

# 团 体 标 准

T/ZSA 319—2025

## 家用电力线通信设备通用技术要求和测试方法

General technical requirements and testing methods for household power line communication equipments

2025 - 12 - 3 发布

2025 - 12 - 4 实施

中关村标准化协会 发布

## 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 缩略语 .....	2
5 技术要求 .....	2
5.1 使用环境条件 .....	2
5.2 电源条件 .....	2
5.3 外观与结构 .....	2
5.4 接口 .....	3
5.5 通信 .....	3
5.6 环境适应性 .....	3
5.7 电磁兼容性 .....	3
5.8 安全 .....	7
6 测试方法 .....	7
6.1 外观与结构 .....	7
6.2 接口功能 .....	7
6.3 通信功能 .....	8
6.4 环境适应性 .....	8
6.5 电磁兼容性 .....	9
附 录 A （资料性） 开槽频段 .....	13
A.1 航空和业务无线电频段 .....	13
A.2 短波广播频段 .....	14
附 录 B （规范性） 用于非对称干扰测量的阻抗稳定网络（ISN） .....	15
附 录 C （规范性） 认知频率排除 .....	16
C.1 PLC 设备广播无线电检测 .....	16
C.2 认知频率排除实施的验证 .....	16
C.3 测试信号 .....	17

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村标准化协会技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：北京格物世纪科技有限公司、北京神州泰科科技有限公司、威凯检测技术有限公司、北京通和实益电信科学技术研究所有限公司、中国电器科学研究院股份有限公司、中国移动通信集团终端有限公司、中关村标准化协会。

本文件主要起草人：范典、鄂世翔、李威、杨振宇、陈庆华、李国栋、叶扬韬、叶力力、许晨曦、王吉钊、张振宇、王会仙、刘诗蔚、王鑫、王钧、宫贺军。

# 家用电力线通信设备技术要求和测试方法

## 1 范围

本标准适用于工作电压在100V~400V（单相或三相），工作频率在3kHz~100MHz之间的家用电力线通信设备。

家用电力线通信设备一般为用于居民和商业配电网环境的电力线通信设备，包括但不限于：

——终端设备：如PLC调制解调器、智能电表通信模块、电力网关等。

对于家用电力线通信设备在特定行业的应用（如航空等交通运输、渔业、海洋），本标准的要求仅供参考；当本标准与行业应用的相关标准规定存在不一致时，应优先采用行业应用的相关标准。

本标准不适用于：

——电力线载波继电保护设备（需参考专用电力系统标准）；

——大于400V输电线路通信设备；

——非电力线介质（如光纤、无线）的混合通信设备（除非其PLC部分独立可测）。

本标准规定了家用电力线通信设备的技术要求和测试方法。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温

GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验

GB/T 4857.2 包装运输包装件基本试验 第2部分：温湿度调节处理

GB/T 4857.5 包装运输包装件 跌落试验方法

GB 4943.1 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求

GB/T 5465.2 电器设备用图形符号

GB/T 6113.101 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-1部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 测量设备

GB/T 6113.102-2018 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第1-2部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 传导骚扰测量的耦合装置

GB/T 6113.201 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-1部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 传导骚扰测量

GB/T 6113.203 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-3部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 辐射骚扰测量

GB/T 9254.1 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第1部分：发射要求

GB/T 9254.2 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第2部分：抗扰度要求

T/CCSA 433-2023 电力线通信设备电磁兼容要求及试验方法

ETSI TS 102 578 电力线通信 (PLT), PLT调制解调器和短波无线广播业务的共存V1.2.1:包括磁盘 (PowerLine Telecommunications(PLT); Coexistence between PLT Modems and Short Wave Radio broadcasting services (V1.2.1;Includes Diskette))

ETSI ES 201 980 世界数字广播 (DRM), 系统规范V4.1.1 (Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification V4.1.1)

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 家用电力线通信设备 household power line communication equipments

一种利用家庭现有电力线路作为传输媒介,进行语音、数据和多媒体信号传输通信,实现数据、语音和视频等信号传输的设备。

#### 3.2 认知频率排除 cognitive frequency exclusion

在动态频率排除的过程中,PLC调制解调器在特定的频率范围内不接收或使用信号。

### 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AE	辅助设备	Auxiliary Equipment
AM	调幅	Amplitude Modulation
DRM	世界数字广播	Digital Radio Mondiale
EUT	被测设备	Equipment Under Test
ISN	阻抗稳定网络	Impedance Stabilization Network
PLC	电力线通信	Power Line Communication
AMN	人工电源网络	Artificial Mains Network

### 5 技术要求

#### 5.1 使用环境条件

家用电力线通信设备(以下简称“设备”)在以下环境中应能正常工作:

- 常规工作温度:  $-5^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ ;
- 贮存运输温度:  $-20^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ ;
- 工业环境工作温度:  $-40^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 或自定义工作温度;
- 工作相对湿度: 0~95%,无冷凝;
- 大气压力: 79.5kPa~106kPa。

#### 5.2 电源条件

输入交流电压允许范围: 88V~264V;

频率: 50/60Hz $\pm$ 5Hz。

#### 5.3 外观与结构

设备外观应整洁表面不应有凹痕、划伤、裂缝、变形、毛刺、霉斑等缺陷，表面涂层不应起泡、龟裂、脱离。金属件不应有锈蚀及其他机械损伤。开关、按键、旋钮的操作应灵活可靠，零部件应紧固无松动。

