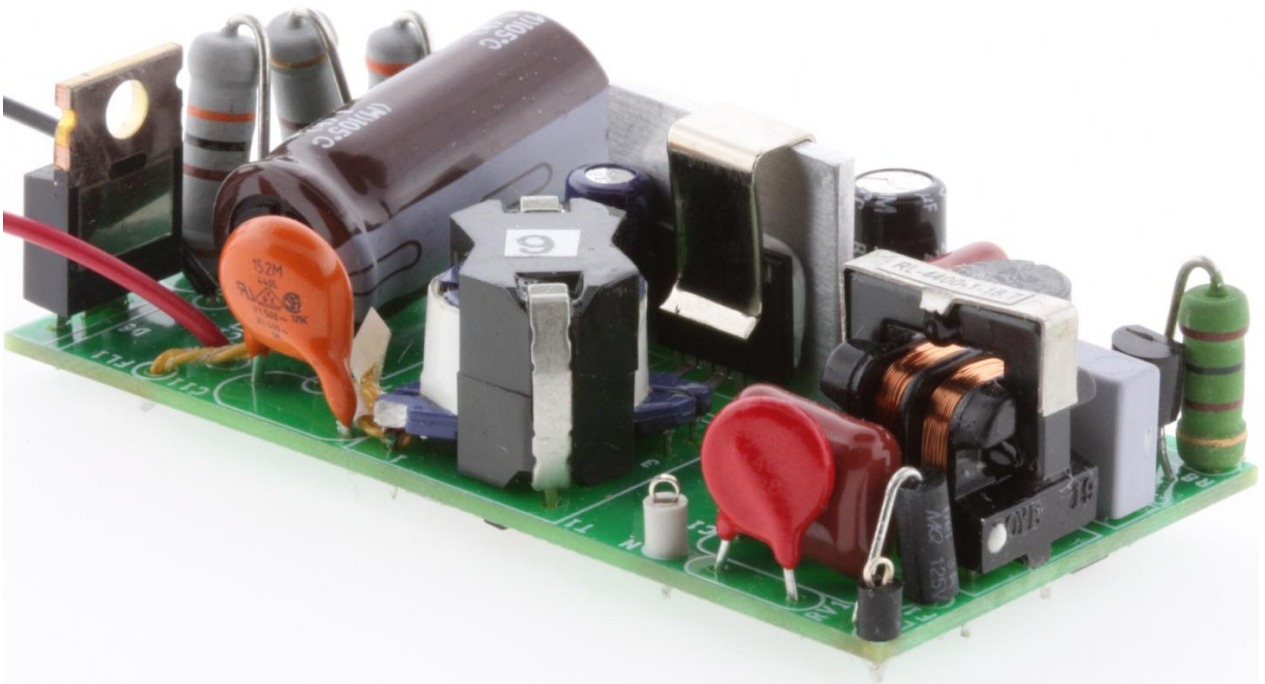


Figure 1 – Populated Circuit Board Photograph



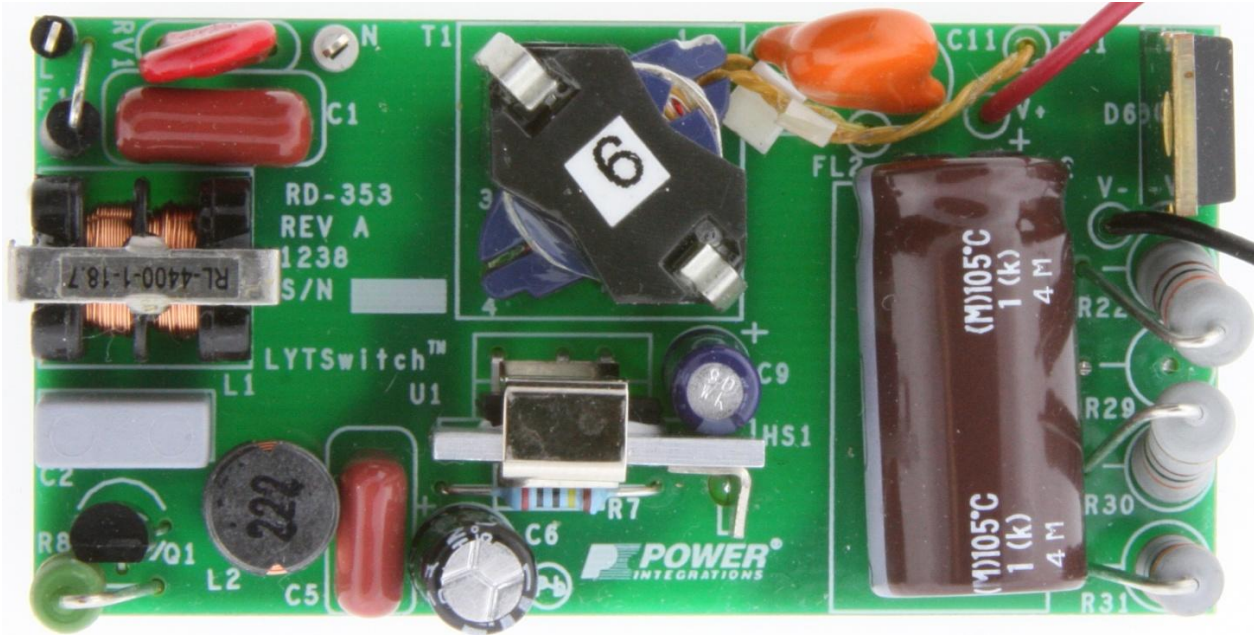


Figure 2 – Populated Circuit Board Photograph (Top View).

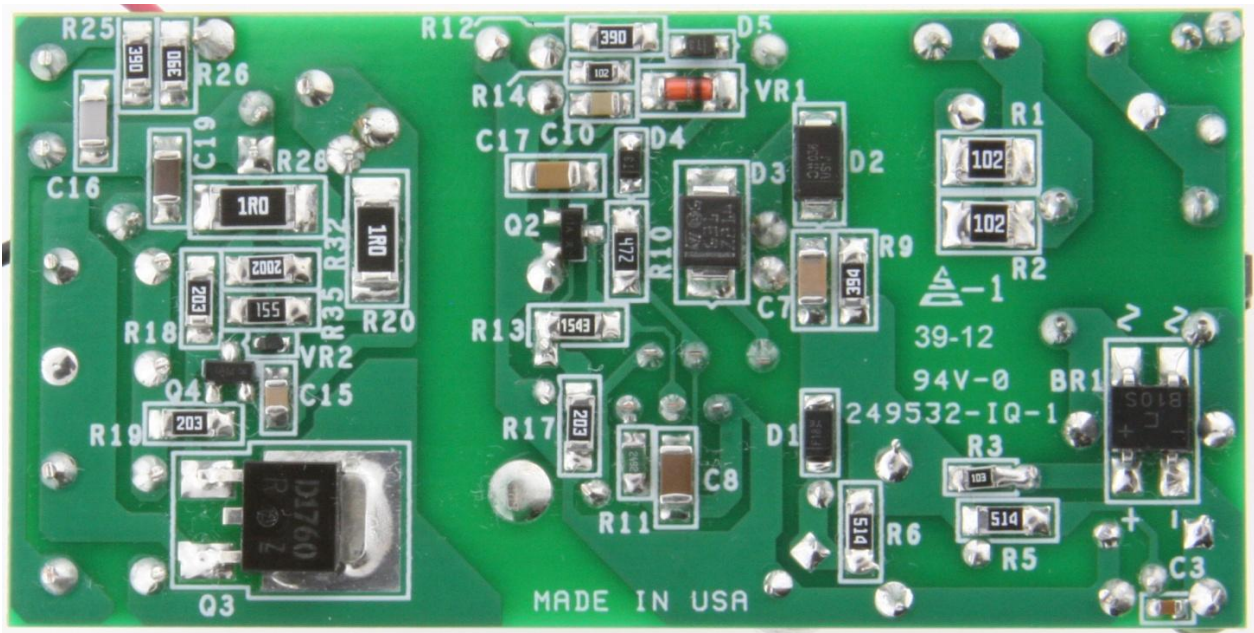


Figure 3 – Populated Circuit Board Photograph (Bottom View).



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 전압 주파수	V_{IN} f_{LINE}	90	120 60	132	VAC Hz	
출력 출력 전압 출력 전류 총 출력 전력 연속 출력 전력	V_{OUT} I_{OUT} P_{OUT}	15	18 530 9.5	21	V mA W	$V_{OUT} = 21, V_{IN} = 120VAC, 25^{\circ}C$
효율 풀부하	η		82		%	P_{OUT} 25 °C 에서 측정
환경 전도성 EMI 안정성 링 웨이브(100kHz) 디퍼렌셜 모드(L1-L2) 커먼 모드(L1/L2-PE) 디퍼렌셜 서지(1.2/50 μ s)			CISPR 15B/EN55015B 절연형			
			2.5		kV	
			500		V	
역률			0.96			$V_{OUT(TYP)}, I_{OUT(TYP)}$ 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}		50		°C	자유대류, 임해고도



3 회로도

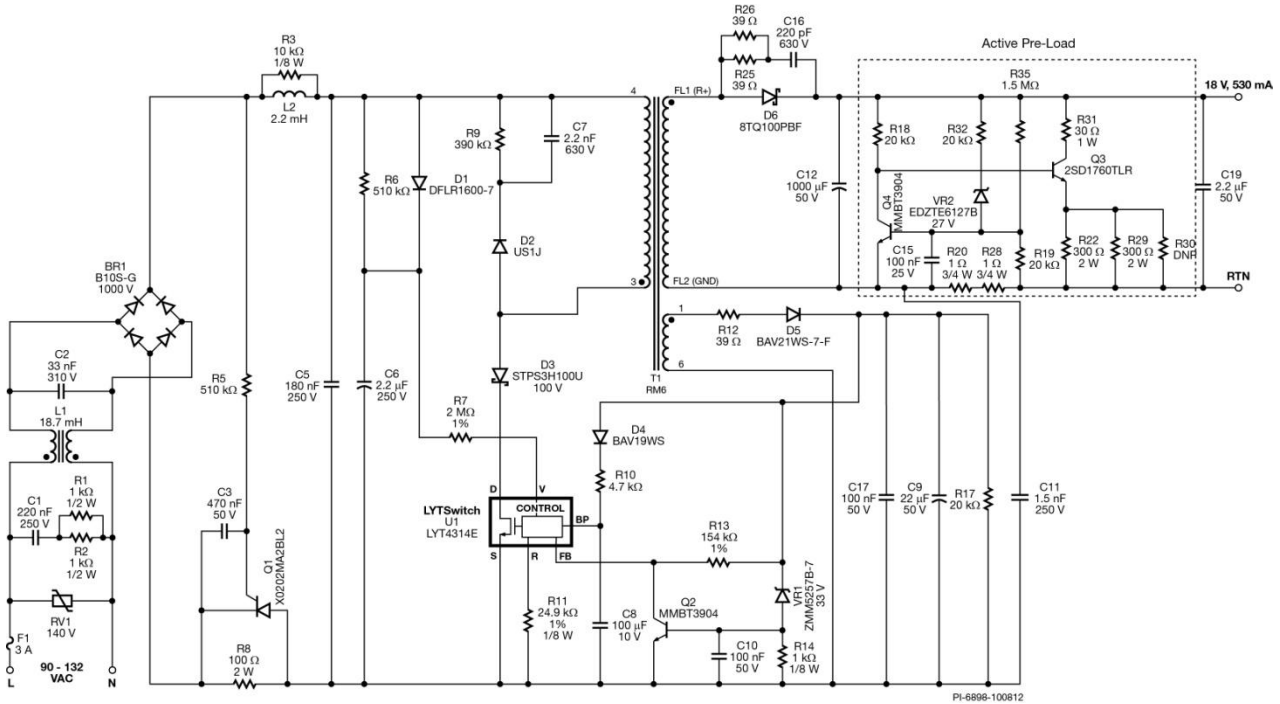


Figure 4 – Schematic with Optional Active Pre-load.

참고:

1. R30 은 디밍 곡선을 조정하기 위한 선택형 저항이기 때문에 적합하지 않습니다.
2. 효율 하락이 ~0.2%까지 허용되면서 비용에 민감한 애플리케이션의 경우 블로킹 다이오드 D3을 ES2D 같은 고속 정류기로 대체할 수 있습니다.
3. 디퍼렌셜 라인 서지 수준이 500V 이하이면 RV1 이 필요하지 않습니다.



4 회로 설명

LYTSwitch 디바이스는 LED 드라이버 애플리케이션에서 사용하도록 설계된 컨트롤러와 670V 파워 MOSFET가 집적된 제품입니다. LYTSwitch는 일체형(single-stage) 플라이백 토폴로지에서 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 μ s/50 μ s) 라인 서지 입력으로 인한 문제를 방지하기 위해 비교적 높은 정격 전류를 선택했습니다. LYTSwitch의 신속한 입력 과전압 탐지 기능은 D1 및 C6 피크 감지기 커패시터와 함께 클램프를 구성하여 파워 MOSFET에 걸리는 최대 전압 스트레스를 제한합니다. 선택형 MOV(금속 산화물 배리스터) RV1은 디퍼렌셜 라인 서지 전압이 >500V인 경우에 사용할 수 있습니다. 배리스터 RV1은 디퍼렌셜 라인 서지 입력 전압 중 최대 전압을 제한하기 위해 클램프를 제공합니다. 지정된 최대 작동 전압인 132VAC보다 약간 높은 140VAC 정격 부품을 권장합니다. 브리지 다이오드 BR1은 1차측 스위칭 전류에 낮은 임피던스 경로(디커플링)를 제공하는 커패시터 C5를 통해 AC 입력 전압을 정류합니다.

인덕터 L1, L2와 커패시터 C2, C5에서 EMI를 필터링합니다. L2의 저항 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

트랜스포머의 한쪽(T1)은 DC 버스에 연결되고 다른 쪽은 블로킹 다이오드 D3 을 통해 LYTSwitch 디바이스의 DRAIN(D) 핀에 연결됩니다. 파워 MOSFET 이 온 상태일 동안 전류는 1 차측을 통해 증가하여 에너지를 저장하고, 이 에너지는 파워 MOSFET 이 오프 상태일 때 출력으로 전달됩니다. RM6S/I 코어는 설계의 전력 처리 용량을 만족하는 크기로 선택했습니다.

피크 입력 전압 정보를 U1 에 제공하기 위해 들어오는 정류된 AC 피크는 D1 을 통해 C6 을 충전합니다. 그런 다음 R7 을 통해 U1 의 VOLTAGE MONITOR(V) 핀에 전류로 공급됩니다. 저항 R6 은 V 핀 전류가 입력 주파수에서 변조되는 것을 방지하기 위하여 정류된 AC 의 시정수보다 훨씬 긴 시간으로 C6 의 방전 경로를 제공합니다(PF 의 감소를 초래함).

입력 과전압 섯다운 기능을 통해서 정류된 입력 전압 내성(서지 및 입력 팽창 시)을 내부 파워 MOSFET 의 650BV_{DSS} 정격으로 확장합니다. V 핀 전류가 112 μ A 또는 약 158VAC 를 초과할 경우 입력 과전압 섯다운 기능이 작동합니다.

V 핀 전류와 FEEDBACK(FB) 핀 전류는 내부적으로 평균 출력 LED 전류를 제어하기 위해 사용됩니다. 라인 및 레귤레이션을 개선하기 위해 24.9k Ω 저항이 REFERENCE(R)



핀(R11)에 사용되고 $2M\Omega$ (R7)이 V 핀에 사용되어, 입력 전압과 출력 전류 간의 선형적 관계를 구현합니다.

파워 MOSFET 오프 시간 중 D2, R9, 및 C7 은 누설 인덕턴스 영향으로 인해 드레인 전압을 안전 레벨로 클램핑합니다. C5 의 전압(정류된 입력 AC)이 권선비에 의해 발생된 전압(설계 스프레드시트의 파라미터 V_{OR}) 이하로 떨어질 때 역방향 전류가 U1 을 통과하는 것을 방지하기 위해 다이오드 D3 이 필요합니다. 울트라패스트 타입(ES2D)을 선택하면 효율이 약간(0.3%) 떨어지는 대신 비용을 낮출 수 있습니다.

다이오드 D5, C9, R12 및 R17은 트랜스포머의 보조 권선에서 1차측 바이어스 전압을 만듭니다. 저항 R12는 LED 전압 변동 시 바이어스 전압이 출력 전압을 세밀하게 추적하고 출력 전류를 일정하게 유지할 수 있는 필터링 기능을 제공합니다. 저항 R17은 출력 단락 회로 상태 동안 C9 피크 충전을 제공하여 드라이버가 안전하게 오토-리스타트 모드로 전환할 수 있도록 합니다.

커패시터 C8은 내장 컨트롤러용 서플라이 핀에 해당하는 U1의 BYPASS(BP) 핀에 로컬 디커플링을 제공합니다. 스타트업 동안에 C8은 DRAIN(D) 핀에 연결된 내부 고전압 전류 소스를 통해 ~6V로 충전됩니다. 충전이 되면, U1은 바이어스 서플라이로부터 R10을 통해 동작 공급 전류가 제공되는 지점에서 스위칭됩니다.

딥 디밍 상태에서 디바이스 전력 소모는 최소로 하고 U1에 효율적으로 공급하기 위해 D4 및 R10을 통해 외부 바이어스 서플라이를 사용할 것을 권장합니다.

또한 커패시터 C8은 출력 전력 모드도 선택하기 때문에, 디바이스 전력 소모와 히트싱크 요건을 최소화하기 위해 $100\mu\text{F}$ 가 선택되었습니다(파워 감소 모드).

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 2차측 권선 간의 턴비에 의해 설정됨). 저항 R13은 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.

4.4 출력 정류

트랜스포머 2 차측 권선은 D6 에 의해 정류되고 커패시터 C12 및 C19 에 의해 필터링됩니다. 액티브 더미 부하가 필요 없을 경우 커패시터 C19 를 $20k\Omega$ 1206 smd 저항으로 바꿔야 합니다.

더 높은 리플을 사용해도 되는 설계의 경우 출력 커패시턴스 값을 줄일 수 있습니다.



4.5 부하 차단 및 단락 보호 기능

FB 전류가 76ms 이상 $I_{FB(AR)}$ 기준값 이하로 떨어지면 부품이 오토-리스트ार्ट 상태가 됩니다.

부하가 오픈(연결 해제)될 경우 제너 다이오드 VR1 이 도통되고 트랜지스터 Q2 는 ON 상태가 됩니다. 그런 다음 트랜지스터 Q2 는 FB 핀을 풀 다운하여 IC 를 오토-리스트ार्ट 모드로 강제 전환합니다.

출력 단락 회로 상태에서 출력 전압이 감소하고 따라서 바이어스 전압도 감소합니다. 이 때문에 FB 핀으로 들어가는 전류가 $I_{FB(AR)}$ 아래로 떨어집니다.

오토-리스트ार्ट 전력 소모를 정격 출력 전력의 25% 이하로 제한하면 안전한 상태를 유지할 수 있습니다. 고장이 해결되면 오토-리스트ार्ट 사이클 OFF 시간(~225ms)이 끝나는 즉시 드라이버가 정상적으로 작동합니다.

4.6 TRIAC 위상 디밍 컨트롤 호환성

낮은 가격의 TRIAC 기반, 리딩 엣지 위상 디머를 사용한 출력 디밍을 구현하기 위한 몇 가지의 설계 방안을 설명합니다.

LED 기반 조명은 훨씬 낮은 전력을 소비하므로 램프가 끌려온 전류가 디머 내에 있는 TRIAC 의 홀딩 전류 아래로 떨어질 수 있습니다. 이로 인해 디밍 컨트롤 범위가 끝나기 전에 램프가 OFF 상태가 된다거나 TRIAC 이 불규칙적으로 작동할 때 램프가 깜박거리는 등 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 패시브 블리더 회로를 추가했습니다. 이러한 회로는 전력 소모가 증가하여 서플라이의 효율성이 저하된다는 약점이 있습니다. 비디밍 애플리케이션의 경우 이러한 부품을 생략할 수 있습니다.

액티브 댐퍼는 R5, Q1, C3 및 R8 로 구성됩니다. 이 회로는 도통 시간의 최초 1ms 동안 직렬로 연결된 R8 에 의하여 TRIAC 가 ON 상태가 되었을 때 C5 를 충전하는 돌입 전류를 제한합니다. 약 1ms 후에 Q1 이 ON 상태가 되고 R8 을 단락시킵니다. 이로 인해 R8 에서 전력 소모가 낮게 유지되고 전류 제한에 보다 큰 값을 사용하여 효과적으로 전류를 제한할 수 있습니다. 저항 R5 및 C3 은 TRIAC 도통 후에 1ms 의 지연 시간을 발생시킵니다. Q1 용으로 TO-92 패키지에서 선택된 SCR 은 저전류, 저가형 디바이스입니다. R8 과 직렬로 연결된 저항 R36(일반적으로 10–22Ω)은 TRIAC 을 추가로 댐핑하기 위한 선택형 저항이며 정격 전력은 1000W 입니다.



패시브 블리더 회로는 R1, R2 의 병렬 조합과 C1 로 구성됩니다. 이 회로는 각 도통각 시간이 시작되고 끝날 때 TRIAC 스위치가 발진을 일으키지 않도록 하기 위해 드라이버 입력 전류가 각 하프 AC 사이클 동안 증가할 때 입력 전류를 TRIAC 홀딩 전류보다 높게 유지합니다.

4.6.1 액티브 더미 부하 회로

액티브 더미 부하 회로를 추가하여 디밍 범위 용량을 확장하고 TRIAC 디밍 동안 부하를 추가합니다. 그러면 호환되는 디머 모델 수가 늘어납니다.

저항 R20 및 R28 은 출력 전류를 감지합니다. 출력 전류가 200mA 아래로 떨어지면 트랜지스터 Q4 가 OFF 상태가 되고 트랜지스터 Q3 은 ON 상태가 되어 LED 로 흐르는 출력 전류가 감소합니다. 이 배열은 30V_{RMS} 입력(잘린 입력 전압)에서 풀부하의 ~1%에 해당하는 출력 전류를 LED 드라이버에 제공합니다. 최소 출력 전류(리플의 밸리) 200mA 에서는 효율이 떨어지는 것을 방지하기 위해 액티브 더미 부하 회로가 분리됩니다. 저항 R22, R29 및 R31 은 더미 부하 회로로 흐르는 최대 전류를 설정하므로 원하는 디밍 곡선을 조정하는 데 사용할 수 있습니다. 또한 제너 다이오드 VR2 및 R32 를 사용하여 오픈 부하 상태 동안 액티브 더미 부하를 비활성화합니다. 저항 R22, R29 및 R31 의 온도가 매우 많이 상승할 수 있으므로 최종 제품에서 확인해야 합니다. 전체 LED 전류가 <50%인 경우에만 전력 소모가 발생하기 때문에 LED 히트싱크에 마운팅해도 됩니다.



5 PCB 레이아웃

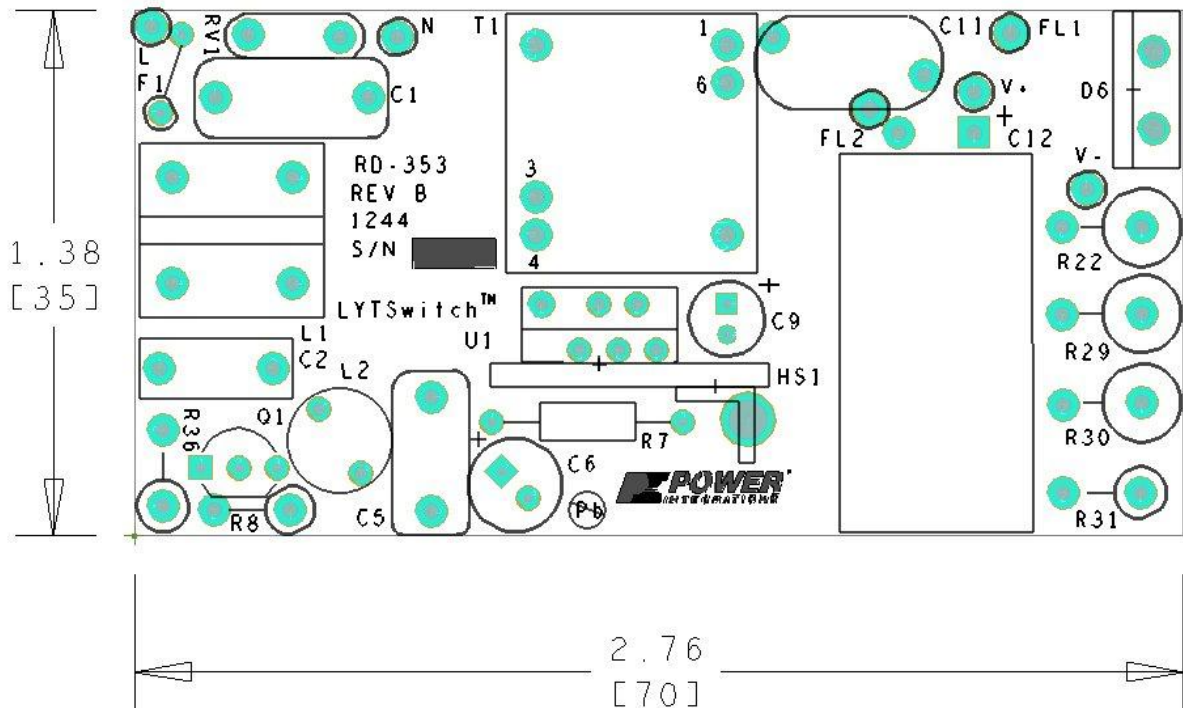


Figure 5 – Top Side.

