

# The Automatic Extraction Algorithm of Time Window for Two Phase Short Circuit

Yijun Sun\*, Li Zou, Hui Liu

College of Electrical and Electronic Engineering, Shandong University of Technology, Zibo Shandong  
Email: 1793806100@qq.com

Received: Sep. 30<sup>th</sup>, 2016; accepted: Oct. 21<sup>st</sup>, 2016; published: Oct. 24<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

This paper proposes a new time window automatic extraction algorithm of two phase short circuit fault based on power frequency component of the single-ended ranging principle. The time window automatic extraction algorithm is based on the differences of the phase current of fault phase to locate the time window. First, the transmission line distributed parameter model is built by using PSCAD/EMTDC simulation software to simulate two-phase short circuit fault. Then, the results of the two-phase short circuit fault simulation are used to the input of MATLAB. Finally, the algorithm proposed in this paper is used to locate the fault point. The result of the fault location verifies that the algorithm is feasible. The algorithm proposed in this paper can effectively extract the time window of two phase short circuit fault which can provide reference to the microcomputer protection device.

## Keywords

Two Phase Short Circuit, Time Window, Fault Location, Simulation Modeling

---

# 针对两相短路故障的时间窗自动提取算法设计

孙懿君\*, 邹黎, 刘辉

山东理工大学电气与电子工程学院, 山东 淄博  
Email: 1793806100@qq.com

---

\*第一作者。

文章引用: 孙懿君, 邹黎, 刘辉. 针对两相短路故障的时间窗自动提取算法设计[J]. 智能电网, 2016, 6(5): 331-340.  
<http://dx.doi.org/10.12677/sg.2016.65037>

## 摘要

本文针对输电线路两相短路故障，提出了一种基于工频分量单端故障测距原理的时间窗提取算法。此算法利用故障电流的差值对时间窗进行定位。首先利用PSCAD/EMTDC仿真软件搭建输电线路分布参数模型，对输电线路发生两相短路故障进行仿真建模，然后将仿真结果导入MATLAB，最后利用所提时间窗自动提取算法对故障点进行定位。经过对测距结果的分析，本文所提时间窗自动提取算法在输电线路发生两相短路故障后能有效对时间窗进行提取，可以为微机保护装置时间窗的快速准确选取提供参考。

## 关键词

两相短路，时间窗，故障测距，仿真建模

## 1. 引言

输电线路是电力系统的重要组成部分，有着输送电能的重要作用，同时因为我国复杂多变的自然条件，致使输电线路很容易发生故障，当故障发生后，准确及时的对故障发生点进行定位，对整个电力系统的安全稳定运行有着十分积极的作用[1]。根据相关统计，在输电线路发生的各类故障中，单相短路接地故障能占到线路故障总数的80%以上，相应的对线路发生单相接地短路故障的研究也占绝大多数，而本文主要针对两相短路故障进行研究。

故障测距的方法按测距原理可分为行波法和故障分析法，根据测距所需的信息来源可分为单端量法和两端量法[2]。基于工频分量的单端测距算法仅使用测量端测到的电压、电流和必要的系统参数来计算故障距离。由于只使用本侧信息，实现起来简单方便[3]。但是基于工频分量的测距算法因故障支路过渡电阻的影响及长距离输电线路中存在的分布电容，会影响测距精度，文献[4]提出了一种利用保护安装处负序电流相位代替故障点处故障电流相位的方法来消除过渡电阻的影响，文献[5]提出了一种能在微机保护中实现消除过渡电阻影响的新算法。文献[6]提出一种变频电阻测量方法，选择两个合适频率的交流方波施加于由电极组成的分压电路上，通过解方程组求出分压电路时间常数 $f$ ，然后求得被测电阻值，这种方法有效消除了电容对电阻测量精度的影响。除了过渡电阻及分布电容对测距精度的影响外，在利用基于工频分量的测距原理进行故障定位时，时间窗的选取同样会影响到测距精度。

针对上述问题，本文对线路发生两相短路故障时的测距原理进行分析，求出测距通用表达式。针对故障发生后稳定时间窗的提取，提出一种针对时间窗自动提取的算法，以两相短路故障为例对算法原理进行说明。通过搭建输电线路分布参数模型，对线路发生两相短路故障进行仿真，借助MATLAB将所提算法编程，结合仿真波形对所提算法进行可行性及有效性验证。

