

# 고효율 전동기 최저효율제 국내외 최신동향

전연도 · 구대현 <한국전기연구원 전동력연구센터>

## 1 서론

최근 국제원유는 배럴당 100달러 내외에서 횡보하고 있으나 중동 산유국들의 국내정치 불안 확대, 자연재해 등에 따른 일시적 요인 보다는 근본적으로 중국 등 신흥 경제개발 국가들의 석유 수요 급증으로 인한 세계 석유시장의 공급 부족으로 언제든지 유가가 폭등할 가능성을 내포하고 있다.

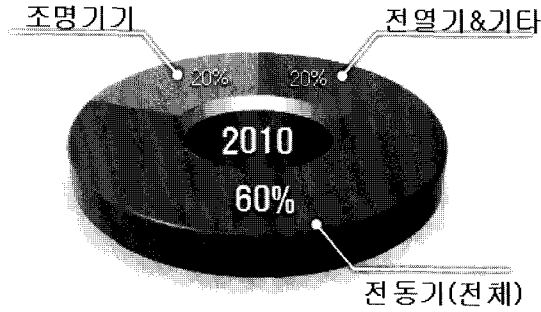
이러한 에너지 위기감의 고조와 함께, 화석에너지 자원의 한계에 대한 인식, 이산화탄소 과다 방출에 의한 지구 온난화 문제가 심각히 대두됨에 따라 미국, 일본을 비롯한 선진국에서는 기존의 에너지 공급 위주의 정책에서 이산화탄소 배출 저감을 위한 에너지 절약 및 이용효율 향상 등 에너지 정책의 패러다임을 에너지 수요관리 중심으로 급격히 전환시키고 있다.

2005년 2월16일 발효된 온실가스 배출저감을 위한 교토의정서에 따르면 일본을 비롯한 선진각국은 의무대상국으로서 2008년~2012년 사이에 온실가스 총배출량을 1990년 수준보다 평균 5.2(%) 감축하여야 한다. 석유 소비 규모가 세계 8위인 한국은 개발도상국으로 분류되어 현재 의무대상국에서 제외되었으나 2013년부터는 의무대상국에 포함될 것으로 예상되므로 국내의 경우 향후 에너지 자원의 효율적 사용에 대한 종합적이고 체계적인 준비가 절

실한 실정이다[1].

가전 및 산업용 분야에서 핵심 동력원으로 널리 사용되는 유도전동기는 개발된 지 100년 이상의 역사를 가지고 있으며 그동안 설계기술, 재료기술, 가공기술, 전력변환 기술 등 전동기 관련 요소 기술의 진보에 의해 전동기의 성능 향상, 소형, 경량화, 저소음, 저진동화, 가격 저감 등이 실현되어 오늘날에 이르고 있다. 고효율 유도전동기는 일반 유도전동기의 발생 손실을 저감시킨 것으로 적은 소비전력으로 에너지를 절약하고, 운전비용이 낮아서 단기간에 초기 설비투자 비용회수가 가능하고, 온도상승이 크지 않아 전동기 수명을 연장시킬 수 있다.

현재 전동기의 경우 전체 전력 소비량의 60(%) 이상을 차지하고 있으며, 유도전동기의 경우 전체 전동기 사용의 70(%) 이상을 차지하고 있고, 특히 전수명주기중 에너지가 차지하는 비중이 96(%) 이상으로 가장 큰 품목중 하나로서, 미국을 비롯한 선진 각국에서는 90년대 들어 에너지 절감을 위해 고효율 전동기의 생산 판매를 의무화 하는 최저효율제(Minimum Energy Performance Standards) 정책을 법률로 제정하여 시행해 오고 있으며, 미국, 캐나다의 경우 2011년부터는 기존의 고효율 등급에서 프리미엄급 고효율 등급으로 효율기준을 강화한 최저효율제를 시행하고 있다[2].



구분(2010년)	전력량	금액(86원/kWh)	비고
한전 판매 소비전력량	4,341억 kWh	37조 3901억원	100%
3상 유도기 소비량	1,823억 kWh	15조 7038억원	42%

그림 1. 삼성유도전동기 소비전력량(2010년 기준)

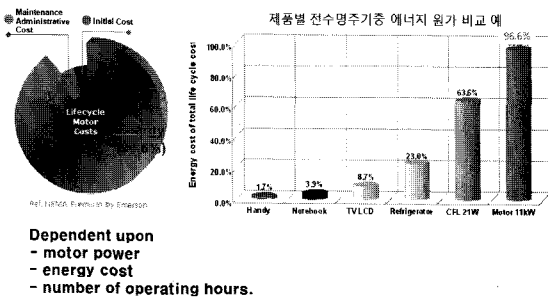


그림 2. 제품별 전수명주기중 에너지원가 비교  
(예 : 11(kW) 유도전동기 96.6%)

유럽연합(EU)에서도 전동기 효율 기준을 EFF1, 2, 3 세 종류로 나누어 고효율 전동기의 시장 점유율을 증가시키기로 자발적 협약을 체결하였으나, 고효율 전동기 보급률이 예상보다 저조하여, 최저효율제와 같은 강제 의무정책 시행을 2011년부터 시작하고 있으며, IEC 60034-30 규격(2008년 발간)을 새로 제정하여, 기존의 3단계(EFF1, EFF2, EFF3) 등급에서 프리미엄급 및 슈퍼프리미엄급 고효율 기준을 추가하여 4단계(IE4 : 슈퍼프리미엄급 고효율 전동기, IE3 : 프리미엄급 고효율 전동기, IE2 : 고효율 전동기, IE1 : 표준효율 전동기)로 나누고 대상 전동

기도 용량(0.75~200(kW)), 극수(2, 4, 6), 사용 전압(1,000(V) 이하) 등 미국에서 현재 시행되고 있는 최저효율제와 유사하게 시행하고 있다[3].

