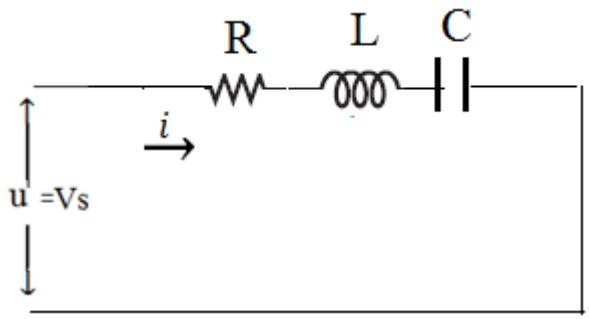
المحاضرة : الثامنة د. توفيق أبوشديد

نمذجة الدارات الكهربائية ومحاكاتها باستخدام برنامج Matlab\Simulink

مثال(1): النمذجة والمحاكاة لدارة تسلسلية R L C



$$R = 50\,\Omega\,, \quad L = 0.1\,H\,, \quad C = 1000\,\mu F$$
$$f = 50\ \text{Hz}\,, \omega_e = 2\pi f\,,\ \text{u} = \text{Usin}(\omega_e t),\ U = 100\,V$$

المطلوب:

1) استنتاج النموذج الرياضي للدارة واللازم لحساب التيار i
2) باستخدام بيئة *Matlab/Simulink* وضع مخطط المحاكاة اللازم لحساب وإظهار:

– قيمة التيار i – التوتر u – فرق الطور(بالدرجات)

3) كتابة ملف قراءة المعطيات وإظهار النتائج.

الحل:

استنتاج المعادلة التفاضلية:

$$u = u_1 + u_2 + u_3$$

التوتر الهابط على المقاومة R $u_1 = Ri$

التوتر الهابط على المحارضة L $u_2 = L\frac{di}{dt}$

التوتر الهابط على المكثف C $u_3 = \frac{1}{C}\int idt$

$$u = Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int idt \rightarrow$$

إما بإجراء التكامل للمعادلة التفاضلية:

$$\boldsymbol{i = \frac{1}{L}\int\left(u - Ri - \frac{1}{C}\int idt\right)dt} \quad \boldsymbol{or} \quad \boldsymbol{i = \int\left(\frac{u}{L} - \frac{R}{L}i - \frac{1}{CL}\int idt\right)dt}$$

أو من خلال تيار المقاومة:

$$\boldsymbol{i = \frac{1}{R}\left(u - L\frac{di}{dt} - \frac{1}{C}\int idt\right)} \quad \boldsymbol{or} \quad \boldsymbol{i = \frac{u}{R} - \frac{L}{R}\frac{di}{dt} - \frac{1}{CR}\int idt}$$

