**Zadaci sa rješenjima iz**

**PROJEKTOVANJA POMOĆU RAČUNARA U ELEKTROENERGETSKIM SISTEMIMA**

1. Visokofrekventna struja kroz prekidač nakon nastanka električnog luka se može napisati u obliku:



gdje je:

Im – trenutna vrijednost struje u trenutku prekidanja

 - sopstvena učestanost kola

δ=R/2L – koeficijent prigušenja kola

 - koeficijent smanjenja sopstvene učestanosti kola usljed uticaja prigušenja

R – omska otpornost kola koje se isključuje

L – induktivnost kola koje se isključuje

Otpornost električnog luka se može opisati nelinearnom jednačinom: .

1. Odrediti trenutak kada visokofrekventna struja prolazi kroz nultu vrijednost, kao i vrijednost napona između kontakata prekidača neposredno prije tog trenutka za sljedeće brojne podatke R=1Ω, L=1mH, C=90µF, Im=70A.
2. Nacrtati grafike napona i struja u istom grafičkom prozoru u vertikalnoj podjeli za vrijeme od polovine periode. Grafike urediti sa mrežom i oznakama osa.

Rješenje:

clear

clc

R=1;

L=1e-3;

C=90e-6;

w=1/sqrt(L\*C);

delta=R/(2\*L);

alfa=sqrt(1-delta^2/w^2);

Im=70;

t=0:1e-6:10e-3;

i=Im\*cos(alfa\*w\*t).\*exp(-delta\*t);

epsilon=1e-1; % uvodi se opseg oko nule jer niz struje ne mora imati tačno

% vrijednost nula.

for j=1:length(t)

if i(j)<=epsilon & i(j)>=-epsilon

pozicija=j;

break;

end

end

u=12.\*i.^3; % u=R\*i

disp(sprintf('Trenutak kada struja prolazi kroz nulu je %gs',t(pozicija)))

disp(sprintf('Vrijednost napona u posmatranom trenutku je %gV',u(pozicija)))

subplot(2,1,1)

plot(t,i,'k'),grid

xlabel('Vrijeme [s]')

ylabel('Struja [A]')

subplot(2,1,2)

plot(t,u,'k'),grid

xlabel('Vrijeme [s]')

ylabel('Napon [V]')

1. Sklopni prenapon na početku voda pri uključenju voda u praznom hodu se mijenja po relaciji



gdje je:





Efmax – amplituda faznog napona voda

UO – zaostali napon na vodu [V]

Ψ – ugao uključenja ems u radijanima

R – omska otpornost voda (R=R1·d, gdje je R1 podužna otpornost, d – dužina voda)

L – induktivnost voda (L=L1·d, gdje je L1 podužna induktivnost, d – dužina voda)

C – kapacitivnost voda (C=C1·d, gdje je C1 podužna kapacitivnost, d – dužina voda)

Dielektrična čvrstoća vazduha u [V] između portala voda u postrojenju, zbog spoljašnjeg uzroka opada u vremenu po relaciji:



Za dalekovod nazivnog napona 110kV i sljedeće podatke: R1=0.2568Ω/km; L1=2mH/km; C1=9.45nF/km; d=100km; Ψ=0, UO=–Efmax/3;

1. Odrediti u kojem trenutku će doći do pojave električnog luka između voda i zemlje usljed pojave prenapona i smanjenja izolacije za vrijeme posmatranje pojave od 60ms.
2. Nacrtati vremenski oblik prenapona na vodu i krive uspostavljanja dielektrične čvrstoće za vrijeme od 60ms.

