

Практические занятия
по курсу

**«Системы автоматического управления, микропроцессоры и микроЭВМ в
электронно – оптическом аппаратостроении»**

для студентов специальности 1-36.04.01
«Электронно – оптическое аппаратостроение»

Содержание	Ошибка! Закладка не определена.
Практическое занятие № 1. Передаточные характеристики линейных непрерывных САУ	3
Практическое занятие № 2. Построение частотных характеристик САУ	6
Практическое занятие № 3. Преобразование структурных схем САУ.....	9
Практическое занятие № 4. Определение устойчивости САУ. Расчет запасов устойчивости.	13
Практическое занятие № 5. Оценка показателей качества САУ.....	16
Практическое занятие № 6. Структурные схемы цифровых САУ.....	20
Практическое занятие № 7. Структурные схемы САУ на микроконтроллерах	25
Практическое занятие № 8. Схемы управления технологическими процессами с использованием ПЭВМ	31
Рекомендуемая литература.....	37

Практическое занятие № 1. Передаточные характеристики линейных непрерывных САУ

Пример. Для генератора постоянного тока, вращающегося с постоянной угловой скоростью n и работающего на активное сопротивление R_n составить математическую модель в виде дифференциального уравнения; в виде передаточной функции и переходной функции.

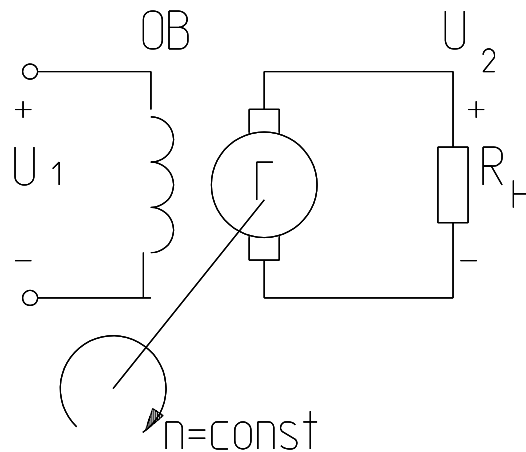


Рис. 1.1. Схема генератора постоянного тока

Решение.

1. Составляем эквивалентную электрическую схему генератора постоянного тока (рис. 1.2.).

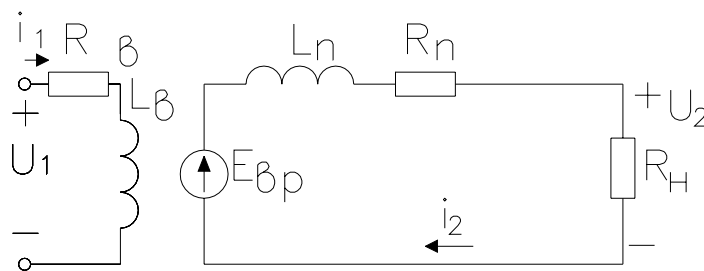


Рис. 1.2. Эквивалентная схема генератора постоянного тока

От принципиальной схемы переходим к расчетной схеме замещения (используя физические принципы функционирования звеньев САУ).

Составляем уравнение для контура обмотки возбуждения (ОВ) и якоря. Для обмотки возбуждения

$$L_B \frac{di_1}{dt} + R_B i_1 = u_1 \quad (1.1)$$

Уравнение якоря:

$$E_{ep} = L_x \frac{di_2}{dt} + R_{\pi} i_2 + u_2 \quad (1.2)$$

где

$$i_2 = \frac{U_2}{R_H} \quad (1.3)$$

$$E_{ep} = C_e L_e i_1 n \quad (1.4)$$

Тогда получим:

$$C_e L_e i_1 n = \frac{L_{\pi}}{R_H} \frac{dU_2}{dt} + \frac{R_{\pi}}{R_H} U_2 + U_2 \quad (1.5)$$

Выразим из (1.5) i_1 и подставим в (1.3):

$$i_1 = \frac{1}{C_e L_e n} \left(\frac{L_{\pi}}{R_H} \frac{dU_2}{dt} + \left(\frac{R_{\pi}}{R_H} + 1 \right) U_2 \right) \quad (1.6)$$

Введем следующие обозначения:

$$T_e = \frac{L_e}{R_e}, \quad T_{\pi} = \frac{L_{\pi}}{R_{\pi} + R_H}, \quad K = \frac{(R_{\pi} + R_H)}{C_e n R_H T_e} \quad (1.7)$$

Тогда преобразованные уравнения (1.3) и (1.6) имеют вид:

$$T_e \frac{di_1}{dt} + i_1 = \frac{1}{R_e} U_1 \quad (1.8)$$

$$i_1 = \frac{K}{R_e} \left(T_{\pi} \frac{dU_2}{dt} + U_2 \right) \quad (1.9)$$

$$\frac{T_e K}{R_e} \left(T_{\pi} \frac{d^2 U_2}{dt^2} + \frac{dU_2}{dt} \right) + \frac{K}{R_e} \left(T_{\pi} \frac{dU_2}{dt} + U_2 \right) = \frac{1}{R_e} U_1 \quad (1.10)$$

$$KT_{\pi} T_e \frac{d^2 U_2}{dt^2} + K(T_{\pi} + T_e) \frac{dU_2}{dt} + KU_2 = U_1 \quad (1.11)$$

2. Для получения передаточной функции используем правило дифференцирования преобразования Лапласа из расчета нулевых начальных условий.

$$KT_{\pi} T_e S^2 U_2(S) + K(T_{\pi} + T_e) S U_2(S) + K U_2(S) = U_1(S) \quad (1.12)$$

$$U_2(S) = W(S)U_1(S) \quad (1.13)$$

$$W(S) = \frac{1}{K(T_{\text{я}}S + 1)(T_{\text{б}}S + 1)} = \frac{K_1}{(T_{\text{я}}S + 1)(T_{\text{б}}S + 1)} \quad (1.14)$$

где $K_1 = \frac{1}{K}$ передаточная функция САУ.

3. Для получения переходной функции $W(t)$ используем теорему о разложении $W(S)$ на простые дроби.

Находим корни знаменателя:

$$S_1 = -\frac{1}{T_{\text{б}}},$$

$$S_2 = -\frac{1}{T_{\text{я}}}$$

Будем считать, что $S_1 \neq S_2$.

Тогда

$$W(t) = \sum_{K=1}^2 \frac{K_1}{B'(S_K)} e^{S_K t} \quad (1.15)$$

$$B'(S) = T_{\text{я}}(T_{\text{б}}S + 1) + T_{\text{б}}(T_{\text{я}}S + 1) \quad (1.16)$$

$$W(t) = \frac{K_1}{T_{\text{я}}\left(1 - \frac{T_{\text{б}}}{T_{\text{я}}}\right)} e^{\frac{t}{T_{\text{я}}}} + \frac{K_1}{T_{\text{б}}\left(1 - \frac{T_{\text{я}}}{T_{\text{б}}}\right)} e^{\frac{t}{T_{\text{б}}}} = \frac{K_1}{T_{\text{я}} - T_{\text{б}}} \left(e^{\frac{t}{T_{\text{я}}}} - e^{\frac{t}{T_{\text{б}}}} \right) \quad (1.17)$$

Уравнения (1.12) и (1.17) представляют собой соответственно передаточную функцию и переходную характеристику представленной системы управления.

Задание

Используя полученные у преподавателя значения параметров элементов, рассчитайте и постройте передаточные функции и переходные характеристики следующих звеньев:

1. Пропорциональное П – звено.
2. Идеальное интегрирующее (И) звено.
3. Дифференциальное (Д) звено.
4. Апериодическое звено.
5. Форсирующее звено.
6. Звено второго порядка:
 - а) колебательное;
 - б) консервативное;
 - в) апериодическое второго порядка.

Практическое занятие № 2. Построение частотных характеристик САУ

Пример. Рассчитать и построить АЧХ, ФЧХ, АФЧХ, ЛАЧХ генератора постоянного тока, схема которого приведена на рис. 1.1.

Решение.

1. Построение АФЧХ системы

Частотная передаточная функция системы имеет вид:

$$W(j\omega) = \frac{K_1}{(jT_я\omega + 1)(jT_б\omega + 1)} = \frac{K_1}{((T_я\omega)^2 + 1)((T_б\omega)^2 + 1)}(1 - jT_я\omega)(1 - jT_б\omega) =$$

$$\frac{K_1}{((T_я\omega)^2 + 1)((T_б\omega)^2 + 1)}(1 - T_яT_б\omega^2 - j(T_б + T_я)\omega) \quad (2.1)$$

Преобразуем (2.1):

$$|W(j\omega)| = \frac{K_1}{(1 + (T_я\omega)^2)(1 + (T_б\omega)^2)} \sqrt{(1 - T_яT_б\omega^2)^2 + (T_яT_б)^2\omega^2} =$$

$$= \frac{K_1}{\sqrt{(1 + (T_я\omega)^2)(1 + (T_б\omega)^2)}} \quad (2.2)$$

$$\arg W(j\omega) = \arctg \left(\frac{(T_я + T_б)\omega}{T_яT_б\omega^2 - 1} \right) \quad (2.3)$$

Пусть для определения $T_б = 2T_я$. Тогда расчет $|W(j\omega)|$ и $\arg W(j\omega)$ дает значения, приведенные в табл. 2.1

Таблица 2.1

ω	$ W(j\omega) $	$\arg W(j\omega)$
0	K_1	0
∞	0	0
$\frac{1}{T_я}$	$\frac{K_1}{\sqrt{10}} \approx \frac{K_1}{3}$	70° или $-(90^\circ + 70^\circ) = -160^\circ$
$\frac{1}{T_б}$	$\approx \frac{K_1}{\sqrt{2}} \approx 0,7K_1$	-70°

Логарифмическая амплитудно – частотная характеристика (ЛАЧХ) систем автоматического управления имеет следующий вид:

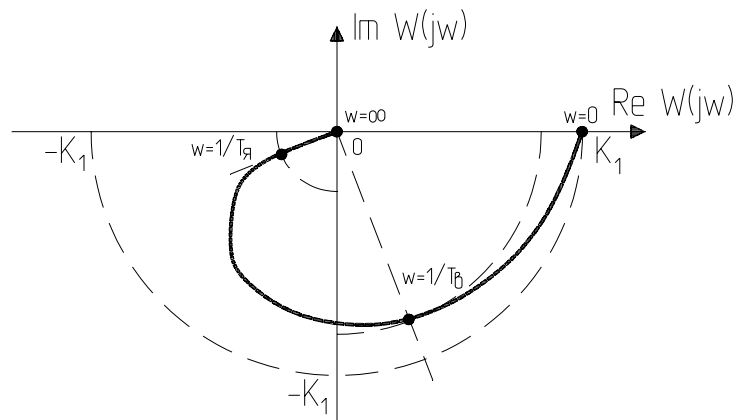


Рис. 2.1. ЛАЧХ САУ

Сопряженные частоты $\varpi_1 = \frac{1}{T_B}$, $\varpi_2 = \frac{1}{T_A}$.

