

고압전력선 통신 채널 특성 측정 시스템 개발

이재조, 이원태, 오휘명, 김관호, 이대영\*  
한국전기연구원, \*경희대학교

Development of channel characteristics measurement system  
for Medium Voltage Power Line Grid

Jae-Jo Lee, Won-Tae Lee, Hui-Myoung Oh, Kwan-Ho Kim, Dae-Young Lee\*  
Korea Electrotechnology Research Institute, \*Kyung-Hee Univ.

Abstract

In this paper, we show the channel characteristics measurement system the frequency range up to 30MHz for medium voltage Power Line Grid. Power line channel characteristics are investigated by means of various measurement instruments. Measurement system consists of medium voltage coupler, impedance measurement part, noise measurement part, voltage sensing part and communication part. Measured data will be used for PLC channel modeling and PLC network system design.

1. 서 론

전력선통신은 기존의 전력선을 통신매체로 사용하여 데이터 통신을 수행하는 것으로 주로 450kHz이하대역의 저주파를 사용하는 방법이 많이 사용되었다. 그러나 1990년대 들어 디지털 정보통신기술의 급격한 발전과 함께 이러한 기술을 전력선통신 기술에 적용하기 위한 시도들이 있어왔으며 현재 그 상용화를 앞두고 있다. 국내 전력선 통신기술은 과거 전력회사용으로 많이 개발 사용되었으며, 현재 30MHz이하 대역으로 주파수가 확장되는 세계적인 추세에 따라 고속 전력선 통신 시스템의 개발이 진행되고 있다.

전력선통신 시스템 개발은 보통 채널환경 측정, 채널 모델링, 시스템 디자인, 모의시험, 칩셋개발 그리고 시제품 개발을 통하여 전력선 모델 및 시스템을 개발한다. 그리고 전력선 채널 환경측정 기술은 이러한 제품개발 뿐만 아니라 전력선환경에 대한 이해정도를 높여 전력선 네트워크 설계 및 엔지니어링 그리고 시스템 구축에 필수적인 기술이다. 그러나, 현재 국내실정은 모델 개발을 위하여 많은 업체가 채널환경에 대한 이해부족에서 수많은 시행착오와 연구개발 기간이 소모되고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 22.9kV의 고압배전선을 전력선 통신매체로 사용하기 위한 기초연구로서 고압배전선의 전력선통신 채널 특성을 자동측정하기위한 시스템을 개발하였다. 측정 시스템은 측정 단말장치와 중앙처리 데이터 베이스로 구성되어 있으며 한국전기연구원 전기시험연구소의 체계사 고압배전선로 실증시험장의 5개 지점에 설치되고 중앙처리장치는 채널데이터를 수집하고 처리하기위하여 DBMS와 GUI시스템으로 구성되어 있다.

측정 단말 장치는 고압 신호결합장치, 임피던스 측정부, 잡음측정부, 전압측정부 및 통신인터페이스부로 구성되어 있다. 측정된 데이터는 ADSL 인터넷망을 통하여 데이터 베이스 서버로 전송되어 저장된다. 저장된 데이터는 채널 모델링 분석기법에 의하여 처리된다.

본 연구의 결과는 고압배전선로에 대한 이해 정도를 높이며, 전력선 모델 기술개발과 전력선 가입자망 서비스 기술개발에 핵심적인 기술로 이용될 것이다. 또한 각종 핵심기기는 저압전력선 채널특성 측정 장치로도 활용 가능하다.

2.1 시스템 구성

고압배전선의 채널 특성 측정시스템은 그림1과 같이 전체 시스템이 구성된다. 측정 시스템은 22.9kV, 청계-덕장지선에 설치된 측정 단말과 ADSL 인터넷 접속망을 통하여 데이터를 획득하고 처리하는 중앙서버로 구성되어 있다.

