

T/ZOIA

中关村光电产业协会团体标准

T/ZOIA 3006—2024

电力传感器自供电技术规范 第2部分：技术要求

Energy harvesting technical specification for sensors using in electricity
industry——Part 2: General rules

2024 - 04 - 02 发布

2024 - 04 - 02 实施

中关村光电产业协会 发布

目 次

前 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 通用术语 2

4 自供电电力传感器组成基本要求 2

 4.1 概述 2

 4.2 能量收集单元 2

 4.3 传感单元 3

 4.4 数据处理单元 3

 4.5 通信单元 3

5 自供电电力传感器功能要求 3

 5.1 自供电功能要求 3

 5.2 数据采集和无线通信要求 3

 5.3 工作模式要求 3

 5.4 远程配置要求 3

 5.5 备用电源要求 3

6 自供电电力传感器性能要求 4

 6.1 工作环境 4

 6.2 自供电性能通用要求 4

 6.3 电磁兼容性能 5

 6.4 气候防护性能 5

 6.5 防护等级要求 5

 6.6 使用寿命要求 6

 6.7 机械性能要求 6

 6.8 备用电源性能要求 6

7 技术参数标注要求 6

 7.1 磁场取能自供电传感器 6

 7.2 电场取能自供电传感器 7

 7.3 振动取能自供电传感器 7

 7.4 温差取能自供电传感器 8

 7.5 光照取能自供电传感器 8

 7.6 风取能自供电传感器 8

 7.7 射频取能自供电传感器 9

 7.8 多源取能自供电传感器 10

8 自供电电力传感器通信接口规范 10

 8.1 通则 10

 8.2 ZigBee 10

8.3 LoRa 10

8.4 蓝牙 10

8.5 无线局域网 10

8.6 RFID 10

8.7 无线 HART..... 10

8.8 WIA-PA 10

8.9 ISA100 10

9 自供电电力传感器可靠性设计方法 10

9.1 概述 10

9.2 供电可靠性设计 10

9.3 硬件可靠性设计 12

9.4 软件可靠性设计 12

9.5 通信可靠性设计 12

10 试验一般准则与要求 12

10.1 概述 12

10.2 试验方法的标准化 12

10.3 影响因素 12

10.4 试验方法的文件化 12

10.5 试验结果的处理 12

10.6 试验结果受其他试验的影响性 13

11 通用试验程序和注意事项 13

11.1 试验机构 13

11.2 试验准备工作 13

11.3 测量系统及参比测量设备的选择 13

11.4 环境能量激励的质量 13

11.5 试验顺序 13

11.6 每一组测量的中断和持续时间 13

11.7 试验期间的异常情况和故障 13

11.8 试验的重新开始 14

11.9 计量符号和单位 14

11.10 试验报告和试验文件 14

参 考 文 献 15

前 言

《电力传感器自供电技术规范》分为3部分

- 第1部分：术语；
- 第2部分：技术要求；
- 第3部分：测试规范。

本部分为《电力传感器自供电技术规范》的第2部分。

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。

本文件由中国传感器与物联网产业联盟能源专委会提出。

本文件由中关村光电产业协会归口。

本文件起草单位：国网智能电网研究院有限公司，国网新疆电力有限公司信息通信公司，国网江西省电力有限公司信息通信分公司，国网江苏省电力有限公司南京供电分公司，北京智芯微电子科技有限公司，凯铭诺（深圳）科技有限公司，重庆大学，西安交通大学

本文件主要起草人：李春龙，鞠登峰，黄辉，郭经红，崔力民，王鑫，陈华宁，肖子洋，张明，杜君，吴超，方东明，苏澜，牟笑静，贺学锋，王路，梁晟杰，方煜，陈亚伟，白巍，邓辉，黄莉，曾鹏飞，高志东，李庆，黄凤，孙晓艳，田文锋，杨智豪，王瑶

电力传感器自供电技术规范 第2部分：技术要求

1 范围

本文件规定了自供电电力传感器组成基本要求，以及其自供电特性的功能要求、性能要求、技术参数标注要求、通信接口规范、可靠性设计方法、试验一般准则与要求、通用试验程序和注意事项。

本文件适用于面向电力领域应用的，无需电力线供电、无需电池供电或电池仅作为应急后备电源，即可实现被测量感知并将感知量回传的自供电电力传感器的生产、科学研究、教学以及其他有关技术领域。

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 156-2007 标准电压
- GB/T 2423.1-2008 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 2423.2-2008 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 2423.4-2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）
- GB/T 2423.6-1995 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Eb和导则：碰撞
- GB/T 2423.24-2022 环境试验 第2部分：试验方法 试验S：模拟地面上的太阳辐射及太阳辐射试验和气候老化试验导则
- GB/T 3512-2014 硫化橡胶或热塑性橡胶 热空气加速老化和耐热试验
- GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 6587-2012 电子测量仪器通用规范
- GB/T 7665-2005 传感器通用术语
- GB/T 8897.1-2013 原电池第1部分：总则
- GB/T 8897.2-2013 原电池 第2部分：外形尺寸和电性能要求
- GB/T 10125-2021 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 16422.3-2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第3部分 荧光紫外灯
- GB/T 16422.2-2014 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分 氙弧灯
- 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 26790.1-2011 工业无线网络WIA规范 第1部分：用于过程自动化的WIA系统结构与通信规范
- GB/T 26790.2-2015 工业无线网络WIA规范 第2部分：用于工厂自动化的WIA系统结构与通信规范
- GB/T 26790.3-2015 工业无线网络WIA规范 第3部分：WIA-PA协议一致性测试规范
- GB/T 26790.4-2020 工业无线网络WIA规范 第4部分：WIA-FA协议一致性测试规范
- GB/T 29768-2013 信息技术 射频识别 800/900MHz空中接口协议
- GB/T 29910.3-2013 工业通信网络现场总线规范 类型20：HART规范 第3部分：应用层服务定义
- GB/T 29910.4-2013 工业通信网络 现场总线规范 类型20：HART规范 第4部分：应用层协议规范
- GB/T 29910.5-2013 工业通信网络 现场总线规范 类型20：HART规范 第5部分：WirelessHART 无线通信网络及通信行规
- GB/T 29910.6-2013 工业通信网络 现场总线规范类型20：HART规范 第6部分：应用层附加服务定义和协议规范
- GB/T 33905.1—2017 智能传感器 第1部分：总则
- GB/T 34071—2017 物联网总体技术 智能传感器可靠性设计方法与评审
- QJ/T 815.2-1994 产品公路运输加速模拟试验方法

IEC 62734-2014 工业网络. 无线通信网络和通信协议. ISA 100.11a[Industrial networks - Wireless communication network and communication profiles - ISA 100.11a]

IEEE 802.11 国际电机电子工程学会信息技术标准 局域网和城域网通信和信息交换 技术规范 第11部分：无线局域网媒体访问控制和物理层规范 [IEEE Standard for Information technology-Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks-Specific requirements-Part 11:Wireless LAN Medium Access Control(MC) and Physical Layer(PHY) Specifications]

蓝牙核心规范 4.0 (Bluetooth Core Specification version 4.0)

ZigBee-2007 规范 (ZigBee-2007 Specification)

LoRaWAN 规范1.0 (LoRaWAN Specification 1R0)

ISO 31 (所有部分) 量和单位 (Quantitics and units)

3 通用术语

下列术语和定义适用于本文件。

GB/T 33905.1—2017、GB T 7665-2005界定的术语和定义适用于本文件。

电力传感器自供电技术规范 第1部分：术语 界定的术语和定义适用于本文件。

4 自供电电力传感器组成基本要求

4.1 概述

自供电电力传感器一般由能量收集单元、传感单元、数据处理单元和通信单元构成，其模型见图1。

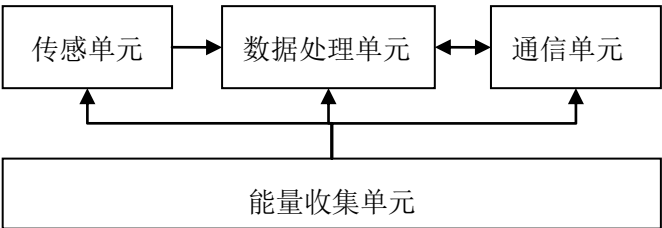


图1 自供电电力传感器模型

4.2 能量收集单元

能量收集单元是自供电电力传感器实现自供电的核心单元。它的主要功能是将环境能量转换为直流稳压电能，为传感器运行提供能量。

能量收集单元一般由能量转换前端、能量管理电路、储能单元构成，其模型见图2。

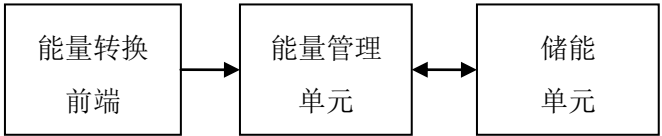


图2 能量收集单元模型

4.2.1 能量转换前端

能量转换前端的主要功能是将电、磁、振动、温差、风、光和射频等环境能量转换为交流或直流电能，输出的电能特性受环境能量波动而波动。

4.2.2 能量管理单元

能量管理单元的主要功能是将能量转换前端输出的微弱不稳定电能进行电能变换和调度，形成稳压直流输出。

能量管理单元的调度功能主要负责根据传感单元、数据处理单元和通信单元用电需求，动态调整能量转换前端获取电能在储能单元与传感单元、数据处理单元、通信单元等用电单元间的流动。

