

中华人民共和国电力行业标准

DL/T ****—2023

继电保护装置状态评价导则

Guidelines for status evaluation of protective relay

（征求意见稿）

（在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上）

****—**—**发布

****—**—**实施

国家能源局

发布

目 次

前 言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

5 评价指标 2

6 评价方法 5

附录 A（规范性）继电保护装置状态评价标准..... 9

附录 B（资料性）继电保护状态评价系统功能..... 44

前 言

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电力企业联合会标准化管理中心提出。

本文件由电力行业继电保护标准化技术委员会（DL/TC 15）归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

继电保护装置状态评价导则

1 范围

本文件规定了继电保护装置本体、二次回路及其辅助装置（以下简称继电保护装置）的状态评价方法和要求。

本文件适用于交流系统常规变电站和智能变电站微机型继电保护装置的状态评价，电厂等其它场站参照执行。

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 34871 智能变电站继电保护检验测试规范
- GB/T 50976 继电保护及二次回路安装及验收规范
- DL/T 478 继电保护和安全自动装置通用技术条件
- DL/T 587 继电保护和安全自动装置运行管理规程
- DL/T 623 电力系统继电保护及安全自动装置运行评价规程
- DL/T 995 继电保护和电网安全自动装置检验规程
- DL/T 1782 变电站继电保护信息规范
- DL/T 2544 继电保护装置状态检修导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

检测型状态量 *detection state indicator*

通过直接观测、装置自检或仪器检测等手段得到的表征继电保护装置运行环境和运行工况的状态量。

3.2

可靠性状态量 *reliability state indicator*

表征制造厂家某类继电保护装置可靠性的状态量。

3.3

风险型状态量 *risk state indicator*

考虑继电保护装置有效验证情况和运行年限因素，表征继电保护装置发生故障概率的状态量。

3.4

改进型状态量 improvement state indicator

表征继电保护装置性能下降但在改进和完善后能恢复到正常水平的状态量。

3.5

失效型状态量 failure state indicator

表征继电保护装置发生严重故障，导致保护功能异常的状态量。

3.6

危急缺陷 critical defect

危急缺陷是指继电保护装置存在严重问题导致失去主要保护功能或者保护功能闭锁，直接威胁电网安全运行，须立即处理的缺陷。

3.7

辅助装置 auxiliary equipment

与继电保护装置本体共同完成继电保护功能的二次设备（合并单元、智能终端、采集执行单元、合智一体装置、网络设备等）、操作箱、电压切换（并列）箱、收发信机、光电转换装置等。

4 总体要求

4.1 应按照相关标准和规范的要求准确完整收集开展继电保护装置状态评价所需的基础资料及状态量信息。

4.2 继电保护装置状态评价所需的状态量信息应以自动获取的方式为主，对于不具备自动获取条件的状态量信息，可以采用人工录入的方式获取。

4.3 继电保护装置的状态评价应分别以继电保护装置本体（以下简称装置本体）、二次回路及其辅助装置为评价对象，一套装置本体、二次回路及配套的辅助装置等为一个评价单元。辅助装置中的评价对象以实际配置的评价对象为准，未配置的评价对象不参与评价。

4.4 装置本体和二次回路以装置屏柜端子排为分界，装置本体包括装置及其附属设备和厂家配线；二次回路是指继电保护及相关设备之间、继电保护及相关设备与一次设备端子排外侧（端子箱或智能控制柜端子排外侧）输出端子之间传输继电保护相关采样、控制、信号等信息的全部电缆和光纤回路（不含通信专业光纤回路），以及直流电源屏端子排至继电保护及相关设备间使用的全部回路。

4.5 装置本体、二次回路及其辅助装置主要采用分类加权方法开展量化评价。

4.6 通过更换备件、程序升级、更换二次线缆等措施消除缺陷后，应对相应继电保护装置再次开展状态评价，装置的缺陷应纳入可靠性状态量进行统计。

4.7 在评价过程中，如果经人工核实，评价指标的异常非评价对象自身因素引起，对该评价对象自身扣分应消除，同时应对评价范围内引起评价指标异常的评价对象进行重新评价。

4.8 继电保护装置每年至少开展1次状态评价，必要时可开展补充评价，具备条件可开展在线评价。

4.9 可以根据继电保护装置全寿命周期管理不同阶段的实际需求（例如状态检修、技术改造和大修等），选取多个指标的评价结果进行综合应用。

4.10 继电保护装置状态评价宜采用计算机软件系统实现。

5 评价指标

5.1 评价指标分类

继电保护装置的评价指标包含 5 类状态量，分别为检测型状态量、可靠性状态量、风险型状态量、改进型状态量和失效型状态量。

5.2 检测型状态量

5.2.1 检测型状态量包括设备的运行状态和环境状态两部分。检测型状态量可以利用在线信息采集系统自动获取，也可以通过运行巡视、专业巡检、停电检修等手段获取。常规变电站和智能变电站参与评价的检测型状态量有所不同，根据各状态量的重要程度，不同状态量所占权重也不同。常规变电站检测型状态量见表 1，智能变电站检测型状态量见表 2。

表1 常规变电站检测型状态量

评价对象	状态量	权重
装置本体	运行环境	5
	装置温度	5
	装置采样状况	20
	装置开关量检查状况	10
	通道运行状况	20
	装置差流状况	30
	装置内部状态监视	10
二次回路及端子箱、操作箱等辅助装置	二次回路运行环境	10
	二次回路红外温度	20
	二次回路绝缘状况	25
	二次回路锈蚀状况	25
	封堵状况	10
	积尘状况	10

表2 智能变电站检测型状态量

评价对象	状态量	权重
装置本体	运行环境	5
	装置温度	5
	装置采样状况	20
	装置开关量检查状况	10
	通道运行状况	20
	装置差流状况	30
	装置内部状态监视	10

表 2 （续）

评价对象	状态量	权重
二次回路及端子箱、收发信机、光电转换装置等辅助装置	二次回路运行环境	10
	二次回路红外温度	10
	二次回路绝缘状况	25
	二次回路锈蚀状况	15
	封堵状况	10
	积尘状况	10
	光纤回路检验	20
合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元	运行环境	10
	装置温度	20
	装置采样状况	10
	装置对时状态	20
	装置开关量检查状况	20
	装置内部状态监视	20
过程层交换机	装置状态监视	30
	端口状态监视	30
	CPU 负载率（%）	20
	装置告警	20

5.3 可靠性状态量

可靠性状态量表征继电保护装置同型号产品整体可靠性水平的高低。依据同型号产品的故障发生情况和正确动作情况来判断同型号产品的整体可靠性。继电保护装置的可靠性状态量见表 3。

表3 可靠性状态量及分值

评价对象	状态量	权重
装置本体	缺陷发生情况	60
	正确动作情况	40
合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元、过程层交换机	缺陷发生情况	100

5.4 风险型状态量

风险型状态量依据继电保护装置最后一次完整检验时间、最后一次正确动作时间以及装置的累计运行时间进行评价。当风险型状态量评分下降到一定程度，表明需要对继电保护装置的部分或者整体进行校验。风险型状态量见表 4。

表4 失效风险状态量及分值

评价对象	状态量	权重
继电保护装置	最后一次完整检验时间或者最后一次正确动作时间	40
	装置累计运行时间	60

5.5 改进型状态量

改进型状态量是反映装置管理状况的指标，包括缺陷处置、家族性缺陷消缺和反事故措施的执行情况。改进型状态量见表 5。

表5 改进型状态量及分值

评价对象	状态量	系数值
继电保护装置	家族性缺陷	1
	非家族性缺陷	1
	反事故措施	1

5.6 失效型状态量

失效型状态量反映装置发生严重故障，将会导致保护功能退出或者保护功能闭锁，需要立即维修或者更换的情况。反映装置严重故障的指标包括 DL/T 1782 中规定的保护装置故障、保护功能闭锁、保护装置告警或者存在其他危机缺陷、检测型状态量存在严重偏差等。失效型状态量见表 6。

表6 失效型状态量及分值

评价对象	状态量	系数值
继电保护装置	保护装置故障	1
	保护功能闭锁	1
	装置告警	1
	危急缺陷	1
	检测型状态量存在严重偏差	1

6 评价方法

6.1 评价体系

继电保护装置按照分层、分类的原则开展状态评价，具体分为评价状态量层、评价指标层、评价对象层和评价单元层，各层之间的关系如图 1 所示：

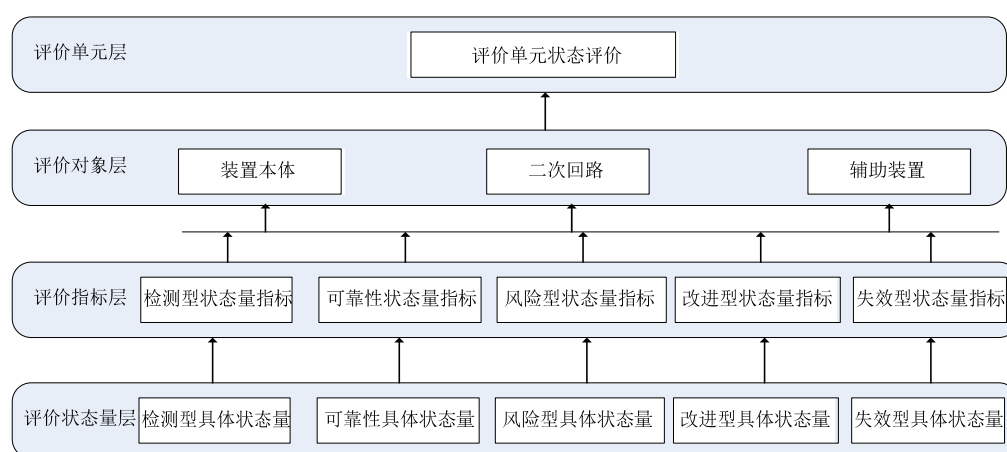


图 1：继电保护装置状态评价体系

6.2 检测型状态量评价方法

6.1.1 不同的检测型状态量评价方法有所不同，所占权重也不同。常规变电站检测型状态量具体评价方法详见A.1，智能变电站检测型状态量具体评价方法详见A.2。

6.1.2 装置本体、二次回路或者辅助装置中一个或者多个状态量评分小于对应状态量满分的60%时，该设备的检测型状态量总分取其中的最低分折算到该状态量对应的满分的得分率值；当所有状态量评分均不低于60%时，该设备的检测型状态量总分由各个状态量的得分求和得出。

6.1.3 对于缺陷或因缺陷导致的状态量评分严重降低的指标项，除在检测型状态量中计算外，未消除缺陷还应计入改进型状态量评价。

6.1.4 当部分评价对象无对应状态量时，则相应的状态量不参与评价，其它状态量评分 X_i 按照本对象状态量评分总和按比例折算至100分，具体折算方法见式（1）。

$$X'_i = \frac{X_i}{\sum X_i} \times 100 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

