

FLY WHEEL에 의한 ENERGY의 貯藏

◇……다음은 日本工業 技術院 機械技術研究所의 松野建一氏が 日……◇

◇……本電氣協會誌에 게재한 것을 요약한 것이다. <編輯者註>……◇

鮮于賢範 譯

<韓電技術開發部次長>

1. 序 言

現在 日本의 發電設備은 合計約 1億2千萬kw이며 原動力別 構成比는 火力 72%, 水力 22%, 原子力 6%이다.

1985년에는 電力의 最大需要量은 1億6千萬kw 程度가 될 것으로 豫想되어 이에 對處하기 爲하여 每年 發電設備가 增強되고 있다.

그러나 이 發電能力을 全部利用하여 發電하는 期間은 1年中 여름한철의 짧은 期間으로서 그것도 晝間의 數時間이며 夜間 또는 여름철 以外의 季節은 훨씬 적은 電力으로서 充分한 것이다.

東京電力管内를 例로 들면 年平均負荷率은 年 年低下하여 50%線이 되고 있고 또 深夜率도 한 여름에는 42%로 내려 왔고 한여름 PEAK 時間 以外는 2/3 乃至 1/2의 發電能力으로 充分 充足 되고 있음을 알 수 있다.

그래서 夜間의 剩餘電力을 積極的으로 蓄積하였다가 晝間의 PEAK 時에 이를 放出하려는 연구노력이 강화되고 있다.

現在 이를 爲한 手段으로서 日本에서 利用되고 있는 것은 揚水發電 뿐이다. 揚水發電所는

1960年以後 本格的인 開發이 推進되어 現在까지 約 30個所가 開發이 된 것이다.

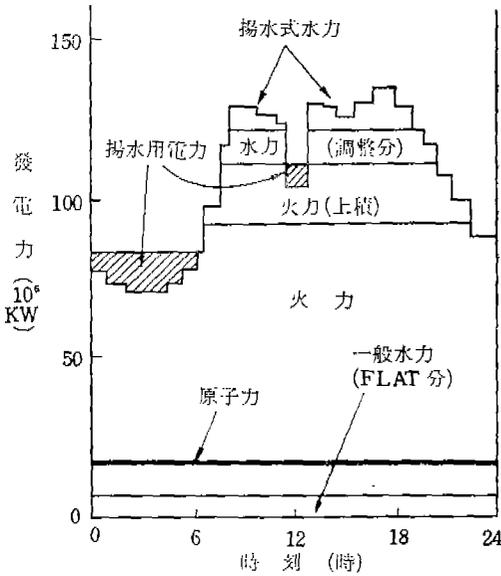
이 分野의 技術은 벌써 確立되어 있으며 約 70%라는 比較的 높은 綜合効率が 얻어지고 있기 때문에 今後에도 開發이 進行되어 第1圖와 같은 電力供給上 重要한 位置를 占有하게 될 것으로 思料되고 있다.

事實 昨年(1977年) 6월에 發表된 綜合 ENERGY 調査會의 「中期 ENERGY 需給 暫定展望」에 依하면 特段의 ENERGY 開發努力이 促進되었을 경우 揚水發電은 1985年度에는 1,850萬kw, 1990年度에는 2,450萬kw가 되는 것이다.

그러나 이 揚水發電에도 赤信號다고는 할 수 없으나 黃色信號가 생긴 것이다.

그理由는 10~15年後에는 建設適地의 枯渴化, 住民 POWER 等 때문에 立地難이 되고 또 送電線等을 包含하여 建設費가 增大될 것이 豫想되기 때문이다.

그結果 揚水發電에 代身할 별도의 剩餘電力貯藏方式의 開發이 必要하게 되었고 各種 ENERGY 貯藏 SYSTEM의 研究나 調査가 현재 이루어지고 있다.



第 1 圖 電力供給力運用狀況

2. ENERGY 貯藏 SYSTEM

이와 같은 大規模 ENERGY 貯藏 SYSTEM 에 要求되는 條件으로서는

- (1) 變換効率が 클 것
- (2) 應答성이 좋을 것
- (3) 壽命이 길 것
- (4) 單位體積, 單位重量當의 ENERGY 貯藏 可能量이 클 것
- (5) 操作性이 좋을 것
- (6) 安全性이 높을 것 等이다.

또 設置時에 考慮하여야 할 事項은

- (1) 設置함에 있어 地形의 地理的 制約이 없 을 것
- (2) 必要한 場所에 必要한 規模로 分散配置할 수 있을 것
- (3) 環境에 惡影響을 주지 않을 것 等이다.

또한 開發에 있어서는

- (1) 特殊한 資源이 必要한가

- (2) 材料의 確保에 制約이 있는가
- (3) 經濟的으로 利得이 있는가.
- (4) 世界的 長期的 見地에서 ENERGY 節減 이 되는 것인가 等에 對하여도 檢討를 할 必要가 있는 것이다.

이때까지 檢討된 ENERGY 貯藏方法으로서는

- (1) 壓縮空氣
- (2) FLY WHEEL
- (3) 新型 BATTERY
- (4) 水素
- (5) 超電導 MAGNET
- (6) 熱 等이 있다.

이들에 對한 概略的說明은 다음과 같다.

[揚水發電]: 現在 實用化되어 있는 唯一한 方式 効率 70%, 將來에는 立地難이 豫想되고 있다. 建設費도 增大된다.

[壓縮空氣]: 夜間電力(剩餘電力)으로 空氣를 壓縮하여 地下에 貯藏하였다가 PEAK 時에 이 壓縮空氣를 GAS TURBINE 의 燃燒用 空氣로서 利用하여 電力을 얻는다. 効率は 65~75%, 西獨의 電力會社가 實用化한 世界에서 唯一한 例가 있으나 日本에서는 地形的으로 無理가 있다.

[FLY WHEEL]; 夜間電力을 回轉體의 運動 ENERGY 形態로 貯藏하였다가 PEAK 時에 回轉 ENERGY 로 發電機를 回轉시켜 發電 한다. 効率 70~75%, 需要地의 地下에 分散配置도 可能하다.

