



江苏省地方计量技术规范

JJF (苏) XX-202X

110kV 及以上电压互感器运行误差状态 在线评价规范

Specification for Online Evaluation of Operating Error Status of
110kV and Above Voltage Transformers

(报批稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

江苏省市场监督管理局 发布

110kV 及以上电压互感器

运行误差状态在线评价规范

Specification for Online Evaluation of
Operating Error Status of 110kV and Above
Voltage Transformers

JJF（苏）XX-202X

本规范经江苏省市场监督管理局于XXXX年XX月XX日批准，并自XXXX年XX月XX日起施行。

归口单位：江苏省电磁专业计量技术委员会

主要起草单位：南京市计量监督检测院

国网江苏省电力有限公司营销服务中心

参加起草单位：武汉格蓝若智能技术股份有限公司

华中科技大学

本规范委托江苏省电磁专业计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张 健（南京市计量监督检测院）

张 卫（南京市计量监督检测院）

李志新（国网江苏省电力有限公司营销服务中心）

参加起草人：

陈应林（武汉格蓝若智能技术股份有限公司）

李红斌（华中科技大学）

何 成（华中科技大学）

张传计（华中科技大学）

目录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
4 概述.....	2
5 技术要求.....	2
6 监测条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 误差状态评价装置要求.....	3
6.3 误差状态评价装置使用要求.....	3
7 监测项目和监测方法.....	3
7.1 监测项目.....	3
7.2 监测方法.....	3
7.3 监测时间间隔.....	4
8 评价结果.....	4
8.1 数据处理.....	4
8.2 结果评价及表达.....	4
8.3 评价结果应用.....	4
附录 A 110kV 及以上电压互感器运行误差状态在线评价方法.....	5
附录 B 测量不确定度评定示例.....	9
附录 C 评价报告内容要求.....	14
附录 D 评价报告内页格式.....	15

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 1059.2-2012《用蒙特卡洛法评定测量不确定度》共同构成支撑本规范制订工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

110kV 及以上电压互感器运行误差状态在线评价规范

1 范围

本规范适用于安装在 110kV 及以上电力系统中、用于计量及测量的准确度等级 0.2 级及以下的电压互感器运行误差状态评价。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 1189.4-2022 测量用互感器第 4 部分：电力电压互感器

JJG 314-2010 测量用电压互感器

GB/T 20840.9-2017 互感器第 9 部分：互感器的数字接口

DL/T 448-2016 电能计量装置技术管理规程

Q/GDW 12006-2019 电压互感器误差特性在线检测仪技术条件

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

3.1 运行误差 operating error

电压互感器在现场运行环境下的测量误差，由电压互感器测量误差及二次回路压降引起的误差组成，包含运行比值差 f_U 和运行相位差 δ_U 。运行比值差 f_U 按式（1）计算，无量纲；运行相位差 δ_U 按式（2）计算，单位用分（'）表示。

$$f_U = \frac{K_U U_2 - U_1}{U_1} \times 100\% \quad (1)$$

$$\delta_U = \varphi_2 - \varphi_1 \quad (2)$$

式中：

K_U ——电压互感器的额定变比，无量纲；

U_1 ——一次电压有效值，V；

U_2 ——二次电压有效值，V；

φ_1 ——一次电压相量的相位，'；

φ_2 ——二次电压相量的相位，'。

3.2 电压互感器运行误差状态评价装置 voltage transformer operating error state evaluation device

电压互感器运行误差状态评价装置（简称“监测装置”）安装在厂站控制室屏柜内，是通过接入运行中电压互感器计量绕组二次电压，采集电网运行电压幅值、相位、频率等特征量，对电压互感器运行误差进行监测的装置。

4 概述

本规范采用信息化和智能化新技术，通过电压互感器运行误差状态评价装置对同一厂站内拓扑连接下的各电压互感器实现运行误差监测，依据评价方法实现对电压互感器计量特性的研判，评价结果作为电压互感器及时检定的依据。在线评价的原理框图见下图 1。

