

ДО ПИТАННЯ ПРО ІНВЕРСНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

**В.Я.Ромашко**, докт.техн.наук, **Л.М.Батрак**,  
**Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”**,  
**пр. Перемоги 37, Київ, 03056, Україна.**

*Проаналізовано особливості задач аналізу, інверсного аналізу та ідентифікації, які виникають при дослідженні електричних кіл. Відзначено майже повну відсутність в навчальній літературі відомостей про інверсний аналіз та ідентифікацію. Розглянуто можливі підходи до інверсного аналізу на прикладі лінійних резистивних кіл та запропоновано методики такого аналізу. Обґрунтовано доцільність використання вторинних параметрів електричного ланцюга при розв'язанні задач інверсного аналізу та ідентифікації. Бібл. 3, табл. 1.*

**Ключові слова:** електричні кола, інверсний аналіз, вторинні параметри.

В теорії електричних кіл базовими є чотири поняття: елемент електричного кола, спосіб з'єднання елементів; зовнішня дія та реакція елементів. Залежно від того, що є відомим та невідомим, а також мети досліджень, в теорії електричних кіл (ТЕК) можуть розглядатись такі задачі (таблиця):

Задачі ТЕК					
№	Задача	Зовн. дія	Схема	Парам. елем.	Реакція
1	Аналіз	+	+	+	-
2	Інверсний аналіз	-	+	+	+
3	Ідентифікація	+	+	-	+
4	Діагностика	+	+	+/-	+

Задачі діагностики є окремим випадком задач ідентифікації [1, 2]. Найбільш загальною математичною моделлю електричного ланцюга є система алгебраїчних та диференціальних рівнянь, які пов'язують струми та напруги на його елементах. Відмінність задач аналізу, інверсного аналізу та ідентифікації полягає в тому, які з величин, що входять в одержану систему рівнянь, є відомими, а які ні (таблиця). Оскільки методи базуються на законах Кірхгофа та законі Ома, а для складання рівнянь за законами Кірхгофа необхідно знати схему електричного ланцюга, надалі вважаємо, що вона є відомою.

Оскільки в ТЕК задачі аналізу розроблені найкраще, а їхні рішення достатньо відображено в навчальній літературі, коротко зупинимось на особливостях рішення іншої задачі ТЕК – інверсного аналізу. Ці особливості розглянемо стосовно найпростішого випадку – лінійних резистивних ланцюгів. Одержані при цьому підходи в значній мірі будуть подібними і для ланцюгів інших типів.

Такі задачі виникають при проектуванні різних пристроїв, коли є необхідність визначення вхідної дії, яка б забезпечила відповідну вихідну реакцію пристрою. У найпростішому випадку, який однак є дуже поширеним, для одержання заданої реакції достатньо мати лише одну вхідну дію. Для її визначення можна використати відомий з курсу ТЕК метод пропорційного перерахунку.

Якщо позначити вхідну дію (струм або напругу) як  $x_{вх}$ , а вихідну реакцію –  $x_{вих}$ , то з урахуванням лінійності ланцюга можемо записати, що  $x_{вих}=F x_{вх}$ . На відміну від первинних параметрів електричного ланцюга  $R$ ,  $L$  та  $C$ , параметр  $F$  називають її вторинним параметром. У залежності від того, що є вхідною дією, а що вихідною реакцією, розглядають відповідні вторинні параметри [3], які можна розрахувати, знаючи матрицю опорів  $[R]$  або матриці провідностей  $[Y]$  електричного ланцюга.

При заданій вихідній реакції  $x_{вих}$  необхідну вхідну дію знаходять як  $x_{вх}=x_{вих}/F$ . Очевидно, що для одержання заданої вихідної реакції  $x_{вих}$  достатньо мати вхідну дію  $x_{вх}$  на одному із входів.

- Необхідність наявності вхідної дії більш ніж на одному вході може бути виправдана у таких випадках:
- на виході (в навантаженні) необхідно мати вихідну реакцію, що містить постійну та змінну складові;
  - необхідно одночасно забезпечити задану вихідну реакцію одночасно в кількох гілках.

