

工場電氣의 最新技術

電氣設備의 에너지節約 (2)

前회에 이어 電氣機器의 省에너지對策에 대하여 誘導電動機, 直流電動機, 可變速드라이브裝置, 照明機器, 電磁開閉器, 制御裝置에 대해 記述한다.

1. 電氣機器의 省에너지

(1) 誘導電動機

電力需要 가운데 60~65%가 전동기 부하에 소비되는 것으로 알려지고 있다. 그 대부분이 誘導電動機라는 점에서 유도전동기의 효율향상은 중요하다.

(1) 유도전동기의 손실

유도전동기의 손실에는 그림 1에 표시되는 것이 있다. 損失의 構成例은 표 1과 같다. 損失에 있어서는 銅損이 가장 크며 다음은 鐵損의 順이다. 1次銅損과 2次銅損의 비율은 대체로 같다. 容量이 크게 되면 鐵損이 차지하는 비율이 크게 되는 경향에 있다.

誘導電動機의 효율은

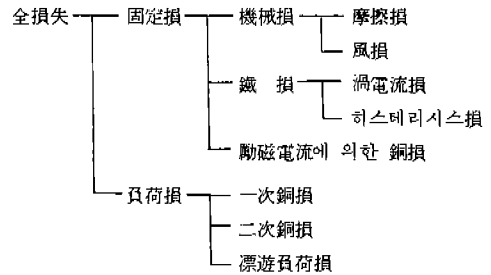
$$\eta = \frac{\text{機械出力}}{\text{1次入力}} \times 100 = \frac{\text{機械出力}}{\text{機械出力} + \text{全損失}} \times 100 [\%]$$

로 표시된다. 효율은 전동기용량, 極數, 부하율에

〈표 1〉 損失의 構成比

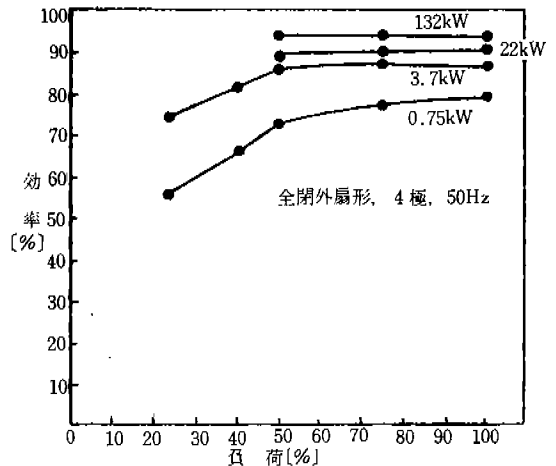
損 失	低壓三相誘導電動機	高壓三相誘導電動機
固定子銅損	25~40	15~30
回轉子銅損	25~40	15~30
鐵 損	20~40	20~40
機 械 損		10~30
漂遊負荷損	5~10	5~15

全損失을 100으로 한다.



〈그림 1〉 誘導電動機의 損失

따라 달라진다. 그림 2는 汎用 유도전동기의 效率例이다.



〈그림 2〉 汎用誘導電動機의 效率例

(2) 省에너지 對策

표 2에 유도전동기의 省에너지 對策을 표시한다.

(a) 銅線의 輕減

銅損은 코일抵抗入電流의 2乘이므로 코일저항의 감소도 전류밀도의 감소대책을 행한다.

