

고효율전동기의 보급특성 및 회피비용 분석을 통한 적정 장려금 산정 방안 연구

황성욱* 원종률** 이병하*** 김정훈*
 *홍익대학교 **안양대학교 ***인천대학교

A Study on the Reasonable Rebate Level by Diffusion Characteristics and Avoided Cost Analyses of High Efficient Motors

Sungwook Hwang* Jongryul Won** Byungha Lee*** Junghoon Kim*
 *Hongik University **Anyang University ***Incheon University

Abstract - There are some rebate programs for energy efficient appliances, which are lightings, vending machines, ASDs, motors, transformers, pumps, to reduce national energy consumption in Korea. Among these appliances, motors are of the essential target in the programs because these take about 64% of electrical energy consumption nationally. In this paper reasonable rebate levels are proposed using an advanced diffusion model and avoided cost analyses.

1. 서 론

국내 고효율 전동기 장려금 지원 사업은 2003년 2월에 시행되어 초기에 절전용량 1kW당 198,000원을 지원하였고, 2004년 8월에 개정되어 29만원을 지원하고 있다. 운 영기준의 제·개정 시 보급지원제도를 통해 몇 년간 지원 한 지 어떤 시점까지 지원할 지 언급되어 있지 않다. 즉, 제도의 시행에 있어 시장과 기술의 변화에 따라 제도가 어떻게 대응해야 하는지 기준이 명확하지 않다. 미국의 경우, 2003년 이후 MEPS를 시행하고, 프리미엄 전동기 를 대상으로 리베이트를 시행하고 있는데, 이는 제도의 변환 시점에 대한 기준이 정해져 있지 때문이다. 전동기 와 관련된 자료는 입수하지 못했으나, 태양열 에너지 보 급 예를 보면, 약 10년간 기술개발에 대한 투자 이후에 보급이 시작되고 약 5년이 더 경과한 후에 본격적으로 보급이 촉진되는 것을 알 수 있다. 즉, 이 시점부터는 보 급지원 사업 투자로 전환되어 가는 것이다. 이러한 분석 을 통해 제도 시행의 시점과 기간이 파악될 필요가 있 다. 한편, 우리나라는 한전과 에너지관리공단이 경쟁하는 체제로서 전략산업기반기금에서 사업자금이 지원되고 있 다. 프로그램의 효과를 평가하기 위한 시스템이나 변 도의 조직은 정부에 없는 실정으로서, 평가시스템 개발이 실행된 바 있으나, 시스템의 활용이 본격적으로 진행되 고 있지 않다. 반면에 미국은 정부에서 전력회사와 공공 기관 뿐만 아니라 소비자 단체 등을 비롯한 다양한 수 요 관리 관련 주체들에게 자금 지원을 하고 있으며, 정부는 평가시스템(M&V)을 통하여 프로그램의 시행 전, 중간, 후의 평가를 통하여 지원 여부와 정도를 판단하고 있다. 따라서 각 주체들은 수요관리 프로그램의 성과를 높이기 위한 다양한 접근 방법과 기술개발에 자발적으로 노력을 하는 분위기가 조성되어 있다. 이에 따라 본 논문에서는 기준에 수행하였던 기초 연구를 바탕으로 고효율전동기 의 보급특성 분석과 회피비용 분석을 모두 고려하여 적 정 장려금을 산정하기 위한 방안을 제시하였다.

