УДК 37.016:51:53:378

ДІДКОВСЬКИЙ Р. М.,
доктор технічних наук, доцент кафедри вищої математики Черкаського державного технологічного університету

КОНДРАТЬЄВА О. М.,
кандидат педагогічних наук, доцент кафедри вищої математики Черкаського державного технологічного університету

ОЛЕКСІЄНКО Н. В.,
кандидат технічних наук, доцент кафедри вищої математики Черкаського державного технологічного університету

ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ АНАЛІЗУ СИСТЕМ У ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ЕЛЕКТРО- ТА РАДІОІНЖЕНЕРІВ

В роботі запропоновано базовий матеріал до серії підсумкових занять розділу «Теорія функції комплексної змінної та операційне числення» курсу вищої математики. Для реалізації наведених методичних рекомендацій передбачається проведення одного лекційного та двох лабораторних занять. Наведені розробки є елементами контекстного підходу до вивчення фундаментальних дисциплін природничого циклу для студентів галузі знань «Електроніка та телекомунікації», «Електрична інженерія» та «Автоматизація та приладобудування».

Ключові слова: *контекстний підхід, прикладні задачі, математична модель, операційне числення, лінійна динамічна система, характеристики системи.*

Постановка проблеми. Специфіка фундаментальної підготовки інженера передбачає не лише опанування ним специфічного понятійного апарату, набуття вмінь та навичок розв’язування математичних та фізичних задач, а й формування чітких уявлень про застосування математичних методів та фізичних моделей до вирішення прикладних інженерних задач.

У цьому зв’язку, перспективним напрямком розвитку методики викладання фундаментальних дисциплін природничого циклу є контекстний підхід [1]. В руслі даного підходу інформація подається студенту таким способом, щоб він міг чітко уявити де і як вона може бути використана в його майбутній професійній діяльності. У результаті, запропонована для засвоєння інформація легко набуває для студента особистісного змісту [1], значно підвищується мотивація його пізнавальної діяльності [2; 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальність проблеми розробки контекстноорієнтованих курсів вищої математики та фізики підкреслюється значним обсягом досліджень, проведених у цьому напрямку протягом останнього десятиліття [3-6]. У своїй більшості такі розробки стосуються підготовки педагогічних працівників та економістів-менеджерів. Однак задача створення лекційних курсів з вищої математики та фізики в контексті підготовки студентів електро- і радіотехнічних спеціальностей не може вважатися докорінно вирішеною [4-7].

Один із ключових моментів у процесі викладання курсу вищої математики для студентів електро- та радіотехнічних спеціальностей, де використання контекстного підходу є, на наш погляд, обов’язковим – це підсумкові заняття змістового модуля «Теорія функції комплексної змінної та операційне числення». Ці заняття (лекція та лабораторні роботи) мають бути присвячені практичному застосуванню набутих студентами знань і умінь до розв’язування задач ідентифікації та аналізу електричних кіл. Однак кваліфікована підготовка таких занять з методичної точки зору є надзвичайно складною задачею, оскільки вимагає від викладача (математика) володіння матеріалом ряду суміжних спеціальностей: фізики, теоретичних основ електротехніки, теорії систем.

Мета даної статті – надати викладачам вищої математики методичну допомогу в розробці матеріалів вказаних занять. Хід заняття має охоплювати повний цикл вирішення задачі аналізу кола: 1) постановка задачі; 2) побудова математичної моделі; 3) вирішення задачі методами операційного числення; 4) аналіз розв'язку та його інтерпретація з точки зору теорії систем; 5) геометрична інтерпретація розв'язку задачі, порівняння теоретичних розрахунків з результатами експериментальних досліджень.

Виклад основного матеріалу. На лекції студентам пропонуємо розглянути електричне коло, зображене на рис. 1. На рисунку позначено:

1. E – джерело змінної ЕРС. Функцію $E = E(t)$ залежності миттєвого значення продукованої ним ЕРС від часу t будемо вважати вхідним сигналом системи.
2. R_1, R_2, R_3 – опори резисторів.
3. L_1, L_2 – індуктивності котушок.
4. C – ємність конденсатора.

Будемо також вважати R_3 корисним опором, а струм I_3, що протікає через нього – вихідним сигналом.

Опори, індуктивності та ємності вважаємо сталими в часі, а довжину хвилі вхідного сигналу багато більшою за характерні розміри системи. Це дозволяє охарактеризувати систему як стаціонарну із зосередженими параметрами. Властивості такої системи незмінні в часі і не залежать від конкретної конфігурації з'єднувальних провідників, тому достатньо точно описуються принциповою схемою (рис. 1) [8].

