

# 基于 SVG 图形的继电保护故障分析技术研究

刘宏君<sup>1</sup>, 李锋<sup>2</sup>, 李会新<sup>2</sup>, 杨捷<sup>1</sup>

(1. 长园深瑞继保自动化有限公司, 广东 深圳 518057; 2. 国家电网华中电力调控分中心, 湖北 武汉 430074)

**摘要:** 继电保护故障分析依赖于装置的录波和保护逻辑图。由于保护逻辑图表达格式缺乏标准化定义, 目前故障分析工具不统一, 复杂故障分析依赖保护厂家。提出了一种基于 SVG 图形的保护逻辑图的表达方式, 通过标准化的定义输入关联、逻辑关系、连接线等元件, 形成标准化保护逻辑关系图, 配合标准化的录波文件, 清晰地完成继电保护故障分析, 解决分析工具不统一的问题。该方案在线路保护装置中实践, 证明了方案的可行性。

**关键词:** 继电保护; 故障分析; SVG 图形; comtrade

## Study on fault analysis of relay protection based on SVG

LIU Hongjun<sup>1</sup>, LI Feng<sup>2</sup>, LI Huixin<sup>2</sup>, YANG Jie<sup>1</sup>

(1. CYG SUNRUI Co., Ltd., Shenzhen 518057, China; 2. Central China Electric Power Dispatching and Control Branch of State Grid Company, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The fault analysis relies on the wave record and logic diagram of relay protection. Due to the lack of protection logic diagram format standard definition and a unified analysis tool, complex fault analysis depends on protection factory. This paper presents an expression way of protection logic diagram based on SVG graphics. The standard logic diagram is formed by inputting logic cell, operator, connecting lines, etc., through standardized definition. The fault analysis is completed by the standardized recorded wave files and SVG file. The scheme proposed has been used in line protection device, which proves the feasibility of the scheme.

**Key words:** relay protection; fault analysis; SVG; comtrade

中图分类号: TM77 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2015)12-0140-05

## 0 引言

继电保护故障分析依赖于故障录波器或装置录波, 用户通过录波来分析保护装置动作行为的正确性<sup>[1-3]</sup>。一般来说, 对于宿主设备出现故障, 继电保护装置正确时, 用户更多关注保护的动作为, 存在的问题较少。对于宿主设备故障, 保护动作为异常甚至拒动时, 用户更多地想知道装置的逻辑行为, 分析动作为异常的原因。目前, 保护厂家提供的装置录波辅助分析工具不够完备, 导致用户对装置异常行为不能完全独立分析, 需要依赖厂家。

文献[1]提出了一种基于保护流程图和录波综合分析的保护动作过程可视化方法。保护装置在录波的过程中, 同时记录保护逻辑中关键流程节点的布尔量, 通过厂家的分析工具, 重现保护的动作为流程。装置在系统发生扰动或故障导致保护启动时, 均能产生录波数据和流程数据, 供用户使用, 降低

事故分析的难度。但缺点是流程节点信息不同厂家不一致, 公开流程节点涉及保护厂家技术保密的问题。

对故障分析, 也有提出采用完全脱离装置, 对录波数据进行理论分析的方法<sup>[4-5]</sup>。这种分析方案只能分析故障特征, 对保护装置的动作为的异常无法定位。

文献[6]定义了继电保护装置录波文件的组成, 增加了保护逻辑中间节点的定义。用户通过交流量信息和逻辑节点信息, 快速简单地分析保护的动作为。目前, 国内主流保护厂家保护装置均支持标准定义的录波文件存贮。但对于中间节点信息的利用, 表达装置保护逻辑时, 普遍存在以下一些问题:

- 1) 保护的逻辑图格式标准不统一, 各厂家使用各自的逻辑图表达方式;
- 2) 保护逻辑图版本经常变化, 不同版本无法兼容;

