

전력수요관리를 위한 FPL55W 램프·안정기 대체용 FPL45W 램프·안정기의 경제성 평가

조현경, 김재철, 이진우*, 임상국**
 숭실대학교, 호서대학교*, 에너지관리공단**

The Economic Evaluation of FPL45WLamp and Ballast as Alternative to FPL55WLamp and Ballast for Demand Side Management

Hyun Kyung Cho, Jae-Chul Ki, Chin-Woo Yi*, Sang kug IM**
 Soongsil University, Hoseo University*, KEMCO**

Abstract - 조명전력은 가정 및 사무실, 상업용 소비전력에서 많은 부분을 차지하면서 절전잠재량이 크므로 고효율 제품의 개발 및 보급의 필요성이 절실한 부문이다. 정부에서는 저 효율 제품인 40W직관형형광램프(FL) 규제로 인하여 FPL55W램프, 안정기의 수요는 점점 증가하게 되었다. 그러나 아직 국내에서는 FPL55W램프, 안정기의 규제가 없는 실정이나 생산업체에서는 효율향상에 관심을 두고 FPL55W램프 대체용 FPL45W램프 및 안정기를 제작하고 보급하려한다. 본 논문에서는 이에 초점을 맞추어 FPL55W램프, 안정기 대체용 FPL45W램프, 안정기의 도입의 필요성을 알아보고 보급을 통한 경제성을 평가하려한다.

1. 서 론

우리나라는 에너지의 97%를 해외에서 수입하며 이중에서 전력사용이 차지하고 있는 비중은 높다. 전기의 생산 및 원료는 상당 부분이 아직도 거의 전량 수입에 의존하며 이산화탄소 배출과 직접적인 연관이 있는 석유 및 석탄에 원료에 의존하는 비중은 40%로 가장 높다.

오늘날의 에너지 절약이 과거와 같은 형태일수는 없다. 현재 에너지 절약의 화두는 기기와 시스템의 고효율화이다. 사용하는 기기의 에너지 효율을 가능한 한 높이고 건물이나 산업현장에서의 각종 시스템의 에너지사용량을 조금이라도 줄일 수 있도록 최적화시켜 원천적인 에너지 절약을 유도하는 것이 효과적인 방법이다. 따라서 고효율 전력기기의 사용 확대는 바로 발전설비의 대체효과가 가장 해당되므로 매우 필요한 실정이다. 이러한 고효율 기기 중에서 조명 부분은 국내 총 전력사용량의 20%를 차지하는 상당한 부분으로서 이에 대한 절약이 시급히 필요하다.[1]

정부에서는 저 효율 제품인 40W직관형형광램프(FL)를 시장에서 줄이기 위해 최저효율기준에 미달하는 제품은 생산·금지하는 제도를 도입하였다. 이를 통해 40W직관형형광램프(FL) 자리를 32W삼파장램프(FLR)와 32W콤팩트형광램프(FPL), 55W콤팩트형광램프(FPL)에게 내주게 되었다.

FL40W램프 대체용 램프 사용 시 기존조도에 비해 동일하거나 낮은 광속을 원하는 경우는 FLR32W램프와 FPL32W램프를 사용하나, 높은 조도를 원하는 곳은 FLR32W램프와 FPL32W램프가 그에 맞는 광속을 내주지 못하기 때문에 FPL55W램프를 설치하는 경우가 생기면서 점점 FPL55W램프의 수요는 점점 증가하게 되었으나 아직 국내에서는 FPL55W램프, 안정기의 규제가 없는 실정이다. 그러나 생산업체에서는 규제가 없는 FPL55W램프·안정기의 에너지절약형 FPL45W램프, 안정기를 제작을 하였고 보급하려한다.

본 논문에서는 이에 초점을 맞추어 FPL55W램프, 안정기 대체용 FPL45W램프, 안정기의 도입의 필요성을 알아보고 보급을 통한 경제성평가를 하였다.

