

# 服务于电网运行的监控信息事件化关联分析方法研究

代宇涵<sup>1</sup> 邹沛恒<sup>2</sup> 张凤西<sup>3</sup> 黄华伟<sup>4</sup> 孙永超<sup>1</sup> 罗荣森<sup>1</sup>

- (1. 国网四川省电力公司电力科学研究院 四川 成都 610041;  
2. 国网乐山供电公司 四川 乐山 614000; 3. 国网甘孜供电公司 四川 康定 626000;  
4. 国网南充供电公司 四川 南充 637000)

**摘要:** 电网中故障触发的告警信号数量众多,特别是发生电网事故时,短时期会触发大量监控信息,监控人员短时间内快速分辨出对应事件存在难度。中国范围内调控主站信息量巨大,分析信息事件耗费大量人力与资源。通过研究电网监控信息与事件的对应关系,形成监控信息自动推演事件经验,提出一种基于信息-事件推演逻辑的电网运行监控信息事件化关联分析方法。

**关键词:** 推演逻辑; 关联信息; 判别规则; 信息事件化; 信号集

中图分类号: TM73 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2019)05-0072-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2019.05.014

## Research on Event – based Correlation Analysis Method for Monitoring Information Serving Power Grid Operation

Dai Yuhan<sup>1</sup>, Zou Peiheng<sup>2</sup>, Zhang Fengxi<sup>3</sup>, Huang Huawei<sup>4</sup>, Sun Yongchao<sup>1</sup>, Luo Rongsen<sup>1</sup>

- (1. State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan, China;  
2. State Grid Leshan Electric Power Supply Company, Leshan 614000, Sichuan, China;  
3. State Grid Ganzi Electric Power Supply Company, Kangding 626000, Sichuan, China;  
4. State Grid Nanchong Electric Power Supply Company, Nanchong 637000, Sichuan, China)

**Abstract:** There are many alarm signals triggered by faults in power grid. Especially in the case of power grid accidents, a large number of monitoring information will be triggered in a short period of time. It is difficult for supervisors to quickly identify the corresponding events in a short time. There is a huge amount of information in regulating and controlling the main station nationwide, and it consumes a lot of manpower and resources to analyze information events. By studying the corresponding relationship between monitoring information and events, the experiences of automatic event deduction for monitoring information are formed, and an event – based correlation analysis method is proposed for monitoring information of power grid operation based on information – event deduction logic.

**Key words:** deduction logic; associated information; discriminant rules; information eventalization; signal set

## 0 引言

电网中发生各项事件必然会伴随一定电网监控信号。出现大面积电网事件时,短期内会触发大规模监控信号,信号无序且杂乱,这些信号按时间先后顺序刷屏,给监控人员辨识事件、分清事件的重要级别和决策带来干扰,增加了监控人员开展监控运行的难度<sup>[1]</sup>。

通过研究事件与关联信号的内在逻辑关系,提取信息事件关联规则,定义信息-事件关联规则库,

将监控信号集群进行智能拆分归纳,根据信息事件推演逻辑对电网事件进行智能判断。同时还可根据电网事件及信息事件关联规则定义反向推断监控信息的准确性和完整性,通过对特定信息事件的出现频次等特点分析,进一步完成电网事件预测,为电网稳定运行提供预警。

## 1 监控信息与事件模型

监控信息与事件存在必然联系是设计信息事件

规则库的前提。监控信息的产生来源于事件,事件的产生必然伴随监控信息的上报。监控信息事件规则库通过识别事件源信息,辅以判别规则,对事件的性质、等级进行准确判断,从而达到通过信息识别事件的目的。同时,还可通过设计启发式学习机制,利用历史事件及标准化监控信息,完善事件-信息对应关系,达到利用事件判别监控信息漏项、错项的目的<sup>[2]</sup>。

1) 事件源识别规则: 将事件源分为保护动作事件、操作控制事件两类。这里主要针对保护动作事件开展规则研究工作。保护动作事件源的识别可根据“保护出口”“跳闸出口”“重合闸出口”等信号进行判别。若带检修标识字段,可暂不识别。

定义事件源特征:

Sjy1 = “保护出口 动作”;

Sjy2 = “跳闸出口 动作”;

Sjy3 = “重合闸出口 动作”;

...