3) 保护逻辑图无法在线获取。

以上方面的问题, 严重影响了用户使用保护厂家提供的录波逻辑分析工具的积极性。针对上述问题, 文章提出了一种基于 SVG 图形的继电保护故障分析技术方案。该方案采用通用的 SVG 图形描述保护逻辑图, 并定义索引与录波信息关联, 以标准 XML 文件存贮在装置中。在进行事故分析时, 在线调取 XML 文件, 使用标准的事事故分析工具进行分析, 提高事故分析的效率。

## 1 保护逻辑 SVG 图形

可缩放矢量图形(SVG)是基于可扩展标记语言(XML), 用于描述二维矢量图形的一种图形格式。它是万维网联盟制定的一个开放标准。SVG 图像由两大部分构成: 图形定义(defs)和图形渲染(g)。图形定义主要包括显示属性和图元定义; 图形渲染即图形绘制, 其内容包括自定义图元的引用和基本图形元素的使用。本文定义的保护逻辑图 SVG 如图 1 所示。逻辑图继承 SVG 图形的结构, 在基本元素、图形渲染的基础上, 在自定义图元模板上扩充逻辑通道图元、运算符图元、连接线图元等, 用于满足保护逻辑图展示的需求<sup>[7]</sup>。自定义图元使用基本元素组合形成新的图元定义。

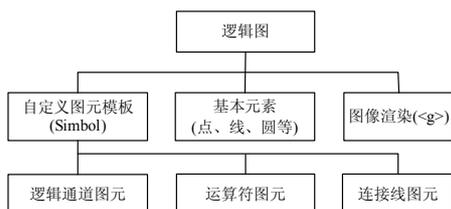


图 1 SVG 图的组成

Fig. 1 Form of SVG diagram

### 1.1 保护逻辑图

图 2 所示为某保护的部分逻辑图。保护逻辑由几个部分构成: 逻辑通道图元、运算符图元、连接线图元和结果图元等。

逻辑通道图元定义保护装置的内部节点信息, 为布尔型变量。内部节点信息为录波配置文件(cfg)中定义的开关量。

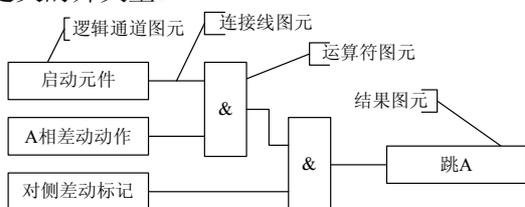


图 2 继电保护的逻辑图

Fig. 2 Logic diagram of relay protection

运算符图元定义输入量之间的逻辑关系, 并输出计算结果。运算符图元包括与图元、或图元和非图元等。运算符表达各个数字量在保护程序内部运行的逻辑关系。

连接线图元定义图元之间的连接关系, 传递变量信息。

结果图元定义逻辑图的输出结果。与逻辑通道图元同属一类定义。

### 1.2 逻辑通道图元定义

逻辑通道图元定义包括五个方面: 图元 ID、端子、矩形框、文本、通道关联; 图元 ID 用来标示图元; 端子表示图元的输入和输出连接点, 矩形框和文本表示图元的形状和内容; 通道关联将图元与录波文件的通道关联起来, 动态展示逻辑图, 命名为 relateChannel。

通道图元对应录波配置文件中的数字量通道, 创建保护逻辑图时与录波通道关联。

逻辑图元组成元素及属性见表 1。

### 1.3 运算符图元定义

逻辑图运算符包括与门(AND)、或门(OR)、非门(NO)、与非(NAND)、异或(XOR)等。以与门为例, 图像模板包含基本属性有 ID、矩形框、文本外, 扩展 InputNum 属性, 用于定义输入端子数目。

运算符图元组成元素及属性见表 2。

### 1.4 连线图元定义

连接线是逻辑图结构的连接媒介。其首末端所连接的物件为逻辑图元、运算符图元或连接线本身。连接线图元包括端子和折线两部分。连接线组成元素及属性如表 3。

针对逻辑图中多条线相交情形, 可以以相交点为起点(或终点), 分成多条子线段。如图 3 所示, 两条线相交可以看成三条线 Line1、Line2、Line3 交汇于 A 点。