设备外壳上说明功能的文字和图形应符合GB/T 5465.2的要求。

#### 5.4 接口

设备接口应满足以下要求：

- a) 输入电压范围：88V~264V，频率：50/60Hz±5Hz
- b) 至少支持 200Mbps~1Gbps 的物理层速率。
- c) 物理接口类型：
  - 1) 以太网接口：符合 IEEE802.3 标准；
  - 2) USB 接口：支持 USB2.0 及以上版本。
- d) 协议兼容性：
  - 1) 电力线通信协议：至少支持 HomePlug、IEEE 1901 协议；
  - 2) 网络协议：至少支持 TCP/IP、DHCP 等协议。

#### 5.5 通信

设备应能够实现以太网数据转发。

设备应能支持防止Ping of Death、SYN Flood等Dos攻击，宜支持防止对自身代理的应用协议（例如DNS）进行攻击。

#### 5.6 环境适应性

设备的低温、高温、恒定湿热应依据GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.3的方法进行检测，测试后应对试验样品进行目视检查以及功能检测。

设备的抗跌落能力应符合GB/T 4857.5的试验要求。

#### 5.7 电磁兼容性

##### 5.7.1 骚扰测量

##### 5.7.1.1 设备分级定义

###### A 级

A级设备是指满足表1的限值但不满足表2限值要求的设备。对于这类设备不限制其销售，但应在其有关的使用说明书中包含警告内容。

示例：警告，此为 A 级产品。在生活环境中，该产品可能会造成无线电干扰。

###### B 级

B级设备是指满足B级限值的设备。它主要用于生活环境中，可包括：

- a) 不在固定场所使用的设备，例如由内置电池供电的便携式设备；
- b) 通过电信网络供电的电信终端设备；
- c) 个人计算机及相连的辅助设备；
- d) 家用电力线载波通信设备。

注：所谓生活环境是指那种有可能在离有关设备10m远的范围内使用广播和电视接收机的环境。

##### 5.7.1.2 电源端口和电信端口传导骚扰要求

设备应满足T/CCSA 433—2023 5.2.2.1和5.2.2.2中电源端口和电信端口传导骚扰的限值要求。

### 5.7.1.3 PLC 端口传导骚扰和通信信号要求

#### 5.7.1.3.1 一般要求

设备的PLC端口应符合以下要求：

- a) 在任何操作条件下，使用 6.5.1.1.1 中给出的方法和程序，来自 PLC 端口电源部分的不对称干扰不应超过表 1 或表 2 中给出的 150kHz~1.6065MHz 之间的干扰限值。
- b) 当用户数据由 PLC 端口传输时，来自 PLC 端口的干扰可在 1.6065MHz~30MHz 之间的频率上超过表 1 或表 2 的干扰限值，但应满足以下条件：
  - 1) 在表 A.1 中给出的所有频段范围内，发射信号的电平应符合使用 6.5.1.1.1 中给出的方法和程序在表 2 中给出的干扰限值，
  - 2) 在表 A.2 中给出的所有频段范围内，发射信号的电平应符合以下之一：
    - 使用 6.5.1.1.1 中给出的方法和程序满足表 1 或表 2 中给出的干扰限值；
    - 满足 5.7.1.4.1 或 5.7.1.4.2 开槽要求。
- c) 在 PLC 回路中加装隔离器或滤波器之后，满足表 1 或表 2 中给出的干扰限值也可视为满足要求，但应在说明书中进行充分说明。
- d) 在没有用户数据传输的情况下，使用 6.5.1.1.1 中给出的方法和程序，PLC 端口的不对称干扰应符合表 1 或表 2 中给出的 150kHz~30MHz 之间的限值。
- e) 来自 PLC 端口的最大传输信号不得超过使用 6.5.1.1.2 中给出的方法和程序测量的表 1 或表 2 中给出的最大值。
- f) PLC 端口应实现动态功率控制功能，以尽量减少无线电干扰的概率，同时仍保持通信。动态功率控制功能应能够将输出功率通过 6.5.1.1.2 中给出的方法和程序测量到表 3 中给出的最大值。为了确保 PLC 端口的固有对称性，在所有操作条件下，使用 6.5.1.1.4 中给出的方法和程序，应符合表 2 中给出的骚扰限值。

表 1 A 级设备在交流电源端口的传导骚扰限值

频率范围/MHz	限值/dB(μV)	
	准峰值	平均值
0.15至0.50	79	66
5到30	73	60

表 2 B 级设备在交流电源端口的传导骚扰限值

频率范围/MHz	限值/dB(μV)	
	准峰值	平均值
0.15至0.50	66至56	56至46
0.50至5	56	46
5到30	60	50

注1：该下限适用于过渡频率。  
注2：在0.15MHz~0.5MHz，极限随频率的对数线性减小。

表 3 在 1.6065MHz 和 30MHz 之间的最大 PLC 传输信号电平

EUT至AE对称模式插入损耗/dB	10	20	≥40
最大发射信号电平，单位为dB(μV) (AV)	65	75	95

最大传输信号电平，单位为dB( $\mu$ V) (PK)	75	85	105
注3：AE的发射功率管理功能应与设备以相同的方式运行，否则AE的信号可能会在测量过程中占据主导地位并导致错误的结果。			

#### 5.7.1.4 频率开槽的具体要求

##### 5.7.1.4.1 静态频率开槽

静态频率开槽指PLC设备在指定的频段上不使用相关载波进行通信或使用较低的载波功率进行传输数据，以满足相关的传导发射限值要求，避免干扰无线电业务。

设备宜具有频谱开槽功能，以备现场发生干扰时快速采取措施；当无线电管理部门有要求时，或当相关干扰问题利益受害方与制造商协商一致时，设备应在协商一致的无线电频段进行频谱开槽。

