

## 산업체 전력다소비 설비의 수요관리 기여도 및 효율향상 보급에 대한 경제성 평가분석

(Contributions of Large-Industrial Enterprise to Demand-Side Management and  
Economic Analysis on Diffusion of Energy Efficiency Measures)

김성철\* · 박종진

(Seong-Cheol Kim · Jong-Jin Park)

### Abstract

Though electricity consumption amount in industry has been increased gradually, corresponding power supply show symptoms of marginal point. Importance of demand-side management from large-industries has also been raised. This paper deals with induction motor, which is one of representative examples of heavy electricity consumption utilities, to analyze potential technical capability, economic feasibility from consumers' viewpoint and demand-side management feasibility from nation-wide perspective. Nation-wide economic feasibility analysis was done through California test, which has been used as demand-side management evaluation model. This paper also describes limitation of existing high efficiency induction motor in terms of contribution to demand-side management and utilizes premium motor to calculate demand-side management contribution level and economic feasibility evaluation. Likewise, this paper emphasizes the efficiency improvement of induction motor and analyzes how much premium motor related technologies can contribute to demand-side management.

Key Words : Induction Motor, Demand-Side Management, Technical Potential Capability, Energy Efficiency

### 1. 서 론

우리나라는 70년대 이후 급격한 전력수요의 증가에 직면하고 있으며, 최근 세계금융위기 이후 경기회복으로 인하여 산업용 전력수요가 급증하고 있다. 이러한 전력수요의 증가는 막대한 추가설비 건설비와 외국으로부터의 에너지 수입액 증가로 인하여 국가 경제에 부담 요인으로 작용하게 될 것이다.

\* 주저자 : (주)서브원 기술전략실 R&BD팀 차장

Tel : 02-6924-5678, Fax : 02-6924-5777

E-mail : rphood@gmail.com

접수일자 : 2011년 1월 5일

1차심사 : 2011년 1월 13일, 2차심사 : 2011년 3월 7일

심사완료 : 2012년 1월 3일

국가적으로는 신규 발전소 건설에 필요한 입지 및 투자재원 조달의 어려움과 더불어 환경 문제는 전통적인 공급측 수급계획에서 탈피하여 수요관리 등의 수요측 자원을 고려한 수급계획으로 전환하지 않을 수 없게 하였다.

또한 에너지절감을 통한 기후변화협약 대응에 대한 관심이 커지고 있다. 우리나라에서도 2010년 4월 저탄소 녹색성장 기본법이 발효되었으며 대표적인 내용으로 온실가스·에너지 목표관리제가 시행 중이다. 일정규모 이상의 건물과 공장들은 온실가스 및 에너지 절감을 매년 의무적으로 수행해야 한다.

기업에 볼 때 에너지 효율향상의 시급성은 더욱 커져가고 있다. 이러한 때에 산업용 에너지 사용의 주요 설비를 파악하고 이에 대한 효율향상의 투자경제성을 분석하는 것은 시급한 일이라고 볼 수 있다.

## 2. 전력다소비 업종 설비

국가적 에너지 효율향상을 검토하기 위해서는 다소비 설비에 대한 접근이 필요하다. 다음은 우리나라 산업용 다소비 업종을 중심으로 전력사용의 용도별 비율을 조사한 자료이다.

### 2.1 설비공정 비중

표 1. 화학업종 전력사용 비율  
Table 1. Electricity Use Rate of Chemistry industry

업체명	용도별 연간 전력사용 비율(%)						
	공정/생산설비				비공정용		
	동력	용융	가열	기타 공정	공조	조명	기타 설비
xx 화학	72	-	9.5	5	7.3	3.2	3
aa 화학	97	-	-	1	-	1	1
tt 산업	60	-	-	-	20	20	-
uu 산업	64	-	9.5	5.2	4.8	16.5	-
pp 화학	90	-	-	-	7	3	-

표 2. 제지업종 전력사용 비율  
Table 2. Electricity Use Rate of Paper industry

업체명	용도별 연간 전력사용 비율(%)						
	공정/생산설비				비공정용		
	동력	용융	가열	기타 공정	공조	조명	기타 설비
tt 제지	94	-	-	-	4.4	1.6	-
jj 제지	99.4	-	0.4	-	0.1	0.1	-
pp제지	95	-	-	1	-	2	2