2. 본 론

2.1 형광등 전력사용량 및 보급대수

본 연구에서 수행하게 될 FPL45W램프, 안정기의 도입의 가능성을 알아보기 위해 FPL55W램프, 안정기의 보급률을 알아볼 필요가 있다. 다음 표 1은 우리나라의 형광등 전력용량을 부분적으로 알아본 표이다.

표 1. 우리나라 형광등 전력사용량

구분	가정	상업 및 공공	산업
총 전력소비량(GWh)	42,278	64,559	159,520
형광등 비율	100	70 ~ 80	50 ~ 60
일일 사용시간(h)	6.4	9 ~ 13	11 ~ 15
형광등전력소비량(GWh)	8,439	25,840	19,290
총 전력소비량 중 형광등전력소비량	0.199	0.400	0.121
보급대수(백만 대)	74	78 ~ 128	36 ~ 59

위 결과를 보면 우리나라의 조명부분의 전력사용량은 적지 않은 부분을 차지하고 있기에 조명부분의 전력사용량의 절약은 결코 간과해서는 안 될 문제이다.

2.2 FPL55W램프·안정기 보급변화

FPL55W램프·안정기의 보급 변화를 알아보기 위해 2001년 형광램프·안정기의 생산현황과 2004년 보급대수를 비교하여 보급증가율을 알아보고자 한다.

표 2. 2001년 형광램프 안정기 종류별 생산현황

구분	1997	1998	1999	2000	2001	증감율(%)
램프	2227,254	240,753	255,054	270,205	286,255	25.96
종류	수량(천개)	종류	수량(천개)			
FL20W	28,626	FL40W	105,914			
FLR32W	117,651	FPL55W	13,454			
FPL36W	16,317	기 타	4,294			

2001년 조명업체 생산현황 설문조사

표 3. 2001년 형광램프용 안정기 종류별 생산현황

구분	1997	1998	1999	2000	2001	증감율(%)
안정기	12,473	12,925	13,393	13,878	14,380	15.28
종류	수량(천개)	종류	수량(천개)			
20W 1등용	1,179	40W 1등용	4,576			
20W 2등용	259	40W 2등용	745			
32W 1등용	3,250	55W 1등용	431			
32W 2등용	2,660	55W 2등용	244			
36W 1등용	530	기 타	217			
36W 2등용	316	합계	14,380			

2001년 조명업체 생산현황 설문조사

2001년 FPL55W 램프·안정기의 보급률을 보면 전체 중 4.7%를 차지하며 각각의 생산현황은 위 표와 같다.
2004년말 기준으로 FPL55W 램프 유통량은 연간 1200만개 이며, FPL55W안정기 유통량은 연간 300만개 이다.

표 4. FPL55W 램프·안정기 보급변화량

	2001년(천개)	2004년(천개)	증가율(%)
FPL55W 램프	13,454	1,200,000	89
FPL55W 안정기	675	300,000	444

정부에서는 저 효율 제품인 FL40W 램프를 시장에서 줄이기 위해 최저효율기준에 미달하는 제품은 생산·금지하는 제도를 2004년부터 도입하였다. 이를 통해 FL40W 램프의 자리를 FLR32W 램프와 FPL32W 램프, FPL55W 램프에게 내주게 되었다. 이로 인해 FPL55W 램프의 보급량이 증가하게 되었다.

2.3 FPL55W 램프와 FPL45W 램프 비교

다음 표 5부터 표 7까지는 FPL55W 램프와 FPL45W 램프의 사양, 특성, 금액 및 수명에 대한 비교를 나타낸다.

표 5. FPL55W 램프와 FPL45W 램프의 사양

구분	FPL55 EX-D	FPL45 EX-D	비 고
관경(mm)	17.5	17.5	
전장(mm)	540	540	
폭(mm)	37.5	37.5	
BASE	2G11	2G11	

FPL55W 램프와 FPL45W 램프의 크기가 동일하다는 것은 조명시스템에서 가장 비싼 등기구를 그대로 쓸 수 있다는 큰 장점을 가지고 있다. 기존 32mm40W형광램프의 에너지절약형 26mm32W형광램프의 경우에는 관경이 줄어들기 때문에 동일한 반사각을 사용할 수 없어 경제성이 낮다.

