

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

ЛЕКЦИЯ 8

9. Обработка сигналов в АСУТП.

Сигналы в АСУТП претерпевают значительные изменения и обработку. При этом формируются другие сигналы, необходимые и удобные для применения. Входные сигналы от датчиков и внешних источников проверяются на достоверность и фильтруются для выделения полезной информации на фоне помех, далее эти сигналы преобразуются для хранения и выдачи оператору в удобном виде, на основе этих сигналов формируются управляющие воздействия на исполнительные устройства а также производятся другие преобразования. Рассмотрим коротко некоторые виды этих преобразований.

9.1 Определения и аналоговая фильтрация. Получение информации от объекта управления происходит в промышленных (полевых) условиях и включает в себя аналоговую и цифровую стадии передачи сигналов, сигналы в этих условиях подвержены действию помех и возмущений (отличие помех от возмущений мы определим ниже). Основными источниками помех и возмущений здесь являются: электромагнитные поля, влияние сети питания 220 В 50 Гц, паразитные связи, аналого-цифровое преобразование (АЦП), пыль, влажность и агрессивная среда и естественные флуктуации контролируемого процесса. Эти факторы приводят к хаотичным колебаниям измеряемой переменной, часть этих колебаний не несет информации для управления, или вообще приводит к отказу каналов управления. Поэтому вопросу получения достоверной информации о процессах управления нужно уделять самое серьезное внимание и принимать меры для их устранения мешающих факторов.

Меры для устранения мешающих факторов в каналах измерения можно разделить на два вида: аппаратные и программные. Аппаратные меры нацелены на защиту аналоговых сигналов от помех, цель программных мер – выделение полезного сигнала из исходного зашумленного сигнала. Основные аппаратные меры: применение приборов и шкафов с хорошей защитой от пыли и влаги (желательно не хуже IP66), правильное заземление, экранирование проводников, применение гальванической развязки электрических цепей, применение дифференциального метода передачи сигналов (подобно интерфейсу RS 485), уменьшение длины линий передачи аналоговых сигналов, применение антиалиасных фильтров, применение АЦП повышенной разрядности.

Что такое антиалиасный фильтр, мы уже рассмотрели (см. п.8.2), отметим, что это аналоговой пассивной фильтр низких частот, реализуемый обычно в виде RC-цепочки. Этот фильтр, как правило, ставится в МСД в цепь аналогового сигнала перед его аналого-цифровым преобразованием. Его назначение: не пропускать, согласно теореме Котельникова на АЦП частоты аналогового сигнала, превышающие половину частоты дискретизации (частота, равная половине частоты дискретизации, называется частотой Шеннона). При невыполнении этого условия в составе цифрового сигнала на выходе АЦП появляются низкочастотные составляющие помехи, которые уже нельзя устранить программными средствами.

Аппаратные меры по защите от помех – это целая наука со своими методами и приемами, требующими более детального изучения. Мы это рассматривать не будем, это для самостоятельного изучения (кое-что см., например, Денисенко «Компьютерное управление», 2009 г., со с.166). Отметим лишь, что современная электроника производит недорогие многоразрядные и быстрые АЦП. Это позволяет применять высокие частоты дискретизации, соответственно повышается частота Шеннона, а габариты RC-цепочек уменьшаются. При этом оставшаяся после антиалиасного фильтра помеха без искажений переносится на цифровой сигнал, где его (сигнал) легче обработать программными средствами.

9.2 Цифровая обработка сигналов. Аппаратные меры позволяют уменьшить влияние помех на измеряемый сигнал, однако полностью их не устраняют. В частности, не устраняются

естественные флуктуации контролируемого процесса. Для их дальнейшего уменьшения используются программные методы обработки сигналов. Коротко рассмотрим эти методы.

После АЦП нужно выполнить первичную обработку сигналов. Обычно первичная обработка заключается в выполнении следующих операций:

- 1) компенсация дрейфа АЦП;
- 2) проверка на достоверность;
- 3) цифровая фильтрация;
- 4) сохранение отфильтрованных данных.

Рассмотрим операции 2 и 3.

Проверка сигналов на достоверность.

Эта проверка играет важную роль. При недостоверных данных так же как и в случае ошибочного вывода о недостоверности данных система примет неправильные решения, что связано с ущербом для производства вплоть до аварии. Используются много методов проверки на достоверность. Обычно они заключаются в следующем:

- 1) проверка, находится ли измеренное значение в пределах рабочего диапазона датчика;
- 2) проверка, находится ли скорость изменения сигнала от датчика в заданных пределах;
- 3) при резервировании проверка соответствия сигналов от нескольких каналов измерения одного и того же параметра;
- 4) другие проверки.

В первую очередь нужно убедиться, что измеренное данным датчиком значение лежит в пределах рабочего диапазона этого датчика. Если это условие длительно не выполняется, то это означает отказ датчика, разрыв линии связи, аварийный режим работы контролируемого процесса. Чтобы исключить частые появления аварийных сигналов, используют вместо порогового значения гистерезисную зону вокруг этого порогового значения (рисунок 9.1).

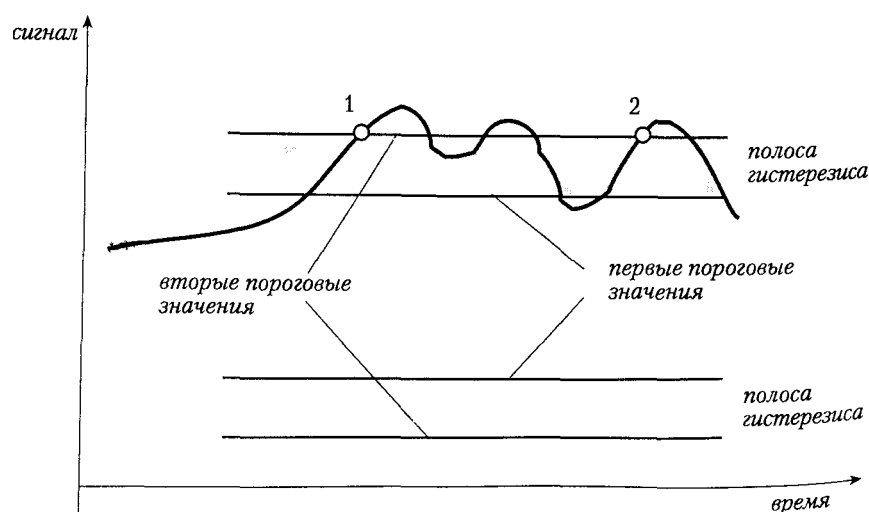


Рисунок 9.1 – Полоса гистерезиса около порогового значения

Аварийная индикация устанавливается, когда значение сигнала достигнет точки 1 и удерживается до тех пор, когда оно не станет меньше нижней границы полосы гистерезиса.

Новый аварийный режим будет в точке 2

Проверка, находится ли скорость изменения сигнала от датчика в заданных пределах производится также, как же, но пределы рабочего диапазона скоростей изменения сигнала от

датчика определяются по скоростям изменения, характерным для данного объекта. Например, известно, что температура газов на выходе из топки не может совершить скачек 10 градусов за одну секунду, но она может изменяться со скоростью не более 0,1 градуса за секунду. Большой скачек означает с некоторой вероятностью отказ датчика.

Цифровая фильтрация.

При высокой частоте дискретизации возникает задача выделения полезного сигнала на фоне помех из зашумленного цифрового сигнала.

При этом нужно определить, что такое помеха и что является полезным сигналом. Это зависит от того, для чего используется сигнал.

Сигналы в АСУТП используются во-первых в системах автоматического регулирования и управления, во-вторых при ручном (автоматизированном) управлении, реализуемым оператором технологического процесса, в третьих для документирования. Все процессы в природе инерционны, а воздействия на них ограничены, поэтому при управлении объект управления является фильтром низких частот с ограниченным по амплитуде управляющим воздействием. Следовательно, система управления может скомпенсировать возмущения и воспроизвести задание в ограниченном частотном диапазоне, определяемом частотной полосой пропускания замкнутой системы управления. Качество процессов управления характеризуется ошибкой управления ε , это рассогласование управляемой переменной y от задания y_3 : $\varepsilon = y_3 - y$. В динамике для характеристики качества управления удобно использовать коэффициент передачи системы управления по каналу: управляемая переменная y – ошибка управления ε , как функцию от частоты ω :

$$W_\varepsilon(\omega) = \frac{\varepsilon(\omega)}{y(\omega)}.$$

Передаточную функцию $W_\varepsilon(s)$ для линейной системы можно найти из формулы (Рисунок 9.2)

$$W_\varepsilon(s) = \frac{1}{1 + W_R(s)W_O(s)},$$

где $W_R(s)$ – передаточная функция регулятора; $W_O(s)$ – передаточная функция объекта управления с учетом динамики датчиков и ИУ; s – переменная преобразования Лапласа. Ясно, что для каждой системы управления $W_\varepsilon(s)$ будет своя.

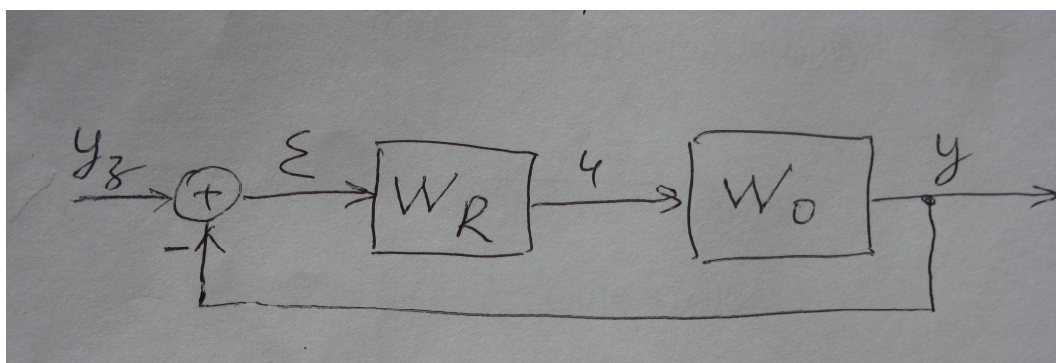


Рисунок 9.2 – Структурная схема системы управления

Типовая зависимость коэффициента передачи системы управления инерционным объектом $W_{\Sigma}(\omega)$ от частоты ω представлена на рисунке 9.3:

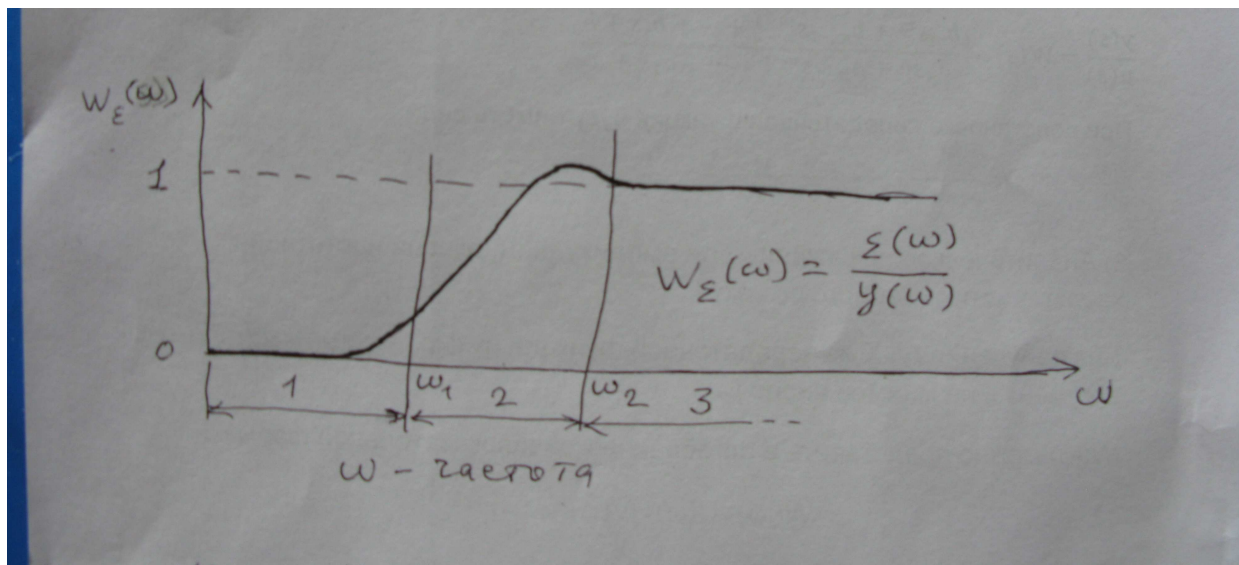


Рисунок 9.3 – Зависимость $W_{\Sigma}(\omega)$ от частоты ω

На рисунке 9.3 выделены три области. Область 1 – низкочастотная (рабочая) область $0 \leq \omega \leq \omega_1$. В этой области происходит активная компенсация системой управления возмущений и воспроизведение задания, здесь ошибка управления примерно равна нулю. Область 2 – среднечастотная область $\omega_1 \leq \omega \leq \omega_2$. Эта область определяет устойчивость системы и динамическое качество регулирования, здесь ошибка растет. Область 3 – область высоких частот $\omega \geq \omega_2$. Внешние воздействия в этой области частот системой не отрабатываются и остаются без изменения на регулируемой переменной, поэтому коэффициент передачи здесь равен 1. Но высокочастотные возмущения в третьей области приводят к бесполезному срабатыванию мощных исполнительных устройств (ИУ), изнашивая их и сокращая время наработки на отказ. Назовем высокочастотные возмущения в третьей области помехами. Из вышеизложенного следует необходимость устранения (фильтрации) помех путем пропускания измеряемой переменной через фильтр низкой частоты (ФНЧ) с единичным коэффициентом передачи в статическом (установившемся) режиме. Частотные свойства ФНЧ характеризуются частотой среза ω_c , это частота, на которой коэффициент передачи ФНЧ снижается на 3 дБ, то есть уменьшается до значения $0,707W_{\phi}(0)$, где $W_{\phi}(0)$ – коэффициент передачи ФНЧ на нулевой частоте. Несмотря на то, что ФНЧ будет в контуре регулирования, он не будет отрицательно влиять на динамические свойства системы, поскольку в первой и второй областях (см. рисунок) наш ФНЧ будет вести себя, как безынерционное звено.

Простейшим непрерывным ФНЧ с единичным коэффициентом передачи на нулевой частоте является фильтр первого порядка (апериодическое звено) с передаточной функцией

$$W_{\phi}(s) = \frac{1}{1 + Ts},$$

где T – постоянная времени фильтра, определяющая частоту его среза, причем $\omega_c = 1/T$. После частоты среза этот фильтр обеспечивает крутизну спада частотной характеристики 20 дБ/декаду, что в ряде случаев достаточно.

В цифровом виде аналогом ФНЧ первого порядка будет экспоненциальный фильтр вида:

$$y_\phi(n) = \alpha y_\phi(n-1) + (1-\alpha)y(n),$$

где $y_\phi(n)$ – фильтрованное значение измеряемой переменной в текущий момент времени n ; $y(n)$ – исходное (до фильтрации) значение измеряемой переменной в текущий момент времени n ; $y_\phi(n-1)$ – фильтрованное значение измеряемой переменной в предыдущий момент времени $n-1$; α – коэффициент, определяющий уровень фильтрации и частоту среза. Справедливо соотношение

$$\alpha = e^{-T_0/T}$$

где T_0 – период дискретизации. Реакцией экспоненциального ФНЧ на единичное ступенчатое входное воздействие (переходная функция) является экспонента $e^{-T_0/T}$. Зная ω_c , по приведенным формулам можно рассчитать требуемый ФНЧ для каждой системы управления. Применяются также ФНЧ второго и более высоких порядков. Они имеют более крутой спад частотной характеристики после частоты среза, их вид и расчет можно найти в литературе.

В качестве ФНЧ в цифровой фильтрации также широко используются так называемые фильтры скользящего среднего (ФСС). Это чисто цифровые фильтры, в которых текущее значение фильтрованной переменной получается суммированием k последних отчетов измеряемой переменной и делением полученной суммы на k , то есть:

$$y_\phi(n) = \frac{1}{k} (y(n) + y(n-1) + \dots + y(n-k)).$$

Выбором k определяется глубина фильтрации. Преимуществом ФСС является то, что его переходная функция есть линейно растущая прямая, которая достигает установившегося значения за k тактов (переходная функция экспоненциального сглаживания есть экспонента, что в ряде случаев неудобно).