2006년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2006. 7. 12 - 14

옥외 전력선 통신을 위한 저압 변압기 노이즈에 대한 연구

조성민, 김재철, 김용성, 이양진, 정범진*
숭실대학교, *젤라인

A Study of Low Voltage Transformer Noise in Outdoor Power Line Communication

Sung-Min Cho, Jae-Chul Kim, Young-Sung kim, Yang-Jin Lee, B대m-Jin Chung*
Soongsil University, *Xeline

Abstract - The noise is major obstacle element in power line communication. However, because power supply networks are not designed for communication, there are various noise sources. Accordingly, a study of characteristic and cause of noise generated in low voltage transformer is important for outdoor power line communication. In this paper, we measure low voltage transformer noise in 1~30MHz using spectrum analyzer. We analyze cause and pattern of noise considering partial discharge.

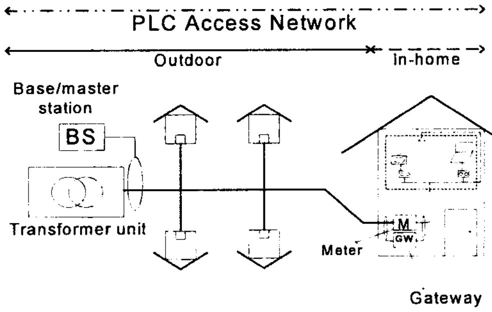
1. 서 론

전력선통신(PLC: Power-Line Communication)은 전력선을 통신채널로 사용하는 통신 시스템으로써 별도의 추가비용 없이 통신망의 구성이 가능하고, 전력선이 연결된 곳이라면 어디서든 통신이 가능하다는 장점들 때문에 PLC 통신에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 상태이다. 이러한 장점을 활용하여 가전사의 경우 댁내의 디지털 가전기기들 간의 홈 네트워킹 솔루션으로 PLC를 사용할 수 있다. 또한 전력회사의 경우 전력선 통신을 이용하여 원격 자동검침(AMR: Automatic Meter Reading), 전력품질 관리, 배전자동화(DAS: Distribution Automation System)등에 활용하고 인터넷 서비스 제공자의 경우 일반인들을 상대로 인터넷 접속, 전력선 전화(VOPL: Voice Over Power Line), 홈오토메이션 및 보안 서비스 등을 제공할 수 있다. 그러나 전력선은 통신을 위해 설치된 것이 아니기 때문에, 전력선상의 Impedance mismatching으로 인한 신호 감쇠와 다양한 기기들에 의한 노이즈가 있다. 이러한 노이즈는 댁내에서의 가전기기 등의 부하에 의한 노이즈와 옥외의 배전 설비 및 차폐되지 않은 선로에 의한 노이즈 등을 들 수 있다. 이러한 노이즈는 전력선 통신의 장애 요소이기 때문에 그 특성 및 원인에 대한 연구는 큰 의미를 갖는다. 본 논문에서는 옥외의 전력선 통신을 위하여 저압 변압기에 의해 발생하는 노이즈의 특성 및 원인을 분석하기 위해 변압기를 실험실에 설치하고 Spectrum Analyzer를 이용하여 고속 전력선 통신의 주파수 대역인 1~30㎒에서의 노이즈를 측정 하고 변압기의 부분방전과 같은 특성을 고려하여 노이즈의 원인과 특성을 연구하였다.

2. 본 론

2.1 옥외 전력선 통신

일반적인 옥외 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.



<그림 1> 옥외 전력선 통신 구조

2.2 변압기 부분 방전

2.2.1 부분방전

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 설계시 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.

2.2.2 부분방전 검출

부분방전의 검출 기법에는 전기적 검출법, 초음파 검출법, 기계적 검출법, 화학적 검출법, 전자파 검출법 등이 있다. 본 논문에서는 전자파 검출법으로 부분 방전을 검출하고자 한다.

전자파 검출법은 감도 및 신호/잡음비의 관점에서 우수한 고주파 안테나 센서를 부분방전의 검출에 이용하는 방법이다. 부분방전에 의한 전자파의 스펙트럼은 방전전류의 상승시간 및 하강 시간이 2[ns]이하의 펄스이므로, 수백[Mhz] 이하에서는 거의 평탄하다.

