

1. 序 論

韓國電力公社의 送配電 損失은 '84年 6.34%로서 先進國 水準에 接近하고 있으나 最近의 減少率 鈍化로 보다 高次元의인 對策이 必要하며 이의 一環으로 變壓器 鐵損을 1/3~1/4로 줄일 수 있는 Amorphous 變壓器 開發이 美國·日本에서 活發하게 進行되고 있다.

그러므로 本 研究事業은 이에 商品化된 Amorphous材料를 利用하여 單相, 20KVA Amorphous 變壓器 6台를 試驗製作하여 最適設計方法, 製作技術, 經濟性檢討를 行하였다.

2. Amorphous狀態와 Si鋼板과의 比較

Amorphous 狀態란 液體를 原子가 再配列할 時間的 여유가 없을 程度의 速度로 超急冷하면 内部平衡을 維持할 수 없게 되어 凍結된 狀態를 말하며 이의 判別法으로서는 X線 回折法이 가장 널리 利用되고 있다.

〈方向性 Si鋼板과의 比較〉

1) 材料 特性 比較

表1은 Amorphous Metal 및 Si鋼板과의 主要特性을 比較한 것이다. 鐵損의 경우 Amorphous材料는 Si鋼板에 比하여 매우 낮은 값을 나타내고 있으나 熱的 安定性이 떨어짐을 알 수가 있다.

2) 原料 및 製造 Cost上的 比較

原料의 Cost를 比較할 時 Amorphous 材料는 Permalloy와 같이 高價인 金屬을 包含하지 않으므로 低廉한 原料 Cost로써 뛰어난 磁性材料를 얻을 수 있을뿐만 아니라 製造 Cost面에서도 Amorphous는 液體急冷法으로 製造되므로 Si鋼板의 製造費에 比하여 훨씬 低廉하다고 推定된다.

3. 開發目標 및 設計, 製作方法의 檢討

美國, 日本에서 開發되고 있는 Amorphous 變壓器의 開發推移를 檢討한 結果 表2와 같이 開發하기로 決定하고 이에 對한 設計, 製作方法은 表3과 같다.

〈Core製作 標準〉

1) Winding에 關한 檢討

Amorphous Metal을 變壓器의 鐵心으로 使用하기 爲해서는 Ribbon 形態의 Metal을 鐵心形態로 감아야 하며 이러한 過程에서 適切한 Tension을 加하여야 하며 過度한 Tension은 製品을 Compast하게 設計, 製作하는 데는 有效하나 應力이 過度한 경우 Anneoling 後에도 回復되지 않는 것으로 되어 있으나 本 研究·開發段階에서는 Tension값은 鐵損値에 큰影

아몰피스 메탈을 사용한 低損失 變壓器開發

鄭 英 周*.姜 遠 求**

(*曉星重工業(株) 技術研究所

**韓國電力公社 技術研究院)

表 1. METGLS 2605 S-2와 Si鋼板의 比較

| 區分 | 特 性 項 目 | METGLAS 2605SC | METGLAS 2605S-2 | Si 鋼板 Z-6H |
|----------|-------------------------------------|----------------------|-----------------|----------------|
| 電氣·磁氣的性質 | 鉄損(W/kg) (100℃) 1.4T/60Hz | 0.27* | 0.21* | 0.9* |
| | 勵磁特性(VA/kg) (100℃) 1.4T/60Hz | 0.72* | 0.37* | 0.94* |
| 物理·機械的性質 | 飽和磁束密度(25℃)T | 1.61* | 1.55* | 2.03 |
| | 飽和磁束密度(100℃) | 1.51* | 1.49* | 2.03 |
| | 保磁力(Oe) | 0.06 | 0.04 | |
| | 磁歪 | AMORPHOUS 재료가 크다고 함. | | |
| 燒鈍條件 | 固有抵抗($\mu\Omega \cdot \text{cm}$) | 125 | 130 | 45 |
| | 두께(μm) | 30 | 30 | 300 |
| | 比重 | 7.32 | 7.18 | 7.65 |
| | 占積率(%) | >75 | >75 | 97 |
| | 結晶化溫度(℃) | 475 | 550 | - |
| | Curie點(℃) | 375 | 414 | 746 |
| | 抗張力(kg/mm ²) | 70 | 150 | 32 |
| 燒鈍條件 | 硬度(Hv) | 1,050 | 900 | 210 |
| | 溫度(℃) | 365 | 400 | 780~820 |
| | 時間(h) | 2 | 2 | 2 |
| | 磁場條件(Oe) | 10 | 10 | - |
| | 雰圍氣가스 | N ₂ | N ₂ | N ₂ |

註: *特性 Curve로부터 取한 값임. Amorphous Metal 特性은 平均값임. Z-6H는 一例임.