X'_i —进行折算后该状态量的得分；

X_i —未进行折算时该状态量的得分。

6.3 可靠性状态量评价方法

继电保护装置同型号产品宜按照厂站类型、被保护对象、生产厂家、硬件平台等进行划分，为保证可靠性状态量计算的准确性，参与可靠性计算的继电保护装置样本数量应大于一定规模。二次回路因无法统计同型号信息，不进行可靠性状态量评价。

可靠性状态量评分方法详见 A.3。

6.4 风险型状态量评价方法

通过比较继电保护装置最后一次完整检验时间或者最后一次正确动作时间距离当前评价时间的长短，能够在一定程度上反映继电保护装置后续发生故障的风险大小；继电保护装置的累计运行时间长短能够反映设备的老化程度。

风险型状态量评价方法详见 A. 4。

6.5 改进型状态量评价方法

继电保护装置改进型状态量依据设备是否发生家族性缺陷、缺陷对保护功能的影响程度以及是否及时执行消缺或者反措等方面开展评价，不同情况下给定评价得分的范围，具体得分可以结合装置管理要求进行调整。

改进型状态量评分方法详见 A. 5。

6.6 失效型状态量评价方法

失效型状态量依据继电保护装置是否存在导致保护功能退出、保护功能闭锁等严重的保护功能异常或者是否存在危急缺陷、检测型状态量存在严重偏差等情况开展状态评价，可以结合实际情况对不同状态量的评分标准进行调整。

改进型状态量评分方法详见 A. 6。

6.7 继电保护装置综合评价方法

继电保护装置健康状态评价得分计算方法见式 (2)。

$$K_P = (K_M \times A_1 + K_R \times A_2 + K_I \times A_3) \times K_M \times K_F \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

K_P —继电保护装置健康状态评价综合得分；

K_M —继电保护装置检测型状态量评价得分；

K_R —继电保护装置可靠性状态量评价得分；

K_I —继电保护装置风险型状态量评价得分；

K_M —继电保护装置改进型状态量评价得分；

K_F —继电保护装置失效型状态量评价得分；

A_1 —检测型状态量加权因子，对于装置本体、合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元 $A_1=0.4$ ，对于二次回路， $A_1=0.5$ ；

A_2 —可靠性状态量加权因子，对于装置本体、合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元 $A_2=0.2$ ，对于二次回路， $A_2=0$ ；

A_3 —风险型状态量加权因子，对于装置本体、合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元 $A_3=0.4$ ，对于二次回路， $A_3=0.5$ 。

继电保护评价单元的状态评价得分取该评价单元中装置本体、二次回路和辅助装置三类评价对象的评价得分最低值。

6.8 评价状态

继电保护装置的评价得分与设备状态之间的对应关系见表7。

表7 分值与状态的关系

评价项目	正常	注意	异常	严重异常
分值	85<得分≤100	70<得分≤85	60<得分≤70	得分≤60

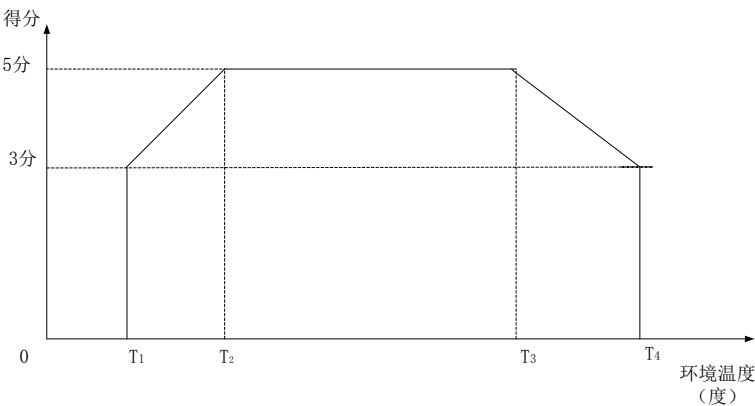
附录 A
(规范性)
继电保护装置状态评价标准

A.1 常规变电站检测型状态量

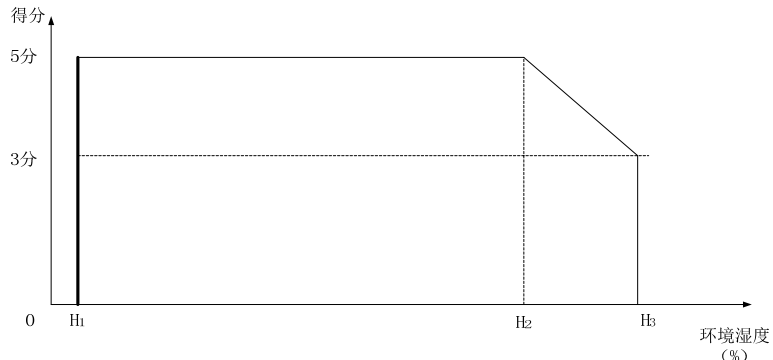
A.1.1 常规变电站保护装置本体检测型状态量

常规变电站保护装置本体检测型状态量见表A.1。

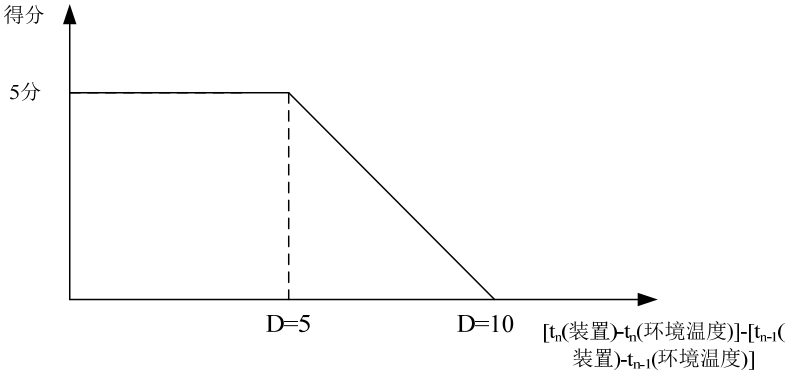
表A.1 常规变电站保护装置本体检测型状态量评分表

序号	状态量	要求	评价方法
1	运行环境 5 分	1. 环境温度满分取值范围：在 DL/T 587 微机保护装置室内环境温度范围内。	<p>1. 运行环境温度评价得分 K_1 按图 A.1 规定执行（以斜率计算得分）</p> <div></div> <p>图中 T_1、T_2、T_3、T_4 为环境温度边界值，具体取值如下： T_1：按 DL/T 587 安装在开关柜中微机保护装置环境温度下限取值； T_2：按 DL/T 587 微机保护装置室内环境温度下限取值； T_3：按 DL/T 587 微机保护装置室内环境温度上限取值； T_4：按 DL/T 587 安装在开关柜中微机保护装置环境温度上限取值。 根据温度采集数据，运行环境温度评分方法见式（A.1）。</p> $K_1 = \sum_{i=1}^n K_i / n \tag{A.1}$ <p>式中： K_1 — 运行环境温度评价得分； K_i — 采集时对应的单次评价得分； i — 为采集的次数； n — 评价周期内总的采集次数。</p> <p>当评价得分为 0 的次数占总采集次数 10% 以上时，该项目不得分。 温度测量点应充分布置在保护装置运行环境周围，并根据试验要求增减测量点。</p>

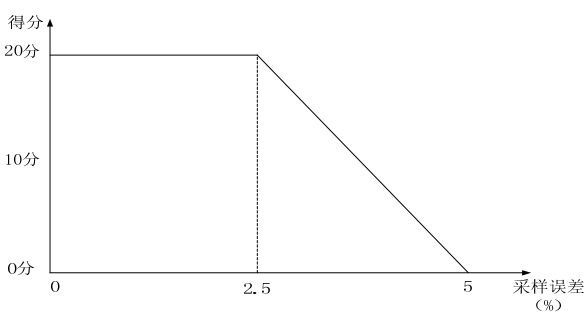
表A.1 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	运行环境 5分	2. 相对湿度 满分取值范围：不超过DL/T 587微机保护装置最大相对湿度上限，不低于DL/T 478规定的环境湿度下限。	<p>2. 运行环境湿度评价得分 K_2 按图 A.2 规定执行（以斜率计算得分）</p>  <p style="text-align: right;">图 A.2 运行环境湿度评分图</p> <p>图中 H_1、H_2、H_3 为环境湿度边界值，具体取值如下： H_1：按 DL/T 478 继电保护装置正常工作大气条件相对湿度下限取值； H_2：按 DL/T 587 微机保护装置室内月最大相对湿度上限取值； H_3：按 DL/T 587 安装在开关柜中 10kV—66kV 微机保护装置环境最大相对湿度上限取值。 根据湿度采集数据，运行环境湿度评分方法见式（A.2）。</p> $K_2 = \sum_{i=1}^n K_i / n \quad (\text{A.2})$ <p>式中： K_2——运行环境湿度评价得分； K_i——采集时对应的单次评价得分； i——为采集的次数； n——评价周期内总的采集次数。</p> <p>当评价得分为 0 的次数占总采集次数 30% 以上时，该项目不得分。</p> <p>注：湿度测量点一般布置在保护装置空气流道的进口与出口以及装置中空气湿度的控制点。</p> <p>3. 设备运行环境综合评价得分 K 计算方法见（A.3）。</p> $K = (K_1 \times 60\% + K_2 \times 40\%) \quad (\text{A.3})$ <p>式中： K_1——运行环境温度评价得分； K_2——运行环境湿度评价得分。</p>

表A.1 （续）

序号	状态量	标准要求	评分标准
2	装置温度 5分	满足装置正常运行温度范围要求及运行限值要求。	<p>1. 计算装置测量最高温度与环境温度差值作为当次测量值，并将该测量值与上一次环境温度相似时（两次环境温度差值在 10 度以内）计算出的测量差值相比较，两差值在 5 度以内，属于正常工作状态，得满分；两差值在 5 度至 10 度内，得分按照图 A.3 取值线性下降；两差值超过 10 度，该项不得分；当温度差值变化趋势一致时，评价周期内连续 3 次及以上测量值的差值累计超过 10 度，该项不得分。</p> <div></div> <p>图 A.3 装置红外温度评分图</p> <p>2. 评价周期内装置红外温度评价得分 K 计算方法见式（A.4）。</p> $K = \sum_{i=1}^n K_i / n \tag{A.4}$ <p>式中：</p> <p>K —装置红外温度评价得分；</p> <p>K_i —装置红外温度对应的单次评价得分；</p> <p>i —为采集的次数；</p> <p>n —评价周期内总的采集次数。</p> <p>若评价周期内发现装置测量最高温度大于 80 度时，K 值直接取零分。</p> <p>常规变电站的装置温度主要通过红外测温获得，红外测温的测量点分布应考虑保护装置本体各个部分的温度分布变化特性。</p>

