

基于行波法的民用电力线路故障测距技术

陈小贝 汪志成 沈俊飞

(东华理工大学江西省新能源工艺及装备工程技术研究中心 南昌 330013)

摘要:民用电力系统具有分支线路多、折反射复杂、反射行波信号较弱、故障行波信号难以捕捉和识别的特点,为了实现民用电力线路的故障定位,本文提出了一种利用分支线路检测装置+主机接收装置+低压脉冲发生器的故障定位方法,分支线路检测装置可以检测各分支线路的状况并在故障发生时将故障信息发送给主机接收装置,主机接收装置可以在电脑界面上显示相应的故障信息和位置,低压脉冲发生器用于离线测量、提高测距精度,该套装置配合通用行波测距装置可以实现对民用电力线路故障的准确定位。

关键词:行波法;故障定位;民用电力线路

中图分类号: TM77 TN81 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 470.40

Fault location technology of civil power line based on traveling wave

Chen Xiaobei Wang Zhicheng Shen Junfei

(New Energy Technology and Equipment Engineering Technology Research Center of Jiangxi Province,
East China University of Technology, Nanchang 330013, China)

Abstract: Civilian power system has many branch lines which lead to the refraction and reflection of the fault traveling wave are very complicated, and the reflected traveling wave signal is weak and it is hard to capture and recognize the signal. In order to locate the fault, this paper presented a method which utilize branch line detection device+host receiver+low voltage pulse generator. The branch line detection device can detect the branch lines and send the fault message to the host receiver, and then the host receiver will display the fault message in the computer screen. The low voltage pulse generator is used to add a pulse signal to the lines after power off to resurvey and improve the accuracy. These devices can be worked cooperatively with the general traveling wave fault location equipment to realize the accurate fault location of civil power line.

Keywords: traveling wave; fault location; civil power line

1 引言

行波法已经被广泛应用到现代电气化铁道牵引网和大型输电网的故障测距之中,为线路的故障测距提供了可靠手段,减轻了人工巡线工作量,大大缩短了故障修复时间,减少了停电损失,此外,还可以发现一些线路隐患,及时处理,防止故障的发生,提高整个电力系统的可靠性和高效性,具有巨大的经济效益^[1-6]。

随着现代民用电力系统的发展,比如民用工厂,其电力系统越来越复杂,主要表现为线路越来越长,分支越来

越多,所接设备也越来越多,且有的设备价格昂贵,一旦线路出现故障,如果不能及时修复,将造成巨大的经济损失,所以民用电力系统也越来越迫切地需要一套线路故障测距系统,但是目前为止,这一领域还比较空白,本文研究的内容正是在这一背景下展开的。

2 行波法原理介绍

2.1 行波的折射与反射

线路发生故障时,电压会发生突变,在故障点将产生向线路两端传播的暂态行波,暂态行波在传播过程中遇到

收稿日期:2015-11

波阻抗不连续点时,会发生反射和折射^[7]。

如图1所示,入射行波在波阻抗不连续的A点发生了反射和折射。线路当中的母端、末端、故障点和分支节点都属于波阻抗不连续的点,行波信号在这些点都会发生反射和折射。

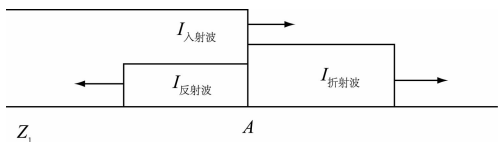


图1 行波的折射与反射

2.2 行波测距原理

行波法测距法的基本原理就是利用初始行波和故障点反射行波到达测量端的时间差,结合行波波速来确定故障距离^[8]。如图2所示,当线路在F点发生故障时,会产生一个初始行波信号向线路两端传播,当行波信号到达母线端M时会发生反射,反射信号往回传播到故障点时又会发生发射,母线端又会接收到第二次反射回来的行波信号,利用两次接收行波信号的时间差乘以行波波速即可以得到故障点的距离。

