|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 17.220.20 |
| CCS | N 22 |

T

团体标准

中国仪器仪表行业协会   发布

20XX—XX—XX实施

20XX—XX—XX发布

基于特征电流的配电台区拓扑关系识别方法

**The method for topological relationship identification in transformer district**

**based on characteristic current**

T/CIMA 0069—XXXX

目 次

[前言 III](#_Toc16995)

[1 范围 4](#_Toc13120)

[2 规范性引用文件 4](#_Toc19787)

[3 术语和定义 4](#_Toc18037)

[4 识别模型 5](#_Toc6113)

[4.1 系统构成 5](#_Toc21977)

[4.2 识别流程 6](#_Toc24842)

[5 特征电流发送 7](#_Toc27229)

[5.1 发送方法 7](#_Toc7971)

[5.2 调制信号 7](#_Toc23106)

[5.2.1 概述 7](#_Toc31101)

[5.2.2 调制频率 8](#_Toc21300)

[5.2.3 位宽时间 8](#_Toc25677)

[5.2.4 占空比 8](#_Toc18683)

[5.2.5 特征码 8](#_Toc15091)

[5.3 电流幅值 8](#_Toc3374)

[5.4 电能质量 9](#_Toc17796)

[5.5 发送防护 9](#_Toc22814)

[6 特征电流识别 9](#_Toc19309)

[6.1 采样频率 9](#_Toc1115)

[6.2 识别频点 9](#_Toc9325)

[6.3 信号采样值 9](#_Toc13395)

[6.4 识别结果 10](#_Toc576)

[7 拓扑关系生成 10](#_Toc30155)

[附　录　A （资料性） 特征电流发送和识别示例 11](#_Toc16552)

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。

本文件由中国仪器仪表行业协会电工仪器仪表分会提出。

本文件由中国仪器仪表行业协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

基于特征电流的配电台区拓扑关系识别方法

1. 范围

本文件规定了采用特征电流方式进行配电台区拓扑关系识别的识别模型、特征电流发送方法、识别方法和拓扑关系生成。

本文件适用于配电台区I型集中器、智能融合终端、智能断路器、分支监测终端、电能表等设备之间的拓扑关系识别。

1. 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 17625.1—2012 电磁兼容 限值 谐波电流发射限值（设备每相输入电流≤16 A）

DL/T 645—2007 多功能电能表通信协议

DL/T 698.45—2017 电能信息采集与管理系统 第4-5部分：面向对象的互操作性数据交换协议

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

配电台区 transformer district

（一台）配电变压器的低压供电范围或区域。

台区拓扑关系 topological relationship of transformer district

台区各层级设备之间的物理电气连接关系。

特征电流 characteristic current

携带特征码的特定频率的电流。

特征码 character code

特征电流发送信息的编码构成，一组特征码由多个字节组成，每个字节包含8个码位（比特位）。

发送设备 sending device

通过信号调制方式实现特征电流信号发送功能的设备。

识别设备 identification device

具备特征电流信号采样功能，并能在特定频点解调特征码信息的设备。

调制频率 pulse width modulation frequency

调制输出脉冲信号的频率，即脉宽调制频率。

特征电流峰值 characteristic current peak

特征电流的瞬时最大幅值。

位宽时间 bit width time

特征码信息每个码位调制发送时间。

识别频点

解调特征电流信号的频点。

信号强度 [signal strength](https://fanyi.so.com/?src=onebox" \l "signal strength" \t "https://www.so.com/_blank)

特征电流在识别频点的信号幅值。

背景噪声强度 [background noise](https://fanyi.so.com/?src=onebox" \l "background noise" \t "https://www.so.com/_blank) strength

配电台区线路中干扰信号在识别频点的信号幅值。

1. 识别模型
   1. 系统构成

配电台区拓扑识别系统模型如图1所示，包括发送设备、识别设备、集成发送和识别功能的设备。



1. 识别系统模型

发送设备具备特征电流信号发送功能，包括但不限于：

1. 电能表；
2. 采集终端设备，如采集器、II型集中器等；
3. 分支监测设备，如分支监测终端、智能断路器等。

识别设备具备特征电流信号检测识别功能，包括但不限于：

1. 采集终端设备，如I型集中器、智能融合终端等；
2. 分支监测设备，如分支监测终端、智能断路器等。

集成发送和识别功能的设备， 包括但不限于：

分支监测设备，如分支监测终端、智能断路器等。

* 1. 识别流程

识别基本流程如下：

1. 发送设备（包括集成发送和识别功能的设备）产生特征电流馈送到电力线，特征电流沿阻抗低的电力线路流动；
2. 识别设备（包括集成发送和识别功能的设备）进行电流信号采样，在识别频点解调特征码。
3. 根据特征电流发送和识别的时间、特征码、信号强度等信息对发送设备和识别设备进行匹配，确定发送设备和识别设备之间的电气拓扑关系。
4. 特征电流发送
   1. 发送方法

特征电流发送方法如图2所示，发送设备采用脉宽调制技术产生特定规律的调制信号，通过隔离、驱动电路控制负载电路实现特征电流的输出。



1. 特征电流发送方法
   1. 调制信号
      1. 概述

特征电流调制信号如图3所示，调制频率为，调制周期为，高电平脉宽时间为，位宽时间为。如果发送的特征码某比特位为1，则在时间内进行信号调制，如果某比特位为0，则不进行调制。特征电流发送波形及参数示例参见附录A。



