المحاضرة : السابعة — د. توفيق أبوشديد

نمذجة الدارات الكهربائية ومحاكاتها باستخدام برنامج Matlab\Simulink

مثال(1): ليكن لدينا المعادلتين التاليتين:

$$y_1 = w\int y_2 dt \ , \qquad y_2 = -w\int y_1 dt$$

حيث $w = 377\ rad/s$ والمطلوب:

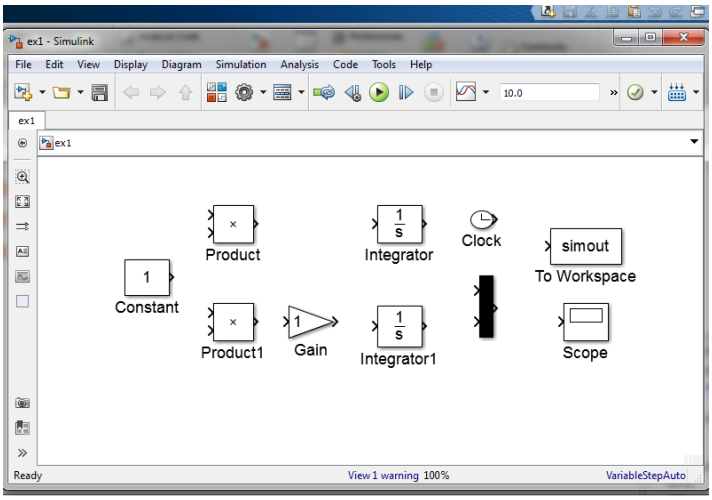
وضع المخطط الصندوقي اللازم لنمذجة المعادلتين السابقتين وكتابة ملف إخراج النتائج.

الحل:

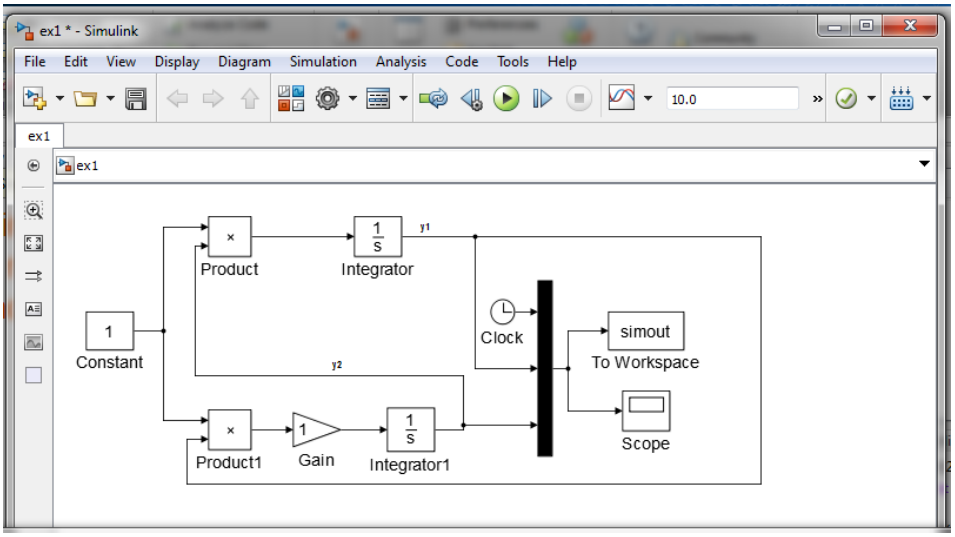
نستنهض برنامج الماتلاب ومن ثم الأداة Simulink إما بالضغط على الأيقونة الموجودة في شريط الأدوات أعلى نافذة الأوامر، أو من خلال كتابة Simulink ضمن نافذة الأوامر والضغط على enter ستظهر عندها نافذة مستعرض مكتبات الـ Simulink (Simulink Library Browser)

ننشئ مشروع جديد New ونضيف إليه العناصر التالية:

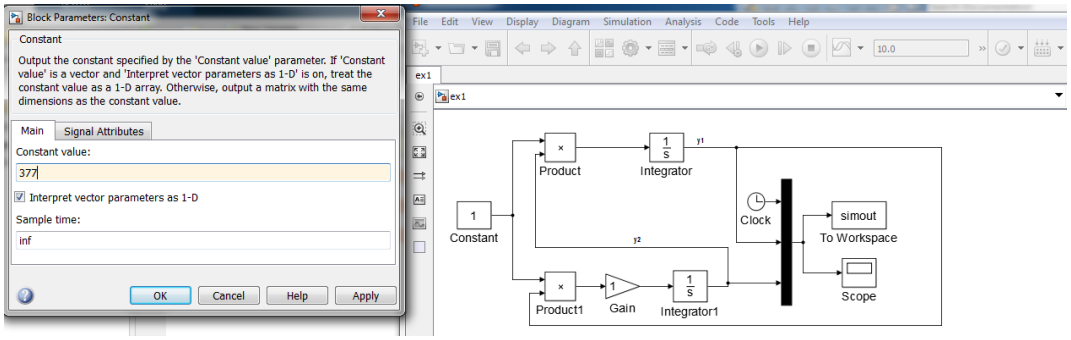
Simulink> Continuous> Integrator
Simulink> Math Operations> Gain
Simulink> Math Operations> Product
Simulink> Sources> Constant
Simulink> Sources> Clock
Simulink> Signal Routing> Mux
Simulink> Sinks> To Workspace
Simulink> Sinks > Scope



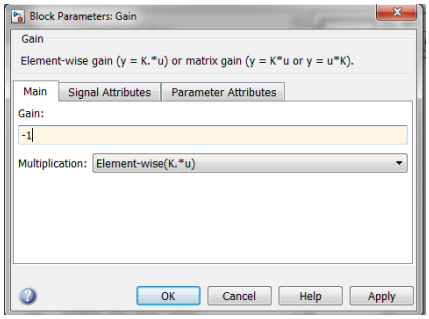
يتم توصيل العناصر ببعضها كما هو موضح في الشكل التالي:

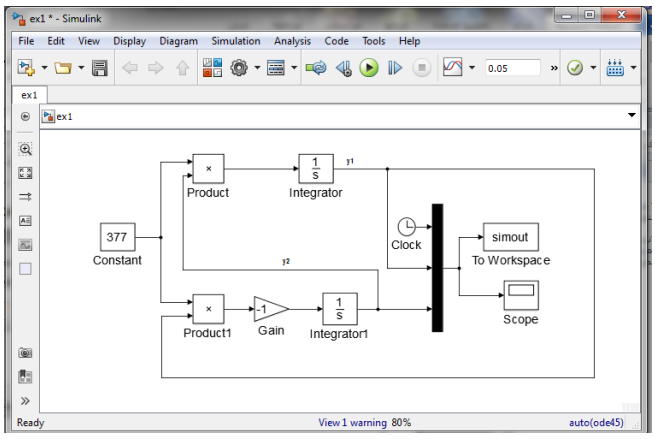


نضغط ضمن عنصر Constant ضغطاً مزدوجاً ونغير قيمة الثابت إلى 377:

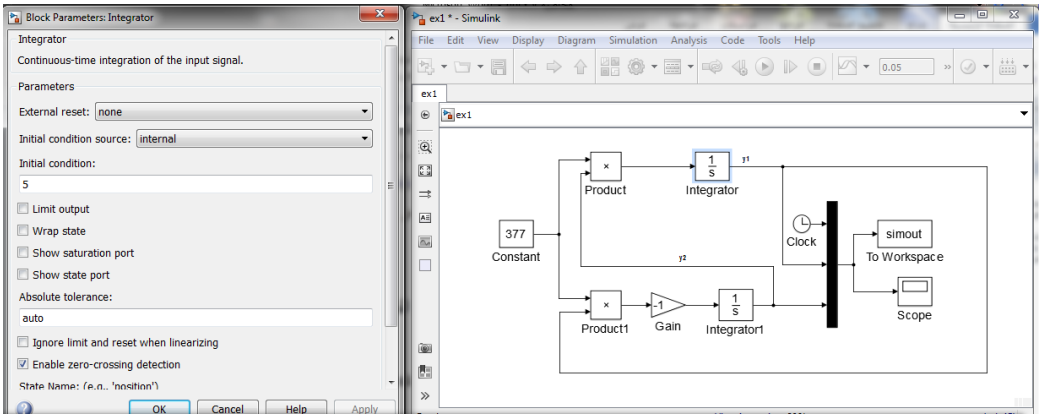


كذلك نضغط ضمن عنصر Gain ضغطاً مزدوجاً ونغير القيمة إلى 1-:





قبل البدء بالمحاكاة نضغط بشكل مزدوج على عنصر التكامل Integrator للإشارة الأولى ونضبط الشرط الابتدائي Initial condition إلى 5 ثم نضغط OK

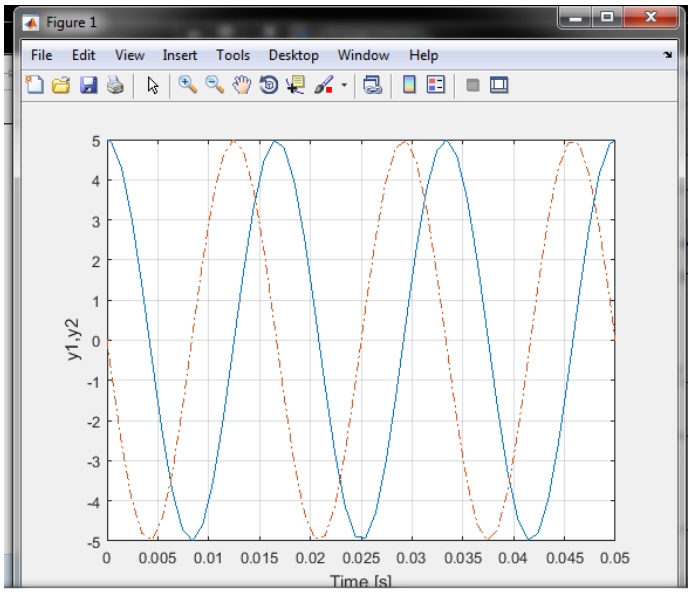


نعدل زمن المحاكاة من القيمة الافتراضية 10 s إلى القيمة 0.05 s وذلك ضمن الخانة Simulation stop time الموجودة أعلى نافذة المخطط.

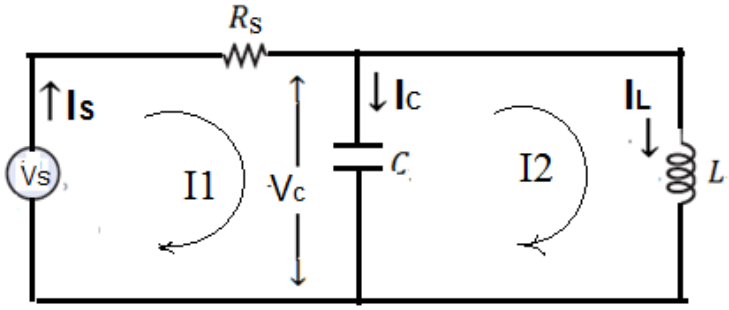
نكتب ملف إظهار النتائج ونحفظه ضمن مسار عمل البرنامج:

```
% Matlab M-file for
%plot the simulation results
plot(simout(:,1),simout(:,2),'-',simout(:,1),simout(:,3),'-.')
xlabel('Time [s]')
ylabel('y1,y2')
grid
```

للبدء بالمحاكاة نضغط على زر الإجراء Start Simulation الموجود أعلى النافذة، وبعد انتهاء المحاكاة نشغل ملف إظهار النتائج



مثال(2): لتكن الدارة المكونة من العناصر R,L,C



$$R_s = 50\ \Omega\ ,\quad L_3 = 0.1\ \text{H}\ ,\text{C} = 1000\ \mu\text{F}$$
$$f = 50\ \text{Hz}\ ,\omega_e = 2\pi f\ ,\quad \text{V}_S = 100\ \text{V}$$

المطلوب:

وضع المخطط اللازم لمحاكاة الدارة وحساب وإظهار التيار المار في الملف، التوتر على طرفي المكثف، وتيار المنبع.

