

## ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ТРЕНАЖЕРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТОЭ

Чорноус В.П., Ахмедов Р.Н., Шальнев А.А.

Донецкий национальный технический университет

*Навчально-дослідницькі тренажери являють собою програмні засоби, вхідними величинами яких є параметри досліджуваного кола чи явища, а вихідними – графіки, діаграми або числові дані, що характеризують вказані кола чи явища. Це активна форма навчання, яка дозволяє студентам самим ставити питання і відповідати на них, міняючи вхідні і спостерігаючи за зміною вихідних величин.*

В отличие от учебных видеофильмов, являющихся важной, но все же пассивной формой обучения, учебно-исследовательские тренажеры (УИТ) предусматривают активное участие студента в процессе обучения. Они представляют собою программное средство, позволяющее произвольно менять входные параметры исследуемой цепи, наблюдая за изменением выходных величин, характеризующих данную цепь или явление. Это значит, что обучаемый может сам (или с подачи преподавателя) поставить вопрос: “А что будет, если...?“, и самому найти на него ответ. Причем, подобная задача активного обучения может решаться как во время практического занятия, так и “в домашних условиях“ при выполнении, например, индивидуального задания.

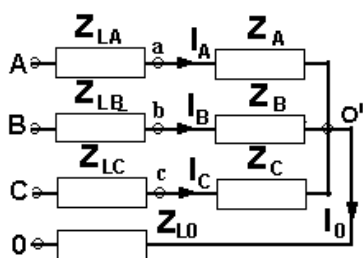


Рис. 1.

Рассмотрим два примера использования тренажеров. Первый – трехфазная цепь “линия – звезда“ (рис. 1, рис. 2). Входные величины: линейное напряжение  $U$ , сопротивления линии  $Z_{LA}$ ,  $Z_{LB}$ ,  $Z_{LC}$ , нагрузки  $Z_A$ ,  $Z_B$ ,  $Z_C$ , нулевого провода  $Z_{L0}$ , позволяющие имитировать любые рабочие или аварийные режимы цепи, а

также масштабные коэффициенты напряжений и токов. Выходные величины: потенциалы всех точек схемы на комплексной плоскости, со-

единенные отрезками (векторами) фазных напряжений, векторы токов, числовые значения всех величин, показатели баланса мощностей, а также необходимые комментарии и инструкция пользователя.