표 6. FPL55W 램프와 FPL45W 램프의 특성비교

구분	FPL55 EX-D	FPL45 EX-D	비 고
전력(W)	55.91	43.87	21% 절전효과
광속(Lm)	3,620	3,897	7% 광속상승
효율(Lm/W)	56.83	88.83	56% 효율 향상
기준안정기	FPL55W 표준 안정기	FPL45W 표준 안정기	공인기관 시험 DATA임

표 7. FPL55W 램프와 FPL45W 램프의 금액 및 수명

구분	LAMP 금액	안정기 금액	LAMP 수명	비 고
FPL55W	5,500원	16,000원	16,000HR	한국물가정보(7월) 참조
FPL45W	6,000원	17,000원	20,000HR	FPL45W는 추정 금액임

3. 경제성 평가

3.1 캘리포니아 표준평가방법

FPL55W 램프·안정기대신 에너지절약형 FPL45W 램프, 안정기의 보급이 어느 정도 경제성이 있는지 알아보기 위해 캘리포니아 표준평가방법을 이용하여 평가하려 한다.

캘리포니아 표준평가방법은 수요관리 프로그램의 경제성 평가기법으로 가장 널리 채택되어 사용되어 지며, 평가항목은 관점에 따라 다음 네 가지로 분류한다.

- 1) 참여자 테스트(P Test)는 수요관리 프로그램에 참여하는 수용가 관점에서의 테스트이다.
- 2) 전력회사비용 테스트(UC Test)는 참여자의 비용을 고려하지 않고 전력회사의 비용측면만 고려하는 테스트이다.

3) 수용가영향도 테스트(RIM Test)는 수요관리 프로그램의 요금에 대한 영향도를 측정하는 테스트이다.

4) 총자원비용 테스트(TRC Test)는 프로그램에 참여하는 수용가와 참여하지 않는 수용가 모두에 대한 종합적 효과를 측정하는 테스트이다.

네 가지 평가항목은 표 8과 같다.

표 8. 테스트별 편익 및 비용 정리

테스트	편익(Benefit)	비용(Cost)
참여자 테스트	I/LR	PH
전력회사비용 테스트	AC	OC / I / UH
수용가영향도 테스트	AC	OC / I / UH / LR
총자원비용 테스트	AC	OC / UH / PH

참고사항
AC : 회피비용(전력회사)
I : 인센티브(수용가, 전력회사)
LR : 요금감소(수용가) / 요금수입감소(전력회사)
OC : 프로그램추진비용(전력회사)
PH : 참여자 기기비용(수용가)
UH : 전력회사 기기비용(전력회사)

3.2 경제성 평가 투입자료

3.2.1 경제성 평가 전제

경제성평가를 위해서는 다음과 같은 전제가 필요하다.

- 1) 할인율은 8% 혹은 6%를 둘 다 고려한다.
- 2) 소내소비를, 송배전손실을, 적정예비율을 고려해야 한다.
- 3) 전력회사의 수요관리 프로그램 추진비용과 인센티브는 고려하지 않는다.
- 4) FPL45W 램프·안정기 설치비용은 수용가가 부담한다. 참여자기기비용은 기존기기와 새로운 기기 가격 차 만큼을 적용한다.
- 5) 전력회사가 기기비용을 발생하지 않는다.
- 6) 회피발전설비로는 수명기간 25년의 LNG복합화력을 적용하며, 회피발전에너지비용으로는 연중 평균 발전한계비용을 사용한다.

3.2.2 경제성 평가에 필요한 기초 자료

1) 전력요금 단가는 표 9와 같으며 이는 실제평균전력사용량을 기반으로 하였으며 전력기반요금 및 부가세 제외되었다.

