

电压互感器递进式二次核相流程的研究

尚柳¹,张韶光¹,王焯²,王乐¹,闫奕璇³,王昭雷¹

(1. 国网河北省电力有限公司检修分公司,河北 石家庄 050071;2. 华能国际电力股份有限公司上安电厂,河北 石家庄 050310;
3. 国网河北省电力有限公司平山县供电分公司,河北 石家庄 050400)

摘要:无线二次核相仪器的使用显著缩减了人力和时间,但在智能分析方面存在不足。针对电压回路接线错误时无法为作业人员提供指导的问题。通过汇总某相线和中性线接错、两相线接错、三相全部接错的3类典型错误,提出了对采样数据按照幅值、对称性、相序和相位4个环节开展递进式的智能分析方法,各环节反馈的信息可为作业人员消缺提供指导。

关键词:电压互感器;二次核相;智能分析;递进式

中图分类号:TM769 **文献标志码:**B **文章编号:**1001-9898(2021)01-0049-04

Study on Progressive Secondary Phase-check Process of TV

SHANG Liu¹,ZHANG Shaoguang¹,WANG Xuan²,WANG Le¹,YAN Yixuan³,WANG Zhaolei¹

(1.State Grid Hebei Electric Power Co.,Ltd.Maintenance Company,Shijiazhuang 050071,China;

2.Huaneng International Electric Power Co.,Ltd.Shang'an Plant,Shijiazhuang 050310,China;

3.State Grid Hebei Electric Power Co.,Ltd.Shijiazhuang Pingshan Power Supply Branch,Shijiazhuang 050400,China)

Abstract: The use of wireless secondary phase detector significantly reduces the manpower and time, but it is insufficient in intelligent analysis. The instrument cannot provide effective guidance for staff in error situations. This paper summarizes three kinds of typical errors including wrong connection of phase line and neutral line, two phase lines and three phase line. This paper presents a progressive intelligent method for the sampled data according to the amplitude, symmetry, phase sequence and phase. The feedback information of each link can provide guidance for operators.

Key words: voltage transformer; second phase-check; intelligent analysis; progressive

二次核相工作是检验电压互感器二次侧电压回路接线正确与否的最后一道防线,为设备二次电压的正确性提供了保障^[1-3]。

现阶段,单相无线二次核相仪器实现了无线代替有线,电压相位关系“可视化”,在电压二次回路正确的前提下,仪器的使用显著降低了人力和时间成本^[4]。但是,电压二次回路存在错误时,仍需依赖工作人员对向量图的分析 and 判断,另外,因现阶段的仪器仅支持单相电压的输入,核相期间需要频繁变更接线,单相显示的向量图也不利于工作人员分析错误原因。

因此,建议将单相输入扩展为三相输入,对采样的三相电压数据开展递进式分析、智能化判断,并将各环节中的异常反馈给作业人员,从而在二次回路存在错误时可为工作人员提供指导。

1 现场接线错误类型

结合现场工作,汇总了电压二次回路中存在的3类典型错误接线:

- 某相线和中性线接反,见图1(a)所示;
- 两相线接反,见图1(b)所示。V、W两相接反,三相电压仍然对称,但不是正序;
- 三相全部接错,见图1(c)所示。三相电压虽仍为正序,但与系统电压不同。

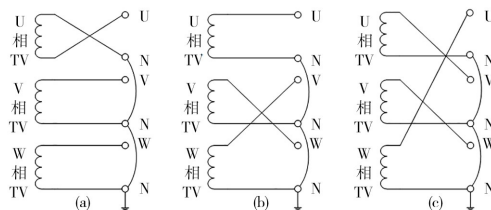


图1 典型的3类错误接线

收稿日期:2020-10-29

作者简介:尚柳(1987—),男,工程师,主要从事变电站继电保护技术工作。

需要说明的是现场出现的错误不仅限于图1中的3种。

2 递进式二次核相方法

2.1 获取采样数据

将电压由单相输入扩展为三相输入后,主表采集参考运行设备的三相电压瞬时值,副表采集新设备的三相电压瞬时值。主副表的采样频率均为1200 Hz,在一个工频周期内,主表和副表均可获取24个采样点。假设一个周期内副表采样新设备的第*i*时刻的三相电压瞬时值数据为 $U_U(i)$ 、 $U_V(i)$ 、 $U_W(i)$ ($i=1,2,\dots,24$),主表采样的参考设备第*i*时刻的三相电压瞬时值数据为 $U_u(i)$ 、 $U_v(i)$ 、 $U_w(i)$ ($i=1,2,\dots,24$)。

