

# **КУРСОВ ПРОЕКТ**

## **ПО ДИСЦИПЛИНАТА “КОМУНИКАЦИОННИ ВЕРИГИ”**

### **степен “БАКАЛАВЪР”, ФТК, семестър IV**

#### **1. ЦЕЛ НА КУРСОВИЯ ПРОЕКТ**

Основната цел на курсовия проект е студентите да затвърдят познанията си по дисциплината “Комуникационни вериги” и да формират умения и навици за решаване на инженерни задачи от неголям мащаб.

#### **2. СЪДЪРЖАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПРОЕКТА**

Курсовият проект се подвързва в папка и съдържа: задание, изчисляване на проектираните устройства, списък на използваната литература и съдържание.

Заданието се оформя от преподавателя – ръководител на проекта, от когото студентите следва да го получат. То се изпълнява последователно, съгласно описаните в него точки.

Проектирането и изчисленията на зададените комуникационни вериги, например филтри, трябва да бъдат максимално пълни и подробни, но без излишна теоретична част, самоцелно преписана от някоя книга или учебник. Всяка стъпка от процеса на проектиране трябва да бъде описана и обяснена. Изчисленията трябва да бъдат представени подробно, така, че преподавателят да може да ги проследи и да провери верността им. При използването на програмни продукти, трябва да бъде посочено с кой продукт кои изчисления са направени, а резултатите да се представят детайлно. Всички числени данни и резултати в проекта, като коефициенти на полиноми, полюси и нули и др., да бъдат представени с точност не по-малко от 2 значещи цифри след десетичната запетая. При използването на Matlab, в курсовия проект трябва да присъства и съдържанието на използваните команди, придружени с коментари за техните функции.

Използваните литературни източници се посочват в текста със съответния номер от списъка на литературата в квадратни скоби. Списък на използваните литературни източници се прилага на отделна страница в края на курсовия проект.

В съдържанието се посочват заглавията (евентуално подзаглавията) на отделните части на проекта, като се отбелязват номерата на съответстващите им страници. Съдържанието е или в началото, или в края на курсовия проект.

Курсовият проект се написва четливо на ръка или се разпечатва само на едната страна на листове (формат А4), като страниците се номерират. Нечетливо написани курсови проекти не се приемат. Не се допуска използването на съкратени думи и изрази, ако не е изготвен и приложен списък с използваните съкращения.

Схемите и фигурите се чертаят прегледно на ръка с помощта на линейка или на компютър, като по тях не трябва да липсват стойностите на елементи, функции по абсциса и ордината на графики, дименсии и др.

Графиките трябва да са начертани ясно, така че добре да се виждат характерните им точки – минимуми, тенденции при честота нула и безкрайност. За да се постигне това трябва да се използва необходимият брой точки за изчертаване на кривата. При повече от една крива на една и съща графика, да се използват различни цветове за различните криви, а ако графиката не се разпечатва цветно – да се използва различен тип линия за всяка крива. Ако има участъци от графиката, които не се виждат ясно, напр. лентата на пропускане (ЛП), те следва да се начертаят отделно на отделни графики.

Фигурите могат да бъдат разположени както на съответното място в изложението на проекта, така и отделно (например в края на проекта), но трябва да бъдат номерирани и надписани.

При изчисляването на всяка величина се изписва първо изчислителната формула, след това – същата формула със заместени числени стойности и веднага след нея – крайния резултат, придружен със съответната измервателна единица (дименсия).

Заданието трябва да бъде изпълнено изцяло. Особено важно е там, където се изискват коментари и разсъждения, те да бъдат направени писмено и самостоятелно от всеки студент. Еднакви текстове и оформление с такива на други студенти се счита за преписване и се оценява със слаба оценка, независимо кой е истинският автор на мултиплицирания проект.

### **3. ОСНОВНИ ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ**

1. З. Вълкова-Джарвис, К. Иванова. Комуникационни вериги - лабораторни упражнения, изд. "Кинг", София, 2015.
2. Записки и слайдове от лекции по дисциплината Комуникационни вериги за студентите от Факултета по Телекомуникации, ТУ-София.
3. З. Николова, Комуникационни вериги - семинарни упражнения, изд. „Болдарс“, София, 2011.
4. Lutovac, M, D. Tosic and B. Evans, Filter design for signal processing using Matlab and Mathematica, Prentice Hall, 2001.
5. MATLAB –User’s Guide, MathWorks.