表A.1 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
3	装置模拟量采集状况 20分	模拟量误差不超过5%或绝对误差0.02 IN;	<p>1. 电流、电压通道各组测量值的平均值CT_i、PT_i，与其参考值（检修巡视中推荐以钳型表测量值或其他装置测量值为参考，例行试验中以额定值为参考）的偏差值来判断装置采样的整体性能，采样误差计算方法见式（A.5）。</p> $E = \max\left(\frac{ CT_i - CT_{i参考} }{CT_{i参考}}, \frac{ PT_i - PT_{i参考} }{PT_{i参考}}\right) \times 100\% \quad (A.5)$ <p>式中：</p> <p>E—采样误差；</p> <p>CT_i—保护各通道CT采样值；</p> <p>$CT_{i参考}$—保护各通道CT参考测量值；</p> <p>PT_i—保护各通道PT采样值；</p> <p>$PT_{i参考}$—保护各通道PT参考测量值。</p> <p>测试时电流应大于$0.1I_n$。若检修巡视与例行试验数据同时存在，装置采样误差值取两者较大值。</p> <p>2. 模拟量采集评价得分数K按图A.4规定执行（以斜率计算得分），当负荷电流小于$0.1I_n$时，电流模拟量采集不评分，线路空充等负荷电流无法满足评分要求时可配合系统运行方式改变进行补充测量。</p>  <p style="text-align: center;">图A.4 装置采样数据评分图</p> <p>3. 评价周期内装置模拟量采集评价得分见式（A.6）。</p> $K = \sum_{i=1}^n K_i / n \quad (A.6)$ <p>式中：</p> <p>K—装置模拟量采集评价得分；</p> <p>K_i—采集时对应的单次评价得分；</p> <p>i—为采集的次数；</p> <p>n—评价周期内总的采集次数。</p>

表A.1 （续）

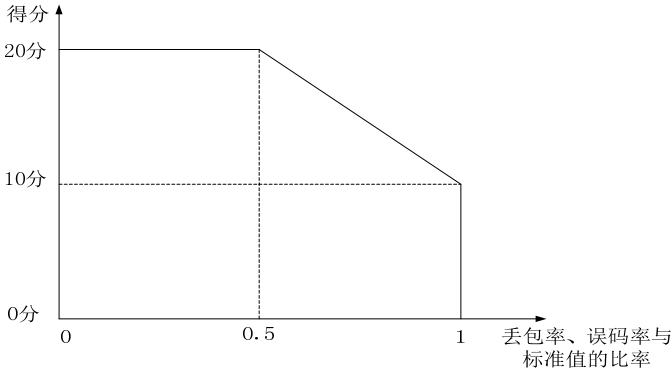
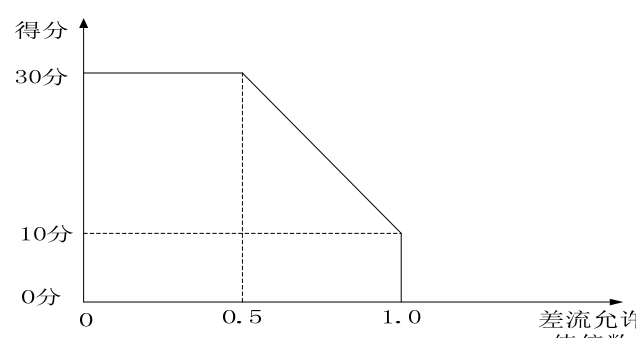
序号	状态量	标准要求	评分标准
4	装置开关量检查状况 10分	开关量采集正确,无开入异常告警;无开关量状态不正确和装置显示与运行状态不一致情况。	<div>1. 评价周期内发生开入异常 $K_1 = 0$, 不发生开入异常 $K_1 = 1$;</div> <div>2. 评价周期内发生开关量状态不正确 $K_2 = 0$, 不发生开关量状态不正确 $K_2 = 1$;</div> <div>3. 因装置自身原因引起的装置显示与运行状态不一致 $K_3 = 0$, 一致时 $K_3 = 1$ 。</div> <div>4. 装置开关量检查状况综合评价得分 K 见式 (A.7) .</div> <div>$K = K_1 \times K_2 \times K_3 \times 10 \tag{A.7}$</div>
5	装置通道运行状况 20分	光纤通道丢包率、误码率不得超过标准值;高频通道不发生3dB告警。	<div>1. 光纤通道运行状况评分标准以通道丢包率、误码率不超过标准值为限,通道丢包率、误码率评分按图 A.5 规定执行,光纤通道运行状况分数 K_i 取两者低分值。丢包率、误码率标准值取装置设计告警门槛值。</div> <div></div> <div>图 A.5 装置通道运行状况评分图</div> <div>2. 评价周期内光纤通道运行状况评价得分 K_1 计算方法见式 (A.8) 。</div> <div>$K_1 = \sum_{i=1}^n K_i / n \tag{A.8}$</div> <div>式中：</div> <div>K_1 —光纤通道运行状况评价得分；</div> <div>K_i —光纤通道运行状况对应的单次评价得分；</div> <div>i —为采集的次数；</div> <div>n —评价周期内总的采集次数。</div> <div>如果 K_1 无法计算，则取 10 分；评价周期内高频通道运行状况得分 K_1 取 10 分。</div>

表 A.1 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
5	装置通道运行状况 20 分	光纤通道丢包率、误码率不得超过标准值；高频通道不发生 3dB 告警。	<p>3. 通道运行状况评价得分 K 方法见式 (A.9)。</p> $K = K_1 / (1 + K_2) \quad (\text{A.9})$ <p>式中：</p> <p>K_1 — 光纤通道运行状况评价得分；</p> <p>K_2 — 评价周期内光纤通道故障告警次数或高频通道 3dB 告警次数。</p> <p>K_2 通道故障告警次数取保护装置、通道接口设备报通道告警次数的累计值。</p> <p>4. 光纤通道只考虑自身原因导致的丢包、误码，外部通信设备故障、装置死机重启等导致的丢包、误码不计入统计评价。原因不明的告警等异常应统计在内，原因明确不属于保护的可不统计在内。</p>
6	装置差流状况 30 分	差流数据在允许范围内。	<p>1. 差动元件允许值倍数 S 计算方法见式 (A.10)。</p> $S = I_{cd} / I_b \quad (\text{A.10})$ <p>式中：</p> <p>I_{cd} — 实测差流；</p> <p>I_b — 基准值；</p> <p>I_n — 额定电流。</p> <p>I_b 取为 $0.04I_n$。</p> <p>对于线路光纤差动保护，当实测最大二次负载电流小于 $0.1I_n$ 时，本指标不参与评价；如果线路光纤差动保护投入电容电流补偿，则差流数据应取电容补偿后的差流值。</p> <p>当差流值小于 $0.04I_n$ 时，按照图 A.6 评分方法进行评价，如果差流值大于等于 $0.04I_n$ 时，$K=0$，该指标纳入改进型状态量评价。</p>

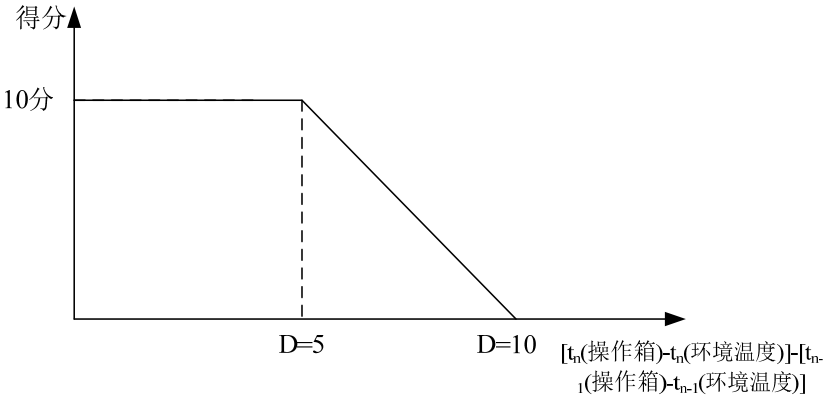
表A.1 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
6	装置差流状况 30分	差流数据在允许范围内。	<p>2. 单次差流状况评价得分 K_i 标准按图 A.6 规定执行 (以斜率计算得分)。</p>  <p style="text-align: center;">图 A.6 装置差流状况评分计算图</p> <p>3. 评价周期内装置差流状况评价得分计算方法见式 (A.11)。</p> $K = \sum_{i=1}^n K_i / n \quad (\text{A.11})$ <p>式中:</p> <p>K — 装置差流状况评价得分;</p> <p>K_i — 采集时对应的单次评价得分;</p> <p>i — 为采集的次数;</p> <p>n — 评价周期内总的采集次数。若某次采集评分为 0, 则评价周期内得分为 0。</p>
7	装置内部状态监视 10分	工作电压满足装置正常运行电压范围要求。	<p>1. 以电压偏差值作为评价参考, 当电压偏差值未达到告警值时, 本次得满分 $K_i=10$; 超过告警值, 发出电压越限告警时, 本次不得分 $K_i=0$; 连续三次巡视发现电压偏差超过装置设计允许偏差时, 评价周期内该项不得分 $K=0$; 电压偏差导致装置闭锁时, $K=0$, 该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>评价周期内内部状态监视评价得分见式 (A.12)。</p> $K = \sum_{i=1}^n K_i / n \quad (\text{A.12})$ <p>式中:</p> <p>K — 装置内部状态监视评价得分;</p> <p>K_i — 采集时对应的单次评价得分;</p> <p>i — 为采集的次数;</p> <p>n — 评价周期内总的采集次数。</p>

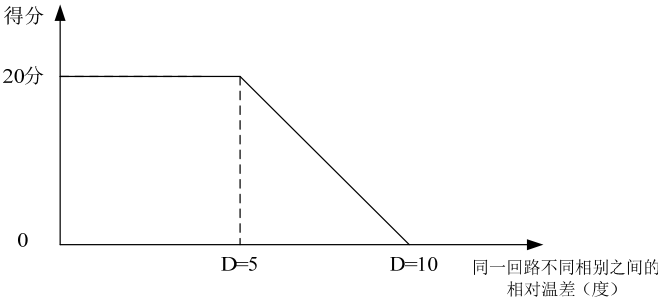
A. 1.2 常规变电站二次回路及辅助装置检测型状态量

常规变电站二次回路及辅助装置检测型状态量见表A. 2。

表A. 2 二次回路及辅助装置检测型状态量评分表

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	二次回路运行环境 10 分	同一种运行状态下辅助装置运行温度与环境温度差值在合理范围内。	<p>1. 计算辅助装置的最高温度与环境温度差值作为测量值，并将该测量值与上一次环境温度相似时（两次环境温度差值在 10 度以内）计算出的测量差值相比较，差值在 5 度以内，属于正常工作状态，得满分；两次测量值的差值在 5 度至 10 度内，得分按照评分图 A. 7 取值线性下降；两次测量值的差值超过 10 度，该项不得分；当温度差值变化趋势一致时，评价周期内连续 3 次及以上测量值的差值累计超过 10 度，该项不得分。</p> <div></div> <p>图 A. 7 二次回路运行环境评分</p> <p>2. 评价周期内辅助装置的运行温度评价得分计算方法见式（A. 13）。</p> $K = \sum_{i=1}^n K_i / n \tag{A. 13}$ <p>式中：</p> <p>K —装置的运行温度评价得分；</p> <p>K_i —采集时对应的单次评价得分；</p> <p>i —为采集的次数；</p> <p>n —评价周期内总的采集次数。</p> <p>当评价得分 0 分为零的次数占总采集次数 10% 以上时，该项目不得分。</p> <p>温度测量点的应选择布置在辅助装置运行环境周围，并进行多次测量。</p>