[電池]: 電氣 ENERGY 를 化學 ENERGY 로 變換시켜 貯藏함. 鉛電池外에 新型電池를 研究開發中, 어디에나 設置可能한 利點이 있으나 아직 開發에는 期間이 所要된다.

[水素]: 方法은 여러가지 있으나 水素의 形態로 ENERGY 를 貯藏한다. 効率は 50~60%

[超電導 MAGNET]: 電力을 磁力의 形態로 變換하여 貯藏함. 効率 80~90%로서 높으나 아직 開發에는 時間이 所要됨.

[熱]: 가장 간단하며 土地나 放電設備가 不必
 要한 MERIT 는 있으나 熱傳達에 問題가 있
 으며 效率은 그리 높지 않다.

第1表 各種 ENERGY 貯藏 SYSTEM의 建設 COST

System	建設 Cost	
	Cp (\$/kw)	Cs (\$/kwh)
揚水發電	90-160	2-12
壓縮空氣	100-210	4-30
熱(輪을 使用)	150-250	30-70
熱(油를 使用)	150-250	10-15
鉛 Battery	70-80	65-110
新型 Battery	60-70	20-60
Fly Wheel	65-75	100-300
水素	500-860	6-15
超電導 Magnet	50-60	30-140

全建設 Cost: C (\$/kw) = Cp + Cs · T
 T: ENERGY 放出時間(h)
 價格 1975年度(ERDA, EPRI의 Assessment)에 의함

第1表는 各種 貯藏 SYSTEM 建設 COST 의
 比較이며, COST 는 出力電力에 關連한 成分 CP
 (\$/kw)와 放出電力量에 關連한 成分 CS(\$/
 KWh)로 2分되며 最大限 貯藏한 狀態에서 定格
 出力으로 ENERGY 를 放出하는 時間을 T(h)라
 하면 單位電力當의 全建設 COST C(\$/KW)는
 $C = Cp + Cs \cdot T$ 로 表現된다.

더욱이 FLY WHEEL 의 Cs 가 他의 SYSTEM
 보다 더 큰 바 FLY WHEEL 의 경우는 ENER
 GY 의 放出이 대단히 短時間에 가능하기 때문에
 C에의 影響은 적다고 할 수 있다.

이들의 ENERGY 貯藏 SYSTEM 은 各各 長點
 및 短點을 가지고 있으나 壓縮空氣는 日本에서
 는 立地難이라는 點, 超電導 MAGNET 는 開發
 에 상당히 긴 期間을 必要로 하는 것, 電池는
 ENERGY 密度가 낮은 것, 水素는 效率이 낮은
 것 等 解決不可能或은 困難한 問題가 있는데 對
 하여 FLY WHEEL 만은 現狀技術의 延長으로서
 상당한 LEVEL 까지 갈수있는 것, 短時間에 大
 量의 ENERGY 를 入出시킬 수 있는 點, 需要地
 의 바로가이이에 必要한 規模의 것을 分散配置
 할 수 있는 것 等 他 SYSTEM 에는 없는 長點
 이 있기 때문에 가까운 將來에 開發될 可能性을

가진 ENERGY 貯藏 SYSTEM 으로서 커다란
 期待를 갖게 하는 것이다.

3. FLY WHEEL 란

FLY WHEEL 이라는 것은 圓板에 軸을 붙인
 形狀 或은 RING 을 SPOKE 로서 軸에 붙인 것
 같은 形狀을 한 回轉體로서 이것을 빙글 빙글
 돌려서 回轉力의 形態로 ENERGY 를 蓄積시키
 는 것이다. 이것은 慣性에 의하여 回轉되는 것
 이며 外部에서 조금정도의 힘을 加하는 것으로
 는 回轉速度가 變化하지는 않는 것이다.

그런데 이 FLY WHEEL 이라는 것은 결코 새
 로운 것이 아니고 珍貴한 것도 아니다.

멀리 古代 “에집트”에 있어서는 FLY WHEEL
 의 原理를 利用한 陶工用的 기구가 既히 使用되
 었다고 하며 한편 近代工業에 있어서는 船舶이
 나 自動車등의 PISTON ENGINE 에 붙여서 往
 復運動을 하는 PISTON 의 運動을 CRANK SH
 AFT 에 依해서 回轉運動으로 變換할때 생기기
 쉬운 回轉上 不調나 振動을 없애주어 一定(Constant)
 回轉을 保持하는 役割을 하거나, PRESS
 機械에 利用되어 MOTOR 로 부터의 回轉 ENER
 GY 를 蓄積하였다가 加工순간에 放出하는 役
 割 等을 하고 있다. 또 特殊한 例로는 魚雷나
 飛行機용으로 利用된 적도 있다.

가까운 例로는 장난감 자동차나 手動的 發電
 式 회증전등등에도 FLY WHEEL 이 利用되고
 있는 것이다.

장난감 自動車라는 것은 손으로 장난감 自動車
 의 車輪을 2~3회정도 마루바닥에 대고 밀어 차
 른을 회전시킨 후 마루에 자동차를 놓으면 약
 4~5m 달려가게 되는 것이고 남자어린이가 있는
 家庭이면 대개 1대는 갖고 있는 흔한 장난감이다.

이 自動車의 속에는 FLY WHEEL 이 장치되
 어 있는데 齒車를 통하여 車輪에 연결되어 있고
 車輪을 마루에 비벼대어 회전시키면 回轉力이

齒車を 통하여 FLY WHEEL 에 傳하여 지고 回轉 ENERGY 로서 蓄積이 되는 것이다.

따라서 마루에 부벼대는 것을 그만두어도 慣性에 依하여 FLY WHEEL 은 빙글빙글 도는 것이다. 그래서 이 장난감 자동차를 마루위에 놓으면 이번에는 FLY WHEEL 의 ENERGY 가 放出되어서 齒車を 매개체로 하여 車輪을 돌리고 자동차를 달리게 하는 것이다.

한편 發電式의 懷中電燈이라는 것은 最近 다시 나타난바, 손가락을 HANDLE 에 걸어서 당겼다가 놓는 동작을 반복하면 小型發電機가 회전하여 發電을 하고 이로인해 PILOT LAMP 가 點燈되는 懷中電燈이다. 이속에도 조그마한 FLY WHEEL 이 들어 있어서 손가락의 동작을 그만두어도 發電機가 FLY WHEEL 의 慣性으로 얼마간 계속 회전하여 LAMP 가 금방은 꺼지지 않도록 되어 있다.