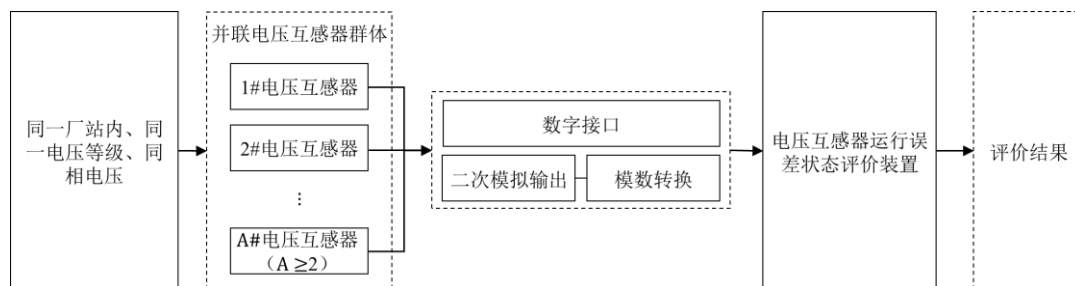


图 1 电压互感器在线评价原理框图

5 技术要求

误差状态评价装置安装在厂站控制室机柜内，其评估结果为电压互感器测量误差及二次回路压降引起误差的叠加误差，电压互感器运行误差区间应满足表 1 的要求。

表 1 运行误差区间

准确度等级	电压百分数 U_1/U_N (%)	运行比值差 (%)	运行相位差 (′)
0.2级	80~120	$[-0.40, 0.20]$	$[-17, 17]$
0.5级	80~120	$[-0.70, 0.50]$	$[-27, 27]$

6 监测条件

6.1 环境条件

环境条件应满足

- a) 温度: $-5^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$;
- b) 相对湿度: $5\% \sim 80\%$ 。

6.2 误差状态评价装置要求

6.2.1 运行安全要求

误差状态评价装置应符合 Q/GDW 12006 中 5 技术要求的规定。

6.2.2 数据安全要求

误差状态评价装置应具有数据防修改、防丢失功能,误差状态评价装置存储、记录的数据及运行参数不应因非法操作和干扰而发生改变。

6.2.3 采集准确度要求

误差状态评价装置采样电压的额定值为 57.7V,通道采样电压范围为 $(0.8 \sim 1.2)$ 倍额定电压,电压幅值误差不超过 $\pm 0.05\%$,电压相位误差不超过 $\pm 2'$ 。

6.2.4 监测准确率要求

误差状态评价装置监测结果的准确率应大于 97%。

6.3 误差状态评价装置使用要求

6.3.1 被监测互感器要求

厂站内待监测电压互感器配置方式需满足:同一电压等级中,每相并联的同相电压互感器不少于 2 台。

6.3.2 数据筛选要求

误差状态评价装置以 1 次/分钟的频度冻结各电压通道数据,一天内有效评估数据点不低于 480 点(即 8 小时数据)。

7 监测项目和监测方法

7.1 监测项目

监测项目包含运行比值差和运行相位差。

7.2 监测方法

利用被监测电压互感器的基波有效值数据、基波相位数据,基于电压互感器运行误差状态评价装置,计算得到运行误差,监测方法见附录 A。

7.3 监测时间间隔

电压互感器运行误差监测时间间隔推荐为 1 天，一般不超过 7 天。

8 评价结果

8.1 数据处理

运行误差数据处理方法参照 JJG 1189.4-2022 中 7.5 的规定，准确度等级为 0.2 级的电压互感器，运行比值差保留到 0.001%，运行相位差保留到 0.01'。准确度等级 0.5 级的电压互感器，运行比值差保留到 0.01%，运行相位差保留到 0.1'。

8.2 结果评价及表达

基于运行误差开展运行误差状态评价，评价方法在表 2 中给出。

表 2 运行误差状态评价方法

准确度等级	运行比值差区间 (%)	运行相位差区间 (')	评价结果
0.2级	$[-0.40, +0.20]$	$[-17, +17]$	正常
	<-0.40 或 $>+0.20$	$[-17, +17]$	异常
	$[-0.40, +0.20]$	<-17 或 $>+17$	
	<-0.40 或 $>+0.20$	<-17 或 $>+17$	
0.5级	$[-0.70, +0.50]$	$[-27, +27]$	正常
	<-0.70 或 $>+0.50$	$[-27, +27]$	异常
	$[-0.70, +0.50]$	<-27 或 $>+27$	
	<-0.70 或 $>+0.50$	<-27 或 $>+27$	

