

高壓 大容量 水中 電動機 開發

皮 在 年 *

洪 性 逸 **

裴 相 浩 ***

* 利川電機工業(株) 回轉機 1部長

** 同 回轉機設計室長

*** 同 回轉機設計課長

SUBMERSIBLE PUMP MOTOR

(500KW-6P, 200KW-6P 3300V)

* Jae-Nyun PI

** Seong-Il Hong

*** Sang-Ho Bae

LEECHUN ELECTRIC MFG. CO., LTD.

Abstract- This paper presents development of the submersible pump-motor with a high voltage and large capacity. Today many manufacturers are fabricated submersible pump-motor in this country. But only there are small or midium capacity pump-motor of low voltage. Also the condition of large flow rated it will not be caplable of carrying out the task of which various for reason geographically and seasonably. In order to be equal to the task it will be increase its capacity. Recently we were development that the large capacity with high voltage submersible pump-motor.

1. 序論

우리나라의 降雨 形態는 季節的, 地形性 降雨로 兩期 總約 1 個月間의 集中 豪雨로 洪水 被害가 많은가 하면, 가뭄이 始作되면 2-3 個月 동안 거의 비가 내리지 않아 예타는 境遇도 종종 있어 왔다.

降雨로 인한 被害는 治山 治水 事業과 密接한 關係가 있고 우리나라는 아직 그에 대한 對策이 未治하여 數十年 만의 集中 豪雨가 내릴 경우 排水場이 設置되어 있어도 電動機 pump가 洪水에 잠겨 有名 無實한 境遇가 여러번 있었고 그 被害額은 數十 數百億에 이르렀다.

이같이 내리는 集中 豪雨는 短時間에 많은 流量의 處理를 必要로 하기 때문에 特히 大容量의 設備가 要求된다. 따라서 國內에서 製作 使用되고 있는 低壓, 中小容量 電動機로서는 그 處理를 堪當할 수가 없고, 容量의 擴大는 電壓과의 相關關係로 限係에 부딪히고 있을 뿐 만 아니라 地域마다의 與件差異로 高壓 電動機의 採用 必要性이 있어도 이의 開發이 이루어지지 않고 있었다.

이런점에 着眼한 弊社에서는 89年末 부터 大容量 高壓 水中電機 開發 計劃을 樹立하여 各種 資料를 蒐集하고

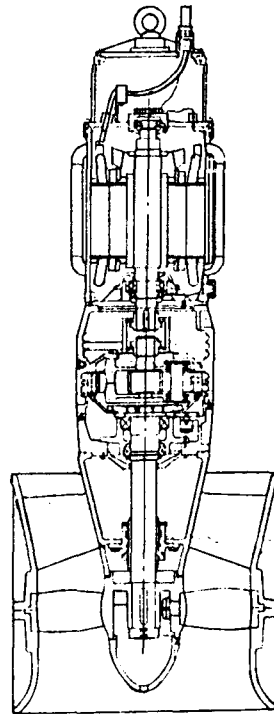


그림 1. 水中 電動機 PUMP 構造

始作品 開發을 推進하여 왔으며 그동안 開發 製作 納品한 高速大容量 電動機 3050KW-2P (POSCO 熱併合 發電所 BFP) 4500KW-2P (韓國 GAS 工業의 compressor用) 등 多數의 高速 大容量 電動機를 製作하는 동안 蓄積된 精密加工 技術 및 know-how를 바탕으로 今年 2月 500KW -6P, 200KW -6P 3300V 의 水中 電動機를 開發 釜山市 上常工團 常習 浸水 地에 設置하여 洽足한 運轉 結果를 納했다.

이 國產化 開發의 凱歌를 이루어 國產 代替 效果가 클 것으로 豫想된다. 이에 水中 pump用 高壓 水中 電動機의 概要와 製作時 技術的 主要 事項에 대하여 紹介코져 한다.

2. 水中 PUMP 電動機의 概要

水中 pump用 電動機는, 土木 工事時 流水의 配水, 家庭用 우물의 取水 등에 必要한 小容量에서 부터, 工業用 水 供給, 大單位 土木 工事, 農業 灌溉 施設, 水道用 水의 供給, 下水處理 施設 등 外國의 경우 中, 大容量의 水 利用 設備까지 廣範圍 하게 利用되고 있다.

