

التحكم الآلى للفرقة الثالثة ميكانيكا
(تبريد - -)

الله /

مبادئ التحكم الآلي

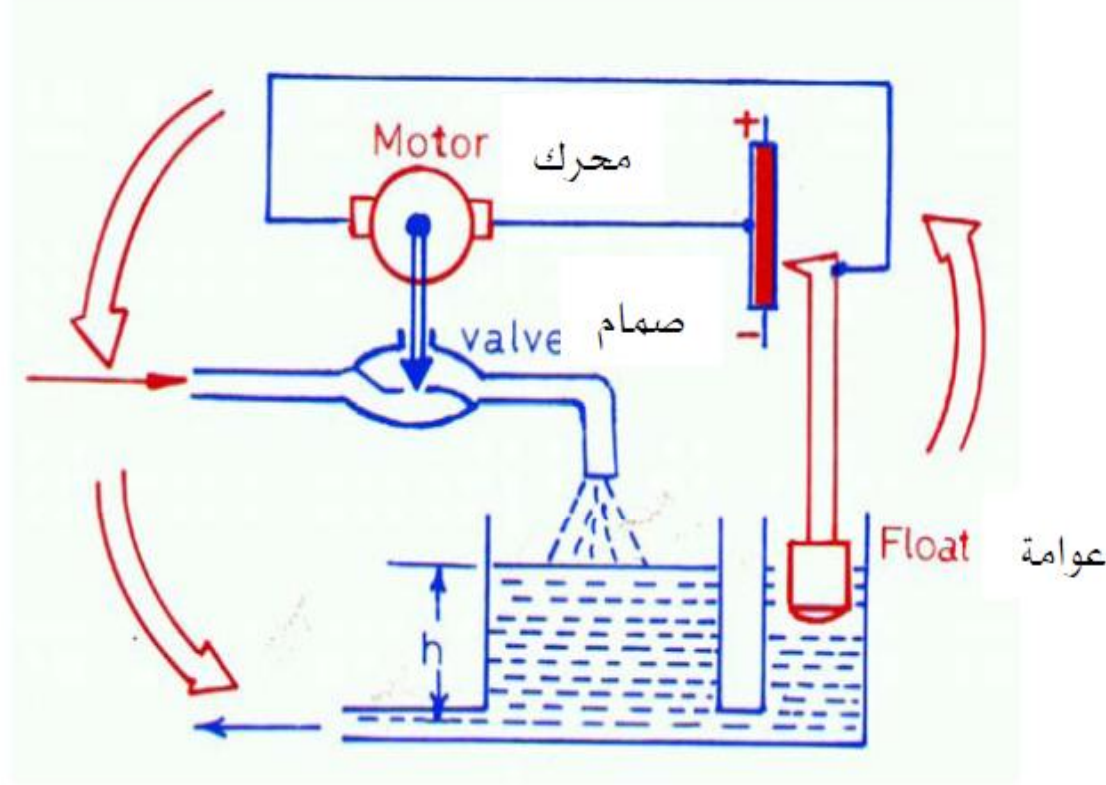
علم الاتصال والتحكم الآلي

١ - علم الاتصال والتحكم ومنظومات التحكم الآلي :

يتجه العالم الحديث في هذه الآونة من الزمن نحو إدخال علوم الاتصال والتحكم في مختلف مجالات الحياة اليومية للإنسان وذلك بغرض تحسينها وجعلها أكثر رفاهية وتقدم.

وحتى نتعرف على مفهوم الاتصال والتحكم ومنظومات التحكم الآلي سوف نقوم بعمل دراسة مقارنة بين أنواع من المنظومات تبدو وكأنها مختلفة بعضها عن البعض في مظهرها الخارجي. وقد وقع الاختيار على منظومات بسيطة في تكوينها حتى يتسنى لنا أن نستخلص منها بعض المفاهيم الأساسية في علوم التحكم والاتصال.

وشكل (١ - ١) يبين منظومة هندسية يمكن أن تستخدم في تثبيت مستوى السائل في الخزان عند قيمة معينة h_0 يحددها المصمم مسبقا. وعندما يحيد مستوى السائل h في الخزان عن هذه القيمة فإن العوامة Float سوف تتحرك إلى أعلى أو إلى أسفل وبالتالي سوف يتغير وضع نقطة التلامس بين العوامة والمقاومة المتغيرة Potentiometer. يتبع هذا التغير وجود فرق جهد كهربى بين طرفي ملف المحرك الكهربى فيحركه في اتجاه يتوقف على قطبية فرق الجهد المتولد. فعندما يكون فرق الجهد المتولد ذا إشارة موجبة (أي أن مستوى السائل في الخزان أكبر من h_0) يدور المحرك Motor في اتجاه ما ثم يدور في عكس الاتجاه إذا كانت الإشارة سالبة. وبذلك يمكننا التحكم في معدل تدفق السائل إلى الخزان عبر صمام التحكم Control-valve فيعود مستوى السائل من جديد إلى قيمته h_0 .

