



团 体 标 准

T/CES XXX-XXXX

中压配电网多端差动保护互操作通用 技术要求

General Technical Specifications for interoperability of multi-
terminal Differential protection in Medium-voltage distribution
networks

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

目 次 I

前 言 II

引 言 III

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语和定义 4

4 符号、代号和缩略语 4

5 总则 5

6 数据模型要求 5

 6.1 基本要求 5

 6.2 建模原则 5

 6.3 配置要求 6

7 功能要求 6

 7.1 保护功能要求 6

 7.2 光纤环网通信要求 6

 7.3 其他要求 7

8 试验要求 7

 8.1 总体要求 7

 8.2 试验内容 7

附 录 A（规范性）多端差动帧格式及内容要求 8

附 录 B（规范性）多端差动保护差动定值要求 12

附 录 C（资料性）配电网多端差动系统的典型应用 14

附 录 D（资料性）多端差动通道连接及运行方式切换相关的实验 16

附 录 E（资料性）多端差动保护主要逻辑描述 20

参 考 文 献 23

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》给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会分布式电源运行与控制工作组归口。

本文件起草单位：广东电网有限责任公司电力调度控制中心、长园深瑞继保自动化有限公司、国电南瑞南京控制系统有限公司、江苏金智科技股份有限公司、广东电网有限责任公司中山供电局。

本文件主要起草人：卢建刚、王峰、刘玮、赵瑞锋、李鹏、李今宋、温彦君、陈建磊、李蔚凡、李
小伟。

本文件为首次发布。

引 言

随着高带宽、低延时等先进通信技术的发展，当前城市配电网光纤覆盖率逐步提升，将具备优越速动性、灵敏性和选择性，且不受分布式电源、负荷类型影响的电流差动保护引入到配电网故障定位与隔离成为优选方案。但配电网线路存在数目庞大、线路短、结构复杂、T 接多端方式多的特点，较输电线路存在较大差异，且集成保护功能的配电自动化终端存在点多面广、厂商众多的特性，依赖私有协议的配网差动保护将严重限制其大规模应用；跨厂家间的差动保护互联互通协议将成为差动保护在配电网中推广应用的首要解决问题。因此特申请制定标准《配电网多端差动保护互操作技术规范》，用于规范和制定配电网多端差动保护的互操作协议及其装置的设计、生产、运维和检测。

配电网多端差动保护互操作技术规范

1 范围

本文件规定了 10kV 中压配电网多端差动保护互操作技术的数据模型要求、功能要求和试验要求。
本文件适用于 10kV 中压配电网多端差动保护互操作的设计、选型、试验、验收和运行，6kV、20kV 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 14285 继电保护和安全自动装置技术规程
GB/T 14598.1872 线路纵联差动保护
GB/T 32890 继电保护 IEC 61850 工程应用模型
DL/T 721 配电自动化终端技术规范
DL/T 860 电力自动化通信网络和系统
DL/T 860 第 9-2 部分：特定通信服务映射—基于 ISO/IEC8802-3 的模拟量采样值
DL/T 1146 DL/T 860 实施技术规范
NB/T 42165 多端线路保护技术要求
IEC 62439-3 工业通信网络高可靠性自动化网络

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

配电网多端差动保护 multi-terminal Differential Protection for Distribution Networks

通过一定方式连接的三端及以上交流配电线路的纵联电流差动保护。

3.2

多端差动保护互操作 Differential Protection Interoperability

不同厂家生产的差动保护装置，能够相互交换信息并正确使用这些信息，以正确执行差动功能的能力。

4 符号、代号和缩略语

下列符号、代号和缩略语适用于本文件。

A ——电流单位

V ——电压单位

μs ——延时单位

LC：光纤连接器类型（Lucent Connector）

SV：采样值（Sampled Value）

APPID：应用标识（Application Identification）

MAC: 介质访问控制 (Media Access Control)

HSR: 高可用性无缝冗余:High-availability Seamless Redundancy (HSR)

5 总则

5.1 配电网多端差动保护互操作应实现差动保护数据模型标准化、数据同步机制统一、差动逻辑统一，保证不同差动保护之间的互联互通、可靠协同的技术要求。

5.2 配电网多端差动保护互操作宜采用灵活性与适应性强的通用传输协议，支持数据通道、采样速率、同步方式、传输时延等关键参数根据差动保护实际应用场景与运行需求灵活配置、动态适配，以满足多厂商设备互联互通、可靠协同的技术要求。

5.3 配电网多端差动保护互操作应采用 HSR 环网技术实现多台装置间差动数据交互，环网转发功能不依赖外部交换机或其他通信设备，由差动保护内部集成实现，环网转发需要有独立的处理芯片，CPU 异常时，不应影响环网转发功能。

6 数据模型要求

6.1 基本要求

数据模型标准化应遵循 DL/T 860 第 9-2 部分的规定。

6.2 建模原则

6.2.1 数据模型应遵循精简性、标准化、兼容性与扩展性原则。

6.2.2 数据模型应包含目的 MAC 和源 MAC，源 MAC 由设备厂商确定，目的 MAC 地址取值从 01-0C-CD-04-00-01 开始到 01-0C-CD-04-00-FF，目的 MAC 与下述的间隔编号定值进行绑定，数据长度 6 个字节。

6.2.3 数据模型应包含以太网帧类型 88BA，固定为采样值 SV 报文。

6.2.4 数据模型应包含应用标识，应用标识取值从 0x4001 到 0x40FF，应用标识下述的间隔编号定值进行绑定，数据长度 2 个字节。

6.2.5 数据模型应包含传输计数器，计数器范围为 0 到 1000，数据长度为 2 个字节。

6.2.6 数据模型应包含传输延时修正域和采样延时，采样延时是差动保护装置从获取采样到通过报文输出的时间延时，单位 us，数据长度为 4 个字节，传输延时修正域是指报文在节点内部的驻留时间即报文在某一设备节点内部停留的时间，其包含了报文在节点内部接收缓存时间、查找表时间、从接收缓存搬运到转发缓存时间等内部处理时间，以及可能存在的排队等待时间，数据长度为 4 个字节。