(b) 鐵損의 輕減

鐵損에는 渦電流損 We와 히스테리시스損 Wh가 있으며

$$We = Ke f^2 Bm^2 t^2 [W/kg]$$

$$Wh = Kh f Bm^n [W/kg]$$

단, Ke, Kh: 鐵心材料에 의해 定해지는 定數

f: 周波數

Bm: 磁束密度

t: 銅板의 두께

n: 스타인메츠의 定數(1.6~3.5)이다. 鐵損

의 合計는

$$W^T = (W^n + We) \times \text{鐵心の 重量이 된다.}$$

鐵損을 輕減하기 위해서는

- ① 低損失材料의 사용(Ke, Kh: 小). 前回の 변

〈표-2〉 誘導電動機의 損失輕減對策

損失의 種類	輕 減 對 策		
銅 損	一次銅損	電流密度의 減少	導體斷面積의 增加 · 슬롯트內코일 占積率의 증가 · 슬롯트形狀의 適正化 · 絶緣物두께 減少
		코일抵抗値의 減少	코일엔드길이의 減少 製造技術向上
	二次銅損	電流密度의 減少	導體斷面積의 增加
		바아抵抗値의 減少	抵抗바아의 使用 設計技術의 向上 (토크와의 關係)
鐵 損	磁束密度의 減少	鐵心積厚增加	
		低損失鐵心材料의 使用	
	渦電流의 減少	얇은鐵心の 採用	
		回轉子表面의 電氣鑼板間短絡防止	
鐵心重量輕減(磁束密度一定의 경우)			
機 械 損	回轉子外徑의 小形化	絶緣의 剛베이트 업	
	高性能珪(小形珪) 使用		
	通風冷却方式의 改善		
摩 擦 損	低損失클리어스베어링의 採用		
	슬라이드베어링에서 로울러베어링으로 變更(大形機)		
漂 負 荷 遊 損	通電部근방의 構造材에 非磁性材사용		
	製作기술의 向上에 의한 渦電流通路의 減少		

압기의 輕 參조

- ② 磁束밀도의 輕減

- ③ 鋼板두께의 輕減

- ④ 鐵心の 合計重量의 輕減

가 기본대책이 된다.

그리고 渦電流는 主磁束에 의하거나 누설 磁束에 의해서도 발생한다. 渦電流損을 작게 하기 위해서는 먼저 渦電流가 잘 흐리지 않도록 하는 것과 極力短絡通路가 형성되지 않는 構造로 하는 것이 필요하다.

(c) 機械損의 輕減

冷却팬이나 回轉子の 風損, 軸受 磨擦損이 있는데 표 2와 같은 대책을 취한다.

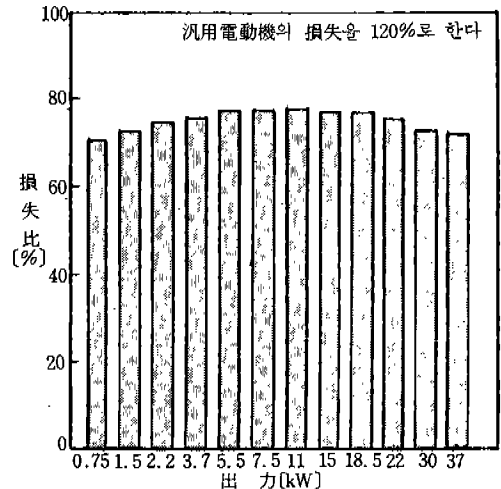
(d) 漂遊負荷損의 輕減

負荷에 기인하여 鐵心の 導體, 구조물에 생기는 손실이다. 負荷電流가 흐르면 磁界가 발생하여 이로 인해 히스테리시스損과 渦電流損이 발생한다. 이러한 것들은 일반적으로 輕減은 곤란하나 누설磁束이 많다고 생각되는 부분은 非磁性材를 사용하거나 短絡通路가 형성되지 않는 대책이 취해진다.

(3) 효율향상의 예

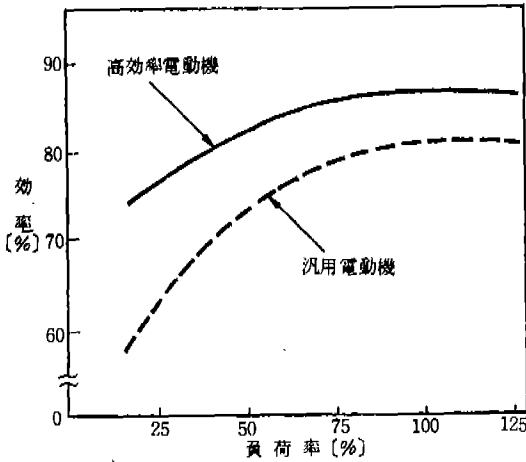
前記와 같은 효율향상대책에 의해 고효율 전동기는 汎用전동기에 대해 손실이 20~30% 輕減하고 효율치는 小容量機로 3~6%, 中容量機로 2~4% 향상하고 있다.

