

КУРСОВА ЗАДАЧА ПО ТЕОРЕТИЧНА ЕЛЕКТРОТЕХНИКА С MATLAB ELECTRICAL ENGINEERINGS COURSEWORK MATLAB PROBLEM

Илонка Тодорова Лилянова

Abstract: *In the paper are presented the advantages using the programming environment MATLAB solving problems in the electrical engineering courseworks for Bachelor. There are given concrete examples for stationary harmonic resumes analysis in linear electrical circuit with MATLAB.*

The use of MATLAB creates the students habits and the opportunities for further use of the programming environment when solving different problems on the subjects in their later years and for scientific and engineering research. made.

Keywords: *Electrical Circuit, Electrical Engineering, Education and Training.*

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Теоретичната електротехника (ТЕ) като дисциплина, стояща във фундамента на инженерното образование трябва да използва съвременни методи. Все по-широкото разпространение и приложение на компютърната техника в последните години в различни области на живота предполага и използването и в такава класическа дисциплина като теоретичната електротехника, чиито основни закони са формулирани преди повече от век [1].

Използването на широко разпространената програмна система MATLAB предлага възможности за изчисления, аналитични преобразувания и висококачествена визуализация (графично представяне) на резултатите. Благодарение на вградения програмен език от високо ниво системата може да бъде приспособена към изискванията на всеки потребител при разработването на конкретни приложни програми.

Съгласно учебната програма студентите от специалностите ЕЕ, ЕСЕО, ВЕИ, ЕТ и др., с образователна степен бакалавър, които решават курсова работа по ТЕ изучават в текущото обучение дисциплината MATLAB. Оказва се, че използването на тази програмна система в обучението по ТЕ разширява кръгзора и възможностите на студентите за практически приложения и същевременно осъществява непосредствена връзка между обучаващите дисциплини. Осигурява се възможност да се

намали времето за решаването на математическите проблеми, за сметка на което се увеличава чувствително времето за усвояване на електротехниката. Не е без значение фактът, че в Техническият университет Варна е налична лицензирана версия.

Включването на MATLAB в обучението по ТЕ е възможно да се осъществи в три варианта.

Първият е свързан с използване на програмната система само за изчисляване т.е. използват се обичайните класически математически операции и се решават системи уравнения, което не винаги може да бъде направено с обикновен калкулатор или с използване програма като математическите програми MATHCAD, MAPLE и др. Достатъчно големи възможности за изчисляване има и EXCEL [2].

Вторият подход предвижда да се използва програма, направена на MATLAB, при която се въвеждат стойностите - входните данни. Програмата сама смята, т.е. решението не може да се види, но тогава всеки би могъл да я използва, както при специализираната програма PSPICE и др., при които като се начертае веригата, програмата я изчислява.

Третият вариант, описан в статията, е чрез използването на подходящо разработена програма, позволяваща решаването на определена задача от курсовата работа. Прилага се класически метод за анализ от ТЕ. Достига се до резултат, ако студентът притежава необходимото ниво на знания от електротехниката. Използването на MATLAB

цели да се намали до минимум времето за изчисляване и резултатът да не се влияе от математически грешки, а само от грешки в електротехниката.

Курсовата работа по ТЕ-1ч. за студентите от специалностите ЕЕ, ЕСЕО, ВЕИ, ЕТ включва темите: ”Стационарни режими в линейни електрически вериги при постоянен ток” и „Стационарни хармонични режими в линейни електрически вериги”[3]. Методите за анализ изискват решаването на система уравнения с реални или комплексни числа съответно, което затруднява и забавя студентите, особено при по-сложна структура на електрическата верига. Тъй като във втората тема на курсовата работа изчисленията се извършват с комплексни числа и затрудненията са доста повече, примерът за решаване на задача по ТЕ с използване на MATLAB е посветен на този проблем.

II. АНАЛИЗ

2.1. ФУНКЦИИ И ОПЕРАТОРИ ОТ MATLAB, ИЗПОЛЗВАНИ В ПРОГРАМАТА ЗА КУРСОВАТА ЗАДАЧА

Системата MATLAB е едновременно операционна среда и език за програмиране. На езика MATLAB могат да бъдат написани програми за многократно използване, които се оформят във вид на М-файлове[4,5,6].