有条件时，宜连接至低压交流配电网络的AC设备在航空和业余无线电频段（见表A.1）满足静态频率开槽要求。

表A.2中给出的频段内存在有效高频无线电广播服务的15秒内，传输的PLC信号电平不得超过9kHz分辨率带宽中的56dB( $\mu$ V) (AV)的对称电压电平。

注：此对称电压等级来自GB/T9254.1-2021B级设备交流电源端口传导骚扰极限（5MHz至30MHz），即 $U_{\text{Ave}}=50\text{dB}(\mu\text{V})$ （分辨率带宽9kHz，AV）。

传输的PLC信号应避免使用已识别的无线电广播服务的频率。这个排除频带的最小宽度应为10kHz（ $\pm 5\text{kHz}$ ，以载波频率为中心广播信号）。

##### 5.7.1.4.2 动态频率开槽

动态频率开槽指设备在检测到指定频段的无线电业务信号时能主动避开。

设备宜具有频谱开槽功能，以备现场发生干扰时快速采取措施，解决干扰问题。有条件时，建议连接至低压交流配电网络的PLC设备在短波广播频段（见附件A表A.2）满足动态频率开槽要求，也可满足静态频率要求。

开槽频段应符合图1的要求为了避免相邻信道干扰。

如果确定了几个相邻的无线电广播服务或占用了不止一个常规频道的数字（DRM）服务，开槽频段范围的宽度应增加，并按比例缩放至5kHz的整数倍。

注：通常，无线电广播服务的信道以5kHz的最小间隔分配。此外中心频率是5kHz的倍数。

被排除的频带应在有效无线电的整个持续时间内持续排除存在广播服务。在检测到有效无线电广播服务停止后，被排除在外的频带应至少再排除3分钟。

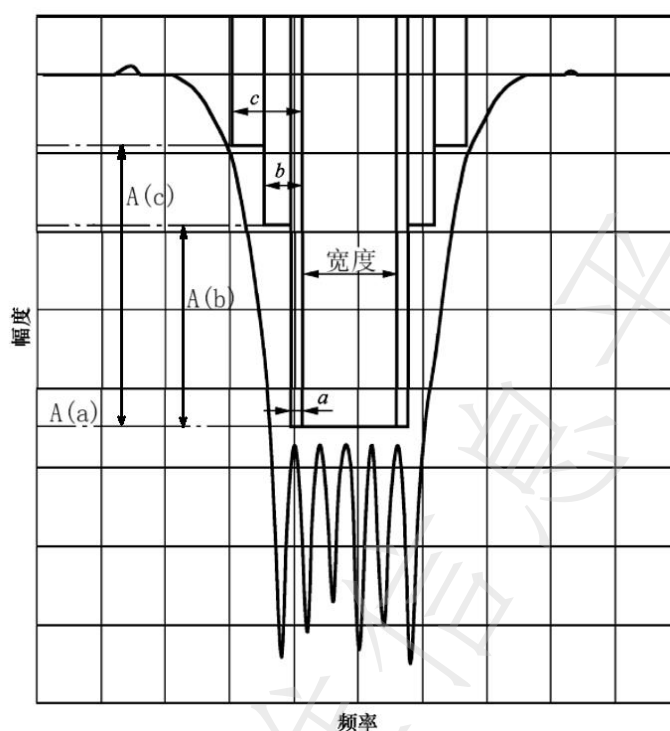


图1 动态频率开槽

开槽宽度应不小于10kHz，电平应小于56dB( $\mu\text{V}$ ) (AV, 分辨率带宽9kHz)且满足表4的要求。

表4 对动态开槽的频率范围的最低要求

	带宽/kHz	限值/dB( $\mu\text{V}$ )
步骤a	2	0
步骤b	10	$\leq 25$
步骤c	20	$\leq 35$

#### 5.7.1.5 辐射骚扰的要求

辐射骚扰的限值见表1~表4。辐射骚扰测试频率上限应根据EUT最高时钟频率和工作频率确定。

如果EUT内部源的最高频率低于108MHz，则测量只进行到1GHz；

如果EUT内部源的最高频率为108MHz~500MHz，则测量只进行到2GHz；

如果EUT内部源的最高频率为500MHz~1GHz，则测量只进行到5GHz；

如果EUT内部源的最高频率高于1GHz，则测量进行到最高频率的5倍或6GHz，取两者中的小者。

表5 A级设备在测量距离R处(10m)的辐射骚扰限值

频率范围/MHz	准峰值限值/dB( $\mu\text{V}/\text{m}$ )
30~230	40
230~1000	47

注1: 在过渡频率(230MHz)处应采用较低的限值。  
注2: 当发生干扰时, 允许补充其他的规定

表6 B级设备在测量距离R处（10m）的辐射骚扰限值

频率范围/MHz	准峰值限值/dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )
30~230	30
230~1000	37

注1：在过渡频率（230MHz）处应采用较低的限值。  
注2：当发生干扰时，允许补充其他的规定

表7 A级设备在测量距离R处（3m）的辐射骚扰限值

频率范围/GHz	平均值/dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )	峰值限值/dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )
1~3	56	76
3~6	60	80

注1：在过渡频率（3GHz）处应采用较低的限值

表8 B级设备在测量距离R处（3m）的辐射骚扰限值

频率范围/GHz	平均值/dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )	峰值限值/dB ( $\mu\text{V}/\text{m}$ )
1~3	50	70
3~6	54	74

