



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2001—2022

## 三倍频发生器校准规范

Calibration Specification for Triple-frequency Generators



2022-12-07 发布

2023-06-07 实施

国家市场监督管理总局 发布

# 三倍频发生器校准规范

Calibration Specification for  
Triple-frequency Generators

JJF 2001—2022

归口单位：全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会

主要起草单位：河南省计量科学研究院

国家高电压计量站

参加起草单位：国网天津综合能源服务有限公司

国网重庆市电力公司营销服务中心

国网山东省电力公司电力科学研究院

本规范委托全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

周秉时（河南省计量科学研究院）

侯永辉（河南省计量科学研究院）

王斯琪（国家高电压计量站）

李 岚（河南省计量科学研究院）

**参加起草人：**

卢 欣（国网天津综合能源服务有限公司）

吴 华（国网重庆市电力公司营销服务中心）

张围围（国网山东省电力公司电力科学研究院）

# 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 术语 .....	( 1 )
4 概述 .....	( 1 )
5 计量特性 .....	( 1 )
5.1 输出电压 .....	( 1 )
5.2 输出频率 .....	( 2 )
5.3 时间 .....	( 2 )
5.4 输出电压波峰因数 .....	( 2 )
6 校准条件 .....	( 2 )
6.1 环境条件 .....	( 2 )
6.2 测量标准及其他设备 .....	( 2 )
7 校准项目和校准方法 .....	( 3 )
7.1 校准项目 .....	( 3 )
7.2 校准方法 .....	( 3 )
8 校准结果表达 .....	( 6 )
9 复校时间间隔 .....	( 6 )
附录 A 三倍频发生器输出电压测量不确定度评定 .....	( 7 )
附录 B 校准原始记录格式 .....	( 10 )
附录 C 校准证书（报告）内页格式 .....	( 12 )

## 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》和JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。



## 三倍频发生器校准规范

### 1 范围

本规范适用于输出频率 150 Hz、输出电压 1 kV 及以下的三倍频发生器的校准。

### 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 13978—2008 数字多用表

GB/T 16927.1—2011 高电压试验技术 第 1 部分：一般定义及试验要求

DL/T 848.4—2019 高压试验装置通用技术条件 第 4 部分：三倍频试验变压器装置

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

波峰因数 crest factor

周期性波形的峰值与它的有效值之比。

### 4 概述

三倍频发生器（以下简称“发生器”）主要由三倍频变压器、调压变压装置、控制保护及测量单元等组成，其输入端为三相 50 Hz 工频电源，输出端为单相 150 Hz 三倍频电源。发生器原理图见图 1。

