

ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ВО ВРЕМЕННЫХ СТРУКТУРАХ ИССЛЕДУЕМОГО ПАРАМЕТРА ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

Е. И. Алгазин

*Кафедра «Электроника и электротехника», evgeniialgazin@gmail.com,
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,
Новосибирск, Россия*

Ключевые слова: временные структуры; линейные системы автоматики; параметры цепи; электрическая цепь; элементная база.

Аннотация: Предложена идея перехода исследуемого параметра (напряжения на конденсаторе) из положительной области вещественной структуры времени через мнимую либо комплексную, а затем через мнимую в отрицательную (или положительную) область вещественной структуры времени. Такой переход можно осуществить путем поворотов и перемещений в структурах времени. Элементной базой для реализации данной идеи могут служить линейные системы автоматики.

Введение

Для определения состояния исследуемого параметра – напряжения на конденсаторе – линейной системы автоматики (ЛСА) во времени рассмотрены процессы генерации и диссипации энергии в данной системе в вещественной структуре временных соотношений. При этом в рассмотрении находилась одна вещественная структура времени [1].

В настоящей статье рассматривается переход из положительной области вещественной структуры времени в отрицательную (либо положительную) область этой структуры. Кроме того, во время такого перехода предполагается, что исследуемый параметр перемещается в мнимой либо комплексной, а затем мнимой структурах времени, и только затем переходит в нужную область вещественной структуры времени.

Такой алгоритм обработки исследуемого параметра ЛСА дает возможность переместиться этому параметру в любую область отрицательного (либо положительного) вещественного времени. При этом начало перемещения в положительной области вещественного времени может начинаться в любой точке.

Если в мнимой структуре времени (а также комплексной и мнимой) перемещений не будет, то поворот из положительной области вещественной структуры в мнимую структуру с последующим поворотом из мнимой (а также комплексной и мнимой) в отрицательную (либо положительную) область вещественной структуры даст значение времени, по модулю равное исходному, но с обратным знаком в отрицательной области вещественной структуры времени.

В настоящей работе использованы термины и понятия электротехники и теории функции комплексного переменного. Работа закладывает основы для совершенно нового и интересного способа передвижения исследуемого параметра цепей ЛСА в вещественной структуре за счет приведенного подхода.

Постановка задачи

Дана пилотная цепь ЛСА, состоящая из последовательно соединенных резистора с сопротивлением R , и конденсатора емкостью C . Конденсатор предварительно заряжен до напряжения U_0 . Источник питания отсутствует [2]. Получаем цепь $R - C - O - U_0$.

Также дана пилотная цепь ЛСА, состоящая из последовательно соединенных резистора с сопротивлением R , конденсатора емкостью C и катушки индуктивности L . Конденсатор предварительно заряжен до напряжения U_0 . Источник питания отсутствует. Получаем цепь $R - C - L - O - U_0$.

Кроме электрических цепей ЛСА дана механическая цепь ЛСА, состоящая из резервуара с поршнем, соединенным с пружиной жесткостью γ . На поршень действует сила трения с коэффициентом трения α . Поршень выталкивает сыпучий груз с начальной массой M_0 из резервуара [3].

В работе приняты следующие допущения:

- 1) все элементы цепи сосредоточенные и линейные;
- 2) существуют следующие временные структуры: вещественная t , комплексная $t + jt$ и мнимая jt .

Необходимо:

- 1) сформировать аналитические выражения исследуемого параметра во всех трех структурах;
- 2) описать поворот из структуры t в jt , перемещение во временной структуре jt и поворот из jt в $+t$ или $-t$;
- 3) описать поворот из структуры t в $t + jt$, перемещение во временной структуре $t + jt$ и перемещение во временной структуре jt , откуда происходит перемещение в структуру $\pm t$.

Варианты решения

Сформируем аналитические выражения исследуемого параметра во всех трех структурах, используя второй закон Кирхгофа.

1. Вещественная структура времени t

$$Ri_{CB} + \frac{1}{C} \int i_{CB} dt = 0,$$

где i_{CB} – свободная составляющая тока в пилотной цепи $R - C - O - U_0$,

$$i_{CB} = C \frac{du_{CB}}{dt};$$

u_{CB} – свободная составляющая напряжения на конденсаторе в пилотной цепи.

