МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «Харківський політехнічний інститут»

Матеріали
І Всеукраїнської науково-технічної конференції

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

11-12 грудня 2014 р.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Харківський національний університет радіоелектроніки

Національний науковий центр "Інститут метрології"

м. Харків, 2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Харківський національний університет радіоелектроніки

Національний науковий центр "Інститут метрології"

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

Матеріали І Всеукраїнської
науково-технічної конференції

11-12 грудня 2014 року

Харків
НТУ «ХПІ»
2014

Голова оргкомітету конференції
проф. Товажнянський Леонід Леонідович, НТУ «ХПІ»

Заступник голови оргкомітету конференції
проф. Марченко Андрій Петрович, НТУ «ХПІ»

Заступник голови оргкомітету конференції
проф. Гапон Анатолій Іванович, НТУ «ХПІ»

Секретар оргкомітету конференції
доц. Чуніхіна Тетяна Віталіївна, НТУ «ХПІ»

Редакційна колегія:
П.О. Качанов, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
С.І. Кондрашов, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
Г.М. Сучков, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
О.Г. Гриб, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
О.Л. Резинкін, д.т.н., с.н.с., НТУ «ХПІ»
Г.Г. Жемеров, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
В.В. Замаруєв, к.т.н., проф., НТУ «ХПІ»
І.Ф. Домнін, д.т.н., проф., НТУ «ХПІ»

Видається за рішенням Вченої ради НТУ «ХПІ»
(протокол № 10 від 28.11.2014)

У збірнику представлено теоретичні та практичні результати досліджень і розробок, які виконані викладачами вищої школи, студентами, аспірантами, науковими співробітниками різних організацій та підприємств.

Для викладачів, студентів, наукових співробітників, фахівців.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты исследований и разработок, выполненных преподавателями высшей школы, студентами, аспирантами, научными сотрудниками различных организаций и предприятий.

Для преподавателей, студентов, научных сотрудников, специалистов.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕЗОНАНСНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ СИСТЕМЫ ОДНОПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Алексеев И.А., Трикило А.И.
Днепродзержинский государственный технический университет,
ул. Днепростроевская, 2, г. Днепродзержинск, 51918, akaseya@rambler.ru

Введение. Более ста лет назад Никола Тесла опубликовал результаты своих опытов по резонансному методу передачи электрической энергии [1].

Первым на территории СНГ однопроводную систему передачи электрической энергии внедрил «Газпром» (Россия) и спонсировал изготовление соответствующей установки мощностью 20 кВт [2].

Эксплуатация данной системы показала, что ее использование позволяет во много раз улучшить экономические и электрические показатели (КПД более 90%) в сравнении с традиционными двух-трех проводными.

Постановка задачи. Основной задачей данной работы является разработка методики предварительного расчета и анализа параметров передающего и приемного трансформаторов однопроводных сетей электроснабжения учитывающей их резонансно-частотные характеристики.

Результаты работы. На базе кафедры электромеханики Днепродзержинского государственного технического университета в лабораторных условиях была исследована однопроводная резонансная система передачи электрической энергии мощностью до 100 Вт.

После проведенных теоретических и экспериментальных исследований получена эквивалентная схема замещения резонансного трансформатора (Рис.1). Для неё характерны следующие параметры: емкость и индуктивность первичной обмотки (C1,L1); емкость и индуктивность вторичной обмотки (C2,L2); активные сопротивления первичной и вторичной обмоток r1, r2; взаимная индуктивность между обмотками (Мсв); взаимная емкость (Ссв), импеданс вторичной обмотки трансформатора как элемент резонансного контура с распределенными параметрами (Z0).

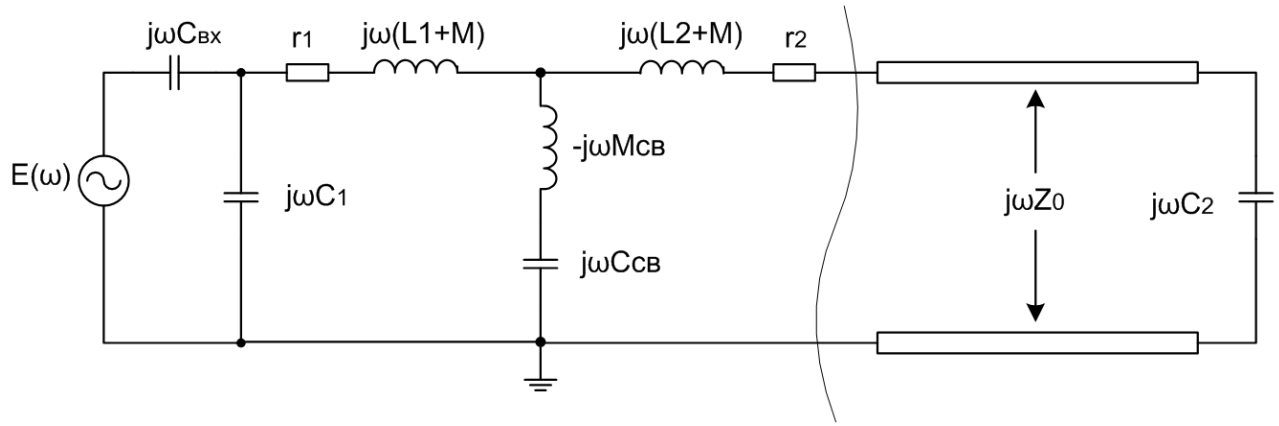


Рисунок 1 – Эквивалентная схема замещения резонансного трансформатора

Для полученной схемы замещения произведен расчет электрических параметров и определены частотные зависимости коэффициентов передачи по напряжению между первичной и вторичной обмотками (рис.2): $k(\omega)$ – коэффициент передачи с учетом активного сопротивления вторичной обмотки, k_{UC}, k_{UL} – коэффициенты передачи для емкостной и индуктивной составляющих вторичной обмотки.

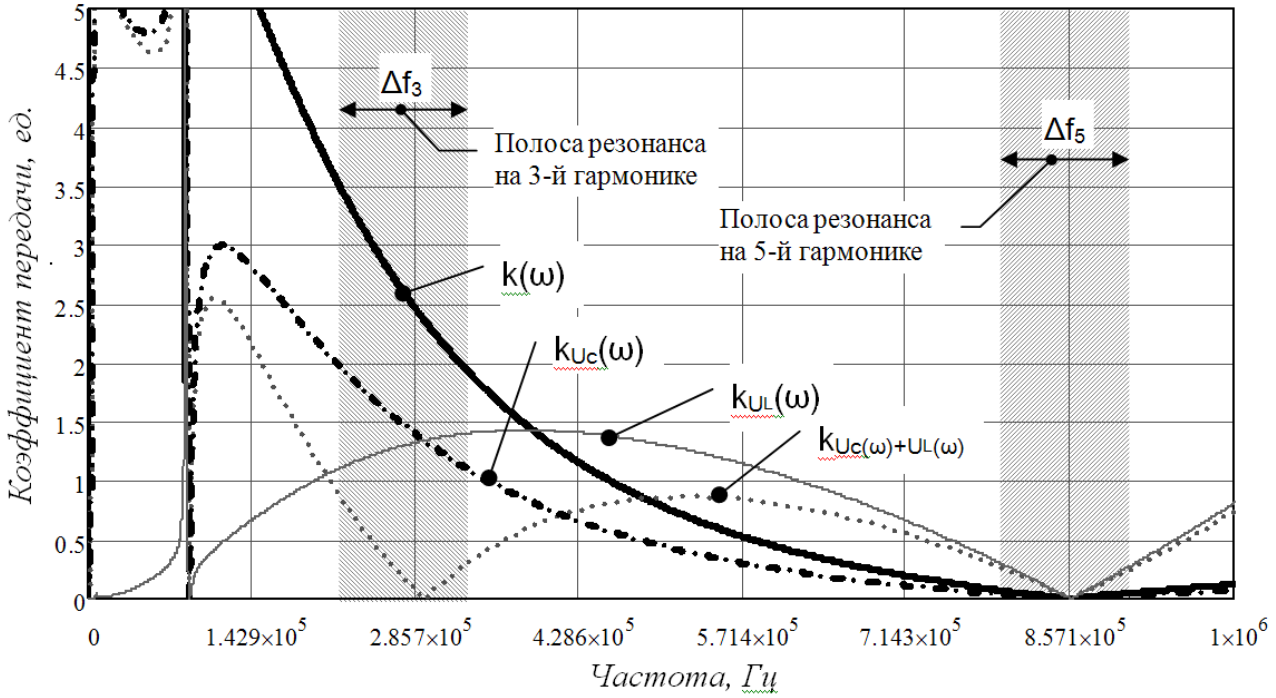


Рисунок 2

1. Первичная и вторичная обмотки резонансного трансформатора представляют собой систему колебательных контуров с индуктивно-емкостной связью с сосредоточенными параметрами для первичной обмотки, дуальными – сосредоточенными и распределенными параметрами для вторичной обмотки.

2. Внедрение комплексов резонансной однопроводной передачи электрической энергии требует разработки методики идентификации и автоматического управления резонансными явлениями в системе.

Список литературы

1. Тесла Н. Статьи / Н. Тесла [наук. ред. В. Абрамович та ін.]. – Самара: издательский дом «Агни», 2008. – 584 с.

2. Резонансные методы передачи электрической энергии / под ред. академика РАСХН Д.С. Стребкова. Издание второе. – Москва: ВИЭСХ, 2006. – 304 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ РЕЗЬБОВЫХ ПРОФИЛЕЙ С СПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ АДАПТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ

Алексеев И.А., Устименко В.О.
Днепродзержинский государственный технический университет,
ул. Днепростроевская, 2, г. Днепродзержинск, 51918, ustimenko_vova@mail.ru

Введение. Важной задачей развития промышленности Украины является внедрение мероприятий по уменьшению отходов и затрат металлопродукции, повышение энергетической эффективности технологических процессов. Технологический процесс накатки профилей резьбы в 5-20 раз увеличивает производительность труда, повышается коэффициент использования металла с 0,35-0,45 до 0,85-0,95 в сравнении с резанием на токарных автоматах, увеличивается усталостная прочность полученного профиля в 1,5-2 раза, износостойкость – на 20-40 процентов. Чистота поверхности накатанных профилей соответствует 8-10 квалитету.

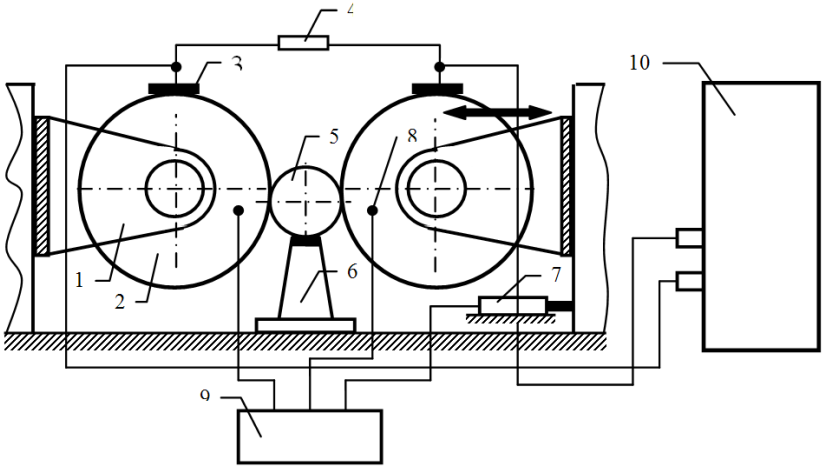
Постановка задачи. Повышение точности процесса накатывания внешней резьбы путем разработки и внедрения системы текущего определения технологических параметров накатываемого профиля без остановки процесса формообразования.

Результаты работы. В работах [1,2] показано, что при накатывании формообразование профиля резьбы происходит в нескольких последовательных этапах: 1) врезания инструмента, когда площадь контакта ограничена вершиной зубьев инструмента; 2) накатки в режиме незаполненных контуров – площадь контакта увеличивается за счет боковых поверхностей зуба; 3) накатка в режиме заполненных контуров – максимальная площадь контакта; 4) стадия разрушения заготовки – площадь пятна изменяется случайным образом. Для достижения максимальной возможной для пары инструмент-подкат точности профиля резьбы процесс формообразования необходимо прекращать на условной границе второго и третьего этапов.

Экспериментальные исследования проведенные в лабораторных условиях кафедры электроники Днепродзержинского государственного технического университета показали, что определение текущего состояния процесса формообразования возможно косвенно по совместным оценкам координаты положения подвижного суппорта и площади контакта заготовки и накатного инструмента в зоне деформации. Для оценки площади контакта использовался метод текущего измерения электрического сопротивления зоны пластической деформации (рис.1). При этом значение сопротивление очага деформации определяется из выражения:

$$R = \frac{U - IR_a}{I} \qquad (1)$$

где U – напряжение, приложенное к очагу деформации; I –ток, протекающий через очаг деформации; R_a – сопротивление при отсутствии заготовки в очаге деформации.



1- опорные серьги; 2 - накатной инструмент; 3 - токоподводящие контакты; 4 - шунт; 5 - заготовка; 6 - опорный нож; 7 - датчик перемещения подвижного суппорта; 8 - милливольтметр; 9 - многоканальный самописец; 10 - источник тока.
Рисунок 1 – Схема измерения электрического сопротивления очага деформации

Исследования электрического сопротивления очага деформации при накатке профиля резьбы (М14х1.25, Ст.10) показали, что для условий накатывания в режиме "незаполненных" контуров, характерно снижение электрического сопротивления очага деформации (0.00044….00028 Ом) за все время формообразования. Режим накатывания в "заполненных" контурах характеризуется относительно постоянной величиной электрического сопротивления (0.00010…0.00004 Ом) очага деформации с незначительными флуктуациями вокруг среднего значения, которые обусловленные наличием охлаждающей жидкости, выкрашиванием поверхности инструмента при накатывании, колебанием заготовки в очаге деформации и др.

Для уменьшения влияния указанных явлений на точность идентификации параметров формообразования, а также явлений α и β фриттинга (резкого снижения электрического сопротивления при достижении некоторого порогового напряжения) используется цифровой адаптивный фильтр Винера.

Выводы. 1. Электрическое сопротивление очага деформации определяется двумя составляющими: объемным сопротивлением заготовки и сопротивлением перехода инструмент-заготовка.

2. Экспериментально доказана возможность определения величины заполнения контуров инструмента материалом заготовки по закономерности изменения электрического сопротивления очага деформации.

Список литературы

1. Бойко В.И. Исследование процесса формирования резьбового профиля / Бойко В.И., Алексеев И.А. // Сб. докладов Первой международной научно-практической конференции «Вычислительная техника в информационных и управляющих системах». – Мариуполь, 2000 г. – С. 82-83.

2. Щукин В.Я. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки в машиностроении. Отечественные и зарубежные изобретения / Щукин В.Я., Лущик Э.А. – Мн. : БелНИИНТИ, 1980. – 52 с.

МЕТОДЫ КИНЕМАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МАНИПУЛЯТОРА

Ащепкова Н.С., Боброва Т.А., И.В. Белый
Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара,
Гагарина пр., 72, г. Днепропетровск, Украина, 49010,
ashhepkova_natalja@rambler.ru

При курсовом и дипломном проектировании студентам необходимо выполнить кинематический и динамический анализ манипулятора промышленного робота. На основе полученных данных и требуемого закона движения нагрузки проводится синтез и расчет параметров траектории схвата манипулятора. Для решения данной задачи на ЭВМ можно использовать языки программирования (Fortran, Pascal, C) или математические пакеты (Matlab, Mathcad).

Эффективные компьютерные технологии для решения вычислительных инженерных задач реализуются пакетом прикладных программ Mathcad [1], который характеризуется возможностью решения линейных и нелинейных алгебраических, дифференциальных уравнений и систем уравнений; операциями с векторами, матрицами и полиномами [2].

В докладе обоснована целесообразность использования пакета прикладных программ Mathcad для решения задач кинематического и динамического анализа при моделировании движении манипулятора.

Рассматривается перемещение манипулятором промышленного робота нагрузки по заданному закону движения. Алгоритм решения предусматривает: построение математической модели в виде системы дифференциальных уравнений [3]; определение положения, скорости и ускорения каждого звена кинематической схемы манипулятора; синтез траектории схвата с нагрузкой; вычисление действующих на звенья манипулятора сил и моментов; моделирование перемещения схвата с нагрузкой в соответствии с заданным законом движения; анализ точности позиционирования схвата.

Исходными данными являются [4]:

- кинематическая схема манипулятора,
- размеры и плотности звеньев манипулятора,
- требуемый закон движения схвата манипулятора,
- начальное положение звеньев,
- информация о нагрузке.

В зависимости от назначения манипулятора на разных участках траектории могут изменяться параметры нагрузки: геометрические размеры, форма, распределение масс. Эти особенности следует учесть на этапе составления математической модели, поскольку коэффициенты дифференциальных уравнений являются функциями обобщенных координат манипулятора и зависят от закона движения и параметров нагрузки. Математическая модель манипулятора составляется методом Лагранжа-Эйлера или Ньютона-Эйлера, с представлением систем координат в разомкнутых кинематических цепях методом Денавита-Хартенберга [5].

Порядок системы дифференциальных уравнений для математической модели составленной методом Лагранжа-Эйлера соответствует числу обобщенных координат манипулятора, что может вызвать определённые трудности у студентов. В математической модели составленной методом Ньютона-Эйлера всего два уравнения: второй закон Ньютона и уравнение Эйлера для углового движения. Преобразование математической модели к нормальной форме Коши выполняется с помощью символьного преобразования в среде Mathcad. Для моделирования движения манипулятора с переменной нагрузкой траектория разбивается на участки, в рамках которых параметры нагрузки постоянны.

Данный метод может использоваться при решении прямой и обратной задач кинематики, позволяет определить пределы досягаемости схвата и выполнить математическое моделирование движения манипулятора. Для спроектированной траектории перемещения манипулятора определяются необходимые силы и моменты в кинематических парах.

Пакет прикладных программ Mathcad позволяет выполнить кинематический и динамический анализ, т. е. вычислить положение, скорость и ускорение звеньев; рассчитать силы и моменты, действующие на звенья кинематической схемы; определить траекторию схвата манипулятора.

Mathcad позволяет провести моделирование разных законов движения манипулятора с нагрузкой или в режиме холостого хода. Анализ результатов моделирования позволяет оценить:

- рабочее пространство манипулятора,
- быстродействие системы управления,
- точность позиционирования схвата,
- зависимость ошибки позиционирования схвата от характера нагрузки и закона движения.

Результаты моделирования могут быть представлены в виде таблиц и графиков, которые можно импортировать в документы и презентации.

Приведены расчетные примеры подтверждающие целесообразность и эффективность использования пакета прикладных программ Mathcad для решения данного типа задач.

Список литературы

1. Шептун Ю.Д. Розрахунок слідкуючих гідроприводів з використанням ПЕОМ / Ю.Д. Шептун, Г.М. Тоцька. – Дніпропетровськ : РВВ ДНУ, 2002. – 64 с.

2. Кудрявцев Е. М. Mathcad 2000 Pro / Е. М. Кудрявцев – М. : ДМК Пресс. – 2001. – С. 530–540.

3. Ащепкова Н. С. Математическая модель движения космического аппарата с манипулятором / Н. С. Ащепкова, Ю. Д. Шептун // Космічна наука та технологія. – 1997. – Т. 3. − № 5/6. – С. 34-42.

4. Бурдаков С. Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С. Ф. Бурдаков, В. А. Дьяченко, А. Н. Тимофеев // М. : Высшая школа, 1986. – 264 с.

Шахинпур М. Курс робототехники. Пер. с англ. / М. Шахинпур. –М.: Мир, 1990.–527 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПО СОСТОЯНИЮ С ПОСТОЯННОЙ ПЕРИОДИЧНОСТЬЮ КОНТРОЛЯ

Банзак Г.В.
Одесская государственная академия технического регулирования и качества, ул. Кузнечняя, 15, г.Одесса, banzak@mail.ru

Процесс технического обслуживания и ремонта (ТОиР) сложных объектов радиоэлектронной техники (РЭТ) предназначается для обеспечения требуемого уровня их надежности на протяжении всего периода эксплуатации.

Теоретически параметры системы ТОиР должны определяться на этапе разработки объекта РЭТ, когда объект существует пока только «на бумаге» или в виде опытного образца [1]. Однако на практике разработка системы ТОиР, к сожалению, существенно запаздывает по отношению к процессу создания объекта РЭТ. Иногда это приводит к значительным потерям (экономическим, к невыполнению задач, решаемых системой), так как только в процессе эксплуатации выявляются недостатки конструкции, устранить которые после того, как объект уже создан, трудно. Для этого потребовались бы дополнительные экономические затраты и потери времени. Если же параметры системы ТОиР определять (проектировать систему ТОиР) в процессе или на завершающих стадиях разработки объекта, то возможные «слабые места» объекта РЭТ могут выявляться на этапе, когда еще можно внести изменения в конструкцию объекта с минимальными издержками. Речь здесь идет в первую очередь о «слабых местах» в свойствах ремонтопригодности и технологичности обслуживания объекта [2].

Очевидно, что для определения оптимальных параметров системы ТОиР, независимо от времени их определения, необходима математическая модель, с помощью которой можно было бы получать прогнозные оценки показателей качества процесса ТОиР для заданных характеристик (параметров) объекта РЭТ. Сложность процесса ТОиР обусловливает и необходимую сложность соответствующей математической модели, так как она должна быть адекватна реальному процессу ТОиР.

В данной работе разрабатывается математическая модель и соответствующее программное обеспечение (ПО), с помощью которых можно осуществлять прогнозирование показателей надежности и стоимости эксплуатации объектов РЭТ, решать задачи оптимизации параметров системы ТОиР. Основное внимание уделяется разработке моделей ТО, ТР и ПР, выбору и оптимизации их параметров.

Для того чтобы общую математическую модель процесса технического обслуживания (ТО) конкретизировать и «сделать» моделью технического обслуживания «по состоянию» (ТОС) с постоянной периодичностью контроля, достаточно сделать следующее:

1) конкретизировать способ получения вероятности $P_{\text{то}\,i}(t/\text{Р}_{\text{то}})$ с учетом информации о фактическом техническом состоянии (ТС) *i*-го элемента в момент проведения ТО. Вероятность $P_{\text{то}\,i}(t/\text{Р}_{\text{то}})$ можно определить так:

$$P_{\text{то}\,i}(t/\text{Р}_{\text{то}}) = P_{\text{то}\,i}(t/t_{0i}) = \text{Вер}\{u_i(t/t_{0i}) \geq u_{\text{то}\,i}\},$$

где $u_i(t/t_{0i})$ – измеренное в момент времени t значение определяющего параметра *i*-го элемента при условии, что последнее его обновление (замена или ТО) произошло в момент времени t_{0i};

$u_{\text{то}\,i}$ – уровень ТО, установленный для *i*-го элемента.

2) оператор преобразования параметра $\mathbf{T}$ реализовать следующим образом:

$$\forall e_i \in E_{\text{то}}: \text{ если } u_i(t/t_{0i}) \geq u_{\text{то}\,i}, \text{ тогда } t_{0i} := t,$$

где *t* – текущее время контроля ТС.

Этими дополнениями в математической модели процесса ТО будет учитываться фактическое ТС объекта, которое в общей модели представлено параметром $\mathbf{T}$.

Таким образом, в случае стратегии ТОС с постоянной периодичностью контроля параметрами процесса ТОС являются:

$$\text{Р}_{\text{тос}} = \{\tau_{\text{то а}}, E_{\text{то}}, U_{\text{то}}, T_{\text{к}}\}, \quad (1)$$

где $\text{Р}_{\text{тос}}$ – обозначение обобщенного параметра системы ТО для стратегии ТОС с постоянной периодичностью контроля;

$\tau_{\text{то а}}$ – административное время ТО;

$E_{\text{то}}$ – множество потенциально обслуживаемых элементов (при ТО каждый раз будут подвергаться обслуживанию только некоторые из этих элементов);

$U_{\text{то}} = \{u_{\text{то}\,i}; i = \overline{1, |E_{\text{то}}|}\}$ – вектор уровней ТО $u_{\text{то}\,i}$, которые в общем случае различны для различных элементов $e_i \in E_{\text{то}}$;

$T_{\text{к}}$ – периодичность контроля (ТО) объекта. Теоретически может оказаться, что в некоторых случаях ТО может сводиться только к контролю ТС (в тех случаях, когда при контроле в момент *t* ни для одного из обслуживаемых элементов не выполнилось условие $u_i(t) \geq u_{\text{то}\,i}$).

Параметры продолжительности и стоимости ТО не входят в обобщенный параметр $\text{Р}_{\text{тос}}$, так как эти показатели в данном случае изменяются в процессе эксплуатации в зависимости от текущего ТС объекта.

Список литературы

1. Банзак Г.В. Математическая модель процесса эксплуатации сложного технического объекта / Г.В.Банзак // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2011. – № 33. – С. 14-20.

2. Банзак Г.В. Определение остаточного ресурса восстанавливаемых технических объектов / Г.В.Банзак // Інформаційна безпека – 2011. – № 1(5). – С.96-102.

ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ НОРМАЛЬНОГО ЗВУКОПОГЛИНАННЯ МАТЕРІАЛУ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ

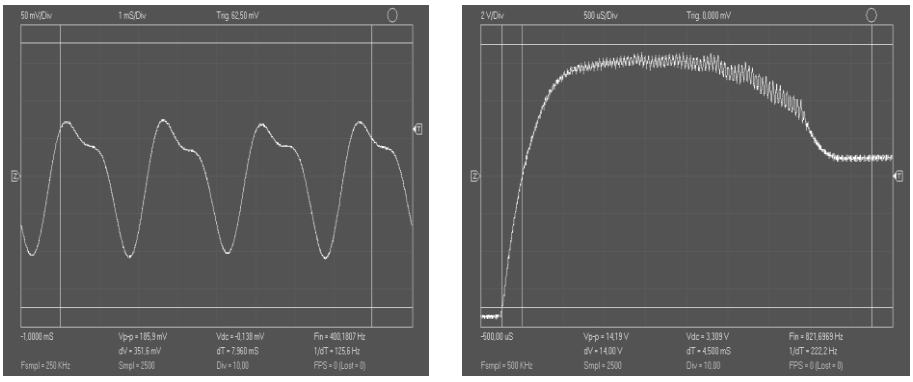
Безимянний Ю.Г., Висоцький А.М., Колесніков А.М., Талько О.В.
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАНУ,
вул. Кржижанівського,3, м. Київ, 03142, bezimyni@i.com.ua

Під час виробництва конструкційних матеріалів та огороджувальних елементів будівель та споруд, важливе значення має здатність матеріалів поглинати енергію звукових хвиль. Характеристикою демпфуючої здатності матеріалу є коефіцієнт нормального звукопоглинання. При розробці нових звукопоглинальних матеріалів важливо мати можливість оперативно оцінювати цю характеристику матеріалу в умовах виробництва.

Відповідно до стандартизованої [1] методики коефіцієнт нормального звукопоглинання матеріалу a_o обчислюють за формулою:

$$\alpha_0 = \frac{4}{n + \frac{1}{n} + 2},$$

де $n = \frac{U_{max}}{U_{min}}$ – відношення амплітуд максимального (U_{max}, мВ) і мінімального (U_{min}, мВ) сигналу на виході мікрофонного підсилювача, які вимірюють за допомогою акустичного інтерферометру. При дослідах використовують звукове поле гармонічного сигналу на різних частотах. Якщо поряд є джерела завад на частотах, які використовуються в дослідах, вимірювальний сигнал перестає бути гармонійним (рис.1 а) і, навіть, повністю маскується завадою (рис.1 б). Тому визначення коефіцієнту звукопоглинання призводить до значних похибок, величина яких залежить від величини завад, чи стає неможливим.



а б

Рисунок 1 – Вплив завад на максимальний (а) та мінімальний (б) сигнали.

У виробничих умовах на результати вимірів впливають наступні чинники:

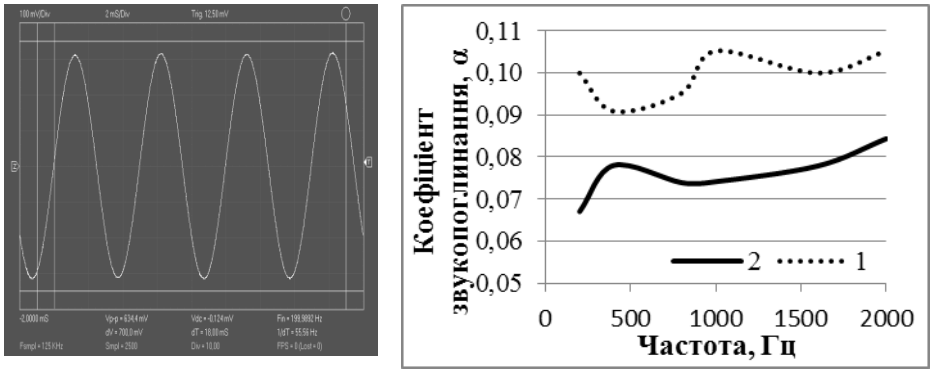
– систематичні та випадкові похибки вимірювального комплексу;

– акустичні завади та вібрації, що спричинені роботою технологічного обладнання;

– електромагнітні завади силових електричних мереж.

В ІПМ НАНУ було створено випробувальний стенд [2],на якому проводили дослідження впливу завад на результати вимірювання звукопоглинання в матеріалах. Під час проведення замірів встановлено істотний вплив завад на значення мінімальної амплітуди тиску звукової хвилі, що суттєво впливає на значення коефіцієнту нормального звукопоглинання, особливо для матеріалів з малим коефіцієнтом звукопоглинання. В деяких випадках рівень завад перевищує рівень мінімальної амплітуди тиску звукової хвилі в кілька разів.

Використання селективного вольтметра дозволяє суттєво зменшити рівень завад, підвищити відношення сигнал/перешкода і відновити монохроматичність сигналу (рис. 2а) і тим самим забезпечити високу точність вимірювань коефіцієнта звукопоглинання навіть у слабопоглинаючих матеріалах (рис. 2б).



а б

Рисунок 2 – Сигнал після селективного вольтметра

На (рис. 2б) бачимо різницю між результатами вимірювань звукопоглинання з використанням селективного вольтметра (лінія 2) і без його використання (лінія 1). Так, наприклад, для частоти 1000 Гц значення коефіцієнту нормального звукопоглинання становили 0.074 та 0.105 відповідно. Така велика різниця значень вимірів особливо характерна для матеріалів з низьким рівнем звукопоглинання, і є наслідком суттєвого впливу завад на значення мінімальної амплітуди тиску звукової хвилі.

Список літератури

1. Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний: ГОСТ 16297-80.[Введен с 1981-01-01]. – М.: Государственный строительный комитет СССР, 1980. –12с.

2. Использование акустического интерферометра при отработке технологии создания звукопоглощающего пенокомпозита / Безымянный Ю. Г., Бякова А. В., Высоцкий А. Н. [и др.] // Акустичний симпозіум «Консонанс – 2011». Збірник праць.– Київ, 2011. – С.34-37.

МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОШИРЕННЯ ПРУЖНИХ ХВИЛЬ У ЗРАЗКАХ З ПОХИЛИМИ НЕПАРАЛЕЛЬНИМИ ПОВЕРХНЯМИ

Безимянний Ю.Г., Євко І.Г., Комаров К.А.
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України, вул. Кржижанівського, 3, м. Київ, 03142, bezimyni@i.com.ua

Традиційні методи неруйнівного контролю для свого ефективного використання передбачають певні вимоги до форми об'єкту контролю [1]. На практиці іноді виникає необхідність контролю об'єктів складної форми, наприклад,з похилими непаралельними поверхнями. Таку задачу поставили перед нами в порошковій металургії для контролю властивостей зразків матеріалу після кожної стадії технологічного процесу, коли в результаті зовнішнього впливу форма зразка змінюється.

Традиційно для дослідження порошкових матеріалів використовують акустичні методи контролю, засновані на вимірах швидкості поширення пружної хвилі (ПХ) [1]. У якості їх розвитку показано можливість їх ефективного застосування у зразках з похилими непаралельними поверхнями (рис. 1).

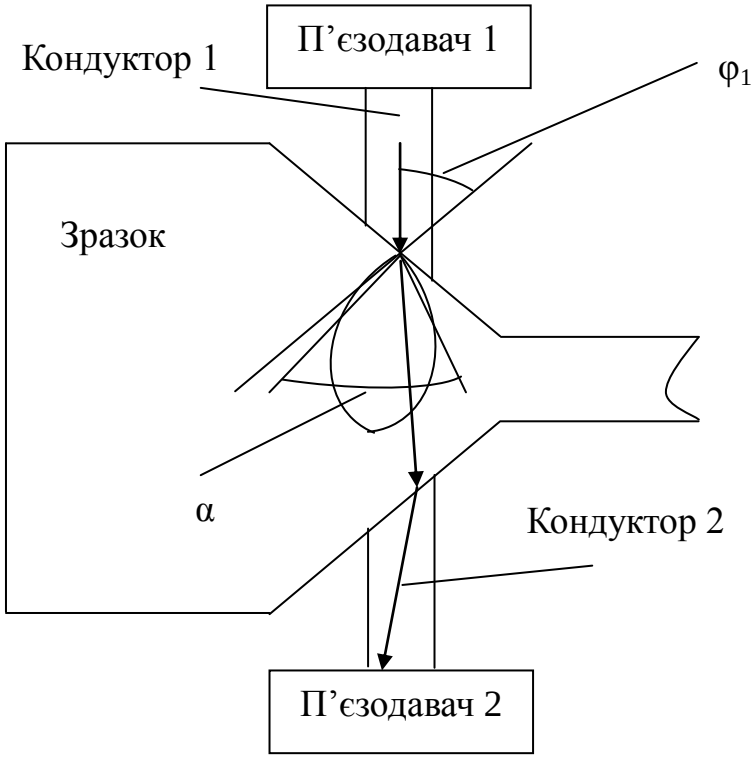


Рисунок 1 – Схема використання метода

Можливості методу досліджено способом променевого прозвучування. Лінією зі стрілкою (рис. 1) показано ПХ, яка випромінюється п'єзодавачем 1, проходить кондуктор 1, падає під кутом φ_1на зразок матеріалу, який досліджується, заломлюється в ньому на поверхні розділу кондуктор-матеріал,

проходить зразок матеріалу, заломлюється на поверхні розділу матеріал-кондуктор 2 і потрапляє на п'єзодавач 2 і при цьому має найменший час поширення порівняно з іншими променями.

Перевагою методу над звичайним прозвучування є те, що можна, виготовивши кондуктор певної конфігурації, прозвучити будь-який зразок складної форми за умов: акустичний імпеданс матеріалу кондукторів має бути більшим ніж у матеріалі п'єзодавача і меншим ніж у матеріалі зразка,а також повинна виконуватися нерівність $\left|\frac{c_2}{c_1}\right| \le \frac{\sin(\varphi_1 + \alpha)}{\sin(\varphi_1)}$, де c_1 – швидкість ПХ в зразку; c_1 – швидкість ПХ в кондукторах; φ_1 – кут падіння ПХ на зразок з кондуктора 1; α – кут розкриву діаграми спрямованості в дальній зоні за рівнем 0,7 дБ.

Пристрій з'єднання кондукторів зі зразком представлений на рис. 2. Зразок має форму циліндру з симетричними пустотами у вигляді усічених конусів [2]. Зразок затиснутий гвинтами між двома металевими пластинами, до яких кріпляться оправки кондукторів з ебоніту. В оправки кондукторів вставлені самі кондуктори. Їх контактні площини, які затискаються між п'єзодавачами [1], видно зверху й знизу над пластинами. Форма оправки кондукторів точно повторює пустоти у вигляді усічених конусів в зразках. Самі площини кондукторів в точках контакту із зразком мають такий самий кут як і похилі непаралельні поверхні зразків.

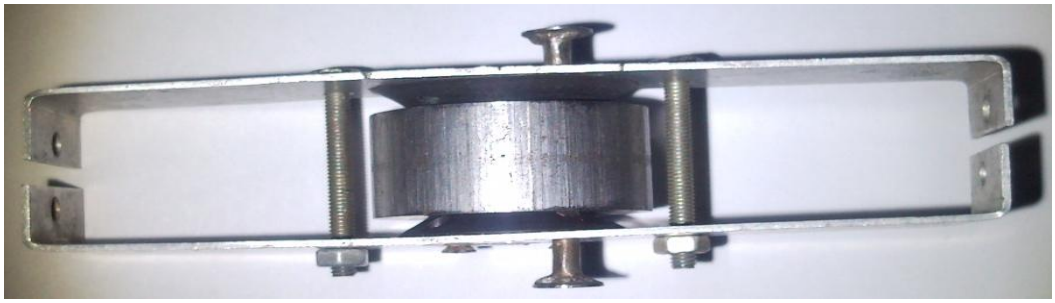


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд пристрою з'єднання кондукторів зі зразком

Працездатність методу перевірено при поетапному контролі властивостей зразків матеріалу після кожної стадії технологічного процесу.

Список літератури

1. Безимянний Ю. Г.Акустичний контроль стану порошкового матеріалу в процесі його виготовлення / Безимянний Ю. Г., Баглюк Г. А., Євко І. Г. [та ін.]// Акустичний симпозіум "КОНСОНАНС-2009". Збірник праць. – К., 2009. – С. 55-60.

2. Безимянний Ю. Г. Постадійний контроль розподілу властивостей в об'ємі заготовок з порошкового заліза / Безимянний Ю. Г., Баглюк Г. А., Євко І. Г., Комаров К. А. // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Зб. наук. праць. Тематичний випуск "Електроенергетика та перетворювальна техніка". – Харків : НТУ "ХПІ", 2013. – № 34.– С. 156-162.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПСЕВДОСПЛАВОВ Cu-W УЛЬТРАЗВУКОВЫМ МЕТОДОМ

Безымянный Ю.Г., Козирацкий Е.А., Гетьман О.И., Радченко П.Я.
Институт проблем материаловедения им. И.Н. Францевича НАНУ,
ул. Кржижановского, 3, г. Киев, 03142, bezimyni@i.com.ua

При разработке электротехнических материалов, в том числе получаемых методами порошковой металлургии на основе меди и вольфрама, важно создать структуру материала, определяющую желаемые его свойства для выполнения заданных функций. Например, для гарантии высокой работоспособности микросхем одни материалы должны обеспечивать качественные электроконтакты, а другие – хороший отток тепла.

При использовании наноразмерных порошков вольфрама методы микроскопического анализа далеко не всегда позволяют выявлять закономерности формирования структуры и, как следствие, свойств материала. В работе показано, что по результатам измерений скоростей распространения упругих волн можно контролировать закономерности формирования структуры и свойств псевдосплава на основе порошков Cu-W с исходными размерами соответственно 5-20 мкм и 40-60 нм.

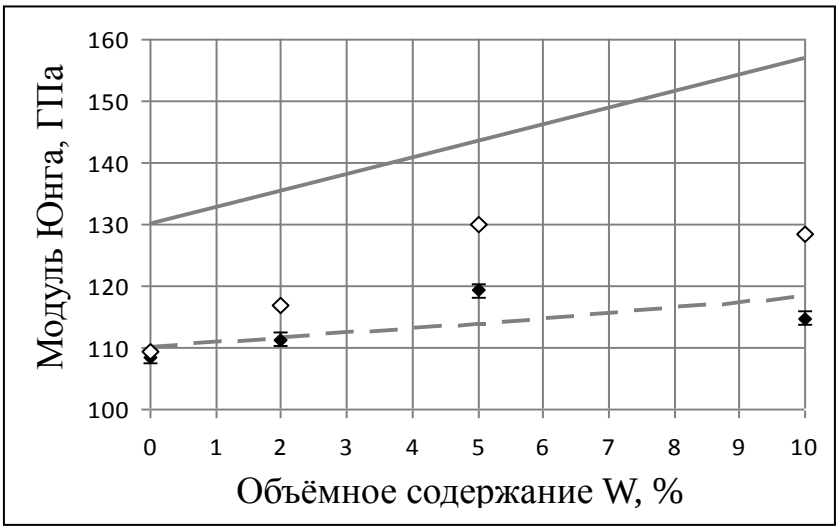


Рисунок 1 – Зависимость модуля Юнга от объёмного содержания частиц W:
— – усреднение по Фойхту [1]; – – – усреднение по Рейссу [1];
◆ – экспериментальные значения; ◇ – экспериментальные значения, пересчитанные в беспористый материал [2].

Псевдосплавы получали спеканием и многократной допрессовкой [3] с последующим отжигом при 1000 °С порошка Cu с различным объёмным содержанием порошка W. Закономерности формирования свойств материала исследовали по его динамическим характеристикам упругости (модуль Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона), определённым по результатам измерения скоростей распространения продольной и поперечной упругих волн [4] (для модуля Юнга см. рис. 1), а структуры – по результатам металлографического анализа при увеличении до 6000 раз (рис. 2) и по

сопоставлению экспериментально полученных значений характеристик упругости с известными модельными представлениями о формировании свойств упругости многофазного пористого материала [1, 2] (рис. 1).

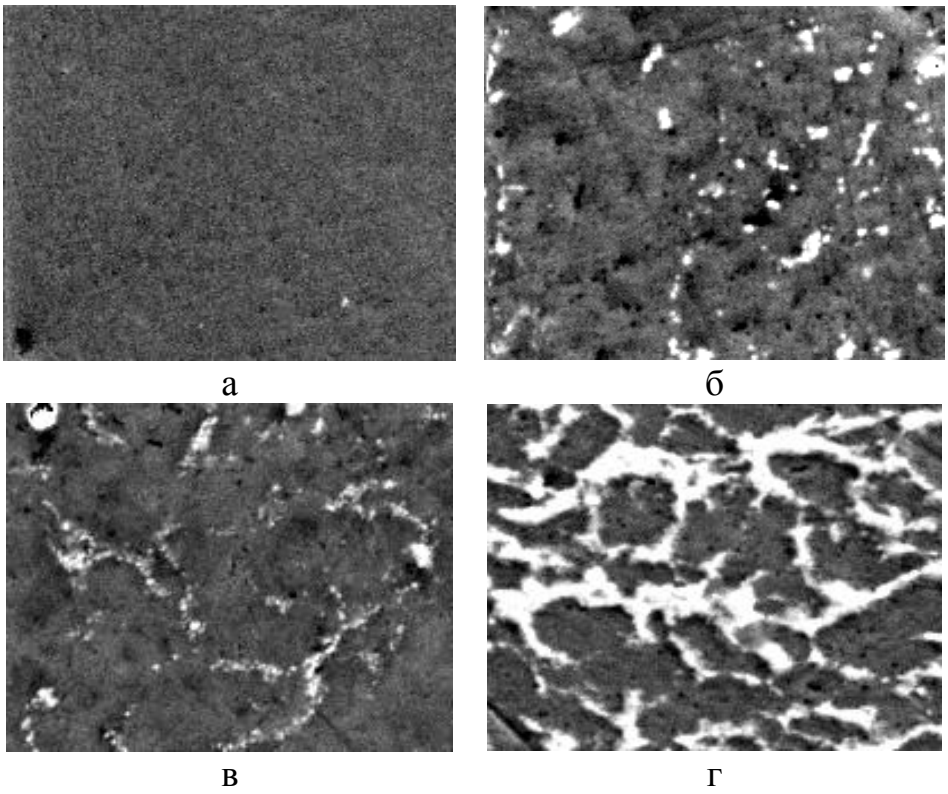


Рисунок 2 – Микроструктура образцов при различном объёмном содержании частиц W: а – 0; б – 2; в – 5; г – 10 %.

Анализ полученных результатов показывает, что микроскопические исследования позволяют оценить размеры частиц Cu и W в спеченном материале (соответственно 15 и 1 мкм), но не позволяют объяснить природу аномального изменения свойств псевдосплава при повышении объёмного содержания W до 10 %. Отклонение экспериментально полученных характеристик упругости от модельных представлений (рис. 1) указывает на формирование в структуре материала высокопористых прослоек W.

Список литературы

1. Скороход В.В. Теория физических свойств пористых и композиционных материалов и принципы управления их микроструктурой в технологических процессах / Скороход В.В. // Порошковая металлургия. – 1995. – № 1/2. – С.53-70.

2. Роман О. В. Ультразвуковой и резистометрический контроль в порошковой металлургии / Роман О. В., Скороход В. В., Фридман Г. Р. – Мн. : Высш. шк., 1989. – 182 с.

3. Бальшин М. Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна / Бальшин М. Ю. – М. : Металлургия, 1972. – 336 с.

4. Безымянный Ю. Г. Возможности акустических методов при контроле структуры и физико-механических свойств пористых материалов / Безымянный Ю. Г. // Порошковая металлургия. – 2001. − № 5-6. – С 23-33.

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕЛІНІЙНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ПРИ БЕЗДЕМОНТАЖНОМУ КОНТРОЛІ

Бровко Я. С.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
вул. Петровського, 25, Харків, 61002, yanabrovko@mail.ru

В основі теорії нелінійних інерційних систем використовується математичне представлення динамічних характеристик системи, зокрема, датчика, рядами Вольтерри. Система являє собою поєднання двох підсистем: лінійної інерційної системи з пам'яттю на основі паралельно з'єднаних імпульсних характеристик різної розмірності та нелінійної безінерційної підсистеми без пам'яті, яка послідовно з'єднується з першою. Чисельні наукові праці, які були опубліковані в останні два десятиріччя, використовують різновиди цієї схеми. Внаслідок складності навіть з теоретичної точки зору такі системи важко реалізувати на практиці і тим більше не можна використовувати в реальному масштабі часу. У роботі запропонований альтернативний варіант визначення динамічних характеристик нелінійного інерційного датчика тиску.

Реалізацію випадкової вхідної дії датчика $x(t)$ можна описати деякою математичною формулою. Внаслідок інерційності датчика реалізація вихідного сигналу $y(t)$ описується іншим виразом, який найчастіше не збігається з $x(t)$. Також у процесі експлуатації датчики змінюють свої характеристики і з'являється значна нелінійність, якою знехтувати неможливо. Отже, при перетворенні вхідної дії у вихідний сигнал виникають спотворення, які змінюють інформацію про характер впливу на датчик.

Якщо б ми мали справу з лінійним інерційним датчиком і були точно відомі характеристики датчика, наприклад, імпульсна характеристика датчика (ІХД) $h(t)$ або частотна характеристика, то неважко було б розрахувати математичну функцію, що описує вхідну дію датчика. Але у даному випадку, навіть за наявності відомої $h(t)$ реалізація цієї математичної функції є надзвичайно складною або і зовсім неможливою. Незважаючи на високий технічний прогрес сьогодення, це питання залишається відкритим.

Для реалізації першого кроку будемо вважати, що сигнал на виході первинного перетворювача та ІХД відомі (в принципі, ІХД можна оцінити при експериментальних дослідженнях).

Структурна схема методу представлена на рисунку 1.

Спотворений інерційним датчиком сигнал $y(t)$ надходить до системи перерахунку, в якій розраховуються вхідний сигнал $\tilde{x}(t)$ і імпульсна характеристика датчика $h(t)$. Випадкові коефіцієнти цього ряду $a_1 ... a_n$ невідомі, а функції ряду $\psi_{i...}\psi_n(t)$ є ортонормованими базисними і вибираються дослідником як і коефіцієнти нелінійності α_i.

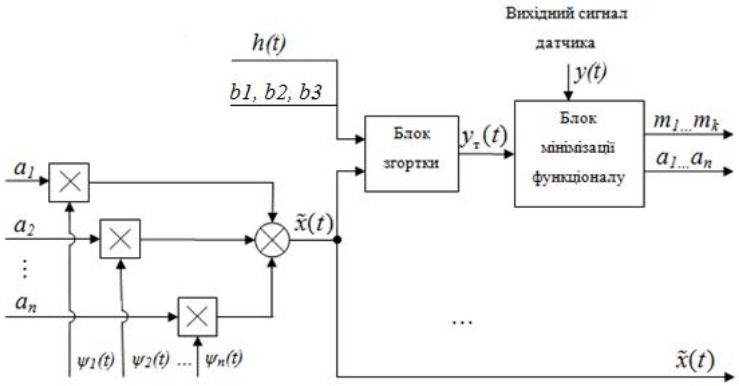


Рисунок 1 – Структурна схема методу відновлення сигналу на вході датчика

Реалізація вхідного сигналу лінійного перетворювача потрапляє до блоку згортки, на виході якого отримуємо сигнал $y_т(t)$. Блок мінімізації функціоналу мінімізує різницю між сигналами $y_т(t)$ і $y(t)$ шляхом змінювання невідомих коефіцієнтів сигналу. Після закінчення роботи генетичного алгоритму на вихід системи перерахунку надходить сигнал $\tilde{x}(t)$, представлений рядом ортонормованих функцій зі знайденими випадковими коефіцієнтами $a_1...a_n$, що наближений до $x(t)$.

Таким чином, якщо визначити всі невідомі коефіцієнти і параметри, то отримуємо фактично розв'язання задачі ідентифікації датчика, а також завдання «сліпої» обробки сигналів, тобто оцінки сигналу на вході перетворювача. Досвід показує, що такі задачі найкраще розв'язуються за допомогою глобальних методів випадкового пошуку, наприклад, генетичних алгоритмів у випадках, коли відсутні вимоги щодо отримання результатів в реальному масштабі часу.

Результати моделювання показують високий рівень точності реконструкції вхідного сигналу при наявності повної інформації про імпульсну характеристику датчика. Так у випадку відновлення вхідного сигналу для сигналу простої форми при відсутності похибок вимірювання вихідного сигналу датчика відносна похибка не перевищує 6 %, довірчий інтервал дорівнює 7 %, а коефіцієнт кореляції незмінний і дорівнює одиниці.

Список літератури

1. Полярус О. В. Метод відновлення сигналу на вході датчика / Полярус О. В., Поляков Є. О. // Вестник НТУ «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – №57. – С. 142-147.

2. Полярус О. В. Метрологічне забезпечення при відновленні сигналів на вході лінійних інерційних датчиків / Полярус О. В., Поляков Є. О. // Системи обробки інформації. – 2011. – С. 99-101.

3. Хашемиан Х. М. Датчики технологических процессов: характеристики и методы повышения надежности / Хашемиан Х. М. – М.: Издательство Бином, 2000. – 336 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЯВЛЯЕТСЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗОЙ БАЛАНСИРУЮЩЕГО ЭНЕРГОРЫНКА

Васильченко В.И.[1)], Гриб О.Г.[2)], Лелека А.В.[1)], Белов Н.С.[3)]
[1)]ДП НЭК «Укрэнерго», ул. С.Петлюры, 25, г. Киев, Украина, 01032
[2)]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул.Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
[3)]ООО «Хартэп», ул. Энергетическая, 11, г. Харьков, Украина, 61036

Автоматизированная система учета электроэнергии является основой информационной базы для работы балансирующего энергорынка. Система создала технические предпосылки для работы нового рынка и перехода в него. Проведенный экономико-правой анализ включал также данные о требованиях относительно приведения законодательства Украины в соответствие с законодательством Европейского Союза.

Таким образом, можно сформулировать кратко суммированы выводы:

Рынок ДДБР и переходный процесс к нему выполним в четыре Этапа, если будут выполнены некоторые условия. Такими условиями являются:

• изменения в первичном законодательстве:

– Основные принципы построения действующего оптового рынка зафиксировано в Законе об электроэнергетике;

– Поскольку модель рынка меняется, соответствующие положения закона имеют отразить эти изменения и, в частности, приостановить действие положений о существующей рыночную структуру и о любой обязательное участие в элементах нового рынка;

– Основные положения о новом рынке ДДБР могут быть предложены или полностью из-за изменений в Закон об электроэнергетике, либо через новый Закон о ОРЭ вместе с изменениями в Законе об электроэнергетике, которые необходимы для внедрения переходных этапов;

– Соответственно, переходные положения также должны быть отражены в том законодательном акте, который вводит рынок ДДБР;

– В дополнение, необходимо принять специальный закон о НКРЭ, который смог бы гарантировать, что закрепленные за НКРЭ важные функции мониторинга нового рынка и внедрения и регулирования переходных этапов выполняются в полностью независимый способ.

• изменения в правилах и руководящих документах по функционированию рынка, формирование цен, рабочих процессов и взаимодействий участников;

• при переходных этапов существующий пул, управляемый Договором между членами ОРЭ Украины, постепенно будет ликвидироваться и окончательно прекратит свое действие на Этапе 3;

• в то же время будут внедряться элементы нового рынка: балансирующий механизм и балансирующий рынок (начиная с Этапа 2), Биржа электроэнергии

(на Этапе 3) и как можно скорее, четкий рынок вспомогательных системных услуг на определенный перечень услуг;

• каждый элемент нового рынка будет вводиться через четкий набор правил, которые могут быть юридически оформлены или через многостороннее соглашение, либо через Правила, утвержденные НКРЭ;

• в случае каких-либо сомнений относительно обязательного характера Правил (в том числе, Правил балансирующего рынка), обязанности участников рынка должны быть закреплены через их соответствующие лицензионные требования;

• другие элементы нового рынка должны быть введены через правила членства (в Биржи электроэнергии) или через сделки (между поставщиками системных вспомогательных услуг Оператором системы);

• необходимо ввести технические правила, которые должны стать обязательными для исполнения соответствующими участниками рынка;

• технические правила и регламенты вместе с Правилами балансирующего рынка должны ясно определить ответственности всех сторон, в том числе относительно таких процессов как сообщение о договорных объемы, графики производства, диспетчеризацию, коммерческий учет и расчеты. Все правила и кодексы должны быть написаны и утверждены для конечной структуры рынка ДДБР (Этап 4) с переходными положениями, предназначенными для определенных промежуточных этапов;

• обращение с рисками невыполнения и кредитными рисками при заключении двусторонних договоров;

• стороны должны быть свободными заключать двусторонние договоры на тех любых взаимоприемлемых условиях;

• стороны, квалифицированные по заключению двусторонних договоров, должны иметь право требовать кредитного обеспечения или предоплаты;

• любая сторона двустороннего договора должна иметь зафиксировано в Самоса договоре право выхода из договора и требование материальной компенсации, если другая сторона допустила существенное нарушение условий двустороннего договора;

• сторона двустороннего договора должна иметь юридическое право инициировать судопроизводство и требовать безусловного выполнения решения суда по активам противоположной стороне, нарушившей свои существенные обязанности по двусторонним договором.

Список литературы

1. Онищенко В.А. Анализ и оценка экономических ущербов от низкого качества электрической энергии: монография / Онищенко В.А., Самойленко И.А., Гриб О.Г. − Х.: ХНУРЭ, 2013. − 328 с.

2. Сокола Е.И. Автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии / Сокола Е.И. − Харьков : ТОВ «Тім пабліш Груп», 2014. − 488 с.

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С КОНТРОЛЕМ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Васильченко В.И.[1)], Гриб О.Г.[2)], Лелека А.В.[1)], Гапон Д.А.[2)]
[1)]ДП НЭК «Укрэнерго», ул. С.Петлюры, 25, г. Киев, Украина, 01032
[2)]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

В развитии науки и техники, создании новейших технологий, повышению энергетической безопасности Украины, и повышении точности учета электрической энергии (ЭЭ) важную роль играет обеспечение автоматизации учета электрической энергии[1,2]. Энергетическая безопасность Украины − это один из важных вопросов независимости государства. Одной из существенных составляющих этой проблемы является учет электрической энергии.

Автоматизация учета электрической энергии − процесс постоянный и непрерывный. Способность Украины обеспечить автоматизацию учета электрической энергии в пределах внутренних энергетических систем, объединенной энергетической системе (ОЭС) Украины, а также на границе балансовой принадлежности с государствами, с которыми Украина имеет общие электрические сети (Российская Федерация, республика Беларусь, Республика Молдова, Венгрия, Польша, Румыния, Словакия) − важнейших фактор ее независимости.

Технической основой обеспечения автоматизированного учета электрической энергии является совокупность соединенных использованием аппаратно-программных комплексов в магистральных и межгосударственных сетях. Такая система позволяет проводить баланс электрической энергии в ОЭС, осуществлять интеграцию Украины с Европейским Союзом, улучшить энергоэффективность, улучшить показатели энергосбережения в энергосистемах Украины [2].

