

УДК 622.817:681.3

## ВЫБОР КРИТЕРИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕРВАЛА ОПРОСА ДАТЧИКОВ

**Кан О. А., Жаркимбекова А. Т., Кадирова Ж. Б., Жаксыбаева С. Р.,  
Жолмагамбетова Б. Р.**

*Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Казахстан (100027, Караганда, КарГТУ, Бульвар мира, 56), e-mail: aighan@mail.ru*

---

Рассмотрены вопросы адаптивного опроса датчиков в микропроцессорной системе автоматического контроля. Важной задачей является выбор интервала опроса контролируемых датчиков с целью своевременного обнаружения отклонений контролируемых параметров от заданного поля допусков. В качестве критерия определения интервала опроса от характера изменения контролируемого процесса взята оценка текущей дисперсии. Получена зависимость коэффициента сглаживания от изменяющегося интервала опроса датчиков. Получена зависимость интервала опроса датчиков от характера изменения процесса. Полученные соотношения позволяют использовать оператор экспоненциального сглаживания при опросе контролируемых датчиков. На основании полученных результатов разработан алгоритм адаптивного опроса контролируемых датчиков.

---

Ключевые слова: автоматический контроль, критерии опроса, текущая дисперсия, коэффициент сглаживания, алгоритм опроса.

## SELECTION OF SENSORS SCANNING INTERVAL DETERMINATION CRITERION

**Kan O. A., Zharkimbekova A. T., Kadirova Zh. B., Zhaksybayeva S. R.,  
Zholmagambetova B. R.**

*Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan (100027, Karaganda, KarSTU Mira boulevard 56), e-mail: aighan@mail.ru*

---

There are considered the questions of the adaptive poll of the sensors in a microprocessor system of the automatic. An important task is the choice of the polling interval of controllable sensors for the purpose of the deviations' timely detection of the controllable parameters from an assumed tolerable limit. As criterion of definition of the polling interval from the behavior of the controllable process there was taken the assessment of the current dispersion. It was taken the dependence of the smoothing factor from the changing interval of sampling. There was taken the dependence of the sensors sampling from the behavior of the process change. The received ratios allow using the exponential smoothing operator in the process of the controllable sensors. On the basis of the received results there was worked out the algorithm of the adaptive polling of the controllable sensors.

---

Key words: automatic control, criteria of questioning, current dispersion, coefficient of smoothing out, algorithm of questioning.

В системах автоматического контроля и управления технологическими процессами на базе микропроцессоров и управляющих ЭВМ с увеличением количества контролируемых датчиков увеличивается интервал опроса между измерениями показаний датчиков, так как они опрашиваются последовательно друг за другом и требуют преобразования аналоговых сигналов в цифровые коды [2]. В этой связи возникает важный вопрос о выборе адаптивного интервала опроса датчиков, при котором не все датчики опрашиваются за каждый цикл опроса. Это позволяет своевременно обнаруживать отклонения контролируемых процессов от заданного поля допусков.

Слишком частый опрос приводит к большим затратам памяти и машинного времени, необходимого на выполнение функций опроса, в ущерб другим функциям системы, связанным с обработкой и представлением информации. К тому же эти затраты в

большинстве случаев оказываются напрасными, так как подавляющую часть времени процессы носят спокойный характер на уровнях значительно ниже допустимого. С другой стороны, увеличение интервала опроса может привести к так называемому “пропуску цели”, когда изменение уровня или характера процесса может быть обнаружено слишком поздно.

Поэтому напрашивается вывод о необходимости введения переменного интервала опроса датчиков, зависящего от уровня изменения контролируемого процесса и от его характера на некотором конечном промежутке предыстории [3].

В качестве критерия определения интервала опроса в зависимости от уровня возьмем оценку текущего математического ожидания, получаемую с помощью известного оператора экспоненциального сглаживания [5],

$$\bar{X}_m = \alpha X_m + (1 - \alpha) \bar{X}_{m-1}, \quad m = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

где  $X_m$ ,  $\bar{X}_{m-m-e}$  – значение, соответственно, исходного и сглаженного процессов,  $\bar{X}_0 = 0$ ;  $\alpha$  – коэффициент сглаживания,  $0 < \alpha < 1$ .

Зависимость интервала времени до очередного опроса от уровня изменения определим формулой:

$$\Delta t_m^{(x)} = \begin{cases} \Delta t_{\max} - \frac{\bar{X}_m (\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min})}{X_{np}}, & \bar{X}_m < X_{np} \\ \Delta t_{\min}, & \bar{X}_m \geq X_{np} \end{cases}, \quad (2)$$

где  $\Delta t_{\max}$  – максимальное значение интервала опроса, соответствующее нулевому значению уровня;  $\Delta t_{\min}$  – минимальное значение интервала опроса, соответствующее протеканию процесса на предельно допустимом уровне  $X_{np}$ .

