

ПОВЫШЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ АНАЛОГОВЫХ БЛОКОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Т.И. Чернышова¹, Н.З. Отхман¹, Л.И. Рожнова²

*Кафедры: «Радиоэлектронные средства бытового назначения» (1);
nabilothman@rambler.ru;*

«Электрооборудование и автоматизация» (2), ГОУ ВПО «ТГТУ»

Представлена членом редколлегии профессором С.В. Пономаревым

Ключевые слова и фразы: метод конфигурации; метрологическая надежность; метрологический ресурс.

Аннотация: Предложен метод повышения метрологической надежности измерительных систем путем оптимального выбора номиналов элементов.

Одной из важных задач, возникающих при проектировании измерительных систем (ИС) с фиксированным уровнем метрологической надежности (МН), является задача оптимального выбора параметров комплектующих элементов проектируемых ИС, обеспечивающих заданную (максимальную) метрологическую надежность, определяемую характером и темпом изменения метрологических характеристик ИС [1].

Задача заключается в разработке алгоритма для поиска максимального метрологического ресурса путем подбора номиналов элементов

$$t_p^* = \max \left\{ \min_{i=1, \dots, p} \{t_{pi}\} \right\} \text{ при } \vec{S}(t, \vec{\varphi}) = \text{var}, \vec{\varphi} \in \Phi, y(t, \vec{\varphi}) \in A, \quad (1)$$

где t_p^* – метрологический ресурс измерительного средства в целом; t_{pi} – значение метрологического ресурса i -го аналогового блока; t – время; \vec{S} – совокупность метрологических характеристик ИС; $\vec{\varphi}$ – вектор внешних возмущающих воздействий; Φ – область внешних возмущающих воздействий; $y(t, \vec{\varphi})$ – совокупность выходных характеристик ИС; A – область работоспособности.

В качестве методов решения данной задачи могут быть использованы методы случайного поиска, позволяющие изменять вероятности выбора последующих шагов в зависимости от предыстории и определять значения параметров входящих в схему элементов, при которых достигаются заданные или экстремальные значения целевой функции. Методы случайного поиска сочетают в себе случайность при выборе направления поиска и прогнозирование поведения целевой функции на основе проведенных вычислений.

В пользу применения таких методов говорит их совмещение с приемами статистического моделирования, которые используются при моделировании метрологических характеристик проектируемых ИС.

Проведенный анализ методов случайного поиска показал возможность использования для решения задачи (1) метода конфигураций.

Метод конфигураций весьма просто реализуется на практике и обладает рядом ценных преимуществ: хорошо отслеживает овраги как прямолинейные, так и криволинейные и, не требуя вычисления производных, обладает высокой скоростью сходимости. Данный метод в отличие от других легко реализуется при автоматизации оптимального выбора параметров комплектующих элементов измерительных средств на персональном компьютере (ПК).

Алгоритм метода конфигураций состоит из следующих операций. Прежде всего, задается начальная точка X^0 , а также начальное приращение ΔX . Чтобы начать пробные шаги, следует вычислить значение целевой функции $F(X)$ в начальной точке. Затем в циклическом порядке изменяется каждая переменная (каждый раз только одна) на выбранные значения приращений, пока все параметры не будут таким образом изменены.

В частности $x_1^{(0)}$ увеличивается на $\Delta x_1^{(0)}$, так что $x_1^{(1)} = x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)}$. Если приращение не улучшает целевую функцию, то $x_1^{(0)}$ уменьшается на $\Delta x_1^{(0)}$, и значение $F(X)$ проверяется как и ранее. Если значение $F(X)$ не улучшают ни $(x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)})$, ни $(x_1^{(0)} - \Delta x_1^{(0)})$ – оставляют без изменений.

Затем $x_2^{(0)}$ изменяют на величину $\Delta x_2^{(0)}$ и т.д., пока не будут изменены все независимые переменные. Этим завершается пробный поиск.

После пробного поиска применяется стратегия рабочего поиска. Удачные изменения переменных в пробном поиске (то есть те изменения переменных, которые уменьшили $F(X)$) определяют вектор, указывающий локальное направление минимизации, которое может быть удачным. Серия увеличивающихся шагов, или рабочий поиск, проводится вдоль этого вектора до тех пор, пока $F(X)$ уменьшается при каждом таком шаге. Длина рабочего шага обычно выбирается пропорциональной числу удачных шагов, имевших место ранее в этом координатном направлении.

Если пробный поиск не дает удачного направления, то последовательно уменьшают шаги ΔX , пока либо не будет найдено новое удачное направление, либо ΔX_n не станет меньше некоторой заранее заданной допустимой величины. Невозможность уменьшить целевую функцию $F(X)$, когда шаг ΔX достаточно мал, указывает на то, что достигнут локальный оптимум.

