

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ РАБОТЫ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО КОНТРОЛЯ

А. С. Белима

Киев

Как известно, основное назначение системы централизованного контроля (СЦК) — следить за нахождением контролируемых параметров в заданной зоне и своевременно определять выход их за граничные уровни. Принципы построения различных видов СЦК и функции, выполняемые ими, описаны в работах [3, 4]. Важной характеристикой СЦК является шаг контроля, т. е. промежуток времени, через который производится операция сравнения контролируемой величины с ее граничными значениями. В известных СЦК этот шаг обычно постоянен и выбирается исходя из требований качественного контроля самых быстродействующих процессов, что приводит к завышению частоты контроля для медленно действующих контролируемых процессов.

Одним из путей повышения эффективности СЦК является применение принципа временной адаптации, т. е. проведение операций контроля каждого непрерывного контролируемого процесса через промежуток времени, зависящий от текущих характеристик этого процесса.

Адаптивная СЦК должна включать в себя устройство адаптации, способное оперативно анализировать течение контролируемых процессов и вычислять необходимый шаг контроля, а также управляемый коммутатор, позволяющий подключать к центральному устройству системы контролируемые величины через различные промежутки времени.

Сложность реализации устройства адаптации зависит от алгоритма, по которому оно должно работать. Ряд авторов [5, 6] предлагают определять величину шага контроля статистическими методами, взяв в качестве критерия вероятность пересечения контролируемым процессом граничных уровней. В практике такой критерий вполне приемлем. Однако при этом аналитические выражения, связывающие период контроля с характеристиками процесса, как правило, довольно сложные и трудно реализуемые для оперативного применения.

Помимо этого, для некоторых объектов, где выход контролируемого параметра за граничные уровни грозит аварией или опасными последствиями для обслуживающего персонала и технологического процесса, детерминированные методы определения шага контроля, по нашему мнению, более приемлемы. Особенно это целесообразно в тех случаях, когда легко можно определить динамические характеристики объекта.

Для многих объектов контроля динамика процесса, возникшего в результате приложения скачкообразного возмущающего воздействия, описывается дифференциальным уравнением первого порядка [1, 2]:

$$T \frac{d\varphi}{dt} + \delta\varphi = \mu, \quad (1)$$

где T — постоянная времени объекта;
 δ — коэффициент самовыравнивания объекта;
 φ — относительное отклонение контролируемого параметра

$$\left(\varphi = \frac{\Phi - \Phi_0}{\Phi_0}\right);$$

Φ_0 — номинальное значение контролируемого параметра, соответствующее, например, середине заданной зоны контроля;

$\mu = \frac{M - M_0}{M_0}$ — относительное отклонение возмущающего воздействия от номинального возмущающего воздействия M_0 ;

M — текущее возмущающее воздействие.

Решим уравнение для скачкообразного возмущения [1, 2]:

$$\varphi = \frac{\mu}{\delta} (1 - e^{-\frac{\delta}{T} t}). \quad (2)$$

Для случая $\varphi \ll \frac{\mu}{\delta}$ экспоненту $e^{-\frac{\delta}{T} t}$ можно заменить разложением в ряд. Тогда выражение (2) примет вид

$$\varphi = \mu \frac{t}{T} + \frac{\mu \delta}{2} \left(\frac{t}{T}\right)^2 + \dots \quad (3)$$

Оставив из разложения (3) только первый член и подставив вместо φ , t , μ соответственно φ_d , t_n , $\mu_{\max}$, окончательно получим

$$\varphi_d = \mu_{\max} \frac{t_n}{T}, \quad (4)$$

где φ_d — относительное допустимое отклонение;

t_n — время нарастания, т. е. промежуток времени, через который контролируемый параметр достигнет граничного уровня Φ_n , находясь в момент контроля t_0 на уровне Φ_0 под влиянием максимального относительного возмущающего воздействия $\mu_{\max}$.

Относительную погрешность, вносимую за счет отбрасывания высших членов разложения (3), можно оценить с помощью выражения

$$\nu = \frac{B}{A} = \frac{\delta}{2} \left(\frac{t_n}{T}\right), \quad (5)$$

где B — второй член ряда (3), а

A — первый.

В инженерной практике погрешность расчетов порядка 10% считается приемлемой. Следовательно, формулу (4) можно рекомендовать, если $\nu \leq 10\%$. В противном случае следует увеличить число членов разложения (3), что, естественно, усложнит алгоритм определения шага контроля.

