Control System Design For Continuous Stirred Tank Reactor Using Matlab Simulink

اعداد:

أحمد بابكر أحمد 092203

خالد عثمان محمد الأمين 132523

هاشم أحمد إدريس 132526

بحث تكميلي لنيل درجة البكلاريوس مرتبة الشرف

في الهندسة الكهربائية والإلكترونية/ قدرة

قسم الهندسة الكهربائية والإلكترونية

كلية الهندسة والتقنية

جامعة وادي النيل

يوليو – 2016

الايـة

قال تعالي :

﴿ أَوَلَمْ يَسِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَيَنظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ كَانُوا مِن قَبْلِهِمْ ۚ كَانُوا هُمْ أَشَدَّ مِنْهُمْ قُوَّةً وَآثَارًا فِي الْأَرْضِ فَأَخَذَهُمُ اللَّهُ بِذُنُوبِهِمْ وَمَا كَانَ لَهُم مِّنَ اللَّهِ مِن وَاقٍ ﴾

سورة غافر الآية – 20

إهداء

إلي كل الذين افنوا زهرة شبابهم وربيع أيامهم وصارعوا الحياة رغم قسوتها

إلي الذين بذلوا قصارى جهدهم من اجلنا

لكل الذين أعطوا وما بخلو

الذين افنوا و ضحوا بحياتهم من اجلنا حتى هذه المرحلة

أمهاتنا .... آباؤنا

إلي من سنظل وإياهم كالبنيان المرصوص يشدو بعضه بعضا بصدق ووفاء ومحبه

أهلنا ...إخوتنا ...أصدقائنا ...أحبابنا ....زملائنا

والي كل أساتذتنا علي طول مسيرة تعليمنا هذه وعلي رأسهم :

الأستاذ \ ابوبكر رحمة الله

إلي كل باحث في دروب العلم والنور والمعرفة

نهديكم جميعا هذا العمل المتواضع

شكر وعرفان

الشكر أولا والحمد لله رب العالمين الذي وفقنا لبلوغ هذا المرام والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلي اله وسلم.

ثم من بعد ذلك الشكر لكل من ساهم معنا في انجاز هذا العمل المتواضع وعلي رأسهم ذلك القامة الشامخة الذي اشرف علي هذا البحث ونهلنا منه كل ما هو مفيد ، منا لك جزيل الشكر والعرفان استاذنا:

الأستاذ \ ابوبكر رحمة الله

وأيضا كل الشكر للذين يترقبون هذه اللحظة بعيون متوثبة

آباؤنا

والي من صنعن من أنفسهن ثوبا ليقن به من قهر الحياة و قساوة الزمن من تحت أقدامهن دخلوا جنات الخلد

أمهاتنا

المصطلحات :

Symbol	Meaning
mf	Input mass kg
tf	Feed temperature k
T	Out temperature k
m	Output mass kg
A	Inlet concentration of acetic an hydride
Hc	Outlet temperature of coolant (kj/kg)
Hs	Inlet temperature of coolant (kj/kg)
Ms	Mass of fluid
B	Water
R	Out put
Cp	Specific heat (kj/kg.k)
Kp	Proportional gain
Ki	Integral gain
Kd	Derivative gain
Kc	Critical gain
Gc(s)	Transfer function of controller
Gd(s)s	Transfer function of disturbance (load)
G	Gain coefficient

Ts	Setting time
tp	Peak time
Td	Delay time
ωn	Angular frequency
ωu	Ultimate frequency
V	Valve
C	Controller
P	Process
M	Measuring element
S	Laplace variable

المستخلص :

المفاعلات الكيمائية تستخدم بصورة واسعة في المجالات الصناعية والمؤسسات التعليمية لكن هناك بعض المشاكل تواجه مستخدم المفاعل.

هذه المشاكل تكمن في درجة الحرارة المولدة من تحريك المواد داخل المفاعل أو من الأجواء المحيطة به.

للتغلب على هذه المشاكل سنقوم بتصميم أنظمة تحكم للتحكم في درجة حرارة هذا المفاعل، تم التحكم في درجات الحرارة بإضافة نظام تبريد يحيط بالمفاعل ويعمل على مقارنة درجة الحرارة بالقيمة المضبوطة (set point) وعلى ضوئها يعمل على زيادة التبريد وذلك بهدف المحافظة على درجة حرارة ثابتة للمفاعل.

تم استخدام نظامي تحكم التغذية العكسية والتغذية الأمامية ومقارنتها لاختيار نظام التحكم الأفضل بينهما ورسم استجابة الأنظمة وتحليل استقراريتها بواسطة المحاكاة ببرنامج الماتلاب.

الفهرس

الاية	I
الاهداء	II
الشكر والعرفان	III
المصطلحات	V
المستخلص	VI
فهرس	IV
فهرس الأشكال	X
فهرس الجداول	XI
1.1 مقدمة للمفاعلات الكيميائية	1
2.1 نظام التحكم التغذية العكسية	1
3.1 نظام التحكم التغذية الأمامية	1
4.1 متحكمة الـ PID	2
5.1 الأهداف	3

1.2 اشتقاق النموذج الرياضي لـ (CSTR)	4
2.2 الحساسات الحرارية	6
3.2عناصر التحكم النهائية	7
1.3 تصميم نظام تحكم التغذية العكسية	8
1.1.3 ضبط المتحكمات	10
2.1.3المتحكم التناسبي (P controller)	12
3.1.3 المتحكم التناسبي التكاملي(PI controller)	13
4.1.3 المتحكم التناسبي التكاملي التفاضلي(PID controller)	14
2.3 تصميم نظام تحكم التغذية الأمامية	15
1.4تحليل استقرارية نظام تحكم التغذية العكسية	19
1.1.4 مخطط بود	20
2.1.4 معيار نيكوست	21
3.1.4 مكان جذور المعدلة	22
2.4 تحليل استقرارية نظام تحكم التغذية الأمامية	22

1.5 الخاتمة	23
2.5 التوصيات	23
المراجع	24

فهرس الأشكال

1.1متحكمة PID	2
2.1متحكمة PID	3
1.2 مفاعل التبريد المستمر	4
2.2 المزدوج الحراري	6
1.3 متحكمة التغذية العكسية لفاعل التبريد المستمر	8
2.3 المخطط الصندوقي لنظام التغذية العكسية	9
3.3 المخطط الصندوقي لنظام التغذية العكسية باستخدام المتحكم التناسبي	12
4.3 الاستجابة لنظام التغذية العكسية باستخدام المتحكم التناسبي	12
5.3 المخطط الصندوقي للمتحكم التناسبي التكاملي	13
6.3 استجابة الخرج للمتحكم التناسبي التكاملي	13
7.3 المخطط الصندوقي للمتحكم التناسبي التكاملي التفاضلي	14
8.3 استجابة الخرج للمتحكم التناسبي التكاملي التفاضلي	14

9.3 متحكم التغذية الأمامية لمفاعل التبريد المستمر	15
10.3 المخطط الصندوقي لنظام تحكم التغذية الأمامية	16
11.3 المخطط الصندوقي المعدل لنظام تحكم التغذية الأمامية	17
1.4 مخطط بود لنظام تحكم التغذية العكسية	21
2.4 معيار نيكوست لنظام تحكم التغذية العكسية	22
3.4 مكان جذور المعادلة لنظام تحكم التغذية العكسية	23

فهرس الجداول

1.3 طريقة زيقلر نيكوس	10
02.3 معايير راوث	11
3.3 جدول ريقلر نيكوس بعد التعويض القيم	12
4.3 المقارنة بين نظام تحكم التغذية العكسية والتغذية الأمامية	19

الفصل الأول

مقدمة

الفصل الأول

المقدمة

1.1 مقدمة للمفاعلات الكيميائية:

المفاعلات الكيميائية هي أوعية تصمم لاحتواء التفاعل الكيميائي. تصميم المفاعل الكيميائي يتعامل مع خواص متعددة للهندسة الكيميائية.التفاعلات الكيميائية إما أن تكون طاردة للحرارة أو ماصة للحرارة لذا يتطلب ذلك إما إزالة للحرارة أو إضافة للطاقة للمفاعل الكيميائي للحصول على درجة حرارة ثابتة.

