

УДК 621.3.011.74.005

ЗАЛЕЖНІСТЬ КІЛЬКОСТІ ПЕРЕМІКАНЬ, НЕОБХІДНИХ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ УСТАЛЕНОГО РЕЖИМУ, ПРИ РЕВЕРСУВАННІ РЕАКТИВНОГО ЕЛЕМЕНТА В RLC-КОЛІ СИНУСОЇДНОЇ НАПРУГИ ВІД ПАРАМЕТРІВ КОЛА ТА ПЕРІОДУ КЕРУЮЧОГО СИГНАЛУН.А.Шидловська¹, чл.-кор. НАН України, С.С.Фастова²,¹ – Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна,² – Національний технічний університет України «КПІ»,
пр. Перемоги, 37, Київ-57, 03057, Україна.

Проведено дослідження процесів, що відбуваються при симетричному та несиметричному реверсуванні реактивного елемента в RLC-колі синусоїдної напруги при різних значеннях його параметрів L і C , періоду керування перемиканнями і періоду вхідного сигналу. Встановлено, що кількість перемикань, необхідних для досягнення процесом усталеного режиму, суттєво залежить від параметрів кола, періоду сигналу керування перемиканнями і симетрії процесу керування. Визначені параметри кола та керуючих імпульсів, за яких процес урівноважується за мінімальну кількість реверсувань. Бібл. 3, рис. 3.

Ключові слова: RLC-коло, реверсування, реактивний елемент, період керуючого сигналу.

При аналізі RLC-кіл з реверсуванням реактивного елемента важливо знати кількість перемикань, необхідних для досягнення усталеного режиму в залежності від співвідношення між періодом керування перемиканнями, періодом вхідного сигналу та параметрами кола. Дослідженню цієї проблеми і присвячена дана робота. Зазначимо, що вона є продовженням статей [1,2,3] і базується на висновках, отриманих у зазначених роботах, які ми у тут не наводимо.

Будемо вважати параметр $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ з характеристиками кола L та C , що використовувалися у попередніх роботах, за базовий і проаналізуємо залежність кількості перемикань n , необхідних для досягнення усталеного режиму, від величини параметра ω_0 та співвідношення між періодом сигналу керування реверсуваннями реактивного елемента T_k та періодом вхідного сигналу T .

Реверсування відбуваються через певні проміжки часу Δt_1 та Δt_2 , при цьому виконується рівність $\Delta t_1 + \Delta t_2 = T_k$, де Δt_1 – тривалість інтервалу часу між парним і непарним перемиканнями; Δt_2 – тривалість інтервалу часу між непарним і парним перемиканнями.

На початку розглянемо випадки симетричного керування реверсуваннями, тобто $\Delta t_1 = \Delta t_2$. Будемо змінювати T_k , починаючи від значення $T/16$ до $2T$ з кроком $T/16$, при цьому параметр ω_0 будемо змінювати від $\omega_0/4$ до $4\omega_0$, помножуючи кожне наступне значення на 2. Графіки на рис. 1 демонструють залежність кількості перемикань n , необхідних для досягнення усталеного режиму, від T_k для зазначених випадків. Звертаємо увагу на те, що величина ω_0 змінювалася шляхом збільшення або зменшення параметра кола C (так, на рис. 1, а: для $\omega_0/4$ обираємо $C=3,125$ мкФ, для $\omega_0/2$ – $C=12,5$ мкФ, для ω_0 – $C=50$ мкФ; на рис. 1, б: для $2\omega_0$ обираємо $C=200$ мкФ; на рис. 1, в: для $4\omega_0$ – $C=800$ мкФ). Наведені графіки відповідають числовому експерименту, проведеному у пакеті MATLAB (результати деяких експериментів представлені у роботі [3]).

Як бачимо, при збільшенні ω_0 в число раз, кратне 2 (величина C при цьому збільшується в 4 рази), збільшується і кількість перемикачів n , необхідних для досягнення усталеного режиму. У той же час, зменшення параметра ω_0 на число, кратне 2, не призводить до змін n . Це дає можливість зробити висновок про існування певних меж, в яких зміна параметра ω_0 не викликає зміни динаміки досягнення усталеного режиму при реверсуванні реактивного елемента. І, навпаки, існують межі зміни базового параметра ω_0 , що призводять до такої ж зміни кількості перемикачів n .