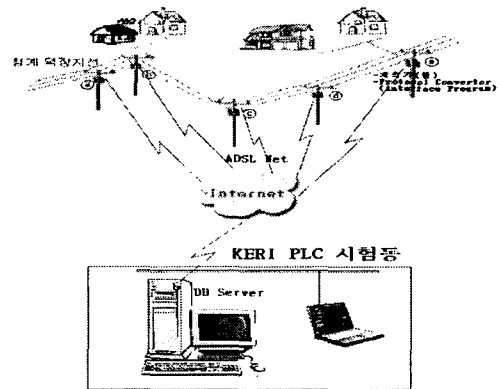


그림 1. 채널 특성 측정 시스템 구성도

고압배전선로 실증시험장의 구성도는 그림2와 같으며, A지점부터 E지점까지 4개구간으로 구분되어 설치되어 있다. 각 지점에는 고압 신호결합장치가 고압배전선로에 접속되어 전송신호의 송수신이 가능하다. 그리고 A지점과 D지점 구간은 3상 선로형태이며, D지점과 E지점은 단상선로 구간이다. 3상 선로구간은 Wire-to-Wire 전송 시험과 Wire-to-Ground 전송특성시험이 가능하다. 특히 B지점과 C지점은 중간에 약160m의 지중케이블 선로로 구성되어 있어 가공지선외에 지중선에 대한 전송특성을 시험할 수 있다.

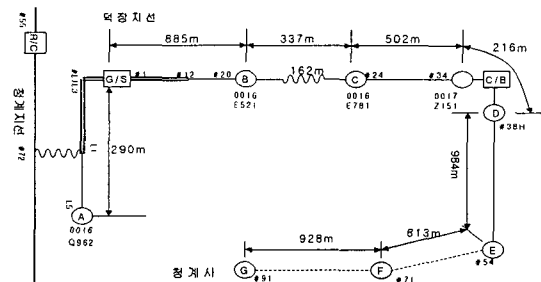


그림 2. 고압배전선로 실증시험장 구성도

2.1.1 고압 신호 결합장치

2. 본 론

고압 신호결합장치는 고압 커플링 커패시터와 드레인 코일 그리고 보호회로 및 임피던스 매칭 트랜스포머로 구성된다. 고압 커플링 커패시터는 광대역 신호결합특성을 가지며 드레인 코일과 함께 일체형으로 개발되었다. 고압커플링 커패시터는 신호전달특성과 함께 그 신뢰성이 중요하며 본 연구에서 사용한 시제품은 내압시험, RIV(Radio Influence Voltage)시험 등을 통과한 것으로, 고압 배전선로 테스트베드에서 6개월 이상 신뢰성을 검증한 부품을 사용하여 실증시험선로에 설치하였다.

그림 3은 신호결합장치의 전체 블록 다이어그램이다. 전력선 통신 기기 및 측정 장치가 너 서지와 기타 유도 전압에 노출되어 있으므로 이에 대한 대책으로 서지보호 회로를 통하여 신호가 결합되도록 하였다.

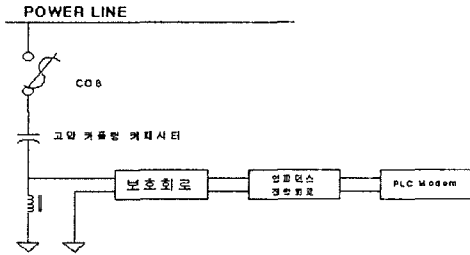


그림 3. 고압 신호 결합장치

그림 4는 실증시험장에 설치된 신호결합회로의 현장사진이다. 상단완금에 설치된 것은 COS(Cuf Off Switch)로 1A급 퓨즈를 내장하여 1차 보호회로로 사용하였다. 그리고 하단완금밴드에 설치된 것은 고압커플링 커패시터와 드레인 코일이 내장된 일체형 신호결합장치이다. 그림 5는 커플링 커패시터에 연결된 보호회로와 임피던스 매칭 트랜스포머를 나타내고 있다.

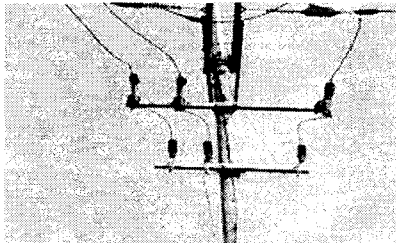


그림 4 신호결합회로 설치사진

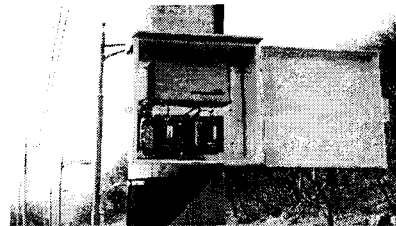


그림 5 보호회로 및 임피던스 매칭부

### 2.1.2 임피던스 측정부

전력선의 고주파 임피던스는 배전선의 전류와 전압에 따라 시변적인 것으로 알려져 있다. 특히 1MHz - 30MHz대역에서의 임피던스 특성에 대한 실증 데이터를 측정할 수 있는 현실적인 대안이 없는 실정이다. 본 연

구에서는 이러한 가변적인 임피던스에 대한 특성을 필드에서 실시간으로 측정하기 위하여 임피던스 측정 장치 [표 2]를 개발하였다.

