

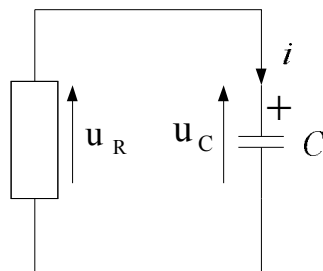
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET OSIJEK		Električni strojevi
Vježba br. 5:	MATLAB – Simulink: Modeliranje i simulacija 2	
Student:		
Grupa:		

5.1. CILJ VJEŽBE

Na primjeru simulacije sustava prvog reda (RC krug) kao i na primjeru kvazistatičkog ponašanja istosmjernog porednog motora bit će prikazan princip grupiranja i maskiranja modela u Simulinku. Na kraju ove vježbe studenti će biti u stanju primijeniti postupke grupiranja i maskiranja na konkretne primjere iz električnih strojeva.

5.2. Modeliranje RC kruga

Modeliranje sustava prvog reda započinje kreiranjem nadomjesne sheme sustava koji se sastoji od idealnog kapaciteta C i otpornika R kako je prikazano na slici 1.



Slika 5.1. Sustav prvog reda

Za jednu petlju i jedan čvor se prema I. i II. Kirchhoffovu zakonu mogu napisati sljedeće jednadžbe:

$$\begin{aligned} u_C &= u_R \\ i_C &= -i_R = i \end{aligned} \quad (5 - 1)$$

Sređivanjem jednadžbe (5 – 1) dobivamo diferencijalnu jednadžbu sustava prvog reda:

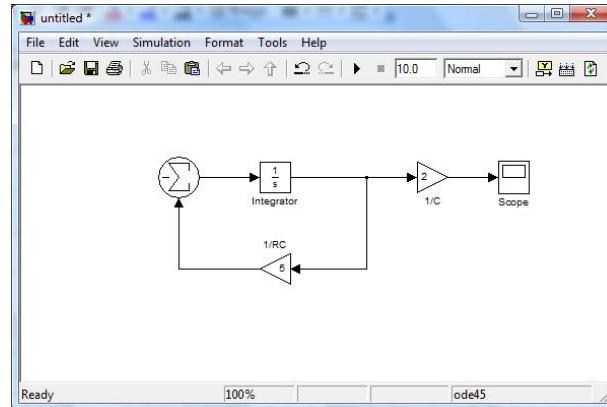
$$\frac{q}{RC} + \frac{dq}{dt} = 0 \quad (5 - 2)$$

Ulazna varijabla je početna vrijednost naboja na kondenzatoru q_0 , a varijablu stanja nam predstavlja količina naboja q .

Odaberemo li za izlaz sustava napon na otporniku u_R kao konačno rješenje diferencijalne jednadžbe dobivamo:

$$u_R = \frac{q}{C} \cdot e^{\frac{-1}{RC}(t-t_0)} \quad (5 - 3)$$


Promotrimo li diferencijalnu jednadžbu (5 – 2) vidimo da je derivacija naboja proporcionalna naboju. Ako bi izlaz iz integratora bio naboj na kapacitetu C , ulaz u integrator tada mora biti derivacija naboja koja je proporcionalna s tim istim nabojem. Također vidimo da je potrebno vratiti izlaz iz integratora uz odgovarajuće pojačanje. Time smo dobili blok – shemu sustava koju odmah možemo unijeti u Simulink (slika 5.2).

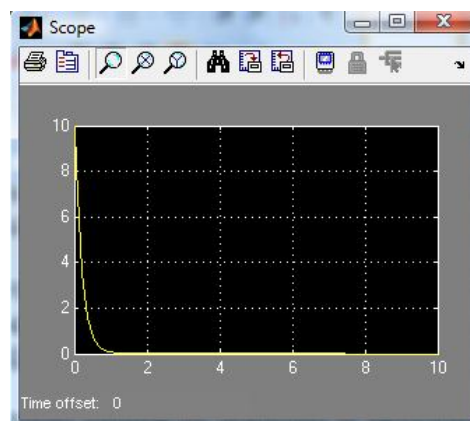


Slika 5.2. Simulink blok – shema RC kruga

U ovom modelu simulirat će se dinamički odziv RC sustava za sljedeće parametre sustava: $R = 4 \Omega$, $C = 0,5 \mu\text{F}$ te $q_0 = 5 \text{ C}$. Vrijednosti parametara RC kruga direktno su unesene u model. Početna vrijednost naboja na kondenzatoru odabire se u bloku za integriranje. Pri tome treba paziti da blok za integriranje nosi oznaku $1/s$ a ne oznaku integrala zbog veze s Laplaceovom transformacijom.

