Записи выполняются и используются в СО 1.004
Предоставляется в СО 1.023

СО 6.018/ 209 033/11

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова

Послевузовское профессиональное образование

СОГЛАСОВАНО
Начальник отдела аспирантуры и докторантуры
__________ /Ткаченко О.В./
«23» декабря 2011 г.

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной и инновационной работе
__________ /Воротников И.Л./
«23» декабря 2011 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Аналитическая теория автоматического управления

Дисциплина по выбору аспиранта по специальности
05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации
(в отраслях АПК)

Саратов – 2011 г.

1. Цели подготовки

Целями освоения дисциплины «Аналитическая теория автоматического управления» являются овладение математическим аппаратом методов и алгоритмов математической теории управления или науки о законах (закономерностях) взаимодействия объектов и/или явлений окружающего мира (естественной и/или искусственной природы) с окружающей средой и методах определения воздействий, называемых управлениями, на эти объекты и/или явления с целью желаемого изменения их свойств и перемещения их во времени и/или пространстве.

2. Требования к уровню подготовки аспиранта

Аспирант должен быть широко эрудирован, иметь фундаментальную научную подготовку, владеть фундаментальными технологиями, включая методы получения, обработки и хранения научной информации, уметь самостоятельно формировать научную тематику, организовывать и вести научно-исследовательскую деятельность по избранной научной специальности.

Аспирант должен:

- **знать** формализованные принципы, положения и понятия аналитической теории автоматического управления;
- **уметь** ставить и решать задачи аналитической теории автоматического управления
- **владеть** методами и алгоритмами аналитической теории автоматическогоуправления.

3. Структура и содержание программы подготовки аспиранта

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы: 108 часов, из них аудиторная работа – 54 часа, в том числе: лекции – 30 часов., семинары – 24 часа.; самостоятельная работа – 54 часа.

Таблица 1

Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы		
		Лекции час.	Лаб. работы. час.	Самостоятельная работа час.
1	2	4	5	5
1.	**Введение в аналитическую теорию автоматического управления.** Математическая модель как объект исследования. Цели исследований. Методы исследований. Задачи исследований. Тезаурус математической теории управления.	2		2
2.	**Математический аппарат.** Однородные стационарные линейные системы (уравнение в форме вход-выход, система уравнений в форме Коши). Однородные нестационарные линейные системы. Задача Коши для нелинейных систем (абстрактная математическая модель систем с сосредоточенными параметрами, автоколебания нелинейных систем, структурный критерий существования предельного цикла в виде гиперсферы). Интегрирование уравнений в частных производных. Абстрактная математическая модель систем с сосредоточенными и распределёнными параметрами. Неоднородные стационарные линейные системы (тождество Коши, метод передаточных функций)	4	4	8
3.	**Задачи и цели управления.** Классификация задач синтеза. Цели управления, преследуемые в задаче стабилизации. Распространение показателей точности и качества переходных процессов на системы, отличные от стационарных линейных. Задачи синтеза, порожденные проблемой многосвязности (проблема неединственности по Адамару)	2		2
4.	**Анализ управляемости (проблема существования по Адамару).** Содержательное определение управляемости. Историческая справка. Анализ управляемости абстрактной математической модели. Анализ управляемости абстрактной математической модели Анализ управляемости абстрактной математической модели Анализ управляемости в слу-	2	2	4

	чае производных от управлений в форме вход-выход (переход к неканонической форме Фробениуса. Переход к неканонической форме Крылова-Люенбергера). Анализ управляемости: декомпозиция на полностью управляемую и полностью неуправляемую подсистемы (постановка задачи, формализация процедуры направленного перебора решения задачи, алгоритм декомпозиции)			
5.	**Анализ структурной устойчивости математической модели.** Определение структурной устойчивости математической модели. Классификация структурных возмущений. Анализ структурных возмущений стационарных линейных систем. Анализ правил преобразования структурных схем	2	2	4
6.	**Анализ грубости свойства асимптотической устойчивости.** Историческая справка. Постановка задачи синтеза гурвицева интервального полинома. Альтернативные формы записи формул Виета. Формализм «размывания» корней в случае чётной степени характеристического многочлена. Формализм «размывания» корней в случае чётной степени характеристического многочлена. Анализ грубости свойства асимптотической устойчивости в пространстве состояний.	2	2	4
7.	**Задача стабилизации: синтез законов управления регулярной структуры.** Синтез обратной связи, исходя из желаемого распределения корней характеристического уравнения замкнутой системы (задача модального управления: случай скалрного управления; задача модального управления: случай векторного управления; задача модального управления применительно к абстрактной математической модели объекта управления: синтез приводимых систем; задача модального управления на основе принципа нелинейного включения в матричное тождество Ляпунова). Синтез обратной связи по интегральным квадратичным критериям качества переходных процессов замкнутой системы (историческая справка, Методы аналитического конструирования оптимальных регуляторов; алгоритм Бьюси-Джозефа; метод билинейных преобразований конструирования решений матричного уравнения Ляпунова в задаче АКОР А.А. Красовского). Анализ грубости свойства асимптотической устойчивости по Ляпунову аналитически сконструированных систем. Синтез обратной связи по выходу	2	2	4
8.	**Задача восстановления вектора состояний (задача наблюдения).** Синтез наблюдателей полного порядка.	2	2	4

	Восстановление линейных скоростей абсолютно твёрдого тела по результатам измерения угловых скоростей в условиях зависимости моментов сил от линейных скоростей.			
9.	**Задача стабилизации: синтез законов управления сингулярной структуры.** Историческая справка. Идея прямого метода решения задачи АССР. Анализ корректности постановки задачи АССР. Синтез сингулярных регуляторов прямым методом. Метод решения задачи АССР приведением к форме Крылова-Люенбергера. Новое решение задачи автономного регулирования Вознесенского	2	2	4
10.	**Задача финитного управления без ограничений.** Историческая справка. Аналитическое решение задачи финитного управления в непрерывном случае (перевод в начало координат, перевод в заданное конечное состояние). Аналитическое решение задачи финитного управления в дискретном случае (алгоритм программного управления, алгоритм управления по принципу обратной связи)	2	2	4
11	**Финитное управление с учётом ограничений на управления.** Принцип максимума Понтрягина. Решение задачи оптимального управления на основе принципа максимума Понтрягина. Решение задачи на оптимум расхода топлива на основе принципа максимума Понтрягина. Решение задачи управления конечным состоянием на основе принципа максимума Понтрягина. Решение задачи управления по минимуму расхода энергии на основе принципа максимума Понтрягина.	2	2	4
	Итоговый контроль:	1	зачёт	
	ИТОГО	30	24	54

4. Образовательные технологии

Для успешной реализации образовательного процесса по дисциплине и повышения его эффективности используются как традиционные педагогические технологии, так и методы активного обучения: лекция-визуализация, проблемная лекция, пресс-конференция, практические работы профессиональной направленности, деловые игры, моделирование.

Удельный вес занятий, проводимых с использованием активных и интерактивных методов обучения, в целом по дисциплине составляет 70 % аудиторных занятий.

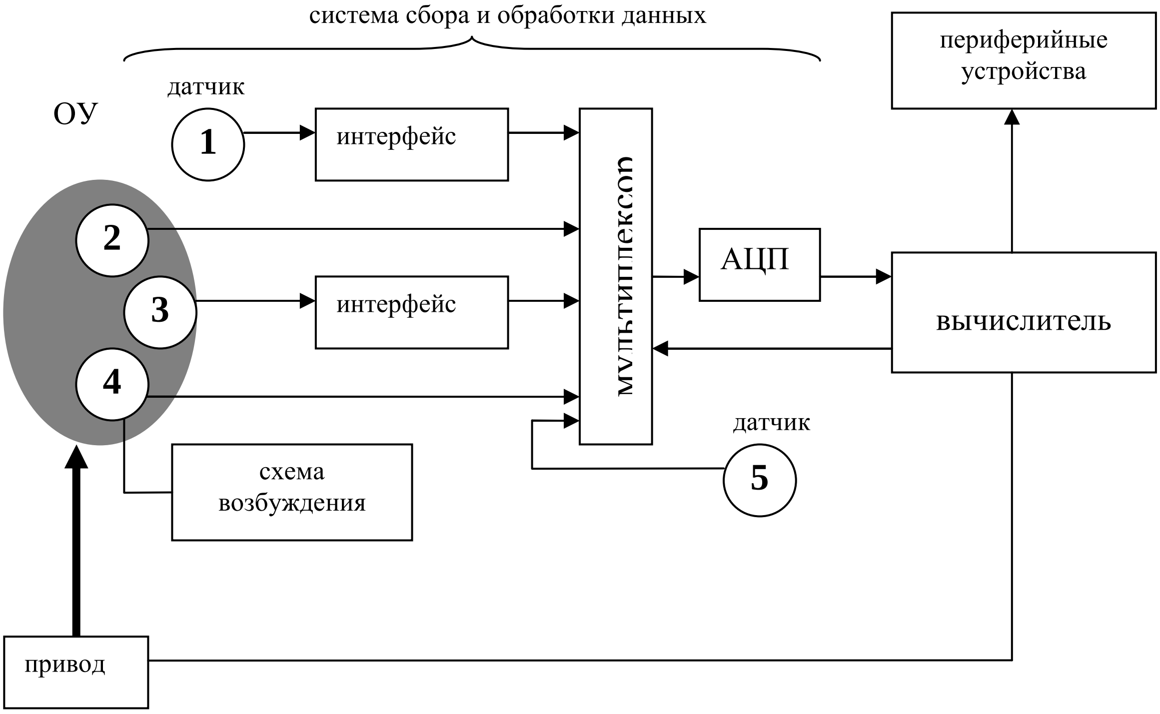
Допускается самостоятельное освоение аспирантом дисциплины с последующей подготовкой творческой работы в форме реферата, доклада на научно-методическом семинаре и др.

5. Оценочные средства для проведения контроля знаний

Вопросы к зачету
(в оболочке компьютерного тестирования «ПРОМЕТЕЙ»)

1.

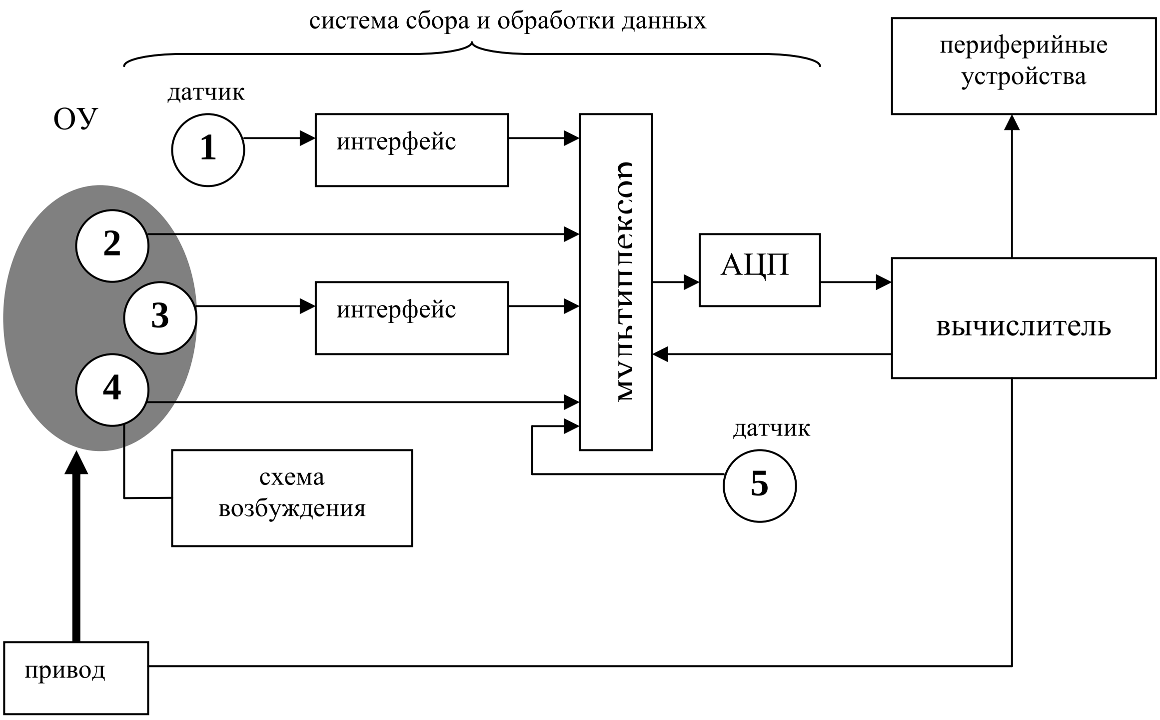
I:
S: Бесконтактные датчики системы сбора и обработки данных имеют номера #####



+: 1,5
+:1 и 5
+:1, 5

2.

I:
S: Контактные датчики системы сбора и обработки данных имеют номера ####



+:2,3,4
+:2, 3, 4
+:2, 3 и 4

3.

I:
S: Существование решения задачи синтеза по Ж. Адамару означает ############ объекта управления
+: управляемость

4.

