

ОТЧЕТ

Лабораторная работа №6

По теме: «Синтез и исследование иерархической системы управления. Решение задачи координации по принципу согласования взаимодействий путем модификации целей»

Дисциплина: Компьютерные системы управления

Выполнил студент гр. 3540901/02001

Руководитель

(подпись)

(подпись)

Дроздов Н.Д.

Нестеров С. А.

«__»_____ 2021г.

Содержание

1. Исходные данные	3
2. Задание	3
3. Ход работы	3
Получение передаточной матрицы	Ошибка! Закладка не определена.
Поиск решения локальных задач ...	Ошибка! Закладка не определена.
Моделирование в среде Matlab	9
4. Выводы	9

1. Исходные данные

Объект первого порядка:

$$\begin{vmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -2 & 12 \\ -12 & -2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x_1 \\ x_2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} u_1 \\ u_2 \end{vmatrix}$$

Целевые функции:

$$\begin{cases} f_1 = (x_1 - 1)^2 + (x_2 - 1)^2 \\ f_2 = (x_1 - 2)^2 + (x_2 - 2)^2 \end{cases}$$
$$\alpha_1 = 0.2, \quad \alpha_2 = 0.8$$

2. Задание

- 1) Реализовать двухуровневую иерархическую систему управления. Для координации подсистем использовать принцип согласования взаимодействий путем модификации целей с нулевой суммой.

3. Ход работы

3.1 Формализация модели

Основным недостатком одноуровневого многоцелевого управления является необходимость ввода компромиссных решений для сведения многокритериальной задачи к однокритериальной. В случае многоуровневого управления принятие компромиссных решений производится на дополнительном вышестоящем уровне. В этом случае цель координации – обеспечение согласованных действий подсистем нижнего уровня для достижения глобальной цели. Координатор должен иметь возможность воздействовать на действия решающих органов локальных подсистем.

Координация по принципу согласования взаимодействий относится к типу координаций после принятия решений решающими органами локальных подсистем.

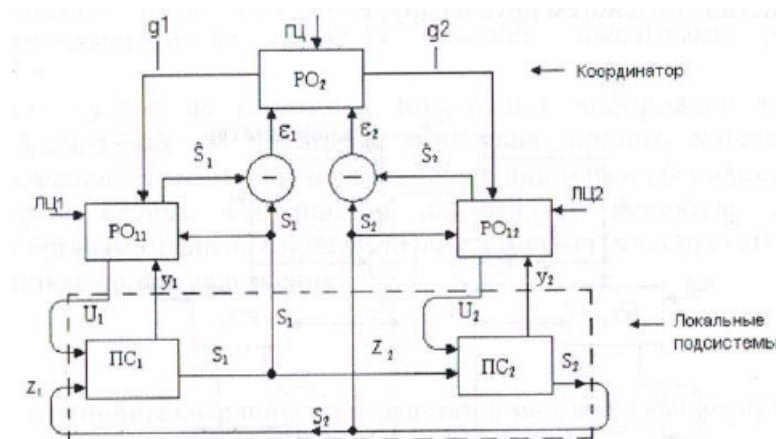


Рисунок 1 - Структурная схема многоуровневой системы управления по принципу согласования взаимодействий

Конфликты в иерархических системах управления могут возникать из-за несогласованного изменения связующих переменных отдельных подсистем. Способ модификации целей заключается в поиске таких модификаций локальных

целевых функций, чтобы связующие переменные изменялись в нужном направлении при неизменной глобальной целевой функции.

Считается, что задача локального управления на уровне подсистем решена, поэтому требуется только организация совместного управления. В качестве реализации подсистемы с регулятором возьмем полученные в 4 лабораторной работе результаты синтеза локального регулятора. В этом случае подсистемы будут иметь структуру:

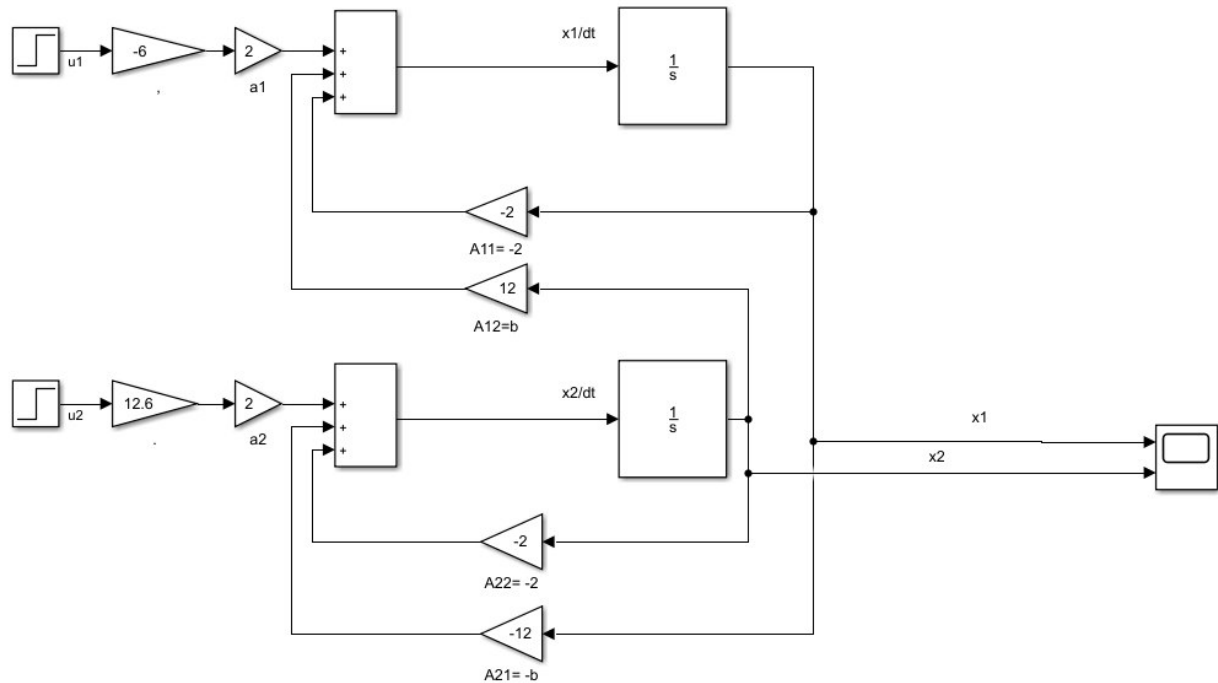


Рисунок 2 - Структурная схема системы управления

Далее определим формальную постановку задачи.

Глобальная целевая функция

Локальные цели:

$$f_1 = (x_1 - 1)^2 + (x_2 - 1)^2$$

$$f_2 = (x_1 - 2)^2 + (x_2 - 2)^2$$

С учётом весовых коэффициентов $f = 0.2 \cdot f_1 + 0.8 \cdot f_2$

С минимумом в точке $\{1.8, 1.8\}$

Записываем перекрёстное влияние подсистем:

$$\frac{12}{2} s_2 = 6 \cdot s_2 = z_1$$

$$\frac{-12}{2} s_1 = -6 s_1 = z_2$$

Записываем уравнения для каждой подсистемы:

$$s_1 - z_1 - u_1 = 0$$

$$s_2 - z_2 - u_2 = 0$$

Найдём экстремумы с учётом записанных условий в подсистемах:

$$L_0 = 0.2((x_1 - 1)^2 + (x_2 - 1)^2) + 0.8((x_1 - 2)^2 + (x_2 - 2)^2) + \mu_1(s_1 - z_1 - u_1) + \mu_2(s_2 - z_2 - u_2) + \rho_1(z_1 - 6 \cdot s_2) + \rho_2(z_2 + 6 \cdot s_1)$$

Тогда получаем Лагранжианы подсистем:

$$L_i(u_i, z, \mu_i, \rho_i) = f_i(z, u_i) + \mu_i(s_i - \varphi_i(u_i, z_i)) + \rho_i z_j - \rho_j c_{ij} s_i$$

$$L_1 = 0.2((z_1 + u_1 - 1)^2 + (0.16z_1 - 1)^2) + \mu_1(s_1 - z_1 - u_1) + \rho_1 \cdot z_1 + 6s_1 \cdot \rho_2$$

$$L_0 = 0.8((-0.16z_2 - 2)^2 + (z_2 + u_2 - 2)^2) + \mu_2(s_2 - z_2 - u_2) + \rho_2 \cdot z_2 - 6s_2 \cdot \rho_1$$

3.2 Синтез решающих органов первого уровня

В локальных подсистемах для нахождения экстремума при заданных ограничениях необходимо найти экстремум соответствующего Лагранжиана:

Для этого требуется решить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dL_i}{du_i} = 0 \\ \frac{dL_i}{dz_i} = 0 \\ \frac{dL_i}{d\mu_i} = 0 \\ \frac{dL_i}{ds_i} = 0 \end{cases}$$

