

基于逆波兰算法实现的电力故障数据分析公式编辑器

首先对继电保护技术在日益壮大与复杂的电网安全运行中的重要性进行分析,指出了电力故障波形重现技术在电网安全运行中的重要性,继而基于逆波兰算法实现了一种电力故障数据分析公式编辑器。随后基于公式编辑器的设计思路进行分步解析,同时将该公式编辑器应用于实践。

曾水根 丁俊健 刘万斌/国电南京自动化股份有限公司

0 引言

随着电力需求的快速增长,电力网络规模的日益壮大,电网结构越来越复杂,电网安全显得日益重要。基于此,作为电网安全运行重要保障的继电保护技术在近些年获得了突飞猛进的发展。电力故障录波技术能够正确评价继电保护装置的工作情况,在保护装置动作时有利于帮助准确地找出电网运行的故障点,以便及时采取有效措施,减少电网故障发生概率,同时尽量降低损失。但故障录波技术的核心(即故障录波数据)并不是直观的事故分析数据,所以需要计算机技术应用于电力故障数据分析,以实现故障录波数据进行直观的图形或列表化显示,帮助全面、完整和客观地判断保护动作情况^[1]。

虽然现有电力系统故障数据分析软件的分析功能比较丰富,基本上实现了谐波分析、相/序量分析、阻抗分析、功率分析、功角分析、频率分析、差流分析和矢量图分析等分析功能,能满足用户的一般需求,但这些分析功能有一个共同缺点,即用户参与仅限于有限的参数设置与一定数量的通道选择,而对于

专家级需求的电力系统故障分析,这些分析功能远远不够。鉴于此,本文基于逆波兰算法实现了一种电力故障数据分析公式编辑器,以满足专家级用户对电力故障数据更复杂的分析要求。

1 设计思路

1.1 表达式

表达式是由数字、运算符、数字分组符号(括号)、自由变量和约束变量等以能求得数值的有意义排列方法所得的组合。约束变量在表达式中已被指定数值,而自由变量则可以在表达式之外另行指定数值。表达式 x/y 中,自由变量 x 和 y 可分别在表达式之外指定数值,如 $x=10$ 和 $y=5$ 。

1.2 逆波兰表达式

将变量和数字都看作操作数,同时数字分组符号看作运算符,表达式一般由操作数和运算符组成。在算术表达式中,通常将运算符放在两个操作数的中间,例如 $a+b$,为中缀表达式。波兰数学家Jan Lukasiewicz提出了另一种数学表示法,它有两种表现形式:一种将运算符写在操作数之前,称为波兰表达式或前缀表达式,如 $+ab$;另一种将运算符写在操作数之后,称为逆波兰表达式或后缀表达式,如 $ab+$ 。

1.3 公式编辑器表达式

本文中的公式编辑器基于逆波兰算法实现,它将用户按照一定规则编写好的复杂公式交由分析软件来检查执行并



曾水根/高级工程师

关键词/Keywords

继电保护·
故障数据·
数据分析·
逆波兰·
公式编辑器·

显示运算效果。通过该算法,用户可以实现对指定通道及数据的复杂运算,以便更好地对电力系统故障数据进行分析,并得出想要的结果。

2 公式编辑器实现

本文中的公式编辑器执行分为三步:①将编写好的公式代入相应的通道变量值,并转换为普通的中缀表达式;②将第一步转换好的普通中缀表达式转换为逆波兰表达式(后缀表达式);③对转换好的逆波兰表达式求值^[2]。