$$W(j\varpi) = \frac{K_1}{(jT_A\varpi + 1)(jT_B\varpi + 1)}. \quad (2.4)$$

Преобразуем частотную передаточную функцию к нормальному виду:

$$W(j\varpi) = K_1 \frac{1}{\left(j\frac{\varpi}{1/T_A} + 1\right)\left(j\frac{\varpi}{1/T_B} + 1\right)}. \quad (2.5)$$

Строим асимптоты отдельных звеньев

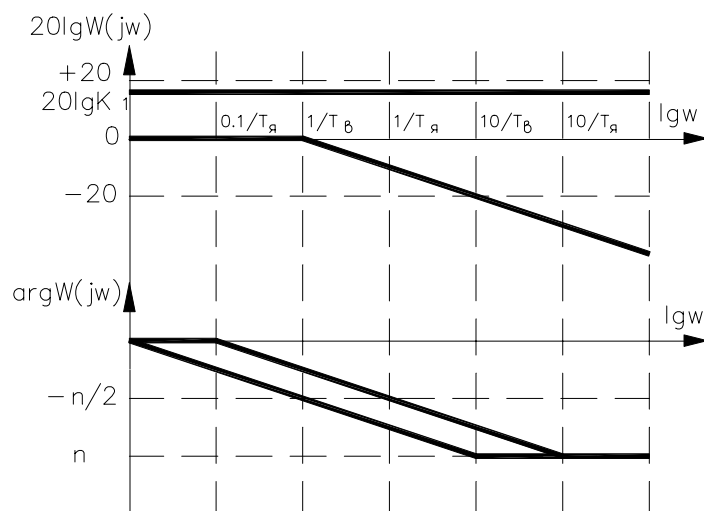


Рис. 2.2. Асимптоты отдельных звеньев

Строим ЛАЧХ и ЛФЧХ

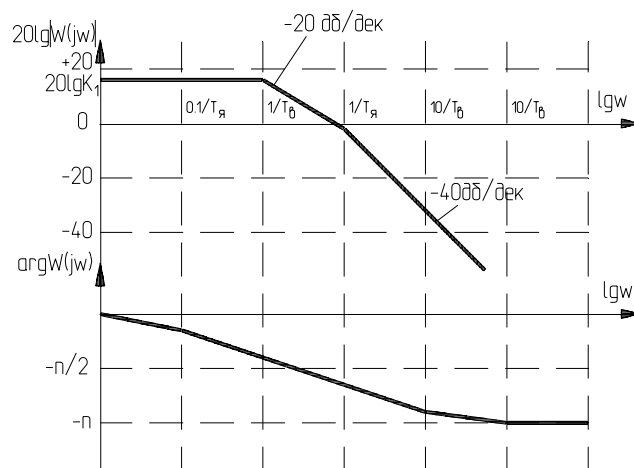


Рис. 3 ЛАЧХ и ЛФЧХ системы

Задание

Используя полученные у преподавателя значения параметров элементов, постройте АЧХ, ФЧХ, АФЧХ, ЛАЧХ следующих устройств:

1. Генератор переменного тока.
2. Асинхронный двигатель с полым немагнитным ротором.
3. Линейный шаговый двигатель.
4. Идеальное дифференцирующее звено.
5. Идеальное интегрирующее звено.
6. Апериодическое звено.
7. Форсирующее звено.

Практическое занятие № 3. Преобразование структурных схем САУ.

Задание. Провести структурные преобразования для схемы САУ, представленной на рис. 3.1.

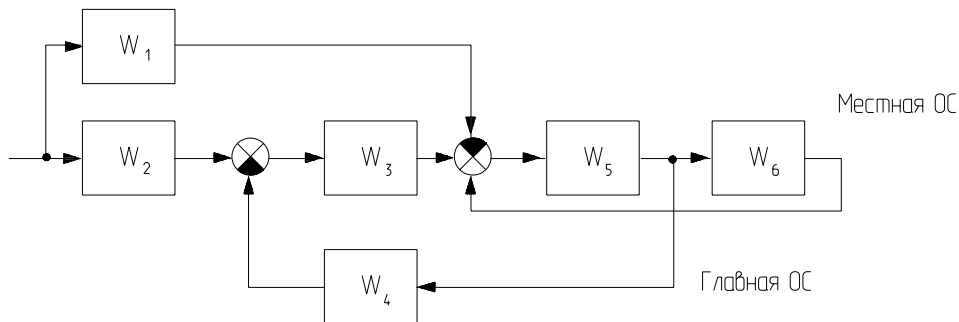
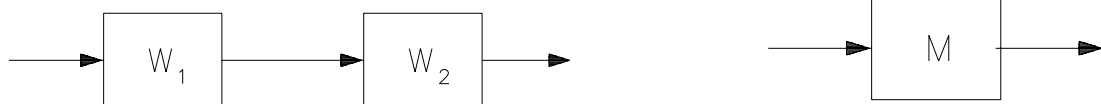


Рис. 3.1. Структурная схема преобразуемой САУ

Решение Для преобразования структурной схемы САУ используют следующие правила преобразования:

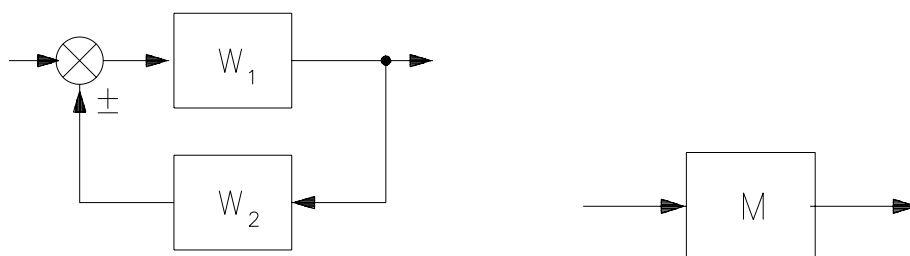
1. Последовательное соединение



Передаточная функция в этом случае:

$$M(S) = W_1 W_2 \quad (3.1)$$

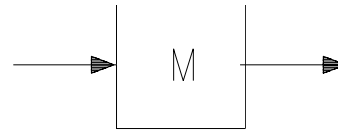
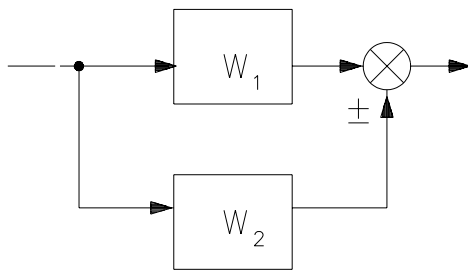
2. Преобразование цепи обратной связи



Передаточная функция равна:

$$M(S) = \frac{W_1}{1 \mp W_1 W_2} \quad (3.2)$$

3. Преобразование параллельного соединения

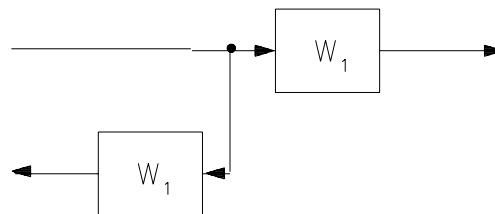
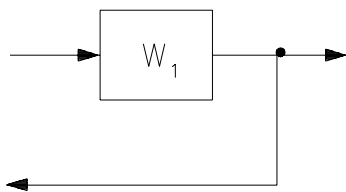


Передаточная функция равна:

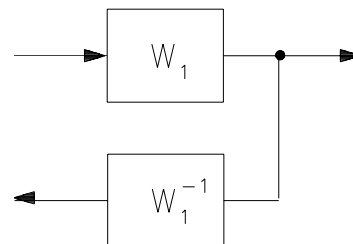
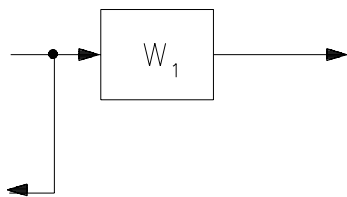
$$M(S) = W_1 \pm W_2$$

(3.3)

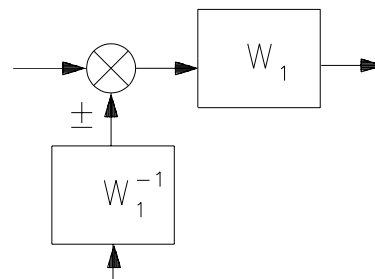
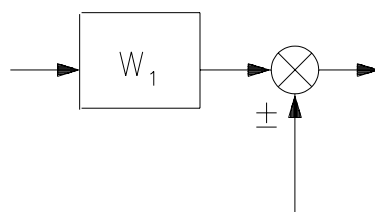
4. Перенос узла вперед звена



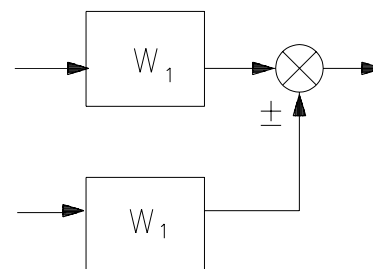
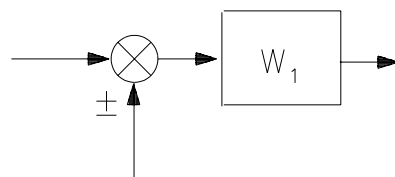
5. Перенос звена позади звена



6. Перемещение сумматора вперед звена



7. Перемещение сумматора позади звена



Проведем преобразования представленной на рис. 3.1. структурной схемы САУ.