6.2.7 数据模型应包含三相电流、零序电流及三相电压，为一次侧的瞬时值，单位为 1A 或 1V，每个数据长度为 4 个字节。

6.2.8 数据模型应包含三相电流、零序电流及三相电压的品质位，标识数据的有效性，避免无效数据导致保护误动，采样值共用品质位，IA,IB,IC,I0,UA,UB,UC 通道各占用一位，表示该采样品质位是否有效。

6.2.9 数据模型应包含必要的状态量，具体见附录表 • A.3。

6.3 配置要求

6.3.1 以“间隔编号 + 差动环矩阵定值”的方式实现动态适配环网拓扑配置要求。

6.3.2 应具备间隔编号自动绑定功能，自动读取人工整定的“间隔编号”，并根据预设规则绑定目的 MAC 与 APPID。

6.3.3 应具备订阅列表自动生成能力，根据矩阵定值的非零位对应的间隔编号，确定环网差动接收报文。

6.3.4 应具备在不中断保护系统的情况下，实时更新能力，当间隔编号或矩阵定值修改后，能实时检测并自动更新订阅列表。

7 功能要求

7.1 保护功能要求

7.1.1 应设置本端独立的电流启动元件，必要时可用交流电压量等作为辅助启动元件，但应考虑在 PT 断线及 CT 断线时对辅助启动元件的影响，差动电流不能单独作为保护装置的启动元件。

7.1.2 应能支持差动保护端数变化的运行方式，配电网多端差动应设计间隔可投退功能，可适应于当支路改造退出差动保护时不再计算该支路的电流。

7.1.3 单个节点的差动退出如检修压板投入，环网差动内差动不再计算该节点模拟量和开关量，只有收到检修退出标识时才开放该节点环网差动计算。

7.1.4 多端所有差动保护的差动保护硬压板，差动保护软压板，差动保护控制字均投入时，差动保护功能投入，仅单一节点的差动保护投入时差动保护功能不生效。

7.1.5 同一个环网差动内，各节点应采用不同的间隔编号，如有相同则告警并闭锁差动保护。

7.1.6 应具备外接零序电流极性自适应功能，可自动识别零序电流极性错误，并自主修正参与差动计算的电流相位，无需依赖外部改线即可消除极性接反对差动保护的影响。

7.1.7 配电网多端差动保护功能退出时，可切换至馈线自动化的故障隔离功能。

7.2 光纤环网通信要求

7.2.1 光纤通道传输应满足实时性、可靠性和冗余性要求，应采用 HSR 光纤环网方案，光纤通道的典型连接方式见附录图 • C.3。

7.2.2 多端差动保护在环网运行时，任意两节点间通信通道异常不应影响整体差动保护逻辑，应用层采样值（SV）通信应无感知切换并保持正常运行，保护功能不受影响。

7.2.3 多端差动保护的环网内当出现两个通道异常时或差动保护设备故障时，应用层感受到 SV 通信异常，则置无效标志，并闭锁环网内所有差动保护。

7.2.4 差动保护装置的 LC 光模块应为单模类型，支持百兆传输速率。模块应内置光功率检测功能，实时反馈光纤通信链路的质量，便于网络运维与故障排查。

7.2.5 差动保护通信通道发生故障或出现异常情况时，差动保护不应误动作；在通道故障或通道异常达到规定阈值时应能发出告警信号。

7.3 其他要求

7.3.1 应能适应线路各端使用不同变比电流互感器的情况，通道间传输一次值，采用优化后的环网差动帧格式，具体见附录表·A.2·A.3。

7.3.2 应支持和多个厂家进行互操作，差动保护的同步采样应不依赖外部时钟源授时。

7.3.3 应具备互操作免配置功能，MAC 及 APPID 应根据间隔编号自动生成。

7.3.4 采样率应为 1kHz，每个采样中断的时间为 1000us，每个采样中断发送一帧报文。

7.3.5 应定时发送，采样时刻和发送时间的延时应保持固定，采样延时在各个节点传输过程中应保持不变。

7.3.6 跨厂商差动动作时间应不大于 40ms，采样电流同步精度应不大于 150us。

7.3.7 应具备精准延时测量功能，自身发送和通信转发过程层数据应支持精准延时测量功能。

8 试验要求

8.1 总体要求

配电网多端差动保护应开展互操作试验，包括出厂试验、仓库试验及现场试验。

8.2 试验内容

8.2.1 差动保护动作特性及动作时间测试。

8.2.2 外接零序电流自适应功能测试。

8.2.3 差动通道连接及运行方式切换相关的实验，见附录 D。

8.2.4 环网通信及互操作功能及性能试验。

8.2.5 跨设备厂商的差动保护互操作一致性测试。

8.2.6 跨设备厂商的差动保护同步性测试。

8.2.7 就地数据环网转发功能测试以及差动环网内最大间隔数量测试。

8.2.8 精准延时测量测试，包含传输延时、采样延时。

附 录 A
(规范性)

多端差动帧格式及内容要求

各差动保护厂家传输的差动信息帧格式及内容应符合表 A. 1、A. 2、A. 3。

表 A. 1 环网差动核心数据内容

数据项	数据项名称	数据长度	取值范围	核心用途
拓扑关联类	间隔编号	1	1~16（最多支持 16 个差动环）	区分差动环内不同的装置
	节点角色	1	0 = 普通节点，1 = 分段节点	界定数据交互范围
	矩阵定值	1	0x00~0xFF	关联矩阵定值，确定参与计算的节点
保护计算类	A 相电流（I_A）	4	/	差动判据核心参数
	B 相电流（I_B）	4	/	差动判据核心参数
	C 相电流（I_C）	4	/	差动判据核心参数
	零序电流（I ₀ ）	4	/	差动判据核心参数
	A 相电压（U_A）	4	/	核心参数
	B 相电压（U_B）	4	/	核心参数
	C 相电压（U_C）	4	/	核心参数
	品质位	2	/	采样值品质
同步控制类	同步延时域（FTCF）	4	/	采样同步补偿
	采样延时（Td）	4	/	精细化同步补偿
状态交互类	状态量	4	/	差动逻辑

表 A. 2 环网差动帧格式及内容

内容	数据长度	备注
----	------	----

目的 MAC	6	目的 MAC 的取值从 01-0C-CD-04-00-01 开始到 01-0C-CD-04-00-FF，目的 MAC 与下述的源设备信息中间隔编号进行绑定，间隔编号为 1 时目的 MAC 为 01-0C-CD-04-00-01，间隔编号为 2 的设备目的 MAC 为 01-0C-CD-04-00-02，间隔编号为 10 的设备目的 MAC 为 01-0C-CD-04-00-0A，间隔编号为 255 的设备目的 MAC 为 01-0C-CD-04-00-FF，数据长度为 6 个字节
源 MAC	6	源 MAC 的为装置网卡物理地址，由设备生产厂商确定，数据长度为 6 个字节
以太网帧类型	2	以太网帧类型固定为 88BA，数据长度为 2 个字节
应用标识	2	应用标识取值从 0x4001 到 0x40FF，为了确保现场设备的免配置，APPID 与下述的源设备信息中间隔编号进行绑定，间隔编号为 1 的设备为 0x4001，编号为 2 的设备 0x4002，间隔编号为 10 的设备为 0x400A，间隔编号为 FF 的设备为 0x40FF，数据长度为 2 个字节
数据长度	2	数据长度为源设备信息开始的字节长度，默认 42，数据长度为 2 个字节
传输延时修正域	4	HSR 网络中传输延时包含报文在节点内部的驻留时间和报文在节点之间传输的路径延时 2 个部分，由于 10kV 配网线路对同步要求不高，且为了减少两个节点的通信报文，可对差动保护的中的光纤传输路径延时忽略，因此传输延时主要考虑节点内部的驻留时间，驻留时间指报文在某一设备节点内部停留的时间，数据长度 4 个字节。 一般用传输延时修正域表示 1) 延时修正域为 32 无符号整数，Bit30 为品质位，Bit0-23 为传输延时时间，其他位保留。 2) 品质位的值 1 代表 FTCT 无效，0 代表 FTCT 有效。 3) FTCT 单位为 8 纳秒。
计数器	2	0~1000.每周波采样点数 20 点
采样延时	4	差动保护装置从获取采样到通过报文输出的时间延时，单位 us，数据长度为 4 个字节
Ia	2	1) 采用 INT16,可满足精度及传送要求，以降低带宽； 2) 保护电流精度 1A 3) 传输一次值
Ib	2	/
Ic	2	/
I0	2	零序外接投入时零序电流用外接，退出时零序电流用自产 1) 采用 INT16,可满足精度及传送要求，以降低带宽； 2) 保护精度 0.1A 3) 传输一次值
Ua	2	1) 采用 INT16,可满足精度及传送要求，以降低带宽； 2) 保护电压精度 1V 3) 传输一次值
Ub	2	/
Uc	2	/
品质位	2	采样值共用品质位。 IA,IB,IC,I0,UA,UB,UC 通道占用一位，表示该采样品质位是否有效。

状态量	4	见表 B.2 状态量信息
-----	---	--------------

表 A.3 状态量信息

位	信息	功能
Bit0	TWJ	预留
Bit1	差动投入	本侧差动功能投入标志
Bit2	检修	本侧差动装置检修标志，有检修标识时差动逻辑退出该间隔
Bit3	远跳开入	其他保护装置动作去联跳对侧
Bit4	内部联跳	后备保护可能会先于差动保护动作时发给对侧联跳
Bit5	合于故障三跳	本侧重合于故障，差动保护动作时，给对侧发加速三跳命令
Bit6	A 相饱和	用于 CT 饱和闭锁差动保护等逻辑
Bit7	B 相饱和	用于 CT 饱和闭锁差动保护等逻辑
Bit8	C 相饱和	用于 CT 饱和闭锁差动保护等逻辑
Bit9	A 相 CT 断线	用于 CT 断线闭锁差动保护等逻辑
Bit10	B 相 CT 断线	用于 CT 断线闭锁差动保护等逻辑
Bit11	C 相 CT 断线	用于 CT 断线闭锁差动保护等逻辑
Bit12	同步标志	同步异常时闭锁差动
Bit13	差动允许信号 A	发送给其他侧，用于差动保护逻辑
Bit14	差动允许信号 B	发送给其他侧，用于差动保护逻辑
Bit15	差动允许信号 C	发送给其他侧，用于差动保护逻辑
Bit16	/	/
Bit17	/	/
Bit18	/	/
Bit19	/	/
Bit20	/	/
Bit21	/	/
Bit22	/	/
Bit23	/	/
Bit24	/	/
Bit25	/	/

Bit26	/	/
Bit27	/	/
Bit28	/	/
Bit29	/	/
Bit30	/	/
Bit31	/	/

附 录 B
(规范性)

