

FPL용 전자식 안정기 시스템의 성능평가 및 분석

(Performance Evaluation and Analysis of Fluorescent Parallel Lamp Electronic Ballast System)

김순기* · 김영수** · 홍석정** · 김응래*** · 이장원*** · 민대식****

신성대학* · 두영전자(주)** · 호서대학교*** · 강원대학교****

요약

형광램프의 절전화에 있어서 기본적으로 고려해야 할 점은 램프측의 절전은 램프전력을 감소시키고, 안정기측의 절전은 램프전류를 감소시킴으로써 이루어진다. 형광램프의 절전화에 있어 핵심요소는 봉입 기체의 변경, 관경의 세관화 그리고 형광체의 개량에 있다. 즉, 램프 전력을 절감하기 위해 최적의 봉입 기체를 선택하도록 하고, 램프전류를 억제하기 위해 관경을 줄이는 한편, 관경의 축소에 따른 형광체의 열화를 막기 위해 3과장 형광체와 같은 새로운 형광체를 사용해야 한다. 본 논문에서는 FPL36W에 대해 전기적 특성시험과 안정기수명시험 및 램프수명말기시험, 저온에서의 온 오프 시험 등을 실시하여 전자식 안정기 성능을 향상시키는 방안을 모색하였다.

1. 서 론

형광램프는 최근에 가장 많이 사용되는 광원으로 조명에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 특히 디스플레이 장치가 대형화되는 현재의 상황에서 백라이트용 고효율 광원에 대한 요구가 커지고 있으며, 이러한 시대적 요구에 부합하는 광원으로 형광램프가 다시 각광받기 시작하고 있다.

형광방전램프 시험은 램프가 특별히 직류를 사용하도록 디자인된 경우를 제외하고는 교류로 시험하여야 하며, 전원은 고조파 성분이 기본파의 3%를 넘지 않는 전압파형이어야 한다. 선간전압은 방전램프의 수명에 영향을 주지 않기 위해 가능한 안정기 정격입력의 5% 범위에서 변화해야 한다. 이러한 이유와 다른 원인 때문에 알려진 가속수명의 방법이 없다. 결과적으로 방전램프의 정격수명이 길기 때문에, 수명을 평가 하는데 18~60개월 정도가 소요된다. 수명특성평가를 어렵게 만드는 요인은 보조물, 시험주기, 환경을 들 수 있다. 방전램프는 종종 램프수명에 영향을 주는 보조물과 함께 동작하므로 적당한 지도 및 시험방법과 명세서의 요구에 적당한 것을 선택하여야 한다. 점등-소등 주기는 대개 모사된 현장 상태를 채택한다. 주로 사용하는 주기는 형광램프의 경우 3시간 점등에 20분 소등, 고휘도 방전램프는 11시간 점등에 1시간 소등하는 방법을 채택한다. 실제로는 다른 주기를 사용하더라도 대개는 앞서 설명한 방법을 따른다. 이러한 주기의 빠르기를 증가시키면(즉 점등과 소등 시간의 주기를 단축시키면) 램프수명은

실제로 짧아지나, 표준주기에 대한 보정은 표준주기에서의 수명을 예측하기에는 대단히 부정확하다. 진동, 충격, 실내온도, 먼지 등의 영향은 크게 변화므로, 이들의 변화를 적게 하지 않으면, 시험에서 커다란 편차가 발생할 수 있다.

전류파형의 왜형은 램프수명의 감소, 광 출력의 변동과 전원공급 시스템의 전선과 변압기의 과열과 같은 바람직하지 못한 결과를 초래하므로 주의 를 기울여야 한다.

