

전력선통신용 비접촉식 커플러의 신호전송 특성 향상 연구

김현식¹, 김종형^{1, 2}, 허정섭¹, 이해연¹, 이준희¹, 정원채¹, 오영우², 변우봉³
 (주)매트론 기술연구소¹, 경남대학교², 한국전기연구원³

Signal Transmission Properties of the Inductive Coupler for PLC

Hyun-Sik Kim¹, Jong-Ryung Kim^{1, 2}, Jeong-Sub Huh¹, Hae-Yeon Lee¹, Jun-Hui Lee¹,
 Won-Chae Jung¹, Young-Woo Oh², Woo-Bong Byun³
 MATTRON Co. Ltd., R&D Center¹, Kyungnam University², KERI³

Abstract 저손실 고투자율 특성을 가지는 α -Fe 나노결정 자심재료를 제조하기 위한 열처리 온도 변화에서, 510°C의 열처리 조건에서 가장 높은 투자율과 신호전송 특성을 나타내었다. 저주파 대역에서의 신호전송 특성은 자심재료의 자기적 특성에 지배적인 영향을 받으며, 고주파 대역의 신호전송 특성은 임피던스 매칭으로 향상시킬 수 있었다. 그리고 커플러의 출력부에 신호증폭장치를 삽입하여 자기유도에 의해 신호가 커플링될 때 발생하는 삽입손실을 보완하여 커플러의 특성을 향상시킬 수 있었다.

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

1. 서론

전력선 통신(Power Line Communication) 기술을 원활하게 실현하기 위해서는 전력선에 흐르는 통신신호를 모뎀까지 최소 손실로 전송시켜야 하는데, 전력선에서 통신신호를 분리하여 모뎀으로 전달하는 역할을 하는 것을 커플러(Coupler)라고 하며 이것은 전력선 통신을 실현하기 위한 핵심소자이다[1]. 한편, 비접촉식 커플러는 접촉식 커플러에 비해 전력선 외부에 쉽게 체결할 수 있고 고전압에서 안정성이 높고, 단가가 낮기 때문에 적용범위가 보다 넓다고 볼 수 있다.

이 비접촉식 커플러는 고주파 대역의 신호전송 특성이 핵심기술이라고 할 수 있는데, 자심재료의 경우 전력선에는 수백 A의 전류가 흐르기 때문에 높은 전류 특성을 나타내어야 하고, 고주파대역 신호전송 기술이 확립되어야 한다. 그러나 현재 비접촉식 커플러의 고주파 신호전송 기술에 대한 체계적인 연구가 이루어지지 않고 있다[2].

따라서 본 연구에서는 나노 결정립 재료의 특성 변화와 신호증폭장치의 삽입에 따른 커플러의 삽입손실 특성을 관찰하고, 저중선 고압망용 비접촉식 커플러로의 응용 가능성을 관찰하고자 하였다.

2. 실험 방법

본 커플러 제조실험에 사용된 자심재료의 원료는 Fe-Si-B-Nb-Cu 재료로써, 480~570°C의 범위에서 N₂ 가스 분위기로 1시간동안 열처리하여 공기 중에서 냉각시켰다. 자심재료는 최대 전류가 300 A인 저중 전력선에 적용 가능하도록 내경×외경이 64×94 mm로 설계/제조하였으며, 열처리 후 결정 상 분석을 하였다. 커플러의 구성에서 자심재료의 고주파 임피던스 매칭과 신호증폭회로를 삽입하였다. 그리고 자심재료의 포화특성을 관찰하기 위해 에어-

갭에 따른 자속의 변화를 Flux2D/3D를 이용하여 모의해석 하였다. 또한 제작된 커플러 절단면 사이의 Air gap에 따른 신호감쇄 및 전류특성을 측정하였다.