За десятилетний срок функционирования оптового рынка электрической энергии (ОРЭ) Украины учеными, проектировщиками, специалистами по вычислительной технике и эксплуатации был сделан существенный прорыв в решении указанной проблемы. Так, на основе разработанных и утвержденных в различных инстанциях ОРЭ, Национальная комиссия регулирования электроэнергетики (НКРЭ) Украины, Государственный комитет Украины по вопросам технического регулирования и потребительской политики (Госпотребстандарт), энергетическими компаниями, директивными документами, основная цель которых осуществление упорядоченного регламента для создания автоматизированных систем учета электроэнергии (АСУЭ), началось их массовое внедрение [1,2]. Объектами внедрения выступили, в первую очередь, небольшие, средние и мощные потребители, отдельные электростанции, распределительные и магистральные сети.

Постепенное накопление на указанных объектах локальных автоматизированных систем учета электроэнергии (ЛАСУЭ) привело к появлению еще более сложной проблемы, а именно − интеграции ЛАСУЭ в

единые АСУЭ генерирующих и энергоснабжающих компаний, в объединении АСУЭ электростанций (ЭС) и энергетической компании в целом, а также создание целостной ИАСУЭ ОРЭ с контролем показателей качества.

В 2012 году завершены работы по созданию АСУЭ на 135 ПС ГП НЭК «Укрэнэрго», на двух из них, а именно на ПС 330 кВ «Лосево» Северной ЭС и «Котовская» Южной ЕС в 2010 году, отдельным модулем включено АСУЭ с контролем ПКЭ . Объединение АСУЭ с контролем ПКЭ позволило создать автоматизированную систему учета электроэнергии с контролем показателей качества. [1]

Создание АСУЭ с контролем ПКЭ позволяет:

– обеспечить структурные подразделения ЭС постоянной достоверной информации относительно учета электроэнергии и мощности на ПС;

– определять и анализировать по каждому ПС как общие расходы электроэнергии, так и на собственные и хозяйственные нужды;

– вести расчеты фактических потерь электроэнергии в силовых трансформаторах и магистральных линиях электропередачи;

– вести почасовой учет электроэнергии, поступающей в сети энергетической компании от генерации и отпускается из них энергоснабжающим компаниям и потребителям;

– вести учет электроэнергии по межгосударственным воздушных линиях электропередачи (МГ ВЛ)

– контролировать, анализировать, выявлять причины и ответственных за нарушение ПКЭ нормированным значением с возможностью определения как общего количества искаженной электроэнергии, так и по отдельным ПКЭ с привязкой к количеству электроэнергии по часам суток. Надо особо подчеркнуть, что в развитых странах АСУЭ с контролем ПКЭ создаются и совершенствуются десятилетиями. Украина же прошла путь в сжатые сроки, в условиях ограниченных ресурсов, прежде всего, финансовых, благодаря чему возникла потребность в разработке и обосновании новой стратегии разработки и внедрения АСУЭ с контролем ПКЭ в ОЭС Украины.

Список литературы

1. Гриб О.Г. Контроль потребления электроэнергии с учетом её качества/ [Гриб О.Г., Васильченко В.И., Громадский Ю.С. и др.]; под ред. О.Г.Гриба – Харьков: ХНУРЭ, 2010. – 444 с.

2. Сокола Е.И. Автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии / Сокола Е.И.− Харьков : ТОВ «Тім пабліш Груп»,2014г.−488 с.

АРХИТЕКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА И КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Васильченко В.И.[1)], Гриб О.Г.[2)], Лелека А.В.[1)], Сапрыка А.В.[3)]
[1)]ДП НЭК «Укрэнерго», ул. С.Петлюры, 25, г. Киев, Украина, 01032
[2)]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
[3)]Харьковский национальный университет городского хозяйства им. Бекетова А.Н., ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002

АСУЭ с контролем ПКЭ основаны на существующей структуре энергетической компании, действующем законодательстве в области электроэнергетики, требований ГОСТ 13109-97 и результатах исследований ПКЭ в электрических сетях.

В Украине систем подобного назначения не существует, в иностранных странах близких по назначению систем также нет, а опыт эксплуатации существующего оборудования и систем контроля ПКЭ в научно-технической литературе практически не рассматривалась.

На стадии создания АСУЭ с контролем ПКЭ были сформулированы требования к системе в целом и ее отдельных уровней.

АСУЭ с контролем ПКЭ в полной мере использует существующие каналы связи энергетической компании, для интегрирования в АСУЭ и АСДУ.

Предусмотрена возможность контроля параметров электропотребления и ПКЭ по европейскому стандарту EN 50160 с использованием соответствующих СИТ в составе АСУЭ с контролем ПКЭ. Имеется возможность одновременного контроля точек измерения ПКЭ по ГОСТу 13109-97 и по европейским стандартам.

Обеспечено обучение пользователей системы и эксплуатирующего персонала перед началом ее внедрения.

Структура АСУЭ с контролем ПКЭ в ОЭС Украины включает центральный, региональный и локальный уровни.

Проектирование и внедрение системы осуществляется снизу вверх, начиная с уровня объекта (ПС).

Со структурной и технологической точки зрения АСУЭ с контролем ПКЭ имеет три уровня:

− локальный уровень (ЛУ)охватывает 135 ПС220-750 кВ, на которых работают локальные автоматизированные системы учета электроэнергии (ЛАСУЭ) и к которым подключены счетчики коммерческого и технического учета электрической энергии. К ЛАСУЭ поступает информация от генерирующих компаний и по межсистемным линиям электропередачи, а также электроэнергия, отпускаемая энергоснабжающим компаниям, потребителям и на собственные нужды ПС. КЛАСУЭ подключены анализаторы измерения ПКЭ, которые располагаются параллельно со счетчиками коммерческого учета. Такая архитектура позволяет измерять ПКЭ на границе балансовой принадлежности;

− региональный уровень (РУ) охватывает электроэнергетические системы, где построены региональные автоматизированные системы учета электроэнергии (РАСУЭ) на основе интеграции ЛАСУЭ ПС, подчинённых соответствующему региону. Это уровень централизованного учета электроэнергии с контролем ПКЭ по объектам собственной ЕС, обработки, представления, архивации, анализа и передачи данных на более высокий уровень.

Максимальное количество точек учета электроэнергии и ПКЭ определяется совокупностью контролируемых диспетчером ЕС присоединений и объектов;

− центральный уровень (ЦУ) - это энергетическая компания в целом, где все расы объединяются в единую интегрированную систему учета электроэнергии компании - центральную автоматизированную систему учета электроэнергии (ЦАСУЭ).

Структурная схема АСУЭ с контролем ПКЭ представлена на рис. 1.

Рисунок 1− Структура АСУЭ с контролем ПКЭ

В основу создания трехуровневой АСУЭ с контролем ПКЭ положены современные принципы построения информационных систем и технологии

АСУЭ с контролем ПКЭ функционирует в непрерывном режиме без выключения в течение всего срока эксплуатации (за исключением времени проведения регламентных работ). В случае отказов сетевого оборудования информация, которая предназначена для передачи на высшие уровни, сохраняется в энергонезависимой памяти элементов АСУЭ с контролем ПКЭ для обеспечения возможности передачи после восстановления функционирования каналов связи, метрологической проверки СИТ.

Список литературы

1. Гриб О.Г. Контроль потребления электроэнергии с учетом её качества / [Гриб О.Г., Васильченко В.И., Громадский Ю.С. и др.]; под ред. О.Г.Гриба – Харьков: ХНУРЭ, 2010. – 444 с.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Васильченко В.И.[1)], Гриб О.Г.[2)], Лелека А.В.[1)], Сапрыка А.В.[3)]
[1)]ДП НЭК «Укрэнерго», ул. С.Петлюры, 25, г. Киев, Украина, 01032
[2)]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
[3)]Харьковский национальный университет городского хозяйства им. Бекетова А.Н., ул. Революции 12, г. Харьков, Украина, 61002

Основным направлением модификации структуры АСКУЭ является перенесение некоторых функций обработки информации и управления на уровень приборов учета, что приводит к существенной децентрализации системы учета.

Опыт создания и эксплуатации современных систем учета позволяет расширить перечень требований к АСКУЭ [1]:

– фиксация отклонений контролируемых величин энергоучета и их оценка в абсолютных и относительных единицах с целью облегчения анализа энергопотребления;

– сигнализация (цветами, звуком, печатью) отклонений контролируемых величин свыше допустимого диапазона значений с целью принятия оперативных решений;

– прогнозирование (коротко–, средне– и долгосрочное) значений величин энергоучета с целью планирования энергопотребления;

– автоматическое управление энергопотреблением на основе заданных критериев и приоритетных схем включения/отключение потребителей – регуляторов с целью экономии ручной работы и обеспечение качества управления;

– обеспечение внутреннего хозрасчета по энергоресурсам между цехами и подразделами предприятия с целью их экономии и рациональных затрат на рабочих местах;

– точный расчет субабонентами предприятия по энергопотреблению с целью правильного распределения энергозатрат.

Всю совокупность функций систем среднего и верхнего уровня АСКУЭ можно классифицировать по следующим группам функций:

– формирование нормативно–справочной базы энергоучета предприятия по каждому месту и структуре учета, тарифам, зонам, сменах, аппаратных и программных средствах АСКУЭ;

– сбор в автоматическом (по заданным периодам времени) и ручном (по запросу оператора) режимах штатных параметров каждой системы децентрализованной АСКУЭ по каждому месту и/или структуре учета;

– обработка накопленных значений энергоучета в соответствии с действующими тарифами, схемой энергоснабжения и структурой учета предприятия;

– отображение измерительной и расчетной информации энергоучета в виде комплекса графиков, таблиц и сведений на мониторе компьютера;

– документирование измерительной и расчетной информации энергоучета в виде графиков, таблиц и сведений на принтере;

– сигналы о внештатных ситуациях;

– прогнозирование нагрузки;

– автодиагностика АСКУЭ с анализом поступающей информации от первичных приборов учета нижнего уровня АСКУЭ, сигналов о перебоях и отказах систем и каналов связи.

Основными показателями, которые характеризуют эффективность использования информационно-измерительной техники в системе учета, являются [1]:

– точность представления измерительной информации;

– достоверность представления измерительной информации. В дополнение к классическому подходу и применительно к рассматриваемому объекту процесс получения достоверной информации должен быть автоматизирован и может варьироваться от регистрации данных со счетчиков электроэнергии на протяжении всего времени учета до полностью автоматизированного процесса регистрации этих данных с их полным дублированием и обязательной верификацией;

– одновременностьпредставления измерительной информации. Под одновременностью представления измерительной информации имеется в виду синхронность выполнения измерений в точках учета, нарушение которой приводит к возникновению погрешности рассинхронизации, которая влияет на результаты измерения.

Указанные показатели определяются в системе учета принципами организации измерений, качеством систем учета и связи.

Система учета, удовлетворяющая этим требованиям, позволяет решать главные задачи:

– обеспечение точной, достоверной и надежной информацией коммерческих расчетов на рынке электроэнергии;

– постоянный контроль выполнения договорных обязательств между субъектами рынка электроэнергии;

– анализ и контроль внутреннего баланса субъектов энергорынка.

Следует отметить, что в настоящее время имеется большое число АСКУЭ разного масштаба, накоплен значительный опыт их эксплуатации, и выявлены достоинства и недостатки, а также тенденций их развития.

Список литературы

1.Черемісін М.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням / Черемісін М.М., Зубко В.М. – Х. : “Факт”, 2005. – 192с.

2.Сокола Е.И.Автоматизированные системы контроля и учета электрической энергии / Сокола Е.И. – Харьков : ТОВ «Тім пабліш Груп», 2014г. − 488 с.

АЛГОРИТМЫ РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Волянский Р.С., Садовой А.В.
Днепродзержинский государственный технический университет,
ул. Днепростроевская, 2, Днепродзержинск, 51918

Введение. Одним из подходов к созданию новых законов управления является линеаризация математического описания произвольных управляемых динамических объектов обратными связями [1] с последующим использованием известных классических [2] и современных [3] методов синтеза систем управления. Преимуществами такого подхода является инвариантность структуры и параметров синтезируемых регуляторов к параметрам и структуре объекта управления, простота назначения траектории желаемого движения объекта и возможность обеспечения высоких показателей качества процессов управления. Недостатком такого подхода является невозможность использования для синтеза управляющих воздействий методов, базирующихся на решении задачи аналитического конструирования регуляторов (АКР) [4].

Постановка задач исследования. Целью работы является адаптация модифицированного принципа симметрии, как одного из методов решения задачи АКР, для определения управляющих воздействий динамических объектов, движение которых представлено уравнениями в форме Бруновского.

Материалы исследования. Рассмотрим уравнения движения динамического объекта третьего порядка в управляемой форме Бруновского

$$py_1 = y_2;\ py_2 = y_3;\ py_3 = v_3, \tag{1}$$

где y_1, y_2, y_3 – переменные состояния линеаризованного объекта управления, v_3 – управляющее воздействие.

Характеристическое уравнение рассматриваемого объекта имеет три нулевых корня и поэтому с точки зрения решения задачи АКР является некорректным, поскольку последняя требует наличия у характеристического полинома объекта управления не более одного нулевого корня. Разрешим это противоречие путем синтеза управляющих воздействий внутренними координатами объекта y_3 и y_2. Подстановка найденных алгоритмов управления в исходную систему уравнений позволяет устранить некорректность описания объекта. Вслед за [5] такую процедуру будем называть регуляризацией.

Выделим из уравнений (1) последнее уравнение

$$py_3 = v_3 \tag{2}$$

и найдем управляющее воздействие, гарантирующее замкнутой системе асимптотическую устойчивость. Таким управляющим воздействием является управление вида

$$v_3 = g\left(y_3^* - y_3\right), \tag{3}$$

где g – коэффициент усиления регулятора, y_3^* – задающее воздействие.

Подставив алгоритм управления (3) в уравнения движения (1), выделим

два последних уравнения

$$py_2 = y_3;\ py_3 = -gy_3 + gy_3^*. \qquad (4)$$

Перейдем теперь к синтезу управления переменной y_2. В отличие от предыдущего случая, определение управляющего воздействия координатой y_2 неоднозначно и связано с возможностью соединения регуляторов последовательно и параллельно. В случае последовательного соединения регуляторов управляющее воздействие y_3^* формируется регулятором переменной y_2, который реализует следующий алгоритм

$$y_3^* = g\left[g\left(y_2^* - y_2\right) - y_3\right] = g^2 y_2^* - g^2 y_2 - gy_3. \qquad (5)$$

При параллельном соединение регуляторов система (4) должна быть дополнена воздействием v_2

$$py_2 = y_3;\ py_3 = -gy_3 + gy_3^* + v_2 = -gy_3 + u_2, \qquad (6)$$

которое определяется выражением

$$v_2 = g\left[g\left(y_2^* - y_2\right) - y_3\right] - gy_3^* = g^2 y_2^* - g^2 y_2 - gy_3^* - gy_3. \qquad (7)$$

Определим управляющие воздействия, подаваемые на объект. При последовательном включении регуляторов подставим выражение (5) в уравнение (3)

$$v_3 = g\left(\left(g^2 y_2^* - g^2 y_2 - gy_3\right) - y_3\right) = g^3 y_2^* - g^3 y_2 - g(g+1)y_3, \qquad (8)$$

а при параллельном просуммируем выражения (7) и (3)

$$v_2 + v_3 = g^2 y_2^* - g^2 y_2 - gy_3^* - gy_3 + gy_3^* - gy_3 = g^2 y_2^* - g^2 y_2 - 2gy_3. \qquad (9)$$

Выводы. Выражения (8) и (9) образуют различные формы последнего уравнения системы (1) и позволяют использовать получившиеся уравнения для синтеза регулятора координатой y_1 путем решения задачи АКР. В зависимости от выбранной схемы включения внутренних регуляторов параметры регулятора координатой y_1 и схема его соединения с внутренними регуляторами будут различны.

Список литературы

1 Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Д.П. Ким. − М. : Физматлит, 2004. – 464с.

2. Башарин А.В. Управление электроприводами / А.В. Башарин, В.А.Новиков, Г.Г.Соколовский. − Л. : Энергоиздат, 1982. – 392с.

3. Пупков К.А. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т3. Синтез регуляторов САУ/ К.А.Пупков, Н.Д. Егупов. − М. : изд-во МГТУ им.Баумана, 2004. – 616с.

4. Волянский Р.С. Синтез оптимальной системы управления с нелинейной активационной функцией / Р.С. Волянский, А.В.Садовой // Электротехнические и компьютерные системы. − 2014. − № 15 (91). – С.69-71.

5. Садовой А.В. Системы оптимального управления прецизионными электроприводами / А.В.Садовой, Б.В. Сухинин, Ю.В.Сохина. − К. : ИСИМО, 1998. – 298с.

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ

Гапон Д.А.[1)], Олефир Д.А.[2)], Белов Н.С.[3)], Иерусалимова Т.С[1)].
[1)]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
[2)]ДП НЭК «Укрэнерго», ул. С.Петлюры, 25, г. Киев, Украина, 01032
[3)]ООО «Хартэп», ул. Энергетическая, 11, г. Харьков, Украина, 61036

Для реализации эффективной системы АЧР необходимо, чтобы каждое устройство было способно измерять частоту напряжения в месте его установки с высокой точностью, помехоустойчивостью и быстродействием. Эти качества в первую очередь определяются методом измерения частоты.

Этой теме посвящено множество современных разработок с применением широкого спектра математических приемов и средств [1], таких как: измерение периода по моментам пересечения нулевого уровня (Zero-crossing) [1], дискретное преобразование Фурье (DFT) [2], адаптивные фильтры (Калмана, LMS) [3], разложение в ряд Тейлора [4], алгоритмы Wavelet преобразование, Stockwell-преобразование, и т.д. Фактически, при реализации измерения необходимо решить оптимизационную задачу, для нахождения оптимального сочетания быстродействия, помехоустойчивости и точности. Теоретически можно получить сколь угодно высокими, любые две из указанных характеристик, но в ущерб третьей. То есть можно получить высокую точность и быстродействие, но при этом любая помеха или искажение входного сигнала будет приводить к значительной ошибке. Реализация измерения с высокой помехоустойчивостью и точностью потребует значительного интервала наблюдения и т.д. Возможно получить абсолютную погрешность измерения, скажем, не выше 0,0001 Гц или быстродействие 0,01 с при уровне гармоник 0,5 но не одновременно.

Причем, каждый из методов измерения будет несколько отличаться. Логично предположить, что существует некоторый теоретический предел, преодолеть который невозможно, независимо от выбора метода измерения. Его можно найти, отталкиваясь от вероятностных характеристик шума (искажений).

Как было отмечено выше, время, необходимое для получения значения частоты в значительной степени определяет быстродействие АЧР и зависит от применяемого метода измерения. Наиболее часто используемыми на практике являются методы, использующие моменты перехода контролируемого напряжения через ноль [1] и методы, основанные на дискретном преобразовании Фурье. При описании и исследовании авторами этих методов особое внимание уделяется сочетанию точности измерения и быстродействия полученных алгоритмов. Причем в качестве критерия быстродействия чаще всего используется длительность интервала наблюдения, выборка отсчетов за который и используется для вычисления результата, то есть время измерения. При этом авторы, зачастую, устанавливают ограничение, что значение частоты за время измерения изменяется незначительно, и величиной этого изменения можно пренебречь. Однако быстродействующая автоматическая частотная

разгрузка в первую очередь предназначена для устранения резкого аварийного снижения частоты. То есть наиболее критичным является как раз тот случай, когда частота сети не постоянна, а изменяется достаточно быстро. Такой режим работы называется динамическим, а ошибка, возникающая вследствие непостоянности измеряемой величины, соответственно, динамической ошибкой. Причем величина, на которую частота меняется за время наблюдения, может значительно превышать погрешность измерения. В то же время к устройствам автоматической частотной разгрузки предъявляются достаточно жесткие требования по быстродействию. Поэтому задача определения характера возникающей динамической ошибки для различных методов и алгоритмов измерения является актуальной и требует рассмотрения.

Наиболее простая модель зависимости частоты сети от баланса генерируемой и потребляемой мощностей, не учитывающая частотную зависимость нагрузки, а также работу различного рода автоматики энергосистемы описывается уравнением:

$$J_{\Sigma} \frac{d\omega}{dt} = \Delta M_{p}. \quad (1)$$

Из (1) вытекает, что при возникновении небаланса мощностей частота в энергосистеме начинает меняться по линейному закону. Данное приближение является достаточно грубым, однако вполне приемлемо при рассмотрении небольших промежутков времени после возникновения небаланса.

Мгновенное значение напряжения в общем случае будет равно:

$$u(t) = U_{m} \sin(\int_{0}^{t} \omega(t)dt + \varphi_{0}), \quad (2)$$

где с учетом (1):

$$\omega(t) = \omega_{0} + d\omega \cdot t, \quad (3)$$

где ω_0 – значение круговой частоты в момент времени $t = 0$, а $d\omega = const$ – скорость ее изменения.

Список литературы

1. Додо Амаду М.М. Цифровые алгоритмы измерения частоты дляустройств частотной автоматики / Додо Амаду М.М., Максимов В.М. // Вестник ХГПУ. – Харьков, 1999. −Вып. 37. –С. 98-104.

2. Narduzzi C. Real-time high-accuracy measurement of multufrequency waveforms / Narduzzi C., Ofelli C. // IEEE trans. Instrum. Meas. – 1987. – V. 36, №2. – P. 964-970.

3. Moore P.J. Model systems tests on a new numeric method of power system frequency measurement / Moore P.J., Carranza D., Johns A.T. // IEEE trans. on power delivery. – 1996. – V. 11. – №2. −P. 696-701.

4. Zoran Salcic. An Improved Taylor Method for Frequency Measurement in Power Systems / Zoran Salcic, Sing Kiong Nguang // IEEE Transactions on instrumentation and measurement – 2009 – V.58. – №. 9 – P.3288-3294.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУР ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Гапон Д.А[1)]., Олефир Д.А[2)]., Васильченко В.И[2)], Иерусалимова Т.С.[1)]
[1)]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
[2)]ДП НЭК «Укрэнерго», ул. С.Петлюры, 25, г. Киев, Украина, 01032

Метод определения периода сигнала по моментам перехода через ноль позволяет использовать недорогие микроконтроллеры, однако имеет ряд недостатков. Для их устранения предлагается использовать моменты переходов сразу через несколько уровней, а также то свойство непрерывных периодических сигналов, что в течение 2-х периодов, при неизменных параметрах сигнала, любой уровень, кроме амплитудного, будет пересечен число раз кратное четырем (рис.1), что позволяет значительно снизить влияние высших гармоник на результат измерения. Пусть некоторый периодический сигнал пересекает некоторый уровень L_i число раз равное k в моменты времени $t_1,\ t_2,\ldots,t_k$. Тогда, интервал между моментами t_i и $t_{i+k/2}$ для $i\in[1,k/2-1]$ будет равен периоду сигнала.

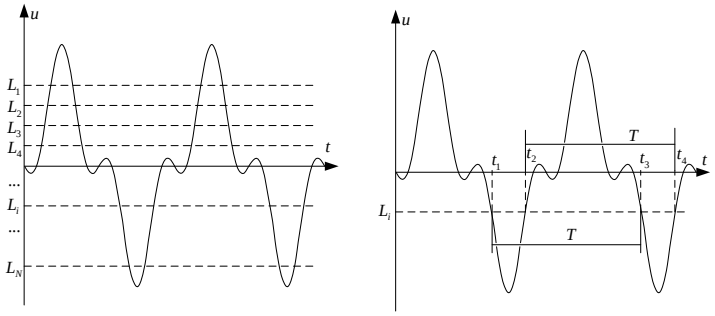


Рисунок 1 − Пересечение с несколькими значениями уровней

Очевидно, что в реальных условиях моменты пересечения будут получаться с погрешностью, обусловленной как методом получения этих моментов, так и различными искажениями исходного сигнала.
Моменты пересечения заданного уровня могут быть найдены при помощи линейной интерполяции по известным значениям функции в ключевых точках полученным при помощи АЦП (Рис.2).

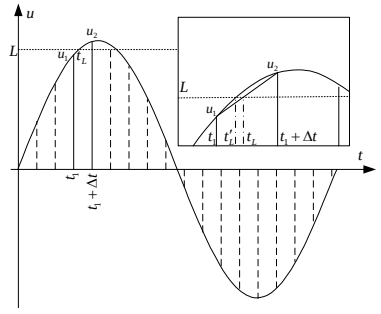


Рисунок 2 − Определение моментов перехода через уровень методом линейной. интерполяции

Как показано в [1,2] точность определения момента зависит в первую очередь от частоты преобразования (рис.2) и при значениях более 40 отсчетов за период удовлетворяет требованиям (табл. 1).

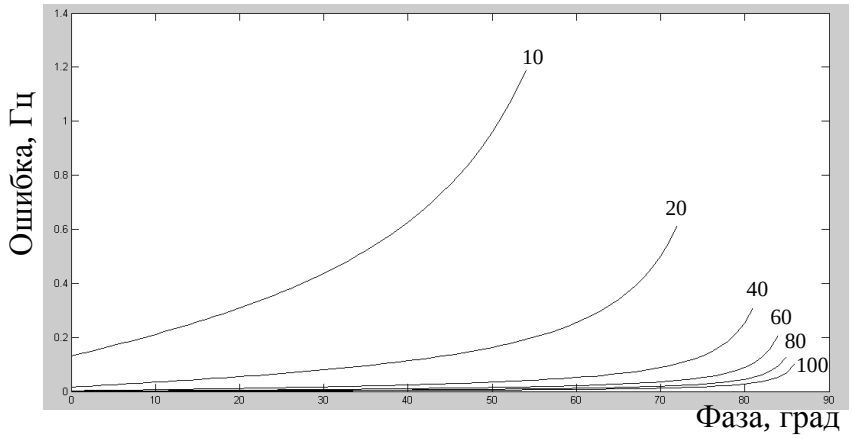


Рисунок 3 − Зависимость ошибки от угла и частоты дискретизации

Таблица 1 − Величина ошибки линейной интерполяции при номинальной частоте 50 Гц, Гц

Начальная фаза, град	Число отсчетов за период основной частоты					
	10	20	40	60	80	100
0	0,1315	0,0160	0,0020	0,0006	0,0002	0,0001
10	0,2116	0,0340	0,0064	0,0025	0,0013	0,0008
20	0,3088	0,0546	0,0112	0,0046	0,0025	0,0016
30	0,4369	0,0796	0,0169	0,0071	0,0039	0,0024
40	0,6264	0,1130	0,0241	0,0102	0,0056	0,0035
50	0,9616	0,1632	0,0344	0,0145	0,0079	0,0050
60		0,2550	0,0514	0,0214	0,0117	0,0073
70		0,5010	0,0884	0,0357	0,0192	0,0119
80			0,2537	0,0887	0,0451	0,0272

Список литературы

1.Гапон Д.А. Исследование точности определения частоты промышленной сети методом сканирования по АЦП / Гапон Д.А. // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» – Харків : НТУ “ХПІ”, 2010. – № 1. – С. 77-80.

2.Автоматическя частотная разгрузка энергосистем в аварийных режимах / [Сокол Е.И. Гапон Д.А. Гриб О.Г. и др.]; под ред. член-корреспондента Е.И. Сокола – Харьков: 2014г. – 196 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АЧР С УЧЕТОМ ВРЕМЕНИ ОТКЛЮЧЕНИЯ НАГРУЗКИ

Гапон Д.А[1)]., Олефир Д.А[2)].,Жданов Р.В.[3)], Иерусалимова Т.С.[1)]

[1)]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

[2)]ДП НЭК «Укрэнерго», ул. С. Петлюры, 25, г. Киев, Украина, 01032

[3)]РЭС АК «Харьковоблэнерго», ул. Полтавская, 71, г. Красноград, Харьковская область, Украина, 63304

Автоматическая частотная разгрузка предотвращает системные аварии в энергосистемах.

В нормальном установившемся режиме работы энергосистемы мощность вырабатываемая генераторами этой системы $P_Г$ равна мощности, потребляемой нагрузкой $P_Н$

$$P_Г = P_Н \tag{1}$$

При нарушении этого условия возникает небаланс [1],

$$\Delta P = P_Г - P_Н\,, \tag{2}$$

выражающийся в дефиците генерирующих мощностей или избытка активной мощности. Причем, в качестве причины возникновения аварийных ситуаций в подавляющем большинстве случаев выступает недостаток активной мощности.

Для предотвращения описанной ситуации предназначена автоматическая частотная разгрузка (АЧР) энергосистем [2, 3].

Работа посвящена установлению аналитической зависимости между величиной отключаемой нагрузки $P^*_{ПР}$ и её временем отключения, а также параметрами разгрузки и энергосистемы.

Предположим, что объем разгрузки РДmax, принятый равным максимально возможному относительному дефициту АМ в ЭС, равномерно распределен в диапазоне уставок по частоте ΔfОЧЕР бесконечного количества очередей. В этом случае мощность $P^*_{ПР}$ представляет собой мощность, которая подключена в диапазоне по частоте $\Delta f^*_{ПР} = f^*_1 - f^*_{ОТК1} = \Delta f^*_1 - \Delta f^*_{ОКЛ1}$ и определяется выражением:

$$P^*_{ПР} = \frac{P^*_{Д\max} P^*_{Д0} t_{ОТК}}{T_И \Delta f^*_{ОЧЕР}} \left(1 - \frac{\Delta f^*_1}{\Delta f^*_{уст}}\right), \tag{3}$$

где $\Delta f^*_{ОЧЕР} = \frac{\Delta f_{ОЧЕР}}{f_0}$.

Из выражения (3) видно, что величина мощности $P^*_{ПР}$ является функцией нескольких параметров. При заданных параметрах разгрузки ($P^*_{Д\max}$, $\Delta f^*_{ОЧЕР}$ и Δf1) и параметрах ЭС (ТИ и kH) $P^*_{ПР}$ определяется величиной возникшего дефицита АМ $P^*_{Д0}$ и временем отключения нагрузки tОТК.

Для дальнейшего анализа определим коэффициент α. Последний с учетом (3) определяется выражением:

$$\alpha = \frac{P^*_{Д\max} t_{ОТК}}{T_И \Delta f^*_{ОЧЕР}} \left(1 - \frac{\Delta f_1^*}{\Delta f^*_{уст}}\right). \quad (4)$$

Как видно из выражения (4), коэффициент α увеличивается с ростом дефицита, то значение гарантированного значения времени $t^{ГР}_{ОТК}$ определяется из (4), положив $t_{ОТК} = t^{ГР}_{ОТК}$; $P^*_{Д0} = P^*_{Д\max}$ и α =1. Решая преобразованное таким образом выражение (4) относительно $t^{ГР}_{ОТК}$ получим:

$$t^{ГР}_{ОТК} = \frac{1}{\left(1 - \frac{\Delta f_1^*}{\Delta f^*_{уст}}\right)} \frac{T^{МИН}_И \Delta f^*_{ОЧЕР}}{P^*_{Д\max}}, \quad (5)$$

$$T^{МИН}_И = \left(P^*_{Н0} - P^*_{Д0}\right) T^{МИН}_{Эб} + P^*_{Н0} T^{МИН}_Н, \quad (6)$$

где $T^{МИН}_{Эб}$ и $T^{МИН}_Н$ – минимальные значения постоянных механической инерции энергоблоков и нагрузки ЭС соответственно.

При принятых нами исходных данных получим, что:

$$t^{ГР}_{ОТК} = \begin{cases} 0{,}289\ с & при \quad k_Н = 1 \\ 0{,}303\ с & при \quad k_Н = 2 \\ 0{,}317\ с & при \quad k_Н = 3 \end{cases}. \quad (7)$$

Значения $t^{ГР}_{ОТК}$, как видно из (7), при kH = 2 и kH = 3 больше 0,3 с, поэтому при tОТК = 0,3 с мы получили α = 0,99 и 0,945 соответственно, которые меньше единицы. Таким образом, если время отключения нагрузки меньше или равно времени $t^{ГР}_{ОТК}$, определяемому по выражению (5), не будет излишнего отключения нагрузки.

Список литературы

1. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах / Веников В.А.– [4-е изд., доп.]– М.: Высшая школа, 1985. – 536 с.

2. Кучеров Ю. Н. Современное состояние автоматической частотной разгрузки и пути ее совершенствования / Ю Н. Кучеров, А.А. Окин, М.М. Мартыненко, В.Н. Данильчук // Электрические станции. – 2001. – № 12. – С.31-39.

3. Fernandes T. S. P. Load shedding strategies using optimal load flow with relaxation of restrictions / T. S. P. Fernandes et al. // IEEE Trans on Power Systems. −2008. − V. 23. − №. 2. −P. 712-718.

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ВИХРЕТОКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

Глоба С.Н. [1)], Хомяк Ю.В. [2)], Слободчук А.Ю. [3)]

[1)] Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", кафедра "Приборы и методы неразрушающего контроля", ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, snqloba@kpi.kharkov.ua, snqloba@mail.ru, http://www.kpi.kharkiv.edu/pmnk/person_qloba.html

[2)] Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", кафедра "Приборы и методы неразрушающего контроля", ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, homyak-yv@mail.ru, http://www.kpi.kharkiv.edu/pmnk/person_homyak.html

[3)] Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", кафедра "Приборы и методы неразрушающего контроля", ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, slobodchuk_ay@mail.ru

Контроль качества узлв и звеньев ответственных объектов является обязательным условием при изготовлении и эксплуатации изделий из металлов. Одним из основных показателей качества металлических объектов является наличие дефектов. Для качественной оценки выявления дефектов в объектах контроля применяют различные методы дефектоскопии. Особенно перспективным в использовании на практике можно назвать вихретоковый метод неразрушающего контроля.

Вихретоковая дефектоскопия основывается на анализе распределения электромагнитных полей в металлических объектах с локальными неоднородностями. Отметим преимущества вихретокового метода: безопасность и высокая производительность, возможность проведения контроля без непосредственного контакта вихретокового преобразователя (ВТП) и контролируемой поверхности, простота конструкции ВТП, возможность автоматизации процесса контроля, минимальные требования к состоянию поверхности, слабая зависимость результатов контроля от параметров окружающей среды.

Определение зависимостей сигналов ВТП от параметров дефектов является одной из важных задач дефектоскопии. Для оценки взаимодействия ВТП с объектом контроля, который имеет поверхностную трещину, существуют различные расчетные модели и методы.

Суть моделирования состоит в нахождении возможного распределения электромагнитного поля в заданной расчётной области при заданных граничных условиях и возбуждениях.

При моделировании для задач с вихревыми токами в общем виде приняты следующие ограничительные предположения:

- квазистационарность (токи смещения не учитываются);
- рассматривается ограниченная область G; вихревые токи локализованы в подобласти $S \subset G$ (рис. 1)
- гладкость границ $\Gamma(S)$ и $\Gamma(G)$;

- линейность электромагнитных свойств материалов: $B = \mu(x)H$, $J = \sigma(x)E$, $x \in G$.

Синусоидальные условия: $B = B_0 \exp(i\omega t)$ и т.п. для комплексных функций $B(x)$, $J(x)$, …, $x \in G$.

Тогда уравнения Максвелла могут быть записаны так

$$\operatorname{div} \mu H = 0 \text{ в } G; \ \operatorname{rot} H = J \text{ в } S;$$
$$\operatorname{rot} H = J_0 \text{ в } S_0; \ \operatorname{rot} E = -i\omega\mu H \text{ в } S$$

где $J_0(x)$, $x \in S_0$ – известная функция и $J = \sigma E$ в S.

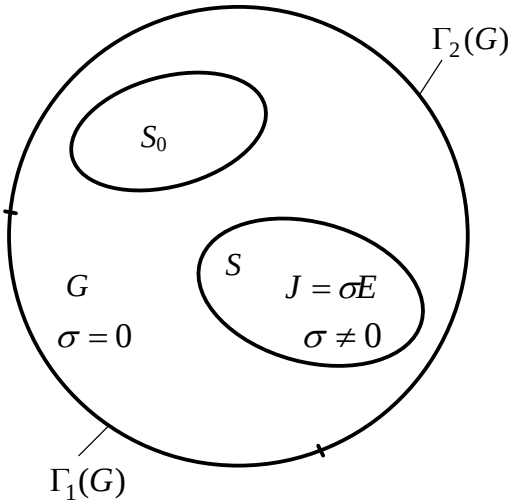


Рисунок 1 – Расчетная область задачи с вихревыми токами

Граничные условия:

$$H_\tau = 0 \text{ на } \Gamma_1(G); \ H_n = 0 \text{ на } \Gamma_2(G); \ \Gamma_1(G) \cup \Gamma_2(G) = \Gamma(G),$$

где H_τ, H_n – тангенциальные и нормальные компоненты H, соответственно. На внутренних границах H_τ, E_τ, B_n, J_n непрерывны.

Было выполнено моделирование накладного ортогонального ВТП, которое проводилось с помощью современного высокопродуктивного програмного обеспечения для моделирования двухмерных и трёхмерных электромагнитных полей методом конечных элементов.

Таким образом, отметим перспективы применения моделирования в вихретоковой дефектоскопии: повышение быстродействия при расчёте распределения электромагнитного поля при заданных граничных условиях; выявление влияния ориентации дефекта и его глубины относительно обмоток ортогонального накладного вихретокового преобразователя на полезный сигнал. Моделирование показало, что максимальный сигнал измерительной обмотки наблюдается при ориентации поверхностной трещины под углом 45° относительно плоскостей обмоток ВТП.

ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ ГАЗОРОЗРЯДНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Глухова Н.В.
ДВНЗ «Національний гірничий університет»,
пр. К. Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, Україна

Одним з можливих варіантів методів експрес-аналізу стану водного середовища, що отримує в останній час широке розповсюдження та визнання, є метод, заснований на дослідженні зображень газорозрядного випромінювання рідиннофазних об’єктів (ефект Кірліан). Останні дослідження у галузі вивчення властивостей води демонструють, що за рахунок перебудови її структурних елементів, їй притаманні постійні динамічні зміни, які іменують енергоінформаційними процесами. Як правило, класичні методи фізико-хімічного аналізу властивостей води неспроможні до виявлення такого роду процесів.

Пристрій для оцінки стану рідиннофазного об'єкту, заснований на фотографуванні газового розряду від рідиннофазних об'єктів в електромагнітному полі, містить плоский високовольтний електрод для розміщення на ньому фотоматеріалу, електрод для формування неоднорідного електричного полю, також має розташований над плоским електродом фіксатор, виконаний у виді провідника в діелектричній пластині з наскрізним отвором у центрі і з'єднаний з джерелом струму, до якого підключено плоский електрод. Електрод для формування неоднорідного електричного поля, виконаний у виді порожньої голки зі струмопровідного матеріалу, розміщено у центральному отворі фіксатору із зазором щодо плоского електроду [1].

Характерні ознаки зображень газорозрядного світіння води та водних розчинів обумовлено фізико-хімічними властивостями водного середовища. Окремі молекули води пов’язані між собою не тільки короткодіючими силами, що базуються на водневих зв’язках та диполях, але підпорядковуються більш дальнім силам, які призводять до побудови складної двофазної структури [2]. Таким чином, структура води складається з сукупності областей з двома різними характеристиками: 1) «когерентні домени», 2) «звичайна» вода, властивості якої підпорядковуються відомій класичній моделі.

На першому етапі спосіб оцінки стану рідиннофазного об’єкту включає в себе отримання зображень газорозрядного світіння для досліджуваного зразку. На другому етапі з метою обґрунтованого аналізу параметрів структур світіння виконується комп’ютерна обробка отриманих зображень [3].

Класично при комп’ютерній обробці зображень використовується визначення зображення у вигляді двовимірної функції $f(x,y)$, де x та y – координати у просторі. Значення f у будь-якій точці, яка визначається парою координат (x,y), називається інтенсивністю або яскравістю зображення.

При реєстрації газорозрядного випромінювання на фотоплівці зображення представляються як полутонові (у відтінках сірого). Фізичний сенс функції f визначається джерелом формування зображення. Оскільки картина світіння дослідного об’єкту генерується у результаті протікання певного фізичного

процесу при впливі електромагнітного поля, то значення функції *f(x,y)* пропорційні енергії випромінювання фізичного джерела. Конкретний фізичний сенс функції *f(x,y)* визначає, що вона завжди буде ненульовою та кінцевою, тобто $0 < f(x, y) < \infty$.

Вейвлет-аналіз цифрових зображень газорозрядного світіння застосовується до функціональної залежності, яка представляє собою профіль яскравості пікселів уздовж прямої лінії. Для максимального ступеня охоплення деталей зображення – корони світіння, стримерів, внутрішнього кола – побудова профілю яскравості реалізована від верхнього кута зображення *f(0,0)* до нижнього.

Для аналізу особливостей кривої профілю яскравості застосовано обчислення апроксимуючих та деталізуючих коефіцієнтів різних рівнів вейвлет-перетворення функції. Коефіцієнти отримаємо шляхом операції згортки вихідної послідовності з фільтром розкладання низьких частот для апроксимації та з фільтром розкладання високих частот для деталізації. При розкладанні використано вейвлети Хаара та Добеши.

Висновки. Розкладання вихідної послідовності на окремі складові при вейвлет-перетворенні ефективно використовується для виділення характерних ознак зображень. При апроксимації сигналу спостерігаються загальні зміни яскравості пікселів уздовж діагоналі. Параметризація на цьому етапі можлива завдяки кількісній оцінці ширини корони світіння на основі аналізу зміни яскравості пікселів.

Вейвлет-аналіз забезпечує виділення з кривої профілю яскравості пікселів компонентів різних масштабів так, що кожний окремий елемент можна аналізувати з тим ступенем детальності, який відповідає його масштабу. Завдяки цим властивостям підвищується достовірність аналізу зображень газорозрядного світіння рідиннофазних об’єктів, знижується роль суб’єктивних вкладів при експертному аналізі.

Список літератури

1. Пат. України на корисну модель. Спосіб оцінки енергоінформаційного стану рідинно фазного об’єкту і пристрій для його здійснення / Л.А. Пісоцька, В.М. Лапицький, К.І. Боцман, С.В. Геращенко. − № 22212; заявл. 17.04.06; опубл. 50.04.07, Бюл. № 5 р.

2. Курик М.В. Кирлианграфия питьевой воды / М.В. Курик, В.Н. Лапицкий, Л.А. Песоцкая // Сознание и физическая реальность. – М., 2010. – Т. 15. №12. – С. 25-32.

3. Глухова, Н.В. Автоматизация обработки изображений излучения жидкофазных объектов с использованием методологии фликкер-шумовой спектроскопии / Н.В. Глухова, В.И. Корсун, Л.А. Песоцкая // Метрологія та прилади. – 2013. − №2 (40). – С. 59-64.

МНОГОПАРАМЕТРОВЫЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ ТОКОПРОВОДОВ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Горкунов Б.М., Тищенко А.А., Горкунова И.Б.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002, ant_31@mail.ru

Непрерывный бесконтактный контроль состояния токопроводов линий электропередач, работающих в различных климатических условиях, определяет надежность и безаварийность их работы. Особый интерес представляет развитие многопараметровых методов контроля [1].

Рассмотрим задачу определения распределения переменного во времени магнитного поля проводника с током, расположенного на некотором расстоянии *d* от центра токопроводящего цилиндра с радиусом *a* (см. рис. 1).

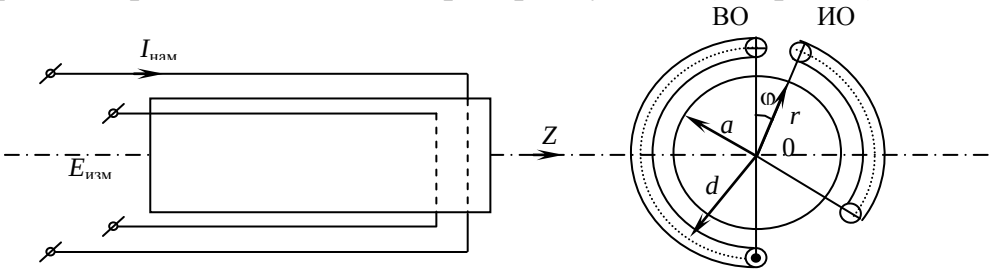


Рисунок 1 – Взаимное расположение объекта контроля, возбуждающего и измерительного проводников электромагнитного преобразователя

Длина проводника значительно превышают характерные поперечные размеры (*a* и *d* соответственно). Воспользовавшись уравнением Максвелла [2], получим уравнение магнитного поля в проводящей среде. При условии постоянства в изделии магнитной проницаемости μ и удельной электрической проводимости σ это уравнение имеет вид:

$$\Delta\vec{H} = \mu_0\mu\sigma\frac{\partial\vec{H}}{\partial t}, \qquad (1)$$

где *H* – напряженность магнитного поля, μ_0 – магнитная константа.

Рассматривается квазистатическое электромагнитное поле, длина волны которого больше характерных поперечных размеров проводника. Для определенности считаем, что поле в сплошном цилиндрическом изделии в цилиндрической системе координат (см. рис. 1) создается протекающим по нитевидному проводнику с током *I* в положительном направлении оси Z. Магнитное поле такого тока имеет только поперечные составляющие $\vec{H}\left(H_r, H_\varphi, H_0\right)$, где H_r и H_φ – *r*-я и φ-я компоненты поля. Закономерности распределения поля в изделии найдем, решая уравнение (1) с граничными условиями:

на поверхности цилиндра *r* = *a*

$$\vec{n} = \left(\vec{B}^{(i)} - \vec{B}^{(m)}\right) = 0 \qquad (2)$$

$$\vec{n} = \left(\vec{H}^{(i)} - \vec{H}^{(m)}\right) = 0 \qquad (3)$$

на поверхности цилиндра $r = d$

$$\vec{n} = \left(\vec{B}^{(l)} - \vec{B}^{(m)}\right) = 0 \tag{4}$$

$$\vec{n} = \left(\vec{H}^{(l)} - \vec{H}^{(m)}\right) = \vec{j} \tag{5}$$

где верхние индексы в круглых скобках соответствуют полям различных областей: (i) – внутри цилиндрического изделия ($0 \le r < a$); (m) – между поверхностью изделия и поверхностью цилиндра с радиусом d ($a < r < d$); (l) – за поверхностью цилиндра ($d < r < \infty$), $\vec{j}$ вектор плотности тока I, $\vec{n}$ – вектор нормали к поверхности цилиндрического изделия.

Условия (2)-(4) выражают непрерывность нормальных составляющих вектора B и тангенциальных составляющих вектора H при переходе из данной среды в другую, а равенство (5) характеризует скачок напряженности поля при переходе поверхности цилиндра $r = d$, в котором протекает ток, с одним компонентом вдоль оси Z, который представим в виде ряда Фурье:

$$j_Z(\varphi, t) = e^{i\omega t}\,\frac{I}{d}\,\delta(\varphi) = e^{i\omega t}\left[\, j_0 + \sum_{n=1}^{\infty} j_n \cos(n\varphi)\right] \tag{6}$$

где n – номер пространственной гармоники, t – время, ω – циклическая частота, $\delta(\varphi)$ – дельта-функция.

$$H_r(r, \varphi, t) = e^{i\omega t}\, j \sum_n f_n(r) \sin(n\varphi) \tag{7}$$

$$H_\varphi(r, \varphi, t) = e^{i\omega t}\, j \sum_n g_n(r) \cos(n\varphi) \tag{8}$$

Таким образом, при известных значениях μ, σ изделия, размерах a, d, тока I и текущего радиуса r можно вычислить функции $f_n(r, \varphi, t)$ и $g_n(r, \varphi, t)$ для любой пространственной гармоники, а по этим функциям составить картину распределения поля в любой интересующей нас области.

В связи с этим измерительные проводники удобно разместить на лучах, вдоль которых максимальны амплитудные значения отдельных гармоник потока. По известному магнитному потоку определяем ЭДС в измерительном проводнике:

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = i\omega\mu_0\mu a e^{i\omega t} \sum_n \frac{1}{n} \frac{\sin(n\gamma)}{n\gamma}\, f_n(a, i\omega) \cos(n\varphi) \tag{9}$$

Разработанная методика позволяет оценить значения амплитуд и фаз ЭДС каждой пространственной гармоники на измерительных проводниках преобразователя с различными изделиями, а также найти амплитуду и фазу результирующей ЭДС.

Список литературы

1. Клюев В.В. Неразрушающий контроль: [Справочник] / Клюев В.В. − В 7т. – М. : Машиностроение, 2003.− 588 с.

2. Ландау Л.Д. Электродинамика сплошных сред / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. – М.: Гос. издательство физико-математической литературы, 1959. − 532 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

Гречишкина Н.В.
Луганский университет имени Владимира Даля,
кв. Молодежный, 20А, г. Луганск, 91034, grech_nat@ukr.net

Эффективность процесса обогащения угля в тяжелых средах зависит от концентрации магнетита в обогатительной среде. Учитывая, что в обогатительной среде только магнетит (Fe_3O_4) обладает магнитной проницаемостью превышающей единицу, то такую среду будем считать бинарной смесью. Эффективная магнитная проницаемость такой среды имеет прямую зависимость от содержания магнетита в этой среде. На этой зависимости базируется магнитометрический метод определения содержания магнетита. Однако, несмотря на хорошую проработку [1, 2] данного метода, он является достаточно сложным в реализации и требует для своей реализации учета и компенсации различных мешающих факторов. Поэтому, рассмотрим возможность реализации метода контроля магнетита на основе индуктивного метода [3].

Контролируемая среда (вода, магнетит) проходит через цилиндрическую катушку, запитанную от генератора синусоидального напряжения. Создаваемое переменное магнитное поле взаимодействует с контролируемой средой, а именно с магнетитом. Индуктивность такой катушки определяется формулой [4]:

$$L = \mu\mu_0 \frac{S}{l} W^2 .$$

Когда магнитная проницаемость контролируемой среды равна единице, т.е. в среде отсутствуют ферромагнитные частицы, индуктивность катушки будем считать равной L_0, тогда при наличии в катушке ферромагнитного вещества ее индуктивность определится как $L = \mu L_0$, где μ – магнитная проницаемость ферромагнитного вещества. Следовательно, зная L_0 и измерив L при заполненной катушке магнетитом, можно определить его магнитную проницаемость $\mu = L/L_0$ и далее магнитную восприимчивость:

$$\chi = \mu - 1 = \frac{L}{L_0} - 1 = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}.$$

Заполнив катушку индуктивности полностью магнетитом, мы получим значение магнитной восприимчивости при 100% концентрации магнетита $\chi_{100} = \frac{\Delta L}{L_0}$ [5].

В процессе контроля обогатительной среды помимо магнетита в нее входит вода, поэтому катушка индуктивности будет только частично заполнена магнетитом, и значение магнитной восприимчивости уменьшится на величину

коэффициента заполнения катушки $\frac{\Delta L}{L} = \eta\chi_{100}$. Таким образом, коэффициент заполнения η катушки индуктивности лежит в пределах от 0 до 1. Измеренное значение магнитной восприимчивости при частичном заполнении магнетитом катушки индуктивности будем называть действительным значением и обозначим $\chi = \eta\chi_{100}$, тогда $\frac{\Delta L}{L} = \chi$.

Первая формула позволяет определить эффективную магнитную восприимчивость всего объема контролируемого материала, которая конечно определяется магнитной восприимчивостью входящего в его состав магнетита, а также коэффициентом заполнения, который зависит от содержания магнетита в фиксированном объеме катушки индуктивности. Вторая формула описывает изменения параметров катушки индуктивности, при полном ее заполнении контролируемой средой с магнитной восприимчивостью, определенной по первой формуле.

Для определения характера изменения коэффициента заполнения η был проведен ряд натурных экспериментов, показавших, что при частичном (менее 80%) заполнении катушки индуктивности магнетитом, зависимость изменения индуктивности от количества магнетита в ней носит линейный характер $\eta = k \cdot m_M$, где k – геометрический коэффициент, определяющийся конструктивными параметрами катушки индуктивности; $m_\text{М}$ – масса магнетита в зоне контроля. Выразим содержание магнетита в обогатительной среде:

$$m_M = \frac{\Delta L}{L_0}\left(k \cdot \chi_{100}\right).$$

Без учета температурных изменений и стабильности исходного значения магнитной восприимчивости магнетита, применяемого для утяжеления обогатительной среды, погрешность индуктивного метода составляет не более 2…2,5% при статическом контроле обогатительной среды.

Список литературы

1. Кудрявцев Ю.И. Индукционные методы контроля магнитной восприимчивости горных пород и руд в естественных условиях / Кудрявцев Ю.И. – Л. : Недра, 1978. − 240 с.

2. Кудрявцев Ю.И. Каротаж магнитной восприимчивости / Кудрявцев Ю.И., Сараев А.К. – СПб. : изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. −270 с.

3. Козин В.З. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов / Козин В.З., Тихонов О.Н. – М. : Недра, 1990. − 342 с.

4. Калантаров П.Л. Расчет индуктивностей / Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. – Л. : Энергоатомиздат, 1986. − 488 с.

5. Азарян А.А. Система автоматического контроля качества железистых кварцитов / А.А. Азарян, В.А. Азарян, В.В. Дрыга [и др.] // Металлургическая и горная промышленность. – Днепропетровск, 2008. − №1. – С. 138-140.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ НИЗКОГО КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Гриб О.Г.[1)], Самойленко И.А.[2)],Васильченко В.И.[3)], Лисиченко Р.Н.[4)]

[1)]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

[2)]Харьковский национальный университет городского хозяйства им. Бекетова А.Н., ул. Революции 12, г. Харьков, Украина, 61002

[3)]ДП НЭК «Укрэнерго», ул. С.Петлюры, 25, г. Киев, Украина, 01032

[4)]Харьковский национальный университет сельского хозяйства им. Петра Василенка, ул. Артема, 44, г. Харьков, Украина, 61002

В условиях рыночной экономики сетевое предприятие и потребитель выступают, как равные партнеры, субъекты единого процесса распределения и потребления ЭЭ [1]. Изменение отношения к проблемам КЭ как со стороны энергоснабжающих компаний, так и со стороны электропотребителей обусловлено прежде всего тем, что при использовании ЭЭ низкого качества предприятием и самой энергосистемой несутся потери. Потери, которые могут возникнуть от низкого КЭ целесообразно разделять на материальные, трудовые, финансовые, потери времени, специальные виды потерь.

Материальные виды потерь проявляются в непредусмотренных дополнительных затратах или прямых потерях оборудования, имущества, продукции, сырья, энергии. В производственной сфере материальные потери связаны непосредственно с утратой основных и оборотных фондов.

Трудовые потери представляют потери рабочего времени, вызванные непредвиденными обстоятельствами. В непосредственном измерении трудовые потери выражаются в человеко-часах, человеко-днях или просто часах рабочего времени. Перевод трудовых потерь в стоимостное, денежное выражение осуществляется путем умножения человеко-часов на стоимость (цену) одного часа. Для экономической оценки ущербов была разработана методика.

Методика предназначена для определения размера ущерба, когда установлена причинная связь между нарушением электроснабжения в виде низкого качества электроэнергии и возникновением ущерба (убытков).Методика оценки ущерба от низкого качества электроэнергии, устанавливает общие положения, принципы и методы, на основе которых рекомендуется проведение оценки экономического ущерба от низкого качества электроэнергии в отраслях и сферах экономики региона.

Методика может быть использована для оценки ущерба при расследовании аварий возникших из-за подачи электроэнергии низкого качества, разработке декларации промышленной безопасности, страховании ответственности организаций, эксплуатирующих производственные объекты, категорировании производственных объектов по степени риска и т.д.

Методика предназначена для оценки и прогнозирования ущерба как на уровне первичного звена (предприятие), так и региона.

Методика предназначена для обучения:

− специалистов организаций и учреждений, занимающихся исследованием качества электрической энергии в Украине;

− работников энергоаудиторских, страховых и консалтинговых организаций;

− работников энергослужб промышленных, коммерческих и коммунальных предприятий, а также преподавателей специалистов-энергоменеджеров;

− научных и инженерно-технических работников занимающихся вопросами повышения качества электроэнергии и оптимизации режимов систем электроснабжения, а также работников занятых в системе топливно-энергетического комплекса.

