전력선 통신을 위한 저압변압기에서 발생되는 EMI 노이즈 제거 필터 관한 연구

김용성*, 정중일*, 김재철**, 조성민**
*한국 전기연구원, **숭실대학교

Study on EMI filter for Eliminating Noise from Pole Transformer for PLC

Young Sung Kim*, Jung-Il Jeong*, Jae-Chul Kim**, Sung-Min Cho**
*Korea Electrotechnology Research Institute, **Songsil University

Abstract - This paper investigates impulsive noise from a pole transformer in low voltage distribution system for power line communication. EMI noise from the pole transformer is indicated from the experiment. The noise has certain characteristics because it is caused by partial discharge. The noise level is above -35dBm without a filter. Therefore, the filter which is made of ferrite is used in order to eliminate the noise. the noise filters should be applied to both the phase line and the neutral line. Otherwise, It is likely to have little overall impact on elimination of noises. the performance of filter is verified with various experiments. In conclusion, the equivalent circuit of power line communication including noise source is described as a lumped circuit.

1. 서 론

최근 전력선 통신은 유비쿼터스 환경을 위한 통신 방법으로 연구와 실증 시험이 활발하게 진행 되고 있다. 댁내 전력선을 이용한 홈네트워크 구현뿐만 아니라 원격 검침 및 전력기기 진단 기술을 적용시킴으로써 여러 가지 서비스와 비즈니스 모델을 모색하고 있다. 이러한 다양한 서비스와 비즈니스 모델을 창출하기 위해 광대역의 고속 전력선 통신이 요구되고 있고, 광대역 전력선 통신은 1㎒~30㎒ 대역을 사용해 수 Mbps~100Mbps급 이상의 속도를 구현할 수 있는 기술이다. 고속 PLC 기술을 실현하기 위해 고압 전력선에 신호를 실어 멀리 보낼 수 있는 전송기술 및 고속모뎀은 개발은 이미 완료되어 있으며 실증 시험에 관련하여 저압 및 고압 전력 계통의 이해와 통신 환경에 관련된 연구가 절실히 필요하다.

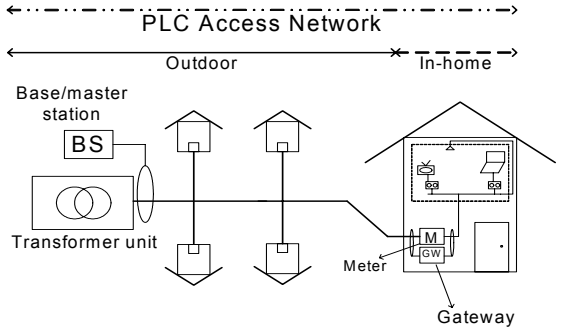
본 논문에서는 전력선 통신 환경에 관련하여 저압 전력 계통의 주요 구성 전력기기인 저압 변압기에서 발생되는 EMI 노이즈를 측정 하였으며, 페라이트 소재의 필터를 제시하였고 성능을 입증하기 위해 22.9kV/220V용 50KVA 주상변압기와 30KVA에 각각 적용하여 실험 하였다. 이 필터의 장점은 노이즈 저감 효과가 뛰어날 뿐만 아니라 현재 배전 계통에 설치되어 있는 주상 변압기에 설치가 매우 간편하고 설치 소요시간이 매우 짧다.

논문의 구성은 다음과 같다. 첫째로 변압기 EMI의 문제와 원인을 다루었으며 둘째로 노이즈 측정을 위한 실험 구성과 방법 제시하였으며, 셋째로 실험 결과를 논하였다.

