

# 펌프·브로아 驅動에서의 에너지節約

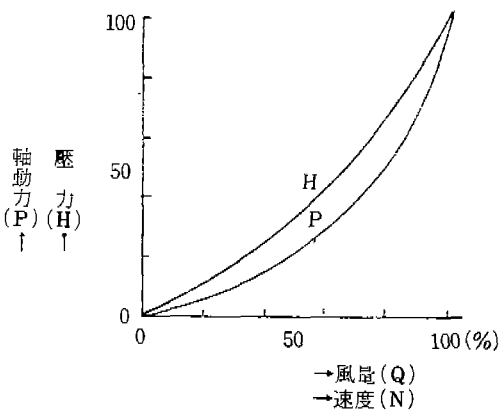
## 1. 펌프·브로아의 一般的 特性

보통 펌프·브로아 負荷特性은 그림 1과 같이 表示된다.

Q : 流量( $m^3/min$ ), N : 揚程(m), N : 회전수(rpm), P : 出力(kW)라 하면,

$N \propto Q$   $H \propto Q^2$   $P \propto Q^3$  또는  $P \propto N^3$  관계가 있다.

브로아 設備를 예로들면 지금 設備運用上 風量이 50~80% 사이를 調整可能하다하면 回轉數도 50~80 사이에서 可變可能하게 된다. 그 결과 出力은 100% 風量時에 비해  $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{2}$ 로 大幅 消滅할 수 있다.



〈그림-1〉 펌프·브로아의 負荷特性

## 2. 펌프·브로아의 에너지節約의 計劃守法

아래에 펌프·브로아의 에너지節約 計劃을 進行하는데 있어서의 順序를 간단히 記述한다.

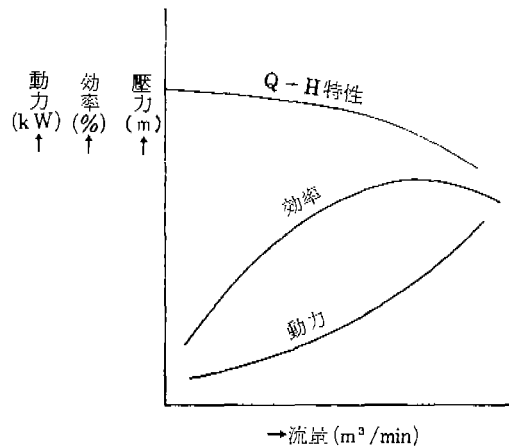
(1) 펌프·브로아를 使用하는 設備에서

- ① 水量(風量)의 低減, 可變, 一定制御의 可能性
- ② 揚程(壓力)의 低減, 可變, 一定制御의 可能性을 檢討한다.

(2) 그림 2의 펌프·브로아 特性에 그림 3과 같이

- ① 低減 또는 制御可能 範圍를 記入한다.
- ② 系統壓力曲線(負荷抵抗特性)을 記入한다.

註 1 : 速度 50~80%로 하면  $(0.5)^3 \sim (0.8)^3$ 에서



〈그림-2〉 펌프·브로아 特性

(表-1) 펌프·브로아 速度制御 方式

比較項目	2次抵抗法	사이리스터·셀리우스方式	사이리스터·스위치方式	C.L.·모터方式
原理	巻線型誘導電動機의 2次抵抗調整에 의한 速度制御	巻線型誘導電動機의 SIR와 사이리스터·인버터에 의한 2次 勵磁制御	사이리스터·스위치方式에 의한 亂形(巻線型)誘導電動機의 1次電壓制御用 ON/OFF 制御	사이리스터式·可變電壓周波數變換과 分配器付브러시리스同期機와의 結合에 의한 電機子 電壓制御
結線				
速度範圍	60~98% (金屬抵抗器) 60~95% (液体抵抗器)	70~100% (10~100% 可能)	0. ≒ 100%	10~100%
總合效率 (·例로表示) 速度	大容量 中容量 小容量 100% 95 93 91 80% 77 75 73 60% 57 55 53	大容量 中容量 小容量 91 90 88 88 86 83 81 80 75	大容量 中容量 小容量 95 92	大容量 中容量 小容量 89 85 82 87 81 78 81 77 74
總合力率	80~90%	50~75%	90%	60~80%
主要制御機器	液体抵抗器 (金屬抵抗器 및 制御器)	사이론 整流器, 力和改善用 콘덴서 사이리스터인버터 { 変換器, 제어회로 } 起動裝置, 切替制御裝置	사이리스터스위치	사이리스터 脈變換器 直流리액터 사이리스터 인버터 起動補助回路
設備費	가장 값싸다	비싸다	싸다	비싸다
据付面積	小	大	小	中
自動制御와의結合	사이론機構를 必要로 하므로 應答性이 없다	容易 速應性이다	容易 速應性이다	容易 速應性이다
保守	誘導機보리시 液体抵抗器에 冷却水 必要	誘導機보리시	無保守	無保守
特長	1. 制御精度가 매우 簡單하다. 2. 設備費가  저렴하다. 3. 設置面積이 小하다. 4. 保守가 쉽다. 5. 能수은 나쁘나 制御方式에 比하여 損失이 小하다. 6. 速度變動율이 크다. 7. 効율이 나쁘다.	1. 高精度의 制御가 可能하다. 2. 應答性이 크다. 3. 速度制御는 모두 靜上形이고 保守가 쉽다. 4. 回路가 若干 複雜하다. 5. 力率이 나쁘다. 6. 効율이 높다. 7. 台數가 많은 인버터機器를 數台에 對하여 1組 設置할 수 있다.	無保守 1. 設備가 簡單하여 應答性이 높다. 2. 停止·無電壓스위치로 保守가 거의 없다. 3. 高速區域에서 1部 速度制御가 된다(1部 停止).	1. 保守容易 2. 惡條件下에서 良好한 旋轉圈의 速度調整이 된다. 4. 速應性이 크다.
適用	雨水, 汚水펌프等 閉久 運轉하는데 適合 中, 小容量, 容易, 速應性이다	브로아 速度制御用으로서 高速區域에 適合하다	小·中容量機械 ON, OFF用에 適合	中容量高速에 適合

