

噪声对介质损耗角正切计算结果的影响

徐志钮

(华北电力大学 河北省输变电设备安全防御重点实验室,河北 保定 071003)

摘要: 为了获得噪声类型及其含量对介质损耗角正切(简称介损)计算准确性的影响,用正态分布的随机变量模拟白噪声,用限幅后的柯西分布随机变量模拟脉冲噪声,编程获得了模拟到数字转换(A/D)的量化噪声。仿真分析了信噪比、信号长度对以上噪声导致的介损测量误差的影响,同时对以上噪声给介损测量造成的误差进行了拟合。结果表明:存在白噪声或脉冲噪声时,误差随信噪比和信号长度的增加而减小;存在量化噪声时,误差随量化位数的增加而减小,不随信号长度的变化而变化。给出了白噪声、脉冲噪声和量化噪声给介损测量带来误差的计算公式。

关键词: 介质损耗角正切; 白噪声; 脉冲噪声; 量化噪声; 误差分析

中图分类号: TM 835.4

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-6047.2013.11.013

0 引言

介质损耗角正切(简称介损)是电介质在正弦交变电场作用下总的有功功率与总的无功功率的比值,测量介损能在一定程度上反映电气设备绝缘的状况。据统计,电气设备的损坏直接引发的电网事故约占事故总量的 23.1%^[1]。对于高压电气设备,绝缘的损坏是其损坏的主要原因,因此,电气设备介损的检测对电力系统的安全运行有重要的价值^[2-3]。

在线监测能在线、实时获得电气设备的参量,能有效避免离线测量不能很好地反映设备运行状态、不能实时获得设备参数等问题,是电气设备实现状态维修的基础,是电气设备检测的发展方向^[4]。正常情况下电气设备绝缘中的损耗非常小,因此介损值较小,而外界的干扰容易对其测量结果产生影响^[5]。泄漏电流的取样是介损在线监测系统的一个关键点,较之末屏串入电容的取样方式^[6],采用穿心式传感器^[7-8]具有不改变电力系统一次接线等优点,是今后的一个发展方向。由于变电站电磁环境复杂,此时采集得到的泄漏电流非常容易受到周期性干扰、脉冲型干扰和白噪声干扰^[9-10],对误差进行估算是决定后续是否采取措施的前提。因此,非常有必要对介损监测时采集得到的电压和电流信号中含有噪声干扰时的介损误差进行估算,从而获得噪声的危害程度。目前虽然有一些文献研究了白噪声^[11]、脉冲噪声^[12]和量化噪声^[11]对介损在线监测结果的影响,但尚不够深入,未能详细给出以上各种噪声给介损测量带来的误差的定性规律以及定量的估算方法,该问题有待于继续研究。

基于以上考虑,同时考虑到模拟到数字 A/D (Analog to Digital)转换噪声也会给介损测量带来误差,本文用正态分布的随机变量模拟白噪声,用限幅处理后柯西(Cauchy)分布的随机变量模拟脉冲噪声^[13],编程模拟了量化噪声;仿真分析了信噪比、信号长度对以上噪声导致的介损测量误差的影响,同时运用拟合算法获得了误差的计算公式。所得结果对分析和计算噪声给介损测量带来的误差具有一定的实用价值,同时对噪声给信号相位差检测^[14-15]结果影响的研究具有很好的参考价值。

1 噪声及介损算法

1.1 噪声分布

测量得到电压和电流信号中的白噪声用正态分布的随机变量模拟,其概率密度函数为:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-x^2/(2\sigma^2)} \quad (1)$$

其期望为 0,标准差为 σ 。

脉冲噪声分布的模拟更复杂一些,目前尚未找到更好的模拟方法,本文用柯西近似模拟,其概率密度函数为:

$$f(x) = \frac{1}{\pi} \frac{\lambda}{(x-d)^2 + \lambda^2} \quad (2)$$

但在某些点上该随机变量产生的幅值可能过大,为了更好地模拟实际情况,后续进行了一定的限幅措施。

A/D 量化导致的误差为在一定区域内均匀分布的随机变量,本文通过编程模拟实际 A/D 转换过程产生的量化数据。

1.2 介损算法

随着电力系统稳定性的提高,频率波动幅度和出现概率逐渐下降,此时通过合理配置取样方式(泄漏电流信号通过电容型设备末屏串入取样电容获

收稿日期:2012-09-26;修回日期:2013-08-08

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2011-AA05A121)