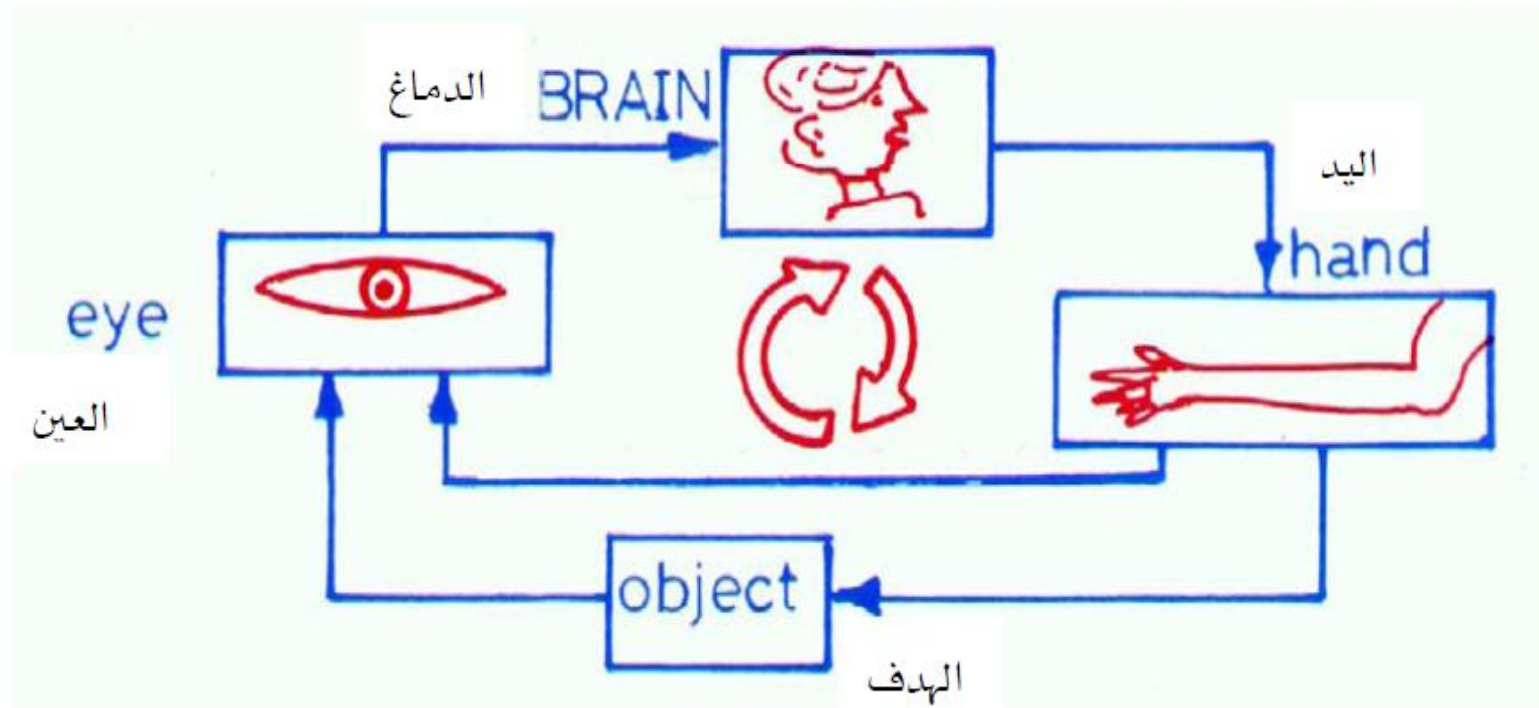


شكل (١ - ١): منظومة التحكم في مستوى سائل (منظومة هندسية)

و شكل (١ - ٢) يوضح منظومة بيولوجية موجودة في معظم الكائنات الحية وخاصة في الإنسان.

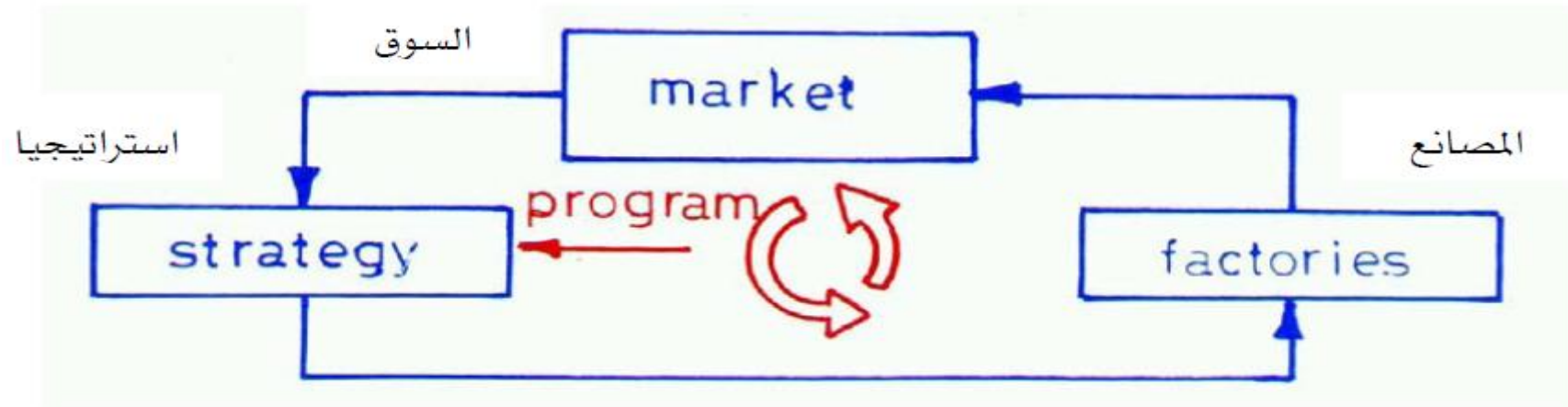
وهذه المنظومة توضح كيف يستطيع الإنسان أن يقترب بيديه من هدف معين Object موضوع بعيدا عنه.

