

# 限制低压电力载波通信的因素及解决方法

张金波 张学武 郑雪峰

(河海大学计算机及信息工程学院 213022)

**摘要** 分析了限制低压电力载波通信的因素,提出了几种解决低压电力载波通信的方法。

**关键词** 低压 电力载波通信 电力线传输

## 1 引言

低压电力线载波通信是指利用已有的低压配电线作为传输媒介实现数据传递和信息交换。国外对电力线载波通信技术的研究较早,应用电力线传输信号的最早实例是电力线电话,它的应用范围是在同一个供电线路以内,用电力载波发射机将电信号发送到电力线上,然后用载波接收机将电信号从电力线上滤下来。载波通信技术在 10kV 以上的高压电力线上的技术已经比较成熟,但在低压电力网上的信息传输技术尚未成熟,或者说还未达到完全实用阶段。目前国外多家公司已推出了自己的电力线载波 Modem 芯片,并制定了电力线载波通信适用范围的标准。由于国外电力线载波 Modem 芯片是针对本地区电网特性、电网结构,且一般是针对家庭内部自动化而设计,由于限制低压电力载波通信的因素很多,我国电网特性、电网结构同国外差别较大,因此这些载波芯片在我国很难得到普遍应用。

## 2 限制低压电力载波通信的主要因素

低压电力线是给用电设备传送 50Hz 电能的,利用电力线实现数据传输即采用电力线载波技术。由于电力线本身不是为通信设计的,因此其特性在很多方面难以直接满足载波通信的要求。从通信角度来说,电力线对数据的传输还有一系列技术上的难点。限制低压电力载波通信的主要因素如下:

(1) 配电变压器对电力载波信号有阻隔作用 配电变压器主要实现 50Hz 电能的变换,对高频电力载波信号起阻断作用,通常电力载波信号只能在一个配电变压器区域范围内传送信号。

30dB) 通信距离很近时,不同相间可能会收到信号。一般电力载波信号只能在单相电力线上传输。

(3) 不同信号耦合方式对电力载波信号的损失不同 耦合方式有线-地耦合和线-中线耦合,线地耦合方式与线中线耦合方式相比,电力载波信号少损失十几分贝,但线地耦合方式不是在所有地区电力系统都适用。

(4) 电力线存在本身固有的脉冲干扰 目前使用的交流电为 50Hz,则周期为 20ms。在每一交流周期中,出现两次峰值,两次峰值会带来两次脉冲干扰,即电力线上有固定的 100Hz 的脉冲干扰,干扰时间约为 10ms。

(5) 电力线上存在高噪声 电力线上接有各种各样的用电设备,有阻性的、感性的、容性的,有大功率的、小功率的。各种用电设备经常频繁开闭,就会给电力线带来各种噪声干扰,而且幅度较大。用耦合电感从电力线上耦合下来的噪声一般就在 10mV 以上,而一般传输的数据信号会削减到 1mV,如不采用电力线专用的 Modem 芯片来解调数据信号,通信距离会相当短。

(6) 电力线对载波信号造成高削减 当电力线上负荷很重时,线路阻抗可达  $1\Omega$  以下,造成对载波信号的高削减。实际应用中,当电力线空载时,点对点的载波信号传输可达几公里。但当电力线上负荷很重时,只能传输几十米。

(7) 电力线引起数据信号变形 电力线是一个分布参数网络,不同点、不同时间对数据信号的影响是不一样的。同时电力线是时刻动态变化的,不同时间对数据信号的影响也不一样,这就使发出的规则数据信号经过电力线后,接收到的信号是严重变形、参差不齐的信号。

(2) 三相电力线间有很大的信号损失 (10 ~

(8) 阻抗、信号衰减和干扰是决定通信信道性

能的基本参数 输入阻抗是表征低压电力线传输特性的重要参数。在理想的情况下，当没有负载时，电力线相当于一根均匀分布的传输线。由于分布电感和分布电容的影响，输入阻抗随着载波信号的频率增大而减小。但是，由于负载类型的不同，使不同频率的阻抗变化也不同，甚至不可预测。图 1 用对数绘出了实测的输入阻抗与频率的关系数据。

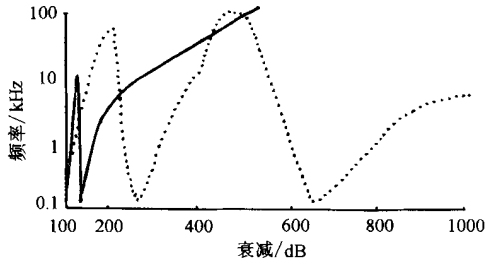


图 1 输入阻抗 - 频率关系图

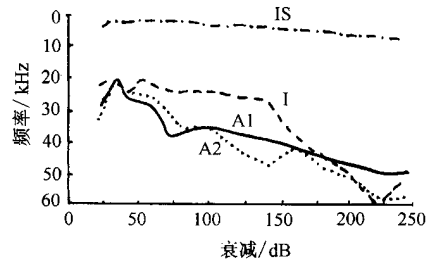
两曲线是在同一个低压电力网的不同地点测得的)

从图 1 中可以看出，电力线的输入阻抗随着频率的变化而剧烈变化。信号输入点的不同对输入阻抗的影响是非常大的。由于低压电力线输入阻抗的剧烈变化，使发射机功率放大器的输出阻抗和接收机的输入阻抗难以与之保持匹配，因此在传输数据时不但有较大的衰减，而且形成功率反射，严重影响通信质量。

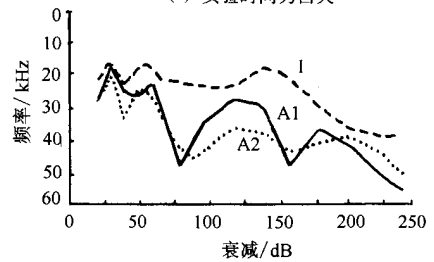
(9) 载波信号的频率是影响电力线特性参数的主要因素 高频信号在低压电力线上的衰减是低压电力线载波通信遇到的又一个实际困难。对高频信号而言，低压电力线是一根非均匀分布的传输线。高频信号在低压电力线上传输必然存在衰减，而这种衰减决定了通信的距离。由于电力线上传输载波信号时存在因阻抗不匹配而产生的发射、驻波等复杂现象，使信号的衰减随距离的变化关系变得非常复杂，有可能出现近距离衰减比远距离衰减大的现象。图 2 为在一个工业建筑内测出的信号衰减与频率之间的关系。

图中 IS 曲线是在近距离(大约 10m)同一相上测得的衰减曲线；I 曲线是在较长距离同一相上测得的曲线；A1 和 A2 曲线表示距离较长且发送机与接收机不在同一相上的信号衰减曲线。将图 2a 中 IS 曲线和 I 曲线进行比较，可见传输距离对衰减的影响是非常明显的，在某些频率，衰减的变化可以超过 50dB。图 2b 为晚上在同一地点测得的衰减曲线。比较 a、b 可见，由于晚上负载较轻，在

同相传输时衰减较小。



(a) 实验时间为白天



(b) 实验时间为晚上

图 2 衰减 - 频率变化曲线

(10) 电力线上的干扰可分为人为干扰和非人为干扰 非人为干扰指的是一些自然现象，如雷电在电力线上引起的干扰；人为干扰则是由连接在电力线上的用电设备产生的，并对数据通信有严重的影响。电力线上的干扰不能简单地认为是可加性的高斯白噪声。

谐波噪声以交流电频率( $f_{AC}$ )的整数倍出现，因此干扰也应存在周期性。图 3 为某一时刻实验室中电力线上的干扰波形。图中显示电力线上的主要干扰是周期性出现的，其出现频率为  $2f_{AC}$ ，而且其幅值比时不变连续干扰大许多。

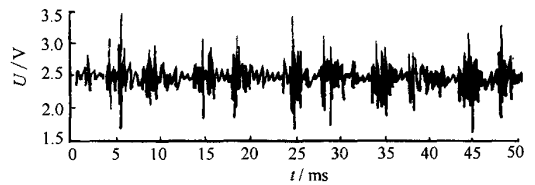


图 3 电力线上的干扰波形

(11) 随机干扰在电力线上普遍存在 高压开关的操作、雷电、较大的负荷变化、电力线上的短路故障等都可以引起随机干扰。这种干扰往往是能量很大的脉冲干扰或脉冲干扰群，持续时间短，但能量集中，频谱也宽。因为它们出现的时间是随机的，因此具有很大的不可预测性。

总之限制低压电力载波通信的因素是多方面

的，低压电力线上的干扰因时而变、因地而变。在不同时刻，干扰的频率、强度各不相同；在不同的电网中，干扰也不相同。即使在同一电网中，不同地点的干扰情况也不相同。这种电力电网干扰的随机性，给电力载波通信带来很大的困难。

### 3 解决低压电力载波通信的主要方法

#### 3.1 反向对称调制法

由于电力线上的干扰存在着周期性、随机性、多样性，且国内电网的区域差别很大，欲完全消除干扰是不现实的。即使在一个电网中的抗干扰相当好，换一个电网很难有同样的效果。反向对称调制法是在发送端同时发送两路互为反向的信号，并对两个频率十分接近的载波进行调制，是利用干扰自身相减来有效地消除干扰，反向对称调制法框图如图 4 所示。

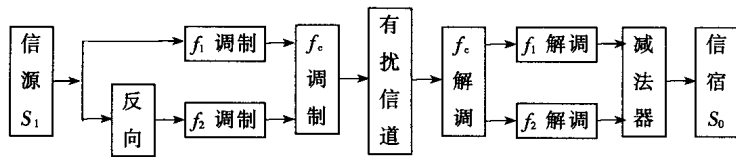


图 4 反向对称调制法框图

两路互为反向的信号同时通过电力载波信道进行传输，在接收端将它们分别解调之后送到减法器相减。由于两路信号互为反向，因此减法器的输出的幅度将变为原来的两倍。如果两路信号在传输过程中遇到的干扰信号完全相同，则经过减法器将被消除。各种人为噪声具有很强的相关性，因此可以通过反向对称调制法有效消除。

#### 3.2 扩频调制法

在目前的电力载波通信中，扩频通信（SSC）技术的应用是解决配电网电力线通信的有效方案。SSC 通信技术用于电力线通信最大的优越性在于它具有抗干扰和抗电力线时变衰减的能力。假设干扰完全落在信号频率范围内，采用窄带信号传输方式时接收端采用滤波方式解调，带内的干扰无法滤除。而采用扩频方式传输信号时接收端采用相关解调方式，由于干扰与信号不相关，故干扰被扩频，最后实际进入信号频率范围的干扰成分变得很小。

采用扩频通信方式，由于信号扩频后占用的频率范围较宽，即使是某一个频率附近有传输零点，其他频率处的信号仍能正确传输。因此，采用扩频方式可以有效地解决电力线干扰噪声与时变衰减问

题。

#### 3.3 软件冗余法

在传输速率要求不高的前提下，采用软件冗余法可提高系统的抗干扰能力，可以提高系统的通信质量。将待传输的“0”和“1”数据调制成两个不同频率的信号，在采用冗余设计中系统的数据发送与数据接收将会出现长时间的连“0”和连“1”的现象。

#### 3.4 硬件二次选频法

电力导线上干扰情况是随机的，不同地点、不同时间的干扰也是不同的。在实际中，由于选频谐振电路中  $L$ 、 $C$  的变化，可能导致谐振频率的漂移，这样在接收端耦合变压器滤出的频率信号中幅值最大的并不一定是发送端发送的频率信号。这个信号段经接收滤波放大电路放大后，信号接收端不能解读此频率的信号，从而不能进行正常的通信。

实际设计中为了在衰减较大的传输线路中实现正确的通信，一方面可以提高发送端的发送功率；另一方面可以采用硬件上的二次选频方法，二次选频结构框图如图 5 所示。

但在实际系统设计中，二次选频部分只能作为备选部分，可以根据实际电路衰减情况选择接入与断开。

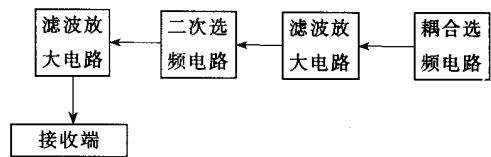


图 5 二次选频结构框图

### 4 结论

尽管限制低压电力载波通信的因素很多，低压电力线载波通信技术必将成为未来几年内新的研究热点，引起世界各国的广泛关注。其诱人之处在于它利用已有的低压电力网作为信息传输的信道，从而不必再进行新的通信网络的投资与建设。低压电力线载波通信的核心问题是载波信号的调制（Modulate）与解调（Demodulate），也即电力载波调制与解调芯片（Modem）。随着低压电力载波通信技术的发展，电力载波通信的速率、传送数据量、抗干扰能力都得到了很大的提高，为电力载波

（下转第 24 页）

统与仿真系统中的其他子系统相协调的实时仿真培训功能。

### 5 结论

作为仿真系统的重要组成部分，基于组态软件 FIX 的学员 SCADA 系统提供了对全系统强大的动态监控。为了最大限度满足数据通信的实时性和可靠性，本文提出了在监控终端与系统数据库之间的两级通信方案，即运用共享内存、同步锁与消息的通信机制通过局域网实现本地终端与服务器的数据通信；借助 FIX 提供的 DDEServer 和 DDEClient 接口，采用 Server/Client 模式的 DDE 通信程序完成本地通信进程与 SCADA 监控画面之间的数据通信，使得整个通信系统处于良好的运行状态。该通信方案很好地满足了仿真 SCADA 系统的要求，并通过了江西省电力公司组织的验收。

### 参考文献

- 1 Jeffrey Richter (美). Windows 高级编程指南 (第三版). 北京: 清华大学出版社, 1999
- 2 Jeffrey Cark (美). 程序员使用指南 (三)——OLE、DDE. 北京: 清华大学出版社, 1994
- 3 马亚龙, 王精业, 郭齐胜等. DDE 通讯在分布式实时仿真软件中的应用. 计算机仿真, 2000 (2)

(上接第 17 页) 通信市场化奠定了物质基础。由于国内芯片制造业的现状，目前在国内应用的全是国外的 Modem 芯片。中国的电网特性、电网结构、居民住宅分布状况决定了电力线载波通信的应用领域等方面与国外有一些不同之处，因此使电力线载波通信 Modem 芯片的瓶颈现象越来越突出，从而使国内电力载波通信市场难以迅速增长，应用中也延缓了用户对低压电力线载波通信技术的认同和接受。目前，已有相关公司正切入这一市场，积极与国外相关公司联系、合作，相信在未来的几年内，就能推出真正适应国内市场需求的电力线载波通信芯片，为载波通信打开通道。

### 参考文献

- 1 高锋, 董亚波. 低压电力线载波通信中信号传输特性分析. 电力系统自动化, 2000 (4)
- 2 贾玉明, 熊共怡. 有线电信传输理论. 北京: 人民邮电出版社, 1988

- 4 张东英, 葛亮等. 500kV 综合自动化变电站仿真培训系统的实现. 电网技术, 2001, 25 (6)
- 5 周建华. 变电站仿真系统中的实时通讯应用研究. 电工技术杂志, 2002 (1)

## The Data Communication Between the SCADA System and the Simulative Training System

Shi Bin

(Southeast University)

**Abstract** The 100M Ethernet network contributes to the communication between the SCADA system and other terminal system. As the development platform of SCADA system, FIX32 provides 3rd partner application with DDE interface. So the scheme of the two level 's communication in the SCADA of the simulate system is given. Share-memory, sync-mutex and inter-process messages are used to exchange data between the local communication inter-process and the system database. On the other hand, DDE Server/Client interface program carries through the communication between the terminal of monitor/control and the local communication inter-process.

**Keywords** automation substation 's simulation SCADA inter-process communication share-memory sync-mutex

收稿日期: 2003 - 08 - 05

出版社, 1988

- 3 王金保, 王治平. 电力线载波机及电力线载波通道测试技术. 北京: 中国电力出版社, 1995
- 4 张小伍, 涂荣疆, 王声琪. 新一代高速电力载波通信技术. 电力系统自动化, 2000 (10)

## The Factors of Restricting the Low-voltage Power Line Carrier Communication and Its Solution Scheme

Zhang Jinbo

(Hehai University)

**Abstract** The factors of restricting the low-voltage power line carrier communication are studied, and some solution schemes for it are presented.

**Keywords** low-voltage power line carrier communication power line transmit

收稿日期: 2003 - 07 - 04