2.2 递进式判断流程

结合图1中的错误接线类型,通过以下4个步骤进行分析判断。

a. 检查新设备三相电压有效值是否在正常范围。根据现场工作经验,三相电压有效值应能满足公式(1)所示的要求,否则应检查试验接线或电压回路的二次接线是否正确。

$$\begin{cases} 55 \text{ V} \leq |U_U| \leq 65 \text{ V} \\ 55 \text{ V} \leq |U_V| \leq 65 \text{ V} \\ 55 \text{ V} \leq |U_W| \leq 65 \text{ V} \end{cases} \quad (1)$$

b. 检查新设备三相电压是否对称。若三相电压对称,理论上满足三相电压瞬时值代数和为0,考虑采样数据的误差,应满足式(2)所示的条件。

$$|U_U(i) + U_V(i) + U_W(i)| \leq 5 \text{ V} \quad (2)$$

c. 检查新设备三相电压是否为正序。当采样数据满足式(3)中的要求,则三相电压为正序^[5]。

$$\begin{cases} X_{UV} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [U_U(i) \times U_V(i + N/4)] \geq 0 \\ X_{VW} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [U_V(i) \times U_W(i + N/4)] \geq 0 \\ X_{WU} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [U_W(i) \times U_U(i + N/4)] \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

式中: $U_U(i + N/4)$ 表示U相第*i*次采样点后的1/4周期时刻的电压瞬时值; X_{UV} 表示U相和V相2个采样时刻瞬时电压乘积的平均值。 $U_V(i)$ 、 $U_W(i)$; $U_V(i + N/4)$ 、 $U_W(i + N/4)$; X_{VW} 、 X_{WU} 的含义与上述类同。

以 X_{UV} 为例,对于正序电压,U相电压超前V相电压 120° ,按照上述计算方法,V相逆时针旋转1/4周期后仍固定滞后U相 30° ,见图2。

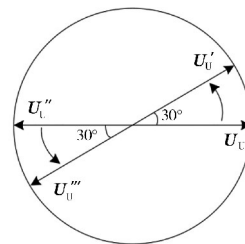


图2 正序电压 X_{UV} 分析

因V相始终滞后U相 30° ,图2中仅标注U相,不再标注V相。旋转一个周期过程中,假设*i*=1采样时刻是刚好是一个正弦波起始,一个周波内各采样点的 $U_U(i) \times U_V(i + N/4)$ 正负情况见式(4)所示。

$$\begin{cases} U_U(i) \times U_V(i + N/4) \leq 0 & 1 \leq i \leq 2 \\ U_U(i) \times U_V(i + N/4) \geq 0 & 3 \leq i \leq 12 \\ U_U(i) \times U_V(i + N/4) \leq 0 & 13 \leq i \leq 14 \\ U_U(i) \times U_V(i + N/4) \geq 0 & 15 \leq i \leq 24 \end{cases} \quad (4)$$

图2中标注区域内的采样点运算结果为负值,其他区域采样点运算结果为正值,经推导,对正序电压有 $X_{UV} > 0$,同理 $X_{VW} > 0$ 且 $X_{WU} > 0$ 。

对于负序的电压而言,按照上述计算方法,则电压有 $X_{UV} < 0$, $X_{VW} < 0$ 且 $X_{WU} < 0$ 。

若判断为负序,需要工作人员检查试验接线或二次回路接线是否正确,三相电压任意两相接反均可能导致核相结果为负序。

d. 检查新设备三相电压相位是否与参考运行设备电压一致。因为副表采样的二次电压为正序时,仍无法说明与系统电压完全一致,特殊情况见图1(c)所示,前3个环节只涉及副表端采样的数据,该环节涉及主表和副表采样数据的对比。

将新设备的数据与参考运行设备的数据做差,若一个周期内的数据在误差范围内,才能说明新设备电压正确,具体计算方法见式(5)所示。

$$\begin{cases} k_U(i) = U_u(i) - U_U(i) \\ k_V(i) = U_v(i) - U_V(i) \\ k_W(i) = U_w(i) - U_W(i) \end{cases} \quad (5)$$

考虑主副表间的相对时差为1 ms,对应角度误差为 18° 。以U相为例,一个周波内, $U_u(i)$ 与 $U_U(i)$ 间的最大误差为图3所示的采样点,此时最大误差为 $k_{U\max}$,见式(6)所示。

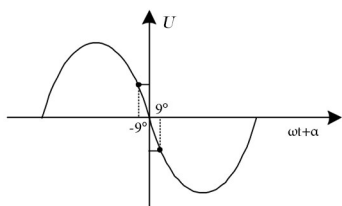


图 3 误差最大的采样点

$$k_{U_{\max}} = 2U_{Um} \sin 9^\circ \approx 26.5 \text{ V} \quad (6)$$

在相位错误的情况,主表和副表相同采样时刻相位相差约 120° ,此时得到的 k_U 是周期性变化的,半个周期内的运算结果可以涵盖所有可能出现的数值, k_U 计算绝对值见表 1 所示。

表 1 半个周期内 $|k_U(i)|$ 的取值

i	$ k_U /\text{V}$	i	$ k_U /\text{V}$	i	$ k_U /\text{V}$
1	52	5	104	9	52
2	73	6	100	10	27
3	90	7	90	11	0
4	100	8	73	12	27

从表 1 中可知,在相位错误时,一个周期内所有采样点计算出的数值都比相位正确时的最大误差 $k_{U_{\max}}$ 大。那么只要 $k_U(i)$ 中存在超过 $k_{U_{\max}}$ 的样本点,则说明新设备电压相位错误。反之,若所有 $k_U(i)$ 样本点都不大于 $k_{U_{\max}}$,则说明正确。

当存在异常时,通过上述步骤能够定位错误的类型并反馈给工作人员,便于工作人员有针对性的查找问题。

3 仿真测试

为保证仿真算法所用的数据准确可靠,测试数据源于某变电站山大电力 WGDL 型录波器的采样数据。以三相电压一个周波瞬时值数据作为原始数据来测试方法的正确性。

为了模拟图 1 中错误接线下的采样数据,需要对原始数据进行合理变换,具体变换方法如下:

将 V、W 相原始电压瞬时值分别与 U 相原始电压同一时刻瞬时值做差,结果作为 V、W 相测试电压瞬时值,U 相测试电压取自 U 相原始电压瞬时值取相反数,变换后三相电压波形见图 4 所示,程序反馈有效值错误,可能存在相线和中性线接反的情况。

为模拟图 1(b)的情况将 V、W 相原始电压瞬时值互换后作为 V、W 相测试电压瞬时值,U 相测试电压数据与原始数据相同,波形见图 5 所示,程序反馈有效值正确、三相电压对称、三相电压不为正序,现场可能存在两相线接反的情况。

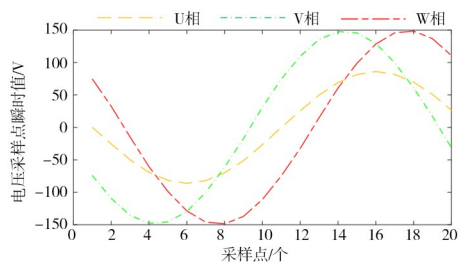


图 4 典型错误 1 对应的电压波形

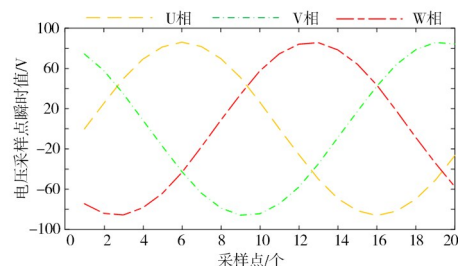


图 5 典型错误 2 对应的电压波形

为模拟图 1(c)的情况,将 U 相原始电压瞬时值作为 V 相测试电压瞬时值,将 V 相原始电压瞬时值作为 W 相测试电压瞬时值,将 W 相原始电压瞬时值作为 U 相测试电压瞬时值,波形见图 6 所示。程序反馈有效值正确、三相电压对称、三相电压为正序、电压相位错误,可能存在三相线全部接错的情况。

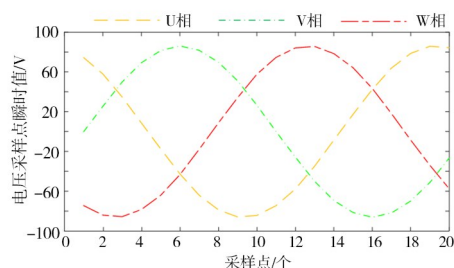


图 6 典型错误 3 对应的电压波形

经仿真测试,提出的方法可对采样数据进行 4 个步骤的运算,并能够准确反馈各步骤的运算结果。

4 结束语

经过分析现有仪器存在智能判别的不足,为在核相出错时准确定位错误的类型,根据工作经验汇总了典型接线错误类型,依据错误类型提出了递进式流程化的判断方法。将采样的数据按照三相电压幅值、对称性、相序和相位 4 个环节递进分析,逐步验证,任何环节判断为异常时,均能反馈给工作人员,从而达到缩小检查范围和提高效率的目的。

参考文献:

- [1] 苏 根.手持式无线核相仪的研究与设计[D].成都:电子科技大学,2016.
- [2] 王耀祖.变电站二次电压核相装置的研究与应用[D].济南:山东大学,2015.
- [3] 张 春.远程无线核相系统的关键技术研究及工程实现[D].

