

**БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ
«Сургутский государственный университет»**

Политехнический институт

**Демонстрационная версия экзаменационного задания
по направлению подготовки 27.06.01 Управление в технических системах**

1. Замену труда человека в рабочих операциях называют (*вставьте пропущенное слово*).

2. Совокупность технических средств - машин, орудий труда, средств механизации, выполняющих данный процесс, с точки зрения управления, является _____ (*вставьте пропущенное слово*).

3. Процессом управления называют совокупность _____ (*вставьте пропущенное слово*) необходимых для пуска, остановки объекта, а также для поддержания и изменения в требуемом направлении величин, характеризующих технологический процесс.

4. *Выберите несколько правильных ответов.* Философия и мировоззрение соотносятся следующим образом:
 - а) философия не имеет отношения к мировоззрению
 - б) философия есть мировоззрение
 - в) мировоззрение – часть философии
 - г) философия – рационально-теоретическая основа мировоззрения
 - д) философия – форма мировоззрения

5. Прерывание подпрограмм обработки прерываний – это _____ (*вставьте пропущенное слово*).

6. Неупорядоченная совокупность элементов, обладающих общим свойством – это _____ (*вставьте пропущенное слово*).

7. Синонимом понятия «таблица» в реляционной СУБД является _____ (*вставьте пропущенное слово*).

8. Основным понятием в объектно-ориентированном программировании является _____ (*вставьте пропущенное слово*).

9. Значение, передаваемое в функцию при ее вызове, называют _____ (*вставьте пропущенное слово*).

10. Регистры общего назначения микропроцессора предназначены для хранения (*выберите правильный ответ*):
 - а) оперативных данных
 - б) указателя стека
 - в) адреса начала программы
 - г) адреса возврата из подпрограммы

11. Машинный код команды формируется (*выберите правильный ответ*):
- а) по номеру алфавитного порядка команды
 - б) по частоте использования команды
 - в) случайным образом
 - г) по тематическим полям или разделам кода

12. Прямой доступ к памяти (*выберите правильный ответ*):
- а) используется в командах с режимом прямой адресации
 - б) подразумевает снятие ключа защиты данных
 - в) доступ пользователя к микросхемам памяти
 - г) предполагает доступ к памяти с использованием специализированного контроллера и без участия процессора

13. Контроллер приоритетных прерываний используется для (*выберите правильный ответ*):
- а) наблюдения за микропроцессором во время выполнения им подпрограммы обработки запросов на прерывания
 - б) организации информационного обмена с внешними устройствами без участия микропроцессора
 - в) фиксации запросов на прерывания от источников запросов, выбора наиболее приоритетного из них и формирования вектора перехода на подпрограмму
 - г) реализации системы аварийной остановки микропроцессора

14. Прерывание – это (*выберите правильный ответ*):
- а) временная приостановка деятельности микропроцессора
 - б) переключение процессора с выполнения текущей задачи на другую, более актуальную в данный момент времени
 - в) прекращение функционирования процессора
 - г) неустойчивая работа процессора

15. Синонимом понятия атрибут является (*выберите правильный ответ*):
- а) домен
 - б) поле
 - в) запись
 - г) кортеж

16. К основным свойствам отношений относится (*выберите правильный ответ*):
- а) количество атрибутов не может превышать количество кортежей
 - б) в отношении нет одинаковых кортежей
 - в) в отношении не может быть менее двух атрибутов
 - г) кортежи отношения имеют уникальное имя

17. Первичный ключ отношения (*выберите правильный ответ*):
- а) однозначно идентифицирует группу кортежей отношения
 - б) определяет количество атрибутов в отношении
 - в) всегда указывает на первый кортеж отношения
 - г) однозначно идентифицирует кортеж отношения

18. Классификации САУ по принципу ее организации (*выберите правильные ответы*):
- а) система управления по отклонению

- б) линейные системы
- в) системы управления по возмущению
- г) комбинированная система управления
- д) многомерные системы

19. Вставьте пропущенное слово.

АСУ, в которых параметры управляющих устройств или алгоритмы управления автоматически и целенаправленно изменяются для осуществления оптимального управления объектом, причем характеристики объекта или внешние воздействия на него могут изменяться заранее непредвиденным образом, называют _____

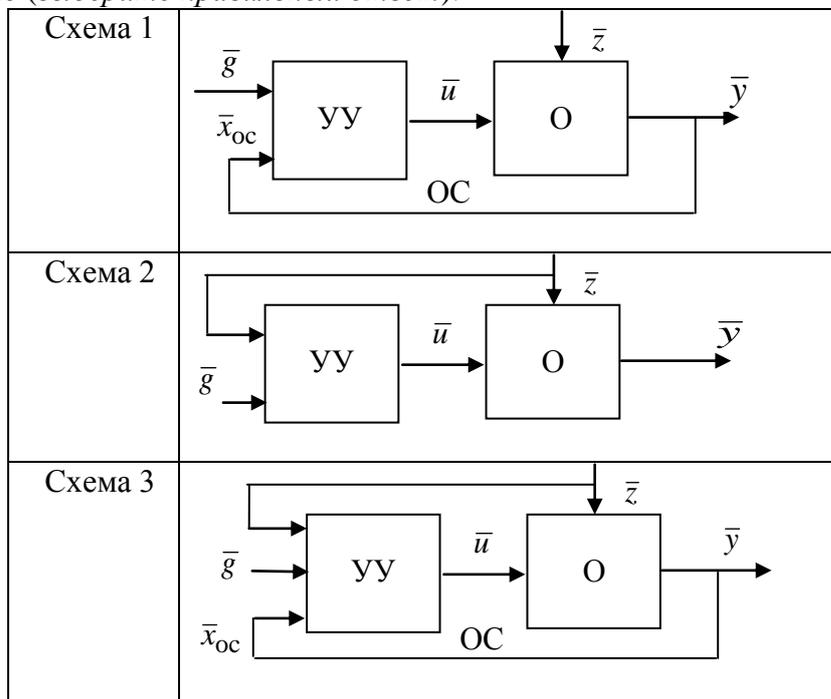
20. Вставьте пропущенные слова.