Simulacijom smo dobili vrijednost odziva od trenutka $t=0\text{s}$ do trenutka $t=10\text{s}$. Za metodu integracije odabire se *ode45* pošto se radi o kontinuiranom sustavu. Ostale parametre simulacije podešavamo u dijalog boks parametara simulacije.

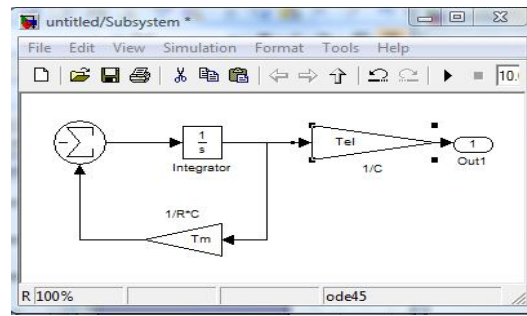
Da bi se mogli vidjeti rezultati simulacije potrebno je aktivirati blok *Scope* dvostrukim klikom. Korištenjem gumba  koji predstavlja automatski odabir skale dobiva se optimalni prikaz signala (slika 5.3.)



Slika 5.3. Oblik napona na otporniku

U prozoru vidimo da je odziv sustava eksponencijalna funkcija koja trne kako vrijeme teži ka beskonačnosti.

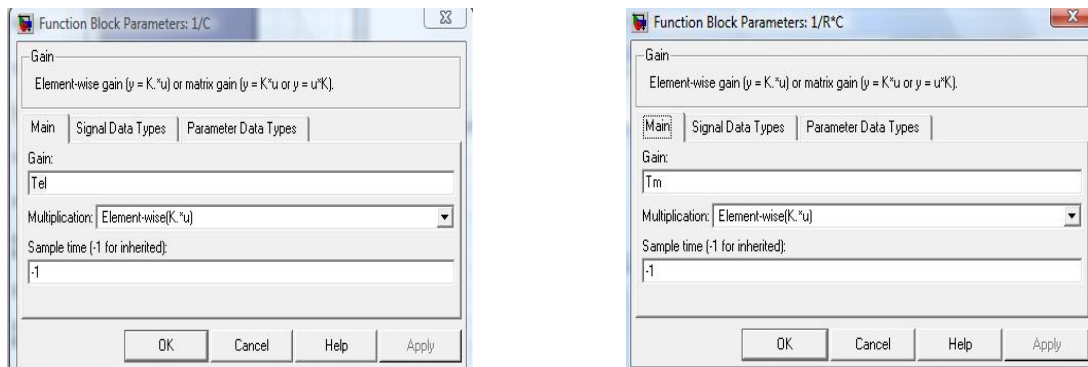
Dvije značajne osobine Simulinka su *grupiranje* (tvorba podsustava) i *maskiranje* blokova. *Grupiranje* je vizualna zamjena grupe blokova jednim blokom tipa *Subsystem*. Postiže se na način da se mišem odaberu blokovi koji se žele grupirati te nalogom *Edit/Create Subsystem* stvara se podsustav. Time se postiče vizualno pojednostavljenje kompleksnih (složenih) modela. U jednom modelu može biti više *Subsystem* blokova, a grupiranje može biti i na više nivoa.



Slika 5.4. Kreirani podsustav

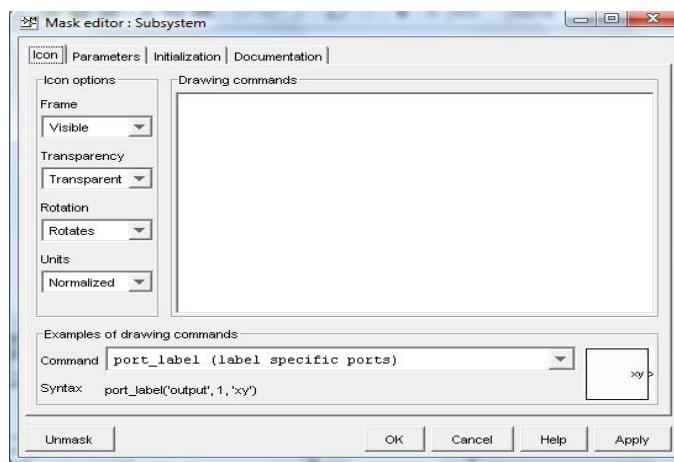
Maskiranje omogućava kreiranje dijaloga izbornika koji zamjenjuje grupu *Subsystem* blokova. U tom dijalogu izborniku unesu se svi potrebni parametri koji su potrebni za modelirajući sustav. Također je moguće kreirati i izgled novog bloka.

Prilikom *maskiranja* potrebno je kliknuti mišem dva puta na blok koji se maskira (otvaramo podsustav), a potom u svakom bloku podsustava potrebno je upisati ime varijable na mjestu veličine koja se mijenja.



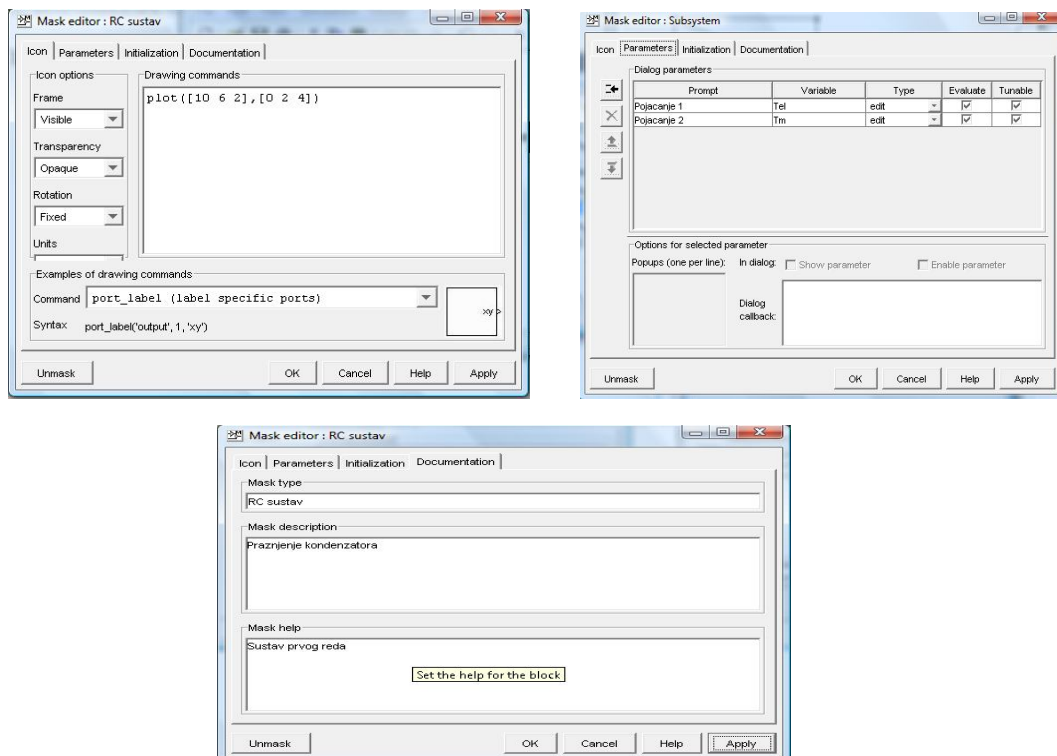
Slika 5.5. Upis varijable za pojedine blokove podsustava

Nakon upisa varijabli zatvorimo podsustav. Napravimo jedan klik mišem na podsustav a potom idemo na opciju *Edit/ Mask Subsystem* nakon čega se otvara dijaloški izbornik (*Mask Editor*) kao na slici 5.6.