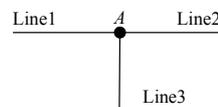


图 3 多条线相交

Fig. 3 Lines intersecting

### 1.5 图元引用

图元引用使用标签<use>, 将已定义的图元 id 赋值给标签属性 xlink:href, 完成引用关联。为实现逻辑图动态演示功能, 需在标签中扩展以下属性:

1) 图元类型: type; 如: 逻辑通道类型(LGCHANNEL)、连接线类型(LINE)等。



表 1 逻辑图元组成元素及属性

Table 1 Elements and attributes of logic cell

属性名	属性含义	必选	缺省值	备注
id	图形中每个图形元素的唯一标识	是		
relateChannal	关联通道: 关联录波通道名称	是	空	relateChannal= "159-36-保护启动"
端子(2 个)				
x	当前图元内的 x 轴坐标	是		x="0"
y	当前图元内的 y 轴坐标	是		y="10"
xlink:href	引用对应的端子名称	是		xlink:href="#terminal:端子"
terminal-index	端子在图元内的序号标识	是		terminal-index="0"
矩形框(1 个)				
x	当前图元内的 x 轴坐标	是		x="0"
y	当前图元内的 y 轴坐标	是		y="10"
fill	填充色: fill-color	否	"0,255,0"	rgb 方式颜色
stroke	线宽: line-width	否	1	像素数
文本(1 个)				
x	当前图元内的 x 轴坐标	是		x="0"
y	当前图元内的 y 轴坐标	是		y="10"
font-family	字体	否	font-family="宋体"	图元默认旋转角度为 0, 平移为 0, 横、纵不缩放。
font-size	文字大小	否	font-size="12"	
fill	填充色: fill-color	否	"0,255,0"	rgb 方式颜色
stroke	线宽: line-width	否	1	像素数

表 2 运算符图元组成元素及属性

Table 2 Elements and attributes of operator

属性名	属性含义	必选	缺省值
id	图形中每个图形元素的唯一标识	是	
InputNum	输入的端子数目	是	2
端子(>3 个)			
矩形框(1 个)			
文本(1 个)			

表 3 连接线图元组成元素及属性

Table 3 Elements and attributes of connecting line

属性名	属性含义	必选	缺省值
id	图形中每个图形元素的唯一标识	是	
端子(2 个)			
折线(1 条)			

2) 数据值: value, 存储当前图元状态值。

3) 连接字段: LinkObjectIDnd 和 LinkObjectIDznd, 前者存储输入端图元 ID, 后者存储输出端图元 ID。示例: LinkObjectIDnd="xxx@0;xxx1@1" 表示图元 ID 为 xxx 的 0 号端子与图元 ID 为 xxx1 的 1 号端子相连接。

## 2 故障分析实现

### 2.1 技术方案架构

继电保护故障分析方案, 参照图 4 所示。方案的实现包括逻辑图文件的创建和逻辑图推演两个部分。

在装置的开发阶段, 完成逻辑图的绘制与关联, 形成命名为 IEDname\_logic.svg 的装置逻辑图文件。存贮在保护装置中。进行录波分析时, 分析平台从装置在线调取装置 SVG 文件和录波文件, 进行故障分析。

保护的录波文件的存贮参照文献[6]中的定义; 扩展逻辑文件定义为 IEDname\_logic.svg, 与国家电网公司六统一规范中版本定义一致。故障分析程序由三个部分构成: 录波/逻辑图召唤、录波/逻辑图显示、保护逻辑推演。

