

# 中华人民共和国电力行业标准

DL/T xxxx-20xx

## 变电站无线感知设备抗扰度试验技术要求

Electromagnetic immunity requirements for wireless sensed equipment  
in substation

(征求意见稿)

20XX—XX—XX 发布

20XX—XX—XX 实施



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 电磁兼容要求 .....	1
4.1 静电放电抗扰度 .....	1
4.2 射频电磁场辐射抗扰度 .....	2
4.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度 .....	2
4.4 浪涌（冲击）抗扰度 .....	2
4.5 射频场感应的传导场骚扰抗扰度 .....	2
4.6 工频磁场抗扰度 .....	2
4.7 脉冲磁场抗扰度 .....	2
4.8 阻尼振荡磁场抗扰度 .....	2
4.9 阻尼振荡波抗扰度 .....	2
5 试验 .....	2
5.1 试验场地的参考条件 .....	2
5.2 试验设备 .....	2
5.3 静电放电抗扰度试验 .....	2
5.4 射频电磁场辐射抗扰度试验 .....	2
5.5 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验 .....	3
5.6 浪涌（冲击）抗扰度试验 .....	3
5.7 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验 .....	3
5.8 工频磁场抗扰度试验 .....	3
5.9 脉冲磁场抗扰度试验 .....	3
5.10 阻尼振荡磁场抗扰度试验 .....	3
5.11 阻尼振荡波抗扰度试验 .....	3
6 检验规则 .....	3
6.1 型式试验 .....	4
6.2 出厂试验 .....	4
6.3 入网试验 .....	4
7 试验结果的评价 .....	4
8 试验报告 .....	4
附录 A （资料性） 变电站电磁环境 .....	5
附录 B （资料性） 变电站网络信号的频率和调制方式 .....	7
附录 C （资料性） 变电站典型的感知设备 .....	9

## 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。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由全国电磁兼容标准化技术委员会（SAC/TC 246）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

# 变电站无线感知设备抗扰度试验技术要求

## 1 范围

本文件规定了变电站无线感知设备的电磁抗扰度技术要求，规定了试验等级和必要的试验程序。本文件适用于变电站使用的无线感知设备。

## 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 4365—2003	电工术语	电磁兼容	
GB/T 17626.2—2018	电磁兼容	试验和测量技术	静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3—2016	电磁兼容	试验和测量技术	射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 17626.4—2018	电磁兼容	试验和测量技术	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
GB/T 17626.5—2019	电磁兼容	试验和测量技术	浪涌（冲击）抗扰度试验
GB/T 17626.6—2017	电磁兼容	试验和测量技术	射频场感应的传导骚扰抗扰度
GB/T 17626.8—2006	电磁兼容	试验和测量技术	工频磁场抗扰度试验
GB/T 17626.9—2011	电磁兼容	试验和测量技术	脉冲磁场抗扰度试验
GB/T 17626.10—2017	电磁兼容	试验和测量技术	阻尼振荡磁场抗扰度试验
GB/T 17626.18—2016	电磁兼容	试验和测量技术	阻尼振荡波抗扰度试验

## 3 术语和定义

### 3.1

**无线感知设备** sensing equipment

变电站内用于监测或诊断电力设备，并具有无线传输数据功能的设备。

### 3.2

**性能降低** degradation of performance

装置、设备或系统的工作性能与正常性能的非期望偏离。

[来源：GB/T 4365-2003，定义 161-01-19]

### 3.3

**（对骚扰的）抗扰度** immunity(to a disturbance)

装置、设备或系统面临电磁骚扰不降低运行性能的能力。

[来源：GB/T 4365-2003，定义 161-01-20]

### 3.4

**EUT equipment under test**

受试设备。

### 3.5

**接地参考平面** ground reference plane; GRP

一块导电平面，其电位用作公共参考电位。

[来源：GB/T 4365-2003，定义 151-04-36]

## 4 电磁兼容要求

### 4.1 静电放电抗扰度

设备应能承受 GB/T 17626.2—2018 规定的严酷等级为 4 级的静电放电干扰。

#### 4.2 射频电磁场辐射抗扰度

设备应能承受 GB/T 17626.3—2016 规定的严酷等级为 3 级的射频电磁场辐射干扰。并且在 5G 使用频率承受 GB/T 17626.3 规定的 30V/m 的射频电磁场辐射干扰，调制方式见附录 B。

