

一种基于多源信息的电网故障分析方法

电力系统现有各种故障分析系统数据源单一，各自独立运行，缺乏综合分析机制，导致对故障进行分析和处理的过程中难免不够全面，对保护动作正确性也缺乏一定的分析判断。为进一步加强电网故障分析水平，对电网故障进行更加全面的分析，介绍了一种基于多源信息的电网故障综合分析方法，对多个故障信息源的信息进行时间对齐后，验证故障信息可靠性，同时利用典型的故障过程进行保护动作正确性分析，很好地解决了故障录波主站系统、保护信息主站系统和SCADA系统进行故障分析时信息来源单一、缺乏综合分析的问题，有效提高了故障分析准确性及全面性。

陈祥文 王英英 李 勇/华中电网公司
李 敏 黄 勇/武汉中元华电科技股份有限公司

0 引言

我国电力正处于一个高速发展的时期，电力系统迅速发展，受端负荷持续增长，跨区域联网规模扩大，加之电力工业市场化改革以及受生态环境约束的影响，使得电网的运行方式日趋复杂，电网状态趋近其运行极限，系统运行的不稳定因素增多，出现偶发故障引发的大规模停电风险升高，这无疑给电网故障诊断提出了新的挑战^[1]。

目前，各电网公司相继建立SCADA系统、故障录波主站和保护信息主站等故障分析系统，这些传统的故障分析系统有自己独立的告警逻辑和故障判断依据，但往往局限于信息来源不足，缺乏综合分析和故障评价手段^[2]。

本文提出了一种基于多源故障信息的故障综合分析方法，对多个故障信息源的信息进行时间对齐后，验证故障信息可靠性，同时利用典型的故障过程进行保护动作正确性分析，很好地解决了

故障录波主站系统、保护信息主站系统和SCADA系统进行故障分析时信息来源单一、缺乏综合分析的问题。

1 故障信息源简介

电力系统各类二次设备采集的信息为故障分析提供了充足的数据，这些二次设备将电网的实时信息上送给不同的故障分析系统，调度端的故障分析系统获得的原始数据及初步分析结果构成了本方法的多元化的数据源。

1.1 SCADA系统

SCADA系统作为能量管理系统（EMS系统）的一个最主要的子系统，能够实时掌握电力系统运行状态，在故障的第一时间将电网拓扑变化的情况和保护装置的动作情况通知电网运行人员。对提高电网运行的可靠性、安全性与经济效益，实现电力调度自动化与现代化，以及提高调度效率和水平方面有着不可替代的作用。

多源故障分析主要利用SCADA系统的事件顺序记录（SOE）信息，包含电网断路器的变化记录及继电保护动作状态，这些信息可从SCADA系统的SOE记录表中获取。

1.2 故障录波主站系统

电力系统故障录波装置可在系统发生故障时，自动、准确地记录故障前后过程中各种电气量的变化情况，通过这些电气量的分析、比较，对分析处理事故、提高电力系统安全运行水平均有着重要作用。故障录波主站系统实时获取



陈祥文/高级工程师

关键词/Keywords

多源信息·
时间对齐·
综合分析·
保护动作正确性·

所有变电站内故障录波装置记录的波形数据，并加以分析处理，形成基本的故障分析结果。

多源故障分析利用故障录波主站系统的初步分析结果及原始的故障录波数据，这些信息可通过消息总线和文件服务进行获取。

1.3 保护信息主站系统

保护信息主站系统采集的信息主要是全网保护动作信息。在站内，保护信息子站实时收集继电保护动作信息，并对其进行记录、管理，然后将这些信息上送给保护信息主站。保护信息主站系统对保护信息进行整理，分析，可得到以故障为单位的详细保护动作报告。

多源故障分析利用保护信息主站系统的详细保护动作报告，可通过消息总线和文件服务进行实时获取。

2 多源时间对齐方案

在实际生产运行过程中，由于时钟源的差异，每个变电站时间是有差别的。即使在同一变电站内，由于时钟装置的不稳定性及被授时设备本身的对时问题，变电站内部各装置的时间也是不一样的。为了准确、有效地综合利用各个数据源的数据进行故障分析，首先必须将各故障信息源数据的时间按一定的规则进行对齐。

根据电力系统故障发生时的典型特征，结合从各数据源获取的消息内容，可以用如下两种方法进行多源数据对齐。

2.1 根据断路器跳闸时刻进行对齐

该方法适用于SCADA系统信息和故障录波系统信息进行时间对齐。从SCADA系统中的SOE记录中可以获取故障时断路器动作状态信息，同时根据故障相电流的突变可以从故障录波文件中准确判断断路器跳闸时刻，两者的共性保证时间对齐的可行性。

