

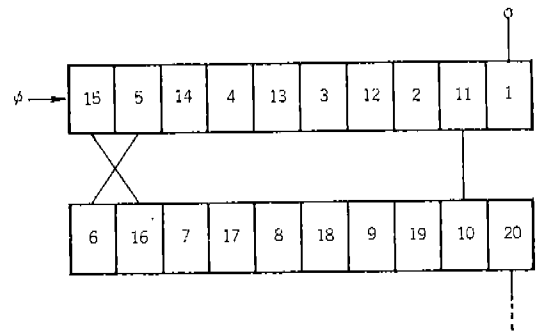
## 變壓器 技術의 現狀과 動向

전력수요의 증가에 따라 변압기는 고전압화, 대용량화되는 동시에 한편으로는 소형화, 에너지 절약 신뢰성 향상이 더욱 크게 요청되고 있다. 다양화하는 사회의 요청에 따른 최근의 변압기 기술의 현상 및 앞으로의 동향에 대하여 소개한다.

### 1. 高電壓化, 大容量化

현재 세계적으로는 800kV계통이 실용운전되고 있으며 또한 차기 송전전압으로서 UHV (1000~1500 KV)계통에 대한 검토가 추진되고 있다. 이와 같은 전력계통의 고전압화에 따라 그들 계통에 접속하는 변압기에는 특히 높은 신뢰성이 요구된다. 모든 전기기기에 공통되는 바와같이 변압기에서도 절연은 가장 중요한 특성의 하나이며 변압기 내 각부에 발생하는 전압의 저감 및 그 정확한 파악 또한 거기에 전디는 절연구성기술에는 세심한 주의를 해야 된다.

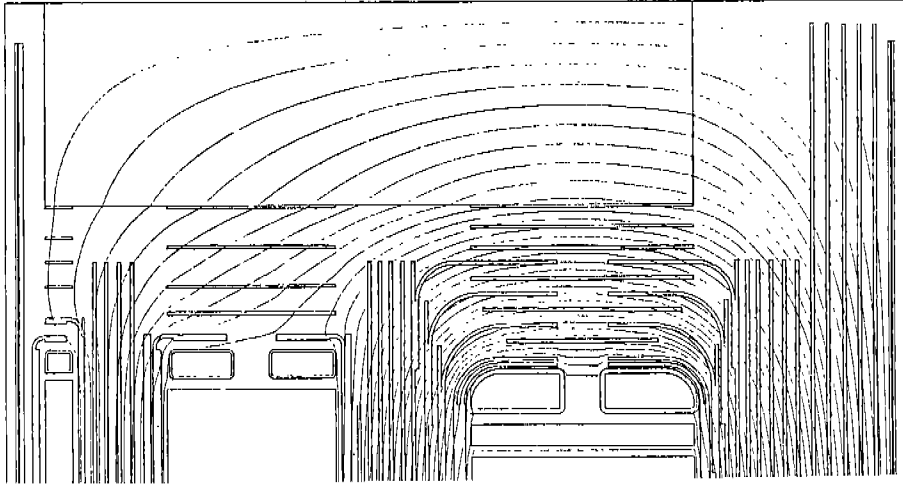
변압기에 雷서지가 침입해왔을 경우 권선 내부에서의 전위진동을 저감시키기 위해 일반적으로 內鐵形 변압기에서는 그림 1과 같은 編捲門板(하이저캡) 권선이라고 하는 직렬 캐퍼시턴스를 크게 한 권선이나 그 응용형이 채용된다. 이와 같은 권선을 채용함으로써 권선 내의 전위분포는 직선에 가까워지며 극부적으로 電位傾度의 집중을 방지할 수가 있다. 진위진동은 전산기에 의한 해석에 의하여 오늘날에 와서는 복잡하게 구성된 권선에 대해서도 용이하게 또한 정확하게 파악할 수 있게 되었다. 변압기 절연이 기름과 종이의 구성이라는 점은 현재도 변함이 없는데 이들의 최적의 구성방법 등 현재는 유한요소법 등에 의한 해석 등에 의하여 상세하게



〈그림-1〉 編捲門板捲線

그 신뢰성을 검토, 확인하는 동시에 소형화를 기하고 있다(그림 2).

