

# 新素材를 導入한 최근의 乾式變壓器

配電用 變壓器는 종래에는 濕式이 主流를 이루고 있었는데 근년에 와서 濕式의 문제점이 거론되기도 하고 乾式이 기술적으로 개량되었기 때문에 大容量, 超高压用을 제외하고는 모든 용도에 乾式變壓器가 채용되고 있다.

여기서는 乾式變壓器의 새로운 設計思想을 설명하는 동시에 乾式變壓器에 적합한 新素材인 알라미드紙의 특징 및 用途에 대하여 해설한다.

配電用 變壓器에는 濕式의 것과 乾式의 것이 있는데 근년에는 自家用에 乾式이 보급되고 있다. 특히 미국에서는 1960年代부터 乾式變壓器가 配電用 뿐만 아니라 送電 線路에 일반적으로 대규모적으로 사용되고 있다. 乾式變壓器란 導體와 시트絶緣體가 絶緣性의 氣體로 둘러싸여 있는 변압기를 말한다. 絶緣性의 氣體란 공기가 일반적이지만 밀봉식인 경우에는 SF<sub>6</sub> 등이 사용된다.

그 이전에는 數KVA 이상의 변압기의 경우 屋外用에서는 餾油를 사용하고 屋內用에서는 PCB를 베이스로 한 濕合液(이상은 습식변압기)을 사용하는 것이 보통이었다. 당시의 乾式變壓器라고 하면 小容量이고 또한 低電壓, 低濕度의 의 장치에 사용할 뿐이었고 시트絶緣體로서 셀로스紙나 布(綿, 絹, 글라스 등)를 사용했다. 예외적으로 사용되고 있었던 것은 특수용도의 비교적 대용량, 고온도용의 乾式變壓器도 있었으나 그것은 시트絶緣體로서 布(아스베스트, 글라스, 마이카 등)를 사용하고 있었다. 이들 乾式變壓器는 濕式에 비하여 20% 이상이나 高價였기 때문에 보급에 방해가 되고 있었다.

그러나 1970年代에 이르러 乾式變壓器의 보급을 촉진시키는 다음과 같은 변화가 생겼다.

① 濕式 變壓器에서 잘 발생하는 爆發, 燃燒의

관심이 높아져 주위사람들의 보호조치가 필요해졌다.

② PCB의 毒性이 인식되어 미국에서는 1978년에 사용금지 되었다. 屋內用의 變壓油로서 PCB를 대신할만한 것이 아직 발견되지 않고 있다.

③ 빌딩의 電氣室(屋上도 포함하여)에 하나의 캐비닛에 개폐장치와 變壓器를 내장한 一體式「로드센터」가 보급되기 시작했다.

④ 配電로스를 작게 하기 위해 負荷位置에 접근하여 最適容量의 配電用 變壓器를 설치하는 경향이 나타났다.

⑤ 알라미드紙 등과 같이 우수한 시트絶緣體(新素材)가 개발되어 高温, 高濕下에서 사용할 수 있게 되었고 또한 高衝擊電壓 定格에서 높은 신뢰도의 乾式變壓器의 생산이 가능해졌다.

⑥ 乾式變壓器의 개량에 의하여 屋外使用도 가능한 경제적 장치가 개발되었다.

⑦ 公稱定格을 60% 오버하는 과부하에도 견디는 乾式變壓器가 제작되게 되었다.

⑧ 乾式變壓器는 설치장소의 제약이 적다는 것이 인식되었다.

⑨ 乾式變壓器의 諸規定이 IEEE, ANSI (아메리카 내셔널 스탠다드 인스티튜트), UL (언더라이터

즈 라포라리트리즈), NEMA(순아메리카 電氣메이커協會). 연방정부 총무국 아메리카海軍 등의 인정을 받았다.

이같은 사실에서 근년에 미국에서는 電力會社(특히 대용량, 초고압용)의 경우를 제외하고는 모든 용도에 乾式變壓器를 채용하는 경향에 있다.

이같은 경향은 乾式變壓器에 적합한 新素材가 생산되게 되었다는 것과 다음과 같은 變壓器의 새로운 설계사상이 탄생되었기 때문에 더욱 현저해졌다.