评价结果应在评价报告上反映，评价报告格式参见附录 C、附录 D。

8.3 评价结果应用

评价结果为异常时，应及时开展二次回路检查、二次压降测试及电压互感器检定工作，不合格的二次回路及电压互感器应进行运维与更换。

附录 A

110kV 及以上电压互感器运行误差状态在线评价方法

(资料性附录)

以电压互感器运行误差状态评价装置为基础,利用各台被监测电压互感器的基波有效值测量数据、基波相位测量数据为输入,以“零运行比值差、零运行相位差”为初始状态,以“同一电压等级同相电压估计值相等”、“正常互感器运行比值差符合统计分布均值”、“正常互感器运行相位差符合统计分布均值”、“异常互感器占比较少”为约束,以“同一电压等级同相电压互感器电压估计值间差异最小”为目标,构建出各台被监测电压互感器运行比值差、运行相位差的寻优计算模型,并借助协同进化算法实现模型的快速求解以获取各台电压互感器运行比值差、运行相位差。

A.1 监测数据

- a) 监测数据为一定时间范围内被监测电压互感器的基波有效值数据、基波相位数据序列;
- b) 对于仅配置数字接口的电压互感器,数据序列从数字接口直接获取;
- c) 对于仅配置模拟输出的电压互感器,数据序列通过对二次模拟输出开展模数转换获取;
- d) 对于同时配置数字接口和模拟输出的电压互感器,数据序列可从数字接口直接获取,也可通过对二次模拟输出开展模数转换获取。
- e) 有效数据应不少于 8 小时数据点;

A.2 监测方法

被监测电压互感器共 A 台,依次编号为:1、2、3……A。在监测过程中,误差状态评价装置以各台被监测电压互感器在一定时间范围内的数据序列为基础,围绕运行比值差、运行相位差构建多约束、单目标寻优计算模型,求解获取各台被监测电压互感器的运行比值差、运行相位差;监测过程包含了数据预处理、设置初始解、构建约束条件、设置优化目标、开展算法求解五个具体步骤。

A.2.1 数据预处理

对于各台被监测电压互感器的特征数据序列,分别开展预处理以获取与优化问题

相适配的数据序列。以每一分钟为单位进行时间切片，依次抽取各台互感器在各个时间切片中的特征数据，并借助离散傅里叶变换来获取基波有效值的测量结果、基波相位的测量结果；以互感器 α 和时间切片 t_β 为例，基波有效值的测量结果、基波相位的测量结果分别为 $u_{(\alpha,t_\beta)}^*$ 、 $\varphi_{(\alpha,t_\beta)}^*$ 。

A.2.2 设置初始解

对于全部 A 台被监测电压互感器，将其运行比值差、运行相位差均初始化为零，数学表达见式 A.1。

$$\begin{cases} [\varepsilon_{(f,1)}^*, \dots, \varepsilon_{(f,\alpha)}^*, \dots, \varepsilon_{(f,A)}^*] = [0, \dots, 0, \dots, 0] \\ [\varepsilon_{(\delta,1)}^*, \dots, \varepsilon_{(\delta,\alpha)}^*, \dots, \varepsilon_{(\delta,A)}^*] = [0, \dots, 0, \dots, 0] \end{cases} \quad (\text{A.1})$$