وفي هذه الحالة يقوم الدماغ Brain بإرسال إشارات معينة عبر الجهاز العصبي إلى الذراع واليد Hand وهذه الإشارات تتسبب في أن يتحرك الذراع واليد تجاه الهدف المحدد وعندئذ يأتي دور العين Eye في مراقبة المسافة بين اليد وبين الهدف حيث يقوم الجهاز البصري بإرسال إشارات مرتدة إلى الدماغ لكي يحيطه علما بالمسافة بين اليد والهدف. وتستمر هذه العملية الديناميكية في الحدوث إلى أن تلمس اليد الهدف وبذلك تكون المسافة النسبية بينهما صفرا.



شكل (١- ٢) منظومة الاقتراب من هدف معين (منظومة بيولوجية)

أما شكل (١- ٣) فيوضح منظومة كبيرة يتم على أساسها التحكم في تصنيع منتج معين، وفي هذه المنظومة توضع خطة لإنتاج هذا المنتج تبعا لتقديرات عدد السكان ومعدل التزايد السكاني والعرض والطلب في الأسواق المتاحة. ثم ترسل الخطة الموضوعة للإنتاج إلى المصانع Factories لكي يتم تنفيذها. وبعد أن يطرح المنتج للعرض في الأسواق تعمل دراسة لمقارنة الاحتياج الحقيقي لهذه السلعة في السوق بمعدلات الاستهلاك التي رسمت على أساسها الخطة الإنتاجية Production plan ثم يعاد النظر في الخطة المبدئية لتعديلها حسب حاجة السوق وترسل بذلك تعليمات إلى المصانع لكي تعدل من سياستها الإنتاجية. وتستمر هذه العملية إلى أن يصل المصممون إلى خطة تحقق التوازن المطلوب بين الاحتياج الحقيقي للسلعة ومعدلات إنتاجها.



شكل (١- ٣): منظومة لوضع خطة إنتاج (منظومة كبيرة)

الجدير بالذكر أن النوع الأول من المنظومات قد سميناه بالمنظومات الهندسية **Engineering systems** وهو ذلك النوع من المنظومات التي يقوم بتصميمها المهندسون لتحقيق غرض معين، مثل منظومات التحكم في درجات الحرارة في الثلاجات والأفران الصناعية، ومنظومات التحكم في آلات التشغيل في الورش الهندسية، ومنظومات التحكم في سرعات محركات الديزل والبنزين، ومنظومات الطيار الآلي لقيادة الطائرات أوتوماتيا، ومنظومات توجيه الصواريخ ذاتية الحركة....الخ.

أما النوع الثاني من المنظومات فقد سميناه بالمنظومات البيولوجية **Biological systems** وهو ذلك النوع من المنظومات التي خلقها الله سبحانه وتعالى في الكائنات الحية لكي تحافظ على هذا الكائن بطريقة تلقائية دون أن يتدخل الكائن ذاته في ذلك ومن هذه المنظومات يوجد الكثير مثل منظومات التحكم في درجة حرارة الإنسان وجعلها ثابتة رغم تغير الظروف المناخية حوله، ومنظومات التحكم في نسبة السكر في الدم ومنظومات التحكم في الضغط...الخ.

أما النوع الثالث فقد سمي بالمنظومة الكبيرة **Large scale systems** وهو ذلك النوع من المنظومات الذي يدخل في إطاره عدد كبير من العوامل والمتغيرات مثل المنظومات الخاصة بخطط الإنتاج في الدولة، والمنظومات الخاصة بالتحكم في المرور في المدن المزدحمة، والمنظومات الخاصة بمشكلات التضخم في نظم النقد الدولية....الخ.

ولمقارنة هذه المنظومات بعضها ببعض يجب أن نطرح أولا هذا التساؤل:

ما هي الصفات المشتركة بين هذه الأنواع الثلاثة من المنظومات؟

بالرغم من اختلاف هذه المنظومات في التركيب والتصميم والعناصر المادية التي تتكون منها كل منظومة إلا أنه توجد بينها بعض الصفات الأساسية المشتركة الآتية:

أ - إن سريان المعلومات Information flow (في صورة إشارات ميكانيكية - كهربية - كهرومغناطيسية... الخ) بين عناصر ومكونات أي منظومة يعتبر شرطا أساسيا لكي تعمل هذه المنظومة بطريقة صحيحة. فمثلا إذا انهارت الوصلة بين العوامة والمقاومة المتغيرة في المنظومة المبينة بشكل (١ - ١) أو إذا كان الرجل في المنظومة الثانية كفيفا فإن هذه المنظومات سوف لا تؤدي الغرض المطلوب منها بالطريقة الصحيحة.

ب - إن العمليات التي تتم في هذه المنظومات تشتمل على الآتي :

♦ استقبال معلومات معينة تحدث في المنظومة بواسطة ما يسمى بعناصر الحس (العوامة - العين.... الخ).

♦ تحويل وحفظ هذه المعلومات ثم معالجتها بطريقة معينة بحيث نحصل على صورة دقيقة عن أداء كل عنصر في المنظومة وكذلك عما يحيطها من ظروف خارجية تؤثر عليها (المقاومة المتغيرة - المحرك - الدماغ... الخ).

♦ استخدام نتائج معالجة المعلومات التي حصلنا عليها في صورة تغذية مرتدة لكي يمكن بواسطتها التحكم في متغير معين أو عدة متغيرات وذلك عن طريق عنصر تحكم نهائي (الصمام - اليد... الخ).

١ - ١ تعريف منظومة التحكم الآلي:

يقال إن منظومة التحكم الآلي إذا تحقق وجود الصفات السابقة فيها: أي أنه يتم سريان المعلومات بين عناصرها المختلفة وكذلك أيضا تحليل ومعالجة بعض المعلومات والبيانات بغرض استخدامها عن طريق مسار التغذية المرتدة في التحكم والسيطرة على بعض المتغيرات في هذه المنظومة.

١ - ٢ تعريف السيبرنتيكا (Cybernetics) أو علم الاتصال:

السيبرنتيكا هي كلمة لاتينية الأصل وتعني دفة الریان أو قائد السفينة وهذا المعنى يحمل في ثناياه معنى التحكم والسيطرة. لذلك تعرف السيبرنتيكا بأنها علم الاتصال والتحكم في حال استخدامها في المنظومات الهندسية والبيولوجية و المنظومات الكبيرة.

ويمكن القول بأن التحكم الآلي هو ذلك الاتجاه الحديث الذي يوحد اتجاه المتخصصين في المجالات المختلفة مثل المهندسين والبيولوجيين وعلماء النفس والمجتمع والرياضيات وذلك عن طريق استحداث أسلوب تفكير مشترك يجمع بينهم جميعا ، فهي تمثل عصر تكامل العلوم. وتستند أجهزة ومعدات

١ - ٢ أقسام علوم التحكم الآلي:

يمكن تقسيم علوم التحكم الآلي إلى ثلاثة أقسام: نظري، تقني و تطبيقي. وهذا التقسيم لا يعني تقسيم علوم التحكم الآلي إلى أجزاء منفصلة ولكنه يمثل تقسيما لمجالات استخدامها في العلوم النظرية والتقنية والتطبيقية. و يتضح أيضا من هذا الشكل أن نظرية التحكم الأوتوماتي Theory of automatic control ونظرية المعلومات Information theory ونظرية الخوارزميات Theory of algorithms تمثل حجر الأساس في علوم التحكم الآلي. لذلك فإننا سوف نركز اهتمامنا في هذا المقرر على دراسة منظومات التحكم الآلي مع دراسة بعض الأمثلة لمنظومات هندسية.

٢ - منظومات التحكم الآلي Automatic control systems:

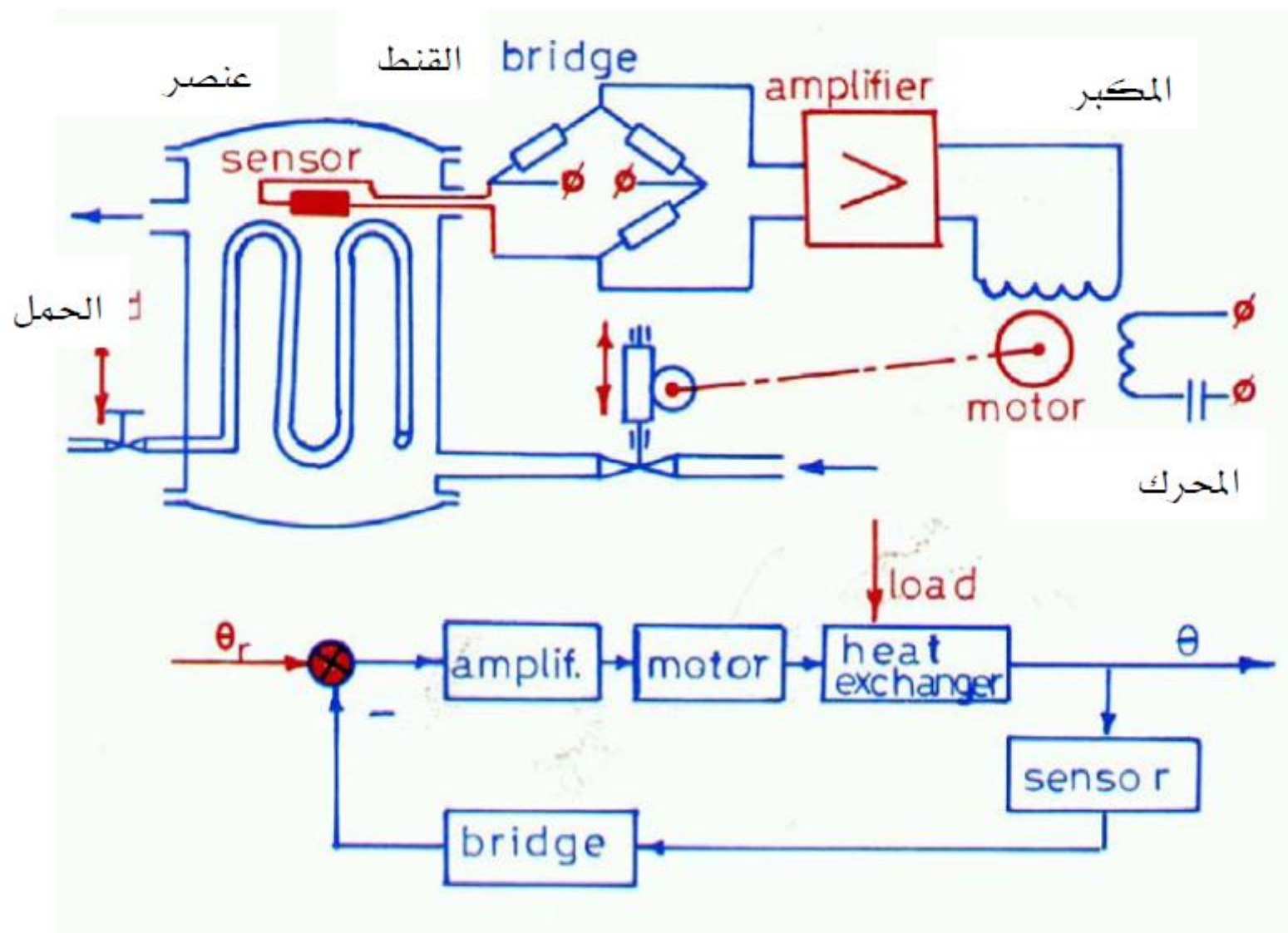
يمكن تعريف منظومة التحكم الآلي بأنها عبارة عن مجموعة من الأجهزة والمعدات التي ركبت على منشأة هندسية بطريقة معينة بحيث يمكن التحكم والسيطرة على بعض أو كل المتغيرات الهامة في هذه المنشأة. وهذه السيطرة تتم بطريقة محسوبة بحيث يتحقق الهدف الأساسي System objective الذي صممت من أجله هذه المنظومة. ولكي نتفهم المصطلحات الفنية المستخدمة في هذا المجال سوف نورد فيما يلي بعض المنظومات شائعة الاستخدام في الصناعة مع شرح موجز لكل منها.

٢ - ١ منظومة التحكم في سرعة دوران محركات الاحتراق الداخلي:

شكل (١ - ٤) يبين منظومة التحكم الآلي في سرعة محرك ديزل حيث يقاس التغير في سرعة المحرك بواسطة عنصر حس يعمل على أساس القوة الطاردة المركزية Centrifugal sensor ويستطيع أن يحرك الجلبة Sleeve المتصلة بصمام التحكم (1) عن طريق الرافعة الأفقية المبينة بالشكل. وفي هذه المنظومة ينساب الزيت في المجموعة الهيدروليكية عبر صمام التحكم إلى الأسطوانة الهيدروليكية (2) Hydraulic cylinder فيتحرك المكبس إلى أسفل أو إلى أعلى محركا معه الرافعة التي تغير وضع الجريدة المسننة المتصلة برداخ مضخة الوقود. وتكون هذه الحركة بحيث إذا زادت سرعة المحرك عن السرعة المطلوبة تتحرك المجموعة في اتجاه يقلل من معدل تصريف الوقود الداخل إلى المحرك والعكس صحيح إذا ما قلت سرعة المحرك عن السرعة المطلوبة. وفي هذه المنظومة يقوم عنصر الحس بقياس السرعة الفعلية لدوران المحرك ثم يقارنها بالسرعة المطلوبة (وهذه السرعة تضبط عادة عن طريق الصامولة الموجودة في أعلى هذا العنصر إذ أنها تتحكم في قوة الضغط المبدئية في الزنبرك والتي تحدد بدورها الوضع المبدئي للجلبة المتحركة). ثم ترسل إشارة الخطأ في السرعة (إشارة الخطأ هنا هي المسافة التي تتحركها الجلبة مقاسة من وضعها المبدئي) إلى المجموعة الهيدروليكية عن طريق الرافعة الأفقية فيتغير بذلك معدل تصريف الوقود المحقون داخل الاسطوانات. وتستمر هذه العملية الديناميكية إلى أن يصل المحرك إلى سرعة مساوية للسرعة المطلوبة. ويلاحظ في هذه المنظومة أن العلاقة بين حركة الجلبة وحركة الجريدة المسننة ليست علاقة تناسب خطي ولكنها محكومة بطبيعة العناصر والمكونات الموجودة في هذه المنظومة (الرافعة - صمام التحكم والأسطوانة الهيدروليكية - الرافعة ثم الجريدة المسننة في مضخة الوقود).