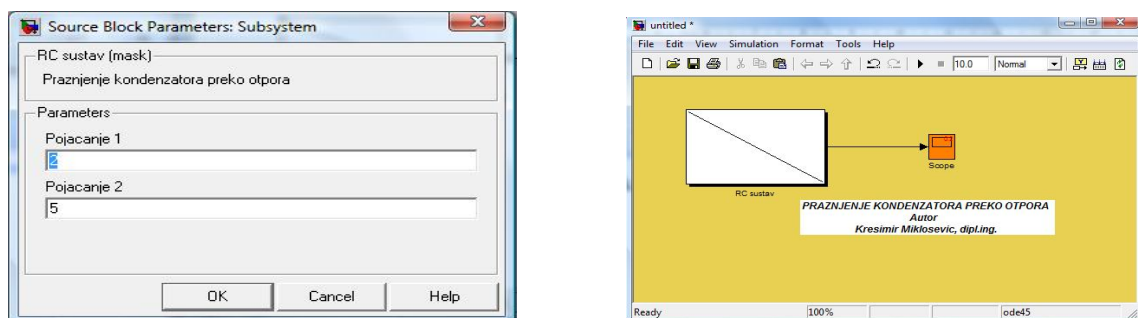
Slika 5.6. Dijaloški izbornik (*Mask Editor*)

Primjer popunjavanja dijaloškog izbornika za RC sustav dan je na slici 5.7:



Slika 5.7. Primjer popunjavanja pod opcija Mask Editora

Unutar dijaloškog izbornika nalaze se 4 podizbornika gdje postoje različite mogućnosti podešavanja u svezi maskiranog objekta. Neka od podešenja su izgled (prikaz) maskirane ikone, oznake parametara maskiranog sustava, naziv i opis maskiranog objekta itd. Moguće je i kreiranje "izgleda" novog objekta na način da se unutar podizbornika *Icon*, pod kartice *Drawing commands* unese nalog kao što je prikazan na slici 5.7. Primjeri unosa naloga dani su unutar podizbornika *Icon*, unutar podkartice *Examples of drawing commands*.



Slika 5.8. Maskirani RC sustav

Jednostavnost izmjene vrijednosti parametara sustava kao i mogućnost korištenja istog simulink modela za analizu utjecaja promjene pojedinih parametara sustava samo su neke od prednosti korištenja postupka grupiranja i maskiranja sustava.

Pridodani opisi služe za dokumentiranje ponašanja cjelokupnog sustava. Na kraju ćemo to pohraniti pod izabranim nazivom u jednoj mdl – datoteci.

