ICS 29.240
K 45
备案号：57192-2017

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL / T 1640 — 2016

继电保护定值在线校核及预警技术规范

Technical specifications of on-line relay setting verifying & early warning

2016-12-05发布　　2017-05-01实施

国家能源局　发布

www.kvee.cn

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　总则 …… 2
5　功能要求 …… 2
6　展示界面要求 …… 5
7　数据接口 …… 5
8　技术指标 …… 6
附录 A（规范性附录）　典型继电保护装置动作模型 …… 7

www.kvee.cn

前　言

本标准依据 GB/T 1.1—2009 的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会标准化管理中心提出。

本标准由电力行业继电保护标准化技术委员会归口并负责解释。

本标准起草单位：国家电网华北电力调控分中心、国家电网公司国家电力调度控制中心、中国南方电网公司电力调度控制中心、国家电网华中电力调度控制分中心、国家电网华东电力调度控制分中心、国网冀北电力调度控制中心、国网河北电力调度控制中心、国网宁夏电力调度控制中心、南京南瑞继保电气有限公司、北京中恒博瑞数字电力科技有限公司、华中科技大学。

本标准主要起草人：杨慧敏、王宁、王德林、李正红、陈祥文、倪腊琴、高旭、孙利强、王小立、毕兆东、仇向东、石东源、杜鹃、郭建勇、陈朝晖、温靖华、陈金富。

本标准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）。

www.kvee.cn

继电保护定值在线校核及预警技术规范

1 范围

本标准规定了电力调度自动化系统中继电保护定值在线校核及预警的功能和技术要求。

本标准适用于省级及以上电网电力调度自动化系统的研制、建设和运行。地区电网电力调度自动化系统的研制、建设和运行可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 14285 继电保护和安全自动装置技术规程

GB/T 15544.1 三相交流系统短路电流计算 第 1 部分：电流计算

DL/T 516 电力调度自动化系统运行管理规程

DL/T 559 220kV～750kV 电网继电保护装置运行整定规程

DL/T 584 3kV～110kV 电网继电保护装置运行整定规程

DL/T 890.301 能量管理系统应用程序接口（EMS-API）第 301 部分：公共信息模型（CIM）基础

DL/T 1011 电力系统继电保护整定计算数据交换格式规范

3 术语和定义

GB/T 14285、GB/T 15544.1、DL/T 559、DL/T 584、DL/T 890.301、DL/T 1011、DL/T 516界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

继电保护定值在线校核及预警 on-line relay setting verifying & early warning

通过在线获取电网运行的实时信息，进行保护定值的灵敏性、选择性等方面的计算与分析，实现继电保护定值的在线校核与预警。

3.2

节点 node

在电网计算分析等值图中电流的汇集点或支路的汇集点。节点一般对应于运行电网的母线等。

3.3

支路轮断 turn off the line in sequence

将某一节点上所有支路元件按设定原则依次断开，以获得各种情况下保护的配合系数的方式。

3.4

等值电网 equivalent network

由电力系统中各元件的等值电路连接起来构成的网络图，也称等效电网。各元件的等值电路由能反映该元件电气特性的集中参数如等值阻抗或导纳连接而成。

3.5

等值阻抗 equivalent impedance

能集中反映电网元件在特定的运行状态（如稳态或暂态）时电磁关系或电压与电流关系的工频阻抗值。在等值电网中，各元件用它们的等值阻抗来代表。

www.kvee.cn

3.6

时间级差　time step

根据保护装置性能指标，并考虑断路器动作时间和故障熄弧时间，能确保保护配合关系的最小时间差，以Δt表示。

3.7

CIM-E 语言　CIM-E language

CIM-E语言将电力系统传统的面向关系的数据描述方式与面向对象的CIM相结合，既保留了面向关系方法的高效率，继承了其长期的研究成果，又吸收了面向对象方法的特点（如类的继承性等）。CIM-E语言的命名源于CIM（Common Information Model，公共信息模型）以及Easy（简单）、Efficiency（高效）、Electric-power（电力）3个英文词头，具有简洁、高效和适用于描述和交换大型电网模型的特点。