2) 事件相关信息提取规则: 由事件源信息初步判断可能出现了特定电网事件,根据事件源信息的特征在海量监控信息中提取相关关联信息,为事件识别及判断提供依据。以500 kV 线路保护动作(单跳单重成功,如图1所示)为例列举事件源信息提取规则。

根据事件源(以 Sjy1 为例)提取监控信息的事件特征信息:

提取“所属厂站/所属间隔”域,存为特征量(Sta/Bay) 1、(Sta/Bay) 2、...、(Sta/Bay) m、...、(Sta/Bay) n。

提取“事件发生时刻”域,存为特征量 Tim1、Tim2、...

3) 监控信息筛选方法: 以事件发生时间段为搜索展宽,筛查事件核心信号。

根据提取的 Tim1、Tim2、...确定事件时间窗的边界,并默认向前或向后展宽 5 s(展宽时间可设置,默认 5 s,最大 10 min),作为事件时间窗监控信息的搜索边界。新建事件信号集并将搜索边界内所有监

控信号存入该事件信号集。

根据特征量(Sta/Bay) x 搜索全部相关监控信息,在该事件信号集内按照时间先后顺序排列。

4) 事件辅助判别规则: 确认或辨识某一事件仅依据事件源还不够,事件源信息表明了事件出现或开始,要辨识事件的发展过程及结果需要增加事件辅助判别规则。以500 kV 线路保护动作(单跳单重成功,图1所示)为例分别采集线路本侧第一、第二套保护出口,对侧第一、第二套保护出口,本侧中、边开关动作,对侧中、边开关动作预定义规则组合(规则组合可编辑),表明事件识别成功,确认事件(线路间隔)发生单相瞬时性故障,重合成功”。

5) 间隔相关性判断规则: 复杂电网故障时,监控信息涉及多厂站、多间隔,监控信号纷繁复杂,所研究的目标是在海量的监控信号中分离辨识出以事件为单位的监控信息,需要定义各种事件涉及的关联间隔,排除无关信号的干扰<sup>[3]</sup>。

以事件“500 kV 线路保护单相瞬时性故障,重合成功!”为例进行说明:

①根据事件源所在监控信息条目,确认事件源产生间隔,如“XX 站/500 kV XX 一线”;

②根据线路间隔名称查找线路两端的站点名称,记为 Sta\_1、Sta\_2;

③根据线路间隔名称查找关联的断路器编号,对于 3/2 接线,每侧关联 2 个断路器间隔。

通过步骤①至步骤③可查找出与本次事件相关的 2 个站点、2 个线路间隔、4 个断路器间隔。

## 2 信息事件化算法

信息事件化主要按照等待告警中断<sup>[4]</sup>、提取核查事件源、新建事件信号集、定义时间窗、筛选关联信号存入事件信号集、核心规则判断,事件展示推送与监控人员确认等步骤有机构成。信息事件化逻辑如图2所示。

