

дованы их работоспособность и определены основные эксплуатационные характеристики.

Авторы не ставили своей целью дать в данной статье какие-то готовые решения или схемы для конкретных задач, а хотели только отметить уникальные свойства сенсоров, используя которые разработчики могут создавать новые перспективные приборы и системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. "Квантек-СТ". Развитие систем "Умный дом". <http://www.quantech.ru/smart_house/development.php?print=Y>.

2. Войтович И. Д., Корсунский В. М. Интеллектуальные сенсоры. <<https://sites.google.com/site/istocnikinfo/home/servisy/intellektualnye-sensory>>.

3. Зотов В. Д. Полупроводниковые многофункциональные сенсоры широкого применения (Z-сенсоры) // Chip News. — 1998. — № 4. — С. 22—29.

4. А. с. № 1739402 СССР. Полупроводниковая структура и способ управления проводимостью полупроводниковой структуры / В. Д. Зотов // Бюл. — 1991.

5. В. Зотов, Е. Виноградова. Уникальные возможности Z-сенсоров на службе безопасности // Мир и безопасность. — 2004. — № 6. — С. 40—44.

6. Зотов В. Д., Виноградова Е. П. К вопросу о возможностях Z-сенсо-

ров // Тр. конф. "Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения". — М., 2010. — С. 529—532.

7. Pat. № 5,742,092 USA. Semiconductor Structures, Methods for Controlling Their Conductivity and Sensing Elements Based on These Semiconductor Structures / Zotov V. D. et al. — 1998.

Работа выполнена в Институте проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН.

Владислав Дмитриевич Зотов — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией;

E-mail: vdz@ipu.ru

Елена Петровна Виноградова — научн. сотрудник.

E-mail: vz15lv@ipu.ru

□

УДК 620.178.53:681.518.54

САМОДИАГНОСТИКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА С ПЬЕЗОДАТЧИКОМ

В. Н. Костюков, Ал. В. Костюков

Изложен подход к повышению надежности системы мониторинга технического состояния оборудования, содержащей пьезодатчик, путем обеспечения контроля за состоянием измерительно-преобразовательного тракта с использованием самодиагностики. Рассмотрен выбор оптимальных параметров цепи самодиагностики. Приведены результаты практической реализации.

Ключевые слова: пьезодатчики, самодиагностика, системы мониторинга состояния оборудования в реальном времени.

Самодиагностика систем диагностики и мониторинга (СДМ) технического состояния опасных производственных объектов) обеспечивает минимальную стоимость эксплуатации таких систем, их высокие метрологическую надежность и коэффициент готовности [1—7]. В современных СДМ на основе сложных программно-аппаратных комплексов применение совокупности разнообразных методов самодиагностики усложняет систему и снижает ее надежность. Ниже описан аппаратный способ сквозной самодиагностики канала измерения вибраций СДМ от чувствительного элемента датчика до устройства отображения.

Предлагаемый способ, основанный на подаче тестового сигнала в цепь датчика и его последующем анализе программно-аппаратными средствами СДМ [2, 5], был реализован, в частности, при

создании СДМ агрегатов нефтехимического комплекса.

В схеме СДМ с самодиагностикой (рис. 1) блок 1 генерирует контрольный сигнал со спектром частот ниже 30 кГц, лежащим в информативной для диагностики части полной полосы частот вибраций машины (20...150 кГц). Коммутатор 2 содержит ключи 3 и 15, состояние которых на схеме соответствует работе устройства в режиме самодиагностики (машина остановлена, ее вибрации отсутствуют). При этом сигнал блока 1 через замкнутый ключ 3 и конденсатор 4 поступает по соединительному кабелю на пьезодатчик 5, а через замкнутый контакт ключа 15 и конденсатор 16 — на вход усилителя заряда 6, а затем — в тракт 7 и в блок управления 8.