При этом значения ρ_i являются модификаторами локальных целей и определяются на верхнем уровне.

```

1 - w=0.2;
2 - syms z1 z2 u1 u2 f1 f2 ;
3 - f1 = w*((z1+u1-1)^2+(0.16*z1-1)^2);
4 - f2 = (1-w)*((-0.16*z2-2)^2+(z2+u2-2)^2);
5 - syms s1 s2 m1 m2 p1 p2;
6 - syms L1 L2;
7 - L1 = f1 + m1*(s1-z1-u1) + p1*z1 +6*s1*p2;%
8 - L2 = f2 + m2*(s2-z2-u2) + p2*z2 - 6*s2*p1;
9 - display('Лагранжиан 1')
10 - diff(L1,u1)
11 - diff(L1,z1)
12 - diff(L1,s1)
13 - diff(L1,m1)
14 - display('Лагранжиан 2')
15 - diff(L2,u2)
16 - diff(L2,z2)
17 - diff(L2,s2)
18 - diff(L2,m2)

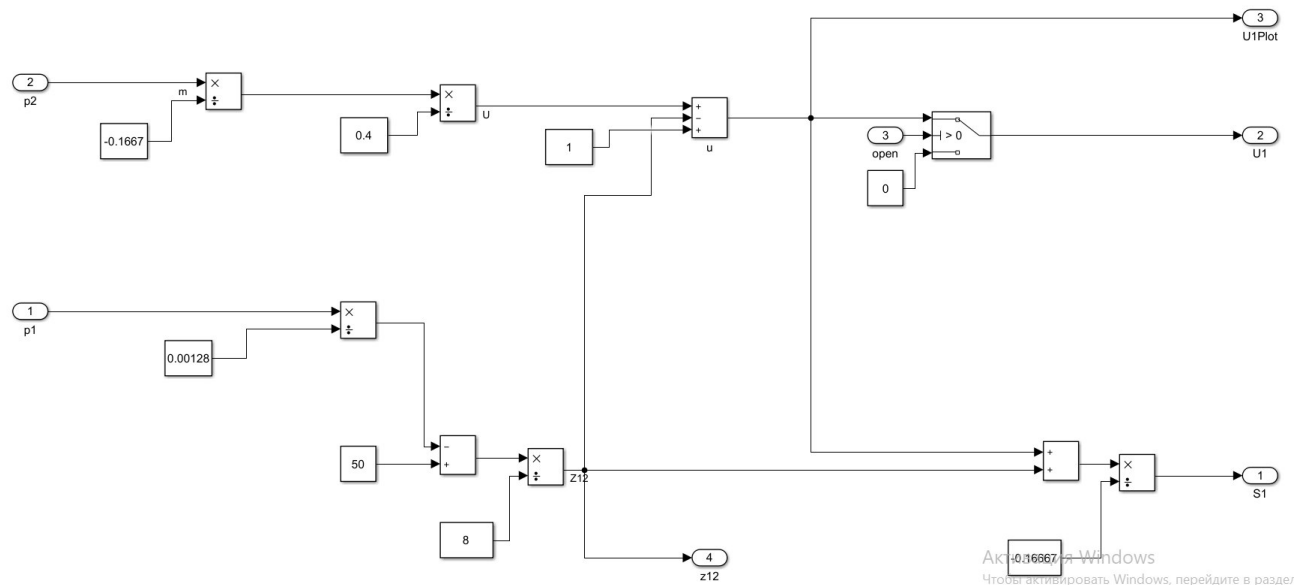
```