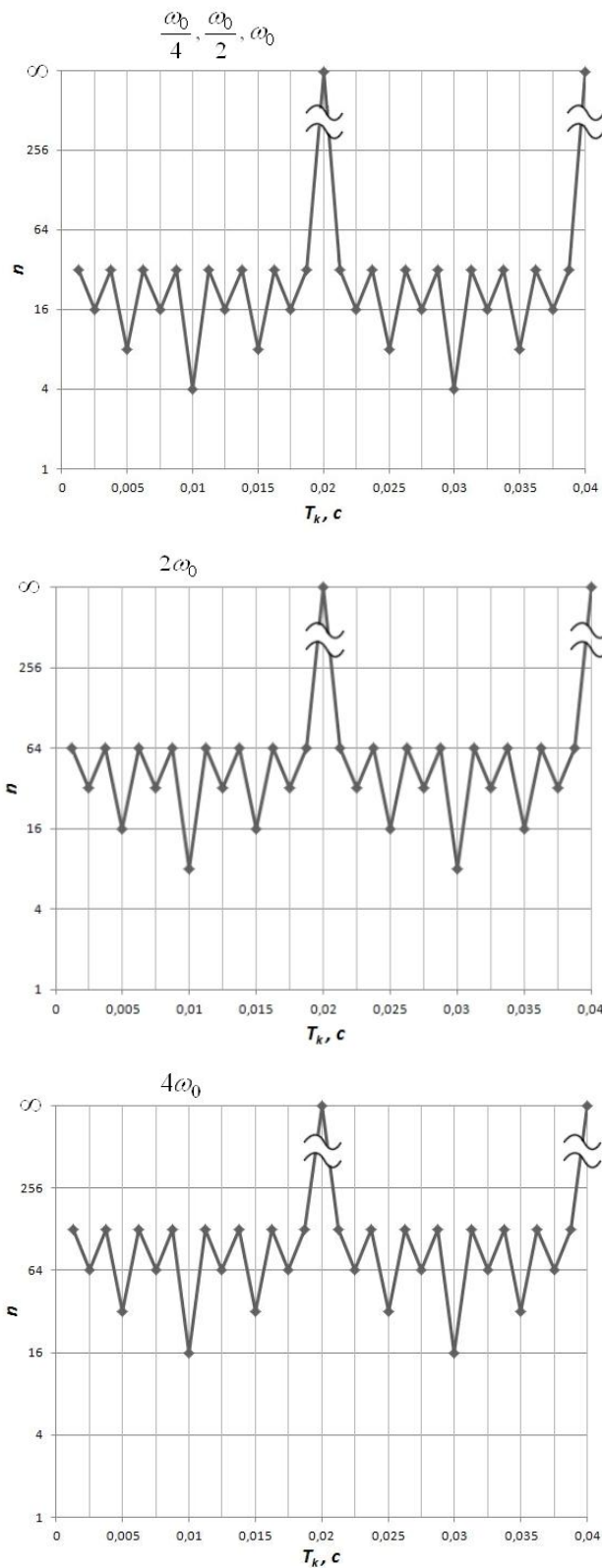


Рис. 1, а, б, в

Проаналізуємо залежність кількості перемикачів, що необхідні для досягнення усталеного режиму, від параметра Δt_1 при несиметричному керуванні перемикачними та $T_k = T/2$.

На рис. 2 показано графіки залежностей n від Δt_1 при його зміні від 0,001 с до 0,009 с з кроком 0,001 с і зміні параметрів кола відносно базового значення ω_0 на число, кратне 2, у бік збільшення та бік зменшення.