Схемата на решаване на курсовата задача със средствата на MATLAB се изобразява с понятни математически изрази, близки към традиционните формули, свързващи величините.

Използва се М-файл, в който е описано решаването на конкретна електрическа верига, който е илюстративен и демонстрационен - може да се види решението. Студентът, създава такъв М-файл, като корегира илюстративния и го записва с друго име, в съответствие с номера на варианта му.

Най-често срещаният символ е %, което означава коментар и указва коя величина каква е, да се корегира или въведе. Да се запише ново име на файла е първият коментар. Той не се извежда на екрана при изпълнение на програмата.

Операторът **setstr** ('текст') извежда текст - съобщения, указания на екрана при изпълнение на програмата, които поясняват резултатите.

Начинът на описание на електрическите величини и закони е близък до този в MATLAB. Съпротивлението R_1 се записва като R1, индуктивността L_1 като L1, капацитетът C_1 като C1, ефективната стойност на източника като E или Eef. Токовете с I1 или i1.

Функцията **conj(x)** – комплексно спрегната стойност се използва за генерираната мощност при баланса за комплексните мощности.

Функцията **abs(x)**- абсолютна стойност (модул) се използва за определяне на ефективната стойност.

Съпътстващата функция **angle(h)** изчислява фазовия ъгъл т.е. аргумента на комплексното число.

Използва се логическия оператор **if**, за да се генерира вътрешна проверка при записване на капацитивното съпротивление, за да не се стигне до деление с 0.

Решаването на системата уравнения се осъществява с използване на обратната матрица.

Функцията **plot** изчертава графиките.

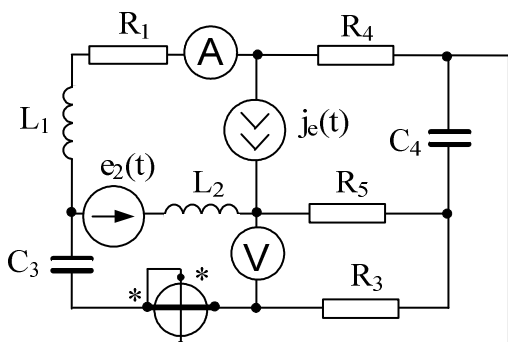
Командата за управление на осите е **axis**. Изчертаването на мрежа става с **grid**.

Функциите за нанасяне на надписи върху графиките са **xlabel**, **ylabel**, **title**, **legend**.

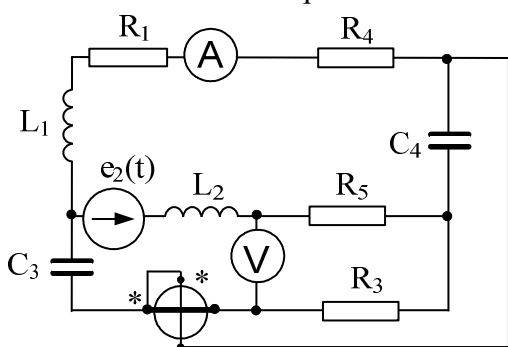
2.2. ИЛЮСТРАЦИОНЕН ПРИМЕР

За веригата показана на фиг.1 са зададени: $R_1 = 15\Omega$, $R_3 = 8\Omega$, $R_4 = 18\Omega$, $R_5 = 20\Omega$, $L_1 = 15mH$, $L_2 = 10mH$, $C_3 = 48\mu F$, $C_4 = 48\mu F$. За източника $e(t)$ е зададена ефективната стойност $E = 20V$ и началната фаза $\Psi_E = 20^\circ$. Честотата е $f = 160Hz$. [3]

Трябва да се изчислят ефективните и моментните стойности на клоновите токове, входен импеданс след пасивиране на източника на ток. Да се направи баланс на мощностите. Да се определят показанията на уредите. Да се начертае графиката за токовете.