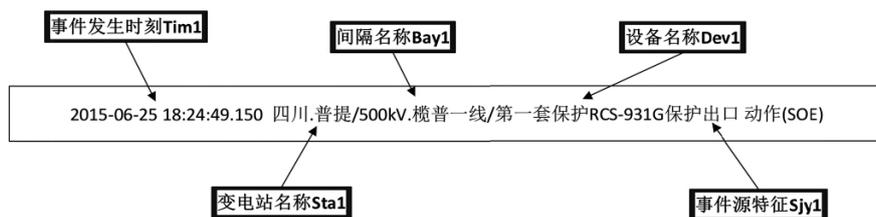


图1 事件源监控信息特征提取

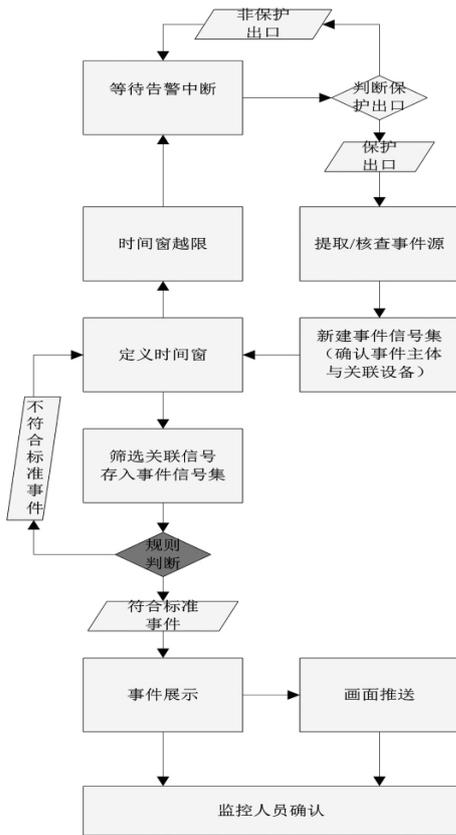


图2 信息事件化逻辑

### 2.1 等待告警中断

等待中断并解析第一类告警信号“内容”域。排除检修与调试信号后,在内容域中搜索“保护出口动作”字段,若无保护出口返回则等待下次中断;如果内容域中出现“保护出口动作”字段,则进入事件源提取。

### 2.2 提取/核查事件源

提取包含“保护出口动作”字段的本条告警信息“所属厂站”域,存为变量 Substation\_val1;提取“所属间隔”域,存为变量 Bay\_val1;提取本条告警信息内容主体(电压等级与“/”标志间)存为 Main\_val。

下面以线路事件为例,若 Main\_val 以“线”字结尾,则将值赋给变量 ACLine\_val。在交流线段表中核查 ACLine\_val 对应的 StaSta 与 EndSta 域值,应至少有一个与 Substation\_val1 是否一致。

### 2.3 新建事件信号集(确认事件主体与关联设备)

以传统调度自动化系统 EMS 库为例,可通过节点号查找与事件源关联的交流线段 x1、交流线端点 x2、厂站 x2、断路器 x4。

#### 1) 厂站查询原则

在交流线段表中查找 ACLine\_val 对应的 StaSta

与 EndSta 域值,将与 Substation\_val1 不一致的存为 Substation\_val2。

#### 2) 交流线端点查询原则

在交流线端点表中查找与“所属交流线段”域一致的两个交流线端点名(存为 ACLineDot\_val1 与 ACLineDot\_val2)以及节点号(存为 Node1 与 Node2)。

#### 3) 断路器查询原则

在断路器表中查找(Inode == Node1 or Jnode == Node1) and Substation == Substation\_val1 的断路器,缓存为 Breaker\_val1\_1 与 Breaker\_val1\_2。查找(Inode == Node2 or Jnode == Node2) and Substation == Substation\_val2 的断路器,缓存为 Breaker\_val2\_1 与 Breaker\_val2\_2。

将核查后的交流线段 ACLine\_val 存为事件主体。将与之关联的一次设备(交流线段 x1、交流线端点 x2、厂站 x2、断路器 x4)存为关联设备。每一个事件主体出现都需要新建对应的事件信号集(事件信号集编号+1),如表1所示。

### 2.4 定义时间窗

自定义参数 buffer\_time 为时间窗口。buffer\_time 取值默认为 -5 ~ +10 s,前后取值均可编辑。对于同一个事件信号集的重复访问,buffer\_time 前后扩展 1 s(扩展增量应可编辑),buffer\_time 达到上限阈值后重置并返回“等待告警中断”。

### 2.5 筛选关联信号存入事件信号集

对于每一个事件主体,指定时间窗内搜索所有包含表2中关联设备“内容”域的告警信号,存入事件主体所属的事件信号集。

### 2.6 核心规则判断

一旦符合一个标准事件判断逻辑时,进入下一步“事件展示”,关闭当前事件信号集。仍然不符合任何一个标准事件的判断逻辑,则返回“定义时间窗”,扩展监控信号采集的时间窗,补充当前事件信号集中的信号数量后,进行下一次对比与判断。如果时间窗超限,仍不符合标准事件的判断逻辑,则判断为非标准事故,发出复杂事故告警。