Систему, в которой все рабочие и управляющие операции выполняют автоматические устройства, называют _____

21. Вставьте пропущенные слова.

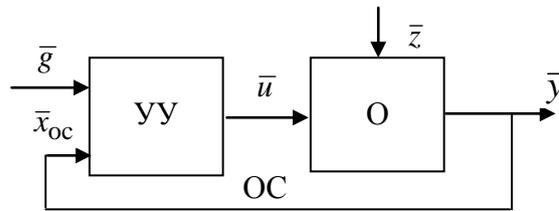
В том случае, когда автоматизирована только часть операций, другая же их часть (обычно наиболее ответственная) остается за людьми, называют _____

22. Какая из приведенных на рисунке структурных схем соответствует управлению по возмущению (выберите правильный ответ):



- а) Схема 1
- б) Схема 2
- в) Схема 1 и 2
- г) Схема 3
- д) Схема 2 и 3

23. На рисунке представлена система автоматического управления



Установите соответствие по представленной схеме:

\bar{g}	– это вектор выходных сигналов
\bar{u}	– это вектор задающего воздействия
\bar{y}	– это вектор возмущающего воздействия
\bar{z}	– это вектор управляющего воздействия
\bar{x}_{OC}	– это вектор сигналов обратной связи

24. Выберите правильный ответ

You are given the following lag element: $W(s) = \frac{k}{Ts + 1}$. The frequency response for this lag element is:

a) $H(\omega) = \frac{k}{jT\omega + 1}$ b) $H(\omega) = \frac{k}{\sqrt{jT\omega + 1}}$ c) $H(\omega) = \frac{k}{\sqrt{T\omega + 1}}$ d) $H(\omega) = \frac{k}{\sqrt{T^2\omega^2 + 1}}$

25. Элемент – это (выберите правильный ответ):

- а) некоторый объект, который обладает рядом важных для нас свойств, но внутреннее строение которого относительно к цели рассмотрения
- б) некоторый объект (материальный, информационный), который является составной частью большой системы
- в) некоторый объект, который обладает рядом важных для нас свойств, но внутреннее строение которого безотносительно к цели рассмотрения

26. В системном анализе выделяют (выберите правильные ответы):

- а) аппаратную реализацию
- б) декомпозицию
- в) методологию
- г) нет правильного ответа

27. В системном анализе выделяют (выберите правильный ответ):

- а) структуризацию
- б) построение модели
- в) практические приложения
- г) нет правильного ответа

28. Большая система – это (выберите правильный ответ):

- а) система, которая состоит из элементов разных типов и обладает разнородными связями между ними
- б) сложная система с определяющей ролью элементов двух типов: в виде технических средств, в виде действия человека
- в) система, которая включает значительное число однотипных элементов и однотипных связей

29. Сложная система – это (*выберите правильный ответ*):

- а) система, которая включает значительное число однотипных элементов и однотипных связей
- б) система, которая состоит из элементов разных типов и обладает разнородными связями между ними
- в) сложная система с определяющей ролью элементов двух типов: в виде технических средств, в виде действия человека

30. Автоматизированная система – это (*выберите правильный ответ*):

- а) система, которая включает значительное число однотипных элементов и однотипных связей
- б) система, которая состоит из элементов разных типов и обладает разнородными связями между ними
- в) сложная система с определяющей ролью элементов двух типов: в виде технических средств, в виде действия человека

31. Примером большой системы является (*выберите правильный ответ*):

- а) трубопровод
- б) ЭВМ
- в) океанский лайнер
- г) посадка самолета
- д) лесной трактор

32. Примером сложной системы является (*выберите правильный ответ*):

- а) трубопровод
- б) ЭВМ
- в) океанский лайнер
- г) посадка самолета
- д) лесной трактор

33. Примером автоматизированной системы является (*выберите правильный ответ*):

- а) трубопровод
- б) ЭВМ
- в) океанский лайнер
- г) посадка самолета
- д) лесной трактор

34. Пример материальной структуры – это (*выберите правильный ответ*):

- а) деление двигателя внутреннего сгорания на системы питания, смазки, охлаждения, передачи крутящего момента
- б) структурная схема сборного моста, которая состоит из отдельных собираемых на месте секций и указывает только эти секции и порядок их соединения
- в) алгоритм программного средства, указывающего последовательность действий, или инструкция, которая определяет действия при отыскании неисправности технического устройства

35. Пример функциональной структуры – это (*выберите правильный ответ*):

- а) деление двигателя внутреннего сгорания на системы питания, смазки, охлаждения, передачи крутящего момента
- б) структурная схема сборного моста, которая состоит из отдельных собираемых на месте секций и указывает только эти секции и порядок их соединения

в) алгоритм программного средства, указывающего последовательность действий, или инструкция, которая определяет действия при отыскании неисправности технического устройства

36. Пример алгоритмической структуры – это (*выберите правильный ответ*):

- а) деление двигателя внутреннего сгорания на системы питания, смазки, охлаждения, передачи крутящего момента
- б) структурная схема сборного моста, которая состоит из отдельных собираемых на месте секций и указывает только эти секции и порядок их соединения
- в) алгоритм программного средства, указывающего последовательность действий, или инструкция, которая определяет действия при отыскании неисправности технического устройства

37. Ядром методологии считают (*выберите правильный ответ*):