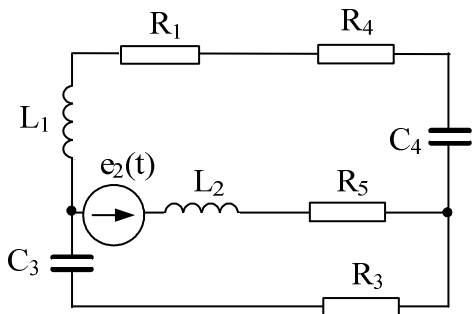


Фиг. 1. Примерна схема на електрическа верига



Фиг. 2. Схема на електрическата верига след пасивиране източника на ток

След пасивиране на източника на ток се получава схемата, показана на фиг.2. След премахване на амперметъра, волтметъра и ватметъра се получава веригата от фиг.3, която трябва да се анализира.



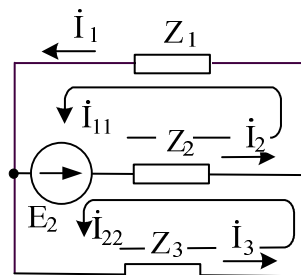
Фиг. 3. Схема на електрическата верига без измервателните уреди

Студентите работят с предварително разработена „работеща” програма – илюстрационен файл, която редактират със собствените електротехнически данни, като променят името на програмата, за да съхранят своите данни. Целта е не само да се спести време за въвеждане на данните. Спестяват се времето, необходимо за програмиране и рутинните изчисления, тъй като в тази област познанията на студентите са различни.

По-важните елементи в програмата са:
т.А. Въвеждане на честотата и

параметрите на елементите

Предложената програма започва с въвеждане на честотата, с която трябва да се изчислява. Могат да въведат до 7 вида стойности за съпротивленията на резисторите, за индуктивностите на бобините, за капацитетите на кондензаторите. Участието на студента е да редактира въведените примерни числени стойности, като ги замени със съответните данни на собствения вариант.



Фиг. 4. Заместваща схема с комплекси

Най-напред студентите въвеждат числените стойности на параметрите на пасивните елементи, в реда, подсказан от програмата:

%Въведете стойности за съпротивленията на резисторите в омове:

- R1=15
- R2=0
- R3=8
- R4=18
- R5=20
- R6=0
- R7=0

%Въведете стойности за индуктивностите на бобините в хенри [H]:

- L1=15e-3
- L2=10e-3
- L3=0
- L4=0
- L5=0
- L6=0
- L7=0

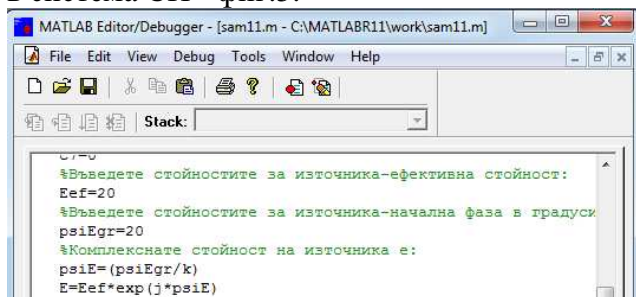
%Въведете ст-ти за капацитетите на кондензаторите във фаради [F]:

- C1=0
- C2=0
- C3=48e-6
- C4=48e-6
- C5=0
- C6=0
- C7=0

т.Б. Въвеждане стойностите за

источниците на енергия.

Въвеждат се: ефективна стойност и начална фаза в градуси, тъй като се използва преобразуване на градусите в радиани, както е в система СИ - фиг.5.

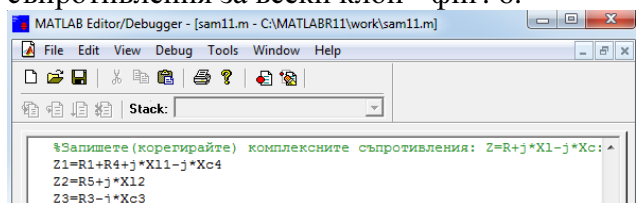


Фиг.5. Въвеждане на източника *т.В. Изчисляване на индуктивните и капацитивните съпротивления*

Програмата изчислява индуктивните и капацитивните съпротивления, като при изчисляване на капацитивните съпротивления се генерира вътрешна проверка за стойността на капацитета дали е 0, за да не се достигне до деление с 0.

```
%Индуктивните съпротивления са:
Xl1=om*L1
Xl2=om*L2
.....
%Капацитивните съпротивления са:
if C1==0;
Xc1=0;
else
Xc1=(1/(om*C1))
end
.....
```

