# Užduotis Nr. 1

Šioje užduotyje išmoksime atlikti ultragarsinių signalų laikinę bei dažninę analizę. Pasinaudoję užregistruotu signalu įvertinsime nežinomo bandinio storį keliais skirtingais metodais bei slopinimą medžiagoje.

## Eksperimentas

Eksperimentas atliktas imersiniu matavimo metodu, panaudojant 20 MHz fokusuotą ultragarsinį keitiklį – kuris buvo naudojamas tiek signalo siuntimui tiek priėmimui (atspindžio režimas). Ultragarsinio keitiklio sužadinimui panaudotas 20 MHz impulsas. Eksperimento struktūrinė schema pavaizduota žemiau:



1.1 pav. Eksperimento struktūrinė schema

Praėjus 33,5 µs nuo ultragarsinio keitiklio sužadinimo buvo pradedami registruoti atsispindėję signalai. Atkreipkite dėmesį į tai, kad ultragarso bangos medžiagoje atsispindi net kelis kartus kol galiausiai yra nuslopinamos. Sistemos diskretizavimo dažnis 100 MHz. Matavimai atlikti ties bandinio centru – tai yra viename taške. Yra žinoma, kad bandinys pagamintas iš Nikelio. Užregistruotas signalas pateikiamas Task1\expData\Data.mat byloje.

## Užduotys ir klausimai

Pateikti klausimai ir užduotis padės geriau suprasti ultragarsinių matavimų principus bei signalų apdorojimo metodus.

### Ultragarsiniai matavimai

1. Kuo skiriasi imersiniai bei kontaktiniai matavimai?
2. Kuo skiriasi matavimai atlikti aido bei perdavimo režimais? Įvardinkite privalumus bei trūkumus.

### Laikinė analizė

1. Pasinaudoję *load* komandą įsikelkite pateiktą signalą į Matlab paketą. Atvaizduokite signalą laiko ašyje. Nepamirškite ašių pavadinimų! Patartina laiko ašį perskaičiuoti į µs, tokiu būdu vaizduojant grafiką išvengiame daugiklio 10-6, µ simbolio atvaizdavimui naudokite \mu.
2. Kiek atsispindėjusių signalų matote? Pamėginkite grubiai kursorių pagalba įvertinti signalų pasirodymo laikus (*ToF* – Time Of Flight) bei juos pateikite lentelėje.

1.1 lentelė Atspindžių pasirodymo laikai

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 Atspindys | xx Atspindys | ... | ... | ... |
| ToF (µs) |  |  |  |  |  |

1. Pateiktam signalui paskaičiuokite gaubtinę, bei ją atvaizduokite kartu su signalu. Gaubtinės skaičiavimui panaudokite Hilberto transformaciją:

Sig\_env = abs(hilbert(Sig));

Nepamirškite legendos pateiktų signalų atskyrimui.

1. Dar sykį pamėginkite įvertinti signalų pasirodymo laikus tik šįkart naudokite signalo gaubtinę. Automatiniam signalo gaubtinės pikų suradimui naudokitės komandą findpeaks():

[pks,locs] = findpeaks(Sig\_env,t,'NPeaks',4,'SortStr','descend');

Viename grafike atvaizduokite signalo gaubtinę bei surastus pikus, pikus vaizduokite ne linija, o burbuliukais. Nepamirškite legendos!

1.2 lentelė Atspindžių pasirodymo laikai

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1 Atspindys | xx Atspindys | ... | ... | ... |
| ToF (µs) |  |  |  |  |  |

1. Ar skiriasi rezultatai? Kaip manote kuris metodas tikslesnis?
2. Žinodami signalų sklidimo laikus galime įvertinti atstumą nuo ultragarsinio keitiklio iki bandinio bei bandinio storį:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(1.1)** |

čia *c* – ultragarso bangų greitis medžiagoje, *t* – sklidimo laikas. Atliekant matavimus aido režime ultragarso bangos nukeliauja dvigubai didesnį atstumą – todėl būtina į tai atsižvelgti.

Visu pirma reikia sužinoti ultragarso bangų sklidimo greičius skirtingose medžiagose:

1.3 lentelė Ultragarso bangų greitis

|  |  |
| --- | --- |
| Medžiaga | c (m/s) |
| Vandenyje |  |
| Nikelyje |  |

Kokiu atstumu nuo ultragarsinio keitiklio buvo bandinys?

Bandinio storio įvertinimui naudojami sklidimų laikų skirtumai tarp gretimų atspindžių, iš to seka kad bandinio storį galima įvertinti net keletą kartu – jei signale yra daugkartiniai atspindžiai. Pamėginkite paskaičiuoti bandinio storį, naudojantis skirtingais atspindžiais.

1.4 lentelė Bandinio storis

|  |  |
| --- | --- |
|  | Storis (mm) |
| Atspindžiai2-1 |  |
| Atspindžiai3-2 |  |
| Atspindžiai4-3 |  |

### Dažninė analizė

1. Atlikite *Furje* transformaciją pateiktam signalui, tuo tikslu naudokitės *fft()* komandą:

S = fft(Sig,nfft);

Dažninės skyros padidinimui naudokite *nfft* = 212. Nubraižykite amplitudines (ADCh) bei fazines (FDCh) charakteristikas. Amplitudes pateikite decibelais, fazę laipsniais. Spektrus vaizduokite diapazone nuo 0 iki 50 MHz.

