

розташовані поблизу промислових об'єктів. Конструкційно - технологічне вирішення проблем точково-контактної сенсоріки може лягти в основу створення нового покоління газоаналітичних пристроїв та приладів.

Список літератури: 1. *Kamarchuk G.V., Pospelov O.P., Yeremenko A.V., Faulgues E., Yanson I.K.* Point-Contact Sensors: New Prospects for a nanoscale Sensitive Technique // *Europhys. Lett.* - 2006.- Vol. 76, № 4(4), P/575-581. 2. *Янсон И.К.* Нелинейные эффекты в электропроводности точечных контактов и электрон-фононное взаимодействие в нормальных металлах // *ЖЭТФ.*- 1974.- № 66, вып 3 - С 1035. 3. *Ваграмян А.Т., Жамагорцяц М.А.* Электроосаждение металлов и ингибирующая адсорбция. М., Наука, 1969. - 199 с. 4. *Naidyuk Yu.G. and Yanson I.K.,* Point-Contact Spectroscopy (Springer Verlag, New York) 2004. - 581с. 5. *Груев И.Д., Матвеев Н.И., Сергеева Н. Г.* Электрохимические покрытия изделий радиоэлектронной аппаратуры. М., "Радио и связь", 1988, - 304 с. 6. *Поспелов О.П., Козачков О.Р., Камарчук Г.В.* Спосіб електролізу. Деклараційний патент на винахід. 61417 А, 7 С25В11/00. Опубл. 17.11.2003. Бюл. № 11. 7. *Феттер К.* Электрохимическая кинетика. М., "Химия", 1967, - 856 с.

Надійшла в редколегію 22.11.07

УДК 658. 562

А.Д. БОЛЫЧЕВЦЕВ, докт. техн. наук,
Н.А. ЛЮБИМОВА, канд. техн. наук, *А.А. ЧУРСИН*, аспирант,
Украинская инженерно-педагогическая академия

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ НЕПРЕРЫВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ. ЕГО ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ

Приведені та проаналізовані деякі характерні риси функціонального контролю безперервних виробничих та екологічних об'єктів. Ці риси мають відношення до його опису, побудови та його дослідженню. Встановлено та на конкретних прикладах наведена теоретико-методологічна суцільність його основних різновидів.

Some characteristic lines of the functional control of continuous industrial and ecological objects are stated and analysed. These lines concern its description, construction and research. It is established and on concrete examples the theoretical and methodological generality of its basic versions is shown

Функциональный контроль – сравнительно новая и быстроразвивающаяся ветвь технического контроля. Многие его понятия и представления

еще не устоялись или находятся в стадии разработки. В данной статье, в развитие работы [1], освещаются некоторые характерные черты функционального контроля, относящиеся к его описанию, построению и исследованию.

Объекты функционального контроля. Метрологическая норма.

Как научное направление теория функциональный контроль изучает контроль непрерывных объектов. Чаще всего ими являются физические, технологические, биологические и другие процессы, описываемые непрерывными реализациями $x(t)$ случайных (в общем случае векторных) функций времени. Множество всех возможных реализаций (в том или ином конкретном рассмотрении) можно трактовать как *линейное пространство*, т.е. некое функциональное множество G , в котором определены операции сложения его элементов и умножения их на действительное число. Причем эти операции не выводят результат их действия за пределы множества G и удовлетворяют законам коммутативности, ассоциативности и дистрибутивности [2].

Когда говорят о функции времени (в частности, реализации случайного процесса), ее соотносят с областью ее задания. Применительно к функциональному контролю область задания функции соответствует отрезку контроля – интервалу времени $[t_0, t_n]$, в течение которого наблюдается реализация. Длительность $T = t_n - t_0$ этого интервала строго не регламентирована и выбирается более или менее произвольно. Ею может быть время непрерывного существования контролируемого процесса, время изготовления определенного продукта, длительность отдельной технологической операции, шаг опроса контролируемого параметра, некоторая условная единица времени (час, смена, сутки) и т.п.