그림 3은 고효율전동기와 汎用전동기의 발생損失比이다.



〈그림-3〉 高効率電動機와 汎用電動機의 發生損失比

또 고효율전동기는 부하율에 대한 효율특성이 그림 4와 같이 플랫폼때문에 부하변동이 있어도 전력절감이 생긴다.



(그림-4) 負荷率에 대한効率比較

(2) 直流電動機

交流可變速기술의 진보도 있고하여 直流機의 용도는 제철工業用등에 제한되어 왔다. 기술개발은 주로 高速大容量化, 小形輕量化, 高性能化이며 효율에 있어서는 별다른 改善은 보지 못했다.

그러나 최근 永久磁石 直流機가 小容量機로 등장함으로써 大形化에의 노력이 이루어지고 있다 이에 따라 界磁電力을 없앨 수 있기 때문에 대폭적인 효율향상을 도모할 수가 있다.

界磁磁石으로는 알니코磁石이 가장 역사가 길며

최근은 페라이트磁石이 많아지고 있다.

磁石 直流機는 다음과 같은 특징이 있다.

① 효율의 향상

예로서 0.2KW로서 卷線界磁形 67%에 대하여 磁石 直流機는 73%, 3.7KW로 71%를 83%로 할 수 있다.

② 重量의 減少

③ 冷却條件의 改良

④ 界磁保護의 不要

(3) 可變速드라이브裝置

可變速드라이브裝置의 기술동향에 대해서는 별도로 기술할 예정이나 여기서는 효율관계에 대해서 기술한다.

그림 5는 可變速드라이브시스템의 변천을 표시한 것이다. 直流可變速시스템은 워드레오나이드에서 靜止(水銀整流器) 래오나이드, 다이리스터레오나이드로 변천해 왔다.

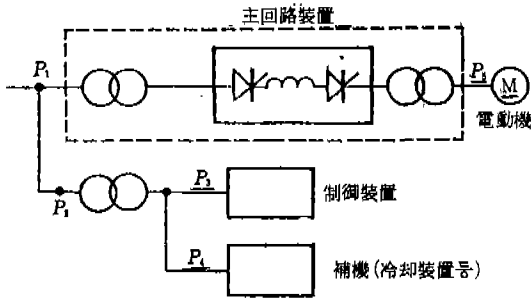
유도전동기의 可變速드라이브시스템은 2次抵抗制御, 리액터에 의한 1次電壓제어, 회전기 사용에 의한 2次勵磁제어에서 半導體 電力變換素子를 사용했다. 1차전압제어, 2차勵磁제어 인버터制御에로 변천해 왔다. 최근은 모두 반도체 電力變換素子를 사용하고 있으므로 이에 대해 기술한다.

(1) 損失

可變速드라이브 시스템은 그림 6에 표시하는 것과 같이 기본적으로 主回路장치, 제어장치 補機로 구성된다. $P_1 \sim P_6$ 는 各點의 電力을 나타낸 것이다

年次	1955年	1960年	1965年	1970年	1975年	1980年	1985年
直流可變速	MG(워드레오나이드)						
	靜止레오나이드(水銀整流器)						
	다이리스터레오나이드						
交流可變速 (誘導電動機)	2次抵抗制御						
	1次電壓制御(다이리스터)						
	2次勵磁制御(크레이머)						
	2次勵磁制御(靜止變流器)						
피터백 制御機器	인버터						
	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							

(그림-5) 可變速드라이브시스템의 變遷



〈그림-6〉 可變速드라이브시스템의 構成

可變速드라이브장치의 規約효율은

$$\eta = \frac{\text{定格出力}}{\text{定格出力} + \text{規約全損失}} \times 100 (\%)$$

로 표시된다. 規約손실은 다음과 같다.

- ① 整流素子 및 유우즈의 損失, 整流器內의 接續導體의 손실 整流素자의 分壓器 서어지吸收用 抵抗 콘덴서 등의 손실
- ② 항상 접속되어 있는 冷却장치의 入力 (단 간접적 냉각장치는 제외) 드리저裝置의 入力
- ③ 相間리액터, 아암리액터, 電流밸런스, 異常吸收장치의 손실
- ④ 複變換접속에 있어서의 순환전류에 의해 발생되는 손실
- ⑤ 整流器用 변압기, 出力변압기 交流리액터, 直流리액터

여기서는 제어장치의 입력 (여기서 말하는 제어장치라 함은 可變速제어에 필요한 예로 周波數제어와 속도제어등의 제어장치이다)은 포함되어있지 않으나 省에너지의 견지에서는 당연히 그 入力도 손실로 생각해야 한다.

(2) 省에너지對策

표 3에 損失輕減대책을 표시한다.

(a) 高電壓 大容量素子の 사용

이에따라 直並列數가 감소하고 主回路通電部 손실이 감소한다. 그리고 게이트回路, 轉流補助回路 밸런스회로의 수가 적어 지므로 이들 부분의 손실도 감소한다.

(b) 低損失素子の 使用

素子の 손실은 온狀態에 있어서의 損失이 대부분이며 손실은 온電壓과 온電流(通電電流)의 乘으로 표시된다. 따라서 온電壓이 낮은 것이 중요하다. 이 온電壓은 素子에 의해 다르며 표 4는 그 예이다.

〈표-3〉 可變速드라이브장치의 損失輕減對策

損失의 種類	輕減對策
電力變換素子の 損失	低損失素子の 使用 直並列數의 減少(高電子大容量素子の 使用)
冷却裝置의 入力	高効率冷却裝置의 使用(피드파이프 式등)
트리저裝置의 入力	光트리저方式 自己消弧形素子の 使用(GTO, 파워워 트릿지스터)
리액터, 變壓器損失	變壓器의 損失輕減對策에 準한다
其他附屬素子の 損失 (抵抗·콘덴서等)	電力變換素子の 直並列數減少 自己消弧形素子の 使用(轉流回路不要)
制御裝置의 入力	高集積回路化(LSI化, 全디지털化)

〈표-4〉 各種電力用半導體素子の 온電壓

半導體素子	온電壓 [V]
파워워트랜지스터(싱글)	0.3
실리콘다이오드(非高速)	1.0
파워워트랜지스터(더어린턴)	1.3
다이리스터(非高速)	1.4
다이리스터(高速)	1.5
GTO	1.6

(c) 自己消弧形素子の 사용

타우워트랜지스터와 GTO(게이트 타운 오프다이 리스터)는 轉流補助手段 없이 스스로 타운오프(消弧)할 수가 있다.

따라서 이들 素子를 사용하면 自動變換裝置의 轉流콘덴서 補의다이리스터등의 轉流補助回路 要素가 모두 不必要하게 되며 장치가 소형화 되는 동시에 이들의 손실이 없어진다.

(d) 冷却置

素子の 대용량화에 따라 素子 자체의 冷却媒체는 공기-기름-물-플론으로 변해 왔다. 플론은 공기의 6배의 냉각능력을 가지며 장치의 소형화, 低損失화에 유효하다.

최근에는 피드파이프냉각도 개발되고 있다.

(e) 트리저裝置

光點孤방식이 개발되어 다이리스터밸브의 소형화 低損失화에 공헌하고 있다.

(f) 制御裝置의 高集積化

피드백制御장치는 그림 5에 표시하는 것과 같

이 변천해 왔이나 최근에는 아날로그制御形에서 마이크로프로세서를 사용한 全디지털制御形으로 바뀌어 高集積化, 靜止化, 部品點數의 삭감이 되어 소비절력도 저감하고 있다.

(3) 効率向上의 例

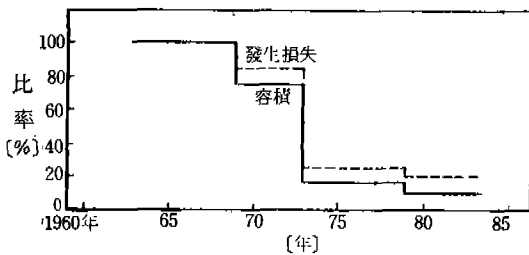
다이리스터 레오나아드시스템(電力 변환장치와 제어장치 1시스템當)의 발생손실 및 용적은 그림 7 와 같이 推移하고 있으며 발생손실은 1965년대를 100으로 하면 81년대는 20이하로 저감하고 있다.

인버터는 파워트랜지스터의 大容量化에 따라 종래는 200V 70kVA(400V 150kVA)의 인버터(但 單容量, 並列에서는 얼마든지 可能)가 출현하여 앞으로는 大容量化의 경향이 계속될 것으로 생각된다.

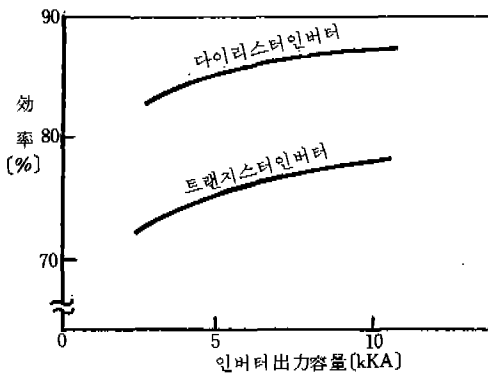
파워트랜지스터나 GTO등의 自己消滅素子를 사용한 전력 변환장치의 효율이 높은 것은 전술한바와 다 같다

可變速드라이브裝置는 아나나 CVCF인버터의 列를 그림 8에 표시한다.

(4) 照明機器



〈그림-7〉 다이리스터레오나아드시스템의 容積과 損失의 推移



〈그림-8〉 CVCF 인버터의 効率比較

電力需要의 약 15%가 조명에 쓰여지고 있다. 장소별로는 주택 약 19%, 사무소 약 32% 백화점 약 44%, 산업(공장) 약 9%가 조명용으로서 사용되고 있다.

사무소·백화점등에서는 조명용 전력의 비율이 높고 省에너지대책은 중요하다.

(1) 光源의 효율

전반조명에서는 照度는 램프의 光束에 比例한다 따라서 光源의 효율은 가급적 적은 전력으로 많은 光束을 발생한다. 즉 램프 効率 [Im/W]로 표시된다. 安定器가 있는 경우는 總효율=發生光束/램프 入力이 된다.

照明機器의 효율은 작업면에 달하는 全光束/램프의 發生光束으로 표시된다.

(2) 省에너지對策

최근의 省에너지대책을 표 5에 표시한다. 以下主要點에 대해 기술한다.

(a) 赤外線 反射膜應用 파로겐램프

白熱램프로 부터 照射되는 에너지의 약 70%는 赤

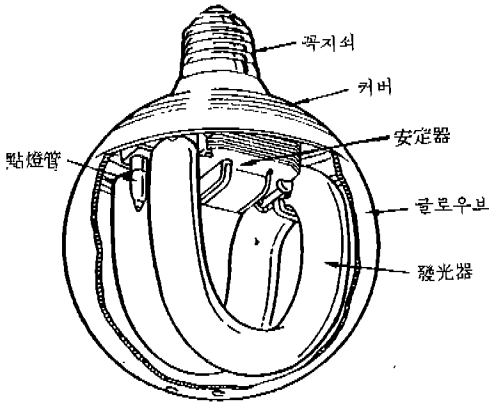
〈표-5〉 照明機器의 省에너지對策

要 素	最近의 省에너지對策例	
光源의 效率의 向上	白熱電球	유리球内面に 擴散성이 좋은 실리커의 靜電塗裝 赤外線 反射膜 應用파로겐램프
	螢光램프	電球形螢光램프(白熱電球와 互換性有)
		電球形電子化螢光램프
		省電力形螢光램프(封入가스와 管徑의 最適化)
		三波長域發光形램프 高周波點燈螢光램프
螢光水銀램프	省電力形螢光水銀램프	
安定器의 損失輕減	메달팔라이드램프	水銀燈安定器適合形에 메달팔라이드램프
	高圧나토름램프	水銀燈安定器適合形 메달팔라이드램프
	螢光燈用安定器	省電力形一般安定器 電子安定器 高効率電子安定器
	HID램프安定器	省電力形安定器
照明器具의 效率向上	器具效率의 向上 } 反射面의 材質· 配光의 改良 } 마무리와形狀 改善, CAD設計	

外線이다. 이 전구는 可視光 透過 赤外線 反射膜을 유리밸브 表面에 형성시켜 적외선을 반사하고 필라멘트加熱로서 회수하는 것인데 종래의 할로겐 램프의 효율이 16(lm/W)에 대해서 효율은 17~19(lm/W)이며 효율은 6~19% 向上되고 있다.

(b) 電球形 螢光램프

白熱램프의 소켓에 그대로 삽입할 수 있는 보울형 螢光램프가 이미 개발되고 있다. 이 램프는 安定器와 點燈기능을 램프내에 내장하고 있다. 소비전력은 白熱램프의 1/3로 照度は 같다. 그리고鐵心形 安定器를 電子化하여 點燈스타아트를 빨리하게한 電子化 螢光램프가 개발되어 효율이 더욱 향상되고 있다. 그림 9는 電球形 螢光램프의 예이다.



〈그림 - 9〉 電球形 螢光램프의 例

(c) 螢光램프

螢光램프에 대해서는 管徑, 管長, 封入가스 組成과 압력 螢光體의 최적설계에 의해 효율은 매년 향상되고 있다. 3波長域 發光形은 청, 녹, 적색의 3色 狹帶域에 발광하는 螢光體를 사용한 것으로서 演色性이 좋다.

트랜지스터인버터를 사용한 電子安定器의 개발에 의해 螢光燈의 高周波 點燈이 가능하게 되었다. 高周波 點燈으로 商用周波 點燈보다 발광효율이 약 10~20% 향상한다.

(d) HID (High Intensity Discharge) 램프

공장용 高효율 光源으로서 高壓나트륨램프가 개발된 것은 10년 정도 전이다. 공장에 있어서의 조명의 대부분은 종래는 螢光水銀램프 였었다. 따라서 HID램프의 개발은 水銀燈 安定器로 점등할 수 있는 램프 上體에 있었으며 또한 효율 향상에 노력

하고 있다.

(e) 安定器의 損失輕減

磁氣누설 變壓器사용의 종래형 安定器로서는 卷線의 재료와 卷線方式의 재조정, 하이글레이드鐵心材料의 채용에 의해 손실의 경감을 도모해 왔으나 自然 限度가 있다.

電子安定器는 트랜지스터인버터를 주체로하는 반도체회로로 형성되어 螢光램프를 약 40kHz의 高周波로 점등하는 것으로서 램프效率의 향상 安定器의 소형화 省電力등 이점이 많다.

고효율 電子安定器는 필라멘트電子制御등의 制御性能의 향상을 도모하여 省電力을 도모한 것이다.

(3) 最近 光源의 효율에

최근 광원의 효율예를 표 6에 표시한다.