## 1. 새로운 設計思想과 토틀코스트

配電用의 乾式變壓器를 설계할 경우 먼저 설계자가 생각할 것은

① 小形으로 만들려고 한다.

② 難燃性으로 만든다.

③ 鐵損, 銅損을 포함한 토틀코스트(사용 기간을 통하여)를 싸게 한다.

는 것이다.

종래에 乾式變壓器의 설계사상은 변압기를 사용하는 사용기간중 負荷를 變換하지 않고 더구나 절연도 사용조건도 同一레벨로 설계하는 것이 일반적이었다. 구체적으로 말하면 F종사용이면 F종절연을 사용한 것이다.

그러나 근년에 미국에서는 F종사용이라도 絶緣레벨을 1랭크 올린 H종절연을 도입하는 설계사상이 급속히 보급되고 있다. 즉 "H種絶緣 F種使用"이라는 새로운 설계사상이다.

이것은 前記의 설계자의 생각을 충족시키기 위해

① H種絶緣(220℃)…耐熱性を 높이기 위해

② F種使用(155℃)…負荷損을 적게 하기 위해

라는 특징을 살림으로써 負荷變動에 대하여 다음과 같이 토틀코스트의 低減을 기할 수가 있기 때문이다.

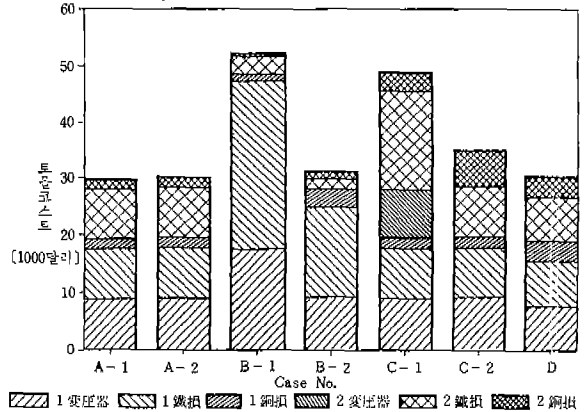
그림 1은 이 관계를 명확히 한 試算이다. A(20年間 負荷를 변경하지 않고 사용), B(全負荷 時間의 10%를 定格의 130%, 650KVA로 사용) C(350KV A로 10年間 사용한 후 負荷가 定格의 130%, 650KVA로 증가한 경우)의 사용방법이며

A-1, B-1, C-1은 "F종절연, F종사용"

A-2, B-2, C-2는 "H종절연, F종사용"

의 變壓器를 표시하고 있다.

기본사용조건은



〈그림-1〉 토틀코스트의 比較(20年間)

① 500KVA 定格, 負荷는 350KVA, 8시간/일 × 200일/년

② 鐵損은 연속으로 한다.

③ 20年間の 토틀코스트를 비교한다.

로 설정한다(비교의 편이상 前半 10年과 後半 10年으로 나누어 계산).

표 1과 같이 A의 경우 A-1과 A-2는 토틀코스트가 같다. 오히려 A-2의 경우는 보다 높은 신뢰성을 별도로 한다면 높은 재료비를 사용한만큼 낭비가 되는 것이다.

B의 경우는 B-2에서는 B-1보다 불과 374달

〈표-1〉 綜合比較

A의 경우	A-1	A-2
變壓器價格		H종절연이기 때문에 A-1의 경우보다 375달라가 비싸다.
鐵 損	같다	같다
銅 損	같다	같다

B의 경우	B-1	B-2
變壓器價格	過負荷를 견 수 없기 때문에 2배	過負荷가 가능
鐵 損	變압기가 크기 때문에 커진다.	
銅 損		過負荷 때문에 커진다

C의 경우	C-1	C-2
變壓器價格	2台를 구입	1台로 過負荷운전
鐵 損	2台分으로 커진다	
銅 損		過負荷 때문에 커진다

러(총비용의 4%)가 많은 투자를 하는 것만으로 B-1에 비하여 토틀코스트에 큰 메리트가 있다.

