

# Aluminum 變壓器의 特異한 性質과 經濟性

編 輯 室

Aluminum 은 多年間 電氣用 導體로서 使用되어 現在는 送電線, 配電線에 銅과 代置하여 漸次 利用되고 있다.

이에 對하여 變壓器의 捲線用 導體로는 銅에 比하여 導電率이 낮기 때문에 同一形式, 同一抵抗下에서 그의 體積占有率이 커져 不適合하게 여겨 졌다.

그런데 이에 새로운 aluminum strip (薄帶) 狀導體가 開發됨에 따라 變壓器의 設計 및 捲線技術에 新 觀念이 생겼다.

即 薄帶狀 aluminum 을 coil 捲함에 따라 空間占有率이 良好하게 됨과 同時에 coil 層間 絶緣도 적게 할 수 있는 變壓器 設計가 可能化 되었다.

특히 小·中容量의 配電用變壓器의 境過, 捲鐵心形 磁氣回路로서 採用됨에 따라 從來 形式에서 볼 수 없던 大 短絡容量을 갖는 變壓器를 構成할 수 있는데 注目할 價値가 있다.

이 aluminum strip winding transformer 의 特徵은

(1) 短絡容量: 定格電流의 70 倍 程度의 短絡電流에 堪된다.

(2) 電壓變動率: 低 impedance 特性에서 大端히 減少된다.

(3) 壽命 및 事故率: 低電壓捲線이기 때문에 磨損, 亂用에 安한 絶緣의 損傷率이 적고, 軸方向의 短絡力이 있으므로 絶緣의 強度가 改善된다.

(4) 經濟性: 捲線 自體의 cost 가 輕減됨과 同時에 長期의 故障率의 可能性이 적어져 經濟的이다.

(5) 變壓器 自身의 電壓降下를 防止함에 따라 配電線의 길이가 延長 可能하다.

以上의 點을 갖는 aluminum 變壓器는 現下 發展段階에 있어, 捲線技術의 進歩와 아울러 今後 널리 普及되리라 믿는다.

Aluminum 變壓器의 構造의 特徵을 說明하면 다음과 같다.

## 絶緣 및 保護被覆材料

Strip 의 絶緣被覆材料로는 厚帶의 경우에는 strip 幅보다 多少 넓은 薄絶緣紙를 層間에 插入한다. 厚帶는 現在 두께 約 0.25~2 mm, 幅 約 5~90 cm 程度의 것으

로서, 絶緣紙로는 craft paper, 마이러, 또는 메리넥트 tape 및 mica 가 使用되고 있다. aluminum strip 경우와 같이 낮은 層間電壓이 얻어지는 것에서는 더욱 適合한 絶緣材料이다. 그러나 薄帶의 경우에는 특히 두께가 約 0.25 mm 程度 以下時, 上述의 方法으로 aluminum strip 을 使用하면, 그 占積率이 커져 經濟의 特性을 充分히 發揮할 수 없게 되어 合成樹脂被膜이 使用된다.

薄帶로는 두께 約 0.05~1.3 mm 것으로서, 合成樹脂被膜材料로는 耐熱度에 따라 poly vinyl formal 系(A種) 에포기시系(B種), poly estel系(F種)이 많이 使用된다.

이와 같이 構成된 strip 捲線은 比較的 적은 coil 의 경우는 緊着하여, vernish 含浸操作을 加함에 따라 捲線의 剛直性을 줄 必要가 없으나, 그 必要性이 있을 경우 또는 濕氣를 防止할 경우에는 從來의 含浸方法으로 固着함이 可能하다. 그러나 耐 impulse 의 세기가 低下하는 缺點이 있으므로 될 수 있는 限 避하여야 한다.