Первый шаг – перенос узла:

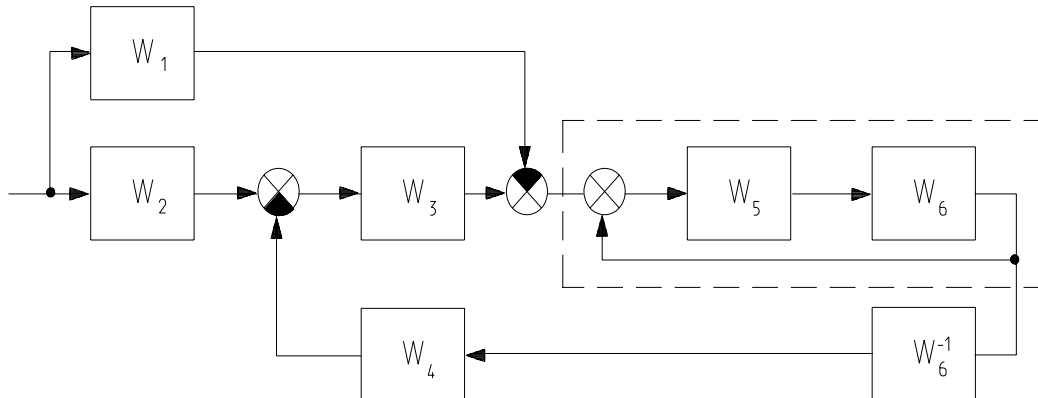


Рис. 3.2. Структурная схема после переноса узла

Передаточная функция такого контура равна:

$$W_7(S) = \frac{W_5 W_6}{1 - W_5 W_6} \quad (3.4)$$

Второй шаг – объединение последовательно соединенных звеньев W_4 и W_6 :

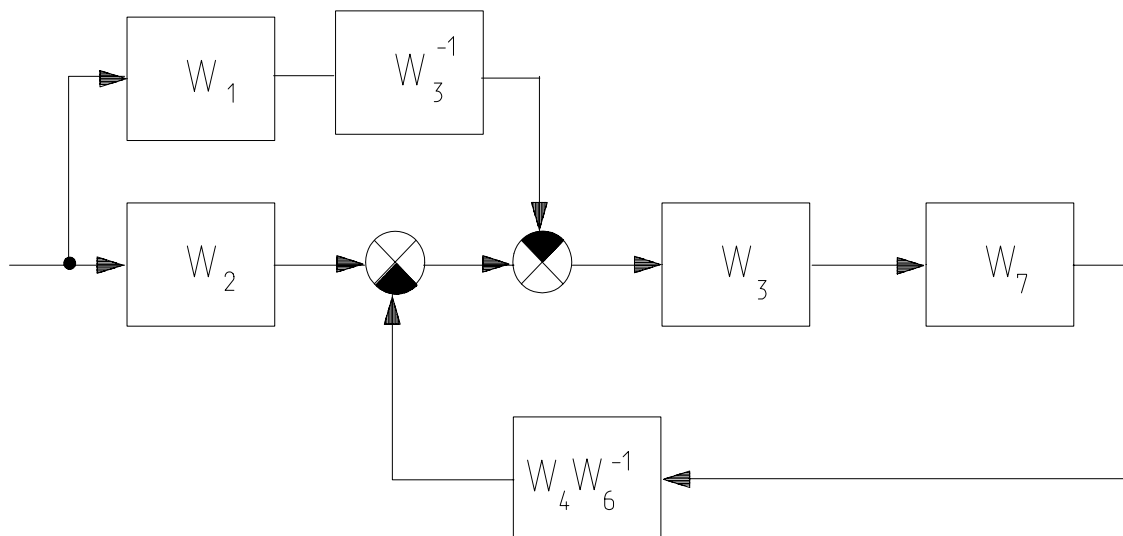


Рис. 3.3. Структурная схема после объединения последовательно соединенных звеньев

Третий шаг – преобразование цепи обратной связи:

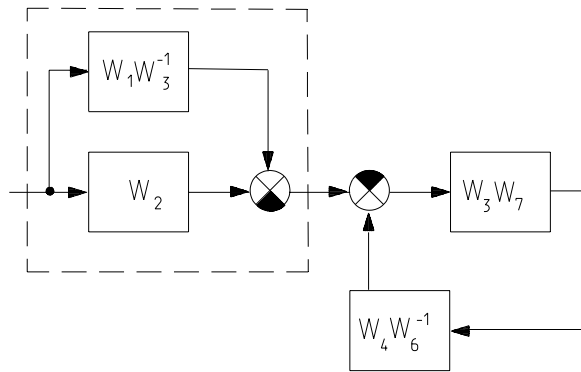


Рис. 3.4. Преобразование цепи с обратной связью $W_1W_3^{-1} - W_2$

Передаточная функция равна:

$$W_2 - W_1W_3^{-1} = W_8 \quad (3.5)$$

В итоге структурная схема принимает вид, показанный на рис. 3.5.

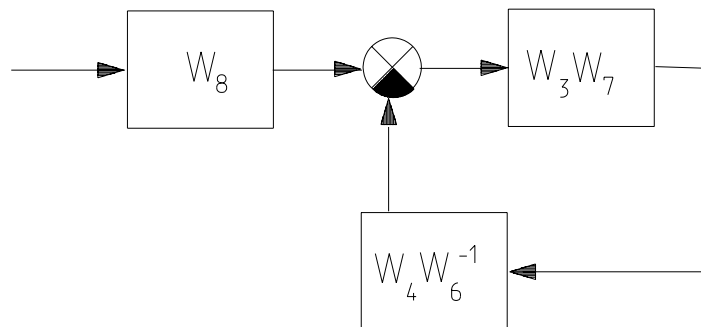


Рис. 3.5. Конечный вид структурной схемы после проведения преобразований

Полученная простейшая схема может быть преобразована следующим образом: передаточные характеристики звеньев W_3W_7 и $W_4W_6^{-1}$, соединенных между собой параллельно, складываются, после чего сумма $W_3W_7 + W_4W_6^{-1}$ умножается на передаточную характеристику звена W_8 .

Задание

Для варианта структурной схемы, полученного у преподавателя, выполнить преобразования, приводящие схему к элементарному виду, и провести расчет передаточной характеристики на основе численных характеристик элементов схемы.

Практическое занятие № 4.

Определение устойчивости САУ. Расчет запасов устойчивости.

Пример 1. Характеристическое уравнение САУ имеет вид

$$D(s) = 2s^3 + 6s^2 + 10s + 15 \quad (4.1)$$

Определить устойчивость САУ по критерию Гурвица.

Решение Все коэффициенты этого характеристического уравнения положительны, и определитель Гурвица с Δ_2 равен:

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ a_0 & a_2 \end{vmatrix} = 6 \cdot 10 - 2 \cdot 15 = 30 > 0$$

Следовательно, система устойчива.

Пример 2. Характеристическое уравнение системы имеет вид

$$D(s) = s^6 + 6s^5 + 21s^4 + 44s^3 + 62s^2 + 52s + 100 = 0 \quad (4.2)$$

Определить устойчивость системы согласно критерию Рауса.

Решение Для определения устойчивости системы по коэффициентам этого уравнения составим таблицу Рауса

Таблица 1.

Коэффициент r_i	Строка (i)	Столбец (k)			
		1	2	3	4
—	1	$a_0 = 1$	$a_2 = 21$	$a_4 = 62$	$a_6 = 100$
—	2	$a_1 = 6$	$a_3 = 44$	$a_5 = 52$	$a_7 = 0$
$r_3 = a_0 / a_1 = 1/6 = 0,16$	3	$c_{13} = 21 - 0,167 \cdot 44$	$c_{23} = 53,3$	$c_{33} = 100$	0
$r_4 = a_1 / c_{13} = 6/13,64 = 0,439$	4	$c_{14} = 20,6$	$c_{24} = 8$	$c_{34} = 0$	0
$r_5 = c_{13} / c_{14} = 13,65/20,6 = 0,662$	5	$c_{15} = 48$	$c_{25} = 100$	0	0
$r_6 = c_{14} / c_{15} = 20,6/48 = 0,429$	6	$c_{16} = -35$	$c_{26} = 0$	0	0

$r_7 = c_{15} / c_{16} = 48 / (-35)$	7	$c_{17} = 100$	0	0	0
--------------------------------------	---	----------------	---	---	---

Имеется две переменны знака коэффициентов первого столбца: следовательно, система неустойчива, а характеристическое уравнение имеет два правых корня.

Пример 3. Характеристическое уравнение системы имеет вид:

$$D(s) = (1 + T_1 s)(1 + T_2 s)(1 + T_3 s) + K = 0 \quad (4.3)$$

где K – коэффициент усиления разомкнутой системы; T_1, T_2, T_3 – постоянные времени отдельных динамических звеньев системы.

Рассчитать предельное значение коэффициента усиления системы.

Решение Найдем, пользуясь критерием Гурвица, предельное значение коэффициента усиления разомкнутой системы $K_{кр}$ как функцию постоянных времени T_1, T_2 и T_3 .

Характеристическое уравнение можно переписать в виде

$$D(s) = T_1 T_2 T_3 s^3 + (T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) s^2 + (T_1 + T_2 + T_3) s + 1 + K = a_0 s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3 = 0 \quad (4.4)$$

где $a_0 = T_1 T_2 T_3$; $a_1 = T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3$; $a_2 = T_1 + T_2 + T_3$; $a_3 = 1 + K$.

Согласно критерию устойчивости Гурвица, система третьего порядка будет устойчива, если выполняются следующие равенства:

$$a_0 > 0, a_1 > 0, a_2 > 0, a_3 > 0, a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0 \quad (4.5)$$

В данном случае все коэффициенты характеристического уравнения положительны, поэтому система будет устойчива, если

$$(T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3)(T_1 + T_2 + T_3) > T_1 T_2 T_3 (1 + K) \quad (4.6)$$

Последнее неравенство может быть переписано в виде:

$$K < (1 + \tau_2 + \tau_3)(1 + 1/\tau_2 + 1/\tau_3) - 1 \quad (4.7)$$

где

$$\tau_2 = T_2 / T_1; \tau_3 = T_3 / T_1 \quad (4.8)$$

Предельное (критическое) значение коэффициента усиления, при котором система будет находиться на границе устойчивости, равно

$$K_{кр} = (1 + \tau_2 + \tau_3)(1 + 1/\tau_2 + 1/\tau_3) - 1 \quad (4.9)$$

Из последнего выражения следует, что предельный коэффициент усиления системы определяется не абсолютными значениями постоянных времени отдельных звеньев, а их относительными значениями. Чем более резко отличаются постоянные времени друг от друга, тем больше $K_{кр}$. В частном случае, когда $\tau_2 = \tau_3 = 1$ значение $K_{кр}$ минимально и равно всего 8.

Задание

1. Определить устойчивость по Гурвицу для систем, описывающихся следующими характеристическими уравнениями:

а) $D(s) = 15s^3 - s^2 + 10s + 10$;

б) $D(s) = 5s^4 - s^3 + 10s^2 + 9s + 3$;

в) $D(s) = 51s^3 - s^2 + 6s + 2$;

г) $D(s) = s^4 - 2s^3 + 5s^2 + 3$.

2. Для указанных характеристических уравнений произвести расчет устойчивости по Раусу и рассчитать предельные коэффициенты усиления.

Практическое занятие № 5. Оценка показателей качества САУ.