表A.2 （续）

序号	状态量	标准要求	评分标准
2	二次回路红外温度 20 分	同一二次回路不同相别之间的相对温差应该在 5℃以内。	<p>1、二次回路红外测温评价采用温度最高点所处同一回路不同相别之间的相对温差，如图 A.8 所示，温差在 5℃内为满分，温差在 5 至 10 度内按比例下降，温差超过 10℃则零分计；</p> <div></div> <p>图 A.8 二次回路红外温度评分图</p> <p>2. 评价周期内二次回路红外温度评价得分计算方法见式（A.14）。</p> $K=\sum_{i=1}^n K_i / n \tag{A.14}$ <p>式中：</p> <p>K —二次回路的红外测温评价得分；</p> <p>K_i —采集时对应的单次评价得分；</p> <p>i —为采集的次数；</p> <p>n —评价周期内总的采集次数。</p> <p>单次红外测温异常 K 直接取零分。</p> <p>红外测温的测量点分布应考虑操作箱内各二次回路的温度分布变化特性，在测量同一二次回路不同相别之间的相对温差时，应注意尽量在该二次回路各个分段取得测量数据。</p>

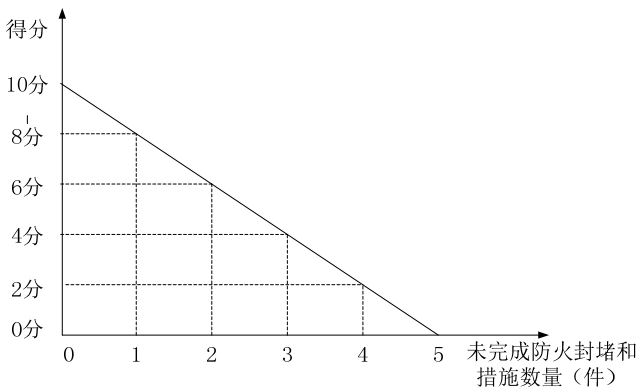
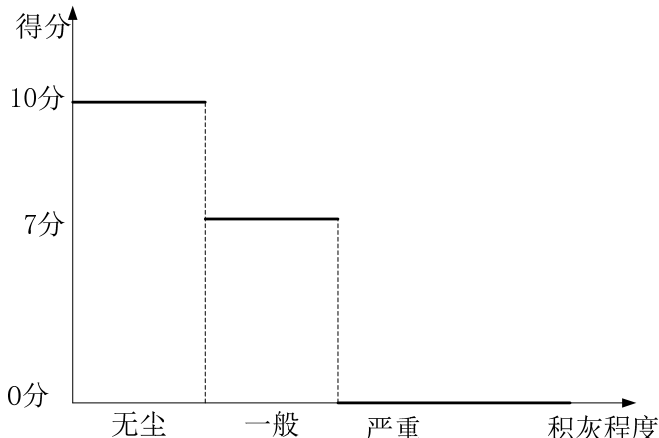
表A.2 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
3	二次回路绝缘状况 25分	回路绝缘： 回路之间、回路对地绝缘满足 DL/T 995 要求。	<p>1. 在无法获取变电所内绝缘检测装置支路绝缘测量数据时，根据实测的绝缘电阻数据以及绝缘数据变化率计算，K_1 评分标准按图 A.9 规定执行。</p> 图 A.9 交流、直流回路绝缘评分图 <p>图中 Ω_1、Ω_2 为绝缘电阻边界值，具体取值方法如下：Ω_1 按 DL/T 995 定期检验电流、电压、直流控制回路对地绝缘电阻测量值最低要求取值；Ω_2 按 DL/T 995 新安装装置验收试验中电流、电压、直流控制、信号回路绝缘电阻测量值最低要求取值。</p> <p>当回路绝缘电阻测量值小于标准中要求的最低要求取值时，$K=0$，该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>2. 在可以获取变电所内绝缘检测装置支路绝缘测量数据时，根据实测的绝缘电阻数据计算，K_1 评分标准按图 A.10 规定执行。（以斜率计算得分）。</p> 图 A.10 直流回路绝缘评分图 <p>当 1、2 两种评分值均存在时，取最低评分为本次绝缘评分值。</p> <p>当支路绝缘电阻测量值小于标准中要求的最低要求取值时，$K=0$，该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>3. 评价周期内装置绝缘状况评价得分计算方法见式 (A.15)。</p> $K_1 = \sum_{i=1}^n K_i / n \quad (\text{A.15})$ <p>式中：</p> <p>K_1 — 装置绝缘状况评价得分；</p> <p>K_i — 装置绝缘状况对应的单次评价得分；</p> <p>i — 为采集的次数；</p> <p>n — 评价周期内总的采集次数。</p>

表A.2 （续）

序号	状态量	标准要求	评分标准
3	二次回路绝缘状况 25分	回路绝缘：回路之间、回路对地绝缘满足 DL/T 995 要求。	<p>4. 若装置直流回路具备绝缘监测告警功能，装置直流绝缘状况综合得分见式（A.16）。</p> $K = K_1 / (1 + K_2) \tag{A.16}$ <p>式中： K_1—装置绝缘状况评价得分； K_2—评价周期内回路绝缘监测告警次数。</p>
4	二次回路锈蚀状况 25分	端子箱无渗水；端子排锈蚀程度 <15%。	<p>1. 锈蚀情况以最近一次巡视情况为准，评分 K_1 标准按图 A.11 规定执行（以斜率计算得分）；单个端子存在锈蚀痕迹则锈蚀端子数量计算为 1，端子锈蚀程度统计方法见式（A.17）。</p> $D = N_d / N_T \times 100\% \tag{A.17}$ <p>式中： D—锈蚀程度； N_d—所有锈蚀端子数量； N_T—全部端子数量。</p> <p style="text-align: center;">图 A.11 锈蚀情况评分图</p> <p>2. 端子箱无渗水现象，K_2 取 1，否则取 0； 3. 端子箱无凝露现象，K_3 取 1，否则取 0.5； 4. 端子排锈蚀状况综合得分 $K = K_1 \times K_2 \times K_3$。 5. 评价周期内锈蚀情况得分以评价周期内最后一次采集的数据作为评价依据。</p>

表A.2 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
5	封堵状况 10分	电缆孔洞封堵良好,防火墙和防火涂料齐全。	<p>1. 封堵状况评分 K_1 标准按图 A. 12 规定执行 (以斜率计算得分)</p>  <p style="text-align: center;">图 A. 12 封堵情况评分图</p> <p>2. 评价周期内封堵情况得分以评价周期内最后一次采集的数据作为评价依据。</p>
6	积尘状况 10分	符合 DL/T 587 规程要求。	<p>保护屏、端子箱、端子排等处清洁状况评分标准如图 A. 13 所示:</p> <p>1. 积尘状况评价标准:</p> <p>一般: 有灰尘, 但尚不影响屏内、箱体内、端子排上标识的辨认, 得 7 分。</p> <p>严重: 灰尘使保护标识无法辨认, 灰尘形成串状物或即将形成串状物, 得 0 分</p>  <p style="text-align: center;">图 A. 13 清洁情况评分图</p> <p>2. 评价周期内积尘状况得分以评价周期内最后一次采集的数据作为评价依据。</p>

A.2 智能变电站检测型状态量

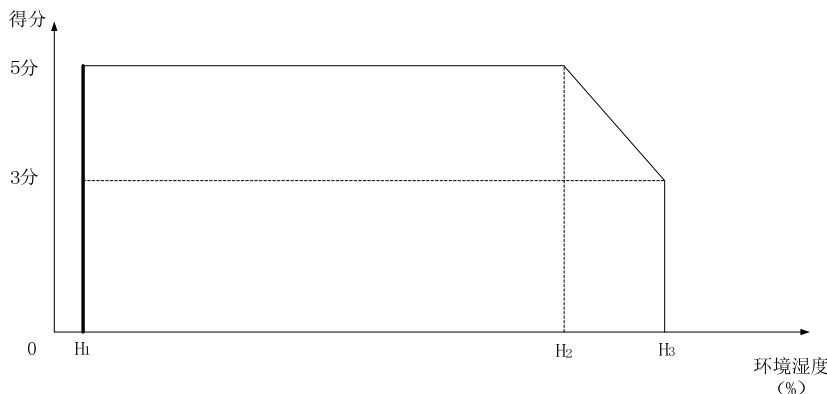
A.2.1 智能变电站保护装置本体检测型状态量

智能变电站保护装置本体检测型状态量见表A.3。

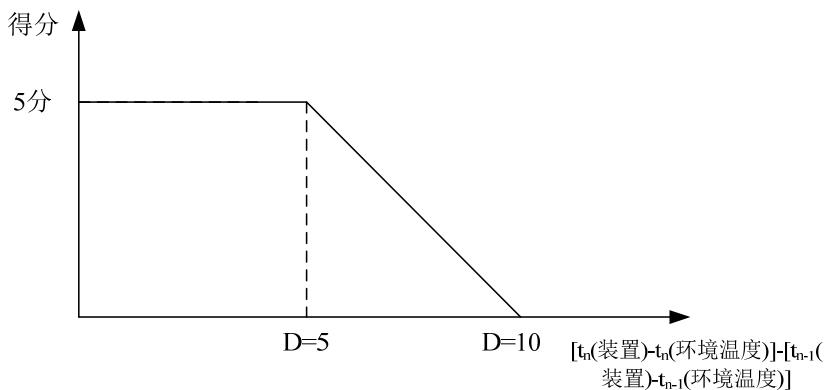
表A.3 智能变电站保护装置本体检测型状态量评分表

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	运行环境5分	1. 环境温度满分取值范围：在 DL/T 587 微机保护装置室内环境温度范围内。	<p>1. 运行环境温度评分 K_{1i} 按图 A.14 规定执行（以斜率计算得分）</p> <div></div> <p>图 A.14 运行环境温度评分图</p> <p>图中 T_1、T_2、T_3、T_4 为环境温度边界值，具体取值如下：</p> <p>T_1：按 DL/T 587 安装在开关柜中 10kV～66kV 微机保护装置环境温度下限取值；</p> <p>T_2：按 DL/T 587 微机保护装置室内环境温度下限取值；</p> <p>T_3：按 DL/T 587 微机保护装置室内环境温度上限取值；</p> <p>T_4：按 DL/T 587 安装在开关柜中 10kV～66kV 微机保护装置环境温度上限取值。</p> <p>根据温度采集数据，运行环境温度评分计算方法见式（A.18）。</p> $K_1 = \sum_{i=1}^n K_{1i} / n \tag{A.18}$ <p>式中：</p> <p>K_1—装置环境温度评价得分；</p> <p>K_{1i}—装置环境温度对应的单次评价得分；</p> <p>i—为采集的次数；</p> <p>n—评价周期内总的采集次数。</p> <p>当评价得分为 0 的次数占总采集次数 10% 以上时，该项目不得分。</p> <p>温度测量点应充分布置在保护装置运行环境周围，并根据试验要求增减测量点。</p>

