

GIC를 이용한 전력선통신용 송수신 분리형 라인커플러의 개발

최원호, 박준용, 박종연

강원대학교 전기전자정보통신공학부

전화: 033-250-6292 / 핸드폰: 011-9799-5182

Development of the separated transmission and reception Line Coupler using GIC for Power Line Communication

Won-Ho Choi, Jun-Yong Park, Chong-Yeon Park

Dept. of Electrical and computer engineering, Kangwon National University

Email : darkfongrozi@hotmail.com

Abstract

The purpose of this study is to improve the frequency response of the Line coupler for Power Line Communication. We separate transmission and reception line coupler and design the reception line coupler using GIC. It was found from the result that separation transmission and reception line coupler using GIC have the advantage of a design and high Q.

I. 서론

전력선통신이란 전원을 공급하기 위한 전력선을 통신매체로 하여 데이터를 전송하거나 수신할수 있는 통신방식을 의미한다. 이러한 통신에 필수적인 요소중 하나가 전원주파수에 대한 필터링이다. 주로 사용되는 커플러의 구조는 1:1 트랜스포머를 통하여 isolation한후 L,C 필터를 사용하여 대역통과필터의 특성을 갖도록 구성하고 있는데[1] 송신과 수신을 하나의 트랜스포머로서 해결하고 있어 원하는 주파수특성을 송수신 동시에 만족시키기 어렵다는 단점이 있다.[2] 이로 인하여 기존의 커플러는 시스템에 유입되는 노이즈를 감쇄시키는데 만족할 만한 성능을 보이지 못하고 있는 실정이다. 이에 본 논문에서는 송신과 수신 의 트랜스포머를 다르게 사용하고 GIC(Generalized Impedance Converter)를 이용하여 필터의 성능을 높일수 있는 방안에 대하여 논한다. 또한, CEN-ERIC 규격의 C-band 중 에셀론사의 LonWorks, SGS-Tho-

mson사의 ST7537, ST7538에서 사용되는 132.5 KHz를 통신주파수 대역으로 하는 커플러를 설계하고 실험함으로써 제작된 커플러의 성능을 확인하고자 한다.

II. 기존의 커플러

기존의 전력선 모델에서 사용된 라인커플러의 회로도 는 <그림1>과 같다. 여기서 커플링 변압기는 TOK-O사의 707V X-T1002N이며 블록킹 캐패시터로 양단에 1uF의 캐패시터를 사용하고 있다. <그림1>에 커플러의 주파수특성을 <그림2>에 나타내었다. 134KHz를 중심주파수로 하며 20KHz의 협대역을 갖고 있으며 80KHz에서 -12dB의 감쇄특성을 갖는다.

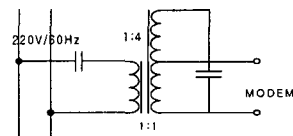


그림1. 기존 라인커플러의 회로

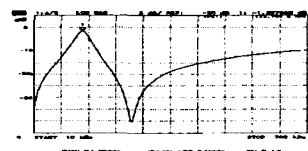


그림2. 기존 라인커플러의 주파수특성

III. 송신 커플러

송신커플러를 설계시 고려해야할 요소로서는 커플링 회로

의 전달손실과 최대전력전송이 있다.[1][2] 커플링을 위한 Transformer의 특성과 60Hz의 차단을 위한 블록커패시터의 송신주파수에서의 임피던스가 전력선으로의 신호유입에 직접적인 영향을 주는 요소이다. 커플러는 통신주파수대역에서 병렬지로의 임피던스는 무한대로 직렬지로는 0에 가까울수록 전력선에 최대신호를 인가할수 있다.[4] 트랜스포머를 이용한 커플링회로를 <그림3>에 나타내었고 <그림4>는 트랜스포머의 등가회로이다.

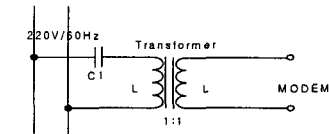


그림3. 커플링 회로도

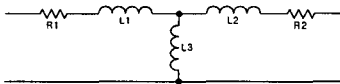


그림4. 트랜스포머의 등가회로

C1을 1uF로 선택하면 132.5Khz에서 약 0.8Ω 정도로 나타난다. <그림4>에서 L1과 L2는 누설인덕턴스로서 트랜스포머의 제작시 나타나는 값이며 임피던스측면에서 신호전달을 위하여 작을수록 좋다. R1과 R2는 철손과 권선으로 인한 저항성분을 의미한다. L3는 트랜스포머의 자화인덕턴스로서 병렬지로임으로 클수록 좋다. 효과적인 신호의 전달을 위하여 잘 설계된 커플링 트랜스포머로서 L1과 L2를 줄이며 권선에 의한 저항을 줄여야 한다. 트랜스포머의 재질로는 페라이트코어가 바람직하며 그 이유는 큰 전기비저항으로 인하여 통신대역인 수백KHz~수MHz에서 코어의 손실중 고주파에서 많은 부분을 차지하고 있는 와전류손실을 크게 줄일수 있기 때문이다. 게다가 큰 투자율로 인하여 적은 턴수로 원하는 L값을 만들 수 있으며 이는 권선에 의한 누설자속을 줄일수 있는 방법이다. 코어의 형상또한 완고한 결합을 위하여 stray field가 최소인 토로이달형을 선택하는 것이 바람직하다.[1][2] MHz 대역의 통신주파수를 사용할경우에는 재질의 선택이 매우 중요하지만 본 논문의 관심대역인 수백KHz에서는 고투자율을 가진 페라이트라면 원하는 트랜스포머의 특성을 얻을수 있다. <그림5>는 코어의 재질별 주파수에 따른 손실 특성이며 SM-50을 사용하였다.

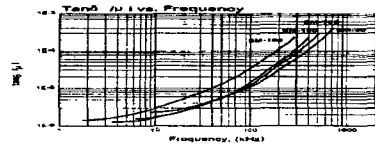


그림5. 코어의 주파수에 따른 손실특성

<그림3>에서 트랜스포머를 <그림4>로 대체하면 고역통과필터의 형태를 가지며 L1과 L2가 매우작다고 가정하여 무시하면 이때 C1과 L3는 식(1)로 차단주파수를 결정하게 된다.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L3C1}} \dots\dots\dots(1)$$

병렬지로의 임피던스를 높일 목적으로 L3값을 높이게 되면 차단주파수의 감소로 인하여 60Hz 성분의 전압이 커지게 되므로 이를 고려하여 결정해야 한다. L3값을 125uH로 하였을때 식1에 의해 차단주파수는 14.2KHz가 되며 60Hz에서 약 100dB의 이득을 얻을수 있다. <그림4>의 L3를 125uH로 하기 위한 <그림3>에서의 L값은 식(2)를 이용할수 있다.

$$L3 = k \times L \dots\dots\dots(2)$$

$$L3 = L, \text{ 단 } k=1 \dots\dots\dots(3)$$

여기서 K는 트랜스포머의 결합계수이다. 토로이달 형태의 고투자율 코어의 경우 k는 거의 1에 가깝기 때문에 L은 식(3)로서 표현할수 있으며 코어의 AI계수와 <그림4>에서의 L1 값을 이용하여 식(4)로서 턴수를 구할수 있다.

$$N = \sqrt{\frac{L \times 10^9}{AI}} \dots\dots\dots(4)$$

본 논문에서 사용한 코어의 경우 AI값은 약6000 정도로서 약 4턴의 결과를 얻을수 있다.

<그림6>에 제작한 커플러의 주파수특성을 나타내었다. 132.5Khz에서 거의 0dB임을 확인할 수 있다.

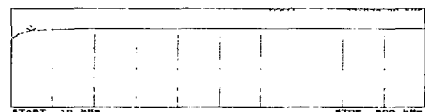


그림6. 제작한 커플러의 송신주파수 특성

다음에는 최대전력전달을 위하여 전력선의 임피던스를 고려하여야 한다. 전력선에 임피던스는 보통 3옴에서 40옴의 범위에서 시변특성을 가지므로 수동소자만으로 이를 완벽히 고려하는 것은 불가능하다. 때문에 시변 임피던스의 대책으로서 Automatic Level Controller를 이용하여 송신신호의 전력을 조절하여 임피던스에 따라 다르게 송신함으로써 전력선에 일정한 크기의 신호를 유입시키는 방법을 사용하였다.

<그림7>에서의 Z1,Z2는 각각 바리스터와 제너다이오드이며 surge 보호회로이다. 그러나 다이오드의 High Capacity 성분으로 인하여 이러한 보호회로는 수MHz 대역에서는 적절치 못하다.

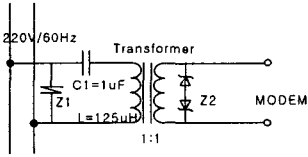


그림7. 최종커플러회로

높아지며 수신임피던스를 OPAMP의 입력임피던스로 하면 R1을 키울수록 첨예도가 높아진다는 것을 알 수 있다. <그림9>에 GIC회로를 보았다.

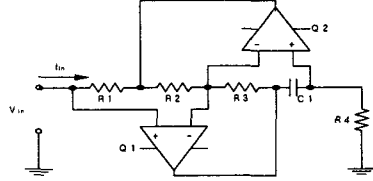


그림9. GIC회로

IV. 수신 커플러

수신시에는 전력선에 실려있는 캐리어주파수의 신호만을 모델회로로 유입하는 것이 중요하기 때문에 커플러의 입력 임피던스는 클수록 좋으며 높은 첨예도의 대역필터를 제작하여야 한다. <그림1>의 2차측을 과 같이 보통 커플러는 LC 병렬공진회로를 사용하여 대역통과필터를 구현하였다. 이 병렬공진회로로 인한 수신시 커플러의 등가회로는 트랜스포머 2차측을 소스로 대체하여 <그림8>와 같이 표현할수 있으며 중심주파수는 식(1)과 같이(단,L3=L,C1=C) 계산되며 이때의 전달비는 이상적으로 1이 된다.

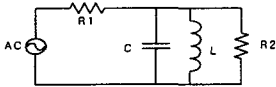


그림8. 수신시 커플러 등가회로

그러나 실제 병렬공진회로는 손실로 인하여 중심주파수의 전달비는 1보다 낮으며 공진회로의 Q가 Q값이 매우 큰 L을 구현하면 이에 종속됨으로 인하여 식(5)로 표현가능한 L의 Q값을 높이는 것이 매우 중요하게 된다.

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \dots\dots\dots(5)$$

이때, R과 C는 L 제작상 필수불가결하게 나타나게 되는 기생성분이다. 기존의 능동필터의 경우 Q가 낮은 상태에서는 큰 문제가 없지만 Q가 높으면 극이 허축에 가까워지고 소자값의 약간의 변동에 따라 극이 허축을 꿰고 그 우측으로 이동할 우려가 있으므로 높은 Q를 실현하기에 부적합하다. [3] 본 논문에서는 수신단 필터설계에 있어 L의 기생C와 기생R을 줄이고 높은 Q값을 얻고자 GIC로 L을 대체하였다. <그림8>에서 첨예도는 식(6)과 같다.

$$Q = R1 \sqrt{\frac{C}{L}} \dots\dots\dots(6)$$

식(6)에서 L의 크기를 줄이고 C의 크기를 늘릴수록 Q는

식(7)는 <그림9>의 소자값과 그로인한 Leq값의 관계식이다.

$$Leq = \frac{R1R3R4C1}{R2} \dots\dots\dots(7)$$

식(7)을 이용하여 R1=R2=R3=R4=1kΩ, C1=1nF으로 하여 설계한 커플링 회로는 <그림10>과 같다. 버퍼를 사용하여 입력임피던스를 크게 하고 Rin을 조절함으로써 기존 커플러에 비하여 2배의 첨예도를 갖는 <그림11>의 주파수 특성을 가지도록 제작하였다. <그림10>의 전원전압제거를 위한 A부분은 송신과 동일하다.

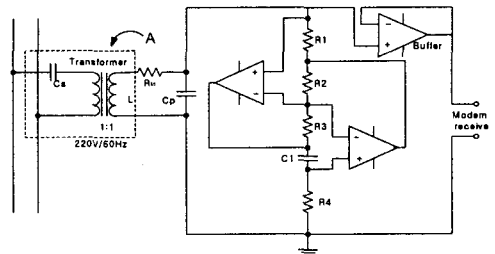


그림10. 수신커플러 회로도

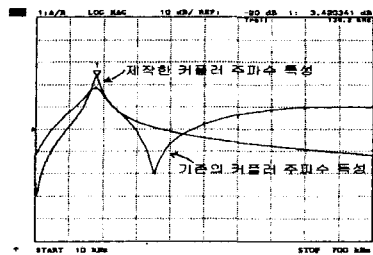


그림 11. 수신 커플러의 주파수특성

IV. 실험

위에서 설계한 커플러를 제작하여 SGS-Thomson사의

ST7538 전력선 통신용 트랜시버IC를 이용하여 <그림12>의 구조로 기존의 커플러를 통과한 수신신호와 본 논문에서 제작한 커플러를 통과한 수신신호를 <그림13>과 <그림14>에 나타내었다. <그림14>에서 알수있듯이 제작한 커플러에서 캐리어 주파수 이외의 노이즈가 전체적으로 낮아진 것을 볼 수 있다. 실험 결과, 실험실에서 사용하는 대부분의 기기는 부하에 의하여 발생하는 노이즈 성분이 영향을 주지 않았으나 CFL램프(인버터내장, PFC없음)를 300W이상 켜게되면 노이즈가 유입되어 이를 캐리어로 인식하는 오동작을 보이게 되었으나 본 논문에서 제작한 커플러를 사용하면 이러한 현상이 없었다.

참 고 문 헌

- [1] Klaus Dostert "Powerline Communication", Prectice Hall
- [2] Byung-Hun Ju, "Development of Line Coupler for the PLC, Master Thesis of Kangwon National University.
- [3] 박송배, "신뢰이론", 문운당.
- [4] (주)플레넷, "100Khz~1Mhz대역용 전력선 통신용 Filter 개발에 관한 연구, 정보통신부

IV. 결론 및 향후연구

이로서 송신과 수신 커플링 회로는 각각 독립적으로 구성하고 수신커플링에 GIC를 적용하면 더 좋은 성능을 기대할 수 있으며 설계 또한 편하게 할수 있다는 점을 확인하였다. 특히 수신용 라인커플러에 GIC를 이용한 대역통과 필터는 10Khz의 협대역으로 인하여 기존의 커플러에 비하여 2배의 Q값을 얻었다.

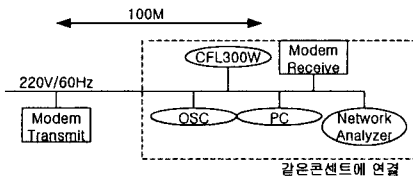


그림12. 실험 구성도

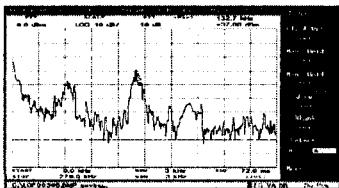


그림13. 기존커플러에서 캐리어수신시 수신단파형

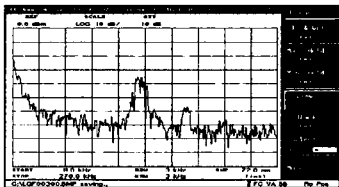


그림14. 제안한커플러에서 캐리어수신시 수신단파형

감사의 글

이 논문은 강원대학교의 BK(두뇌한국)21 사업 (강원지역 멀티미디어 정보기술 인력양성사업단)의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.