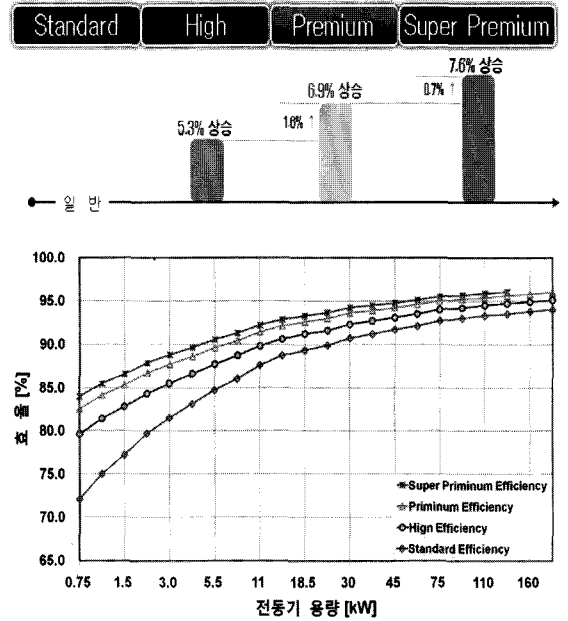


그림 3. 유도전동기 용량별 효율 범위 및 효율 등급 비교

국내의 경우 1992년 KS C 4202에 고효율 유도 전동기 효율 기준이 만들어진 이후 전동기를 포함하여 각종 에너지 소비기기에 대한 고효율 에너지 기재 인증 및 장려금 지원 등 자발적 보급정책을 시행해 왔으나, 고효율 전동기의 경우 가격이 비싸고 사용자의 인식 부족 등으로 시장 보급률이 큰 성과를 얻지 못하다가 선진국의 경우와 마찬가지로 최저효율제를 2008년부터 200(kW) 이하 2, 4, 6극 전동기에 대해 시행해 오고 있으며, 2010년부터는 8극에 대해서도 확대 적용하여 고효율 전동기의 시장 보급이 신속히 이루어지고 있다. 또한 고효율 기준을 한 단계 더 강화한 프리미엄급 고효율 전동기 기준안을 마련하여

## 특징: 고속 및 고효율 회전기 기술

프리미엄급 고효율 전동기 보급 확대를 위한 정책을 준비중에 있다[6].

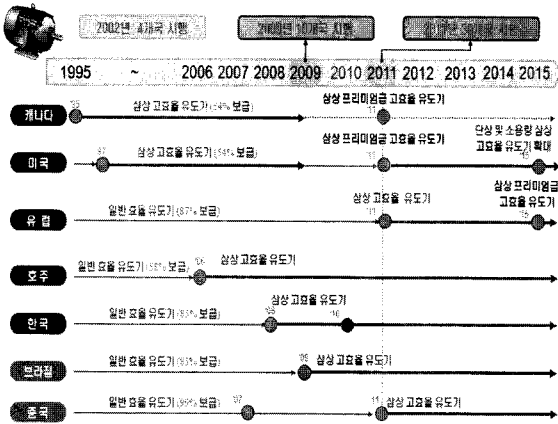


그림 4. 최저효율제(MEPS : Minimum Energy Performance Standard) 시행 동향 비교

온실가스의 대부분은 에너지 소비과정에서 발생되므로 기후협약의 효과적 대처방안으로서 전동기의 효율 향상은 최근 주요 이슈로 부각되고 있고, 향후 지구온난화 방지 및 온실가스 저감 등으로 각종 에너지 절약 정책은 현재보다 더욱 강화될 것으로 예상되고 이와 더불어, 고효율 유도전동기 등 에너지 절약 기기의 수요는 크게 신장될 것으로 보인다. 본 논문에서는 이러한 배경을 바탕으로 고효율 유도전동기의 최저소비효율 기준 국내외 최신 동향을 소개한다.

## 2. 전동기 손실과 고효율화 기술

고효율 유도전동기는 일반 표준 유도전동기 보다 효율을 1~6(%) 높게 설계하고 있으며, 손실이 작기 때문에 운전시 낮은 온도상승으로 권선 절연의 수명이 길어지고, 풍손 저감을 위한 외부팬 형상 및 구조 변경으로 소음이 작다는 장점을 가지고 있다. 일반적으로 축방향 길이는 표준 전동기 보다 길어지고 전동기 중량도 증가한다. 가격은 표준 전동기 대비 약

30(%) 정도 높지만 절전 효과로 초기 상승 비용을 단기간에 회수할 수 있다.

유도전동기의 고효율화는 유도전동기 자체의 고효율화와 가변속 구동을 할 경우 시스템으로서의 고효율화로 나누어 볼 수 있으며 본 논문에서는 산업용으로 가장 많이 사용되고 있는 저압 삼상 농형 유도전동기에 대해서 상용전원 구동시에 한정하여 발생하는 손실의 저감에 대한 기술을 설명한다.

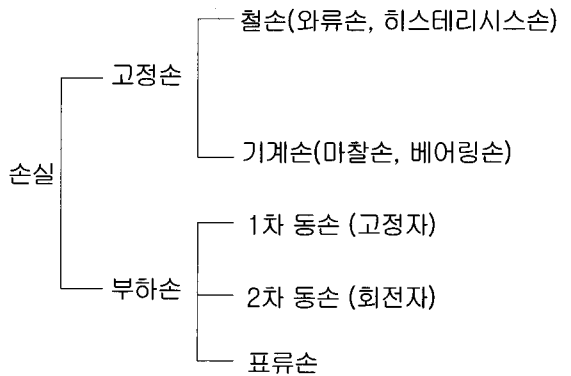
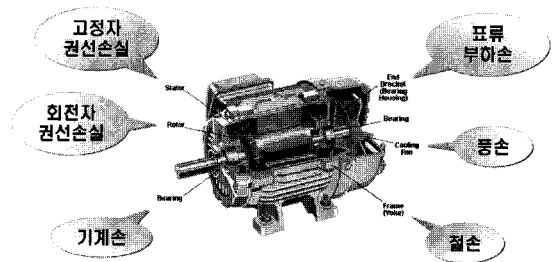
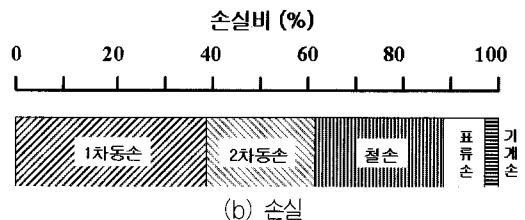


그림 5. 전동기 손실 분류



(a) 구조



(b) 손실

그림 6. 유도기의 구조와 손실(3.7(kW) 4P 200(V) 범용 일반 유도기 예)

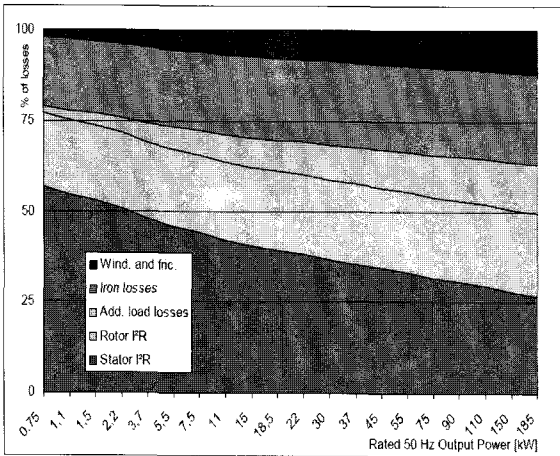


그림 7. 전동기 출력에 따른 전손실에 대한 각 손실 비 (4극)

유도전동기의 발생 손실은 그림 5와 같이 크게 고정손과 부하손으로 나눌 수 있고, 고정손은 각각, 철손, 기계손으로, 부하손은 1차, 2차 동손, 표류손으로 나눌 수 있다. 그림 6 및 그림 7은 유도전동기의 구조 및 출력에 따른 전동기의 손실 비율을 나타낸 예이다. 출력이 증가할수록 1차 동손(고정자 동손)의 비율은 감소하는 반면 표류손과 기계손의 비율이 증가하는 것을 볼 수 있다[4].

동손은 도체에 전류가 흐름으로써 발생하는 줄열이며 동손을 저감시키기 위해서는 도체 저항의 저감이 최대 포인트가 된다. 철손은 적층된 전기강판에 외부에서 회전자계가 인가되어 발생하는 손실로서 와전류 손실과 히스테리시스 손실로 이루어져 있다. 철손을 줄이기 위해서는 철손이 작은 전기강판을 사용하거나 가공후의 강판을 열처리하는 방법이 있다. 표류손은 전동기 총입력 에너지에서 출력 및 1차 2차 동손, 철손, 기계손을 뺀 나머지 손실로서 부하시의 고조파 동손, 고조파 자속에 의한 철손 등이 복합적으로 작용하여 아직 명확히 규명되고 있지는 않다. 기계손은 전동기 운전 중의 베어링 마찰손, 냉각 팬의 풍손 등에 의해 발생하는 손실로서 전동기 냉

각팬 지름을 작게 하거나 적정 베어링 선정 및 윤활유 사용 등으로 손실을 저감할 수 있다. 따라서 고효율 유도전동기는 손실을 저감하는 설계 및 해석기술을 바탕으로 이루어 질 수 있으며 새로운 재료 및 최적설계가 뒷받침 되어야 보다 좋은 고효율 전동기를 만들 수 있다.

### 3. 고효율전동기 최저효율계 동향

#### 3.1 국 내

1992년 12월 한국공업규격(KSC 4202 : 50마력 이하 3상 유도전동기)으로 고효율 기준을 제정하였으며, 정부에서는 1997년 8월 최대용량범위(270마력이하)를 확대하고 효율기준 및 시험방법(KSC 4201 : 원선도법에서 실무하법으로 변경)을 개정하였고, 또한 2009년 12월에는 프리미엄급 고효율 기준을 추가하여 현재에 이르고 있다. 고효율 및 프리미엄 기준은 미국의 NEMA 기준을 검토하여 국내 여건을 반영, 작성된 수치이며, NEMA는 여러 전동기를 시험하여 평균치를 구한 공칭효율(Nominal Efficiency)를 사용하고 있으나 한국의 경우 최저효율 규정이므로 시험대상 유도기 샘플이 모두 정해진 효율 기준 이상을 만족해야만 한다는 점이 차이점이다.

또한 2003년부터 효율이 개선된 고효율 유도전동기의 보급 확대 및 초기 가격부담을 완화하기 위해서 제품가격에 대해 적정 규모로 장려금을 지원하는 리베이트 제도를 시행해 왔으나, 실제 전동기 시장은 고효율 제품의 점유율이 15(%) 미만으로 근본적인 시장변화를 가져오지 못하여, 2008년 7월부터 선진국과 마찬가지로 고효율 유도전동기의 생산, 판매를 의무화 하는 최저효율제를 시행해 오고 있다. 2011년부터는 8극으로 적용대상을 확대하고 있고, 2012년에는 미국 NEMA 프리미엄 기준을

표 1. 국내 최저효율제 전동기 효율 기준(IE2)

정격 출력	보호형				전폐형			
	2극	4극	6극	8극	2극	4극	6극	8극
0.75(kW)	75.5	82.5	80.0	74.0	75.5	82.5	80.0	74.0
1.5(kW)	84.0	84.0	85.5	85.5	84.0	84.0	86.5	82.5
2.2(kW)	84.0	86.5	86.5	86.5	85.5	87.5	87.5	84.0
3.7(kW)	85.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	85.5
5.5(kW)	87.5	88.5	88.5	88.5	88.5	89.5	89.5	85.5
7.5(kW)	88.5	89.5	90.2	89.5	89.5	89.5	89.5	88.5
11(kW)	89.5	91.0	90.2	89.5	90.2	91.0	90.2	88.5
15(kW)	90.2	91.0	91.0	90.2	90.2	91.0	90.2	89.5
18.5(kW)	91.0	91.7	91.7	90.2	91.0	92.4	91.7	89.5
22(kW)	91.0	92.4	92.4	91.0	91.0	92.4	91.7	91.0
30(kW)	91.7	93.0	93.0	91.0	91.7	93.0	93.0	91.0
37(kW)	92.4	93.0	93.0	91.7	92.4	93.0	93.0	91.7
45(kW)	93.0	93.6	93.6	92.4	93.0	93.6	93.6	91.7
55(kW)	93.0	94.1	93.6	93.6	93.0	94.1	93.6	93.0
75(kW)	93.0	94.1	94.1	93.6	93.6	94.5	94.1	93.0
90(kW)	93.6	94.5	94.1	93.6	94.5	94.5	94.1	93.6
110(kW)	93.6	95.0	94.5	93.6	94.5	95.0	95.0	93.6
132(kW)	93.6	95.0	94.5	94.1	94.5	95.0	95.0	94.1
160(kW)	94.5	95.0	94.5	94.1	95.0	95.0	95.0	94.1
200(kW)	94.5	95.0	94.5	94.1	95.0	95.0	95.0	94.1

표 2. 국내 프리미엄급 고효율 기준(IE3)

정격 출력	보호형				전폐형			
	2극	4극	6극	8극	2극	4극	6극	8극
0.75(kW)	77.0	85.5	82.5	-	77.0	85.5	82.5	75.5
1.5(kW)	85.5	86.5	87.5	-	85.5	86.5	88.5	84.0
2.2(kW)	85.5	89.5	88.5	-	86.5	89.5	89.5	85.5
3.7(kW)	86.5	89.5	89.5	-	88.5	89.5	89.5	86.5
5.5(kW)	88.5	91.0	90.2	-	89.5	91.7	91.0	86.5
7.5(kW)	89.5	91.7	91.7	-	90.2	91.7	91.0	89.5
11(kW)	90.2	93.0	91.7	-	91.0	92.4	91.7	89.5
15(kW)	91.0	93.0	92.4	-	91.0	93.0	91.7	90.2
18.5(kW)	91.7	93.6	93.0	-	91.7	93.6	93.0	90.2
22(kW)	91.7	94.1	93.6	-	91.7	93.6	93.0	91.7
30(kW)	92.4	94.1	94.1	-	92.4	94.1	94.1	91.7
37(kW)	93.0	94.5	94.1	-	93.0	94.5	94.1	92.4
45(kW)	93.6	95.0	94.5	-	93.6	95.0	94.5	92.4
55(kW)	93.6	95.0	94.5	-	93.6	95.4	94.5	93.6
75(kW)	93.6	95.4	95.0	-	94.1	95.4	95.0	93.6
90(kW)	94.1	95.4	95.0	-	95.0	95.4	95.0	94.1
110(kW)	94.1	95.8	95.4	-	95.0	95.8	95.8	94.1
132(kW)	94.5	95.8	95.4	-	95.4	95.8	95.8	94.5
160(kW)	95.0	95.8	95.4	-	95.4	96.2	95.8	94.5
200(kW)	95.0	95.8	95.4	-	95.8	96.2	95.8	94.5

참조하여 프리미엄급 고효율 기준이 신설, 제정될 예정이다[7-8].

### 3.2 국 외

#### 3.2.1 미국의 최저효율제

1980년대 들어 환경보호에 대한 관심이 고조되어 발전소의 신규 건설이 점점 어려워지고, 전력 수요 증가에 대한 효과적인 대처 방안이 과제가 되었다. 이때 캐나다에서는 수력발전에 여유가 있어, 미국의 전력회사는 캐나다로부터 수력발전의 잉여 전력을 구입하고, 미국 전력회사 간에 나누어 사용

하였으나 1980년대 후반 들어 캐나다 역시 환경보호 관점에서 발전소의 건설이 어렵게 되어 더 이상 잉여 전력을 사용할 수 없게 되었다. 이에 대한 대책으로써 총발전량은 정해져 있고, 전력수요의 증가에 대응하기 위해서 전력소비의 주요 부분인 전동기의 효율을 향상시켜 에너지를 절약하는 방법을 강구하였다. 이러한 배경으로 출현한 것이 리베이트 프로그램으로 1988년부터 미국 전력회사를 중심으로 북부지방에 도입이 시작되어 남부지방으로 확산되었다.

리베이트 제도를 간단히 설명하면 전력회사가 전동기 제조회사의 제품 효율값을 조사하고 고효율을 판

단하는 기준을 설정하여 표준효율 모터와 고효율모터의 가격차액을 현금으로 소비자에게 보충하는 제도이다. 전력회사에서는 효과를 높이기 위해서 효율 기준을 높여서 설정하여 전동기 제조회사들은 이러한 기준을 만족하는 고효율 전동기를 개발하기 위해 효율 경쟁이 본격화 되었다.

리베이트 프로그램이 확대되면서 전동기의 효율을 법률로써 규제하자는 의견이 제안되었고 DOE의 주도로 Energy Policy Act(EPAct)라는 법안이 1992년 10월 24일 제정되었다. 이 법률은 2, 4, 6극 1~200마력 용량의 3상 유도전동기에 대해서 효율을 규제하는 것으로 유효기간을 5년으로 하여 1997년 10월 24일 발효되었고 이전에 시행되어 왔던 리베이트에 의한 고효율 모터의 보급 촉진은 폐지되었다.

EPAct는 1997년 10월 이후 미국 내에서 제작되거나 수입되는 1~200마력 범위의 3상 유도전동기(2, 4, 6극 대상, 사용전압 : 230(V), 460(V), 주파수 : 60(Hz))에 대해 고효율 기준을 만족하지 않는 경우 위반 건수당 110달러의 벌금을 내도록 하는 내용이다. EPAct의 목표는 미국 내에서 사용을 위해 제작되거나 수입되는 유도전동기의 75(%) 이상이 고효율 기준을 만족하도록 하는 것이다. 적용 대상 유도전동기의 기준 효율은 전동기 100(%) 부하시의 공칭효율값(Nominal Full-Load Efficiency)으로 규정되어 있으며 효율은 동력계 시험(Dynamometer Test)으로 된 IEEE 112 Method B에 의해 산정하게 되어 있다. 또한 2007년에 개정된 EPAct 법안이 미국 상원을 통과하여 2011년에는 기존의 고효율 기준보다 효율기준이 강화되고 적용 전동기 용량 및 극수가 확대된 프리미엄급 고효율 전동기 최저효율제(1~500마력 범위의 3상 유도전동기, 2, 4, 6, 8극 대상, 사용전압 : 600(V) 이하, 주파수 : 60(Hz))가 시행되고 있다.

### 3.2.2 캐나다의 최저효율제

브리티시 콜럼비아 주에서 고효율전동기 보급을 위해서 실시한 'British Columbia Hydro Project'는 현재까지 고효율전동기 시장전환에 성공한 가장 모범적인 사례로 손꼽힌다. 이는 최저효율제 도입 이전에 일반전동기와 고효율전동의 가격차이 보다 더 많은 액수를 지원하는 등 시장전환의 촉매역할을 했다. 또 고객 방문이나 분석도구를 이용한 실험으로 사용자들의 이해를 도왔다. 정부는 고객뿐 아니라 전동기 판매상에게도 20(%)의 인센티브를 제공, 판매상들의 적극적인 참여를 유도하기도 했다. 1993년까지 전동기 세트업체에 판매된 전동기의 60(%) 이상이 고효율이었을 정도로 고효율 전동기의 보급은 성공적이었다. 이후 1995년에 최저효율 기준이 도입되었고 리베이트 제도는 중지되었다. 1992년에 에너지효율 조례(Energy Efficiency Act : EEAct)와 1995년 에너지효율규격(Energy Efficiency Regulations : EER)이 NRCAN(Natural Resources Canada)에서 제정되어 1995년 2월 3일 이후 캐나다에 수입되는 표준전동기에 적용되었고, 1999년 11월 27일 이후에는 수입되는 기어드 모터와 방폭형 모터에도 적용을 추가하였다. 제정된 효율 기준을 만족하지 못하는 전동기와 기어드 모터에 대해서는 수입금지 처분이 내려진다. 적용대상 용량은 1~200마력, 사용전압은 600(V)이하, 50/60(Hz)의 3상 유도전동기(2, 4, 6극)이다. 미국과 마찬가지로 2011년부터는 기존 고효율 기준을 한 단계 강화한 프리미엄급 고효율 전동기의 최저효율제를 시행하고 있다.

