

장승찬 전기공학박사
에너지관리공단 전력수요관리팀
schang@kemco.or.kr

고효율전동기 장려금지원사업

1. 사업시행 배경

우리나라의 전체 전력사용량중 약 60%를 전동기(Electric Motor)가 소비하고 있다. 다양한 전동기중에서 산업체 및 건물에서 가장 많이 이용되고 있는 전동기는 가격이 상대적으로 저렴하고 취급이 용이함으로 인해 3상 유도전동기가 주류를 이루고 있으며, 이에 따라 유도전동기는 단일기로서 가장 많은 전력을 사용하고 있는 셈이다. 2002년도에 수행된 국내 전동기 보급실태조사에 따르면 국내 전체 전동기 보급대수 약 8,446천대에 그 보급용량은 76,792MW 규모로 추정되고 있다. 전동기유형별로 볼 때 3상유도전동기가 전체의 약 95%정도로서 가장 많이 사용되고 있으며, 단상유도전동기, 직류전동기, 기타 서보전동기 등의 순으로 보급된 것으로 나타났고 고효율 3상유도전동기(저압용)는 전체의 약 1~1.5% 점유하는 것으로 파악되고 있다. 국내 전동기의 평균 설치연수는 7.7년으로 나타나고 있으며, 연결부하로 볼 때는 펌프, 팬, 압축기, 이송기, 크레인, 교반기 순으로 조사되었다. 또한 전동기의 정격용량에 대한 평균적인 가동부

하율은 건물의 경우 57.9%, 산업체의 경우 73.3%로 조사되었다.

국내 산업체 및 건물 등에 설치된 대부분의 전동기는 한국 산업규격(KS C 4202)의 기준에 따른 표준 유도전동기이나, 원천적인 전기절약 및 전기요금 절감을 위해 고효율 유도전동기(이하 고효율전동기)로 바꾸어 설치하도록 권장되어 왔다. 고효율전동기는 90년대 중반부터 관공서 및 에너지다소비사업장을 중심으로 보급이 이루어지고 있으나 그 보급량은 2000년대 초반인 아직까지도 매우 일천하다. 이는 고효율전동기 가격이 표준전동기에 비해 15~30% 정도 비싸기 때문에 전동기가 포함된 각종 설비의 유통 또는 시공시 최저가 입찰에 불리한 요인으로 작용하므로 전기절약만을 고집하여 고효율전동기를 채택하기에는 어려움이 있다는 것이 보급이 미약한 주된 이유라 할 것이다. 이에 산업자원부와 에너지관리공단에서는 국가적인 전력수요관리, 즉 에너지 이용 효율향상의 일환으로 고효율전동기의 보급촉진을 위해 고효율전동기를 설치하는 소비자에게 제품가격의 일부를 무상으로 지급해주는 장려금지원사업을 시행하고 있다.



본 고에서는 2003년도에 시행되고 있는 고효율전동기에 대한 장려금 지원내용에 대해 간략히 소개하고자 한다.

2. 고효율전동기의 개요

고효율전동기라 함은 표준전동기보다 손실을 20~30% 정도 감소시켜 효율이 4~10% 정도 상승되는 전동기를 말하며 다음과 같은 특징을 지닌다.

첫째, 효율의 향상으로 우수한 절전효과를 지닌다. 고등급 및 최소두께의 철심 사용, 철심장의 증대 및 코일 점적물의 증대로 손실을 최소화하여 전력소비량을 절감할 수 있다.

둘째, 낮은 온도상승 및 고절연재료 사용으로 권선수명 연장을 들 수 있다. H중(180℃까지 허용) 절연코일 및 바니쉬 사용, 과부하운전을 1.15 채택으로 전동기 온도상승이 낮게 되어 권선의 절연수명이 연장되었다.

셋째, 투자경제성을 쉽게 확보할 수 있다. 손실이 적은 절전형으로 표준전동기보다 제품비용은 높으나 운전비용이 낮기 때문에 초기 투자증가분은 단기간에 회수가 가능하며 그 후 운전시간이 길수록 경제성이 우수하다.

