

Lecture 1



مقدمة في التحكم بالعمليات

Introduction to Process control

1. مقدمة:

رافقت التطورات التكنولوجية في العالم وعلى مر العصور تطورات ملحوظة وهامة في طرق التحكم بالوسط المحيط. يعرف **التحكم (control)** بالسيطرة على قيمة أو تغير معامل (بارامتر) محدد عن طريق تامين مؤثرات خارجية على الوسط أو البيئة المدروسة، ونذكر على سبيل المثال بالنسبة للأنظمة البسيطة تامين درجة حرارة ثابتة لغرفة بدرجة تعادل $(21\text{ }^{\circ}\text{C})$ ، أما بالنسبة لأنظمة التحكم المعقدة عمليات تصنيع الدارات التكاملية أو توجيه مركبة فضائية إلى المشتري. كما نعرف **نظام التحكم (control system)** بمجموعة العناصر المجتمعة والضرورية لإنجاز التحكم بأحد المتغيرات للوسط المدروس. إن الهدف من هذا المقرر هو إتقان اختيار عناصر وطرق نظم التحكم بالعمليات الصناعية المستخدمة في قطاع الصناعة والهندسة البحرية. سوف نستعرض في هذا الفصل وبشكل عام تقنية التحكم بالعمليات (process control) وعناصرها، بينما نستعرض في الفصول القادمة عناصر التحكم بالعمليات ودراستها بشكل مفصل.

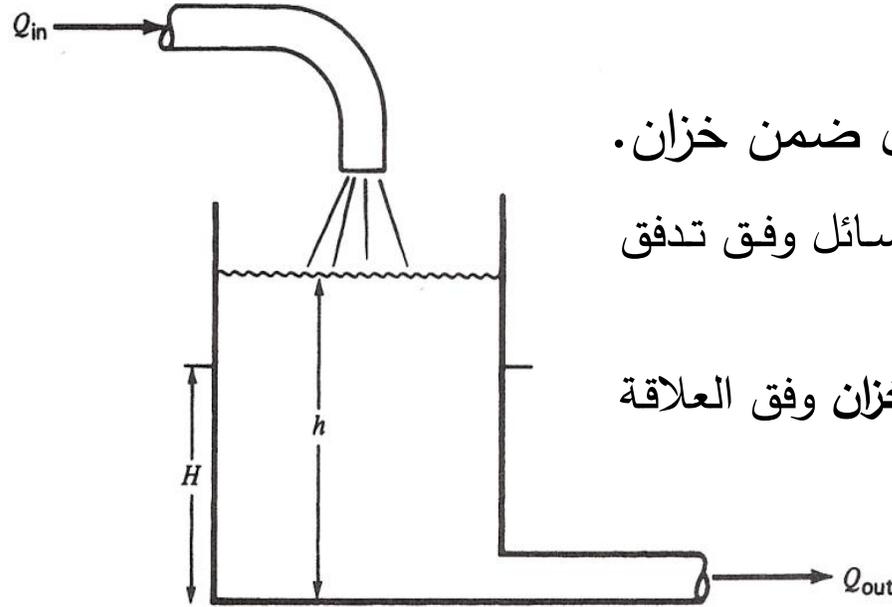
□ أنظمة التحكم: control systems

يجب أن يتوفر في عمل نظام التحكم الاستراتيجيات الأساسية المتوفرة في الكائنات الحية والتي تعمل على سبيل المثال للمحافظة على درجة حرارة الجسم و مستوى السوائل وبعض الوظائف البيولوجية الأخرى. لقد اعتمدت تقنيات التحكم القديمة على تدخل الإنسان في ضبط أنظمة التحكم، وقد تم الاستغناء عن تدخل الإنسان في أنظمة التحكم الحديثة بالآلات والالكترونيات والكومبيوترات لتشكل أنظمة التحكم الآلية (autom control).

□ مبادئ التحكم بالعمليات: process control principles

يمتاز نظام التحكم بالعملية بتنظيم قيم متغيرات الخرج ضمن مجال محدد تحت تأثير المؤثرات الخارجية. تعرف القيمة المطلوبة لمتغير خرج النظام (Desired value) بالقيمة المرجعية (reference value). سوف نستعرض المفاهيم والمصطلحات الأساسية لمبدأ التحكم بالعمليات وذلك بناء على اعتماد نظام محدد من أنظمة التحكم المختلفة.

العملية: (The process)



يبين الشكل العملية المعتمدة لنظام تحكم محدد يعمل على التحكم بمستوى سائل ضمن خزان. يتم ضخ السائل إلى الخزان وفق تدفق الضخ (Q_{in})، بينما يصرف الخزان كمية من السائل وفق تدفق التصريف (Q_{out}). يحدد ارتفاع مستوى السائل في الخزان بالمستوى (h). يتناسب تدفق التصريف (Q_{out}) كما هو معلوم، طردا مع جذر ارتفاع مستوى السائل في الخزان وفق العلاقة التالية:

$$Q_{out} = K \sqrt{h}$$

حيث K : ثابت تتحدد قيمته بناء على شكل وأبعاد الخزان وفتحة التصريف ونوعية السائل. وكما هو واضح من المعادلة، يزداد تدفق التصريف مع زيادة مستوى السائل في الخزان.

إذا كان تدفق التصريف لا يساوي تدفق الضخ ($Q_{out} \neq Q_{in}$) فإن مستوى ارتفاع السائل سوف يتغير وفق الشروط التالية:

- يزداد مستوى السائل في الخزان عندما يكون تدفق الضخ اكبر من تدفق التصريف ($Q_{out} < Q_{in}$).
- ينخفض مستوى السائل عندما يكون تدفق الضخ اصغر من تدفق التصريف ($Q_{out} > Q_{in}$).

يمتلك هذا النظام **خاصية التنظيم الذاتي (SELF REGULATION)**، نظراً لأنه عند زيادة تدفق الضخ يبدأ مستوى السائل في الارتفاع مع زيادة تدفق التصريف حتى يتحقق الشرط الذي يتساوى فيه تدفق الضخ مع تدفق التصريف ($Q_{out} = Q_{in}$)، عندها تنتهي عملية التنظيم الذاتي ليحافظ السائل على مستوى جديد يتوافق مع تدفق الضخ الجديد. نستنتج مما سبق أن خاصية التنظيم الذاتي لتحديد قيمة الخرج (مستوى السائل في هذا المثال) في عمليات التحكم لا تعتمد على توفر قيمة مرجعية محددة لتحديد المستوى المطلوب لارتفاع مستوى السائل، وإنما تعتمد على تحقق شرط استقرار النظام ($Q_{out} = Q_{in}$).

مثال :

المطلوب تحديد مستوى السائل (h)، للنظام المدروس والمبين في الشكل وذلك بفرض:

• أن ثابت تصريف التدفق للنظام K يعادل: $K = 1.156 \quad (\text{gal}/\text{min})/\sqrt{\text{ft}}$