Математичні моделі компонентів системи можна записати у вигляді [9; 10]:

$$U_R = RI\,,\ U_C = \frac{1}{C}\int I dt\,,\ U_L = L\frac{dI}{dt}\,. \tag{1}$$

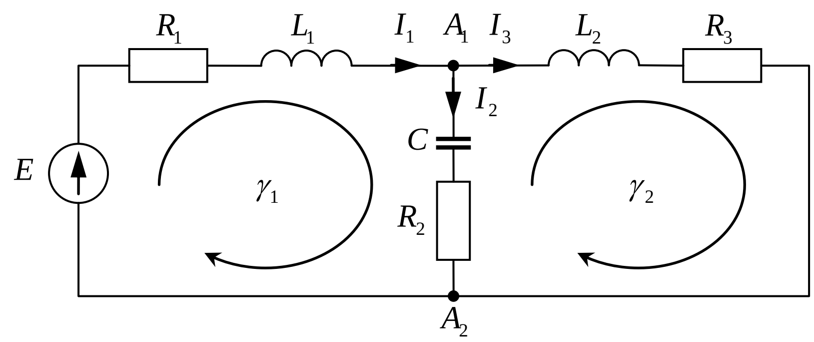

Рис. 1.

Оскільки

$$R(k_1 I_1 + k_2 I_2) = k_1 R I_1 + k_2 R I_2\,,\ \frac{1}{C}\int (k_1 I_1 + k_2 I_2) dt = \frac{k_1}{C}\int I_1 dt + \frac{k_2}{C}\int I_2 dt\,,$$

$$L\frac{d(k_1 I_1 + k_2 I_2)}{dt} = k_1 L\frac{dI_1}{dt} + k_2 L\frac{dI_2}{dt}\,,$$

то можемо стверджувати, що всі компоненти системи лінійні, отже і вся система лінійна. Оскільки формули (1) містять інтеграл і похідну, а для їх знаходження недостатньо знати миттєве значення сили струму в поточний момент часу, то маємо справу з динамічною системою [11; 12].

Математична модель системи такого типу записується у вигляді лінійного диференціального рівняння із сталими коефіцієнтами

$$\begin{aligned} a_n \frac{d^n y}{dt^n} + a_{n-1}\frac{d^{n-1}y}{dt^{n-1}} + a_{n-2}\frac{d^{n-2}y}{dt^{n-2}} + \ldots + a_1\frac{dy}{dt} + a_0 y = \\ = b_m \frac{d^m x}{dt^m} + b_{m-1}\frac{d^{m-1}x}{dt^{m-1}} + b_{m-2}\frac{d^{m-2}x}{dt^{m-2}} + \ldots + b_1\frac{dx}{dt} + b_0 x, \end{aligned} \qquad (2)$$

де $x = x(t)$ вхідний сигнал, а $y = y(t)$ – вихідний сигнал системи. При цьому має виконуватись нерівність $m \le n$. Число n називають порядком системи. З фізичних міркувань початкові умови цього диференціального рівняння як правило нульові:

$$y(0) = y'(0) = \ldots = y^{(n-1)}(0) = 0. \qquad (3)$$

Будемо вважати, що для досліджуваної системи також мають місце нульові початкові умови (3).

Математична модель може бути також записана у вигляді системи диференціальних рівнянь, яка завжди може бути зведена до рівняння виду (2) [9].

Зауважимо, що для досліджуваної задачі в рівностях (2) і (3) $x = E$, а $y = I_3$.

Для побудови моделі скористаємося законами Кірхгофа, які залишаються справедливими для миттєвих значень струмів в лінійних і нелінійних колах (без взаємної індукції гілок) із джерелами змінної ЕРС [8].

Перший закон стосується вузлів кола. Вузлом називається точка, в якій сходиться більш ніж два провідники. Струм, що тече до вузла будемо вважати таким, що має знак плюс, а від вузла – мінус.

Перший закон Кірхгофа стверджує, що алгебраїчна сума струмів, які сходяться у вузлі, дорівнює нулю:

$$\sum I_k = 0. \qquad (4)$$

Рівняння виду (4) можна записати для кожного із n вузлів кола. Однак незалежними будуть лише $n-1$ рівнянь, n-е буде їх наслідком.

Досліджуване коло містить два вузли A_1 та A_2. Достатньо записати рівність (4) для вузла A_1:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0. \qquad (5)$$

Другий закон стосується будь-якого виділеного у розгалуженому колі замкненого контура. Виберемо деякий напрямок обходу контура (наприклад, за годинниковою стрілкою).

Другий закон Кірхгофа стверджує, що алгебраїчна сума падінь напруги в будь-якому замкненому контурі дорівнює алгебраїчній сумі ЕРС вздовж того ж контура [11]:

$$\sum U_l = \sum E_k. \qquad (6)$$

В кожну із сум відповідні доданки входять із знаком плюс, якщо вони співпадають із напрямком обходу контура, та із знаком мінус, якщо не співпадають з ним. Рівняння (6) може бути складено для всіх замкнених контурів, які можна виділити у даному розгалуженому колі. Однак незалежними будуть лише рівняння для тих контурів, які неможна отримати накладанням інших контурів один на одного.

