

中华人民共和国工业和信息化部 通信计量技术规范

JJF (通信) XXXX-XXXX

通信基础设施电能监测系统校准规范

Calibration Specification for Power Monitoring System
in Communication Infrastructure

(报批稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

通信基础设施电能监测系统 统校准规范

Calibration Specification for Power Monitoring
System in Communication Infrastructure

JJF (通信) XXXX-XXXX

归口单位：中国信息通信研究院

起草单位：中国信息通信研究院

上海市计量测试技术研究院有限公司

国家无线电监测中心检测中心

本规程技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

陈龙泉（中国信息通信研究院）

沈岸平（中国信息通信研究院）

黄 震（中国信息通信研究院）

参加起草人：

张 欣（中国信息通信研究院）

于 磊（上海市计量测试技术研究院有限公司）

刘子豪（国家无线电监测中心检测中心）

目 录

引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
3.1 采集点位 (Sampling Position)	1
3.2 脉冲常数 (Pulse Constant)	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
5.1 相对示值误差.....	2
5.2 计时误差.....	4
6 校准条件.....	4
6.1 环境条件.....	4
6.2 测量标准及其他设备.....	4
7 校准项目和校准方法.....	6
7.1 校准项目.....	6
7.2 校准方法.....	7
8 校准结果表达.....	15
9 复校时间间隔.....	16
附录 A.....	17
附录 B.....	19
附录 C.....	21

引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次制定。

通信基础设施电能监测系统校准规范

1 范围

本规范适用于通信基础设施电能监测系统的校准，具有类似功能的动力环境监测系统或环境参数采集系统相应参数的校准可参照本规范执行。

2 引用文件

JJF 1076-2020 数字式温湿度计校准规范

JJG 1085-2013 标准电能表检定规程

YD/T 1363.4-2014 通信局(站)电源、空调及环境集中监控管理系统 第4部分测试方法

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 采集点位（Sampling Position）

通信基础设施内部及周边某一被监测位置，由电能监测系统对其进行参数采集。

3.2 脉冲常数（Pulse Constant）

用以表征通信基础设施电能监测系统每消耗 1kWh 电能可产生的脉冲数量，单位为 imp/kWh。

4 概述

通信基础设施电能监测系统（以下简称监测系统）是通信网用以进行电能采集、监测、分析和应用的基础设施，是构建行业碳达峰碳中和标准计量体系的重要支撑，多安装于基站、通信机房、通信机楼或数据中心等通信基础设施中，一般由电能采集设备、数据转发上传单元、电能监测管理平台等部分组成（见图1），其中，电能采集设备用以采集通信基础设施重点用能部位的基础电能参数（包括直流电压、直流电流、交流电压、交流电流、温度、湿度等多种类型传感器），并将采集到的电能参数量值转化为数字化测量数据；数据转发上传单元接收测量数据，并将数据装载进 RS-485, MODBUS、Profinet 等通信协议格式，传送至电能监测管理平台进行处理；电能监测管理平台接收并处理上传数据，解析为可视化测量数据，并结合通信基础设施具体情况进行分析。

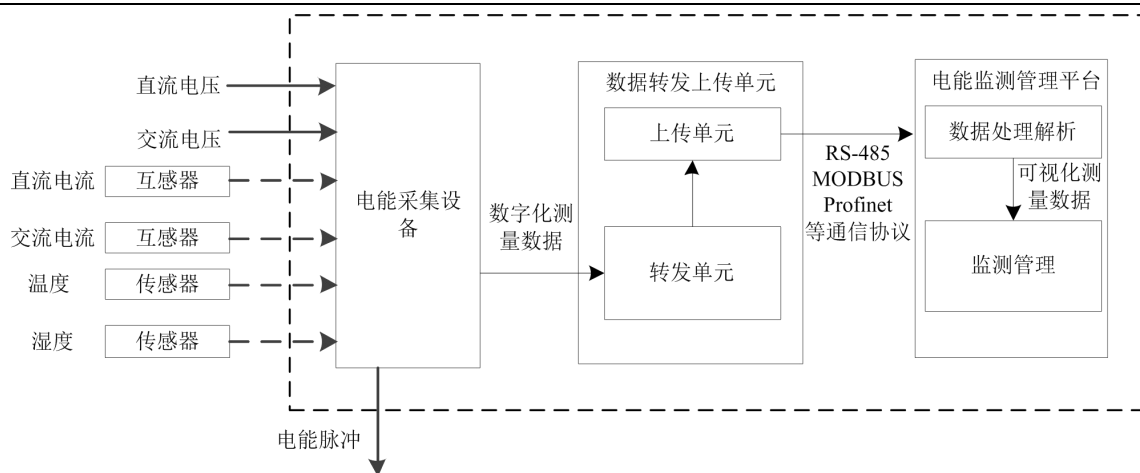


图1 通信基础设施电能监测系统原理示意图

5 计量特性

5.1 相对示值误差

监测系统采集点位的交流电压、交流电流、交流功率、交流频率、交流电能、直流电压、直流电流、直流功率、温度、湿度等参数的示值误差一般以相对示值误差的形式给出，用公式（1）表示：

$$\Delta = \frac{Y_X - Y_N}{Y_N} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

Δ —相对示值误差；

Y_X —监测系统采集点位的参数测量值；

Y_N —对应采集点位的参数标准值。

5.1.1 交流电压

测量范围：（0.1~500）V；

频率：50Hz/60Hz；

最大允许误差：±2%。

5.1.2 交流电流

测量范围：（0.01~100）A；

频率：50Hz/60Hz；

最大允许误差：±2%。

5.1.3 交流功率

测量范围: (0.01~1000) W;

最大允许误差: $\pm 2\%$ 。

5.1.4 功率因数

测量范围: (0.01~1) ;

最大允许误差: $\pm 2\%$ 。

5.1.5 交流频率

测量范围: (40~1000) Hz;

最大允许误差: $\pm 2\%$ 。

5.1.6 交流电能

最大允许误差: $\pm 2\%$ 。

5.1.7 直流电压

测量范围: $\pm (0.1\sim 100)$ V;

最大允许误差: $\pm 1\%$ 。

5.1.8 直流电流

测量范围: $\pm (0.01\sim 100)$ A;

最大允许误差: $\pm 2\%$ 。

5.1.9 直流功率

测量范围: (0.01~1000) W;

最大允许误差: $\pm 2\%$ 。

5.1.10 温度

测量范围: (5~50) $^{\circ}\text{C}$;

最大允许误差: $\leq \pm 1^{\circ}\text{C}$ (5 $^{\circ}\text{C}$ ~20 $^{\circ}\text{C}$) ;

$\leq \pm 5\%$ (>20 $^{\circ}\text{C}$) 。

5.1.11 湿度

测量范围: (10~90) %RH;

最大允许误差: $\leq 10\%RH$ 。

5.2 计时误差

监测系统采集点位的计时误差一般以相对示值误差的形式给出, 用公式 (2) 表示:

$$\Delta T = \left(\frac{3600000}{P \times C \times T_m} - 1 \right) \times 100\% \quad (2)$$

式中:

ΔT —相对计时误差;

P —采集点位的当前功率, 单位 W;

C —监测系统的脉冲常数, 单位 imp/kWh;

T_m —通过示波器或频率计读取的电脉冲时间间隔, 单位 s。

计时误差的最大允许误差: $\pm 5\%$ 。

注: 以上指标仅供参考, 实际以说明书给出的指标为准。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度

实验室条件下应为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$, 且校准过程中环境温度变化不大于 $\pm 2^\circ\text{C}$, 在线测量条件下, 采集点位应与通信基础设施的温度要求保持一致。