Rješenje:

clear

clc

d=100;

R1=0.2568;

L1=2e-3;

C1=9.45e-9;

R=R1\*d;

L=L1\*d;

C=C1\*d;

Emax=110e3/sqrt(3)\*sqrt(2);

Uo=-Emax/3;

w=2\*pi\*50;

w1=1/sqrt(L\*C);

kf=1/(1-(w/w1)^2);

ksi=0\*pi/180;

t=0:1e-5:60e-3;

e=Emax\*cos(w\*t+ksi);

u=Emax\*kf\*cos(w\*t+ksi)+(Uo-Emax\*kf\*cos(ksi)).\*cos(w1\*t).\*exp(-R/(2\*L).\*t);

udiel=500e3\*exp(-5e2\*t);

pozicija=0;

for i=1:length(t)

if udiel(i)<u(i)

pozicija=i;

break

end

end

disp(sprintf('Doci ce do pojave elektricnog luka u trenutku %gs.',t(pozicija)))

plot(t,u,'k',t,udiel,'r'), grid

1. Sklopni prenapon na početku voda pri uključenju voda u praznom hodu se mijenja po relaciji



gdje je:





Efmax – amplituda faznog napona voda

UO – zaostali napon na vodu [V]

Ψ – ugao uključenja ems u radijanima

R – omska otpornost voda (R=R1·d, gdje je R1 podužna otpornost, d – dužina voda)

L – induktivnost voda (L=L1·d, gdje je L1 podužna induktivnost, d – dužina voda)

C – kapacitivnost voda (C=C1·d, gdje je C1 podužna kapacitivnost, d – dužina voda)

Za dalekovod nazivnog napona 110kV i sljedeće podatke: R1=0.2568Ω/km; L1=2mH/km; C1=9.45nF/km; d=100km; UO=–Efmax/3 odrediti vrijednost ugla Ψ pri kome treba uključiti prekidač da bi se dobila najmanja vrijednost amplitude prenapona na vodu.

Rješenje:

clear

clc

d=100;

R1=0.2568;

L1=2e-3;

C1=9.45e-9;

R=R1\*d;

L=L1\*d;

C=C1\*d;

Emax=110e3/sqrt(3)\*sqrt(2);

Uo=-Emax/3;

w=2\*pi\*50;

w1=1/sqrt(L\*C);

kf=1/(1-(w/w1)^2);

t=0:1e-5:60e-3;

ksi=0:0.001:pi;

amplitude=[]; % Niz u kojem ce se upisivati vrijednosti amplituda prenapona za svaki ugao ksi

for i=1:length(ksi)

u=Emax\*kf\*cos(w\*t+ksi(i))+(Uo-Emax\*kf\*cos(ksi(i))).\*cos(w1\*t).\*exp(-R/(2\*L).\*t);

amplitude=[amplitude,max(u)];

end

[Umin,pozicijaUmin]=min(amplitude);

ugaozaUmin=ksi(pozicijaUmin);

disp(sprintf('Minimalna vrijednost amplitude prenapona se dobija za ugao ksi=%g radijana',ugaozaUmin))

disp(sprintf('Amplituda prenapona za ugao ksi=%g radijana je %g V',ugaozaUmin,Umin))

e=Emax\*cos(w\*t+ugaozaUmin);

u=Emax\*kf\*cos(w\*t+ugaozaUmin)+(Uo-Emax\*kf\*cos(ugaozaUmin)).\*cos(w1\*t).\*exp(-R/(2\*L).\*t);

plot(t,e,'r',t,u,'k'), grid

1. Struja u fazi R za slučaj trofaznog kratkog spoja na generatoru može se zapisati u obliku:



gdje je:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Reaktansa/ Vremenska konstanta | Xd’’ | Xq’’ | Xd’ | Xd | Xq | Td’’(s) | Td’(s) | Ta (s) |
| 0,12 | 0,15 | 0,23 | 1,10 | 1,08 | 0,035 | 0,6 | 0,13 |

Napisati m-file kojim se crta talasni oblik struje za vrijeme trajanja od 1s, označiti odgovarajuće ose i postaviti legendu. Ulazni podaci Ea (elektromotorna sila generatora po fazi u praznom hodu prije nastanka KS) i ugao θ0 (ugao pozicije rotora u momentu nastanka kratkog spoja) se zadaju iz komandnog prozora MATLAB-a.