表 2. Amorphous 變壓器 開發示方

| 形 式 | 油入自冷式, 一端 接地 | | |
|---------|-----------------------------|---------------|-------|
| 相數, 周波數 | 單相, 60Hz | | |
| 定 格 容 量 | 20KVA | | |
| 定 格 電 壓 | 12,600V (22.9KVY用)-460/230V | | |
| BIL | 125KV | | |
| 特 性 值 | 區 分 | KS規格(KSC4306) | *當社目標 |
| | 効 率(%) | 97.6 | 97.97 |
| | 鉄 損(W) | 110 | 33 |
| | 銅 損(W) | 380 | 380 |
| | 電壓變動率(%) | 1.9 | 1.9 |
| | 無負荷電流(%) | 1.7 | 0.5 |

註: *鉄損은 規格値의 30%以內, 기타特性은 KS 規格에 準함.

響을 미치지 않았다.

2) Annealing 條件의 檢討

材料 供給先의 熱處理 條件에 依하면 維持溫度 400℃, 維持時間 120分, 冷却速度 5℃/min으로되

表 3. 設計, 製作方法的 決定

| 使用材料 | METGLAS 2605 S-2, 25mm |
|--------------|---------------------------------------|
| Core-Coil 形態 | Non-Cutting, 2-Loop Core, 1-Coil, 外鐵形 |
| Winding 方法 | G·E方式 |
| 印 加 磁 場 | 800A/m (100e) |
| 雰 圍 氣 가 스 | (液化) 窒素 |
| 溫 度 測 定 | 3點測定(雰圍氣 1, 表面 2) |

어 있으나 本 研究 開發에 있어서는 維持時間은 그 대로 固定시키고 維持溫度 380℃ 冷却速度 2.5℃/min으로 내려 良好한 熱處理 結果를 얻었으며 昇溫過程에 있어서 材料의 內·外部 溫度差를 작게 하기 爲하여 Step加熱方式을 採擇하였다.

4. 試驗結果 및 檢討

單相, 20KVA Amorphous 變壓器 6台를 製作한 結果는 表 4와 같다.

表에서 보는 바와 같이 鐵損値는 最高 17Watt, 最低 13.6Watt 平均 15.5Watt로서 당초 目標로 하였던 KS規格의 30% 以內를 滿足시킬 수 있었다.

가. 既存 Si鋼板 變壓器와의 比較

Amorphous 變壓器의 鐵損은 低損失形 Si鋼板 變壓器에 比하여 78%가 減少하였으며 過負荷耐力이 보다 增加되었다(表 5 參照) 그러나 Amorphous Metal의 特徵인 낮은 占積率과 飽和 磁束密度로 因하여 全體的인 外形이 增大하였다.

나. 先進各國의 Amorphous 變壓器와의 比較

先進各國의 Amorphous 變壓器와 當 試製品을 比較한 結果는 表 6과 같다.

表에서 보는 바와 같이 容量과 鐵損이 比例關係가 있다고 假定할 때 本 試製品의 鐵損値는 單位容量에 對하여 最小의 값을 나타낸다고 할 수 있다.

5. 經濟性 評價 및 波及效果

가. 經濟性 評價

變壓器의 評價價格은 變壓器의 價格뿐만 아니라

表4. 試作變壓器의 電氣의 特性

| 試驗項目 | 1號機 | 2號機 | 3號機 | 4號機 | 5號機 | 6號機 | 備考 (KSC4306) |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| 無負荷損失(Watt) | 17 | 16.8 | 16.4 | 14.8 | 13.6 | 14.4 | 110W |
| 負荷損(75°C)(W) | 339 | 339.4 | 344.9 | 343.7 | 343.9 | 347.4 | — |
| 總損失(75°C)(W) | 356 | 356.2 | 361.3 | 358.5 | 357.5 | 361.8 | — |
| 無負荷電流(%) | 0.36 | 0.36 | 0.32 | 0.29 | 0.37 | 0.33 | 1.7% |
| 效 率(%) | 98.25 | 98.25 | 98.22 | 98.24 | 98.24 | 98.22 | 97.6% |