3.8

潮流计算　power flow calculation

利用电网模型和参数、拓扑连接关系和电网运行方式数据，求解出母线电压幅值和相角，并计算电网各支路的功率。

3.9

故障集　fault set

由调度人员和运行分析人员给出的包括各种可能的多重预想故障的集合，运行中，使用者可以激活拟关注的故障集进行分析计算。

3.10

故障录波　fault record

用于电力系统故障或异常工况的电压、电流数据记录和有关保护及安全自动装置动作顺序记录，再现故障和异常运行时电气量的变化过程，并完成故障录波数据的综合分析，为确定故障原因、正确分析和评价保护及自动装置的动作行为提供依据。

4　总则

4.1　继电保护定值在线校核及预警是电力调度自动化系统的一个应用，其体系架构、接口和相关技术符合电力调度自动化系统的要求。采用模块化设计，并满足后续功能的扩展需求。

4.2　继电保护定值在线校核及预警是离线整定计算的补充、完善，能对电网实时运行、检修计划等工作提供技术支撑。

4.3　继电保护定值在线校核及预警应满足 DL/T 559 和 DL/T 584 的基本原则。

5　功能要求

5.1　故障电流计算

5.1.1　对故障电流计算方法的要求

5.1.1.1　为满足继电保护定值在线校核及预警的需要，应具备考虑电网的实际接线、潮流、发电和负荷水平、发电机及负荷模型等对故障电流影响的功能。

5.1.1.2　应能根据各项定值校核的实际要求，选择考虑潮流影响和不考虑潮流影响的故障电流计算方法。

5.1.2　对故障类型和故障点设置的要求

5.1.2.1　应支持以下类型故障的计算：单相接地短路、两相接地短路、两相相间短路、三相短路、断线故障等简单故障和跨线故障等复故障，支持故障序列定义，对于各种类型短路故障，应具备设置过渡

www.kvee.cn

电阻的功能。

5.1.2.2 故障点可设置于线路上的任意位置、母线、变压器绕组出口、发电机出口、串联补偿电容器两侧等。

5.1.3 对故障计算处理能力的要求

5.1.3.1 应能处理特殊的电网结构，如小阻抗支路、母联及分段断路器、孤立区域等，能处理多重零序全线互感、部分互感支路等。

5.1.3.2 应能处理电网内部元件的方式变更，如线路、变压器和发电机等的投运和停运，互感线路挂地检修，变压器中性点直接接地、不接地或经阻抗接地等。

5.1.3.3 计算规模应能满足对实际电网建模并考虑电网未来发展的需要。

5.1.3.4 故障电流计算结果的准确性应满足 GB/T 15544 的要求。

5.2 在线校核及预警

5.2.1 总体要求

应能利用电网运行数据，自动对当前方式和预想方式下主保护及后备保护的相关定值进行校核，并按预定要求进行预警。

5.2.2 电网运行方式选择

应能实现对同一变电站、同一送电断面内的元件进行轮断，能自动生成“*N-k*”（*k*可设置）故障集等比较严重的电网运行方式并进行相关定值校核，能对预想方式进行校核。