Таким чином, як видно з рис. 2 кількість перемикачів, що необхідна для досягнення усталеного режиму, при несиметричному керуванні суттєво залежить від параметрів кола. Найшвидше усталений режим досягається при $n=4$, тобто за час, що відповідає $2T_k$ (у нашому випадку це період вхідної напруги). При параметрах кола, що відповідають $\omega_0/4$, усталений режим досягається за чотири перемикачання при будь-якому значенні Δt_1 (рис. 2, а). Збільшуючи ємність або індуктивність до значень, що відповідають $\omega_0/2$, з'являється ще одна точка досягнення усталеного режиму. При цьому, як видно з рис. 2, б, має місце чергування $n=4$ та $n=\infty$ (знаком ∞ позначено кількість перемикачів, що перевищують 10^5). При подальшому збільшенні значень параметрів кола у проміжках між максимальними значеннями з'являються ще дві додаткові точки (рис. 2, в), при цьому мінімальне значення становить $n=4$. Зміна параметрів кола до значень, що відповідають параметру $2\omega_0$, збільшує значення n для досягнення усталеного режиму у два рази (на 8 і 16 з 4 і 8 у попередньому випадку) і «розсуває» точки, коли усталений режим досягається при нескінченній кількості перемикачів (рис. 2, г). Зазначимо, що у цьому випадку точки зі значенням $n=\infty$ відповідають режиму з $\Delta t_1 = 0,001$ с та $\Delta t_1 = 0,009$ с, тобто знаходяться у крайніх точках графіку. Подальша зміна параметрів кола до значень, що відповідають $4\omega_0$ (рис. 2, д), збільшує n у два рази (до значень

16 і 32) і «витискає» процеси з максимальним значенням n за межі графіка. Нагадуємо, що межі графіка відповідають періоду повторюваності процесу.