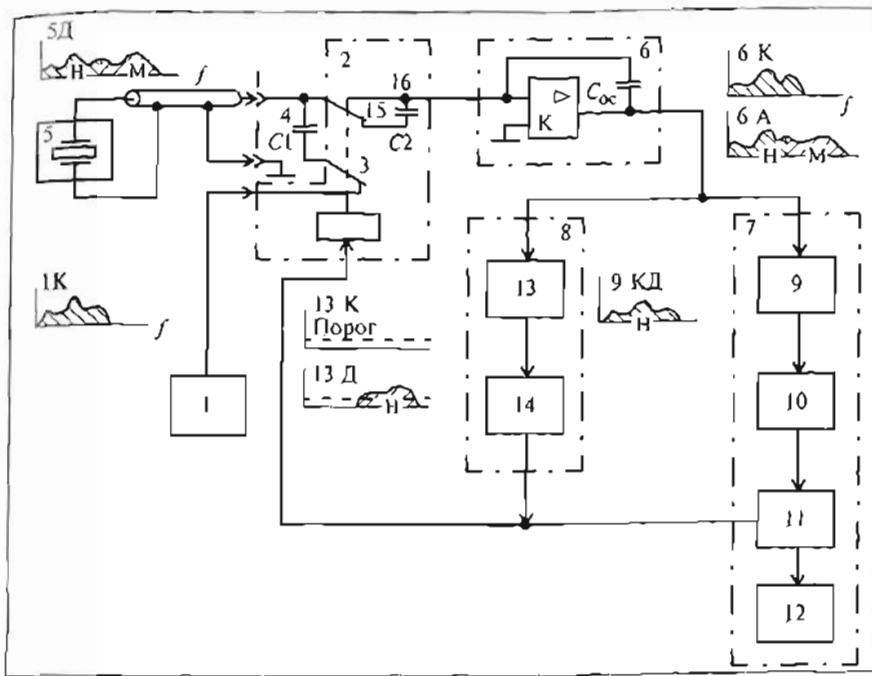


Рис. 1. СДМ с устройством самодиагностики

Сигнал выделяется фильтром 9, так как попадает в его полосу пропускания, и анализируется в блоке 10. Полученные значения диагностических признаков на выходе блока 10 сравниваются с уставками на компараторе 11, зафиксированными по команде блока 8. Результат сравнения отображается на индикаторе 12 по системе "меньше—норма—больше". Выходное напряжение блока фильтров 13 в этом режиме равно нулю (13К на рис. 1), так как спектр контрольного сигнала не совпадает с его полосой пропускания.

При включении машины возникающая вибрация с широким спектром (5Д на рис. 1), преобразуется в электрический сигнал элементом 5 и поступает через коммутатор 2 и усилитель 6 на входы блоков 8 и 13. Последний выделяет свой участок спектра вибраций (40...100 кГц) и на его выходе появляется напряжение. Пороговый элемент 14 срабатывает и переключает ключи 3 и 15, блок 1 отключается от конденсатора 4, а сигнал с выхода элемента 5, пропорциональный вибрации, поступает на вход усилителя 6, минуя конденсатор 16, вследствие чего коэффициент усиления всего тракта и напряжение на выходе блока 13 возрастают. Это способствует надежному удержанию во включенном состоянии элемента 14, по команде которого изменяются в соответствии с классами состояния машины уставки компаратора 11. Индикатор 12 отображает техническое состояние машины и режим работы всего устройства.

При выключении машины ее вибрации и выходной сигнал блока 13 падают до нуля, элемент 14 переключается и подает команду в коммутатор 2 на возвращение ключей 3 и 15 в режим диагностики и переключение уставок в компараторе 11. Подключение конденсатора 16 дополнительно способствует удержанию элемента 14 в нулевом состоянии.

Одним из важных диагностических параметров рассматриваемой СДМ служит емкость C_{nk} в цепи датчика, зависящая от состояния элемента 5 и соединительного кабеля. Чувствительность S выходного напряжения U_6 усилителя заряда 6 к изменению этой емкости (см. обозначения на рис. 1) равна:

$$S = \frac{\partial U_6}{\partial C_{nk}} = U_1 \frac{C_1}{C_{oc}} \left[\frac{-1}{C_2 \left(\frac{C_1}{C_2} + 1 + \frac{C_{nk}}{C_2} \right)^2} \right] = \frac{-U_1 C_1 C_2}{C_{oc} (C_1 + C_2 + C_{nk})^2} \quad (1)$$

Оптимальное значение C_2 , соответствующее максимуму модуля чувствительности $|S(C_1, C_2)|$, находится из условия

$$\frac{\partial |S|}{\partial C_2} = U_1 \frac{C_1}{C_{oc}} \left[\frac{1}{(C + C_2 + C_{nk})^2} - \frac{2C_2}{(C + C_2 + C_{nk})^3} \right] = 0$$