또한 변압기의 대용량화에 있어서 가장 문제가 되는 것은 손실 및 극부 과열이다. 철심에는 종래로부터 방향성 규소강판이 사용되고 있는데 하이비강판, 박형 규소강판, 레이저처리강판 등 근년에 철심재료의 개량은 눈부신바 있고 철손저감에 기여하고 있다. 또한 권선에 대해서는 누설자속을 극력작게 하는 권선배치, 세분화한 심선, 적절한 轉位, 또한 轉位導體의 채용 등으로 漂遊損 저감대책을 강구하고 있다. 또한 有限要素法에 의한 전기해석과 마찬가지로 차계분포에 대해서도 해석이 되고 리드 배치, 금속구조물의 배치, 자기실드 설계 등에 있어서 극부적인 손실이나 과열이 발생하지 않는 점



〈그림-2〉電界解析

토가 되고 있다.

그밖에 電磁機械力, 응력, 소음, 내진해석 등 변압기의 고전압화, 대용량화에 있어서 그 신뢰성을 확인하는데 오늘날 가장 위력을 발휘하고 있는 것은 전산해석이며 앞으로 더욱 실기구조에 맞는 일반 3차원 해석 등의 개발이 추진되고 있다.

## 2. 小形化, 不燃化

중용량 이상의 변압기는 일반적으로 유입인데 소용량기에는 종래로부터 건식변압기가 사용되고 있다. 이 분야에서 더욱 소형, 경량화된 것이 몰드변압기이다. 몰드변압기는 절연내력이 큰 에폭시수지로 절연함으로써 절연치수를 작게 하여 소형, 경량화를 실현하는 동시에 저소음, 난연성이기 때문에 빌딩, 지하도등에의 적용에 우수하다. 몰드 변압기는 현재 33KV, 10000KVA까지 제작이 가능하며 또한 수요의 증가에 따라 이 영역은 확대될 것으로 전망된다.

기름, 공기를 대신하여 수지를 절연매체로 하여 몰드변압기가 탄생한 것처럼 SF<sub>6</sub>가스를 절연매체로 하여 개발된 것이 가스절연변압기이다. SF<sub>6</sub>가스는 불연, 무독, 무취, 안전하고 우수한 내아크성 고절연성을 가지고 있다. 따라서 SF<sub>6</sub>가스절연변압기는 몰드변압기로 커버할 수 없는 보다 고전압, 대용량의 영역에서의 불연성 변압기로서 주목되고 있

다. 현재 SF<sub>6</sub>가스 단독방식의 제작적용한계는 경제적, 체격적 요소에서 77KV급, 45MVA정도이다. 이 이상의 영역에 대해서 개발되어 있는 것이 증발냉각방식이며 이방식은 주절연을 SF<sub>6</sub>가스로 냉각은 불연성 냉매인 프로로카본액을 권선, 철심에 살포하여 그 증발잠열에 의하여 실시하는 것으로 이에 의하여 60MVA 정도까지 적용이 가능해진다. 또한 SF<sub>6</sub>가스와 프로로카본액과를 완전 분리하여 프로로카본액을 기름과 마찬가지로 환류하여 냉각시키는 이른바 세페레이트방식도 개발단계에 있다. 이 방식에 의하면 냉매증기압의 영향을 받지 않고 SF<sub>6</sub>가스 봉입압력을 상승시키는 것이 가능해지기 때문에 275KV급, 300MVA클래스까지 적용범위가 확대될 것으로 전망된다.

## 3. 低損失, 에너지節約化

변압기 각 부가 모두 저손실을 목적으로 하여 설계되고 있는 것은 물론인데 최근에 재료면에서 관심이 모아지고 있는 것이 아몰파스이다.

아몰파스는 종래의 규소강판에 비하여 손실이 약 1/3~1/4로 극히 저손실의 철심재료이기 때문에 변압기에의 적용에 대하여 적극적으로 연구가 추진되고 있다.

아몰파스는 규소강판에 비하여 두께가 얇고 또한 폭도 좁기 때문에 종래에는 권선심에의 적용이 권

장되었는데 근년에는 積鐵心도 가능해져 그 제작상의 제약이 서서히 극복되어가고 있다. 현상으로는 아몰파스 변압기는 아직 경제 베이스의 단계에까지는 이르지 못하고 있는데 수백KVA의 것도 시작단계에 있으며 앞으로 아몰파스 재료 그 자체의 특성 가격면에서의 개발에 따라 보다 실용화에도 접근해갈 것이다.