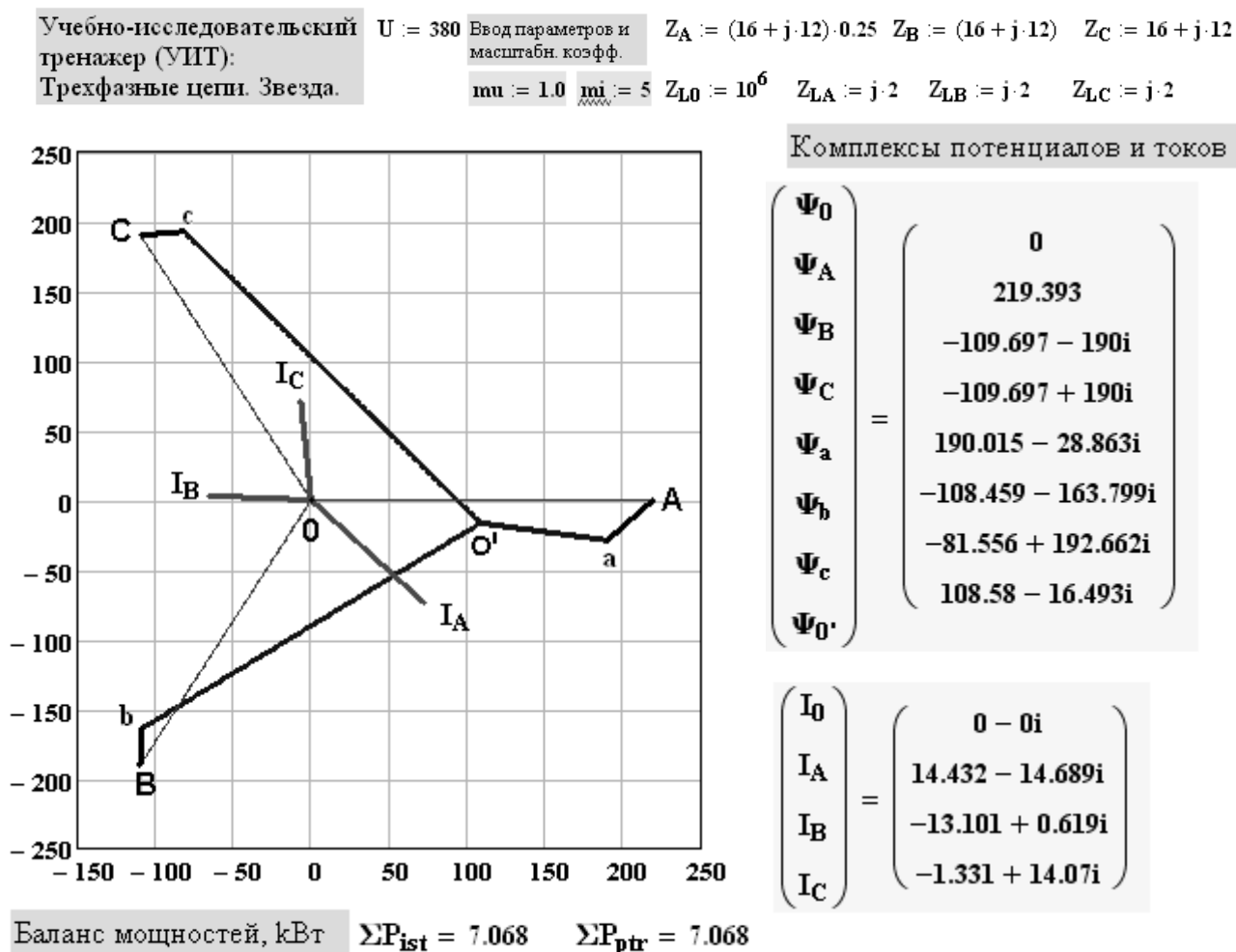


Рис.2. – Рабочее поле УИТ «Трехфазные цепи. Звезда»

По своей сути тренажер имитирует выполнение лабораторной работы. Студент получает те же знания, однако имеет большую свободу действий. Например, тренажер позволяет исследовать аварийные ситуации, которые далеко не всегда можно выполнить в “обычной” лабораторной работе без ущерба для материальной базы (рис. 3).

Важное достоинство тренажера – экономия времени. Не нужно “вручную” строить графики или диаграммы после изменения какого-либо параметра. Тренажер все строит (или перестраивает) сам и практически мгновенно.

Учебно-исследовательский  
тренажер (УИТ):  
Трехфазные цепи. Звезда.

$U := 380$

Ввод параметров и  
масштабн. коэфф.