2. 적정 장려금 산정 방안

2.1 장려금 지원을 반영한 보급모형

고효율기기의 합리적인 장려금 산정을 위해서는 모든

기기에 대하여 일관성을 갖고 해결할 수 있는 모형을 개 발할 필요가 있는데, 기존 연구에서 기기의 보급 특성에 대하여는 확산모형, 가격 특성에 대하여는 학습모형이 활발히 이용되어왔다[1][2]. 이는 고효율기기가 시장에서 어떻게 보급되고 가격이 어떻게 변화하는지 분석함으로 써 향후의 변화를 추정하여 제도의 시행 시점을 판단하 는 것이다. 특히, 광고 및 장려금 효과를 반영한 수정확 산모형이 연구된 바 있으나[1], 기기마다 보급 특성이 다 르고 광고 또는 장려금에 의해 영향을 받는 특성 또한 달라서 일관성을 갖고 적용하기에는 문제점이 있다. 이 에 따라 본 연구에서는 [1]에서 개발한 모형을 변형하여 세 가지로 제시하였다. 장려금 지원을 반영한 모형을 세 가지로 나누어 간단히 설명하면, 첫 번째 모형은 혁신계 수와 모방계수의 효과에 동일하게 반응하는 모형으로 보 급이 일정 기간 진행된 경우에 적용하는 것이 적합하다 (가칭 보급중기모형). 두 번째 모형은 혁신계수의 효과에 민감하게 반응하는 모형으로서 보급 초기의 단계에 적용 하기 적합하고(가칭 보급초기모형), 세 번째 모형의 경 우에는 보급 실적 자료가 매우 부족한 경우에(2-3개년 도)에 적합한 모형이다(가칭 보급개시모형). 세 가지 모 형 모두 확산모형에서 혁신계수(p)와 모방계수(q)를 어 떻게 표현하는가에 의해 차이가 난다. 전동기의 경우에 는 이 가운데 보급중기모형에 해당된다. 선행 연구[3]에 서 개발한 보급중기모형의 수식은 다음과 같다.

$$N(t) = m \frac{1 - e^{-(p+q)t}}{1 + \frac{q}{p(t)} e^{-(p+q)t}} \tag{1}$$

$$p = p_0 + af_1(A) \tag{2}$$

$$q = q_0 + bf_1(A) \tag{3}$$

$$f_1(A) = \ln A(t) \tag{4}$$

2.2 장려금 지원 수준에 의한 시나리오 구성

세안한 보급모형은 여러 가지 형태의 시나리오에 따라 보급 효과가 어떻게 나타나는지 비교할 수 있다. 일정 기간 장려금을 지원하면, 이후에는 최저효율제를 도입하 는 것을 기본 시나리오로 하여, 이를 기준으로 장려금 수 준, 지원 기간, 제도의 종류 등을 조합하여 시나리오를 작성하고, 각 시나리오에 대하여 보급 모형을 수행하여 그 효과를 비교한다. 여기서, 정부 예산의 변동을 반영한 시나리오에 따른 보급 효과의 변화, 국내 산업을 살리기 위한 측면에서 공장의 생산력에 일관성을 부여하기 위해 시나리오를 구성하는 것, 미국과 같은 MEPS, FEMP, Energystar 등의 제도와 연동하여 시나리오를 구성하는 것은 향후 연구에서 구체적으로 다루도록 한다. 다음은 작성할 수 있는 시나리오의 한 예이다.

- (가) 장려금 지원 수준 : 기기 가격의 10~90%
- (나) 장려금 지급 기간 : 현재부터 1~10년
- (다) 시행 제도 : 장려금 지원, 최저효율제, 고효율 등급 라벨

(가)~(다)를 조합하여 다음과 같이 시나리오를 구성할 수 있다. 백분율은 장려금 지원 수준을 나타내고, ● 표시는 고효율 등급 라벨 제도가 시행되는지 여부를 나타낸다. 예를 들어, 3안의 경우는 10년간 90%부터 10%씩 감소시켜가면서 라벨 제도를 함께 시행하는 경우이고, 4안의 경우는 동일한 조건에서 라벨 제도를 시행하지 않는 경우이다. 9안~12안의 경우에는 최저효율제의 시행 예고 기간이 점점 짧아지는 경우를 보였다. 이 밖에도 더 많은 시나리오를 구성할 수 있으나, 너무나 많은 시나리오로는 수행해야 별 소득이 없는 결론이 나올 수 있는 것도 많으므로 현실적으로 가능한 시나리오를 중심으로 구성하도록 한다.