При исследовании систем автоматического регулирования приходится решить задачу обеспечения требуемых показателей качества переходного процесса: быстродействия, колебательности, перерегулирования, характеризующих точность и плавность протекания процесса. При изменении воздействия $g(t)$ на входе системы выходную величину можно описать так:

$$x(t) = x_{св}(t) + x_B(t) \quad (5.1)$$

где $x_{св}(t)$ – свободная составляющая переходного процесса, соответствующая общему решению однородного дифференциального уравнения; x_B – вынужденная составляющая переходного процесса, соответствующая частному решению однородного дифференциального уравнения.

Различают несколько частных случаев оценки качества регулирования: оценка качества регулирования в установившемся режиме, оценка качества переходного процесса при воздействии ступенчатой функции, оценка качества регулирования при гармонических воздействиях.

Если на входе системы действует сигнал $g(t)$, то установившаяся ошибка регулирования равна $\varepsilon_B(t) = g(t) - x_B(t)$.

Если $g(t)$ дифференцируема во всем интервале $0 \leq t \leq \infty$, то ошибка системы может быть представлена в виде ряда:

$$\varepsilon_B(t) = C_0 g(t) + C_1 dg(t)/dt + \frac{1}{2!} C_2 d^2 g(t)/dt^2 + \dots + \frac{1}{m!} C_m d^m g(t)/dt^m \quad (5.2)$$

где коэффициенты $C_0, C_1, C_2 \dots C_n$ принято называть коэффициентами ошибок. Передаточная функция замкнутой системы относительно ошибки:

$$W_{ge}(s) = 1/[1 + W(s)] = E_B(s)/G(s) \quad (5.3)$$

Выражение для изображения ошибки имеет вид:

$$E_B(s) = G(s)/[1 + W(s)] \quad (5.4)$$

Пример

Передаточная функция системы в разомкнутом состоянии определяется из выражения:

$$W(s) = k/[s(1 + sT_1)(1 + sT_2)]$$

где $k=10 \text{ с}^{-1}$; $T_1=0,2 \text{ с}$; $T_2=0,02 \text{ с}$.

Выходной сигнал изменяется по закону:

$$g(t) = 5 + 20t + 20t^2 \quad (5.5)$$

Передаточная функция по ошибке равна:

$$W_{g\varepsilon}(s) = \frac{E(s)}{G(s)} = \frac{1}{1+W(s)} = \frac{s(1+sT_1)(1+sT_2)}{s(1+sT_1)(1+sT_2)+k} = \frac{s^3T_1T_2 + s^2(T_1+T_2) + s}{s^3T_1T_2 + s^2(T_1+T_2) + s + k} \quad (5.6)$$

Коэффициенты ошибок C_1 и C_2 ($C_0=0$, так как система астатическая) определяются разложением в ряд по возрастающим степеням функции $W_{g\varepsilon}(s)$ делением числителя на знаменатель:

$$W_{g\varepsilon}(s) = C_1(s) + C_2(s) + \dots = s/k + s^2(T_1 + T_2 - 1/k)/k + \dots \quad (5.7)$$

Коэффициенты $C_3, \dots$ вычислять не имеет смысла, так как функция $g(t)$ имеет только две производные, не равные нулю.

Определим первую и вторую производные входного воздействия $g(t)$:

$$\dot{g}(t) = 20 + 40t;$$

$$\ddot{g}(t) = 40$$

Тогда

$$\varepsilon_B(t) = C_1 \dot{g}(t) + C_2 \ddot{g}(t) = 2,48 + 4t$$

Переходный процесс в системе зависит не только от свойств САУ, но и от характера внешнего воздействия, которое в общем случае может быть сложной функцией времени. Поведение системы рассматривают при следующих типовых воздействиях: единичной ступенчатой функции $l(t)$, импульсной $\delta(t)$ и гармонической функций.

Прямые оценки качества получают по кривой переходной характеристики $h(t)$, т.е. при воздействии единичной ступенчатой функции и нулевых начальных условиях:

$$g(t) = l(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } t > 0 \\ 0 & \text{при } t < 0 \end{cases}$$

Эту характеристику можно построить для выходной величины или для отклонения $\varepsilon_{сб}(t)$ (рис. 1, а, б).

К прямым оценкам качества относят:

1. Время регулирования t_p – минимальное время по истечении которого регулируемая величина будет оставаться близкой к установившемуся значению с заданной точностью

$$|\varepsilon_{св}(t)| \leq 0 \text{ при } t \geq t_p$$

или

$$|h(t) - h_{уст}| \leq \Delta$$

где Δ – постоянная величина, значение которой нужно оговаривать (величина Δ задается в процентах от установившегося значения выходной величины $h_{уст}$).

2. Перерегулирование δ – максимальное отклонение переходной характеристики от установившегося значения выходной величины, выраженное в относительных единицах или процентах:

$$\delta = \frac{h_{\max} - h_{уст}}{h_{уст}} 100 \quad (5.8)$$

где $h_{\max}$ – значение первого максимума, или

$$\delta = \frac{|\varepsilon_{св}(t)|_{\max}}{h_{уст}} 100 = \frac{|\varepsilon_{св}(t)|_{\max}}{|\varepsilon_{св}(0)|} 100 \quad (5.9)$$

Допустимое значение перерегулирования в каждом конкретном случае подсказывается опытом эксплуатации системы и обычно составляет 10 – 30 %, но в некоторых случаях допускается и до 70 %. В некоторых случаях перерегулирование принципиально недопустимо.

3. Частоту колебаний $\omega = 2\pi/T$, где T – период колебаний для колебательных переходных характеристик.

4. Число колебаний n , которое имеет переходная характеристика $h(t)$ или $\varepsilon_{св}(t)$ за время регулирования t_p .

При проектировании систем чаще всего допускают $n=1-2$, иногда до 3–4, но в некоторых случаях колебания в системе недопустимы.

5. Время достижения первого максимума $t_{\max}$.

6. Время нарастания переходного процесса t_n – абсциссу первой точки пересечения кривой переходной характеристики $h(t)$ с уровнем установившегося значения $h_{уст}$ или кривой отклонения $\varepsilon_{св}(t)$ с осью абсцисс.

7. Декремент затухания χ , равный отношению модулей двух смежных перерегулирований:

$$\chi = |h_{\max 1} - h_{уст}| / |h_{\max 2} - h_{уст}| \quad (5.10)$$

Перечисленные показатели качества могут быть дополнены другими, но это обусловлено спецификой конкретной системы.

Переходные процессы, возникающие в системах при скачкообразных воздействиях, принято делить на три группы: монотонные, апериодические и колебательные. У монотонных процессов первая производная выходной величины не меняет знак, у апериодических знак производной меняется не более одного раза, у колебательных первая производная меняет свой знак периодически (теоретически бесконечное число раз).

Следует отметить, что в настоящее время при бурном развитии вычислительной техники трудности, связанные с расчетом переходных процессов и выбором возможных вариаций параметров системы, существенно уменьшаются, поэтому роль прямых оценок качества при проектировании САУ возрастает.

Задание.

1. Определить установившееся значение ошибки системы, передаточная функция которой

$$W(s) = k / [(1 + sT_1)(1 + 2sT_2)]$$

где $k=10 \text{ с}^{-1}$; $T_1=0,5 \text{ с}$; $T_2=0,1 \text{ с}$.

2. По кривой переходного процесса определить основные показатели качества регулирования системы.

Практическое занятие № 6. Структурные схемы цифровых САУ.

В общем случае задача синтеза регуляторов (в том числе цифровых) сводится к следующему: дана модель объекта управления (вместе с датчиком и исполнительным устройством), а также установлены цели управления; требуется определить соответствующий регулятор либо прийти к заключению, что такой регулятор создать невозможно.

Общая схема процесса синтеза системы управления показана на рис. 6.1.

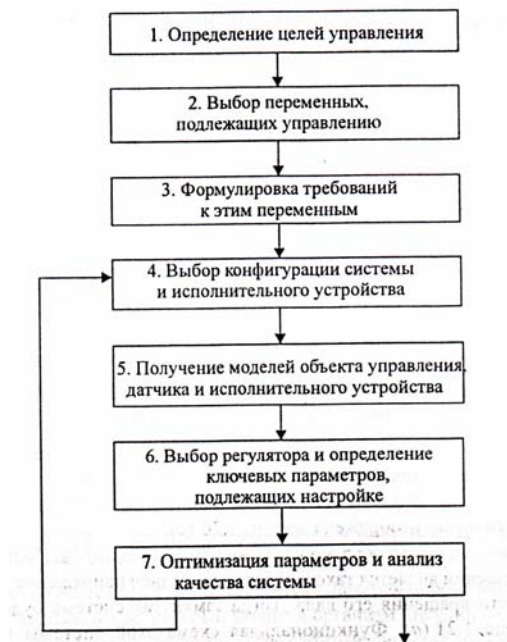


Рис. 6.1. Общая схема процесса синтеза САУ

Пример 1. Синтез системы управления скоростью вращения диска.

Во многих современных приборах используется диск, который должен вращаться с постоянной скоростью. Это, например, проигрыватель компакт – дисков или грампластинок, дисковод ПК, требующие вращения с постоянной скоростью, несмотря на износ и изменение характеристик электродвигателя и вариацию других параметров. В связи с этим, задача состоит в синтезе системы управления скоростью вращения диска, которая гарантировала бы, что действительная скорость отличается от желаемой не более, чем на заданную величину. Рассмотрим два варианта решения этой задачи: разомкнутая система и система с обратной связью.

Для обеспечения вращения диска в качестве исполнительного устройства выбирается электродвигатель постоянного тока, скорость вращения которого пропорциональна приложенному напряжению. Этот входной сигнал двигателя должен иметь достаточную мощность, поэтому в схеме также потребуется усилитель. Таким образом, разомкнутая система (без использования обратной связи) приобретает вид, показанный на рис. 6.2.

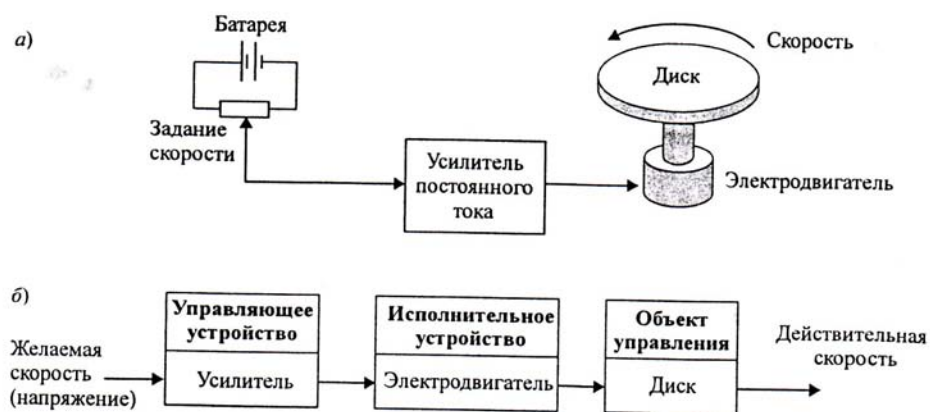


Рис. 6.2. Разомкнутая система управления скоростью вращения диска (а) и функциональная схема системы управления (б)

В этой системе для задания напряжения, пропорционального желаемой скорости, использована батарея. Затем это напряжение усиливается и подается на двигатель.