I:
S: Единственность решения задачи синтеза по Ж. Адамару означают ############ объекта управления
+: автономность и полиинвариантность
+: полиинвариантность и автономность
+: автономность, полиинвариантность
+: полиинвариантность, автономность

5.

I:
S:Объект управления, для которого определены точки приложения внешних и управляющих воздействий, называется ############
+: системой

6.

I:
S:Систему, на которую не действуют ни внешние воздействия, ни управления, называют ############
+:свободной
+:однородной
+:свободной и однородной
+:однородной и свободной

7.

I:
S:Систему с одним входом и одним выходом называют ############
+:односвязной

8.

I:

S: Систему с более чем одним входом называют #############
+:многосвязной

9.

I:
S:Если коэффициенты уравнений (параметры объекта), которыми описывается система, не зависят от времени, то система называется #############
+:стационарной

10.

I:
S: Если коэффициенты уравнений (параметры объекта), которыми описывается система, зависят от времени, то система называется #############
+:нестационарной

11.

I:
S:Систему, описываемую либо дифференциальными уравнениями (обыкновенными, либо в частных производных), либо разностными уравнениями называют #############
+:динамической

12.

I:
S: Систему, описываемую алгебраическими уравнениями, называют #############
+:статической

13.

I:
S:Если связь между входом (входами) и выходом (выходами) объекта управления осуществляется только через объект управления, то такая система называется #############
+:разомкнутой

14.

I:
S:Управление, действующее на объект независимо от результатов этого воздействия, называется управлением по принципу #############
+:программного управления

15.

I:
S: Управление, действующее на объект с учётом результатов этого воздействия, называется управлением по принципу #############
+:обратной связи

16.

I:
S:Управление по принципу программного управления называют
+:управлением по возмущению
+:управлением по разомкнутому циклу
-:управлением по отклонению
-:управлением по замкнутому циклу

17.

I:
S: Управление по принципу обратной связи называют
-:управлением по возмущению
-:управлением по разомкнутому циклу
+:управлением по отклонению
+:управлением по замкнутому циклу

18.

I:
S:Упорядочение матриц в последовательности:
1) матрица управляемости (матрица Крылова);
2) матрица наблюдаемости;
3) матрица Фробениуса;
4) матрица Крылова-Люенбергера;

5) матрица Гурвица;
6) теплицева матрица;
7) ганкелева матрица;
8) матрица Вандермонда;
9) матрица Якоби.

1) $[B, PB, \dots, P^{n-1}B]$

2) $$\begin{bmatrix} C^T \\ C^T F \\ \dots\dots\dots \\ C^T F^{n-2} \\ C^T F^{n-1} \end{bmatrix}$$

3) $$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -\alpha_n & -\alpha_{n-1} & -\alpha_{n-2} & \dots & -\alpha_1 \end{bmatrix}$$

4) $$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & -\alpha_n \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & -\alpha_{n-1} \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & -\alpha_{n-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & -\alpha_2 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & -\alpha_1 \end{bmatrix}$$

5) $$\begin{bmatrix} \gamma_1 & \gamma_3 & \gamma_5 & \gamma_7 & \gamma_9 & \gamma_{11} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \gamma_0 & \gamma_2 & \gamma_4 & \gamma_6 & \gamma_8 & \gamma_{10} & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_1 & \gamma_3 & \gamma_5 & \gamma_7 & \gamma_9 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_0 & \gamma_2 & \gamma_4 & \gamma_6 & \gamma_8 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \gamma_k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \gamma_{k-1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \gamma_{k-2} & \gamma_k & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \gamma_{k-3} & \gamma_{k-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \gamma_{k-4} & \gamma_{k-2} & \gamma_k \end{bmatrix}$$

6) $$\begin{bmatrix} 1 & \lambda_i & \lambda_i^2 & \lambda_i^3 & \dots & \lambda_i^{k-1} \\ 0 & 1 & \lambda_i & \lambda_i^2 & \dots & \lambda_i^{k-2} \\ 0 & 0 & 1 & \lambda_i & \dots & \lambda_i^{k-3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & \lambda_i^{k-m_i} \end{bmatrix}$$

7) $\begin{bmatrix} \alpha_{n-1} & \alpha_{n-2} & \alpha_{n-3} & \dots & \alpha_2 & \alpha_1 & 1 \\ \alpha_{n-2} & \alpha_{n-3} & \alpha_{n-4} & \dots & \alpha_1 & 1 & 0 \\ \alpha_{n-3} & \alpha_{n-4} & \alpha_{n-5} & \dots & 1 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_2 & \alpha_1 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \alpha_1 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

8) $\begin{bmatrix} 1 & \lambda_1 & \lambda_1^2 & \dots & \lambda_1^{k-1} \\ 1 & \lambda_2 & \lambda_2^2 & \dots & \lambda_2^{k-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \lambda_k & \lambda_k^2 & \dots & \lambda_k^{k-1} \end{bmatrix}$

9) $\left\| \dfrac{\partial f_i(x,t)}{\partial x_j} \right\|, \ (i,j=\overline{1,n})$

19.

I:
S:Структурный критерий наличия предельных циклов в виде гиперсферы состоит в ################## матрицы, описывающей систему
+:кососимметричности

20.

I:
S:Интегрируемые случаи нестационарных линейных систем
+:случай Лаппо-Данилевского
+:одного скалярного уравнения
+:верхне(нижне)треугольный случай
-:случай матрицы общего вида
-:случай симметричной матрицы
-:случай кососимметричной матрицы

21.

I:
S:Корни полинома числителя передаточной функции называют ######
+:нулями

22.

I:
S: Корни полинома знаменателя передаточной функции называют ######
+:полюсами

23.

I:
S:Интегральное преобразование называют преобразованием Фурье, если абсцисса абсолютной сходимости равна ####
+:0
+:нулю

24.

I:
S:Если абсцисса абсолютной сходимости не равна нулю, то интегральное преобразование называют преобразованием #######
+:Лапласа
+:лапласа

25.

I:

Q:Переход к описанию посредством функциональных матриц представляет собой упорядоченную последовательность операций:

1:вычисление матрицы Якоби
2:интегрирование по «фиктивному» параметру

26.

I:
S:Соответствие между названиями полиномов и их представлением:
L1:интерполяционный полином Лагранжа-Сильвестра
L2:полиномы В.Л. Харитонова, представленные полиномами Эрмита-Билера
L3:полиномы Эрмита-Билера
L4:полином Вышнеградского
L5:пара полиномов Лобачевского
L6:полиномы типа Вышнеградского, введённые в рассмотрение Баттерворсом
L7:характеристический полином
L8:интервальный полином

R1: $e^{Pt} \overset{def}{=} \sum_{i=0}^{k-1} a_i(t)P^i = \varphi(P)$

R2: $d_1(s) = G_1(\overline{\alpha_n}, \underline{\alpha_{n-2}}, \overline{\alpha_{n-4}}, \ldots) + sH_1(\overline{\alpha_{n-1}}, \underline{\alpha_{n-3}}, \overline{\alpha_{n-5}}, \ldots)$,

$d_2(s) = G_1(\overline{\alpha_n}, \underline{\alpha_{n-2}}, \overline{\alpha_{n-4}}, \ldots) + sH_2(\underline{\alpha_{n-1}}, \overline{\alpha_{n-3}}, \underline{\alpha_{n-5}}, \ldots)$,

$d_3(s) = G_2(\underline{\alpha_n}, \overline{\alpha_{n-2}}, \underline{\alpha_{n-4}}, \ldots) + sH_2(\underline{\alpha_{n-1}}, \overline{\alpha_{n-3}}, \underline{\alpha_{n-5}}, \ldots)$,

$d_4(s) = G_2(\underline{\alpha_n}, \overline{\alpha_{n-2}}, \underline{\alpha_{n-4}}, \ldots) + sH_1(\overline{\alpha_{n-1}}, \underline{\alpha_{n-3}}, \overline{\alpha_{n-5}}, \ldots)$.

R3: $d(s) = G(\alpha_n, \alpha_{n-2}, \alpha_{n-4}, \ldots) + sH(\alpha_{n-1}, \alpha_{n-3}, \alpha_{n-5}, \ldots)$,

R4: $G(s_\Omega) = s_\Omega^3 + A_1 s_\Omega^2 + A_2 s_\Omega + 1 = 0$

R5: $\Phi_{G_1}(z) = z^m + \overline{\beta_1^G} z^{m-1} + \underline{\beta_2^G} z^{m-2} + \overline{\beta_3^G} z^{m-3} + \underline{\beta_4^G} z^{m-4} + \ldots, \ m = \left[\frac{n}{2}\right]$,

$\Phi_{G_2}(z) = z^m + \underline{\beta_1^G} z^{m-1} + \overline{\beta_2^G} z^{m-2} + \underline{\beta_3^G} z^{m-3} + \overline{\beta_4^G} z^{m-4} + \ldots$,

$\Phi_{H_1}(z) = z^L + \overline{\beta_1^H} z^{L-1} + \underline{\beta_2^H} z^{L-2} + \overline{\beta_3^H} z^{L-3} + \underline{\beta_4^H} z^{L-4} + \ldots, \ L = \left[\frac{n-1}{2}\right]$,

$\Phi_{H_2}(z) = z^L + \underline{\beta_1^H} z^{L-1} + \overline{\beta_2^H} z^{L-2} + \underline{\beta_3^H} z^{L-3} + \overline{\beta_4^H} z^{L-4} + \ldots$,

R6: $d_1(s) = s + 1;\ d_2(s) = s^2 + 1,4124s + 1;\ d_3(s) = (s+1)(s^2 + s + 1)$;

$d_4(s) = (s^2 + 0,7654s + 1)(s^2 + 1,8478s + 1)$;

$d_5(s) = (s+1)(s^2 + 0,6180s + 1)(s^2 + 1,6180s + 1)$;

$d_6(s) = (s^2 + 0,5176s + 1)(s^2 + 1,4142s + 1)(s^2 + 1,9319s + 1)$;

R7: $\det[E_n s - P] = d(s) = s^n + \sum_{i=1}^{n} \alpha_i s^{n-i} = \prod_{i=1}^{n} (s - \lambda_i) = 0$,

R8: $D(s) = s^n + \sum_{i=1}^{n} [\underline{\alpha_i}, \overline{\alpha_i}] s^{n-i}$,

27.

I:
S:Соответствие между названием прямого показателя качества и его математическим определением
L1:время регулирования
L2:перерегулирование

R1: $\sigma = \max\limits_{t\in[0,t_p]}\left|\frac{z_{max} - z_y}{z_y}\right|100\%,$

R2: $\left|z(t) - z_б\right| \le 0,05\left|z_б\right|$

28.

I:
S:Соответствие между названием звена и его признаком
L1:позиционное
L2:дифференцирующее
L3:интегрирующее
R1:полиномы числителя и знаменателя имеют свободные члены, равные единице
R2: в полиноме числителя свободный член и, возможно, примыкающие к нему члены равны нулю
R3:в полиноме знаменателе свободный член и, возможно, примыкающие к нему члены равны нулю

29.

I:
S:Соответствие между названием звена и наличием полюсов в правой полуплоскости
L1:устойчивое
L2:неустойчивое
R1:имеет полюсы в правой полуплоскости
R2:не имеет полюсов в правой полуплоскости

30.

I:
S:Соответствие между названием звена и наличием нулей в правой полуплоскости
L1:минимально-фазовое
L2:неминимально-фазовое

R1:не имеет нулей в правой полуплоскости
R2:имеет нули в правой полуплоскости

31.

I:
S:Соответствие между названием задачи управления и её содержанием
L1:задача стабилизации
L2:задача финитного управления
L3:обратная задача динамики
R1: Исходные данные:
1) заданная математическая модель объекта управления.
Цель управления - удержание объекта управления в окрестности некоторой заданной точки пространства состояний R^n в условиях неконтролируемых внешних воздействий и произвольных начальных условий. Как правило, точкой удержания является начало координат.

Предмет синтеза – переходный процесс по выходу в замкнутой системе.
R2: Исходные данные:
1) заданная математическая модель объекта управления;
2) заданное начальное состояние $x(t_0)$;
3) заданное конечное состояние $x(t_1)$;
4) заданный интервал времени $T = t_1 - t_0$.
Цель управления – перевести объект управления из точки $x(t_0)$ в точку $x(t_1)$ за время T без наложения ограничений на траекторию движения.
R3: Исходные данные:
1) заданная математическая модель объекта управления;
2) заданная в пространстве состояний траектория движения объекта управления.
Цель управления – навязать объекту управления предписанную траекторию движения.

32.

I:
S: Соответствие между названием задачи управления и классом законов управления, доставляющих решение этой задаче
L1:задача стабилизации
L2:задача финитного управления
L3:обратная задача динамики
R1: управление по принципу обратной связи или управление по замкнутому циклу
R2: управление по принципу программного управления или управление по разомкнутому циклу.
R3: управление по принципу программного управления или управление по разомкнутому циклу

33.

I:
S:Соответствие между названием преобразования и заменой переменных в уравнениях в форме Коши
L1:преобразование подобия
L2:преобразование кинематического подобия
L3:гомеоморфное преобразование
R1:x=Wy, W=const
R2:x=W(t)y
R3:x=W(x,t)y

34.