كتابة ملف إدخال المعطيات وإخراج النتائج.

الحل:

استنتاج المعادلة التفاضلية للدارة:

$$-V_S + i_s R_s + V_C = 0 \quad \Longrightarrow i_s = \frac{V_S - V_C}{R_s} \ldots (1)$$

$$V_L = L\frac{di_L}{dt} \ldots (2)$$

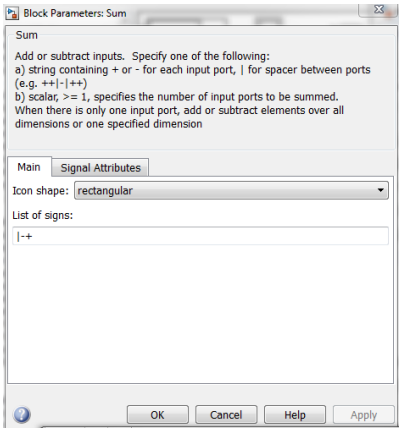
$$V_C = \frac{1}{C}\int i_C dt \ldots (3)$$

من المعادلات الثلاث السابقة يتم رسم مخطط المحاكاة، يتم تمثيل المنبع بتابع خطوة Step.

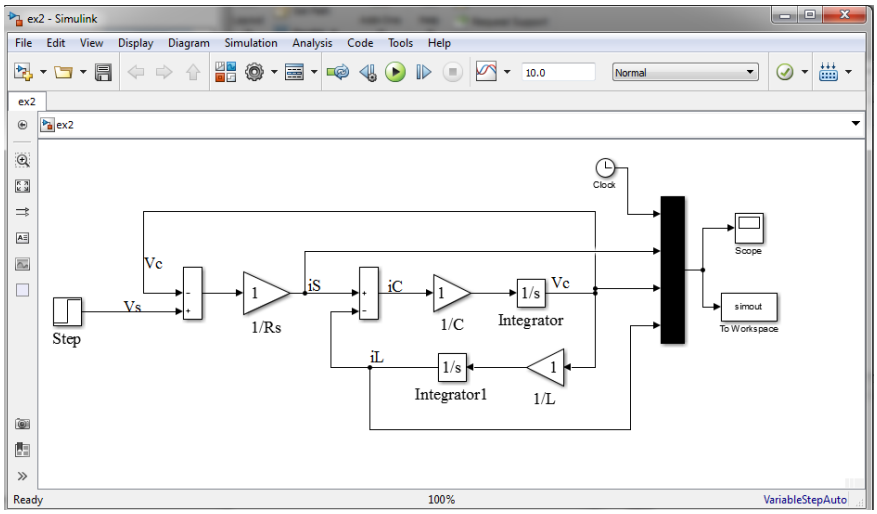
ننشئ مشروع جديد New ونضيف إليه العناصر التالية:

Simulink> Continuous> Integrator
Simulink> Continuous> Integrator1
Simulink> Math Operations> Gain
Simulink> Math Operations> Gain1
Simulink> Math Operations> Gain2
Simulink> Math Operations> Sum
Simulink> Math Operations> Sum1
Simulink> Sources> Step
Simulink> Sources> Clock
Simulink> Signal Routing> Mux
Simulink> Sinks> To Workspace
Simulink> Sinks > Scope