- а) стандартные приемы моделирования принятия решения в сложной системе и общие способы работы с этими моделями
- б) научно-технические разработки и различные и различные задачи экономики
- в) принципы системного подхода

38. Аппаратная реализация включает (*выберите правильный ответ*):

- а) стандартные приемы моделирования принятия решения в сложной системе и общие способы работы с этими моделями
- б) научно-технические разработки и различные и различные задачи экономики
- в) принципы системного подхода

39. Практическое приложение включает (*выберите правильный ответ*):

- а) стандартные приемы моделирования принятия решения в сложной системе и общие способы работы с этими моделями
- б) научно-технические разработки и различные и различные задачи экономики
- в) принципы системного подхода

40. Альтернативы бывают (*выберите правильные ответы*):

- а) независимыми - альтернативы, любые действия с которыми (удаление из рассмотрения, выделение в качестве лучшей) не влияют на качество других альтернатив
- б) частично зависимые - альтернативы, при которых оценки одних альтернатив могут оказывают влияние на качество других, а могут и нет
- в) зависимые - альтернативы, при которых оценки одних альтернатив оказывают влияние на качество других

41. ЛПР – это (*выберите правильный ответ*):

- а) лицо, принимающее результат
- б) лицо, принимающее решение
- в) лицо, передающее решение

42. Задача называется статической, если (*выберите правильный ответ*):

- а) принятие решения происходит в наперед известном и не изменяющемся информационном состоянии
- б) информационные состояния в ходе принятия решения сменяют друг друга
- в) информационное состояние состоит из единственного физического состояния
- г) нет правильного ответа

43. Задача называется динамической, если (*выберите правильный ответ*):
информационные состояния в ходе принятия решения сменяют друг друга.

- а) принятие решения происходит в наперед известном и не изменяющемся информационном состоянии.
- б) информационное состояние состоит из единственного физического состояния.
- в) нет правильного ответа.

44. Задача называется определенной, если (*выберите правильный ответ*):

- а) информационные состояния в ходе принятия решения сменяют друг друга
- б) принятие решения происходит в наперед известном и не изменяющемся информационном состоянии
- в) информационное состояние состоит из единственного физического состояния
- г) нет правильного ответа

45. Задача называется неопределенной, если (*выберите правильный ответ*):

- а) информационные состояния в ходе принятия решения сменяют друг друга
- б) принятие решения происходит в наперед известном и не изменяющемся информационном состоянии
- в) информационное состояние содержит несколько физических состояний и ЛППР кроме их множества знает еще и вероятности каждого из этих физических состояний
- г) нет правильного ответа

46. *Выберите несколько правильных ответов:*

The main qualities of experts:

- а) Individualism
- б) Competence
- в) Conformism
- г) Subjectivity
- д) Mindfulness

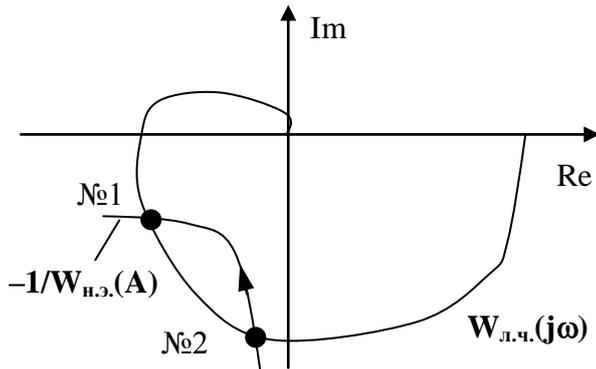
47. Линейной или нелинейной является система с входом x и выходом y , описываемая дифференциальным уравнением:

$$T^2 \frac{d^2 y}{dt^2} + 2\xi T \frac{dy}{dt} + y = k_1 x + k_2 \frac{dx}{dt}$$

(*выберите правильный ответ*):

- а) эта система линейная
- б) эта система нелинейная
- в) мало данных

48. На рисунке приведена АФЧХ линейной части НСАУ $W_{л.ч.}(j\omega)$ и характеристика $-1/W_{н.э.}(A)$ нелинейного элемента.



Точка № 1 пересечения $W(j\omega)$ и $-1/W_{н.э.}(A)$ соответствует случаю, когда НСАУ является (выберите правильный ответ):

- а) неустойчива в малом и устойчива в большом
- б) неустойчива в большом и устойчива в малом
- в) устойчива в целом
- г) абсолютно устойчивой

49. Каков характер изменения во времени переменных у дискретных систем автоматического управления? (выберите правильный ответ):

- а) все переменные квантованы во времени
- б) все переменные квантованы по уровню
- в) все переменные квантованы по времени и уровню
- г) минимум одна внутренняя или выходная переменная квантована по уровню и времени

50. Ознакомьтесь с научной статьёй (см. Приложение) и ответьте на вопросы.

Почему нельзя увеличить коэффициент передачи системы, график привода переходной характеристики представлен на рис. 1 (1).

С какими проблемами сталкивается следящая система при отработки синусоидального воздействия (2).

Наблюдатель состояния решает задачу оценки (3).

Какую размерность имеет матрица коэффициентов системы (4).

Коэффициент демпфирования гидро двигателя авторами статьи обозначается (5)

Варианты ответов (1):

- а) Система находится на границе устойчивости;
- б) Система не устойчива;
- в) Система устойчива;
- г) Мало данных.

Варианты ответов (2):

- а) Имеет место вибрация исполнительного механизма;
- б) Останов сервопривода
- в) экспоненциальное нарастание ошибки слежения привода.

Варианты ответов (3):

- а) вектора состояния x_g ;
- б) Коэффициента передачи K ;
- в) матрицы A (коэффициентов линейной модели привода).

Варианты ответов (4):

- а) 4×4 ;
- б) 1×4 ;
- в) 4×1 .

Варианты ответов (5):

- а) ζ ;
- б) T_2 ;
- в) T_1 ;
- г) $K_u K_{pr}$.

УДК 004.438

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОГО СЛЕДЯЩЕГО
ПРИВОДА С ПОЛНЫМ НАБЛЮДАТЕЛЕМ СОСТОЯНИЯ В ПРОГРАММЕ
ANYLOGIC**

Мезенцев Константин Николаевич

Московский Автомобильно-дорожный Государственный технический университет
(МАДИ)

кандидат технических наук

доцент кафедры Автоматизированных систем управления, факультет Управления

Аннотация

В статье рассматриваются проблемы моделирования работы сервоприводов с наблюдателем состояния полного порядка. Приводится алгоритм расчета наблюдателя полного порядка.

Для проверки работоспособности привода с регулятором состояния по восстановленному вектору состояния используется модель, созданная в программе AnyLogic.

В модели привода наблюдатель состояния реализован в виде вычислителя, работающего параллельно с исполнительным механизмом привода. Вычисления параметров состояния привода наблюдатель выполняет по разностным уравнениям.

Ключевые слова: параметры состояния, наблюдатель, разностные уравнения, вектор состояния, восстановленный вектор состояния

**SIMULATION OF THE ELECTRO-HYDRAULIC SERVO DRIVE WITH FULL
OBSERVER STATUS IN THE ANYLOGIC SOFTWARE**

Mezentsev Konstantin Nikolaevich

Moscow State Automobile and road technical University (MADI)

candidate of technical Sciences

associate Professor of the Department of Automated control systems, faculty of Management

Abstract

The article deals with the problem of simulating the operation of the servo c observer of full order state. We present an algorithm for calculating a full order observer.

To test the drive performance with a state regulator from the reconstructed state vector using a model created in the AnyLogic Software.

The drive model state observer implemented as a calculator, operating in parallel with the actuator mechanism. Calculations drive status parameters observer performs difference equations.

Keywords: *parameters of state observer, difference equation, the state vector, the restored state vector*

Введение

Рассмотрим электрогидравлический следящий привод поступательного действия. Выходное звено привода должна обрабатывать задающий сигнал, изменяющийся по синусоидальному закону:

$$u_3 = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

Исполнительный механизм привода – цилиндр, управляемый серво золотником, обладает низким коэффициентом демпфирования. На рисунке 1 показана реакция привода на ступенчатое входное воздействие.

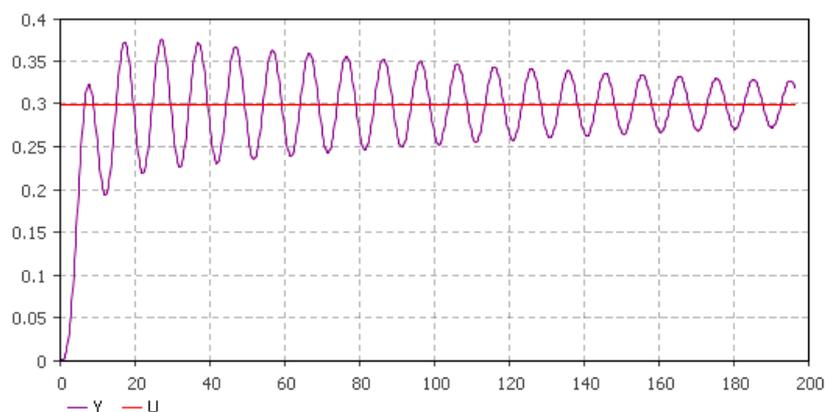


Рис.1. Реакция привода, переходный процесс

Реакция привода была получена в программе AnyLogic[2,3,4]. Из рисунка видно, что привод находится на границе устойчивости, следовательно дальнейшее увеличение коэффициента усиления регулятора привода по рассогласованию невозможно.

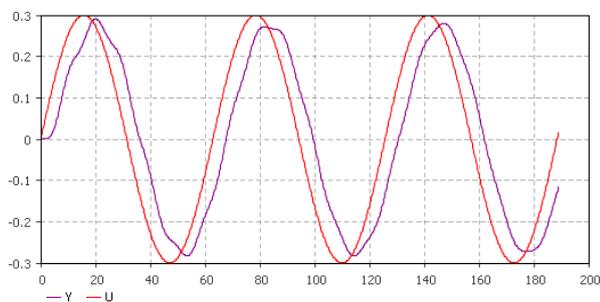


Рис. 2. Обработка входного задающего сигнала

График отработки проводом входного задающего сигнал синусоидальной формы приведен на рисунках 2 и 3.

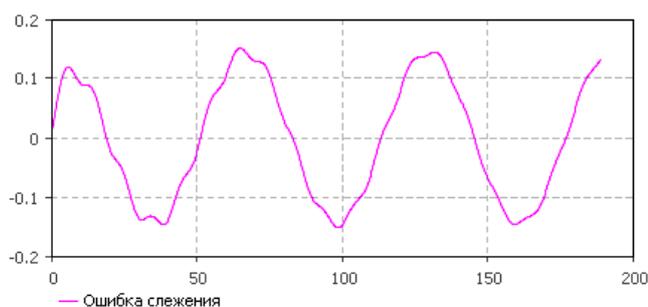


Рис. 3. Ошибка слежения привода

Как видно из графиков, обработка входного воздействия сопровождается колебаниями выходного звена. Имеет место вибрация исполнительного механизма, что для сервопривода недопустимо.

Регулятор состояния с наблюдателем

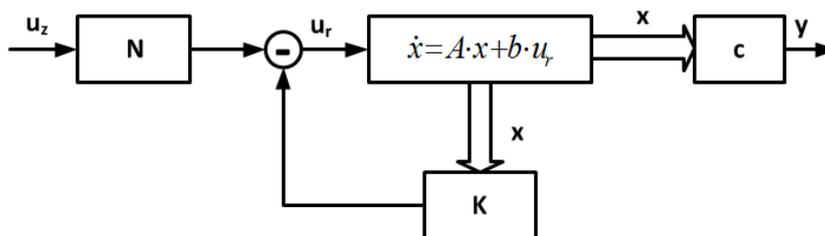


Рис. 4. Привод, замкнутый по состоянию

Для повышения качества обработки приводом задающего сигнала применим регулятор по состоянию привода [1,5]. Структурная схема привода с регулятором состояния показана на рисунке 4. На рисунке 4 приняты следующие условные обозначения: u_z – задающий сигнал, u_r – сигнал регулирования по состоянию, x – вектор состояния привода ($n \times 1$), y – перемещение выходного звена привода, c – вектор выхода размера $(1 \times n)$, A – матрица коэффициентов линейной модели привода ($n \times n$), b – вектор входа ($n \times 1$), K – вектор коэффициентов усиления регулятора состояния ($1 \times n$), N – коэффициент преобразования задающего сигнала для минимизации ошибки в стационарном режиме работы привода. Где n – число параметров состояния привода. Для нашего привода вектор состояния будет состоять из следующих параметров $\{x \ x' \ x'' \ x_3\}$. На рисунке 4 вектор состояния показан толстыми направленными стрелками. Параметры состояния x – перемещение выходного звена привода, x' – скорость выходного звена, x'' – ускорение выходного звена, x_3 – перемещение серво золотника.

Что бы реализовать управления приводом по состоянию необходимо получить – измерить перечисленные параметры состояния. Из требуемых параметров с приемлемой

точностью можно измерить только перемещение выходного звена.

Получить требуемую информацию можно с помощью вычислителя, работающего в контуре управления приводом. Такой вычислитель содержит математическую модель исполнительного механизма привода, на вход вычислителя подается два сигнала: перемещение выходного звена привода и напряжение, поступающее на обмотку электромеханического преобразователя серво золотника. На рисунке 5 показана структурная схема привода с наблюдателем состояния. Схема регулятора по восстановленному - вычисленному вектору состоянию показана на рисунке 6.

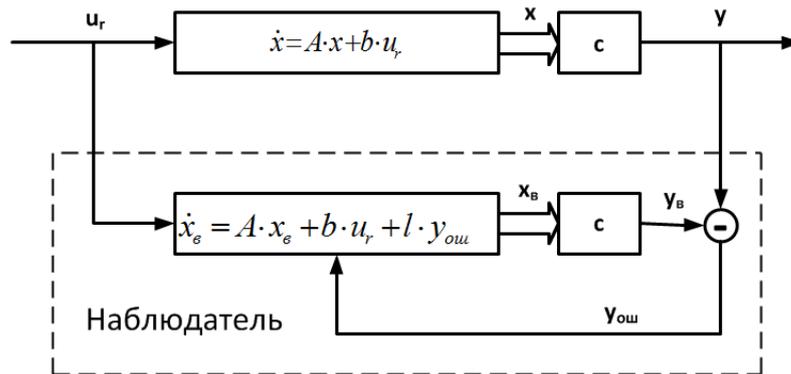


Рис. 5. Привод с наблюдателем состояния

Наблюдатель состояния, получив сигнал по перемещению y , сравнивает полученное значение с восстановленным расчетным y_v , полученное рассогласование используется наблюдателем уменьшения ошибки при расчете (восстановлении) вектора состояния привода. Величина сигнала рассогласования должна быть умножена на вектор коэффициентов усиления наблюдателя l .

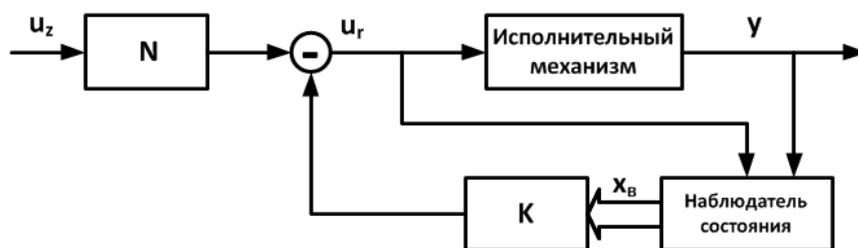


Рис. 6. Принципиальная схема регулирования с наблюдателем состояния

Восстановленный вектор состояния x_e наблюдателя должен преобразован в скалярный сигнал с помощью вектора коэффициентов усиления K по состоянию привода. Задающий сигнал должен быть отмасштабирован путем его умножения на коэффициент N , для устранения статической ошибки при отработке входного сигнала[5]:

$$N = (c(A - b \cdot K)^{-1} b)^{-1}$$

Расчет наблюдателя состояния

Определение параметров наблюдателя сводится к вычислению коэффициентов усиления вектора l . Определим эти коэффициенты, воспользовавшись алгоритмом приведенном в работе [6].