6.1.2 相对湿度

实验室条件下应不大于 85%, 在线测量条件下, 采集点位应与通信基础设施的湿度要求保持一致。

6.1.3 电源电压

实验室条件下应为 AC $(220 \pm 11)\text{V}$, 频率 $(50 \pm 1)\text{Hz}$ 。在线测量条件下, 采集点位应与通信基础设施的电力环境要求保持一致。

6.1.4 振动及电磁干扰

实验室条件下应无剧烈震动和影响测量结果的电磁场干扰, 在线测量条件下, 采集点位应与通信基础设施的振动及电磁环境要求保持一致。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 数字多用表

a. 直流电压测量范围: $(-100 \sim 100)\text{V}$;

- b. 直流电压测量最大允许误差：±0.2%；
- c. 直流电流测量范围：（0~10）A；
- d. 直流电流测量最大允许误差：±0.5%。
- e. 交流电压测量范围：（0~500）V，频率 50Hz/60Hz；
- f. 交流电流测量最大允许误差：±0.5%；
- g. 频率测量最大允许误差：±0.1%。

6.2.2 钳形电流表

- a. 直流电流测量范围：（0~500）A；
- b. 直流电流测量最大允许误差：±0.5%；
- c. 交流电流测量范围：（0~500）A，频率 50Hz/60Hz；
- d. 交流电流测量最大允许误差：±0.5%。

6.2.3 交流电子负载

- a. 电压范围：（0~500）V，频率 50Hz/60Hz；
- b. 电流范围：（0~100）A；
- c. 最大功率：≥1000W。

6.2.4 直流电子负载

- a. 电压范围：（0~100）V；
- b. 电流范围：（0~100）A；
- c. 最大功率：≥1000W。

6.2.5 交流功率分析仪

- a. 交流电压测量范围：（0~500）V，频率 50Hz/60Hz；
- b. 功率测量范围：≥1000W；
- c. 功率测量最大允许误差（频率 50Hz/60Hz）：±0.5%；
- d. 功率因数测量最大允许误差（频率 50Hz/60Hz）：±0.5%。

6.2.6 数字式温度计

- a. 测量范围：（-40~100）℃；
- b. 温度测量最大允许误差：±0.2℃。

6.2.7 数字式湿度计

- a. 测量范围：（0~100）%RH；

- b. 湿度测量最大允许误差: $\pm 2\%RH$ 。

6.2.8 交流电源

- a. 输出交流电压测量范围: $(0\sim 500) V$, 频率 $50Hz/60Hz$;
- b. 输出交流电压的最大允许误差: $\pm 1\%$;
- c. 最大功率: $\geq 1000W$ 。

6.2.9 直流电源

- a. 输出直流电压测量范围: $(0\sim 100) V$;
- b. 输出直流电压的最大允许误差: $\pm 0.5\%$;
- c. 最大功率: $\geq 1000W$ 。

6.2.10 三相或单相标准电能表检定装置

电能测量最大允许误差: $\pm 0.5\%$ 。

6.2.11 温湿度标准箱

温度控制范围: $(5\sim 50) ^\circ C$;
湿度控制范围: $(10\sim 90) RH\%$;
温度波动度: $\pm 0.2^\circ C$;
湿度波动度: $\pm 2\%RH$ 。

6.2.12 数字示波器

带宽: $\geq 350MHz$;
采样率: $\geq 350MS/s$;
时间测量最大允许误差: $\pm 0.5\%$ 。

6.2.13 频率计

时间间隔测量范围: $0.1\mu s \sim 10s$;
时基频率偏差: $\pm (1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-9})$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 2。

表 1 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	交流电压	7.2.3
2	交流电流	7.2.4
3	交流功率	7.2.5
4	功率因数	7.2.6
5	交流频率	7.2.7
6	交流电能	7.2.8
7	直流电压	7.2.9
8	直流电流	7.2.10
9	直流功率	7.2.11
10	温度	7.2.12
11	湿度	7.2.13
12	计时误差	7.2.14

7.2 校准方法

本节校准方法主要对监测系统选定的采集点位进行基础电能参数校准（包括直流电压、直流电流、交流电压、交流电流、温度、湿度等），实际操作应根据待校准点位配置的测量参数、测量范围、准确度等级等情况选择下述适当的校准方法进行。

监测系统优先使用离线测量法，即在实验室标准环境下进行校准，对于已上线运行并无法拆除的监测系统，建议使用在线测量法，通过对比的方式进行校准。

使用在线测量法时，应对计量参数的采集点位进行记录，以表征该参数对应的通信基础设施内某设备的特定采集位置，包括设备名称、位置信息（设备入口或设备出口）等。使用离线测量法时，应对监测系统中显示计量参数所在的采集通道序号进行记录。

7.2.1 外观检查

- 被校监测系统应具备相应的警示标志等。
- 被校监测系统各部件应安装牢固，能确保正常工作。
- 被校监测系统通电后显示功能正常。

7.2.2 校准前准备

使用离线测量法时，所有校准用设备和被校监测系统均置于工作台上，并按照说明书的要求进行预热，校准用设备应在检定或校准周期内使用。

使用在线测量法时，要求在线工作的监测系统已正常工作一段时间无异常，所有校准用设备按照说明书的要求进行预热，校准用设备应在检定或校准周期内使用。

7.2.3 交流电压

7.2.3.1 离线测量法

（a）根据监测系统采集点位配置的参数类型，三相交流接入型按图 2（a）示意接线，单相交流接入型按图 2（b）示意接线。

（b）设置交流电源的电压为适当的频率和数值后输出。

（c）将数字万用表的测量端直接并联在采集点位的电压采集端口上，选择适当的交流电压量程，分别记录万用表测量值和采集点位的测量值于附录 A.2 表中，按式（1）计算出交流电压的测量误差记录于附录 A.2 表中。

（d）交流电源的电压按如下规则选取，取 1~2 个频率点，兼顾频率限值(一般应包括 50Hz)。在 50Hz、60Hz 频率点时，基本量程选取 3~4 个校准点，非基本量程取 2~3 个校准点；校准点应包括 100%点，且均匀分布。其他频率点，每个量程可取 10%点、100%点为校准点。