Среди всех возможных реализаций $x(t)$ имеются допустимые (разрешенные) реализации, образующие в своей совокупности метрологическую норму контролируемого объекта (процесса). Математически она описывается некоторым подмножеством N множества G , обладающим одним из следующих характеристических свойств:

$$a(t) \leq x(t) \leq b(t), \quad t \in [t_0, t_n] \quad (1)$$

или

$$A \leq Jx(t) \leq B, \quad t \in [t_0, t_n]. \quad (2)$$

В первой записи $a(t)$ и $b(t)$ суть граничные элементы метрологической нормы, выступающие как известные векторные функции. Чаще всего они не зависят от времени t и представляют собой постоянные уровни. Во второй записи символом J обозначен заданный на отрезке контроля интегральный функционал или совокупность интегральных функционалов. Параметры A и B – известные скалярные величины или числовые векторы, определяющие поле допуска функционалов.

Подклассы функционального контроля.

Свойства (1) и (2) выделяют два характерных подкласса функционального контроля. Первое из них является отличительным признаком *текущего* функционального контроля, второе – *свернутого* функционального контроля. (В дальнейшем при обращении к этим терминам слово «функциональный» опускается).

Деление функционального контроля на два подкласса – текущий и свернутый контроль – пришло из реальной производственной практики и отражало качественное различие контролируемых параметров его объектов. По характеру влияния их выхода из нормы, они подразделяются на две группы – аварийные и режимные параметры [3, 4].

Любые отклонения аварийных параметров от нормы влекут за собой необратимые изменения в объекте контроля – неисправимый брак, аварию и т.п. Опасны и недопустимы даже кратковременные отклонения таких параметров. Слежение за ними и предупреждение их аварийных отклонений возлагается на текущий контроль.

Нежелательность отклонения от нормы режимных параметров растет вместе с длительностью и интенсивностью выброса параметра за граничные уровни. Что же касается их незначительных отклонений, то они практически не сказываются на экономическом эффекте производства. Такие параметры обслуживаются свернутым контролем.

Иллюстрирующим примером объекта функционального контроля может служить процесс компримирования (сжатия) природного газа на компрессорной станции. Применительно к одному нагнетателю, он характеризуется давлением и температурой газа на входе нагнетателя, давлением и температурой газа на его выходе, расходом газа и другими физическими величинами. Эти меняющиеся во времени величины играют определяющую роль в формировании режимов работы станции и могут быть отнесены к ее режим-

ным параметрам. Некоторые из названных величин (например, давление и температура газа на выходе нагнетателя) выступают также и в роли аварийных параметров. Превышение ими порогового значения чревато аварийными последствиями.

Система контроля процесса сжатия газа выполняет две взаимосвязанные функции. Первая – слежение за текущим состоянием нагнетателя для предотвращения выходов его аварийных параметров из нормы. Она осуществляется подсистемой текущего контроля путем периодического измерения этих параметров и сопоставления результатов измерения с границами контрольной нормы (верхним и нижним предупредительными уровнями). При обнаружении выхода параметра из контрольной нормы выдается соответствующий сигнал на управляющее устройство для возвращения отклонившегося параметра в нормальное русло.

Вторая функция системы контроля – установление соответствия режима работы компрессорной станции заданным на него техническим требованиям. Последние описываются конкретными допусками на обобщенные показатели компрессорной станции. К ним относятся объемная и коммерческая производительность, эффективная и располагаемая мощность, политропический к.п.д. и др. Эта функция выполняется подсистемой свернутого контроля путем периодического измерения режимных параметров, расчета текущих и усредненных значений обобщенных показателей, проверки их соответствия допуску.

Типовые алгоритмы.

