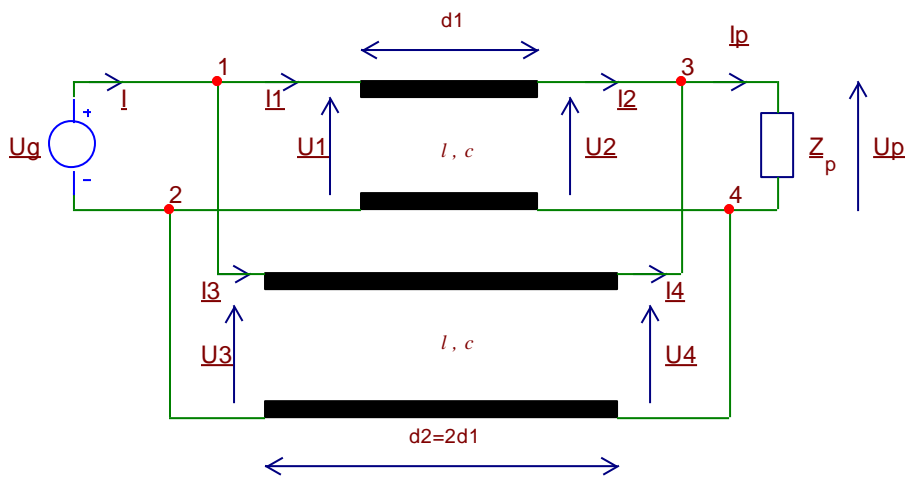


PRIPREMA ZA VEŽBU 7

1. U kolu sa raspodeljenim parametrima prikazanom na slici 1, vodovi dužine d_1 i d_2 su bez gubitaka, istih podužnih parametara l i c . U kolu vlada prinudni prostoperiodični režim na kružnoj učestanosti ω , pod dejstvom nezavisnog naponskog generatora $u_g(t)$, čiji je kompleksni efektivni predstavnik $\underline{U}_g=U$. Poznati parametri kola su $0 < l, c, d_1, U, \omega < \infty$, a u kolu važi $d_2=2d_1$, $\omega = \frac{\pi}{2d_1\sqrt{lc}}$, $\underline{Z}_c=Z_c=$

$\sqrt{\frac{l}{c}}$ i $\underline{Z}_p=Z_p=\frac{1}{4}\sqrt{\frac{l}{c}}$. Fazni koeficijent za vod bez gubitaka iznosi $\beta = \omega\sqrt{lc}$, a brzina prostiranja talasa napona i struje duž vodova je $v = \frac{1}{\sqrt{lc}}$.

- U kompleksnom domenu, napisati tablo jednačina potrebnih za određivanje struje generatora \underline{I} .
Koristeći Matlab:
- Odrediti struju \underline{I} ,
- Odrediti kompleksnu snagu generatora, $\underline{S}_g=\underline{U}_g \underline{I}^*=?$,
- Ako su numeričke vrednosti parametara kola $d_1=500$ [m], $l=1e-3$ [H], $c=1e-7$ [F], $f=50$ [Hz] ($\omega=2\pi f$ [rad/s]) i $U=1$ [V], izračunati numeričke vrednosti za \underline{I} i \underline{S}_g ,
- U Simulink-u, koristeći biblioteku SimPowerSystems nacrtati model kola sa slike 1, i u njima izmeriti struju \underline{I} i aktivnu i reaktivnu snagu generatora, P_g i Q_g , za iste numeričke vrednosti parametara zadate pod e) (potvrditi rezultate dobijene pod e)).



Slika1.

REŠENJE:

- U kompleksnom domenu, tablo jednačina glasi:

NKZ:

$$\begin{aligned} \underline{U}_g &= \underline{U}_1 \\ \underline{U}_g &= \underline{U}_3 \\ \underline{U}_2 &= \underline{U}_p \\ \underline{U}_4 &= \underline{U}_p \end{aligned}$$

SKZ:

$$\underline{I} = \underline{I}_1 + \underline{I}_3$$
$$\underline{I}_p = \underline{I}_2 + \underline{I}_4$$

KR:

$$\underline{U}_p = \underline{Z}_p \underline{I}_p$$
$$\underline{U}_1 = \underline{U}_2 \cos(\beta d_1) + j \underline{Z}_c \underline{I}_2 \sin(\beta d_1)$$
$$\underline{I}_1 = j(\underline{U}_2 / \underline{Z}_c) \sin(\beta d_1) + \underline{I}_2 \cos(\beta d_1)$$
$$\underline{U}_3 = \underline{U}_4 \cos(\beta d_2) + j \underline{Z}_c \underline{I}_4 \sin(\beta d_2)$$
$$\underline{I}_3 = j(\underline{U}_4 / \underline{Z}_c) \sin(\beta d_2) + \underline{I}_4 \cos(\beta d_2)$$

b) i c) U Matlab-u definišemo parametre kola kao realne i pozitivne brojeve, i zadajemo postojeće veze među njima (zadate po uslovu zadatka):

```
>> syms w l c d1 d2 U beta positive
>> syms U1_ I1_ U2_ I2_ U3_ I3_ U4_ I4_ Up_ Ip_ I_
>> Ug_=U; Zc=sqrt(l/c); Zp=Zc/4; d2=2*d1;
>> w=pi/(2*d1*sqrt(l*c)); beta=w*sqrt(l*c);
```

