

電氣設備에서의 에너지節約

(2)

여기서는 전기기기의 에너지 절약대책에 대하여 유도전동기, 직류전동기, 가변속 드라이브장치, 조명기기, 전자개폐기, 제어장치에 대하여 해설한다.

1. 電氣機器의 에너지節約

(1) 誘導電動機

전력수요 중 그 대부분이 전동기부하에 소비된다. 그 배반이 유도전동기이기 때문에 유도전동기의 효율향상은 중요하다고 하겠다.

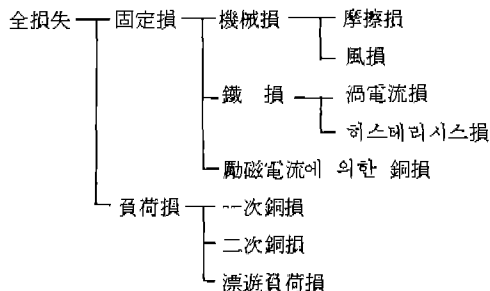
(1) 誘導電動機의 損失

유도전동기의 손실에는 그림 1과 같은 것이 있다. 손실의 구성례를 표 1에 들었다. 손실로서는 동손이 가장 크고 이어 철손의 순서로 된다. 1차동손과 2차동손의 비율은 대체로 같다.

용량이 커지면 철손이 접하는 비율이 커지는 경향이 있다.

유도전동기의 효율은

$$\eta = \frac{\text{기계출력}}{\text{1차입력}} \times 100 = \frac{\text{기계출력}}{\text{기계출력} + \text{전손실}} \times 100 [\%]$$



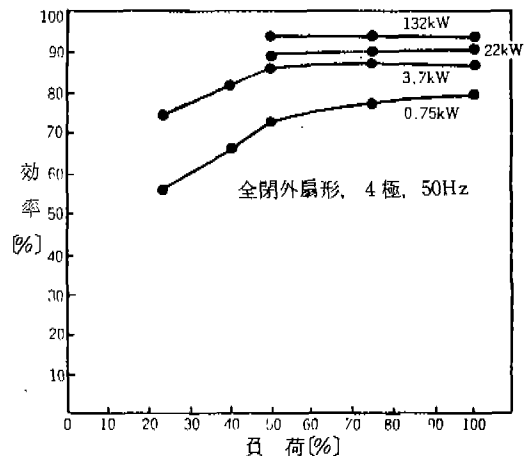
〈그림-1〉 誘導電動機의 損失

〈표-1〉 損失의 構成比

損 失	低圧三相誘導電動機	高圧三相誘導電動機
固定子銅損	25~40	15~30
回轉子銅損	25~40	15~30
鐵 損	20~40	20~40
機 械 損	5~10	10~30
漂遊負荷損		5~15

全損失을 100으로 한다.

로 표시된다. 효율은 전동기용량, 극수, 부하율에 따라 다르다. 그림 2는 범용 유도전동기의 효율 예이다.



〈그림-2〉 汎用誘導電動機의 效率例

(2) 에너지節約對策

표 2에 유도전동기의 에너지 절약대책을 들었다.

(a) 銅損의 輕減

동손은 코일 저항×전류의 2승이므로 코일 저항의 감소와 전류밀도의 감소대책을 강구한다.

(b) 鐵損의 輕減

철손에는 와전류손 W_e 와 히스테리시스손 W_h 가 있으며

$$W_e = K_e f^2 B_m^2 t^2 (W/kg)$$

$$W_h = K_h f B_m^n (W/kg)$$

단, K_e, K_h : 철심재료에 따라 결정되는 定數

f : 주파수

B_m : 자속밀도

t : 강판의 두께

n : 스타인메츠의 定數 (1.6~3.5)

이다. 철손의 합은

$$W_T = (W_h + W_e) \times \text{철심의 중량}$$

이 된다.

철손을 경감시키기 위해서는

① 저손실재료의 사용 (K_e, K_h : 소), 전회회 변압기의 항 참조

② 자속밀도의 감소

③ 강판두께의 감소

④ 철심의 합계중량의 감소

가 기본대책이 된다.

또한 와전류는 主磁束에 따라서도 발생하고 누설 자속에 따라서도 발생한다. 와전류손을 작게 하기 위해서는 우선 와전류가 흐르기 어렵게 함으로써 극력 단락통로가 형성되지 않는 구조로 해야된다.

(c) 機械損의 輕減

냉각 팬이나 회전자의 풍손, 베어링 마찰손이 있으며 표 2와 같은 대책을 강구한다.