$Z_A := 0$

$Z_B := 16 + j \cdot 12$

$Z_C := 16 + j \cdot 12$

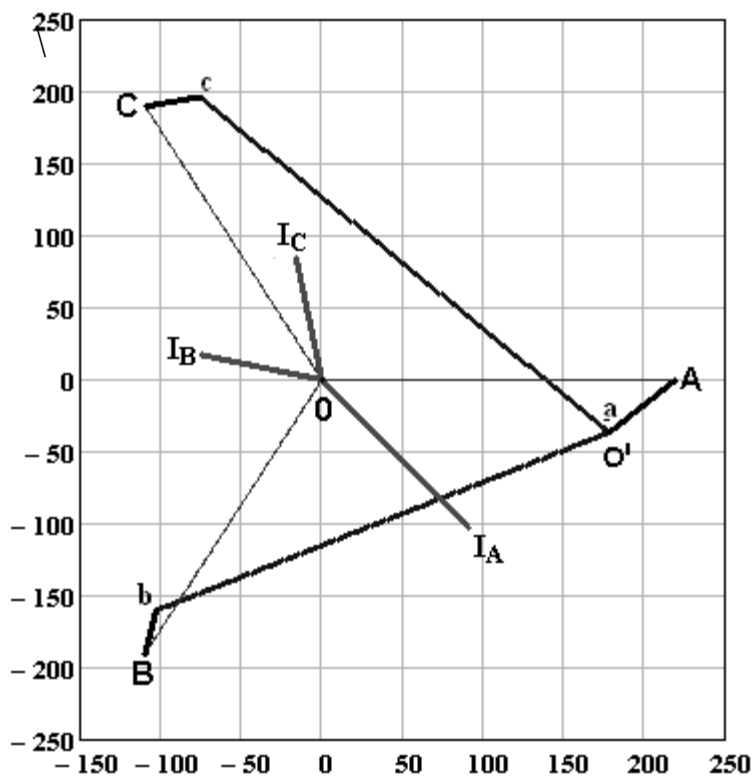
$\mu := 1.0$   $\mu_i := 5$

$Z_{L0} := 10^6$

$Z_{LA} := j \cdot 2$

$Z_{LB} := j \cdot 2$

$Z_{LC} := j \cdot 2$



Комплексы потенциалов и токов

$$\begin{pmatrix} \Psi_0 \\ \Psi_A \\ \Psi_B \\ \Psi_C \\ \Psi_a \\ \Psi_b \\ \Psi_c \\ \Psi_{O'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 219.393 \\ -109.697 - 190i \\ -109.697 + 190i \\ 178.54 - 36.314i \\ -102.722 - 160.073i \\ -75.819 + 196.387i \\ 178.54 - 36.314i \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} I_0 \\ I_A \\ I_B \\ I_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 - 0i \\ 18.157 - 20.426i \\ -14.963 + 3.487i \\ -3.193 + 16.939i \end{pmatrix}$$

Баланс мощностей, кВт  $\Sigma P_{ist} = 8.531$   $\Sigma P_{ptr} = 8.531$

Рис. 3. – Короткое замыкание фазы А

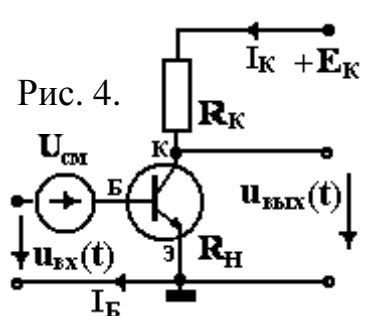


Рис. 4.

Рассмотрим второй пример “Нелинейная цепь с управляемым нелинейным элементом“, имитирующая работу каскада транзисторного усилителя с общим эмиттером (рис. 4).

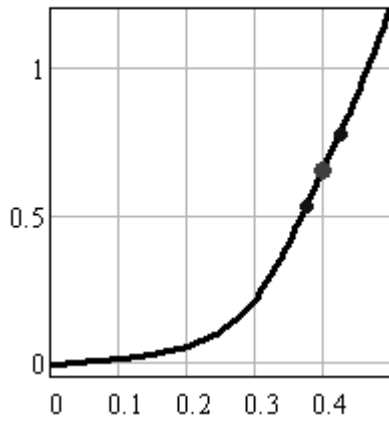
Входные величины: коэффициент передачи  $\nu$ , сопротивление  $R_K$ , напряжение смещения  $E_{см}$ , входная  $I_B(U_{БЭ})$  и семейство выходных  $I_K(I_B, U_{БЭ})$  характеристик. Выходные величины: графики входного  $u_B(щт)$  и выходного  $u_{кэ}(щт)$  сигналов и коэффициент усиления по напряжению  $K_U$  (рис. 5).

УИТ "Нелинейная цепь с управляемым нелинейным элементом (каскад транзисторного усилителя ОЭ).