表A.3 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	运行环境 5分	<p>2. 相对湿度满分取值范围：不超过DL/T 587微机保护装置最大相对湿度上限，不低于DL/T 478规定的环境湿度下限。</p>	<p>2. 运行环境湿度评分 K_{2i} 按图 A. 15 规定执行（以斜率计算得分）</p>  <p style="text-align: center;">图 A. 15 运行环境湿度评分图</p> <p>图中 H_1、H_2、H_3 为环境湿度边界值，具体取值如下：</p> <p>H_1：按 DL/T 478 继电保护装置正常工作大气条件相对湿度下限取值；</p> <p>H_2：按 DL/T 587 微机保护装置室内月最大相对湿度上限取值；</p> <p>H_3：按 DL/T 587 安装在开关柜中 10kV—66kV 微机保护装置环境最大相对湿度上限取值。</p> <p>根据湿度采集数据，运行环境湿度评分计算公式见式（A. 19）。</p> $K_2 = \sum_{i=1}^n K_{2i} / n \quad (\text{A. 19})$ <p>式中：</p> <p>K_2 — 装置环境湿度评价得分；</p> <p>K_{2i} — 装置环境湿度对应的单次评价得分；</p> <p>i — 为采集的次数；</p> <p>n — 评价周期内总的采集次数。</p> <p>当评价得分为 0 的次数占总采集次数 30% 以上时，该项目不得分。</p> <p>注：湿度测量点一般布置在保护装置气流道的进口与出口以及装置中空气湿度的控制点。</p> <p>3. 运行环境综合得分见式（A. 20）。</p> $K = (K_1 \times 60\% + K_2 \times 40\%) \quad (\text{A. 20})$ <p>式中：</p> <p>K_1 — 运行环境温度评价得分；</p> <p>K_2 — 运行环境湿度评价得分；</p>

表A.3 （续）

序号	状态量	标准要求	评分标准
2	装置温度 5分	满足装置正常运行温度范围要求及运行限值要求。	<p>1. 装置温度单次评价得分按图 A. 16 规定执行，计算装置测量最高温度与环境温度差值作为当次测量值，并将该测量值与上一次环境温度相似时（两次环境温度差值在 10 度以内）计算出的测量差值相比较，两差值在 5 度以内，属于正常工作状态，得满分；两差值在 5 度至 10 度内，得分按照评分图 A. 16 取值线性下降；两差值超过 10 度，该项不得分；当温度差值变化趋势一致时，评价周期内连续 3 次及以上测量值的差值累计超过 10 度，该项不得分。</p>  <p style="text-align: center;">图 A. 16 装置红外温度评分图</p> <p>2. 评价周期内装置红外温度评价得分见式（A. 21）。</p> $K = \sum_{i=1}^n K_i / n \quad (\text{A. 21})$ <p>式中：</p> <p>K — 装置温度评价得分；</p> <p>K_i — 装置温度对应的单次评价得分；</p> <p>i — 为采集的次数；</p> <p>n — 评价周期内总的采集次数。</p> <p>若评价周期内发现装置测量最高温度大于 80 度时，K 值直接取零分。</p> <p>注：智能变电站的装置温度可以通过红外测温方式获得，也可以是通过装置自身采集上送的装置内部温度信息。</p>
3	装置模拟量采集状况 20分	模拟量误差不超过 5%或绝对误差 0.02 IN。	与表 A. 1 常规变电站保护装置检测型状态量评分表中装置模拟量采集状况评分标准一致。

表A.3 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
4	装置开关量检查状况 10分	开关量采集正确，无开入异常告警；无开关量状态不正确和装置显示与运行状态不一致情况。	与表 A.1 常规变电站保护装置本体检测型状态量评分表中装置开关量检查状况评分标准一致。
5	装置通道运行状况 20分	光纤通道丢包率、误码率不得超过标准值；	与表 A.1 常规变电站保护装置本体检测型状态量评分表中装置通道运行状况评分标准一致。
6	装置差流状况 30分	差流数据在允许范围内。	与表 A.1 常规变电站保护装置本体检测型状态量评分表中装置差流状况评分标准一致。
7	装置内部状态监视 10分 (光强5分，电压5分)	1. 工作电压：满足装置正常运行电压范围要求。 2. 光强：满足装置正常运行光强范围要求。	<p>1. 以电压偏差值作为评价参考，当电压偏差值未达到告警值时，本次得满分 $K_{1i}=5$；超过告警值，发出电压越限告警时，本次不得分 $K_{1i}=0$；电压偏差导致装置闭锁时，$K=0$，该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>评价周期内工作电压评价得分见式 (A.22)。</p> <p>式中：</p> $K_1 = \sum_{i=1}^n K_{1i} / n \quad (\text{A.22})$ <p>式中：</p> <p>K_1—装置工作电压评价得分；</p> <p>K_{1i}—装置工作电压对应的单次评价得分；</p> <p>i—为采集的次数；</p> <p>n—评价周期内总的采集次数。</p> <p>连续三次发现电压偏差超过装置设计允许偏差时，评价周期内该项不得分 $K_1=0$。</p>

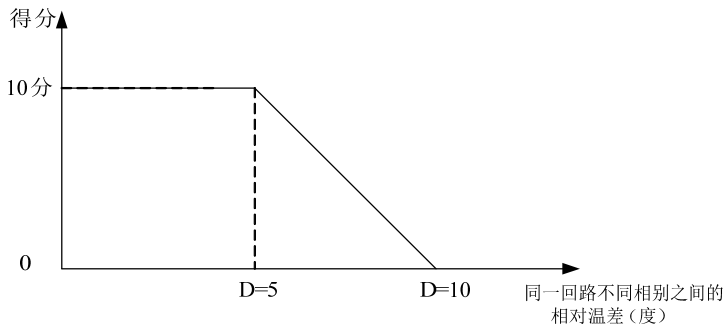
表A.3 （续）

序号	状态量	标准要求	评分标准
7	装置内部状态监视 10 分（光强 5 分，电压 5 分）	1. 工作电压：满足装置正常运行电压范围要求。 2. 光强：满足装置正常运行光强范围要求。	<p>2. 以光强偏差值作为评价参考，光强偏差值未达到告警值内时，本次得满分 $K_{2i}=5$；超过告警值，发出光强越限告警时，本次不得分 $K_{2i}=0$。光强偏差导致装置闭锁时，$K=0$，该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>评价周期内光强评价得分见式（A. 23）。</p> $K_2=\sum_{i=1}^n K_{2i} / n \tag{A. 23}$ <p>式中：</p> <p>K_2—装置光强评价得分；</p> <p>K_{2i}—装置光强对应的单次评价得分；</p> <p>i—为采集的次数；</p> <p>n—评价周期内总的采集次数。</p> <p>连续出现三次光强越限告警，评价周期内该项不得分。</p> <p>3. 装置内部状态监视综合评价得分见式（A. 24）。</p> $K = K_1 + K_2 \tag{A. 24}$ <p>式中：</p> <p>K_1—装置工作电压评价得分；</p> <p>K_2—装置光强评价得分。</p>

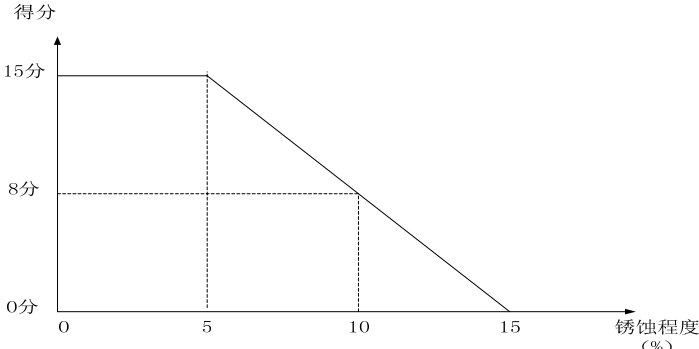
A.2.2 智能变电站二次回路及辅助装置检测型状态量

智能变电站二次回路及辅助装置检测型状态量见表A.4。

表A.4 智能变电站二次回路及辅助装置检测型状态量评分表

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	二次回路运行环境 10分	光电转换装置、收发信机等辅助装置的运行温度与环境温度差值在合理范围内。	与表A.2 二次回路检测型状态量评分表中二次回路运行环境评分标准一致。
2	二次回路红外温度 10分	同一二次回路不同相别之间的相对温差应该在5℃以内。	<p>1、二次回路红外温度单次评价得分按图A.17规定，二次回路红外测温评价采用温度最高点所处同一回路不同相别之间的相对温差，温差在5℃内为满分，温差在5至10℃内按比例下降，温差超过10℃则零分计；</p>  <p style="text-align: center;">图A.17 二次回路红外温度评分图</p> <p>2. 评价周期内二次回路红外温度得分见式（A.25）。</p> $K = \sum_{i=1}^n K_i / n \quad (\text{A.25})$ <p>式中：</p> <p>K —二次回路红外温度评价得分；</p> <p>K_i —二次回路红外温度对应的单次评价得分；</p> <p>i —为采集的次数；</p> <p>n —评价周期内总的采集次数。</p> <p>单次测温异常直接取零分。</p> <p>红外测温的测量点分布应充分考虑操作箱内各二次回路的温度分布变化特性，在测量同一二次回路不同相别之间的相对温差时，应尽量在该二次回路各个分段取得测量数据。</p>