В качестве критерия определения интервала опроса от характера изменения контролируемого процесса возьмем оценку так называемой текущей дисперсии [4]:

$$\bar{D}_m = \alpha (X_m - \bar{X}_m)^2 + (1 - \alpha) \bar{D}_{m-1}, \quad D_0 = 0, m = 1, 2, \dots, \quad (3)$$

Зависимость интервала опроса от характера изменения процесса определим по формуле:

$$\Delta t_m^{(D)} = \frac{K}{\sqrt{\bar{D}_m}}, \quad (4)$$

где  $K$  – весовой коэффициент.

Введем промежуточную величину  $\tau_m$  :

$$\tau_m = \frac{\Delta t_m^{(x)} * \Delta t_m^{(D)}}{\Delta t_m^{(x)} + \Delta t_m^{(D)}} \quad (5)$$

Искомый интервал опроса, зависящий от уровня и от характера протекания контролируемого процесса, определим соотношениями:

$$\Delta t_m = \begin{cases} \Delta t_{\min} & , \quad \text{при } \tau \leq \Delta t_{\min} \\ \tau_m & , \quad \text{при } \Delta t_{\min} < \tau_m < \Delta t_{\max} \\ \Delta t_{\max} & , \quad \text{при } \tau_m \geq \Delta t_{\max} \end{cases} \quad (6)$$

Параметр  $\Delta t_{\min}$  определяется в основном быстродействием управляющей ЭВМ и средств связи с датчиками. Параметры  $\Delta t_{\max}$ ,  $K$  выбираются и уточняются в процессе функционирования системы.

Из приведенных в (2) – (6) соотношений видно, что интервал времени до следующего опроса датчика определяется текущим значением показаний датчика и «сглаженными» значениями, полученными при предыдущих опросах. При этом сглаживание производится с использованием рекуррентной формулы (1). В различных литературных источниках, использующих оператор экспоненциального сглаживания (1), предполагается, что параметр сглаживания  $\alpha$  есть постоянная величина [5]. Но это справедливо лишь в случае, если постоянным является интервал  $\Delta t$  квантования процесса. Так как в нашем случае имеет место переменный интервал опроса, то необходимо определить параметр сглаживания  $\alpha$  как функцию от  $\Delta t$  .

Оператор сглаживания (1) является дискретным аналогом аperiodического звена первого порядка с постоянной времени  $T$  и коэффициентом усиления равным единице. Решение дифференциального уравнения, описывающее такое звено, имеет вид [1]:

$$\bar{X}(t) = \frac{1}{T} \int_0^t \exp\left(-\frac{t-\tau}{T}\right) X(\tau) d\tau, \quad (7)$$

где  $X(t)$ ,  $\bar{X}(t)$  – процессы, соответственно, на входе и выходе звена.

При подаче на вход звена единичной ступенчатой функции  $X(t) = 1$  из (7) получаем

$$\bar{X}(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t}{T}\right). \quad (8)$$

Переходя в (8) к дискретному представлению при  $t_m = m\Delta t$  и раскрывая рекуррентную формулу (1) при  $X_m = 1, m = 1, 2, \dots$ , получаем искомую зависимость:

$$\alpha = 1 - \exp\left(-\frac{\Delta t}{T}\right). \quad (9)$$

Важность этой формулы состоит в том, что она характеризует зависимость  $\alpha$  от требуемой постоянной времени  $T$  сглаживания, которая, в свою очередь, не зависит от интервала опроса.

Использование формулы (9) в управляющей ЭВМ сопряжено с определенными трудностями, так как оно требует подключения подпрограммы вычисления экспоненты. Разложение функции  $\exp(-\Delta t/T)$  в степенной ряд и несложные преобразования дают более простую формулу:

$$\alpha = \frac{\Delta t}{T + L\Delta t}, \quad (10)$$

где  $L$  – нормирующий коэффициент ( $0 \leq L \leq 1$ ).

В процессе моделирования было получено значение  $L = 0,582$ , при котором погрешность вычисления  $\alpha$  по формуле (10) по сравнению с (9) не превышает 1 %. То есть окончательно

$$\alpha = \frac{\Delta t}{T + 0,582\Delta t}. \quad (11)$$

Полученная зависимость (11) позволяет использовать оператор экспоненциального сглаживания при изменяющемся интервале опроса датчиков.

Полученные результаты позволяют разработать алгоритм адаптивного опроса контролируемых датчиков. Суть алгоритма состоит в том, что датчики, показывающие высокий уровень сигнала и высокую скорость изменения сигнала, опрашиваются чаще, чем датчики, показывающие более низкий уровень сигнала.

Рассмотрим алгоритм адаптивного опроса датчиков, который позволяет опрашивать датчики с различной частотой, а в аварийной ситуации обеспечивает переход на новые режимы опроса.

Начальным этапом данной работы является определение периода опроса  $T_{0i}$  для каждого  $i$ -го датчика. Период опроса зависит от задач обработки поступающей информации и сложившейся ситуации в контролируемом объекте. Сначала составляется таблица вычисленных для каждого датчика  $T_{0i}$ . Затем производится опрос датчиков в системе.

Предположим, что в результате анализа данных после очередного опроса  $n$  датчиков получили  $k$  групп, отличающихся заданными периодами опроса

$$n = \sum_{i=1}^k m_i \quad (12)$$

где  $m_i$  – число датчиков в группе с заданным периодом опроса  $T_i$

Рассмотрим условия, обеспечивающие различные периоды опроса датчиков в системе. Примем, что период опроса  $T_i$  одного датчика группы  $m_i$  включает в себя время на опрос датчика  $t_i$  ( $t_i \ll T_i$ ) плюс время, оставшееся до следующего опроса этого датчика. При наличии в системе только одной группы имеем минимальный период опроса одного датчика

$$T_{i \min} = t_i + t_i * (m_i - 1) = t_i * m_i \quad (13)$$

То есть, необходимым условием обеспечения заданного периода опроса датчиков группы  $m_i$  является

$$T_{0i} \geq t_i * m_i \quad (14)$$

Причем, выполнение равенства в условии (14) означает, что в системе может быть только одна группа. Для нахождения достаточного условия обеспечения заданных периодов опроса введем понятие заданной интенсивности опроса датчиков  $\lambda_i$  группы  $m_i$

$$\lambda_i = T_{i \min} * T_{0i}^{-1} = t_i * m_i * T_{0i}^{-1}$$

Если  $\lambda_i = 1$ , то выполняется равенство в условии (14), то есть в системе может быть только одна группа. При наличии в системе двух и более групп достаточным условием обеспечения заданных периодов опроса является

$$\sum_{i=1}^k \lambda_i < 1$$

Рассмотрим алгоритм, организующий различные периоды опроса датчиков в системе. Примем для простоты рассуждений, что  $m_i = 1$ . Тогда имеем  $n$  датчиков с заданными периодами опроса  $T_{0i}$  ( $i=1,2,\dots,n$ ). Требуется опросить их с периодами опроса

$$T_i \leq T_{0i}$$

Вычислим  $\lambda_i$  для всех датчиков по формуле (4) при условии, что  $m_i = 1$

$$\lambda_i = t_i * T_{0i}^{-1}$$

Опрос начинаем с датчика, имеющего наименьшее  $\lambda_i$ , так как у него наибольший резерв по времени до следующего опроса. Далее сущность алгоритма заключается в том, что на каждом такте опрашивается датчик с наибольшей относительной интенсивностью опроса, которая вычисляется после опроса каждого датчика по формуле

$$\Delta \lambda_i = (\lambda_{itek} - \lambda_i) * \lambda_i^{-1},$$

где  $\lambda_{itek}$  текущая интенсивность опроса.

После первого опроса датчика с наименьшим  $\lambda$ , например,  $j$ -го, имеем

$$\lambda_{itek} = t_i * (T_i - t_j)^{-1} = t_i * T_{itek}^{-1},$$

где  $T_{itek}$  – оставшееся текущее время до опроса  $i$ -го датчика.

На каждом следующем такте из оставшегося текущего времени вычитается время опроса последнего датчика для получения нового  $T_{itek}$ . Относительная интенсивность вычисляется для всех датчиков, кроме опрошенного в последнем такте. Для последнего опрошенного датчика, например,  $j$ -го, восстанавливаются параметры по формулам

$$\lambda_{itek} = t_j * T_{0j}^{-1}, \quad T_{itek} = T_{0j}$$

При реализации данного алгоритма на ЭВМ, параметры по каждому датчику определяются и запоминаются в памяти ЭВМ в виде таблиц, что позволяет корректировать их в нужные моменты времени в зависимости от режимов функционирования контролируемых объектов.

Таким образом, предложенный алгоритм организации переменных периодов опроса датчиков повышает эффективность обработки информации в компьютерной системе автоматического контроля за счет имеющейся возможности оперативного изменения интервалов опроса датчиков при отклонении от нормального хода контролируемых процессов.

Данный алгоритм может быть использован при разработке и внедрении систем автоматического контроля технологическими процессами в различных отраслях промышленности.

### **Список литературы**

1. Бендат Дж., Пирсол А. Применение корреляционного и спектрального анализа: Пер. с англ. – М.: Мир, 1983. – 312с.
2. Бесекерский В. А. и др. Микропроцессорные системы автоматического управления / Под общей редакцией Бесекерского В. А. – Л.: Изд-во «Машиностроение», 1988. – 365 с.
3. Вентцель Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения: учеб. пособие. М-во образования РФ. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Академия, 2003. – 432 с.
4. Кан О. А. Организация адаптивного опроса датчиков в автоматизированной системе газового контроля // Автоматика и информатика. – 2002. – № 1-2. – С. 32-33.
5. Романенко А. Ф., Сергеев Г. А. Вопросы прикладного анализа случайных процессов. – М.: Изд-во «Советское радио», 1968. – 256 с.

### **Рецензенты:**

Брейдо Иосиф Вульфович, доктор технических наук, доктор технических наук РК, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизации производственных процессов», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда.

Тутанов Серикпай Куспанович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Высшая математика», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда.