

УДК 621.3.011.7

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКЛИКА ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ю. К. Филипский

Доктор технических наук, профессор*

Л. С. Фонарь

Инженер*

E-mail: fonar_l_s@ukr.net

А. Э. Брянский

Аспирант*

*Кафедра радиотехнических устройств

Институт радиоэлектроники и телекоммуникаций

Одесский национальный политехнический

университет

пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044

Проведено аналіз роботи інтегратора в динамічному режимі при проходженні періодичної послідовності прямокутних імпульсів. Визначена спектральна щільність послідовності прямокутних імпульсів на виході ланцюга. Показано, що кожен подальший імпульс на вході кола призводить до чергового стрибку, тобто до поступового зростання напруги на виході. При цьому тривалий час коло знаходиться в динамічному режимі

Ключові слова: фільтр низьких частот, інтегратор, прямокутний імпульс, динамічний режим

Проведен анализ работы интегратора в динамическом режиме при прохождении периодической последовательности прямоугольных импульсов. Определена спектральная плотность последовательности прямоугольных импульсов на выходе цепи. Показано, что каждый последующий импульс на входе цепи приводит к очередной ступени, т.е. к постепенному росту напряжения на выходе. При этом длительное время цепь находится в динамическом режиме

Ключевые слова: фильтр низких частот, интегратор, прямоугольный импульс, динамический режим

1. Введение

Современные средства радиоизмерений строятся с использованием информационных технологических процессов, когда преобразование информации происходит путем моделирования. При этом основную роль играет программное обеспечение, которое позволяет передачу информации осуществлять в реальном масштабе времени.

2. Постановка проблемы и определение цели исследования

Типичным примером динамической системы является интегратор, который большую часть рабочего времени находится в динамическом состоянии, когда необходимо учитывать переходные процессы, возникающие в инерционных цепях. Если параметры сигнала непрерывно изменяются во времени, то эти процессы могут существовать бесконечно. Наличие переходных процессов приводит к тому, что расчеты необходимо проводить в динамическом состоянии цепи.

Обобщающей особенностью современных методов анализа цепей в динамическом режиме является использование двухмерных характеристик, которые позволяют проводить анализ не отдельно в плоскостях времени и частоты, а одновременно на частотно-временной плоскости, что существенно расширяет возможности анализа в практических применениях.

Интерес представляет метод динамического коэффициента передачи (ДКП) [1 – 7], как функция времени, т.к. в этом случае он дает непосредственно комплексную огибающую на выходе цепи при скачке

амплитуды. ДКП отличается от стационарного тем, что в нем учитывается не только значение мгновенной частоты, но также и значения производных фазы по времени. ДКП описывается формулой:

$$K(j\omega, t) = \int_0^t h(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \tag{1}$$

ДКП как функция частоты и функция времени имеет предельные переходы:

$$K(j\omega) = \lim_{t \rightarrow \infty} [K(j\omega, t)] = \int_0^{\infty} h(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \tag{2}$$

$$K(0, t) = g(t) = \int_0^t h(\tau) d\tau \tag{3}$$

где $h(\tau)$ - импульсная характеристика;

τ - постоянная времени цепи;

$g(t)$ - переходная характеристика.

Графики ДКП как функции частоты и времени представлены на рис. 1

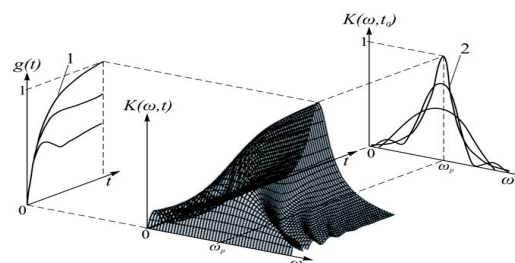


Рис. 1. Динамический коэффициент передачи $K(\omega, t)$ как функция частоты ($K(\omega, t_0)$ от ω) и как функция времени ($K(0, t_0)$ от t)

Интегратор является цепью с большой инерционностью, когда соблюдается условие $\tau \gg \tau_i$, где τ – постоянная времени цепи, τ_i – длительность импульса.

