Punë Laboratori Nr 1

Tema : Rindërtimi i sinjalit nga harmonikat e serisë së përgjithësuar Furie; paraqitja analitike e zhvillimit në serinë e e përgjithësuar Furie dhe realizimi numerik në Matlab.

Lënda: Teoria e Sinjaleve

Punoi:Piro Gjikdhima **Pranoi:Donatela Osmenaj**

Ky laborator ka për qëllim familjarizimin me konceptet kryesore të serive trigonometrike Furie, rindërtimin e sinjalit nga harmonikat perkatese dhe paraqitjen grafike të formave të disa sinjaleve të ndryshëm. Ky laborator do të zhvillohet duke përdorur ambjentin e Matlab ku pritet që studenti pasi të njohë komandat kryesore dhe fushat e simulimeve, të jetë i aftë të zbatoje në mënyrë të pavarur ushtrime mbi format e sinjaleve të ndryshëm të serive Furie.

Seritë Trigonometrike Furie

Seria trigonometrike Furie paraqitet në trajtën :

$$f(t)= a_0+a_1\cos\omega_0 t+ a_2\cos 2\omega_0 t+\ldots\ldots+ a_n\cos n\omega_0 t+$$

$$b_1\sin\omega_0 t+ b_2\sin 2\omega_0 t+\ldots\ldots+ b_n\sin n\omega_0 t \qquad (1)$$

ku:

a_0 - paraqet vleren mesatare të sinjalit f(t), ose komponenten e vazhduar të tij në intervalin e dhënë

a_n dhe **b_n** : paraqesin amplitudat e komponenteve harmonike të sinjalit f(t).

Përcaktimi i koeficientëve kryhet lehtësisht pasi funksionet sin dhe cos janë funksione ortogonalë me njëri-tjetrin (produkti i funksionit të sinus-it me cosinus-in nën intervalin e përcaktuar nga t_0-$t_0+2\pi/\omega_0$ është zero). Pra, përfundimisht do të kishim:

$$a_0 = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)dt \qquad (2)$$

$$a_n = \frac{2}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)\cos n\omega_0 t\,dt \qquad (3)$$

$$b_n = \frac{2}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)\sin n\omega_0 t\,dt \qquad (4)$$

Matlab është një mjedis programimi dhe simulimi me anë të të cilit mund të vërejmë format e këtyre harmonikave duke përdorur komanda për vizualizimin e ndërfaqes grafike, përcaktimin e kufijve dhe ekuacioneve të secilit funksion.

Ushtrimi 1

Rindërtimi i sinjalit katërkëndor nga harmonikat e serisë së përgjithësuar Furie.

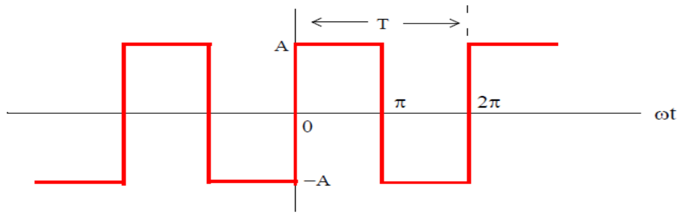


Figura 1. Sinjali katërkëndor

Për sinjalin në figurë, vlera mesatare për një periodë T është zero dhe rrjedhimisht $a_0=0$.

Është një funksion tek (brenda periodes) dhe -f(-t)=f(t).

Përcaktojmë edhe koeficientet si më poshtë;

- $a_n=2/T \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) cos n\omega_0 t\, dt = \frac{1}{\pi}[\int_0^{\pi} A\, cosntdt + \int_{\pi}^{2\pi}(-A)cosntdt] = \frac{A}{n\pi}(\sin nt\,|_0^{\pi}$ - $\sin nt\,|_{\pi}^{2\pi}) = \frac{A}{n\pi}$ [(sin nπ – 0) – (sin n2π - sin nπ)] = 0.

- $a_0=1/T \int_{t_0}^{t_0+T} f(t)\, dt = \frac{1}{\pi}[\int_0^{\pi} Adt + \int_{\pi}^{2\pi}(-A)dt] = \frac{A}{\pi}$ (π - 0 - 2π + π) = 0.

- $b_n=2/T \int_{t_0}^{t_0+T} f(t) \sin n\omega_0 t\ \ dt = \frac{1}{\pi}[\int_0^{\pi} A \sin nt\ \ dt + \int_{\pi}^{2\pi}(-A) \sin nt\, dt] = \frac{A}{n\pi}$ $(-\cos nt\,|_0^{\pi} + \cos nt\,|_{\pi}^{2\pi}) = \frac{A}{n\pi}$ (-cos nπ +1 + cos n2π - cos nπ) = $\frac{A}{n\pi}$ (1 – 2cos nπ + cos 2nπ).

  Për n **tek** : cos nπ=-1 dhe cos 2n π =1
  $b_n = A/n\,\pi(1+2+1)=4A/n\,\pi$
  n=1: b= 4A/ π
  n=3: b=4A/3 π
  n=5: b=4A/5π

Rrjedhimisht, seria trigonometrike Furie për këtë forme-valë katërkëndore me simetri tek është:

f(t) = $\frac{4A}{\pi}$ (sinωt + $\frac{1}{3} sin3\omega t + \frac{1}{5} sin5\omega t + \dots\dots$.) = $\frac{4A}{\pi}\sum_{n=tek}\frac{1}{n}\sin n\omega t$

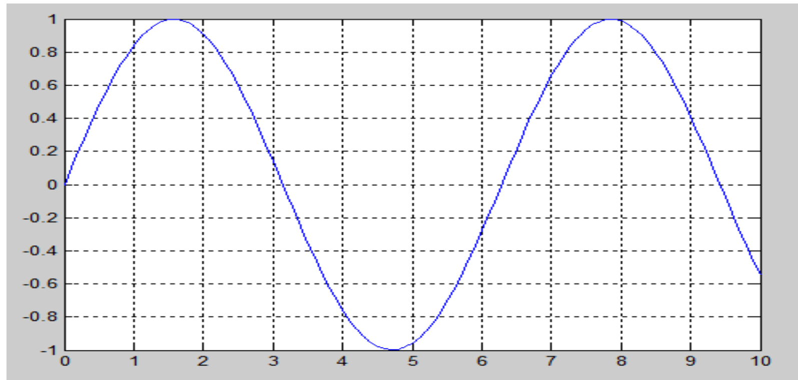
Zëvendësojmë 4A/π =1 → A= π/4

Duke e shprehur funksionin f(t) në varësi të sinusoidave që mblidhen me njëra –tjetrën është me rëndësi trajtimi i formës së tyre në matlab fillimisht.