표 2. 임피던스 측정부 장치 세부사양

항목	세부 항목	사양
장치사양	주파수범위	1MHz - 30MHz
	신호레벨	P P 2V
	출력임피던스	50 Ohms
측정사양	통신방법	RS232
	주파수 분해도	1kHz
	SWR 측정범위	1:1 to 1:25
	임피던스 측정범위	0 to 999 Ohms

### 2.1.3 잡음 측정부

전력선 통신은 시변적인 잡음특성에 대한 기본적인 모델링이 필요하며 본 연구에서는 잡음특성을 실시간으로 측정할 수 있도록 휴대형 스펙트럼 분석기[표 3]를 각 측정 단말에 설치하여 사용한다.

표 3. 잡음 측정부 장치 세부사양

항목	세부 항목	사양
장치사양	주파수범위	100kHz - 2060MHz
	사용모드	N-FM/W-FM/AM/SSB
	채널메모리	10Bank x 160ch
	통신방법	RS232
측정사양	주파수 정확도	±25ppm
	레벨측정	0 to 40dB $\mu$ V
	입력임피던스	50 Ohms

### 2.1.4 전류, 전압 측정부

전류, 전압 측정부는 전력선의 60Hz 전력에 대한 가변 측정하기 위한 것으로 주상변압기 2차측과 1차측에 설치하는 것으로 구분된다. 주상변압기 2차측에는 각 측정 장소에 전압 측정장치를 설치하여 데이터를 수집한다. 또한 주상변압기 1차측에는 MOF(계기용 변압/변류기)를 설치하여 고압배전선에 대한 전류, 전압의 변동치를 측정한다.

이러한 전류, 전압 측정 데이터는 임피던스 및 잡음특성과의 상관관계를 알아보기 위한 것으로 측정의 동시성이 요구된다. 세부사양은 표 4와 같다.

표 4. 전류 전압 측정부 세부사양

구분	세부항목	사양
MOF	상 및 전식	3P 4W
	1차선간전압	22900V
	2차선간전압	190V
	변압기 정격부담	3 x 25VA
디지털 파워메터	Voltage	50V - 250V
	Current	1A - 5A
	Frequency	15Hz - 80Hz
	Power factor	0.2 - 0.1
	Load	Normal
	Real Power	0.2kW - 1.0kW

### 2.1.5 통신 인터페이스부

통신 인터페이스부는 각 측정부의 시리얼 인터페이스 포트에서 출력되는 데이터를 원격의 중앙 데이터 처리 서버로 ADSL 인터넷망을 통하여 전송할 수 있도록 해주는 장치이다. 통신 인터페이스부는 시리얼입력, 이더넷 출력이 되도록 하며 ADSL모뎀은 고정 IP를 할당받아 중앙 데이터 처리 서버에서 직접 폴링 할 수 있도록 하였다. 인터페이스부의 주요 개발사양은 표5에 나타내었다.

표 5. 통신 인터페이스부 세부사양

세부 항목	사양
Processor	TS87C54X2(ATMEL)
Memory	ROM[64K],RAM[32K]
Interface	UART/TTL, Ethernet
NIC	RTL8019AS
Protocol	TCP/UDP/IP/ICMP
Configuration	Ethernet(TFTP)
TCP transfer rate	sink- 137kbps(1.1Mbps) practical - 94kbps(750kbps)

2.1.6 중앙 데이터 처리 서버

중앙 데이터 처리 서버는 분산된 측정부의 데이터를 집중관리 및 처리하기 위한 장치로 실시간 통신과 데이터베이스관리 시스템이 기본 기능이다. 서버의 주요사양은 표 6과 같다.

표 6. 중앙 데이터 처리 서버 세부사양

세부 항목	사양
Processor	Xeon 700MHz x 2
Memory	512MB ECC SDRAM
Cashe	1024Kbyte
HDD	36.4GB
Operation system	MS Winows 2000 server
DBMS	MS SQL server 2000
Development Language	MS Visual Basic , C++

2.2 전송특성 실험결과

그림 6은 A지점에서의 잡음측정 데이터를 나타내고 있다. 고압배전선로는 HF라디오와 아마추어 라디오의 주파수에 대한 안테나 역할을 수행하여 그림에서 보는 바와 같이 전력선 통신에 대한 잡음성분으로 나타난다.

