

## ИЗПОЛЗВАНЕ НА ПРОГРАМАТА MATLAB ПРИ ОБУЧЕНИЕ НА СТУДЕНТИ И КУРСАНТИ ДА СИНТЕЗИРАТ СИСТЕМИ, АВТОМАТИЧНО РЕГУЛИРАНИ ПО МЕТОДА НА ХОДОГРАФА НА КОРЕНИТЕ

Любомир Й. Дънков, ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“, Варна

Бохос Р. Апрахамян, ВВМУ „Н. Й. Вапцаров“, Варна

### USUNG A MATLAB FOR EDUCATION

Lyubomir J. Dankov, Naval Academy „N. Y. Vaptsarov“, Varna

Bohos R. Aprahamian, Naval Academy „N. Y. Vaptsarov“, Varna

**Abstract:** *This paper take a view of using a Matlab in education process for students teaching “Fundamentals of Feedback Control”.*

**Key words:** *matlab, education, root-locus.*

#### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Целта на настоящата статия е да покаже как може да се използва програмната среда MATLAB и част от нейните приложения за синтез на системи за автоматично регулиране при обучение и трениране на студенти в курса по “Основи на автоматичното управление”. Тази програмна среда дава възможност за синтез по различни методи, но в настоящата статия се разглежда метода на ходографа на корените.

#### 2. ИЗЛОЖЕНИЕ

При обучението студентите и курсантите се запознават със следните елементи:

##### 1. Въвеждане на динамичния модел в MATLAB

За да се използват споменатите графични интерфейси е необходимо първо да се въведе динамичния модел на системата за автоматично регулиране. Динамичния модел може да бъде представен в един от стандартните за MATLAB три вида за линейни стационарни модели (LTI): предавателна функция, полюси и нули и пространство на състоянията. Практиката от използването на тази програма показва, че е достатъчно студентите да не се запознават пълните възможности на програмата, а само с такива които еднозначно позволяват решение на поставяните задачи. По тази причина е достатъчно те да могат да въвеждат моделите чрез предавателни функции, характерни за класическата теория на автоматичното регулиране.

```
>>Kc = 91.6800
Kc =
    91.6800
>> Ce=0.22
Ce =
    0.2200
>> Ky=1100
Ky =
    1100
>> ip=312
ip =
    312
>> Ko=0.0011
Ko =
    0.0011
>> Tm=0.1
Tm =
    0.1000
```

За пример се разглежда електромеханичната следяща система - зад. 4.4 от ръководството за практически упражнения [1].

Тази система за автоматично регулиране има следните параметри:

$k_c=91,68$  [V/rad],  
 $c_e=0,22$  [V.s/rad],  
 $k_y=1100$ ,  
 $i_p=312$ ,  
 $k_o=0,0011$ ,  
 $T_M=0,1$  [s].

Въвеждаме всички коефициенти на системата в работния прозорец на MATLAB, както е показано в текстовото поле вляво.

За да работим с предавателни функции, трябва да дефинираме **p** като комплексна променлива (показано на текстовото поле отдясно) и въвеждаме последователно предавателните функции (продължението на текстовото поле на следващата страница).

```
p=tf('p')
Transfer function:
p
>> W1=1/Ce/ip/(Tm*p+1)
Transfer function:
    0.01457
-----
    0.1 p + 1
```

```
>> W2=Ko*Ce*ip
W2 =
    0.0755
>> W3= 1/p
Transfer function:
    1
-----
    p
```

```
>>W4=feedback(W1*Ky,W2)
Transfer function:
    16.03
-----
    0.1 p + 2.21
>> W5=series(W4,W3)
Transfer function:
    16.03
-----
    0.1 p^2 + 2.21 p
```

Системата трябва да се синтезира така, че да осигурява следните качествени показатели:

- пререгулиране: < 20%;
- време на преходния процес: < 0,05 сек.;
- брой на колебанията: <=2.

##### 2. Възможности на програмата MATLAB и нейните приложения LTI Viewer и SISO Design Tool за изобразяване на характеристиките на системите за регулиране

Програмната среда MATLAB разполага с няколко инструмента помагачи при синтеза на системи. Едни от най лесно приложимите за целите на обучението са графичните интерфейси(GUI) за анализ и синтез на системи с един вход и един изход (SISO) озаглавени LTI Viewer и SISO Design Tool

Първият графичен интерфейс се позволява да се видят и настройват преходните характеристики на линейни модели. На монитора се изобразяват след-

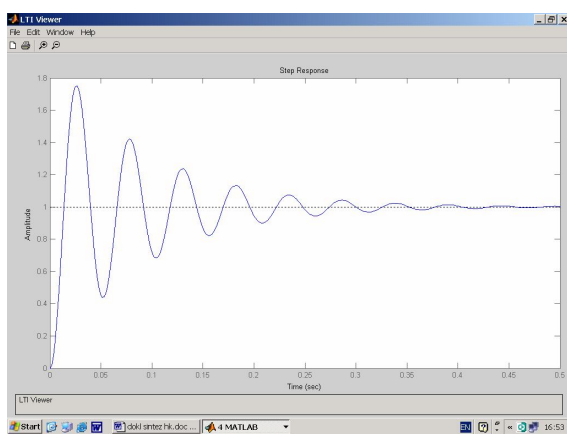
ните графики:

- преходни и тегловни функции (Step and impulse responses);
- логаритмични честотни характеристики (Bode plot);
- амплитудно-фазови характеристики (Nyquist plot);
- характеристики на Никълси др.

Вторият интерфейс позволява да се анализират системи с един вход и един изход и да се синтезират и настройват коригиращи устройства към тях. Двама интерфейса са динамично свързани и промените при синтеза в единия веднага променят характеристиките показвани в другия. Този софтуерен продукт позволява системите за автоматично управление да се синтезират и настройват по няколко начина, които се разглеждат в курса по "Основи на автоматичното управление". Наше мнение е че при един курс за обучение 45-60 часа е подходящо да се използва синтеза на системи за автоматично регулиране по метода, създаден от американския учен Еванс (W. R. Ewans), базиращ се на ходографа на корените [2]. При курсове с по голям брой часове (60 - 120) може да се използва като допълнение и формата на логаритмичните честотни характеристики.

### 3. Графичен интерфейс LTI Viewer

Стартирането на LTI Viewer се извършва с написването на командата "ltiview" в командния прозорец на MATLAB. Това отваря графичния интерфейс с празен прозорец за преходна функция по подразбиране. Може след командата в скоби да се посочи името на модела например, за нашия случай: ltiview(feedback(W5,1)). Това ни дава преходната функция на затворената система по която могат да се оценят качествените параметри. От тази функция се вижда че системата е силно колебателна и не изпълнява условията за пререгулиране и време на преходния процес.



Фиг. 1. Преходен процес в системата преди синтезиране на коригиращо звено

Кликването с десния бутон върху графичния прозорец на LTI Viewer отваря серия менюта, позволяващи:

- промяна вида на показваната графика;
- за кои от моделите да се показват графики;
- допълнителни характеристики към графиките;
- въвеждане на координатна мрежа;
- нормализиране на графиките за отделните системи така, че всяка да се наблюдава върху целия прозорец ;
- допълнителни настройки на надписите, размерността и др.

Когато е необходимо да се използват различни характеристики върху един екран се отваря прозореца Plot Configurations от менюто Edit. Прозореца може да се разделя на части по различен начин като максималния брой е 6 и се посочва във всяка част коя от характеристиките да се покаже. Например можете да разделите прозореца на три и в първата част да покажете преходната функция (step response), във втората тегловната функция (Impulse response) и в третата логаритмичните честотни характеристики (Bode plot).

### 4. Графичен интерфейс SISO DESIGN TOOL

Отварянето на втория интерфейс се извършва с командата sisotool, след която в скоби може да се посочи името на модела (за нас това е W5). Ако име на модела не е посочено се зарежда празен интерфейс в който по подразбиране има три прозореца в които се разполагат ходографа на корените, логаритмичната амплитудно-честотна характеристика (ЛАЧХ) и логаритмичната фазо-честотна характеристика (ЛФЧХ). В прозореца на корените разположен от ляво се разполагат полюсите (означени с X) и нулите (означени с O) и траекториите по които се движат при промяна на коефициента на усилване от 0 до безкрайност. В прозорците на логаритмичните честотни характеристики, освен характеристиките се изписват запасите на устойчивост. За да се въведе модел в празен интерфейс се използва Importing Model от падащото меню File. Отваря се диалогов прозорец Import System Data от където можем да изберем същия модел на електромеханичната следяща система W5, поставяме го в полето G на структурата на CAP и натискаме ОК.

Този графичен интерфейс позволява да се конструират регулатори за CAP с един вход и един изход в интерактивен режим. Заедно със синтеза на системата се проследява въздействието на следните елементи:

- промяна на динамиката на системата чрез промяна на разположението на корените;
- добавяне на полюси и нули в коригиращото звено (регулатора);
- построяване на ЛЧХЛЧХ и промяна на формата им;
- добавяне на пасивни интегриращи и диференциращи звена, и срязващи филтри;

- настройване на запасите на устойчивост;
- преобразуване на моделите от непрекъснати в дискретни.

Графичният интерфейс LTI Viewer може да се стартира и от прозореца на на SISO Design Tool, като в този случай двата разглеждани интерфейса са димамично свързани и в се наблюдава промяната на преходната функция на затворената система едновременно с промените в интерфейса за синтез.

Графичният интерфейс позволява промяна на структурата на САР, като по подразбиране регулатора (коригиращото устройство) е поставен в правата връзка преди модела за управление. Структурата на САР може да се види в горния десен ъгъл, като блоковете са означени по следния начин:

G - обект за управление;

H - датчик за ОБ;

F - предусилвател на заданието;

C - регулатор (компенсатор, коригиращо звено).