Подставим данное выражение в исходную формулу:

$$RC \frac{du_{CB}}{dt} + u_{CB} = 0, \quad u_{CB} = Ae^{pt}, \quad \frac{du_{CB}}{dt} = pAe^{pt},$$

где A – постоянная интегрирования; $p = (RC)^{-1}$.

Преобразуем полученную формулу

$$Ae^{pt} + RCpAe^{pt} = 0$$

и упростим выражение:

$$1 + RCp = 0, \quad p = (RC)^{-1}, \quad u_c = u_{c\text{CB}} = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}.$$

2. Комплексная структура времени $t + jt$:

$$Ri_{c\text{CB}} + \frac{1}{c} \int i_{c\text{CB}} d(t + jt) = 0; \quad Ri_{c\text{CB}} + \frac{1}{c} \int i_{c\text{CB}} dt + j \frac{1}{c} \int i_{c\text{CB}} dt = 0; \quad i_{c\text{CB}} = C \frac{du_{c\text{CB}}}{dt};$$

$$RC \frac{du_{c\text{CB}}}{dt} + u_{c\text{CB}} + ju_{c\text{CB}} = 0; \quad u_{c\text{CB}} = Ae^{pt}; \quad \frac{du_{c\text{CB}}}{dt} = pAe^{pt}.$$

Преобразуем исходное уравнение

$$RCp u_{c\text{CB}} + u_{c\text{CB}} + ju_{c\text{CB}} = 0$$

и упростим его

$$RCp + 1 + j = 0; \quad p = (1 + j)(RC)^{-1}.$$

Подставим в исходное уравнение

$$u_c = u_{c\text{CB}} = U_0 e^{-\frac{1+j}{RC}t} = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} e^{-j\frac{t}{RC}}.$$

3. Мнимая структура времени jt :

$$Ri_{c\text{CB}} + \frac{1}{c} \int i_{c\text{CB}} d(jt) = 0; \quad Ri_{c\text{CB}} + j \frac{1}{c} \int i_{c\text{CB}} dt = 0; \quad i_{c\text{CB}} = C \frac{du_{c\text{CB}}}{dt};$$

$$RC \frac{du_{c\text{CB}}}{dt} + ju_{c\text{CB}} = 0; \quad u_{c\text{CB}} = Ae^{pt}; \quad \frac{du_{c\text{CB}}}{dt} = pAe^{pt};$$

$$RCp u_{c\text{CB}} + ju_{c\text{CB}} = 0; \quad RCp + j = 0; \quad u_c = u_{c\text{CB}} = U_0 e^{-j\frac{t}{RC}}.$$

Рассмотрим аналитические выражения исследуемого параметра для поворотов и перемещений в структурах времени t и jt (рис. 1 – 3):

1) поворот из положительной области вещественной структуры времени t в мнимую структуру jt (см. рис. 1, а)

$$u_c(jt) = \frac{U_0 e^{jt_0 p}}{U_0 e^{t_0 p}} U_0 e^{t_0 p} = U_0 e^{(jt_0 - t_0)p} e^{t_0 p} = U_0 e^{(jt_0 - t_0 + t_0)p} = U_0 e^{jt_0 p};$$

2) поворот и перемещение в структуре времени jt (см. рис. 1, б)

$$u_c(jt_k) = U_0 e^{j(t_0 + \Delta t)p} = U_0 e^{+j(t_0 + t_k - t_0)p} = U_0 e^{+jt_k p},$$

где $\Delta t = t_k - t_0$;

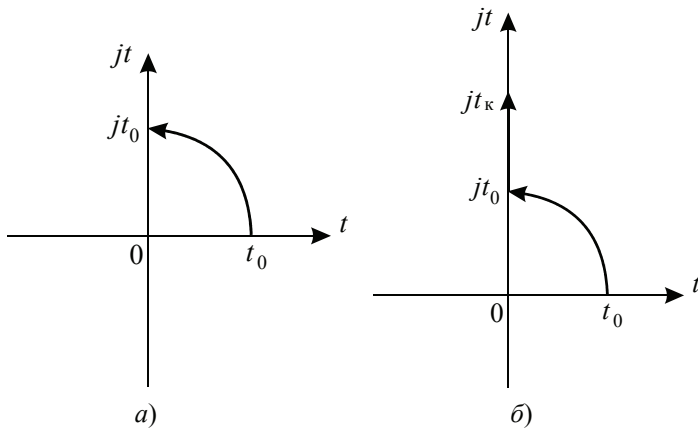


Рис. 1. Графическая иллюстрация поворота из положительной области вещественной структуры t в мнимую структуру jt (а), поворота и перемещения в структуре jt (б)