以线路故障为例，考虑线路故障断路器失灵时的断路器动作情况，时间对齐方法为：从故障录波系统发送的故障报告中获取故障线路ID，根据故障线路ID可以获得故障设备两端的断路器

ID，在SCADA系统发送的SOE记录中，获取对应厂站的断路器跳闸记录，认为此记录时间和录波波形中故障相电流突变时刻反映的是同一个时刻，即可将两个故障信息源时间对齐。同时，如果发生断路器失灵情况，则需要找到失灵保护跳断路器的相应记录和录波波形进行对齐。时间对齐流程如图1所示。

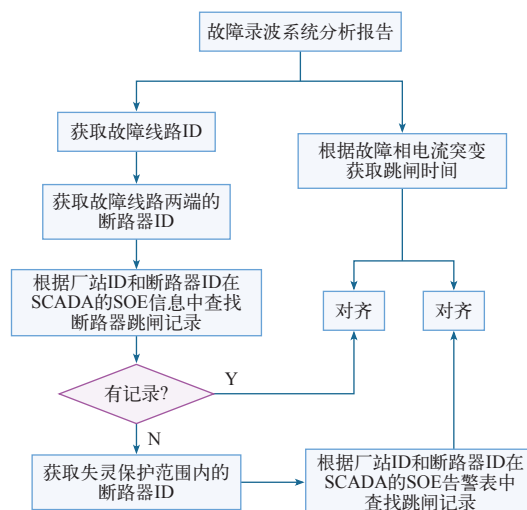


图1 根据断路器跳闸时刻进行时间对齐流程

2.2 根据保护动作匹配进行对齐

该方法适用于SCADA系统信息和保护信息主站信息进行时间对齐。SCADA系统中的SOE记录和保护信息主站发送的保护动作报告中均有保护动作信息。在现有的电力生产条件下，电力系统暂时还没有定义详细的保护动作模型，系统获取的信息中是字符串形式的保护动作记录。可采用字符串匹配的方式找到两个故障信息源相同的保护动作信息，根据这些保护信息可将两个故障信息源的时间对齐。

该方法根据关键字进行保护动作信息匹配，匹配方法如下。

第一步：从保护动作报告中提取保护型号。在装置型号中查找关键字：RCS、PCS、CSC、SSR和PSL等；获取上述关键字后的数字，如931、602和943，忽略空格、‘-’字符。

第二步：在SCADA的SOE记录中筛选包含上述关键字和数字的记录，如包含RCS和931的记录。

第三步：在保护动作报告和上述筛选的SOE记录中查找同时包含以下两类关键字字符串的记录。保护类：差动、纵差、速断、加速、失灵、死区和接地距离I段/II段/III段等；动作描述类：动作、出口和起动等，如两个源都包含差动和动作。

第四步：根据其中一个匹配项对齐或者综合多个匹配项进行时间对齐。

3 多源故障分析

传统的故障分析系统如保护信息主站、故障录波系统均只能侧重于单一的方面进行故障分析，保护信息主站利用从站内保护信息子站收到的保护动作信息组合分析形成保护动作报告，仅能反映保护装置的动作过程；故障录波系统利用从站获取的录波波形进行故障分析，其分析原理基于模拟量和开关量的突变，保护信息基本不用于分析。

多源故障分析综合利用SCADA系统、保护信息主站和故障录波系统的故障信息进行综合分析，利用各个源信息的独立性、多样性和冗余性特征，相互印证、综合处理，得到详细准确的故障基本信息。同时，结合各故障信息源发送的全面故障数据，能从一定程度上分析验证保护/断路器动作正确性，使分析结果更加全面。

3.1 故障源信息可靠性

在多源故障分析中，每个源系统在部署、运行及管理方式等方面的独立性以及传输接口、通信方式的稳定性差异，甚至站内数据源端装置的缺陷均有可能导致源信息的不可靠，在特殊情况下收到错误的故障数据，如果不加以判断、验证，会直接影响分析结果。

多源分析可以利用每个源信息的冗余性验证信息的可靠性，处理策略如下。有两个及以上信息源发送同一信息，则认为该信息是可靠信息；仅有一个信息源发送的信息，先不参与分析，故障分析结束后，根据故障分析结果，反向验证该条信息的可靠性。