除电能变换和调度等主要功能外,能量管理电路还应具备通过外围电阻电路进行电能调度参数配置的功能,可配置参数有:

- 储能单元过充保护阈值;
- 储能单元放电启动阈值;
- 储能单元放电截止阈值;
- 稳压输出电压。

4.2.3 储能单元

储能单元的主要功能是将环境能量转换的微弱电能进行储存并积累,以供能量管理电路进行电能调度。

储能单元类型可包括电容、可充电电池和原电池等中的一种或多种。其中,电容或可充电电池主要用于能量储存与积累,原电池主要作为后备电源使用。

4.3 传感单元

传感单元功能参照GB/T 33905.1-2017中4.3规定的内容执行。

4.4 数据处理单元

数据处理单元是自供电电力传感器进行采样处理与通信控制的核心,它的主要功能参照GB/T 33905.1-2017中4.2规定的内容执行。

除GB/T 33905.1-2017中4.2规定的内容外,自供电电力传感器的数据处理单元还应具备休眠与唤醒两种工作模式,且休眠时间可远程配置。

4.5 通信单元

自供电电力传感器通信单元的主要功能是将感知数据上传和接收远程配置命令。

5 自供电电力传感器功能要求

5.1 自供电功能要求

- a) 采用磁场、电场、振动、温差、光、风、射频等环境能量中的一种或几种作为传感器的主要工作电能来源;
- b) 在环境能量激励条件下,应可实现传感器定周期的采样和无线通信。

5.2 数据采集和无线通信要求

- a) 具备采集功能。按设定时间间隔自动采集待感知量的功能,并可通过无线通信将采集数据上传,感知量采集和通信间隔应可配置;
- b) 传感器启动后应在完成必要初始化工作后,率先完成数据采集及基于无线通信的数据发送,数据发送后应持续一定时间的数据接收。

5.3 工作模式要求

- a) 应具备工作模式和休眠模式两种状态,休眠或唤醒周期应可配置;
- b) 在环境能量激励处于某一范围内条件下应可维持定周期工作状态;
- c) 在环境能量激励处于某一较弱范围条件下应根据环境能量强度进行变周期工作。

5.4 远程配置要求

自供电电力传感器的数据采样及通信周期应可基于无线通信进行远程配置。

5.5 备用电源要求

- a) 含备用电源的自供电电力传感器,备用电源应采用不可充电的原电池,原电池技术要求参照GB/T 8897.1-2013、GB/T 8897.2-2013中技术要求;
- b) 含备用电源时,应可在不破坏自供电电力传感器结构的条件下,取出或切断备用电源。

6 自供电电力传感器性能要求

6.1 工作环境

6.1.1 环境条件

- a) 环境温度：-25℃~+45℃（普通型）或-40℃~+45℃（低温型）
- b) 相对湿度：5%RH~100%RH；
- c) 大气压力：550hPa~1060hPa。

6.1.2 工作温度

-40℃~+70℃（工业级）或-40℃~+125℃（扩展工业级）

6.2 自供电性能通用要求

6.2.1 冷启动性能

自供电电力传感器在冷启动状态下应可完成完整的采样处理通信工作流程。

6.2.1.1 磁场取能自供电传感器

磁场取能自供电传感器的冷启动电流或冷启动磁场强度应根据带电导线长期运行电流范围或磁场强度范围确定，应能保证长期连续供电的要求：

- a) 用于10kV/35kV场景的环型/开环型工频磁场取能自供电传感器冷启动电流宜不大于1A，用于110kV及以上电压等级场景的环型/开环型工频磁场取能自供电传感器冷启动电流宜不大于10A；
- b) 用于10kV及以上电压等级场景的平面型工频磁场取能自供电传感器冷启动工频磁场强度宜不大于100μT。

6.2.1.2 电场取能自供电传感器

电场取能自供电传感器应可在10kV、35kV、110kV、220kV、330kV、500k或1000kV某一个电压场景下实现冷启动。

6.2.1.3 振动取能自供电传感器

振动取能自供电传感器的冷启动振动加速度应根据应用场景的长期振动特性确定，应能保证长期连续供电的要求：

- a) 用于变压器等主设备场景的振动取能自供电传感器冷启动振动加速度宜不大于0.1g；
- b) 用于架空线路场景的振动取能自供电传感器冷启动振动加速度宜不大于1g。

