

Всі подальші етапи: розміщення web-сайту в мережі, наповнення контентом та тестування, повинні проходити у тісній співпраці з замовником. Адже, добре підібране доменне ім'я полегшить майбутнім користувачам запам'ятовування електронної адреси створеного ресурсу, своєчасно надана та якісно підібрана інформація для контенту web-сайту буде прямо пропорційна кількості майбутніх користувачів ресурсу, а участь в тестуванні сервісної частини ресурсу дасть можливість завчасно усунути основні недоліки в їх роботі.

При необхідності між замовником та виконавцем може бути заключний додатковий довгостроковий договір про супроводження створеного ресурсу.

5. Висновки

Описаний підхід показує лише невелику частину переваг, які можна отримати, застосовуючи стандарт функціонального моделювання при створенні проектної документації. Адже, деталізована проектна документація, яка відповідає відомому стандарту функціонального моделювання та представлена у графічному вигляді з короткими текстовими поясненнями, буде набагато легше сприйматись людиною, що не є фахівцем у галузі інформаційних технологій, ніж величезний текстовий опис проекту.

Список літератури: 1. Integration Definition For Function Modeling (IDEF0). [Electronic Resource] : Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, December 2, 1993. – MA Internet: <http://www.idef.com>. 2. Калянов Г. Н. Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов / Г. Н. Калянов. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 240 с. 3. Маклаков С. В. Моделирование бизнес-процессов с AIFusion Process Modeler / С. В. Маклаков. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2004. – 240 с. 4. Марка Д.А. Методология структурного анализа и проектирования SADT / Д. А. Марка, К. МакГоуэн. – М.: МетаТехнология, 1993. – 243 с. 5. Сериков А. В. Компьютерное моделирование бизнес-процессов / А. В. Сериков, Н. В. Титов. – Х.: Бурун Книга, 2007. – 304 с. 6. Черемных С. В. Структурный анализ систем: IDEF-технологии / С. В. Черемных, И. О. Семенов, В. С. Ручник. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 208 с. 7. Шеер А.-В. Моделирование бизнес-процессов / А.-В. Шеер. – М.: Весть-метаТехнология, 2000. – 206 с. 8. ГОСТ 19.201-78 ЕСПД. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению (изм.1 с 01.07.81 ИУС 9-81).

Поступила в редколлегию 25.11.2010

УДК 681.5.015.8:519

А.І. КУБРАК, канд. техн. наук, професор, Національний технічний університет України “КПІ”, м. Київ

І.М. ГОЛІНКО, канд. техн. наук, доцент, Національний технічний університет України “КПІ”, м. Київ

Ю.М. КОВРИГО, канд. техн. наук, професор, Національний технічний університет України “КПІ”, м. Київ

КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ АСР ЗА ІМПУЛЬСНОЮ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ ОБ'ЄКТА

Розглядається метод розрахунку перехідних процесів у неперервній системі керування за імпульсною характеристикою об'єкта. Запропонований підхід дає можливість виключити

етап апроксимації при розрахунках системи керування, що дозволяє зменшити похибку моделювання.

Ключові слова: комп'ютерний аналіз, АСР, імпульсна характеристика.

Рассматривается метод расчета переходных процессов в непрерывной системе управления по импульсной характеристика объекта. Предложенный подход позволяет исключить этап аппроксимации в расчетах системы управления, что позволяет уменьшить ошибку моделирования.

Ключевые слова: компьютерный анализ, АСР, импульсная характеристика.

The continuous control system transients calculation method basis pulse characteristic is examined. The offered approach allows excluding a stage of approximation in calculations of a control system and reducing modelling error.

Key words: computer analysis, ACS, impulse response

Вступ

Розвиток інформаційної технології за останні 20 років істотно вплинув на методи системного аналізу та синтезу автоматичних систем регулювання (АСР) технологічними процесами (ТП). Перед спеціалістами із автоматизації постає завдання визначення меж деталізації математичних моделей ТП, вдосконалення методів синтезу систем керування, адаптації існуючих методів до сучасної комп'ютерної техніки.

При розробці систем керування виникає потреба в ідентифікації об'єкта керування (ОК), яка традиційно зводиться до визначення передатної функції каналу регулювання. При цьому, визначення структури апроксимуючої передатної функції носить суб'єктивний характер. В першу чергу на вибір структури впливають уподобання дослідника, наявні у його розпорядженні алгоритми та комп'ютерне забезпечення. Усе це вносить в процес синтезу додаткові невизначеності, що в значній мірі впливає на якість розв'язання задачі.

Постановка завдання

А чи варто зациклюватися на необхідності отримання передатної функції ОК? На користь такого підходу можна навести наступні міркування: компактність, відпрацьованість алгоритмів та програмного забезпечення, нарешті, традиційність (так прийнято та усім зрозуміло ...).

До недавнього часу це було виправдано, але зараз технічні характеристики комп'ютерної техніки відкривають принципово нові підходи до визначення динамічних характеристик елементів системи керування. Зокрема, чому не взяти в якості джерела інформації про динамічні характеристики безпосередньо перехідну або імпульсну характеристику ОК у вигляді масиву її ординат, якщо цей масив достатньо детальний та відображує особливості ОК?