多端差动保护差动定值要求

各差动保护厂家差动定值内容应符合表 B. 1、B. 2、B. 3、B. 4。

表 B. 1 差动通道参数

描述	范围	步长	默认值	备注
间隔编号	1-16	1	1	差动环内的间隔编号，需各不相同 MAX=16
本间隔类型	0-1	1	0	分段开关 = 1 分段开关时取环 1，环 2 分别做差动 普通开关时，取环 1 做差动
差动环 1 矩阵定值	0x00-0xFF	0x1	0x01	按位生效，1 表示该间隔投入（bit0:间隔 1-bit15:间隔 16）
差动环 2 矩阵定值	0x00-0xFF	0x1	0x01	按位生效，1 表示该间隔投入（bit0:间隔 1-bit15:间隔 16）

表 B. 2 环 1 差动定值

描述	范围	步长	默认值	备注
环 1 纵联差动保护	0, 1	1	1	差动功能投入
环 1 CT 断线闭锁差动	0, 1	1	0	CT 断线时闭锁差动
环 1 变化量启动电流定值	0.05~0.50In	0.01	0.2	按躲过正常负荷电流波动的最大值整定，一般整定为 0.2In
环 1 零序启动电流定值	0.05~0.50In	0.01	0.2	/
环 1 差动电流启动值	0.05~2.00In	0.01	0.1	/
环 1 CT 断线差动动作电流定值	0.05~20.00In	0.01	5	断线相差流大于[CT 断线差流定值]，则仍然开放断线相电流差动保护。CT 断线固定闭锁零序差动保护

表 B. 3 环 2 差动定值

描述	范围	步长	默认值	备注
环 2 纵联差动保护	0, 1	1	1	差动功能投入

环 2 CT 断线闭锁差动	0, 1	1	0	CT 断线时闭锁差动
环 2 变化量启动电流定值	$0.05 \sim 0.50I_n$	0.01	0.2	按躲过正常负荷电流波动的最大值整定，一般整定为 $0.2I_n$
环 2 零序启动电流定值	$0.05 \sim 0.50I_n$	0.01	0.2	/
环 2 差动电流启动值	$0.05 \sim 2.00I_n$	0.01	0.1	/
环 2 CT 断线差动动作电流定值	$0.05 \sim 20.00I_n$	0.01	5	断线相差流大于[CT 断线差流定值]，则仍然开放断线相电流差动保护。CT 断线固定闭锁零序差动保护

表 B. 4 软压板

序号	定值名称	定值范围
1	环 1 纵联差动保护软压板	环 1 投纵联差动保护
2	环 2 纵联差动保护软压板	环 2 投纵联差动保护

附录 C (资料性)

配电网多端差动系统的典型应用

C.1 配电网多端差动典型应用一次图

配电网多端差动典型应用一次系统图见图 C.1、C.2。图 C.1 的电流差动保护 1 可将 F1、F2 和 F3 判为区内故障，并通过跳开关 1、开关 2、开关 3 和开关 4 实现故障隔离，电流差动保护 2 可将 F4 判为区内故障，并通过跳开分段开关 4、开关 5 和开关 6 实现故障隔离。图 C.2 的电流差动保护可将 F1、F2、F3、F4 和 F5 判为区内故障，并通过跳开关 1、开关 2、开关 3、开关 4 和开关 5 实现故障隔离。

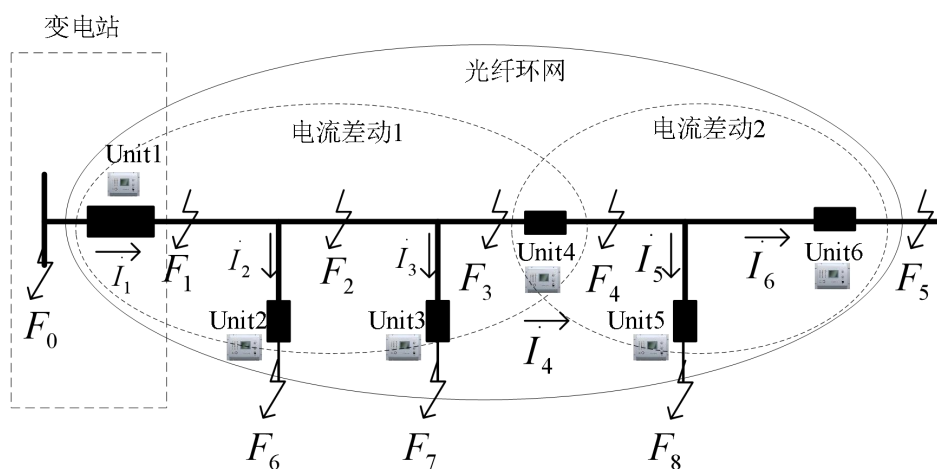


图 C.1 含分段开关的配电网差动保护配置

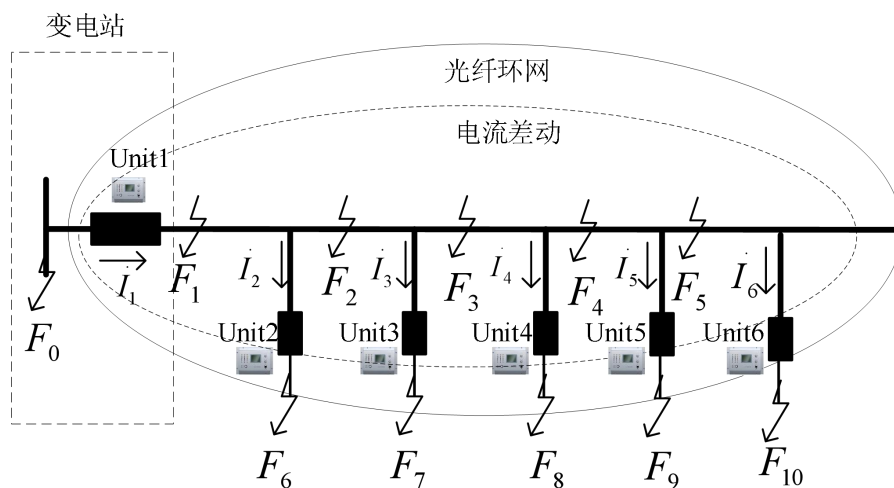


图 C.2 不含分段开关的配电网差动保护配置

C.2 配电网多端差动典型应用环网通信连接图

配电网多端差动典型应用环网通信连接图见图 C.3，所有多端差动保护装置采用 HSR 环网进行连接，所有多端差动保护装置都通过 2 个网口进行依次连接，一般的，分支的多端差动保护装置只参与一组差动保护计算，分段的多端差动保护装置需要参与两组差动保护计算。