## 2. 两相短路故障测距原理分析

当线路发生两相短路时，三个序网的故障端口的接线是不同于单相接地故障的，以非故障相作为基准相的三序网电压电流关系为：正序电压和负序电压相等，正序电流和负序电流大小相等方向相反[7]。假设B、C相短路，A相为基准相，可得其故障端口边界条件为：

$$\begin{cases} \dot{I}_{FA} = 0 \\ \dot{U}_{FB} - \dot{U}_{FC} = R_F \dot{I}_{FB} \\ \dot{I}_{FB} + \dot{I}_{FC} = 0 \end{cases} \quad (1-1)$$

采用故障分量法得到的序分量表示的边界条件为:

$$\begin{cases} \dot{I}_{F1} + \dot{I}_{F2} = 0 \\ \dot{I}_{F0} = 0 \\ \dot{U}_{F1} - \dot{U}_{F2} = R_F \dot{I}_{F1} \end{cases} \quad (1-2)$$

发生两相短路时, 其端口的等效连接是正序和负序两个网络的并联, 没有零序网络, 其故障支路电流可以表示为:

$$\dot{I}_{FB} = -j\sqrt{3}\dot{I}_{F1} = j\sqrt{3}\dot{I}_{F2} \quad (1-3)$$

对于两相短路故障测量端电压与电流的关系, 可以由单相接地故障电压电流关系式(1-4)推得:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{M\varphi} &= \dot{U}_{F\varphi} + mz_1(\dot{I}_{M\varphi} + K3\dot{I}_{M0}) \\ &= R_F \dot{I}_{F\varphi} + mz_1(\dot{I}_{M\varphi} + K3\dot{I}_{M0}) \end{aligned} \quad (1-4)$$

其中  $\varphi$  在实际计算中可分别用 A 相、B 相或 C 相代替, 任取两相的表达式相减, 得到式(1-5)

$$\dot{U}_{M\varphi\varphi} = R_F \dot{I}_{F\varphi\varphi} + mz_1 \dot{I}_{M\varphi\varphi} \quad (1-5)$$

其中  $\dot{U}_{M\varphi\varphi}$  为 M 端测量到的两相故障电压,  $\dot{I}_{M\varphi\varphi}$  为 M 端测量到的两相故障电流,  $\dot{U}_{F\varphi\varphi}$  为故障支路电压,  $\dot{I}_{F\varphi\varphi}$  为故障支路电流。

由故障支路过渡电阻为电阻性, 可得:

$$\text{Im}\left[(\dot{U}_{M\varphi\varphi} - mz_1 \dot{I}_{M\varphi\varphi}) \bar{\dot{I}}_{F\varphi\varphi}\right] = 0 \quad (1-6)$$

在测量端 M 处, 根据式(1-3)故障支路的电流可以表示为:

$$\dot{I}_{F\varphi\varphi} = j\sqrt{3} \frac{\dot{I}_{M\varphi 2}}{C_1} \quad (1-7)$$

其中:  $\dot{I}_{M\varphi 2}$  为以非故障相为基准相的测量端负序电流。

同理, 将上式代入到式(1-6)并假设电流分布系数的角度  $\gamma$  为  $0^\circ$ , 整理后可得:

$$m = \frac{\text{Im}\left[j\dot{U}_{M\varphi\varphi} \bar{\dot{I}}_{M\varphi 2}\right]}{\text{Im}\left[jz_1 \dot{I}_{M\varphi\varphi} \bar{\dot{I}}_{M\varphi 2}\right]} \quad (1-8)$$

### 3. 算法设计

#### 3.1. 时间窗自动提取算法设计

当利用基于工频分量的输电线路单端故障测距算法对故障点进行定位时, 需要对故障后的工频分量进行精确提取, 而从故障发生到故障稳定需要经历一个阶段, 这个阶段内, 故障相电流一直处于一个波动过程, 如果利用这个不稳定时间窗进行工频量提取进而进行故障测距, 会导致测距精度大打折扣, 本节通过对三相电流的差值进行处理, 提出一种当线路发生两相短路故障时, 针对稳定时间窗自动提取的算法。

假设线路发生 BC 两相短路故障, 三相电流波形如图 1 所示。

通过对图 1 分析可知,当线路发生 BC 两相短路时,故障相 B、C 两相电流都会出现明显波动,而 A 相电流无波动。为获得故障后稳定时间窗,与线路发生单相接地短路故障时分析方法一致,让每一个点与其前相差一个周期的点相减,得到三相电流差值,并绘制波形,如图 2 所示。

由图 2 对各相电流处理后的差值图可以看出,故障相 B 相、C 相电流的故障分量均有突变量,其对应的时间正好为线路由正常状态像故障稳态过度的时间段,而线路正常状态及故障稳态经过处理后,电流差值都变为了 0。为了滤除突变量,得到故障稳态时间窗,需要借助阈值将其筛选,此处方法与线