杭州:浙江大学,2006.

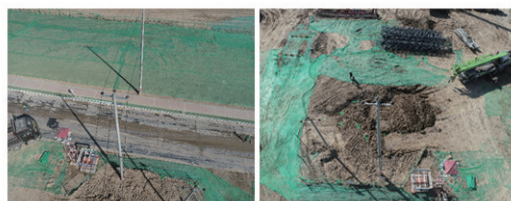
- [4] 闫奕璇,刘文德,闫勃达.无线二次核相仪器的研制与测试[J].河北电力技术,2020,39(5):30-33.
- [5] 杭州之江开股份有限公司.三相交流电相序判别方法:CN20091078268.3[P].2010-05-26.

本文责任编辑:秦明娟

(上接第 38 页)

4.3 外破高发区特巡

政府建设施工项目全面开工,现有大量配电网线路处于施工区域内,施工区域内围栏纵横、沟壑交错增加了人工巡视难度和危险性。通过无人机对东照 562 线施工作业区域线路开展巡视,规划路径 12.4 km,共发现缺陷 13 处,外破隐患点 3 处。通过无人机只需 30 min 可以完成巡视工作,大大提升巡检效率,减少巡视人员的工作强度和巡视过程中安全风险。施工区域线路无人机巡检照片见图 7。



(a) 线下过车照片 (b) 线下作业照片
图 7 施工区域线路无人机巡检照片

5 结束语

配电网架空线路无人机自主巡检已在雄安新区配电网巡检、现场勘查、重大活动保电等工作中得到了实际应用,无人机自主巡检代替人工巡检,每千米巡检时间只需要 3~5 min,相对于人工巡检

效率提升了10倍以上;无人机巡检是从杆塔上方观察设备,相比于地面人工巡检,可查出诸如瓷瓶绑线抱箍松动、瓷瓶损坏等缺陷,巡检视频及照片可以存档随时查看,为线路安全运行提供了重要保障。

参考文献:

- [1] 黄 郑,王永强,王红星,等.基于云雾边异构协同的无人机智慧巡检系统[J].中国电力,2020,53(4):161-168.
- [2] 张 捷,严维欣.配电线路采用无人机巡线的应用分析[J].电力与能源,2013,34(4):365-368.
- [3] 黄 郑,王红星,周 航,等.基于混合算法的电力杆塔巡检实时航迹规划[EB/OL].
- [4] 汤明文,戴礼豪,林朝辉,等.无人机在电力线路巡视中的应用[J].中国电力,2013,46(3):35-38.
- [5] 曾懿辉,何 通,郭 圣,等.基于差分定位的输电线路多旋翼无人机智能巡检[J].中国电力,2019,52(7):24-30.
- [6] 宁柏锋,董召杰.基于 Faster-RCNN 算法的无人机巡检图片绝缘子缺陷检测[J].自动化与仪器仪表,2020(7):194-197.
- [7] 彭向阳,陈 驰,徐晓刚,等.基于无人机激光扫描的输电通道安全距离诊断技术[J].电网技术,2014,38(11):3254-3259.
- [8] 吴立远,毕建刚,常文治,等.配电网架空输电线路无人机综合巡检技术[J].中国电力,2018,51(1):97-101,138.
- [9] 邹 庆,任宇鑫.无人机配电网架空线路精细化巡检平台搭建[J].电工技术,2018(23):92-93,95.
- [10] 王 越.基于 ArcGIS 的无人机电力巡检系统设计[D].天津:天津大学,2016.

本文责任编辑:王丽斌

国务院:加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系

2月22日,《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》发布。《意见》明确,到2025年,产业结构、能源结构、运输结构明显优化,绿色产业比重显著提升,基础设施绿色化水平不断提高,清洁生产水平持续提高,生产生活方式绿色转型成效显著,能源资源配置更加合理、利用效率大幅提高,主要污染物排放总量持续减少,碳排放强度明显降低,生态环境持续改善,市场导向的绿色技术创新体系更加完善,法律法规政策体系更加有效,绿色低碳循环发展的生产体系、流通体系、消费体系初步形成。到2035年,绿色发展内生动力显著增强,绿色产业规模迈上新台阶,重点行业、重点产品能源资源利用效率达到国际先进水平,广泛形成绿色生产生活方式,碳排放达峰后稳中有降,生态环境根本好转,美丽中国建设目标基本实现。

(摘自北极星电力新闻网)