1. 调制信号
   * 1. 调制频率

信号调制频率可配置，允许偏差±0.5Hz。

为了增加方法的适用性和推广性，调制频率选取应考虑以下因素：

1. 调制频率应避开低压用电设备产生的奇次谐波和偶次谐波的频率；
2. 调制频率越大，馈送到电网中特征电流的频率越高，线路上的衰减和其它分支分流越大。应选择适当大小的调制频率，既能减弱基波和3次、5次、7次谐波的干扰，又能在分支侧和变压器侧保留信号特征；
3. 配电台区变压器低压侧的终端设备采样频率基本在4.5kHz~6.4kHz之间。
   * 1. 位宽时间

位宽时间可配置，最大不超过1200ms，允许偏差±5ms。

* + 1. 占空比

调制信号的脉宽占空比表示调制信号高电平脉宽时间与调制周期的比例。占空比可配置，建议为1/3，最大不超过1/2。

* + 1. 特征码

特征码可配置，最大不超过16字节，特征码同步头固定为0xAAE9。

特征电流波形示意参见图A.3。

* 1. 电流幅值

特征电流峰值不应大于0.60 A。

在调制频率为833.3Hz，位宽时间为600ms，占空比为1/3条件下，发送特征码码位为1时的特征电流有效值不应小于0.21A。

* 1. 电能质量

各次谐波电流不应超过GB 17625.1—2012中表1给出的限值。

* 1. 发送防护

发送设备应有措施或机制避免因以下情况而进入异常工作状态：

1. 频繁发送特征电流信号；
2. 工作电压超过额定电压范围；
3. 发送电路过流；
4. 雷击浪涌、群脉冲等干扰。

发送设备应具有安全防护机制，避免发送功能失效后损坏或影响其它功能。

1. 特征电流识别
   1. 采样频率

特征电流信号采样频率不应低于4 kHz。

* 1. 识别频点

特征电流信号识别频点为和，为调制信号频率，为电网基波频率。

* 1. 信号采样值

采用离散傅里叶变换算法，解调识别频点的电流信号并进行解码处理。

通过离散傅里叶变换算法提取第次频率的频域分量计算公式为：

 (1)

 (2)

 (3)

式中：

、、—频率的谐波电流的实部、虚部和模值；

—参与离散傅里叶变换运算的采样点数；

—采样点序号；

—第个采样点的采样值。

由此可计算得到识别频点和的特征电流信号采样有效值为：

 (4)

 (5)

式中：

、—识别频点和的信号采样值；

、—频率和的谐波电流的模值。

特征电流信号识别频谱示意参见图A.4。

* 1. 识别结果

识别设备应将信号采样值结合内外部电流传感器（如有）比例、采样电阻等计算出实际的特征电流信号强度。

识别设备应能存储记录识别信号的相关信息，包括信号识别时间、识别相位、信号强度、背景噪声强度和特征码等。

1. 拓扑关系生成
   1. 生成流程

配电台区拓扑关系生成流程如下：

1. 主站系统或本地采集终端组织台区所有发送设备分时发送特征电流；
2. 识别设备检测提取到信号后，记录识别信号时间、信号强度及相位；
3. 主站系统或本地采集终端收集所有识别设备的识别信号记录；
4. 主站系统或本地采集终端通过综合分析信号发送时间、识别信号时间、信号强度和接收相位等信息，梳理出所有设备的上下级供电关系以及单相设备的工作相位，从而形成完整的配电台区拓扑。
   1. 梳理原则

配电台区拓扑关系梳理原则如下：

1. 自上而下原则。配电台区终端作为拓扑关系层级的第一级，然后判断哪些设备发送的特征电流信号只被台区终端识别到，由此可确定拓扑关系层级的第二级，依次递推，梳理出完整的拓扑关系。
2. 时间匹配原则。识别信号时间应大于本设备信号发送时间，同时小于下一个设备信号发送时间。
3. 强度匹配原则。对于同一时间内的多个识别信号，需要比较同级识别设备识别到的信号强度大小，识别信号强度大的信号为有效信号。
4. （资料性）  
   特征电流发送和识别示例
   1. 特征电流发送参数

特征电流信号发送参数见表A.1。

* 1. 特征电流信号发送参数

|  |  |
| --- | --- |
| **参数信息** | **数值** |
| 调制频率 | 833.3 Hz |
| 位宽时间 | 600 ms |
| 高电平脉宽 | 400 µs |
| 低电平脉宽 | 800 µs |
| 特征码同步头 | 0xAAE9 |
| 电流峰值 | 恒流负载电路：420 mA  恒阻负载电路：580 mA |

* 1. 特征电流发送波形

对于恒阻负载电路，其内阻大小恒定不变，输出电流大小随交流电压幅度变化。图A.1所示为3个工频周期的恒阻负载电路发送的特征电流波形。



* 1. 恒阻负载电路特征电流波形

对于恒流负载电路，其内阻大小随交流电压幅度变化，输出电流大小恒定不变。图A.2所示为3个工频周期的恒流负载电路发送的特征电流波形。



* 1. 恒流负载电路特征电流波形

图A.3所示为恒流负载电路完整发送特征码同步头0xAAE9过程的特征电流波形。



* 1. 特征电流发送波形

* 1. 特征电流识别频谱

图A.4所示为通过恒流负载电路发送的特征电流信号经快速傅里叶变换之后的信号频谱，识别频点为783.3Hz和883.3Hz。



* 1. 特征电流信号频谱

**━━━━━━━━━━━**