表A.4 （续）

序号	状态量	标准要求	评分标准
3	二次回路绝缘状况 25 分	回路之间、回路对地绝缘满足 DL/T 995 要求。	与表 A.2 二次回路检测型状态量评分表中二次回路绝缘状况评分标准一致。
4	二次回路锈蚀状况 15 分	端子箱无渗水；端子排锈蚀程度 <15%。	<p>1. 锈蚀情况评价周期内锈蚀情况得分以评价周期内最后一次采集的数据作为评价依据，评价得分 K_1 标准按图 A.18 规定执行（以斜率计算得分）；</p> <p>单个端子存在锈蚀痕迹则锈蚀端子数量计算为 1，端子锈蚀程度统计方法见式（A.26）。</p> $D = N_d / N_T \times 100\% \tag{A.26}$ <p>式中：</p> <p>D—锈蚀程度；</p> <p>N_d—所有锈蚀端子数量；</p> <p>N_T—全部端子数量。</p> <div></div> <p>图 A.18 锈蚀情况评分图</p> <p>2. 端子箱无渗水现象，$K_2=1$，否则 $K_2=0$。</p> <p>3. 端子箱无凝露现象，$K_3=1$，否则 $K_3=0.5$。</p> <p>4. 端子排锈蚀状况综合得分见式（A.27）。</p> $K = K_1 \times K_2 \times K_3 \tag{A.27}$ <p>式中：</p> <p>K_1—锈蚀程度评价得分；</p> <p>K_2—端子箱渗水评价得分；</p> <p>K_3—端子箱凝露评价得分。</p>

表A.4 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
5	封堵状况 10 分	电缆孔洞封堵良好，防火墙和防火涂料齐全。	与表 A.2 二次回路检测型状态量评分表中二次回路封堵状况评分标准一致。
6	积尘状况 10 分	符合 DL/T 587 规程要求。	与表 A.2 二次回路检测型状态量评分表中二次回路积尘状况评分标准一致。
7	光纤回路检验 20 分	光纤回路正确；光纤衰耗满足 GB/T 34871《智能变电站继电保护检验测试规范》标准要求。	1. 光纤回路检查正确 $K_1=1$ ，不正确 $K_1=0$ 。 2. 光纤衰耗满足 GB/T 34871《智能变电站继电保护检验测试规范》标准的要求 $K_2=1$ ，超出标准要求 $K_2=0$ 。 3. 光纤回路检验综合得分 $K = K_1 \times K_2 \times 20$ 。

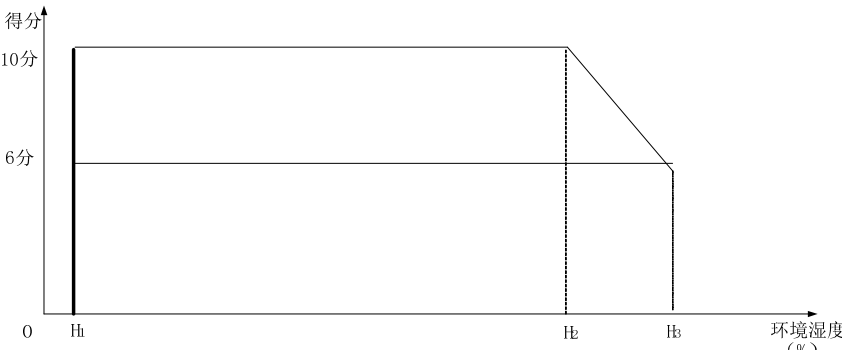
A.2.3 智能变电站合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元检测型状态量

智能变电站合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元检测型状态量见表A.5。

表A.5 智能变电站、智能终端、合智一体装置、采集执行单元检测型状态量评分表

序号	状态量	要求	评分标准
1	运行环境 环境 10分	1. 环境温度满分取值范围：在DL/T 587微机保护装置室内环境温度范围内。	<p>1. 运行环境温度单次评价得分 K_{1i} 按图 A.19 规定执行（以斜率计算得分）</p> <div></div> <p>图中 T_1、T_2、T_3、T_4 为环境温度边界值，具体取值如下： T_1：按 DL/T 587 安装在开关柜中 10kV～66kV 微机保护装置环境温度下限取值； T_2：按 DL/T 587 微机保护装置室内环境温度下限取值； T_3：按 DL/T 587 微机保护装置室内环境温度上限取值； T_4：按 DL/T 587 安装在开关柜中 10kV～66kV 微机保护装置环境温度上限取值。 根据温度采集数据，运行环境温度评价得分计算方法见式（A.28）。</p> $K_1 = \sum_{i=1}^n K_{1i} / n \tag{A.28}$ <p>式中： K_1—装置环境温度评价得分； K_{1i}—装置环境温度对应的单次评价得分； i—为采集的次数； n—评价周期内总的采集次数。 当评价得分为 0 的次数占总采集次数 10% 以上时，该项目不得分。 温度测量点应充分布置在保护装置运行环境周围，并根据试验要求增减测量点。</p>

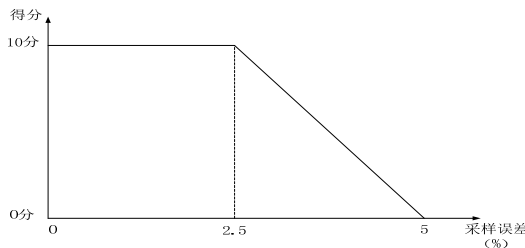
表A.5 （续）

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	运行环境 10分	2. 相对湿度满分取值范围：不超过DL/T 587微机保护装置最大相对湿度上限，不低于DL/T 478规定的环境湿度下限。	<p>2. 运行环境湿度单次评价得分 K_{2i} 按图 A. 20 规定执行（以斜率计算得分）</p>  <p style="text-align: center;">图 A. 20 运行环境湿度评分图</p> <p>图中 H_1、H_2、H_3 为环境湿度边界值，具体取值如下： H_1：按 DL/T 478 继电保护装置正常工作大气条件相对湿度下限取值； H_2：按 DL/T 587 微机保护装置室内月最大相对湿度上限取值； H_3：按 DL/T 587 安装在开关柜中 10kV~66kV 微机保护装置环境最大相对湿度上限取值。</p> <p>根据湿度采集数据，运行环境湿度评分计算方法见式（A. 29）。</p> $K_2 = \sum_{i=1}^n K_{2i} / n \quad (\text{A. 29})$ <p>式中： K_2 — 装置环境湿度评价得分； K_{2i} — 装置环境湿度对应的单次评价得分； i — 为采集的次数； n — 评价周期内总的采集次数。</p> <p>当评价得分为 0 的次数占总采集次数 30% 以上时，该项目不得分。</p> <p>注：湿度测量点一般布置在保护装置空气流道的进口与出口以及装置中空气湿度的控制点。</p> <p>3. 运行环境综合得分见式（A. 30）。</p> $K = (K_1 \times 60\% + K_2 \times 40\%) \quad (\text{A. 30})$ <p>式中： K_1 — 装置环境温度评价得分； K_2 — 装置环境湿度评价得分。</p>

表A.5 （续）

序号	状态量	标准要求	评分标准
2	装置温度 20分	满足装置正常运行温度范围要求及运行限值要求。	<p>1. 合并单元装置温度单次评价得分计算方法按照图 A. 21 执行，计算合并单元装置测量最高温度与环境温度差值作为当次测量值，并将该测量值与上一次环境温度相似时（两次环境温度差值在 10 度以内）计算出的测量差值相比较，两差值在 5 度以内，属于正常工作状态，得满分；两差值在 5 度至 10 度内，得分按照评分图 A. 21 取值线性下降；两差值超过 10 度，该项不得分；当温度差值变化趋势一致时，评价周期内连续 3 次及以上测量值的差值累计超过 10 度，该项不得分。</p> <div><p>图 A. 21 装置红外温度评分图</p></div> <p>2. 评价周期内合并单元装置温度评价得分见式（A. 31）。</p> $K=\sum_{i=1}^n K_i / n \tag{A. 31}$ <p>式中：</p> <p>K —合并单元装置温度评价得分；</p> <p>K_i —合并单元装置温度对应的单次评价得分；</p> <p>i —为采集的次数；</p> <p>n —评价周期内总的采集次数。</p> <p>若评价周期内发现合并单元装置测量最高温度大于 80 度时，K 值直接取零分。</p> <p>注：智能变电站的合并单元装置温度可以通过红外测温方式获得，也可以是通过装置自身采集上送的装置内部温度信息。</p>
3	装置对时状态 20分	装置对时信号无异常告警	<p>该指标得分 $K=20/(1+N)$，其中 N 为评价周期内发生对时异常告警次数。当 72 小时之内 $N \geq 3$ 时，$K=0$。对时信号异常导致装置闭锁时，$K=0$，该指标纳入改进型状态量评价。</p>

表A.5 （续）

4	装置采样状况 10分	模拟量误差 不超过5% 或绝对误差 0.02 IN。	<p>当判断保护装置本体的采样误差是因为合并单元引起的，则需获得合并单元采样误差，模拟量采集评价得分数 K 按图 A.22 规定执行（以斜率计算得分）。</p>  <p style="text-align: center;">图 A.22 辅助装置采样数据评分图</p>
5	装置开关量检查状况 20分	合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元开关量采集正确，无开入异常告警。开关量输出正确，无开出异常。	<p>1、 需要综合考虑开关量输入和输出状态异常，按照如下方法评价：</p> <p>（1）. 开关量输入状态评价指标得分 K_1 计算方法见式（A.32）。</p> $K_1 = 10 / (1 + N) \quad (\text{A.32})$ <p>式中：</p> <p>K_1 — 开关量输入评价得分；</p> <p>N — 评价周期内合并单元发生 GOOSE 开关量输入告警次数。</p> <p>72 小时之内 $N \geq 3$ 时，$K_1 = 0$。</p> <p>开关量开入异常告警导致装置闭锁时，$K=0$，该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>（2）. 开关量输出评价指标得分 K_2 计算方法见式（A.33）。</p> $K_2 = 10 / (1 + N) \quad (\text{A.33})$ <p>式中：</p> <p>K_2 — 开关量输出评价得分；</p> <p>N — 评价周期内合并单元发生 GOOSE 开关量输出告警次数。</p> <p>72 小时之内 $N \geq 3$ 时，$K_2 = 0$。</p> <p>对于合并单元，经人工判断保护装置的输入异常是由于合并单元的开出异常引起的，则合并单元的 $K_2 = 0$；</p> <p>开关量开出异常告警导致装置闭锁时，$K=0$，该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>（3）. GOOSE 开关量输入输出状态综合得分见式（A.34）。</p> $K = K_1 + K_2 \quad (\text{A.34})$ <p>式中：</p> <p>K_1 — 开关量输入评价得分；</p> <p>K_2 — 开关量输出评价得分。</p>

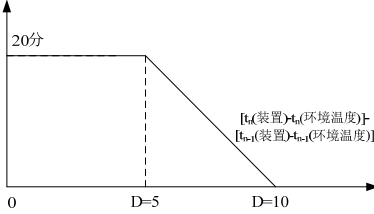
表A.5 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
6	内部状态监视 20 分 (其中光强 10 分, 电压 10)	<p>1、工作电压: 满足装置正常运行电压范围要求。</p> <p>2、端口光强: 满足装置正常运行光强范围要求。</p>	<p>1. 以电压偏差值作为评价参考, 当电压偏差值未达到告警值内时, 工作电压单次评价得分 $K_{1i}=10$; 超过告警值, 发出电压越限告警时, $K_{1i}=0$。</p> <p>评价周期内合并单元工作电压评价得分计算方法见式 (A. 35)。</p> $K_1 = \sum_{i=1}^n K_{1i} / n \quad (\text{A. 35})$ <p>式中:</p> <p>K_1 — 装置工作电压评价得分;</p> <p>K_{1i} — 装置工作电压对应的单次评价得分;</p> <p>i — 为采集的次数;</p> <p>n — 评价周期内总的采集次数。</p> <p>连续三次巡视发现电压偏差超过装置设计允许偏差时, 评价周期内该项不得分。</p> <p>电压偏差导致装置闭锁时, $K=0$, 该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>2. 以光强偏差值作为评价参考, 光强偏差值未达到告警值内时, 端口光强单次评价得分 $K_{2i}=10$; 超过告警值, 发出光强越限告警时, $K_{2i}=0$。光强偏差导致装置闭锁时, $K=0$, 该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>评价周期内合并单元端口光强评价得分计算方法见式 (A. 36)。</p> $K_2 = \sum_{i=1}^n K_{2i} / n \quad (\text{A. 36})$ <p>式中:</p> <p>K_2 — 合并单元端口光强评价得分;</p> <p>K_{2i} — 合并单元端口光强对应的单次评价得分;</p> <p>i — 为采集的次数;</p> <p>n — 评价周期内总的采集次数。</p> <p>连续出现三次越限告警, 评价周期内该项不得分。</p> <p>3. 装置内部状态监视综合得分见式 (A. 37)。</p> $K = K_1 + K_2 \quad (\text{A. 37})$ <p>式中:</p> <p>K_1 — 合并单元工作电压评价得分;</p> <p>K_2 — 合并单元端口光强评价得分;</p> <p>注: 智能变电站的合并单元光强和电压可以通过信息自动上送方式获得, 对于不具备自动上送条件的设备, 可以采用定检过程中获得信息。</p>

A.2.4 智能变电站过程层交换机检测型状态量

智能变电站过程层交换机检测型状态量见表A.6。

表A.6 智能变电站过程层交换机检测型状态量评分表

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	装置状态监视 30分 (其中装置电压10分, 装置温度20分)	1、工作电压: 满足装置正常运行电压范围要求。 2、装置温度: 满足装置正常运行温度范围要求。	<p>1、以电压偏差值作为评价参考, 当电压偏差值未达到告警值内时, 过程层交换机单次工作电压评价得分 $K_{1i}=10$; 超过告警值, 发出电压越限告警时, $K_{1i}=0$。连续三次巡视发现电压偏差超过装置设计允许偏差时, 评价周期内该项不得分。电压偏差导致装置闭锁时, $K=0$, 该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>评价周期内过程层交换机工作电压评价得分计算方法见式 (A.38)。</p> $K_1 = \sum_{i=1}^n K_{1i} / n \quad (\text{A.38})$ <p>式中: K_1—过程层交换机工作电压评价得分; K_{1i}—过程层交换机工作电压对应的单次评价得分; i—为采集的次数; n—评价周期内总的采集次数。</p> <p>2、过程层交换机装置温度单次评价得分 K_{2i} 计算按照图 A.23 执行, 计算装置测量最高温度 (可采用红外测试或装置自身提供的温度信息) 与环境温度差值作为当次测量值, 并将该测量值与上一次计算出的测量值相比较, 两差值在 5 度以内, 属于正常工作状态, 得满分; 两差值在 5 度至 10 度内, 得分按照评分图取值线性下降; 两差值超过 10 度, 该项不得分; 当温度差值变化趋势一致时, 评价周期内连续 3 次及以上测量值的差值累计超过 10 度, 该项不得分。若评价周期内发现装置测量最高温度大于 80 度时, K 值直接取零分。</p>  <p style="text-align: center;">图 A.23 装置温度评分图</p> <p>评价周期内过程层交换机装置温度评价得分见式 (A.39)。</p> $K_2 = \sum_{i=1}^n K_{2i} / n \quad (\text{A.39})$ <p>式中: K_2—过程层交换机装置温度评价得分; K_{2i}—过程层交换机装置温度对应的单次评价得分; i—为采集的次数; n—评价周期内总的采集次数。</p> <p>3、装置状态监视综合得分 $K = (K_1 + K_2)$。</p>

表A.6 （续）

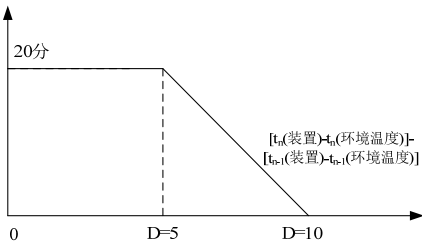
序号	状态量	标准要求	评分标准
2	端口状态监视 30分（其中端口功率10分，端口温度20分）	1、端口功率：满足装置正常运行功率范围要求。 2、端口温度：满足装置正常运行温度范围要求。	<p>1、端口功率单次评价得分 K_{1i} 以功率偏差值作为评价参考，功率偏差值未达到告警值内时，本次得满分；超过告警值，发出功率越限告警时，本次不得分。功率偏差导致装置闭锁时，$K=0$，该指标纳入改进型状态量评价。</p> <p>端口功率评价周期内评价得分计算方法见式（A.40）。</p> $K_1 = \sum_{i=1}^n K_{1i} / n \tag{A.40}$ <p>式中： K_1—过程层交换机端口功率评价得分； K_{1i}—过程层交换机端口功率对应的单次评价得分； i—为采集的次数； n—评价周期内总的采集次数。</p> <p>连续三次出现三次端口功率越限告警，评价周期内该项不得分。</p> <p>2、端口温度单次评价得分计算按照图 A.24 执行，端口测量最高温度（可采用红外测试或装置自己提供的温度信息）与环境温度差值作为当次测量值，并将该测量值与上一次计算出的测量值相比较。如图 A.23 所示，两差值在 5 度以内，属于正常工作状态，得满分；两差值在 5 度至 10 度内，得分按照评分图取值线性下降；两差值超过 10 度，该项不得分；当温度差值变化趋势一致时，评价周期内连续 3 次及以上测量值的差值累计超过 10 度，该项不得分。</p>  <p>图 A.24 装置温度评分图</p> <p>评价周期内端口温度评价得分计算方法见式（A.41）。</p> $K_2 = \sum_{i=1}^n K_{2i} / n \tag{A.41}$ <p>式中： K_2—过程层交换机端口温度评价得分； K_{2i}—过程层交换机端口温度对应的单次评价得分； i—为采集的次数； n—评价周期内总的采集次数。</p> <p>若评价周期内发现装置测量最高温度大于 80 度时，K_T 值直接取零分。</p>

表 A.6 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
2	端口状态监视 30分 (端口功率10分, 端口温度20分)	1、端口功率: 满足装置正常运行功率范围要求。 2、端口温度: 满足装置正常运行温度范围要求。	3、端口状态监视综合得分见式(A.42)。 $K = (K_1 + K_2)$ (A.42) 式中: K_1 —过程层交换机端口功率评价得分; K_2 —过程层交换机端口温度评价得分。
3	CPU负载率(%) 20分	CPU负载率不超过50%	当CPU负载率小于50%时候, CPU负载率单次评价得分 $K_i=20$; 负载率超过告警值, $K_i=0$ 。 评价周期内CPU使用率评价得分见式(A.43)。 $K = \sum_{i=1}^n K_i / n$ (A.43) 式中: K —CPU使用率评价得分; K_i —CPU使用率对应的单次评价得分; i —为采集的次数; n —评价周期内总的采集次数。 若评价周期内发现CPU故障死机, K 值直接取零分。
4	装置告警 20分	装置无告警	交换机装置告警评价得分计算方法见式(A.44)。 $K = 20 / (1 + N)$ (A.44) 式中: K —智能终端开关量输入评价得分; N —评价周期内发生告警次。 当72小时内 $N \geq 3$ 时, $K=0$ 。 装置自检异常告警影响保护装置动作时, $K=0$, 该指标纳入改进型状态量评价。

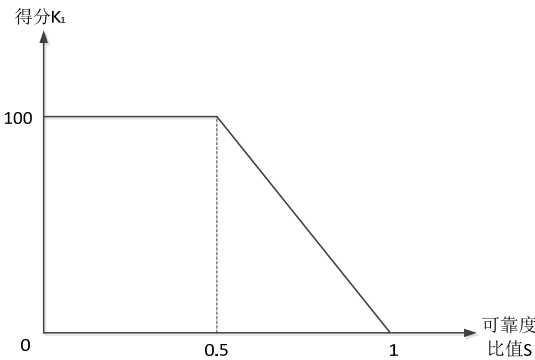
A.3 可靠性状态量的评分标准

可靠性状态量的评分标准见表A.7。

表A.7 可靠性状态量评分表

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	保护装置本体、合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元、过程层交换机同型号整体可靠性	在评价周期内，某厂家同型号产品的故障率高，故障性质严重，其同型号产品的整体可靠性则差。	<p>1. 评价周期内某厂家同型号产品的加权平均缺陷评分 μ 计算方法见式（A.45），根据装置缺陷类型划分，按照一般、严重、危急缺陷不同权值加权统计。</p> $\mu = \frac{\sum_{i=1}^3 Q_i \times A_i}{N_S} \times 100, \text{ 单位: 次/百台} \cdot \text{评价周期} \quad (\text{A.45})$ <p>式中：</p> <p>Q_1—评价周期内同型号产品一般缺陷次数；</p> <p>Q_2—评价周期内同型号产品严重缺陷次数；</p> <p>Q_3—评价周期内同型号产品危急缺陷次数；</p> <p>A_1—一般缺陷权重因子，$A_1=1$；</p> <p>A_2—严重缺陷权重因子，$A_2=2$；</p> <p>A_3—危急缺陷权重因子，$A_3=5$；</p> <p>N_S—为同型号产品统计数量。评价统计时间段按1年处理（12月）。</p> <p>注：非装置自身缺陷不纳入缺陷统计范围。</p> <p>2. 可靠性门槛判据值计算方法：</p> <p>可靠性门槛 M 通过全部装置历年缺陷累计加权平均缺陷评分计算得出，计算方法见式（A.46）。</p> $M = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i \times A_i}{\sum_{j=1}^N D_j} \times D_1 \times 100, \text{ 单位: 次/百台} \cdot \text{评价周期} \quad (\text{A.46})$ <p>式中：</p> <p>S_1—历年全部装置一般缺陷次数；</p> <p>S_2—历年全部装置严重缺陷次数；</p> <p>S_3—历年全部装置危急缺陷次数；</p>