자심재료의 특성평가는 열처리 온도에 따른 결정상 형성을 XRD를 이용하여 분석하였고, 제조된 자심재료의 투자율은 Impedance Analyzer(4294A)와 를 이용하여 측정하였다. 그리고 커플러의 신호 감쇄특성(S₂₁)과 임피던스 변화를 Network Analyzer(8751A)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 1은 22.9 kV 지중선로에 채용되는 비접촉식 커플러용 자심재료에 300 A의 전류가 인가되었을 때, 에어-갭에 따른 자속 변화에 대한 모의해석 결과를 나타낸 것이다.

에어-갭이 200 μ m 이하에서는 완전 포화가 일어나 자심재료의 성질을 잃어버리게 되었고, 에어-갭이 약 300 μ m일 때, 약 0.9T의 자속밀도를 나타내어 포화는 일어나지 않았지만, 포화자속밀도(1.2 T)의 약 80% 수준이므로 투자율은 급격히 감소하게 되므로 자기적 성질의 불안정성이 나타나기 쉽다. 한편, 에어-갭이 약 400 ~ 500 μ m일 때는 약 0.6 ~0.7 T(포화자속밀도의 50 ~60 %)의 자속밀도를 나타내어 가장 적당한 에어-갭 범위로 예측되었다.

그림 2는 열처리온도에 따라 제조된 자심재료를 이용하여 구성한 커플러의 신호감쇄특성을 나타낸 것으로, 10 MHz 이하의 주파수에서는 510°C에서 열처리한 자심재료를 이용한 커플러의 신호감쇄가 가장 낮게 나타났고, 열처리온도가 증가할수록 증가하였다. 이것은 투자율 변화와 일치하는 결과로써 비접촉식 커플러의 삽입손실은 자심재료의 투자율에 지배됨을 알 수 있다. 하지만 10 MHz 이상의 고주파 대역에서는 그 경향성을 잃어버렸다.

한편, 전력선 통신을 위한 커플러는 2~30 MHz 범위에서 -5 dB 이상의 신호 감쇄율을 나타내어야 하므로 전체

적으로 -5 dB 이상의 신호감쇄 특성을 나타내지만 주파수 증가에 따라 급격히 저하하여 불안정한 특성을 나타내므로 고주파 대역의 신호전송 특성의 개선이 요구되었다.

