



## 100kVA 3상 초전도변압기 개발

(Development of a 100kVA 3 Phase Superconducting Transformer)

### 기술의 개요

#### 가. 초전도변압기의 구조

초전도변압기는 동선 대신 저항이 없는 초전도선을 사용해서 권선을 제작하는 변압기로서 기본 구조는 일반 변압기와 크게 차이가 없다. 초전도선은 극히 낮은 온도 이하에서만 저항이 없으므로 초전도선을 냉각시키고 극저온상태를 유지하기 위해서는 극저온 용기가 필요하다. 일반적으로 초전도변압기는 철심은 상온에 위치시키고 초전도권선만을 극저온용기 안에 두어 냉각시키는 구조를 갖는다.

초전도변압기는 동손이 없기 때문에 일반 변압기에 비해서 효율이 상승하고 철심의 단면적을 감소시킬 수 있으므로 변압기의 무게와 부피가

절반 이하로 감소한다. 또한 절연유를 사용하지 않기 때문에 안전하고 환경친화적인 등의 장점을 갖고 있기 때문에 외국에서도 활발히 개발이 진행되고 있는 상태에서 현재는 10MVA급 초전도 변압기가 제작되고 있다.

#### 나. 초전도변압기 개발에 필요한 기술

초전도변압기를 개발하는 데에 필요한 핵심기술은 다음과 같다.

1. 초전도변압기의 권선 및 철심 설계기술 및 제작기술
2. 초전도권선에서 발생하는 교류손실 해석하고 측정기술
3. 열 침입이 적은 극저온용기를 설계하고 제작하는 기술
4. 전류도입선을 설계하고 제작하는 기술
5. 냉매로 사용하는 액체헬륨 또는 액체질소 내에서의 절연파괴 해석기술

### 연구내용 및 결과

#### 가. 변압기 설계

정격 3상, 100kVA	효율 93.8%
전압 440V/220V	전류 131A/262A
초전도선 NbTi, $\phi 1.91\text{mm}$	철심 아몰퍼스, 122 $\mu\text{m}$
교류손실 5.85W	철손 15 W

설계에 필요한 변압기 기초이론, 특성계산 이론, 손실계산 이론 등을 정립하고 이들을 응용해서 초전도변압기를 설계했다. 변압기의 권선에 사용된 초전도선은 직경이 0.91mm인 2차 케이블로서 사용된 필라멘트의 직경은 0.192 $\mu$ m이다. 철손을 줄이기 위해서 철심은 두께가 22 $\mu$ m인 아몰퍼스 철심을 사용했다. 전체적인 구조를 간단히 하기 위해서 초전도권선과 철심을 모두 극저온용기에 넣는 구조로 했다.

초전도선에서 외부자장이 인가될 때에 발생하는 결합손실과 히스테리시스손실 등은 교류손실 이론을 도입해서 계산했다. 위와 같은 과정을 거쳐서 설계된 변압기의 주요 사양은 아래와 같다.

#### 나. 특정시험

제작된 초전도변압기를 이용해서 무부하시험, 단락시험, 부하시험, 퀘치시험 등의 특성시험을 수행한 결과를 기술한다. 측정결과에 의하면 2차

측의 최대전류는 487A로서 정격용량이 100kVA로 제작된 본 변압기는 186kVA까지 부하를 인가할 수 있는 것으로 확인되었다. 부하측의 단락에 의해서 초전도권선에 퀘치가 발생할 때에도 저항이 1주기 이내에 증가해서 사고전류를 제한하는 것을 확인했다. 퀘치 회복 시험 결과에 의하면 5주기 동안 계속된 단락사고 이후에 3초이상 전원을 차단하였다가 재투입하면 퀘치로부터 회복되었다.

### 성과 및 활용기능분야

#### 가. 에너지 절약(대체, 청정, 자원) 효과

에너지 절약의 관점에서 초전도변압기는 효율적인 전력기기이다. 1996년에 국내의 총전력공급량은 205,494GH이고 이 중에서 송배전시에 발생하는 전력손실은 54%로서 11,096GWH이다. 전체 손실 중에서 변압기에서 발생하는 손실은 25% 수준으로 2,774GWH에 해당한다. 30MVA을 기준으로 할 때에 초전도변압기에서는 손실이 60% 감소하므로 절약되는 연간 에너지는 1,664GWH이다. 1996년의 발전단가는 62,99원/KWH이므로 절약되는 에너지를 금액으로 환산하면 연간 1천56억원으로 한국전력 전체 매출액의 0.81%이다.

#### 나. 환경편익성

일반 변압기에서는 권선의 냉각과 절연을 위해 절연유를 사용한다. 30MVA급 변압기에 들어가는 절연유는 대략 23,000 리터나 되며 이 절연유는 환경 오염의 원인이 된다. 초전도 변압기는 냉각을 위해 절연유를 사용하는 대신 액체질소등을 사용하기 때문에 환경친화적인 전력기기이다.