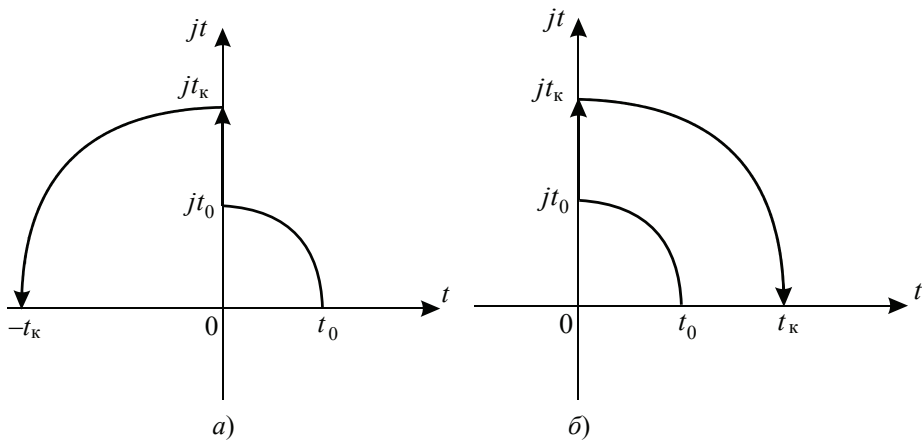


Рис. 2. Графическая иллюстрация переходов в отрицательную область вещественной структуры t (а), в положительную область вещественной структуры t (б)

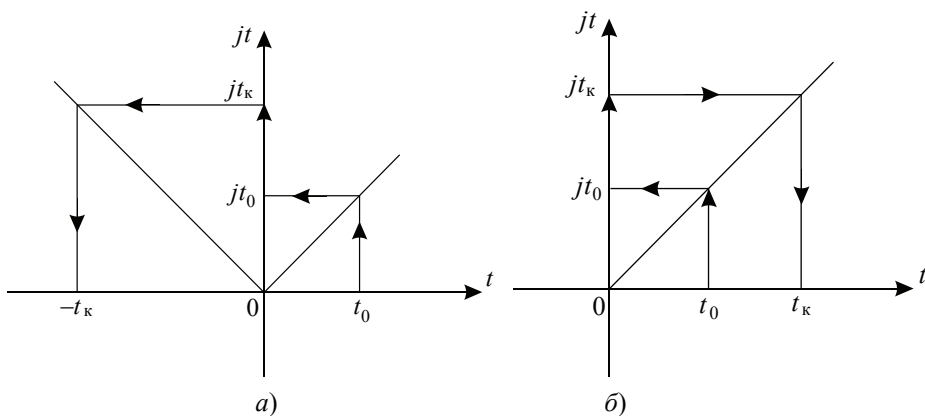


Рис. 3. Графическая иллюстрация ухода в отрицательную область вещественной структуры с использованием структуры $t + jt$ (а), в положительную область вещественной структуры с использованием структуры $t + jt$ (б)

3) переход в отрицательную область вещественной структуры времени t (см. рис. 2, а)

$$u_c(-t_k) = \frac{U_0 e^{t_k P}}{U_0 e^{j t_k P}} U_0 e^{j t_k P} = U_0 e^{(-t_k - j t_k) P} e^{j t_k P} = U_0 e^{(-t_k - j t_k + j t_k) P} = U_0 e^{-t_k P};$$

4) переход в положительную область вещественной структуры времени t (см. рис. 2, б)

$$u_c(t_k) = \frac{U_0 e^{t_k P}}{U_0 e^{j t_k P}} U_0 e^{j t_k P} = U_0 e^{(t_k - j t_k) P} e^{j t_k P} = U_0 e^{(t_k - j t_k + j t_k) P} = U_0 e^{t_k P};$$

5) уход в отрицательную область вещественной структуры времени t с использованием структуры $t + jt$ (см. рис. 3, а):

$$u_c(j t_k) = U_0 e^{j(t_0 + \Delta t) P} = U_0 e^{j(t_0 + t_k - t_0) P} = U_0 e^{j t_k P},$$

где $\Delta t = t_k - t_0$;

$$u_c(-t_k + j t_k) = U_0 e^{(-t_k + j t_k) P};$$

$$u_c(-t_k) = U_0 e^{-t_k P};$$

6) уход в положительную область вещественной структуры времени t с использованием структуры $t + jt$ (см. рис. 3, б):

$$u_c(j t_k) = U_0 e^{j(t_0 + \Delta t) P} = U_0 e^{j(t_0 + t_k - t_0) P} = U_0 e^{j t_k P};$$

$$u_c(t_k + j t_k) = U_0 e^{(t_k + j t_k) P};$$

$$u_c(t_k) = U_0 e^{t_k P}.$$

Рассмотрим пилотную цепь $R - C - L - O - U_0$.