(d) 漂遊負荷損의 輕減

부하에 기인하는 철심이나 도체, 구조물에 발생하는 손실이다. 부하전류가 흐르면 자계가 발생하며 이에 의하여 히스테리시스損이나 와전류손 등이 발생한다. 이들은 일반적으로 측정은 곤란한데 누설자속이 많은 부분은 비자성재를 사용하거나 단락 통로가 형성되지 않도록 대책을 강구한다.

(3) 効率向上의 例

앞의 효율향상대책에 의하여 고효율 전동기는 범용 전동기에 대하여 손실이 20~30% 저감되고 효율치는 소용량기에서 3~6%, 중용량기에서 2~4% 향상되고 있다.

그림 3은 고효율전동기와 범용 전동기의 발생손실비이다.

또한 고효율전동기는 부하율에 대한 효율특성이 그림 4와 같으므로 부하변동이 있어도 전력절감이 된다.

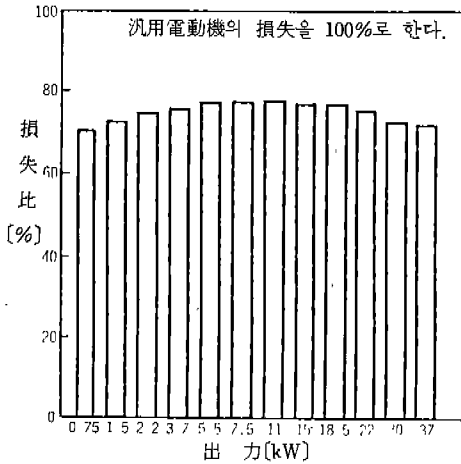
(2) 直流電動機

교류가변속기술의 발달과 함께 직류기의 용도는 제철공업용 등에 한정되어 왔다. 기술개발은 오직 고속대용량화, 소형 경량화, 고성능화 등에만 일관했고 효율에 대해서는 별로 개선을 볼 수가 없었다.

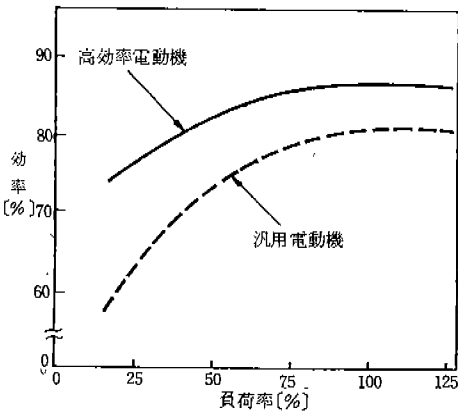
그러나 최근에 영구자석직류기가 소용량기로 등장하여 대형화에의 노력이 계속되고 있다. 이에 의하여 계자전력을 없앨 수가 있으므로 대폭적인 효

〈표-2〉 誘導電動機의 損失輕減對策

손실의 종류	경 감 대 책		
동 次 銅 損	전류밀도의 감소	도체단면적의 증가	· 슬롯내코일전적률의 증가 · 슬롯형상의적정과 · 절연물두께감소
	코일저항치의감소	코일엔드길이의감소	제조기술의 향상
손 二 次 銅 損	전류밀도의 감소	도체단면적의 증가	
	바 저항치의 감소	저저항바의 사용	설계기술의 향상 (토크와의 관계)
鐵 損	자속밀도의 감소	철심궤厚 증가	
	저손실철심재료의 사용		
	와전류의 감소	얇은 철심의 채용	
		회전자표면의전기절판간 단락 방지	
	철심중량경감 (자속밀도가 일정한 경우)		
機 械 損	회전자외徑의 소형화		절연의 그레이드업
	고성능팬 (소형팬) 사용		
	통풍방식방식의 개선		
摩 擦 損	저손실그리스베어링의 채용		
	슬립베어링에서 볼베어링으로 변경 (대형기)		
漂 負 遊 損	통전부근방의 구조재에 비자성재 사용		
	제조기술의 향상에 의한 와전류통로의 감소		



〈그림-3〉 高效率電動機와 汎用電動機의 發生損失比



〈그림-4〉 負荷率에 대한 効率比較

을향상을 기할 수가 있다.

계자자석으로서서는 아루니코 자석이 가장 역사가 오래 되었으나 최근에는 페라이트 자석이 많아지고 있다.

자석직류기는 다음과 같은 특징이 있다.

① 효율의 향상

예로서 0.2KW에서 권선계자형 67%에 대하여 자석직류기는 73%, 3.7KW에서 71%를 83%로 할 수가 있다.

② 중량의 감소

③ 냉각조건의 개량

④ 계자보호가 필요 없다.

(3) 可變速드라이브裝置

가변속 드라이브 장치의 기술동향에 대해서는 후술하기로 하고 여기서는 효율관계에 대해서 설명하기로 한다.

그림5는 가변속 드라이브시스템의 변천을 든 것이다. 직류가변속 시스템은 워드레오나드에서 靜止(수은정류기)레오나드, 사이리스터 레오나드로 변천해 왔다.

유도전동기의 가변속 드라이브시스템은 2차저항 제어, 리액터에 의한 1차전압제어, 회전기 사용에 의한 2차여자제어에서 반도체전력변환소자를 사용한 1차전압제어, 2차 여자제어, 인버터 제어로 변천해 왔다. 최근에는 모두 반도체전력변환 소자를

年次	1955年	1960年	1965年	1970年	1975年	1980年	1985年
直流可變速	MG (워드레오나드)						
	靜止레오나드 (水銀整流器)			사이리스터레오나드			
交流可變速 (誘導電動機)	二次抵抗制御						
	一次電壓制御 (리액터)			1次電壓制御 (사이리스터)			
	二次勵磁制御 (크레이머)			2次勵磁制御 (靜止벨비우스)			
				인버터			
피드백制御機器	磁氣增幅器						
	眞空管增幅器						
				트랜지스터增幅器			
				IC, MSI增幅器			
				LSI增幅器 마이크로프로세서			

사용하고 있으므로 이에 대하여 설명한다.

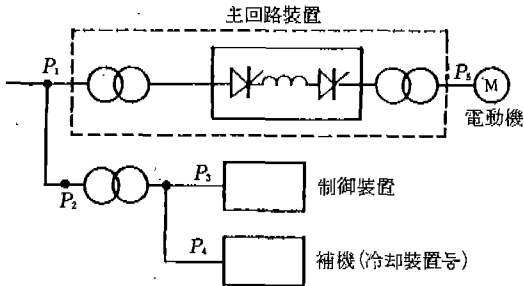
(1) 損失

가변속 드라이브시스템은 그림 6 과 같이 기본적인 주회로장치, 제어장치, 보기로 구성된다. $P_1 \sim P_5$ 는 각 점의 전력을 표시한 것이다. 가변속 드라이브 장치의 규약효율은

$$\eta = \frac{\text{정격출력}}{\text{정격출력} + \text{규약손실}} \times 100(\%)$$

로 표시된다. 규약손실은 아래와 같다.

- ① 정류소자 및 퓨즈의 손실, 정류기내의 접속도체의 손실, 정류소자의 分壓器, 서지 흡수용 저항, 콘덴서 등의 손실



(그림-6) 可變速드라이브시스템의 構成

- ② 항상 접속되어 있는 냉각장치의 입력(단, 간접 냉각장치는 제외) 트리거 장치의 입력
- ③ 相間리액터, 암리액터, 전류밸런서, 이상전압 흡수장치의 손실
- ④ 複變換接統에서의 순환전류에 의하여 발생하는 손실
- ⑤ 정류기용 변압기, 출력변압기, 교류리액터, 직류 리액터

여기서는 제어장치의 입력(여기서 말하는 제어장치란 가변속제어에 필요한 가령 주파수제어나 속도 제어 등의 제어장치이다)은 포함되어 있지 않는데 에너지절약의 견지에서는 당연히 그 입력도 손실로 봐야 한다.

(2) 에너지節約對策

표 3에 손실경감대책을 들었다.

(a) 高電壓 大容量素子の 사용

이에 의하여 직병렬수가 감소되고 주회로 통전부

(표-3) 可變速드라이브裝置의 損失 輕減對策

손실의 종류	경감대책
전력변환소자의 손실	저손실소자의 사용 직병렬수의 감소(고전압대용량소자의 사용)
냉각장치의 입력	고효율냉각장치의 사용(워트파이프식 등)
트리거 장치의 입력	광트리거 방식 자기소호형소자의 사용(GTO, 파워어 트랜지스터)
리액터, 변압기손실	변압기의손실경감대책에 준한다
기타부속소자의 손실 (저항, 콘덴서등)	전력변환소자의 직병렬수 감소 자기소호형소자의 사용(轉流回路不要)
제어장치의 입력	고집적회로화(LSI화, 전디지탈화)

손실이 감소된다. 또한 게이트 회로, 전류보조회로 밸런서 회로의 수가 적어지므로 이들의 부분손실도 감소된다.

