DOI: 10.17117/na.2015.10.03.036

<http://ucom.ru/doc/na.2015.10.03.036.pdf>

Поступила (Received): 20.10.2015

Безуглов Д.А., Юхнов В.И. Нелинейные преобразования метрологических характеристик автономных средств измерений

Bezuglov D.A., Yukhnov V.I. Nonlinear transformation of the autonomous metrological characteristics of measuring instruments

Эволюция метрологических характеристик средств измерений во времени обусловлена процессами старения в его узлах и элементах, вызванными взаимодействием с внешней окружающей средой. Эти процессы протекают в основном на молекулярном уровне и не зависят от того, находится ли средство измерения в эксплуатации или хранится на консервации. В работе проведен анализ методов уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова, квазилинейного метода и метода функциональных рядов на конкретном примере

Ключевые слова: эволюция метрологических характеристик

The evolution of the metrological characteristics of measuring instruments in time due to the aging process in its nodes and elements due to the interaction with the external environment. These processes occur mainly at the molecular level and do not depend on whether the measurement tool in use or is stored for preservation. The work analyzes the methods the equations of Fokker-Planck-Kolmogorov method and the method of quasi-linear functional series of a specific example

Key words: evolution of the metrological characteristics

Безуглов Дмитрий Анатольевич

Доктор технических наук, профессор
Ростовский государственный университет путей
сообщения

г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового
Полка Народного Ополчения, 2

Bezuglov Dmitry Anatolyevich

Doctor of Engineering Sciences, Professor
Rostov state transport university
Rostov-on-Don, sq. Rostov Infantry Regiment of the
People's Militia, 2

Юхнов Василий Иванович

Кандидат технических наук, доцент
Ростовский государственный университет путей
сообщения

г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового
Полка Народного Ополчения, 2

Yukhnov Vasily Ivanovich

Candidate of Engineering Sciences, Associate
Professor
Rostov-on-Don, sq. Rostov Infantry Regiment of the
People's Militia, 2

Как показали многочисленные исследования электронных средств измерений, дрейф метрологических характеристик из-за влияющих факторов, в общем случае, может быть представлен как нелинейное преобразование данных метрологических характеристик во времени.

Эволюция метрологических характеристик средств измерений во времени обусловлена процессами старения в его узлах и элементах, вызванными

взаимодействием с внешней окружающей средой. Эти процессы протекают в основном на молекулярном уровне и не зависят от того, находится ли средство измерения в эксплуатации или хранится на консервации. Следовательно, основным фактором, определяющим старение средств измерений, является календарное время, прошедшее с момента их изготовления, т.е. возрастает.

Скорость старения зависит, прежде всего, от используемых материалов и технологий. Исследования [1] показали, что необратимые процессы, изменяющие погрешность, протекают очень медленно и зафиксировать эти изменения в ходе эксперимента в большинстве случаев невозможно. В связи с этим большое значение приобретают различные математические методы, на основе которых строятся модели эволюции погрешностей и производится прогнозирование метрологических отказов.

Среди нелинейных преобразований можно выделить два класса [1]: безынерционные (функциональные) и инерционные. Наиболее характерными для автономных средств измерений являются нелинейные инерционные преобразования. При таких преобразованиях изменения метрологических характеристик описывается нелинейным дифференциальным уравнением. Существует три основных метода решения нелинейных стохастических дифференциальных уравнений [1, 2]: с помощью уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова, квазилинейный метод и метод функциональных рядов.

Цель работы: анализ методов уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова, квазилинейного метода и метода функциональных рядов на конкретном примере.

Квазилинейный метод сравнительно прост, и для рассмотренного примера дает хорошие результаты. Однако приводимое сравнение методов только по точности определения дисперсии (а не других характеристик) не является показательным согласно принятому критерию нахождения эквивалентного коэффициента усиления. Справедливость метода теоретически не обоснована; он является эвристическим и логически непоследовательным.

Метод функциональных рядов по существу обобщает квазилинейный метод и имеет примерно ту же область применения. Он позволяет получить более точные результаты, но является весьма трудоемким. При его применении возникает дополнительная проблема – оценка сходимости ряда.

Когда выходной процесс системы можно свести к марковскому, применение уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова позволяет получить точное решение задачи. Поэтому всегда целесообразно на основании физических соображений выходной процесс аппроксимировать марковским.

Конечно, может оказаться (особенно для многомерных нелинейных систем), что получить аналитическое решение уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова затруднительно и потребуются приближенные аналитические или численные методы решения [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Однако необходимо иметь в виду, что в принципе только теория марковских процессов позволяет математически анализировать нелинейные инерционные системы с несколькими состояниями устойчивого равновесия (включая процессы захвата и срыва слежения), других методов не существует [10, 11, 12].

Список используемых источников:

1. Безуглов Д.А., Поморцев П.М. Автономные средства измерений. Монография. Ростов-на-Дону, 2007. 168 с.
2. Безуглов Д.А., Поморцев П.М. Методика увеличения межповерочного интервала групповой меры // Измерительная техника. 1998. № 11. С. 3
3. Безуглов Д.А., Кузин А.П., Решетникова И.В., Юхнов В.И. Информационная технология идентификации изображений // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-16. С. 3466-3470.
4. Безуглов Д.А., Поморцев М.П., Поморцев П.М. Синтез алгоритмов субоптимального оценивания единиц физических величин групповых эталонов // Вопросы радиоэлектроники. 2002. № 1. С. 254.
5. Безуглов Д.А., Решетникова И.В., Юхнов В.И., Енгибарян И.А. Оптимальное оценивание сигналов в гартмановском датчике на фоне пуассоновских шумов // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-16. С. 3471-3475.
6. Безуглов Д.А., Решетникова И.В., Юхнов В.И., Ячменов А.А. Оптимальная оценка сигналов в адаптивных оптических системах передачи информации // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. 2014. № 1 (53). С. 30-35.
7. Безуглов Д.А., Рытиков С.Ю., Швидченко С.А. Метод вейвлет-дифференцирования в задаче выделения контуров // Успехи современной радиоэлектроники. 2012. № 6. С. 52-57.
8. Безуглов Д.А., Цугурян Н.О. Дифференцирование результатов измерений сглаживающими кубическими В-сплайнами // Современные информационные технологии. 2005. № 1. С. 73-78.
9. Безуглов Д.А., Юхнов В.И. Метод определения параметров движения точечного источника с использованием высокоточных алгоритмов адаптивной оптики // Транспорт-2014. Ростов-на-Дону, 2014. С. 23-25.
10. Bezuglov D.A., Pomortsev P.M. Estimating the unit of the physical quantity of a collective working standard from the results of intragroup comparisons by utilizing the maximum-likelihood criterion. Measurement Techniques. 2001. T. 44. № 1. С. 1-8.
11. Bezuglov D.A., Sklyarov A.V., Pomortsev P.M. Processing the results of measurements by approximating the distribution density with smoothing cubic b-splines. Measurement Techniques. 2000. T. 43. № 9. С. 757-762.
12. Безуглов Д.А., Поморцев П.М., Скляров А.В. Обработка результатов измерений на базе аппроксимации плотности распределения сглаживающими кубическими В-сплайнами // Измерительная техника. 2000. № 9. С. 32.

© 2015, Безуглов Д.А., Юхнов В.И.
Нелинейные преобразования метрологических характеристик автономных средств измерений

© 2015, Bezuglov D.A., Yukhnov V.I.
Nonlinear transformation of the autonomous metrological characteristics of measuring instruments