

تجارب الجزء العملي

الجلسة الثانية

تجربة خواص مستوى السائل في الحوض العلوي

مقرر نظم التحكم الخطي

د. نسمت أبو طبق

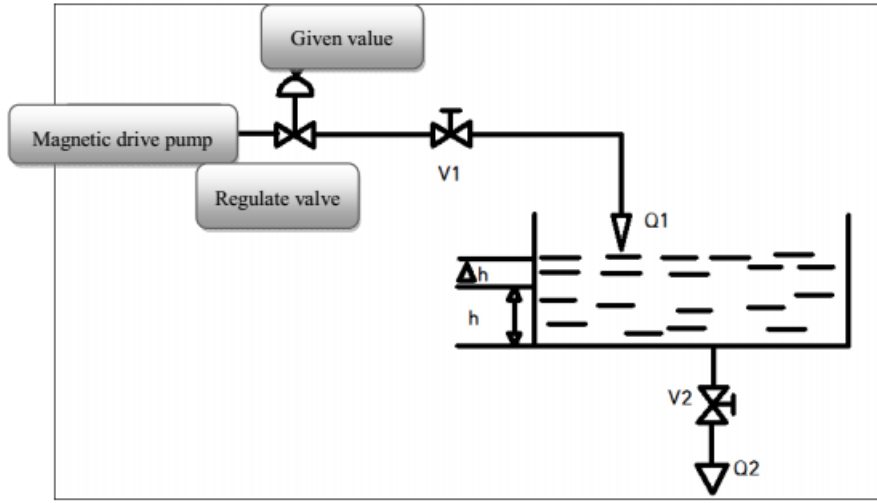
جامعة المنارة

مقدمة:

فيما يخص التجارب المنفذة على الحوض العلوي يمكن التمييز بين تجربتين: الحلقة المفتوحة (بدون تحكم) والحلقة المغلقة (مع متحكم P, PI, PID). سنقوم في هذه التجربة بتنفيذ الحلقة المفتوحة ومراقبة سلوك خرج النظام عند تغير الدخل على شكل قفزة.

المبدأ النظري:

يبين الشكل (40) المخطط النظري لنظام الحوض العلوي. يتم ملء الحوض من صمام V_1 ويفرغ من صمام V_2 . إشارة دخل النظام هو التدفق الداخل Q_1 وخرجه هو مستوى السائل في الحوض h يتوازن السائل في الخزان عند تساوي التدفق الداخل مع التدفق الخارج. يتأثر تدفق الدخل بضغط المضخة وفتحة صمام الدخول. أما تدفق الخرج فيتعلق بفتحة صمام الخروج وبضغط السائل الذي بدوره يتعلق بارتفاع السائل في الحوض h .



الشكل (40) مخطط نظام الحوض العلوي

يعبر عن العلاقة بين مستوى السائل وتدفق الخرج والدخل ومقاومة صمامي الدخل والخرج بالمعادلة التالية:

$$R_2 * C * \frac{d\Delta h}{dt} + \Delta h = R_2 * \Delta Q_2$$

تحويل لابلاس للمعادلة السابقة:

$$G(s) = \frac{H(s)}{Q(s)} = \frac{R_2}{R_2 * C * s + 1} = \frac{K}{Ts + 1}$$

الثابت الزمني $T = R_2 * C$ يتعلق بفتحة الصمام والريج R_2 . K

R_1, R_2 : مقاومة صمامي الدخول (1) والخرج (2).

C : عامل السعة للحوض.

بفرض أن تدفق الدخل تغير على شكل خطوة بمقدار R_0 فإن تحويل لابلاس للدخل يكتب $\frac{R_0}{s}$ فيصبح تحويل لابلاس للخرج وهو مستوى السائل:

$$H(s) = \frac{R_2}{R_2 * C * s + 1} Q(s) = \frac{K}{Ts + 1} \frac{R_0}{s}$$

للحصول على الاستجابة الزمنية نوجد تحويل لابلاس العكسي وينتج كما يلي:

$$h(t) = KR_0(1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

عند الزمن $t = T$ يكون مستوى السائل

$$h(T) = KR_o(1 - e^{-1}) = 0.632KR_o = 0.632h(\infty)$$

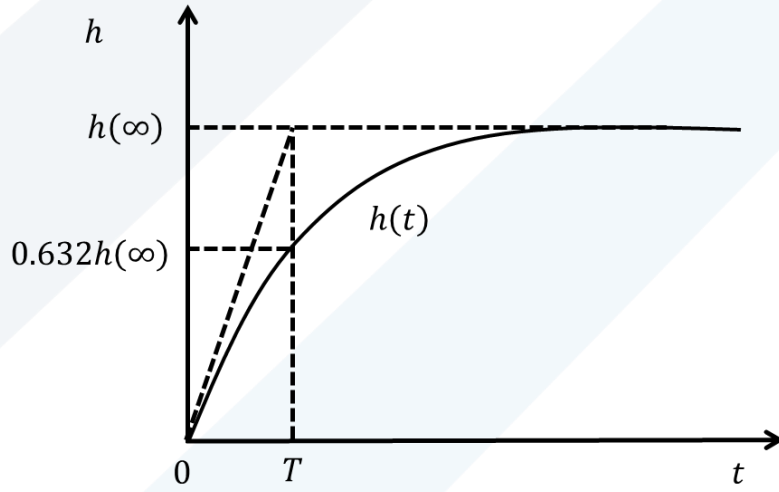
عند الزمن $t = \infty$ يكون مستوى السائل

$$h(\infty) = KR_o(1 - e^{-\infty}) = KR_o$$

باشتقاق الاستجابة الزمنية في اللحظة 0 نحصل على مستقيم ميله $\frac{h(\infty)}{T}$ كما يلي:

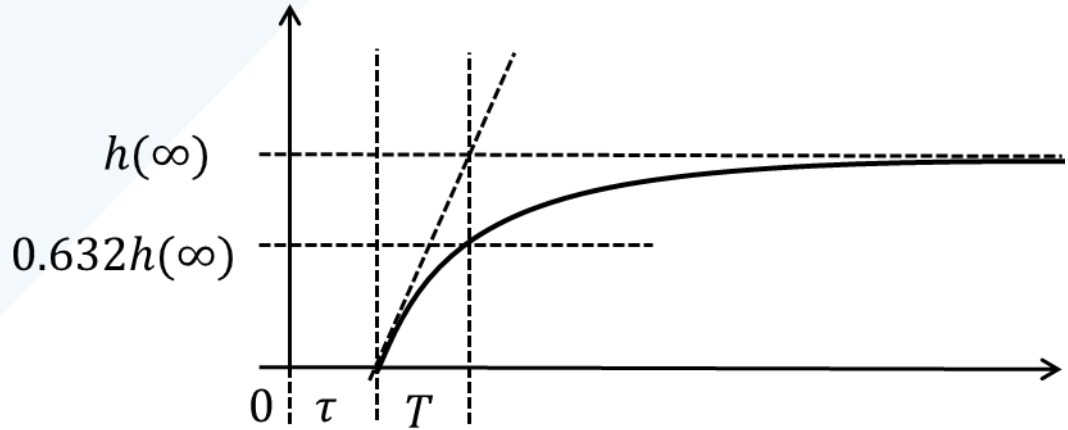
$$\left. \frac{h(t)}{dt} \right|_{t=0} = \left. \frac{KR_o}{T} e^{-\frac{t}{T}} \right|_{t=0} = \frac{KR_o}{T} = \frac{h(\infty)}{T}$$

والشكل (41) التالي يوضح الاستجابة الزمنية والمشتق:



الشكل (41) الاستجابة الزمنية لمستوى السائل في الحوض

إلا أنه عملياً قد يبدي النظام تأخيراً زمنياً أو زمنياً ميتاً وتكون الاستجابة كما في الشكل (42).



الشكل (42) الاستجابة الزمنية لمستوى السائل في الحوض العلوي مع زمن ميت

في هذه الحالة يجب أخذ التأخير الزمني بعين الاعتبار في تابع النقل كما يلي:

$$G(s) = \frac{H(s)}{Q(s)} = \frac{K}{Ts + 1} e^{-\tau s}$$

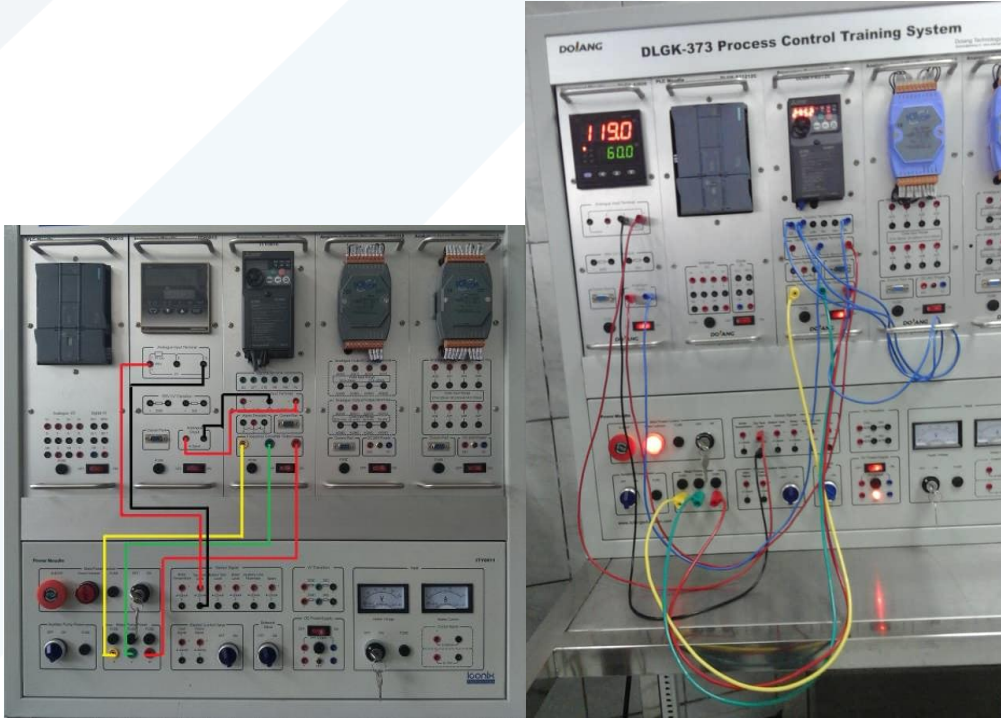
حيث: T : التأخير الزمني أو الزمن الميت.

أدوات التجربة:

جهاز التحكم الذكي، المبدلة الترددية، حساس الحوض العلوي، المضخة ثلاثية الطور (الرئيسية).

توصيل التجربة:

يتم توصيل التجربة كما هو موضح في الشكل التالي (43). من حساس مستوى السائل للحوض العلوي إلى دخل الجهاز الذي حسب الألوان 3,4. من خرج الجهاز الذي mA إلى دخل المبدلة الترددية mA. من خرج المبدلة الترددية ثلاثي الطور إلى دخل المضخة ثلاثية الطور بالترتيب حسب الألوان. في المبدلة الترددية توصل المداخل العلوية 1,2,6 مع بعضها بحالة قصر.

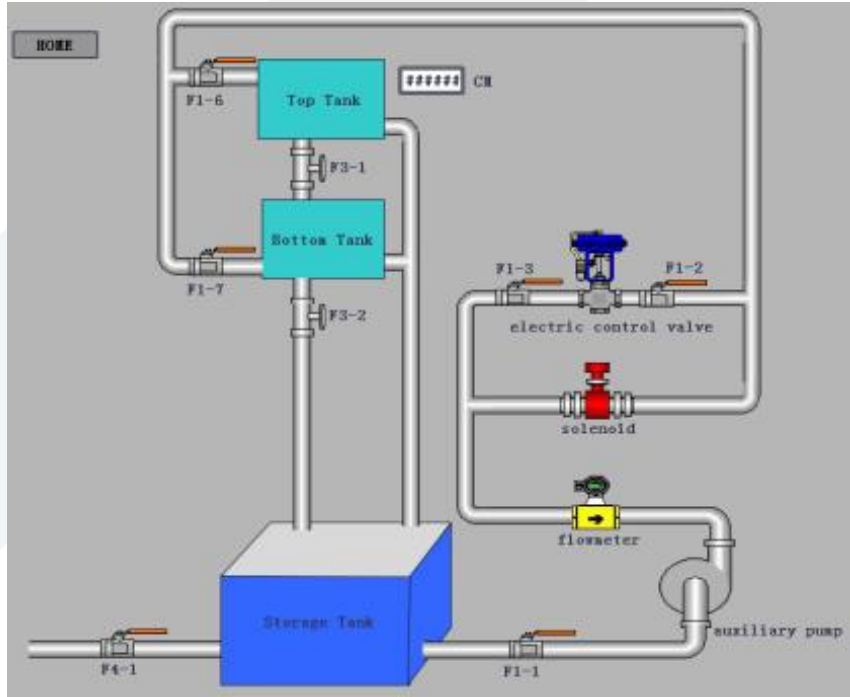


الشكل (43) توصيل تجربة الحوض العلوي

يقوم المتحكم الذكي بتوليد إشارة تحكم بالمبدلة الترددية التي تعطي تردد يتناسب مع إشارة التحكم القادمة من الجهاز الذكي. تحدد إشارة التحكم القيمة المرجعية المطلوبة لمستوى الماء في الحوض العلوي. أما الحساس فيقوم بإرسال إشارة القياس للجهاز الذكي.

التشغيل:

المخطط العملي للتجربة:



الشكل (44) المخطط العملي للتجربة

يملاً الحوض المعدني الرئيسي بالماء حتى أكثر من ثلثيه ويثبت وضع صمام الماء F1-6 والتفريغ F3-1 للحوض العلوي اليدويين على فتحة ثابتة قصوى دون أن تتغير خلال التجربة. صمام التفريغ للحوض السفلي F3-2 مفتوح لكن ليس بالحد الأقصى (زاوية 15 درجة تقريباً). الصمامات F1-1, F1-2, F1-3 مفتوحة أيضاً عند تشغيل المضخة المساعدة. أما في التجربة تعمل المضخة الرئيسية محل المساعدة في الشكل (44) بالتالي يجب الانتباه لفتح الصمامات المتصلة مع المضخة الرئيسية.

مراحل التشغيل:

تشغيل التغذية الرئيسية عبر رفع القاطع الرئيسي الجانبي.

تدوير ضاغط الطوارئ لليمين وإدارة مفتاح التشغيل لليمين لتضئ وحدة التغذية.

الضغط على كباسة ON لوحدة التيار المستمر لتغذية الحساسات بالتيار المستمر.

الضغط على كباسة ON للمتحكم الذكي وللأنفترتر.

معايرة المتحكم الذكي:

بقاء con و CLM على 0,0 على التوالي.

بحسب اضاءة لمبات الدلالة يكون نظام العمل:

المصباح A/M مضاء (نمط يدوي) نظام بحلقة مفتوحة.

المصباح A/M مطفى (نمط آلي) نظام بحلقة مغلقة.

المصباح A/M وميض (نمط معايرة آلية للمتحكم PID) يتم الانتظار حتى انطفاء الوميض.

A من Auto و M من Manual. يتم التحويل بينهما عن طريق زر السهم باتجاه اليسار.

يتم تحديد الدخل للنظام بحلقة مفتوحة وللمرجع بحلقة مغلقة عن طريق زري السهمين باتجاه الأعلى والأسفل.

للدخول إلى قائمة الاعدادات للمتحكمات يتم بضغط مطول 5 ثوان على زر السهم الدائري يتم بعدها تغيير الاعدادات والضغط مجدداً لحظياً على السهم الدائري. لاستعراض الاعدادات يتم بضغط لحظي على السهم الدائري. لمعايرة القيمة المرجعية يتم بالضغط المطول على السهم الدائري لظهور SV يتم اختيار قيمتها بالسهم للأعلى والأسفل ثم السهم الدائري لتثبيت القيمة ثم الإفلات لتعود للشاشة الرئيسية.

لمعايرة المتحكم PID ضغط لخمس عدات على السهم الدائري ثم الضغط للوصول إلى الرموز P,I,d تبعاً واختيار قيمها بالسهم أعلى وأسفل ثم التثبيت بالسهم الدائري.

للتوليف الآلي للمتحكمات يتم الضغط لخمس عدات على السهم الدائري ثم الضغط للحظي عدة مرات للوصول إلى AUT نجعل قيمتها 1 بالسهمين للأعلى والأسفل ثم نثبت القيمة بالضغط على السهم الدائري. ليبدأ التوليف الآلي ووميض مصباح الدلالة الذي ينطفئ عند انتهاء الموالفة. بعد انطفاء المصباح يكون المتحكم جاهز للعمل بحلقة مغلقة.

حسب التوصيل السابق يمكن إجراء تجربة الحلقة المفتوحة دون تفعيل التحكم في المتحكم الذكي وتجربة الحلقة المغلقة مع تفعيل المتحكم في المتحكم الذكي.

تجربة الحلقة المفتوحة نظام درجة أولى: مستوى السائل في الحوض العلوي

الهدف:

رسم الاستجابة الزمنية للخروج (مستوى السائل) بحلقة مفتوحة من أجل دخل خطوة.

استنتاج تابع النقل المكافئ للنظام من دون تحكم من الاستجابة الزمنية.

نمذجة ومحاكاة النظام المدروس ومقارنة نتائج المحاكاة بالنتائج العملية.

تتم التجربة على مراحل:

1. استقرار مستوى السائل في الخزان العلوي على القيمة الأولية حوالي 10-15 دقيقة.
2. إجراء قفزة بالمرجع بالزيادة وتستمر المرحلة حتى يستقر مستوى السائل لمدة من 15 – 20 دقيقة.
3. إجراء قفزة بالتناقص وتستمر المرحلة حتى يستقر مستوى السائل لمدة من 15 – 20 دقيقة.

المرحلة الأولى:

معايرة المتحكم الذكي على وضعية يدوي يكون المصباح A/M مضاء. إذا لم يكن مضاء ضغطة على زر السهم اليساري فيضيء. الضغط على زر أعلى أو أسفل لوضع قيمة إشارة التحكم في المتحكم الذكي على 55% يتم بعدها بدء ملء الحوض ويلزم الانتظار حوالي 15 دقيقة حتى يتوازن الماء في الحوض العلوي مثلاً 10.8 سم. تسجيل القراءة على الجهاز الذكي وعلى الحوض كما في الجداول التالية.

حساب خطأ الحالة المستقرة = القراءة على الجهاز الذكي - المرجع

المرجع	القراءة على الجهاز الذكي	القراءة على الحوض	خطأ الحالة المستقرة
55%		10.8 cm	

المرحلة الثانية: القفزة الصاعدة

اجراء قفزة في المرجع 5% أي زيادة المرجع من 55% لـ 60% بشكل فجائي بالسهم للأعلى والبدء بأخذ قراءات كل عدة ثوان لمدة 15 دقيقة تقريباً في البداية كل 05 ثانية لمدة دقيقة وبعدها كل 10 ثانية لمدة دقيقتين وذلك لمعرفة الزمن الميت كما هو موضح في الجدول التالي.

الزمن	قراءة الحوض	قراءة الذكي	الزمن	قراءة الحوض	قراءة الذكي
00.00	3.5		2*60+40	9.3	
05	4.5		2*60+50	9.5	
10	4.7		3*60	9.6	
15	5		3*60+20	9.9	
20	5.5		3*60+40	10.1	
25	5.7		4*60	10.3	
30	6		4*60+30	10.6	
35	6.2		5*60	10.8	
40	6.5		5*60+30	10.9	
45	6.7		6*60	11	
50	7		6*60+30	11.2	
55	7.1		7*60	11.3	
60	7.2		7*60+30	11.3	
1*60+10	7.5		8*60	11.3	
1*60+20	7.7		8*60+30	11.3	
1*60+30	8		9*60	11.3	
1*60+40	8.2		9*60+20	11.3	
1*60+50	8.5		9*60+40	11.3	
2*60	8.6		10*60	11.3	
2*60+10	8.8		12*60	11.3	
2*60+20	9		14*60	11.3	
2*60+30	9.1		15*60	11.3	

الحالة المستقرة الجديدة بعد 15 دقيقة:

تسجيل القراءة على الجهاز الذكي وعلى الحوض.

المرجع	القراءة على الجهاز الذكي	القراءة على الحوض	خطأ الحالة المستقرة
%60		11.3	

حساب خطأ الحالة المستقرة = القراءة على الجهاز الذكي - المرجع

المرحلة الثالثة: القفزة الهابطة:

اجراء قفزة في المرجع 60% أي نقصان المرجع من 60% لـ 55% بشكل فجائي والبدء بأخذ قراءات كل عدة ثوان لمدة 25 دقيقة تقريباً في البداية كل 15 ثانية لمدة دقيقة وبعدها كل 30 ثانية لمدة دقيقتين وذلك لمعرفة الزمن الميت.