В вещественной временной структуре t дифференциальное уравнение, описывающее режим функционирования такой цепи, имеет вид

$$\frac{d^2 u_{c\text{CB}}}{dt^2} + \frac{R du_{c\text{CB}}}{L dt} + \frac{1}{LC} u_{c\text{CB}} = 0.$$

Характеристическое уравнение

$$p^2 + \frac{R}{L} p + \frac{1}{LC} = 0.$$

Его корни находятся следующим образом:

$$p_{1,2} = \frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}.$$

Исследуемый параметр описывается уравнением

$$u_{c\text{CB}}(t) = A_1 e^{p_1 t} + A_2 e^{p_2 t},$$

где A_1 и A_2 – постоянные интегрирования.

Для $R = 80$ Ом, $L = 0,010$ Гн, $C = 3 \cdot 10^{-5}$ Ф, $U_0 = 100$ В получаем следующие значения корней:

$$p_1 = -440; \quad p_2 = -7559,026084.$$

Ограничимся восемью членами разложения экспоненты в выражении $u_{c\text{св}}(t)$.

Получим следующее аналитическое выражение:

$$u_{c\text{св}}(t) = A_1 \left(1 + \frac{p_1 t}{1!} + \frac{p_1^2 t^2}{2!} + \dots + \frac{p_1^7 t^7}{7!} \right) + A_2 \left(1 + \frac{p_2 t}{1!} + \frac{p_2^2 t^2}{2!} + \dots + \frac{p_2^7 t^7}{7!} \right).$$

Подставим это выражение в дифференциальное уравнение. Получим степенное алгебраическое уравнение (САУ) седьмого порядка вида:

$$A_7 t^7 + A_6 t^6 + A_5 t^5 + \dots + A_1 t + A_0 = 0,$$

где $A_7 = 5,778 \cdot 10^{30}$, $A_6 = 9,172 \cdot 10^{28}$, $A_5 = 6,604 \cdot 10^{25}$, $A_4 = 0$, $A_3 = -8,192 \cdot 10^3$, $A_2 = 2,549 \cdot 10^{19}$, $A_1 = 0$, $A_0 = 4,768 \cdot 10^{-7}$.

С учетом заданных значений R, L, C, U_0 получим следующий набор корней САУ:

$$t_1 = -153,542 + j163,395; \quad t_2 = -153,542 - j163,395;$$

$$t_3 = -65,769; \quad t_4 = j7,312 \cdot 10^{12}; \quad t_5 = -j7,312 \cdot 10^{12};$$

$$t_6 = 186,427 - j183,835; \quad t_7 = 186,427 + j183,835.$$

В мнимой временной структуре jt дифференциальное уравнение, описывающее поведение исследуемого параметра, будет иметь следующий вид:

$$\frac{d^2 u_{c\text{св}}}{d(jt)^2} + \frac{R}{L} \frac{du_{c\text{св}}}{d(jt)} + \frac{1}{LC} u_{c\text{св}} = 0.$$

В конечном итоге, после преобразований получим

$$\frac{d^2 u_{c\text{св}}}{dt^2} + j \frac{R}{L} \frac{du_{c\text{св}}}{dt} - \frac{1}{LC} u_{c\text{св}} = 0.$$

Характеристическое уравнение примет вид

$$p^2 + j \frac{R}{L} p - \frac{1}{LC} = 0.$$

Для заданных номиналов элементов цепи имеем следующие корни:

$$p_1 = -j440,9739; \quad p_2 = -j7559,026084.$$

В структуре jt аналитическое выражение для $u_{c\text{св}}$ с учетом разложения экспоненты восемью членами будет иметь следующий вид:

$$u_{c\text{св}} = A_1 \left(1 + \frac{jp_1 t}{1!} - \frac{p_1^2 t^2}{2!} - \frac{jp_1^3 t^3}{3!} + \frac{jp_1^4 t^4}{4!} + \frac{jp_1^5 t^5}{5!} - \frac{jp_1^6 t^6}{6!} - \frac{jp_1^7 t^7}{7!} \right) + A_2 \left(1 + \frac{jp_2 t}{1!} - \frac{p_2^2 t^2}{2!} - \frac{jp_2^3 t^3}{3!} + \frac{jp_2^4 t^4}{4!} + \frac{jp_2^5 t^5}{5!} - \frac{jp_2^6 t^6}{6!} - \frac{jp_2^7 t^7}{7!} \right).$$