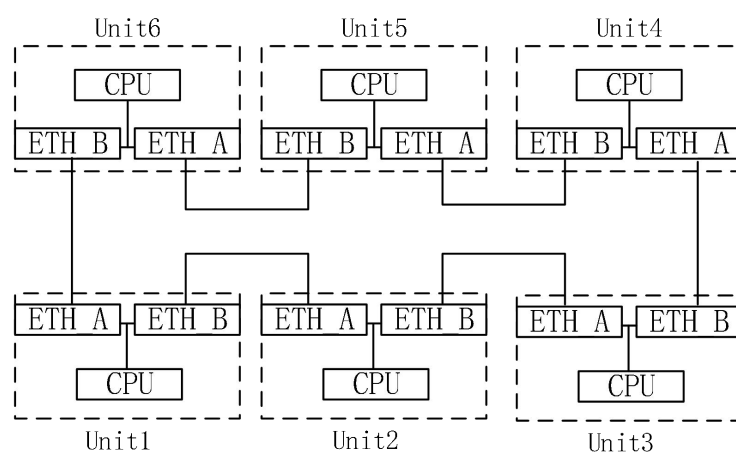


图 C.3 配电网差动保护环网通信连接图

附录 D
(资料性)

多端差动通道连接及运行方式切换相关的实验

多端配电网差动保护的正常运行，设备故障，线路检修，负荷转移，线路扩建等 5 种方式下的通信自动配置和安全措施测试方法进行

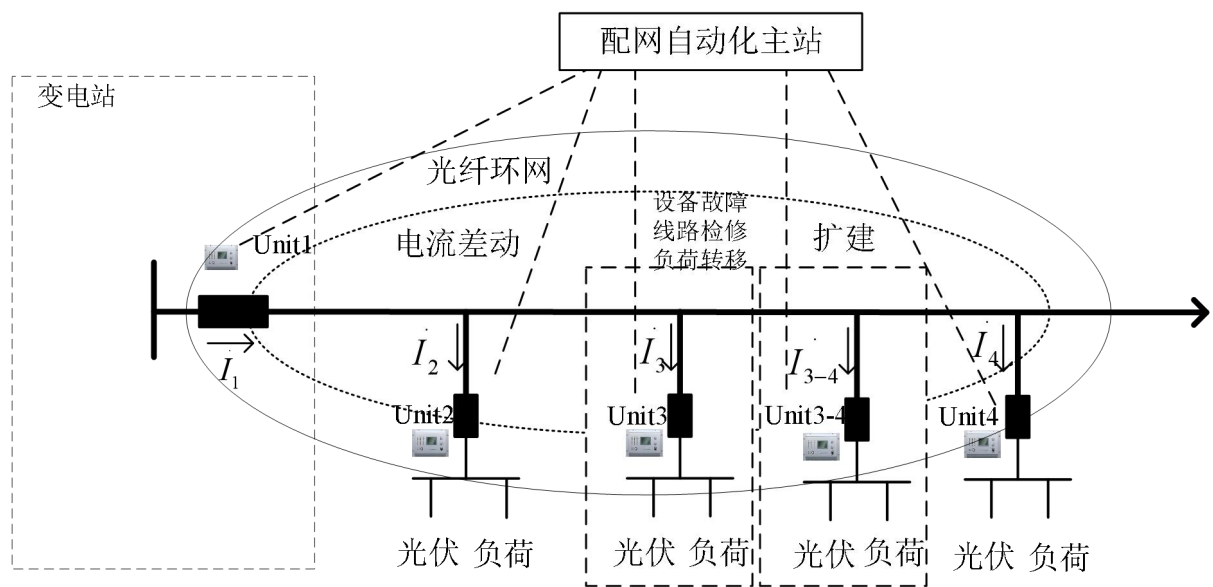


图 D.1 配电网差动保护一次安装配置图

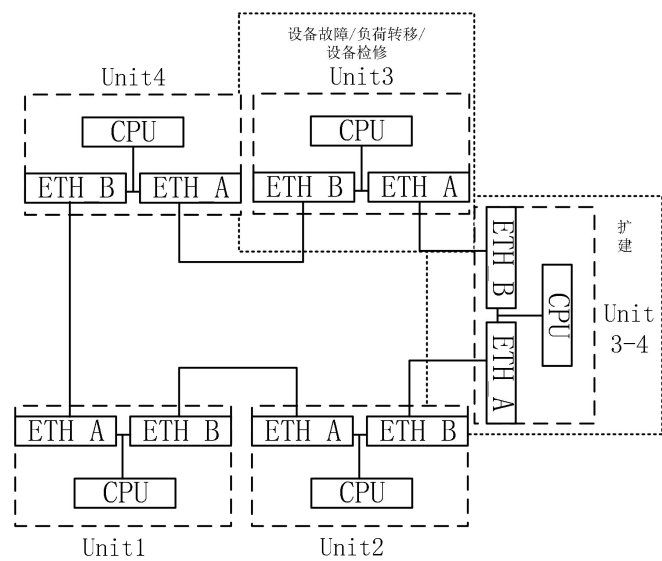


图 D.2 环网方式下多端差动保护连接图

D.1 正常运行差动保护的自动配置方式

配电网线路的典型接线图如图 D.1、D.2 所示，包括线路、变电站出线开关和 3 个分支开关，具体的配置流程如下：

a) 变电站开关及每个分支开关安装 PT 和 CT，用于采集电压和电流，每个开关处安装差动保护装置，分别为 Unit1，Unit2，Unit3，Unit4，所有差动保护装置采用光纤环网连接，AB 光口依次连接实现数据共享，并且通过无线或有线方式与配电自动化主站通信。

b) 每台差动装置设置间隔编号定值和环网内差动节点矩阵定值，矩阵定值可考虑最大 16 位，典型接线图中 Unit1 间隔编号整定为 1，差动节点矩阵定值整定为 0XF；Unit2 间隔编号整定为 2，差动节点矩阵定值整定为 0XF；Unit3 间隔编号整定为 3，差动节点矩阵定值整定为 0XF；Unit4 间隔编号整定为 4，差动节点矩阵定值整定为 0XF。

c) 每个差动保护装置获取需要完成通信自动配置的数量，需配置数量=差动节点矩阵定值的非零位总数目-1，订阅的保护装置为剩余间隔编号的保护装置。Unit1 需要订阅 Unit2，Unit3，Unit4 的数据，Unit2 需要订阅 Unit1，Unit3，Unit4 的数据，Unit3 需要订阅 Unit1，Unit2，Unit4 的数据，Unit4 需要订阅 Unit1，Unit2，Unit3 的数据。

d) 每个差动保护装置根据需要订阅的装置，自动生成通信参数配置。以 Unit1 订阅 Unit2，Unit3，Unit4 的数据为例说明，因为目的 MAC 和间隔编号的绑定关系，Unit1 需要订阅的 Unit2 的目的 MAC 为 01-0C-CD-04-00-02，订阅的 Unit3 的目的 MAC 为 01-0C-CD-04-00-03，订阅的 Unit4 的目的 MAC 为 01-0C-CD-04-00-04，根据应用标识和间隔编号的绑定关系，Unit1 需要订阅的 Unit2 的应用标识为 0x4002，订阅的 Unit3 的应用标识为 0x4003，订阅的 Unit4 的应用标识为 0x4004。

e) 每个差动保护装置根据需要订阅的装置，依次解析数据帧中的采样延时、传输延时、电压、电流以及开关量，差动保护根据各个节点的电压和电流，结合采样延时信息和传输延时进行插值重采样，实现采样数据同步，结合开关量信息进行差动保护计算。

D.2 设备故障情况下差动保护的自动配置及安全措施操作方法

设备故障更换时，需要更换差动保护装置，为了实现即插即用，其操作流程如下：

a) 以更换 Unit3 为例，通过配电网自动化主站对所有差动保护设备的差动保护软压板进行退出操作，全线差动保护功能退出。

b) 关闭 Unit3 装置电源，拔掉 Unit3 的 A，B 网口的光纤，其他差动保护设备检测不到 Unit3 的数据后，产生环网通信中断告警信号并闭锁差动保护装置，配电自动化主站可收到其他节点的差动保护的通信中断告警信号。

c) 更换差动保护设备，装置电源上电，重新整定间隔编号和环网内差动节点矩阵定值和相关保护定值，恢复 Unit3 的 A，B 网口的光纤，通信中断告警信号恢复，配电自动化主站可收到其他节点的差动保护的通信中断告警恢复信号。

d) 通过配电网自动化主站对所有差动保护设备的差动保护软压板进行投入操作，全线差动保护功能投入。

D.3 分支线路检修时情况下差动保护的自动配置及安全措施操作方法

分支线路检修时，该分支线路应该退出差动保护装置，但不影响其他设备的差动保护继续运行，其操作流程如下：

- a) 以 Unit3 线路检修为例，检修人员将现场检修压板投入，本侧装置 Unit3 单元退出差动保护功能。
- b) 其他单元 Unit1、Unit2、Unit4 分别收到 Unit3 的检修标志位后，自动将差动逻辑内的 Unit3 相关的模拟量，开关量退出差动计算模块，此时变成 Unit1、Unit2、Unit4 组成差动环网
- c) 检修结束后，等全部工作恢复正常，投入相关定值，并将检修位退出，差动环内个单元 Unit1、Unit2、Unit4 分别收到 Unit3 的检修标志位退出后，自动将 Unit3 加入差动计算模块。