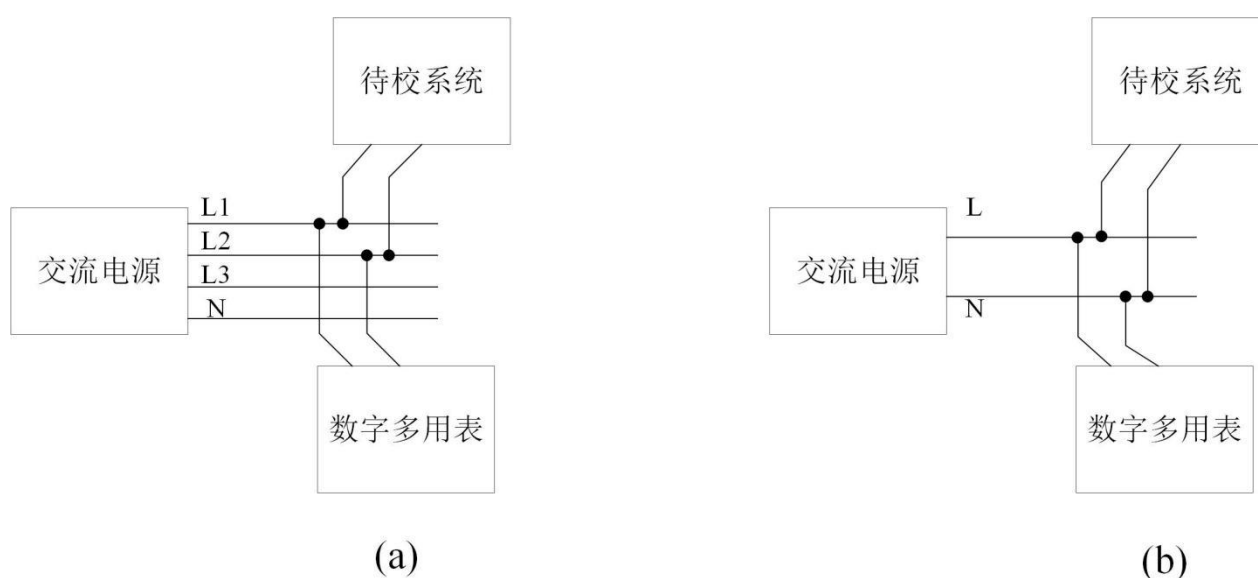


图 2 交流电压校准示意图

7.2.3.2 在线测量法

在线测量环境下校准操作同 7.2.3.1（c），交流电压取值按照基础设施内采集点位的实际电压数值进行。

7.2.4 交流电流

7.2.4.1 离线测量法

- (a) 根据监测系统采集点位配置的参数类型和额定电流，三相交流接入型按图 3（a）示意接线，单相交流接入型按图 3（b）示意接线。
- (b) 设置交流电子负载为恒流模式，输出电流为适当的频率和数值，设置交流电源的频率与输出电流保持一致，功率不超过交流电子负载的功率上限。
- (c) 选择适当的钳形电流表交流电流量程，将钳形型电流表钳口与采集点位的电流互感器置于同一回路进行测量，分别记录钳形电流表的测量值和采集点位的测量值于附录 A.3 表中，按式（1）计算出交流电流的测量误差，记录于附录 A.3 表中。也可使用交流功率分析仪的电流测量端（或电流互感器）替代钳形电流表。
- (d) 交流电子负载的电流按如下规则选取，选取 1~2 个频率点，兼顾频率限值(一般应包括 50Hz)。在 50Hz、60Hz 频率点时，基本量程选取 3~4 个校准点，非基本量程取 2~3 个校准点；校准点应包括 100%点，且均匀分布。其他频率点，每个量程可取 10%点、100%点为校准点。

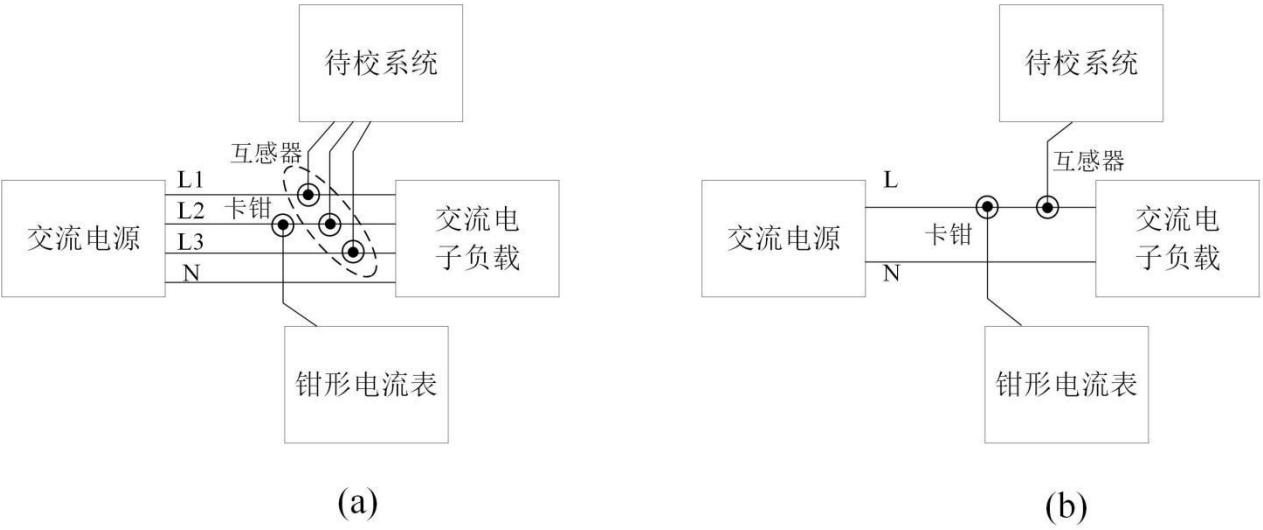


图 3 交流电流校准示意图

7.2.4.2 在线测量法

在线测量环境下校准操作同 7.2.4.1（c），交流电流取值按照基础设施内采集点位的实际电流数值进行。

7.2.5 交流功率

7.2.5.1 离线测量法

(a) 根据监测系统采集点位配置的参数类型，三相交流接入型按图 4 (a) 示意接线，单相交流接入型按图 4 (b) 示意接线。

(b) 设置交流电子负载为 100%额定负载，输出电流、功率因数为适当的频率和数值，设置交流电源的频率与输出电流保持一致，功率不超过交流电子负载的功率上限。

(c) 将交流功率分析仪的电压测量端直接并联在采集点位的采集端口上，将交流功率分析仪的电流测量端（或电流互感器）与采集点位的电流互感器置于同一回路进行测量，分别记录交流功率分析仪的测量值和采集点位的测量值于附录 A.4 表中，按式 (1) 计算出交流功率的测量误差，记录于附录 A.4 表中。

(d) 交流电子负载和交流电源的设置按如下规则选取，选取 1~2 个频率点，兼顾频率限值(一般应包括 50Hz)，建议在 50Hz、60Hz、400Hz 中优先选取。根据交流电子负载的配置情况，选取 1~3 个功率因数，兼顾低功率因数和高功率因数(一般应包括 1)，建议在 1.0、0.1L、0.1C、0.5L、0.5C、0.886L 和 0.886C 中优先选取。结合频率点和功率因数的选取点，在电压基本量程下，电流在测量范围内均匀选取 2~3 个点作为交流功率校准点。

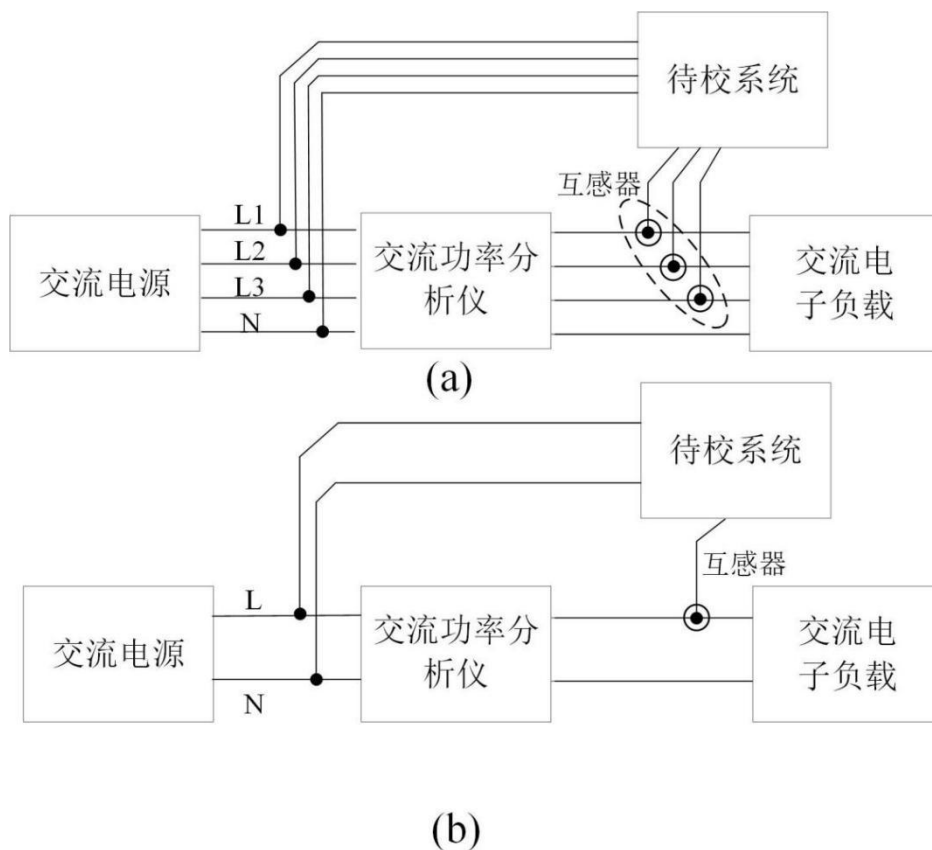


图 4 交流功率校准示意图

7.2.5.2 在线测量法

在线测量环境下校准操作同 7.2.5.1 (c)，交流功率取值按照基础设施内采集点位的实际功率数值进行。也可按照图 4 使用三相或单相标准电能表便携式校验装置与交流电压、交流电流、交流功率等参数一并测量。