Методика может быть использована в качестве:

− методического документа в системе мониторинга качества электрической энергии;

− нормативного документа системы добровольной сертификации услуг по оценке ущерба от низкого качества электроэнергии в отраслях и сферах экономики;

Методика позволяет проводить оценку экономического ущерба от низкого качества электроэнергии на этапах прогнозирования и локализации экономических последствий в расчете на период один год после свершения события (аварий, отказов, остановов).

Методика может быть использована при:

− определении величины финансового обеспечения гражданской ответственности собственников (эксплуатирующих организаций) за вред, причиненный в результате возникновения события (аварий, отказов, остановов), при планировании аварийно-восстановительных работ, а также при обосновании мероприятий, снижающих негативные экономические последствия;

− проведении энергоаудита предприятий для экономически обоснованного использования энергосберегающих мероприятий и повышения эффективности использования энергоресурсов;

− страховании гражданской ответственности собственников объектов (эксплуатирующих организаций) за вред, причиненный в результате аварий на этих объектах, для определения размера страховой суммы;

− планировании аварийно-восстановительных работ;

− прогнозировании размера сумм, необходимых для возмещения и ликвидации экономических последствий от низкого качества электроэнергии.

Список литературы

1.Баталов А.Г.Качество электрической энергии в системах электроснабжения/ Баталов А.Г., Гриб О.Г., Сендерович Г.А.[и др.]– Харьков: ХНАГХ,2006.−272 с.

2.Онищенко В.А. Анализ и оценка экономических ущербов от низкого качества электрической энергии: монография / Онищенко В.А., Самойленко И.А., Гриб О.Г. −Х.: ХНУРЭ, 2013.−328 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Гриб О.Г.[1)], Сендерович Г.А.[1)], Олефир Д.А.[2)], Белов Н.С.[3)]
[1)]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
[2)]ДП НЭК «Укрэнерго», ул. С.Петлюры, 25, г. Киев, Украина, 01032
[3)]ООО «Хартэп», ул. Энергетическая, 11, г. Харьков, Украина, 61036

Нарушение нормального режима работы электроэнергетических систем, как правило, происходят из-за повреждения её элементов, в частности, линий электропередачи (ЛЭП). Причинами повреждений ЛЭП являются воздействия природных и технических факторов. К природным факторам относятся ветер, гололед, перепад температур, атмосферные перенапряжения. К техническим – короткие замыкания (КЗ), внутренние перенапряжения, нарушения правил технической эксплуатации и т.п.

Повреждение ЛЭП приводит к нарушению электроснабжения, снижению качества и повышению потерь электрической энергии. Принимая во внимание качественный состав потребителей электроэнергии, где компьютерные технологии занимают главное место, ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической энергии оказывается значительным. Это объясняется тем, что компьютерная техника чувствительна к сбоям электроснабжения и низкому качеству электрической энергии, что является причиной сбоев беспрерывных технологических циклов, потери информации, порчи программных продуктов и т.п. Следует также заметить, что повышение потерь электроэнергии приводит к росту затрат на транспортировку электрической энергии. С учетом ограниченного количества энергоресурсов эти затраты также оказываются значительными.

Для восстановления нормального режима работы электроэнергетических систем, сокращения ущерба и затрат необходимо быстро и точно определять места повреждений ЛЭП. Вопросу определения места повреждения (ОМП) посвящена работа [1].

Можно выделить две основные группы методов определения места повреждения, которые дополняют друг друга по требованиям быстроты и точности ОМП. Первая группа – топографические методы, которые удовлетворяют требованию точности ОМП, но занимают значительное время, вторая группа – дистанционные методы, удовлетворяющие требованию быстроты, но менее точные по сравнению с топографическими.

Топографические методы ОМП основаны на определении топографической точки места повреждения на трассе линии с помощью специальных устройств. Для реализации ОМП топографическими методами необходимо при каждом повреждении линии производить её обход вдоль трассы линии. Это требует значительного времени, что является существенным недостатком данной группы методов ОМП.

Дистанционные методы ОМП основаны на измерении расстояния до места повреждения от конца или концов поврежденной линии. Они подразделяются на

импульсные методы и методы ОМП по параметрам аварийного режима (ПАР).

Импульсные методы основаны на измерении временных интервалов распространения электромагнитных волн по линиям. Для их реализации разработаны автоматические и неавтоматические измерители. Автоматические локационные искатели повреждений обеспечивают определение места пробоя изоляции и обрыва в любых случаях. Неавтоматические искатели пригодны лишь при повреждении изоляции с переходным сопротивлением менее 1-2 кОм или обрыва проводов. Недостатком импульсных методов ОМП является снижение их эффективности при нарушении однородности линии за счет появления «паразитных» отражений импульсов.

Методы ОМП по ПАР основаны на измерениях параметров аварийного режима и в зависимости от установки измерительных устройств по концам поврежденной линии подразделяются на одно- и двухсторонние.

Двухсторонние методы ОМП по ПАР, основанные на теории многополюсников, предполагают наличие полной и синхронизированной информации с двух концов линии. Для этого необходимы установка фиксирующих приборов с двух концов поврежденной линии, средства или методы синхронизации, а также наличие каналов связи.

Двухсторонние методы ОМП по ПАР являются наиболее точными. Однако они обладают рядом существенных недостатков, к которым относятся их техническая реализация, требующая значительных капитальных вложений, а также надежность, зависящая от правильной работы фиксирующих приборов с двух концов линии, средств синхронизации показаний этих приборов и каналов связи.

Одностороннее ОМП по ПАР основаны на решении уравнения петли КЗ или использовании модели линии и требуют наличия параметров аварийного режима с одного конца поврежденной линии. Для их реализации достаточно наличия одного фиксирующего прибора на одном из концов ЛЭП.

Недостатком одностороннего ОМП по ПАР является погрешность получения результатов из-за наличия методических погрешностей, обусловленных неизвестной информацией. К последней относится переходное сопротивление в месте повреждения и система с противоположного замера конца линии.

Для определения места повреждения по параметрам аварийного режима разработано устройство АНТЭС – АР – 3Ф.

Список литературы

1. Гриб О.Г. Автоматизированные методы и средства определения мест повреждения линий электропередачи: [Уч. пособие] / [О.Г. Гриб, А.А. Светелик, Г.А. Сендерович, Д.Н. Калюжный]; под общ. ред. О.Г. Гриба. – Харьков: ХГАГХ, 2003. −146 с.

ОЦІНКА РОЗСІЮВАННЯ ЛАЗЕРНОГО СВІТЛА У СИСТЕМАХ ЛАЗЕРНОГО КОНТРОЛЮ

Григоренко І.В.[1)], Бєлєвцова А.С.[2)]

[1)] ***Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002***

[2)] ***ПП «УДЦ ТЕХНФОРМСЕРВІС», м. Харків, пр. Ю. Гагаріна, 1***

На цей час існують багато систем лазерного контролю як технологічних процесів, так і окремих об'єктів, які дають можливість вирішувати конкретні задачі, але не відповідають на запитання: наскільки достовірні данні цього контролю?

Метою роботи є підвищення точності лазерного діагностичного приладу шляхом оцінки похибки тесту від розсіювання лазерного світла у системах лазерного контролю.

Оцінку динамічної похибки при тестуванні східчастим вхідним впливом можна виконати за допомогою інтегрального критерію помилки (рис. 1) [1].

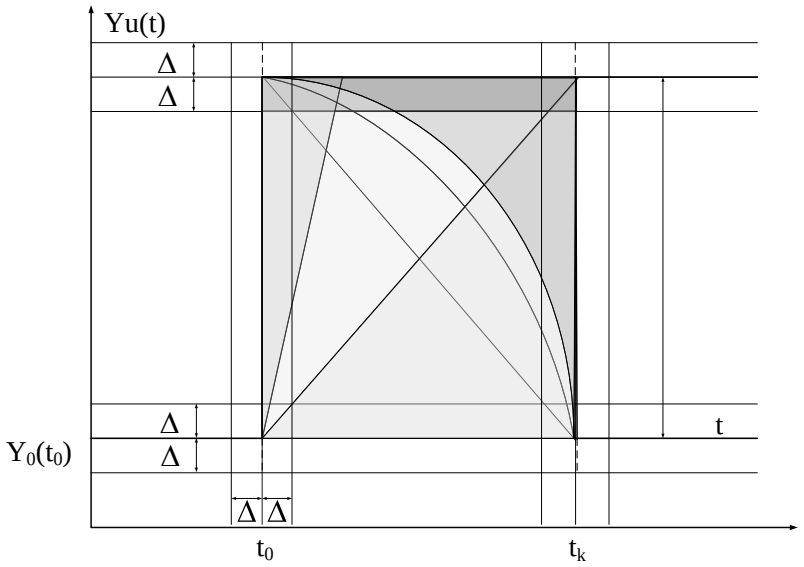


Рисунок 1 – Інтегральний критерій оцінювання похибки тесту

$$e_{ik} = \int_{t}^{t+T} \mu \cdot [Y_T(t) - Y_p(t)]dt\,, \qquad (1)$$

де $e_{ік}$ – значення інтегрального критерію при аперіодичному процесі зрівноважування; μ $[Y_T(t)-Y_P(T)]$ – міра динамічної похибки, у якій $Y_T(t)$ вихідний сигнал ідеального (без інерційного) вимірювального пристрою при східчастому вхідному сигналі;

$Y_p(t)$ – вихідний сигнал реального вимірювального пристрою;

μ – масштабний коефіцієнт.

Таким чином, якщо система, що контролюється, реагує на зразкові ділянки, то на виході блоку обробки даних маємо різницевий сигнал заданого рівня, що говорить про чутливість та точність роботи системи [2].

Оскільки оцінка динамічної похибки відбувається за допомогою оцінки площ під кривою, то можливий випадок, коли рівність площ буде зберігатися при наявності фактичної помилки. Даний випадок називається похибкою тесту.

Також лазерний промінь має певне розсіювання при впливі двох механізмів: релєєвського розсіювання на окремих молекулах і розсіювання на аерозолях – розсіювання на малих частинках, що знаходяться в атмосфері. У статті О.Ф. Прилуцького і М.Н. Фоменкової зробили припущення, що потік енергії в лазерному пучці доволі малий, тому не може змінювати оптичні властивості атмосфери, в якій він поширюється, тобто мається на увазі лінійний закон ослаблення. При ослабленні за лінійним законом інтенсивність пучка, що поширюється, визначається виразом [3]

$$I(x) = I_0 \exp(-\beta x), \qquad (2)$$

де I_0 – інтенсивність пучка на вході в середовище (при x =0);
I(x) – інтенсивність пучка, що пройшов в середовищі відстань x;
β – коефіцієнт екстинкції (ослаблення) в результаті дії різноманітних процесів розсіювання та поглинання.

В загальному випадку відносна яскравість розсіяного лазерного випромінювання лазерного пучка можна розрахувати на основі приведених вище даних за інтенсивністю розсіювання і яскравості фонового випромінювання. Яскравість розсіяного випромінювання лазера визначається наступною формулою

$$B(\Theta) = \frac{P[\beta_R f_R(\Theta) + \beta_a f_a(\Theta)]}{d}, \qquad (3)$$

де P – потужність лазера; $\beta_R f_R$ та $\beta_a f_a$ – добуток коефіцієнтів екстинкції і нормованих кутових розподілів для релєєвського розсіювання і розсіювання на аерозолях відповідно; d – діаметр пучка; Θ – кут розсіювання.

Описана методика оцінювання розсіювання застосовна при вимірюваннях у космосі за допомогою лазерного устаткування.

Через наявність випаровувань, підвищених температур при обробці деталей лазерною системою, у подальших розробках пропонується проаналізувати можливість використання формули (3) для розрахунку розсіювання лазерного пучка для визначення оптимальних параметрів вимірюваного вікна і зробити рекомендації до ширини тесту так, щоб світлова пляма від лазерного випромінювання розміщалась на вершині тестових ділянок для уникнення можливих похибок тесту.

Список літератури

1. Григоренко І.В. Розвиток тестових методів підвищення точності електричних компенсаційних вимірювальних перетворювачів у динамічних режимах: дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.11.05 / І.В. Григоренко – Харків, 2010. – 224 с.

2. Григоренко І.В. Побудова тестових впливів для діагностичного приладу лазерних систем/ І.В. Григоренко, А.С. Бєлєвцова // Вістник НТУ «ХПІ» – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 15(1058). – С. 31-35.

3. Прилуцкий О.Ф. Рассеяние лазерного пучка в атмосфере / О.Ф. Прилуцкий, М.Н. Фоменкова // Science and Global Security, 1990, Volume 2. − №1. − P. 79-86.

РАСПРЕДЕЛЁННАЯ СИСТЕМА СБОРА ИНФОРМАЦИИ И КОНТРОЛЯ

Давиденко А. П., Волобуев Р.В.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

В настоящее время во всех сферах деятельности человека актуальна задача создания недорогих распределенных систем сбора информации и контроля (структурная схема таких систем представлена на рисунке). Такие системы предназначены для сбора и обработки информации, поступающей от различных объектов и, как правило, состоят из контролируемых объектов, оборудования, которое формирует, обрабатывает, архивирует информацию, и оборудования, которое объединяет все упомянутые объекты в единую систему (рис.1).

Рисунок 1 − Структура распределенной системы сбора информации и контроля.

Появление распределенных систем породило необходимость разработки специальных сетевых решений, ориентированных на эксплуатацию в промышленных условиях. Основными требованиями были высокая помехозащищенность, достаточная скорость передачи данных и низкая стоимость самого кабеля. Известно, что для объединения компонентов системы автоматизации всегда требовалось значительное кабельное хозяйство. Подчас затраты на прокладку кабелей, даже в условиях магистральных коммуникаций, могут превышать затраты на всю остальную технику. Теперь у этой проблемы есть решение.

Использование радиосвязи значительно упрощает и удешевляет создание

системы. В своём проекте я предлагаю использовать модули беспроводной связи «nRF24L01 +» компании Nordic Semiconductor работающие в диапазоне частот ISM(2,4 ГГц). Они полностью отвечают сегодняшним потребностям распределённых систем сбора информации и контроля, обеспечивая передачу данных по 20-и каналам радиосвязи, со скоростью 2Мб/с. При использовании системы для измерения параметров продолжительных процессов и использовании специальных алгоритмов работы, есть возможность расширить количество каналов до 40-а.Также есть возможность увеличить радиус действия модулей до 200-а метров, подключив усиливающую антенну.

Описанная система имеет распределённую структуру, что в свою очередь требует надёжного канала связи. Измерение и предварительная обработка информации интеллектуальными портативными приборами могут осуществляться на значительном расстоянии от оператора, там, где прокладка кабельных линий связи нецелесообразна и часто невозможна.

Работа с такой системой достаточно проста, все, что нужно сделать для обеспечения радиосвязи – это включить функциональные элементы системы и запрограммировать их в соответствии с прикладной задачи. При дальнейшей эксплуатации системы специального обслуживания не требуется. Оператор также имеет возможность не только получать информацию от объекта исследования, но также и оказывать на него влияние согласно необходимому в определённой ситуации алгоритму. Это открывает перспективы создания портативной лаборатории исследования технологических процессов, непосредственно на заинтересованном в этом предприятии.

Главной особенностью системы такого рода, является возможность её расширения и опциональной настройки под определённые технические условия и задачи.

Опыт иностранных и отечественных специалистов в области создания и эксплуатации объектов автоматизации показывает, что использование радиоканалов является передовым направлением развития технических систем.

Список литературы

1. Palagin O. Smart portable sensor for bird blue express-diagnostics: principles of design / Palagin O., Romanov V., Starodub M., Galelyuka I., Skrypnyk O., SkybaK. // Intelligent Technologies and Applications: Intern. book series "Information Science and Computing". Number 5: Supplement to International Journal "Information Technologies and Knowledge". – 2008. –№ 2. – P. 80-84.

2. Козлов А. Промышленные стандарты беспроводной передачи данных / Козлов А. // Chip News Украина. – 2008. – № 7. – С. 18-21.

3. Техническая документация продукции фирмы Nordic Semiconductor.

ГЕНЕРАТОР НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ С НИЗКИМ ВЫХОДНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ

Данилюк А. Р., Ревуцкий В. И., Резинкин О. Л.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002, olegrezinkin@rambler.ru

Одной из наиболее сложных задач в области электромагнитной совместимости является обеспечение стойкости технических объектов, к импульсным электромагнитным полям в наносекундном диапазоне времен нарастания их напряженностей, а также к воздействию токов, наведенных этими полями в гальванически связанных с объектом цепях. В частности такими цепями являются контуры заземления, электромагнитные экраны и металлические элементы конструкции, имеющие электрический контакт с объектом. Основным методом экспериментальной оценки электромагнитной стойкости объектов является проведение испытаний, в ходе которых к ним прилагаются нормированные воздействия, соответствующие тем или иным возможным условиям электромагнитной обстановки. Для проведения данных испытаний необходимы генераторы импульсов с соответствующими амплитудными и временными параметрами.

Замкнутые контуры, образованные экранами кабелей, шин заземления, деталями корпуса приборов, арматуры железобетонных конструкций и другие подобные пути протекания индукционных токов, как правило, обладают весьма низкими величинами как активного, так и индуктивного сопротивления в области эквивалентных частот, соответствующих наносекундным временам нарастания амплитуды на фронте импульса. Это обстоятельство предъявляет повышенные требования к генераторам испытательных импульсов, поскольку накладывает существенные ограничения на максимально допустимую величину их выходного сопротивления, которое для обеспечения эффективной передачи энергии не должно превосходить сопротивления их нагрузки (т.е. объекта испытаний). Во многих случаях данная величина не должна превышать долей ома, а амплитуда импульсов испытательного тока должна при этом составлять единицы или даже десятки килоампер.

Непосредственный разряд импульсного конденсатора для формирования импульсов сильного тока в низкоомной нагрузке не позволяет достичь наносекундных времен его нарастания из-за влияния индуктивности конденсаторов, высоковольтных коммутаторов и токопроводов разрядного контура. Удовлетворить необходимому сочетанию параметров импульсных генераторов возможно при использовании формирующих линий передачи энергии с нелинейным диэлектриком, обладающих весьма низким значением волнового сопротивления. В качестве активного диэлектрика, обладающего диэлектрической проницаемостью, достаточной для достижения волнового сопротивления $Z<1$ Ом может быть использована сегнетоэлектрическая керамика с мелкой доменной структурой.

В представленной на рисунке схеме импульсного генератора в качестве формирующего устройства использована полосковая нелинейная формирующая линия (ПНФЛ), образованная медными электродами, нанесенными на поверхность пластины из сегнетокерамики $Ba_{0,75}Sr_{0,25}TiO_{0,95}Zr_{0,05}O_3$. Данная керамика обладает низкой электрической вязкостью, что позволяет использовать ее при работе в электрических полях, изменяющихся в наносекундной и субнаносекундной области длительности.

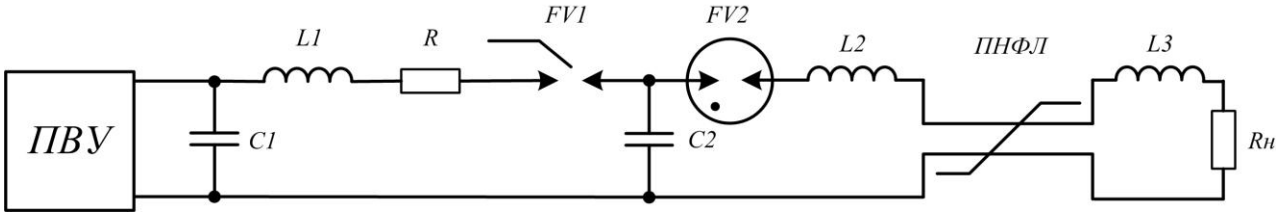


Рисунок 1 – Схема высоковольтного импульсного генератора

ПВУ - повысительно-выпрямительное устройство; С1, С2 - первичный (1 мкФ, 5 кВ) и вторичный (500 нФ, 10 кВ) емкостные накопители энергии; FV1, FV2- управляемый и обостряющий разрядники; ПНФЛ - полосковая нелинейная формирующая линия; R_H - нагрузка; L1, L2, L3, R - собственные параметры элементов разрядных контуров генератора.

От импульсного конденсатора С1 через управляемый разрядник FV1 за время менее 0,5 мкс происходит заряд малоиндуктивной конденсаторной секции С2. Переходный процесс, связанный с зарядом С2 носит колебательный характер с низким декрементом затухания колебаний, поэтому напряжение на ней превышает значения зарядного напряжения конденсатора С1 в (2С1/(С1+С2)) раза. Быстрый заряд конденсаторной секции С2 до напряжения, превышающего статическое пробивное напряжение обостряющего разрядника FV2, заполненного азотом при давлении 1 МПа, из-за запаздывания электрического пробоя при высоком давлении, приводит к сокращению длительности фронта на входе ПНФЛ до величины 20-30 нс. Такая длительность фронта не превышает времени распространения электромагнитной волны вдоль ПНФЛ, что создает условия для формирования в ней ударной электромагнитной волны вследствие “набега вершины” импульса из-за повышенной скорости распространения фазовых сечений, соответствующих насыщению поляризации активного диэлектрика. Длительность фронта импульсов, формируемых разработанным генератором в нагрузке с сопротивлением менее 1 Ом, соответствует времени установления поляризованного состояния сегнетокерамики, и при обеспечении широкополосного подсоединения ПНФЛ к нагрузке может составлять около одной наносекунды.

Предложенная конструкция генератора импульсов позволяет реализовать высоковольтные испытания на электромагнитную совместимость объектов, содержащих замкнутые контуры, образованные экранами кабелей, шин заземления, деталями корпуса приборов, арматуры железобетонных конструкций и другие подобные низкоимпедансные пути протекания индукционных токов, наносекундной длительности.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБКИ ВИЗНАЧЕННЯ МОДУЛЮ КОЕФІЦІЄНТА ВІДБИТТЯ КОАКСІАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ ЇХ ПОВІРЦІ

Дзябенко О.О., Харченко О.Л.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002

Вимірювання параметрів коаксіальних навантажень за допомогою вимірювальних ліній зводиться до порівняння повного (комплексного) опору навантаження ($Z_Н$) із хвильовим опором тракту вимірювальної лінії ($Z_О$) яке служить еталонним опором [1]. За рахунок допусків на геометрично розміри вимірювальної лінії при її виготовленні й ряду інших причин $Z_О$ відрізняється від номінального значення.

За допомогою вимірювальної лінії звичайно визначається модуль ($|Кн|$) і фаза (φк) коефіцієнта стоячої хвилі навантаження, причому

$$|К_Н| = \frac{1+|Г_Н|}{1-|Г_Н|}, \qquad (2)$$

де $|Г_Н|$ — модуль коефіцієнта відбиття навантаження

Похибка визначення $|Кн|$ у відсотках Δк дорівнює [1]

$$\Delta_К = \pm 1{,}7\sqrt{\sigma_{1К}^2 + \sigma_{2К}^2 + \sigma_{3К}^2}, \qquad (3)$$

де σ1к — середнє квадратичне відхилення результатів виміру за рахунок власного коефіцієнта стоячої хвилі (КСХН) вимірювальної лінії у відсотках;

σ2к — середнє квадратичне відхилення результатів виміру за рахунок мінливості зв'язку зонда з полем лінії у відсотках;

σ3к — середнє квадратичне відхилення результатів виміру за рахунок індикаторного приладу.

Найбільший внесок в $Δ_К$ вносить [2,3] похибка за рахунок σ1к яка дорівнює

$$\sigma_{1К} = 0{,}7(К_{CTU} - 1)100\ \%. \qquad (4)$$

де $К_{CTU}$– власний КСХН вимірювальної лінії.

Допуск на $К_{CTU}$ залежить от класу вимірювальної лінії. Для вимірювальної лінії 1 класу $К_{CTU}$< 1,012, для ліній 2 класи –1,04. У цей час на Україні відсутні вимірювальної лінії 1 класу.

Похибка визначення $|Кн|$ за допомогою вимірювальної лінії 2 класу тільки за рахунок $К_{CTU}$ складе величину 2,8%, що у багатьох випадках не задовольняє пропонованим вимогам до перевірки навантажень [2].

Зменшення власного $К_{CTU}$ вимірювальної лінії представляє собою досить складне завдання. Так, як відбиття у вимірювальній лінії залежать від конструкцій перехідних пристроїв, щілинної секції, опор центрального провідника й ін.

Вимірювальні лінії, що використовуються для повірки коаксіальних навантажень, атестуються на фіксованих частотах. Тому, щоб усунути вплив

власного КСТU на вимірювані параметри навантаження, необхідно компенсувати неоднорідності вимірювальної лінії на конкретній частоті. Відомі два способи для компенсації власних КСТU вимірювальних ліній[3]:

− уведення в щілинний тракт вимірювальної лінії вбудованого навантаження ємкісного типу з можливістю зміни координат навантаження у полі лінії (по X і Y) (наприклад лінія Р1-45);

− встановленням на виході вимірювальної лінії трансформатора узгодження (трансформатора повних опорів (ТПО)), (наприклад лінія Р1-46).

Процес компенсації неоднорідностей вимірювальних ліній може здійснюватися органами регулювання вбудованого навантаження або ТПО по координатах X и Y домагаються такого положення, що величина обмірюваного за допомогою вимірювальної лінії КСТU не перестане залежати від положення рухливого елемента розузгодженного навантаження зі змінною фазою. Це означає, що сумарний коефіцієнт відбиття всіх джерел неоднорідностей вимірювальної лінії разом з коефіцієнтом відбиття трансформатора на виході останнього буде близький до нуля. Метод не вимагає доробок вимірювальних ліній.

При атестації вимірювальних ліній наведеним методом, координати X и Y для кожної частоти заносяться до протоколу атестації.

Були проведені теоретичні й експериментальні дослідження які дозволили розробити методики компенсації неоднорідностей вимірювальних ліній і довести власний КСТU вимірювальних ліній, призначених для роботи в трактах 7,0/3,04мм і частотному діапазоні 1,0-7,5 ГГц (Р1–2 із ТПО 2.240.057 та Р1-3 з вбудованим навантаженням), до величини не більше 1,012.

Висновок. Застосування даних методів компенсації власних відбиттів у вимірювальних лініях і розроблених методик їхньої атестації дозволяє зменшити величину похибки σ1к з 2,8% до 0,84%.

Застосування даних вимірювальні лінії, що працюють у вимірювальних трактах 7,0/3,04 мм і частотному діапазоні 1,0-7,5 ГГц, дозволяє проводити повірку коаксіальних навантажень типів 1А и 1Б по 2-му розряду без використання ліній 1-го класу.

Список літератури

1.Нагрузки коаксиальные. Методы поверки: ГОСТ Р8.597-2003. –[Введен от 2003-03-26]. – М. : Госстандарт России, 2003. – 16 с.

2. ГСИ Линии измерительные. Методы и средства поверки: ГОСТ 8.351-79. – [Введен от 1979-03-15]. – М. : Государственный комитет по стандартам СССР, 1979. – 21 с.

3. Стариков В.Д. Методы измерения на СВЧ с применением измерительных линий / Стариков В.Д.– Г. : Советское радио, 1972. –145 с.

АКТУАЛЬНА ПРОБЛЕМА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ - СТВОРЕННЯ ПРИЛАДІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СКЛАДУ КОЛОЩНИКОВОГО ГАЗУ

Довгалюк Б.П.
Дніпродзержинський державний технічний університет,
вул. Дніпробудівська, 2, м. Дніпродзержинськ, 51918, dowq_bor@mail.ru

Для ефективного функціонування автоматизованих системи керування технологічними процесами (АСК ТП) доменної плавки необхідна достовірна інформація про параметри технологічного процесу.

Математичні моделі комплексних показників є основою алгоритмів функціонування АСК ТП доменної печі. По їх значенням оцінюють стан технологічних процесів та обчислюють керуючі дії.

Похибку інформації визначають, виходячи із необхідної точності обчислення комплексних показників та керуючих дій.

Комплексні показники (Y) є функціями багатьох незалежних змінних величин (параметрів процесу X_i). Можливо, що вплив похибки інформації про всі параметри буде складатися. У такому випадку гранична абсолютна похибка функції dy визначається сумою абсолютних значень її частинних диференціалів [1], тобто якщо

$$Y = f(X_1, X_2, \ldots, X_n), \text{ то}$$

$$dy = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial f(X_1, X_2, \ldots, X_n)}{\partial X_i} dX_i \quad , \qquad (1)$$

де dX_i- абсолютна похибка i-го параметру.

Обчислений повний диференціал для показника $T_н^1$ [1] має такий вигляд:

$$dT_н^1 = 196{,}36dCO_2 + 376{,}39dCO + 78{,}29dH_2 + 0{,}438dV_д + 0{,}1616dV_о + 0{,}2072dV_{пг} + 17{,}835d\lambda + 1{,}888dt_д + 12{,}016dFe + +27{,}214dFeO + 0{,}01758dA_г + 0{,}00118dК + 0{,}4312dИ + 0{,}0247dП \text{ , кДж/кг чавуну,}$$

де CO, CO_2, H_2 – вміст цих компонентів в колошниковому газі, %; $V_д$ – витрата дуття, м^3/хв; $V_о$ - витрата кисню, м^3/г; $V_{пг}$ - витрата природного газу, м^3/г; λ – вологість дуття, г/м^3; $t_д$ – температура дуття, °С; Fe, FeO – вміст цих компонентів у залізорудній шихті, %; $А_г$ - маса агломерату у подачі, кг; $К$- маса коксу у подачі, кг; $И$- маса вапняку у подачі, кг; $П$- винос колошникового пилу, кг/подачу.

При великій кількості незалежних параметрів ймовірність того, що всі частинні диференціали будуть мати однакові знаки дуже мала. Тому похибку функції доцільно визначати з виразу [1]

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{\partial(X_1, X_2,..., X_n)}{\partial X_i} dX_i\right]^2}\ , \qquad (2)$$

Для ефективного функціонування АСК ТП доменної плавки допустимі похибки інформації про основні параметри повинні вміщатися у таких границях: вміст в колошниковому газі *CO, CO_2, H_2* ±0,05% абс.; витрата дуття ±25 *$м^3$ /хв*; температура дуття ± 10 *ºС* ; вологість дуття ± 1 *г/$м^3$*; витрата природного газу ± 50 *$м^3$/г*; витрата кисню ± 50 *$м^3$/г*; маса коксу у подачі ± 50 *кг*; маса агломерату у подачі ± 200 *кг*; вміст *Fe, FeO* в агломераті ± 0,5 % ; маса вапняку у подачі ± 20 *кг*; винос колошникового пилу ± 50 *кг/подачу* [1].

Основною проблемою є отримання інформації про склад колошникового газу, оскільки решта параметрів контролюється з допустимими похибками. Сучасні оптико-акустичні газоаналізатори, якими контролюють склад колошникового газу, мають похибки, які в 5...10 разів перевищують допустимі. Відсутність достовірної інформації про склад колошникового газу практично перекреслює ефективність використання АСК ТП доменної плавки. Тому за останні 5-10 років автоматизовані системи керування технологічними процесами доменної плавки не розробляються і не впроваджуються. А доменні печі без АСК ТП функціонують із заниженою ефективністю: низька продуктивність, завищена витрата енергоносіїв, коливання в широких границях теплового стану плавки, що спричиняє суттєві коливання параметрів якості чавуну - його температури та вмісту в ньому кремнію і сірки.

Як тимчасовий вихід із цього становища пропонуються розробки математичних моделей та алгоритмів керування доменним процесом без використання інформації про склад колошникового газу. Але таке керування не може бути високо ефективним, оскільки без інформації про склад колошникового газу не можливо визначати степінь використання відновного газу, яка може коливатися в широких границях, спричиняючи зміну теплового стану плавки, ефективність використання паливних добавок та зволоження дуття.

Тому на секції ставиться актуальна задача – розробити сучасні прилади для контролю складу колошникового газу доменної печі на вміст у ньому окисі вуглецю CO, двоокисі вуглецю CO_2 та водню H_2 з допустимою похибкою не вище ± 0,05 % абс.

Список літератури

1.Довгалюк Б.П. Автоматизована система керування технологічними процесами доменної плавки / Довгалюк Б.П. – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2009. – 245 с.

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АСК ТП ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

Довгалюк Б.П.
Дніпродзержинський державний технічний університет,
вул. Дніпробудівська, 2, м. Дніпродзержинськ, 51918, dowq_bor@mail.ru

До основних задач метрологічного забезпечення АСК ТП відносяться: перевірка вимірювальних каналів, визначення метрологічних характеристик вимірювальних каналів, обчислювальних каналів та похибок керуючих дій [1]. Розроблено метод автоматизованого контролю метрологічного забезпечення АСК ТП доменної печі.

Тільки достовірна інформація про параметри доменної плавки може забезпечити об′єктивну оцінку ходу технологічного процесу і прийняття оптимальних керуючих дій. Застосування найдосконаліших технічних засобів не гарантує їх відказів. Тому необхідний безперервний контроль достовірності всієї інформації у темпі реального часу функціонування АСК ТП. Його можна реалізувати за допомогою математичної моделі колошникового газу [2].

Склад колошникового газу є функцією основних технологічних параметрів. Якщо визначений склад колошникового газу по моделі з середньочасової інформації порівняти із показами відповідних газоаналізаторів, усереднених за годину, то можна зробити висновки щодо достовірності інформації про технологічні параметри.

Алгоритм автоматизованого контролю достовірності інформації полягає в наступному. Визначений по моделі склад колошникового газу порівнюють з показами відповідних газоаналізаторів і вираховують їх різниці.

$\Delta CO = CO_м - CO;\ \ \Delta CO_2 = CO_{2м} - CO_2;\ \Delta H_2 = H_{2м} - H_2.$

Якщо ці різниці по модулю перевищують задані величини, то роблять висновок про недостовірність інформації і починають перевірку відповідних технічних засобів, які контролюють технологічні параметри за такою схемою.

1. Перевіряють газоаналізатори за допомогою контрольної газової суміші і порівнюють покази аналізаторів з концентрацією відповідних компонентів газу у суміші.

2. Перевіряють достовірність інформації про вміст кисню у дутті, витрату дуття та технологічного кисню для чого:

а) вираховують вміст кисню у дутті ω за формулою (2.1) [2]

б) вимірюють концентрацію кисню в дутті ω_1 за допомогою відповідного приладу та порівнюють його з ω. Вираховують різницю $\Delta\omega = \omega - \omega_1$. Якщо $\Delta\omega >$ заданого значення, то аналізують інформацію про витрату дуття, кисню і концентрацію кисню у дутті.

3. Перевіряють інформацію про вологість дуття λ витрату пари V_n і дуття V_o: на 5-10 хв. збільшують витрату пари на 0,5-1,0 т/г і визначають прирощення вологості з інформації про витрату дуття і пари $\Delta\lambda$ порівнюють його з прирощенням вологості за приладом $\Delta\lambda_{пр}$ і визначають різницю $\Delta = \Delta\lambda_{пр} - \Delta\lambda$.

Якщо $\Delta >$ заданої величини, то аналізують достовірність функціонування приладів вологості дуття та витрати дуття.

4. Перевіряють інформацію про вихід колошникового газу $V_{скг}$. Для цього усереднене за годину значення $V_{скг}$, яке контролюють за допомогою технічного засобу, порівнюють з $V'_{скг}$, яке вираховують з усередненої за годину інформації про склад колошникового газу, витрату та склад комбінованого дуття [2], і визначають різницю

$$\Delta V_{скг} = V_{скг} - V'_{скгю.}$$

Якщо $\Delta V_{скг} >$ заданої величини, то роблять висновок про недостовірність інформації про вихід колошникового газу, про склад колошникового газу та кількість і склад комбінованого дуття.

5. Визначають продуктивність доменної печі з інформації про склад колошникового газу $P_м$ та з інформації про кількість і хімічний склад шихтових матеріалів $P_{м,ш}$ [2].

Якщо різниця $\Delta P_м = P_м - P_{м,ш} >$ заданої величини, то роблять висновок про недостовірність інформації про: склад колошникового газу; вміст кисню у дутті та вологість дуття; масу агломерату, коксу, руди, металобрухту у подачі; вміст заліза у шихтових матеріалах та чавуні. час сходу шихти подачі, та винос колошникового пилу.

6. Зіставляють кількість газифікованого вуглецю, розрахованого з інформації про склад колошникового газу, кількість та склад комбінованого дуття ($C_ч$) та з інформації про кількість та хімічний склад шихтових матеріалів і коксу ($C_{чш}$).

Визначають різницю $\Delta C_ч = C_ч - C_{чш}$. Якщо $\Delta C_ч > 0$, то похибки шукають у наступному напрямку: завищено вміст у колошниковому газі CO, CO_2 занижено вміст в колошниковому газі N_2; завищено витрату дуття і вміст у ньому кисню; занижено вологість дуття; занижено масу у подачі коксу, вапняку та вмісту у ньому вуглецю; занижено витрату паливної добавки; завищено значення $P_м$, вміст вуглецю у чавуні, та час сходу шихти.

Якщо $\Delta C_ч < 0$, то поук ведуть у напрямку: занижено витрата комбінованого дуття та вміст CO, CO_2 в колошниковому газі; завищено вміст в колошниковому газі N_2, занижено вміст кисню в дутті, завищено вологість дуття і витрата паливної добавки.

Список літератури

1. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Метрологічне забезпечення. Основні положення: ДСТУ 2709-94. – [Чинний від 1994-07-29]. − К. : Держстандарт України, 1994.−10 с. – (Національний Стандарт України).

2. Довгалюк Б.П. Автоматизована система керування технологічними процесами доменної плавки / Довгалюк Б.П. – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2009. − 245с.

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО АПАРАТУ ВИПАДКОВИХ ВПЛИВІВ ХВИЛЬОВОЇ СТРУКТУРИ

Дороніна М.А.
ДВНЗ «Національний гірничий університет»,
пр. К. Маркса 19, м. Дніпропетровськ, doroninam@nmu.org.ua

Зазвичай стаціонарну лінійну модель можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} \frac{dx(t)}{dt} &= Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) &= Cx(t) + Du(t) \end{aligned}, \qquad (1)$$

де $y(t)$ – вектор, елементи якого доступні вимірюванню (або їх лінійні комбінації) , а $u(t)$ – вектор керування.

Але потрібно враховувати, що реальні системи працюють під впливом тих чи інших збурень. В таких неконтрольованих умовах гарантувати точність вимірювання потрібних параметрів об'єкта складно. Тож постає питання оцінки впливів хвильової структури для підвищення точності вимірювання.

Дійсно, вихідний сигнал повністю керованої та спостерігаємої системи включає в себе інформацію про її структуру, параметри та вхідні впливи. Тоді вихідний сигнал $x(t)$ та вхідний $f(t)$ зв'язані оператором $W(p,t)$.

$$x(t) = W(p,t) f(t) , \qquad (2)$$

де $f(t) = 1[t]$.

У випадку коли реакції другої системи $y(t)$, в якості оператора якої є $F(p,t)$ можемо записати:

$$W(p,t) f(t) = F(p,t)\varphi(t) . \qquad (3)$$

Їх передаточні функції відповідно будуть $W(s) = \frac{k}{(s+a)(s+b)}$ та $F(s) = \frac{k}{s+b}$.Згідно з (3) вхід другого об'єкта буде мати вигляд $\varphi(t) = \frac{1}{a}(1 - e^{-at})$.

Якщо, на вхід об'єкта з оператором $F(p,t)$ подати сигнал $\varphi(t) = f(t) + \xi(t)$ а на іншому залишити $f(t) = 1[t]$ тоді отримаємо що, складова $\xi(t)$ дорівнює:

$$\xi(t) = \frac{(1-a)}{a} - \frac{e^{-at}}{a} . \qquad (4)$$

Для описання динамічної системи, виходом якої є сигнал $\xi(t)$ продиференціюємо вираз (4) та отримаємо: $\frac{d\xi(t)}{dt} = e^{-at}$.

Введемо що $x_1(t) = \xi(t)$, $x_2(t) = y(t)$ та $u(t) = 1[t]$ то отримаємо модель змінних 2-го порядку, яка описує модифіковану систему. Структурна схема моделі (5) представлена на рис.1.

$$\begin{cases} \dfrac{dx_1(t)}{dt} = -ax_1(t) + (1-a)u(t), \quad x_1(0) = -1 \\ \dfrac{dx_2(t)}{dt} = kx_1(t) - bx_2(t) + ku(t), \quad x_2(t) = 0 \end{cases} \tag{5}$$

$$y(t) = x_2(t).$$

Оцінимо спостережуваність системи за допомогою критерію Калмана, спочатку знайдемо матрицю спостереження:

$$H = [C^T \quad \vdots \quad A^T C^T] = \begin{bmatrix} 0 & k \\ 1 & -b \end{bmatrix}. \tag{6}$$

За критерієм Калмана система є спостерігаємою, якщо $rangH = n$ порядку моделі. У нашому випадку $rangH = 2$, тобто модель є спостерігаємою.

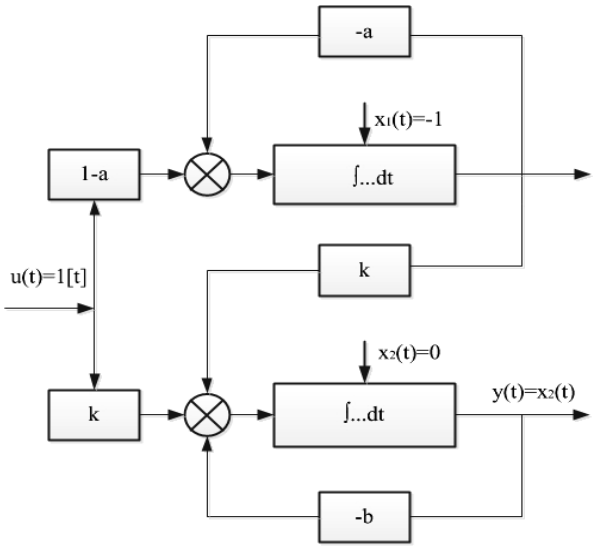


Рисунок1 − Структурна схема моделі (5)

Збурення хвильової природи можуть бути описані за допомогою аналітичного виразу, що є представленням $\xi(t)$ у функціональному просторі

$$\xi(t) = a_1 f_1(t) + a_2 f_2(t) + \ldots + a_n f_n(t) = \sum_{i=1}^{n} a_i f_i(t)$$

де $a_1, a_2, \ldots a_n$ - вагові коефіцієнти, що можуть з часом стрибково змінюватись, $f_1, f_2, \ldots f_n$ - функції, що складають базис функціонального простору.

Таким чином невизначене збурення $\xi(t)$ може бути представлено у певний момент часу tлінійною комбінацією базисних функцій, що мають невідомі вагові коефіцієнти.

Список літератури

1. Голубенцев А.Н.Обобщенный вход в динамике/А.Н. Голубенцев. − К. : Техника, 1971 – 135с.

2. Теория регуляторов, приспосабливающихся к возмущениям. Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах/ [Джонсон К.]; под ред.К.Т. Леондеса. − М.: Мир, 1980. –320с.

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫМ ОБЪЕКТОМ

Евсеенко О. Н.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002, sendmeyouremail@mail.ru

Введение. В связи с появлением тенденций в мире, направленных на экономию энергоресурсов, а также со сложившейся социально-экономической ситуацией в Украине, проблема поиска решений обратных задач теплопроводности выходит по актуальности на первый план.

Первостепенной становится задача экономии дорогостоящего теплового ресурса и оптимизации систем за счёт применения микропроцессорной техники, использования сложных математических законов и современных программных пакетов моделирования.

Описание эксперимента. С помощью математического аппарата [1], для одного нагревателя и одного датчика температуры рассчитаны коэффициенты передачи теплового воздействия η.

После запуска системы программного регулирования начинается вычисление прогнозируемого изменения температуры объекта относительно начальной температуры Θ_0.

По формуле (1) в моменты времени $j \cdot t_\partial$, где $j \cdot t_\partial = 1 \cdot t_\partial, 2 \cdot t_\partial, ..., N \cdot t_\partial$ рассчитывается полное отклонение прогнозируемой температуры объекта от температуры, заданной программно $-\Delta$, и принимается решение о включении нагревателя.

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 = \Delta\Theta_j^З - \Delta\Theta_j^P + \Delta\Theta_{j-1}^З - \Delta\Theta_{j-1}^Д, \quad (1)$$

где $\Delta\Theta_j^З$ – заданная температура объекта;

$\Delta\Theta_j^P$ – предсказанная температура объекта;

$\Delta\Theta_{j-1}^Д$ – текущая температура объекта;

t_∂ – период дискретизации.

По формуле (2) вычисляется длительность теплового воздействия на объект:

$$\Delta t_u = \frac{-\Delta}{Q \cdot [\eta]}, \quad (2)$$

где Q – мощность теплового потока

$[\eta]$ – массив коэффициентов передачи теплового воздействия.

В качестве заданной кривой управления была выбрана кривая, представленная на рис.1.

Результаты эксперимента по поддержанию заданной температуры представлены на рис. 2.

Максимальное отклонение полученной температурной кривой от заданной составило 0,7°С. Максимальная относительная погрешность измерения составила 0,933%.

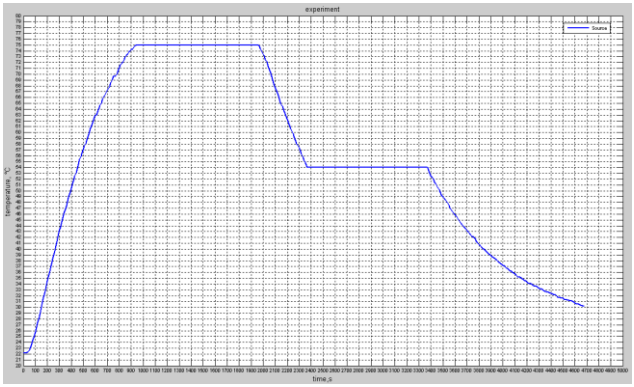


Рисунок 1 − Заданная температурная кривая

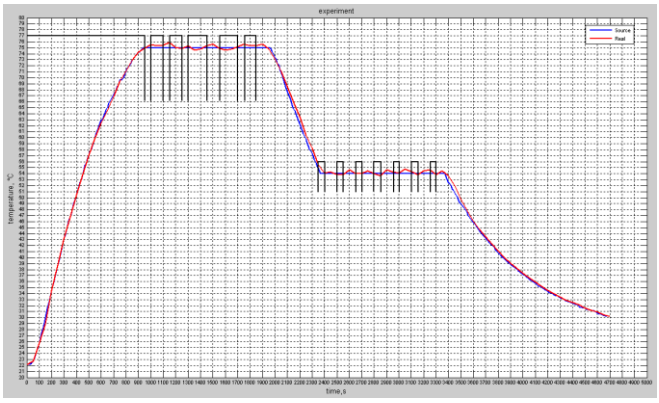


Рисунок 2 − Реальный эксперимент для заданного температурного режима объекта

Вывод: В работе описаны результаты эксперимента по стабилизации заданной температуры с помощью способа ШИМ-регулирования с предсказанием [2]. Данные результаты показывают, что для уменьшения отклонения полученной кривой от заданной с увеличением числа интервалов предсказания следует уменьшить величину периода дискретизации до значения, равного зоне нечувствительности объекта. Из-за наличия тепловых потерь, которые присутствуют в каждой среде и объекте, а также погрешности средств измерения практически невозможно достигнуть идеальных результатов управления температурным полем.

Список литературы

1. Математическая модель предсказывающего фильтра для системы управления тепловыми объектами / Гапон А. И., Рудакова Н. А., Савицкий С. М., Коркин А. М. // Вісник НТУ «ХПІ» : зб. наук.пр. – Х., 2010. – № 20. – С. 27–33.

2. Пат. № 81276 UA, МПК G05D 23/19 (2006.01). Спосіб програмного управління тепловим об’єктом з застосуванням широтно-імпульсної модуляції / Савицький С. М., Гапон А. І., Качанов П. О., Євсеєнко О. М., Вискребенцев В. О.; заявник Нац. техн. ун-т «Харк. політехн. ін-т». − № u201300059 ; заявл. 02.01.2013; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12. − 4 с.

К ВОПРОСУ ОБ ОБУЧЕНИИ СЕТИ ЭЛМАНА ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА

Евсина Н.А., Дудник А.В.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», каф. Автоматики и управления в технических системах, ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

Задача снижения энергозатрат при управлении техническими объектами носит неотменяемый характер. Актуальной является оптимизация переходных процессов в объектах, работающих в режимах частых пусков-остановов, например, в прокатных станах, экскаваторах и т.д. Для использования алгоритмов оптимального управления необходимо знание параметров этих объектов. Поскольку в процессе управления возможна корректировка алгоритмов, то уточнение параметров также должно проводиться в реальном времени.

Существует ряд методов, позволяющих определять некоторые параметры объекта по переходному процессу. Однако не все параметры, необходимые для определения оптимальной траектории, могут быть определены при использовании этих методов. В данной работе предлагается метод идентификации параметров объекта, путём комбинации методов анализа переходного процесса [1] с искусственными нейронными сетями (ИНС), которые обладают способностью к обучению.

В качестве ИНС воспользуемся рекуррентной сетью Элмана. Её особенность в том, что между весовыми коэффициентами сети и параметрами объекта можно вывести однозначную математическую зависимость. Таким образом, обучение сети, которое происходит в процессе управления объектом, позволяет постоянно уточнять параметры объекта и, при необходимости, корректировать в алгоритм управления. Для ускорения обучения ИНС применяется метод, основанный на анализе переходного процесса. Общая схема, реализующая идентификацию, приведена на рис.1.

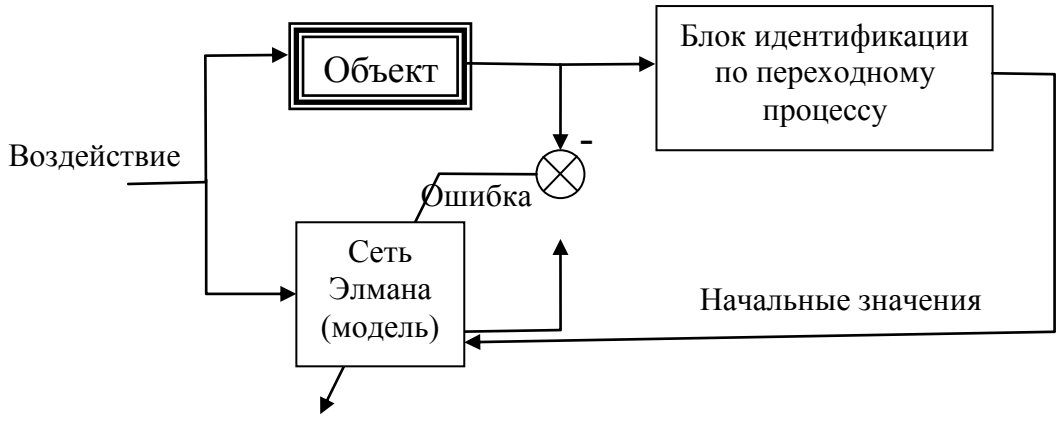


Рисунок 1− Структурная схема идентификации параметров на базе сети Элмана.

Рассмотрим использование схемы на примере двигателя постоянного тока (ДПТ). ИНС имеет два входа (управляющее напряжение и момент нагрузки на

валу) и два выхода (ток якоря и скорость вращения вала). Сеть включает в себя два нейрона, объединённых в скрытый рекуррентный слой с весовыми коэффициентами LW_{ij} (i – нейрон, на вход которого подаётся сигнал, j – нейрон, с выхода которого подаётся сигнал) и одного внешнего слоя, с коэффициентами IW_{ij} (i – нейрон, на вход которого подаётся сигнал, j – вход, с которого подаётся сигнал).

Между весовыми коэффициентами и параметрами ДПТ существует следующая зависимость [3]:

$$LW_{11} = 1 - \frac{T}{T_e};\ LW_{12} = -\frac{T \cdot c\Phi}{RT_e};\ LW_{21} = \frac{T \cdot c\Phi}{J};\ LW_{21} = 1;$$
$$IW_{11} = \frac{T}{RT_e}; IW_{22} = -\frac{T}{J}; IW_{12} = IW_{21} = 0. \quad (1)$$

$$T_e = \frac{T}{1 - LW_{11}};\ \ J = -\frac{T}{IW_{22}};\ \ R = \frac{1 - LW_{11}}{IW_{12}};\ \ c\Phi = -\frac{LW_{21}}{IW_{22}}, \quad (2)$$

где T – период дискретизации ИНС, T_e – электромагнитная постоянная якорной цепи, J – приведенный к валу двигателя момент инерции, R – активное сопротивление цепи якоря, $c\Phi$ – произведение конструктивной постоянной на номинальный магнитный поток.

Метод идентификации по переходному процессу позволяет получить R, произведение $c\Phi$, электромагнитную постоянную T_e и электромеханическую постоянную $T_M = \frac{JR}{c\Phi}$. В этом случае используется кривая разгона. Следует особо отметить, что предлагаемый в [1] способ позволяет определить электромагнитную постоянную якорной цепи на вращающемся двигателе. при этом идентификация постоянных времени ведётся в два этапа: сперва определяется T_M, а потом, путём подключения параллельно к объекту апериодического звена 1-го порядка с определённой постоянной T_M рассчитывается и T_e. После чего, пользуясь (1) задаём предварительные значения коэффициентов ИНС и уточняем их в процессе обучения. Далее делаем обратное преобразование по (2) и получаем уточнённые параметры объекта.

Рассмотренный метод позволяет ускорить трудоёмкую задачу обучения рекуррентной сети Элмана.

Список литературы

1. Соседка В. Л. Отчет по теме №622 "Разработка устройств для определения постоянных времени одноемкостных и двухемкостных звеньев систем автоматического регулирования", Днепропетровский горный институт, 1976 г., номер гос. регистрации №74042979.

2. Орловский И.А. Модель тиристорного электропривода постоянного тока на рекуррентных нейронных сетях / Орловский И.А. // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2006 – № 1 – С. 151-159.

3. Звягинцева Е.А. Применение рекуррентных нейронних сетей для идентификации параметров ДПТ / Звягинцева Е.А., Дудник А.В. // Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Автоматика и приборостроение – Харьков: НТУ «ХПИ».– 2011. – №57 – С.92-96.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭКСТРУЗИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ ЗАВТРАКОВ

Завальнюк И.П.
Херсонский государственный аграрный университет, ДВНЗ "ХДАУ",
ул. Розы Люксембург, 23, г. Херсон, 73006, www.ksau.kherson.ua,
zavalnyukinna@rambler.ru

Жизненный темп современного человека вызывает повышенный интерес к пище, которая не требует значительных временных затрат на ее приготовление, но при этом содержащей целый комплекс питательных элементов. Одним из таких продуктов питания являются сухие завтраки, которые согласно ДСТУ 2903:2005 по внешнему виду разделяют на воздушные зерна, крупяные палочки, крупяные батончики, крупяные подушечки, крупяные трубочки, фигурные изделия, хлебцы и сухарики [1]. Исходным сырьем при производстве сухих завтраков является зерновое сырье с высоким содержанием крахмала и без клейковины – кукуруза, рис, гречиха, а также манная крупа, отруби, зародыши пшеницы. В качестве добавок используются сушеные овощи и фрукты, различные специи и т.д.

Перспективной технологией, обеспечивающей существенную интенсификацию производственных процессов, является термовлагомеханическая обработка крахмалсодержащего зернового сырья, проводимая с использованием экструзионной техники. Экструзия является высокоэффективным, безотходным, кратковременным технологическим процессом, а экструдер многими исследователями рассматривается как универсальный реактор [2]. Экструзионная обработка зернового сырья позволяет сохранить наиболее целебные и профилактические природные свойства зерна. Для получения готовых продуктов определенной формы, структуры и физико-химических свойств, а также продуктов высокого качества и требуемой консистенции необходимы определенные конструкционные особенности экструдера – количество шнеков и относительная длина экструзионной зоны, а также управление: 1) температурным режимом экструзии с применением систем охлаждения и вентиляции; 2) частотой вращения шнека, что определяет продолжительность и интенсивность воздействия на сырье; 3) дозировкой сухого сырья и жидких компонентов в зону экструзии; 4) режущим устройством. При этом значимым фактором является неоднородность сырья, поскольку в процессе экструзионной переработки возможны изменения природы сырья, его состава и влажности.

