[信道检测]

面向复杂工况的电力线通信信道特性测量与分析

文/国网天津市电力公司电力科学研究院　于学均　朱逸群　滕永兴　曹国瑞　孙淑娴

对低压电力线载波通信信道的阻抗特性、噪声特性和衰减特性进行分析。通过采集实际线路环境的噪声和衰减，研究其对于载波通信的影响，得出实际现场复杂工况的噪声和衰减特性参数，加入全检测方案中，以提高全检测方案对于地区的适应性，并改善PLC系统抄收成功率过低的问题。

电力线载波通信网络和传统的通信网络之间存在显著的差别，其低通特性、频率选择性衰落、网络阻抗不匹配以及信道多径时延等都会严重影响PLC的通信质量。

从目前对载波通信在应用中所受影响的研究来看：①电力线路衰减过高，会导致信号衰减严重。②电力线上噪声过大，会导致信号受干扰严重无法解析。这两种情况是实际线路环境中对载波通信造成影响的主要原因。

电力线载波信道特性测量

1．测量内容

电力线载波信道特征参数主要包括噪声、衰减、阻抗和串扰。其中噪声和衰减测试结果具有直观的物理意义，对找出各台区载波通信稳定性具有指导作用。

2．技术思路

每个台区的测试分为5个部分，依次为：了解现场情况、制订测试计划、现场测试、数据整理和分析、撰写测试报告，每个过程中的具体任务如图所示。

每个台区选定有代表性的三四个点进行测试，一般为集中器，距离集中器距离为150 m、300 m的不同电表及网络拓扑结构中的关键结点（如“咽喉”节点）。选择集中器处测试是因为它是载波抄表信号的信源和信宿，作为下属电表与主站之间的通信中转站，该处的噪声、衰减等特征参数对整个载波通信系统影响巨大，对该处进行信道测试是非常重要的。

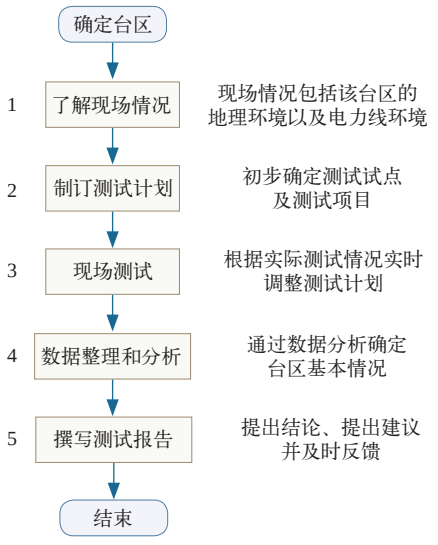

图　载波信道测量的技术思路

3．信道噪声测试

噪声测试是指不发送信号，而在整个低压网络中的多个载波表（节点）处同时测试噪声的强

度，以测试整个网络负载的情况下噪声的状况。测试步骤如下：

1）取下该台区集中器上的载波模块，阻止其继续向电力线上发送BPSK载波信号，避免对噪声测试形成干扰。

2）利用电力线载波信道测试仪中的耦合器将滤出的窄带信道噪声接入PicoScope示波器，分别进行时域测试和频域测试。时域测试主要是观察连续时间域内的噪声幅度，频域测试主要是对PLC工作频段内的噪声功率进行计算和分析。

4．信道衰减测试

衰减是载波信号在某个区间上的损耗。我们主要测试的就是从变压器二次侧到用户载波表这段区间上的载波信号的衰减程度。测试步骤如下：

1）在信号加入点处，一般为距离变压器和集中器比较近的三相电接入点，使用电力线载波信道测试仪生成窄带（30～500 kHz）扫频信号同时加载到三相线路中。

2）在发送端和接收端同时测试信号，测试并记录窄带扫频信号的最大值保持。

3）测试完成后，改变接收端至下一个测试点进行测试，直到所有节点测试完毕。

测量结果分析

1．工况条件对信道特性参数的影响

不同的地域和用电环境载波抄收结果也有较大差别，具体表现为：城镇中心地区和商业住宅小区一般抄收成功率较高，通常可达100%；有些城镇边缘或城乡结合部地区台区抄收效果较差，抄表也不稳定；郊区特别是边远山区抄收效果也较好。原因总结分析如下：

1）位于城镇中心地区和商业住宅小区一般都有独立配电房，有完整的供电及保护装置；电力走线也比较规范。表现出来的信道特征为：衰减小、噪声小，线路干扰较小且通常为短时间或不定时干扰。典型台区如开元南街箱变台区，其覆盖医院、周边中高层商业楼及住宅小区，电力走线规范，用电环境和质量较好。

2）城镇边缘或城乡结合部台区一般都没有独立配电房，架空线与地下线缆结合，变压器及补偿电容一般都放在街道边上的电线杆上，线路走向及三相分配都比较混乱，表现出来的信道特征为：衰减大、噪声大，台区之间可能还有较强串扰。

2．信道特性参数规律

通过理论探讨和试验总结，高频信号在电力线上的衰减与信号频率有密切的关系。信号衰减与频率有关是由电抗性负载和传输线效应引起的，传输线效应包括反射和多峰抵消，这引起网络中某些特定点出现窄带衰减。试验结果表明，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。频率低于100 kHz，距离小于400 m（即小于0.12个波长）时，传输线效应的影响较小。由于各种配电网结构以及负载的不同，很难找到简单的数学关系，但可从低频远传这种普遍意义的描述为选择频率提供指导。

从测量结果看出，城区居民区的噪声最高，农村的噪声水平最低，两者相差近30 dBμV 。并且随着频率的升高噪声水平呈逐渐降低的趋势。大量的噪声测量结果均表明，低压电力线上的噪声强度在不同电网上是有区别的，并且具有时变性。因此，很难直接定量地表示其大小。但噪声也具有一定的规律性，比如，噪声随频率的增高而呈下降趋势， 并且无论噪声多么复杂，它都是由各种特定性质的噪声源叠加而成的。所以进行噪声的分类分析可望对噪声特性有一个透彻的了解。主要有以下几种：①与50 Hz电网电压频率同步的噪声，一般是由工作在工频的开关器件产生的，如晶闸管，其频率成分是50 Hz及其各次谐波。②白噪声，比较典型的是电动机产生的噪声。③脉冲噪声，主要是某些电器突然开关造成的，以及从高压输电变压器感应过来的噪声，特点是频谱宽、时间短。④周期性噪声，如电视机的行频及其各次谐波。总结各测试台区电力线通信噪声环境，在低频段（70～200 kHz）内干扰相对较小。

结束语

通过采集实际线路环境的噪声和衰减，研究其对于载波通信的影响，得出实际现场复杂工况的噪声和衰减特性参数，加入全检测方案中，以提高全检测方案对于地区的适应性，并改善PLC系统抄收成功率过低的问题。EA

（收稿日期：2018.06.24）
（编辑：白文亭）