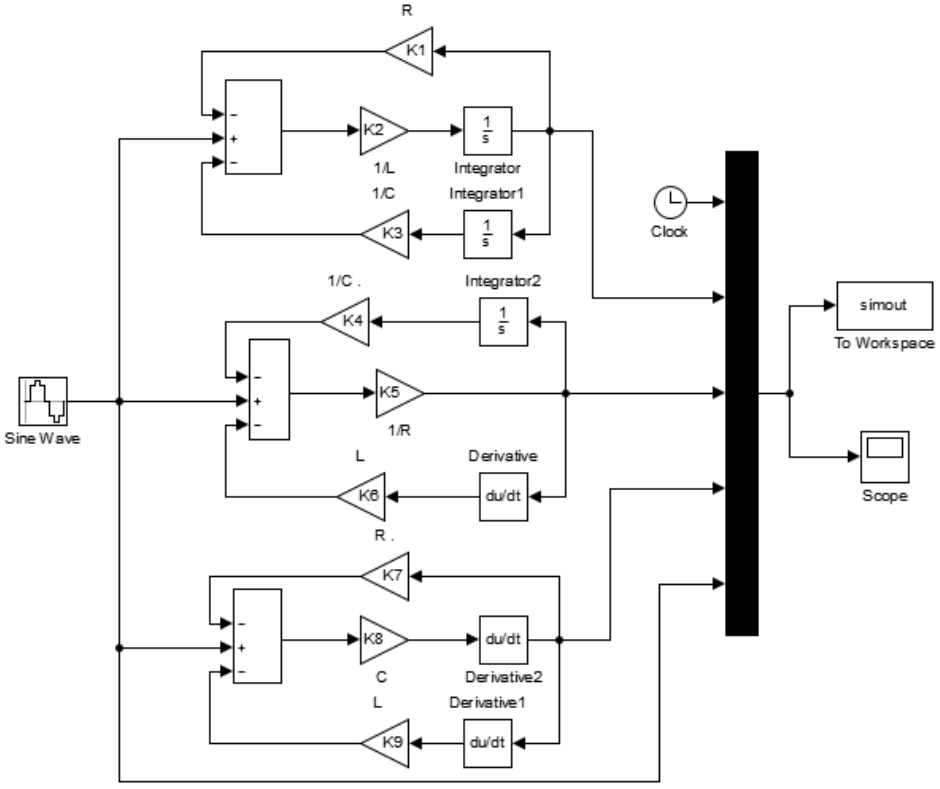
أو بإجراء التفاضل:

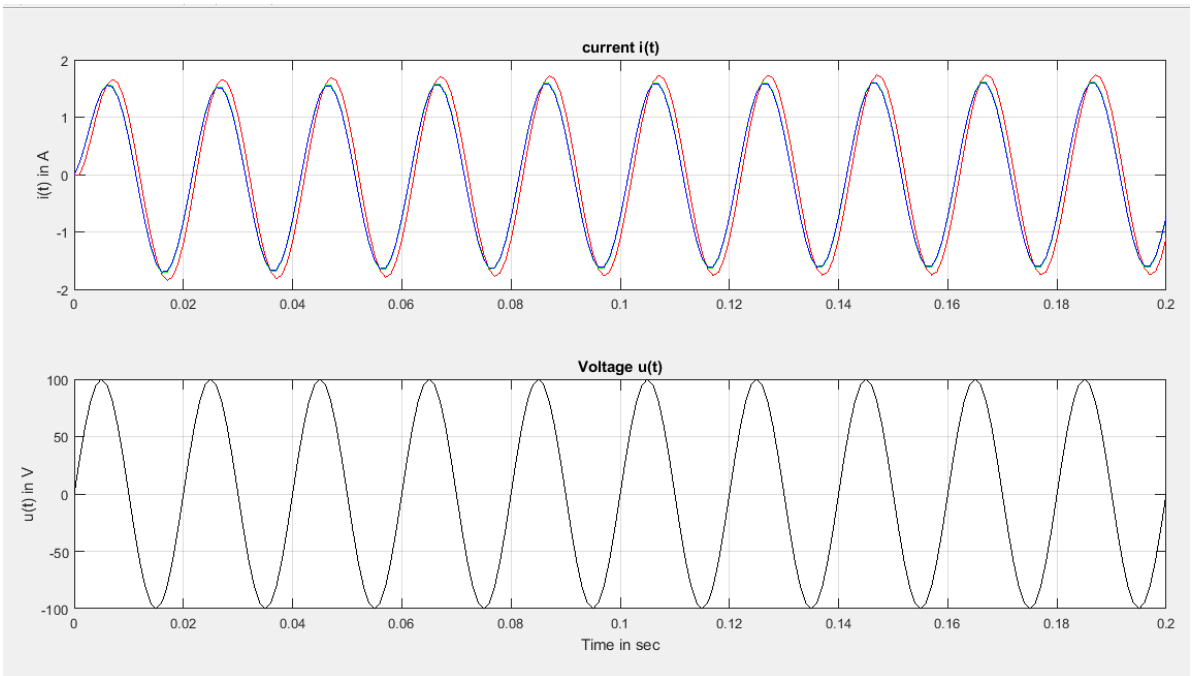
$$i = C\frac{d}{dt}\left(u - Ri - L\frac{di}{dt}\right) \quad or \quad i = \frac{d}{dt}\left(Cu - CRi - LC\frac{di}{dt}\right)$$

$$i = \frac{1}{L}\int\left(u - Ri - \frac{1}{C}\int idt\right)dt$$

$$i = \frac{1}{R}\left(u - L\frac{di}{dt} - \frac{1}{C}\int idt\right)$$

$$i = C\frac{d}{dt}\left(u - Ri - L\frac{di}{dt}\right)$$

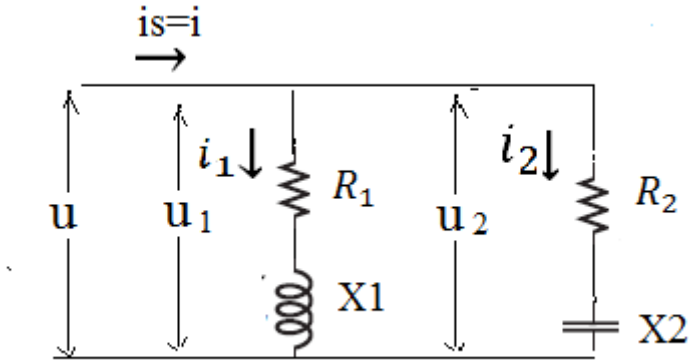





```
%M-file for  RLC circuit  simulation
%input parameters and initial conditions
%and plot results of simulation
```

```
R=50; L=0.1; C=1000e-6;
f=50; w=2*pi*f; Vac=100;

K1=R; K2=1/L; K3=1/C;
K4=1/C; K5=1/R; K6=L;
K7=R; K8=C; K9=L;

vCo=0; iLo=0; tstop=0.2;

disp('run simulation, type "return" when ready to return')
keyboard

subplot(2,1,1)
plot(simout(:,1), simout(:,2),'r',simout(:,1),...
simout(:,3),'g',simout(:,1), simout(:,4),'b')
title('current i(t)')
ylabel('i(t) in A')
grid

subplot(2,1,2)
plot(simout(:,1), simout(:,5),'k')
title('Voltage u(t)')
ylabel('u(t) in V')
grid
xlabel('Time in sec')
% ---------------------------------------
phiurad=0;
phi_rad=phiurad-atan((w*L-1/(w*C))/R)
phi_deg=phi_rad*180/pi
% ---------------------------------------
phiurad=0;
phi_deg=acos(R/sqrt(R^2+(w*L-1/(w*C))^2))*180/pi
```

مثال(2): النمذجة والمحاكاة لدارة تفرعية RL//RC



$$R_1 = 3\,\Omega\,,\ R_2 = 4\,\Omega\,,$$

$$X_1 = 4\,\Omega\,,\quad X_2 = 3\,\Omega\,,$$

$$f = 50\ \text{Hz}\,, \omega_e = 2\pi f\,,\ \ \text{u} = 70\sin(\omega_e t).$$

المطلوب:

1) وضع مخطط المحاكاة اللازم لحساب قيم التيارات i_2 , i_1 , i_S والتوتر u باستخدام بيئة *Matlab/Simulink*

2) كتابة ملف قراءة المعطيات وإظهار النتائج.

