

المصطلحات الرئيسية (تعريف مختصرة)

ملاحظة هامة:

أن هذه المحاضرات قد تم إعدادها من قبل مدرس المادة بالاستعانة بعدد كبير من المصادر العلمية ومن غير المتوقع أن يجد الطالب جميع فقرات المادة العلمية المعطاة في هذه المحاضرات ضمن كتاب واحد أو كتابين.

1- المُعدات الذاتية (Automated Machines) أو المنظومات الذاتية (Automated systems)

ولدت كلمة (Automation) خلال الحرب العالمية الثانية في عام 1940 حيث تم صياغتها من قبل شركة فورد لصناعة السيارات لتعني بمناقلة الأجزاء ذاتياً ضمن خطوط التجميع للسيارات. ومنذ ذلك الوقت توسع معنى هذه الكلمة لتصبح اليوم تعني بكافة الفعاليات المنجزة من قبل المعدات دون تدخل الإنسان أي أنها اليوم تعني بالفعاليات التي تعوض عن الدور البشري في انجاز تلك الفعاليات سواء للفعاليات التي تتطلب جهد عضلي أو فكري أو غير ذلك. ويطلق على الأنظمة التي تعمل بشبه ذاتياً بالأنظمة الشبه ذاتية (Semi-Automatic Systems).

2- الميكاترونكس Mechatronics (الميكاء- الإلكترونيك):

مع تطور التكنولوجيا العالمية و القفزات السريعة في جانب الإلكترونيات و الحواسيب أصبح ترابط العلوم الهندسية في الاختصاصات المختلفة امراً لا بد منه ليسهل انجاز خطوات مضافة في طريق التطوير المضاف للتكنولوجيا.

أن بداية هندسة الميكاترونكس تعود إلى منتصف القرن الماضي عام 1950 حيث بدأت في أمريكا ثم انتقلت سريعاً إلى اليابان في نهاية الستينيات من القرن الماضي و بالتالي انتقلت إلى أوروبا و آسيا و غيرها. أن سبب ولادة هذا التخصص الهندسي

المختلط هو نتيجة الحاجة حيث من النادر اليوم إيجاد معدات ذاتية أو شبه ذاتية ميكانيكية فقط دون أن يدخل في تصميمها و تصنيعها أجزاء كهربائية أو إلكترونية.

يمكن تعرف هندسة الميكاترونكس على أنها الفعاليات الهندسية التي تربط وتكامل الهندسة الميكانيكية والهندسة الكهربائية والإلكترونية وفعاليات السيطرة وعلوم الحاسوب. وتعني الهندسة الميكاترونكس بتصميم المنتجات والمعدات التي تترابط فيها العلوم الهندسية أنفة الذكر.

3- الإنسان الآلي (الروبوت) Robot

ابتدعت كلمة روبوت في عام 1920 من قبل الكاتب المسرحي الجيكي (كارل جوبك) عندما استخدمها لوصف الشخصيات الرئيسية في مسرحياته حيث تعني هذه الكلمة (روبوت) بالعمل (عمل Robot). ويمكن أن يرجع اختراع الـ Robot إلى العالم جورج ديغول من خلال براءة اختراعه المسجلة عام 1956 في أمريكا والتي تحمل عنوان (نقل الأشياء بصورة مبرمجة). فيما تم تسجيل نصب أول روبوت صناعي عام 1961 ومع انتشار الروبوتات تأسست جمعية الروبوتات الأمريكية 1975. ويمكن تعريف الروبوت على أنه معالج ميكانيكي متعدد المهام ويمكن برمجته. يصمم لتحريك (نقل) المواد أو الأجزاء أو العدد أو غير ذلك بنقلات (حركات) متغيرة مبرمجة بغية إنجاز عمليات متنوعة. ويتألف الروبوت من الأجزاء الرئيسية التالية:-

- أ- **المعالج الميكانيكي** والذي يتألف بدوره من مجموعة من الأجزاء المترابطة من خلال مفاصل ميكاترونيكية لتتيح المرونة في الحركة لهذا المعالج.
- ب- **وحدة القدرة** التي تجهز القدرة اللازمة لتحريك المعالج الميكانيكي من خلال حركة المحركات الكهربائية أو غيرها المرتبطة بأجزاء المعالج الميكانيكي.
- ج- **المسيطر (controller)** وهو الجزء الذي يوفر إمكانيات السيطرة والبرمجة للروبوت.