5.2.3 启动方式

应支持如下方式启动在线校核计算：

a） 周期启动；

b） 事件启动；

c） 人工启动。

5.2.4 启动定值校核

应能实现以下启动定值的校核：

a） 电压启动值；

b） 电流启动值；

c） 其他启动值。

5.2.5 主保护定值（包括动作定值、闭锁定值等）校核

应能实现以下要求：

a） 母差保护定值灵敏性的校核；

b） 线路纵联保护（纵联电流差动、纵联距离、纵联方向、纵联零序电流）定值灵敏性的校核；

c） 变压器差动保护定值灵敏性的校核。

5.2.6 后备保护校核

应满足以下要求：

www.kvee.cn

a） 距离保护的灵敏性和选择性（包括电阻和电抗两个方向），接地距离保护校核应考虑零序补偿系数的影响；
b） 距离III段定值躲负荷能力（重要断面线路在“*N-k*”潮流转移后是否会造成距离III段保护动作）；
c） 失灵保护的电流及复压闭锁定值的灵敏性；
d） 零序电流保护的灵敏性和选择性；
e） 过电流保护的灵敏性和选择性（含复压闭锁元件）；
f） 可设置定值校核计算过程所需分析的设备范围（指与故障点相隔的设备数），支持分析继电保护设备动作行为；
g） 可实现不同原理保护间的选择性校核。

5.2.7 预想方式分析

应满足以下要求：

a） 具有历史数据管理功能，能自动记录历史运行方式，保存人工修改后的运行方式；
b） 支持对任意选取保存的历史数据进行校核计算分析，进行临时检修、陪停等方式下的定值灵敏性校核和后备保护选择性校核等计算分析工作；
c） 支持在已有数据的基础上对电网的运行参数进行修改，如修改系统的接线、发电机出力及负荷大小，并重新进行分析计算；
d） 基于检修计划等信息校核保护定值灵敏性和选择性。

5.2.8 定值预警

应能根据定值在线校核结果实现以下预警：

a） 对于不满足灵敏性要求的保护启动定值进行预警；
b） 对于不满足灵敏性要求的主保护动作定值进行预警；
c） 对于不满足灵敏性、选择性等要求的后备保护定值进行预警。

5.3 故障分析

5.3.1 故障再现分析

应能根据故障录波等信息实现以下功能：

a） 模拟故障发生的过程；
b） 计算故障点的位置；
c） 计算过渡电阻的大小；
d） 统计分析过渡电阻大小的分布规律等。

5.3.2 故障模拟

应能实现以下功能：

a） 模拟故障情况，分析保护（纵联保护、距离保护、零序保护、失灵保护等）的动作情况，建立继电保护装置或安全自动装置的逻辑模型，逻辑模型应包含与原理定值相关的启动（闭锁）元件、测量元件（考虑不同保护的动作特性）、时间元件及其相互间的逻辑关系；
b） 模拟典型继电保护装置的动作逻辑，如距离保护的阻抗圆（阻抗四边形）、母线保护的复压闭锁等，典型继电保护装置动作模型详见附录 A；
c） 考虑故障时某套保护拒（误）动及故障时断路器拒动等复杂情况；

www.kvee.cn

d） 体现保护动作的时序性，以图形、动画等方式直观展示保护动作情况。

5.4 统计分析

应提供完善的计算统计功能，可自动统计如下内容：

a） 启动定值合格率；

b） 主保护定值合格率；

c） 后备保护定值合格率。

5.5 维护管理

应能实现以下内容的维护管理：

a） 模型和参数维护：对继电保护定值在线校核及预警的各种数据进行维护，包括修改、定义、增加、删减；

b） 校核原则维护：对继电保护定值在线校核及预警的校核原则进行维护；

c） 用户权限管理：可利用权限管理功能设定权限，对继电保护定值在线校核及预警进行使用、管理和维护；

d） 应用与进程的管理：能够对继电保护定值在线校核及预警的各个应用与任务进程进行监视、切换以及运行参数的修改等。

6 展示界面要求

6.1 展示信息

应能展示以下信息:

a） 正常校核结果，包括保护灵敏性分析结果、后备保护配合关系分析结果、距离III段保护定值躲负荷能力校核结果等；

b） 告警信息，包括主保护不满足灵敏性的预警，后备保护不满足灵敏性的预警，距离III段躲负荷的预警，各段保护的保护范围、后备保护不满足选择性的预警，模拟故障保护动作情况预警等。