Rješenje:

clear

clc

t=0:1e-4:1;

E=input('Unesite efektivnu vrijednost fazne ems u V E=');

teta=input('Unesite ugao pozicije rotora u stepenima=')

teta=teta\*pi/180;

Xd2=0.12;

Xd1=0.23;

Xd=1.10;

Xq2=0.15;

Td2=0.035;

Td1=0.6;

Ta=0.13;

w=2\*pi\*50;

struja=sqrt(2)\*E\*((1/Xd2-1/Xd1).\*exp(-t/Td2)+(1/Xd1-1/Xd).\*exp(-t/Td1)+1/Xd).\*cos(w\*t+teta)+0.5\*sqrt(2)\*E\*((1/Xd2-1/Xq2).\*cos(2\*w\*t+teta)+(1/Xd2+1/Xq2)\*cos(teta)).\*exp(-t./Ta);

plot(t,struja), grid

xlabel('Vrijeme [s]')

ylabel('Struja [A]')

legend('Struja trofaznog kratkog spoja u fazi R')

1. Struja trofaznog kratkog spoja modelovana je jednačinom iz prethodnog zadatka za slučaj linijske vrijednosti ems praznog hoda E=10,5kV i ugla pozicije rotora θ0=10°. Odrediti trenutak u kojem je maksimalna vrijednost (amplituda) oscilacija struje (lokalni maksimum struje) manja od 20kA.

Rješenje:

clear

clc

t=0:1e-5:1;

E=10.5e3/sqrt(3);

teta=10;

teta=teta\*pi/180;

Xd2=0.12;

Xd1=0.23;

Xd=1.10;

Xq2=0.15;

Td2=0.035;

Td1=0.6;

Ta=0.13;

w=2\*pi\*50;

struja=sqrt(2)\*E\*((1/Xd2-1/Xd1).\*exp(-t/Td2)+(1/Xd1-1/Xd).\*exp(-t/Td1)+1/Xd).\*cos(w\*t+teta)+0.5\*sqrt(2)\*E\*((1/Xd2-1/Xq2).\*cos(2\*w\*t+teta)+(1/Xd2+1/Xq2)\*cos(teta)).\*exp(-t./Ta);

epsilon=1;

for i=2:length(t)

if struja(i)>struja(i-1) & struja(i)>struja(i+1) % ispitujemo da li je u pitanju lokalni maksimum

pozicija=i;

if struja(i)<20e3 % ispitujemo da li je lokalni maksimum manji od 20kA

pozicija=i;

break

end

end

end

disp(sprintf('Trenutak kada je lokalni maksimum struje manji od 20kA je %gs',t(pozicija)))

end

1. Napisati m-file kojim se, koristeći simbolički MATLAB, dobija izraz za struju kroz primarni namotaj transformatora u vremenskom intervalu od t1 do t2, kada na njega nailazi prenaponski talas dat jednačinom:



Namotaj transformatora je modelovan sa induktvnošću L, pa se struja kroz namotaj dobija prema izrazu:



Rješenje:

clear

clc

syms Efmax kf w t ksi Uo w1 R L t t1 t2

u=Efmax\*kf\*cos(w\*t+ksi)+(Uo-Efmax\*kf\*cos(ksi))\*cos(w1\*t)\*exp(-1/2\*R/L\*t);

i=1/L\*int(u,t1,t2)

1. Diferencijalna jednačina kojom se opisuje proces uključenja voda u praznom hodu dat je relacijom:



gdje je:



Ψ – ugao uključenja ems u radijanima

R – omska otpornost voda

L – induktivnost voda

C – kapacitivnost voda

Koristeći simbolički MATLAB napisati m-fajl kojim se određuje izraz za napon „uC“ prilikom uključenja voda u praznom hodu. Pri tome uzeti da u početnom trenutku na vodu ne postoji zaostali napon.

Rješenje:

clc

clear

syms L C R E w t uc ksi

uc=dsolve('L\*C\*D2uc+R\*C\*Duc+uc-E\*cos(w\*t+ksi)=0', 'uc(0)=0', 'Duc(0)=0')