



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Институт информационных и вычислительных технологий

Кафедра управления и интеллектуальных технологий

Отчет по лабораторной работе №7

По курсу «Нейрокомпьютеры и их применение»

«Нейросетевая система управления нестационарным объектом»

Выполнили студенты: Михайловский Михаил, Озеров Сергей

Группа: А-03-21

Проверил: Колпинский Сергей Викторович

Москва 2024

Исходные данные

Будем работать с системой, показанной на следующей структурной схеме: рис. 1. Эта схема предназначена для выявления момента времени, когда параметры объекта изменяются.

Контур автоматического управления:

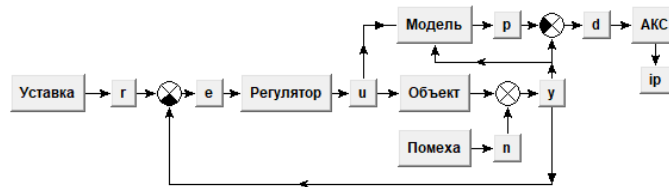


Рис. 1. Схема для выявления разладки объекта

Изначальные параметры объекта имеют следующий вид: рис. 2. Здесь и далее моделирование будет проводиться до 2000 отсчётов включительно.

Звено 2-го порядка	
$G^*(z) = K \frac{d_1 z^2 + d_2 z + d_3}{z^2 + d_4 z + d_5}$	
K	0.3
d1	1
d2	0
d3	0.1
d4	-0.8
d5	0.07

Рис. 2. Параметры объекта

Настройка алгоритма аккумулятивных сумм

Алгоритм основывается на анализе параметра ошибки идентификации объекта: d . Если параметры объекта изменяются, то изменяются параметры ошибки идентификации объекта. В данном случае алгоритм аккумулятивных сумм (АКС) обнаруживает проявление гетероскедастичности данного параметра, что свидетельствует об изменении параметров объекта.

Для настройки получим номинальное значение дисперсии ошибки идентификации: $D[d_0] = \sigma_0^2 = 0,0049$.

Также задаётся некоторая номинальная разладка, при которой объект имеет другие параметры. Для этого были заданы следующие параметры: рис. 3.

Звено 2-го порядка

$$G^*(z) = K \frac{d_1 z^2 + d_2 z + d_3}{z^2 + d_4 z + d_5}$$

K	0.4
d1	1
d2	0
d3	0.1
d4	-0.8
d5	0.07

Рис. 3. Параметры для номинальной разладки объекта

Итого, при таких параметрах объекта получаем следующую дисперсию ошибки идентификации объекта: $D[d_1] = \sigma_1^2 = 0,0448$.

Обнаружение разладки в объекте с ПИД

Рассматривается система с ПИД регулятором. На 1000 отсчёте параметры объекта изменяются в соответствии со следующими настройками: рис. 4.

Выбор	Имя	Тип	Параметры	От	До
<input type="checkbox"/>	Function1	Звено 2-го порядка	K=0.3 d1=1 d2=0 d3=0.1 d4=-0.8 d5=0.07	0	999
<input type="checkbox"/>	Function2	Звено 2-го порядка	K=0.3 d1=1 d2=0 d3=0.3 d4=-0.8 d5=0.07	1000	-1

Рис. 4. Настройки нестационарного объекта

При моделировании системы (рис. 5). визуальное различия между процессами в системе как до изменения параметров объекта, так и после не наблюдается.

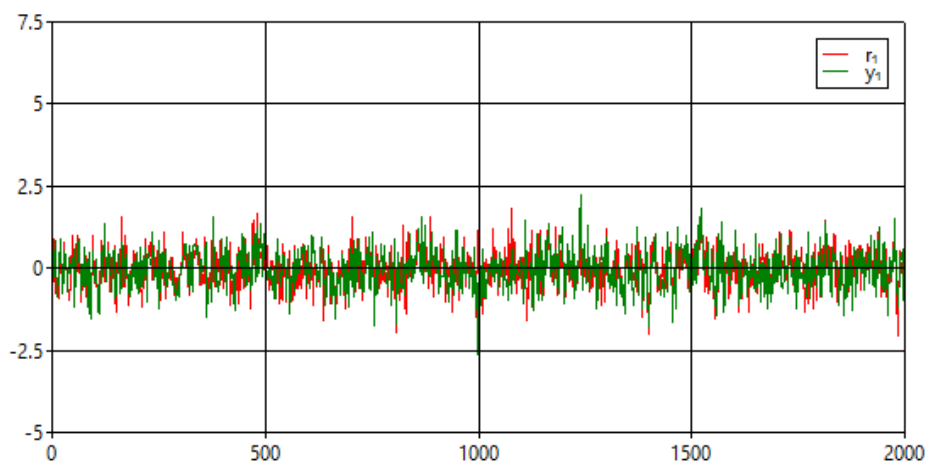


Рис. 5. Моделирование системы с изменяющимся объектом на 1000 отсчёте

Посмотрим какой вид имеет ошибка идентификации объекта: рис. 6. Здесь наличие гетероскедастичности визуально прослеживается. На 1000 отсчёте явно дисперсия увеличивается.

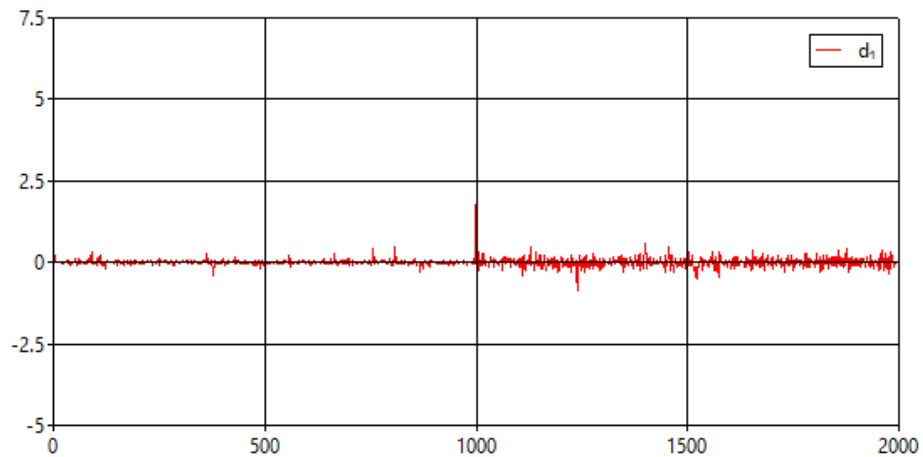


Рис. 6. График ошибки идентификации объекта

Значение изображающей точки $ip = S_i$ задаётся следующим выражением:

$$S_i = \begin{cases} 0, & i = 0 \\ \max \left\{ 0, -\frac{1}{2} \ln \frac{\sigma_1^2}{\sigma_0^2} - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sigma_1^2} + \frac{1}{\sigma_0^2} \right) d_i^2 \right\}, & i > 0. \end{cases}$$

Посмотрим на график значения изображающей точки: рис. 7. Начиная с 1000 отсчёта, данное значение приобретает явный монотонный характер. По нему можно определять момент, на котором изменились параметры объекта.

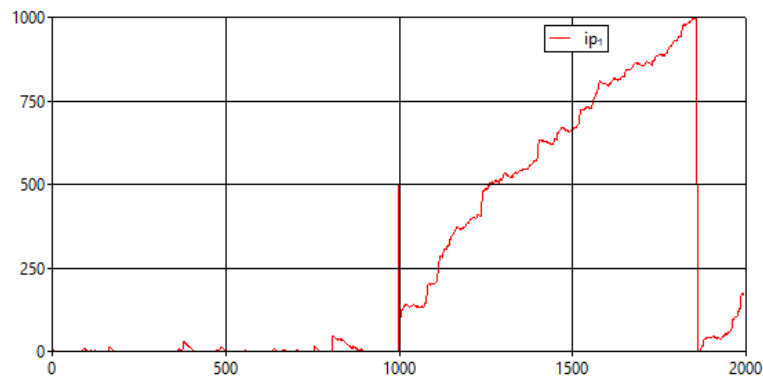


Рис. 7. График изображающей точки

Предельное значение S_i для обнаружения разладки

Так как выбор оптимального значения для предельного значения S_i является многокритериальной задачей оптимизации (по быстродействию и точности), то оптимального значения для оптимизации обоих критериев не существует в общем случае. Рассмотрим оптимальные значения для данных критериев по отдельности.

Наиболее быстрое обнаружение. Экспериментально было выбрано значение $S_{igr} = 30$. Работа алгоритма при нём показано на рис. 8. Итого разладка была обнаружена примерно за 12 отсчётов.

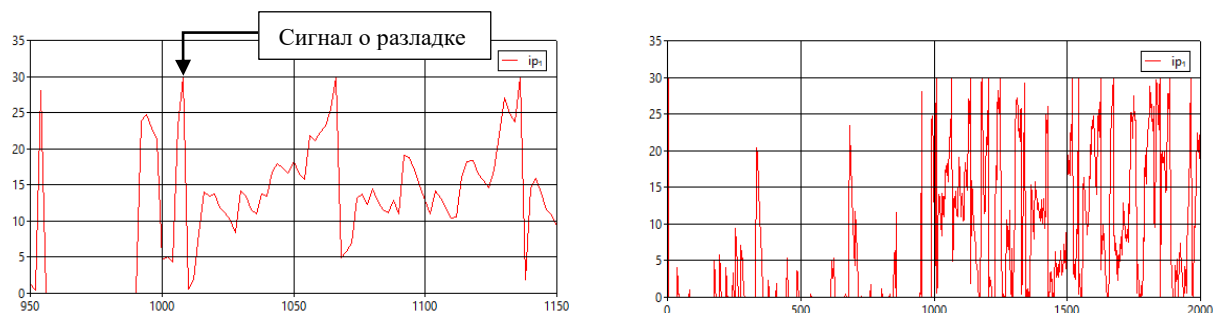


Рис. 8. Быстродействующее обнаружение разладки

Безошибочное обнаружение. После проведения множества моделирований объекта выявлено, что для номинального объекта значение изображающей точки в основном меньше 75 и в редких случаях доходит почти до 200. Было выбрано значение $S_{igr} = 200$. Работа алгоритма при нём показано на рис. 9. Итого разладка была обнаружена примерно за 280 отсчётов.



Рис. 9. Безошибочное обнаружение разладки

Обнаружение разладки в объекте с НОР

Рассматривается система с НОР регулятором. Изменение параметров объекта на 1000 отсчёте представлена на рис. 10.

Выбор	Имя	Тип	Параметры	От	До
<input type="checkbox"/>	Function1	Звено 2-го порядка	K=0.3 d1=1 d2=0 d3=0.1 d4=-0.8 d5=0.07	0	999
<input type="checkbox"/>	Function2	Звено 2-го порядка	K=0.3 d1=1 d2=0 d3=0.3 d4=-0.8 d5=0.07	1000	-1
<div>Добавить</div> <div>Дублировать</div> <div>Удалить</div> <div>Вверх</div> <div>Вниз</div>					

Рис. 10. Настройки нестационарного объекта

Посмотрим на график изображающей точки для большого предельного значения: рис. 11.

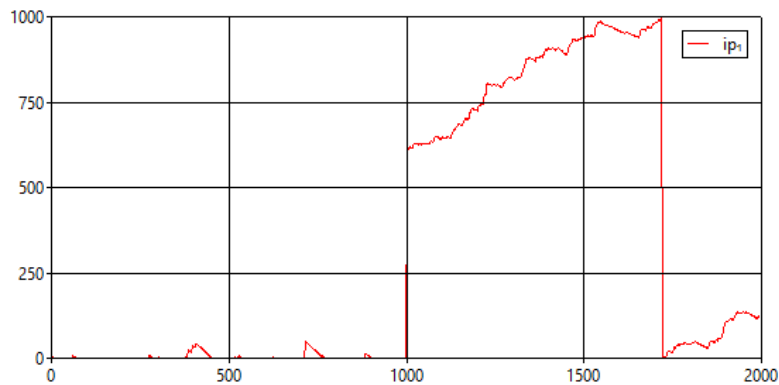


Рис. 11. График изображающей точки

Предельное значение S_i для обнаружения разладки

Наиболее быстрое обнаружение. Экспериментально было выбрано значение $S_{i_{гр}} = 30$. Работа алгоритма при нём показано на рис. 12. Итого разладка была обнаружена примерно за 40 отсчётов.

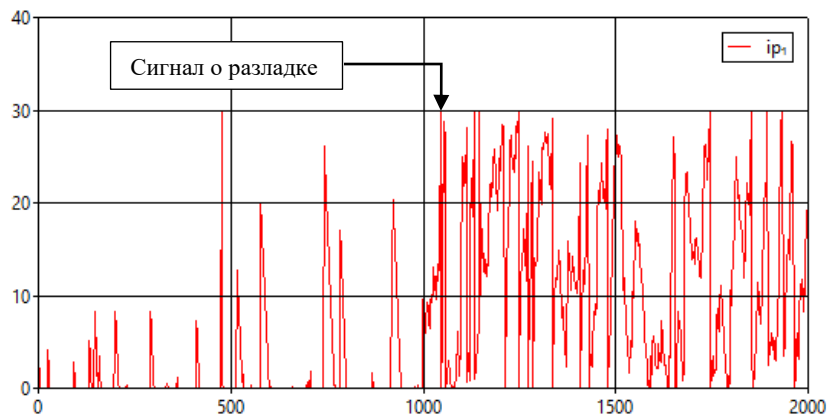


Рис. 12. Быстродействующее обнаружение разладки

Безошибочное обнаружение. Было выбрано значение $S_{i_{гр}} = 100$. Работа алгоритма при нём показано на рис. 13. Итого разладка была обнаружена примерно за 460 отсчётов.

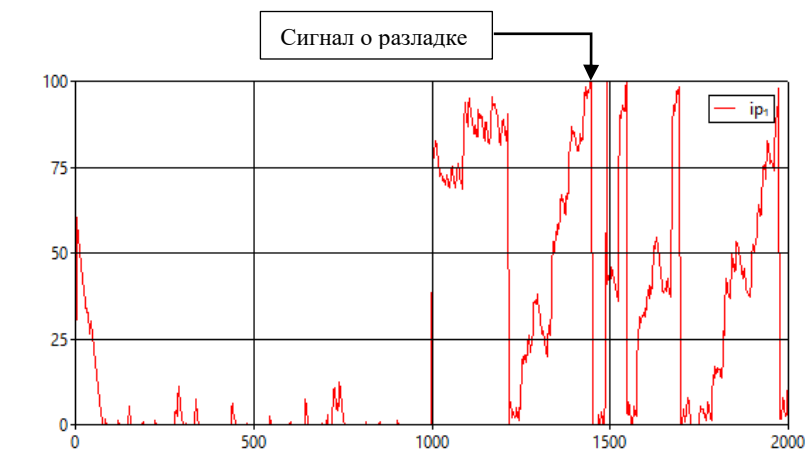


Рис. 13. Безошибочное обнаружение разладки

Обнаружение разладки при малом изменении параметров ОУ

Рассматривается система с НОР регулятором. Изменение параметров объекта на 1000 отсчёте представлена на рис. 14. В данном случае параметры были изменены менее заметно, чем в предыдущих экспериментах.

Выбор	Имя	Тип	Параметры	От	До
<input type="checkbox"/>	Function1	Звено 2-го порядка	$K=0.3$ $d1=1$ $d2=0$ $d3=0.1$ $d4=-0.8$ $d5=0.07$	0	999
<input type="checkbox"/>	Function2	Звено 2-го порядка	$K=0.28$ $d1=1$ $d2=0$ $d3=0.1$ $d4=-0.8$ $d5=0.07$	1000	-1
<div> Добавить Дублировать Удалить Вверх Вниз </div>					

Рис. 14. Настройки нестационарного объекта

График ошибки идентификации объекта представлен на рис. 15. Как видим, визуально гетероскедастичность не наблюдается.

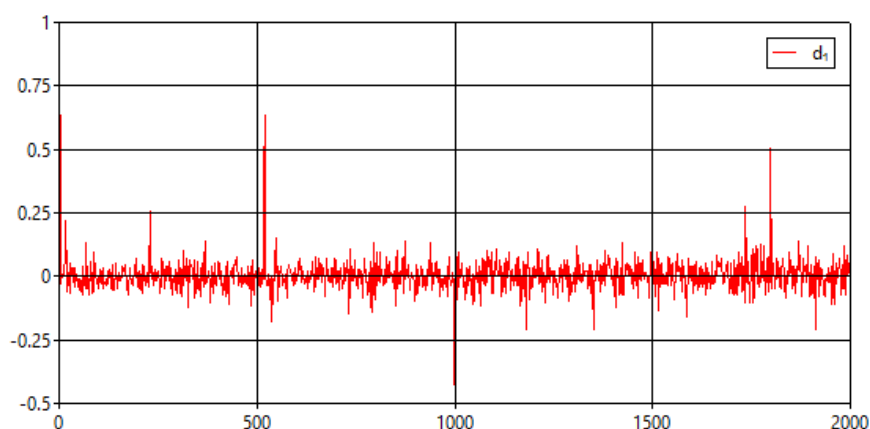


Рис. 15. График ошибки идентификации объекта

Посмотрим на график изображающей точки для большого предельного значения: рис. 16. Как видим, в некоторых случаях разладка объекта по данному параметру не видна (случай а), а иногда есть несколько случаев, когда разладка видна (случай б).

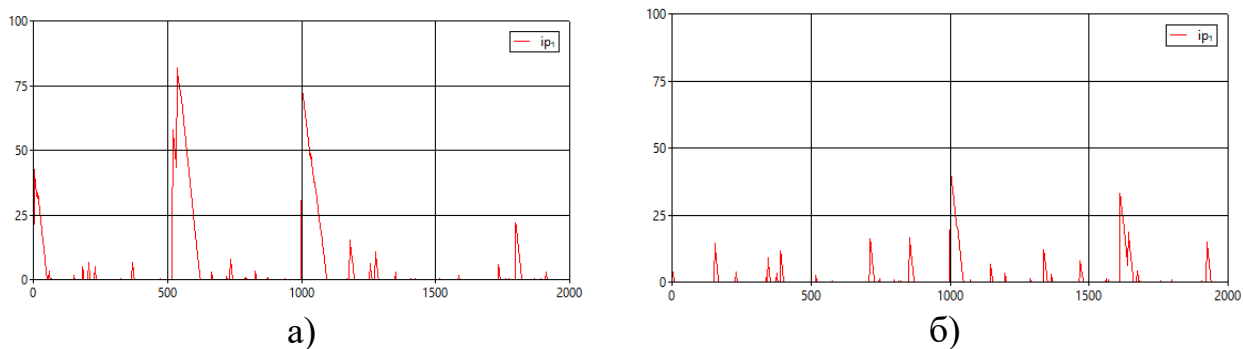


Рис. 16. Графики изображающей точки для двух результатов моделирования

Отсюда можно сделать вывод, что и для довольно малых изменений параметров, возможно обнаружение разладки, но результаты метода будут не точные.

Остановка моделирования по сигналу об обнаружении разладки

Используется система с НОР. Параметры нестационарного объекта представлены на рис. 17.

Выбор	Имя	Тип	Параметры	От	До
<input type="checkbox"/>	Function1	Звено 2-го порядка	K=0.3 d1=1 d2=0 d3=0.1 d4=-0.8 d5=0.07	0	999
<input type="checkbox"/>	Function2	Звено 2-го порядка	K=0.2 d1=1 d2=0 d3=0.1 d4=-0.8 d5=0.07	1000	-1
<div> Добавить Дублировать Удалить Вверх Вниз </div>					

Рис. 17. Настройки нестационарного объекта

Для решения об остановке моделирования по второму срабатыванию сигнала об обнаружении разладки использованы следующие параметры: рис. 18.

Параметры алгоритма кумулятивных сумм	
Стандартное значение σ_0	0.07
Номинальная разладка σ_1	0.212
Решающая граница	100
Интервал второго срабатывания	1300

Рис. 18. Параметры АКС

В результате моделирования разладка в системе обнаруживается спустя примерно 185 отсчётов после изменения параметров объекта моделирование приостанавливается: рис. 19.

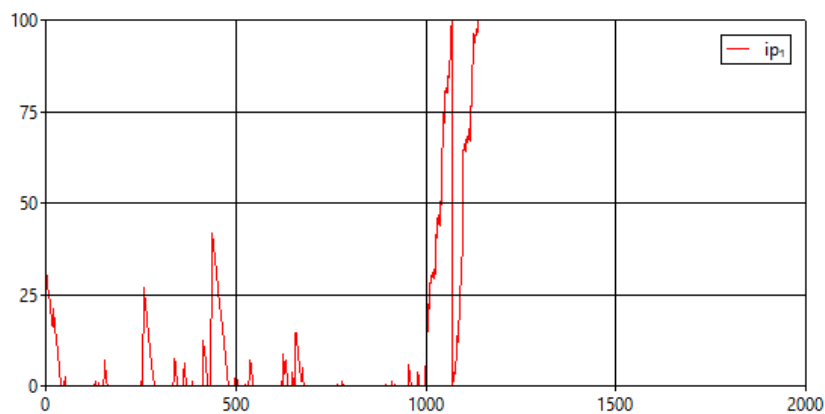


Рис. 19. Остановка моделирования при повторном обнаружении разладки

Выводы

Были проведены испытания алгоритма аккумулятивных сумм для обнаружения изменения параметров объекта (разладки). Для значительных изменений параметров алгоритм выделял момент разладки с некоторой задержкой. Однако, для очень малого значения изменения параметров алгоритм оказался неэффективным.

Также было проведено испытание работы алгоритма для автоматической остановки объекта в случае разладки. Моделирование было приостановлено спустя 185 отсчётов после изменения параметров объекта.