#### 4.3 电快速瞬变脉冲群抗扰度

设备应能承受 GB/T 17626.4—2018 规定的严酷等级为 4 级的电快速瞬变脉冲群干扰。

#### 4.4 浪涌（冲击）抗扰度

设备应能承受 GB/T 17626.5—2019 规定的严酷等级为 4 级的浪涌（冲击）干扰。

#### 4.5 射频场感应的传导骚扰抗扰度

设备应能承受 GB/T 17626.6—2017 规定的严酷等级为 3 级的射频场感应的传导骚扰干扰。

#### 4.6 工频磁场抗扰度

设备应能承受 GB/T 17626.8—2006 规定的严酷等级为 5 级的工频磁场干扰。

#### 4.7 脉冲磁场抗扰度

设备应能承受 GB/T 17626.9—2011 规定的严酷等级为 5 级的脉冲磁场干扰。

#### 4.8 阻尼振荡磁场抗扰度

设备应能承受 GB/T 17626.10—2017 规定的严酷等级为 5 级的阻尼振荡磁场干扰。

#### 4.9 阻尼振荡波抗扰度

设备应能承受 GB/T 17626.18—2016 规定的严酷等级为 3 级的阻尼振荡波干扰。

### 5 试验

#### 5.1 试验场地的参考条件

为了使环境参数对试验结果的影响减至最小，试验应在规定的气候和电磁参考条件下进行：

受试设备应在预期的气候条件下工作

——环境温度：15-35℃；

——相对湿度：30-60%；

——大气压力：86-106kPa。

#### 5.2 试验设备

试验设备应符合 GB/T 17626 系列标准相应试验项目的要求。此外，射频场辐射抗扰度试验设备除了符合 GB/T 17626.3—2016 的要求外，信号源必须具有 $\pi/2$ -BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM 调制方式，产生的调制信号占用带宽至少能达到 40MHz，详见附录 B。

#### 5.3 静电放电抗扰度试验

按照 GB/T 17626.2—2018 中规定，并在下述条件下进行：

——设备在正常工作状态；

——接触放电或空气放电；

——在外壳和工作人员经常可能触及的部位；

——试验电压：接触放电 8kV，空气放电 15kV；

——正负极性放电各 10 次，每次放电间隔至少 1s。

在施加干扰的情况下，设备应能正常工作，其测量准确度及性能应满足预期要求。

#### 5.4 射频电磁场辐射抗扰度试验

按照 GB/T 17626.3—2016 中规定，并在下述条件下进行：

- 设备在正常工作状态；
  - 频率范围：80MHz~5000MHz；
  - 试验场强 1：1kHz 80% AM 调制，10V/m；
  - 试验场强 2： $\pi/2$ -BPSK、QPSK、QAM 调制，30V/m。根据设备使用的调制方式进行选择。
- 在施加干扰的情况下，设备应能正常工作，其测量准确度及性能应满足预期要求。

#### 5.5 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按照 GB/T 17626.4—2018 中规定，并在下述条件下进行：

- 设备在正常工作状态；
- 试验电压：电源端口 4kV，数据端口 2kV；

在施加干扰的情况下，设备应能正常工作，其测量准确度及性能应满足预期要求。

#### 5.6 浪涌（冲击）抗扰度试验

按照 GB/T 17626.5—2019 中规定，并在下述条件下进行：

- 设备在正常工作状态；
- 试验电压：4kV；

在施加干扰的情况下，设备应能正常工作，其测量准确度及性能应满足预期要求。

#### 5.7 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

按照 GB/T 17626.6—2017 中规定，并在下述条件下进行：

- 设备在正常工作状态；
- 频率范围：150kHz~80MHz；
- 试验场强：10V；

在施加干扰的情况下，设备应能正常工作，其测量准确度及性能应满足预期要求。

#### 5.8 工频磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.8—2006 中规定，并在下述条件下进行：

- 设备在正常工作状态；
- 磁场强度：100A/m；

在施加干扰的情况下，设备应能正常工作，其测量准确度及性能应满足预期要求。

#### 5.9 脉冲磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.9—2011 中规定，并在下述条件下进行：

- 设备在正常工作状态；
- 磁场强度：1000A/m；

在施加干扰的情况下，设备应能正常工作，其测量准确度及性能应满足预期要求。

#### 5.10 阻尼振荡磁场抗扰度试验

按照 GB/T 17626.10—2017 中规定，并在下述条件下进行：

- 设备在正常工作状态；
- 磁场强度：100A/m；

在施加干扰的情况下，设备应能正常工作，其测量准确度及性能应满足预期要求。

#### 5.11 阻尼振荡波抗扰度试验

按照 GB/T 17626.18—2016 中规定，并在下述条件下进行：

- 设备在正常工作状态；
  - 试验电压：慢速阻尼振荡波共模电压 2.5kV，差模电压 1kV。快速阻尼振荡波共模电压 2kV；
- 在施加干扰的情况下，设备应能正常工作，其测量准确度及性能应满足预期要求。

