

자기 소자가 전력선 통신용 블로킹 필터의 특성에 미치는 영향

김현식*, 이해연, 지민권, 문예지, 김춘배

(주)매트론*

The property of Blocking Filter for PLC using magnetic device

Hyun-Sik Kim*, Hae-Yon Lee, Min-Kwon Ji, Ye-Ji Moon, Choon-Bae Kim

MATTRON Corp

Abstract : 홈 네트워크 구축의 핵심 부품인 전력선 통신용 블로킹 필터를 제조하였으며, 신호 감쇄 특성을 측정하고 적용가능성을 평가 하였다. 전자장 모의 해석을 통하여 자심재료에 대한 포화자속밀도 특성을 분석 하였으며, 최소의 크기를 갖는 I 형상의 자심재료에 3.2φ의 나동선을 10.5턴 권선하여 대용량 인덕터를 제조하고, 4.3 μH의 인덕턴스를 구현하였다. 설계된 대용량 인덕터를 적용하여 30A급의 블로킹 필터를 제조하였고, 1.7 MHz ~ 30 MHz 대역에서의 -60 dB의 신호감쇄 특성을 얻었다.

Key Words : Blocking Filter , Power Line Communication

1. 서 론

전력선 통신을 이용한 홈 네트워크에서 덕내의 통신 신호가 가전기기에 연결된 전력선을 통해서 덕외로 전송되어 근접한 다른 홈 네트워크에 심각한 장애를 발생시킬 수 있기 때문에, 전력선 통신용 신호차단 필터를 적용하여 덕내의 전력선 통신(PLC) 신호가 덕외로 전송되는 것을 차단해야한다. 따라서 신호차단 필터는 일반적으로 전력선 통신을 이용한 홈 네트워크의 입력단과 출력단에 해당되는 세대 분전함이나 분전반 내부의 누전차단기나 배선용 차단기에 직렬로 연결되어 부착된다.

현재 국내에서 개발 되어있는 전력선 통신용 필터는 저주파용 통신 모뎀의 운용 주파수인 9 kHz ~ 450 kHz 대역에서 사용할 수 있도록 개발되어 있으며, 고속 데이터나 영상 전송에 사용되는 고주파용 통신 모뎀의 운용 주파수인 1.7 MHz ~ 30MHz의 대역에서는 사용할 수가 없으며, 현재 고주파용 모뎀 개발이 활발히 진행됨에 따라 고주파용 신호차단 여파기 (Band stop filter) 개발의 필요성은 절대적이다.

따라서 본 연구는 고주파 대역에서 우수한 전·자기적 특성이 균일하게 유지되고, 전력선에 흐르는 대전류에 의한 코어의 포화가 발생되지 않도록 자심 재료를 설계하여 최소 크기를 갖는 인덕터를 구현하고, 제조된 대전류용 인덕터를 이용하여 홈 네트워크 구축의 핵심 부품인 30A급 1.7 MHz ~ 30 MHz의 고주파 신호차단 필터를 제조하였으며, 신호 감쇄 특성을 측정하고 적용 가능성을 평가 하였다.

2. 실험

본 연구에서는 Flux 2D/3D를 이용하여 전자장 수치해석 기법을 도입하였으며, 이를 통해서 전류, 전력선 도체 면적, 자심재료의 크기, 형상 등의 자심재료가 적용되는 동

일한 환경에서 자심재료의 특성에 영향을 주는 인자와 자심재료가 발휘하는 전자기적 특성을 예측하였으며, 자심재료의 투자율과 포화자속 밀도는 2350과 0.3 T를 적용하였다.

설계된 자심재료를 이용하여 30A급의 인덕터를 구현하였으며, Impedance Analyzer를 이용하여 전류에 따른 인덕턴스 변화를 측정하였다.

1.7 MHz ~ 30 MHz에서 높은 감쇄율 특성을 갖도록 회로를 설계하고, 제조된 인덕터를 적용하여 필터를 제조하였으며, Network Analyzer를 이용하여 신호감쇄 특성을 측정 하였다.

3. 결과 및 고찰

그림1-(a)는 I 형상의 Mn-Zn ferrite ROD 코어에 대한 수치해석 방향을 나타낸 것으로써 코어의 횡축과 종축을 절단하는 경로를 선택하였으며, 3.2φ 직경의 동선을 6, 7, 8, 9턴 권선하여 생성되는 자속의 분포를 분석하였다. 그림1-(b)에서 코어의 좌우 그리고 상하 중심에서 가장 높은 자속밀도를 생성하고 있는 것을 볼 수 있다.

최대의 인덕턴스를 얻을 수 있는 크기의 코어와 권선수를 적용하였고, 14.8φ × 45의 사이즈를 갖는 Road core에 30A의 상용 전류를 고려하여 3.2φ 직경의 에나멜 동선을 10.5 Turn 권선하여 4 μH와 4.3 μH의 인덕턴스 최대 값을 구현하였다.