Поэтому фильтр нижних частот, который выполняет функцию интегратора и который используется в большинстве радиоустройств вплоть до блоков питания, следует исследовать в реальном масштабе времени, т.е. в динамическом режиме.

3. Анализ работы интегратора в динамическом режиме

Коэффициент передачи фильтра нижних частот первого порядка имеет вид [8]

$$K(p) = \frac{a_0}{b_0 p + b_1} \tag{4}$$

Коэффициенты $a_0 = b_0 = 1$, а b_1 может принимать значения от 1 до 100 и определяется назначением фильтра. При $b_1 = 1$ получаем обычный ФНЧ, при $b_1 \geq 10$ – интегратор.

Коэффициент передачи интегратора имеет вид

$$K(p) = \frac{1}{p + b_1} \tag{5}$$

Постоянная времени интегратора на порядок выше, чем у фильтра нижних частот.

Учитывая, что цепь в динамическом режиме находится длительное время, был выполнен расчет прохождения ограниченной последовательности прямоугольных импульсов.

Спектральная плотность последовательности прямоугольных импульсов имеет вид

$$S_1(p) = S(p) [1 + e^{-pT} + e^{-2pT} + \dots + e^{-(N-1)pT}] = \frac{1}{p} (1 - e^{-NpT}) \cdot \gamma(p), \tag{6}$$

где $S(p)$ – спектральная плотность одиночного импульса [2];

N – количество импульсов;

$\gamma(p)$ – коэффициент пачки, который определяется количеством импульсов;

T – период следования импульсов.

$$\gamma(p) = \frac{1 - e^{-NpT}}{1 - e^{-pT}} \tag{7}$$

Спектральная плотность на выходе цепи определяется формулой

$$S_2(p) = S_1(p) K(p) \tag{8}$$

При переходе к численному процессу определения сигналов на выходе динамической системы необходимо при вычислениях использовать z-преобразование выражения (8), в котором произведена замена оператора

$$p = \frac{z - 1}{T} \tag{9}$$

Применение z-преобразования в случаях цифровой обработки сигналов дает возможность исключить погрешности вычислений, возникающие за счет ограничения частотных характеристик цепи частотой $\omega_m = \omega_T / 2$, где $\omega_T = 2\pi / T$ – частота Найквиста [9, 10].

При этом z-изображение входного сигнала и коэффициент передачи были получены в виде

$$S_1(z) = 0.1m \frac{(1+z^{-1})(1-z^{-5})(1-z^{-5Nq})}{(1-z^{-1})(1-z^{-5q})}, \tag{10}$$

$$K(z) = \frac{1+z^{-1}}{1 + \left(1 + \frac{10b_1}{m}\right)z^{-1} - \frac{10b_1}{m}} \tag{11}$$

Современные средства вычислительной техники освобождают процесс проектирования от рутинных расчетов.

Поэтому в данном случае для определения отклика была разработана программа расчётов, на основании которой была построена модель интегратора и выполнены численные вычисления.

В результате сигнал на выходе интегратора был получен в виде (рис. 2).

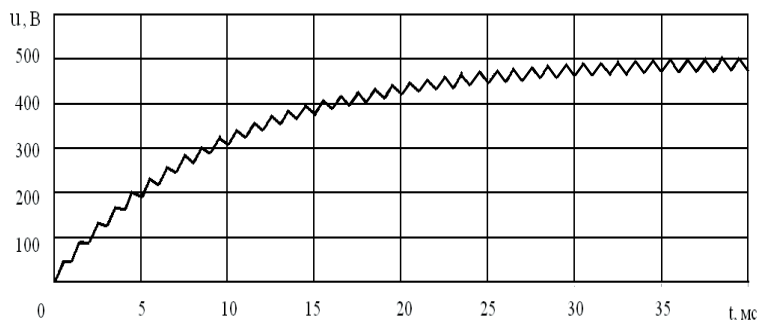


Рис. 2. График сигнала u на выходе интегратора в зависимости от времени t

Сигнал на выходе цепи был вычислен на основании $S_2(z) = K(z) \cdot S_1(z)$ путем обратного перехода к временной функции.

