

基于告警信息的保护跳闸识别方法研究

段翔兮¹, 何锐², 李小鹏¹, 冯世林¹, 吴海瑕³

(1. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610041;

2. 国网四川省电力公司, 四川 成都 610041; 3. 西昌电力工程有限责任公司, 四川 凉山 615000)

摘要: 针对目前保护跳闸事件发生后主要依靠人工梳理告警信号来识别事件类型和漏发信号费时费力的问题, 提出了构建保护跳闸序列比对模块。首先, 构建了各类保护跳闸事件的标准序列模板; 然后, 设计了序列比对算法, 实现了待匹配序列与标准序列模板的对比; 最后, 输出事件类型和漏发信号。通过算例证明了方法的有效性, 同时进行了模块的设计与实现, 通过实用化证明了该方法的准确性和快速性。

关键词: 跳闸事件; 序列比对; 事件类型; 漏发信号

中图分类号: TM93 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2020)02-0036-05

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2020.02.008

Research on Protection Tripping Identification Method Based on Alarm Signal

Duan Xiangxi¹, He Rui², Li Xiaopeng¹, Feng Shilin¹, Wu Haixia³

(1. State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan, China

2. State Grid Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610041, Sichuan, China;

3. Xichang Electric Power Engineering Co., Ltd., Xichang 615000, Sichuan, China)

Abstract: Nowadays, after the happening of protection tripping event, it mainly depends on the manual sorting of alarm signals to identify the event type and missed signals, which is resulting in the wasting of time and labour. In order to solve this problem, a comparison module of protection tripping sequence is proposed. First of all, the standard sequence models for various protection tripping events are constructed, and then, a sequence alignment algorithm is designed which realizes the comparison between the matching sequence and the standard sequence model. Finally, the event type and missed signals are output. The effectiveness of the proposed method is demonstrated by numerical examples, meanwhile the modules are designed and implemented, and the accuracy and rapidity of the proposed method are proved by practical application.

Key words: tripping event; sequence alignment; event type; missed signal

0 引言

目前保护跳闸事件发生后,在调控主站主要依靠调控人员人工梳理告警信号来识别跳闸事件的类型和漏发信号等^[1-2]。特别是超高压输电线路送电距离长,经常跨越不同地形,易受风力、外力影响发生故障,发生故障后,依赖保护的准确快速动作来切除故障;保护能否正确动作直接影响着电网的安全可靠运行^[3-5]。在实际调控运行中,调控人员根据故障后保护跳闸序列中的保护动作信息和开关动作

信息判断故障情况和保护的動作情况。目前超高压线路普遍配置了双重化保护,在故障发生后,保护动作信息、开关动作信息和其他伴随信息将在短时间内频发至告警窗^[6-7]。面对短时间频发的诸多告警信息,调控人员单纯依靠人工识别,很难迅速识别出这些告警信息是否完全正确,也无法及时判断有无漏发信号,影响了对故障和保护动作情况的及时判断与处置^[8-10]。

目前国内外还没有基于告警信息对保护跳闸事件进行自动识别的方法。为解决调控人员人工识别保护跳闸序列中保护和开关动作信息费时费力、难

以迅速判断有无漏发信号的问题,提出对保护跳闸序列比对的方法,并对所提方法进行了模块化的设计与实现,建立了跳闸事件标准序列模板。基于序列比对算法,根据信号特征建立事件触发条件并进行序列比对,通过计算机进行了算法功能实现,经过实用化证明了所提方法的有效性和可靠性。