7.2.6 功率因数

7.2.6.1 离线测量法

校准操作同 7.2.5.1，选取 1~2 个频率点，兼顾频率限值(一般应包括 50Hz)。在 50Hz 频率点，功率因数建议在 1.0、0.1L、0.1C、0.5L、0.5C、0.886L 和 0.886C 中选取 1~3 个点，分别记录交流功率分析仪的功率因数测量值和采集点位的测量值于附录 A.4 表中，按式 (1) 计算出功率因数的测量误差，记录于附录 A.4 表中。

7.2.6.2 在线测量法

在线测量环境下，功率因数取值按照基础设施内采集点位的实际功率因数数值进行。也可按照图 4 使用三相或单相标准电能表便携式校验装置与交流电压、交流电流、交流功率等参数一并测量。

7.2.7 交流频率

7.2.7.1 离线测量法

(a) 根据监测系统采集点位配置的参数类型，三相交流接入型按图 2 (a) 示意接线，单相交流接入型按图 2 (b) 示意接线。

(b) 设置交流电源的电压为适当的频率和数值后输出，选取 1~2 个频率点，兼顾频率限值(一般应包括 50Hz)。

(c) 将数字万用表的测量端直接并联在采集点位的电压采集端口上，选择频率测量档，可测量得到交流频率值，按式 (1) 计算出交流频率的测量误差。

7.2.7.2 在线测量法

在线测量环境下校准操作同 7.2.7.1 (c)，交流频率取值按照基础设施内采集点位的实际频率数值进行。

7.2.8 交流电能

交流电能参数只在在实验室标准环境下进行校准，根据监测系统采集点位配置的参数类型，参照 JJG 1085-2013《标准电能表检定规程》6.5.4 确定电能测量基本误差的方法，使用三相或单相标准电能表检定装置进行校准。上述交流电压、交流电流、交流功率、交流频率参数，离线测量时也可使用三相或单相标准电能表检定装置，在线测量时使用三相或单相标准电能表便携式校验装置一并测量。

7.2.9 直流电压

7.2.9.1 离线测量法

(a) 按图 5 示意接线，设置直流电源的输出电压为标准工作电压（对于直流供电系统监测建议为-48V，对于蓄电池电压监测建议根据电池的具备配置电压而定）。

(b) 将数字万用表的测量端直接并联在采集点位的电压采集端口上，选择适当的直流电压量程，分别记录万用表测量值和采集点位的测量值于附录 A.7 表中，按式（1）计算出直流电压的测量误差，记录于附录 A.7 表中。

(c) 调节直流电源的输出电压为其他数值，在基本量程选取（2~3）个校准点，其他量程选取 1 个校准点，也可根据客户需要进行选取，分别测量相应的直流电压数值。

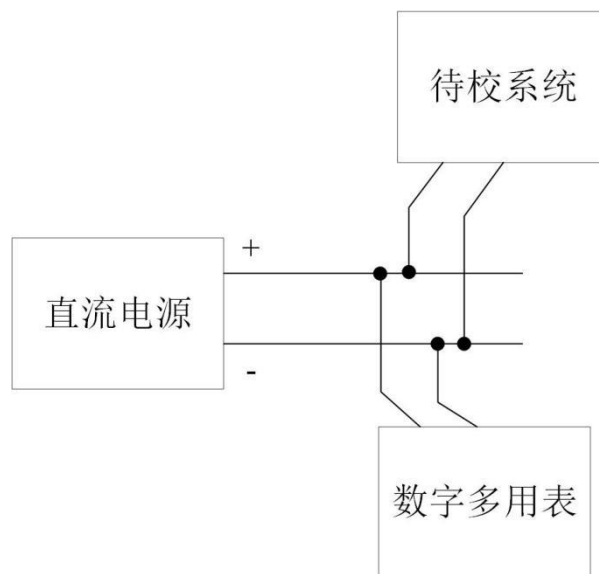


图 5 直流电压校准示意图

7.2.9.2 在线测量法

在线测量环境下校准操作同 7.2.9.1 (b)，直流电压取值按照基础设施内采集点位的实际直流电压数值进行。

7.2.10 直流电流

7.2.10.1 离线测量法

根据监测系统采集点位配置的额定电流，

(a) 按图 6 示意接线，设置直流电子负载为恒流模式，直流电源为标准工作电压。

(b) 将钳形电流表钳口与采集点位的电流互感器置于同一回路，选择适当的钳形电流表直流电流量程进行测量，分别记录钳形电流表的测量值和采集点位的测量值于附录 A.8 表中，按式 (1) 计算出直流电流的测量误差，记录于附录 A.8 表中。也可使用万用表的电流测量端替代钳形电流表，串联在采集电流回路上进行测量。

(c) 调节直流电子负载的恒定电流为其他数值，在基本量程选取 (2~3) 个校准点，其他量程选取 1 个校准点，也可根据客户需要进行选取，分别测量相应的直流电流数值。当电流过大时，可采用 $\leq 0.5\%$ 测量误差的分流器或互感器替代。

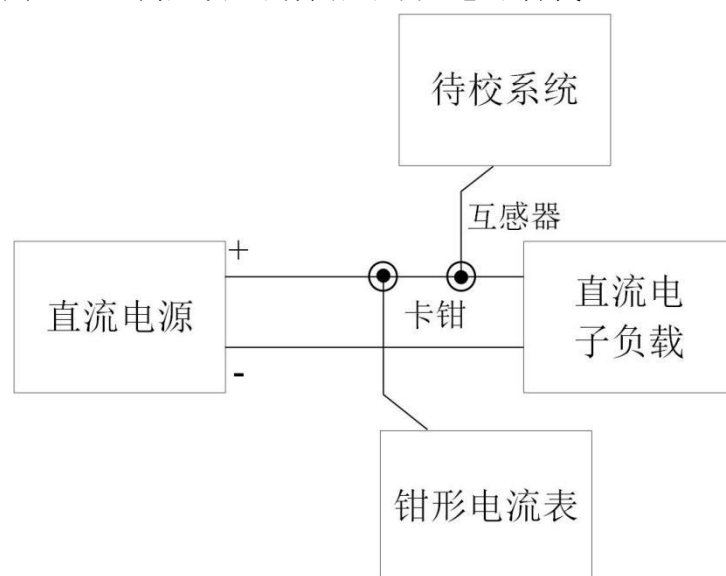


图 6 直流电流校准示意图

7.2.10.2 在线测量法

在线测量环境下校准操作同 7.2.10.1 (b)，直流电流取值按照基础设施内采集点位的实际直流电流数值进行。

7.2.11 直流功率

7.2.11.1 离线测量法

(a) 按图 7 示意接线，设置直流电源为标准工作电压，直流电子负载为恒定功率模式。

(b) 分别测量监测系统采集点位对应的输入电压和电流，读取数字多用表的示值 U_m

和钳形电流表的示值 I_m ，按式 (2) 计算得出功率值 P_m ，记录采集点位的测量值 P_x 于附录 A.9 表中，按式 (1) 计算出直流功率的测量误差，记录于附录 A.9 表中。

$$P_m = U_m \times I_m \quad (2)$$

(c) 调节直流电子负载的恒定功率为其他数值，在基本量程选取 (2~3) 个校准点，其他量程选取 1 个校准点，也可根据客户需要进行选取，分别测量相应的直流功率数值。

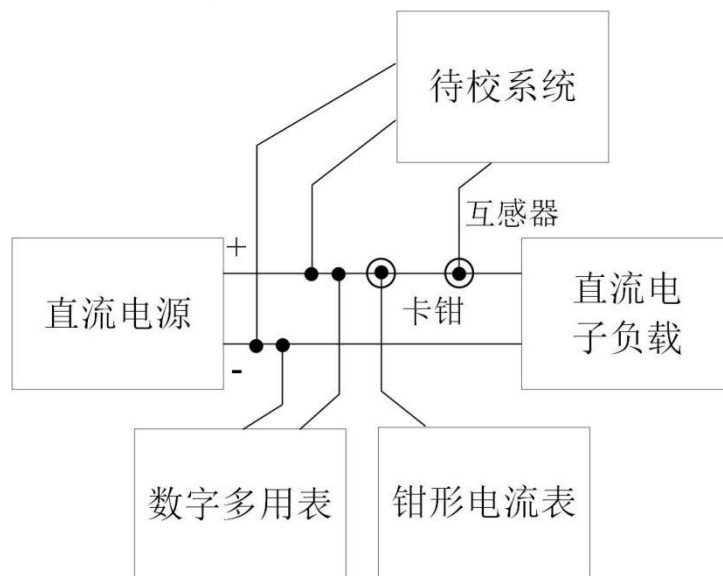


图 7 直流功率校准示意图

7.2.11.2 在线测量法

在线测量环境下校准操作同 7.2.11.1 (b)，直流功率取值按照基础设施内采集点位的实际直流功率数值进行。

7.2.12 温度传感器示值

7.2.12.1 离线测量法

(a) 将采集点位对应的温度传感器探头置于温度标准箱内，数字式温度计探头与其尽可能地靠近。

(b) 待温度控制箱内的温度数值稳定后，分别记录温度计读数和采集点位的测量值于附录 A.10 表中，按式 (1) 计算出温度的测量误差，记录于附录 A.10 表中。

(c) 选取 (3~5) 个校准点，也可根据客户需要进行选取，调整温度标准箱为适当数值，分别测量相应的温度数值。

7.2.12.2 在线测量法

在线测量环境下校准操作同 7.2.12.1 (b)，温度取值按照基础设施内采集点位的实际温

度数值进行。

7.2.13 湿度传感器示值

7.2.13.1 离线测量法

(a) 将采集点位的湿度传感器探头置于湿度控制箱内，数字式湿度计探头与其尽可能地靠近。

(b) 参考 JJF 1076-2020 设定湿度控制箱的温度值（如 20℃或 25℃），当温度平衡后，设定湿度控制箱的湿度值，一般由低湿（如 10%RH）到高湿（如 90%RH）。

(c) 分别记录湿度计读数和采集点位的测量值于附录 A.11 表中，按式（1）计算出湿度的测量误差，记录于附录 A.11 表中。

7.2.13.2 在线测量法

在线测量环境下校准操作同 7.2.13.1 (b)，湿度取值按照基础设施内采集点位的实际湿度数值进行。

7.2.14 计时误差

(a) 具备电能脉冲输出功能的监测系统主要通过离线测量法进行计时误差的校准，将采集点位的输出脉冲接入数字示波器，测量脉冲间隔时间，与标称脉冲常数进行比对，按式（1）计算计时误差，记录于附录 A.12 表中。

(b) 通过光电脉冲闪烁显示电能的监测系统，可通过光电采样器将采集点位的光电脉冲闪烁转换为电脉冲接入数字示波器或频率计进行测量。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，推荐校准证书内页格式见附录 B。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出，并给出测量不确定度，不确定度评定实例见附录 C。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；

- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对被校样品的抽样程序进行说明;
- i) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明;
- k) 校准环境的描述;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范的偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识;
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- p) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的, 因此, 送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。建议不超过 1 年。

附录 A

原始记录推荐格式

证书编号：_____

共_____页 第_____页

A.1 外观及工作正常性检查 _____

A.2 交流电压

采集点位	频率	标准值	实测值	示值误差	不确定度(k=2)

A.3 交流电流

采集点位	频率	标准值	实测值	示值误差	不确定度(k=2)

A.4 交流功率

采集点位	频率	标准值	实测值	示值误差	不确定度(k=2)

A.5 交流频率

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度(k=2)

A.6 交流电能及功率因数（采集点位：XX 设备入口或通道 XX）

量程	测量模式	输入设置			电能基本误差	功率因数 相对误差	不确定度(k=2)
		电压	电流	功率因数			

A.7 直流电压

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

A.8 直流电流

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

A.9 直流功率

采集点位	电压	电流	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

A.10 温度传感器示值

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

A.11 湿度传感器示值

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

A.12 计时误差

采集点位	功率	标称脉冲常数	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

温度	℃	相对湿度	%
电源电压	V	校准日期	

校准人（签名）

核验人（签名）

附录 B

校准证书内页推荐格式

证书编号：_____
共_____页 第_____页

B.1 外观及工作正常性检查 _____

B.2 交流电压

采集点位	频率	标准值	实测值	示值误差	不确定度(k=2)

B.3 交流电流

采集点位	频率	标准值	实测值	示值误差	不确定度(k=2)

B.4 交流功率

采集点位	频率	标准值	实测值	示值误差	不确定度(k=2)

B.5 交流频率

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度(k=2)

B.6 交流电能（采集点位：XX 设备入口或通道 XX）

量程	测量模式	输入设置			电能基本误差	功率因数 相对误差	不确定度(k=2)
		电压	电流	功率因数			

B.7 直流电压

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

B.8 直流电流

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

B.9 直流功率

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

B.10 温度传感器示值

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

B.11 湿度传感器示值

采集点位	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

B.12 计时误差

采集点位	标称脉冲常数	标准值	实测值	示值误差	不确定度($k=2$)

附录 C

通信基础设施电能监测系统测量不确定度评定示例

依据通信基础设施电能监测系统校准规范的各校准项目的计量特性、校准条件及校准方法的规定，对成都标定科技有限责任公司生产的 RPB210-Z3 型多功能多回路电能监测系统进行了校准，并对测量结果的不确定度进行了评定。

C.1 交流电压校准

C.1.1 测量不确定度来源

- (1) 测量重复性引入的测量不确定度 (u_1)；
- (2) 数字多用表引入的标准不确定度 (u_2)；
- (3) 转接线引入的测量不确定度 (u_3)；
- (4) 分辨力引入的测量不确定度 (u_4)。

C.1.2 测量不确定度评定

C.1.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次，电压测量结果分别为 220.1V，219.8V，219.8V，采用极差法，计算标准偏差为， $S=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$ ，查表得测量次数 $n=3$ 时， $d_n=1.69$ 。则：

$$u_1 = \frac{220.1-219.8}{1.69 \times 219.9} = 0.08\% \quad (\text{C.1})$$

C.1.2.2 由数字多用表电压测量引入的标准不确定度分量

数字多用表电压测量引入的最大允许误差为 $\pm 0.1\%$ ，按均匀分布， $k_2=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_2 = \frac{0.1\%}{\sqrt{3}} = 0.06\% \quad (\text{C.2})$$

