

ОТЗЫВ

официального оппонента, к.т.н., доцента Чиграя Анатолия Григорьевича на диссертационную работу Никонова Константина Петровича на тему «Разработка моделей и алгоритмов синтеза и анализа проектных решений датчика давления летательного аппарата» представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (в электронике, радиотехнике и связи)».

Задача выбора технических решений при проектировании специфического класса электронных изделий, к которым относятся датчики давления летательных аппаратов, является достаточно сложной и актуальной. К данному классу датчиков предъявляют жесткие требования к характеристикам и функциональным возможностям. В процессе проектирования датчиков давления требуется организация взаимодействия САПР различного назначения при разработке первичного преобразователя, электронных модулей, а также конструкции печатных плат и корпуса. Для решения перечисленных задач на этапах проектирования используется несколько различных САПР. Для оценки варианта проектного решения в САПР должны быть представлены модели и алгоритмы синтеза и анализа проектных решений датчика давления, поэтому избранная тема диссертационной работы является актуальной. В настоящее время существует ряд научных работ и прикладных исследований, посвященных решению частных задач проектирования отдельных элементов датчиков давления (чувствительных элементов и первичных преобразователей, схем преобразования сигналов, конструктивных элементов и т.д.). Однако, отсутствует методика проектирования датчиков давления с применением системного подхода для определения проектных параметров датчиков давления, учитывающая воздействие внешних факторов. Работа Никонова Константина Петровича позволяет, в определенной степени, заполнить этот пробел, что определяет её научную новизну и практическую значимость.

При работе над диссертацией автором сформулированы новые теоретические подходы и получены рекомендации, обладающие практической ценностью. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, библиографического списка и приложений.

Во *введении* обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования. Отмечена научная новизна и практическая значимость полученных результатов.

В *первой главе* выполнен анализ и особенности системного подхода к проектированию датчиков давления. Указано, что большинство САПР

предполагает параметрическую оптимизацию при заданной структуре проектируемого устройств, а задачи синтеза структуры не решаются. Для решения задачи структурно-параметрического синтеза предлагается использовать системный подход и разработать обобщенную модель датчика давления и модели подсистем датчика. Выделен класс датчиков давления, приведены предъявляемые к ним требования и проанализированы первичные преобразователи давления. На этой основе поставлены задачи диссертационного исследования.

Во *второй главе* разработаны структурно - параметрические и расчетные модели в MathCAD для автоматизации синтеза и анализа параметров статических и динамических характеристик выделенного класса датчиков давления. Рассчитана статическая характеристика датчика давления. При выборе параметров расчетной статической характеристики датчика давления решаются задачи синтеза параметров q_1, q_2, \dots, q_n , при которых её отклонение от желаемой статической характеристики на заданном интервале изменения входного сигнала не превышает заданного значения. В моделях используются: метод интерполяции, метод наименьших модулей и метод наименьших квадратов. Рассчитана передаточная функция для класса датчиков давления. Для получения желаемых динамических характеристик датчика, автор предлагает оригинальные модели определения значения собственной частоты колебаний датчика, параметров Вышнеградского a_1 и a_2 передаточной функции $W(p)$. В качестве критерия используется минимальная длительность переходного процесса t_n , и максимальная ширина полосы пропускания частот ω_n . На основе предложенных моделей и алгоритмов, автором получены оптимальные параметры статической характеристики и передаточной функции датчика давления.

В *третьей главе* разработаны системная модель дифференциально – емкостного первичного преобразователя давления и системная модель схемы преобразования электрического сигнала датчика в цифровой код. Модели обеспечивают решение задачи структурно - параметрического синтеза и анализа статических и динамических характеристик, учитывают воздействие внешних факторов, таких как: температура, смещение нуля выходного сигнала, статическое давление в измеряемом контуре. В главе разработаны расчетные модели для синтеза и анализа конструкции датчика давления в САПР SolidWorks. Модели позволяют выполнить анализ реакции конструкции на действие вибраций, ударов, а также анализ теплового режима. При синтезе конструкции учитываются такие параметры, как: резонансная частота, диапазон рабочих температур, ударное ускорение, максимальное относительное перемещение и др.

Разработанные системные и расчетные модели рекомендуется использовать при проектировании выделенного класса датчиков давления.

В *четвертой главе* предложена методика проектирования выделенного класса датчиков давления. Адекватность разработанной методики и точность результатов, получаемых с использованием предложенных моделей и алгоритмов, подтверждены результатами экспериментальных исследований макета датчика давления. По результатам испытаний установлено соответствие

моделей и макета требованиям к воздействиям вибраций и ударов, воздействию температур. Анализ результатов моделирования и их сходимость с результатами натурального эксперимента, проведенного автором, показывают достоверность предлагаемого автором подхода. Разработана методика отбраковки дифференциально-емкостных первичных преобразователей давления, не соответствующих требуемым характеристикам

В целом, автором разработана научно – методическая концепция структурно-параметрического синтеза проектных решений датчика давления, которая может служить руководством при проектировании данного класса датчиков давления.

