

전력선 가입자망을 위한 배전선용 커플러 개발에 관한 연구

이재조*, 이원태, 김관호, 김요희
한국전기연구소 정보·광응용연구그룹

Development of distribution line coupler for power line access network

Jaejo Lee, Wontae Lee, Kwanho Kim, Yohee Kim
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

본 논문은 고압배전선을 이용한 가입자망 개발에 필수적으로 상용되는 고압배전선용 커플러 개발에 관한 것이다. 개발된 고압배전선용 커플링 장치는 고압용 커패시터와 초크코일 및 커플링 트랜스포머로 구성되어 있다. 특히 개발된 커플링 트랜스포머는 1Mhz- 40Mhz 주파수 대역에서 0.1dB 이하의 손실을 가지는 광대역 저손실 특성을 가지는 것으로 평가되었다. 개발된 커플링 장치는 앞으로 전력선 가입자망 구성 및 임피던스 측정장치에 활용하고자 한다.

1. 서 론

최근 전력선통신기술은 고속데이터통신을 위한 새로운 기술로 부각되고 있다. 가입자망을 구성하기 위한 가장 최적의 기술로 평가되면서 많은 연구가 진행 중에 있다. 전력선 통신은 주로 전력회사의 미터리딩용이나 배전 자동화용으로 많이 연구되어 왔으나 많은 제한적인 이유 때문에 그 사용이 극히 일부분의 응용에 적용되어 왔다. 그러나 최근 디지털 변조기술의 발전에 따라 통신속도 및 신뢰성의 향상을 가져왔고 인터넷의 급속한 발전으로 가장 저렴한 통신매체로서 전력선이 각광을 받고 있다. 이에 따라 전세계적으로 표준화 및 기술개발에 열을 올리고 있고 우리나라도 전력선모뎀기술에서는 세계적인 기술을 보유하고 있다.

본 논문은 고압배전선을 이용한 가입자망 개발에 필수적으로 상용되는 고압배전선용 커플러 개발에 관한 것이다. 일반적인 전력선 응용분야는 220V의 저압배전선을 이용한 홈 네트워킹이나 각종 제어 등에 많이 치중되어 있으므로 그와 관련된 기술은 많이 알려진 상태이나 22.9kv 고압배전선을 이용한 전력선 망 구성기술은 초보적인 단계에 있다. 특히 고압 배전망의 각종 전송 특성이나 통신망 구성장치연구에 필수적인 커플러에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 전력선을 신호전송라인으로 사용하고 할 경우에 필수적으로 사용되는 전력선 커플링 장치의 개발 및 특성연구에 관한 것이다. 개발된 고압배전선용 커플링 장치는 고압용 커패시터와 초크코일 및 커플링 트랜스포머로 구성되어 있다. 개발된 커플링 장치는 고속전력선 모뎀의 신호전송이 가능한 광대역 특성 및 저손실 특성을 가지는 것으로 평가되었으며 향후 전력선 채널특성 측정장치 및 가입자망 개발에 응용하고자 한다.

2. 본 론

2.1 전력선 통신용 커플러

본 논문에서는 가입자 배전선에 통신신호를 커플링하기 위한 커패시터와 트랜스포머에 대한 것으로 전력선모뎀에서 요구하는 광대역 주파수 특성을 얻기 위한 여러 가지 방안에 대하여 검토하였다. 일반적으로 그림 1에서 보는바와 같이 전력선은 3상 라인을 모두 사용하는 빌

딩이나 단상만을 사용하는 아파트의 각 가정을 구분하여 각 상의 신호를 커플링하기 위한 커플러가 필수적으로 사용된다. 또한 고압배전선(22.9kv)도 마찬가지로 그림 2에서 보는바와 같이 커플링 커패시터와 트랜스포머가 필요하다.

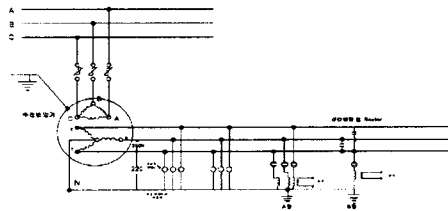


그림 1. 3상4선식 전력선 통신망 구성

본 논문은 고압배전선을 신호선으로 사용하기 위한 커패시터와 트랜스포머에 대한 기본적인 요구성능을 검토한 것이다. 커플링용 커패시터는 3nF용량으로 설계되었으며 주파수 범위는 30Mhz이하 범위를 목표로 하였다. 또한 트랜스포머는 전력선 모뎀에서 요구하는 1Mhz-30Mhz 대역에 대한 주파수특성을 가지도록 설계하였다. 그리고 기존의 60Hz 전력 주파수에 대한 안전장치로 Ground와 초크코일을 직렬로 연결하였다. 초크코일을 1mH 용량을 가지며 국내산의 코어를 사용하여 제작하였다.

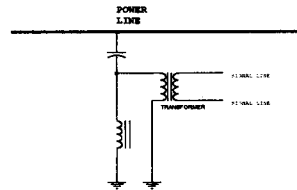


그림 2. 고압용 커플러 회로

2.2. 커플링 커패시터 개발

커플링을 위한 커패시터는 필름 커패시터 타입과 그림 3과 같은 세라믹 커패시터 형태로 개발하였다.



그림 3. 세라믹 커패시터

세라믹 커패시터는 커플러 회로의 초크코일을 내장한 형태로 그림 4와 같은 Line Arrester 형태로 부착하는 것을 계획하고 있다. 커패시터는 20kv(DC) 정격 전압과 3nF의 정격용량을 가지며 허용오차를 10% 범위로 개발하였다.

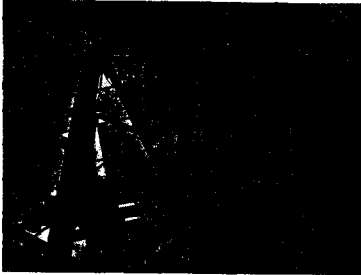


그림 4. 커패시터 부착방안

2.3 커플링 트랜스포머 개발

커플링 트랜스포머는 광대역 신호특성을 가져야 하므로 기존의 100kHz이하 대역을 사용하는 변압기를 그대로 사용할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 고주파 광대역 저손실 특성과 경제성을 가지는 코어를 선정하고 이를 국산화할 계획이다. 본 연구에서는 먼저 기초연구로 산화물 자성재료에 대한 기본적인 개념검토와 저손실, 고주파 특성을 가지는 코어를 선정하였다. 그리고 이에 해당하는 코어를 이용한 트랜스포머를 개발한 결과 만족할 만한 성능을 확인하였다.

2.3.1 산화물 자성재료

Ferrite는 산화 제이철을 주원료로 하는 산화물 자성 재료로서 상온에서 자발자화를 가지며 연자성 재료로써 전원트랜스의 자심재료로 사용될 경우 그림 5에서 보는 바와 같이 금속계 자성 재료에 비해 전기 비저항이 $10^1 \sim 10^6$ 배 정도 크므로 고주파손실이 적어 고주파 영역에서의 자심재료로 매우 유용하다.^{1, 2)}

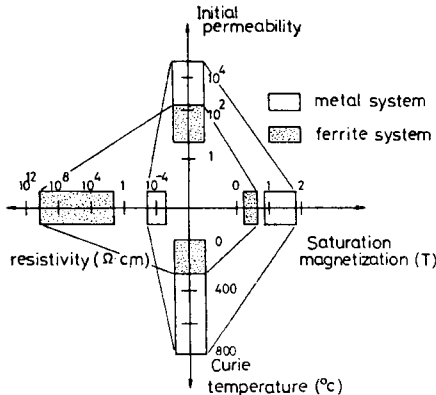


그림 5. 금속계와 산화물계 자성재료의 자기 특성 비교

고주파용 자성재료로서 실용화되어 있는 연결자성재료의 spinel형 ferrite는 천연광물 SPINEL ($MgAl_2O_4$)과 같은 결정구조를 가지는 페라이트의 총칭으로 입방정계에 속한다

Spinel ferrite 중 MnO 와 Fe_2O_3 가 결합된 화합물은 Mn-ferrite라 하고, NiO 와 Fe_2O_3 가 결합된 화합물을 Ni-ferrite라 부르며, 이들을 단원 연자성 ferrite라 한

다. 이원 soft ferrite는 $MnO+ZnO+Fe_2O_3$ 의 화합물인 Mn-Zn ferrite, $NiO+ZnO+Fe_2O_3$ 의 화합물인 Ni-Zn ferrite가 있으며, 3원계로서는 Mn-Mg-Zn ferrite 등이 있다. 2원계 이상의 soft ferrite를 mixed ferrite라고 부른다.

이러한 페라이트는 broad band transformers용 VHP(Very High Permeability) ferrite 와 switch-ed mode power supplies(smps)용 LPL (Low Power Loss)이 그 2가지이며, broadband와 power transformer용으로는 일반적으로 Mn-Zn ferrite가 사용되며, 동작주파수가 1MHz를 넘을 경우는 Ni-Zn ferrite가 중요한 재료이다.^{9, 10)}

2.3.2 고주파용 재료

Soft ferrite에 대해서 고주파 영역은 1 MHz~1000 MHz의 범위이며, 이 범위에서의 주 용도는 TV, radio, VTR 등 가전기기의 중간주파 변압기, 인덕터, bar-안테나 등이다. 이들 ferrite에 요구되는 대표적인 재료특성은 손실 $\tan\delta/\mu_0$ 가 작을 것, 온도특성이 양호할 것 등이다. 자기손실은 hysteresis loss, 와전류손실, 잔류손실이 있지만, 고주파 영역에서 특히 문제가 되는 것은 와전류 손실과 잔류손실이다. ferrite의 최대 특성은 금속자성재료와 비교해서 10^5 배 이상의 비저항을 가지고 있다는 점이다. 따라서 ferrite의 경우는 금속자성 재료와 같이 와전류 때문에 thin film이나 미분으로 가공하지 않아도 상당한 고주파까지도 일정한 투자율과 낮은 자기 손실을 가지는 것이 가능하다.¹¹⁾

일반적으로 고주파용 ferrite의 조성계는 구성 이온의 전자가수가 안정한 Ni-Zn ferrite를 base로 해서, Ni의 일부를 Co, Cu, Mg, Mn 등으로 치환한 것이 보통의 조성이며, 각 용도에 적절한 특성이 얻어지고 있다.¹⁶⁾

2.3.3 코어 선정 및 시험결과

커플링 트랜스포머의 코어로는 위에서 검토한 사양에 의하여 TDK사의 K6A 모델이 가장 적합한 것으로 나타나 본 연구에서는 이를 사용한 커플링 트랜스포머를 개발하였다. 페라이트 코어의 특성을 요약하면 아래와 같다.

표 1. 페라이트코어 물질 특성

구분	특성	
Material	K6A	
Frequency range	< 20Mhz	
Al value(mH/N ²)	T44.5 x 13 x 30	70±20 or 30 %
	T68 x 13.5 x 44	80±20 or 30 %

이러한 특성의 코어를 사용하여 50Ω 임피던스 광대역 트랜스포머(그림 6)를 제작하였다.



그림 6. 제작된 트랜스포머

그림 7은 제작된 트랜스포머의 외형이다. 개발된 트랜

스포머는 네트워크 분석기(HP 3577A)를 사용하여 광대역 특성(그림 8)과 임피던스 특성(그림 9)을 분석한 결과이다.



그림 7. 커플링 트랜스포머 외형

그림 8은 제작된 트랜스포머의 광대역 특성 측정결과를 나타낸 것이다. 측정결과는 약 800kHz ~ 40MHz까지 약 0.1dB이하의 대역통과손실을 나타내었고 설계치와 같이 만족할 만한 결과를 얻었다.