2. 본 론

2.1 저압 배전 계통 구성

일반적인 옥외 저압 배전 시스템의 전력선 통신 구조를 <그림1>에 나타냈었다. 저압 변압기에서 다수의 수용가가 전력선으로 연결되고 수용가는 전력량계를 중심으로 옥외와 댁내로 구분 되어 진다. 옥외와 댁내의 전력망의 특징이 다르므로 이것이 PLC 전송 채널 특성과 전자기적 호환성 문제로 추가 적인 문제를 일으킨다. 이것을 해결하기 위해 전력량계 주변에 Gateway를 설치하는 방법이 흔히 사용된다. 또한 저압 변압기 주변에는 Base/master station이 설치되어 백본 통신망 또는 MV(Medium Voltage) PLC에 연결된다. Gateway에서 Base/master station까지의 통신을 옥외 전력선 통신이라 한다. 저압 배전 시스템의 특징은 수용가의 거리에 따라서 저압 변압기에서 부터 저압간선, 인입선, 전력 휴즈, 옥측선을 통해 수용가의 전력량계로 연결이 되어 있다. 결국 저압 변압기에서 발생되는 노이즈는 모든 수용가의 전력선 통신에 영향을 줄 수 있으며, 정도의 차이는 변압기와 수용가의 거리와 시스템 구조에 따라서 나르게 나타난다.[1][2]



<그림 > 저압 배전 계통

2.1.1 변압기의 EMI 문제

저압 변압기는 초고압 배전선로에서 22.9V의 전압을 인가 받아 220V의 전압으로 강하 시켜 이를 수용가에 공급하는 역할을 한다. 저압 변압기는 1차측의 초고압 전압에 견딜 수 있는 높은 수준의 절연 강도를 요구하며 주로 절연 저항이 높은 절연 재료로 절연유를 사용하여 절연을 하고 있다. 절연유에는 시간이 경과함에 따라서 공기나 수분 같은 불순물이 생성되며 이는 전계의 불균형하게 만드는 원인이 된다. 전계 분포가 균일하지 않은 절연물에 전압을 인가하고 인가전압을 서서히 증가시키면 어떤 전압 이상이 되었을 경우에는 전계가 집중된 부분의 절연물에서 부분적으로 방전이 일어난다.

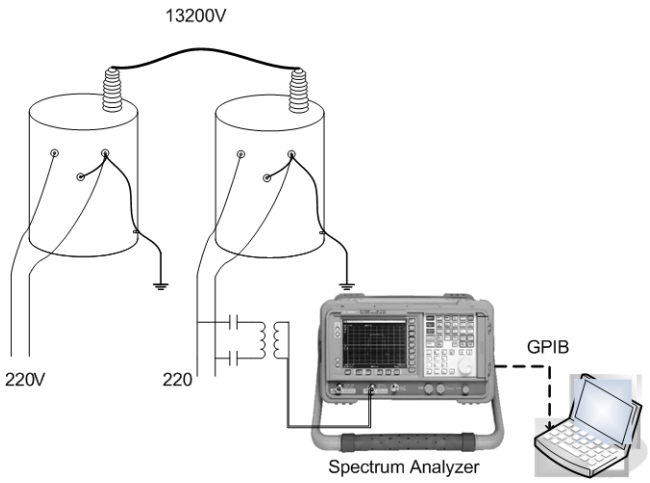
이러한 방전을 부분방전이라 하며 인가전압을 점차 상승시키면 부분방전량이 더욱 증가하여 절연물이 갖는 절연내력의 한계를 넘어서게 되고 결국 전면방전(flash over discharge)에 이르게 된다. 부분방전은 전력기기 설계 시 전계의 평형을 맞추지 못했을 경우, 권선의 돌출부분 제거가 불충분하거나 금속 등 유전율이 큰 물질이 유입된 경우, 또는 불충분한 진공주유나 절연물의 열화에 의해 발생하는 기포 등에 의해서 그 부분의 전계가 상대적으로 높아질 경우에 발생한다. 부분방전이 발생하면 전기적인 펄스전류와 그것에 동반된 음파 및 전자파가 발생한다. 이때 발생되는 전자파는 전력선 통신의 주파수 대역인 1MHz-30MHz 대역에 영향을 주며, 전력선 통신의 품질을 저감 시키는 요소로 작용한다. 이와 같은 전자기파 노이즈는 자기 절연 회복 능력이 있는 저압 변압기의 특성과 같이 렌덤 임펄스 노이즈로 나타났다 사라짐을 1분에 수십 차례 반복한다.[3]