## Anodize (陽極酸化被膜) 絶緣材料

絶緣被膜材로서 aluminum 의 表面 酸化被膜을 有效하게 使用하여 aluminum 에 特有한 陽極酸化被膜鍍金處理한 것은, 從來의 絶緣材料에서 達成되지 못한 耐熱度와 靚은 被膜 두께를 갖는 것으로, 最高許容溫度는 約 500°C 에서 被膜의 두께 約 0.003~0.005 mm 程度의 것으로 充分히 磨耗, 曲伸 등의 機械的 損傷에 견디며, 被膜 耐電壓은 90~200 V 程度이다. 이 絶緣被膜은 他 被膜材보다 靚어 占有率의 點에서 最高이며, 許容溫度上 并이 높은 點에서 strip 斷面積을 이에 應하여 적게 할 수 있다. 現在 strip 의 두께는 約 0.18~0.5 mm 程度의 것이 使用되고 있다. 實際로는 機械的 強度와 剛性을 증가 爲하여 silicon resin 을 含浸한 것이 使用된다.

上述의 aluminum strip 의 絶緣被膜處理에는 그 表面과 緣端部에 걸쳐 被膜이 連續性을 保持할 必要가 있고 緣端部는 充分한 圓일 必要가 있다. 이는 機械的 또는 化學的方法으로 加工되어 있다. 比較的 靚은 strip 의 경우는 圓部의 效果를 發揮함이 困難하므로 他方法을 使用하여 端部 處理를 하고 있다. 또 aluminum 은 變壓器 油와 接觸反應을 이르지 않는 特性이 있어, 現在 銅線

에 許容되고 있는 溫度보다 높아져도 油가 敷泥하지 않고 動作하는 特徵이 있다.

### 捲線占有體積率

導體로서의 aluminum과 銅의 特性을 比較하면 第1表와 같다. 上述의 導電率의 特性에서 電氣的 等價인 aluminum과 銅導體의 占積率을 生覺하여 보면 同一直 流抵抗值 下에서 第2表와 같이 된다.

第1表

| 特 性                              | Aluminum | 銅     |
|----------------------------------|----------|-------|
| 密 度 [g/cm <sup>3</sup> ] (20°C)  | 2.6989   | 8.96  |
| %導電率 IACS                        | 62%      | 100%  |
| 比率(熱容量) [cal/g/°C]               | 0.2226   | 0.092 |
| 熱傳導率 [cal/cm <sup>2</sup> ·s·°C] | 0.58     | 0.941 |

第2表

|          | Aluminum                      |                                |                              |
|----------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
|          | 銅                             | ●                              | ■                            |
| 斷 面 積    | 1                             | 1.58                           | 1.58                         |
| 直 徑      | 1.128                         | 1.418                          | 1.257                        |
| 實際의 占有面積 | 1.128 <sup>2</sup><br>(1.272) | 1.418 <sup>2</sup><br>(2.0107) | 1.257 <sup>2</sup><br>(1.58) |
| 占 積 率    | 0.63                          | 1                              | 0.78                         |

Aluminum strip은 從來의 銅線에 比하여 重量이 約 1/2 이 되므로 捲線의 材料費가 輕減된다는 點이 aluminum 變壓器가 採用되는 重要要素의 하나이다.

지금 裸導體 自體의 必要 占有面積은 上述의 表에서 銅線이 第1種이나 coil 捲線의 性質에서 turn 間의 電壓差와 層間電壓差가 aluminum strip 捲에 比하여 커지는 것을 免치 못하므로 더욱 두터운 絕緣이 必要하다.

Aluminum strip의 경우 이 兩者의 電壓差는 同一하고 絕緣被膜에 依한 coil 故障의 可能性이 작아진다. 따라서 絕緣被膜된 導體로서 生覺할 경우 從來의 銅線은 占積率의 點에서 特히 有利하다고는 할수 없으며, 適切한 捲線 設計下에서 從來의 銅線捲線과 同程度의 占積率을 가진 變壓器가 可能하게 된다.