表5. 既存 Si鋼板 變壓器와의 比較

| 區 分 | *低損失形 Si 鋼板變壓器 (試驗值) | Amorphous 變壓器 (試驗值) | 增 減 率 | |
|---------------|------------------------------------|------------------------------------|-------|------|
| 示 方 | 1φ, 20KVA, 60Hz 12,600-230/115V | 1φ, 20KVA, 60Hz 12,600-460/230V | | |
| 使 用 材 料 | G-9 | METGLAS 2605 S-2 | | |
| 無負荷損失(watt) | 71.3 | 15.5 | -78% | |
| 負 荷 損 失(watt) | 364.9 | 343.05 | -6% | |
| 效 率 (%) | 97.9 | 98.24 | 0.35% | |
| 溫度上 | Oil溫度 | 35 | 25.5 | -27% |
| 昇(°C) | 捲線溫度 | 44 | 36 | -18% |

註：* “低損失形 變壓器의 開發誘導” 報告書('84.8)에서 引用하였음.

表6. 先進 Maker의 Amorphous 變壓器에 對한 無負荷損失 比較

| 區 分 | 製造會社 試製品(試驗值) | | | DAKA- OKA | G. E | 大 阪 變 壓 器 | |
|--------------|------------------|-------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | *最高值 | *最低值 | 平均值 | | | 2605 S-2 | 2605 SC |
| 容 量 (KVA) | 20 | | | 20 | 25 | 10 | 30 |
| 使 用 材 料 | 2605 S-2 | | | 2605 SC | 2605 S-2 | 2605 S-2 | 2605 SC |
| 無負荷損(watt) | 17 | 13.6 | 15.5 | 18.9 | 28 | 8.6 | 30.1 |
| 負 荷 損 (watt) | 339 | 343.9 | 343.05 | 348 | — | 173 | 390 |
| 備 考 | 1號機 | 5號機 | — | 日 本 (1982) | 美 國 (1892) | 日 本 (1981) | 日 本 (1982) |

註：1. 1φ, 捲鐵心 Amorphous 變壓器에 對하여서만 比較하였음.

2. * 最高值, 最低值는 無負荷 損失을 基準으로 하였음.

變壓器의 損失값에 의하여 左右된다.

損失評價額의 大小는 여러가지 要因이 作用하나 發電原價에 依하여 크게 左右된다고 할 수 있다.

그림 1은 大量生産時에 있어서 既存 Si鋼板 變壓器를 比較對象으로 하여 回收年數에 따른 競爭可能한 發電原價를 나타내고 있다. '84年 發電原價 44 원/KWH을 基準으로 하면 13~14年만에 回收 可能하다.

나. 波及效果

'85年末 現在 國內에 設置된 住上 變壓器를 基準으로 할 時 年間 發生하는 總鐵損은 4億KWH로 推定되므로 現在 設置된 住上 變壓器를 전부 Amorphous 變壓器로 交替하면 적어도 80% 즉 約3.2億 KWH 節減效果가 있다.

6. 結 論

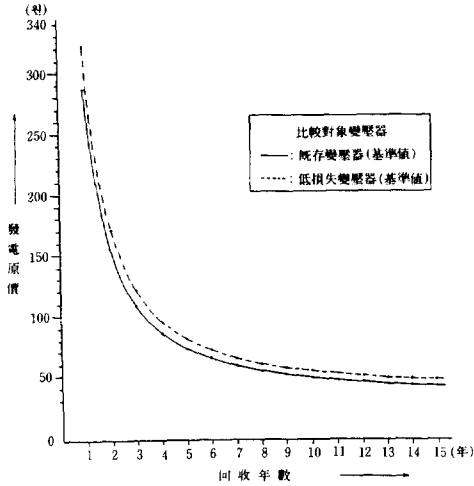


그림 1. 回收年數에 對한 發電原價(平均值)

- (1) Core Winding時 Tension 값은 鐵損值에 큰 影響을 미치지 않았다.
- (2) 維持溫度 380℃, 維持時間 120分, 冷却速度 2.5℃/min의 熱處理 條件에서 良好한 鐵損값을 나타내었다.
- (3) 既存 Si鋼板 變壓器에 比하여 鐵損值는 78%以上 減少하였으나, 重量 및 치수는 增加하였다.
- (4) Amorphous 變壓器의 經濟性은 損失 評價額과 Core價格에 左右되며 '84年 發電原價를 基準으로 하면 13~14年만에 回收 可能하다.
- (5) 既存 Si鋼板 變壓器를 전부 Amorphous 變壓器로 交替하면 '85年末 基準으로 年間 節減效果는, 3.2億KWH로 推定된다.