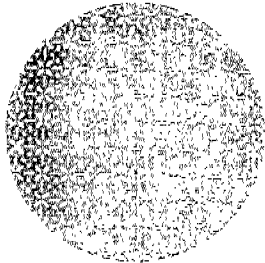


400KV 級 変圧器에 對하여

Regarding 400KV-Class
Transformer...



理事 崔 相 德
課長 朴 均 洙

現代重電機(株) 變壓器工場

최근 각국에서 1000KV급 UHV송전의 연구가 활발히 행하여지고 있으며, 송전선로의 초고압화 대응량화가 추진됨에 따라 고신뢰성과 고효율성의 초고압, 초대형 변압기가 요구되고 있다.

현대중전기 주식회사는 이라크 전력청(SOE) 으로부터 주변압기 52대 분포리액터 6대, 보조변압기 8대, 접지용 변압기 16대를 수주받아 이중 1, 2차분이 현지 설치중이며, 나머지 3, 4차분은 금년 11월까지 분할 선적 예정이다.

여기서는 400KV급 주 변압기에 대한 사양, 구조 설계등에 대한 개요를 소개하고자 한다.

1. 사양 및 외형

본 변압기의 사양은 표1에 나타낸 바와 같고 단상 변압기를 3상 뱅크 결선하여 운전하도록 되어 있다.

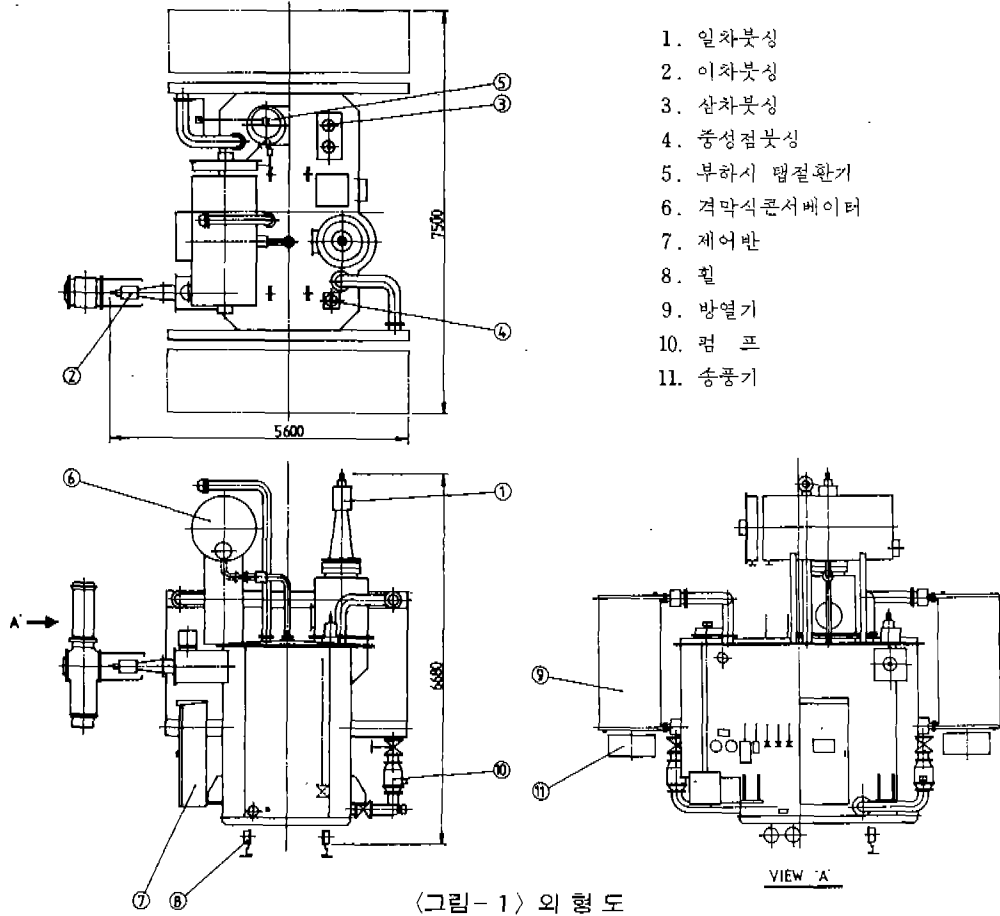
외형은 그림1 및 사진1과 같다.

2. 철심의 구조

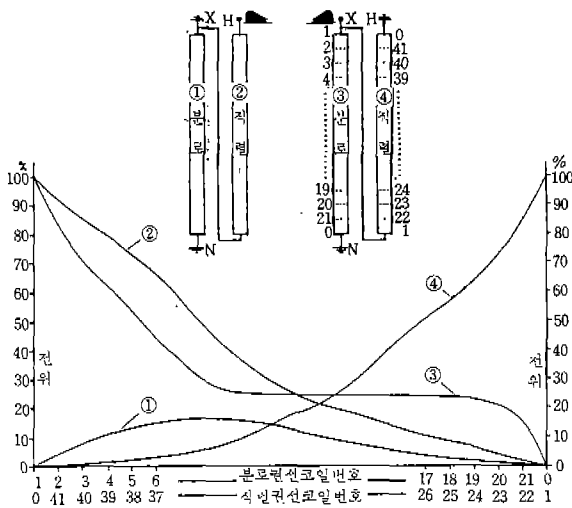
철심은 HI-B 규소강판을 사용하여 무부하손실, 무부하전류 및 소음을 최소화하고, 1개의 주각, 2개의 귀로각 그리고 상·하부 계철로 구성된 단상 3각방식을 채택하여 소형·경량화 하였다.

3. 권선의 구조

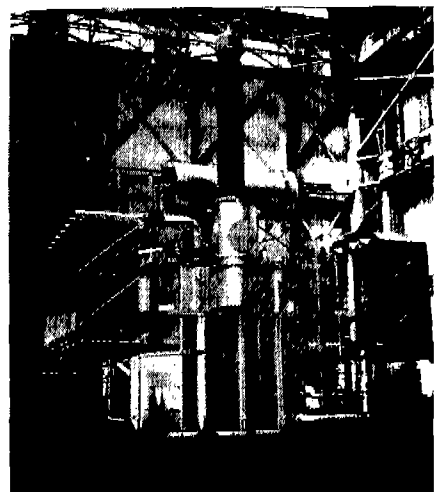
권선은 단일 동심 원통형으로 하고 내측으로부터 3차권선-2차(분로) 권선-1차(직렬) 권선-1차 탭권선의 순으로 배열하고 3차권선은 Helical권, 분로 및 직렬권선은 Disk권, 탭권선은 Layer권으로 하였으며 3차 권선에는 직렬리액터를 연결하여 계통 단락용량 950MVA를 초과하지 않도록 하였다. 설계 초기단계에서 분로권선과 직렬권선 사이에 탭권선을 배치시키는 방법도 검토하였으나, 이 경우 탭권선의 주 누설자속 통로에 놓이게 되므로 탭권선에 대단히 큰 와류손과 전자기계력이 발생되고 구조적으로 탭리이드 인출이 어려우며, 1~2차간 임



〈그림-1〉의 형도



〈그림-2〉 뇌임펄스 전압의 전위분포



〈사진-1〉의 형

피이던스가 최저 탭에서 가장 낮아 바람직하지 못한 결과가 나타난다.

4. 권선의 절연

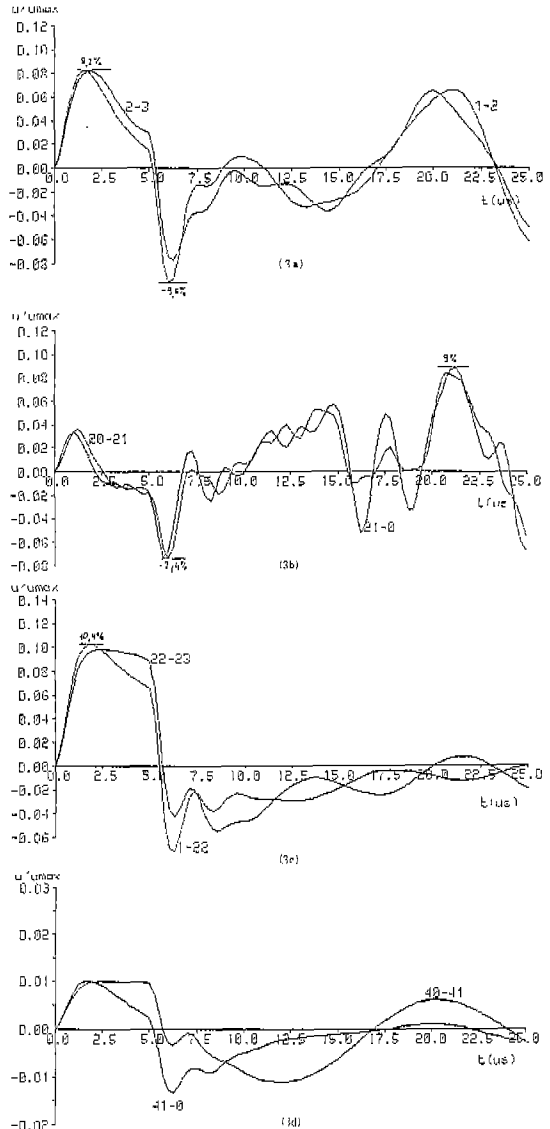
고전압 권선의 내부 절연과 권선사이의 주 절연은 뇌임펄스의 전위분포에 따라 결정되었으며 직렬 권선과 분로권선은 직렬Capacitance의 비가 약 4 :

〈표- 1〉 변압기 사양

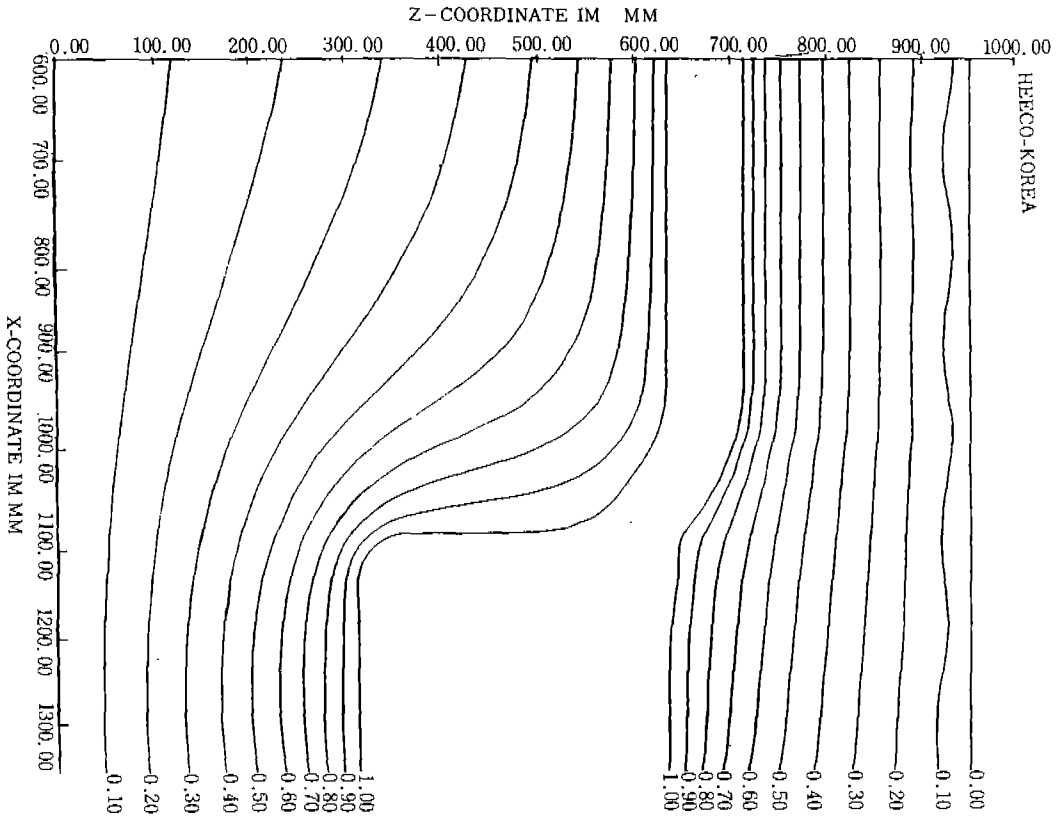
형 식	옥외용 단상단권 변압기		
정격 주파수	50Hz		
정격 용량	1차 250/3 MVA 2차 250/3 MVA 3차 75/3 MVA		
정격 전압	1차 400/√3 KV 2차 138.6/√3 KV 3차 11 KV		
탭 절 환	1차 ±10×1% (부하시탭절환방식)		
임 피 던 스	1차 - 2차간 18% (250/3 MVA기준)		
절 연 강 도		뇌임펄스내전압 (전파/재단파)	
	제통전압		
	1차	420KV	1300 / 1500KV
	2차	145KV	550 / 630KV
	중성점	12KV	110KV
	3차	12KV	110KV
		상용주파 내 전 압	개폐임펄스 내 전 압
	1차	570KV	1080KV
2차	230KV	460KV	
중성점	12KV	—	
3차	12KV	—	
제통단락용량	1차 28,000M AV 2차 7,200 3차 950		
온도상승 허용한도	권선 55 유 45℃		
냉 각 방 식	송유 풍 냉식		
3상뱅크결선	YNaod11		

2 : 1이 되도록 설계하여 뇌임펄스에 대한 권선 각 부위의 전위분포가 균일하도록 하였으며 직렬권선 단자와 병렬권선 단자에 각각 뇌임펄스 전압을 인가한 경우에 대한 권선 각 부위의 전위분포는 그림 2와 같다.

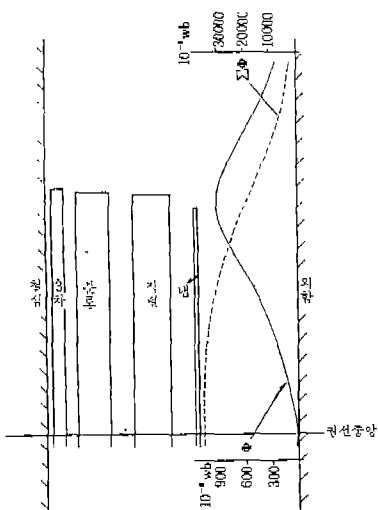
직렬권선 단자에 뇌임펄스 전압을 인가한 경우, 분로권선에는 약 17%의 전이전압이 나타나며 분로 선 단자에 뇌임펄스 전압을 인가한 경우 각 코일의



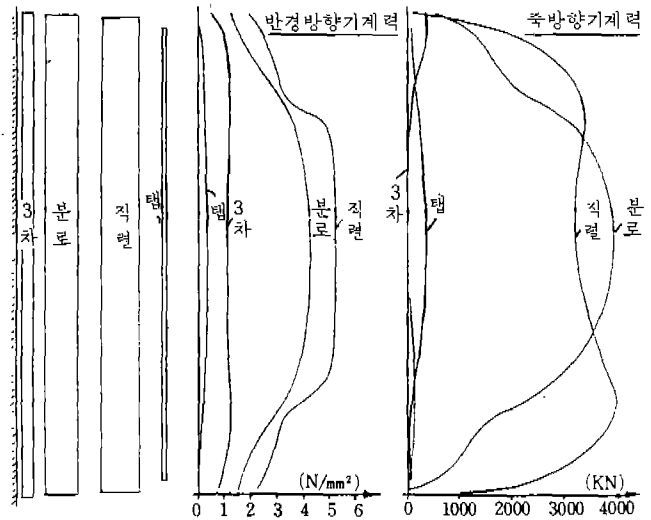
〈그림- 3〉 뇌임펄스의 oscillation 현상



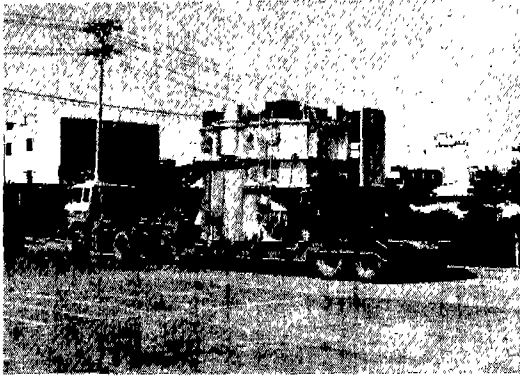
〈그림- 4〉 고압리드의 전계분포



〈그림- 5〉 외함에서의 누설자속 분포



〈그림- 6〉 전자기계력



〈사진-2〉 출고장면

Ocillation현상은 그림 3에 나타난 바와 같이 분로권선의 1~2 코일에서 9.6% (그림 3 a), 21~0 코일에서 9% (그림 3 b), 직렬권선의 1~22 코일에서 10.4% (그림 3 c) 41~0 코일에서 1% (그림 3 d)의 전압분담이 나타난다. 탭권선은 Series Capacitance가 큰 Interleaved Layer 권을 채용하여 탭 권선 및 탭 절환기에 걸리는 전압을 가능한한 줄였다.

5. 고압 리이드의 절연

고전압측 리이드단부는 직경이 큰 동판을 사용하고, 표면에 절연지를 두껍게 감아 도체표면에서의 전계를 억제하고 그 외측에 다시 다중 동심 성형프레스보드 배리어를 배치하여 절연의 신뢰성 향상을 도모하였다. 이와 같은 구조는 전산 프로그램에 의한 그림 4와 같은 전계의 Mapping에 따라 절연배리어의 형상과 위치가 결정되었다.

붓싱단부와 리이드의 접속은 합리적인 구조를 채택하여 단시간 내에 작업이 가능하도록 하였다.

6. 손실의 저감대책

단권 변압기는 자기용량을 기준으로 한 임피던스가 높아 누설자속이 증대하게 되므로 전산에 의한 누설자속의 축방향 성분과 경방향 성분의 분포를 분석하여 누설자속에 의한 손실 증가와 국부 과

열을 억제하였다.

권선 중앙부는 누설자속의 축방향 성분이 지배적이므로 두께가 얇은 도체를 사용하고, 권선 상·하단부는 누설자속의 경방향 성분이 지배적이므로 작은 폭의 도체를 사용하였다. 누설자속이 큰 부위에는 Compressed Wood와 같은 비자성체를 사용하고 외함 벽에는 규소강판의 차폐판을 취부하였으며 외함벽에서의 누설자속의 경방향 성분의 분포 (그림 5) 결과에 따라 차폐판의 두께를 결정하였다.

7. 단락강도고찰

권선 각 부의 반경방향 기계력, 축방향 기계력과 스페이서등을 전기영상법에 의한 전자기계력 전산 Program에 의해 정밀 계산하고 기계력을 억제하기 위하여 암페어·턴 갭을 배제함과 아울러 암페어·턴의 분포가 균일하도록 권선을 설계하였으며, 철저한 권선 압축 및 건조 공정으로 작업오차에 의한 암페어·턴의 축방향 비대칭을 극소화 하였다.

반경 방향 기계력은 내측 권선에 Compression을 외측 권선에 Hoop Stress를 발생시키므로 권선은 스페이서를 삽입하여 권선 상호간 또는 철심에 지지하고 외측 권선은 Hoop Stress에 견딜 수 있도록 충분히 큰 도체를 선정하였으며 상·하부 제철 크래프트에 권선을 채부하여 단락에 견디도록 하였다.

그림 6은 권선 각 부위의 반경 방향 기계력과 축방향 기계력을 나타낸다.

8. 맺는 말

본 변압기는 그동안 축적된 우수한 기술과 변압기 제작 경험에 기인한 성과이다. 전계해석, 자계해석 및 전위 진동해석등과 같은 복잡한 문제들은 전산에 의해 정확히 분석하였고, 각 부문에서의 철저한 품질관리에 의한 고신뢰성의 제품을 납품하게 되었다. 이러한 소중한 경험을 되살려 차후에는 보다 더 우수한 변압기를 제작할 예정이다.

*