3.2 保护动作正确性分析

经过时间对齐和故障信息的可靠性验证，可以明确保护动作和断路器动作的先后时间关系，从而根据典型故障过程，从一定程度上分析保护和断路器动作的正确性。

以线路故障为例，典型线路故障过程示意图如图2所示。

对于主保护或速断保护正常动作的情况，200 ms内断路器跳闸，且跳闸前有保护动作；在700~1 500 ms之间断路器重合闸，且重合闸之前有重合闸动作。对于不符合这些特征的故障情况，即有动作异常情况。假设故障线路

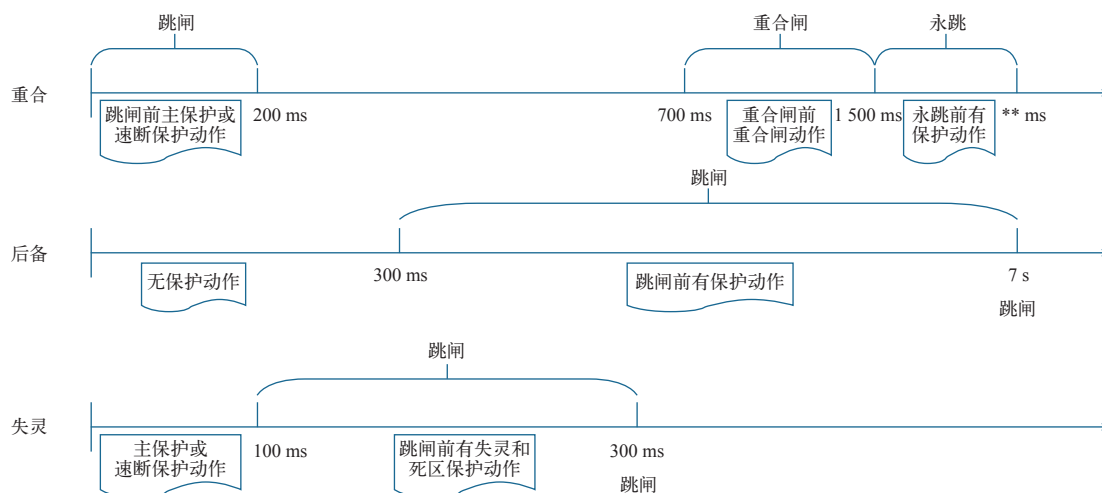


图2 典型线路故障示意图

两端厂站为A站和B站，具体分析结果如下表 所示。

表 主保护正确动作情况下的分析结果

200 ms内A端跳闸	200 ms内B端跳闸	A端跳闸前有A端保护动作	B端跳闸前有B端保护动作	结论
Y	Y	Y	Y	A厂站主保护或者速断保护动作正确
				B厂站主保护或者速断保护动作正确
				A厂站断路器动作正常
				B厂站断路器动作正常
Y	Y	Y	N	A厂站主保护或者速断保护动作正确
				B厂站主保护或者速断保护动作异常
				A厂站断路器动作正常
				B厂站断路器动作正常
Y	Y	N	Y	B厂站主保护或者速断保护动作正确
				A厂站主保护或者速断保护动作异常
				B厂站断路器动作正常
				A厂站断路器动作正常

同理，对于有后备保护动作的故障过程，分析过程如下。300 ms前无保护动作，跳闸时间在300 ms~7 s之间，且300 ms至跳闸前有保护动作，则判定故障设备主保护拒动；300 ms前有保护动作，且故障未切除，则判定断路器拒动。

对于断路器失灵、死区保护动作过程，分析过程如下。100~300 ms有断路器跳闸，100 ms前有保护动作，100 ms至跳闸前有失灵或者死区保护动作，则判断断路器失灵、拒动，主保护或速断保护动作正常，失灵或死区保护动作正常。

对于变压器故障和母线故障，可按同样方法进行保护动作正确性分析，从而得到详细的分析报告，为运行人员提供更全面的故障报告，为恢复供电提供依据。

4 结束语

提出了一种基于多源故障信息的故障综合分析方法，对多个故障信息源的信息进行时间对齐后，验证故障信息的可靠性，同时利用典型的故障过程进行保护动作正确性分析，很好地解决了故障录波主站系统、保护信息主站系统和SCADA系统进行故障分析时信息来源单一、缺乏综合分析的问题。该方法已在华中电网公司投入试验运行，有效提高了运行人员的故障处理效率。

参考文献

[1] 傅鸿志，朱祖仪．关于电网时间统一系统的探讨[J]．电力系统自动化，1994，18（10）：44-46．

[2] 李兆飞，陈青．采用多源信息的电网故障诊断方法与研究[D]．济南：山东大学，2013．

（收稿日期：2015-08-26） **EA**

.....

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告