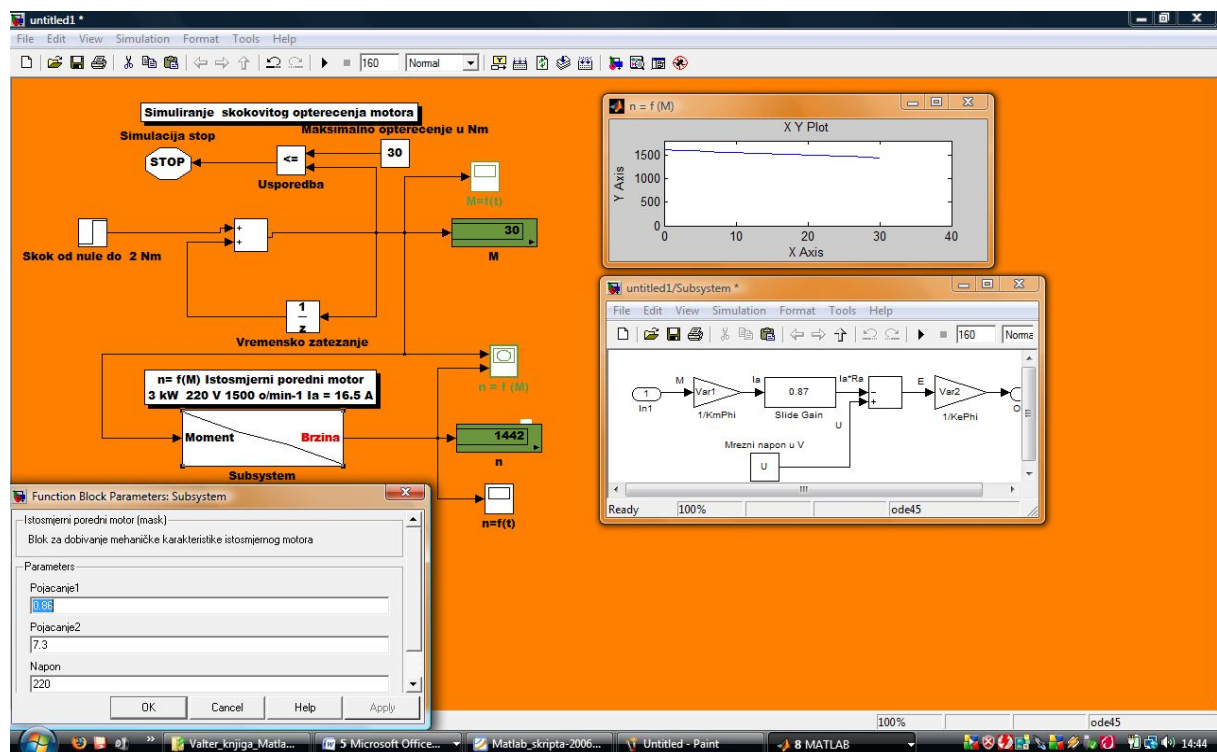
5.3. Zadaci za vježbu

5.3.1. Simuliranje kvazistatičkog ponašanja istosmjernog porednog motora

Programirajte u Simulinku blok dijagram kao u lijevom dijelu slike 5.9. i provedite simulaciju tako da dobijete dijagram $n=f(M)$ kao u manjoj umetnutoj slici desno. Provedite postupak grupiranja i maskiranja blokova na istosmjernom porednom motoru.

Napomena:

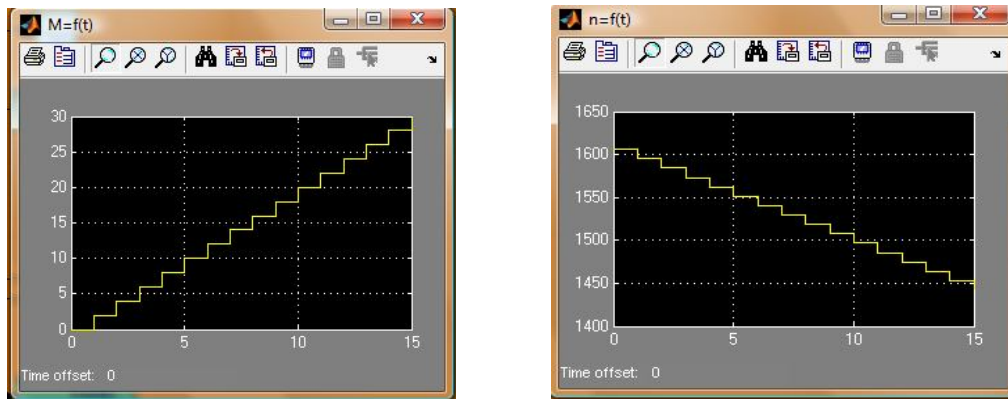
Modeliranje istosmjernog porednog motora počiva na njegovoj nadomjesnoj shemi motora, nazivnim podacima (natpisna pločica), parametrima motora (izmjereni, izračunati), uspostavom diferencijalnih jednadžbi i primjenom Laplaceove transformacije.



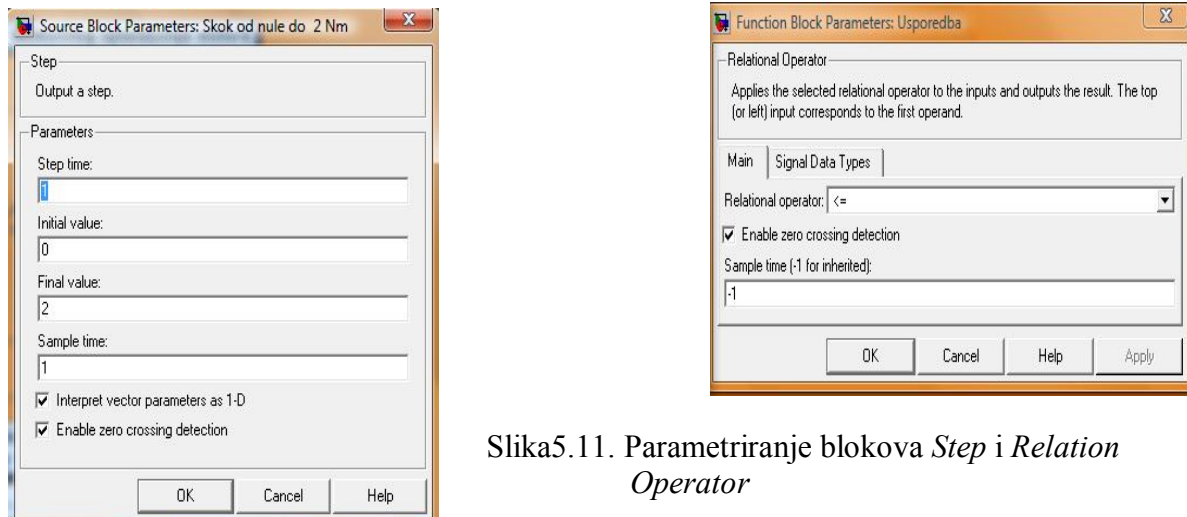
Slika 5.9. Blok dijagram istosmjernog porednog motora (dobivanje mehaničke karakteristike)

