

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Прудников А.В.,

научный руководитель доц. Климентьев К. Е.

*Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П.  
Королева (национальный исследовательский университет)*

На кафедре информационных систем и технологий СГАУ силами преподавателей и студентов на протяжении многих лет продолжается работа по разработке и реализации программных средств, предназначенных для исследования метрологических характеристик как независимых измерительных каналов (ИК) информационно-измерительных систем, так и программно-управляемых совокупностей.

Исходными данными для исследования являются:

- метрологические характеристики (статические и динамические) отдельных компонентов ИК;
- алгоритмы опроса ИК и влияющие на их выполнение характеристики многозадачных операционных систем;
- характеристики входных сигналов;
- характеристики внешней среды и условий проведения измерений, влияющие на результат измерений;
- аналитические зависимости между измеряемыми величинами - в случае косвенных измерений.

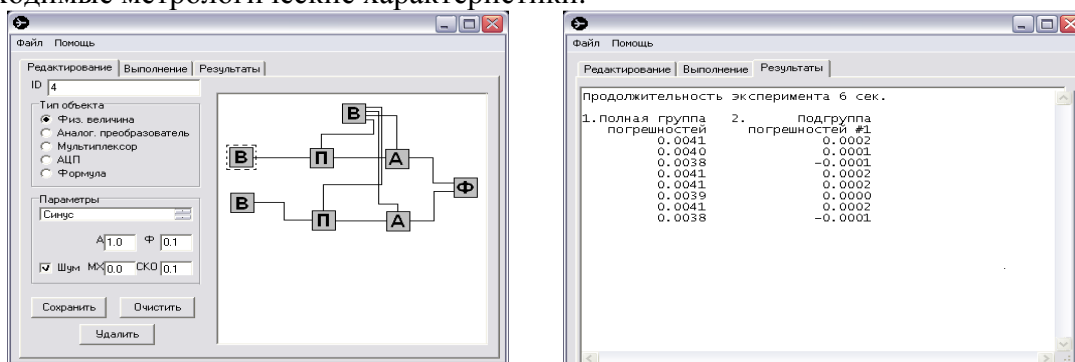
Рассматриваются различные варианты информационно-измерительных систем:

- предназначенные для получения числовых оценок  $\tilde{X}_k$  измеряемых величин  $X_k$  в режиме прямых измерений по отдельно взятому  $k$ -му измерительному каналу;
- предназначенные для получения числовой оценки величины

$$\tilde{Y} = F(X_1, X_2, \dots, X_K), \quad (1)$$

полученной в результате косвенных измерений в  $K$  измерительных каналах.

Поскольку структура измерительных каналов и конкретный вид соотношения (1) заранее неизвестны, передо мной была поставлена задача разработать и реализовать программное средство, позволяющее строить описания информационно-измерительных систем по принципу «конструктора LEGO», а потом вычислять необходимые метрологические характеристики.



а) Редактирование структуры

б) Отображение результатов

Рис. 1. Примеры работы системы

Расчеты пределов полной погрешности подсистем измерений в режиме косвенных измерений выполняются двумя способами.

1. Метод имитационного моделирования. Для получения числовых оценок полной погрешности косвенных измерений генерируется необходимое с точки зрения достижения требуемой точности и достоверности результатов оценивания количество выборочных значений измеряемых величин  $X_k$ , строковые представления которых подставляются в строковое представление соотношения (1). Результат преобразования, реализуемого формулой соотношения (1), вычисляется также в символьном виде при помощи встроенной программы-интерпретатора арифметических формул. Предельные значения погрешности косвенных измерений оцениваются, как  $\Delta_{mzx} = \max_i (\tilde{X}_{ki} - X_{ki})$ , где  $X_{ki}$  – заранее известное  $i$ -е выборочное значение измеряемой величины в  $k$ -ом ИК;  $\tilde{X}_{ki}$  –  $i$ -е выборочное значение оценки измеряемой величины, полученное в результате моделирования аналоговых и цифровых преобразований в ИК подсистемы измерений.

2. Метод аналитического расчета. В этом случае для расчетов погрешности косвенных измерений используется хорошо известная в метрологии формула

$$\Delta_{\Sigma}(X_1, X_2, \dots, X_k) = \sqrt{\sum_{k=1}^K \left( \frac{\partial F}{\partial X_k} \Delta_k \right)^2}, \quad (2)$$

где  $\Delta_k$  – предельные значения приведенных ко входу погрешностей в  $k$ -ом ИК подсистемы измерений. При расчете предельного значения погрешности возникает задача автоматизированного оценивания максимума функции (2).

При выполнении расчетов аналитическое соотношение (1) задается в символьной форме, т.е. в виде текстовой строки. Строковые представления частных производных для использования в (2) получаются в результате применения методов символьного дифференцирования. Расчеты числовых значений предельной погрешности выполняются при помощи разработанного мной интерпретатора арифметических формул.

Пример. Схема измерения приведена на рис. 2.

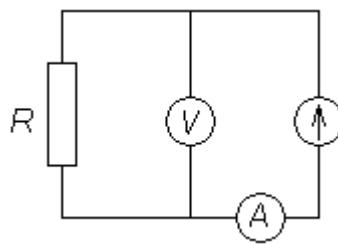


Рис. 2. Схема косвенного измерения номинала резистора

Формула, описывающая соотношение между значениями искомой величины и физических величин, получаемых в результате прямых измерений:  $R = \frac{U}{I}$ .

Символьное представление формулы: « $\frac{U}{I}$ ».

Символьные представления частных производных: « $\frac{1}{I}$ » и « $-\frac{U}{I^2}$ ».

Символьное представление (2) для рассматриваемого примера:

$$\llcorner \sqrt{\left(\frac{1}{I} * d1\right)^2 + \left(\left(-\frac{U}{I^2}\right) * d2\right)^2} \gg.$$

Далее необходимо найти глобальный максимум этой функции, определенной на области возможных значений измеряемых величин «I» и «U». Мною рассмотрены и реализованы в программе наиболее известные алгоритмы:

- метод градиентного спуска;
- генетический алгоритм с использованием вычисления математического ожидания для определения достижения требуемой точности результата;
- метод стохастической оптимизации.

Так же в процессе разработки и тестирования мной было проведено сравнение этих методов с точки применимости в моей системе, которое показало, что для подобного рода задач можно применить алгоритмы оптимизации с целью ускорения поиска решения. Наиболее эффективным из рассмотренных методов оказался генетический алгоритм. Он имеет ряд преимуществ, таких как:

- не требует никакой информации о поведении функции (например, дифференцируемости и непрерывности);
- разрывы имеют незначительный эффект на полную эффективность оптимизации;
- позволяют эффективно отыскивать глобальный оптимум;
- относительно стойкий к попаданию в локальные оптимумы;
- может быть использован для широкого класса задач;
- прост в реализации;
- может быть использован в задачах с изменяющейся средой.

Генетические алгоритмы не имеют значительных математических требований к видам целевых функций и ограничений. Тем самым его можно применять для различного рода исследуемых функций. Это положительно сказывается на применимости алгоритма для широкого спектра задач. Применение алгоритмов оптимизации в данной задаче обеспечивает быстрый поиск решения с указанной точностью.

Таким образом, разрабатываемый программный комплекс позволяет рассчитывать метрологические характеристики информационно-измерительных систем различными способами, тем самым контролируя достоверность результатов.