4- مكنائن السيطرة العددي (Computerized Numerical Control Machines CNC)

ظهرت الحاجة بعد الحرب العالمية الثانية إلى تطوير معدات إنتاج لها القابلية على إنتاج أجزاء ذات أشكال هندسية معقدة و خصوصا الأجزاء المقوسة الكبيرة لإغراض صناعة الطائرات . وفي عام 1950 ظهرت أولى مكانن التفريز المسيطر عليها إلكترونيا حيث تم تطويرها من قبل معهد MIT في أمريكا و في عام 1952 تم بناء أول ماكينة صناعية مسيطر عليها إلكترونيا من قِبل شركة Alfred Herbert ومن ثم من قبل شركة Ferranti . أن مكانن الإنتاج (مكانن العدد) التقليدية Conventional Machine Tools تتميز بالميزات الثلاثة التالية:-

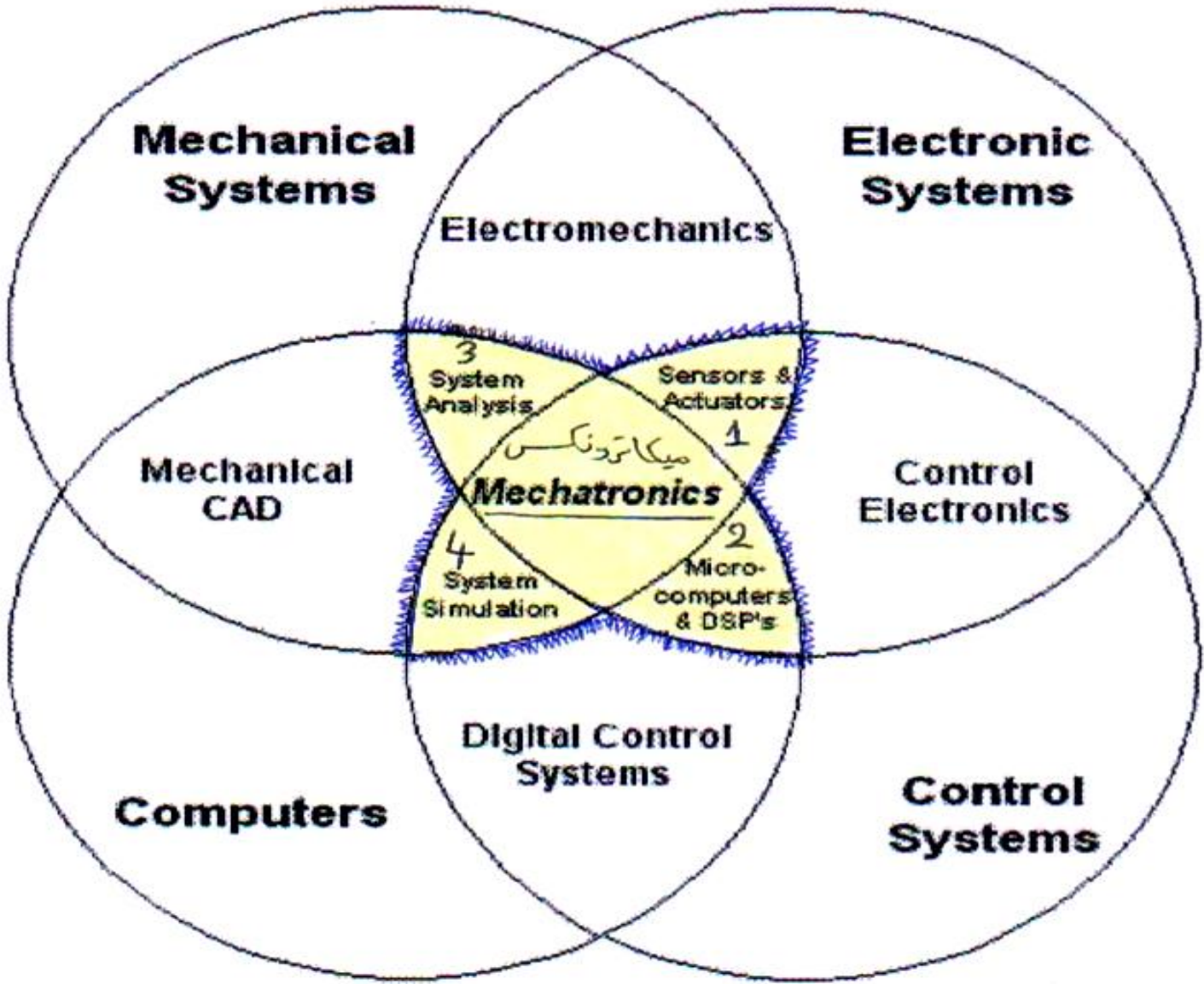
أ- لها القدرة على مسك الجزء المطلوب تشغيله و كذلك مسك عدة القطع بشكل ثابت وأمن.

ب- تسليط قوة كافية لتتيح لعدة القطع انجاز فعاليات القطع بمعدلات اقتصادية.

ج- القدرة على حركة العدة و (أو) الجزء المطلوب تشغيله بما يمكن الماكينة من إنتاج الشكل الهندسي المطلوب و بدقة مقبولة ولما كانت الحاجة إلى إنتاج أجزاء ذات أشكال هندسية معقدة و كذلك الحاجة إلى إنتاج أجزاء ميكانيكية ذات دقة عالية بالإبعاد فأن المكانن التقليدية يصعب من خلالها تحقيق ذلك و عليه فقد تم تطوير مكانن السيطرة العددية و التي تتألف من جزئين رئيسيين هما :-

أ- ماكينة الإنتاج ب- المسيطر و المبرمج للماكينة ويكون هذين الجزئين مترابطين لتتيح انجاز فعاليات السيطرة المطلوبة على الماكينة.