## 6 检验规则

设备检验分为出厂试验、型式试验、现场试验、入网检测试验和特殊试验五类。试验项目按表1的规定进行。

表1 实验项目

序号	检验项目	型式试验	出厂试验	入网检测试验	现场试验
1	静电放电抗扰度试验	●	○	●	○
2	射频电磁场辐射抗扰度试验	●	○	●	○
3	电快速瞬变脉冲群抗扰度试验	●	○	●	○
4	浪涌（冲击）抗扰度试验	●	○	●	○
5	射频场感应的传导骚扰抗扰度试验	●	△	●	△
6	工频磁场抗扰度试验	●	○	●	○
7	脉冲磁场抗扰度试验	●	○	●	○
8	阻尼振荡磁场抗扰度试验	●	○	●	○
备注	●表示规定必须做的项目；○表示规定可不做的项目；△表示根据客户要求选做的项目。				

### 6.1 型式试验

当出现下列情况之一时，应进行型式试验：

- (1) 新产品定型，投运前；
- (2) 连续批量生产的设备每三年一次；
- (3) 正式投产后，如涉及、工艺材料、元器件有较大改变，可能影响产品性能时；
- (4) 产品停产意念以上又重新恢复生产时；
- (5) 出厂试验结果与型式试验有较大差异时；
- (6) 国家技术监督机构或受其委托的技术检验部门提出型式试验要求时；
- (7) 合同规定进行型式试验时。

### 6.2 出厂试验

入网检测是对挂网运行的设备进行的检测，设备试验合格后，方可正式投运。

### 6.3 入网试验

入网检测是对挂网运行的设备进行的检测，设备试验合格后，方可正式投运。

## 7 试验结果的评价

试验结果应依据受试设备在试验中的功能丧失或性能降低进行分类，相关的性能水平由设备的制造商或需要方确定，或由产品的制造商和购买方街上统一，推荐按如下要求分类：

- a) 在制造商、委托方或购买方规定的限值内性能正常；
- b) 功能或性能暂时丧失或降低，但在骚扰停止后能自行恢复，不需要操作者干预；
- c) 功能或性能暂时丧失或降低，但需要操作者干预才能恢复；
- d) 因设备硬件会软件损坏、或者数据丢失而造成不能恢复的功能丧失或性能降低。

制造商提出的技术规范可以规定对受试设备产生的某些影响是不重要的，因而是可接受的试验影响。

## 8 试验报告

试验报告应包括能重现试验的全部信息，特别是下列内容：

- 第6章要求的在实验计划中规定的项目内容；
- 受试设备和辅助设备的标识，例如商标、产品型号、序列号；
- 试验设备的标识，例如商标、产品型号、序列号；
- 任何进行试验所需的任何特定条件；
- 制造商、委托方或购买方规定的性能要求。

附录 A  
(资料性)  
变电站电磁环境

变电站架设 5G 天线时，一般架设在建筑物顶部，建筑通常 2-3 层，相对较矮，同时站内金属散射体较多，5G 天线发射的电磁场在变电站内衰落情况比较复杂。通过在多个 5G 网络变电站反复测试，站内约 80% 的区域场强低于 10V/m，约 15% 的区域场强在 30V/m 以内，约 5% 的区域场强超过 30V/m。典型的频谱如图 A-1 和 A-2 所示。

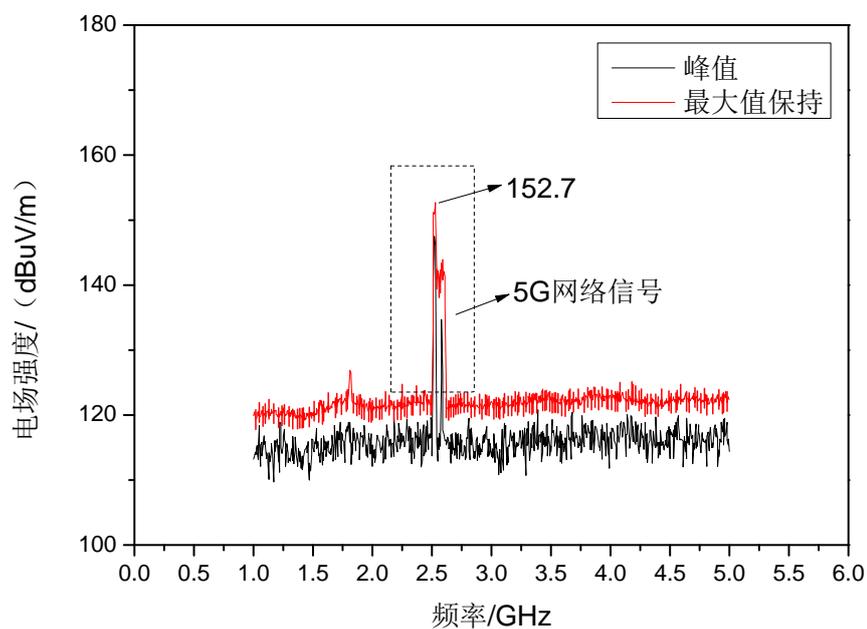


图 A.1 变电站内 5G 信号频谱（较大的位置）

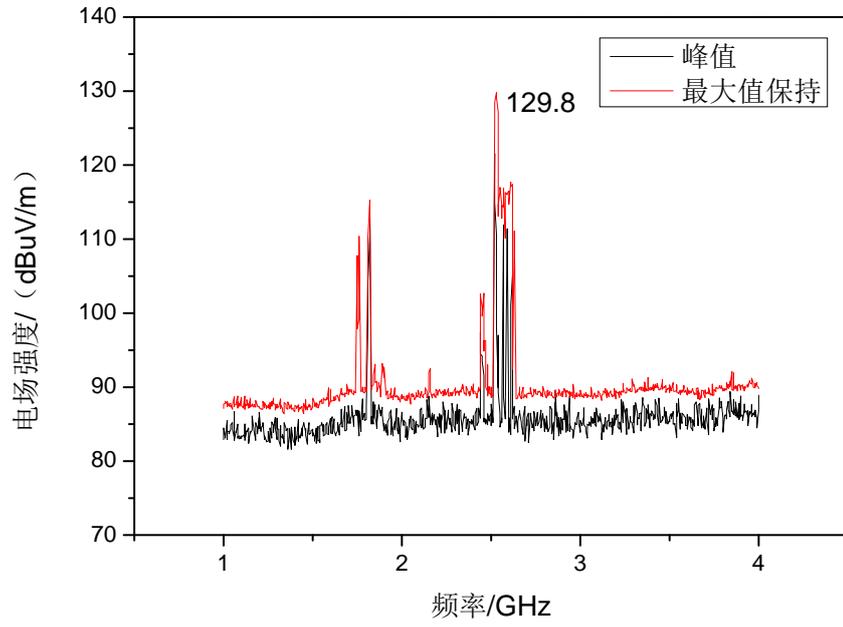


图 A.2 变电站内大多数位置 5G 信号频谱

附录 B  
(资料性)  
变电站网络信号的频率和调制方式

5G 网络信号的调制方式有： $\pi/2$ -BPSK、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM，频率如表 B-1 所示。不同调制方式对应的映射公式如表 B-2 所示。常用的 QPSK 和 256QAM 调制方式如图 B.1 所示。

表 B.1 5G 网络信号频率

运行商	频率/MHz
中国移动	2515-2675
	4800-4900
中国联通	3500-3600
中国电信	3400-3500
中国广电	698-798
	4900-5000

表 B.2 调制方式对应的映射公式

调制方式	调制阶数	映射公式
$\pi/2$ -BPSK	1	$x = \frac{e^{j\frac{\pi}{2}(i \bmod 2)}}{\sqrt{2}} [(1 - 2b(i)) + j(1 - 2b(i))]$
BPSK	1	$x = \frac{1}{\sqrt{2}} [(1 - 2b(i)) + j(1 - 2b(i))]$
QPSK	2	$x = \frac{1}{\sqrt{2}} [(1 - 2b(i)) + j(1 - 2b(i+1))]$
16QAM	4	$x = \frac{1}{\sqrt{10}} \{ (1 - 2b(i)) [2 - (1 - 2b(i+2))] + j(1 - 2b(i+1)) [2 - (1 - 2b(i+3))] \}$
64QAM	6	$x = \frac{1}{\sqrt{42}} \{ (1 - 2b(i)) [4 - (1 - 2b(i+2))] [2 - (1 - 2b(i+4))] + j(1 - 2b(i+1)) [4 - (1 - 2b(i+3))] [2 - (1 - 2b(i+5))] \}$

256QAM	8	$x = \frac{1}{\sqrt{170}} \{ (1-2b(i))[8 - (1-2b(i+2))][4 - (1-2b(i+4)) [2 - (1-2b(i+6))]] + j(1-2b(i+1))[8 - (1-2b(i+3))][4 - 2b(i+5)][2 - (1-2b(i+7))]] \}$
--------	---	---