Настройка АСР за імпульсною характеристикою ОК

Розглянемо структуру одноконтурної АСР рис.1. АСР складається із ОК, динаміка якого представлена масивом ординат імпульсної характеристики, суматора та регулятора (Р), що в загальному вигляді реалізує лінійний закон ПД – регулювання:

$$W_P(p) = K_R \left(1 + \frac{1}{T_I p} + T_D p \right), \quad (1)$$

тут K_R, T_I, T_D – параметри настроювання ПД – регулятора.

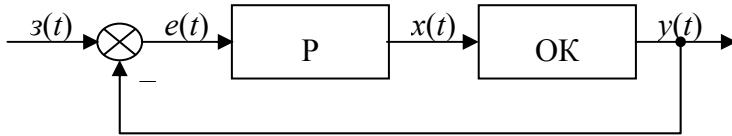


Рис.1. Структура одноконтурної АСР, $z(t)$ – сигнал завдання, $e(t)$ – сигнал розузгодження, $x(t)$ – сигнал керування, $y(t)$ – вихідний сигнал ОК

Реакцію ОК $y(t)$ на вхідний сигнал $x(t)$ будемо розраховувати використовуючи інтеграл Дюамеля (інтеграл згортки) [1] у вигляді:

$$y(t) = \int_0^t g(t-\tau) x(\tau) d\tau. \quad (2)$$

Фізично інтеграл (2) можна інтерпретувати як реакцію $y(t)$ лінійного ОК із імпульсною характеристикою $g(t)$ на послідовність імпульсів, на які розбивається сигнал $x(t)$, причому імпульс в момент t має площу $x(t)d\tau$. При комп'ютерній реалізації залежності (2) інтеграл замінюється сумою, де τ змінюється з кроком $d\tau$. Саме із цим кроком у часі задається масив ординат імпульсної характеристики ОК Gt :

	-1	0	1	2	3	...	L	L+1	...	601
Gt:CoefL	L	g_0	g_1	g_2	g_3	...	g_L	$d\tau$...	

Таким чином, для чисельної реалізації (2) отримаємо суму імпульсних характеристик $g(t-\tau)$ кожна з яких помножена на $x(t)d\tau$. Графічно це виглядає так як показано на рис. 2.

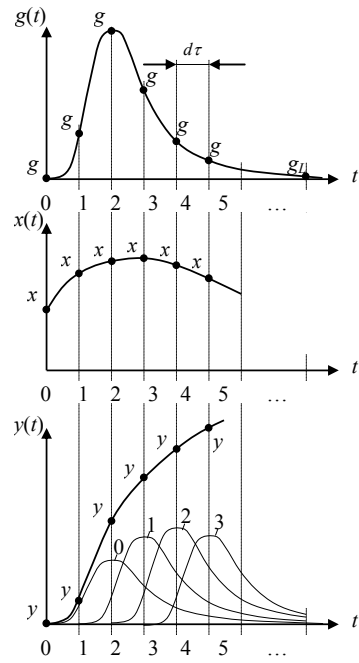


Рис.2. Схема формування масиву ординат реакції $y(t)$: 0 – реакція ОК на імпульс $x_0 d\tau$, 1 – те ж на $x_1 d\tau$, 2 – те ж на $x_2 d\tau$, 3 – на $x_3 d\tau$ і т.д.

Програмно розглянутий алгоритм реалізовано на мові Паскаль підпрограмами IntGt та FormHts:

```

function IntGt(t:real):real;
var L, s: integer;
    Dt, R: real;
begin
    L:=round(Gt[-1]); Dt:=Gt[L+1];
    R:=t/Dt; s:=trunc(R); t:=frac(R);
    if s<L then IntGt:=Gt[s]+t*(Gt[s+1]-Gt[s])
        else IntGt:=0;
end;

procedure FormHts(Gt:CoefL; Ds,Kr,Ti,Td:real;
    var Hts:CoefL);
var e, ep, x, i, Dt, Dts: real;
    z, s: integer;
    Gts: CoefL;
begin
    L:=round(Gt[-1]); Dt:=Gt[L+1]; Dts:=Ds/L;
    Hts[-1]:=L; Hts[0]:=Kr*Gt[0]*Dts; Hts[L+1]:=Dts;
    Gts[0]:=Gt[0]; x:=Kr*Zd(0);
    for s:=1 to L do Gts[s]:=IntGt(s*Dts);
    for s:=0 to L do Hts[s]:=x*Gts[s];
    e:= Zd(0)-Hts[0]; i:=0;
    for z:=1 to L do
        begin
            ep:=e; e:=Zd(z*Dts)-Hts[z];
            i:=i+Dts*(ep+e)/2;
            x:=Kr*(e+i/Ti+Td*(e-ep)/Dts);
            for s:=0 to L-z do
                Hts[z+s]:=Hts[z+s]+Gts[s]*x*Dts;
            end;
        end;
end;
end;

```

Підпрограма IntGt реалізує лінійну інтерполяцію в масиві Gt. Справа в тому, що масив Gt:CoefL формується з кроком у часі Dt. Цей крок визначається часом спостереження D імпульсної характеристики, вибраним із умови $g(t)|_{t \geq D} \leq \varepsilon$, де ε - деяка мала величина, тобто $g(t)|_{t \geq D} \approx 0$. Остання умова закладена в IntGt (якщо $s > L$, то $\text{IntGt} := 0$). Це справедливо для об'єктів із самовирівнюванням.

Час перехідного процесу системи Ds залежить не лише від властивостей ОК, але від вхідного сигналу системи та настройок регулятора. Величина Ds підбирається користувачем в процесі настройки із умови, щоб виявити усі характерні особливості перехідного процесу, які представляють інтерес для користувача. Отже, Ds може бути як більше (частіше за все), так і менше за D. Масив Gts:CoefL – це та ж імпульсна характеристика $g(t)$ об'єкта, але задана

із кроком $Dts := Ds/L$. Масив Gts формується на базі масиву Gt з використанням підпрограми $IntGt$.

Функція `function Zd(t:real):real` задає закон зміни в часі завдання регулятора. При розрахунку перехідної характеристики системи для каналу “завдання регулятора – вихід об’єкта” функція Zd задає одиничний ступінчатий сигнал $1(t)$.

Як приклад застосування методу p озраховано перехідні процеси одноконтурної АСР за імпульсною характеристикою ОК, що зображена на рис. 3. Представленій імпульсній характеристиці відповідає ОК із передатною

функцією: $W_{OK}(s) = \frac{k}{a_2 p^2 + a_1 p + 1} e^{-\tau}$, де $k=5$, $a_2=10\text{сек}^2$, $a_1=5\text{сек}$, $\tau=5\text{сек}$.

Результати моделювання із різними параметрами настроювань ПІД – регулятора представлено на рис. 4. Перехідний процес в АСР графік 1 забезпечується настройками ПІД-регулятора: $K_R=0.133$, $T_I=5\text{сек}$, $T_D=3$; а графік 2 – $K_R=0.1$, $T_I=5\text{сек}$, $T_D=0.1$.

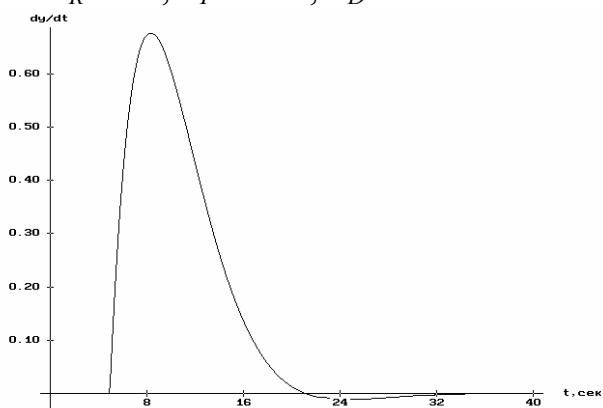


Рис. 3. Імпульсна характеристика ОК.

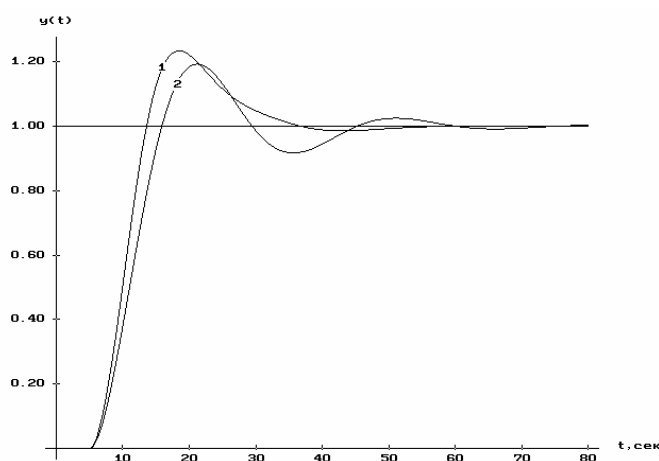


Рис. 4. Перехідні процеси в АСР.

Для перевірки коректності методу перехідні процеси моделювалися у MatLABi із аналогічними параметрами АСР. Результати моделювання співпадають.

Висновки

Запропонований метод розрахунку перехідних процесів у АСР відкриває можливість синтезу аналогових та цифрових (враховуючи період квантування) систем керування без етапу апроксимації динамічних властивостей ОК. Це не тільки дозволяє зменшити похибку моделювання АСР за рахунок виключення етапу апроксимації, а також дозволяє уникнути суб’єктивності при виборі структури апроксимуючої залежності. На базі даного методу можна розробити ряд числових методів пошуку оптимальних настройок АСР за певними критеріями.

Список літератури: 1. Чемоданов Б.К. и др. Математические основы теории автоматического регулирования. Справочник. Том 2. // –М.: Высшая школа, 1977. –455 с: ил.

Поступила в редколлегию 24.11.2010