6.2 展示方式

展示方式如下：

a） 应能在地理接线图上展示预警信息，并可根据需要选择显示简化的预警信息或者详细的预警内容；

b） 应能对正常状态、异常状态分别进行着色；

c） 可采用列表、曲线、相量图、二维着色图、三维曲面、动画等多种形式进行可视化展示。

7 数据接口

7.1 数据输入

7.1.1 从电力调度自动化系统状态估计或模型管理获取如下数据：

a） 模型数据（含设备参数和一次设备拓扑关系）；

b） 图形数据；

c） 电网运行数据。

www.kvee.cn

7.1.2 从电力调度自动化系统调度计划类应用获取如下数据：

a） 未来运行方式；

b） 设备检修计划。

7.1.3 从继电保护定值整定软件或调度管理系统（OMS）获取继电保护定值及相关参数。

7.1.4 从保护设备在线监视与分析模块或继电保护故障信息管理系统获取故障录波文件。

7.2 数据格式

7.2.1 模型数据格式

应支持 CIM-E 或 CIM XML 语言格式文件的导入和导出，宜采用全模型。

7.2.2 图形数据格式

应支持CIM-G或SVG语言格式文件的导入和导出。

7.2.3 电网运行数据格式

应采用E语言规范文件的方式。

7.2.4 未来方式数据格式

应采用E语言规范文件的方式。

7.2.5 继电保护定值数据格式

宜采用XML文件的方式，具体内容宜满足DL/T 1011的要求。

7.3 数据输出

7.3.1 应能向电力调度自动化系统告警模块传送如下告警信息：

a） 保护灵敏性告警信息；

b） 后备保护选择性告警信息；

c） 距离III段保护定值躲负荷能力校核告警信息等。

7.3.2 可根据需要，向调度管理系统（OMS）传送各类校核结果信息。

8 技术指标

继电保护定值在线校核及预警性能至少应满足以下技术指标：

a） 可用率大于 99.5%；

b） 短路电流计算误差不大于 5%；

c） 全网定值在线校核一次所需时间应在 5min 以内；

d） 历史断面、校核结果、预警信息等数据存储时间应不少于半年。

www.kvee.cn

附 录 A
（规范性附录）
典型继电保护装置动作模型

A.1 基本要求

在进行继电保护定值在线校核及预警计算分析时，应根据短路电流及潮流计算结果，对典型继电保护动作逻辑进行模拟，并提供动作行为分析。本附录给出了线路后备距离保护、线路纵联电流差动保护、母线差动保护装置的典型动作模型。

A.2 线路后备距离保护动作模型

根据线路后备距离保护动作模型，校核距离III段躲负荷阻抗能力。模拟主保护不动作时，故障点周围系统 m 级范围内的后备保护动作行为（m 值可以设置）。典型的距离保护阻抗继电器特性如图A.1～图 A.6 所示。

A.2.1 圆特性阻抗继电器（适用于距离保护Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ段）

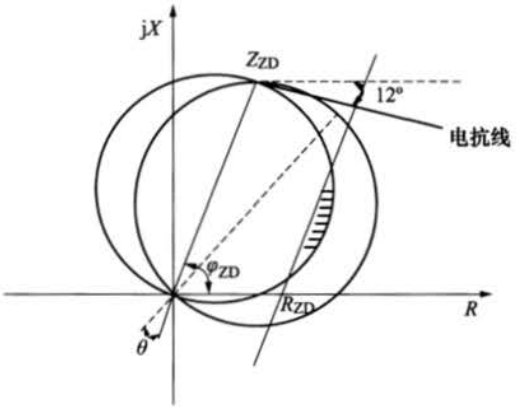

图 A.1 圆特性阻抗继电器

输入值 Z_{ZD}、R_{ZD}、φ_{ZD}、θ 分别为距离保护阻抗定值、负荷限制电阻定值、线路正序阻抗角定值、偏移阻抗角定值（根据线路长度，θ 取值 0°、15°、30°）。