램프전력은 주어진 램프전압에서 램프전류의 평균치로 결정된다. 그러나 대개는 램프전류는 램프전류의 실효치를 사용하는데, 이것은 주로 전류 왜형에 의하여 결정되는 평균치와는 다르다. 고조파의 최대치와 기본파의 최대치 사이의 각 변위가 잘 맞지 않는다면 평균전류의 바람직한 값은 램프전류의 높은 실효치와 커다란 최고치를 동반한다. 램프전극은 이러한 높은 값에 적합하게 디자인되어 있지 않으므로, 결과적으로 램프수명은 단축된다. 램프전류의 실효치는 실효치에 대한 최대치의 비(peak factor or crest factor)에 비례한다.

절전화의 궁극적인 목표는 램프전력과 안정기전력 손실을 합한 총 입력전력의 절감에 있고, 이것은 절전형 램프와 전용 안정기의 최적 조합을 고려한 절전 시스템의 개발을 통해서만 이루어질 수 있음을 염두에 두어야 할 것이다.

본 논문에서는 FPL36W에 대해 전기적 특성, 저온 점등(온-오프), 램프수명 말기 시험, 음극예열 시험, 안정기 수명 시험, 무부하 개폐시험 등을 실시하여 성능을 평가하고 분석하였다.

2. 본 론

2.1 전자식 안정기 성능 측정

본 논문에서는 FPL36W SLIM TYPE에 대한 신뢰성을 주위온도 27℃에서 실험하였다. 전기적인 특성을 실험한 결과 표 1에서 보는 바와 같이 입력전류 기준치는 표시치의 ±10% 이내인 140~160mA 인데 실험결과 155.3에서 159mA로 나타났으며, 역률은 5개 시료 평균 98.1%이고 입력전력은 33.5~34.8W이며, THD는 평균 34%로 기준치 20%보다 높게 나타났다.

표1. 전자식 안정기의 전기적 특성

시험 램프	A사 : 36WFPL			주위 온도	27℃		
시험 항목	기준치	시료	입력 전류	정도 (%)	역률	비 고	
입력전류	표시치의 ±10% 이내 (140 ~ 160)	#1	155.3	103%	98.0	LABEL 표시치 : 151[mA]	
		#2	159.0	105%	98.2		
역률	98% 이상	#3	158.8	105%	98.3		
		#4	157.3	104%	98.1		
		#5	155.6	103%	98.0		
평균		157.2	104%	98.1			
시험 항목	기준치	시료	입력 전력	정도 (%)	THD	비 고	
입력전력	표시치의 ±10% 이내 (29.5 ~ 36.0)	#1	33.5	102.1%	14.8	LABEL 표시치 : 32.8[W]	
		#2	34.8	106.1%	14.4		
THD	20% 이하	#3	34.2	104.3%	14.4		
		#4	33.9	103.4%	14.8		
		#5	33.6	102.4%	15.0		
평균		34.0	103.7%	14.7			
시험 항목	기준치	시료	주파수	점등 시간	출력 전압	비 고	
주파수	20~32kHz,	#1	46.4	0.72	97.5	LABEL 표시치 : 92.2[V]	
	40kHz이상(43~47)	#2	43.6	0.73	93.4		
점등시간	2초 이내	#3	44.5	0.68	92.8		
		#4	45.8	0.71	98.9		
출력전압	표시치의 ±10% 이내 (83 ~ 101)	#5	45.4	0.95	98.1		
	평균		45.1	0.76	96.1		

시험 항목	기준치	시료	램프전류(Peak & rms)		과고율	비 고
			Peak	rms		
램프전류	표시치(정격) 115%이하	#1	1008	304	1.66	LABEL 표시치 : 310mA
	▶ 램프전류 Peak	#2	1080	338	1.60	
	▶ 램프전류 rms	#3	1048	329	1.59	
	과고율 1.7 이하	#4	1016	310	1.64	
		#5	1024	308	1.66	
평균		1035	318	1.63		
시험 항목	기준치	시료	VDC (Peak&MAX)		보호회로	비 고
VDC전압	▶ VDC 전압 Peak	#1	548	344	7.8	VDC Peak 전압 : 540V 이하
	▶ VDC 전압 Max	#2	544	336	8.4	
	보호회로 전압	#3	548	336	8.4	
	7 ~ 10V	#4	541	342	7.3	
		#5	542	352	8.5	
평균		545	342	8.1		
시험 항목	기준치	시료	8PIN 전압	필라멘트	음극·전류	비 고
IC 8PIN 전압[V]	8PIN 전압 10 ~ 13V	#5	14.6	2.5	0.76	
		#6	13.8	2.1	0.79	
필라멘트 전압[V]	4V 이하	#7	13.6	2.3	0.77	
		#8	12.9	2.7	0.76	
음극예열 전류[A]	0.327 ~ 0.904A	#9	13.1	2.8	0.70	
	평균		13.6	2.5	0.76	