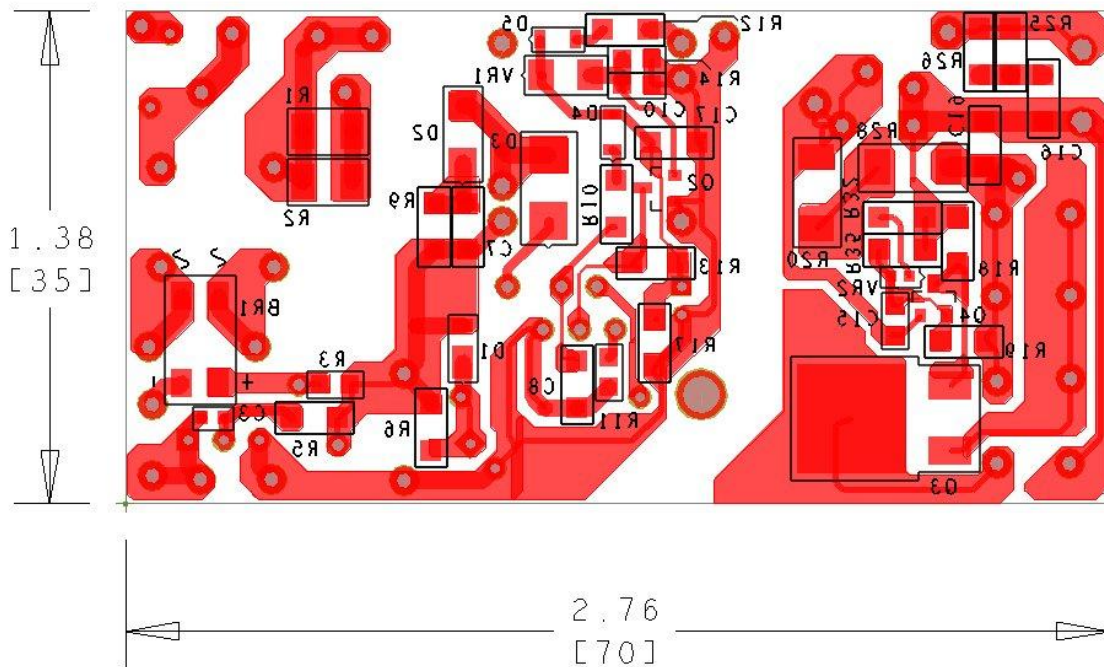


Figure 6 – Bottom Side.



6 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	C1	220 nF, 250 V, Film	ECQ-E2224KF	Panasonic
3	1	C2	33 nF, 310 VAC, Polyester Film, X2	BFC233920333	Vishay
4	1	C3	470 nF, 50 V, Ceramic, Y5G, 0603	C1608Y5V1H474Z	TDK
5	1	C5	180 nF, 250 V, Film	ECQ-E2184KB	Panasonic
6	1	C6	2.2 μ F, 250 V, Electrolytic, (6.3 x 11)	225CKH250M	Illinois Capacitor
7	1	C7	2.2 nF, 630 V, Ceramic, X7R, 1206	ECJ-3FBJ222K	Panasonic
8	1	C8	100 μ F, 10 V, X5R, 1206	C3216X5R1A107M	TDK
9	1	C9	22 μ F, 50 V, Electrolytic, Low ESR, 900 m Ω , (5 x 11.5)	ELXZ500ELL220MEB5D	Nippon Chemi-Con
10	1	C10	100 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	CC0805KRX7R9BB104	Yageo
11	1	C11	1.5 nF, Ceramic, Y1	440LD15-R	Vishay
12	1	C12	1000 μ F, 50 V, Electrolytic, Gen. Purpose, (12.5 x 25)	EKMG500ELL102MK25S	Nippon Chemi-Con
13	1	C15	100 nF, 25 V, Ceramic, X7R, 0805	08053C104KAT2A	AVX
14	1	C16	220 pF, 630 V, Ceramic, NPO, 1206	C3216C0G2J221J	TDK
15	1	C17	100 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 1206	GRM319R71H104KA01D	Murata
16	1	C19	2.2 μ F, 50 V, Ceramic, Y5V, 1206	GRM31MF51H225ZA01L	Murata
17	1	D1	600 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, POWERDI123	DFLR1600-7	Diodes, Inc.
18	1	D2	Diode Ultrafast, SW 600 V, 1 A, SMA	US1J-13-F	Diodes, Inc.
19	1	D3	100 V, 3 A, Schottky, DO-214AA	STPS3H100U	ST Micro
20	1	D4	100 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV19WS-7-F	Diodes, Inc.
21	1	D5	250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
22	1	D6	100 V, 8 A, Schottky, TO-220AC	8TQ100PBF	Vishay
23	1	F1	3 A, 125 V, Fast, Microfuse, Axial	MQ3	BelFuse
24	1	L1	18.7 mH, 0.22 A, Common Mode Choke	RL-4400-1-18.7	Renco
25	1	L2	2.2 mH, 0.19 A, Ferrite Core	CTCH895F-222K	CT Parts
26	1	Q1	SCR, 600 V, 1.25 A, TO-92	X0202MA 2BL2	ST Micro
27	2	Q2 Q4	NPN, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semir
28	1	Q3	NPN, Power BJT, 400 V, 2 A, SOT-428	2SD1760TLR	Rohm Semi
29	2	R1 R2	1 k Ω , 5%, 1/2 W, Thick Film, 1210	ERJ-14YJ102U	Panasonic
30	1	R3	10 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ103V	Panasonic
31	2	R5 R6	510 k Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ514V	Panasonic
32	1	R7	2.00 M Ω , 1%, 1/4 W, Metal Film	RNF14FTD2M00	Stackpole
33	1	R8	100 Ω , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSMF2JT100R	Stackpole
34	1	R9	390 k Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ394V	Panasonic
35	1	R10	4.7 k Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ472V	Panasonic
36	1	R11	24.9 k Ω , 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF2492V	Panasonic
37	3	R12 R25 R26	39 Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ390V	Panasonic
38	1	R13	154 k Ω , 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1543V	Panasonic
39	1	R14	1 k Ω , 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
40	4	R17 R18 R19 R32	20 k Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ203V	Panasonic
41	2	R20 R28	1 Ω , 5%, 3/4 W, Thick Film, 2010	ERJ-12ZYJ1R0U	Panasonic
42	2	R22 R29	300 Ω , 5%, 2 W, Metal Oxide	RSF200JB-300R	Yageo
43	1	R31	30 Ω , 5%, 1 W, Metal Oxide	RSF100JB-30R	Yageo
44	1	R35	1.5 M Ω , 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ155V	Panasonic
45	1	R36	0 Ω , 1/4 W, Metal Oxide	Z0R-25-R-52-0R	Yageo
46	1	RV1	140 V, 12 J, 7 mm, RADIAL	V140LA2P	Littlefuse



47	1	T1	Bobbin, RM6, Vertical, 6 pins Transformer	B65808-N1006-D1 SNX-R1662	Epcos Santronics USA
48	1	U1	LYTSwitch, eSIP-7C	LYT4314E	Power Integrations
49	1	VR1	33 V, 5%, 500 mW, DO-213AA (MiniMELF)	ZMM5257BDICT-ND	Diodes, Inc.
50	1	VR2	27 V, 5%, 150 mW, SOD 523	EDZTE6127B	Rohm Semi



7 트랜스포머 사양

7.1 전기적 구성도

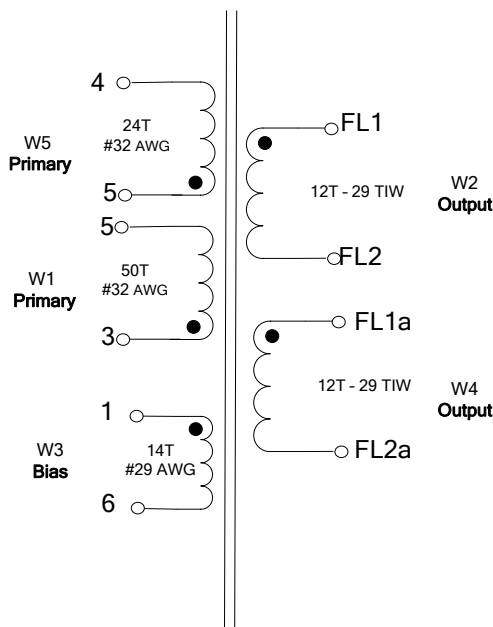


Figure 7 – Transformer Electrical Diagram.

7.2 전기적 사양

Electrical Strength	1 second, 60 Hz, from pins 1, 3, 4, 6 to FL1, FL2.	3000 VAC
Primary Inductance	Pins 3-4, all other windings open, measured at 100 kHz, 0.4 V _{RMS} .	1.4 mH ±5%
Resonant Frequency	Pins 3-4, all other windings open.	1000 kHz (Min.)
Primary Leakage Inductance	Pins 3-4, with FL1-FL2 shorted, measured at 100 kHz, 0.4 V _{RMS} .	15 □H max

7.3 재료

Item	Description
[1]	Core: RM6S/I 3F3.
[2]	B-RM6-V 6 pins (3/3) or equivalent. With mounting clip, CLI/P-RM6.
[3]	Tape, Polyester film, 3M 1350F-1 or equivalent, 6.4 mm wide.
[4]	Wire: Magnet, #32 AWG, solderable double coated.
[5]	Wire: Magnet, #29 AWG, solderable double coated.
[6]	Wire, Triple Insulated, Furukawa TEX-E or Equivalent, #29 TIW.
[7]	Transformer Varnish, Dolph BC-359 or equivalent.



7.4 트랜스포머 제작 구성도

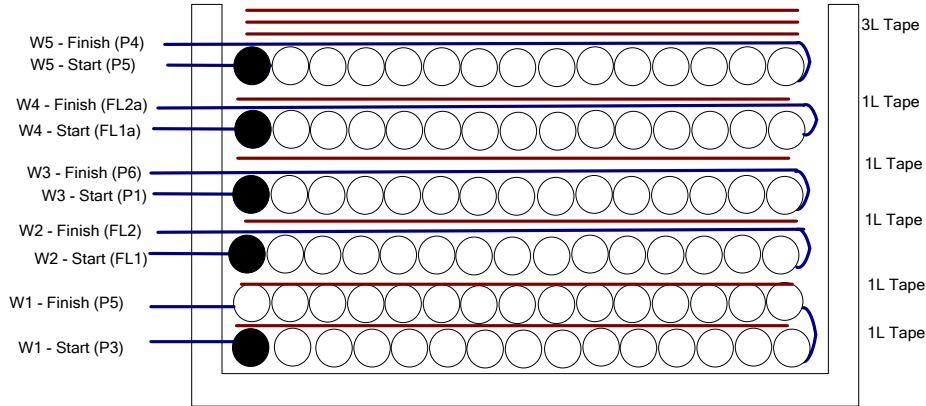


Figure 8 – Transformer Build Diagram.

7.5 트랜스포머 구성

Bobbin Preparation	Place the bobbin item [2] on the mandrel such that pin side on the left side. Winding direction is the clockwise direction.
WDG 1 (Primary)	Starting at pin 3, wind 50 turns of wire item [4] in two layers. Apply one layer of tape item [3] between 1 st and 2 nd layer. Finish at pin 5.
Insulation	Apply one layer of tape item [3].
WDG 2 (Secondary)	Starting at pin 1 side of the bobbin, leave about 1" of wire item [6], use small tape to mark as FL1, wind 12 turns in one layer. At the last turn exit the same slot, leave about 0.75", and mark as FL2.
Insulation	Apply one layer of tape item [3].
WDG 3 (Bias)	Starting at pin 1, wind 14 turns of wire item [5], spreading the wire, and finish at pin 6.
Insulation	Apply one layer of tape item [3].
WDG 2 (Secondary)	Starting at pin 1 side of the bobbin, leave about 1" of wire item [6], use small tape to mark as FL1a, wind 12 turns in one layer. At the last turn exit the same slot, leave about 0.75", and mark as FL2a. Twist FL1a with FL1 and FL2a with FL2.
WDG 3 (Primary)	Starting at pin 5, wind 24 turns of wire item [4] in one layer. Finish at pin 4.
Finish Wrap	Apply three layers of tape item [3] for finish wrap.
Final Assembly	Cut pin 2 and pin 5. Grind core to get 1.4 mH inductance. Assemble and secure core halves. Dip impregnate using varnish item [7].

8 U1 히트싱크

8.1 U1 히트싱크 제작 도면

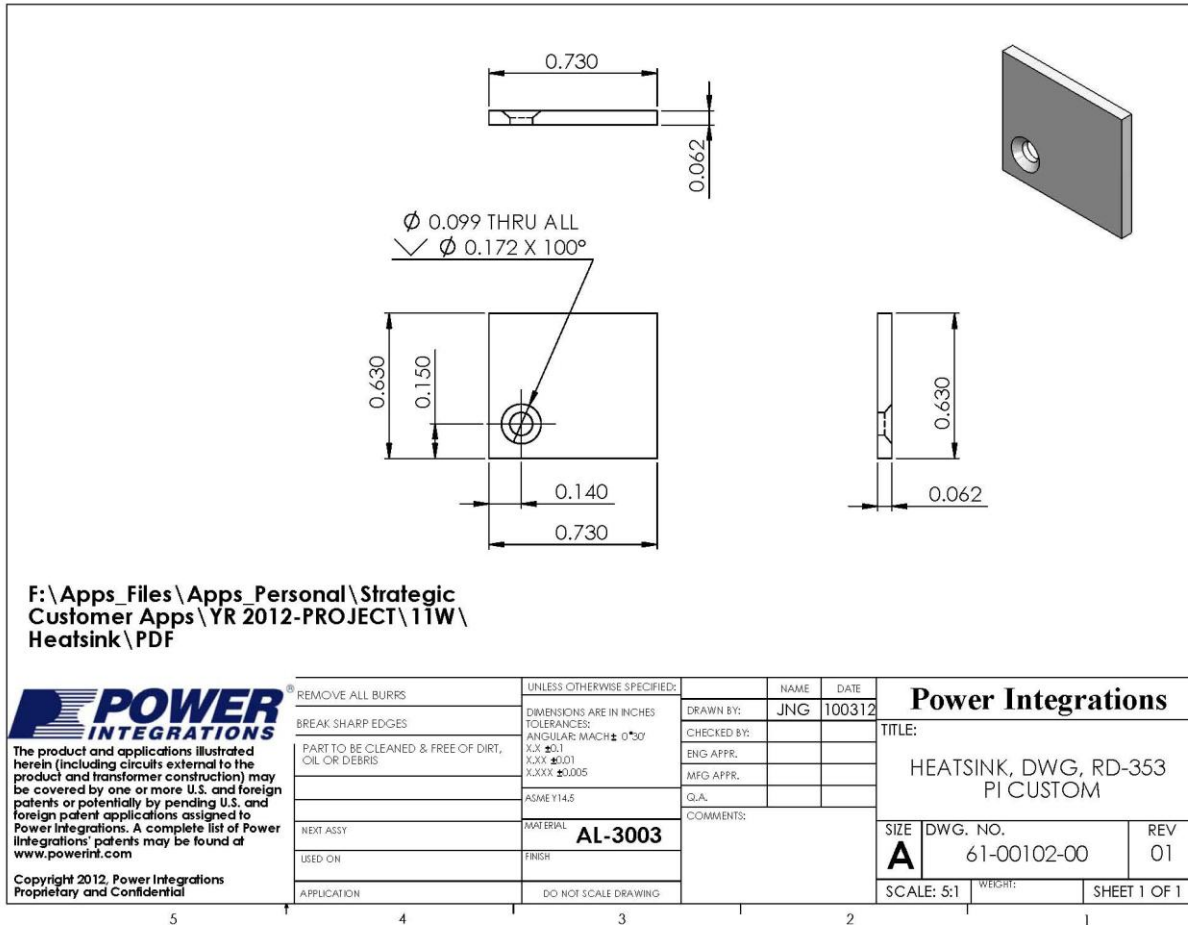


Figure 9 – Heat Sink Dimensions.



8.2 U1 히트싱크 어셈블리 도면

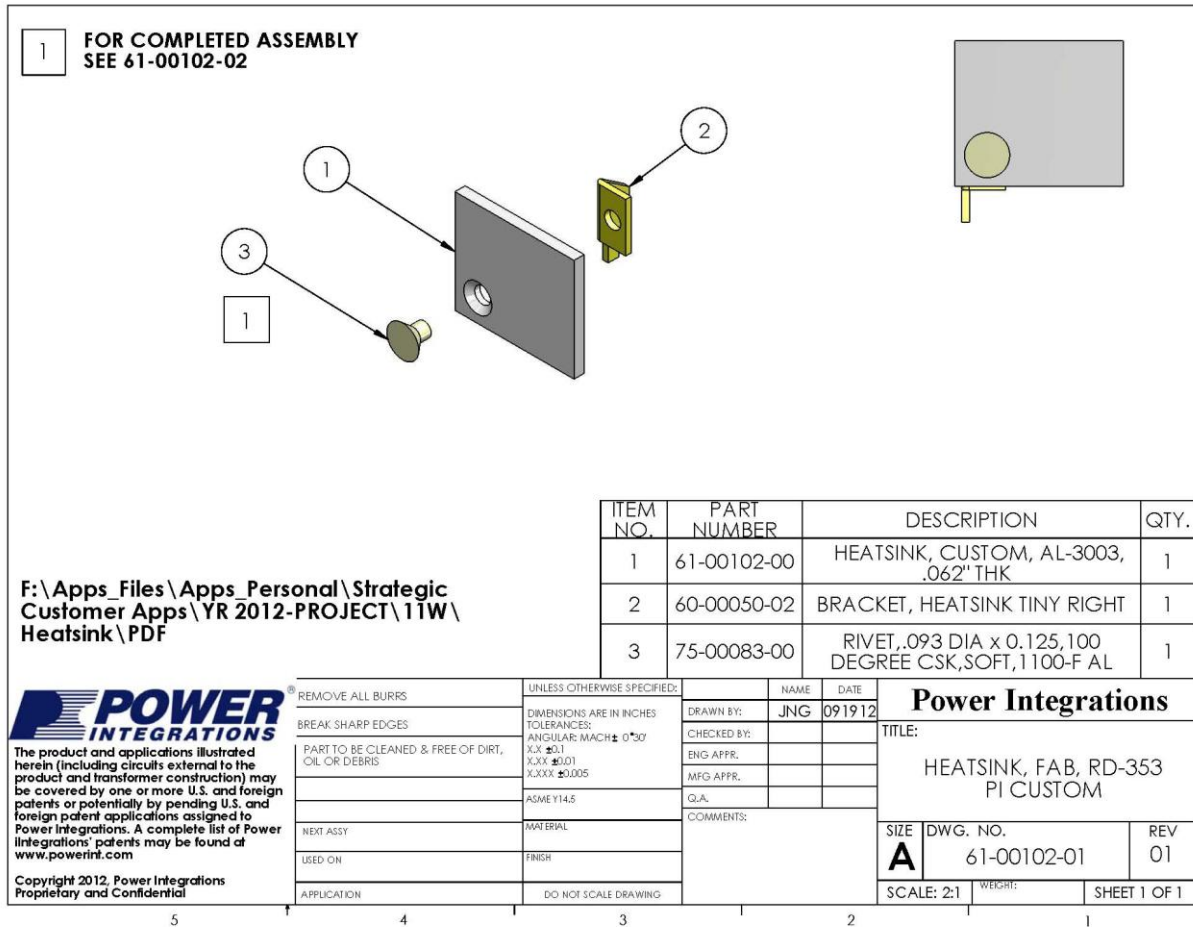


Figure 9a – U1 Heat Sink Assembly Drawing.

8.3 U1 및 히트싱크 어셈블리 도면

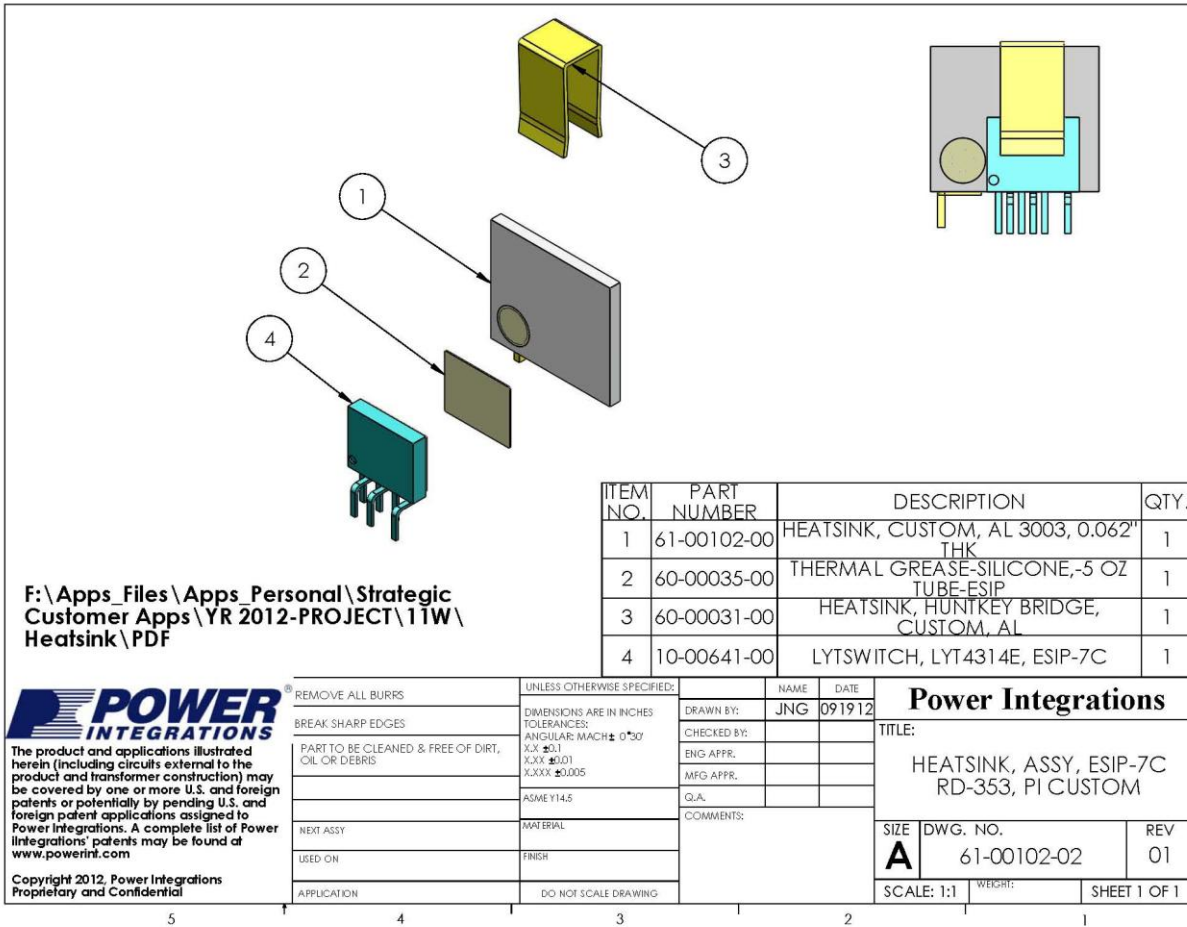


Figure 10 – U1 and Heat Sink Assembly Drawing.



9 성능 데이터

All measurements performed at room temperature using an LED load. The following data were measured using 3 sets of loads to represent a voltage of 15 V ~ 21 V. The table in Section 9.6 shows complete test data values.

9.1 효율

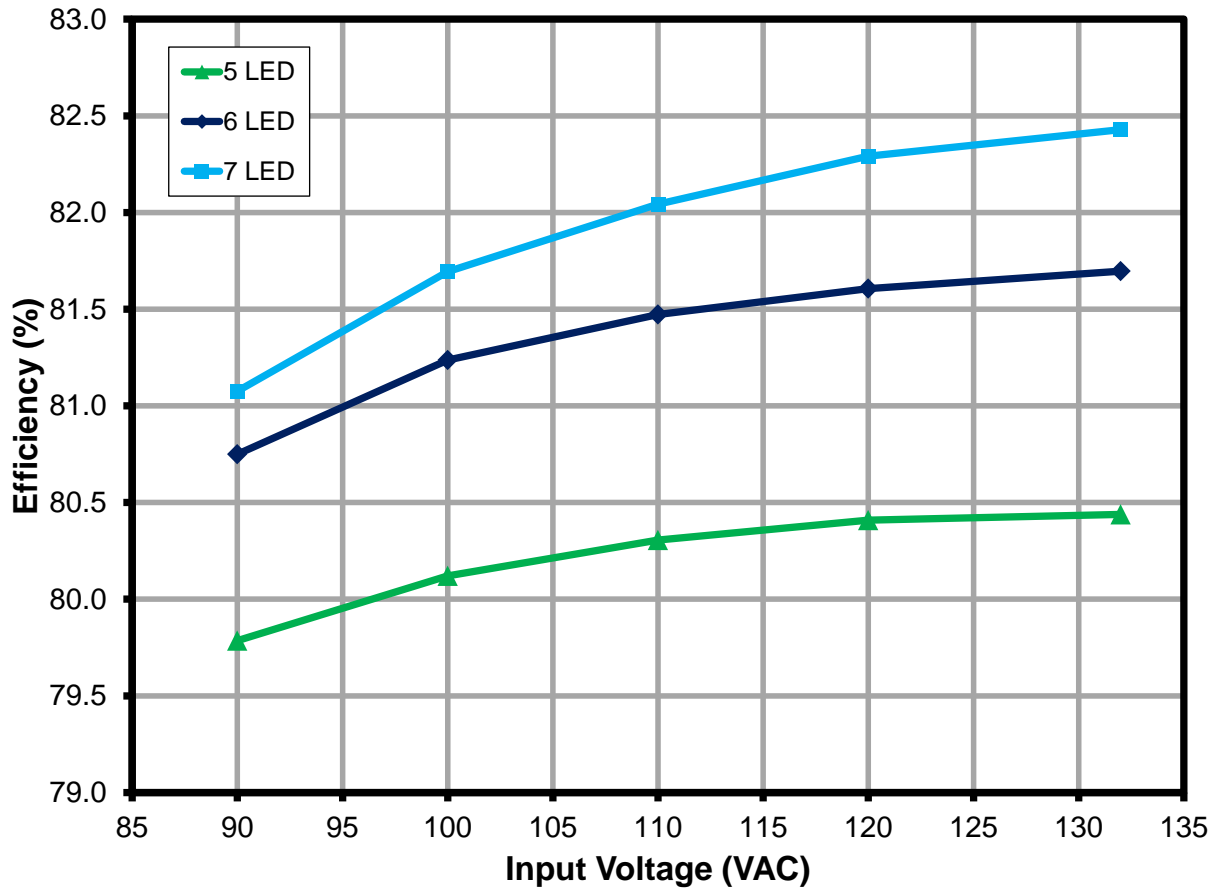


Figure 11 – Efficiency vs. Line and Load.