и составляет

$$C_2 = C_1 + C_{nk} \quad (2)$$

Поскольку функция чувствительности $S(C_1, C_2)$, как следует из выражения (1), симметрична относительно C_1 и C_2 , то, дифференцируя, можно получить аналогично (2) соотношение

$$C_1 = C_2 + C_{nk} \quad (3)$$

Чувствительность S , определяемая по формуле (1), для случаев (2) и (3) соответственно равна:

$$S_2 = -\frac{U_1 C_1}{4 C_{oc} C_2}; \quad (4)$$

$$S_3 = -\frac{U_1 C_2}{4 C_{oc} C_1} \quad (5)$$

Как видно из (1), при $C_1, C_2 \rightarrow \infty$ чувствительность S к изменению емкости в цепи датчика C_{nk} стремится к нулю и работоспособность устройства нарушается.

Полная входная емкость усилителя заряда b в точке $I5$ равна емкости последовательно соединенных C_2 и входной емкости собственно усилителя C_y :

$$C_{2y} = \frac{C_2 C_y}{C_2 + C_y}, \quad (6)$$

при этом $C_y = C_{OC}(1 + K)$, где K — коэффициент усиления усилителя b без обратной связи. Соотношения (1)–(5) также будут справедливы, если под C_2 понимать C_{2y} .

Рассмотрим ограничения на параметры C_1 и C_2 . Емкость конденсатора C_1 ограничена сверху допустимым сопротивлением нагрузки усилителя b :

$$Z_H = Z_1 + \frac{Z_{C_{nk}} Z_{2y}}{Z_{C_{nk}} + Z_{2y}};$$

$$C_1 < \left(\omega Z_{\text{доп}} - \frac{1}{C_{2y} + C_{nk}} \right)^{-1}, \quad (7)$$

С другой стороны, напряжение вибросигнала U_{I3} на выходе фильтра $I3$, которое возникает при включении диагностируемой машины и переключает устройство из режима самодиагностики в рабочий режим, увеличивается при уменьшении емкости C_1 :

$$U_{I3} = K_{I3} e_C \frac{C_n}{C_{OC}} \times \frac{C_{2y}}{C_1 + C_{nk} + C_{2y}}, \quad (8)$$

где K_{I3} — коэффициент передачи фильтра $I3$; e_C — напряжение на выходе пьезодатчика 5 , пропорциональное вибрации машины; C_n — емкость пьезодатчика.

Соотношение (8) показывает, что для надежной работы блока управления 8 необходимо выбирать C_1 по возможности меньше, а C_{2y} — больше. Но емкость конденсатора C_2 также ограничена сверху. Выходное напряжение U_6 усилителя b в режиме самодиагностики определяется соотношением

$$U_6 = \frac{U_1}{C_{OC}} \times \frac{C_1 C_{2y}}{C_1 + C_{nk} + C_{2y}} \quad (9)$$

и зависит не только от изменения емкости в цепи датчика C_{nk} , но и от нестабильности других элементов схемы, в частности C_{2y} , которая определяется нестабильностью коэффициента передачи K

усилителя b с разомкнутой обратной связью, используемого в усилителе заряда b , и становится тем меньше, чем меньше емкость конденсатора C_2 :

$$S_K = \frac{dC_{2y}}{dK} = \frac{dC_{2y}}{dC_y} \frac{dC_y}{dK} = \frac{C_2^2}{(C_2 + C_y)^2} C_{OC};$$

$$\delta C_{2y} = \frac{\Delta C_{2y}}{C_{2y}} = \frac{S_K \Delta K}{C_{2y}} = \frac{C_2}{C_2 + C_y} \frac{\Delta K}{1 + K} \approx$$

$$\approx \frac{C_2}{C_2 + C_y} \frac{\Delta K}{K} = \frac{C_2}{C_2 + C_y} \delta K. \quad (10)$$

Чувствительности выходного сигнала U_6 к изменению C_{nk} и C_{2y} соответственно равны:

$$S_{nk} = \frac{dU_6}{dC_{nk}} = \frac{-U_1}{C_{OC}} \frac{C_1 C_{2y}}{(C_1 + C_{nk} + C_{2y})^2}; \quad (11)$$

$$S_{2y} = \frac{dU_6}{dC_{2y}} = \frac{U_1}{C_{OC}} \frac{C_1 (C_1 + C_{nk})}{(C_1 + C_{nk} + C_{2y})^2}; \quad (12)$$

$$\left| \frac{S_{2y}}{S_{nk}} \right| = \frac{C_1 + C_{nk}}{C_{2y}} \geq 1 \quad (13)$$

при оптимальном выборе C_1, C_{2y} по соотношениям (2), (3). Полагая, что “полезное” изменение ΔU_6 при изменении C_{nk} должно быть не менее, чем в три раза больше его “вредного” изменения из-за нестабильности $C_y(K)$, получим верхнюю границу C_2 :

$$\Delta U_{nk} = S_{nk} \Delta C_{nk}; \quad \Delta U_{2y} = S_{2y} \Delta C_{2y}; \quad \Delta U_{nk} \geq 3 \Delta U_{2y};$$

$$\Delta C_{2y} \leq \frac{\Delta S_{nk} C_{nk}}{3 S_{2y}}; \quad \Delta C_{2y} \leq \Delta C_{nk} \frac{C_{2y}}{3(C_1 + C_{nk})};$$

$$\delta C_{2y} = \frac{\Delta C_{2y}}{C_{2y}}; \quad \delta C_{nk} = \frac{\Delta C_{nk}}{C_{nk}}; \quad \delta K = \frac{\Delta K}{K};$$

$$\delta C_{2y} < \delta C_{nk} / 3. \quad (14)$$

Относительное изменение емкости δC_{nk} в цепи элемента 5 при возникновении дефектов не превышает 30%. Типичное значение δK в рабочем диапазоне температур 100%. Тогда, например для $K_{\min} = 10^5$ и $C_{OC} = 300$ пФ из (10) и (14) получим:

$$C_2 < C_y \frac{\delta C_{2y}}{\delta K - \delta C_{2y}}; \quad C_2 < 300(1 + 10^5) \cdot \frac{0,1}{(1,0 - 0,1)};$$

$$C_2 < 0,33 \text{ мкФ}. \quad (15)$$

Таким образом, для обеспечения нормального функционирования предлагаемого устройства емкости конденсаторов C_1 и C_2 должны быть ограничены сверху.

Максимальное значение C_2 определяется из условий (10), (14) надежного диагностирования состояния цепи элемента Z , которое характеризуется его емкостью C_{nk} .

Максимальное значение C_1 , как указывалось, определяется допустимым сопротивлением нагрузки выходного каскада блока I . Для повышения чувствительности устройства к состоянию C_{nk} емкость C_1 должна выбираться по возможности меньше, а C_2 — больше (11).

Условия (2) и (3) оптимального выбора C_1 и C_2 для получения максимальной чувствительности $S_{nk} = dU_6/dC_{nk}$ показывают, что при $C_{nk} < C_2$ выгодно согласно соотношению (3) взять $C_1 = C_2 - C_{nk}$, это обеспечивает и большое напряжение U_{13} (8). При длинных кабельных линиях, когда $C_{nk} > C_2$, для обеспечения максимальной чувствительности выбираем $C_1 = C_2 + C_{nk}$ с учетом ограничений (7), (15), обусловленных конкретной реализацией устройства (типы операционных усилителей, диапазоны используемых частот, длина кабельных линий связи, параметры окружающей среды и т. п.) на стадии рабочего проектирования устройства.

На практике примерные значения параметров составляют: собственная емкость пьезодатчика 1000 пФ; емкость кабеля (100 пФ на метр) 1000 пФ; емкость конденсатора обратной связи усилителя b 100...1000 пФ; коэффициент усиления усилителя заряда b с разомкнутой цепью отрицательной обратной связи $10^5...10^6$; емкость конденсатора $1b$ — 3000 пФ; емкость конденсатора 4 — 5100 пФ.

Сигналы, зарегистрированные СДМ в режиме самодиагностики при нормальном функционировании канала вибрации, показаны на рис. 2 (при коротком замыкании в кабеле датчика сигнал отсутствует). Таким образом, амплитуда и среднеквадратическое значение сигнала как признаки самодиагностики позволяют надежно разделить техническое состояние канала вибрации как минимум на три класса.

ВЫВОДЫ

Предложенный способ самодиагностики позволяет упростить проверку работоспособности СДМ с контролем нахождения коэффициентов преобразования всего измерительно-преобразовательного тракта в заданных пределах, повысить чувствительность к измерению емкости пьезопреобразователя, которая характеризует его техническое состояние. Кроме того, существенно повышается метрологическая надежность СДМ в целом за счет своевременного обнаружения и устранения предотказного состояния. Регистрация трендов вибрации и сигнала самодиагностики за 12 месяцев эксплуатации системы подтвердила эти выводы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костюков В. Н., Мелинг А. Я., Донсков В. И. Диагностическая система "КОМПАКС" // *Фундаментальные проблемы пьезоэлектроники: Сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. "Пьезотехника-95"*. В 3 т. — Ростов, 1995. — Т. 3 — С. 125—128.

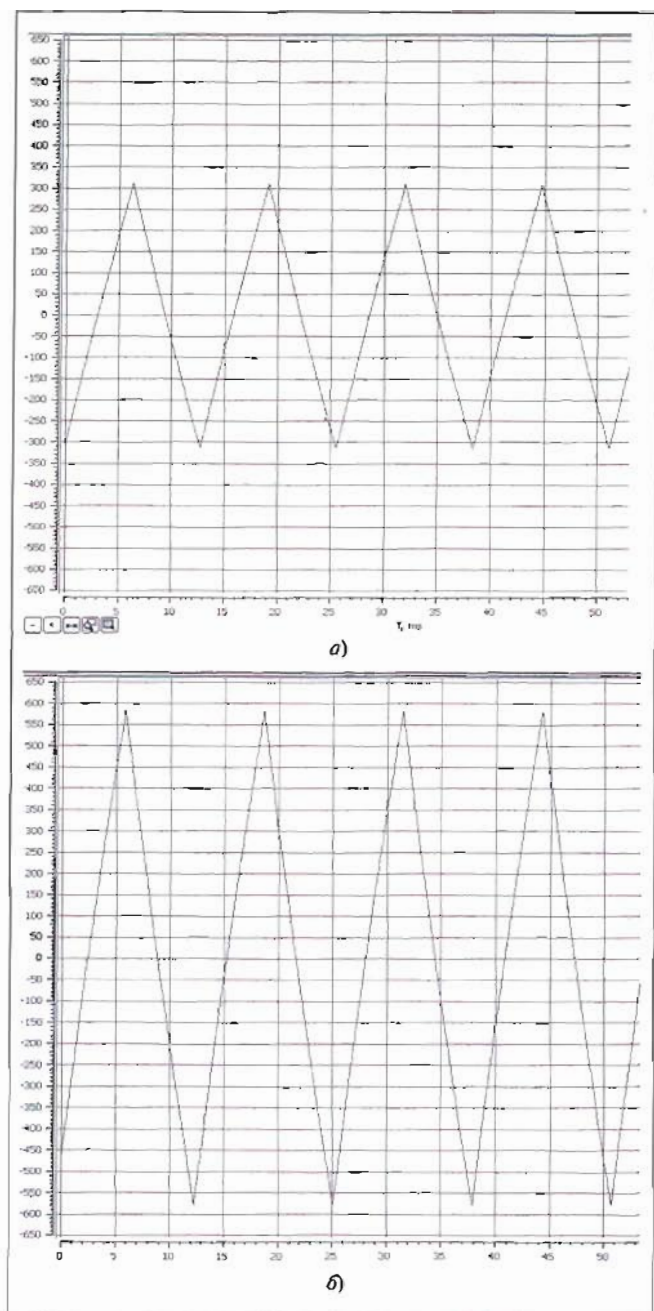


Рис. 2. Сигналы в режиме самодиагностики канала вибрации: а — нормальное функционирование; б — обрыв датчика

2. А. с. СССР № 1740994, G01M15/00 Устройство диагностики машин / В. Н. Костюков, С. А. Морозов; Заявл. 01.09.83; Опубл. 15.06.92; Бюл. — 1992. — № 22. — 4 с.
3. Костюков В. Н., Бойченко С. Н., Костюков А. В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР — КОМПАКС®) / Под ред. В. Н. Костюкова. — М.: Машиностроение, 1999. — 163 с.
4. Костюков В. Н. Мониторинг безопасности производства — М.: Машиностроение, 2002. — 224 с.
5. Свидетельство на полезную модель 1537 РФ, МКИ G01M15/00. Система для диагностики машин по вибрации их корпуса / В. Н. Костюков // Бюл. — 1996. — № 1. — 2 с.
6. Computer Aided Maintenance. Rules for selection and use of systems // Maintenance Management — 1997. — № 4. — P. 15—19.
7. Computer Aided Maintenance. Champion the maintenance cause internally lack of formal strategy lack of performance. Look after your assets // Maintenance Management — 1997. — № 5. — P. 23—27.

Работа выполнена в НПЦ "Динамика" (г. Омск).

Владимир Николаевич Костюков — д-р техн. наук, профессор, ген директор, лауреат премии Правительства РФ,

Алексей Владимирович Костюков — канд. техн. наук, технический директор.

☎ (3812) 25-42-44

☎ (3812) 25-43-72

E-mail: post@dinamics.ru

□

УДК 621.317.7

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ (ИЗМЕРИТЕЛЬ) ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН¹

Ю. Р. Агамалов, Д. А. Бобылев, В. И. Курчатов

Предложен способ коррекции искажений частотных характеристик преобразователей электрических величин, вносимых входящими в их состав узлами (модулями), реализующими функции умножения и деления гармонических сигналов на частоту. Описан разработанный на его основе простой широкополосный многофункциональный преобразователь (измеритель) пассивных и активных электрических величин с расширенным на несколько порядков диапазоном рабочих частот в сравнении с известными аналогами. Обсуждены возможности его применения как автономного и системного средства измерений.

Ключевые слова: многофункциональный преобразователь, электрические величины, гармонические сигналы, диапазон частот, частотная характеристика, умножение и деление сигналов на частоту, модульные структуры.

ВВЕДЕНИЕ

Преобразователи электрических величин переменного тока с различными функциональными возможностями находят широкое применение при решении многочисленных измерительных задач, возникающих в ряде областей науки и техники (от электрохимии и физики до радио- и электротехники, а также биологии и медицины), в том числе связанных с построением систем автоматического контроля и управления, а также диа-

гностики, например, в медицинской, текстильной, пищевой и других областях промышленности.

При проектировании таких преобразователей, состоящих из звеньев (модулей), построенных на основе интегральных операционных усилителей (ОУ), разработчики сталкиваются с трудностями реализации функций умножения и деления гармонических сигналов на частоту, т. е. иначе говоря, операций интегрирования и дифференцирования таких сигналов. Трудности эти носят принципиальный характер. Так, в первом случае имеет место режим работы ОУ с

разомкнутой обратной связью по постоянному току, что приводит к существенному дрейфу его рабочей точки и соответственно к искажению выходного сигнала, а во втором имеет место неустойчивость звена, выражающаяся в автоколебаниях на высоких частотах [1].

В результате реализация указанных функциональных преобразователей, т. е. интегратора и дифференциатора, становится возможной лишь при условии коррекции (искажения) коэффициента передачи соответственно у интегратора в области нижних, а у дифференциатора в области верхних частот. Осуществляется

¹ Статья является развернутым вариантом доклада авторов на конференции УКИ'10 [2].

Датчики и Системы

12 • 2013



SENSORS & SYSTEMS

УЧРЕДИТЕЛИ

Институт проблем управления
им. В. А. Трапезникова РАН,
Московский государственный институт
электроники и математики, "МВТК"
(Ассоциация делового и научно-техничес-
кого сотрудничества в области машиностро-
ения, высоких технологий и конверсии.
Национальная технологическая палата),
ООО "СенСиДат-Контрол" (редакция)

Гл. редактор Ф.Ф. Пашенко
Зам. гл. редактора Н.Н. Кузнецова
Зам. гл. редактора А.Ф. Каперко
Гл. редактор ИКА В.Ю. Кнеллер
Научный редактор Г.М. Баранова
Выпускающий редактор С. В. Суханова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Р.Р. Бабаян, д.т.н., Г.М. Баранова, Г.И. Джанджава, д.т.н., А.Н. Житков, к.т.н., Э.Л. Ишкочин, д.т.н., проф., А.Ф. Каперко, д.т.н., проф., В.Ю. Кнеллер, д.т.н., проф., Л.Н. Коломисц, к.т.н., Н.Н. Кузнецова, В.П. Морозов, д.т.н., Ф.Ф. Пашенко, д.т.н., проф., Г.А. Пизкина, д.т.н., проф., Б.И. Подлепечный, к.т.н., В.В. Поляков, Н.Л. Прохоров, д.т.н., И.Б. Ядыкин, к.т.н.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ РЕДСОВЕТЫ

(руководители)