I:
S: Соответствие между названием преобразования и его содержанием
L1:преобразование подобия
L2:преобразование кинематического подобия
L3:гомеоморфное преобразование
R1: $\overline{P} = W^{-1}PW$
R2: $\overline{P}(t) = W^{-1}(t)P(t)W(t) - W^{-1}(t)\dot{W}(t)$
R3: $\overline{P}(x,t) = W^{-1}(x,t)P(x,t)W(x,t) - W^{-1}(x,t)W(\dot{x},t)$

35.

I:
S:Наименьшее положительное число, при котором матрица управляемости набирает полный ранг, называется ####### ############
+:индексом управляемости

36.

I:
S:Основная идея навязывания объекту управления желаемых свойств состоит в ########### параметров объекта управления
+: компенсации

37.

I:
S:Упорядочение последовательностей перехода от формы вход-выход с производными от управлений к канонической форме Крылова-Люенбергера
1. Переход к неканонической форме Крылова-Люенбергера
2. Переход к канонической форме Крылова-Люенбергера

38.

I:
S: Упорядочение последовательностей перехода от формы вход-выход с производными от управлений к канонической форме Фробениуса
1. Переход к неканонической форме Крылова-Люенбергера
2. Переход к канонической форме Крылова-Люенбергера
3. Переход к канонической форме Фробениуса

39.

I:
S: Упорядочение последовательностей перехода от формы вход-выход с производными от управлений к канонической форме Фробениуса

1. Переход к неканонической форме Фробениуса
2. Переход к канонической форме Крылова-Люенбергера
3. Переход к канонической форме Фробениуса

40.

I:
S: Соответствие между названием формулы и её математическим представлением
L1:интеграл Коши
L2:тождество Коши
L3:кривая накопления отклонений

R1: $x(t,0,x_0,f) = x(t,0,x_0,\overline{0_m}) + x(t,0,\overline{0_n},f) = e^{Pt}x_0 + \int_0^t e^{P(t-\tau)}Bf(\tau)d\tau$

R2: $z = De^{Pt}\int_0^t e^{-P\tau}BHe^{\tilde{A}\tau}x_{10}d\tau =$

$$= A^T(t)\begin{bmatrix} D \\ DP \\ DP^2 \\ \ldots\ldots \\ DP^{k-1} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} B, & PB, & P^2B, & \ldots, & P^{k-1}B \end{bmatrix} M^{-1}\int_0^t L(-\tau)\overline{L^T}(\tau)d\tau\left(\overline{M^{-1}}\right)^T\begin{bmatrix} H \\ H\tilde{A} \\ H\tilde{A}^2 \\ \ldots\ldots\ldots \\ H\tilde{A}^{k_1-1} \end{bmatrix}x_{10},$$

R3: $z(t) = \int_0^t \xi\, \mathrm{sign}\{D\exp[P(t-\tau)]B\}d\tau$,

41.

I:
S:Соответствие между названием и математическим представлением
L1:амплитудно-частотная характеристика
L2:фазо-частотная характеристика

R1: $A(\omega) = |W(j\omega)| = \sqrt{\mathrm{Re}^2\, W(j\omega) + \mathrm{Jm}^2 W(j\omega)}$

R2: $\varphi(\omega) = \arg W(j\omega) = \mathrm{arctg}\dfrac{\mathrm{Jm}W(j\omega)}{\mathrm{Re}W(j\omega)}$

42.

I:
S:Резонансная частота- это частота, на которой АЧХ имеет ########
+:максимум

43.

I:
S: **Полоса пропускания системы** – это частотный интервал от $x = 0$ до $x = x0$, где x0 - частота, удовлетворяющая неравенству #####≤#########
+:A(x0)<0,707A(0)

44.

I:
S: **Частота среза** x – это частота, удовлетворяющая условию #########
+:A(x)=A(0)

45.

I:
S:Производящий вектор Крылова – это вектор, при котором матрица управляемости набирает ###########
+:полный ранг

46.

I:
S:Соответствие между названием связей и математическими формулами, отражающими их содержание

L1: Взаимно однозначное соответствие между коэффициентами нижней строки матрицы Фробениуса и коэффициентами Крылова
L2: Взаимно однозначное соответствие между коэффициентами Крылова и коэффициентами нижней строки матрицы Фробениуса

R1: $[\alpha_i(v,t)] = \sum_{j=1}^{i} C_{k-j}^{i-j}[h_j^{(i-j)}(v,t)],$

R2: $[h_i(v,t)] = \sum_{j=1}^{i} (-1)^{i-j} C_{k-j}^{i-j}[\alpha_j^{(i-j)}(v,t)].$

47.

I:
S:Структурные преобразования, при которых происходит увеличение порядка системы, называются ############ возмущениями
+:структурными

48.

I:
S: Структурные преобразования, при которых происходит уменьшение порядка системы, называются ############ возмущениями
+:сингулярными

49.

I:
S:При сингулярных возмущениях часть дифференциальных уравнений системы вырождается в ############# уравнения
+:алгебраические

50.

I:
S:Соответствие между названием структурного возмущения и его содержанием
L1:структурное возмущение по выходу
L2:структурное возмущение по входу
R1: Дано – структурно невозмущённый объект управления в операторной форме вход-выход

$$F(p)z = Q(p)u,\ \ z \in R^1,\ \ u \in R^1,\ z = G(p)z_1,\ \ z_1 \in R^1,\ F(p)G(p)z_1 = Q(p)u,\ \ z_1 \in R^1$$

R2: Дано – структурно невозмущённый объект управления в операторной форме вход-выход

$$F(p)z = Q(p)u,\ \ z \in R^1,\ \ u \in R^1,\ u = L(p)u_1,\ \ u_1 \in R^1,\ F(p)z = Q(p)L(p)u_1$$

51.

I:
S:Персонификация результатов в анализе грубости свойства асимптотической устойчивости
L1:Ш. Эрмит
L2:И.А. Вышнеградский
L3:А.В. Михайлов
L4:Н.Н. Красовский
L5:В.Л. Харитонов
L6:В.А. Подчукаев
R1:Критерий перемежаемости корней
R2:Введение понятия границы устойчивости
R3:Частотная интерпретация критерия Эрмита-Билера
R4:Понятие абстрактного свойства грубости некоторого свойства математической модели
R5:Необходимые и достаточные условия гурвицевости интервального полинома
R6:Необходимые и достаточные условия гурвицевости интервального полинома с использованием формализма полиномов Эрмита-Билера, понятие положительной пары полиномов Лобачевского

52.

I:
S:Азбука метода размывания конструирования гурвицева интервального полинома
L1: Исходные данные
L2: Представление исходного полинома посредством полиномов Эрмита-Билера

L3: Разбиение отрицательной полуоси действительных чисел на непересекающиеся интервалы возможных вариаций корней полиномов Эрмита-Билера
L4: Нахождение (правой) левой границ по формулам Виета
а) случай чётной степени характеристического многочлена $d(s)$;
б) случай нечётной степени характеристического многочлена $d(s)$;
L5: Выбор верхней и нижней границ коэффициента α_1, исходя из неравенств
R1: Гурвицев многочлен

$$\det[E_n s - P] = d(s) = s^n + \sum_{i=1}^{n} \alpha_i s^{n-i} = \prod_{i=1}^{n} (s - \lambda_i) = 0$$

R2: $d(s) = G(\alpha_n, \alpha_{n-2}, \alpha_{n-4}, \dots) + sH(\alpha_{n-1}, \alpha_{n-3}, \alpha_{n-5}, \dots)$,

$$G(\alpha_n, \alpha_{n-2}, \alpha_{n-4}, \dots) =$$

$$= \alpha_n + \alpha_{n-2}s^2 + \alpha_{n-4}s^4 + \dots = G(z) = \alpha_1^{n-2\left[\frac{n}{2}\right]} \varphi_G(z),$$

$$\varphi_G(z) = \prod_{i=1}^{\left[\frac{n}{2}\right]} (z - \mu_i) = 0, \ z = s^2,$$

$$H(\alpha_{n-1}, \alpha_{n-3}, \alpha_{n-5}, \dots) =$$

$$= \alpha_{n-1} + \alpha_{n-3}s^2 + \alpha_{n-5}s^4 + \dots = H(z) = \alpha_1^{n-1-2\left[\frac{n-1}{2}\right]} \varphi_H(z),$$

$$\varphi_H(z) = \prod_{i=1}^{\left[\frac{n-1}{2}\right]} (z - \eta_i) = 0,$$

R3:

$$0 > \overline{\mu_1} > \mu_1 > \underline{\mu_1} > \overline{\eta_1} > \eta_1 > \underline{\eta_1} > \dots$$

$$\dots > \overline{\mu_i} > \mu_i > \underline{\mu_i} > \overline{\eta_i} > \eta_i > \underline{\eta_i} > \dots$$

$$\overline{\mu_i}, \underline{\mu_i}, \ \overline{\eta_j}, \underline{\eta_j} \ \ (i = \overline{1, m}), \ \ (j = \overline{1, L})$$

R4:
Найти границы:
- $\mu_1(\underline{\mu_1}, \overline{\mu_1})$, для которых полиномы Φ_{G_1}, Φ_{G_2} образуют пару Лобачевского;
- $\eta_L(\underline{\eta_L}, \overline{\eta_L})$, при которых полиномы Φ_{H_1}, Φ_{H_2} образуют пару Лобачевского

R5:
- для нечётного n:

$$\underline{\alpha_1} < \min\left[\alpha_1, \ \ \frac{\alpha_5}{\underline{\beta_2^G}}, \ \ \frac{\alpha_9}{\underline{\beta_4^G}}, \ \ \frac{\alpha_{13}}{\underline{\beta_6^G}}, \ \ \dots\right],$$

$$\underline{\alpha_1} > \max\left[\frac{\alpha_3}{\overline{\beta_1^G}}, \ \ \frac{\alpha_7}{\overline{\beta_3^G}}, \ \ \frac{\alpha_{11}}{\overline{\beta_5^G}}, \ \ \frac{\alpha_{15}}{\overline{\beta_7^G}}, \ \ \dots\right],$$

$$\overline{\alpha_1} > \left[\alpha_1, \ \ \frac{\alpha_5}{\overline{\beta_2^G}}, \ \ \frac{\alpha_9}{\overline{\beta_4^G}}, \ \ \frac{\alpha_{13}}{\overline{\beta_6^G}}, \ \ \dots\right],$$

$$\overline{\alpha_1} > \left[\frac{\alpha_3}{\underline{\beta_1^G}}, \ \ \frac{\alpha_7}{\underline{\beta_3^G}}, \ \ \frac{\alpha_{11}}{\underline{\beta_5^G}}, \ \ \frac{\alpha_{15}}{\underline{\beta_7^G}}, \ \ \dots\right];$$

- для чётного n:

$$\underline{\alpha_1} < \min\left[\alpha_1,\ \frac{\alpha_5}{\underline{\beta_2^{H}}},\ \frac{\alpha_9}{\underline{\beta_4^{H}}},\ \frac{\alpha_{13}}{\underline{\beta_6^{H}}},\ \ldots\right],$$

$$\underline{\alpha_1} > \max\left[\frac{\underline{\alpha_3}}{\beta_1^{H}},\ \frac{\underline{\alpha_7}}{\beta_3^{H}},\ \frac{\underline{\alpha_{11}}}{\beta_5^{H}},\ \frac{\underline{\alpha_{15}}}{\beta_7^{H}},\ \ldots\right],$$

$$\overline{\alpha_1} > \left[\alpha_1,\ \frac{\underline{\alpha_5}}{\beta_2^{H}},\ \frac{\underline{\alpha_9}}{\beta_4^{H}},\ \frac{\underline{\alpha_{13}}}{\beta_6^{H}},\ \ldots\right],$$

$$\overline{\alpha_1} > \left[\frac{\alpha_3}{\underline{\beta_1^{H}}},\ \frac{\alpha_7}{\underline{\beta_3^{H}}},\ \frac{\alpha_{11}}{\underline{\beta_5^{H}}},\ \frac{\alpha_{15}}{\underline{\beta_7^{H}}},\ \ldots\right],$$

53.

I:
S: Достаточное условие устойчивости по А.М. Ляпунову тривиального решения системы состоит в существовании функции А.М. Ляпунова, полная производная по времени от которой, составленная в силу уравнений движения этой системы, #############
+: неположительна

54.

I:
I:
S: Достаточное условие асимптотической устойчивости по А.М. Ляпунову тривиального решения системы состоит в существовании функции А.М. Ляпунова, полная производная по времени от которой, составленная в силу уравнений движения этой системы, ########### ##########
+: отрицательно определена.

55.

I:
I:
S: Достаточное условие неустойчивости по А.М. Ляпунову тривиального решения системы состоит в существовании функции А.М. Ляпунова, полная производная по времени от которой, составленная в силу уравнений движения этой системы, ########### ##########
+: положительно определена

56.

I:
S:Соответствие между названием предельного цикла и его признаками
L1:аттрактор
L2:репеллер
L3:полуустойчивый предельный цикл
R1:траектории наматываются с обеих сторон
R2:траектории сматываются с обеих сторон
R3:траектории с одной стороны наматываются, а с другой стороны - сматываются

57.