### 熱傳導率과 短絡容量

變壓器의 coil 設計에 于한 影響을 주는 것은 動作溫度이다. 낮은 溫度에서 動作하는 捲線의 경우, aluminum strip을 熱傳導率의 特性을 充分히 利用할 수가 있다.

電氣的 等價인 銅과 aluminum의 熱傳導率을 比較한 경우, 斷面積은 aluminum strip의 경우 銅線의 1.58 배이므로 대략 同一하게 되나, 絕緣被膜의 두께가 前述한 바와 같이 얇으므로 熱放散이 良好하고, 또 strip의 경우 各 turn의 線端部에는 直接冷卻油에 接觸하여 있는 導體內의 熱을 金屬部를 通하여 逸할 수 있는 有利한 點이 있다.

또 strip의 性質은 幅方向에 漸進的인 熱分配가 생기기 때문에 局部的인 赤熱部分이 銅線의 경우와 같이 發生하지 않는다.

특히 比較的 容量이 큰 配電用變壓器의 경우는 이 熱放散效果가 크다.

### 捲線技術의 特徵

Strip 捲線은 簡單한 捲線裝置로서 足하며 旋回 gear를 갖인 高價의 捲線機가 不必要하고, 圓筒形의 bobbin에 감기때문에 frange가 不必要하다. 또 從來의 銅線捲에서는 層間絕緣을 正配置하고, 冷卻油의 通路 space와 coil兩端部의 交差部分의 締付에 特別한 注意를 할 必要가 있기 때문에 捲線速度가 늦어지거나 誤差發生의 우려가 있었다. 그런데 strip의 경우는 不均均의 捲線張力, 調節되지 않은 縱動 roller, guide roller의 回轉事故는 strip을 손질하고, 또 緊着한 coil을 감는 것은 不可能하게 된다.

高壓側捲線을 2部分, 즉 主捲線과 補助捲線으로 나누고, 各 1端을 高壓線의 入力端子에 連結한다. 主捲線과 補助捲線은 金屬的으로 連結되지 않아, 兩 捲線間의 分布 capacitance를 通하여 電氣的으로 結合할 수 있다. 이 coil에 特別히 負荷된 capacitance值를 調整함에 依하여 捲線自體의 誘導電壓降下를 相殺하고 抵抗電壓降下를 補充할 수 있다. 어느 一定力率下에서 變壓器 自體의 高壓回路的 電壓降下를 設하고, 理論上 impedance를 0에 가까운 値로 할 수 있다. 따라서 그만큼 配電線의 長이를 延長할 수 있다. 또 低力率負荷의 flicker問題를 減少시킬 수 있고, 通例上 이 capacitance에는 電磁方式의 spark gap가 取付되어 高負荷時 過電壓發生을 防止한다.

### 端子和 分岐接續方法

兩의 strip lead線과 端子線을 aluminum 捲線과 接續하는데는 從來 使用된 bolt와 nut가 不要하므로 雜音이 輕減되는 冷間壓着溶接이 良好하고, 더욱 經濟的인 方法으로서 多量生産方式에 適合하다. 그러나 絕緣被膜 strip을 使用할 경우는 多少 接續強度가 떨어지는 것이 明瞭되어 있으므로 이 方面의 研究가 必要하다.

從來, 銅 또는 aluminum lead線을 絕緣被膜 strip線과 接續할 경우에는 差込 壓縮 connector가 使用되어 왔으며, 또 接續部가 strip coil의 捲初와 終端部分에서 必要한 때에는 TIG 溶接이 行하여졌고, 捲線 途中의 分岐의 接續의 경우에는 MIG 溶接이 여러가지 두께의 strip로써 可能하다.

### 低 Impedance

Aluminum strip의 turn間의 capacitance는 捲線 全體에 걸쳐 銅線의 경우 보다 平均 分布한 低 impedance가 얻어져 良好한 電壓調節이 얻어진다.

(日本 OHM 誌 1964年 1月號 參照)