Kodi në matlab për ndertimin e sinjalit sinusoidal do ishte si më poshtë:

Kodi:

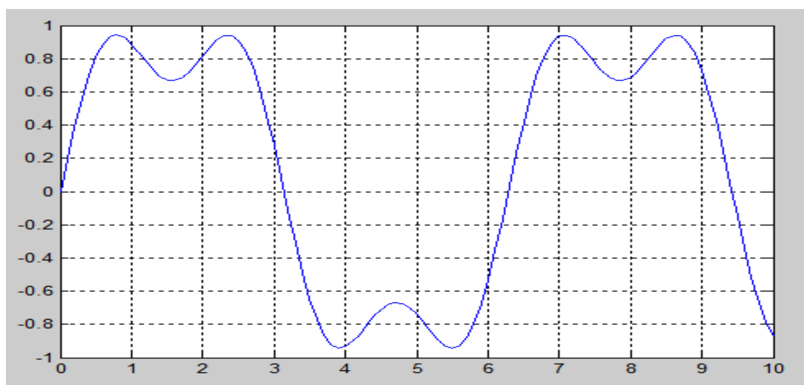
```
t=0:.1:10;
y=sin(t);
plot(t,y);
grid
```



Shohim tani se si do të ishte forma e sinjalit që shpreh shumën e dy sinusoidave. Kodi i këtij sinjali në matlab do të ishte i ngjashëm me rastin më sipër ,veçse do të shtohej edhe termi i sinusoidës së dytë.

Kodi:

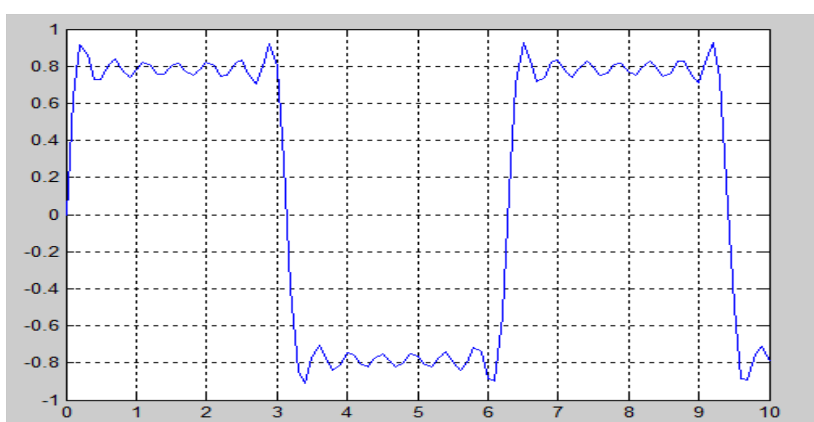
```
t=0:.1:10;
y=sin(t)+ sin(3*t)/3;
plot(t,y);
grid
```



Në total, duke e shprehur sinjalin f(t) të serisë tonë trigonometrike si shumë e disa sinusoidave do të përftonim paraqitjen grafike të serisë Furie. Në këtë mënyrë do të kemi rindërtuar formën e sinjalit katërkëndor në bazë të këtyre harmonikave.

Kodi:

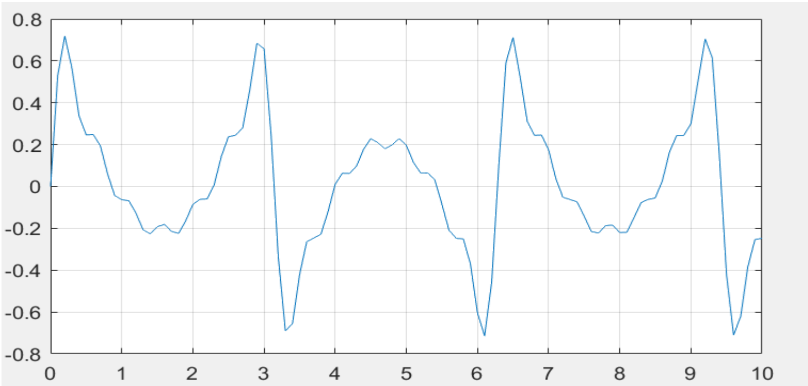
```
t=0:.1:10;
y=sin(t)+ sin(3*t)/3+
sin(5*t)/5+ sin(7*t)/7+
sin(9*t)/9+ sin(11*t)/11 +
sin(13*t)/13;
plot(t,y);
grid
```



Shohim tani se si do të ishte forma e sinjalit në qoftë se do të hiqnim harmonikën e parë të serisë trigonometrike.Paraqitja e sinjalit është shumë e ndryshme nga sinjali fillestar. Kjo do të thotë se harmonikat e para të sinjalit, të shprehura përmes serisë trigonometrike Furie, janë më të rëndësishmet dhe janë ato që mbajnë informacionin kryesor të sinjalit.

Kodi:

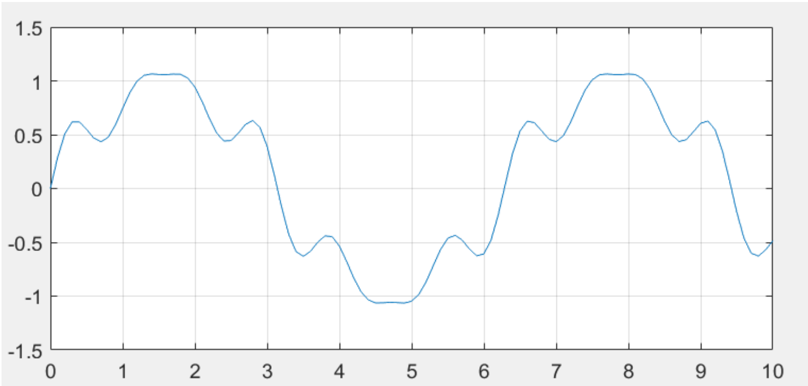
```
t=0:.1:10;
y=sin(3*t)/3+sin(5*t)/5 +
sin(7*t)/7 + sin(9*t)/9 +
sin(11*t)/11 + sin(13*t)/13;
plot(t,y);
grid
```



Përsërisim këtë ide për harmonikën e dytë. Do të dallojmë që forma e sinjalit do të jetë përsëri e ndryshme nga ajo fillestare, në rast se hiqet harmonika e dytë e serisë trigonometrike.

Kodi:

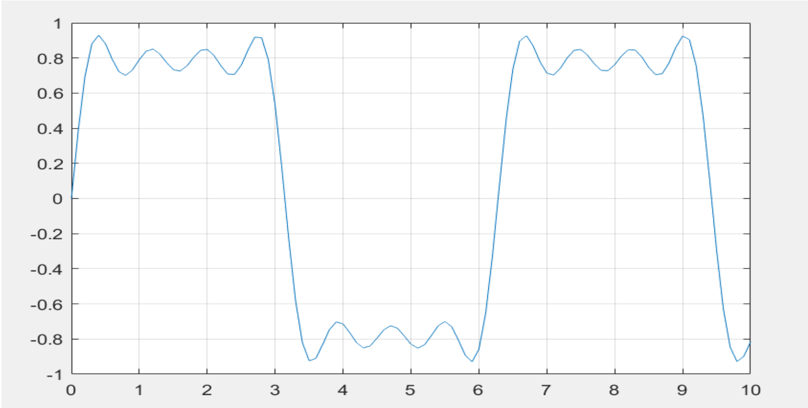
```
t=0:.1:10;
y=sin(t)+sin(5*t)/5+sin(7*t)/7
+sin(9*t)/9 + sin(11*t)/11
+sin(13*t)/13;
plot(t,y);
grid
```



Tani, heqim harmonikën e 7-të të serisë. Vërejmë që forma e sinjalit nuk ka ndryshuar shumë nga mungesa e kësaj harmonike. Kjo tregon që mungesa e harmonikave të fundit nuk ka një ndikim të madh në humbjen e informacionit të sinjalit.

Kodi:

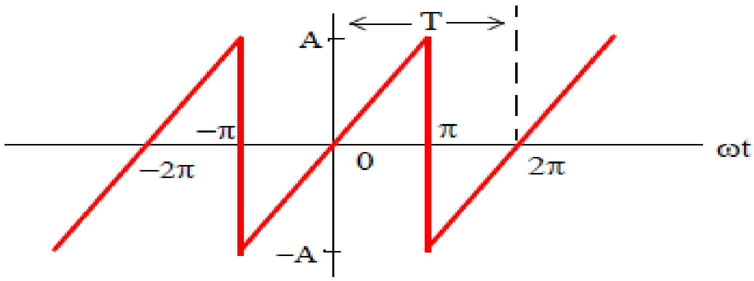
```
t=0:.1:10;

y=sin(t)+sin(3*t)/3 +
sin(5*t)/5+sin(7*t)/7
+sin(9*t)/9 +
sin(11*t)/11;
plot(t,y);
grid
```



Arrijmë në perfundimin se harmonikat e para të serisë Furie të sinjalit ruajnë informacionin kryesor të sinjalit, kanë energjinë më të madhe dhe, si rrjedhojë, fuqinë më të lartë. Kjo bazohet në faktin që heqja e harmonikave të fundit nuk ka një ndikim të madh në paraqitjen përgjithshme të sinjalit, duke treguar se harmonikat e para kanë një rol më të rëndësishëm në përfaqësimin e sinjalit dhe në ruajtjen e informacionit kyç.

Ushtrimi 2

Rindërtimi i sinjalit dhëmbesharrë nga harmonikat e serisë së përgjithësuar Furie.



Për këtë sinjal, vlera mesatare për një periodë T është zero dhe rrjedhimisht, koeficienti a_0 do të jetë zero. Po ashtu është një funksion tek pasi -f(-t)= f(t) pa simetri gjysmë-vale. Praktikisht, duhet vetëm të gjejmë të gjithë koeficientët b_n.

Funksioni i sinjalit dhëmbesharrë shprehet si:

$$f\,(t)=\begin{cases} \frac{A}{\pi}t & 0<t<\pi \\ \frac{A}{\pi}t-2A & \pi<t<2\pi \end{cases}$$

Llogarisim koeficientet bn si më poshtë:

- $b_n=\frac{2}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t) sinn\omega_0 tdt$

$=\frac{2}{\pi}\int_0^{\pi}\frac{A}{\pi}tsinntdt=\frac{2A}{\pi^2}[\int_0^{\pi} tsinntdt]=\frac{2A}{\pi^2}(\frac{1}{n^2}\sin nt\ -\frac{t}{n}\cos nt\ )\,|_0^{\pi}=$

$=\ \frac{2A}{n^2\pi^2}(\sin nt-nt\cos n\pi)\,|_0^{\pi}=\frac{2A}{n^2\pi^2}(\sin n\,\pi-n\pi\cos n\pi)$

Vërejmë se ky koeficient varet nga vlera e n:

- **për n= tek : sin n $\boldsymbol{\pi}$ = 0**

$b_n=\frac{2A}{n^2\pi^2}(n\,\pi)=\frac{2A}{n\pi}$

- **për n= cift: sin n $\boldsymbol{\pi}$ = 0**

$b_n=\frac{2A}{n^2\pi^2}(-n\,\pi)=-\frac{2A}{n\pi}$

Përfundimisht, seria trigonometrike do të kishte trajtën e mëposhtme:

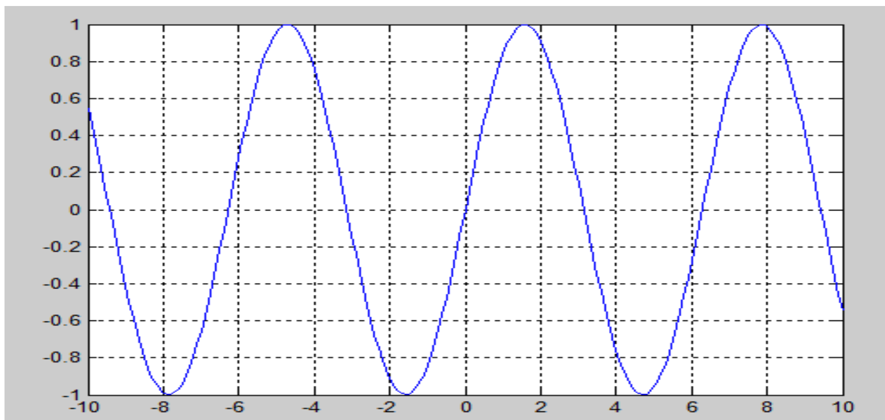
$$f(t)=\frac{2A}{\pi}\left(sint-\frac{1}{2}sin2t+\frac{1}{3}sin3\omega t-\frac{1}{4}sin4t+\frac{1}{5}sin5t+\cdots\right)=\frac{2A}{\pi}\sum(-1)^{n-1}\frac{1}{n}sinnt$$

Për këtë seri marrim $\frac{2A}{\pi}$=1 që këtej del që A=$\frac{\pi}{2}$

Me anë të këtyre relacioneve tanimë jemi në gjendje të krijojmë kodet përkatëse në matlab për rindërtimin e këtij sinjali. Kodi për ndërtimin e sinjalit sinusoidal do të ishte:

Kodi:

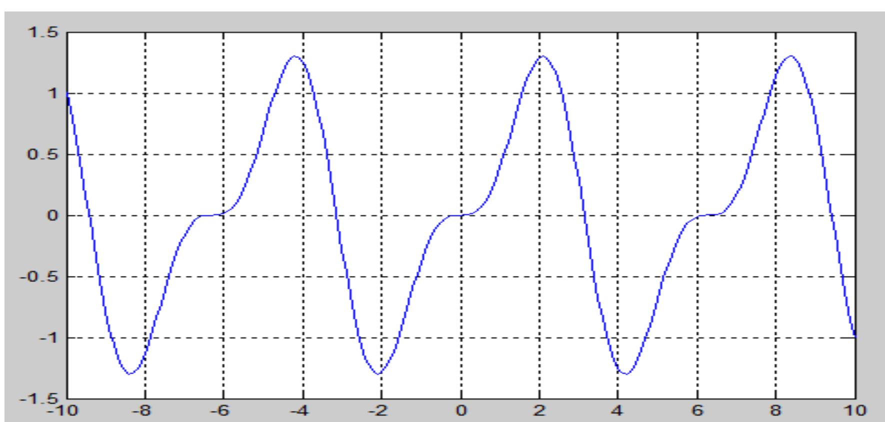
```
t=-10:.1:10;
y=sin(t);
plot(t,y);
grid
```



Kodi për ndërtimin e sinjalit që mbledh dy sinjale sinusoidal do të ishte:

Kodi:

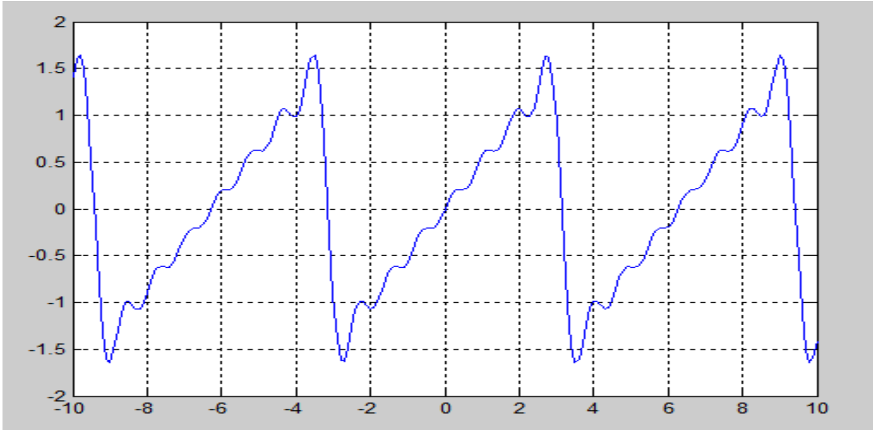
```
t=-10:.1:10;
y= sin(t)- sin(2*t)/2;
plot(t,y);
grid
```



Pra, në përfundim ndërtimin e sinjalit dhëmbsharrë mund ta shprehim si shumë e disa harmonikave të tilla si:

Kodi:

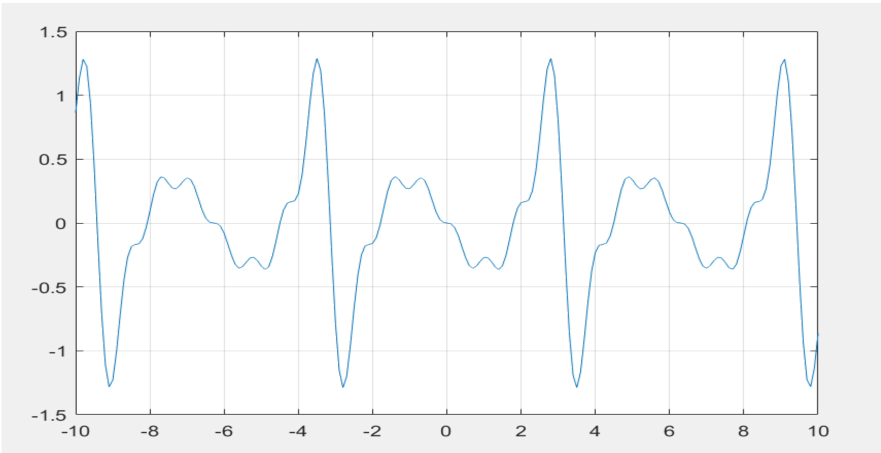
```
t=-10:.1:10;
y= sin(t)- sin(2*t)/2+ sin(3*t)/3- sin(4*t)/4+ sin(5*t)/5- sin(6*t)/6+sin(7*t)/7;
plot(t,y);
grid
```



Tani shohim ndryshimin e formës së sinjalit kur heqim harmonikat e ndryshme të serisë trigonometrike Furie.
Fillimisht, heqim harmonikën e parë të serisë.

Kodi:

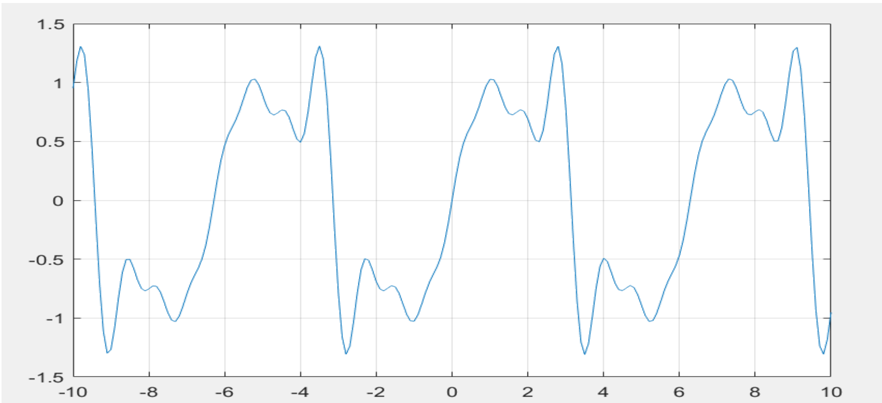
```
t=-10:.1:10;
y=- sin(2*t)/2+ sin(3*t)/3- sin(4*t)/4+ sin(5*t)/5- sin(6*t)/6+sin(7*t)/7;
plot(t,y);
grid
```



Veprojmë si më lart, por tani heqim vetëm harmonikën e dytë të serisë trigonometrike Furie.

Kodi:

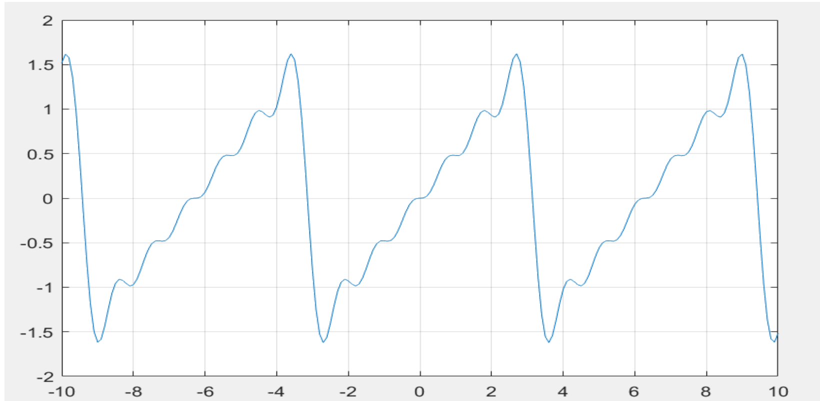
```
t=-10:.1:10;
y=sin(t)+sin(3*t)/3- sin(4*t)/4+sin(5*t)/5- sin(6*t)/6+sin(7*t)/7;
plot(t,y);
grid
```



Si përfundim, heqim harmonikën e fundit të serisë Furie që kemi zgjedhur për paraqitjen e sinjalit.

Kodi:

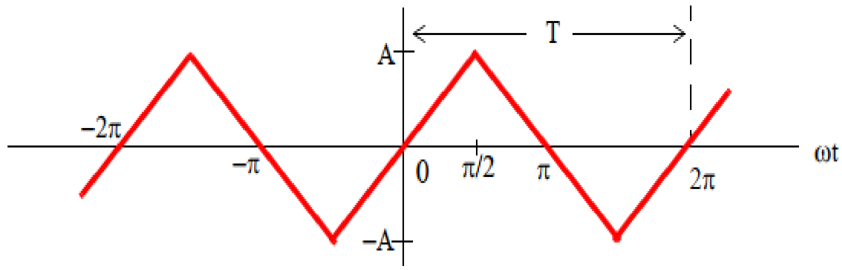
```
t=-10:.1:10;
y=sin(t)-sin(2*t)/2+
sin(3*t)/3-sin(4*t)/4+
sin(5*t)/5-sin(6*t)/6;
plot(t,y);
grid
```



Nga grafiku kuptohet qartë diferenca që përmbajnë harmonikat apo temat e para të serisë Furie për paraqitjen e sinjalit. Ato mbartin informacionin kryesor dhe kanë energjinë, fuqinë më të madhe.

Ushtrimi 3

Rindërtimi i sinjalit trekëndor nga harmonikat e serisë së përgjithësuar Furie.



Sinjali i mësipërm është një funksion tek dhe ka simetri gjysmë-vale. Seritë e përgjithësuara Furie pritet të përmbajnë vetëm terma të sinuseve me harmonika teke. Rrjedhimisht ne duhet vetëm të llogarisim termat b_n. Do të zgjedhim si kufij integrimi intervalin nga 0 në 2π dhe do të shumëzojmë integralin me 4. Analogjikisht, termin ω_0 eshte i barabartë me 1 (ω_0=1).

Duke vërejtur sinjalin, kuptojme se komponentja DC është zero. Nisur nga integrimi me pjese kemi:

$$\int xsinax\,dx = \frac{1}{a^2}sinax - \frac{x}{a}cosax$$

Më pas do të llogarisim:

$b_n = \frac{2}{\pi}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}\frac{2A}{\pi}tsinntdt = \frac{4A}{\pi^2}\int_{-\pi/2}^{\pi/2}tsinntdt = \frac{4A}{\pi^2}(\frac{1}{n^2}sinnt - \frac{t}{n}cosnt)\Big|_{-\pi/2}^{\pi/2} = \frac{4A}{n^2\pi^2}\,(sinnt - ntcosnt)\Big|_{-\pi/2}^{\pi/2} = \frac{4A}{n^2\pi^2}[(\text{sinn}\frac{\pi}{2} - n\frac{\pi}{2}cosn\frac{\pi}{2})$ - $(\text{sinn}\frac{-\pi}{2} - n\frac{\pi}{2}cosn\frac{-\pi}{2})] = \frac{4A}{n^2\pi^2}\,2\text{sinn}\frac{\pi}{2} = \frac{8A}{n^2\pi^2}\,\text{sinn}\frac{\pi}{2}$

Në këtë relacion kemi interes vetëm për termat ***<u>tek</u>*** të b_n sepse:

cos n$\frac{\pi}{2}$ = cos n$\frac{-\pi}{2}$ …dhe sin n$\frac{\pi}{2}$ = - sin n$\frac{-\pi}{2}$ (per n tek);

për n tek kemi : $\text{sinn}\frac{\pi}{2} = \begin{cases} 1,\ per\ n = 1,5,9, \ldots\quad dhe\ bn = \frac{8A}{n^2\pi^2} \\ -1,\ per\ n = 3,7,11, \ldots\ dhe\ bn = -\frac{8A}{n^2\pi^2} \end{cases}$

Kështu seria trigonometrike Furie e formës trekëndore do të ishte:

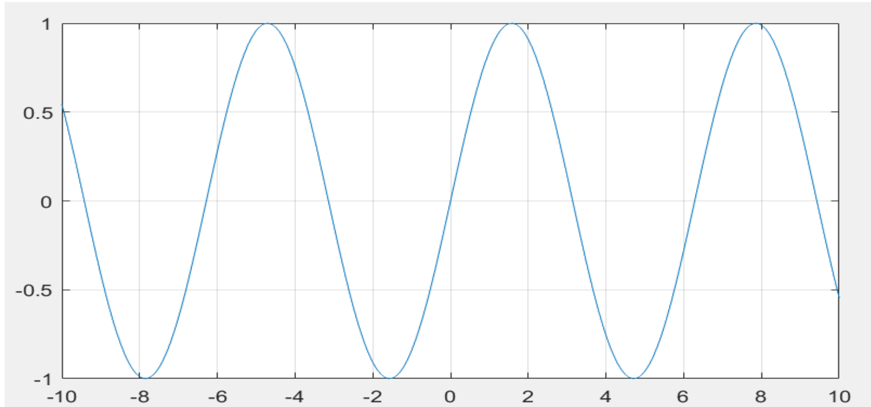
f(t) = $\frac{8A}{\pi^2}$(sinωt - $\frac{1}{9}$sin3ωt + $\frac{1}{25}$sin5ωt - $\frac{1}{49}$sin7ωt + …) = $\frac{8A}{\pi^2}\sum_{n\to tek}(-1)^{\frac{(n-1)}{2}}\frac{1}{n^2}$sinnωt

Zëvendësojmë $\frac{8A}{\pi^2} = 1$ që këtej kemi që A = $\frac{\pi^2}{8}$

Kodi për rindertimin e sinjalit trekëndor duke përdorur harmonikën e parë të serisë së përgjithësuar Furie do të ishte:

Kodi:

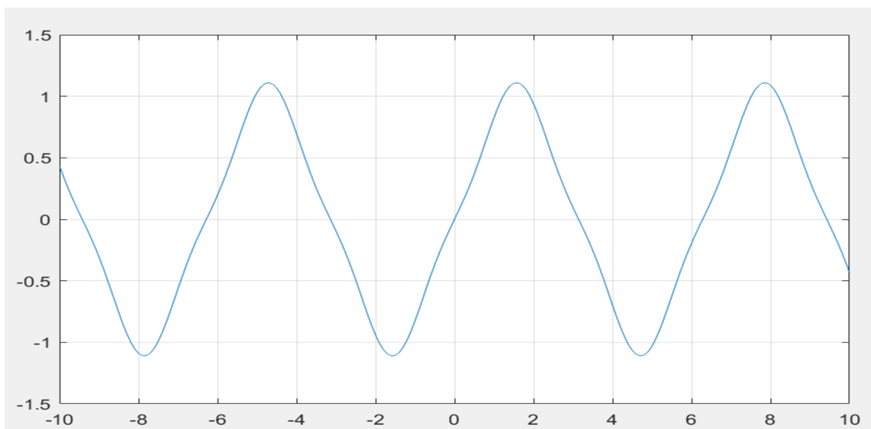
```
t=-10:.1:10;
y=sin(t);
plot(t,y);
grid
```



Kodi për rindertimin e sinjalit trekëndor duke përdorur harmonikën e parë dhe të dytë të serisë së përgjithësuar Furie do të ishte:

Kodi:

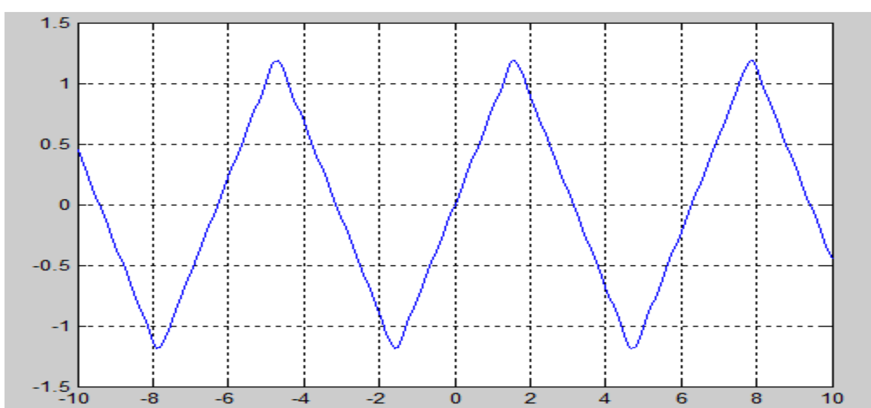
```
t=-10:.1:10;
y=sin(t) - sin(3*t)/9;
plot(t,y);
grid
```



Kodi për rindertimin e sinjalit trekëndor duke përdorur 6 harmonikat e serisë së përgjithësuar Furie do të ishte:

Kodi:

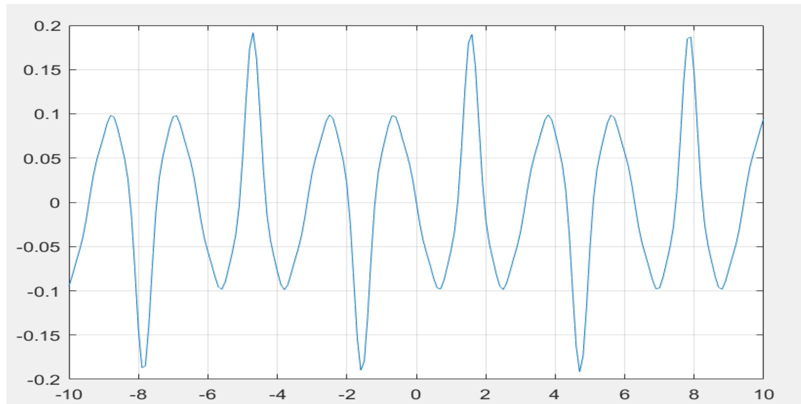
```
t=-10:.1:10;
y=sin(t)- sin(3*t)/9+
sin(5*t)/25- sin(7*t)/49+
sin(9*t)/81- sin(11*t)/121;
plot(t,y);
grid
```



Kodi për rindertimin e sinjalit trekëndor duke hequr harmonikën e parë të serisë së përgjithësuar Furie do te ishte si me poshte:

Kodi:

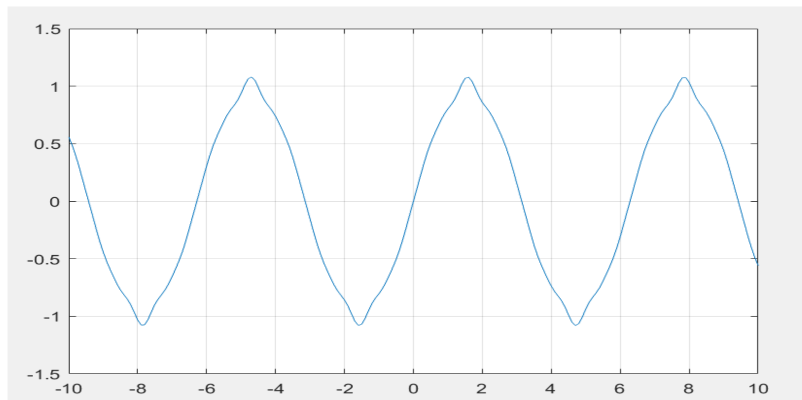
```
t=-10:.1:10;
y=-sin(3*t)/9+sin(5*t)/25
-sin(7*t)/49+sin(9*t)/81
-sin(11*t)/121;
plot(t,y);
grid
```



Kodi për rindertimin e sinjalit trekëndor duke hequr harmoniken e dytë të serisë së përgjithësuar Furie.

Kodi:

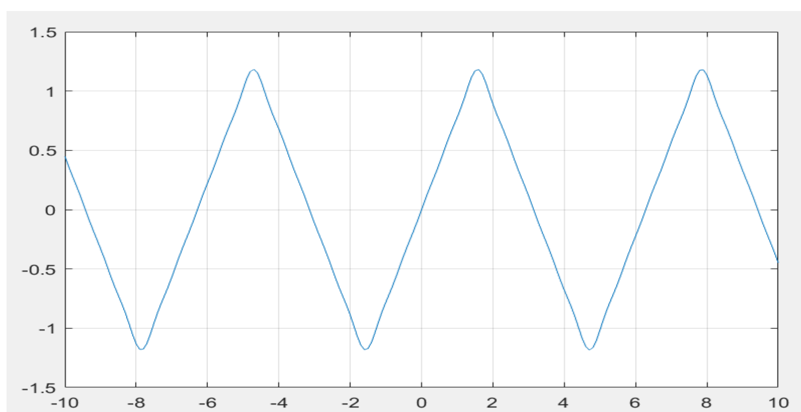
```
t=-10:.1:10;
y=sin(t)+sin(5*t)/25
-sin(7*t)/49+sin(9*t)/81
-sin(11*t)/121;
plot(t,y);
grid
```



Kodi për rindertimin e sinjalit trekëndor duke hequr harmonikën e 6-të të serisë së përgjithësuar Furie.

Kodi:

```
t=-10:.1:10;
y=sin(t)-sin(3*t)/9+sin(5*t)/25
-sin(7*t)/49+sin(9*t)/81;
plot(t,y);
grid
```



Në këtë rast, dallojmë se harmonika e parë është më e rëndësishme për sinjalin dhe ka informacionin dhe energjinë më të madhe. Pa praninë e saj, sinjali është i pakuptueshëm, dhe kjo bëhet e qartë nga grafiku. Harmonika e gjashtë nuk ka një ndikim të madh, ndërsa harmonika e dytë ka një ndikim shumë më të vogël se ajo e parë, gjë që dallohet nga grafiku.

PYETJE

1. Çfarë janë seritë Furie, përse përdoren?

Seria Furie është një mënyrë për të paraqitur një funksion periodik si një shumë te funksioneve të sinusit dhe kosinusit.Përdoret për të paraqitur sinjalet periodike si kombinim harmonikash trigonimetrike: $f(t)= a_0+a_1 cos\omega_0 t+ a_2 cos2\omega_0 t+\ldots\ldots+ a_n cosn\omega_0 t+b_1 sin\omega_0 t+ b_2 sin2\omega_0 t+\ldots\ldots+ b_n sinn\omega_0$

2. Çfarë tregojnë koeficientët e serisë Furie? Si gjenden ato?

a_0 - paraqet vleren mesatare të sinjalit f(t), ose komponenten e vazhduar të tij në intervalin e dhene.