В момент контроля t_i контролируемый параметр Φ_i может занимать любое положение внутри заданной зоны. Не имея дополнительной информации об изменении контролируемого параметра, кроме его мгновенного значения, СЦК должна предупредить самый худший случай с точки зрения минимального времени достижения контролируемым процессом граничного уровня. Из всех возмущающих воздействий самым опасным в этом смысле является скачкообразное возмущающее воздействие.

Рассмотрим возможные ситуации, возникающие при централизованном контроле. Существует два основных состояния контролируемой величины: 1) контролируемая величина находится внутри зоны, 2) контролируемая величина находится вне зоны.

Для первого состояния характерны следующие ситуации;

- I) $\Phi_{дв} > \Phi_i > \Phi_0$; $M_{max} > M_0$; III) $\Phi_{дв} > \Phi_i > \Phi_0$; $M_{max} < M_0$;
 II) $\Phi_{дв} < \Phi_i < \Phi_0$; $M_{max} < M_0$; IV) $\Phi_{дв} < \Phi_i < \Phi_0$; $M_{max} > M_0$;

где $\Phi_{дв}$ — абсолютное значение верхнего граничного уровня;

$\Phi_{дн}$ — абсолютное значение нижнего граничного уровня.

Переходные процессы, которые могут возникать в приведенных ситуациях, изображены на рис. 1, а и 1, б. Наиболее опасными являются первые две ситуации I) и II). С точки зрения характера движения

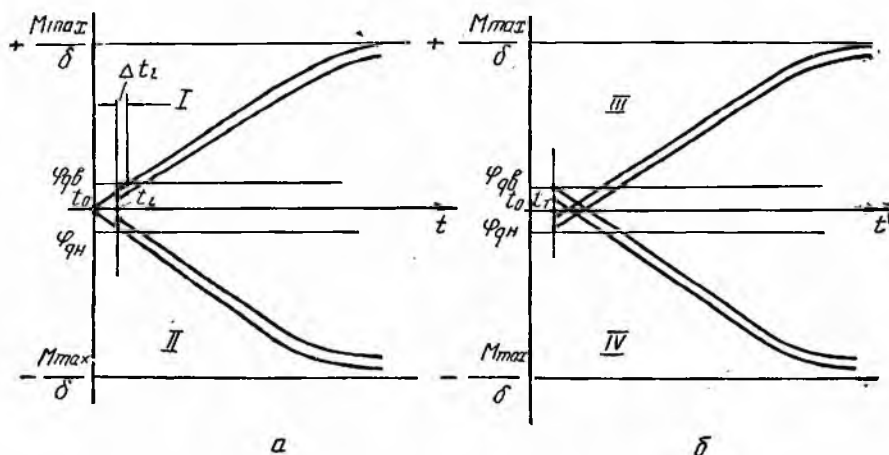


Рис. 1.

контролируемого параметра к граничному уровню эти ситуации идентичны. Поэтому более детально остановимся только на одной из них, а именно на ситуации I.

Итак, в момент t_i контролируемый параметр имеет значение Φ_i , ему соответствует относительное отклонение φ_i .

Этой точки зоны контролируемый параметр достигает различными путями. Один из путей следующий. В момент $t = t_0$ контролируемый параметр имел значение Φ_0 и под воздействием возмущающего воздействия $M_{max} > M_0$ начал движение к верхнему граничному уровню. Тогда время, за которое он достиг значения φ_i ,

$$t_i = \frac{\varphi_i T}{\mu_{max}}. \quad (6)$$

Считая, что контролируемый параметр и далее движется к $\Phi_{дв}$, найдем время Δt_i , через которое он достигнет верхнего значения уровня

$$\Delta t_i = \frac{\Delta \varphi_{gt} T}{\mu_{max}}, \quad (7)$$

где $\Delta \varphi_{gt} = \varphi_g - \varphi_i$ — запас допустимого отклонения контролируемой величины;

$\Delta t_i = t_n - t_i$ — необходимый шаг контроля.