D.4 分支线路负荷转移时情况下差动保护的自动配置及安全措施操作方法

当 Unit3 的分支线路负荷转移不在连接到配电网主线路时候，移除环网内的 Unit3 差动保护装置，其操作流程如下：

- a) 以 Unit3 分支线路负荷转移为例，通过配电网自动化主站对所有差动保护设备的差动保护软压板进行退出操作，全线差动保护功能退出。
- b) 关闭 Unit3 装置电源，移除 Unit3 装置，拔掉 Unit3 的 A，B 网口的光纤，其他差动保护设备检测不到 Unit3 的数据后，产生通信中断告警信号并闭锁差动保护装置，配电自动化主站可收到其他节点的差动保护的通信中断告警信号。
- c) 拔掉 Unit3 的光纤，并将 A,B 的光纤进行熔接，配电自动化主站对移除的 Unit3 进行删除操作。
- d) 由于 Unit3 退出运行，差动节点矩阵定值需要重新整定，Unit1 间隔编号整定为 1，差动节点矩阵定值整定为 0XB；Unit2 间隔编号整定为 2，差动节点矩阵定值整定为 0XB；Unit4 间隔编号整定为 4，差动节点矩阵定值整定为 0XB。
- e) 每个差动保护装置重新获取需要完成通信自动配置的数量，需配置数量=差动节点矩阵定值的非零位总数目-间隔编号，订阅的保护装置为剩余间隔编号的保护装置。
- f) 每个差动保护装置重新根据需要订阅的装置，自动生成通信参数配置，包括除本间隔外所有节点的目的 MAC 和应用标识。
- g) 每个差动保护装置重新根据需要订阅的装置，自动获取数据通道并进行差动保护计算，依次解析数据帧中的采样延时、传输延时、电压、电流以及开关量，差动保护根据各个节点的电压和电流，结合采样延时信息和传输延时进行插值重采样，实现采样数据同步，结合开关量信息进行差动保护计算。
- h) 自动配置结束后，通信中断告警信号恢复，配电自动化主站可收到其他节点的差动保护的通信中断告警恢复信号，通过配电网自动化主站对所有差动保护设备的差动保护软压板进行投入操作，全线差动保护功能投入。

D.5 配电网线路扩建时情况下差动保护的自动配置及安全措施操作方法

配电网线路扩建时，以在 Unit3 和 Unit4 之间增加了一条分支线路为例说明，其操作过程为：

- a) 以在 Unit3 和 Unit4 之间增加了一条分支线路为例，通过配电网自动化主站对所有差动保护设备的差动保护软压板进行退出操作，全线差动保护功能退出。

b) 将之前连接于 Unit3 和 Unit4 的光纤切断，Unit3 的 A 口与新增设备 Unit3-4 的 B 口连接，Unit4 的 B 口与新增设备 Unit3-4 的 A 口连接，配电自动化主站对新增的 Unit3-3 进行增加操作。

c) 对所有差动保护的间隔号进行重新调整，由于新增设备 Unit3-4，差动节点矩阵定值需要重新整定，Unit1 间隔编号整定为 1，差动节点矩阵定值整定为 0X1F；Unit2 间隔编号整定为 2，差动节点矩阵定值整定为 0X1F；Unit4 间隔编号整定为 4，差动节点矩阵定值整定为 0X1F，Unit3-4 间隔编号整定为 5，节点矩阵定值整定为 0X1F。

d) 每个差动保护装置重新获取需要完成通信自动配置的数量，需配置数量=差动节点矩阵定值的非零位总数目-间隔编号，订阅的保护装置为剩余间隔编号的保护装置。

e) 每个差动保护装置重新根据需要订阅的装置，自动生成通信参数配置，包括除本间隔外所有节点的目的 MAC 和应用标识。

f) 每个差动保护装置重新根据需要订阅的装置，自动获取数据通道并进行差动保护计算，依次解析数据帧中的采样延时、传输延时、电压、电流以及开关量，差动保护根据各个节点的电压和电流，结合采样延时信息和传输延时进行插值重采样，实现采样数据同步，结合开关量信息进行差动保护计算。

g) 自动配置结束后，通过配电网自动化主站对所有差动保护设备的差动保护软压板进行投入操作，全线差动保护功能投入。

附录 E (资料性)

多端差动保护主要逻辑描述

E.1 差动元件

与变电站线路差动保护相比，配电网差动保护在性能要求上有一些差异，比如尽管有一些运行方式的变化，但系统不会发生剧烈的波动（如系统振荡），配网对保护的動作速度要求不高，对一些如定时精度等细节指标也不是很苛刻，且没有高压长线路所必须面对的电容电流补偿等问题。

基于上述工程实际，配网差动在保护配置上可适当简化，可仅配置稳态段的相差和零差，取消如突变变量差动等基于暂态电气特征的差动保护。

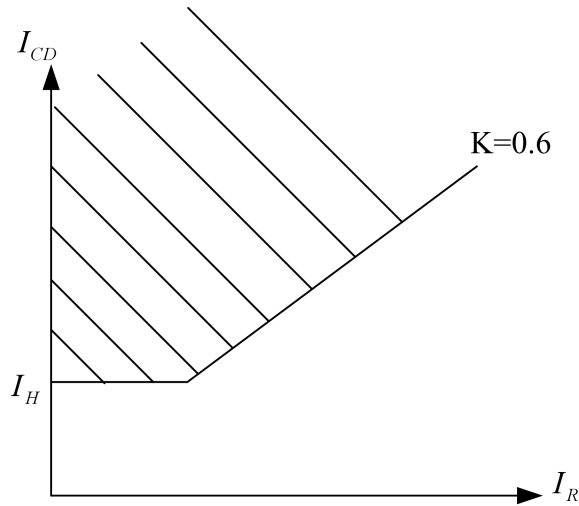


图 E.1 稳态差动 I 段动作特性

a) 稳态差动 I 段

动作方程：

$$\begin{cases} I_{CD\Phi} > 0.6 \times I_{R\Phi} \\ I_{CD\Phi} > I_H \\ \Phi = A, B, C \end{cases}$$