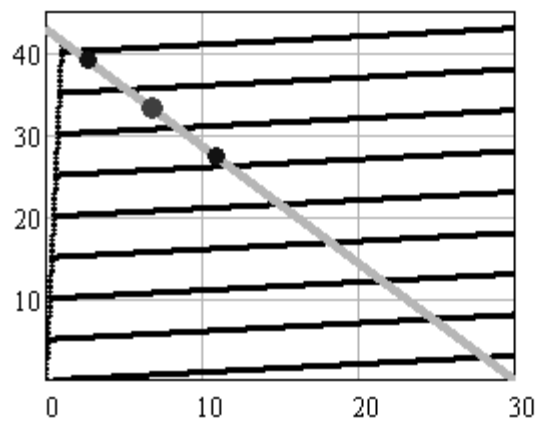
Ввод параметров и их пределы.

$E_k = 30$     $\beta = 45..55$     $\beta := 50$     $R_K := 700$     $R_K = 500..800$   
 $U_{sign} = 0..0.025$     $U_{sign} := 0.025$     $E_{SM} := 0.4$     $E_{SM} = 0.2..0.4$

Входная х-ка  $I_B(U_{BЭ}), \text{мА}$



Выходные х-ки  $I_K(I_B, U_{BЭ}), \text{мА}$



$I_B =$    
 0  
 0.1  
 0.2  
 0.3  
 0.4  
 0.5  
 0.6  
 0.7  
 0.8

"Размах" входного и выходного сигналов, коэффициент усиления по напряжению

$$\Delta U_{ВХ} = 0.05$$

$$\Delta U_{ВЫХ} = 8.178$$

$$K_U := \frac{\Delta U_{ВЫХ}}{\Delta U_{ВХ}} = 163.551$$

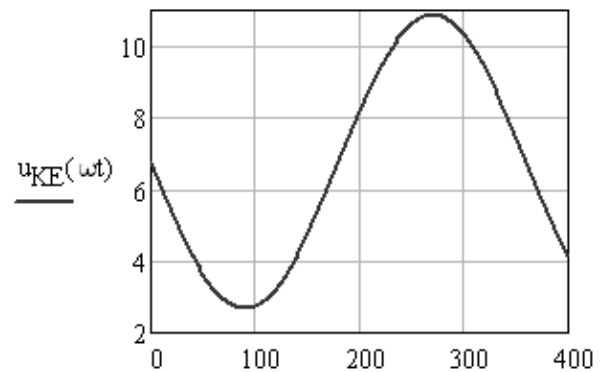
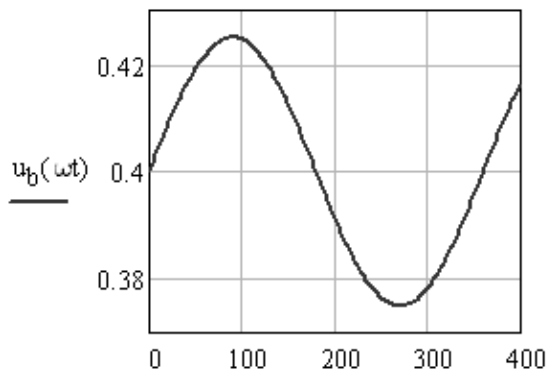


Рис. 5. – УИТ "Нелинейная цепь с управляемым нелинейным элементом" (каскад транзисторного усилителя ОЭ).

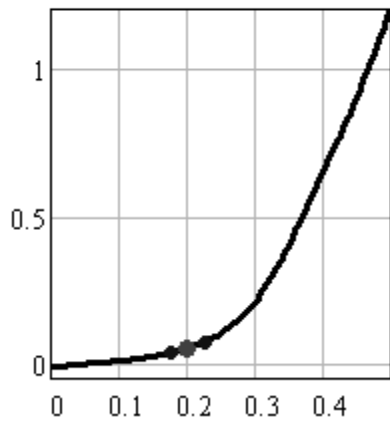
Тренажер позволяет понять сущность построения усилителя на управляемом сопротивлении, изучить зависимость его свойств от входных величин, а также наглядно увидеть такое "трудное" явление, как нелинейные искажения, обусловленные смещением "точки покоя" на нелинейную часть входной характеристики (рис. 6). УИТ позволяет проследить данное явление, наблюдая за изменением кривой выходного сигнала  $u_{КЭ}(\omega t)$ , построение которого обычно требует от студентов значительного времени.