Экструдер, с точки зрения теории динамических систем, можно рассматривать как диссипативный объект – неконсервативный объект, взаимодействующий с окружающей средой посредством выделения тепла из-за основного параметра экструзии – трения материала и расплава о стенки цилиндра и шнека. Математическую модель экструдера с учетом его диссипативных свойств можно представить в виде [3]:

$$\vec{z}(t) = \left(A_d + A_k\right) \cdot \vec{z}(t) + B \cdot \vec{u}(t) = \left(\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & -a_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -a_0 & 0 \end{pmatrix} \right) \cdot \vec{z}(t) + B \cdot \vec{u}(t), \quad (1)$$

где A_d, A_k – матрицы диссипативной и консервативной части объекта соответственно; $a_1 = \frac{1}{\rho \cdot C_p \cdot T} \cdot \left(\frac{2\alpha}{h} \cdot \Delta T - q_Д \right)$, $a_0 = -\frac{1}{\rho \cdot C_p \cdot T} \cdot \left(\frac{dq_Д}{dt} + C \right)$, ρ и C_p – плотность и теплоемкость перерабатываемого материала, h – глубина винтового канала экструдера, T – температура переработки, ΔT – разность температур перерабатываемого материала и стенок цилиндра (шнека), α – коэффициент теплоотдачи, $q_д$ – тепловой поток, генерируемый за счет внутреннего трения перерабатываемой смеси; C – константа; $\vec{z}(t)$ – вектор переменных состояния, которые определяют координату потока материала; $u(t)$ – стандартная функция управления (как правило, изменение частоты вращения шнека экструдера); B – матрица управления.

Особенностью системы управления экструдером как диссипативным объектом является то, что стандартное управление $u(t)$ дополнено управлением диссипативной частью экструдера $u_d(t)$ – управление состоянием экструдируемой массы, а именно, характером движения экструдата. Причем для исключения внезапных перегрузок экструзионной установки, возникающих из-за неоднородности перерабатываемого материала, а также из-за существующих требований к интенсификации процесса переработки целесообразно применение модального управления [4].

Имитационное моделирование разработанной системы управления в программе MATLAB подтверждает рациональность применения разработанной модели экструдера, как диссипативного объекта, а также использование модального управления.

Список литературы

1. Концентрати харчові. Сніданки сухі. Загальні технічні умови: ДСТУ 2903:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 22 с. − (Національний стандарт України).

2. Краус С.В. Совершенствование технологии экструзионной переработки крахмалсодержащего зернового сырья: автореф. дис. на соискание уч. степени д-ра техн. наук: спец. 05.18.01 «Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства» / Краус Сергей Викторович; Моск. гос. ун-т пищ. пр-ств. – Москва, 2004. – 54 с.

3. Завальнюк И.П. Дослідження напружених режимів роботи дисипативних технологічних апаратів харчової та переробної промисловості / И.П. Завальнюк // XIX Міжнародна конференція з автоматичного управління (Автоматика-2012), м. Київ, 26-28 вересня 2012р.: матеріали конференції /Відп. за вип. А.П.Ладанюк. – К. : НУХТ, 2012. – С.194-195.

4. Справочник по теории автоматического управления / [под ред. А.А. Красовского]. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1987.–712 с.

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ЭКГ

Ивашко А.В., Потопахина Т.Ю.
Национальный технический университет«Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, avivashko@mail.ru

При оценке состояния сердца и сердечно-сосудистой системы ключевую роль играет анализ электрокардиограммы (ЭКГ), представляющей собой запись наблюдаемых на поверхности тела проекций объёмных электрических процессов, происходящих в сердце. ЭКГ несёт информацию как о текущем состоянии сердечно-сосудистой системы, так и о патологических изменениях в самом сердце. К настоящему времени проблема автоматической обработки и анализа ЭКГ сложилась в отдельное направление, разветвлённое на множество более частных задач, связанных с различными применениями и аспектами исследования сердечно-сосудистой системы. Одной из таких задач является длительный непрерывный контроль ЭКГ, представляющий собой одну из важнейших функций аппаратуры для кардиологического наблюдения, к которой относятся приборы и системы для прикроватного и амбулаторного мониторного наблюдения ЭКГ, телеметрического наблюдения за состоянием организма, автономного контроля сердечной деятельности, функциональных исследований сердечно-сосудистой системы и решения ряда других задач.

При этом необходимым условием правильной интерпретации электрокардиограмм является обеспечение высокого качества записи ЭКГ-сигнала. Даже при использовании современной записывающей аппаратуры, оснащенной фильтрами, существуют внешние факторы, вызывающие искажение электрокардиограммы [1]. Это состояние и обработка кожи, свойства среды между кожей и электродом, сами электроды, кабель пациента, состояние электрокардиографа, качество расходных материалов. В процессе регистрации ЭКГ приходится иметь дело с большим количеством разнообразных шумов и наводок, помех, накладывающихся на полезный сигнал ЭКГ, создаваемых проводами сети переменного тока, работающими потребителями энергии, близлежащими высоковольтными линиями электропередач, помехами обусловленными дрейфом разности электродных потенциалов, напряжением поляризации, напряжением шума, напряжение шума движения (электромеханического шума) и т.д. Попытки автоматизированной обработки ЭКГ, содержащей значительное количество шумов и артефактов может привести к существенным ошибкам в диагностике сердено-сосудистых заболеваний [2, 3].

Целью данной работы является формирование диагностических заключений о качестве обрабатываемой ЭКГ за счёт развития новых компьютерных методов обработки электрокардиосигнала, а также создания алгоритмического и программного обеспечения, реализующего эти методы.

Для решения поставленных теоретических задач используются методы математической статистики, спектрального анализа, математического

моделирования, распознавания образов, анализа случайных процессов, ортогональных и вейвлет- преобразований. Экспериментальные исследования выполнялись с использованием наборов реальных записей сигналов, полученных как непосредственно в медицинских учреждениях, так и из доступных банков данных, в частности, из баз данных, размещённых на сайте «http://www.physionet.org/». Программное обеспечение для проведения экспериментов разрабатывалось с использованием программных сред MS Visual C++ и MATLAB.

При этом оценивается уровень низкочастотного и высокочастотного шумов, возможность точного определения QT-, PR- и QRS- интервалов, погрешность измерения T- и R-и зубцов, сложность оценивания, относительное количество нормальных QRS- комплексов и артефактов.

Новизна результатов заключается в разработке комплексного подхода к созданию методов и алгоритмов автоматического оценивания качества элекгрокардиосигнала, заключающегося в ориентации на конечные цели обработки сигнала и в согласовании последовательных стадий обработки как по составу и виду входных и выходных сигналов, так и по используемым математическим методам анализа сигналов; методики оценки влияния параметров процедур предварительной цифровой фильтрации электрокардиосигнала на эффективность решения задачи обнаружения желудочковых комплексов ЭКГ в условиях наличия помех, а также разнообразия форм и изменчивости сигнала

Достоверность выводов подтверждается результатами использования математических методов анализа, теории исследования случайных процессов, результатами экспериментов с использованием как модельных, так и реальных сигналов, оценкой эффективности разработанных алгоритмов и методов, а также результатами практического использования созданных алгоритмических и программных средств.

В результате проведения теоретических и экспериментальных исследований, разрешен ряд проблем теоретического характера и создан комплекс методов цифровой обработки, анализа и оценки качества биомедицинских сигналов, что позволит расширить класс анализируемых показателей сердечной деятельности человека и повысит качество и надежность приборов и систем кардиологического наблюдения.

Список литературы

1. Кодзова М.З. О некоторых факторах, влияющих на качество электрокардиограмм / Кодзова М.З. // Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке». −2008. − № 9. –Т.10.

2. Vaglio M. Use of ECG quality metrics in clinical trials / Vaglio M., Isola L., Grates G., Badilini F. // Computing in Cardiology. – 2010. − P. 505-508.

3. Moody B.E. Computing in Cardiology. Rule-based methods for ECG quality control / Moody B.E. // Computing in Cardiology. – 2011. − P. 361-363.

ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ТЕХТОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТЕРМОЗМІЦНЕННЯ АРМАТУРНОГО ПРОКАТУ РОЗРАХУНКОВИМ ШЛЯХОМ

Іванова Є.Д.
Державний вищій навчальний заклад «Національний гірничий університет», пр. К.Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, Україна,
ivanovalisa23@ukr.net

Для контролю технологічного процесу виробництва арматурного прокату що термозміцнюється, на ряді дрібносортных прокатних станів ПАТ “АрселорМіттал Кривій Ріг”, використовуються інформаційно-вимірювальні системи (ІВС), які призначені для непрямої оцінки механічних властивостей (значення $\sigma_в$) готового прокату безпосередньо на виході з установки примусового охолодження в процесі прокатки. У цей час системи перебувають у дослідній експлуатації. Комплексна повірка систем не проводилася на увазі високих фінансових витрат необхідних на організацію операцій з повірки, що вимагають тривалих зупинок і зміни планів виробництва. Проте, визначення метрологічних характеристик (МХ) системи в реальних умовах експлуатації є актуальним завданням, що може бути вирішено розрахунковим шляхом.

Структура одного каналу виміру наведена на рисунку 1. До його складу входять пірометр що вимірює середньомасову температуру прокату (ПСМ), пірометр що вимірює температуру поверхні прокату на виході з установки прискореного охолодження (ППВ), датчик магнітної фази (ДМФ), із системами намагнічування (СН) і зчитування (СС), джерело живлення обмотки СН ДМФ (ДЖ), комутатора (К), вузол гальванічної розв'язки і нормалізації (ВГР), аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) і контролер якій управляє (КУ). Після оцифровування результатів вимірювання окремих фізичних величин значення $\sigma_в$ розраховується за допомогою послідовності емпіричних форму.

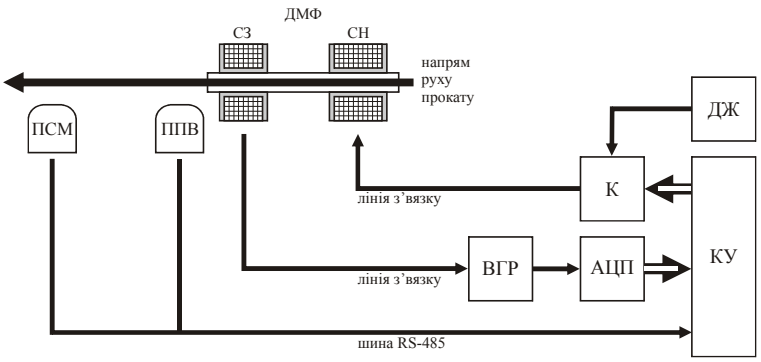


Рисунок 1 – Структура

Вибір методики визначення МХ каналу виміру системи розрахунковим шляхом здійснений відповідно до вимог ГОСТ 8.009-84 [1]. Враховуючи, що похибка при оцінюванні механічних властивостей арматурного прокату безпосередньо впливає на якість продукції, що випускається великими партіями, і може бути причиною значних фінансових втрат, у якості методики визначення МХ каналу виміру системи розрахунковим шляхом прийнятий другий метод розрахунку по ГОСТ 8.009-84 [1] – розрахунок найбільших

можливих значень складових похибки вимірювального засобу (ВЗ). Для даного методу розрахунок результуючої похибки полягає в арифметичному підсумовуванні модулів найбільших можливих значень всіх істотних складових похибки вимірів. Ці найбільші можливі значення являють собою границі інтервалів, у яких відповідні складові перебувають із імовірністю, рівній одиниці, тобто являють собою межі похибок, що допускаються.

Визначення чисельного значення максимальної похибки системи виконувалося на підставі початкових даних, що відповідають технологічному процесу виробництва арматурного прокату класу міцності А500. Метрологічні характеристики ВЗ, що входять до складу системи, були отримані з їхніх паспортних даних. Інтервали зміни величин що впливають відповідають реальним умовам експлуатації обладнання.

Після виділення основних складових похибки, в результаті обчислень була отримана залежність зведеної максимальної похибки каналу виміру системи у функції діаметра прокату, графік якої наведено на малюнку 2.

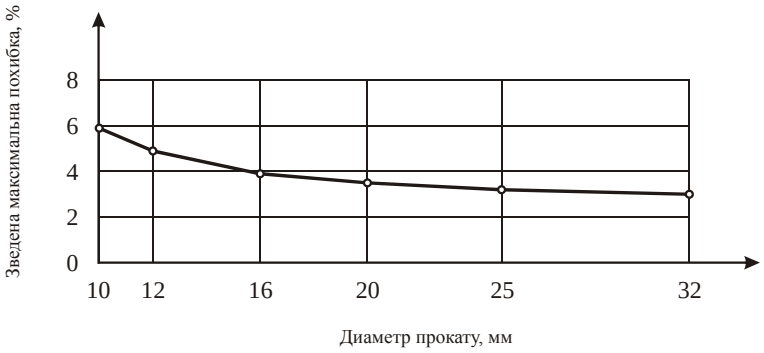


Рисунок 2 – Зведена максимальна похибка каналу виміру ИИС у функції

Отримані результати показують, що максимальна похибка виміру тимчасового опору розриву менше припустимого відхилення даного параметра, яке регламентується стандартами [2, 3], в 3,1-5,5 рази. При цьому менші значення відношення відповідають профілям з меншим діаметром.

Таким чином, метрологічні характеристики ІВС контролю технологічного процесу термозміцнення арматурного прокату забезпечують можливість підтримки його механічних властивостей (величини тимчасового опору розриву) на рівні номінального значення. При цьому забезпечується достатній запас по регулюванню.

Список літератури

1. Нормирование и использование метрологических характеристик средств измерения: Нормативно-технические документы (ГОСТ 8.009-84, методический материал по применению ГОСТ 8.009-84, РД 50-453-84). – М. : Изд-во стандартов, 1988.

2. Сталь арматурна термомеханічно зміцнена. Технічні умови: ДСТУ ГОСТ 10884-94. – [Чинний від 1996-01-01]. – К. : Держстандарт України, 1996. – 25 с. – (Державний стандарт України).

3. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні умови: ДСТУ 3760-2006. – [Чинний від 2007-10-01]. – К. : Держстандарт України, 1998. – 20 с. – (Державний стандарт України).

МОДУЛЬНАЯ СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ БИОПОТЕНЦИАЛОВ МОЗГА ОПЕРАТОРА ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

Качанов П.А., Зуев А.А., Яценко К.Н.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

За последние две декады интерес в изучении нейрокомпьютерного интерфейса (НКИ) значительно возрос. Системы НКИ проложили новый путь коммуникации. Такие системы могут быть применены при обучении оператора военного тренажерного комплекса. Они могут быть использованы для организации управления комплексом, диагностики психоэмоционального состояния оператора. Они измеряют нейрофизиологические сигналы человека, в частности электроэнцефалограмму. Системы НКИ спроектированы для декодирования мозговой напряженности человека и генерировании команд управления внешними устройствами или компьютерными приложениями. Человек может выработать эти команды специально, генерируя нейрофизиологические сигналы. Этот процесс может стать более успешным – быстрым и точным – благодаря тренировке и практике. Эта технология позволяет пользователю получить новый опыт, который включает в себя прямое взаимодействие между человеком и компьютером, или внешними устройствами.

Системы НКИ состоят из двух частей: система сбора информации и система обработки сигнала. Система сбора информации включает в себя электроды, аналоговую схему усиления и цифровую систему для передачи нейрофизиологического сигнала. Система обработки сигнала представляет собой вычислительное устройство, которое совместно с программным приложением выделяет, классифицирует и преобразовывает нейрофизиологические сигналы в удобный для дальнейшего исследования формат [1].

Электроэнцефалограмма представляет собой запись колебаний разности потенциалов мозга, снимаемых через покровы черепа. Колебания потенциалов имеют амплитуду до 150 мкВ при средней величине 50 мкВ и лежат в частотном диапазоне от 0.3 до 1000 Гц с максимальным проявлением частоты 10 Гц. Малая амплитуда колебаний биопотенциалов мозга и низкочастотный диапазон и определяет специфику конструкции электроэнцефалографических установок. Микровольтная величина потенциалов требует применения малошумящих схем с большим коэффициентом усиления [2].

На сегодня существует практическая возможность создания портативных систем сбора и регистрации биопотенциалов мозга человека благодаря новым электронным компонентам, созданным специально для биомедицинских систем сбора данных.

AD8220 представляет собой инструментальный усилитель с входным каскадом на JFET транзисторах (полевые транзисторы с управляющим p-n переходом) и однополярным питанием. Этот компонент, предназначенный для высококачественных портативных измерительных приборов, обладает минимальным коэффициентом ослабления синфазного сигнала (КОСС) 86 дБ

по постоянному току и 80 дБ на частоте 5 кГц при G = 1. Максимальный входной ток смещения при температуре 25°C равен 10 пА, а его типичное значение не превышает 300 пА во всем промышленном температурном диапазоне. Несмотря на то, что входной каскад построен на JFET транзисторах, AD8220 имеет типичную граничную частоту шума всего 10 Гц. Выходной каскад работает в режиме rail-to-rail (размах напряжения до напряжений питания), поддерживая максимальный динамический диапазон при низких напряжениях питания, характерных для портативных систем. AD8220 способен обеспечивать больший КОСС при измерении слабых сигналов, когда устанавливается большой коэффициент усиления [3].

AD7691 − это 18-разрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) последовательного приближения с перераспределением заряда, работающий с однополярным напряжением питания, VDD, от 2.3 В до 5 В. Он включает в себя быстродействующий, малопотребляющий 18-разрядный АЦП с внутренней выборкой без пропуска кодов, внутренний генератор тактового сигнала преобразования и универсальный последовательный порт [4]. Совместимый с SPI последовательный интерфейс поддерживает возможность объединения нескольких АЦП в цепочку с последовательным опросом на одной трехпроводной шине, используя вход SDI, и имеет опциональный выходной сигнал индикации занятости. Благодаря отдельному напряжению питания, VIO, порт совместим с логическими схемами, работающими с напряжениями питания 1.8 В, 2.5 В, 3 В или 5 В. Благодаря SPI интерфейсу существует возможность создания модульной системы, расширяемой по мере необходимости исследования или эксперимента.

В системе учитываются особые требования к источнику питания. Микросхема ADR4550 служит источником опорного напряжения для АЦП. Она обладает низким энергопотреблением и малым температурным дрейфом. Полный размах шума (в полосе частот 0,1…10 Гц) составляет 2 мкВ. Выходное напряжение равное 5 В. Погрешность напряжения на выходе не превышает ±0.02 %, максимальное значение температурного дрейфа равно 2 ppm/C°. Коэффициент подавления пульсаций (в полосе частот до 1 кГц) равен 90 дБ. Ток потребления не превышает 950 мкА, напряжение питания — от 3 до 15 В. Падение напряжения составляет 300 мВ при токе нагрузки 2 мА, максимальная нагрузка данных источников опорного напряжения равна ±10 мА.

Список литературы

1. Reza Fazel-Rezai. Brain - Computer Interface Systems. Recent Progress and Future Prospects. / Reza Fazel-Rezai. – InTech, 2013. – 278 с.

2. Русинов В.С. Клиническая электроэнцефалография. / Русинов В.С. – М., «Медицина», 1973. – 345 с.

3. JFET Input Instrumentation Amplifier with Rail-to-Rail Output in MSOP Package AD8220. – 28 р. Режим доступа:
http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD8220.pdf.

4. Документация на AD7691. Режим доступа:
http://www.analog.com/static/ imported-files/data_sheets/AD7691.pdf.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИОННОЙ ТУРБОДЕТАНДЕРНОЙ УСТАНОВКОЙ

Кипенский А.В.[1)], Король Е.И.[1)], Овасапов С.В.[2)]

[1)] Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, kavkpi@ukr.net

[2)] КБ «Промавтоматика», ул. Чувашская, 8, г. Харьков, Украина, 61177

Ограниченные запасы органического топлива (природный газ и нефть) в Украине, с одной стороны, и непрерывное возрастание потребления электрической энергии в условиях постоянного роста цен на энергоносители, с другой стороны, существенно повышают актуальность ресурсо- и энергосбережения при производстве электрической энергии. К этой проблеме следует добавить еще и тот факт, что большинство существующих технологий производства электроэнергии значительно ухудшают экологическую обстановку за счет токсичных и тепловых выбросов в атмосферу. Эти обстоятельства заставляют применять нетрадиционные технологии производства электроэнергии без сжигания органического топлива. Одним из направлений ресурсосбережения является технология производства электроэнергии за счет использования потенциальной энергии сжатого природного газа на газораспределительных станциях (ГРС) и газораспределительных пунктах (ГРП) путем применения турбодетандерных установок.

Турбодетандеры в газодобывающей промышленности служат для преобразования потенциальной энергии перепада давления газа в кинетическую энергию вращения турбины. Эта энергия в дальнейшем может быть преобразована в электрическую или любую другую.

Авторами доклада была разработана система автоматизированного управления (САУ) утилизационной турбодетандерной установкой УТДУ-4000. Функционирование этой установки должно обеспечивать решение следующих задач:

– транзит требуемых объемов газа к металлургическому комбинату;

– снижение высокого давления транзитного газа до давления необходимого потребителю;

– преобразование высвобождаемой энергии в электрическую с помощью генератора (4 МВт), работающего на сеть.

Каждая из указанных задач является чрезвычайно важной. Так, прекращение транзита газа может привести к останову металлургического комбината, а остановка генератора может лишить потребителя электроэнергии.

Гарантированная работа турбодетандерной установки возможна лишь при наличии специальных технических средств, а также надежной, резервированной системы автоматизированного управления. В составе такой системы может быть выделено несколько основных блоков (рис. 1).

Блок гарантированного электропитания (БГЭП) обеспечивает подключение к системе управления одного из внешних источников электропитания (сеть переменного напряжения 220 В, сеть постоянного напряжения 220 В или 24 В) и формирует ряд напряжений, необходимых для функционирования системы.

Дополнительно БГЭП имеет встроенную аккумуляторную батарею для питания САУ в условиях отсутствия напряжений внешних источников в течение времени, необходимого для принятия решения по ситуации.

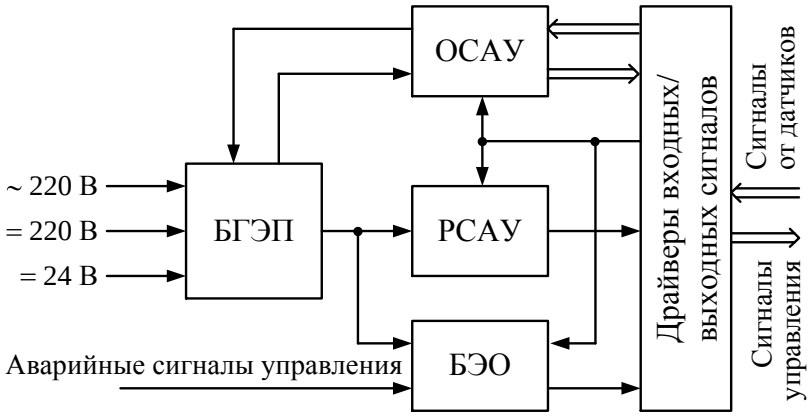


Рисунок 1 − Система автоматизированного управления УТДУ-4000

Основная система автоматического управления (ОСАУ) представляет собой процессорный комплекс на базе современного индустриального контроллера фирмы SIEMENS, который осуществляет сбор информации ото всех датчиков установки, реализует алгоритмы и формирует сигналы управления ее узлами.

Резервная система автоматического управления (РСАУ) содержит процессор повышенной надежности, на который поступает часть дублированных сигналов от основного контроллера, что позволяет поддерживать работоспособность установки в минимальном режиме при неисправности или техническом обслуживании ОСАУ.

Блок экстренного останова (БЭО) обрабатывает сигналы оператора от аварийных кнопок на шкафу управления и аварийные сигналы (например, пожар) от узлов установки. Если ОСАУ и РСАУ не могут их отработать по каким либо причинам, то БЭО обеспечивает алгоритмы аварийных отключений и остановок.

Для увеличения времени работы САУ от встроенной батареи предусмотрен специальный режим минимального энергопотребления, при котором сохраняется напряжение питания только на РСАУ, БЭО и ответственных датчиках. Для перехода в этот режим, от ОСАУ в БГЭП поступает специальный сигнал. Он формируется в том случае, когда электропитание установки осуществляется от встроенной аккумуляторной батареи БГЭП и в течение 15 минут не возобновляется электропитание от любого из внешних источников. Это позволяет САУ выполнить все функции аварийного отключения. При окончательном разряде встроенной батареи, БЭО формирует сигналы, необходимые для останова УТДУ и переключения транзита газа на байпасную линию. Реализация этого алгоритма гарантируется автоматическим контролем состояния батареи и формированием (при необходимости) сигнала о ее замене.

Комплексная проверка САУ с имитацией входных и выходных сигналов, а также анализ функционирования алгоритмов экстренного останова показали высокую надежность системы управления, которая, по мнению авторов, была достигнута за счет высокой степени интеграции схемных решений и соответствующего программного обеспечения.

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА КОЕФІЦІЄНТ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТУРБІННОГО ЛІЧИЛЬНИКА ГАЗУ

Клочко Н.Б., Чеховський С.А., Середюк О.Є., Долішній Б.В.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, dolishnya@gmail.com

Інтенсивні підходи до розвитку науки і техніки супроводжуються все зростаючим обсягом теоретичних та експериментальних досліджень у галузі вимірювань, що ставить перед теорією і практикою експерименту, з метою метрологічного контролю засобів вимірювання, усе нові проблеми. Особливо актуальним це питання постає для такої галузі вимірювань, як витрата енергоносіїв, зокрема, природного газу.

При метрологічних дослідженнях турбінних лічильників газу основною його характеристикою є коефіцієнт перетворення K, який прямо пропорційний об’єму газу, пропущеному через лічильник, і обернено пропорційний кількості імпульсів отриманих із давача. У [1] автором запропонована модель для корекції систематичної складової похибки турбінних лічильників газу на етапі проектування і метрологічної атестації шляхом уточнення значення коефіцієнта перетворення. Ця модель враховує геометричні параметри турбінки і параметри вимірного середовища.

У запропонованій моделі для визначення коефіцієнта перетворення турбінного лічильника [1] параметри природного газу появилися в результаті розписування коефіцієнта динамічної в’язкості. Зі зміною в’язкості змінюватимуться інертні властивості потоку газу і відповідно сили тертя між шарами газу. Динамічна в'язкість при сталих температурі та тиску залежить від внутрішніх (хімічних) властивостей самої рідини. У [2,3] цю залежність при тисках до 0,5 МПа подано у вигляді:

$$\mu = 3.24\frac{T^{0.5} + 1.37 - 9.09\rho_c^{0.125}}{\rho_c^{0.5} + 2.08 - 1.5(x_{N_2} + x_{CO_2})}, \qquad (1)$$

де x_{N2} – молярна частка азоту; x_{CO2} – молярна частка діоксину вуглецю; T – абсолютна температура газу, К.

Залежність (1) застосовна в діапазоні температур 240-360 К. Похибка визначення в'язкості в цьому діапазоні не перевищує 3% для природного газу, якщо похибки вимірюваних параметрів прийняті рівними нулю [3].

Дослідження впливу параметрів природного газу (густини, молярні долі азоту та диоксиду вуглецю, абсолютна температура газу) на коефіцієнт перетворення проводились на реальному середовищі для турбінних лічильників газу типорозмірів G400 та G160 на всьому діапазоні вимірювання. З цією метою обчислювалися коефіцієнти вагомості $\partial K'/\partial z_i$ (табл.1), які дають змогу оцінити ступінь впливу зміни кожного із впливових факторів на коефіцієнт перетворення лічильника за умови зміни впливового параметра на 1 %:

$$\frac{\partial K'}{\partial z_i} \cong \frac{(K_{z_i}^{\max} - K_{z_i}^{\min}) \times \overline{z_i}}{(z_{i\max} - z_{i\min}) \times \overline{K_i}}, \qquad (2)$$

$\overline{K_i}$ – середнє значення коефіцієнта перетворення турбінного лічильника за умови зміни *i*–того вхідного параметра; $K_{z_i}^{\max}, K_{z_i}^{\min}$ – значення коефіцієнта перетворення лічильника при максимальному z_{max} та мінімальному z_{min} значенні вхідного параметра відповідно, *імп/м*^{3}, $\overline{z_i}$ – середнє значення *i*–того вхідного параметра.

Таблиця 1– Значення коефіцієнтів вагомості вхідних параметрів розрахунку коефіцієнта перетворення турбінного лічильника газу

Вхідний параметр	$\overline{\frac{\partial K'}{\partial z_i}}$
Молярна концентрація азоту, відн.од.	$-3{,}23\times10^{-6}$
Молярна концентрація двоокису вуглецю, відн.од.	$-9{,}15\times10^{-7}$
Абсолютна температура Т, К	$-0{,}7\times10^{-3}$
Густина ρ_c, кг/м^3	1×10^{-3}

Отримані результати дослідження впливу параметрів вимірного середовища на коефіцієнт перетворення турбінного лічильника газу (табл. 1) показують, що найбільш впливовими факторами на коефіцієнт перетворення турбінного лічильника *K* є абсолютна температура та густина природного газу. На це вказують значення обчисленого ступеню впливу зміни кожного із впливових факторів за умови його зміни на 1 %. Вплив концентрації азоту і диоксиду вуглецю є меншим.

Висновок. При визначенні коефіцієнта перетворення турбінного лічильника газу разом із геометричними параметрами турбінки ключовими є параметри природного газу, причому зміна густини та абсолютної температури на 10% призводять до зміни коефіцієнта перетворення лічильника на 0,01% та 0,007% відповідно. Звідси випливає, що для досягнення більшої точності турбінних лічильників газу при їх метрологічних дослідженнях необхідно враховувати параметри природного газу разом із геометричними розмірами турбіни.

Список літератури

1. Клочко Н.Б. Вдосконалення методів оцінювання точності турбінних лічильників газу / Н.Б. Клочко, С.А.Чеховський // Метрологія та прилади. – 2014. – №1II(45). – С.101-105.

2. Облік природного газу: [Довідник] / [М.П.Андріїшин, О.М.Карпаш, Я.С.Марчук, І.С.Петришин, О.Є.Середюк, С.А.Чеховський]; за ред. С.А.Чеховського. – Івано-Франківськ: ПП «Сімик», 2008. – 180 с.

3. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение коэффициента сжимаемости: ГОСТ 30319.2-96. – [Введен с 1997-07-01]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 54 с. – (Межгосударственный стандарт).

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТУРЕ ПО ПАРАМЕТРАМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ

Князев В.В., Кравченко В.И.
Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «Молния» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», ул. Шевченко, 47, г. Харьков, 61013, knyaz2@i.ua

На практике рассматривается два аспекта электромагнитной совместимости (ЭМС) технического средства (ТС), которые условно можно назвать «внутренняя» и «внешняя». Обеспечение «внутренней» ЭМС является частной задачей разработчика, поскольку, относится к требованиям функционирования ТС в соответствии с декларируемыми свойствами. Напротив, требования к «внешней» ЭМС законодательно регламентируется, поскольку относятся к проблеме взаимодействия между всей совокупностью ТС, которые расположены в одном месте.

Регламентируемые требования ЭМС к ТС, содержащим в своей основе электрические, электронные и радиоэлектронные компоненты, весьма разнообразны. Прежде всего, они (требования) зависят от назначения ТС и сферы его применения. Основные требования формулируются в стандартах, разрабатываемых соответствующими организациями, перечень которых представлен в таблице 1.

Таблица 1

Сфера применения ТС	Организация разработчик стандартов	Основные стандарты
Жилые помещения, офисы, производственные зоны с малым энергопотреблением	IEC CENELEC	IEC 61000- Series EN 61000 - Series
Промышленная зона, электрические станции	IEC, CENELEC	IEC 61000- Series EN 61000 - Series
Бортовое оборудование летательных аппаратов	National Air Traffic Controllers Association The European Organization for Civil Aviation Equipment	DO 160F ED-14F:2008
Оборудование ракетно-космической техники	European Cooperation for Space Standardization	ECSS-E-ST-20-07C:2012
Вооружение и военная техника	Department of Defense USA	MIL STD 461F:2007

В соответствии к принятой концепцией гармонизации стандартов, можно утверждать, что в ближайшее время все международные стандарты в сфере ЭМС будут введены в действие в Украине.

Рассмотрим требования, которые предъявляются к оборудованию, предназначенному для использования в гражданском секторе. Эти требования установлены соответствующим Техническим регламентом Украины [1], идентичном Директиве ЕС 2004/108/ЕС. Неотъемлемым дополнением Технического регламента есть Перечень национальных стандартов, добровольное применение которых может восприниматься как доказательство соответствия основным требованиям Технического регламента (ТР) по электромагнитной совместимости оборудования. В стандартах, указанных в Перечне, содержатся конкретные требования к различным видам оборудования.

В последней редакции Перечня [2] содержится 98 стандартов, в то время как в соответствующем европейском перечне под Директиву [3] – 113. При этом следует учесть, что в наш Перечень включены некоторые стандарты, отсутствующие в европейском (так, для количества). Поэтому, степень гармонизации на сегодняшний день не превышает 50%.

Подтверждение соответствия оборудования этим требованиям осуществляется путем испытаний. Каждый стандарт на конкретный вид оборудования содержит перечень испытаний, которым должны быть подвергнуты порты оборудования. Основные требования ТР разбиты на две группы: устойчивость к внешним электромагнитным помехам, поступающим на порты оборудования, и помехи, создаваемые оборудованием во внешней среде. Помехи, воздействующие на порты оборудования, регламентируются стандартами серии IEC 61000-4. Общее число стандартов в этой серии 36, из них непосредственно устанавливающих виды испытаний 16. С учетом того, что в некоторых стандартах определены несколько разновидностей испытаний, общее число видов испытаний 28. Особые трудности для разработчиков оборудования представляют требования, регламентирующие уровни помех создаваемых оборудованием в цепях электропитания, информационных линиях и по эфиру. Эти требования регламентируются стандартами серии IEC 61000-3, и публикациями CISPR. Трудности обуславливаются тем, что допустимые уровни, как правило, достаточно малы, например, по эфиру не превышают 10 мВ/м на расстоянии 3 м.

Легитимные результаты испытаний могут быть получены только в испытательных лабораториях, которые прошли аккредитацию в Национальном агентстве по аккредитации Украины на соответствие требованиям стандарта ДСТУ ISO/IEC 17025:2006.

Список литературы

1. Технічний регламент з електромагнітної сумісності обладнання, Затверджено Постановою КМУ від 20.06.2012 №631. / Офіційний вісник України, 2012, №53.– с.18-24.

2. Перелік національних стандартів, Наказ Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 17.12.2012. – №1430.

3. Official Journal of the European Union, 25.02.2014, C 53/4 –C53/25.

ПРОГНОЗУВАННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ДАТЧИКІВ ТИСКУ НА ТЕХНОГЕННО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

Коваль А. О.
Харківський автомобільно-дорожній університет,
вул. Петровського 25, м. Харків, andrey.koval.79@mail.ru

Ефективність використання замкнутих систем управління складними технологічними процесами характеризується такими показниками як стійкість та час реакції. Час реакції системи управління в свою чергу складається з часу реакції вимірювальної інформаційної системи, часу прийняття рішення на управляючу дію та час роботи виконавчого механізму. Найбільш інерційними в цьому ряді є інерційність вимірювальної інформаційної системи та виконавчого механізму. Сучасні технології вже дозволяють проектувати та виготовляти виконавчі механізми з часом реакції в десятки-сотні мілісекунд. Поряд з цим час затримки та постійна часу інформаційно вимірювальних систем за останні 5 років зменшились не суттєво і мають величину майже одного порядку з часом реакції виконавчих механізмів. Отже дуже важливо знати плинні метрологічні характеристики вимірювальних інформаційних систем в процесі їх експлуатації. А на техногенно-небезпечних об'єктах, якими є атомні електростанції (АЕС), це завдання є першочерговим, так як ціна ризику прийняття невірного рішення в АСУ технологічним процесом дуже і дуже велика.

Для вимірювання кожного технологічного параметра на АЕС використовують, як правило, від двох до чотирьох датчиків [1,2]. Таке взаємодублювання датчиків покращує працездатність АЕС і дозволяє уникнути виникнення проблем з її експлуатацією або безпекою при виході з ладу одиночного датчика. Хоча дублювання приладів використовується в конструкції АЕС головним чином для підвищення безпеки й працездатності станцій, в останні роки в атомній енергетиці це дублювання використовується і для інших цілей, таких як перевірка калібрування технологічних приладів.

Для датчиків тиску, що не мають дублювання, можна використовувати on-line моніторинг для визначення дрейфу калібрування [2], та прогнозування метрологічної надійності датчиків на основі методу аналізу шумів. У цьому методі сигнали на виході датчиків усереднюються, або моделюються. Проводиться аналіз відхилення сигналу відповідного датчика від усередненого значення сигналів усіх чотирьох датчиків. асова вибірка для аналізу становить два роки, що відповідає повній тривалості міжциклового технічного обслуговування реактора. Слід відмітити, що перевірка калібрування чотирьох датчиків проводиться в одній точці калібровочної кривої. Щоб перевірити калібрування датчика в більш широкому діапазоні значень, дані online моніторингу реєструють не тільки під час експлуатації станції, але й під час періодів пуску й зупинки. Але спрогнозувати відхилення похибки вимірювання датчика від нормованого значення за рахунок використання лише on-linедіагностики не достатньо, так як в даному випадку обробляється сумарний

сигнал на виході вимірювальної системи, а не на виході датчика тиску.

Для усунення цього недоліку пропонується брати до уваги "старіння" датчика. Для цього на ЗАТ "Манометр" за участю автора була розроблена методика проведення "старіння" датчика. Програма й методика типових випробувань розроблена з метою підтвердження максимально припустимого терміну служби (експлуатації) датчиків тиску «Сафір».В основу методики проведення прискореного старіння критичних елементів покладена залежність швидкості старіння від температури, яка описується рівнянням Арреніуса [3]. Прискорене термічне старіння проводять шляхом витримки зразка (у виключеному стані) при температурі 80 (90) ºС, безупинно, протягом часу, який визначається залежно від цієї температури по таблиці 1.

Таблиця 1− Тривалість випробовувань в залежності від прогнозуємого терміну експлуатації

Термін експлуатації	5 років	10 років	15 років	20 років	25 років	30 років
Температура в камері	Час старіння, год.					
80° С	392	784	1176	1568	1960	2352
90° С	269	538	807	1076	1345	1614

Дані таблиці 1 отримані за результатами трирічних експериментальних досліджень. Для кожного типу датчика вони різні. Привизначенні часу старіння врахований кваліфікаційний запас тривалості старіння згідно ДСТУ IEC 60780. Час прискореного термічного старіння може бути змінено при уточненні фактичних значень енергії активації для матеріалів і комплектуючих, які входять до складу виробу.

Розроблені методики та отримані результати можуть бути корисні як при проектуванні нових датчиків тиску, так і в процесі вдосконалення метрологічного забезпечення експлуатації вимірювальних інформаційних систем АЕС.

Список літератури

1. Ruan D. Power Plant Surveillance and Diagnostics / D. Ruan. Paper 23, pp. 355-376, Springer-Verlag (2012).

2. Hashemian H. M. New Instrumentation Technologies for Testing the Bonding of Sensors to Solid Materials, National Aeronautics and Space AdministrationMarshall Space Flight Center NASA/ Hashemian H. M. −CR-4744 (May 2013).

3. Квалификация оборудования и технических устройств АЭС. Требования к квалификации технических средств автоматизации программно-технических комплексов и информационно-управляющих систем, важных для безопасности, при их разработке и модернизации: СТП 0.08.073-2008.

РОЗРОБКА АВТОМОБІЛЬНОГО МУЛЬТИМЕТРА

Козак В.А., Гусельніков В.К.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Існує велика кількість засобів для вимірювання параметрів автомобіля, значного успіху у цьому питанні здобули автомобільні мультиметри.

Мультиметри це багато функціональні прилади з великим спектром можливостей. Типовий мультиметр включає в себе такі основні функції, як вимірювання напруги, струму і опору, але шляхом розширення функцій з'явилась можливість випускати спеціалізовані мультиметри орієнтовані в окремих галузях. Такими є автомобільні мультиметри, орієнтовані на вимірювання багатьох параметрів автомобіля зазвичай таких як напруга, струм, температура, оберти колінчатого валу, також в залежності від виробника параметри можуть змінюватися.

На сьогоднішній день в продажу існує велика кількість різноманітних мультиметрів, зазвичай закордонного виробництва. У споживача постає вибір купувати точний багатофункціональний але дорогий прилад або менш точний з меншою кількістю функцій більш дешевий прилад.

Тому актуальною задачею є розробити точний багатофункціональний прилад за доступною ціною з гарними характеристиками на основі доступних усім елементів.

Розглянувши існуючі мультиметри, і вимоги до них, були установлені необхідні параметри, на основі яких створена схема автомобільного мультиметру яка б могла всі їх задовольнити бути водночас доволі простою, але в той же час доволі точною.

Найнеобхіднішими параметрами були обрані: вимірювання струму та напруги, температури, тиску мастила в двигуні, також обертів колінчатого валу. Для створення мультиметру були використані:

- мікроконтролер для обробки інформації, отриманої від датчиків;
- рідкокристалічний екран, вбудований в пристрій, на який виводиться інформація;
- систему живлення;
- канал вимірювання тиску;
- канал вимірювання напруги;
- канал для вимірювання струму;
- канал для вимірювання обертів двигуна;
- канал для вимірювання температури;
- годинник реального часу;
- функціональну клавіатуру.

Схема була реалізована на основі мікроконтролера ATmega8. До даного мікроконтролера були обрані та приєднані відповідні датчики та схеми для вимірювання необхідних параметрів. Діапазони вимірювання величин

приведені у табл. 1.

Таблиця 1 − Діапазони вимірювання величин

Величина	Одиниця виміру	Діапазон
Тиск	кгс/см^2	0 – 8
Напруга	В	0 – 30
Струм	А	0 – 10
Температура	°С	–55 – +125
Оберти двигуна	Кількість циліндрів	1 – 16

Особливістю схеми є два датчика для вимірювання температури в діапазоні від –55 °С до +125 °С що дало змогу вимірювати та порівнювати температуру в двох різних місцях. В більш дорогих автомобілях датчик для вимірювання тиску мастила у двигуні знаходиться вже у базовій комплектації і результати подаються водієві на панель приладів, в більш дешевих автомобілях ця опція відсутня, але є можливість її виміряти саме тому цей параметр був доданий для вимірювання. Для систематизації та синхронізації інформації був приєднаний годинник реального часу що дало змогу зберігати інформацію з вказанням точної дати та часу вимірювання. Вся необхідна інформація відображається на 16-ти символьному алфавітно-цифровому РК-модулі. Є можливість приєднати мультиметр до ПК завдяки інтерфейсу RS485 що дає змогу довгострокового зберігання та синхронізації показників.

Був проведений розрахунок похибок, та встановлено результуючу похибку δ_{Σ} =0,82 %. Отримане значення похибки є допустимим для розробленого автомобільного мультиметру.

Проаналізувавши велику кількість автомобільних мультиметрів наявних у продажу були виведені їх сильні та слабкі сторони, і на основі отриманих показників був спроектований автомобільний мультиметр. Спроектований мультиметр задовольняє більшість поставлених перед ним задач, вимірюючи достатню кількість параметрів (струм, напругу, температуру, тиск мастила в двигуні, оберти колінчатого валу двигуна) з необхідною точністю. Спроектований з доступних усім матеріалів що забезпечує доступну простоту проектування та збірки. В той же час обрані елементи забезпечують високу точність з доступним діапазоном для вимірювання. Отже спроектований прилад повинен задовольнити великий сегмент власників як вітчизняних так і закордонних авто.

Список літератури

1. Сысоева С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Классические индуктивные преобразователи -надежный запас/Сысоева С.//Компоненты и технологии. –№ 9 –2005. –С.16-23.

2. Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях / А.Ф. Котюк. – М. : Радиосвязь, Горячая линия – Телеком, 2006. – 96 с.

3. Кондрашов С. І. Невизначеність вимірювання: [Навч. посібник] / С.І. Кондрашов, В.М. Чинков, О.Л. Харченко – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. –80 с.

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ПРОБЛЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА

Комар Н.Н., Павлов В.В.
Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины, ул. Академика Глушкова, 40, г. Киев, 03680

Безопасность полетов воздушного транспорта является одним из важнейших вопросов в авиационной отрасли, особенно для пассажирских перевозок. Всемирный трафик авиаперевозок устойчиво растет в течении последних десятилетий. Это ведет к увеличению интенсивности воздушного движения в крупных густонаселенных районах.

Рост безопасности полетов гражданской авиации обеспечивается путем разработки новых методов автоматического управления, которые позволят предотвратить развитие аварийной ситуации при возникновении отказа. Эти методы автоматического управления включают в себя, так называемую, концепцию активного отказоустойчивой управления полетом, когда система управления способна обнаруживать изменение в поведении самолета и адаптироваться к ним за счет оперативного изменения параметров или структуры используемых законов управления. Отказоустойчивое управление полетом должно позволить улучшить живучесть и восстановление после влияния неблагоприятных условий полета, вызванных неисправностями и повреждениями.

Важным требованием при разработке самовосстанавливающихся систем управления самолетом является обеспечение высоких динамических свойств при существенной параметрической неопределенности. Адаптивное управление является одним из основных методов выполнения указанных требований. Выбранный способ адаптации должен удовлетворять противоречивым требованиям к быстродействию процесса адаптации и качеству процессов в системе при недостатке текущей информации о элементах движения самолета.

Отечественными учеными указанная тематика активно исследовалась с начала 50-х годов XX столетия академиками Н.Н. Лузиным, В.С. Кулебакиным, Б.Н. Петровым, А.Ю. Ишлинским, член-корреспондентами АН УССР А.Г. Ивахненко, А.И. Кухтенко, профессорами Б.А. Рябовым, П.И. Кузнецовым.

Следует отметить, что результаты работ, которые проводились ранее в области обеспечения отказоустойчивого управления самолетом, имеют ряд проблем и ограничений. Они варьируются в зависимости от количества отказов, их типа и степени повреждения, которые могут быть компенсированы за счет реконфигурации системы управления.

Основной задачей и целью научной работы является разработка и синтез беспоисковой адаптивной самовосстанавливающейся системы управления самолетом, в которой настройка параметров осуществляется на основе оперативной идентификации аэродинамических характеристик самолета. Таким образом, динамика самолета при возникновении отказа будет максимально приближена к динамике эталонной модели с помощью поверхностей

управления, которые реагируют на управляющие сигналы.

Сегодня пути и способы предотвращения авиационных происшествий на различных типах самолетов существенно различаются между собой и в ряде случаев являются недостаточно эффективными. Поэтому задача состоит в том, чтобы при ограниченных ресурсах выбрать направления, реализация которых может дать наибольший суммарный эффект по предотвращению авиационных происшествий при меньших затратах материальных средств.

Развитие бортовых компьютеров позволяет создавать более сложные системы управления. Создание новых законов управления, которые разрабатываются для поддержания производительности и стабильности систем управления в случае отказов, позволяет снизить кратность резервирования при одновременном повышении уровня безопасности полетов.

Одним из эффективных подходов к реализации концепций адаптивного управления является подход, основанный на методах и средствах самонастраивающихся систем.

Одним из классов самонастраивающихся систем являются системы с настройкой по динамическим характеристикам, работа которых связана с поддержанием некоторого определенного показателя качества помимо работы по обычному замкнутому циклу автоматического управления.

Если в качестве управляемого объекта рассматривается летательный аппарат, то он может быть представлен как динамическое звено, входными координатами которого являются отклонения рулей, а выходными координатами − кинематические параметры движения самолета. Для описания движения самолета может быть принята та или иная математическая модель, структура которой зависит от принятых упрощающих предположений, а параметры − от режима полета и внешних возмущений, действующих на самолет.

Проведённые исследования показывают, что подход к управлению сложными нелинейными динамическими системами в условиях неопределённости, реализуемый с использованием механизмов адаптации, позволяет системе управления эффективно приспосабливаться к изменению текущей ситуации, включая и возникновение разнообразных отказных ситуаций.

Список литературы

1. Буков В.Н. Адаптивные прогнозирующие системы управления полётом / В.Н. Буков. – М.: Наука, 1987. – 232 с.

2. Фомин В.Н. Адаптивное управление динамическими объектами / В.Н. Фомин, А.Л. Фрадков, В.А. Якубович. – М.: Наука, 1981. – 546 с.

НАТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ АКУСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКІВ У ГАЗОТРАНСПОРТНИХ ТРУБОПРОВОДАХ

Коржов І.М., Тверитникова О.Є.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Порушення герметичності газопроводів призводять до матеріальних збитків та до забруднення навколишнього середовища. Використання систем виявлення витоків (СВВ) призводить до мінімізації втрат, здешевлення та підвищення безпеки процесу транспортування газу через газопроводи [1].

СВВ на основі акустичних хвиль, вловлюють і реєструють звукові хвилі, які утворювались при витоках. Основні переваги системи полягають у високій чутливості виявлення, точності визначення координат витоків, низькому відсотку помилкових спрацьовувань, високій швидкості виявлення [1].

Спроможність виявлення витоків у акустичних системах характеризується відношенням приймаючого потенціалу до результуючого ослаблення сигналу у середовищі. Це найбільш загальний та комплексний параметр, який враховує не тільки можливості приймача, а й особливості середовища. Потенціал виявлення – це потенційна спроможність системи виявляти на вибраній відстані виток який генерує сигнал, спектральна щільність якого дорівнює спектральній щільності шуму та перешкод, при прийомі й приведену до місця встановлення сенсорів. Потенціал виявлення дорівнює відношенню сигналу до шуму на виході корелятору при однаковій відстані від витоку до сенсорів з вказаною спектральною щільністю. При віддалені сенсорів від витоку кожен з сигналів ослаблюється в середовищі величиною А по потужності. Оскільки взаємно кореляційна функція в потенціалі прийому вираховується по двом сигналам з двох сенсорів, напруга кожного з яких зменшиться у $\sqrt{A}$ разів, то величина головного максимуму взаємно кореляційної функції, що визначає потенціал прийому та залежить від добутку напруги двох прийнятих сигналів, зменшиться в А разів [2, 3].

Якщо сигнал від витоку в багато разів вищий по потужності за потужність шумів та перешкод, то у цьому випадку напруга кожного з приймаємих сигналів зросте у корінь квадратний від відношення рівня сигналу та рівня шумів разів. Величина головного максимуму взаємно кореляційної функції збільшиться у величину відношення рівня сигналу та рівня шумів і відповідно у стільки ж разів зросте потенціал виявлення. Це дає змогу збільшити відстань між сенсорами. Таким чином можливо оцінити параметри витоку та відстані на яких вони можуть бути виявлені [3].

Результати комп’ютерного моделювання показують реальну можливість контролю трубопроводу на відстанях до декількох десятків кілометрів між датчиками. При практичному застосуванні дальність між датчиками буде дещо менше, так як при моделюванні не враховані безліч факторів, що впливають [2].

Для отримання практичного підтвердження (або спростування) даних комп’ютерного моделювання необхідно провести практичний експеримент на

діючому газопроводі, але це небезпечно та дорого з економічної точки зору. Для підтвердження можливе використання фізичної моделі трубопроводу, у вигляді лінійної труби з повітрям під тиском. Таким чином можливо розглядати ефективність різних акустичних сенсорів при різних варіаціях витоків, їх розташування та проводити спостереження без обмежень у часі, що на реальному газопроводі майже не можливо.

Заміна природного газу на повітря несе за собою поліпшення безпеки експерименту та його економічну ціну, але вносить похибку, так як повітря та природний газ мають різні параметри, такі як швидкість звуку та залежність коефіцієнту поглинання акустичних коливань від частоти. Також на ці параметри має вплив тиск, вологість та температура, їх вплив також різний для повітря та природного газу. Але так як у математичній та комп'ютерній моделях розглядається сам трубопровід як середовище розповсюдження акустичних хвиль та акустичні сенсори встановлюються на трубу зовні, а параметри реальних витоків апріорно невідомі, все це призводить до можливості знехтувати похибкою від такою заміною. У той же час такий підхід до експерименту не дає змогу оцінити вплив всіх вище згаданих факторів на роботу системи, але цей недолік не заперечує головній цілі, що полягає в практичному підтвердженні (або спростуванні) даних комп'ютерного моделювання. Також таке натурне моделювання дає змогу оцінити властивості різних акустичних сенсорів, та вплив зовнішнього середовища, перешкод і шумів на їх працездатність.

Комп'ютерна модель вказує на можливість встановлення датчиків на відстанях до декількох десятків кілометрів, та для експерименту з економічної точки зору доцільне використання не повно розмірного шматку газопроводу, достатньо всього декількох метрів, але це можливо при умові, що матеріал труби буде максимально близько схожий на реальний газопровід. При дотримані цієї умови можливо оцінити середні коефіцієнт ослаблення сигналу у трубопроводі, та розрахувати з визначеною довірчою ймовірністю відстань між сенсорами, для підтвердження даних комп'ютерного моделювання.

Приведений опис натурного моделювання має свої переваги та недоліки, але дає змогу досягнути поставленої мети експерименту, та дає змогу провести його з точки зору безпеки та економічної ціни.

Список літератури

1. Кутуков С.Е. Проблема повышения чувствительности, надёжности и быстродействия систем обнаружения утечек в трубопроводах / С.Е. Кутуков // Информационные технологии. Уфимский государственный нефтяной технический университет. – Т. 2. – 2004. – С. 28-45.

2. Коржов И. М. Моделювання можливостей системи виявлення витоків за методом акустичної кореляції / И. М. Коржов, Е. Е. Тверитникова // Метрологія та прилади. – 2013. − №1 II (45). – С. 133-137.

3. Болдырев В. Теоретические основы и моделирование корреляционного метода обнаружения источников шума (часть 1) / В. Болдырев // Современная электроника. − № 9. – 2006. – С. 68-73.

ВОЛОКОННО–ОПТИЧНІ ДАТЧИКИ ТИСКУ

Кошовий М.Д.[1)], Рожнова Т.Г.[2)], Рожнова В.О.[1)], Ситник В.В.[1)]
[1)]Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», вул. Чкалова, 17, м. Харків, 61070, kafedraapi@rambler.ru
[2)]Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Леніна,14, м. Харків, 61166

Підвищення точності вимірювання тиску датчиками з пружними чутливими елементами, що широко застосовуються у сучасних системах керування та контролю, є актуальною задачею.

У зв’язку з цим пропонується ряд датчиків тиску з цифровим входом, які засновані на використанні фотоелектричного методу.

Запропоновано датчик тиску [1], в якому перетворення інформації від сильфонів виконується фотоелектричним методом за рахунок введення джерела світла, волоконно-оптичного кабелю і волоконно-оптичного перетворювача. При цьому інформація про тиск передається шляхом переміщення темної рідини в прозорій трубці, що з’єднує два сильфона. Це переміщення фіксується фотоприймачами, які розміщені на вихідних торцях світловодних волокон. Застосування волоконно-оптичного кабелю дозволило забезпечити високу розподільну здатність, але в датчику не скомпенсовані характерні для пружних елементів похибки.

При використанні в якості чутливих елементів, мембран, мембранних або анероїдних коробок доцільно конструювати датчики тиску з волоконно-оптичними перетворювачами [2] з розкладкою вихідних торців джгута волоконно-оптичного кабелю по отворам волоконно-оптичного перетворювача для отримання двійкового коду.

Для підвищення технологічності і спрощення конструкції таких датчиків тиску пропонується замінити перетворювачі кутового переміщення світлового променя в код на перетворювачі лінійного переміщення в код [2].

Такі датчики тиску мають наступні недоліки:

– недостатня точність вимірювання тиску, обумовлена впливом вібрацій, ударів, температури та інших факторів;

– наявність похибок, пов’язаних с гістерезисом та пружною післядією.

Пропонується волоконно-оптичний датчик тиску з пружним чутливим елементом, який забезпечує підвищену точність вимірювання вказаного параметру [3]. Датчик заснований на способі вимірювання [4] шляхом сканування поверхні мембрани світловими сигналами та прийому відбитих сигналів фотоприймачем.

Волоконно-оптичний датчик тиску працює наступним чином.

Мікроконтролер виконує почергове включення світлодіодів шляхом подачі цифрових сигналів драйверу світлодіодів. Передаючі світловоди почергово, відповідно з програмою, засвічують поверхню мембрани, яка закріплена в корпусі та сприймає тиск Р.