(b) 低損失素子の 사용

소자의 손실은 온 상태에서의 손실이 대부분이며 손실은 온 전압과 온전류(통전전류)의 적으로 표시된다. 따라서 온 전압이 낮아야 된다는 것이 중요하다. 이 온 전압은 소자에 따라 다르며 표 4는 그 예이다.

(c) 自己消弧形素子の 사용

파워어트랜지스터나 GTO(게이트 턴오프사이리스터)는 轉流 보조수단 없이 스스로 턴오프(소호)가 가능하다. 따라서 이들 소자를 사용하며 自動變換裝置의 轉流콘덴서, 보조 사이리스터, 보조 다이오드 등의 轉流 보조회로 요소가 일체 필요가 없어지

(표-4) 각종 電力用 半導體素子の 온電壓

半導體素子	온電壓[V]
파워어트랜지스터(싱글)	0.3
실리콘다이오드(비고속)	1.0
파워어트랜지스터(다린톤)	1.3
사이리스터(비고속)	1.4
사이리스터(고속)	1.5
GTO	1.6

며 장치가 소형화되는 동시에 이들의 손실이 없어진다.

(d) 冷却裝置

소자의 대용량화에 따라 소자 자체의 냉각의 매체는 공기→기름→물→프론으로 변천되었다. 프론은 공기의 6배의 냉각능력이 있으며 장치의 소형화, 저손실화에 유효하다.

최근에는 히트파이프 냉각도 개발되어 있다.

(e) 트리가裝置

광점호방식이 개발되어 사이리스터밸브의 소형화 저손실화에 공헌하고 있다.

(f) 制御裝置의 高集積化

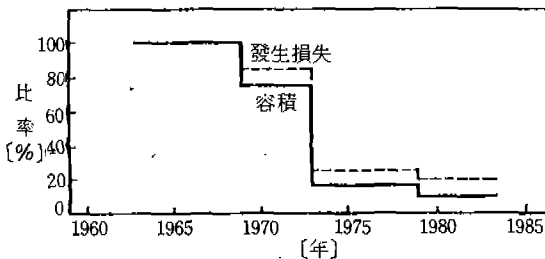
피드백 제어장치는 그림 5와 같이 변천해 왔는데 최근에는 아날로그 제어형에서 마이크로 프로세서를 사용한 순디지털 제어형으로 변천하여 고집적화 靜止, 부품점수의 삭감이 이루어져 소비전력도 매 폭적으로 저감되고 있다.

(3) 効率向上의 예

사이리스터 레오나드시스템 (전력변환장치와 제어장치 1시스템當)의 발생손실 및 용적은 그림 7과 같은 추이를 나타내고 있다.

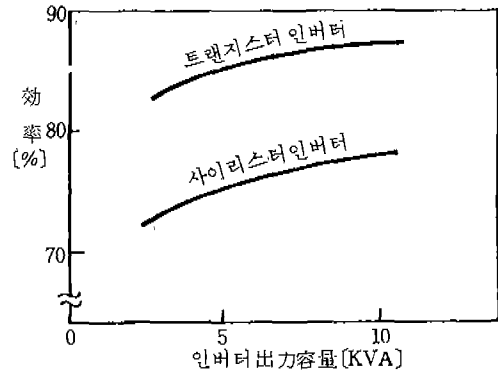
인버터에서는 파워트랜지스터의 대용량화에 따라 지금은 200V 70KVA (400V, 150KVA)의 인버터 (단, 단기용량, 병렬에서는 얼마든지 가능)가 출현하여 앞으로 대용량화의 경향이 계속될 것으로 생각된다.

파워트랜지스터나 GTO 등의 자기소호소자를 사용한 전력변환장치의 효율이 높은 것은 앞에서 설명한 바와 같다.



〈그림-7〉 사이리스터레오나드시스템의 용積과 損失의 推移

가변속 드라이브 장치에는 없는데 CVCF 인버터의 예를 그림 8에 표시했다.



〈그림-8〉 CVCF인버터의 効率比較

(4) 照明機器

조명수요를 장소별로 보면 주택용, 사무실용, 백화점용, 산업(공장)용 등에 사용되고 있다.

사무실, 백화점 등에서는 조명용 전력의 비율이 높기 때문에 에너지 절약대책이 중요하다.

(1) 光源의 効率

전반조명에서는 조도는 램프의 광속에 비례한다. 따라서 광원의 효율은 가급적 적은 전력으로 많은 광속을 발생한다.

즉 램프 효율(1m/W)로 표시된다. 안정기가 있는 경우에는 종합효율=발생광속/램프 입력이 된다.

조명기구의 효율은 작업면에 도달하는 전광속/램프의 발생광속으로 표시된다.

(2) 에너지節約對策

최근의 에너지 절약대책을 표 5에 들었다. 주요점은 다음과 같다.

(a) 赤外線 反射膜 應用할로겐램프

백열 램프에서 조사되는 에너지의 약 70%는 적외선이다. 이 전구는 가시광투과적외선 반사막을 글라스밸브 표면에 형성시켜 적외선을 반사하여 필라멘트 가열로서 회수하는 것으로 종래의 할로겐램프의 효율이 16(1m/W)인데 대하여 효율은 17~19(1m/W)이므로 효율이 6~19% 향상되고 있다.

〈표-5〉 照明機器의 에너지節約對策

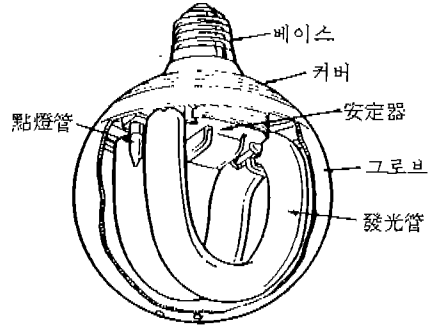
要素		최근의 에너지 절약대책 예
광원의 효율의 향상	백열전구	글라스구 내면에 확산성이 좋은 실리카의 정전도장 적외선반사막응용할로젠램프
	형광램프	전구형형광램프 (백열전구와 호환성 있음) 전구형전자화 형광램프 절전형형광램프 (봉입가스와 관경의 최적화) 3파장역 발광형형광램프 고주파점등 형광램프
	형광수은램프	절전형 형광수은 램프
	메탈하라이드 램프 고압나트륨 램프	수은등안정기 적합형 메탈하라이드 램프 수은등안정기 적합형 메탈하라이드 램프
안정기의 손실경감	형광동용 안정기	절전형일반안정기 전자안정기 고효율전자안정기
	HID램프안정기	절전형 안정기
조명기구의 효율향상	기구효율의 향상 배광의 개량	반사면의 재질 다듬질과 형상 개선, CAD설계

(b) 電球形 螢光램프

백열 램프의 소켓에 그대로 삽입할 수 있는 불형 형광램프가 이미 개발되어 있다. 이 램프는 안정기와 점등기능을 램프 내에 내장하고 있다. 소비전력은 백열 램프의 1/3이고 밝기는 마찬가지이다. 또한 철심형 안정기를 전자화하여 점등 스타트를 빠르게 한 전자화형광 램프가 개발되어 효율이 더욱 향상되고 있다. 그림 9는 전구형 형광램프의 예이다.

(c) 螢光램프

형광 램프에 대해서는 관경, 관길이, 봉입 가스 조성과 압력, 형광체의 최적 설계에 의하여 효율은 해를 거듭할수록 향상되고 있다. 3파장역 발광 형은 청, 녹, 적색의 3색의 狹帶域에 발광하는 형광체를 사용한 것으로 연색성이 우수하다.



〈그림-9〉 電球形螢光램프의 예

트랜지스터인버터를 사용한 전자안정기의 개발에 의하여 형광등의 고주파 점등이 가능해 졌다. 고주파 점등은 상용 주파점등보다 발광효율이 약 10~20% 향상된다.

(d) HID (High Intensity Discharge) 램프

공장용 고효율 광원으로서 고압 나트륨램프가 개발된 것은 10년쯤 이전이다. 공장에서의 조명의 대부분은 종래에는 형광수은 램프였다. 따라서 HID 램프의 개발은 수은등 안정기로 점등되는 램프주체로 실시되었고 또한 효율의 향상 노력이 계속되고 있다.

(e) 安定器의 損失輕減

자기누설변압기 사용의 종래형 안정기는 권선의 재료나 권선방식을 검토하여 하이그레이드 철심재료의 채용으로 손실의 경감을 기해왔는데 한도가 있다.

전자안정기는 트랜지스터인버터를 주체로 하는 반도체회로로 형성되어 형광램프를 약 40kHz의 고주파로 점등하는 것으로 램프 효율의 향상, 안정기의 소형화, 절전 등의 이점이 많다.