표 3. 식품업종 전력사용 비율  
Table 3. Electricity Use Rate of Food industry

업체명	용도별 연간 전력사용 비율(%)						
	공정/생산설비				비공정용		
	동력	용융	가열	기타 공정	공조	조명	기타 설비
xx 식품	60	5	20	5	-	10	-
mm식품	70	-	-	-	20	10	-
nn 식품	80	-	5	5	-	5	5

전동기는 냉동기 및 공조기용 팬, 냉각탑의 팬, 급수 펌프, 냉방 및 난방기의 순환펌프, 취수장의 취수 및 가압, 공장의 공기압축기 및 블로워, 제지공장의 펄프 모터, 리파이너, 시멘트 공장의 대형 Mill설비 등등 모든 요소에 사용되고 있다. 수용가에 따라 용도 및 부하형태가 다를 수 있으나 전체 부하에서 중요한 부분을 차지하고 있다.

표 1과 같은 화학업종에서 공정 및 생산설비의 70~90[%]가 동력부하인 것을 알 수 있다. 표 2의 제지업종의 경우는 최대 99[%]까지 거의 대부분이 동력부하이다. 표 3의 식품업종도 기타 가열 등을 제외한 공정은 컴프레샤 등 동력부하가 주를 이루고 있음을 볼 수 있다.

국가 전체적으로 전동기부하는 전력 소비량의 평균 60[%]이상을 차지하고 있다고 보며, 이중 유도전동기의 경우 전체 전동기 사용의 70[%] 이상을 차지하고 있어, 미국을 비롯한 선진 각국에서는 최근들어 에너지 절감을 위해 고효율 전동기의 생산 판매를 의무화하는 최저효율제(Minimum Energy Performance

Standards)정책을 법률로 정해 시행해 오고 있다.

## 2.2 잠재량 추정 방법론

잠재량의 유형으로는 기술적 잠재량(TP : Technical Potential), 경제적 잠재량(EP : Economic Potential), 도달가능 잠재량(AP : Achievable Potential), 프로그램 잠재량(PP : Program Potential) 및 자연발생 잠재량(NOP : Naturally Occurring Potential) 등이 있으며, 이중 프로그램 잠재량은 일반적인 개념이라기 보다는 의도한 프로그램의 효과를 측정하기 위해 다른 잠재량 개념을 특정한 DSM(수요측관리, Demand-Side Management)기술이나 수단들의 결합인 프로그램에 적용하는 것으로 볼 수 있다.

### 2.2.1 기술적 잠재량

기술적 잠재량은 최대 기술적잠재량(maximum technical potential)과 단계별 기술적 잠재량(phase-in technical potential)으로 다시 구분되는데, 최대기술적 잠재량은 현 상태에서 가장 효율적인 기술에 의해 일시적으로 완전히 DSM(수요측관리, Demand-Side Management)기술로 전환할 경우에 예상되는 절전잠재량이며, 단계별 기술적 잠재량은 기기의 내구년수나 신규설비의 구입등과 같은 기술적인 교체가능성을 고려하여 단계적으로 교체할 경우에 예상되는 절전잠재량이다.

국내의 산업체의 수요자원에 대한 기술적 잠재량은 다음과 같이 추정할 수 있다.

- 기술적잠재량 = 기준기기기술의 피크부하[kW] × 효율향상(피크 절감률) × 적용가능계수 × 미완성 계수 × 실행 계수 × 절감 계수 × 조정 계수

### 2.2.2 경제적 잠재량

경제적 잠재량은 공급측 대안 혹은 에너지 가격등과 비교하여 비용효과적인 총 에너지효율향상 기술의 기술적 잠재량을 의미한다.

일반적으로 경제적 잠재량은 다음과 같이 추정한다. 기본적인 평가방법의 접근은 현재 및 미래의 전력요금, 발전가격, 환경요소, 공급감소에 의한 잠재적 편익

을 추정한다. 또한 공급측 대안 혹은 에너지가격 등과 비교하여 비용효과적인 총에너지 효율향상기술을 평가한다.

총자원비용 테스트(Total Resource Cost Test)은 프로그램의 총비용에 기초한 자원 선택대안으로서 수요관리 프로그램의 순비용을 측정한다. TRC의 변형으로 사회적 테스트(Societal Test)가 있으나 사회적 테스트는 외부성 효과는 포함하되 세금신용(tax credit) 편익은 배제하며 또한 TRC와는 다른 할인율을 적용하는 점에서 차이가 있다.

다음은 TRC를 위한 편익 및 비용 공식이다.

- 편익 = 
$$\sum_{t=1}^N \frac{\text{Avoided Costs of Supply}_{p,t}}{(1+d)^{t-1}}$$
- 비용 = 
$$\sum_{t=1}^N \frac{\text{Program Cost}_t + \text{Participant Cost}_t}{(1+d)^{t-1}}$$

d : 할인율, p : 비용기간, t : 기간, n : 20

## 2.3 수요관리 경제성 평가 방법론

수요관리 대안의 경제성 평가 방법은 주로 “캘리포니아 표준평가방법” 또는 “캘리포니아 테스트”라고 불리는 방법을 사용한다. 캘리포니아 테스트는 4개의 서로 다른 관점에서 수요관리 프로그램을 분석하는데, 캘리포니아 테스트의 4가지 테스트는 다음과 같다.

- 참여자 테스트(Participant Test)
- 전력회사 비용 테스트(Utility Cost Test)
- 수용가 영향도(RIM) 테스트(Rate Impact Measure Test)
- 총자원 비용(TRC)테스트(Total Resource Cost Test)

표 4. 캘리포니아 테스트에서의 편익 및 비용항목  
Table 4. B/C Ratio at California Standard Practice Test

구 분	UC Test	P Test	RIM Test	TRC Test
회피비용 (AC)	B(+)		B(+)	B(+)
전력회사 기기비용 (UH)	C(-)		C(-)	C(-)

구 분	UC Test	P Test	RIM Test	TRC Test
참여자 기기비용 (PH)		C(-)		C(-)
프로그램 추진비용 (OC)	C(-)		C(-)	C(-)
인센티브 (I)	C(-)	B(+)	C(-)	
요금수입 감소액 (LR)		B(+)	C(-)	

① 전력회사비용(UC)테스트

$$UC = AC - OC - I - UH$$

여기서 AC : 회피비용

OC : 프로그램 관리비용

I : 인센티브 및 리베이트 등

UH : 전력회사 기기 비용

② 참여자 테스트 (P Test)

$$P = I + LR - PH$$

여기서 I : 인센티브 및 리베이트

LR : 참여자의 요금지불액 감소

PH : 참여자 기기 비용

(기기 구입비 및 기타 참여비용)

③ 수용가 영향도(RIM) 테스트

$$RIM = AC - OC - I - UH - LR$$

여기서 AC : 회피비용

OC : 프로그램 관리비용

I : 인센티브 및 리베이트

UH : 전력회사 기기 비용

LR : 요금수입 감소

④ 총자원비용 테스트(TRC Test)

$$TRC = AC - OC - (UH + PH) = RIM + P$$

여기서 AC : 회피비용

OC : 프로그램 관리비용

UH : 전력회사 기기비용

PH : 참여자 기기 비용

본 테스트에 대한 실사례와 결과는 3.3항 유도전동기의 경제적 잠재량 분석에서 다루도록 하겠다.

### 3. 전력다소비 설비 유도전동기 분석

#### 3.1 유도전동기의 전력사용현황

유도전동기의 잠재량 분석을 위해 에너지관리공단에서 조사한 유도전동기 사용실태를 기초로 진행하고자 한다. 에너지관리공단에서는 792개 업체 자료를 수집하고 이를 기준으로 전동기 전력사용량을 추정하였으며 아래의 표 5와 같다. 전동기 전력사용량은 전체 전력사용량의 45[%] 이상을 차지하고 있다고 본다.