Project supported by the National High-Tech R&D Program of China(863 Program)(2011AA05A121)

得,此时采集得到的电压与电流信号相位差接近于 0)后常规的离散傅里叶算法可以获得较为准确的介损值^[16-17]。因此,本文选择离散傅里叶算法计算介损,其计算公式如下:

$$I_1 = \sum_{n=0}^{N-1} I(n) \cos(n\omega\Delta t) \quad (3)$$

$$I_2 = \sum_{n=0}^{N-1} I(n) \sin(n\omega\Delta t) \quad (4)$$

$$U_1 = \sum_{n=0}^{N-1} U(n) \cos(n\omega\Delta t) \quad (5)$$

$$U_2 = \sum_{n=0}^{N-1} U(n) \sin(n\omega\Delta t) \quad (6)$$

$$\tan \delta = \left(1 + \frac{I_1 U_1}{I_2 U_2}\right) / \left(\frac{I_1}{I_2} - \frac{U_1}{U_2}\right) = \frac{I_1 U_1 + I_2 U_2}{I_1 U_2 - I_2 U_1} \quad (7)$$

其中, I_1 和 I_2 、 U_1 和 U_2 分别为电流信号、电压信号的基波的正弦、余弦分量; $U(n)$ 和 $I(n)$ 分别为采样得到的离散电压和电流信号; Δt 为连续 2 个采样点之间的时间间隔; ω 为基波角频率; $\tan \delta$ 为计算得到的介损。

2 白噪声

信噪比将直接影响介损计算误差,而用于介损计算的信号的长度取值可能会存在差别,较长的信号对噪声的抑制可能有一定的作用,对应实际使用时多次叠加平均减少噪声导致的误差,非常有必要分析 2 个因素对介损计算准确性的影响。基波频率为 50 Hz,由于离散傅里叶算法不受谐波影响,仅考虑基波,信号幅值为 1,采样频率为 10 kHz。为了使统计结果更加准确,每种情况仿真 10000 次。

2.1 信号长度

为不失一般性,针对信号长度分析时的相关参数如下:介损为 0.003,信噪比为 16.99 dB,信号点数在 200~10000 范围内变化。得到介损误差幅值的均值与信号长度的关系如图 1(a)所示。

设误差的期望为 E ,信号点数为 N ,考虑到图中曲线规律以及误差随点数增加逐渐下降,采用 $E = aN^{-b}$ 对图中数据进行拟合,拟合结果 $E = 0.16N^{-0.50}$,拟合所得曲线如图 1(a)所示,拟合相对误差如图 1(b)所示。拟合误差最大值为 1.02×10^{-4} ,误差幅值的均值为 2.10×10^{-5} ,拟合相对误差的最大值和均值分别为

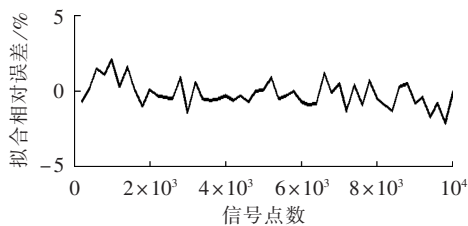
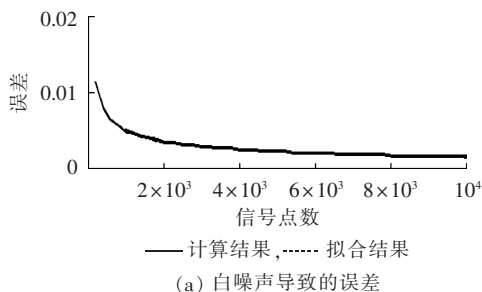


图 1 介损计算误差随采样长度的变化

Fig.1 Calculating error of dielectric loss factor varies with signal length

2.20% 和 0.71%,拟合准确性有保障。由以上分析可知,介损误差随信号长度的增加呈幂规律减小。

2.2 信噪比

针对信噪比分析时相关参数如下:信号点数为 1000,信噪比在 -3.01~36.99 dB 范围内变化,其他参数与 2.1 节一致。得到介损误差幅值的均值与信噪比的关系如图 2(a)所示。

