

고효율 전동기를 이용한 에너지절약 및 적용



(주)호성 회전기영업팀
윤의영 자장
hs8500893@hyosung.co.kr

개요

수년간 에너지 가격은 계속 높아져서 에너지 비용은 제품 원가에서의 점유율이 상승되어 기업에서 취하는 성에너지 정책은 COST-DOWN 측면에서도 절실한 문제로 대두되었다.

생산공장에서의 전동기는 국내전체 전기에너지의 60~65%가 전동력 부하로서 에너지 활용의 효율성 제고에 의한 제조업체의 경쟁력 강화를 위하여 고효율 절전형 전동기의 사용이 필요하다.

전동기의 효율

전동기의 효율은 유효출력과 유효입력과의 비율이다. 전동기는 전기 에너지를 기계에너지로 변환하는 전기기계로서 효율은 다음 식에 의하여 표시된다.

$$\text{효율} = \frac{\text{유효출력}}{\text{유효입력}} \times 100 = \frac{\text{유효출력}}{\text{유효출력} + \text{손실}} \times 100 (\%)$$

전동기의 효율은 다음에 표시하는 부하율, 출력, 극수와 상관관계가 있고 선정시 충분한 검토가 필요하다.

부하율과 효율

전동기는 일반적으로 부하율이 75~100%에서 최고효율이 되고 그사이의 출력에서 사용하면 가장 효과적으로 성전력이 도모된다.

부하율이 극단적으로 적은 경우에는 전동기를 재선정하는 것이 필요하다.

출력과 효율

일반적으로 경적부하시 (부하율 100%)에서의 효율은 높게 된다. 부하율의 작은 점에서의 사용은 효율이

낮게되므로 전동기 출력을 충분히 조사하여 결정하는 것이 필요하다.

전동기의 공회전에 의한 전기손실의 저감을 도모하기 위해서는 기동전력량과의 관계를 고려하여 불필요 시에는 전동기를 정지하는 것도 필요하다.

회전속도와 효율

일반적으로 전동기의 효율은 회전속도에 의해서도 달라진다. 부하가 상시 일정한 경우에도 절전의 면에서 그의 사용조건, 저속에서의 감속장치 효율 등을 충분히 검토하여 극수를 선정하고 회전속도를 결정해야 한다. 단, 부하의 특성상 회전속도의 변화가 필요한 경우에는 부하에 상응하는 운전제어를 가능하게 할 수 있도록 속도제어장치를 설치할 필요가 있다.

전동기 효율의 종류

1) 실측효율 (ACTUAL MEASURED EFFICIENCY)

$$\text{EFF} = \frac{\text{OUTPUT}}{\text{INPUT}} (\%)$$

2) 규약 효율 (CONVENTIONAL EFFICIENCY)

$$\text{EFF} = \frac{\text{INPUT} - \text{LOSS}}{\text{INPUT}} = \frac{\text{OUTPUT}}{\text{OUTPUT} + \text{LOSS}} (\%)$$

3) 공칭효율 (NAMINAL EFFICIENCY)

공칭효율은 STD 1EEE-112에 의거 결정되며 모질단의 효율값임.

4) 견적효율 (QUOTED EFFICIENCY)

QUOTED 효율은 STD. CSA-C390에 의거 결정되며 상한치 제한은 없으나 하한치 제한이 있음.

5) 최소 효율 (MINIMUM EFFICIENCY)

최소효율은 전동기의 모집단이 허용할수 있는 최소 한계효율

6) 보증효율 (GUARANTEEAD EFFICIENCY)

보증효율은 제조자에 의해 보증된 전동기의 최소효율

7) NEMA에 의한 공칭효율 표기

이 방법은 효율 표기방법에 따른 문제로 부터 수용가를 보호하기 위하여 1977년 채택되어 1980년부터 시행되었다.

즉 소용량 대량생산 제품에 적용되는 것으로 통상 1~125HP까지 사용되며 명판에 공칭 효율임을 표기한다.