<표 1> 시나리오 구성 예

연도	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	라벨
1안	90%	90%	90%	90%	90%	최저효율제					●
2안	90%	90%	90%	90%	90%	최저효율제					
3안	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%	●
4안	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	0%	
5안	50%	50%	50%	50%	50%	최저효율제					●
6안	50%	50%	50%	50%	50%	최저효율제					
7안	50%	40%	30%	20%	10%	최저효율제					●
8안	50%	40%	30%	20%	10%	최저효율제					
9안	50%	50%	50%	50%	최저효율제					●	
10안	50%	40%	30%	최저효율제							
11안	50%	50%	최저효율제							●	
12안	50%	최저효율제									

한편, 우리나라는 현재 선진국과 같이 장려금 지원제도에 다른 제도를 연동하여 시행하고 있지 않다. 따라서, 일단 본 논문에서는 장려금 수준만을 고려하였다.

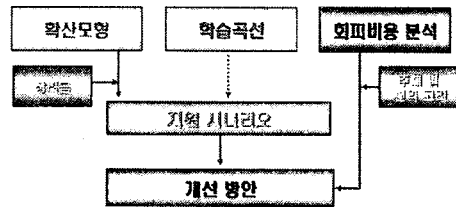
2.3 장려금 수준별 회피비용 분석

본 연구진이 [4]에서 제안한 회피비용분석을 포함한 수요관리 효과의 정량적 심사 모형을 적용하기 위해서는 모든 관련 주체를 망라한 광범위한 자료가 필요한데, 이러한 자료의 확보는 본 연구의 범위에서 벗어나기 때문에 이와 유사하고 보다 적은 자료가 필요하며 이미 대중화되어 있는 캘리포니아 테스트를 활용하기로 한다. 캘리포니아 테스트는 1983년 미국에서 개발된 것으로서 총자원비용(TRC: Total Resource Test)과 수용가영향도(RIM: Ratepayer Impact Measure)가 비용최소화계획으로서 현재까지 널리 이용되어 왔다. 본 연구에서는 고효율기기 사용에 따라 전력소비가 감소하고 이는 전력회사의 회피비용을 발생시킨다는 것에 초점을 맞춰서 이 테스트를 적용하며, 고효율기기 프로그램 관련 주체별로 편익을 분석하여 시행 여부를 판단하는데 활용한다. 캘리포니아 테스트를 구성하는 네 가지 테스트를 다음 <표 2>에 나타내었다. 여기서, AC, OC, UH, PH, I, LR, 는 각각 회피비용, 프로그램 관리비용, 전력회사 기기비용, 참여자 기기비용, 장려금, 요금수입 감소를 뜻한다.

<표 2> 캘리포니아 테스트의 구성

UC 테스트 (전력회사)	$UC = AC - OC - I - UH$
P 테스트 (참여자)	$P = I + LR - PH$
RIM 테스트 (비참여자)	$RIM = AC - OC - I - UH - LR$
TRC 테스트 (총자원)	$TRC = AC - OC - (UH + PH) - RIM + P$

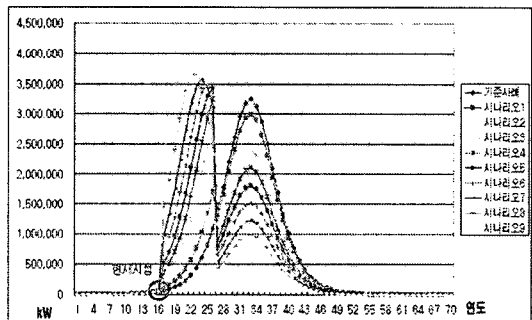
이상과 같이 고효율기기의 적정 장려금 산정을 위해서 보급모형 개발, 시나리오 구성, 회피비용 분석 등의 수행이 필요한데, 이들 수행한 결과는 다음 <그림 1>과 같이 동시에 고려되어야 한다. 한편, 고효율기기의 시장가격 변화 추이를 적용한 학습곡선 개념을 도입함으로써 시장 특성을 보다 구체적으로 반영한 결과를 산출할 수 있는데, 이는 향후 연구에 진행하기로 한다.