٢- ٢ منظومة التحكم في درجة حرارة مبادل حراري:

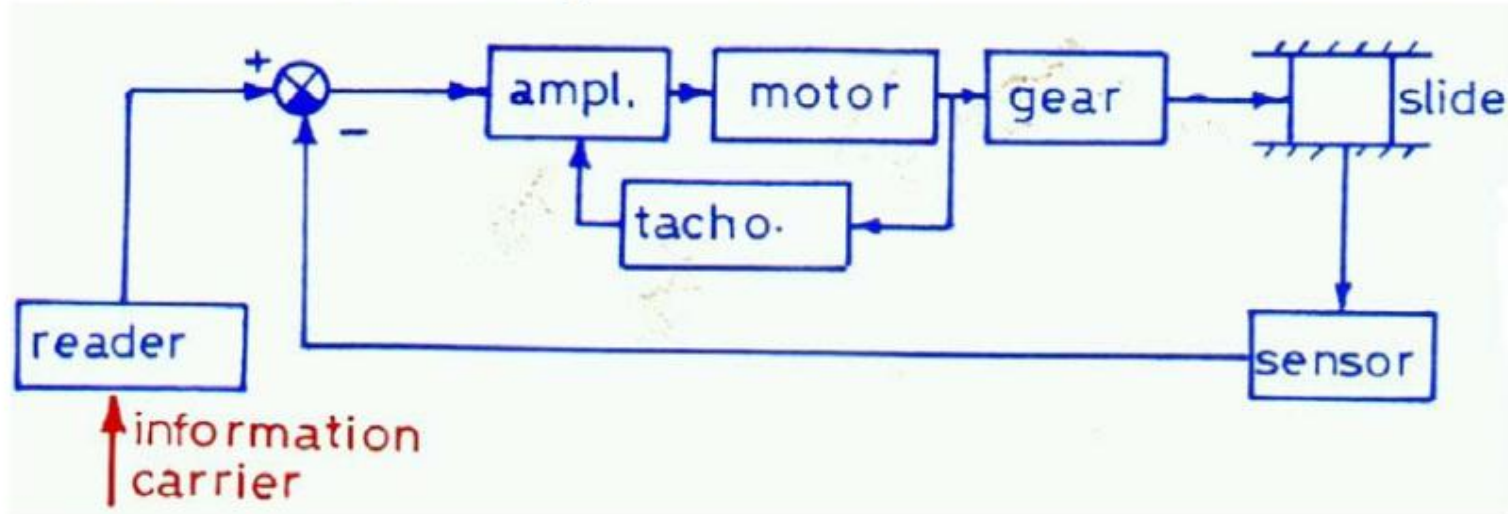
شكل (١- ٥) يبين منظومة التحكم في درجة حرارة مبادل حراري حيث يقاس التغير في دراجة حرارته بواسطة ترمومتر المقاومة Resistance thermometer الموجود في أحد أذرع قنطرة هويتستون. ونتيجة لهذا التغير يتولد عند طرفيها فرق جهد ناتج عن عدم توازن القنطرة. ويكبر فرق الجهد المتولد بواسطة مكبر فولتية Voltage amplifier ثم يغذى إلى ملف الحث لموتور كهربائي متزامن يقوم بالتحكم في معدل تصرف البخار المار إلى المبادل الحراري. وتستمر عملية قياس الخطأ في درجة الحرارة بواسطة عنصر الحس والمقارن (ترمومتر المقاومة والقنطرة) حيث يتم التحكم في معدل تصرف البخار المار إلى المبادل الحراري تبعاً لقانون معين تحدده طبيعة العناصر الداخلة في تصميم المنظومة (المقاومة - المحرك... الخ) إلى أن تصل درجة حرارة المبادل إلى الدرجة المطلوبة. وشكل (١- ٥) يبين المخطط الوظيفي للمنظومة السابقة.



