

РАДИОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 621.372
А.М.

Іваницький

Іваницький А.М.
Ivanitskiy A.M.

ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ СХЕМОЙ ЗАМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ЯДЕР ЭКСПОФУНКЦИЙ И ТРАДИЦИОННОЙ СХЕМОЙ ЗАМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ ПРИ ЭКСПОФУНКЦИОНАЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ СХЕМОЮ ЗАМІЩЕННЯ ДЛЯ ЯДЕР ЕКСПОФУНКЦІЙ ТА ТРАДИЦІЙНОЮ СХЕМОЮ ЗАМІЩЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО КОЛА ПРИ ЕКСПОФУНКЦІОНАЛЬНІЙ ДІЇ

CORRELATION BETWEEN AN EQUIVALENT CIRCUIT FOR KERNELS OF EXPOFUNCTIONS AND TRADITIONAL AN EQUIVALENT ELECTRICAL CIRCUIT UNDER EXPOFUNCTIONAL EXCITATION

Аннотация. Найдена взаємозв'язок між схемою заміщення для ядер експофункцій та традиційною схемою заміщення електричного кола при експофункціональній дії.

Анотация. Визначено взаємозв'язок між схемою заміщення для ядер експофункцій та традиційною схемою заміщення електричного кола при експофункціональній дії.

Summary. Correlation between an equivalent circuit for kernels of expofunctions and traditional an equivalent electrical circuit under expofunctional excitation is given.

Открытие нового явления физического мира порождает проблему развития традиционной теории и практики с учетом открытого явления. Подобное наблюдается и в случае явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи [1, 2]. Это явление возникает в устройствах, реализующих реактивные элементы электрической цепи, при подаче на эти устройства экспофункциональных сигналов [3], т.е. сигналов, которые можно описать функциями от времени t вида $f(t) = e^{\pm \lambda t} \tilde{f}(t)$, где $\lambda > 0$, $\tilde{f}(t)$ – ядро экспофункции [4] – произвольная функция, не содержащая сомножителей $e^{\mp \lambda t}$.

Теоретические исследования явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи на первом этапе проводились методами теории линейных электрических цепей, которая оперирует схемами заміщення реальних цепей [5]. Напомним, что „при построении схемы заміщення добиваются того, чтобы зависимости между напряжениями и токами на внешних узлах схемы с необходимой степенью точности совпадали с соответствующими зависимостями на зажимах реального устройства, найденными путем измерений” [6]. Экспериментальные исследования указанного явления проводились на построенном реальном макете [7]. Результаты теоретических и экспериментальных исследований всегда совпадали, что свидетельствует о том, что явление выделения активной мощности реактивными элементами реально существует в физическом мире. С течением времени стал развиваться раздел теории линейных электрических цепей при экспофункциональных воздействиях. Кроме задач общей теории в указанном разделе решались и прикладные задачи, связанные с компенсацией потерь в элементах LC -фильтров [8, 9] и в цепях с распределенными параметрами (однородные линии) [10, 11].

При решении задач анализа электрических цепей при экспофункциональных воздействиях появилось новое понятие – схема заміщення електричної цепі для ядер експофункцій (неэкспоненциальных частей экспофункцій $\tilde{f}(t)$) [3]. Однако в литературе не уделено должного внимания вопросу о взаимосвязи между схемой заміщення для ядер експофункцій та традиційною схемою заміщення електричного кола при експофункціональному впливі, що викликає труднощі в розумінні реальності існування явища виділення активної потужності

реактивными элементами электрической цепи. Поэтому целью данной статьи является устранение указанного пробела.

В работе [3] дан метод анализа электрических RLC -цепей при экспофункциональных воздействиях с помощью схемы замещения для ядер экспофункций. Напомним коротко суть метода. В силу доказанного в [3] свойства консервативности экспофункций напряжения и тока заданной цепи при экспофункциональном воздействии являются так же экспофункциями с экспоненциальными множителями, совпадающими с экспоненциальным множителем воздействия. Поэтому связь между ядрами экспофункций напряжений и токов индуктивности и емкости имеют вид:

$$\tilde{u}_L(t) = \pm \lambda L \tilde{i}_L(t) + L \frac{d\tilde{i}_L(t)}{dt}, \quad (1)$$

$$\tilde{i}_C(t) = \pm \lambda C \tilde{u}_C(t) + C \frac{d\tilde{u}_C(t)}{dt}. \quad (2)$$

Этим уравнениям соответствуют схемы замещения индуктивности и емкости для ядер экспофункций, показанные на рис. 1,а и 1,б соответственно. Схемы замещения для ядер экспофункций сопротивления, источников напряжения и тока остаются такими же, как и при неэкспофункциональном воздействии. Схему замещения для ядер экспофункций заданной RLC -цепи можно получить, заменяя элементы традиционной схемы замещения RLC -цепи соответствующими схемами замещения для ядер экспофункций этих элементов. По полученной схеме замещения для ядер экспофункций всей RLC -цепи находим ядра экспофункций неизвестных напряжений и токов, по которым записываем искомые величины, умножая найденные ядра экспофункции напряжений и токов на $e^{\pm \lambda t}$.

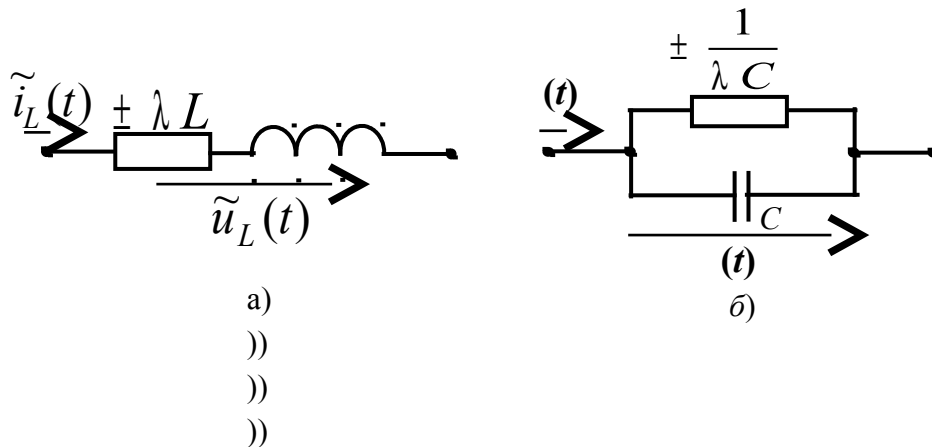


Рисунок 1 – Схемы замещения для ядер экспофункций:
а) индуктивности; б) емкости

Теперь покажем, что схема замещения для ядер экспофункций заданной RLC -цепи является схемой замещения реального устройства. Эту задачу удобно решать, рассматривая конкретный пример.

Пусть задана схема замещения реального устройства катушечно-конденсаторного фильтра нижних частот (ФНЧ) Золотарева-Кауэра 3-го порядка с потерями, включенного между генератором с внутренним сопротивлением R_g и нагрузкой с сопротивлением R_l . Эта схема замещения показана на рис. 2.

Рисунок 2 – Схема замещения реального устройства ФНЧ

На этом рисунке элементы R, L относятся к схеме замещения катушки индуктивности; элементы $R_1, C_1; R_2, C_2; R_3, C_3$ – к схеме замещения конденсаторов. Эти схемы замещения достаточно точно отображают потери в катушке индуктивности и конденсаторах на низких частотах. Задающее напряжение источника напряжения описывается экспофункцией

$$e(t) = e^{\pm \lambda t} \tilde{e}(t). \quad (3)$$

Поэтому напряжение на нагрузке $u_2(t)$ в силу свойства консервативности экспофункции имеет вид

$$u_2(t) = e^{\pm \lambda t} \tilde{u}_2(t). \quad (4)$$

В выражениях (3) и (4) $\tilde{e}(t)$ и $\tilde{u}_2(t)$ – ядра экспофункций $e(t)$ и $u_2(t)$ соответственно.