Задане коло (рис. 1) містить два незалежні контури γ_1 та γ_2. Контур, що утворюється периметром кола, може бути отриманий накладанням контурів γ_1 і γ_2, тому незалежним не являється.

Для контура γ_1 маємо: $U_{R_1} + U_{L_1} + U_C + U_{R_2} = E$.

Враховуючи (1) остаточно отримаємо:

$$R_1 I_1 + L_1 \frac{dI_1}{dt} + \frac{1}{C}\int I_2 dt + R_2 I_2 = E\ . \qquad (7)$$

Для контура γ_2 : $-U_C - U_{R_2} + U_{L_2} + U_{R_3} = 0$.

Враховуючи (1) отримаємо:

$$-\frac{1}{C}\int I_2 dt + R_2 I_2 + L_2 \frac{dI_3}{dt} + R_3 I_3 = 0\ . \qquad (8)$$

Об'єднавши рівняння (6), (7) і (8), отримаємо систему

$$\begin{cases} I_1 - I_2 - I_3 = 0, \\ R_1 I_1 + L_1 \frac{dI_1}{dt} + \frac{1}{C}\int I_2 dt + R_2 I_2 = E, \\ -\frac{1}{C}\int I_2 dt + R_2 I_2 + L_2 \frac{dI_3}{dt} + R_3 I_3 = 0. \end{cases} \qquad (9)$$

Кількість незалежних рівнянь, складених за 1-им та 2-им правилами Кірхгофа, має дорівнювати кількості гілок (різних струмів) розгалуженого кола. Система рівнянь (9) містить три рівності, отже маємо математичну модель системи.

Додамо третє рівняння системи (9) до другого, та підставимо I_1, виражену з першого рівняння у другу та третю рівність. Після елементарних перетворень отримаємо:

$$\begin{cases} L_1 \frac{dI_2}{dt} + (L_1 + L_2)\frac{dI_3}{dt} + R_1 I_2 + (R_1 + R_3) I_3 = E, \\ -\frac{1}{C}\int I_2 dt - R_2 I_2 + L_2 \frac{dI_3}{dt} + R_3 I_3 = 0. \end{cases}$$

Аби позбутися інтеграла у другому рівнянні про диференціюємо його

$$\begin{cases} L_1 \frac{dI_2}{dt} + (L_1 + L_2)\frac{dI_3}{dt} + R_1 I_2 + (R_1 + R_3) I_3 = E, \\ L_2 \frac{d^2 I_3}{dt^2} + R_3 \frac{dI_3}{dt} - R_2 \frac{dI_2}{dt} - \frac{1}{C} I_2 = 0. \end{cases} \qquad (10)$$

Знайдемо зображення по Лапласу для лівих і правих частин рівнянь системи (10). Позначимо $\mathbf{I}_2$, $\mathbf{I}_3$ та $\mathbf{E}$ – зображення для I_2, I_3 та E відповідно. Враховуючи властивість диференціювання оригінала та нульові початкові умови, отримаємо, що зображеннями похідних $\frac{dI_2}{dt}$, $\frac{dI_3}{dt}$, $\frac{d^2 I_3}{dt^2}$ будуть, відповідно, вирази $p\mathbf{I}_2$, $p\mathbf{I}_3$ та $p^2\mathbf{I}_3$. Тоді, з урахуванням лінійність перетворення Лапласа, маємо:

$$\begin{cases} L_1 p\mathbf{I}_2 + (L_1 + L_2) p\mathbf{I}_3 + R_1\mathbf{I}_2 + (R_1 + R_3)\mathbf{I}_3 = \mathbf{E}, \\ L_2 p^2\mathbf{I}_3 + R_3 p\mathbf{I}_3 - R_2 p\mathbf{I}_2 - \frac{1}{C}\mathbf{I}_2 = 0. \end{cases} \qquad (11)$$

Або після зведення подібних

$$\begin{cases} (L_1 p + R_1)\mathbf{I}_2 + \big((L_1 + L_2) p + R_1 + R_3\big)\mathbf{I}_3 = \mathbf{E}, \\ -\left(R_2 p + \frac{1}{C}\right)\mathbf{I}_2 + \left(L_2 p^2 + R_3 p\right)\mathbf{I}_3 = 0. \end{cases}$$

За умовою задачі ми маємо визначити струм I_3, тому виключимо з системи струм I_2. Для цього помножимо друге рівняння на вираз $\frac{L_1 p + R_1}{R_2 p + 1/C}$ та додамо до першого рівняння. Отримаємо:

$$\frac{(L_2p^2+R_3p)(L_1p+R_1)}{R_2p+1/C}\mathbf{I}_3+((L_1+L_2)p+R_1+R_3)\mathbf{I}_3=\mathbf{E}.$$

Після елементарних перетворень знайдемо відношення зображень вихідного та вхідного сигналів

$$\mathbf{H}(p)=\frac{\mathbf{I}_3(p)}{\mathbf{E}(p)}=\frac{R_2p+\dfrac{1}{C}}{ap^3+bp^2+cp+d}, \tag{12}$$

де $a=L_1L_2$, $b=L_2R_1+(L_1+L_2)R_2+L_1R_3$, $c=R_1R_2+R_1R_3+R_2R_3+\dfrac{L_1+L_2}{C}$, $d=\dfrac{R_1+R_3}{C}$.