К положениям, выносимым на защиту, относятся:

1. Методика проектирования выделенного класса датчиков давления на основе разработанных моделей и алгоритмов для синтеза и анализа проектных решений, учитывающая возможность интеграции САПР.

2. Методика отбраковки дифференциально-емкостных первичных преобразователей давления, не соответствующих требуемым характеристикам в заданном диапазоне температур, выполненная на основе разработанных структурно- параметрических моделей.

3. Разработанные автором системные и структурно- параметрические модели дифференциально-емкостного первичного преобразователя и модуля преобразования электрических сигналов.

Научная новизна диссертации заключается в обосновании системного подхода к задачам проектирования и оценке эффективности проектных решений для выделенного класса датчиков давления. В процессе исследования сформулированы следующие положения и выводы, обладающие научной новизной:

1. Методика проектирования выделенного класса датчиков давления на основе разработанных моделей для синтеза и анализа проектных решений, отличающаяся тем, что учитывает возможность интеграции САПР и совместное моделирование.

2. Методика отбраковки дифференциально-емкостных первичных преобразователей давления, не соответствующих требуемым характеристикам в диапазоне заданных температур, выполненная на основе разработанных структурно – параметрических моделей, предназначенных для проектирования статических и динамических характеристик, и проведенного эксперимента.

3. Структурно – параметрические модели дифференциально – емкостного первичного преобразователя давления и модуля преобразования электрических сигналов в цифровой код, позволяющие рассчитывать в MATLAB, MathCAD статические и динамические характеристики датчика давления, проводить расчет параметров этих элементов и датчика давления с учетом внешних воздействующих факторов.

Практическая ценность полученных результатов состоит в следующем:

1. Предложенная методика проектирования для выделенного класса датчиков давления позволяет сократить время проектирования и, как следствие, стоимость конечного продукта.

2. Методика отбраковки дифференциально-емкостных первичных преобразователей давления позволяет обеспечить линейность статической характеристики датчика и повысить качество проектных работ.

3. Предложенные модели для датчика давления, разработанные в средах MATLAB, MathCAD, позволяют выполнить оптимизацию параметров датчика для различных случаев функции плотности распределения вероятности погрешности при ограничении на заданную точность, длительность переходного процесса и ширину полосы пропускания частот.

4. Разработанные в САПР Solid Works трехмерные модели, позволяют сократить трудоемкость и длительность разработки выделенного класса датчиков давления.

5. Предложенная полезная модель, позволяет выполнить оптимизацию параметров дифференциально – емкостного первичного преобразователя давления, модуля преобразования электрических сигналов в цифровой код и микроконтроллера для различных случаев функции плотности распределения вероятностей погрешности при ограничении на заданную точность, длительность переходного процесса и ширину полосы пропускания частот.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертационной работе, подтверждается проведенным экспериментом, а также публикациями автора. Основные результаты докладывались на международных и российских научно-технических конференциях. Автором получен патент на полезную модель №132551 «Датчик давления» от 20 сентября 2013 г. Опубликовано четыре статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, что соответствует предъявляемым требованиям.

Результаты диссертационной работы внедрены во ФГУП ВНИИА им. Н.Л. Духова, а также использованы при подготовке инженеров по специальности 210202 кафедрой 403 МАИ.

Полученные в диссертационной работе результаты могут быть востребованы и для разработки измерителей давления стационарных устройств.

К недостаткам работы можно отнести:

1. Наличие опечаток и неточностей в формулировках, отдельные стилистические погрешности.

2. В разделе 1.3 желательно сократить часть общеизвестных положений.

3. В предложенных автором системных моделях отсутствует оценка влияния некоторых внешних воздействий на характеристики датчика давления, среди которых механические перегрузки, ионизирующие излучения.

Отмеченные выше недостатки не снижают научную ценность работы. Диссертация содержит новое решение актуальной задачи в области проектирования таких электронных устройств как датчики давления. По глубине проработки материалов и объему проведенных исследований работа соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, а её автор, Никонов Константин Петрович, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (в электронике, радиотехнике и связи)».

Автореферат, представленный автором, соответствует основным положениям диссертационной работы.

Кандидат технических наук, доцент,
начальник управления комплексных проектов
МОУ «Институт инженерной физики»

Чиграй А.Г.

142210, Россия, Московская обл.,
г. Серпухов, Б. Ударный пер., д. 1а
Тел.: 8 (4967) 35-31-93
8 (4967) 35-13-71
E-mail: info@iifrf.ru

Подпись Чиграя А.Г. заверяю.
Начальник отдела кадров
МОУ «Институт инженерной физики»



Евченко В.В.