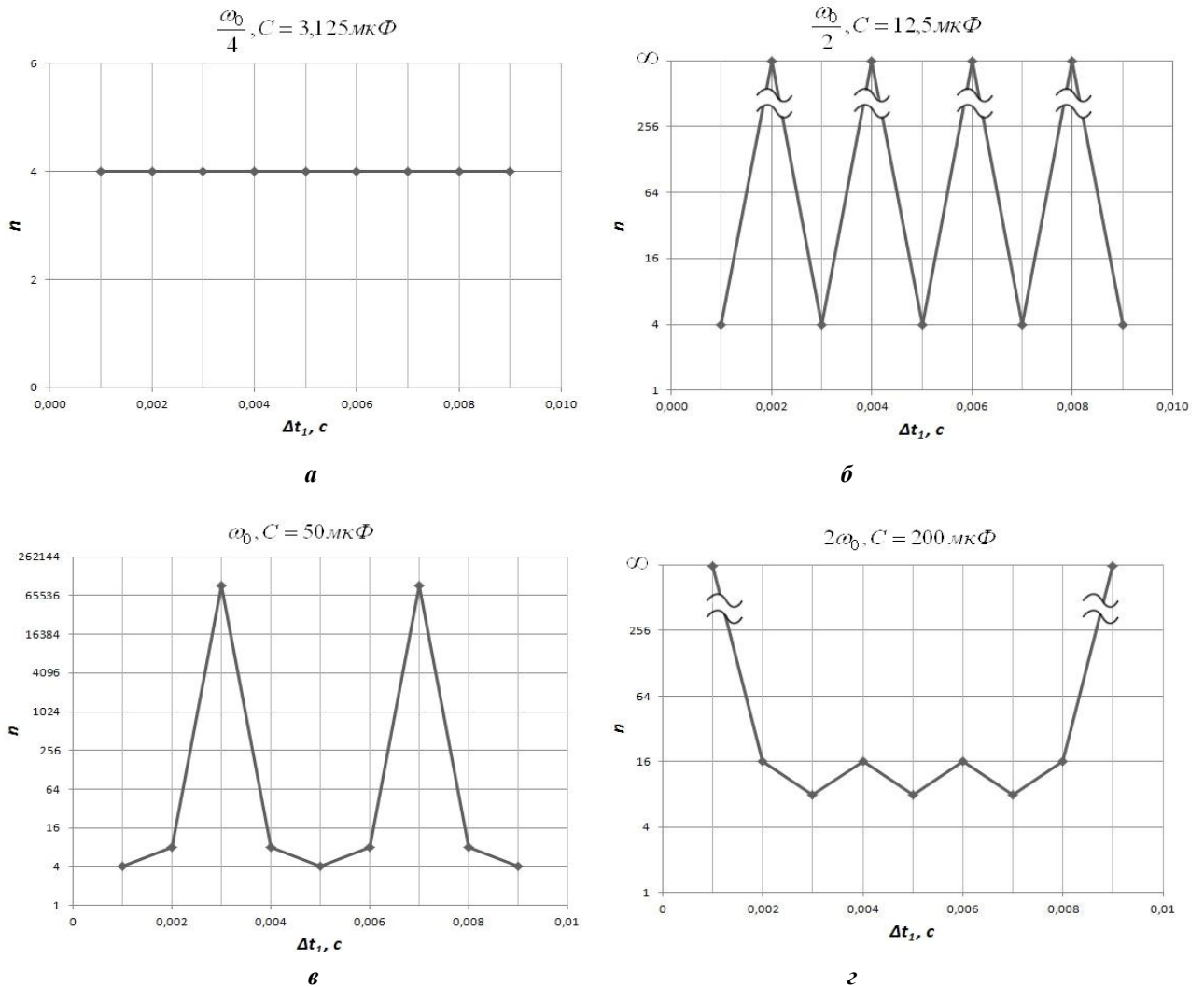


Рис. 2

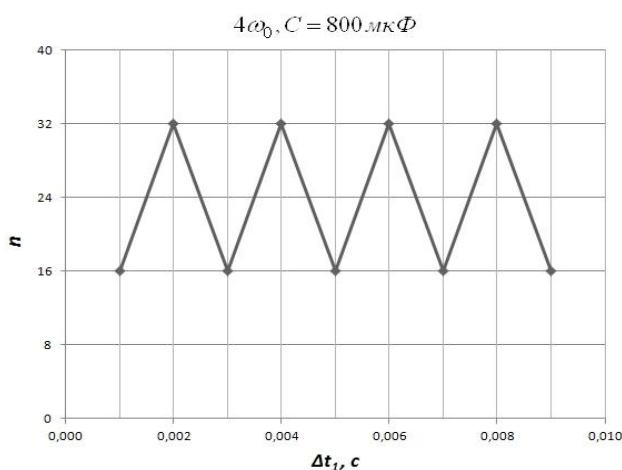


Рис.2, д

Розглянемо докладніше значення кількості перемикачів n , необхідних для досягнення усталеного режиму, при базовому значенні параметра ω_0 , змінюючи Δt_1 від 0,00001 с до 0,00099 с з кроком 0,00001 с. Відповідна залежність зображена на рис. 3, при цьому виділені точки відповідають графіку на рис. 2, г. Як видно з рис. 3, найчастіше усталений режим досягається при $n=80$. Тут має місце симетрія режимів як відносно значення Δt_1 , що відповідає симетричному керуванню ($\Delta t_1 = 0,005 \text{ с}$), так і відносно $\Delta t_1 = 0,003 \text{ с}$ на проміжку $\Delta t_1 = [0,001; 0,005] \text{ с}$ та при $\Delta t_1 = 0,007 \text{ с}$ – на проміжку $\Delta t_1 = [0,005; 0,009] \text{ с}$.

Зазначимо, що параметри кола, при яких проводили дослідження, вибиралися таким

чином, щоб досягався усталений режим, що контролювалося не тільки по кривих струму через індуктивність та напруги на ємності, але й по залежностях для сталих інтегрування у відповідних співвідношеннях, які наведені в роботах [1,2].

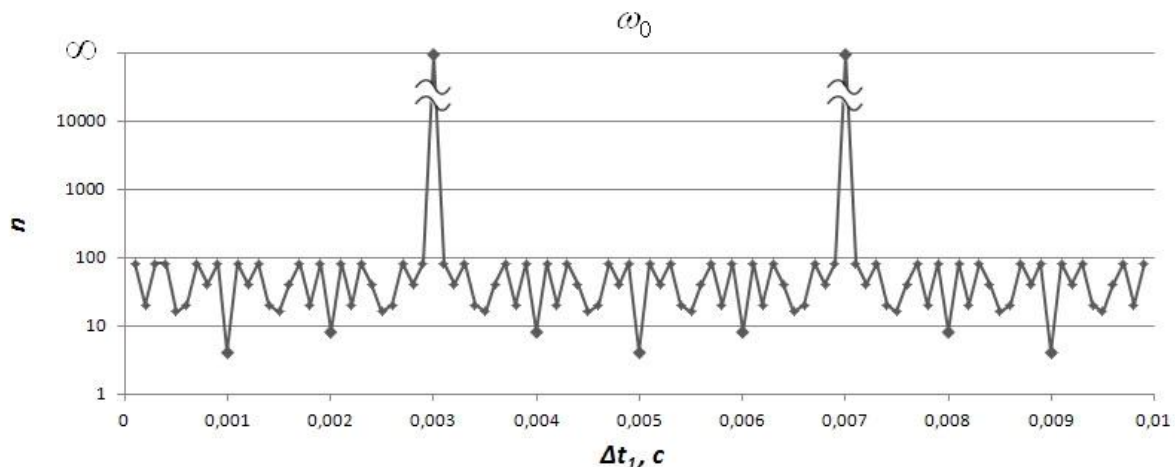


Рис. 3

При реверсуванні в зазначеному колі індуктивного елемента і зміні параметрів T_k і ω_0 (аналогічно як і при реверсуванні ємнісного елемента) було отримано результати, що повністю співпадають з представленими на рисунках.

Таким чином, дослідження показали суттєву залежність кількості преремикань, необхідних для досягнення усталеного режиму, від параметрів кола та співвідношення між періодом керуючого сигналу і періодом напруги живлення. При несиметричному керуванні реверсуваннями можливі випадки як повної незалежності n від Δt_1 , так і суттєвого взаємозв'язку між ними. При цьому при різних параметрах кола завжди існує симетрія значень n відносно режиму симетричного керування $\Delta t_1 = \Delta t_2 = 0,005$ с. При симетричному керуванні реверсуваннями зменшення значення параметра ω_0 не впливає на кількість перемикань n , необхідних для досягнення усталеного режиму, проте його збільшення вдвічі призводить до подвоєння n .

1. Шидловская Н.А. Процессы в RLC-цепи синусоидального напряжения с управляемым реверсированием емкости // Технічна електродинаміка. – 2011. – №1. – С. 3–11.

2. Шидловская Н.А. Исследование RLC-цепи синусоидального напряжения с управляемым реверсированием индуктивного элемента // Технічна електродинаміка. – 2011. – №2. – С. 3–10.

3. Шидловська Н.А., Фастова С.С. Про особливості несиметричного керування реверсуваннями реактивних елементів у послідовному RLC-колі // Технічна електродинаміка. – 2011. – №3. – С. 3–9.

Зависимость количества переключений, необходимых для достижения установившегося режима, при реверсировании реактивного элемента в RLC-цепи синусоидального напряжения от параметров цепи и периода управляющего сигнала

Н.А.Шидловская¹, чл.-корр. НАН Украины, С.С.Фастова²

¹ – Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина,

² – Национальный технический университет Украины «КПИ»,
пр. Победы, 37, Киев-57, 03057, Украина.

Проведены исследования процессов, происходящих при симметричном и несимметричном реверсировании реактивного элемента в RLC-цепи синусоидального напряжения при различных значениях его параметров L и C, периода управления переключениями и периода входного сигнала. Установлено, что количество переключений, необходимых для достижения установившегося режима, существенно зависит от параметров цепи, периода сигнала управления переключениями и симметрии процесса управления. Определены параметры цепи и управляющих импульсов, при которых процесс уравнивается за минимальное количество реверсирований. Библ.3, рис. 3.

Ключевые слова: RLC-цепь, реверсирование, реактивный элемент, период управляющего сигнала.

Dependence of number of switches required to reaching of steady state under reversal of reactive component in an RLC-circuit of sinusoidal voltage from circuit parameters and control signal period

N.A.Shydlovska¹, S.S.Fastova²

¹ – Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,
Peremogy, 56, Kiev-57, 03680, Ukraine,

² – National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute",
Peremogy, 37, Kiev-57, 03057, Ukraine.

Investigations on processes occurring under symmetric and asymmetric reversal of reactive component in an RLC-circuit of sinusoidal voltage at different values of its parameters L and C, period of control switching and input signal period, have been made. It has been identified that the number of switches required for reaching of steady state by the process essentially depends on circuit parameters, signal period of switching control and symmetry of control process. Parameters of a circuit and control pulses under which the process is balancing at a minimum number of reversal have been defined. References 3, figures3.

Keywords: RLC-circuit, reversal, reactive component, control signal period.

1. Shidlovskaia N.A. The processes in sin voltage RLC-circuit with controlled reversing of capacity // Tekhnichna elektrodynamika. – 2011. – №1. – P. 3–11. (Rus)

2. Shidlovskaia N.A. The research of the sin voltage RLC-circuit with controlled reversing of inductive element // Tekhnichna elektrodynamika. – 2011. – №2. – P. 3–10. (Rus)

3. Shydlovska N.A., Fastova S.S. About features of asymmetrical control reversal of reactive elements in the RLC-circuit // Tekhnichna elektrodynamika. – 2011. – №3. – P. 3–9. (Ukr)

Надійшла 17.01.2011

Received 17.01.2011