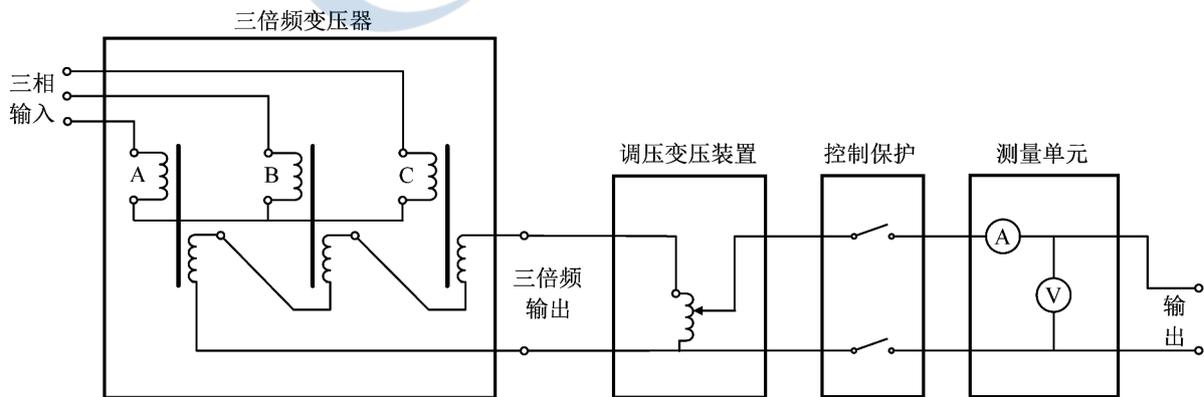


图 1 发生器原理图

### 5 计量特性

#### 5.1 输出电压

输出电压范围为 10 V~1 000 V；

输出电压相对误差应不超过 $\pm 1.5\%$ 。

## 5.2 输出频率

输出频率相对误差应不超过 $\pm 1\%$ 。

## 5.3 时间

时间范围为  $1\text{ s} \sim 60\text{ s}$ ；

时间相对误差应不超过 $\pm 5\%$ 。

## 5.4 输出电压波峰因数

输出电压波峰因数应不超过 $\sqrt{2} \times (1 \pm 5\%)$ 。

注：以上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

环境条件要求如下：

a) 环境温度： $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

b) 相对湿度：不大于  $75\%$ ；

c) 供电电压： $380\text{ V} \pm 19\text{ V}$ ，电源频率： $50\text{ Hz} \pm 0.5\text{ Hz}$ ，电源波形畸变率不大于  $5\%$ ；

d) 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动，并具有良好的接地。

### 6.2 测量标准及其他设备

测量标准的测量范围应覆盖被校发生器的测量范围，测量标准的扩展不确定度 ( $k=2$ ) 应不大于被校发生器各参数最大允许误差绝对值的  $1/3$ 。根据所采用的校准方法，所需要的测量标准及其他设备的类型按表 1 选取。

表 1 测量标准及其他设备

序号	测量标准及其他设备名称	性能
1	绝缘电阻测试仪	准确度：不低于 10 级；输出电压：500 V； 测量范围：不低于 20 M $\Omega$
2	耐电压测试仪	准确度：不低于 5 级；交流输出电压不低于 2 000 V
3	交流电压表	交流电压有效值准确度：不低于 0.5 级； 带宽：至少包含 150 Hz
4	频率测量仪器	准确度：不低于 0.2 级；测量范围：不低于 150 Hz
5	标准计时器	准确度不低于 1 级或最大允许误差不大于 0.1 s； 测量范围：不低于 60 s
6	峰值电压表	准确度：1 级；带宽：至少包含 150 Hz

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

校准项目见表 2。

表 2 校准项目

序号	校准项目	计量特性条款号	校准方法对应条款号
1	输出电压	5.1	7.2.2
2	输出频率	5.2	7.2.3
3	时间	5.3	7.2.4
4	输出电压波峰因数	5.4	7.2.5

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 校准前的准备

##### 7.2.1.1 外观检查

目视检查发生器各部分应外观完好，无明显的变形和损伤，有清晰、不易脱落的接地标志，产品端子标志正确、齐全，铭牌标志正确；手动检查开关按钮均动作灵活。

##### 7.2.1.2 通电检查

通电后开关、按键、调节旋钮、显示屏、测量仪表和各种状态指示灯（标志）应工作正常。

##### 7.2.1.3 绝缘水平检查

用 500 V 绝缘电阻测试仪测量绝缘电阻，发生器的输入、输出端子对外壳及地之间的绝缘电阻均应大于 20 M $\Omega$ 。

发生器的输入、输出端子对外壳及地之间用耐电压测试仪施加 2 kV 工频电压持续 1 min，均应不出现放电及异常闪络现象。

#### 7.2.2 输出电压

##### 7.2.2.1 校准点的选取

输出电压校准点一般选取 5 个点，分别为发生器输出电压量程的 20%、40%、60%、80% 和 100%，若与用户提出的实际需求不一致，应按照用户提出的实际需求选择校准点。

##### 7.2.2.2 校准方法及步骤

发生器的输出电压校准接线方式见图 2。将发生器的输出端与交流电压表的输入端连接，按照 7.2.2.1 选取好校准点进行测量，记录交流电压表的示值及被校发生器的电压表示值，按式（1）计算输出电压相对误差。

