بسم الله الرحمن الرحيم

كلـــية الإمـــام الهـادي

قسم الهندسة الكهربائية

دبلوم الأجهـــزة والآلات

بحث تكميلي لنيل درجة الدبلوم

بعنوان :-

التحكـــــم الحـــراري

إعداد الطـــلاب :-

- سعد عمر موسى يوسف
- عبد الرحمن ابوعوف عبد الله نقد
- عبد العليم محمد عباس قسم الله
- محمد على محمد الحسن
- يوسف عبدالله احمد إبراهيم

إشراف الأستـاذ :-

م. بيتر عبد الله لاويا

أكتوبر: ٢٠١٠م

الأيـــه

وآيةٌ لهم الليلُ نسلَخ منه النهار فَإذَا هم مظْلمونَ (٣٧) والشمس تجري لمستقَر لها ذَلك تقْدير الْعزيز الْعليمِ (٣٨) والْقَمر قَدرناه منازِلَ حتى عاد كَالْعرجون الْقَديمِ (٣٩) لَا الشمس ينبغي لَها أَن تدرِك الْقَمر ولَا الليلُ سابِق النهارِ وكُلٌ في فَلَك يسبحونَ (٤٠)

صدق الله العظيم

سورة يس الأية(٣٧-٤٠)

إهـــداء

إلى هادي البشرية أجمعين ،،،إلى من حثنا على طلب العلم وجعله واجب على كل
مسلم ومسلمة ،،، إلى حبيب القلب ومهجه الروح
إلى رسول الله (صلى الله عليه وسلم)
إلى المدرسة الأولى ،،، إلى من كان رضاؤها زادا لي ،،، إلى من حاكت سعادتي
بخيوط مسحوبة من نسيج قلبها ،،، إلى من
كانت دعواتها لي دافعا إلى الأمام
إلى الأم الغالية
إلى الجبل الأشم والجسر المتين ،،، إلى من كان عرقه مددا لقلمي لأكتب أول حرف
من حروف الهجاء ،،، إلى من صنع
أول خطواتي وسار بجانبي حتى هذه الخطوة
إلى الأب الغالي
إلى من شاركوني بسمه الحياة وأحزانها ،،، الذين اسأل الله أن يحفظهم من كل شر،،،
إلى من إنتظروا هذه اللحظة بفارغ
الصبر ،،، إلى من وفرو لي جميع سبل الراحة لأصل لهذا المستوى
إلى الأخوان و الأخوات الأعزاء
إلى من سطرت معهم على جدار الزمن أجمل الذكريات ،،، إلى من كانوا لي
نبراسا يضئ لي دربي ،،، إلى من كانوا لي العون
إلى الأصدقاء الأعزاء
بكل الود والاحترام نهدي مشروعنا ،،، إلى الشمس التي تأبى الإفول الثراء الذي
لايزول ،،، إلى كل من
حمل القلم سلاحا ،،، واتخذ العلم وشاحا
وصنع من الفشل نجاح ،،، و رأي الإخلاص صلاحا
إلى المعلم الفاضل

الشكر و التقدير

الشكر لله من قبل وبعد خالق الإنسان وملهم الفكرة بقدر ما تلهج ألسنتنا الثناء وبقدر عظمته.

قبل تقديم ثمرة هذا الجهد المتواضع لايسعنا إلا أن نتقدم بجزيل الشكر والعرفان

إلى أعضاءهيئة التدريس بكلية الإمام الهادي

ونخص بالشكر قسم الهندسة الكهربائية وعلى رأسها

الأستاذ المهندس : جميله ابراهيم كرار

والشكر موصولا أولا و اخيرا إلى قائدنا العظيم في هذه المسيرة المليئة بالطرق الوعرة والذي ابى نفسه إلى وأن تتحدى هذا الطريق بإشرافه على هذا المشروع ومتابعته وإعطائه النصائح في إعداده إلى أن حطى بنا الطريق إلى بر الامان إلى

الأستاذ المهندس : بيتر عبدالله لاويا

والشكر موصولا إلى كل من ساهم في إنجاح هذا المشروع ولو بحرف

لنبني به كلمة نصنع منها جملا ليكون لنا بحثا

ممثلا في جميع موظفي ومسؤلي محطة الشهيد محمود شريف (بحري الحرارية)

والله ولي التوفيق

المقدمة

لقد إستطاع الإنسان منذ زمن بعيد جدا وذلك منذ أن انزله الخـالق إلى الأرض ليضرب فيها ، الإحساس بالحرارة وذلك من طلوع الشمس فـي الصباح الباكر مبشرا بيوم جديد إلى طلوع القمر ليلا لينهي مسـيرة هـذا اليوم ،فإن الشروق يصطحبها حرارة الشمس الذي يغير مجرى الحيـاة إلـى الحركة الدائمة المستمرة وعند الغروب يقل الحرارة فيقل معها الحركـة التي بداءت معها في باكر ذاك الصباح ويدور الإنسان في هذه الدوامة إلى أن يبعث من الأرض .

فللحرارة بمختلف مصادرها تاثيرا عميقا في حياة الإنسان فأول ما يقوم به الإنسان في يومه من عمل هو شرب الشاى أو الحليب أوالإفطار كل كما يحلو له ولا يتم ذلك إلا بعد أن يستخدم إحدى مصادر الحرارة خاصة فـي عصرنا هذا ، وبعد الخروج إلى العمل فلا بد من أن يبدا يومه بجو معتـدلا حراريا ليبشره بعمل ملئ بالنشاط والنجاح ، ولأن الأعمال الأن اصبحت أغلبها داخل المباني المغلقة فإن الجو المعتدل لا يتم إلا بالتحكم في درجة حرارة المكان إما عن طريق تقليل درجة الحرارة أو إرتفاع درجـة الحـرارة أو إعتدالها في بعض من الأحيان ، ولكن عندما لا يكون هنالـك تحكـم فـي الحرارة داخل المباني فلا يكون للعمل النشاط الكافئ للتبشير بنتائج نجـاح كبيرة .