넷째, 저소음화를 들 수 있다. 최적 팬(내열성 및 내식성에 우수한 재료사용) 및 팬 커버 설계로 냉각공기의 흐름을 최적화하여 공명음의 최소화가 가능한데 슬롯구조와 포화

구조파를 최소화하여 전자소음을 감소시켜 표준전동기 대비 약 3~8dB(A)이 낮다.

고효율전동기는 펌프, 블로어, 팬, 압축기, 이송기, 방직기, 사출기 등의 부하설비에 채택가능하며 아래와 같은 장소에 적용시 특히 효과가 높다.

- 기동률이 높고 연속운전이 되는 곳
- 정속운전이 필요한 곳(저전동, 저소음)
- 고부하시 또는 공조용 등에서 전력이 최대로 사용되는 곳
- 수전 용량의 여유가 적어 설비증설이 제한되는 곳
- 전체 소비전력대비 전동기의 소비전력이 큰 비중을 차지하는 곳

그렇다면 왜 고효율인가?

전동기효율을 향상시키는 유일한 방법은 전동기손실을 감소시키는 것이다. 전동기에서의 손실은 주위로 방출되지 못하고 전동기 내부를 가열하기 때문에 손실감소는 직접적인 에너지절감 뿐만 아니라 연결된 부하설비 예를 들면, 공조시스템의 경우 냉각부하를 감소시킬 수 있다. 전동기의 손실에는 크게 철손, 풍손 및 마찰손, 고정자 손실, 회전자 손실, 표류부하손의 5개 주요 요인이 있으며, 각 요인은 전동기 제작자의 설계와 제조과정에 의해서 영향을 받는다.

〈표 1〉전동기의 손실특성

손실 구분		손실범위	원 인	산출 공식
고정손실 (무부하 손실)	히스테리시스 및 와전류에 따른 철손(W_c)	1~7%	와전류 및 히스테리시스 현상에서의 에너지 발생	$W01 - 1.5 (I01)^2 R$ W01: 무부하포화 입력 I01: 무부하포화전류
	기계손(W_{fw}); 마찰손 및 풍손)	0.5~1.5%	축베어링 마찰 및 냉각팬의 공기역학	$W0 - W_{fw} - 1.5 (I0)^2 R$ W0: 무부하 입력 I0: 무부하 전류
가변손실 (부하 손실)	고정자권선의 열손실 (1차 동손: $W2$)	15% 이하	고정자 도체에 흐르는 전류에 대한 저항	$1.5 I^2 R$ I: 전부하전류 R: 실측저항치
	회전자 축에서의 열손실 (2차 동손: $W2$)		회전자 도체에 흐르는 전류에 대한 저항	$s(W - W_c - W1)$ W: 전부하입력 s: 슬립
	부하전류 제공으로 가변인 표류부하손(W_{sl})	2% 이하	부하전류에 따른 손실자속	$W_T - (W1 + W2 + W_c + W_{fw})$ W_T: 총손실



〈표 2〉전동기의 효율을 증가시키는 주요방법 및 효과

방 법	효 과	주요 문제점
1. 슬롯 단면적 감소 및 점적률 (Fill Factor)의 증대	철손 감소 동손 감소	점적률 증대시 권선삽입작업의 난이성으로 제작시간 증대
2. 철심길이의 증대 (표준전동기×1.2배)	철손 감소 동손 감소	최대출력 및 토오크의 감소를 고려한 철심길이 증가 및 고정자권선의 턴수 감소
3. 고등급의 철심 및 강판두께의 감소 (S14, t0.35)	철손 감소 표류부하손 감소	높은 자속밀도에서 낮은 손실의 고등급 강판 사용으로 재료비 증가 및 강판두께 감소에 따른 펀칭 수량증가로 제작시간 증대
4. 인산염 피막처리 및 회전자 도체의 결연	표류부하손 감소	작업 난이성, 대량생산의 어려움
5. 고정자의 자성웨이	표류부하손 감소	재료비 증가 및 대량생산의 어려움과 토오크 감소를 고려한 설계
6. 최적 냉각팬 사용	기계손 감소 소음 감소	최적 팬 설계 및 온도상승에 대한 고려
7. 고정자 권선 결선부 길이의 감소	동손 감소	작업의 정밀성 요구
8. 회전자 도체 크기증가 및 고도전율 재료(동Bar)사용	동손 감소	대량생산이 어려움