ستتناول مجموعة المحاضرات عدد غير قليل من المصطلحات الهندسية و التي سيأتي تعريفها ضمن الفقرات المختلفة و من الأمثلة على تلك المصطلحات الذكاء الاصطناعي ، الحقيقة الافتراضية، أنظمة الرؤية الحاسوبية ، أنظمة التصميم و التصنيع المعان بالحاسوب ، العربات المسيرة ذاتيا ، مصانع المستقبل المؤتمتة ، المتحسسات ، معالجة الإشارات وغيرها من مصطلحات أخرى.

مقدمة حول الميكاترونكس (Introduction to Mechatronics)

Where:

DSP = Digital Signal Processing

CAD = Computer Aided Design

الشكل رقم (1) موقع الميكاترونكس ضمن حقول الهندسة والمعرفة.

يبين الشكل (1) موقع الميكاترونكس ضمن حقول الهندسة و المعرفة المختلفة حيث تمثل حقول المعرفة الأربعة التالية الأساس في هندسة الميكاترونكس

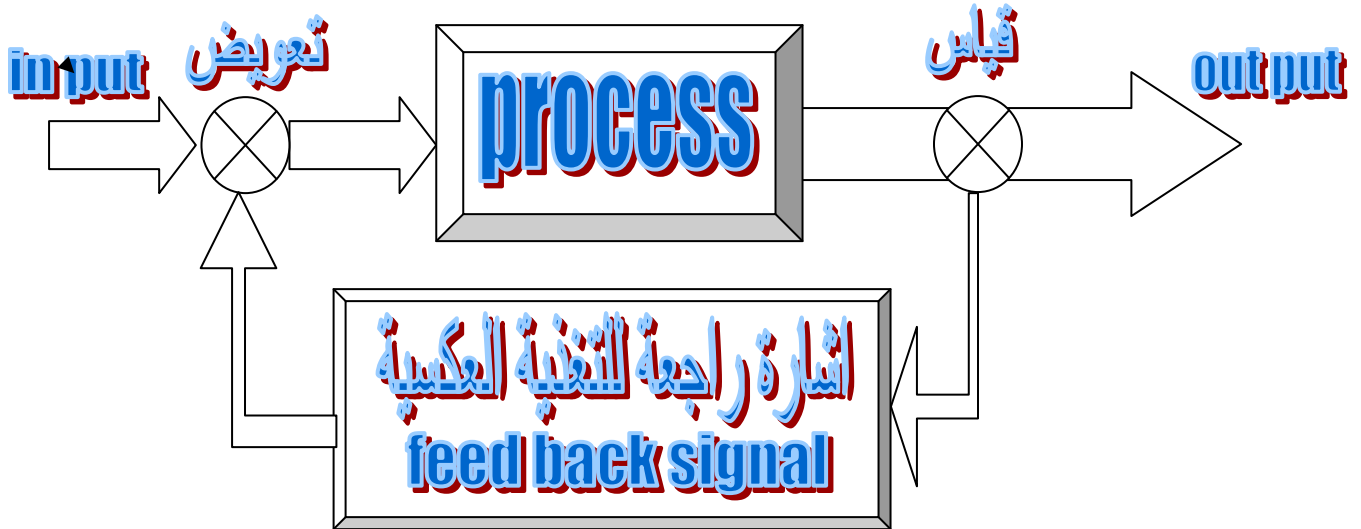
- أ- الهندسة الميكانيكية
 - ب- الهندسة الكهربائية والإلكترونية
 - ج- السيطرة و الأنظمة
 - د- الحاسبات و البرمجة
- فعلى سبيل المثال فإن حقول المعرفة التالية و تفاصيلها تعتبر من الأساسيات اللازمة في هندسة الميكاترونكس

- الميكانيك (Static ,Advanced Dynamics , Vibration, Theory of Machines , Mechanical Design....)
- الكهرباء والإلكترونيك (Electrical Systems, Electrical and Electronics Components, Digital Systems, Measurements of Electrical, Signals Processing)
- السيطرة والأنظمة (System Control, Hardware Design and Interfacing)
- الحاسبات والبرمجة (Programming and Software Engineering)

وكما أسلفنا فإن الميكاترونكس تعنى بتصميم المنظومات لذا يتطلب معرفة تفصيلية لمعنى كلمة منظومة (System) أو نظام يمكن تعريف النظام على أنه الفعاليات المتتالية الآتية:



ويلاحظ في النموذج أعلاه للنظام بأن المدخلات تعالج لتوليد المخرجات أذ يمثل هذا النموذج من الأنظمة ما يسمى بالأنظمة المفتوحة أو أنظمة الدورة المفتوحة (Open Loop Systems) حيث إن توليد المخرجات هو ناتج دون الحاجة إلى تقييمه لمعرفة مدى انطباقه مع المطلوب من النظام و لذلك فقد تطوير الأنظمة لتتيح تقييم أو قياس لقيم المخرجات بهدف معرفة مدى انطباقها مع ما مطلوب أصلا و بالتالي فأن نتائج القياس أو التقييم ستخدم في توليد إشارة راجعة (إشارة تغذية عكسية أو راجعة) إلى النظام بهدف الاقتراب من تحقيق الهدف المطلوب عند توليد المخرجات من خلال التعويض عن قيم الانحراف الناتج لاحظ الشكل أدناه



Closed Loop Control System

وتسمى الأنظمة التي تستخدم هذا النمط بالأنظمة ذات أسلوب السيطرة المغلقة (Close Loop Control Systems) حيث تتيح الأنظمة التي تستخدم هذا النمط بتحقيق سيطرة أعلى من مثيلاتها التي تستخدم أنظمة الدورة المفتوحة و لو تعمقنا بالنظر إلى نمط الأنظمة ذات أسلوب السيطرة المغلقة نلاحظ وجود فعاليتين رئيسيتين وكما يلي:

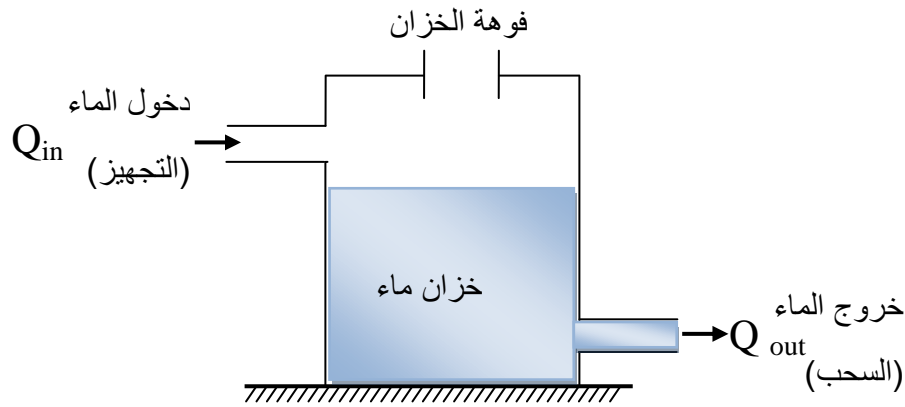
1- الفعالية الأولى وتخص الأجراء المتخذ في معالجة المدخلات لتحقيق المخرجات (وهذه الفعالية الوحيدة المستخدمة في الأنظمة ذات نمط الدورة المفتوحة).

2- الفعالية الثانية وتخص القياس و التقييم للمخرجات بهدف توليد إشارة تغذية راجعة تهدف إلى التعويض عن قيم الانحراف عن الهدف المطلوب توليده ضمن المخرجات.

أن وجود الفعالية الثانية تتيح إنجاز عمليات السيطرة اللازمة ضمن المنظومة بما يحقق دقة أعلى في تحقيق الهدف.

فلو أخذنا أمثلة ميطرة على استخدام أنظمة السيطرة أعلاه لنوضح الفرق بينهما:

لنتصور خزان ماء ذو حجم معين وليكن 1 م³:



يلاحظ في حالة كون تدفق الماء الداخل إلى الخزان Q_{in} مساوي لتدفق الماء الخارج من الخزان Q_{out} . فإن كمية الماء الموجودة أصلا في الخزان تبقى ثابتة ($Q_{in} = Q_{out}$).

أما في كون :

$$Q_{in} < Q_{out} \dots\dots\dots (1)$$

فأن ذلك سيؤدي إلى نقصان في كمية الماء في الخزان تدريجيا حتى يفرغ الخزان كليا و بالتالي تتحول كمية الماء الخارجة إلى كمية مساوية للماء المجهز .
إما الحالة الثانية عندما تكون:

$$Q_{in} > Q_{out} \dots\dots\dots (2)$$

فأن كمية الماء المجهزة و التي هي اكبر من كمية الماء الخارجة ستؤدي إلى زيادة مستوى كمية الماء المخزونة في الخزان ويستمر ذلك حتى يمتلأ الخزان ويبدأ بالتفويض خارجا من فوهة الخزان .

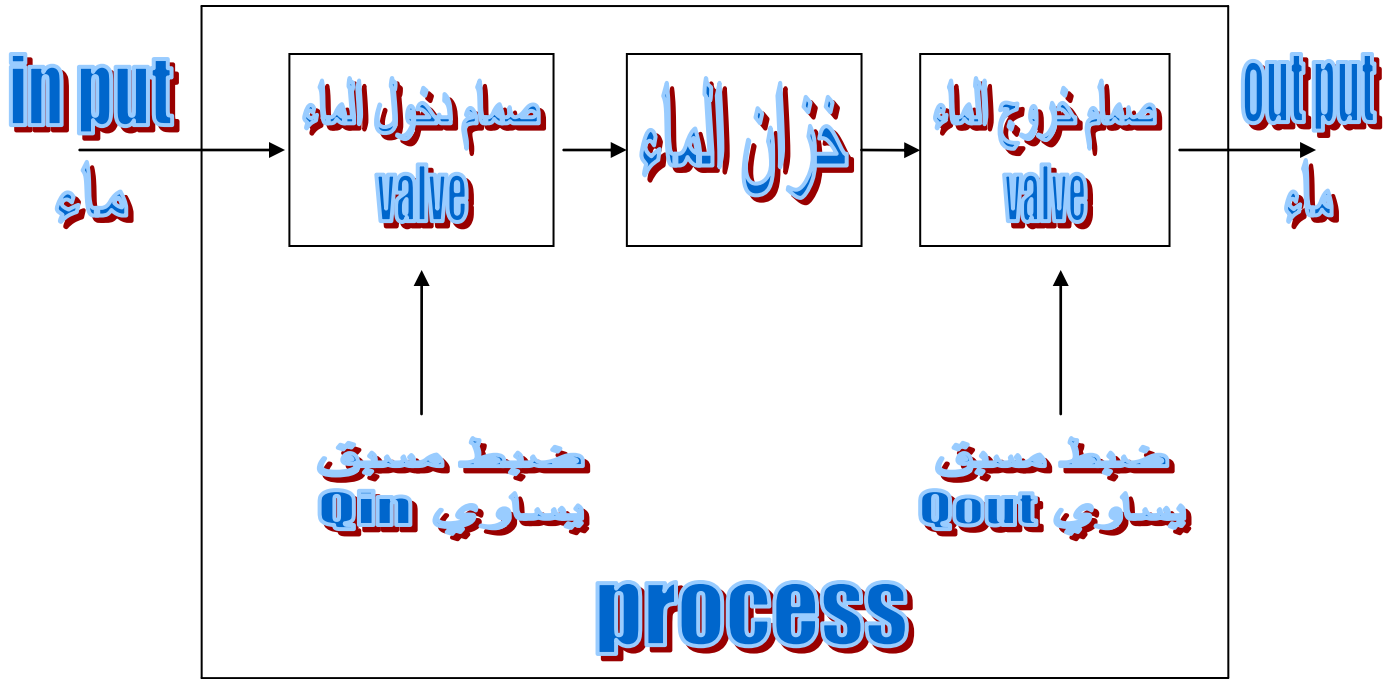
يتبين من المنظومة البسيطة أعلاه بأن هنالك حاجة للسيطرة عليها بما يؤمن أدائها (Functionality) المتمثل بدخول الماء وكمية وخروج الماء وكميته.

ولنتصور الآن استخدام كل من أسلوب السيطرة أنفة الذكر ضمن هذه المنظومة. ففي حالة استخدام أسلوب الدورة المفتوحة (Open Loop) فإن ذلك يتطلب المعرفة المسبقة بكمية الماء الخارجة (أو المطلوب خروجها كمعنى أدق) ليتسنى ضبط كمية الماء المجهزة إلى الخزان

$$Q_{out} = \text{constant} \quad \text{so} \quad Q_{in} = \text{constant}$$

يلاحظ هنا فإن استخدام هذا الأسلوب من السيطرة يتطلب المعرفة المسبقة لطبيعة المخرجات Q_{out} وتحديد بها بدقة فإن إي اختلاف يحدث أثناء تشغيل المنظومة في كمية الماء الداخل Q_{in} أو كمية الماء الخارج Q_{out} (ضمن الحدود التي لا يستوعبها الخزان) ستؤدي إلى فشل الأداء للمنظومة . و يمكن هنا أن نطلق تسمية حدود الخطأ المسموح (Accepted Error) على الجملة المعدلة أعلاه (ضمن الحدود التي يستوعبها الخزان). أن مصطلح الخطأ المسموح (Accepted Error) يقود بالنتيجة إلى ما يسمى (بحدود الدقة للمنظومة System Accuracy Level).

إن استخدام أسلوب السيطرة أعلاه يتمثل كما يلي



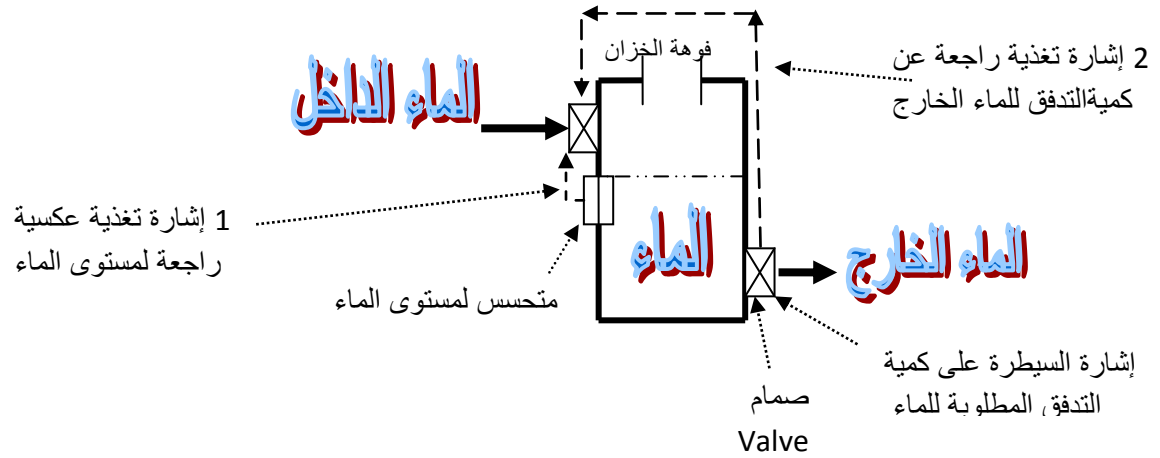
لإنجاز الاداء المطلوب يجب $Q_{in}=Q_{out}$