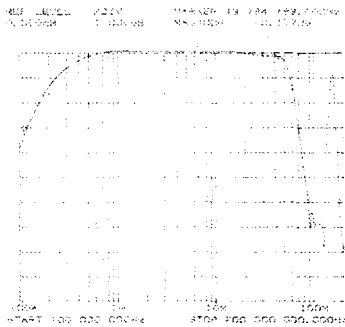


그림 8. 트랜스포머의 광대역특성

또한 그림 9에서와 같이 균일한 임피던스 특성을 얻었으므로 광대역 신호전송용 커플링 트랜스포머로 적용 가능함을 확인하였다.

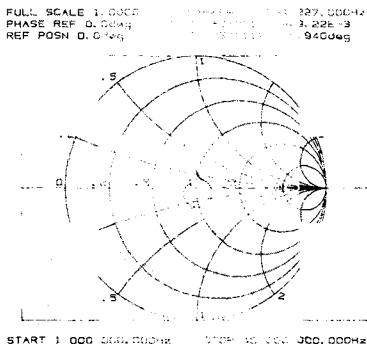


그림 9. 트랜스포머의 스미스차트

3. 결 론

본 연구는 전력선 가입자망을 구성하는 고압배전선로(22.9kV)의 신호결합에 필수적인 커플링장치에 대하여

검토하고 요구되는 광대역특성의 커패시터와 트랜스포머를 개발하였다. 고압 커패시터는 3nF의 광대역 특성을 가지는 세라믹 커패시터를 초크코일과 함께 라인어레스터의 합체에 봉합하여 개발하였고 특히 광대역 트랜스포머는 일반적인 변압기에서 사용하는 코어를 사용하지 않고 Ni-Zn계열의 재료를 사용하여 광대역 특성을 얻었다. 개발된 트랜스포머는 1MHz ~ 40MHz 대역에서 0.1dB 이하의 대역통과손실을 가지고 안정된 임피던스특성을 가지는 것으로 평가되었다. 앞으로 개발된 커플링 장치를 이용하여 고압 배전선망을 구성하고 전력선통신망의 신호 감쇄와 전송특성을 검증하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] W. R. Buessen et. al., J. AM . Ceram. Soc., 41, 300(1958)
- [2] S. Komarneni, E. Fregeau, E. Breval, R. Roy, J. AM . Ceram. Soc., 71 (1), c-26(1988)
- [3] F. G. Brockman and K. E. Matteson, J. AM . Ceram. Soc., 83 (9) 517.(1970)
- [4] K. Ishino and Y. Narumiya, Ceram. Bull., 66 (10), 1469(1987).
- [5] 조성백, 오재희, 한국요업학회지., 5(1), 21(1995).
- [6] A. Ono, T. Maruno, N. Kaihara, Ferrites : Proceeding ICF 6, Japan, 1206(1992)
- [7] B. D. Cullity : Introduction to Magnetic Materials, Addison-Wesley Co. 181-203(1972)
- [8] F. G. Brockman : Am. Ceram. Soc. Bull., 47.186(1968)
- [9] J. L. Soneck : Elsevier. 71(1947)
- [10] E. C. Snelling : Soft Ferrite, 2nd Ed. Butter Worths Co., (1988)
- [11] H. L. Yoo and H. L. Tuller, J. Am. Ceram. Soc., 70, 388-92(1987)
- [12] H. L. Tuller, H. L. Yoo, W. Kehr and R. W. Scheidecker, Adv. Ceram., 15, 315-24(1986)
- [13] T. Akashi, Trans. Jpn. Met., 2, 171-76(1961)
- [14] K. Ishino and Y. Narumiya, J. Am. Ceram. Soc. Bull., 66, 1469-74(1987)
- [15] H. Tsunekawa, A. Nakata, T. Kamijo, K. Okutami, R. K. Mishira and G. Thomas, IEEE Trans. Magn., Mag-15, 1857-60(1979)
- [16] P. Reijnen, Science of Ceramics, 4, 169-188(1968)
- [17] Su-II Pyun and Jong-Tae Baek, Am. Ceram. Soc. Bull., 64[4]602-05(1985)