

**新疆维吾尔自治区地方计量技术规范**

**JJF（新）××－2023**

**干式变压器温控仪校准规范**

**Calibration Specification for Dry-type Transformers**

**Temperature Controller**

**20××-××-×× 发布 20××-××-×× 实施**

**新 疆 维 吾 尔 自 治 区 市 场 监 督 管 理 局 发 布**

**干式变压器温控仪校准规范**

**JJF（新）×—20×**

**Calibration Specification for Dry-type**

**Transformers Temperature Controller**

**归口单位：**新疆维吾尔自治区市场监督管理局

**主要起草单位：**新疆维吾尔自治区计量测试研究院

中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司

中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化公司

**参加起草单位：**新疆维吾尔自治区计量测试研究院

中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化公司

中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司

本规范委托新疆维吾尔自治区热工计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

麻 锐（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

于洪波（中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司）

周 杰（中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化公司）

**参加起草人：**

李 娟（新疆维吾尔自治区计量测试研究院）

苏宇辰（中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化公司）

邓 鹏（中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司）

杨 帆（中国石油天然气股份有限公司独山子石化分公司）

**目 录**

[引 言………………………………………………………………………………II](#_Toc11316)

[1 范围 ………………………………………………………………………………1](#_Toc2681)

[2 引用文件](#_Toc10718) …………………………………………………………………………1

[3 术语](#_Toc10560) ………………………………………………………………………………1

[3.1 变压器温控仪](#_Toc11737)……………………………………………………………………1

[3.2 接点动作误差](#_Toc1409) …………………………………………………………………1

[3.3 接点切换差](#_Toc17702) ……………………………………………………………………1

[4 概述](#_Toc3472) ………………………………………………………………………………1

[5 计量特性](#_Toc19639) …………………………………………………………………………2

[5.1 示值误差 ………………………………………………………………………2](#_Toc31425)

[5.2 传感器示值误差 ………………………………………………………………2](#_Toc20498)

[5.3 接点动作偏差 …………………………………………………………………2](#_Toc3070)

[5.4 接点切换差](#_Toc22035) ……………………………………………………………………2

[5.5 输出电流误差](#_Toc10750) …………………………………………………………………2

[6 校准条件](#_Toc21677) …………………………………………………………………………2

[6.1 环境条件 ………………………………………………………………………2](#_Toc27260)

[6.2 测量标准及配套设备 …………………………………………………………3](#_Toc3044)

[7 校准项目和校准方法](#_Toc18766) ……………………………………………………………3

[7.1 校准项](#_Toc28439)目…………………………………………………………………………3

[7.2 校准方法](#_Toc24795)…………………………………………………………………………3

[8 校准结果表达 ……………………………………………………………………6](#_Toc15237)

[9 复校时间间隔](#_Toc28055) ……………………………………………………………………7

[附录A校准原始记录](#_Toc1790)参考格式………………………………………………………8

[附录B校准证书结果](#_Toc244)内页参考格式 …………………………………………………………10

[附录C干式变压器温控仪示值误差测量不确定度评定示例](#_Toc244)…………………………11

**引 言**

JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》和JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规范制订的基础性系列规范。

本规范编写过程中参考了国家标准GB/T 1094.11-2022《电力变压器第11部分：干式变压器》、行业标准JB/T 7631-2016《变压器用电子温控器》、检定规程JJG229-2010《工业铂、铜热电阻》、JJF 1183-2007《温度变送器》、JJF1632-2017《温度开关温度参数》的相关内容。

本规范为首次发布。

**干式变压器温控仪校准规范**

**1 范围**

本规范适用于测量范围为（-30~240）℃的干式变压器温控仪（以下简称变压器温控仪）的校准。

**2 引用文件**

本规范引用以下文件：

JJG 229-2010《工业铂、铜热电阻》

JJF 1183《温度变送器校准规范》

JJF 1632-2017《温度开关温度参数校准规范》

GB/T 1094.11-2022《电力变压器第11部分：干式变压器》

JB/T 7631-2016《变压器用电子温控器》

凡是注明日期的引用文件，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（包括所有修改单）适用于本规范。