注1：在过渡频率（3GHz）处应采用较低的限值

#### 5.7.1.4 谐波和闪烁的要求

设备应满足GB 17625.1和GB/T 17625.2中的限值要求。

#### 5.7.2 抗扰度要求

设备应满足T/CCSA 433-2023 6.1中抗扰度的试验项目和等级的要求。

#### 5.8 安全

设备的安全应符合GB 4943.1的相关规定。

### 6 测试方法

#### 6.1 外观与结构

目视检测，应符合5.3要求。

#### 6.2 接口功能

设备接口应满足以下要求：

- a) 输入电压范围：88V~264V，频率：50/60Hz $\pm$ 5Hz
- b) 至少支持 200Mbps~1Gbps 的物理层速率。
- c) 物理接口类型：
  - 1) 以太网接口：符合 IEEE802.3 标准；
  - 2) USB 接口：支持 USB2.0 及以上版本。

## d) 协议兼容性:

- 1) 电力线通信协议: 至少支持 HomePlug、IEEE 1901 协议;
- 2) 网络协议: 至少支持 TCP/IP、DHCP 等协议。

## 6.3 通信功能

检测EUT的防火墙功能,对源MAC地址、目的MAC地址进行报文过滤,有IP/PPPoE、ARP选项的以太网包传输层协议类型报文过滤。

## 6.4 环境适应性

## 6.4.1 概述

环境适应性试验分为初始检测和最后检测,统一按5.3进行外观和结构的检查,以及相关规范要求的功能检查程序,受试样品与微型计算机通信应正常。气候环境试验条件见表5。

当结构一体化产品中装入的某些设备,对其试验方法有特殊要求时,产品标称中应予以说明。

表9 气候环境试验条件

环境条件	类别	条件范围
温度	工作	-5℃~45℃
	贮存运输	-20℃~55℃
相对湿度	工作	≥95% (在40℃温度下)
	贮存运输	≥85% (在40℃温度下)

## 6.4.2 温度下限试验

## 6.4.2.1 工作温度下限试验

按GB/T 2423.1“试验Ab”进行。受试样品应进行初始检测,严酷程度取表5规定的工作温度下限值,当试验样品温度达到稳定后,加电运行功能检查2h,受试样机应正常工作。恢复时间为2h。恢复期后进行最后检测。

外观与结构应符合5.3要求。

## 6.4.2.2 贮存运输温度下限试验

按GB/T 2423.1“试验Ab”进行。受试样品应进行初始检测,严酷程度取表5规定的贮存运输温度下限值,受试样品在不工作条件下存放16h,恢复时间为2h,恢复期后进行最后检测,受试样机应正常工作。

外观与结构应符合5.3要求。

## 6.4.3 温度上限试验

## 6.4.3.1 工作温度上限试验

按GB/T 2423.2“试验Bd”进行。受试样品应进行初始检测,严酷程度取表5规定的工作温度上限值,当试验样品温度达到稳定后,加电运行功能检查2h,受试样机应正常工作。恢复时间为2h。

外观与结构应符合5.3要求。

## 6.4.3.2 贮存运输温度上限试验

按GB/T 2423.2“试验Bd”进行。受试样品应进行初始检测，严酷程度取表5规定的贮存运输温度上限值，受试样品在不工作条件下持续16h，恢复时间为2h，恢复期后进行最后检测，受试样机应正常工作。外观与结构应符合5.3要求。

#### 6.4.4 恒定湿热试验

##### 6.4.4.1 工作条件下恒定湿热试验

按GB/T 2423.3“试验Cab”进行，受试样品应进行初始检测，严酷程度取表5为规定的工作湿度条件，试验持续时间为2h。在此期间加电运行功能检查程序，受试样机应正常工作。恢复时间为2h，恢复期后进行最后检测。

外观与结构应符合5.3要求。

##### 6.4.4.2 贮存运输条件下恒定湿热试验

按GB/T 2423.3“试验Cab”进行。受试样品应进行初始检测，严酷程度取表5规定的存储运输湿度条件，受试样品在不工作条件下存放48h，恢复时间为2h，恢复期后进行最后检测，受试样机应正常工作。

外观与结构应符合5.3要求。

#### 6.4.5 跌落试验

将受试样品进行初始检查后，装入运输包装件处于准备运输状态，按GB/T 4857.2进行预处理4h。将运输包装件按GB/T 4857.5的规定值进行跌落，底面以及任意其他三面，每面跌落一次。试验后检查包装件的损坏情况，并对受试样品进行最后检测，受试样机应正常工作。

外观与结构应符合5.3要求。

### 6.5 电磁兼容性

#### 6.5.1 骚扰试验方法

##### 6.5.1.1 传导骚扰试验方法

电源端口和电信端口试验方法依据GB/T 6113.201。

PLC端口测量方法依据本文件6.5.1.1.1至6.5.1.1.4章节。

PLC设备的各种运行条件，应确保设备在最敏感的状态下进行测试。

- a) PLC工作频段：PLC应在制造商指定的工作频段进行试验。
- b) PLC工作模式：对于家用电力线调制解调器，运行速率应不低于在约定线路衰减条件(如20dB)下自适应达到的最高速率的90%，数据报文长度应采用大字节数据报文(如1500)。
- c) PLC通信线路衰减要求：PLC应处于a)与b)的典型工作状态下，在制造商指定的最大通信线路衰减条件下进行试验。针对家用电力线调制解调器，应在20dB线路衰减下进行抗扰度试验；线路衰减由线路模拟器提供。