Студентите трябва да запишат комплексните съпротивления за всеки клон - фиг. 6:



Фиг.6. Въвеждане на комплексните съпротивления

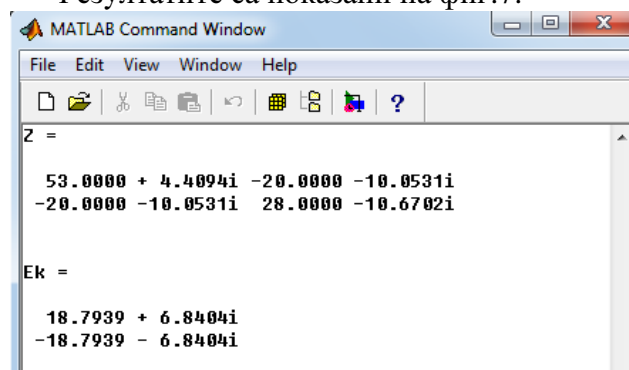
т.Г. Записване на системата уравнения по метод с контурните токове

Има възможност програмата да се направи така че, студентът да избере по кой метод да намери комплексните образи на токовете - по метод с контурните токове или метод с възловите потенциали. В разглеждания пример се прилага метод с контурните токове. За заместващата схема студентът трябва да запише системата

уравнения и да ги подреди по индексите(както по правилото на Крамер). Въвежда се матрицата [7] от контурни съпротивления и контурни е.д.н. за схемата, показана на фиг.4:

```
%Въведете (коригирайте) матрицата от контурните съпротивления:
Z=[ (Z1+Z2) (-Z2) ;
    (-Z2) (Z2+Z3) ]
%Въведете (коригирайте) матрицата от контурните е.д.н.:
Ek=[ E; -E ]
```

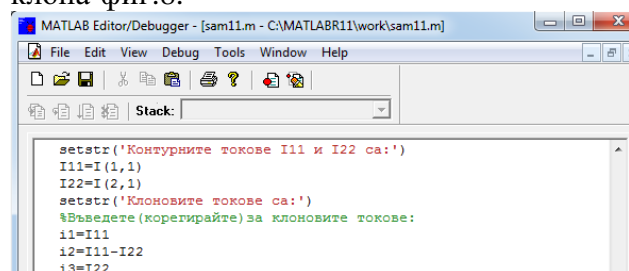
Резултатите са показани на фиг.7.



Фиг. 7. Резултати за матриците на съпротивленията и на е.д.н.

т.Д. Намиране числените стойности за контурните и клоновите токове

Решава се системата уравнения числено. Контурните токове се записват съобразно елементите на матрицата стълб. Клоновите токове се получават чрез алгебрично сумиране на контурните токове в клон-фиг.8.



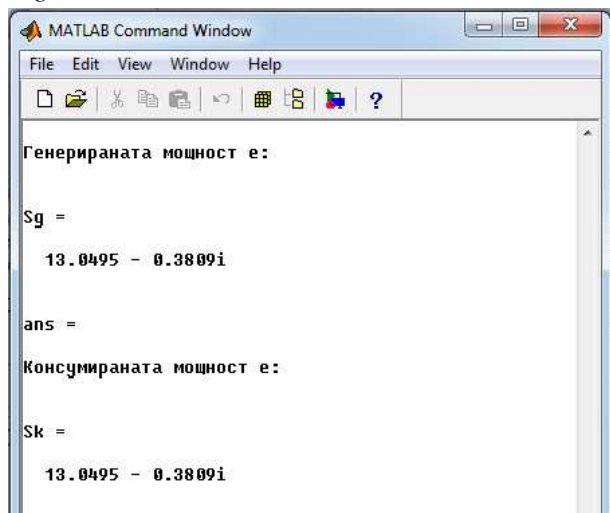
Фиг.8. Намиране на токовете *т.Е. Проверка баланса на мощностите*

Чрез баланса на мощностите се проверява верността на токовете и на знанията на студентите по електротехника: %За генерираната мощност коригирайте индекса на тока: setstr('Генерираната мощност е:') Sg=E*conj(i2) % Консумираната мощност е: setstr('Консумираната мощност е:')