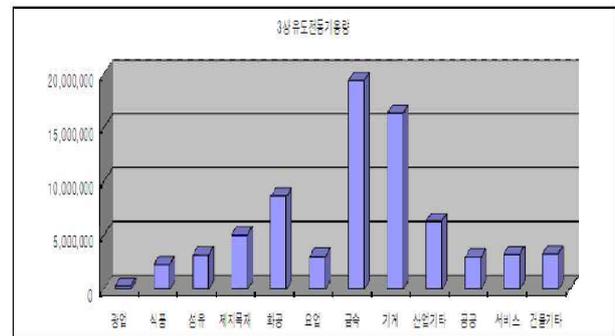


그림 1. 3상 유도전동기 정격용량

Fig. 1. Rating Capacity of 3phase Induction Motor

우리나라의 업종별 전동기의 보급현황을 에너지관리공단 자료를 기초로 파악하였다. 본 연구는 3상 유도전동기에 집중되어 있으므로 3상 유도전동기 보급 및 부하율, 사용시간등을 통해 전력예비율 확보에 대한 잠재량을 확인할 수 있다.

표 5. 산업 업종별 전동기 설치용량 [kW]

Table 5. Installation Capacity by Industrial Classification

업종	전동기 종류					전체
	3상 유도기	고효율 3상 유도기	단상 유도기	직류 전동기	기타	
광업	324,454	32,826	51	2,546	14,658	374,535

업종	전동기 종류					전체
	3상 유도기	고효율 3상 유도기	단상 유도기	직류 전동기	기타	
식품	2,337,330	57,685	655	157,481	9,322	2,562,472
섬유	3,211,691	610,208	4,109	24,827	2,528	3,853,363
제지목재	5,106,935	288,169	51,172	373,646	981,931	6,801,853
화학	8,642,347	524,900	55,279	287,559	261,564	9,771,648
요업	3,049,914	73,338	25,925	0	0	3,149,177
금속	19,415,020	275,936	881,761	399,675	263,057	21,235,450
기계	16,357,438	938,244	197,304	718,719	532,517	18,744,222
산업기타	6,333,001	42,336	45,057	33,341	813,341	7,267,076
공공	2,974,643	127,615	300,431	2,642	0	3,405,331
서비스	3,269,683	16,369	66,136	15,485	283,997	3,651,671
건물기타	3,324,669	36,964	36,579	2	0	3,398,214
합계	74,347,124	3,024,590	1,664,459	2,015,925	3,162,914	84,215,012

연간 업종별 평균가동율은 그림 2와 같다. 전체 평균가동율은 55[%]이며, 평균 사용시간은 3,571시간임을 알 수 있다.

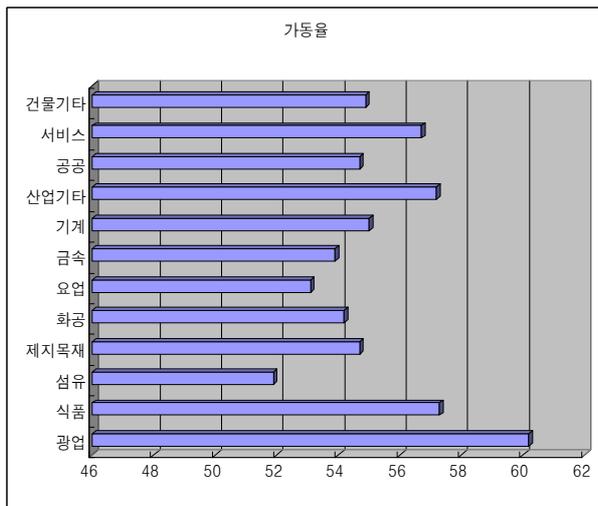


그림 2. 업종별 3상 유도전동기 가동율 [%]  
Fig. 2. Operating Ratio of 3phase Induction Motor

업종별 구분을 볼 때 금속과 기계업종에 3상 유도전동기가 많이 설치되어 있음을 알 수 있다. 동 업종은 압연기, 컴프레사 등의 설비가 주요 생산공정을 이루

고 있으며 이를 구동하는 장치가 유도전동기이다.

표 6은 3상 유도전동기의 연간 사용량 데이터를 기초로 추정된 업종별 가동율, 가동용량, 사용시간을 나타내고 있다.