U gornjem dijelu blok dijagrama nalazi se dinamički sustav koji proizvodi skokovitu promjenu opterećenja (slika 5.10.) na osovini elektromotora i koji se može koristiti pri simulaciji njegova kvazistatičkog ponašanja.

Blokovi *Skok od nule na 2 Nm* i *Usporedba* se parametiraju kao u slici 5.11., a ostale blokove ostavimo na predpodešenjima. Upoznajte se s njima preko njihove Help funkcije, kako biste razumjeli parametriranje. Blok *Skok od nule na 2 Nm* će pokrenuti opterećivanje i ono će se u skokovima od 2 Nm povećavati sve do dostignuća najvećeg iznosa od 30 Nm. Taj će podatak pokazati displej označen s *M*. Klikom na blok $M=f(t)$ i $n=f(t)$ otvorit će se grafovi obavljene simulacije kao u slici 5.10.

Slika 5.10. Skokovito opterećenje motora realizirano blokom *Step*

Pomoću bloka $n=f(M)$ direktno dobivamo izgled mehaničke karakteristike istosmjernog porednog motora.

Slika 5.11. Parametriranje blokova *Step* i *Relation Operator*

U donjem dijelu prikaza nalazi se dio dinamičkog sustava jednog istosmjernog porednog motora koji za ulazne vrijednosti okretnog momenta u Nm proizvodi na izlazu pripadajuće brzine vrtnje u min^{-1} .

Želi li se promatrati ujecaj promjene otpora motora na promjenu nagiba karakteristike $n=f(M)$ tada je potrebno samo u bloku *Slide Gain* promijeniti vrijednost otpora. Srednje polje prikazuje trenutnu vrijednost otpora.

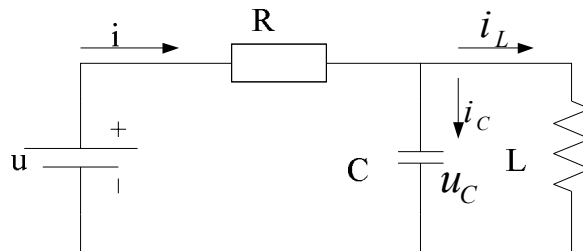
Slika 5.12. Izgled bloka *Slide Gain*

Na kraju je još potrebno dokumentirati simulaciju. Potrebno je navesti datum izrade modela, datoteku, autora i sve to pohraniti pod izabranim nazivom u jednoj mdl. datoteci.

5.3.2. Modeliranje RLC kruga (nagradni zadatak)

Na primjeru sustava drugog reda (slika 5.13.) programirajte u Simulinku blok dijagram i provedite simulaciju tako da dobijete sljedeće valne oblike:

- Struju izvora i
- Struju induktiviteta i_L
- Napon na kondenzatoru u_C



Slika 5.13. RLC krug

Vrijednosti parametara RLC kruga postavite na $R=50\Omega$, $L = 0,1 \text{ H}$ i $C=1000\mu\text{F}$ i unesite ih u svaki blok posebno kao numeričke vrijednosti. Amplitudu napona izvora podesite na 100 V. Početne vrijednosti struje induktiviteta i napona na kondenzatoru su jednake nuli. Napon izvora narinuti u trenutku $t=0,05\text{s}$, a vrijeme trajanja simulacije je 0,5 s. U parametrima simulacije odabire se metoda integracije *ode45*, za početno vrijeme (*Start time*) postavite 0 s, a za konačno vrijeme (*Stop time*) utipkajte 0,5 s. Za *min step size* odabire se 0,1ms, *max step size* 1ms, *relativna tolerancija* je $1e-5$. Na kraju je potrebno izlazne valne oblike pohraniti unutar *Workspace*.