水中 電動機의 形式은 內部에 封入하는 流體의 種類에 따라 水封式, 油封式, 乾式의 세 方式으로 分類된다. 이번에 開發한 電動機는 絶緣이 良好한 乾式을 採擇 하였다

水中 pump用 電動機는, pump와 電動機가 一體로 構成 되어 있고, 全體를 吐出管 속에 넣어 물속에 담그고 運轉 하는 것을 特徵으로 한다. (그림 2 參照)

또, 水中 pump 電動機의 長點으로는

- o. 構造가 單純하고, 設置가 簡單하며, 運轉保守가 容易하다.
- o. pump장 空間을 最小化 할 수 있다.
- o. 建物이 없는 곳에서도 使用이 可能하다.
- o. valve, 軸封水, 冷却水塔等 附帶施設이 不必要하다.
- o. 完全 自動으로 運轉을 할 수 있다.
- o. 低動力으로 高效率이 된다.
- o. 簡便한 維持管理 (設置 및 除去가 簡單하다.)
- o. 工事 期間을 單縮 할 수 있다.
- o. 工事費 및 維持 管理費가 적게 든다.
- o. 물속 運轉이므로 公害를 防止 할 수 있다.

(振動, 騒音, 냄새)

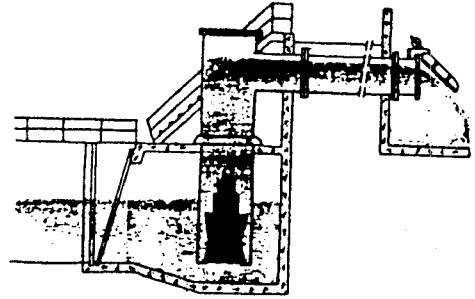
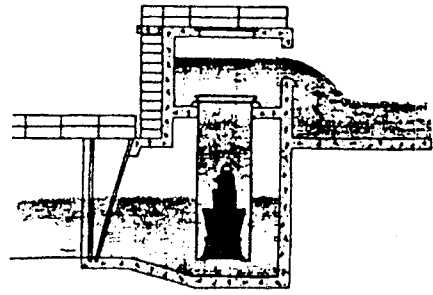


그림 2. 水中 電動機 PUMP 設置圖

3. 水中 電動機의 技術的 POINT

水中 電動機는 모든 部品 및 作業이 完全해야 하기 때문에 重要하지 않은 것이 없다. 그중 代表적인 技術的 point에 대하여 記述하면 다음과 같다.

(1) Sealing

水中 電動機는 물속에서 運轉되므로, 電動機 內部에 물이 들어가지 않도록 各 部品의 精巧한 表面 加工을 先制 條件으로 內部壓力 變化를 分析하여 內部 壓力 및 水壓에 견디도록 特殊한 "O" ring을 設置했다.

Cable entry seal 設計는 그림 4.와 같이 技能 및 信賴性을 위해 水中 cable의 비틀림에도 防水가 될 수 있도록 하였다. 모양은 圓筒 形態로 stainless washer와 고무 bushing을 插入한 cable gland를 使用했고, cable 表面과의 sealing은 물론이며, 圓筒形의 몸체 내에서 円滑한 收縮 및 弛緩 技能을 備한 完壁한 密着을 이루게 하였다. 圓筒 內徑과 cable 外徑과는 精密한 公差를 適用해 製作하였다.

Cable entry junction chamber와 電動機 內部는 完全히 隔離시켜, 만약 上端을 通하여 流入되는 漏水를 感知 할 수 있도록 하였다.

(3) 水中 control cable

電動機 保護 sensor의 外部 引出을 위하여 水中 control cable이 必要하다. 水中 control cable의 斷面은 그림 7.과 같이 여러가닥으로 構成 되었으며, tension을 勘案하여 中心材를 設置하고, 外徑을 조절 때 防水가 되도록 内部充模材를 넣었다.

그리고 線 區別을 容易하게 할 수 있도록, 各 線에 番號를 marking, 各 sensor 區別이 確實히 되도록 하였다. 또한 動力 cable 과 같이 斷末部에 물딩處理를 하였다.

(4) 防蝕 處理

釜山市에 設置한 水中 電動機는, 一般 下水 水中에 設置 運轉되므로 耐蝕, 耐蝕 등을 위해 水質 分析을 하여, 防蝕處理에 特히 有意하였다.

本體의 表面處理는 燐酸염 處理를하여 PVC epoxy 塗料로 基礎塗裝 하였고, 마감 塗裝은 color chloric rubber로 塗裝에, sludge 또는 流速에 의한 摩耗等, 損傷이 없도록 防蝕 處理를 하였다.

또한 小部品들은 모두 亞鉛鍍金을 實施하여 使用했다. bolts 는 stainless bolt 를 使用했고, STS 304 보다 耐蝕성이 優秀한, STS 316을 使用해 耐久性이 크도록 製作하였다.

* Construction

1. Conductor : Tinned annealed copper wires
2. Insulation : ethylene propylene rubber
3. Steel wire rope (2φ)
4. Sheath : Polychloroprene

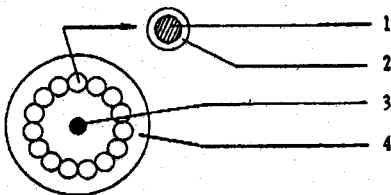


그림 7. 水中 control cable

(5) Bearing

水中 電動機는 立型으로 使用되므로, 下部側에 thrust 荷重을 받을 수 있는 angular contact ball

bearing 과 radial 荷重을 받을 수 있는 deep groove ball bearing 을 서로 干涉없이 使用 될 수 있도록 設計했고, 上部側에는 軸의 熱膨脹을 쉽게 받아들일 수 있는 roller bearing을 使用하였다.

또한, bearing은 運轉시 發熱이 되어 內外輪이 膨脹이 되나, bearing housing은 bracket과 接觸, 물로 冷却되므로 膨脹率이 작아, bearing 內外輪과 ball 사이의 틈새가 運轉中에 줄어들므로 이를 精密 分析하여 bearing을 選定하였다.

(6) 絶緣

stator coil에는 特히 耐熱성이 優秀한 epoxy 系統의 varnish와 mica를 絶緣材로한 特別 絶緣 system 으로 長期間에 걸쳐 높은 耐熱 壽命이 保障 될 수 있도록 設計 하였으며 또한 眞空 加壓 含浸을 (vacuum pressure impregnation) 實施하여, 耐水性, 耐油性을 갖는 同時에, 機械的 強度를 높이는 물론 stator coil 이 물속에서도 一定 megger를 維持 할 수 있을 程度의 絶緣을 하였다.

(7) 溫度 上昇

水中 電動機의 周邊 環境은, 空氣에 비해 熱傳達 比熱등이 훨씬 큰, 흐르는 물에 의해 둘러 쌓여있다. 이 때문에 陸上用 電動機와 比較하면, 冷却 效果가 優秀하다.

또한 水中 電動機는 吐出管 內에 設置가 되므로 流體의 흐름에 抵抗이 可及的 작게하고 system 效率을 높이기 위하여 電動機 外徑 值數를 最小化 하였다.

따라서 鐵心積 길이가 긴 形狀으로 되어, frame 과 鐵心 사이의 完全한 接觸이 冷却 條件에 큰 關係이 되므로 鐵心 表面의 精度를 높여, frame 과의 接觸率을 最大化 하였다.

溫度上昇 推定法은 다음과 같다.

$$\Delta t = \frac{W}{A k}$$

여기서 t : 溫度上昇值 (°C)

W : 發生 loss (W)

A : SS 表面의 (m²)

k (冷却係數) : 71.17



그림 3. 水中 PUMP 電動機 外形 寫眞

(2) 水中 動力 cable

水中 動力 cable 은 特殊 高壓線으로, 물속에서 사용되므로 特別 安全度에 有意해 選定하였다. 斷面은 그림 5.와 같은 形態이고 完全 防水形으로 特殊 絶緣을 하였다. 特別 earth 被服은 半導體 成分을 使用해, 有事時를 對備하여 保完을 하였다.

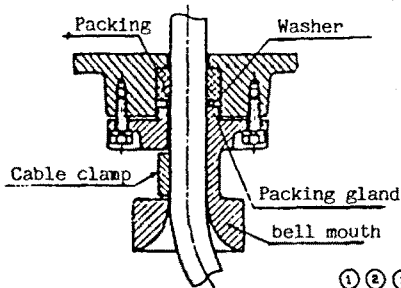


그림 4. cable 引出 構造

* Construction

1. Conductor : Tinned annealed copper wires
2. Semi-conductive tape
3. Insulation : Ethylene propylene rubber
4. Semi-conductive tape
5. Reinforce layer : Cotton tape or cotton yarn braid
6. Sheath : Polychloroprene
7. Semi-conductive rubber

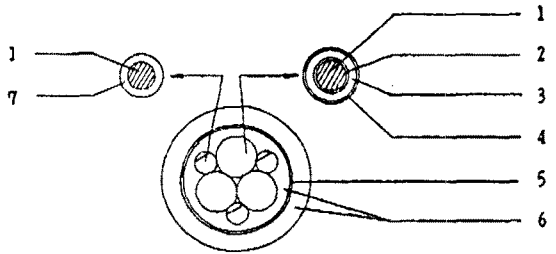


그림 5. 水中 動力 cable

또한, 芯線 漆제와 線과 線사이의 漆제를 通해 空氣에 의한 濕氣의 移動을 막기 위해, 斷末部의 moulding 處理를 實施하였다.