الحل:

$$Z_1 = R_1 + j(X_1) = 3 + j4$$
$$Z_2 = R_2 - j(X_2) = 4 - j3$$
$$Z_{eq} = \frac{Z_1 * Z_2}{Z_2 + Z_1} = 3.50 + j0.5 = R_{eq} + jX_{eq}$$

ذات طبيعة تحريضية.

$$\mathrm{u} = R_{eq} i_s + L_{eq} \frac{di_s}{dt}$$

ومنه معادلة التيار الكلي i_s المار في الدارة:

$$\boldsymbol{i_s = \frac{1}{L_{eq}} \int (u - R_{eq} i_s)\, dt}$$

أو

$$\boldsymbol{i_s = \frac{1}{R_{eq}} \left(u - L_{eq} \frac{di_s}{dt} \right)}$$

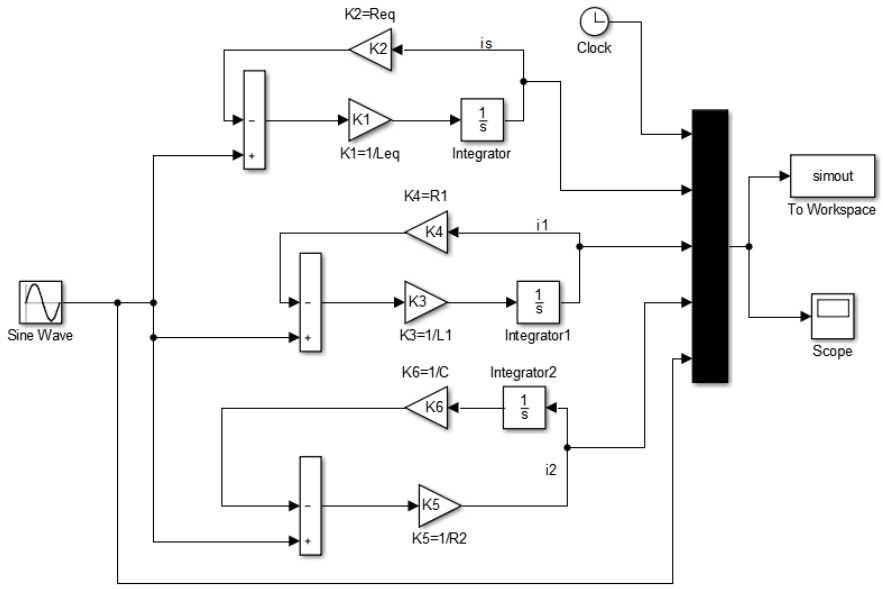
باعتبار $\mathbf{u = u_1 = u_2}$

التيار المار في الفرع الأول:

$$\mathbf{u = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt}} \rightarrow \begin{cases} \boldsymbol{i_1 = \frac{1}{L_1} \int (u - R_1 i_1)\, dt} \\ \boldsymbol{i_1 = \frac{1}{R_1} \left(u - L_1 \frac{di_1}{dt} \right)} \end{cases}$$ أو

التيار المار في الفرع الثاني:

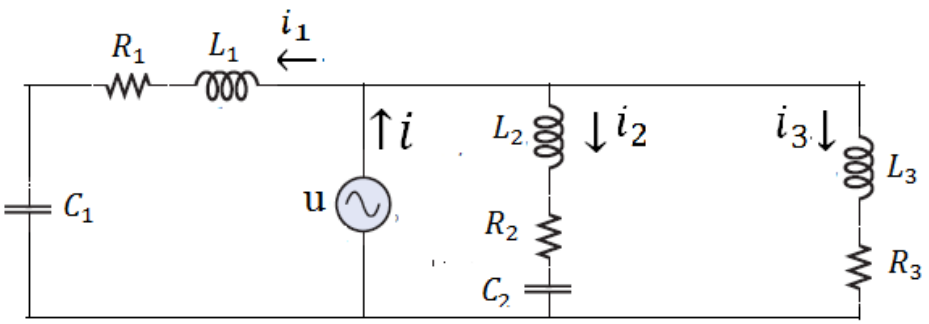
$$\mathbf{u = R_2 i_2 + \frac{1}{C} \int i_2 . dt} \rightarrow \begin{cases} \boldsymbol{i_2 = \frac{1}{R_2} \left(u - \frac{1}{C} \int i_2 . dt \right)} \\ \boldsymbol{i_2 = C \frac{d(u - R_2 i_2)}{dt}} \end{cases}$$ أو




```
%M-file for  RLC circuit  simulation
%input parameters and initial conditions
%and plot results of simulation

R1=3; X1=4;
R2=4; X2=3;
f=50; w=2*pi*f; Vac=70;
Z1=R1+X1*i;
Z2=R2-X2*i;
Zeq=(Z1*Z2)/(Z1+Z2);
Req=real(Zeq);
Xeq=imag(Zeq);
Leq=Xeq/w;
L1=X1/w;
C=1/(X2*w);
K1=1/Leq; K2=Req;
K3=1/L1; K4=R1;
K5=1/R2; K6=C;

vCo=0; iLo=0; tstop=0.1;

disp('run simulation, type "return" when ready to return')
keyboard

subplot(4,1,1)
plot(simout(:,1), simout(:,2))
title('current is(t)')
ylabel('is(t) in A')
grid
subplot(4,1,2)
plot(simout(:,1), simout(:,3))
title('current i1(t)')
ylabel('i1(t) in A')
grid
subplot(4,1,3)
plot(simout(:,1), simout(:,4))
title('current i2(t)')
ylabel('i2(t) in A')
grid
```

```
subplot(4,1,4)
plot(simout(:,1), simout(:,5))
title('Voltage u(t)')
ylabel('u(t) in V')
grid
xlabel('Time in sec')
% ------------------------------------
```