设误差幅值的期望为 E ,信噪比为 R ,考虑到以上曲线规律及信噪比足够高时误差足够小,采用 $E = ae^{-bR}$ 拟合以上数据,拟合结果为 $E = 3.57 \times 10^{-2} e^{-0.12R}$,拟合所得曲线见图 2(a),拟合相对误差如图 2(b)所示。拟合最大误差 6.81×10^{-4} 出现在介损值较大时,远小于此时对应的真实值 0.05(白噪声导致的介损误差),拟合误差幅值的均值仅为 1.50×10^{-4} 。此后,随信噪比增加介损值减小,误差也随之减小。拟合相对误差的最大值为 2.54%,相对误差幅值的均值为 0.62%,显然拟合的准确性有保障。由以上分析可知,介损误差随信噪比的增加呈指数规律减小。

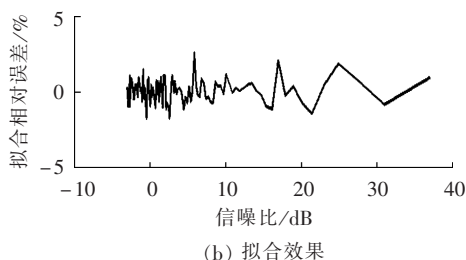
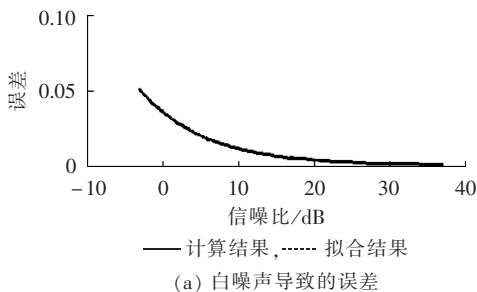


图 2 介损计算误差随信噪比的变化

Fig.2 Calculating error of dielectric loss factor varies with SNR

2.3 误差计算公式

由以上分析可知,介损误差受信号长度和信噪比

的影响。为了获得介损误差期望的表达式,本文对信噪比在 $-3.01 \sim 36.99$ dB、信号点数在 $200 \sim 10\,000$ 范围内变化的情况(其他参数与 2.1 节一致)进行仿真,计算结果如图 3 所示。同时假设这 2 个因素相互独立,将误差期望用 $E=aN^{-b}e^{-cR}$ 进行拟合,拟合结果为:

$$E=1.13N^{-0.50}e^{-0.12R} \quad (8)$$

拟合误差的最大值和幅值的均值分别为 2.13×10^{-3} 和 8.73×10^{-5} ;拟合相对误差的最大值为 2.99%,相对误差幅值的均值为 0.61%,具体情况如图 4 所示。可知预测准确性较高。

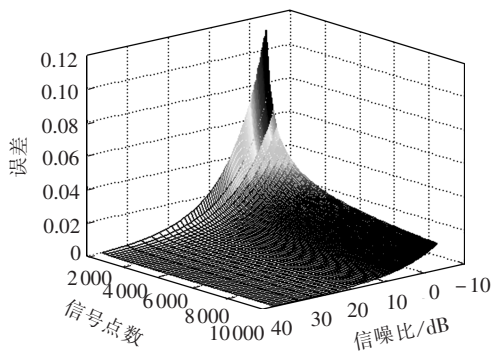


图 3 不同采样长度和信噪比下介损计算误差
Fig.3 Calculating errors of dielectric loss factor for different signal lengths and SNRs

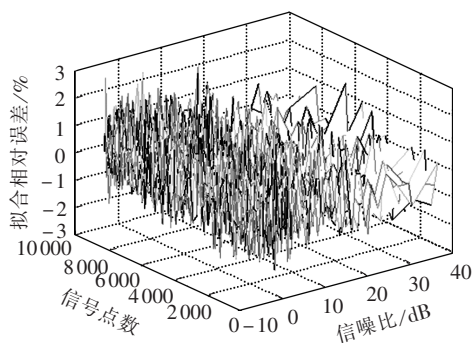


图 4 不同采样长度和信噪比下拟合相对误差
Fig.4 Relative fitting errors for different signal lengths and SNRs