I:
S: Если уравнения движения системы таковы, что полная производная по времени от функции $V(x,\ t) = \sum_{i=1}^{n-1}[\chi_i - c_i^2]^2$, составленная в силу этих уравнений, есть функция знакоопределенная (############) для *M* в $\Gamma_i\varepsilon$ (i=1,2), то *M* является аттрактором.
+: отрицательная

58.

I:

S Если уравнения движения системы таковы, что полная производная по времени от функции $V(x,\ t)\ =\sum_{i=1}^{n-1}[\chi_i - c_i^2]^2$, составленная в силу этих уравнений, есть функция знакоопределенная (############) для *M* в $\Gamma_i\varepsilon$ (i=1,2), то *M* является репеллером.
+: положительная

59.

I:
S:Задача синтеза не имеет решения, если неуправляемая подсистема ##########
+:неустойчива

60.

I:
S:Персонификация результатов в анализе устойчивости
L1:И.А. Вышнеградский
L2:А.М. Ляпунов
L3:Н.Е. Жуковский
L4:И.Г. Малкин
L5:В.В. Румянцев
L6:Н.Н. Красовский
L7:В.А. Подчукаев
R1:
Постановка и решение задачи распределения корней в левой полуплоскости в трёхмерном пространстве
R2:
Разработка теории устойчивости движения, включающей:
1) фундаментальные определения устойчивости и асимптотической устойчивости;
1) первый метод Ляпунова (метод характеристичных чисел) изучения скорости роста решений по сравнению с экспонентами,
2) второй метод Ляпунова (метод функций Ляпунова) изучения изменений расстояния от изображающей точки до начала координат,
3) разработка теории гомеоморфных преобразований в пространстве состояний (метод ляпуновских преобразований, понятие приводимости).
R3:
Понятие орбитальной устойчивости
R4:
Понятие устойчивости при постоянно действующих внешних воздействиях, ограниченных в каждый момент
R5:
Понятие устойчивости по части переменных
R6:
Понятие устойчивости при постоянно действующих внешних воздействиях, ограниченных в среднем
R7:
Аналитическое решение матричного уравнения А.М. Ляпунова для систем в форме Фробениуса

61.

I:
S:Азбука первого метода А.М. Ляпунова
L1:Характеристичное число
L2:Правильная система
L3:Типы систем, для которых могут быть найдены характеристичные числа
L4:Типы систем, в которых могут существовать предельные циклы
R1:

$$\chi[x(t)] = -\overline{\lim_{t\to\infty}}\frac{\ln\|x(t)\|}{t} \to \|x(t)\| = e^{-\chi[x(t)]t}$$

R2:

$$\max\sum_{i=1}^{n}\chi_i = \chi\left[\exp\sum_{i=1}^{n}\int_0^t[p_{ii}(v,\tau)]d\tau\right]$$

R3:

1) **предельные**: $\lim\limits_{t\to\infty}[P(v,t)] = P_0$;

2) **диагональные**:

$$\chi_i = -\overline{\lim_{t\to\infty}}\frac{1}{t}\int_0^t [p_{ii}(v,\tau)]d\tau,\ \ (i=\overline{1,n});$$

3) **почти диагональные**:

$$\lim_{t\to\infty}[p_{ij}(v,t)] = 0,\ \ (i,j=\overline{1,n}),\ \ i\neq j;$$

а) $\{[p_{11}(v,t)] > [p_{ii}(v,t)] + \varepsilon,\ \ (i=\overline{2,n})\} \to$

$$\to \chi_{min} = -\overline{\lim_{t\to\infty}}\frac{1}{t}\int_0^t [p_{11}(v,\tau)]d\tau,$$

б) $\{[p_{i-1,i-1}(v,t)] \geq [p_{ii}(v,t)] + \varepsilon,\ \ (i=\overline{2,n})\} \to$

$$\to \chi_i = -\overline{\lim_{t\to\infty}}\frac{1}{t}\int_0^t [p_{ii}(v,\tau)]d\tau,\ \ (i=\overline{1,n});$$

4) **верхне(нижне)треугольные** с точными средними значениями диагональных элементов (взятые с обратным знаком, они являются характеристичными числами);

5) **приводимые**:

- исходная система $\dot{x} = [P(v,t)]x$;
- гомеоморфное преобразование $x = [W(v,t)]y$;
- приведённая система $\dot{y} = [\overline{P}(v,t)]y$, $[\overline{P}] = const$,

$$[\overline{P}] = [W^{-1}PW - W^{-1}\dot{W}] = [W^{-1}DW] = [e_2,\ldots,e_n,-H],$$
$$H = W^{-1}D^n[B(v,t)] = col[h_n(v,t),\ldots,h_1(v,t)],$$
$$D = [P(v,t)] - E_n\frac{d}{dt}(\bullet).$$

Условие приводимости – существование производящего вектора А.Н. Крылова $[B(v,t)]$, такого, что $rank[W(v,t)] = n$, где

$$[W(v,t)] = [B(v,t), DB(v,t),\ldots,D^{n-1}B(v,t)],$$

порождающего коэффициенты А.Н. Крылова вида

$[h_i(v,t)] = const\ \ (i=\overline{1,n})$.

R4:

П-приводимые системы, в которых коэффициенты А.Н. Крылова подчинены равенствам:

$$[h_1(v,t)] = 0,\ \ [h_2(v,t)] = 1,\ \ [h_{n-i}(v,t)] = \frac{y_{2+i}}{y_n}\ \ (i=\overline{0,n-3})$$

или системы, определяемые следующей матрицей А.Н. Крылова (в форме Теплица)

$$[\overline{P}(v,t)] = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & \ldots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \ldots & 0 & 0 \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ 0 & 0 & 0 & .. & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & \ldots & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

62.

I:

S:Азбука второго метода А.М. Ляпунова

L1: Функция А.М. Ляпунова $V(x,t)$ - аналог расстояния от изображающей точки до начала координат
L2: Матричное уравнение А.М. Ляпунова
L3: Первая теорема А.М. Ляпунова об устойчивости
L4: Теорема А.М. Ляпунова об асимптотической устойчивости
L5: Третья теорема А.М. Ляпунова о неустойчивости
L6: Матричное тождество А.М. Ляпунова для систем в форме Фробениуса (α_i $(i = \overline{1,n})$ - элементы нижней строки матрицы Фробениуса) даёт критерий Гурвица
R1:
1) является действительной функцией действительных переменных $x \in R^n$, $t \in [0,\infty)$;
2) определена в области $\|x\| \le H$ $(H = const > 0)$ и является в этой области однозначной и непрерывной функцией, удовлетворяющей условиям:
3) $V(\overline{0},t) = 0$;
4) $\forall_{t>0, x\neq\overline{0}} V(x,t) > 0$.
R2:
Если $[V(x,t)] = x^T[A(v,t)]x$, то

$$\frac{d}{dt}[V(x,t)] = \dot{x}^T[A(v,t)]x + x^T[\dot{A}(v,t)]x + x^T[A(v,t)]\dot{x} \quad ,$$

откуда

$$[\dot{A}(v,t)]+[A(v,t)P(v,t)]+[P^T(v,t)A(v,t)] = - [Q(v,t)]$$

R3:
Если существует $V(x,t)$ такая, что

$$[\dot{V}(v,t)] = -x^T[Q(v,t)]x \le 0,$$

то тривиальное решение системы $\dot{x} = [P(v,t)]x$ - устойчиво по А.М. Ляпунову
R4:
Если существует $V(x,t)$ такая, что

$$[\dot{V}(v,t)] = -x^T[Q(v,t)]x < 0,$$

то тривиальное решение системы $\dot{x} = [P(v,t)]x$ - асимптотически устойчиво по А.М. Ляпунову.
Если $[Q(v,t)] = [Q_1^T(v,t)] \times [Q_1(v,t)]$, где $[Q_1(v,t)] \in R^n$, то $x^T[Q(v,t)]x > 0$ при выполнении условия

$$[\Pi(v,t)] \overset{def}{=} \begin{bmatrix} [Q_1(v,t)] \\ [Q_1(v,t)]N \\ \dots\dots\dots\dots\dots \\ [Q_1(v,t)]N^{n-1} \end{bmatrix}; \; rank[\Pi(v,t)] = n,$$

где $N = (\bullet)\frac{d}{dt}E_n + [P(v,t)]$
R5:
Если существует $V(x,t)$ такая, что

$$[\dot{V}(v,t)] = -x^T[Q(v,t)]x > 0,$$

то тривиальное решение системы $\dot{x} = [P(v,t)]x$ - неустойчиво по А.М. Ляпунову
R6:

$$[a_{in}(v,t)] = [\varphi_{n-i+1}(v,t)],$$

$$[a_{n-i,n-k-1}(v,t)] = \sum_{v=0}^{k+1}(-1)^{k+1}C_{k+1}^{v}[\varphi_{i+1+\nu}^{(k+1-\nu)}(v,t)] +$$

$$+\sum_{\beta=0}^{k}\sum_{\gamma=0}^{k-\beta}(-1)^{k-\beta}C_{k-\beta}^{\gamma}[(\varphi_{i+\gamma+1}\alpha_{\beta+1} + \varphi_{\beta+1}\alpha_{i+\gamma+1} - q_{n-i-\gamma,n-\beta})]^{(k-\beta-\gamma)}(v,t),$$

$$(i = \overline{1,n-1}),\ (k = \overline{0,i-1})$$

— для нечётных i: $[\varphi_i(v,t)] = [\alpha_i(v,t)]$,

— для чётных i: $[\varphi_i(v,t)] = 0$,

$$[Q(v,t)] = 2[R(v,t)R^T(v,t)],\ [R(v,t)] \in R^n,$$

$$[R(v,t)] = \mathrm{col}[0,\dots,\alpha_7(v,t),0,\alpha_5(v,t),0,\alpha_3(v,t),0,\alpha_1(v,t)]$$

63.

I:
S:Азбука анализа орбитальной устойчивости
L1: Предельный цикл = замкнутая гиперповерхность в пространстве R^n = инвариантное множество M
L2: p(x,M)-минимальное расстояние от изображающей точки до M
L3: Обобщённая функция А.М. Ляпунова (заменяет две функции А.М. Ляпунова одной, выраженной через кривизны фазовых траекторий)
R1:
Любая замкнутая гиперповерхность *M* делит пространство R^n на два множества, E_1^M и E_2^M, для первого из которых она является замыканием. Поэтому все фазовые траектории, в силу теоремы о единственности, лежат целиком в одном из этих множеств
R2:
Задаётся на каждом из множеств E_1^M и E_2^M; анализ орбитальной устойчивости инвариантных множеств требует использования двух функций типа А.М. Ляпунова для каждого из этих множеств
R3:
$V(x,\ t) = \sum_{i=1}^{n-1}[\chi_i - c_i^2]^2$, где c_i - заданные константы, которым сопоставлены соответствующие гиперсферы (вписанные в M или описанные вокруг M) для кривизны, кручения и т.д. (χ_i $(i = \overline{1,n-1})$)

64.

I:
S:Азбука модального управления в скалярном случае $W\Gamma V = -f(P)$
L1:W
L2:Г
L3:V
L4:F(P)
L5:V=

R1: $[B, PB,\dots, P^{n-1}B]$,

R2: $$\begin{bmatrix} \alpha_{n-1} & \alpha_{n-2} & \alpha_{n-3} & \dots & \alpha_2 & \alpha_1 & 1 \\ \alpha_{n-2} & \alpha_{n-3} & \alpha_{n-4} & \dots & \alpha_1 & 1 & 0 \\ \alpha_{n-3} & \alpha_{n-4} & \alpha_{n-5} & \dots & 1 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \alpha_2 & \alpha_1 & 1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \alpha_1 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

R3: $\begin{bmatrix} C^T \\ C^T F \\ \dots\dots\dots \\ C^T F^{n-2} \\ C^T F^{n-1} \end{bmatrix}$

R4: $P^n + \alpha_1 P^{n-1} + \alpha_2 P^{n-2} + \ldots + \alpha_{n-1} P + \alpha_n E_n$.

R5: $\tilde{A}^{-1} W^{-1} f(P)$

65.

S:Азбука модального управления в векторном случае $W \Gamma V = -f(P)$

L1:W
L2:Г
L3:V
L4:F(P)
L5:V=

R1: $[B, PB, \ldots, P^{k-1}B]$,

R2: $\begin{bmatrix} \alpha_{k-1}E_m & \alpha_{k-2}E_m & \alpha_{k-3}E_m & \ldots & \alpha_2 E_m & \alpha_1 E_m & E_m \\ \alpha_{k-2}E_m & \alpha_{k-3}E_m & \alpha_{k-4}E_m & \ldots & \alpha_1 E_m & E_m & \Theta_m \\ \alpha_{k-3}E_m & \alpha_{k-4}E_m & \alpha_{k-5}E_m & \ldots & E_m & \Theta_m & \Theta_m \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ \alpha_2 E_m & \alpha_1 E_m & E_m & \ldots & \Theta_m & \Theta_m & \Theta_m \\ \alpha_1 E_m & E_m & \Theta_m & \ldots & \Theta_m & \Theta_m & \Theta_m \\ E_m & \Theta_m & \Theta_m & \ldots & \Theta_m & \Theta_m & \Theta_m \end{bmatrix}$

R3: $\begin{bmatrix} C^T \\ C^T F \\ \dots\dots\dots \\ C^T F^{k-2} \\ C^T F^{k-1} \end{bmatrix}$

R4: $P^k + \alpha_1 P^{k-1} + \alpha_2 P^{k-2} + \ldots + \alpha_{k-1} P + \alpha_k E_{mk}$.

