الباب الأول
التحكم الآلي

تعريف التحكم الآلي : هو دراسة تقوم بتحليل و تركيب وتصميم وتنفيذ النظم المختلفة

تركيب نظام التحكم الآلي : يتكون النظام من مكونات فيزيائية مرتبطة أو منفصلة تقوم بتصحيح نفسها أو نظام أخر

مجالات استخدام التحكم الآلي :

1- التحكم في سرعة المحركات
2- التحكم في درجات الحرارة
3- التحكم في ضغط السوائل
4- التحكم في سريان السوائل
5- التحكم في منسوب السوائل
6- التحكم في درجة الرطوبة
7- التحكم في اللزوجة

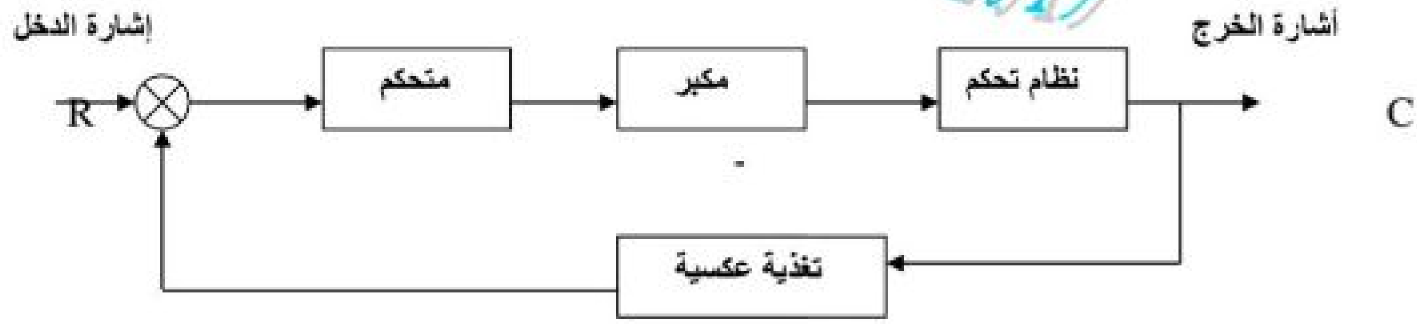
فوائد استخدام أنظمة التحكم الآلي :

1- تحسين أداء الأنظمة
2- تحسين كفاءة ونوعية المنتجات
3- تخفيض تكاليف الإنتاج
4- تكرار المنتجات بنفس الدقة
5- تخفيض المفاقيد في الطاقة و التكاليف
6- تقليل التدخل البشري في الأنظمة

تعريفات :

1- النظام المراد التحكم فيه :

هو أي نظام تحت السيطرة للتحكم في خرجه



2- **المتغير المراد التحكم فيه : -** هو خرج النظام مثل السرعة أو درجة الحرارة

3- **المتغير الذي يتم التحكم فيه : -** هو دخل النظام يتم تغييره للتحكم في الخرج

4- **الاضطراب :** هو إشارة مفاجئة وغير مرغوب فيها تؤثر علي الخرج

5- **التغذية الخلفية :-** هي نسبة من الخرج ترتد إلي الدخل للتحكم في النظام

6- **المتحكم : -** هو عبارة عن وحدة يتم من خلالها التحكم في النظام ويكون دخلة إشارة الفرق بين المستويين وخرجه إشارة التحكم

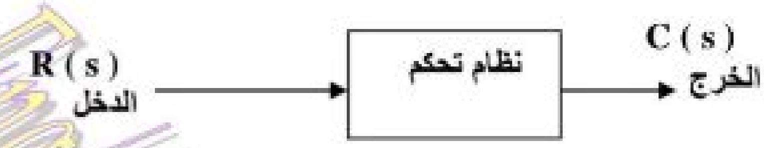
7- **المكبر :** - يستخدم لتكبير إشارة التحكم لكي تتناسب مع دخل النظام

أنواع نظم التحكم :

أولا : نظام التحكم المفتوح (Open Loop Control)

في هذا النوع الخرج ليس له علاقة بالدخل

ومن أمثله هذا النوع (إنارة المنازل – المروحة – الدفايه الكهربية – الغسالة الكهربية) يعتبر هذا النظام غير دقيق



ثانيا : نظام التحكم ذو المسار المغلق (Closed Loop Control)

في هذا النوع من التحكم توجد علاقة بين الخرج والدخل حيث تستخدم إشارة الخرج للتحكم في النظام عن طريق التغذية المرتدة (العكسية)

فمثلا : عندما يراد التحكم في درجة حرارة الغرفة باستخدام جهاز التكييف يتم قياس درجة حرارة الغرفة ومقارنتها بدرجة الحرارة المطلوبة وبناءا عل الفارق بين درجتي الحرارة يتم تشغيل أو إيقاف جهاز التكييف

من أمثلة هذا النظام (الثلاجة – المكواة الكهربية – دوائر إنارة الشوارع ليلا)

فيما يلي مقارنة بين نظامي التحكم (المفتوح والمغلق)

وجه المقارنة	نظام التحكم (Open Loop Control) المفتوح	نظام التحكم (Closed Loop Control) ذو المسار المغلق
المعايرة	يلزم معايرة مستمرة للوصول إلي الخرج المطلوب	لا يحتاج إلي معايرة نظرا لوجود التغذية الخلفية (العكسية)
التصميم	أسهل في التصميم والبناء	أصعب في التصميم و البناء
الاستقرار	أكثر استقرارا لعدم وجود تغذية عكسية	اقل استقرارا لوجود التغذية العكسية
دقة التشغيل	تقل دقة التشغيل عند وجود عناصر لا خطية في النظام	تقل دقة التشغيل نسبيا عند وجود عناصر لا خطية في النظام
الاستخدام	يصلح للأنظمة التي لا يمكن قياس خرجها وتحويله إلي إشارة كهربية	يصلح للأنظمة التي يمكن قياس خرجها وتحويله إلي إشارة كهربية

بعض الأمثلة علي التحكم المغلق :

1- نظام التحكم في مستوي المياه في خزان مياه

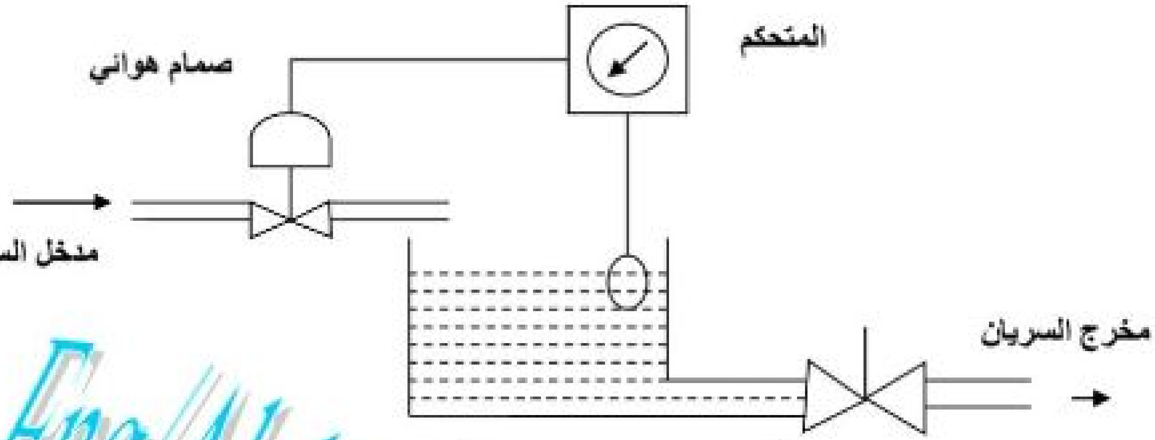
2- نظام التحكم في درجة الحرارة لسخان مياه

3- نظام تحكم في سرعة محرك كهربي

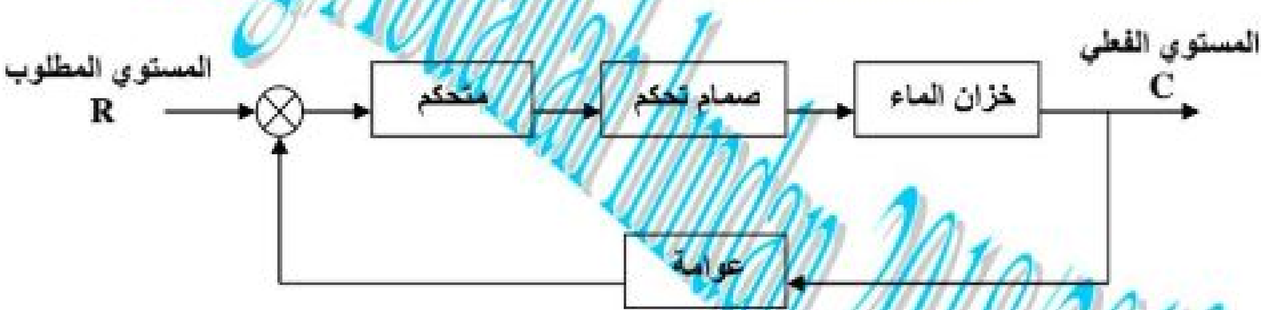
4- نظام التحكم الراداري المضاد للطائرات

فيما يلي شرح لكل نوع مع الرسم

1- نظام التحكم في مستوى المياه في خزان مياه



الرسم التنفيذي للنظام



الرسم التخطيطي للنظام

نظرية العمل :

1- تحدد العوامة المستوي الفعلي للماء في الخزان

2- تقارن وحدة التحكم بين المستوي الفعلي والمستوي المطلوب

3- إشارة الفرق بين المستويين تتحكم في تشغيل الصمام بالفتح أو الغلق

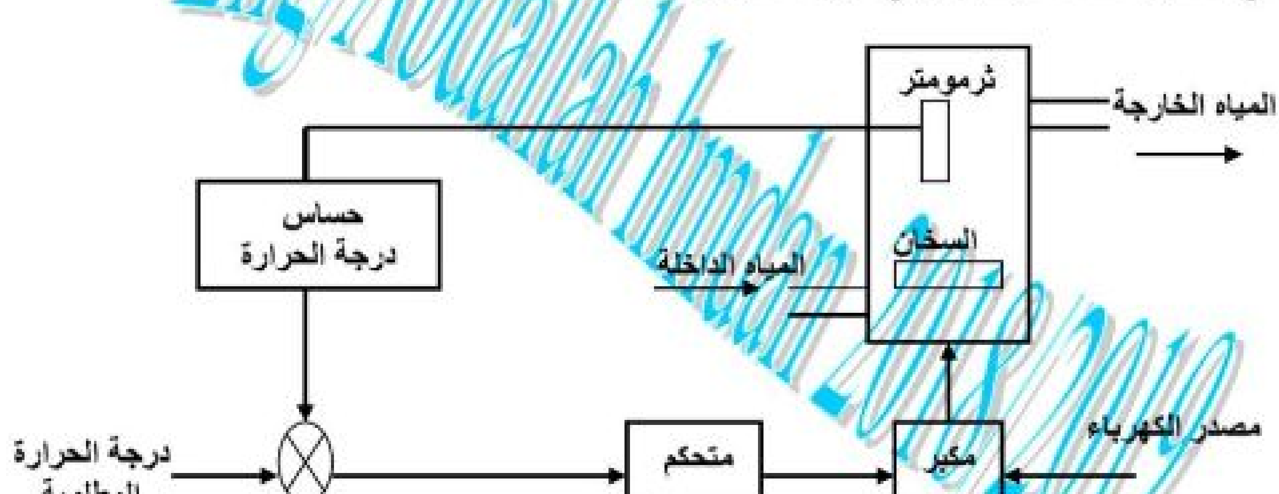
2- نظام التحكم في درجة الحرارة لسخان مياه

نظرية العمل :

1- يقيس الحساس درجة الحرارة الفعلية للماء　　　2- تقارن بالدرجة المطلوبة

3- إشارة الفرق توصل إلي وحدة التحكم　　　4

- يتم التحكم في مصدر الطاقة للوصول إلي درجة الحرارة المطلوبة

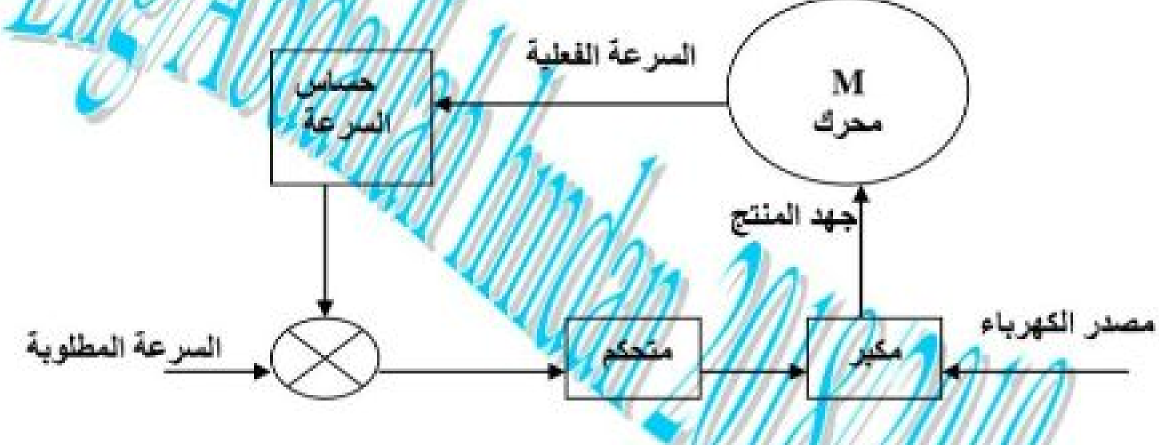


3- نظام تحكم في سرعة محرك كهربي

نظرية العمل :

1- يقيس الحساس السرعة الفعلية للمحرك 2- تقارن بالسرعة المطلوبة

3- إشارة الفرق توصل لوحدة التحكم وعندها يتم التحكم في مصدر الكهرباء للوصول إلي السرعة المطلوبة



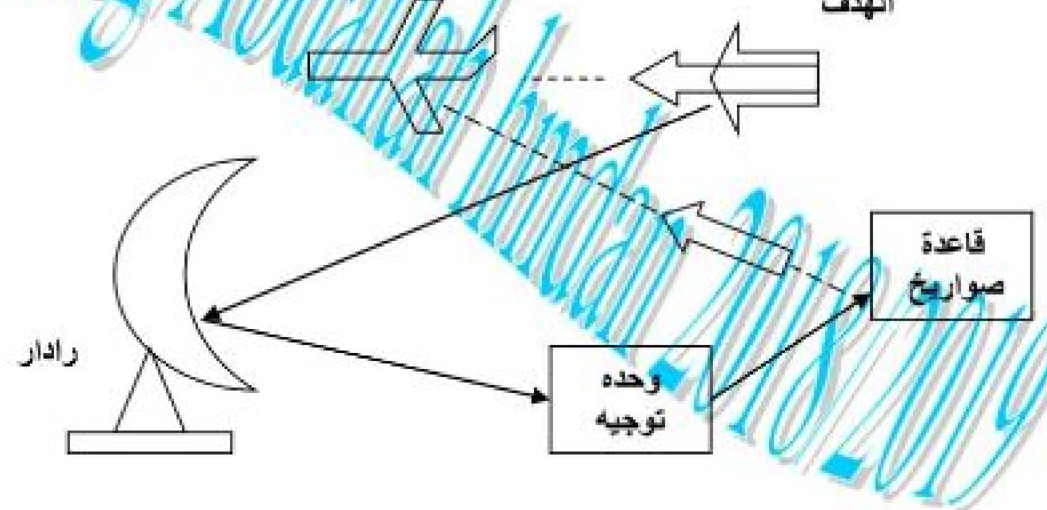
4- نظام التحكم الراداري المضاد للطائرات

نظرية العمل :

1- يشعر الرادار بمكان و سرعة واتجاة الهدف

2- يرسل إشارة إلي وحدة التوجيه التي تحدد القيم المطلوبة لإطلاق الصاروخ

3- يتم إطلاق الصاروخ في الاتجاه المطلوب والسرعة المناسبة من قاعدة إطلاق الصواريخ



البـــــاب الثاني

تحويلات لابلاس L.T

تستخدم تحويلات لابلاس في تحويل الدوال التفاضلية أو التكاملية إلي معادلات جبرية يسهل اختصارها وتبسيطها

$$\underset{\text{داله زمنية}}{F(t)} \xrightarrow{\text{LT تحويلها}} \underset{\text{داله لابلاس}}{F(S)}$$

تذكر أن :

صفر / أي حاجة = صفر　　　أي حاجة أس صفر = 1　　　أي حاجة أس ما لانهاية = صفر

أي حاجة / ما لانهاية = صفر　　　ما لانهاية / أي حاجة = ما لانهاية

$e^{-\infty} = 0$

عند ضرب الأساسات المتحدة تجمع الأسس

تكامل حاصل ضرب دالتين = الأولي في تكامل الثانية - تفاضل الأولي في تكامل الثانية

قانون لابلاس

$$F(s) = L(F(t)) = \int_0^\infty f(t)e^{-st}dt$$

إثباتات لابلاس :

داله الخطوة (ثابت) A , B , C , 1 , 2 , 3

داله الانحدار 5t , at , t

الدالة الآسية e^{2t} , e^{-3t}

الدوال ألمثلثيه Sin , Cos

فيما يلي إثبات الثلاث دوال الأولي :

أولا : داله الخطوة

رمز لابلاسL

$$F(t) = A$$

$$F(s) = LF(t) = \int_0^\infty F(t)e^{-st}dt$$

$$F(s) = \int_0^\infty Ae^{-st}dt .... A\int_0^\infty e^{-st}dt$$

$$F(s) = A\left[\frac{e^{-st}}{-s}\right]_0^\infty = \frac{A}{-S}\left[e^{-st}\right]_0^\infty = \frac{A}{-S}\left[e^{-\infty} - e^0\right]$$

$$F(s) = \frac{A}{-S}[0-1] = \frac{A}{S}$$

$$\therefore F(t) = A \triangleright F(s) = \frac{A}{S}$$

2- الدالة الآسية

$$F(t) = Ae^{-at}$$

$$F(s) = LF(t) = \int_0^\infty F(t)e^{-st}dt$$

$$F(s) = \int_0^\infty Ae^{-at}e^{-st}dt$$

جمع الأسس

$$F(s) = A\int_0^\infty e^{-(s+a)t}dt$$

$$F(s) = A\left[\frac{e^{-(a+s)t}}{-(s+a)}\right]_0^\infty = \frac{A}{-(s+a)}\left[e^{-(s+a)t}\right]_0^\infty = \frac{A}{-(s+a)}\left[e^{-\infty} - e^0\right]$$

$$F(s) = \frac{A}{-(s+a)}\left[0-1\right] = \frac{A}{(s+a)}$$

$$F(t) = Ae^{-at} \rhd \therefore F(s) = \frac{A}{(s+a)}$$

3- داله الانحدار

$$F(t) = At$$

$$F(s) = LF(t) = \int_0^\infty F(t)e^{-st}dt$$

تكامل حاصل ضرب دالتين تفاضل الأول في تكامل الثاني $\int$ الأول في تكامل الثاني -

$$F(s) = \int_0^\infty Ate^{-st}dt = A\int_0^\infty te^{-st}dt$$

$$F(s) = A\left[t\frac{e^{-st}}{-s}\right]_0^\infty - \int_0^\infty 1\frac{e^{-st}}{-s} = \frac{A}{-s}\left[te^{-st} + \frac{e^{-st}}{s}\right]_0^\infty$$

$$F(s) = \frac{A}{-s}\left[(\infty e^{-\infty} - 0e^0) + (\frac{e^{-\infty}}{s} - \frac{e^0}{s})\right]$$

$$F(s) = \frac{A}{-s}\left[(0) + (\frac{-1}{s})\right] = \frac{A}{s^2}$$

$$F(t) = At \rhd \therefore F(s) = \frac{A}{s^2}$$

أمثله على تحويلات لابلاس

$$1-F(t)=6$$

$$F(s)=LF(t)=\int_0^\infty\left(6e^{-st}dt\right)$$

$$F(s)=6\int_0^\infty e^{-st}dt=6\left[\frac{e^{-st}}{-s}\right]_0^\infty$$

$$F(s)=\frac{6}{-s}\left[e^{-st}\right]_0^\infty=\frac{6}{-s}\left[e^{-\infty}-e^{0}\right]=\frac{6}{-s}\left[0-1\right]$$

$$F(s)=\frac{6}{s}$$

$$2-F(t)=3t$$

$$F(s)=LF(t)=\int_0^\infty 3te^{-st}dt=3\int_0^\infty te^{-st}dt$$

$$F(s)=3\left[(t\frac{e^{-st}}{-s})-\int_0^\infty 1\frac{e^{-st}}{-s}\right]=\frac{3}{-s}\left[te^{-st}+\frac{e^{-st}}{s}\right]_0^\infty$$

$$F(s)=\frac{3}{-s}\left[(\infty e^{\infty}-0e^{0})+(\frac{e^{\infty}}{s}-\frac{e^{0}}{s}\right]$$

$$F(s)=\frac{3}{-s}\left[(0)+(\frac{-1}{s}\right]=\frac{3}{s^2}$$

$$F(t)=3e^{-2t}$$

$$F(s)=LF(t)=\int_0^\infty 3e^{-2t}e^{-st}dt=3\int_0^\infty e^{-(s+2)t}dt$$

$$F(s)=3\left[\frac{e^{-(s+2)t}}{-(s+2)}\right]_0^\infty=\frac{3}{-(s+2)}\left[e^{-(s+2)t}\right]_0^\infty$$

$$F(s)=\frac{3}{-(s+2)}\left[e^{\infty}-e^{0}\right]=\frac{3}{(s+2)}$$

جـــــــدول الضرب اللابلاسي

F(t)	F(s)	
-----	1	e^{at}
A	$\frac{A}{S}$	$\frac{A}{S-a}$
At	$\frac{A}{s^2}$	$\frac{A}{(S-a)^2}$
At^n	$\frac{Ant}{s^{n+1}}$	$\frac{Ant}{(s-a)^{n+1}}$

مضروب الأس n = n(n-1)(n-2)(n-3)…………

جدول تحويلات لابلاس

$F(t)$	$F(s)$	$F(t)$	$F(s)$
A	$\frac{A}{S}$	$te^{\pm at}$	$\frac{1}{(s\pm a)^2}$
At	$\frac{A}{S^2}$	$t^n e^{-at}$	$\frac{ni}{(s+a)^{n+1}}$
At^n	$\frac{Ani}{s^{n+1}}$	$t\,\mathrm{Sin}\,\omega t$	$\frac{2\omega s}{(s^2+\omega^2)^2}$
$e^{\pm at}$	$\frac{1}{s\pm a}$	$t\,\mathrm{Cos}\,\omega t$	$\frac{s^2-\omega^2}{(s^2+\omega^2)^2}$
$\mathrm{Sin}\,\omega t$	$\frac{\omega}{s^2+\omega^2}$	$e^{\pm at}\,\mathrm{Sin}\,\omega t$	$\frac{\omega}{(s\pm a)^2+\omega^2}$
$\mathrm{Cos}\,\omega t$	$\frac{s}{s^2+\omega^2}$	$e^{\pm at}\,\mathrm{Cos}\,\omega t$	$\frac{(s\pm a)}{(s\pm a)^2+\omega^2}$

باستخدام جدول تحويلات لابلاس أوجد تحويلات لابلاس للدوال الآتية

$$1-F(t)=8t^{2}+\operatorname{Cos}2t$$

$$F(s)=\frac{Ani}{s^{n+1}}+\frac{s}{s^{2}+\omega^{2}}=\frac{16}{s^{3}}+\frac{s}{s^{2}+4}$$

$$2-F(t)=e^{8t}+t\operatorname{Sin}4t$$

$$F(s)=\frac{1}{(s-a)}+\frac{2\omega s}{(s^{2}+\omega^{2})^{2}}$$

$$F(s)=\frac{1}{(s-8)}+\frac{8s}{(s^{2}+16)^{2}}$$

$$3-F(t)=t^{3}e^{-5t}+e^{-8t}\operatorname{Cos}3t$$

$$F(s)=\frac{ni}{(s+a)^{n+1}}+\frac{s+a}{(s+a)^{2}+\omega^{2}}$$

$$F(s)=\frac{6}{(s+5)^{4}}+\frac{s+8}{(s+8)^{2}+9}$$

$$F(t)=10t^{4}$$

$$F(s)=\frac{Ani}{s^{n+1}}=\frac{240}{s^{5}}$$

$$ni=4\times3\times2\times1=24$$

$$24\times10=240$$

تمارين للحل

$$F(t)=9$$

$$F(t)=5e^{4t}$$

$$F(t)=t^{4}e^{2t}$$

$$F(t)=12t^{3}$$

التحويل اللابلاسي العكسي

يستخدم لتحويل الدالة

F(s) ⟶ F(t)

$$F(t) = L^{-1}F(s)$$

تستخدم الكسور الجزئية لتبسيط الدالة كما يلي :

$$F(s) = \frac{A(s)}{B(s)} = F_1(s) + F_2(s) + F_3(s) + \dots\dots\dots F_n(s)$$

$$F(t) = L^{-1}F_1(s) + L^{-1}F_2(s) + L^{-1}F_3(s) + \dots\dots L^{-1}F_n(s)$$

خطوات الحل تتلخص في الأتي :

تحليل المقام إلي مجموعه من الأقواس من الدرجة الأولي

إيجاد قيم الثوابت باستخدام الكسور الجزئية

بمعلومة لابلاس لبعض الدوال نحصل علي الحل

أمثله علي تحويلات لابلاس العكسي :

أوجد التحويل اللابلاسي العكسي للدوال آلاتية :

$$1 - F(s) = \frac{(s-2)}{(s+2)(s-3)}$$

solution

$$F(s) = \frac{A_1}{(s+2)} + \frac{A_2}{(s-3)}$$

إيجاد قيم A_1, A_2

$$F(t) = A_1 e^{-2t} + A_2 e^{3t}$$

$$F(s) = \frac{(s-2)}{(s+2)(s-3)} = \frac{A_1}{(s+2)} + \frac{A_2}{(s-3)}$$

$$F(s) = \frac{(s-2)}{(s+2)(s-3)} = \frac{A_1(s-3) + A_2(s+2)}{(s+2)(s-3)}$$

حيث أن المقام = المقام

إذا البسط = البسط

$$(s-2) = A_1(s-3) + A_2(s+2)$$

$s = -2$ **بوضع**

$$(-2-2) = A_1(-2-3) + A_2(-2+2)$$

$$-4 = -5A_1$$

$$\therefore A_1 = \frac{-4}{-5} = \frac{4}{5}$$

$s = 3$ **بوضع**

$$(3-2) = A_1(3-3) + A_2(3+2)$$

$$1 = 5A_1$$

$$A_1 = \frac{1}{5}$$

$$F(t) = \frac{4}{5}e^{-2t} + \frac{1}{5}e^{3t}$$

$$2 - F(s) = \frac{15}{\left(s^2 + 2s - 8\right)}$$

أولا : نقوم بتحليل المقام

$$F(s) = \frac{15}{(s+4)(s-2)}$$

$$F(s) = \frac{A_1}{(s+4)} + \frac{A_2}{(s-2)}$$

$$F(t) = A_1 e^{-4t} + A_2 e^{2t}$$

$$F(s) = \frac{15}{(s+4)(s-2)} = \frac{A_1(s-2) + A_2(S+4)}{(s+4)(s-2)}$$

$$15 = A_1(s-2) + A_2(S+4)$$ البسط = البسط

$S = -4$ بوضع

$$15 = A_1(-4-2) + A_2(-4+4)$$

$$15 = -6A_1 \therefore A_1 = \frac{15}{-6} = -2.5$$

$S = 2$ بوضع

$$15 = A_1(2-2) + A_2(2+4)$$

$$15 = 6A_2 \therefore A_2 = \frac{15}{6} = 2.5$$

$$F(t) = -2.5e^{-4t} + 2.5e^{2t}$$

$$3-F(s)=\frac{8}{(s-3)^2(s+2)}$$

$$F(s)=\frac{A}{(s-3)}+\frac{B}{(s-3)^2}+\frac{C}{(s+2)}$$

$$F(t)=Ae^{3t}+Bte^{3t}+Ce^{-2t}$$

$$F(s)=\frac{8}{(s-3)^2(s+2)}=\frac{A(S-3)(S+2)+B(S+2)+C(S-3)^2}{(s-3)^2(s+2)}$$

$$8=A(S-3)(S+2)+B(S+2)+C(S-3)^2$$

$S=3$ بوضع

$$8=5B\therefore B=\frac{8}{5}=1.6$$

$S=-2$ بوضع

$$8=25C\therefore C=\frac{8}{25}=0.32$$

$S=0$ بوضع

$$8=A(0-3)(0+2)+B(-2+2)+C(0-3)^2$$

$8=-6A+2B+9C$ بالتعويض بقيم B&C

$$8=-6A+(2\times1.6)+(9\times0.32)$$

$$8=-6A+3.2+2.88$$

$$8=-6A+6.08\therefore 8-6.08=-6A$$

$$A=\frac{1.92}{-6}=-0.32$$

$$F(t)=-0.32e^{3t}+1.6te^{3t}+0.32e^{-2t}$$

$$4 - F(s) = \frac{5s+2}{s^2\left(s^2+4s+3\right)}$$

$$F(s) = \frac{5s+2}{s^2\left(s+3\right)\left(s+1\right)}$$

$$F(s) = \frac{A}{s} + \frac{B}{s^2} + \frac{C}{\left(s+3\right)} + \frac{D}{\left(s+1\right)}$$

$$F(t) = A + Bt + Ce^{-3t} + De^{-t}$$

$$5s+2 = As\left(s+3\right)\left(s+1\right) + B\left(s+3\right)\left(s+1\right) + Cs^2\left(s+1\right) + Ds^2\left(s+3\right)$$

$s = 0$ بفرض

$s = -3$

$s = -1$

$s = 1$

أكمل الحل (يتم إيجاد الثوابت) A,B,C,D

نظريات التحويل اللابلاسي

1- نظرية تحويل التفاضل :

التحويل اللابلاسي لتفاضل للدالة F(t) يمكن إيجاده بالمعادلة

$$L\left[\frac{d}{dt}f(t)\right]=sf(s)-f(0)$$

حيث أن

$$f(s)=Lf(t),,,,,,,,,,,,,,,,,f(0)=f(t)\big|_{t=0}$$

ويمكن إثبات ذلك كما يلي :

$$LF(t)=F(s)=\int_0^\infty F(t)e^{-st}dt$$

تكامل حاصل ضرب دالتين

$$F(s)=F(t).\frac{e^{-st}}{-s}\bigg|_0^\infty-\int_0^\infty\frac{d}{dt}F(t).\frac{e^{-st}}{-s}$$

بالتعويض بالقيم صفر / مالا نهاية

$$F(s)=\frac{F(\infty).e^{-\infty}-F(0).e^{0}}{-s}-\int_0^\infty\frac{d}{dt}F(t).\frac{e^{-st}}{-s}$$

باخراج 1/-s خارج التكامل

$$F(s)=\frac{F(0)}{s}+\frac{1}{s}\int_0^\infty\frac{d}{dt}F(t)e^{-st}$$

بضرب طرفي المعادلة في S

$$sF(s)=\frac{sF(0)}{s}+\frac{s}{s}\int_0^\infty\frac{d}{dt}F(t)e^{-st}$$

$$sF(s)=F(0)+\int_0^\infty\frac{d}{dt}F(t)e^{-st}$$

$$sF(s)-F(0)=\int_0^\infty\frac{d}{dt}F(t)e^{-st}$$

$$L\frac{d}{dt}F(t)=sF(s)-F(0)$$

تفاضل من الدرجة الأولي

مثال 1 : أوجد لابلاس للتفاضل الأول للدالة

$$F(t) = 3t$$

$$L\frac{d}{dt} f(t) = sf(s) - f(0)$$

$$1 - f(s) = Lf(t) = L3t = \frac{3}{s^2}$$

$$2 - f(0) = f(t)\Big|_{t=0} = 3\times 0 = 0$$

$$L\frac{d}{dt} f(t) = S\,\frac{3}{S^2} - 0 = \frac{3}{S}$$

نتائج علي التفاضل

$$1 - L\frac{d^2}{dt^2} f(t) = s^2 f(s) - sf(0) - f(0)$$

$$2 - L\frac{d^n}{dt^n} f(t) = s^n f(s) - s^{n-1} f(0) - s^{n-2} f(0) - \dots\dots\dots\dots - f(0)$$

مثال 2: أوجد لابلاس للتفاضل الثالث للدالة

$$f(t) = 3e^{2t}$$

$$L\frac{d^3}{dt^3} f(t) = s^3 f(s) - s^2 f(0) - s\overline{f}(0) - \overline{\overline{f}}(0)$$

$$1 - f(s) = Lf(t) = L3e^{2t} = \frac{3}{s-2}$$

$$2 - f(0) = f(t)\Big|_{t=0} = 3e^{2t}\Big|_{t=0} = 3$$

$$3 - \overline{f}(0) = \overline{f}(t)\Big|_{t=0} = 6e^{2t}\Big|_{t=0} = 6$$

$$4 - \overline{\overline{f}}(0) = \overline{\overline{f}}(t)\Big|_{t=0} = 12e^{2t}\Big|_{t=0} = 12$$

$$L\frac{d^3}{dt^3} f(t) = \frac{3s^3}{s-2} - 3s^2 - 6s - 12$$

<u>مثال 3: أوجد لابلاس للتفاضل الثالث للدالة</u>

$$f(t) = 5t^4$$

$$L\frac{d^3}{dt^3}f(t) = s^3 f(s) - s^2 f(0) - s\overline{f}(0) - \overline{\overline{f}}(0)$$

$$1- f(s) = Lf(t) = L5t^4 = \frac{120}{s^5}$$

$$2- f(0) = f(t)\Big|_{t=0} = 5t^4\Big|_{t=0} = 0$$

$$3- \overline{f}(0) = \overline{f}(t)\Big|_{t=0} = 20t^3\Big|_{t=0} = 0$$

$$4- \overline{\overline{f}}(0) = \overline{\overline{f}}(t)\Big|_{t=0} = 60t^2\Big|_{t=0} = 0$$

$$L\frac{d^3}{dt^3}f(t) = \frac{120s^3}{s^5} - 0 - 0 - 0 = \frac{120}{s^2}$$

2- نظرية القيمة العظمي (النهاية العظمي)

$$f(\infty) = \lim_{s\to 0} sf(s)$$

3- نظرية القيمة الصغرى (الابتدائية)

$$f(0) = \lim_{s\to\infty} sf(s)$$

4- تحويل لابلاس لتكامل الدالة F(t)

$$L\int F(t)dt = \frac{f(s)}{s} - \frac{f^{-1}(0)}{s}$$

$$f^{-1}(0) = \int f(t)\Big|_{t=0}$$

مثال 4: أوجد القيمة العظمي والصغرى ولابلاس التكامل للدالة

$$f(t) = 6e^{-3t}$$

$$f(s) = \frac{6}{s+3}$$

$$f(\infty) = \lim_{s\to 0} sf(s) = \lim_{s\to 0} s\frac{6}{s+3} = 0$$

$$f(0) = \lim_{s\to \infty} sf(s) = \lim_{s\to \infty} s\frac{6}{s+3} = \frac{\infty}{\infty}$$ كمية غير معرفة

$$f(0) = \frac{\frac{6s}{s}}{\frac{s}{s}+\frac{3}{s}} = \frac{6}{1+\frac{3}{s}}$$ بالقسمة علي S بسط ومقام

$$f(0) = \lim_{s\to \infty} \frac{6}{1+\frac{3}{s}} = 6$$

$$L\int f(t) = \frac{f(s)}{s} + \frac{f^{-1}(0)}{s}$$

$$f^{-1}(0) = \int f(t)\Big|_{t=0} = \frac{6e^{-3t}}{-3}\Big|_{t=0} = -2$$

$$L\int f(t) = \frac{6}{s(s+3)} - \frac{2}{s}$$

تمرين للحل :

للدالة الآتية أوجد تحويل لابلاس للتفاضل الرابع والقيمة الصغرى والعظمي ولابلاس لتكامل الدالة

$$1 - F(t) = 8t^5$$

$$2 - f(t) = 8e^{-2t}$$

أوجد تحويلات لابلاس للدوال الآتية :

$$f(t) = 10 + 3t + 5e^{-4t}$$

$$f(t) = 15te^{-3t} + 8t^4e^{3t}$$

مثال : أوجد النهاية العظمي والصغرى للدالة التالية ثم حقق الناتج بعد تحويل اللابلاسي العكسي للدالة

$$F(s)=\frac{10}{s(s+1)(s+2)}$$

النهاية العظمي

$$f(\infty)=\lim_{s\to 0} SF(s)=\lim_{s\to 0} S\frac{10}{s(s+1)(s+2)}=5$$

النهاية الصغرى

$$f(0)=\lim_{s\to \infty} SF(s)=\lim_{s\to \infty} S\frac{10}{s(s+1)(s+2)}=\frac{10}{\infty}=0$$

إيجاد النهايتين العظمي والصغرى باستخدام لا بلاس العكسي

$$F(s)=\frac{10}{s(s+1)(s+2)}$$

$$F(s)=\frac{A}{S}+\frac{B}{(S+1)}+\frac{C}{(S+2)}$$

$$F(t)=A+Be^{-t}+Ce^{-2t}$$

$A,,,,B,,,,C$ **إيجاد قيم كلا من**

$$10=A(S+1)(S+2)+BS(S+2)+CS(S+1)$$

$$S=0,,,,,,,A=5$$

$$S=-1,,,,,,B=-10$$

$$S=-2,,,,,,C=5$$

$$F(t)=5-10e^{-t}+5e^{-2t}$$

$$F(\infty)=\lim_{t\to\infty} f(t)=5-10e^{-\infty}+5e^{-\infty}=5$$ النهاية العظمي

$$F(0)=\lim_{t\to 0} f(t)=5-10e^{0}+5e^{0}=0$$ النهاية الصغرى

١

حل المعادلات التفاضلية :

مثال 1: حل المعادلة التفاضلية الآتية :

$$\bar{\bar{x}} - 6\bar{x} + 5x = 3e^{2t}$$

$$x(0) = 0,,,,,,,,\bar{x}(0) = 0$$

بأخذ لابلاس للطرفين

$$s^2x(s) - sx(0) - \bar{x}(0) - 6\left[sx(s) - x(0)\right] + 5x(s) = \frac{3}{(s-2)}$$

بالتعويض بقيم $x(0)...........\bar{x}(0)$

$$s^2x(s) - 6sx(s) + 5x(s) = \frac{3}{(s-2)}$$

بأخذها عامل مشترك $.................................x(s)$

$$x(s)\left[s^2 - 6s + 5\right] = \frac{3}{(s-2)}$$

إيجـــــــــــــاد $,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,x(s)$

$$x(s) = \frac{\frac{3}{(s-2)}}{\left(s^2 - 6s + 5\right)} = \frac{3}{(s-2)\left(s^2 - 6s + 5\right)} = \frac{3}{(s-2)(s-5)(s-1)}$$

$$x(s) = \frac{A}{(s-2)} + \frac{B}{(s-5)} + \frac{C}{(s-1)}$$

$$x(t) = f(t) = Ae^{2t} + Be^{5t} + Ce^{t}$$

إيجاد قيم A, B, C

$$3 = A(s-5)(s-1) + B(s-2)(s-1) + C(s-2)(s-5)$$

بوضـــــع $s = 2$

$$3 = A(2-5)(2-1) + B(2-2)(2-1) + C(2-2)(2-5)$$

$$3 = -3A,,,,,,,A = \frac{3}{-3} = -1$$

بوضـــــع $S = 5$

$$3 = A(5-5)(5-1) + B(5-2)(5-1) + C(5-2)(5-5)$$

$$3 = 12B,,,,,,,,B = \frac{3}{12} = 0.25$$

بوضـــــع $S = 1$

$$3 = A(1-5)(1-1) + B(1-2)(1-1) + C(1-2)(1-5)$$

$$3 = 4C,,,,,,,,C = \frac{3}{4} = 0.75$$

$$X(t) = -e^{2t} + 0.25e^{5t} + 0.75e^{t}$$

مثال 2: حل المعادلة التفاضلية الآتية :

$$\bar{\bar{x}}+6\bar{x}-7x=3$$

$$x(0)=1,,,,,,,,,\bar{x}(0)=0$$

$$s^2x(s)-sx(0)-\bar{x}(0)+6\left[sx(s)-x(0)\right]-7x(s)=\frac{3}{s}$$

$$x(0)=1,,,,,,\bar{x}(0)=0$$

$$s^2x(s)-s+6sx(s)-6-7x(s)=\frac{3}{s}$$

$$x(s)\left(s^2+6s-7\right)-\left(s+6\right)=\frac{3}{s}$$

$$x(s)\left(s^2+6s-7\right)=\frac{3}{s}+\left(s+6\right)$$

توحيد المقامات

$$x(s)\left(s^2+6s-7\right)=\frac{3+s\left(s+6\right)}{s}$$

$$x(s)=\frac{\frac{3+s\left(s+6\right)}{s}}{\left(s^2+6s-7\right)}=\frac{3+s\left(s+6\right)}{S\left(s^2+6s-7\right)}=\frac{3+s\left(s+6\right)}{S\left(s+7\right)\left(s-1\right)}$$

$$x(s)=\frac{A}{s}+\frac{B}{(s+7)}+\frac{C}{(s-1)}$$

$$X(t)=A+Be^{-7t}+Ce^{t}$$

$$3+s\left(s+6\right)=A\left(s+7\right)\left(s-1\right)+BS\left(S-1\right)+CS\left(S+7\right)$$

أكمــــــــــــل الحل بإيجاد قيم الثوابت والتعويض في المعادلة

تمرين للحل :

حل المعادلات التفاضلية التالية

$$1-\bar{\bar{X}}+6\bar{X}-7X=3e^{2t},,,,,,,,,x(0)=1,,,,,,,,\bar{x}(0)=0$$

$$2-\bar{\bar{X}}+9\bar{X}+14X=10e^{-3t},,,,,,x(0)=-2,,,,,\bar{x}(0)=0$$

مثال 3: حل المعادلة التفاضلية الآتية :

$$\overset{\equiv}{x}+4\overset{=}{x}-5\bar{x}=2e^{3t}$$

$$x(0)=0,,,,,,,\bar{x}(0)=0,,,,,\overset{=}{x}(0)=0$$

$$s^3x(s)-s^2x(0)-s\bar{x}(0)-\overset{=}{x}(0)+4\left[s^2x(s)-sx(0)-\bar{x}(0)\right]-5\left[sx(s)-x(0)\right]=\frac{2}{(s-3)}$$

$$x(0)=0,,,,,,,\bar{x}(0)=0,,,,,\overset{=}{x}(0)=0$$

$$s^3x(s)+4s^2x(s)-5sx(s)=\frac{2}{(s-3)}$$

$$x(s)\left[s^3+4s^2-5s\right]=\frac{2}{(s-3)}$$

$$x(s)=\frac{2}{(s-3)\left[s^3+4s^2-5s\right]}=\frac{2}{(s-3)s\left(s^2+4s-5\right)}$$

$$x(s)=\frac{2}{s(s-3)(s+5)(s-1)}=\frac{A}{S}+\frac{B}{(s-3)}+\frac{C}{(s+5)}+\frac{D}{(s-1)}$$

$$X(t)=A+Be^{3t}+Ce^{-5t}+De^{t}$$

$$2=A(s-3)(s+5)(s-1)+BS(s+5)(s-1)+CS(s-3)(s-1)+DS(s-3)(s+5)$$

علي الطالب أكمال الحـــــــــــل
بإيجاد الثوابت
A,B,C,D

أوجد تحويلات لابلاس العكسي للدوال الأتية :

$$F(s)=\frac{14s}{s^2\left(s^2-4s+3\right)}$$

$$F(s)=\frac{20}{\left(s^3-4s^2+3s\right)}$$

الباب الثالث
دوائر التحويل (الدالة الانتقالية)
Transfer Function

1- الدالة الانتقالية لنظام مفتوح Open Loop T.F.

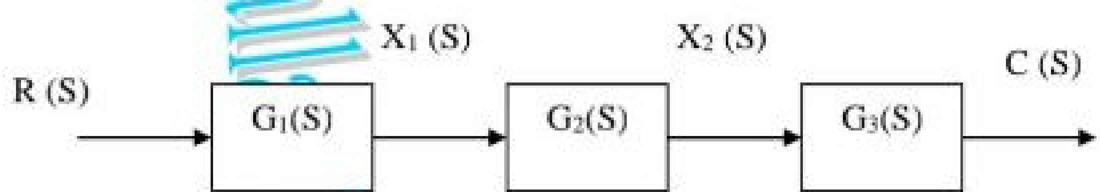
حيث أن :

R(s) دخل النظام   C(s) خرج النظام   G(s) دالة النظام

$$\frac{C(S)}{R(S)\big|G(S)}$$

$$G(S) = \frac{C(S)}{R(S)}$$

2- الدالة الانتقالية لثلاث دوال متصلة علي التوالي Cascade



إيجاد $G_T(S)$ بالإثبات

$$x_1(s) = R(S)G_1(S)$$

$$x_2(s) = x_1(s)G_2(S) = R(S)G_1(S)G_2(S)$$

$$C(S) = x_2(s)G_3(S) = R(S)G_1(S)G_2(S)G_3(S)$$

$$G_T(S) = \frac{C(S)}{R(S)} = \frac{R(S)G_1(S)G_2(S)G_3(S)}{R(S)} \boxed{= G_1(S)G_2(S)G_3(S)}$$

الدالة الكلية توالي هي حاصل ضرب الدوال الفرعية

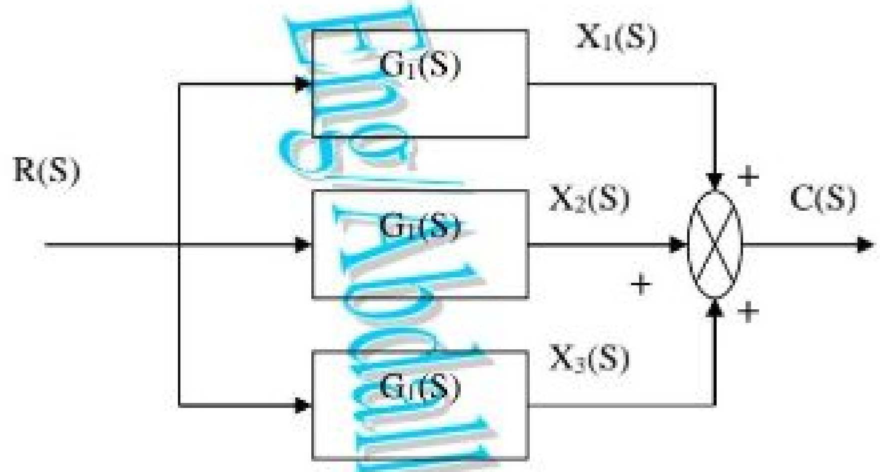
مثال 1: أوجد الدالة الكلية للثلاث دوال التالية في حال توصيلهم علي التوالي

$$G_1(S) = \frac{8}{S}, , , , , G_2(S) = \frac{(S+1)}{(S-3)}, , , , , G_3(S) = \frac{5}{(S+4)}$$

$$G_T(S) = G_1(S)G_2(S)G_3(S)$$

$$G_T(S) = \frac{8}{S} \times \frac{(S+1)}{(S-3)} \times \frac{5}{(S+4)} = \frac{40(S+1)}{S(S-3)(S+4)}$$

3- الدالة الانتقالية لثلاث دوال متصلة علي التوازى Parallel



الدالة الكلية في التوازي هي حاصل جمع الدوال الفرعية

$$x_1(s) = R(S)G_1(S)$$

$$x_2(s) = R(S)G_2(S)$$

$$x_3(s) = R(S)G_3(S)$$

$$C(S) = x_1(s) + x_2(s) + x_3(s)$$

$$C(S) = R(S)G_1(S) + R(S)G_2(S) + R(S)G_3(S)$$

$$C(S) = R(S)\left[G_1(S) + G_2(S) + G_3(S)\right]$$

$$G_T(S) = \frac{C(S)}{R(S)} = \frac{R(S)\left[G_1(S) + G_2(S) + G_3(S)\right]}{R(S)}$$

$$\boxed{G_T(S) = G_1(S) + G_2(S) + G_3(S)}$$

مثال 2 : للثلاث دوال التالية أوجد الدالة الكلية في حال توصيلهم علي التوازي

$$G_1(S) = \frac{8}{S},,,,,,,G_2(S) = \frac{(S+1)}{(S-3)},,,,,,,G_3(S) = \frac{5}{(S+4)}$$

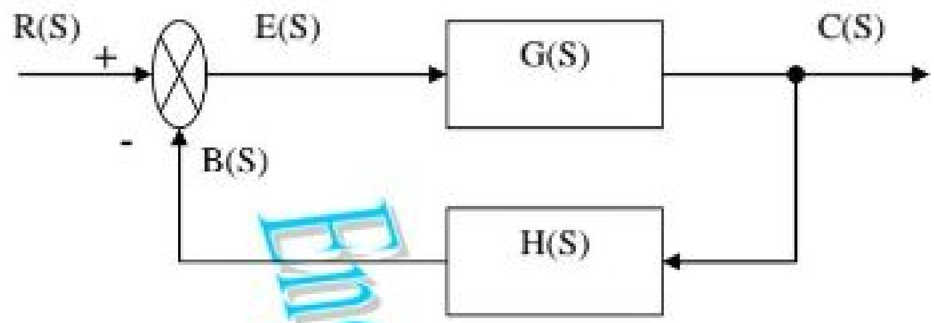
$$G_T(S) = G_1(S) + G_2(S) + G_3(S)$$

$$G_T(S) = \frac{8}{S} + \frac{(S+1)}{(S-3)} + \frac{5}{(S+4)}$$

توحيد المقامات

$$G_T(S)\frac{8(S-3)(S+4) + S(S+4)(S+1) + 5S(S-3)}{S(S-3)(S+4)}$$

4- الدالة الانتقالية للنظام المغلق Closed Loop T.F



الدالة الأمامية G(S)

دالة التغذية العكسية H(S)

خرج النظام C(S)   إشارة خطا E(S)   خرج التغذية العكسية B(S)   دخل النظام R(S)

المعادلة المميزة (1+G(S)H(S))

الدالة الكلية للنظام $G_T(S)$

$$E(S)=R(S)-B(S)\rightarrow 1$$

$$C(S)=E(S)G(S)\rightarrow 2$$

$$B(S)=C(S)H(S)\rightarrow 3$$

بالتعويض بالمعادلتين 1,3 في المعادلة 2

$$C(S)=E(S)G(S)=\left[R(S)-B(S)\right]G(S)$$

$$C(S)=R(S)G(S)-B(S)G(S)$$

$$C(S)=R(S)G(S)-C(S)H(S)G(S)$$

$$C(S)+\left(C(S)H(S)G(S)\right)=R(S)G(S)$$

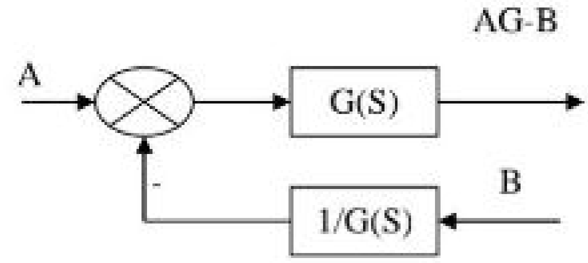
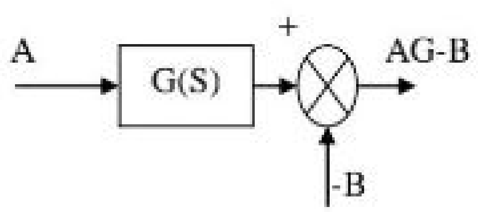
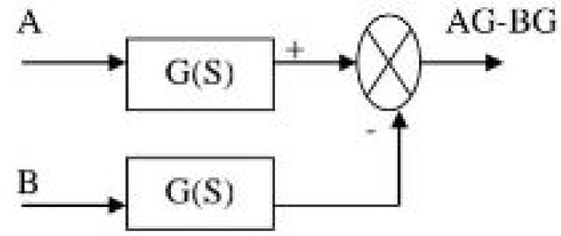
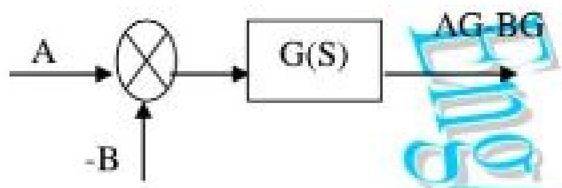
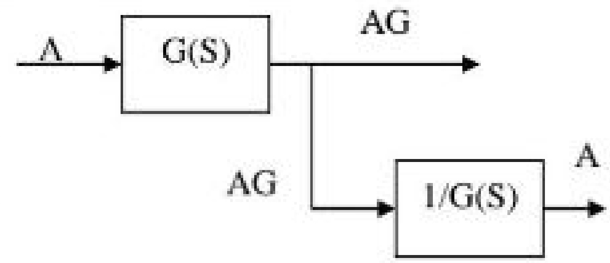
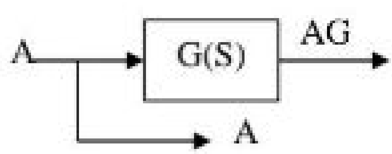
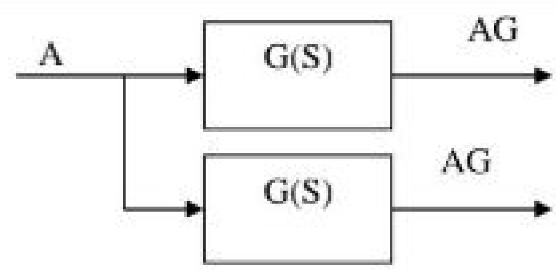
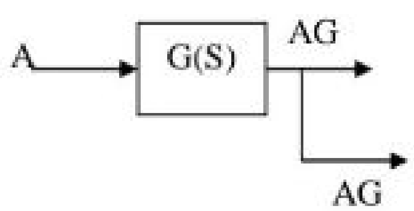
$$C(S)\left[1+H(S)G(S)\right]=R(S)G(S)$$

بقسمة طرفي المعادلة علي R(S)

$$\frac{C(S)\left[1+H(S)G(S)\right]}{R(S)}=\frac{R(S)G(S)}{R(S)}$$

$$\boxed{G_T(S)=\frac{C(S)}{R(S)}=\frac{G(S)}{1+G(S)H(S)}}$$

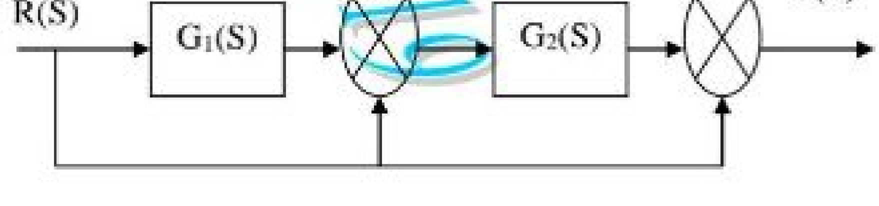
قواعد هامة لاختصار (تبسيط) المخططات الصندوقية

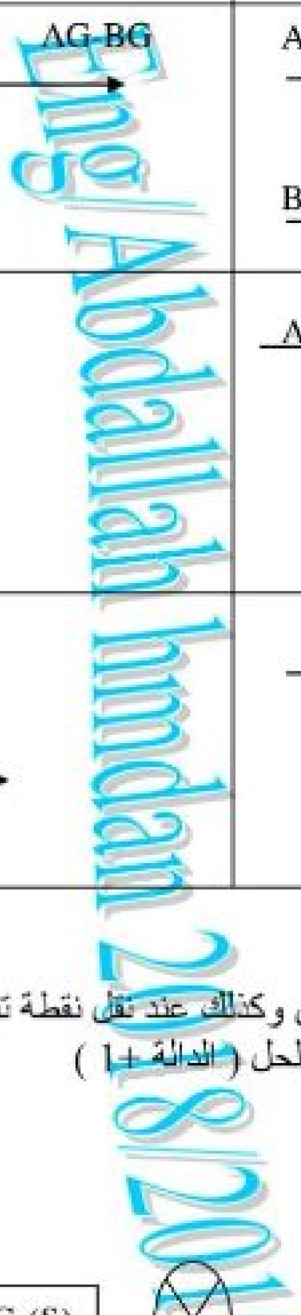
المخطط المكافئ	المخطط الأصلي
	
	
	
	

ملاحظات :

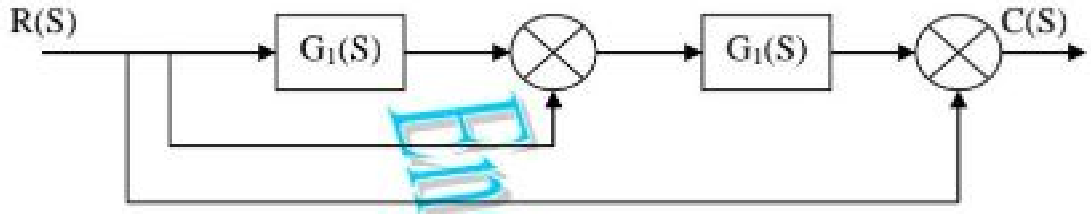
عند نقل نقطة جمع تنقل في اتجاه نقطة جمع أخري وكذلك عند نقل نقطة تفريع تنقل في اتجاه نقطة تفريع أخري في حاله وجود سلك متصل توازي مع داله يكون الحل (الدالة +1)

مثال 1: بسط المخطط الصندوقي الأتي:

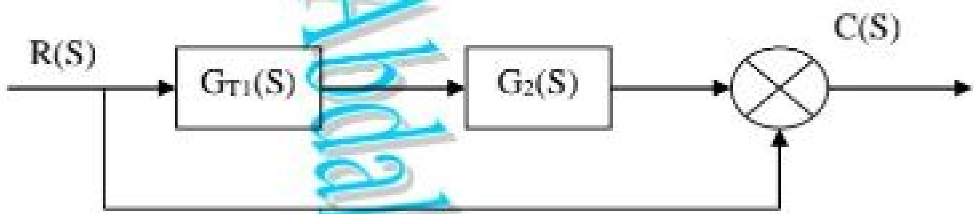




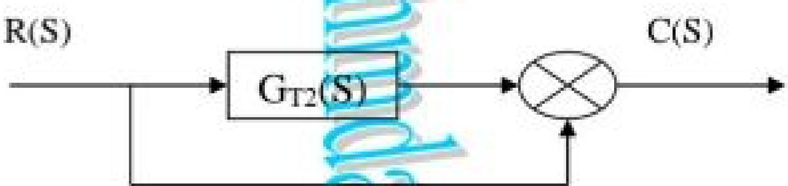
يتم تعديل المخطط كما يلي :



$$G_{T1}(S) = G_1(S) + 1$$



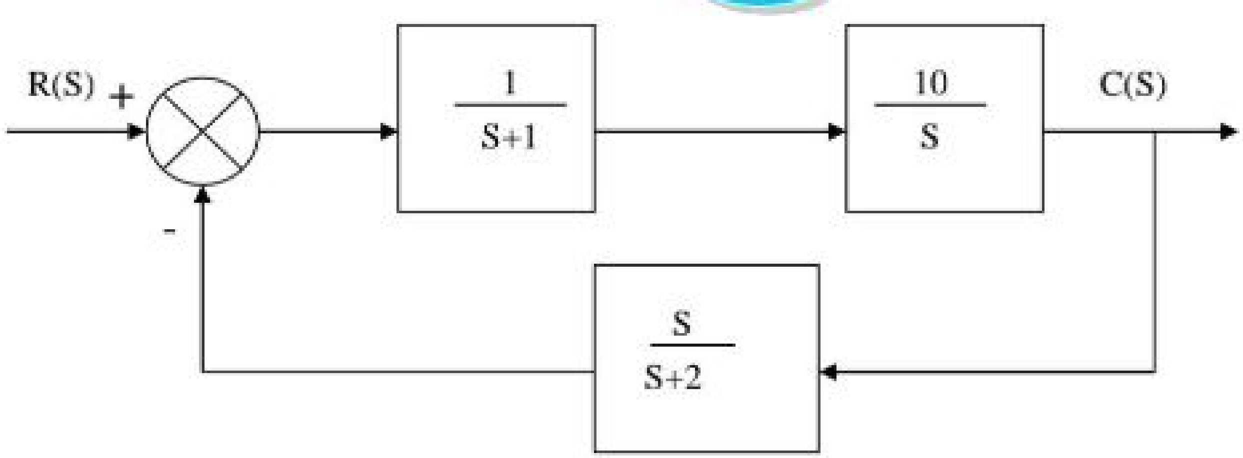
$$G_{T2}(S) = G_{T1}(S) \,.\, G_2(S)$$
$$G_{T2}(S) = G_1(S)G_2(S) + G_2(S)$$



$$G_T(S) = G_{T2}(S) + 1$$
$$G_T(S) = ((\ G_1(S)G_2(S) + G_2(S)\ ) + 1$$

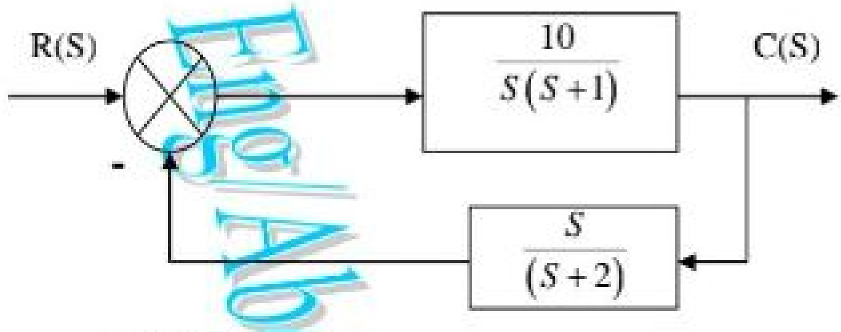
الدالة المكافئة

مثال 2: اختصر المخطط الصندوقي الأتي :



الحل :

$$G_1(S)=\frac{1}{(S+1)}\times\frac{10}{S}=\frac{10}{S(S+1)}$$



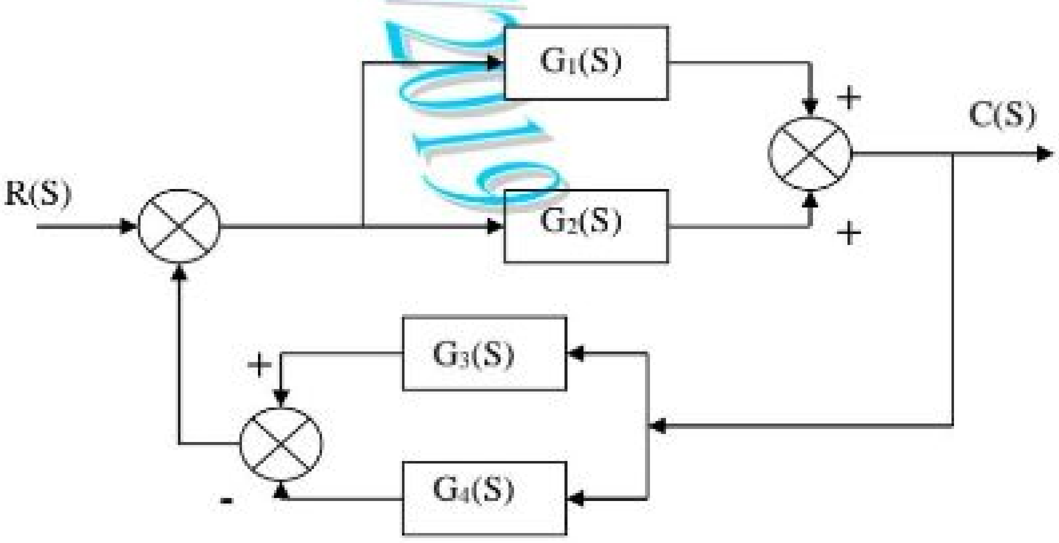
$$G_T(S)=\frac{G(S)}{1+G(S)H(S)}$$

تغذية عكسية

$$G_T(S)=\frac{\frac{10}{S(S+1)}}{1+\frac{10S}{S(S+1)\times(S+2)}}$$

$$G_T(S)=\frac{10(S+2)}{S(S+1)(S+2)+10S}$$

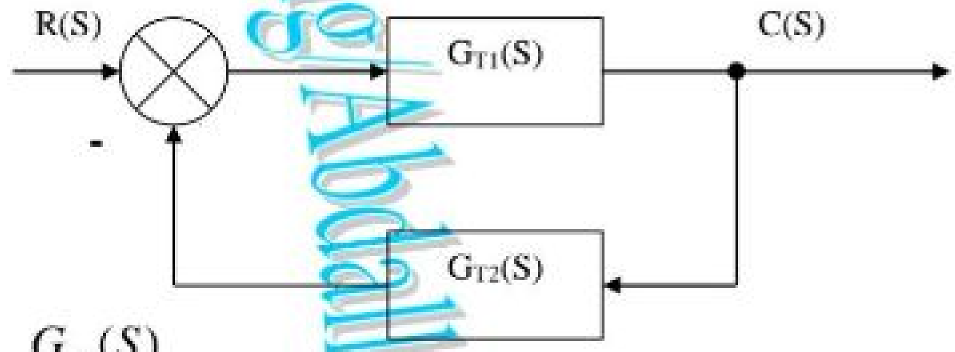
مثال 3 : بسط المخطط الصندوقي الأتي



الحل :

$$G_{T1}(S) = G_1(S) + G_2(S)$$

$$G_{T2}(S) = G_3(S) - G_4(S)$$

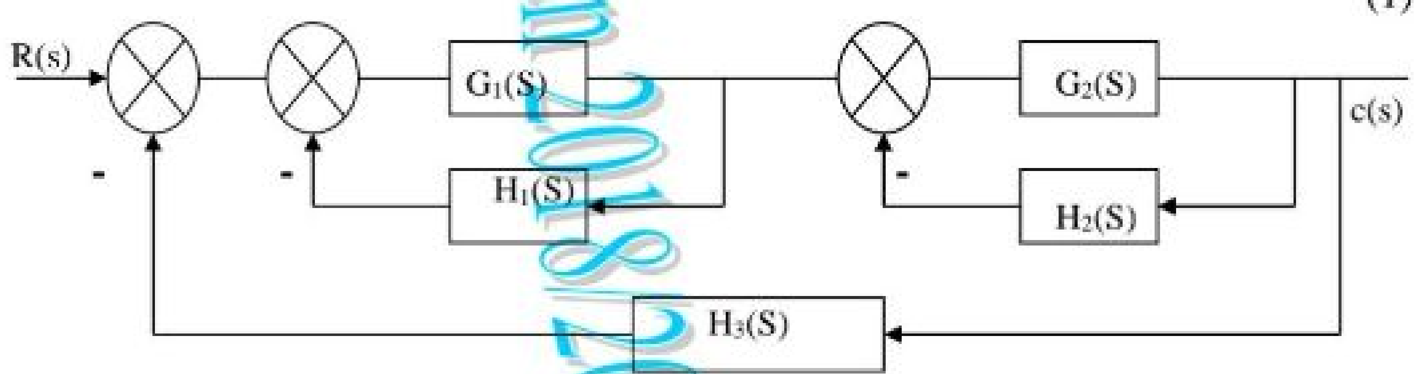


$$G_T(S) = \frac{G_{T1}(S)}{1 + G_{T1}(S)G_{T2}(S)}$$

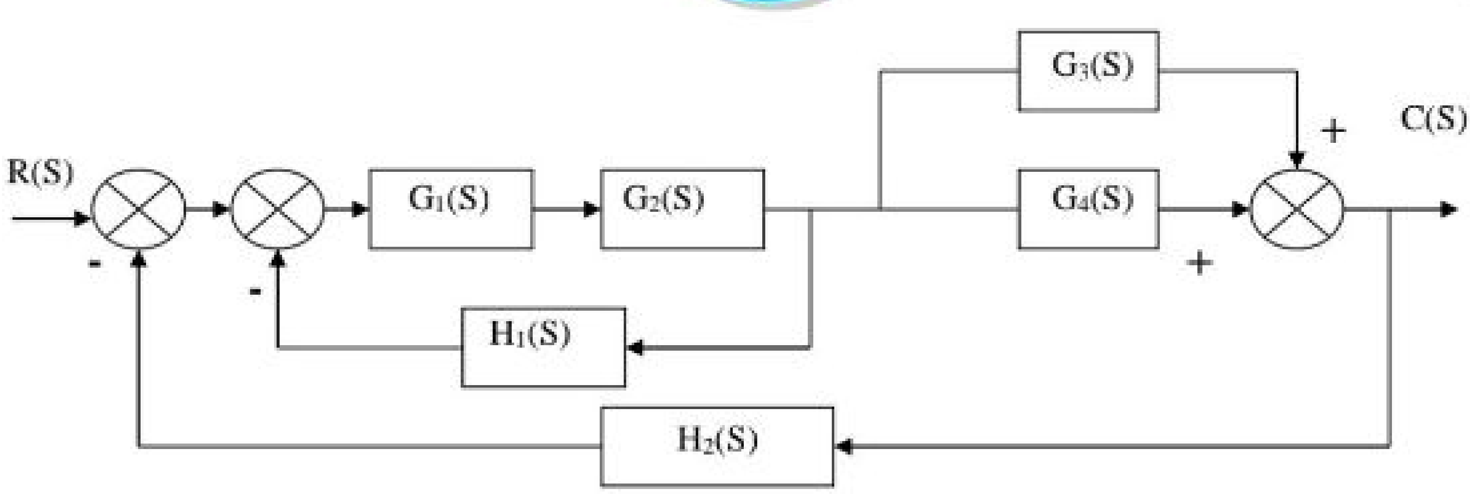
$$G_T(S) = \frac{G_1(S) + G_2(S)}{1 + \left[(G_1(S) + G_2(S)) \times (G_3(S) - G_4(S)) \right]}$$

<u>أختصر المخططات الصندوقية الأتية :</u>

(1)



(2)



الباب الرابع
الاستجابة العابرة لأنظمة التحكم الآلي

تحديد نوع النظام ودرجته :

بفرض نظام عام ذو تغذية خلفية H(S) وداله أمامية G (S)

شرط هام يجب أن تكون جميع الأقواس علي صورة (1 + TS) فقط

$$G(S)\frac{K\left(T_a s+1\right)\left(T_b s+1\right)........\left(T_m s+1\right)}{s^n\left(T_1 s+1\right)\left(T_2 s+1\right).........\left(T_n s+1\right)}$$

تحدد نوع النظام ...... n

نظام صفري n = 0

نظام من النوع الأول n = 1

نظام من النوع الثاني n = 2

يتم تحديد درجة النظام علي حسب **S** التي في المقام

مثال : حدد نوع الأنظمة الآتية ودرجتها :

$$G(S)=\frac{10\left(2S+1\right)\left(5S+1\right)\left(S+1\right)}{S^2\left(3S+1\right)\left(4S+1\right)\left(6S+1\right)}$$

n = 2 نوع النظام الثاني S = 5 درجة النظام الخامس

$$G(S)=\frac{15\left(7S+1\right)\left(10S+1\right)}{S\left(S+1\right)\left(4S+1\right)\left(8S+1\right)}$$

n = 1 نوع النظام الاول S = 4 درجة النظام الرابع

الخطأ المستقر لأنظمة التحكم الآلي : e_{ss}

أولا : ثابت الخطأ الاستاتيكي للوضع **K_P**

$$r(t)=1...........R(S)=\frac{1}{S}$$

الدخل وحدة الخطوة

$$K_P=Lim_{s\to 0}G(S)$$

$$e_{ss}=\frac{1}{1+K_P}$$

ثانيا : ثابت الخطأ الاستاتيكي للسرعة **K_V**

الدخل وحدة الانحدار

$$r(t)=t...........R(S)=\frac{1}{S^2}$$

$$K_V=Lim_{s\to 0}SG(S)$$

$$e_{ss}=\frac{1}{K_V}$$

ثالثا : ثابت الخطأ الاستاتيكي للعجلة **K_a**

$$r(t)=\frac{t^2}{2}............R(S)=\frac{1}{S^3}$$ **الدخل وحدة العجلة**

$$K_a = Lim_{S\to 0}\, S^2 G(S)$$

$$e_{ss}=\frac{1}{K_a}$$

مثال 1: أوجد درجة ونوع النظام ومعاملات الخطأ الاستاتيكي للوضع والسرعة والعجلة لنظام تحكم ذو تغذية خلفية الوحدة .

$$G(S)=\frac{300}{(1+0.25S)(S+3)}$$

ثم أوجد خطأ حاله الاستقرار إذا كان الدخل وحدة الخطوة – وحدة السرعة – وحدة العجلة

وضع الدالة علي صورة $(1+TS)$

$$G(S)=\frac{300}{3(1+0.25S)\left(1+\frac{S}{3}\right)}=\frac{100}{(1+0.25S)\left(1+\frac{S}{3}\right)}$$

نوع النظام صفري من الدرجة الثانية

ثابت الوضع K_P لدخل وحدة الخطوة

$$K_P = Lim_{s\to 0}G(S)=\left.\frac{100}{(1+0.25S)\left(1+\frac{S}{3}\right)}\right|_{S=0}=100$$

$$e_{ssP}=\frac{1}{1+K_P}=\frac{1}{1+100}=\frac{1}{101}$$

ثابت السرعة K_V لدخل وحدة السرعة

$$K_V = Lim_{s\to 0}SG(S)=\left.\frac{100S}{(1+0.25S)\left(1+\frac{S}{3}\right)}\right|_{S=0}=0$$

$$e_{ssV}=\frac{1}{K_V}=\frac{1}{0}=\infty$$

ثابت العجلة K_a لدخل وحدة العجلة

$$K_a = Lim_{s\to 0}S^2G(S)=\left.\frac{100S^2}{(1+0.25S)\left(1+\frac{S}{3}\right)}\right|_{S=0}=0$$

$$e_{ssa}=\frac{1}{K_V}=\frac{1}{0}=\infty$$

مثال 1: أوجد درجة ونوع النظام ومعاملات الخطأ الاستاتيكي للوضع والسرعة والعجلة لنظام تحكم ذو تغذية خلفية الوحدة .

$$G(S)=\frac{600}{S^2\left(5+S\right)\left(S+4\right)}$$

ثم أوجد خطأ حاله الاستقرار إذا كان الدخل $r(t) = 5 + 3t + 6t^2$

وضع الدالة على صورة $\left(1+TS\right)$

$$G(S)=\frac{600}{4\times 5S^2\left(1+0.2S\right)\left(1+0.25S\right)}=\frac{30}{S^2\left(1+0.2S\right)\left(1+0.25S\right)}$$

نوع النظام الثاني من الدرجة الرابعة

ثابت الوضع K_P

$$K_P=Lim_{s\to 0}G(S)=\left.\frac{30}{S^2\left(1+0.2S\right)\left(1+0.25S\right)}\right|_{S=0}=\infty$$

$$r(t)=5.\to e_{ssP}=\frac{1}{1+K_p}=\frac{5}{1+\infty}=0$$

ثابت السرعة K_V

$$K_V=Lim_{s\to 0}SG(S)=\left.\frac{30S}{\left(1+0.2S\right)\left(1+0.25S\right)}\right|_{S=0}=\infty$$

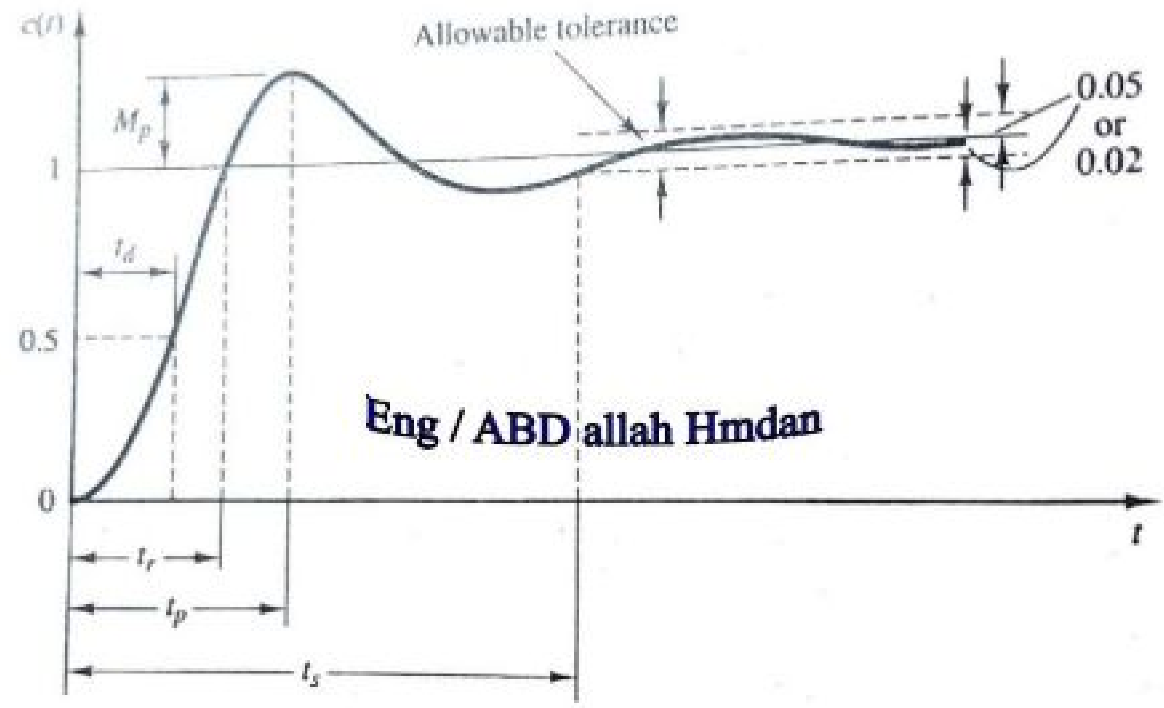
$$r(t)=3t..\to e_{ssV}=\frac{1}{K_V}=\frac{3}{\infty}=0$$

ثابت العجلة K_a

$$K_a=Lim_{s\to 0}S^2G(S)=\left.\frac{30S^2}{\left(1+0.2S\right)\left(1+0.25S\right)}\right|_{S=0}=30$$

$$r(t)=6t^2\to e_{ssa}=\frac{1}{K_V}=\frac{12}{30}=\infty$$

مواصفات الاستجابة العابرة لنظام من الدرجة الثانية :



t_d .... زمن التأخير هو الزمن اللازم لوصول الخرج إلي 50% من قيمته النهائية

t_r .... زمن الارتفاع هو الزمن اللازم لوصول الخرج من 90% إلي 100%

t_p .... زمن القمة هو زمن الوصول لأعلي قيمه للخرج

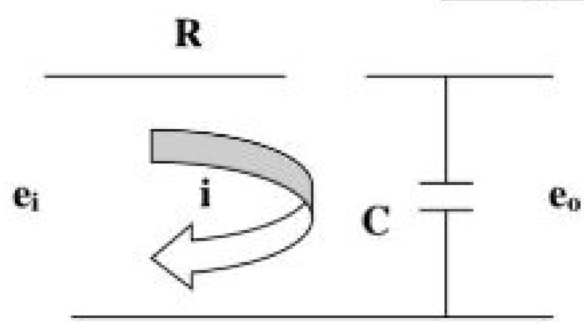
t_s .... زمن الاستقرار هو زمن الوصول بقيمة لا تزيد ولا تقل عن +2% , +5% من القيمة النهائية

M_P ...... أقصي قيمة (هي الفرق بين أقصي ارتفاع يصل إليه الخرج وقيمه خرج النظام عند الاستقرار)

داله التحويل للدوائر الكهربية

المتغير	الزمن	لابلاس
i	i	I (S)
VR	iR	I(s) R
VL	$L\frac{di}{dt}$	$LSI(S)$
VC	$\frac{1}{C}\int idt$	$\frac{I(S)}{CS}$

1- دائرة مقاومة ومكثف



الدالة الزمنية

$$e_i = V_R + V_C$$

$$e_i = iR + \frac{1}{C}\int idt$$

$$e_o = V_C = \frac{1}{C}\int idt$$

التحويل اللابلاسي

$$E_i(s) = I(S)R + \frac{I(S)}{CS} = \frac{CSI(S)R + I(S)}{CS} = \frac{I(S)(RCS+1)}{CS}$$

$$E_o(s) = \frac{I(S)}{CS}$$

إيجاد داله النظام

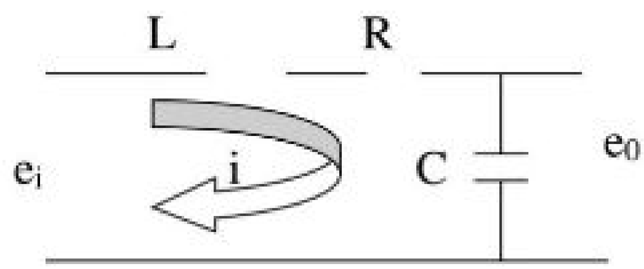
$$G(S) = \frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{\frac{I(S)}{CS}}{\frac{I(S)(RCS+1)}{CS}} = \frac{I(S)CS}{I(S)(RCS+1)CS}$$

$$G(S) = \frac{1}{(RCS+1)}$$

$$R(S) \longrightarrow \boxed{\frac{1}{RCS+1}} \longrightarrow C(S)$$

الدالة الكلية المكافئة لدائرة R-C

2- دالة التحويل لدائرة (مقاومة و مكثف و ملف)



إيجاد المعادلة الزمنية للدخل و الخرج

$$e_i = V_R + V_L + V_C = iR + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{c}\int idt$$

$$e_o = V_C = \frac{1}{c}\int idt$$

إيجاد التحويل اللابلاسي

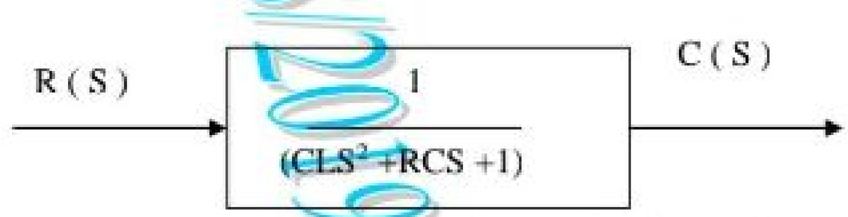
$$E_i(s) = I(S) + LSI(S) + \frac{I(S)}{CS} = \frac{I(S)\left[CLS^2 + RCS + 1\right]}{CS}$$

$$E_0(S) = \frac{I(S)}{CS}$$

إيجاد داله النظام

$$G(S) = \frac{E_0(S)}{E_i(s)} = \frac{\dfrac{I(S)}{CS}}{\dfrac{I(S)\left[CLS^2 + RCS + 1\right]}{CS}}$$

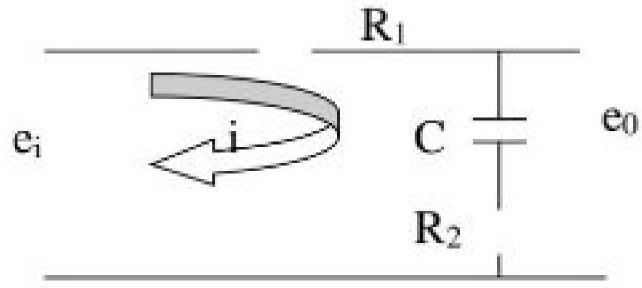
$$G(S) = \frac{1}{\left[CLS^2 + RCS + 1\right]}$$



الدائرة الكلية المكافئة لدائرة تحتوي علي (R – C – L)

مثال 1 : للدائرة الكهربية الموضحة بالشكل أوجد داله التحويل المكافئة علما بان

$C = 2\mu F \quad , \quad R_1 = 2\ \Omega \quad , R_2 = 5\ \Omega$



إيجاد المعادلة الزمنية للدخل و الخرج

$$e_i = V_{R_1} + V_{R_2} + V_C = iR_1 + iR_2 + \frac{1}{c}\int i dt = i\left(R_1 + R_2\right) + \frac{1}{c}\int i dt$$

$$e_o = V_C + V_{R_1} = \frac{1}{c}\int i dt + iR_2$$

إيجاد التحويل اللابلاسي

$$E_i\left(s\right) = \left(R_1 + R_2\right)I\left(S\right) + \frac{I\left(S\right)}{CS} = \frac{I\left(S\right)\left[\left(R_1 + R_2\right)CS + 1\right]}{CS}$$

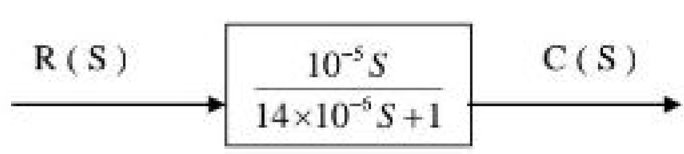
$$E_0\left(S\right) = \frac{I\left(S\right)}{CS} + I\left(S\right)R_2 = \frac{I\left(S\right)\left[R_2 CS + 1\right]}{CS}$$

إيجاد داله النظام

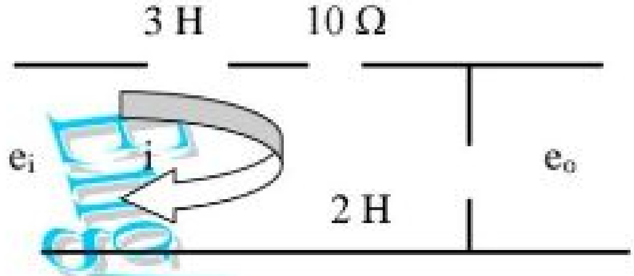
$$G\left(S\right) = \frac{E_0\left(S\right)}{E_i\left(s\right)} = \frac{\dfrac{I\left(S\right)\left[R_2 CS + 1\right]}{CS}}{\dfrac{I\left(S\right)\left[\left(R_1 + R_2\right)CS + 1\right]}{CS}}$$

$$G\left(S\right) = \frac{\left[R_2 CS + 1\right]}{\left[\left(R_1 + R_2\right)CS + 1\right]}$$

$$G\left(S\right) = \frac{10^{-5} S}{14\times10^{-6} S + 1}$$



مثال 2 : للدائرة الكهربية الموضحة بالشكل أوجد داله التحويل



المعادلات الزمنية

$$e_i = V_R + V_{L_1} + V_{L_2} = iR + \left(L_1 + L_2\right)\frac{di}{dt}$$

$$e_o = V_{L_2} = L_2 \frac{di}{dt}$$

$$E_i(s) = I(S)R + \left(L_1 + L_2\right)SI(S) = I(S)\left(R + \left(L_1 + L_2\right)S\right)$$

$$E_O(S) = L_2 SI(S)$$

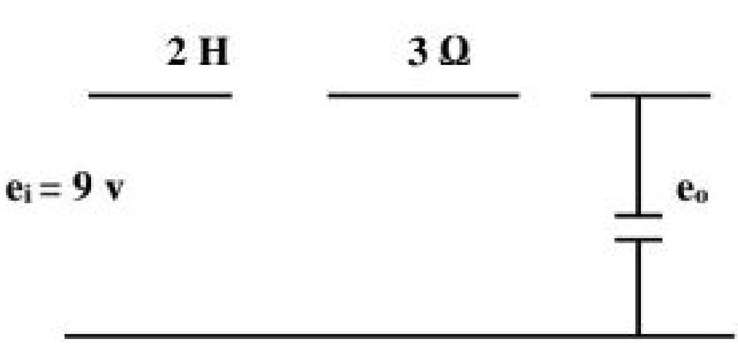
$$G(S) = \frac{E_O(S)}{E_i(s)} = \frac{L_2 SI(S)}{I(S)\left(R + \left(L_1 + L_2\right)S\right)}$$

التعويض بقيم العناصر في المعادلة

$$\therefore G(S) = \frac{L_2 S}{\left(R + \left(L_1 + L_2\right)S\right)} = \frac{2S}{(10 + 5S)}$$

<u>مثال 3 : للدائرة الكهربية الموضحة بالشكل التالي أوجد الآتي :</u>

1- المعادلات الزمنية للدخل والخرج
2- التحويل اللابلاسي لمعادلات الدخل و الخرج
3- داله التحويل الكلية
4- جهد الخرج إذا كان جهد الدخل 9 فولت



$$e_i = V_R + V_C + V_L$$

$$e_i = iR + \frac{1}{C}\int i\,dt + L\frac{di}{dt}$$

$$e_o = V_C = \frac{1}{C}\int i\,dt$$

$$E_i(s) = I(s)R + \frac{I(s)}{CS} + LSI(s)$$

$$E_i(s) = \frac{CSI(s)R + I(s) + LSI(s)CS}{CS}$$

$$E_i(s) = \frac{I(s)\left[LCS^2 + RCS + 1\right]}{CS}$$

$$E_O(s) = \frac{I(s)}{CS}$$

$$G(s) = \frac{E_O(s)}{E_i(s)} = \frac{\dfrac{I(s)}{CS}}{\dfrac{I(s)\left[LCS^2 + RCS + 1\right]}{CS}} = \frac{1}{\left[LCS^2 + RCS + 1\right]}$$

$$G(s) = \frac{1}{\left(2S^2 + 3S + 1\right)}$$

$$E_O(s) = \frac{E_i(s)}{\left(2S^2 + 3S + 1\right)} = \frac{\dfrac{9}{S}}{\left(2S^2 + 3S + 1\right)} = \frac{9}{S(2S+1)(S+1)}$$

$$E_O(s) = \frac{A}{S} + \frac{B}{(2S+1)} + \frac{C}{(S+1)} = \frac{A}{S} + \frac{B}{2(S+0.5)} + \frac{C}{(S+1)}$$

$$E_O(t) = A + \left(\frac{B}{2}\right)e^{-0.5t} + Ce^{-t}$$

$$9 = A(2S+1)(S+1) + BS(S+1) + CS(2S+1)$$

$$S = 0 \rightarrow A = 9$$

$$S = 1 \rightarrow B = -36$$

$$S = -1 \rightarrow C = 9$$

$$e_o(t) = 9 - 18e^{-0.5t} + 9e^{-t}$$

الباب الخامس

طرق دراسة الاستقرار

المقصود بالاستقرار: هو ثبوت الخرج علي القيمة المضبوطة عليها رغم من حدوث تغيرات خارجية

أولا : طريقة روث للاستقرار

تعتمد هذه الطريقة علي المعادلة المميزة $1+G(S)H(S)$

$$\mathbf{a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + a_n = 0}$$

شروط روث :

1- جميع المعاملات $(a_0 , a_1 , a_2 , \ldots.. , a_n)$ موجبة

2- جميع قوي S موجودة

ملاحظات ورث :

1- في حالة وجود إشارة سالبة لأحد معاملات عمود روث يكون النظام غير مستقر

2- إذا كانت جميع المعاملات موجبة في عمود روث يكون النظام مستقر

$$\begin{array}{l|l|llll}
S^n & ,\, a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \ldots \\
S^{n-1} & a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \ldots \\
\hline
S^{n-2} & b_1 & b_2 & b_3 & \ldots\ldots\ldots & \\
S^{n-3} & c_1 & c_2 & c_3 & \ldots\ldots\ldots & \\
\ldots & & & & & \\
S^1\ldots & d_1 & & & & \\
S & y_1 & & & &
\end{array}$$

عمود روث

يتم إيجاد (b,,,,,,,c,,,,,d) كما يلي :

$$b_1 = \frac{a_1a_2 - a_0a_3}{a_1}$$

$$b_2 = \frac{a_1a_4 - a_0a_5}{a_1}$$

$$c_1 = \frac{b_1a_3 - a_1b_2}{b_1}$$

$$c_2 = \frac{b_1a_5 - a_1b_3}{b_1}$$

$$d_1 = \frac{c_1b_2 - b_1c_2}{c_1}$$

مثال 1 : باستخدام طريقة روث ادرس استقرار النظام التالي الذي معادلته المميزة هي

$$S^4 + 6S^3 + 3S^3 + 4S + 10 = 0$$

أولا : ترتيب المعادلة

$$S^4 + 3S^3 + 6S^2 + 4S + 10 = 0$$

ثانيا : جدول روث

$$\begin{array}{c|c|cc}
S^4 & 1 & 6 & 10 \\
\hline
S^3 & 3 & 4 & \\
S^2 & b_1 & b_2 & \\
S & ,c_1 & 0 & \\
S^0 & d_1 & 0 &
\end{array}$$

ثالثا : إيجاد قيم a,,,,c,,,,d,,,,

$$b_1 = \frac{(3\times 6)-(1\times 4)}{3} = \frac{14}{3}$$

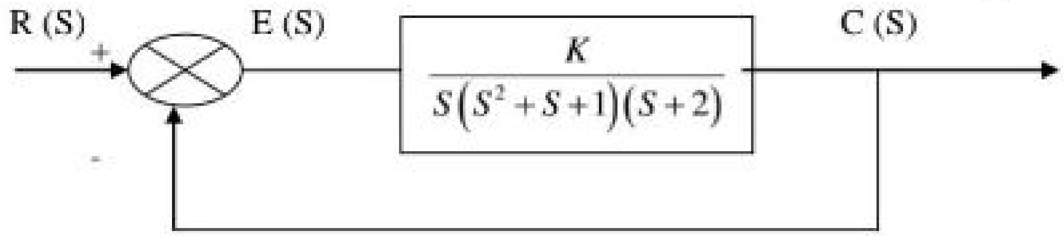
$$b_2 = \frac{(3\times 10)-(1\times 0)}{3} = 10$$

$$c_1 = \frac{(b_1\times 4)-(3\times b_2)}{b_1} = \frac{\left(\frac{14}{3}\times 4\right)-(3\times 10)}{\frac{14}{3}} = \frac{-34}{14}$$

$$d_1 = \frac{(c_1\times b_2)-(b_1\times 0)}{c_1} = \frac{\left(\frac{-34}{14}\times 10\right)-\left(\frac{14}{3}\times 0\right)}{\frac{-34}{14}} = 10$$

النظام غير مستقر لوجود إشارة سالبة في العمود الأول (عمود روث)

مثال 2 : أوجد قيمة K التي تجعل النظام الموضح بالشكل مستقرا



المعادلة المميزة

$$1+G(s)H(s)$$

$$1+\frac{K}{S(S^2+S+1)(S+2)}=\frac{S(S^2+S+1)(S+2)+K}{S(S^2+S+1)(S+2)}$$

المعادلة المميزة

$$S(S^2+S+1)(S+2)+K=0$$ نأخذ البسط فقط

$$(S^3+S^2+S)(S+2)+K=0$$

تجهيز المعادلة

$$S^4+S^3+S^2+2S^3+2S^2+2S+K=0$$

$$\boxed{S^4+3S^3+3S^2+2S+K=0}$$ المعادلة المميزة للنظام

تطبيق طريقه روث

$$\begin{array}{c|c|cc}
S^4 & 1 & 3 & K \\
S^3 & 3 & 2 & 0 \\
\hline
S^2 & b_1 & b_2 & \\
S & c_1 & 0 & \\
S^0 & d_1 & 0 &
\end{array}$$

$$b_1=\frac{9-2}{3}=\frac{7}{3}$$

$$b_2=\frac{3k-0}{3}=k,,,,,,,,,,,,,,,c_1=\frac{(b_1\times 2)-(3\times b_2)}{b_1}=\frac{\frac{14}{3}-3k}{\frac{7}{3}}=\frac{14-9k}{7}$$

$$d_1=\frac{(c_1\times b_2)-(b_1\times 0)}{c_1}=k$$

النظام مستقر جميع حدود العمود الأول موجبة ولابد أن تكون قيمة K

$$k\succ 0,,,,,,,\frac{14-9k}{7}\succ 0,,,,,,,14-9k\succ 0\rightarrow 9k\succ 14$$

الشرط

$$K\prec\frac{14}{9}\rightarrow,,,,,,,,,,\boxed{0\prec K\succ\frac{14}{9}}$$

$$K=\frac{14}{9}$$ نظام حرج علي حافة الاستقرار

امتحان يناير (2008) : بين حاله الاستقرار للنظام الآتي بطريقة روث

$$S^4+3S^3+6S^2+2S+12=0$$

$$\begin{array}{c|c|cc}
S^4 & 1 & 6 & 12 \\
S^3 & 3 & 2 & 0 \\
\hline
S^2 & b_1 & b_2 & \\
S & c_1 & 0 & \\
S^0 & d_1 & 0 &
\end{array}$$

$$b_1=\frac{18-2}{3}=\frac{16}{3},,,,,,,,,,,,,b_2=\frac{36-0}{3}=12$$

$$c_1=\frac{(b_1\times 2)-(3\times b_2)}{b_1}=\frac{\frac{32}{3}-36}{\frac{16}{3}}=\frac{32-108}{16}=\frac{-76}{16}$$

$$d_1=\frac{(c_1\times b_2)-(b_1\times 0)}{c_1}=\frac{(c_1\times b_2)-0}{c_1}=12$$

النظام غير مستقر لوجود إشارة سالبة في عمود روث

بين حالة الاستقرار للنظام بطريقة روث :

2011

$$S^4+2S^3+3S^2+4S+5=0$$

2010

$$S^4+6S^3+10S^2+5S+24=0$$

2009

$$S^4+2S^3+3S^2+4S+5=0$$

2007

$$S^4+3S^3+6S^2+2S+2=0$$

امتحان يناير (2010) : باستخدام طريقة روث أوجد قيمة K التي تجعل النظام مستقرا

$$S^4 + 8S^3 + 24S^2 + 32S + K = 0$$

$$\begin{array}{c|c|cc} S^4 & 1 & 24 & K \\ S^3 & 8 & 32 & 0 \\ \hline S^2 & b_1 & b_2 & \\ S & c_1 & 0 & \\ S^0 & d_1 & 0 & \end{array}$$

$$b_1 = \frac{192 - 32}{8} = \frac{160}{8} = 20$$

$$b_2 = \frac{8K - 0}{8} = K$$

$$C_1 = \frac{(32 \times b_1) - (8 \times b_2)}{b_1} = \frac{640 - 8K}{20}$$

$$d_1 = \frac{(c_1 \times b_2) - (b_1 \times 0)}{c_1} = K$$

النظام مستقر جميع حدود عمود روث موجبة ولابد أن تكون قيمة K

$$\boxed{K \succ 0 \rightarrow \frac{640 - 8K}{20} \succ 0 \rightarrow 640 - 8K \succ 0 \rightarrow 8K \prec 640}$$

$$K \prec \frac{640}{8}$$

$$\boxed{0 \prec K \succ \frac{640}{8}}$$

حتي يكون النظام مستقرا

استجابة التردد

ثانيا : طريقة مخطط بود Bod diagram لدراسة استقرار النظام

تعتمد طريقة بود علي علاقة لوغارتميه بين كل من :

- لوغاريتم القيمة Log A ولوغاريتم الترددLog W
- الزاوية بالدرجات مع لوغاريتم Log w

ورقة الرسم :

نختار أي مسافة ولتكن X ثم نحسب القيمة x_n من خلال

$X_n = x \text{ Log } n$حيث أنها تمثل المسافة المقابلة للتردد

$X = 5$ cm

التردد 2

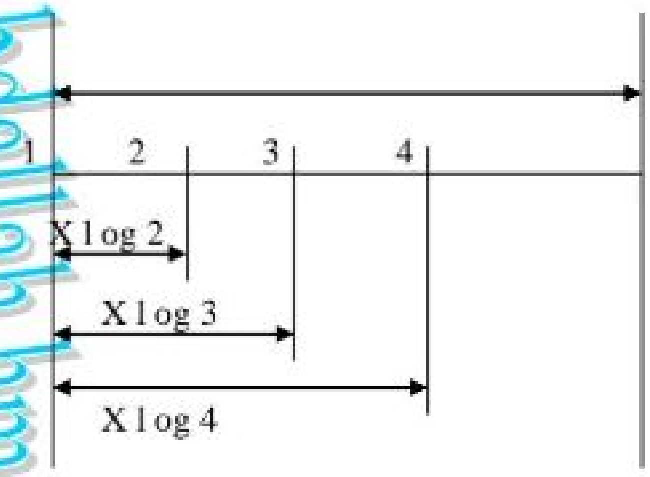
$X_2 = X \text{ Log } 2 = 5 \text{ Log } 2 = 1.5$ cm

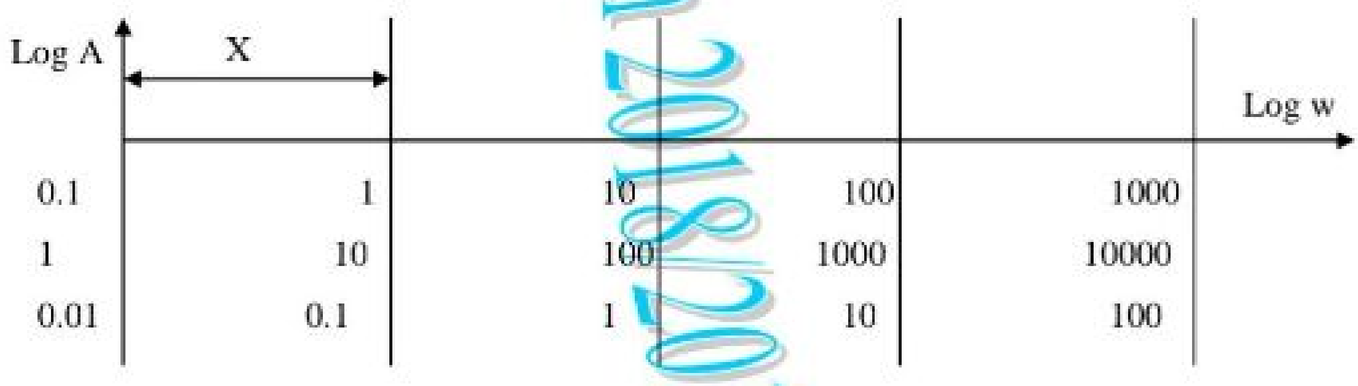
نبعد عن 1 مسافة 1.5 سم للحصول علي التردد 2

التردد 4

$X_4 = X \text{ Log } 4 = 5 \text{ Log } 4 = 3$ cm

نبعد عن 1 مسافة 3 سم للحصول علي التردد 4





طريقة الحل باستخدام مخطط بود

1- تتعامل طريقة بود مع داله المسار المفتوح G (S) H (S) بشرط أن تكون جميع الأقواس في البسط والمقام علي صورة (1 + TS) ثم يتم استبدال كل S بـ Jw

2- تكوين جدول من داله المسار المفتوح يستخدم لرسم العلاقة بين Log A & Log w

3- إيجاد الزاوية الكلية φ_t من خلال القانون :

مجموع زوايا البسط – مجموع زوايا المقام

من خلالها يتم رسم العلاقة بين الزوايا بالدرجات و Log A

4 – رسم مخطط بود و تحديد إذا كان النظام مستقر أم لا

مثال 1 : ارسم مخطط (منحني) بود لدالة التحويل الآتية علما بان H (S) =1

$$G(S)=\frac{100(S+1)}{S(S+10)}$$

$(1+TS)$ وضع جميع الأقواس علي صورة

$$G(S)H(S)=\frac{100(S+1)}{10S(1+0.1S)}=\frac{10(1+S)}{S(1+0.1S)}$$

$S \to jw$ استبدال كل

$$G(jw)H(jw)=\frac{10(1+jw)}{jw(1+0.1S)\,jw}$$

تعيين الميول حسب الجدول الأتي :

المقدار K	تردد القطع W_0	القيمة A	الزاوية Φ
10	------	+20 db	0
(1+ jw)	1	+20 db	0 ---- + 90°
jw	1	-20 db	90°
(1+ 0.1 jw)	10	-20 db	0 ----- - 90°

تعيين محصلة الزاوية من العلاقة :

$$\Phi_t=\tan^{-1}w-90-\tan^{-1}(0.1w)$$

W_0	0.1	1	10	100
Φ_t	-85	-51	-51	-85

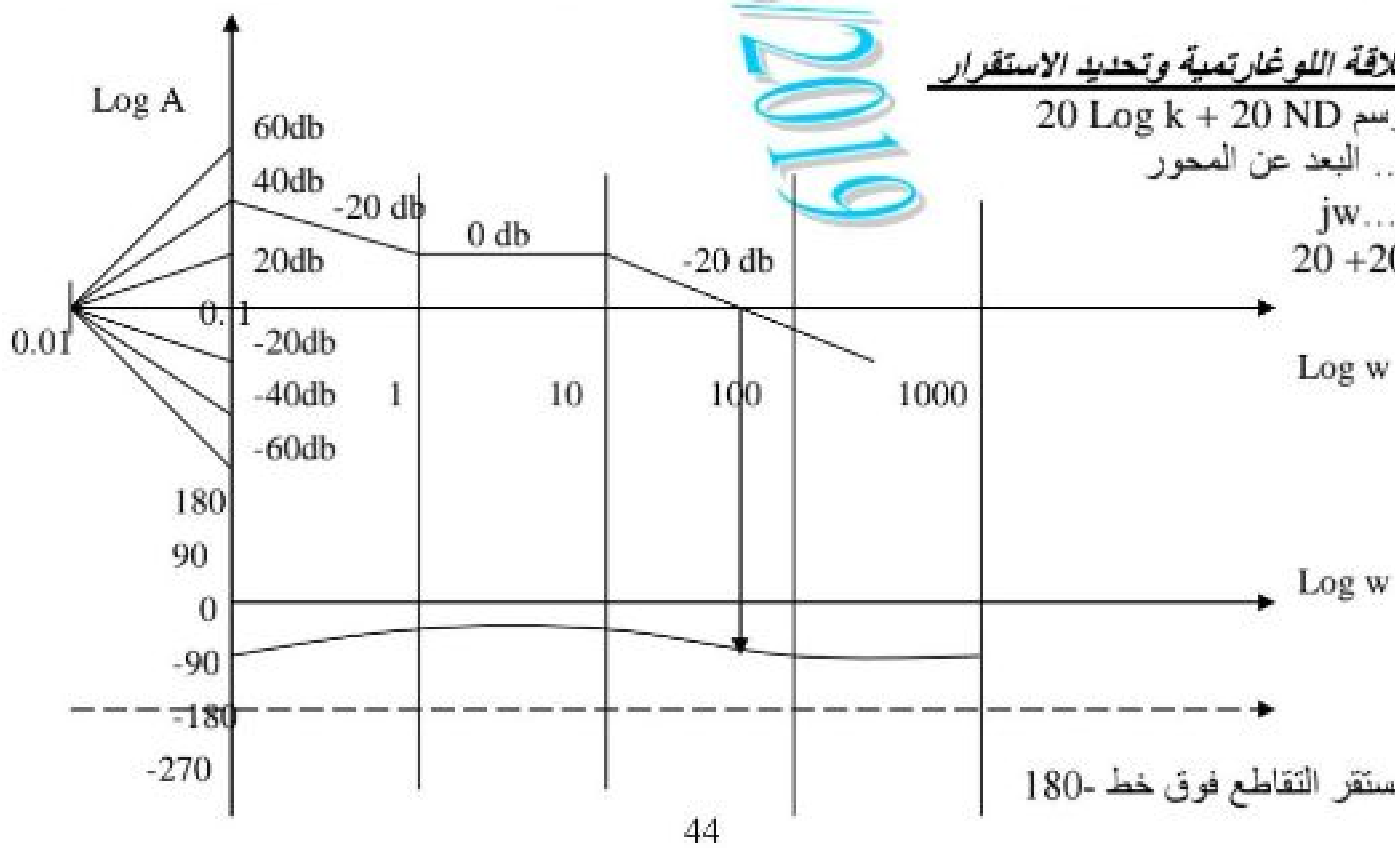
رسم العلاقة اللوغارتمية وتحديد الاستقرار

بداية الرسم 20 Log k + 20 ND

D ...... البعد عن المحور

N .... jw

20 +20 =40



النظام مستقر التقاطع فوق خط -180

مثال 2 :

ادرس استقرار النظام التالي باستخدام طريقة بود

$$G(s)=\frac{10}{(s+1)(0.1s+1)}$$

$$H(s)=\frac{5}{s(s+2)}$$

soluation

$$G(s)H(s)=\frac{10}{(s+1)(0.1s+1)}\times\frac{5}{s(s+2)}=\frac{50}{s(s+2)(s+1)(0.1s+1)}$$

$(1+TS)$ **وضع جميع الأقواس علي صورة**

$$G(s)H(s)=\frac{50}{2S(1+0.5S)(1+S)(1+0.1S)}=\frac{25}{S(1+0.5S)(1+S)(1+0.1S)}$$

$S\rightarrow JW$

$$G(jw)H(jw)=\frac{25}{jw(1+0.5jw)(1+jw)(1+0.1jw)}$$

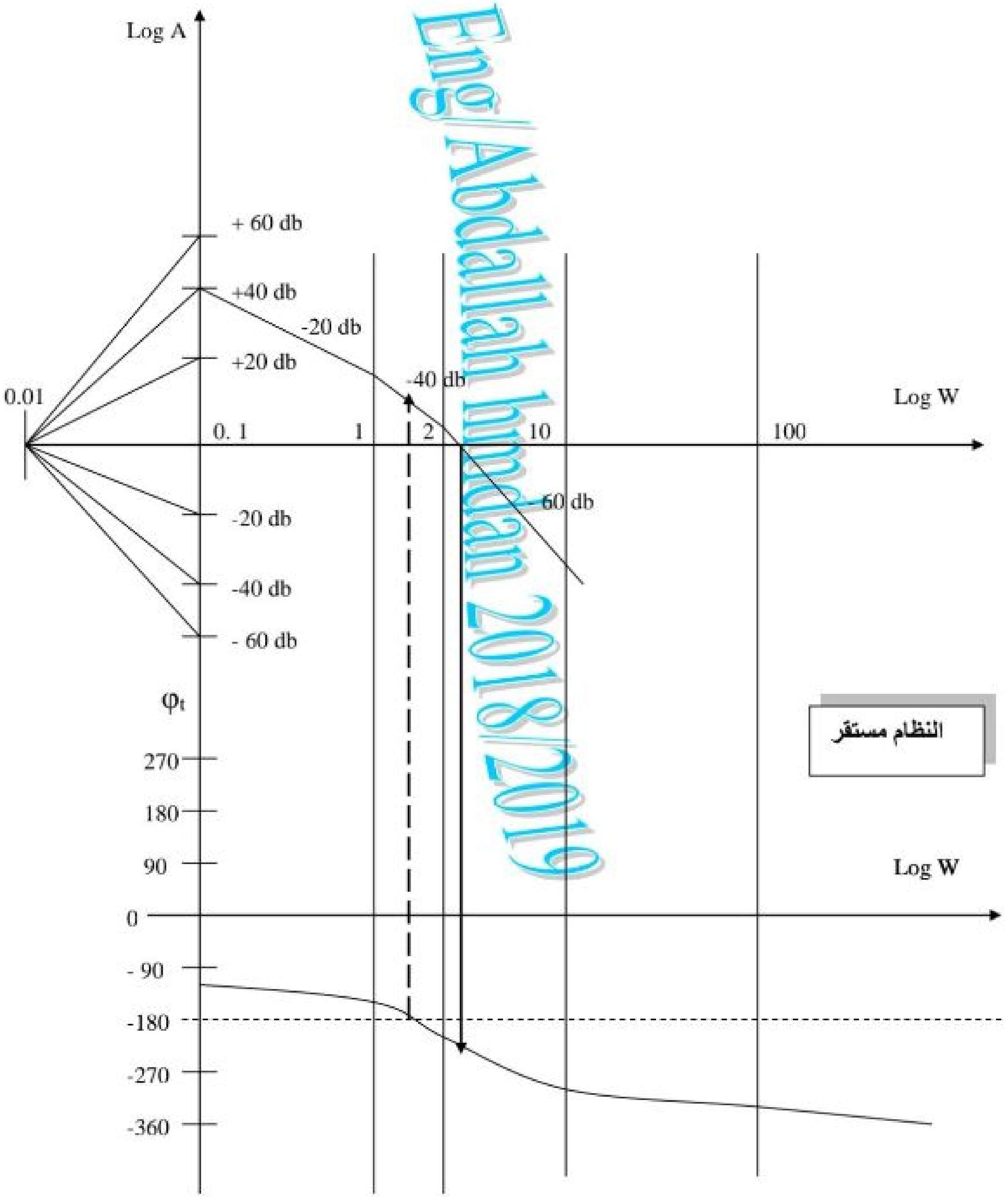
المقدار K	تردد القطع W_0	القيمة A	الزاوية Φ
25	-----	+ 20db	0
(JW)	1	- 20db	90°
(1 + 0.5JW)	2	- 20db	0 ----- - 90°
(1 + JW)	1	- 20db	0 ----- - 90°
(1 + 0.1JW)	10	- 20db	0 ----- - 90°

$$\Phi_t=-90-\tan^{-1}0.5w-\tan^{-1}w-\tan^{-1}0.1w$$

W_0	0.1	1	2	10	100
φ_t	-99	-167	-209	-297	-352

رسم مخطط بود و تحديد استقرار النظام

$$X_n=xLog_2=5Log_2=1.5cm$$



النظام مستقر

التحكم الالي

الصف الثاني

شعبة / شبكات القوي الكهربية

اعداد

مهندس | عبد الله حمدان عباس