Санкт-Петербург
В.Г. Кнорринг —
(812) 297-60-01

Нижегород
С.М. Никулин —
(831) 436-78-40

Екатеринбург
С.В. Поршнева —
(343) 375-97-79

Новосибирск
Ю.В. Чугуй —
(383-3) 33-73-60

Красноярск
В.Г. Патоков —
(391-2) 912-279

Бийск
Ю.А. Галенко —
(3854) 43-25-69

Л.С. Звольский
(3854) 30-59-44

Пенза
Е.А. Мохров —
(841-2) 56-55-63

М.А. Щербаков —
(841-2) 56-37-08

Рязань
С.Н. Кириллов —
(491-2) 92-04-55

Ульяновск
Н.Г. Ярушкина —
(842-2) 43-03-22

Уфа
В.Г. Гусев —
(347-2) 23-77-89

Ижевск
В.А. Алексеев —
(341-2) 21-29-33

Оренбург
М.Г. Кучеренко —
(353-2) 77-34-19

Владимир
В.Н. Устюжанинов —
(492-2) 33-59-67

Тула
В.Я. Распопов —
(487-2) 35-19-59

Воронеж
В.К. Битюков —
(473-2) 55-36-94

Курск
В.С. Титов —
(471-2) 58-71-12

Тамбов
С.В. Мищенко —
(475-2) 72-10-19

Астрахань
И.Ю. Петрова —
(851-2) 25-73-11

Минск
И.С. Манак —
(417) 278-13-13

Львов
И.И. Марьмова —
(10-380-322)
72-16-32

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕОРИЯ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

- Мироненко М. В., Короченцев В. И., Малашенко А. Е. и др. Формирование гравитационного поля ускоренно движущимися массами, измерение его характеристик методом просветной гидролокации 2
- Бобылев Д. А., Боровских Л. П. Универсальный преобразователь параметров многоэлементных двухполюсников 7
- Аверин И. А., Пронин И. А., Якушова Н. Д., Горячева М. В. Особенности вольт-амперных характеристик газовых сенсоров резистивного типа в мультисенсорном исполнении 12
- Щевляков А. В., Выхристюк И. А. Автоматизированная система тепловакуумных испытаний 16

КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО ДАТЧИКОВ, ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

- Зотов В. Д., Виноградова Е. П. О возможностях Z-сенсоров и некоторых аспектах их применения 20
- Костюков В. Н., Костюков А. В. Самодиагностика измерительного канала с пьезодатчиком 26
- Агямалов Ю. Р., Бобылев Д. А., Курчавов В. И. Многофункциональный преобразователь (измеритель) электрических величин 30
- Морозов В. П., Осипов А. Б. Совмещение силовой и информационной линий в системе управления нагревом термочехла 35
- Андреев М. Я., Коровин А. Н., Рубанов И. Л. и др. Температурные зависимости скорости звука в жидком аммиаке и измерении уровня 38
- Василенко А. М., Стародубцев П. А., Мироненко М. В. Просветная система мониторинга гидрофизических полей морской среды как низкочастотная многолучевая параметрическая антенна 41
- Зайцев А. И., Леоненков Р. В., Москвитин А. А., Костенко И. С. Натурные измерения гидрологических параметров в сложных условиях 44

ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ (журнал в журнале)

- Авандеева О. П., Баренбойм Г. М., Борисов В. М. и др. Система оценки токсичности индивидуальных углеводородов в контуре мониторинга аварийных разливов нефти на водных объектах 49
- Библиография+ 57
- Выставки (январь—июль 2014 г.) 59

* * *

Указатель статей, опубликованных в журнале "Датчики и Системы" в 2013 г . . . 60

* * *

Contents and abstracts 64

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых изданий ВАК, публикующих основные результаты докторских и кандидатских диссертаций (октябрь 2010 г.)

Подписные индексы:
79363 в каталоге Роспечати; 40874 в каталоге "Пресса России"

АДРЕС РЕДАКЦИИ:
117997, ГСП-7, Москва, ул. Профсоюзная, 65, к. 383
Тел./факс: (495) 330-42-66
www.datsys.ru
E-mail: datchik@ipu.ru, datsys@mail.ru

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены ИП Прохоров О. В.
Отпечатано в типографии "ЭЛЛИТ-ЮТЕРНА"
Заказ 87/12
Подписано в печать 4.11.2013
Журнал зарегистрирован в Комитете РФ по печати
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-24419 от 18 мая 2006 г