

## 154kV 변압기 공냉형 수냉식 냉각설비 개발 및 운전

민병욱, 신명식, **조환구**, 최준혁  
한국전력공사

### Development and Operation of Air Cooling System for 154kV Power Transformer

Byeong-wook Min, Myoung-Sik Shin, Hwan-Gu Cho, Joon-Hyuk Choi  
Korea Electric Power Corporation

**Abstract** - 지속적인 경제발전 및 이상 기후변화 등으로 인한 전력수요의 지속적 증가로 2010년에 최대 66,511MW, 2011년에는 4월 현재까지 최대 68,154MW를 기록하고 있어 원활한 전력공급을 위한 전력설비의 지속적인 건설이 요구되고 있다. 그러나 건설지역 주민들의 민원 등으로 인해 건설은 갈수록 어려워지고 있는 실정이다. 한편에서는 변전소 건설의 경제성을 확보하고 변전소 건설 부지면적 및 건물면적을 최소화한 154kV Compact형 변전소를 개발하게 되었다. 이를 위해서는 변전소 면적의 상당부분을 차지하고 있는 변압기 설치면적 최소화가 필수적이다. 이를 위해 변압기 설치공간 최소화하고 냉각효율 및 민원 등을 고려한 냉매냉각방식(HCFC:Hydro Chloro Carbons, 수소화염화불화탄소)의 적용을 추진하였으나 HCFC는 오존과피물질로 규정되어 생산과 수입이 규제될 예정으로 한전은 냉매냉각방식의 대안으로 기존 수냉식 냉각방식의 환경문제, 냉각탑 관리의 어려움 등과 물 비산에 따른 상하수도 이용요금 부담 등의 단점을 개선한 공냉형 수냉식 냉각방식을 개발하게 되었다. 본 논문에서는 154kV 변압기 공냉형 수냉식 냉각방식의 개발내용 및 운전현황에 대해 기술하고자 한다.

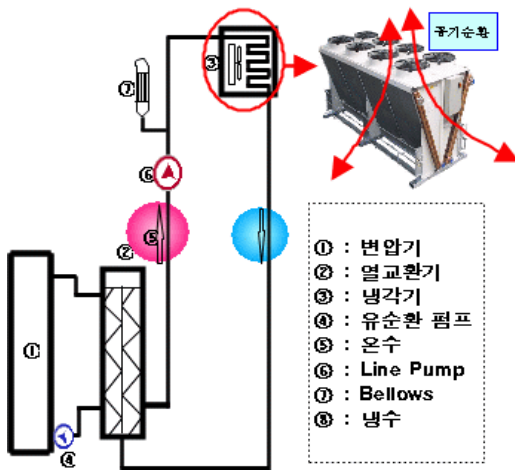
#### 1. 서 론

한전은 민원에 따른 변전소 건설의 어려움을 극복하고 경제성을 확보하기 위해 변전소 건설 부지면적 및 건물면적을 최소화한 Compact형 변전소를 개발하게 되었다. 이를 위해 변압기 설치공간의 최소화 및 냉각효율 등을 고려하여 기존의 수냉식 냉각방식을 개선한 공냉형 수냉식 냉각방식을 개발하였다. 본 논문에서는 154kV 변압기 공냉형 수냉식 냉각방식의 개발내용 및 운전현황에 대해 기술하고자 한다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 공냉형 수냉식 냉각시스템 개발

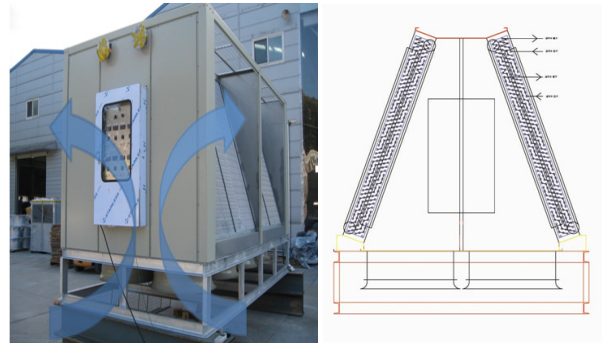
공냉형 수냉식 냉각시스템은 154kV 변전소의 Compact화를 위해서 기존의 수냉식 냉각방식을 개선한 것으로 냉각기, 순환펌프, 벨로우즈, 자동제어 시스템으로 구성되어 있으며 변압기의 열교환기를 통해 변압기의 절연유를 냉각시키고 이로 인해 온도가 높아진 냉각수를 배관을 통해 건물옥상에 설치된 냉각기로 보내고 냉각기에서 냉각수를 냉각시킨다. 각 설비에 대한 세부적 개발내용은 다음과 같다.



<그림 1> 공냉형 수냉식 냉각시스템 개념도

##### 2.1.1 공냉형 수냉식 냉각기

공냉형 수냉식 냉각기는 기존 수냉식에 비해 열전달 능력이 우수하고 저수조가 필요 없는 완전 밀폐형이다. 냉각기의 총 냉각열량은 450kW, 냉각팬은 저소음 냉각팬 8대로 구성되고 2대를 1개 그룹으로 운전하며 냉각수 출구온도에 따라 0-25-50-100%의 4단계로 제어한다. 냉각기의 냉각원리는 냉각수와 유입공기가 서로 반대방향으로 교차하여 소요면적당 열교환 효율을 높인 대향류방식(Counter Flow) 및 냉각기의 배관길이를 동일하게 하여 냉각수량을 골고루 배분하는 역환수방식(Reverse Return)의 채용으로 냉각효과를 극대화시켰다. 그리고 송풍방식은 압입 송풍방식(Forced Draft)을 채용하였다.