공칭효율이라함은 다량의 제품을 통계학적으로 볼 때 정규분포에 따른다는 것을 적용한 것으로서 공칭효율과 최소효율이 규정되어 있다. 통상적인 정규분포 곡선에서는 평균점과 95%의 신뢰도를 갖는 28점이 규정 되지만 NEMA에서 규정한 공칭효율은 정규분포 곡선상의 평균점보다 높지 않은 효율을 표시한다.

전동기의 손실

〈표 2〉 참조

고효율 전동기의 특징

1) 효율의 극대화로 우수한 절전효과

철심, 권선의 최적설계 및 고급자재 사용으로 손실을 표준대비 20~30% 저감시켜 수전설비 및 전력소비량의 절약이 가능

2) 낮은 온도상승으로 권선수명 연장

F중절연 채택, Service Factor 1.15를 적용하여, 온도상승에 여유를 확보함으로써 권선의 절연수명, 즉 전동기 수명을 연장

〈표 1〉 NEMA 효율표

NOMINAL EFFICIENCY	MINIMUM EFFICIENCY	NOMINAL EFFICIENCY	MINIMUM EFFICIENCY	NOMINAL EFFICIENCY	MINIMUM EFFICIENCY
98.0	97.6	91.7	90.2	74.0	70.0
97.8	97.4	91.0	89.5	72.0	68.0
97.6	97.1	90.2	88.5	70.0	66.0
97.4	96.8	89.5	87.5	68.0	64.0
97.1	96.5	88.5	86.5	66.0	62.0
96.8	96.2	87.5	85.5	64.0	59.5
96.5	95.8	86.5	84.0	62.0	57.5
96.2	95.4	85.5	82.5	59.5	55.0
95.8	95.0	84.0	81.5	57.5	52.5
95.4	94.5	82.5	80.0	55.0	50.5
95.0	94.1	81.5	78.5	52.5	48.0
94.5	93.6	80.0	77.0	50.5	46.0
94.1	93.0	78.5	75.5		
93.6	92.4	77.0	74.0		
93.0	91.7	75.5	72.0		
92.4	91.0				

〈표 2〉 전동기의 손실

순번	손실	발생원인	감소방법
1	1차 동손	권선저항과 권선에 흐르는 전류에 의해 발생	철심적층 및 고정자 권선의 동량을 증가시켜 도체전류 밀도를 감소시키고 도체에서 발생하는 저항을 최소화
2	2차 동손	회전자 저항에 의해 발생	회전자의 알루미늄량을 증가시켜 도체에서 발생하는 저항을 극소화
3	철손	히스테리시스 손실 외전류 손실	자속밀도를 낮추고 HIGO GRADE CORE 사용 및 더욱 얇은 규소강판을 사용하여 철손 최소화
4	표류 부하손	누설 자속에 의한 손실	스큐의 최적화, 일정공극 유지, 고정자와 회전자의 슬롯 구조, 슬롯수의 최적 설계 및 회전자 절연처리로 손실 최소화
5	풍손 및 마찰손	FAN 및 베어링에 의한 손실	외부팬 형상 및 구조변경, 베어링 업선사용 및 저손실 그리스채용으로 저손실화

3) 높은 경제성

손실이 적은 절전형이므로 표준전동기 보다 제품비용은 상승되나 운전 중 COST가 낮으므로 초기 상승비용을 단기간에 회수 가능할 뿐만 아니라 운전시간이 길어 질수록 경제성이 높아짐.