Open Loop Control System

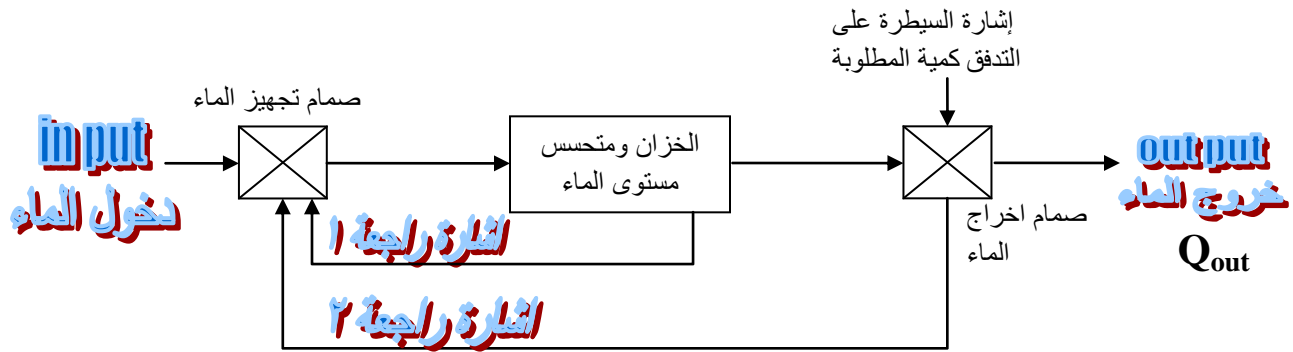
س : يتطلب تصميم خزان ماء لمنظومة ذات أسلوب سيطرة بأسلوب الدورة المفتوحة . إذا علمت أن معدل السحب أو الاستهلاك للماء نهرا (14 ساعة) هو 4 لتر بالدقيقة وأن معدل السحب أو الاستهلاك للماء ليلا (10 ساعات) هو 1 لتر بالدقيقة في حين يبلغ معدل تجهيز الماء للخزان نهرا (14 ساعة) بمعدل 1 لتر بالدقيقة في حين يتم تجهيز الخزان بالماء ليلا بالكميات المطلوبة وبما لا يزيد عن 7 لتر بالدقيقة.

احسب قيمة التدفق لصمام دخول الماء المطلوب ضبطه لعمل المنظومة بشكل سليم.
(ملاحظة استخدم عامل أمان لخزان الماء-حجم الخزان بما يؤمن ضعف الاستخدام اليومي- كحد أدنى لمستوى الماء).

ولو تم استخدام أسلوب السيطرة المغلقة لتصميم منظومة الخزان فانه يمكن إضافة إشارة تغذية راجعة أو أكثر للمنظومة وحسب نمط السيطرة على المتغيرات المطلوب وضعه ضمن المنظومة



يمكن تمثيل المنظومة أعلاه كما يلي



1 إشارة راجعة تبين هل ان مستوى الماء هو المستوى الاقصى في الخزان ام لا off/on

2 إشارة راجعة تبين كمية الماء المتدفق او الخارج من الخزان

يلاحظ من المنظومة أعلاه بأنها تضم إشارتين للتغذية الراجعة الإشارة الراجعة الأولى تحدد مستوى الماء في الخزان من خلال متحسس مستوى الماء و الذي يؤثر امتلاء أو عدم امتلاء الخزان ليرسل إشارة معينة من نوع on/ off ففي حالة امتلاء الخزان سيتم إرسال إشارة معينة ولتكن off التي بدورها ستستلم من قبل صمام تجهيز الماء فتقوم بإغلاق هذا الصمام لتفادي تفيض الماء في الخزان . وعندما يقل مستوى الماء في الخزان عن مستوى الامتلاء فإن المتحسس سيرسل إشارة بنمط ثاني وليكن on لتستلم من قبل صمام تجهيز الماء فتتيح تشغيله من جديد لمواصلة تزويد الخزان بالماء.

أما إشارة التغذية الراجعة الثانية فهي تتولد من صمام خروج الماء لتمثل كمية التدفق الناتجة من الصمام (لاحظ وجود إشارة سيطرة مجهزة للصمام تتيح السيطرة على كمية التدفق للماء الخارج). إشارة التغذية الراجعة ستكون من نمط إشارة متغيرة القيمة تناسبيا مع كمية الماء المتدفق الخارج (Proportional Signal) تستلم إشارة التغذية الراجعة من قبل صمام تجهيز الماء لتقوم بإعادة ضبطه إلى المستوى الملائم لصمام أخراج الماء.

أن الاستنتاج الواضح من استخدام الأسلوبين انفي الذكر بان أسلوب السيطرة المغلقة (Closed Loop) يعطي نتائج أفضل شريطة ان تتوفر للمنظومة فرصة إدخال الكميات المطلوبة من الماء من ضمن محيط المنظومة. إلا انه وبكل تأكيد فأن هذا الأسلوب للسيطرة هو أعلى كلفة ويحتاج إلى مستوى أعلى في الصيانة علاوة على أن دقة عمل المنظومة وكذلك المعولية عليها (System Reliability) يعتمد على دقة عمل ومعوليه الأجزاء المستخدمة في بناء المنظومة.

هنالك أنواع أخرى من أساليب السيطرة المستخدمة في المنظومات الميكاترونيكية منها السيطرة بأسلوب التغذية المسبقة (Feed Forward Control System) وأسلوب السيطرة المتكيفة (Adaptive Control System).

بالعودة إلى الشكل رقم (1) نجد بان إحدى الأركان الأساسية لهندسة الميكاترونكس والتي تدخل ضمن بناء المنظومات الميكاترونيكية هي المشغلات و المتحسسات (Actuators & Sensors)

فالمحرك أو المشغل هو ذلك الجزء الذي يولد الاستجابة المطلوبة في المنظومة وغالبا ما تكون هذه الاستجابة هي استجابة حركة (سواء بشكل مباشر أو غير مباشر) ومن الأمثلة على المحركات أو المشغلات (Actuators) المستخدمة في المنظومات الميكاترونيكية هي :

1- المحركات الكهربائية Electrical Actuators

2- المحركات الهيدروليكية Hydraulic Actuators

3- المحركات الهوائية (الرئوية) Pneumatic Actuators

و سيأتي تفصيل كل هذه الأنواع لاحقا ضمن سلسلة المحاضرات المخصصة لهذه المادة. أما المتحسسات (Sensors) فتُعرف على أنها مكونات أو أجزاء فيزيائية تقوم بتحويل القيم الفيزيائية الداخلة لها أو المقاسة إلى إشارة كهربائية خارجة من المتحسس تتناسب بقيمتها مع القيمة الفيزيائية المقاسة (أن مصطلح تتناسب هنا لا يعني بالضرورة أن تكون هناك علاقة خطية أو غيرها من العلاقات الرياضية الأخرى بل تعني توليد إشارات محددة لكل قيمة مقاسة) وهناك العديد من الأنواع المختلفة للمتحسسات من بينهما على سبيل المثال لا الحصر متحسسات السرعة والموقع والقوة والرؤية والتسارع و الضغط والتلامس..... الخ

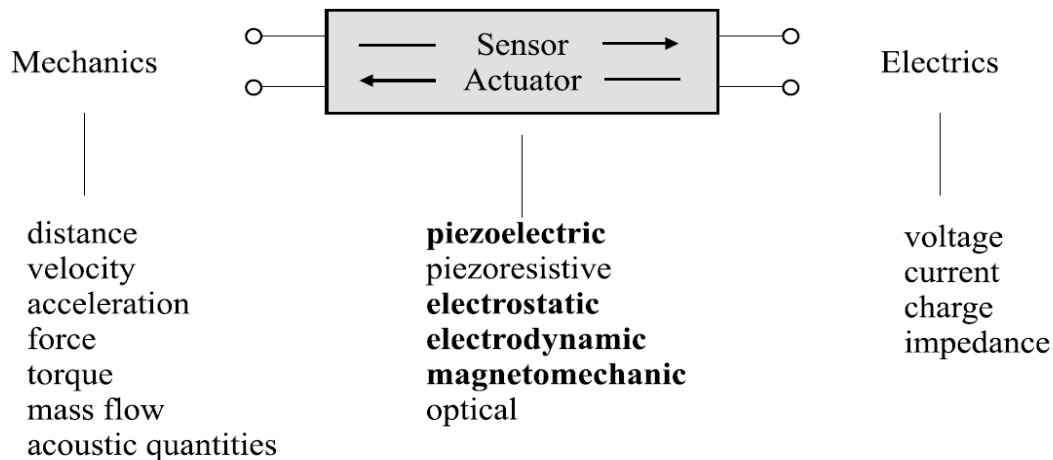


Fig. Transducing mechanisms of mechatronic sensors and actuators

إما **الركن الثاني** من أركان هندسة الميكاترونكس فيتعلق بموضوعي معالجة الإشارات و الحاسبات الميكروية فكما أسلفنا فأن المتحسسات تولد إشارة كهربائية وان المشغلات او المحركات تحتاج إلى إشارة كهربائية لتأمين القدرة اللازمة للحركة وبالتالي فأن هنالك حاجة لإجراء المعالجات اللازمة على الإشارات الكهربائية بهدف تعديلها او تحويلها إلى الصيغ اللازمة أو الملائمة للاستخدام ضمن المنظومة الميكاترونيكية وهنا يلاحظ بأن عملية الوصف الهندسي للإشارات الكهربائية هو من خلال تحديد القيمة لها زمنيا أي انه عند تمثيلها بيانيا فأن إحدى أهم أساليب التمثيل البياني لها هو من خلال جعل المحور السيني كمحور للزمن وجعل المحور الصادي كمحور لقيمة الإشارة اللحظية . وتجدر الإشارة إلى أن هنالك أنواع مختلفة من الإشارات الكهربائية فعلى سبيل المثال الإشارات المتواصلة و الإشارات الرقمية إما المعالجات الدقيقة والحاسوبية ففيها يستخدم الإشارات الرقمية (Digital Signals) وبالتالي فهناك حاجة لإجراء التحويل من نمط إشارة إلى آخر بما يلائم الجزء المعين من المنظومة الميكاترونية (الميكاترونية) . ان هذين الموضوعين (معالجة الإشارة والحاسوب) يتطلب دراسة وفهم لكيفية التعامل معهما سواء من خلال البرمجة او وضع تصميم الفعاليات المطلوبة من كليهما ليتمكننا من انجاز الواجبات المطلوبة منهما ضمن المنظومة الميكاترونية.