표 9. 전력사용량에 따른 기본요금 및 전력량 요금

평균전력사용량(원/kWh)	기본요금(원)	전력량요금(원/kWh)
159(16평)	820	77
224(24평)	1430	93
301(38평)	3420	113
345(49평)	3420	130

2) 전력절감

FPL55W 시스템의 전력량과 FPL45W 시스템의 전력량의 차이로 1개의 시스템 당 43.87W의 차이를 보인다.

3) 전력량 절감

전력량은 전력절감량에 사용시간을 곱한값으로 1개의 시스템 당 30.7622kWh의 전력량이 절감 된다.

4) 참여자(수용가) 기기비용

참여자 기기비용에 해당하는 수용가 투자는 신규 투자로 간주해 기존기기와 신규기기의 가격 차 만큼을 비용으로 간주 하며, 이때 적용되는 자본회수계수를 산출해야 하며, 자본회수계수 산출식은 다음과 같다. 여기서 r은 할인율을 n은 수명기간을 나타낸다.

$$r(1+r)^n / [(1+r)^n - 1] \quad (1)$$

5) 회피비용
회피비용 산정에 사용된 자료는 제1차 전력수급기본계획과 2001년 실적치를 주로 사용 했으며, 회피설비비용은 발전설비의 경우 대체설비기준 방식, 송배전설비는 평균 중분비용방식에 따라서 산정하였다. 논문의 회피비용단가는 2002년 적용치다.

표 11. 주요 입력자료

항목		과거적용치 (LNG복합)	2002년 적용치 (LNG복합)
회 피 비 용	발전설비(원/kW)	115,221	106,346
	송변전설비(원/kW)	77,810	52,912
	배전설비(원/kW)	14,110	
	소계(원/kW)	207,141	159,258
	회피에너지(원/kWh)	44.2	67.40

3.3 경제성 평가

FPL55W램프·안정기대신 에너지절약형 FPL45W램프, 안정기의 보급에 따른 경제성 평가를 하기 위해서는 실제 거주하고 있는 아파트 한 단지의 실제 전력사용량 및 FPL55W램프·안정기의 설치수를 기반으로 경제성 평가를 하였다.

조사가구 수는 총 1658가구이며, 16평 360가구, 24평 440가구, 38평 618가구, 49평 240가구를 조사하였다. 16평에서는 3개의 FPL55W램프·안정기가 거실에 설치되어 있으며, 24평에는 4개, 38평과 49평에는 5개의 FPL55W램프·안정기가 거실에 설치되어있다. 지어진지 5년 이상된 아파트이기에 FPL55W램프·안정기는 거실에만 설치되어있다.

3.3.1 참여가구의 경제성 평가

표 13. 할인율 6%, 전체 참여가구의 경제성 평가를 위한 주요평가항목 계산치

수요관리 프로그램	16평 (360가구)	24평 (440가구)	38평 (618가구)	49평 (240가구)	합계 (1658가구)
AC	4,764,252	7,763,967	13,631,055	5,293,614	31,452,888
I	0	0	0	0	0
LR	3,517,258	6,955,159	29,506,733	6,606,417	46,585,567
OC	0	0	0	0	0
PH	550,800	897,600	1,575,900	612,000	3,636,300
UH	0	0	0	0	0

표 14. 할인율 6%, 전체 참여가구의 FPL45W 조명시스템에 대한 경제성 평가

Test	Benefit	Cost	B/C	편익비용편차
P Test	46,586	3,636	12.81	42,940
UC Test	31,453			31,453
RIM Test	31,453	46,586	0.68	-15,133
TRC Test	31,453	3,636	8.65	27,817

참여가구에 FPL45W 조명시스템을 적용 하였을 때를 보면 P Test에서는 수요관리프로그램에 참여함으로써 기대되는 편익이 참여자의 비용보다 12.81배(6%) 가 높아 수용가 입장에서 참여하려는 동기를 유발하기 쉽다. TRC Test에서는 발생하는 편익이 비용보다 8.65배의 높은 긍정적인 평가를 얻었기에 FPL 55W 조명시스템을 대신할 FPL45W 조명시스템은 사회 모든 관점에서 경제성이 있다는 것을 의미한다.

3.3.2 보급량에 따른 경제성 평가

2004년말 기준으로 FPL55W램프 유통량이 연간 1200만개 이며, FPL55W안정기 유통량은 연간 300만개 이다. 최근 보급이 주로 아파트에서 되는 것으로 보아 kWh당

요금은 앞에서 했던 평수별 요금을 평균치(110원/kWh)를 내어 계산하였다. 또한 전력요금에는 아무런 영향을 끼치지 않는다는 가정으로 계산한다.

표 15. 할인율 6%, FPL55W조명시스템 유통량에 따른 경제성 평가

(단위 : 백만원/year)

Test	Benefit	Cost	B/C	편익비용편차
P Test	13,957	1,995	7.0	11,962
UC Test	13,234	0		
RIM Test	13,234	13,957	0.95	-723
TRC Test	13,234	1,995	6.63	11,239

사회 전체적 관점에서 수요관리 프로그램의 경제성을 평가하는 TRC Test에서는 국가차원에서는 132억3403만원 정도의 이익을 보고 이 이익을 보기위해 들어가는 비용은 19억9500만원이 된다. 즉 FPL45W시스템을 보급하게 될 경우 들어가는 비용보다 절약이 되는 비용이 6.63배가 되며, 순수익은 112억3903만원이 되는 아주 긍정적인 평가를 얻었기에 FPL 55W 조명시스템을 대신할 FPL45W 조명시스템은 사회 모든 관점에서 경제성이 있다는 것을 의미한다.

가정 전력사용량은 전체의 15.3%인 48,615,320MWh이다. 가정에서 FPL55W시스템 대신 FPL45W시스템을 사용하게 되면 안정기 연간 보급량 300만개를 기준으로 연간 전력절감량은 126,885MWh 이다.

4. 결 론

현재 FPL55W램프·안정기에 대한 에너지 규제가 없는 실정이다. 그로인해 저효율 및 낮은품질 제품들이 조명기기 시장에 쏟아져 나오고 보급이 이루어지고 있다.

기존에는 FPL55W램프·안정기의 보급량이 낮기 때문에 FPL55W램프·안정기의 이러한 문제는 대두되지 않았으나, 현재 FPL55W램프·안정기의 보급 증가율은 매우 빠르게 증가하고 있다. 이러한 FPL55W램프·안정기를 국가적인 차원에서 고려해야할 시점이 왔다고 생각한다.

국가에서 FPL55W램프·안정기를 고려할 때 10W를 절약하여도 같은 광속을 내는 FPL45W램프·안정기가 있다면 FPL55W램프·안정기 대신 FPL45W램프·안정기를 보급하는 것이 경제적으로 이득이 있다.

FPL55W램프·안정기 대신 FPL45W램프·안정기를 전체적으로 보급할 경우 순수익은 112억3903만원이 되는 아주 긍정적인 평가를 얻었기에 FPL55W램프·안정기 대신 FPL45W램프·안정기를 보급할 필요가 있다고 생각한다. 그러나 FPL45W램프·안정기를 보급할 경우 FPL36W램프·안정기를 사용할 사람들이 기존에는 에너지절약형인 FPL32W램프·안정기로 제품을 구입하였으나 FPL32W램프·안정기 대신 FPL45W램프·안정기를 구입하는 경우가 생기게 되며, 이는 조명전력사용 증가가 이루어 질수 있는 문제점이 발생할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 사단법인 고효율조명기기협회의 지원에 의하여 수행된 과제임

[참 고 문 헌]

- [1] 김정인, "효율관리제도 개선 및 관리기준의 국제표준화 추진에 관한연구", 산업자원부, 2005. 6.
- [2] 김정인, 이영주, "32W용 고효율 조명기기 보급을 위한 활성화 방안연구" 산업자원부, 2004. 7
- [3] 나노조명 절전형조명시스템(MH150W+안정기)시범적용, 산업자원부, 2003.12