C.1.2.3 转接线引入的标准不确定度分量

由转接线引入的最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ ，按均匀分布， $k_3=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_3 = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.12\% \quad (\text{C.3})$$

C.1.2.4 分辨力引入的标准不确定度分量

被校监测系统的交流电压测量分辨力为 0.1V，按均匀分布， $k_4=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_4 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}}/219.9 = 0.01\% \quad (\text{C.4})$$

C.1.3 标准不确定度的合成

C.1.3.1 标准不确定度评定表

表 C.1 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	测量重复性	$u_1=0.08\%$	/
2	数字多用表测量误差	$u_2=0.06\%$	均匀
3	转接线引入误差	$u_3=0.12\%$	均匀
4	分辨力	$u_4=0.01\%$	均匀

C.1.3.2 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.16\% \quad (C.5)$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量 (u_1 和 u_4) 因重复计算, 合成时取较大的分量计算。

C.1.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则:

$$U = k \cdot u_c = 0.3\% \quad (C.6)$$

可得到被校监测系统交流电压示值测量结果的不确定度 $U=0.3\%$ 。

C.2 交流电流校准

C.2.1 测量不确定度来源

- (1) 测量重复性引入的测量不确定度 (u_1) ;
- (2) 钳形电流表引入的测量不确定度 (u_2) ;
- (3) 监测系统分辨力引入的测量不确定度 (u_3) 。

C.2.2 测量不确定度评定

C.2.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次, 交流电流测量结果分别为 10.4A, 10.4A, 10.3A, 采用极差法, 计算标准偏差为, $s=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$, 查表得测量次数 $n=3$ 时, $d_n=1.69$ 。则:

$$u_1 = \frac{10.4-10.3}{1.69 \times 10.4} = 0.57\% \quad (C.7)$$

C.2.2.2 由钳形电流表测量引入的标准不确定度分量

钳形电流表测量引入的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$, 按均匀分布, $k_2=\sqrt{3}$, 则:

$$u_2 = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\% \quad (C.8)$$

C.2.2.3 分辨力引入的标准不确定度分量

被校监测系统的交流电流测量分辨力为 0.1A, 按均匀分布, $k_3=\sqrt{3}$, 则:

$$u_4 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}}/10.4 = 0.28\% \quad (\text{C.9})$$

C.2.3 标准不确定度的合成

C.2.3.1 标准不确定度评定表

表 C.2 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	测量重复性	$u_1=0.57\%$	/
2	钳形电流表测量误差	$u_2=0.29\%$	均匀
3	分辨力	$u_3=0.28\%$	均匀

C.2.3.2 合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.64\% \quad (\text{C.10})$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量（ u_1 和 u_3 ）因重复计算，合成时取较大的分量计算。

C.2.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则：

$$U = k \cdot u_c = 1.3\% \quad (\text{C.11})$$

可得到被校监测系统交流电流示值测量结果的不确定度 $U=1.3\%$ 。

C.3 交流功率校准

C.3.1 测量不确定度来源

- （1）测量重复性引入的测量不确定度（ u_1 ）；
- （2）交流功率分析仪测量引入的标准不确定度（ u_2 ）；
- （3）转接线引入的测量不确定度（ u_3 ）；
- （4）分辨力引入的测量不确定度（ u_4 ）。

C.3.2 测量不确定度评定

C.3.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次，功率测量结果分别为 110.2W，110.3W，110.2W，采用极差法，计算标准偏差为， $s=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$ ，查表得测量次数 $n=3$ 时， $d_n=1.69$ 。则：

$$u_1 = \frac{110.3-110.2}{1.69 \times 110.2} = 0.06\% \quad (\text{C.12})$$

C.3.2.2 由交流功率分析仪测量引入的标准不确定度分量

交流功率分析仪测量引入的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ ，按均匀分布， $k_2=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_2 = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\% \quad (\text{C.13})$$

C.3.2.3 转接线引入的标准不确定度分量

转接线引入的最大允许误差为 $\pm 0.2\%$ ，按均匀分布， $k_3=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_3 = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.12\% \quad (\text{C.14})$$

C.3.2.4 分辨力引入的标准不确定度分量

被校监测系统的交流功率测量分辨力为 0.1W，按均匀分布， $k_4=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_4 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}}/110.2 = 0.03\% \quad (\text{C.15})$$

C.3.3 标准不确定度的合成

C.3.3.1 标准不确定度评定表

表 C.3 标准不确定度评定表

序 号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	测量重复性	$u_1=0.06\%$	/
2	交流功率分析仪测量误差	$u_2=0.29\%$	均匀
3	转接线引入误差	$u_3=0.12\%$	均匀
4	分辨力	$u_4=0.03\%$	均匀

C.3.3.2 合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.32\% \quad (\text{C.16})$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量（ u_1 和 u_4 ）因重复计算，合成时取较大的分量计算。

C.3.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则：

$$U = k \cdot u_c = 0.6\% \quad (\text{C.17})$$

可得到被校监测系统交流功率示值测量结果的不确定度 $U=0.6\%$ 。

C.4 交流频率校准

C.4.1 测量不确定度来源

- (1) 测量重复性引入的测量不确定度（ u_1 ）；
- (2) 数字多用表测量引入的测量不确定度（ u_2 ）；

(3) 分辨力引入的测量不确定度 (u_3)。

C.4.2 测量不确定度评定

C.4.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次, 频率测量结果分别为 50.0Hz, 50.1Hz, 50.0Hz, 采用极差法, 计算标准偏差为, $s=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$, 查表得测量次数 $n=3$ 时, $d_n=1.69$ 。则:

$$u_1 = \frac{50.1-50.0}{1.69 \times 50.0} = 0.12\% \quad (\text{C.18})$$

C.4.2.2 由数字多用表频率测量引入的标准不确定度分量

数字多用表频率测量引入的最大允许误差为 $\pm 0.1\%$, 按均匀分布, $k_2=\sqrt{3}$, 则:

$$u_2 = \frac{0.1\%}{\sqrt{3}} = 0.06\% \quad (\text{C.19})$$

C.4.2.3 分辨力引入的标准不确定度分量

被校监测系统的交流频率测量分辨力为 0.1Hz, 按均匀分布, $k_3=\sqrt{3}$, 则:

$$u_4 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}}/50.0 = 0.01\% \quad (\text{C.20})$$

C.4.3 标准不确定度的合成

C.4.3.1 标准不确定度评定表

表 C.4 标准不确定度评定表

序 号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	测量重复性	$u_1=0.12\%$	/
2	数字多用表测量误差	$u_2=0.06\%$	均匀
3	分辨力	$u_4=0.01\%$	均匀

C.4.3.2 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.14\% \quad (\text{C.21})$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量 (u_1 和 u_3) 因重复计算, 合成时取较大的分量计算。

C.4.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则:

$$U = k \cdot u_c = 0.3\% \quad (\text{C.22})$$

可得到被校监测系统交流频率示值测量结果的不确定度 $U=0.3\%$ 。

C.5 直流电压校准

C.5.1 测量不确定度来源

- (1) 测量重复性引入的测量不确定度 (u_1) ;
- (2) 数字多用表引入的测量不确定度 (u_2) ;
- (3) 转接线引入的测量不确定度 (u_3) ;
- (4) 分辨力引入的测量不确定度 (u_4) 。

C.5.2 测量不确定度评定

C.5.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次, 直流电压测量结果分别为 53.5V, 53.5V, 53.4V, 采用极差法, 计算标准偏差为, $s=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$, 查表得测量次数 $n=3$ 时, $d_n=1.69$ 。则:

$$u_1 = \frac{53.5-53.4}{1.69 \times 53.5_1} = 0.12\% \quad (\text{C.23})$$

C.5.2.2 由数字多用表电压测量引入的标准不确定度分量

数字多用表直流电压测量引入的最大允许误差为 $\pm 0.1\%$, 按均匀分布, $k_2=\sqrt{3}$, 则:

$$u_2 = \frac{0.1\%}{\sqrt{3}} = 0.06\% \quad (\text{C.24})$$

C.5.2.3 转接线引入的标准不确定度分量

由转接线引入的最大允许误差为 $\pm 0.2\%$, 按均匀分布, $k_3=\sqrt{3}$, 则:

$$u_3 = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.12\% \quad (\text{C.25})$$

C.5.2.4 分辨力引入的标准不确定度分量

被校监测系统的直流电压测量分辨力为 0.1V, 按均匀分布, $k_4=\sqrt{3}$, 则:

$$u_4 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}}/53.5 = 0.01\% \quad (\text{C.26})$$

C.5.3 标准不确定度的合成

C.5.3.1 标准不确定度评定表

表 C.5 标准不确定度评定表

序 号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	测量重复性	$u_1=0.12\%$	/
2	数字多用表测量误差	$u_2=0.06\%$	均匀
3	转接线引入误差	$u_3=0.12\%$	均匀
4	分辨力	$u_4=0.01\%$	均匀

C.5.3.2 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.18\% \quad (\text{C.27})$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量（ u_1 和 u_4 ）因重复计算，合成时取较大的分量计算。

C.5.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则：

$$U = k \cdot u_c = 0.4\% \quad (\text{C.28})$$

可得到被校监测系统交流电压示值测量结果的不确定度 $U=0.4\%$ 。

C.6 直流电流校准

C.6.1 测量不确定度来源

- （1）测量重复性引入的测量不确定度（ u_1 ）；
- （2）钳形电流表引入的测量不确定度（ u_2 ）；
- （3）监测系统分辨力引入的测量不确定度（ u_3 ）。

C.6.2 测量不确定度评定

C.6.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次，直流电流测量结果分别为 20.8A，20.8A，20.6A，采用极差法，计算标准偏差为， $s=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$ ，查表得测量次数 $n=3$ 时， $d_n=1.69$ 。则：

$$u_1 = \frac{20.8-20.6}{1.69 \times 20.7} = 0.57\% \quad (\text{C.29})$$

C.6.2.2 由钳形电流表测量引入的标准不确定度分量

钳形电流表测量引入的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$ ，按均匀分布， $k_2=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_2 = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\% \quad (\text{C.30})$$

C.6.2.3 分辨力引入的标准不确定度分量

被校监测系统的直流电流测量分辨力为 0.1A，按均匀分布， $k_3=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_4 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}}/20.7 = 0.14\% \quad (\text{C.31})$$

C.6.3 标准不确定度的合成

C.6.3.1 标准不确定度评定表

表 C.6 标准不确定度评定表

序 号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	测量重复性	$u_1=0.57\%$	/
2	钳形电流表测量误差	$u_2=0.29\%$	均匀

3	分辨力	$u_3=0.14\%$	均匀
---	-----	--------------	----

C.6.3.2 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.64\% \quad (\text{C.32})$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量 (u_1 和 u_3) 因重复计算, 合成时取较大的分量计算。

C.6.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则:

$$U = k \cdot u_c = 1.3\% \quad (\text{C.33})$$

可得到被校监测系统直流电流示值测量结果的不确定度 $U=1.3\%$ 。

C.7 直流功率校准

C.7.1 测量不确定度来源

- 1) 测量重复性引入的测量不确定度 (u_1);
- 2) 数字多用表电压测量引入的测量不确定度 (u_2);
- 3) 钳形电流表测量引入的测量不确定度 (u_3);
- 4) 转接线引入的测量不确定度 (u_4);
- 5) 分辨力引入的测量不确定度 (u_5);

C.7.2 测量不确定度评定

C.7.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次, 功率测量结果分别为 1112.8W, 1110.7W, 1107.5W, 采用极差法, 计算标准偏差为, $s=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$, 查表得测量次数 $n=3$ 时, $d_n=1.69$ 。则:

$$u_1 = \frac{1112.8-1107.5}{1.69 \times 1110.3} = 0.28\% \quad (\text{C.34})$$

C.7.2.2 由数字多用表电压测量引入的标准不确定度分量

数字多用表电压测量引入的最大允许误差为 $\pm 0.1\%$, 按均匀分布, $k_2=\sqrt{3}$, 则:

$$u_2 = \frac{0.1\%}{\sqrt{3}} = 0.06\% \quad (\text{C.35})$$

C.7.2.3 由钳形电流表电流测量引入的标准不确定度分量

钳形电流表电流测量引入的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$, 按均匀分布, $k_3=\sqrt{3}$, 则:

$$u_3 = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.38\% \quad (\text{C.36})$$

C.7.2.4 转接线引入的标准不确定度分量

转接线引入的最大允许误差为 $\pm 0.2\%$, 按均匀分布, $k_4=\sqrt{3}$, 则:

$$u_4 = \frac{0.2\%}{\sqrt{3}} = 0.12\% \quad (\text{C.37})$$

C.7.2.5 分辨力引入的标准不确定度分量

被校监测系统的直流功率测量分辨力为 0.1W，按均匀分布， $k_5=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_5 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}}/1110.3 = 0.01\% \quad (\text{C.38})$$

C.7.3 标准不确定度的合成

C.7.3.1 标准不确定度评定表

表 C.7 标准不确定度评定表

序号	不确定度来源	$u_i/^{\circ}\text{C}$	分布类型
1	测量重复性	$u_1=0.28\%$	/
2	数字多用表电压测量误差	$u_2=0.06\%$	均匀
3	钳形电流表电流测量误差	$u_3=0.38\%$	均匀
4	转接线引入误差	$u_4=0.12\%$	均匀
5	分辨力	$u_5=0.01\%$	均匀

C.7.3.2 合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.49\% \quad (\text{C.39})$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量（ u_1 和 u_5 ）因重复计算，合成时取较大的分量计算。

C.7.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则：

$$U = k \cdot u_c = 1.0\% \quad (\text{C.40})$$

可得到被校监测系统直流功率示值测量结果的不确定度 $U=1.0\%$ 。

C.8 温度校准

C.8.1 测量不确定度来源

- （1）测量重复性引入的测量不确定度（ u_1 ）；
- （2）数字式温度计引入的测量不确定度（ u_2 ）；
- （3）温度控制箱波动度引入的测量不确定度（ u_3 ）；
- （4）监测系统分辨力引入的测量不确定度（ u_4 ）。

C.8.2 测量不确定度评定

C.8.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次，温度测量结果分别为 30.3℃，30.2℃，30.3℃，采用极差法，计算标准偏差为， $s=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$ ，查表得测量次数 $n=3$ 时， $d_n=1.69$ 。则：

$$u_1 = \frac{30.3-30.2}{1.69} = 0.06^\circ\text{C} \quad (\text{C.41})$$

C.8.2.2 由数字式温度计测量引入的标准不确定度分量

数字式温度计测量引入的最大允许误差为 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，按均匀分布， $k_2=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.58^\circ\text{C} \quad (\text{C.42})$$

C.8.2.3 由温度控制箱波动度引入的标准不确定度分量

温度控制箱波动度引入的最大允许误差为 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，按均匀分布， $k_3=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_3 = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.29^\circ\text{C} \quad (\text{C.43})$$

C.8.2.4 分辨力引入的标准不确定度分量

被校监测系统的直流功率测量分辨力为 0.1°C ，按均匀分布， $k_4=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_4 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.03^\circ\text{C} \quad (\text{C.44})$$