Теперь рассмотрим случай, когда Φ_i — новое устойчивое значение контролируемого параметра. Предположим, что оно было достигнуто под воздействием скачкообразного возмущающего воздействия μ_i . Для того, чтобы контролируемый параметр снова начал двигаться к $\Phi_{дв}$ с

максимально возможной скоростью, необходимо приложить максимально возможное возмущающее воздействие, т.е.:

$$\Delta \mu_{\max} = \frac{M_{\max} - M_i}{M_i}.$$

Поскольку заданная зона значительно меньше возможного диапазона изменения контролируемого параметра, то и возмущающее воздействие M_i , соответствующее нахождению Φ_i в заданной зоне, будет мало отличаться от M_0 , т.е. $M_i \approx M_0$, $\Delta \mu_{\max} \approx \mu_{\max}$.

Таким образом, и для случая Φ_i , соответствующего установившемуся значению контролируемого параметра, минимальное время достижения верхнего граничного уровня определяем по формуле (7). Практически определить текущее значение возмущающего воздействия почти невозможно.

Приведенный анализ позволяет принять в качестве основы построения алгоритма работы устройства адаптации формулу (7). Предварительно заметим, что

$$\Delta \varphi_{gi} = \frac{\Phi_g - \Phi_i}{\Phi_0}.$$

Подставив в формулу (7) значение $\Delta \varphi_{gi}$, получим

$$\Delta t_i = \alpha (\Phi_d - \Phi_i), \quad (8)$$

где $\alpha = \frac{\tau}{\mu_{\max} \Phi_0}$ постоянная величина данного контролируемого параметра.

Как видно из формулы (8), для работы устройства адаптации необходимо знать абсолютную разность между граничным уровнем Φ_d и текущим значением Φ_i . Поскольку при централизованном контроле имеется два граничных уровня (верхний $\Phi_{дв}$ и нижний $\Phi_{дн}$), необходимо найти разность между ближайшим допустимым уровнем и Φ_i . Мы находим ее двумя способами: 1) определяем разности $\Phi_{дв} - \Phi_i$ и $\Phi_{дн} - \Phi_i$, сравниваем их между собой и выбираем меньшую; 2) сравниваем Φ_i с Φ_0 , т.е. выполняем операции $\Phi_i \geq \Phi_0$. Если это условие не выполняется, то значит, что Φ_i лежит ближе к $\Phi_{дн}$ и между ними находится разность, которая потом подставляется в формулу (8), в противном случае находим разность $\Phi_{дв} - \Phi_i$.

Учитывая изложенное выше, алгоритм работы устройства адаптации можно сформулировать следующим образом.

1. Сравнение текущего значения контролируемого параметра с граничными значениями зоны (или сравнение со значением середины зоны и одним из граничных значений).

2. Нахождение разности между ближайшим граничным уровнем и текущим значением контролируемого параметра.

3. Вычисление необходимого шага контроля Δt_i путем умножения постоянного для данного параметра коэффициента α на полученную разность.

СЦК обслуживает обычно n контролируемых параметров. Коэффициент α одинаков для всех контролируемых объектов только в случае их однотипности. Обычно этот коэффициент различен для разных объектов. Следовательно, необходимые шаги контроля различных контролируемых параметров в общем случае различны и переменны во времени.

Коротко остановимся на возможных реализациях адаптивной СЦК, работающей по предложенному алгоритму. На рис. 2 и 3 приведены два варианта упрощенных блок-схем таких систем.

Первый вариант системы (рис. 2) предусматривает аналого-цифровое преобразование контролируемых параметров на каждом шаге конт-

роля и дальнейшую обработку входного сигнала в цифровом виде. Система состоит из управляемого входного коммутатора (УВК), позволяющего подключать на вход системы контролируемые параметры через необходимые шаги контроля; аналого-цифрового преобразователя (АЦП), устройства выявления выхода контролируемого параметра из заданной зоны (УВВП), узла сигнализации выхода параметра (УСВП), цифropечатающего устройства (ЦП), вычислительного устройства (ВУ). Устройство адаптации включает следующие узлы: УВК, УВВП, ВУ. Работа системы протекает следующим образом.

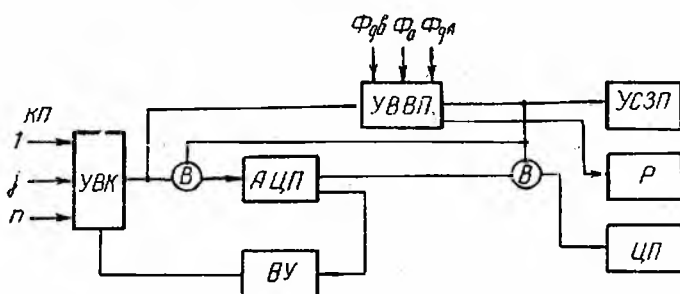


Рис. 2.