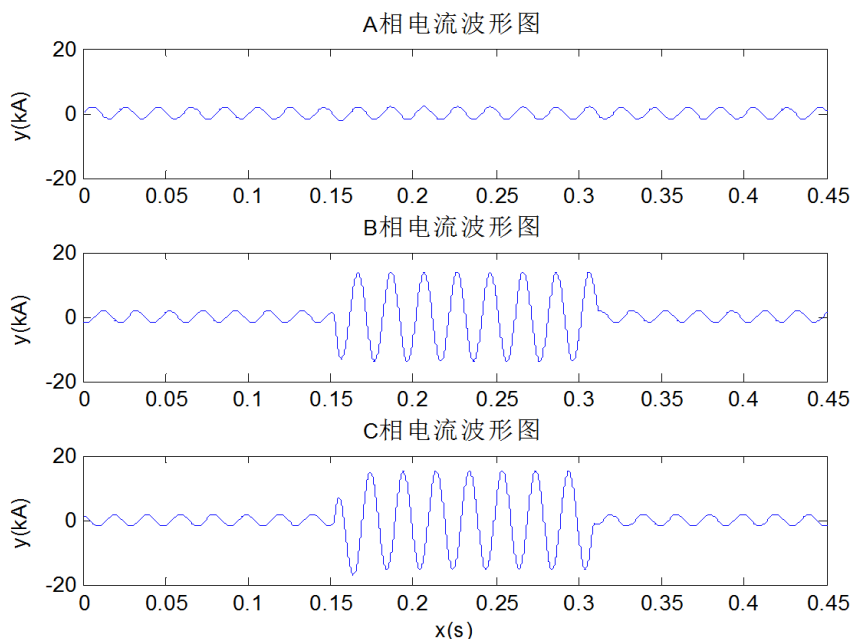


Figure 1. Three phase current waveform in BC phase short circuit

图 1. BC 两相短路三相电流波形图

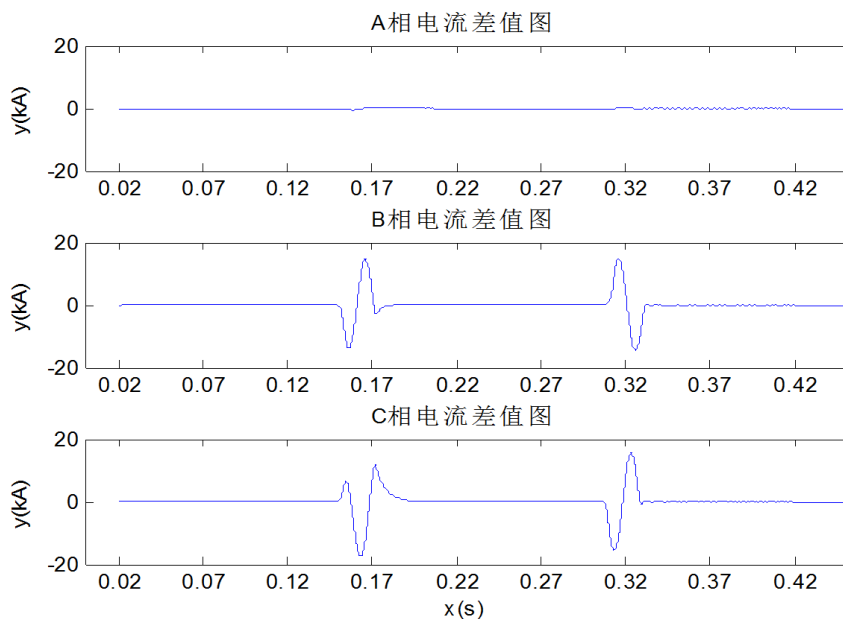


Figure 2. Three phase current difference in BC phase short circuit

图 2. BC 两相短路三相电流差值图

路发生单相接地短路故障时时间窗的求取一致,但因 BC 两相均为故障相,对 B、C 两相求出时间窗后需要取两者公共部分,所得结果如图 3 所示。

如图 3 所示, B、C 两相电流各自稳定时间窗并不重合,这是因为各自电流选取的阈值不想等,为了减小误差,取两个稳定时间窗的重合部分,然后以第一条红线所在点为起始点的周期即为首个稳定时间窗。

### 3.2. 故障分量提取算法设计

通过对输电线路三相电流进行处理,可得到故障发生后的稳定时间窗,如图 3 所示。根据时间窗起始点可以求出首个稳定时间窗周期,利用此时间窗带入三相电压电流,并求出距此时间窗 N 个周期的线路正常状态下的稳定周期,如图 4。

将两个周期数据对应相减即可得到三相电流电压故障分量波形图,如图 5 所示。

## 4. 仿真验证

### 4.1. 仿真模型的构建

本文利用仿真软件 PSCAD 搭建一条额定电压为 500kV 的输电线路作为仿真模型[8],系统电压等级为 500 kV,频率为工频 50 Hz,分布参数为:

$$z_1 = z_2 = 0.018 + j0.29399 \Omega/\text{km}$$

$$z_0 = 0.1896 + 1.08501 \Omega/\text{km}$$

$$y_1 = 0.00000355 \text{ s}/\text{km}$$

$$y_0 = 0.000002608 \text{ s}/\text{km}$$

仿真模型如图 6 所示。

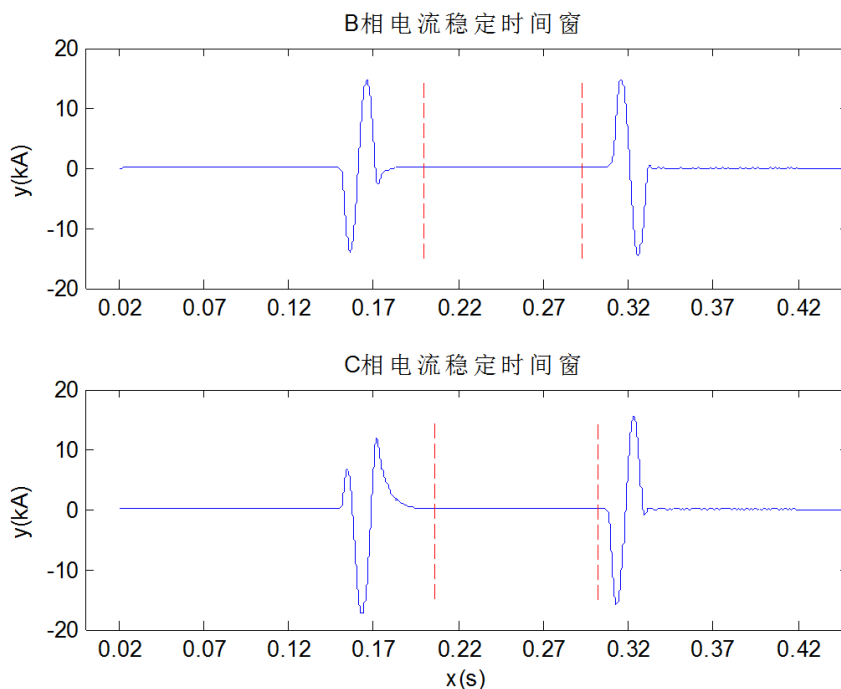
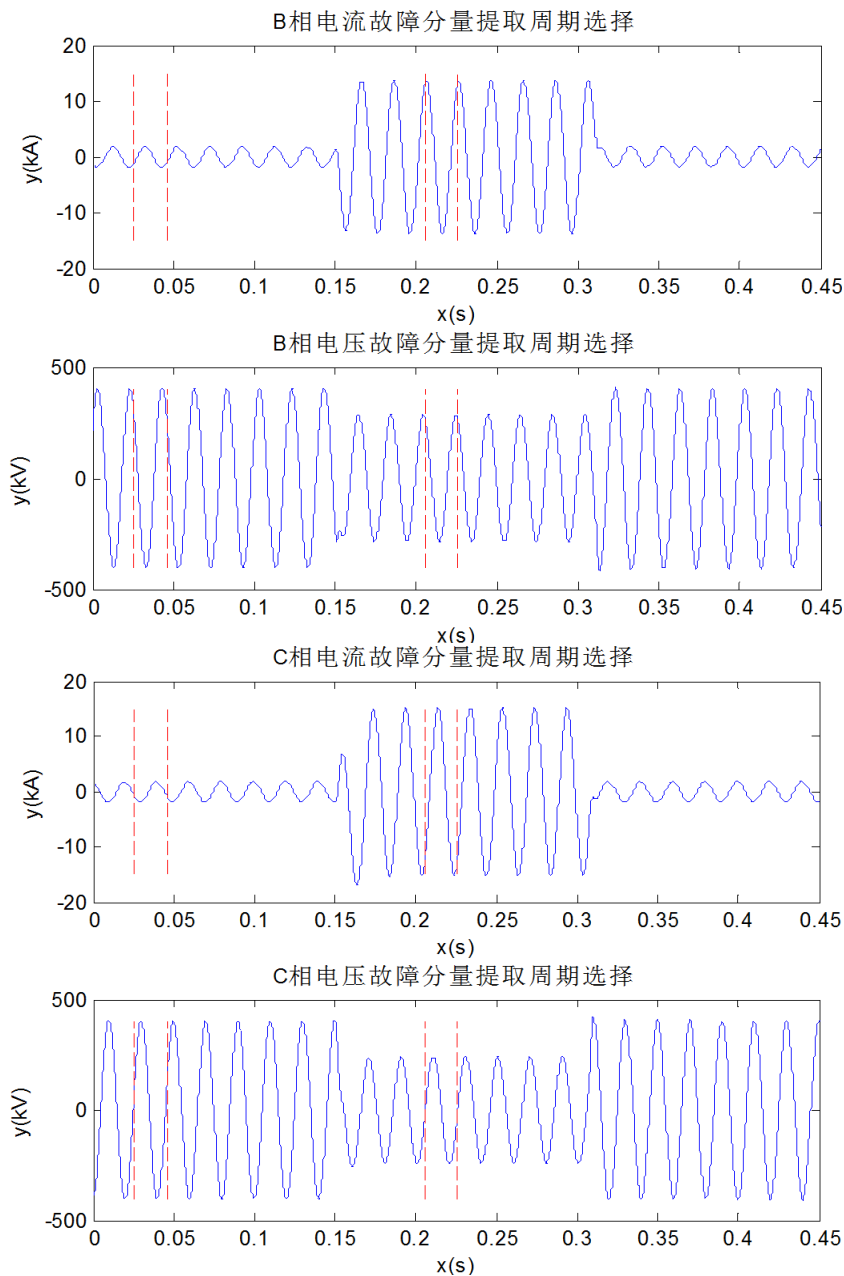


Figure 3. Stable time window in B phase and C phase current

图 3. B、C 两相电流稳定时间窗



**Figure 4.** The cycle selection of current and voltage fault component in B and C phase  
**图 4.** B、C 两相电流电压故障分量周期选择

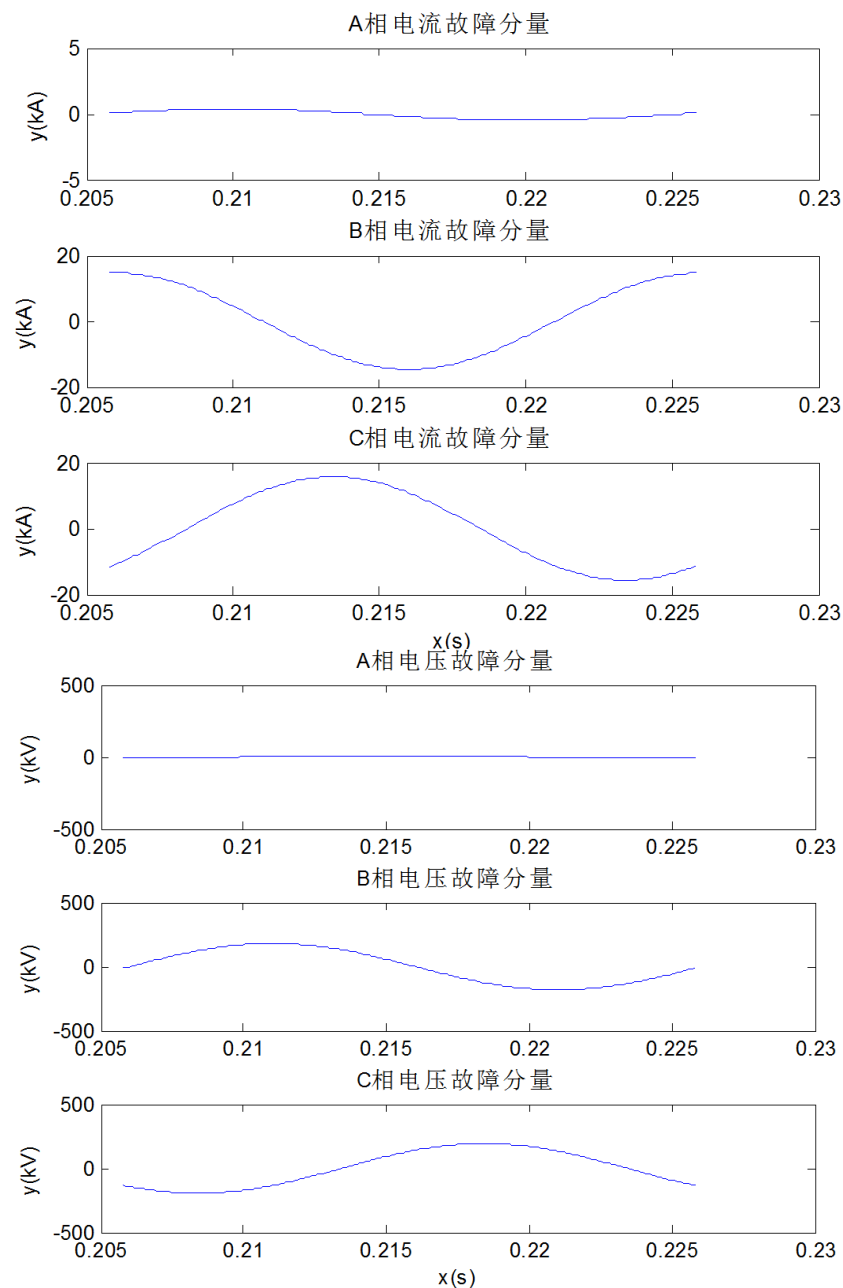
系统参数：系统电压等级为 500 kV，频率为 50 Hz，线路全长 300 km，故障距离 20 km。

三相导线参数： $z_1 = z_2 = 0.018 + j0.294 \Omega/\text{km}$ ， $z_0 = 0.190 + j1.085 \Omega/\text{km}$ ， $y_1 = 0.00000355 \text{ s}/\text{km}$ ， $y_0 = 0.000002608 \text{ s}/\text{km}$ 。

仿真参数：仿真步长 10,000 Hz，仿真时间 0.5 s，故障发生于 0.2 s，故障持续时间 0.15 s，过渡电阻为 10  $\Omega$ 。

#### 4.2. 仿真结果

假设线路发生 BC 两相短路故障，所得三相电压电流波形如图 7 所示。



**Figure 5.** The voltage and current fault component in three-phase  
**图 5.** 各相电压电流故障分量图

将仿真数据导入 MATLAB，计算其时间窗，并利用所得时间窗求出三相电压电流故障分量，如图 8、图 9 所示：

利用傅立叶算法求出电压电流的工频分量，分别利用基于集中参数模型及分布参数模型的单端测距原理对故障点进行测距，结果如表 1 所示。

在测距模型及模型参数不变的前提下，改变故障点位置，对故障点重新测距，所得结果如表 2 所示。

由表 1 及表 2 所记录的测距结果可以看出，本文所提算法能有效对故障后电压电流的工频量进行提取且测距结果能满足实际工程需要。

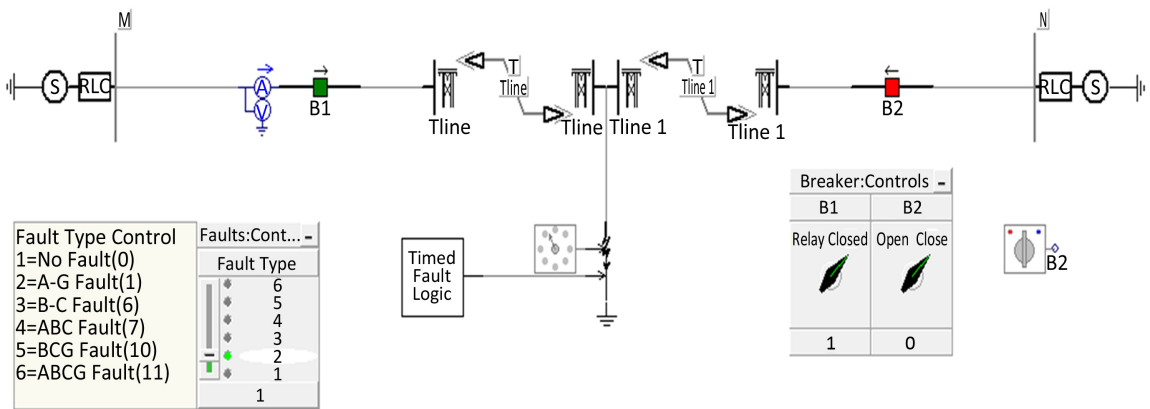


Figure 6. The simulation model of transmission line  
图 6. 输电线路仿真模型

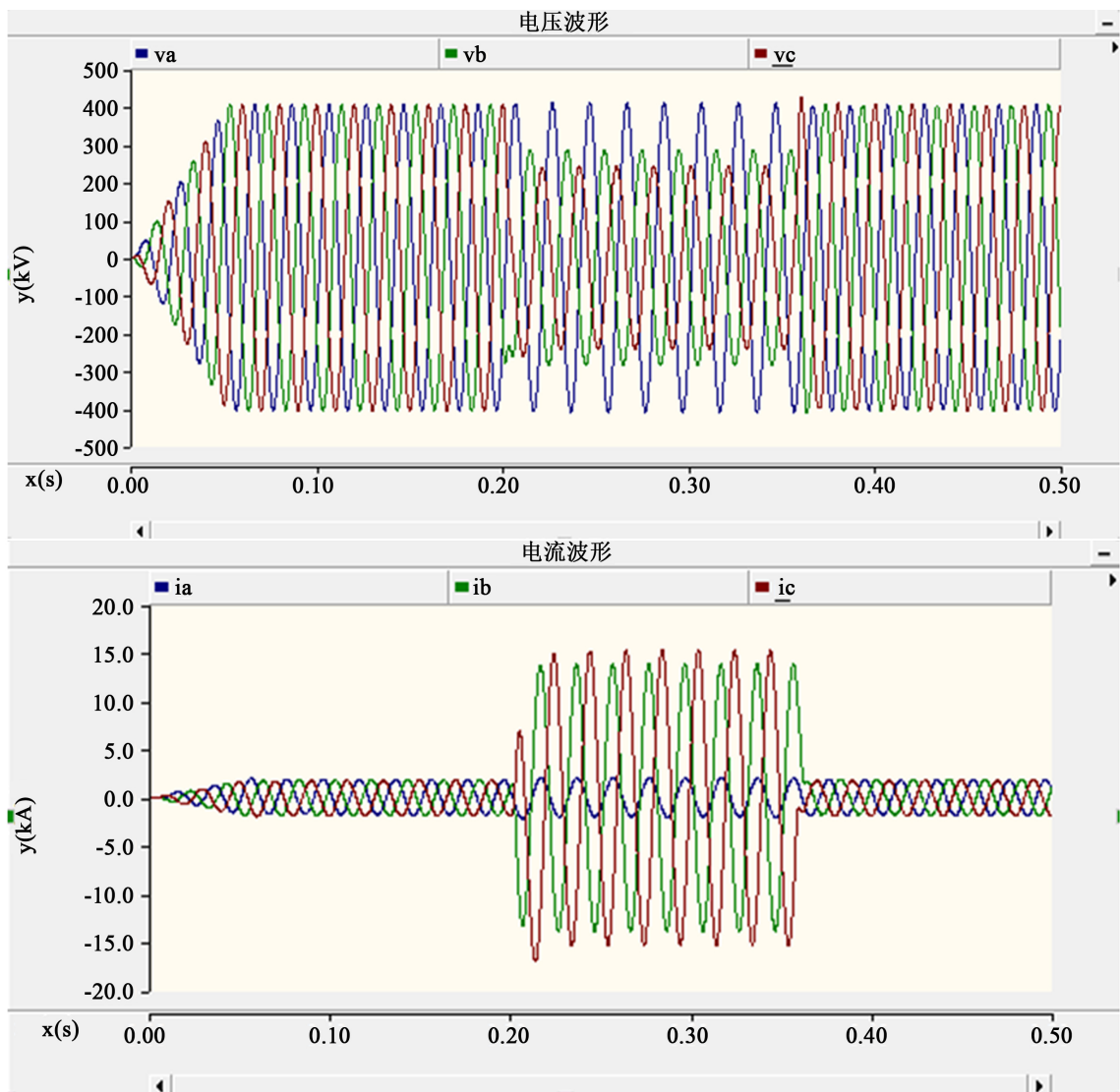


Figure 7. The voltage waves and current waves in three phase  
图 7. 三相电压电流波形图



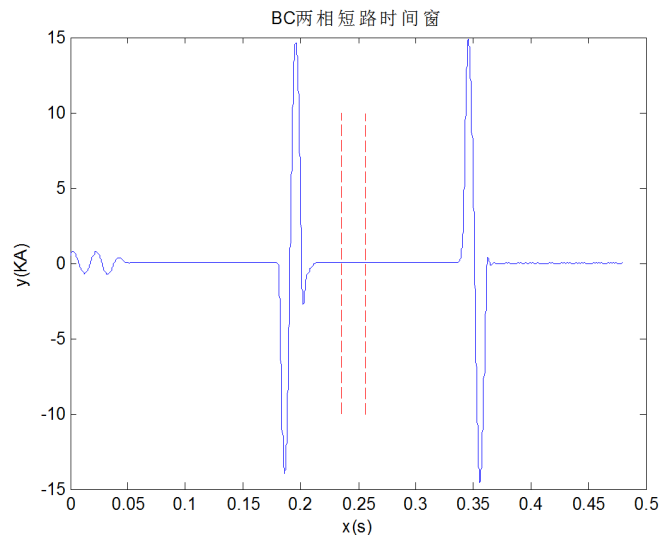


Figure 8. The first time window

图 8. 首个时间窗

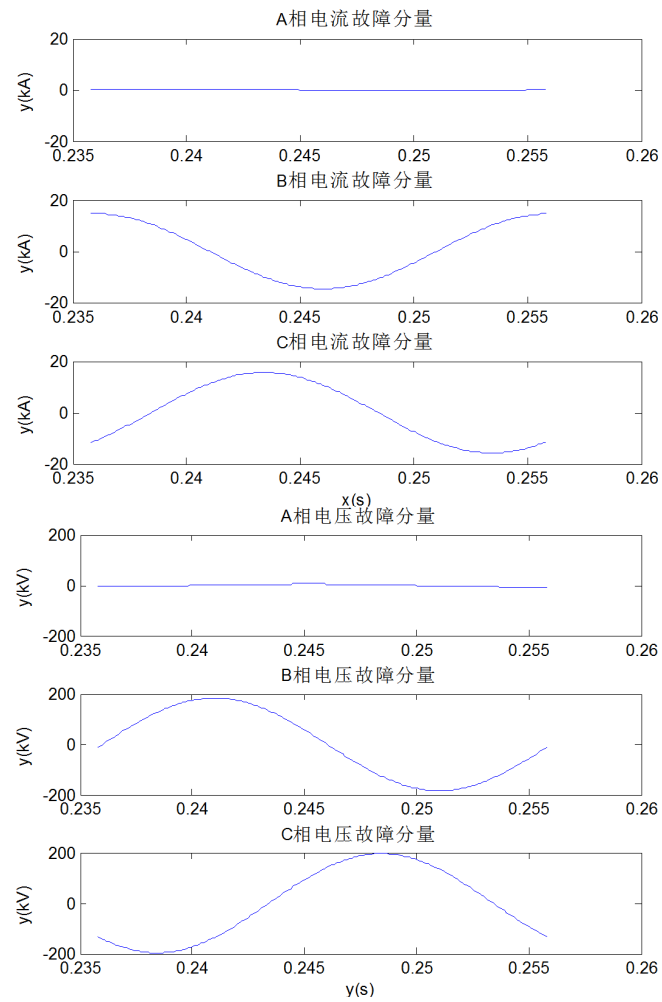


Figure 9. The voltage and current fault component in three-phase

图 9. 三相电流电压故障分量图

**Table 1.** The results of location and error analysis**表 1.** 测距结果及测距误差

实际故障距离(km)	所测故障距离(km)	测距误差
40	40.830	2.075%

**Table 2.** The results of location and error analysis in different fault point**表 2.** 不同故障点测距结果及测距精度

实际故障距离(km)	所测故障距离(km)	测距误差
10	11.619	1.619%
30	30.537	1.791%
50	51.111	2.221%
70	71.667	2.381%

## 5. 总结

本文分析了基于工频分量的输电线路单端故障测距原理,对输电线路发生两相短路故障的测距通用表达式进行了推导。针对故障发生后工频分量的提取,提出一种对稳定时间窗进行自动提取的算法。利用 PSCAD 仿真软件搭建线路模型,利用 MATLAB 对算法编程,通过对仿真波形及测距结果的分析,验证所提算法的有效性和可行性。对输电线路发生两相短路故障时时间窗的选取有借鉴意义,同时可以对线路发生其它类型故障时时间窗的选取提供了参考。

## 参考文献 (References)

- [1] 贺家李, 葛耀中. 超高压输电线路故障分析与继电保护[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [2] 秦华银. 高压输电线路故障测距算法综述[J]. 电力系统自动化, 2003, 27(6): 66-69.
- [3] 李光琦. 电力系统暂态分析(第三版) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2006, 3-4.
- [4] 黄少锋, 曹凯, 罗澜. 一种消除过渡电阻影响的阻抗测量方法[J]. 电力系统自动化, 2013(23): 108-113.
- [5] 吕艳萍. 一种消除过渡电阻对距离保护影响的新算法[J]. 电力与电工, 2009(9): 29-3.
- [6] 仲崇权, 兰敬辉, 杨素英. 一种消除分布电容影响的电阻测量方法[J]. 大连理工大学学报, 2003(3): 372-376.
- [7] 葛耀中. 新型继电保护和故障测距的原理与技术(第二版) [M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2007: 256-257.
- [8] 胡帆, 刘沛, 程时杰. 高压输电线路故障测距算法仿真研究[J]. 中国电机工程学报, 1995, 15(1): 67-72.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[sg@hanspub.org](mailto:sg@hanspub.org)