Рисунок 3 - Вычисление частных производных локальных Лагранжианов

Первая подсистема

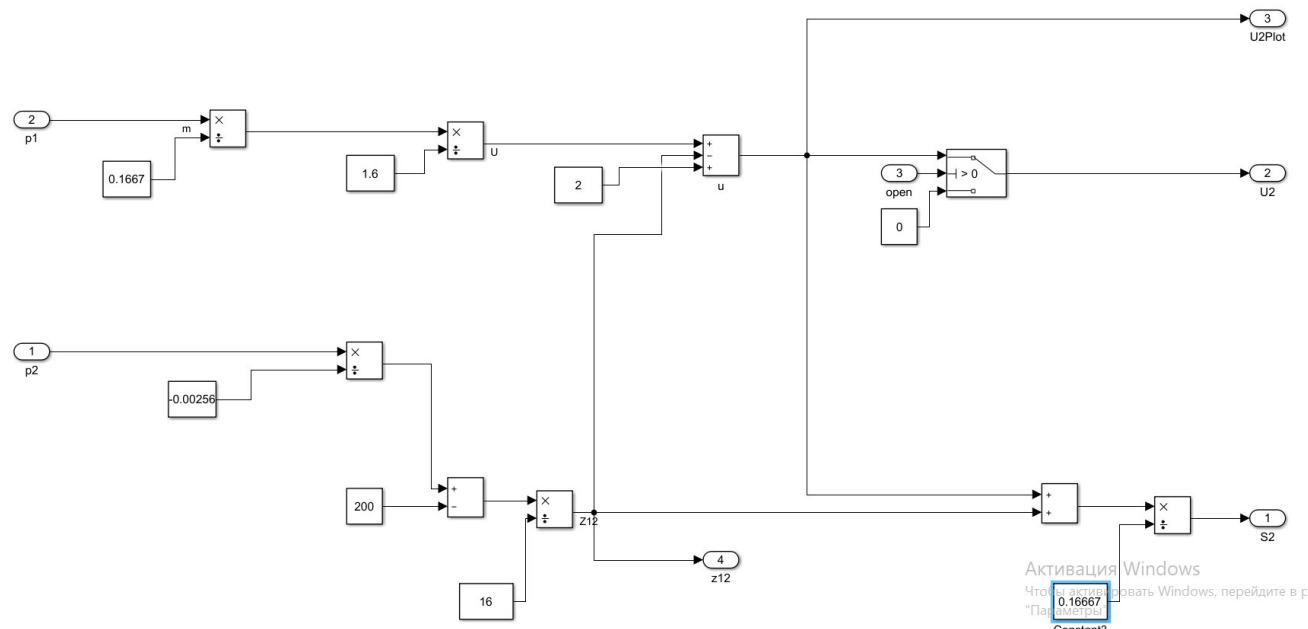
$$\begin{cases}
 \frac{dL_1}{du_1} \cdot 2.5 = -2.5\mu_1 + u_1 + z_1 - 1 = 0 \\
 \frac{dL_1}{dz_1} \cdot 2.5 = -2.5\mu_1 + u_1 + 1.03z_1 + 2.5\rho_1 - 1.16 = 0 \\
 \frac{dL_1}{ds_1} = \mu_1 + 6 \cdot \rho_2 = 0 \\
 \frac{dL_1}{d\mu_1} = s_1 - z_1 - u_1 = 0 \\
 u_1 = 2.5\mu_1 - z_1 + 1 \\
 z_1 = \frac{50 - 781.25\rho_1}{8} \\
 \mu_1 = -6 \cdot \rho_2 \\
 s_1 = u_1 + z_1
 \end{cases}$$

Соответствующая схема решающего органа первого уровня:



Вторая подсистема

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dL_2}{du_2} \frac{5}{8} = -\frac{5}{8} \mu_2 + u_2 + z_2 - 2 = 0 \\ \frac{dL_2}{dz_2} \frac{5}{8} = -\frac{5}{8} \mu_2 + u_2 + 1.03 \cdot z_2 + \frac{5}{8} \rho_2 - 1.68 = 0 \\ \frac{dL_2}{ds_2} = \mu_2 - 6 \rho_1 = 0 \\ \frac{dL_2}{d\mu_2} = s_2 - u_2 - z_2 = 0 \\ u_2 = \frac{5}{8} \mu_2 - z_2 + 2 \\ z_2 = \frac{-200 - \frac{3125}{8} \rho_2}{16} \\ \mu_2 = 6 \rho_1 \\ s_2 = u_2 + z_2 \end{array} \right.$$



Соответствующая схема решающего органа второго уровня.

3.3 Синтез решающих органов первого уровня

В локальных решающих органах для нахождения управляющего воздействия ищется экстремум локального Лагранжиана. Верхний уровень реализует поиск неопределенных множителей Лагранжиана ρ_1 и ρ_2 , которые обеспечивают согласование локальных подсистем, модифицируя их локальные цели. Поиск осуществляется методом наискорейшего спуска при учете выполнения условия:

$$\sum_i^n \Delta f_i() = \left| \sum_i^n \rho_i \left(z_i - \sum_j c_{ji} \hat{s}_j \right) \right| \leq \varepsilon,$$

где ε – допустимая величина отклонения оценки выхода подсистемы и реального выхода, \hat{s}_j – оценка выхода подсистем, получаемая с первого уровня системы управления.

Если условие не выполняется, то необходимо скорректировать значение ρ_i :

$$\Delta \rho_i = \pm \gamma \left(z_i - \sum_j c_{ji} \hat{s}_j \right); \quad \rho_i = \rho_i + \Delta \rho_i,$$

где γ – величина шага. Знак перед γ определяет направление градиентного спуска и зависит от знака \hat{s}_i , если \hat{s}_i принимает положительное значение, то знак плюс, если \hat{s}_i величина отрицательная, то знак минус.

Когда условие согласованности локальных и глобальных целей будет выполнено, на нижний уровень будет подан сигнал разрешения управления.

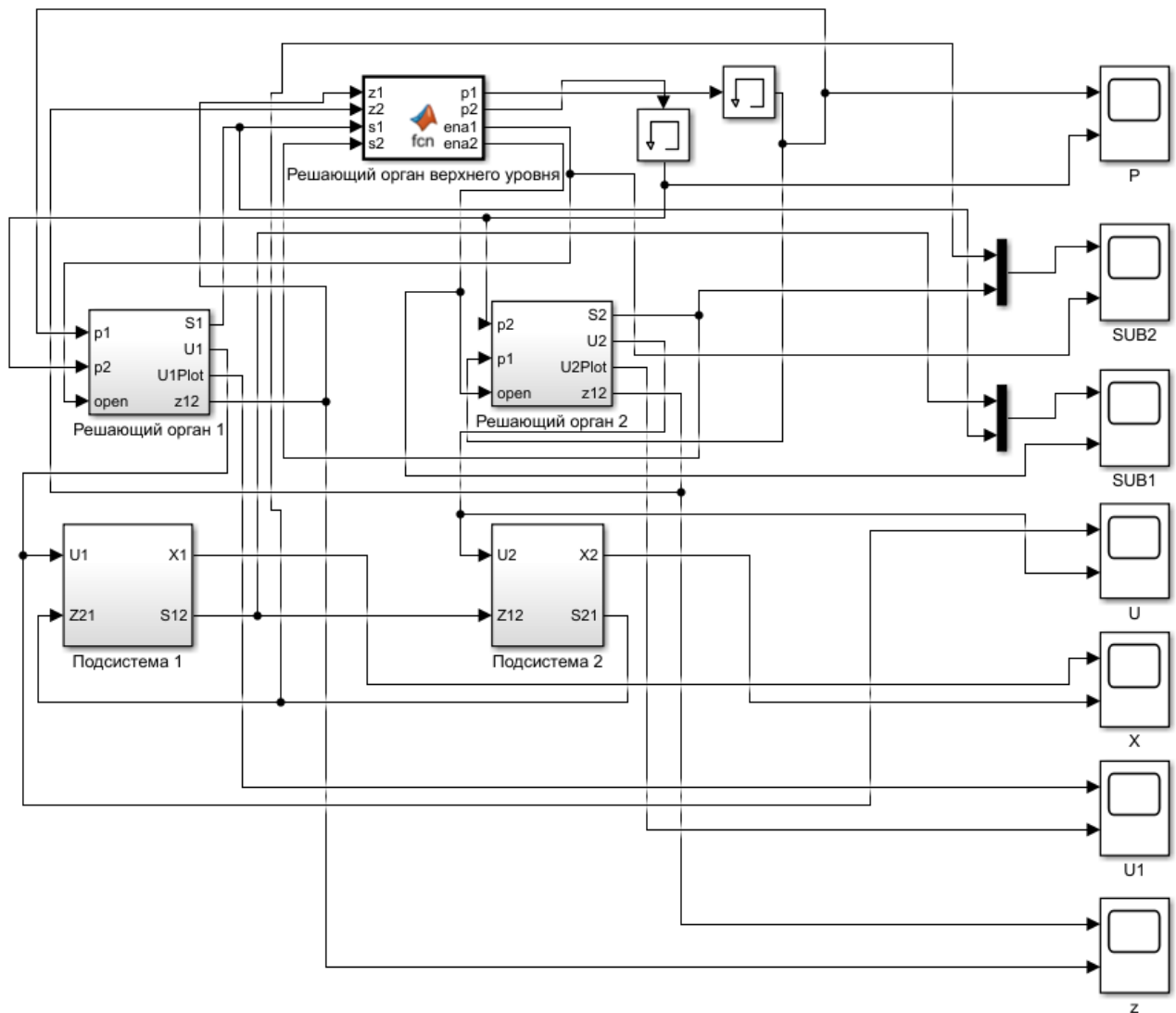


Рисунок 4 - Полная модель двухуровневой системы управления

3.4 Синтез решающих органов первого уровня

Перед началом моделирования требуется задать исходные данные: ε и γ . Величина шага спуска γ влияет на скорость сходимости решения, ε влияет как на отклонение решения от исходной глобальной цели, так и на скорость сходимости. Экспериментально были подобраны следующие значения:

$$\varepsilon = 0.005, \gamma = 0.0025$$

Динамика изменения связующих переменных ρ :

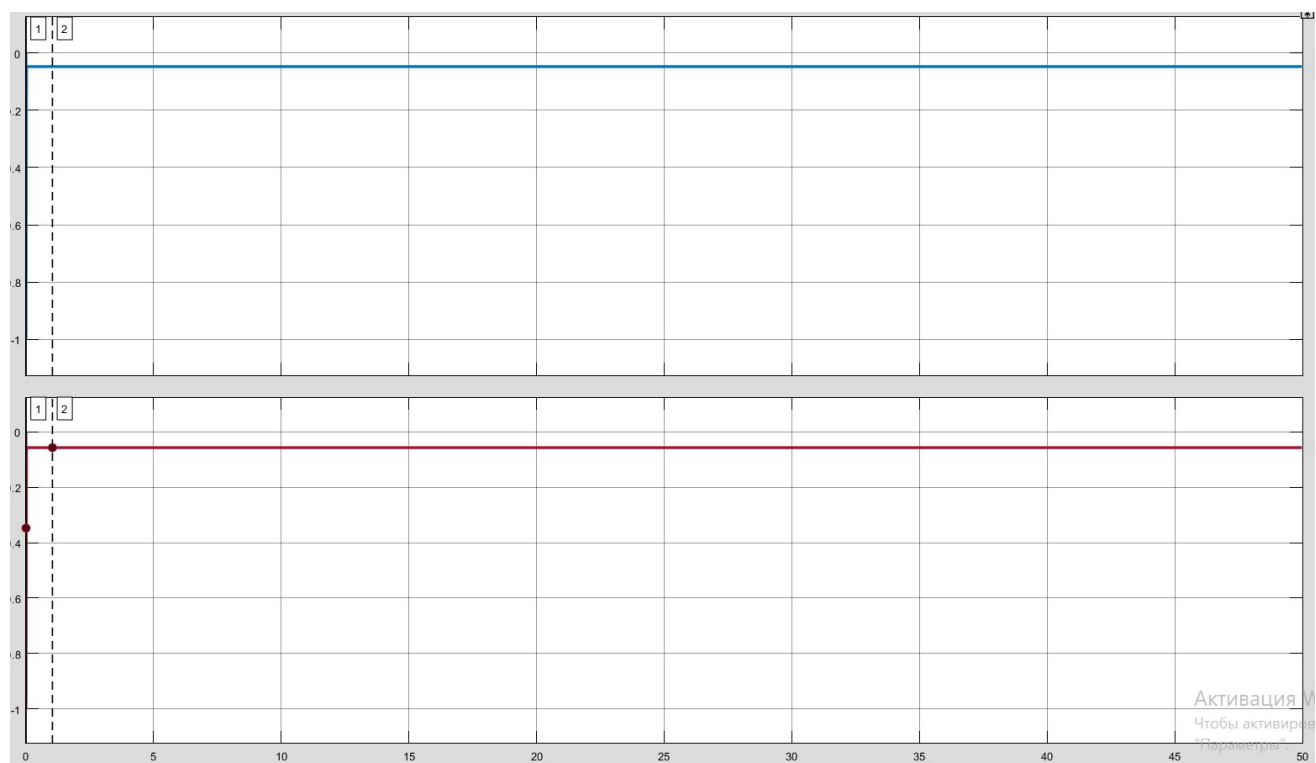


Рисунок 5 - Динамика изменения связующих переменных ρ при $\varepsilon = 0.001$, $\gamma = 0.0025$

Полученное решение:

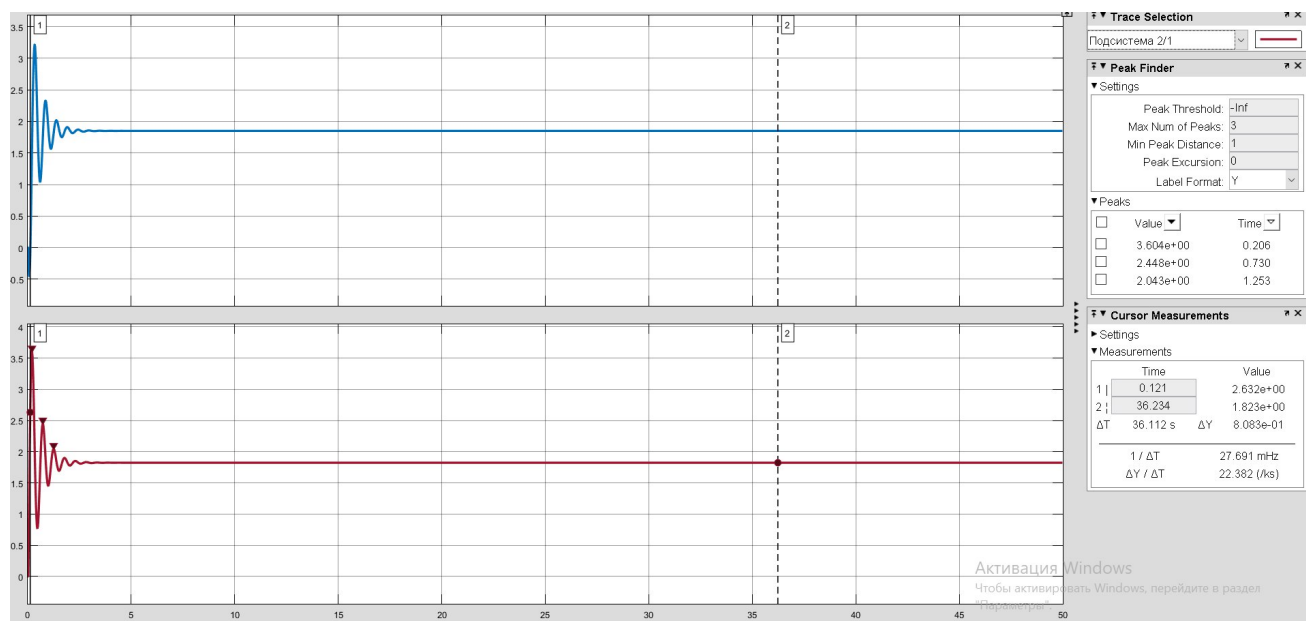


Рисунок 6 - Полученное решение при $\varepsilon = 0.001$, $\gamma = 0.0025$

$\varepsilon = 0.001$, $\gamma = 0.075$

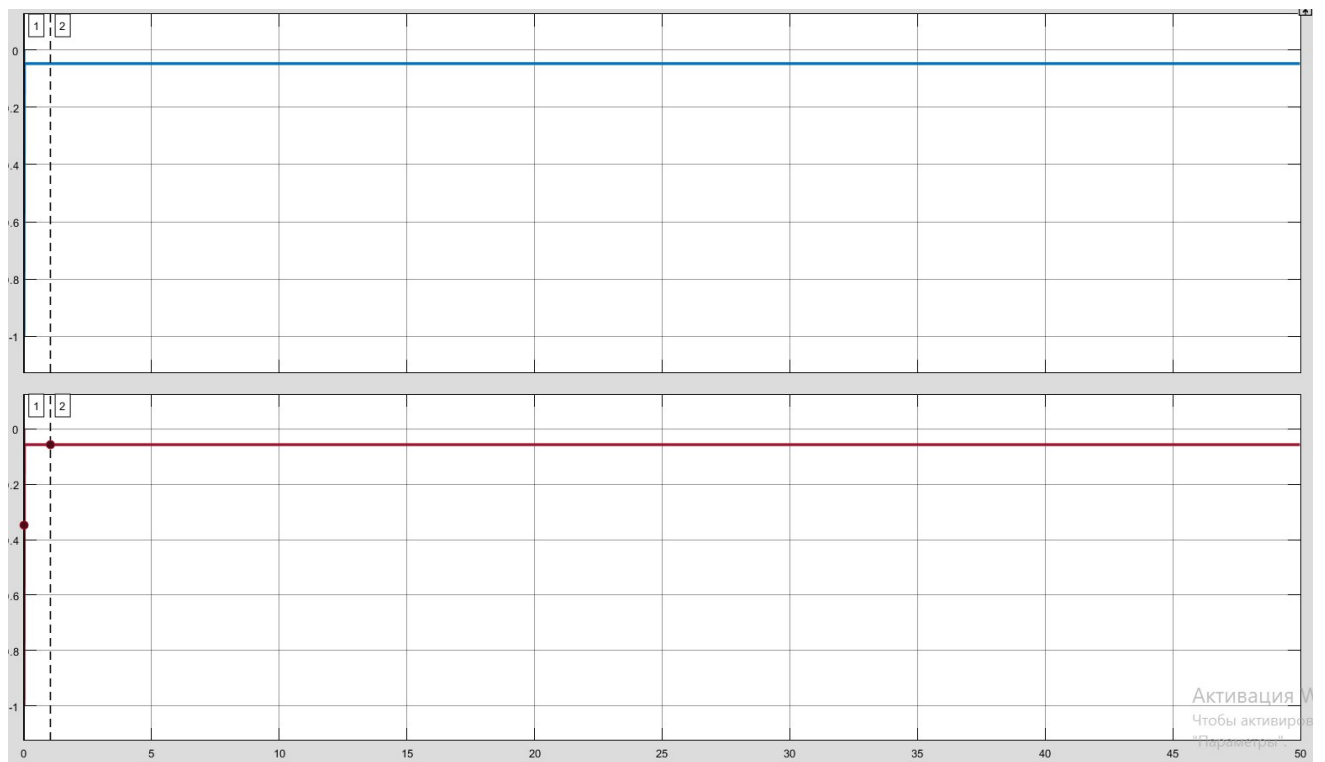


Рисунок 7 - Динамика изменения связующих переменных p при $\varepsilon = 0.001$, $\gamma = 0.075$

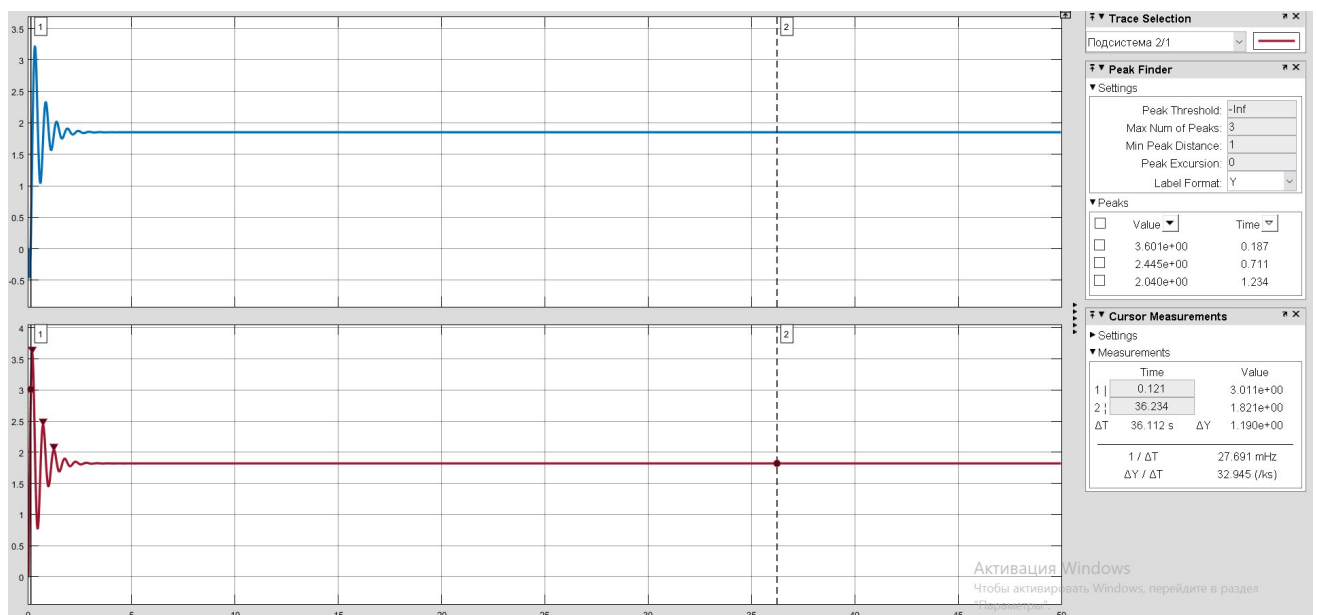


Рисунок 8 - Полученное решение при $\varepsilon = 0.001$, $\gamma = 0.075$

4. Выводы

Переход к многоуровневой системе управления позволил устранить необходимость введения компромиссных решений на этапе проектирования. Задача поиска компромисса и согласования работы подсистем в этом случае решается верхним уровнем. За счет этого стало возможным создать два независимых решающих органа, каждый из которых обеспечивает достижение локальной цели при учете согласующих переменных, вычисляемых координатором.

К недостаткам данного подхода можно отнести существенное усложнение структуры системы и продолжительный процесс поиска решения координатором.

Метод градиентного спуска, применяемый в координаторе, требует подбора двух параметров. При увеличении шага в градиентном спуске возможно достижение более высокой скорости поиска решения и более быстрого переходного процесса.