Из графика следует, что каждый последующий импульс на входе цепи приводит к очередной ступени, т.е. к постепенному росту напряжения на выходе. При этом длительное время цепь находится в динамическом режиме.

4. Выводы

Как видим, интегрирующая цепь является наиболее типичным примером цепи, работающей в динамическом режиме. Применение z-преобразования позволяет повысить точность вычислений и в дальнейшем перейти к определению динамических характеристик интегратора.

Література

1. Филиппский, Ю. К. К вопросу о динамическом коэффициенте передачи [Текст] / Ю. К. Филиппский // Изв. Вузов. Радиотехника. – 1976. – Т.31, №5. – С. 18-22.
2. Філіпський, Ю. К. Динаміка сигнальних перетворень [Текст]: Нав. посіб. для студентів ВНЗ / Ю. К. Філіпський. – Одеса: ОДПУ, 2006. – 89 с.
3. Філіпський, Ю. К. Частотно-часові характеристики цифрових фільтрів 1-го та 2-го порядку без прототипів [Текст] / Ю. К. Філіпський, Л. С. Прусенкова // Тр. Одес. политехн. ун-та. – 2009. – Вып. 1 (31). – С. 97-02.
4. Филиппский, Ю. К. Динамические свойства избирательных цепей при скачках частоты [Текст] // Изв. вузов. Радиотехника. – 1976. – Т. 19, № 9. – С. 70-74.
5. Агаджанян, А. Р. Особенности частотно-временного анализасигналов и цепей [Текст] / А. Р. Агаджанян, Ю. К. Філіпський // ПраціОПУ. – 2008. – № 1(29). – С. 199-203.
6. Агаджанян, А. Р. Сравнительный анализ частотно-временныхметодов обработки сигналов [Текст] / А. Р. Агаджанян, Ю. К. Філіпський // ПраціОПУ. – 2010. – № 1(33) - 2(34). – С. 175-179.
7. Агаджанян, А. Р. Переваги обробки нестационарних сигналів частотно-часовими методами [Текст] / А. Р. Агаджанян, Ю. К. Філіпський // Праці ОПУ. – 2011. – № 1(35). – С. 125-129.
8. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст]: учеб. пособие для вузов / И. С. Гоноровский. - 5-е изд. – М.: Дрофа, 2006. – 719 с.
9. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов [Текст] / А. Б Сергиенко. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 751 с.
10. Рабинер, Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов [Текст]: Пер. с англ. / Л. Рабинер, Б. Гоулд. – М.: МИР, 1978. – 835 с.

В даній статті висвітлено ряд важливих питань щодо розподілу транспортної роботи міських пасажирських перевезень в залежності від факторів рухливості населення. В результаті досліджень були класифіковані фактори, що визначають рухливість населення. Як наслідок було розроблено математичні моделі транспортної рухливості в залежності від щільності вулично-дорожньої та маршрутної мережі, кількості мешканців міста та рівня автомобілізації

Ключові слова: транспорт, населення, рухливість, фактор, автомобілізація, щільність, мережа

В данной статье рассматривается ряд важных вопросов о распределении транспортной работы городских пассажирских перевозок в зависимости от факторов подвижности населения. В результате исследований были классифицированы факторы, определяющие подвижность населения. Как следствие, были разработаны математические модели транспортной подвижности в зависимости от плотности улично-дорожной и маршрутной сети, количества жителей и уровня автомобилизации

Ключевые слова: транспорт, население, подвижность, фактор, автомобилизация, плотность, сеть

УДК 656.025.2

ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОЇ РУХЛИВОСТІ НАСЕЛЕННЯ

В. К. Доля

Доктор технічних наук, професор, завідувачий кафедрою*

І. Є. Іванов

Кандидат технічних наук*

*Кафедра транспортних систем і логістики
Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова
вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002

1. Вступ

Зміна соціальних, економічних і екологічних показників і параметрів міських пасажирських перевезень призводить до розподілення пасажиропотоків, як між видами міського пасажирського транспорту

(МПТ), так і між окремими маршрутами.

Тому існує потреба в детальному вивченні питання розподілу транспортної рухливості між видами транспорту, враховуючи параметри функціонування вулично-дорожньої мережі та населеності міст.