6.2.1.4 温差取能自供电传感器

温差取能自供电传感器的冷启动温差应根据应用场景的长期温差特性确定，应能保证长期连续供电的要求，宜不大于5℃。

6.2.1.5 光照取能自供电传感器

光照取能自供电传感器的冷启动光照强度应根据应用场景的长期光照特性确定，应能保证长期连续供电的要求：

- a) 用于野外场景的太阳光光照取能自供电传感器冷启动光照强度宜不大于1000Lux；
- b) 用于室内的照明光光照取能自供电传感器冷启动光照强度宜不大于200Lux。

6.2.1.6 风取能自供电传感器

风取能自供电传感器的冷启动风速应根据应用场景的长期风速特性确定，应能保证长期连续供电的要求：

- a) 用于输电场景的风取能自供电传感器冷启动风速宜不大于3m/s；
- b) 用于配电场景的风取能自供电传感器冷启动风速宜不大于1.5m/s。

6.2.1.7 射频取能自供电传感器

射频取能自供电传感器的冷启动射频强度应根据应用场景的长期射频特性确定,应能保证长期连续供电的要求:

- a) 对于含自建激励源的射频取能自供电传感器,冷启动射频强度宜不大于-15dBm;
- b) 对于基于公网射频激励的射频取能自供电传感器,冷启动射频强度宜不大于-80dBm。

6.2.2 稳态工作性能

- a) 应可实现定周期的数据采样与无线通信;
- b) 稳态工作的工作周期应可远程配置。

6.2.3 供电电压性能

自供电电力传感器的自供电单元应提供稳压直流供电,供电电压宜为3.3V、5V、12V或24V,供电纹波 $\leq \pm 25\text{mV}$ 。

6.2.4 供电电流性能

自供电电力传感器的自供电单元支持的峰值供电电流应不小于30mA。

6.3 电磁兼容性能

6.3.1 静电放电抗扰度

应能承受“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”中第5章规定的试验等级为4级的静电放电试验。在试验器件及试验后,自供电电力传感器能正常工作。

6.3.2 射频电磁场辐射抗扰度

应能承受“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”中第5章规定的试验等级为3级的辐射电磁场干扰试验。在试验期间及试验后,导线温度采集单元能正常工作。

6.4 气候防护性能

6.4.1 高温性能

应能承受GB/T 2423.2 试验Bb中严酷等级为:温度+70℃或温度+85℃、持续时间72h的高温试验。在试验期间及试验后,自供电电力传感器能正常工作。

6.4.2 低温性能

应能承受GB/T 2423.1 试验Ab中严酷等级为:温度-25℃或-40℃或-55℃、持续时间72h的低温试验。在试验期间及试验后,自供电电力传感器能正常工作。

6.4.3 交变湿热性能

应能承受GB/T 2423.4中高温温度为+55℃,试验周期48h,循环次数2此的试验要求。在试验期间及试验后,自供电电力传感器能正常工作。

6.4.4 盐雾腐蚀性能

应能承受GB/T 10125中温度为+35℃ $\pm 2^\circ\text{C}$ 、溶液Ph=3.1~3.3、试验周期72h的乙酸盐雾试验,或者温度为+50℃ $\pm 2^\circ\text{C}$,溶液Ph=3.1~3.3,氯化铜溶液浓度:0.26g/L $\pm 0.02\text{g/L}$,试验周期24h的铜加速乙酸盐雾试验。在试验期间及试验后,自供电电力传感器能正常工作。

6.4.5 结构材料性能

应满足 GB/T 16422.3、GB/T 16422.2、GB/T 2423.24、GB/T 3512 中规定的荧光紫外老化、氙灯老化、热老化试验要求。

6.5 防护等级要求

对于工业级应用的自供电电力传感器，应满足GB 4208中规定的IP67等级要求。

6.6 使用寿命要求

自供电电力传感器在规定环境能量激励上限条件下连续运行168h后，自供电性能衰减应不大于2%。

6.7 机械性能要求

6.7.1 碰撞性能

在非工作状态下，非包装状态的自供电电力传感器应能承受GB/T2423.6中规定的如下试验等级的碰撞：

- a) 脉冲持续时间：16ms；
- b) 每方向的碰撞次数：1000次；
- c) 峰值加速度： 9.8m/s^2

6.7.2 包装运输性能

- a) 包装后的自供电电力传感器应能承受GB/T 6587-2012中规定的等级为2级的自由跌落和翻滚。
- b) 包装后的自供电电力传感器应能承受QJ/T 815.2中规定的等级为四级公路低级路面、连续2h的运输。