A.2.2 四边形阻抗继电器 1（适用于距离保护Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ段）

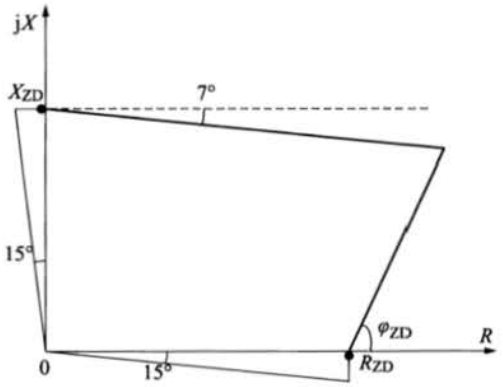

图 A.2 四边形阻抗继电器 1

www.kvee.cn

输入值 X_{ZD}、R_{ZD}、φ_{ZD} 分别为距离保护电抗定值、负荷限制电阻定值、线路正序阻抗角定值。φ_{ZD} 固定为 60°。

各段距离元件动作特性均为多边形特性。各段相间、接地距离元件分别计算 X 分量的电抗值和 R 分量的电阻值。动作边界倾斜角固定。

A.2.3 四边形阻抗继电器 2（适用于接地距离保护Ⅰ、Ⅱ段）

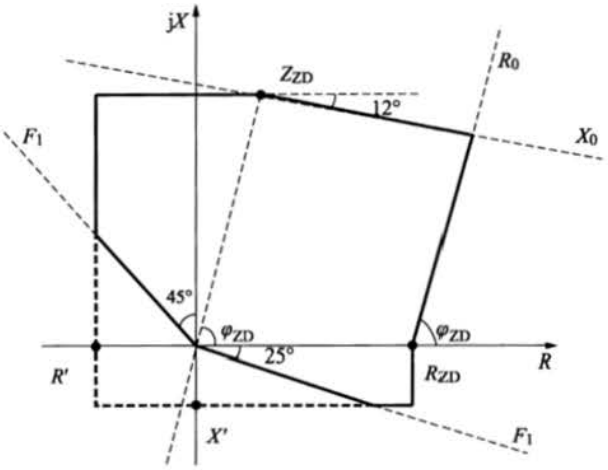

图 A.3 四边形阻抗继电器 2

输入值 Z_{ZD}、R_{ZD}、φ_{ZD} 分别为距离保护阻抗定值、负荷限制电阻定值、线路正序阻抗角定值。

R 分量的偏移门槛取值：$R' = \min(0.5R_{ZD}, 0.5Z_{ZD})$

X 分量的偏移门槛取值与额定电流 I_N 有关：$X' = \max(5/I_N, 0.25Z_{ZD})$。额定电流为 5A 时，取 1Ω、0.25 倍接地距离Ⅰ段阻抗定值的较大值；额定电流为 1A 时，取 5Ω、0.25 倍接地距离Ⅰ段阻抗定值的较大值。

偏移阻抗Ⅰ、Ⅱ段元件在动作特性平面第一象限右上角有下倾，下倾角为 12°。图 A.3 中，F_1 为方向元件、X_0 为电抗线，R_0 为负荷限制电阻线，实线包围的部分为保护动作区域。

A.2.4 四边形阻抗继电器 3（适用于相间距离保护Ⅰ、Ⅱ段）

输入值 Z_{ZD}、R_{ZD}、φ_{ZD} 分别为距离保护阻抗定值、负荷限制电阻定值、线路正序阻抗角定值。R'、X' 的取值范围同 A.2.3 R'、X' 取值。