2.1 نظام تحكم التغذية العكسية :

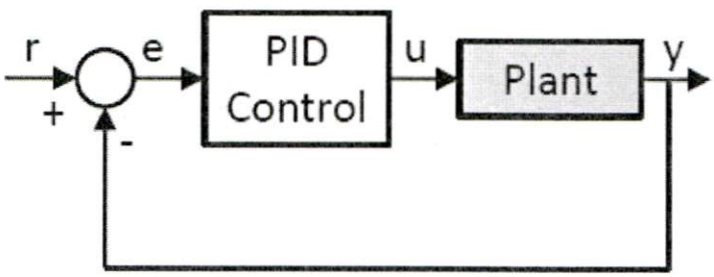
هذا النظام يقوم بقياس قيمة الخرج باستخدام أجهزة القياس، هذه الأجهزة تقوم بإرسال إشارة إلى المتحكمة التي تقوم بمقارنة الإشارة مع القيمة المضبوطة للمتحكمة (set point) ومن ثم تصحيح انحراف الإشارة.

3.1 نظام تحكم التغذية الأمامية :

إستراتيجية هذا النظام تقوم على تعويض الاضطرابات في النظام قبل أن تؤثر على المتغير المتحكم فيه، حيث يقوم على قياس الاضطرابات ومن ثم يتوقع تأثيرها على العملية ويقوم بالتصحيح المطلوب.

4.1 متحكمة ال PID:

تعتمد الكثير من التطبيقات الصناعية للنظم الكهربائية على التحكم الرقمي بالحلقة المغلقة وتعتبر نظم التحكم التناسبي التكاملي التفاضلي هي الأكثر استخداماً في أغلب النظم .



شكل 1.1 متحكمة PID

$$e = r - y \tag{1.1}$$

$$u = K_p e + k_i \int_0^t e + k_d \dot{e} \tag{1.2}$$

$$U(s) = k_p E(s) + \frac{k_i}{s} E(s) + k_d s E(s) \tag{1.3}$$

$$U(s) = \left(K_p + \frac{k_i}{s} + K_d s\right) E(s) \tag{1.4}$$

$$G_C(s) = \frac{U(s)}{E(s)}|_{IC=0} = K_p + K_i \frac{1}{s} + K_d s = \frac{K_d s^2 + K_p s + K_i}{s} \tag{1.5}$$

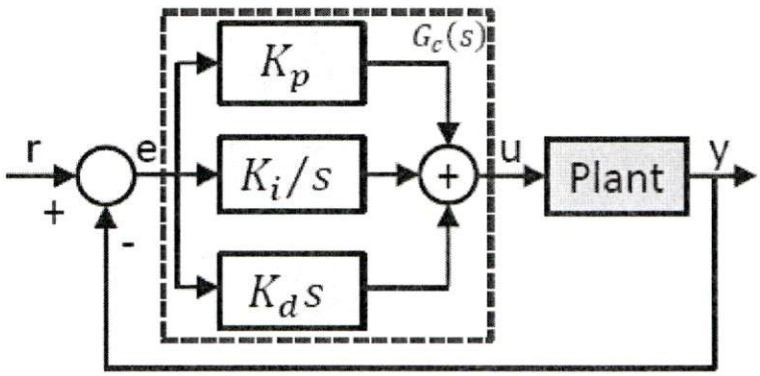
ضع

$$T_i = \frac{k_p}{k_i} \quad and \quad T_d = \frac{k_d}{k_p} \tag{1.6}$$

$$\Rightarrow u = k_p(e + \frac{1}{T_i}\int_0^t e + T_d\dot{e} \qquad 1.7$$

$$U(s) = K_p\left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d S\right)E(s) \qquad 1.8$$

$$G_C(s) = \frac{U(s)}{E(s)}|_{IC=0} = K_p + (1+\frac{1}{T_i s} + T_d S) = K_p\left(\frac{T_d S^2 + s + \frac{1}{T_i}}{S}\right) \qquad 1.9$$



شكل1.2 متحكمة PID

5.1 الأهداف :

هنالك عدة أهداف نحتاج إلى تحقيقها في هذا البحث وهي :

- تصميم أنظمة تحكم لمفاعل خزان التبريد المستمر (CSTR) .
- ضبط هذه الأنظمة.
- تحليل استجابة واستقرارية الأنظمة.
- تصميم مخطط صندوقي مناسب للنظام.
- اختيار نظام التحكم المناسب.

الفصل الثاني

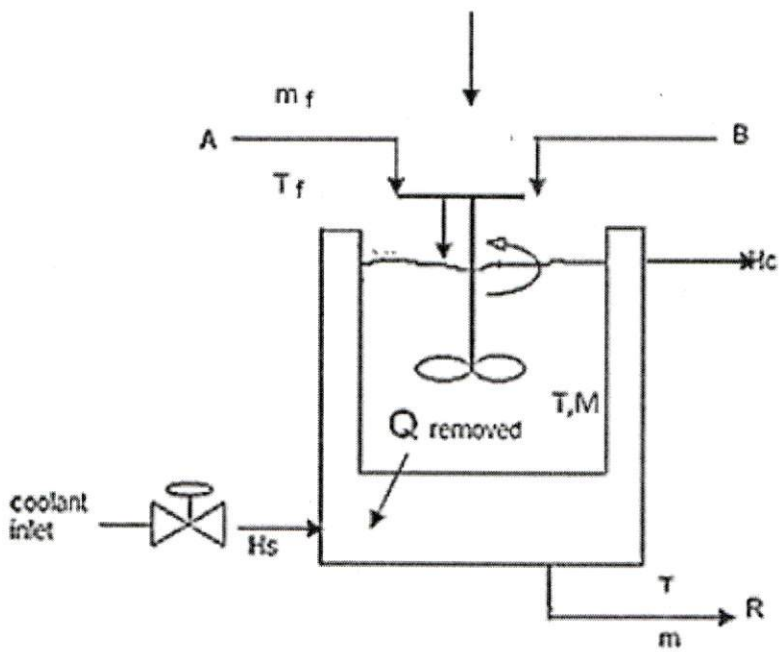
النموذج الرياضي

الفصل الثاني

النموذج الرياضي

للتحقق من سلوك العملية الكيميائية مع الزمن وذلك تحت تأثير الاضطرابات الخارجية والتلاعب بالمتغيرات ومن ثم تصميم وحدة تحكم مناسبة نحتاج الى استخدام النموذج الرياضي.