### 3.2.3 EU의 최저효율제

EU와 유럽 전기기기협회(CEMEP : European Committee of Manufacture of Electrical Machines and Power Electronics)는 최저효

율제와 같은 규제정책을 사용하지 않고 고효율 전동기의 시장점유율을 증가시키기로 자발적 협약 (Voluntary Agreement)을 체결하였으며, 주요 내용은 전동기의 효율 기준을 3단계(Eff1 : high efficiency motors, Eff2 : improved efficiency motors, Eff3 : standard motors)로 나누고, 정격용량 90(kW)까지의 전동기를 대상으로 4국은 2001년까지, 2국은 2002년까지 Eff3 전동기의 시장점유율을 30(%) 감축시키고, 2003년까지 2국, 4국 모두 50(%) 감축시키는 것이었다. 그러나 예상처럼 고효율 전동기의 실제 시장점유율은 확대되지 않아서 미국과 같은 고효율 전동기의 사용을 의무화 하는 최저효율제 시행을 2011년부터 시행하고 있으며, 2015년부터는 프리미엄급 고효율 전동기 최저 효율제 시행을 예정하고 있다. 전동기의 효율 기준을 새롭게 개정하여 기존의 Eff 1, 2, 3에서 IE 4, 3, 2, 1의 4단계(NEMA 슈퍼프리미엄급, 프리미엄급, 고효율, 표준효율)로 나누고(IEC 60034-30) 대상 전동기도 용량(0.75~200(kW)), 극수(2, 4, 6), 사용 전압(1,000(V) 이하) 등 미국에서 시행중인 EAct 보다 대폭 확대하였다.

### 3.2.4 일본의 최저효율제

1997년 에너지절약법(에너지의 효율적 사용 및 낭비를 배제하는 종합적 법률)이 제정되었으며, 1999년 “계획적인 에너지절약 투자촉진”과 “대상 공장 및 사업소의 확대” 개정이 이루어졌고, 공장사업자에 대한 에너지 합리화 판단 기준으로서 고효율 전동기 채용을 적극 검토하고 있다. 또한 탐런너 제도를 시행하여 기존 에어컨, 냉장고, 자동차 등 주요 에너지 다소비 품목 18개 이외에 새로이 고효율 전동기를 2011년 새로 추가 지정하여 최저효율제와 유사하게 전동기의 효율기준을 강화하고, 관련 제품의 보급 확대를 독려하고 있다.

### 3.2.5 호주의 최저효율제

북미와 같이 2001년 10월부터 낮은 단계의 최저효율제(2001MEPS)를 시행중이다. 동시에 2001 MEPS 보다 높은 기준의 전동기에 Conditional MEPS를 적용하고 있으며, 2006년 4월부터 Conditional MEPS의 기준과 동일하게 2006 MEPS를 시행해 오고 있다. 호주는 대부분의 전동기를 국외에서 수입하고 있고 교역 대상이 유럽이므로 유럽의 효율기준과 시험 방법을 따르고 있다.

### 3.2.6 기타 국가

중국, 브라질 등에서도 각국의 사정에 의해 나름대로의 자국의 효율 기준을 독자적으로 제정하여 최저 효율제를 시행해 오고 있다. 특히 중국의 경우 기존 IE2급에서 IE3급의 고효율 기준으로 강화하여 2011년부터 개정된 최저효율제를 시행중이다.

표 3. 유도전동기 국가별 효율규격 시행 현황

효율 등급	시험방법에 따른 효율 기준		최저효율제
	IEC 60034-30	IEC 60034-2-1 시험 정밀도	의무
슈퍼 프리미엄급	IE4	-	-
프리미엄급	IE3	Low Uncertainty	미국(2011)
			캐나다(2011) EU 2015(7.5(kW)), 2017
고효율	IE2 (Eff1)		미국, 캐나다 멕시코, 호주, 뉴질랜드 한국(2008) 브라질(2009) 중국(2011), 스위스(2011) EU(2011)
일반효율	IE1 (Eff2)	Medium Uncertainty	중국, 브라질, 코스타리카, 이스라엘 대만, 스위스

표 4. 최저소비효율제 해외동향(미국)

국명		미국		
법률명		EPAct(Energy Policy Act) 에너지정책법	EISA(Energy Independence and Security Act) 에너지독립안전보장법	
규제개시시기		1997년~	2010년 12월 19일~	
적용범위		모터 단품 및 설비, 기계에 조합된 모터	모터 단품 및 설비, 기계에 조합된 모터	
효율레벨		EPAct(IE2상당)	NEMA Premium(IE3 상당)	EPAct(IE2 상당)
규격		NEMA MG1-12-11	NEMA MG1-12-12	NEMA MG1-12-11
대상모터	외피구조	전폐형, 개방형	좌동	전폐형, 개방형
	출력	1~200 Hp(0.75~150(kW))	좌동	1~500 Hp(0.75~375(kW))
	극수	2,4,6	좌동	2, 4, 6, 8
	전압	230(V) ,460(V), 230/460(V)	좌동	600(V) 이하
	주파수	60(Hz)	좌동	60(Hz)
	장격	연속	좌동	연속
	부하율	100(%)	좌동	100(%)
	속도	단일속도	좌동	단일속도
	프레임	T 프레임, IEC 프레임 상당	좌동	T 프레임, U 프레임, IEC 상당 프레임
	취부방법	각 취부타입, 각취부 플렌지타입	좌동	각 취부타입, 각 없는 타입
	특성	Design A(IEC: Design N)	좌동	Design A,B,C(IEC: Design N, H)
기타	카테고리 I,II (별표1참조)	좌동 (현재 EPAct 효율 규제대상 기종은 NEMA Premium 효율까지 인상)	카테고리 I, II 소화펌프모터 Close-Coupled 펌프모터 단취부(노말스러스트) (기본, 현재 효율규제대상외의 기종을 EPAct 효율레벨로 규제)	
규제대상외	카테고리 III,IV,V (별표1참조)	좌동	단형 Hollow shaft 모터 인버터용모터 Hermetic(벨트인) 수중모터 극수변환모터 일체형기어모터 일체형브레이크모터 목공용품(Saw Arbor) 전폐지방형 (TENV) 전폐타방형 (TEAO) 캡슐절연 (Winding Encapsulation) Design D(High Slip)	
인증제도	취득의무	유		
	표시의무	유(CC번호와 효율치 표시)		
벌칙		유		