$I_{CD\Phi}$ 为差动电流， $I_{CD\Phi} = |I_{M\Phi} + I_{N\Phi}|$ 即为各侧电流矢量和的幅值；

$I_{R\Phi}$ 为制动电流； $I_{R\Phi} = |I_{M\Phi}| + |I_{N\Phi}|$ 即为各侧电流标量和；

I_H 为“1.5 倍差动电流起动值”（整定值）和 $\frac{1.5U_N}{X_{C1L}}$ 的大值。

b) 稳态差动 II 段

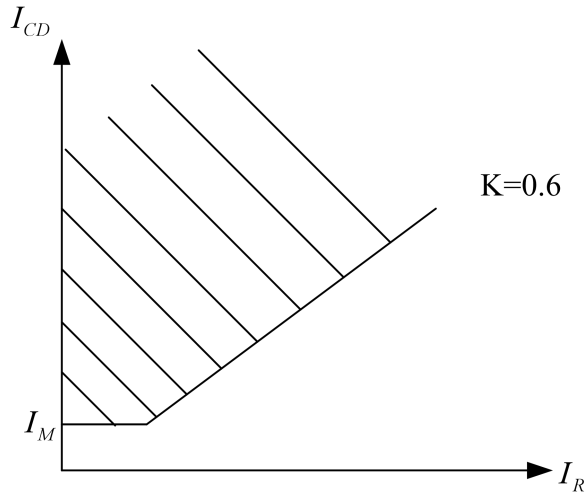


图 E.2 稳态差动Ⅱ段动作特性

动作方程：

$$\begin{cases} I_{CD\Phi} > 0.6 \times I_{R\Phi} \\ I_{CD\Phi} > I_M \\ \Phi = A, B, C \end{cases}$$

I_M 为“差动电流起动值”（整定值）和 $\frac{1.25U_N}{X_{C1L}}$ 的大值。

$I_{CD\Phi}$ 、 $I_{R\Phi}$ 定义同上。

稳态Ⅱ段相差动继电器经 25ms 延时动作。

c) 零序差动

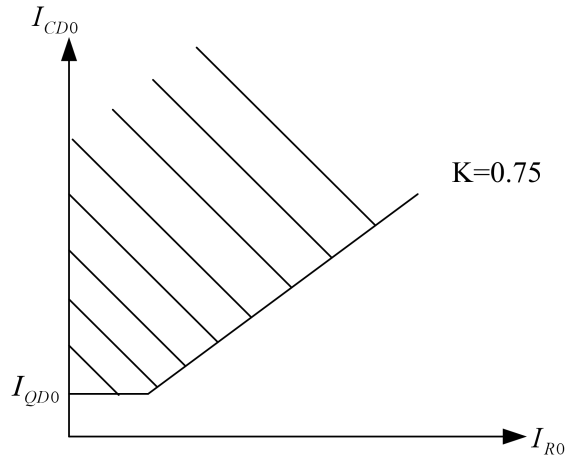


图 E.3 零序差动动作特性

对于经高过渡电阻接地故障，采用零序差动继电器具有较高的灵敏度，由零序差动继电器，通过低比率制动系数的稳态差动元件选相，构成零序差动继电器。其动作方程：

$$\begin{cases} I_{CD0} > 0.75 \times I_{R0} \\ I_{CD0} > I_M \\ I_{CD\Phi} > 0.15 \times I_{R\Phi} \\ I_{CD\Phi} > I_M \end{cases}$$

I_{CD0} 为零序差动电流， $I_{CD0} = |\dot{I}_{M0} + \dot{I}_{N0}|$ 即为两侧零序电流矢量和的幅值；

I_{R0} 为零序制动电流； $I_{R0} = |\dot{I}_{M0}| + |\dot{I}_{N0}|$ 即为各侧零序电流矢量差的幅值；

I_M 为“差动电流起动值”（整定值）。

$I_{CD\Phi}$ 、 $I_{R\Phi}$ 定义同上。

零序差动继电器经 100ms 延时动作。

E.2 CT 断线监视

本侧 CT 断线告警：如果断线侧有自产零序电流而无零序电压，断线相无流且该相差流大于 $0.1I_N$ ，则延时 10s 展宽 10s 报本侧 CT 断线告警信息。

长期有差流告警：任一相差流大于 0.9 倍[差动电流启动定值]，延时 10s 展宽 10s 报[长期有差流告警]信息。

本侧 CT 断线告警、对侧 CT 断线告警和长期有差流告警，对差动保护来说均作 CT 断线处理。

CT 断线瞬间，断线侧保护装置的启动元件和电流差动保护可能动作，但对侧保护装置的启动元件不动作，所以不会向本侧保护装置发差动保护动作允许信号，从而保证电流差动保护不误动。

CT 断线时发生故障或系统扰动导致启动元件动作，若断线相差流大于[CT 断线差流定值]，则仍然开放断线相电流差动保护。CT 断线时，非断线相电流差动保护始终投入。CT 断线固定闭锁零序差动保护。

E.3 CT 饱和

装置采用基于异步法的抗 CT 饱和判据和自适应浮动制动门槛，确保差动保护在区外故障 CT 较严重的暂态饱和、稳态饱和情况下均不会误动，区内故障不会误闭锁。对于单相故障引起非故障相 CT 饱和的情况，采用长短数据窗结合的波形识别算法，确保区内故障能正确选相动作，区外故障可靠不误动。

E.4 差动联跳

对某些类型故障，后备保护可能会先于差动保护动作。为此，设置了差动联跳功能，当本侧任何保护动作元件（如距离保护、零序保护等）动作后立即发对应相联跳信号给对侧，对侧收到联跳信号后，启动保护装置，并结合差动允许信号联跳对应相。

E.5 差动加速三跳

保护装置重合于永久性故障时，本侧保护三跳。为避免对侧保护再次重合于故障，造成对系统的二次冲击，当本侧重合于故障，差动保护动作时，给对侧发加速三跳命令，对侧收到该跳闸命令后，报[收加速三跳]信息，并结合差动允许信号三跳并闭锁重合闸。

E.6 差动允许信号

- a) 装置起动且有差流
- b) 有 TWJ 开入且有差流
- c) 低电压且有差流（无 PTDX 信号）

参 考 文 献

- [1] 《NB/T 42165-2024 多端线路保护技术要求》
 - [2] 《DL/T 364 光纤通道传输保护信息通用技术条件》
-