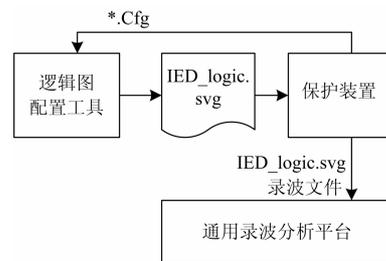


图 4 故障分析技术方案

Fig. 4 Technical scheme of fault analysis

### 2.2 逻辑文件创建

逻辑图创建参照以下流程进行。

- 1) 绘制逻辑通道图元, 与保护的录波通道数据关联;
- 2) 通过运算符图元和连接图元构建通道图元的逻辑关系;
- 3) 关联结果图元;

4) 以 XML 文件格式存贮逻辑图文件。

### 2.3 逻辑图推演技术方案

故障分析的逻辑推演过程:

- 1) 调取保护装置录波文件以及相应的逻辑图。
- 2) 加载并显示录波文件交流量波形图。
- 3) 加载并显示对应保护的逻辑图。
- 4) 使用录波数据推演逻辑图。
- 5) 分析比对推演结果。对录波数据与流程数据不一致的部分进行分析, 得出结论。

逻辑图的推演功能可动态地反应故障的变化过程, 并提示故障动作结果的正确性; 流程图如图 5 所示。

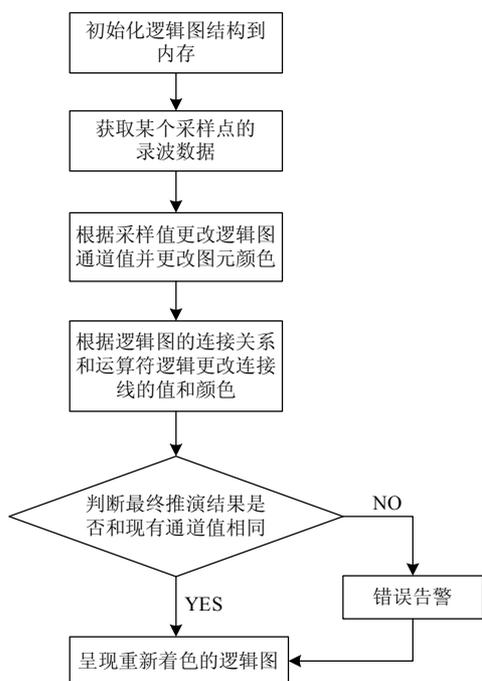


图 5 逻辑图推演流程图

Fig. 5 Flow chart of logic diagram

(1) 初始化逻辑图结构到内存中, 使用有向无环图结构保存逻辑图元和逻辑关系, 所有的输入通道为入度为 0 出度为 1 的节点, 运算符节点为入度大于 2 出度为 1 的节点, 结果通道为入度为 1 出度为 0 的节点;

(2) 根据所选采样时刻, 从录波数据中获取当前时刻的所有数字量通道的值;

(3) 将数字量值对应写入逻辑图结构, 并依此值渲染图元颜色;

(4) 根据逻辑图元的输入值以及运算符逻辑关系, 依次计算逻辑图节点的值, 直到根节点;

(5) 对比推演所得的根节点的值与根节点对应的录波数据的值, 确定动作结果的正确性。

### 3 工程应用

本方案为国家电网公司华中分部“超(特)高压电网线路光纤保护装置自身智能化研究及其在华中电网的示范应用”科技项目研究内容的一部分。基于 SVG 图形的继电保护故障分析方案在长园深瑞继保自动化有限公司的 PRS-700 系列线路保护中得到应用。以 PRS-753 光纤差动保护装置的应用说明。

装置的保护逻辑文件命名为 PRS-753.SVG, 和装置的录波文件一起存贮在装置/D/CFG 目录下。进行事故分析时, 故障分析工具通过 MMS 网访问 IED 设备, 在线获取装置的录波文件和保护逻辑文件, 进行故障分析。分析界面如图 6 所示。