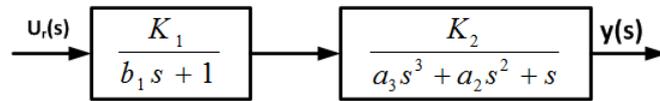


Рис. 7. Структурная схема разомкнутого привода

Составим матрицу системы в виде матрицы Фробениуса и вектор входа. Получим передаточную функцию разомкнутого привода (см. рис. 7), приведенную к виду:

$$W(s) = \frac{Ksp}{s^4 + c_3ps^3 + c_2ps^2 + c_1ps + c_0p}$$

Где:

$$Ksp = Ks/c_4$$

$$Ks = K_1K_2$$

$$c_3p = c_3/c_4; c_2p = c_2/c_4; c_1p = c_1/c_4; c_0p = c_0/c_4;$$

$$c_4 = a_3b_1; c_3 = a_2b_1 + a_3; c_2 = b_1 + a_2; c_1 = 1; c_0 = 0.$$

$$a_2 = 2\zeta T_2; a_3 = T_2^2; b_1 = T_1.$$

В формулах используются следующие условные обозначения: T_2 – постоянная времени гидро двигателя, T_1 – постоянная времени серво золотника, $K_1 = K_u$ – коэффициент усиления электромеханического преобразователя серво золотника, $K_2 = K_{rg}$ – коэффициент усиления гидро двигателя; ζ - коэффициент демпфирования гидро двигателя.

Матрица Фробениуса примет вид:

$$A_s = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -c_0p & -c_1p & -c_2p & -c_3p \end{pmatrix}$$

Вектор входа системы:

$$b_s = (0 \ 0 \ 0 \ 1)^T$$

Далее следует составить матрицу коэффициентов системы, и вектор входа которые соответствуют системе дифференциальных уравнений первого порядка, описывающих работу привода в соответствии с его структурной схемой.

$$\frac{dx_1}{dt} = x_2$$

$$\frac{dx_2}{dt} = x_3$$

$$\frac{dx_3}{dt} = -\frac{x_2}{T_2^2} - \frac{2\zeta \cdot x_3}{T_2} + \frac{Kpr \cdot x_4}{T_2^2}$$

$$\frac{dx_4}{dt} = -\frac{x_4}{T_1} + \frac{Ku \cdot u}{T_1}$$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -m_3 & -m_2 & m_1 \\ 0 & 0 & 0 & -m_4 \end{pmatrix}$$

$$b = (0 \ 0 \ 0 \ m_5)^T$$

Где:

$$m_1 = Kpr/T_2^2; \quad m_2 = 2\zeta/T_2; \quad m_3 = 1/T_2^2; \quad m_4 = 1/T_1; \quad m_5 = Ku/T_1$$

Тогда вектор коэффициентов усиления наблюдателя l определим в виде:

$$l = -1 \cdot p \cdot M$$

$$M = M_1 \cdot M_2^{-1}$$

$$M_1 = (bs \quad As \cdot bs \quad As^2 \cdot bs \quad As^3 \cdot bs)$$

$$M_2 = (c^T \quad A^T \cdot c^T \quad (A^T)^2 \cdot c^T \quad (A^T)^3 \cdot c^T)$$

$c = (1 \ 0 \ 0 \ 0)$ – вектор выхода системы.

Здесь p – вектор состоящий коэффициентов полинома числителя передаточной функции $W(s)$ и коэффициентов полинома, задающего желаемое поведение наблюдателя с точки зрения характера протекания в нем переходного процесса:

$$p = (al_0 - c_0p \quad al_1 - c_1p \quad al_2 - c_2p \quad al_3 - c_3p)$$

al_i – коэффициенты эталонного полинома[1]:

$$s^4 + al_3s^3 + al_2s^2 + al_1s + al_0$$

Наблюдатель состояния будет описываться системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dx_{1e}}{dt} = l_1(y - x_{1e}) + x_{2e}$$

$$\frac{dx_{2e}}{dt} = l_2(y - x_{1e}) + x_{3e}$$

$$\frac{dx_{3e}}{dt} = l_3(y - x_{1e}) - \frac{x_{2e}}{T_2^2} - \frac{2\zeta \cdot x_{3e}}{T_2} + \frac{Kpr \cdot x_{4e}}{T_2^2}$$

$$\frac{dx_{4e}}{dt} = l_4(y - x_{1e}) - \frac{x_{4e}}{T_1} + \frac{Ki \cdot u}{T_1}$$

Моделирование работы привода с полным наблюдателем

Оценку качества работы привода по восстановленному вектору состояния выполним с помощью модели, построенной в программе AnyLogic. Принципиальная схема модели показана на рисунке 8. Наблюдатель представляем собой вычислитель, работающий параллельно с исполнительным механизмом привода. Для сопряжения с регулятором состояния и приводом вычислитель-наблюдатель требует использования двух аналогово-цифровых преобразователей (АЦП). Первый преобразователь служит для задания сигнала в цифровом виде поступающего на вход исполнительного механизма. Это значение напряжения на электромеханическом преобразователе серво золотника. Второй сигнал – напряжение датчика, фиксирующего движение штока гидро двигателя.

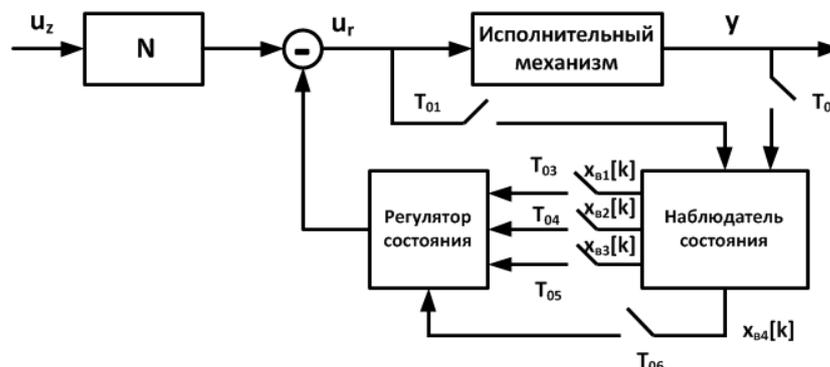


Рис. 8. Модель, привод с вычислителем параметров состояния

Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) служат для получения сигналов во восстановленным параметрам состояния: перемещение выходного звена гидро двигателя (x_1), скорость (x_2), ускорение (x_3), перемещение распределительного элемента серво золотника (x_4).