1. Ar pastebėjote ką nors keisto ADCh? Pagrindinėje pralaidos juostoje kursorių pagalba įvertinkite dažnių skirtumą tarp dviejų gretimų spektrinių įkritimų, o pasinaudoję žemiau pateikta išraiška perskaičiuokite į reverberacijos laiką:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(1.2)** |

Žinodami reverberacijos laiką apskaičiuokite bandinio storį.

### Signalų langavimas

Signalų langavimas tai nėra signalų iškirpimas tiesiog nurodant signalo diapazoną. Langavimas leidžia užmaskuoti nereikalingas signalo dedamąsias išlaikant tą patį signalo ilgį.

1. Pasinaudoję *Tukey* langų atskirkite atspindžius viena nuo kito. Tuo tikslu sukurkite *Tukey* langą, kurio ilgis *L* = 60, o kraštinių glotninimas *r* = 0.1%. Pirmojo atspindžio išskyrimui naudokite *Tukey* langą nuo 20 signalo atskaitos, antrajam nuo 95, trečiajam nuo 165, o ketvirtajam nuo 240 atskaitos. Atvaizduokite visus 4 atspindžius skirtinguose grafikuose panaudoje *subplot()* komandą.
2. Turint izoliuotus atspindžius įvertinkite amplitudžių slopinimą bandinyje. Šiuo atveju skaičiavimams naudojami tik daugkartiniai atspindžiai bandinyje, o atspindys nuo priekinės bandinio sienelės ignoruojamas, nes pastarasis nėra nesusijęs su slopinimu bandinio viduje.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **(1.3)** |

čia *Anr* –atspindžio absoliutinės amplitudės maksimumas.

Amplitudžių slopinimui medžiagoje pailiustravimui nubraižykite grafiką, kuriame y ašyje atvaizduokite visų 3 atspindžių *Anr* vertes, o x ašyje nukeliautas ultragarso atstumas *[0 2L 4L]*, kur *L* – bandinio storis.

1. Viename grafike atvaizduokite visu 4 atspindžių spektrus (ADCh). Amplitudes pateikite decibelais.
2. Remdamiesi ADCh grafiku įvertinkite atspindžio nuo priekinės sienelės centrinį dažnį, bei pralaidos juostą -3dB, -6dB bei -20dB lygyje. Rezultatus pateikite lentelėje.

1.5 lentelė Pagrindimo atspindžio pralaidos juostos

|  |  |
| --- | --- |
| Centrinis dažnis, MHz |  |
| Δf @-3dB, MHz |  |
| Δf @-6dB, MHz |  |
| Δf @-20dB, MHz |  |

### Koreliacinė funkcija

Koreliacinė funkcija tai dar vienas laikinis signalų apdorojimo metodas – leidžiantis įvertinti netik signalo vėlinimą bet ir jo panašumą į atraminį. Šis metodas reikalauja atraminio signalo, kurio suvėlintos kopijos ir yra ieškomos priimtame signale. Dar prieš atliekant matavimą su bandinių buvo užregistruotas atraminis signalas nuo plieninio atspindėtuvo.

1. Atraminis signalas pateiktas Task1\expData\Ref.mat faile. Atvaizduokite jį laiko srityje.
2. Paskaičiuokite koreliacinę funkciją tarp pradinio bei atraminio signalų:

xcorr(Sig,Ref,'coeff');

Parametras *coeff* nurodo, kad gražinama funkcija yra sunormuota ir atspindi panašumo koeficientą. Atvaizduokite koreliacinę funkciją, bei kursorių pagalba įvertinkite visų 4 atspindžių panašumo į atraminį signalą koeficientą. Koeficientus pateikite lentelėje.

1.6 lentelė Koreliacijos koeficientai

|  |  |
| --- | --- |
| Atspindžio Nr. | Koeficientas |
| 1 |  |
| 2 |  |
| 3 |  |
| 4 |  |

1. Paskaičiuokite koreliaciją tarp išlanguotu signalų bei atraminio, tuo tikslu naudokitės *GetTOFcos()* komanda kuri pateikta *MatlabLib* direktorijoje:

GetTOFcos(x,Ref);

Ši komanda netik paskaičiuoja koreliacinę funkciją bet ir panaudoja kosinusinę interpoliaciją maksimumo padėties nustatymui. Komandą gražiną signalo suvėlinimą atraminio signalo atžvilgiu išreikšta atskaitomis. Apskaičiavus suvėlinimo laikus dar syk perskaičiuokite juos į bandinio storį, bei rezultatus pateikite lentelėje.

1.4 lentelė Bandinio storis

|  |  |
| --- | --- |
|  | Storis (mm) |
| Atspindžiai2-1 |  |
| Atspindžiai3-2 |  |
| Atspindžiai4-3 |  |

### Rezultatų apibendrinimas

1. Palyginkite skirtingais metodais apskaičiuotus bandinio storius.