

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ЛІНІЙНИХ ПАРАМЕТРИЧНИХ КІЛ У СЕРЕДОВИЩІ СИСТЕМИ ФУНКЦІЙ МАОРCS

*Шаповалов Ю. І., д.т.н., професор; Мандзій Б. А., д.т.н., професор;
Бачик Д. Р., к.т.н.*

Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Система функцій (СФ) МАОРCS (Multivariate Analysis and Optimization of the Parametric Circuits) дослідження лінійних параметричних кіл [1], як витікає з її назви, містить ряд функцій, одні з яких призначені для опису кола (топології та параметрів елементів), інші дозволяють формувати довільні спряжені та нормальні передавальні функції [2] цього кола, визначати струми та напруги у довільних його гілках у частотній та часовій областях, а також розв'язувати задачі статистичних досліджень та оптимізації параметричних кіл. Спряжені передавальні функції дозволяють визначати присутні у колі струми та напруги, нормальні передавальні функції, своєю чергою, дозволяють оцінювати асимптотичну стійкість кола та запас цієї стійкості [2]. Хоча основою обчислень у СФ МАОРCS є частотний символічний метод, що дозволяє формувати передавальні функції у частотній області, однак у СФ присутні функції оберненого перетворення Фур'є та Лапласа, які дозволяють досліджувати коло і у часовій області як у усталеному, так і у перехідному режимах. Зазначимо, що незалежні змінні час і комплексна частота, а також параметри обраних елементів кола можуть бути задані символами, а підстановка числових значень на місце таких символів виконується багаторазово на останніх етапах розв'язування, зазвичай, багатоваріантних проектних задач.

Функції СФ МАОРCS є незалежні між собою, а тому їх розташування у певних послідовностях дозволяє розробнику створювати різноманітні програми аналізу (у тому числі багатоваріантного), дослідження чи оптимізації електронних пристроїв, що моделюються лінійними параметричними колами.

Обмеженням СФ МАОРCS вважаємо відсутність у ній функцій формування енергетичних характеристик кола і у першу чергу функцій визначення миттєвої потужності у його гілках, а також коефіцієнтів передавання середньої активної потужності з входу кола на його вихід. Розробці таких функцій й присвячена дана робота. Таким чином, у систему функцій МАОРCS вводимо: а) функцію «*PowerInTheBranch()*», призначену для визначення у обраній гілці кола миттєвої потужності, що представляє собою добуток часової залежності попередньо визначених струму та напруги цієї гілки (алгоритм функції представлено на рис. 1); б) функцію «*TransferCoefficientOfPower()*», призначену для визначення коефіцієнта передавання середньої активної потужності за період сигналу з входу кола на його вихід у усталеному режимі.