12.5% ~ 51.2%

③ 그림 3의 各己의 流量에서의 入力를 第(1)式에 의하여 求한다.

$$P_{in} = \frac{0.163\gamma Q H \times 10^{-3}}{\eta_P \eta_M} \text{ (kW)} \dots\dots(1)$$

$\gamma$  : 液体 (氣體) 의 密度 ( $g/cm^3$ ) (純水=1.0)  
 $Q$  : 流量 (水量, 風量) ( $m^3/min$ )  
 $H$  : 揚程 (水壓, 風壓) (m)  
 $\eta_P$  : 펌프 效率  
 $\eta_M$  : 電動機效率 (回轉數制御裝置 포함)  
 $P_{in}$  : 入力 (kW)

比較項目	사이프렉크切換方式	사이프렉크C方式	사이프렉크多重方式	備考
原理	사이리스터式 可變周波數 變換器와 商用電源과의 切換에 의한 籠形(卷線形) 誘導電動機의 速度制御	電流形 인버터에 의한 籠形(卷線形) 誘導電動機의 速度制御	多數台의 電壓 인버터와 트랜스를 쓴 合成 可變 電壓 周波數에 의한 籠形(卷線形) 誘導電動機의 速度制御	
結線				P1 入力 PL 主電動機出力 PB 返還電力  CB 遮斷器 또는 공비 T 変圧器 SIR 整流器 SCR 사이리스터인버터 SCRC 사이리스터용바 TRIS 사이리스터스위치
速度範圍	10 ~ 60 % 100 %	10 ~ 100 %	10 ~ 100 %	100 % ~ 同期速度
總合效率 (一例로表示) 速度	大容量 中容量 小容量 100% 95 94 92 80% 74 60% 65 63 60	大容量 中容量 小容量 82 82 79 78 78 75 70 70 68	大容量 中容量 小容量 86 84 84 81 75 73	(電壓 3000 V 또는 400 V) 大容量 1000kw 6P 中容量 500kw 6P 小容量 100kw
總合力率	60 ~ 80 % 90 %	60 ~ 80 %	90 % ~	
主要制御機器	사이리스터 順變換器 直流리액터 사이리스터 인버터 眞空電磁接觸器	사이리스터 順變換器 直流리액터 사이리스터 인버터	大·出力 트랜스 시리온整流器 사이리스터 용바 사이리스터 인버터	電動機 1次側 스위치 除外
設備費	싸다	약간 비싸다	비싸다	
據付面積	小	中	大	
自動制御와의結合	容易 接觸器使用때문에 약간 遲延性으로 건다.	容易 遲延性이다	容易 遲延性이다	
保守	接觸器의 機械部分	無保守	無保守	
特長	1. 電動機의 數分의 1의 可變速度制御裝置로 된 2. 低速域에서 速度 制御가 自由自在이다. 3. 切換制御가 若干 複雜하다. 4. 效率·高力率이다	1. 保守가 가장 簡單하다 2. 周圍 條件에 強하다 3. 簡單히 既設한 場合에 적지을 수 있다. 4. 廣範圍한 制御性이 있다 5. 力率이 나쁘다 6. 安定性에 注意가 必要	1. 保守가 容易 2. 周圍 條件에 強하다 3. 簡單히 既設設備의 착지을 수 있다. 4. 廣範圍한 制御性이 있다 5.  훌륭한 安定性이 있다 6. 力率이 나쁘다 7. 高周波 對策에도 容易하다 8. 設備·價格이 多같이 高게 된다	
適用	小~大容量까지 低速域 制御에 適合	中容量機의 廣範圍 速度制御에 適合	中·小容量機의 廣範圍 制御에 適合	