На рис. 1 представлена блок-схема алгоритма метода, использующегося для определения максимального метрологического ресурса в соответствии с задачей (1). Исследуемым блоком является блок усилителя постоянного тока, входящий в состав измерительного канала средств контроля теплофизических характеристик объектов.

При реализации метода конфигураций изменяемыми переменными являются параметры элементной базы блока, а целевой функцией – основная относительная погрешность δ .

Исходными данными для параметрической оптимизации усилителя постоянного тока (УПТ) являются номинальные значения резисторов, данные о старении параметров элементной базы УПТ, математическая модель основной относительной погрешности УПТ, а также значения временных сечений, в которых проводилось статистическое моделирование основной относительной погрешности УПТ.

Так как реализация данного алгоритма применительно к отысканию максимального метрологического ресурса путем подбора номиналов элементов требует использования электронно-вычислительной техники, то на основе выбранного метода случайного поиска была разработана программа «Delphi 7».

Номиналы элементов до и после оптимизации показаны ниже.

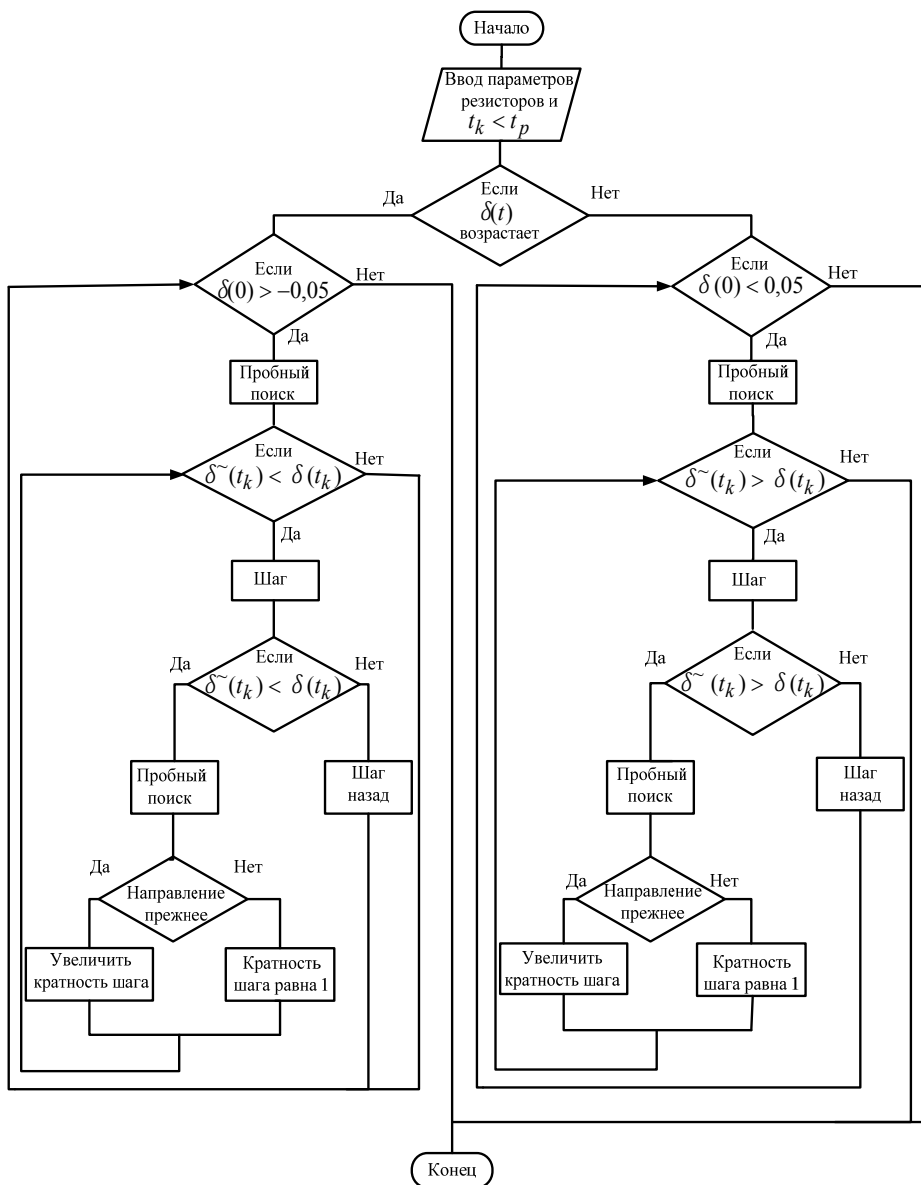


Рис. 1. Блок-схема алгоритма конфигураций для нахождения максимального метрологического ресурса

	R7	R10	R12
До оптимизации, кОм.....	750	750	1200
После оптимизации, кОм.....	820	820	1300

На рис. 2 представлены результаты определения величины метрологического ресурса исследуемого блока до и после оптимизации. Значения этого показателя метрологической надежности составляют с доверительной вероятностью $P = 0,9973$, $t_p = 22600$ ч и $t_p = 24000$ ч соответственно.