**3 术语**

JJF 1001-2011 界定的及以下术语和定义适用于本规范

3.1 变压器温控仪 transformers temperature controller

由温度传感器、传输引线、温度变送器和电子显示仪表等组成的，并通过传感器物理参数变化来测控变压器某一部位温度的测量装置。

3.2 接点动作偏差（上切换值偏差或下切换值偏差） junction action deviation

接点上切换值或下切换值与设定值之差。

3.3 接点切换差 junction switching error

接点上、下切换值之差的绝对值。

**4 概述**

变压器温控仪由温度传感器、传输引线、温度变送器和显示仪表等组成，并通过传感器物理参数变化来测控变压器某一部位温度的测量装置。它是利用在干式变压器绕组、铁心中安装铂热电阻来测量及显示变压器绕组、铁心的温升，当温度达到风冷设定值时，能够自动启动冷却风机对绕组、铁心进行强制风冷，当温度达到报警设定值时，能够超温报警，当温度达到跳闸设定值时，能够超温跳闸，以保证变压器处于安全的运行状态，从而延长变压器的工作寿命。其结构及工作原理见图1。

**变压器**

A相

B相

C相

D路

传感总成插座

指示灯

操作键

显示窗

**变压器温控仪**

图1 结构及工作原理图

**5 计量特性**

5.1 示值误差

变压器温控仪温度示值误差不超过±0.5%FS。

5.2 传感器示值误差

变压器温控仪传感器采用分度号为Pt100的铂电阻，示值误差不超过±（0.03℃+0.005｜t｜）

5.3 接点动作偏差

变压器温控仪接点动作偏差不超过±0.8℃。

5.4 接点切换差

变压器温控仪控制器接点切换差不大于1.0℃。

5.5 输出电流误差

变压器温控仪输出电流误差不超过±0.5%FS。

注：以上所有指标不适用于合格性判别，仅供参考。

**6 校准条件**

6.1 环境条件：

温度：（15～35）℃；

湿度：不大于75%RH。

6.2 测量标准及配套设备

测量标准及配套设备的性能指标要求如表1所示。

表1 测量标准及配套设备

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 设备名称 | 测量范围 | 技术要求 | 备注 |
| 1 | 标准铂电阻温度计 | (-189.344~419.527)℃ | 二等及以上 | 用于检变压器温控仪温度示值和铂电阻 |
| 2 | 电测设备 | (-50~300)℃ | 0.02级及以上分辨率不低于0.1mΩ | 用于测量标准铂电阻温度计及铂热电阻阻值 |
| 3 | 恒温槽 | (-50~300)℃ | 水平温场：≤0.01℃垂直温场：≤0.02℃温度波动性：≤0.04℃/min | 应保证足够的插入深度 |
| 4 | 直流电阻箱 | (0.1~400)Ω | 0.01级及以上 | 也可使用不低于0.01级的其他信号源 |
| 5 | 直流电流表 | (0~30)mA | 0.02级及以上 | 用于测量输出信号 |
| 6 | 通断测量装置 | —— | 通过电流不大于50mA | 用于测量通断输出信号 |
| 7 | 绝缘电阻表 | （0~200）MΩ | 额定电压为500V，10级。 | —— |

**7 校准项目和校准方法**

7.1 校准项目

示值误差、传感器示值误差、接点动作偏差、接点切换差、输出电流误差。

7.2 校准方法

7.2.1 示值误差

7.2.1.1 校准前检查：变压器温控仪的按钮、面板等不能出现松动和破损，按钮应符合在规定位置上的相应功能，接地端子标志应清晰。变压器温控仪的表面玻璃或其他透明材料应保持光洁透明，不应有妨碍正确读数的缺陷。变压器温控仪的显示仪表应清晰，无叠字、乱码、缺划等，亮度应均匀，小数点及状态显示等应正确。变压器温控仪的传输引线和传感器各部件的保护层应牢固、均匀和清洁，不应有锈蚀和脱落现象。传感器不应破裂和弯曲。传感器所使用的保护管及封装材料应能承受相应的使用温度。在环境温度为（15～35）℃、相对湿度不大于75%时，变压器温控仪的输出接点之间及其与地之间的绝缘电阻应不小于20MΩ。