표 6. 3상 유도전동기 가동현황  
Table 6. Operating Condition of Induction Motor by Industrial Classification

업종	3상 유도전동기				
	정격용량	가동율	가동용량 [kW]	연간 사용량 [MWh]	사용 시간[h]
광업	324,454	60.2	195,321	867,696	4,442
식품	2,337,330	57.3	1,339,290	5,125,154	3,827
섬유	3,211,691	51.9	1,666,868	6,627,702	3,976
제지목재	5,106,935	54.7	2,793,493	7,305,404	2,615
화학	8,642,347	54.2	4,684,152	18,015,143	3,846
요업	3,049,914	53.1	1,619,504	6,154,416	3,800
금속	19,415,020	53.9	10,464,696	29,998,153	2,867
기계	16,357,438	55	8,996,591	35,379,385	3,933
산업기타	6,333,001	57.2	3,622,477	11,161,278	3,081
공공	2,974,643	54.7	1,627,130	6,434,084	3,954
서비스	3,269,683	56.7	1,853,910	7,080,125	3,819
건물기타	3,324,669	54.9	1,825,243	4,916,081	2,693
총계	74,347,125	55	40,493,354	139,064,621	3,571

### 3.2 전동기의 손실특성

다음은 전동기의 기본식으로 정격속도와 동기속도, 슬립에 대한 관계를 보여준다.

효율향상은 전동기에서 발생하는 손실을 최소화하는 것이라 볼 수 있다. 고효율전동기는 이에 대한 동손과 철손, 기타손실을 줄이기 위한 시도이다.

$$s = \frac{(N_s - N)}{N_s} \times 100 (\%)$$

$$N = (1 - s) \times N_s$$

$N$ : 정격속도,  $N_s$ : 동기속도  
단, 슬립은  $0 < s < 1$ 의 범위이어야 한다.

아래와 같은 손실비를 볼 때 고효율전동기의 보급으로 전력예비율을 확보할 수 있다. 최근의 프리미엄 전동기는 9%의 효율향상 제품으로 손실을 최소화 한 전동기이다.

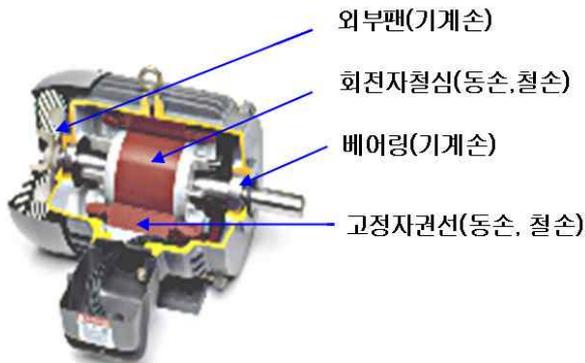


그림 3. 유도전동기의 내부구조  
Fig. 3. Internal Structure of Induction Motor

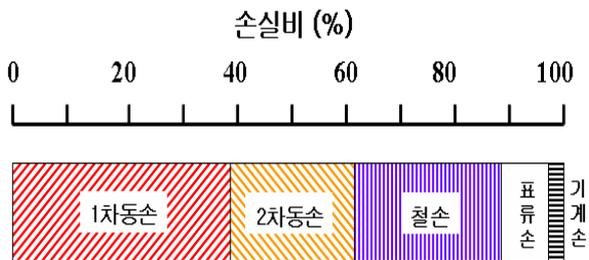


그림 4. 유도전동기 손실비율  
Fig. 4. Loss Ratio of Induction Motor

### 3.3 유도전동기의 경제적 잠재량 분석

#### 3.3.1 기술적 잠재량

2.2에서 기술한 바와 같이 잠재량 분석에 대한 방법론은 여러 가지가 될 수 있다. 여기서는 우선 단순한 기술적 잠재량을 통해 투자대비 회수기간을 추정하므로 투자경제성을 분석하였다.

아래의 표 7은 현재 설치되어 있는 일반전동기를 고효율전동기로 교체를 가정한 시뮬레이션 결과이다. 고효율전동기는 일반전동기 대비 효율향상을 평균 6[%]로 설정하였다. 이는 부하율이나 설비노후도, 부하형태에 따라 다를 수 있지만 본 연구에서는 현재 일반적인 평균 효율을 기준으로 하여 시뮬레이션을 하였다.