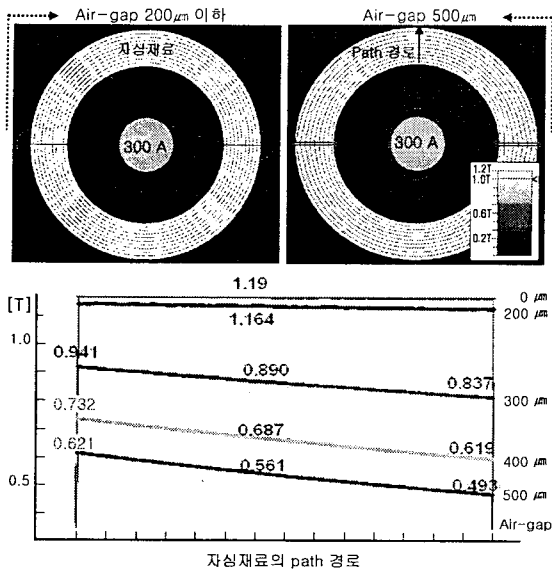


그림 1. 300A에서 에어-갭에 따른 자속밀도 변화

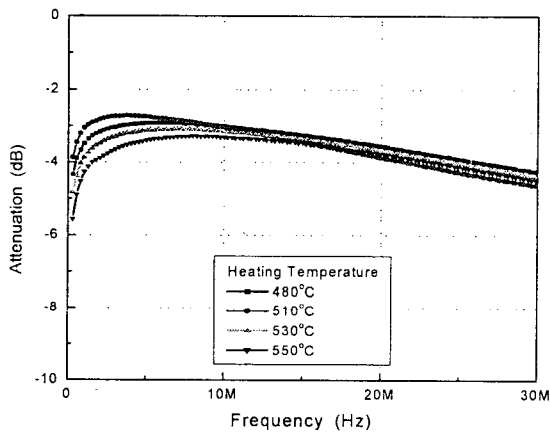


그림 2. 열처리온도에 따른 자심재료의 삽입손실변화

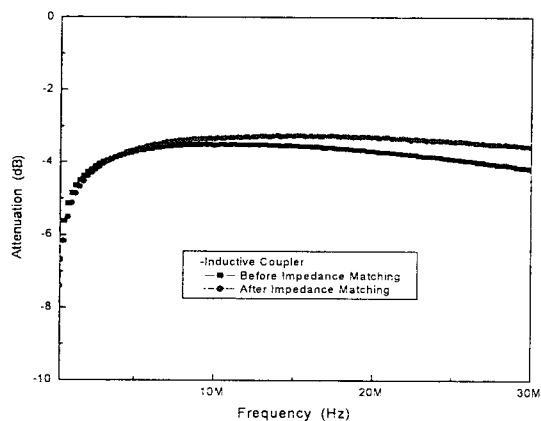


그림 3. 임피던스 매칭에 의한 삽입손실 변화

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 자심재료의 자기적 특성에 좌우되며, 자심재료 특성과 무관한 고주파 대역의 신호전송 특성은 임피던스 매칭에 의해 향상시킬 수 있다. 그림 4는 약 3 ~ 4 dB의 커플러 삽입손실을 제거하기 위해 커플러의 출력단에 신호증폭회로를 내장하여 주파수에 따른 삽입손실의 변화를 나타내 것이다. 통신 주파수인 2 ~ 30 MHz 전 대역에서 약 2 dB 정도의 통신신호가 증폭되어 비접촉식 커플러의 특성이 향상된 것을 볼 수 있다. 이것은 전력선 통신에서 두 커플러 간의 허용 최대 거리를 증가시킬 수 있는 방법으로 응용될 수 있을 것이다.

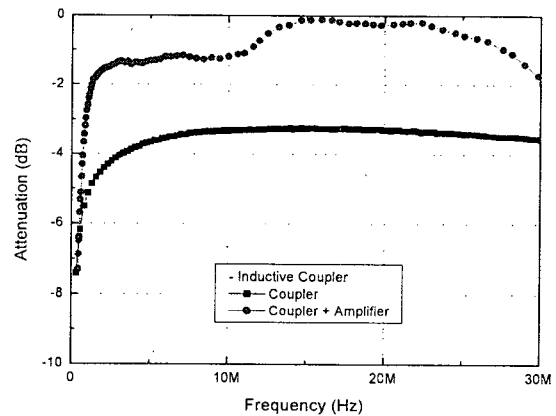


그림 4. 증폭회로에 의한 커플러의 특성변화

4. 결론

나노 결정립 재료를 이용한 비접촉식 커플러의 제조와 임피던스 매칭 및 신호증폭회로를 이용한 신호전송특성의 향상에 대한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 510°C에서 열처리한 비정질 재료를 이용하여 제조한 커플러에서 가장 우수한 신호전송 특성을 발휘하였다.
2. 저주파 대역에서 비접촉식 커플러의 신호전송 특성은 자심재료의 투자율에 좌우되며, 고주파 대역의 신호전송 특성은 임피던스 매칭에 의해 향상시킬 수 있다.
3. 신호증폭회로를 내장함으로써, 비접촉식 커플러의 삽입손실을 약 2 dB 정도 감소시킬 수 있었다.

참고문헌

- [1] 김현식, 김종령, 김기욱 외 4인, 한국전기전자재료학회 하계학술대회 논문집, p. 272(2005)
- [2] 김현식, 김종령, 김기욱 외 4인, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, p. 1942(2005)
- [3] Hyun- Sik Kim, Jong-Ryung Kim, 한국전기전자재료학회, 19(4), p. 339(2006)