Відбиті від поверхні мембрани світлові сигнали через приймаючий світловод потрапляють на фотоприймач, який перетворює інтенсивність

світлового потоку в напругу. Отримані значення напруги в аналого-цифровому перетворювачі перетворюється в цифровий код.

В мікроконтролері значення тиску визначається за формулою $P_{кор} = P_{ср}+\Delta P$, де $P_{ср} = (\sum_{i=1}^{4} P_{гор_i} + \sum_{i=1}^{4} P_{вер_i}) / 8$ – середнє значення тиску; $\Delta P = f_T(T)$ – поправка з урахуванням дії температури T, яка вимірюється цифровим датчиком температури; $P_{гор_i}$ – значення тиску, яке визначається за результатами вимірювання відбитих оптичних сигналів, що надходять від двох передаючих світловодів, торці яких розміщені на горизонтальній вісі симетрії мембрани (вліво та вправо) на однакових відстанях від початку координат; $P_{вер_i}$ – значення тиску, яке визначається за результатами вимірювання відбитих оптичних сигналів, що надходять від двох передаючих світловодів, торці яких розміщені на вертикальній вісі симетрії мембрани (уверх та униз) на однакових відстанях від початку координат. Причому $P_{гор_i} = f_{гор_i}(U_{ср.гор_i})$, а $P_{вер_i} = f_{вер_i}(U_{ср.вер_i})$ вибираються з пам'яті мікроконтролера за середніми значеннями напруги, що отримані після перетворення відбитих світлових сигналів, що надійшли від відповідних передаючих світловодів.

Отримане значення тиску $P_{кор}$ передається на цифровий індикатор.

При випробуванні мембрани на її вхід подаються еталонні значення тиску, а в мікроконтролері знайдені за перетвореними відбитими оптичними сигналами прогини мембрани порівнюються з еталонними, що зберігаються у пам'яті мікроконтролера. За результатами порівняння видається інформація про працездатність мембрани.

Таким чином**,** використання запропонованого волоконно-оптичного датчика дозволяє підвищити точність вимірювання тиску, розширити його функціональні можливості, а саме забезпечення функції випробування мембран для оцінки їх працездатності.

Список літератури

1. Пат. №58353А, Україна, МПК G01L 7/06, G01L 7/18. Пристрій для вимірювання тиску / М.Д. Кошовий, О.М. Кошовий, Т.Г. Рожнова (Україна). – №2002129565; Заявл. 02.12.2002; Опубл. 15.07.2003, Бюл. №7. – 3с.: іл.

2. Кошовий М.Д. Датчики тиску з волоконно-оптичними перетворювачами / М.Д. Кошовий, Т.Г. Рожнова, В.О. Кунич // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенко. – Х., 2006. – Вип. 43. – Т.2. – С.128-132.

3. Пат. №92188, Україна, МПК G01L 11/00, G01L 9/00. Волоконно-оптичний датчик тиску / М.Д. Кошовий, Т.М. Макарюк, Т.Г. Рожнова, В.О. Рожнова (Україна). – №U201400183; Заявл 13.01.2014; Опубл. 11.08.2014, Бюл. №15. – 3с.: іл.

4. Пат. №91917, Україна, МПК G01L 11/00, G01L 9/00. Спосіб вимірювання тиску / М.Д. Кошовий, Т.М. Макарюк, Т.Г. Рожнова, В.О. Рожнова (Україна). – №U201400173; Заявл 13.01.2014; Опубл. 25.07.2014, Бюл. №14. – 2с.: іл.

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ЗВОРОТНІХ ВІДМОВ НАПІВПРОВІДНИКОВИХПРИЛАДІВ В УМОВАХ ДІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Кравченко В.І., Яковенко І.В.
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Доведено, що більшість існуючих методик визначення критеріїв незворотніх відмов не враховують ефекти змін робочих характеристик напівпровідникових приладів під дією стороннього випромінювання в умовах, коли межа критичної енергії не досягнута.

Проведено аналіз основних типів порушень працездатності електрорадіовиробів в умовах дії електромагнітного випромінювання – зворотніх та незворотніх відказів

Визначені кількісні параметри сторонніх електромагнітних полів, що є причиною появи незворотніх відказів напівпровідникових приладів, та приведені існуючі методики визначення кількісних характеристик електричної стійкості напівпровідникових приладів – критичної енергії пошкодження, що визначає межу їх працездатності.

Запропонована фізична модель появи зворотніх відмов (без втрати працездатності) напівпровідникових приладів в умовах, коли дія стороннього випромінювання приводить до відхилення їх робочих (вольт – амперних) характеристик (В А Х) від норми. Причиною появи таких змін характеристик є процеси трансформації енергії наведених зовнішнім випромінюванням струмів в енергію власних коливань напівпровідникових приладів (встановлення режиму генерації коливань).

В роботі розглядалися електромагнітні коливання, що існують на межі розподілу середовищ, які відрізняються електромагнітними властивостями – поверхневі поляритони (хвилі Фано). При цьому використовувалися рівняння електродинаміки: рівняння Максвела, матеріальні рівняння та граничні умови, за допомогою яких визначаються закони дисперсії поверхневих електромагнітних коливань. Спектр поверхневих поляритонів визначався в умовах наближення холодної плазми та відсутності їх зіткнувального затухання.

Для знаходження механізму згасання поверхневих плазмонів, обумовленого їх взаємодією з електронами провідності на межі розподілу середовищ, застосовувалися рівняння електродинаміки в умовах нехтування ефектами запізнювання. Це пов'язано з тим, що швидкість носіїв заряду відносно швидкості світла мала. Для знаходження матеріального рівняння застосовувалось кінетичне рівняння для електронів з самоузгодженим полем. Задача розв'язувалася в умовах слабкої просторової дисперсії, коли глибина проникнення поля поверхневого коливання перевищує дебаєвський радіус електронів плазми.

Для розкриття механізму беззіткнувального згасання поверхневих плазмонів в роботі застосовано поняття хвилі Ван – Кампена (ХВК). У

попередніх роботах припускалось , що це згасання аналогічно згасанню Ландау в безмежному середовищі. При цьому поле поверхневої хвилі в умовах дзеркального відбиття електронів від межі розподілу подавалося у вигляді набору просторових гармонік, що поширюються в безмежному середовищі. Згасання кожної гармоніки відбувалося внаслідок черенковського резонансу (рівності швидкості частинки та фазової швидкості гармоніки). Повне згасання поверхневих коливань є наслідком підсумовування згасання просторових гармонік. При цьому підході роль межі виявляється тільки у формуванні поверхневих хвиль. Такий метод використовується, як правило, в умовах дзеркального відбиття електронів від межі. На межі розподілу середовищ виникає перетворення поверхневих коливань у ХВК, які поширюються вглиб середовища.

Розглянуто механізми взаємодії поверхневих електроакустичних хвиль та електронів на межі плазмове середовище – п’єзоелектрик. Показано, що беззіткнувальне згасання поверхневих коливань обумовлено перетворенням їх енергії в енергію ХВК. Одержано вираз дисперсійного рівняння для пов’язаних електроакустичних та плазмових коливань, а також вираз для його декремента, виявлено умови виникнення резонансу, при якому на межі виникає поверхнева плазмово-акустична хвиля, аналогічна хвилі на межі п’єзонапівпровідник − вакуум.

Механізми беззіткнувального згасання поверхневих коливань, що базуються на застосуванні ХВК, обмежено класичним наближенням. Разом з тим, останнім часом в різних галузях радіофізики все більше застосовують структури з великою концентрацією носіїв, де виконуються умови квантового наближення. До них належать: напівпровідникові гратки, 2D електронні системи, структури МДН, тонкі металеві плівки.

Режим генерації у напівпровідникових приладах виникає на ділянках прямого струму вольт-амперних характеристик, що мають негативний опір. У цьому випадку, зростання струму супроводжується падінням напруги.

У режимі генерації, наведений струм (потік електронів, наведених зовнішнім випромінюванням) втрачає частку своєї енергії на збудження електромагнітних коливань напівпровідникових структур.

В якості енергетичного критерію оцінки електричної стійкості напівпровідникових приладів в галузі зворотних відказів в роботі запропоновано величину енергії випромінювання електромагнітних коливань напівпровідникових приладів, яка визначає ступінь відхилення вольт-амперних характеристик напівпровідникових приладів від норми в умовах дії стороннього випромінювання.

ВПЛИВ ЧЕРЕНКОВСЬКОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЕЛЕКТРОРАДІОВИРОБІВ В УМОВАХ ДІЇ СТОРОННІХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ФАКТОРІВ

Кравченко В.І., Яковенко І.В.
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

В роботі розглядається взаємодія наведених зовнішнім випромінюванням потік електронів з власними поверхневими коливаннями напівпровідникових структури , коли вектор напруги зовнішнього електричного поля та наведений полем струм спрямовані вздовж межі структури, а сама структура оточена напівобмеженими діелектричними середовищами**.**

Отримані аналітичні рішення задач взаємодії струмів, наведених зовнішнім електромагнітним випромінюванням, з власними електромагнітними коливаннями структур, що комплектують напівпровідникові прилади, в умовах режиму нестійкості (генерації) коливань.

Визначені розрахункові співвідношення для кількісних характеристик зворотних відказів (ступеню відхилення ВАХ від норми) напівпровідникових приладів в залежності від параметрів зовнішнього електромагнітного випромінювання та фізичних якостей матеріалів, комплектуючих прилади.

Внаслідок резонансної взаємодії, в умовах, коли фазова швидкість заряджених частинок наведеного струму дорівнює фазовій швидкості електромагнітних коливань напівпровідникової структури (умови випромінювання Вавілова – Черенкова) реалізується механізм трансформації енергії наведеного струму в енергію коливань. Таким чином, при проходженні потоку заряджених частинок вздовж напівпровідникової структури проходить процес перетворення енергіїї зарядів в енергію власних (поверхневих) коливань.

В роботі розглядалися можливості перетворення енергії поверхневих коливань в енергію хвиль Ван − Кампена (ХВК) в умовах, коли на межі має місце дифузне відбиття електронів. Задача розв'язувалася в класичному наближенні в умовах слабкої просторової дисперсії. Для одержання матеріального рівняння застосовувалося кінетичне рівняння. Його розв'язок дозволяв отримати зв'язок між полем поверхневої хвилі та ХВК за допомогою додаткових умов дифузного відбиття електронів на межі. В роботі одержано вираз для декремента поверхневих плазмонів в умовах дифузного відбиття електронів від межі напівпровідник – вакуум у випадках максвелівського розподілу електронів та виродженого електронного газу.

Проведені в роботі дослідження визначають механізми беззіткнувального згасання поверхневих плазмонів внаслідок їх взаємодії з електронами середовища в діапазоні електронних температур, включаючи квантову межу.

В роботі визначено механізм беззіткнувального згасання поверхневих плазмонів на межі провідних середовищ. Знайдено декременти коливань в квантовому та класичному наближеннях.

При проходженні через провідну пластину моноенергетичного потоку нестійкості виникають в залежності від параметрів потоку та твердотільної структури.

Показано, що інкремент нестійкостей у гідродинамічному наближенні значно перевищує інкременти кінетичних нестійкостей. В той же час в умовах, коли довжина напівпровідникової пластини значно менша довжини хвилі, нестійкість власних коливань структури виникає тільки в умовах квантового наближення.

Досліджено взаємодію власних електростатичних коливань періодичного неоднорідного плазмового середовища з моноенергетичним потоком заряджених частинок. Властивості пучка та нерухомого плазмового середовища визначалися рівняннями гідродинаміки. Показано, що наявність періодичності структури обумовлює зв'язок між власними коливаннями потоку – хвилями просторового заряду та плазмовими коливаннями структури.

Було одержано дисперсійне рівняння для системи поток заряджених частинок – напівпровідникова надгратка в умовах, коли частинки потоку проходять крізь середовище з постійною швидкістю. Знайдено власні частоти коливань, сформульовано умови розвитку нестійкостей та отримано вирази для різних окремих випадків.

З практичної точки зору в роботі вирішено важливе питання про можливість збудження поверхневих коливань в умовах резонансної взаємодії хвиль та частинок, коли потік електронів та періодична структура розділені у просторі.

В роботі були проведені кількісні оцінки втрат енергії наведених струмів на збудження поверхневих коливань. Величина енергії випромінювання власних коливань напівпровідникових приладів (кількісна характеристика зворотних відмов) складає $10^{-7} - 10^{-8}$ *Дж* та знаходиться в межах сучасних приймачів НВЧ − випромінювання.

Вибір поверхневих коливань в якості каналу трансформації енергії струмів не є випадковим – цей тип коливань локалізовано поблизу межі напівпровідникового приладу, що визначає ефективність їх взаємодії зі струмами, наведеними зовнішнім випромінюванням.

ВИЗНАЧЕННЯ БАЛІСТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПОСТРІЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАЗЕРНОГО ДОППЛЕРІВСЬКОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ РУХУ МЕТАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТУ

Крюков О.М., Мудрик В.Г.
Національна академія Національної гвардії України,
пл. Повстання, 3, м. Харків, Україна

Важливу роль при проектуванні, модернізації та оцінці стану стрілецької зброї і боєприпасів відіграють дані про балістичні елементи пострілу – залежності зміни тиску $P(t)$ порохових газів та швидкості $V(t)$ метального елементу в функції часу його руху в каналі ствола [1]. Між функціями $V(t)$ і $P(t)$ існує аналітична залежність, яка дозволяє переходити від однієї характеристики до іншої.

Одним із способів визначення балістичних елементів пострілу є їх експериментальне отримання шляхом вимірювання миттєвих значень тиску порохових газів або швидкості руху метального елементу. Відомі методи і засоби вимірювання тиску порохових газів в каналі ствола передбачають врізання датчику тиску в ствол [2, 3], тому суттєвим недоліком такого підходу є незворотне руйнування зразка зброї. Неруйнівний контроль стану стрілецької зброї і боєприпасів може бути реалізований на основі вимірювання швидкості руху метального елементу.

В основу засобу вимірювання швидкості руху метального елементу в каналі ствола доцільно покласти оптичний диференційний допплерівський метод, який є безконтактним та дистанційним, а також характеризується високою потенційною точністю вимірювання.

Для побудови засобу вимірювання швидкості руху метального елементу в каналі ствола застосовується оптична схема (рис. 1), що реалізує подвійний диференційний метод лазерної допплерівської анемометрії [4]. Високе значення відношення «сигнал/завада» досягається за рахунок відбиття більшої частини потужності зондувальних променів в напряму, зворотному до напряму їх падіння, шляхом закріплення світлоповертаючого покриття на фронтальній поверхні метального елементу.

Метод вимірювання полягає в виділенні та реєстрації допплерівського зсуву частот між двома хвилями когерентного лазерного випромінювання, які направляються на метальний елемент під різними малими кутами α і β до поздовжньої вісі каналу ствола. Відбите випромінювання містить чотири хвилі, які внаслідок інтерференції створюють сигнал з різницевою частотою, яка несе інформацію про швидкість руху метального елементу [4]. Неперервна реєстрація різницевої частоти за час, протягом якого тривають перший та другий періоди пострілу, дозволить отримувати масиви $V_i, i = \overline{1,n}$ миттєвих значень швидкості. Допплерівський зсув частот Δf залежить від кутів зондування α і β, миттєвого значення V швидкості руху метального елементу, частоти f

лазерного випромінювання і швидкості c розповсюдження електромагнітних коливань у середовищі:

$$\Delta f = \frac{2 f V}{c}(\cos\alpha - \cos\beta).$$

Особливістю даного методу є можливість вимірювання миттєвих значень швидкості руху метального елементу навіть за наявності просторової неузгодженості зондувальних променів на світлоповертаючому покритті.

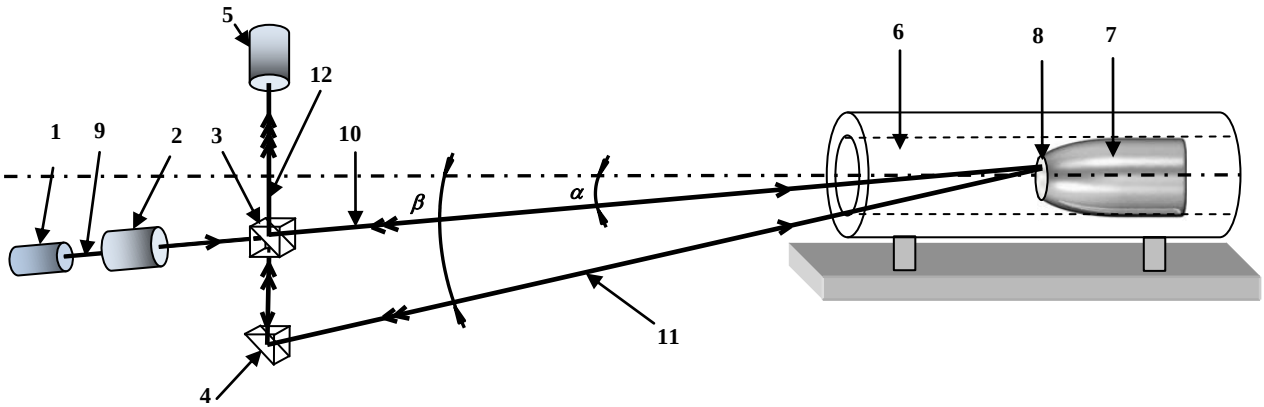


Рисунок 1 – Засіб вимірювання швидкості руху метального елементу в каналі ствола

1 − лазер; 2 − коліматор; 3 − світлоподільна прямокутна призма; 4 − відбивач; 5 − фотоприймач; 6 − канал ствола; 7 − метальний елемент; 8 − світлоповертаюча поверхня, що нанесена на метальний елемент; 9 – первинний лазерний промінь; 10, 11 − зондувальні промені; 12 − випромінювання, що є результатом інтерференції чотирьох відбитих від світлоповертаючого покриття променів

Можна побачити, що схема, представлена на рис. 1, являє собою інтерферометр Майкельсона, який сам настроюється за рахунок ефекту світлоповернення. Це дозволяє реалізувати стабільну реєстрацію фотоструму відомими методами і засобами.

Список літератури

1. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика / М.Е. Серебряков – М.: Оборониздат ГИОП, 1949. – 469 с.

2. Белобрагин В. А. Баллистическое оружие Ижевска / Белобрагин В. А. // Российский оружейный журнал «Калашников». – 2003. − № 2. − С. 12-17.

3. Крюков О.М. Дослідна установка для вимірювання миттєвих значень тиску в каналах стволів стрілецької зброї та артилерійських систем / Крюков О.М., Александров О.А. // Метрологія та прилади. – 2011.– № 4.– С. 62-67.

4. Доля Г.Н. Дифференциальная лазерная доплеровская анемометрия объектов со световозвращающей поверхностью / А.М. Крюков, Г.Н. Доля, В.Г. Мудрик // Прикладная радиоэлектроника. − 2013. – Том 12. – № 3. – С. 436-441.

СИСТЕМА РАДІОЧАСТОТНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ТВАРИН ДЛЯ СТІЙЛОВОЇ ДОЇЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

КулаковП.І.[1)], Гнесь Т.В.[2)]

[1)] Вінницький національний технічний університет, доцент каф. МПА, вул. Першотравнева 53,кв. 14, м. Вінниця, kulakovpi@gmail.com.

[2)]Вінницький національний технічний університет, аспірант каф. МПА, вул. Шевченка 40,кв. 17, м. Вінниця, tata-1990@mail.ru.

Сучасні системи автоматичного управління технологічними процесами у доїльно-молочних відділеннях тваринницьких ферм забезпечують можливість відслідковувати розвиток кожної тварини і керувати процесом її утримання. Це забезпечується відповідними інформаційно-вимірювальними системами зоотехнічних параметрів тварин, які входять до складу вищевказаних систем автоматичного управління. Такі ж інформаційно-вимірювальні системи обов'язково мають спеціалізовані засоби ідентифікації тварин, за допомогою яких встановлюється їх індивідуальний номер у стаді, після чого здійснюється вимірювання зоотехнічних параметрів.

В теперішній час використовуються суб'єктивні засоби ідентифікації, засоби ідентифікації на основі сканування сітківки ока, засоби ідентифікації з використанням активних транспондерів з інфрачервоним інтерфейсом, радіочастотні засоби ідентифікації з використанням пасивних та активних транспондерів. Найбільш розповсюдженими у теперішній час є радіочастотні засоби ідентифікації тварин з пасивними транспондерами, принцип дії яких заснований на зчитуванні унікального цифрового коду з транспондера, який певним чином встановлюється на тварині [1-3]. Зчитування цього цифрового коду здійснюється за допомогою спеціального зчитувача, а взаємодія зчитувача та транспондера здійснюється безконтактно, за допомогою радіозв'язку [4]. Радіочастотна ідентифікація, внаслідок радіопрозорості конструктивних елементів доїльної установки, шкіри та тканин тварини, може здійснюватись під час процесу підготовки тварини до доїння, під час доїння, або під час руху тварин [5-6].

При прив'язному утриманні тварин використовуються стійлові доїльні установки, на яких радіочастотна ідентифікація застосовується відносно рідко. На таких установках здебільшого використовують суб'єктивну ідентифікацію, або не здійснюють ідентифікацію тварин взагалі. Існує технічне рішення, при якому кожний блок управління процесом доїння обладнаний зчитувачем, і перед початком підготовки тварини до доїння дояр вручну наближає його до транспондера, який розташований на задній нозі тварини [7]. Таке рішення збільшує трудомісткість роботи дояра та ускладнює його роботу.

Для забезпечення максимальної продуктивності стійлової доїльної установки дояр повинен дотримуватись встановленого регламентом алгоритму роботи, тобто доїння тварин повинно відбуватись у певній послідовності у відповідності з номерами стійлових місць. На практиці, персонал доїльно-молочного відділення дуже часто не дотримується регламенту, внаслідок чого

знижується продуктивність установки та ефективність роботи ферми.Тому, для усунення вищевказаних проблем і недоліків, пропонується система радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної установки, яка входитиме до складу інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин та параметрів технологічного процесу отримання молока та новий спосіб автоматичної радіочастотної ідентифікації.

При реалізації запропонованої системи радіочастотної ідентифікації, транспондери розташовані не на тваринах, а на місцях встановлення переносних блоків управління процесом доїння. Внаслідок такого технічного рішення мінімізується участь дояра в процесі ідентифікації та забезпечується примусове виконання ним регламенту доїння та експлуатації доїльної установки. Окрім того, при зміні структури або складу доїльної групи не виникає необхідності у корегуванні бази даних тварин, а здійснюється лише зміна місця розташування транспондерів. Також, на протязі доїння, блок управління процесом доїння здійснює вимірювання ряду зоотехнічних параметрів тварин, до яких відноситься удій, середня електропровідність молока, електропровідність у кожній чверті вимені, прозорість молока, інтенсивність молоковиділення, тривалість доїння, тривалість латентного періоду, інтенсивність молочного потоку на інтервалі з початку доїння до 30 с після початку доїння, на інтервалі з 30 до 60 с після початку доїння, на інтервалі з 60 до 90 с після початку доїння, миттєве значення інтенсивності молочного потоку. Усі результати вимірювання після закінчення доїння передаються до серверу інформаційно-вимірювальної системи зоотехнічних параметрів тварин.

Впровадження запропонованої системи радіочастотної ідентифікації дасть змогу підвищити ефективність та продуктивність доїльної установки.

Список літератури

1. AIMI. 1998. Radio Frequency Identification RFID− a basic primer. AIM International, Inc. white paper. Document version: 1.1.

2. Babot D. Comparison of visual and electronic identification devices in pigs: On-farm performances/ D.Babot, , M. Hernández-Jover, G. Caja, C. Santamarina, J. J. Ghirardi // J. Anim. Sci.− 2006. −84:2575-2581.

3. Domdouzis K. Radio-frequency identification (RFID) applications: A brief introduction Adv. /K.Domdouzis, B. Kumar, C. Anumba // Engineering Informatics. – 2007. − 21:350-355.

4. RFID Journal. – URL:http://www.rfidjournal.com.

5. ISO 11784/85.Radio frequency identification of animals. – URL:http://www.iso.org.

6. Allflex Electronic ID. – URL:http://www.allflexusa.com.

7. Технологии и оборудование для животноводства ВАТ "Брацлав", 2010.− 27 с.

СПІН-ВЕНТИЛЬНІ СТРУКТУРИ НА ОСНОВІ МУЛЬТИШАРІВ Co/Ni З ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЮ МАГНІТНОЮ АНІЗОТРОПІЄЮ ЯК ЕЛЕМЕНТИ СПІНТРОННИХ ПРИЛАДІВ

Литвиненко Я.М.[1)], Бібик В.В.[1)], Хаует Т.[2)]

[1)] Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, yarina.litvinenko@gmail.com

[2)]Institut Jean Lamour, Universite de Lorraine – CNRS UMR 7198, Boulevard des Aiguillettes, BP 239, 54506 Vandoeuvre les Nancy Cedex, France

Активне дослідження надрешіток [Co/Ni]n протягом останніх 20 років насамперед викликане тим, що вони проявляють перпендикулярну магнітну анізотропію (ПМА) та мають незвичайні транспортні та магнітотранспортні характеристики [1]. Саме ці властивості роблять дані структури перспективними з точки зору їх використання для створення пам'яті нового покоління на основі перенесення спінового моменту (STT-MRAM). Як вже було показано раніше, перенесення спіну ефективне в текстурованих полікристалічних мультишарах Co/Ni [2,3], окрім цього було встановлено залежність ПМА та намагніченості від зміни товщини Сота Ni[4]. Так як вагомий вплив на ПМА здійснює якість інтерфейсів [5], то з метою кращого контролю над ними, як метод осадження зразків було використано молекулярно-променеву епітаксію. Плівкові структури осаджувалися на сапфірову підкладку в надвисокому вакуумі. Товщина шарів контролювалася протягом епітаксійного росту методом дифракції високоенергетичних електронів (RHEED). Повністю сформована спін-вентильна система мала наступну структуру:Al_2O_3 $(11\bar{2}0)$ / V (110) (5 нм) / Au (111) (3 МШ) / [Ni (3 МШ) / Co (1 МШ)]$_5$ / Au (5 нм) / [Ni (3 МШ) / Co (2.5 МШ)]$_3$, де МШ – моноатомний шар. Для дослідження магніторезистивних та магнітних властивостей зразків було використано систему PPMS Quantum Design та вібраційний магнітометр VSMLakeShore, відповідно.

На рисунку 1 показано магніторезистивні залежності (рис.1 а) для спін-вентилю [Co/Ni]$_5$/Au/[Co/Ni]$_3$при перпендикулярній орієнтації магнітного поля відносно площини зразка та нормований гістерезис (рис.1 б) при перпендикулярній та паралельній орієнтаціях магнітного поля. Петлі гістерезису демонструють типовий характер перемагнічування для структур з перпендикулярною магнітною анізотропією, тобто легке перемагнічування відбувається перпендикулярно площині зразка, а поле насичення B_S при перемагнічування в площині складає близько 2 Т, що приблизно на 80 % вище B_S при перпендикулярному перемагнічуванні. Окрім цього, гістерезис має сходинки, що свідчить про почергове та незалежне перемагнічування магнітом'якого та жорсткого шарів. Експериментальні результати магнітометрії та вимірювання магнітоопору добре узгоджуються, зокрема магніторезистивні залежності підтверджують почергове перемагнічування феромагнітних шарів, тим самим фіксуючи два значення коерцитивності – 13 і 31 мТл.

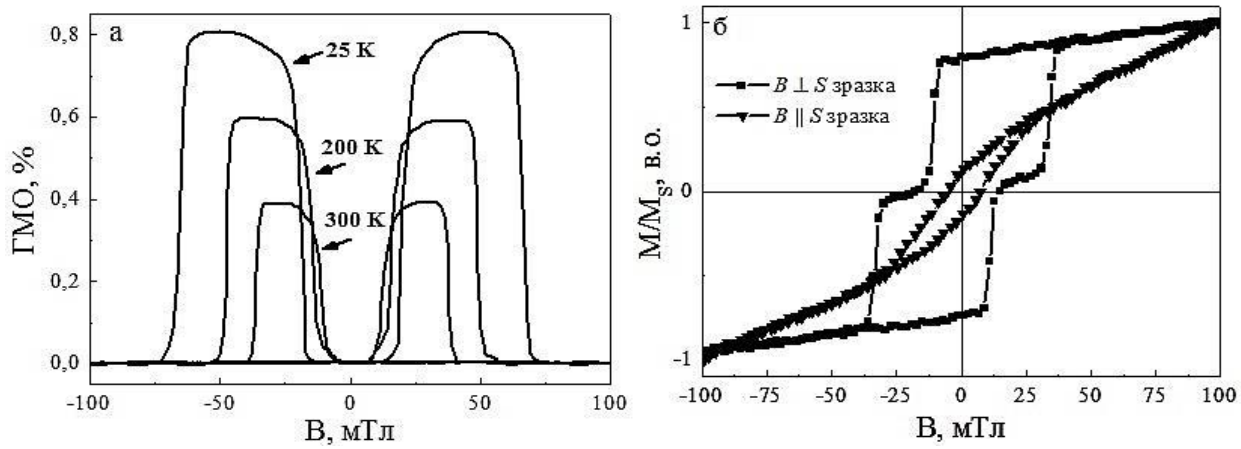


Рисунок1 − Магніторезистивні залежності для спін-вентилю $[Co/Ni]_5/Au/[Co/Ni]_3$ при перпендикулярній орієнтації магнітного поля відносно площини зразка (а). Нормований гістерезис M/M_S при перпендикулярній ($\perp$) та паралельній ($\parallel$) орієнтаціях магнітного поля(б)

Зі зниженням температури спостерігається не лише зростання величини ГМО (від 0,39 % при 300 К до 0,81 % при 10 К), а й значне підвищення коерцитивності B_C. Зокрема для магнітожорсткого шару в інтервалі температури 300 – 10 К відносна зміна B_C складає 115%. Підвищення значення магніторезистивного ефекту при низьких температурах в основному обумовлене зменшенням розсіювання електронів на фононах та зростанням ролі спін-залежного розсіювання. Відносно низьке значення ГМО скоріш за все пов’язано з явищем шунтування в шарі Au та зниженні ймовірності проходження спін-поляризованих електронів через нього.

Отримані нами результати досліджень спін-вентильних структур $[Co/Ni]_5/Au/[Co/Ni]_3$ з ПМА свідчать про їх перспективність з точки зору практичного використання в спінтронних приладах та системах.

Список літератури

1. Co/Ni (111) superlattices studied by microscopy, x-ray absorption, and ab initio calculations / M. Gottwald, S. Andrieu, F. Gimbert[et al.] // Physical Review B. – 2012. – No.86. – P. 014425.

2. Current-induced magnetization reversal in nanopillars with perpendicular anisotropy / S. Mangin, D. Ravelosona, J.A. Katine [et al.] // Nature Materials. − 2006. – Vol.5. – P. 210-215.

3. Threshold currents to move domain walls in films with perpendicular anisotropy /D. Ravelosona, S. Mangin, J. A. Katine [et al.] // Applied Physics Letters. – 2007. – No.90. – P. 072508-1– 072508-3.

4. DaalderopG. H. O. Prediction and confirmation of perpendicular magnetic anisotropy in Co/Ni multilayers / G. H. O. Daalderop, P. J. Kelly, F. J. A. den Broeder // Physical Review Letters. – 1992. – Vol. 68, No. 3. – P.682–685.

5. Strong perpendicular magnetic anisotropy in Ni/Co(111) single crystal superlattices /S. Girod, M. Gottwald, S. Andrieu [et al.] // Applied Physics Letters. – 2009. – Vol.94. – P. 262504.

РАЗРАБОТКА РАЗМАГНИЧИВАЮЩЕЙ УСТАНОВКИ ПРИ КОНТРОЛЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Львов С.Г., Авраменко А.А., Гармаш А.С.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, lsg2@rambler.ru

Размагничивание ферромагнитных образцов из магнитомягких материалов является важным процессом, позволяющим решить ряд задач. С одной стороны, после изготовления деталей остаточный магнетизм может нарушить правильность работы устройства, в которое входят детали из таких материалов, а с другой – исказить результаты определения магнитных свойств материала изделия либо будут препятствовать получению однозначных результатов при дефектоскопии этих изделий. Поэтому перед сборкой аппаратов, измерением магнитных характеристик либо перед проведением дефектоскопического контроля ферромагнетик необходимо выполнить размагничивание объекта. Известны два основных способа размагничивания ферромагнитных изделий [1]. Первый из них состоит в нагреве объекта выше точки Кюри с последующим охлаждением в отсутствии внешнего поля. Этот способ является не всегда приемлемым, так как может привести к изменению состояния изделия. Второй способ размагничивания заключается в циклическом перемагничивании образца в магнитном поле с убывающей от некоторого максимального значения до нуля амплитудой.

Для правильного проведения размагничивания важна не только максимальная амплитуда напряженности размагничивающего поля, определяемая материалом ферромагнетика, но также частота размагничивающего поля и время, в течение которого проходит процесс размагничивания. Особенно важен последний фактор для сплавов с высокой проницаемостью. Опыт показывает, что быстрое проведение процесса размагничивания не дает нужного эффекта, так как при этом всегда наблюдается некоторая величина остаточного магнетизма. Частота изменения поля должна быть выбрана такой, чтобы было обеспечено полное промагничивание размагничиваемого образца. Увеличение толщины размагничиваемого образца требует увеличения продолжительности размагничивания и уменьшения частоты размагничивающего поля.

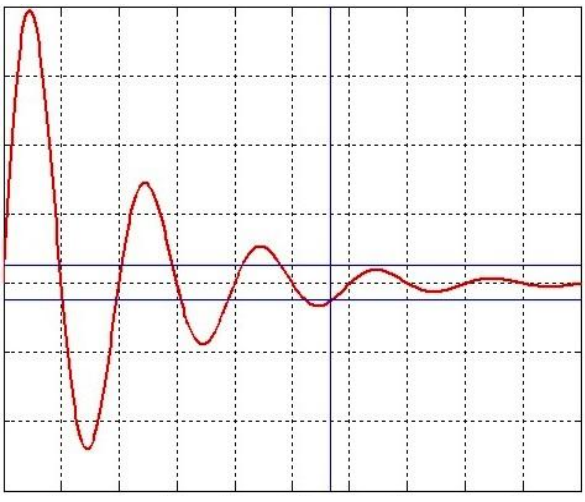


Рисунок 1 – Выходной ток

Таким образом, при построении установки для размагничивания изделий толщиной (радиусом) более 10 мм, необходим источник переменного тока с частотой в единицы герц и амплитудой, плавно уменьшающейся от максимального значения до нуля за регулируемый промежуток времени, в зависимости от выбранного режима размагничивания, рис.1.

На рис. 2 приведена структурная схема размагничивающей установки, состоящая из низкочастотного генератора (частота 1 Гц), блока плавного уменьшения амплитуды сигнала (генератор импульсов, счетчик и ЦАП), усилителя мощности [2,3] и индуктора, в который помещается изделие, требующее размагничивания.

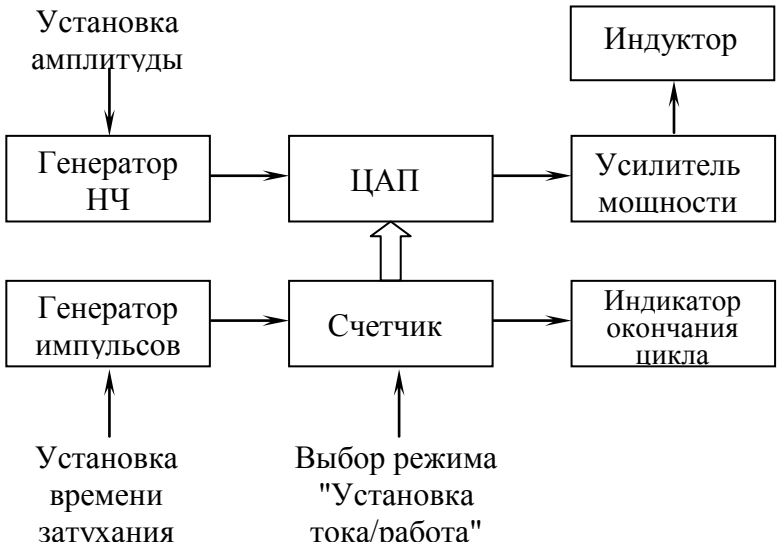


Рисунок 2 – Структурная схема

Работа установки происходит следующим образом. Оператор переводит установку в режим установки тока и, регулируя выходное напряжение генератора НЧ, задает начальное (максимальное) значение выходного тока в зависимости от подключенного индуктора и образца. Изменяя частоту генератора импульсов, устанавливают время размагничивания. Затем установка переводится в режим работы. Сигнал с НЧ генератора поступает на вход опорного напряжения ЦАП. Код, поступающий на ЦАП, формируется генератором импульсов, счетчиком и инверторами, что позволяет получить убывающее во времени выходное напряжение. Полученное таким образом выходное напряжение ЦАП поступает на усилитель мощности, обеспечивающий заданный выходной ток в индукторе. По окончании цикла размагничивания зажигается соответствующий индикатор. Переключением режима "Установка тока/работа" можно повторить цикл с заданными параметрами либо установить другие значения выходного тока и времени затухания. Разработанная установка позволяет регулировать выходной ток от 0 до 10А и время размагничивания от 0,5 до 5 минут и подключать различные индукторы в зависимости от геометрии изделий.

Список литературы

1. Кифер И.И. Испытания ферромагнитных материалов / И.И. Кифер. – Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 544 с.

2. Титце У. Полупроводниковая схемотехника: [Справочное руководство] / У.Титце, К. Шенк. – М.: Мир, 1982.–512 с.

3. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах / В.С. Гутников. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 304 с.

БІОМЕТРИЧНИЙ МОНІТОРИНГ СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Мещанінов С.К., Трикіло А.І., Копитова К.А.
Дніпродзержинський державний технічний університет,
вул. Дніпробудівська, 2, м. Дніпродзержинськ, 51918,
sergey.meshaninov@mail.ru, trukilo@yandex.ru, kopytova@ukr.net

На сьогоднішній день все гостріше постає питання діагностики стану здоров'я людини вдома. Розробка системи біометричного моніторингу, обробка отриманих даних та занесення параметрів в бази даних електронної картки для діагностування стану здоров`я людини є актуальною.

Необхідно підвищити контроль за біометричними параметрами стану здоров'я організму людини для діагностики її психофізіологічного стану та, в разі необхідності, надання невідкладної допомоги. Створення інформативних баз даних біометричного моніторингу стану здоров'я людини дозволить домашньому лікарю отримати інформацію, яка накопичувалась в базі даних електронної картки впродовж певного періоду часу, та своєчасно відреагувати на погіршення стану пацієнта і прийняти відповідні міри. Аналіз та синтез комплексу антропометричних, фізіологічних та психологічних параметрів стану здоров'я організму людини дозволить виділити індивідуальну базу важливих біометричних параметрів показника здоров'я. Натільні чутливі датчики передають виміряні інформативні показники стану здоров'я до бази даних реєстраційної картки людини, які оброблюються вбудованими програмними продуктами в мобільному пристрої пацієнта. Виміряні інформаційні дані накопичуються протягом всього часу реєстрації, на базі яких будується модель стану здоров'я, яка, в свою чергу, враховує впливи навколишнього середовища та психофізіологічний стан людини з метою постійного контролю погіршення самопочуття людини від нормального стану.

Електронна картка призначена для моніторингу домашнім лікарем психофізіологічних параметрів стану здоров'я організму людини та їх відхилення від норми. Для розробки індивідуальних електронних карток пацієнта необхідно дослідити методи отримання інформативних біометричних параметрів здоров'я людини з використанням медичних сенсорів та пристроїв електронної системи моніторингу стану здоров'я людини. Для мобільної діагностики домашній лікар використовує дані, які були отримані біометричними сенсорами, що дозволяють в реальному масштабі часу послідовно оцінювати стан здоров'я людини і отримати скарги пацієнта на погіршення самопочуття. Домашній лікар через електронну картку, яка вміщує історію хвороби пацієнта та рекомендоване лікування з інформативною базою даних про стан здоров'я організму людини протягом певного часу, призначає ліки та процедури, щодо поліпшення стану здоров'я людини. Встановлена на мобільному пристрої програма включає функцію нагадування людині розклад вживання призначених ліків. Використання вбудованої в мобільний телефон системи рекомендацій домашнього лікаря спростить процедуру розрахунку часу прийому ліків та виконання рекомендованих домашнім лікарем процедур.

Після обґрунтування набору інформативних параметрів баз даних діагностики стану здоров'я людини застосовуємо математичні методи обробки біометричної інформації та виявлення їх взаємовідношень. Результатом є розробка інформаційно-базової моделі діагностики стану здоров'я людини, яка вміщує критерії оцінки стану здоров'я людини електронною системою біометричного моніторингу. Слід зауважити, що зібрані та оброблені біометричні дані для електронної картки пацієнта зберігаються в мобільному пристрої пацієнта та передаються домашньому лікарю. Діагностичні системи дають можливість накопичувати інформативну базу даних окремо для кожного пацієнта та відіграють важливу роль в системі сучасного лікування та діагностики захворювань і життєзабезпечення. Наприклад, передача через електронну картку електрокардіограми пацієнта дозволить проаналізувати її за допомогою фахівця на відстані та отримати рекомендації щодо покращення самопочуття людини [1]. До того ж, використання можливості оперативного неінвазивного моніторингу рівня глюкози в крові без звернення до лабораторних методів дозволить відображати динаміку зміни її рівня в електронній картці пацієнта. Це, в свою чергу, дозволить оперативно враховувати фактори ризику, які сприяють розвитку діабету другого типу: надлишкова вага, малорухомий образ життя, неправильне харчування, похилий вік, підвищений артеріальний тиск та підвищений рівень холестерину в крові. Моніторинг цих факторів дозволить попередити розвиток цукрового діабету людини [2]. Існують методики експрес діагностики стану здоров'я людини в домашніх умовах, які в своїх розрахунках використовують заздалегіть виміряні антропометричні параметри, тиск та пульс в стані спокою та навантаження [3]. Результати експрес діагностики, за умов періодичного повтору вимірів, дозволять розширити інформативну базу електонної реєстраційної медичної картки пацієнта.

Таким чином, розроблена модель електронної реєстраційної медичної картки пацієнта дозволяє зберігати та накопичувати в реальному масштабі часу параметри інформативних баз даних біометричного моніторингу стану здоров'я людини.

Список літератури

1. Meshaninov S. Electronic System of Monitoring the Patients with Cardiovascular Pathology / Sergey Meshaninov // Computational problems of electrical engineering. – 2013. – Vol. 3, № 2. – P. 67 – 70. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/**CPoee** 2013_3_2_14.pdf

2. Трикило А.И. Исследование и математическое описание неинвазивного метода определения сахара в крови с применением компьютерных технологий / А.И. Трикило, И.С. Дубовик// Радиотехника. – 2011. – Вып.2. – С. 170 – 173. Режим доступу: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_ name=PDF/Znpddtu_2011_2_34.pdf

3. Express medical test – узнай свои возможности. Режим доступу: http://www.xmedtest.net/

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ФЕРРОМАГНИТНОГО ОБЪЕКТА КОНТРОЛЯ

Мирошников В.В. [1], Завальнюк О.П. [2]

[1] ***Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, кв. Молодежный, 20-а, г. Луганск, Украина, 91034, v.miroshnikov@mail.ru***

[2] ***Херсонская государственная морская академия, пр. Ушакова, 20, г. Херсон, Украина, 73000, olga-zavalnjuk@mail.ru***

Для оценки упругих напряжений достаточно широко применяются магнитные методы неразрушающего контроля (НК), которые базируются на взаимосвязи магнитных и механических характеристик ферромагнитных материалов. Одной из таких магнитных характеристик является остаточная намагниченность. Особенностью известных [1-3] зависимостей остаточной намагниченности M_r от механических напряжений является достаточно большой диапазон изменения M_r при переходе от растяжения к сжатию, поэтому данную зависимость эффективно использовать в целях НК механических напряжений, возникающих в каких-либо ферромагнитных объектах, находящихся в эксплуатации.

Особый интерес представляет получение универсальной математической модели взаимосвязи остаточной намагниченности и механических напряжений, действующих в ферромагнитных объектах контроля (ФОК), изготовленных из конструкционных сталей (машиностроительных, корпусных, строительных).

При построении математической модели, на практике в ходе проводимых экспериментальных измерений [4] выяснилось, что получаемые значения остаточной намагниченности зависят от многих факторов: механических напряжений, возникающих в стальной ферромагнитной конструкции в процессе эксплуатации, (σ); величины зазора между контролируемой поверхностью и измерительным преобразователем (δ); коэрцитивной силы материала ФОК (H_c); нормальной и тангенциальной составляющих вектора напряженности магнитного поля Земли, в зависимости от пространственной ориентации ФОК (H_r, H_x); геометрических размеров области контроля с учетом краевого эффекта (a, b, c).

Аппроксимирующую модель взаимосвязи остаточной намагниченности и рассмотренных выше параметров предлагается получить, с помощью математической теории планирования эксперимента [4]. Все основные требования согласно методу планирования эксперимента, к функции отклика (M_r) и рассмотренным выше факторам полностью удовлетворяются. Так требуется установить зависимость остаточной намагниченности M_r от трех выбранных на основе априорной информации наиболее значимых факторов: σ, H_c, δ. Зависимость $M_r(\sigma, H_c, \delta)$ можно аппроксимировать полиномом второй степени. Как правило, эксперимент проводится по программе центрального композиционного ротатабельного планирования второго порядка.

В результате полученная математическая модель адекватна данным эксперимента, что доказывает проверка адекватности уравнения регрессии по критерию Фишера [4]. Также выполнена и экспериментальная проверка адекватности аппроксимирующей модели взаимосвязи остаточной намагниченности и действующих механических напряжений путем деформации опытных образцов конструкционной стали растяжением на разрывной машине с последующим определением величины остаточной намагниченности [4]. Полученное универсальное математическое выражение позволяет численным методом определять по значениям остаточной намагниченности величину и знак действующих механических напряжений в каких-либо ФОК, находящихся в эксплуатации. Погрешность вычислений не превышает 10-12 %. Таким образом, варьируя наиболее значимые факторы: σ, H_c, δ, есть возможность определять значения M_r и анализировать состояние любого ФОК в реальном времени с высокой степенью достоверности. А измеряя напряженность магнитного поля на поверхности ФОК (например, феррозондовым магнитометром), можно переходить к остаточной намагниченности [5], по которой определять величину и знак действующих механических напряжений в ФОК в процессе его эксплуатации.

Список литературы

1. Кулеев В.Г. О возможности использования зависимости остаточной намагниченности от упругих напряжений для их неразрушающего контроля в стальных ферромагнитных конструкциях / В.Г. Кулеев, Г.В. Бида, Л.В. Атангулова // Дефектоскопия. – Екатеринбург: Российская академия наук, 2000. – №12. – С. 7-19.

2. Кулеев В.Г. Влияние растягивающих пластических деформаций на остаточную намагниченность и начальную проницаемость малоуглеродистых сталей / В.Г. Кулеев, Т.П. Царькова, А.П. Ничипурук // Дефектоскопия. – Екатеринбург: Российская академия наук, 2006. – №4. – С. 61-74.

3. Кулеев В.Г. Контроль остаточных сжимающих напряжений, вызванных пластической деформацией сталей, с помощью остаточной намагниченности / В.Г. Кулеев, Т.П. Царькова, М.С. Огнева, А.П. Ничипурук, А.Н. Сташков // Дефектоскопия. – Екатеринбург: Российская академия наук, 2013. – №12. – С. 53-60.

4. Miroshnikov Vadim. Model of the relationship of residual magnetization and the elastic stress of ship's hulls during cargo and ballast operations / Vadim Miroshnikov, Olga Zavalniuk, Vladimir Nesterenko // TEKA commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszów: Polish Academy of Sciences, 2013. − Vol. 13. − № 4. – P. 174-183.

5. Мирошников В.В. Исследование возможности контроля упругих напряжений по величине остаточной намагниченности металла / В.В. Мирошников, О.П. Завальнюк // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Електроенергетика та перетворювальна техніка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2013. – № 34 (1007). – С. 12-17.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ВИХРЕТОКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Мирошников В.В., Костин С.В., Дия Абдурауфф
Луганский университет имени Владимира Даля,
кв. Молодежный, 20А, г. Луганск, Украина, 91034, kafedra-prilad@ukr.net

Разработанные теоретические основы вихретокового метода контроля [1,2,3] не позволяют рассчитать и спроектировать вихретоковый преобразователь с наперед заданными свойствами. Несовершенство методов расчета вихретоковых преобразователей хорошо видно, например, при расчете глубины проникновения электромагнитной волны и, следовательно, выявления глубинных дефектов. Как показывают экспериментальные исследования, удается выявлять подповерхностные дефекты на глубине залегания, где по теоретическим расчетам электромагнитная волна должна полностью затухнуть. При этом нет конкретных данных, какая должна быть минимальная плотность вихревых токов в объекте контроля, чтобы с необходимой достоверностью выявлять тот или иной дефект. Разрабатываемые вихретоковые дефектоскопы проходят испытания на контрольных образцах, на которых имитировать локальный подповерхностный дефект практически невозможно, а тем более залегающий на различных глубинах. Таким образом, можно констатировать, что в настоящее время отсутствует эффективная экспериментальная модель, позволяющая подтверждать теоретические расчеты взаимодействия электромагнитного поля вихретокового преобразователя с объектом контроля и, как следствие, эффективность преобразователя, разработанного согласно данной теории.

Для исследования характеристик вихретоковых преобразователей разработана имитационная модель для проверки вихретоковых преобразователей (рис. 1).

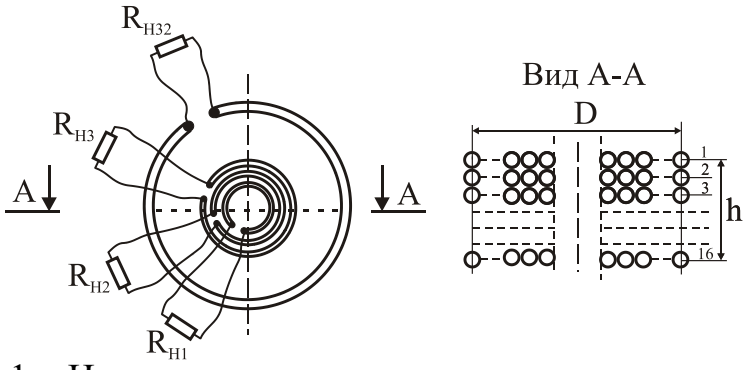


Рисунок 1 − Имитационная модель для проверки вихретоковых преобразователей

Модель состоит из витков, собранных в спиральную катушку. Каждый виток спиральной катушки имеет свое нагрузочное сопротивление. Спиральные катушки собираются в многослойный блок, высота которого h определяется толщиной контролируемого объекта. Число витков спиральной катушки выбирается из расчета, чтобы ее диаметр D как минимум в два раза превышал

диаметр вихретокового преобразователя. В качестве витков спиральной катушки нами был использован стальной и медный провод Ø 0,5 мм в эмалевой изоляции. В качестве отводов применялась витая пара из медного эмалированного провода Ø 0,05 мм, а в качестве нагрузочных резисторов – сопротивления С2-29 номиналом 100 Ом. Таким образом, была изготовлена модель, содержащая 32 измерительных витка в спиральной катушке, которые собраны в 16-ти слойный блок. Вихретоковый преобразователь устанавливается на поверхность модели с необходимым рабочим зазором. Через электронный коммутатор происходит опрос падения напряжения на нагрузочных резисторах с последующим построением графических зависимостей распределения напряжения по диаметру и глубине модели. Полученное значение напряжения каждого витка пересчитывается в ток и далее в плотность тока, которая повторяет с определенным коэффициентом плотность вихревых токов в реальном объекте. Таким образом, мы получаем функциональную зависимость распределения выихревых токов в области контроля послойно с учетом взаимного влияния слоев друг на друга. Имитация дефекта осуществляется путем увеличения сопротивления нагрузки вплоть до бесконечности (обрыв) одного или группы витков, тем самым определяется минимально возможный выявляемый дефект на заданной глубине.

Данная модель позволяет по отдельности тестировать как обмотку возбуждения, так и измерительную обмотку. При проверке измерительной обмотки на определенные витки модели подается различное напряжение, а на остальные напряжение, аналогичное создаваемому обмоткой возбуждения. Таким образом, оценивается чувствительность измерительной обмотки при наличии экранирующего действия и дополнительного поля верхних слоев обмотки модели.

Проведенные исследования показали высокую эффективность предложенной модели при исследовании работы накладных вихретоковых преобразователей. Сравнительные испытания преобразователей позволили получить количественную оценку их эффективности, определить амплитуду и частоту возбуждающего поля для достижения максимального выходного сигнала преобразователя при выявлении дефекта и определении его глубины залегания.

Список литературы

1. Дорофеев А.Л.Вихревые токи/Дорофеев А.Л. –М.: Энергия, 1977. –73 с.

2. Учанін В.М. Дослідження вихрострумових перетворювачів для виявлення дефектів зварних швів тонкостінних елементів космічних конструкцій / Учанін В.М., Тихий В.Г., Кириченко І.І. [та ін.] // Фізичні методи та засоби контролю середовищ матеріалів та виробів (серія), вип. 11: Електромагнітний, ультразвуковий та оптичний неруйнівний контроль матеріалів: Зб. наук. праць. – Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2006. – С. 123-126.

3. Хомяк Ю.В. Исследование модели накладного ортогонального вихретокового преобразователя / Г.М. Сучков, Ю.В. Хомяк, М.В. Добробаба // Вісник НТУ «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2011. – №19 – С. 113-126.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАМАГНИЧЕННОСТИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ФЕРРОМАГНИТНОЙ ОБЛАСТИ

Мирошников В.В., Торопов А.С., Хао Кайюй
Луганский университет имени Владимира Даля,
кв. Молодежный, 20А, г. Луганск, 91034, kafedra-prilad@ukr.net

Рассмотрим область контроля, состоящую из массивного ферромагнитного объекта контроля, на поверхности которого расположен щелевой дефект, размеры которого во много раз меньше ферромагнитного объекта. Данный ферромагнитный объект намагничивается внешним магнитным полем, создаваемым специальным намагничивающим устройством. Магнитное поле в системе создается как за счет источника поля, так и намагниченностью ферромагнитного объекта, поэтому расчет электромагнитных полей базируется на уравнениях Максвелла [1]:

$$\begin{cases} rot\overline{H} = \delta + \dfrac{d\overline{D}}{dt}; \quad rot\overline{E} = -\dfrac{d\overline{B}}{dt}; \quad \overline{\delta} = \gamma\overline{E} \\ div\overline{B} = 0; \quad div\overline{D} = \rho; \quad \overline{B} = \mu\overline{H}; \quad \overline{D} = \varepsilon\overline{E} \end{cases}. \qquad (1)$$

При намагничивании ферромагнитного объекта постоянным магнитным полем все производные по времени равны нулю и уравнение (1) преобразуется к виду: $rot\overline{H} = \overline{\delta}$; $div\overline{B} = 0$; $\overline{B} = \mu_0\overline{H}$; $\overline{B} = \mu_0(H + J)$, где J – вектор намагниченности, характеризующий способность ферромагнитной среды намагничиваться под воздействием внешнего поля. Определим напряженность магнитного поля внешнего источника намагничивания методом вторичных источников [2]. Этот метод позволяет рассматривать неоднородную среду как однородную за счет введения вторичных источников поля на границе раздела двух сред. Результирующая напряженность поля магнитной системы представляется в виде суммы: $H = H^I + H^{OK}$, где H^I – напряженность, созданная катушкой; H^{OK} – напряженность намагниченного ферромагнитного объекта.

Вводя на границе простой слой магнитных зарядов плотностью σ и заменяя исходную кусочно-однородную среду на однородную согласно [3], получим: $\sigma(Q) - \dfrac{1}{2\pi}\dfrac{\mu_r - 1}{\mu_r + 1}\oint\sigma(P)\dfrac{\cos(\overline{r}_{Qr}\overline{n}_Q)}{\overline{r}_{QP}^2}dS_p = 2\mu_0\dfrac{\mu_r - 1}{\mu_r + 1}H_n^I$, где P – точка истока, принадлежащая границе раздела двух сред; Q – точка наблюдения.