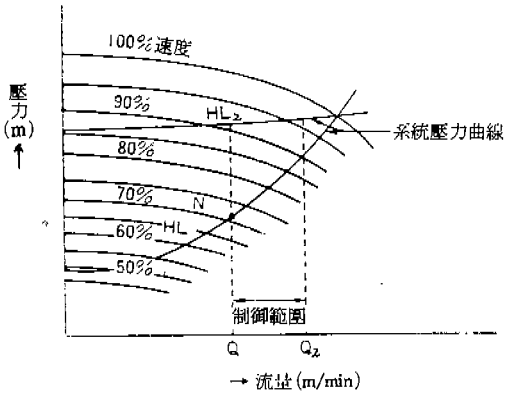
④ 여기서 얻은 Pin에 그 流量에서의 運轉時間을 곱하여 合算한 電力量(kWH)를 求한다.  
年間的 電力量을 W/kWH를 곱하여 年間電力料金を 求한다.

⑤ 速度制御範圍를 그림 2의 Q-H特性에 따라 그림 3과 같이 5~10% 速度마다 몇 개의 특

性曲線을 그려 넣는다.

最低流量  $Q_1$ 과 系統壓力曲線  $HL_1$ 와의 交點을 지나는 特性曲線  $N_1$ 이 下限回數가 된다.

(3) 表 1에 表示한 各種制御方式 중에서 上記 回轉數 制御範圍, 運轉轉數, 既設, 新設等を 考慮하여 가장 適當한 方法을 고른다.



〈그림-3〉 펌프·브로아시스템계획도

### 3. 펌프·브로아 회轉數制御實施 上的 留意點

펌프·브로아를 회轉 制御해서 에너지節約 計劃을 할때의 留意할 點은 미리 充分히 考慮되기 때문에 別로 問題가 없으나 既設稼動中の 펌프·브로아를 對象으로 할때는 各項目을 充分히 체크해 둘 必要가 있다.

특히 다음과 같은 點은 시스템 計劃의 根本이 되는 重要事項이다.

(1) 펌프·브로아 負荷의 Q-H 特性 브로와 負荷 브로아 負荷일때는 問題될 點이 적으나 펌프에서는 靜壓이 높을때(그림 3, HL₂)는 회轉數 制御 範圍가 좁아 약간의 회轉數를 줄이더라도 運轉制限 區域에 들어가 適用效果가 별로 없어질 때가 있다. 이때 회轉制御方式의 選定을 考慮하여 보다 더 效果의 結果로 計劃할 必要性을 느낀다.

(2) 電動機, 펌프·브로아의 電氣系와 機械系와의 共振

사이리스터 裝置를 利用한 펌프·브로아의 회轉數 制御를 行할 時 電動機에서 高調波脈動 扭矩가 發生하여 電動機를 포함한 機械系와의 사이에 共振狀態가 되어 샤프트, 컵프링, 임페라 등을 疲勞破損시킬 때가 있다.

브로와와 같이 GD²가 클 時 특히 조심하여야 할 必要가 있다. 基本的으로는 第 2式에 의하여 機械系의 共振點을 發見하여 회轉數 制御範圍內에서의 危險의 有無를 判斷한다.

$$f_M = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{J \cdot G (I_B + I_{IM})}{I_B \cdot I_{IM} \cdot L}} \quad (\text{Hz}) \quad \dots\dots(2)$$

〈表-2〉 適用上的 留意點

對象 分類	留 意 點
1. 시스템에 대하여	(1) 펌프 브로아 直列 또는 並列管路系의 速度 制御의 可否와 範圍 (2) 펌프·브로아 負荷側管路의 Q-H 特性 (3) 인버터 台數와 펌프·브로아 台數의 恰마 음 (4) 瞬時 停電 對策
2. 機器에 대하여	(電動機關係) (1) 高調波脈動 扭矩, 軸·機械系의 共振의 有無 (2) 速度, 負荷의 反覆變化와 機械的, 熱的 疲勞 (3) 인버터에  의한 低周波始動 扭矩와 加速 扭矩 (4) 速度 制御範圍, 高調波와 溫度上昇 (5) 速度 制御와 速度檢出器의 取付 改造 (6) 卷線型 電動機와 스텝링 들레의 改造(펌프·브로아 關係) (7) 軸共振과 爪共振
3. 電源에 대하여	(1) 電源에 미치는 高調波의 影響 (2) " 力率의  영향
4. 기타	(1) 既設設備의 改造 (2) 電氣室의 配慮

$f_M$  = 機械系 捩틀림 固有振動數

L : 軸等價 길이

$I_B, I_{IM}$  : 펌프(브로아), 電動機慣性 모멘트

J : 極彈性 모멘트

G : 橫彈性係數

보통 機械系固有振動數보다 높은 周波數의 脈動 扭矩가 發生치 않도록 회轉數 制御方式을 選定한다.

### 4. 펌프·브로아와 에너지節約 實施例

(1) 터어빈 發電機冷却水의 水量制御

自家用터어빈 發電機의 負荷量이 계절 및 시간단위로 變化한다. 이제까지 一定 水量으로 冷却水를 送水하여 펌프 動力을 소비하여 왔다. 이것을 負荷의 變化에 따라 적정한 冷却水量을 自動적으로 調整될 수 있도록 하여 送水量 즉 펌프動力의 에너지

〈表-3〉應 用 例

用 途	主 目 的	副 次 的 效 果
海水펌프	高架貯水탱크의 水位制御	必要最小限의 水量補給과 水 位콘트롤의 작마춤에 의한 에너지절약
換氣集塵브 로와	工場建物內外環 境 維持	採業內容과 連動시킨 效率的 運用에 의한 에너지절약
電氣爐集塵 브로와	工場建物內 環境 維持 騒音 對 策	同 上
보일러排氣 브로와	脫硫·脫硝의 適 正化學 反應 環 境 維持	排氣量調整에 의한 最適化學 反應과 에너지절약
海水펌프	터어린冷却水量 制御	負荷量에 따른 冷却水량의 給水와 에너지절약
스카프펌프	스카프制御	反復사이클運轉에 의한 에너 지절약

節約을 圖謀하였다.

電動機 高壓卷線形 誘導電動機 700kW 回轉數制  
御方式 電壓多重形 임버어터 回轉數 制御範圍 60~  
80%

年間省電力量(概算) 1,580MWH

(2) 工場建物集塵 브로와의 風量制御

雷氣爐 轉爐工場等과 같이 作業工程에 따라 먼지  
가스 發生量이 다르다.

이 作業工程에 따라 自動的으로 回轉數 制御指令  
을 주고 必要時外는 브로와 動力消費를 削減하여  
에너지節約을 꾀하였다.

電動機 高壓卷線 誘導電動機 3,500kW

高壓籠形 誘導電動機 750kW

回轉數制御方式 사이리스터셀비우스

電壓多動임버어터

回轉數制御範圍 70~100%, 50~80%

年間省電力量(概算) 5,510MWH, 1,020MWH

(3) 工場內 冷却水의 壓力一定制御

工場內에서는 大容量機械에서 小形檢出器具에 이  
르기까지 冷却水를 利用하고 있어 使用水量도 生産  
計劃과 時間帶에 따라 다르다. 이 때문에 冷却水의  
壓力도 變化하니 送水側은 미리 豫測한 最低水壓  
을 維持하도록 通常壓力을 높혀 送水하고 있다. 이  
것을 冷却水의 變化에 關係없이 壓力을 最適位에  
一定하게 되도록 回轉數 制御를 하여 機器에의 必  
要 以上の 壓力增大를 抑制하며 펌프 動力의 에너  
지節約을 圖謀한다.

電動機 高壓卷線 誘導電動機 1,500kW

高壓籠形 " 400kW

回轉數制御方式 液體抵抗器制御

사이리스터셀비우스

回轉數制御範圍 60~100%, 70~100%

年間省電力量(概算) 4,000MWH, 1,200MWH

## ◇ 投稿 歡迎 ◇

본지는 이번에 「나의 체험담」과 「플러스·마이너스」란을 새로 마련하였습니다.

이 고정란은 독자회원 특히 기사회원들을 위한  
“대화의 광장”입니다.

항상 여러분과 함께 호흡을 같이하는 본지를 위  
해 투고를 통한 적극적인 참여 있기를 바랍니다.

### ● 투 고 요 령 ●

◇나의 체험담 : 합격담, 전기사고 사례, 어려웠던  
일, 기타 기행문, 수기, 일기문, 미담 등 생활  
수필.

※ 원고지(200자) 10매 이내

◇플러스·마이너스 : 근무처 주변의 생활을 통해  
평소 느낀점, 개선해야 할 점 등 제언과 건의.

※ 원고지 3~4매이내

◇원고마감 : 수시 접수

◇보낼곳 : 우편번호 100 서울 중구 수표동 11-4  
대한전기협회 출판부 협회지 담당 앞

◇주 의 : (1) 원고는 반드시 원고지(200자)에 쓸  
것

(2) 원고지 맨 앞장에 반드시 주민등록  
번호, 근무처 또는 주소, 이름을 명  
기할 것

\* 채택된 원고는 소정의 고료를 우송함.