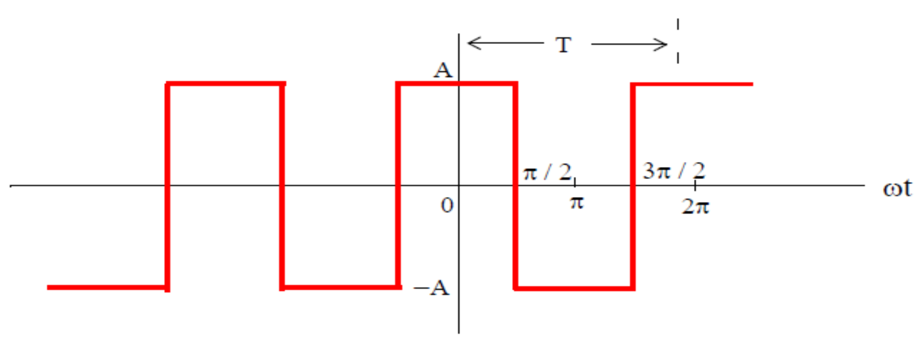
a_n dhe b_n paraqesin amplitudat e komponenteve harmonike të sinjalit f(t). Gjenden me ane te formulave:

$a_0 = \frac{1}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)dt$ $\quad a_n = \frac{2}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)cosn\omega_0 tdt$ $\quad b_n = \frac{2}{T}\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)sinn\omega_0 tdt$

3. Përse shërben Matlab? Cilat janë komandat baze (te perdorura ne kete lab) që përdorët për të ndërtuar format e sinjaleve?

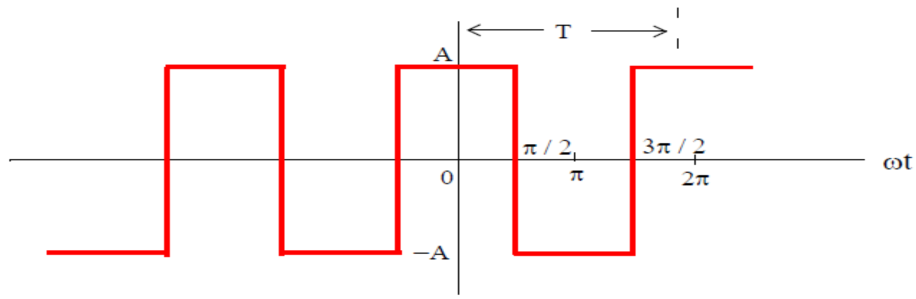
Matlab është një mjedis programimi dhe simulimi me anë të të cilit mund të vërejmë format e këtyre harmonikave duke përdorur komanda për vizualizimin e ndërfaqes grafike, përcaktimin e kufijve dhe ekuacioneve të secilit funksion.Disa komanda janë plot(t,y),grid dhe t=-10;0.1;10 dhe funksionet trigonometrike sin(t) dhe cos(t) së bashku me shumat apo diferencat e tyre.

4. Rindërtoni në Matlab formën e sinjalit të mëposhtëm me anë të harmonikave të serive të përgjithësuara Furie. Jepni kodin ekzekutiv.



Ushtrimi 4

Rindërtimi i sinjalit katërkëndor nga harmonikat e serisë së përgjithësuar Furie.



Për sinjalin në figurë, vlera mesatare për një periodë T është zero dhe rrjedhimisht $a_0 = 0$.Brenda periodes është një funksion cift (f(t) = f(-t)) dhe rrjedhimisht, $b_n = 0$. Atëherë duhet vetëm të llogarisim koeficentin a_n. Meqë sinjali është cift,pritet që seria e përgjithësuar Furie të përmbajë vetëm harmonika kosinusoidale.

Përcaktojmë koeficientin a_n:

a_n=2/T$\int_{t_0}^{t_0+T} f(t)cosn\omega_0 t\, dt = \frac{1}{\pi}[\int_0^{\pi/2} A\, cosntdt + \int_{\pi/2}^{\pi}(-A)cosntdt] = \frac{2A}{n\pi}(\sin nt\,|_0^{\pi/2}$
$- \sin nt\,|_{\pi/2}^{\pi}) = \frac{2A}{n\pi}$ [(sinn nπ/2 – 0) – (sin nπ - sin nπ/2)] $= \frac{4A}{n\pi}$ sin(nπ/2)

Vërejmë që për të gjitha n-të cifte a_n=0.
Për n-të tek kemi që:

$$a_n = \begin{cases} \frac{4A}{n\pi} & \text{per cdo n=1,5,9…} \\ -\frac{4A}{n\pi} & \text{per cdo n=3,7,11…} \end{cases}$$

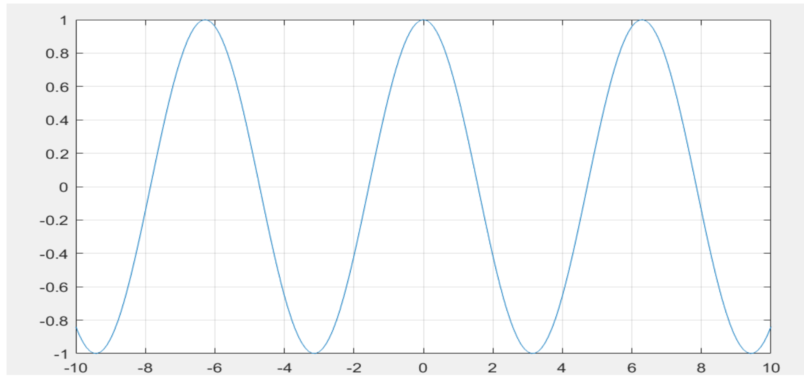
$$f(t)= \frac{4A}{n\pi}\cos\omega_0 t - \frac{4A}{3\pi}\cos3\omega_0 t + \frac{4A}{5\pi}\cos5\omega_0 t - \ldots..$$

$$f(t)=\sum_{n=tek}^{\infty}\frac{4A}{n\pi}(-1)^{\frac{(n-1)}{2}}\cos(n\omega_0 t)$$

Kodi në MATLAB për ndërtimin e një sinjali katerkëndor duke përdorur harmoninë e parë të serisë Furie është si më poshtë:

Kodi:

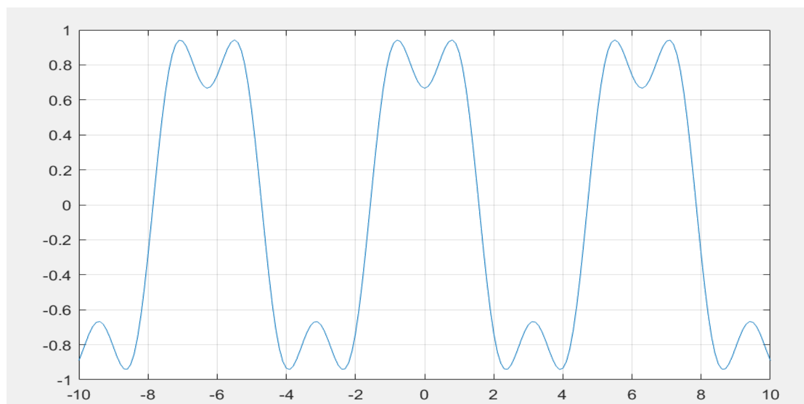
```
t=-10:.1:10;
y=cos(t);
plot(t,y);
grid
```



Shohim tani se si do të ishte forma e sinjalit e shprehur me anë të 2 harmonikave të para. Kodi i këtij sinjali në MATLAB do të ishte i ngjashëm me rastin më sipër ,veçse do të zbritej termi i kosinusoidës së dytë.