1 序列比对算法

序列比对算法是主要功能实现的关键,通过长期的系统运行经验和算法总结,形成了如图 1 所示的流程图。

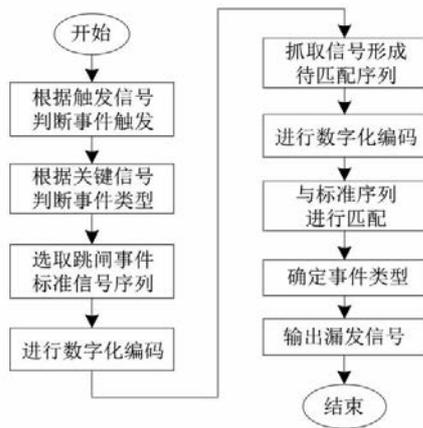


图 1 序列对比算法总体流程

首先,根据监控告警信号中的“间隔事故汇总”和“断路器事故分闸信号”作为触发条件判断跳闸事件的发生;然后,采集该信号前后各 2 min 内触发的所有告警信号,根据关键信号判断跳闸事件的类型,比如线路跳闸、主变压器跳闸、电容器跳闸等;再根据事件类型选取相应跳闸事件的标准信号序列,同时对标准信号序列和待匹配序列进行数字化编码;最后,将标准信号序列和待匹配序列进行匹配,确定事件类型,判断是否有漏发信号并输出结果。

2 保护跳闸事件

在所有跳闸事件中,发生最多的为线路保护的跳闸事件,因此,以高压交流线路保护跳闸为例,其跳闸逻辑见图 2 所示。

图 2 中,当事件触发后,根据跳闸后重合闸的动作情况,分别生成故障无重合闸、重合闸成功和重合

闸失败 3 种情况下的跳闸事件模板,并分别记为 M1、M2 和 M3;对模板 M1、M2 和 M3 中的保护和开关动作信息进行融合处理,生成总跳闸事件模板 MT,并对其中的保护和开关动作信息进行数字编码,生成数字集合 QT1、QT2、QT3 和 QT。

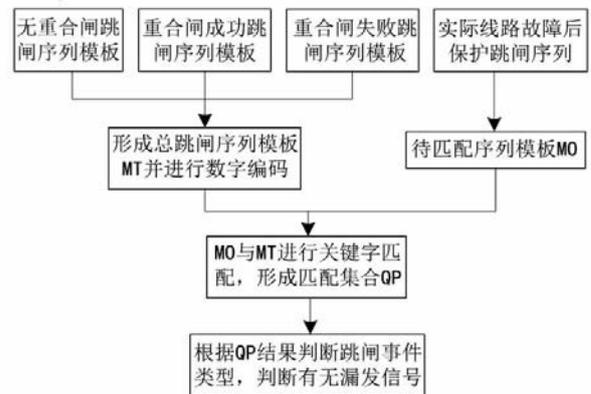


图 2 线路保护跳闸逻辑

收集实际线路保护跳闸时间前后各 2 min 内和该线路相关的保护和断路器动作信息,生成待匹配序列 MO。将待匹配序列 MO 中的信息依次与总模板 MT 中的信息进行关键字匹配,如果匹配上 MT 中的某条信息,则将该信息的数字编码记录下来,生成待匹配序列 MO 对应的匹配集合 QP。再根据匹配集合 QP 对跳闸事件类型进行识别,确定实际的跳闸事件类型。

根据实际的跳闸事件类型,将匹配集合 QP 与实际跳闸事件类型对应的数字集合进行比较,完成序列识别,判断有无漏发信号。

生成的故障无重合闸、重合闸成功和重合闸失败 3 种跳闸事件模板 M1、M2 和 M3 中,M1 包括无重合闸和断路器合闸信息,M2 包括重合闸或断路器合闸信息,M3 包括重合闸或断路器合闸信息或断路器分闸信息,且断路器分闸信息比合闸信息多 1 次。

上述步骤中,对模板 M1、M2 和 M3 中的保护和开关动作信息进行融合处理,生成总跳闸事件模板 MT,形成过程如下。

M1 中共有 a 条告警信息:

$$M1 = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, \dots, x_a\} \quad (1)$$

M2 中共有 b 条告警信息:

$$M2 = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, \dots, x_b\} \quad (2)$$

M3 中共有 c 条告警信息:

$$M3 = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, \dots, x_c\} \quad (3)$$

则形成的总模板 MT 为

$$MT = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, \dots, x_d\}, \quad (d = \max\{a, b, c\}) \quad (4)$$