式中：

α ——第 α 台电压互感器，共 A 台；

$\varepsilon_{(f,\alpha)}^*$ ——被监测电压互感器 α 的运行比值差；

$\varepsilon_{(\delta,\alpha)}^*$ ——被监测电压互感器 α 的运行相位差， $^\circ$ 。

A.2.3 构建约束条件

约束 1：对于全部 A 台被监测电压互感器，其测量对象的理论真值一致，因此电压估计值的相对差异应不超出允许范围，数学表达见式 A.2。

$$g_1 = \frac{1}{\frac{A(A-1)}{2} \times B} \times \sum_{\alpha 1=1}^{A-1} \sum_{\alpha 2=\alpha 1+1}^A \sum_{\beta=1}^B \left| \frac{\frac{u_{(\alpha 1,t_\beta)}^* \angle \varphi_{(\alpha 1,t_\beta)}^*}{[1+\varepsilon_{(f,\alpha 1)}^*] \angle \varepsilon_{(\delta,\alpha 1)}^*} \frac{u_{(\alpha 2,t_\beta)}^* \angle \varphi_{(\alpha 2,t_\beta)}^*}{[1+\varepsilon_{(f,\alpha 2)}^*] \angle \varepsilon_{(\delta,\alpha 2)}^*}}{\frac{u_{(\alpha 1,t_\beta)}^* \angle \varphi_{(\alpha 1,t_\beta)}^*}{[1+\varepsilon_{(f,\alpha 1)}^*] \angle \varepsilon_{(\delta,\alpha 1)}^*} + \frac{u_{(\alpha 2,t_\beta)}^* \angle \varphi_{(\alpha 2,t_\beta)}^*}{[1+\varepsilon_{(f,\alpha 2)}^*] \angle \varepsilon_{(\delta,\alpha 2)}^*}} \right| < Limit_1 \quad (\text{A.2})$$

式中：

$\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ ——参与两两比较的被监测电压互感器编号，其中 $\alpha 1 \neq \alpha 2$ ；

t_β ——时间切片 β ，共 B 个时间切片；

$u_{(\alpha,t_\beta)}^*$ ——被监测电压互感器 α 在时间切片 t_β 上基波有效值的测量结果， V ；

$\varphi_{(\alpha,t_\beta)}^*$ ——被监测电压互感器 α 在时间切片 t_β 上基波相位的测量结果， $^\circ$ ；

$Limit_1$ ——约束 1 允许限值，对于 0.2 级电压互感器，推荐值为 0.005%；对于 0.5 级电压互感器，其推荐值为 0.01%。

约束 2：对于被监测电压互感器中正常的对象，其运行比值差均值与在运比值差统计均值近似相等，相对差异应不超出允许范围，数学表达见式 A.3。

$$g_2 = \frac{1}{v_f} \left| \frac{\sum \alpha_n \varepsilon_{(f, \alpha_n)}^*}{A_n} - \mu_f \right| < Limit_2 \quad (A.3)$$

式中：

v_f ——运行比值差限值；

A_n ——运行比值差、运行相位差均处于允许误差限值内电压互感器总台数；

α_n ——运行比值差、运行相位差均处于允许误差限值内的各台电压互感器编号；

μ_f ——在运比值差统计均值，推荐值为 0；

$Limit_2$ ——约束 2 允许限值，推荐值为 0.4。

约束 3：对于被监测电压互感器中正常的对象，其运行相位差均值与在运相位差统计均值近似相等，相对差异应不超出允许范围，数学表达见式 A.4。

$$g_3 = \frac{1}{v_\delta} \left| \frac{\sum \alpha_n \varepsilon_{(\delta, \alpha_n)}^*}{A_n} - \mu_\delta \right| < Limit_3 \quad (A.4)$$

式中：

v_δ ——运行相位差限值，'；

μ_δ ——在运相位差统计均值，推荐值为 0；

$Limit_3$ ——约束 3 允许限值，推荐值为 0.4。

约束 4：对于全部 A 台被监测电压互感器，其中异常台数较少，异常互感器占比应不超出允许范围，数学表达见式 A.5。

$$g_4 = \frac{A_i}{A} < Limit_4 \quad (A.5)$$

式中：

A_i ——运行比值差或运行相位差超出允许误差限值的异常电压互感器台数；

$Limit_4$ ——约束 4 允许限值，推荐值为 0.5。

以上为推荐约束，推荐值是大规模站点长期运行得到的经验值，实际应用中可根据被监测电压互感器所属的实际拓扑及其潜在电气规律进行合理补充。

A.2.4 设置优化目标

目标：对于全部 A 台被监测电压互感器，其测量对象的理论真值一致，因此电压估计值的相对差异应最小，数学表达见式 A.6。

$$\min \left\{ f = \frac{1}{\frac{A(A-1)}{2} \times B} \times \sum_{\alpha 1=1}^{A-1} \sum_{\alpha 2=\alpha 1+1}^A \sum_{\beta=1}^B \left[\frac{u_{(\alpha 1, t_\beta)}^* \angle \varphi_{(\alpha 1, t_\beta)}^*}{[1+\varepsilon_{(f, \alpha 1)}^*] \angle \varepsilon_{(\delta, \alpha 1)}^*} \frac{u_{(\alpha 2, t_\beta)}^* \angle \varphi_{(\alpha 2, t_\beta)}^*}{[1+\varepsilon_{(f, \alpha 2)}^*] \angle \varepsilon_{(\delta, \alpha 2)}^*} \right] \right\} \quad (A.6)$$