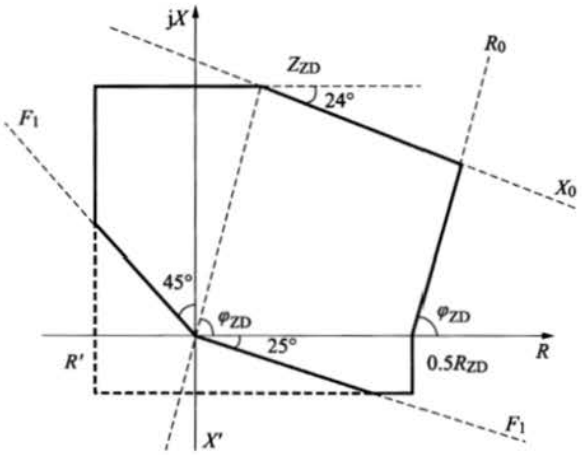

图 A.4 四边形阻抗继电器 3

www.kvee.cn

相间距离 R 轴动作边界取负荷限制电阻定值的一半，相间距离电抗线下倾角为 24°。

A.2.5 四边形阻抗继电器 4（适用于接地距离保护III段）

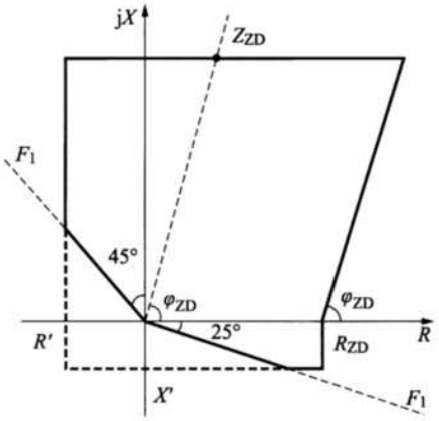

图 A.5 四边形阻抗继电器 4

输入值 Z_{ZD}、R_{ZD}、φ_{ZD} 分别为距离保护阻抗定值、负荷限制电阻定值、线路正序阻抗角定值。R'、X'的取值范围同 A.2.3 R'、X'取值。

电抗线下倾角为 0°。

A.2.6 四边形阻抗继电器 5（适用于相间距离保护III段）

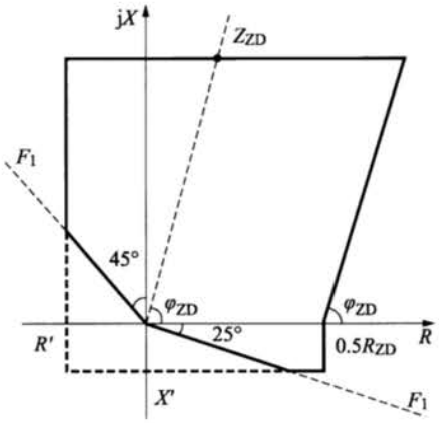

图 A.6 四边形阻抗继电器 5

输入值 Z_{ZD}、R_{ZD}、φ_{ZD} 分别为距离保护阻抗定值、负荷限制电阻定值、线路正序阻抗角定值。R'、X'的取值范围同 A.2.3 R'、X'取值。

电抗线下倾角为 0°。相间距离 R 轴动作边界取负荷限制电阻定值的一半。

A.3 线路纵联电流差动保护动作模型

A.3.1 线路纵联电流差动保护动作方程

线路纵联电流差动保护动作方程如下：

$$\begin{cases} I_{CD\Phi} > KI_{ZD\Phi} \\ I_{CD\Phi} > I_{DZ} \end{cases} \qquad (A.1)$$

