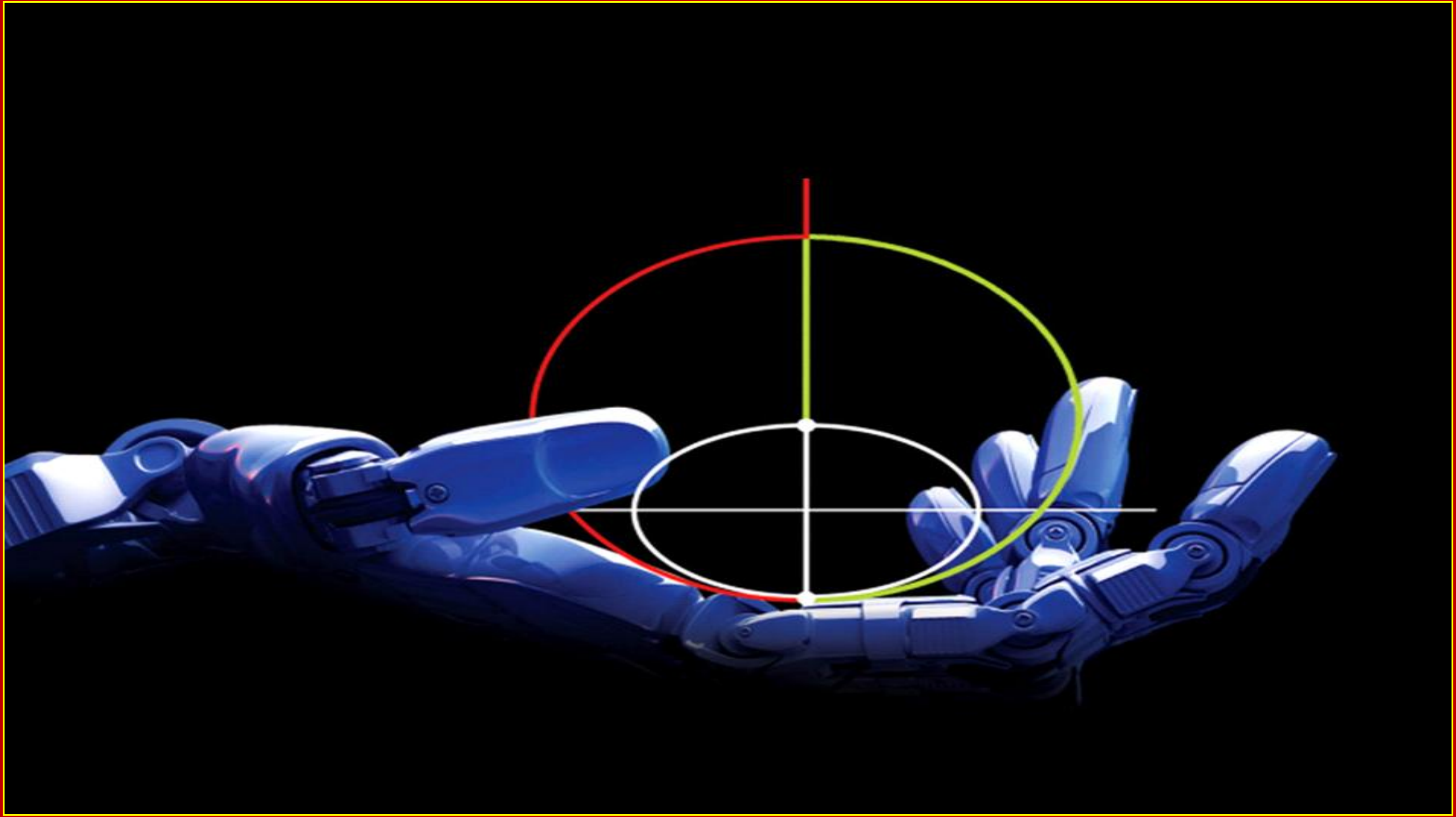
جَامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

Introduction to Block Diagram Model



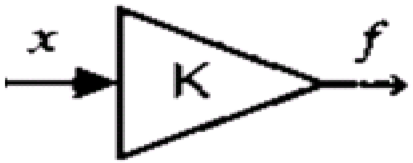
العام الدراسي
2021-2022

د. محمد خير عبد الله محمد

Contents

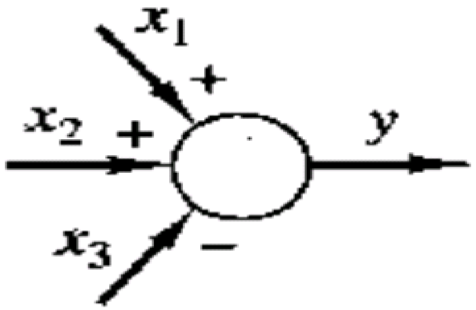
نموذج المخطط الصندوقي (Block Diagram)

Block Diagram: هو عبارة عن ترابط بين البلوكات التي تمثل العمليات الرياضية الأساسية بطريقة يكون المخطط الناتج معادل للنموذج الرياضي للنظام
في هذا المخطط الخطوط الواصلة بين البلوكات تمثل المتغيرات التي تصف سلوك النظام التي يمكن أن تكون مدخلات,مخرجات أو متغيرات أخرى ذات صلة.
البلوكات تمثل عمليات أو وظائف التي تستخدم واحد أو أكثر من المتغيرات لتحسب متغيرات أخرى على سبيل المثال: القوة f الناتجة عن النابض يمكن أن تحسب من إزاحته عن طريق ضرب الإزاحة x بثابت صلابة النابض k وبشكل *Block Diagram* نراها كما يلي:

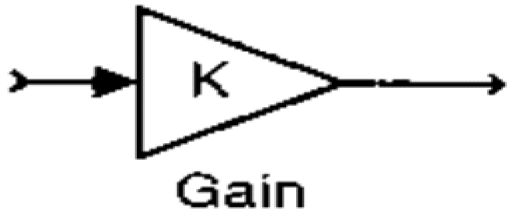


بعض البلوكات وعملها:

المجمع Summer : إضافة وطرح المتغيرات يتمثل ببلوك summer و يكون مرسوم بشكل عام على شكل دائرة تحوي أي عدد من الأسهم المتجهة نحوها (المدخلات) وسهم واحد خارج من الدائرة (الخرج),والسهم الداخل يكون جمع أو طرح بحسب الأشارة المرتبطة به
المتغير الخارج يعرف على أنه مجموع جميع المتغيرات المدخلة مع أخذ الأشارات السالبة والموجبة في الحسبان.
مثال على ذلك:ناتج الجمع y من جمع $x_1+x_2+x_3$ ويمثل ذلك بالشكل التالي:



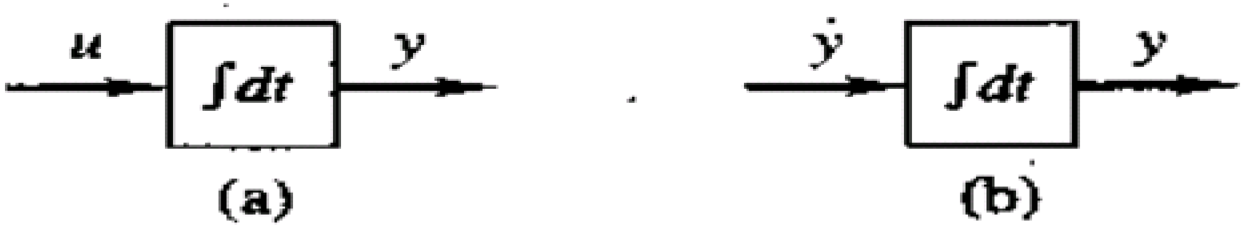
الضرب Gain:وهو يقوم بعملية الضرب لمتغير وحيد بثابت وهذه العملية تمثل بواسطة بلوك Gain, لايوجد أية قيود على القيمة داخل هذا البلوك التي قد تكون موجبة ,صفر أو سالبة ويمثل بالشكل التالي وهو عملية ضرب متغير بالقيمة K :



المكامل Integrator: يجرى التكامل مع أخذ الزمن بعين الاعتبار بواسطة بلوك Integrator كما هو موضح في المثال التالي بالشكل (a) خرج البلوك يعطى بالعلاقة:

$$y'(t)=u(t)$$

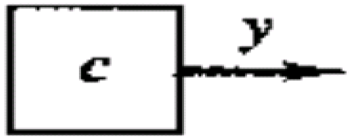
$$y(t)=y(0)+\int_0^t u(t)dt$$



إذا كان الدخل الى البلوك هو مشتق y مع أخذ الزمن بالاعتبار يجب أن يكون الخرج y(t) كما موضح بالشكل (b)

الشرط الأبتدائي y(0) لايظهر عادة بشكل صريح ولكن يجب أن يكون محدداً أو مفروضاً صفر

الثابت **Constant** :بلوك constant في الشكل التالي ليس لديه دخل وخرجه لايتغير أبداً
هو يطبق العلاقة y=c



دمج البلوكات لحل معادلات النمذجة:

سنقوم الآن بدمج البلوكات للحصول على BD الذي يمثل الحل لمعادلة تفاضلية
باعتبار المعادلة التالية هي التي نريد نمذجتها:

$X'=f_a(t)-AX$

حيثA هو ثابت معلوم

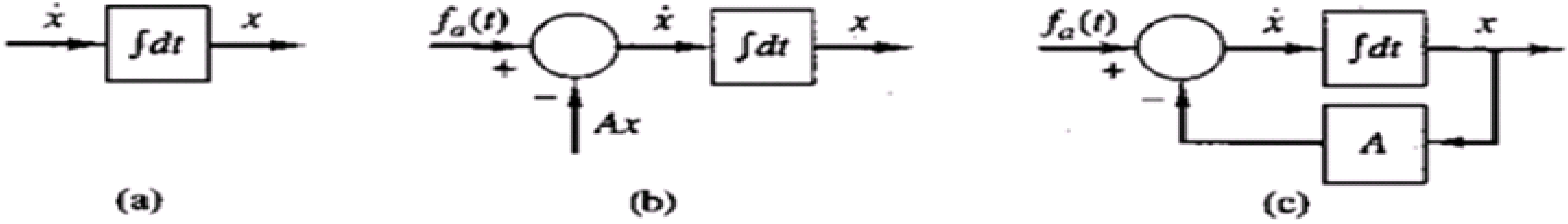
$f_a(t)$ هو دخل معلوم

X هو الخرج

قبل استخدام معادلة النمذجة السابقة يجب أن نستفيد من العلاقة بين X و 'X ليكون للمخطط متغير مجهول واحد نقوم بذلك بجعل 'X هو دخل integrator والذي سيكون خرجه حتماً هو X كما يظهر في الشكل (a)

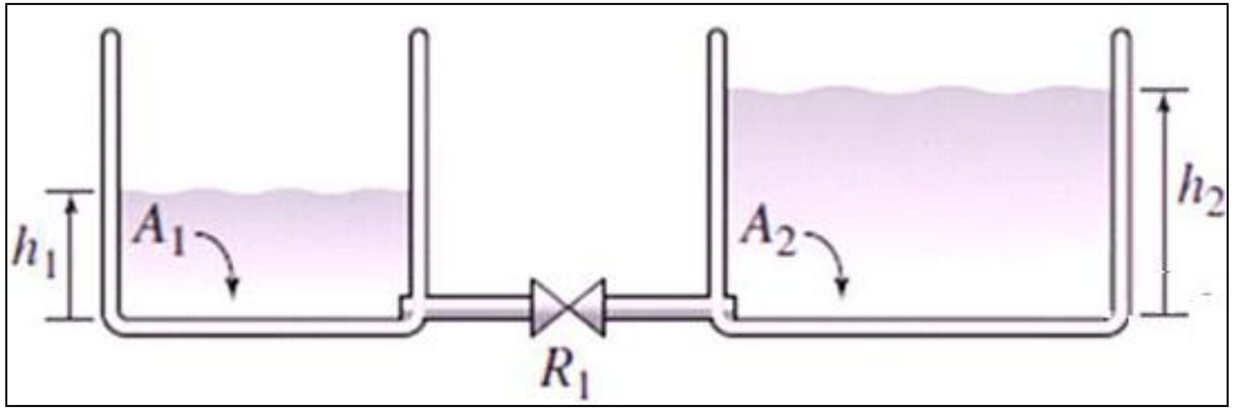
و لأن معادلة'X هي عبارة عن طرح حدين فتظهر كخرج بلوك summer ودخلي هذا البلوك هما $f_a(t)$ وAX كما يظهر في الشكل(b)

في النهاية نكمل المخطط باستخدام بلوك gain لتكوين الاشارة AX كما في الشكل (c)



Application

LIQUID-LEVEL SYSTEM



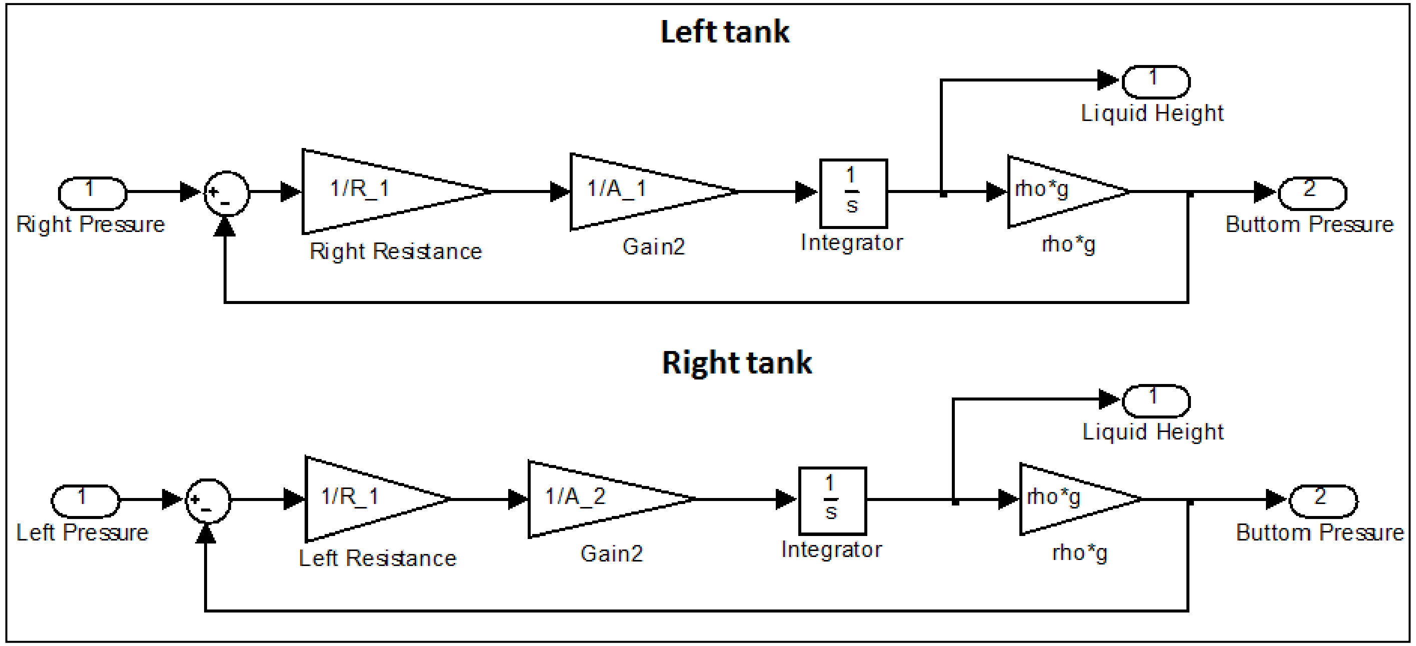
$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = q$$

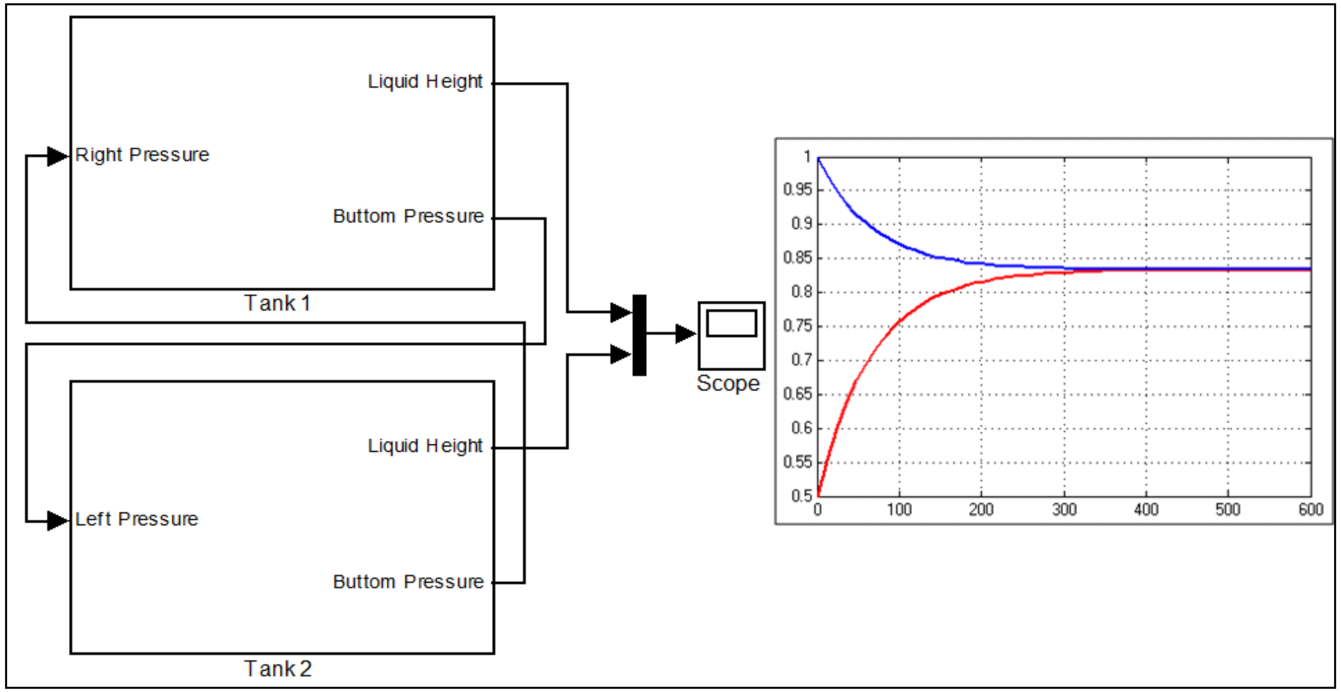
$$\frac{dV}{dt} = A\frac{dh}{dt}$$

$$P_1 - P_2 = R\frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$\frac{dh_1}{dt} = \frac{\rho g h_2 - \rho g h_1}{A_1 R_1}$$

$$\frac{dh_2}{dt} = \frac{\rho g h_1 - \rho g h_2}{A_2 R_1}$$


Left tank
1
Right Pressure
1/R_1
Right Resistance
1/A_1
Gain2
1
s
Integrator
1
Liquid Height
rho*g
rho*g
2
Buttom Pressure
Right tank
1
Left Pressure
1/R_1
Left Resistance
1/A_2
Gain2
1
s
Integrator
1
Liquid Height
rho*g
rho*g
2
Buttom Pressure


Liquid Height
Right Pressure
Buttom Pressure
Tank 1
Liquid Height
Left Pressure
Buttom Pressure
Tank 2
Scope
1
0.95
0.9
0.85
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
0
100
200
300
400
500
600

Application

SIMPLE HARMONIC MOTION

Consider a motion represented by

$$x(t) = A\cos\omega t + B\sin\omega t$$

Such a motion is referred to as simple harmonic motion. Use of the trigonometric identity

$$\sin(\omega t + \phi) = \sin\omega t\cos\phi + \cos\omega t\sin\phi$$

gives

$$x(t) = X\sin(\omega t + \phi)$$

where

$$X = \sqrt{A^2 + B^2}$$

and

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{A}{B}\right)$$

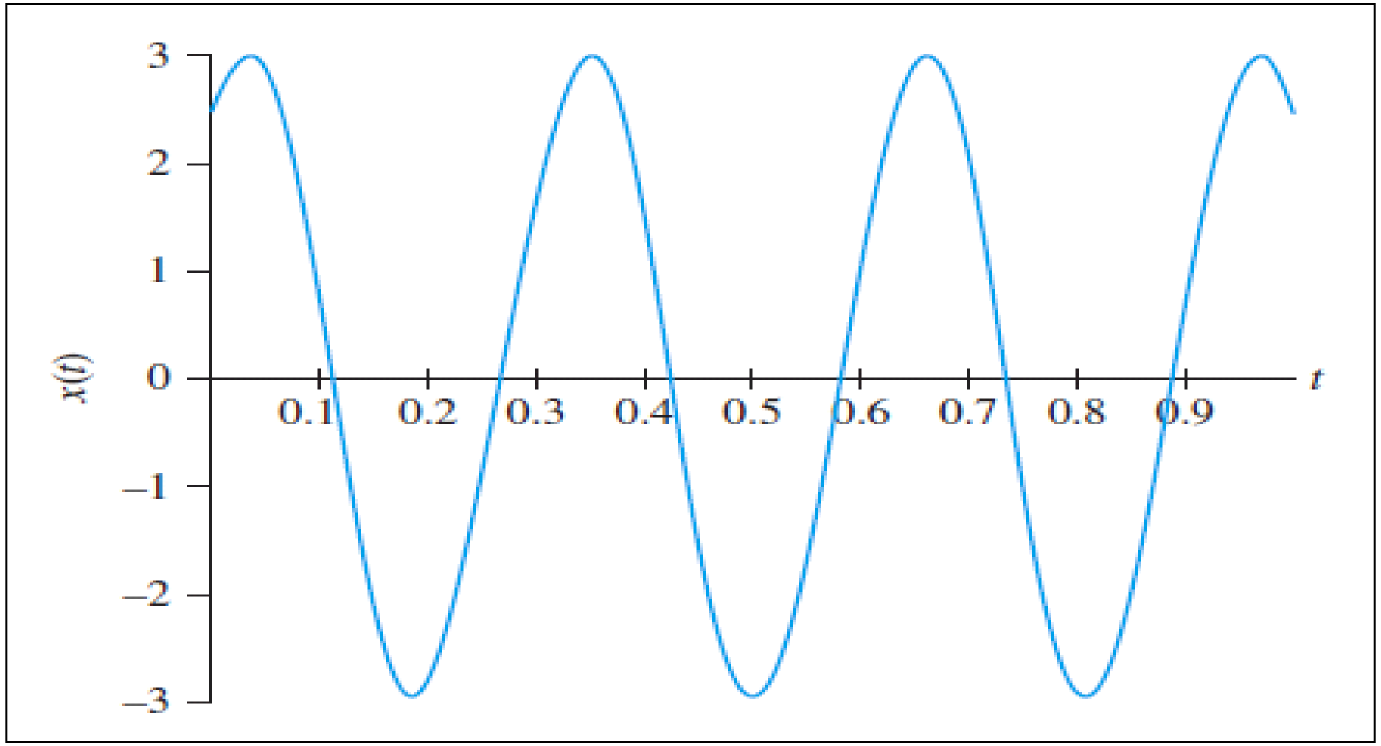
The amplitude, X, is the maximum displacement from equilibrium. The response is cyclic. The period is the time required to execute one cycle, is determined by

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

and is usually measured in seconds (s). The reciprocal of the period is the number of cycles executed in one second and is called the frequency

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

The unit of cycles/second is designated as one hertz (Hz). As the system executes one cycle, the argument of the trigonometric function goes through 2π radians. Thus,



1 cycle $= 2\pi$ radians and the frequency becomes

$$f = \left(\frac{\omega}{2\pi}\ \text{cycle/s}\right)(2\pi\ \text{rad/cycle}) = \omega\ \text{rad/s}$$

Thus, ω is the circular frequency measured in rad/s. The frequency also may be expressed in term of revolutions per minute (rpm) by noting that one revolution is the same as one cycle and there are 60 s in one minute,

$$\omega\ \text{rpm} = (\omega\ \text{rad/s})\left(\frac{1\ \text{rev}}{2\pi\ \text{rad}}\right)\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right)$$

ϕ is the phase angle

Example

The response of a system is given by

$$x(t) = 0.003 \cos(30t) + 0.004 \sin(30t) \text{ m}$$

Determine (a) the amplitude of motion, (b) the period of motion, (c) the frequency in Hz, (d) the frequency in rpm, (e) the phase angle, and (f) the response in the form of Equation $x(t) = X\sin(\omega t + \phi)$

SOLUTION

(a) The amplitude is given by

$$X = \sqrt{0.003^2 + 0.004^2} \text{ m} = 0.005 \text{ m}$$

(b) The period of motion is

$$T = \frac{2\pi}{30} \text{ s} = 0.209 \text{ s}$$

(c) The frequency in hertz is

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.209 \text{ s}} = 4.77 \text{ Hz}$$

(d) The frequency in revolutions per minute is

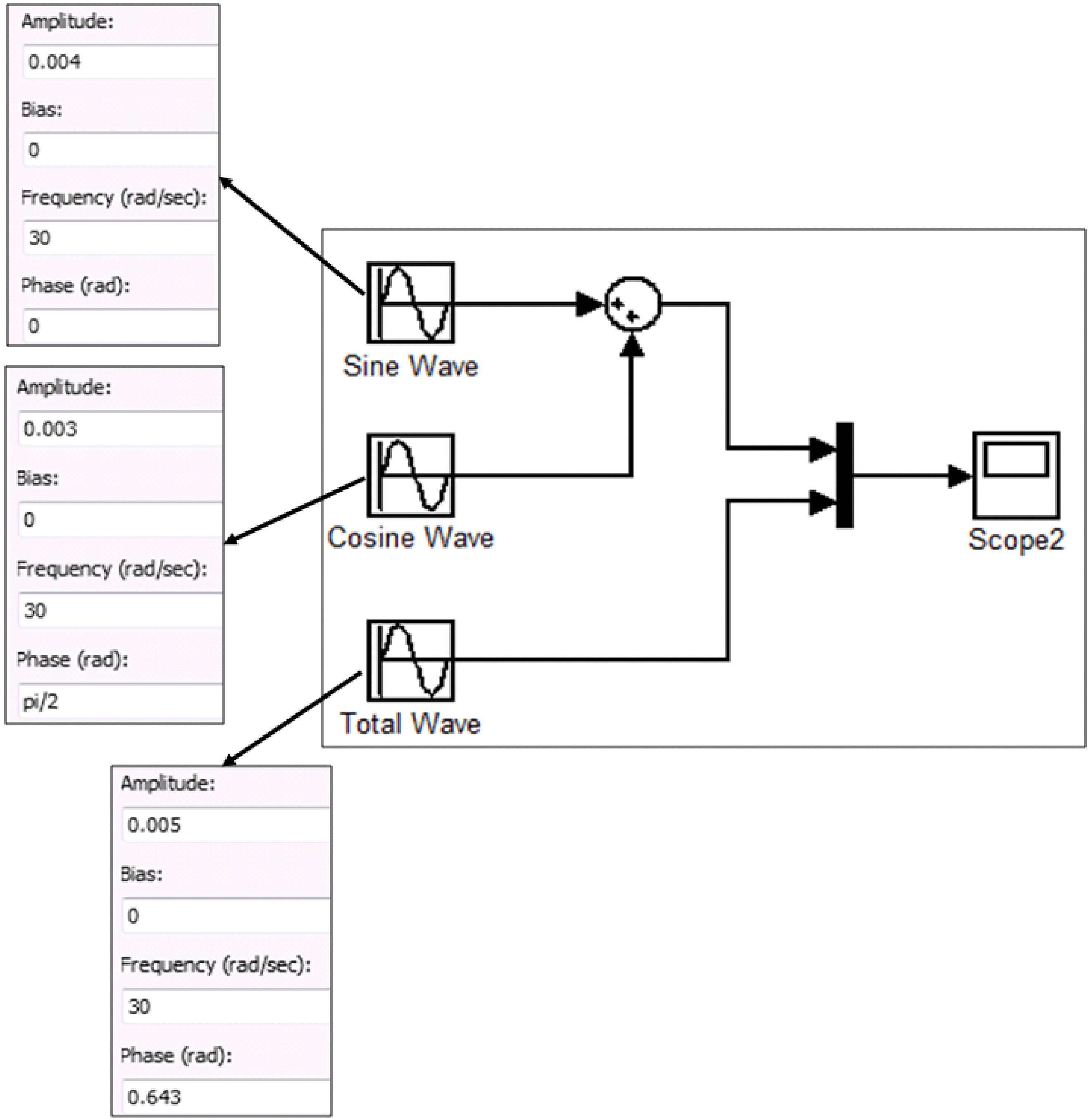
$$\omega = \left(30\,\frac{\text{rad}}{\text{s}}\right)\left(\frac{1\ \text{rev}}{2\pi\ \text{rad}}\right)\left(\frac{60\ \text{s}}{1\ \text{min}}\right) = 286.48\ \text{rpm}$$

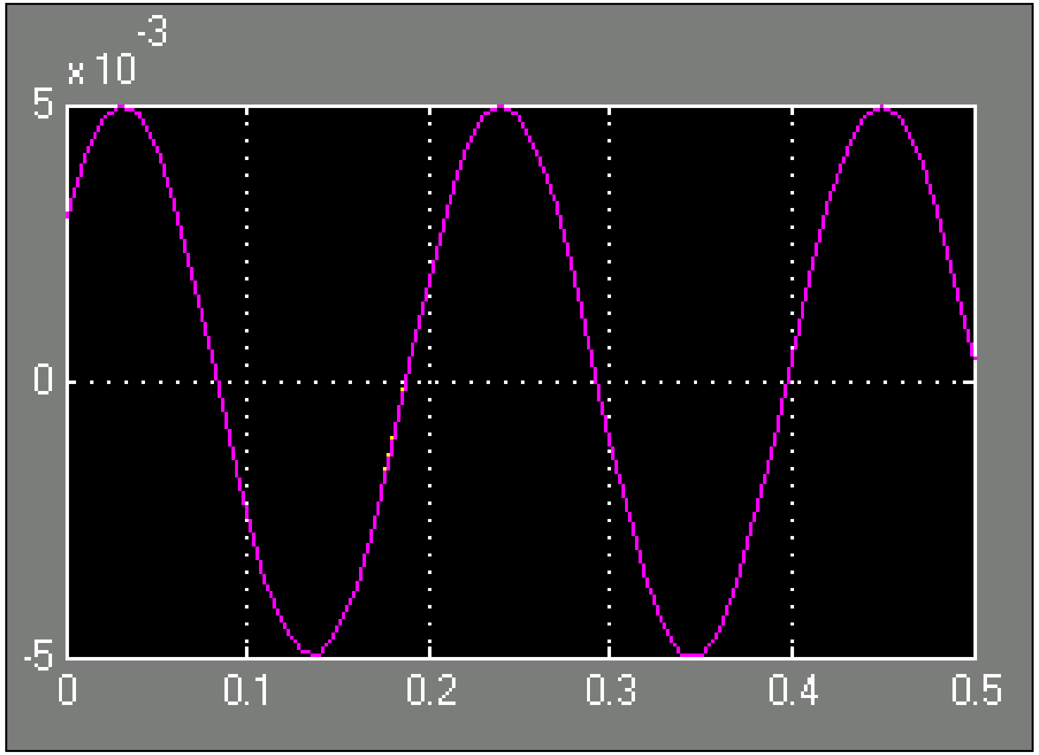
(e) The phase angle is

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{0.003}{0.004}\right) = 0.643\ \text{rad}$$

(f) Written in the form of Equation, the response is

$$x(t) = 0.005\sin(30t + 0.643)\ \text{m}$$


Amplitude:
0.004
Bias:
0
Frequency (rad/sec):
30
Phase (rad):
0
Amplitude:
0.003
Bias:
0
Frequency (rad/sec):
30
Phase (rad):
pi/2
Amplitude:
0.005
Bias:
0
Frequency (rad/sec):
30
Phase (rad):
0.643
Sine Wave
Cosine Wave
Total Wave
Scope2


x 10^-3
5
0
-5
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5

جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY