

Narrowband Channel Automatic Measure Device of Carrier Communication and Its Application

XU Sheng, YI Hao-yong, LIU Zhu, CAI Shi-long

(State Grid Electric Power Research Institute)

E-mail: xusheng@sgepri.sgcc.com.cn

Abstract: Use 10 kV medium voltage power line to carry out high-speed data transmission has become a hot spot, but the power line channel is complex, and the traditional measure method is complicated. This article describes the automatic measure device of narrowband channel characteristic for carrier communication, using the virtual instrument method can greatly enhance the efficiency of channel measurements, the results of measurement in the chart and text format are stored in the PC automatically, and the practical effect of the device is verified by the measurement on the actual line.

Keywords: medium voltage, carrier, channel, automatic measurement

载波通信窄带信道自动测量装置及应用

许 盛, 易浩勇, 刘柱, 蔡世龙

(国网电力科学研究院, 江苏南京 210003)

E-mail: xusheng@sgepri.sgcc.com.cn

【摘要】利用10 kV中压电力线进行高速数据传输的研究已成为国内外相关研究机构的热点,但电力线信道情况复杂,采用传统测量方法较麻烦,本文描述了载波通信中窄带信道的自动测量装置,运用基于虚拟仪器的方法可以较大提高信道测量效率,测量结果以图表和文本的格式在PC上自动存储,并通过实际线路的测量实验验证该装置的实际效果。

【关键词】中压; 载波; 信道; 自动测量

1 引言

电力线数据通信技术(PLC),是一种利用中、低压配电网作为通信介质,实现数据、语音、图像等综合业务传输的通信技术,不仅可以作为解决宽带接入

“最后1 km”的有效手段,而且可以为电力负荷监控、远程抄表、配用电自动化、需求侧管理、企业内部网络、智能家庭以及数字化社区提供高速数据传输平台。根据国家标准规定,将3KHz~500KHz频带范围作为电力线载波通讯的使用频段。

电力线设计的初衷是传递频率为50Hz工频电力信号,将其功能扩展到语音或者数据信号传输时将面临复杂的电磁环境,所呈现的是一种高噪声、强衰减、负荷变化剧烈、阻抗变化大、频率响应不平坦等恶劣性能,因此要实现可靠的电力线数据传输,必须针对电力线信道特性的研究。

2 载波窄带信道特点和模型

研究电力线网络信道模型,通常使用多径传输模型方法,电力线上的信号衰减随频率增长有增加的趋势,并且频率越高传输线效应越明显,发生谐振的可能性越大,导致在某些频率下衰减会迅速增加。同时,电力线上的多径效应类似于无线空间信道,差别在于前者的多径传输的路线是有限的,因此,可以认为电力线是一个频率选择性的多径信道。在建立模型时,参照瑞利信道,并适当化简,可得到传输函数:

$$H(f) = \sum_{i=1}^N \alpha_i \exp[-(\eta_0 + \eta_1 f \varepsilon) l_i] \exp(-j2\pi f \frac{l_i}{v_p})$$

式中 i 为多径分量号, η_0 和 η_1 为线路衰减系数; ε 是

衰减因子; v_p 为传播速度; l_i 为第*i*条分径的长度。

除了因线路衰减和多路传输所造成的信号失真外,噪声是影响电力线数据可靠通信的最关键因素。和其他信道不同的是,电力线信道有着较为复杂的噪声环境,它的网络结构复杂,连接的负载众多且经常发生变化,因此作用于它的噪声不能简单归结为加性高斯白噪声(AWGN)。

如图1所示,现有的电力线信道模型是基于传递函数和外加干扰和噪声,中压电力线网络的分支多,负载情况复杂,线路阻抗会随距离、频率、时间而变化,且变化范围大,一般在几十欧姆至几百欧姆之间,基于信道模型分析时,网络阻抗加在发射端,因此需要在两个方向进行单独分析。