Чтобы реализовать систему с обратной связью, необходимо выбрать датчик. Одним из возможных решений может являться тахогенератор, выходное напряжение которого пропорционально скорости его вала. Тогда замкнутая система имеет вид, представленный на рис. 6.3.,а. Функциональная схема этой системы приведена на рис. 6.3.б. Сигнал ошибки образуется как разность между входным напряжением и напряжением тахогенератора.

Можно ожидать, что замкнутая система по своим характеристикам будет превосходить разомкнутую, т.к. она всегда будет стремиться свести ошибку к минимуму. Если элементы системы обладают стабильными характеристиками, то в замкнутой системе можно добиться точности поддержания заданного значения скорости, в 100 раз превышающей аналогичный показатель разомкнутой системы.



Рис. 6.3. Замкнутая схема управления скоростью вращения диска (а) и ее функциональная схема (б)

Пример 2. Система управления введением инсулина.

Системы управления широко используются в медицине для автоматического введения препаратов в организм пациентов. Подобные системы могут применяться для регулирования кровяного давления, уровня сахара в крови, частоты сердечных сокращений. Имплантированная в тело человека миниатюрная система является разомкнутой, т.е. пока еще не разработаны миниатюрные датчики глюкозы в крови. Наилучшим из известных решений является запрограммированный под конкретного потребителя миниатюрный насос, который вводит в организм инсулин в соответствии с показаниями на основании истории болезни.

В рассматриваемом случае цель заключается в синтезе системы регулирования концентрации сахара в крови больного диабетом. Изменение концентрации глюкозы в крови здорового человека показано на рис. 6.4.

Таким образом, переменной, подлежащей регулированию (этап 2), является концентрация глюкоза в крови. Требование к системе управления (этап 3) сводится к тому, чтобы она была способна поддерживать содержание глюкозы в крови диабетика, близкое к тому, как это имеет место для здорового человека.

На этапе 4 мы можем предложить предварительную конфигурацию системы управления. Разомкнутая система должна содержать заранее запрограммированный генератор сигнала и микродвигатель с насосом, регулирующий скорость введения инсулина, как показано на рис. 6.5., а. Замкнутая система, показанная на рис. 6.5., б, должна содержать датчик, измеряющий действительное содержание инсулина в крови. Это измеренное значение затем сравнивается с желаемым, и, если есть необходимость, включается микродвигатель с насосом.

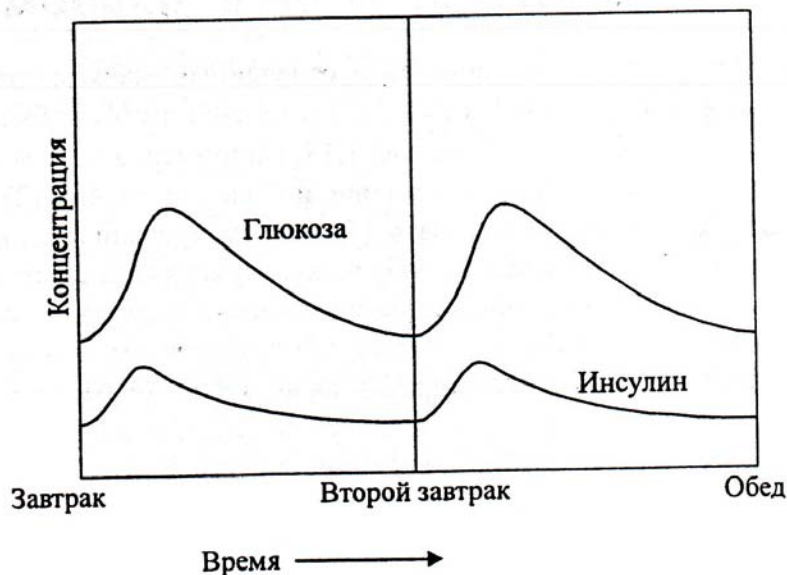


Рис. 6.4. Уровни глюкозы и инсулина в крови здорового человека

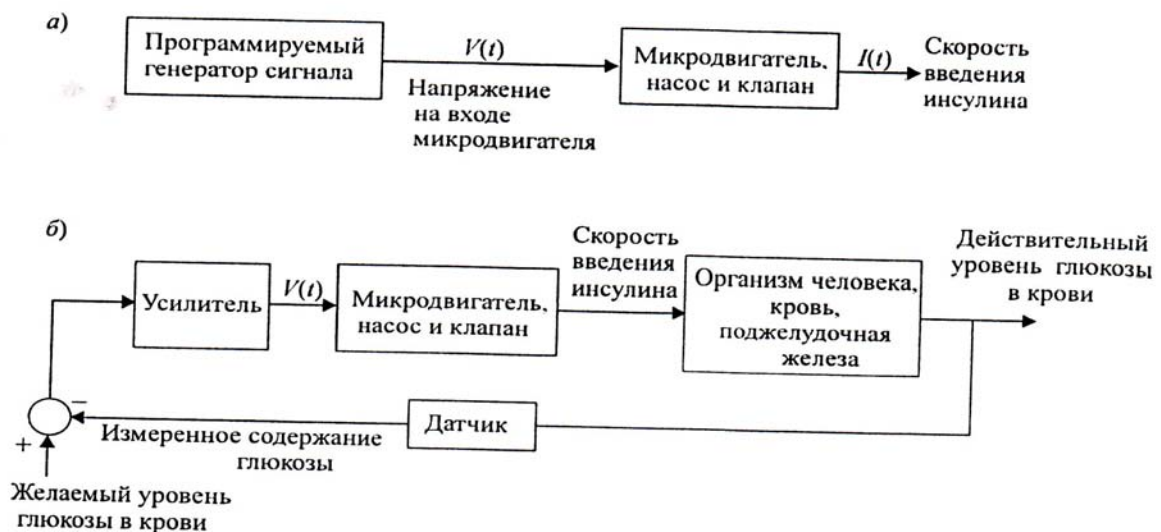


Рис. 6.5. Разомкнутая (а) и замкнутая (б) системы управления содержанием глюкозы в крови

Задание

1. Изобразите функциональную схему системы управления потоком жидкости, представленной на рис. 6.6.

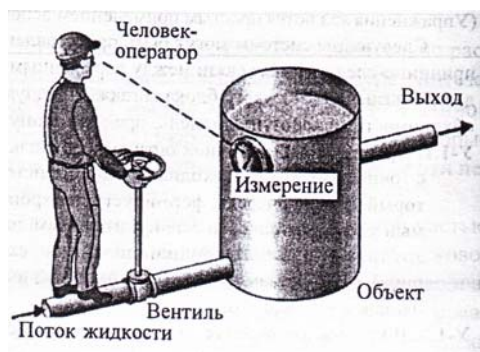


Рис. 6.6. Система управления потоком жидкости

2. Разработайте функциональную схему управления качеством продукта в процессах химической технологии (рис. 6.7.).



Рис. 6.7. Система управления химическим составом продукта

4. Прецизионный источник оптического сигнала способен устанавливать мощность излучения с точностью до 1 %. Выходная мощность источника (лазе-

ра) определяется входным током, который, в свою очередь, формируется микропроцессором. Микропроцессор сравнивает желаемый уровень мощности с действительным, информацию о котором содержит сигнал с выхода датчика. Дополните функциональную схему замкнутой системы, представленной на рис. 6.8., указав, что является входной, выходной, измеренной переменной, а также управляющим устройством.

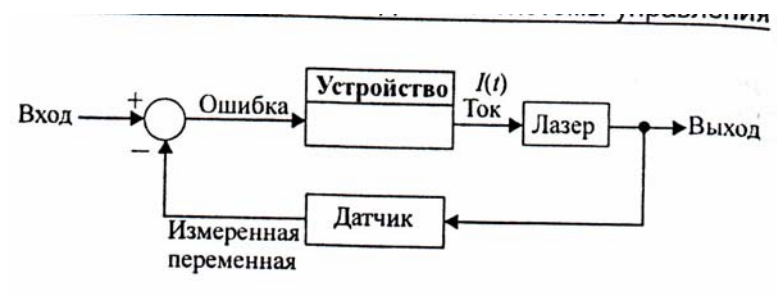


Рис. 6.8. Частичная функциональная схема оптического излучения

Практическое занятие № 7.

Структурные схемы САУ на микроконтроллерах

Пример 1. Система управления электродвигателями.

Электродвигатели, приводящие в действие системы в быту и на производстве, потребляют значительную часть производимой энергии. Большинство этих двигателей работают в нерегулируемом режиме и, следовательно, с низкой эффективностью. Недавний прогресс в полупроводниковой индустрии, особенно в силовой электронике и микроконтроллерах, сделали приводы с регулированием скорости более практичными и значительно менее дорогими. Сегодня приводы с регулировкой скорости требуются не только в высокопрофессиональных и мощных промышленных применениях, таких как обрабатывающие машины или подъемные краны, но все больше и больше в бытовой технике, например, в стиральных машинах, компрессорах, небольших насосах, кондиционерах воздуха и т.п.

Рассмотрим практические решения для дешевых приводов с трехфазным асинхронным двигателем, трехфазным бесколлекторным двигателем постоянного тока (*БДПТ*) и универсальным коллекторным двигателем переменного тока.

Микроконтроллер *MC68HC908MR24* (микроконтроллер семейства *HC08*) разработан для применений в одно – или трехфазных электроприводах. Он следует за микроконтроллерами *MC68HC(7)08MP16/MQ16* и включают в себя 24 Кбайт *FLASH*, 768 байт *RAM*, два 16 – битовых таймера, *SPI*, *SCI (UART)*, 13 выводов I/O общего назначения и модуль *LVR*. Конструктивное исполнение QFP корпус с 64 выводами. Микроконтроллер имеет специальные свойства, которые ориентируют его на применение в асинхронных электроприводах: 6 – канальный 12 – битовый модуль *PWM (ШИМ)*, порт вывода с высокой нагрузочной способностью по току и 10 – канальный, 10 – битовый *АЦП*. Главные свойства 6 – канального *PWM* – модуля: режимы формирования центрированных или выровненных по фронту ШИМ – сигналов; режим, в котором шесть выходов конфигурируются в три комплементарные пары с когерентным обновлением информации; регистр генерации "мертвого времени" для предотвращения сквозных токов в инверторе; входы для распознавания полярности токов в фазах двигателя с целью коррекции искажений от наличия "мертвого времени" при переключении силовых ключей инвертора; входы детектирования неисправности для быстрого отключения выходов *PWM*. Имеющиеся в *PWM* – модуле аппаратные средства устраняют необходимость использования нескольких внешних компонентов (таких как логика распознавания токов, генерация "мертвого времени" и обработка сигналов отказов). Рис. 7.1. показывает блок-схему микроконтроллера.

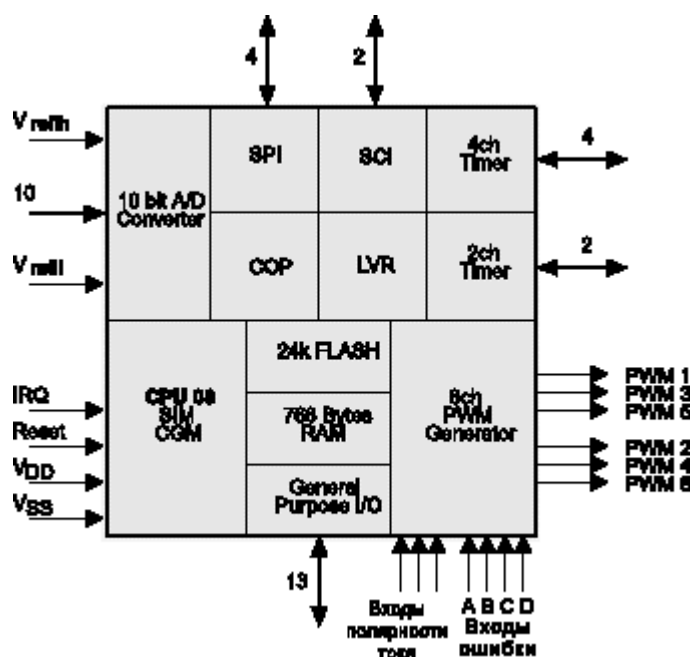


Рис.7.1. Блок – схема микроконтроллера *MC68HC908MR24*

Микроконтроллер *MC68HC(7)05JJ6/7* семейства *HC05* разработан для простых применений с низкой стоимостью. Основные свойства микроконтроллера включают в себя 6,1 Кбайт *ROM*, 224 байта *RAM*; 16 – битовый таймер, имеющий свойства захвата по входу и сравнения по выходу; 14 выводов *I/O* общего назначения и простой порт последовательного ввода/вывода (*SIOP*); корпус *SOIC* или *DIP* с 20 выводами. В дополнение *JJ6* имеет специальные элементы, включая два компаратора, которые могут быть скомбинированы с 16 – битовым программируемым таймером для создания 4 – х канального *single slope АЦП*, а также порт ввода/вывода с высокой нагрузкой по току и встроенный в кристалл диод для измерения температуры. Высокая нагрузочная способность по току очень важна для простых применений, так как позволяет сократить общее число элементов схемы. *JJ6* имеет 6 выводов с нагрузкой 10 мА.

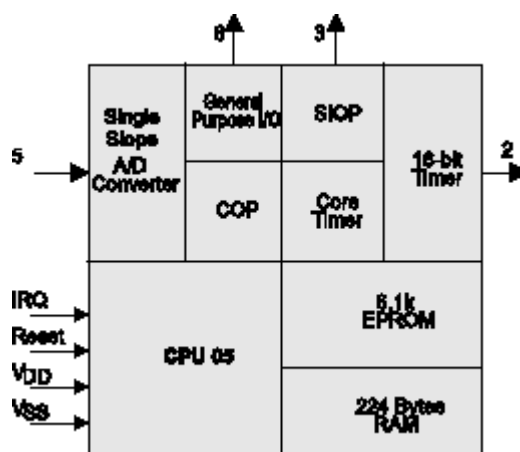
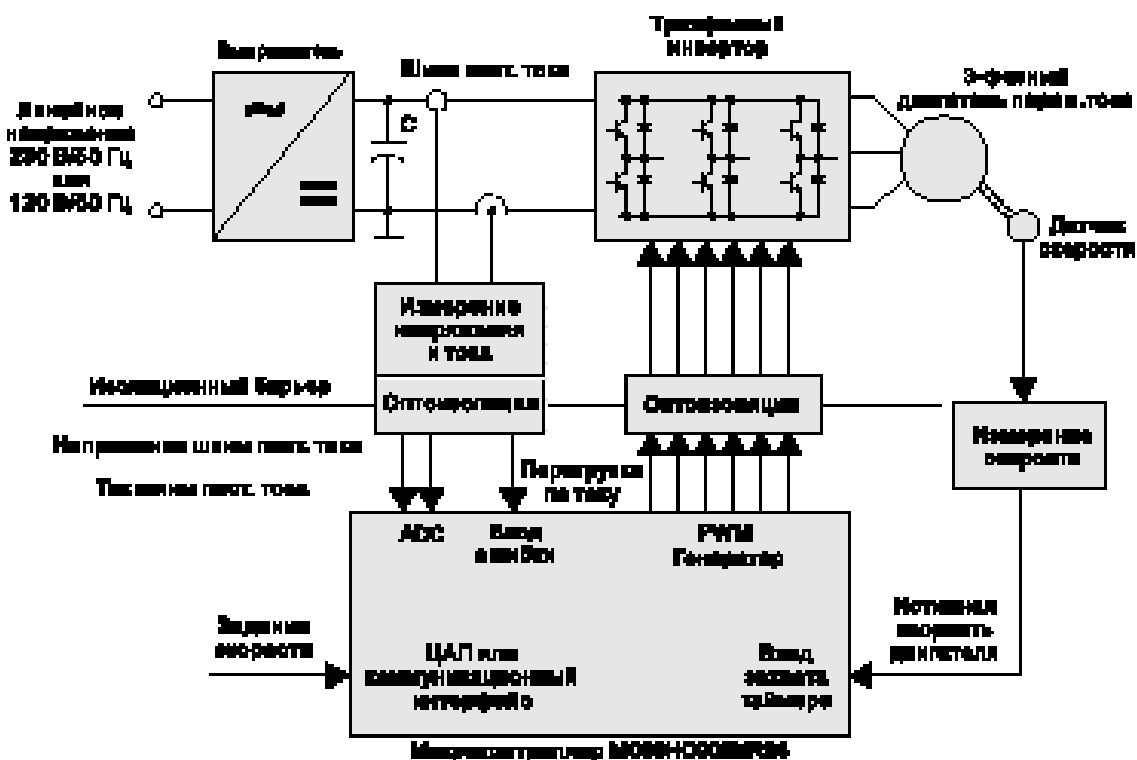


Рис. 7.2. Функциональная схема контроллера *MC68HC(7)05JJ6/7*

Устройство предназначено для управления трехфазным асинхронным двигателем в замкнутой системе. Для предполагаемых применений алгоритм изме-

нения напряжения от частоты является наилучшим выбором, в то время как большинство других методов находится вне сферы рассматриваемого нами дешевого привода переменного тока. Датчик скорости позволяет построить систему, которая увеличивает точность поддержания скорости привода переменного тока. Стандартная концепция системы выбрана для привода, представленного на рис. 7.3.

- плата микроконтроллера;
- трехфазный инвертор;
- датчики обратных связей: скорости двигателя, напряжения и тока шины постоянного тока, перегрузки по току;
- оптоизоляция между силовыми цепями и микроконт-роллером;
- источник питания.



Трехфазный инвертор формирует силовую часть системы. Его функция состоит в преобразовании сигнала 5 В *ШИМ* от микроконтроллера в высоковольтные управляемые импульсы, питающие двигатель. В рассматриваемом решении выбраны *IGBT* с обратными диодами. Их хорошие токовые характери-

стики и относительно высокие частотные свойства позволяют питать мотор при несущей частоте *ШИМ* 16 – 20 кГц, что выше предела звукового шума.

Правильное функционирование системы управления требует набора сигналов обратных связей, точно представляющих напряжение шины постоянного тока, ток шины и скорость двигателя.

Напряжение шины должно контролироваться для защиты от повышенного напряжения. Резистивный делитель создает простой датчик напряжения.

Ток шины должен контролироваться по требованию защиты от превышения тока, а также для реализации алгоритма управления. Измерение тока обеспечивается резистивным датчиком тока, включенным в цепь низкого потенциала силовой шины. В случае превышения допустимого тока цепь сравнения генерирует сигнал неисправности, подаваемый на вход детектирования неисправности модуля *ШИМ* микроконтроллера.

Датчик скорости требуется для замкнутой системы управления. Истинную скорость двигателя измеряет тахогенератор переменного тока, выходом которого является синусоидальный сигнал с частотой, соответствующей скорости двигателя. Синусоидальный сигнал тахогенератора фильтруется и трансформируется в прямоугольный сигнал логического уровня соответствующей цепи, после чего поступает на блок захвата по входу (*Input Capture*) модуля таймера микроконтроллера.

Микроконтроллер *MC68HC908MR24* управляет приводом посредством чтения задания на скорость вместе с сигналами обратных связей и в соответствии с запрограммированным алгоритмом генерирует *ШИМ* – сигналы для силовых ключей и сигналы индикации состояния для интерфейса с пользователем. Указанный микроконтроллер требует минимального количества внешних компонентов.

Оптоизоляция обеспечивает гальваническую изоляцию между силовой и управляющей секциями системы. Шесть оптопар изолируют управляющие *ШИМ* – сигналы. Для обеспечения надежности, безопасности и устранения помех через заземленные цепи все сигналы обратных связей (напряжение, ток) должны быть изолированы путем использования оптопар или оптоизолирующих усилителей.

Задача управления двигателем реализуется следующим образом. На основании заданной скорости вычисляется темп ускорения/замедления. Истинная скорость двигателя непрерывно измеряется тахогенератором. Регулятор скорости вырабатывает заданную частоту двигателя на основании сигнала ошибки по скорости (разности между заданной и истинной скоростью), чтобы скомпенсировать скольжение двигателя. Таким образом, в установившемся режиме истинная скорость двигателя равна заданной. Функция напряжение/частота генерирует напряжение, соответствующее частоте. Затем модуль *ШИМ* генерирует шесть выходных сигналов для силовой части.

Напряжение шины постоянного тока контролируется во время торможения двигателя для предотвращения повышения напряжения на шине. Если возникает необходимость, то применяется функция защиты.

Привод защищен от неисправностей в системе. В ней детектируются следующие из них:

- превышение напряжения на шине постоянного тока;
- понижение напряжения на шине постоянного тока;
- перегрузка по току двигателя.

Если наступает какая-либо индивидуальная неисправность, выходы *ШИМ* блокируются для защиты силовых ключей системы.

Пример 2. Система управления электроприводом шлифовального станка.

Качество процесса шлифования изделий при их изготовлении и ремонте существенно зависит от режимов шлифования: скорости шлифования, усилия шлифования, температуры в зоне контакта и пр. В существующих шлифовальных машинах эти важные параметры не учитываются, в результате чего нередко происходит брак в виде прожогов и нарушения текстуры материала. Повысить качество шлифования можно путем внедрения замкнутых систем управления, которые позволяют гибко изменять режимы шлифования.

Шлифовальная машина как объект управления представляет собой систему валов, несущих замкнутое кольцо шлифовальной бумаги, и электродвигатель, сообщающий валам вращательное движение. Управляемой величиной объекта управления является скорость вращения вала электродвигателя или связанная с ней линейная скорость шлифовальной бумаги. Назначением системы управления является стабилизация скорости вращения вала двигателя при изменении нагрузки или изменение ее по заданному закону

Система управления электроприводом разработана на базе микроконтроллера с микропроцессором *K580BM80A*. Структура системы изображена на рис. 7.4. и мало чем отличается от обычных замкнутых систем регулирования. Система содержит объект управления – электродвигатель, выходным параметром которого является скорость вращения (n) вала; тиристорный преобразователь (*ТП*), формирующий управляющее напряжение на входе двигателя; первичный преобразователь (*ПСЧ*) – для преобразования скорости вращения в круговую частоту вращения; вторичный преобразователь (*ПЧК*) – для преобразования частоты вращения в цифровой код; МК – для цифровой обработки входной информации о частоте вращения и управления углом открытия тиристора. Структура МК содержит ОЗУ, ПЗУ, РПЗУ, пульт оператора.

Для связи с объектом управления на плате микроконтроллера установлены два корпуса параллельного интерфейса и корпус программируемого таймера. БИС параллельного интерфейса имеет три программно – управляемых восьмиразрядных порта. Направление передачи через каждый из портов можно изменять за счет программных средств. БИС программируемого таймера используется для формирования управляющего импульса с программно-управляемой длительностью.

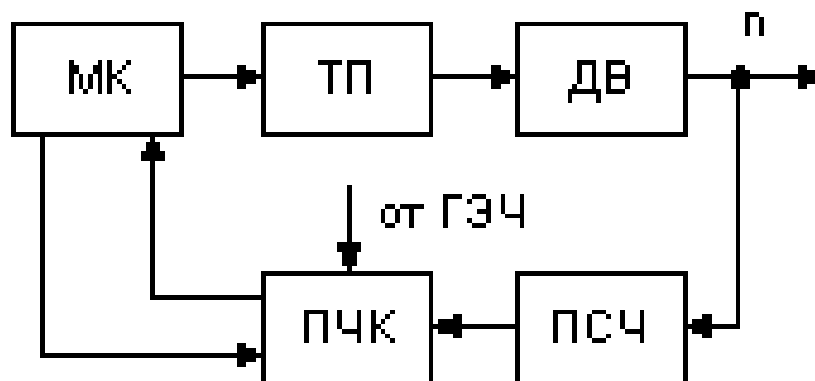


Рис. 7.4. Структурная схема управления приводом шлифовальной машины

Тиристорный преобразователь (ТП) предназначен для формирования управляющего напряжения на входе электродвигателя за счет управления углом открывания тиристора. Преобразователь частота – код (ПЧК) представляет собой схему для измерения частоты с цифровым 8 – разрядным индикатором. Сигнал с первичного преобразователя ПСЧ поступает на вход электронного ключа, на второй вход которого поступают прямоугольные импульсы с частотой 4 Гц от формирователя эталонной частоты (ГЭЧ). Поэтому импульсные сигналы от первичного преобразователя пройдут через ключ только в течение длительности импульса с частотой 4 Гц. Количество импульсов, прошедшее за это время зависит от частоты контролируемого сигнала (100 – 1000 Гц). Число прошедших импульсов подсчитывается на двоично-десятичных счетчиках и высвечивается на восьми светодиодах. Параллельно с индикатором результирующий цифровой код подается на вход микроконтроллера и вводится в аккумулятор микропроцессора через канал КА параллельно интерфейсу. Сброс счетчиков для подготовки их к следующему измерению обеспечивается программным путем за счет управляющего сигнала в разряде С1 канала КС интерфейса по входу С0 счетчиков.

Задание

Разработать структурные схемы систем управления с использованием микроконтроллеров для следующих технических систем:

1. Линейный шаговый двигатель.
2. Система управления электроприводом токарного станка.
3. Схема управления установкой присоединения проволочных выводов ИС.
4. Схема управления установкой плазмохимического травления кремниевых пластин.
5. Двигатель постоянного тока.

Практическое занятие № 8.

Схемы управления технологическими процессами с использованием ПЭВМ

Автоматизированная система – это совокупность управляемого объекта и автоматизированных управляющих устройств, в которой часть функций управления выполняет человек. Автоматизированная система получает информацию от объекта управления, передаёт, преобразует и обрабатывает её, формирует управляющие команды и выполняет их на управляемом объекте. Человек определяет цели и критерии управления, корректирует их, если изменяются условия.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) система – это совокупность аппаратно – программных средств, обеспечивающих возможность мониторинга, анализа и управления параметрами технологического процесса человеком.

На рис. 1. представлена общая функциональная схема современного производства. Нижний уровень этой схемы составляют измерительные приборы и исполнительные механизмы. На сегодняшний день, они могут быть аналоговыми или цифровыми (интеллектуальными). Аналоговые представляют измеренную величину в виде уровня напряжения или тока. Цифровые же имеют встроенные логические схемы и представляют измеренную величину в виде цифрового сигнала, соответствующего спецификации протокола передачи данных, определённого для этих устройств. Для обмена информацией с приборами первого типа, необходимо использовать АЦП / ЦАП (Аналогово – цифровые / Цифро – аналоговые преобразователи). С приборами второго типа можно обмениваться информацией непосредственно по сети передачи данных.

Следующий уровень схемы – контроллеры. Они выполняют функцию автоматического управления технологическим процессом. Целью управления является выдача сигналов на исполнительные механизмы в результате обработки данных о состоянии технологических параметров, полученных посредством измерительных приборов, по определённым алгоритмам.

Серверы технологических данных обеспечивают обмен информацией между технологическими устройствами и сетью персональных компьютеров. Они поддерживают протокол работы с технологическими устройствами и протокол работы с сетью персональных компьютеров.

Данные о текущих параметрах технологического процесса могут быть использованы для контроля состояния технологического процесса и управления им с автоматизированных рабочих мест операторов; для архивирования истории изменения технологических параметров; для формирования суммарных отчётных форм с целью предоставления информации руководящему персоналу.

В этой схеме, *SCADA* система представлена серверами технологических данных и автоматизированными рабочими местами операторов.

Подводя итог всему вышесказанному, отметим функции *SCADA* систем:

1) Сбор, первичную обработку и накопление информации о параметрах технологического процесса и состоянии оборудования от промышленных кон-

троллеров и других цифровых устройств, непосредственно связанных с технологической аппаратурой;

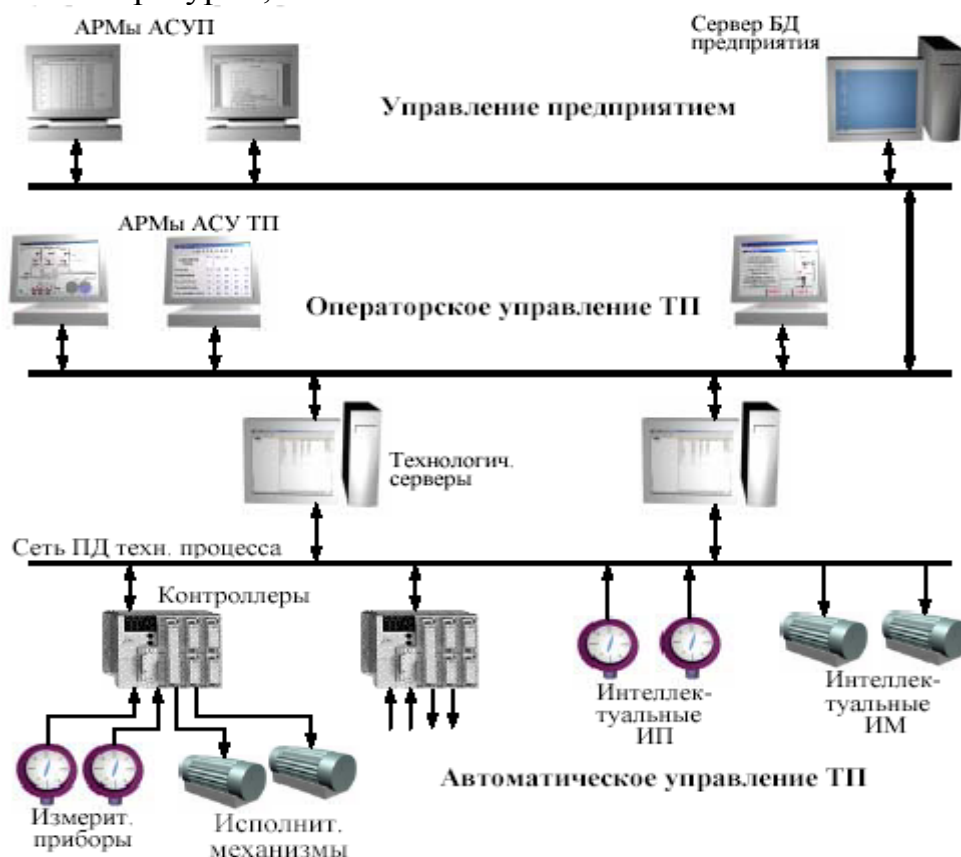


Рис. 8.1. Общая функциональная схема современного производства

- 2) Отображение информации о текущих параметрах технологического процесса на экране ПЭВМ в виде графических мнемосхем;
- 3) Отображение графиков текущих значений технологических параметров в реальном времени за заданный интервал;
- 4) Обнаружение критических (аварийных) ситуаций;
- 5) Вывод на экран ПЭВМ технологических и аварийных сообщений;
- 6) Архивирование истории изменения параметров технологического процесса;
- 7) Операторское управление технологическим процессом;
- 8) Предоставление данных о параметрах технологического процесса для их использования в системах управления предприятием.

Исходя из задач и проблем функционирования *SCADA* систем, а также анализируя рассмотренные системы и технологии, оптимальная структура *SCADA* системы представляется следующей (рис. 2.).

В этой структуре имеется три основных функциональных блока:

- *Data Access* – доступ к данным технологического процесса;
- *Alarms & Events* – выявление критических и аварийных ситуаций;
- *History Access* – архивирование истории изменения параметров технологического процесса.

