

检测电压暂降特征量的有效值算法

王效孟¹, 周 勇¹, 刘继承², 林 烽³

(1. 郑州大学 电气工程学院, 河南 郑州 450001;

2. 河南恩湃电力技术有限公司, 河南 郑州 450016;

3. 河南电力试验研究院, 河南 郑州 450052)

摘 要: 在简述电压暂降的基本概念、特征量和起因的基础上, 介绍了采用有效值算法获取电压暂降特征量的方法, 提供了完整的软件处理流程。通过 Matlab 仿真, 验证了全周期有效值算法和半周期有效值算法的有效性, 得出了电压暂降起始时刻和终止时刻的延时误差变化曲线。在对起止时刻精度有较高要求的场合, 可以利用该曲线进行误差修正, 进而得到更为准确的电压暂降持续时间。

关键词: 电压暂降; 检测方法; 有效值算法

中图分类号: TM 835 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-5531(2010)10-0048-04



王效孟 (1984—), 男, 硕士研究生, 研究方向为电能质量分析与控制。

Detection Method of Voltage Sags Characterizations Using RMS Algorithm

WANG Xiaomeng¹, ZHOU Yong¹, LIU Jicheng², LIN Feng³

(1. School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2. Henan EPRI Electric Power Technology Co., Ltd., Zhengzhou 450016, China;

3. Henan Electric Power Research Institute, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: According to the basic concepts, characteristics and causes of voltage sags, a root-mean-square (RMS) algorithm method to obtain the characteristics of voltage sags was introduced and a complete software process flow was provided. Through the Matlab simulation, the full-cycle RMS algorithm and the half-cycle RMS algorithm were proved and the delay error curve of the start time and end time of voltage sags was obtained. On the occasion for higher precision demand of start-stop time measurement, a more accurate voltage sags duration could be obtained after the error correction by the curve.

Key words: voltage sags; detection method; root-mean-square (RMS) algorithm

0 引 言

电压暂降是指供电系统电压有效值在短时间突然下降, 且超出正常电压偏差允许值, 然后又返回到正常的电压水平。近年来, 随着科学技术的不断发展, 电力系统中的电压敏感负荷 (如新型医疗设备、银行计算机系统、生产信息工业芯片和微电子元件的智能化流水线等) 越来越多, 电压暂降给该用电设备带来的严重影响也表现得日益突出。在一些工业发达国家, 电力部门和用户

对电压暂降的关注程度比其他有关电能质量问题 (如谐波、间谐波、电压闪变及过电压等) 的关注程度大得多, 电压暂降已上升为首要的电能质量问题。

目前, 国内对于电压暂降问题的研究还处于起步阶段, 有关的研究机构已开始探讨检测电压暂降的算法, 并寻找相应的补偿方法^[1]。本文介绍一种检测电压暂降特征量的有效值算法, 给出相应的软件处理流程, 并通过 Matlab 仿真验证该算法的有效性。

周 勇 (1957—), 男, 教授, 研究方向为电能质量分析与控制。

刘继承 (1965—), 男, 工程师, 研究方向为电力电子技术应用。

1 电压暂降的描述

美国的电气与电子工程师协会 (IEEE) 将电压暂降定义为: 供电系统有效值电压快速下降到额定值 (U_n) 的 10% ~ 90% , 然后恢复至正常值附近, 这一过程的持续时间为 0.01 ~ 60.00 s^[2]; 国际电工委员会 (IEC) 则将其定义为: 下降到额定值的 1% ~ 90% , 持续时间为 0.01 ~ 60.00 s。当电压有效值降低到接近于零时则为电压中断。而 IEEE 和 IEC 对于“接近于零”的定义稍有不同, 分别为电压低于 $10^{-3} U_n$ 和 $10^{-4} U_n$ 。对此我国至今还没有相关的标准。

目前, 普遍使用的表征电压暂降的特征量有电压暂降深度和电压暂降持续时间, 另外, 有的文献也将相移作为描述电压暂降的特征量^[3]。电压暂降的深度定义为电压暂降过程中最低电压有效值, 而暂降的持续时间则定义为有效值低于额定值 90% 的时间。