4) 저소음화

풍손저감을 위한 외부팬 형상 및 구조

변경으로 통풍음, 전자음이 작아져 표준전동기 대비 3~8dB정도 소음이 작아짐

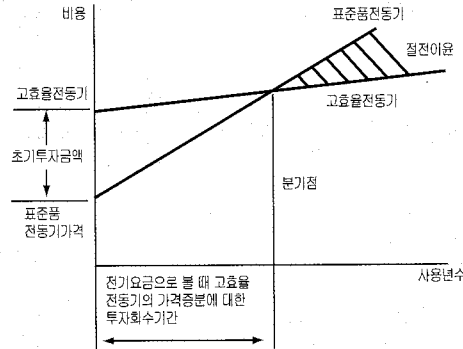
5) 높은 호환성

대부분의 용량이 표준전동기와 외형 치수가 동일하여 기존 전동기와 호환성을 유지할 수 있으며, IEC 및 NEMA Frame 모두 대응

6) 적용 부하

- 6.1 기동율이 높고 연속운전이 되는 곳
- 6.2 정속운전이 필요한 곳(저진동, 저소음)
- 6.3 PEAK부하가 걸리는 곳(여름철 공조용)
- 6.4 전원용량이 적고, 설비증가가 제한된 곳

경제성 검토



1) 고효율전동기의 절전효과

$$S = C \times P \times N \times \left(\frac{100}{E_b} - \frac{100}{E_a} \right)$$

- S = 연간 절전요금(원/년)
- C = 전력요금 단가(원/KW)
- P = 부하의 소요출력(KW)
- N = 연간 운전시간(Hour/년)
- E_b = 표준전동기 효율(%)
- E_a = 고효율전동기 효율(%)

2) 초기가격 증가분 회수기간

$$= \frac{\text{고효율 구입가(원)} - \text{표준품 구입가(원)}}{\text{연간 절전요금(원/년)}}$$

3) 구입비용 상각기간

$$= \frac{\text{고효율 구입가(원)}}{\text{연간 절전요금(원/년)}}$$

4) 절전요금 계산 예

- 4.1 전력요금 = 60원/K조
- 4.2 동력 = 50HP(37KW), 100% 부하율
- 4.3 연간 운전시간 = 6000(Hour/년)

4.4 표준전동기 효율 = 90.0%

4.5 고효율전동기 효율 = 94.5%

$$S = 60 \times 37 \times 6000 \times \left(\frac{100}{90} - \frac{100}{94.5} \right) = 704,762 \text{원}$$