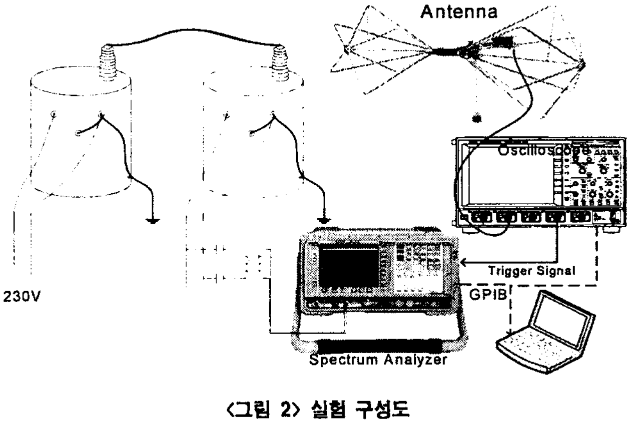
3. 실 험

3.1.1 실험 구성

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 위해 안테나를 oscilloscope에 연결하여 일정 신호한 크기 이상의 신호 검출 시 트리거 신호를 spectrum analyzer에 전달 되도록 연결 하였다. spectrum analyzer는 트리거 신호를 받으면 커플러를 통해 1~30㎒ 대역에서의 spectrum를 측정하였다. 실험을 위해 사용된 장비의 세부 사양은 아래의 표와 같다.

<표 1> 실험 장비 세부 사양

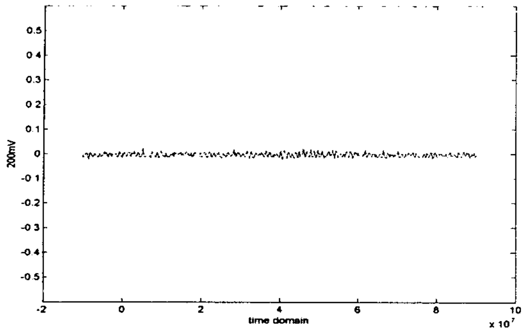
장비명	제조사/모델	주요 성능
Oscilloscope	Lecroy / Waverunner LT342	500 MHz @ 50 Ohm
Spectrum Analyzer	Agilent Technologies / ESA-E Series E4401B	9 KHz - 1.5 GHz
Antenna	EMCO	Frequency Range: 20 MHz to 200 MHz



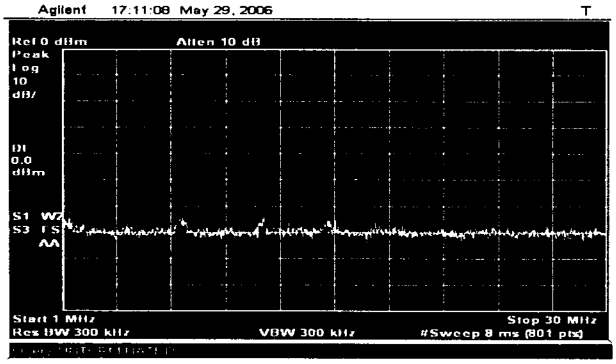
<그림 2> 실험 구성도

3.1.2 전원 인가 후 부분 방전 신호 미 검출 시

전원을 인가한 후 안테나에서 부분 방전 신호가 검출 되지 않았을 상태의 안테나 신호와 Spectrum Analyzer의 노이즈를 측정한 결과는 <그림 3>과 <그림 4>와 같다. 이것은 white noise와 변압기에 의한 순수한 노이즈로 볼 수 있다.



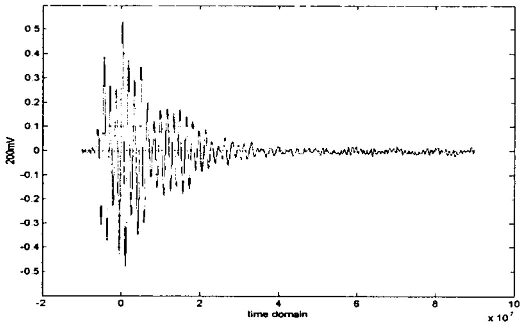
<그림 3> 전원 인가 시 Antenna Signal



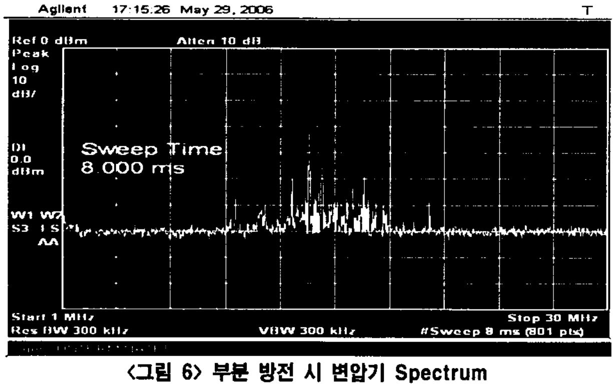
<그림 4> 전원 인가 시 Spectrum

3.1.3 전원 인가 후 부분 방전 신호 검출 시

전원 인가 후 안테나에 <그림 5>와 같은 신호가 수신 되었을 때 변압기에서 나오는 spectrum은 <그림 6>과 같다. <그림 5>는 변압기에서의 부분 방전에 의한 전자파 발생으로 안테나에 수신된 신호이다. 이때의 변압기에서 나오는 1~30㎒의 스펙트럼을 측정한 것이 <그림 6>이다. 이 spectrum은 위의 <그림 4>의 spectrum과 비교하면 변압기의 부분 방전에 의한 순시 노이즈로 볼 수 있다.



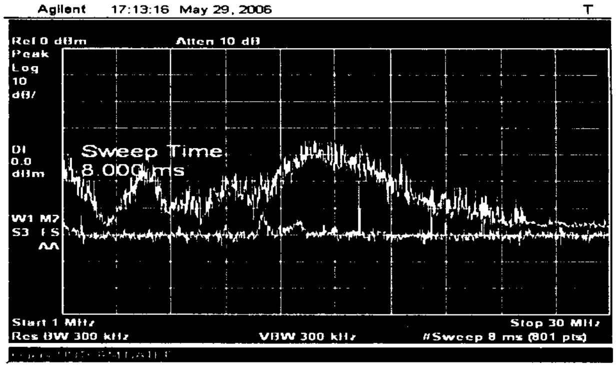
<그림 5> 부분 방전 시 안테나 수신 신호



<그림 6> 부분 방전 시 변압기 Spectrum

3.1.4 일정 시간 동안의 노이즈 spectrum

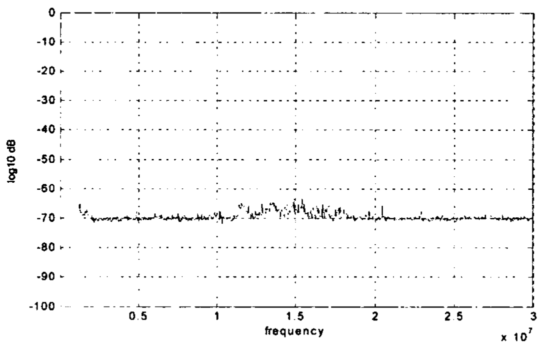
<그림 7>의 상단의 신호는 약 30초간의 부분 방전에 의한 변압기에서 나오는 spectrum의 maximum 값을 표시한 것이다. 부분 방전에 의한 impulsive noise는 1~24㎒대역에서 비주기적으로 발생하는 것을 알 수 있으며 noise의 maximum 값은 주파수 대역에 따라 다르게 나타나는 것을 알 수 있다.



<그림 7> 일정 시간 동안의 maximum spectrum

3.1.5일정 횟수 동안의 평균 노이즈 spectrum

부분 방전에 의한 순시의 spectrum의 값들을 20회 측정하여 그 평균 spectrum을 계산한 것이 <그림 8>과 같이 나왔다. 평균에 의해 크기는 감소하였지만 12~18㎒에서 다른 주파수 대역에 비해 빈번하게 노이즈가 검출되는 것을 알 수 있다.



<그림 8> 일정 횟수 동안의 average spectrum

4. 결 론

본 논문에서는 옥외 전력선 통신에 문제 요소가 되는 변압기로부터 발생되는 노이즈에 대해서 연구해 보았다. 변압기에서 발생하는 노이즈는 일정한 크기를 갖는 노이즈 보다는 비주기적인 impulsive noise가 발생하는 것을 알 수 있었다. 또한, 변압기의 부분방전이라는 특성을 고려하여 안테나를 이용한 전파에 의한 부분 방전 검출법을 활용하여 부분 방전에 의한 변압기의 impulsive noise를 측정 할 수 있었다. 이 부분 방전에 의한 노이즈는 <그림 7>과 같이 여러 주파수 대역에서 발생하는 것을 알 수 있었고 <그림 8>에서 노이즈의 주파수가 12~18㎒에서 좀 더 빈번 하게 발생하는 것을 알 수 있었다. 부분 방전의 원인은 여러 가지가 있고 그중 변압기의 열화에 의한 것도 원인이 되므로 실제 설치 운용 중에 있는 많은 변압기들의 부분방전에 의한 노이즈의 발생 빈도는 각기 다를 것이다. 또한 이러한 비주기 적이며 순간적으로 발생하는 impulsive noise는 그 예측이 어렵고 옥외 전력선 통신에 많은 error를 발생하게 된다. 차후에는 이러한 변압기에서 발생하는 노이즈를 저감하기 위한 필터에 대하여 연구가 계속 진행될 것이며 본 논문의 노이즈 자료는 많은 도움이 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 산업자원부의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

[1] 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

[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] H. Hrasnica, A. Haidine, R. Lehnert, "Broadband Powerline Communications Network Design", WILEY