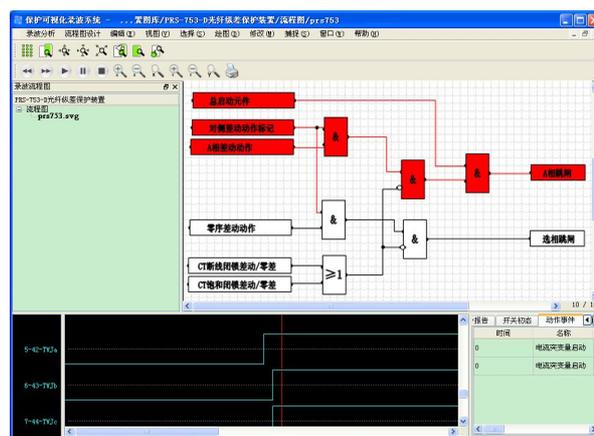


图 6 软件分析界面

Fig. 6 Software analysis interface

故障分析软件展示交流量测量信息, 并根据用户需要分析的保护元件特性, 结合流程图的信息, 定位事故的原因。

### 4 结语

本文针对目前继电保护设备故障分析过程中保护逻辑流程图不规范, 存贮格式不标准的问题, 提出基于 SVG 图形的通用继电保护逻辑流程图文件的存贮格式。该方案借鉴了国家电网公司一体化监控中 SVG 图形的思想, 解决目前普遍存在的故障分析工具缺乏标准化的问题。

基于 SVG 图形的继电保护故障分析方案具有标准的文件格式定义, 可扩展性好。该方案拟通过科技项目的实施推广为国家电网公司企业标准, 为智能变电站继电保护二次设备间互操作的进步做出应有的贡献。

### 参考文献

- [1] 江卫良, 郝后堂, 李先波, 等. 微机保护动作过程可视

- 化分析技术的实现[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(14): 89-92.
- JIANG Weiliang, HAO Houtang, LI Xianbo, et al. Realization of the visible analysis technique for micro-processor-based protection operating process[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(14): 89-92.
- [2] 徐岩, 田鑫, 王瑜, 等. 故障录波器后台分析软件关键问题研究[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(9): 102-107.
- XU Yan, TIAN Xin, WANG Yu, et al. Design of power transformer accident analysis system based on wave record and protection information[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(9): 102-107.
- [3] 郭振华, 江亚群, 杨帅雄, 等. 故障录波器后台分析软件关键问题研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(19): 73-75.
- GUO Zhenhua, JIANG Yaqun, YANG Shuaixiong, et al. Research on key technique of fault recorder background analysis software[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(19): 73-75.
- [4] 李媛, 刘涤尘, 杜新伟, 等. 电力故障波形再现及分析系统的开发[J]. 电网技术, 2005, 30(5): 106-110.
- LI Yuan, LIU Dichen, DU Xinwei, et al. Development of power fault waveform recurrence and analysis system[J]. Power System Technology, 2005, 30(5): 106-110.
- [5] 杨洋, 唐睿, 吕飞鹏. 基于 COMTRADE 格式的故障录波分析软件设计[J]. 继电器, 2008, 36(7): 67-70.
- YANG Yang, TANG Rui, LÜ Feipeng. Fault recording analysis software design based on COMTRADE format[J]. Relay, 2008, 36(7): 67-70.
- [6] Q/GDW 11010-2013 继电保护信息规范[S]. 北京: 国家电网公司, 2013.
- Q/GDW 11010-2013 information specification of protection[S]. Beijing: State Grid Corporation of China, 2013.
- [7] Q/GDW 624-2011 电力系统图形描述规范[S]. 北京: 国家电网公司, 2011.
- Q/GDW 624-2011 graphic description specification for electric power system[S]. Beijing: State Grid Corporation of China, 2011.

收稿日期: 2014-08-22; 修回日期: 2014-10-26

作者简介:

刘宏君(1974-), 男, 高级工程师, 研究方向电力系统自动化; E-mail: liuhj@sznari.com

李锋(1973-), 男, 高级工程师, 从事继电保护设备的运行与管理工作;

李会新(1973-), 男, 高级工程师, 从事继电保护设备的运行与管理工作。

(编辑 周金梅)