شكل (١- ٥): منظومة تحكم في درجة حرارة مبادل حراري

٢ - ٤ منظومات التحكم في زلاقات ماكينات التشغيل الرقمية:

شكل (١ - ٨) يبين إحدى منظومات التحكم المستخدمة في ماكينات التشغيل رقمية التحكم حيث تتغذى المنظومة بالمعلومات اللازمة (وهي الإحداثيات المطلوبة للجزء المتحرك) عن طريق شريط مثقب تبعاً لشفرة معينة أو شريط مغناطيسي مسجل عليه المعلومات المطلوب إدخالها. وفي هذه المنظومة تتم مقارنة الإحداثيات المطلوبة بالإحداثيات الفعلية للجزء المتحرك والتي تقاس بعناصر حس معينة وتكبر إشارة الخطأ ثم ترسل إلى محرك خاص يقوم بإزاحة الجزء المتحرك المطلوب التحكم فيه في اتجاه معين يتوقف على إشارة الخطأ وتستمر هذه العملية إلى أن يتوقف الجزء المتحرك عند الوضع المطلوب. ويلاحظ أنه يوجد في هذه المنظومة مسار تغذية مرتدة داخلي وسوف نقوم بدراسته وتحليله فيما بعد.

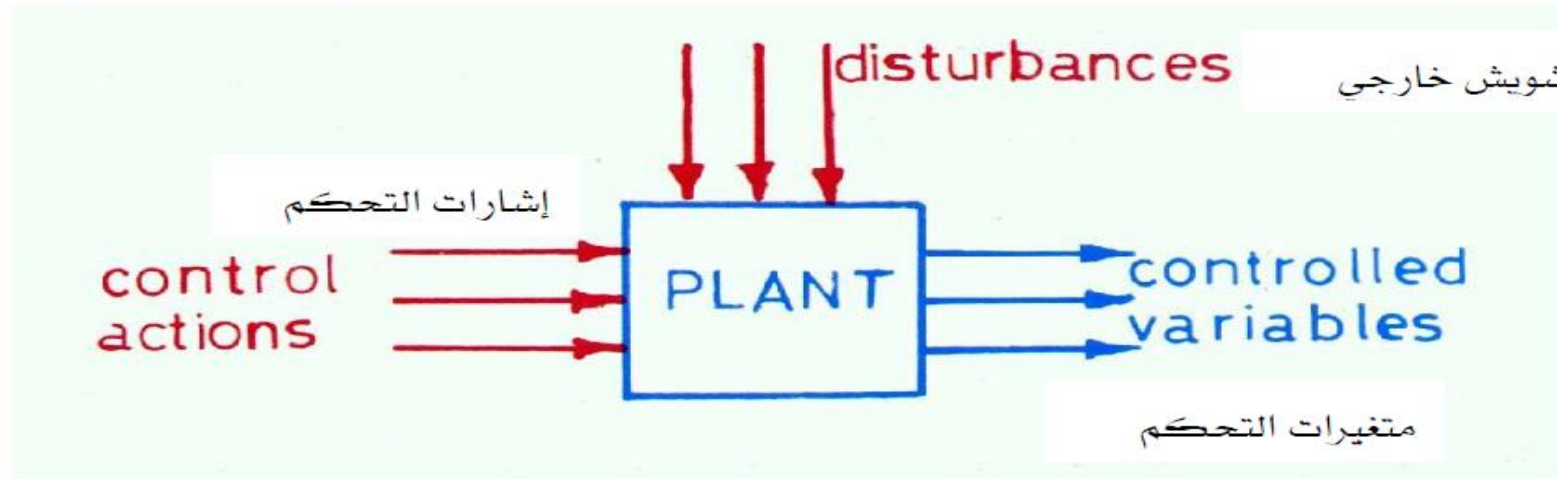


شكل (١ - ٨): منظومة التحكم في زلاقات ماكينات التشغيل الرقمية (CNC machine)

٢ - ١ المحكومة:

هي تلك المنشأة الهندسية أو العملية التقنية أو الماكينة التي يراد التحكم في أحد أو عدد معين من المتغيرات عند مخرجها وهذه المتغيرات تسمى بمتغيرات التحكم (Controlled variable (y) كما هو مبين في شكل (١ - ١١).

والمحكومة يمكن أن تقع تحت تأثير تشويش خارجي (External disturbance) (بالطبع يكون ذا أثر غير مرغوب فيه وغالبا ما يكون عشوائيا Stochastic) يتسبب في أن تحيد قيمة متغير التحكم عن القيمة المطلوبة. ومن جهة أخرى تقع المحكومة تحت تأثير إشارة أخرى تأتي إليها من جهة المنظم وهي إشارة التحكم (Control action (μ) ولكن هذه الإشارة تختلف عن إشارة التشويش (λ) في أنها إشارة محسوبة بقانون معين من قبل المنظم بالإضافة إلى أنها تحاول تصحيح قيمة متغير التحكم بعكس إشارة التشويش. وشكل (١ - ١١) يبين كيفية تمثيل المحكومة والإشارات المؤثرة عليها.



