

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЪЕКТОВ

А.Р. Трофименко¹, О.А. Денисова¹, А.В. Шевченко¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В работе рассматривается метод исследования временных характеристик в системном анализе, их значение и применение. Временные характеристики являются одними из основных элементов в цифровой электронике и используются для описания динамических свойств системы.

Ключевые слова: временные характеристики объекта, анализ времени отклика системы, динамические свойства, методы исследования, моделирование.

INVESTIGATION OF THE TEMPORAL CHARACTERISTICS OF OBJECTS

A.R. Trofimenko¹, O.A. Denisova¹, A.V. Shevchenko¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The paper discusses the method of investigation of time characteristics in system analysis, their significance and application. Time characteristics are one of the basic elements in digital electronics and are used to describe the dynamic properties of the system.

Keywords: temporal characteristics of the object, analysis of the response time of the system, dynamic properties, research methods, modeling.

Временная характеристика — это закон изменения во времени выходной величины системы автоматического звена при изменении входного воздействия по определенному закону и при нулевых начальных условиях.

Временные характеристики объектов относятся к ключевым свойствам, которые меняются в зависимости от времени и могут оказывать существенное влияние на функционирование системы, а также играют ключевую роль в понимании динамики системы и ее поведения в течение времени.

Существуют 2 вида временных характеристик:

– переходная функция $h(t)$

а) реакция элемента (системы) на единичный ступенчатый сигнал; б) процесс на выходе звена, возникающий при подаче на её вход единичного скачкообразного действия;

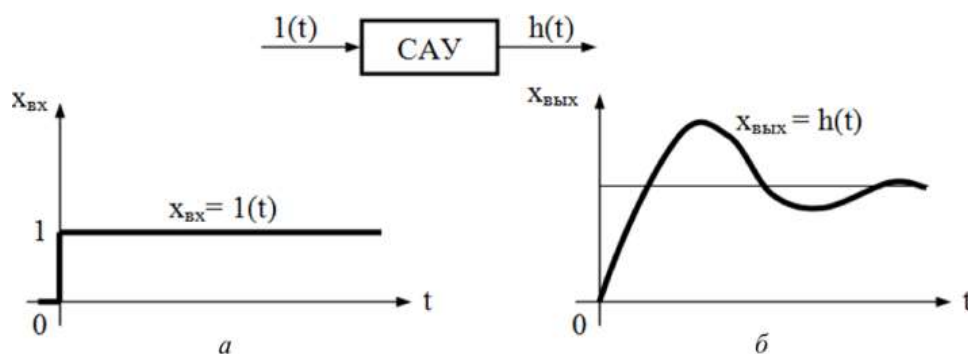


Рисунок 1 – Получение переходной характеристики САУ

– функции веса (импульсная переходная характеристика) $\omega(t)$

а) реакция звена (системы) на дельта-функцию; б) процесс на выходе звена, возникающий при подаче на ее вход единичной импульсной функции;

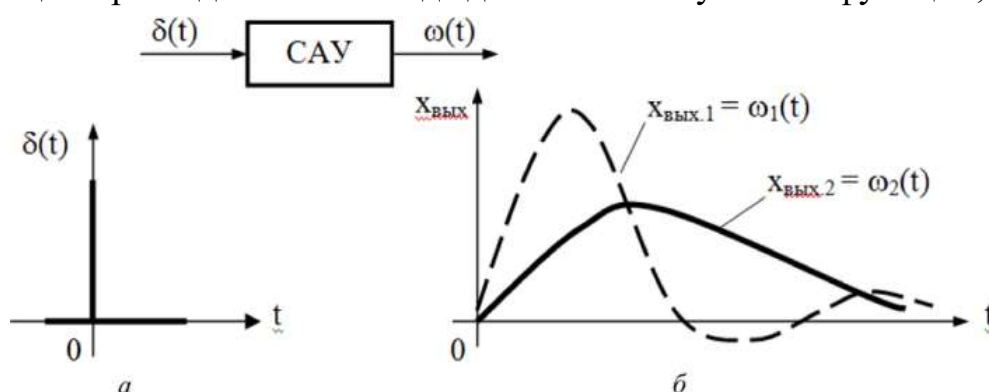


Рисунок 2 – Получение импульсной переходной характеристики САУ

Методы, которыми могут определяться временные характеристики объектов:

– аналитические

используются, когда известен оператор объекта (дифференциальное уравнение при нулевых начальных условиях, передаточная функция и т.д.);

– экспериментальные являются наиболее распространённым методом.

На вход объекта подаются импульсные или ступенчатые возмущающие действия. При этом контрольно-измерительная аппаратура должна быть возможно

более высокого класса точности, а ее инерционность значительно меньше инерционности самого объекта. Момент приложения ступенчатого воздействия и момент начала записи должны быть синхронизированы во времени. Для достижения результатов эксперимента необходимо стабилизировать условия работы объекта и повторять эксперимент несколько раз.

Говоря более детально, можно выделить 4 метода, которые позволят понять динамику и поведение сложных систем во времени:

- анализ временных рядов

Представляет собой последовательность значений, которые наблюдаются в определенные моменты времени;

А) Описательный анализ — это анализ данных, который позволяет описать объект с помощью его статистических показателей, графиков, трендов, сезонности и циклов. Даёт общее представление о динамике объекта, помогая при понимании его поведения.

Б) Моделирование временных рядов — это процесс построения математических моделей, которые описывают динамику объекта во времени. Эти модели могут быть использованы для прогнозирования будущих значений объекта, оценки его характеристики и анализа трендов, сезонности и циклов.

В) Спектральный анализ — это преобразование временного ряда в область частот, которое позволяет идентифицировать его периодические компоненты. При помощи преобразования Фурье временный ряд можно разложить на набор гармонических составляющих, которые могут быть использованы для описания динамики объекта.

Г) Вейвлет-анализ — это преобразование временного ряда на вейвлет-функции, которое позволяет анализировать как временные, так и частотные характеристики объекта. Вейвлет-анализ более гибок, чем спектральный анализ, и позволяет исследовать нестационарные процессы.

- имитационное моделирование

Предполагает построение компьютерной модели системы, воспроизводящую ее поведение во времени и позволяющую исследовать:

А) Влияние различных факторов на динамику системы — это можно оценить с помощью вычислительных экспериментов, которые позволяют исследовать влияние каждого фактора на систему независимо.

Б) Реакцию системы на возмущения, изменение параметров и структуры - моделирование позволяет смоделировать реакцию системы на эти факторы и оценить временные характеристики переходных процессов.

В) Оценку временных характеристик системы — моделирование позволяет оценить временные характеристики системы, такие как время отклика, время переходных процессов и время достижения стационарного состояния, напрямую.

Г) Сравнение поведения модели и реального объекта — сравнение модели и реального объекта позволяет верифицировать модель и оценить ее адекватность.

– методы теории управления

Предлагает ряд методов анализа временных характеристик, основанных на математическом описании системы в виде дифференциальных или разностных уравнений:

А) Исследование реакции системы на единичное воздействие или ступенчатое изменение входа позволяет оценить время переходного процесса, перерегулирование, колебательность и другие временные характеристики.

Б) Частотный анализ — исследование амплитудно-фазовых характеристик системы в частотной области дает информацию о полосе пропускания, быстродействии, устойчивости и других частотных свойствах.

В) Модальный анализ — исследование собственных значений и векторов, связанных с временными свойствами системы, позволяет описать ее колебательные свойства, устойчивость и неустойчивость.

Также исследование временных характеристик объектов находит широкое применение в различных областях, таких как:

– управление динамическими системами

А) для создания регуляторов с необходимыми динамическими характеристиками, необходимо оценить скорость реакции, продолжительность переходных процессов и стабильность системы;

Б) для обеспечения устойчивости управления, важно провести анализ уязвимости системы к изменениям параметров;

В) предсказать реакцию системы на возмущающие факторы и заранее скорректировать управляющие действия;

Г) улучшить временные показатели системы, например, уменьшить продолжительность переходных процессов или время достижения желаемого состояния.

– надежность и безопасность сложных систем

А) рассчитать показатели надежности, включая среднее время между отказами и вероятность безотказной работы в течение заданного периода времени;

Б) смоделировать динамику состояний системы, учитывая отказы и восстановления, и оценить время работы в исправном состоянии;

В) проанализировать "узкие места" системы и выявить компоненты, временные характеристики которых критичны для надежности;

Г) оптимизировать техническое обслуживание и ремонты для достижения необходимого уровня надежности.

– моделирование бизнес-процессов

А) идентифицировать "узкие места" в бизнес-процессах, которые замедляют их выполнение;

Б) создать имитационные модели бизнес-процессов, которые позволяют оценить временные параметры текущих и целевых сценариев;

В) оптимизировать загрузку ресурсов и минимизировать время ожидания в очередях;

Г) предсказать влияние изменений в процессах на их временные характеристики.

– проектирование и анализ производственных систем

А) построить имитационные модели производственных систем для оценки временных параметров различных сценариев;

Б) оптимизировать расписание производства, минимизируя время выполнения заказов;

В) выявить "узкие места" в производственной системе, ограничивающие ее пропускную способность;

Г) спрогнозировать влияние изменений в оборудовании, технологиях, организации производства на временные характеристики.

Список литературы

1. Временные характеристики объектов // временные характеристики URL: <https://studfile.net/preview/734155/page:4/> (дата обращения: 01.03.2024)

2. Основы теории автоматического управления // Математическое описание линейных систем автоматического регулирования и управления – URL: https://bstudy.net/835332/tehnika/vremennye_harakteristiki (дата обращения: 01.03.2024).

3. Временные характеристики виды // Временные характеристики интегрирующих звеньев. – URL: <https://flectone.ru/vremenniye-harakteristiki-vidiy.html> (дата обращения: 01.03.2024)

4. Временные характеристики систем // Временные характеристики систем. Качество переходного процесса. Типовые переходные процессы. Переходные характеристики систем. – URL: <https://studizba.com/lectures/avtomatizaciya/avtomatizaciya-himicheskoy-promyshlennosti/263-vremennye-harakteristiki-sistem.html> (дата обращения: 01.03.2024).

5. Полуэктов А.В., Макаренко Ф.В., Ягодкин А.С. Использование сторонних библиотек при написании программ для обработки статистических данных // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 2. – С. 33-41.

References

1. Temporal characteristics of objects // Temporal characteristics – URL: <https://studfile.net/preview/734155/page:4/> (accessed: 01.03.2024)

2. Fundamentals of the theory of automatic control // Mathematical description of linear systems of automatic regulation and control – URL: https://bstudy.net/835332/tehnika/vremennye_harakteristiki (accessed: 01.03.2024).

3. Temporal characteristics of types // Temporal characteristics of integrating links. – URL: <https://flectone.ru/vremenniye-harakteristiki-vidiy.html> (accessed: 01.03.2024)

4. Temporal characteristics of systems // Temporal characteristics of systems. Quality of transient process. Typical transients. Transient characteristics of systems. – URL: <https://studizba.com/lectures/avtomatizaciya/avtomatizaciya-himicheskoy-promyshlennosti/263-vremennye-harakteristiki-sistem.html> (accessed: 01.03.2024).

5. Poluektov A.V., Makarenko F.V., Yagodkin A.S. The use of third-party libraries when writing programs for processing statistical data // Modeling of systems and processes. - 2022. – Vol. 15, No. 2. – pp. 33-41.