A.2.5 开展算法求解

借助协同进化算法开展寻优计算模型的求解，获得全部 A 台被监测电压互感器的运行比值差、运行相位差；以互感器 α 为例，计算结果分别为 $\varepsilon_{(f,\alpha)}^*$ 、 $\varepsilon_{(\delta,\alpha)}^*$ 。

附录 B

测量不确定度评定示例

B.1 测量方法

110 kV 及以上电压互感器的运行比值差、运行相位差按照“7.2 监测方法”采用基于同相电压一致性的多约束寻优算法获取。

B.2 不确定度评定思路

不确定度评定的基本思路见图 B.1。

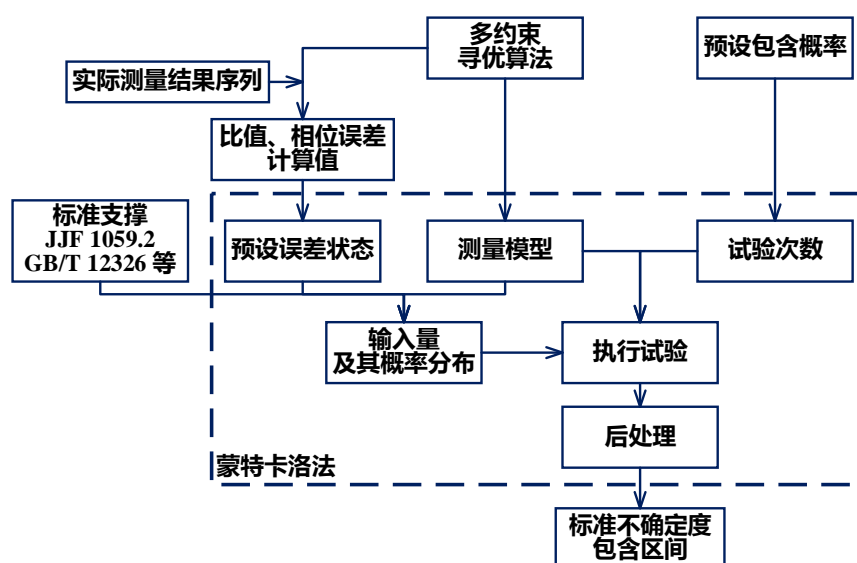


图 B.1 不确定度评定基本思路

依据图 B.1 内容，不确定度评定包含以下步骤：

- (1) 以实际测量结果为基础，按照监测方法采用基于同相电压一致性的多约束寻优算法获取各台被监测电压互感器的运行比值差、相位差，明确预设误差状态；
- (2) 依据预设误差状态，结合相关标准支撑，设定各个输入量的概率分布；
- (3) 依据预设包含概率，设定试验次数；
- (4) 执行试验，针对各台被监测电压互感器，分别汇集重复试验中的比值差计算偏差和相位差计算偏差；
- (5) 开展后处理，针对各台被监测电压互感器，分别获取比值差计算偏差、相位差计算偏差的标准不确定度、扩展不确定度。

