

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРУКТУР 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; линейная система автоматики.

Аннотация: Предложено динамическое описание поведения исследуемого параметра (напряжения на конденсаторе U_C) данной для анализа линейной системы автоматики. Рассмотрена в динамике смена структур временных соотношений и получено качественное описание исследуемого параметра в каждой из структур. Исследован переход U_C в области отрицательного и положительного вещественного времени. Дано объяснение отсутствию необходимости управления и «вторжения» исследуемого параметра U_C в мнимую часть из вещественной.

Введение

Введение понятия структур времени и использование линейных систем автоматики для их изучения, с одной стороны, позволяет получать и накапливать информацию об особенностях поведения линейных систем автоматики при смене структур, с другой – ставит новые вопросы и требования при исследовании. Примером может служить следующий вопрос: долговечность конструктива линейной системы автоматики, используемой для исследования структур временных соотношений, и устойчивость его к энергетическим воздействиям.

Постановка задачи

Дана линейная система автоматики (ЛСА) в виде последовательной цепи, состоящей из резистора, обладающего сопротивлением R и конденсатора, обладающего емкостью C .

Конденсатор предварительно заряжен до напряжения U_0 . Источник питания отсутствует. Далее данную цепь обозначим R–C–0 [1]. Такая цепь наиболее адекватна задачам исследования, потому что позволяет промоделировать поведение ЛСА с диссипацией.

Приняты следующие допущения:

- элементы цепи обладают устойчивостью по отношению к энергетическим воздействиям и являются сосредоточенными элементами;
- переходные процессы при изменении законов U_C в различных структурах временных соотношений скомпенсированы.

Исходя из сделанных допущений, необходимо описать в динамике уход параметра U_C как в область отрицательного вещественного времени, так и в область положительного.

Пути решения

Рассмотрим пути перехода U_C из одной временной структуры в другую (рис. 1). Момент времени $t = 0, jt = 0$ соответствует началу отсчета времени t и jt . Процессы в системе начали диссипировать. До этого момента $t < 0$, что соответствует уходу системы в отрицательное вещественное время.

Предложены следующие пути перехода U_C из t_1 в $-t_1$:

- 1) $t \rightarrow t + jt \rightarrow -t + jt \rightarrow -t$;
- 2) $t \rightarrow t - jt \rightarrow -t - jt \rightarrow -t$;
- 3) $t \rightarrow -t$.

Далее показано, что в структурах jt и $t + jt$ присутствуют генерация и генерация с диссипацией без использования отрицательного сопротивления.

Возможно, генерация частично (или полностью) компенсирует процессы диссипации.

Рассмотрим аналитические выражения U_C всех путей перехода из t_1 в $-t_1$ для следующих структур.

Первый путь перехода из t_1 в $-t_1$:

$$\text{-- «}t\text{»}: t = 0, U_C(t) = U_0, U_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}; t = t_1, U_C(t_1) = U_0 e^{-\frac{t_1}{RC}}.$$

$$\text{-- «}t + jt\text{»}: U_C(t) = U_C(t_1) e^{-\frac{t+jt}{RC}}; t = t_2, U_C(t_2) = U_C(t_1) e^{-\frac{t_2+jt_2}{RC}}.$$

$$\text{-- «-}t + jt\text{»}: U_C = U_C(t_2) e^{-\frac{t+jt}{RC}}; t = t_3, U_C(t_3) = U_C(t_2) e^{-\frac{t_3+jt_3}{RC}} = U_C(t_2) e^{-\frac{t_3-jt_3}{RC}}.$$

Имеет место генерация U_C , что эквивалентно включению отрицательного сопротивления вместо обычного.

$$\text{-- «-}t\text{»}: t = t_4, U_C(t_4) = U_C(t_3) e^{-\frac{t_4}{RC}} = U_C(t_3) e^{-\frac{t_4}{RC}}.$$

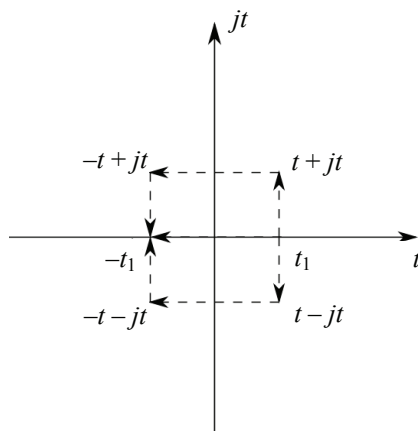


Рис. 1. Пути перехода из t_1 в $-t_1$

Имеет место генерация U_C , что эквивалентно включению отрицательного сопротивления вместо обычного.

Второй путь перехода из t_1 в $-t_1$:

$$- \ll t \gg: t = 0, U_C(t) = U_0, U_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}};$$

$$t = t_1, U_C(t_1) = U_0 e^{-\frac{t_1}{RC}}.$$

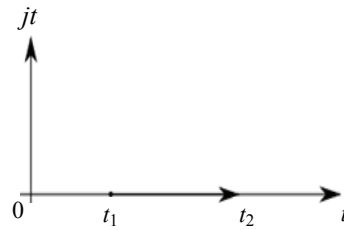


Рис. 2. Уход U_C в область положительного времени

$$- \ll t - jt \gg: U_C(t) = U_C(t_1) e^{-\frac{t-jt}{RC}}; t = t_2, U_C(t_2) = U_C(t_1) e^{-\frac{t_2-jt_2}{RC}}.$$

$$- \ll -t - jt \gg: U_C(t) = U_C(t_2) e^{-\frac{-t-jt}{RC}}; t = t_3, U_C(t_3) = U_C(t_2) e^{-\frac{t_3+jt}{RC}}.$$

$$- \ll -t \gg: U_C(t_1) = U_C(t_3) e^{-\frac{-t_1}{RC}} = U_C(t_3) e^{\frac{t_1}{RC}}.$$

В последних двух случаях имеет место генерация U_C , что эквивалентно подключению отрицательного сопротивления вместо положительного.

