

电力行业标准《变电站无线感知设备抗扰度试验技术要求》 (征求意见稿) 编制说明

一. 工作简要过程

(一) 任务来源

本标准是根据《国家能源局综合司关于下达 2023 年能源领域行业标准制修订计划及外文版翻译计划的通知》(国能综通科技〔2023〕111 号)的安排制定的,项目编号为能源 20230479。由全国电磁兼容标准化技术委员会(SAC/TC246)提出并归口,中国电力科学研究院有限公司负责标准起草。

(二) 主要参加单位

本标准由中国电力科学研究院有限公司牵头,参与单位有中国南方电网深圳供电局有限公司、国网河南省电力公司、国网江苏省电力有限公司、国网湖北省电力有限公司、武汉大学、华北电力大学等。

(三) 编制过程

本标准工作过程如下:

1、2021 年 1-2 月,确立编研工作总体目标,构建组织机构,开展课题前期研究工作。

2、2021 年 3 月至 8 月,项目组通过多次组织方案研讨会,确定了 5G 网络变电站电磁环境测试方案和变电站电磁环境仿真方法,测试了官渡、万全、交流特高压试验基地等 5 座变电站的电磁环境,并进行了仿真分析,获得了典型变电站内电磁场分布特性。

3、2021 年 9 月至 2022 年 6 月,项目组在电网环境保护重点实验室的电波暗室和特高压试验基地的变电站进行了无线感知设备的抗扰度试验,通过 10 余种无线感知设备的实测和仿真分析,获得了部分无线感知设备抗扰能力统计值。

4、2022 年 7 月至 10 月,在电网环境保护重点实验室的电波暗室设置了无线感知设备的射频场辐射抗扰度标准化测试平台,对提出的测试方法进行验证。

5、2022 年 11 月至 12 月,总结科技项目研究成果,提出了变电站无线感知设备抗扰度试验技术要求初稿,并申报标准计划。

6、2023年9月，国家能源局下达了该行业标准制定计划。

7、2023年10月至12月，确立编研工作总体目标，组建标准编制工作组，确定参编单位及其人员，开展科技项目《5G网络变电站无线感知设备电磁防护技术与测试评价标准研究》的成果总结工作，提取标准需要的内容及结论。项目由中国电力科学研究院承担，参与单位有中国南方电网深圳供电局有限公司、国网河南省电力公司、国网江苏省电力公司等。

8、2024年1月，全国电磁兼容标准化技术委员会组织召开标准编制启动会，对标准编制工作大纲进行审查和讨论。

9、2024年3月，工作组组织方案研讨会，审核5G网络变电站电磁环境测试方案和无线感知设备的抗扰度测试方案，在变电站和实验室进行多次的相应的试验测试，通过统计分析获得不同变电站的电磁场分布特性和无线感知设备的抗扰能力的统计规律。

10、2024年4月，通过组织多次方案研讨会，确定无线感知设备的射频场辐射抗扰度试验测试方案，并在实验室汇总进行验证，查缺补漏。

11、2024年6月，根据方案研讨会结论和试验验证结果，工作组对初稿进行了修改，形成了《变电站无线感知设备抗扰度试验技术要求》征求意见稿及相关材料，提交至全国电磁兼容标准化技术委员会征求意见。

二. 行标编制原则和主要技术内容

（一）编制原则

随着无线通信技术与智能变电站的融合，变电站智能感知设备已由传统的有线传输方式向无线传输方式转型。5G网络的构建为智慧变电站内各类监测监控系统 and 智能运维系统提供了灵活高效、安全可靠的无线接入通道，实现了变电站大带宽、低时延业务的灵活应用，为泛在电力物联网无线感知业务的进一步研究和应用提供了强有力的通信网络支撑。5G大规模阵列天线比4G天线功率增强、覆盖面积减小、带宽增大，站内金属体衰减大，变电站安装5G设备后，站内局部电磁场场强超过了当前设备10V/m的限值，受到站内大量金属体的电磁散射影响，站内电磁场分布更为复杂，同时无线感知设备大多安装在高压设备上，直接暴露在高压设备产生的严酷电磁环境中，站内无线感知设备的安全运行、信号采集和信号传输受到电磁干扰的风险大为增加，为了保障电网安全可靠运行和顺

应感知设备的变革要求，在对多个 5G 网络设备变电站的电磁环境及无线感知设备抗扰度进行了理论分析和大量试验研究的基础上，标准起草工作组根据我国实际情况，编制统一的、具有实用价值和易于掌握的测试方法。