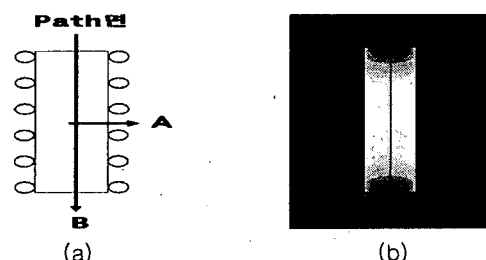


그림 1. ROD 코어의 수치해석 방향(a)과 자속분포(b)

그림3은 권선된 인덕터를 전력선에 직렬로 연결하고 통전되는 전류량에 따른 인덕턴스 변화를 측정한 결과이다. 인덕터의 인덕턴스 구현은 권선에 인가되어 있는 전압과는 이론적으로 무관하기 때문에 전압에 대한 인덕턴스 변화는 배제되었으며, 그림에서 볼 수 있듯이 전류가 통전되지 않는 경우와 비교했을 때, 본 연구에서 목표한 30A의 전류가 통전되어도 인덕턴스 값에는 거의 변화 없이 $4.3 \mu\text{H} \pm 5\%$ 이내에 모두 분포되었는데, 이는 유한요소 해석법을 적용한 전자장 수치해석을 통하여 대전류용 자심재료의 형상, 크기 그리고 재료설계가 적절하게 이루어졌다고 판단된다.

그러나 50 A 이상의 전류가 통전되었을 경우 주파수에 따른 인덕턴스 특성이 불안정하게 변화되었다. 따라서 50 A 이상의 대전류용 인덕터를 구현하기 위해서는 자심재료의 사이즈와 재료가 다시 설계되어야 할 것으로 판단된다.

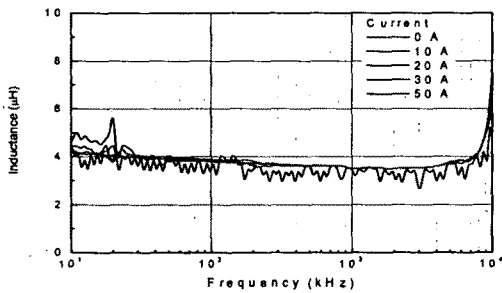


그림 2. 통전전류에 따른 인덕턴스 변화

설계된 고주파용 30 A급의 블로킹 필터 회로도를 그림 2에 나타내었다. 전송선 양단에 대전류용 인덕터를 직렬로 연결하고, 직렬 L,C 공진회로를 두 개의 전송선 사이에 연결 하는 기본 구조로 설계하였으며, 직렬로 연결된 대전류용 인덕터의 경우 $4 \mu\text{H}$, $4.3 \mu\text{H}$ 의 인덕턴스 값을 적용하였다.

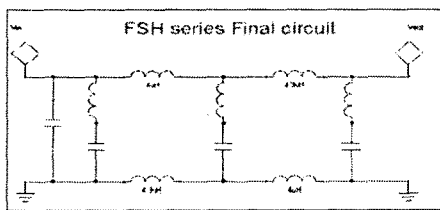


그림 3. 30급 고주파용 블로킹 필터 회로도

그림4는 직렬 인덕터와의 부품 실장이 완료된 PCB와 직렬 인덕터가 외부 케이스에 내장된 모습을 나타낸 것으로서, 3.2φ의 동선으로 권선된 직렬 인덕터의 입력단과 출력단을 각각 동판으로 제작된 입출력 단자에 납땜하여 연결하였다. 제조된 입출력 단자는 납땜을 용이하게 하기 위해 동판 표면에 주석을 도포하였으며, 외부 케이스에 고정하기 위해서 케이스 내부에 몰딩 되어 있는 M6의 너트에 볼트를 체결하여 단자를 고정하였다.

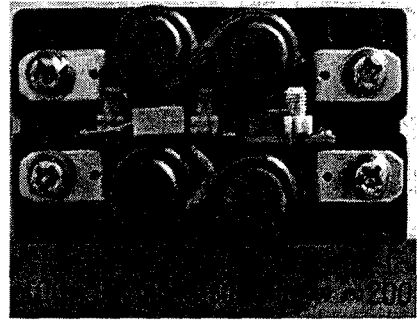


그림 4. 조립 완료된 30A급 블로킹 필터 내부 구조

그림5는 조립 완료된 블로킹 필터의 주파수에 따른 신호 감쇄 특성을 나타낸 그래프이다. 신호감쇄 특성은 Network Analyzer를 이용하여 5 Hz ~ 50 MHz의 주파수 범위에서 측정하였으며, 1.7 MHz ~ 30 MHz 범위에서 약 -60 dB의 높은 신호 차단 특성을 얻을 수 있었다.

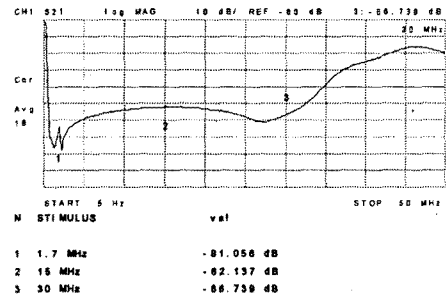


그림 5. 30A급 블로킹 필터의 감쇄율 특성

4. 결론

유한요소 해석법을 적용한 전자장 모의해석을 통하여 최소의 크기를 갖는 I형상의 자심재료에 3.2φ의 나동선을 10.5턴 권선하여 $4 \mu\text{H}$, $4.3 \mu\text{H}$ 의 인덕턴스를 갖는 직렬 인덕터를 구현하였다.

조립 완료된 30A급 전력선 통신용 고주파용 블로킹 필터의 전체 크기는 103 mm × 58 mm × 50 mm이며, 주파수에 따른 신호 감쇄특성을 5 Hz ~ 50 MHz의 주파수 범위에서 측정한 결과 약 1.7 MHz ~ 30 MHz의 주파수 대역에서 -60 dB의 신호감쇄 특성을 얻었다.

참고 문헌

[1] 안용운, 김종령, 오영우, "PLC용 자심재료의 첨가제에 따른 자기적 특성의 변화", Journal of Korea Magnetics Society, 2003, 13(6), pp246-250