표 5. 최저소비효율제 해외동향(캐나다)

국명		캐나다		
법률명		EEAct(Energy Efficiency Act)) 에너지정책법	EISA(Energy Independence and Security Act) 에너지독립안전보장법	
규제개시시기		1995년~	2011년 1월 1일~	
적용범위		모터 단품 및 설비, 기계에 조합된 모터	모터 단품 및 설비, 기계에 조합된 모터	
효율레벨		Energy Efficient (IE2 상당)	Premium (IE3 상당)	Energy Efficient (IE2 상당)
규격		CSA C390	NEMA MG1-12-12	NEMA MG1-12-11
대상모터	외피구조	전폐형, 개방형	좌동	전폐형, 개방형
	출력	1~200 Hp(0.75~150(kW))	좌동	1~500 Hp(0.75~375(kW))
	극수	2,4,6	좌동	2,4,6,8
	전압	600(V) 이하	좌동	600(V) 이하
	주파수	50/60(Hz), 60(Hz)	좌동	50/60(Hz), 60(Hz)
	정격	연속	좌동	연속
	부하율	100(%)	좌동	100(%)
	속도	단일속도	좌동	단일속도
	프레임	T프레임, IEC 상당 프레임	좌동	T 프레임, U 프레임, IEC 상당 프레임
	취부방법	각 취부타입, 각 없는 타입	좌동	각 취부타입, 각 없는 타입
	특성	Design A(IEC: Design N)	좌동	Design A,B,C(IEC: Design N, H)
	기타	카테고리 I,II (별표1참조)  방폭형모터 기어드모터	좌동  (현재 Energy Efficient 효율 규제대상 기준은 Premium 효율까지 인상)	카테고리 I,II (별표1참조) 소화험프모터 Close-Coupled 펌프모터 단취부(노말스러스트) (기본, 현재 효율규제대상외의 기준을 Energy Efficient 효율레벨로 규제)
규제대상외		카테고리 III,IV,V	카테고리 III,IV,V	-
인증제도	취득의무	유		
	표시의무	유 (에너지검정마크 표시)		
벌칙		유		

표 6. 최저소비효율제 해외동향(유럽)

국명		EU		
법률명		COMMISSION REGULATION(EC)No.640/2009 (구주) 위원회규칙	EISA(Energy Independence and Security Act) 에너지독립안전보장법	
규제개시시기		2011년 6월 16일~	2015년 1월 1일~	
적용범위		모터 단품 및 설비, 기계에 조합된 모터	모터 단품 및 설비, 기계에 조합된 모터	
효율레벨		IE2	IE3 또는 가변속드라이브	Energy Efficient (IE2 상당)
규격		IEC60034-30(2008)	NEMA MG1-12-12	NEMA MG1-12-11
대상모터	외피구조	전부대상	좌동	전폐형, 개방형
	출력	0.75~375(kW)	7.5~375(kW)	0.75~375(kW)
	극수	2,4,6	좌동	2,4,6,8
	전압	1000(V) 이하	좌동	600(V) 이하
	주파수	50(Hz), 50/60(Hz)	좌동	50/60(Hz), 60(Hz)
	정격	S1(연속) 또는 S3(반복부하) 또는 부하율 80(%) 이상	좌동	연속
	부하율	100(%)	좌동	100(%)
	속도	단일속도	좌동	단일속도
	프레임	지정없음	좌동	T 프레임, U 프레임, IEC 상당 프레임
	취부방법	지정없음	좌동	각 취부타입, 각 없는 타입
	특성	지정없음	좌동	Design A,B,C(IEC: Design N, H)
	기타	-	좌동  (현재 Energy Efficient 효율 규제대상 기종은 Premium 효율까지 인상)	카테고리 I,II (별표1참조) 소화펌프모터 Close-Coupled 펌프모터 단취부(노말스리스트) (기본, 현재 효율규제대상외의 기종을 Energy Efficient 효율레벨로 규제)
규제대상의		수중모터 빌트인모터(모터단독으로 시험이 되지 않는 것) 브레이크 모터 특수환경용모터(해발 1000m 를 넘는 표고, 주위온도가 40도를 넘는 환경, 운전온도 400도를 넘는 환경, 주위온도 -15도 미만환경, 공냉모터의 경우, 0도 미만의 환경, 폭발성 분위기중의 환경)	카테고리 III,IV,V	-
인증제도	취득의무	-		
	표시의무	유		
벌칙		-		