B.3 偏差计算模型

被监测电压互感器台数为 A ，数据序列覆盖从 t_1 到 t_B 的时间范围，用于计算各台

被监测电压互感器的比值差理论值与运行比值差之间偏差、相位差理论值与运行相位差之间偏差的模型为：

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \delta_{(r,1)} & \delta_{(p,1)} \\ \delta_{(r,2)} & \delta_{(p,2)} \\ \vdots & \vdots \\ \delta_{(r,\alpha)} & \delta_{(p,\alpha)} \\ \vdots & \vdots \\ \delta_{(r,A)} & \delta_{(p,A)} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \varepsilon_{(r,1)} & \varepsilon_{(p,1)} \\ \varepsilon_{(r,2)} & \varepsilon_{(p,2)} \\ \vdots & \vdots \\ \varepsilon_{(r,\alpha)} & \varepsilon_{(p,\alpha)} \\ \vdots & \vdots \\ \varepsilon_{(r,A)} & \varepsilon_{(p,A)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \varepsilon_{(r,1)}^* & \varepsilon_{(p,1)}^* \\ \varepsilon_{(r,2)}^* & \varepsilon_{(p,2)}^* \\ \vdots & \vdots \\ \varepsilon_{(r,\alpha)}^* & \varepsilon_{(p,\alpha)}^* \\ \vdots & \vdots \\ \varepsilon_{(r,A)}^* & \varepsilon_{(p,A)}^* \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \varepsilon_{(r,1)} & \varepsilon_{(p,1)} \\ \varepsilon_{(r,2)} & \varepsilon_{(p,2)} \\ \vdots & \vdots \\ \varepsilon_{(r,\alpha)} & \varepsilon_{(p,\alpha)} \\ \vdots & \vdots \\ \varepsilon_{(r,A)} & \varepsilon_{(p,A)} \end{bmatrix} - f[U_{(1)}, U_{(2)}, \dots, U_{(\alpha)}, \dots, U_{(A)}] \end{aligned} \quad (B.1)$$

式中：

$\varepsilon_{(r,\alpha)}^*$ —被监测电压互感器 α 的运行比值差；

$\varepsilon_{(p,\alpha)}^*$ —被监测电压互感器 α 的运行相位差， $^{\circ}$ ；

$\varepsilon_{(r,\alpha)}$ —被监测电压互感器 α 的比值差理论值；

$\varepsilon_{(p,\alpha)}$ —被监测电压互感器 α 的相位差理论值， $^{\circ}$ ；

$\delta_{(r,\alpha)}$ —被监测电压互感器 α 的比值差理论值、运行比值差之间的偏差；

$\delta_{(p,\alpha)}$ —被监测电压互感器 α 的相位差理论值、运行相位差之间的偏差， $^{\circ}$ ；

$f(*)$ —多约束寻优算法的等效数学表达；

$U_{(\alpha)}$ —从 t_1 到 t_B 时间范围内的被监测电压互感器 α 基波测量结果序列，具体为：

$$U_{(\alpha)} = \begin{bmatrix} u_{(\alpha,t_1)}^*, u_{(\alpha,t_2)}^*, \dots, u_{(\alpha,t_\beta)}^*, \dots, u_{(\alpha,t_B)}^* \\ \varphi_{(\alpha,t_1)}^*, \varphi_{(\alpha,t_2)}^*, \dots, \varphi_{(\alpha,t_\beta)}^*, \dots, \varphi_{(\alpha,t_B)}^* \end{bmatrix}^T \quad (B.2)$$

式中：

$u_{(\alpha,t_\beta)}^*$ —被监测电压互感器 α 在时间切片 t_β 上基波有效值的测量结果，V；

$\varphi_{(\alpha,t_\beta)}^*$ —被监测电压互感器 α 在时间切片 t_β 上基波相位的测量结果， $^{\circ}$ 。

基波测量结果与基波理论值之间满足如下关系：

$$u_{(\alpha,t_\beta)}^* \angle \varphi_{(\alpha,t_\beta)}^* = [1 + \varepsilon_{(r,\alpha)}] \angle \varepsilon_{(p,\alpha)} \times u_{(t_\beta)} \angle \varphi_{(t_\beta)} \quad (B.3)$$

式中：

$u_{(t_\beta)}$ —时间切片 t_β 上基波有效值的理论值, V ;