Unosimo jednačine i rešavamo ih kao i u prethodnim vežbama:

```
>> % NKZ
>> eq1 = Ug_ == U1_;
>> eq2 = Ug_ == U3_;
>> eq3 = U2_ == Up_;
>> eq4 = U4_ == Up_;
>> % SKZ
>> eq5 = I_ == I1_ + I3_;
>> eq6 = Ip_ == I2_ + I4_;
>> % KR
>> eq7 = Up_ == Zp*Ip_';
>> eq8 = U1_ == U2_*cos(beta*d1) + i*Zc*I2_*sin(beta*d1);
>> eq9 = I1_ == i*(U2_/Zc)*sin(beta*d1)+I2_*cos(beta*d1);
>> eq10 = U3_ == U4_*cos(beta*d2) + i*Zc*I4_*sin(beta*d2);
>> eq11 = I3_ == i*(U4_/Zc)*sin(beta*d2)+I4_*cos(beta*d2);
>> resenje=solve(eq1,eq2,eq3,eq4,eq5,eq6,eq7,eq8,eq9,eq10,eq11,...
    U1_, I1_, U2_, I2_, U3_, I3_, U4_, I4_, Up_, Ip_, I_);
>> resenje.I_ = simplify(eval(resenje.I_))
>> Sg_ = simplify(eval(Ug_ * conj(resenje.I_)))
>> pretty(eval(resenje.I_))
>> pretty(eval(Sg_))
```

Na ovaj način dobijamo tražena rešenja u simboličkom obliku, $\underline{I} = \frac{U}{\sqrt{\frac{l}{c}}}(4-2i)$ i

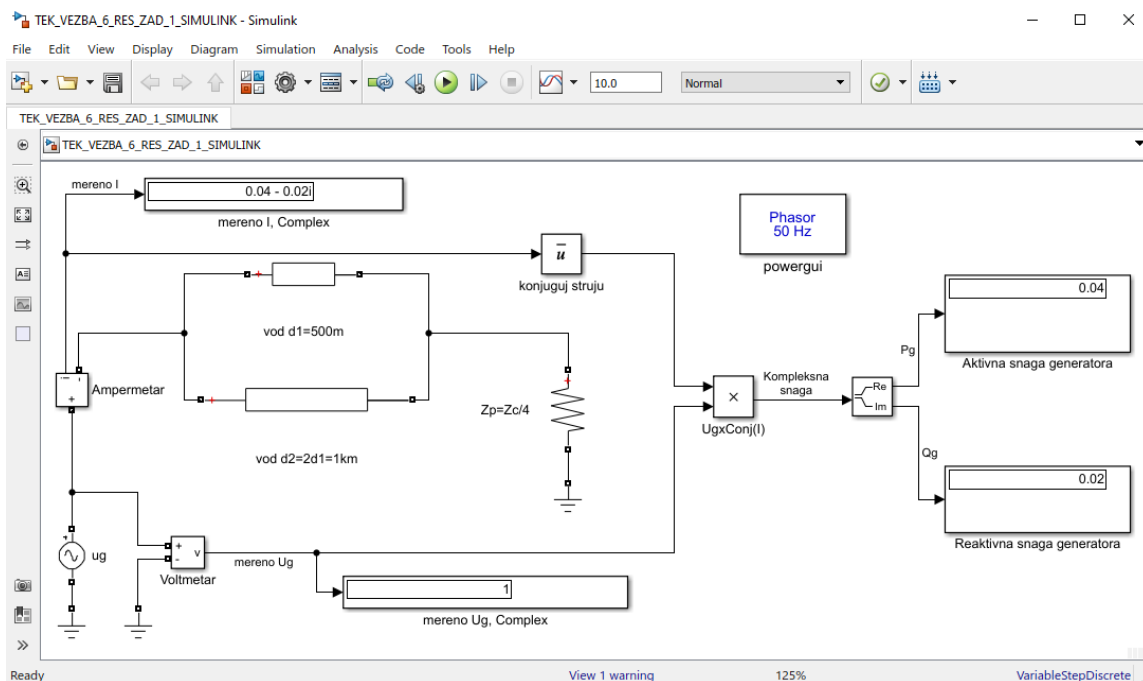
$$\underline{S}_g = \frac{U^2}{\sqrt{\frac{l}{c}}}(4+2i).$$

d) Da bi dobili numeričke vrednosti za \underline{I} i \underline{S}_g sa kojima ćemo porediti izmerene vrednosti ovih veličina u Simulink-u, zadajemo brojne vrednosti parametara i zamenjujemo ih u izraze za \underline{I} i \underline{S}_g :

```
>> d1=500;l=1e-3;c=1e-7;f=50;w=2*pi*f;U=1;
>> I_=eval(resenje.I_)
>> Sg_=eval(Sg_)
```