Kodi:

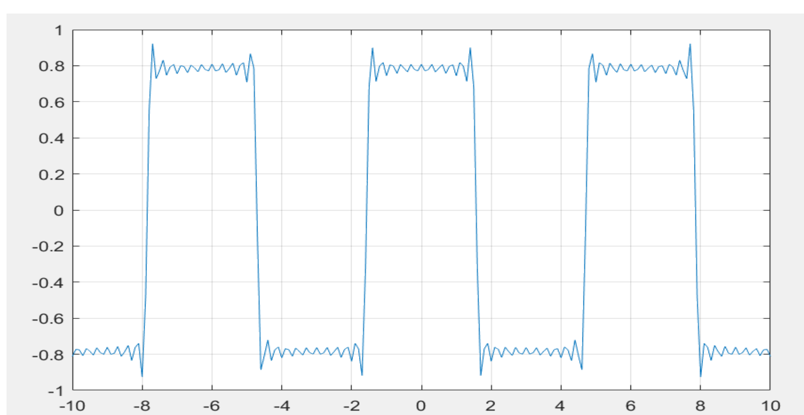
```
t=-10:.1:10;
y=cos(t) - cos(3*t)/3;
plot(t,y);
grid
```



Në total, duke e shprehur sinjalin f(t) të serisë tonë trigonometrike si shumë e disa kosinusoidave do të përftonim paraqitjen grafike të serisë Furie. Në këtë mënyrë do të kemi rindërtuar formën e sinjalit katërkëndor në bazë të këtyre harmonikave.

Kodi:

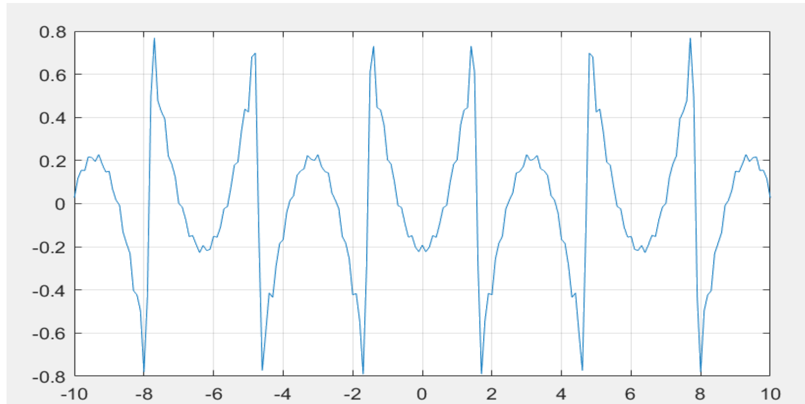
```
t=-10:.1:10;

y=cos(t)-cos(3*t)/3+cos(5*t)/5
  -cos(7*t)/7+cos(9*t)/9-cos(11*t)/11
 +cos(13*t)/13-cos(15*t)/15
 +cos(17*t)/17-cos(19*t)/19
 + cos(21*t)/21;
plot(t,y);
grid
```



Ndërtojmë grafikun e f(t) kur heqim harmonikën e parë.

Kodi:

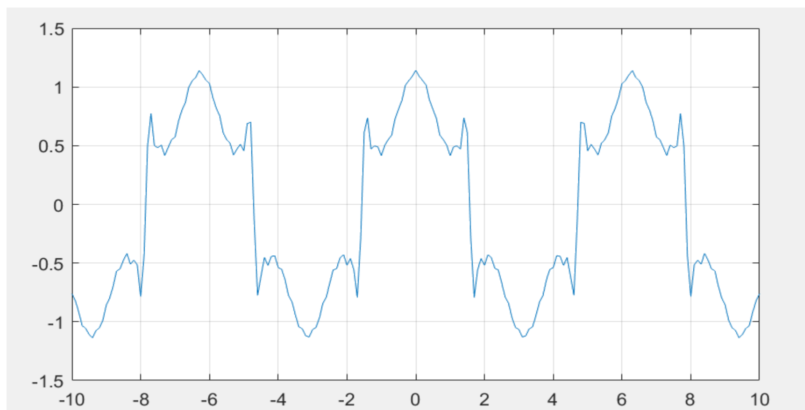
```
t=-10:.1:10;
y=-cos(3*t)/3+cos(5*t)/5-cos(7*t)/7
+cos(9*t)/9-cos(11*t)/11
+cos(13*t)/13-cos(15*t)/15
+cos(17*t)/17-cos(19*t)/19
+cos(21*t)/21;
plot(t,y);
grid
```



Shohim tani se si do të ishte forma e sinjalit e shprehur nëqoftëse heqim harmonikën e dytë.

Kodi:

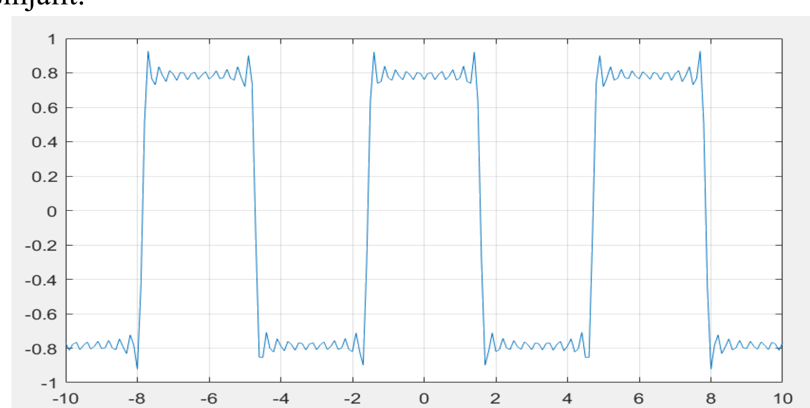
```
t=-10:.1:10;
y=cos(t)+cos(5*t)/5-cos(7*t)/7
+cos(9*t)/9-cos(11*t)/11
+cos(13*t)/13-cos(15*t)/15
+cos(17*t)/17-cos(19*t)/19
+cos(21*t)/21;
plot(t,y);
grid
```



Ndërkohë që heqim harmonikën e 11-të të serisë, vërejmë se forma e sinjalit nuk ka ndryshuar shumë nga mungesa e kësaj harmonike. Ky fakt tregon që mungesa e harmonikave të fundit nuk ka një ndikim shumë të madh në humbjen e informacionit të sinjalit.

Kodi:

```
t=-10:.1:10;
y=cos(t)-cos(3*t)/3+cos(5*t)/5
-cos(7*t)/7+cos(9*t)/9-cos(11*t)/11
+cos(13*t)/13-cos(15*t)/15
+cos(17*t)/17-cos(19*t)/19;
plot(t,y);
grid
```



Arrijmë përsëri në përfundimin se harmonikat e para të serisë Furie të sinjalit, ruajnë informacionin kryesor të sinjalit dhe kanë energjinë më të madhe se harmonikat fundore të cilat kanë më pak energji dhe mungesa e tyre nuk ndikon shumë në përcjelljen e informacionit të sinjalit.