Якщо необхідно забезпечити задану вихідну реакцію одночасно в  $k$  гілках, у загальному випадку необхідно мати  $k$  вхідних дій, які визначаються з системи  $k$  лінійних алгебраїчних рівнянь. Очевидно, що вихідні реакції, які задаємо, повинні бути лінійно-незалежними. В електричному ланцюгу, що містить  $n$  вузлів та  $l$  гілок, можна задати  $(n - 1)$  незалежних напруг або  $(l - n + 1)$  незалежних струмів.

Якщо задача інверсного аналізу виникла не на етапі проектування пристрою, а на етапі його експлуатації, експериментально визначивши контурні струми або вузлові потенціали досліджуваного ланцюга, за допомогою формул метода контурних струмів або вузлових потенціалів розраховуємо відповідно контурні ЕРС  $E_{kk}$  або задаючі струми вузлів  $J_{kk}$ . Після цього з урахуванням схеми електричного ланцюга визначаємо напруги та струми зовнішніх джерел енергії.

**Висновки.** 1. При розв'язанні задач інверсного аналізу доцільно використовувати вторинні параметри електричного ланцюга.

2. Для формалізації процедури визначення вторинних параметрів електричного ланцюга зручно використовувати його матрицю контурних опорів  $[R]$  або вузлових провідностей  $[Y]$ .

3. Для забезпечення в електричному ланцюгу незалежних струмів в  $k$  гілках необхідно мати  $k$  незалежних контурних ЕРС. Максимальна кількість таких гілок дорівнює числу незалежних контурів.

4. Для забезпечення в електричному ланцюгу  $k$  незалежних напруг між вузлами необхідно мати  $k$  незалежних задаючих струмів вузлів. Максимальна кількість таких напруг дорівнює числу незалежних вузлів.

1. Демирчян К.С., Бутырин П.А. Моделирование и машинный расчет электрических цепей. – М.: Высш. школа, 1988. – 335 с.

2. Ромашко В.Я., Батрак Л.М. До питання про діагностику електричних ланцюгів // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск „Проблеми сучасної електротехніки”. – 2008. – Ч.3. – С. 19–24.

3. Сигорский В.П., Петренко А.И. Основы теории электронных схем. – К.: Вища школа, 1971. – 568 с.

УДК 621.3.011

#### К ВОПРОСУ ОБ ИНВЕРСНОМ АНАЛИЗЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

**В.Я.Ромашко**, докт.техн.наук, **Л.Н.Батрак**,

**Национальный технический университет Украины „Киевский политехнический институт”**,  
пр. Победы 37, Киев, 03056, Украина.

*Проанализированы особенности задач анализа, инверсного анализа и идентификации, которые возникают при исследовании электрических цепей. Отмечено почти полное отсутствие в учебной литературе сведений об инверсном анализе и идентификации. Рассмотрены возможные подходы к инверсному анализу на примере линейных резистивных цепей и предложены методики такого анализа. Обоснована целесообразность использования вторичных параметров электрической цепи при решении задач инверсного анализа и идентификации.* Бібл. 3, табл. 1.

**Ключевые слова:** электрические цепи, инверсный анализ, вторичные параметры.

#### TO QUESTION ABOUT INVERSE ANALYSIS OF ELECTRIC CIRCLES

**V.Ya.Romashko**, L.M.Batrak,

**National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"**,  
Peremogy, 37, Kyiv, 03056, Ukraine.

*The features of tasks of analysis, inverse analysis and authentications that arise up at research of electric circles are analysed. Almost complete absence is marked in educational literature of list about an inverse analysis and authentication. The possible going is considered near an inverse analysis on the example of linear capacitance-resistance circles and methodologies of such analysis are offered. Expediency of the use of secondary parameters of electric chain is reasonable at the decision of tasks of inverse analysis and authentication.* References 3, table 1.

**Key words:** electric circles, inverse analysis, secondary parameters.

1. Demirchian K.S., Butyrin P.A. Design and machine calculation of electric circles. – Moskva: Vysshaya shkola, 1988. – 335 p. (Rus)

2. Romashko V.Ya., Batrak L.M. To the question about diagnostics of electric chains // Tekhnichna elektrodynamika. Tematichnyi vypusk "Problemy suchasnoi elektrotekhniki". – 2008. – Vol. 3. – Pp.19–24. (Ukr)

3. Sigorskii V.P., Petrenko A.I. Bases of theory of electric circles. – Kyiv: Vyshcha shkola, 1971. – 568 p. (Rus)

Надійшла 12.01.2012

Received 12.01.2012