当供电系统中发生短路、雷击、开关操作、感应电动机起动、变压器以及电容器组投切等事件时, 均可能引起电压暂降。其中, 雷击和系统短路是引起电压暂降的主要原因。电压暂降虽然不能完全避免, 但可以采取以下措施来减小其危害。

(1) 供电部门提高公用电网的稳定性, 减少电压暂降的发生频次。

(2) 设备制造商采取措施降低设备对电压暂降的敏感度。

(3) 用户加装不间断电源系统 (UPS)、固态切换开关 (Solid State Transfer Switch, SSTS) 或动态电压恢复器 (Dynamic Voltage Restorer, DVR) 等补偿装置。

2 电压暂降特征量检测

目前, 电压暂降特征量的检测算法有峰值电压法、有效值算法、基波分量法、单相电压变换平均值法和瞬时电压 $d-q$ 分解法^[4]。本文主要介绍有效值算法的实现, 并以 Matlab 的仿真结果来验证该算法的有效性。

2.1 全周期有效值算法简介

根据连续周期信号有效值的定义, 电压有效值为时间域一个周期数字的均方根, 即

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u_i^2} \quad (1)$$

式中 N ——每周期的总采样点数

u_i ——时间域被采样电压瞬时值, 该值可由数据采集模块获得

为了实时检测电压有效值的骤然变化, 可以采用一个周期数据序列的滑动平均算法, 即

$$U(k) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=k-N+1}^{i=k} u_i^2} \quad (2)$$

当采集到新的信号样本点时, 依次将最早采集的样本点去除, 然后再用一个周期的滑动采样值进行运算, 得到新的均方根值, 故称其为全周期有效值算法。这样, 在每一个采样瞬间都可以得到一个新的电压有效值, 当发生电压暂降时, 根据电压有效值的变化, 即可检测出所需的特征量。

2.2 电压信号处理软件设计

在完成电压信号数据的采集之后, 即可利用计算机软件来实现对电压数据的存储、分析和处理, 提取电压的特征量, 并将检测结果以文件和图表的形式输出。本文采用 Delphi 编写程序处理通过数据采集卡获得的数据, 利用有效值计算方法得到所需的特征量数据。计算结果既可保存于文本文件, 也可用于绘制电压有效值变化曲线。电压暂降检测软件流程如图 1 所示。

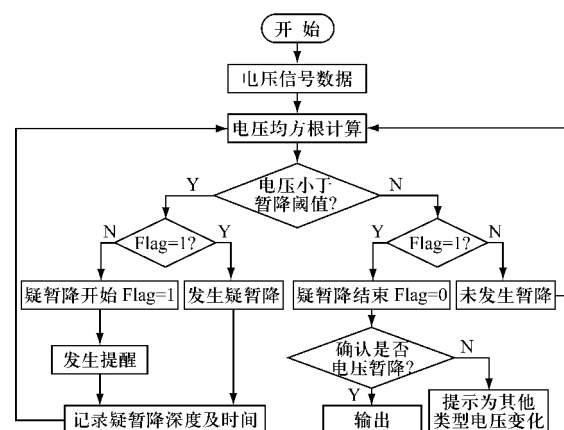


图1 电压暂降检测软件流程图

由于电压暂降是指持续时间在 0.01 ~ 60 s 的电压下降, 因此, 只有在电压下降结束以后, 根据持续时间的长短来判断是否发生电压暂降。故本文采用“疑暂降”来表示可能为暂降的电压有效值变化。图中的“Flag”用作发生疑电压暂降的

标志,当 $\text{Flag} = 1$ 表示发生疑似暂降;当 $\text{Flag} = 0$ 则表示没有发生疑似暂降或疑似暂降已经结束。

当程序从数据采集卡获得电压信号数据后,先进行均方根计算,然后将所得的结果与电压暂降的阈值进行比较。若检测的电压有效值低于电压暂降的阈值,则要通过查看 Flag 是否为 1,来判定当前时刻为开始发生疑似电压暂降或已经发生疑似电压暂降。当判断为开始发生疑似电压暂降时,则要发出提醒信号,同时记录疑似暂降的深度及时间。若检测的电压有效值高于电压暂降的阈值,则要通过查看 Flag 是否为 1,来判定当前时刻为疑似电压暂降结束或没有发生电压暂降。当判断为疑似电压暂降结束,则根据深度和时间最终确定是否为电压暂降。如果“是”,则输出结果;否则提示发生其他类型电压变化。