고효율전자안정기는 필라멘트 전력제어 등의 제어성능의 향상을 기하여 더욱 절전을 기한 것이다.

(3) 最近의 光源의 効率例

최근의 광원의 효율례를 표 6에 들었다.

(5) 電磁開閉器

전자개폐기는 전자점속기와 더불어 함께 구성된

〈표 - 6〉光源의 効率例

光源	定格電力 [W]	總合効率 [lm/W]	定格壽命 [h]	
일반백열램프	60	13.5	1,000	
절전형백열램프	57	14.2	1,000	
할로겐램프	100	16.0	1,500	
적외선반사막응용할로겐램프	130	18.5		
전구형 형광램프	17	36.5	6,000	
전구형 전자회전형광램프	17	49.0	6,000	
형광램프	일반안정기사용	40W × 2	66	10,000
	절전형안정기사용		77	10,000
	전자안정기 사용	83	83	10,000
	고효율전자안정기사용	100	100	10,000
HID 램프	절전형 형광수은램프	375	56	12,000
	메탈하라이드램프	400	95	9,000
	고압나트륨램프	360	132	12,000

(주) 종합효율은 안정기가 있는 경우에는 발생광속 / 안정기 입력이다.

것이며 일반적으로 농형 유도전동기의 시동, 정지에 사용되는데 전동기 제어뿐만 아니라 제어장치의 중요한 요소로서 넓은 범위에 사용되고 있다. 전자개폐기의 손실의 대부분은 전자석에서 발생하며 손실/전동기 정격출력은 0.02~0.1% 정도이다. 손실은 적는데 전동기가 많은 경우에는 무시할 수 없다. 자원절약, 에너지 절약의 요구는 이 분야에도 영향을 미쳐 소형화, 에너지 절약화의 개발이 여러 가지로 추진되고 있다. 최근의 예로서는 다음과 같은 것이 있다.

(1) 交流入力, 直流勵磁方式의 채용

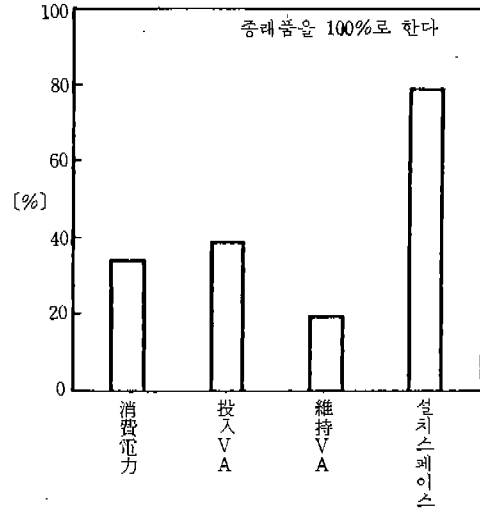
교류입력을 정류하여 전자석에 가하는 것으로서 전자석의 소비전력은 철손, 세이딩코일손, 동손인데 철손 및 세이딩코일손이 없어지기 때문에 손실은 대폭적으로 적어진다

(2) 勵磁電流의 制御

조작회로에 IC를 내장한 전자제어회로를 설치하고 있다. 직류전자석의 유지전류를 연속적으로 통전하는 것이 아니고 파워스위칭 소자에 의하여 차단하여 인가하는 것으로 유지 볼트암페어를 저감시

키는 것이다.

이상과 같은 에너지 절약대책과 소형화 대책에 의하여 치수나 손실을 그림10과 같이 개선되고 있다.



〈그림 - 10〉電磁開閉器의 에너지節約比例

(6) 시퀀스制御裝置 및 周辺裝置

주간 제어장치는 전자계전기 사용의 와이어드조직에서 마이크로컴퓨터나 프로그래머블콘트롤러 등의 내장 메모리 부속 프로그램형이 되며 대폭적인

〈표 - 7〉LED램프의 消費電力

定格使用電圧 [V]	消費電力[W]		
	白熱램프	LED 램프	%
6	1.46	0.48	33
12	1.57	0.48	31
15	1.48	0.6	41
24	1.41	0.48	34

스페이스 축소와 에너지 절약이 달성되고 있다. 또한 주요한 제어소자인 LSI나 마이크로프로세서는 더욱 고기능화, 고집적도화 되어가고 있으며 이것을 채용하여 마이크로 컴퓨터나 프로그래머블 콘트롤러는 더욱 고기능화, 에너지 절약화가 될 것이다

*