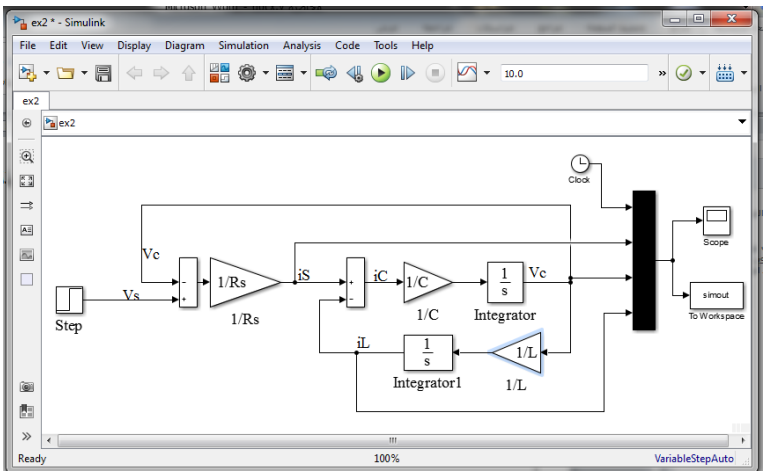
بالنسبة للعنصر Sum الشكل الافتراضي له هو الشكل الدائري بإشارات دخل افتراضية(++) ، نضغط عليه بشكل مزدوج ونغير شكله إلى الشكل المستطيل Rectangular ونبدل إشارات المدخلات إلى (+−):



نصل العناصر ونقوم بإعادة تسميتها (بتحديد اسم العنصر الافتراضي بزر الماوس الأيسر وكتابة الاسم المطلوب) كما هو مبين في الشكل التالي:

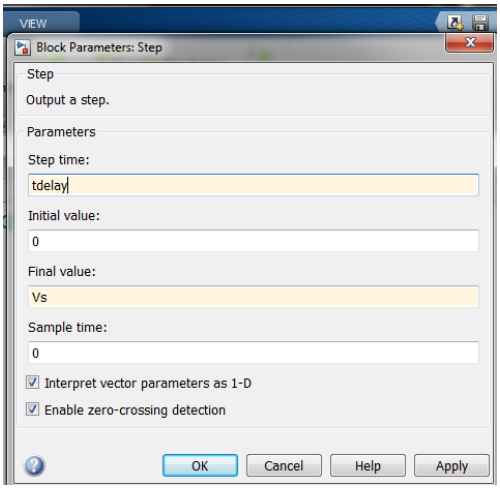


نغير قيمة عناصر الـ Gain الأول إلى $1/R_S$ والثاني إلى 1/C والثالث إلى 1/L وذلك بالضغط المزدوج على هذه العناصر:



نضغط بشكل مزدوج على العنصر Step ونضبط القيم التالية:

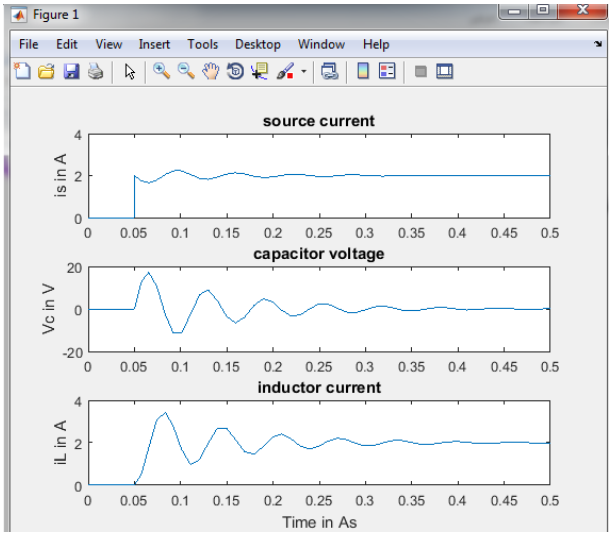
Step time=tdelay
Final value=Vs



ملف إدخال المعطيات وإخراج النتائج:

```
%M-file for R L C circuit simulation
Rs=50;
L=0.1;
C=1000e-6;
Vs=100;
tdelay=0.05;
tstop=0.5;
keyboard
subplot(3,1,1)
plot(simout(:,1),simout(:,2))
title('source current')
ylabel('is in A')
subplot(3,1,2)
plot(simout(:,1),simout(:,3))
title('capacitor voltage')
ylabel('Vc in V')
subplot(3,1,3)
plot(simout(:,1),simout(:,4))
title('inductor current')
ylabel('iL in A')
xlabel('Time in As')
```

نتائج المحاكاة:



- **النمذجة والمحاكاة لدارة تفرعية RLC**

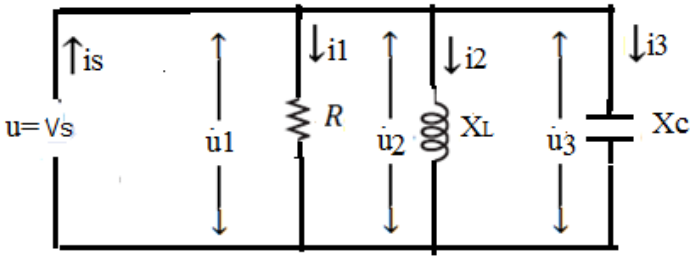
مثال(3): ليكن لدينا الدارة الكهربائية التالية:

والمطلوب:

استنتاج النموذج الرياضي للدارة، ورسم المخطط الصندوقي،

حساب وإظهار تيارات الدارة،

كتابة ملف إدخال المعطيات وإخراج النتائج.



$$R_1 = 60\ \Omega\,,\quad X_L = 30\ \Omega\ ,X_C = 40\ \Omega$$

$$f = 50\ \text{Hz}\,,\omega_e = 2\pi f\,,\ \ \text{u}_{eff} = \frac{120}{\sqrt{2}}\ \text{V}$$

الحل:

استنتاج معادلة التيار الكلي (معادلة التيار i_s)

ايجاد الممانعة المكافئة للدارة:

$$Z_1 = R_1 = 60$$
$$Z_2 = R_2 + jX_L = j30$$
$$Z_3 = R_3 - jX_C = -j40$$
$$Z_{23} = \frac{Z_2 * Z_3}{Z_2 + Z_3} = j120$$

$$Z_{eq} = \frac{Z_{23} * Z_1}{Z_{23} + Z_1} = 48 + j24$$

المفاعلة المكافئة ذات طبيعة تحريضية، لذلك علاقة التيار الكلي تكتب بالشكل:

$$u = R_{eq} i_s + L_{eq} \frac{di_s}{dt} \rightarrow i_s = \frac{1}{L_{eq}} \int (u - R_{eq} i_s) dt \ldots (1)$$

استنتاج تيارات الفروع:

بما أن $u = u_1 = u_2 = u_3$

الفرع الأول:

$$u_1 = R_1 i_1 \ \rightarrow \ i_1 = \frac{u_1}{R_1} = \frac{u}{R_1} \quad \ldots (2)$$

الفرع الثاني:

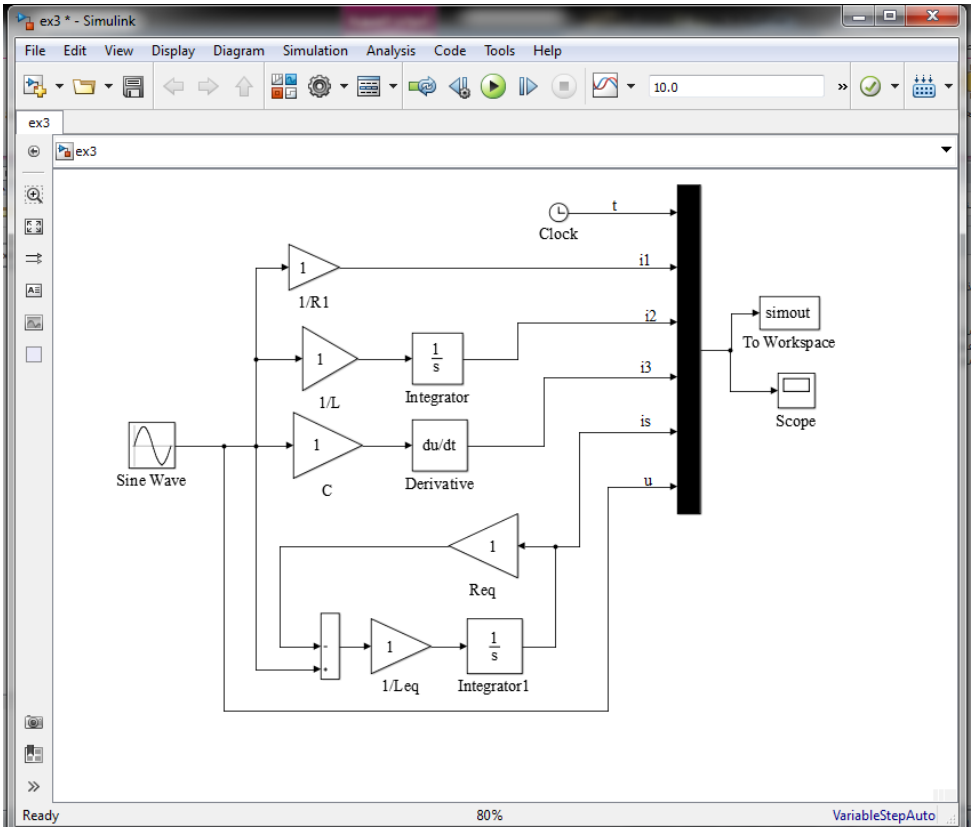
$$u_2 = \mathrm{L} \frac{di_2}{dt} \ \rightarrow \ i_2 = \frac{1}{\mathrm{L}} \int u_2 dt = \frac{1}{\mathrm{L}} \int u dt \quad \ldots (3)$$

الفرع الثالث:

$$u_3 = \frac{1}{C} \int i_3 dt \ \rightarrow \ i_3 = \mathrm{C} \frac{du_3}{dt} = \mathrm{C} \frac{du}{dt} \quad \ldots (4)$$

اعتماداً على العلاقات من (1) حتى (4) نقوم برسم المخطط الصندوقي:

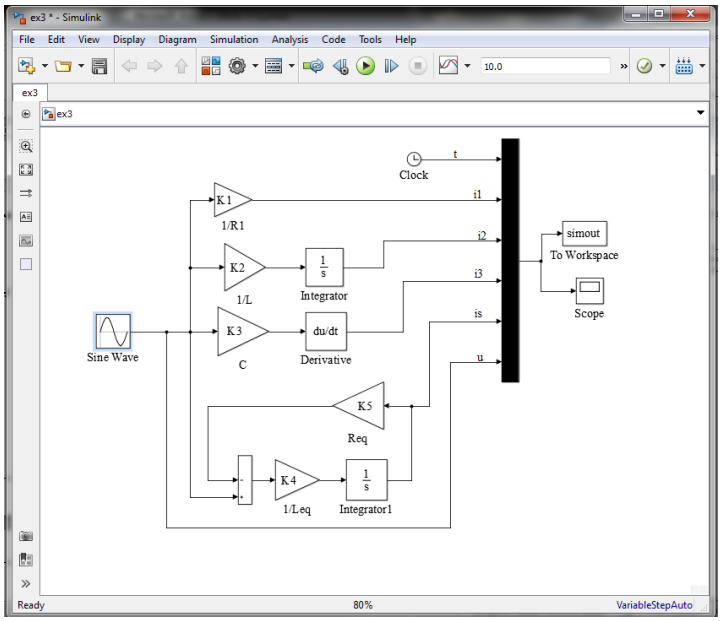
Simulink> Continuous> Integrator
Simulink> Continuous> Integrator1
Simulink> Continuous> Derivative
Simulink> Math Operations> Gain
Simulink> Math Operations> Gain1
Simulink> Math Operations> Gain2
Simulink> Math Operations> Gain3
Simulink> Math Operations> Gain4
Simulink> Math Operations> Sum
Simulink> Sources> Sine Wave
Simulink> Sources> Clock
Simulink> Signal Routing> Mux
Simulink> Sinks> To Workspace
Simulink> Sinks > Scope



نضغط بشكل مزدوج على عنصر الـGain ونبدل قيمته الافتراضية إلى (K1)، نكرر العملية من أجل الـGain1 ونعطيه(K2)، الـGain2 ونعطيه(K3)، الـGain3 ونعطيه(K4)، الـGain4 ونعطيه(K5).