表A.7 (续)

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	装置本体、合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元、过程层交换机同型号整体可靠性	在评价周期内，某厂家同型号产品的故障率高，故障性质严重，其同型号产品的整体可靠性则差。	<p> A_1、A_2、A_3 取值同式 (A. 45)； N—全部装置统计数； D_j—第 j 台装置运行时间（单位为月）； D_1—评价周期覆盖时间（单位为月） </p> <p>3、缺陷可靠性度值 S 计算方法见 (A. 47)，缺陷可靠性评分 K_1 按可靠性度值 S 取值如图 A. 25 所示：</p> $S = \frac{\mu}{M} \quad (\text{A. 47})$  <p style="text-align: center;">图 A. 25 装置可靠性状态量评分图</p> <p>4、评价周期内某厂家同型号保护设备的正确动作评分初始值 K_t 计算方法见式 (A. 48)。</p> $K_t = AT_R \times 100 / AT_T \quad (\text{A. 48})$ <p>式中： K_t—评价周期内某厂家同型号保护设备的初始正确动作可靠性评分； AT_R—同型号保护设备评价周期内正确动作次数； AT_T—同型号保护设备评价周期内动作总次数。</p> <p>5、评价周期内某厂家同型号保护设备的正确动作评分 K_2 计算方法见式 (A. 49)。</p> $K_2 = 100 \times e^{-(100 - K_t) * B_1} \quad (\text{A. 49})$ <p>式中： K_2—评价周期内某厂家同型号保护设备的正确动作可靠性评分； B_1—为加速系数，$B_1=10$。</p>

表A.7 （续）

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	装置本体、合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元、过程层交换机同型号整体可靠性	在评价周期内，某厂家同型号产品的故障率高，故障性质严重，其产品的同型号整体可靠性则差。	<p>正确动作评分只适用于保护装置，对于合并单元、智能终端、过程层交换机不适用；</p> <p>正确动作次数统计方法可参照 DL/T 623 执行。</p> <p>非保护装置自身因素引起的不正确动作不应计入动作总次数。</p> <p>6、同型号保护装置本体整体可靠性评价得分见式（A.50）。</p> $K = K_1 \times 0.6 + K_2 \times 0.4 \tag{A.50}$ <p>式中：</p> <p>K_1—评价周期内某厂家同型号保护设备的缺陷可靠性评分</p> <p>K_2—评价周期内某厂家同型号保护设备的正确动作可靠性评分；</p> <p>7、合并单元、智能终端、合智一体装置、采集执行单元及过程层交换机可靠性评价得分 $K = K_1$。</p> <p>注：继电保护装置同型号产品宜按照厂站类型、被保护对象、生产厂家、硬件平台等进行划分，为保证可靠性状态量计算的准确性，参与可靠性计算的继电保护装置样本数量应大于一定规模。</p>

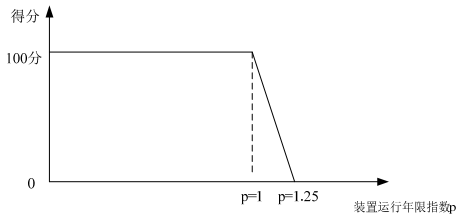
A.4 风险型状态量的评分标准

失效风险状态量的评分标准见表A.8。

表A.8 风险型状态量评分表

序号	状态量	标准要求	评分标准
1	继电保护装置发生故障的风险	依据设备的最后一次完整检验时间或者最后一次正确动作时间和故障率进行评价。	<p>1、继电保护装置失效率λ计算方法分别见式（A.51）。</p> $\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (\text{A.51})$ <p>式中： λ—继电保护装置失效率； $MTBF$—继电保护装置平均无故障时间计算值。</p> <p>2、继电保护装置失效风险评价得分分别见式（A.52）。</p> $K_1 = e^{-\lambda(t-t_1)} \quad (\text{A.52})$ <p>式中： K_1—评价周期内装置失效风险评价得分； t—评价时间。 t_1—上一次装置得到完整检验的时间或者最后一次正确动作的时间。</p> <p>进行计划性例行试验或结合消缺、一次设备停役等工作进行随机性例行试验后，上一次检验时间均应进行同步更新。</p> <p>保护装置正确动作后、进行计划性例行试验或结合消缺、一次设备停役等工作进行随机性例行试验后，上一次检验时间均应进行同步更新。</p>

表A.8 （续）

序号	状态量	标准要求	评分标准
2	继电保护装置发生故障的风险	继电保护装置老化程度。通过被评装置的累计运行时间与同类装置的平均运行年限的比值，得到该设备与同类装置相比较的相对老化程度。	<p>1、继电保护装置运行年限指数 p 计算方法见式（A.53）。</p> $p = \frac{T_p}{T_{avg}} \tag{A.53}$ <p>式中： p—运行年限指数； T_p—装置累计持续运行时间； T_{avg}—装置平均运行时间； T_{avg} 按 DL/T 587 规定的装置使用年限的下限取值为 12 年。</p> <p>2、装置本体、合并单元、智能终端及过程层交换机老化系数得分 K_2 计算方法如图 A.26 所示：</p>  <p style="text-align: center;">图 A.26 装置运行年限评分图</p> <p>3、装置本体、二次回路、合并单元、智能终端及过程层交换机的装置失效风险综合评价得分 K 见式（A.54）。</p> $K = K_1 \times K_2 \tag{A.54}$ <p>式中： K_1—评价周期内装置失效风险评价得分； K_2—装置老化系数得分；</p>

A.5 改进型状态量的评分标准

改进型状态量的评分标准见表A.9。

表A.9 改进型状态量评分表

状态量类别	状态量	要求	评分标准
改进型状态量	家族性缺陷	不存在家族性缺陷	存在家族性缺陷时，按照家族缺陷类型不同， K_1 得0.5-0.9分之间，无家族性缺陷或者家族性缺陷已经消除 $K_1=1$ 分。
	非家族性缺陷	不存在非家族性缺陷	存在危急缺陷1项 $K_2=0$ 分，存在严重缺陷1项 $K_2=0.6$ 分，存在一般缺陷1项 $K_2=0.9$ 分，未发生非家族性缺陷或该类缺陷已消除 $K_2=1$ 分。 存在复合缺陷或多个缺陷时， K_2 得分为各缺陷得分乘积。
	反事故措施	按规定执行反事故措施	在评价周期内存在未完成的影响保护动作行为的反事故措施 $K_3=0$ 分，在评价周期内存在未按期完成的不影响保护动作行为的反事故措施 $K_3=0.6$ 分，影响保护动作行为的反事故措施项目全部完成 $K_3=1$ 分。
反应设备管理状况的综合得分： $K_M = K_1 \times K_2 \times K_3$ 。			

A.6 失效型状态量的评价标准

失效型状态量的评价标准见表A. 10。

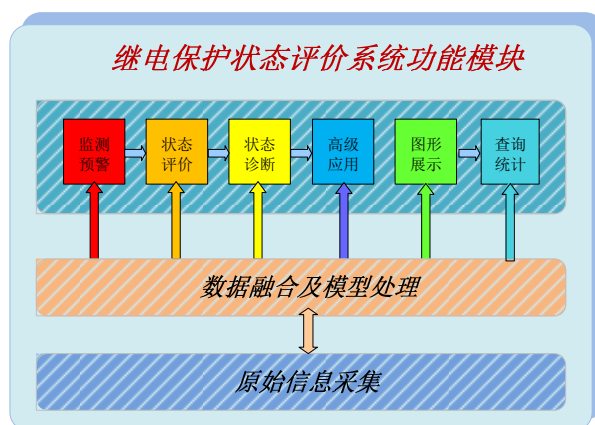
表A. 10 失效型状态量评价表

状态量类别	状态量	要求	评分标准
失效型状态量	保护装置故障	保护装置无影响保护功能退出的故障	保护装置无故障 $K_1=1$ 分，有故障 $K_1=0$ 分。
	保护功能闭锁	不发生保护功能闭锁	不发生保护功能闭锁 $K_2=1$ 分，发生保护功能闭锁 $K_2=0$ 分。
	装置告警	不发生保护装置告警。	不发生装置告警， $K_3=1$ ；发生导致保护退出的告警， $K_3=0$ ；发生不导致保护退出的告警， $K_3=0.5$ 。
	危急缺陷	不存在危急缺陷	不存在危急缺陷 $K_4=1$ 分，存在危急缺陷 $K_4=0$ 分。具体危急缺陷的范围可参照企业内部相关管理规定。
	检测型状态量存在严重偏差	保护装置检测型状态量不超出相关标准的允许范围要求，并且不会导致装置功能异常。	本文件规定的参与评价的检测型状态量均不超出相关标准要求，或者超出标准要求但不会导致保护功能异常的， $K_5=1$ ，只要有一个检测型状态量数值超过相关标准或规程的要求，并且会导致装置功能异常的， $K_5=0$ 分。
反应保护设备严重故障的综合得分 $K_F = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$			

附录 B (资料性) 继电保护状态评价系统功能

B.1 继电保护状态评价系统的总体功能要求

宜采用继电保护状态评价系统开展继电保护装置状态评价，继电保护状态评价系统宜具备开展状态评价所需的完整功能。系统功能架构如图B.1所示。



图B.1 继电保护状态评价系统功能架构图

B.2 数据采集和数据处理功能

继电保护状态评价系统应能采集来源于不同信息源的开展状态评价所需的基础信息和资料。

继电保护状态评价系统应对来源于不同信息源的数据进行融合，根据状态评价业务需要进行必要的过滤、换算、组合等数据加工和处理过程，使其成为反映设备健康状态的状态量数据，供监测预警和状态评价使用。

B.3 数据监测预警功能

状态量监测预警模块监控检验型状态量指标变化，对于超出状态评价导则和规程规定阈值范围的劣化指标，及时向各级设备管理人员发布预警信息。

B.4 状态评价功能

状态评价功能是继电保护状态评价系统的核心功能模块。状态评价功能模块的主要功能是依据继电保护装置状态评价导则的要求，采用先进适用的评价方法，对反映设备健康状态的各指标项数据进行分析评价，并采用状态诊断方法诊断设备可能存在的故障原因和故障部位，为故障处理或状态恢复提供参考，为状态检修等高级应用功能提供决策依据。

B.5 高级应用功能

继电保护装置开展状态评价的目的是为了服务于继电保护状态检修、大修技改、供应商评价等

相关的高级应用功能，可根据 DL/T 2544 等相关标准的要求实现相应的继电保护装置相关高级应用功能。

B.6 图形展示功能

继电保护状态评价系统应该具体友好的人机界面，所有的功能模块都能够通过图形化的人机接口进行展示和操作。

B.7 查询统计功能

继电保护状态评价系统应能提供丰富的数据综合查询、统计功能，对所有的查询统计信息都提供综合的查询手段及多层次、多角度的统计结果。