가령 설계시의 고려사항으로 회전자와 고정자 사이의 공극 크기가 있는데, 큰 공극은 역률을 희생시키는 대신 효율을 극대화하는 경향이 있는 반면 작은 공극은 역률을 상당히 향상시키지만 효율을 약간 떨어뜨린다. 전동기손실은 고정손실과 가변손실로 분류될 수 있으며 고정손실은 전동기에 전원이 공급되지만 하면 발생하며 주어진 전압과 속도에 대해 일정하다. 가변손실은 보통 전동기부하에 따라 증가한다. 철손, 풍손 및 마찰손은 고정손실이고 나머지는 가변손실로 분류할 수 있다.

3. 고효율전동기 보급의 특징

고효율전동기의 보급에 있어 가장 큰 장애는 표준전동기 대비 초기구입비의 상승인데, 이는 9~18개월의 사용으로 그 차액이 전기절감액으로 환수되고, 전동기의 수명은 10~15년 정도이므로 나머지 기간은 사용자, 국가, 전력회사 등 모두에게 이익이 된다. 이런 연유로 정부는 고효율전동기

의 설비투자 및 판매에 적극적이지 않은 전동기 생산업체에 계 시장수요를 확보하기 위한 시장구조 조정에 적극적으로 개입할 필요가 있고, 전동기 사용자의 구매를 촉진하기 위한 정책 및 제도적 유인책을 수립해야 한다.

이를 위한 방법으로서 강제적 성격이 강한 에너지환경 관련 규제정책적 접근(최저효율제)과 자연스런 시장구조 전환을 유도하기 위한 유인정책적 접근(장려금지원제)을 들 수 있는데 양자를 적절히 조화시키는 방식이 바람직한 정책으로 여겨지고 있다.

즉, 한시적인 장려금지원제를 시행하면서 점진적인 시장의 변환을 추구하는 것이 요구되는데, 유예기간이 없이 저효율 제품의 유통금지 등 강력한 규제중심의 정책을 단번에 실시하면 가격경쟁구조인 현 시장체계에서는 저가 저효율 제품의 암시장형성 등으로 고효율제품 보급의 실패 위험성이 존재하기 때문이다.

전동기의 경우에는 세트제품의 부품으로 사용되는 경우가 상당히 많기 때문에 1차수요자(세트메이커 등 OEM)와 최종



사용자(전기요금지불자)가 일치하지 않는 유통구조를 갖고 있다. 따라서, 유통경로에서 고효율유도전동기의 보급에 주요인자로 작용하는 시장참여자(예, 도소매 판매상 등)를 고려하는 것이 필요하다.

북미의 경우에는 현재 표준전동기를 사용하는 경우 과태료를 부과하는 등 고효율전동기에 대한 최저효율제가 시행되고 있다. 이와 같은 최저효율제 시행 이전에 그들은 이미 일정기간 장려금지원을 통해 시장구조를 점진적으로 고효율로 변화시켜 왔다. 고효율전동기 장려금의 적용기준은 고효율전동기 용량 또는 고효율화에 따른 절전용량(\$/kW)을 기준으로 시행되었으며, 판매상 보상제도를 통해 소비자의 장려금신청 관련된 서류작성을 보조 또는 대행토록 하는 등의 보급촉진을 도모하였다. 장려금 신청절차는 고효율제품에 할인쿠폰을 포함하는 방법, 판매시 가격을 할인해주는 방법 등의 유통구조를 고려한 다양한 방법도 모색되어졌다. 캐나다에서는 고효율전동기 조기 보급을 위해 세트메이커, 판매상 등에게 인센티브를 제공하였는데 최종소비자 장려금의 20%를 인센티브로 부여하였으며 장려금지원 프로그램에서 소정의 교육을 실시하는 등의 보급확대를 꾀한 것으로 발표되었다.