R5: $\tilde{A}^{-1} W^{-1} f(P)$

66.

I:
S:Соответствие методов синтеза их содержанию
L1: Принцип нелинейного включения
L2: Синтез приводимых по А.М. Ляпунову систем
R1:
Всякое решение неоднородного матричного уравнения А.М. Ляпунова

$$AF + F^T A = -Q$$

удовлетворяет уравнениям ($F = P - BB^T A$):
1) линейному однородному матричному алгебраическому уравнению типа А.М. Ляпунова

$$[AF+F^TA] = -\frac{1}{\alpha_{n-1}}\{A[F^n + \alpha_1 F^{n-1} + \alpha_2 F^{n-2} + \ldots + \alpha_{n-2} F^2] + \\ +[(F^T)^n + \alpha_1 (F^T)^{n-1} + \alpha_2 (F^T)^{n-2} + \ldots + \alpha_{n-2} (F^T)^2] A + 2\alpha_n A\} ;$$

2) нелинейному однородному матричному алгебраическому уравнению $(n+1)$-го порядка типа Риккати (уравнение В.А. Подчукаева)

$$AP + P^T A - 2ABB^T A =$$
$$= -\frac{1}{\alpha_{n-1}}\{A[(P - BB^T A)^n + \alpha_1 (P - BB^T A)^{n-1} + \ldots$$
$$+\alpha_{n-2}(P - BB^T A)^2] +$$
$$+[(P^T - ABB^T)^n + \alpha_1 (P^T - ABB^T)^{n-1} + \ldots$$
$$+\alpha_{n-2}(P^T - ABB^T)^2]A + 2\alpha_n A\};$$

3) нелинейному неоднородному матричному алгебраическому уравнению второго порядка типа Риккати $AP + P^T A - 2ABB^T A = -Q$.

R2: Метод компенсации.

Дано: уравнение движения объекта

$$z^{(k)} + \sum_{i=1}^{k}[\alpha_i(v,t)]z^{(i)} = u + f, \ \ z \in R^m, \ \ u \in R^m, \ f \in R^m$$

Выбором закона

$$u = \sum_{i=1}^{k}[\alpha_i(v,t) - \beta_i)],$$

где β_i ($i = \overline{1, k}$) – заданные матрицы чисел размера $m \times m$, имеем замкнутую систему с матрицей чисел

$$z^{(k)} + \sum_{i=1}^{k}\beta_i z^{(i)} = f .$$

67.

I:

S:Азбука методов оптимального управления

L1: Исходные данные

L2: Алгоритм решения задачи А.М. Лётова

L3: Алгоритм решения задачи А.А. Красовского

L4: Вид матричных уравнений А.М. Ляпунова, составленных в силу уравнений движения замкнутой системы

L5: Учёт неопределённых внешних воздействий в задаче А.М. Лётова (наихудших в смысле потери замкнутой системой без внешних воздействий свойства асимптотической устойчивости и приобретения свойства устойчивости (не асимптотической) по А.М. Ляпунову)

R1:

1. Полностью управляемый объект

$$\dot{x} = [P(v,t)]x + [B(v,t)]u, \ \ x \in R^n, \ \ u \in R^m .$$

2. Функционал:

- определённый в задаче А.М. Лётова

$$J = \int_0^\infty \left(x^T[Q(v,t)]x + u^T u\right)dt ;$$

- полуопределённый в задаче А.А. Красовского (функционал обобщённой работы)

$$J_1 = \int_0^\infty \left(x^T[Q(v,t)]x + u^T u + 2x^T[A(v,t)B(v,t)B^T(v,t)A(v,t)]x\right)dt,$$

где $[Q(v,t)]$ - заданная симметричная положительно определённая матрица, чем гарантируется асимптотическая устойчивость по А.М. Ляпунову объекта, замкнутого регулятором

$$u = [C^T(v,t)]x ,$$

где

$$[C(v,t)] = -[A(v,t)B(v,t)]$$

(здесь $[A(v,t)]$ - искомая симметричная положительно определённая матрица функции А.М. Ляпунова $x^T[A(v,t)]x$).

R2:Нелинейное матричное дифференциальное уравнение типа Риккати

$$[\dot{A}(v,t)]=[-A(v,t)P(v,t)-P^T(v,t)A(v,t)+$$
$$+A(v,t)B(v,t)B^T(v,t)A(v,t)-Q(v,t)]$$

с граничным условием

$$[A(v,\infty)] = \Theta_n .$$

Заменой времени на обратное $t = -\tau$ задача А.М. Лётова с этим уравнением сводится к задаче Коши.
В случае стационарных линейных систем дифференциальное уравнение превращается в алгебраическое (имеющее неединственное решение, среди которых нужно найти положительно определённую матрицу А)

$$AP + P^TA - ABB^TA + Q = \Theta_n$$

R3: Матричное уравнение А.М. Ляпунова

$$[\dot{A}(v,t)] + [A(v,t)P(v,t)] + [P^T(v,t)A(v,t)] = -[Q(v,t)] .$$

В случае стационарных линейных систем превращается в алгебраическое уравнение

$$AP + P^TA = -Q .$$

R4:Уравнение движения замкнутой системы

$$\dot{x} = [F(v,t)]x = [P(v,t)+B(v,t)C^T(v,t)]x=$$
$$=[P(v,t) - B(v,t)B^T(v,t)A(v,t)]x.$$

Задача А.М. Лётова

$$[\dot{A}(v,t)+A(v,t)F(v,t) + F^T(v,t)A(v,t)] =$$
$$= - [Q(v,t)+C(v,t)C^T(v,t)].$$

Задача А.А. Красовского

$$[\dot{A}(v,t)+A(v,t)F(v,t) + F^T(v,t)A(v,t)] = .$$
$$= - [Q(v,t)+2C(v,t)C^T(v,t)].$$

R5: Формализм учёта в уравнениях движения объекта

$$\dot{x} = [P(v,t)]x + [B(v,t)]u + f, \ x \in R^n, \ u \in R^m, \ f \in R^n .$$

Формализм представления внешних воздействий

$$f = [G(v,t)]x .$$

Формализм представления замкнутой системы

$$\dot{x} = [\Pi(v,t)]x \equiv [F(v,t) + G(v,t)]x .$$

Формализм учёта в матричном уравнении А.М. Ляпунова

$$[G(v,t)] = -\frac{1}{2}[A^{-1}(v,t)Q(v,t) - B(v,t)C^T(v,t)] ,$$

где $[A(v,t)]$ удовлетворяет однородному матричному уравнению А.М. Ляпунова

$$[\dot{A}(v,t)+A(v,t)\Pi(v,t) + \Pi^T(v,t)A(v,t)] = \Theta_n ,$$

свидетельствующему об устойчивости (не асимптотической) по А.М. Ляпунову тривиального решения замкнутой системы с внешними воздействиями.
Аналитическое представление внешних воздействий, для которых замкнутая система ($u = \frac{1}{2}[C^T(v,t)]x$) с внешними воздействиями асимптотически устойчива по А.М. Ляпунову

$$[G(v,t)] = -\frac{\alpha}{2}[A^{-1}(v,t)Q(v,t) - B(v,t)C^{T}(v,t)],\ \alpha \in (1,\infty)\ .$$

Проверяется непосредственной подстановкой в матричное уравнение А.М. Ляпунова

$$[\dot{A}(v,t) + A(v,t)\left[P(v,t)+\frac{1}{2}B(v,t)C^{T}(v,t)+\right] +$$

$$+\left[P^{T}(v,t)+\frac{1}{2}C(v,t)B^{T}(v,t)\right]A(v,t)] =$$

$$= -\alpha[Q(v,t)]+\frac{2\text{-}2\alpha}{2}[C(v,t)C^{T}(v,t)],$$

из которого следует уравнение типа Риккати с двумя квадратичными членами разных знаков (в западной литературе – теория H_{∞} в пространстве состояний)

$$[\dot{A}(v,t)] = [-A(v,t)P(v,t) - P^{T}(v,t)A(v,t) - \alpha Q(v,t) +$$
$$+A(v,t)B(v,t)(2-\alpha)B^{T}(v,t)A(v,t)]$$

68.

I:
S: Азбука метода билинейных преобразований конструирования
решений алгебраического матричного уравнения А.М. Ляпунова
L1: Исходные данные
L2: Формирование матрицы управляемости А.Н. Крылова
L3: Вычисление коэффициентов А.Н. Крылова, совпадающих с коэффициентами характеристического уравнения
L4: Формирование вектора коэффициентов характеристического уравнения дискретной системы, полученной в результате билинейного преобразования $s = \frac{z+1}{z-1}$ коэффициентов характеристического уравнения непрерывной системы
L5: Вычисление коэффициентов $\xi_i\ (i = \overline{1,n})$ приведённого характеристического многочлена дискретной системы
L6: Формирование матрицы Фробениуса, сопровождающей характеристический многочлен дискретной системы
L7: Формирование матрицы Шура-Кона
L8: Формирование вектора r дискретного матричного уравнения А.М. Ляпунова, записанного в виде тождества Паркса-Калмана
L9: Формирование тождества Е.А. Барбашина
L10: Формирование алгебраического матричного уравнения А.М. Ляпунова

$AP + P^{T}A = -Q$

R1:
Полностью управляемый объект

$\dot{x} = Px + Bu,\ x \in R^{n},\ u \in R^{1}.$

R2:

$W = [B, PB, \ldots, P^{n-1}B]$

R3:

$H = -W^{-1}P^{n}B,\ H = \mathrm{col}[\alpha_n, \ldots, \alpha_1]$

R4:

$$\psi_1(z) = \sum_{i=0}^{n}\beta_i z^{n-i},$$

$$b = Va,\ a = \mathrm{col}[1, \alpha_1, \ldots, \alpha_n],$$

$$b = \mathrm{col}[\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_n],$$

где V - матрица размерами $(n+1)\times(n+1)$, первая строка которой состоит из единиц, первый столбец – из биномиальных коэффициентов (коэффициентов n-строки **треугольника Паскаля**), а остальные элементы определяются равенствами

$$v_{ij} = v_{i,j-1} - v_{i-1,j-1} - v_{i-1,j} \quad (i,j=\overline{2,n+1}).$$

R5:

$$\psi_1(z) = \beta_0\psi(z) = \beta_0\left[z^n + \sum_{i=1}^{n}\xi_i z^{n-i}\right],\ \ \xi_i = \frac{\beta_i}{\beta_0}.$$

R6:

$$x[i+1] = Fx[i]$$

R7:

$$\Omega = \Omega_1\Omega_1^T - \Omega_2\Omega_2^T,$$

где

$$\Omega_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \xi_1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \xi_2 & \xi_1 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \xi_{n-1} & \xi_{n-2} & \xi_{n-3} & \dots & 1 \end{bmatrix},$$

$$\Omega_2 = \begin{bmatrix} \xi_n & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \xi_{n-1} & \xi_n & 0 & \dots & 0 \\ \xi_{n-2} & \xi_{n-1} & \xi_n & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \xi_1 & \xi_2 & \xi_3 & \dots & \xi_n \end{bmatrix}.$$

R8:

$$F^T\Omega F - \Omega = -rr^T,\ \ r = \mathrm{col}[r_1,\dots,r_n],$$

$$r_{n-i+1} = \xi_n\xi_i - \xi_{n-i},\ \ \xi_0 = 1\ \ (i=\overline{1,n}).$$

R9:

$$\overline{A}\,\overline{P} + \overline{P}^T\overline{A} = -2rr^T$$

где

$$\overline{P} = (F+E_n)(F-E_n)^{-1},\ \ \overline{A} = \left(F^T - E_n\right)\Omega\left(F-E_n\right)$$

R10:

$$P = L^{-1}\overline{P}L,\ \ Q = 2L^T rr^T L,$$

$$A = L^T\left(F^T - E_n\right)\Omega\left(F - E_n\right)L,$$

где

$$L = [\overline{B}, \overline{P}\,\overline{B}, \dots, \overline{P}^{n-1}\overline{B}][B, PB, \dots, P^{n-1}B]^{-1}$$

(здесь $\overline{B}$ - производящий вектор А.Н. Крылова, который нужно выбрать из условия полной управляемости пары $\overline{P}$, $\overline{B}$).

69.