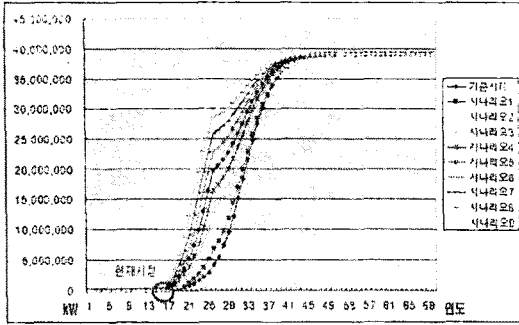
3. 사례 연구

3.1 보급특성 분석

고효율전동기의 장려금 지원을 고려한 보급특성 분석에 관한 연구는 [5]에서 기초적인 연구를 수행하였으며, 본 논문에서는 [5]의 결과를 활용하였다. 이 선행 연구에서는 장려금의 수준에 따라 어떻게 기기 보급에 어떠한 영향을 미치는지 파악하기 위해 지원금 수준에 대한 9가지의 시나리오를 구성하였고 각 시나리오별로 보급모형을 적용하여 비교하였다. 각 시나리오 구성 시 다음과 같은 가정을 하였다. (1) 내수시장에서 포화될 때까지 고효율기기는 보급된다. (2) 장려금은 해당년도에 영향을 준다. (3) 유도전동기는 전체 전동기의 70%를 차지한다. (4) 고효율유도전동기의 연도별 보급량은 1990~1992년, 2000~2002년 자료로부터 추정한다. 각 시나리오에 대한 수행 결과를 가져오면 다음 <그림 1>, <그림 2>와 같다. 장려금 지원 규모를 기기 가격의 90%, 80%, 70%, 60%, 50%로 지원하였을 경우에는 각각 장려금 지원 후 5년, 6년, 8년, 9년, 10년에 보급 최대시점을 통과하며, 40% 이하로 지원하였을 경우에는 장려금 지원이 끝난 이후 약 7년 정도 경과할 때 최대로 보급된다.



<그림 2> 고효율전동기의 시나리오별 보급추이[5]



<그림 2> 고효율전동기의 시나리오별 누적보급추이[5]

이 결과가 시사하는 바를 분석하면 다음과 같다. 장려금 규모를 기기가격의 50~90%로 지원하였을 경우에는 장려금 지원 기간(10년 가정) 내에 최대 보급시점까지 도달하고, 40% 이하로 지원하였을 경우에는 장려금 지원이 끝난 후 약 7년이 경과하면 최대 보급되는 결과를 도출하였다. 따라서, 고효율 전동기에 대하여는 향후 10년을 기준으로 하였을 때 기기가격의 최소 50% 이상을 지원하는 방안을 도입할 필요가 있다.

3.2 회피비용 분석

장려금 산정에 대한 방법으로 현재 사용되고 있는 방법이 캘리포니아테스트에 의한 회피비용 분석법이다. 4가지 테스트를 모의해 보았으며, 특히 RIM과 P 테스트를 모의하여 이익(B)/비용(C)가 1 이상이어야 한다. 과거와 달리 여러 변수가 변하였으므로 이를 다시 조정하였다. LNG 발전설비(단가 103[원/kWh])를 회피하며, 수송률을 32%, 전기요금율을 약 62[원/kWh]로 가정하였다. 또한 수명을 6년, 유틸리티 할인율은 8%, 수송가 할인율은 10%로 가정하였다. 앞의 보급모형 평가를 위해 일수한 자료로부터 비용산정시 전동기의 평균부하는 9.61 kW/대, 평균 절감률은 6.5%, 연간 절감량은 1500 kWh/년/대, 철두부하시 수송률은 55%로 가정하였다. 이에 대한 결과는 다음과 같다.

<표 1> 전동기 회피비용분석 결과 (현재 수준 지원 고려)

구분	UC	P	RIM	TRC	
전력회사	회피비용	38,084 (120,721)	-	120,721	120,721
	기기비용	-	-	-	-
	관리비용	-	-	-	-
	장려금	8,730	8,730	8,730	-
	수입감소	-	-	49,962	-
참여자	기기비용	-	47,191	-	47,191
	요금감소	-	44,397	-	-
총편익(B)	38,084 (120,721)	53,127	120,721	120,721	
총비용(C)	8,730	47,191	58,692	47,191	
B/C	4.36 (13.83)	1.13	2.06	2.56	

현재의 장려금 수준(전동기 가격의 18.5% 지원)을 고려했을 때 RIM=2.06, P=1.13이며, 전동기 가격의 5%만 지원할 경우에는 P=0.99로서 참여자 입장에서 고효율 전동기 사용으로 인한 이익이 발생하지 않고, 전동기 가격의 90%를 지원할 경우에는 UC=0.9로서 전력회사 입장에서 손해를 보게 된다. 여기서, UC 테스트의 관호 안의 숫자는 회피비용을 연료회피비용까지 고려한 경우로서,

현재 한전은 연료를 사용하는 발전회사가 분리되어 있으므로 설비회피비용만 고려한 것으로 판단할 수 있다.

<표 2> 전동기 회피비용분석 결과 (장려금 수준별)

장려금 수준 (전동기 가격의 ~%)	UC	P	RIM	TRC	대당 장려금 (천원)	1kW 절감당 (천원)
90%	0.90 (2.84)	1.84	1.31	2.56	731	1,169
80%	1.01 (3.20)	1.74	1.38	2.56	649	1,039
70%	1.15 (3.65)	1.64	1.45	2.56	568	909
60%	1.35 (4.26)	1.54	1.54	2.56	487	779
50%	1.61 (5.12)	1.44	1.64	2.56	406	649
40%	2.02 (6.40)	1.34	1.75	2.56	325	520
30%	2.69 (8.53)	1.24	1.88	2.56	244	390
18.5%	4.36 (13.83)	1.13	2.06	2.56	150	240
5%	16.14 (51.16)	0.99	2.31	2.56	41	65

이상의 보급모형에 의한 결과와 회피비용분석에 의한 결과를 종합하면 다음과 같다. 보급모형 결과에서는 전동기 가격의 50~90%, 회피비용분석 결과에서는 전동기 가격의 18.5~80%로서 이들 결과의 조합은 전동기 가격의 50~80%에 해당된다. 이는 40만원~73만원에 해당하며, 절감전력 1kW당 지원금액으로 환산하면 65만원~104만원으로서, 현재 24만원의 최고 4.3배 정도이다. 이는 8천억원에서 1조 8천억원까지의 소요예산 확보를 필요로 한다.

4. 결 론

선행연구 결과를 이용하여 고효율전동기의 보급특성 분석 측면에서는 장려금 수준이 기기 가격의 50~90% 수준으로, 회피비용분석 결과에서는 기기 가격의 18.5~80% 수준으로 그 범위를 찾았다. 이는 참여자와 전력회사 모두 이익을 얻을 수 있는 범위이고 두 결과를 조합하면 기기가격의 50~80%를 지원해야 한다. 이는 현재 지원 수준인 절감전력 1kW당 24만원의 2.7~4.3배 정도인 65~104만원을 지급하는 수준에 해당한다. 한편, 정밀한 장려금 산정을 위해서는 고효율전동기의 시장가격 변화 추이 조사 연구가 필요로 된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2005-7-150) 주관으로 수행된 과제임

[참고 문헌]

- [1] 산업산업부, DSM 잠재량 평가와 모니터링을 위한 기법 개발 및 활용방안 연구 최종보고서, 1998
- [2] 산업자원부, 전력산업 경쟁도입에 따른 요금변화에 대한 부하모델수립 및 DSM 프로그램 도입에 미치는 영향 평가에 관한 연구, 2002
- [3] 황성욱 외, "고효율기기의 보급시기별 특성을 고려한 새로운 보급모형의 제안 및 장려금 지원 방안 연구", 대한전기학회 학제학술대회 논문집, 2007
- [4] 김정훈, 장승찬, "전력수요관리 프로그램의 비용효과 심사 모델: 국가검 관점에서의 접근", 홍익대학교 과학기술연구소 논문집, 제7권, pp. 97-111, 1996
- [5] 황성욱 외, "장려금 지원을 반영한 보급모형을 이용한 고효율전동기의 보급특성 분석", 대한전기학회 전력기술부문회 전력계통연구회 춘계학술대회 논문집, pp. 175-177, 2007