По традиционной схеме замещения реального устройства ФНЧ (рис. 2) можно получить, используя рис. 1,а и 1,б, схему замещения для ядер экспофункций рассматриваемого устройства. Эта схема показана на рис. 3.



Рисунок 3 – Схема замещения для ядер экспофункций

Для завершения доказательства того, что схема замещения для ядер экспофункций (рис. 3) является схемой замещения реального устройства, потребуется введение в рассмотрение аналогового перемножителя сигналов, символ которого показан на рис. 4,а.



Рисунок 4 – Аналоговый перемножитель и его применение

Такие перемножители выпускаются промышленностью в виде интегральных микросхем (например, интегральная микросхема AD734AN). На рис. 4,а зажимы 1 и 2 обозначают входы, к которым присоединяются перемножаемые сигналы, а зажим 3 – выход микросхемы. С помощью такого перемножителя можно реализовать источник экспофункционального напряжения с $e(t)$ вида (3) (рис. 4,б) и устройство для выделения ядра экспофункции напряжения $\tilde{u}_2(t)$ из напряжения $u_2(t)$ вида (4) (рис. 4,в).

Схему замещения реального устройства ФНЧ (рис. 2) можно изобразить с учетом схем рис. 4,б и 4,в при условии $R_{\text{ао}} \ll R_{\text{а}} \text{ и } R_{\text{ао}} \gg R_{\text{г}}$ в следующем виде, который показан на рис. 5.

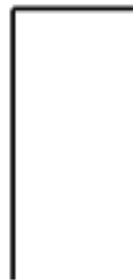


Рисунок 5 – Искомая схема замещения

Это и есть искомая схема замещения для ядер экспофункций заданной RLC -цепи реального устройства. Действительно. Искомая схема замещения (рис. 5) является схемой замещения для ядер экспофункций в связи с тем, что четырехполюсники, показанные на рис. 3 и 5 пунктирными линиями, являются эквивалентными, так как напряжение $\tilde{e}(t)$ подключено ко входам этих четырехполюсников, вызывает одно и тоже напряжение $\tilde{u}_2(t)$ на выходах этих четырехполюсников. Кроме этого исходная схема замещения (рис. 5) является схемой замещения реального устройства, так как она состоит из каскадного соединения схем замещения трех реальных устройств: схемы замещения перемножителя рис. 4,б, схемы замещения реального устройства ФНЧ (рис. 2) и схемы замещения перемножителя рис. 4,в. Полученная схема замещения рис. 5 является частным случаем схемы, описанной в статье [12] и положенной в основу разработки схемы макета [7], реализованного для натуральных испытаний электрических RLC -цепей при экспофункциональных воздействиях. Этот факт еще раз подтверждает, что схема замещения рис. 5 является схемой замещения реального устройства. Следовательно, и схема замещения для ядер экспофункций рис. 3 является схемой замещения реального устройства, с помощью которой можно судить о главных качественных особенностях физических процессов, протекающих в разработанном макете. Эта схема замещения

(рис. 3) достаточно точно описывает электрические процессы, протекающие при проведении эксперимента на макете. В этом отношении показательным является случай, когда катушки индуктивности и конденсаторы имеют одинаковую добротность [8] и рассматривается экспофункция воздействия с нижним знаком при коэффициенте λ , который рассчитывается по формуле

$$\lambda = \frac{R_{\epsilon}}{L_{\epsilon}}, \quad (5)$$

где R_{ϵ} и L_{ϵ} – величина сопротивления потерь и соответственно индуктивность к-й катушки индуктивности, или по формуле

$$\lambda = \frac{1}{R_{\epsilon} C_{\epsilon}}, \quad (6)$$

где R_{ϵ} и C_{ϵ} – величина сопротивления потерь и соответственно емкость к-го конденсатора. В этом случае наблюдается полная компенсация потерь во всех элементах испытуемого LC-фильтра, что полностью подтверждается натурными испытаниями на макете. А это означает, что в действительности происходит полная компенсация потерь в элементах фильтра с помощью экспофункционального сигнала, величина λ которого рассчитана по формуле (5) или (6), так как добротности всех реактивных элементов равны между собой. Следовательно, эксперимент показывает, что реально существует явление выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи.

В заключение можно сказать следующее. В работе определена взаимосвязь между схемой замещения для ядер экспофункций и традиционной схемой замещения электрической цепи при экспофункциональном воздействии. Показано, что схема замещения для ядер экспофункций является схемой замещения реального устройства, построенного в виде макета, на котором подтверждена реальность существования явления выделения активной мощности реактивными элементами электрической цепи.

Литература

1. *Иваницкий А.М.* Явище виділення активної потужності реактивними елементами електричного кола / Диплом на відкриття НВ № 3, зареєстровано 12.01.99; пріоритет від 30.11.94 // Винахідник України. – 2'1999 / 1'2000. – С. 121 – 126.
2. *Иваницкий А.М.* Простое доказательство существования явления выделения активной мощности реактивными элементами / А.М. Иваницкий // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2007. – № 1. – С. 3 – 5.
3. *Иваницкий А.М.* Реактивные элементы при экспофункциональных воздействиях / А.М. Иваницкий // Информатика и связь: Сб. научн. тр. УГАС им. А.С. Попова. – 1996. – № 1. – С. 236 - 240.
4. *Иваницкий А.М.* Исследование потока магнитных монополей экспофункционального поля / А.М. Иваницкий // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2003. – № 2. – С. 9 – 14.
5. *Зелях Э.В.* Основы общей теории линейных электрических схем / Зелях Э.В. – М.: Академия Наук СССР, 1951. – 336 с.
6. *Зелях Э.В.* Теория линейных электрических цепей. Раздел первый: Учеб. пособие / Зелях Э.В. – Одесса: ОЭИС им. А.С. Попов, 1978. – 64 с.
7. *Иваницкий А.М.* Исследование явления выделения активной мощности реактивными элементами при экспофункциональных воздействиях / А.М. Иваницкий, Д.Г. Паску // Известия высших учебных заведений «Радиоэлектроника». – 2008. – Т.51, № 10. – С. 33 – 39.
8. *Иваницкий А.М.* Улучшение амплитудно-частотных характеристик LC-фильтров высокого порядка с помощью периодических экспогармонических сигналов / А.М. Иваницкий, Д.Г. Паску, Е.Н. Катречко // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2006. – № 1. – С. 80 – 86.
9. *Иваницкий А.М.* Метод исследования LC-фильтров с различными величинами добротностей катушек индуктивности и конденсаторов при экспофункциональных сигналах / А.М. Иваницкий, Д.Г. Паску, М.В. Рожновский // Радіотехніка. Всеукр. міжвід. научн.-техн. зб. – 2008. – Вип. 154. – С. 74 – 80.
10. *Иваницкий А. М.* Прохождение экспо-П-образных сигналов через длинную однородную линию без искажений / А.М. Иваницкий, М.В. Рожновский // Цифровые технологии. – 2008. - № 4. – С. 93 – 102.
11. *Иваницкий А.М.* Телеграфные уравнения однородных линий при экспофункциональных сигналах / А.М. Иваницкий, М.В. Рожновский // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С. Попова. – 2009. – № 1. – С 56 – 63.

12. *Иваницкий А.М.* Применение экспофункциональных воздействий в электросвязи и электро-энергетике / А.М. Иваницкий // Наукові праці УДАЗ ім. О.С. Попова. – 1999. – № 2. – С. 53 – 57.