

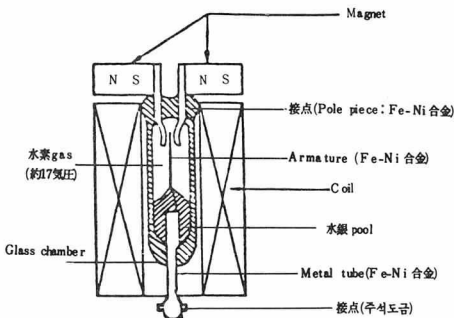
水銀接点繼電器 (Mercury Wetted Contact Relay)의 動作原理와 応用

金顯禹, 趙光胤 / 交換技術 第1室

I. 序 論

繼電器는 最近 digital制御技術의 發展과 並行하여 多方面으로 用途에 따라 많은 發展을 거듭하여 왔으며 더욱 優秀한 特性의 繼電器들이 出現되고 있다. 繼電器는 特性 및 用途에 따라 여러 種類들이 있지만 電子交換機와 같이 高信賴度를 요하는 精巧한 system에 使用되는 水銀接点繼電器에 대해서 그 動作原理와 規格의 一部를 紹介하고자 한다.

II. 構造 및 特徵



〈그림 1〉 水銀接点繼電器 (Bistable type)의 構造

1. 構 造

水銀接点繼電器는 magnet가 接点에 붙는 위치에 따라 그 用途 및 機能이 달라지고 種類도 여러가지로 分類되어 있지만 그 중 兩 接点 (Pole piece)에 magnet를 붙인 bistable type의 構造를 圖示하면 〈그림 1〉과 같다.

2. 特 徵

Glass chamber內에는 約 17氣压의 高圧水素 gas를 넣어 봉하였기 때문에 接点動作時에 發生하는 arcing을 줄일 수 있도록 設計되어 있으며 armature에는 水銀이 毛細管現象에 의하여 接点部分을 항상 wetting시켜 줄 수 있도록 가는 홈이 파여져 있어서 接点의 接觸이 부드러워지고 回路의 開閉가 水銀을 통하여 이루어지므로 chattering이 없어지고 長壽命이며 微小信號에서 大電流까지 制御가 可能하다. 以上의 特徵들을 要約하면 다음과 같다.

- (1) 接点의 接觸抵抗이 적고 극히 安定하다. (每回의 變動은 $2\text{ m}\Omega$ 以下)
- (2) 接点의 chattering이 없다.
- (3) 長壽命이다. (100億回 以上)
- (4) 接点의 電流容量이 크다. (2 A, 100VA 정도)

- (5) 高感度로서 動作・復旧가 빠르다.
(6mw, 1~3ms)
- (6) 接点이 外氣의 影響을 거의 받지 않는다.

Ⅲ. 動作原理와 規格

Bistable type의 水銀接点繼電器는 magnet가 兩 接点 (Pole piece)에 붙어 있어서 動作하기 전 狀態에서는 armature가 어느쪽 接点으로도 機械的인 biasing 없이는 接觸이 일어나지 않도록 兩 接点의 中央에 位置하게 된다. 이 平衡狀態에서 coil에 電流가 흐르면 磁氣 flux가 armature와 어느 한쪽 接点에 誘起되어지고 이에 相應하는 磁氣力(Magnetic force)이 armature를 그 接点으로 끌어 당겨 接觸이 일어나게 된다. 이와 반대로 armature가 다른 接点으로 옮겨지기 위해서는 規定된 動作值의 否極性을 지닌 flux가 armature를 거쳐 그 接点으로 誘起되어야 하는데 이때 armature를 옮기고 復旧시키는데 必要한 動作值들은 magnetic force를 調節하여 精算 수 있고, 또한 coil을 감는 量에 따라서 電流, 電壓의 規定值들도 調節할 수 있다.

水銀接点繼電器의 應用例로서 現在 M10CN 電子交換機에 使用되어지고 있는 single-side stable形(Magnet 1개), bistable形(Magnet 2개) 및 雙 bistable形(Magnet 4개)들의 水銀接点繼電器에 대한 國內規格의 一部를 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 該當規格
 - 規格番号 : 체신 5805-0453(가) 부속서 7
 - 規格書名 : 계전기(수은)
 - 確定日字 : 1979. 8. 8 (制定)
1980. 7. 22 (改定)

2) 用途 및 機能

Junctor 및 trunk 回路 등에 使用되는 大電流 switching用

3) 電氣的 特性

- Break down voltage (降伏電壓)
 - 가) NO(Normally Open)와 NC(Normally close)接点間 : 1500V peak 60Hz
 - 나) 捲線coil 端子와 NO(또는 NC)接点間 : 1000V peak 60Hz

다) 捲線coil端子와 捲개間 : 1000V peak 60Hz

- 接点抵抗 : 80MΩ 以下
- 絶緣抵抗

가) 接点間 : 1000MΩ 以上

나) 接点과 coil端子間 : 1000MΩ 以上

● 動作・復旧電流

가) 最大動作電流 : (Type에 따라) 1.21 mA 以下에서 24mA以下

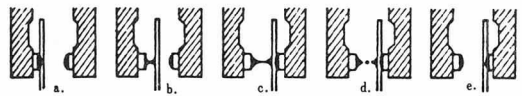
나) 最小復旧電流 : (Type에 따라) 0.3mA以下에서 4.14mA以下

Ⅳ. Switching 動作 operating 時間

1. Switching 動作

一般的으로 水銀接点繼電器의 switching 動作形態에는 continuous接点形(Bridge形)과 transfer接点形(Non bridge形)으로 区分되어지며 그 動作狀態를 圖示하면 다음과 같다.

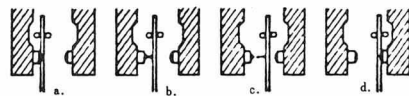
가. Continuous 接点形(Bridge 形)



〈그림 2-1〉 Continuous 形(Bridge 形) 接点動作

〈그림 2-1〉에서 볼 수 있는 바와 같이 兩 接点의 接統狀態는 途中에 끊어지지 않고 연이어 옮겨지는데 특히 “c” 狀態에서는 水銀의 bridge가 形成되고 “d” 狀態에서는 水銀 filament가 joule 熱 發生으로 인하여 끊어지게 되어 있다.

나. Transfer 接点形(Non bridge 形)



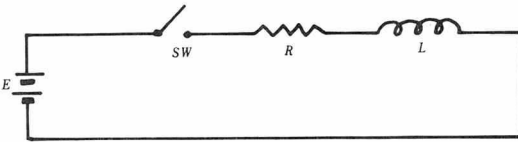
〈그림 2-2〉 Transfer 形(Non Bridge 形) 接点動作

〈그림 2-2〉중, “b” 狀態에서 “c” 狀態로 이어지는 動作에 있어서는 水銀으로 形成된 filament가 bridge 되어지지 않고 水銀의 表面張力에 의해서 途中에 끊어지게 되어 있다.

2. Operating 時間

繼電器의 特性中 動作時間에 관한 事項들은 使用코자하는 繼電器들을 選定하는데 있어서 매우 중요하다. 일반적으로 繼電器의 動作時間은 coil 電流가 最小感動電流에 달하는데, 所要되는 時間 또는 armature가 움직이기 시작하여 接点이 닫힐 때까지의 移動時間으로 定義되어 지지만 機械系의 慣性이 電氣的인 量에 비해서 無視될 수 있으므로 여기서는 前者의 定義를 택하여 動作時間을 定性的으로 檢討한다.

가. 繼電器의 電氣的 等價回路



〈그림 3-1〉 繼電器 動作時 等價回路

〈그림 3-1〉에서는 armature와 鐵心의 非直線性에 따른 過渡応答時의 inductance 變化는 無視하였으며 이 때의 電流變化는 다음式으로 주어진다.

$$i = \frac{E}{R} (1 - e^{-\frac{R}{L}t}) \dots\dots\dots ①$$

①式에서 動作時間 t 는 電流 i 가 最小感動電流 i_0 에 달하는데 요하는 時間이라고 할 수 있다.

나. 規準化 動作時間

Normalized operating time을 定義하기 위해서 ①式을 t 에 대해서 풀면

$$t = \frac{L}{R} \ln\left(\frac{I_s}{I_s - i_0}\right) \dots\dots\dots ②$$

但, $I_s = \frac{E}{R}$ 인 定常電流

②式에서 R 을 const. 로 놓고 각 變數들의 相応關係를 살펴보면 動作時間을 짧게 하기 위해서는 L 을 적게 하던가 最小感動電流 i_0 를 적게 하여야 하는데, L 을 적게하는 것은 捲線數를 줄이는 結果가 되어 結局 i_0 는 크게 되어지며 i_0 를 적게 하는것은 L 을 크게하는 結果가 되어진다. 그러나 電源電壓과 R 이 一定하고, 定常驅動電流 또는 電力($W=i^2R$)이 一定하다고 하면 t 를 最小로 하는 i_0 가 存在할 수 있게 된다. Inductance L 은 捲線數의 제곱에 比例하므로 材質에 의해서 決定되는 定數 K 를 넣으면,

$$L = KN^2 \dots\dots\dots ③$$

(但, K = 定數)

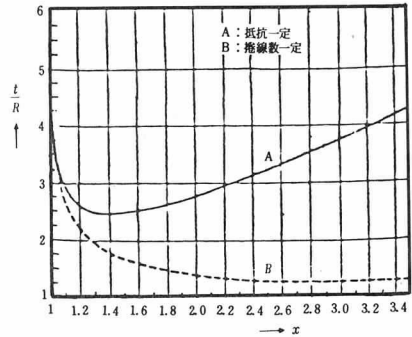
로 되어지고, 最小感動電流 i_0 와 定常動作電流 I_s 와의 比를 x 라고 하면,

$$x = \frac{I_s}{i_0} \dots\dots\dots ④$$

인 過剩驅動係數이다. 動作 時間과 ④式의 電流比 x 와의 關係를 나타내기 위해서 式③과 ④를 式②에 代入하면, 時間

$$t = \left\{ \frac{K(Ni_0)^2}{RI_s^2} \right\} x^2 \ln \frac{x}{x-1} \dots\dots\dots ⑤$$

이 된다. ⑤式의 分子는 最小感動 ampere-turn에 比例하는 量으로 繼電器가 정해지면 一定值로 주어지게 되고, 分母는 定常驅動電力을 나타내는 量으로 일정하다고 하면 $K^2 \ln \frac{x}{(x-1)}$ 의 極小를 나타내는 x 를 구하여 最適의 捲線數를 알아낼 수가 있다. 이 關係를 그림으로 示하면 다음과 같다.



〈그림 3-2〉 規準化動作時間特性

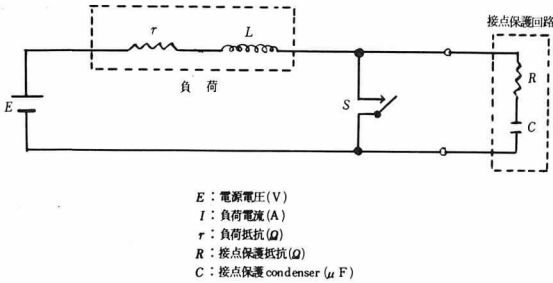
〈그림 3-2〉는 x 에 대한 規準化動作時間 t/R ($K(ni_0)^2/RI_s^2 = t/R$)를 示한 것인데 x 의 極小值를 구하기 위해서는 간단한 計算에 의하여 $x=1.398 \approx 1.4$ 인 것을 알아낼 수가 있으며, 이에 해당하는 i_0 즉, 最小感動電流의 1.4倍인 正常動作電流 I_s 를 흘릴 수 있는 捲線數가 最小의 動作時間을 나타낸다는 것을 알 수 있다. 〈그림 3-2〉의 點線은 $\ln x/(x-1)$ 의 x 에 대한 變化를 나타낸다.

V. 接点保護回路

繼電器의 接点이 항상 水銀에 wetting되어 있어 接点의 接觸이 부드러울 뿐만아니라 여러 가지의 優秀한 特性을 지녔지만 動作時에 發生되는 接点部의 arcing에 대해서는 人爲的으로

外部에서 使用目的과 用途에 알맞게 接点保護 回路를 挿入시켜야 한다. 接点保護回路의 設計 pattern 과 그 技法은 多様하지만 여기서는 RC 回路에 의한 接点保護回路의 設計에 대해서 紹介한다.

1. 等価回路



<그림 4> RC接点保護回路를 붙인 繼電器 等価回路

2. 負荷에 따른 設計

가. 誘導負荷 (負荷가 L成分일 경우)

$$C = \frac{2000 \cdot W}{(E \nu - E)} \text{ 以上}$$

$$R \cong E / 10 \times I^{1 + \frac{E}{E \nu}} \text{ (0.5A 以上일 경우)}$$

$$\cong 10 / I \text{ (0.5A 未滿일 경우)}$$

但, Eν : condenser의 耐壓(V)

通常 300V~500V

W : 負荷의 電磁energy(mJ)

여기서 Cmin ≥ 0.001μF, Rmin ≥ 0.5Ω의 條件을 滿足하여야 한다.

나. 抵抗負荷 (負荷가 R成分일 경우)

$$C = I^2 / 10 \text{ 以上}$$

$$R \cong \frac{10r}{E - 10}$$

0.1A 以下인 경우에는 保護回路가 불필요하고, 電磁energy가 不分明할 경우에 condenser는 接点 open時 peak 電壓이 500V以下 (電源電壓을 包含)되는 값으로 定해야 한다.

VI. 使用上의 注意事項

1) 繼電器內에는 高壓gas와 水銀이 封入되어 있으므로 심한 衝擊을 가하든가 불필요하게 relay를 分解하는 일이 없어야 한다.

2) 繼電器의 接点이 水銀의 毛細管現象에 의하여 wetting 되어야 하므로 항상 水銀pool이 밑으로 가도록 取付되어야 한다.

3) 取付時 外部의 衝擊 또는 흔들림으로 인하여 接点間에 水銀의 bridging이 形成될 수가 있으므로 使用하기 約 30秒 以上 放置시켜 bridge가 풀린 후에 使用하여야 한다.

4) 取付時 任意的 繼電器의 姿勢에서 正姿勢로 할 때 繼電器의 接点部에는 水銀의 量이 많아지게 되므로 接点部水銀의 wetting 特性에 變化가 오게 된다.

따라서 operating 電流의 感動値와 開放値의 設定에 있어서 2倍以上의 電流値로 設定하여야 한다.

5) 水銀接点 繼電器中 continuous 接点形 繼電器의 接点動作時 3点接觸이 일어날 瞬間이 있게 되므로 固定接点사이에 直接 電源이 接統되지 않도록 하여야 하고 bridging time 중의 接点電流도 接点容量 以下가 되도록 回路設計를 하여야 한다. 또한 transfer 接点形의 relay도 接点사이에 發生하는 arc 및 水銀蒸氣에 의한 short의 危險이 있으므로 接点保護를 위하여 固定接点間에 直接 電源을 接統시키지 않도록 하여야 하며 固定接点間의 放電電流를 接点容量 以下가 되도록 하여야 한다.

6) 水銀의 永点이 -38℃ 이므로 이 以下의 周圍溫度에서는 使用할 수 없고 繼電器 內部에는 wax와 같은 充填材가 있으므로 type에 따라서 約 70℃~90℃ 以上의 溫度에서는 使用하기가 곤란하므로 注意를 요한다.

参 考 文 献

1. 喜田村善, “電子·通信部品”, 電子通信学会編.
2. C. P. Clare co., “Clare Standard Catalogue 800”, Oct., 1976.
3. C. P. Clare co., “Technical Application Reference for Mercury Wetted Contact Relays”.

4. M10 CN 電子交換機 通信規格 規格番号：
5805-0453(가) 부속서 7 規格書名: 계전기
(수은)

5. NEC, “ウェッド リード リレー”Catalogue.
6. オーム社, “電子通信ハンドブック”, 電子通
信学会編.