Контролируемый параметр $KП_i$ посредством УВК подсоединяется на вход АЦП и в виде цифрового кода поступает на вход УВВП. В последнем сравнивается текущее значение Φ_i контролируемого параметра с его минимальным значением Φ_0 и затем, в зависимости от того $\Phi_i \geq \Phi_0$ или $\Phi_i < \Phi_0$, сравниваем Φ_i с $\Phi_{дв}$ или $\Phi_{дн}$. Если $\Phi_i \geq \Phi_{дв}$ или $\Phi_i < \Phi_{дн}$, то на вход УСВП поступает сигнал о выходе контролируемого параметра из допустимой зоны. УСВП сигнализирует оператору о нарушении технологического режима. Выход контролируемого параметра регистрируется цифropечатающим устройством.

Помимо этого, УВВП определяет разность между ближайшим граничным уровнем и текущим значением контролируемого параметра. В случае выхода контролируемого параметра из зоны разность между значением Φ_i и граничным уровнем может быть использована как входная величина цифрового регулятора (ЦР), работающего по отклонению.

Если контролируемый параметр находится в зоне, то из УВВП на вход вычислительного устройства поступает разность между ближайшим граничным уровнем и текущей величиной контролируемого параметра. ВУ вычисляет следующий необходимый шаг контроля данного параметра. Информация об этом подается в УВК. Управляемый входной коммутатор согласуется во времени подключения датчиков на вход АЦП через необходимые (в общем случае переменные) шаги контроля.

Во втором варианте упрощенной блок-схемы адаптивной системы централизованного контроля (рис. 3) УВВП производит сравнение и вычитание сигналов, представленных в аналоговой форме. С выхода УВВП поступают следующие сигналы:

- 1) дискретный сигнал о выходе контролируемого параметра из зоны;
- 2) аналоговый сигнал, поступающий на вход АЦП и представляющий собой разность между ближайшим граничным уровнем и контролируемым параметром для случая нахождения сигнала в зоне;
- 3) аналоговый сигнал, поступающий на вход регулятора в случае выхода параметра из зоны.

Сигнал 2), преобразованный в цифровую форму, поступает в ВУ, где подвергается такой же обработке, как и в системе, описанной выше.

Второй вариант системы имеет большое быстродействие, но меньшую точность. Большое быстродействие достигается за счет того, что в этом варианте система на каждом шаге контроля АЦП расходует время на преобразование не полного диапазона изменения контролируемого параметра, а только диапазона заданной зоны.

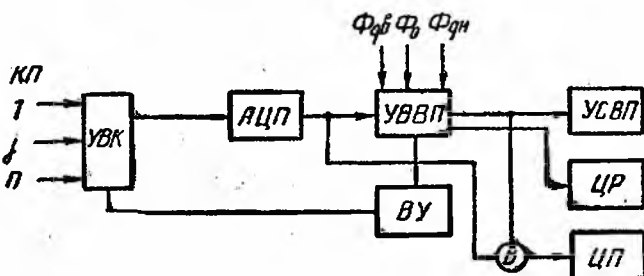


Рис. 3.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. М. Майзель. Основы автоматики и телемеханики. Научно-техн. изд-во Мин. легкой промышленности, М., 1956.
2. О. С. Беліма. Деякі питання аналізу та синтезу систем централізованого контролю для режиму виявлення відхилень за припустимі межі. «Автоматика», 1961, № 5.
3. И. М. Шенброт. Машины централизованного контроля. Изд-во «Энергия», 1966.
4. И. М. Шенброт, Ф. Е. Темников. Машины централизованного контроля. Справочное пособие. Изд-во «Энергия», 1964.
5. В. М. Ефимов. Определение интервала времени между контрольными операциями по критерию вероятности выходов контролируемого параметра из зоны. «Автометрия», № 1. Изд. СО АН СССР, 1965.
6. А. Д. Большевцев. О средней частоте аварийных выходов контролируемого процесса. «Изв. вузов, Приборостроение», т. VIII, № 4, 1964.