本标准按 GB/T 1.1—2020 要求编制，编制格式与 GB/T 1.1—2020 要求一致，语言表达符合汉语习惯。

（二）主要技术内容

本标准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。

本标准主要结构及内容如下：

- a) 目次
- b) 前言
- c) 正文，共设八章
 - 1) 范围，规定本标准涉及的内容范围。
 - 2) 规范性引用文件，列举本标准所引用的重要文献。
 - 3) 术语、定义和缩略语，对本标准中的重要术语和名词进行定义或解释。
 - 4) 电磁兼容要求，提出了无线感知设备的电磁兼容要求。提出无线感知设备的电磁兼容要求，包括静电放电抗扰度、射频电磁场辐射抗扰度、电快速瞬变脉冲群抗扰度、浪涌（冲击）抗扰度、射频场感应的传导场骚扰抗扰度、工频磁场抗扰度、脉冲磁场抗扰度、阻尼振荡磁场抗扰度、阻尼振荡波抗扰度。
 - 5) 试验。给出了无线感知设备的场地参考条件、试验设备和试验项目的具体要求。包括静电放电抗扰度、射频电磁场辐射抗扰度、电快速瞬变脉冲群抗扰度、浪涌（冲击）抗扰度、射频场感应的传导场骚扰抗扰度、工频磁场抗扰度、脉冲磁场抗扰度、阻尼振荡磁场抗扰度、阻尼振荡波抗扰度。
 - 6) 检验规则。提出了无线感知设备的检验规则，包括型式试验、出厂试验和入网试验。
 - 7) 试验结果的评价。

- 8) 试验报告。
- d) 附录
 - 1) 附录 A (资料性) 5G 网络变电站电磁环境
 - 2) 附录 B (资料性) 5G 网络信号的频率和调制方式
 - 3) 附录 C (资料性) 变电站典型的感知设备

三. 主要试验验证情况和预期达到的效果

(一) 关于架设了 5G 网络的变电站射频电磁场特性的验证

典型变电站内设备布置如图 1 所示，5G 通信设备架设在主控楼顶。

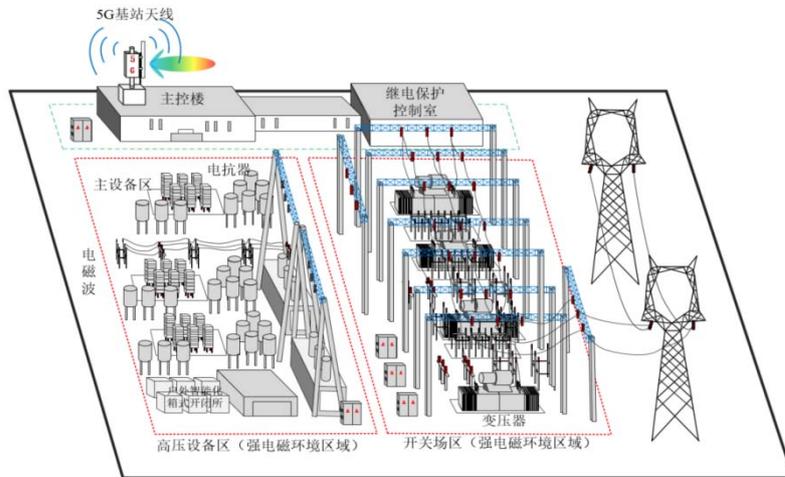


图 1 架设了 5G 通信设备的变电站示意图

关于变电站无线感知设备辐射抗扰度试验场强，通过在官渡、万全、交流特高压试验基地等 5 座变电站的电磁环境测试结果，包含了站内 5G 终端大数据传输和视频传输业务，各终端附近的场强相差较大。随着离开天线（覆盖区）越远，站内场强表现为衰减趋势，在金属构架较多或有建筑的区域，由于电磁散射，局部区域场强比周边增大，部分区域减小。根据测试结果，地面终端大多场强低于 12V/m，部分大于 12V/m，是天线架设较矮所致。构架上和设备上的无线感知设备普遍场强比地面大，超过 30V/m 的占比为 10%，考虑到站内无线感知设备直接关系设备和电网安全运行，从严考虑，无线感知设备的辐射抗扰度在满足 GB17626.3 的基础上，增加通信频率的抗扰度试验，试验场强为 30V/m。

(二) 关于无线感知设备辐射抗扰度的试验方法（5G 网络）的验证

利用已有的射频电磁场辐射抗扰度试验系统，选择矢量信号源，并播放编辑好的 5G 网络信号，对射频场的电场强度进行校核，校核结果如表 1 所示。然后

选取了特高频局放信号感知设备、视频监控设备和套管监测设备进行试验。结果表明，5G 信号与原信号一致，播放正常，场强达到 30V/m 要求，符合本文件的辐射抗扰度试验要求。