이와같은 FLY WHEEL 의 大꼴을 만들어 夜間의 剩餘電力으로 電動機를 運轉하여 이러한 FLY WHEEL 을 回轉시켜서 回轉力의 形態로 ENERGY 를 蓄積시켰다가 晝間의 電力需要의 PEAK 時에 發電機를 여기에 連結하여 發電한다는 것이 電力貯藏用의 FLY WHEEL 式 ENERGY 貯藏 SYSTEM 이다.

4. FLY WHEEL 式 ENERGY 貯藏 SYSTEM.

FLY WHEEL 에 蓄積(貯藏)되는 ENERGY E 는 FLY WHEEL 의 軸을 돌려주는 回轉慣性 MOMENT 를 I, 回轉角速度를 ω 라 하면

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2 \text{ 로 表示된다.}$$

따라서 E 를 크게 할려면 무겁고 커다란 FLY WHEEL 을 高速回轉시키면 된다.

그러나 回轉에 依하여 생기는 遠心應力도 重量, DIMENSION, 回轉數의 增加와 더불어 커지기 때문에 強度의 面에서 이들 3因子에는 當

연히 限界가 있기 마련이다.

또 BEARING 의 負荷등도 3因子와 깊은 關連을 갖고 있다.

以下에 FLY WHEEL 本體의 材料 및 形狀, BEARING 과 潤滑, 眞空과 SEAL, 入出力 裝置 등에 對하여 順次的으로 說明하고자 한다.

第2表 FLY WHEEL 材料의 比較

材 料	引張強 度 σ_b (kg/ mm ²)	* 許容 應力 σ_s (kg/ mm ²)	密 度 ρ	比強度 σ_s/ρ	比重 Energy 密度 e_w (Wh/kg)
錫 鐵	35	17	7.4	2.23	3.0
錫 鋼	50	25	7.7	3.25	4.4
高力鋼	80	40	7.8	5.13	6.9
Mar-Ageing 鋼	200	100	7.8	12.8	17.3
Al 合金(24S)	45	23	7.7	8.52	11.5
Titan 合金(6Al-4V)	55	28	4.4	6.36	8.6
· E Glass/Epoxy**	140	70	2.1	33.3	45
· S Glass/Epoxy**	175	90	2.1	42.3	58
· Carbon/Epoxy**	210	110	1.6	68.8	93
· Boron/Epoxy**	210	110	2.2	50.0	68
· 케부라/Epoxy**	175	90	1.4	64.3	87
· Sic/Epoxy**	240	120	2.4	50.0	68
蓄電池(現行)	—	—	—	—	30

* $\sigma_s = (1/2) \sigma_b$ 로 함

* 1方向強化材(容積分率 70%)

*** $K_s = 1/2$

4. ① Fly Wheel 本體의 材料

소망스러운 Fly Wheel 材料의 條件으로서는

(1) 重量·Energy 密度, 즉 單位重量當 蓄積 Energy 量 ($e_w = E/W$)이 클 것.

$e_w = K_s (\sigma_s/\rho)$, 但 K_s : Fly Wheel 의 形狀

係數, σ_s : 材料의 許容應力 ρ : 材料의 比重

(2) 容積·Energy 密度, 即 當位容積當의 蓄積 Energy 量 ($e_v = E/V$)이 클 것. $e_v = K_s \sigma_s$

(3) Cost·Energy 密度, 即 單位製作費當의 蓄積 Energy 量 ($e_c = E/C$)이 클 것.

위 3조건을 들 수 있다. 그중에서도 (1)의 單位重量當의 蓄積 Energy 量 e_w 가 큰것이 (3)의 e_c 를 낮추는 點에서도 가장 重要한 것이다. 이런 點을 考慮하면 보다 가볍고 강한 材料 즉 比強度(σ_s/ρ)가 높은 材料가 Fly Wheel 本體用으로서 適合함을 알 수 있다.

第2表는 Fly Wheel 로서 考慮될 수 있는 材料

의 重量 · Energy 密度 e_w 를 比較한 것이다.

Fly Wheel 本體로서 魅力이 있는 것은 金屬에서는 mar-ageing 鋼이다. 現在로서는 mar-ageing 鋼은 아직 價格이 대단히 高價이고 量産되지 않고 있기 때문에 既히 技術이 確立되어 있는 高力鋼이 現實的이기는 하나 將來性은 mar-ageing 鋼에 있는 것이다.

그러나 그보다 더 將來의 Fly Wheel 材料로서 注目할 것은 表中에 ·印 表示한 1群의 材料이다. 이것은 ERP(纖維強化 Plastic)로서 σ_a/ρ 가 크고 輕量 強度材料로서 우수함이 잘 알려진 것이다. 당초부터 蓄 Energy 用으로서 Fly Wheel의 可能性이 再認識된 것은 σ_a/ρ 가 큰 F.R.P.가 使用할 수 있음을 알았기 때문이다. F.R.P.製의 e_w 가 큰 Fly Wheel을 Super Fly Wheel이라고

부르며 이때까지 여러가지 Idea가 發表되고 있다.

4. ② Fly Wheel 本體의 形狀과 製造

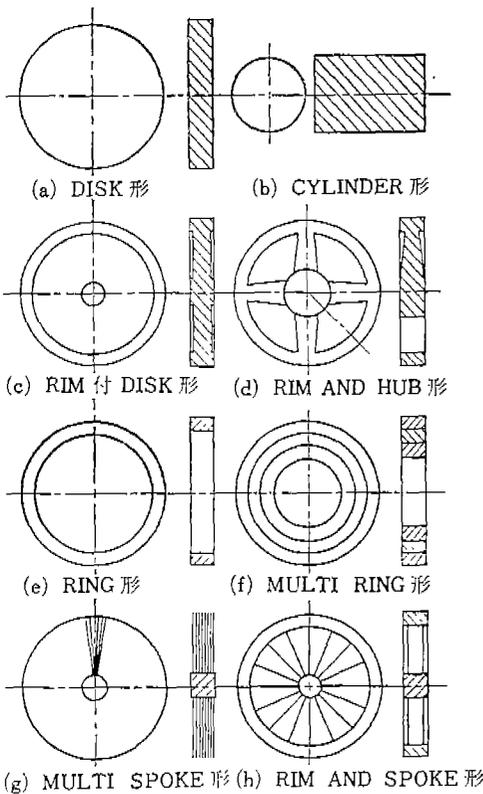
Fly Wheel 本體의 基本的인 形狀으로서는 第2圖에 表示한바와 같은 8種類가 考慮될 수 있으나 製造技術(信賴性이 높은 것이 安價이고 迅速히 製作될 수 있을 수록 좋음), K_s 의 值(클수록 e_w 가 커지기 때문에 좋음), Bering 間 距離(危險振動數를 높이 잡기 위해 짧을수록 좋다)등을 考慮하여 選擇할 必要가 있다.

金屬으로 製作하는 경우는, 鋼塊→Press Insert→Press Punch→(Ring Rolling)→切削→Shrinkage Fitting→熱處理→Finishing, 등과 같은 工程으로 製造한다. 溶解하는 Furnace(mar-ageing 鋼의 경우는 眞空溶解爐)의 크기에 限界가 있기 때문에 大形의 Fly Wheel을 製作하는 경우는 이와같이 몇개의 Ring을 Shrinkage Fitting 등을 하여 製作할 必要가 있으나 完成된 Fly Wheel은 等方性으로서 均質이 된다. 또 Balance를 잡는 것도 比較的 容易하다.

이에 對하여 F. R. P.의 경우에는 Filament Winding이 基本이 된다. 이것은 긴 纖維(glass 纖維等)에 Epoxy 樹脂를 含浸시켜 軸의 위를 말아 붙여가는 方法으로서 間隔을 調整할 수 있는 2枚의 鋼製圓板을 軸上에 붙여서 그사이에 말아 붙여감으로서 任意의 두께 및 直徑의 같은 두께의 圓板을 成形할 수 있다.

金屬의 경우에 比較 工程은 大端히 單純하나 이 方法으로 成形된 圓板에는 하나의 缺點이 있다. 그것은 圓周方向 즉 纖維方向에는 극히 強하나 (第2表는 이 方向의 值) 半徑方向即 纖維와 直角의 方向에는 극히 弱하며 3~5kg/mm² 정도 밖에 되지 않는 것이다.

이 때문에, F.R.P.製 Fly Wheel의 設計와 製造에는 半徑方向의 強化가 研究課題로 되어 있으며



第2圖 FLY WHEEL 本體의 形狀에 의한 分類

(1) Filament Winding 으로 만든 圓板에 纖維를 半徑方向으로 向하게 하여 만든 圓板을 積層하는 方法

(2) Filament Winding 으로 만든 圓板위에 纖維를 半徑方向에 맞아 붙이는 方法 등이 考慮되고 있다.

또 Carbon 纖維와 Glass 纖維를 効果적으로 混舍시켜 外側으로 갈수록 彈性係數를 크게하는 Hybrid F.R.P Fly Wheel 도 試圖되고 있다.

FRP 의 Fly Wheel 에는 此外에 金屬製의 軸과 的 結合方法, Unbalance 의 修正方法等 解決하지 않으면 안될 問題가 몇가지 남아 있는 것이다.

貯藏 Energy 가 10MWh 의 Fly Wheel 의 Dimension, 重量 及 回轉數를 mar-ageing鋼 及 Carbone 纖維 · Epoxy 樹脂 FRP (CFRP)에 對하여 試算하여 본 結果의 一例를 第3圖에 表示함.

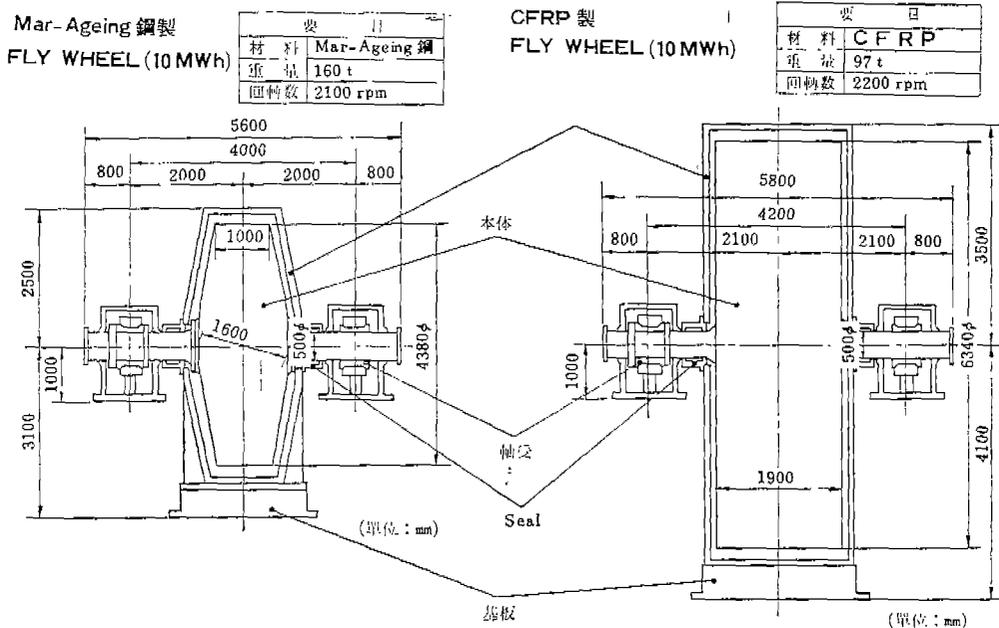
이 例에서는 直徑이 4.4~6.4m, 幅이 1.7~1.9m, 重量 100~160ton 이라는 巨大한 圓板이

2,100~2,200R.P.M.으로 回轉하게 되는 것인데 이와같이 巨大하면서도 信賴性 있는 圓板을 mar-ageing鋼이나 F.R.P. 로 제작하는 技術은 아직 確立되지 않고 있다.

이 技術이 確立되지 않는 限 大型의 Fly Wheel 式 Energy 貯藏 System 의 開發은 不可能하기 때문에 今後의 研究 開發에 크게 期待되는 것이다.

4. ③ Bearing, Seal

Fly Wheel 式 Energy 貯藏 System 의 큰 特徵 (缺點이라고도 할 수 있음)의 하나는 Energy 를 蓄積한 後放出할 때 까지의 待機時間中에도 Fly Wheel 이 回轉을 계속한다는 것이다. 따라서 待機中, Bearing 等 軸과 接觸하는 部分의 摩擦에 依한 動力損失, 回轉으로 困하여 생기는 바람에 依한 動力損失等, 回轉에 수반하여 必然的으로 생기는 損失이 있는 것으로서 效率를 높이기 爲



第3圖 容量 10 MWh FLY WHEEL 의 例

하여는 이들의 損失을 可能한 限 적게 하는것이 必要하다.

따라서 Bearing 은 可能한 限 損失이 적은 것으로 하고 또 風損을 적게 하기 위하여 그림에 表示한 바와 같이 本體를 Casing 의 속에 設置하여 內部를 眞空(0.1~0.01 Torr 程度)으로 유지하는 것이 必要하다.

Bearing 으로서 要求되는 條件은 上記의

- (1) 損失이 적을것 外에
- (2) 高速回轉이고 同時에 荷重도 크기 때문에 여기에 견디면서도 壽命이 數年程度될 것
- (3) 入出力時에 回轉變動에 對하여 항상 安定回轉이 얻어질 수 있어야 하는 等이다.

그외에 一般의 Bearing 에 所要되는 剛性 耐燒損性, 價格等도 條件에 들어가는 것은 勿論이다.

이들 條件을 滿足하는 Bearing 으로서는 Journal Bearing 과 Ball Bearing 이 있는바 이 兩者를 比較한 第3表로도 알 수 있는바와 같이 動力 損失 以外는 Journal Bearing 이 우수한 것이며 第3圖의 例에서도 Journal Bearing 을 採用하고 있다. 이 경우에는 當然히 充分한 潤滑油의 供給이 必要한 것이다. 特히 停電이 되었을 경우에 潤滑油의 供給이 정지되면 Bearing 의 燒損이 생기며 심한 경우는 Bearing 을 破壞하여 Fly Wheel 이 暴走할 수도 있는 것이기 때문에 停電

時非常用 Diesel 發電機 等を 備置하여둘 必要가 있다.

Bearing 에는 磁力을 利用하는 磁氣 Bearing 의 採用도 考慮된다.

第3圖의 例에서는 軸이 水平으로 되어 있으나 軸을 垂直으로 하는것도 考慮되며 이경우 磁氣 Bearing 은 상당한 威力을 發揮할 수 있을 것으로 생각된다.

但 現段階에서는 아직 磁氣 Bearing 은 開發途上에 있으며 信賴性이 높고 小型安價이며 勿論 Energy 損失이 적은 磁氣 Bearing 의 早期實用化가 소망스러운 것이다.

그런데 第3圖와 같이 Fly Wheel 本體는 眞空의 Casing 內에 收容되고 있고 回轉軸이 Casing 을 貫通하는 部分에는 軸 Seal 을 設置하여 眞空度의 低下防止를 圖謀하고 있다.

但 空氣의 侵入을 全然 없이 할 수는 없으나 眞空 Pump 를 驅動하여 Casing 內의 眞空度를 所定の 範圍內로 유지하는 것이다.

軸 Seal 은 一般적으로 密閉性能이 우수한 것은 摩擦에 의한 動力損失이 크며 逆으로 動力損失이 적은 것은 密閉性能이 不良하며 커다란 容量의 眞空 Pump 를 使用하여야 하며 眞空 Pump 에 消耗되는 Energy 때문에 結局 綜合效率이 낮아지고 만다.

軸 Seal 은 接觸形, 非接觸形으로 2分되고 各 各 몇種의 形式이 있다.

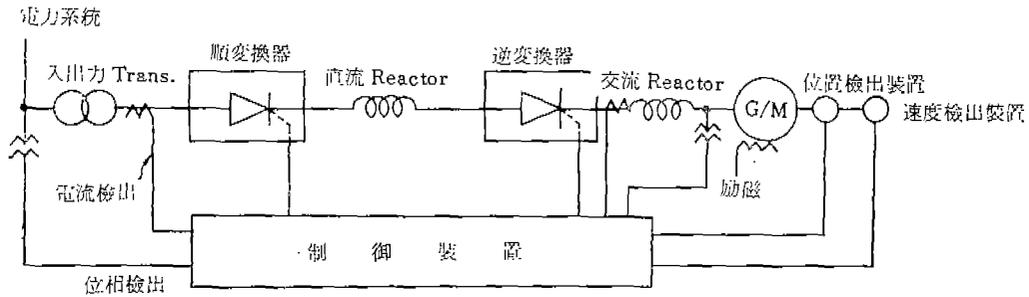
大型 Fly Wheel 用 으로서는 前者에서는 Segment Seal, 後者에서는 Floating Seal, Segment Carbon Seal 이 適合하다고 思料되나 眞空 Pump 에 使用되는 Energy 도 考慮한 경우의 綜合效率이 높고, 長期間 安定되고 補修가 容易한 것으로 할 必要가 있다.

더욱이 電磁流體를 使用하는 磁氣 Seal 도 現在 또는 軸의 周速이 빠른 경우는 使用할 수 없으나 將來는 有望하다고 보여진다.

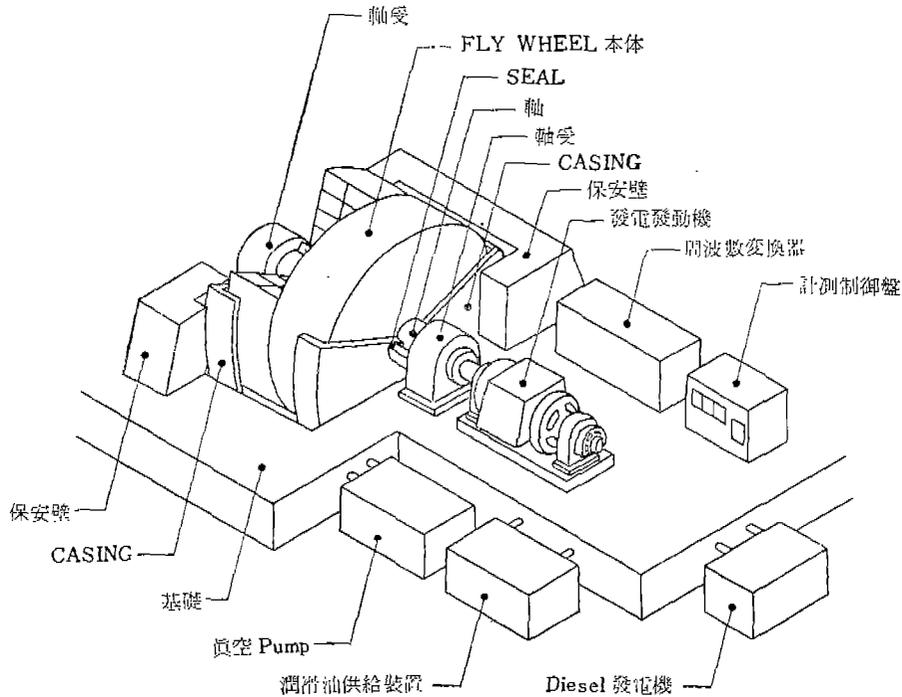
第3表 Journal Bearing과 Ball Bearing

◎優, ○良, △可, ×不可

		Journal Bearing	Ball Bearing
荷重	定 常	○	○
	起 動	○	○
	衝 擊	◎	△
異物混入許容量	起 動 摩 擦	×	△
	待機中の動力損失	△	○
振 動 減 衰	所 要 潤 滑 油 量	○	×
	騒 音	많 음	적 음
壽 命 格	壽 命	◎	×
	價 格	◎	○



第 4 圖 入出力裝置의 構成



第 5 圖 電力貯藏用 FLY WHEEL 裝置 (模型)

4. ④ 入出力裝置

Fly Wheel 式 Energy 貯藏 System 의 또 하나의 커다란 特徵은 Energy 를 放出함에 따라서 Fly Wheel 本體의 回轉數가 내려오는 것이다. 가령 發電機를 直結하여 發電을 하면 發電機의 回轉數가 점차 下降하기 때문에 發電되는 電力의 周波數도 漸減한다. 따라서 發電되는 電力을 50 乃至 60 Hz 의 商用電源에 並入한다면 周波

數變換을 하여야 할 必要가 있다.

周波數 變換方式에는 D.C Ring 他勵 Inverter 方式, Cyclo Converter 方式, 界磁變調 Down Converter 方式 등이 考慮되나 發電機와 電動機가 共用할 수 있고 經驗도 豊富하고 信賴性이 높고 價格도 安價인 點으로 現段階에서는 D.C Ring 他勵 Inverter 方式(第4圖)이 가장 適合한 것으로 思料된다.

이것은 三相交流 同期 發電·電動機와 順變換

器及逆變換器로 이루어지는 周波數變換器로 構成된다.

이와 같이 一旦發電한 後 電氣的으로 周波數變換을 하는 方式과는 別途로 機械式的 無段變速裝置를 利用함에 따라서 Fly Wheel의 回轉數가 강하하여도 發電機는 恒常 一定回轉數로 돌아가도록 하여 一定周波數의 電力을 얻는 方式도 考慮된다. 이를 爲한 無段變速裝置로서는 Belt式, 摩擦圓板式, 傾斜板 利用의 油壓式等이 考察되나 傾斜板油壓式이 有望視되고 있다.

더욱이 周波數 變換은 周波數一定의 電力으로 變換하는 경우에 限해 必要한 것이며 例를 들면 電力을 熱로서 使用하는 경우는 반드시 周波數가 一定하여야 할 必要는 없으며 이러한 경우에는 周波數變換을 省略할수 있기 때문에 效率이 많이 上昇되는 것이다.

4. ⑤ 裝置의 Lay Out, 效率, 製造費

以上 記述한 바로부터 電力貯藏用 Fly Wheel 裝置를 考案하면 第5圖와 같은 構成이 된다.

安全을 爲하여 Casing의 內側에는 鉛等の 防護層이 lining 되어 있고 그밖에 外側에는 Concrete의 두터운 保安壁이 設置되어 있다. 그외에 安全 및 騒音防止를 爲하여 이들 全體를 地下에 設置하는 方法도 있다. 또 裝置의 各部의 振動, 溫度, 流量等の 狀況을 항상 自動的으로 監視하고, 萬一의 경우에는 即時 自動裝置가 作動하여 큰 事故가 되는 것을 防止하도록 되어 있는 것은 勿論이다.

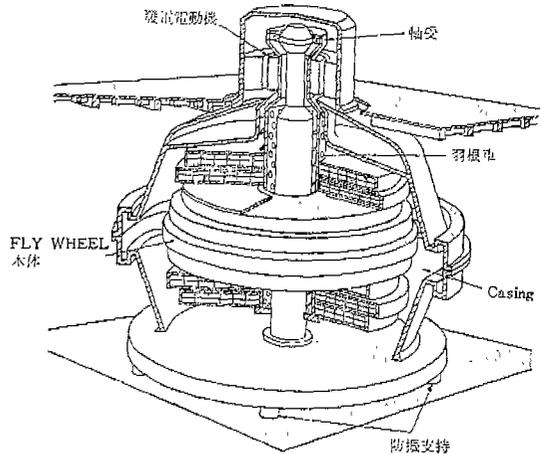
또 이 그림에는 發電機가 直結로 되어 있으나 待機中의 損失을 可能하면 적게 하기위하여, 待機中은 Fly Wheel 本體와 軸만이 回轉하도록 하여야 하며 이를 위하여는 高速大容量用의 Crach를 本體와 發電電動機의 사이에 設置하여 Energy 蓄積時 및 放出時以外에는 이를 分離시켜 두는 것이 좋을 것이다.

이 그림과 같은 裝置의 總合效率은 試算에 의

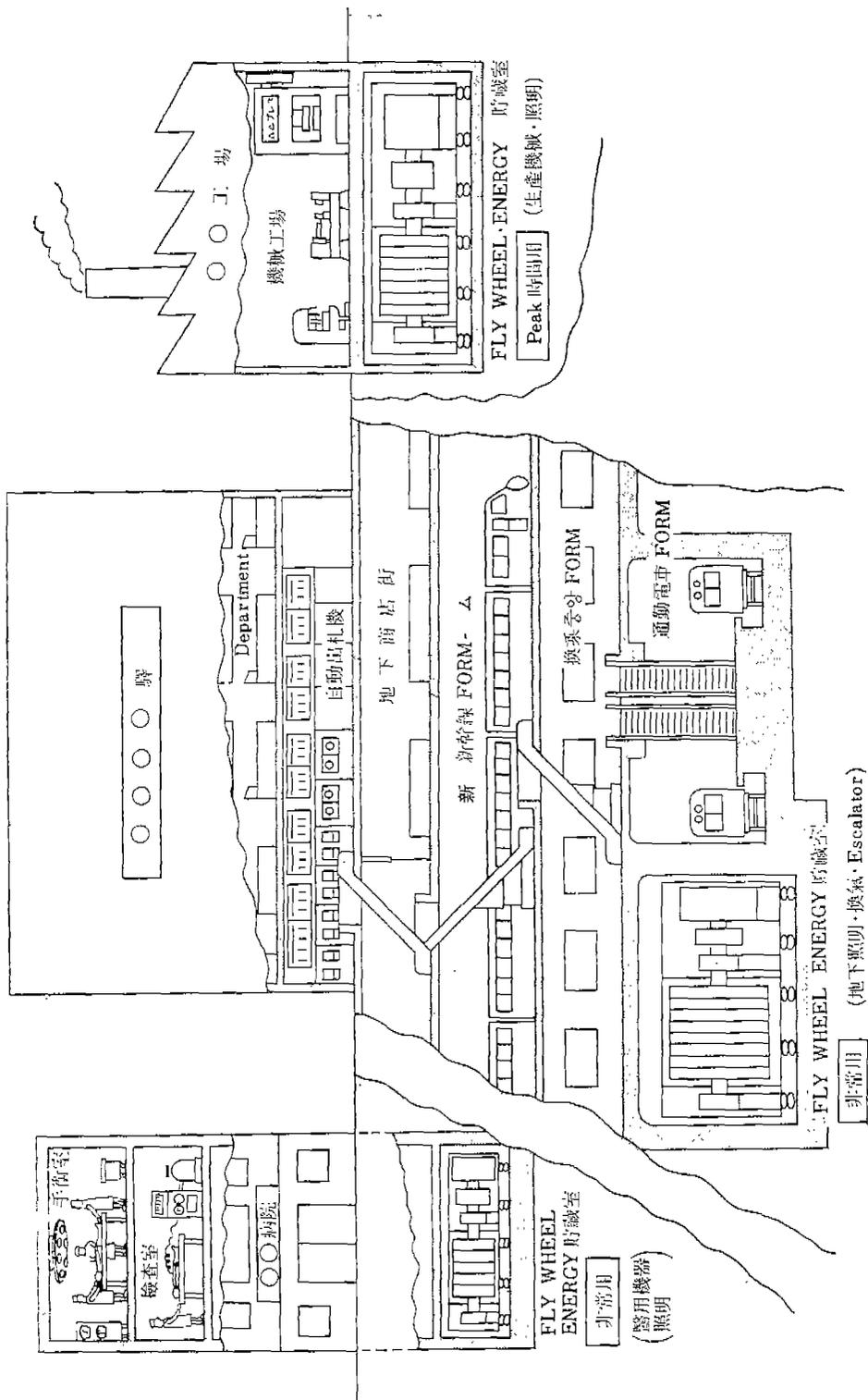
하면 70% 程度가 되고 있으며 이는 揚水發電에 充分對抗할 수 있는 數值이다. Space Factor도 100m²/MW 程度로서 裝置를 並行으로 配置하여 入出力裝置等を 共用하면 이 값도 어느정도 내릴 수 있다.

最後에 製造費인데, 10MWh의 裝置인 경우 Fly Wheel 本體 5億圓(Yen), 重電機 및 周波數變換器 2億 Yen, 機械要素等 1億圓(Yen), 計 8億 Yen이며 이는 現在의 揚水發電所의 建設費로부터 算出한 目標値와 比較하면 約4倍가 되나 Carbon 纖維나 mar-ageing 鋼의 價格은 將來 轉降하리라고 보며 이差는 充分克服 할수 있는 것이라고 보여진다.

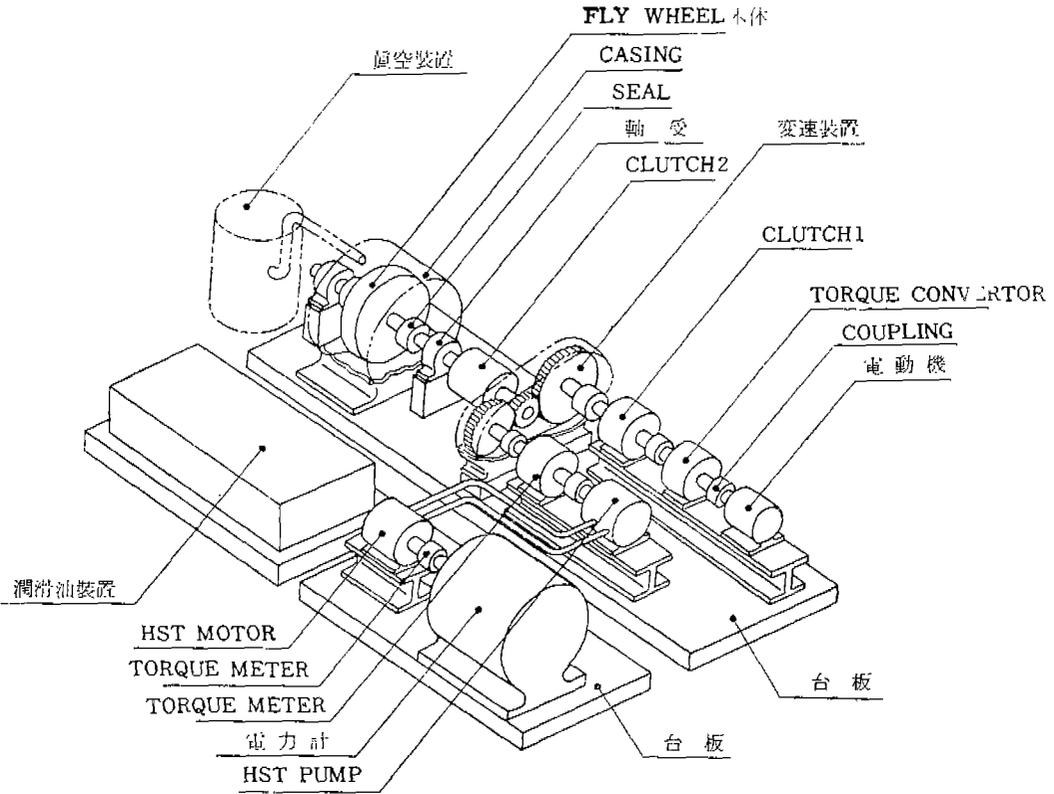
또한 第6圖는 回轉軸을 垂直方向으로 했을 경우의 想像圖이다. 安全性의 點에서는 이와같이 垂直形으로 하고 地下에 設置하는 것이 좋으나 Bearing 技術, 設置上容易한 點을 고려하면 역시 橫形方式이 開發까지의 期間이 짧을것으로 보인다.



第6圖 電力貯藏用 FLY WHEEL 裝置(豎型)



第7圖 工場 building 地下に設置した FLY WHEEL 装置 (想像圖)

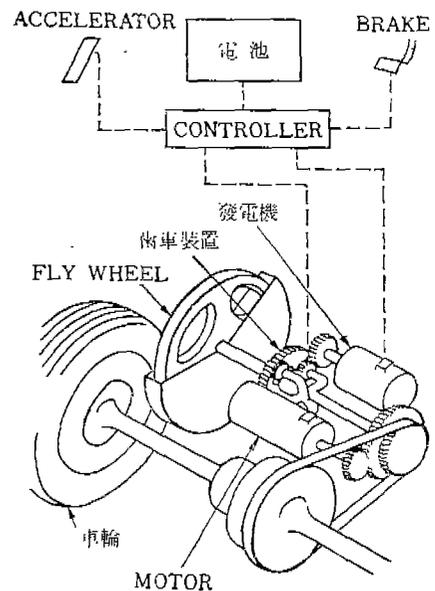


第 8 圖 FLY WHEEL 動力試驗裝置

5. 結 論

上記한바와 같이 本體用材料의 價格低下가 상당히 期待할 수 있는 狀態이며 또 設計, 製造技術의 向上도 크게 期待되기 때문에 이와 같은 Fly Wheel 式 貯藏 System 이 Peak 時用의 電源으로서 工場의 地下에 設置된다던가 非常用電源으로서 Building 나 病院의 地下에 設置되는 날이 오는 것도 그리 먼 將來는 아닌 생각이 든다.

그러나 이와 같은 大規模의 裝置의 實現을 爲하여는 今後 아직도 解決하여야 할 問題가 있다. 工業技術院 機械技術研究所에서는 Sun Shine 計劃中の 하나의 Theme 로서 Fly Wheel 式 Energy 貯藏 System 의 研究開發을 取扱하여 10 MWh 級の 裝置의 開發을 將來의 꿈으로 하고



第 9 圖 電池·FLY WHEEL HYBRID 車

1975년부터 研究를 開始하였다.

目下 本體의 設計와 製造에 關한 基礎研究와 各要素의 問題點을 抽出하고 그改善을 시도하고 있는 중이다.

第8圖는 Fly Wheel 本體의 風損, 入出力特性, 全體의 效率等에 關한 基礎 Data 를 수집하여 現狀技術의 問題點을 抽出하고 그解決을 爲한 貯藏容量 10kwh의 Fly Wheel 動力試驗裝置이다.

이 裝置에 依한 實驗과 並行하여 大型化에 수반되는 諸問題에 對하여도 檢討를 하고 段階의 으로 貯藏容量을 크게 하는 裝置의 試作을 계속하여서 約 10年後에는 大型의 定置形 Fly Wheel 式 Energy 貯藏 System 의 實用化가 可能해 질 때까지 技術水準을 높이도록 考慮되고 있다.

더욱이 以上 記述한 大型의 裝置만이 아니고 中小型의 Fly Wheel 도 여러가지 用途가 고려될 수 있다. 美國에서는 自動車, 地下鐵車輛等の 省 Energy 를 目的으로 ERDA 를 中心으로 하여 Fly Wheel 式 回生 Brake 의 研究가 活發히 進행되고 있다.

이것은 減速時에 放出되는 Energy 를 Fly Wheel 의 加速力으로서 吸收하였다가 車를 다시 加速할때 Fly Wheel 에 貯藏된 Energy 를 放出하

는 것으로서 New York 의 地下鐵에서 實驗한 結果 좋은 成績을 얻었으며 또 第10圖에 표시한바와 같이 電池 Fly Wheel Hybrid 車의 實用化 研究도 進行되고 있는 것이다.

機械技術研究所에서는 Fly Wheel Car 의 研究도 進行시키고 있으나 工業技術院이 새로이 開發하는 Moon Light 計劃에 參加하게 됨을 機會로 本格的인 開發研究를 進行시킬 豫定이다. 小型으로서 또한 待期時間이 짧은것등 大型의 경우보다 더 條件이 좋기 때문에 이 方法이 大型의 裝置보다 더 빠른時期에 實現될 可能性이 있는 것이다.

最後에 本稿執筆에 여러분의 Data 를 引用하게 하여 주어 감사한다.

參考文獻

- 1) 電力用 Energy 貯藏 System의 評價(最終報告書) 美國 ERDA 及 EPRI (1976)
- 2) 烏村, 精密機械 44卷 1號(1978).
- 3) 伊東, 應用物理, 44卷 3號(1975).
- 4) 工業技術院 委託「新 Energy 技術 System 의 研究」報告書 (1977).
- 5) 機械技研 News (1978~2)

