특집 : 최근의 전동기 기술

고효율 유도전동기 최저효율제 기술동향

전 연 도, 구 대 현, 한 필 완
(한국전기연구원 메카트로닉스연구그룹)

1. 서 론

유도전동기는 개발된 지 100년 이상의 역사를 가지고 있으며 그동안 특성 향상, 소형, 경량화, 저소음, 저진동화, 가격 저감 등이 실현되어 가정용에서 산업용까지 다양한 용도의 구동용으로 가장 널리 사용되고 있다. 지난 수십 년간의 유도전동기 기술을 살펴보면 1930년대 NEMA 445 프레임의 50 마력 출력 전동기가 지금은 200마력의 출력을 내고 있으며, 이러한 유도전동기의 기술 발전은 설계기술, 재료기술, 가공기술, 전력변환 기술 등 전동기 관련 요소기술의 진보에 기인하고 있다.

한편 최근 배럴당 60달러가 넘는 초고유가 시대로 접어들면서 화석에너지 자원의 한계에 대한 인식, 이산화탄소 과다 방출에 의한 지구 온난화 문제가 심각히 대두됨에 따라 선진국에서는 에너지 공급 위주의 정책에서 에너지 수요관리의 정책으로 변경하고 있으며, 특히 2005년 2월 16일 온실가스 배출 저감을 위한 교토의정서가 발효됨으로써 에너지 소비규모가 세계 10위인 국내의 경우 향후 에너지 자원의 효율적 사용에 대한 종합적이고 체계적인 정책 준비가 절실한 실정이다.

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.

그림 1과 그림 2는 2002년 기준 국내의 전력산업 에너지 소비 및 전동기 부하 흐름도를 나타낸 것이다[1]. 가정, 공공건물, 상업용 건물, 공장 등에서 전기에너지의 약 54[%] 정도가 전동기에서 소비되므로, 전동기를 고효율화 하면 그에 따른 전력소비의 삭감에 미치는 파급 효과는 다른 어떤 품목보다도 클 것임을 알 수 있다.

미국, 캐나다에서는 90년대 초부터 고효율 유도전동기에 대한 규격 및 법률을 제정하여 최저효율제를 시행해 오고 있으며 최근 미국에서는 효율이 더욱 향상된 프리미엄급 기준을 마련하여 리베이트 제도를 실시하고 있다. 호주는 2006년 최저효율제를 시행할 예정이고, 유럽은 자발적 협약에 의해 고효율 기준을 마련하여 전동기 보급 확대를 권장하고 있고, 이외에도 브라질, 태국, 대만, 중국을 비롯한 이웃 일본 또한 고효율 기준을 제정하고 권장하고 있는 실정이다.

국내에서도 고효율 에너지 기자재 인증 및 장려금 지원 등 자발적 고효율 유도전동기 보급정책을 시행해 오고 있으나 가시적인 성과를 얻지 못하고 있는 실정으로 현재 고효율 유도전동기의 시장점유율은 10% 미만으로 추산되고 있다. 따라서 고효율 유도전동기의 보급을 활성화하기 위한 대책으로서 국내에서도 선진국의 경우와 마찬가지로 고효율 유도전동기의 생산, 판매를 의무화 하는 최저효율제(Minimum Energy Performance Standards)를 2008년부터 본격적으로 시행할 예정이다.