2.3 Matlab 仿真

为了检验程序的有效性,利用 Matlab 产生的电压暂降信号作为数据输入,经程序处理后得到所需结果。仿真中的电压信号采用无噪声情况下,在 0.06 ~ 0.14 s 发生幅值 50% 的电压暂降,波形如图 2 所示。

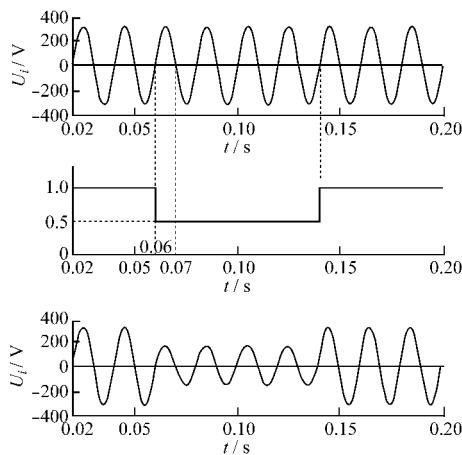
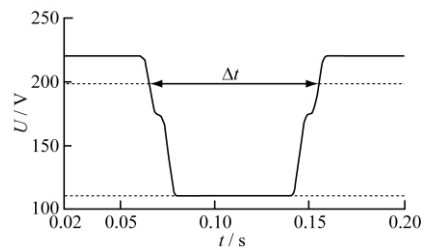


图2 电压暂降波形

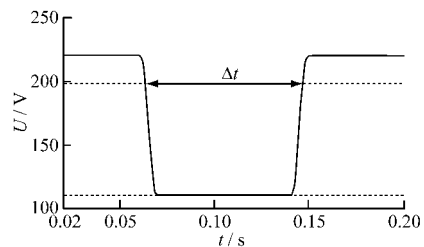
电压的采样频率取 12.8 kHz,即每周期 256 个采样点,利用式(2)计算得到电压有效值的变化情况如图 3(a)所示。

由图 3(a)可以看出,此次电压暂降的深度为 110 V,暂降起始时刻为 0.065 0 s,结束时刻为 0.155 0 s,持续时间 0.090 0 s。通过与仿真参数设定进行比较可知,有效值计算方法可以准确地反映暂降的幅值变化;而对于电压暂降的起止时

— 50 —



(a) 全周期有效值计算结果



(b) 半周期有效值计算结果

图3 全周期和半周期有效值计算结果

刻,由于在计算时使用一个周期的历史数据而产生了过渡时间,故稍有延迟,同时这也造成了持续时间有所偏差。为了弥补有效值算法的上述不足,加速测量过程,可以采用一种实用的简便方法,即取半个周期的采样数据量进行滑动平均处理,半周期有效值算法的公式如下:

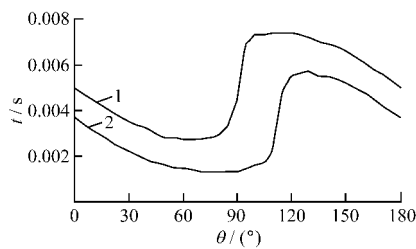
$$U(k) = \sqrt{\frac{2}{N} \sum_{i=k-(N/2)+1}^{i=k} u_i^2} \quad (3)$$

电压的采样频率仍取 12.8 kHz,即每半周期 128 个采样点,利用式(3)计算得到电压有效值的变化情况如图 3(b)所示。可以看出,此次电压暂降的深度为 110 V,暂降起始时刻为 0.063 7 s,结束时刻为 0.146 3 s,持续时间 0.082 6 s。与全周期有效值计算方法进行对比,半周期有效值算法同样可以准确地得到电压暂降的幅值,而起止时间的精度也有了较大的提高,这是因为只使用了半个周期的历史数据。

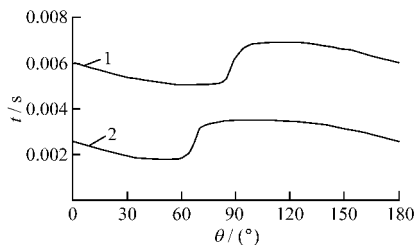
3 起止时间误差的讨论

将图 2 中的暂降脉冲从 0.06 s 开始,依次向右平移 10 ms/180,并计算对应的起止时间误差,直到 0.07 s 结束,得到电压暂降起始时刻和终止时刻均位于电压正半周的延时误差变化曲线如图 4 所示。

图 4 中,曲线 1 为全周期有效值算法误差变化曲线,曲线 2 为半周期有效值算法误差变化曲



(a) 起始时刻误差变化曲线



(b) 终止时刻误差变化曲线

图4 起始时刻和终止时刻的误差变化曲线

线。由仿真结果可知,有效值算法的起止时刻的误差都是正误差,随着暂降发生时刻电压相位的不同而变化。全周期有效值算法的起始时刻误差在 65° 时取最小值 0.0027 s ,在 114° 时取最大值 0.0074 s ,终止时刻误差在 68° 时取最小值 0.0126 s ,在 115° 时取最大值 0.0173 s ;而半周期有效值算法的起始时刻误差在 84° 时取最小值 0.0013 s ,在 130° 时取最大值 0.0057 s ,终止时刻误差在 50° 时取最小值 0.0043 s ,在 98° 时取最大值 0.0087 s 。

将图4中的曲线向右平移 180° ,即可得到电

压暂降起始时刻和终止时刻位于电压负半周的延时误差变化曲线。在实际应用中,只要确定电压暂降起止时刻的相位,就可以利用图4中的误差变化曲线分别对起止时刻进行修正,进而得到更为准确的电压暂降持续时间。

4 结 语

在现有的检测电压暂降特征量的算法中,有效值计算方法具有计算量小、实现快捷、不易出错的特点,可以广泛应用于电压暂降的检测与分析装置。通过 Matlab 仿真,验证了全周期有效值算法和半周期有效值算法的有效性,得到了电压暂降起始时刻和终止时刻的误差变化曲线,在对起止时刻精度有较高要求的场合,可以利用该曲线进行误差修正。

参 考 文 献

- [1] 林海雪. 电力系统中电压暂降和短时断电[J]. 供用电, 2002(1): 9-11, 13.
- [2] IEEE Std 1159-1995: IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality [S].
- [3] BOLLEN M H J. Characterisation of voltage sags experienced by three-phase adjustable-speed drives [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1997, 12(4): 1666-1671.
- [4] 肖湘宁, 徐永海, 刘昊. 电压凹陷特征量检测算法研究[J]. 电力自动化设备, 2002(1): 19-22.

收稿日期: 2009-10-16

(上接第39页)

用于LED驱动,配合COT控制,使系统具有非常好的动态性能。对主电路和控制电路建模并进行了稳态和动态分析,提出前级开环后级闭环控制方法,讨论了前级振荡问题和系统稳定性的条件,仿真结果验证了理论分析的正确性。

【参考文献】

- [1] 郝金刚,梁春军,刘淡宁,等. LED产业分析报告[J]. 现代显示, 2006(3): 9-16.
- [2] 黎平,周维维. 高亮度LED驱动器概述[J]. 电气应用, 2007(6): 11-15.
- [3] 张春红,冯永建,郑鹏峰. 大功率LED驱动器设计[J]. 厦门大学学报:自然科学版, 2009(1): 61-64.

- [4] OH I H. An analysis of current accuracies in peak and hysteretic current controlled power LED drivers [C]// Twenty-Third Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2008(23): 572-577.
- [5] 谢治中,丁扣宝,何杞鑫. 滞环电流控制的大功率LED恒流驱动芯片设计[J]. 固体电子学与进展, 2009(2): 106-109.
- [6] XU X R, WU X B, YAN X L. A quasi fixed frequency constant on time controlled boost converter [C]// IEEE International Symposium Circuits and Systems, 2008: 2206-2209.
- [7] 张卫平. 开关变换器的建模与控制[M]. 北京:中国电力出版社, 2005.

收稿日期: 2009-12-30