3 脉冲噪声

除了施加限幅为 $-5 \sim 5$ 范围内的柯西分布随机变量,信号情况与第 2 节一致。

3.1 信号长度

为不失一般性,针对信号长度分析时相关参数如下:介损为 0.003,信噪比大致为 $22.56 \sim 29.92$ dB,信号点数在 $200 \sim 10\,000$ 范围内变化。得到介损误差幅值的均值与信号长度的关系如图 5(a)所示。

设误差期望为 E ,信号点数为 N ,考虑到图 5(a)的曲线规律与图 1(a)类似,采用 $E=aN^{-b}$ 对图中数据进行拟合,拟合结果为 $E=1.88 \times 10^{-2}N^{-0.32}$,所得曲线见图 5(a),拟合相对误差见图 5(b)。拟合误差最大值为 2.78×10^{-4} ,误差幅值的均值为 8.63×10^{-5} ,拟合

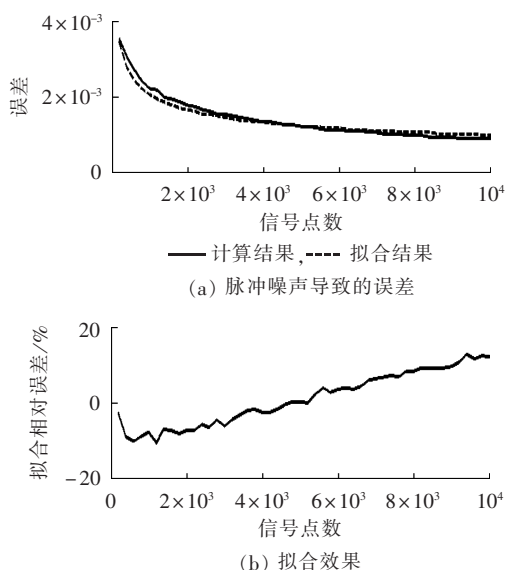


图 5 介损计算误差随采样长度的变化

Fig.5 Calculating error of dielectric loss factor varies with signal length

相对误差的最大值和均值分别为 12.45% 和 6.10%,拟合误差并不是很小,其原因之一是脉冲噪声仅在少数几个点上有值,随着信号长度变化信噪比并不是一个固定值。由以上分析可知,介损误差随信号长度的增加近似呈幂规律减小。

3.2 信噪比

信噪比分析中相关参数如下:介损 0.003,信号点数为 1000,信噪比在 $21.36 \sim 53.46$ dB 范围内变化。得到介损误差幅值的均值与信噪比的关系见图 6。

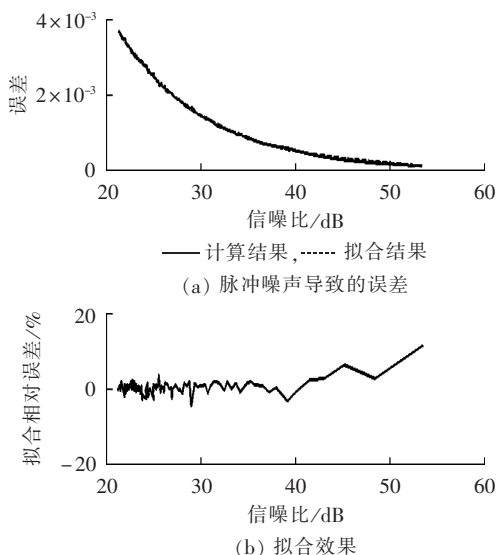


图 6 介损计算误差随信噪比的变化

Fig.6 Calculating error of dielectric loss factor varies with SNR

设误差幅值的期望为 E ,信噪比为 R ,考虑到以上曲线规律及信噪比足够高时误差足够小,采用 $E=ae^{-bR}$ 拟合以上数据,拟合结果为 $E=3.57 \times 10^{-2}e^{-0.11R}$,所得曲线如图 6(a)所示,拟合相对误差如图 6(b)所

示。拟合最大误差出现在介损值较大时,仅为 8.96×10^{-5} ,误差幅值的均值仅为 2.15×10^{-5} 。此后介损值随信噪比增加而减小,误差也随之减小。虽然拟合相对误差的最大值为 11.28%,但较大的相对误差仅仅在噪声导致误差很小时才出现,此时其造成的影响并不大,相对误差幅值的均值为 1.20%,显然拟合的准确性有保障。由以上分析可知,介损误差随信噪比的增加呈指数规律减小。