إما **الركن الثالث** من أركان هندسة الميكاترونكس فيتعلق بتحليل النظام (System Analysis) ويعنى بدراسة كافة الفعاليات التي يقوم بها النظام الميكاترونيكي وتسلسل هذه الفعاليات و العلاقة الزمنية بينها بما يحقق الاستقرار و الاستجابة اللازمة من المنظومة وبالتالي فأن أساليب التحليل قد تشمل التحليل الحركي وتحليل القوى والعزوم والتحليل الكهربائي و المغناطيس و ألحني وتحليل الاهتزازات وغيرها من أساليب التحليل الهندسي للنظام.

اما **الركن الرابع** من أركان هندسة الميكاترونكس فهو ما يتعلق بمحاكاة أو مضاهاة النظام (System Simulation) ففي الكثير من الأنظمة يعتبر بناء منظومة ما عملية مكلفة جدا لان بناء النموذج الأول (Prototype) ينجز بأسلوب التصنيع اليدوي دون استخدام المعدات الذاتية او غيرها وبالتالي فأن تقييم النموذج الأدائي سيكون ذو كلفة عالية جدا قد لا يمكن تأمينها ومن

المحتمل فأن نتائج التقييم الأدائي للنموذج قد تشير إلى فشل النموذج أو تطلبه إجراءات تحويلية جذرية في تصميمه أو تنفيذه . ولتلافي ذلك فأن أسلوب المضاهاة أو المحاكاة (Simulation) من خلال بناء نماذج للنظام غير حقيقية أو غير فيزيائية (على سبيل المثال التمثيل الحاسوبي) ستنجح إجراء الكثير من فعاليات التقييم الأدائي للمنظومة وبالتالي قد تُغني عن بناء نموذج اختباري حقيقي وفي هذه الحالة فأن ذلك سيوفر كلف غير قليلة تصل في بعض الأحيان إلى 90% من كلف المشروع التصميمي.

أن عملية التكامل بين هذه الأركان هي صميم عمل المهندس الميكاترونيكي و لذلك فأن هذا التخصص الهندسي يتطلب معارف شبه تفصيلية بالعلوم الهندسية التي تم تحديدها ضمن الشكل رقم (1).

مثال على منظومة ميكاترونيكية منزلية غسالة ملابس ذاتية automatic washing machine

أن تصميم وبناء غسالة ملابس ذاتية منزلية يتطلب العديد من المهام من ضمنها مايلي :

✓ فهم متطلبات النظام

- حجم او وزن الملابس المطلوب وضعها في الغسالة.
- حجم وعاء الغسيل (حوض الغسيل) .
- نظام الماء المجهز و المفرغ.
- نظام تجهيز مواد التنظيف المختلفة (مساحيق الغسيل او سوائل الغسيل).
- فعاليات الحركة المطلوبة كوعاء الغسل (حركة سريعة او بطيئة باتجاه واحد او باتجاهين) .

- تسلسل فعاليات الغسيل المطلوبة وعلاقتها بحركة وعاء الغسل (مرحلة الغسل، مرحلة الشطف، مرحلة التجفيف).
- مدى سهولة الاستخدام للمنظومة.
- المعولية أو العمر للمنظومة.
- السعر المتوقع لبيع المنظومة.

✓ نوع المشغل (Actuators).

- هل هو محرك كهربائي ومن أي نوع (AC/DC) حجمه ومواصفاته
- مضخة أفراغ الماء نوعها حجمها ومواصفاتها
- نظام التوقف للمشغل (Braking System) خصوصا لحالات الطوارئ أو الإيقاف الفجائي.

✓ نوع المتحسسات (Sensors)

- متحسس مستوى الماء
- متحسس كمية الملابس أو وزنها (الحمل)
- متحسس الموازنة في أثناء الدوران (Balance)
- متحسس غلق الباب وإاية متحسسات مضافة أخرى

✓ نظام السيطرة والبرمجة

ويعتمد اختياره على ضوء التصميم المطلوب.

هنالك العديد من المنظومات الميكاترونيكية الموجودة حاليا سواء في البيوت او المصانع او المكاتب او الطرق وفي كافة جوانب الحياة فعلى سبيل المثال

- مسجلات الصوت و الفيديو
- مكانن الخياطة
- السيارات
- المكانن الانتاجية
- المعدات المطبخية (ثرامات اللحم وغيرها)
- الساعات
- الأبواب الذاتية والسلالم الكهربائية و المصاعد

وتكاد القائمة لا تنتهي لو أردنا أن نعدد المعدات الميكاترونيكية التي نراها او نتعامل بها في حياتنا اليومية.