국내의 여건과 비교하여 볼 때 북미의 경우에는 자국 제품 및 수입품 등 많은 제작사의 제품 중에서 고효율의 선택이 용이하였기에 소비자의 경제성만 충족되면 보급의 성공 가능성이 비교적 높았다고 할 수 있다. 우리의 경우에는 전동기 시장규모가 작고 국산이 대부분을 차지하므로 시장경쟁이 상대적으로 치열하지 않아서 불리할 수도 있지만 역으로 정부의 합리적 조정에 의해 오히려 쉽고 성공적으로 달성할 수도 있다. 북미에서는 고효율전동기 시장이 어느 정도 성숙되는 단계에 도달했고, 1997년 10월 24일 이후부터는 강제규정 적용으로 인해 장려금을 지원하지 않지만 우리는 고효율화를 위해 장려금을 적용하는 초기단계에 와 있다. 또한 국내의 매년 전력수요 증가율(약 10%)을 고려할 때 미국의 상황(1~2%)과 상당히 다르다는 점을 인식할 필요가 있다. 향후에는 현재의 고효율보다 상승된 효율에 대하여만 지원되는 방향으로 점진적으로 전환하는 것이 필요한데 장려금지원 비용을 점차 감소시키면서 효율기준의 상향을 계속 유도해야 한다. 따라서, 장려금제도 시작단계에서의 지원폭은 커야하며 한시적으로 시행하고 점차 장려금지원에 따른 효율기준을 강화하여 지속적으로 시행하는 것이 바람직하

다고 할 수 있다.

④ 2003년도 고효율전동기 장려금 지원내용

산업자원부와 에너지관리공단에서는 전력산업기반기금을 재원으로 하여 에너지소비 효율이 개선된 고효율유도전동기를 일반 소비자가 경제적인 가격으로 구매할 수 있도록 제품가격에 대해 적정규모로 장려금을 지원하여 보급을 확대시키고자 노력하고 있다.

본 절에서는 2003년도에 시행하고 있는 장려금 지원내용에 대해서 간략히 살펴보기로 한다. 도입부에서도 약간 설명한 바 있지만 국내 전력의 약 40%를 3상유도전동기에서 소비하고 있으며 단일품목으로는 가장 많이 전력을 사용하고 있음에 따라 고효율유도전동기의 국내전체 보급시 약 1.6%의 전기절약(연간 약 2,760억원의 에너지비용절약)이 기대된다.

본 3상유도전동기(저압용) 장려금지원사업은 산업자원부의 고효율에너지기자재제도 기술기준에 근거하여 2010년대 이후 고효율전동기에 대한 최저효율제 시행을 위한 행정예고차원에서 한시적(약 8~10년)으로 시행하는 것을 기본 추진방향으로 두고 있다. 에너지관리공단에서는 연차별 장려금지원사업 공고와 산업체 및 건물의 주요업종별 홍보를 통해 확대보급을 시행하고 있다.

□ 장려금 지원대상

- 설치장려금 : 고효율전동기를 공고된 절전용량 0.5kW 이상 신규설치 또는 교체설치하는 소비자

- 설계장려금 : 고효율전동기에 대한 1차수요자 또는 최종 판매자

- 1차수요자 : 고효율전동기를 취부한 펌프, 압축기, 송풍기 등의 제품생산업체

- 최종판매자 : 1차수요자를 제외한 전동기판매 특약점 또는 대리점

※ 단, 에너지관리공단이 고효율에너지기자재로 인증하는 고효율마크가 부착된 고효율유도전동기(교류3상 600V 이하의 0.4~200kW)에 한함

□ 장려금 지원액

장려금지원액(천원) = ∑ 용량별 장려금(천원) × 설치대수



〈표 3〉 고효율전동기 용량별 장려금 (2003년도 기준)

고효율 전동기 용량 (kW)	절전용량 (kW)	설치장려금 (천원)	설치장려금 (천원)
0.4	0.06	11	2
0.75	0.08	16	3
1.5	0.09	19	4
2.2	0.14	27	6
3.7	0.17	34	7
5.5	0.23	46	9
7.5	0.27	53	11
11	0.44	87	18
15	0.45	89	18
18.5	0.67	132	27
22	0.73	144	29
30	1.05	208	42
37	1.11	220	44
45	1.44	285	58
55	2.04	403	81
75	2.78	549	111
90	3.06	606	122
110	3.96	784	158
132	4.36	862	174
160	4.80	950	192
200	5.20	1,030	208