##### 6.5.1.1.1 PLC端口-电源部分的传导不对称骚扰

EUT的PLC端口应采用符合GB/T 6113.102的4.3和GB/T 9254.1附录C中规定的测量方法，以及图2所示的频率范围在150kHz和30MHz之间的测试布置。

耦合系统（见图3）应：

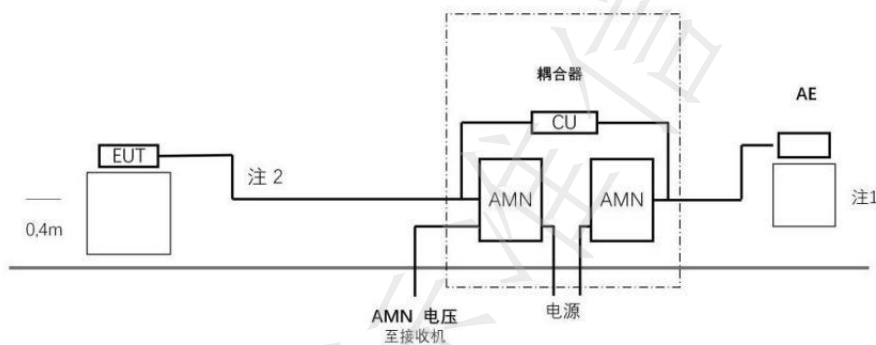
- a) 允许AE操作EUT；
- b) 具有足够的损耗以确保来自AE的信号不会影响测量结果；
- c) 确保EUT能够以其最大功率电平进行传输。

需要该耦合系统满足以下条件：

- 在 EUT 和 AE 之间提供定义的（对称的）插入损耗；
- 稳定差模阻抗；
- AE 的差模信号的衰减；
- 隔离 AE 的共模信号；
- 对来自电源的差模和共模信号进行滤波。

图 3 显示了一个标称插入损耗为 40dB 的耦合单元的一个例子。应在以下操作条件和配置下进行测量：

- 具有 EUT 激活的 PLC 调制解调器功能，并根据 6.5.2 的规定与相关的设备（AE）进行通信，使用其最大传输功率，应在 150kHz 至 30MHz 的频率范围内测量干扰电平。在 1.6065MHz 以上，只需将适当开槽频段范围内的干扰与限值进行比较；
- 步骤 a) 完成后，终止使用 EUT 的用户数据交换。在没有用户数据传输的情况下，应在 150kHz-30MHz 之间测量干扰电平。



注1：AE到参考地平面（垂直或水平）的距离并不重要。

注2：EUT和CS之间的电缆长度为0.8米（±0.05米）。

图 2 使用AMN 测量 PLC 端口的测试布置

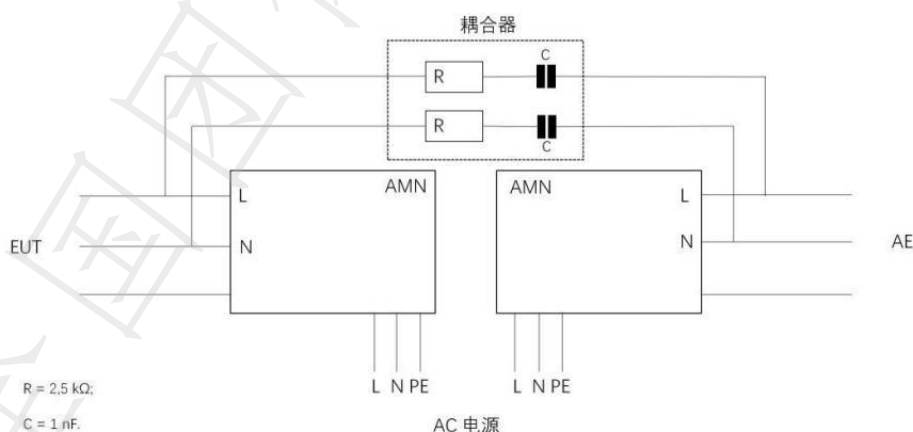
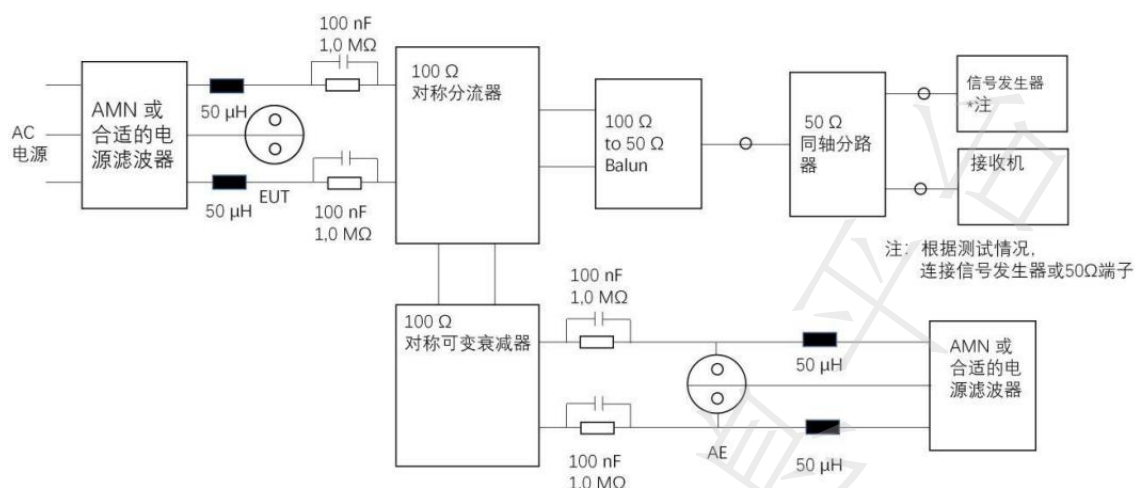