6.8 备用电源性能要求

对于含备用电源的自供电电力传感器，应满足如下要求：

- a) 备用电源30d的荷电保持能力不应低于99.5%；
- b) 对于工业级应用的自供电电力传感器备用电源+55℃±5℃高温环境下持续供电时间应不低于+25℃±5℃常温环境下供电时间的90%；
- c) 对于工业级应用的自供电电力传感器备用电源-40℃±5℃低温环境下持续供电时间应不低于+25℃±5℃常温环境下供电时间的60%。

7 技术参数标注要求

自供电电力传感器应根据其具体自供电类型进行自供电技术参数标注。

7.1 磁场取能自供电传感器

7.1.1 结构形态

应标注磁场取能自供电传感器的主体结构为环型、开环型或平面型。

7.1.2 结构参数

- a) 环型磁场取能自供电传感器应标注环型内径直径，以及外部边缘结构长宽高详细尺寸；
- b) 开环型磁场取能应标注开环紧固方式、紧固件尺寸、内径直径范围、以及外部边缘结构长宽高详细尺寸；
- c) 平面型磁场取能自供电传感器应标注边缘结构长宽高详细尺寸。

7.1.3 冷启动磁场激励条件

- a) 环形/开环型磁场取能自供电传感器应标注冷启动所需导体电流及电流频率，以及冷启动时间；
- b) 平面型磁场取能自供电传感器应标注冷启动所需磁场强度及磁场频率，以及冷启动时间。

7.1.4 冷启动条件下工作周期

应标注磁场取能自供电传感器在冷启动磁场激励条件下的工作周期。

7.1.5 定周期工作环境磁场激励条件

- a) 应标注环形/开环型磁场取能自供电传感器可按设置参数定周期工作所需的导体电流激励范围，含电流激励下限与上限；

- b) 应标注平面型磁场取能自供电传感器可按设置参数定周期工作所需的环境磁场激励范围,含磁场激励下限与上限。

7.1.6 定周期模式工作周期范围

应标注磁场取能自供电传感器在定周期工作磁场激励下限条件下,可设置的定周期工作参数范围。

7.1.7 耐冲击磁场强度

应根据7.1.3中规定的工作电流或磁场频率,标注耐冲击的电流或磁场强度。

7.2 电场取能自供电传感器

7.2.1 结构形态

应根据与高压带电导体的连接方式,标注电场取能自供电传感器为环型、开环型或平面型。

7.2.2 结构参数

- a) 环型电场取能自供电传感器应标注环型内径直径,以及外部边缘结构长宽高详细尺寸;
- b) 开环型电场取能应标注开环紧固方式、紧固件尺寸、内径直径范围、以及外部边缘结构长宽高详细尺寸;
- c) 平面型电场取能自供电传感器应标注边缘结构长宽高详细尺寸。

7.2.3 工作电压等级

应根据GB/T 156-2007中对于设备标称电压的规定,标注电场取能自供电传感器适应的工作电压等级,以及冷启动时间。

7.2.4 定周期模式工作周期范围

应根据7.2.3中规定的工作电压等级,分别标注电场取能自供电传感器定周期模式可配置的工作周期范围。

7.2.5 耐冲击电压

应标注电场取能自供电传感器耐冲击的最高电压等级,耐冲击电压应满足GB/T 156-2007中对于设备标称电压对应的设备最高电压规定。

7.3 振动取能自供电传感器

7.3.1 结构参数

应提供振动取能自供电传感器的结构图,并标注结构边缘的最大投影长、宽、高尺寸。

7.3.2 振动取能频率范围

应标注振动取能自供电传感器工作所需的环境振动频率范围。

7.3.3 冷启动振动激励条件

应分别标注7.3.2中振动取能频率范围下限与上限条件下,振动取能自供电传感器冷启动所需的最小振动加速度和冷启动时间。

7.3.4 冷启动条件下工作周期

应分别标注7.3.3中振动取能频率范围下限与上限冷启动条件下,振动取能自供电传感器工作周期。

7.3.5 定周期工作环境振动激励条件

应分别标注7.3.2中振动取能频率范围下限与上限条件下,振动取能自供电传感器定周期工作所需振动激励加速度范围。

7.3.6 定周期模式工作周期范围

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/647145101026006130>