$\varphi_{(t_\beta)}$ —时间切片 t_β 上基波相位的理论值, $^\circ$ 。

B.4 蒙特卡洛法

(1) 试验次数

依据预设的包含概率 p 来设定试验次数 M , 最低要求为: M 不小于 $\frac{10^4}{1-p}$ 。

实际中, 对于95%包含概率, 试验次数 M 的推荐值为 10^6 ; 对于99.5%包含概率, 试验次数 M 的推荐值为 10^7 。

(2) 试验对象及其预设误差状态

被监测电压互感器共 A 台, 编号 1、2、 \dots 、 α 、 \dots 、 A 。

以被监测电压互感器 α 为例, 其运行比值差限值、相位差限值分别为 v_r 、 v_p , 并按照校准方法采用基于同相电压一致性的多约束寻优算法来获取运行比值差 $\varepsilon_{(r,\alpha)}^*$ 、运行相位差 $\varepsilon_{(p,\alpha)}^*$ 。依据 $\varepsilon_{(r,\alpha)}^*$ 与 v_r 、 $\varepsilon_{(p,\alpha)}^*$ 与 v_p 的关系来预设其误差状态: 若 $\varepsilon_{(r,\alpha)}^*$ 超出 v_r , 将被监测电压互感器 α 的比值差设定为超限状态, 否则设定为正常状态; 若 $\varepsilon_{(p,\alpha)}^*$ 超出 v_p , 将被监测电压互感器 α 的相位差设定为超限状态, 否则设定为正常状态。

(3) 输入量概率分布

$\varepsilon_{(r,\alpha)}$ 的概率分布: 若被监测电压互感器 α 的运行比值差处于正常状态, 服从矩形分布 $R(-v_r, v_r)$; 若处于超限状态, 服从矩形分布 $R[(-k_e \times v_r, -v_r) \cup (v_r, k_e \times v_r)]$ 。

$\varepsilon_{(p,\alpha)}$ 的概率分布: 若被监测电压互感器 α 的运行相位差处于正常状态, 服从矩形分布 $R(-v_p, v_p)$; 若处于超限状态, 服从矩形分布 $R[(-k_e \times v_p, -v_p) \cup (v_p, k_e \times v_p)]$ 。

$u_{(t_\beta)}$ 的概率分布: 依据电压波动限值, 服从矩形分布 $R\left(\frac{0.9 \times 110}{\sqrt{3}}, \frac{1.1 \times 110}{\sqrt{3}}\right)$ 。

$\varphi_{(t_\beta)}$ 的概率分布: 服从矩形分布 $R(0, 2\pi)$ 。

其中, k_e 为误差限值的扩展系数, 其推荐值为 2; 实际中, 可依据同型号互感器的历史检定数据进行调整。

需要说明的是, 上述概率分布形式均为推荐设定, 以模拟最为一般的情况; 实际

中, 可依据同型号互感器检定、电能质量监测的历史数据, 参考 JJF 1059.2 《用蒙特卡洛法评定测量不确定度》将分布形式调整为正态分布、缩放位移 t 分布等形式。

(4) 单次试验

依据设定的概率分布, 抽取各个输入的样本值, 具体包括: 对于 $\varepsilon_{(r,\alpha)}$, 与被监测互感器对应, 共 A 个抽样值; 对于 $\varepsilon_{(p,\alpha)}$, 与被监测互感器对应, 共 A 个抽样值; 对于 $u_{(t_\beta)}$, 与时间切片对应, 共 B 个抽样值; 对于 $\varphi_{(t_\beta)}$, 与时间切片对应, 共 B 个抽样值。以 $\varepsilon_{(r,\alpha)}$ 的 A 个抽样值、 $\varepsilon_{(p,\alpha)}$ 的 A 个抽样值、 $u_{(t_\beta)}$ 的 B 个抽样值、 $\varphi_{(t_\beta)}$ 的 B 个抽样值为基础, 依据式 B.2、式 B.3, 构建出各台被监测互感器的基波测量结果序列 $\mathbf{U}_{(1)}$ 、 $\mathbf{U}_{(2)}$ 、 \cdots 、 $\mathbf{U}_{(\alpha)}$ 、 \cdots 、 $\mathbf{U}_{(A)}$ 。

将上述 A 个基波测量结果序列汇集为样本, 计算模型在该样本处的输出, 获得各台被监测电压互感器的比值差理论值与运行比值差之间的偏差、相位差理论值与运行相位差之间的偏差。以被监测电压互感器 α 在第 m 次试验中的结果为例, 上述两类偏差分别为 $\delta_{(r,\alpha,m)}$ 、 $\delta_{(p,\alpha,m)}$ 。