9.2 입력 및 부하 레귤레이션

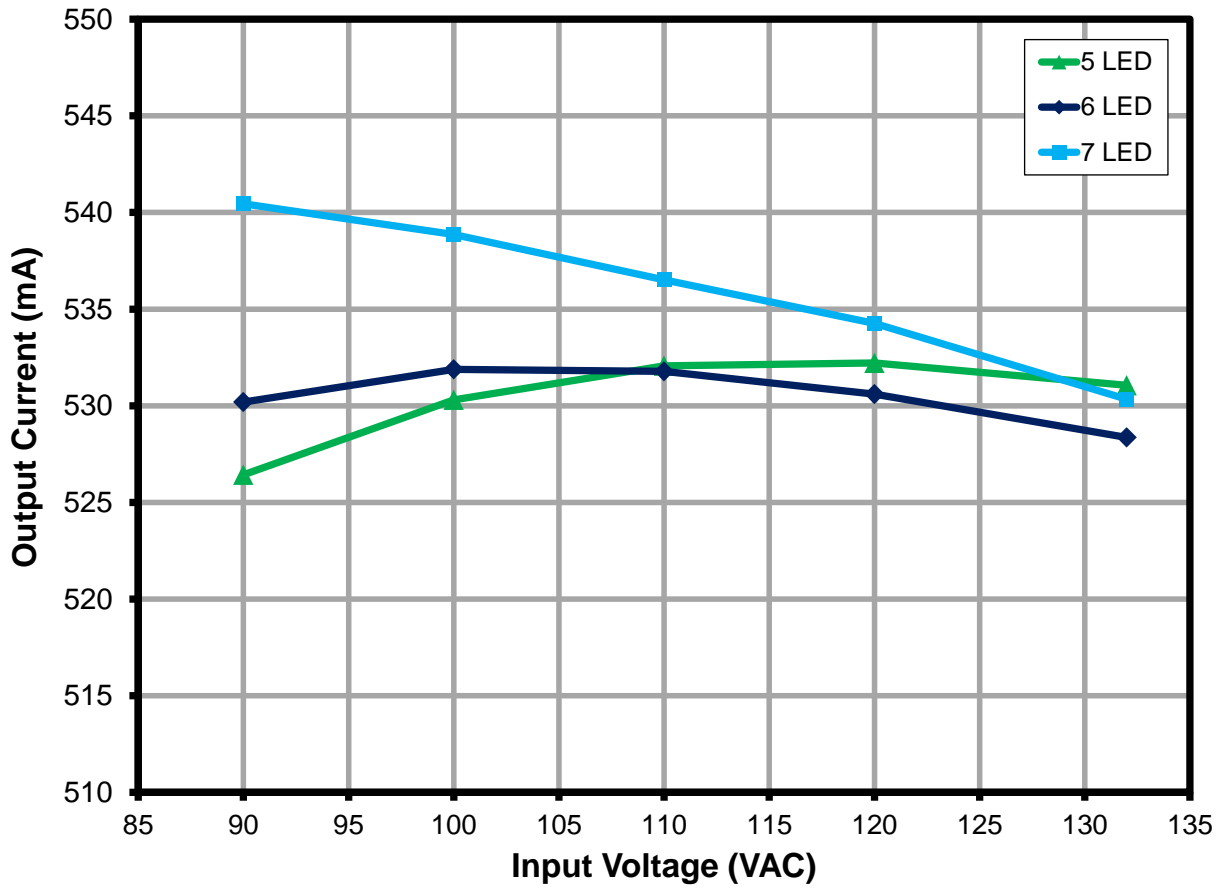


Figure 12 – Regulation vs. Line and Load.



9.3 역률

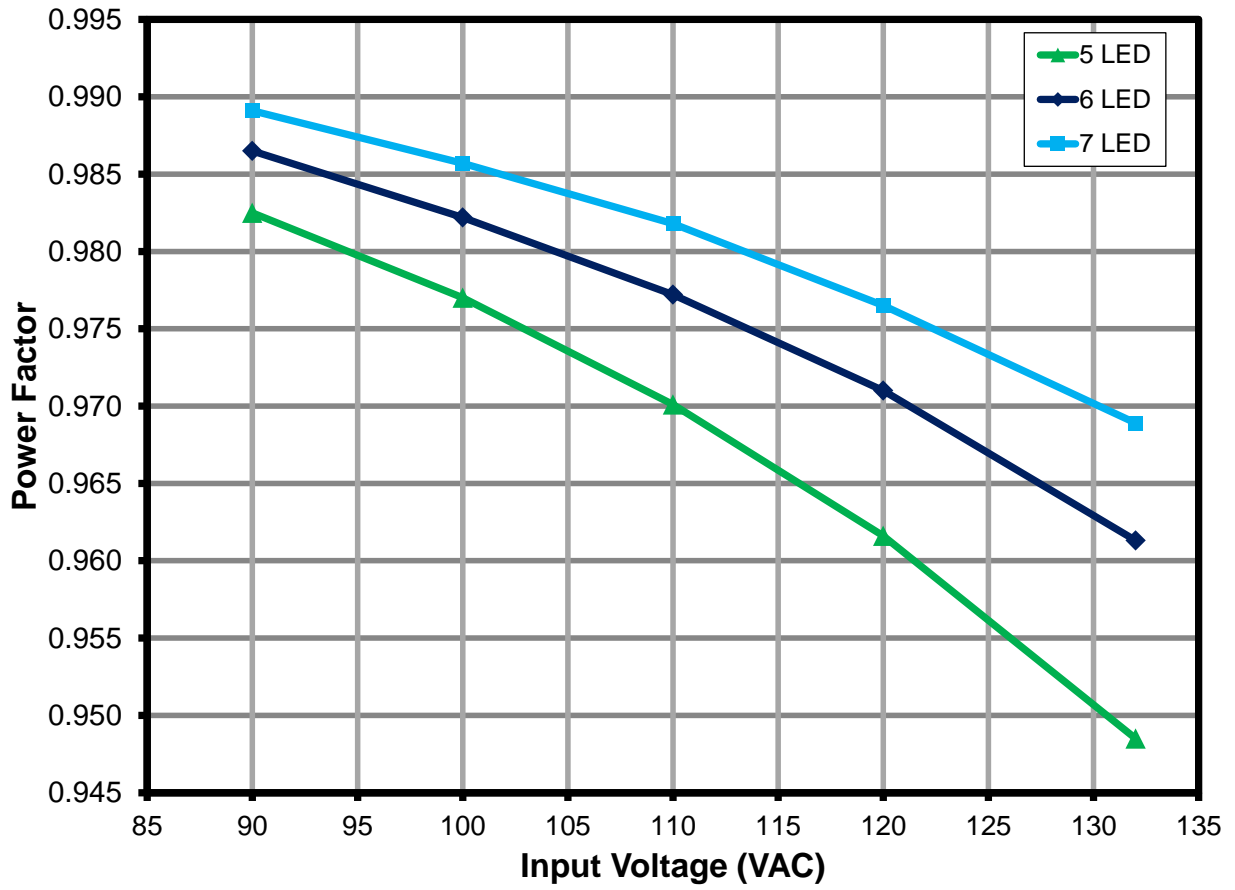


Figure 13 – Power Factor vs. Line and Load.

9.4 A-THD

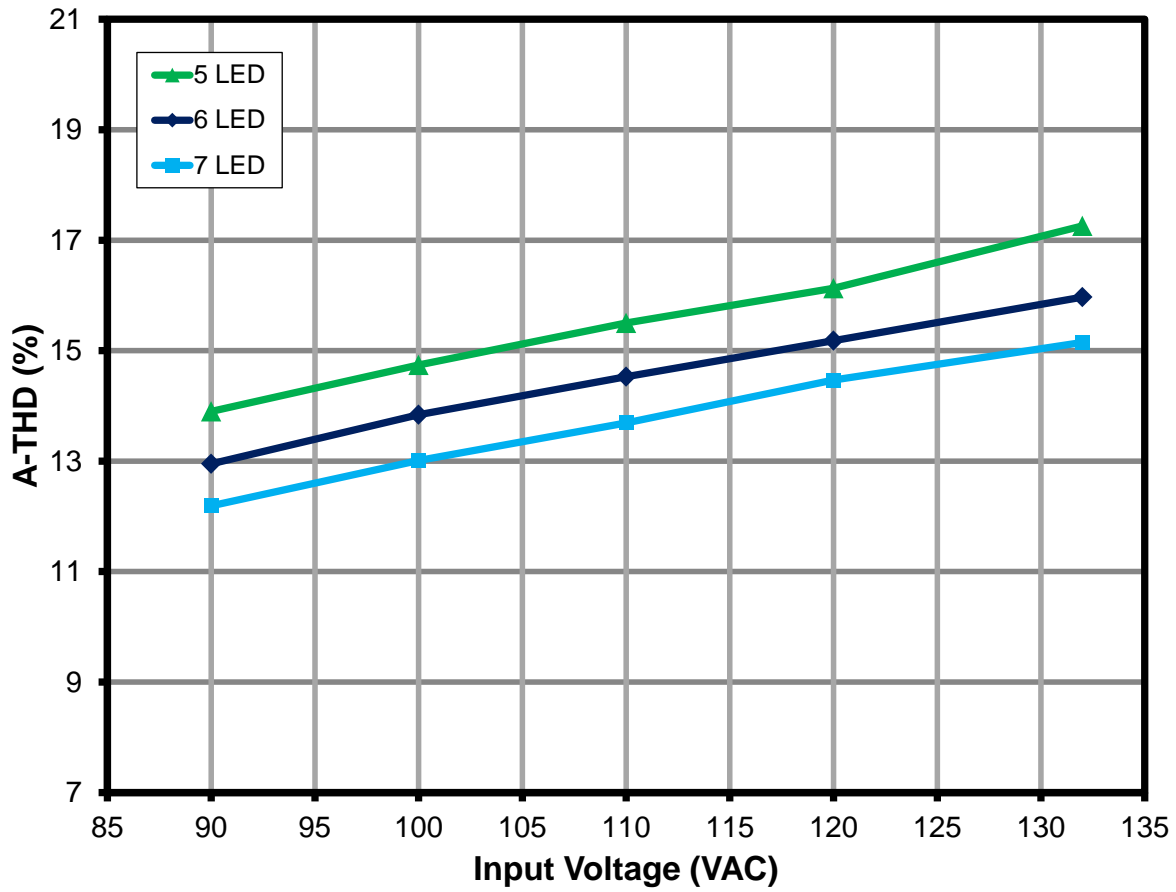


Figure 14 – A-THD vs. Line and Load.



9.5 고조파 전류

The design met the IEC61000-3-2 Limits for Class C equipment (section 7.3-b) for an Active input power of ≤ 25 W, which states that the harmonic currents shall not exceed the power –related limits of Table 3, column 2 for the Limits for Class D equipment.

9.5.1 15V LED 부하

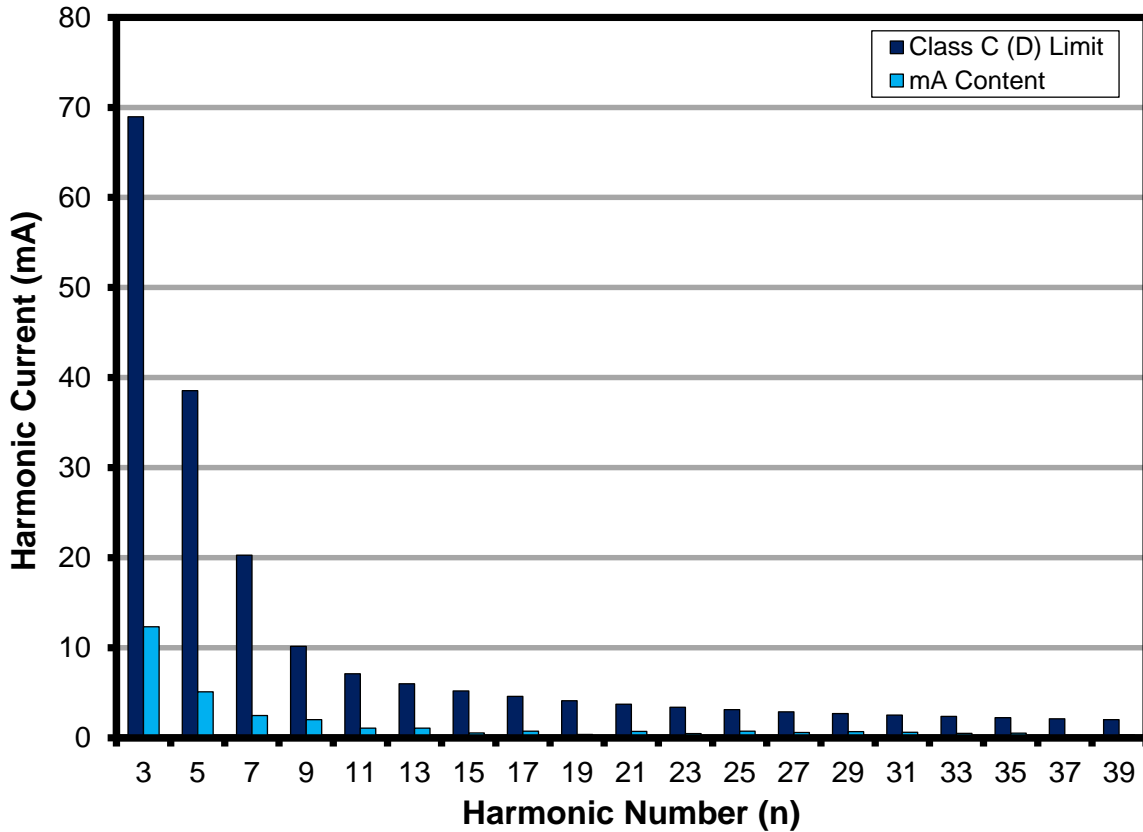


Figure 15 – 15 V LED Load Input Current Harmonics case (IEC61000-3-2) at 120 VAC, 60 Hz.

9.5.2

9.5.3 18V LED 부하

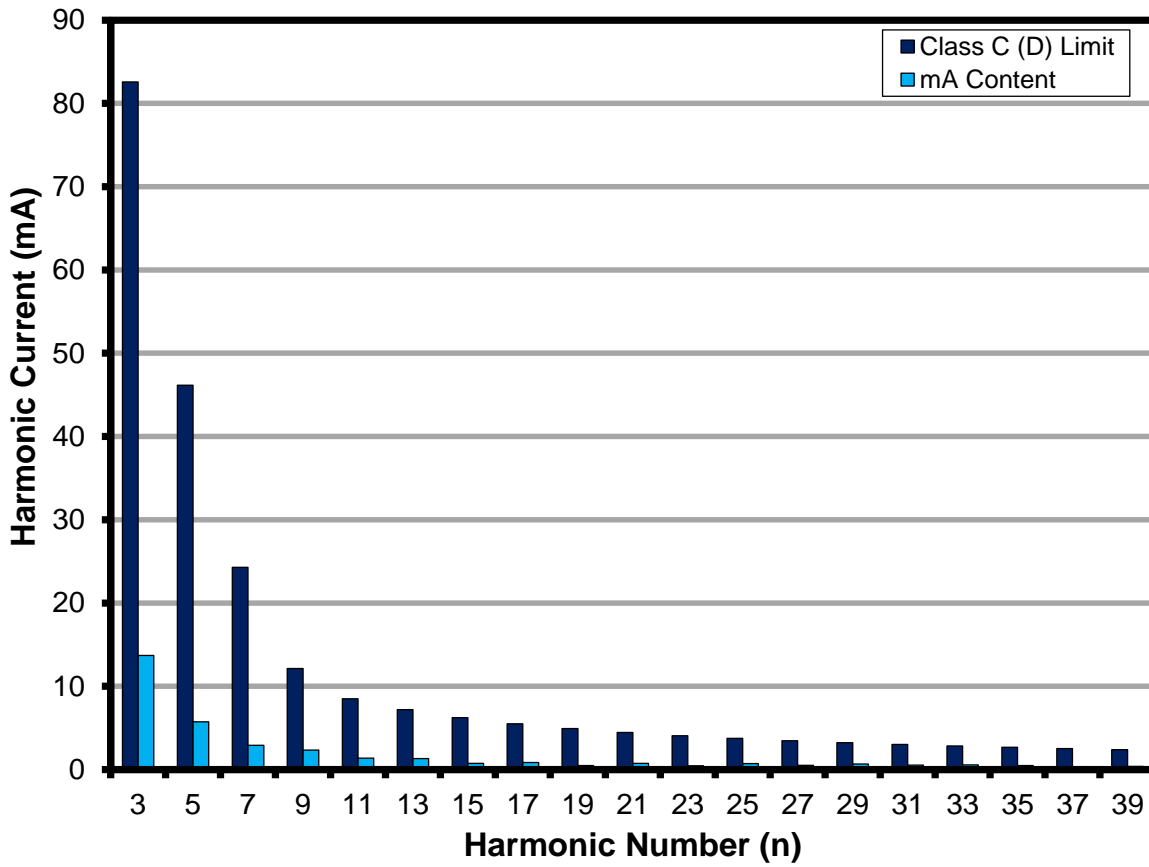


Figure 16 – 18 V LED Load Input Current Harmonics (IEC61000-3-2) at 120 VAC, 60 Hz.



9.5.4 21V LED 부하

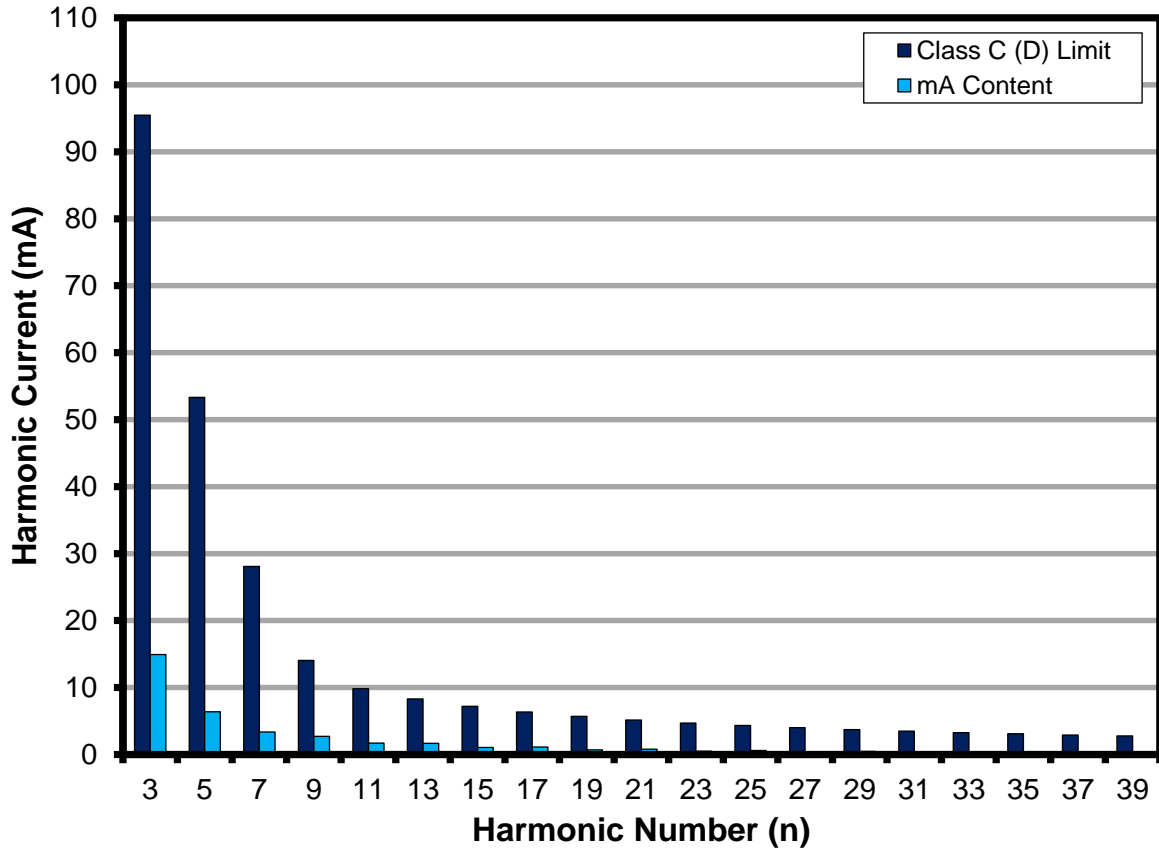


Figure 17 – 21 V LED Load Input Current Harmonics (IEC61000-3-2) at 120 VAC, 60 Hz.



9.6 테스트 데이터

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

9.6.1 테스트 데이터, 15V LED 부하

Input Measurement					Load Measurement			Calculation		
V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%ATHD	V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)	P _{CAL} (W)	Efficiency (%)	Loss (W)
90.05	114.25	10.109	0.983	13.90	15.27	526.43	8.07	8.04	79.79	2.04
100.02	103.80	10.144	0.977	14.74	15.28	530.30	8.13	8.10	80.12	2.02
110.08	95.09	10.155	0.970	15.5	15.28	532.07	8.16	8.13	80.31	2.00
120.05	87.86	10.143	0.962	16.13	15.28	532.21	8.16	8.13	80.41	1.99
132.08	80.73	10.114	0.949	17.26	15.28	531.06	8.14	8.11	80.44	1.98

9.6.2 테스트 데이터, 18V LED 부하

Input Measurement					Load Measurement			Calculation		
V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%ATHD	V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)	P _{CAL} (W)	Efficiency (%)	Loss (W)
90.05	138.29	12.285	0.987	12.95	18.66	530.19	9.92	9.90	80.75	2.36
100.02	124.65	12.245	0.982	13.84	18.66	531.88	9.95	9.92	81.24	2.30
110.07	113.40	12.199	0.977	14.53	18.65	531.78	9.94	9.92	81.47	2.26
120.05	104.18	12.144	0.971	15.18	18.63	530.60	9.91	9.89	81.61	2.23
132.08	95.06	12.070	0.961	15.97	18.62	528.36	9.86	9.84	81.70	2.21

9.6.3 테스트 데이터, 21V LED 부하

Input Measurement					Load Measurement			Calculation		
V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%ATHD	V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)	P _{CAL} (W)	Efficiency (%)	Loss (W)
90.04	162.22	14.447	0.989	12.19	21.63	540.45	11.71	11.69	81.08	2.73
100.01	144.90	14.285	0.986	13.01	21.61	538.86	11.67	11.65	81.69	2.62
110.07	130.95	14.151	0.982	13.69	21.60	536.52	11.61	11.59	82.04	2.54
120.04	119.76	14.038	0.977	14.47	21.58	534.26	11.55	11.53	82.29	2.49
132.07	108.61	13.898	0.969	15.15	21.56	530.34	11.46	11.43	82.43	2.44



9.6.4 120VAC 60Hz, 15V LED 부하 고조파 데이터

Current Harmonics Limits for IEC61000-3-2

V	Freq	I (mA)	P	PF	%THD
120	60.00	87.86	10.1430	0.9616	16.13
nth Order	mA Content	% Content	Limit <25 W	Limit >25 W	Remarks
1	86.63				
2	0.02	0.02%		2.00%	
3	12.32	14.22%	68.9724	28.85%	Pass
5	5.11	5.90%	38.5434	10.00%	Pass
7	2.46	2.84%	20.2860	7.00%	Pass
9	2.00	2.31%	10.1430	5.00%	Pass
11	1.08	1.25%	7.1001	3.00%	Pass
13	1.08	1.25%	6.0078	3.00%	Pass
15	0.54	0.62%	5.2067	3.00%	Pass
17	0.73	0.84%	4.5942	3.00%	Pass
19	0.38	0.44%	4.1106	3.00%	Pass
21	0.71	0.82%	3.7191	3.00%	Pass
23	0.47	0.54%	3.3957	3.00%	Pass
25	0.74	0.85%	3.1240	3.00%	Pass
27	0.58	0.67%	2.8926	3.00%	Pass
29	0.68	0.78%	2.6931	3.00%	Pass
31	0.61	0.70%	2.5194	3.00%	Pass
33	0.49	0.57%	2.3667	3.00%	Pass
35	0.51	0.59%	2.2315	3.00%	Pass
37	0.25	0.29%	2.1108	3.00%	Pass
39	0.31	0.36%	2.0026	3.00%	Pass
41	0.09	0.10%			
43	0.13	0.15%			
45	0.16	0.18%			
47	0.20	0.23%			
49	0.26	0.30%			



9.6.5 120VAC 60Hz, 18V LED 부하 고조파 데이터

Current Harmonics Limits for IEC61000-3-2

V	Freq	I (mA)	P	PF	%THD
120	60.00	104.18	12.1440	0.9710	15.18
nth Order	mA Content	% Content	Limit <25 W	Limit >25 W	Remarks
1	102.92				
2	0.04	0.04%		2.00%	
3	13.71	13.32%	82.5792	29.13%	Pass
5	5.73	5.57%	46.1472	10.00%	Pass
7	2.90	2.82%	24.2880	7.00%	Pass
9	2.34	2.27%	12.1440	5.00%	Pass
11	1.37	1.33%	8.5008	3.00%	Pass
13	1.32	1.28%	7.1930	3.00%	Pass
15	0.73	0.71%	6.2339	3.00%	Pass
17	0.86	0.84%	5.5005	3.00%	Pass
19	0.47	0.46%	4.9215	3.00%	Pass
21	0.73	0.71%	4.4528	3.00%	Pass
23	0.45	0.44%	4.0656	3.00%	Pass
25	0.72	0.70%	3.7404	3.00%	Pass
27	0.51	0.50%	3.4633	3.00%	Pass
29	0.67	0.65%	3.2244	3.00%	Pass
31	0.54	0.52%	3.0164	3.00%	Pass
33	0.55	0.53%	2.8336	3.00%	Pass
35	0.49	0.48%	2.6717	3.00%	Pass
37	0.34	0.33%	2.5273	3.00%	Pass
39	0.38	0.37%	2.3977	3.00%	Pass
41	0.18	0.17%			
43	0.24	0.23%			
45	0.11	0.11%			
47	0.13	0.13%			
49	0.13	0.13%			



9.6.6

9.6.6 120VAC 60Hz, 21V LED 부하 고조파 데이터

Current Harmonics Limits for IEC61000-3-2

V	Freq	I (mA)	P	PF	%THD
120	60.00	119.76	14.0380	0.9765	14.47
nth Order	mA Content	% Content	Limit <25 W	Limit >25 W	Remarks
1	118.44				
2	0.04	0.03%		2.00%	
3	14.93	12.61%	95.4584	29.30%	Pass
5	6.39	5.40%	53.3444	10.00%	Pass
7	3.38	2.85%	28.0760	7.00%	Pass
9	2.72	2.30%	14.0380	5.00%	Pass
11	1.71	1.44%	9.8266	3.00%	Pass
13	1.67	1.41%	8.3148	3.00%	Pass
15	1.05	0.89%	7.2062	3.00%	Pass
17	1.12	0.95%	6.3584	3.00%	Pass
19	0.70	0.59%	5.6891	3.00%	Pass
21	0.79	0.67%	5.1473	3.00%	Pass
23	0.49	0.41%	4.6997	3.00%	Pass
25	0.59	0.50%	4.3237	3.00%	Pass
27	0.37	0.31%	4.0034	3.00%	Pass
29	0.48	0.41%	3.7273	3.00%	Pass
31	0.30	0.25%	3.4869	3.00%	Pass
33	0.40	0.34%	3.2755	3.00%	Pass
35	0.34	0.29%	3.0884	3.00%	Pass
37	0.39	0.33%	2.9214	3.00%	Pass
39	0.26	0.22%	2.7716	3.00%	Pass
41	0.32	0.27%			
43	0.23	0.19%			
45	0.26	0.22%			
47	0.23	0.19%			
49	0.20	0.17%			



10 디밍 성능 데이터

TRIAC dimming results were taken at an input voltage of 120 VAC, 60 Hz line frequency, room temperature, and 21 V LED load.

The output current high limit I_{OUT} (HL) and low limit I_{OUT} (LL) were incorporated based on the NEMA SSL6-2010 (section 4, page 9). The limits incorporated on the succeeding graphs assumes that 100% relative light output falls on the maximum operating output current of 530 mA and 0 mA is 0% light output, and input line of 120 VAC, 60 Hz.

10.1 시뮬레이션된 TRIAC 을 사용한 디밍 곡선

Agilent 6812B AC Source programmed as perfect leading edge dimmer

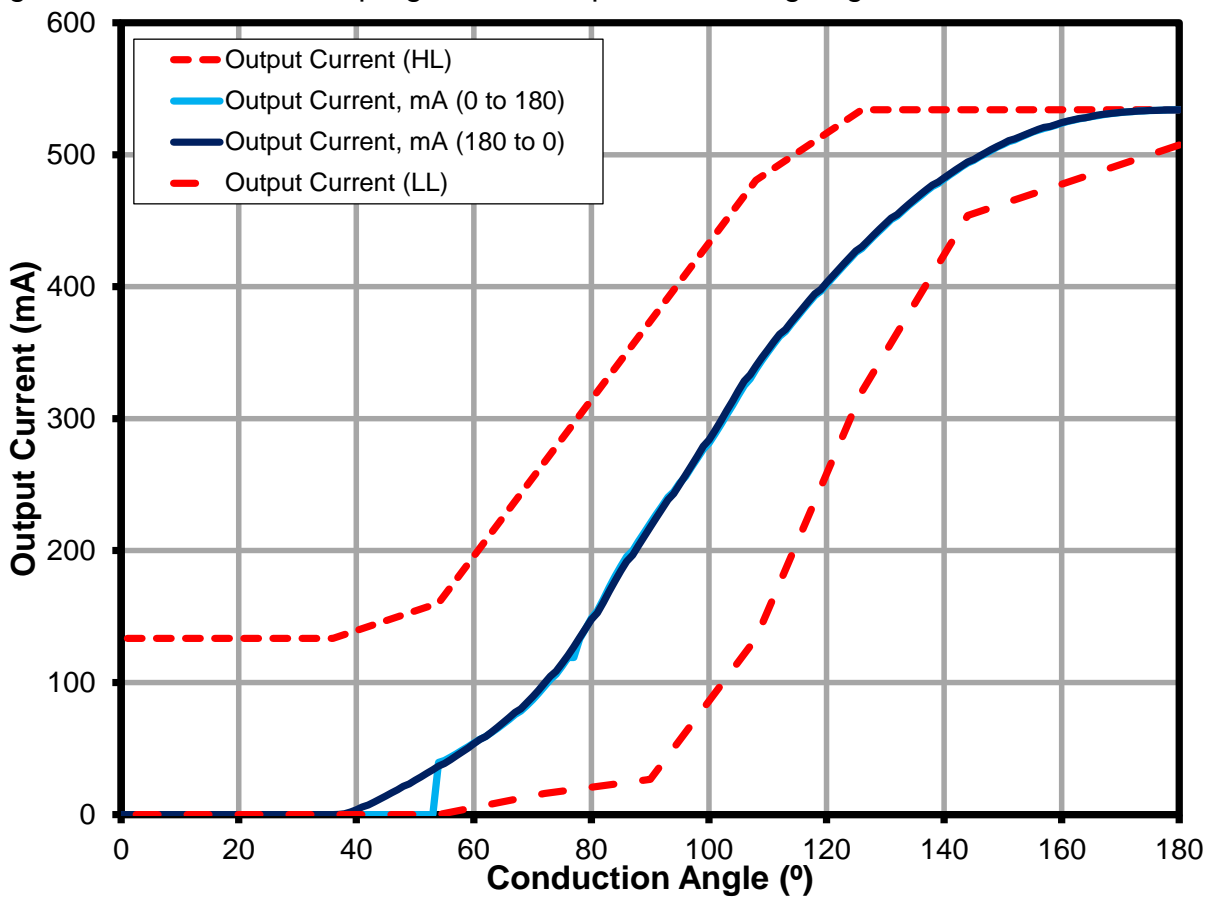


Figure 18 – Dimming Curve at 120 VAC, 60 Hz Input, 21 V LED Load.



10.2 실제 디머를 사용한 성능

The following data were taken by measuring the RMS input voltage to the driver as a result of TRIAC chopping the AC input. A leading and trailing edge TRIAC dimmer was used on the data below using 21 V LED load and 120 V, 60 Hz AC input.

10.2.1 디밍 곡선

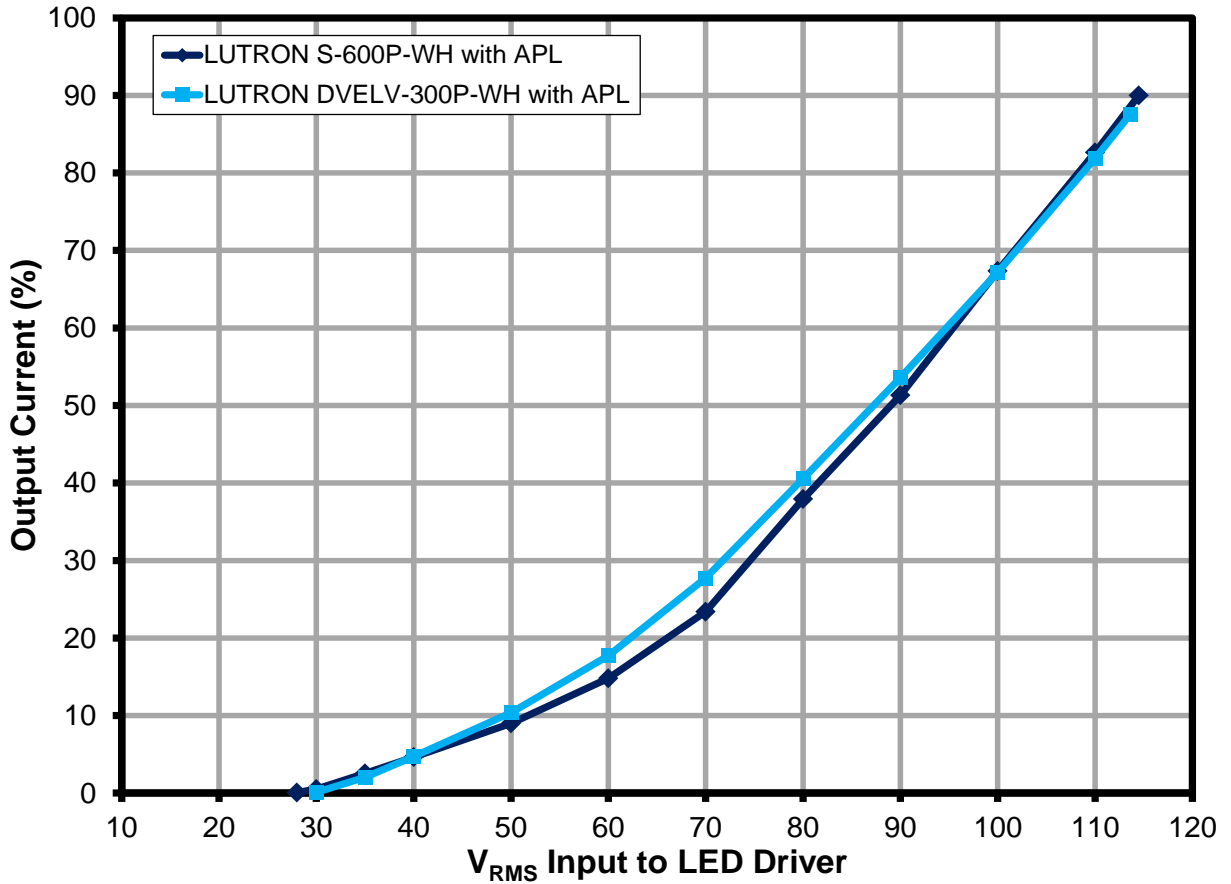


Figure 19 – Dimming Curve as a function of Input Voltage to the Driver.

10.2.2 일반 리딩 엷지 디머 성능 데이터

Dimmer: LUTRON S-600P-WH

Input: 120 VAC, 60 Hz

$V_{IN(RMS)}$ (V)	I_{OUT} (mA)	I_{OUT} (%)	V_{OUT} (V)	P_{OUT} (W)	P_{IN} (W)	Efficiency (%)	P_{LOSS} (W)	Start-upTime (ms)
114.5	477	90.00	21.4	10.25	14	73.2	3.75	137
110	438	82.64	21.22	9.33	13.1	71.2	3.77	149
100	357	67.36	20.92	7.5	11.12	67.4	3.62	167
90	272	51.32	20.58	5.63	9.2	61.2	3.57	197
80	201	37.92	20.23	4.11	7.8	52.7	3.69	228
70	124	23.40	19.81	2.49	6.67	37.3	4.18	274
60	78.5	14.81	19.4	1.53	5.79	26.4	4.26	335
50	47.6	8.98	19.05	0.91	4.95	18.4	4.04	506
40	24.6	4.64	18.66	0.46	4.26	10.8	3.8	1250
35	13.5	2.55	18.37	0.25	3.9	6.4	3.65	
30	2.8	0.53	17.83	0.05	3.51	1.4	3.46	
28	0.43	0.08	17.3	0.007	3.34	0.2	3.333	



10.2.3 일반 트레일링 엡지 디머 성능 데이터

Dimmer: LUTRON DVELV-300P-WH

Input: 120 VAC, 60 Hz

V _{IN(RMS)} (V)	I _{OUT} (mA)	I _{OUT} (%)	V _{OUT} (V)	P _{OUT} (W)	P _{IN} (W)	Efficiency (%)	P _{LOSS} (W)	Start-upTime (ms)
113.6	464	87.55	21.42	9.97	13.37	74.6	3.4	133
110	434	81.89	21.24	9.25	12.48	74.1	3.23	133
100	356	67.17	20.95	7.5	10.38	72.3	2.88	140
90	284	53.58	20.64	5.88	8.58	68.5	2.7	151
80	215	40.57	20.3	4.39	7.19	61.1	2.8	176
70	147	27.74	19.97	2.97	6.13	48.5	3.16	189
60	94	17.74	19.55	1.86	5.26	35.4	3.4	226
50	55	10.38	19.1	1.05	4.45	23.6	3.4	296
40	25	4.72	18.63	0.466	3.7	12.6	3.234	468
35	10.85	2.05	18.26	0.198	3.3	6.0	3.102	727
30	0.47	0.09	17.28	0.008	2.9	0.3	2.892	1520

10.2.4 디머 호환성 목록

Item	List of Dimmers	Part Number	V _{RMS(MIN)}	I _{MIN} (mA)	V _{RMS(MAX)}	I _{MAX} (mA)	Dim Ratio
1	LUTRON LG600PH-LA	LG-600PH-WH	26	0.16	114.4	475	2969
2	LUTRON S603P	S-603P-WH	27.27	0.24	115.0	478	1992
3	LUTRON SLV600P	SLV600P-WH	28.3	0.96	115.4	485	505
4	LUTRON S600	S-600-WH	27	0.17	117.5	508	2988
5	LUTRON S-600PH-WH	S-600PH-WH	27	0.24	114.8	479	1996
6	LUTRON DVCL153P	DVWCL-153-PLH-WH	27	0.27	113.3	464	1719
7	LUTRON DV603P	DV-603P-WH	27	0.25	114.4	477	1908
8	LUTRON DV600P	DV-600P-WH	26.9	0.18	114.6	477	2650
9	LUTRON TG600PH-IV	TG-600PH-WH	35	12.00	115.6	488	41
10	LUTRON AY600P	AY-600P-WH	36	14.30	115.1	483	34
11	LUTRON GL600P-WH	GL-600P-WH	27.6	0.48	114.7	479	998
12	LEVITON 6633PLI	R62-06633-1LW	27	0.70	118.4	521	744
13	LEVITON 6631-LI	R62-06631-1LW	28	0.22	116.4	495	2250
14	LEVITON IPI06	R60-IPI06-1LM	38	22.00	118.1	516	23
15	LEVITON 6161-I	R52-06161-00W	33	0.65	115.0	482	742
16	LEVITON RP106	R52-RPI06-1LW	36	0.68	119.0	526	774
17	LEVITON 6681	R60-06681-0IW	27.4	0.20	112.0	450	2250
18	LEVITON TGM10-1LW	TGM10-1LW	30	2.60	113.2	463	178
19	LEVITON 6684	R60-06684-1IW	28.7	0.12	118.9	527	4392
20	LEVITON 6683	6683	30	0.22	119.0	527	2395
21	LEVITON 6613	R02-06613-PLW	27	0.30	118.6	522	1740
22	COOPER SLC03	SLC03P-W-K-L	27.4	0.36	116.0	492	1367
23	LUTRON GL600-WH	GL-600-WH	27	0.37	117.1	505	1365
24	LUTRON DVPDC-203P-WH	DVPDC-203P-WH	60	80.00	117.0	500	6
25	LUTRON LX600PL	LX-600PL-wh	27	0.21	116.6	497	2367
26	LUTRON D600P	D-600P-WH	28	0.50	113.1	462	924



27	LUTRON CTCL-153PDH		28	0.10	113.6	467	4670
28	LUTRON S-600P	S-600P	27	0.30	114.8	479	1597
29	LUTRON TGLV-600P	TGLV-600P	32	9.30	116.0	491	53
30	LUTRON TGLV-600PR	TGLV-600PR	34	11.00	115.3	485	44
31	LUTRON TT-300NLH-WH	TT-300NLH-WH	27	0.35	117.8	513	1466
32	LUTRON TT-300H-WH	TT-300H-WH	28	0.60	117.8	513	855
33	LUTRON NLV-1000-WH	NLV-1000-WH	26	0.10	116.1	493	4930
34	Lutron	MAELV -600	33.8	9.40	115.1	478	51
35	Lutron	S-600P	26.2	0.12	114.4	475	3958
36	Lutron	MAW-600	27	0.37	117.3	506	1368
37	Cooper	MIR-600	30.1	5.10	117.1	503	99
38	Lutron	S-600P	29.8	4.10	115.0	480	117
39	Lutron	S106P	27.8	0.20	114.0	469	2345
40	Lutron	S-600PNLH-WH	26.7	0.19	115.4	485	2553
41	Lutron	S-603PNL-WH	27.8	0.49	115.3	484	988
42	Lutron	SLV-603P-WH	33.44	10.40	115.1	482	46
43	Lutron	S-603PGH-WH	27.2	0.33	105.6	397	1203
44	Lutron	AYLV-600P-WH	32.2	8.80	115.2	485	55
45	Lutron	AYLV-603P-WH	34	12.00	114.4	477	40
46	Lutron	AY-103PNL-WH	29.5	1.50	116.4	496	331
47	Lutron	AY-10PNL-WH	28.8	0.90	118.5	520	578
48	Lutron	AY-10P-WH	26	0.10	116.8	501	5010
49	Lutron	AY-603PNL-WH	30.4	3.20	112.6	459	143
50	Lutron	AY-603PG-WH	32.3	6.70	102.4	372	56
51	Lutron	AY-603P-WH	36.5	14.30	112.7	460	32
52	Lutron	AY-600PNL-WH	31.2	3.70	115.1	483	131
53	Lutron	DVELV-300P-WH	29.87	0.41	113.8	467	1139
54	Lutron	DVLV-10P-WH	33.37	10.65	114.3	474	45
55	Lutron	DVLV-103P-WH	31.74	7.00	114.6	477	68
56	Lutron	DVLV-603P-WH	30.67	4.70	114.8	479	102
57	Lutron	S-1000-WH	28.3	0.75	117.4	507	676
58	Lutron	SELV-300P-WH	28.3	0.06	112.4	455	7583
59	Lutron	S-600P-WH	27	0.18	114.6	476	2644
60	Lutron	S-103PNL-WH	31	0.59	114.3	474	803
61	Lutron	GLV-600-WH	27.5	0.58	117.3	507	874

Figure 20 – Dimmer Compatibility List.



11 온도 성능

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

11.1 비디밍 $V_{IN} = 90VAC, 60Hz, 21V LED$ 부하

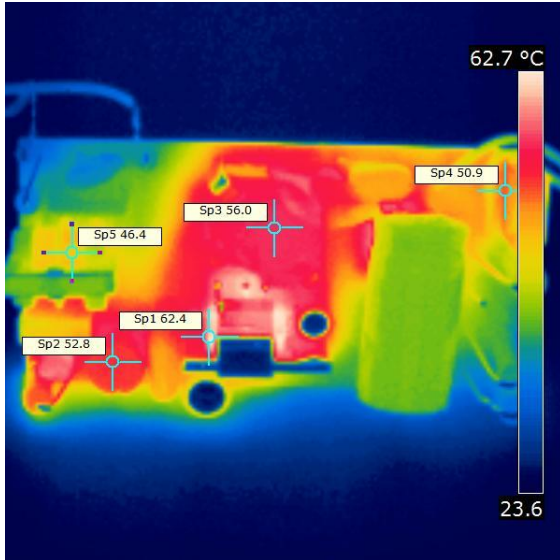


Figure 21 – Top Side. U1 = 62.4 °C.

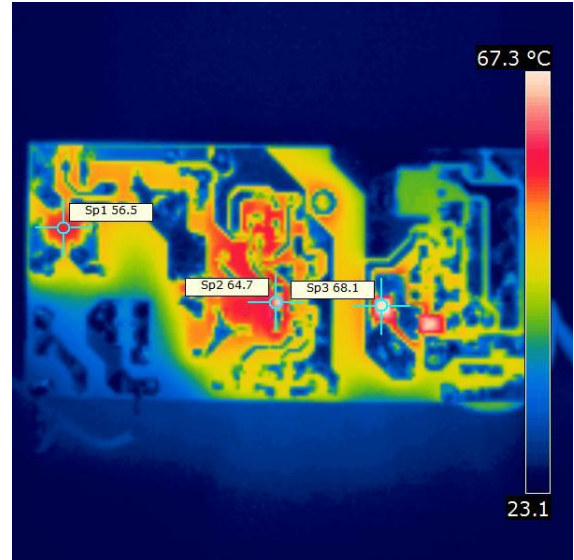


Figure 22 – Bottom Side. R20 = 68.1 °C.

11.2 비디밍 $V_{IN} = 132VAC, 60Hz, 21V LED$ 부하

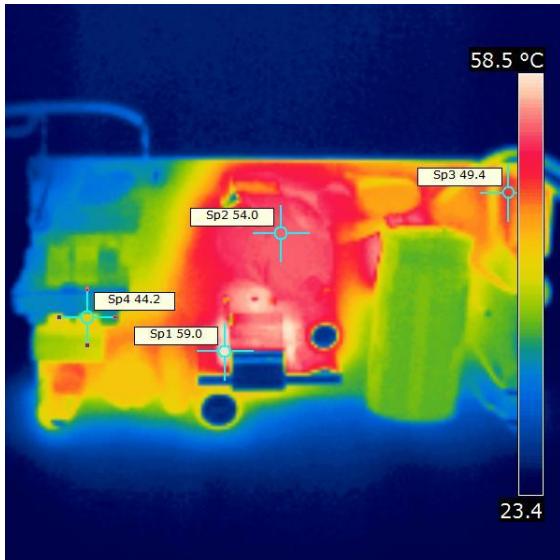


Figure 23 – Top Side. U1 = 59 °C.

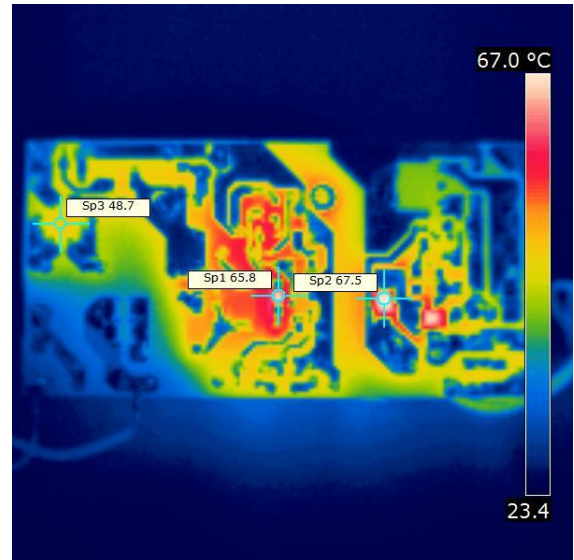


Figure 24 – Bottom Side. R20 = 67.3 °C.



11.3 디밍 $V_{IN} = 120VAC, 60Hz$, 도통각 90° , 21V LED 부하

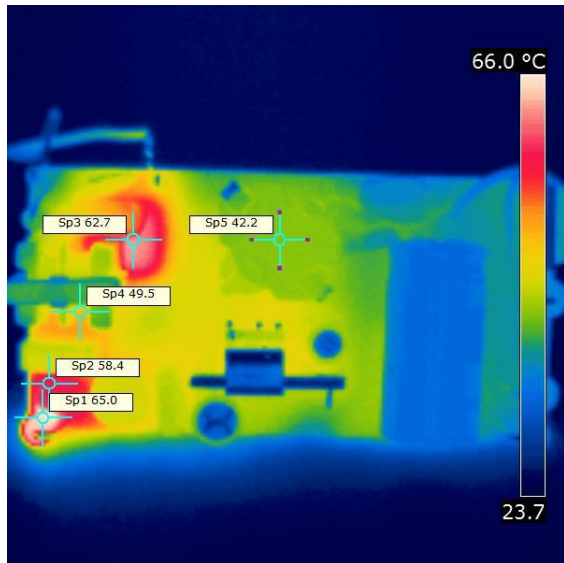


Figure 25 – Top Side. R8 = 65 °C.

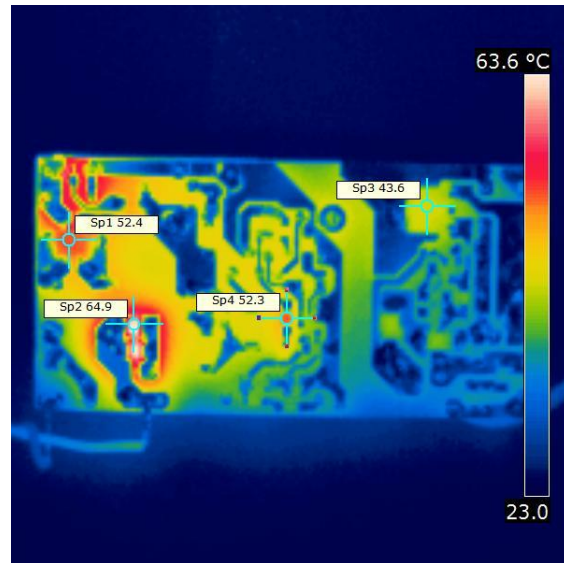


Figure 26 – Bottom Side. R2=64.9 °C.

12 비디밍 파형

12.1 입력 전압 및 입력 전류 파형

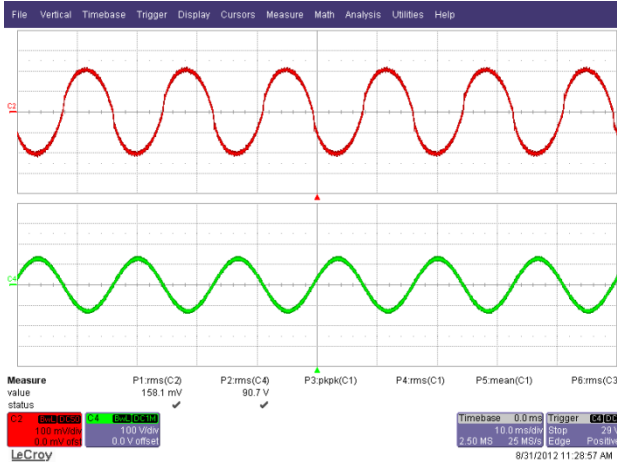


Figure 27 – 90 VAC, Full Load.
 Upper: I_{IN} , 100 mA / div.
 Lower: V_{IN} , 100 V, 10 ms / div.

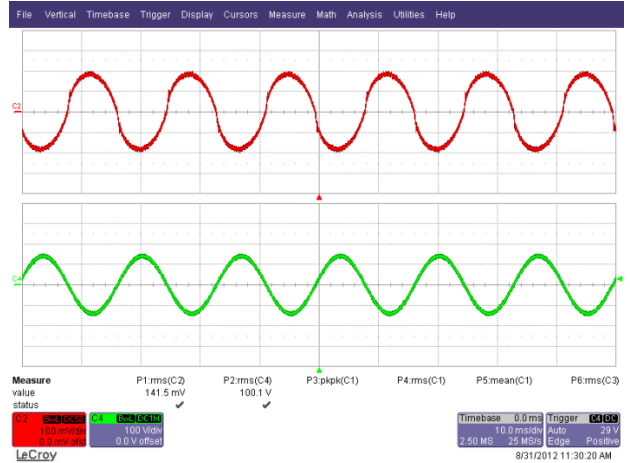


Figure 28 – 100 VAC, Full Load.
 Upper: I_{IN} , 100 mA / div.
 Lower: V_{IN} , 100 V, 10 ms / div.

