



# 전철용 고주파 대전력 비정질 Transformer 개발

(Development of High-Frequency Transformer with Amorphous Core for the Purpose of Railway Vehicles)

## 기술의 개요

전기 기기의 소형화, 저손실화의 경향에 따라 고주파 전원에 대한 관심이 증대되고 이에 따라 전력 변환용 고주파 변압기의 개발 연구도 활발해지고 있다. 그리고 기존의 규소강판 코어를 적용하여 고주파화하면 소형화하는 가능하나 효율이 80% 대로 급격히 떨어지고 코어 손실에 의한 발열이 문제가 된다. 따라서 코어 손실이 규소강판의 1/4 수준인 비정질 재료를 이용하는 것이 바람직하다.

비정질 코어 소재의 수요가 주상변압기의 적용 확대에 따라 점차 늘고 있고, 향후 5년 이내 급격하게 늘 것으로 기대됨에 따라 현재 방향성 규소강판 가격의 2배 수준에서 머지않은 장래에 거의 같은 수준으로 될 것으로 예상된다. 또한 고주파화에 의해 즉 주파수의 정격을 1,500Hz로 높여 코어량을 40% 이상 줄일 수 있기 때문에 충분한 경제성이 있다.

## 연구내용 및 결과

### 가. 고주파 비정질 코어 설계 기술

▷ 점적률 향상 및 공정의 단순화

코어를 C-Core 형식으로 검토하므로써 점적률을 80%에서 90%이상으로 높일 수 있었으며, 이에 따라 변압기 조립공정의 단순화를 기할 수 있다.

▷ 비정질 철심 최적 열처리 조건 확립

- 열처리 방법 : 비정질 합금의 결정화 과정을 DTA, X-ray 회절 등을 통해 분석한 바에 의하면 510°C에서  $\alpha$ -Fe의 첫 번째 결정화 Peak가 나타나며, 약 420°C 이상에서 미세 결정립이 성장하여 자기특성을 저하시키는 것을 확인하였으며, 열처리 온도를 320°C~420°C범위에서 각각 20°C 간격으로 설정하였고, 열처리는 Winding된 Bobbin 시편을 Tube형 전기로에 삽입한 후 N<sub>2</sub> 개스 분위기로 각각의 온도에서 2시간 무자장조건에서 실시하였다.

- 온도 : 직류자기 특성이 가장 좋게 나타난 380°C 열처리 온도에서 자장중 열처리한 시편과 무자장 열처리한 시편의 철손의 주파수 특성이 500Hz를 전후해서 그 이상의 주파수는 무자장 열처리 시편이 더 철손이 적다. 따라서, 500Hz 이상의 고주파에서는 자장중 열처리보다 무자장 열처리시편의 철손이 적었으며, 100Hz에서는 380°C, 5kHz인 경우는 380~400°C, 고주파 고자속밀도 영역에서는 340°C 열처리시편의 철손이 적다.

▷ 비정질 Core의 내진동 특성 향상 연구

- 내진동 : 철심의 구조를 2가지로 압축하여 분석한 결과 차량의 진동에 따른 철심의 깨짐이나 호트러짐 등을 방지하기 위하여 오버랩 Core 형식보다는 C-C Core 형식을 채택하였다.

- 지지용 구조 설계 : 중신조립시 권선 및 코어를 내·외부에서 동시에 지지해 줄 수 있는 구조의 형태를 가지고 있으며, 차량 탑재시 진동 및 기타 외부에 충격에 견딜 수 있는 조임 방법으로 설계하였다.

- 특성 평가 및 Feed Back : 축소형모델 변압기를 설계 제작 및 시험하여 그 결과를 토대로 실제형 코어의 설계 제작에 적용하였다.

나. 비정질 Core절연 및 방식 대책 연구

▷ Coating재의 선정 : 코어 코팅 재는 Epoxy 계통의 수지를 사용하여 코어 내부에 흡수 될 수 있는 것으로 선정하였다. Coating재의 사용 목적은 Core의 부식을 방지하며, 진동에 의한 부서짐을 막아 주는 역할을 한다.

▷ Coating 두께 : 1 $\mu$ m 이하

▷ 가공 절단 부분의 처리 기술 : 코어 절단시 Coating 후에 행해지기 때문에 부식의 가능성이 있으며, 재코팅시 코어의 Gap이 늘어나게 되면 철손이 증가하는 원인이 되므로 1 $\mu$ m이하의 두께로 방식 처리를 하였다.

다. 비정질 변압기 코어 특성 평가 기술

▷ 전자장 해석 : 철심은 C-C Core 형태로 철심을 중심으로 x-y 2개 대칭축이 있으며, 본 모델에서는 해석 모델에서 Gap 전체가 포함되도록 하기위해 권선축 방향에 평행한 축에 대해 1/2을 해석하였다. 아래 표는 자기장 해석에서 사용한 치수와 Gap변화에 따른 필요 입력 Power의 비교를 나타내었다.

▷ 코어 특성 시험

- 권선 저항 측정 : Micro-ohmmeter에 의한 측정보다 I-V법으로 측정 시의 값의 변동률이 적기 때문에 저항은 I-V법에 의한 측정값으로 하였다.

- 무부하 특성 시험 : 입력 파형이 구형 파인 경우가 정현파의 경우보다 무부하 전류치가 작아짐을 알 수 있었다. 또한 전류 특성과 마찬가지로 구형파의 경우가 철손이 작게 나타났다. 이는 자벽의 수가 정현파 여자에서 구형파 여자로 바꿀 때 자벽의 수가 많아진다면 와전류손실이 구형파에서 줄어드는 이유로 생각된다.

라. 비정질 변압기 설계 기술

▷ 권선설계

- 차량 탑재의 특성상 내진 및 변압기 안정도를 고려하며, Coil에 Epoxy처리를 하기 위하여 Cooper Sheet를 사용하였으며, 또 내철형 구조로 권선을 2 Section으로 나누어 Frame과 권선에 의한 지지 형식을 채택하였다.

▷ 비정질 코어 특성에 의한 전체적인 변압기 형식 결정

- 비정질 코어를 적용하므로 써 열에 대한 특성이 좋아 건식 자냉식 변압기로의 설계가 가능하며 이에 따라 변압기 구조가 단순화되며 소형, 경량화의 효과를 얻을 수 있다.

마. 고주파 비정질 변압기 시제품 정격사양

성과 및 활용가능분야

가. 에너지 절약(대체, 청정, 자원)효과 : 40%

나. 환경편익성

전력손실 경감에 따른 최대전력 수요 억제로 인한 발전소 증설의 억제로 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 및 CO<sub>2</sub> 등의 환경오염물질의 발생을 억제해 환경개선에 크게 기여할 수 있다.