표 7. 업종별 고효율유도전동기 설치시 잠재량  
Table 7. Technical Potential by High-efficiency Induction Motor Installing

업종	잠재량[kW]		
	6[%] 절감	20[%] 보급시	30[%] 보급시
광업	11,719	2,344	3,516
식품	80,357	16,071	24,107
섬유	100,012	20,002	30,004
제지목재	167,610	33,522	50,283
화학	281,049	56,210	84,315
요업	97,170	19,434	29,151
금속	627,882	125,576	188,365
기계	539,795	107,959	161,939
산업기타	217,349	43,470	65,205
공공	97,628	19,526	29,288
서비스	111,235	22,247	33,370
건물기타	109,515	21,903	32,854
총계	2,441,321	488,264	732,396

또한 처음부터 전체 교체가 가능하지 않기에 보급률을 20[%], 30[%] 두가지 경우로 시뮬레이션하였다. 각 업종별로 구분하여 분석하였기에 업종별 특성을 고려할 수 있다.

업종별 투자회수기간을 산정할 때 전력요금은 산업용과 일반용 전력요금의 평균을 기준으로 하였고, 사용시간은 업종별 평균 유도전동기 사용시간을 적용하였다.

투자금액은 최초 설치시와 노후 교체시 투자비용으로 구분하였으며, 고효율유도전동기의 가격은 2010년 5월 물가정보 자료를 기준으로 하였다. 최초 설치시 투자금액은 일반전동기와 고효율전동기의 가격차이를 투자비로 보았기에 경제성 회수기간이 양호하게 나타난다. 그러나 노후 교체시는 고효율유도전동기 전체비용이 투자비가 되기에 경제성 회수기간이 양호하지 않다.

표 8. 업종별 고효율유도전동기 투자회수기간  
Table 8. Payback Period of High-efficiency Induction Motor Investment

6[%]	전력 요금 [원]	사용 시간 [h]	절감금액 [원/년]	설치시 회수 기간[년]	교체시 회수 기간[년]
광업	80	4,442	1,249,482,240	1.74	7.41
식품	80	3,827	7,380,221,760	2.13	9.04
섬유	80	3,976	9,543,890,880	2.26	9.60
제지 목재	80	2,615	10,519,781,760	3.26	13.85
화학	80	3,846	25,941,805,920	2.24	9.50
요업	80	3,800	8,862,359,040	2.31	9.82
금속	80	2,867	43,197,340,320	3.02	12.82
기계	80	3,933	50,946,314,400	2.16	9.16
산업 기타	80	3,081	16,072,240,320	2.65	11.24
공공	110	3,954	12,739,486,320	1.57	6.66
서비스	110	3,819	14,018,647,500	1.57	6.65
건물 기타	110	2,693	9,733,840,380	2.30	9.74
총계		3,571	210,205,410,840	2.27	9.63

상기 표 8에서 투자비회수기간이 산업용에 대해서는 광업업종이 7.41년으로 나타남을 볼 수 있다. 전체 평균은 9.63년으로 에너지절감액으로 투자비를 회수하는데 적지 않은 기간이 소요되는 것으로 나타난다. 또한 프리미엄 전동기는 에너지관리공단의 자료에 의하면 평균 9[%]의 에너지 효율향상을 기대하고 있다. 이를 기초로 시뮬레이션 할 때 단순한 기술적 잠재량으로는 7.17년의 노후교체 설치시 경제성 회수기간이 나타났다. 이는 9[%]의 절감이 있으나, 노후교체설비 비용이 증가한 부분을 고려한 결과이다.

투자비 회수기간이 7~9년은 경제성이 없다고 볼 수 있다. 일반적인 산업단지내 공장에서 에너지 절감을

위해 투자의사결정은 3년내로 보고 있다. 적극적인 투자를 하더라도 5년 이내에 투자비가 회수되어야 한다. 이를 볼 때 7년이상 심지어 9년의 회수기간은 업체에서 자체적으로 투자하기 어려운 결과이다.

하지만 기술적 잠재량 측면에서 모집단 전체 유도전동기의 20[%]가 고효율전동기로 교체될 때 국가적으로 488.3[MW]의 잠재량을 확보할 수 있다. 또한 30[%]가 고효율전동기로 보급될 때 732.4[MW]의 잠재량을 확보할 수 있다.