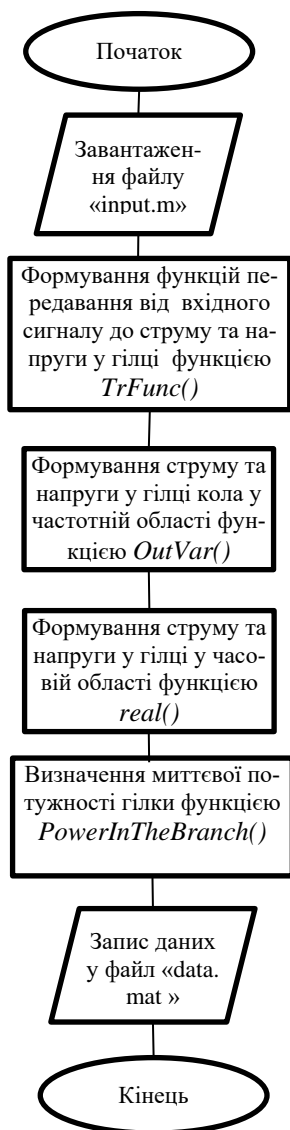


Рис. 1. Алгоритм визначення миттєвої потужності гілки кола

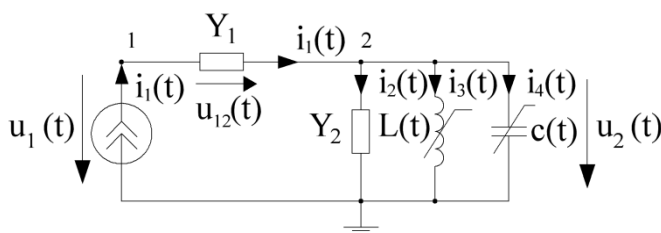


Рис. 2. Одноконтурний параметричний підсилювач,

$$L(t) = 0.2533 \cdot 10^{-6} (1 + 0.05 \cos(4\pi 10^8 t + \pi)),$$

$$c(t) = 10 \cdot 10^{-12} (1 + 0.05 \cos(4\pi 10^8 t + 0)), Y_1 = 0.25 \text{См},$$

$$Y_2 = 0.0004 \text{См}, i_1(t) = \cos(2\pi 10^8 t - \pi/4)$$

```

TrFunc(1,'s','t') % передавальна функція i1(t) у u1(t);
TrFunc(8,'s','t') % передавальна функція i1(t) у i2(t);
TrFunc(9,'s','t') % передавальна функція i1(t) у i3(t);
TrFunc(10,'s','t') % передавальна функція i1(t) у i4(t);
TrFunc(12,'s','t') % передавальна функція i1(t) у u2(t);...
OutVar('classic',2,TF{1,4},i*2*pi*1e8,'t') % визначення U1(s,t);
OutVar('classic',2,TF{8,4},i*2*pi*1e8,'t') % визначення I2(s,t);
OutVar('classic',2,TF{9,4},i*2*pi*1e8,'t') % визначення I3(s,t);
OutVar('classic',2,TF{10,4},i*2*pi*1e8,'t') % визначення I4(s,t);
OutVar('classic',2,TF{12,4},i*2*pi*1e8,'t') % визначення U2(s,t);.....
Re_OutVariables{1,1}=real(OutVariables{1,1}{4,1}); % u1(t);
Re_OutVariables{1,8}=real(OutVariables{1,8}{4,1}); % i2(t);
Re_OutVariables{1,9}=real(OutVariables{1,9}{4,1}); % i3(t);
Re_OutVariables{1,10}=real(OutVariables{1,10}{4,1}); % i4(t);
Re_OutVariables{1,12}=real(OutVariables{1,12}{4,1}); % u2(t)
% Блок визначення миттєвої потужності у гілках кола;
PowerInTheBranch(1,[Re_OutVariables{1,1},InputSignal{1,1}]);
PowerInTheBranch(1,[Re_OutVariables{1,2},InputSignal{1,1}]);
PowerInTheBranch(1,[Re_OutVariables{1,8},Re_OutVariables{1,12}]);
PowerInTheBranch(1,[Re_OutVariables{1,9},Re_OutVariables{1,12}]);
PowerInTheBranch(1,[Re_OutVariables{1,10},Re_OutVariables{1,12}]);
TransferCoefficientOfPower=(Re_OutVariables{1,1},InputSignal{1,1},
Re_OutVariables{1,8},Re_OutVariables{1,12}) % визначення коефіцієнта
передачі по потужності

```

Рис.3. Фрагмент програмного коду у середовищі СФ МАОРСs

ПРИКЛАД. Для підсилювача з рис. 2 за теоремою Теллегена перевірити адекватність обчислень у середовищі СФ МАОРСs та визначити коефіцієнт передавання середньої потужності з його входу на вихід.

