

大容量 電氣爐用 變壓器開發에 對한 小考

Today's Development Status of the Large ARC-Furnace Transformer



盧 哲 雄

暁星重工業株式會社 技術研究所 部長

A. 概 要

重電氣工業은 타산업과의 聯關效果가 크고 附加價值率이 높은 산업으로서 5차에 걸친 經濟發展 5個年計劃동안 괄목할만한 成長을 기록하면서 電源開發用에서 產業用에 이르는 다양한 生産제품을 國內 供給하여 왔으나 現實的으로 源泉技術의 應用能力 不足으로 知識集約的이며 技術集約的인 전기기기 제품 研究開發分野에는 다소 침체되었었다.

금번 100ton 아크爐에 사용되는 大容量 電氣爐用 變壓器(Arc-Furnace Transformer)를 國內 최초로 개발함으로써 급속히 進歩하고 있는 先進技術과의 격차를 短縮시키면서 도입기술의 조기소화, 수입대체 효과 및 相關산업 발전에 큰 영향을 주게 되었다. 1974년 韓永工業(株)에 의해 3相 7500KVA級 로용 변압기가 內鐵形으로 개발된 이래 1983년 4월부터 연구개발에 착수 21개월만인 1985년 1월 暁星重工業(株)에 의해 3相 45000KVA級 로용 변압기가 外鐵形 구조로 설계, 제작 및 개발시험 완료 후 납품되었으며 開發品の 購買者인 韓國重工業(株) 실무진에 의해 실시된 125% 過負荷試驗에 까지 성공함으로써 구매자 요구사항은 물론 국제 공인규격에 만족되는 技術集約型 大容量 電氣爐用 變壓器를 國産化 開發케 되었다.

B. 開發內容

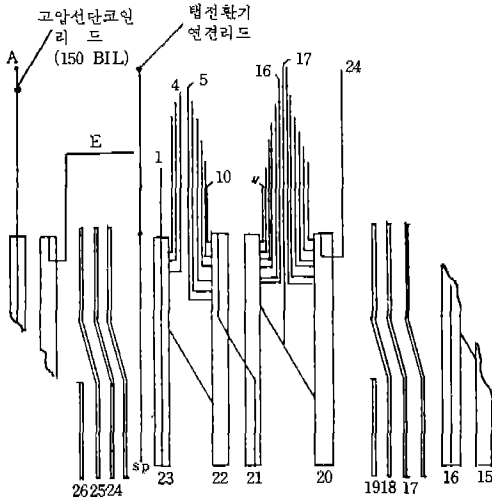
1. 變壓器 定格

- 1) 3相 45000KVA 22,900 / 464.2Volts (△-Open△) 60HZ, 送油水冷式
- 2) 高壓卷線의 Linear OLTC에 의해 低壓卷線 電壓을 24탭으로 變換
- 3) %임피던스(75℃) : 2.5% (定格電壓, 容量)
- 4) 適用規格 : ANSI C57-17

2. 開發設計事項

2.1 코일(그림1 參照)

1) 低壓코일은 銅版을 절단, 용접 및 성형한 長方形 Pancake Bar 코일 구조로서 탱크 카바에서 組立되는 相當 40個의 Epoxy Mould 붓싱(총120개)에 연결 가능토록 되었다.



2) 高壓코일은 기존 外鐵形 變壓器와 동일하게 絶緣된 平角線에 의해 Pan-Cake 코일로 권선되도록 設計되었다.

3) 구매자 요구 %임피던스에 만족되며 短絡機力을 최대 16배 저감시키는 8 High-low 卷線配列을 취하였다.

2.2 絶緣構造

1) 고·저압 코일과 철심간의 主絶緣은 프레스보드에 의한 憵緘, 앵글 및 와샤로 이루어졌으며 冷却을 위한 油通路가 적절히 배치되었다.

2) 線形 탭전환방식(Linear Tap Changing)이 적용됨으로써 高壓卷線이 탭24에 연결운전시 浮動點(Floating Point)인 탭 1과 大地간에 상승되는 商用周波電位를 억제시키기 위해 부분적으로 최대 絶緣電壓基準을 150KV에서 350KV까지로 擴張 적용하였다.

(탭코일 턴수=고압코일 전체턴수의 약60%)

3) 탭코일 좌우측에 靜電板(Static Plate)을 들으로써 衝擊電位 分布를 完化시켰다.

2.3 冷却方式

1) 냉각기에 공급되는 냉각수를 최대 30℃로 하는 強制送油水冷式(FOW)이 적용되었으며 권선 평균온도상승은 55℃로 제한 되었다. 이 냉각방식은 10,000KVA 이상의 용량을 갖는 爐用變壓器에 적용되고 있다.

2) 최대 탭전압(탭24, 저감용량)에서 125% 過負荷運轉에 견디도록 권선및 냉각기 설제가 고려된

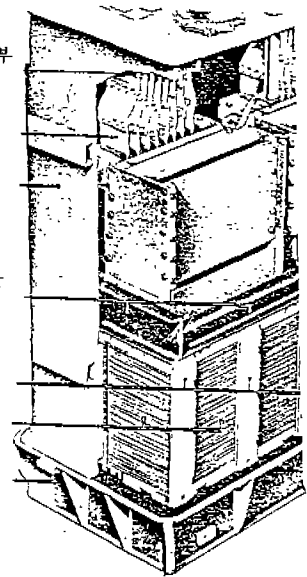
다.

2.4 리드結線 (그림 2 參照)

1) 高壓卷線은 内部에서 삼각결선되어 각상 분상에 연결되도록 하였으며 低壓卷線은 BAR코일 상부에 可搖性導體(Flexible Copper)를 사용 Epoxy Mould 분상(相當40개)에 연결토록 한다.

2) 低壓 Epoxy Mould분상과 탱크카바간의 漏油를 막기위해 질소고무링과 알루미늄 카바를 사용 카바에 용접된 볼트로 고정시켰으며 외부 부스와의 연결을 용이하게 하기 위해 분상과 可搖性 導體에 상하 및 좌우방향의 움직임이 용이하도록 스톱을 채용하였다.

저압분상하부
저압바코일
상부탱크
상부철심 및 코일 지지물
철심지지용 목재
철 심
하부탱크



2.5 短絡機力力

1) 극히 낮은 %임피던스로 最大 短絡電流가 定格電流의 40배 이상에 이르렀으며 이를 補完하기 위해 코일과 수직방향에 놓이는 内部壓力板(Pressure Plate)을 Box형으로 改善 設計하였다.

2) 코일에 작용하는 機力力 또한 標準値에서 最大 8배까지 상승됨으로써 이에 적합한 코일導體 設計(8 H-L 배치) 및 内部壓力板까지의 機力力 전달을 分析, 탱크구조 設計에 반영하였다.

2.6 保證特性

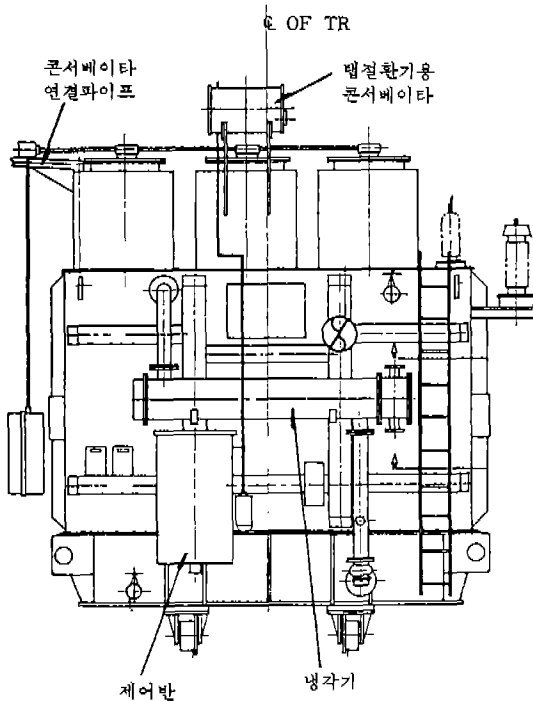
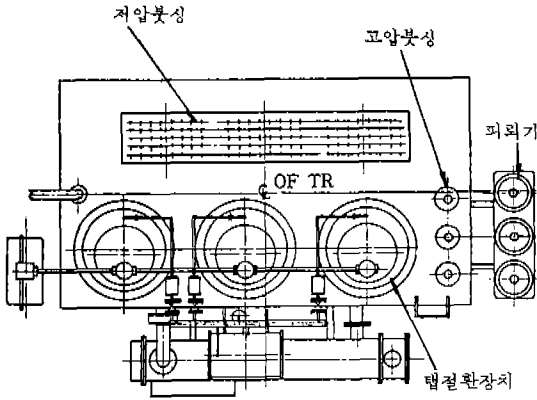
- 1) 무부하 및 부하손실
- 2) 소요보조전력

- 3) %임피던스
- 4) %여자전류
- 5) 충격내전압
- 6) 상용주파내전압
- 7) 온도상승

3. 製作事項(그림 3 參照)

3.1 코일 및 리드연결

1) 저압 BAR코일은 電氣銅板을 設計치수에 따라 절단후 高度의 용접기술을 要하는 얇은두께의 銅



板을 90°맞대기 용접하여 通電에 용이토록 정밀 용접제작하였는데 특히 용접온도 유지를 위해 특수한 材質의 보온장치를 開發하는데 많은 時間이 소요되었다.

2) 저압부싱은 저압BAR코일과의 연결및 외부 Delta결선용 Busbar와의 연결이 용이하도록 Epoxy Mold부싱을 開發使用하였으며 특히저압BAR코일과 부싱 연결작업의 용이를 위해 Flexible銅 연결단자를 製作 使用하였다.

3) 變壓器탱크 上部, 後前 側面에는 저압부싱과 저압BAR코일과의 연결작업및 内部 유지보수시 편리하도록 수개의 인입홀을 설치하였다.

4) 제한된 옥내 설치장소 및 변압기의 안정성을 고려하여 유보존장치(Conservator)를 변압기 본체와 분리 설치하여 變壓器 본체Tank와 연결토록 하였다.

5) 설치, 유지보수시의 이동및 대전류에 의한 진동의 적용에 적합토록 탱크하부에 차륜(Wheel)을 설치하였다.

4. 開發試驗 事項

1) 한국전기통신연구소(KETRI)試驗 技術者의 協力하에 아래 항목에 대한 工場試驗이 실시되어 全項目에 對하여 규정치내에 만족되었다.

- 構造 및 外視檢査
- 損失 및 여자전류 測定
- 卷線저항 測定試驗
- 變壓比測定, 극성시험 및 각변위시험
- 임피던스電壓 測定
- 충격내전압 試驗
- 상용주파내전압 試驗

2) 저압부싱의 단락회로 구성문제 및 구매자 요구 사양의 완벽한 보증을 위해 강제송유수냉식(FO W)조건하에 現場실부하 온도상승 試驗을 아래와 같이 실시, 요구사양 및 적용규격(ANSI C57-17) 상의 規定 溫度상승에 훨씬 못미치는 高効率 性能을 나타내었다.

- 定格電壓, 100%실부하
- 最大電壓, 125%과부하

C. 開發效果

1. 技術開發 促進

1976年 10月 大容量 超高压變壓器를 外鐵形으로 專門 開發하기 위한 원천 技術이 導入된 이래 1978년 1월 國內最初로 345KV級 3相容量 500MVA 變電所用 超高压 變壓器가 開發 納品되었으며 國內 大容量 發電所用 變壓器는 물론 原子力5.6.7.8號 機用 345KV級 主變壓器(3相 Bank 容量 1294MVA) 및 基動變壓器(3相55.61MVA)가 1979년부터 開發에 착수 1984年末까지 5년에 걸쳐 國產化 開發되었다.

이러한 技術축적을 바탕으로 1983年 4月에는 超高压 變電所用(345KV級) 3相 30MVAR 23KV級공심분리액터(Air Core Shunt Reactor)가 開發되었고 한걸음 더 나아가 6급 3相45MVA 22.9KV級 大容量 電氣爐用 變壓器를 國產化 開發 納品함으로써 8年여의 導入원천기술을 完숙 단계에까지 끌어 올렸으며 技術집약형 高부가가치 製品 開發에 계속 노력하면서 尠지않아 大容量 정류기용 變壓器까지 國產化 開發하여 國內外 市場에 선보이게 되면 特殊變壓器에 대한 技術開發 水準이 한층 더 向上될 것이다.

2. 輸入代替 效果

1983年 1年間 海外에서 輸入된 變壓器는 105억원에 達했으며 이중에 大容量 電氣爐用 變壓器의 國內 需要를 約 30억원으로 추정할 때 輸入代替 效果는 29%에 이르며 전환한 大容量 정류기용 變壓器까지 國產化開發 納品되는 경우 그 效果는 60%에 達할 것으로 豫상된다. 이는 또한 관련産業인 製鍊, 製鐵 및 鐵鋼 또한 주물공업에 이르기까지의 國內 他産業과의 연관效果는 물론 資源節約形 産業의 發展에도 큰 功익을 擔當하게 되었다.

3. 國際競爭力 增大

重電機器 工業은 生産製品이 다양하며 여러 部門이 集合된 製品生産 産業이면서 수주生産이 많으며 自動化가 어려운 노동집약형 産業이다. 이는 우리 나라와 같이 資源이 빈약한 開發途上國家의 유망한 輸出 선도 産業임을 뜻하는 것으로 日本 및 유럽의 重電機器 Maker에 依해 獨점 世界市場에 納品되는 電氣爐用 變壓器와 같은 高度의 노동집약형 무공해 産業製品을 계속 研究開發 추진하여 該간 輸出市場

을 尠장시켜온 電力用 變壓器와 더불어 納品함으로써 國際競爭力 增大는 물론 先進國家에서 東남아開發途上國으로 전수되고 있는 製鍊, 製鐵産業에 연관된 綜合製品을 판매함으로써 全 重電機器 製品에 對한 輸出增大를 可能케하고 있다.

D. 向後 計劃

첫째, 技術開發 擴大를 통한 첨단新製品 開發을 적극 시도하는 것으로서 導入技術을 토착화 시키면서 新規원천 技術을 기존의 구미 Maker로부터 과감하게 導入함으로써 技術消化 흡수를 短時間內에 完結하고 6급 電氣爐用 變壓器와 같은 유망기종의 技術開發에 대한 投資를 늘려 現在 총매출액 對比 技術開發費用을 1.2%線에서 先進 競爭社의 4.0%線까지로 向上시키는 것이다.

둘째, 高信賴性 製品生産을 통한 관련 産業과의 유기적인 연관관계를 지속시키는 것으로 運轉 수명의 長期化, 高短絡強度, 各 部品の 高信賴性 및 人間工學的인 側面에서의 設計, 製作等 관련産業 製品과의 信賴性 협조를 유지함이다.

셋째, 價格競爭力 確保를 통한 新市場 개척으로 電氣爐用 및 정류기용 變壓器와 같은 特殊製品 生産에 所要되는 國內 관련素材 및 部品産業을 육성 시킴으로써 原資材 및 部品の 海外 依存度를 減少 시키며 技術消化 토착화로 品質改善 및 生産性 向上을 強化함으로써 國內外 판매시장을 擴大시키는 것이다. *