[참고] 장려금지원액 계산 예
 - 고효율전동기 0.75kW 5대, 7.5kW 2대, 30kW 5대 신청시 지원금

· 설치장려금 = $(16 \times 5) + (53 \times 2) + (208 \times 5) = 1,226$ 천원
 · 설계장려금 = $(3 \times 5) + (11 \times 2) + (42 \times 5) = 247$ 천원

◎ 지원범위

당해년도 신청사업장당 최소지원액	당해년도 신청사업장당 최대지원액
절전용량 0.5kW 해당액	1억원

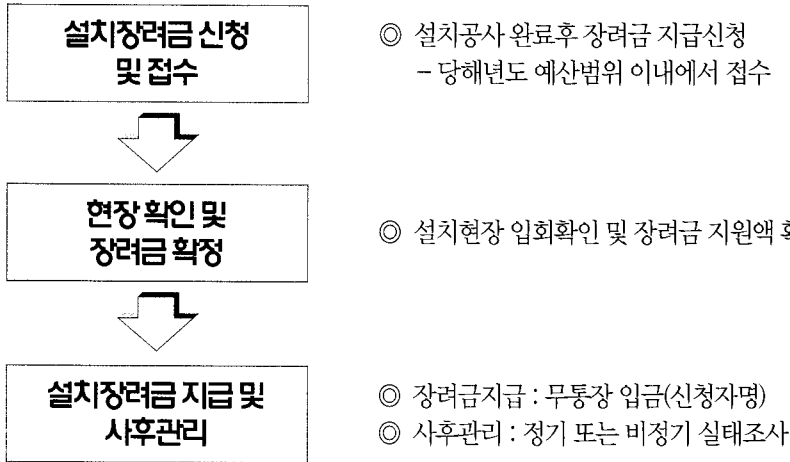
◎ 지원기간 : 2003. 1. 1 ~ 2003. 12. 31

- 사업공고 이전 당해연도 설치분은 소급적용하고, 장려금 신청서 접수순으로 예산범위내에서 지원

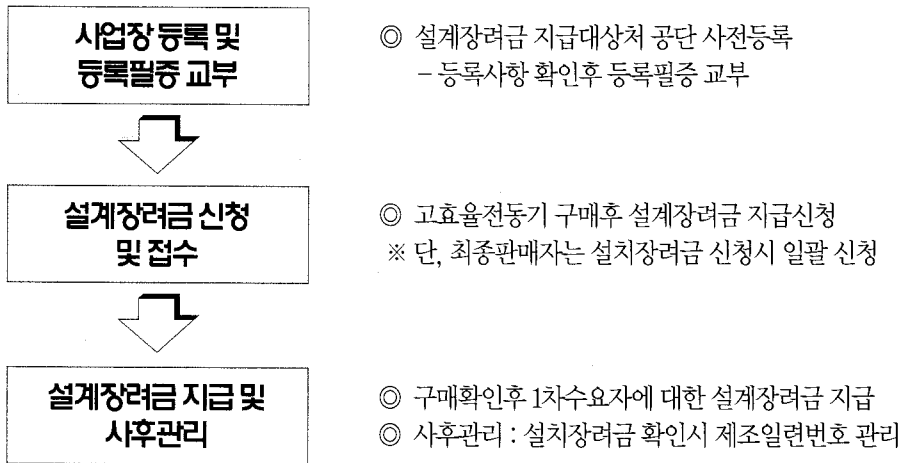


□ 장려금 신청절차

◎ 설치장려금 신청 : 고효율전동기를 설치한 소비자 또는 최종판매자



◎ 설계장려금 신청 : 고효율전동기를 취급한 1차수요자 또는 최종판매자



◎ 고효율전동기에 대한 절전효과 계산 등에 대한 참고자료는 아래와 같다.