7.2.1.2 对于具有温度补偿功能的变压器温控仪，在校准前应将所有温度补偿数据清零；校准前通电预热30min。校准前应将传感器牢固的连接到变压器温控仪上；电源连接要求：先将带插头的电源线连接到温控仪接线柱上，然后将插头连接电源，最后打开变压器温控仪电源开关，严禁颠倒顺序。

7.2.1.3 变压器温控仪示值误差校准点应在测量范围内均匀分布，且不少于5个点（应包括下限和上限）。

7.2.1.4 将标准温度计（配电测设备）和被校变压器温控仪各路传感器按规定浸没深度同时插入恒温槽内（变压器温控仪传感器应套保护套管，避免直接接触油等液体介质），待标准温度计和被校变压器温控仪示值稳定且恒温槽偏离校准点不超过±0.2℃（以标准温度计读数为准）时开始读数，在每个校准点应分别读取各路的温度示值。各校准点测量顺序从下限温度到量程上限温度，再逐渐降温，逐个测量各校准点。各校准点各路分别得到2个测量值（下限、上限温度1个），以2个（1个）测量值的平均值作为测量结果，示值误差按公式（1）计算。

 （1）

式中：——被校变压器温控仪示值平均值，℃；

 ——标准温度计修正后示值平均值，℃。

7.2.2 传感器示值误差

参照JJG 229-2010《工业铂、铜热电阻》检定规程要求进行校准。校准时需使用配套的传感器接头接出传感器引线，便于接线。

7.2.3 接点动作偏差

7.2.3.1 校准前用变压器温控仪传感器接口配套的传感器接头接出输入引线，按三线制连接到直流电阻箱上；将变压器温控仪相应的接点动作输出端连接到通断测量装置；按照7.2.1.2要求接入电源。变压器温控仪接点动作偏差校准点应包括风机关闭温度T1、风机启动温度T2、超温报警温度T3、超温跳闸温度T4。

7.2.3.2 T1接点动作偏差的测量方法为：设定初始输入信号高于接点动作设定值2℃，以足够小的变化速率且无明显波动的减小输入信号，保证在测试点上都不会产生过冲，当通断测量装置检测到回路断开时，记录下切换值，取3次下切换值的平均值作为测量结果,接点动作偏差按公式（2）计算。

 （2）

式中：——3次下切换值的平均值，℃；

 ——接点动作设定值，℃。

T2、T3、T4接点动作偏差的测量方法为：设定初始输入信号低于接点动作设定值2℃，以足够小的变化速率且无明显波动的增加输入信号，保证在测试点上都不会产生过冲，当通断测量装置检测到回路导通时，记录上切换值，取3次上切换值的平均值作为测量结果,接点动作偏差按公式（3）计算。

 （3）

式中：——3次上切换值的平均值，℃；

 ——接点动作设定值，℃。

7.2.4 接点切换差

按照7.2.3.1的要求连接信号、电源线路。变压器温控仪接点切换差校准点应于动作偏差点相同。

7.2.4.1 按照7.2.3.2 的方法分别测量各校准点上、下切换值的3次平均值、，接点切换差按公式（4）计算。

  （4）

7.2.5 输出电流误差

按照7.2.1.2的要求连接传感器及电源，将电流输出端、直流稳压源、直流电流表、负载电阻接成串联回路。变压器温控仪电流输出误差校准点应在测量范围内均匀分布，且不少于5个点（应包括下限和上限）。