Функцію $\mathbf{H}(p)$ називають передаточною функцією системи або операторним коефіцієнтом передачі. Якщо ця функція відома, то пошук вихідної реакції системи на вхідний сигнал $x(t)$ розбивається на три етапи:

1. Знаходження зображення вхідного сигналу $x(t)\risingdotseq\mathbf{X}(p)$.
2. Обчислення зображення вихідного сигналу $\mathbf{Y}(p)=\mathbf{H}(p)\mathbf{X}(p)$.
3. Знаходження оригіналу для вихідного сигналу $\mathbf{Y}(p)\fallingdotseq y(t)$.

Передаточна функція повністю характеризує систему.

Підставляючи в передаточну функцію уявний аргумент $p=i\omega$, отримаємо частотний коефіцієнт передачі

$$K(\omega)=\mathbf{H}(i\omega). \tag{13}$$

Функцію $|K(\omega)|$ називають амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ) системи, а функцію $\arg(K(\omega))$ – фазочастотною характеристикою (ФЧХ). Функцію $h(t)$, яка є оригіналом для передаточної функції $\mathbf{H}(p)$ називають імпульсною характеристикою системи. За властивістю зображення згортки маємо основну властивість імпульсної характеристики:

$$y(t)=\int_0^t h(\tau)x(t-\tau)\,d\tau.$$

Зауважимо також, що з рівняння (12) можна легко отримати дійсну математичну модель системи у вигляді лінійного диференціального рівняння 3-го порядку

$$a\frac{d^3I_3}{dt^3}+b\frac{d^2I_3}{dt^2}+c\frac{dI_3}{dt}+dI_3=R_2\frac{dE}{dt}+\frac{1}{C}E.$$

Проаналізуємо отриманий результат. Знаменник дробу (12) є многочленом 3-го степеня з дійсними коефіцієнтами. Він може мати:

1) три дійсні різні корені α_1, α_2, α_3;
2) три дійсні корені, два з яких співпадають, α_1, $\alpha_2=\alpha_3=\alpha$;
3) три дійсні корені, які співпадають, $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=\alpha$;
4) один дійсний корінь α та два комплексно-спряжених кореня $\beta\pm i\gamma$.

Передаточна функція, відповідно, матиме вигляд:

1) $\mathbf{H}(p)=\dfrac{a_1}{p-\alpha_1}+\dfrac{a_2}{p-\alpha_2}+\dfrac{a_3}{p-\alpha_3}$;

2) $\mathbf{H}(p)=\dfrac{a_1}{p-\alpha_1}+\dfrac{a_2}{p-\alpha}+\dfrac{a_3}{(p-\alpha)^2}$;

3) $\mathbf{H}(p)=\dfrac{a_1}{p-\alpha}+\dfrac{a_2}{(p-\alpha)^2}+\dfrac{a_3}{(p-\alpha)^3}$;

4) $\mathbf{H}(p) = \dfrac{a_1}{p-\alpha} + \dfrac{a_2(p-\beta)}{(p-\beta)^2+\gamma^2} + \dfrac{a_3\gamma}{(p-\beta)^2+\gamma^2}$.

Імпульсну характеристику системи знайдемо за допомогою оберненого перетворення Лапласа:

1) $h(t) = a_1 e^{\alpha_1 t} + a_2 e^{\alpha_2 t} + a_3 e^{\alpha_3 t}$; 2) $h(t) = a_1 e^{\alpha_1 t} + (a_2 + a_3 t)e^{\alpha t}$;

3) $h(t) = \left(a_1 + a_2 t + a_3 \dfrac{t^2}{2}\right)e^{\alpha t}$; 4) $h(t) = a_1 e^{\alpha_1 t} + a_2 e^{\beta t}\cos\gamma t + a_3 e^{\beta t}\sin\gamma t$.

Імпульсна характеристика $h(t)$ показує, як реагує система на вхідний сигнал у вигляді δ-функції [9] (нескінченно короткого імпульсу одиничної енергії).

Проведення розрахунків з конкретними числовими даними та їх наочна геометрична інтерпретація має бути проведена на лабораторних заняттях з використанням обчислювальної техніки та відповідного програмного забезпечення.

Нижче розглянемо результати розрахунків, проведених нами в системі Mathcad.

Використаємо два набори числових даних. Перший відповідає ситуації, коли знаменник дробу (12) має дійсні різні корені, а другий – наявності двох комплексно-спряжених коренів.

2. Нехай $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 100$ Ом, $R_3 = 4$ Ом, $L_1 = 1$ мГн, $L_2 = 5$ мГн, $C = 15$ мкФ.