Подставив это выражение в дифференциальное уравнение для структуры jt , получим следующее САУ:

$$B_7 t^7 + B_6 t^6 + B_5 t^5 + \dots + B_1 t + B_0 = 0,$$

где $B_7 = 5,778 \cdot 10^{30}$, $B_6 = -9,172 \cdot 10^{28}$, $B_5 = -7,956 \cdot 10^{25}$, $B_4 = -9,631 \cdot 10^{22}$,
 $B_3 = -5,096 \cdot 10^{19}$, $B_2 = -2,549 \cdot 10^{19}$, $B_1 = -5,333 \cdot 10^{12}$, $B_0 = -6,667 \cdot 10^8$.

С учетом заданных значений R, L, C, U_0 получим набор корней САУ:

$$t_1 = -3,999 \cdot 10^3 - j1,995 \cdot 10^5; \quad t_2 = -3,999 \cdot 10^3 + j1,995 \cdot 10^5;$$

$$t_3 = -186,37 + j165,324; \quad t_4 = -186,37 - j165,324; \quad t_5 = 59,491;$$

$$t_6 = 155,625 - j192,784; \quad t_7 = 155,625 + j192,784.$$

Рассмотрим механическую линейную систему автоматике. Она представлена структурной схемой, изображенной на рис. 4.

В вещественной временной структуре t дифференциальное уравнение, описывающее поведение механической ЛСА, имеет вид

$$M_0 \frac{d^2 x}{dt^2} + \alpha \frac{dx}{dt} + \gamma x = 0,$$

где M_0 – начальное значение массы в цилиндре механической ЛСА, примем $M_0 = 1$ кг; α – коэффициент трения поршня о стенки цилиндра; γ – жесткость пружины.

Характеристическое уравнение

$$p^2 + \frac{\alpha}{M_0} p + \frac{\gamma}{M_0} = 0.$$

Задав $\alpha = 10$ кг/с, $\gamma = 5$ кг/с², $M_0 = 1$ кг, $X_0 = 10$ м, где X_0 – начальное отклонение поршня, получим:

$$p_1 = -0,527; \quad p_2 = -9,4721.$$

В мнимой временной структуре jt дифференциальное уравнение примет следующий вид:

$$M_0 \frac{d^2 x}{dt^2} + j\alpha \frac{dx}{dt} - \gamma x = 0.$$

Для заданных номиналов параметров механической ЛСА корни равны:

$$p_1 = -j0,527; \quad p_2 = -j9,4721.$$

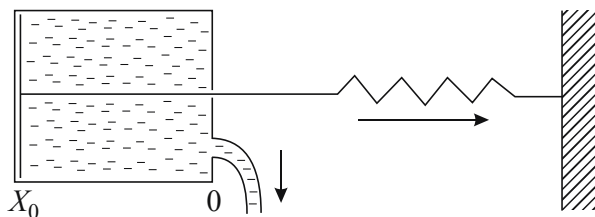


Рис. 4. Структурная схема механической линейной системы автоматике

Дальнейший ход вычислений аналогичен вычислениям для ЛСА вида $R-C-L-O-U_0$ для структуры t . Получим следующие наборы коэффициентов САУ:

$$A_7 = 4,005 \cdot 10^3; \quad A_6 = 5,312 \cdot 10^4; \quad A_5 = 3,045 \cdot 10^4;$$

$$A_4 = 0; \quad A_3 = 0; \quad A_2 = 9,875 \cdot 10^3; \quad A_1 = 5,684 \cdot 10^{-14}; \quad A_0 = 2,132 \cdot 10^{-14}$$