Контролируемый параметр объекта функционального контроля представляет собой некоторый конкретный, априори неизвестный элемент-реализацию $x(t)$ функционального пространства G . Контроль объекта, выясняющий, принадлежит или не принадлежит его конкретное состояние метрологической норме, сводится к установлению истинности высказывания:

$$x(t) \in N \quad (3)$$

Для практической реализации такого установления необходимо соответствующее методическое и техническое обеспечение. С точки зрения специфики разновидностей контроля основной интерес представляет первая (мето-

дическая) составляющая. Она выливается в алгоритм (план действий), позволяющий опытным путем решить альтернативу (3) – «да» или «нет».

Состояние объектов функционального контроля, особенно объектов производственной сферы, описывается, как правило, многокомпонентными функциями. В этих условиях обеспечить экономичную организацию самой процедуры контроля возможно через ее централизацию. Именно поэтому современные методики функционального контроля построены на дискретных принципах, обеспечивающих временную селекцию каналов.

Текущий контроль – это контроль процесса, качество которого определяется непосредственно самой реализацией $x(t) \in G$. Если на отрезке контроля $[t_0, t_n]$ (без нарушения общности можно положить $t_0 = 0$) все компоненты реализации $x(t) = (x_1(t), \dots, x_m(t))$ находятся в пределах допуска, считается, что процесс протекает правильно. Если хотя бы одна из компонент вышла из поля допуска, состояние процесса оценивается как неудовлетворительное.

При данном подходе к оценке качества контролируемого процесса алгоритм его контроля обычно сводится к такой последовательности действий:

– измеряются значения x_{ij} компонент $x_j(t)$ в дискретные моменты времени с некоторым шагом дискретизации Δt :

$$x_{ij} = x_j(i\Delta t + jdt), \quad j = 1, 2, \dots, m; \quad i = 0, 1, \dots, n = t_n / \Delta t,$$

$dt = \Delta t/m$ – базовый шаг;

– результаты измерений значений x_{ij} сравниваются с контрольными допусками;

– первый же отрицательный исход сравнения считается отрицательным исходом контроля процесса, требующим оперативного вмешательства извне.

Замечания:

1) Любой положительный исход сравнения означает, что на соответствующий ему (исходу) текущий момент времени контролируемый процесс протекает нормально. Эта информация не несет функциональной нагрузки и представляет сугубо «наблюдательный» интерес («все благополучно»). Ее можно донести до оператора системы контроля, например, с помощью инди-

каторной подсветки, выступающей в роли элемента наблюдения за течением процесса.

2) При выполнении описанной совокупности действий возможны ошибки контроля. Они появляются за счет неточностей измерений или «пропусков перехода» (выходов контролируемого процесса из нормы в интервале между смежными измерениями). Поэтому контрольные допуски обычно устанавливаются уже исходных (нормативных) допусков, с тем чтобы обеспечить так называемые «запасы нормы» [5].

3) Приведенный выше алгоритм позволяет трактовать описываемую разновидность контроля как «наблюдение плюс выявление отклонений» [6]. Эта трактовка может быть принята за «конструктивное» определение текущего контроля [7].

Свернутый контроль – это контроль процесса, качество которого характеризуется некоторой совокупностью показателей, являющихся на отрезке контроля интегральными функционалами от реализации $x(t) \in G$. Нахождение каждого из показателей в пределах поля допуска соответствует нормальному протеканию процесса. Выход хотя бы одного из них из допуска расценивается как нарушение режима функционирования объекта.

При такой постановке задачи алгоритм контроля процесса выглядит следующим образом:

- как и в предыдущем случае, измеряются значения x_{ij} компонент $x_j(t)$ в дискретные моменты времени $i\Delta t + jd t$, $j = 1, 2, \dots, m$; $i = 0, 1, \dots, n$;
- по совокупности дискретных отсчетов x_{ij} численными методами [2] оцениваются показатели качества $Jx(t)$ процесса;
- полученные оценки сравниваются с контрольными допусками A и B (см. (2));
- для положительных исходов сравнения используется логическая схема «И», сигнал с выхода которой принимается за исход контроля процесса.

Замечания:

1) Совпадение всех результатов сравнения соответствует положительному, несовпадение – отрицательному исходу контроля.

2) Если отрицательный исход текущего контроля формируется в текущий момент времени t – момент перехода контролируемым процессом гра-

ницы нормы, то отрицательный исход свернутого контроля выдается в момент времени t_n – по окончании процедуры контроля.

Метрологическая норма объектов функционального контроля.

Несмотря на принципиальное различие объектов разных подклассов функционального контроля, их метрологическая норма может быть представлена в такой общей записи:

$$N = \{x(t) \in G : \|Kx(t)\| \leq 1\}, \quad (4)$$

где K – некоторый воздействующий на $x(t)$ оператор, а $\|Kx(t)\|$ – норма (в математическом значении этого термина) элемента $Kx(t)$.

Приведем несколько примеров, иллюстрирующих это положение. Для определенности будем полагать, что отрезком контроля является промежуток $[0,1]$. Если это не так и отрезком контроля является произвольный интервал $[t_0, t_n]$, его всегда можно преобразовать в промежуток $[0,1]$, введя новую переменную:

$$t = (t - t_0)/(t_n - t_0).$$

Пример 1. Пусть G – множество ограниченных скалярных функций $x(t)$, а $N \subset G$ – множество функций, не выходящих из зоны $\pm e$: $|x(t)| \leq e$ (e – вещественное положительное число). Тогда, приняв:

$$Kx(t) = (1/e)x(t),$$

$$\|Kx(t)\| = (1/e) \cdot \sup|x(t)|, \quad t \in [0,1],$$

убеждаемся в справедливости (4).

Пример 2. Пусть G – множество непрерывных скалярных функций $x(t)$, а $N \subset G$ – подмножество функций, лежащих в полосе между двумя заданными границами $a(t)$ и $b(t)$. Очевидно, эта норма становится представимой в форме (4), если положить:

$$Kx(t) = V(t) = \frac{2x(t) - b(t) - a(t)}{b(t) - a(t)},$$

$$\|Kx(t)\| = \max |V(t)|, \quad t \in [0,1].$$

Пример 3. Пусть G – множество непрерывных векторных функций $x(t)$, а $N \subset G$ – подмножество функций, удовлетворяющих условию:

$$a(t) \leq x(t) \leq b(t), \quad t \in [0,1]$$

(неравенства понимаются покомпонентно; $a(t)$ и $b(t)$ – заданные непрерывные векторные функции). Положив:

$$Kx(t) = V(t) = (V_1(t), \dots, V_m(t)),$$

где

$$V_j(t) = \frac{2x_j(t) - b_j(t) - a_j(t)}{b_j(t) - a_j(t)}, \quad j = 1, \dots, m,$$

и определив математическую норму как:

$$\|Kx(t)\| = \max (\max |V_1(t)|, \dots, \max |V_m(t)|)$$

(внутренние максимумы берутся по t , внешний максимум – по j), вновь приходим к записи (4).

Пример 4. Пусть G – функциональное гильбертово пространство, а $N \subset G$ – ϵ – окрестность нуля в пространстве G , т.е.

$$N = \{ x(t) \in G: \|x(t)\| = \left(\int_0^1 x^2(t) dt \right)^{1/2} < \epsilon \}.$$

Очевидно, в этом случае норму N можно записать в форме (4), если положить:

$$Kx(t) = (1/\epsilon) x(t),$$

$$\|Kx(t)\| = (1/e) \|x(t)\|.$$

Пример 5. Пусть G – множество векторных функций $x(t)$ с непрерывными компонентами, а норма N задается соотношением:

$$N = \{x(t) \in G: A < Jx(t) < B\},$$

в котором $J = (J_1, J_2, \dots, J_p)$ – совокупность известных интегральных функционалов, а A и B – заданные числовые векторы, удовлетворяющие неравенству $A < B$ (понимается покомпонентно). Положив в качестве величины $Kx(t)$ вектор V

$$Kx(t) = V = (V_1, V_2, \dots, V_p)$$

с компонентами

$$V_j = \frac{1}{B_j - A_j} (2J_j x(t) - A_j - B_j), \quad j = 1, 2, \dots, p$$

и задав ее математическую норму как

$$\|Kx(t)\| = \max(|V_1|, |V_2|, \dots, |V_p|),$$

также обнаружим справедливость (4).

В рассмотренных примерах приведены наиболее характерные (с точки зрения количественного описания) примеры объектов функционального контроля и технические требования к их качеству. Первые три примера относятся к текущему, два оставшихся – к свернутому контролю. Опорные записи (3) и (4) отражают теоретико-методологическую общность этих несходных в научных исследованиях и практической реализации разновидностей функционального контроля.

Список литературы: 1. *Болычевцев А.Д.* Функциональный контроль // Измерительная техника. – 1992. – № 10. – С. 15–17. 2. *Волков Е.А.* Численные методы. – М.: Наука, 1982. – 431. 3. *Шенброт И.М., Гинзбург А.Я.* Расчет точности систем централизованного контроля. – М.: Энергия, 1970. – 408 с. 4. *Болычевцев А.Д.* Статистические критерии эффективности управления // Автоматизация производственных процессов. – 1972. – № 12. – С. 18–24. 5. *Болычевцев А.Д.* Централизо-

ванный контроль качества // Стандарты и качество. – 1970. – № 11. – С. 39 – 42. **6. Кнеллер В.Ю.** Об определении и специфике автоматического контроля // Автоматика и телемеханика. – 1962. – № 4. – С. 509 – 518. **7. Большевцев А. Д.** О категориях метрологии и их трактовках // Измерительная техника. – 1990. – № 5. – С. 69 – 70.

Поступила в редколлегию 17.03.08

УДК 543.426:547.53

Н.А. АВРАМЕНКО, В.А. ДИОРДИЦА, А.П. ОМЕЛЬНИК,
В.В. ЛЕВЕНЕЦ, канд. физ.-мат. наук,
Н.П. УСИКОВ, Институт физики твердого тела материаловедения и технологий ННЦ ХФТИ

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Показано застосування вдосконаленого аналітичного спектрально-люмінесцентного комплексу "Арома-34" для визначення поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), і в першу чергу забруднювача I класу небезпеки бенз-3,4-пирена (головного індикатора вмісту ПАУ в екологічному моніторингу навколишнього середовища), з використанням методу квазілінійчастих спектрів (КЛС). З метою поліпшення метрологічних характеристик установки враховувалося накладення аналітичних ліній різних порядків дифракції у видимій області фотолюмінесценції для установок подібного класу. Визначені інтенсивності ліній бенз-3,4-пирену й 1,12-бензперилену у другому порядку дифракції, які можуть впливати на ідентифікацію й точність визначення інших речовин.

Application of perfected analytical spectral-luminescence complex «Aroma-34» for determination of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH), earliest pollutant of I class of danger benz-3,4-pierene (the main indicator of maintenance PAH at the ecological monitoring of environment) with using methods of quasilinear spectrum (QLS) is shown. In aim of improvement metrological description of setting imposition analytical lines different order of diffraction of visible regions photoluminescence for similar settings is take into account. Intensity of lines benz-3,4-pierene and 1,12-benzperilene at diffraction order two having an influence at the identification and accuracy adjectives at the other substances is determination.

Введение.

Усиление внимания к проблемам окружающей среды и сохранения здоровья населения вызывает необходимость постоянного мониторинга загрязнителей, среди которых большую опасность представляют органические вещества – полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) [1 – 3]. Ос-