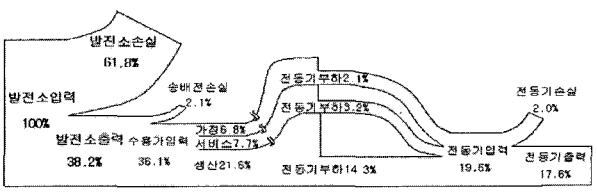


그림 1 국내 전력 산업의 에너지 소비

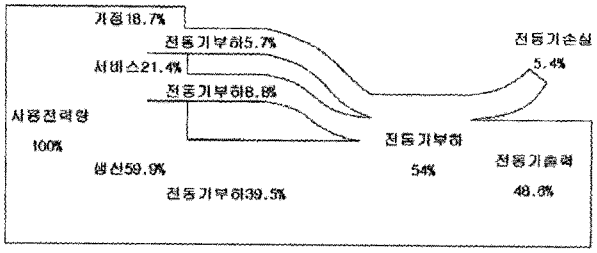


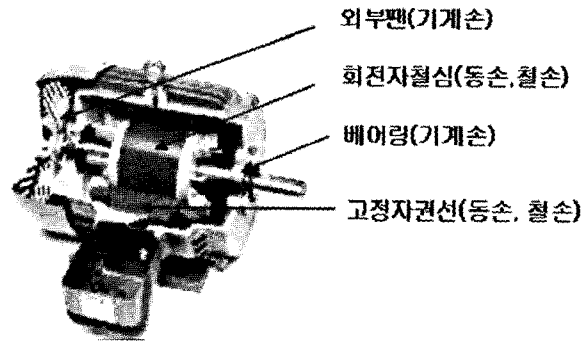
그림 2 사용 전력량에 대한 전동기 부하

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 특징 및 시험 방법, 국내외 고효율 유도전동기의 보급 확대 정책에 대한 동향을 소개한다.

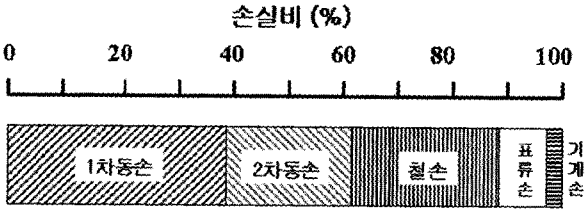
2. 유도전동기의 고효율화 기술

유도전동기의 효율을 향상시키기 위해서는 무엇보다도 손실에 대한 정확한 분석 및 예측이 중요하다. 그러나 유도전동기의 손실은 복합적이고 세부적으로는 아직 그 발생기구가 명확하지 않아 고정밀 예측 및 실험이 어렵다. 손실은 크게 고정손과 부하손으로 나눌 수 있고, 고정손은 각각, 철손, 기계손으로, 부하손은 1차, 2차 동손, 표류손으로 나눌 수 있다 [4]. 그림 3 및 그림 4는 유도전동기의 손실 분류, 구조 및 각 손실 비율을 나타낸 예이다.

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, 냉각팬의 풍손 등에 의해 발생하는 손실로서 전동기 냉각팬 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.



(a) 구조



(b) 손실

그림 3 유도기의 구조와 손실
(3.7kW 4P 200V 범용 일반 유도기 예)

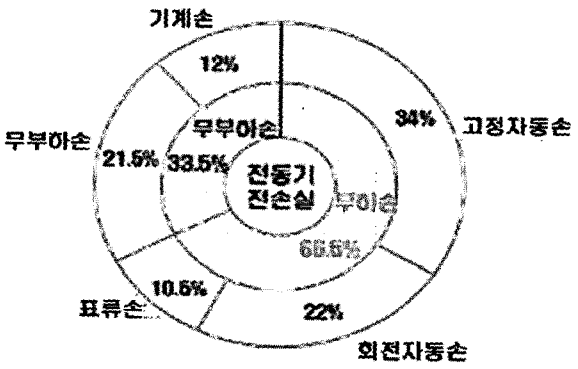


그림 4 유도기의 전손실에 대한 세부손실의 비율(용량별 평균값)

3. 고효율 유도전동기 특징 및 시험방법

3.1 고효율 유도전동기 특징

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

동기 대비 약 30% 정도 높지만 절전 효과로 초기 상승 비용을 단기간에 회수 할 수 있다[3].

3.2 고효율 유도전동기 손실평가법 종류 및 특징

유도전동기 손실평가법은 수많은 시험법이 제안, 규격화되어 있으나 여기서는 대표적으로 미국 IEEE Standard 112 Method B, 유럽 IEC 61972, 일본 JEC 37에 대해서 알아본다. 이들 방법은 모두 정현파 전압에 대해서 정의되며, 인버터 구동 전동기에는 적용되지 않는다[5-8].

