

## 전력선 통신용 접촉식 커플러의 제조와 통신 특성 향상

김현식<sup>1</sup>, 이해연, 이 진, 김춘배, 오영우<sup>1</sup>  
매트론, <sup>1</sup>경남대학교

### Manufacturing and Communication properties of Capacitive Coupler for the low Voltage Power Line Communication

Hyun-sik Kim, Hae-yon Lee, Geane Lee, Choon-bae Kim, Young-woo Oh<sup>1</sup>  
Matttron, <sup>1</sup>Gyungnam Univ.

**Abstract** : 전력선 통신용 접촉식 커플러의 제조 방법 확립과 응용 가능성을 파악하기 위해 440V이하의 저압용 3상 4선식 접촉식 커플러를 설계 및 제조하였다. 60Hz의 교류 전압 신호를 차단하는 캐패시터의 용량이 증가할수록 삽입 손실의 증가하였으며, 68nF의 캐패시터를 적용하여 90~450kHz, 2~30MHz의 전력선통신 주파수 대역에서 최소 삽입 손실 특성을 얻었다. 커플링 트랜스의 권선수 증가는 전자계 결합계수의 상승으로 자기유도 효율이 증가하여 삽입 손실 특성이 증가하였으며, 6턴 이상의 권선수에서는 거의 일정한 삽입 손실 특성을 나타내었다. 설계 완료된 접촉식 커플러를 이용하여 전력선 통신 주파수인 90~450kHz, 2~30MHz 대역에서  $-2 \pm 1$ dB의 삽입 손실 특성을 얻었다.

**Key Words** : PLC, Capacitive Coupler, Phase Coupler, LV PLC

#### 1. 서 론

전력선통신은 별도의 통신선을 이용하지 않고 기존의 전력선을 이용하여 데이터 통신을 하는 기술로써, 초기에는 주로 맥내의 가전제품에 대한 On/Off 제어, 가전기기간 통신을 목적으로 하는 홈 네트워크용으로 저속 전력선통신 분야가 발전되었지만, 통신 방법의 발달과 반도체 설계 기술의 발전으로 고속 전력선통신 분야가 유선 통신의 한 분야로 부각되고 있다. 전력선 통신은 데이터를 처리할 수 있는 모뎀과 전력선통신 신호를 전력선에 인가하며 추출하는 커플러, 다른 전력선통신 네트워크 간의 간섭을 막아주는 블로킹필터로 구성되어 있으며, 커플러는 인덕터를 이용한 비접촉식 커플러가 일반적으로 사용된다.

비접촉식 커플러는 설치는 용이하지만 삽입 손실 특성이 크고, 고가의 자기코어 사용으로 제품 단가가 높은 단점이 있다. 그러나 접촉식 커플러는 전력선에 직접적으로 연결되어야 하는 단점은 있지만, 삽입 손실 특성이 우수하여 원거리의 전력선 통신 네트워크를 구축할 수 있으며 통신 처리 속도를 높일 수 있어 비접촉식 커플러에 비해 통신 특성을 향상시킬 수 있고 값싼 수동소자를 이용하기 때문에 낮은 제조단가로 제품을 제작할 수 있다.

본 연구에서는 수동소자인 캐패시터와 인덕터를 이용한 커플링 트랜스를 적용하여 전력 시스템에서 R, S, T로 이루어진 3개의 상간에 안정적으로 통신과 특성 향상을 위해서 접촉식 커플러를 설계하고 제조하였다.

#### 2. 실험

전력선 통신에서 사용되는 90~450kHz의 저속 통신과 2~30MHz의 고속 통신을 모두 포함하는 90kHz~30MHz의 주파수대역에서 우수한 커플링 특성을 갖는 접촉식 커플러를 개발하기 위해 산화물 자성재료인 페라이트를 이용

하여 커플링 트랜스를 제조하였고, 턴수에 따른 삽입손실을 측정하였다. 250Vac 내압을 갖는 필름 콘덴서와 50pF의 캐패시터스와 5V의 절연 전압을 갖는 TVS 다이오드를 적용하여 커플링 회로와 과전압 보호회로를 설계하여 접촉식 커플러를 제조하고 삽입손실을 측정하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 접촉식 커플러의 회로에 적용되는 캐패시터의 용량에 따른 커플링 특성을 나타낸 것이다. 그림에서 캐패시터의 용량 증가에 따라 삽입 손실이 급격하게 증가하는 변곡점이 저주파 대역으로 이동하는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 전력선통신은 90~450kHz의 저속 통신과 2~30MHz의 고속 통신으로 구분되며, 두 대역을 포함하는 설계 사양인 90kHz~30MHz 이하의 통신 신호는 노이즈로 취급될 수 있으므로, 본 연구에서는 약 80kHz에서 변곡점을 나타내어 90kHz에서부터 안정적인 삽입 손실 특성을 나타내는 68nF의 캐패시터를 커플링 회로에 적용하는 것이 우수한 삽입손실 특성을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

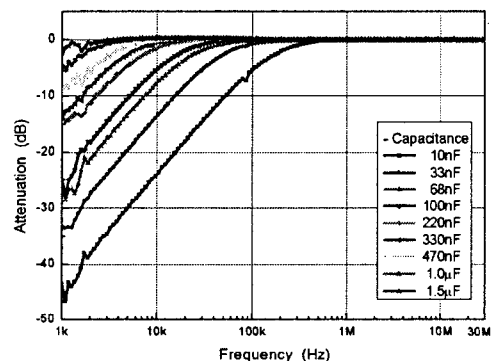


그림 1. 접촉식 커플러의 캐패시터 용량에 따른 삽입손실

그림 2는 90kHz~30MHz의 전력선 통신 주파수 대역에서 저주파 대역인 90kHz에서부터 안정적인 삽입 손실 특성을 나타내는 68nF의 캐패시터와 커플링 트랜스의 1차 코일을 직렬로 연결한 회로에서 커플링 트랜스의 1차 및 2차 코일의 권선수에 따른 삽입 손실 변화를 나타낸 것이다. 권선수의 증가에 따라 삽입손실은 감소되었고 3회 권선까지는 급격하게 감소되었으나 그 이상의 권선수에서는 큰 변화 없이 -2dB 이하의 아주 낮은 손실 특성을 나타내었다. 권선수 증가에 따른 삽입손실의 감소는 1차 코일과 2차 코일간의 전자계 결합계수의 증가로 인해 자기 유도 효율이 증가하여 신호 전송 특성이 향상되었기 때문인 것으로 판단된다.

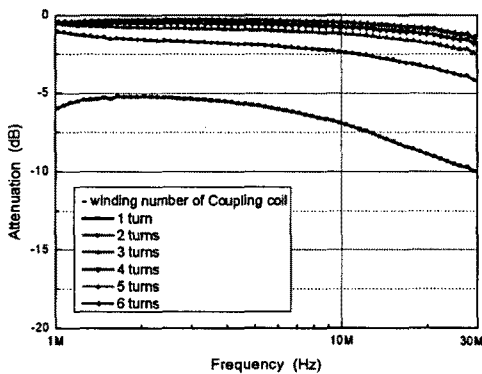


그림 2. 커플링 트랜스의 권선수에 따른 삽입손실 변화

그림 3은 설계된 전력선 통신용 접촉식 커플러의 회로를 나타낸 것으로써, R, S, T 3상의 저압 전력선과 직접적으로 연결되는 각 단자와 캐패시터를 직렬로 연결하여 고주파의 통신 신호는 통과시키고 60Hz의 교류전압 신호를 차단하였으며, 캐패시터에서 충전된 전압을 방전시킬 수 있는 저항을 병렬로 연결하였다. 각 상과 연결되어 캐패시터를 통과한 신호는 1, 2차 권선사이에 통신 신호를 커플링하는 커플링 트랜스로 연결되는데, 이는 동일한 권선수로 1차 코일과 2차 코일을 가지는 인덕터로 구성된다. 이는 전원부의 통신 신호를 신호부의 BNC 커넥터로 전달하거나 그 반대의 기능을 한다. 그리고 각 상의 캐패시터와 커플링 트랜스 사이에는 TVS 다이오드를 이용하여 중성선과 병렬 구성으로 보호회로를 구성하였으며, 과전압이나 역전압 등의 비정상상태에서 회로를 차단하여 커플링 회로를 보호할 수 있도록 설계하였다.

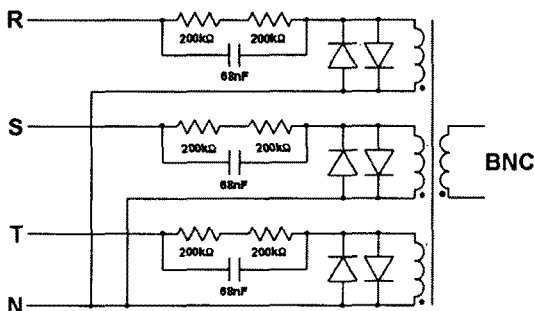


그림 3. 설계된 접촉식 커플러 회로도

그림 4는 설계되어 제작된 접촉식 커플러의 삽입 손실 특성을 나타낸 것이다. 전력선 통신 주파수 대역인 90kHz~30MHz에서 -2±1dB의 삽입 손실 특성을 얻었다. 기존에 상용화되어 있는 비접촉식 커플러의 삽입 손실인 -4±2dB보다 2배 이상의 우수한 성능을 나타냈다. 따라서 본 연구를 통해 개발된 전력선 통신용 접촉식 커플러는 전력선을 기반으로 하는 홈 네트워크, 빌딩 네트워크, 공장 자동화, 선박 네트워크 구축 등에 핵심부품으로 적용되어 가전기기간 통신, IPTV, VoIP, PC 통신, 원격검침, 원격제어 서비스를 안정적으로 구축하여 세계 시장 진입과 동시에 유럽, 미국과 같은 선진국은 물론 동남아, 중동, 중국 등의 개도국으로의 수출 시장의 다변화를 이룰 수 있는 계기를 마련할 것으로 기대된다.

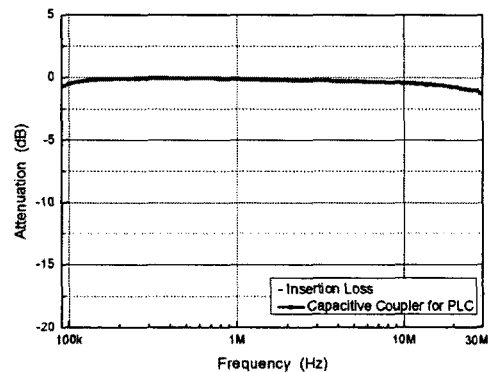


그림 4. 제작된 접촉식 커플러의 삽입 손실 특성

#### 4. 결론

저압 전력선에 연결하는 전력선 통신용 접촉식 커플러를 설계 및 제조하여 삽입손실을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 캐패시턴스가 증가할수록 삽입 손실이 급격하게 증가하는 변곡점이 저주파 대역으로 이동하였으며, 90kHz ~ 30MHz 대역에서 우수한 삽입손실 특성을 얻기 위해 68nF의 캐패시터를 적용하였다.
2. 커플링 트랜스의 권선수가 증가함에 따라 삽입 손실 특성이 감소하였으며, 권선수 6turn으로 커플링 트랜스를 설계하여 전력선통신 모든 대역에서 안정적이면서 최대의 삽입 손실 특성을 만족시키는 전력선통신용 접촉식 커플러를 개발하였다.
3. 90kHz ~ 30MHz의 주파수 범위에서 -2±1dB의 신호감쇄 특성을 얻었고, 기존에 상용화되어 있는 비접촉식 커플러의 -4±2dB의 신호감쇄 특성보다 2배 이상의 우수한 성능을 나타냈다.

#### 참고 문헌

- [1] 김현식, 김중령, 이해연 외 7인, "Signal Transmission Properties of the Inductive Coupler using the High Permeability Magnetic Materials", 전기전자재료학회논문지, 19권, 4호, p. 339, 2006.