〈표 - 6〉 光源의 効率例

光 源	定格電力 [W]	綜合効率 [lm/W]	定格壽命 [h]	
一般白熱램프	60	13.5	1,000	
省電力形白熱램프	57	14.2	1,000	
할로겐램프	100	16.0	1,500	
赤外線反射膜應用할로겐램프	130	18.5	,0	
電球形 螢光램프	17	36.5	6,000	
電球形 電子化 螢光램프	17	49.0	6,000	
螢光램프	一般安定器使用	40W × 2	65	10,000
	省電力形安定器使用		77	10,000
	電子安定器使用		83	10,000
	高効率電子安定器使用		100	10,000
H I D 램프	省電力形 螢光水銀램프	375	56	12,000
	메탈할라이드램프	400	95	9,000
	高壓나트륨램프	365	132	12,000

(注) 綜合効率は 安定器가 있는 경우는 發生光束 / 安定器 入力이다.

(5) 電磁開閉器

電磁開閉器는 電磁接觸器와 서어멀을 合成한 것이며 일반적으로 形용도전동기의 시동·정지에 사용되는 것이나 전동기제어에 한하지 않고 제어장치의 중요한 要素로서 넓은 범위로 사용되고 있다. 電磁開閉器의 손실의 태반은 전자석에서 발생하며 損失 / 電動機 定格出力은 0.02~0.1% 정도이다. 損失은 적으나 전동기가 많은 경우에는 判세할 수 없

다. 省資源, 省에너지의 요구는 이 분야에도 미치며 小形化 省에너지化의 개발이 종종 행해지고 있다. 최근의 예로서는 다음과 같은 것이 있다.

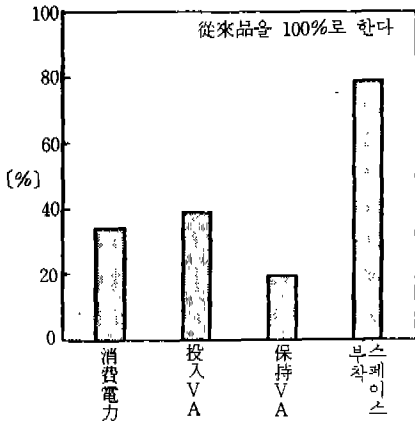
(1) 交流入力·直流通磁方式의 채용

交流入力を 整流하여 電磁石에 加하는 것으로서 電磁石의 소비전력은 鐵損, 세이딩코일損, 銅損 이나 鐵損 및 세이딩코일損이 없어지게 되므로 損失은 대폭으로 줄어든다.

(2) 勵磁電流의 制御

操作回路에 IC를 내장한 電子制御回路를 설치하고 있다. 直流通磁石의 保持電流를 연속通電하는 것이 아니라 파워트랜지스터에 의해 차단하고 印加하는 것인데 保持볼트안페어를 低減하는 것이다.

이상과 같은 省에너지대책과 小形化對策에 의해 치수나 손실은 그림10과 같이 개선되고 있다.



〈그림-10〉 電磁開閉器의 省에너지 比例

〈표-7〉 LED 램프의 消費電力

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

(6) 시이퀀스制御장치 및 周邊裝置

主幹 제어장치는 電磁繼電器사용의 와이야아드로직에서 마이크로컴퓨터나 프로그래머블콘트롤러 등의 내장메모리 부착 프로그램形이 되며 대폭적인 스테이스 축소와 省에너지가 달성되고 있다.

그리고 주요한 制御素子인 LSI나 마이크로프로세서는 더욱더 高機能化, 高集積度化되어갈 전망이며, 이를 채용하여 마이크로컴퓨터나 프로그램블콘트롤러는 다시 高機能化, 省에너지화할 것이다.

操作盤과 監視盤도 電子化의 傾向에 있다. 새로운 설비로는 操作盤장치에 CRT디스플레이를 주체로한 장치가 채용되고 있다. 그러나 表示燈을 채용한 操作監視장치도 당분간 남을 것으로 생각된다. 이같은 傾向을 반영하여 최근에는 램프가 LED化하고 있다. 이는 램프속에 LED, 整流다이오드, 保護다이오드를 내장한 것으로서 종래의 白熱램프에 비해 소비전력은 約 35%, 수명은 10배이며 종래의 램프와 互換性이 있다. *