표 7. 최저소비효율제 해외동향(중국, 브라질)

구분	중국	브라질	
법률명	에너지소비효율등급표시제도	대통령령	
규제개시시기	2007년 7월 1일~ 2011년 7월 1일~	2009년 12월 8일~	
적용범위	모터 단품 및 설비, 기계에 포함된 모터	모터 단품 및 설비, 기계에 포함된 모터	
효율레벨	GB3급(IE1 상당)   GB2급(IE2 상당)	EPAcl 와 동등(IEC 상당)	
규격	GB18613-2006	NBR17098-1-2008	
대상모터	외피구조	전폐외선형	지정없음
	출력	0.55~315(kW)(2극은 0.75(kW) 이상, 6극은 250(kW) 이하)	1~250HP(0.75~185(kW))
	극수	2, 4, 6	2, 4, 6, 8
	전압	690(V) 이하	600(V) 이하
	주파수	50(Hz)	60(Hz)
	정격	연속	연속
	부하율	75(%)급 100(%)양쪽	100(%)
	속도	단일속도	단일속도
	프레임	지정없음	지정없음
	취부방법	지정없음	지정없음
	특성	Design N	
	기타	일반용도, 방폭형모터	인버터구동
규제대상외	-	-	
인증제도	취득의무	유	유
	표시의무	유(지정리벨표시)	유(지정리벨표시)
벌칙	유	유	

표 8. 최저소비효율제 해외동향(호주, 뉴질랜드)

구분	호주	뉴질랜드
법률명	Equipment Energy Efficiency (E3) Program	
규제개시시기	2006년 4월1일~	2008년 6월 16일~
적용범위	모터 단품 및 설비, 기계에 포함된 모터	모터 단품 및 설비, 기계에 포함된 모터
효율레벨	LEVEL 1A, 또는 LEVEL 1B (주3)	
규격	AS/NZS1359.5:2004	
대상모터	외피구조	지정없음
	출력	0.73~185(kW)미만
	극수	2, 4, 6, 8
	전압	600(V)이하
	주파수	50(Hz)
	정격	연속
	부하율	75(%) 또는 100(%) 중 어느 것
	속도	단일속도
	프레임	지정없음
	취부방법	지정없음
	특성	지정없음
	기타	
규제대상의	수중모터	
	일체형기어모터	
	브레이크모터	
	다단속 단시간정격(S2) Rewound(권선 수리품)	
인증제도	취득의무	유
	표시의무	유
벌칙	유	

#### 4. 결 론

이상으로 고효율 전동기 최저효율제에 관한 국내의 동향을 살펴본 바와 같이 소비전력의 절반 이상을 차지하는 전동기의 에너지 절약을 위한 고효율화는 국가적으로 더 이상 늦출 수 없는 중요한 과제이며, 고효율 전동기의 사용을 의무화 하는 최저효율제는 전 세계적 추세이다.

특히 미국 캐나다는 최저효율제 효율 기준을 프리미엄급으로 강화하여 시행하고 있으며, EU에서도 2015년 프리미엄급 효율의 최저효율제를 시행할 예

정으로 있다. 국내에서도 중장기적으로 소비에너지 절약을 위한 정책을 체계적이고 지속적으로 준비해야 할 것이며, 시기적절하게 효율 등급을 단계적으로 강화하여 프리미엄급 고효율 기준을 도입하여야 할 것이다. 또한 제도 시행과 아울러 국내 전동기 생산업체에서 고부가가치의 고효율 전동기에 대한 기술 경쟁력을 확보할 수 있도록 연구개발 인프라 구축을 지원해 나가야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 고효율 전동기의 최저효율제 시행방안 기초연구에 관한 최종보고서, 에너지관리공단, 2004.
- [2] 산업부문의 고효율유도전동기 보급실태 조사 및 활성화 방안 연구, 에너지경제연구원, 2003.
- [3] IEC 60034-30, "Efficiency Classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)", 2008.
- [4] 일본전기학회 기술보고 967호, 유도기와 동기기의 손실평가 기술, 2004.
- [5] N. K. Ghai, "IEC and NEMA Standards for Large Squirrel Cage Induction Motors-A Comparison," IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 14, No. 3, pp. 545-552, 1999.
- [6] KS 일반용 저압 3상 유도전동기 (KSC 4202) 2009.
- [7] 효율관리기자재의 운영에 관한 규정 (산업자원부 고시 제 2011-241호).
- [8] "NEMA Standards Publication ANSI/NEMA MG 1-2003, Revision 1-2004", National Electrical Manufacturers Association.

## ◇ 저 자 소 개 ◇



**전연도(全衍度)**

1996년 한양대 전기공학과 졸업.  
1998년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2001~2003년 일본학술진흥원 외국인특별연구원. 2004년~현재 한국전기연구원 전동력연구센터 선임연구원.

Tel : (055)280-1427

E-mail : ydchun@keri.re.kr



**구대현(具大鉉)**

1963년 9월 21일생. 1989년 한양대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동아대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1991년~현재 한국전기연구원 전동력연구센터 센터(책임연구원). 관심분야는 고효율 전동기 설계, 선형 유도전동기 설계 등.

Tel : (055)280-1403,

E-mail: dhk371@keri.re.kr