Третий путь перехода из t_1 в $-t_1$:

$$- \ll t \gg: t = 0, U_C(t) = U_0, U_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}; t = t_1, U_C(t_1) = U_0 e^{-\frac{t_1}{RC}}; t = -t_1,$$

$$U_C(t) = U_C(t_1) e^{-\frac{-t_1}{RC}} = U_C(t_1) e^{\frac{t_1}{RC}}.$$

Рассмотрим уход U_C в область положительного времени (рис. 2).

В момент t_1 в исследуемой ЛСА сопротивление R заменяется на индуктивность L . Исчезает диссипация, и система остается в состоянии текущей накопленной энергии до момента t_2 , пока вновь не произойдет обратная замена индуктивности L на сопротивление R :

$$U_C(t) = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}; U_C(t_1) = U_0 e^{-\frac{t_1}{RC}};$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}; U_C(t_2) = U_C(t_1) \sin(\omega t_2).$$

Результаты

В рассмотренных R-C-0 структурах за счет добавки jt появляется мнимая часть $\text{Im}(U_C)$ [2], которую можно оценить аналитически, но оперировать при этом только с вещественной частью – $\text{Re}(U_C)$.

На переход из $\text{Re}(U_C)$ в $\text{Im}(U_C)$ и обратно положен запрет в виде разрушения ЛСА от энергетического воздействия, поскольку неизвестен закон такого перехода. Варьируя параметры U_0, R, C , получаем требуемые значения в $\text{Re}(U_C)$, соответствующие уходу в прошлое исследуемого параметра. Искусственный отрыв $\text{Re}(U_C)$ от $\text{Im}(U_C)$ позволяет обойтись только $\text{Re}(U_C)$ без необходимости преодолевать запрет на переход из $\text{Re}(U_C)$ в $\text{Im}(U_C)$ и обратно.

Первая схема преобразования структур временных соотношений компенсирует уже случившиеся процессы диссипации (см. рис. 1), вторая – устраняет ее будущие процессы (см. рис. 2).

Выводы

Структуры временных соотношений делятся (для исследуемой цепи R–C–0) на структуры с диссипацией и без нее.

Особенностями использования ЛСА для исследования структур временных соотношений является то, что они сужают исследуемые параметры и сводят их многообразию к U_C и току индуктивности i_L , а также U_0, R, L, C .

Во всех трех структурах есть вещественная часть исследуемого параметра U_C . Значит можно рассматривать наличие энергии в реальной части U_C во всех трех структурах.

Таким образом, необходимо вместо емкости использовать источник ЭДС, реализующий (формирующий) требуемый закон изменения U_C . Если в рассматриваемые временные интервалы выполняется данный закон, то это уход в требуемое время для U_C .

Список литературы

1. 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.

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

Features of Using Linear Automation Systems for Research of Temporal Relation Structures

E. I. Algazin

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

Keywords: temporal relations; complex plane; linear automation system.

Abstract: A dynamic description of the behavior of the investigated parameter (voltage across the capacitor U_C) given for the analysis of a linear automation system is proposed. The dynamics of the change in the structures of temporal relations is considered and a qualitative description of the investigated parameter in each of the structures is obtained. The transition of U_C in the region of negative and positive real time is investigated. An explanation is given for the absence of the need for control and “intrusion” of the investigated parameter U_C into the imaginary part of the real one.

References

1. 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.)

2. 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.)

Merkmale der Verwendung der linearen Automatisierungssysteme für die Forschung der Timing-Strukturen

Zusammenfassung: Es ist die dynamische Beschreibung des Verhaltens des untersuchten Parameters (Spannung am Kondensator U_C) für die Analyse eines linearen Automatisierungssystems vorgeschlagen. Es ist die Dynamik der Änderung der Strukturen der zeitlichen Beziehungen betrachtet und eine qualitative Beschreibung des untersuchten Parameters in jeder der Strukturen erhalten. Der Übergang von U_C im Bereich negativer und positiver reeller Zeit ist untersucht. Es ist die Erklärung für das Fehlen der Notwendigkeit der Kontrolle und "Invasion" des untersuchten Parameters U_C in den imaginären Teil des Realparameters gegeben.

Particularité de l'utilisation des systèmes d'automatisation linéaires pour l'étude des structures des relations temporelles

Résumé: Est proposée une description dynamique du comportement du paramètre étudié (tension aux bornes du condensateur U_C) pour l'analyse du système d'automatisation linéaire. Est examinée dans la dynamique du changement des structures des relations temporelles; est obtenu une description qualitative du paramètre étudié dans chacune des structures. Est étudiée la transition de l' U_C dans le domaine du temps réel négatif et positif. Est expliquée l'absence du contrôle et d'intrusion du paramètre U_C étudié dans la partie imaginaire à partir de celle réelle.

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.