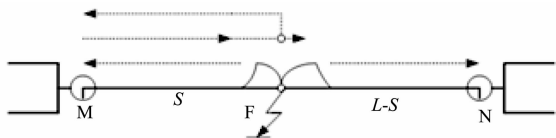


图2 故障暂态行波传播路线

2.3 行波测距系统工作流程

行波测距装置的工作流程通常分为传感器感知、调理电路调理、高速数据采集和故障分析几个部分^[9]。当线路发生故障时,传感器从被测线路感应到故障行波信号,经过调理电路调理之后,高速数据采集卡采集到故障信号并采集到的信号发送给电脑主机,由电脑主机的故障分析软件对数据进行分析,完成故障判定和定位。系统流程如图3所示。



图3 行波测距系统流程

3 民用电力线路特征分析

3.1 分支线路特点

民用电力线路与电气化铁道牵引网及高压输电线路的结构有着很大的差别,铁道牵引网和高压输电线路所接的设备固定,沿线负荷设备少,所以分支节点很少,民用

电力线路主要是为用电设备供电,在规模较大的民用厂房中,用电设备众多,而且分布在厂房的不同位置,所以其电力线路分支众多,且每一条分支线路上又连接了很多用电设备,存在很多分支节点。

如图4所示为山东某民用工厂厂房的电力线路分布图的电子地图界面,从图中可以很直观的了解到了厂房当中的电力线路情况,配电室主线出来之后有3条分支线路,每一条线路都是三相的,每条分支线路上都接了很多用电设备。很多大规模厂房的线路比该图中的线路还要复杂很多。

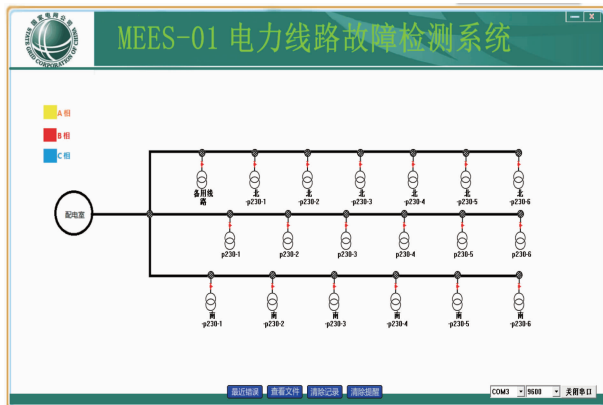


图4 某民用工厂线路分布图电子地图

3.2 行波折反射特点

在上文的行波法原理介绍中已经指出,行波信号在遇到波阻抗不连续点时会发生发射和折射,如图5所示是一个行波的折射和反射网络图,图中 X_{j1} 和 X_{j2} 表示波阻抗不连续点,行波信号在这些点会发生反射和折射,波阻抗不连续点越多,行波信号的折反射路线就越复杂。

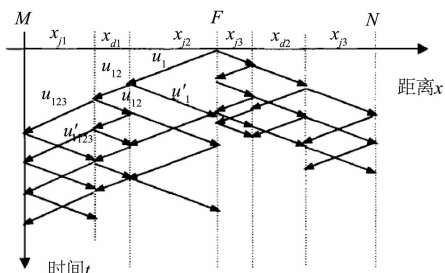


图5 行波折反射网络

3.3 反射行波信号特点

行波信号在反射和折射之后会发生衰减,折反射次数越多,其衰减就越严重,这给故障行波信号的捕捉和识别带来了很大的困难,大大影响了测距功能和测距精度。

图6所示为行波信号在分支线路上的衰减示意图,利用彼德逊等值法则计算可得:

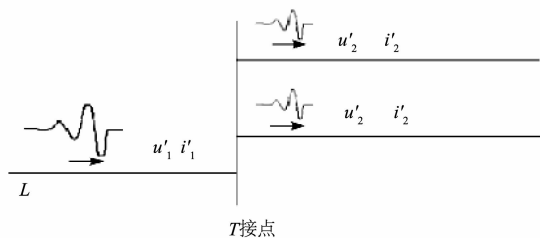


图6 行波信号在分支线路上的衰减

$$i_2' = \frac{2u_2' (Z_1 // Z_2)}{Z + Z_1 // Z_2}$$

式中： Z 、 Z_1 和 Z_2 分别表示各支路的波阻抗值，如果线路材料相同，可以认为 $Z = Z_1 = Z_2$ ，于是可以得到电压反射波和电流发射波的值分别为 $2u_1'/3$ 和 $u_1'/3$ ，从该结果可以得出，行波信号在分支线路中会发生衰减^[10]，这也给民用电力线路的故障定位带来了很大的困难。

4 民用电力线路故障测距技术及测试结果

针对民用电力系统分支线路多，折反射复杂，反射行波信号较弱，故障行波信号难以捕捉和识别的特点，本文提出了一种利用分支线路检测装置+主机接收装置+低压脉冲发生器的故障定位方法，配合通用行波测距装置以实现为民用电力线路故障的准确定位。

4.1 分支线路检测装置

分支线路检测装置安装在各个分支线路上，其作用是检测分支线路的工作状态，一旦线路出现故障，可以判断是线路哪一相发生故障，并将故障信息发送给主机接收装置。该装置包含3个电压互感器感应线路电压，将信息传给CPU判断，CPU采用Cortex-M3内核的芯片，一旦电压出现异常，CPU控制GSM模块或者WiFi模块将信息发送给主机接收装置，选择哪个模块根据距离而定，如果距离较近就选择WiFi发送，距离较远就选择GSM发送，板上有一个220V转5V的电压模块，直接从被测线路取电，另有一个充电电池，可在线路掉电情况下离线工作，如图7所示。

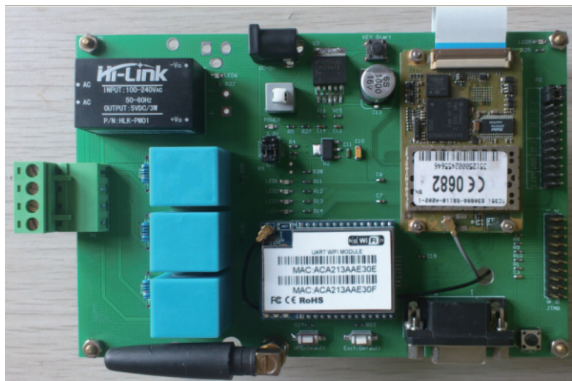


图7 分支线路检测装置

4.2 主机接收装置

主机接收装置用于接收分支线路检测装置发送的故障信息，并将故障信息发送给电脑，电脑上的故障分析软件根据接收的故障信息判断故障点位置和故障类型并在软件界面显示，然后工作人员就可以根据软件界面显示的位置前往故障点进行故障排除，如图8所示。



图8 主机接收装置

4.3 低压脉冲发生器

低压脉冲发生器用于产生高频低压脉冲信号，将信号注入到故障线路，根据脉冲信号在线路上的往返时间算出故障点位置，是一种主动式测距装置，可离线反复测量，提高定位的准确性^[11-12]。该脉冲发生器的有5个档位，可以发出100 kHz、1 MHz、5 MHz、10 MHz、20 MHz这5个频率的脉冲信号，经过高频放大电路方法后脉冲信号幅值可以达到15V，装置还带有一个12864液晶显示屏，可以显示当前的触发频率及一些其他信息，如图9所示。

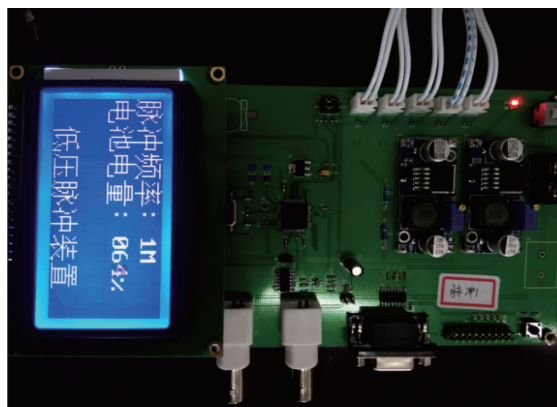


图9 低压脉冲发生器

4.4 测试结果

为了验证该套装置在民用电力线路中的应用效果，在山东某工厂现场进行了实际测试，利用文中提出的方法可以更加准确地确定故障分支线路和故障类型，配合通用行

波测距装置在开路故障和短路故障发生后分别进行了手动分析测试,测试结果如图 10、11 所示。经过多次测试结果表明,该方法可以准确判断故障分支线路,正确判断开路与短路故障类型,测得故障距离与实际故障距离十分接近,精确度较高。



图 10 开路故障测试示意



图 11 短路故障测试示意

5 结论

本文介绍了基于行波法的线路故障测距原理,分析了民用电力系统的线路特点,针对民用电力系统具有分支线路多,折反射复杂,反射行波信号较弱,故障行波信号难以捕捉和识别的特点提出了一种应用于民用电力线路的故障测距方法,实现方法是在重要分支节点处安装分支检测装置,检测判断故障分支线路,将故障信息发送给主机接收装置,并配合低压脉冲发生器进行离线测试,提高测距精度,从而可以在故障发生时更加准确地确定故障分支

线路和故障类型并提高定位精度,准确可靠地对多分支民用电力线路进行故障定位。该套装置根据民用电力线路特点设计,工作可靠、成本低廉,适用于民用工厂等线路较复杂的民用电力线路的故障定位,减少线路故障造成的经济损失,具有较大的经济效益和良好的应用前景。

参考文献

- [1] 于盛楠,鲍海,杨以涵. 配电线路故障定位的实用方法[J]. 中国电机工程学报, 2008,10(28):86-90.
- [2] 王翔. 行波测距技术在电力系统中的应用[J]. 上海电力, 2011(2):121-125.
- [3] 王秋彦,鞠建波,宋振宇. 故障诊断技术研究现状及发展趋势[J]. 电子测量技术, 2009,32(4):5-8.
- [4] 金鑫,任献彬,周亮. 智能故障诊断技术研究综述[J]. 国外电子测量技术, 2009, 28(7):30-32.
- [5] 郝研,王太勇. 基于分形理论的便携式故障诊断系统的设计与开发[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(12): 2742-2747.
- [6] 魏学良,程婷. 谐波治理设备在供电系统中的应用[J]. 国外电子测量技术, 2015,34(1):80-83.
- [7] 季涛. 基于暂态行波的配电线路故障测距研究[D]. 济南:山东大学,2006.
- [8] 何军娜,陈剑云,艾颖梅,等. 电力系统行波测距方法及其发展[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 12(42): 148-154.
- [9] 周晓军. 组合式行波故障行波测距技术及其应用[D]. 济南:山东大学,2011.
- [10] 刘慧琼,孙辉军,匡文凯,等. 多分支配电网故障选线方法研究[J]. 电力科学与工程, 2014, 30(7):6-11.
- [11] 卢毅,汪焱春,韩志锟,等. 基于单位脉冲响应法的单端行波故障测距[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(6):69-73.
- [12] 于盛楠,杨以涵,鲍海. C型行波法在配电网故障测距中应用之研究[J]. 现代电力, 2007,24(3): 20-23.

作者简介

陈小贝,1988年出生,东华理工大学硕士研究生,主要研究方向为行波测距技术与应用,电路系统设计与智能化设备。

E-mail:wangyixiaobei@163.com