

高压线故障测距仪采样数据的精确处理

林 军 福州大学电气系 (350000)

【摘要】 用二阶有源低通滤波器,跟踪电网频率,对故障前、后数据分别进行傅氏滤波计算和软件校准的方法在高压线故障测距仪的16位单板机上采用双精度浮点数运算精确地计算出故障前、后电压、电流的基波分量。

【关键词】 采样数据 精确处理 基波分量

在高压线故障测距时,为了达到较高的精度,除了需要较好的电流、电压互感器,数学模型和测距算法外,还不可缺少采样数据的精确处理。故障测距计算需要故障前、后的三相电流、电压。这些电流、电压是将采样数据经处理后以复数型式出现的,要求在幅值和相位上都具有很高的精度。为了达到高精度测量的目的,采用了以下技术。

1 二阶有源低通滤波器

交流信号在采样前必须经过低通滤波。为了得到较好的滤波特性和较小的调整时间采用了二阶有源低通滤波器。低通滤波器在调整时间 t_s 之后的阶跃响应误差小于5%。 $0 \sim t_s$ 的时间段为该系统的暂态过渡过程,其输出是不精确的。影响测距仪采样精度的暂态过程发生在故障发生后的一段时间,这是由于电压信号的突变产生的低通滤波器暂态过程和其它元件的暂态过程。截止频率为400Hz的低通滤波器如图1所示。

$$R_1 = R_2 = 25.772k$$

实取 $25k$, $C_1 = 0.011\mu F$, $C_2 = 0.022\mu F$,运算放大器MC4558的零漂小于2mV。傅氏滤波可以消除零漂电压的影响。调整时间:

$$t_s = \frac{6C_2}{G_1 + G_2} = 1.6881ms$$

对于测距仪每周波20点的采样速率,在

故障发生后第3个采样点以后的数据才能避免低通滤波器暂态过程影响。

2 傅氏滤波算法的应用

在故障测距计算需要故障前、后三相电压,电流基波分量的数值。这些数值由傅氏算法求得。测距仪每周波采样20点,采样精度为12位, $X_0 \sim X_{39}$ 为故障前数据, $X_{40} \sim X_{69}$ 为故障后采集的数据,在计算时利用C语言数据类型转换的功能将 X_i 转换为双精度浮点数据类型进行计算以保证高精度。

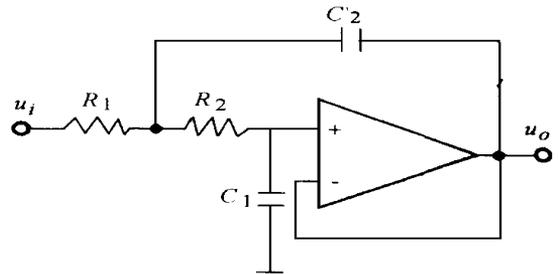


图1 二阶有源低通滤波器

对于故障前分量 $a_1 + jb_1$ 的计算方法为:

$$\begin{cases} a_1 = \frac{1}{20} I \sum_{K=0}^{19} (X_K + X_{K+20}) \sin(K \frac{2}{20} + \frac{9}{180} J) \\ b_1 = \frac{1}{20} I \sum_{K=0}^{19} (X_K + X_{K+20}) \cos(K \frac{2}{20} + \frac{9}{180} J) \end{cases} \quad (1)$$

在(1)式中使用两周波数据是考虑在故障前电流信号的采样值较小,这样可以减小截断误差。在滤波系数中增加9的偏移从而避免了系数中出现零值,否则在滤波计算中每周波会丢失2个采样数据的信息量。

对于故障后分量 $a_1 + jb_1$ 的计算方法为:

$$\begin{cases} a_1 = \frac{1}{20} [2 \sum_{K=45}^{64} X_K \sin(K \frac{2}{20} + \frac{9}{180})] \\ b_1 = \frac{1}{20} [2 \sum_{K=45}^{64} X_K \cos(K \frac{2}{20} + \frac{9}{180})] \end{cases} \quad (2)$$

在(2)式中使用了故障后5ms~25ms的数据。 $X_{40} \sim X_{44}$ 舍去不用是因为故障后的5ms的数据中衰减的直流分量,二次系统的电磁暂态过程,有源滤波器的过渡过程等产生的干扰信号较大。从线路发生故障到开关跳闸应有30ms时间间隔可以可靠地采集到故障后的数据。

3 跟踪电网频率

20点精确傅氏滤波的前提条件是采样间隔必须严格地等于 $\frac{1}{20f}$ 。由于电网频率 f 是不断变化的,因而采样间隔必须不断调整。在硬件上用8253作为定时器,其时钟频率为2MHz,分辨率为 $0.5\mu\text{s}$,可使采样的角度误差小于:

$$\frac{0.5}{20 \times 1000} \times 360^\circ = 0.009^\circ$$

当我们对某交流电压进行频率跟踪时,设 $K_1 = X_{i+1} - X_i$, $K_2 = X_{i+20} - X_i$ 不论信号在那一象限,当采样间隔偏大时 K_1 与 K_2 同号;当采样间隔偏小时 K_1 与 K_2 异号。

在无故障时电网频率变化缓慢,可以几个

周波进行一次频率跟踪计算,调整8253定时器的计数值使采样间隔与电网频率同步。因电网频率不会突变,在故障后的几十毫秒内的采样间隔与故障前的采样间隔相同并不影响傅氏算法的精度。

4 角差与比差的校准

电力系统的二次相电压和相电流要经过交流变换器变换成幅值不超过 $\pm 5\text{V}$ 的电压信号。由于交流变换器的特性不同,采样之前加的低通滤波器中使用的电阻、电容的参数也有偏差,因而采样信号傅氏滤波后得到的各交流量 $a + jb$ 中带有比差和角差。 $a + jb$ 乘以校正系数 $m + jn$ 得到的 $S_1 + JS_2$ 才为精确值。 $S_1 = am - bn$, $S_2 = bm + an$ 。 $m + jn = K(1 +)e^j$ 其中 K 为交流变换器的比例系数,为比差校正系数, e^j 为角差校正系数与采样系统的角差

相对应。在以上所有的数值计算中均采用双精度浮点数运算,计算误差极小。

这种故障测距仪有高级语言—8086的C语言和浮点运算器8087的仿真软件E8087的支持使高精度的故障测距成为可能。

参考文献

- 1 A. V. 奥本海姆著,董士嘉译. 数字信号处理. 科学出版社, 1983

ACCURATE PROCESSING OF SAMPLED DATA OF HV LINE FAULT LOCATOR

Lin Jun (Fuzho University, 350000, China)

Abstract By the means of using second - order active lowpass filter to trace power network frequency to respectively calculate in Fourier filtering and calibrate in software the pre/ after fault data, the HV line fault locator accurately calculates the fundamental components of the pre/ after fault voltage and current in double - accuracy floating point arithmetic.

Keywords sampled data accurate processing fundamental component