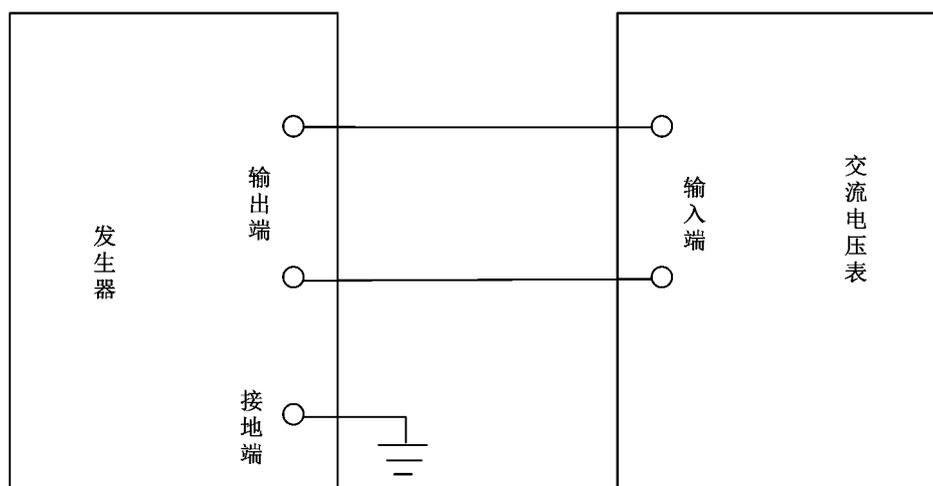


图2 发生器的输出电压校准接线图

$$\delta_U = \frac{U_x - U_n}{U_n} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\delta_U$  ——输出电压相对误差；

$U_x$  ——被检发生器输出电压示值，V；

$U_n$  ——交流电压表示值，V。

### 7.2.3 输出频率

#### 7.2.3.1 校准点的选取

输出频率校准点一般选取为输出电压额定值的输出频率，若与用户提出的实际需求不一致，应按照用户提出的实际需求选择校准点。

#### 7.2.3.2 校准方法及步骤

发生器的输出频率校准接线方式见图3，将发生器的输出端与频率测量仪器的输入端连接，按照7.2.3.1选取好校准点进行测量，记录频率测量仪器的示值及被校发生器的频率表（或标称）示值，按式（2）计算输出频率相对误差。

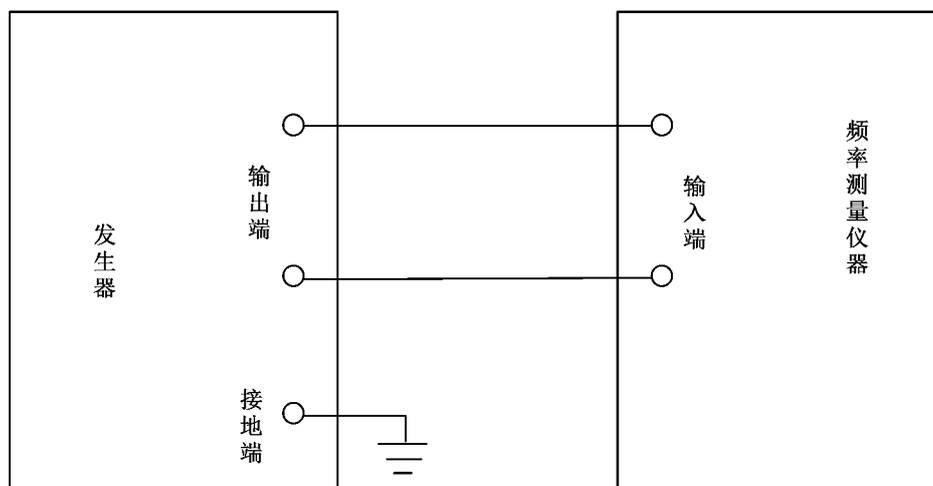


图3 发生器的输出频率校准接线图

$$\delta_f = \frac{f_x - f_n}{f_n} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\delta_f$  —— 输出频率相对误差；

$f_x$  —— 被检发生器输出频率表（或标称）示值，Hz；

$f_n$  —— 频率测量仪器示值，Hz。

#### 7.2.4 时间

##### 7.2.4.1 校准点的选取

时间校准点一般选取为 20 s 和 40 s，若与用户提出的实际需求不一致，应按照用户提出的实际需求增加校准点。

##### 7.2.4.2 校准方法及步骤

按照 7.2.4.1 选取的校准点设置好时间，按下发生器计时键的同时启动标准计时器，当发生器发出切断信号的同时按停标准计时器，重复测量两次，两次测量的平均值即为时间实测值，按式（3）计算输出时间相对误差。

$$\delta_T = \frac{T_x - T_n}{T_n} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$\delta_T$  —— 时间相对误差；

$T_x$  —— 时间设定值，s；

$T_n$  —— 时间实测值，s。

#### 7.2.5 输出电压波峰因数

##### 7.2.5.1 校准点的选取

输出电压波峰因数校准点一般选取 1 个点，在发生器输出电压量程的 50% 附近。若与用户的实际需求不一致，应按照用户的实际需求选择校准点。

##### 7.2.5.2 校准方法及步骤

发生器的输出电压波峰因数校准接线方式见图 4，将峰值电压表和交流电压表的输入端并联后与发生器输出端连接，按照 7.2.5.1 选取好校准点进行测量，记录峰值与有效值，按式（4）计算输出电压波峰因数。

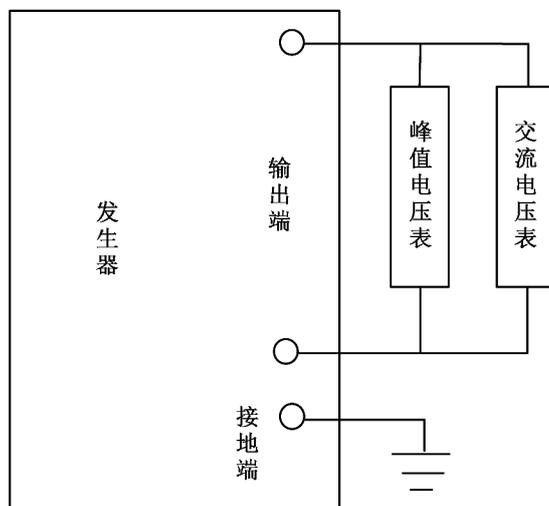


图 4 发生器的输出电压波峰因数校准接线图

$$k_p = \frac{U_p}{U_n} \quad (4)$$

式中：

$k_p$  ——输出电压波峰因数；

$U_p$  ——峰值电压表示值，V；

$U_n$  ——交流电压表示值，V。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书（报告）上反映，校准证书（报告）应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“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) 证书或报告的唯一性标识（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) 校准证书或校准报告签发人的签名、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，不得部分复制证书或报告的声明。
- 校准原始记录格式见附录 B，校准证书（报告）内页格式见附录 C。

## 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

## 附录 A

## 三倍频发生器输出电压测量不确定度评定

## A.1 测量方法

## A.1.1 环境条件

温度：19 ℃；相对湿度：42%；供电电压：380 V；电源频率：50 Hz。

## A.1.2 测量标准

交流电压表，有效值电压测量准确度 0.2 级。

## A.1.3 被测对象

三倍频发生器，输出电压准确度 1.5 级。

## A.1.4 测量过程

将三倍频发生器与交流电压表按规定线路连接，以三倍频发生器输出电压 300 V 为例进行评定。

## A.2 测量模型

$$\Delta U = U_x - U_n \quad (\text{A.1})$$

式中：

$\Delta U$  ——三倍频发生器输出电压示值误差，V；

$U_x$  ——三倍频发生器输出电压值，V；

$U_n$  ——交流电压表示值，V。

## A.3 不确定度来源

分析三倍频发生器输出电压的校准过程，其测量不确定度来源主要有以下几项：

- 1) 在规定的环境条件下，被校三倍频发生器测量重复性引入的不确定度  $u_1$ ；
- 2) 交流电压表分辨力引入的不确定度  $u_2$ ；
- 3) 在规定的环境条件和正常的工作状态下，交流电压表示值误差引入的不确定度  $u_3$ 。

## A.4 标准不确定度分量的评定

A.4.1 由测量重复性引入的标准不确定度分量  $u_1$ 

将被校三倍频发生器设置为输出电压 300 V，在重复条件下重复测量输出电压 10 次，得到的数据见表 A.1。

表 A.1 重复性测量数据

测量次数	标准器示值/V
1	302.3
2	302.5
3	302.6

表 A.1 (续)

测量次数	标准器示值/V
4	302.4
5	302.6
6	302.5
7	302.2
8	302.4
9	302.1
10	302.3
实验标准偏差 $s$	0.17