1.2 اشتقاق النموذج الرياضي ل (CSTR):



شكل 1.2 مفاعل التبريد المستمر

A+B →R

Input energy – output energy + heat provided by steam = rate of change of energy

$$m_f T_F C_P - mC_P T + M_s(H_S - H_C) = MC_P \frac{dT}{dt} \qquad 2.1$$

$$MC_P \frac{dT}{dt} + mC_P T = m_f T_F C_P + M_S (H_S - H_C) \qquad 2.2$$

بقسمة المعادلة 2.2 على $(m_f c_p)$

$$\frac{M}{m_f}\frac{dT}{dt} + \frac{m}{m_f}T = T_f + \frac{M_s}{m_f c_p}(H_s - H_c) \quad 2.3$$

$$m = m_f \qquad 2.4$$

$$\frac{M}{m_f} = \tau_p \quad 2.5$$

$$\tau_p \frac{dT}{dt} + T = T_f + \frac{M_s}{m_f c_p}(H_s - H_c) \quad 2.6$$

ضع

$$\frac{1}{m_f c_p}(H_s - H_c) = K_p \qquad 2.7$$

$$\tau_p \frac{dT}{dt} + T = T_f + K_p M_s \qquad 2.8$$

وبأخذ تحويل لابلاس للمعادلة أعلاه نحصل على :

$$(\tau_p S + 1)T(s) = T_f(s) + K_p M_s(s) \qquad 2.9$$

$$T(s) = \frac{K_p}{(\tau_p S + 1)} M_s(s) + \frac{1}{(\tau_p S + 1)} T_f(s) \qquad 2.10$$

في هذه العملية نفترض أن :

$$\mathbf{K_p = 0.503} \quad , \quad \mathbf{t_p = 12.4}$$

وأيضا للحمل المتغير:

$$\mathbf{K_d = 1} \quad , \quad \boldsymbol{\tau_d} \mathbf{= 12.4}$$

نتيجة لذلك تصبح دالة تحويل العملية كالاتي :

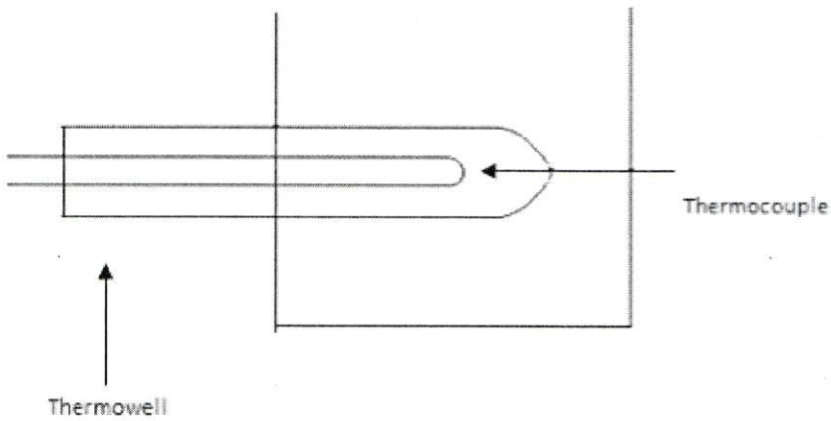
$$\mathbf{G_p(s) = T.F = \frac{0.503}{12.4S+1}} \qquad 2.11$$

وتصبح دالة التحويل للحمل المتغير كالاتي :

$$G_d(s) = T.F = \frac{1}{12.4S+1} \qquad 2.12$$

2.2 الحساسات الحرارية :

من أشهر الأنواع المستخدمة لقياس درجة الحرارة هو المزدوج الحراري ويتكون من معدنين محتلفين يتأثران بدرجة الحرارة.



شكل 2.2 المزدوج الحراري

نفترض ان المقاومة الرئيسية تقع خارج الغلاف الخارجي

$$\tau_m \frac{dT_m}{dt} + T_m = K_m T \qquad 2.13$$

وبعد إجراء تحويل لابلاس للمعادلة أعلاه تصبح المعادلة كالاتي :

$$(\tau_m S + 1) T_m(s) = K_m T(s) \qquad 2.14$$

وتصبح دالة التحويل للحساس كالاتي :

$$G_{m(s)}\frac{T_m(s)}{T(s)} = \frac{K_m}{(\tau_m S+1)} \qquad 2.15$$

نفترض أن :

$$K_m = 10 \qquad , \tau_m = 10$$

وبتعويض قيم المعاملات تصبح دالة التحويل كالاتي :

$$G_m(s) = T.F = \frac{10}{10S+1} \qquad 2.16$$

3.2 عناصر التحكم النهائية:

عبارة عن أجهزة في حلقة التحكم التي تقوم بتنفيذ إجراء المتحكمة، حيث تقوم بإستقبال خرج المتحكمة ومن ثم معالجة قيمة المتغير.

العنصر النهائي عبارة عن الصمام الذي يقوم بالتحكم في تدفق سوائل التبريد.

معادلة الصمام

$$G_{f(s)} = \frac{K_f}{\tau_f S+1} \qquad 2.17$$

وبافتراض أن قيم المتغيرات :

$$\mathbf{K_f = 10} \quad , \quad \mathbf{\tau_f = 30}$$

وتصبح دالة تحويل الصمام كالاتي :

$$\mathbf{T.F} = \frac{10}{30S+1} \qquad 2.18$$

الفصل الثالث

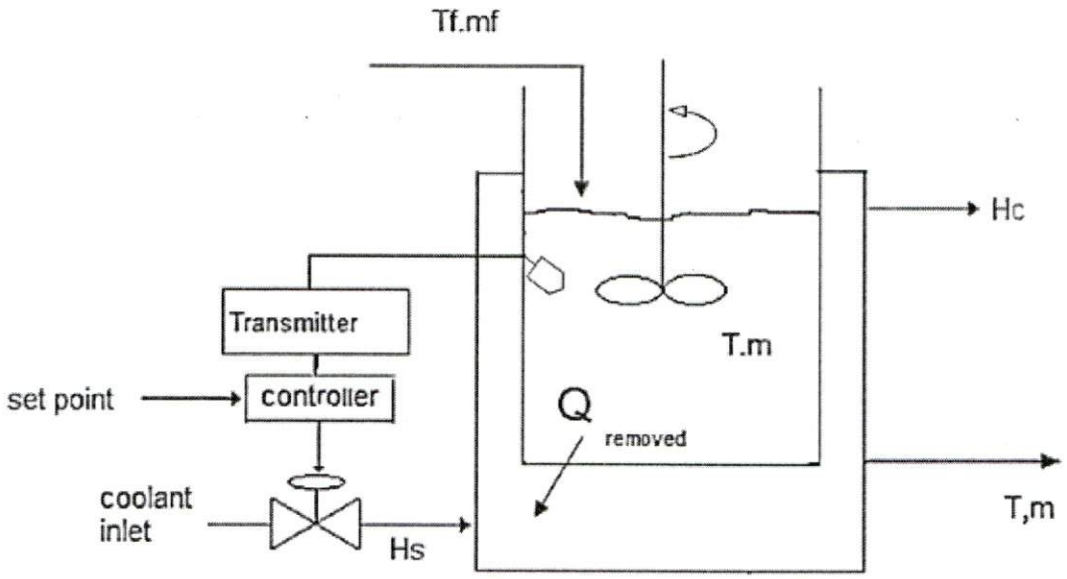
تصميم نظام التحكم

الفصل الثالث

تصميم نظام التحكم

1.3 تصميم نظام تحكم التغذية العكسية :

نعتبر أن نظام التحكم في درجة الحرارة لنموذج مفاعل التبريد المستمر كما موضح في الشكل (1.3).



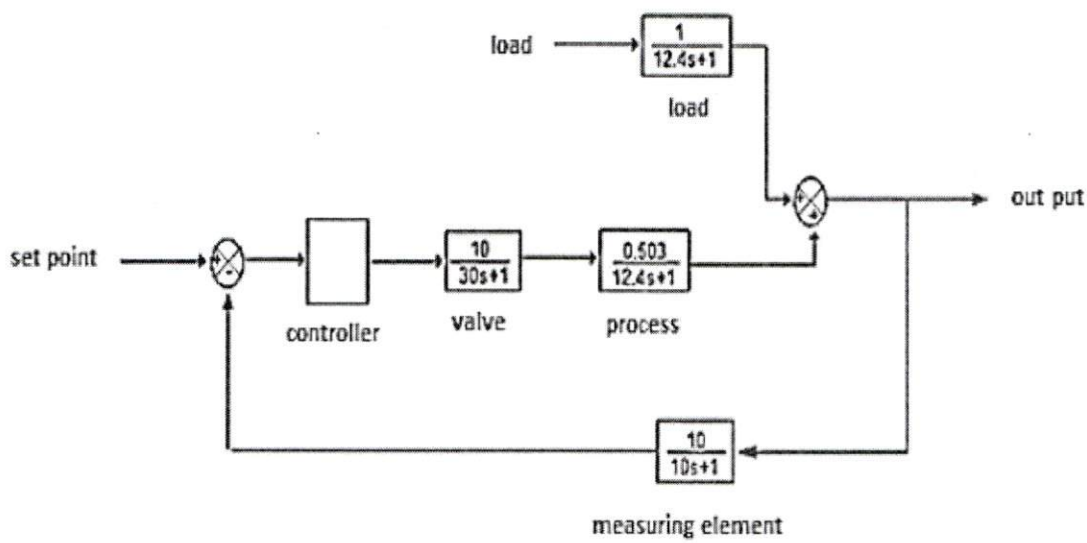
شكل 1.3 متحكمة التغذية العكسية لفاعل التبريد المستمر

درجة الحرارة Tهي الخرج المتحكم به وذلك عند إضافة مواد التفاعل إلى الخزان بدرجة حرارة معينة.

دوال التحويل لجميع مكونات النظام تم توضيحها في الفصل السابق.

هذا النظام يقوم على قياس قيمة الخرج (درجة الحرارة) وذلك باستخدام جهاز القياس (المزدوج الحراري) ثم تقوم المتحكمة بمقارنة هذا الخرج مع القيمة المضبوطة للنظام ، المتحكمة تقوم بإرسال إشارة لتصحيح انحراف الخرج ويتم ذلك عبر إرسال إشارة إلى المكونات المتغيرة (الصمام) الذي يتحكم في سوائل التبريد الخارجة من المبرد.

المخطط الصندوقي لنظام تحكم التغذية العكسية كما موضح في الشكل أدناه



شكل 2.3 المخطط الصندوقي لنظام التغذية العكسية

1.1.3 ضبط المتحكمة :

من الطرق التقليدية لتصميم المتحكمات وضبط المعاملات هي الطرق التي تعتمد على القياس وأحد أفضل هذه التقنيات هي طريقة زيقلر نيكلوس.

تعتمد هذه الطريقة على حساب الكسب النهائي (Ku) وعلى حساب زمن الدورة (Pu) التي تقود الإشارة إلى التذبذب المستمر، ومن ثم نقوم بضبط المتحكمة تبعاً لجدول زيقلر نيكلوس كما موضح في الجدول التالي .

جدول 1.3 طريقة زيقلر نيكلوس

	K_c	T_i	T_d
P	0.5Ku		
PI	0.45Ku	Pu/1.2	
PID	0.6Ku	Pu/2	Pu/8

باستخدام طريقة راوث نقوم بحساب الكسب (Ku) وزمن الدورة (Pu) وذلك من معادلة الخصائص لنظام التغذية العكسية.

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{\pi(\text{forward})}{1+\pi(\text{loop})} \qquad 3.1$$

$$\pi(\text{forward}) = \frac{k_c k_v k_p}{(\tau_v S+1)(\tau_p S+1)} \qquad 3.2$$

$$\pi(\text{loop}) = \frac{k_C k_V k_P k_M}{(\tau_v S+1)(\tau_p S+1)(\tau_M S+1)} \qquad 3.3$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{k_C k_V k_P(\tau_M S+1)}{(\tau_v S+1)(\tau_p S+1)(\tau_M S+1)+K_V K_C K_P K_M} \qquad 3.4$$

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{k_C k_V k_P(\tau_M S + 1)}{\tau_v\tau_P\tau_M S^3 + (\tau_M\tau_P + \tau_M\tau_V + \tau_P\tau_V)S^2 + (\tau_V + \tau_P + \tau_M)S + k_V k_C k_P k_M + 1} \quad 3.5$$

وتكون معادلة الخصائص للنظام

$$\tau_v\tau_P\tau_M S^3 + (\tau_M\tau_P + \tau_M\tau_V + \tau_P\tau_V)S^2 + (\tau_V + \tau_P + \tau_M)S + k_V k_C k_P k_M + 1 = 0 \quad 3.6$$

من الفصل السابق يتضح لنا ان قيم المتغيرات كما يلي

$$K_C = 0.503 \qquad \tau_P = 124$$
$$K_V = 10 \qquad \tau_V = 30$$
$$K_M = 10 \qquad \tau_M = 10$$

بعد تعويض القيم تصبح معادلة الخصائص كالأتي :

$$3720\,S^3 + 796\,S^2 + 52.4\,S + 50.3\,K_C + 1 = 0 \quad 3.7$$

جدول 2.3 معايير راوث

S^3	3720	52.4
S^2	796	$50.3\,k_c + 1$
S^1	A_1	A_2
S^0	B_1	B_2

$$A_1 = \frac{(796)(52.4) - (3720)(50.3K_C + 1)}{796} = \frac{37990.4 - 187116\,K_C}{796} \quad 3.8$$

$$B_1 = \frac{(A_1)(50.3\,K_C + 1) - 0}{A_1} \quad 3.10$$

$$= 50.3\,K_C + 1 \qquad B_2 = 0$$

بمساواة قيمة A_1 بالصفر

$$A_1 = \frac{37990.4 - 187116\,K_C}{796} = 0$$

$$kc = \frac{37990.4}{187116} = 0.203$$

$$796\,S^2 + (50.3\,K_u + 1) = 796\,S^2 + 11.21 = 0 \quad 3.11$$

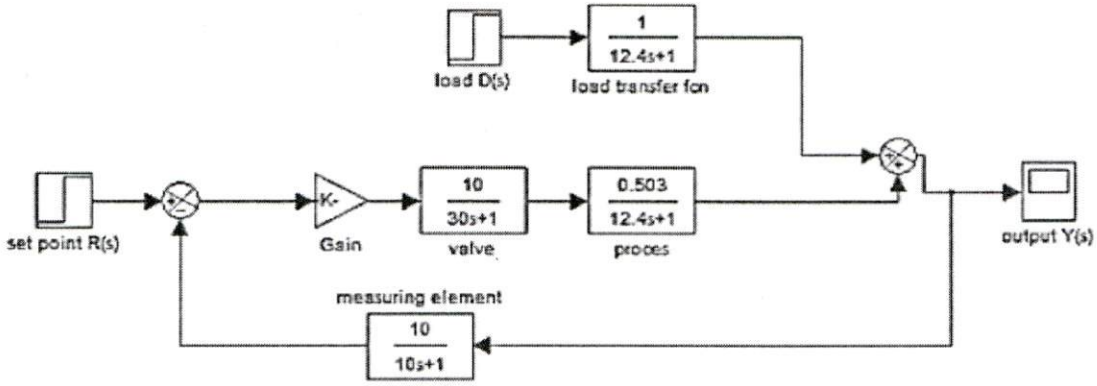
$$S = (\omega u)_i = 0.117_i \omega u = 0.117$$

$$Pu = 2\pi/\,\omega u \qquad Pu = 53.67$$

جدول 3.3 جدول زيقلر نيكلوس بعد تعويض القيم

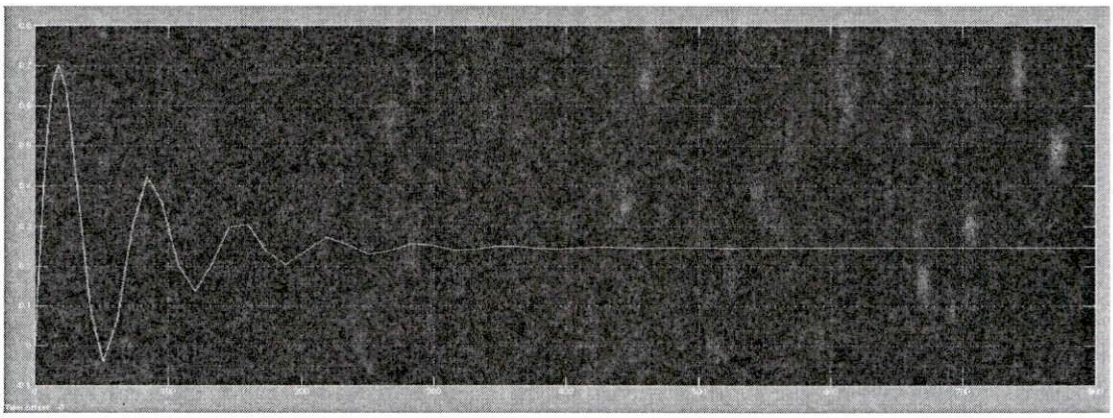
	K_c	T_i	T_d
P	0.5*0.203=0.102		
PI	0.45*0.203=0.091	53.67/1.2=44.73	
PID	0.6*0.203=0.122	53.67/2=26.84	53.67/8=6.71

2.1.3 المتحكم التناسبي (P controller):



شكل 3.3 المخطط الصندوقي لنظام التغذية العكسية باستخدام المتحكم التناسبي

باستخدام برنامج الماتلاب يمكن رسم استجابة الخرج للنظام كما في الشكل الأتي



شكل 4.3 استجابة الخرج لنظام تحكم التغذية العكسية باستخدام المتحكم التناسبي

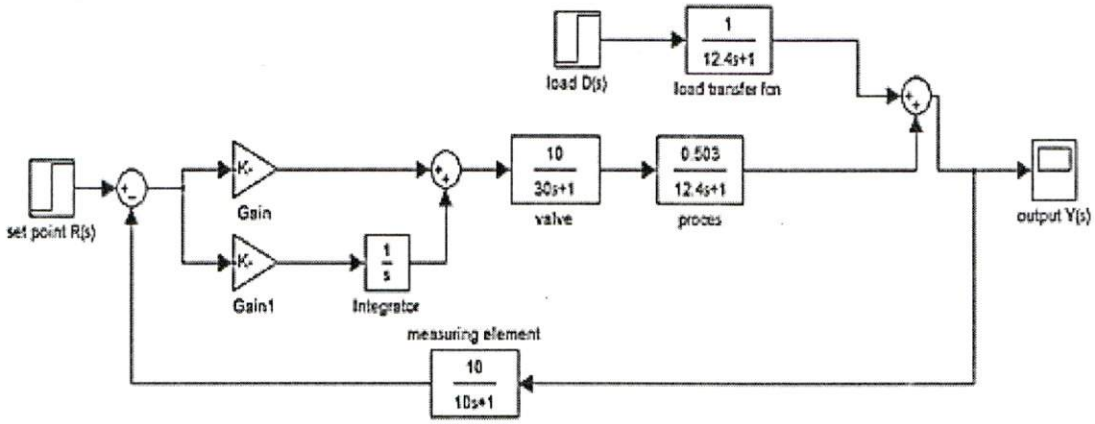
من الشكل السابق يمكن أن نلاحظ مايلي :

The offset = $Y_{idle} - Y_{steady\ state}$= 0.3-0.25 = 0.05

The maximum deviation = 0.7

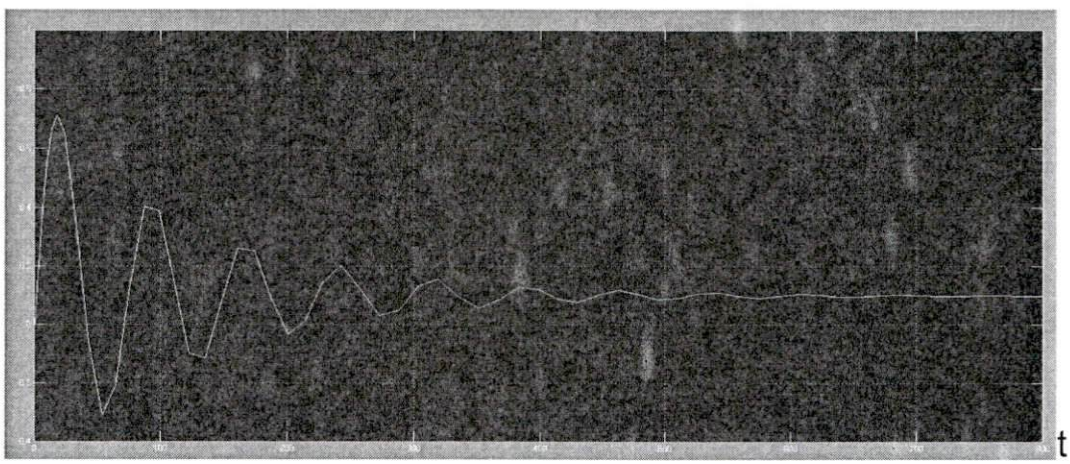
The system response time = 510 sec

3.1.3 المتحكم التناسبي التكاملي(PI controller):



شكل5.3 المخطط الصندوقي للمتحكم التناسبي التكاملي

ويكون شكل استجابة الخرج باستخدام برنامج الماتلاب كما يلي



شكل6.3 استجابة الخرج للمتحكم التناسبي التكاملي

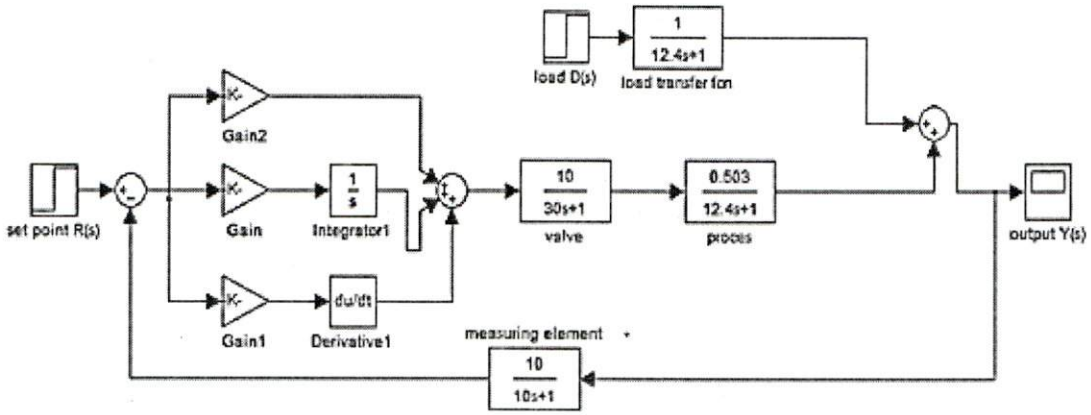
من هذه الاستجابة نلاحظ الأتي :

The offset = $Y_{idle} - Y_{steady\ state} = 0$ at steady state

The maximum deviation = 0.71

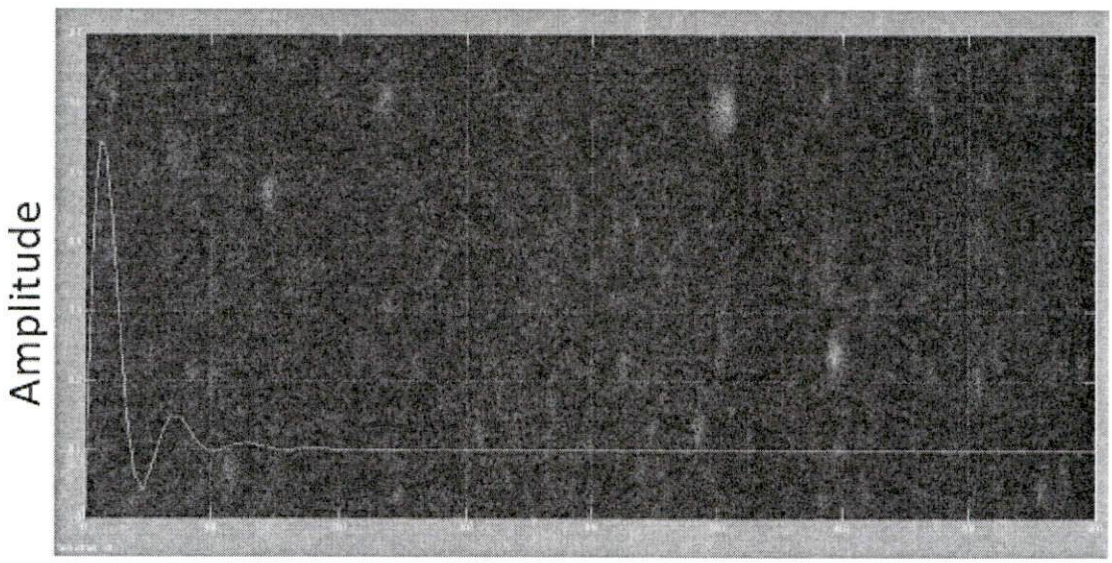
The system response time = 770 sec

4.1.3 المتحكم التناسبي التكاملي التفاضلي (PID controller) :



الشكل 7.3 المخطط الصندوقي للمتحكم التناسبي التكاملي التفاضلي

وتكون استجابة خرج النظام كما يلي :



شكل 8.3 استجابة الخرج للمتحكم التناسبي التكاملي التفاضلي

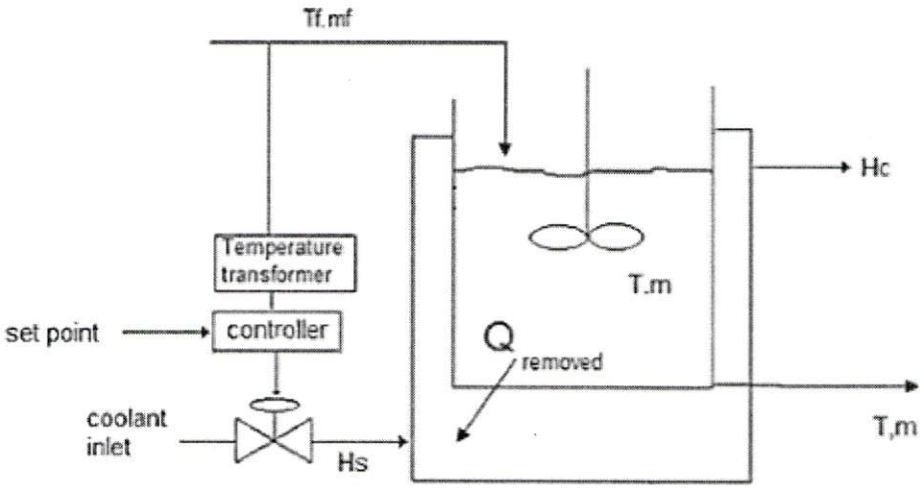
من الرسم أعلاه نلاحظ الأتي :

The offset = $Y_{idle} - Y_{steady\ state} = 0$ at steady state

The maximum deviation = 0.541

The system response time = 259 sec

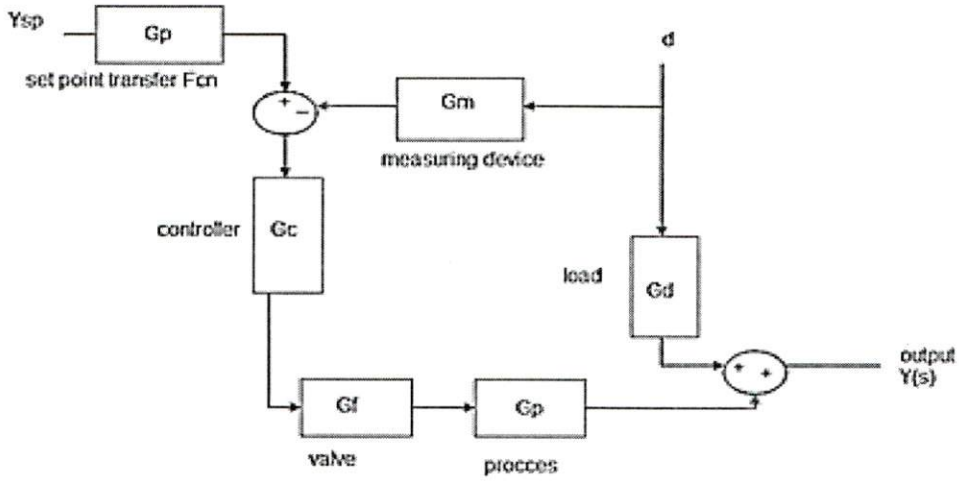
2.3 تصميم نظام تحكم التغذية الأمامية :



شكل9.3 متحكم التغذية الأمامية لمفاعل التبريد المستمر

هذا النظام يعمل على قياس الاضطرابات مباشرة ويقوم بتوقع تأثيراتها على خرج العملية ومن ثم يعمل على استبعادها نهائيا وذلك بالعمل على المتغيرات.

الشكل التالي يوضح المخطط الصندوقي لنظام تحكم التغذية الأمامية



شكل 10.3 المخطط الصندوقي لنظام تحكم التغذية الأمامية

اشتقاق دالة التحويل لنظام تحكم التغذية الأمامية يكون كالأتي :

$$Y(s) = (G_P G_f G_c G_{sp})Y_{sp}(s) + (G_d - G_p G_f G_c G_m)d(s) \quad 3.12$$

$$Y(s) = (G_P G_f G_c G_{sp})Y_{sp}(s) + (G_d - G_p G_f G_c G_m)d(s) \quad 3.12$$

$$G_d - G_p G_f G_c G_m = 0 \quad 3.13$$

$$Y_{sp}(s) = \frac{Ys - (G_d - G_p G_f G_c G_m)d(s)}{G_p G_f G_c G_m} \quad 3.15$$

$$G_p G_f G_c G_m = 1 \quad 3.16$$

$$G_{sp} = \frac{G_m}{G_d} \quad 3.18$$

وبتعويض قيمG_m, G_d, G_p, G_fنحصل على المعادلة الاتية :

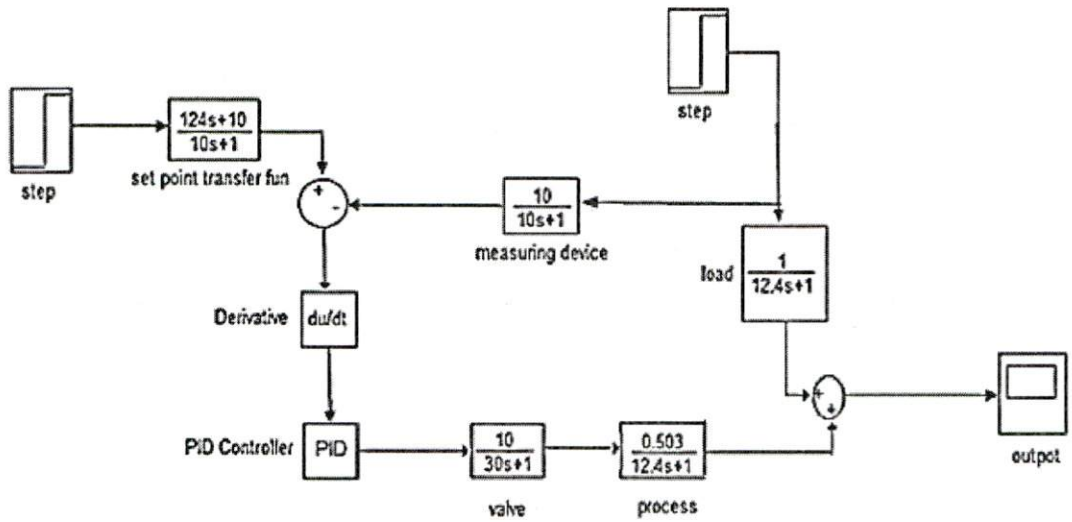
$$G_{sp} = \frac{G_m}{G_d} = \frac{10(12.4S + 1)}{10S + 1} = \frac{124S + 10}{10S + 1} \quad 3.19$$