### 2.7 事件展示/画面推送

标准事件逻辑判断成功后,将每个事件信号集所匹配的标准事件用列表形式弹窗展示;每一个标准事件结果显示后,需要推送该事件所有关联设备的可视化判据(例如设备所在厂站图)。

表1 事件信号集

关联设备	变量名	所属事件信号集	内容	备注
交流线段	ACLine_val	3	四川. 模型一线	
交流线端点1	ACLineDot_val1	3	四川. 本侧/500 kV. 模型一线	
交流线端点2	ACLineDot_val2	3	四川. 对侧/500 kV. 模型一线	
断路器1-1	Breaker_val1_1	3	四川. 本侧/500 kV. 5053 断路器	
断路器1-2	Breaker_val1_2	3	四川. 本侧/500 kV. 5052 断路器	
断路器2-1	Breaker_val2_1	3	四川. 对侧/500 kV. 5053 断路器	
断路器2-2	Breaker_val2_2	3	四川. 对侧/500 kV. 5052 断路器	

表2 事件关联设备集

变量名	所属事故信号集	内容	备注
交流线段	1号	四川. 榄普一线	
厂站1	1号	四川. 普提	
厂站2	1号	四川. 橄榄	
交流线端点1	1号	四川. 橄榄/500 kV. 榄普一线	
交流线端点2	1号	四川. 普提/500 kV. 榄普一线	
断路器1-1	1号	四川. 橄榄/500 kV. 5053 断路器	
断路器1-2	1号	四川. 橄榄/500 kV. 5052 断路器	
断路器2-1	1号	四川. 普提/500 kV. 5053 断路器	
断路器2-2	1号	四川. 普提/500 kV. 5052 断路器	

### 2.8 监控人员确认

监控人员依据事件展示与推送画面确认该电网事件。

## 3 应用算例

### 3.1 信号筛选

依照监控事件提取判别流程,在“开始”状态时收到如下告警:

xxxx-xx-xx 18:24:49.150 四川. 普提/500 kV. 榄普一线/第一套保护 RCS-931G 保护出口动作(SOE)(接收时间 xxxx年xx月xx日18时25分11秒)。

因为该条告警包含“保护出口”字段,则归类为保护动作事件,提取“四川. 橄榄/500 kV. 榄普一线保护出口”作为事件源 Sjy1,将“四川. 榄普一线”赋值给 ACLine\_val。以线路为事件主体的事件,依照查询原则去找出该线路直接关联的交流线段 x1、交流线端点 x2、厂站 x2、断路器 x4,并新建事件信号集(1号事件信号集)与事件关联设备集如表2所示。

在预定义的-5~+10s的时间窗内,依据关联设备的内容域,可以在事故源信号前后15s,从3272条上窗告警信号中提取出50条第1类告警信

号与4条第4类告警信号,存入1号事件信号集作为辅助判据。

### 3.2 规则判断

用已定义的标准信号与1号事件信号集内的所有信号分别比对,得出1号事件信号集中所有标准信号的标志位,如表3所示(比对成功则置1,比对失败则置0)。

表3 1号事件信号集标准信号置位

标准信号	标志位
FZPJ1	1
FZPJ2	1
FZPJ3	1
FZPJ4	1
FZPJ5	1
FZPJ6	1
FZPJ7	1
FZPJ8	1
FZPJ9_A	1
FZPJ9_B	0
.....	

通过1号事件信号集标准信号(带标志位)与预定义逻辑框图来计算各类标准事件的逻辑 Boolean值。计算得出的 Boolean 值为1,则说明“该线路瞬时单相接地故障(单跳重合成功)”事件成立。

### 3.3 事件展示/画面推送

由参数 ACLine\_val 已经被赋值为“四川. 榄普一线”,所以最终事件展示为“榄普一线线路瞬时单相接地故障(单跳重合成功)”。

事件展示界面如表4所示。

点击事件信号集域中的“1号事件信号集”可以显示预定义时间窗内用于判断该事件的信号;点击关联设备域中的“四川. 榄普/500 kV. 5053 断路器”可以推送该断路器所在间隔图,用于双确认断路器分合位与光字牌信息。

### 3.4 案例推广

选取某年内发生线路故障的500 kV 康定、丹巴、普提、橄榄、九龙、石棉变电站及其间500 kV 联络线:丹康一线、丹康二线、榄普一线、榄普二线、九石一线、九石二线为典型研究厂站(线路),如表5所示。

试点厂站(线路)在近6个月内发生的9次线路单相瞬时接地故障,采用上面描述的设备关联原则与信号筛选提取方法,如果能在预定义的(-5 ~ +10 s)时间窗内正确提取出关联信号,并成功导入新建事件信号集,严格依照预定义逻辑框图,其中8

次线路单相瞬时接地故障可以被成功判断。

一次无法正确判断的单相瞬时故障均是线路某侧断路器保护出口信号命名不规范引起。如需提高正确判断率,需提高监控信号规范,防止监控信息点表漏点误点。也可以对预定于逻辑框图的判断严密性作出下调(例如去除断路器保护出口的逻辑与关系,仅保留断路器机构跳闸出口),即可确保单相瞬时接地故障事件在试点厂站(线路)更高的判断率。

## 4 结 语

前面对电力系统电网事件产生的监控信息常见规律进行整理分析,建立起基础监控信息规则库是信息事件化的基础。对关联规则进行算法描述,形成可执行规则脚本库启动信息事件化流程。进一步建立信息-事件关联引擎,研究序列信息关联事件方法,形成信息-事件匹配规则。持续研发信息-事件关联规则库逻辑编辑模块,建立逻辑自检机制。研究事件检测机制,建立起规则库通用接口,从而形成完整构建维护及应用链条。

表4 事件展示界面预演示

时间	电网事件	事件信号集	关联设备1	关联设备2	关联设备3	关联设备4
2015-06-25 18:24:49	榄普一线线路瞬时单相接地故障(单跳重合成功)	1号事件信号集 2号事件信号集 3号事件信号集 .....	四川. 榄普/ 500 kV. 5053 断路器	四川. 榄普/ 500 kV. 5052 断路器	四川. 普提/ 500 kV. 5053 断路器	四川. 普提/ 500 kV. 5052 断路器

表5 典型单相瞬时接地故障

时间	甲厂站	乙厂站	线路名称	事件	结果判断
09-04 21:10:14	康定变电站	丹巴变电站	丹康一线	单相瞬时接地故障	1
09-04 21:10:13	康定变电站	丹巴变电站	丹康一线	单相瞬时接地故障	1
06-25 18:25:01	橄榄变电站	普提变电站	榄普一线	单相瞬时接地故障	1
06-17 19:24:51	九龙变电站	石棉变电站	九石二线	单相瞬时接地故障	1
05-21 02:37:48	九龙变电站	石棉变电站	九石一线	单相瞬时接地故障	1
05-12 17:03:05	九龙变电站	石棉变电站	九石二线	单相瞬时接地故障	0
03-10 18:53:44	九龙变电站	石棉变电站	九石二线	单相瞬时接地故障	1
03-08 14:19:15	康定变电站	丹巴变电站	丹康一线	单相瞬时接地故障	1
02-04 20:34:44	康定变电站	丹巴变电站	丹康一线	单相瞬时接地故障	1
01-03 11:48:41	橄榄变电站	普提变电站	榄普二线	单相瞬时接地故障	1

(下转第81页)

积污特性进行对比分析研究,进一步优化绝缘子片数,降低线路投资是今后500 kV输电线路绝缘配合研究应重点关注的方面。

参考文献

[1] 廖永力,张福增,李锐海,等. 特高压直流输电线路外绝缘设计若干问题研究[J]. 南方电网技术, 2013, 7(1): 39-43.

[2] 张搏宇,殷禹,张翠霞,等. 高海拔线路避雷器的绝缘配合研究[J]. 电磁避雷器, 2017(4): 23-27.

[3] 罗强,王强,罗鸣,等. 高海拔500 kV输电线路绝缘子污闪特性试验研究[J]. 四川电力技术, 2018, 41(3): 25-30.

[4] 唐巍,梁明. 重冰区±800 kV特高压直流线路绝缘配合研究[J]. 新型工业化, 2016, 6(11): 93-99.

[5] 张福增,李锐海,王国利,等. 高海拔特高压线路绝缘子的直流污闪特性[J]. 南方电网技术, 2011, 5(1): 29-32.

[6] 周刚,李字明. 高海拔地区架空输电线路的绝缘配置[J]. 高电压技术, 2007, 33(12): 205-207.

[7] 周安春,李字明,何长华. 高海拔地区架空输电线路外绝缘和塔头空气间隙计算[J]. 电力建设, 2011, 32(1): 38-40.

[8] 孙才新,舒立春,蒋兴良,等. 高海拔、污秽、覆冰环境下超高压线路绝缘子交直流放电特性及闪络电压校正研究[J]. 中国电机工程学报, 2002, 22(11): 115-120.

[9] 周军,关志成,王黎明,等. 高海拔条件下大吨位线路绝缘子污闪特性研究[J]. 高电压技术, 2004, 30(6): 1-3.

[10] Raji Sundararajan, Robert W Nowlin. Effect of Altitude on the Flashover Voltage of Contaminated Insulators [C]. Proceedings of CEIDP, San Francisco, USA: University of

California at San Francisco, 1996: 433-436.

[11] 张福增,赵锋,杨皓麟,等. 高海拔地区直流输电线路外绝缘特性研究[J]. 高电压技术, 2008, 34(10): 2113-2117.

[12] 吴光亚,蔡炜,卢燕龙,等. 交流输电线路绝缘子串片数的选择[J]. 高电压技术, 2002, 28(2): 21-23.

[13] 南敬,徐涛,万小东,等. 人工模拟自然横风条件下绝缘子快速积污特性[J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(11): 3323-3330.

[14] 吕玉坤,赵伟萍,庞广陆,等. 典型伞型瓷及复合绝缘子积污特性模拟研究[J]. 电工技术学报, 2017, 33(1): 209-216.

[15] 杨帅,周文俊,李涵,等. ±800 kV 楚穗特高压直流线路复合绝缘子自然积污特性[J]. 高电压技术, 2018, 44(3): 952-958.

[16] 张志劲,刘小欢,蒋兴良,等. 污秽不均匀度对XP-160绝缘子串交流闪络特性的影响[J]. 高电压技术, 2013, 39(2): 280-286.

作者简介:

唐巍(1979),高级工程师,从事架空输电线路设计和研究工作;

梁明(1973),教授级高级工程师,从事架空输电线路设计和研究工作;

盛道伟(1982),硕士,高级工程师,从事架空输电线路设计和研究工作;

霍锋(1979),博士,高级工程师,从事超高压输变电外绝缘技术、高压试验技术的研究工作;

刘从法(1979),硕士,高级工程师,从事架空输电线路设计和研究工作。

(收稿日期: 2019-06-12)

(上接第76页)

充分利用主站监控系统信号,分析存储历史数据规律,多维数据相互印证,更大程度发掘系统组合分析优势,将本侧、对侧信号相结合,形成发散型信息关联,将局域信息转化成为广域事件,逐步完善信息-事件匹配规程,提高信息事件推演准确性。

实践证明,通过监控信息事件化可以帮助监控人员第一时间判断出电网故障情况并给出事件预警,部署该功能只需采集现有的监控信息,结合核心算法推演出事件,便于监控人员实时掌握现场情况,极大方便电网事件监视与分析,提高电网安全运行水平。

参考文献

[1] 李田. 数据挖掘技术及其在电力行业过程监控中的应用[J]. 科技与创新, 2019(2): 144-145.

[2] 许振飞,邵明锋,张梅,等. 对电力信息通信系统监控模型设计及应用的探讨[J]. 电子世界, 2018(24): 177-178.

[3] 张金荣,刘孝旭,虞国元,等. 变电站后台监控信息的分层分类监视[J]. 农村电气化, 2011(6): 44-45.

[4] 李海燕. 电力系统调度监控一体化运行探究[J]. 通信电源技术, 2018, 35(10): 271-272.

作者简介:

代宇涵(1989),硕士研究生,现从事调度自动化技术支持工作。

(收稿日期: 2019-04-08)