<그림 2> 공냉형 수냉식 냉각기

##### 2.1.2 저소음 냉각팬

우리나라의 주거지역 생활소음 규제기준인 주간 55dBA, 야간 45dBA 이하를 만족시키기 위해서 단상 BLDC(Brushless Direct-Current Motors) 적용 및 팬 임펠러 정밀 밸런싱 등을 적용한 저소음 냉각팬을 개발하였다.



<그림 3> 저소음 냉각팬

이와 더불어 냉각기 송풍방식을 초기 적용된 흡입송풍(Induced Draft) 방식에서 압입송풍(Forced Draft)방식으로 변경하고 냉각팬 회전수를 680rpm에서 550rpm까지 감소시켰으며 전동기 지지대 방진 및 부틀 슈트 적용 등을 적용한 결과, 국제공인시험기관의 냉각기 소음레벨 시험결과는 종합음향소음레벨(Sound Power Level, PWL) 96dB, 냉각기의 현장 소음 측정결과는 종합압력소음레벨(Sound Pressure Level, SPL) 67dBA(1m 이격)로 주거지역 생활소음 규제기준을 만족한다.



〈그림 4〉 지시대 방진 및 부틸 시트 적용



〈그림 7〉 자동제어 시스템 현장제어반 및 터치스크린

### 2.1.3 순환펌프

냉각수 순환펌프의 설계는 냉각공기의 입출구 온도차를 높임과 이와 더불어 변압기 열교환기의 성능에 영향을 미치지 않는 조건에서 냉각수 입출구 온도차를 초기 설계시 5℃에서 7℃로 올려 유량을 낮추고, 배관 압력 저하효과에 따라 배관의 손실양정이 줄어들게 되어 냉각수 순환펌프의 용량을 줄임으로써 펌프동력을 15kW에서 5.5kW로 줄일 수 있게 되었다. 이로 인해 설비 건설비용 및 운전비용의 절감효과도 얻었다.



〈그림 5〉 순환펌프

### 2.1.4 벨로우즈

벨로우즈는 냉각시스템이 밀폐사이클이기 때문에 밀폐형 팽창탱크를 사용하고, 배관 내 냉각수량과 냉각수의 최저(5도), 최고(55도) 수온을 고려하여 탱크 용량과 압력을 결정하였다. 팽창탱크의 용량은 300리터이며, 사용압력은 2.8kg/cm<sup>2</sup> ~ 4.5kg/cm<sup>2</sup> 이다. 또한 보충수에 감압변을 설치하여 보충수의 압력이 2.8kg/cm<sup>2</sup>가 유지되도록 하였다.



〈그림 6〉 벨로우즈

### 2.1.5 자동제어 시스템

공냉형 수냉식 자동제어 시스템은 기존 수냉식 자동제어 시스템에 비해 경보 포인트를 추가하여 설정온도 도달시 동작유무에 대한 이상경보와 고온경보로 원격 근무자들이 최악의 상황에 도달하기 전에 미리 오동작 상태를 감지할 수 있게 되었다. 또한 설비구성의 단순화로 제어 및 감시포인트가 줄어들어 자동제어 시스템을 단순화하고 SCADA 시스템과 연동하여 원격에서 신속대응이 가능하게 되었다.

### 2.2 공냉형 수냉식 냉각시스템 운영

공냉형 수냉식 냉각시스템은 '10년 154kV 서관교변전소와 장기변전소에 설치하여 운영 중에 있다. 지금까지 운영결과 냉각성능에 문제는 없으나, 외기온도가 높고 부하가 많아 변압기 온도가 많이 상승하는 여름철에 성능검증이 추가로 필요할 것으로 판단된다. 공냉형 수냉식 냉각시스템은 '11년에 완공되는 16개 변전소에 설치될 예정이며 향후에도 154kV Compact형 변전소에 지속적으로 설치되어 운영 될 계획이다.

## 3. 결 론

공냉형 수냉식 시스템의 개발은 154kV 변전소의 Compact화에 기여하였다. 또한, 기존 수냉식에 비해 초기투자비가 약 54% 절감되고, 소음발생량을 줄임으로써 민원 발생을 사전에 예방하는 등의 효과가 있다. 하지만 공냉형 수냉식 시스템은 자냉식 또는 풍냉식 냉각방식에 비해 설비가 복잡한 별도의 시스템으로 건설과 운영측면 모두에서 어려움이 있다. 따라서 변압기의 냉각효율은 극대화하면서 건설과 운영측면 모두를 고려하여 Compact하고 친환경적인 단순한 냉각방식의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 한국전력공사, "154kV 변압기 공냉형 수냉식 냉각시스템 개발", 최종결과보고서, 2010.12