• تدفق الضخ للنظام Q_{in} : $Q_{in} = 2 \quad (\text{gal}/\text{min})$

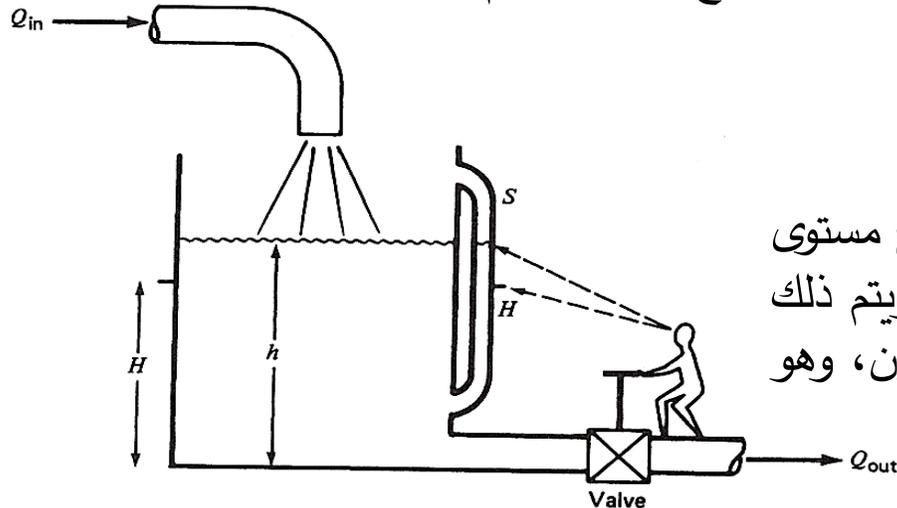
الحل:

يتحدد ارتفاع مستوى السائل في النظام وفق خاصية التنظيم الذاتي من الشرط $(Q_{out} = Q_{in})$.

$$h = (Q_{out}/K)^2 = \left(\frac{2 \text{ gal/min}}{1.156 \left(\frac{\text{gal}}{\text{min}} \right) / \sqrt{\text{ft}}} \right)^2 = 3 \text{ ft}$$

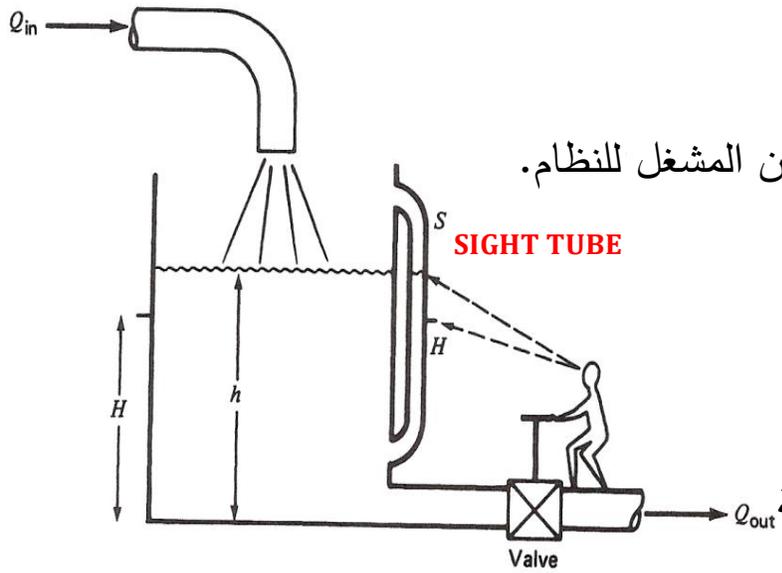
ملاحظة: $(1 \text{ liter} = 0.264 \text{ gal})$; $(1 \text{ m} = 3.28 \text{ ft})$

نلاحظ انه لا يمكننا أن نحافظ على ارتفاع مستوى السائل عند مستوى محدد للنظام المدروس الذي يعمل وفق خاصية التنظيم الذاتي $(Q_{out} = K \sqrt{h})$ (**SELF REGULATION**) عند تدفق ضخ محدد، لذلك ولتحقيق ذلك نحتاج إلى استخدام أنظمة أكثر كفاءة.



التحكم بمساعدة الإنسان: Human-Aided Control

يبين الشكل (1-2) تعديل لنظام التحكم السابق من اجل تحقيق إمكانية المحافظة على ارتفاع مستوى السائل عند مستوى محدد (H) بنظام تحكم يعتمد على مساعدة تدخل الإنسان (المشغل)، ويتم ذلك كما هو واضح من الشكل بإضافة حساس مستوى (S) يقيس ارتفاع مستوى السائل في الخزان، وهو عبارة عن أنبوب جانبي (**SIGHT TUBE**) شفاف يركب على الهيكل الخارجي للخزان.



يمثل ارتفاع مستوى السائل الحقيقي للنظام (h) بالمتغير المتحكم به (**CONTROLLED VARIABLE**).

كما نلاحظ من الشكل إضافة صمام عند فوهة التصريف للتحكم بتدفق التصريف للخران (Q_{out}) بمساعدة الإنسان المشغل للنظام.

يدعى الصمام في نظام التحكم هذا بالمتغير التحكمي للنظام (**CONTROLLING VARIABLE**).

تتم عملية التحكم بارتفاع مستوى السائل عند تدفق ضخ (Q_{in}) محدد وفق الاستراتيجية التالية:

- يقوم المشغل للنظام بقياس ارتفاع مستوى السائل عن طريق الأنبوب الجانبي .

- يقارن المشغل القيمة الحقيقية المقاسة لارتفاع مستوى السائل مع القيمة

المرجعية (**reference value**) أو (**setpoint**).

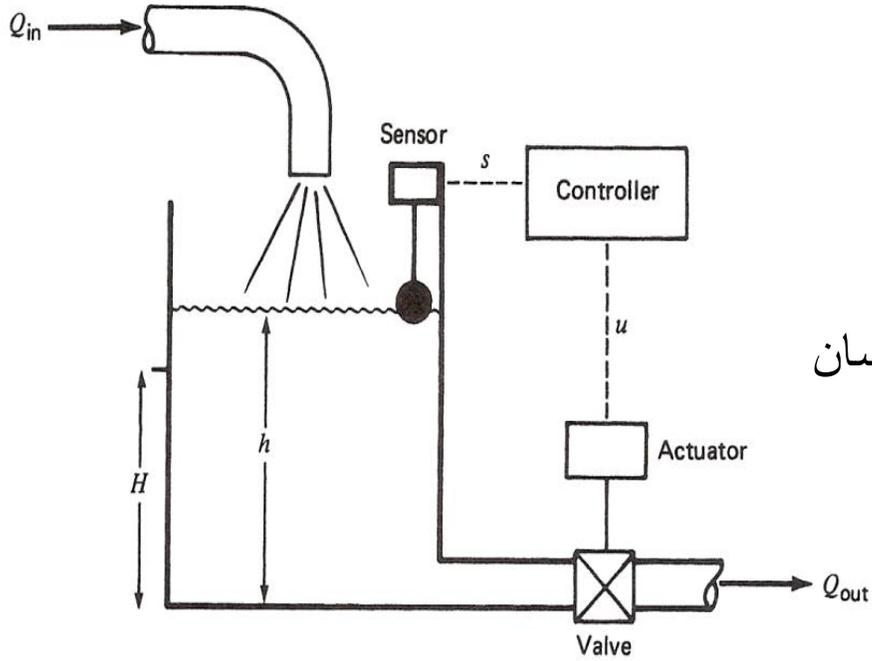
- يقوم المشغل بالتحكم بفتحة الصمام لتحقيق المستوى المطلوب لارتفاع مستوى السائل (**setpoint**).

عندما يكون الارتفاع الحقيقي لمستوى السائل (h) أعلى من القيمة المرجعية (H) يقوم المشغل بزيادة فتحة التصريف لتخفيض مستوى السائل، وعندما يكون الارتفاع الحقيقي لمستوى السائل (h) أخفض من القيمة المرجعية (H) يقوم المشغل بإنقاص فتحة التصريف لزيادة مستوى السائل.

- يتم الحصول على الارتفاع المطلوب لمستوى السائل (H) عند تساوي القيمة الحقيقية المقاسة لارتفاع مستوى السائل مع القيمة

المرجعية (**reference value**) أو (**setpoint**).

- تتم المحافظة على ارتفاع مستوى السائل بالمراقبة المستمرة من قبل المشغل لكل من القيمة الحقيقية المقاسة (h) والقيمة المرجعية (H).



التحكم الآلي: Automatic control

يبين الشكل تعديل النظام السابق، ليعمل وفق نظام التحكم الآلي، الذي يستعيز تدخل الإنسان بنظام تحكم بالآلات والالكترونيات والكمبيوتر.

يتم في هذا النظام قياس مستوى السائل عن طريق الحساس وتحويل القيمة المقاسة إلى إشارة (S) متناسبة مع القيمة المقاسة (PROPORTIONAL SIGNAL).

تطبق الإشارة (S) كإشارة دخل للمنظم (المتحكم) (CONTROLLER) الذي يمثل الآلة والدارة الالكترونية والكمبيوتر.

يقوم المنظم بوظيفة الإنسان في النظام السابق، حيث يقيم القيمة المقاسة ويحولها إلى إشارة خرج (u) تقوم بتغيير وضعية الصمام بواسطة المشغل (actuator) المربوط ميكانيكياً مع صمام التصريف (Valve).

إن عملية التنظيم الآلي لارتفاع مستوى السائل الحقيقي للنظام (CONTROLLED VARIABLE) h لتعادل القيمة المرجعية H (reference value) أو (setpoint) تسمى بنظام التحكم بالعملية (process control).

• الآليات المؤازرة: **servomechanisms**

يعتبر نظام الآليات المؤازرة أو ما يسمى في بعض المراجع بنظام التحكم التتبعي (**tracking control**) من احد أنواع أنظمة التحكم التي تتميز عن التحكم بالعملية (**process control**).

يتم في نظام التحكم بالعملية تنظيم القيمة المتغيرة لتعادل القيمة المرجعية المطلوبة والثابتة، بينما يقوم نظام التحكم التتبعي بتنظيم القيمة المتغيرة لملاحقة تغيرات القيمة المرجعية.

فعلى سبيل المثال يقوم نظام الآليات المؤازرة في يد الروبوت الصناعي بملاحقة المسار عند الانتقال من النقطة الفراغية (A) إلى (B).

تتم عملية الملاحقة هذه بالتحكم بسرعة المحركات لتحديد وضعية اليد.

إن الاختلاف الأساسي بين استراتيجية نظام التحكم التتبعي بالملاحقة ونظام التحكم بالعملية بالتنظيم التي تتميز الفوارق الأساسية في تصميم وتشغيل نظم التحكم.

1. نظام تحكم الحالة المنفصلة: Discrete -state control system

يعالج نظام التحكم هذا تعقب تتابع العمليات مع تنظيم بعض المتغيرات الفردية.

فعلى سبيل المثال، تتطلب صناعة الدهانات تنظيم متغيرات كثيرة، مثل درجة الحرارة - مستوى تدفق السوائل في خزانات الخلط (mi tanks) - سرعة الخلط بالإضافة إلى متغيرات أخرى.

يتم تصميم نظام التحكم بتنظيم المتغيرات عبر حلقات نظام التحكم بالعمليات مع ضرورة تضمين تتابع مراحل التصنيع الذي يمر به المنتج.

فعلى سبيل المثال تتطلب العملية التكنولوجية لتصنيع الدهان أن تكون الخلطة بدرجة حرارة محددة ويتم ذلك عن طريق سخان مع منظم لدرجة الحرارة لمدة زمنية محددة، يتم في المرحلة التالية ضخ الخلطة إلى خزان آخر لإتمام عملية المزج بظروف مختلفة.

تتم عمليات تشغيل أو إيقاف المراحل في نظام تحكم الحالة المنفصلة (discrete – based system) من خلال تحقق الحالة (true) أو عدم تحققها (false) ، والتي تكون على سبيل المثال تشغيل أو إيقاف - فتح أو إغلاق - بداية أو نهاية.....

يمكن أن يكون نظام التحكم هذا ألياً بحيث يكون مناسب للربط مع المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة (program logic control)

.PLCs