شكل (١ - ١١): الإشارات التي تؤثر على المحكومة

٣- ٢ المنظم:

هو جهاز يعمل بقانون معين يسمى قانون التحكم Control law وهذا القانون يحدد العلاقة التي تربط إشارة الخطأ (ε) Error signal بإشارة التحكم (μ) Control action التي يخرجها المنظم. ويعتبر المنظم من أهم مكونات منظومة التحكم ويحتاج في تصميمه وضبطه إلى عناية فائقة ودراسة دقيقة. ويشتمل المنظم في كثير من الأحيان على مقارن Comparator يقوم بمقارنة القيمة الفعلية لمتغير التحكم بالقيمة المطلوبة التي تغذي المنظم عن طريق ما يسمى بجهاز ضبط الإشارة Set point device.

٣- ٤ عضو التحكم النهائي:

وهو محرك (كهربى - هيدروليكي - هوائى.... الخ) ذو قدرة عالية ومسؤول عن تنفيذ إشارة التحكم والتأثير بها على المحكومة بغرض ضبط وتصحيح قيمة متغير التحكم.

٣- ٥ المنظومة المفتوحة والمنظومة المقفلة:

المنظومة المفتوحة هي المنظومة التي لا تتوقف إشارة التحكم فيها على القيمة الفعلية لمتغير التحكم أما في المنظومة المقفلة فإن إشارة التحكم (μ) تتوقف بكيفية أو بأخرى على القيمة الفعلية لمتغير التحكم.

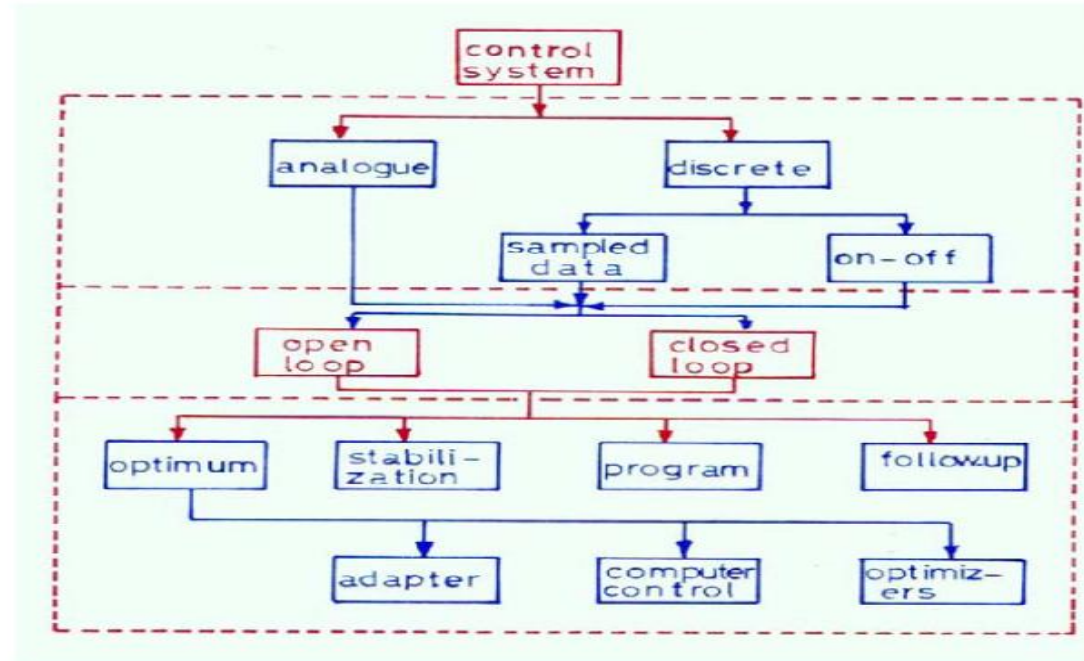
٤ - أنواع منظومات التحكم الآلي وتقسيماتها :

شكل (١ - ١٢) يبين بعض التقسيمات الأساسية في منظومات التحكم الآلي وهي كالآتي:

٤ - ١ تبعاً لطبيعة الإشارات العاملة في منظومة:

تقسم إلى منظومات متواصلة الإشارة Continuous data systems وأحياناً تسمى Analogue data systems وذلك بالقياس إلى الحاسبات الالكترونية التمثيلية Analogue computers، ومنظومات نبضية الإشارة Discrete data systems. وفي المنظومات متواصلة الإشارة تأخذ جميع الإشارات المتواجدة في المنظومة شكل دوال متصلة مع الزمن أما في المنظومات النبضية فإن بعض أو كل الإشارات المتواجدة في المنظومة تأخذ صورة نبضات.

وهذه النبضات إما أن تكون على فترات منتظمة ومتساوية وتسمى المنظومة في هذه الحالة منظومة منتظمة النبض Sampled data system، وإما أن تتواجد أو لا تتواجد في المنظومة حسب حالة متغير التحكم وتسمى المنظومة منظومة شرطية النبض On-off system أي أن المنظومة تعمل أو تتوقف عن العمل حسب مقتضيات الظروف الخاصة بمتغير التحكم.



شكل (١ - ١٢): تقسيم منظومات التحكم الآلي