7.2.5.1 电流输出误差的校准可以和温控仪示值误差校准同时进行。校准时测量顺序先从量程下限温度开始，然后自下而上依次测量。在每个试验点上，待恒温槽温度足够稳定后方可进行测量，轮流对标准温度计的示值和变送器的输出反复6次读数。电流输出误差按公式（5）计算。

  （5）

式中：——输出电流误差（mA）；

——变压器温控仪电流输出值（mA）；

——变压器温控仪电流输出量程，为16mA；

——变压器温控仪输入温度量程（℃）；

——由标准温度计测得的标准温度值（℃）；

——变压器温控仪的输入温度量程的下限温度（℃）；

——变压器温控仪的输出电流下限，为4mA。

注1：部分型号变压器温控仪输入温度量程与铭牌量程不一致，需查阅说明书；

注2：无电流输出功能的变压器温控仪，此项免校。

**8 校准结果表达**

8.1 校准证书至少包括以下信息：

1. 标题：“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点；
4. 校准证书编号，页码及总页数的标识；
5. 校准单位校准专用章；
6. 委托单位的名称和联络信息；
7. 被校计量器具的描述和明确标识：制造单位、名称、型号及出厂编号；
8. 校准日期；
9. 校准所依据的技术规范的名称及代号；
10. 本次校准所用的主要计量标准器具的名称、测量范围、不确定度或准确度等级或最大允许误差、证书编号及有效期；
11. 校准时的环境温度、相对湿度；
12. 校准结果及其测量不确定度的说明；
13. 校准人与核验人的签名；
14. 校准证书批准人的签名与职务；
15. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
16. 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**

建议复校时间间隔一般不超过1年。在变压器温控仪经修理、更换重要性能部件或对其性能产生怀疑等情况下，应重新校准。使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。**附录A**

**干式变压器温控仪校准原始记录格式（参考）**

记录编号：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 委托单位 |  | 仪器名称 |  | 出厂编号 |  |
| 制造厂家 |  | 测量范围 |  | 规格型号 |  |
| 校准依据 |  | 环境温度 |  | 环境湿度 |  |
| 标准器 | 名称 | 准确度等级 | 测量范围 | 出厂编号 | 证书编号 | 有效期 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 外观检查 |  | 绝缘电阻 | MΩ  |
| 1、示值误差 |
| 校准点（℃） | 标准值（℃） | 测量值（℃） | 误差（℃） | *U* (℃)*k*=2 |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 2、传感器示值误差 |
| 项目 | Ri\* | Rh\* | R0 | R100 |
| 一根引线 | 两根引线 | 一根引线 | 两根引线 |
| 测量值(Ω) |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| 平均值(Ω) |  |  |  |  |  |  |
| Δt（℃） | —— | —— |  |  |
| *U*(*k*=2) (℃) | —— | —— |  |  |
| 3、接点动作偏差和切换差 |
| 设定值(℃) | 上切换值(℃) | 下切换值(℃) | 接点动作偏差(℃) | 切换差(℃) | *U*(℃)*k*=2 |
| 上切 | 下切 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4、输出电流误差 |
|  | 校准点（℃） |  |  |  |  |  |  |  |
| 标准温度计读数（℃） | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |
| 标准对应输出(mA) |  |  |  |  |  |  |  |
| 输出电流值（mA） | 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |  |  |
| 误差（mA） |  |  |  |  |  |  |  |
| *U*（mA）*k*=2  |  |  |  |  |  |  |  |
| 校准： 核验： 校准日期： 年 月 日 |

**附录B**

**校准证书结果内页参考格式**

**校准结果**

|  |  |
| --- | --- |
| 校准项目 | 校准数据 |
| 示值误差 | 校准点（℃） | 误差（℃） | *U*(℃) *k*=2  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| 输出电流误差 | 校准点(℃) | 理论输出(mA) | 误差(mA) | *U*(mA) *k*=2  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
| 传感器示值误差 | 项目 | R0 | R100 |
| Δt（℃） |  |  |
| *U* (℃)*k*=2 |  |  |
| 接点动作误差和切换差 | 设定值(℃) | 接点动作偏差(℃) | 切换差(℃) | *U*（℃）*k*=2 |
| 上切 | 下切 |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**附录C**