按照贝塞尔公式计算出实验标准偏差  $s$ ，由于在实际工作中取单次测量结果作为最终结果，故标准不确定度分量  $u_1$ ：

$$u_1 = s = 0.17 \text{ V}$$

A.4.2 由交流电压表的分辨力引入的标准不确定度分量  $u_2$

交流电压表在 300 V 时的分辨力为 0.1 V，其概率分布为均匀分布，包含因子  $k = \sqrt{3}$ ，则其标准不确定度分量  $u_2$ ：

$$u_2 = 0.029 \text{ V}$$

A.4.3 交流电压表测量电压的示值误差引入的标准不确定度分量  $u_3$

交流电压表测量电压最大允许误差为  $\pm 0.2\%$ ，属于均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则由交流电压表测量电压示值误差引入的标准不确定度分量：

$$u_3 = \frac{0.6 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 0.35 \text{ V}$$

A.5 合成标准不确定度

输出电压校准结果的测量不确定度的来源及数值汇总于表 A.2 中。

表 A.2 输出电压校准结果的测量不确定度来源及数值汇总

序号	标准不确定度分量	标准不确定度来源	标准不确定度数值
1	$u_1$	测量重复性	0.17 V
2	$u_2$	交流电压表的分辨力	0.029 V
3	$u_3$	交流电压表的准确度	0.35 V

由于表 A.2 中各标准不确定度分量互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.39 \text{ V}$$

采用相对不确定度表示则为：

$$u_{\text{crel}} = \frac{u_c}{300 \text{ V}} = \frac{0.39 \text{ V}}{300 \text{ V}} = 0.13\%$$

#### A.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，则发生器在输出电压 300 V 校准点测量结果的扩展不确定度为：

$$U_r = k u_{\text{crel}} = 2 \times 0.13\% = 0.26\%$$



## 附录 B

## 校准原始记录格式

三倍频发生器校准原始记录

证书编号 ××××××—××××

委托单位				地址		
仪器名称				型号/规格		
生产厂商				出厂编号		
准确度等级/ 不确定度/ 最大允许误差				唯一性标识		
校准时使用的标准器						
名称	型号	测量范围	准确度等级/ 不确定度/ 最大允许误差	出厂编号	溯源机构	证书编号/ 有效期至
校准依据						
校准地点				校准日期		
温度/℃				相对湿度/%		
校准结论及说明： 1. 试品测量结果扩展不确定度： 2. 建议下次校准时间为：××××年××月××日之前						

三倍频发生器校准原始记录  
证书编号 ××××××—××××

## 1. 输出电压：

被检三倍频发生器 输出电压值/V	标准器电压示值/V	相对误差/%	扩展不确定度 ( $k=2$ )

## 2. 输出频率：

被检三倍频发生器输出 频率示值或标称值/Hz	标准器频率示值/Hz	相对误差/%	扩展不确定度 ( $k=2$ )

## 3. 时间：

被检三倍频发生器 时间设置值/s	标准器时间示值/s	相对误差/%	扩展不确定度 ( $k=2$ )

## 4. 输出电压波峰因数 (      V)

被检三倍频发生器输出电压波峰因数实测值\_\_\_\_\_

校准员：

核验员：

## 附录 C

## 校准证书（报告）内页格式

证书编号 ××××××—××××

校准机构授权说明：				
校准环境条件及地点：				
温 度		℃	地 点	
相对湿度		%	其 他	
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级/ 最大允许误差	溯源机构	证书编号/ 有效期至

注：

1. ×××××仅对加盖“×××××校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
3. 未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

第×页 共×页

证书编号 ××××××—××××

# 校准结果

## 1. 输出电压：

被检三倍频发生器输出电压值/V	标准器电压示值/V	扩展不确定度 ( $k=2$ )

## 2. 输出频率：

被检三倍频发生器输出频率 示值或标称值/Hz	标准器频率示值/Hz	扩展不确定度 ( $k=2$ )

## 3. 时间：

被检三倍频发生器时间设置值/s	标准器时间示值/s	扩展不确定度 ( $k=2$ )

## 4. 输出电压波峰因数 ( V)

被检三倍频发生器输出电压波峰因数实测值\_\_\_\_\_。

## 敬告：

1. 被校准仪器修理后，应立即进行校准。
2. 在使用过程中，如对被校准仪器的技术指标产生怀疑，请重新校准。
3. 根据客户要求和校准文件的规定，通常情况下每\_\_\_\_\_个月校准一次。

校准员：

核验员：

第×页 共×页