I:
S: Азбука метода конструирования положительно определённой матрицы, удовлетворяющей нелинейному матричному алгебраическому уравнению типа Риккати
L1: Исходные данные
L2: Формирование матриц
L3: Вычисление коэффициентов характеристического уравнения матрицы Γ
L4: Вычисление корней характеристического уравнения

$$\phi(s) = \det[E_{2n}s - \Gamma] = 0$$

матрицы Γ

L5: Факторизация корней характеристического многочлена $\phi(s) = \varphi(s)\varphi(-s) = 0$

L6: Формирование матричного многочлена $\varphi(\Gamma)$ степени n

L7: Вычисление матрицы A, удовлетворяющей нелинейному матричному алгебраическому уравнению типа Риккати

$$AP + P^T A - ABB^T A = -Q$$

L8: Вычисление матрицы параметров C искомого закона управления

R1:

1. Полностью управляемый объект

$$\dot{x} = Px + Bu, \ x \in R^n, \ u \in R^1.$$

2. Заданный функционал

$$J = \int_0^\infty \left(x^T Qx + u^T u\right)dt .$$

R2:

$$L = \begin{bmatrix} \Theta_n & E_n \\ E_n & A \end{bmatrix}, \ L^{-1} = \begin{bmatrix} -A & E_n \\ E_n & \Theta_n \end{bmatrix}, \ \Gamma = \begin{bmatrix} -P & BB^T \\ Q & P^T \end{bmatrix}$$

R3:

Допускается поиском производящего вектора А.Н. Крылова $K \in R^{2n}$, составляющего с матрицей Γ полностью управляемую пару, когда

$$\mathrm{rank}W = \mathrm{rank}[K, \Gamma K, \dots, \Gamma^{2n-1}K] = 2n$$

R4:

Любым методом

R5:

$\varphi(s) = s^n + \sum_{i=1}^{n} \alpha_i s^{n-1} = 0$ - многочлен степени n, составленный из тех 2n корней многочлена $\phi(s) = 0$, которые лежат в левой полуплоскости

R6:

$$\varphi(\Gamma) = \Gamma^n + \alpha_1\Gamma^{n-1} + \ldots + \alpha_{n-1}\Gamma + \alpha_n E_{2n} = \begin{bmatrix} \Phi_{11} & \Phi_{12} \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} \end{bmatrix}$$

R7:

$$A = \Phi_{22}\Phi_{12}^{-1} = \Phi_{21}\Phi_{11}^{-1}$$

R8:

$$C = -AB$$

70.

I:

S: Запасом устойчивости по амплитуде называется величина, обратная расстоянию от нуля до ближайшего к критической точке $(-1, j0)$ пересечения годографа с ########## действительной полуосью.

+: отрицательной

71.

I:

S: Запасом устойчивости по фазе называется угол между отрицательной действительной полуосью и точкой, в которой $\left|W_{ðàç}(j\,\omega)\right| =$ ##, то есть точкой, соответствующей частоте ##### разомкнутой системы.

+: 1

+: среза

72.

I:
S: **Критерий Найквиста.** Система, замкнутая единичной обратной связью, асимптотически устойчива тогда и только тогда, когда годограф возвратной разности $\Delta(j\omega)$ при изменении частоты от нуля до бесконечности ($0 \le \omega \le \infty$) не проходит через ####### #########.
+: начало координат

73.

I:
S:Соответствие понятий их математическому определению
L1:Возвратная разность
L2:Возвратное отношение
R1: $\Delta(j\omega) = 1 + W_{раз}(j\omega)$
R2: $W_{раз}(j\omega) = 1 - \Delta(j\omega)$

74.

I:
S:Персонификация становления синтеза в ТАУ
L1: И.А. Вышнеградский
L2: Л.И. Мандельштам, Н.Д. Папалекси
L3: А.М. Лётов
L4: А.А. Красовский
L5: В.А. Подчукаев
L6: В.А. Подчукаев
L7:Ю. Аккерман
L8: В.А. Подчукаев
L8: В.А. Подчукаев
R1: Постановка и решение задачи модального управления в трёхмерном пространстве
R2: Введение в рассмотрение интегральной квадратичной оценки
R3: Постановка и решение задачи аналитического конструирования оптимальных регуляторов с интегральным квадратичным критерием качества на основе матричного уравнения типа Риккати, трансформирующегося в матричное уравнение А.М. Ляпунова для замкнутой системы
R4: Постановка и решение задачи аналитического конструирования оптимальных регуляторов по критерию обобщённой работы на основе матричного уравнения А.М. Ляпунова
R5: Введение в рассмотрение уравнения типа Риккати с двумя квадратичными членами разных знаков (в зарубежных источниках - теория H_{∞} в пространстве состояний)
R6: Получение границы устойчивости по А.М. Ляпунову аналитически сконструированных систем посредством аналитического представления внешних воздействий на основе уравнения типа Риккати с двумя квадратичными членами разных знаков
R7: Аналитическое решение задачи модального управления в скалярном случае
R8: Принцип нелинейного включения, наделяющий производную от функции А.М. Ляпунова в матричных уравнениях Ляпунова, Риккати и уравнении В.А. Подчукаева явными признаками зависимости от коэффициентов характеристического уравнения (решение задачи оптимального модального управления)
R9: Аналитическое решение задачи модального управления в случае векторного управления

75.

I:
S: Датчик – это преобразователь физической величины (часто неэлектрической) в ############ сигнал.
+: электрический

76.

I:
S:Задача наблюдения (восстановления вектора состояний) решается так же, как и задача стабилизации на основании принципа ##########
+: разделения

77.

I:

S: В основе синтеза матрицы G(x,t) параметров наблюдателя лежит ############# задач управления и наблюдения.
+: двойственность

78.

I:
S:Азбука задачи восстановления вектора состояний
L1:Исходные данные
L2:Принцип разделения
L3:Двойственность задач управления и наблюдения
R1:
1. Уравнения движения объекта управления

$$\overset{g}{x} = [P(x,t)]x + [B(x,t)]u,\ \ x \in R^n,\ \ u \in R^m.$$

2. Уравнение измерителей

$$y = Dx.$$

3. Уравнение наблюдателя полного порядка

$$\dot{\bar{x}} = [P(\bar{x},t)]\bar{x} + [B(\bar{x},t)]u + [G(\bar{x},t)][y - D(\bar{x},t)\bar{x}].$$

4. Закон управления

$$u = [C^T(\bar{x},t)]\bar{x},\ \ \bar{x} \in R^n.$$

R2:
После записи исходных данных в векторно-матричной форме

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{\bar{x}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [P(x,t)] & [B(x,t)C^T(\bar{x},t)] \\ [G(\bar{x},t)D(x,t)] & [P(\bar{x},t)] + [B(\bar{x},t)C^T(\bar{x},t) - G(\bar{x},t)D(\bar{x},t)] \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \bar{x} \end{bmatrix}$$

выполняется замена переменных

$$\begin{bmatrix} x \\ e \end{bmatrix} = H \begin{bmatrix} x \\ \bar{x} \end{bmatrix},$$

где

$$e = x - \bar{x},\ \ H = H^{-1} = \begin{bmatrix} E_n & \Theta_n \\ E_n & -E_n \end{bmatrix}$$

(здесь e – ошибка восстановления вектора состояний), в результате которой объект принимает вид

$$\dot{x} = [P(x,t) + B(x,t)C^T(\bar{x},t)]x - [B(x,t)C^T(\bar{x},t)]e,$$

$$\dot{e} = [P\bar{x}(,t) + \{B(\bar{x},t) - B(x,t)\}C^T(\bar{x},t) - G(\bar{x},t)D(\bar{x},t)]e +$$

$$+\{[P(x,t) - P(\bar{x},t)] + [B(x,t) - B(\bar{x},t)]C^T(\bar{x},t) +$$

$$+G(\bar{x},t)[D(x,t) - D(\bar{x},t)]\}x,$$

откуда следует при $x = \bar{x}$

$$\dot{x} = [P(x,t) + B(x,t)C^T(x,t)]x - B(x,t)C^T(\bar{x},t)]e,$$

$$\dot{e} = [P(x,t) - G(x,t)D(x,t)]e.$$

Последнее уравнение называется уравнением асимптотической оценки.
R3: Асимптотическая устойчивость по А.М. Ляпунову уравнения асимптотической оценки влечёт за собой асимптотическую устойчивость уравнения

$$\dot{z} = [P^T(x,t) - D^T(x,t)G^T(x,t)]z,$$

которое можно рассматривать как замкнутую систему, полученную замыканием объекта управления

$$\dot{z} = [P^T(x,t)]z + [D^T(x,t)]v$$

регулятором $v = [G^T(x,t)]z$.

79.

I:

S: Законы управления, не меняющие тип уравнений замкнутой системы, по сравнению с разомкнутой, будем называть законами управления ########## структуры.

+: регулярной

80.

I:

S:Законы управления, которые меняют тип одного или нескольких уравнений замкнутой системы (по сравнению с разомкнутой) с дифференциального на алгебраический, называют законами управления ############## структуры.

+: сингулярной

81.

I:

S: Сингулярный регулятор следует выбирать из условия, чтобы однородное уравнение, соответствующее присоединённому уравнению А.Н. Тихонова, имело ######## правую часть.

+: нулевую

82.

I:

S: Множеством корректности (по А.Н. Тихонову) задачи АССР является множество сингулярных регуляторов, для которых однородное уравнение, соответствующее присоединённому уравнению А.Н. Тихонова, имеет ########## правую часть.

+: нулевую

83.

I:

S:Азбука решения задачи АССР

L1: Прямой метод решения задачи АССР

L2: Решение задачи АССР приведением к форме Крылова-Люенбергера

L3: Анализ корректности постановки задачи АССР

R1:

1. Исходные данные – модель объекта управления

$$\dot{x}_i = f_i(x,t) + b_j(x,t)u_j(x,t),\ \ x \in R^n,\ \ u \in R^m,\ \ i = \overline{1,n},\ \ j = \overline{1,m},$$

$$t \in [t_0, \infty),\ \ t_0 \geq 0,\ \ x(t_0) = x_0,$$

2. Идея решения

$$u_j(x,t) = \frac{1}{b_j(x,t)}[\dot{x}_i + \delta_j(x,t)]\ \ (i = \overline{1,n}),\ \ (j = \overline{1,m})$$

(превращение j-х дифференциальных уравнений замкнутой системы в алгебраические)

R2:

1. Исходные данные – модель объекта управления

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = -[h_n(v,t)]y_n + u, \\ \dot{y}_2 = -[h_{n-1}(v,t)]y_n + y_1, \\ \dot{y}_3 = -[h_{n-2}(v,t)]y_n + y_2, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dot{y}_{n-1} = -[h_2(v,t)]y_n + y_{n-2}, \\ \dot{y}_n = -[h_1(v,t)]y_n + y_{n-1}. \end{cases}$$

2. Алгоритм решения

$$u = \dot{y}_1 + [h_n(v,t)]y_n + [h_1(v,t)]y_n + y_n - y_{n-1}$$

3. Эффект:

а) замкнутая система превращается в систему с одним алгебраическим уравнением

$$\begin{cases} y_{n-1} = \{\lambda + [h_1(v,t)]\}y_n, \\ \dot{y}_2 = -[h_{n-1}(v,t)]y_n + y_1, \\ \dot{y}_3 = -[h_{n-2}(v,t)]y_n + y_2, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ \dot{y}_{n-1} = -[h_2(v,t)]y_n + y_{n-2}, \\ \dot{y}_n = \lambda y_n; \end{cases}$$

б) становится а-эквивалентной системе

$\dot{y}_{n-i} = g_i(\lambda, v, t)y_{n-i}, \ (i = \overline{2, n})$.

R3: Уравнение, в котором скомпенсирована производная правой части, записывается в виде присоединённого уравнения

$$\frac{dx_i}{d\tau} = g(x_i, \dots, t),$$

где τ - новая независимая переменная, x_i, t - параметры, $g(x_i, \dots, t)$ - правая часть i-го уравнения после подстановки в него закона управления сингулярной структуры.

Условие условной корректности (корректности в смысле А.Н. Тихонова задачи АССР)

$\dfrac{dx_i}{d\tau} = 0 \cdot x_i + \dots$

84.

I:

S: Определитель матрицы, составленной из двух пар линейно-независимых векторов типа $\int_0^{t_1} A(-\tau)A^T(\tau)d\tau$, принято называть определителем #######

+: Андреева-Грама

85.

I:

S:Азбука решения задачи финитного управления в непрерывном случае

L1:Исходные данные

L2:Идея решения

L3: Формализм решения в случае перевода в начало координат

L4: Формализм решения в случае перевода в заданное конечное состояние

R1:

а) модель объекта управления

$$\dot{x} = Px + Bu, \ x \in R^n, \ u \in R^m,$$

б) заданное начальное состояние $x(0) = x_0$;

в) заданное конечное состояние $x(t_1) = \overline{0}_n$ в заданный момент $t_1 > 0$.

R2:

Синтез закона управления, организованного по принципу программного управления в виде

$$u = C^T z, \ z \in R^n, \text{ где } \dot{z} = Pz, \text{ то есть } u = C^T \exp(Pt)z(0).$$

R3:

$$z(0) = -\begin{bmatrix} C^T \\ C^T P \\ \cdots\cdots \\ C^T P^{k-1} \end{bmatrix}^{-1} \left[\int_0^{t_1} A(-\tau) A^T(\tau) d\tau\right]^{-1} [B, PB, \ldots, P^{k-1}B]^{-1} x(0).$$

R4:

$$z(0) = \begin{bmatrix} C^T \\ C^T P \\ \cdots\cdots \\ C^T P^{k-1} \end{bmatrix}^{-1} \left[\int_0^{t_1} A(-\tau) A^T(\tau) d\tau\right]^{-1} \times [B, PB, \ldots, P^{k-1}B]^{-1} [\exp(-Pt_1) x(t_1) - x(0)].$$

86.