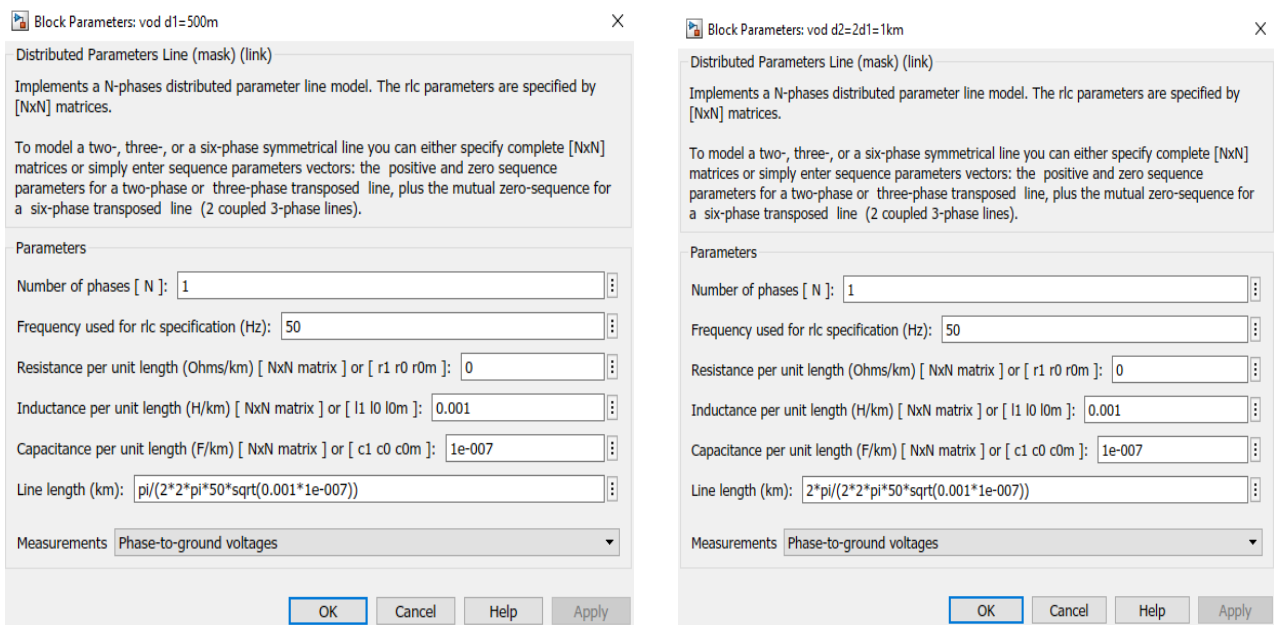
Na ovaj način dobijamo vrednosti $\underline{I} = 0.04 - i0.02$ i $\underline{S}_g = 0.04 + i0.02$.

e) Kolo sa slike 1 možemo modelovati u Simulink-u, korišćenjem blokova iz SymPowerSystems biblioteke. Detaljno modelovanje kola je priloženo u datoteci „TEK_VEZBA_8_RES_ZAD_1_SIMULINK.mdl“. Kada se ova datoteka učita, pojaviće se model kola, čiji je izgled prikazan na slici 1a. Vodovi su modelovani sa jednom fazom (druga linija voda je uzemljena i nije prikazana na slici 1a).



Slika 1.a: Simulink model kola sa slike 1.

Detaljno ispitajte zadate parametre svih blokova koji se javljaju u ovom kolu, tako što ćete napraviti levi dvoklik miša na svaki od blokova. Za nas su od posebnog interesa vodovi dužine d_1 i d_2 , za koje je unos parametara prikazan na slici 1.b:



Slika 1.b: Unešene vrednosti parametara za vodove dužine d_1 i d_2

Nakon startovanja simulacije, na odgovarajućim displejima će biti prikazane vrednosti struje I , napona U_g , kao i aktivne i reaktivne snage P_g i Q_g . Zbog postojanja „nelinearnih“ elemenata (ampermetar i voltmetar), Simulink preporučuje da se kao solver izabere „ode23tb stiff“, što možete promeniti u padajućem meniju *Simulation*→*Configuration Parameters* (ili sa CTRL+E), što je već unapred podešeno na ovom Simulink modelu.