$$\Phi = A, B, C$$

www.kvee.cn

式中：

$I_{CD\Phi}$ ——相差动电流；

$I_{ZD\Phi}$ ——相制动电流；

K ——制动系数；

I_{DZ} ——差动电流保护动作门槛值。

线路纵联电流差动保护动作特性曲线如图 A.7 所示。

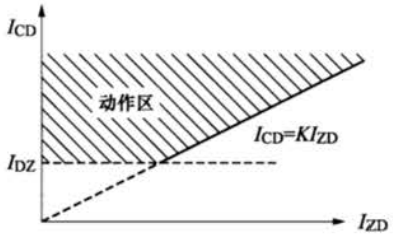

图 A.7　线路纵联电流差动保护动作特性曲线

以图 A.8 所示的线路内部故障为例：

$I_{CD\Phi}=\left|\dot{I}_{M\Phi}+\dot{I}_{N\Phi}\right|$，为两侧电流相量和的幅值；

$I_{ZD\Phi}=\left|\dot{I}_{M\Phi}-\dot{I}_{N\Phi}\right|$，为两侧电流相量差的幅值；

$K=0.6$，$\dot{I}_{M\Phi}$ 为 M 侧相电流，$\dot{I}_{N\Phi}$ 为 N 侧相电流。

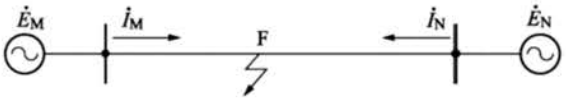

图 A.8　线路内部故障示意图

A.3.2　弱馈逻辑判断

发生高阻故障时，电流启动元件有可能不动作，此时，若收到对侧的差动保护允许信号，未启动侧保护采用以下辅助判据：

a）低电压辅助判据：未启动侧判别差动继电器动作相关相、相间电压，若小于 65%额定电压，则低电压辅助判据启动，向对侧发送允许信号。

b）零序电压辅助判据：未启动侧判别零序电压大于 2V，则零序电压辅助判据启动，向对侧发送允许信号。

A.4　母线差动保护动作模型

母线保护动作判据为：

$$\begin{cases} I_{CD\Phi} > KI_{ZD\Phi} \\ I_{CD\Phi} > I_{DZ} \end{cases} \tag{A.2}$$

$$\Phi = \mathrm{A,B,C}$$

$$I_{CD}=\left|\sum_{j=1}^{m}\dot{I}_j\right| \tag{A.3}$$

$$I_{ZD}=\sum_{j=1}^{m}\left|\dot{I}_j\right| \tag{A.4}$$

www.kvee.cn

式中：

K ——比率制动系数；

$\dot{I}_j$ ——第 j 个连接元件的电流；

I_{DZ} ——差动电流保护动作门槛值。

母线差动保护动作特性曲线如图 A.9 所示。

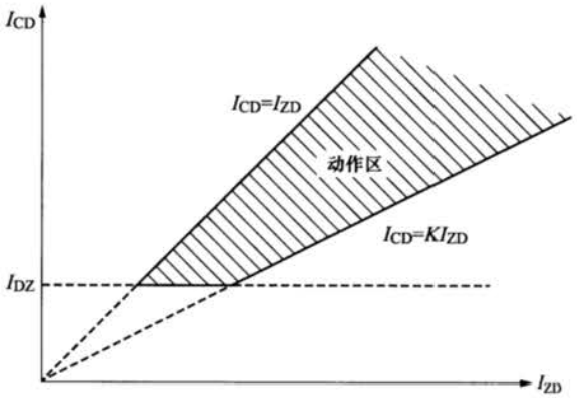

图 A.9　母线差动保护动作特性曲线

差动保护根据母线上所有连接元件电流值计算出大差电流，构成大差比率差动元件，作为差动保护区内故障判别元件。根据各连接元件的隔离开关位置开入计算出各条母线的小差电流，构成小差比率差动元件，作为故障母线选择元件。

比率制动系数采用高低两个定值，母联断路器处于合闸位置时，大差比率制动系数采用高值 0.5，小差比率制动系数采用高值 0.6；母线处于分列运行时，大差比率制动系数采用低值 0.3，小差比率制动系数采用低值 0.5。

低电压闭锁定值为 70%额定电压，零序（$3U_0$）、负序电压（U_2）闭锁值分别为 6V、4V。

注：以上模型未涵盖所有继电保护动作模型，而且可能因厂家不同，在内部特性及取值上可能存在差异。

www.kvee.cn