Блок *Data Access* включает:

- Считывание технологических параметров;
- Сохранение технологических параметров в базе данных реального времени,

предоставляющей интерфейсы для доступа к ней по сети персональных компьютеров;

- Отображение технологических параметров на графических мнемосхемах;
- Отображение технологических параметров в виде графиков текущих значений (трендов).

Блок *Alarms & Events* включает:

- Обнаружение аварийных ситуаций;
- Отображение аварийных и технологических сообщений;
- Отображение аварийных ситуаций как реакции динамических элементов графических мнемосхем на соответствующие события.

Блок *History Access* включает:

- Архивирование истории изменения параметров технологического процесса;
- Просмотр истории изменения параметров технологического процесса в виде графиков и таблиц;
- Генерирование отчётов по истории изменения параметров технологического процесса.

Сервер выполняет:

- Обмен данными между персональным компьютером и устройствами технологического по одному или нескольким каналам ввода – вывода, с поддержкой различных протоколов;
- Ведение базы данных реального времени технологических переменных;
- Архивирование истории изменения параметров технологического процесса;
- Первичную обработку данных (масштабирование, мёртвая зона);



Рис. 8.2. Структура оптимальной SCADA системы

- Предоставление набора *OPC DataAccess* интерфейсов для доступа к значениям технологических переменных и значениям их свойств;
- Предоставление набора *OPC Alarms & Events* интерфейсов для получения событий и сообщений о критических и аварийных ситуациях;
- Предоставление набора *OPC History Data Access* интерфейсов для доступа к данным архива истории изменения параметров технологического процесса.

Архитектура сервера показана на рис. 8.3. Как видно из этого рисунка, ядро приложения – база данных реального времени (*БДРВ*). Она взаимодействует с оборудованием через драйвера ввода \ вывода различных протоколов обмена, а с клиентскими программами по интерфейсам *OPC DataAccess* и *Alarms&Events*. Также она сохраняет историю изменения параметров технологического процесса в архиве истории, который предоставляет интерфейсы для доступа – *OPC History DataAccess*.

Инструментальная система предназначена для создания графических мнемосхем. Она включает набор специализированных динамических элементов, позволяющих создавать графическое представление технологических объектов в наглядном и удобном виде. Так можно отображать уровни в ёмкостях, перемещение конвейера, течение жидкости, поворотные механизмы и многое другое. Здесь можно вставлять собственные алгоритмы и компоненты, обрабатывать события, производить вычисления. Процесс создания мнемосхем для автоматизированных рабочих мест операторов в системе состоит в установке динамических элементов на мнемосхему, их позиционировании, настройке свойств отображения и выполнении привязки свойств к технологическим переменным базы данных реального времени. Эти операции, как это показано на рис. 8.4., производятся в среде визуального программирования *Microsoft Visual Basic 6.0* при помощи специализированного набора *ActiveX* компонент соответствующего приложения или компонент сторонних производителей, с использованием графических изображений динамических объектов.

Исполнительный модуль предназначен для запуска и отображения мнемосхем в рабочем режиме.

Рассмотрим следующий пример.

Технологический процесс синтеза сложных полиэфиров (*СПЭ*) характеризуется цикличностью операций и нестационарностью основных параметров во времени. Наряду с химической реакцией в реакторе периодического действия происходит интенсивный массообменный процесс отгона паров смеси воды и гликолей, их ректификации в установленной на реакторе насадочной колонне и возвратом гликолей в реактор. Унос гликолей оказывает существенное влияние на скорость химической реакции и качество готового продукта. В ходе синтеза наряду с изменением режимных параметров процесса: температуры, давления происходит увеличение вязкости реакционной массы, а скорость отгона реакционной воды изменяется в десятки раз.



Рис. 8.3. Архитектура приложения КОНТУР OPC сервер II

Требования к системе автоматизации:

- автоматическое дозирование компонентов в широком диапазоне масс компонентов (от нескольких килограммов до нескольких тонн в один аппарат);
- поддержание температуры с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$ от заданной;
- поддержание заданной скорости химической реакции;
- автоматический расчет момента перехода на вакуумную стадию процесса;
- хранение программ синтеза для различных марок смол.

Решение и характеристики системы автоматизации:

Информационная емкость системы:

- каналов аналогового ввода=90;
- каналов аналогового вывода АО=15;
- каналов дискретного ввода DI=165;
- каналов дискретного вывода DO=85.

Выполнение управляющих функций реализовано на базе двухуровневой системы (рис.8.4.). Непосредственное управление процессом осуществляет система контроллеров *S7-300*. Она состоит из четырех идентичных подсистем (*PLC1-4*), управляющих технологическими режимами реакторов при синтезе полиэфира, а также двух подсистем, одна из которых (*PLC0*) осуществляет контроль и управление общей технологической частью производства полиэфирных смол, в которую входит дозирование исходных реагентов, процесс растворения полиэфира мономером, и подсистемы *ПАЗ (PLC5)*. Связь между управляющими контроллерами и сервером (*SERV*) верхнего уровня осуществляется по интерфейсу *PROFIBUS – DP*, для чего в сервере установлена интерфейсная плата *CP – 5613*.

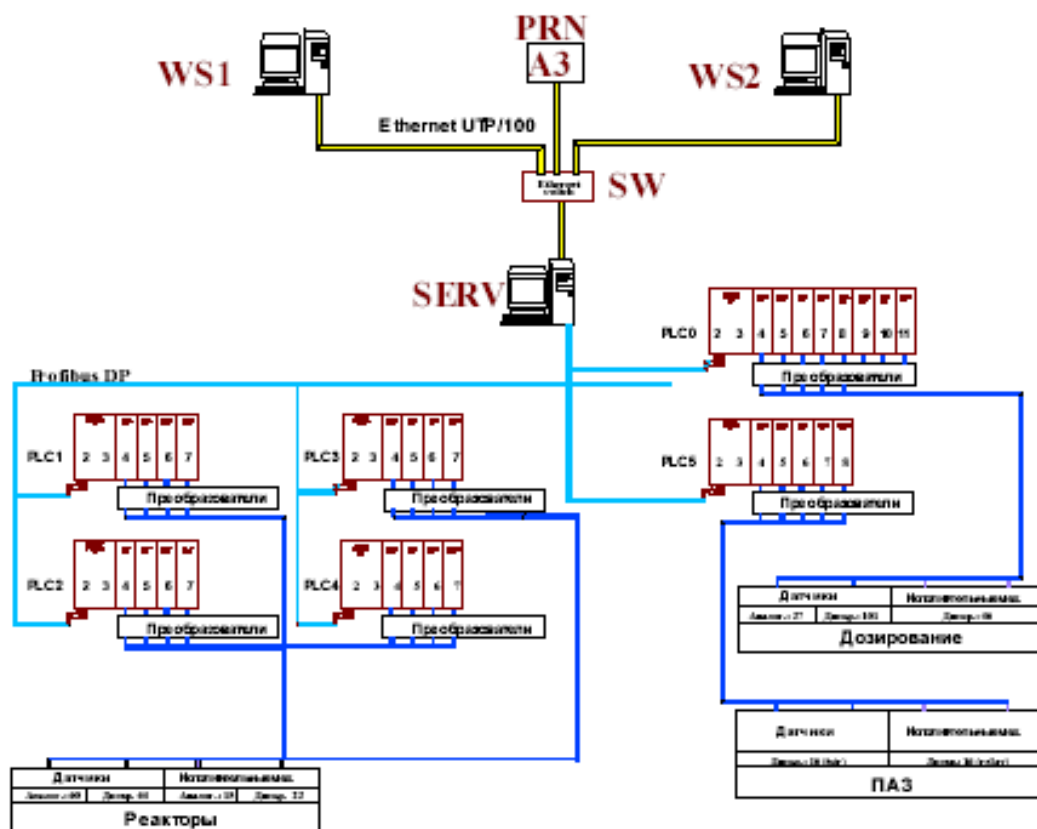


Рис. 8.4. Структурная схема системы управления

Обмен данными происходит со скоростью до 12 Мбит/с. В целях обеспечения взрывобезопасности производства датчики и исполнительные механизмы имеют взрывозащищенное исполнение $Ex(i)$ “искробезопасная электрическая цепь” или $Ex(d)$ “взрывонепроницаемая оболочка”. Датчики и исполнительные механизмы, имеющие искробезопасные цепи укомплектованы барьерами искрозащиты. Построение системы “верхнего” уровня реализовано на базе автоматизированных рабочих мест (APM) оператора-технолога, оборудованного по принципу “однопользовательская станция”. APM оператора – технолога в щитовой реализована на двух ПЭВМ (поз. *WS1*, *WS2*). На каждой из станций установлена *Scada*-система *WinCC*. При выходе какой – либо рабочей станции из строя (программный или аппаратный сбой) управление системой может осуществляться с оставшейся рабочей станции. Станция *WS2* имеет дополнительные функции и используется как инженерная станция, используемая для настройки *MCU*. Оперативные данные, а также архивы, тренды и история процесса хранятся на сервере *MCU* – *SERV*. В целях повышения надежности в сервере применено дублирование накопителя на жестких магнитных дисках по принципу *Raid* – массива. В составе всех ПЭВМ имеется коммуникационная плата для подключения к сети “*Ethernet*”. Для печати отчетов и журналов в щитовой корпуса №7 предусмотрен лазерный черно – белый принтер формата *A3* – *PRN*. С целью повышения удобства работы оператора операторские и инженерная станции оснащены 19” мониторами. Системная среда для всех станций – *Windows 2000*.

К интересным решениям можно отнести:

- автоматический расчет момента перехода на вакуумную стадию процесса;
- частичное использование в алгоритмах управления математической модели объекта управления;
- решение задачи многомаршрутного дозирования “многие ко многим” в широком диапазоне изменения дозы.

Таким образом, внедрение новой АСУ ТП позволяет:

- достичь стабильного качества продукции с выполнением норм технологического регламента;
- снизить роль “человеческого фактора” в производстве;
- улучшить условия труда технологического персонала;
- уменьшить время проведения синтеза, что повысило производительность установки.

Задание

Разработать структурные схемы управления на основе *SCADA* – системы для следующих производственных участков:

1. Участок сборки электронных блоков.
2. Участок сборки ИС.
3. Участок диффузии в производстве ИС.
4. Участок синтеза полимерных материалов.
5. Цеховая система сборки и обработки информации.

Рекомендуемая литература

1. Теория автоматического управления / Под ред. А.А. Воронова. — М.: Высшая школа, 1986. — ч.1. — 376 с.
2. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. — М.: Наука, 1982.—712 с.
3. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. — ЛБЗ, 2002. — 831 с.
4. Новиков Ю.В., Скоробогатов П.К Основы микропроцессорной техники: Курс лекций. — М.: Интернет – университет информационных технологий, 2002. — 432 с.