الزمن	قراءة الحوض	قراءة الذكي	الزمن	قراءة الحوض	قراءة الذكي
00.00			2*60+40		
05			2*60+50		
10			3*60		
15			3*60+20		
20			3*60+40		
25			4*60		
30			4*60+30		
35			5*60		
40			5*60+30		
45			6*60		
50			6*60+30		
55			7*60		
60			7*60+30		
1*60+10			8*60		
1*60+20			8*60+30		
1*60+30			9*60		
1*60+40			9*60+20		
1*60+50			9*60+40		
2*60			10*60		
2*60+10			12*60		
2*60+20			14*60		
2*60+30			15*60		

تسجيل القراءة على الجهاز الذكي وعلى الحوض.

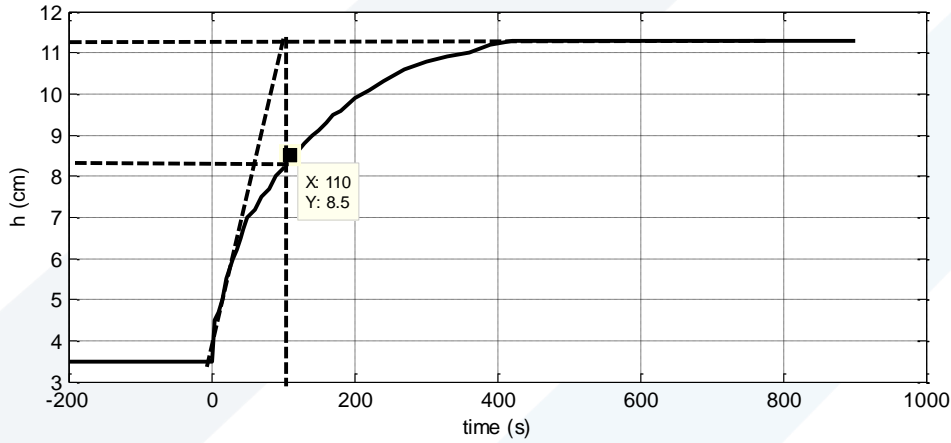
المرجع	القراءة على الجهاز الذكي	القراءة على الحوض	خطأ الحالة المستقرة
60%			

حساب خطأ الحالة المستقرة = القراءة على الجهاز الذكي - المرجع

بعد انتهاء مراحل التجربة والحصول على النتائج نكون جاهزين لرسم الاستجابة الزمنية وتحديد البارامترات للنموذج الرياضي من خلالها.

المطلوب:

1. رسم الاستجابة الزمنية (الخرج مع الزمن) و (مستوى السائل مع الزمن) على ورقة ميليمترية وفي برنامج MATLAB.

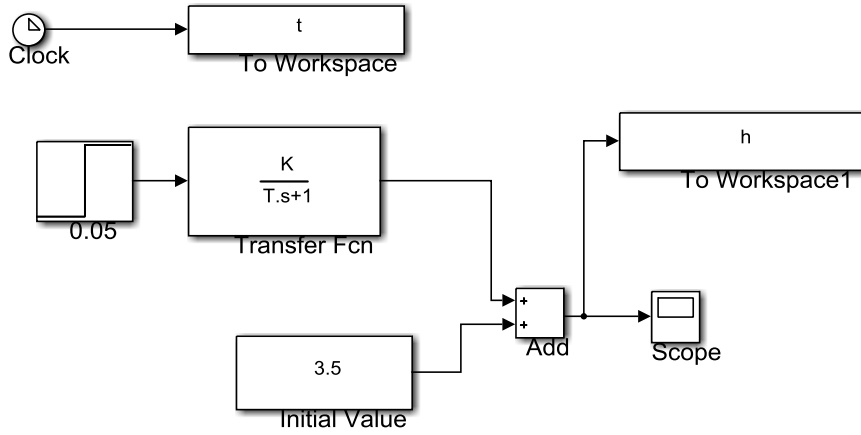


الشكل () رسم استجابة الحلقة المفتوحة للحوض العلوي في MATLAB

2. الشكل () الاستجابة الزمنية للخرج بدلالة الزمن للحلقة المفتوحة للحوض العلوي في MATLAB. استنتاج تابع النقل المكافئ للحلقة المفتوحة للنظام. تابع النقل من الشكل التالي:

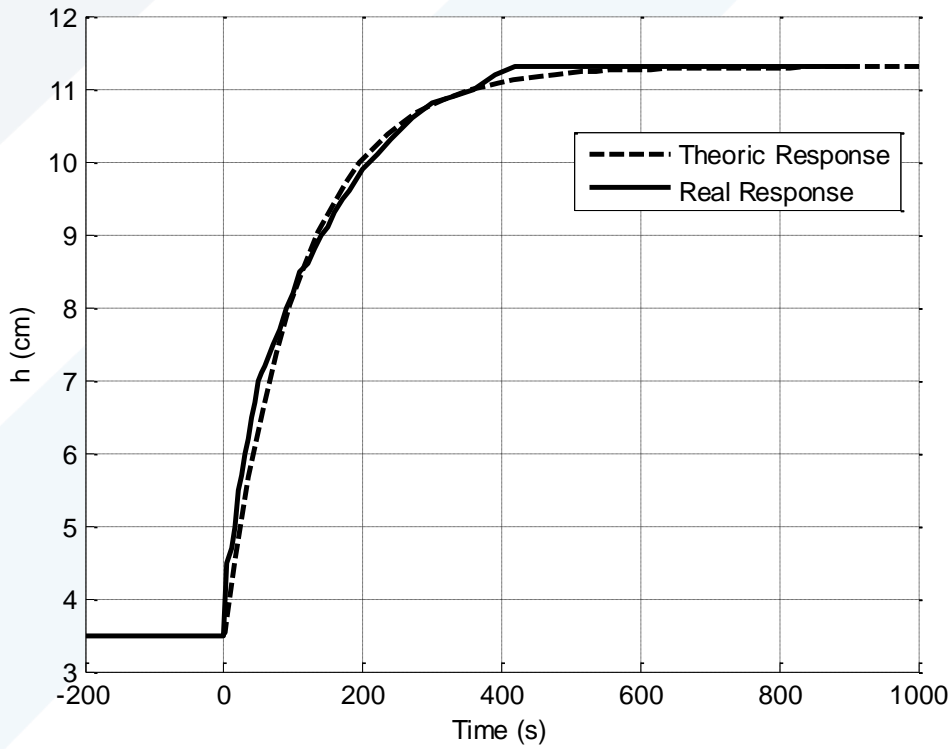
$$\frac{K}{Ts + 1} = \frac{(11.3 - 3.5)/0.05}{110s + 1} = \frac{156}{110s + 1}$$

3. النمذجة باستخدام برنامج MATLAB للنظام واجراء المحاكاة بنفس ظروف التجربة ورسم الاستجابة الزمنية عن طريق المحاكاة.



الشكل () نموذج النظام للحوض العلوي

4. رسم استجابة التجربة على نفس الشكل مع استجابة المحاكاة والمقارنة بينهما



الشكل () مقارنة بين الاستجابة النظرية واستجابة التجربة

في نهاية الجلسة يكون المدرب قادراً على:

توصيل تجربة مستوى السائل في الخزان العلوي وتشغيلها.

التمييز بين الدخل وخرج النظام كطبيعة فيزيائية.

فهم المبدأ النظري للتجربة والربط بين النظام الفيزيائي وتابع النقل (نموذج النظام).

ربط النتائج التجريبية بالنتائج الرياضية وتمييز منحنى خواص النظام الدرجة الأولى.

استنتاج بارامترات منحنى استجابة الخرج لتصميم المتحكم بحلقة مغلقة.

تقويم المتدربين:

يطرح المدرب أسئلة شفوية أو كتابية عن مكونات التجربة وتوصيل وتشغيل التجربة.

يطلب إلى المتدربين رسم منحنى الاستجابة لنظام الدرجة الأولى واستنتاج بارامترات الاستجابة اللازمة لنمذجة النظام المدروس.

يطلب من المتدربين تجهيز تقرير عن التجربة يتضمن مراحلها والنتائج التجريبية ونتائج النمذجة والمحاكاة.

مع تحيات مدرس المقرر

الدكتور نسمت أبو طبق