表 1 不同调制方式下的电磁场强度

调制方式	映射公式	场强 V/m
$\pi/2$ -BPSK	$x = \frac{e^{j\frac{\pi}{2}(i \bmod 2)}}{\sqrt{2}} [(1-2b(i)) + j(1-2b(i))]$	30.2
BPSK	$x = \frac{1}{\sqrt{2}} [(1-2b(i)) + j(1-2b(i))]$	30.5
QPSK	$x = \frac{1}{\sqrt{2}} [(1-2b(i)) + j(1-2b(i+1))]$	31.0
16QAM	$x = \frac{1}{\sqrt{10}} \{ (1-2b(i))[2-(1-2b(i+2))] + j(1-2b(i+1)) [2-(1-2b(i+3))] \}$	29.9
64QAM	$x = \frac{1}{\sqrt{42}} \{ (1-2b(i))[4-(1-2b(i+2))][2-(1-2b(i+4))] + j(1-2b(i+1))[4-(1-2b(i+3))][2-(1-2b(i+5))] \}$	30.9
256QAM	$x = \frac{1}{\sqrt{170}} \{ (1-2b(i))[8-(1-2b(i+2))][4-(1-2b(i+4)) [2-(1-2b(i+6))]] + j(1-2b(i+1))[8-(1-2b(i+3))][4-(1-2b(i+5))][2-(1-2b(i+7))]] \}$	29.9

四. 采用国际标准和国外先进标准情况

本标准未引用国际标准。本标准依据科研项目《5G 网络变电站无线感知设备电磁防护技术与测试评价标准研究》的研究成果和近年来中国电力科学研究院有限公司、国网河南省电力公司、国网江苏省电力有限公司公司、国网湖北省电力有限公司公司、中国南方电网深圳供电局有限公司、武汉大学、华北电力大学等单位对变电站无线感知设备电磁抗干扰能力的评估结果。本标准提出了变电站无线感知设备电磁兼容和检验规则的通用要求，力求做到针对性、科学性与可操作性。

五. 与现行法律、法规、政策及相关标准的协调性

本标准与现行其他相关标准没有矛盾，与现行的法律、法规、政策也无冲突

和违背。

六. 重大分歧意见的处理经过和依据

无

七. 本标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议本标准作为推荐性行业标准发布。

八. 贯彻标准的要求和措施建议

建议在全国电磁兼容标准化技术委员会的领导下,开展对本标准涉及的内容宣贯工作。

九. 废止现行有关标准的建议

无。

十. 重要内容的解释和其它应予说明的事项

条文说明

1、关于“前言”

本章按照 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》要求,给出了本标准与其他标准的关系、提出单位、归口单位、起草单位、起草人等内容。

2、关于“范围”

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。

适用于变电站使用的无线感知设备。

3、关于“规范性引用文件”

本章列出标准中规范性引用的文件,该文件经过标准条文的引用后,成为标准应用时必不可少的文件。

4、关于“术语和定义、缩略语”

术语及定义参考 GB/T 4365 等标准中的界定,同时列写了较为关键的术语,对本标准中较为关键的术语进行了定义(无线感知设备)。

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。

5、关于“电磁兼容要求”

本文件涉及的电磁兼容要求包括静电放电抗扰度、射频电磁场辐射抗扰度、

电快速瞬变脉冲群抗扰度、浪涌（冲击）抗扰度、射频场感应的传导场骚扰抗扰度、工频磁场抗扰度、脉冲磁场抗扰度、阻尼振荡磁场抗扰度、阻尼振荡波抗扰度。无线感知设备由变电站在线监测设备演化而来，所处的电磁环境与在线监测设备相同，因此无线感知设备的电磁兼容要求在在线监测设备电磁兼容要求技术上，增加了架设 5G 网络等设备形成电磁场的辐射场抗扰度要求。

6、关于“试验”

本章提出了无线感知设备的电磁兼容试验要求和程序。

7、关于“检验规则”

本章给出了无线感知设备的检验规则，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。根据用户需要选择合适的试验和试验项目。

8、关于“试验结果评价”

本章无线感知设备试验结果的评价方法。

9、关于“试验报告”

本章规定了无线感知设备的电磁兼容试验报告的内容及要求。

关于无线感知设备的电磁兼容要求的说明

文件制定过程中，有专家提出对无线感知设备进行分类，按照电磁场的严酷程度提出针对性的电磁兼容要求，无线感知设备由变电站在线监测设备演化而来，前期 DL/T 1432.1-2015《变电设备在线监测装置检验规范 第 1 部分：通用检验规范》对在线监测设备的电磁兼容要求进行了规定，并且实施了多年，考虑到标准的协调性和实施现状，不宜降低部分无线感知设备的电磁兼容要求。

标准编制工作组
2024 年 6 月 20 日