6. Signal Processing Toolbox User's Guide for use with Matlab, MathWorks.
7. Filter Design Toolbox User's Guide for use with Matlab, Mathworks.
8. Ingle V.K. and J. Proakis J.G., Digital signal processing using MATLAB, 2<sup>nd</sup> edition, Thomson-Engineering, July 2006.
9. Mitra, S., Digital signal processing laboratory using MATLAB, McGraw-Hill, 1999.
10. Mitra S.K., *Digital Signal Processing*, 3rd Edition, McGraw-Hill 2005. ISBN 0-073-04837-2.
11. Mitra S.K., *Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach*, McGraw-Hill 2010. ISBN.

Тези литературни източници са препоръчителни и незадължителни. Студентите могат да ползват и други по техен избор, но трябва да ги посочат в списъка с използвана литература, приложен в края на проекта.

#### **4. КОНСУЛТАЦИИ И ПРИЕМНО ВРЕМЕ НА РЪКОВОДИТЕЛЯ НА ПРОЕКТА**

Курсовият проект се задава в семестъра, в който се изучава дисциплината “Комуникационни вериги” и една от целите му е студентът да приложи знанията си по дисциплината. Формата на обучение “курсов проект” по същество е самостоятелна работа. До колко самостоятелно се справя студентът става ясно по време на консултациите, които той предприема при ръководителя си и от въпросите, които задава. Степента на самостоятелност на студента при изработването на курсовия проект, т.е. способността му да се справя сам с литературни източници и да взема самостоятелни решения, също се има предвид при оценяването му. В случай на непреодолими трудности по време на работата, студентите се консултират с ръководителя си в приемното му време.

#### **5. ПРЕДАВАНЕ И ЗАЩИТА НА КУРСОВИЯ ПРОЕКТ**

Крайният срок за предаване на готовия курсов проект е посочен в заданието, което студентът получава от преподавателя-ръководител. Студентът получава подпис за заверка на семестъра, ако е получил задание за курсов проект. При предаването на готовия курсов проект, ръководителят го проверява и ако проекта отговаря на изискванията се провежда или планира защита. В случай на готовност курсовият проект може да се предаде преди определения в заданието краен срок.

Защитата на курсовия проект се оценява. Крайната оценка се формира от две оценки – за изработка на проекта и за защитата му. При слаба оценка на защита, която показва липса на самостоятелна работа и авторство на курсовия проект, студентът получава слаба оценка като окончателна оценка, независимо от това как е оценен самият проект.

Оценката се вписва в изпитен протокол и в студентската книжка веднага след защитата на проекта.

Три са възможностите за явяване на защита:

- **По време на семестъра**, в началото на който е получено заданието и се извършва проектирането. При предаването на проекта (в приемното време на преподавателя-ръководител) се уговаря удобно както за студента, така и за преподавателя време, в което проекта да бъде защитен.

- **През последната седмица на семестъра**, в началото на който е получено заданието и се извършва проектирането. Ръководителят на проекта изработва график по дни. Студентите, решили да се явят на защита на определена дата, следва да се запишат при ръководителя си в списък, в който е записан началния час на тяхната защита. Това се прави поради големия брой студенти, с цел избягване образуването на опашки и загуба на време.

- **През изпитната сесия след семестъра**, в началото на който е получено заданието и се извършва проектирането (както и през **септемврийската ликвидационна сесия**). Ръководителят на проекта определя дата (-и) през изпитната сесия за защита на проектите. Студентите, решили да се явят на защита на определена дата през сесията, следва да се запишат в списък при ръководителя си, който определя началния час на тяхната защита.

Студентите, неявили се на защита не получават оценка. Те могат да получат ново задание през следващата учебна година. Ново задание следва да получат и студентите, оценени със слаба оценка, но това може да стане още в началото на следващия семестър.

## **6. ИНСТРУКЦИИ ЗА УСПЕШНО ИЗРАБОТВАНЕ НА КУРСОВИЯ ПРОЕКТ**

Курсовият проект по “Комуникационни вериги” се състои в апроксимиране, синтезиране и изследване на цифрови филтри по зададен габарит.

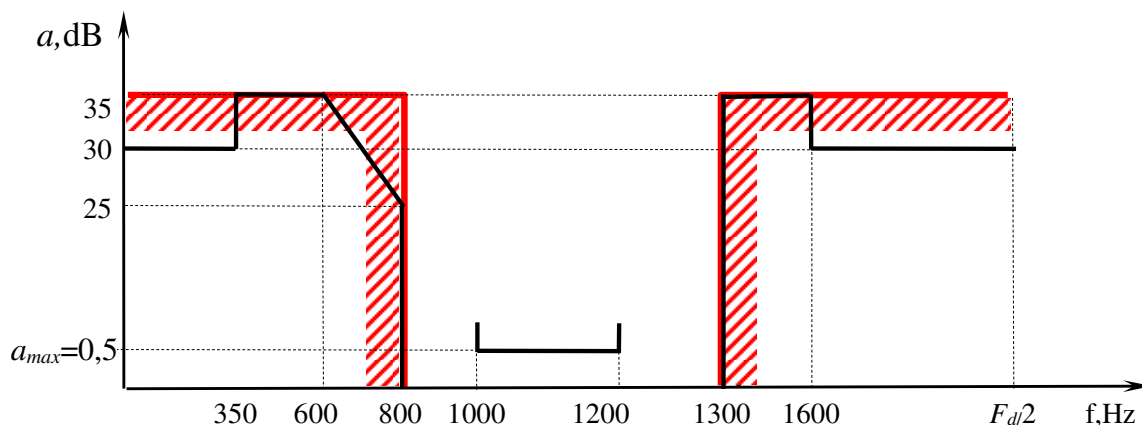
За изработването на курсовия проект е необходим програмният пакет Matlab. Всички необходими за проекта m-файлове, които отсъстват в комерсиалния пакет Matlab, и са създавани допълнително, можете да получите от ръководителя на курсовия проект, или от ръководителя на лабораторните упражнения.

### **Привеждане на габарита на затихването на цифров ЛФ във вид, удобен за класическа апроксимация на с MATLAB**

За да може даден цифров габарит да се апроксимира чрез Matlab е необходимо да има еднакво (постоянно) затихване в лентата си на задържане (ЛЗ), т.е. само един хоризонтален участък. В случай на лентов

филтър е необходимо затихването и за двете ленти на задържане да бъде еднакво. За да се промени зададения габарит в посока „утежняване“ е необходимо да се определи най-голямото затихване, което предполага най-тежките изисквания към реализирания филтър.

На фиг. 1 е даден един сложен (начупен в ЛЗ) габарит с черна непрекъсната линия. С червено и щриховка е даден същият габарит, променен в посока „утежняване“, с който се работи до края на курсовия проект.



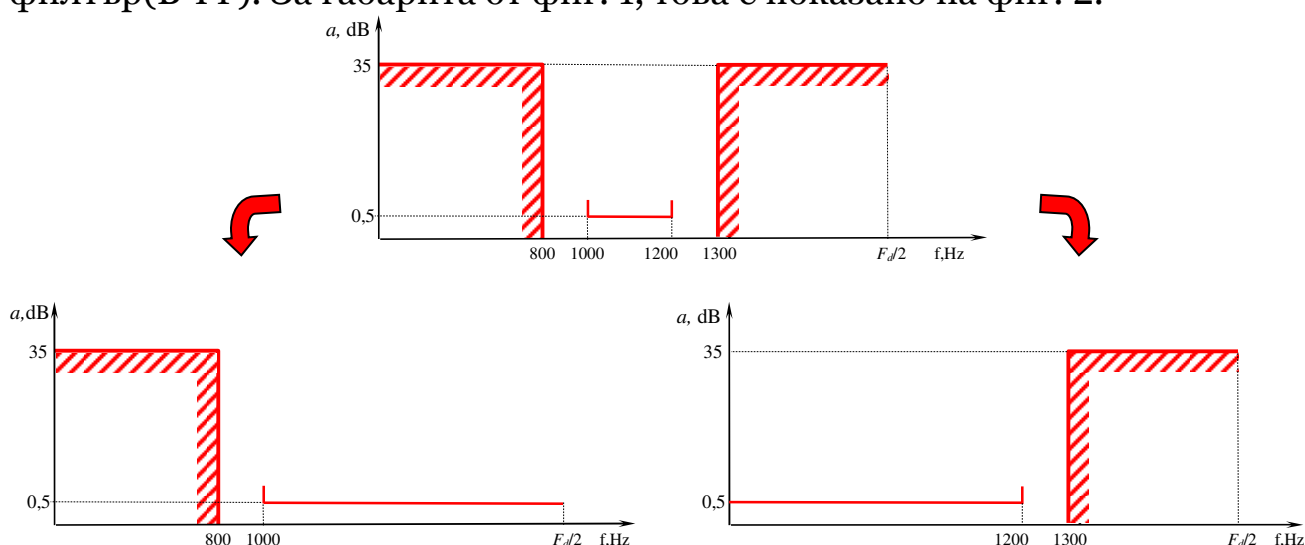
Фиг.1

### **Задание А:**

**Кратки указания за всяка точка от заданието за курсов проект „Проектиране на филтри“, в което се изисква да се проектира лентов или режекторен филтър чрез НЧФ и ВЧФ.**

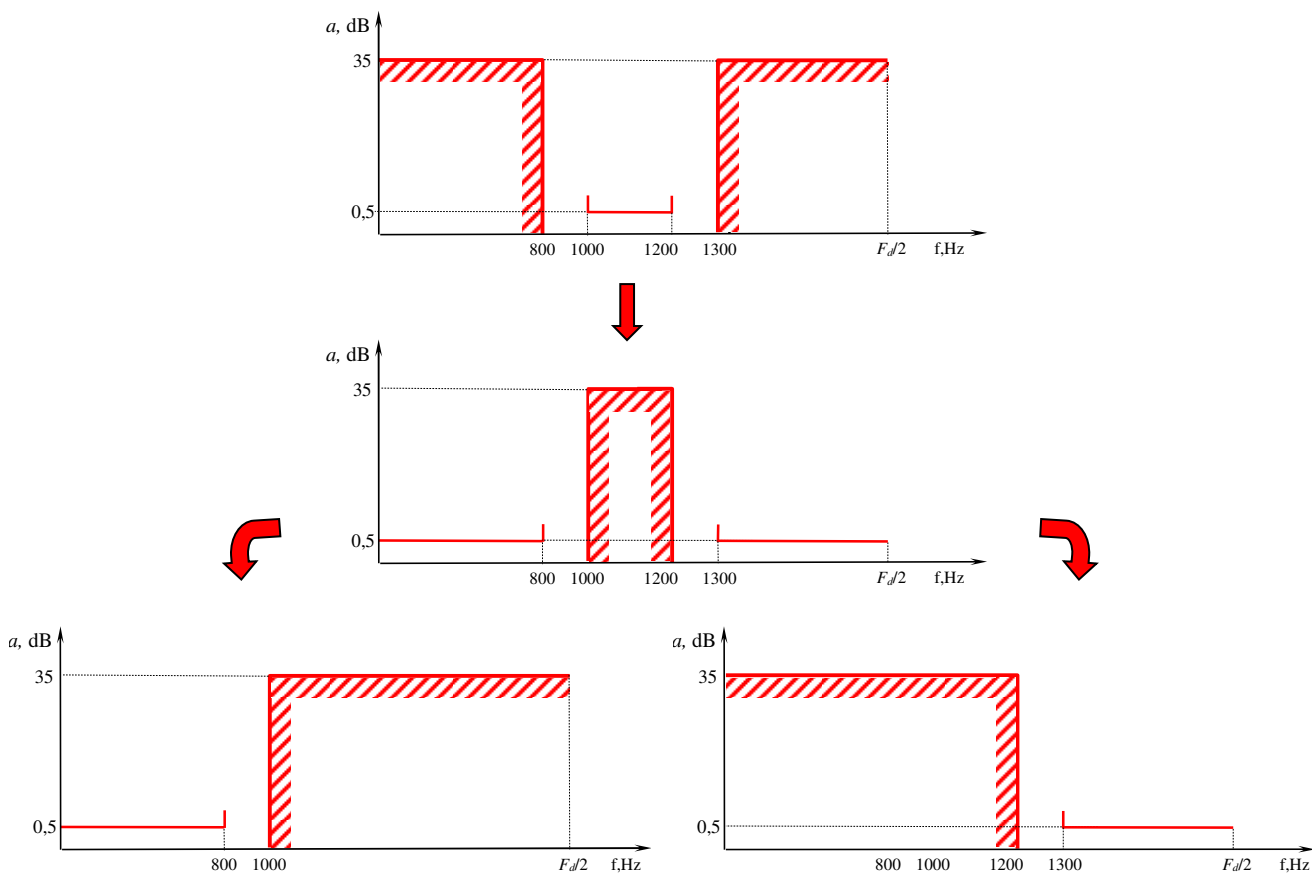
### **Точка 1 (Задание А): Определяне на габаритите на ЛФ/РФ и на изграждащите ги НЧФ и ВЧФ**

В част от заданията за курсов проект по КВ се изисква така преобразувания „утежнен“ габарит на ЛФ да се представи чрез габаритите на изграждащи го нискочестотен филтър (НЧФ) и високочестотен филтър (ВЧФ). За габарита от фиг. 1, това е показано на фиг. 2.



Фиг.2

В други задания трябва първо габарита на ЛФ да се преобразува в габарит на РФ, който следва да се представи чрез изграждащите го НЧФ и ВЧФ (фиг.3).



Фиг.3

За да работят като лентов филтър, НЧФ и ВЧФ трябва да се свържат последователно, а за да работят като режекторен филтър – паралелно.

## **Точка 2 (Задание А): Цифрова класическа апроксимация на НЧФ и ВЧФ**

Как се избира класическата цифрова апроксимация? Ако в заданието, например, се изисква да бъде направена *максимално-пласка* апроксимация, кривата на затихването в ЛП трябва да е гладка. Класическите апроксимации, чиято крива на затихването имат такава форма в ЛП са инверсната апроксимация по Чебишев и апроксимация по Бътървурд. *Равновълнов* характер в ЛП имат апроксимациите по Кауер и Чебишев.

Освен *максимално-пласка* и *равновълнова*, апроксимацията трябва да бъде още *полиномна* или *неполиномна*.

За да се получи ПФ от *полиномен* тип трябва да се приложи *полиномна апроксимация*. Такива са апроксимациите по Бътървурд и по Чебишев, които, както обяснихме по-горе, се различават по характера на честотната крива в ЛП – *максимално-пласка* и *равновълнова*, съответно.

Неполиномните апроксимации са: по Кауер (равновълнова) и инверсна по Чебишев (максимално-плоска).

Аналитичните изрази на получените, в резултат на цифровата класическа апроксимация, НЧ и ВЧ предавателни функции трябва да се запишат по отрицателните степени на  $z$ , например:

$$H_{LP}(z) = \frac{0.5 + 0.92z^{-1} + 0.85z^{-2} + 0.22z^{-3} + 0.6^{-4}}{1 + 0.097z^{-1} + 0.77z^{-2} + 0.244z^{-3} + 0.08^{-4} + 0.12z^{-5}};$$

$$H_{HP}(z) = \frac{0.2 + 0.54z^{-1} + 0.8z^{-2} + 0.13z^{-3} + 0.3^{-4} + 0.2z^{-5}}{1 + 0.7z^{-1} + 0.97z^{-2} + 0.034z^{-3} + 0.18^{-4} + 0.62z^{-5}}.$$

### **Точка 3 (Задание А): Изчертаване на кривите на затихването на НЧФ и ВЧФ**

След извършените с Matlab цифрови класически апроксимации се изчертават кривите на затихването на НЧФ и ВЧФ, заедно с усложнения лентов или режекторен (в зависимост от заданието) габарит върху една и съща фигура. За да се различават двата филтъра, кривите на затихването им трябва да се начертаят с различен тип на линията.

Още при апроксимацията, направена в предишната точка, може да се видят числените стойности на граничните честоти и/или на честотите на задържане, изчислени при апроксимацията. Те може да съвпадат с въведените от проектиращия честоти, но може и да са променени – Matlab ги посочва. Изисква се новите числени стойности на тези честоти да се дадат в проекта.

От кривите на затихването, начертани заедно с габарита лесно ще се види дали има промяна в граничните честоти и/или честотите на задържане. От графиката не могат да се отчетат точните им числени стойности, но могат да се отбележат местата на новите честоти. Следва да направите това или посредством Matlab, или с молив на ръка.

### **Точка 4 (Задание А): Изчертаване на кривите на ФЧХ и ПНД**

В тази точка се изисква да начертаят полюсно-нулевите диаграми (ПНД) и фазово-честотните характеристики (ФЧХ) на НЧФ и ВЧФ – общо 4 фигури. Полюсите и нулите трябва непременно да се представят и в числен вид.

### **Точка 5 (Задание А): Синтез на ЛФ или РФ по зададена цифрова реализация**

Синтезът на цифрови филтри по различни реализации е тема на отделно лабораторно упражнение по “Комуникационни вериги” и не би следвало да представлява проблем. Схемите на НЧФ и ВЧФ по зададената реализация трябва да се начертаят и да се свържат така, че да работят като ЛФ или РФ, в зависимост от заданието.

## Точка 6 (Задание А): Избор и филтриране на синусоидални сигнали

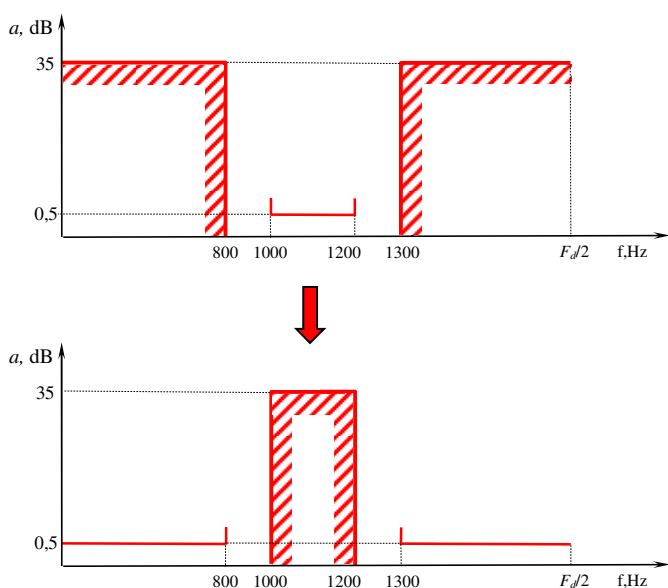
Определянето и филтрирането на синусоидални сигнали, единият от които да бъде в ЛП, а другия – в ЛЗ на проектирания цифров филтър е също разглеждан в лабораторните упражнения по “Комуникационни вериги” материал.

### Задание Б

Кратки указания за всяка точка от заданието за курсов проект „Проектиране на филтри“, в което се изисква при зададен габарит на лентов филтър (ЛФ) да се проектира ЛФ или РФ.

## Точка 1 (Задание Б): Определяне на габаритите на ЛФ/РФ и на изграждащите ги НЧФ и ВЧФ

В част от заданията за курсов проект се изисква преобразувания „утежнен“ габарит на ЛФ да се трансформира в габарит на режекторен филтър (РФ) (фиг. 4).



Фиг.4

Изборът на апроксимация на „утежнения“ габарит на ЛФ или РФ следва указанията дадени по-горе в „Точка 2 (Задание А): Цифрова класическа апроксимация на НЧФ и ВЧФ“.

Аналитичният израз на получената, в резултат на цифровата класическа апроксимация, лентова или режекторна предавателна функция трябва да се запише по отрицателните степени на  $z$ , например:

$$H_{BP}(z) = \frac{0.85z^{-2}}{1 + 0.097z^{-1} + 0.77z^{-2} + 0.244z^{-3} + 0.08z^{-4} + 0.12z^{-5}};$$



$$H_{BS}(z) = \frac{0.1 + 0.67z^{-1} + 0.12z^{-2} + 0.13z^{-3} + 0.3z^{-4} + 0.2z^{-5}}{1 + 0.7z^{-1} + 0.97z^{-2} + 0.034z^{-3} + 0.18z^{-4} + 0.62z^{-5}}$$

### **Точка 2 (Задание Б): Изчертаване на кривите на затихването на ЛФ или РФ**

След извършените с Matlab цифрови класически апроксимации се изчертават кривите на затихването на ЛФ или РФ, заедно с усложнения лентов или режекторен (в зависимост от заданието). За да се покаже, че апроксимацията удовлетворява габарита, абсцисата трябва да бъде линейна честота в Hz.

Стойностите на граничните честоти и честотите на задържане, изчислени при апроксимацията може да съвпадат с въведените от проектиращия честоти, но може и да са променени – Matlab ги посочва. Изисква се новите числени стойности на тези честоти да се дадат в проекта и да се отразят върху графиките.

От кривите на затихването, начертани заедно с габарита лесно ще се види дали има промяна в граничните честоти и/или честотите на задържане. От графиката не могат да се отчетат точните им числени стойности, но могат да се отбележат местата на новите честоти. Следва да направите това или посредством Matlab, или с молив на ръка.

### **Точка 3 (Задание Б): Изчертаване на кривите на ФЧХ и ПНД**

В тази точка се изисква да начертаят полюсно-нулевата диаграма (ПНД) и фазово-честотната характеристика (ФЧХ) на ЛФ или РФ – общо 2 фигури. Полюсите и нулите трябва непременно да се представят и в числен вид.

### **Точка 4 (Задание Б): Синтез на ЛФ или РФ по зададена цифрова реализация**

Синтезът на цифрови филтри по различни реализации е тема на отделно лабораторно упражнение по “Комуникационни вериги” и не би следвало да представлява проблем. В зависимост от заданието, схемата на ЛФ или РФ по зададената реализация трябва да се начертае.

### **Точка 5 (Задание Б): Избор и филтриране на синусоидални сигнали**

Определянето и филтрирането на синусоидални сигнали, единият от които да бъде в ЛП, а другия – в ЛЗ на проектирания цифров филтър е също разглеждан в лабораторните упражнения по “Комуникационни вериги” материал.

### **Точка 6 (Задание Б): Определяне на аналогова ПФ чрез билинейно z - преобразуване и**

### изчертаване на цифровата и аналоговата криви на затихването

Преходът от z-област (цифрова) в s-област (аналогова) се осъществява посредством зависимостите:

$$s = \frac{2}{T_s} \frac{z-1}{z+1}; \quad z = \frac{2+sT_s}{2-sT_s},$$

където  $T_s$ , [sec] е периодът на дискретизация.

Зададеният габарит на затихването е на цифров филтър. За да се направи аналогова апроксимация, той трябва да се преобразува в аналогов габарит. Това, всъщност, означава преобразуване на цифровите честоти в аналогови. Да припомним, че формулата за това по метода на билинейното z-преобразуване е:

$$\Omega = \frac{2}{T_s} \operatorname{tg} \frac{\omega T_s}{2}, \text{ rad/s,}$$

където  $\Omega$ , [rad/s] е честотата на аналоговия филтър, а  $\omega$ , [rad/s] - на цифровия.

Така полученият аналогов габарит се апроксимира с аналогова апроксимация, аналогична на цифровата.

В резултат се получава аналогова ПФ, която ще бъде от неполиномен тип:

$$H(s) = H \frac{s^m (s^2 + \omega_{\infty 1}^2)(s^2 + \omega_{\infty 2}^2)}{b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_1 s + b_0},$$

ако апроксимацията е неполиномна, и от полиномен тип:

$$H(s) = H \frac{s^m}{b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_1 s + b_0},$$

в случай на полиномна апроксимация.

Изчисляването и изчертаването, с помощта на MATLAB, на кривата на затихването на аналогов филтър, при известна аналогова ПФ, е познато умение от лабораторните упражнения по дисциплината "Комуникационни вериги". В заданието на курсовия проект се изисква да се покаже, че тази крива удовлетворява получения габарит на аналоговия филтър. Това означава кривата на затихването и габарита да бъдат начертани заедно. В случай, че някои части от фигурата не се виждат детайлно, е добре да бъдат представени като отделни съпътстващи фигури в по-едър план. Кривите на затихването на аналоговия и цифровия филтри следва да се сравнят.

март, 2018

Изготвил указанията: \_\_\_\_\_

(доц. З. Вълкова-Джарвис)