

Vježba 2. Spektralna analiza signala

Priprema

Date signale razviti u Furijeov red u obliku:

$$u(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} d_n \sin(n\omega_0 t + \theta_n),$$

gdje je $\omega_0 = 2\pi/T_0$, a T_0 je period signala. Da bi se dobio razvoj u ovom obliku moguće je signal najprije razviti u Furijeov red u sin/cos obliku:

$$u(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t),$$

pa zatim koristiti jednačine za konverziju:

$$d_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$$

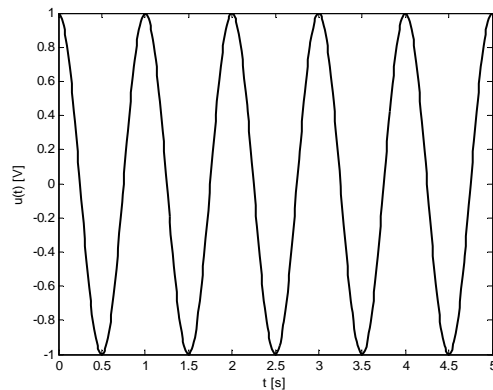
$$\theta_n = \operatorname{arctg} \frac{a_n}{b_n}.$$

Ovaj oblik Furijeovog reda je drugačiji od onog koji je dat na predavanjima zbog lakše implementacije u Simulinku.

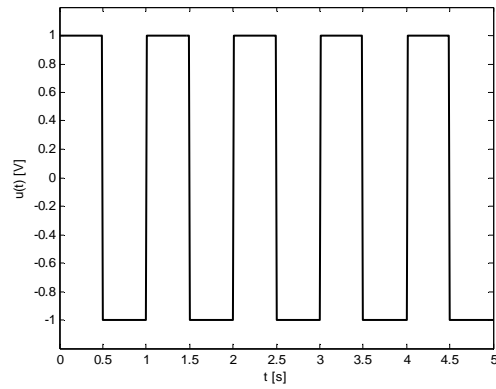
Zadaci

Date signale razviti u Furijeov red i izračunati brojne vrijednosti prvih 8 harmonika svakog od ovih signala.

1. $u(t) = \cos 2\pi f_0 t$, za $f_0 = 1\text{Hz}$,

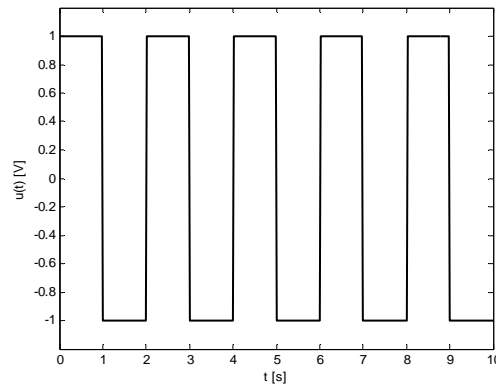


2. pravougaoni signal perioda $T_0 = 1$ s,

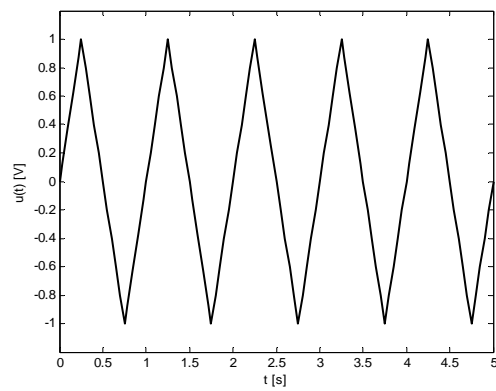


3. pravougaoni signal kao u prethodnoj tački pomjeren za 0,5s.

4. pravougaoni signal perioda $T_0 = 2$ s,

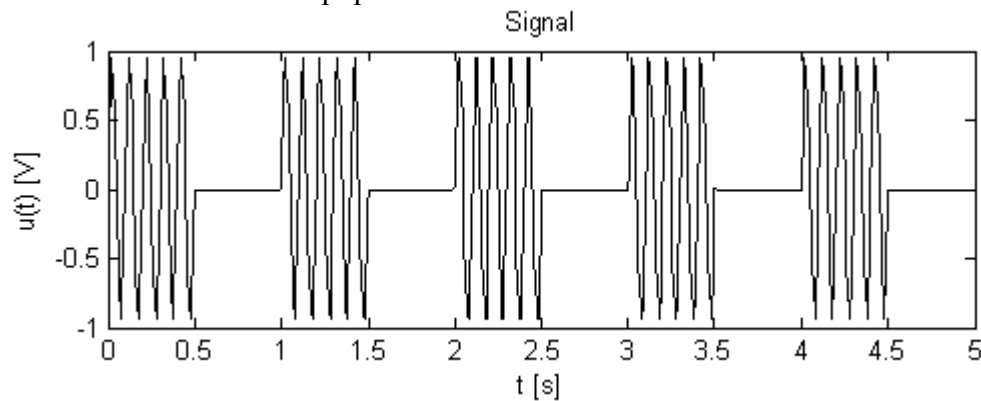


5. trougaoni signal perioda $T_0 = 1$ s,

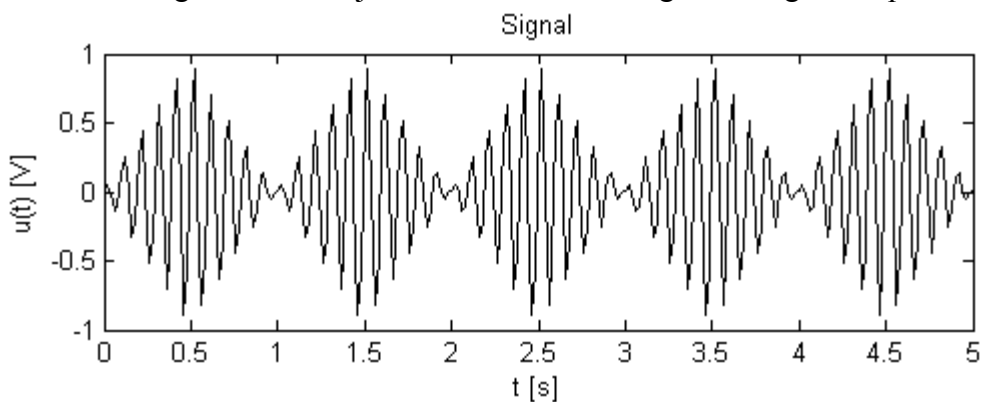


Odrediti Furijeovu transformaciju sledećih periodičnih signala:

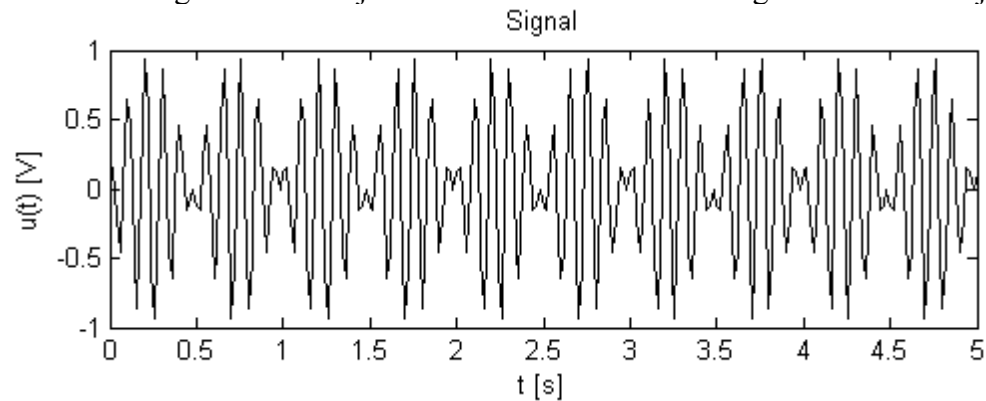
6. Sinusni signal frekvencije 10Hz modulisan pravougaonim signalom perioda 1 sekunda sa faktorom popune 50%.



7. Sinusni signal frekvencije 10Hz modulisan trougaonim signalom perioda 1 sekunda,



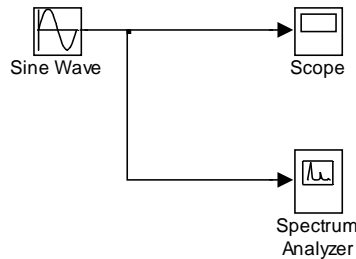
8. Sinusni signal frekvencije 10Hz modulisan sinusnim signalom frekvencije 1Hz.



Rad u laboratoriji

Sa web stranice predmeta preuzmite potrebne Simulink modele i funkcije za ovu vježbu ([lab2.zip](#)). Pokrenite MATLAB i u komandnoj liniji unesite lab2 kako biste otvorili biblioteku sa Simulink komponentama potrebnim za ovu vježbu. U biblioteci se nalaze: generator sinusnog signala, osciloskop, analizator spektra, dva predefinisana modela koji će se koristiti u ovoj vježbi, kao i link na kompletnu biblioteku Simulink blokova.

1. Da biste se upoznali sa mogućnostima spektralne analize kontinualnih signala u Simulinku kreirajte sistem prikazan na slici 1. Ovaj sistem se sastoji od generatora sinusnog signala, osciloskopa i analizatora spektra.

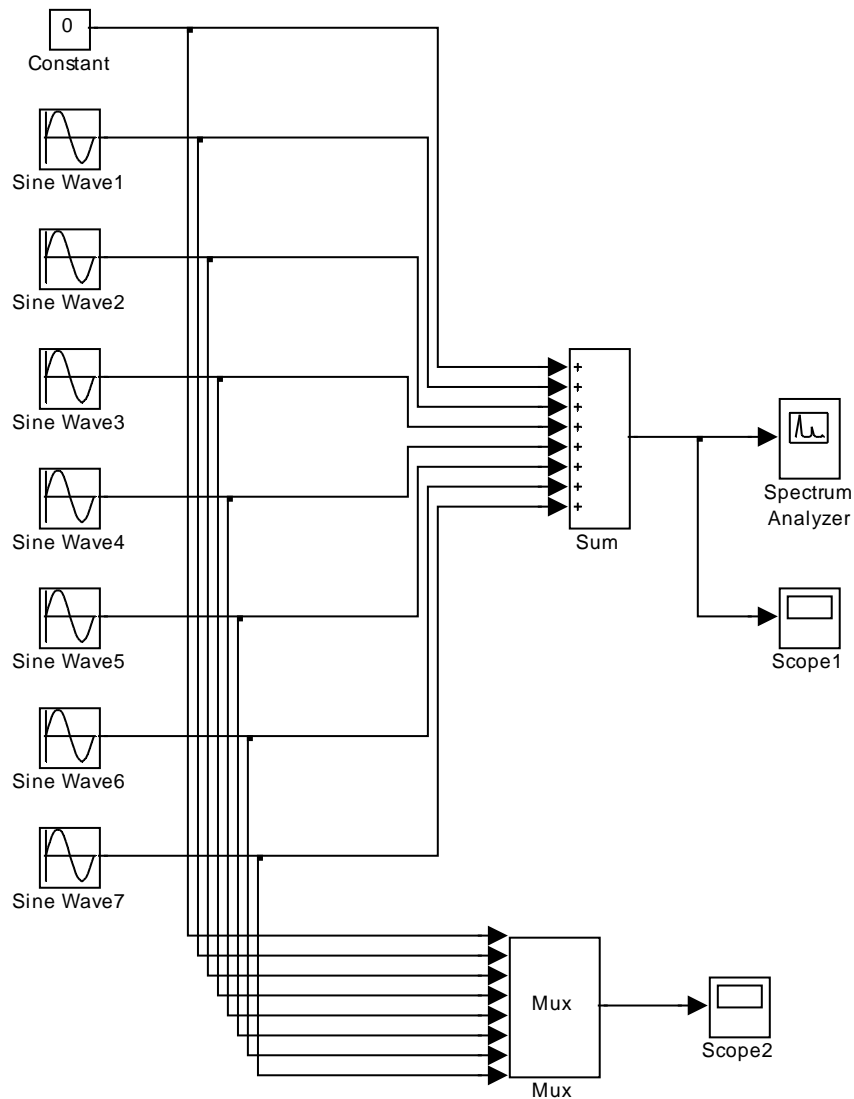


Slika 1.

- a. Otvorite prozor za novi sistem pomoću opcije **New** iz menija **File** i izaberite **Model**,
 - b. Iz lab2 prozora u novi sistem prevucite blokove: **Sine Wave**, **Scope** i **Spectrum Analyzer**,
 - c. Povežite blokove. Lijevim dugmetom miša kliknite na izlaz bloka **Sine Wave** i prevucite liniju do ulaza bloka **Scope**. Sada *desnim* dugmetom miša kliknite na ovu liniju i prevucite je do ulaza u blok **Spectrum Analyzer**. Sistem bi trebalo da izgleda kao na Slici 1.
 - d. Kliknite dva puta na blok **Scope** da prikazete prozor,
 - e. Podesite parametre simulacije. Iz menija **Simulation** izaberite **Configuration Parameters** i podesite **Stop time** na 50, a **Max step size** na 0.02.
 - f. Dva puta kliknite na Sine Wave blok i podesite frekvenciju generatora promjenom broja u polju **Frequency**. Postavite frekvenciju na $10 \cdot \pi$ rad/sec.
 - g. Pokrenite simulaciju. Iz menija **Simulation** izaberite **Start**. Izlaz analizatora spektra će biti prikazan u standardnom MATLAB prozoru za grafike. Ovaj grafik priložite uz izvještaj.
2. Kliknite dva puta na ikonicu **Sinteza** u lab prozoru. Otvoriće se model prikazan na Slici 3. Pomoću ovog modela možete sintetizovati periodičan signal dodajući mu harmonike. Svakom **Sine Wave** bloku se može podesiti frekvencija, amplituda i faza. Početne vrijednosti parametara **Sine Wave** blokova odgovaraju Furijeovom polinomu:

$$u(t) = 0 + \sum_{k=1, \text{ neparno}}^{13} \frac{4}{k\pi} \sin(2\pi kt)$$

Radi se o prvih osam članova Furijeovog reda signala iz tačke 2. pripreme. Pokrenite simulaciju. Na grafiku će biti prikazani sintetizovani signal i njegov spektar. Ovaj grafik priložite uz izvještaj. Sintetizovani signal daje i **Scope1**, a **Scope2** daje simultani prikaz svih sinusoida od kojih je signal sintetizovan.



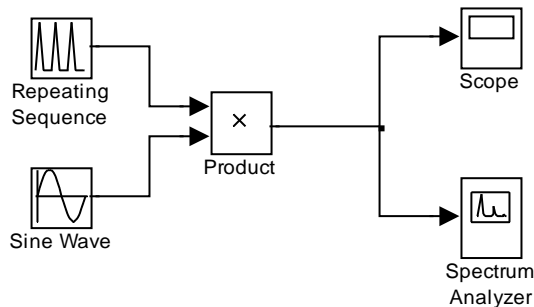
Slika 3.

3. Ponovite zadatak za signale 1-5. iz pripreme. Dobijene talasne oblike sintetizovanog signala i njegov spektar priložite uz izvještaj. Objasnite razlike između sintetizovanog i željenog signala.
4. Kliknite dva puta na ikonicu **Modulacija** u lab prozoru. Otvoriće se model prikazan na Slici 4. U ovom modelu sinusni signal je modulisan signalom definisanim blokom **Repeating Sequence**. Moguće je mijenjati oblik i parametre modulišućeg signala, kao i frekvenciju nosećeg signala.
5. Generišite sledeće signale podešavanjem parametara **Time values** i **Output values** bloka **Repeating Sequence**, te parametra **Frequency** bloka **Sine Wave**. Vektor **Time values** sadrži vremenske trenutke u okviru jednog perioda signala. Vrijednosti u vektoru **Output values** su vrijednosti signala u odgovarajućim trenucima specificiranim vektorom **Time values**. Signal generisan na ovaj način

nije diskretan. Kontinualan signal se dobija povezivanjem zadatih tačaka linijskim segmentima.

- Modulišući signal je pravougaoni signal perioda 1 sekunda i sa faktorom popune 50%. Frekvencija sinusnog nosioca 10 Hz. Ovo su početne vrijednosti.
- Modulišući signal je pravougaoni signal perioda 1 sekunda i sa faktorom popune 50%. Frekvencija sinusnog nosioca 15 Hz.
- Modulišući signal je pravougaoni signal perioda 2 sekunde i sa faktorom popune 25%. Frekvencija sinusnog nosioca 10 Hz.
- Modulišući signal je pravougaoni signal perioda 4 sekunde i sa faktorom popune 12.5%. Frekvencija sinusnog nosioca je 10 Hz.
- Modulišući signal je trougaoni signal perioda 1 sekunda. Frekvencija sinusnog nosioca je 10 Hz.

Dobijene talasne oblike signala i njihove spektre priložite uz izvještaj. Zašto dobijeni spektri imaju strukturu češlja i koliki je razmak između impulsa? Zašto? Kakav uticaj ima frekvencija nosioca na spektar? Šta bi se desilo sa spektrom u graničnom slučaju kada bi period modulišućeg signala težio beskonačnosti?



Slika 4.

- Korištenjem analizatora spektra snimiti spektre sledećih signala:
 - Sinusni signal amplitude 1V, frekvencije 1MHz,
 - Pravougaoni signal amplitude 1V, frekvencije 1MHz sa faktorom popune 50%,
 - Trougaoni signal amplitude 1V, frekvencije 1MHz,
 - Noseći sinusni signal frekvencije 1MHz, modulisan sinusnim signalom frekvencije 10kHz,
 - Noseći sinusni signal frekvencije 1MHz, modulisan pravougaonim signalom frekvencije 10kHz,
 - Noseći sinusni signal frekvencije 1MHz, modulisan trougaonim signalom frekvencije 10kHz.

Dobijene spektre priložiti u izvještaj.