对总模板 MT 中的保护和开关动作信息按照不同类型进行数字编码,编码过程如下。

M1 中共有 a 条告警信息:

$$QT1 = \{1, 2, 3, 4, 5, \dots, a\} \quad (5)$$

M2 中共有 b 条告警信息:

$$QT2 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots, b\} \quad (6)$$

M3 中共有 c 条告警信息:

$$QT3 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \dots, c\} \quad (7)$$

MT 中有 d 条告警信息:

$$QT = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \dots, d\}, \quad (d = \max\{a, b, c\}) \quad (8)$$

将待匹配序列 MO 中的信息依次与总模板 MT 中的信息进行关键字匹配,匹配过程如下。

MO 中包含的信息有:

$$MO = \{e, f, g, h, i\}, \quad (0 < e < f < g < h < i < d) \quad (9)$$

式中, e, f, g, h, i 为匹配信息编码。

通过与 MT 匹配,形成的匹配集合:

$$QP = \{e, f, g, h, i\} \quad (10)$$

根据匹配集合 QP 对跳闸事件类型进行识别确认,识别过程如下:

1) QP 中没有重合闸和断路器合闸信息,判断事件类型为故障无重合闸;

2) 有重合闸或有断路器合闸信息和断路器分闸信息,且断路器分闸信息比合闸信息多 1 次,判断事件类型为重合闸失败;

3) 有重合闸或有断路器合闸信息和或断路器分闸信息,且断路器分闸信息的次数小于或等于合闸信息的次数,判断事件类型为重合闸成功。

3 算 例

以四川省内某条 220 kV 线路为例,该线路故障后,保护和断路器动作信息所形成的跳闸序列模板

分别如表 1 至表 3 所示,形成的模板分别为 M1、M2 和 M3。

表 1 220 kV 线路故障保护动作且无重合闸

序号	厂站	间隔	设备	主站信号	备注
1	A 站	线路	1 号保护	{电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}保护出口	
2	A 站	线路	1 号保护	{电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}A 相跳闸 {电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}B 相跳闸 {电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}C 相跳闸	故障相
3	A 站	线路	2 号保护	{电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}保护出口	
4	A 站	线路	2 号保护	{电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}A 相跳闸 {电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}B 相跳闸 {电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}C 相跳闸	故障相
5	A 站	线路	断路器	{断路器编号}A 相跳闸位置 {断路器编号}B 相跳闸位置 {断路器编号}C 相跳闸位置	

表 2 220 kV 线路故障保护动作且重合闸成功

序号	厂站	间隔	设备	主站信号	备注
1	A 站	线路	1 号保护	{电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}保护出口	
2	A 站	线路	2 号保护	{电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}保护出口	
3	A 站	线路	断路器	{断路器编号}A 相跳闸位置 {断路器编号}B 相跳闸位置 {断路器编号}C 相跳闸位置	故障相
4	A 站	线路	1 号保护	{电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}重合闸出口	
5	A 站	线路	2 号保护	{电压等级}{间隔编号}{设备编号}{型号}重合闸出口	
6	A 站	线路	断路器	{断路器编号}A 相合闸位置 {断路器编号}B 相合闸位置 {断路器编号}C 相合闸位置	故障相

对表 1 至表 3 中的保护和断路器动作信息进行融合处理,形成总跳闸事件模板 MT,并对每条信息进行数字编码,如表 4 所示。

表3 220 kV 线路故障保护动作且重合闸失败序列

序号	厂站	间隔	设备	主站信号	备注
1	A站	线路	1号保护	{电压等级}{间隔编号} {设备编号}{型号}保护出口	
2	A站	线路	2号保护	{电压等级}{间隔编号} {设备编号}{型号}保护出口	
3	A站	线路	断路器	{断路器编号}A相跳闸位置 {断路器编号}B相跳闸位置 {断路器编号}C相跳闸位置	故障相
4	A站	线路	1号保护	{电压等级}{间隔编号} {设备编号}{型号}重合闸出口	
5	A站	线路	2号保护	{电压等级}{间隔编号} {设备编号}{型号}重合闸出口	故障相
	A站	线路	断路器	{断路器编号}A相合闸位置 {断路器编号}B相合闸位置 {断路器编号}C相合闸位置	故障相
7	A站	线路	1号保护	{电压等级}{间隔编号} {设备编号}{型号}保护出口	后加速
8	A站	线路	2号保护	{电压等级}{间隔编号} {设备编号}{型号}保护出口	后加速
9	A站	线路	断路器	{断路器编号}A相跳闸位置 {断路器编号}B相跳闸位置 {断路器编号}C相跳闸位置	三相