З метою такої перевірки для заданого кола визначаємо суму $P(t)$ миттєвих потужностей гілок цього кола у ustalеному режимі:

$$P(t) = i_1(t) \cdot u_1(t) + i_1(t) \cdot u_{12}(t) + i_2(t) \cdot u_2(t) + i_3(t) \cdot u_2(t) + i_4(t) \cdot u_2(t). \quad (1)$$

Перевіряємо (1) на рівність нулеві, виконавши за СФ МАОРСs послідовність функцій з рис. 3. Результати такого виконання наведені у табл.1 з урахуванням у передавальних функціях 4-х гармонічних складових [2]. Отримані миттєві значення струмів (рядки 1-3 табл.1), напруг (рядки 4-5 табл.1), миттєвих потужностей гілок (рядки 6-10 табл.1) та значення суми (1) (рядок 11 табл.1) наведені у таблиці з урахуванням 5-ти знаків після коми.

Остання функція послідовності з рис. 3 визначає коефіцієнт передавання середньої активної потужності за період сигналу з входу підсилювача на його вихід $K_P = \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}} = 4.55$ за виразами: $P_{\text{вх}} = (1/T) \cdot \int_0^T [i_1(t) \cdot u_1(t)] dt$, $P_{\text{вих}} = (1/T) \cdot \int_0^T [i_2(t) \cdot u_2(t)] dt$, де $T = 2 \cdot \pi / (2 \cdot \pi \cdot 10^8) = 10^{-8}$ с.

Таблиця 1

№	t, с	0.800e-6	0.801e-6	0.802e-6	0.803e-6	0.804e-6
1	$i_2(t), A$	0.00033	0.00046	0.00042	0.00020	-8.67121e-5
2	$i_3(t), A$	0.00509	0.00074	-0.00361	-0.00652	-0.00724
3	$i_4(t), A$	-0.00534	-0.00110	0.00328	0.00636	0.00731
4	$u_1(t), B$	-0.82034	-1.14495	-1.05402	-0.51003	0.21684
5	$u_2(t), B$	0.82006	1.14457	1.05366	0.50986	-0.21678
6	$i_1 \cdot u_{12}$	0.20000e-7	0.39021e-7	0.31756e-7	0.82443e-8	0.97887e-9
7	$i_2 \cdot u_2$	0.26900e-3	0.52401e-3	0.44408e-3	0.10398e-3	0.18797e-4
8	$i_3 \cdot u_2$	0.41721e-2	0.85249e-3	-0.38040e-2	-0.33239e-2	0.15689e-2
9	$i_4 \cdot u_2$	-0.43832e-2	-0.12635e-2	0.34538e-2	0.32431e-2	-0.15844e-2
10	$i_1 \cdot u_1$	-0.57920e-4	-0.11304e-3	-0.93912e-4	-0.23188e-4	-0.32980e-5
11	$P(t)$	0	0	0	0	0

Нульові значення $P(t)$ з табл.1 переконують у адекватності обчислень, виконаних для одноконтурного підсилювача у середовищі СФ МАОРС.

Перелік посилань

1. Yu. Shapovalov. V. Mandziy and D. Bachuk «The system functions MAOPCs for analysis and optimization of linear periodically time-variable circuits based on the frequency symbolic method», *Przeglad Elektrotechniczny*, vol.91, no 7, pp. 39-42, 2014.

2. Шаповалов Ю.І. Символьний аналіз лінійних електричних кіл у частотній області. Постійні та змінні параметри. Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2014. – 324 с.

Анотація

Представлено розширення системи МАОРС функцією визначення у гілці лінійного параметричного кола миттєвої потужності та функцією передавання середньої потужності з входу кола на вихід. Подано приклад використання цих функцій.

Ключові слова: частотний символічний метод, система функцій МАОРС.

Аннотация

Представлено расширение системы МАОРС функцией определения в ветке линейной параметрической цепи мгновенной мощности и функцией передачи средней мощности с входа цепи на выход. Приведен пример использования этих функций.

Ключевые слова: частотный символічний метод, система функций МАОРС.

Abstract

Presented expansion of the system MAOPCs by a function of definition in a branch of linear parametric circuit instantaneous power and by function of transfer medium power from input of circuit to output. Presented an example of using these functions.

Keywords: symbol frequency method, the system functions MAOPCs.