图 3 耦合系统示例

#### 6.5.1.1.2 PLC 端口-动态功率控制

应测量从EUT的PLC端口传输的在1.6065MHz和30MHz之间的对称信号，以确保不超过最大传输信号电平，并确保存在动态功率控制功能。PLC端口应按照6.5.2中给出的操作条件进行操作。应使用峰值和平均值检波器进行测量；检波器应符合本标准的要求，包括6dB带宽的9kHz要求。参考图4。



注1：EUT和AE之间的插入功率损耗为10dB至50dB，可按10dB的步长进行调整。

注2：EUT和测量接收器之间的插入功率损耗标称为20dB。

注3：信号发生器和EUT之间的插入功率损耗标称为20dB。

注4：信号发生器和测量接收器之间的插入功率损耗标称为6dB。

注5：上述损失是测试设备校准的一部分；实际数字应该是用于校正仪器读数，以确定适用于EUT端子的水平。

图4 测量 PLC 传输信号电平的测试设备布置示例

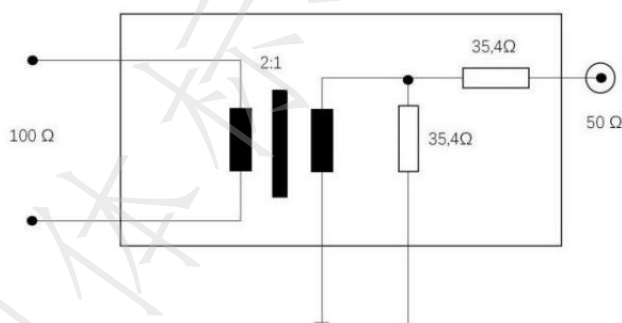


图5 100 Ω 至 50 Ω Balun 的示例示意图

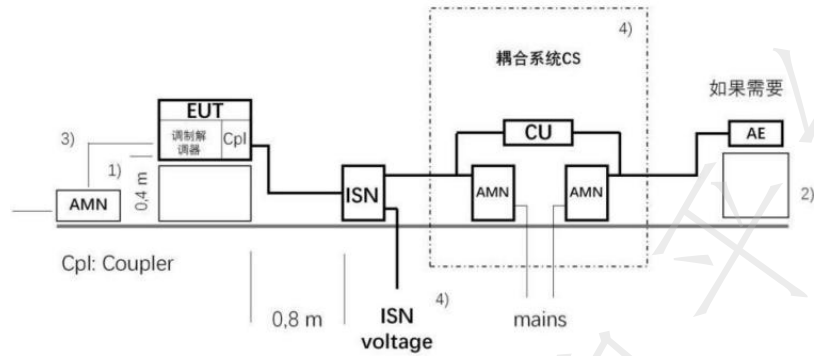
#### 6.5.1.1.3 PLC 端口-认知频率排除

如果制造商选择认知频率排除，则当使用表 A.2 中给出的频段范围内的输入信号进行测试时，应使用图 4 中给出的布置进行测量，设备的认知频率排除方法见附录 C。

#### 6.5.1.1.4 PLC 端口-信号部分的传导不对称骚扰

应使用图6所示的布置测量设备PLC端口处信号部分的传导的不对称骚扰。

耦合系统两个端口之间的插入损耗（对称）应确保与AE的链路正常工作，且设备以最大功率传输。使用的ISN应具有附录B中规定的特性，并应直接贴合参考接地平面。



注：图中标号含义如下：

- 1) 从 EUT 到参考接地平面（垂直或水平）的距离；
- 2) AE 到参考接地平面的距离并不重要；
- 3) 如果 EUT 与电源有单独的电源连接；
- 4) 以下情况需要耦合系统（耦合单元的详细信息见图 3）：
  - 在 EUT 和 AE 之间提供确定的插入损耗；
  - 稳定差模阻抗；
  - AE 差模信号的衰减；
  - 隔离 AE 的共模信号；
  - 对来自电源的差模和共模信号进。

图 6 使用 ISN 测量 PLC 端口的测试布置

#### 6.5.1.2 辐射骚扰试验方法

试验方法依据GB/T 6113.203要求。

#### 6.5.2 谐波和闪烁试验

谐波试验方法应参考GB 17625.1。

闪烁试验方法应参考GB 17625.2。

#### 6.5.3 抗扰度试验

按GB/T 9254.2标准中设备抗扰度相关规定执行。

#### 6.6 安全

按GB 4943.1标准相关规定执行。

附录 A  
(资料性)  
开槽频段

A.1 航空和业务无线电频段

需要开槽的航空和业务无线电频段见表 A.1。

表 A.1 航空和业余无线电频段

频率范围/MHz	无线电业务类别
1.80~2.00	业余无线电
2.85~3.025	航空移动通信
3.40~3.95	航空移动通信 (3.40~3.50) 业余无线电 (3.50~3.90) 航空移动通信 (3.90~3.95)
4.65~4.70	航空移动通信
5.48~5.68	航空移动通信
6.525~6.685	航空移动通信
7.00~7.20	业余无线电
8.815~8.965	航空移动通信
10.005~10.10	航空移动通信
11.275~11.4	航空移动通信
13.26~13.36	航空移动通信
14.00~14.35	业余无线电
17.9~17.97	航空移动通信
18.068~18.168	业余无线电
21.00~21.45	业余无线电
21.924~22.00	航空移动通信
24.89~24.99	业余无线电
28.00~29.7	业余无线电