I:

S:Азбука решения задачи финитного управления в дискретном случае

L1:исходные данные

L2:алгоритм программного управления

L3:алгоритм управления по принципу обратной связи

R1:

а) модель объекта управления

$$x[i+1] = Ax[i] + Lu_1[i],$$

в которой

$$A(T) = e^{PT}, \ L(T) = e^{PT} \int_0^T \exp(-P\tau) d\tau;$$

б) заданное начальное состояние x[0];

в) заданное конечное состояние x[k];

г) заданное время перехода kT.

R2:

$$U = \mathrm{col}\left\{u_1[k-1], u_1[k-2], \ldots, u_1[0]\right\}, \quad U \in R^{mk},$$

$$W(T) = \left[L(T), \quad A(T)L(T), \ldots, \quad A^{k-1}(T)L(T)\right],$$

$$U = W^{-1}\left\{x[k] - A^k x[0]\right\}$$

R3:

$$u_1[i] = D[i]x[i]$$

$$U = \begin{bmatrix} u_1[k-1] \\ u_1[k-2] \\ \cdots\cdots \\ u_1[0] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D[k-1]x[k-1] \\ D[k-2]x[k-2] \\ \cdots\cdots\cdots \\ D[0]x[0] \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} G[k-1]\{A^{k-1} + LG[k-2] + ALG[k-3] + \ldots + A^{k-2}LG[0]\}^{-1} x[k-1] \\ G[k-2]\{A^{k-2} + LG[k-3] + ALG[k-4] + \ldots + A^{k-3}LG[0]\}^{-1} x[k-2] \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ G[0]x[0] \end{bmatrix}$$

где $G[i] \ (i = \overline{0, k-1})$ находятся из равенства

$$\begin{bmatrix} G[k-1] \\ G[k-2] \\ \cdots\cdots\cdots \\ G[0] \end{bmatrix} x[0] = U = \begin{bmatrix} u_1[k-1] \\ u_1[k-2] \\ \cdots\cdots\cdots \\ u_1[0] \end{bmatrix} = W^{-1}\left(e^{FkT} - A^k\right)x[0]$$

87.

I:

S: Азбука решения задачи финитного управления с учётом ограничений

L1:Исходные данные

L2:Формализм принципа максимума

L3: Задача оптимального быстродействия

L4: Задача на оптимум расхода топлива

L5: Задача управления конечным состоянием

L6: Задача на минимум расхода энергии

R1:

а) модель объекта управления

$$\dot{x}_i = f_i(x, u, t), \ \ x \in R^n, \ \ u \in R^m$$

б) заданное начальное состояние $x(0) = x_0$;

в) заданное конечное состояние $x(t_1) = \overline{0}_n$ в заданный момент $t_1 > 0$;

в) заданный функционал

$$\Im = \int_{t_0}^{t_1} f_0(x, u, t)dt \ ;$$

г) заданные ограничения на управления

$$|u_i(t)| \le M \ \ (i = \overline{1, m}),$$

где M – заданное положительное число.

R2:

а) расширение вектора состояний $\overline{x} = \mathrm{col}[x_0, x], \ \overline{x} \in R^{n+1}$, когда координата $x_0(t)$ характеризует текущее значение функционала

$$x_0(t) = \int_{t_0}^{t_1} f_0(x, u, t)dt \ ,$$

откуда следует

$$\dot{x}_0 = f_0(x, u, t), \ \ x_0(t_0) = 0, \ \ x_0(t_1) = \Im \ ;$$

б) введение вектора множителей Лагранжа $\lambda \in R^{n+1}$ для конструирования функции многих переменных, названной гамильтонианом

$$H(\lambda, \overline{x}, u, t) = \lambda^T F, \ \ F = \mathrm{col}[f_0(x, u, t), f_1(x, u, t), \ldots, f_n(x, u, t)] \ ;$$

в) необходимые условия экстремума

$$\frac{dH(\lambda, \overline{x}, u, t)}{dt} = \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial H}{\partial \lambda}\dot{\lambda} + \frac{\partial H}{\partial \overline{x}}\dot{\overline{x}} + \frac{\partial H}{\partial u} = 0 \, ,$$

откуда следует

$$\dot{\overline{x}} = \frac{\partial H}{\partial \lambda}, \ \ \dot{\lambda} = -\frac{\partial H}{\partial \overline{x}}, \ \ \frac{\partial H}{\partial u} = 0 \ ;$$

г) формализм принципа максимума

$$\frac{\partial H}{\partial u} = 0 \, , \lambda_0 = -1 \, ,$$

которое можно трактовать как необходимое условие экстремума (максимума) составляющей гамильтониана, зависящей от управлений.

R3:

Функционал

$$\Im = \int_{t_0}^{t_1} dt = t_1 - t_0, \quad f_0(x, u, t) = 1 .$$

Формализм

$$u_i(t) = M \times \mathrm{sign}\sum_{j=1}^{n} b_{ij}\lambda_i, \quad (i = \overline{1, m})$$

R4:

Функционал

$$\Im = \int_{t_0}^{t_1} \sum_{i=1}^{m} | u_i(t) | dt .$$

Формализм

$$u^* = dezq = \begin{cases} +1, \ q_i > 1 \\ 0, \ -1 < q_i < +1, \ (i = \overline{1, m}), \\ -1, \ q_i < -1 \end{cases}$$

где введено обозначение $q_i = \sum_{j=1}^{n} \lambda_j b_{ji}$.

R5:

Функционал

$$\Im = Q[x(t)] |_{t=t_1} .$$

Формализм

$$u_j(t) = M \times \mathrm{sign}\sum_{i=1}^{n} (\lambda_i - \frac{\partial Q}{\partial x_i}) b_{ij}, \quad (j = \overline{1, m}) .$$

R6:

Функционал

$$\Im = \int_{t_0}^{t_1} [x^T Q(t) x + u^T R(t) u] dt$$

Формализм

$$u(t) = \mathrm{sat}\{ \frac{1}{2} R^{-1}(t) B(t) \ \lambda \}$$

88.

I:
S: Адаптивной системой называется система автоматического управления, которая сохраняет ############# в условиях непредвиденного изменения свойств управляемого объекта, цели управления или условий окружающей среды посредством смены алгоритмов своего функционирования или поиска оптимальных состояний.
+: работоспособность

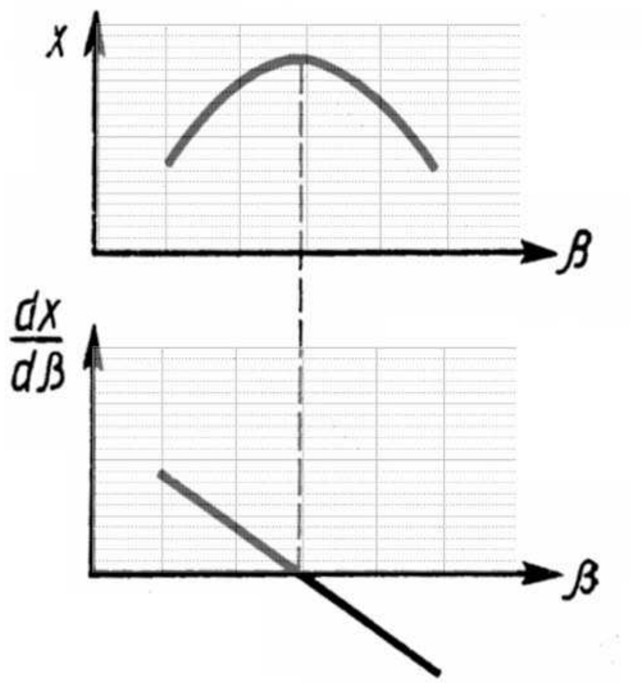
89.

I:
S: Классификация адаптивных систем
L1: по способам адаптации
L2: самонастраивающиеся системы (СНС)
L3: беспоисковые СНС
L4: методы организации поисковых СНС
R1:
1) самонастраивающиеся (СНС),
2) самообучающиеся
3) самоорганизующиеся.

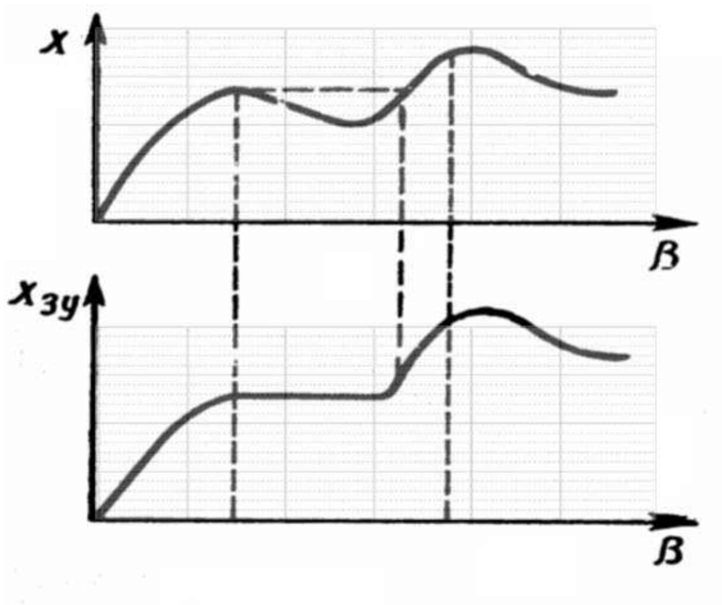
R2:
1) беспоисковые,
2) поисковые.
R3:
1) с эталонной моделью,
2) без эталонной модели.
R4:
1) метод измерения производной;
2) метод запоминания экстремума;
3) метод периодического поискового сигнала.

90.

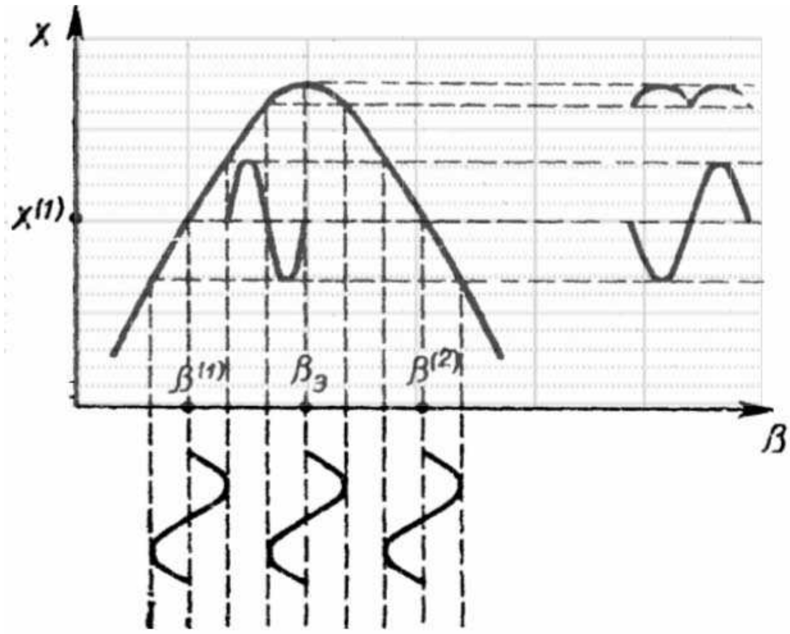
I:
S:Методы организации поисковых СНС
L1: метод измерения производной
L2: метод запоминания экстремума
L3: метод периодического поискового сигнала
R1:



R2:



R3:



91.

I:

S: Система унифицированных связей и сигналов, посредством которых устройства вычислительной системы соединяются друг с другом, называется ##########

+: интерфейсом

92.

I:

S:Мультиплексор - ###########

+: переключатель

93.