مثال(3)



$$R_3 = R_2 = 4\,\Omega\,,\ R_1 = 8\,\Omega\,,\quad L_2 = L_3 = 9.5\ \text{mH}\,,\ L_1 = 31.5\ \text{mH}$$

$$C_1 = 159\ \mu F\,,\quad C_2 = 100\ \mu F,\ C_3 = \infty\ \mu F$$

$$f = 50\ \text{Hz}\,, \omega_e = 2\pi f\,,\ \text{u} = \text{U}\sin(\omega_e t),\ U = 70\,V$$

المطلوب:

1) استنتاج النموذج الرياضي للدارة واللازم لحساب التيارات $i\ ,\ i_1\,,\ i_2,\ i_3$
2) وضع مخطط المحاكاة اللازم لحساب قيم التيارات $i\ ,\ i_1\,,\ i_2,\ i_3$ والتوتر u باستخدام بيئة *Matlab/Simulink*
3) كتابة ملف قراءة المعطيات وإظهار النتائج.

الحل:

1) **استنتاج النموذج الرياضي:** لدينا $\text{u} = \text{u}_1 = \text{u}_2 = \text{u}_3$

طريقة أولى:

معادلة التيار في الفرع الأول (معادلة التيار i_1)

$$u = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C_1}\int i_1 dt \ \rightarrow\ i_1 = \frac{1}{L_1}\int \left(u - R_1 i_1 - \frac{1}{C_1}\int i_1 dt\right) dt$$

معادلة التيار في الفرع الثاني (معادلة التيار i_2)

$$u = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{C_2}\int i_2 dt \ \rightarrow\ i_2 = \frac{1}{L_2}\int \left(u - R_2 i_2 - \frac{1}{C_2}\int i_2 dt\right) dt$$

معادلة التيار في الفرع الثالث (معادلة التيار i_3)

$$u = R_3 i_3 + L_3 \frac{di_3}{dt} \rightarrow i_3 = \frac{1}{L_3} \int (u - R_3 i_3)\, dt$$

معادلة التيار الكلي (معادلة التيار i)

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

طريقة ثانية:

استنتاج معادلة التيار الكلي في الفرعين الثاني والثالث (معادلة التيار i_{23})

ايجاد الممانعة المكافئة للفرعين الثاني والثالث:

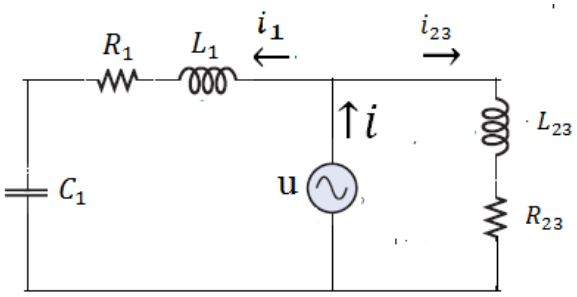
$$Z_2 = R_2 + j\left(L_2\omega_e - \frac{1}{\omega_e * C_2}\right) = 4 - j28.86$$

$$Z_3 = R_3 + j(L_3\omega_e) = 4 + j2.98$$

$$Z_{23} = \frac{Z_2 * Z_3}{Z_2 + Z_3} = R_{23} + jL_{23}\omega_e = 4.76 + j2.47$$

ذو طبيعة تحريضية:

$$u = R_{23} i_{23} + L_{23} \frac{di_{23}}{dt} \rightarrow i_{23} = \frac{1}{L_{23}} \int (u - R_{23} i_{23}) dt$$



معادلة التيار الكلي (معادلة التيار i)

$$Z_1 = R_1 + j\left(L_1\omega_e - \frac{1}{\omega_e * C_1}\right) = 8 - j10.14$$

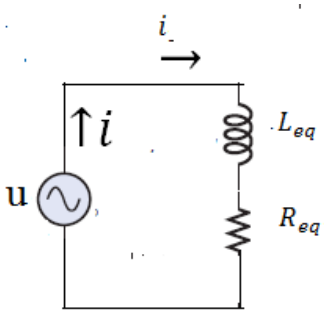
$$Z_{23} = R_{23} + jL_{23}\omega_e = 4.76 + j2.47$$

$$Z_{eq} = \frac{Z_1 * Z_{23}}{Z_1 + Z_{23}} = 4.62 + j0.54 = R_{eq} + jL_{eq}\omega_e$$

ذو طبيعة تحريضية:

$$u = R_{eq} i + L_{eq} \frac{di}{dt} \rightarrow$$

$$\boldsymbol{i = \frac{1}{L_{eq}} \int (u - R_{eq} i) dt \ \ or \ \ i = \int \left(\frac{u}{L_{eq}} - \frac{R_{eq}}{L_{eq}} i \right) dt}$$



معادلة التيار في الفرع الأول (معادلة التيار i_1)

$$u = R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + \frac{1}{C_1} \int i_1 dt \rightarrow$$

$$\boldsymbol{i_1 = \frac{1}{L_1} \int \left(u - R_1 i_1 - \frac{1}{C_1} \int i_1 dt \right) dt \ \ or \ \ i_1 = \int \left(\frac{u}{L_1} - \frac{R_1}{L_1} i_1 - \frac{1}{L_1 C_1} \int i_1 dt \right) dt}$$

معادلة التيار في الفرع الثاني (معادلة التيار i_2)

$$u = R_2 i_2 + L_2 \frac{di_2}{dt} + \frac{1}{C_2} \int i_2 dt \rightarrow$$

$$\boldsymbol{i_2 = \frac{1}{L_2} \int \left(u - R_2 i_2 - \frac{1}{C_2} \int i_2 dt \right) dt \quad or \quad i_2 = \int \left(\frac{u}{L_2} - \frac{R_2}{L_2} i_2 - \frac{1}{L_2 C_2} \int i_2 dt \right) dt}$$

معادلة التيار في الفرع الثالث (معادلة التيار i_3)

$$u = R_3 i_3 + L_3 \frac{di_3}{dt} \rightarrow$$

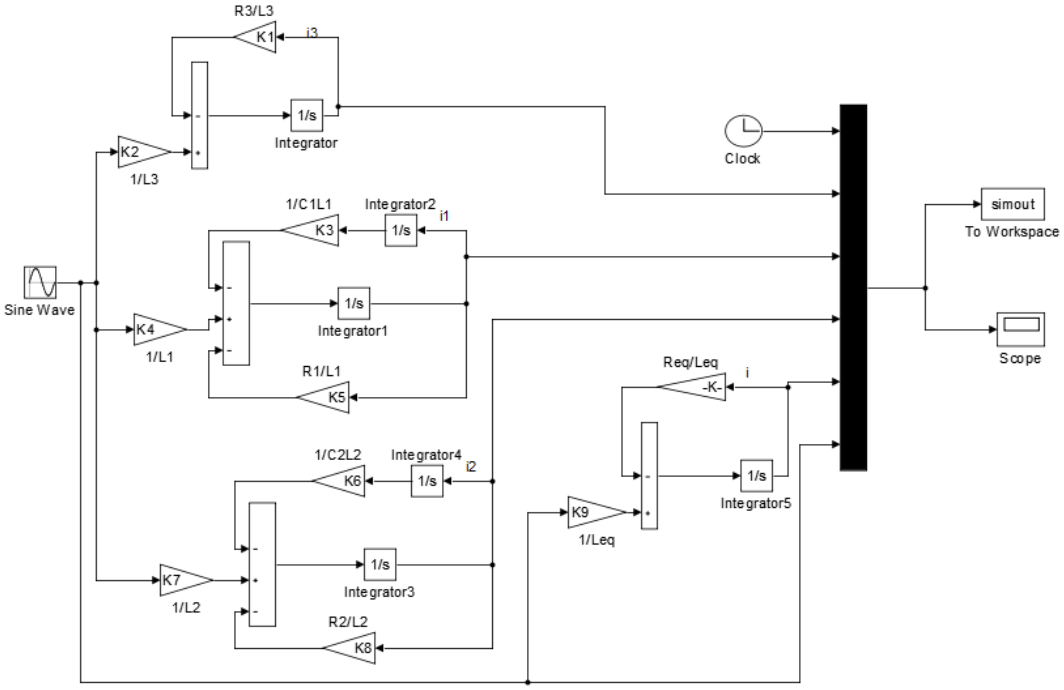
$$\boldsymbol{i_3 = \frac{1}{L_3} \int (u - R_3 i_3) \, dt \quad or \quad i_3 = \int \left(\frac{u}{L_3} - \frac{R_3}{L_3} i_3 \right) dt}$$

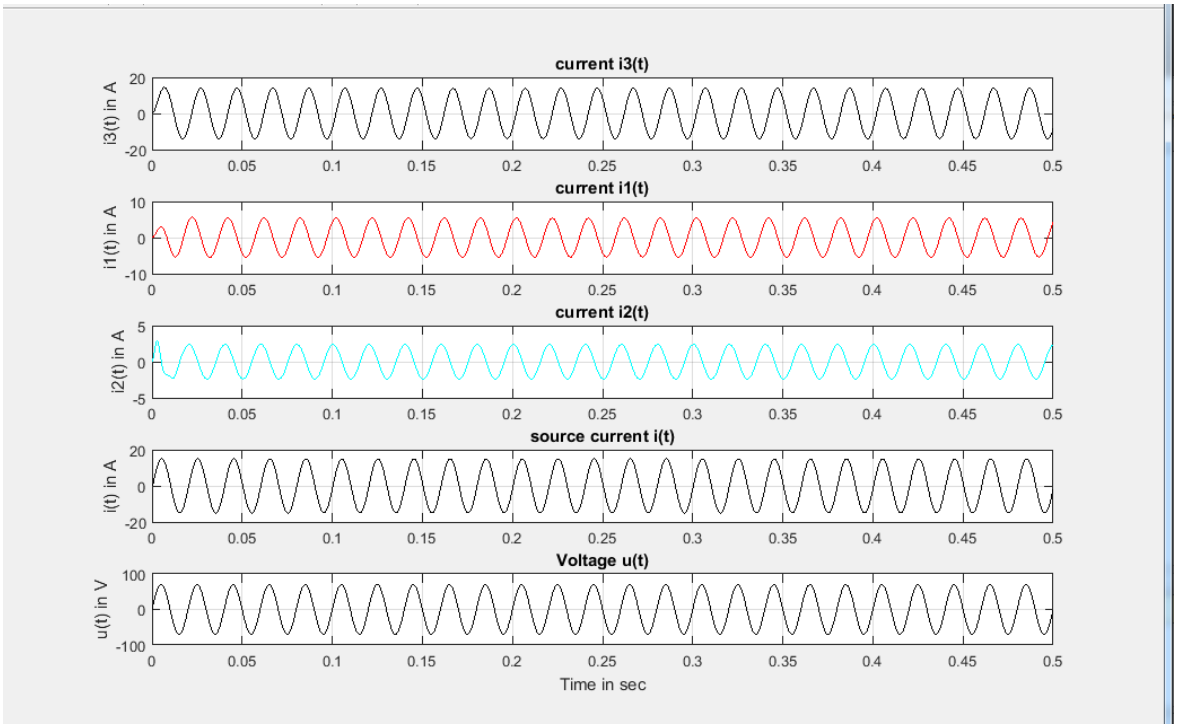
---

2) وضع مخطط المحاكاة اللازم لحساب قيم التيارات i_3 ، i_2 ، i_1 ، i والتوتر u باستخدام بيئة *Matlab/Simulink*

الطريقة الثانية:

```
%M_File to simulation RLC//(RLC//LR)
R1=8; R2=4; R3=4;
L1=31.5e-3; L2=9.5e-3;  L3=9.5e-3;
C1=159e-6;C2=100e-6; C3=inf;
f=50; w=2*pi*f; Vac=70;
X1=w*L1-1/(w*C1) ; X2=w*L2-1/(w*C2); X3=w*L3-1/(w*C3);
Z1=R1+X1*i; Z2=R2+X2*i ; Z3=R3+X3*i;
Z23=Z2*Z3/(Z2+Z3); R23=real(Z23); X23=imag(Z23); L23=X23/w;
Zeq=Z1*Z23/(Z1+Z23);Req=real(Zeq); Xeq=imag(Zeq); Leq=Xeq/w;
K1=R3/L3; K2=1/L3; K3=1/(C1*L1); K4=1/L1; K5=R1/L1;
K6=1/(L2*C2); K7=1/L2; K8=R2/L2; K9=1/Leq; K10=Req/Leq;
vCo=0; iLo=0; tstop=0.5;

disp('run simulation, type "return" when ready to return')
keyboard

subplot(5,1,1)
plot(simout(:,1), simout(:,2),'k')
title('current i3(t)')
ylabel('i3(t) in A')
grid

subplot(5,1,2)
plot(simout(:,1), simout(:,3),'r')
title('current i1(t)')
ylabel('i1(t) in A')
grid

subplot(5,1,3)
plot(simout(:,1), simout(:,4),'c')
title('current i2(t)')
ylabel('i2(t) in A')
grid

subplot(5,1,4)
plot(simout(:,1), simout(:,5),'k')
title('source current i(t)')
ylabel('i(t) in A')
grid

subplot(5,1,5)
plot(simout(:,1), simout(:,6),'k')
title('Voltage u(t)')
ylabel('u(t) in V')
xlabel('Time in sec')
grid
```


R3/L3
K1
i3
1/s
Integrator
K2
1/L3
Clock
simout
To Workspace
1/C1L1
Integrator2
i1
K3
1/s
Sine Wave
1/s
Integrator1
K4
1/L1
Scope
R1/L1
K5
Req/Leq
-K-
i
1/C2L2
Integrator4
i2
K6
1/s
1/s
Integrator5
K9
1/Leq
K7
1/L2
1/s
Integrator3
R2/L2
K8


current i3(t)
i3(t) in A
current i1(t)
i1(t) in A
current i2(t)
i2(t) in A
source current i(t)
i(t) in A
Voltage u(t)
u(t) in V
Time in sec