

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРАХ ВРЕМЕННЫХ СООТНОШЕНИЙ

Е. И. Алгазин

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

Ключевые слова: временные соотношения; комплексная плоскость; электрическая цепь.

Аннотация: Получено аналитическое описание поведения исследуемого параметра (напряжение на конденсаторе) для различных структур временных соотношений. На его основе проведено моделирование функционирования линейной системы автоматики.

Введение

Предложены следующие структуры временных соотношений: вещественная, комплексная, состоящая из вещественной и мнимой частей, и мнимая, включающая только мнимую часть [1].

Для предложенных структур разработан математический аппарат, описывающий поведение исследуемого параметра, а именно напряжения на конденсаторе U_C анализируемой цепи в случаях для всех предложенных структур временных соотношений.

Выявлены особенности описания исследуемого параметра, заключающиеся в том, что появление мнимой составляющей в структуре временных соотношений обуславливает наличие мнимой части в описании исследуемого параметра.

Промоделировано поведение вещественной и мнимой частей исследуемого параметра при всех структурах временных соотношений.

Постановка задачи

Пусть дана линейная система автоматики, представляющая из себя линейную электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных резистора, имеющего сопротивление R , конденсатора с емкостью C и катушки индуктивности с индуктивностью L . Источник питания отсутствует. Предварительно, до момента коммутации ключа на замыкание, конденсатор заряжен до напряжения U_0 . Номиналы элементов цепи подобраны так, чтобы обеспечить колебательный режим в исследуемой цепи [2].

Приняты следующие допущения:

- все элементы цепи рассматриваются как сосредоточенные и линейные;
- конденсатор не имеет токов утечки;
- катушка индуктивности не имеет межвитковых емкостей.

Необходимо на основе разрабатываемого математического аппарата промоделировать поведение данной электрической цепи при всех перечисленных ранее структурах временных соотношений.

Пути решения

Рассмотрим разработанные аналитические выражения, описывающие поведение U_C при всех трех структурах временных соотношений:

1. Время выражается переменной вида t

$$U_C(t) = U_0 e^{-\alpha t} \cos(\beta t) - U_0 \frac{\alpha}{\beta} e^{-\alpha t} \sin(\beta t),$$

где α , β – вещественная и мнимая части комплексно-сопряженного корня соответственно.

Поведение $U_C(t)$ представлено графически на рис. 1.

2. Время выражается переменной вида $t + jt$

$$\begin{aligned} U_C(t) = & \frac{U_0}{2} \left\{ e^{(-\alpha-\beta)t} \cos(-\alpha+\beta)t + e^{(-\alpha+\beta)t} \cos(-\alpha-\beta)t \right\} - \\ & - \frac{U_0 \alpha}{2\beta} \left\{ e^{(-\alpha-\beta)t} \sin(-\alpha+\beta)t + e^{(-\alpha+\beta)t} \sin(-\alpha-\beta)t \right\} + \\ & + j \left\{ \frac{U_0 \alpha}{2\beta} e^{(-\alpha-\beta)t} \cos(-\alpha+\beta)t - \frac{U_0 \alpha}{2\beta} e^{(-\alpha+\beta)t} \cos(-\alpha-\beta)t + \right. \\ & \left. + \frac{U_0}{2} e^{(-\alpha-\beta)t} \sin(-\alpha+\beta)t + \frac{U_0}{2} e^{(-\alpha+\beta)t} \sin(-\alpha-\beta)t \right\}. \end{aligned}$$

В данном случае поведение $U_C(t)$ представлено для вещественной и мнимой частей на рис. 2.

3. Время выражается переменной вида jt

$$\begin{aligned} U_C(t) = & \frac{U_0}{2} (e^{-\beta t} + e^{\beta t}) \cos(\alpha t) + \frac{U_0 \alpha}{2\beta} (e^{-\beta t} - e^{\beta t}) \sin(\alpha t) + \\ & + j \left\{ \frac{U_0 \alpha}{2\beta} (e^{-\beta t} + e^{\beta t}) \cos(\alpha t) - \frac{U_0}{2} (e^{-\beta t} - e^{\beta t}) \sin(\alpha t) \right\}. \end{aligned}$$

Поведение $U_C(t)$ показано на рис. 3.

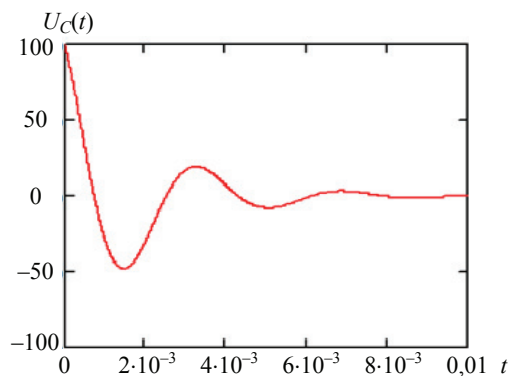


Рис. 1. Графическое представление $U_C(t)$ на выбранном интервале времени

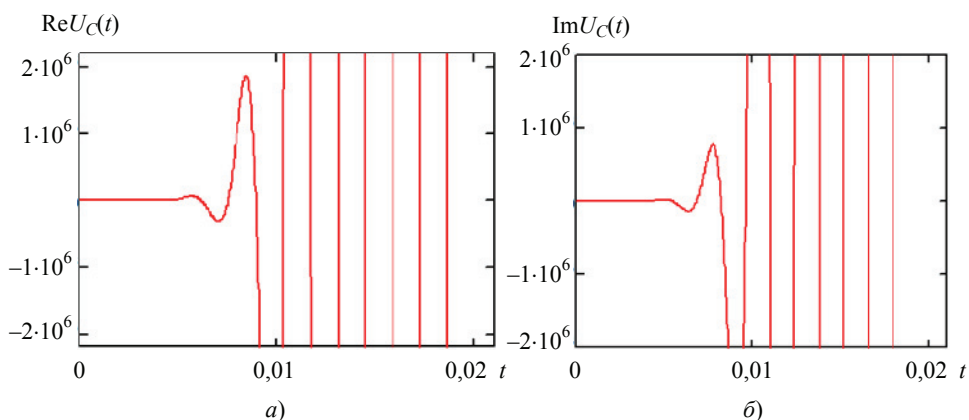


Рис. 2. Поведение U_C для вещественной (а) и мнимой (б) частей при временном соотношении $t + jt$

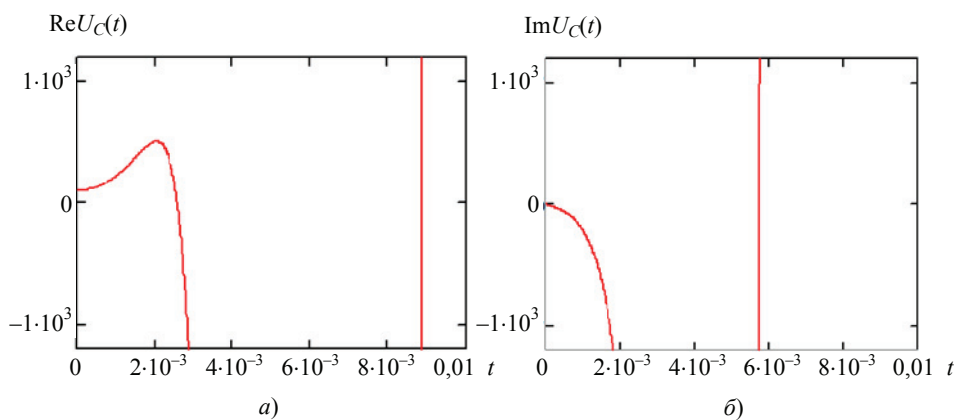


Рис. 3. Вещественная (а) и мнимая (б) части U_C (время выражено переменной jt)

Результаты

Рассмотрено функционирование электрической цепи при всех трех структурах временных соотношений. В результате видно, что в случае вещественной структуры временных соотношений исследуемый параметр U_C представляет собой затухающую экспоненциально синусоиду, что говорит о непротиворечии классическим представлениям. В случае комплексной структуры, так же как и в мнимой, наблюдается рост U_C и в реальной, и мнимой частях.

Выводы

При вещественной структуре времени полученный результат подтверждается классическими представлениями.

При структурах, имеющих в своем составе мнимую часть, получаем в описании U_C с помощью аналитического выражения экспоненту с положительным показателем. Это указывает на рост величины U_C .

Таким образом, можно отметить, что из особенностей описания линейных система автоматики при различных структурах временных соотношений следуют особенности функционирования таких систем, которые подлежат дополнительному исследованию.

Результаты проведенного исследования могут дать информацию о функционировании линейных систем автоматики в дополнение к классическим методам анализа поведения таких систем.

Внесение изменений в мнимую часть исследуемого параметра U_C , измерение и управление им из вещественной части U_C на данный момент невозможно.

Список литературы

1. Арнольд, В. И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений / В. И. Арнольд. – М. : Наука, 1978. – 304 с.

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

Features of Operation of Linear Automation Systems with Different Structures of Temporal Relationships

E. I. Algazin

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

Keywords: timing relationships; complex plane; electrical circuit.

Abstract: An analytical description of the behavior of the investigated parameter (voltage across the capacitor) for various structures of temporal relationships is obtained. On its basis, the modeling of the functioning of the linear automation system was carried out.

References

1. Arnol'd V.I. *Dopolnitel'nyye glavy teorii obyknovennykh differentsial'nykh uravneniy* [Additional chapters of the theory of ordinary differential equations], Moscow: Nauka, 1978, 304 p. (In Russ.)

2. Veselovskiy O.N., Braslavskiy L.M. *Osnovy elektrotehniki i elektrotekhnicheskiye 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.)

Funktionsmerkmale von linearen Automatisierungssystemen bei verschiedenen Zeitbeziehungsstrukturen

Zusammenfassung: Es ist eine analytische Beschreibung des Verhaltens des untersuchten Parameters (Spannung am Kondensator) für verschiedene Strukturen zeitlicher Beziehungen erhalten. Auf dieser Grundlage ist die Modellierung der Funktionsweise des linearen Automatisierungssystems durchgeführt.

Particularités du fonctionnement des systèmes d'automatisation linéaires dans divers structures des relations temporelles

Résumé: Est obtenue une description analytique du comportement du paramètre étudié (tension aux bornes du condensateur) pour les différentes structures des relations temporelles. A sa base, est réalisée une simulation du fonctionnement du système d'automatisation linéaires.

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

Рецензент: *Разинкин Владимир Павлович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Теоретические основы радиотехники», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск, Россия.