Как показано в [3], данное уравнение однозначно разрешимо. Однако, наблюдается плохая устойчивость решения к малым возмущениям правой части уравнения. Для улучшения сходимости уравнения введем регулирующую добавку: $\sigma(Q) - \dfrac{\lambda}{2\pi}\oint_S\sigma(P)\left[\dfrac{\cos(r_{QP}\cdot n_Q)}{r_{QP}^2} - \dfrac{1}{S}\oint_S\dfrac{\cos(r_{QP}\cdot n_Q)}{r_{QP}^2}dS_P\right]dS_P = 2\mu_0\lambda H_n^I$, где $\dfrac{\mu - \mu_0}{\mu + \mu_0}$;

$r_{QP} = \sqrt{(x_P - x_Q)^2 + (y_P - y_Q)^2 + (z_P - z_Q)^2}$.

Решая данное уравнение, получаем распределение фиктивных магнитных зарядов на границе раздела сред. Тогда поле заряда на поверхности S с

плотностью σ определяется: $H = -\frac{1}{4\pi\mu_0}\oint_S \frac{\sigma(P) r_{QP}}{r_{QP}^3} dS + H^I$, что позволяет определить для односвязных областей магнитное поле на поверхности ферромагнитного объекта простым интегрированием по поверхности. При намагничивании ферромагнитных объектов переменным полем система уравнений Максвелла легко сводится к системе уравнений Гельмгольца для комплексных векторов напряженности магнитного и электрического поля. Для ее решения требуется построение специфических математических моделей. Для численного расчета параметров электромагнитного поля введем один векторный и один скалярный фиктивный источник. Обозначим $i = n \cdot \dot{\bar{H}}$ – вектор плотности простого слоя электрического тока и $\sigma = n \cdot \dot{\bar{H}}$ – плотность простого слоя магнитных зарядов.

В результате получим полную систему сингулярных интегральных уравнений 2-го рода, к которой сводится краевая задача для поля $\dot{\bar{H}}$ [4].

$$\frac{\dot{\bar{i}}(Q)}{2} + \bar{n} \cdot \mathrm{rot} \oint_S \dot{\bar{i}}(P) \dot{g}_H \, dS_P + \bar{n} \cdot \mathrm{grad} \oint_S \frac{\dot{\sigma}(P)}{4\pi r_{QP}} dS_P = \bar{n} \cdot \overline{\dot{H}_B}(Q); \quad \frac{\dot{\bar{\sigma}}(Q)}{2} + \mu_r \bar{n} \cdot \mathrm{rot} \oint_S \dot{\bar{i}}(P) \dot{g}_H \, dS_P + \bar{n} \cdot \mathrm{grad} \oint_S \frac{\dot{\sigma}(P)}{4\pi r_{QP}} dS_P = \bar{n} \cdot \overline{\dot{H}_B}(Q),$$

где $\frac{1}{4\pi r}$ – функция Грина в вакууме; $\dot{g}_H = \frac{e^{-jkr_{QP}}}{4\pi r_{QP}}$ – фундаментальная функция Грина, определяющая поле точечного источника в проводящей среде; $\overline{\dot{H}_B}(Q)$ – напряженность поля, создаваемого намагничивающим устройством.

Решая данную систему уравнений, которая имеет единственное решение [3], определим напряженность поля вне проводящего объекта контроля:

$$\overline{\dot{H}_B}(Q) = -\frac{1}{4\pi} grad \oint_S \frac{\dot{\sigma}(P)}{r_{QP}} dS_P + \overline{\dot{H}_B} \cdot$$

Представленные интегральные уравнения позволяют рассчитать магнитное поле на поверхности любого ферромагнитного тела, намагничиваемого внешним источником постоянного или переменного магнитного поля. При этом на поверхности или внутри ферромагнитного тела может располагаться дефект, поле рассеяния которого рассчитывается исходя из поля на поверхности контролируемого объекта.

Список литературы

1. Зацепин Н.Н. Магнитная дефектоскопия / Зацепин Н.Н., Корисова Л.В. – Мн. : Наука и техника, 1981. – 208 с.

2. Коробейников И.Е. Выбор оптимальных размеров полюсов намагничивающего устройства / Коробейников И.Е., Коротков М.А. // Дефектоскопия. – 1973. − № 6. − С. 131-135.

3. Домашевский Б.Н., Рахимов В.Ф. Расчет параметров локальных намагничивающих устройств для магнитной дефектоскопии // Дефектоскопия. – 1983. − № 1. − С. 3-6.

4. Тарасенко О.В. К расчету магнитного потока в массивной ферромагнитной детали при ее локальном намагничивании / Тарасенко О.В. // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформації. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2004. – Вип. №2 (9). – С. 26-29.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АППАРАТУРНЫХ СПЕКТРОВ CdZnTe-ДЕТЕКТОРОВ

Мокрицкий В.А.[1)], Маслов О.В.[1)], Банзак О.В.[2)]
[1)]Одесский национальный политехнический университет, проспект Шевченко, 1, г.Одесса
[2)]Одесская государственная академия технического регулирования и качества, ул. Кузнечная, 15, г. Одесса, banzak@mail.ru

Детектор является определяющим элементом при построении системы в целом, так как он обуславливает выполнение таких требований, как качество измерений (энергетическое разрешение детектора должно позволять проводить идентификацию пиков полного поглощения гамма-излучения ПД) массогабаритные параметры (диаметр детектора не должен превышать 10 мм или иметь эквивалентные размеры в другом варианте исполнения), надежную эксплуатацию в реальных условиях на АЭС с обеспечением выполнения специальных требований при размещении блоков детектирования под водой.

Основными измерительными параметрами детектора, по которым оценивают его применимость в различных системах анализа и контроля, являются энергетическое разрешение, эффективность регистрации и аппаратурный спектр в целом.

Проведенный анализ разработки макета системы и применения детекторов в данной работе показал, что система контроля состояния ОЯТ должна базироваться на CdZnTe-детекторах.

Условие проведения контроля состояния ОЯТ в режиме реального времени накладывает на систему жесткие ограничения с точки зрения обеспечения спектрометрических измерений в полях высокой интенсивности. Для определения максимальной загрузочной способности макета системы с CdZnTe-детекторами исследованы аппаратурные спектры при измерении излучения образцовых источников ^{137}Cs на установке поверки дозиметров. Аппаратурный спектр характеризует все процессы преобразования энергии гамма-кванта в электрический сигнал в устройстве детектирования и дальнейшее преобразование информации [1].

Анализ аппаратурных спектров, полученных с помощью созданного макетного образца, позволяет сделать вывод, что система имеет уникальные возможности с точки зрения проведения спектрометрических измерений в полях высокой интенсивности. Обычно возможность спектрометрических измерений ограничивается мощностью дозы не более 0,5 Р/ч. По остальным характеристикам изготовленный макетный образец системы соответствует или даже превосходит детекторы своего класса. По многим характеристикам он не уступает традиционным, а по ряду характеристик превосходит их: возможность работы при температуре до 320К, небольшие размеры, линейность зависимости логарифма фотоэффективности от энергии и др. [2].

На основе CdZnTe-детекторов в данной работе был создан и испытан на Запорожской АЭС макет системы контроля выгорания ОЯТ в реальном времени.

Типичные гамма-спектры, полученные при различных значениях выгорания, обогащения и времени выдержки приведены на рисунках 1, 2.

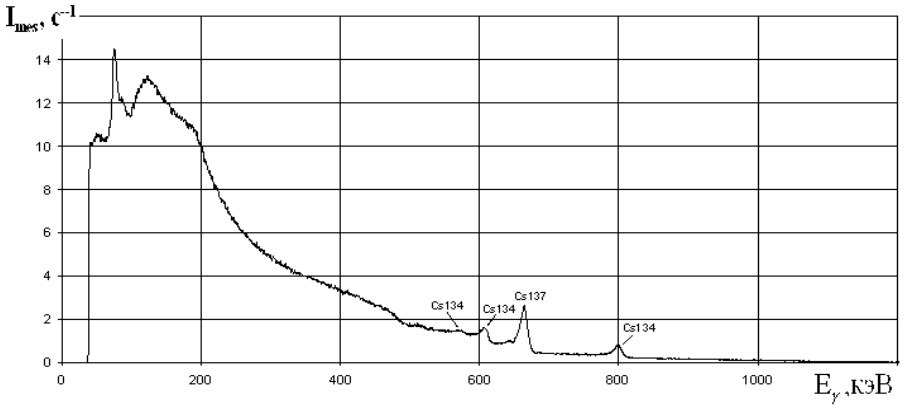


Рисунок 1 − Спектр излучения ОТВС Е0906 с выгоранием 43,41 МВт·сут/кг и выдержкой 5,8 лет

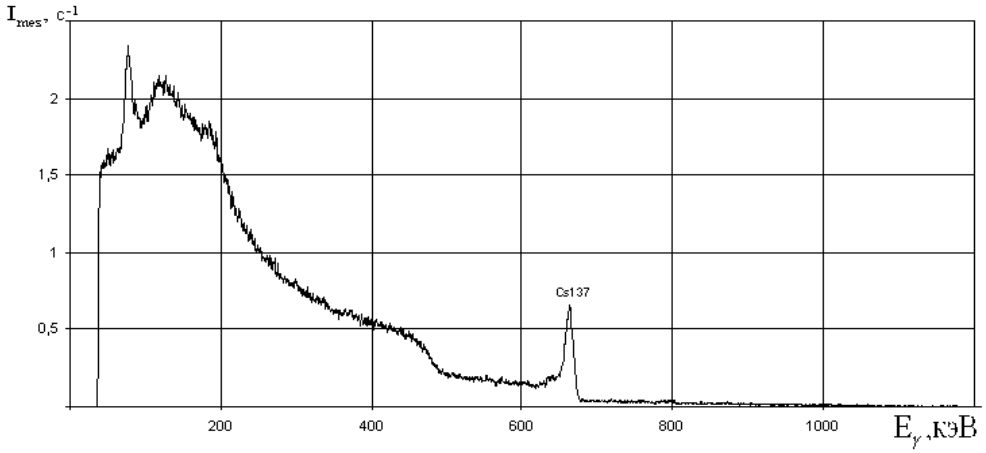


Рисунок 2 − Спектр излучения ОТВС А 0230 с выгоранием 13,45 МВт·сут/кг и выдержкой 13,16 лет

Представленные спектры позволяют сделать выводы: пики полного поглощения достаточно достоверно количественно обрабатываются для широкого диапазона времени выдержки и глубины выгорания для всех значений начального обогащения ядерного топлива.

Таким образом, экспериментальные исследования подтвердили эффективность выбора CdZnTe-детекторов.

Список литературы

1. Maslov O.V. CdZnTe dose rate probe / O.V. Maslov, L.L. Kalnev // 2nd International Conference on Current Problems in Nuclear Physics and Atomic Energy (NPAE-Kyiv2008). – Kyiv: 9 –15 June, 2008. – P. 769-771.

2. Маслов О.В. Конструкторско-технологические методы усовершенствования датчиков гамма-излучения на основе монокристаллов CdZnTe / О.В. Маслов, О.В. Банзак, А.В. Карпенко // Вісник інженерної академії України, 2012. – № 2. – С. 25-28.

ОДНОФАЗНЫЙ СЧЕТЧИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ КОНТРОЛЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ

Нестеренко О.Е., Харченко А.Л.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, 61002

Электричество – актуальная тема нашего времени. В повседневной жизни каждый так или иначе сталкивается с ним. Одним из самых важных компонентов рынка электроэнергии является его инструментальное обеспечение, которое представляет собой совокупность систем, приборов, устройств, каналов связи, алгоритмов и т. п. для контроля и управления параметрами энергопотребления. Базой формирования и развития инструментального обеспечения являются автоматизированные системы контроля и учета потребления электроэнергии. Самая главная задача на сегодняшний день является экономичное использование существующего электрического оборудования и разработка нового с улучшенными параметрами.

Измерения напряжения, тока, сопротивления и даже обычная проверка провода на обрыв или пригодность батарейки не обойдётся без использования измерительных приборов.

В счётчиках происходит преобразование аналоговых сигналов датчиков тока и напряжения в цифровые величины, на основании которых вычисляется мощность, потребляемая энергия и ряд других параметров. Все данные сохраняются в энергонезависимой памяти счётчиков.

Современные счетчики электроэнергии оснащены системами контроля несанкционированного доступа и защиты от хищения драгоценных киловатт, могут подключаться к АСКУЭ – автоматическим системам контроля и учета электроэнергии.

На сегодняшний день нередко требуется измерить одновременно ток, напряжение и мощность того или иного электрооборудования. Для решения этих задач существуют специальные приборы – ваттметры и универсальные вольт-ампер-фазометры, но такие приборы далеко не всегда показывают все параметры сразу.

Достаточно часто встречаются очень простые и дешёвые конструкции, например, электронный фазометр [1], но они очень узкоспециализированные (так фазометр измеряет только угол сдвига фаз между напряжением и током).

Фирма AnalogDevices предлагает целый спектр различных электроизмерительных микросхем, предназначенных для построения электросчётчиков и решения прочих электроизмерительных задач.

Фирма Atmel публикует в качестве одного из примеров использования МК AVR описание конструкции некоего счётчика электроэнергии на доступной элементной базе – МК AVR465 [2], который показывает потреблённую мощность на электромеханическом счётчике с колёсиками с цифрами (подобно бытовым счётчикам электроэнергии).

Микросхема AVR465 представляет собой однофазный измеритель параметров электрической сети с логикой детектирования изменения внешней схемы подключения. С него помощью можно измерить активную мощность, напряжение и ток воднофазной среде распространения. Он отличается от обычных однофазных счетчиков тем, что использует два датчика тока [3] для измерения активной мощности в реальном времени. Он позволяет обнаружить сигнал, и позволяет оценить его, учитывая даже внешние попытки несанкционированного доступа.

Любой сигнал перед измерением необходимо нормировать – т.е. привести его к допустимому диапазону и прочим параметрам используемого измерительного узла. Аппаратная часть счетчика электроэнергии состоит из блока питания, аналоговой передней части, микроконтроллера и интерфейса.

Прототип, построенный для сети 230 Ви10 А, показал погрешность менее 1%в динамическом диапазоне500:1. При аккуратной разработке печатной платы и в соответствии с рекомендациями, точность может быть увеличена. Прибор легко настраивается, чтобы соответствовать любым другим напряжениям и текущим настройкам.

Все измерения микроконтроллера осуществляются в цифровом виде и результаты измерений доступны в виде частотно-модулированных импульсных выходов и как текстовые значения, доступные через USART-интерфейс. Это позволяет использовать конструкцию в экономически эффективных приложениях, основанных на механических счетчиках. Кроме того, устройство легко помещает больше компьютеризированных приложений с такими функциями, как дистанционное считывание показаний(AMR), спрос записи и другие.

Достоинствами устройства являются: полная гальваническая развязка от сети, в которой производится измерение, возможность питания от любого источника (блока питания, батарейки, USB-порта компьютера и т.п.), широкий диапазон настроек, доступная элементная база, большой спектр измеряемых величин, возможность передачи результатов измерений в другие вычислительные системы (например, в персональный компьютер).

Измерители параметров электрических сетей позволяют измерять параметры сетей питания, как в промышленных зонах, так и сферах ЖКХ, бытовом секторе и прочих объектах народного хозяйства. Такие измерители обычно оснащены токовыми трансформаторами с защелкой, которая позволяет быстро и просто осуществлять монтаж измерителей. Приборы позволяют измерять в реальном времени такие параметры как напряжение, ток и мощность.

Список литературы

1. Бутаев В. Электронный фазометр / В. Бутаев // Радио.− 1990. – №5. – С. 56-58.

2. Atmel AVR465: Single-Phase Power/Energy Meter with Tamper Detection.

3. Современные промышленные датчики тока /Современная электроника. – 2004. − №10.

ОЦІНКА ПОХИБОК НЕЛІНІЙНОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З ДРОБОВО-РАЦІОНАЛЬНИМИ ФУНКЦІЯМИ ПЕРЕТВОРЕННЯ

Опришкіна М.І., Мацак О.В.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002

Подальший розвиток теоретичних основ тестових методів, їх удосконалення та детальний аналіз похибок, є актуальною задачею, що дозволить подовжити термін служби вимірювальних перетворювачів на об'єкті експлуатації.

Підвищення якості вимірювань досягається зменшенням усіх складових похибок, причинами яких є внутрішні та зовнішні впливові величини. До цих факторів належать умови експлуатації, неінформативні параметрів вхідних сигналів а також зміна параметрів окремих елементів, спричинена старінням.

У роботі запропоновано метод аналізу похибок нелінійності операторів корекції різних структур для давачів з дробово-раціональними функціями перетворення (ДРФП). Вона полягає у тому, що:

1. Вибирається модель узагальненого оператора корекції, наприклад $\psi^*_1(\psi_1,\theta_1,\beta)$; $\beta=|\theta_2/\theta_1|$ для ДРФП $y=a_0+a_1/x_{-\theta_2}^{+\theta_1}$: $\psi^*_1=-\dfrac{2\psi_1}{\psi_1(\beta-1)-(1+\beta)}$.

2. Визначається диференційний коефіцієнт чутливості узагальненого оператора ψ^*_1 відносно оператора ψ^*:

$$\frac{\partial\psi^*_1}{\partial\psi_1}=\frac{2(1+\beta)}{\left[\psi_1(\beta-1)-(\beta+1)\right]^2}. \qquad (1)$$

3. Оскільки оператор ψ^* сам є функцією відносно оператора $\psi_1=\Delta y_{20}/\Delta y_{10}$, визначається $\Delta_{\text{нел.}}\psi^*_1(\psi_1,\theta_1,\beta)=\dfrac{\partial\psi^*}{\partial\psi^*_1}\Delta_{\text{нел.}}\psi_1$

$$\frac{\partial\psi_1}{\partial\psi}=\frac{2}{(\psi+1)^2}. \qquad (2)$$

4. Знаходиться значення оператора корекції

$$\psi=\left\{\theta_2(x+\theta_1)\left[\frac{1}{\theta_2}+\frac{2x-\theta_2}{\theta_1 x(x-\theta_2)}\right]\right\}\Bigg/\left\{\theta_1(x-\theta_2)\left[\frac{1}{\theta_2}+\frac{2x+\theta_1}{\theta_1 x(x+\theta_1)}\right]\right\}. \qquad (3)$$

5. Отримують оператор для даної моделі, що дозволить оцінити похибку нелінійності. Для цього необхідно (3) підставити у формулу похідної (2), а отриманий результат дасть змогу визначити диференційний коефіцієнт чутливості (1).

Для дослідження лінеаризуючих властивостей РРМ для ДРФП. запропоновано оцінювати окремо дві складові похибки нелінійності:

– перша виникає за рахунок того, що вид функції перетворення відрізняється від «ідеальної» гіпер-боли $y=a_0+a_1/x$;

– друга складова є наслідком нелінійності самого оператора корекції ψ, який являє собою результат ділення.

Перша складова. При проектуванні пристроїв, що мають у своєму складі ЕВП з ДРФП як правило приймається допущення, що ФП має «ідеальний» характер і майже не відрізняється від $y = a_0 + a_1/x$. Але у реальних умовах експлуатації завдяки впливу зовнішнього середовища, факторів старіння, тощо, ФП може змінюватися і суттєво відрізнятися від номінальної (приписаної). Припустимо, що реальна функція відрізняється від номінальної на квадратичний a_2/x^2 та кубічний a_3/x^3 доданки. А також у процесі експлуатації можуть змінюватися коефіцієнти a_0, a_1, a_2, a_3.

Виходячи з цього припущення, у роботі отримано графіки, з яких зроблено висновки: зміна коефіцієнта a_0 не впливає на вид нелінійності функції, а лише зміщує криву вздовж осі *y*; чим ближче значення коефіцієнту a_1 до максимального рівня вхідного сигналу, тим менше відрізняється реальна функція перетворення від номінальної. Це відбувається незалежно від кількості доданків.

Друга складова. Виникає за рахунок нелінійності оператора корекції ψ. Оцінити цю складову похибки пропонується за допомогою розкладання функції перетворення у ряд Тейлора

$$f(x+\theta) = f(x) + \frac{\theta}{1!} f'(x) + \ldots + \frac{\theta^{n-1}}{(n-1)!} f^{(n-1)}(x).$$

Усі доданки розкладання, починаючи з третього, характеризують похибку нелінійності. Для спрощення розрахунків обмежується кількість членів розкладання квадратичним доданком

$$f(x+\theta) \cong f(x) + \frac{\theta}{1!} f'(x) + \frac{\theta^2}{2!} f^{(2)}(x). \qquad (4)$$

Отримано реляційно-різницевий оператор корекції: $\psi = \Delta y_{20}/\Delta y_{10}$.

$$\psi = \frac{\theta_2}{\theta_1}\left(\frac{1+\theta_2/x}{\theta_1/x-1}\right). \qquad (5)$$

Формула (5) дозволяє оцінити похибку нелінійності різницево-реляційного оператора корекції ψ. З графіків, отриманих у роботі зроблено висновок, що не залежно від кількості доданків ДРФП та величини коефіцієнтів a_i значення тестових впливів для зменшення похибки нелінійності необхідно вибирати якомога меншими відносно значень вимірюваних сигналів. Величина тесту обмежується можливостями блоку формування тестів та розрядністю АЦП.

Список літератури

1. Кондрашов С.І. Лінеаризація оператора корекції похибок вимірювального перетворювача методом гіпербол / С.І. Кондрашов, Ю.О. Скрипник, М.І. Опришкіна // VI МНТК "Метрологія та вимірювальна техніка (Метрологія-2008)" Праці конференції у 2-х томах. – Харків. : ННЦ "Інститут метрології". – 2008. − Т.2. – С. 297-300.

РЕФОРМА МІЖНАРОДНОЇ СИСТЕМИ ОДИНИЦЬ SI І ЇЇ ВПЛИВ НА РОЗВИТОК МЕТРОЛОГІЇ

Павленко Ю.Ф., Голікова К.В.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків,61002

В 2011 р. на XXIV Генеральній конференції з мір та ваг (XXIVГКМВ) було прийнято рішення, до якого метрологи світу йшли вже близько десяти років. Це рішення полягало в проголошенні нових визначень основних одиниць SI, нову конфігурацію SI в цілому, і за суттю, створення нової SI (New SI). Ось її ключові моменти:

− всі сім основних одиниць SI залишаються одиницями New SI, але одержують нові визначення;

− розміри одиниць в принципі не змінюються, але встановлюються шляхом «прив'язки» до фіксованого числового значення визначеної фізичної сталої (ФС);

− визначення всіх семи основних одиниць формулюються через сталі з єдиною конструкцією формули: [найменування одиниці] є одиницею [найменування величини], її розмір встановлюється фіксацією[найменування ФС і її значення] точно.

При цьому визначення чотирьох одиниць (ампера, кілограма, кельвіна, моля) змінюються суттєво, а визначення трьох інших, які практично вже прив'язані до сталих (секунди, метра, кандели), лише змінюють конструкцію. Наведемо ці визначення:

Секунда є одиницею часу, її розмір встановлюється за допомогою фіксованого чисельного значення частоти надточного розщеплення основного стану атома цезія – 133, у стані спокою та при температурі 0 К яка дорівнює точно 9 192 631 770 Кл.

Метр є одиницею довжини, її розмір встановлюється за допомогою фіксації значення швидкості світла у вакуумі c = 299 792 458 І м $с^{-1}$точно.

Кандела є одиницею сили світла в певному напрямі, її розмір встановлюється за допомогою фіксації значення світлової ефективності монохромного випромінювання з частотою 540 × 10^{12} Гц $K(\lambda)$= 683 лм $Вт^{-1}$точно.

Кілограм є одиницею маси, її розмір встановлюватиметься за допомогою фіксації числового значення сталої Планка h =*6,626 06X* × 10^{-34} Дж с точно.

Оскільки масу можна пов'язати з величиною h в лабораторних умовах за допомогою, наприклад, ватт-вагів, метр і секунда також можуть бути реалізовані в лабораторії, а *6,626 06X* ×10^{-34}є просто числом, то дане визначення може бути використане для практичної реалізації кілограма.

Ампер – одиниця сили електричного струму, її розмір буде встановлений через фіксацію точного чисельного значення елементарного заряду, що дорівнює точно *e =1,602 17X*×10^{-19} *Клс А*.

Сила струму може бути пов'язана з величиною e $1с^{-1}$за допомогою

квантових ефектів Джозефсона і Холла або, в перспективі, за допомогою ефекту одноелектронного тунелювання.

Моль – одиниця кількості речовини визначеної елементарної структури, яка може бути атомом, молекулою, іоном, електроном і будь-якою іншою частинкою, але його розмір буде встановлений через фіксацію чисельного значення сталої Авогадро, що дорівнює точно $N_a = 6{,}022\ 14X \times 10^{23}$ *моль*$^{-1}$.

Молярна маса структурного елемента може бути прив'язна до N_a через відносну масу атома.

Метр є одиницею довжини, її розмір встановлюється за допомогою фіксації значення швидкості світла у вакуумі c = 299 792 458 І м с$^{-1}$точно.

Кельвін – це одиниця термодинамічної температури, але її розмір буде встановлюватись через фіксоване чисельне значення постійної Больцмана рівній $1{,}380\ 6X \times 10^{-23}$ *м*^{2} *кг с*$^{-2}$ *К*$^{-1}$.

XXIV ГКМВ прийняла нові визначення і NewSI, але не встановила точну дату їх офіційного введення в дію, оскільки не всі вимоги для цього було виконано. Тим не менш, як свідчать документи ГКМВ, цей процес є незворотнім, а якісь можливі уточнення не будуть носити принципового характеру.

В доповіді показано, що одиниця сили струму може бути відтворена за допомогою квантових ефектів Джозефсона і Холла або, в перспективі, за допомогою ефекту одноелектронного тунелювання.

Новий підхід в метрології відкриває надзвичайно широкі можливості, зокрема - підвищення точності і спрощення системи передачі розміру одиниць від первинних еталонів до робочих засобів вимірювань.

Список літератури

1. Квантовая метрология и фундаментальные константы : сб. статей ; пер. с англ. – М : Изд-во «Мир», 1981. – 368 с.

2. Кононогов С. А. Метрология и фундаментальные физические константы / С. А. Кононогов. – М. : Стандартинфом, 2008. – 269 с.

3. Миллс Я. М. Переопределение килограмма, ампера, кельвина и моля: предлагаемый поход к применению Рекомендации 1 МКМВ (С1-2005) / Я. М. Миллс, П. Дж. Мор, Т. Дж. Квинн и др. // Метрология. – 2007. – №2 – С. 5-57.

4. XXIVCGPM, Resolution 1. Резолюція 1 24 Генеральної конференції з мір та ваг. – Париж, 2011.

5. Вступ до квантової метрології : навч. посіб. / [Ю. Ф. Павленко, С. І. Кондрашов, П. І. Неєжмаков, Н. М. Маслова]; за ред. Ю. Ф. Павленка. – Х. : Вид-во «Підручник НТУ "ХПІ"», 2013. – 148 с.

СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКАЯ ИНВАРИАНТНАЯ СИСТЕМА РЕШЕНИЯ КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ ВОЗДУШНЫХ КОРАБЛЕЙ НА ЭТАПЕ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ

Павлов В. В., Волков А. Е.
Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем Национальной академии наук Украины,
ул. Академика Глушкова, 40, г. Киев, 03680

Авиационные происшествия никогда не бывают следствием какой-либо отдельной причины. Обычно они происходят в результате взаимодействия нескольких различных причин. Взятые по отдельности эти причины могут показаться несущественными, но в совокупности с другими они способны установить последовательность внешне не связанных между собой событий, приводящие к авиационному происшествию. Таким образом, предотвращения столкновений самолетов в воздухе заключается в выявления и устранении таких потенциально конфликтных ситуаций до того, как замкнется последнее звено в упомянутой цепи событий.

Система управления воздушным движением (УВД) из-за возникающих в процессе управления перегрузок диспетчерского состава и некоторых ограничений технических средств не в полной мере обеспечивает контроль над выдерживанием навигационных параметров каждого самолета. Соответственно, для предупреждения столкновений считается технически и экономически целесообразным дополнить систему УВД специальной бортовой системой предупреждения столкновений самолетов в воздухе, способной автономно, независимо от системы УВД, обеспечить безопасное расхождение самолетов в случае возникновения угрозы столкновения.

Сетецентрическая инвариантная система решения конфликтных ситуаций воздушных кораблей на этапе взлета и посадки будет основана на сетецентрических и нейросетевых технологиях и будет предназначена для качественного решения и предотвращения возможных конфликтных ситуаций воздушных кораблей. В основу системы будет положен принцип обеспечения максимальной безопасности полетов путем эффективного предотвращения любых угроз столкновения ВК. Система будет в автоматическом режиме определять местоположение воздушных кораблей, получать данные об их курсе, высоте и скорости, оценивать вероятность пересечения траекторий движения и в случае угрозы возможного столкновения оперативно выдавать корректирующие сигналы для параметров движения воздушных кораблей. Оценка вероятностей, работа корректирующих алгоритмов, определение самолета по критерию «важности» которому необходимо внести изменения в движение будет происходить на земле в центрах УВД. Программное обеспечение системы, определив необходимый алгоритм корректировки, будет передавать его в масштабе реального времени на тот или те ВК которые должны в дирректорном режиме по согласованию с пилотом менять курс или другие параметры полеты для предотвращения столкновения.

Предполагается, что система будет функционировать при любых условиях работы, погоде, направлении движения ВК, высоте и т.д. Установка блоков системы по оценке вероятностей и принятию решений в центрах УВД на земле позволит не повышать вес самолета и не вносить в его оборудование существенных изменений. В то же время система будет находится под контролем диспетчера.

Под выдачей корректирующих сигналов для предотвращения столкновений подразумевается не только обыденное изменение высоты одного из самолетов, как работают современные системы типа TCAS, но и возможное изменение курса, скорости и других параметров, что позволит расширить диапазон расхождения ВК в разы.

Безусловно, что особое внимание сосредотачивается на самой область возможного конфликта с целью поиска безопасного выхода из такой ситуации (рис. 1). Сейчас проводятся активные исследования и моделирование возможных конфликтных ситуаций ВК на этапе посадки в районе аэропортов. Уже успешно удается применять алгоритм работы разрабатываемой системы для предупреждения столкновений (рис. 2). Для каждого конкретного случая система определяет до нескольких десятков вариантов расхождений.

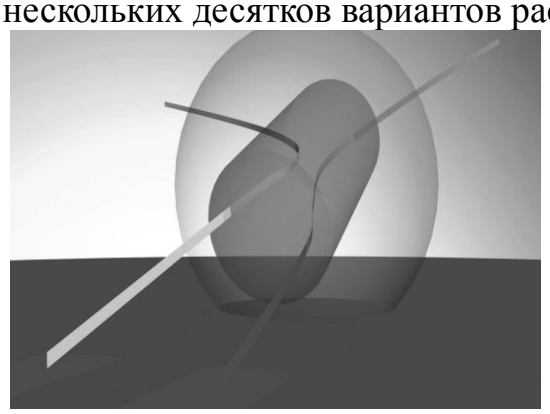


Рисунок 1 − Область возможного конфликта самолетов

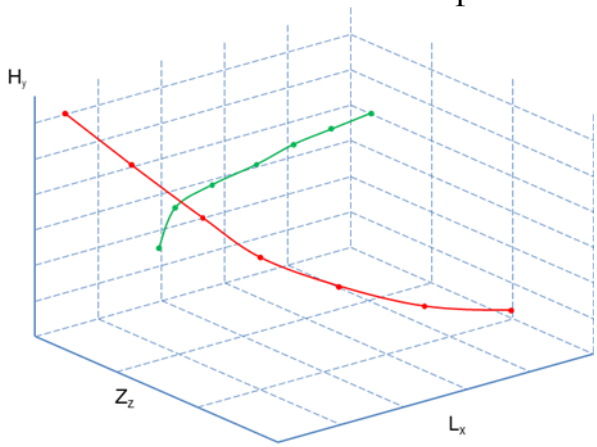


Рисунок 2 − Моделирование решения ситуации конфликта

В выводах можно отметить, что авиационная промышленность это один из наиболее показательных примеров существующих опасностей жизнедеятельности человека. Обеспечение максимальной безопасности полетов и обслуживания авиационной техники – приоритетная задача любого инженера, конструктора, пилота или диспетчера.

АДАПТИВНАЯ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОСАДКОЙ САМОЛЕТОВ ПО СВОБОДНЫМ ТРАЕКТОРИЯМ

Павлов В. В., Волошенюк Д. А.
Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем Национальной академии наук Украины,
ул. Академика Глушкова, 40, г. Киев, 03680

Идея создания адаптивной сетецентрической системы управления посадкой самолетов по свободным траекториям заключается в применении сетецентрических технологий и систем удаленного управления динамическими объектами, а именно воздушными кораблями (ВК). Под сетецентрической системой удаленного управления ВК здесь понимается такая структура удаленного управления, которая предусматривает взаимосвязь бортовых систем управления ВК с системой наземного управления ВК, которая в свою очередь взаимодействует с распределенной сетецентрической средой выдачи команд управления и передачи данных. Такая система обеспечивает системную и функционально-временную совместимость ВК, как объекта управления, с наземными интеллектуальными информационно-управляющими комплексами диспетчерских центров.

Необходимо отметить, что используемый в наше время процесс посадки самолета не соответствует многим современным требованиям в области гражданской авиации и не решает многие из проблем, озвученные перспективными доктринами ИКАО. Поэтому создание новой сетецентрической системы управления посадкой самолетов по свободным траекториям имеет высокую и объективную актуальность.

В основу разрабатываемой системы посадки положена идея объединения этапов снижения и планирования только в этап планирования с высоты эшелона до этапа выравнивания перед посадкой. Предусматривается существенное сокращение дистанций и высоты этапов выравнивания и выдерживания.

Как показывают первые полученные результаты расчетов и моделирований – это возможно. С помощью достаточного управления аэродинамическими характеристиками самолета процесс его планирования с эшелонной высоты (например, 11 км) при режиме работы двигателей «малый газ» или «полетный малый газ», до высоты его окончательного выравнивания и посадки (около 8-10 метров) позволит:

– существенно повысить уровень экологичности полетов за счет уменьшения вредных выбросов в атмосферу и уменьшить авиационные шумы в районе аэропортов за счет режима работы двигателей самолета «малый газ»;

– увеличить экономичность полетов за счет экономии топлива;

– разгрузить воздушную зону ожидания в районе аэропорта и решить проблему перегрузки аэропортов интенсивностью воздушного движения новой технологией посадки самолетов по свободным траекториям;

– повысить эффективность использования авиационной техники.

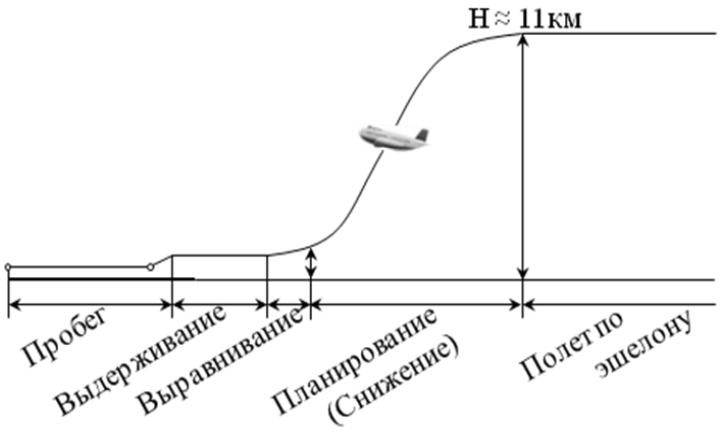


Рисунок 1 − Технология посадки самолета по свободным траекториям

Основной проблемой при разрабатываемой технологии посадки и планирования самолета является вопрос сохранения стабильной подъемной силы и, соответственно, обеспечения максимального уровня безопасности. Однако решение этой проблемы не вызывает сложностей благодаря современным возможностям воздушного корабля, а именно, большому разнообразию систем управления и корректировки аэродинамических характеристик: различные формы и площади крыла, изменяемая конфигурация крыла, динамическое изменение угла установки двигателей, системы элеронов, закрылок, предкрылок, интерцепторов, тормозных щитков и т.д. Также актуальным здесь будет использование способа распределенной аэродинамической компенсации действия ветровых возмущений на траекторию полета воздушного судна, который включает измерение величины действия ветрового возмущения, создание сигнала компенсации изменением профиля крыла и подачу его к контуру управления высотой полета.

На данный момент уже успешно разрабатываются программы по моделированию новой системы посадки на различных языках программирования. Планируется создание универсальной программы, которая будет точно моделировать посадку самолета по свободным траекториям, производя расчеты всех этапов посадки для любого конкретного самолета с учетом его характеристик, и которая будет строить модель траектории посадки на всех этапах: переход из полета по эшелону к планированию, планирование, выравнивание, выдерживание и приземление с пробегом по ВПП.

Список литературы

1. Теряев Е.Д. Развитие концепции гибких траекторий в задах терминального управления подвижными объектами / Е.Д. Теряев, К.В. Петрин. – М. : Известник Института машиноведенья РАН, 2009. – С. 18-23.

2. Мхитарян А.М. Динамика полета / А.М. Мхитарян, П.С. Лазнюк, В.С. Максимов [и др.] – М. : Машиностроение, 1978. – 424 с.

3. Павлов В.В. Технология композиционного управления конфигурацией крыла / В.В. Павлов, К.А. Копытова // Сборник научных трудов «Кибернетика и вычислительная техника». – 2012. − №168. – С. 34-39.

ВЕРОЯТНОСТЬ ПОРАЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В ЗОНЕ ЗАЩИТЫ СТЕРЖНЕВОГО МОЛНИЕОТВОДА

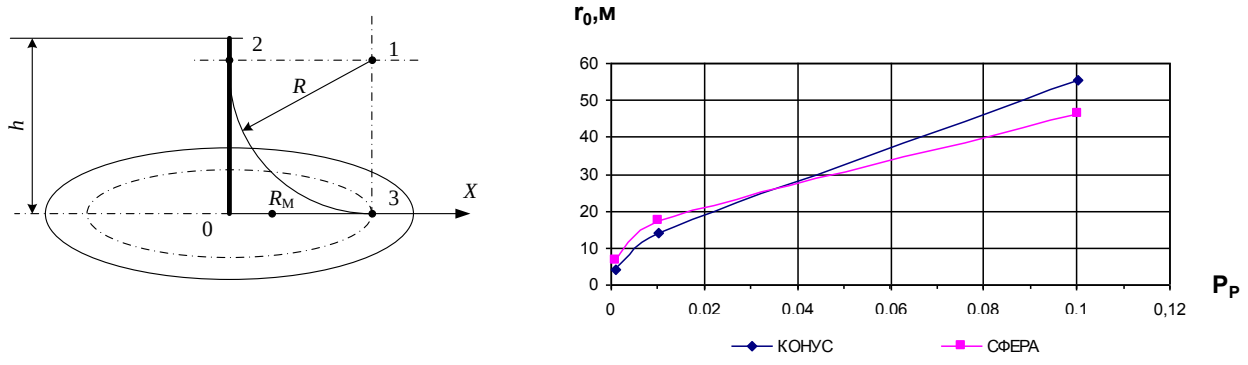
Петков А.А.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002, apetkov@yandex.ru

Работоспособность электронных и радиоэлектронных средств в условиях эксплуатации в значительной степени определяется их устойчивостью к воздействию различных дестабилизирующих электромагнитных факторов, в частности, прямого поражения ударом молнии объектов, содержащих радиоэлектронные средства. Значительное количество таких объектов располагается на поверхности грунта.

Защита различных объектов, включающих в свой состав электронные и радиоэлектронные средства, осуществляется на основе нормативного документа [1], который регламентирует два основных метода построения зоны защиты: метод конической зоны защиты и электрогеометрический метод, каждый из которых обладает недостатками и ограничениями [2, 3].

Целью работы, рассмотренной в докладе, является разработка критерия разграничения применимости методов построения зон защиты стержневых молниеотводов.

Электрогеометрический метод (метод фиктивной сферы) построения зоны защиты стержневого молниеотвода (см. рис. 1а) базируется на наличии финального разряда молнии [1-3], который происходит из точки 1, равно удаленной от двух возможных точек поражения, расположенных на стержневом молниеотводе (точка 2) и поверхности грунта (точка 3). Радиус фиктивной сферы R определяется током молнии.



а б

Рисунок 1

Анализ распределения вероятности поражения точек, расположенных на положительной полуоси $0X$, проведенный исходя из соотношения для вероятности того, что максимальное значение импульса тока молнии I равно или больше некоторого значения I_M [2], дает следующее соотношение для вероятности поражения круга радиусом R_M

$$P_{Pkr}(R_M) = 1 - \exp\left[-\lambda \left(\frac{R_M}{9{,}4} \right)^{\frac{3a}{2}} \right], \qquad (1)$$

где $\lambda = 0{,}0023$; $a = 1{,}6$; R_M в м.

Соотношение (1) позволяет провести сравнение для стержневых молниеотводов параметров зон защиты конической формы и определенной по методу катящейся (фиктивной) сферы при одних и тех же значениях вероятности поражения основания зоны защиты – круга радиусом r_0.

На рис. 1б показано изменение радиуса зоны защиты на поверхности грунта r_0 при различных значениях вероятности поражения P_P при одних и тех же значениях высоты молниеотводов (в пределах одного значения вероятности поражения).

Из рисунка видно, что при допустимых вероятностях поражения поверхности грунта $0 < P_P \leq 0{,}035$ радиус зоны защиты меньше для конической формы зоны защиты, а при $P_P > 0{,}035$ для зоны, определенной по методу фиктивной сферы.

Учитывая, что рассматриваемые методы построения зоны защиты стержневого молниеотвода не являются абсолютно точными, то в случае повышенных требований к надежности защиты объектов, находящихся непосредственно на поверхности грунта целесообразно использовать при проектировании молниезащиты метод конусообразной зоны защиты.

Выводы

1. Предложено соотношение для определения вероятности поражения грунта в районе расположения стержневого молниеотвода при построении его зоны защиты по методу фиктивной сферы.

2. Полученные в статье данные позволяют разграничивать сферу применимости методов построения зоны защиты стержневого молниеотвода исходя из допустимой вероятности поражения поверхности грунта в защищаемой зоне.

Материалы могут быть использованы для усовершенствования методов расчета зоны защиты стержневых молниеотводов.

Список литературы

1. Улаштування блискавкозахисту будівельі споруд (IEC 62305:2006, NEQ): ДСТУ Б В.2.5-38:2008. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Мінорегіонбуд України, 2008. – 63 с.

2. Основы молниезащиты / [Ларионов В.П.]; под ред. И.М. Бортника. – М. : Знак, 1999. – 104 с.

3. Базелян Э.М. Физика молнии и молниезащиты / Э.М. Базелян, Ю.П Райзер. – М. : Физматлит, 2001. – 320 с.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РОБОЧИЙ ЕТАЛОН ОБ'ЄМУ ГАЗУ

Піндус Н.М., Федорів Ю.В., Марчук Т.З., Винничук А.Г.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 1, м. Івано-Франківськ

Робочий еталон об'єму газу дзвонового типу ІФГАЗ-2 призначений для повірки побутових лічильників газу [1,2].

Принцип роботи еталона полягає у відтворенні фіксованих контрольних об'ємів повітря і звірянні показів еталона з показами лічильників, що повіряються, шляхом пропускання через них повітря з-під дзвону. Останні розміщені на стенді та під′єднанні послідовно. Об'ємна витрата задається набором сопел або за допомогою регулятора витрати [3,4].

Основними завданнями наукових досліджень є:

1) впровадження дистанційного зчитування показів з різних типів і типорозмірів лічильників , що економить до 3 хвилин часу на візуалізацію:

- під час встановлення і зняття первинних показів;
- під час проведення повірки лічильника на максимальній витраті;
- під час проведення повірки лічильника на перехідній ($0{,}2Q_{max}$) витраті;
- під час проведення повірки лічильника на мінімальній витраті;

2) вирішення технічної проблеми, що полягає у перевірці герметичності ліній та самих лічильників;

3) дистанційний контроль перепаду тиску на лічильниках, який на сьогоднішній день контролюється за допомогою U – подібних манометрів. З цією метою пропоную замінити U – подібні манометри на давачі тиску, з струмовим вихідним сигналом.

Роботу еталону передбачено у двох режимах - "старту з ходу" або комбінованого - "фіксованого старту" та "старт з ходу" з наступними технічними характеристиками:

- довірчі границі відносної похибки відтворювання мірних об′ємів еталоном не перевищують ± 0,18 %;
- діапазон номінальних об'ємних витрат, м3/год від 0,016 до 10;
- відхилення об'ємної витрати від заданого значення, %, не більше ± 5;
- нормовані значення контрольних об'ємів повітря, дм3 20, 100, 200;
- кількість лічильників, що можуть одночасно повірятися, штук 5 або 10;
- типорозміри лічильників газу, що можуть повірятися на еталоні, від G1 до G6;
- еталон забезпечує контроль порогу чутливості лічильників газу з 0,005 м3/год.

Суть комбінованого режиму полягає у тому, що за кожної витрати перед контрольним об'ємом є частина об'єму дзвону для його розгону, причому при розгоні дзвону повітря випускається у навколишнє середовище поза лічильники в місці під'єднання установки до першого лічильника відповідної секції [5].

Тим самим оператор знімає покази лічильників в момент часу перед розгоном, а не перед пропусканням контрольного об'єму через лічильники.

При роботі еталону в режимі "старту з ходу" в процесі контролю відносних похибок лічильників газу знімання інформації здійснюється за допомогою датчиків імпульсів, які встановлюються на відліковому механізмі лічильників (Према, Візар, МКМ).

При перевірці мембранних лічильників в комбінованому режимі процес знімання інформації з відлікових механізмів проводиться вручну та ввід її за допомогою клавіатури комп'ютера.

Установка відтворює значення контрольних об'ємів повітря, що пропускаються через лічильники і складається з рухомого дзвону, який через систему тросів, шківів та противаг підвішений в ємності з трансформаторним мастилом, верхньої і нижньої рам, а також трубопроводу, через який проходить повітря. На дзвоні змонтована мірна лінійка з мітками, відстань між якими відповідає контрольним об'ємам повітря. Модуль фотодатчика встановлений на дзвоні і фіксує моменти проходження міток і передає електричний сигнал через блок на комп'ютер. Вертикальне переміщення дзвону одночасно передається гнучким тросом на шків перетворювача, останній формує електричні сигнали при обертанні шківа і передає їх через блок на комп'ютер. Крайні верхнє і нижнє положення дзвону обмежуються кінцевими вимикачами.

Стабілізація тиску під дзвоном здійснюється компенсацією виштовхувальної сили, яка діє на дзвін при його зануренні в мастилі. Компенсатор виготовлений у вигляді архімедової спіралі, яка закріплена на задньому колесі установки. Підібрана вага вантажу, закріпленого тросом на початку спіралі, компенсує виштовхувальну силу, яка діє на дзвін у всьому робочому діапазоні переміщення.

Список літератури

1. Гончарук М.І. Аналіз причин втрат природного газу / М.І. Гончарук // Нафтова і газова промисловість. – 2003. – № 1. – С. 51-53.

2. Середюк О.Є. Повірка побутових лічильників газу під час експлуатації / О.Є. Середюк, Т.І. Лісевич, Б.І. Прудніков, Я.С. Федоришин // Методи та прилади контролю якості. – 1999. – № 3. – С. 89-91.

3. Метрологія. Повірка засобів вимірювальної техніки. Організація і порядок проведення : ДСТУ 2708:2006. – [Чинний від 2006-02-03]. − Київ, Держспоживстандарт України, 2006 – 18 с. – (Національний стандарт України).

4. Метрологічна атестація засобів вимірювальної техніки. Організація та порядок проведення : ДСТУ 3215-95. – [Чинний від 1996-07-01]. − Київ, Держстандарт України, 2000 – 22 с. – (Національний стандарт України).

5. Чеховський С.А. Метрологія і технологічні вимірювання у нафтовій та газовій промисловості: [Навчальний посібник] / С.А. Чеховський, І.С. Петришин, Н.М.Піндус, С.П. Ващишак. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2010. – 534 с.

НАМАГНИЧИВАНИЕ КОРОТКОЗАМКНУТОГО РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Победа Т.В.
Луганский университет имени Владимира Даля,
кв. Молодежный, 20А, г. Луганск

Основным препятствием к выявлению дефектных стержней КЗ ротора является ферромагнитная перемычка, закрывающая паз. Для проведения контроля необходимо создать такие условия, при которых перемычка не будет оказывать влияния на результаты измерений, чтобы ее магнитная проницаемость $\mu \to 1$. Для электротехнической стали, из которой набран пакет ротора, величина напряженности, при которой достигается техническое насыщение ферромагнитной перемычки, составляет $5 \cdot 10^4$ А/м. Это значение отличается от намагниченности истинного насыщения менее чем на 1% [1, 2]. Учитывая большую длину ротора (50-1000 мм) и необходимость доступа к его поверхности при контроле можно сделать вывод, что для намагничивания в приложенном поле могут быть использованы следующие устройства:

- пропускание тока по стержням КЗ ротора;
- пропускание тока по проводнику, пропущенному через КЗ ротор;
- соленоид;
- система колец Гельмгольца [3].

Для многовитковой круглой катушки прямоугольного сечения примем равномерным распределение плотности тока j по площади поперечного сечения обмотки и запишем напряженность поля в виде [4]:

$$H_z = jR_1k_0\left[1 + k_2\frac{u_2}{R_1^2} + k_4\frac{u_4}{R_1^4} + \ldots\right],$$
$$H_\rho = jR_1k_0\left[-k_2\frac{\nu_2}{R_1^2} - k_4\frac{\nu_4}{R_1^4} - \ldots\right], \quad (1)$$

где R_1 – внутренний радиус катушки (рис. 1), k_n – коэффициенты, определяемые числом катушек в системе и их геометрией, u_n – координатные функции по оси z, ν_n - координатные функции по координате ρ.

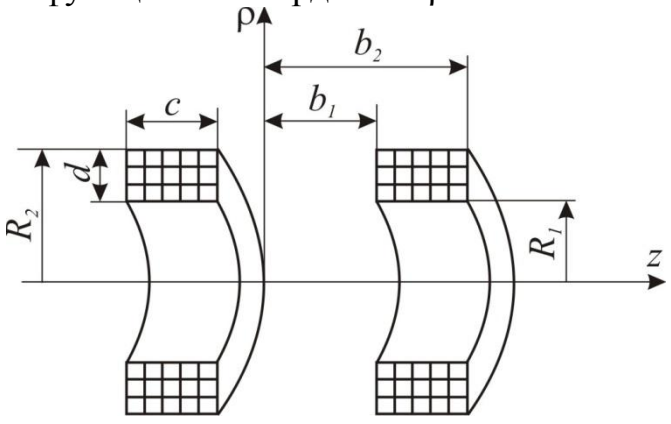


Рисунок 1 – Система устройства намагничивания КЗ ротора

Используя соотношения (1) и задаваясь координатными функциями $u_n(z, \rho)$, $\nu_n(z, \rho)$, определим распределение поля между катушками устройства намагничивания (УН). В силу аксиальной, а также дополнительной симметрии системы относительно центральной плоскости и обозначив $\rho = \sqrt{x^2 + y^2}$, определим напряженность поля H только в одном квадранте системы намагничивания (рис. 2).

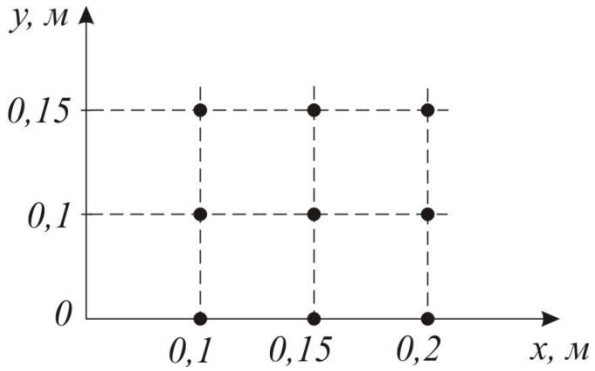


Рисунок 2 – Координаты точек в пространстве между катушками УН

Для выбранных точек пространства величины напряженности магнитного поля, создаваемого УН, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Напряженность магнитного поля, создаваемого УН, А/м

x, м / y, м	0,1	0,15	0,2
0	48300	48550	50000
0,1	48150	48200	48400
0,15	47730	47750	48000

Величина неоднородности магнитного поля в пространстве между катушками УН составляет 2,5-3%.

Список литературы

1. Проектирование электрических машин: Учеб. пособие для вузов / под ред. И.П. Копылова. – [3-е изд.]. – М. : Энергия, 1980. – 496 с.

2. Дружинин В.В. Магнитные свойства электротехнической стали / В.В. Дружинин [изд. 2-е, перераб.]. – М. : Энергия, 1974. – 240 с.

3. Победа Т.В. Электромагнитный контроль стержней короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя: дис. канд. техн. наук: спец. 05.11.13 / Победа Татьяна Валерьевна. – Луганск, 2014. – 191 с.

4. Афанасьев Ю.В Средства измерений параметров магнитного поля / Афанасьев Ю.В., Студенцов Н.В., Хореев В.Н. [и др.]. – Л. : Энергия. Ленинградское отделение, 1979. – 320 с.

СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ПОЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАТНОГО МАЯТНИКА

Порозова А.М., Роенко Е.С., Волянский Р.С., Садовой А.В.
Днепродзержинский государственный технический университет
ул. Днепростроевская, 2, г. Днепродзержинск, 51918

Введение. Задача управления неустойчивыми техническими объектами является одной из самых актуальных задач современной теории управления. Это объясняется тем, что неустойчивые объекты управления обладают рядом полезных свойств и качеств. Однако в аварийных режимах работы системы управления неустойчивыми объектами могут представлять существенную угрозу и опасность, как для человека, так и для окружающей среды.

Изучать свойства систем управления неустойчивыми объектами целесообразно на простых примерах, одним из которых является классический обратный маятник [1]. С одной стороны обратный маятник является простой и наглядной моделью, а с другой – имеет большое значение при проектировании антропоморфных устройств, перемещающихся на двух опорах.

Поэтому работы, посвященные исследованию систем управления обратным маятником, являются актуальными.

Постановка задач исследования. Целью настоящей работы является синтез модального регулятора положения для обратного маятника.

Материалы исследования. Схематическое изображение обратного маятника показано на рис. 1

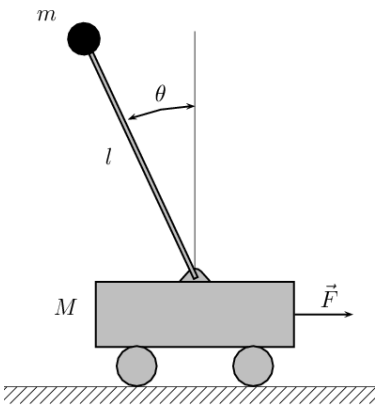


Рис.1 – Обратный маятник

Уравнения динамики управляемого обратного маятника имеют вид [1]:

$$\begin{aligned} p\theta &= \omega; \\ p\omega &= -\frac{g\sin\theta}{l} + \frac{a\cos\theta}{l}. \end{aligned} \qquad (1)$$

где θ – угол отклонения маятника от вертикали, ω – скорость вращения маятника, a – ускорение тележки, g – ускорение свободного падения, l – длина маятника.