다음 표 2는 저온점등(온 오프) 실험으로 주위온도 -10℃에서 4시간 이상 방치 후 점등시 4개의 시료 모두 정상 점등 되었으며, 4시간 방치후 10회 ON/OFF시 초기점등 및 동작 상태가 양호하였다.

표 2. 저온점등(ON/OFF) 특성

기준치	주위 온도	적용 램프	시료	입력전압Vin[V]		
				198	220	240
-정상 점등될 것	-10℃	A사	#S-1	PASS	PASS	PASS
-FLICKER, 램들이 현상은 10분 이후에 없을 것		B사	#S-2	PASS	PASS	PASS
		C사	#S-3	PASS	PASS	PASS
-직화 현상이 없을 것.		D사	#S-4	PASS	PASS	PASS

아래 표 3은 고온점등 실험결과를 나타내었다. 입력전압 225V, 360시간 에이징 및 1일 1회 총 15회 ON/OFF시 정상 동작되었다. 실험종료 후 자연냉각하여 전기적 특성 검토결과 실험전후 변화량은 10% 미만이다.

표 4는 램프수명 말기 실험결과를 나타내었다. 평균램프 흑화는 시험기준 900회에 비해 3개 제조사 모두 485회로 시험기준에 미달 되었으며, 램프 평균 수명은 6,058회로 시험기준을 만족하였다.

그리고 표 5는 음극예열 실험으로 오결선시 보호회로 동작을 시험하였다. 표 6은 상온에서의 전자식 안정기에 사용된 반도체 소자의 부품온도를 측정 한 것으로 주위온도 26℃, 주요부품 6가지 항목을 측정한 결과 부품온도 65℃ 이하 시험기준을 만족하였다. 표 7은 SLOW UP/DOWN 실험결과를 나타내었으며 표 8은 안정기 수명시험으로 입력전압 240V를 인가하여 10초 ON/OFF 주기로 13,000회 진행후 적합램프 연결시 동작상태가 양호하였으며, 온오프 진행중 1회 램프말기 현상이 발생되었으나 적합램프 연결시 정상동작 되었다.

표 9는 무부하 개폐실험으로 안정기에 정격전압을 인가하여 10초 ON/OFF 주기로 1,000회 반복 실시하여 정상 동작 되었다. 그림 1은 전자식 안정기를 샘플을 나타내었다.

표 3. 고온점등(ON/OFF) 특성

기 준 처	주위온도	적용램프	시료	시 험 결 과
시험 종료 후 실온까지 자연냉각 후 납땜부의 균열이 없고 적합 램프를 시동시킬 수 있으며, 시험중 정상동작할 것.	85℃	A사 (KOREA)	#S-1	합 격
			#S-2	합 격
			#S-3	합 격
		C사 (CHINA)	#S-1	합 격
			#S-2	합 격
			#S-3	합 격
		시 험 결 과	합 격	

표4. 램프수명 말기 특성

기준치	램 프	시료	램프흑화횟수	램프수명횟수
흑화발생 횟수가 900회 이상, 램프 OUT 횟수가 4,500회 이상 이어야 한다.	A사 (KOREA)	#S-1	519회	7,300회
		#S-7	519회	5,800회
	B사 (KOREA)	#S-1	434회	7,370회
		#S-2	434회	4,670회
	C사 (CHINA)	#S-2	434회	5,151회
		#S-3	519회	5,151회
평 균			485회	6,058회

표 5. 음극예열 및 오결선 특성

기 준 처	전압/시료	#S-4	#S-5	#S-9	#S-10
-2개의 램프를 한쪽 음극에 부하를 가하여 보호회로 동작을 시험한다. -이때 보호회로 정상 동작 될 것, 정상결선 시 정상점등 될 것.	198V	PASS	PASS	PASS	PASS
	220V	PASS	PASS	PASS	PASS
	240V	PASS	PASS	PASS	PASS
	판 정	합 격	합 격	합 격	합 격

표 6. 상온 온도특성 : 안정기 부품 온도

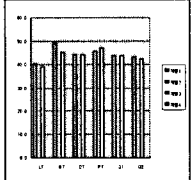
시험방법 및 기준치	측정 항목	#S-4	#S-5	비 고
· 시험방법 - 주위온도 27℃, 입력전압 220V 4시간 이상 AGING 후 측정 · 시험기준 - 주요 부품온도가 65℃ 이하 일 것.	LT	40.1	39.1	주위온도 ; 26℃ 
	BT	49.4	45.0	
	DT	44.2	44.4	
	PT	45.8	47.1	
	Q1	43.7	43.5	
	Q2	43.1	42.4	

표 7. SLOW UP/DOWN 특성

기 준 처	전압/시료	#S-5	#S-6	#S-7	#S-8	비 고
정격입력 전압 220V 인가하여 점등 후, 서서히 전압을 UP 또는 DOWN 시킨다, 이때 정격 입력전압 ±10% 정상점등 될 것.	245V ↑	PASS	PASS	PASS	PASS	시험램프 : A사, C사
	220V →	PASS	PASS	PASS	PASS	
	195V ↓	PASS	PASS	PASS	PASS	
	판 정	합 격	합 격	합 격	합 격	

표 8. 안정기 수명 특성

기 준 처	시료	안정기 수명	특성변화	비 고
· 입력전압 240V 가하여 점등 후 0 초 ON / OFF CYCLE로 하여 10,000회 실시 한다, 이때 정상 동작 되어야 하며, 시험 전/후 전기적 특성 변화량 10% 이내 이어야 한다.	#S-1	13,000회	5%이내	시험램프 : A사, B사
	#S-2	13,000회	5%이내	
	#S-3	13,000회	5%이내	
	#S-4	13,000회	5%이내	
	#S-5	13,000회	5%이내	
	판 정	13,000회	적 합	

2.2 실험결과 및 검토고찰

평균램프 흑화 기준은 미달되지만, 램프수명은 양호하여 이로 인한 문제점은 없을 것으로 사료된다. PCB 및 CASE 구조검토 결과 고품위 안정기 성능을 위해 3가지 항목 이상 개선이 필요하다. 1차 실험에서 발생되었던 Line Filter 과발열에 의

한 문제점 및 저온 지연점등 현상은 개선되었다.

표 9. 무부하 개폐 특성

기준치	시료	무부하 개폐	램프 말기	비고
램프 무부하 상태로 안정기에 정격전압을 가하여 10초ON/OFF CYCLE로 1,000회 반복 실시한다, 이때 정상동작 되어야 한다.	#S-1	1,000회	적합	시험램프 : A사, C사
	#S-2	1,000회	적합	
	#S-3	1,000회	적합	
	#S-6	1,000회	적합	
	#S-7	1,000회	적합	
판정	합격	합격		

그림 1에 전자식 안정기를 나타내었다.

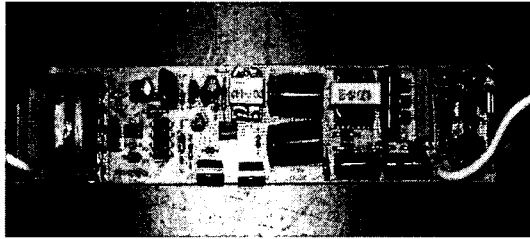


그림 1. 전자식 안정기

2.3 2등용 안정기 신뢰성 특성 및 분석

다음은 FPL 2등용 36W 슬림 일체형에 대한 2차 신뢰성 특성을 표 10에 나타내었다. 고온 조건에서 문제점 발생에 따른 부품 발열조건을 R6 CR 1/4W 11K±5%를 CR 1/8W 12K 5% 외 4가지 부품을 변경하여 특성을 개선하였다.

전기적 특성은 램프 제조사에 따라 입력전류 및 전력은 다소 차이가 있으나 시험 기준을 만족하였으며, 저온점등시험(ON/OFF)은 주위온도 -10℃, 4시간 이상 방치 후 초기점등결과 시료 5개 모두 초기 정상점등 되었고, 주위온도 -10℃에서 1일 5회 총 10회 ON/OFF 시험결과 초기점등 및 점등상태가 양호하였다.

그리고 고온점등시험(ON/OFF)은 시료 8개를 주위온도 85℃, 입력전압 225V를 인가하여 360시간 동작시험 결과 정상동작 되었다. 또한 주위온도가 85℃, 1일 1회 총 15회 ON/OFF시 초기점등 및 동작상태 양호하며 종료 후 특성도 양호하였다. 그러나 주위온도 95℃ 이상이 되면 IC 및 FET가 오동작 하거나, 퓨즈가 끊어져 안정기가 동작하지 아니한다. 램프수명시험은 평균 램프 흑화횟수가 2,102회로 900회 시험 기준을 만족(2등 램프 흑화는 1차 시험에서 평균흑화 2,168회, 평균수명 17,075회)하였고, 평균 램프수명횟수는 12,750회로 전자식

안정기 시험기준 4,500회보다 매우 우수한 것으로 확인되었다.

표 10. 2등용 안정기의 전기적 특성

시험램프	FPL36W : A사, C사, D사		주위온도	28℃	
시험항목	기준치	시료	측정치	정도 (%)	비고
입력 전류	표준치의 ±10% 이내	#1	308.6	98.0	LABEL 표시치:315[mA]
		#2	317.1	100.7	
		#3	325.8	103.4	
		#4	312.9	99.3	
		#5	323.1	102.6	
		#6	333.0	105.7	
		평균	320.1	101.6	
시험항목	기준치	시료	측정치	정도 (%)	비고
입력 전력	표준치의 ±10% 이내	#1	66.9	97.7	LABEL 표시치:68.5[W]
		#2	69.1	100.9	
		#3	70.4	102.8	
		#4	68.3	99.6	
		#5	70.1	102.3	
		#6	72.2	105.4	
		평균	69.5	101.4	
시험항목	기준치	시료	역률	THD	비고
역률 (PF)	98% 이상	#1	98.6	16.2	
		#2	98.9	13.9	
THD	20% 이하	#3	98.4	17.1	
		#4	99.0	12.7	
		#5	98.6	15.9	
		평균	98.7	15.3	
시험항목	기준치	시료	주파수	파고율	비고
주파수	20~32kHz, 40kHz이상	#1	45.1	1.44	
		#2	45.6	1.42	
		#3	43.5	1.46	
파고율	1.85이하	#4	44.6	1.44	
		#5	44.3	1.45	
		평균	44.3	1.45	

2등용과 비교하기 위해 A제조사사의 36W 램프와 C 제조사사의 36W 1등용 전자식 안정기의 전기적 특성을 나타내었다.

표준전압 220±13V, 표준주파수 60±0.2Hz를 고려하여 측정하였으며, 입력전압 220VAC를 인가할 때 안정기 입력단의 THD는 18.74%로 기준치 20%보다 낮게 측정되었고, 파고율은 기준치 2.0보다 낮은 1.64로 나타났다. 또한 안정기 입출력 역률은 각각 97.3%, 97.7%로 측정되었다.