순	부	구	명	호	단	명	구	호
1	전선	구	19	구	구	구	구	구
2	반도체	Cu	20	구	구	구	구	구
3	절연체	GC25	21	구	구	구	구	구
4	2차 반도체	STS	22	구	구	구	구	구
5	강화층	SS41	23	구	구	구	구	구
6	외피	-	24	구	구	구	구	구
7	2차 반도체	STS	25	구	구	구	구	구
8	-	STS	26	구	구	구	구	구
9	외피	SS41	27	구	구	구	구	구
10	외피	-	28	구	구	구	구	구
11	외피	-	29	구	구	구	구	구
12	외피	GC25	30	구	구	구	구	구
13	2차 반도체	STS	31	구	구	구	구	구
14	외피	GC15	32	구	구	구	구	구
15	외피	P1000	33	구	구	구	구	구
16	외피	SH45C						
17	외피	SK3H						
18	외피	구						

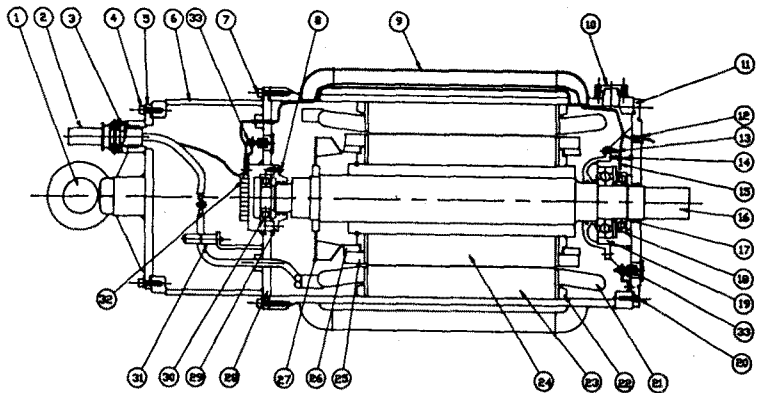


그림 6. 水中 電動機 構造

200KW-6P 溫度上昇 推定

$$\Delta t = \frac{13900}{2.35 \times 71.17} = 83.1 \text{ deg} \cdot \text{C}$$

60°C 上昇 基準으로 設計하기 위해 frame 外皮에 冷却 fin 8개를 追加로 設置하였다.

(8) 耐壓, 氣密 試驗

水中 電動機는 一般 電動機와 달리, 耐壓 및 氣密 生命이므로, 組立前에 外部 frame 에 대해, 耐壓試驗 및 氣密 試驗을 하여 異常 有無를 確認하였고, 組立 完了後에는 再次 氣密 試驗을 하여 完璧을 기하였다. 氣密試驗에는 窒素를 使用하였고, 耐壓試驗은 水壓을 걸어 確認하였다. 水壓試驗 壓力은 3kg/cm² 로 30 分間 防青劑를 넣은 물로 實施後 洗滌이 必要하며, 氣密試驗은 壓力 0.5kg/cm² 로 30分間 비눗물 塗布 試驗을 實施하였다. 試驗 直後 即時 乾燥시켜 防青 塗裝을 完璧하게 할 必要가 있다.

(9) 保護 sensor

電動機의 異常 條件을 事前에 感知하기 위해 다음과 같은 保護 sensor를 使用하였다.

o. 電動機 stator coil 溫度 sensor를 設置해 過負荷 發熱을 感知하도록 하였다.

o. 内部 淚水 感知 sensor

電動機 内部와 junction chamber 内部에 漏水感知 sensor를 設置해, 事故를 事前에 막도록 하였다.

o. 減速機 oil 壓力 sensor

減速機內的 潤滑 oil 壓力의 正常與否 및 oil 供給 및 gear pump의 狀態를 感知 할 수 있게 하였다.

4. 結論

以上 水中 電動機의 開發에 대해 紹介한 바와 같이, 技術上 어려움은 sealing 構造만이 아니고, cable 處理, bearing, 潤滑, 絶緣, 溫度上昇, 耐壓構造, 保護sensor 등 理論을 根據로한 體系化 된 製造 技術의 know how 에 따라 成功 與否가 決定 된다고 할 수 있겠다.

現在까지는 우리나라가 量으로서 對處하여 왔으나, 이제 부터는 質 (quality) 을 土臺로 競爭하지 않으면 안된다.

많은 製品들이 國產化되고 있지만 内部를 보면 主要 素材 및 部品은 輸入에 依存되고 있다. 이러한 점을 直視하여 素材 基礎 産業의 投資, 發展이 切實히 要求되며, 現在 1000億 以上을 投資 推進하고 있는 工業基礎 技術 開發 對像 課題들과 같이 戰略的인 計劃下에 不斷히 研究開發하고 그러한 風土를 造成하는 힘만이 우리 民族의 生存 課題를 解決할 수 있다고 생각한다.

따라서 利川電機는 앞으로 좀더 最適인 構造, 成能으로 加一層 技術을 改良하여, 最適의 器機와 system을 需要者에게 提供하려고 한다.

本 水中 電動機로 인해 옮겨온 裝마시 釜山市 商會 工團의 浸水 被害를 未然에 막아 그 眞價가 더욱 發揮 될 것으로 期待된다.