и корней САУ:

$$t_1 = -1,333 + j6,806 \cdot 10^8; \quad t_2 = -1,333 - j6,806 \cdot 10^8;$$

$$t_3 = -1,072 + j0,699; \quad t_4 = -1,072 - j0,699; \quad t_5 = -0,079;$$

$$t_6 = 1,112 + j1,378; \quad t_7 = 1,112 - j1,378.$$

Также аналогично ЛСА вида $R-C-L-O-U_0$ для структуры jt . Получим набор коэффициентов САУ:

$$B_7 = 4,005 \cdot 10^3; \quad B_6 = -5,312 \cdot 10^4; \quad B_5 = -3,685 \cdot 10^4; \quad B_4 = -3,552 \cdot 10^4;$$

$$B_3 = -1,5 \cdot 10^4; \quad B_2 = -9,875 \cdot 10^3; \quad B_1 = -1 \cdot 10^3; \quad B_0 = -100$$

и корни САУ:

$$t_1 = -4,318 - j8,033; \quad t_2 = -4,318 + j8,033;$$

$$t_3 = -1,03 + j1,19; \quad t_4 = -1,03 - j1,19; \quad t_5 = 0,072;$$

$$t_6 = 0,313 + j1,618; \quad t_7 = 0,313 - j1,618.$$

Для электрической и механической цепей ЛСА второго порядка корни p_1 и p_2 несут информацию о базовом состоянии цепи и режиме функционирования цепи в базовом состоянии.

Для цепи второго порядка в структуре jt корни чисто мнимые как в электрической ЛСА, так и механической ЛСА. Поэтому исследуемый параметр не затухает.

Переход в положительную область вещественной структуры t осуществляется путем перехода из структуры t в jt , перемещением в jt с последующим переходом в структуру t

$$K_{t \rightarrow jt} = \frac{\sum_{i=1}^N B_i e^{p_{B_i} jt}}{\sum_{i=1}^N A_i e^{p_{A_i} t}},$$

где $K_{t \rightarrow jt}$ – коэффициент такого перехода; B_i – i -я постоянная интегрирования для структуры jt ; A_i – i -я постоянная интегрирования для структуры t ; p_{B_i} – i -й корень для структуры jt ; p_{A_i} – i -й корень для структуры t ;

$$u_c(jt) = \sum_{i=1}^N A_i e^{p_{A_i} t} K_{t \rightarrow jt}.$$

Переход из jt в t осуществляется следующим образом:

$$K_{jt \rightarrow t} = \frac{\sum_{i=1}^N A_i e^{p_{A_i} t}}{\sum_{i=1}^N B_i e^{p_{B_i} t}},$$

где $K_{jt \rightarrow t}$ – коэффициент такого перехода;

$$u_c(t) = \sum_{i=1}^N B_i e^{p_{B_i} t} K_{jt \rightarrow t}.$$

Переход в отрицательную область вещественной структуры t осуществляется следующим образом: формируем степенное алгебраическое уравнение N -го порядка (в работе выбрано $N=7$). Находим корни степенного алгебраического уравнения t_i , $i = 1, \dots, N$. Определяем корни вида $p_i = -1/t_i$ для представления исследуемого параметра. Из всех слагаемых представления исследуемого параметра оставляем в рассмотрении только те, у которых положительная действительная часть. Такие слагаемые обеспечивают расхождение исследуемого параметра – это переход в отрицательную область вещественной структуры t , так как существует тождество $-p_i t = p_i(-t)$. Увеличение порядка САУ за счет увеличения числа слагаемых разложения экспоненты больше, чем порядок исходной цепи ЛСА, и ведет к появлению комплексно-сопряженных корней представления исследуемого параметра с положительной действительной частью.

Исследуемый параметр $x(t)$, имеющий размерность длины, пропорционален объему цилиндра с находящимся в нем поршнем, который выталкивает сыпучий груз, следовательно, он пропорционален массе этого груза.

Перевод $x(t)$ и, как следствие, массы сыпучего груза из структуры t в структуру jt реализуется аналогично такому переводу $u_{c\text{св}}(t)$ в электрической линейной системе автоматики. Таким же образом осуществляется перевод исследуемого параметра из структуры jt в структуру t .

Результаты

В ходе проведенных исследований получены следующие результаты.

1. Проведен строгий вывод аналитических выражений исследуемого параметра в структурах t , $t + jt$ и jt .

2. Проведена графическая иллюстрация перехода из положительной области структуры t в структуру jt и затем в отрицательную и положительную области структуры t .

3. Проведена графическая иллюстрация перехода из положительной области структуры t в структуру $t + jt$ и затем в отрицательную и положительную области структуры t .

4. Сформировано аналитическое описание графической иллюстрации таких переходов.

5. Предложено увеличивать порядок САУ расчетным путем в целях обеспечения перехода исследуемого параметра электрической ЛСА и механической ЛСА в отрицательную область вещественной структуры t при порядке обоих ЛСА, равном двум.

6. Предложено переводить исследуемый параметр электрической ЛСА и механической ЛСА в положительную область вещественной структуры t путем перехода из структуры t в структуру jt , перемещения в jt и обратного перехода из структуры jt в структуру t при порядке обоих ЛСА, равном двум.

Выводы

1. Предложенные способы передвижения из структуры t в положительную и отрицательную области структуры t с использованием структур jt и $t + jt$ дает возможность заменить передвижение в структуре t и структуре $-t$ композицией поворотов и передвижений.

2. Предложенный способ передвижения из одной структуры в другую позволяет использовать ЛСА для своей реализации.

Список литературы

1. Алгазин, Е. И. Описание состояния во времени линейных систем автоматики как следствия процессов накопления и диссипации энергии / Е. И. Алгазин // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2021. –Т. 27, № 3. – С. 380 – 386. DOI: 10.17277/vestnik.2021.03.pp.380-386

2. Веселовский, О. Н. Основы электротехники и электротехнические устройства радиоприемной аппаратуры: учеб. для вузов / О. Н. Веселовский, Л. М. Браславский. – М. : Высшая школа, 1977. – 312 с.

3. Ландау, Л. Д. Механика. Том 1 /Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – Изд. 4-е, исправ. – М. : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1988. – 216 с.

General Concept of Movement in Time Structures of the Studied Parameter of Linear Automation Systems

E. I. Algazin

*Department of Electronics and Electrical Engineering, evgeniialgazin@gmail.com,
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia*

Keywords: temporary structures; linear automation systems; circuit parameters; electrical circuit; element base.

Abstract: The idea of transition of the studied parameter (capacitor voltage) from the positive region of the real time structure through the imaginary or complex, and then through the imaginary to the negative (or positive) region of the real time structure is proposed. Such a transition can be carried out by means of rotations and movements in the structures of time. Linear automation systems can serve as an element base for the implementation of this idea.

References

1. Algazin Ye.I. [Description of the state in time of linear automation systems as a consequence of the processes of accumulation and dissipation of energy], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2021, vol. 27, no. 3, pp. 380-386. doi: 10.17277/vestnik.2020.03.pp.388-392 (In Russ., abstract in Eng.)

2. Veselovskiy O.N., Braslavskiy L.M. *Osnovy elektrotehniki i elektrotekhnicheskkiye ustroystva radioelektronnoy apparatury: uchebnoye posobiye dlya vuzov* [Fundamentals of electrical engineering and electrical devices of electronic equipment: a textbook for high schools], Moscow: Vysshaya shkola, 1977, 312 p. (In Russ.)

3. Landau L.D., Lifshits Ye.M. *Mekhanika* [Mechanics], vol. 1, izd. 4-ye, isprav. Moscow: Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1988. 216 p. (In Russ.)

Allgemeines Konzept der Bewegung in Zeitstrukturen des untersuchten Parameters der linearen Automatisierungssysteme

Zusammenfassung: Es ist die Idee des Übergangs des untersuchten Parameters (Kondensatorspannung) vom positiven Bereich der Echtzeitstruktur durch den imaginären oder komplexen und dann durch den imaginären in den negativen (oder positiven) Bereich der Echtzeitstruktur vorgeschlagen. Ein solcher Übergang kann durch Rotationen und Bewegungen in den Zeitstrukturen vollzogen werden. Lineare Automatisierungssysteme können als elementare Basis für die Umsetzung dieser Idee dienen.

Conception générale du mouvement dans les structures temporelles du paramètre étudié des systèmes d'automatisation linéaire

Résumé: Est proposée l'idée de la transition du paramètre étudié (tension aux bornes du condensateur) du domaine positif de la structure réelle du temps à travers l'imaginaire ou complexe, puis à travers l'imaginaire dans le domaine négatif (ou positif) de la structure réelle du temps. Une telle transition peut être réalisée par des tours et des mouvements dans les structures du temps. Des systèmes d'automatisation linéaires peuvent servir de base élémentaire pour la mise en œuvre de cette idée.

Автор: *Алгазин Евгений Игоревич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Электроника и электротехника», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», Новосибирск, Россия.