프리미엄전동기는 미국에서 1998년부터 기존 고효율전동기의 효율 값보다 1~3[%] 더 높은 프리미엄급 고효율 규격을 제정하면서 개발되어 왔으며, 국내에서는 한국전기연구원 등에서 연구개발 및 시범사업 중이다.

물론 이를 단순 수치적인 잠재량으로 보기에는 여러 가지 어려움이 있다. 왜냐하면 고효율 및 프리미엄 전동기의 효율이 6[%], 9[%]라고 일관적으로 단정할 수 없기 때문이다. 그렇다고 여러 가지 다양한 경우의 수를 모두 고려하기에는 현실적인 어려움이 있다. 향후는 더욱 근접한 연구를 통한 기술적 잠재량을 분석할 필요가 있다.

### 3.3.2 경제성 분석

본 연구에서는 캘리포니아 테스트를 통한 추가적인 경제성 평가를 통해 기술적 잠재량의 경제적 측면의 보완을 하고자 한다.

캘리포니아 테스트의 주요인자는 아래와 같으며, 함께 계산근거를 나타내었다. 결과 값은 프리미엄 고효율 전동기의 경우로 9[%] 절감의 경우를 나타내고 있다.

$$\textcircled{1} \text{ 회피비용(AC)} = \textcircled{a} + \textcircled{b} + \textcircled{c} + \textcircled{d}$$

① 회피 발전설비비용

$$104,531[\text{원/kW-Year}] \times 0.56 \times 0.436[\text{kW}] = 25,516[\text{원/Year}]$$

② 회피 발전에너지비용

$$47.3[\text{원/kWh}] \times 1,556.6[\text{kWh}] = 73,630[\text{원/Year}]$$

③ 회피 송전설비 비용

$$52,000[\text{원/kW-Year}] \times 0.436[\text{kW}] = 22,667[\text{원}]$$

/Year]

㉔ 회피 환경비용

- 연간 CO2 회피환경비용:  
 $181[\text{g/kWh}] \times 1,556.6[\text{kWh/Year}] \times 0.012[\text{원/g}]$   
 $= 3,381.1$
- 연간 NOx 회피환경비용:  
 $1.13[\text{g/kWh}] \times 1,556.6[\text{kWh/Year}] \times 2.4[\text{원/g}]$   
 $= 4,221.7$
- 연간 총 회피비용: 7,602.7 [원/Year]

② 참여자 기기비용(PH)

금액은 2010년 6월의 물가정보를 기준으로 추정 및 작성하였다. 수명 5년, 할인율 6[%]를 적용하여, 연금 금액을 계산하였다.

③ 요금수입 감소(LR)

평균 유도전동기 1대당 0.436[kW]가 절감되며, 평균 사용시간 3,571[h] 동안 1,556.6[kWh] 절감이 일어난다. 이는 평균 전기요금 87.5원으로 볼 때, 136,208원이 절감된다.

표 9와 같이 고효율 3상 유도전동기의 캘리포니아 테스트 결과를 볼 때 B/C 결과 값이 모두 (-)가 나오기에 절감률 및 가격으로 볼 때 타당치 않은 것으로 나타났다.

그러나 표 10의 프리미엄 전동기의 경우는 RIM을 제외하고 UC, P, TRC가 모두 양호하게 나타났다. 프리미엄 유도전동기를 통한 기술적인 잠재량에 대한 경제성 평가가 양호한 것이 주는 시사점은 크다고 하겠다. 향후 프리미엄 전동기를 통한 기술적 잠재량을 보다 정확하게 산정/보급하여 효과적인 자원으로 활용할 가치가 있음을 보여준다.

표 10의 결과는 프리미엄 전동기 보급을 위해 대당 90,000원을 산정하였으나, 캘리포니아 테스트의 B/C 결과는 이와 무관하다. 정부의 지원금 산정을 통한 보급활성화도 의미가 있겠지만, 실제 수용가의 에너지요금 절감 등의 직접적인 이익이 있음을 홍보하는 것도 바람직하겠다.

표 9. 고효율 3상 유도전동기의 캘리포니아테스트  
 Table 9. California Test of High-efficiency Induction Motor

구분	UC	P	RIM	TRC
AC[원/년]	86,277		86,277	86,277
UH[원]				
PH[원]		841,635		841,635
I[원]				
LR[원/년]		90,805	90,805	
총편익[원]	635,006	668,333	635,006	635,006
총비용[원]		841,635	668,333	841,635
순편익[원]	635,006	(173,302)	(33,326)	(206,629)
B/C	-	0.79	0.95	0.75

표 10. 고효율 프리미엄 전동기의 캘리포니아테스트  
 Table 10. California Test of High-efficiency Premium Induction Motor

구분	UC	P	RIM	TRC
AC[원/년]	129,416		129,416	129,416
UH[원]				
PH[원]		940,755		940,755
I[원]	90,000	90,000	90,000	
LR[원/년]		136,208	136,208	
총편익[원]	952,513	1,092,503	952,513	952,513
총비용[원]	90,000	940,755	1,092,503	940,755
순편익[원]	862,513	151,748	(139,990)	11,758
B/C	10.58	1.16	0.87	1.01

4. 결 론

산업용 전력 다소비 설비 중 유도전동기가 차지하는 비중이 상당히 큼을 알 수 있었다. 이에대한 효율향상은 국가 잠재량 확보측면에서도 큰 의미가 있었다.

우선 공장과 건물에 사용되는 대부분의 전동기는 3상

유도전동기이며 이에 대한 효율향상 개발 제품이 고효율 3상 유도전동기이다. 에너지관리공단에서는 평균 6[%], 9[%] 효율향상을 말하고 있다. 정부에서 고효율 3상 유도전동기, 프리미엄 전동기를 설치할 경우 인센티브를 지원하며 일정기간 보급하였다. 그러나 최초 설치시는 회수기간이 2.3년으로 효율대비 경제성이 나왔으나, 교체설치의 경우에는 회수기간 9.6년, 7.2년으로 경제성이 나오지 않는 단점이 있다.

잠재량 측면에서는 산업 업종별 구분에 대해 6[%], 9[%]의 고효율전동기와 프리미엄전동기를 보급을 가정한 시뮬레이션을 해보았다. 각 업종별 부하율, 사용시간, 평균보급율 등을 고려한 결과 488.3[MW]의 잠재량과 732.4[MW]의 잠재량을 산정할 수 있었다.

경제성 평가측면에서 고효율전동기는 노후 교체설치의 경우에는 B/C(편익/비용)가 양(+)으로 확인할 수 있었다. 이는 고효율 3상 유도전동기의 경우에 B/C(편익/비용)의 경우 음(-)으로 나오는 것을 볼 때 바람직한 결과였다. 그러나 프리미엄 전동기는 노후 교체설치의 경우에도 B/C(편익/비용)이 양(+)으로 나타났다.

이러한 결론은 산업체 전력다소비 설비인 유도전동기에 대한 효율향상 기술의 중요성을 시사해주고 있다. 진행중인 프리미엄 전동기 개발등의 효율향상 기술개발이 계속 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

## References

- (1) 산업부문의 고효율유도전동기 보급실태 조사 및 활성화 방안 연구, 에너지경제연구원, 2003.
- (2) 고효율 전동기의 최저효율제 시행방안 기초연구에 관한 최종보고서, 에너지관리공단, 2004.
- (3) 전동력 응용기기 보급, 이용실태조사, 에너지관리공단, 2008.
- (4) Constraining Energy Consumption of China's Largest Industrial Enterprises Through the Top-1000 Energy-Consuming Enterprise Program, LBNL.
- (5) 산업부문 에너지기술 저감잠재량 평가를 위한 타당성 분석, 산업자원부.
- (6) Nelson, S. K., B. F. Hobbs, "Screening Demand-Side Management Programs with a Value-Based Test", IEEE Trans, on PWRs, Vol. 7, No. 3, pp. 1031-1043, 1992.
- (7) 에너지관리공단, "DSM 프로그램별 M&V 및 경제성평가", 2000. 12.

## ◇ 저자소개 ◇



**김성철 (金聖哲)**

1970년 9월 30일생. 1994년 동국대 전기공학과 졸업. 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년 건국대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995~2008년 일진전기 조명사업부. 2009년~현재 (주)서브윈 기술전략실 R&BD팀 차장.



**박종진 (朴鍾鎭)**

1966년 4월 30일생. 1989년 한양대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1991년~현재 한국전기연구원 선임연구원.