표 11. FPL36W 안정기의 전기적 특성

입력 전압[V]	시험 항목	안정기 입력	안정기 출력
207	전류[A]	0.155	0.29
	THD[%]	16.79	19.01
	역률(PF)[%]	97.80	97.6
	파고율	1.63	1.41
	동작주파수[Hz]	60.01[Hz]	44.501[kHz]
220	전류[A]	0.157	0.33
	THD[%]	18.74	18.54
	역률(PF)[%]	97.30	97.70
	파고율	1.64	1.42
	동작주파수[Hz]	60.02[Hz]	44.471[kHz]
233	전류[A]	0.159	0.36
	THD[%]	18.53	18.14
	역률(PF)[%]	97.30	97.80
	파고율	1.66	1.43
	동작주파수[Hz]	60.05[Hz]	44.41[kHz]

2.3.1. 실험결과 및 검토고찰

SLOW UP/DOWN 실험에서 입력전압 270V를 서서히 상승시킬 때 정상동작 되고, 1회 ON/OFF 후 3시간 에이징후 동작상태가 양호하였으며, 입력전압을 175V까지 서서히 강압 후 1회 ON/OFF시 정상점등 되며, 175V 이하에서는 점등되지 않는다. 음극예열(오결선)시험은 4개의 램프 각 한쪽 음극에 결선시 SHUT DOWN 보호회로가 정상동작되고 보호회로가 1시간 이상 동작 후 정상결선할 때 자동복귀형으로 정상점등 되었다.

1차 시험에서 발생되었던 고온조건에서의 바리스터(7D431)의 방폭현상은 개선되었으며, FET 및 부품 발열 온도를 낮게 설계 변경하여 안정기 품질이 향상되었다.

3. 결론

일반적으로 형광램프의 절전화에 있어서 기본적으로 고려해야 할 점은 램프측의 절전은 램프전력을 감소시키고, 안정기측의 절전은 램프전류를 감소시킴으로써 이루어진다. 형광램프의 절전화에 있어 핵심요소는 봉입기체의 변경, 관경의 세관화 그리고 형광체의 개량에 있다.

본 논문에서는 FPL36W에 대해 전기적 특성실험과 안정기 수명특성 및 램프수명말기 특성, 저온에서의 온-오프 실험 등을 실시하여 전자식 안정기 성능을 향상시키는 방안을 모색하였다.

실험 결과 1등용 램프수명 말기 특성으로 평균 램프 흑화는 시험기준 900회에 비해 3개 제조사 모두 평균 485회로 기준에 미달 되었지만, 램프 평균수명은 6,058회로 측정되어 시험기준 4,500회 보다 높게 나타나서 성능이 우수함을 확인하였다.

무부하 개폐특성은 10초 온-오프 주기로 1,000회 반복 실시하여 정상동작 되었다.

2등용 저온점등 특성은 -10℃에서 초기점등 및 점등상태가 양호하고, 램프수명특성은 평균 램프흑화 횟수가 3개사 평균 2,102회로 900회 시험기준을 만족하고, 평균 램프수명횟수는 12,750회로 시험기준 4,500회보다 매우 높게 측정되어 전자식 안정기 성능이 우수하게 나타났다.

참 고 문 헌

- [1] Bo, H. and Masumi, K., "Analysis of operation circuits for discharge lamps by the simulation methode", J. of IES, pp.92-98, Jan. 1976.
- [2] Peek, S.C. and Spencer, D.E., "A differential equation for the fluorescent lamp", J. of IES, Vol.63, No.4, pp.157-165, Apl. 1968.
- [3] 이진우, 인덕터 안정기용 형광램프 모델링, 조명 전기설비학회논문지, Vol.18, No.1, pp.9-14, 2004.
- [4] 한국전력, "절전형 형광램프 및 안정기 제조기술 개발에 관한 연구", 한국전력공사, 1차년도 중간 보고서, 1993.