3.3 误差计算公式

由以上分析可知,介损误差受信号长度和信噪比的影响,为了获得介损误差期望的表达式,本文对信噪比在 19.27~59.12 dB、信号点数在 200~10000 范围内变化的情况进行仿真,计算结果如图 7 所示。图 3 与图 7 有类似的规律,图 3 更平滑一些,这是因为白噪声在信号各点上均有值,而脉冲噪声仅在少数点上有值,有限的仿真次数难以获得更准确的统计参数。同时假设这 2 个因素相互独立,将误差期望用 $E=aN^{-b}e^{-cR}$ 进行拟合,拟合结果为:

$$E=1.51N^{-0.55}e^{-0.11R} \tag{9}$$

拟合误差的最大值和幅值的均值分别为 3.11×10^{-4} 和 1.71×10^{-5} 。拟合相对误差的最大值为 40.96%,相对误差幅值的均值为 1.43%,具体情况如图 8 所示。显然,总体上看拟合相对误差不大,但拟合最大误差偏大,其主要发生在信噪比较大的情况下,此时介损

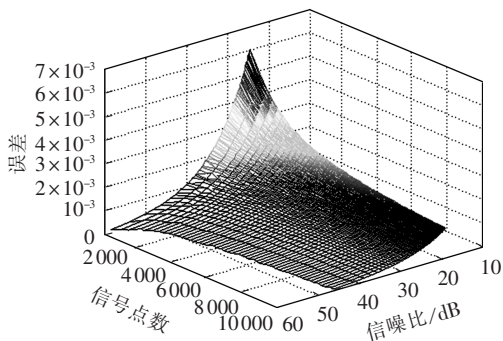


图 7 不同采样长度和信噪比下的介损计算误差
Fig.7 Calculating errors of dielectric loss factor for different signal lengths and SNRs

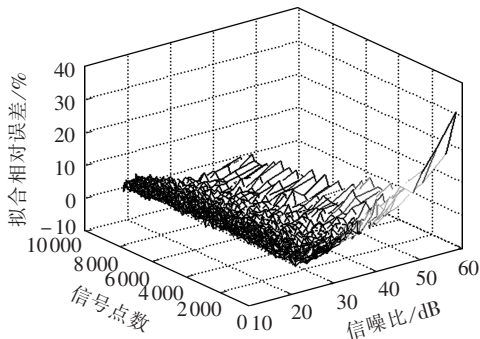


图 8 不同采样长度和信噪比下拟合相对误差
Fig.8 Relative fitting errors for different signal lengths and SNRs

误差已经很小,当相对误差大于 15% 时对应噪声导致的介损最大误差仅为 5.22×10^{-4} ,相对误差的影响并不大。拟合相对误差在信噪比较高时较大的原因是此时噪声导致的介损误差较小,拟合相对误差较大时误差的平方和的贡献并不大,仍能对应最佳拟合结果。因此,并不小的相对误差仅仅导致了较小的绝对误差,对预测准确性影响不算很大。

4 量化噪声

考虑量化噪声时不能让信号仅仅含有单一的基波分量,否则不合实际情况的电压与电流信号的相关性将导致分析得到的结果存在偏差,故考虑电压与电流的 2 次和 3 次谐波幅值分别为基波的 3% 和 5%,电压与电流的 2 次和 3 次谐波初始相位也分别在 $0 \sim 4\pi$ 和 $0 \sim 6\pi$ 范围内均匀分布,A/D 转换的量程大于信号的最大幅值,本文中设定为信号基波幅值的 4 倍,实际情况中如果 A/D 转换的量程相对于基波幅值增大至原来的 2 倍则相当于将实际的量化位数减少 1 位。其他情况与第 2 节一致。

4.1 信号长度

为不失一般性,针对信号长度分析时的相关参数如下:介损 0.003,量化位数分别选择为 8、12 和 16,信号点数在 200~10000 范围内变化。为获得统计特性,针对每种组合,基波初始相位在 $0 \sim 2\pi$ 之间取一个随机值,得到介损误差幅值的均值与信号长度的关系如图 9 所示。可见,当量化位数有不同的取值时介损误差不同,但显然考虑量化噪声时介损误差与信号长度无关。因此,不可用叠加平均法减少量化噪声导致的误差。

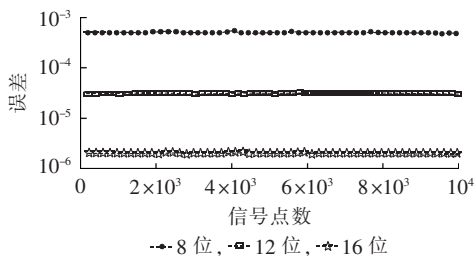


图 9 介损计算误差随采样长度变化
Fig.9 Calculating errors of dielectric loss factor varies with signal length

4.2 量化位数

针对信噪比分析时的相关参数如下:介损 0.003,信号点数为 1000,量化位数在 8~16 范围内变化。得到介损误差与量化位数的关系如图 10(a)所示。

观察数据规律发现量化位数每增加 1 位,误差减小为原来的 1/2。设误差的期望为 E ,量化位数为 Q ,考虑到以上曲线规律以及量化位数足够大时量化给介损测量带来误差趋向于 0,故用 $E=a \times 2^{-Q}$ 对以

上数据进行拟合,拟合结果为 $E=1.28 \times 10^{-1} \times 2^{-Q}$, 所得曲线如图 10(a)所示,拟合相对误差如图 10(b)所示。拟合误差最大值为 1.24×10^{-5} ,误差幅值的均值为 2.35×10^{-6} ,拟合相对误差的最大值和均值分别为 5.24% 和 1.89%。虽然拟合相对误差的较大值主要出现在量化位数较低(9 位)时,但此时量化位数给介损测量带来误差仍较小,而拟合的绝对误差并不大,拟合准确性有保障。由以上分析可知,介损误差随信号长度的增加呈指数规律减少。

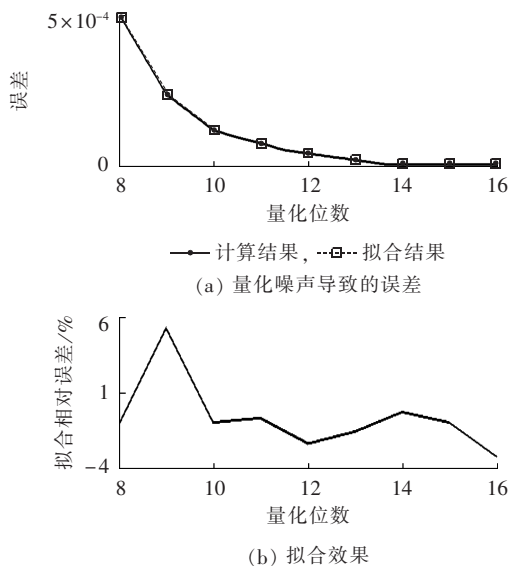


图 10 不同量化位数下的介损计算误差

Fig.10 Calculating errors of dielectric loss factor for different digitalizing bits

为了进一步获得更加准确的误差估算公式,获得量化位数在 8~16、信号点数在 200~10 000 范围内变化的介损计算误差,用非线性最小二乘拟合获得误差估算公式为:

$$E=1.28 \times 10^{-1} \times 2^{-Q} \quad (10)$$

拟合误差的最大值和幅值的均值分别为 1.68×10^{-5} 和 2.44×10^{-6} ;拟合相对误差的最大值为 7.21%,相对误差幅值的均值为 1.76%,具体情况如图 11 所示。由图 11 可知,与图 10(b)类似,量化位数最小为

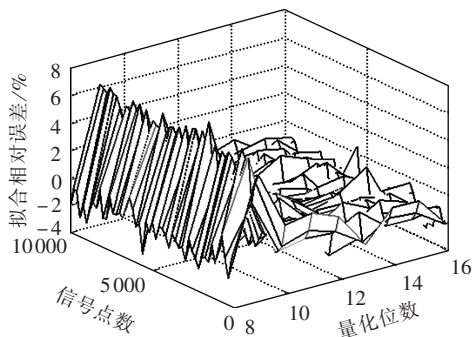


图 11 不同采样长度和量化位数下拟合相对误差

Fig.11 Relative fitting errors for different signal lengths and digitalizing bits