3.2.1 국제 IEC 규격

IEC 규격에 의한 손실평가법은 최근 일부 내용이 수정되어 IEC 61972로 개정되었지만 기본 내용은 1972년에 제정된 IEC 60034-2가 대부분 적용된다. 구체적 실험법은 표 1에 나타낸 것처럼 실부하법만으로 이루어져 있고, 손실을 분리해서 효율을 구하는 방법과 입력과 출력을 직접 측정하는 방법으로 구별된다. 특히 직접 측정하는 방법은 표류손의 제약치를 설정하여 정격출력시에 정격입력의 0.5%로 하고 있다. 그러나 표류손은 설계방법 등에 의해 크게 값이 달라질 수 있으며, 통상 수 kW~수천 kW에 대해서 2~0.5%의 값이 된다. 따라서, 손실의 합에 의한 방법으로 효율을 구하는 경우, 특히 수백 kW 이하의 중소형 용량 범위에서는 그 계산정도의 신뢰성을 보장할 수 없는 경우도 있다. 그래서, IEC 규격에서는 2002년 농형 유도전동기의 효율산정법의 문제점을 검토 후 그 결과를 IEC 61972로서 보고하고 있다. 수정된 내용을 살펴보면 입력과 출력을 측정해서 간접적으로 표류손을 구하는 방법과, 표류손의 제약치를 적용하는 방법이 규정되어 있다. 제약치는 1kW~10MW에 대해서 정격입력의 2.5~0.5% 값이 되도록 관계 수식으로 표현되어 용량이 150kW를 초과하는 전동기에 대해서도 적용할 수 있다.

3.2.2 IEEE 규격

유도기 전반의 시험법으로서 IEEE 112-1996이 발행되어 있고 IEC 60034-2와 비교해 보면 매우 자세하게 시험방법 및 산정방법을 규정하고 있다. 효율 및 손실평가법은 표 1과 같이 10종류의 방법으로 구분되어 있으며, 실부하법과 함께 등가회로법을 규정하고 있는 것이 특징이다. 또한 실부하법과 등가회로법을 조합하여 1점의 실부하 시험 데이터로부터 그 외 부하점의 효율 등을 산정할 수 있는 방법도 규정하고 있다. 표류손은 역회전법 등에서 직접 측정할 수 있는 방법과 출력범위를 구분해서 제약치를 적용하는 방법을 규정하고 있으며, 특히 출력구분에 대해서는 종래 2단계에서 4단계로 하여 실제에 더욱 근사하도록 하고 있다. 또한 등가회로법에 대해서도 슬립의 산정 정밀도를 향상시키기 위해 구속 주파수의 측정수를 증가하는 등 시험의 간편화 및 효율 산정의 정밀도를 개선하고 있다.

3.2.3 JEC 규격

일본에서 유도기 효율산정법의 대표적인 규격은 일본전기학회에서 발행된 JEC-2137-2000이다. 이것은 JEC-37-1979를 개정한 것으로, 산정법에 대해서는 표 1에 표시한 것처럼 새로운 방법을 규정하고 있다. 특히 종래의 원선도법을 폐지하고, 누설리액턴스의 분리가 필요없는 T-II형 등가회로법을 규정하여 이것을 기본으로 하고 있다. 실부하법은 IEC 60034-2와 IEEE 112의 기준과 거의 유사하며, 동력계법, 반환부하법, 손실분리법, 저감전압부하법 등을 규정하고 있다. 표류손은 IEC와 거의 유사하며 정력출력의 0.5%로 하여, 등가회로법 및 손실의 합이 되는 방법, 실부하의 손실분리법에 적용하고 있다.

4. 고효율 유도전동기 보급정책

4.1 국내

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 실부하법으로 변경)을 개정하였다. 추가된 고효율 기준은 미국의 NEMA를 기준으로 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. 표 2는 KS 고효율 전동기의 효율값이다[9].

또한 2003년부터 효율이 개선된 고효율 유도전동기의 초기 가격부담을 완화하기 위해서 제품가격에 대해 적정 규모로 장려금을 지원하여 보급을 확대하기 위한 리베이트 제도를 시행하고 있으나 아직 초기단계이고 고효율 유도전동기의 시장 점유율은 낮은 편이다.

리베이트에 의한 장려금의 지원종류는 소비자에게 지급되는 설치장려금과 판매자에게 지급되는 설계장려금으로 구분된다. 설치장려금은 고효율 전동기를 고시된 절전용량 0.5kW 이상 신규 설치 또는 교체 설치하는 최종소비자에게 지급된다. 설계장려금은 1차 수요자로서 펌프, 압축기 등의 제품 생산에 고효율전동기를 사용하는 생산업자와 최종판매자로서 1차 수요자를 제외한 전동기 판매 특약점 또는 대리점이 대상이다. 표 3은 고효율 전동기 용량별 장려금을 나타내고 있다. 현재의 전동기 시장 상황은 고효율 전동기의 시장점유율이 10% 미만으로 근본적인 시장변화를

표 1 유도기의 손실평가법와 표류손의 취급에 대한 각 규격의 비교

규격	규격 번호 및 발행연도	산정법		표류손의 취급		
		실부하법	등가회로법	직접측정	간접측정	제약치 (대표치)
IEC	IEC 60034-2 (1972)	브레이크법				
		동력계법			○	
		기계적인 반환부하법			○	
		전기적인 반환부하법			○	
		손실분리법				○ (정격입력의 0.5%)
		저감전압 부하시험법				○ (정격입력의 0.5%)
	IEC 61972 (2002)	Method 1 (동력계법)			○	
		Method 2 (손실분리법)				○ (통계식으로 처리)
IEEE	IEEE 112 (2004)	Method A (입출력법)				
		Method B(동력계법)			○	
		Method C (반환부하법)			○	
		Method E (손실분리법)		○		
		Method E1				○ (4단계의 통계치)
			Method F	○		
			Method F1			○ (4단계의 통계치)
		Method C/F	(Method C/F)		○	
		Method E/F	(Method E/F)	○		
		Method E1/F1	(Method E1/F1)			○ (4단계의 통계치)
JEC	JEC-37 (1979)	손실분리법	원선도계산법	고려하지 않음		
				고려하지 않음		
			손실 합에 의한 방법	고려하지 않음		
			등가회로법			○ (정격출력의 0.5%)
	JEC-2137 (2000)	손실분리법	등가회로법 (T-II형)			○ (정격출력의 0.5%)
						○ (정격출력의 0.5%)
			손실 합에 의한 방법			○ (정격출력의 0.5%)
		동력계법			○	
		반환부하법 (기계적)			○	
		저감전압 부하시험법				○ (정격출력의 0.5%)
CSA	C390-98 (2002)	Test Method 1 (동력계법)			○	
		Test Method 2		○		
			Test Method 3	○		
KS	KS C 4202 (2003)		등가회로법			○ (정격출력의 0.5%)
		철손분리법				○ (정격출력의 0.5%)
		브레이크법			○	
		동력계법			○	

표 2 KS 고효율 전동기 효율값

출력 (kw)	전부하 효율 특성 (%)							
	Open Motors				Enclosed Motors			
	8극	6극	4극	2극	8극	6극	4극	2극
0.2	-	-	-	-	-	-	74.7	74.5
0.4	-	-	-	-	74.0	78.0	79.3	78.6
0.75	79.5	80.0	82.5	82.5	79.5	82.0	82.5	81.6
1.5	85.5	85.5	84.0	84.0	82.5	86.5	84.0	84.0
2.2	86.5	86.5	86.5	84.0	84.0	87.5	87.5	85.5
3.7	87.5	87.5	87.5	85.5	85.5	87.5	87.5	87.5
5.5	88.5	88.5	88.5	87.5	85.5	89.5	89.5	88.5
7.5	89.5	90.2	89.5	88.5	88.5	89.5	89.5	89.5
11	89.5	90.2	91.0	89.5	88.5	90.2	91.0	90.2
15	90.2	91.0	91.0	90.2	89.5	90.2	91.0	90.2
18.5	90.2	91.7	91.7	91.0	89.5	91.7	92.4	91.0
22	91.0	92.4	92.4	91.0	91.0	91.7	92.4	91.0
30	91.0	93.0	93.0	91.7	91.0	93.0	93.0	91.7
37	91.7	93.0	93.0	92.4	91.7	93.0	93.0	92.4
45	92.4	93.6	93.6	93.0	91.7	93.6	93.6	93.0
55	93.6	93.6	94.1	93.0	93.0	93.6	94.1	93.0
75	93.6	94.1	94.1	93.0	93.0	94.1	94.5	93.6
90	93.6	94.1	94.5	93.6	93.6	94.1	94.5	94.5
110	93.6	94.5	95.0	93.6	93.6	95.0	95.0	94.5
132	-	94.5	95.0	93.6	-	95.0	95.0	94.5
160	-	94.5	95.0	94.5	-	95.0	95.0	95.0
200	-	-	95.0	94.5	-	-	95.0	95.0

표 3 고효율 전동기 용량별 장려금

전동기 용량 (kW)	절전용량 (kW)	설치장려금 (천원)	설계장려금 (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

가져오지 못하고 있고, 비용이 높은 고효율 전동기의 사용을 회피하는 실정이다. 따라서 고효율 유도전동기의 보급을 활성화하기 위한 대책으로서 선진국의 경우와 마찬가지로 고효율 유도전동기의 생산, 판매를 의무화 하는 최저효율제를 2008년부터 본격적으로 시행할 예정이다.

4.2 국외

4.2.1 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 사용하였으나 1980년대 후반 들어 캐나다 역시 환경보호 관점에서 발전소의 건설이 어렵게 되어 더 이상 잉여전력을 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 판단하는 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. 1992년의 리베이트 프로그램의 예로서 전폐형 4극 전동기를 표 4에 나타내었다.

표 4 미국의 리베이트 예

전동기 출력(마력)	1	5	50	200
최저효율값	84	88.5	94.1	95.4
리베이트 금액($/대)	6	12	68	293

표 5 EPAct 효율 기준

극수 / 용량(마력)	Nominal Full Load Efficiency (%)					
	Open Motors			Enclosed Motors		
	6	4	2	6	4	2
1	80.0	82.5	-	80.0	82.5	75.5
1.5	84.0	84.0	82.5	85.5	84.0	82.5
2	85.5	84.0	84.0	86.5	84.0	84.0
3	86.5	86.5	84.0	87.5	87.5	85.5
5	87.5	87.5	85.5	87.5	87.5	87.5
7.5	88.5	88.5	87.5	89.5	89.5	88.5
10	90.2	89.5	88.5	89.5	89.5	89.5
15	90.2	91.0	89.5	90.2	91.0	90.2
20	91.0	91.0	90.2	90.2	91.0	90.2
25	91.7	91.7	91.0	91.7	92.4	91.0
30	92.4	92.4	91.0	91.7	92.4	91.0
40	93.0	93.0	91.7	93.0	93.0	91.7
50	93.0	93.0	92.4	93.0	93.0	92.4
60	93.6	93.6	93.0	93.6	93.6	93.0
75	93.6	94.1	93.0	93.6	94.1	93.0
100	94.1	94.1	93.0	94.1	94.5	93.6
125	94.1	94.5	93.6	94.1	94.5	94.5
150	94.5	95.0	93.6	95.0	95.0	94.5
200	94.5	95.0	94.5	95.0	95.0	95.0

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 1마력~200마력 용량의 3상 유도전동기에 대해서 효율을 규제하는 것으로 유예기간을 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: 230V, 460V, 주파수: 60Hz)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. 표 5는 EPAct의 효율값을 나타내고 있다.

미국 고효율 전동기의 규격화는 EPAct 법률 제정보다 늦었지만 1993년에 National Electrical Manufacturers Association (NEMA) MG1으로 개정되면서 규격화 되었다. 그 내용은 EPAct의 전동기 기준과 동등한 효율값이지만 적용 전동기의 범위는 그 보다 훨씬 넓어서 2, 4극의 경우 500마력이하, 6극 350마력 이하, 8극 250마력 이하로 되어 있다. 또한 1998년도에는 기존 고효율 전동기의 효율값보다 1~3% 더 높은 프리미엄급 고효율 규격을 제정하여 향후 전동기 보급 확대를 계획하고 있다.

4.2.2 캐나다의 최저효율제

브리티시 콜럼비아 주에서 고효율전동기 보급을위해서 실시한 'British Columbia Hydro Project'는 현재까지 고효율전동기 시장전환에 성공한 가장 모범적인 사례로 손꼽힌다. 이는 최저효율제 도입 이전에 일반전동기와 고효율 전동의 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 에너지효율 규격(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 효율기준을 만족하지 못하는 전동기와 기어드 모터에 대해서는 수입금지 처분이 내려진다. 적용대상 용량은 1마력~200마력, 사용전압은 600V이하, 50/60Hz의 3상 유도전동기(2, 4, 6극)이다.

4.2.3 유럽

EU와 유럽 전기기기협회(CEMEP: European

Committee of Manufacture of Electrical Machines and Power Electronics)는 최저효율제와 같은 규제정책을 사용하지 않고 고효율 전동기의 시장점유율을 증가시키기로 자발적 협약(Voluntary Agree ment)을 체결하였다. EU의 효율 기준은 3단계(Eff1: high efficiency motors, Eff2: improved efficiency motors, Eff3: standard motors)로서 정격용량 90kW까지의 전동기를 대상으로 4극은 2001년까지, 2극은 2002년까지 Eff3 전동기의 시장점유율을 30% 감축시키고, 2003년까지 2극, 4극 모두 50% 감축시키는 것이다[3].

4.2.4 일본

1997년 에너지절약법(에너지의 효율적 사용 및 낭비를 배제하는 종합적 법률)이 제정되어 1997년 공장의 에너지 소비원을 년평균 1% 개선하도록 하고 있다. 또한 1999년 4월에 "계획적인 에너지절약 투자촉진"과 "대상 공장 및 사업소의 확대" 개정이 이루어졌고, 공장사업자에 대한 에너지 합리화 판단 기준으로서 고효율 전동기 채용을 검토하고 있다.

관련 규격으로는 일본전기공업회(JEMA)기술자료로서 "에너지 절약을 위한 전동기 선정과 적용, JEM-TR137"을 따르고 있었으나, 2000년 7월20일 미국의 에너지효율법을 기초로 고효율 전동기의 JIS규격 "고효율 저압 삼상 농형유도전동기 (JIS C4212)"가 제정되었다.

4.2.5 호주

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 2006MEPS를 시행할 예정이다. 호주는 대부분의 전동기를 국외에서 수입하고 있고 교역 대상이 유럽이므로 유럽의 효율기준과 시험방법을 따르고 있다. 효율기준은 유럽의 Eff1, Eff2, Eff3과 동일하며, 시험방법 또한 IEC 표준 시험방법을 적용하고 있다.

4.2.6 기타

중국, 브라질, 태국 등에서도 각국의 사정에 의해 나름대로의 낮은 효율 기준에 의한 최저효율제를 시행하거나 시행할 예정이다. 중국의 경우 아직 전동기 설계 개발 기술이 낙후되어 있으나 저렴한 가격을 경쟁력으로 소형 전동기 분야에서 생산량을 늘려가고 있으며 글로벌 기업인 SIEMENS, ALSTOM 및 일본의 유명 제조업체 등이 합자기업으로 많이 진출해 있어 관련 기술의 이전 및 독자 기술을 확보하여 향후 급속히 발전할 것으로 전망된다.

5. 결 론

이상으로 고효율 유도전동기의 국내외 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 전세계적 추세이다.

국내의 전동기 관련 업체의 경우 일부 대기업을 제외하고 대부분의 중소기업들은 중국산 저가 저효율 전동기의 유입으로 경쟁력을 상실해 가고 있으며, 자체 개발 인력 및 설계 기술이 많이 취약한 상태이므로 외국의 사례를 벤치마킹하고 초기 리베이트 제도를 성공적으로 시행하여 국내 업체들의 기술 경쟁력을 확보하고 설계능력 기술을 향상시켜 이를 바탕으로 적극적으로 최저효율제를 실시하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 고효율 전동기 장기기술개발 기획 보고서, 산업자원부, 1998.

[2] 고효율 전동기의 최저효율제 시행방안 기초연구에 관한 최종보고서, 에너지관리공단, 2004.

[3] 산업부문의 고효율유도전동기 보급실태 조사 및 활성화 방안 연구, 에너지경제연구원, 2003.

[4] 일본전기학회 기술보고 967호, 유도기와 동기기의 손실평가기술, 2004.

[5] IEC 60034-2, "Methods for Determining Losses and Efficiency of Rotating Electrical Machinery from Test" 1972.

[6] B. Renier, K. Hameyer and R. Belmans, "Comparison of Standards for Determining Efficiency of Three Phase Induction Motors," IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 14, No. 3, pp. 512-517, 1999.

[7] 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.

[8] A. T. Almeida, F. J. T. E. Ferreira, J. F. Busch & P. Angers, "Comparative Analysis of IEEE 112-B and IEC 34-2 Efficiency Testing Standards Using Stray Load Losses in Low Voltage Three Phase Cage Induction Motors," IEEE Transactions on Industry Application, Vol. 38, No. 2, pp. 608-614, 2002.

[9] KS 일반용 저압 3상 유도전동기 (KSC 4202)

〈저 자 소 개〉

전연도(全衍度)

1970년 3월 4일생. 1996년 한양대 공학과 졸업. 1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2001년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 2001년~2003년 일본학술진흥회 외국인특별연구원. 현재 한국전기연구원 메카트로닉스연구그룹 선임연구원.

구대현(具大鉉)

1963년 9월 21일생. 1989년 한양대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동아대학교 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 한국전기연구원 메카트로닉스연구그룹 책임연구원.

한필완(韓必完)

1975년 9월 15일생. 1998년 한양대 전기공학과 졸업. 2000년 동대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년~2005년 LG전자 DA사업본부 선임연구원. 2005년 10월~현재 한국전기연구원 메카토로닉스연구그룹 연구원.