中压电力线信道有着较为复杂的噪声环境,它的网络结构复杂,连接的负载众多且经常发生变化,因此作用于它的噪声不能简单归结为加性高斯白噪声(AWGN)。

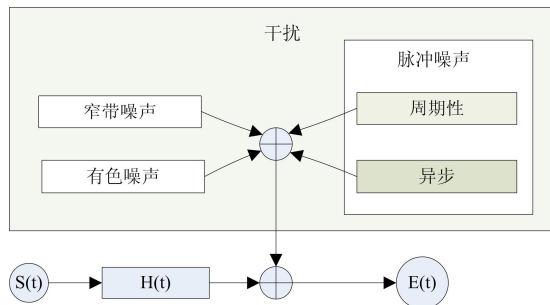


Figure 1 The existing channel model

图 1 现有的信道模型

电力线主要噪声有: 1) 有色背景噪声 2) 窄带噪声 3) 与工频异步的周期性脉冲噪声 4) 与工频同步的周期性脉冲噪声。中压电力线平均噪声功率在-60~-70dBm/Hz左右。其中,由多种低功率噪声的叠加而成的有色背景噪声功率一般在-60~-70dBm/Hz之间,在一些频段可低于-80dBm/Hz,其整体随频率增高而减弱,且功率谱变化较慢,一般为分钟甚至小时量级;主要由通信带宽内的广播电台等其它无线通信信号造成的窄带噪声,平均占用2k~4kHz的带宽,功率较高,较背景噪声高出约30~50dBm/Hz,该类干扰一般长时稳定存在;对通信效果影响最大的是脉冲噪声,该类噪声随机产生,持续时间很短,一般为几十或者几百

毫秒,绝大部分功率高于背景噪声10~30dBm/Hz,当冲激噪声发生时,噪声频段内的数据传输将可能出现严重的突发性误码。

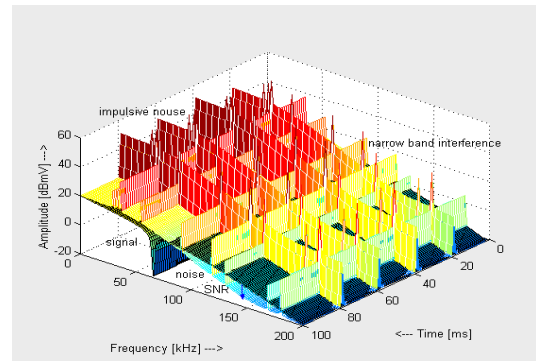


Figure 2 Typical channel

图 2 典型信道

图2是信道特性的典型测试结果,从中可以看出两个特点: 1) 总体噪声水平随着频率增加而降低; 2) 噪声水平基本上不随时间变化。

由于电力线载波信道网络结构复杂,噪声环境复杂,因此需要有便捷的方法进行信道性能的测量工作。

3 一般载波窄带信道测量方法

在我国,由于电力线线路分布和负载情况更为复杂,干扰相对较强,电力线组网通信所面临的物理层环境比较复杂和恶劣。因此在实际的电力线上进行载波通信时,需要对通信信道进行具体测量,目前通常采用的测量方法如图3所示:

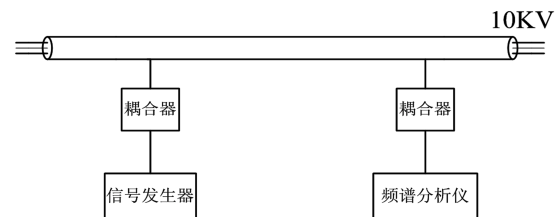


Figure 3 Measurement of the traditional carrier channel

图 3 传统载波信道测量方法

信号发生器发出的扫频信号通过耦合电路进入电

力线，在测试的另一端通过耦合器直接进入频谱分析仪。

在实际的电力线上进行载波通信应用时，需要对通信信道进行具体测量，但由于电力线载波信道网络结构复杂，噪声环境复杂，使用传统测量方法的缺点非常明显：当线路网络结构比较复杂时，测量的工作量需要大量仪器设备，测量时间较长且测量结果需要后期人工进行大量的处理和分析。对电力线信道性能的无法进行快速、准确地测量一定程度上限制了电力线数据通信技术的应用。

4 载波窄带信道性能测量装置

传统的电力线信道测量方法需要使用信号发生

器、频谱分析仪等仪器，操作较为繁杂，测量每条线路所用的时间较长，当线路网络结构比较复杂时，测量的工作量将非常大。

电力线载波通信信道性能自动测量装置包含电力线载波模拟前端模块、模拟/数字转换模块(A/D)、数字/模拟转换模块(D/A)、中央处理器(CPU)、同步动态随机存取存储器(SDRAM)、数字信号处理器(DSP)、RS232串行接口模块。

由电脑(PC

)、电力线载波通信信道性能自动测

量装置、耦合器以及相应软件共同完成测量工作，首先在待测线路起止端分别安装耦合器，并连接耦合器、电力线载波通信信道性能自动测量装置和电脑(PC)由电脑(PC)上安装的数字信号处理器(DSP)应用软件通过RS232串行接口模块进行测量参数设置，设置

内容包括：①主、从测量装置的选择设置；②测量频率范围设置；③测量项目内容设置；④测量结果输出路径设置。

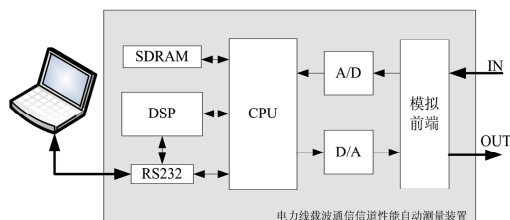


Figure 4 Hardware of carrier channel automatic measure device

图4 载波信道自动测量装置硬件结构

接着由电脑(PC)控制电力线载波通信信道性能自动测量装置开始自动测量工作，主测量装置中的DSP模拟信号发生器的动作发送标准待测信号，通过CPU、数字/模拟转换模块(D/A)到模拟前端模块，模拟前端模块对标准待测信号进行放大，经耦合器发送到线路上，从测量装置中的模拟前端通过耦合器检测到主测量装置发送的待测信号，此时该信号就带有了信道性能的信息，信号经模拟数字转换(A/D)和CPU，到达DSP，DSP对该信号进行处理分析，并将结果通过RS232串行接口传送给PC，PC通过应用软件将测试结果以图形和文本的形式输出。

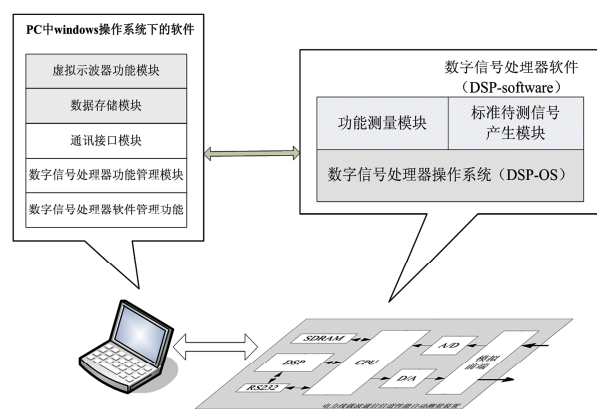


Figure 5 Carrier Channel automatic measuring device software architecture

图5 载波信道自动测量装置软件结构

软件由两部分组成：DSP嵌入式软件和PC应用软件。DSP嵌入式软件由实时操作系统和信道检测分析软件组成，可由PC应用软件控制，并将分析结果输出给PC应用软件，PC应用软件实时接收分析结果，并在PC窗口以虚拟示波器的形式显示，并将结果以图形和文本的格式存储于预先设置好的硬盘路径中。