Выполнив для объекта (1) линеаризацию обратными связями [2], определим уравнения движения

$$py_1 = y_2;\ py_2 = V, \qquad (2)$$

где

$$y_1 = T_1 = \theta,\ y_2 = T_2 = \omega, \qquad (3)$$

здесь T_1, T_2 – функции преобразования, V – новое управляющее воздействие, и линеаризующее управляющее воздействие

$$U = \frac{1}{L_g T_2}\left(-L_f T_2 + V\right), \qquad (4)$$

$$L_g T_2 = \frac{\cos\theta}{l};\ L_f T_2 = -\frac{g}{l}\sin\theta. \qquad (5)$$

С учетом производных (5) линеаризующее управляющее воздействие (4) примет вид:

$$U = g\,tg\theta + V\frac{l}{\cos\theta} \tag{6}$$

Будем считать, что управляющее воздействие V формируется модальным регулятором в соответствии с алгоритмом

$$V = a_0\left(y_1^* - y_1\right) - a_1 y_2, \tag{7}$$

где y_1^* – задающее воздействие системы, коэффициенты a_0, a_1 являются коэффициентами желаемого характеристического полинома, корни которого подчиняются распределению Ньютона

$$D^*(p) = p^2 + a_1 p + a_0 = p^2 + 2p + 1 \tag{8}$$

Подставив алгоритм (7) в управление (6), получим управляющее воздействие обратным маятником

$$U = g\,tg\theta + \frac{a_0 l\left(y_1^* - y_1\right) - a_1 l y_2}{\cos\theta} = g\,tg\theta + \frac{l\left(\theta^* - \theta\right) - 2l\omega}{\cos\theta} \tag{9}$$

На рис. 2 показаны результаты математического моделирования системы управления объектом (1) с алгоритмом (9). При моделировании длина маятника l была принята 1 м, а g – 9.81м/с^2.

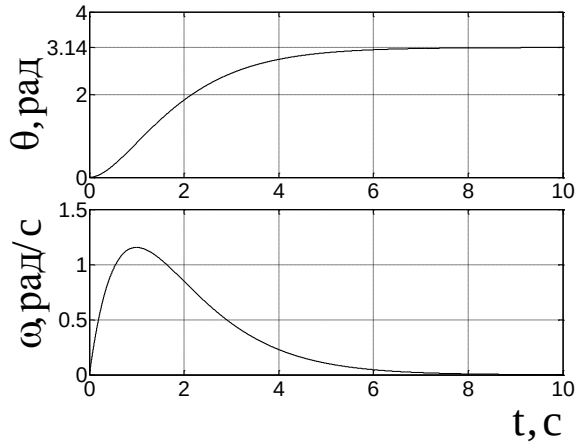


Рис.2 – Переходные процессы в системе

Выводы. Использование линеаризации обратной связью позволяет привести уравнения обратного маятника к форме Бруновского. В этой форме характеристическое уравнение объекта имеет нулевые корни, что позволяет упростить процедуру синтеза модального регулятора и определять его параметры через коэффициенты желаемого характеристического полинома. Полученные зависимости позволяют синтезировать управляющее воздействие в виде суммы двух слагаемых. Первое линеаризует свободное движение объекта, второе – обеспечивает движение маятника по заданной траектории.

Список литературы

1. Формальский А.М. Управление движением неустойчивых объектов / Формальский А.М. − М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 232 с.

2. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: [Учеб. пособие] / Д.П. Ким. − М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.

ВИМІРЮВАЧ ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ГІГАГЕРЦОВОГО ДІАПАЗОНУ З ОПТОВОЛОКОННОЮ ЛІНІЄЮ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Постільник І.О.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Науково дослідницький проектно-конструкторський інститут «Молнія», м. Харків

Визначення рівня стійкості бортового обладнання літальних апаратів до різних електромагнітних явищ здійснюється відповідно до вимог міжнародного стандарту КТ-160 [1]. Розділ 20 цього стандарту регламентує випробування стійкості до дії високоінтенсивного радіочастотного електромагнітного поля (HIRF) в діапазоні частот від 100МГц до 18ГГц. При цьому нормується рівень напруженості електричного поля, в залежності від частоти і категорії обладнання. Для деяких категорій устаткування напруженість електричного поля при імпульсній модуляції досягає тисяч В/м, наприклад, для категорії L в діапазоні частот від 4 до 6ГГц напруженість встановлена рівною 7200В/м. В даний час в Україні такі прямі випробування не представляються можливими. Тому, для попередньої оцінки рівня стійкості стандарт [1] допускає можливість проведення випробувань із зниженим рівнем напруженості поля, з урахуванням екрануючих властивостей корпусів обладнання. Ця обставина обумовлює актуальність розробки засобів вимірювання напруженості електричного поля всередині корпусів-екранів і відпрацювання відповідної методики вимірювань.

Мета роботи розробка вимірювача потужності електричної складової електромагнітного поля в діапазоні від 100МГц до 3 ГГц.

Даний пристрій був розроблений з метою вимірювання екрануючих властивостей корпусів електрообладнання. А також для використання його в якості зворотного зв’язку в системі автоматичного регулювання підсилення (АРП). АРП застосовується для підтримання постійного рівня електричної складової поля випромінюваного антеною.

В якості електричного перетворювача напруженості електричного поля в електричний струм використовується несиметричний вібратор. Відношення набутого перетворювачем потенціалу до довжини стержня вібратора виражається формулою.

$$U \approx E_0 h;$$

де U – потенціал на виході перетворювача; E_0 – напруженість електричного поля; h – висота стержня вібратора.

Основу вимірювача складає високоточний логарифмічний детектор свч сигналу AD8313 (рис. 1), виробництва фірми Analog Devices. Дана мікросхема працює в динамічному діапазоні вхідного сигналу 70дБ з похибкою до ±3дБ, та 63 дБ з похибкою ±1дБ.

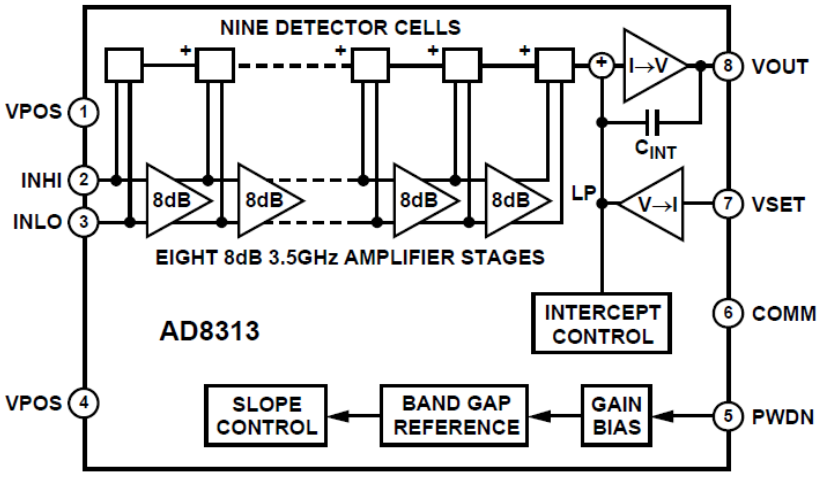


Рисунок 1 – Функціональна схема логарифмічного детектора СВЧ

Електрична напруга з перетворювача подається на вхід детектора, який виконує точне перетворення радіосигналу, що надходить на його диференційний вхід, в еквівалентний вихідний сигнал в логарифмічному масштабі. Далі сигнал оцифровується за допомого аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) та передається по волконно-оптичній лінії до пристрою обробки даних (рис. 2).

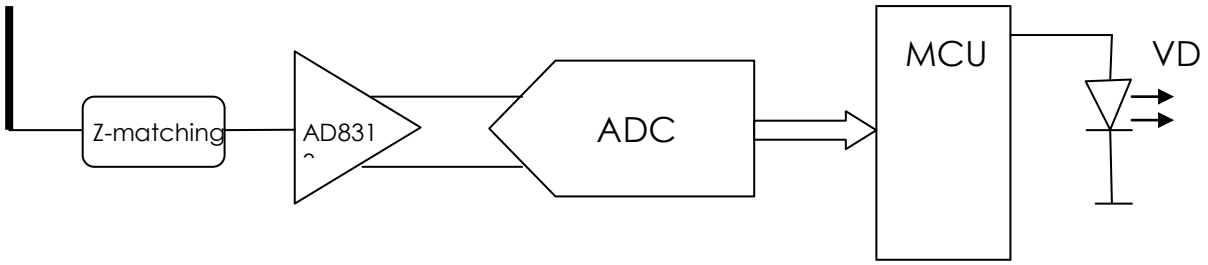


Рисунок 2 – Функціональна схема вимірювача

В якості пристрою обробки даних використовується комп’ютер з необхідним програмним забезпеченням. Дані відображаються на екрані монітору комп’ютера. Якщо вимірювач використовується як зворотній зв'язок в системі АРП, то до комп’ютера через консоль управління підключається підсилювач свч сигналу, задається необхідний його режим роботи і система автоматично підтримує постійний установлений рівень напруженості електричного поля в заданій точці вимірюваного простору де знаходиться вимірювач.

Список літератури

1. Квалификационные требования КТ-160D. Environmental conditions and test procedures for airborne equipment. QR-160D. АРМАК, 2004.

2. Ott Henry W. Electromagnetic Compatibility Engineering. Wiley & Sons Inc., 2009. − 862 p.

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ОКРЕСТНОСТИ МОЛНИЕОТВОДА С УЧЕТОМ НАЛИЧИЯ ОБЪЕМНОГО ЗАРЯДА

Резинкина М.М. [1)], Резинкин О.Л. [2)], Светличная Е.Е. [2)], Сосина Е.В. [2)]
[1)]ГУ «ИТПМ НАН Украины», ул. Индустриальная, 19, г. Харьков
[2)]Национальный технический университет «ХПИ», ул. Фрунзе, 21, г.Харьков

Отсутствие в настоящее время единых для разных стран нормативных документов, регламентирующих требования к средствам молниезащиты, свидетельствует о том, что модели, описывающие вероятность удара молнии, требуют дальнейшего развития. Особенно это касается выбора средств молниезащиты таких важных объектов как космодромы, нефтехранилища, атомные электростанции. Причем, данные модели должны учитывать возможность развития от молниеотвода или защищаемых объектов встречного лидера.

Для того чтобы оценить возможность возникновения и продвижения восходящих лидеров от наземных объектов, необходима информация о распределении электрического поля (ЭП) в окрестности вершин лидерного канала молнии и молниеотвода. При этом нужно учитывать наличие объемного заряда, который появляется из-за развития неполных каналов пробоя – стримеров в окрестности головки лидера молнии и короны вокруг вершины молниеприемника.

На вершинах молниеотводов с большим соотношением длины к размерам поперечного сечения напряженность ЭП (E) на несколько порядков превышает среднюю напряженность E_0, имеющую место в условиях грозовой обстановки ($E_0 \sim 10^4$-$2\cdot10^4$ В/м), поэтому для них, как правило, выполняется условие начала разряда: $E \geq E_{br} = 3\cdot10^6$ В/м. В результате вокруг вершин стержневых молниеотводов может возникнуть корона [1].

Известно, что продвигающийся к земле лидерный канал молнии окружен стримерной зоной, в которой находится объемный заряд. Напряженность ЭП в этой зоне близка к постоянной, равной минимальной напряженности, при которой происходит развитие стримерных каналов - E_{cr} (для стримеров отрицательной полярности E_{cr}=10 кВ/см [1]). Это предположение подтверждается практически неизменной скоростью стримеров. С учетом вышеизложенного, стримерная зона может быть представлена в виде неоднородно заряженной сферы, плотность заряда которой выражается функцией, прямо пропорциональной E_{cr} и обратно пропорциональной расстоянию до вершины лидерного канала (см. [1, с. 76]). Такой же подход может быть использован для моделирования короны на вершине молниеотвода. При этом полагается, что область короны представляет собой расположенную вокруг вершины молниеотвода неоднородно заряженную сферу, заряд которой определяется выражением того же вида, что и для стримерной зоны, но при подстановке вместо E_{cr} пробивной напряженности E_{br}.

Использование для нахождения распределения ЭП в рассматриваемом случае аналитических методов невозможно. Расчет ЭП в таких системах с

помощью численных методов также представляет определенные трудности. Это связано с существенным различием размеров входящих в рассматриваемые системы объектов. Так, R - радиус проводящих разрядных каналов, а также молниеприемников (R~0.001–0.01 м) на несколько порядков превышает их длину L (L~10–10^3 м). В данном случае для расчетов может быть использован численный метод конечных объемов, модифицированный применительно к нахождению ЭП при наличии тонких и длинных проводящих объектов типа стержней или проволок путем учета логарифмической зависимости спадания потенциалов в радиальном направлении близи оси стержня [2]. При этом шаг сетки, накладываемой на расчетную область, может быть выбран достаточно большим – пропорциональным длине стержня, а не его радиусу. Непосредственное применение такого подхода к расчету ЭП в системах, которые включают сосредоточенные в сравнительно небольшой области объемные заряды и длинные тонкие стержни, вызывает определенные трудности. Это связано с тем, что для корректного учета наличия зоны с объемным зарядом на исследуемую область необходимо нанести расчетную сетку, шаг которой в 5-10 раз меньше R_{ch} - радиуса зоны с объемным зарядом (R_{ch}~0.1–10 м). Учитывая, что длина лидерного канала молнии может достигать расстояния между землей и грозовыми облаками (3–5 км), порядок решаемой при расчете ЭП системы уравнений может превышать 10^8, что усложняет практическую реализацию задачи на современных вычислительных средствах.

Для решения данной проблемы предложен подход к расчету ЭП в подобных системах, заключающийся в усечении расчетной области до зоны, отстоящей от основания молниеприемника на расстояния $10\cdot(H_R+h)$ в радиальном и азимутальном направлениях (где h - расстояние от вершины лидерного канала до вершины молниеотвода, H_R высота молниеотвода). При этом полагается, что на верхней границе такой усеченной расчетной области выполняются однородные условия Неймана. Совпадение результатов расчета потенциалов в зоне с габаритами $2\cdot(H_R+h)$ при расчете ЭП с помощью усеченной и полной расчетных систем подтвердило правомерность такого подхода.

Численные эксперименты, проведенные с применением описанного метода, показали, что наличие зоны короны вокруг вершины молниеприемника не оказывает существенного влияния на условия продвижения от него восходящего лидера. Так, для молниеприемников высота которых варьируется от 30 до 70 м максимальное расстояние до головки лидерного канала молнии, при котором выполняются условия продвижения восходящего лидера, может увеличиться не более чем на 10 -20 %.

Список литературы

1. Базелян Э.М. Физика молнии и молниезащиты / Базелян Э.М., Райзер Ю.П. − М. : Физматлит, 2001. − 319 с.

2. Резинкина М.М. Влияние проводимости ветвей дендритов в полиэтиленовой изоляции на их рост при приложении высокого напряжения / Резинкина М.М. // ЖТФ. – 2005. − Т. 75. −№ 6. − С. 85-92.

АЛГОРИТМ СИНТЕЗА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРНО - НЕУСТОЙЧИВЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Роенко Е.С., Волянский Р.С., Садовой А.В.
Днепродзержинский государственный технический университет, ул. Днепростроевская, 2, г. Днепродзержинск, 51918

Введение. Современный уровень развития микроконтроллерной техники и силовой электроники создают предпосылки для совершенствования технологических процессов с целью повышения их энергетической эффективности и снижения себестоимости выпускаемой продукции. Наряду с модернизацией производственного оборудования улучшить технологический процесс можно за счет внедрения новых алгоритмов и законов управления. При чем некоторые из них должны обеспечивать работоспособность не только устойчивых, но и неустойчивых объектов и систем. Проблеме управления неустойчивыми динамическими объектами посвящено ряд публикаций, например [1], которые изучают частные случаи и дают рекомендации по построению систем управления рассматриваемыми объектами. Поэтому задача определения управляющего воздействия для произвольного неустойчивого объекта управления является актуальной.

Постановка задач исследования. Целью настоящей работы является разработка алгоритма синтеза систем управления неустойчивыми динамическими объектами.

Материалы исследования. Рассмотрим обобщенный динамический объект, уравнения движения которого в матричной форме имеют вид:

$$p\mathbf{y} = \mathbf{F}(\mathbf{y}) + \mathbf{G}(\mathbf{y})U_y, \quad (10)$$

где $\mathbf{F}(\mathbf{y})$ и $\mathbf{G}(\mathbf{y})$ – матрицы-функции объекта управления, $\mathbf{y}$ – вектор переменных состояния, U_y – управляющее воздействие.

В общем случае матрицы $\mathbf{F}(\mathbf{y})$ и $\mathbf{G}(\mathbf{y})$ могут содержать нелинейные функции и обеспечивать неустойчивое движение объекта при любых сколь угодно малых отклонениях от положения равновесия. Поэтому синтез системы управления такими объектами в общем виде классическими методами невозможен. К тому же, линеаризация нелинейностей разложением в ряд Тейлора приводит к пренебрежению уникальными свойствами нелинейных зависимостей и не соответствию линеаризованной и исходной систем даже в точке линеаризации.

Устраним этот недостаток путем использования преобразования обратными связями [2]. При этом система (10) приводится к форме Бруновского

$$p\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{B}V; \quad (11)$$

$$\mathbf{A}=\begin{vmatrix}0 & 1 & \cdots & 0\\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots\\ 0 & 0 & \cdots & 0\end{vmatrix};\ \mathbf{B}=\begin{vmatrix}0\\ \vdots\\ 1\end{vmatrix} \tag{12}$$

при помощи преобразования координат

$$\mathbf{x}=\mathbf{T}(\mathbf{y}), \tag{13}$$

где $\mathbf{T}(\mathbf{y})=(T_1(\mathbf{y})\ \ T_2(\mathbf{y})\ \ \cdots\ \ T_n(\mathbf{y}))^T$, n – порядок объекта и управляющего воздействия

$$U_y=\frac{V-L_fT_n(\mathbf{y})}{L_gT_n(\mathbf{y})}, \tag{14}$$

где $L_fT_n(\mathbf{y}), L_gT_n(\mathbf{y})$ - производные Ли функции преобразования $T_n(\mathbf{y})$ по функциям $\mathbf{F}(\mathbf{y})$ и $\mathbf{G}(\mathbf{y})$.

Характеристическое уравнение системы (12)

$$\mathbf{A}-p\mathbf{E}=0, \tag{15}$$

где $\mathbf{E}$ – единичная матрица имеет нулевые корни.

Это создает предпосылки для назначения любых желаемых корней. Так как речь идет о корнях характеристического уравнения, то наиболее целесообразным является определение параметров и структуры регулятора с помощью модального управления [3]. При чем параметры регулятора будут определяются исключительно коэффициентами желаемого полинома

$$p^n+a_{n-1}p^{n-1}+\cdots+a_1p+a_0=0. \tag{16}$$

Таким образом, алгоритм модального регулятора будет

$$V=\sum_{i=1}^{n}a_{i-1}x_i. \tag{17}$$

Подставив алгоритм (17) в управляющее воздействие (14) и приняв во внимание соотношения (13), получим

$$U_y=\frac{\sum_{i=1}^{n}a_{i-1}T_i(\mathbf{y})-L_fT_n(\mathbf{y})}{L_gT_n(\mathbf{y})}. \tag{18}$$

Выводы. Резюмируя приведенные выше выкладки можно сформулировать следующий алгоритм синтеза:

1. Для уравнений динамики объекта выполняется преобразование обратными связями, определяется закон преобразования управляющего воздействия и новые переменные состояния.

2. Задается желаемый характеристический полином и определяется алгоритм модального регулятора.

3. Выполняется обратный переход к исходным переменным состояния.

Список литературы

3. Формальский А.М. Управление движением неустойчивых объектов / Формальский А.М. − М. : ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 232 с.

4. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: [Учеб. пособие] / Д.П. Ким. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.

5. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков. – М. :«Машиностроение», 1976. – 184с.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГРУНТА, ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Руденко С.С., Колиушко Д.Г.
Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт «Молния», ул. Шевченко, 47, г. Харьков, 61013

Одним из важнейших элементов электроустановки является заземляющее устройство (ЗУ), предназначенное для обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала и нормального функционирования оборудования.

При проведении электромагнитной диагностики (ЭМД) состояния ЗУ [1], осуществляется следующий комплекс работ: определение реального расположения заземлителей, измерение нормируемых параметров (напряжения прикосновения, потенциала на ЗУ и сопротивления ЗУ) и проведение вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

Как показывает многолетняя практика, применение методов эквивалентирования к электрофизическим параметрам многослойного грунта значительно влияет на результаты проведения расчетов нормируемых параметров ЗУ действующих энергообъектов Украины. При этом следует отметить, что приведение трехслойных грунтов к двухслойной модели методом эквивалентирования может давать значительные погрешности при вычислении потенциалов в зависимости от типа кривых ВЭЗ и места расположения ЗУ. Известно, что существует четыре типа кривых ВЭЗ, каждая из которых определяется по соотношению удельного сопротивления слоев: Q ($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$), A ($\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$), H ($\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$) и K ($\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$) [2]. В работе делается предположение, что эффективность использования способов эквивалентирования определяется типом кривой ВЭЗ. Для проверки указанного предположения были проведены расчеты потенциала электрического поля ЗУ, выполненного в виде квадрата со стороной 5 м и расположенного параллельно слоям геоэлектрической структуры. При этом для расчета ЗУ, размещенного в первом слое на глубине t = 0,8 м параметры грунта имели вид: ρ_i = 0,3; 136,93; 8700 Ом м, h_1 = 0,79 м, и h_2 = 5,46 м, а для ЗУ, размещенного во втором слое на глубине t = 1,2 м – ρ_i = 10; 100; 1000 Ом м, h_1 = 1 м и h_2 = 9 м.

Значения потенциала были получены в вершинах исследуемого ЗУ для различных способов эквивалентирования, при протекании тока плотностью 1 А/м и на разных глубинах: на поверхности грунта (т.е. при z = 0 м, что соответствует расчету напряжению прикосновения), вблизи самого ЗУ ($z = t$, что соответствует расчету потенциала на ЗУ и сопротивлению ЗУ) и на глубине равной трем диагоналям ($z = 3D$, при этом поле ЗУ приближается к полю точечного источника тока). Как следует из полученных результатов, эквивалентирование для типов грунта Q и A, если ЗУ расположено в первом слое, дает довольно низкую погрешность (до 12%) при использовании способа №1 (верхний слой исходной структуры остается без изменений, а остальные эквивалентируются), и до - 32% при использовании способа №2 (самый нижний

без изменений, а остальные эквивалентируются) для ЗУ расположенного во втором слое. В табл. 1 приведен анализ результатов расчета (под знаком «+» отмечено завышение потенциала более чем на 20%, под знаком «-» занижение более чем на 20%, «0», что погрешность не превышает 16, 6%).

Таблица 1

Способ№1/ Способ№2	ЗУ находится в первом слое				ЗУ находится во втором слое			
	Q	K	A	H	Q	K	A	H
z = 0 м	0/+	+/-	0/-	-/+	-/+	+/-	0/-	+/+
z = t	0/+	+/-	0/-	-/+	-/+	+/+	-/0	-/+
z = 3·D	-/0	-/-	+/-	-/-	0/-	-/-	0/0	+/+

Таким образом, из результатов исследования можно сделать такие выводы:

– существует корреляция между типом грунта, глубиной залегания ЗУ и завышением/занижением величины потенциала, полученной в результате применения различных способов эквивалентирования;

– применение того или иного способа эквивалентирования должно определятся не только в зависимости от определяемой величины (напряжения прикосновения или потенциала на ЗУ), а еще и типом кривой ВЭЗ эквивалентируемого трехслойного грунта и расположением ЗУ (в первом или во втором слое);

– расчет с относительно малой погрешностью (до 12%) с применением метода эквивалентирования возможен лишь для ЗУ, расположенных в первом слое грунтов типа Q и A, которые составляют по максимальным оценкам 14,2 % от общего числа грунтов;

– используемая в настоящее время математическая модель ЗУ, расположенного в двухслойном грунте, в совокупности с методом эквивалентирования, дает погрешность более 30% при расчете нормируемых параметров ЗУ, расположенных в грунтах типа K и H (которые составляют почти 55% от всех грунтов Украины);

– разработка математической модели ЗУ, расположенного в трехслойном грунте, является важнейшей задачей с точки зрения повышения точности расчета нормируемых параметров ЗУ, надежности эксплуатации энергообъектов Украины и электробезопасности обслуживающего персонала, т.к. используемая в настоящее время модель охватывает лишь 22,5% всех ЗУ (8,33% − двухслойных грунтов и 14,2% − ЗУ расположенных в первом слое грунтов типа Q и A).

Список литературы

1. Випробування та контроль пристроїв заземлення електроустановок типова інструкція СОУ 31.2-21677681-19:2009.

2. Коструба С. И. Измерение электрических параметров земли и заземляющих устройств / Коструба С. И. – Москва : Энергоатомиздат, 1983. – 168 с.

ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ПОЛИГАРМОНИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Самсонов В.П., Бравичев Б.Р.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002

Мгновенная мощность позволяет обосновать усредненные оценки, а также сформировать сигналы управления распределением и качеством потребляемой электроэнергии.

В общем случае мгновенная мощность P(t) двухполюсника определяется как произведение мгновенного значения тока i(t) и напряжения u(t) [1].

Для полигармонических периодических сигналов возможно их представление рядами Фурье с определенным числом гармоник n в виде

$$i(t) = \sum_{k=0}^{n} i_k(t), \qquad u(t) = \sum_{k=0}^{n} u_k(t)$$

Таким образом, вычисление мгновенной мощности P(t)= u(t)*i(t) сводится к перемножению двух рядов. Результат имеет смысл представить в виде суммы двух множеств

$$P(t) = P_c(t)+P_{вз}(t),$$

где $P_c(t)=\sum_{k=0}^{n} u_k(t)*i_k(t)$ – сумма произведений гармоник одинаковых частот с текущим номером К. Условно назовем эту сумму собственной мгновенной мощностью $P_c(t) = \sum_{k=0}^{n} P_k(t)$.

$$P_{вз}(t) = 2\sum_{k=0}^{n}\sum_{j=0}^{n} u_k(t) * i_j(t)$$

– удвоенная сумма всевозможных произведений гармоник различных частот к≠j. Условно назовем эту сумму взаимной мгновенной мощностью $P_{вз}(t)$. При этом физический смысл имеют лишь произведения гармоник тока $i_k(t)$ и напряжения $u_k(t)$ одинаковых частот, то есть слагаемые собственной мощности $P_c(t)$.

Для собственной мощности $P_c(t)$ благодаря физическому смыслу имеется четкая методика исследования мгновенной мощности $P_к(t)$ с разложением на активную $P_a(t)$ и реактивную составляющие и обоснованием усредненных (интегральных) оценок.

К сожалению, произведения гармоник различных частот, то есть слагаемые взаимной мощности $P_{вз}(t)$ – не имеют физического смысла и могут быть восприняты только как операнды математической процедуры, дополнения собственной мощности $P_c(t)$ до полной мгновенной мощности

$$P(t)=P_c(t)+P_{вз}(t)$$

Таким образом, для взаимной мощности $P_{вз}(t)$ нет оснований применять методики разложения на активную и реактивную составляющие и обсуждать усредненные (интегральные) оценки что было естественным для составляющих собственной мгновенной мощности $P_c(t)$. Взаимная мощность $P_{вз}(t)$ вообще

имеет нулевую постоянную составляющую и не влияет на средние оценки. Поэтому средние значения для $P_c(t)$, $P(t)$, $P_a(t)$ совпадают.

В результате имеем соотношение $P(t)=P_c(t)+P_{вз}(t)$, где $P_c(t)=P_a(t)+P_p(t)$. И если ставить задачу выделения сигналов $P_a(t)$ и $P_p(t)$, то крайне желательно иметь нулевую взаимную мощность $P_{вз}(t) = 0$. Тривиальный подход [2] обнуления взаимных составляющих связан с подбором ортонормированной системы координат и диагонализацией спектральной матрицы. Но это требует специальных дополнительных исследований сходимости, однозначности и точности процедуры вычисления собственных чисел и векторов.

В заключение приведем простой пример разложения мгновенной мощности P(t) периодической последовательности прямоугольных импульсов напряжения на резисторе на две составляющих (рисунок 1).

$$P(t)=P_c(t)+P_{вз}(t).$$

На рисунке 1,цифрой 1 обозначена мгновенная мощность P(t), цифрой 2 обозначено мгновенное напряжение u(t), цифрой 3 обозначена взаимная мощность $P_{вз}(t)$, цифрой 4 обозначен мгновенный ток в цепи i(t),а цифрой 5 – собственная мощность $P_c(t)$.

```
Enter R,Ohm   ? 2
Sxmk
Enter Au,mV   ? 200
Enter ti,mkS  ? 1
Enter t0,mkS  ? 0
Enter T,mkS   ? 3
Enter harmonic number  ? 50
q- 3
```

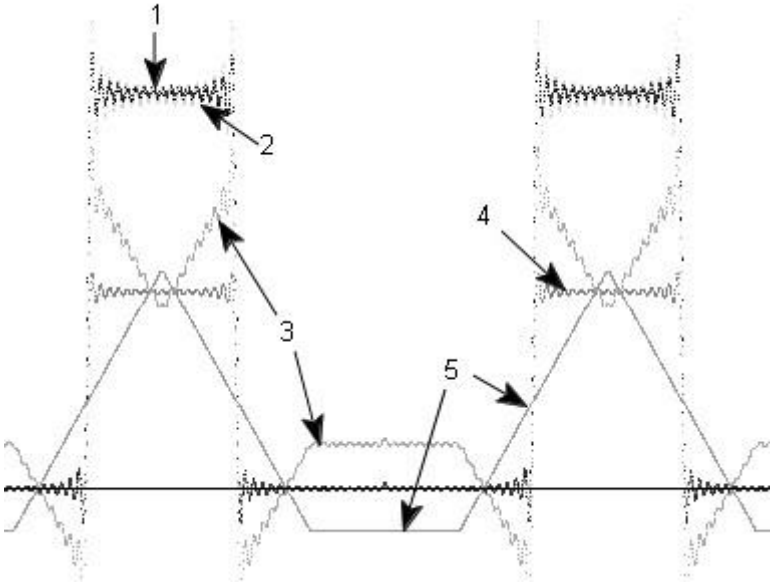


Рисунок 1– Разложение мгновенной мощности P(t) периодической последовательности прямоугольных импульсов напряжения на резисторе на две составляющих

После замены системы координат собственная мощность $P_c(t)$ должна совпасть с полной P(t), а взаимная мощность $P_{вз}(t)=0$, то есть должна обнулиться.

Список литературы

1. Тонкаль В.Е. Баланс энергий в электрических цепях / Тонкаль В.Е., Новосельцев А.В., Денисюк С.П. − Киев : «Наукова думка», 1992. − 312с.

2. Бєляєв М.Р. Вища алгебра для фізиків та інженерів : [Навчальний посібник] / Бєляєв М.Р. − Х. : ХНУ імені Каразіна, 2008 р. − 220 с.

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Сендерович Г.А.[1)],Щербакова П.Г.[1)], Ягуп В.Г.[2)], Белов Н.С.[3)]
[1)]Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
[2)]Харьковский национальный университет городского хозяйства им. Бекетова А.Н., ул. Революции, 12, г. Харьков, Украина, 61002
[3)]ООО «Хартэп», ул. Энергетическая, 11, г. Харьков, Украина, 61036

Нарушение нормального режима работы электроэнергетических систем, как правило, происходят из-за повреждения её элементов, в частности, линий электропередачи (ЛЭП). Причинами повреждений ЛЭП являются воздействия природных и технических факторов. К природным факторам относятся ветер, гололед, перепад температур, атмосферные перенапряжения, к техническим – короткие замыкания (КЗ), внутренние перенапряжения, нарушения правил технической эксплуатации и т.п.

Принимая во внимание качественный состав потребителей электроэнергии, где компьютерные технологии занимают главное место, ущерб от недоотпуска и снижения качества электрической энергии оказывается значительным.

Повреждение линий электропередачи приводит к нарушению нормального режима работы электроэнергетических систем и, как следствие, к нарушению нормального электроснабжения потребителей, снижению качества электрической энергии и повышению потерь электроэнергии в сети. Для восстановления нормального режима работы необходимо как можно быстрее восстановить поврежденную линию. Основную часть времени восстановления поврежденной линии занимает процесс определения места повреждения(ОМП). Исходя из этого, решение задачи ОМП должно быть одновременно быстрым и точным. Для выполнения требований по быстроте и точности ОМП целесообразно применение двух методов ОМП – дистанционного и топографического [1]. Сначала с помощью дистанционного метода ОМП определяют зону, в которой находится место повреждения, а затем, используя топографический метод, устанавливается точное место повреждения.

Для определения места повреждения по параметрам аварийного режима разработаны следующие устройства:

– фиксирующие приборы [2], наибольшее распространение из которых получили приборы типа ФИП, ФИП-1, ФИП-2, ЛИФП, ФПТ, ФПН и ФИС;

– цифровые программно ─ аппаратные комплексы на базе ЭВМ: «АНТЭС-АР – 3Ф», «Рекон 06БС», «Регина», «Нева», «Парма РП 4.06», «Парма РП 4.08», «Oscillostore P 531», «Oscillostore E 410» фирмы Siemens;

– приемный модуль релейной защиты и автоматики (ПМ РЗА) “Диамант”.

Наибольшее распространение получили фиксирующие приборы типа ФИП и ФИС. Так, общее количество фиксирующих приборов типа ФИП, предназначенных для двухстороннего ОМП, составляет 70% от всех установленных в энергосистеме,

фиксирующих приборов для одностороннего ОМП типа ФИС – 3,3%. Новые устройства выполненные на базе ЭВМ, начинают только внедрятся и их количество в энергосистеме ограничено.

Как показала эксплуатационная практика, относительное линейное отклонение расчетных расстояний до мест повреждений с использованием фиксирующих приборов составляет величину, равную 5,4% [3]. При этом двухстороннее и одностороннее ОМП используется совместно, а в ряде случаев одностороннее ОМП является основным.

Проведенный анализ методов и средств ОМП позволяет сделать следующие выводы:

– топографическое ОМП наиболее точное, но занимает значительное время;

– импульсное ОМП малоэффективно на неоднородных ЛЭП за счет появления «паразитных» отражений импульсов ;

– двухстороннее ОМП по ПАР, хоть и обладает высокой точностью, однако требует значительных капитальных вложений и имеет невысокую надежность;

– одностороннему ОМП по ПАР присуща методическая погрешность за счет наличия неизвестной информации, к которой относится переходное сопротивление в месте повреждения и система с противоположного конца поврежденной линии.

На сегодняшний день ОМП ЛЭП имеет высокую погрешность. Принимая во внимание качественные изменения, произошедшие в области измерительных средств, а именно переход от аналоговых устройств к цифровым, выполненным на базе ЭВМ, появляется возможность усовершенствования методов и средств ОМП. При этом актуальным является усовершенствование наиболее дешевых и надежных методов и средств одностороннего ОМП по ПАР путем уменьшения влияния неизвестной информации на точность получаемых результатов.

Список литературы

1. Шалыт Г.М. Определение мест повреждения в электрических сетях/ Шалыт Г.М.− М. : Энергоатомиздат, 1982. – 312 с.

2. Айзенфельд А.И. Фиксирующий индикатор сопротивления ФИС / Айзенфельд А.И., Аронсон В.Н., Гловацкий В.Г. − М. : Энергоатомиздат, 1987. − 64 с.

3. Айзенфельд А.И. Результаты внедрения и эксплуатации фиксирующих приборов для определения мест повреждения ВЛ 110-750 кВ / Айзенфельд А.И. // Электрические станции. − 1992. − №6. − С.44-46.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЕМКОСТНОГО МЕТОДА В НЕРАЗРУШАЮЩЕМ КОНТРОЛЕ МЕТАЛЛОИЗДЕЛИЙ

Сучков Г.М.[1)], Ноздрачева Е.Л.[2)]

[1)]***Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", кафедра "Приборы и методы неразрушающего контроля", ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, suchkov_gm@mail.ru, http://www.kpi.kharkiv.edu/pmnk/person_suchkov.html***

[2)]***Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", кафедра "Приборы и методы неразрушающего контроля", ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, nozdrachova_katy@mail.ru, http://www.kpi.kharkiv.edu/pmnk/person_nozdrachova.html***

О возможности использования механических сил, действующих на обкладки конденсатора, подключенного одновременно к источникам постоянного и переменного электрического напряжения известно уже давно [1]. Но, несмотря на широкополосность, присущую ультразвуковым (УЗ) преобразователям, основанным на этом эффекте, большого распространения они не получили. В последние годы интерес к таким преобразователям вновь возрос в связи с возможностью их применения для бесконтактного возбуждения ультразвуковых волн в твердых телах на высоких и сверхвысоких частотах. Последние исследования доказали, что данный метод может иметь достаточную чувствительность при возбуждении и приеме ультразвуковых колебаний, поэтому дальнейшая разработка преобразователей данного типа целесообразна.

Например, при решении ряда прикладных задач возникает необходимость определения акустических параметров в объектах, имеющих малую толщину [2]. В этом случае применение традиционных эхо-импульсных методов нецелесообразно, так как для тонких образцов они не обеспечивают требуемую точность измерения, а иногда их просто невозможно реализовать. Поэтому, для проведения измерений данной сложности разрабатываются новые методы и средства, где в качестве излучателя и приемника ультразвуковых колебаний все чаще применяют емкостные преобразователи, имеющие широкую полосу излучения и приемка ультразвуковых импульсов, а так же главным преимуществом которых является бесконтактность проведения контроля. При этом, полученные результаты показывают [2, 3], что емкостной метод позволяет определить качество тонкостенных изделий, в случае, когда применение оптических или радиционных методов – традиционных для подобных объектов, невозможно.

Коэффициент затухания, скорость распространения продольных и сдвиговых УЗ волн – важные информативные параметры при УЗ неразрушающем контроле материалов и изделий. Вопрос о точности и достоверности измерений этих физических величин, метрологическом обеспечении акустических измерений в твердых средах весьма актуален.

В настоящее время в качестве эталонных установок измерения скоростей распространения и коэффициентов затухания УЗ волн в металлах используются

иммерсионные установки.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования иммерсионных вариантов измерения скорости и затухания УЗ колебаний в твердых средах со всей очевидностью доказали факт искажения амплитудно-фазовых характеристик УЗ волн на границе жидкость − твердая среда. Такое влияние границы существенно снижает точность измерений и должно либо учитываться при оценке систематической составляющей погрешности измерений, либо исключаться из процедуры измерений применением бесконтактных методов измерений.

Примером служит разработанная установка описанная в [2] для измерения коэффициента затухания и скорости распространения продольных УЗ волн в твердых средах и передачи средствам измерений низшего разряда размера единицы этих физических величин. Она позволяет также измерять групповую скорость распространения сдвиговых волн. В установке ИЗУ-1 реализован емкостный метод генерации и приема УЗ колебаний, основанные на применении емкостных преобразователей (ЕП) с тонкопленочным оксидным диэлектриком.

Так же в [4, 5] описывается возможность использования емкостных преобразователей для приема рэлеевских волн и волн Лемба, возбуждаемых любыми методами.

Из вышесказанного следует, что дальнейшая разработка и усовершенствование метода ультразвукового емкостного контроля и средств, его реализующих, является своевременной и актуальной.

Список литературы

1. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике / Бергман Л. ; [пер. с нем.]. – [Изд. 2.] –Москва : Издательство иностранной литературы. – 1957. – 728 с.

2. Кондратьев А. И. Измерение скорости распространения и коэффициента затухания продольных волн в тонких образцах /А. И. Кондратьев, А. А. Кондратьев, В. И. Римлянд, К. А. Драчёв // Вестник ТОГУ. – 2013. − № 4(31). – С. 17-24.

3. Кондратьев А.И. Прецизионные методы и средства измерения акустических величин твердых сред. В двух частях / Кондратьев А.И. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС. – 2006. – 152 с.

4. Неразрушающий контроль: справочник в 7 т. Т. 3. Ультразвуковой контроль / [В.В. Клюев, И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге] ; под ред. В.В. Клюева. – М. : Машиностроение, 2004. – 864 с.

5. Шкарлет Ю.М. Бесконтактные методы ультразвукового контроля. – Москва : Машиностроение. – 1974. –56с.

КАЛІБРУВАННЯ ЦИФРОВИХ ЧАСТОТОМІРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕТАЛОННОГО СИГНАЛУ ЧАСТОТИ РБУ

Тимошенко В.О., Лисенко В.В., Коржов І.М.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002

Калібрування − це сукупність операцій, що виконуються з метою визначення метрологічних характеристик та придатності засобу вимірювальної техніки до застосування в певних умовах. Дана процедура може здійснюватися будь-якою метрологічною службою за умови, що в неї є можливість забезпечити відповідні умови для проведення калібрування.

Для забезпечення єдності вимірювань цифрових частотомірів (ЦЧ) калібрування необхідно проводити під час їхньої експлуатації. Для цього був проведений аналіз різних методів калібрування електронно-лічильних частотомірів України та Росії. В ході аналізу з'ясували, що існує можливість проведення калібрування прямим методом вимірювання за допомогою еталонного сигналу частоти радіопередавача РБУ.

За часів СРСР використання еталонного сигналу часу і частоти (ЕСЧЧ) значно полегшувало забезпечення єдності вимірювань у всій державі. Нині такий метод контролю годинників та ЦЧ в Україні не використовується та відсутня будь-яка інформація про нього у державних стандартах.

Радіостанція РБУ (м. Москва) передає еталонний сигнал частотою 66.6 кГц з відносною похибкою $\pm 2 \cdot 10^{-12}$. ЕСЧЧ РФ по метрологічним показникам відповідає вторинному еталонну Державної повірочної схеми часу та частоти України, що дає можливість відтворити еталонний сигнал частоти з високою точністю. Приймання цього сигналу здійснюється приймачем-компаратором ПК-66, який формує еталонний сигнал 1 МГц. Для контролю якості сигналу використовували осцилограф.

Рисунок 1− Технічні засоби кафедри ІВТС для проведення калібрування електронно-лічильних частотомірів

Згідно з ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 калібрування ЗВТ повинно містити в собі процедуру оцінювання невизначеності вимірювання, що характеризує діапазон значень, в якому є істинне значення вимірювальної величини, тому обробка отриманих результатів виконувалася згідно з ДСТУ-НРМГ43:2006 Метрологія. Застосування «Посібника з вираження невизначеності вимірів». Для автоматизації розрахунків, підвищення їх точності та надійності була застосована нова спеціалізована програма Calibre 2.0, яка проводить оцінювання стандартної невизначеності вимірювання за типами А і В, сумарної і розширеної невизначеності з урахуванням коефіцієнта охоплення k при заданій ймовірності Р.

В ході проведення експериментів калібруванню підлягали 17 цифрових частотомірів 7 типів, які використовуються на кафедрі ІВТС на протязі 25-30 років. Відмічено, що 3 прилади були забраковані на етапі опробування з причини виявлення дефектів цифрового табло та 2 − на етапі визначення метрологічних характеристик: значення ЧЗ-34А(№А010650) були в 1,5 рази вище за еталонну частоту і складали 1666,6309 кГц , а в ЧЗ-33(№ Б12440) з кожним вимірюванням частота зростала за певним законом. Розширена невизначеність калібрування U_p приладів, що пройшли всі етапи калібрування, знаходилась в діапазоні 0,11-0,14 Гц.

Також були проведені додаткові експериментальні дослідження з визначення залежності відносної похибки 4-х типів приладів від часу прогріву, що показали

Список літератури

1. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій: ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. – Київ: Держспоживстандарт України, 2007. – 26 с. – (Національний стандарт України).

2. Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювань часу та частоти: ДСТУ 3538:2009. – [Чинний від 2011-01-01] // Кат. нормат. док. − К.: Держстандарт України, 2001. − Група 17.080; 39.040.20 (Т 84).

3. Метрологія. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений». (Метрологія. Застосування «Настанови щодо вираження невизначеності вимірювань»: ДСТУ-Н РМГ43:2006. – [Чинний від 2007-07-01]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2007. – 28 с. – (Національний стандарт України).

4. Павленко Ю.Ф. Забезпечення єдності електрорадіовимірювань : нав. посіб. / Ю. Ф. Павленко, І.П. Захаров, С.І. Кондрашов, В.К. Гусельніков – Х.: Вид-во «Підручник НТУ ХПІ», 2013. – 232 с.

5. Бюллетень в 14 / 2013 частоты и времени. Эталонные сигналы частоты и времени. Характеристики и программы передач через радиостанции, наземные и космические средства навигации, сети телевизионного вещания. – Москва : 2013. – 27 с.

6. Коржов І.М. Універсальне програмне забезпечення автоматизації обробки результатів вимірювання Calibre 1.1 / Коржов І.М., Лисенко В.В. // Метрологія та прилади. − 2014.− №1. – 276 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЗМІННОЇ НАПРУГИ В ЗМІННУ НАПРУГУ ПІДВИЩЕНОЇ ЧАСТОТИ

Тимченко М.О., Вержановська М.Р.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, Україна, verganovskaya@ukr.net

Використання транзисторних перетворювачів частоти пов'язане з рішенням багатьох технологічних та конструкторських задач, які спрямовані на підвищення надійності та ефективності систем електроживлення для установок індукційних технологій, дозволяє реалізовувати екологічно чисті технології, виключаючи забруднення навколишнього середовища продуктами згоряння енергоносіїв, тому ця тематика є актуальною та перспективною. Одним із пріоритетних напрямків вдосконалення таких транзисторних перетворювачів є розробка ефективних способів перетворення напруги та алгоритмів керування перетворювачами частоти.

Схема перетворювача, що складається з некерованого випрямляча та регульованого інвертора напруги, знаходить застосування в установках індукційного нагріву в частотному діапазоні від 1 до 400 кГц. Вихід інвертора підключається через погоджувальний трансформатор та компенсуючий конденсатор до індуктора з тілом, що нагрівається. Навантаження інвертора можна представити схемою заміщення у вигляді послідовного резонансного контуру, який складаються з конденсатора, індуктивності та активного опору.

Особливістю перетворювача для індукційного нагрівання з навантаженням у вигляді послідовного резонансного контуру є широкий діапазон зміни його електричних параметрів: активний опір навантаження може змінюватись від 2 до 4 разів, а індуктивність від 1,3 до 1,6 разів, при цьому добротність коливального контуру Q в більшості випадків знаходиться в межах від 5 до 20. Для забезпечення оптимальних режимів роботи при змінному навантаженні та високій добротності необхідна система автоматичного підстроювання частоти (АПЧ). Якісні технологічні режими досягаються регулюванням вихідної потужності, при цьому значну перевагу має низькочастотна імпульсна модуляція за рахунок практично нульових динамічних втрат потужності [1,2, 3].

Мета роботи полягає в формуванні математичної моделі перетворювача напруги в пакеті Simulink, що дає змогу розширити аналіз ряду робочих режимів та знизити число припущень для отримання динамічних характеристик.

Спрощена схема математичної Simulink-моделі (рис.1) складається з блоків силової схеми перетворювача частоти та системи керування. Силова схема має наступний склад: мережевий фільтр з випрямлячем AC-DC Converter; ланка постійної напруги C1; схема інвертора DC-AC Converter на MOSFET транзисторах; вихідний трансформатор T1; коливальний контур C2, L2, R2, у якому індуктивність L2 – це індуктивність індукційного нагрівача; датчик струму індуктора TA1.

Блок керування складається з генератора Generator_1 з частотою 1 кГц, синхронізованого сигналом sinch з сигналами датчика стуму TA1 (режим АПЧ).

Сигнали з парафазного виходу Out2, Out3 генератора подаються на схеми збігання DD3, DD4.

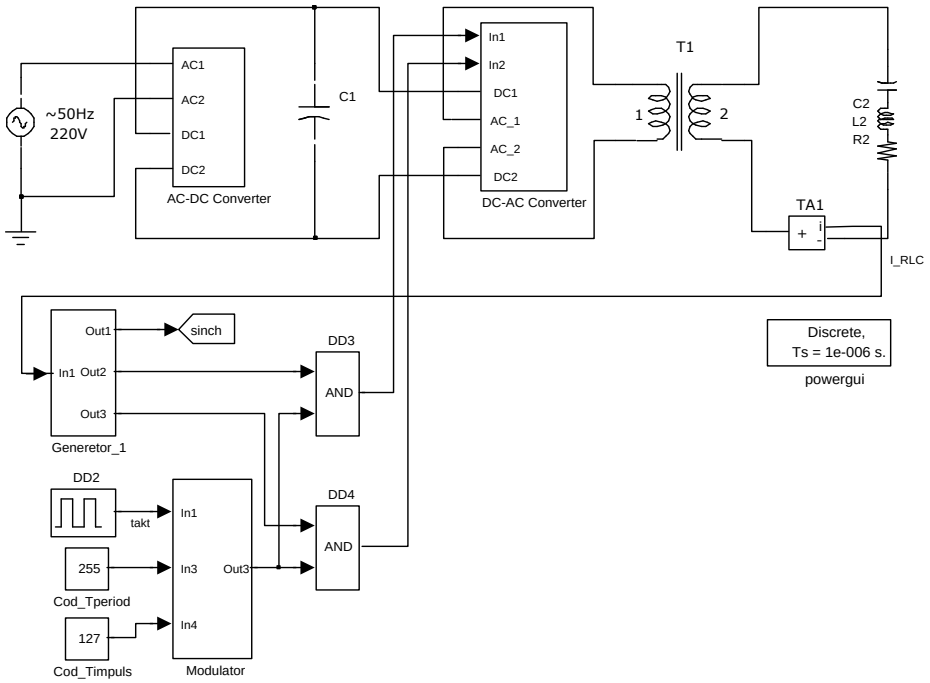


Рисунок 1

До модулятора імпульсів Modulator входить генератор DD2 прямокутних імпульсів з частотою не менш, ніж у 10 разів меншу за частоту генератора Generator_1. Коефіцієнт заповнення модульованої напруги регулюється задатчиками коду періоду Cod_Tperiod та коду тривалості імпульсів Cod_Timpels. Вихідні імпульси модулятора подаються на другі входи схем збігання DD3, DD4, а вихідні імпульси схем збігання - на входи In1, In2 і надходять на керуючі входи інвертора AC-DC Converter.

Розроблена математична модель дозволяє проводити аналіз роботи перетворювача напруги підвищеної частоти з низькочастотною імпульсною модуляцією при різних комбінаціях параметрів модуляції та проаналізувати вплив низької добротності коливального контуру.

Список літератури

1. Hideaki Fujiata. Pulse-density-modulated power control of a 4kW, 450 kHz voltage-source inverter for induction melting applications / Hideaki Fujiata, Hirofumi Akagi // IEEE transactions on industry applications. − March/April 1996. − Vol. 32. – N.2.

2. Юрченко М.М. Низькочастотні способи регулювання струму транзисторних інверторів напруги установок індукційного нагріву / Юрченко М.М., Гуцалюк В.Я., Шевченко П.М. [та ін] // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. праць. – К. : ІЕД НАНУ, 2007. – №18. – С. 108-111.

3. Юрченко О.М. Модель резонансного транзисторного інвертора напруги з низькочастотною імпульсною модуляцією / Юрченко О.М., Гуцалюк В.Я., Герасименко П.Ю., Слєсаревський І.О. // Техн. електродинаміка. − 2011. − №1. – С. 24-30.

ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ФОРМУВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛІВКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Тищенко К.В., Подуремне Д.В., Гричановська О.А., Шамардін А.В.
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, Суми, Україна, 40007

Вдосконалення існуючих методів дослідження фізичних властивостей плівкових матеріалів з використанням сучасних засобів автоматизації фізичного експерименту значною мірою дозволяє підвищити швидкість та точність проведення експериментальних вимірювань і достовірність отриманих результатів.

При дослідженні електромеханічних властивостей тонких металевих плівок важливим є виконання всього комплексу досліджень в одному технологічному циклі без розгерметизації вакуумної камери. З цією метою було розроблено автоматизовану систему, яка дозволяє в одному технологічному циклі формувати три плівкових зразки на одній підкладці і одночасно досліджувати їх властивості (рис.1). Змінюючи геометричні розміри і форму заслінки та режим керування нею, яке здійснюється за допомогою крокового двигуна, електронної схеми узгодження сигналів і керуючої комп'ютерної програми, можна отримувати плівки різної товщини або конфігурації.

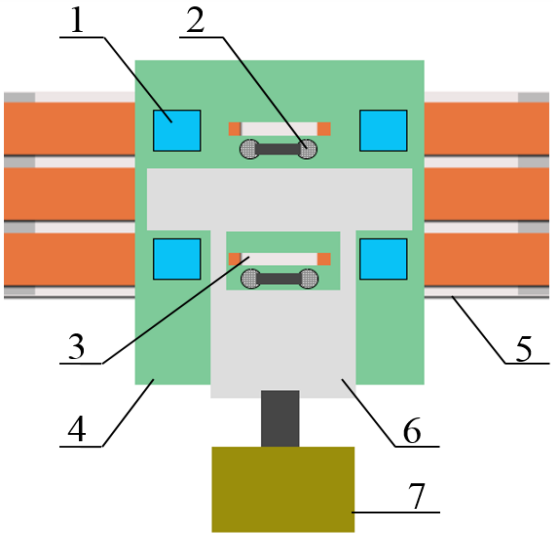


Рисунок 1 – Схема системи для формування плівкових матеріалів на підкладці: 1 – скляна пластина для інтерферометричних вимірювань; 2 – сіточка з вуглецевою плівкою для електронно-мікроскопічних досліджень; 3 – «віконце» для конденсації зразка; 4 – маска; 5 – підкладка з контактами; 6 – заслінка; 7 – кроковий двигун

Точність товщини отримуваних зразків забезпечувалась використанням вимірювальної схеми зі зворотнім зв'язком, за допомогою якої в процесі

експерименту контролювалось падіння частоти на кристалі кварцу і відбувалась передача даних до програмного забезпечення, розробленого у середовищі програмування LabVIEW–2010. Вимірювання частоти кварцу проводилось за допомогою частотоміра з виходом RS-232, що через перетворювач інтерфейсів, був підключений до USB виходу комп'ютера. Програма у свою чергу керувала вакуумним електромагнітом, який приводив у дію заслінку між випарником та підкладкою, забезпечуючи при конденсації похибку товщини отримуваного зразка близько 1 нм при швидкості зчитування значення частоти 10 разів за секунду.

Дослідження електромеханічних властивостей проводилось за допомогою автоматизованої системи на базі мікрогвинта із ціною поділки 0,02 мм і деформаційного пристрою при використанні підкладок із полістиролу. Це дозволило проводити дослідження у інтервалі деформації до 5%. Керування ходом експерименту виконувалось за допомогою розробленого нами програмно-апаратного комплексу, апаратна частина якого складалась з АЦП ADAM-4018; релейного модуля ADAM-4068, який управляє режимом роботи приводу мікрогвинта; перетворювача інтерфейсів USB → RS232 / 422 / 485 ADAM-4561; асинхронного двигуна Д-219П1УЗ та веб-камери з роздільною здатністю 640x480 пікселів. Вимірювання опору проводилось за чотириточковою схемою для зменшення до мінімуму впливу зовнішніх факторів на величину отриманих експериментальних результатів. Для оцифровування отримуваних даних використовувався 16-бітний сігма-дельта АЦП ADAM-4018, котрий дає можливість паралельно обробляти 8 вхідних аналогових сигналів. Програмна частина розробленого комплексу була виконана з використанням середовища графічного програмування LabVIEW–2010 та модуля машинного зору NI IMAQ Vision Development Module [1].

Розроблене програмне забезпечення дозволяє виконувати дослідження за наперед заданим сценарієм: задавати кількість деформаційних циклів, інтервал деформації, швидкість обертання двигуна, час затримки між деформаційними циклами, проводити попередню обробку результатів експерименту. Контроль обертання мікрогвинта здійснювався за допомогою веб-камери, зображення із якої передавалось до програмного забезпечення та аналізувалось модулем машинного зору, виходячи з чого, за допомогою релейного модуля ADAM-4068, здійснювалось керування роботою двигуна для стабілізації точності заданих параметрів експерименту. Результати експериментальних досліджень (деформаційні залежності опору і його відносної зміни; значення середнього і миттєвого коефіцієнтів тензочутливості) після попередньої обробки зберігались у табличному файлі, який можна застосовувати для подальшої обробки результатів з використанням іншого програмного забезпечення.

Список літератури

1. Визильтер Ю.В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW и IMAQ Vision / Ю.В. Визильтер, С.Ю. Желтов, В.А. Князь. – Москва : ДМК Пресс, 2007. – 464 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕННЯ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПІДШИПНИКІВ

Ткачук А.А., Заблоцький В.Ю., Приступа С.О.
Луцький національний технічний університет,
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43000, http://lutsk-ntu.com.ua

Відомо, що деталі машин зокрема та вузли в цілому функціонують під дією динамічних навантажень, врахувати які у більшості випадків неможливо. Однак, такі навантаження спричиняють значний вплив на інтенсивність зношування робочих поверхонь спряжених деталей. Таким чином, дослідження впливу динамічних режимів навантаження на інтенсивність зношування спряжених деталей є актуальним науково-практичним завданням.

Основні закономірності втомного руйнування дозволяють оцінити вплив динамічних режимів навантаження на величину зношування. Для цього потрібно припустити, що зміна навантажень в процесі зношування описується функцією розподілу, яка характеризує собою спектр навантажень [1]. Характеризуючи щільність ймовірності значення контактного тиску за допомогою нормального розподілу:

$$\Phi'(p)=\frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(p-\bar{p})^2}{2\delta^2}}, \qquad (1)$$

де δ – середнє квадратичне відхилення; $\bar{p}$ – середній контурний тиск за правилом лінійного сумування руйнувань отримаємо вираз для характеристики інтенсивності зношування в умовах динамічного навантаження:

$$I_{\text{var}}=\int_{p_{\min}}^{p_{\max}} I(p)\Phi'(p)dp\int_{p_{\min}}^{p_{\max}} A\bar{p}^{x}\frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(p-\bar{p})^2}{2\delta^2}}d\bar{p}=A\bar{p}^{x}\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{(1+\theta\upsilon)^{x}}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{\theta^2}{2}}d\theta=\bar{I}\cdot\lambda, \qquad (2)$$

де $\theta=(\bar{p}-\bar{p})/\delta$ – нормоване відхилення; $\nu=\delta/\bar{p}$ – коефіцієнт варіації:

$$\bar{I}=A\bar{p}^{x}, \qquad (3)$$

$$\lambda=\int_{-\infty}^{+\infty}\frac{(1+\theta\upsilon)^{x}}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{\theta^2}{2}}d\theta. \qquad (4)$$

Отриманий результат показує, що інтенсивність зношування при динамічних навантаження біля деякого середнього значення буде вищим в λ разів в порівнянні з тим випадком, коли навантаження підтримується постійним на рівні середнього його значення. Значення λ буде тим більшим, цим вище коефіцієнт варіації υ і чим сильніший вплив навантаження на зношування, тобто чим більше значення x [2]. В табл. 1 наведені розрахункові значення λ, що відповідають різним значенням υ та x. З метою перевірки отриманих теоретичних залежностей було проведено експеримент, в якому досліджувалась інтенсивність зношування матеріалу сталь ШХ15 ГОСТ 801-78 в залежності від контурного тиску та коефіцієнта варіації під час тертя по аналогічному матеріалу. Швидкість ковзання підтримувалась постійною і складала 2,45 м/сек. В якості зразків використовувались роликопідшипники серії 7000 площа поверхні тертя-кочення яких складала 0,636 см^2. Вимірювання зносу зразків

проводилось після встановлення режиму сталого зношування.

Таблиця 1 − Розрахункові значення коефіцієнта λ, що відповідають різним значенням υ та x

υ \ x	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0,2	1,00	1,01	1,03	1,06	1,09	1,14	1,19	1,24
0,3	1,00	1,03	1,07	1,13	1,21	1,31	1,43	1,55
0,4	1,00	1,05	1,12	1,21	1,37	1,55	1,78	2,01
0,5	1,00	1,08	1,20	1,34	1,58	1,92	2,25	2,64

В результаті експериментів отримано залежність інтенсивності зношування від контурного тиску p в умовах відсутності коливання навантажень (υ=0) в діапазоні навантажень 1,57…14,5 кг/см^2. Визначення параметрів A та x рівняння зношування та їх довірчих інтервалів виконувалось за результатами випробувань, оброблених по методиці найменших квадратів. Експеримент було повторено в умовах коливання навантажень біля заданої середньої величини шляхом ступінчатої зміни навантаження через 60 сек. Основні результати проведених дослідів наведено в табл. 2.

Таблиця 2 − Залежність коефіцієнтів λ від значень υ та x

Коефіцієнт варіації, υ	Показник степеня ^{x} при p	Коефіцієнт пропорційності $I\lambda\cdot10^8$	λ	
			експериментальне	теоретичне
0,20	1,63	0,73	1,10±0,06	1,02
0,38	1,63	0,82	1,15±0,08	1,06
0,48	1,63	0,92	1,20±0,12	1,09

Аналізуючи табл. 2 видно, що значення λ отримані в результаті експерименту вищі ніж теоретичні, це означає, що коливання навантаження впливає на зношування в більшій мірі ніж це визначено за допомогою моделювання. Виявлений ефект можна пояснити тим, що при зміні навантаження інтенсивність зношування не змінюється миттєво, а деякий час відбуваються перехідні процеси, тобто інтенсивність зношування в попередній момент здійснює вплив на інтенсивність в наступний період, а це не враховується в базових моделях для визначення інтенсивності зношування підшипників. При збільшенні навантаження перехідний процес коротший, ніж при її зменшенні і спостерігається додаткове збільшення інтенсивності зношування. Таким чином, запропонована методика дає пояснення ефекту збільшення зношування за рахунок коливання навантажень, а також дозволяє кількісно оцінити це явище.

Список літератури

1. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей / Гнеденко Б.В. – М. : Наука, 1988. − 451 с.

2. Крагельский И.В. Трение и износ / Крагельский И.В. − М. : Машиностроение, 1968. − 480 с.

СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ МНОГОЗОННЫХ ПРОХОДНЫХ АГРЕГАТОВ

Фёдоров С.Ю., Мигущенко Р.П.
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, Fedor19.12@mail.ru

Для управления технологическими процессами, начиная со времени зарождения этой области техники в древности и до начала 60-х годов нашего столетия, применялись в основном простейшие механические, пневматические или электрические регуляторы. Отсутствие более сложных систем управления объяснялось их высокой стоимостью, ограниченными возможностями технических средств, медленными темпами создания подходящей теоретической базы. В наше время преобладают непрерывные технологические процессы большой мощности со сложными комплексами энергетических и материальных потоков и с жесткими требованиями к качеству продукции, к безопасности персонала, к сохранности оборудования и к воздействию на окружающую среду, что ведет к необходимости создания более совершенных систем управления. Поскольку ЭВМ составляет теперь лишь незначительную долю общих капиталовложений на создание системы управления, установка на объекте быстродействующей машины с большим объемом памяти экономически оправдана.

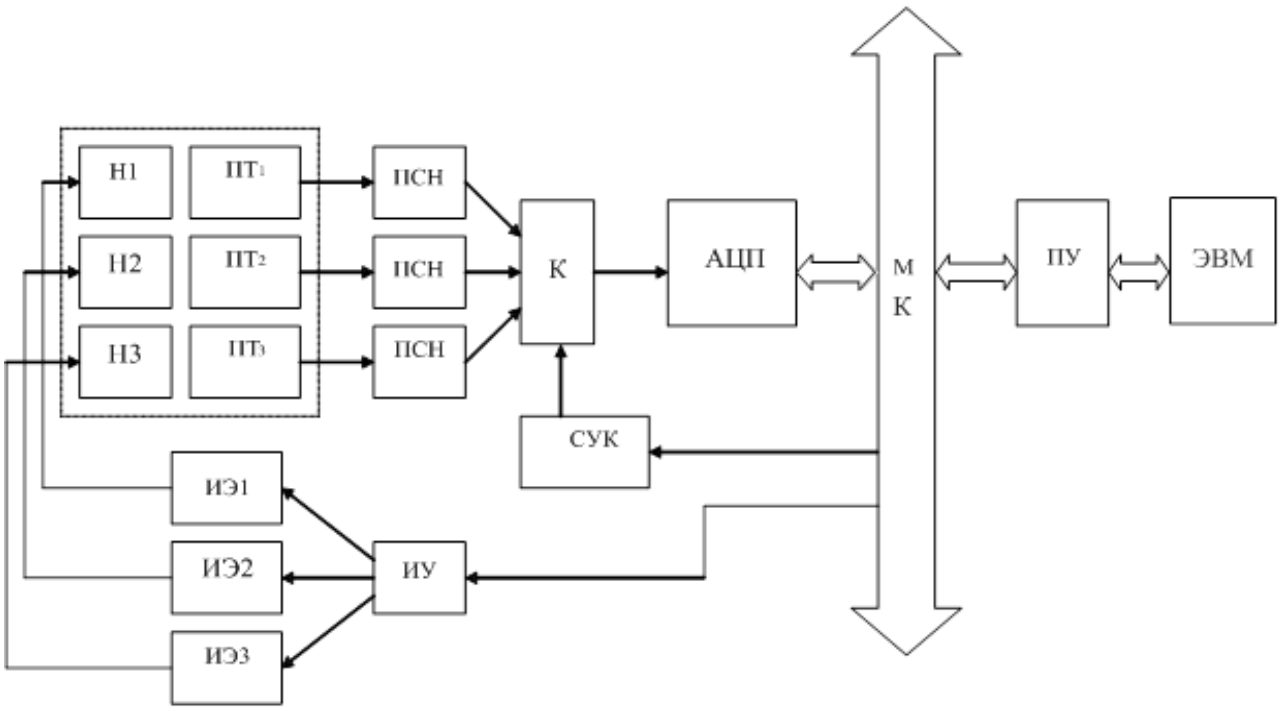


Рисунок 1 − Схема автоматической идентификации промышленных объектов

Это общая схема получения данных о наблюдаемых параметрах производственного процесса, а так же создания управляющих воздействий. Для

примера используются нагреватели (H1,H2,H3) на которые установлены преобразователи температуры (датчики). Далее сигнал приводится к стандартному виду преобразователем нормированного сигнала (ПСН), и подаётся через коммутатор (К) на АЦП. Полученные в цифровом виде данные обрабатываются в МК соответствующей программой, исходя из полученных выводов, создаются управляющие импульсы для контроля нагревателей. Так же в этой системе предусмотрено подключение ПК для визуального отображения данных в реальном времени или управления процессом оператором. Для построения современной высокоэффективной системы наблюдения и управления необходимо, как правило, иметь описание объекта управления в виде математической модели.

Для примера возьмём аппроксимацию переходной функции решением дифференциального уравнения с простыми вещественными корнями.

$$h(t) \approx c_0 - \sum_{i=1}^{n} c_i e^{-\alpha_i t}$$

$$\frac{\alpha_i}{\alpha_{i+1}} \le 0.5 \div 0.7;\ I=1, 2,\ldots,n-1$$

Идея метода заключается в последовательном приближении h(t) сначала решением уравнения первого порядка, т.е. функцией $c_1 e^{-\alpha_1 t}$, и если эта аппроксимация неудовлетворительна, то в рассмотрение вводится $c_2 e^{-\alpha_2 t}$, т.е. порядок аппроксимирующего уравнения принимается равным 2, и т.д. Неизвестные c_i и α_i определяются на каждом этапе аппроксимации с помощью операции логарифмирования, из-за чего этот способ получил название метода последовательного логарифмирования. Практика применения этого метода для определения динамических характеристик по переходным функциям промышленных объектов показывает, что h(t) можно аппроксимировать суммой двух четырёх экспонент.

Список литературы

1. Рей У. Методы управления технологическими процессами / У. Рей.; [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1983. – 368с.

2. Захаров И.П. Метрологическая идентификация динамических характеристик средств измерительной техники: учебное пособие / И.П. Захаров, М.П. Сергиенко. – Х: компания СМИТ, 2012. – 232 с.

ВПЛИВ ЗАПАСІВ ВНУТРІШНЬОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИЛАДУ НА РЕЗУЛЬТАТИ ДИНАМІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Харламова Ю.М.
ДВНЗ «Національний гірничий університет»,
пр. Карла Маркса 19, м. Дніпропетровськ, 49005, harlamyshka@yandex.ua

Відомо, що при динамічних вимірюваннях враховується зміна у часі вихідного сигналу засобу вимірювання (ЗВ). Оскільки миттєве реагування ЗВ на зміну вхідного сигналу, практично неможливо, то виникає складова похибки, обумовлена інерційними властивостями ЗВ. Тому для оцінки точності результатів динамічних вимірювань необхідно знати динамічні характеристики ЗВ [1].

Розглянемо динамічні характеристики динамічних систем на прикладі магнітоелектричних вимірювальних пристроїв. Складемо диференційне рівняння руху рамки зі струмом у магнітному полі. Рамка зі струмом у магнітному полі являє собою механічну систему з одним ступенем свободи, тому застосуємо відоме співвідношення механіки

$$J \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2} = \sum_{i=1}^{n} \mu_i, \qquad (1)$$

де J − момент інерції рамки; α − кут повороту рамки; μ_i − зовнішні моменти, прикладені до рамки.

Основні моменти, котрі діють на рухому рамку:

1) Обертаючий момент від взаємодії струму з магнітним полем

$$\mu_1 = Bs\omega i = \psi i,$$

де B − магнітна індукція у зазорі магнітопроводу; ω − кількість витків у рамці; s − площа рамки; i − струм, що протікає через рамку; ψ − потокозчеплення рамки;

2) протидіючий момент, що створюється пружиною, пропорційний куту повороту рамки

$$\mu_2 = -W\alpha,$$

де W - питомий протидіючий момент.

Зважаючи на малу поверхню рамки та низьких швидкостей її руху, моментом повітряного гальмування можна знехтувати;

3) момент електромагнітного гальмування, який виникає за рахунок струмів, індуктованих в обмотці рамки.

Повний опір системи «коло-рамка»:

$$R = r_p + r, \qquad (2)$$

де r_p − опір рамки; r − опір кола, ввімкненого до рамки.

Під час руху у рамці наводиться ЕРС

$$e = -2Bl\upsilon\omega, \tag{3}$$

де l − довжина робочої сторони рамки; υ − швидкість переміщення рамки у магнітному полі.

Враховуючи, що $\upsilon = \frac{b}{2} \cdot \frac{d\alpha}{dt}$, ($b$ − поперечний розмір рамки) формула (3) набуде вигляду

$$e = -2Bl\omega \cdot \frac{b}{2} \cdot \frac{d\alpha}{dt} = -\psi \cdot \frac{d\alpha}{dt}, \tag{4}$$

тоді струм, що створює ЕРС в обмотці рамки, з урахуванням (2) - (4) дорівнює

$$i = -\frac{e}{r_p + r} = -\frac{\psi}{r_p + r} \cdot \frac{d\alpha}{dt} = -P \cdot \frac{d\alpha}{dt},$$

де P - коефіцієнт заспокоєння.

Якщо моменти, створювані величиною сили тертя у опорах і пружині, значно менші вимірюваних, тоді рівняння (1) набуде вигляду

$$J \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2} + P \cdot \frac{d\alpha}{dt} + W\alpha = \psi i. \tag{5}$$

Для розв’язання диференційного рівняння (5) необхідно дві початкові умови: $\alpha\big|_{t=0}$ та $\frac{d\alpha}{dt}\big|_{t=0}$. Якщо вони не є нульовими, що має місце при динамічних вимірюваннях, то на зміну α впливає як зовнішній фактор, так і запаси внутрішньої енергії. Для корекції вільної складової руху інерційних систем приладу існують різні підходи з використанням апаратів модального та оптимального керування, математичного апарату збуджень хвильової приладу.

Список літератури

1. Техническая кибернетика. Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления. Книга 1. Измерительные устройства, преобразующие элементы и устройств : Серия инженерных монографий / под ред. В.В. Солодовникова. – М. : Машиностроение, 1973. − 671 с.

АНАЛІЗ ПОХИБОК ПОБУТОВОГО ІНДИКАТОРА НІТРАТІВ

Хіхло О.Ю. [1], Тверитникова О.Є. [2]
[1] НТУ «ХПІ», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, alenka-mini@yandex.ru
[2] НТУ «ХПІ», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002, tveritnikovaelena@rambler.ru

У більшості нітратомірів використовується один з двох методів вимірювання концентрації нітратів: у побутових нітрат-тестерах – вимірювання електропровідності в речовині з подальшим перерахунком в питомий вміст (менш точний, але дуже простий метод), а в професійних нітратомірах – потенціометричний метод з використанням іоноселективного електрода (більш точний, але трудомісткий метод). Розглянемо похибку розробленого побутового нітрат-тестера ВНП-11.

Загальна похибка вимірювання індикатора складається з апаратної похибки та похибки переводу електропровідності в концентрацію нітратів.

Джерелами похибки електричної частини приладу є первинний вимірювальний перетворювач та АЦП, вбудований у мікроконтролер.

Так як всі складові сумарної похибки можна вважати некорельованими між собою, то вираз для знаходження загальної похибки має вигляд

$$\delta_{\Sigma} = 0{,}95 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N} \delta_i^2}, \qquad (1)$$

де N – кількість складових загальної похибки;

δ_i – значення складової сумарної похибки.

Структурна схема побутового індикатора нітратів представлена на рисунку 1. КЗА – контролер заряду акумулятора; СН – стабілізатор напруги; КВП – клавіатура з вузлом підсвічування; ККВ – ключ керування включенням; ЦПІ – цифровий пристрій індикації; ПН – повторювач напруги; ГТІ – генератор тактових імпульсів; ПВП – первинний вимірювальний перетворювач; СД – синхронний детектор; Ф – фільтр; МК – мікроконтролер; ДОН – джерело опорної напруги.

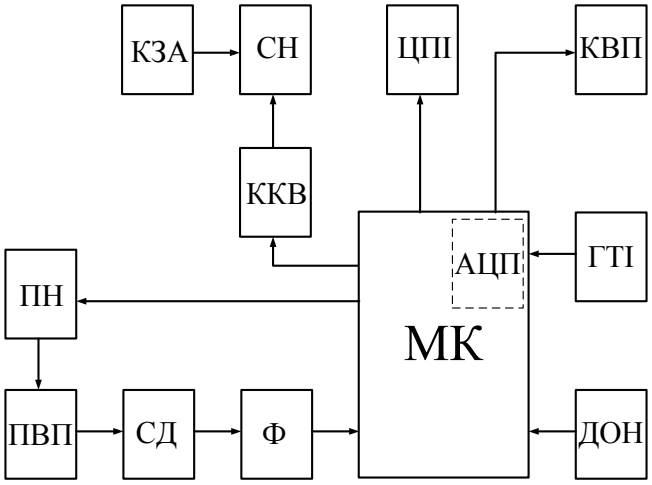


Рисунок 1 – Структурна схема побутового індикатора нітратів

Проаналізуємо похибки елементів схеми.

Похибка стабілізатора напруги становить 0,5 %. Похибка повторювача напруги становить 0,051 %. Похибка генератора тактових імпульсів становить 0,2 %. Похибка джерела опорної напруги становить 0,3 %. Відносна похибка АЦП рівна 0,043 %.

З урахуванням співвідношення (1) можна розрахувати загальну сумарну похибку приладу. Знайдемо сумарну похибку приладу

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{0{,}5^2 + 0{,}051^2 + 0{,}2^2 + 0{,}3^2 + 0{,}043^2} = 0{,}39\%.$$

Апаратна частина похибки складає 0,39%.

Друга частина загальної похибки вимірювання індикатора - похибка переводу електропровідності в концентрацію нітратів.

Вимірюючи провідність овочів і фруктів, вчені дійшли висновку, що відношення кількості нітрат-іонів до загальної кількості іонів має постійну пропорцію, в середньому ця пропорція приблизно постійна і для кожного овочу або фрукту вона своя. Ці пропорції були визначені експериментально та похибка переводу концентрації нітратів в провідність складає близько 30%, тому апаратною частиною похибки нашого приладу можна знехтувати.

Отже, загальна похибка вимірювання розробленого побутового індикатора нітратів становить 30 %. Це значення не перевищує похибки загальновідомих індикаторів нітратів. Тому дану розробку можна вважати актуальною.

Порівняльна характеристика зазначена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика похибок побутових нітрат-тестерів

Параметр	VD-2007	СОЄКС NUC-019-1	Екотестер	ВНП-11
Зовнішній вигляд приладу				
Похибка вимірювання	30 %	30 %	30 %	30 %

Список літератури

1 Колесник Е. С. Индикатор нитратов / Е. С. Колесник // Конструктор № 1. – 2001. – С. 5-6.

2 Чинков В.М. Основи метрології та вимірювальної техніки / В.М. Чинков. – Харків : НТУ «ХПІ», 2005. – 524 с.

3 Чинков В.М. Основи теорії похибок засобів вимірювальної техніки : навч. посібник / В.М. Чинков. – Харків : НТУ «ХПІ», 2008. – 88 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ОРИГИНАЛОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ РАСТРИРОВАНИЯ

Чеботарёва И.Б., Шкарлат В.Ю.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
пр. Ленина 14, г. Харьков, irina7271@mail.ru

Одной из важных характеристик качества полиграфического репродуцирования является градационная передача, которая характеризуется соотношением интервалов оптических плотностей оригинала и оттиска. Большинству способов печати свойственно сужение градационного диапазона из-за потерь деталей в глубоких тенях и светах изображения. Правильный выбор технологии растрирования позволяет определить оптимальную последовательность действий с цифровыми оригиналами и получить качественную полиграфическую продукцию. Данная задача и рассматривается в представленной работе.

Для периодических растровых структур, или амплитудно-модулированных (АМ) растров, характерна передача полутонов за счет варьирования размеров растровой точки. Такие растры отличаются упорядоченным расположением точек и постоянством расстояний между их центрами. Проблема цифрового растрирования заключается в необходимости реализации особой системы растрирования посредством пиксельной матрицы, используемой в экспонирующих устройствах. Любой из способов перевода исходного аналогового сигнала в цифровую форму сопровождается возникновением ошибок квантования. Цифровое значение сигнала в пределах интервала квантования может приобретать единственное, наперед заданное значение, соответствующее уровню квантования. В результате квантования возникают отклонения, которые могут оказаться незаметными для невооруженного глаза, однако могут стать причиной муара в четырехкрасочной печати. Муар возникает из-за неподходящего сочетания частоты и угла поворота растровой структуры. Даная проблема решается правильным подбором углов поворота и частоты растровых структур, которые стандартизированы для регулярного растрирования (0°, 15°, 45° и 75° для желтой, голубой, черной и пурпурной красок соответственно). Однако на практике выяснилось, что не всегда это сочетание является оптимальным. Поэтому цифровой оригинал в процессе растрирования может быть подвергнут еще дополнительным преобразованиям, например, изменению формы растровой точки.

В настоящее время АМ-растрирование используется при выполнении подавляющего большинства печатных работ, однако периодические растры имеют существенные недостатки – это склонность к образованию муара и жесткая связь между линиатурой печати и минимальным размером растровых элементов.

Для частотно-модулированных (ЧМ) растров характерна передача полутонов за счет варьирования числа точек одинакового размера на единице площади изображения. ЧМ-растрирование не имеет углов поворота и передача тонов здесь осуществляется за счет создания средней плотности при случайном распределении растровых точек малых размеров. При использовании метода ЧМ-растрирования растровые точки имеют одинаковые размеры, но

распределены они на поверхности случайным образом. Таким образом, метод ЧМ-растрирования можно отнести к способам стохастического растрирования.

Благодаря отсутствию периодической структуры ЧМ-растры не склонны к образованию муара и их главной характеристикой является размер точки. Если этот размер будет согласован с разрешением печати, то проблема передачи градаций в светах или тенях будет решена. Проблемы возникают, когда есть необходимость использования высоких линиатур, т.к. стохастические растры состоят из элементов изображения очень небольшого размера, стабильно воспроизводить которые сложно из-за ограничения физико-химических процессов и технологий, которые используются в полиграфии.

Для печати с высокой линиатурой сегодня наиболее эффективно применять гибридные методы растрирования, которые позволяют существенно улучшить качество печати и повысить экономичность печатных работ. Это доказывают эксперименты, проведенные в ходе выполнения данной работы.

В высоких светах 1-9% и глубоких тенях 92-99% гибридный растр использует передачу полутонов за счет варьирования числа точек фиксированного размера на единице площади приблизительно также как при стохастическом растрировании. Для формирования средних тонов используется переменный размер точек от светов к теням таким же образом, как и при регулярном растрировании. Однако, в отличие от регулярного растра, эти точки располагаются случайным образом как в стохастическом растрировании. Другими словами, постоянно используются одинаковое число точек, а для создания градаций варьируются размеры точки. При использовании гибридного растра нет углов поворота растров, нет традиционных АМ-розеток, и, следовательно, отсутствует муар. Примеры полученных изображений с разной линиатурой представлены на рис. 1. Для линитатура 150 lpi используется регулярное растрирование, для 650 lpi – гибридное.

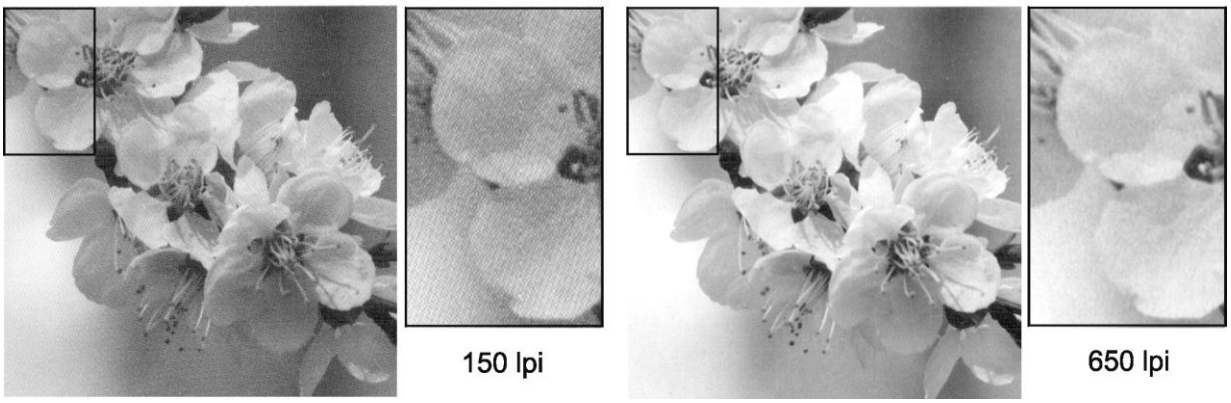


Рисунок 1 – Пример оттисков с разной линиатурой (в светах)

Таким образом, практические результаты опыта показали, что использование гибридных растров при высокой линиатуре позволяет существенно улучшить качество печати, а также повысить экономичность печатных работ. Однако использование высоких линиатур требует перенастройки печатного процесса с помощью специально настроенных профилей для обеспечения правильного цветовоспроизведения, а также предусматривает использование высококачественных материалов.

ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОРИЕНТАЦИИ СПУТНИКА РОБАСТНЫМ ЭЛЛИПСОИДАЛЬНЫМ АЛГОРИТМОМ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ БОРТОВЫХ МАГНИТОМЕТРОВ, СОЛНЕЧНЫХ ДАТЧИКОВ И ДАТЧИКОВ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ

Шолохов А.В.
Казённое предприятие специального приборостроения «Арсенал», ул. Московская, 8, г. Киев, 01010, gyro@voliacable.com

В настоящее время имеет место устойчивая тенденция использования для различных научных и коммерческих целей искусственных нано- и микроспутников Земли (далее – спутники). Благодаря прогрессу в космических машиностроении и приборостроении уменьшились масса, габариты и энергопотребление бортовых систем управления, исследовательских приборов и самих спутников, что позволило сделать вывод спутников на орбиту более дешёвым. Однако, вследствие миниатюризации конструкции и ограниченного энергопотребления, на борту таких спутников невозможно размещение высокоточных и эффективных систем ориентации. Для обеспечения выполнения задач, возложенных на спутники, важным становится разработка программно-алгоритмического обеспечения (ПАО), которое позволит системе управления ориентацией спутника обеспечить её заданную точность в течение требуемого времени в условиях неконтролируемых внешних возмущений. Ориентация спутника понимается как «не только определение углового положения относительно некоторых внешних ориентиров, но и управление угловым положением движущегося аппарата» [1]. Для спутника масса и объём нецелевого оборудования, как и его энергопотребление, являются критическими факторами. Стоит отметить, что точность датчиков системы ориентации пропорциональна их стоимости, массе и, соответственно, энергопотреблению. Отсюда следует, что заданную точность ориентации желательно обеспечивать алгоритмической обработкой измерительной информации, используя, по возможности, менее точные датчики.

Типичной системой управления ориентацией нано- и микроспутников является магнитная система [2, 3]. Частным случаем является пассивные магнитные системы ориентации [4]. В некоторых случаях спутники не имеют системы управления ориентацией [5]. Такие спутники могут служить для исследований магнитного поля Земли (МПЗ) [5, 6, 7]. Поскольку в настоящее время на большинстве спутников размещены приёмники спутниковых радионавигационных систем GPS, GLONAS, это даёт возможность весьма точного определения положения спутника в земной системе координат. В таком случае ПАО дополнительно служит для возможного уточнения вектора индукции МПЗ относительно его прямого измерения и последующего сравнения с модельным значением МПЗ в точке нахождения спутника [5].

Типовыми датчиками спутников являются датчики угловой скорости (ДУС) среднего и низкого класса точности, магнитометры и солнечные датчики [3, 4]. Поскольку рассматриваемые спутники не расходуют рабочее тело для

ориентации и не имеют подвижных элементов конструкции, то тензор инерции и положение центра масс такого спутника в строительной системе координат (ССК) являются постоянными и известны с высокой точностью.

Рассмотрим возможные задачи ПАО, которые могут быть решены с помощью имеющихся на борту датчиков с использованием априорной информации. По магнитометрам, солнечным датчикам определяем текущее угловое положение спутника относительно базовой системы координат, в качестве которой выберем орбитальную СК (ОСК). Одновременно оценивается сдвиг «нулей» ДУС. Во время нахождения на теневой стороне Земли – вне видимости Солнца – солнечный датчик не работает. В случае магнитной бури или нахождения спутника в ионосфере отклонение вектора индукции МПЗ от его модели в данной точке орбиты не позволит использовать показания магнитометра для ориентации. Тогда, при уточнённых сдвигах «нулей» ДУС, ориентация спутника осуществляется интегрированием кинематических уравнений ориентации при начальных данных, полученных с позиционных датчиков [1]. Кинематическими параметрами для описания связи между ССК и ОСК могут служить углы Эйлера – Крылова, направляющие косинусы, вектор конечного поворота, параметры Родрига-Гамильтона, кватернионы.

В случае электромагнитно-чистого спутника, зная управляющий магнитный момент, из уравнений динамики можно оценить сдвиг «нулей» магнитометров. Наоборот, зная сдвиг «нулей» магнитометров, из уравнений динамики оценим собственный магнитный момент спутника.

Список литературы

1. Раушенбах Б.В. Управление ориентацией космических аппаратов / Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. – Москва : «Наука», 1974. – 600с.

2. Коваленко А.П. Магнитные системы управления космическими аппаратами / Коваленко А.П. – Москва : «Машиностроение», 1975. – 248с.

3. Рассамакин Б.М. Университетский наноспутник POLYITAN-1 / Рассамакин Б.М. // 14-а Українська конференція з космічних досліджень, Ужгород, 8-12 вересня, 2014. – С. 8.

4. Овчинников М.Ю. Пассивная система ориентации наноспутника MUNIN / Овчинников М.Ю., Пеньков В.И. // Космические исследования. – 2002. – 40, №2. – С. 156-170.

5. Ткаченко А.И. Определение ориентации наноспутника в режиме неуправляемого движения / Ткаченко А.И. // Проблемы управления и информатики. – 2005. – №4. – С. 140-152.

6. Беляєв С.М. Наноспутник для електромагнітних досліджень / Беляєв С.М., Дудкин Ф.Л. // 14-а Українська конференція з космічних досліджень, Ужгород, 8-12 вересня, 2014. – С. 109.

7. Проненко В.О., Ивченко М.В. Розробка електромагнитно-чистого наносупутника для наукових досліджень / Проненко В.О., Ивченко М.В. // 14-а Українська конференція з космічних досліджень, Ужгород, 8-12 вересня, 2014. – С. 120.

О ВЫБОРЕ КООРДИНАТ РАЗМЕЩЕНИЯ ТОЧЕК ДОСТУПА В WI-FI СЕТИ

А.В. Шостак [1], Ю.И. Дорошенко [2]

[1] ***Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского, ул. Чкалова, 17, г. Харьков, Украина, 61070, A.Shostak@csac.khai.edu***

[2] ***Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", ул. Фрунзе, 21, Харьков, Украина, 61002, auts@outlook.com***

В докладе рассматриваются основные задачи, возникающие при размещении двух точек доступа, и приводятся результаты моделирования, позволяющие определить верхние границы скоростей приема/передачи для абонентов сети Wi-Fi.

Пусть точка доступа (ТД) в соответствии с протоколом 802.11a обеспечивает скорость до 54 Мбит/сек [1, 2], а абоненты сети осуществляют доступ к разделяемой среде с помощью метода CSMA/CA [2]. Кроме этого предположим, что скорость абонента обратно пропорциональна квадрату расстояния от абонента до ТД [1] и отсутствуют препятствия к распространению сигналов от ТД к абонентам. Пусть также расстояние между плоскостями расположения точек доступа и абонентов составляет h.

В общем случае задача выбора координат размещения двух точек доступа состоит в максимизации суммарной скорости передачи данных двумя группами абонентов посредством выбора координат двух точек доступа.

Алгоритм выбора координат размещения двух точек доступа реализуется посредством следующих шагов.

Первый шаг состоит в решении задачи разбиения n абонентов на две равные (с точностью до 1) части. При решении этой задачи было рассмотрено два способа ее реализации: 1) прямоугольник, образованный минимальными и максимальными координатами абонентов, разбивается на две части ($n1$ и $n2$) по равному числу абонентов; 2) в каждой части на образованных абонентами n узлах неориентированного графа строится гамильтонова цепь, которая делится на две связные части ($n1$ и $n2$) с одинаковым числом узлов.

Математическая постановка данной задачи, например, для первой группы абонентов имеет следующий вид [3]:

$$\left(x_0^1, y_0^1\right) = \arg\min_{\left(x_t^1, y_t^1\right) \in D^1} \sum_{i=1}^{\|n1\|} \sqrt{\left(x_t^1 - x_i^1\right)^2 + \left(y_t^1 - y_i^1\right)^2}, \qquad (1)$$

где (x_0^1, y_0^1) – искомые координаты первой точки доступа, (x_i^1, y_i^1) – координаты расположения i-го абонента первой группы абонентов, D^1 – множество точек плоскости, задаваемых координатами расположения абонентов первой группы, $\|n1\|$ – количество абонентов в первой группе.

Второй шаг – задача выбора координат точки доступа в группе решалась с помощью метода полного перебора из всевозможных альтернатив и выбора решения, доставляющего минимум сумме расстояний между точкой доступа и абонентами ее группы. Например, число альтернатив для первой группы

абонентов равно ||$n1$||, где ||$n1$|| – мощность множества $n1$.

Первый способ разбиения абонентов на группы позволил получить суммарную скорость абонентов двух групп 12,202 Мбит/сек, а второй способ – 13,007 Мбит/сек.

В таблицах 1 и 2 приведены результаты вычислительных экспериментов по исследованию влияния способа разбиения абонентов на две группы на суммарную скорость приема/передачи данных абонентами двух групп.

Таблица 1 – Процент случаев $S1=S2$, $S1>S2$ и $S1<S2$ для n=15

	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
S1=S2	5,9	19,1	20,3	26,6	26,6
S1>S2	43,2	39,5	37,4	35,5	33,7
S1<S2	50,9	41,4	42,3	37,9	39,7

Таблица 2 – Процент случаев $S1=S2$, $S1>S2$ и $S1<S2$ для k=1,5

	n=5	n=10	n=15	n=20	n=25
S1=S2	36,8	38,3	12,7	14,3	6,8
S1>S2	4,5	30,5	41,5	47,6	50,9
S1<S2	58,7	31,2	45,8	38,1	42,3

Результаты вычислительных экспериментов показали, что разбиение абонентов на две группы с использованием минимальной гамильтоновой цепи является по сравнению с разбиением с помощью прямоугольника более трудоемкой процедурой.

С ростом величины отношения сторон прямоугольника k процент случаев $S1=S2$ растет, а проценты случаев $S1>S2$ и $S1<S2$ убывают, незначительно отличаясь друг от друга. С ростом числа абонентов n процент случаев $S1=S2$ убывает, а проценты случаев $S1>S2$ и $S1<S2$ возрастают.

Перспективным направлением дальнейших исследований является построение и использование для выбора координат точек доступа более адекватной модели зависимости скорости приема/передачи абонента от расстояния и от условий распространения сигнала от него до точки доступа.

Список литературы

1. Рошан П. Основы построения беспроводных сетей стандарта 802.11 / Рошан П., Лиери Д. – М. : ‘Вильямс’, 2004. – 304 с.

2. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / Олифер В.Г., Олифер Н.А. – СПб. : Питер, 2006. – 958 с.

3. Шостак А.В. О размещении точки доступа в Wi-Fi сети / А.В.Шостак // Системи управління, навігації та зв’язку. − 2010. − Випуск 2 (14). − С. 241-243.

ВИКОРИСТАННЯ КУМУЛЯТИВНИХ СТАТИСТИК В ЗАДАЧІ ТЕСТОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ КОВАРІАЦІЙНИХ ПЕРЕТВОРЮВАНЬ ВЕЙВЛЕТ-ЗОБРАЖЕНЬ

Щапов П.Ф. [1], Мигущенко Р.П. [2], Трохименко Т.О. [3]
[1] *НТУ «ХПІ», вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, shapov.p.f@gmail.com*
[2] *НТУ «ХПІ», вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002, mrp1@bk.ru*
[3] *НТУ «ХПІ», вул. Фрунзе, 21, Харків, Україна, 61002*

При зменшенні розмірності (стисненні) тривимірних вейвлет-зображень з наступним розрахунком F-статистик [1] як інформативних параметрів діагностичної моделі, була застосована стандартна процедура коваріаційного аналізу послідовностей вейвлет-коефіцієнтів. Така процедура передбачає розрахунок сум $Q_0 \div Q_3$, Q_Δ дисперсійного розкладання для s послідовних лінійних частинних регресій, які апроксимують зміни вейвлет-коефіцієнтів. При цьому, однією з обов'язкових умов коваріаційного аналізу є умова однорідності залишкових дисперсій для s частинних регресій [2].

Ця умова відповідає вимогам рівності всіх частинних залишкових дисперсій (за всіма s частинними лінійними регресіями), що утворюють середній квадрат залишкової суми

$$\overline{Q}_\Delta = Q_\Delta \left(N - 2s\right)^{-1}, \tag{1}$$

де N – загальне число вейвлет-коефіцієнтів, що підпадає під коваріаційне перетворення при фіксованому (або по масштабі, або по зсуві) вейвлет-перетворенні.

Оскільки T-статистика в однопараметровому варіанті може використовуватись як критерій для перевірки величини єдиної дисперсії, то є сенс використовувати T-статистику для тестування на відсутність неоднорідності умовних (за станами S_0 і S_1) середніх залишкових сум:

$$\begin{cases} \overline{Q}_\Delta^{(0)} - \text{для стану } S_0; \\ \overline{Q}_\Delta^{(1)} - \text{для стану } S_1. \end{cases} \tag{2}$$

При такому тестуванні суми $\overline{Q}_\Delta^{(0)}$ і $\overline{Q}_\Delta^{(1)}$ (2) вираховуються за виразом (1), з врахуванням умовності (по класам S_0 і S_1) абсолютної суми Q_Δ.

Якщо основна гіпотеза при тестуванні на однорідність середніх сум

$$H_0 : \overline{Q}_\Delta^{(1)} = \overline{Q}_\Delta^{(0)}, \tag{3}$$

а еталонною дисперсією σ_0^2 в рівнянні [3]

$$T = \frac{\zeta - m_\zeta}{\sqrt{D_\zeta}} = \frac{1}{\sqrt{2K}} \sum_{k=1}^{K} \left(\frac{e_k^2}{\sigma_0^2} - 1 \right)$$

вважати суму $\overline{Q}_\Delta^{(0)}$, то вираз для T-статистики прийме вигляд:

$$T = \sqrt{\frac{N - 2s}{2}} \left[\frac{Q_\Delta^{(1)}}{Q_\Delta^{(0)}} - 1 \right]. \tag{4}$$

У виразі (4) замість середніх квадратів $\overline{Q}_{\Delta}^{(0)}$ і $\overline{Q}_{\Delta}^{(1)}$ використані абсолютні значення умовної суми Q_{Δ} (для станів S_0 і S_1), оскільки для будь-якого зі станів незмінними лишаються N і s ($N = \text{const}$ і $s = \text{const}$).

Так як одномодельна статистика (4) при справедливості основної гіпотези (3) задовольняє умову нормування, то критична область $\overline{\omega}$ визначається $\alpha/2$-процентною точкою ($U_{\alpha/2}$) стандартного нормального розподілення:

$$\overline{\omega} \in \begin{cases} \left[-\infty, -U_{\alpha/2}\right], \text{при} \, T < 0; \\ \left[U_{\alpha/2}, \infty\right], \text{при} \, T \geq 0. \end{cases} \tag{5}$$

Рішення γ_0 (приймається гіпотеза H_0) приймають якщо розраховане значення T^* кумулятивної статистики (4) не попадає в критичну область $\overline{\omega}$ (5), тобто $T^* \notin \overline{\omega}$, що еквівалентно умові

$$T^* \in \left(-U_{\alpha/2}, U_{\alpha/2}\right). \tag{6}$$

Якщо умова (6)) не виконується, то приймають альтернативне рішення γ_1 (відкинути нульову гіпотезу H_0).

Для вибору оптимального (по мінімуму неоднорідності залишкових дисперсій ($\overline{Q}_{\Delta}^{(0)}$ і $\overline{Q}_{\Delta}^{(1)}$) кількості $s_{опт}$ частинних лінійних регресій було проведено велику чисельність (по числу масштабів a і числу регресій s) тестувань залишкових сум $\overline{Q}_{\Delta}^{(0)}$ і $\overline{Q}_{\Delta}^{(1)}$ при коваріаційному перетворенні тривимірних вейвлет-зображень, які відповідають станам S_0 і S_1. Рішення γ_0 і γ_1 при такому тестуванні кодувалось, відповідно, цифрами 0 і 1.

Відповідно до результатів досліджень стало очевидним, що мінімум числа ν порушень однорідності вейвлет-коефіцієнтів відповідає двом значенням s числа регресій в їх коваріаційному перетворенні $s = 3$ і $s = 10$.

Проте мінімум абсолютного значення $|m_T| = 0.05836$ кумулятивної статистики (4) відповідає тільки одному значенню – $s = 3$. Крім того, найгірший варіант (для $s = 6$) відповідає максимуму абсолютного значення для m_T ($|m_T| = 1.4359$). Оскільки, тільки для $s = 3$ має місце перетин подій $\nu_{\min} = 5$ і $|m_T| = 0.05836$, то це значення s і може вважатись оптимальним ($s_{опт}$=3).

Список літератури

1. Щапов П. Ф. Синтез двумерных диагностических параметров при ковариационном анализе трехмерных вейвлет-преобразований вибросигналов / П. Ф. Щапов, Р. П. Мигущенко // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – Вінниця, 2013. – №3. С.69-75.

2. Джонсон Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион; пер. с англ. под ред. Э. К. Лецкого. – М. : Мир, 1981. – 520 с.

3. Мигущенко Р. П. Контроль состояния динамических объектов с помощью однопараметровых тестовых статистик / Р. П. Мигущенко, О. Ю. Кропачек // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. Тынышпаева. – Алматы, 2014. – № 2 (87). С. 23-28.

ЗМІСТ

1. *Алексеев И.А., Трикило А.И.*
Математическая модель резонансного трансформатора для системы однопроводной передачи электрической энергии как объекта управления с распределенными параметрами…….....……3
2**.** *Алексеев И.А., Устименко В.О.*
Идентификация параметров процесса формообразования резьбовых профилей с использованием цифровых адаптивных фильтров….....……5
3. *Ащепкова Н.С., Боброва Т.А., Белый И.В.*
Методы кинематического и динамического анализа манипулятора….....7
4. *Банзак Г. В.*
Математическая модель процесса технического обслуживания по состоянию с постоянной периодичностью контроля…….....…….9
5. *Безимянний Ю.Г., Висоцький А.М., Колесніков А.М., Талько О.В.*
Особливості вимірювання нормального звукопоглинання матеріалу у виробничих умовах…….....……..11
6. *Безимянний Ю.Г., Євко І.Г., Комаров К.А.*
Метод вимірювання швидкості поширення пружних хвиль у зразках з похилими непаралельними поверхнями…….....……..13
7. Безымянный Ю.Г., Козирацкий Е.А., Гетьман О.И., Радченко П.Я.
Исследование процесса формирования структуры псевдосплавов Cu-W ультразвуковым методом…….....……..15
8. *Бровко Я.С.*
Основні підходи до визначення динамічних характеристик нелінійних вимірювальних перетворювачів при бездемонтажному контролі….....…17
9. *Васильченко В.И., Гриб О.Г., Лелека А.В., Белов Н.С.*
Автоматизированная система учета электроэнергии является информационной базой балансирующего энергорынка…….....…..19
10. *Васильченко В.И., Гриб О.Г., Лелека А.В., Гапон Д.А.*
Автоматизация учета электрической энергии с контролем показателей качества…….....……21
11. ***Васильченко В.И., Гриб О.Г., Лелека А.В., Сапрыка А.В.***
Архитектура автоматизированной системы учета и качества электроэнергии…….....……23
12. *Васильченко В.И., Гриб О.Г., Лелека А.В., Сапрыка А.В.*
Основные направления развития современных систем учета электроэнергии…….....……25
13. *Волянский Р.С., Садовой А.В.*
Алгоритмы регуляризации динамических объектов…….....……27
14. *Гапон Д.А., Олефир Д.А., Белов Н.С., Иерусалимова Т.С.*
Метод измерения промышленной частоты…….....……29
15. *Гапон Д.А., Олефир Д.А., Васильченко В.И, Иерусалимова Т.С.*
Математическое моделирование процедур информационных преобразований…….....……31

16. *Гапон Д.А., Олефир Д.А., Жданов Р.В., Иерусалимова Т.С.*
Применение АЧР с учетом времени отключения нагрузки…….....…….33
17. *Глоба С.Н., Хомяк Ю.В., Слободчук А.Ю.*
Перспективность применения моделирования в вихретоковой дефектоскопии…….....…….35
18. *Глухова Н.В.*
Обробка зображень газорозрядного випромінювання…….....…….37
19. *Горкунов Б.М., Тищенко А.А., Горкунова И.Б.*
Многопараметровый электромагнитный контроль токопроводов в пространственно-периодических полях…….....……..39
20. *Гречишкина Н.В.*
Определение концентрации ферромагнитных включений в структурно неоднородной среде…….....…...41
21. *Гриб О.Г., Самойленко И.А., Васильченко В.И., Лисиченко Р.Н.*
Применение методики оценки экономического ущерба от низкого качества электроэнергии…….....……...43
22. *Гриб О.Г., Сендерович Г.А., Олефир Д.А., Белов Н.С.*
Автоматизированные методы определения мест повреждения линий электропередачи…….....…….……45
23. *Григоренко І.В., Бєлєвцова А.С.*
Оцінка розсіювання лазерного світла у системах лазерного контролю…….....……...47
24. *Давиденко А.П., Волобуев Р.В.*
Распределённая система сбора информации и контроля…….....……49
25. *Данилюк А.Р., Ревуцкий В.И., Резинкин О.Л.*
Генератор наносекундных импульсов с низким выходным сопротивлением для испытаний на электромагнитную совместимость..…….……..51
26. *Дзябенко О.О., Харченко О.Л.*
Аналіз методів зменшення похибки визначення модулю коефіцієнта відбиття коаксіальних навантажень при їх повірці…….....……53
27. *Довгалюк Б.П.*
Актуальна проблема приладобудування – створення приладів для контролю складу колощникового газу…….....……...55
28. *Довгалюк Б.П.*
Метрологічне забезпечення АСК ТП доменної печі…….....…….57
29. *Дороніна М.А.*
Підвищення точності вимірювання шляхом застосування математичного апарату випадкових впливів хвильової структури….....59
30. *Евсеенко О.Н.*
Программное управление тепловым объектом…….....…….61
31. *Евсина Н.А, Дудник А.В.*
К вопросу об обучении сети Элмана при идентификации параметров объекта…….....……...63
32 *Завальнюк И.П.*
Моделирование управления процессом экструзионной переработки

зернового сырья для производства сухих завтраков…….....……....65
33. *Ивашко А.В., Потопахина Т.Ю.*
Методы и алгоритмы для автоматического анализа качества ЭКГ.....67
34. *Іванова Є.Д.*
Визначення метрологічних характеристик информаційно-вимірювальної системи контролю техтологічного процесу термозміцнення арматурного прокату розрахунковим шляхом…….....…….....69
35. *Качанов П.А., Зуев А.А., Яценко К.Н.*
Модульная система регистрации биопотениалов мозга оператора тренажерного комплекса…….....……71
36. *Кипенский А.В., Король Е.И., Овасапов С.В.*
Система автоматизированного управления утилизационной турбодетандерной установкой…….....……....73
37. *Клочко Н.Б., Чеховський С.А., Середюк О.Є., Долішній Б.В.*
Моделювання впливу параметрів природного газу на коефіцієнт перетворення турбінного лічильника газу…….....……75
38. *Князев В.В., Кравченко В.И.*
Современные требования к аппаратуре по параметрам электромагнитной совместимости…….....……....77
39. *Коваль А.О.*
Прогнозування метрологічної надійності датчиків тиску на техногенно-небезпечних об'єктах…….....……79
40. *Козак В.А., Гусельніков В.К.*
Розробка автомобільного мультиметра…….....……....81
41. *Комар Н.Н., Павлов В.В.*
Адаптивное управление в проблеме повышения безопасности полета…….....……83
42. *Коржов І.М., Тверитникова О.Є.*
Натурне моделювання роботи акустичної системи виявлення витоків у газотранспортних трубопроводах…….....……85
43. *Кошовий М.Д., Рожнова Т.Г., Рожнова В.О., Ситник В.В.*
Волоконно-оптичні датчики тиску…….....……....87
44. *Кравченко В.І., Яковенко І.В.*
Визначення критеріїв зворотніх відмов напівпровідникових приладів в умовах дії електромагнітного випромінювання…….....……89
45. *Кравченко В.І., Яковенко І.В.*
Вплив черенковського випромінювання на працездатність електрорадіовиробів в умовах дії сторонніх електромагнітних факторів…….....……91
46. *Крюков О.М., Мудрик В.Г.*
Визначення балістичних елементів пострілу за допомогою лазерного допплерівського засобу вимірювання швидкості руху метального елементу…….....……93
47. *Кулаков П.І., Гнесь Т.В.*
Система радіочастотної ідентифікації тварин для стійлової доїльної

установки……..……..……95
48. *Литвиненко Я.М., Бібик В.В., Хаует Т.*
Спін-вентильні структури на основі мультишарів Co/Ni з перпендикулярною магнітною анізотропією як елементи спінтронних приладів…….....……97
49. *Львов С.Г., Авраменко А.А., Гармаш А.С.*
Разработка размагничивающей установки при контроле ферромагнитных изделий…….....……99
50. *Мещанінов С.К., Трикіло А.І., Копитова К.А.*
Біометричний моніторинг стану здоров'я людини…….....……101
51. *Мирошников В.В., Завальнюк О.П.*
Математическая модель взаимосвязи остаточной намагниченности и механических напряжений ферромагнитного объекта контроля.....…...103
52. *Мирошников В.В., Костин С.В., Дия Абдурауфф*
Экспериментальная установка оценки качества работы вихретоковых преобразователей…….....……105
53. *Мирошников В.В., Торопов А.С., Хао Кайюй*
Определение намагниченности контролируемой ферромагнитной области…….....……107
54. *Мокрицкий В.А., Маслов О.В., Банзак О.В.,*
Моделирование аппаратурных спектров CdZnTe-детекторов…….....……109
55. *Нестеренко О.Е., Харченко А.Л.*
Однофазный счетчик электрической энергии с возможностью контроля несанкционированного изменения параметров…….....……111
56. *Опришкіна М.І., Мацак О.В.*
Оцінка похибок нелінійності вимірювальних перетворювачів з дробово-раціональними функціями перетворення…….....……113
57**.** *Павленко Ю.Ф., Голікова К.В.*
Реформа міжнародної системи одиниць SI і її вплив на розвиток метрології…….....……115
58. *Павлов В.В., Волков А.Е.*
Сетецентрическая инвариантная система решения конфликтных ситуаций воздушных кораблей на этапе взлета и посадки…….....…...117
59. *Павлов В.В., Волошенюк Д.А.*
Адаптивная сетецентрическая система управления посадкой самолетов по свободным траекториям…….....……119
60. *Петков А.А.*
Вероятность поражения объектов в зоне защиты стержневого молниеотвода…….....……121
61. *Піндус Н.М., Федорів Ю.В., Марчук Т.З., Винничук А.Г.*
Загальні відомості про робочий еталон об'єму газу…….....……...123
62. *Победа Т.В.*
Намагничивание короткозамкнутого ротора асинхронного двигателя….125
63. *Порозова А.М., Роенко Е.С., Волянский Р.С., Садовой А.В.*
Синтез регулятора положения для обратного маятника…….....……127

64. *Постільник І.О.*
Вимірювач потужності електромагнітного поля гігагерцового діапазону з оптоволоконною лінією передачі даних…….....129
65. *Резинкина М.М., Резинкин О.Л., Светличная Е.Е., Сосина Е.В.*
Расчет электрического поля в окрестности молниеотвода с учетом наличия объемного заряда…….....……...131
66. *Роенко Е.С., Волянский Р.С., Садовой А.В.*
Алгоритм синтеза систем управления структурно - неустойчивыми динамическими объектами…….....……..133
67. *Руденко С.С., Колиушко Д.Г.*
К вопросу определения электрофизических параметров грунта, при проведении электромагнитной диагностики заземляющих устройств…….....…….135
68. *Самсонов В.П., Бравичев Б.Р.*
Оценка мощности полигармонического сигнала….....……....137
69. *Сендерович Г.А., Щербакова П.Г., Ягуп В.Г., Белов Н.С.*
Анализ устройств для определения места повреждения линий электропередачи…….....……139
70. *Сучков Г.М., Ноздрачева Е.Л.*
Применение ультразвукового емкостного метода в неразрушающем контроле металлоизделий…….....……141
71. *Тимошенко В.О., Лисенко В.В., Коржов І.М.*
Калібрування цифрових частотомірів за допомогою еталонного сигналу частоти РБУ…….....……143
72. *Тимченко М.О., Вержановська М.Р.*
Моделювання перетворювача змінної напруги в змінну напругу підвищеної частоти.....145
73. *Тищенко К.В., Подуремне Д.В., Грічановська О.А., Шамардін А.В.*
Програмно-апаратний комплекс для формування і дослідження електромеханічних властивостей плівкових матеріалів…….....……...147
74. *Ткачук А.А., Заблоцький В.Ю., Приступа С.О.*
Дослідження впливу динамічних режимів навантаження на інтенсивність зношування деталей підшипників…….....…149
75. *Фёдоров С.Ю., Мигущенко Р.П.*
Системы идентификации моделей многозонных проходных агрегатов…….....…….151
76. *Харламова Ю.М.*
Вплив запасів внутрішньої енергії приладу на результати динамічних вимірювань…….....…….153
77. *Хіхло О.Ю., Тверитникова О.Є.*
Аналіз похибок побутового індикатора нітратів…….....…….155
78. *Чеботарёва И.Б., Шкарлат В.Ю.*
Особенности преобразования цифровых оригиналов для различных методов растрирования…….....……....157
79. *Шолохов А.В.*

Оценивание параметров ориентации спутника робастным эллипсоидальным алгоритмом по измерениям бортовых магнитометров, солнечных датчиков и датчиков угловой скорости…….....……159
80. *Шостак А.В., Дорошенко Ю.И.*
О выборе координат размещения точек доступа в WI-FI сети…….....161
81. *Щапов П.Ф., Мигущенко Р.П., Трохименко Т.О.*
Використання кумулятивних статистик в задачі тестової оптимізації коваріаційних перетворювань вейвлет-зображень…….....……163

Відповідальний за випуск
доц. Чуніхіна Т.В.

Дизайн обкладинки
Тополов І.І.