$$G_C = \frac{G_d}{G_p G_f G_,} = \frac{(124S + 1)(30S + 1)(10S + 1)}{50.3(12.4S + 1)} = 0.02(30S + 1)(10S + 1) \quad 3.20$$

$$G_C = 0.02(30S + 1)(10S + 1) = 6S^2 + 0.8S + 0.02 \quad 3.21$$

$$G_C = S(0.8 + \frac{0.02}{S} + 6S) \qquad 3.22$$

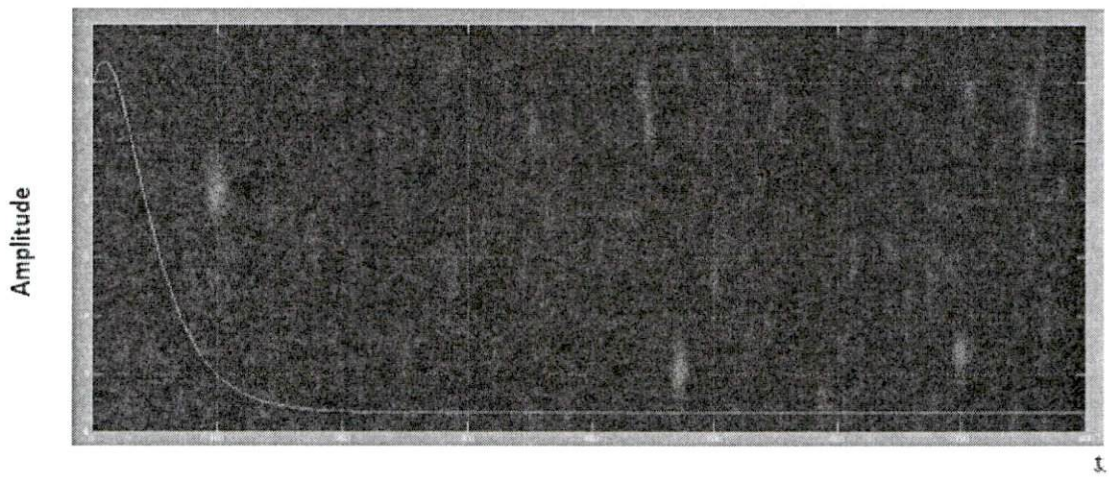
وبتعويض قيم جميع مكونات المخطط الصندوقي للنظام نحصل على المخطط التالي



شكل 11.3 المخطط الصندوقي المعدل لنظام تحكم التغذية الأمامية

وباستخدام برنامج الماتلاب يمكن الحصول على استجابة الخرج لنظام تحكم التغذية الأمامية

كما يلي



شكل 12.3 استجابة الخرج لنظام تحكم التغذية الأمامية

The offset = $Y_{idle} - Y_{steady\ state} = 0$ at steady state

The maximum deviation = 0

The system response time = 220 sec

من تصاميم أنظمة التحكم السابقة يمكن مقارنة هذه الأنظمة على حسب الاستجابة العابرة للخرج من حيث زمن استجابة النظام واعلى نقطة لإنحراف الإشارة وقيمة الإزاحة والخروج بالتصميم الأمثل للتحكم في مفاعل التبريد الأمثل وتكون المقارنه تبعا للجدول الاتي :

جدول 4.3 المقارنة بين نظام تحكم التغذية العكسية والتغذية الأمامية

The characteristic features	Feedback system			Feed forward system
	P	PI	PID	
The offset	0.05	0	0	0
Response time (sec)	510	770	259	220
Maximum deviation	0.7	0.71	0.541	0

في نظام تحكم التغذية العكسية تمت المقارنة بين الثلاث متحكمات (التناسبي، التناسبي التكاملي، التناسبي التكاملي التفاضلي) ويتضح من المقارنة أن نظام التحكم التناسبي التكاملي التفاضلي له أسرع زمن للاستجابة وأقل انحراف من النظامين الآخرين.

وبمقارنة نظام تحكم التغذية العكسية مع نظام تحكم التغذية الأمامية نجد أن نظام التغذية الأمامية هو الأسرع في الاستجابة من نظام التغذية العكسية.

الفصل الرابع

تحليل استقرارية أنظمة التحكم

الفصل الرابع

تحليل استقرارية أنظمة التحكم

من أهم خصائص أنظمة التحكم هي استقراريتها، ويعتبر النظام مستقراً إذا تعرض النظام إلى أي اضطرابات في الدخل ويكون الخرج قادراً على العودة إلى حالته الأولى.

هناك عدد من الطرق لاختبار إذا كان نظام التحكم مستقراً أم لا ومن أشهر هذه الطرق هي :

- Nyquist criteria.
- Root locus criteria.
- Bode criteria.

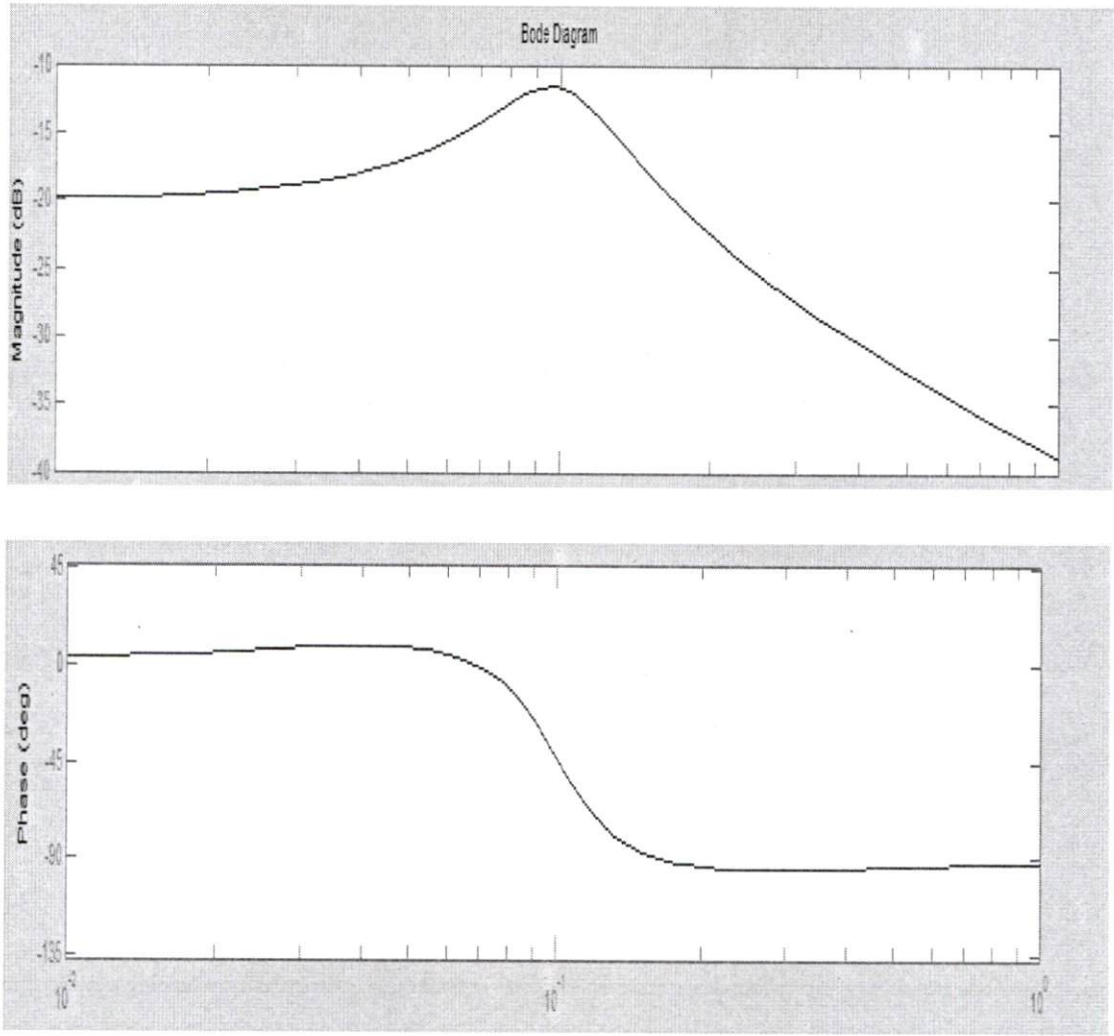
1.4 تحليل استقرارية نظام تحكم التغذية العكسية :