8 位时拟合相对误差也较小,虽然量化位数为 9 时拟合相对误差有所增加,但此时量化噪声导致的误差较小,一定的相对误差影响较小。因此,误差估算公式的准确性有保障。

5 结论

用正态分布的随机变量模拟了白噪声,用限幅后柯西分布的随机变量模拟了脉冲噪声,编程模拟了 A/D 转换的量化噪声;仿真分析了信噪比和信号长度对以上噪声导致介损测量误差的影响,同时拟合获得了以上噪声给介损测量造成误差的计算公式。

a. 信号含白噪声时随着信号信噪比的增加,误差呈指数规律减小;随信号点数的增加,误差呈幂规律减小;误差幅值的期望为 $E=1.13 N^{-0.50} e^{-0.12R}$ 。

b. 信号含脉冲噪声时随着信号信噪比的增加,误差呈指数规律减小;随信号点数的增加,误差近似呈幂规律减小;误差幅值的期望为 $E=1.51 N^{-0.55} e^{-0.11R}$ 。

c. A/D 量化时介损误差随量化位数的增加呈指数规律减小,与信号点数无关,不可用叠加平均法减小量化噪声导致的误差;量化位数每增加 1 位,误差减小为原来的一半;误差幅值的期望 $E=1.28 \times 10^{-1} \times 2^{-Q}$ (A/D 转换的量程为基波幅值的 4 倍)。

本文解决了介损在线监测时噪声给介损测量带来误差的特性及其定量估算问题,同时对噪声给信号相位检测结果影响的研究具有很好的参考价值。

参考文献:

- [1] 屈靖,郭剑波.“九五”期间我国电网事故统计分析[J]. 电网技术,2004,28(21):60-62,68.
QU Jing, GUO Jianbo. Statistics and analysis of faults in main domestic power systems from 1996 to 2000[J]. Power System Technology, 2004, 28(21): 60-62, 68.
- [2] 田成凤. 变压器电容式套管电容及介损的正确测量[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(4): 147-149.
TIAN Chengfeng. Properly measure capacitance and dielectric loss of condenser-type transformer bushings[J]. Electric Power Automation Equipment, 2010, 30(4): 147-149.
- [3] 彭翔,陈禾,夏谷林,等. 500 kV 断路器并联电容器的现场高电压介损损耗测量[J]. 高电压技术, 2011, 37(10): 2378-2384.
PENG Xiang, CHEN He, XIA Gulin, et al. On-site dielectric loss measurements of 500 kV circuit-breaker capacitors under high voltage[J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(10): 2378-2384.
- [4] YOUNSI K, NETI P, SHAH M, et al. On-line capacitance and dissipation factor monitoring of AC stator insulation[J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2010, 17(5): 1441-1452.
- [5] WANG N, LU F C, LI H M. Analytical processing of on-line monitoring dissipation factor based on morphological filter[J]. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2004, 11(5): 840-846.
- [6] 刘云鹏,律方成,李成榕,等. 基于电容分压的电力变压器套管绝

- 缘在线检测的研究[J]. 高压电器, 2004, 40(2): 121-123.
- LIU Yunpeng, LÜ Fangcheng, LI Chengrong, et al. On-line monitoring transformer's bushing insulation based on its tap capacitive divider[J]. High Voltage Apparatus, 2004, 40(2): 121-123.
- [7] 单平, 罗勇芬, 徐大可, 等. 绝缘监测用高精度微电流传感器研究[J]. 电力自动化设备, 2002, 22(11): 4-6.
- SHAN Ping, LUO Yongfen, XU Dake, et al. High precision current sensor based on compensation principle[J]. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(11): 4-6.
- [8] 刘君, 吴广宁, 周利军, 等. 零磁通传感器的研究[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(8): 67-70.
- LIU Jun, WU Guangning, ZHOU Lijun, et al. Zero-flux type current sensor[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(8): 67-70.
- [9] 徐志钊, 律方成. 基于独立分量分析的绝缘子泄漏电流取样方式的研究[J]. 仪器仪表学报, 2010, 31(12): 2861-2866.
- XU Zhiniu, LÜ Fangcheng. Study of insulator leakage current sampling based on independent component analysis[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2010, 31(12): 2861-2866.
- [10] 王晓蓉, 杨敏中, 严璋. 电力设备局部放电测量中抗干扰研究的现状和展望[J]. 电网技术, 2000, 24(6): 41-45.
- WANG Xiaorong, YANG Minzhong, YAN Zhang. Review and prospect of rejecting interference in partial discharge measurement of power equipment[J]. Power System Technology, 2000, 24(6): 41-45.
- [11] 徐志钊, 律方成, 李和明. 加 Blackman-Harris 窗插值算法仿真介损角测量[J]. 高电压技术, 2007, 33(3): 104-108.
- XU Zhiniu, LÜ Fangcheng, LI Heming. Simulation analysis of dielectric loss angle measured by Blackman-Harris window interpolation algorithm[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(3): 104-108.
- [12] 徐志钊, 律方成, 李和明. 存在脉冲噪声情况下的介损角算法[J]. 电力自动化设备, 2008, 28(2): 45-48.
- XU Zhiniu, LÜ Fangcheng, LI Heming. Dielectric loss angle algorithm considering impulsive noise[J]. Electric Power Automation Equipment, 2008, 28(2): 45-48.
- [13] 郭莹, 邱天爽, 张艳丽, 等. 脉冲噪声环境下基于分数低阶循环相关的自适应时延估计方法[J]. 通信学报, 2007, 28(3): 8-14.
- GUO Ying, QIU Tianshuang, ZHANG Yanli, et al. Novel adaptive time delay estimation method based on the fractional lower order cyclic correlation in impulsive noise environment[J]. Journal on Communications, 2007, 28(3): 8-14.
- [14] 郑荣进, 林湘宁, 赵峰. 基于最小相位差全局搜索的高压输电线路故障测距[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(3): 58-61.
- ZHENG Rongjin, LIN Xiangning, ZHAO Feng. Fault location based on global search of minimum phase difference for high voltage transmission lines[J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(3): 58-61.
- [15] 范新桥, 朱永利, 卢伟甫. 采用电流分布式测量和相位比较方式的输电线路故障定位[J]. 高电压技术, 2012, 38(6): 1341-1347.
- FAN Xinqiao, ZHU Yongli, LU Weifu. Fault location scheme for transmission lines using distributed current measurements and their phases comparison[J]. High Voltage Engineering, 2012, 38(6): 1341-1347.
- [16] 徐志钊, 谢红玲, 律方成, 等. 信号的取样方式对介质损耗角测量的影响[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(7): 48-51, 55.
- XU Zhiniu, XIE Hongling, LÜ Fangcheng, et al. Influence of signal sampling mode on dielectric loss angle measurement[J]. Electric Power Automation Equipment, 2009, 29(7): 48-51, 55.
- [17] 徐志钊, 赵丽娟, 律方成, 等. 傅立叶算法测量介质损耗的误差分析与应用[J]. 电网技术, 2011, 35(12): 124-129.
- XU Zhiniu, ZHAO Lijuan, LÜ Fangcheng, et al. Error analysis on dielectric loss measurement by Fourier algorithm and its application[J]. Power System Technology, 2011, 35(12): 124-129.

作者简介:



徐志钊(1979-),男,浙江苍南人,副教授,博士,从事电力系统外绝缘、电气设备状态监测与故障诊断及电力系统谐波分析方面的研究工作(E-mail: wzcjxx@sohu.com)。

Influence of noise on accuracy of dielectric loss factor calculation

XU Zhiniu

(Hebei Provincial Key Laboratory of Power Transmission Equipment Security Defense,
North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: To evaluate the influence of noise type and content on the accuracy of dielectric loss factor calculation, the white noise is simulated by a random variable with normal distribution and the impulsive noise by a random variable with Cauchy distribution and limited amplitude, while the quantization noise of analog-digital conversion is programmed. The influence of SNR(Signal-Noise Ratio) and signal length on the error of dielectric loss factor is investigated and the calculation formulas of errors caused by mentioned noises are fitted. Results show that: the error caused by white noise or impulsive noise decreases along with the increase of SNR or signal length while the error caused by quantization noise decreases only along with the increase of digitalizing bits, immune to signal length. The formulas of errors caused by different noises are given.

Key words: dielectric loss factor; white noise; impulsive noise; quantization noise; error analysis