

# 154kV 77,000KVA 변압기 제작

## 개발 및 수출에 관한 보고

技術報告

朴 敬 變\*

### —차례—

- 1. 서 론
- 2. 설계상의 문제점
- 3. 제작상의 문제점
- 4. 수출상의 문제점
- 5. 결 론

### 1. 서 론

當社 韓永工業은 중전기기 제작업체로서 중전기기의 대名詞格인 變壓器의 설계 제작은 勿論 必要하고도 充分한 性能시험을 거쳐 韓國電力を 비롯한 國內의 많은 수요가에 공급해 왔었으며 이제는 더욱 나아가 상당량의 제품을 수출하게 되었을 뿐만 아니라 항상 이에 관련된 제반 問題點의 개선 방안을 구준히 研究해 오고 있다.

특히 1969년 154kV級 變壓器의 성공적인 개발 이후 지난 76년 8월에는 최초로 154kV級 변압기 수출이라는 새로운 기록을 갖게 되었으며 이는當社의 輜거이기보다는 한국 重電機 製作技術의 우수성을 단적으로 表現하는 자랑스런 일로 自負하면서 이에 관련된 그 동안의 과정, 장래의 수요와 제조방향 特히 한국이 국내 최초로 154kV級 변압기 3대를 필리핀에 처녀수출한 상황을 간략히 보고드리고자 한다.

본변압기는 지금까지 國內에서 제작된 最大容量의 변압기로서 필리핀 N.P.C 電力會社 AGUS 水力發電所用 主變壓器로서 대략적인 사양은 아래와 같다.

용량 : 77,000KVA

전압 :  $145 + 2.5 \times 3$  (NLTC) / 13.8kV

결선 :  $\Delta / \delta$

그리고 특이한 事項으로는 cooling 방식에 있어서 OA/FA/FOA 3단계 cooling system, 그리고 77,000 KVA에서 효율도 99.62%로서 효율이 높은 변압기였고 또한 steep front of wave crest kV를 85kV로 적용 제작된 변압기였다. 그리고 특히 발전소용 主變壓器인 관계로 해서 여러 가지 시험결과를 집약해서 設計를 했었기 때문에 사양합의 조정 및 설계기간이 10

개월, 제작기간이 12개월, 시험기간만도 20여일을 소요하면서 국제적인 품질보장과 한국의 전기기계 제작技術을 국제시장에 알리는 기회였다. 또한 이번에 韓永기술자가 외국의 어느 他회사와도 경쟁하여 이길 수 있었던 것은 관계자가 일치 단결하는 努力を 아끼지 않았다는 點을 특기하고 싶다.

### 2. 設計上의 문제점

첫째로 일반적인 사실이지만 난해하면서 重要한 點은 surge protection을 為한 surge distribution의 개선인 것이다. 초고압 대용량일수록 surge distribution analysis 및 그 개선이 무엇보다도 문제가 되고 있다. Westinghouse社가 개발한 high series capacitance winding方法을 채용하면서 제작과정의 난해성을 개선하고 설비의 제한을 고려하기 위하여 aluminium 권선을 利用하여 시험용 sample을 제작해서 surge distribution analysis를 行하고 그 과정에서 얻어진 Test data를 分析하여 Ratio of series capacitance/Ground capacitance를 개선하기 위하여 상당한 기간을 소모하면서 수차에 걸친 設計를 반복하지 않으면 안되었던 것이다. 그 결과로 제품의 최종 시험의 결과는 당시의 기대치에 도달할 수 있었다.

둘째로 short circuit strength에 對한 보강이었다. Power network system이 高電壓化 大容量화가 됨에 따라 변압기에 더욱 요구되는 것은 단락時의 기계적 강도를 높이는 문제인 것이다. 그래서 Westinghouse社의 단락강도 시험자료를 충분히 검토하고 우리 실정에 맞도록 변형하고 應用하는 방법 모색에 노력하였다. 현재 core type 변압기中 특히 高電壓 대용량에서 이 문제를 해결하려고 先進 各國에서도 이 분야의 研究가 계속 진행되고 있는 실정이다 당시에서도 설비가

\* 正會員 : 韓永工業株式會社 技術常務理事

혁학하는 限 연구와 실험을 적극 추진할려고 한다.

세째로 Thermal capacity 증대를 통한 내구성 강화였다. 수출용 변압기에서는 특히 Thermal capacity 와 직접 자재비와의 상관관계를 다각도로 검토하지 않으면 경제성에 있어서 문제가 대두되는 것이므로 품질 보장은 물론 경제적設計에 力點을 두었다. 또한 hottest spot의 temperature level을 극력 낮추기 위해 퀸선내에 zig-zag의 oil barrier를 두는 cooling 방식을 사용해서 각 부분의 유속과 유온도 및 퀸선온도와의 상관관계 계산에 상당한 노력과 시간을 소모하였다. 그러나 앞으로도 효율적인 구조와 최적의 유속을 갖도록 설계한다는 點에 있어서는 계속 연구개발의 여지가 많다고 생각된다.

### 3. 제작상의 문제점

設計 자체가 모든 문제점을 감안하여져 있다 하더라도 제작 과정에서 설계를充分히 뒷받침해주지 못한다면 제품 제작 과정에서 예기치못한 문제점이 생기기 마련인 것이다. 따라서 각 공정 하나 하나가 작업의 성공적 수행을 위해서當社는 작업자의 교육에 역점을 두었고 각 공정마다 면밀한 중간 검사를 해서 최종 조립 후에 발견될지도 모를 사소한 실수도 미연에 방지하도록 노력하였다. 특히 절연물 작업, 퀸선 작업, 조립 작업 및 전조 작업에 重點을 두는 한편 탱크 내부에서 arcing 현상의發生 우려가 되는 요철 부분에 대한 차폐 처리에 세심한 주의와 누설 자속에 의한 stray loss의 증가를 최대한으로 막기 위하여 차폐를 철저히 했던 것이다.

### 4. 수출상의 문제점

선진국으로부터 일부분의 자재를 구입하여 제작하는 제품을 해외 시장을 개척하여 수출한다는 것은 참으로 어려운 문제라고 생각된다. 특히 고도의 신뢰성이 요구되며 기술 집약적이고 제작기간이 길게 소요되는 중전기 제품이란 참으로 어려움이 많은 것이다. 本變壓器가 國際入札한 것이 74년 12월, 契約締結이 75년 10月, 船積이 76년 8月이란 긴 時間이 所要되었음을 참고하면 가히 짐작할 수 있으리라 딜는 바이다. 이러한 문제를 극복하기 위하여 당사에서는 몇 가지 개선 방안을 실시하고 있다.

첫째로 Computer에 의한 design과 cost analysis를 하고 있다. 柱上은 물론 배전 변압기에 있어서도 전량 전산화되어 있고 대형 변압기에서도 전체를 완벽에 가까울 정도로 전산화되어 있는데 원가 분석까지

도 전산화하여 철저한 원가분석에 의하여 수출 경쟁에 대비하고 있으나 가격 면에서 어려움은 아직도 많다.

둘째로 생산성 향상이다. 초고압 대용량 변압기 열수록 원가에 대한 인건비 비율이 낮지만 국제 경쟁력을 갖기 위해서는 생산성 향상과 변압기 제조에 있어서 제작 공정의 효율화와 작업능률의 향상에 노력을 해야 하는 것이다. 이 문제는 국내 시장의 취약성 때문에 국제 규모의 설비와 최소량의 생산 확보라는 면에서 정책적인 배려가 절실히 요구되는 바다.

세째로 자재 및 부품의 국산화다. 이 점은 우리의 실정으로서는 절실히 것이다. 當社는 이에 호응해서 각 부문별로 연구 개발을 계속하고 있으며 일례를 들면 154kV급에 춰부되는 무부하時 tap 절환기의 국산화 개발에 성공한 후 부하시 tap 절환기도 개발에 착수하여 계속 시험중에 있고各種 계기류들도 관련 제조 업체들을 對象으로 자료와 기술 제공을 통해 제품의 개선 및 개발을 서두르고 있다. 그러나 절연재료, 규소강판, 부하시 tap 절환기 및 bushing류 등의 개발이 시급히 요구되고 있다.

### 5. 맺는 말

현재 當社 영동포 공장 시설로서는 154kV級 150,000 KVA까지의 변압기 제작에는 별 시설상의 문제점은 없다고 판단하게 되었으며 아직은 345kV級 변압기를 수입에만 의존하고 있는 관계로 금번 Westinghouse 社와 다시 기술 제휴하여

- (i) surge distribution
- (ii) short circuit strength
- (iii) thermal capacity

에 있어서 최고의 장점을 가지고 있는 shell form 변압기 개발에 착수, 금년 안으로 제작 완성함으로써 국내에 또 하나의 변압기 제작기술의 획기적인 변혁을 가져오리라고 본다. 선진국에서는 1,500kV級 2,000 MVA 정도의 초고전압화, 초대용량화해가고 있어서 當社에서도 345kV級 750MVA 정도를 넘어서 750kV級 변압기 제작 기술개발도 아울러 계획하고 있다. 따라서 변압기 제조 기술 향상을 위해서는 기술도입만으로 만족할 것이 아니라 꾸준히 피나는 연구 개발의 努力가 요구되고 있어서 기술의 후진성을 벗어나기 위하여는 電氣技術者의 노력과 협조는勿論 관련 기술분야의 有機的이고 보조맞는 協助가 필요하며 技術人力의 집중적이고 效率的活用을 为하여 새롭게 발족된 韓國電氣機器試驗研究所와의 유기적인 協助를期待하는 바이다.