2.1 将编写好的公式转换为普通的中缀表达式

从左到右扫描编写好的公式,如果发现频率偏差(Freq)、有效值(EFFV)、信号畸变(Dist)、相位差(Phase)、阻抗幅值(IMP_M)、阻抗相位(IMP_P)、有功功率(P)、无功功率(Q)、谐波幅值(HARM_M)、谐波相位(HARM_P)、相移(Shift)、正序、负序、零序、突变量运算符、求和(Sum)、求平均(Avg)、绝对值(Abs)、正弦(sin)、余弦(cos)和开方(Sqrt)等变量,直接获取对应通道或数字并计算出相应值,将计算出的值替换掉公式中对应部分变量字符串,并继续对替换后的公式进行从左到右扫描直到结束,获得替换后的表达式即为第二步中作为输入的普通中缀表达式,具体流程如图1所示。

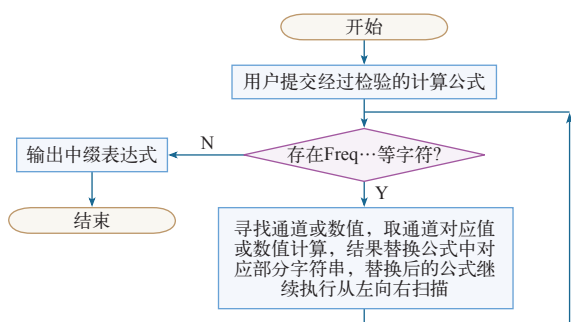


图1 将用户编写好公式转换为中缀表达式流程

2.2 将普通的中缀表达式转换为后缀表达式

将普通的中缀表达式转换为后缀表达式的具体步骤如下:

1) 首先构造一个运算符栈,此运算符在栈内

遵循越往栈顶优先级越高的原则。

2) 读入第一步中得到的中缀表达式。

3) 从左至右扫描该中缀表达式,从第一个字符开始判断,如果该字符是数字,则分析到该数字串的结束并将该数字串直接输出。

4) 如果不是数字,该字符则是运算符,此时需比较优先级关系,做法如下:将该字符与栈顶的运算符优先关系相比较。如果该字符优先关系高于此栈顶的运算符,则将该运算符入栈;倘若不是,则将栈顶的运算符从栈中弹出,直到栈顶运算符的优先级低于当前运算符,再将该字符入栈。

5) 重复上述操作步骤1)~4)直至扫描整个中缀表达式,确定所有字符都得到正确处理,便可以将该中缀式转化为逆波兰表达式(后缀表达式)^[3]。

将普通的中缀表达式转换成逆波兰表达式的流程如图2所示。图2中,si为扫描中缀表达式的临时字符变量;re为转换结果输出串;sk为临时栈。

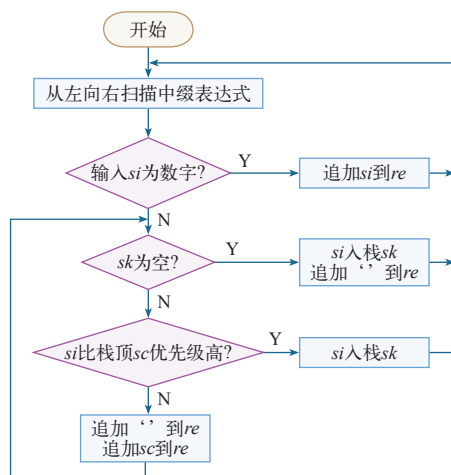


图2 将普通的中缀表达式转换成逆波兰表达式的流程

2.3 逆波兰表达式求值

将第二步转换得到的逆波兰表达式作为本步的计算表达式,具体步骤如下:

1) 首先构造一个运算符栈。

2) 从左向右扫描第二步转换得到的逆波兰表达式。

3) 如果扫描的项目是操作数,则将其压入操作数堆栈,并扫描下一个项目。

4) 如果扫描的项目是一个二元运算符, 则对栈的顶上两个操作数执行该二元运算符。

5) 如果扫描的项目是一个一元运算符, 则对栈的最顶上操作数执行该一元运算符。

6) 将运算结果重新压入堆栈。

7) 重复步骤2)~6), 堆栈中即为结果值。

逆波兰表达式求值流程如图3所示。

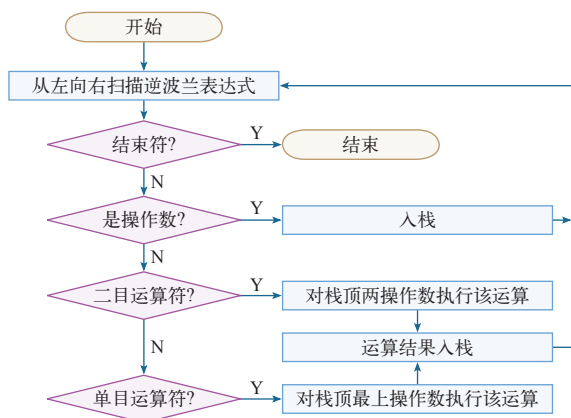


图3 逆波兰表达式求值流程

3 公式编辑器应用

3.1 应用领域

本文实现的公式编辑器可应用于电力系统故障数据分析软件, 以实现高端用户对于电力故障数据较复杂的分析需求, 对电力系统故障数据分析具有重大意义。可以让用户自己动手编写运算公式, 通过按钮选择或手动输入实现对任意符合条件的通道进行各种算术运算以及混合运算, 公式编写完成后, 首先通过检查按钮进行公式正确性检查, 然后通过执行按钮采用逆波兰算法实现公式计算的三步算法计算每个点的值, 将运算结果生成新的指定类型的通道并在分析波形显示界面显示其波形, 编写的公式还可以存储到本地磁盘, 以备以后随时调用编辑或直接执行。

3.2 应用实例

将本文实现的公式编辑器应用于公司的电力系统故障数据分析软件, 在公式编辑窗口提供了便捷的频率偏差 (Freq)、有效值 (EFFV)、信号畸变 (Dist)、相位差 (Phase)、阻抗幅

值 (IMP_M)、阻抗相位 (IMP_P)、有功功率 (P)、无功功率 (Q)、谐波幅值 (HARM_M)、谐波相位 (HARM_P)、相移 (Shift)、正序、负序、零序、突变量和加、减、乘、除、求和 (Sum)、求平均 (Avg)、绝对值 (Abs)、正弦 (sin)、余弦 (cos) 和开方 (Sqrt) 等实用按钮, 从用户反馈信息来看, 实用效果满足高端用户对于电力故障数据较复杂的分析需求, 对电力系统故障数据分析具有重大意义。图4为基于本文设计的公式编辑器实现的电力故障数据分析系统公式编辑器编辑界面。

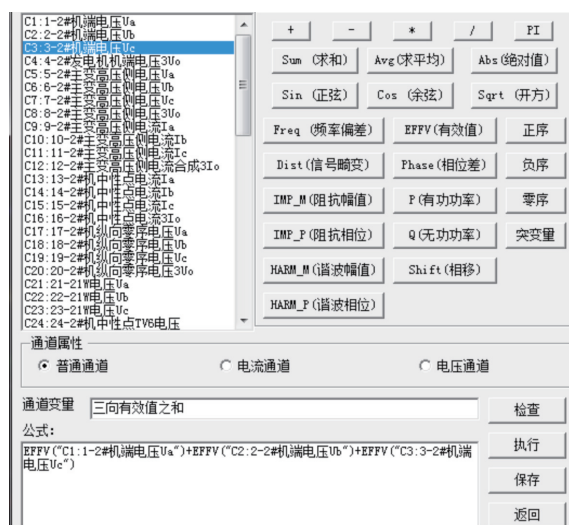


图4 基于逆波兰算法实现的电力故障数据分析公式编辑器应用实例

4 结束语

本文构建了一种实用的电力故障数据分析公式编辑器, 基于逆波兰算法原理对用户编写的分析公式进行转换并求值, 同时将结果以通道的形式临时存储并在波形显示界面以图形方式直观地显示给用户, 以实现专家级用户对于电力故障数据的复杂分析需求。该公式编辑器可由用户按照规范自由编写分析公式, 对于不符合规范的分析公式也会准确提示错误所在和错误原因, 以指导用户对分析公式进行修改。通过工程应用检验, 该公式编辑器具有以下特点:

- 1) 几乎可实现一般电力故障数据分析软件所

(下转第62页)

看出故障发生在支路VI的CG段。

4 结束语

1) 本文就中性点不接地系统线路构建故障区段定位的数学模型, 本方法能够有效地实现故障区段的定位。

2) 本方法根据零序电压和零序电流之间的相位关系求出监测点的逻辑量, 利用带有时延的“与”逻辑关系定位出故障区段, 在实际应用中易于实现。

3) 若线路末端未装设无功补偿设备, 则需在线路末端安装10 kV小电容, 由于容量较小, 可以集成到故障测量设备中, 这样克服了线路末端发生故障时零序电流数值太小、不易监测的问题。

4) 目前, 变电站10 kV母线都安装有消弧线圈, 实际应用中可以和其他数学模型结合, 形成多判据判别方法。

参考文献

[1] 李东辉, 史临潼. 非直接接地系统单相接地故障选线方法综述 [J]. 继电器, 2004, 32 (18) :

74-78.

[2] 李振然, 贾旭彩, 李斌. 基于小波变换与 BP 神经网络相结合的配电网单相接地故障定位方法 [J]. 继电器, 2004, 32 (9) : 24-26.

[3] 刘健, 张小庆, 同向前, 等. 含分布式电源配电网的故障定位 [J]. 电力系统自动化, 2013, 37 (2) : 36-42.

[4] 蔡维, 张雪松, 刘承志, 等. 基于PT在线注入信号及神经网络跟踪小波变换模极大值变化的配电网故障定位方法 [J]. 继电器, 2006, 34 (23) : 44-48.

[5] 刘健, 张小庆, 张志华, 等. 配电网两相接地短路故障定位与供电恢复 [J]. 电力系统自动化, 2013, 37 (5) : 105-110.

[6] 庞清乐, 孙同景, 孙波, 等. 基于蚁群算法的神经网络配电网故障选线方法 [J]. 继电器, 2007, 35 (16) : 1-6.

[7] 郑顾平, 张利, 姜超, 等. 中性点不接地系统单相接地故障区段在线定位 [J]. 电力系统自动化, 2013, 37 (3) : 110-115.

(收稿日期: 2015-07-15) **EA**

(上接第58页)

具有的全部分析功能。

2) 提供给客户最大限度的人机交互接口, 允许用户按照自己的意愿编写符合规范的分析公式, 用户可随时通过执行看到直观的分析结果。

3) 对于一些用户常用的分析, 以按钮的形式固定在公式编辑器界面上, 用户只要单击相应的按钮即可获得对应的分析公式, 并可对公式进行再编辑, 同时可随时对用户编辑后的分析公式进行校验, 以帮助用户编写出符合规范的分析公式。

4) 用户可随时将编写过程中或编写好的分析公式进行存储, 需要时也可随时调出进行重新编写。

本文实现的公式编辑器还存在一定的不足,

主要体现在分析公式的编写还不够自由, 用户需要按照比较严格的规范格式进行编写; 暂时无法永久保存分析结果, 只能存储分析公式; 对用户专业知识的掌握要求比较高。这些都需要在使用和实践中不断完善。

参考文献

[1] 刘国平, 山春风, 王敬引. 继电保护自动化技术在电力系统中的应用 [J]. 今日科苑, 2015 (3) : 123-124.

[2] 敬茂华, 陶文金. 中缀式到逆波兰式的转换及求值 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2010 (7) : 14-16.

[3] 郑致力. 算术表达式解析引擎的设计及实现 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2012.

(收稿日期: 2015-07-15) **EA**