Вид модели AnyLogic показан на рисунке 9. Модель состоит из нескольких подсистем – активных классов:

- Динамическая система – модель исполнительного канала привода. (см. [5])
- Наблюдатель – модель наблюдателя состояния.
- Преобразователи: АЦП и ЦАП.

- Регулятор состояния - формирует регулирующее воздействие на привод (см. [5]).

Коммутация подсистем выполняется на базе динамических переменных AnyLogic.

В модели приняты следующие условные обозначения, приведенные в таблице 1.

Преобразователи

Активные классы АЦП и ЦАП представляют собой ключ дискретных преобразований, который работает по следующему алгоритму:

Начало

Если период = t_0 То

uk=flowInU

flowOutU=uk

Конец Если

Конец

Здесь uk – переменная преобразователя, замыкание – размыкание ключа выполняется с помощью элемента события – event. Событие выполняется циклически с периодом замыкания ключа t_0 .

Таблица 1

Перечень условных обозначений

№	Параметр/Параметры привода/регулятора состояния	Условное обозначение
1	Сигналы состояния исполнительного канала	X1(flowY),X2,X3,X4
2	Восстановленные наблюдателем сигналы состояния исполнительного канала	flowX1k (flowXe),flowX2k,flowX3k,flowX4k
3	Задающий сигнал с заданной амплитудой и частотой	flowUz(U)
4	Сигнал регулирования приводом	Ur
5	Входной сигнал АЦП (ЦАП)	flowInU
6	Выходной сигнал АЦП (ЦАП)	flowOutU
7	Входной сигнал наблюдателя, регулирующий сигнал привода	flowUk
8	Входной сигнал наблюдателя, сигнал по перемещению выходного звена привода	flowYk

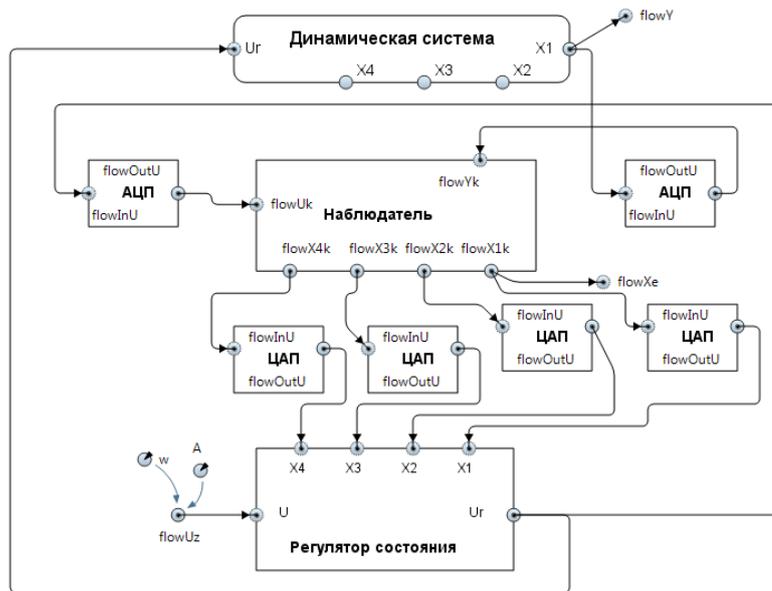


Рис. 9. Модель AnyLogic

Наблюдатель

Подсистема наблюдателя показана на рисунке 10. Модель состоит из параметров: коэффициенты усиления обратных связей наблюдателя \$(l_1, l_2, l_3, l_4)\$. Параметры исполнительного механизма следящего привода: \$(k_u, t_1, z, k_{pr}, t_2)\$.

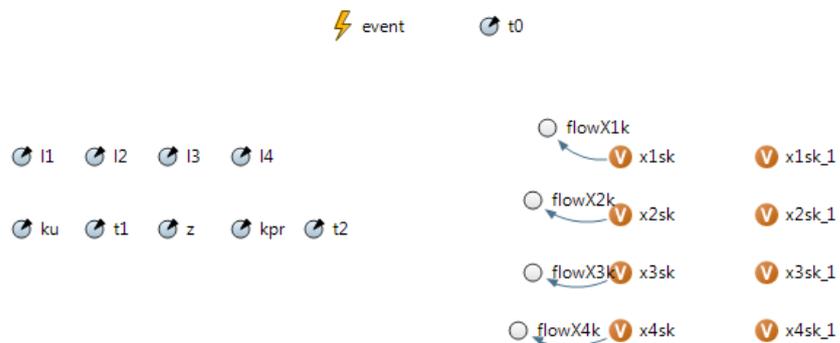


Рис. 10. Модель наблюдателя

Наблюдатель – вычислитель представляет собой систему разностных уравнений, полученных путем замены производных в левой части их дискретным аналогом:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{x[k] - x[k-1]}{T_0}$$

$$\frac{x_{1e}[k] - x_{1e}[k-1]}{t_0} = l_1(y[k] - x_{1e}[k]) + x_2[k]$$

$$\frac{x_{2e}[k] - x_{2e}[k-1]}{t_0} = l_2(y[k] - x_{1e}[k]) + x_3[k]$$

$$\frac{x_{3e}[k] - x_{3e}[k-1]}{t_0} = l_3(y[k] - x_{1e}[k]) - \frac{x_{2e}[k]}{T_2^2} - \frac{2\zeta \cdot x_{3e}[k]}{T_2} + \frac{Kpr \cdot x_{4e}[k]}{T_2^2}$$

$$\frac{x_{4e}[k] - x_{4e}[k-1]}{t_0} = l_4(y[k] - x_{1e}[k]) - \frac{x_{4e}[k]}{T_1} + \frac{Ku \cdot u[k]}{T_1}$$

Где $x_{iv}[k]$ – текущее значение производной, $x_{iv}[k-1]$ – значение производной на предыдущем такте работы вычислителя, $i=\{1..4\}$.