C.8.3 标准不确定度的合成

C.8.3.1 标准不确定度评定表

表 C.8 标准不确定度评定表

序 号	不确定度来源	$u_i/^\circ\text{C}$	分布类型
1	测量重复性	$u_1=0.06$	/
2	数字式温度计测量误差	$u_2=0.58$	均匀
3	温度控制箱波动度引入误差	$u_3=0.29$	均匀
4	分辨力	$u_4=0.03$	均匀

C.8.3.2 合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.65^\circ\text{C} \quad (\text{C.45})$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量 (u_1 和 u_4) 因重复计算，合成时取较大的分量计算。

C.8.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则：

$$U = k \cdot u_c = 1.3^\circ\text{C} \quad (\text{C.46})$$

可得到被校监测系统温度测量结果的不确定度 $U=1.3^\circ\text{C}$ 。

C.9 湿度校准

C.9.1 测量不确定度来源

- (1) 测量重复性引入的测量不确定度 (u_1) ;
- (2) 数字式湿度计引入的测量不确定度 (u_2) ;
- (3) 湿度控制箱波动度引入的测量不确定度 (u_3) ;
- (4) 监测系统分辨力引入的测量不确定度 (u_4) 。

C.9.2 测量不确定度评定

C.9.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次, 湿度测量结果分别为 42.6%RH, 42.2%RH, 42.4%RH, 采用极差法, 计算标准偏差为, $s=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$, 查表得测量次数 $n=3$ 时, $d_n=1.69$ 。则:

$$u_1 = \frac{42.6-42.2}{1.69} = 0.24\%RH \quad (C.47)$$

C.9.2.2 由数字式湿度计测量引入的标准不确定度分量

数字式湿度计测量引入的最大允许误差为 $\pm 3\%RH$, 按均匀分布, $k_2=\sqrt{3}$, 则:

$$u_2 = \frac{3}{\sqrt{3}} = 1.73\%RH \quad (C.48)$$

C.9.2.3 由湿度控制箱波动度引入的标准不确定度分量

湿度控制箱波动度引入的最大允许误差为 $\pm 2\%RH$, 按均匀分布, $k_3=\sqrt{3}$, 则:

$$u_3 = \frac{2\%}{\sqrt{3}} = 1.15\%RH \quad (C.49)$$

C.9.2.4 分辨力引入的标准不确定度分量

被校监测系统的直流功率测量分辨力为 0.1%RH, 按均匀分布, $k_4=\sqrt{3}$, 则:

$$u_4 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.03\%RH \quad (C.50)$$

C.9.3 标准不确定度的合成

C.9.3.1 标准不确定度评定表

表 C.9 标准不确定度评定表

序 号	不确定度来源	$u_i/\%RH$	分布类型
1	测量重复性	$u_1=0.24$	/
2	数字式湿度计测量误差	$u_2=1.73$	均匀
3	湿度控制箱波动度引入误差	$u_3=1.15$	均匀
4	分辨力	$u_4=0.03$	均匀

C.9.3.2 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 2.09\%RH \quad (C.51)$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量 (u_1 和 u_4) 因重复计算, 合成时取较大的分量计算。

C.9.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则:

$$U = k \cdot u_c = 4.2\%RH \quad (C.52)$$

可得到被校监测系统湿度测量结果的不确定度 $U=4.2\%RH$ 。

C.10 计时误差校准

C.10.1 测量不确定度来源

- (1) 测量重复性引入的测量不确定度 (u_1) ;
- (2) 交流功率测量误差引入的测量不确定度 (u_2) ;
- (3) 示波器测量误差引入的测量不确定度。

C.10.2 测量不确定度评定

C.10.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次, 计时间隔测量结果分别为 1.02ms, 1.02ms, 1.04ms, 采用极差法, 计算标准偏差为, $s=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$, 查表得测量次数 $n=3$ 时, $d_n=1.69$ 。则:

$$u_1 = \frac{1.04-1.02}{1.69 \times 1.03} = 1.15\% \quad (C.53)$$

C.10.2.2 由交流功率测量引入的标准不确定度分量

根据 C.3 交流功率的不确定度分析, 交流功率测量引入的标准不确定度为 0.34%。

C.10.2.3 示波器测量误差引入的标准不确定度分量

示波器时间测量的最大允许误差为 $\pm 0.5\%$, 按均匀分布, $k_3=\sqrt{3}$, 则:

$$u_3 = \frac{0.5\%}{\sqrt{3}} = 0.29\% \quad (C.54)$$

C.10.3 标准不确定度的合成

C.10.3.1 标准不确定度评定表

表 C.10 标准不确定度评定表

序 号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	测量重复性	$u_1=1.15\%$	/
2	交流功率测量误差	$u_2=0.34\%$	/
3	示波器测量误差	$u_3=0.29\%$	均匀

C.10.3.2 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 1.24\% \quad (\text{C.55})$$

C.10.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则:

$$U = k \cdot u_c = 2.5\% \quad (\text{C.56})$$

可得到被校监测系统计时误差测量结果的不确定度 $U=2.5\%$ 。

C.11 功率因数校准

C.11.1 测量不确定度来源

- (1) 测量重复性引入的测量不确定度 (u_1) ;
- (2) 交流电子负载设定误差引入的标准不确定度 (u_2) ;
- (3) 功率分析仪功率因数测量误差引入的测量不确定度 (u_3) ;
- (4) 分辨力引入的测量不确定度 (u_4) 。

C.11.2 测量不确定度评定

C.11.2.1 测量重复性引入的标准不确定度分量

重复测量三次, 功率测量结果分别为 0.99, 0.98, 1.00, 采用极差法, 计算标准偏差为,
 $s=(x_{\max}-x_{\min})/d_n$, 查表得测量次数 $n=3$ 时, $d_n=1.69$ 。则:

$$u_1 = \frac{1.00-0.98}{1.69} = 0.012 \quad (\text{C.57})$$

C.11.2.2 由交流电子负载设定误差引入的标准不确定度分量

交流电子负载设定误差引入的最大允许误差为 $\pm 1\%$, 按均匀分布, $k_2=\sqrt{3}$, 则:

$$u_2 = \frac{1\%}{\sqrt{3}} \times 0.99 = 0.006 \quad (\text{C.58})$$

C.11.2.3 功率分析仪功率因数测量误差引入的标准不确定度分量

功率分析仪功率因数测量引入的最大允许误差为 $\pm 0.1\%$, 按均匀分布, $k_3=\sqrt{3}$, 则:

$$u_3 = \frac{0.1\%}{\sqrt{3}} \times 0.99 = 0.001 \quad (\text{C.59})$$

C.11.2.4 分辨力引入的标准不确定度分量

被校监测系统的功率因数测量分辨力为 0.01, 按均匀分布, $k_4=\sqrt{3}$, 则:

$$u_4 = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.003 \quad (\text{C.60})$$

C.11.3 标准不确定度的合成

C.11.3.1 标准不确定度评定表

表 C.11 标准不确定度评定表

序 号	不确定度来源	u_i	分布类型
1	测量重复性	$u_1=0.012$	/
2	交流电子负载设定误差	$u_2=0.006$	均匀
3	交流功率分析仪测量误差	$u_3=0.001$	均匀
4	分辨力	$u_4=0.003$	均匀

C.11.3.2 合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.014 \quad (\text{C.61})$$

其中测量重复性和分辨力引入的测量不确定度分量 (u_1 和 u_4) 因重复计算, 合成时取较大的分量计算。

C.11.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 则:

$$U = k \cdot u_c = 0.03 \quad (\text{C.62})$$

可得到被校监测系统交流功率示值测量结果的不确定度 $U=0.03$ 。