$S_k = Z_1 * (\text{abs}(i_1))^2 + Z_2 * (\text{abs}(i_2))^2 + Z_3 * (\text{abs}(i_3))^2$

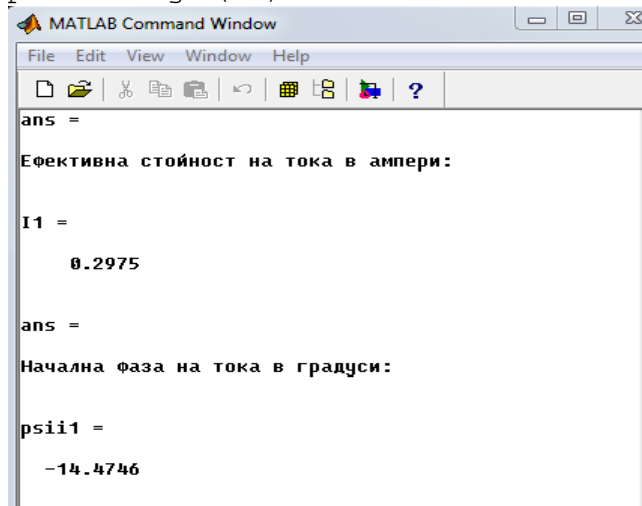
Изходните резултати за баланса на мощностите са показани на фиг.9:

$$S_{gen} = S_{con} = (13,0495 + j0,3809) VA$$



Фиг. 9. Резултати за баланса на мощностите т.Ж. Записване на ефективните и моментните стойности за токовете

Извеждат се на екрана ефективните и моментните стойности на търсените токове-фиг.10.



Фиг. 10. Резултати за клоновете токовете Изходните резултати за токовете съгласно изчисленията са:

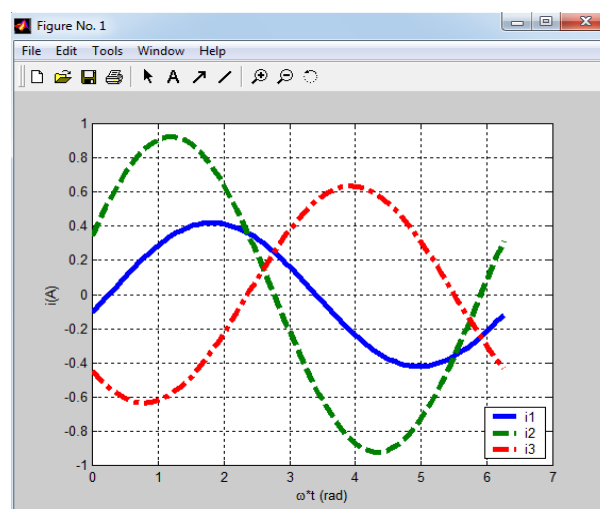
$$i_1(t) = I_1 \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{i_1}) = 0.298 \sqrt{2} \sin(\omega t - 14.47^\circ) A$$

$$i_2(t) = I_2 \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{i_2}) = 0,653 \sqrt{2} \sin(\omega t + 21,67^\circ) A$$

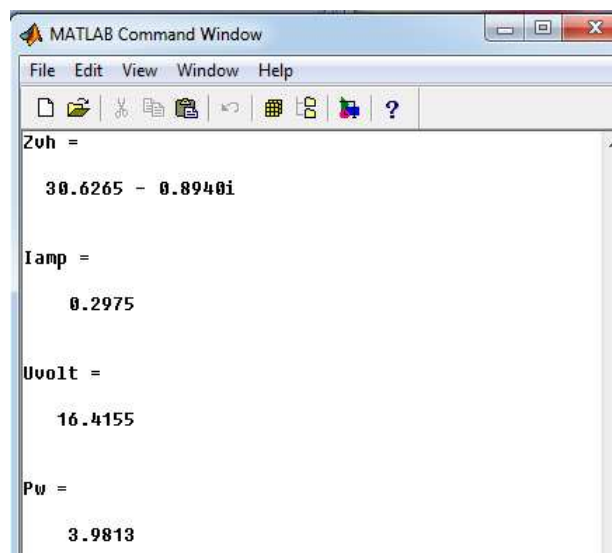
$$i_3(t) = I_3 \sqrt{2} \sin(\omega t + \psi_{i_3}) = 0,448 \sqrt{2} \sin(\omega t - 135,29^\circ) A$$

т.3. Визуализация на токовете

Изчертават се времевите диаграми на токовете – фиг.11.



Фиг. 11. Времеви диаграми за токовете



Фиг. 12. Входен импеданс и показания на уредите

В програмата могат да бъдат включени задачите за намиране на входния импеданс и определяне показанията на уредите. За дадената задача съгласно фиг.12 се получава :

- За входния импеданс: $Z_{vh} = (30,6265 - j0.8940) \Omega$

- За показанияето на амперметъра :
 $I_{amp} = 0,2975A$
- За показанияето на волтметъра:
 $U_{volt} = 16,4155V$
- За показанияето на ватметъра:
 $P_W = 3,9813W$

2.3. ПРОВЕРКА НИВОТО НА КОМПЕТЕНТНОСТ НА СТУДЕНТИТЕ

При работата си с програмата студентите трябва да заместват в основните единици на система СИ. Трябва да могат да направят верен буквен запис по съответния метод и вярно да го пренесат в програмата на MATLAB.

Студентите трябва да следят за симетричността на матрицата на съпротивленията, не само като стойности, но и знак.

От визуализацията на резултатите може да се потвърди, че първи закон на Кирхоф важи за моментните стойности на токовете $i_1(t) + i_2(t) = i_3(t)$ и да се анализира дефазирането на токовете.

III. ИЗВОДИ

Поясненията в предлаганата програма може да са по-подробни или по-кратки в зависимост от нивото на познания и компетентност на студентите. В програмата може да се предложи избор по кой начин да работи студента: метод с контурните токове или метод с възловите потенциали, или и по двата да се реши.

Подобни програми могат да се реализират и за други теми от курсовата работа.

Използването на MATLAB при решаване на задачи по ТЕ позволява да се анализират за кратко време вериги със сложна структура и голям брой източници.

Предложеният илюстративен пример дава възможност да се анализират по-сложни електрически вериги с индуктивни връзки след еквивалентното преобразуване на индуктивната връзка.

Използвайки MATLAB студентите могат да изследват:

- влиянието на различните параметри или честота за настройване веригата в резонанс;

-промяната на параметър на консуматор за настройване в режим на максимално отдавана активна мощност от консуматора.

-проверка на ток по теоремата на Тевенен.

Предимства. Решаването на задачи с използване на MATLAB е много удачно особено при дистанционно обучение.

Избягват се нежелани случайни грешки при (преписване) пренасяне на резултатите и заместване.

Включването на MATLAB при решаване на задачи по теоретична електротехника създава у студентите навици и възможности за бързо и ефективно по-нататъшно прилагане на програмната система при решаване на различни задачи от дисциплините, изучавани в следващите курсове, както и при научни и инженерни изследвания.

Използвана литература:

- [1]Бутырин П.А.,Шакирзянов Ф.Н., Моделирование знаний по теоретической электротехнике, Электричество 9, 2013,с.61-62
- [2]Ермолаев Ю.В. Применение компьютерных технологий при изучении электротехнических дисциплин// Успехи современного естествознания 5 – 2005, с. 28-29
- [3]Лилянова И.,Пенова Р., Ръководство за курсова работа по Теоретична електротехника, ч. 1, Варна, 2012.
- [4]ПотемкинВ.Г., П.И.Рудаков, "Matlab5 для студентов", Москва,1999
- [5]Новгородцев А.,Расчет электрических цепей в MATLAB,Питер,2004
- [6]Тончев Й.,MATLAB, Преобразувания, изчисления, визуализация, София, 2007.
- [7]БрандинскиК., Ж.Георгиев, В.Младенов, Р.Станчева, Теоретична електротехника,ч.1,2008,Кинг,София

За контакти:

Илонка Лилянова
Технически университет - ВАРНА, кат. „Теоретична и измервателна електротехника”
9010, Варна, ул."Студентска" № 1
e-mail:ililyanova@gmail.com