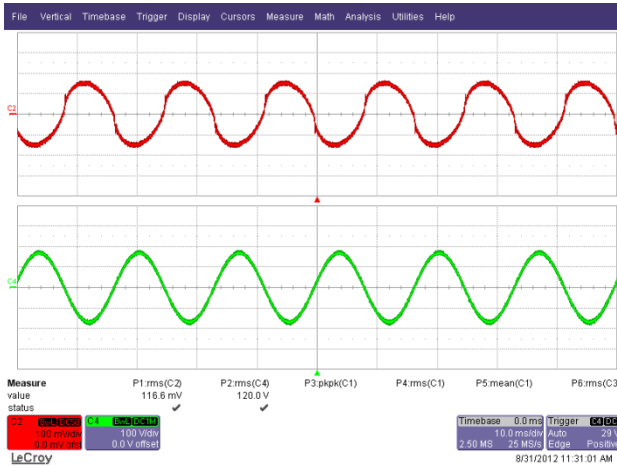


Figure 29 – 120 VAC, Full Load.
 Upper: I_{IN} , 100 mA / div.
 Lower: V_{IN} , 100 V, 10 ms / div.

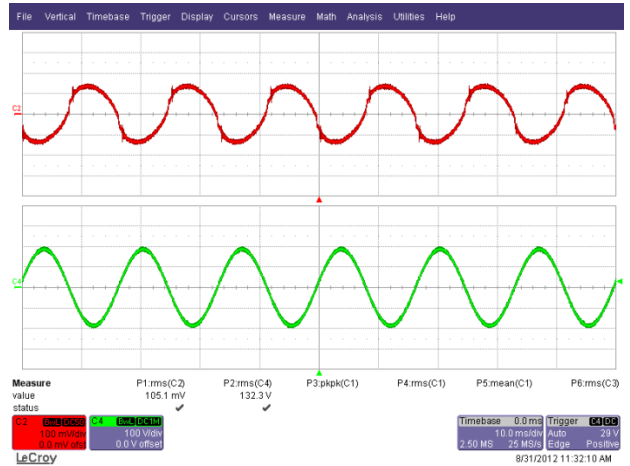


Figure 30 – 132 VAC, Full Load.
 Upper: I_{IN} , 100 mA / div.
 Lower: V_{IN} , 100 V, 10 ms / div.



12.2 정상 작동 시 출력 전류 및 출력 전압

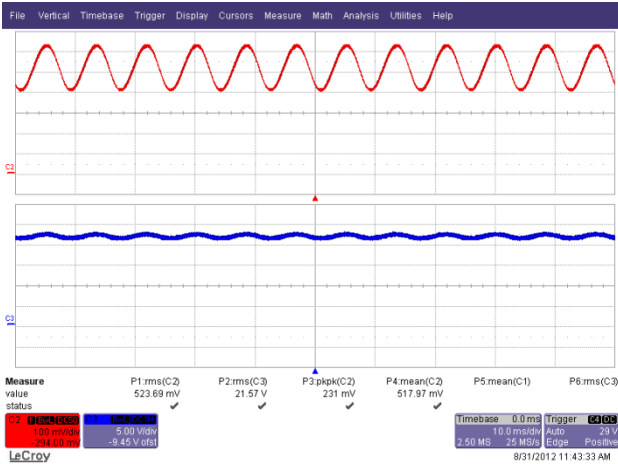


Figure 31 – 90 VAC, 60 Hz Full Load.
Upper: I_{OUT}, 100 mA / div.
Lower: V_{OUT}, 5 V, 10 ms / div.

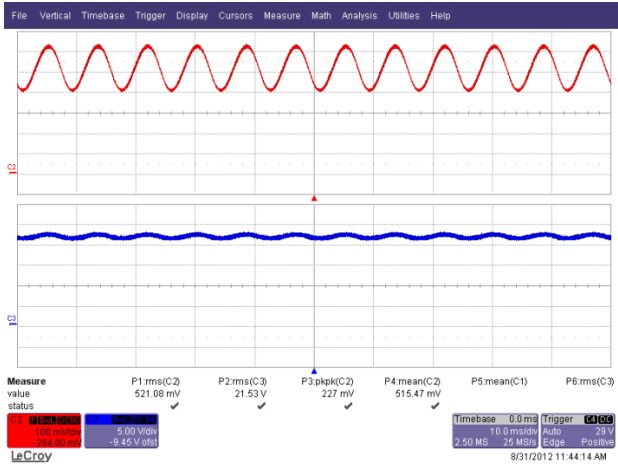


Figure 32 – 100 VAC, 60 Hz Full Load.
Upper: I_{OUT}, 100 mA / div.
Lower: V_{OUT}, 5 V, 10 ms / div.

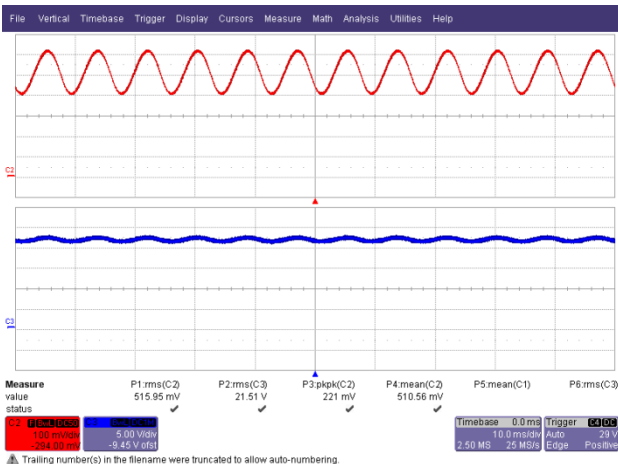


Figure 33 – 120 VAC, 60 Hz Full Load.
Upper: I_{OUT}, 100 mA / div.
Lower: V_{OUT}, 5 V, 10 ms / div.

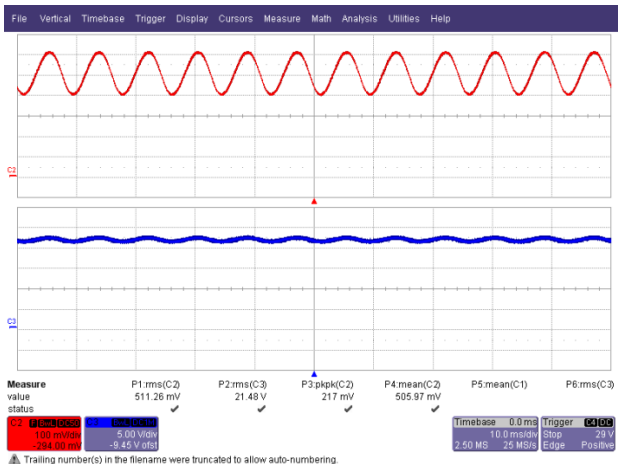


Figure 34 – 132 VAC, 60 Hz Full Load.
Upper: I_{OUT}, 100 mA / div.
Lower: V_{OUT}, 5 V, 10 ms / div.



12.3 스타트업 시 입력 전압 및 출력 전류 파형

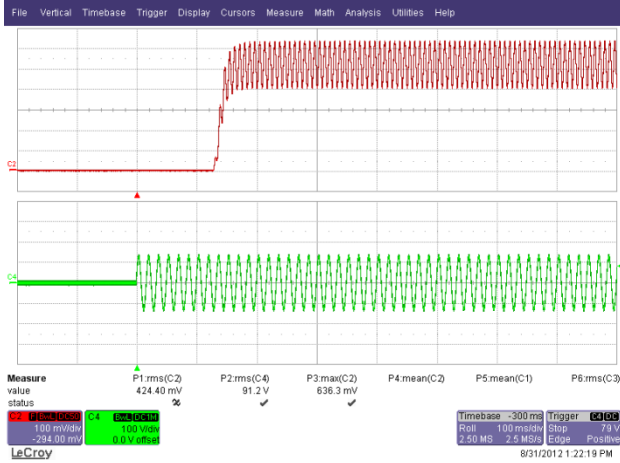


Figure 35 – 90 VAC, 60 Hz.
 Upper: I_{OUT} , 100 mA / div.
 Lower: V_{IN} , 100 V, 100 ms / div.

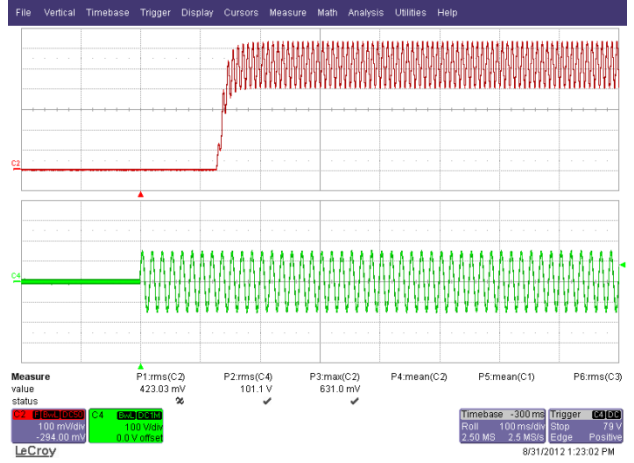


Figure 36 – 100 VAC, 60 Hz.
 Upper: I_{OUT} , 100 mA / div.
 Lower: V_{IN} , 100 V, 100 ms / div.

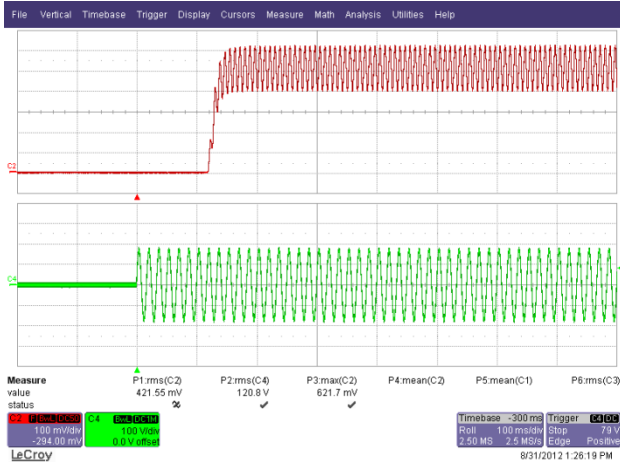


Figure 37 – 120 VAC, 60 Hz.
 Upper: I_{OUT} , 100 mA / div.
 Lower: V_{IN} , 100 V, 100 ms / div.

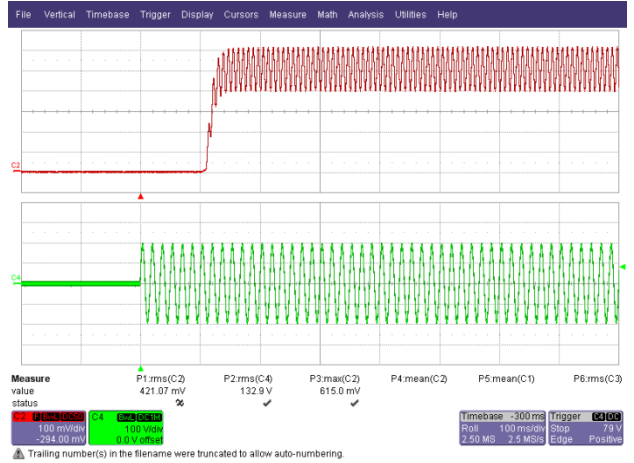


Figure 38 – 132 VAC, 60 Hz.
 Upper: I_{OUT} , 100 mA / div.
 Lower: V_{IN} , 100 V, 100 ms / div.



12.4 정상 작동 시 드레인 전압 및 전류

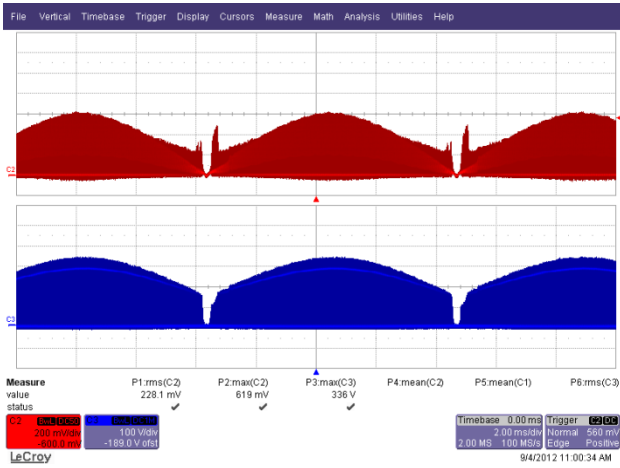


Figure 39 – 90 VAC, 60 Hz.
 Upper: I_{DRAIN} , 0.2 A / div.
 Lower: V_{DRAIN} , 100 V, 2 ms / div.

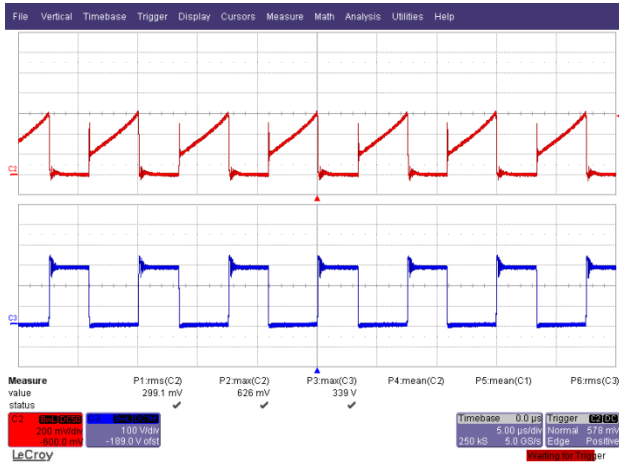


Figure 40 – 90 VAC, 60 Hz.
 Upper: I_{DRAIN} , 0.2 A / div.
 Lower: V_{DRAIN} , 100 V / div., 5 μ s / div.

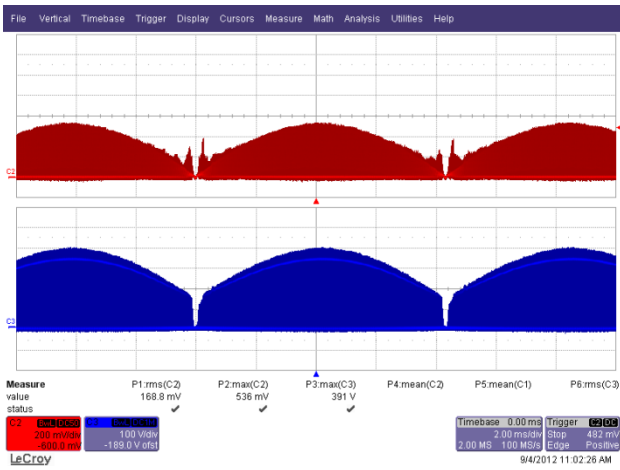


Figure 41 – 132 VAC, 60 Hz.
 Upper: I_{DRAIN} , 0.2 A / div.
 Lower: V_{DRAIN} , 100 V, 2 ms / div.

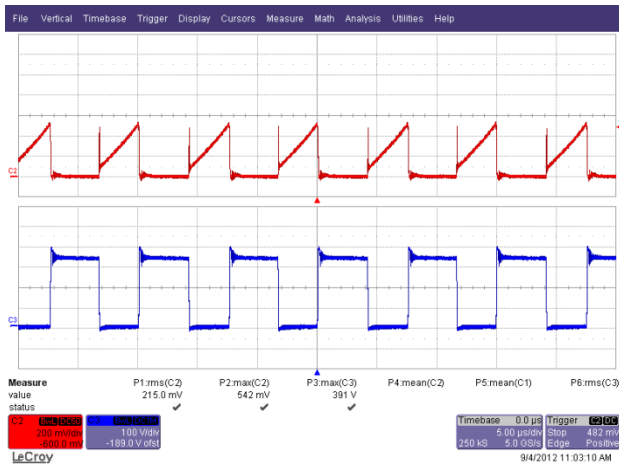


Figure 42 – 132 VAC, 60 Hz.
 Upper: I_{DRAIN} , 0.2 A / div.
 Lower: V_{DRAIN} , 100 V / div., 5 μ s / div.



12.5 스타트업 시 드레인 전압 및 전류

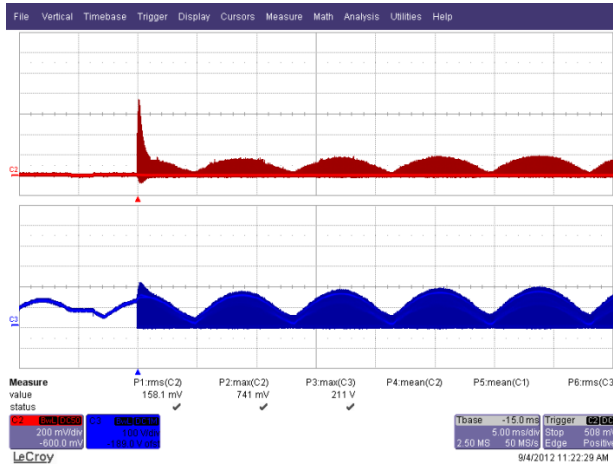


Figure 43 – 90 VAC, 60 Hz Start-up.
Upper: I_{DRAIN} , 200 mA / div.
Lower: V_{DRAIN} , 100 V, 5 ms / div.

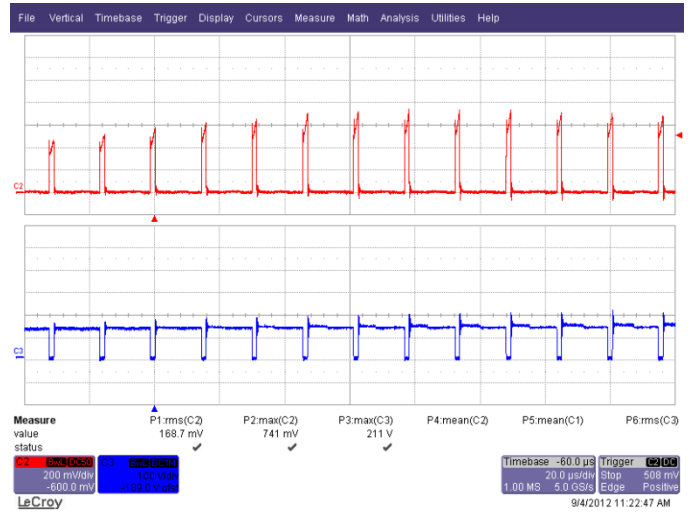


Figure 44 – 90 VAC, 60 Hz Start-up.
Upper: I_{DRAIN} , 200 mA / div.
Lower: V_{DRAIN} , 100 V, 20 μ s / div.

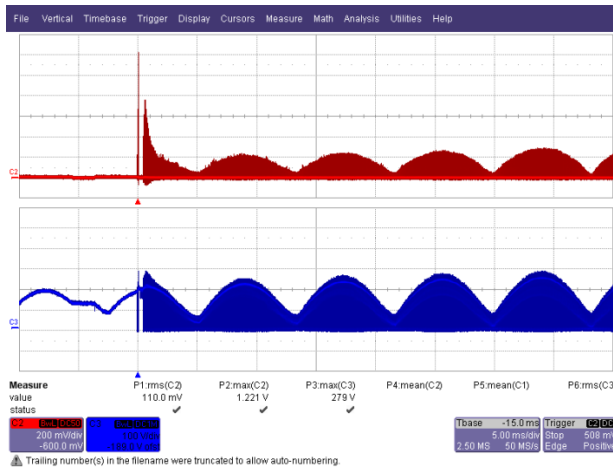


Figure 45 – 132 VAC, 60 Hz Start-up.
Upper: I_{DRAIN} , 200 mA / div.
Lower: V_{DRAIN} , 100 V, 5 ms / div.

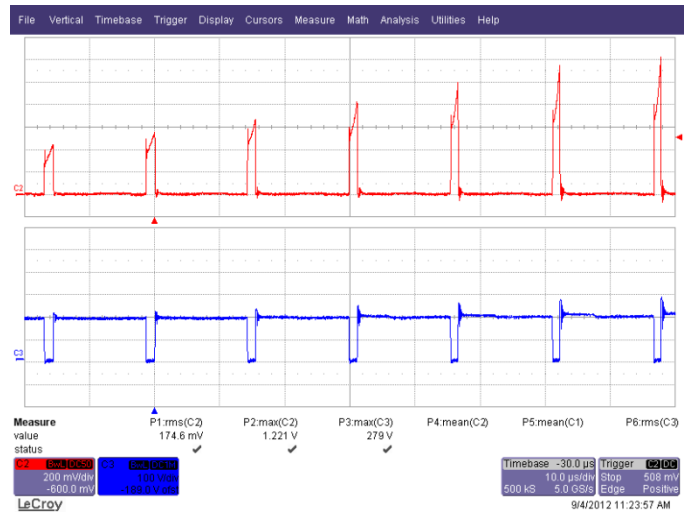


Figure 46 – 132 VAC, 60 Hz Start-up.
Upper: I_{DRAIN} , 200 mA / div.
Lower: V_{DRAIN} , 100 V, 10 μ s / div.



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} , 200 mA / div.
 Lower: V_{DRAIN} , 50 V, 200 ms / div.

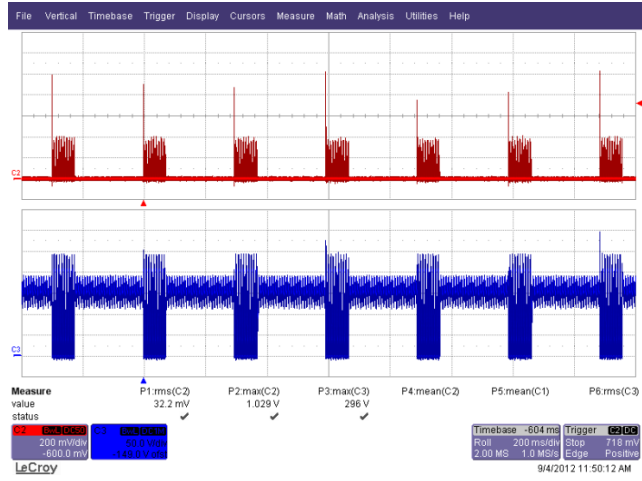


Figure 48 – 132 VAC, 60 Hz Output Short Condition.
 Upper: I_{DRAIN} , 200 mA / div.
 Lower: V_{DRAIN} , 50 V, 200 ms / div.



12.7 정상 작동 시 출력 다이오드 전압 및 전류

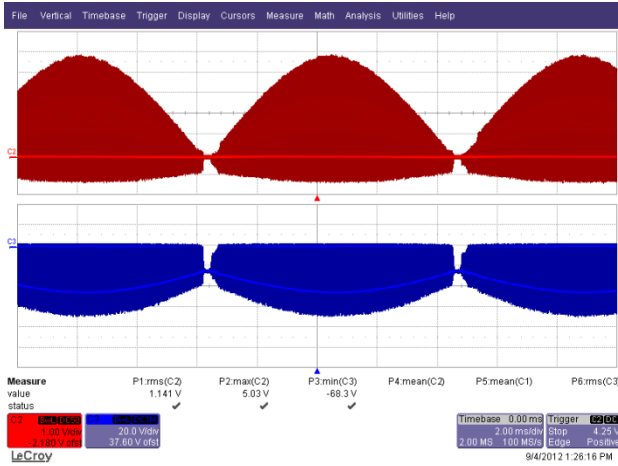


Figure 49 – 90 VAC, 60 Hz.
Upper: I_{D6} , 1 A / div.
Lower: V_{D6} , 20 V, 2 ms / div.

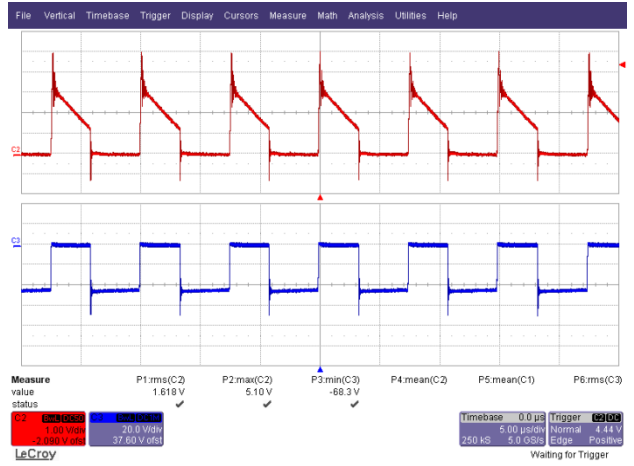


Figure 50 – 90 VAC, 60 Hz.
Upper: I_{D6} , 1 A / div.
Lower: V_{D6} , 20 V / div., 5 μ s / div.

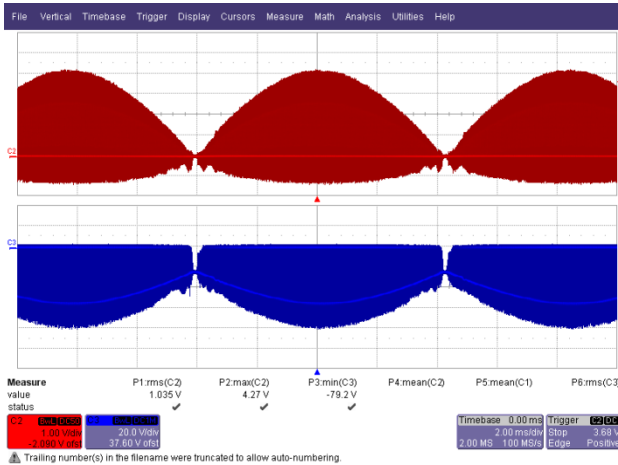


Figure 51 – 132 VAC, 60 Hz.
Upper: I_{D6} , 1 A / div.
Lower: V_{D6} , 20 V, 2 ms / div.

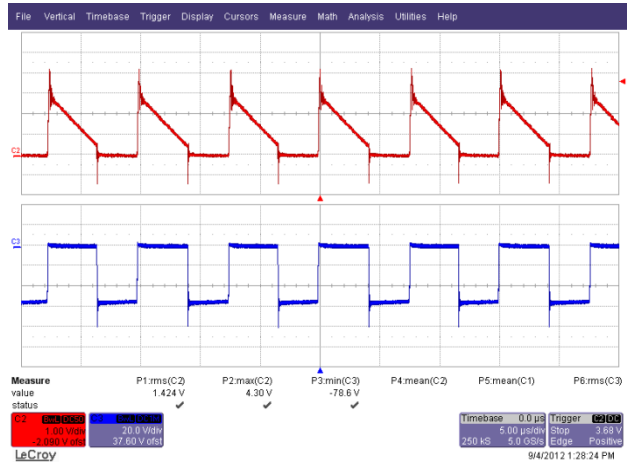


Figure 52 – 132 VAC, 60 Hz.
Upper: I_{D6} , 1 A / div.
Lower: V_{D6} , 20 V / div., 5 μ s / div.