Тоді передаточна функція визначається рівністю:

$$\mathbf{H}(p) = \frac{100p + \dfrac{200000}{3}}{\dfrac{p^3}{200000} + \dfrac{609p^2}{1000} + 904p + \dfrac{1000000}{3}}.$$

$\mathbf{H}(p)$ є комплексною функцією комплексного аргументу p, тому її геометричну інтерпретацію наводити не будемо.

За формулою (13) визначимо амплітудно-частотну характеристику системи (рис. 2а). З рисунку видно, що максимум АЧХ знаходиться на нульовій частоті. Зі збільшенням частоти АЧХ асимптотично наближається до нуля. Таку систему можна інтерпретувати як фільтр нижніх частот.

Виконавши засобами Mathcad обернене перетворення Лапласа для функції $\mathbf{H}(p)$, знайдемо також імпульсну характеристику системи (рис. 2б):

$h(t) = 1.481e^{-665.179} + 165.924e^{-833.103t} - 167.406e^{-120301719t}$.

Далі розглянемо сигнали

$$x_1(t) = 5\sin(5000t) \text{ та } x_2(t) = 5\sin(8000t) \qquad (14)$$

як приклади вхідних сигналів системи.

Знайдемо образи цих сигналів:

$$\mathbf{X}_1(p) = \frac{25000}{p^2 + 25000000},\ \mathbf{X}_2(p) = \frac{40000}{p^2 + 64000000}.$$

Після чого обчислимо добутки $\mathbf{Y}_1(p) = \mathbf{H}(p)\mathbf{X}_1(p)$ і $\mathbf{Y}_2(p) = \mathbf{H}(p)\mathbf{X}_2(p)$. Виконавши для них обернене перетворення Лапласа, знайдемо вихідні сигнали системи $y_1(t)$ і $y_2(t)$, графіки яких проілюстровано на рисунках 2в та 2г. З рисунків видно, що амплітуда більш високочастотного сигналу менша. Це пояснюється відповідним зменшенням значення АЧХ системи для вибраних частот 5000 рад·Гц та 8000 рад·Гц.

2. Нехай $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 100$ Ом, $L_1 = 1$ мГн, $L_2 = 5$ мГн, $C = 15$ мкФ.

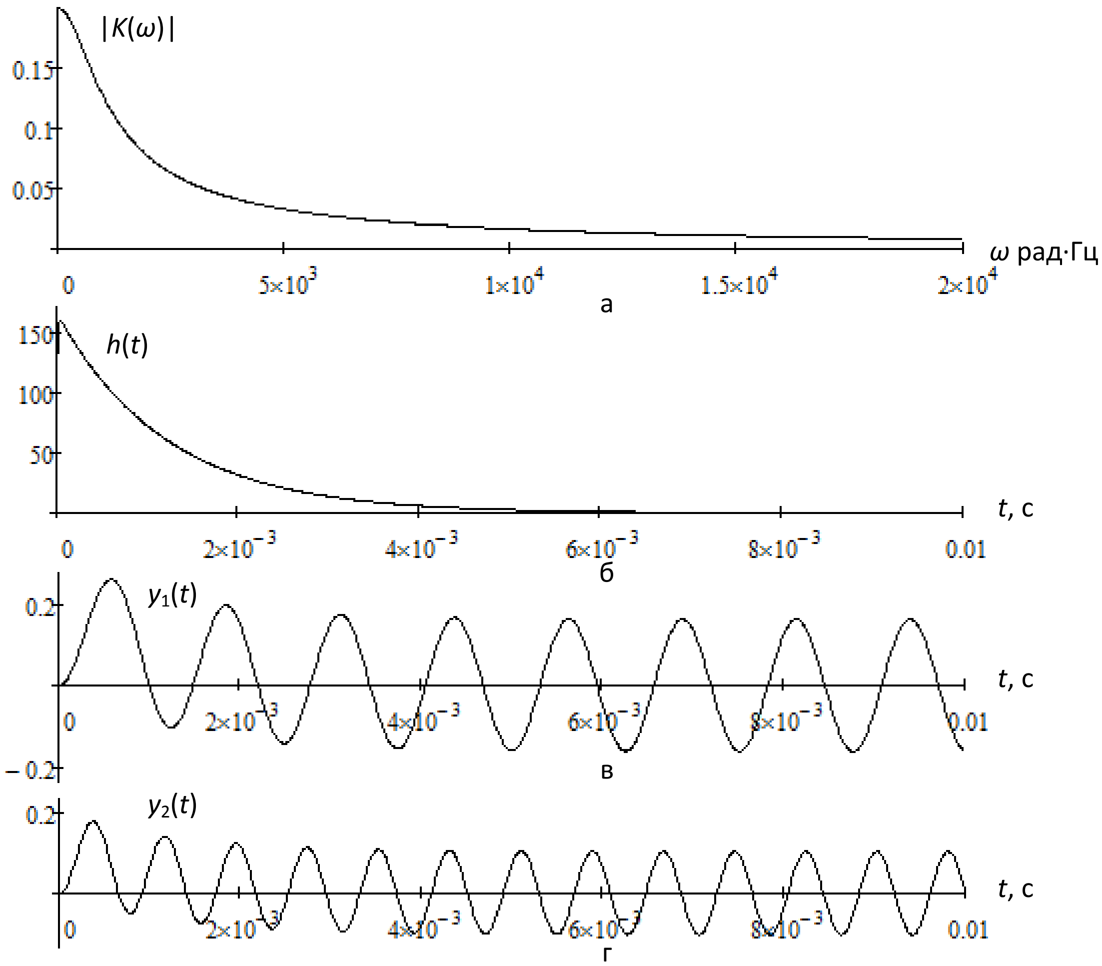

Рис. 2.

Тоді маємо передаточну функцію:

$$\mathbf{H}(p) = \frac{2p + \dfrac{200000}{3}}{\dfrac{p^3}{200000} + \dfrac{117p^2}{1000} + 702p + \dfrac{20200000}{3}}.$$

Аналогічно до пункту 1 знайдемо АЧХ (рис. 3а) та імпульсну характеристику системи (рис. 3б):

$$h(t) = 14.089e^{-1974351} + \left(81.006\sin(8053.917t) - 14.089\cos(8053.917t)\right)e^{-1828245t},$$

а також реакцію системи на сигнали (14) (рис. 3в та 3г).

Аналіз графіка АЧХ системи показує, що, у даному випадку, максимум АЧХ знаходиться на частоті відмінній від нуля. Із формули імпульсної характеристики бачимо, що $\omega_{max} = 8053.917$ рад·Гц.

Цим пояснюється більша амплітуда реакції системи на вхідний сигнал з частотою 8000 рад·Гц, оскільки ця частота ближче до ω_{max} ніж 5000 рад·Гц.

При виконанні лабораторної роботи студентам має бути запропоновано провести варіювання параметрів системи та вхідних сигналів у певних межах, проаналізувати як змінюються характеристики системи (амплітудно-частотна та імпульсна) та реакція системи на вхідний сигнал. Клас вхідних сигналів слушно доповнити функцією увімкнення (функція Хевісайда), П-подібним та гауссовим імпульсом. Можливі також інші варіанти на розсуд викладача чи студента.

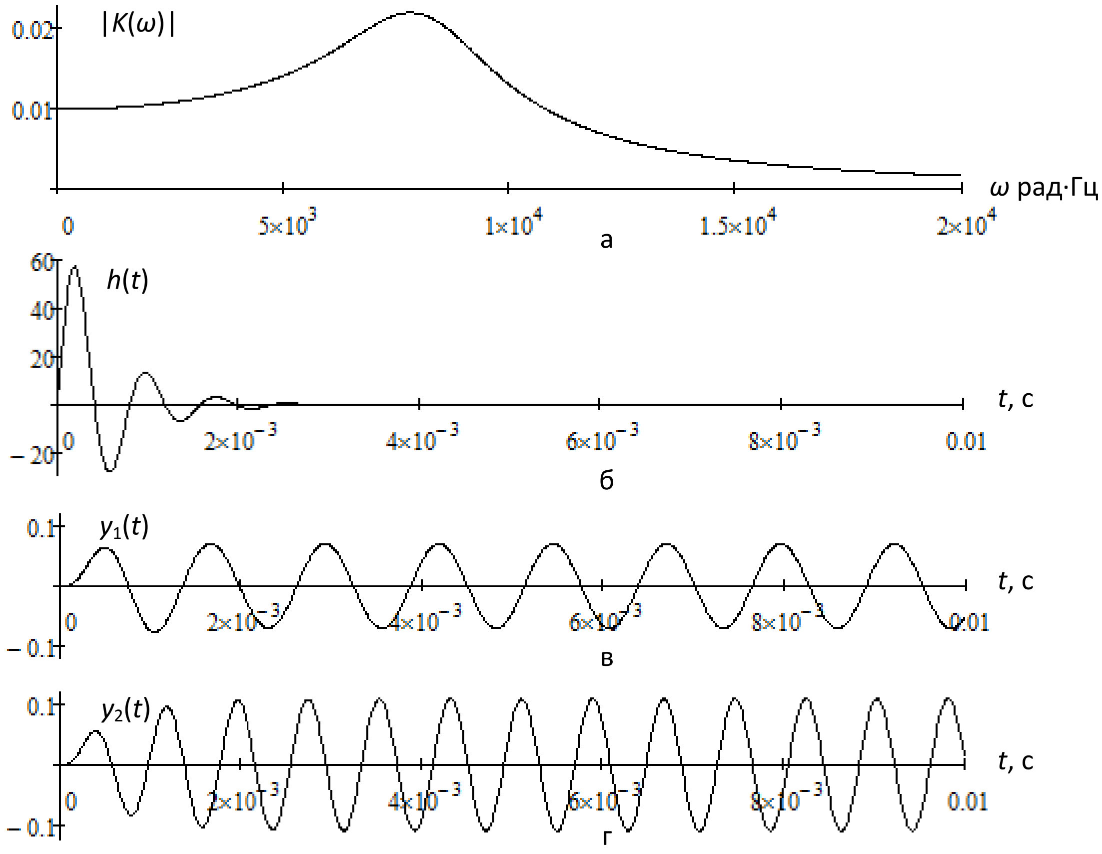

Рис. 3.

Студент має зробити висновки про залежність характеристик системи від її параметрів, та зв'язок між виглядом вихідного сигналу (особливо в ділянці перехідного процесу) та характеристиками системи.

Студент повинен скласти чітке уявлення про те, як працюють математичні методи в прикладних задачах ідентифікації та аналізу систем. У найкращому випадку студент має напрацювати навичку в ідентифікації систем по вигляду її реакції на типові тестові вхідні сигнали. В умовах обчислювального експерименту цього досягти доволі просто, оскільки зміна параметрів системи не вимагає її фізичної перебудови із заміною елементів. Крім того математичні розрахунки дозволяють експериментувати з фізично не можливими нестійкими системами, що включають елементи з нульовим або від'ємним опором.

По можливості, заключна лабораторна робота має бути проведена в рамках курсу фізики. Ця робота передбачає побудову фізичної моделі досліджуваної системи та вимірювання за допомогою осцилографа параметрів вхідних і вихідних сигналів. Студент повинен зробити висновок про відповідність результатів вимірювань з теоретичними розрахунками.

Отже, за результатами циклу 3-х занять (одне лекційне заняття та дві лабораторні роботи) мають бути сформовані базові поняття теорії систем, такі як: передаточна функція, амплітудно-частотна характеристика, фазочастотна характеристика, імпульсна характеристика системи з чітким розумінням фізичного та математичного змісту цих понять та уміннями і навичками їх застосування до прикладних задач ідентифікації та аналізу систем.

Висновки. Таким чином, в роботі запропоновано ряд методичних напрацювань, що ілюструють застосування задач з практичним змістом в курсі фундаментальної підготовки інженерів, зокрема, в розділі «Теорія функції комплексної змінної та операційне числення». Вказані задачі відносяться до розділу «Лінійні електричні кола», який становить базове ядро курсів «Теоретичні основи електротехніки» та «Радіотехнічні кола і сигнали».

Запропоновані розробки мають допомогти викладачам дисциплін «Вища математика» та «Фізика» у взаємній інтеграції їх курсів та наближенні змісту даних дисциплін до потреб профільної інженерної підготовки.

Зауважимо, що задачі, які приводять до аналогічних математичних моделей, можуть бути переформульовані в термінах механічних, гідравлічних чи тепломеханічних систем та використані при підготовці інженерів-механіків.

Список використаної літератури

1. Вербицкий А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход / А. А. Вербицкий. – М. : Высшая школа, 1991. – 207 с.
2. Формирование мотивации познавательной деятельности в контекстном обучении: автореф. дис. канд. пед. наук. / В. Н. Кругликов. – М., 1996. – 20 с.
3. Krisnandari Ekowati Ch. The Application of Contextual Approach in Learning Mathematics to Improve Students Motivation At SMPN 1 Kupang / Ch. Krisnandari Ekowati Muhammad Darwis, H. M. D. Pua Upa & Suradi Tahmir // International Education Studies. –2015. – Vol. 8, No. 8. – p. 81-86.
4. Картёжникова А.Н. Использование технологии контекстного обучения математике в вузе / А. Н. Картёжникова, Д. А. Картёжников // Современные технологии образования в условиях его модернизации: материалы науч.-практич. конф. Чита: ЗИП СибУПК. – 2003. – С. 53 - 58.
5. Профессиональный контекст математической подготовки будущих учителей математики в педвузе: автореф. канд. пед. наук. / О. В. Тумашева. – Красноярск, 2004. – 23 с.
6. Леонова Н.В. Контекстный подход как альтернатива традиционному чтению лекций / Н. В. Леонова // Физика в школе и вузе. Сб. научн. ст. СПб. – 1998. – С.140-142.
7. Кондратьева О. М. Некоторые способы осуществления контекстного похода к обучению высшей математике / О. М. Кондратьева // Некоторые актуальные проблемы современной математики и математического образования. Герценовские чтения – 2012. Материалы научной конференции, 16-21 апреля – 2012., С-Пб.: БАН. – 2012 – С.175-181.
8. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники: электрические цепи / Л. А. Бессонов – М. : Высшая школа, 1996. – 638 с.
9. Engineering Mathematics Through Applications / Kuldeep Singh. – United Kingdom : Palgrave MacMillan, 2014. – 944 p.
10. Зарубин В. С. Математическое моделирование в технике: Учеб. Для вузов / Под ред. В. С. Зарубина, А. П. Крищенко. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 496 с.
11. Ключка К. М. Методи отримання інтегральних динамічних моделей електричних кіл / К. М. Ключка // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2009. – № 1. – С. 28–30.
12. Савельев И.В. Курс общей физики, т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика: Учебное пособие / И. В. Савельев. – М. : Наука, 1982. – 496 с.

References

1. Verbitskiy, A. A. (1991). Active learning in higher education: the contextual approach. Moscow: Vysshaya shkola (in Russ.)
2. Kruglikov, N. (1996). Formation of motivation of cognitive activity in contextual training. Moscow (in Russ.)
3. Krisnandari Ekowati, Ch., Muhammad Darwis, H. M. D. Pua Upa & Suradi Tahmi(2015). The Application of Contextual Approach in Learning Mathematics to Improve Students Motivation At SMPN 1 Kupang (International Education Studies Vol. 8, No. 8).
4. Kartjozhnikova, A. N. (2003). The use of mathematics in the context of training technology university. Sovremennye tehnologii obrazovanija v uslovijah ego modernizacii (Modern technology education in its modernization). – PP. 53 – 58 (in Russ.)
5. Tumasheva, O. V. (2004). Professional context of mathematical preparation of the future mathematics teachers in a teacher training University. Krasnojarsk (in Russ.)
6. Leonova, N. V.(1998). Contextual approach as an alternative to traditional lectures. Fizika v shkole i vuze (Physics in schools and universities). – PP. 140-142 (in Russ.)
7. Kondrat'eva, O. M.(2012). Some methods of the context hike to higher mathematics learning. Nekotorye aktualnye problemy sovremennoi matematiki i matematicheskogo obrazovaniia. Gertcenovskie chteniia – 2012 (Some actual problems of modern mathematics and mathematics education. Gertsenovskie reading - 2012). – PP. 175-181 (in Russ.)

8. Bessonov, L. A. (1984). Theoretical fundamentals of electricity. Moscow: Vysshaya shkola (in Russ.)
9. Kuldeep, Singh. (2014) Engineering Mathematics Through Applications. Palgrave MacMillan
10. Zarubin, V. S. (2003). Mathematical modeling technique. Moscow: Izd-vo MGTU im. N.Je. Baumana (in Russ.)
11. Klyuchka, K. M. (2009) Methods of dynamic models of integrated circuits. VIsnik Cherkaskogo derzhavnogo tehnologIchnogo unIversitetu (Bulletin of Cherkasy State Technological University), – pp. 28–30 (in Ukr.)
12. Savelev, I. V. (1982) Course of General Physics, Vol. 2. Electricity and Magnetism. Waves. Optics. Moscow: Nauka (in Russ.)

DIDKOWSKY R.,
Doctor of Science (Technical Sciences), Associate Professor of Higher Mathematics Department, Cherkasy state technological university
KONDRATYEVA O.,
Philosophy Doctor, Associate Professor of Higher Mathematics Department, Cherkasy state technological university
OLEKSIENKO N.,
Philosophy Doctor, Associate Professor of Higher Mathematics Department, Cherkasy state technological university

APPLIED PROBLEMS OF SYSTEM ANALYSIS IN PHYSICS AND MATHEMATICS EDUCATION OF ELECTRICAL AND RADIO ENGINEERS

Abstract. Introduction. *Future engineers must form a clear notion of mathematical methods and models application to solving applied engineering problems. It manages thanks to learning basic mathematics and physics (fundamentals of engineering education). The contextual approach to the teaching of physics and mathematics successfully resolves this issue and furthermore it increases motivation for learning.*

Purpose. *We select as example the topic «The theory of functions of a complex variable and Operational calculus» of higher mathematics. Implementation of the contextual approach to the teaching of this topic requires from the lecturer enhanced knowledges in Physics, Electrical engineering and System analysis. But the lecturer is (traditional) a mathematical specialist. The goal of this paper is methodical helping for a lecturer to developing the lesson and labs based on solving tasks of the Electrical network identification and analysis.*

Methods*. Content of the proposed lesson and labs are the full cycle of the Electrical network identification and analysis process. It is the problem formulation, the developing a mathematical model, problem solving with methods of Operational calculus, solution analysis (analytic and geometric).*

We recommend performing numerical calculation and geometric interpretation of the problem solution on computer lab using for example Mathcad.

Results. *As results student should understand the next basic concepts of System theory (Transfer function, Frequency response, Impulse response). He must have clearly opinion about physic and mathematical sense of this concepts and skills of using them to solving applied problem.*

Conclusion. *This paper helps mathematics and physics lecturers to integrate their courses and make them closer to professional engineering education.*

Keywords: *contextual approach, applied engineering problems, mathematical model, Operational calculus, Linear time-invariant system, response functions.*

Одержано редакцією 17.10.2016 р.
Прийнято до публікації 03.12.2016 р.