أما جهد التغذية، سنعبر عنه بمنبع جيبي sine wave

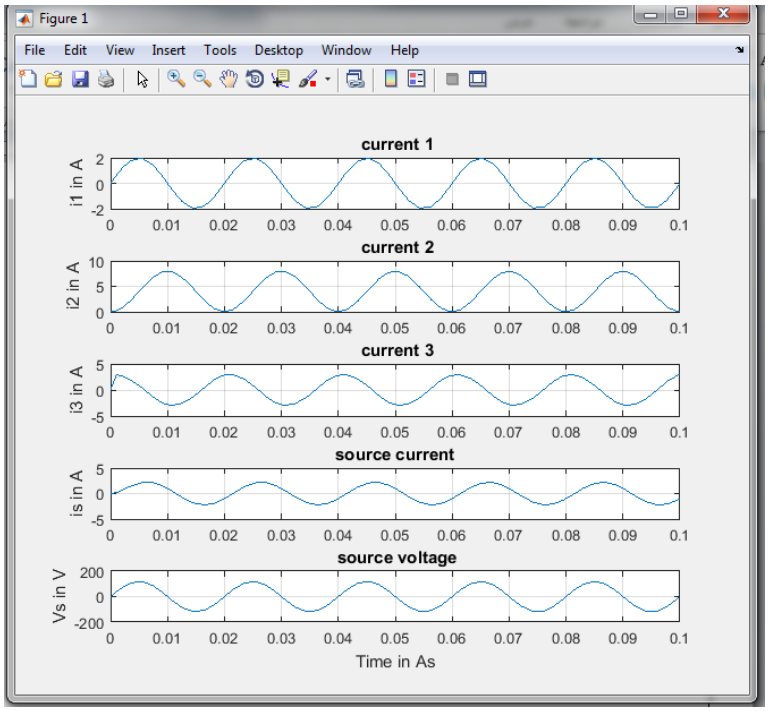
نضغط عليه بزر الماوس الأيسر ونعدل قيم الطويلة amplitude إلى Vs، والتردد $frequency = 2\pi f = w\ rad/s$.



كتابة ملف إدخال المعطيات وإخراج النتائج:

```
%M-file for parallel RLC circuit simulation
f=50; w=2*pi*f;
R1=60; X1=0;
R2=0; XL=30; L=XL/w;
R3=0; XC=40; C=1/(XC*w);
Z1=R1+X1*i;
Z2=R2+XL*i;
Z3=R3-XC*i;
Z12=Z1*Z2/(Z1+Z2);
Zeq=Z12*Z3/(Z12+Z3);
Req=real(Zeq) ;
Xeq=imag(Zeq);
Leq=Xeq/w;
K1=1/R1; K2=1/L; K3=C; K4=1/Leq; K5=Req;
Vs=120;
tstop=0.1;
keyboard
subplot(5,1,1)
plot(simout(:,1),simout(:,2))
title(' current 1')
ylabel('i1 in A')
grid
subplot(5,1,2)
plot(simout(:,1),simout(:,3))
title(' current 2')
ylabel('i2 in A')
grid
subplot(5,1,3)
plot(simout(:,1),simout(:,4))
title(' current 3')
ylabel('i3 in A')
grid
subplot(5,1,4)
plot(simout(:,1),simout(:,5))
title('source current')
ylabel('is in A')
grid
subplot(5,1,5)
plot(simout(:,1),simout(:,6))
title(' source voltage')
ylabel('Vs in V')
xlabel('Time in As')
grid
```

نتائج المحاكاة:



لحساب زوايا الطور:

نضيف التعليمات الخاصة بحساب فرق الطور في نهاية ملف الدخل:

```
phiu_deg=0
phi1_deg=phiu_deg-(atan(imag(Z1)/real(Z1)))*180/pi
phi2_deg=phiu_deg-(atan(imag(Z2)/real(Z2)))*180/pi
phi3_deg=phiu_deg-(atan(imag(Z3)/real(Z3)))*180/pi
phieq_deg=0-(atan(imag(Zeq)/real(Zeq)))*180/pi
```