C의 경우는 약간 복잡해져 C-2의 경우 과부하 운전을 하는만큼銅損이 커지는데 C-1에 비하여 1층의 변압기로 커버되므로 토틀코스트에서는 역시 큰 메리트가 있다.

이와 같이 "H중절연, F중사용"이라는 새로운 설계사상은 耐熱클라스가 높은 絶緣을 사용함으로써 変壓器에의 신뢰성이 증가되는 동시에 약간의 初期投資의 증가로 큰 이익을 낚는 원천이 된다는 것을 알수 있다.

## 2. 新素材 알라미드紙가 활약

乾式變壓器의 H중절연에 사용되고 있는 시트絶緣體는 우수한 耐熱性, 防炎性을 최대의 특징으로 하는 메타系 芳香屬 폴리아미드(알라미드의 일종) 섬유(듀폰의 상품명은 「노멕스」)이다. 「노멕스」紙는 알라미드重合體로 된 短纖維와 작은 結合分子를 불과 함께 혼합하여 抄紙機에 의하여 제조된다. 이대로 사용되기도 하는데 카렌더加工(高溫, 高壓에서 물문을 통과시킨다.)을 하여 高密度와 内部結合력을 높인 제품도 있다. 이와 같이 기계적, 전기적 특성이 우수한 「노멕스」紙가 만들어진다(마이카를 混抄한 타이프도 있다).

「노멕스」紙의 일반적 특성은 다음과 같은 것이 있다.

① 전기적 특성과 기계적 특성의 밸런스가 잘 맞는다.

② 용융되지 않는다.

③ 難熔性이다.

④ UL에서 220℃에서의 연속사용(절연)이 인정되어 있다.

⑤ 납땜의 열에 견딘다.

⑥ 광범위한 온도, 습도변화에 대한 安定性이 있다.

⑦ 化學品과의 광범한 적합性이 있다.

⑧ 人蓄無害

⑨ 良好한 作業性이 있다.

이같은 특성에서 乾式變壓器의 시트絶緣體로서 인정을 받게 되었고 더구나 H중절연에 적합하기 때문에 乾式變壓器의 새로운 설계사상을 실현하는데 큰

몹을 차지하게 된 것이다.

## 3. 알라미드紙 「노멕스」의 特徵과 用途

알라미드紙 「노멕스」에는 다음과 같은 타이프가 있으며 각각의 타이프의 특징을 살린 용도에 사용되고 있다.

### (1) 타이프 411

• 특징 : 製紙機械로 抄紙한 직후의 종이로 밀도가 작고 多孔質의 구조로 되어 있다. 따라서 기계적 강도, 전기적 특성 등은 타이프 410과 비교할때 다소 약하다.

• 용도 · 電動機의 코일絶緣

· 變壓器의 層間 및 밸리어의 絶緣 등

· 加熱成形部品

· 高密度의 加壓積層品

### (2) 타이프 410

• 특징 : 타이프 411을 高溫, 高壓의 카렌더 加工하여 만들어진 高密度의 구조로 된 종이로 우수한 전기적, 열적 및 기계적 특성을 겸비하고 있기 때문에 耐熱클라스 B種 이상의 범용 電氣絶緣 材料로서 여러가지의 용도에 사용되고 있다.

• 용도

· 變壓器의 素線, 밸리어, 層間, 리드 및 탭絶緣

· 電動機 및 發電機의 導體, 코일, 슬롯, 相間

웨이 및 端末絶緣

· 프린트回路基板, 端子 및 電位差計의 스트립數 케이블絶緣 등 나선형이나 가로 감은 튜브類, 코일 보빈, V링 및 각종 成形部品

### (3) 타이프 418

• 특징 : 마이카를 混抄하여 특히 고압의 전기기계의 응용을 목적으로 하여 개발된 것. 「노멕스」 본래의 우수한 전기적, 열적 및 화학적 특성과 마이카 固有의 耐코로나特性을 함께 가지고 있으며 高壓의 전기기계의 절연에 특히 적합하다.

• 용도

· 變壓器의 素線, 層間 및 밸리어의 절연

· 高壓의 전동기나 발전기의 導體絶緣, 코일絶緣 슬롯 라이너 등

\*