Стойностите по подразбиране на H, F и C са равни на 1, т.е. регулаторът има усилване 1. Алтернативните структури на САР се избират с кликане върху бутона FS. Чрез неколккратно кликане с този бутон могат да се изредят всичките възможни.

### 5. Синтез на системи по метода на ходографа на корените

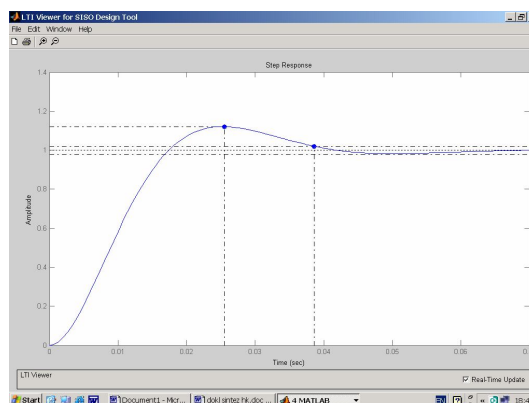
При синтеза ще се използва основната структура на САР в която коригиращото звено е в правата връзка. За да се въведат ограниченията на качествените показатели върху разположението на корените кликаме с десен бутон на мишката в прозореца на ходографа на корените, от появилото се меню избираме design constrains/new и в появилия се прозорец въвеждаме пререгулиране по-малко от 20%. След това по същия начин въвеждаме и времето за регулиране. За да са изпълнени изискванията корените трябва да са разположени наляво от ограничителните линии.

В нашия случай това не е изпълнено. Можем да намалим коефициента на усилване [3], като хващаме и теглим корените (червени квадратчета) към абсисната ос. Това прави системата по-устойчива и на преходната функция (показвана на другия интерфейс) да видим как това се отразява на качествените показатели. При корените на границите определящи пререгулирането то влиза в нормите, но времето за регулиране остава по високо от зададеното. За да следим нормите върху кривата на преходния процес, кликаме с десен бутон върху LTI Viewer и избирзме от появилото се меню последователно Characteristics/ Peak response и settling time.

Необходимо е да се изтеглят още по-наляво корените, трябва да се добавят полюси и нули [2],[3]. За целта може да се използва пасивно диференциращо звено. Нулата на звеното трябва да се постави така, че да е близо до левия полюс, а допълнителния полюс възможно най наляво. Така при увеличаване на коефициента на усилване нулевия полюс се движи

наляво и се компенсира с нулата, а левия корен на некоригираната система и допълнителния полюс се движат един към друг след което стават комплексни.

Добавяме за нашата система нула и полюс по указания начин като изтегляме наляво допълнителния полюс докато полюсите преминават наляво от граничните линии. След това променяме коефициента на усилване докато се получат задоволителни качествени показатели които следим от втория интерфейс. Предавателната функция на необходимото коригиращо звено може да се види в прозореца в Current compensator. За разглеждания пример може да бъде  $0.196(1+0.047s)/(1+0.0061s)$ .



Фиг. 2. Крива на преходния процес при единично въздействие след добавяне на синтезираното коригиращо звено

### 6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ

Разглежданата програмна среда е ориентирана към използване на всички основни теоретически постановки за целите на анализа синтеза на системи за автоматично регулиране. Ограниченията в използването на този комплекс от програми в учебни процес се налагат в по-голяма степен от ограниченото количество часове заложили в учебните програми отколкото от възможностите на MATLAB. Използването на програмни продукти в обучението повишава активността на обучаемите. Много от понятията се запомнят интуитивно, като влиянието им се оценява по метода проба-грешка. Тук се явява и мястото на преподавателя да постави точно формулирани задачи с които да обвърже изучените в теорията понятия с изображения на екрана на компютъра. От приложението на описания комплекс от програми в продължение на няколко години се налагат следните изводи:

1. Разгледаният програмнен продукт с неговите проложения позволяват сравнително лесно да се синтезират системи за автоматично регулиране със зададени качествени показатели.

2. При синтезирането на такива системи студентите тренират промяна на различни параметри на системата и запомнят влиянието им върху качествените показатели.

## Направление "Морско инженерство"

3. Този продукт онагледява понятията и използването му позволява да се затвърдят голяма част от знанията, изучавани в дисциплината "Основи на автоматичното управление", както и да се активизира работата на студентите по усвояване на сложната теория на автоматичното регулиране.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В а с и л е в, Г. Д., Г. П. Стоилов. Ръководство за практически занятия по корабна автоматика. С., ВТС, 1983.
2. F r a n k l i n, G. F. Feedback Control of Dinamic Systems, 1994.
3. Д а н е в, С. Основи на автоматичното управление, 1993.
4. M A T L A B release 13 documentation.