<p>▶ 고효율전동기의 절전효과 계산식</p> <p>· 연간절전요금(원) $S = P \times L \times E \times C \times H$</p> <p>여기서, P: 전동기용량 (kW), L: 부하율</p> <p>E: 표준절감률 = $E_h(\text{고효율전동기 효율}) - E_s(\text{표준전동기 효율})$</p> <p>H: 연간운전시간, C: 전기요금 단가 (원/kWh)</p>	<p>▶ 장려금지원에 따른 고효율전동기 투자회수기간</p> <p>· 고효율전동기 가격증가분 회수기간</p> <p>= $(\text{고효율전동기구입가} - \text{표준전동기구입가} - \text{설치장려금}) / \text{연간절전요금}$</p> <p>· 고효율전동기 구입비용 상각기간</p> <p>= $(\text{고효율전동기구입가} - \text{설치장려금}) / \text{연간절전요금}$</p>
--	---



에너지사업정책

〈표 4〉 고효율전동기 적용처 및 운전시간에 따른 전기요금 절감액 비교

고효율 전동기 용량 (kW)	표 준 절감률	절전용량 (kW)	산업체적용시 연간절감액 (천원)			건물적용시 연간절감액 (천원)		
			3,600시간	4,800시간	5,400시간	3,600시간	4,800시간	5,400시간
0.4	0.142	0.06	11	15	16	15	20	23
0.75	0.110	0.08	16	21	24	22	30	34
1.5	0.063	0.09	18	24	27	26	34	38
2.2	0.063	0.14	27	36	40	38	50	56
3.7	0.046	0.17	33	44	49	46	62	69
5.5	0.042	0.23	45	60	67	63	83	94
7.5	0.036	0.27	52	70	78	73	98	110
11	0.040	0.44	85	113	128	119	159	179
15	0.030	0.45	87	116	130	122	163	183
18.5	0.036	0.67	129	172	193	181	241	271
22	0.033	0.73	140	187	211	197	262	295
30	0.035	1.05	203	271	304	285	380	427
37	0.030	1.11	215	286	322	301	401	451
45	0.032	1.44	278	371	418	390	520	586
55	0.037	2.04	393	525	590	552	736	827
75	0.037	2.78	536	715	805	752	1,003	1,128
90	0.034	3.06	592	789	887	830	1,106	1,244
110	0.036	3.96	766	1,021	1,148	1,073	1,431	1,610
132	0.033	4.36	842	1,123	1,263	1,181	1,574	1,771
160	0.030	4.80	928	1,237	1,392	1,301	1,735	1,952
200	0.026	5.20	1,005	1,340	1,508	1,410	1,879	2,114

※ 단, 100% 부하율 기준시 계산자료임
(전기요금단가 적용기준 : 산업체 53.7원/kWh, 건물 75.3원/kWh)

3. 절감

고효율전동기장려금지원사업은 현재 보급되어 있는 표준 전동기를 효율이 높고 동작특성이 우수하며 수명이 긴 고효율전동기로 교체할 수 있도록 제품가격의 일부를 보조 지원함으로써 고효율제품의 보급을 확대하려는 경제적 보상제도이다. 이와 같은 고효율전동기의 보급확대는 고효율제품의 시장창출 및 전동기산업의 국제경쟁력을 제고할 뿐만 아니라 합리적인 전력수요관리를 통하여 기후변화협약 등 국제적인 환경문제에 대응하고 효율적 국가에너지사용의 기반이 된다.

고효율전동기는 표준전동기보다 2~10% 정도 효율이 좋고 수명이 길다. 고효율전동기의 제작에는 특성이 우수한 재료를 사용하고 그 사용량도 많기 때문에 고효율형은 표준

형보다 15~30%정도 고가였지만 이제 장려금 지원에 따라 고효율전동기 구매에 대한 경제성은 더욱더 높아졌다. 전동기에서의 수 % 효율향상은 적은 것이라고 생각될 수 있지만, 전동기의 수명(10년 이상)이 다하는 동안 엄청난 양의 전기가 절감된다. 이제는 소비자 입장에서 고효율전동기를 구매하지 않을 이유가 별로 없으리라 사료되며 앞으로 국내에서는 고효율전동기가 널리 통용되어지기를 기대해본다.

※ 장려금 신청 및 문의 : 에너지관리공단 각 시도지사
(☎ 080-236-2580, 2581)

<http://www.kemco.or.kr/himotor>