12.8 스타트업 및 출력 단락 상태의 출력 다이오드 전압과 전류

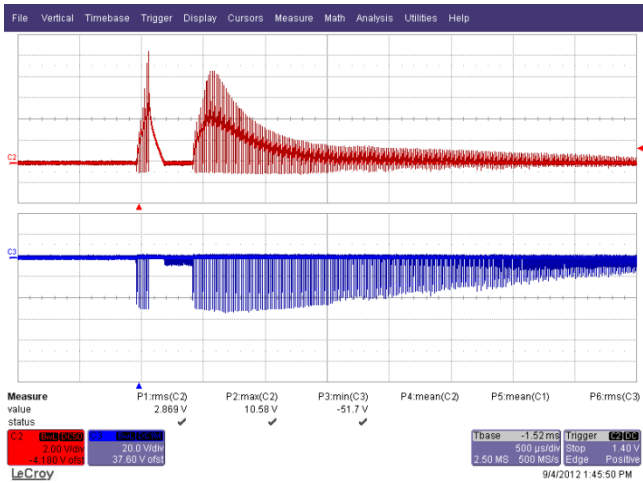


Figure 53 – 132 VAC, 60 Hz Start-up Condition.
 Upper: I_{D6} , 2 A / div.
 Lower: V_{D6} , 20 V, 0.5 ms / div.

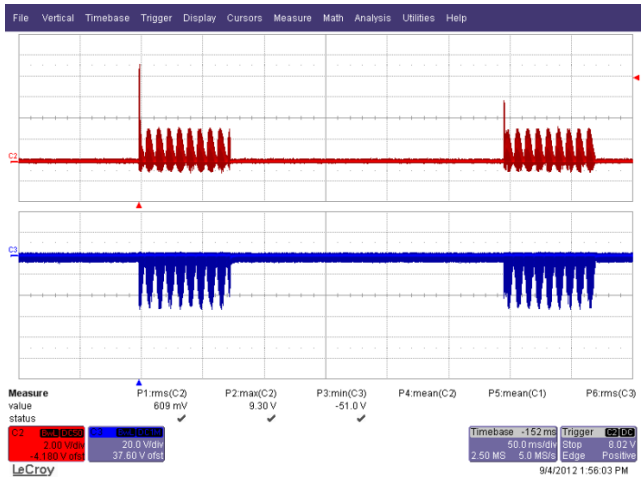


Figure 54 – 132 VAC, 60 Hz Output Short Condition.
 Upper: I_{D6} , 2 A / div.
 Lower: V_{D6} , 20 V, 50 ms / div.

12.9 오픈 부하 상태의 출력 전압

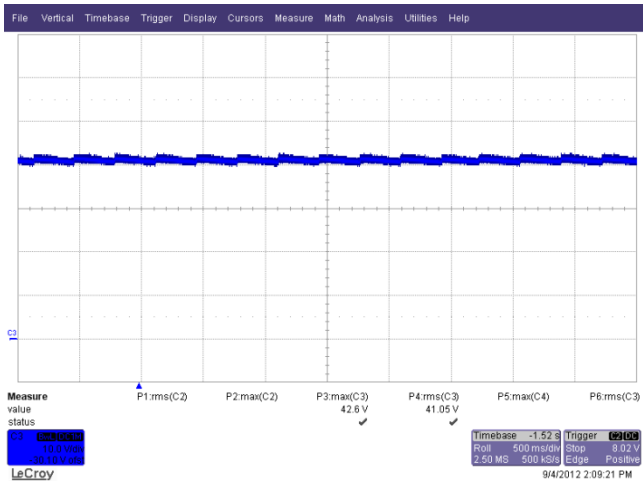


Figure 55 – 90 VAC, 60 Hz Open Load Condition.
 V_{OUT} , 10 V / div.

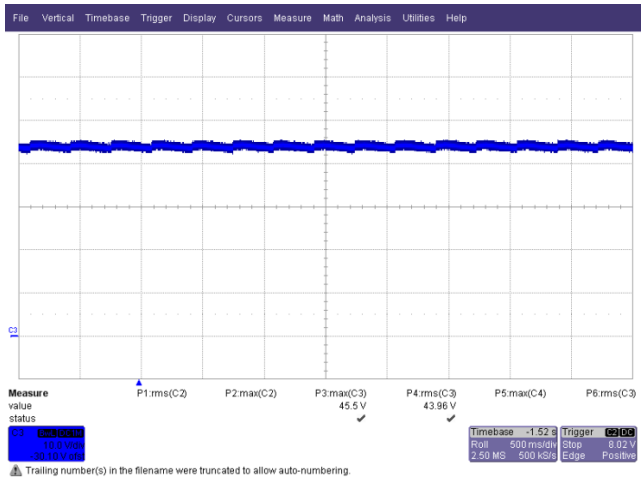


Figure 56 – 132 VAC, 60 Hz Open Load Condition.
 V_{OUT} , 10 V / div.



13 디밍 파형

13.1 입력 전압 및 입력 전류 파형

Input: 120 VAC, 60 Hz Utility Line

Output: 22.5 V LED Load

Dimmer: LUTRON S-600P-WH

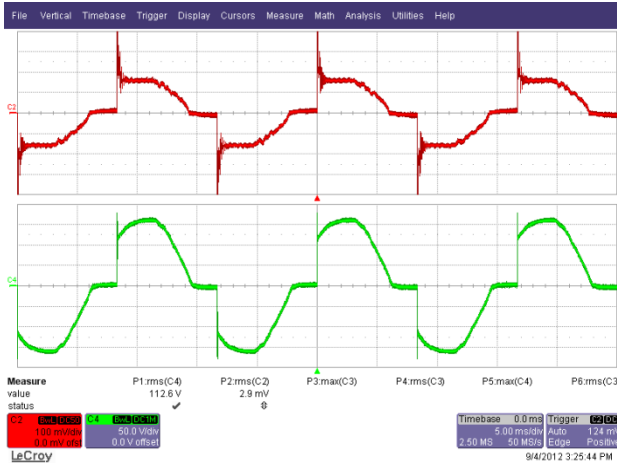


Figure 57 – 132° Conduction Angle.
Upper: I_{IN} , 100 mA / div.
Lower: V_{IN} , 50 V, 5 ms / div.

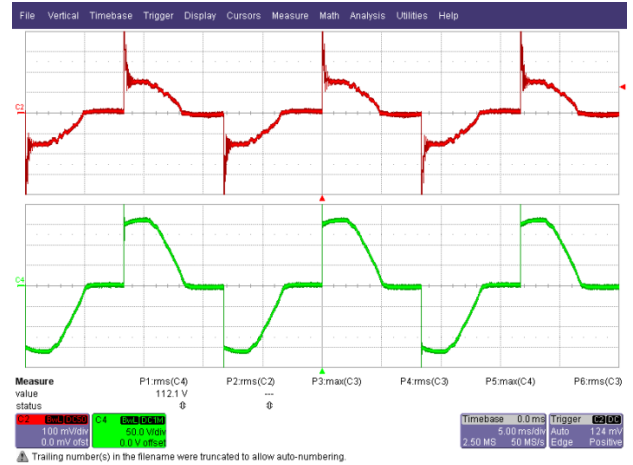


Figure 58 – 108° Conduction Angle.
Upper: I_{IN} , 100 mA / div.
Lower: V_{IN} , 50 V, 5 ms / div.

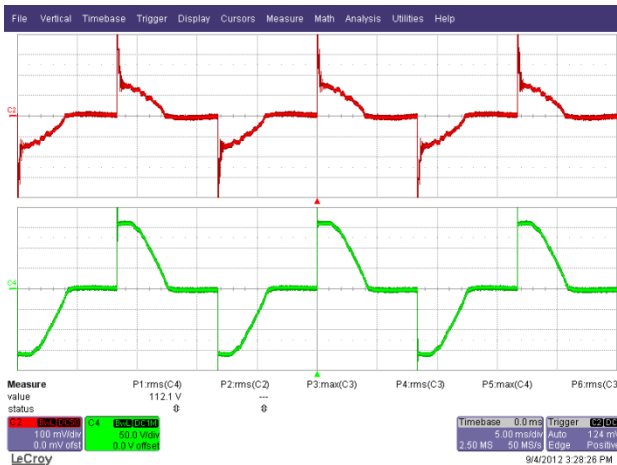


Figure 59 – 86° Conduction Angle.
Upper: I_{IN} , 100 mA / div.
Lower: V_{IN} , 50 V, 5 ms / div.

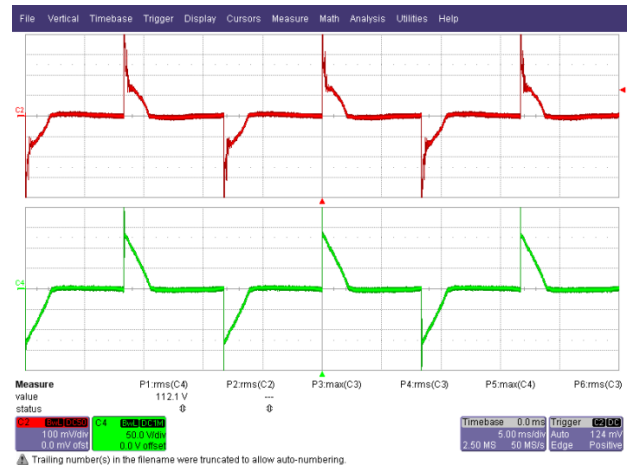


Figure 60 – 45° Conduction Angle.
Upper: I_{IN} , 100 mA / div.
Lower: V_{IN} , 50 V, 5 ms / div.



13.2 출력 전류 파형

Input: 120 VAC, 60 Hz Utility Line

Output: 22.5 V LED Load

Dimmer: LUTRON S-600P-WH

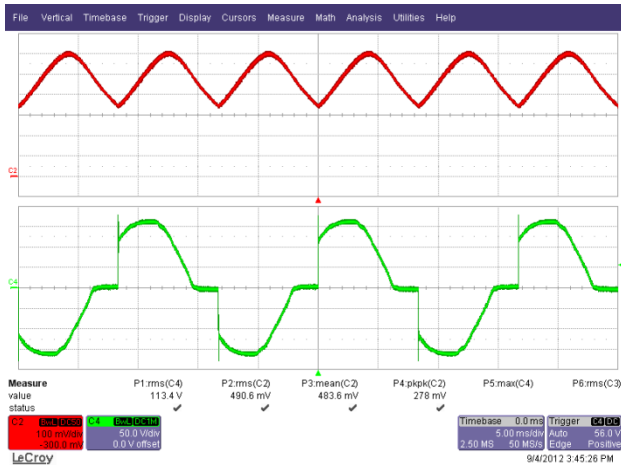


Figure 61 – 132° Conduction Angle.
Upper: I_{OUT} , 100 mA / div.
Lower: V_{IN} , 50 V, 5 ms / div.

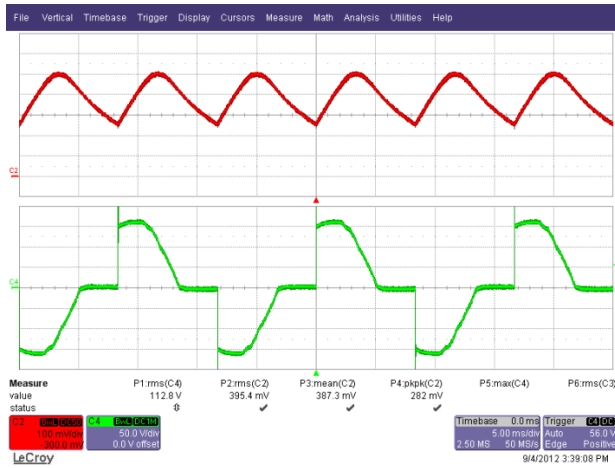


Figure 62 – 108° Conduction Angle.
Upper: I_{OUT} , 100 mA / div.
Lower: V_{IN} , 100 V, 5 ms / div.

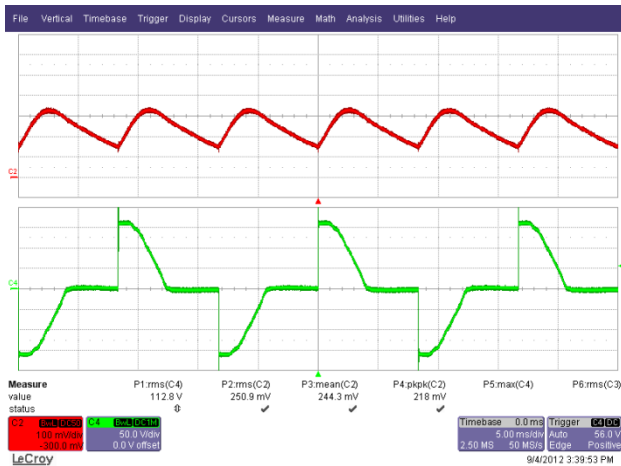


Figure 63 – 86° Conduction Angle.
Upper: I_{OUT} , 100 mA / div.
Lower: V_{IN} , 50 V, 5 ms / div.

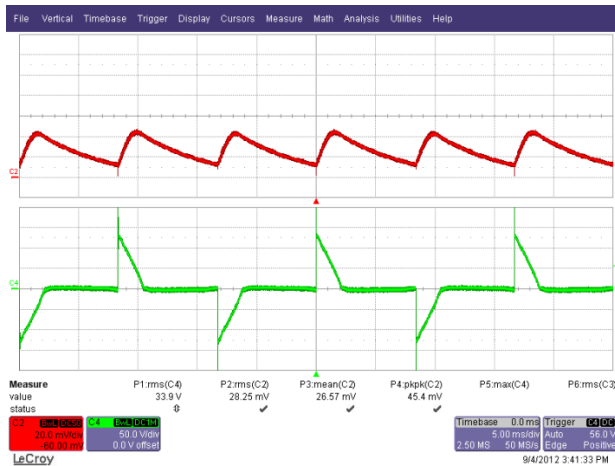


Figure 64 – 45° Conduction Angle.
Upper: I_{OUT} , 20 mA / div.
Lower: V_{IN} , 50 V, 5 ms / div.



13.3 스타트업 시 입력 전압 및 출력 전류 파형

Input: 120 VAC, 60 Hz Utility Line
 Output: 22.5 V LED Load
 Dimmer: LUTRON S-600P-WH

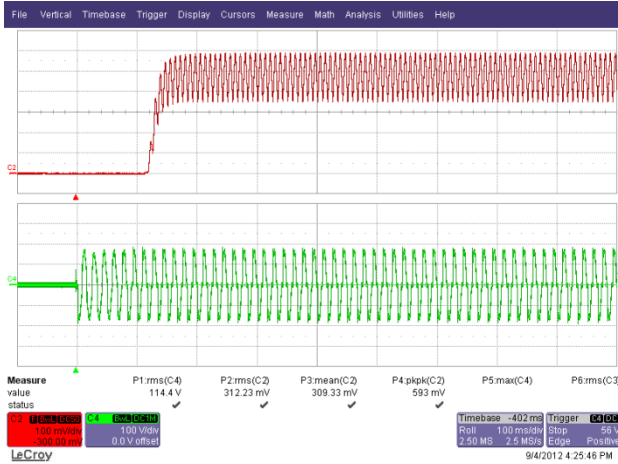


Figure 65 – 120 VAC, 60 Hz, 132 °Conduction Angle Start-up.
 Upper: I_{OUT} , 100 mA / div.
 Lower: V_{IN} , 100 V, 100 ms / div.

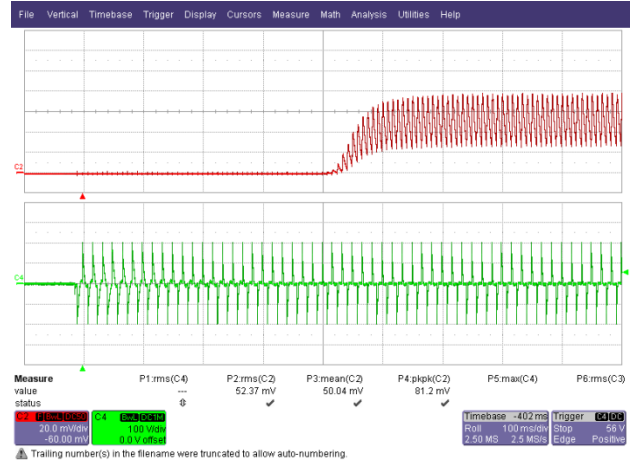


Figure 66 – 120 VAC, 60 Hz 10% I_{OUT} Start-up.
 Upper: I_{OUT} , 20 mA / div.
 Lower: V_{IN} , 100 V, 100 ms / div.

14 전도성 EMI

14.1 테스트 설정

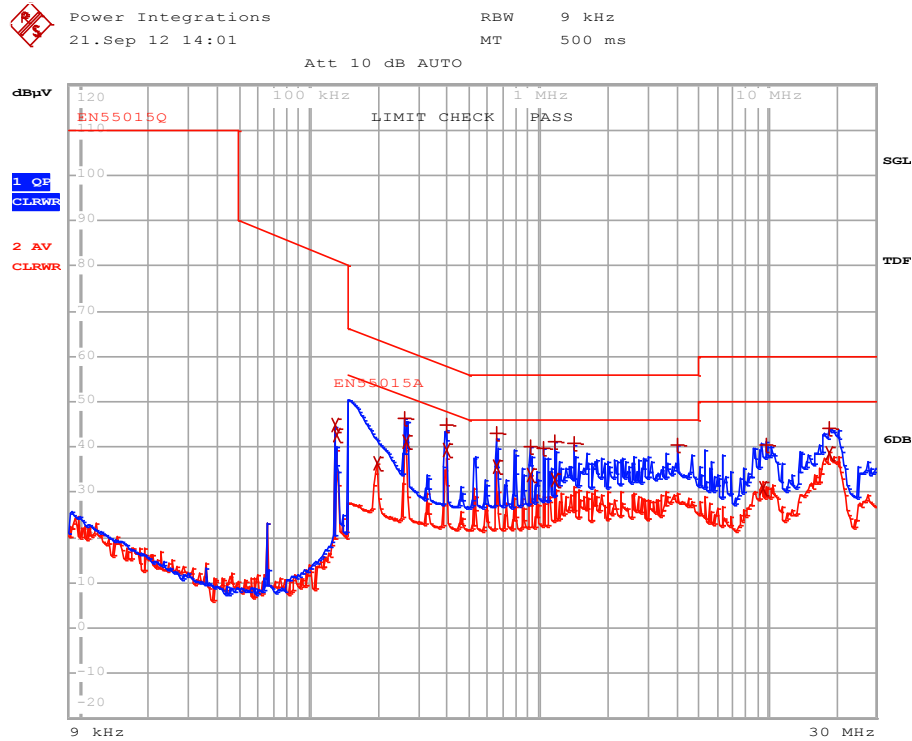
The unit was tested using LED load (21 V V_{OUT}) with input voltage of 120 VAC, 60 Hz at room temperature and with the unit place inside a grounded cone.



Figure 67 – EMI Test Set-up.



14.2 테스트 결과



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)

Trace1: EN55015Q
Trace2: EN55015A
Trace3: ---

TRACE	FREQUENCY	LEVEL dBµV	DELTA LIMIT dB
2 Average	129.530094744 kHz	44.77 N gnd	
2 Average	132.133649648 kHz	42.78 N gnd	
2 Average	198.193645035 kHz	36.40 L1 gnd	-17.27
1 Quasi Peak	261.871472881 kHz	46.17 L1 gnd	-15.19
2 Average	264.49018761 kHz	41.30 L1 gnd	-9.98
2 Average	393.789848222 kHz	39.17 N gnd	-8.80
1 Quasi Peak	397.727746704 kHz	44.74 N gnd	-13.15
1 Quasi Peak	654.11570866 kHz	42.94 N gnd	-13.06
2 Average	654.11570866 kHz	35.60 N gnd	-10.39
1 Quasi Peak	917.447639259 kHz	40.02 L1 gnd	-15.97
2 Average	917.447639259 kHz	33.82 L1 gnd	-12.17
1 Quasi Peak	1.04414099339 MHz	39.67 L1 gnd	-16.33
1 Quasi Peak	1.17656420634 MHz	41.21 L1 gnd	-14.78
2 Average	1.17656420634 MHz	32.71 L1 gnd	-13.28
1 Quasi Peak	1.43563192593 MHz	40.67 L1 gnd	-15.32
1 Quasi Peak	4.04078721227 MHz	40.45 L1 gnd	-15.54
2 Average	9.60341065306 MHz	30.94 L1 gnd	-19.05
1 Quasi Peak	9.89440359926 MHz	40.43 L1 gnd	-19.56
1 Quasi Peak	18.7049927256 MHz	44.12 L1 gnd	-15.87
2 Average	18.7049927256 MHz	38.65 N gnd	-11.34

Figure 68 – Conducted EMI, 21 V LED Load, 120 VAC, 60 Hz, and EN55015 B Limits.



15 라인 서지

The unit was subjected to ± 2500 V 100 kHz ring wave and ± 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.

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

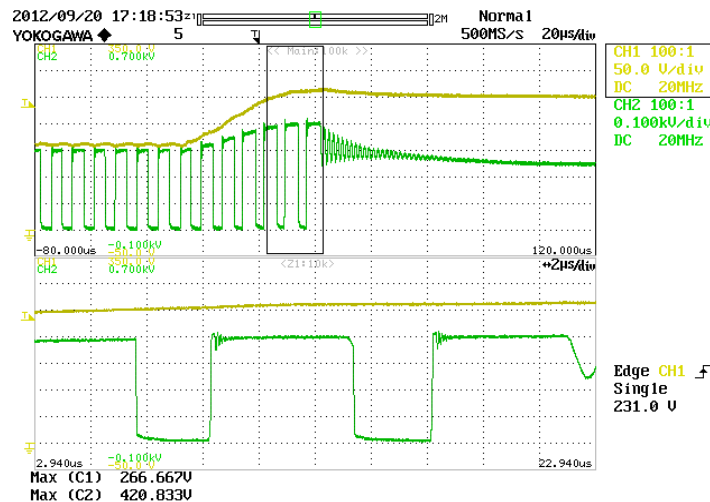


Figure 69 – 500 V Differential Line Surge at 90° Injection Phase.
 CH1: Input Rectified Voltage; CH3: VDS_{U1}.



The unit was also tested with RV1 removed and C6 replaced by a 400 V rated 2.2 μ F, electrolytic capacitor. U1 drain voltage measured was 458 V when a 500 V differential surge was applied.

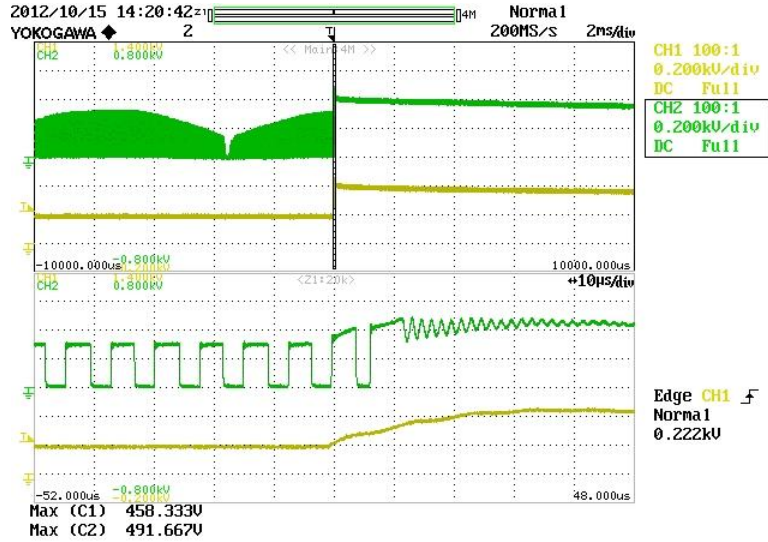


Figure 70 500 V Differential Line Surge at 90° Injection Phase with RV1 removed.
 CH1: Voltage across C6 (peak detector capacitor); CH2: VDS_{U1}.

16 액티브 더미 부하(Active Pre-Load)를 사용하지 않을 경우

The active pre-load can be removed for improve efficiency performance. The trade-off is limited dim ratio for TRIAC dimmers with a higher minimum conduction angle.

16.1 회로도

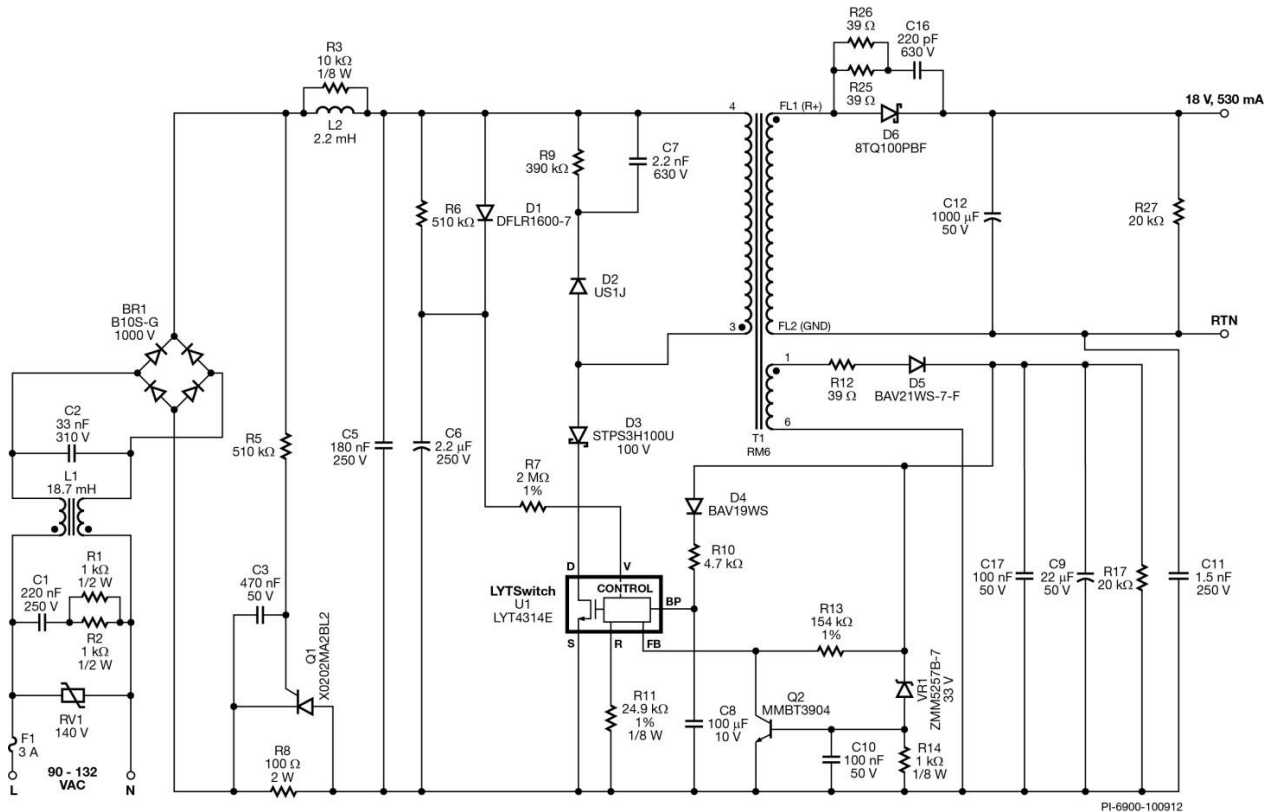


Figure 71 – No Active Pre-Load Schematic.



16.2 APL 이 없을 때의 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	C1	220 nF, 250 V, Film	ECQ-E2224KF	Panasonic
3	1	C2	33 nF, 310 VAC, Polyester Film, X2	BFC233920333	Vishay
4	1	C3	470 nF, 50 V, Ceramic, Y5G, 0603	C1608Y5V1H474Z	TDK
5	1	C5	180 nF, 250 V, Film	ECQ-E2184KB	Panasonic
6	1	C6	2.2 □F, 250 V, Electrolytic, (6.3 x 11)	225CKH250M	Illinois Capacitor
7	1	C7	2.2 nF, 630 V, Ceramic, X7R, 1206	ECJ-3FBJ222K	Panasonic
8	1	C8	100 □F, 10 V, X5R, 1206	C3216X5R1A107M	TDK
9	1	C9	22 □F, 50 V, Electrolytic, Low ESR, 900 m□, (5 x 11.5)	ELXZ500ELL220MEB5D	Nippon Chemi-Con
10	1	C10	100 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 0805	CC0805KRX7R9BB104	Yageo
11	1	C11	1.5 nF, Ceramic, Y1	440LD15-R	Vishay
12	1	C12	1000 □F, 50 V, Electrolytic, Gen. Purpose, (12.5 x 25)	EKMG500ELL102MK25S	Nippon Chemi-Con
13	1	C16	220 pF, 630 V, Ceramic, NPO, 1206	C3216C0G2J221J	TDK
14	1	C17	100 nF, 50 V, Ceramic, X7R, 1206	GRM319R71H104KA01D	Murata
15	1	D1	600 V, 1 A, Rectifier, Glass Passivated, POWERDI123	DFLR1600-7	Diodes, Inc.
16	1	D2	Diode Ultrafast, SW 600 V, 1 A, SMA	US1J-13-F	Diodes, Inc.
17	1	D3	100 V, 3 A, Schottky, DO-214AA	STPS3H100U	ST Micro
18	1	D4	100 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV19WS-7-F	Diodes, Inc.
19	1	D5	250 V, 0.2 A, Fast Switching, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
20	1	D6	100 V, 8 A, Schottky, TO-220AC	8TQ100PBF	Vishay
21	1	F1	3 A, 125V, Fast, Microfuse, Axial	MQ3	BelFuse
22	1	L1	18.7 mH, 0.22 A, Common Mode Choke	RL-4400-1-18.7	Renco
23	1	L2	2.2 mH, 0.19 A, Ferrite Core	CTCH895F-222K	CT Parts
24	1	Q1	SCR, 600 V, 1.25 A, TO-92	X0202MA 2BL2	ST Micro
25	1	Q2	NPN, Small Signal BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semi
26	2	R1 R2	1 k□, 5%, 1/2 W, Thick Film, 1210	ERJ-14YJ102U	Panasonic
27	1	R3	10 k□, 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ103V	Panasonic
28	2	R5 R6	510 k□, 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ514V	Panasonic
29	1	R7	2.00 M□, 1%, 1/4 W, Metal Film	RNF14FTD2M00	Stackple
30	1	R8	100 □, 5%, 2 W, Metal Oxide	RSMF2JT100R	Stackpole
31	1	R9	390 k□, 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ394V	Panasonic
32	1	R10	4.7 k□, 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ472V	Panasonic
33	1	R11	24.9 k□, 1%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6ENF2492V	Panasonic
34	3	R12 R25 R26	39 □, 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ390V	Panasonic
35	1	R13	154 k□, 1%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8ENF1543V	Panasonic
36	1	R14	1 k□, 5%, 1/8 W, Thick Film, 0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
37	2	R17 R27	20 k□, 5%, 1/4 W, Thick Film, 1206	ERJ-8GEYJ203V	Panasonic
38	1	RV1	140 V, 12 J, 7 mm, RADIAL	V140LA2P	Littlefuse
39	1	T1	Bobbin, RM6, Vertical, 6 pins	B65808-N1006-D1	Epcos
40	1	U1	LYTswitch, eSIP-7C	LYT4314E	Power Integrations
41	1	VR1	33 V, 5%, 500 mW, DO-213AA (MiniMELF)	ZMM5257BDICT-ND	Diodes, Inc.



16.3 APL 이 없을 때의 효율

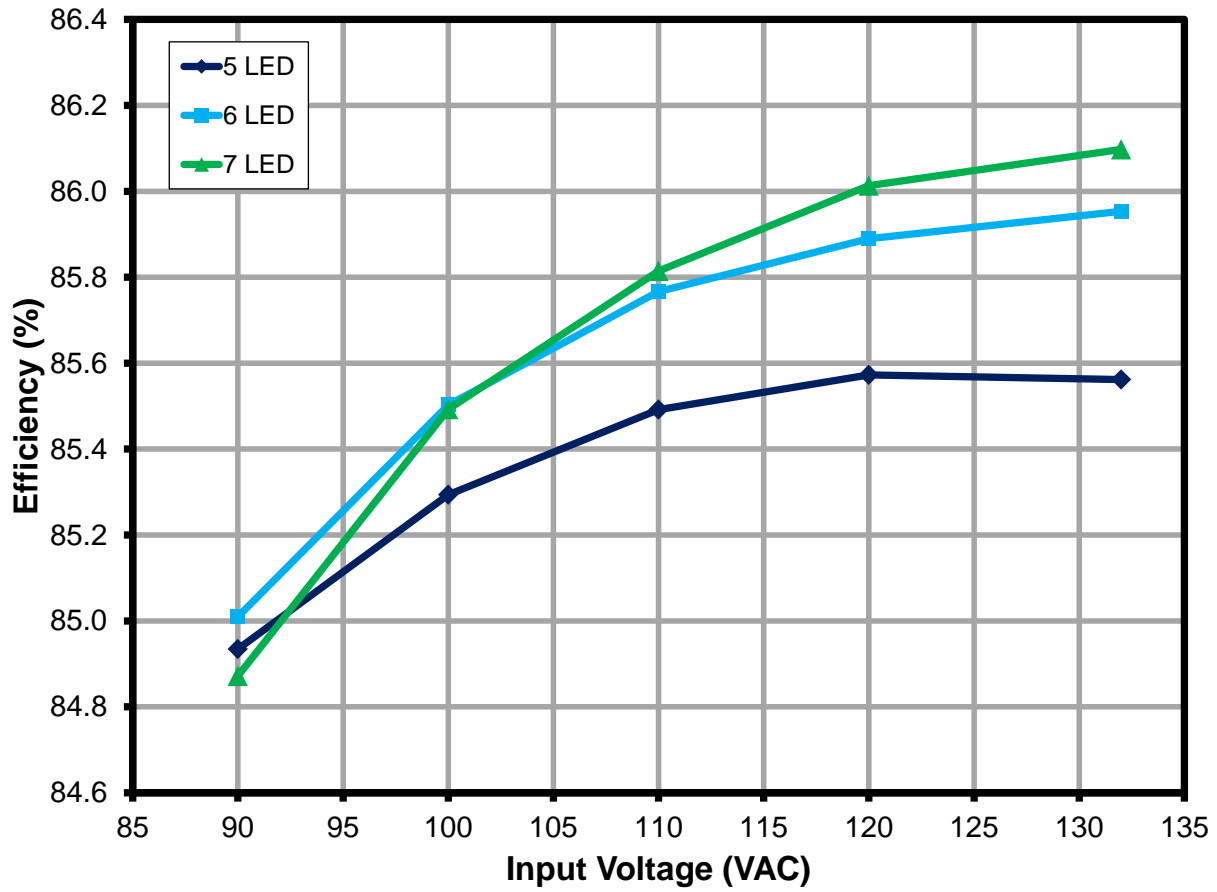


Figure 72 – Efficiency vs. Line and Load.



16.4 APL 이 없을 때의 라인 및 부하 레귤레이션

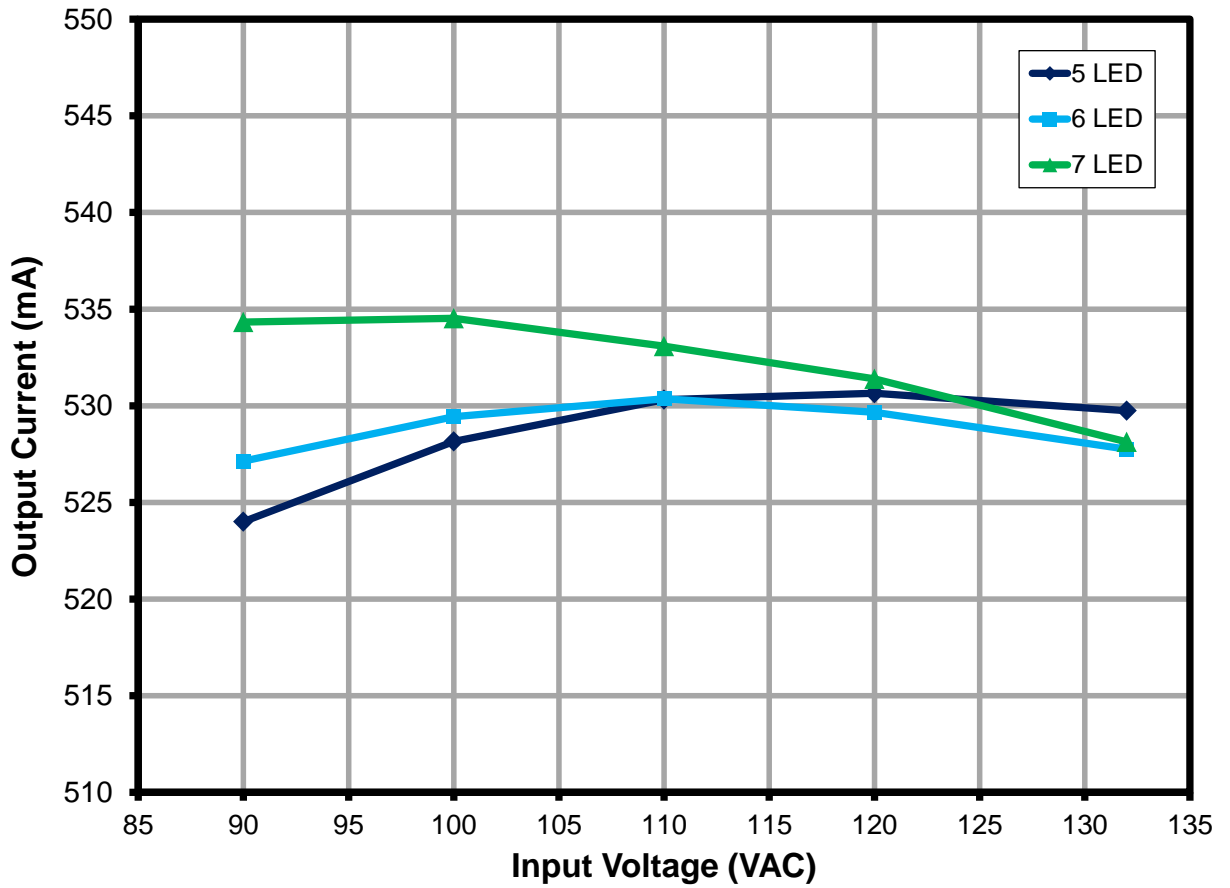


Figure 73 – Regulation vs. Line and Load.

16.5 APL 이 없을 때의 역률

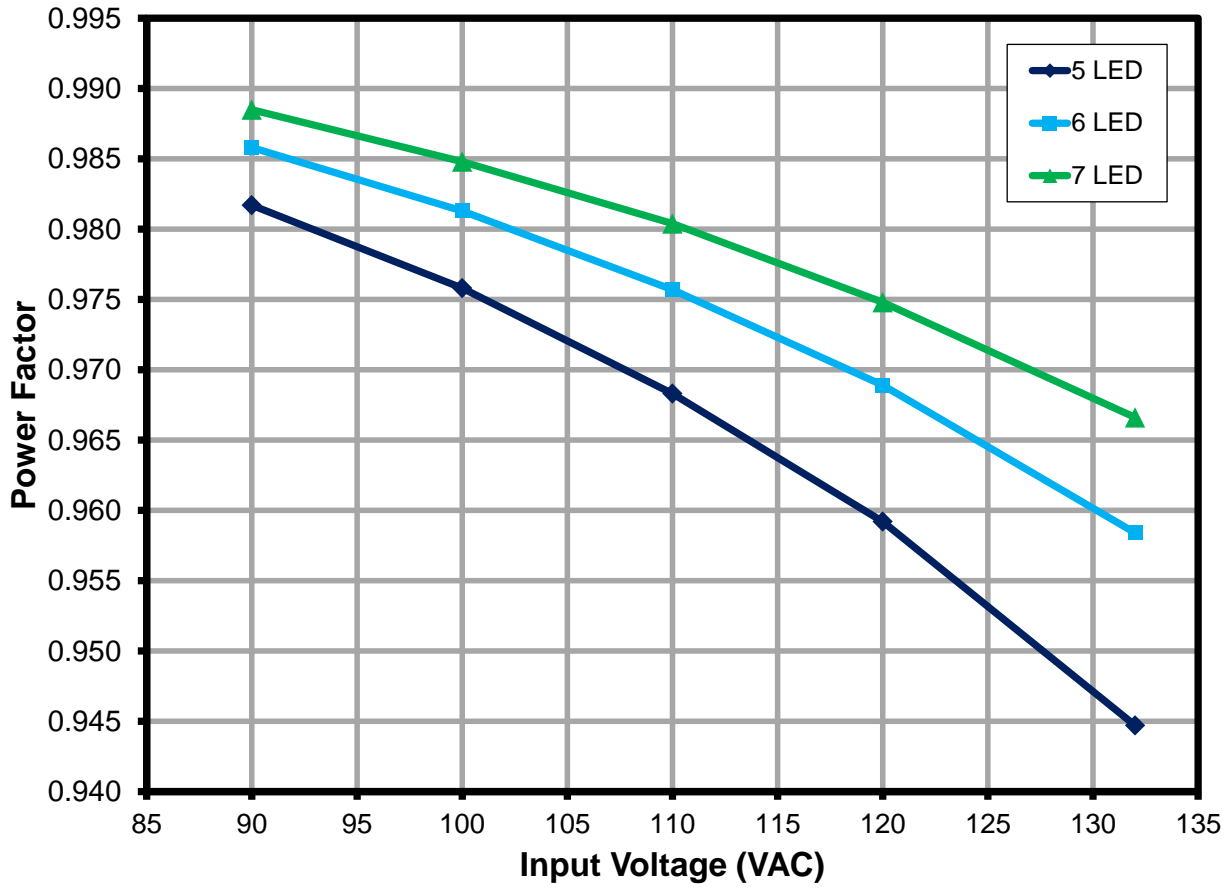


Figure 74 – Power Factor vs. Line and Load.



16.6 APL 이 없을 때의 A-THD

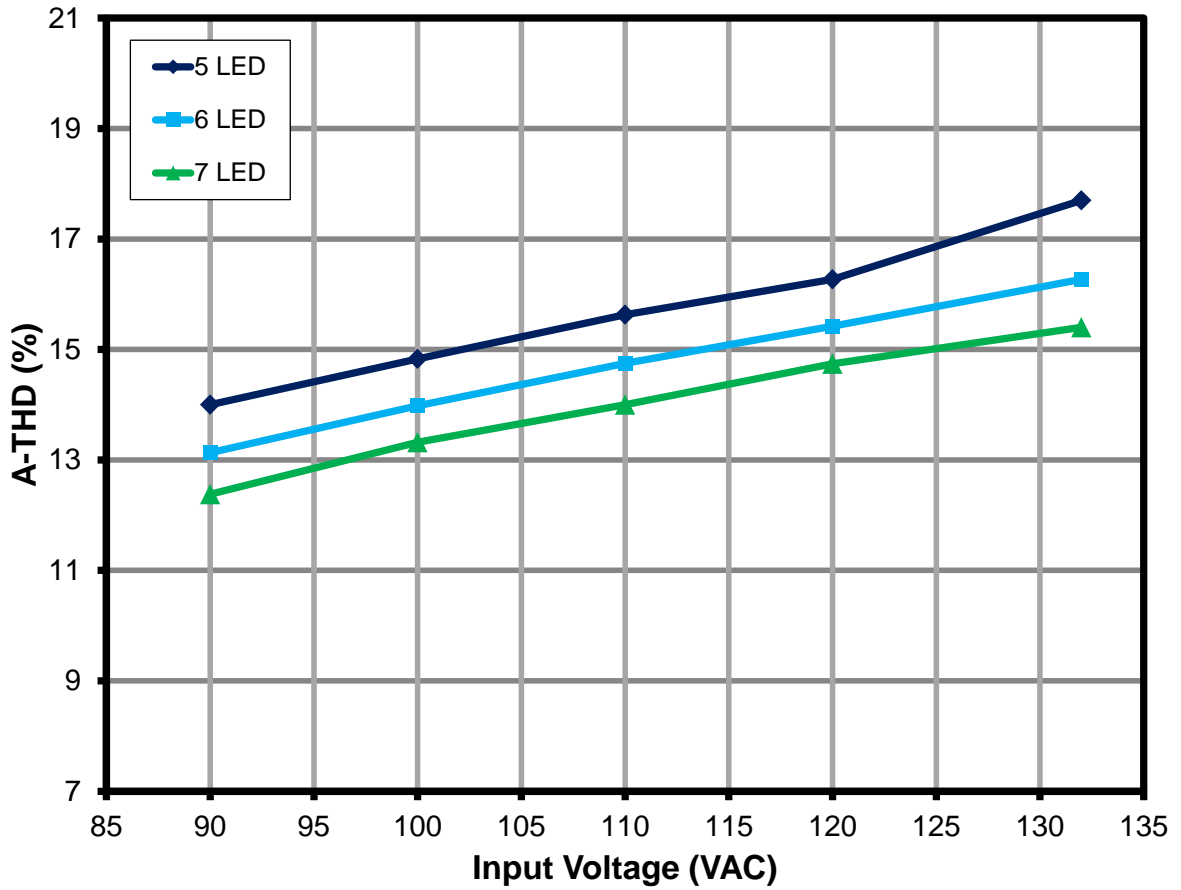


Figure 75 – A-THD vs. Line and Load.



16.7 APL 이 없을 때의 고조파 전류

The design met the limits for Class C equipment for an active input power of <25 W. In this case IEC61000-3-2 specifies that harmonic currents shall not exceed the limits of Class D equipment¹. Therefore the limits shown in the charts below are Class D limits which must not be exceeded to meet Class C compliance.

16.7.1 15V LED 부하

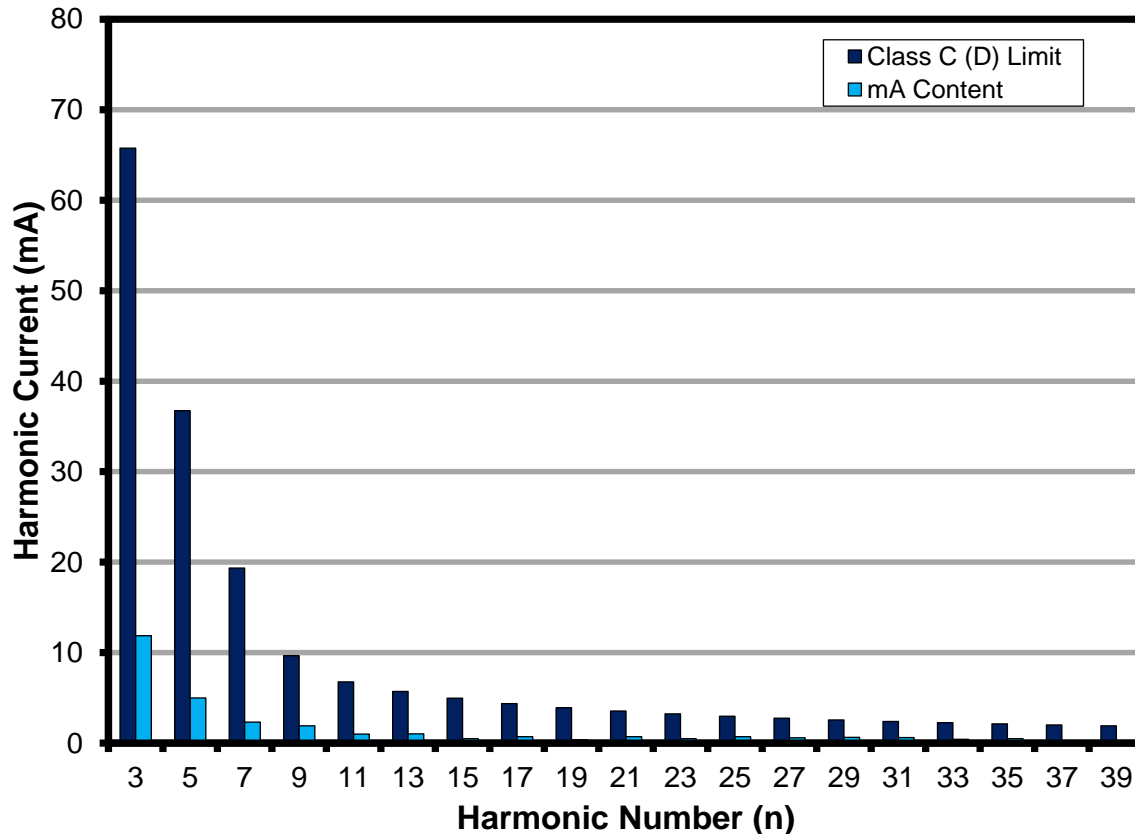


Figure 76 – 15 V LED Load Input Current Harmonics case (IEC61000-3-2) at 120 VAC, 60 Hz.

¹ IEC6000-3-2 Section 7.3, table 2, column 2.

16.7.2

16.7.3 18V LED 부하

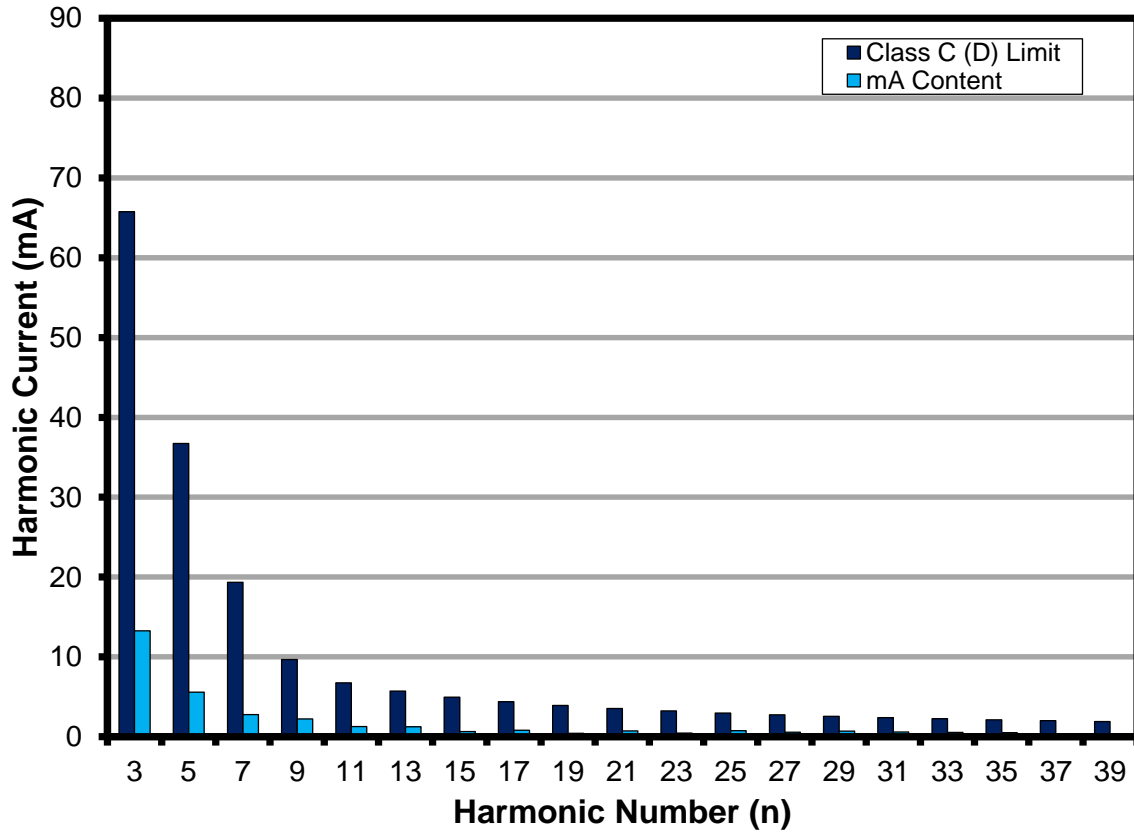


Figure 77 – 18 V LED Load Input Current Harmonics (IEC61000-3-2) at 120 VAC, 60 Hz.



16.7.4 21V LED 부하

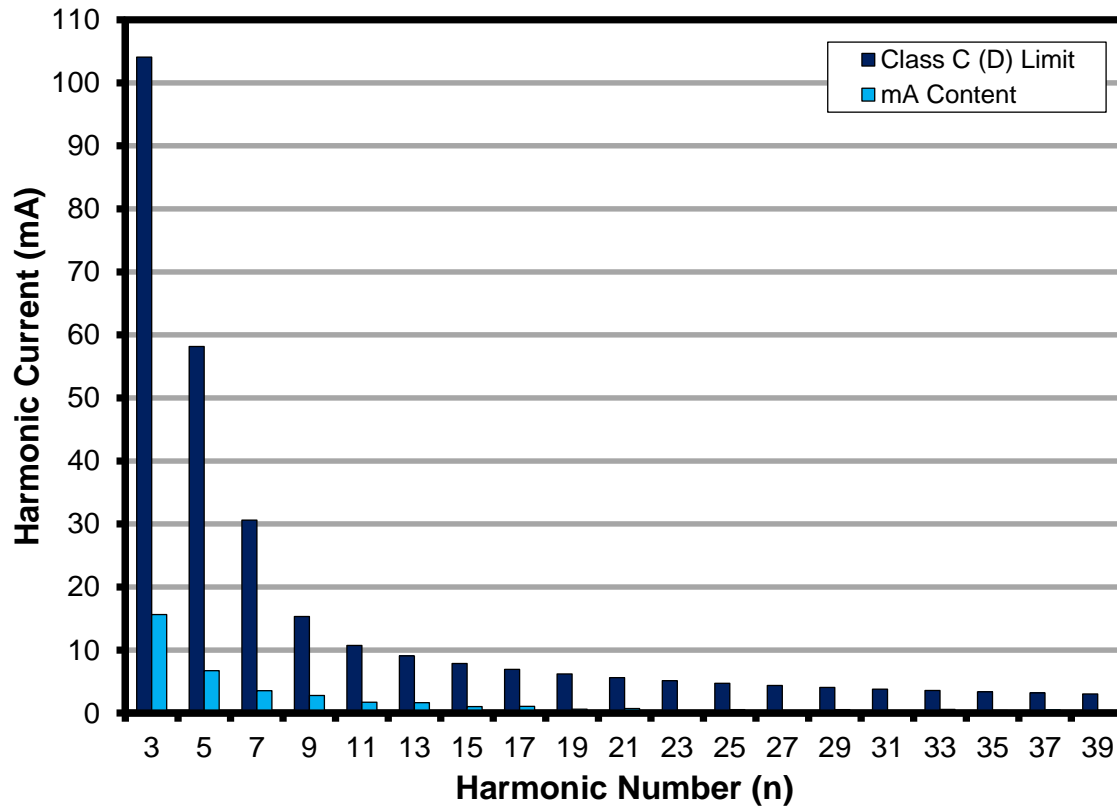


Figure 78 – 21 V LED Load Input Current Harmonics (IEC61000-3-2) at 120 VAC, 60 Hz.



16.8 APL 이 없을 때의 테스트 데이터

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

16.8.1 테스트 데이터, 15V LED 부하

Input Measurement					Load Measurement			Calculation		
V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%ATHD	V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)	P _{CAL} (W)	Efficiency (%)	Loss (W)
90.01	108.92	9.624	0.982	14.00	15.50	524.00	8.17	8.12	84.93	1.45
99.97	99.04	9.661	0.976	14.83	15.50	528.16	8.24	8.19	85.29	1.42
110.02	90.82	9.676	0.968	15.63	15.50	530.32	8.27	8.22	85.49	1.40
119.99	84.00	9.669	0.959	16.27	15.49	530.65	8.27	8.22	85.57	1.40
132.01	77.36	9.648	0.945	17.7	15.49	529.75	8.26	8.20	85.56	1.39

16.8.2 테스트 데이터, 18V LED 부하

Input Measurement					Load Measurement			Calculation		
V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%ATHD	V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)	P _{CAL} (W)	Efficiency (%)	Loss (W)
90.00	130.67	11.594	0.986	13.13	18.60	527.14	9.86	9.81	85.01	1.74
99.97	118.18	11.593	0.981	13.98	18.63	529.44	9.91	9.86	85.50	1.68
110.03	107.77	11.570	0.976	14.75	18.62	530.36	9.92	9.87	85.77	1.65
119.99	99.19	11.532	0.969	15.42	18.61	529.66	9.90	9.86	85.89	1.63
132.02	90.72	11.479	0.958	16.27	18.61	527.76	9.87	9.82	85.95	1.61

16.8.3 테스트 데이터, 21V LED 부하

Input Measurement					Load Measurement			Calculation		
V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%ATHD	V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)	P _{CAL} (W)	Efficiency (%)	Loss (W)
90.00	152.60	13.577	0.989	12.38	21.47	534.33	11.52	11.47	84.87	2.05
99.97	136.89	13.476	0.985	13.32	21.46	534.52	11.52	11.47	85.49	1.96
110.03	124.04	13.380	0.980	14	21.45	533.09	11.48	11.43	85.81	1.90
120.00	113.68	13.298	0.975	14.74	21.44	531.39	11.44	11.39	86.01	1.86
132.02	103.37	13.192	0.967	15.4	21.42	528.13	11.36	11.31	86.10	1.83



16.8.4 120VAC 60Hz, 15V LED 부하 고조파 데이터

Current Harmonics Limits for IEC61000-3-2

V	Freq	I (mA)	P	PF	%THD
120	60.00	84.00	9.6690	0.9592	16.27
nth Order	mA Content	% Content	Limit <25 W	Limit >25 W	Remarks
1	82.79				
2	0.02	0.02%		2.00%	
3	11.88	14.35%	65.7492	28.78%	Pass
5	4.99	6.03%	36.7422	10.00%	Pass
7	2.34	2.83%	19.3380	7.00%	Pass
9	1.92	2.32%	9.6690	5.00%	Pass
11	1.01	1.22%	6.7683	3.00%	Pass
13	1.03	1.24%	5.7270	3.00%	Pass
15	0.51	0.62%	4.9634	3.00%	Pass
17	0.71	0.86%	4.3795	3.00%	Pass
19	0.39	0.47%	3.9185	3.00%	Pass
21	0.72	0.87%	3.5453	3.00%	Pass
23	0.49	0.59%	3.2370	3.00%	Pass
25	0.73	0.88%	2.9781	3.00%	Pass
27	0.60	0.72%	2.7575	3.00%	Pass
29	0.64	0.77%	2.5673	3.00%	Pass
31	0.61	0.74%	2.4017	3.00%	Pass
33	0.44	0.53%	2.2561	3.00%	Pass
35	0.49	0.59%	2.1272	3.00%	Pass
37	0.24	0.29%	2.0122	3.00%	Pass
39	0.28	0.34%	1.9090	3.00%	Pass
41	0.09	0.11%			
43	0.13	0.16%			
45	0.20	0.24%			
47	0.27	0.33%			
49	0.28	0.34%			



16.8.5 120VAC 60Hz, 18V LED 부하 고조파 데이터

Current Harmonics Limits for IEC61000-3-2

V	Freq	I (mA)	P	PF	%THD
120	60.00	99.19	11.5320	0.9689	15.42
nth Order	mA Content	% Content	Limit <25 W	Limit >25 W	Remarks
1	97.97				
2	0.03	0.03%		2.00%	
3	13.27	13.54%	78.4176	29.07%	Pass
5	5.57	5.69%	43.8216	10.00%	Pass
7	2.77	2.83%	23.0640	7.00%	Pass
9	2.23	2.28%	11.5320	5.00%	Pass
11	1.27	1.30%	8.0724	3.00%	Pass
13	1.24	1.27%	6.8305	3.00%	Pass
15	0.65	0.66%	5.9198	3.00%	Pass
17	0.81	0.83%	5.2233	3.00%	Pass
19	0.43	0.44%	4.6735	3.00%	Pass
21	0.74	0.76%	4.2284	3.00%	Pass
23	0.47	0.48%	3.8607	3.00%	Pass
25	0.77	0.79%	3.5519	3.00%	Pass
27	0.57	0.58%	3.2888	3.00%	Pass
29	0.71	0.72%	3.0619	3.00%	Pass
31	0.59	0.60%	2.8644	3.00%	Pass
33	0.54	0.55%	2.6908	3.00%	Pass
35	0.51	0.52%	2.5370	3.00%	Pass
37	0.34	0.35%	2.3999	3.00%	Pass
39	0.38	0.39%	2.2768	3.00%	Pass
41	0.13	0.13%			
43	0.18	0.18%			
45	0.11	0.11%			
47	0.12	0.12%			
49	0.17	0.17%			



16.8.6

16.8.7 120VAC 60Hz, 21V LED 부하 고조파 데이터

Current Harmonics Limits for IEC61000-3-2

V	Freq	I (mA)	P	PF	%THD
120	60.00	113.68	13.2980	0.9748	14.74
nth Order	mA Content	% Content	Limit <25 W	Limit >25 W	Remarks
1	112.41				
2	0.07	0.06%		2.00%	
3	14.43	12.84%	90.4264	29.24%	Pass
5	6.18	5.50%	50.5324	10.00%	Pass
7	3.20	2.85%	26.5960	7.00%	Pass
9	2.62	2.33%	13.2980	5.00%	Pass
11	1.62	1.44%	9.3086	3.00%	Pass
13	1.58	1.41%	7.8765	3.00%	Pass
15	0.96	0.85%	6.8263	3.00%	Pass
17	1.04	0.93%	6.0232	3.00%	Pass
19	0.64	0.57%	5.3892	3.00%	Pass
21	0.76	0.68%	4.8759	3.00%	Pass
23	0.48	0.43%	4.4519	3.00%	Pass
25	0.63	0.56%	4.0958	3.00%	Pass
27	0.43	0.38%	3.7924	3.00%	Pass
29	0.55	0.49%	3.5308	3.00%	Pass
31	0.40	0.36%	3.3031	3.00%	Pass
33	0.44	0.39%	3.1029	3.00%	Pass
35	0.36	0.32%	2.9256	3.00%	Pass
37	0.39	0.35%	2.7674	3.00%	Pass
39	0.32	0.28%	2.6255	3.00%	Pass
41	0.25	0.22%			
43	0.25	0.22%			
45	0.15	0.13%			
47	0.17	0.15%			
49	0.13	0.12%			



16.9 APL 없이 시뮬레이션된 TRIAC 을 사용할 때의 디밍 곡선

Using Agilent 6812B AC Source programmed as perfect leading edge dimmer

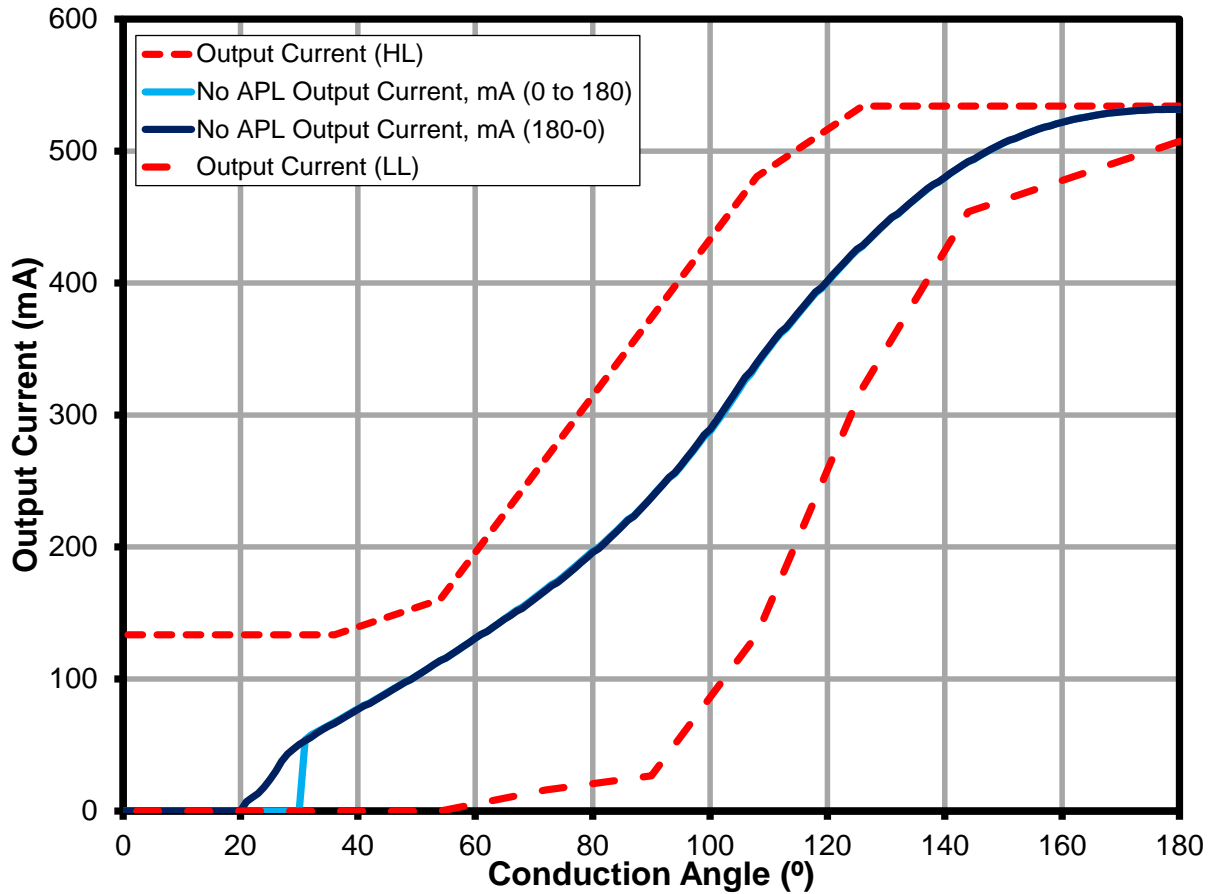


Figure 79 – Dimming Curve at 120 VAC, 60 Hz Input.



16.10 APL 없이 실제 디머를 사용할 때의 성능

The following data were taken by measuring the RMS input voltage to the driver as a result of TRIAC chopping the AC input. A leading and trailing edge TRIAC dimmer was used on the data below using 21 V LED load and 120 V, 60 Hz AC input.

16.10.1 디밍 곡선

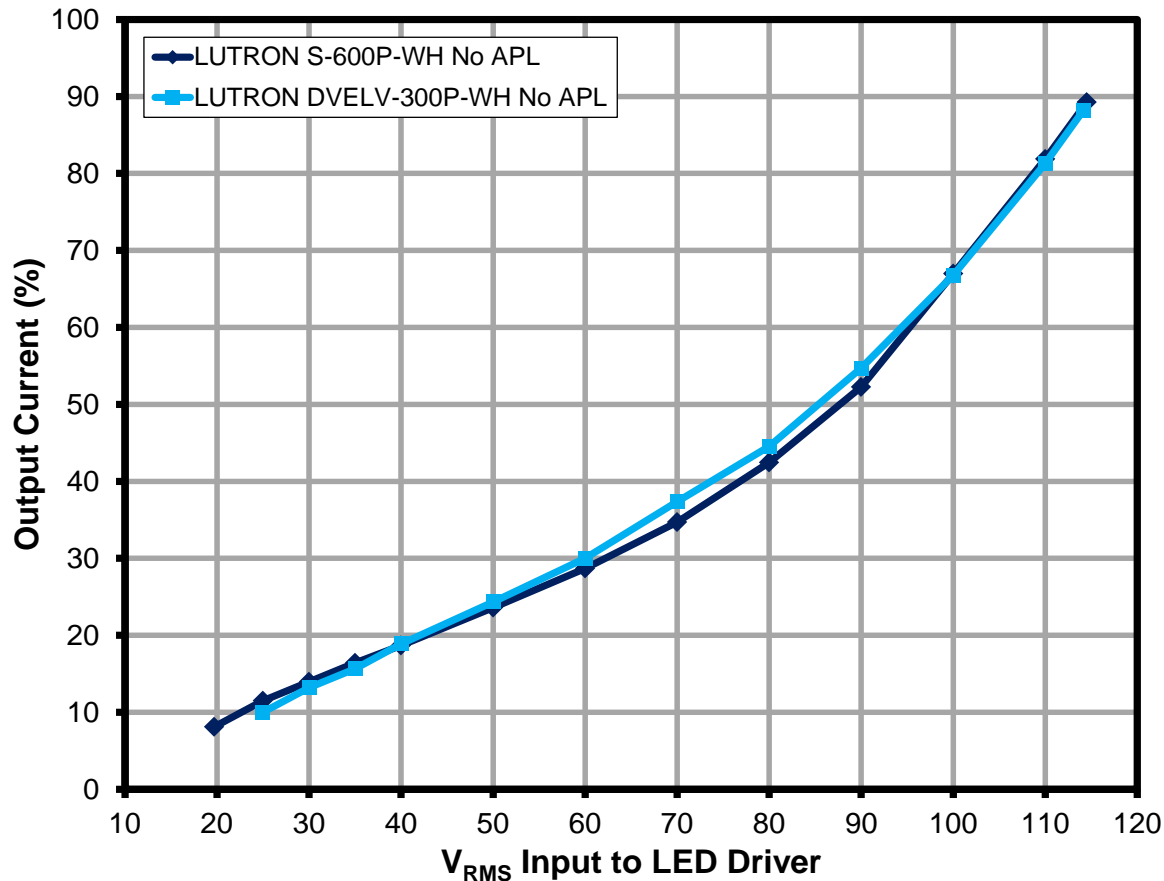


Figure 80 – Dimming Curve as a Function of Input Voltage to the Driver.



16.10.2 일반 리딩 엷지 디머 성능 데이터

Dimmer: LUTRON S-600P-WH

Input: 120 VAC, 60 Hz

V _{IN(RMS)} (V)	I _{OUT} (mA)	I _{OUT} (%)	V _{OUT} (V)	P _{OUT} (W)	P _{IN} (W)	Efficiency (%)	P _{LOSS} (W)	Start-upTime (ms)
114.5	473	89.25	21.25	10.11	13.47	75.1	3.36	128
110	434	81.89	21.14	9.21	12.65	72.8	3.44	128
100	355	66.98	20.82	7.43	10.9	68.2	3.47	153
90	277	52.26	20.51	5.7	9.1	62.6	3.4	164
80	225	42.45	20.3	4.58	7.84	58.4	3.26	186
70	184	34.72	20.2	3.73	6.82	54.7	3.09	204
60	152	28.68	20	3.05	5.98	51.0	2.93	251
50	125	23.58	19.81	2.48	5.19	47.8	2.71	318
40	99	18.68	19.6	1.95	4.5	43.3	2.55	412
35	87	16.42	19.5	1.7	4.1	41.5	2.4	550
30	74	13.96	19.37	1.44	3.78	38.1	2.34	1800
25	61	11.51	19.22	1.16	3.5	33.1	2.34	
19.7	43	8.11	19	0.82	3.1	26.5	2.28	

16.10.3 일반 트레일링 엷지 디머 성능 데이터

Dimmer: LUTRON DVELV-300P-WH

Input: 120 VAC, 60 Hz

V _{IN(RMS)} (V)	I _{OUT} (mA)	I _{OUT} (%)	V _{OUT} (V)	P _{OUT} (W)	P _{IN} (W)	Efficiency (%)	P _{LOSS} (W)	Start-upTime (ms)
114.1	467	88.11	21.14	9.96	12.97	76.8	3.01	110
110	431	81.32	21	9.12	12.05	75.7	2.93	118
100	354	66.79	20.75	7.4	10.1	73.3	2.7	122
90	290	54.72	20.5	6	8.53	70.3	2.53	123
80	236	44.53	20.3	4.83	7.2	67.1	2.37	128
70	198	37.36	20.2	4.03	6.28	64.2	2.25	147
60	159	30.00	20	3.2	5.35	59.8	2.15	187
50	129	24.34	19.81	2.6	4.62	56.3	2.02	212
40	100	18.87	19.58	1.96	3.93	49.9	1.97	254
35	83	15.66	19.5	1.62	3.54	45.8	1.92	307
30	70	13.21	19.3	1.36	3.24	42.0	1.88	355
25	53	10.00	19.12	1	2.86	35.0	1.86	520

16.10.4 디머 호환성 목록

Item	List of Dimmers	Part Number	V _{RMS(MIN)}	I _{MIN} (mA)	V _{RMS(MAX)}	I _{MAX} (mA)	Dim Ratio
1	LUTRON LG600PH-LA	LG-600PH-WH	21	53	114.6	474	9
2	LUTRON S603P	S-603P-WH	21	48	115.0	476	10
3	LUTRON SLV600P	SLV600P-WH	28	70	115.5	482	7
4	LUTRON S600	S-600-WH	24	58	117.6	505	9



5	LUTRON S-600PH-WH	S-600PH-WH	19	41	115.0	477	12
6	LUTRON DVCL153P	DVWCL-153-PLH-WH	15.3	22	113.3	462	21
7	LUTRON DV603P	DV-603P-WH	23	56	114.6	473	8
8	LUTRON DV600P	DV-600P-WH	21.7	53	114.7	474	9
9	LUTRON TG600PH-IV	TG-600PH-WH	35	85	115.6	484	6
10	LUTRON AY600P	AY-600P-WH	36	87	115.2	480	6
11	LUTRON GL600P-WH	GL-600P-WH	25	62	114.8	476	8
12	LEVITON 6633PLI	R62-06633-1LW	20	51	118.7	518	10
13	LEVITON 6631-LI	R62-06631-1LW	12	5	116.5	493	105
14	LEVITON IPI06	R60-IPI06-1LM	34	87	118.3	513	6
15	LEVITON 6161-I	R52-06161-00W	33	68	115.2	480	7
16	LEVITON RP106	R52-RPI06-1LW	32	56	119.0	523	9
17	LEVITON 6681	R60-06681-0IW	12	6	115.5	484	82
18	LEVITON TGM10-1LW	TGM10-1LW	16.5	34	113.2	459	14
19	LEVITON 6684	R60-06684-1IW	14	17	119.0	524	31
20	LEVITON 6683	6683	17	25	119.0	524	21
21	LEVITON 6613	R02-06613-PLW	19	42	118.7	519	12
22	COOPER SLC03	SLC03P-W-K-L	16	25	116.0	490	20
23	LUTRON GL600-WH	GL-600-WH	26.67	68	117.4	502	7
24	LUTRON DVPDC-203P-WH	DVPDC-203P-WH	60	152	117.0	497	3
25	LUTRON LX600PL	LX-600PL-wh	27	65	116.7	495	8
26	LUTRON D600P	D-600P-WH	15	27	113.2	460	17
27	LUTRON CTCL-153PDH		15.5	26	113.7	465	18
28	LUTRON S-600P	S-600P	18	41	115.0	477	12
29	LUTRON TGLV-600P	TGLV-600P	32.7	81	116.0	489	6
30	LUTRON TGLV-600PR	TGLV-600PR	34	83	115.0	482	6
31	LUTRON TT-300NLH-WH	TT-300NLH-WH	24	59	118.0	510	9
32	LUTRON TT-300H-WH	TT-300H-WH	12	7	118.0	510	73
33	LUTRON NLV-1000-WH	NLV-1000-WH	24	61	116.2	490	8
34	Lutron	MAELV -600	31	72	115.3	477	7
35	Lutron	S-600P	23	57	114.5	473	8
36	Lutron	S-600P	18.7	41	117.5	503	12
37	Cooper	S106P	29.9	76	117.0	500	7
38	Lutron	S-103P-WH	29.9	75	115.0	477	6
39	Lutron	S-10P-WH	25.6	59	114.0	467	8
40	Lutron	S-600PNLH-WH	25.4	63	115.5	483	8
41	Lutron	S-603PNL-WH	28	68	115.4	482	7
42	Lutron	SLV-603P-WH	33.33	83	115.2	480	6
43	Lutron	S-603PGH-WH	21	50	106.0	395	8
44	Lutron	AYLV-600P-WH	32.2	81	114.8	475	6
45	Lutron	AYLV-603P-WH	33.8	85	114.8	475	6
46	Lutron	AY-103PNL-WH	29.4	71	116.5	493	7
47	Lutron	AY-103P-WH	29.2	65	116.9	497	8
48	Lutron	AY-10PNL-WH	26	65	118.6	518	8
49	Lutron	AY-10P-WH	23	57	117.0	497	9
50	Lutron	AY-603PNL-WH	30	73	112.7	455	6
51	Lutron	AY-603PG-WH	32.6	78	103.6	380	5
52	Lutron	AY-603P-WH	36	87	114.3	470	5
53	Lutron	AY-600PNL-WH	31	74	115.4	482	7



54	Lutron	DVELV-300P-WH	24.8	50	114.0	462	9
55	Lutron	DVLV-10P-WH	33.3	84	114.4	470	6
56	Lutron	DVLV-103P-WH	31.6	79	114.7	474	6
57	Lutron	DVLV-603P-WH	30.6	76	114.9	476	6
58	Lutron	S-1000-WH	28	69	117.5	503	7
59	Lutron	SELV-300P-WH	24.5	50	112.6	452	9
60	Lutron	S-600P-WH	19.5	42	114.6	474	11
61	Lutron	S-103PNL-WH	30.8	69	114.4	472	7
62	Lutron	GLV-600-WH	22.8	58	117.5	503	9

Figure 81 – Dimmer Compatibility List.



17 개정 내역

Date	Author	Revision	Description and Changes	Reviewed
13-Nov-12	CA	1.0	Initial Release	Apps & Mktg



최신 업데이트에 대한 자세한 내용은 당사 웹사이트(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.com에서 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

독일

Lindwurmstrasse 114
80337, Munich
Germany
전화: +49-895-527-39110
팩스: +49-895-527-39200
전자 메일: eurosales@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

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

중국(상하이)

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

인도

#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052
India
전화: +91-80-4113-8020
팩스: +91-80-4113-8023
전자 메일: 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

유럽 본사

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

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

이탈리아

Via Milanese 20, 3rd. Fl.
20099 Sesto San Giovanni
(MI) Italy
전화: +39-024-550-8701
팩스: +39-028-928-6009
전자 메일: eurosales@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

애플리케이션 문의 전화

전 세계 통합 번호 +1-408-414-9660

애플리케이션 문의 팩스

전 세계 통합 번호 +1-408-414-9760