한편 변압기의 補機損의 저감에 대해서도 종래로부터 냉각기의 고효율화, 효율적 운전화가 여러 가지로 검토되고 있는데 그 하나로서 변압기의 부하에 따라 냉각기 제어를 하는 방법이 최근에 주목되고 있다.

여기에는 냉각기를 2群 또는 3군으로 나누어 부하에 따라 냉각기 운전대수를 제어하는 군제어방식과 VVVF(可變電壓, 가변주파수) 인버터를 사용하여 송유펌프나 팬의 회전수를 제어하는 가변속제어방식이 있으며 후자쪽이 에너지 절약효과가 보다 크다.

가변속제어의 원리는 부하나 유온을 검출하여 미리 변압기 및 냉각기의 제특성을 부여한 연산회로가 그 때의 변압기의 종합손실(본체손실+보기손)을 최소로 하는 보기의 운전주파수를 산출한다.

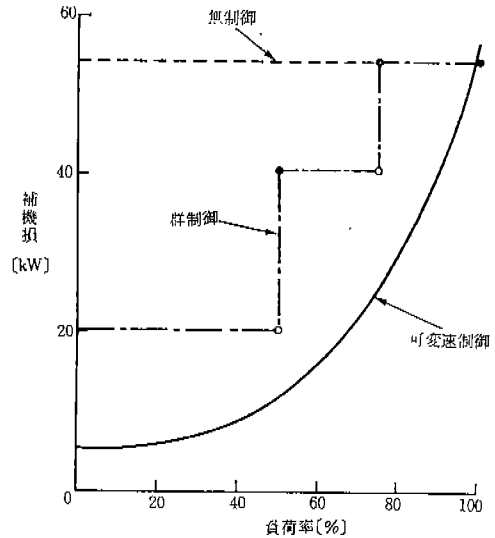
이에 의하여 VVVF인버터가 보기를 속도(회전수) 제어하는 것으로 그 에너지절약 시산예는 그림 3과 같다.

#### 4. 豫防保全技術

변압기는 전력계통설비나 수용가의 수전설비 중에서도 중요한 기기의 하나이기 때문에 그 예방보전의 필요성은 매우 높다고 하겠다.

변압기 내에서 국부적인 과열이나 방전이 발생하면 절연유나 절연물의 열분해에 의하여 가스가 발생한다. 油中가스분석은 가동중의 변압기에서 채취한 절연유에 용융되어 있는 가스를 추출, 분석하여 이상을 진단하는 기술이며 종래로부터 그 신뢰성은 높지 평가되고 있는 것이다.

현재 이 油中가스 분석기술에 대해서는 기름의 채취, 油中가스의 추출, 분석등의 공정이 자동적으로 일관하여 실시되는 油中가스 자동분석장치가 개발되고 있다. 이같은 장치의 개발로 종래 숙련된 분석기술자가 복잡한 분석장치를 사용하여 실시하



〈그림 - 3〉 300MVA 變壓器의 에너지節約試算例

던 작업을 극히 효율화, 간소화할 수 있게 되었다. 油中가스 자동분석장치는 H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 등 9종의 가스에 대하여 자동분석이 가능하다.

또한 변압기의 내부 이상을 조기에 발견하는 기술로서 부분방전 감시장치도 개발, 실용화되고 있다. 변압기 내부에서 부분방전이 발생하면 방전전류 펄스가 발생하는 동시에 방전발생부에서는 초음파가 발생하여 油中の 전파시간만큼 지연되어 포착이 된다.

이 양쪽의 신호를 논리판단하여 내부방전의 판정을 하고 또한 복수개의 초음파 센서에의 초음파 펄스의 도달시간에서 부분방전의 발생장소를 추정할 수가 있다.

그밖에 온도계의 원격지시, 유면감시, 유누설감시 시스템등이 현재 개발, 실용화단계에 있으며 이들을 통합하여 컴퓨터를 사용한 변압기 종합감시시스템이 실용화의 시기를 맞이하고 있다. \*