## A.2 短波广播频段

需要开槽的短波广播频段见表 A.2。

表 A.2 短波广播频段

频率范围/MHz	服务类别
0.5265~1.6065	广播
2.30~2.495	广播
3.20~3.40	广播
3.95~4.00	广播
4.75~4.995	广播
5.005~5.06	广播
5.90~6.20	广播
7.20~7.35	广播
9.40~9.90	广播
11.60~12.10	广播
13.57~13.87	广播
15.10~15.80	广播
17.48~17.90	广播
18.90~19.02	广播
21.45~21.85	广播
25.67~26.10	广播

**附录 B**  
**(规范性)**  
**用于非对称干扰测量的阻抗稳定网络 (ISN)**

ISN应在1.6065MHz至30MHz的频率范围内满足以下规范:

- a) EUT 端口的共模终端阻抗应为  $25\Omega \pm 3\Omega$ , 相位角为  $0^\circ \pm 25^\circ$ ;
- b) CS 端口以  $100\Omega \pm 1\%$  端接的 EUT 端口的差模阻抗应为  $100\Omega \pm 10\Omega$ , 相位角  $0^\circ \pm 25^\circ$ ;
- c) CS 端口和 ISN 电压端口之间的去耦衰减 (不包括耦合系统的 ISN 共模隔离) 见公式 B. 1。

$$\alpha_{c\text{isn}} = 20 \log \frac{E_{c\text{isn}}}{2V_{c\text{isn}}} \geq 55 \text{dB} - \text{分压系数} \dots \dots \dots (\text{B. 1})$$

注1: GB/T 6113.102-2018中定义的分压系数通常为负数, 因此它通常会增加所需的 $\alpha_{c\text{isn}}$ 。

注2: 共模隔离 $\alpha_{c\text{isn}}$ 的测量布置如图B. 2所示。

- d) 在 CS 端口以  $100\Omega \pm 1\%$  端接的 EUT 端口处测量的 ISN 的纵向转换损耗 (LCL) 应 $\geq 55\text{dB}$ ;
- e) 由 ISN 的存在引起的所需信号频带中信号质量的衰减失真或其他劣化不应影响 EUT 的正常运行。

ISN 的示意图示例如图 B. 1 所示。

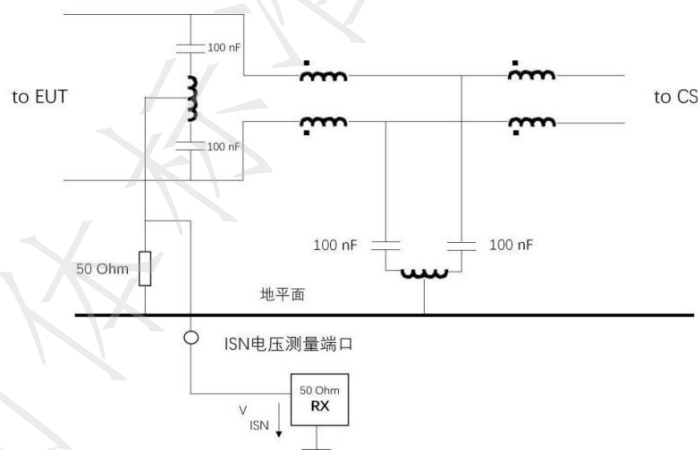


图 B. 1 ISN 电路示意图示例

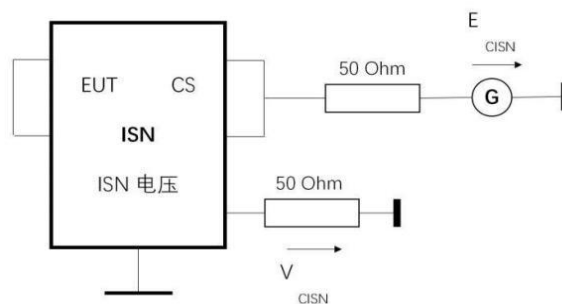


图 B. 2 测量 ISN 共模去耦衰减 (隔离) 的布置 (不包括耦合系统)

## 附录 C (规范性) 认知频率排除

### C.1 PLC 设备广播无线电检测

#### C.1.1 概述

来自广播无线电的信号进入家用交流电网,PLC调制解调器可以通过比较PLC端口处的侵入信号电平与本底噪声来检测这些侵入信号。

#### C.1.2 噪声基底

PLC调制解调器应在低于和高于表A.2中给出的广播无线电频带的相邻频率下测量噪声基底。待监测的相邻频率块应与无线电频带分配本身一样宽。相邻的频率块应由PLC调制解调器完全监控,没有任何间隙。噪声基底是电力线信道上相邻频率块中除所有电力线通信信号外的所有电能测量值的中值。应计算每个广播无线电频带的单独噪声基底水平。测量值的频率位置和分辨率带宽取决于PLC调制解调器的实现。

由电灯开关引起的短脉冲噪声不应影响噪声基底测量。

#### C.1.3 水平和阈值

如果信号至少满足以下条件,则信号输入应确定为可接收的无线电广播服务:依据(1):高于噪声电平14分贝。

如果满足依据(1),则确定为可接收的广播信号输入的阈值水平为:依据(2): $\geq -95\text{dBm}$ (9kHz分辨率带宽,AV)。

此外,PLC调制解调器可以将可接收的无线电广播服务的识别限制为AM或DRM调制的信号,包括非常低的AM调制信号(普通载波或静默期)。

噪声基底和广播无线电信号应在PLC调制解调器连接的插座处的火线和中性线之间进行测量。应使用GB/T 6113.101-2021中第6章规定和调整的频谱分析仪或测量接收器进行测量。

阈值的定义考虑了广播无线电接收器的灵敏度以及现场和电源信号之间的接收因子。此处指定的测量带宽和检波器用于验证本文件的实施情况,详见C.2.2。

PLC调制解调器使用的分辨率带宽和检波器取决于具体实现。

如果在任何10秒间隔内至少有30%的时间超过依据(1)和依据(2),则认为信号存在。

### C.2 认知频率排除实施的验证

#### C.2.1 测量安排

认知频率排除的实施应使用图4所示的测量装置和布置进行验证。

#### C.2.2 频谱分析仪设置

频谱分析仪应配置如下:

- a) 中心频率: 信号进入的载波频率;
- b) 频率范围: 200kHz;
- c) 分辨率带宽: 300Hz;
- d) 视频带宽: 3kHz;
- e) 检波器: 平均值或峰值。

### C.2.3 人工信号进入

信号入口应为不同频率的一个或多个信号，如：

- a) AM 无线电：用 1kHz 正弦波调制，30%调制深度；
- b) DRM:ETSI ES 201 980。

单个信号的强度应不低于 C.2.4 中定义的水平。

### C.2.4 验证台上的水平和阈值

#### C.2.4.1 信号进入等级

使用图 4 所示的布置和 C.2.2 中定义的设置，通过将测量频率点的能量积分到 9kHz 的测量带宽来验证 C.1.3 中给出的阈值。通常，频谱分析仪有一个内置功能来实现这一点。这个测量装置的衰减应与判定依据 (2) 中的值相加。

单个人工信号进入的水平应超过这些阈值，以使 PLC 调制解调器能够认知地排除这些频率。

#### C.2.4.2 开槽频段范围的下限

应使用根据 C.2.2 配置的频谱分析仪测量开槽频段范围的较低电平。测量的平均电平应小于 -89dBm。

注：开槽频段范围的较低水平来自 GB/T 9254.1-2021 中 B 类干线传导干扰限值 (5MHz 至 30MHz)，即  $U_{AMN}=50\text{dB}(\mu\text{V})$  (分辨率带宽 9kHz, AV)。

为了验证电源端口限制，使用了 AMN (GB/T 6113.101-2021 中规定的人工电源网络)。它测量测量输出端差分馈电电压的一半。因此，在连接 PLC 调制解调器的出口  $U_{outlet}$  处，存在两倍的差分电压。

$$U_{outlet}=U_{AMN} \cdot 2=50\text{dB}(\mu\text{V})+6\text{dB}=56\text{dB}(\mu\text{V})$$

从 dB( $\mu\text{V}$ ) 转换为 dBm，使用  $Z=100\Omega$  转换因子 110dB(mW/ $\mu\text{V}$ )：

$$P_{outlet}=56\text{dB}(\mu\text{V})-110\text{dB}(\text{mW}/\mu\text{V})=-54\text{dBm}$$

PLC 调制解调器的  $P_{outlet}$  处于开槽频段范围的较低电平，将其转换为 C.2.2 中规定的 300Hz。

$$P_{outlet}=-54\text{dBm}-10 \cdot \log_{10}(9\text{KHz}/300\text{Hz})=-54\text{dBm}-14.7\text{dB}=-8.7\text{dBm}$$

考虑到图 4 所示测量设备的 20dB 衰减，频谱分析仪上显示的值应为：

$$P_{displayed}=-8.7\text{dBm}-20\text{dB}=-28.7\text{dBm}(\text{rounded to }-89\text{dBm})$$

### C.2.5 试验程序

PLC 系统应连续传输最大有效载荷。应执行以下测试顺序：

- a) 在表 A.2 规定的频率范围内和 EUT 的通信频谱内，用 20 个单独的信号准备人工入侵信号。每个单独入口信号的信号电平应如 C.2.4.1 中所述。C.3 中定义了测试信号；
- b) 将频谱分析仪调谐到第一个人工进气信号的中心频率；
- c) 打开人工信号入口；
- d) 监控频谱分析仪，确认 PLC 信号被排除在外，并测量排除的频率范围，以确保其符合 5.7.1.4 中规定的要求；
- e) 调谐到人工进入信号所在的所有其他频率；
- f) 关闭人工进气信号并监控频谱分析仪，以确认 PLC 信号在 5.7.1.4 中规定的时间内未被重复使用。

### C.3 测试信号

测试信号应符合 ETSI TS 102 578 中规定的要求。测试信号在 HF 广播频带内调制 20 个单独的信号：

- a) 在以下频段生成 10 个 AM 信号：4.75MHz、5.9MHz、7.2MHz、11.6MHz、11.62MHz、11.65MHz、11.69MHz、15.1MHz、21.45MHz、25.67MHz。

- b) 在以下频段生成 10 个 DRM 信号：4.89MHz、6.2MHz、7.45MHz、11.61MHz、11.63MHz、11.66MHz、12.1MHz、15.8MHz、21.85MHz、26.1MHz。

AM和DRM信号在频域中交替。频率被选择为靠近HF广播频带的边缘。它们稍作修改，以适应5kHz的载波间隔和需要适应总信号长度的载波频率的整数个波长。

应生成一组4个相邻载波（11.6MHz、11.61MHz、11.62MHz、11.63MHz）、一个间隙（11.64MHz）、另外2个载波（11.65MHz、11.66MHz）、2个间隙（11.67MHz、11.68MHz）和另外一个载波（11.69MHz）。采样频率为80MHz。总信号长度为2133760个样本（267ms）。

---