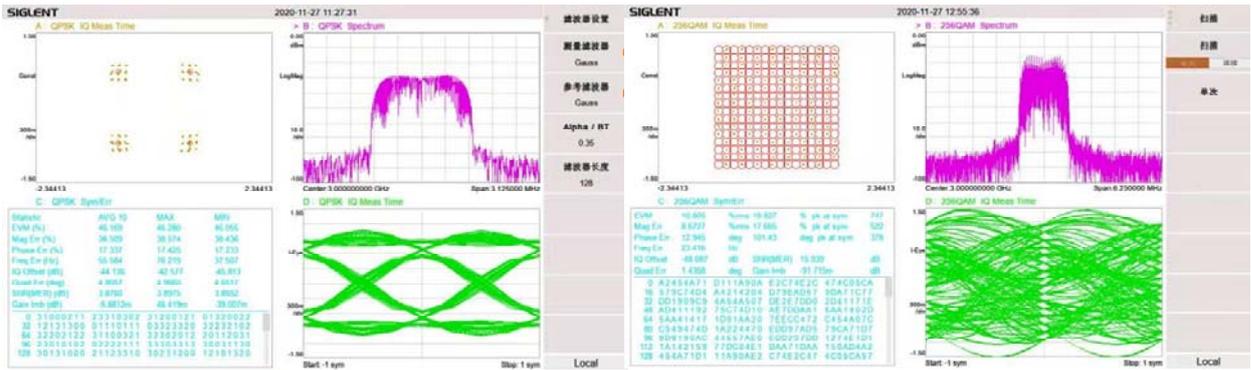


图 B.1 QPSK 和 256QAM 调制方式的频谱图和星座图

附 录 C  
(资料性)  
变电站典型的感知设备

变电站典型的无线感知设备见表 C.1 至表 C.3 所示。

表 C.1 主辅设备运行状态感知设备

被感知对象	感知量	无线感知设备
变压器	铁芯接地电流	电流传感器
	夹件接地电流	电流传感器
	局部放电	局放传感器
	油中溶解气体	油色谱传感器
	套管介损	电流传感器
	套管电容量	
电抗器	局部放电	局放传感器
	套管介损	电流传感器
	套管电容量	
断路器	振动	振动传感器
	动作次数	电磁计数器
	打压次数	电磁计数器
	SF6 气体压力	气体压力传感器
	SF6 水分	微水传感器
气体绝缘开关设备	SF6 气体压力	气体压力传感器
	SF6 水分	微水传感器
	局放	局放传感器
避雷器	高频局放	局放传感器
	运行中泄漏电流	避雷器泄漏电流传感器
	放电计数	
	交流泄漏电流阻性分量	
电容器	形变	电容器形变传感器
	高频局部放电	局放传感器
	相对介损	电流传感器
	相对电容量	
开关柜	热点温度	温度传感器
	开关柜触头温度	温度传感器
	局部放电	局放传感器
隔离开关	热点温度	温度传感器
	环境温度	温湿度传感器
电流互感器	高频局部放电	局放传感器
	相对介损	电流传感器

电压互感器	相对电容量	局放传感器
	高频局部放电	
	相对介损	电流传感器
	相对电容量	

表 C.2 运行环境感知设备

被感知对象	感知量	无线感知设备
微气象	温度监测、湿度监测	微气象传感器
	风速监测、风向监测、雨量监测、气压监测、降水强度监测、光辐射强度监测	
电缆沟	水浸状态	水浸传感器
汇控柜、端子箱、机构箱	温湿度	温湿度传感器
变压器噪声	噪声监测	噪声传感器

表 C.3 人员作业行为感知设备

被感知对象	汇聚节点		感知量	无线感知设备
	安装位置	配置原则		
视频监控	视频主机 主控室	全站 1 台	人员作业、人员行为、周界安全、烟火、物体遗留移除、入侵、车辆安全、表计读取、刀闸状态、开关状态、外观、视频质量、图像抓拍	球形摄像机、枪型摄像机、云台摄像机、全景摄像机、移动布控球型摄像机
			区域温度阈值、区域温差	红外热成像摄像机
巡检机器人	机器人 巡检就地模块 按活动区域就地安装	按区域 划分，每个区域 1 台	设备温度	基于移动巡检机器人的温度传感器
			设备图像	基于移动巡检机器人的图像传感器
			设备温度	基于爬壁巡检机器人的温度传感器
			设备图像	基于爬壁巡检机器人的图像传感器
			设备温度	基于轨道巡检机器人的温度传感器
			设备图像	基于轨道巡检机器人的图像传感器
鸟类识别	基于驱鸟机器人的图像传感器			