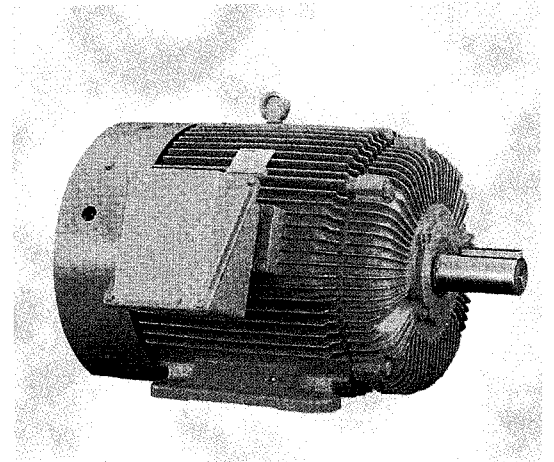
투자 효과

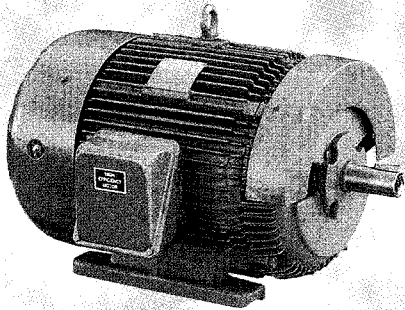
<운전시간에 따른 절감액 비교>

효율단위 : %

HP×P	FR. NO.	KS 표준형 (효율)	고효율 (효율)	연간 절감액(천원)		
				운전시간 4800h/년	운전시간 5400h/년	운전시간 6000h/년
1×4	80	71.5	82.5	40	45	50
2×4	90L	78.0	85.5	49	55	61
3×4	100L	81.0	87.5	58	65	73
5×4	112M	83.0	87.5	66	74	83
7.5×4	132S	85.0	90.2	107	121	134
10×4	132M	86.0	90.2	117	132	146
15×4	160M	87.0	92.4	213	239	266
20×4	160L	88.0	92.4	234	263	292
25×4	180M	88.5	93.0	291	328	364
30×4	180M	89.0	93.6	350	394	437
40×4	180L	89.0	94.1	472	531	590
50×4	200L	90.0	94.5	564	634	705
60×4	225S	90.5	94.5	606	682	758
75×4	225S	90.5	94.5	741	833	926
100×4	250S	90.7	95.0	1,078	1,213	1,347
125×4	250M	91.2	95.4	1,251	1,408	1,564
150×4	280S	91.5	95.4	1,415	1,592	1,769

전력요금 60원/KWH기준, 효율단위 : %





1) 고효율전동기는 초기 투자비용이 표준품에 비하여 약 30% 정도 상승되나 대폭적인 효율상승에 따라 전력비용이 저감되어 초기 투자증가분을 단기간 내에 회수가능할 뿐만 아니라 위 표의 내용에서 알 수 있듯이 운전시간이 길어질수록 더 많은 투자효과를 거둘 수 있다.

2) 고효율전동기 적용시 유의사항

설비의 일상점검시 전동기별 입력, 부하 전류 및 전압을 CHECK하여 고효율 적용시 기초 DATA로 활용할 필요가 있다.

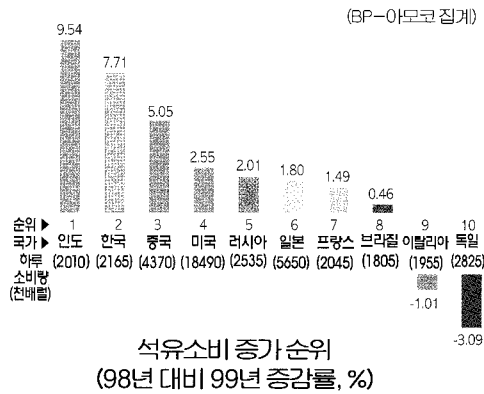
투자효과 극대화를 위하여 도입초기에는 연간 가동시간이 5,000시간 이상되는 설비에 대해 검토하는 것이 바람직하다.

유체기계의 VALVE 또는 DAMPER를 사용하여 유량을 제어하고 있는 경우에는 고효율전동기에 앞서 가변속 제어의 검토가 필요하다.



▶ 토막뉴스 ◀

석유소비증가를 한국, 세계 2위



총소비량은 세계 6위

지난 1년간 우리나라의 석유 소비는 인도에 이어 세계에서 두 번째로 빠른 속도로 늘어났다. 이같은 추세는 올해에도 이어져 5월말 현재 5.9% 늘었다. 액화천연가스(LNG)는 21.3%, 유연탄은 9.7%, 그리고 원자력은 12.1% 늘어나 석유뿐만 아니라 모든 에너지 소비 증가 속도가 지나치게 빠른 것으로 지적되고 있다.

최근 산업자원부와 한국석유공사 등에 따르면 99년 우리나라는 하루 평균 216만5000배럴을 소비한 것으로 집계됐다. 이는 98년의 201만배럴에 비해 15만5000배럴이 늘어난 것으로 증가율은 7.71%에 달했다.

세계 석유메이저인 BP아모코사의 보고서에 따르면 99년의 하루 평균 석유 소비 증가율은 인도가 가장 높았으며 그 다음이 ▲한국 ▲중국 ▲미국 ▲러시아 ▲일본 ▲프랑스 ▲브라질 등의 순으로 나타났다. 경제협력개발기구(OECD) 회원국 중에서는 우리나라의 증가율이 단연 앞서 1위를 차지했다.

석유 소비량에서도 우리나라는 미국, 일본, 중국, 독일, 러시아에 이어 세계 6위를 차지해 98년의 세계 7위에서 한 단계 더 올라섰다.