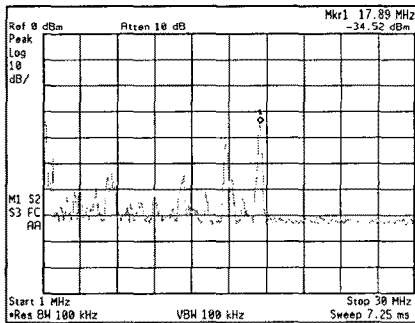


그림 6. 잡음측정 데이터

표 7에 HF 주파수 밴드에 대하여 이미 사용 중인 주파수에 대하여 정리하였다.

표 7. AM 방송과 아마추어 무선 주파수

Band	Frequency range	중심 주파수	Bandwidth
AM 방송	0.15 to 1.71	1.1	2
HAM 160 Meter	1.8 to 2.0	1.9	0.2
HAM 80 Meter	3.5 to 4.0	3.75	0.5
HAM 40 Meter	7.0 to 7.3	7.150	0.3
HAM 30 Meter	10.1 to 10.15	10.125	0.05
HAM 20 Meter	14.0 to 14.35	14.175	0.35
HAM 17 Meter	18.068 to 18.168	18.118	0.1
HAM 15 Meter	21.0 to 21.45	21.225	0.45
HAM 12 Meter	24.89 to 24.99	24.94	0.1
HAM 10 Meter	28.0 to 29.7	28.85	1.7

그림 7은 고압배전선로의 임피던스 특성에 대한 측정결과이다. 임피던스는 수 옴에서 수 백옴까지 주파수별,시

간별 그리고 위치별로 다른 값을 나타낸다. 본 연구에서는 이러한 변동량을 대용량 데이터베이스에 저장하여 분석 처리하는 시스템을 구축하고자 한다.

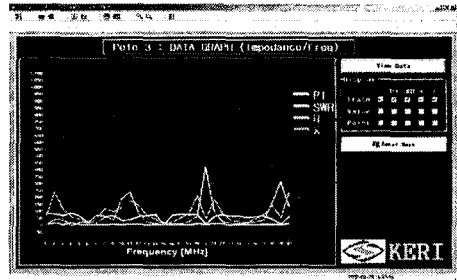


그림 7. 고압배전선로 임피던스 특성

그림 8은 E지점과 D지점사이의 전송손실 특성을 나타낸 결과이다. E지점에서 신호발생기로 20dBm의 신호를 1MHz에서 31MHz까지 40초이상의 스위칭시간을 주며 고압선에 주입한후 D지점에서 스펙트럼 분석기로 측정된 감쇄량 특성 그래프이다. 약 40dBm이상의 감쇄량을 보이고 있다. 앞으로 고압배전선로용 증폭기와 중계기 설계를 위한 기초데이터 활용가능하며 통계적인 전송선로 감쇄량 측정을 위한 시스템을 개발하고자 한다.

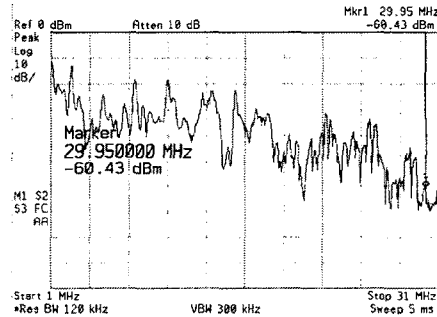


그림 8. E지점과 D지점 전송손실 특성

3. 결 론

본 논문에서는 고압배전선로용 전력선통신 가입자망을 구축하기 위한 기초연구로 고압배전선로의 통신채널특성을 측정하고자 자동측정시스템을 개발하고 구축하였다. 구축된 시스템은 고압배전선로의 채널특성을 장시간에 걸쳐 측정 할 수 있도록 자동화된 측정 장치와 통신시스템으로 구성되어 원격에서 데이터 저장 및 각 세부 측정 시스템을 제어할 수 있다.

앞으로 이 시스템의 측정결과는 고압배전선로에 대한 채널 모델링과 전력선 모델 개발에 활용될 것이다. 또한 본 연구에서는 고압 배전선로에 대한 임펄스 응답특성에 대해서도 연구를 계속하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이세조,이원태,김관호,김요희, "전력선 가입자망을 위한 배전선용 커플러 개발에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, D권, pp. 3100 3108, 2000.07
- [2] Holger Philips, "Performance measurements of powerline channels at high frequency", International Symposium on power line communications and its applications(ISPLC'98), pp. 229 - 237,1998