表4 220 kV 线路保护跳闸标准序列

总跳闸事件模板 MT 序列信息	数字编码
* 第一套.* 保护.* 出口.* 动作* .	1
* 第二套.* 保护.* 出口.* 动作* .	2
* 断路器.分闸.*	3
* 第一套保护.* 重合闸.* 动作.*	4
* 第二套保护.* 重合闸.* 动作.*	5
* 断路器.合闸.*	6

以某实际 220 kV 线路故障后的跳闸序列为例,形成待匹配序列 MO,如表 5 所示。

将待匹配序列 MO 中的信息依次与表 4 中总模板 MT 中的信息进行关键字匹配,如果匹配上 MT 中的某条信息,则将该信息的数字编码记录下来,形成待匹配序列 MO 对应的匹配集合 QP。QP 中有重合闸、断路器合闸和断路器分闸信息,且断路器分闸信息与合闸信息数量相等,判断事件类型为故障后重合闸成功。同时,跳闸事件齐全,未发现漏发信息。

表5 某 220 kV 线路故障保护跳闸待匹配序列 MO

1	“2017-07-08 18:39:37 220kV.* * 二线/第一套保护 WXH-803 保护出口 动作”
2	“2017-07-08 18:39:42 220 kV.* * 二线/第二套保护 RCS-902A 保护出口 动作”
3	“2017-07-08 18:39:42 220 kV.269 断路器/间隔事故信号 复归”
4	“2017-07-08 18:39:42 269 断路器分闸”
5	“2017-07-08 18:39:42 全站事故总 复归”
6	“2017-07-08 18:39:42 269 断路器分闸”
7	“2017-07-08 18:39:42 220kV.* * 二线/第一套保护 WXH-803 重合闸出口 动作”
8	“2017-07-08 18:39:42 220 kV.* * 二线/第二套保护 RCS-902A 重合闸出口 动作”
9	“2017-07-08 18:39:42 公用信号/500 kV 2 号故障录波器录波启动 复归”
10	“2017-07-08 18:39:43 220 kV.269 断路器关/保护三相不一致状态 复归”
11	“2017-07-08 18:39:43 220 kV.269 断路器/保护三相不一致状态 动作”
12	“2017-07-08 18:39:43 269 断路器合闸”
13	“2017-07-08 18:39:43 220 kV.269 断路器/储能电机运转 动作”
14	“2017-07-08 18:39:43 269 断路器合闸”
15	“2017-07-08 18:39:43 220 kV.269 断路器/油压低合闸闭锁 告警”
16	“2017-07-08 18:39:43 220 kV.269 断路器/油压低合闸闭锁 复归”

将待匹配序列 MO 中的信息依次与表 4 中总模板 MT 中的信息进行关键字匹配,如果匹配上 MT 中的某条信息,则将该信息的数字编码记录下来,形成待匹配序列 MO 对应的匹配集合 QP。QP 中有重合闸、断路器合闸和断路器分闸信息,且断路器分闸信息与合闸信息数量相等,判断事件类型为故障后重合闸成功。同时,跳闸事件齐全,未发现漏发信息。

4 模块实现

基于国产的达梦数据库和 JAVA 编程语言进行模块的设计与实现。目前序列比对的主要逻辑部分使用变形的责任链模式实现。输入的告警数据将会在各模板类型的实例间逐个传递,直至有模板声明其能够处理此数据。在模板中,被确定为跳闸事件的信号序列会逐一通过正则表达式匹配的方式与模

板中的模板信号进行比对,得到序列比对的结果。同时,含有重合闸逻辑的模板也会通过索引数查询方式,在确定的跳闸事件信号序列集合中索引间隔ID相同的全部事故分闸信号与合闸信号,并作出重合闸情况判断。

在图3、图4展示的序列比对结果中可以看到,序列比对结果详细地呈现出了当前跳闸事件原始信号序列与模板信号序列的比对情况。若当前跳闸事件有漏发信号,经过序列比对,可以清晰地看出漏发信号的内容以及在模板中的索引位置。并且,包含重合闸逻辑的跳闸事件(如线路跳闸事件)也会精准判断出跳闸后的重合闸情况。同时,该模块具备跳闸数据统计分析及日志导出功能,避免了调控人员人工记录的繁琐。



图3 输出事件报告

时间	地区	变电站	线路或设备	开关	电压等级	事件类型	漏发信号
2020-01-05 06:04:31	A地	A变电站	AB线	265开关	220kV	线路跳闸-重合闸成功	第一套保护 A/B/C相跳闸, 第二套保护 A/B/C相跳闸
2020-01-05 07:08:51	B地	B变电站	BA线	265开关	220kV	线路跳闸-重合闸成功	第一套保护 A/B/C相跳闸, 第二套保护 A/B/C相跳闸

图4 数据统计报告输出

由上述可知,该模块可以准确且快速地识别保护跳闸序列中的保护和断路器动作信息,迅速判断有无漏发信号,为及时处理故障提供支撑。

该方法及模块与现有技术相比,具有如下的优点及效益:

1) 将人工识别跳闸序列转换为了自动识别,提高保护跳闸序列识别效率和准确性,及时发现有无

漏发信号,加快故障处理;

2) 不需要增加新的设备,只需要增加一个跳闸序列识别模块即可,不影响调控人员监盘;

3) 使调控人员识别保护跳闸序列中保护和断路器动作信息省时省力,更易迅速判断有无漏发信号的问题。

5 结 语

通过所提出的跳闸序列比对算法实现了保护跳闸自动判别,解决了目前调控人员人工识别保护跳闸事件中的保护和断路器动作信息费时费力、难以迅速判断有无漏发信号的问题,提高保护跳闸序列识别效率和准确性,加快故障处理。同时,进行了代码实现,设计并实现了跳闸序列比对模块,仅需在监控界面增加一个模块,将人工识别跳闸序列转换为自动识别,实用化效果良好。可推广至所有调控机构,潜力巨大。

参考文献

- [1] 汪洋,张玉,李磊. 电网调度智能监控及防误技术研究[J]. 山东工业技术,2019(19):168.
- [2] 李明翔. 电网调度智能监控与事故处理辅助决策[J]. 城市建设理论研究,2019(11):3.
- [3] 林湘宇,刘畅,汪致洵,等. 基于动态权重修正D-S证据理论的最后断路器多判据保护跳闸策略[J]. 中国电机工程学报,2018,38(9):2609-2621.
- [4] 蒋红亮,吕飞鹏. 基于图论的智能变电站战域后背保护跳闸策略[J]. 电气技术,2017(12):24-29.
- [5] 肖燕. 新一代智能变电信息流架构设计[J]. 中国电机工程学报,2016,36(5):1245-1251.
- [6] 牛晓玲. 基于大电网的智能调度控制系统的智能告警设计[J]. 微型电脑应用,2019,35(7):118-120.
- [7] 肖艳炜. 基于大电网的智能调度控制系统智能告警设计研究[J]. 自动化与仪器仪表,2019(2):29-32.
- [8] 林志贤. 基于调度智能指挥平台的电网信息监控方式研究[J]. 大众用电,2019(6):23-25.
- [9] 于军,吴金祥,罗茂嘉,等. ABB保护跳闸出口自保持继电器监视功能的实现[J]. 浙江电力,2012(12):24-27.
- [10] 马静,裴迅,马伟,等. 基于方向权重的后备后备保护跳闸策略[J]. 电力自动化设备,2015,35(10):107-112.

作者简介:

段翔兮(1991),博士研究生,助理工程师,主要研究领域为电力大数据和人工智能。

(收稿日期:2020-02-24)