УИТ "Нелинейная цепь с управляемым нелинейным элементом (каскад транзисторного усилителя ОЭ).

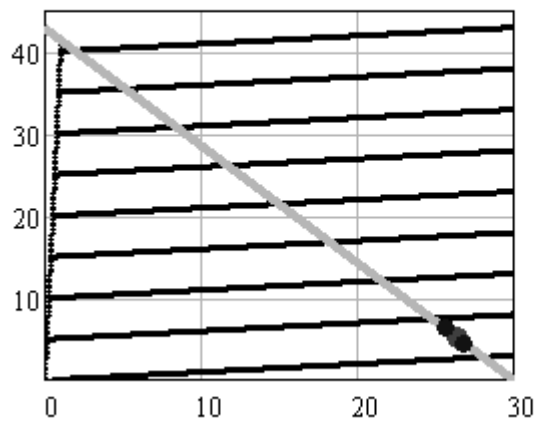
Ввод параметров и их пределы.

$E_k = 30$     $\beta = 45..55$     $\beta := 50$     $R_K := 700$     $R_K = 500..800$   
 $U_{sign} = 0..0.025$     $U_{sign} := 0.025$     $E_{SM} := 0.2$     $E_{SM} = 0.2..0.4$

Входная х-ка  $I_B(U_{BЭ}), \text{мА}$



Выходные х-ки  $I_K(I_B, U_{BЭ}), \text{мА}$



$I_B = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.1 \\ 0.2 \\ 0.3 \\ 0.4 \\ 0.5 \\ 0.6 \\ 0.7 \\ 0.8 \end{pmatrix}$

"Размах" входного и выходного сигналов, коэффициент усиления по напряжению

$$\Delta U_{ВХ} = 0.05$$

$$\Delta U_{ВЫХ} = 1.227$$

$$K_U := \frac{\Delta U_{ВЫХ}}{\Delta U_{ВХ}} = 24.533$$

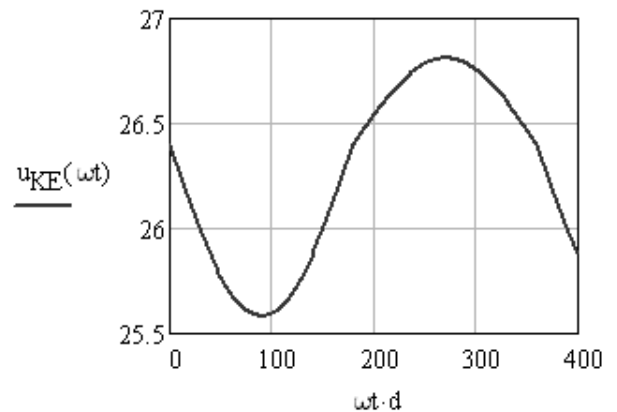
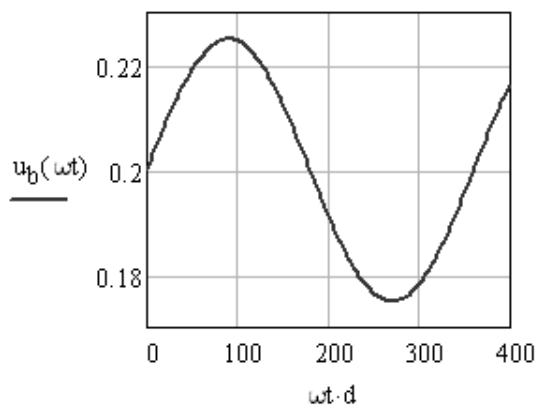


Рис. 6. – Нелинейные искажения выходного сигнала

Таким образом, применение УИТ в учебном процессе по ТОЭ (и не только по ТОЭ) имеет несомненные преимущества, как активная форма обучения. Работа с тренажером позволяет исследовать исключительные ситуации, экономит силы и время обучаемого.

9.04.11.