В модели использованы переменные, для хранения текущих и предшествующих значений параметров состояния наблюдателя. Приняты следующие условные обозначения:

$xisk$ – текущее значение параметра $x_{iv}[k]$, $xisk_1$ – предыдущее значение параметра $x_{iv}[k-1]$, где $i=\{1..4\}$, $event$ – простое событие AnyLogic, срабатывающее с периодом t_0 – период дискретизации модели.

С учетом введенных условных обозначений, код на языке Java наблюдателя примет вид:

```
x1sk_1=x1sk;
```

```
x2sk_1=x2sk;
```

```
x3sk_1=x3sk;
```

```
x4sk_1=x4sk;
```

```
x1sk=t0*(l1*(flowYk-x1sk)+x2sk)+x1sk_1;
```

```
x2sk=t0*(l2*(flowYk-x1sk)+x3sk)+x2sk_1;
```

```
x3sk=t0*(l3*(flowYk-x1sk)-x2sk/(t2*t2)-(2*z*x3sk)/t2+(kpr*x4sk)/(t2*t2))+x3sk_1;
```

```
x4sk=t0*(l4*(flowYk-x1sk)-x4sk/t1+(ku*flowUk)/t1)+x4sk_1;
```

Тестирование модели

Результат работы привода с наблюдателем состояния показан на рисунках 11, 12. Ошибка слежения определена как $d = flowUz - flowY$.

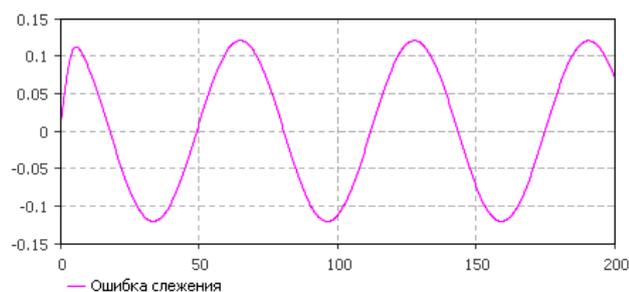


Рис. 11. Ошибка слежения, восстановленный вектор состояния

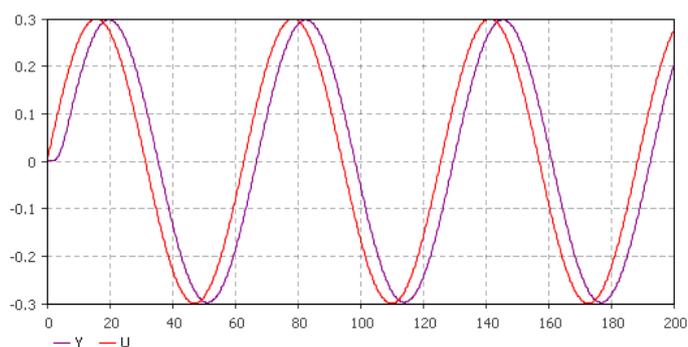


Рис. 12. Движение выходного звена привода, восстановленный вектор состояния

Анализ графиков позволяет сделать вывод, что привод отрабатывает задающее воздействие с заданным качеством. Вибрация при движении выходного звена отсутствует.

Выводы

Регулирование по состоянию позволяет получить требуемый режим обработки исполнительным механизмом привода заданного закона регулирования. Для реализации регулирования по состоянию требуется полная информация о векторе состояния привода. Получить эту информацию можно, используя вычислитель – наблюдатель, работающий параллельно с приводом. Для использования наблюдателя требуется получить два сигнала от исполнительного канала привода: сигнал, поступающий на вход привода (напряжения на обмотке электромеханического преобразователя серво золотника) и сигнал по перемещению выходного звена привода. Получение этих сигналов не представляет сложной технической задачи.

Программа AnyLogic позволяет провести моделирование работы привода на основе динамических переменных, и событий. Модель может быть разделена на подсистемы, результат моделирования представляется временными графиками.

Следует так же отметить, что AnyLogic может быть отнесен к разряду свободно реализуемого программного обеспечения, так как в настоящее время имеется учебная версия этой программы распространяемая бесплатно. Что снижает накладные расходы на моделирование технических систем.

Литература

1. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков. М.: Машиностроение, 1976. – 184с.
2. Мезенцев К.Н. Моделирование в примерах и задачах в среде AnyLogic /К.Н. Мезенцев. Lap LAMBERT Academic Publishing, 2013 – 205 с.
3. Мезенцев, К.Н. Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1. Учебное пособие. Часть 1. /Под редакцией Заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессора А.Б.Николаева/К.Н. Мезенцев // МАДИ (ГТУ), 2011. -105с.
4. Мезенцев, К.Н. Учебное пособие Моделирование систем в среде AnyLogic 6.4.1. Часть 2 /Под редакцией Заслуженного деятеля науки РФ, д.т.н., профессора А.Б.Николаева/К.Н. Мезенцев // МАДИ (ГТУ), 2011. - 112с.
5. Мезенцев К.Н. Моделирование работы в AnyLogic сервопривода с регулятором состояния // Автоматизация и управление в технических системах. – 2016. – № 1.
6. Справочник по теории автоматического управления/А. А. Красовский. М.: Наука. Гл. ред. физ. лит., 1987. - 712с.