لتحليل استقرارية النظام نحتاج إلى دالة تحويل النظام والتي تم توضيحها في الفصل الثالث ، وبالرجوع إلى المعادلة 3.7 يمكن اختبار استقرارية النظام وذلك بعد تعويض جميع قيم المتغيرات.

$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{41.25S^3 + 10.2S^2 + 0.84S + 0.023}{3720S^4 + 796S^3 + 93.65S^2 + 7.14S + 0.23} \qquad 4.1$$

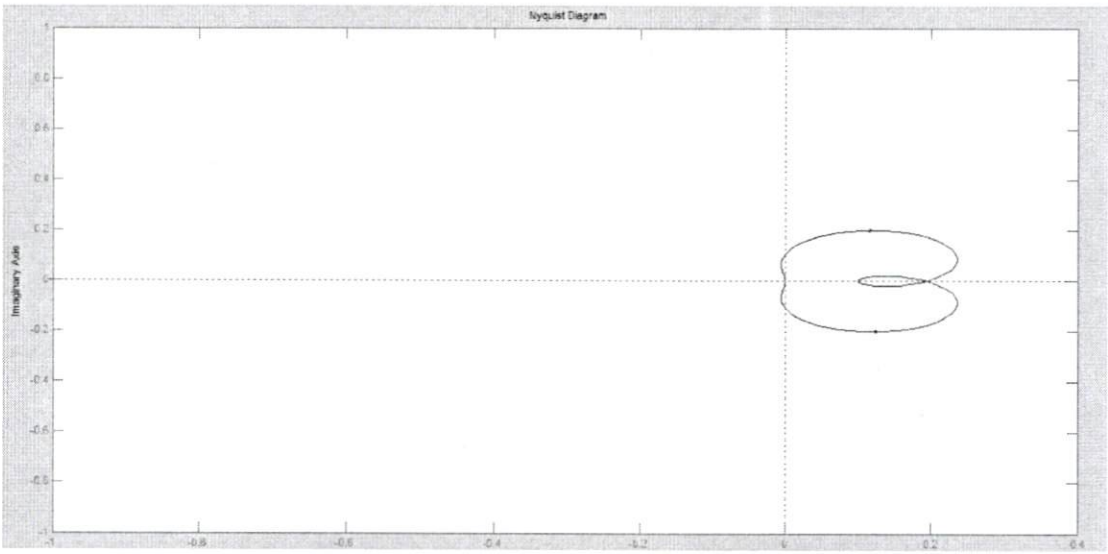
يمكن اختبار استقرارية النظام بواسطة برنامج الماتلاب كما يلي :

1.1.4 مخطط بود :



شكل 1.4 مخطط بود لنظام تحكم التغذية العكسية

2.1.4 معيار نيكوست :

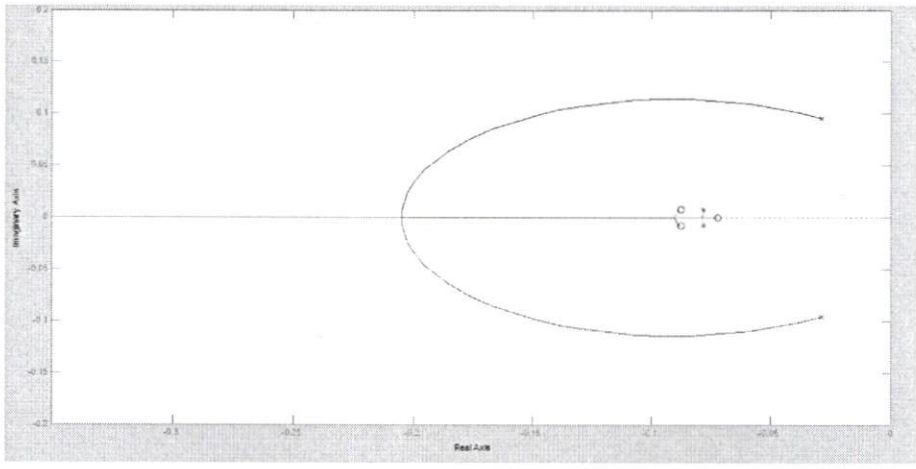


شكل 2.4 معيار نيكوست لنظام تحكم التغذية العكسية

النظام يعتر مستقرا حسب معيار نيكوست لان معادلة الخصائص تقع بين القيمة (0,0.25)في الجزء الموجب من المحور الحقيقي.

إذا وقعت هذه المعادلة بين القيمة(0,−1) فان النظام يعتبر غير مستقرا حسب معيار نيكوست.

3.1.4 مكان جذور المعادلة :



شكل 3.4 مكان جذور المعادلة لنظام تحكم التغذية العكسية

مكان الجذور لمعادلة الخصائص يقع في الجزء السالب للجزء الحقيقي، وعلى حسب معيار مكان جذور المعادلة يعتبر النظام مستقرا.

2.4 تحليل استقرارية نظام تحكم التغذية الأمامية :

المعايير السابقة المستخدمة لتحليل استقرارية أنظمة التحكم لا يمكن تطبيقها على نظام تحكم التغذية الأمامية لان النظام لا يعتبر حلقة مغلقة.

نظام تحكم التغذية الأمامية لا يمكن التعبير عنه من حيث الاستقرارية لان النظام يقوم بقياس الاضطرابات مباشرة ومن ثم تقوم المتحكمة باستبعاد التأثير الناتج من هذه الاضطرابات واستبعاده نهائيا قبل إن يؤثر على خرج العملية.

الفصل الخامس

الخاتمة والتوصيات

الفصل الخامس

الخاتمة والتوصيات

1.5 الخاتمة :

من خلال تصاميم أنظمة التحكم السابقة لمفاعل التبريد المستمر (CSTR) واختبار وتحليل استقرارية هذه الأنظمة والمقارنة بينها، تم استنتاج انه في نظام تحكم التغذية العكسية تكون المتحكمة (PID) هي الأسرع في الاستجابة من المتحكمات (P),(PI) .

وبمقارنة نظام التغذية الأمامية مع نظام تحكم التغذية العكسية يتضح أن نظام التغذية الأمامية أسرع في الاستجابة .

2.5 التوصيات:

لمزيد من الاستقرار ولسرعة استجابة اكبر للتحكم في درجة حرارة مفاعل التبريد المستمر يمكن تصميم نظام التحكم التعاقبي (cascade control system) .

المراجع:

[1] Smith, R.M (2005) Chemical Process: Design and Integration, John Wiley & Sons, chichester.

[2] Houfar , F: Salah shoor, K. (2008). Adaptive control of CSTR using Feedback Linearization Based on Grey – Box Modeling , proceeding of FEEE International confe.

[3] Adaptive control systems : techniques and applications by V.V. chalam : 34 – 98

[4] Srinivas Palanki , Soimitri Kolavennu , (2003). Simulation of control of CSTR process int. J. Engng Ed. Vol. 19 No 3, PP 398 $\pm$ 402.