

## 나노 자성 재료를 이용한 PLC용 비접촉식 커플러의 특성 향상 연구

김 현식\*, 이 해연, 김 종령, 이 준희, 오 영우<sup>1</sup>  
매트론, <sup>1</sup>경남대

### The Properties of the Inductive Coupler for Power Line Communications as Nano Magnetic Materials

Hyun-Sik Kim, Hae-Yeon Lee, Jong-Ryung Kim and Young-Woo Oh  
MATTRON, <sup>1</sup>Kyungnam University.

**Abstract :** 저손실 고투자율 특성을 갖는  $\alpha$ -Fe 나노결정 자성재료를 제조하기 위해 열처리 온도를 변화시켰으며 투자율과 신호전송 특성을 측정한 결과 510°C에서 열처리된 자성재료에서 가장 우수한 특성을 얻었다. 저주파 대역에서의 신호전송 특성은 자성재료의 자기적 특성에 지배적인 영향을 받으며, 고주파 대역의 신호전송 특성은 임피던스 매칭으로 향상시킬 수 있었다. 에어-갭은 500 $\mu$ m 이상 적용할 때, 100 A이상까지 안정적인 특성을 발휘하였다. 그리고 고역통과 필터의 설계와 신호결합장치에의 적용을 통해 통신대역 이외의 노이즈를 제거할 수 있었다.

**Key Words :** Power Line Communication, Inductive Coupler, Signal Transmission, Attenuation, Amplifier

### 1. 서 론

전력선에서 통신신호를 분리하여 모뎀으로 전송하는 커플러(Coupler)는 전력선 통신을 실현하기 위한 핵심소자이다. 특히 지중 전력선과 같이 대전류가 환경에서 전력선 통신 (Power Line Communication) 시스템을 구현하기 위해서는 전력선에 흐르는 통신신호를 모뎀까지 최소 손실로 전송시켜야 하는데, 각 상에 300A 이상의 대전류가 유입되는 지중선용 비접촉식 커플러는 대전류에서 자기포화를 방지하기 위해 에어-갭을 증가시키거나 자성재료의 사이즈를 증가시켜야 하는 문제점이 있다. 그러나 전력선 3상의 전류 합은 0이므로 대전류에 의한 커플러 사이즈를 감소시킬 수 있고, 3상에 통신신호를 전달할 수 있기 때문에 단상용 비접촉식 커플러보다 단가절감의 효과를 얻을 수 있다.

따라서 본 연구에서는 자성재료의 높이, 에어-갭 조건 등에 대한 포화 전류특성에 대한 평가를 통해 최소의 삽입손실을 나타내는 삼상용 비접촉식 신호결합장치를 개발하고자 하였다.

### 2. 실험

커플러 제조실험에 사용된 자성재료의 원료는 Fe-Si-B-Nb-Cu 재료로써, 480 ~ 570°C의 범위에서 N<sub>2</sub> 가스분위기로 1시간동안 열처리하여 공기 중에서 냉각시켰다. 자성재료는 325mm<sup>2</sup>SQ의 고압지중케이블에 적용 가능하

도록 내경이 120mm로 설계/제조하였으며, 열처리 후 삽입손실을 측정하였다. 커플러의 구성에서 자성재료의 고주파 임피던스 매칭과 저속 전력선 통신신호를 차단하는 High-pass Filter 적용하였다. 또한 제작된 커플러 절단면 사이의 0 ~ 500 $\mu$ m의 에어-갭에 따른 신호감쇄 및 전류특성을 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 열처리온도에 따라 제조된 자성재료를 이용하여 구성한 커플러의 신호감쇄특성을 나타낸 것으로, 10 MHz 이하의 주파수에서는 510°C에서 열처리한 자성재료를 이용한 커플러의 신호감쇄가 가장 낮게 나타났고, 열처리온도가 증가할수록 증가하였다. 이것은 인덕턴스 변화와 일치하는 결과로써 비접촉식 커플러의 삽입손실은 자성재료의 인덕턴스에 지배됨을 알 수 있다. 그러나 10 MHz 이상의 고주파 대역에서는 인덕턴스와의 연관성이 절대적이지 않았다.

전력선 통신을 위한 커플러는 2 ~ 30 MHz 범위에서 -5 dB 이상의 신호 감쇄율을 나타내어야 하므로 전체적으로 -5 dB 이상의 신호감쇄 특성을 나타내지만 주파수 증가에 따라 급격히 저하하여 불안정한 특성을 나타내므로 고주파 대역의 신호전송 특성의 개선이 요구되었다.

그림 3은 고주파 대역에서의 임피던스 매칭회로의 적용에 따른 비접촉식 커플러의 신호 감쇄율 변화를 나타낸 것으로서, 10 MHz 이상의 주파수에서 임피던스 매칭에

의해 고주파 특성이 급격하게 향상되어 주파수 변화에 대해 보다 균일한 신호 감쇄율을 나타내었다. 따라서 비접촉식 커플러의 신호전송 특성은 저주파에서는 자심재료의 자기적 특성에 좌우되며, 고주파 대역의 신호전송 특성은 임피던스 매칭에 의해 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

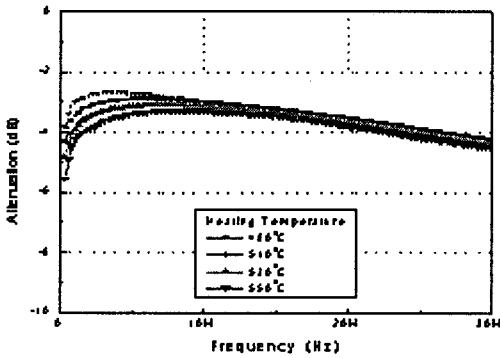


그림 1. 열처리온도에 따른 자심재료의 삽입손실 변화

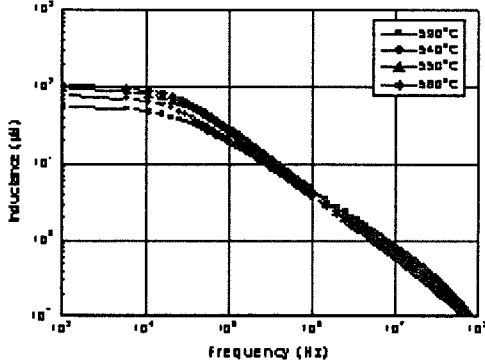


그림 2. 열처리온도에 따른 자심재료의 인덕턴스 변화

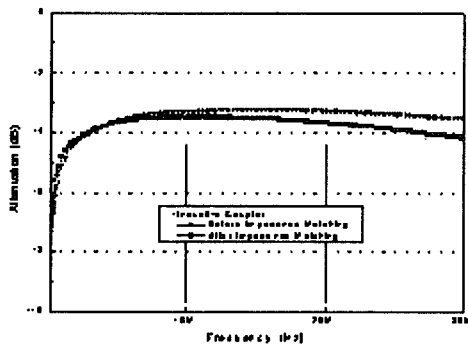


그림 3. 임피던스 매칭에 의한 삽입손실 변화

그림 4은 비접촉식 커플러를 제작하여 전류량에 따른 삽입손실 변화를 나타낸 것이다. 고속 전력선 통신 주파수인 2 MHz ~ 30MHz 대역에서 약  $4 \pm 2$  dB 정도 삽입손실 특성으로 한국전력 비접촉식 커플러의 규격인 100 A 이상까지 안정적인 경향을 나타내었다.

그림 4는 비접촉식 커플러에 high-pass filter를 적용한 것으로 저속 전력선 통신 주파수인 90 kHz ~ 450kHz에서 -20dB이상의 감쇄율을 보여준다. 또한 10kHz 이하에

서 -70dB 이상의 감쇄율로 과전압과 노이즈에 대한 보호회로로서의 역할을 할 수 있다.

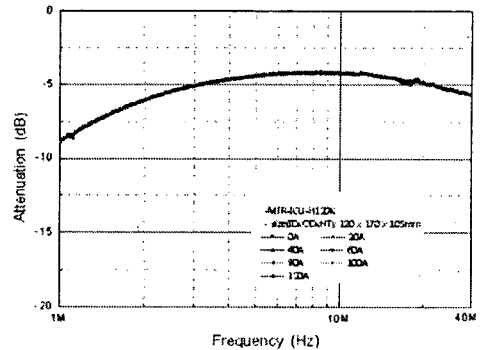


그림 4. 전류에 의한 삽입손실 변화

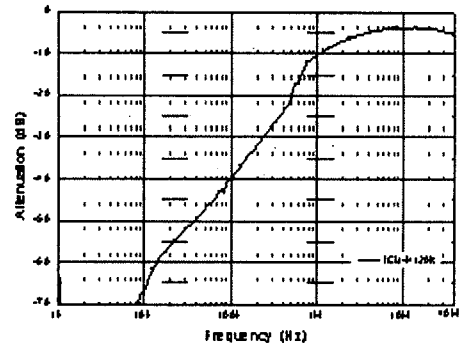


그림 5. High-pass filter 적용 커플러의 삽입손실

#### 4. 결론

1. 510°C에서 열처리하여 나노 결정을 석출한 Fe-계 합금재료에서 가장 높은 투자율과 가장 낮은 전력손실을 나타내었고, 이를 이용한 커플러에서 가장 우수한 신호전송 특성을 발휘하였다.
2. 저주파 대역에서 비접촉식 커플러의 신호전송 특성은 자심재료의 투자율에 좌우되며, 자심재료 특성과 무관한 고주파 대역의 신호전송 특성은 임피던스 매칭에 의해 향상시킬 수 있다.
3. 비접촉식 커플러 내부에 High Pass Filter를 내장함으로써 통신 주파수 이외의 주파수 신호를 차단함으로써 통신 시 발생할 수 있는 오작동을 방지할 수 있었고, 과전압에 의한 통신장치의 보호회로의 역할을 할 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] Hyun-Sik Kim, Jong-Ryung Kim, 한국전기전자재료학회, 19(4), p. 339(2006)
- [2] 김현식, 김종령, 오영우 외, "Signal Transmission Properties of the Inductive Coupler using the High Permeability Magnetic Materials", 한국전기전자재료학회, Vol.19, No.4, p339-343, 2006