2.2 실험 방법

변압기의 부분 방전으로 인한 노이즈 측정을 위해 <그림 2>와 같이 구성 하였다. 사용전원을 2대의 변압기를 이용하여 승압 및 강압을 하였다. 변압기의 2차 측에는 노이즈를 측정하기 spectrum analyzer을 커플러를 통해 1~30㎒ 대역에서의 spectrum를 측정하였다. 실험을 위해 사용된 장비의 세부 사양은 아래의 <표 1>과 같다. 전원 공급용 변압기 1차에 220V을 인가하여 2차에 13.2kV을 시료 변압기 1차에 인가하여 2차측을 통해 생성되는 노이즈를 커플러를 통해 측정하였다. 인가된 전압은 divider에서 측정된 전압을 Oscilloscope을 통해 확인 하였다. 변압기에서 발생되는 노이즈는 [4]에서의 결과와 같이 변압기 부분 방전에서 발생되는 노이즈로 판명 되었다.

<표 1> 실험 장비 사양

장비명	제조사/모델	주요 성능
Oscilloscope	Lecroy / Waverunner LT342	500 MHz @ 50 Ohm
Spectrum Analyzer	Agilent Technologies / ESA-E Series E4401B	9 KHz - 1.5 GHz

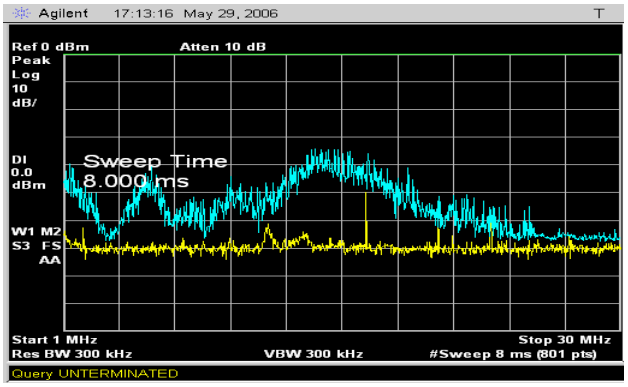


<그림 2> 실험 구성

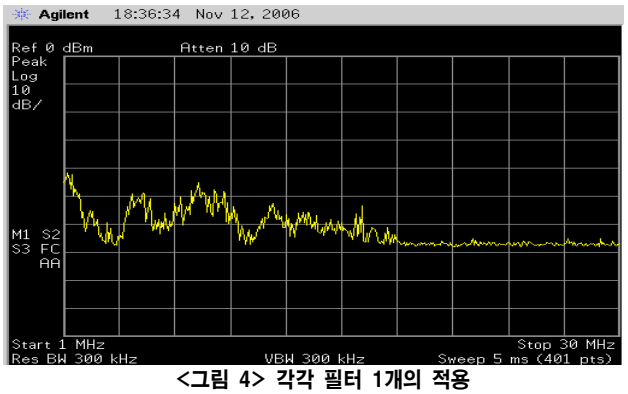
첫 번째는 전원측 전선에 페라이트 재료의 필터를 적용하여 노이즈를 측정 하였으며, 두 번째는 접지측 전선에 필터를 적용하여 노이즈를 측정하였다. 세 번째는 전원측과 접지측 전선에 각각 필터를 적용하여 노이즈를 측정하였다. 네 번째는 전원측과 접지측 전선에 각각 다수의 필터를 적용하여 노이즈를 측정 하였다.