(5) 运行比值差计算偏差的标准不确定度、包含概率 p 下的包含区间

以被监测电压互感器 α 为例, 汇集 M 次试验中的比值差理论值与运行比值差之间的偏差, 计算其标准不确定度。

$$\begin{cases} u[\delta_{(r,\alpha)}] = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{m=1}^M [\delta_{(r,\alpha,m)} - \tilde{\delta}_{(r,\alpha)}]^2} \\ \tilde{\delta}_{(r,\alpha)} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \delta_{(r,\alpha,m)} \end{cases} \quad (\text{B.4})$$

汇集 M 次试验中的运行比值差计算偏差, 获取包含概率 p 下的最短包含区间:

$$[U_{(r,\alpha,l)}, U_{(r,\alpha,h)}] \quad (\text{B.5})$$

(6) 运行相位差计算偏差的标准不确定度、包含概率 p 下的包含区间

以被监测电压互感器 α 为例, 汇集 M 次试验中的相位差理论值与运行相位差之间的偏差, 计算其标准不确定度。

$$\begin{cases} u[\delta_{(p,\alpha)}] = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{m=1}^M [\delta_{(p,\alpha,m)} - \tilde{\delta}_{(p,\alpha)}]^2} \\ \tilde{\delta}_{(p,\alpha)} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \delta_{(p,\alpha,m)} \end{cases} \quad (\text{B.6})$$

汇集 M 次试验中的运行相位差计算偏差, 获取包含概率 p 下的最短包含区间:

$$[U_{(p,\alpha,l)}, U_{(p,\alpha,h)}] \quad (\text{B.7})$$

B.5 测量结果的表述

以被监测电压互感器 α 为例, 在包含概率 p 下, 运行比值差为 $[\varepsilon_{(r,\alpha)}^* + \tilde{\delta}_{(r,\alpha)}]$, 标准不确定度为 $u[\delta_{(r,\alpha)}]$, 最短包含区间为 $[\varepsilon_{(r,\alpha)}^* + U_{(r,\alpha,l)}, \varepsilon_{(r,\alpha)}^* + U_{(r,\alpha,h)}]$; 运行相位差为 $[\varepsilon_{(p,\alpha)}^* + \tilde{\delta}_{(p,\alpha)}]$, 标准不确定度为 $u[\delta_{(p,\alpha)}]$, 最短包含区间为 $[\varepsilon_{(p,\alpha)}^* + U_{(p,\alpha,l)}, \varepsilon_{(p,\alpha)}^* + U_{(p,\alpha,h)}]$ 。

上述测量结果不确定度评定方法, 对省内 500kV 变电站内线路 1#PT 开展不确定度评定, 线路 1#PT 准确度等级为 0.2 级, 站内采用二分之三接线。

运行比值差、运行相位差的计算值、标准不确定度和 95%最短包含区间在表 B.1 中给出。

表 B.1 电压互感器运行比值差、相位差的监测结果

监测项目	计算值	标准不确定度	95%最短包含区间
运行比值差 (%)	0.412	0.035	[0.342, 0.482]
运行相位差 (′)	19.74	1.73	[16.28, 23.20]

附录 C

评价报告内容要求

评价报告内容应包括：

1. 标题：“评价报告”；
2. 评价地点；
3. 报告唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
4. 委托方名称；
5. 被检测对象的描述和明确标识（如名称、规格型号、出厂编号、制造厂）；
6. 评价日期；
7. 评价所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
8. 评价装置的信息及溯源性、有效性说明；
9. 评价环境的描述；
10. 评价结果及符合性的描述；
11. 评价人、核验人、批准人签名；
12. 未经检测机构书面批准，不得部分复制报告的声明；
13. 报告总页数与页码。

附录 D

评价报告内页格式

评价报告

证书编号 XXXX-XXXXXX-XX

一、电压互感器基本信息

厂站名称			安装地点	
电压互感器	额定一次电压		制造厂	
	规格型号		准确度等级	
	出厂编号		额定功率因数	
额定二次电压			额定二次负荷	

二、误差状态评价装置信息

电压互感器运行误差状态评价装置编号	
-------------------	--

三、评价依据

本评价报告依据 JJF（苏）XX—2025。

四、评价结果

运行误差监测	运行误差	评价结果
运行比值差/%		
运行相位差/（'）		

五、运维建议

填写“互感器评价结果异常，及时运维与检定。”或者“互感器评价结果正常。”

评 价 员：

核 验 员：

批 准 人：

（以下无正文）