I:

S:Правильная последовательность проектирования регулятора

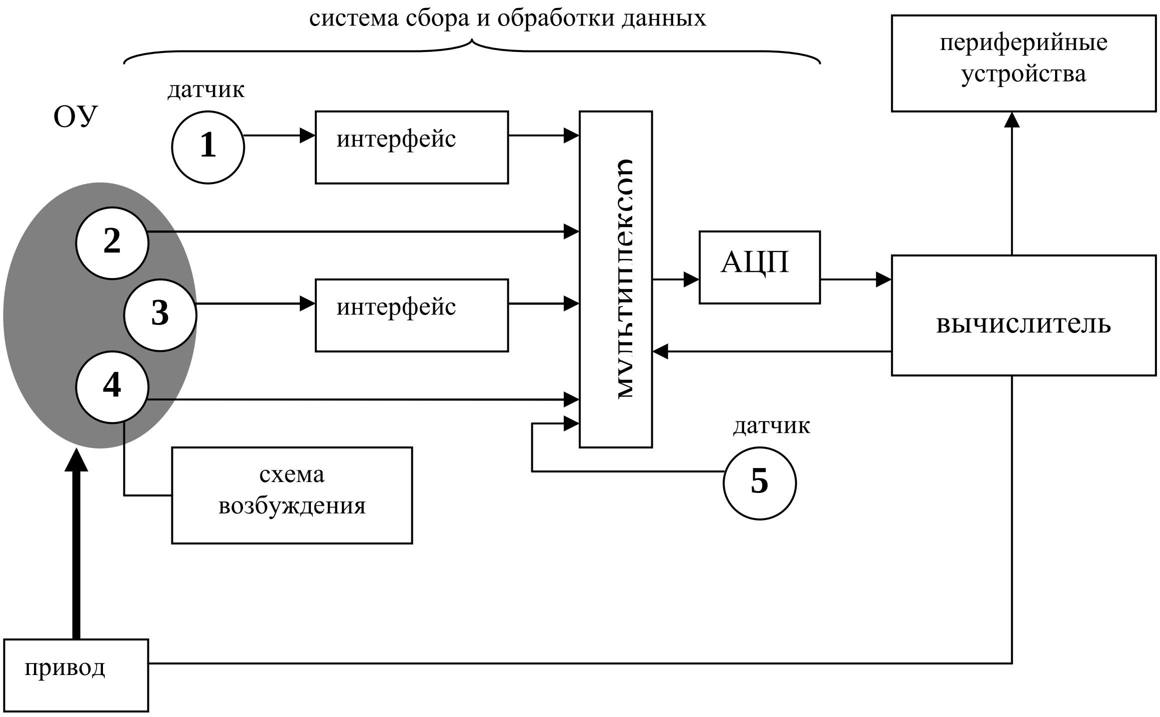
1: синтез (техническая реализация) системы сбора и обработки данных

2: синтез (техническая реализация) регулятора

3: синтез (техническая реализация) периферийных устройств.

94.

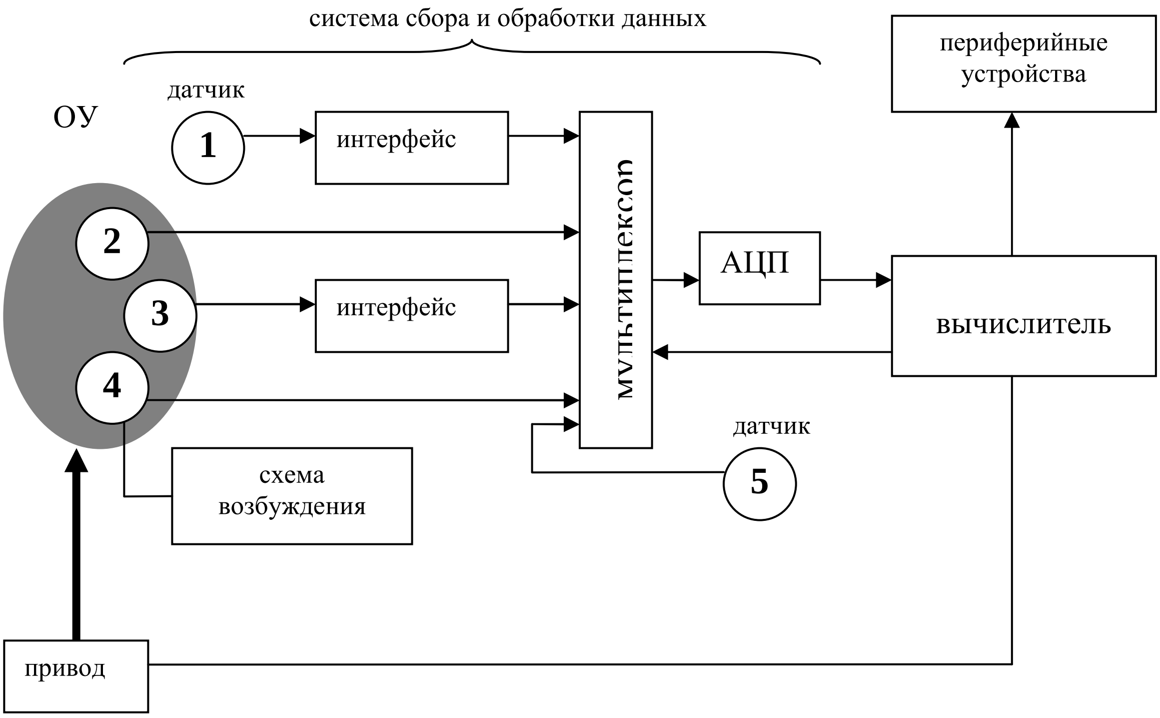
I:
S:
Активный датчик системы сбора и обработки данных имеет номер #####



+: 4

95.

I:
S:Пассивные датчики системы сбора и обработки данных имеют номера #####



+: 1,2,3,5
+:1, 2, 3, 5

96.

I:

S: Назовём ########### упорядоченный набор из n символов $(a_1, \ldots, a_n)$, являющихся входами технической реализации закона управления

+: кортежем

97.

I:

S: Назовём ####### (образом) алгебраической суммы следующую матрицу размера kx(n+1), где k – число строк, равное количеству слагаемых в алгебраической сумме; (n+1) - количество столбцов

+: маской

98.

I:

S: Технической реализацией маски является ########

+: **сумматор**

99.

I:

S:Способы аналоговой реализации операций

L1:сложение

L2:вычитание

L3:умножение

L4:деление

L5:возведение в степень

L6:извлечение арифметического корня

L7:дифференцирование

L8:интегрирование

R1: неинвертирующий операционный усилитель

R2: инвертирующий операционный усилитель,

R3: логарифмический усилитель+линейный усилитель+экспоненциальный усилитель

R4: делитель, неинвертирующий операционный усилитель, инвертирующий операционный усилитель

R5: логарифмический усилитель+линейный усилитель+экспоненциальный усилитель

R6: логарифмический усилитель+линейный усилитель+экспоненциальный усилитель

R7:CR-цепь в ОУ

R8:RC-цепь в ОУ

100.

I:

S:Соответствие названий схемам операционных усилителей

L1:неинвертирующий ОУ

L2:инвертирующий ОУ

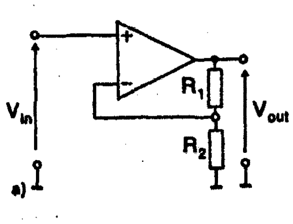
L3:логарифмический ОУ

L4:экспоненциальный ОУ

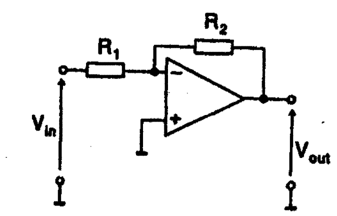
L5:дифференцирующий ОУ

L6:интерирующий ОУ

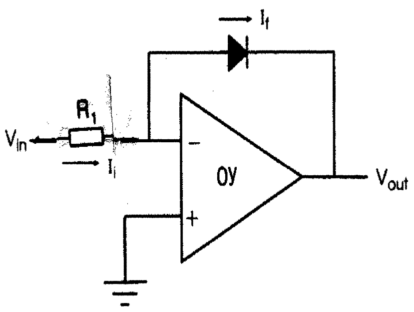
R1:



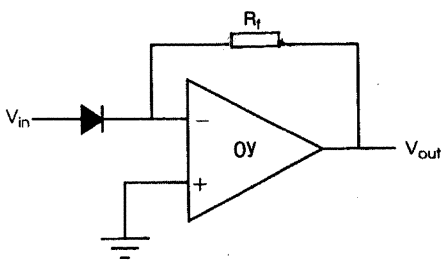
R2:



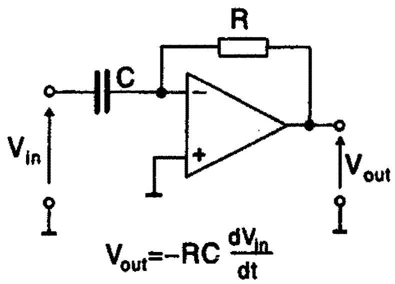
R3:



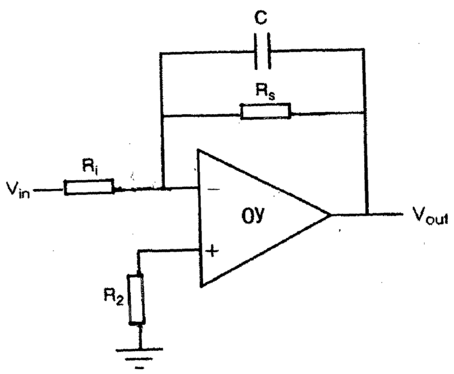
R4:



R5:



R6:



101.

I:

S:Форматы представления чисел в вычислителе - #######

+: с фиксированной запятой, с плавающей запятой

+: с фиксированной точкой, с плавающей точкой

+: с плавающей запятой, с фиксированной запятой
+: с плавающей точкой, с фиксированной точкой
+: с фиксированной и плавающей запятой
+: с фиксированной и плавающей точкой
+: с плавающей и фиксированной запятой
+: с плавающей и фиксированной точкой

102.

I:
S: Формат представления символов в компъютере имеет аббревиатуру - #######
+: ASCII

103.

I:
S: Базовый двойной формат стандарта с плавающей точкой IEEE-754 означает ##-битное представление двоичного числа
+: 64

104.

I:
S:Единица информации называется ####
+:бит
+:битом

105.

I:
S: **Машинное слово** кратно #####, содержащему 8 бит
+: байту

Содержание творческих заданий

Дано – вербальное описание процесса или явления окружающей действительности естественной или искусственной природы.

Требуется:

1) сконструировать его математическую модель;
2) выполнить системный анализ её свойств;
3) поставить и решить задачу либо стабилизации, либо финитного управления математической моделью;
4) поставить и решить задачу наблюдения;
5) промоделировать поведение синтезированной системы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. **Подчукаев В.А. Теория автоматического управления (аналитические методы)**: учебник. – М.: Физматлит, 2005. – 392 с.
2. Электронный ресурс http://www.ssau.int\analitik_c\
3. **Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления.** – М.: Лаборатория базовых знаний «Юнимедиастайл», 2002. – 832 с. (лабораторные работы в среде MATLAB).

Дополнительная литература

1. Автоматизированное **проектирование систем автоматического управления**/под редакцией В.В. Солодвникова. – М.: Машиностроение, 1990. – 322 с.
4. **Александров А.Г. Методы построения систем автоматического управления.** – М.: Издательство физико-математической литературы, 2008. - 232 с.
5. **Алексеев А.А., Имаев Д.Х., Кузьмин Н.Н., Яковлев В.Б. Теория управления**: учебник. – Спб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 1999. – 435 с.
6. **Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования.** – М.: Наука, 1972. – 708 с.
7. **Буков В.Н. Вложение систем. Аналитический подход к анализу и синтезу матричных систем.** – Калуга: Изд-во научной литературы Н.Ф. Бочкарёвой, 2006. – 720 с.
8. **Востриков А.С., Французова Г.А. Теория автоматического регулирования.** – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 364 с.
9. **Гайдук А.Р. Основы теории систем автоматического управления:** учебное пособие. – М.: УмиНЦ «Учебная литература, 2005. – 408 с.
10. **Колесников А.А. Синергетическая теория управления.** - Таганрог: ТРТУ, М.: Энергоатомиздат, 1994. – 344 с.
11. **Методы классической и современной теории автоматического управления**: учебник в 3-х т. Т.1: Анализ и статистическая динамика систем автоматического управления/ под редакцией Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2000. – 748 с.
12. **Методы классической и современной теории автоматического управления**: учебник в 3-х т. Т.2: Синтез регуляторов и теория оптимизации систем автоматического управления/ под редакцией Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2000. – 736 с.
13. **Методы классической и современной теории автоматического управления**: учебник в 3-х т. Т.3: Методы современной теории автоматического управления/ под редакцией Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2000. – 748 с.
14. **Подчукаев В.А. Аналитические методы теории автоматического управления.** – М.: Физматлит, 2002. – 256 с.
15. **Подчукаев В.А. Теория информационных процессов и систем**. – М.: Гардарики, 2007. – 207 с.
16. **Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределёнными параметрами**: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2003. – 299 с.

17. **Рапопорт Э.Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределёнными параметрами**: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2005. – 292 с.
18. **Савин М.М., Елсуков В.С., Пятина О.Н. Теория автоматического управления:** учебное пособие/под редакцией В.И. Лачина. – Ростов-на Дону: Феникс, 2007. – 469 с.
19. **Синергетика и проблемы теории управления**/под редакцией А.А. Колесникова. – М.: Физматлит, 2004. – 504 с.
20. Справочник по теории автоматического управления/под редакцией F/F/ Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
21. **Сю Д., Мейер А. Современная теория автоматического управления и её применение.** – М.: Машиностроение, 1971. – 552 с.

Рекомендуемые электронные ресурсы:

- Электронная библиотека СГАУ - http://library.sgau.ru
- WEB-сайт «Современные системы управления и среда MATLAB+Simulink http://www.prenhall.com/dorf
- Международная Федерация по автоматическому управлению (IFAC) http:// http://www.ifac-control.org/

Программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура), утвержденными приказом Минобрнауки России 16 марта 2011 г. № 1365, на основании паспорта и программы–минимум кандидатского экзамена по специальности 05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации.

Автор: доктор технических наук, профессор Подчукаев В.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии ФЭФ «02» ноября 2011 года, протокол № 2

Председатель УМК ФЭФ А.С. Волошина