5 载波窄带信道性能测量装置的应用

采用如图6所示的自动测量技术可以较好地解决载波窄带信道性能的测量工作。

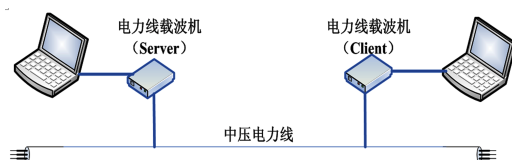


Figure 6 automatic measurement connection

图 6 自动测量连接方式

该技术的实现基本原理是：应用电力线载波机内的 DSP 模拟信号发生器和频谱分析仪等仪器，发送方通过耦合设备将信号发送到电力线载波信道上，接收方通过耦合设备从载波信道上接收信号，并进行相应的分析。如图 6 所示，针对单一点的点对点连接，两台电力线载波机分别作为服务端（Server）和客户端（Client），通过耦合设备与中压电力线相连，同时通过 RS232 接口与 PC 机相连接，PC 机控制电力线载波机完成信道性能自动测量，测量结果自动保存为 txt 文本和图表。使用时只需要在客户端(Client)操作即可完成多项的测量，通常完成一次自动测量只需要几分钟时间。

图 7 为窄带信道内多次测量峰值噪声的平均值频谱分析结果，峰值噪声由虚拟示波器在窄频带范围内进行测量，并由虚拟示波器在 PC 上显示测量结果，图 5 的测量结果可以验证前面所提到中压载波窄带信道总体噪声水平随着频率增加而降低的特点。

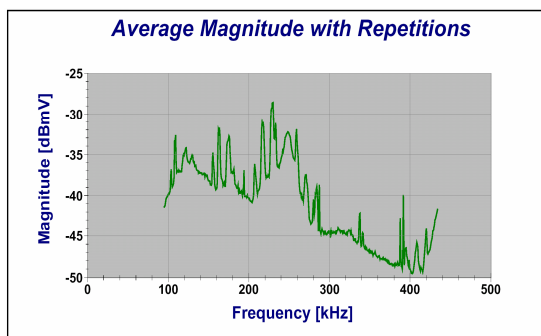


Figure 7 the average noise spectrum analysis

图 7 噪声平均值频谱分析结果

图 8 为窄带信道信噪比分析结果，最上面的曲线为传输信号频谱，中间红色部分为噪声最大值，最下方的绿色部分是噪声平均值，图 8 是实验室两台载波机直接连接的分析结果，这是最理想的信道条件，此

时信道衰减为 0，从图中可以看出窄带信道内的信噪比条件达到最佳。

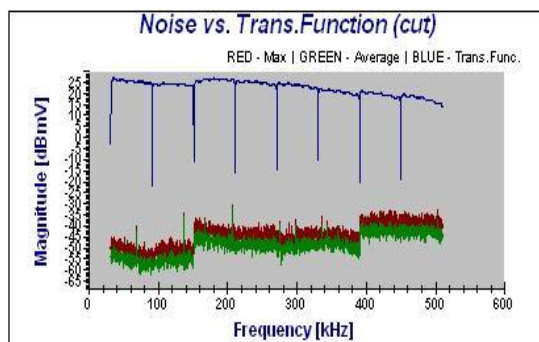


Figure 8 SNR analysis

图 8 信噪比分析结果

为了真实地得到窄带信道性能自动测量技术的实际应用结果，在上海闵行区景舒苑 5 号配电房和景舒苑 1 号配电房之间的一段 10KV 配电线路上进行实际测量，线路长 688 米，在景舒苑 5 号和景舒苑 1 号分别安装耦合设备和电力线载波机，如图 6 所示连接。设置景舒苑 5 号的电力线载波机为服务端（Server），景舒苑 1 号的电力线载波机为客户端（Client）在客户端操作完成载波窄带信道的自动测量，整个测量时间约 9 分钟。

图 9 是景舒苑 5 号至景舒苑 1 号 10KV 中压线路的信噪比结果分析图，从图中可以看出信道在 250KHz 左右信噪比较好。测量完成后，使用电力线载波机在该频点处传输数据，可以达到 10.4Kbps 的传输速率。

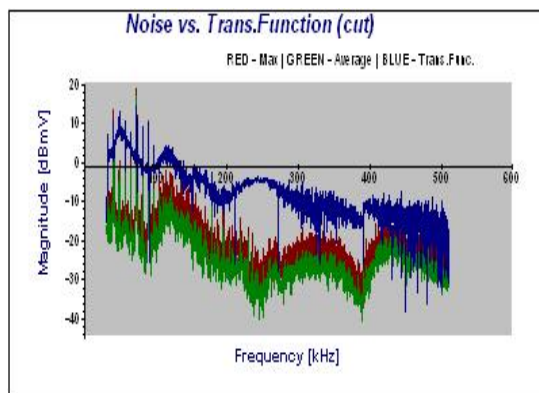


Figure 9 SNR analysis of 10KV line between Jing Shu Yuan 5# and 1#

图 9 景舒苑 5 号至景舒苑 1 号 10KV 线路信噪比分析结果

6 结语

近年来,国内外对中压电力线通信技术在中压配电自动化、城市和农村地区用电信息采集接入等方面的应用研究得到了迅速的发展,研究表明中压电力线载波通信具有独特的优势和很大的发展潜力。但由于线路条件复杂,应用时需要对各载波线路进行大量测量,传统测量方式过于复杂,本文给出的信道性能自动测量装置及技术,可以较大地提高中压载波信道测量效率,测量的数据结果图表化,这些数据结果为日后确定该信道具体模型工作打下基础,同时为中压电力线载波通信频点的选择提供有力的数据支持。

致谢

本文是在国网电力科学研究院南瑞信通公司电力通信事业部载波项目组共同努力下完成的。同事们在软、硬件设计,现场实验都给予了巨大地支持。

另外,我还要特别感谢汪晓岩博士对本文的指导,他为我完成这篇论文提供了巨大的帮助。

同时感谢上海市电力公司松江供电公司对本本文提供了实验支持。

最后,再次对关心、帮助我的领导和同事表示衷心地感谢

References (参考文献)

- [1] Cheng Xiao-rong, Yuan Jin-sha, Hou Si-zu, Kang En-ting, Medium-voltage Access of Broadband PLC and Test and Analysis of Channel Characteristics AUTOMATION OF ELECTRIC POWER SYSTEMS 2005, 29,14
程晓荣, 苑津莎, 侯思祖, 康恩婷, 中压宽带电力线通信接入及信道特性测试与分析, 电力系统自动化, 2005 年 29 卷 14 期
- [2] H.C.Ferreira, H.M.Grove, O.Hooijen, A.J.Han Vinck. Power Line Communications: An Overview[C].IEEE 4th AFRI Conference, 1996, (12):558-563.
- [3] Zhao Yun-feng, Wang Xiao-yan, Xu Li-zhong, Zhao Ming-yu, Noise analysis and modeling of low-voltage power line, Telecommunications for power system, 2003, 24(1):31-34
赵云峰, 汪晓岩, 徐立中, 赵明宇. 低压电力线噪声分析与建模. 电力系统通信, 2003, 24 (1) : 31-34.
- [4] Manfred Zimmermann, Klaus Dostert. A multilipath Model for the Power Line Channel [J]. IEEE Trans. Commun. 2002, 50(4):553-559.
- [5] Soo-Young Jung A Channel Model for Power Line Communication in Home Network [C].Proceedings on the 15th CISL Winter Workshop, 2002, Kushu, Japan
- [6] Majumder, A.Caffery J, Jr. Power line communications: an overview [J].IEEE Potentials, 2004, 23 (4):4-8.