**干式变压器温控仪示值误差测量不确定度评定（示例）**

C.1 概述

参照本规范对干式变压器温控仪的计量特性要求和校准方法，干式变压器温控仪的校准结果有示值误差、传感器示值误差、接点动作偏差、接点切换差、电流输出误差等五项，本附录采用二等标准铂电阻温度计（配电测设备）作为标准器对风机控制温度（80℃）的示值误差进行校准及不确定度分析。

C.2 测量模型

 （C.1）

式中：——被校变压器温控仪示值误差，℃；

——被校变压器温控仪示值平均值，℃；

 ——标准铂电阻温度计示值平均值，℃。

C.3 灵敏系数

 （C.2）

 （C.3）

C.4 标准不确定度评定

C.4.1 输入量的标准不确定度的评定

输入量的标准不确定度包括测量重复性（包含温场波动、温场不均匀等随机因素）引入的不确定度和被测变压器温控仪读数分辨力引入的不确定度两者中较大的一个分量。

C.4.1.1由测量重复性引入的标准不确定度的评定

用变压器温控仪在80℃点连续测量恒温槽温度，得到测量列为：80.1、80.2、80.2、80.2、80.1、80.1、80.1、80.2、80.1、80.2（单位：℃），实验标准偏差为：℃。因实际工作中以两次测量的平均值作为测量结果，则

℃ （C.4）

C.4.1.2被测变压器温控仪读数分辨力引入的标准不确定度的评定

被测变压器温控仪读数分辨力为0.1℃，区间半宽为0.05℃，按均匀分布处理，则

℃ （C.5）

C.4.1.3由于>，所以==0.037℃。

C.4.2 输入量的标准不确定度的评定

输入量的标准不确定度包括标准铂电阻温度计（配电测设备）测量重复性（包含温场波动、温场不均匀等随机因素）引入的不确定度和标准铂电阻温度计读数分辨力（可忽略）引入的标准不确定度两者中较大的一个分量、标准铂电阻温度计自身引入不确定度（可忽略）以及与标准铂电阻温度计搭配使用的电测设备引入的不确定度。

C.4.2.1二等标准铂电阻温度计的周期稳定性引入的标准不确定度分量

二等标准铂电阻温度计分度计在检定周期内的稳定性80℃时不超过0.014℃，按均匀分布考虑 。

 ℃ （C.6）

C.4.2.2电测设备引入的标准不确定度的评定

标准铂电阻温度计配套使用的电测设备准确度等级不低于0.02级，则引入的电阻测量误差为：

 （C.7）

标准铂电阻温度计为24.6773Ω，则Ω，则区间半宽为0.007Ω，换算成温度（标准铂电阻温度计）约为则0.07℃，按均匀分布处理，则

 （C.8）

C.4.2.3输入量的标准不确定度的计算

 （C.9）

C.5 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表C.1。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度分量 | 灵敏系数 | 不确定度来源 | 标准不确定度℃ |
|  |  | 1 | 变压器温控仪测量重复性 | 0.037 |
|  |  | -1 | 标准铂电阻温度计周期稳定性 | 0.008 |
|  | 标准铂电阻温度计配套电测设备 | 0.04 |

以上各项标准不确定度互不相关，则合成标准不确定度为：

℃ （C.10）

C.6 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则扩展不确定度为：

℃ （C.11）

 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**JJF（新）××－20××**

**新疆维吾尔自治区**

**地方计量校准规范**

**干式变压器温控仪校准规范**

**JJF(新)××－20××**

**新疆维吾尔自治区市场监督管理局发布**

\*

**版权所有 不得翻印**

\*

**880mm×1230mm 16开本**

**20××年××月第1版 20××年××月第1次印刷**

**印数 ××××**