2.3 실험 결과

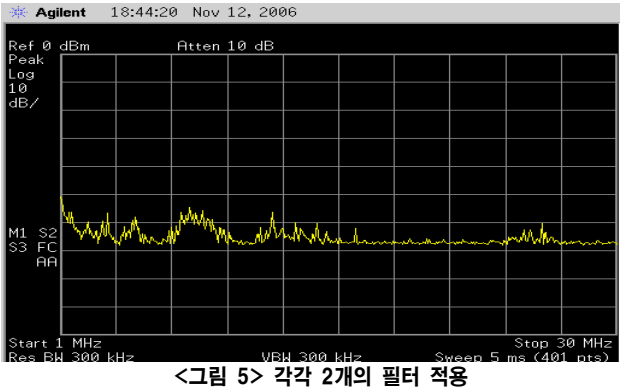
첫 번째와 두 번째 실험 결과는 <그림 3>과 같이 필터를 적용하였지만 노이즈는 적용하지 않았을 경우와 거의 유사하게 약 -35dBm까지 발생하였으며, 세 번째의 실험에서는 약 18MHz 이상대역에서는 확연하게 노이즈 감소를 확인 할 수 있었으며, 이하 대역에서도 <그림 4>와 같이 노이즈 감소를 확인하였다. 네 번째 실험에서는 <그림 5>와 같이 전체 1Mhz-30MHz 주파수 대역에서 현저하게 감소되었고, 최대 노이즈가 -51dBm 까지 낮아졌다. 이와 같은 실험 결과는 변압기 노이즈 제거를 위한 필터 적용시에 반듯이 전원측 전선과 접지측 전선 모두에 적용하여야 효과를 볼 수 있으며, 적용된 필터의 체적에 따라 성능이 결정 된다. <그림 6>은 실험을 통해 증명된 전력선 통신에서 변압기 노이즈 발생시 등가 회로이다. 변압기에서 발생되는 전도성 노이즈는 투자율이 높은 페라이트 소재의 필터를 사용하여 노이즈를 제거 한다.



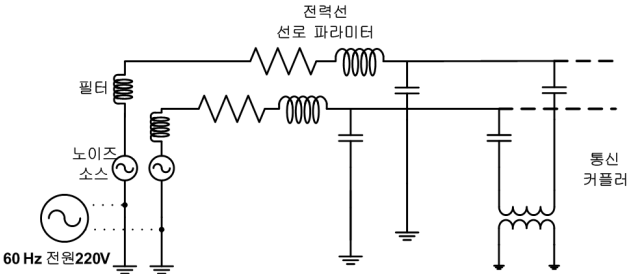
<그림 3> 전원측 필터 적용



<그림 4> 각각 필터 1개의 적용



<그림 5> 각각 2개의 필터 적용



<그림 6> 전력선 통신 시스템 등가회로

3. 결 론

전력선 통신의 장해 요소인 전력기기의 발생되는 EMI 문제들 중에서 저압 배전계통에서 널리 사용되고 있는 주상 변압기의 노이즈를 측정하였으며 페라이트 소재의 필터를 적용하여 노이즈를 저감 시켰다. 시험실에서 각각 용량이 다른 2대의 변압기를 실험 하였으며 페라이트의 크기에 따라 노이즈의 저감의 정도의 차이를 보였다. 변압기의 노이즈는 상을 타고 들어오기도 하지만, 접지측 선을 타고도 들어오는 사실이 실험을 통하여 입증 되었고, 노이즈를 저감시키기 위해 상에 해당하는 선과 접지측에 해당하는 선을 모두 필터를 적용해야 노이즈 저감 효과를 볼 수 있는 것으로 확인하였다.

[참 고 문 헌]

[1] H. Hrasnica, A. Haidine, R. Lehnert, "Broadband Powerline Communications Network Design", WILEY
[2] H. Meng, Y.L Guan, S. Chen, "Modeling and Analysis of Noise Effects on broadband Power-Line Communications", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 20,No. 2, April 2005
[3] B G Stewart et.al., " Detection and Characterization of Partial Discharge Activity on Outdoor High Voltage Insulation Structures by RF Antenna Measurement Techniques" High Voltage Engineering, 11th International Symposium, Vol. 5, pp188~191, 1999
[4] 조성민, 김재철, 김용성, 이양진, 정범진 "옥외 전력선 통신을 위한 저압 변압기 노이즈에 대한 연구" 2006 대한 전기 학회 하계 학술 대회,A권, pp 127~128, 2006.7