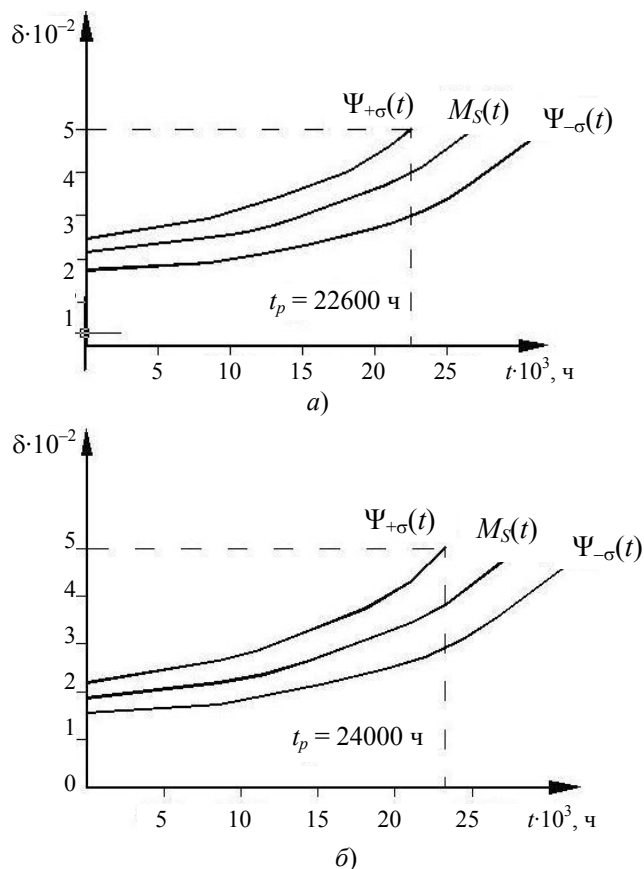


Рис. 2. Метрологический ресурс УПТ:

a – до оптимизации; *б* – с учетом оптимального выбора элементной базы

Таким образом, расчетный метрологический ресурс проектируемого блока увеличился на 20 % за счет оптимального выбора параметров элементной базы в соответствии с алгоритмом (1).

Список литературы

1. Мищенко, С.В. Метрологическая надежность измерительных средств / С.В. Мищенко, Э.И. Цветков, Т.И. Чернышова. – М. : Машиностроение-1, 2001. – 96 с.
2. Ильин, С.Н. Автоматизация схемотехнического проектирования / С.Н. Ильин. – М. : Радио и связь, 1987. – 386 с.

Metrological Reliability Improvement of Analog Units for Measuring Systems

T.I. Chernyshova, N.Z. Otkhman, L.I. Rozhnova

Department "Radio-Electronic Household Devices", TSTU; nabilothman@rambler.ru

Key words and phrases: configuration technique; metrological reliability; metrological resource.

Abstract: The paper proposes the technique to improve metrological reliability of measuring systems by optimal choice of element nominals.

Referenses

1. Mishchenko, S.V. Metrological reliability of measuring means / S.V. Mishchenko, E.I. Tsvetkov, T.I. Chernyshova. – M. : Mashinostroenie-1, 2001. – 96 p.
2. Ilyin, S.N. Scheme technical computer-aided design / S.N. Ilyin. – M. : Radio i svyaz, 1987. – 386 p.

Erhöhung der metrologischen Sicherheit der Analogblöcke der Meßsysteme

Zusammenfassung: Es ist die Methode der Erhöhung der metrologischen Sicherheit der Meßsysteme durch die optimalen Wahl der Elementennennwerte vorgeschlagen.

Augmentation de la sécurité métrologique des blocs analogiques des systèmes de mesure

Résumé: Est proposée la méthode de l'augmentation de la sécurité métrologique des systèmes de mesure par la voie du choix optimale des valeurs nominales des éléments.

Авторы: *Чернышова Татьяна Ивановна* – доктор технических наук, профессор кафедры «Радиоэлектронные средства бытового назначения», декан энергетического факультета; *Отхман Набилъ Заки* – аспирант кафедры «Радиоэлектронные средства бытового назначения»; *Рожнова Лидия Ивановна* – кандидат технических наук, ассистент кафедры «Электрооборудование и автоматизация», ГОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент *Мордасов Михаил Михайлович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматизированные системы и приборы» ГОУ ВПО «ТГТУ».