إن للحرارة اليوم بكل مصادرها التدخل في كل انحاء الحياة فالطهؤ الـذي يعد منه الطعام الذي هو إحدى شرإين الحياة لا يتم في عصـرنا هـذا إلا باللجوء إلى الحرارة و لا يتوقف الحرارة عند هذا الحد فقط فإن الصناعات

اليوم تعتمد بشكل أساسي على الحرارة في كل أعمالها التصـنيعية منهـا والتطورية أيضا .

إننا في هذا المشروع الذي ليس هو إلا منهجا بحثيا قابل للمناقشة من كـل أركانها وللدراسات المتعددة ، سنناقش فيها عملية التحكم بصـورة عامـة والتحكم الحراري بصفة خاصة ،إن عملية التحكم ليس هو إلا محـيط واسـع وعميق من العلم لا نغترف منها إلا فنجالا صغيرا من منهجهـه ليكـون لنـا مشروعا نسئل المولى أن يكتب لها النجاح في كل ما يتعلق بها.

إننا سنبتدئ أولا بكل ما ييسر لنا القيام بعملية التحكم إلى الوصـول إلـى التحكم الحقيقي، ففي الركن الاول للدخول لك في منهج التحكم لابـد مـن أن تعبر بوابة القياسات الذي هو الركن الأساسي للتحكم فليس التحكم إلا قياسات تقل وتزداد ، أما الركن الثاني لنا في هذا المشروع فهو قياسات الحرارة وأهم الأجهزة التي تستخدم فيها وذلك من التركيب البسيط إلـى الوصل إلى القراءة المطلوبة ، وفي الركن الثالث من هذا المنهج سنناقش عملية التحكم في ذاتها ، ماذا نعني به وكيف يتم وماهو المستخدم فيهـا اليوم ،ونختم هذه الأركان بالركن الأهم وهو كيف نتحكم فـي الحـرارة وماذا يدور في جعبة هذه العملية وماذا سنفعل لكي نحصـل علـى عمليـة تحكم جيد ومنضبط و ماهو امثلة التحكم الحراري في الحياة العملية ، فـإن لكل ركن فصلا يناقش كل ما فيه ،وداخل كل فصل مباحث أساسـية لهـا ، وأمثلة من واقعنا العلمي والتقليدي فأبسمك اللهم نبدأ وعليك نتوكل .

الأهداف

- يهدف البحث إلى التعريف الشامل للتحكم بشكل وافي والتحكم الحراري بشكل موضوعي .

- كما يهدف إلى دراسة القياسات بشكل موسع و قياس الحرارة بصورة خاصة .

- و يهدف إلى التعريف أكثر لطرق التحكم في العالم الحديث والقديم.

- وأنه يهدف إلى دراسة تطبيقية لواقع التحكم الحراري في بعض التطيبقات المستخدمة .

- كما أنه يهدف إلى التعرف على بعض أهم أجهزة قياس الحرارة المستخدمة في العالم اليوم وإستخدامتها .

فهرست الموضوعات

العدد	البيـــــــــــــــــــــــــان	الصفحة
(1)	الغلاف .	-
(2)	الأية .	أ
(3)	الإهداء .	ب
(4)	الشكر والتقدير .	ج
(5)	المقدمة .	د- ه
(6)	الأهداف .	و
(7)	فهرست الموضوعات .	ز- ل
(8)	فهرست الجداول .	ل
(9)	فهرست الأشكال .	و- ن
	الفصل الأول : القياسات	
(١-١)	**مبادي أساسية عن القياسات .**	١
(1-1-1)	تعريف علم القياس .	٢
(1-1-2)	المقاييس بشكل عام .	٢
(١-١-٣)	العناصر الأساسية لعلم القياسات .	٢
(1-1-4)	عملية القياس .	٢
(١-١-٥)	الكمية المقاسة .	٢
(1-1-6)	النظام المرجعي .	٣
(1-1-7)	النظام المعياري الدولي .	٣
(1-1-8)	النظام المرجعي المعياري الإبتدائي .	٥
(1-1-9)	النظام المرجعي الإبتدائي الثانوي .	٥
(1-1-10)	النظام المرجعي المعياري للعمل .	٥

(1-1-11)	عمليات على التحويل بين الوحدات .	٦
(1-1-12)	الاجهزة المستخدمة .	٦
(1-1-13)	التقنية المتبعة .	٦
(1-1-14)	الجلفانوميتر .	٧
(1-2)	**المقاييس .**	**٨**
(1-2-1)	أنواع المقاييس .	٨
(1-2-2)	المقاييس الإفتراضية .	٨
(1-2-3)	الشروط الضرورية ليكون المقياس إفتراضيا .	٨
(1-2-4)	مزايا المقاييس الإفتراضية بالنسبة للمقاييس التقليدية.	٨
(1-2-5)	اقسام القياسات بشكل عام .	٩
(1-2-6)	تعريف القياسات الإلكترونية .	٩
(1-2-7)	عناصر وسائل القياس .	٩
(1-2-8)	أسباب إنتشار القياسات الإلكترونية .	٩
(1-2-9)	طرق إجراء عملية القياس .	٩
(1-2-10)	طريقة القياس المباشر .	١٠
(1-2-11)	طريقة القياس الغير مباشر .	١٠
	الفصل الثاني : القياس الحراري	
(2-1)	**أجهزة قياس الحرارة .**	**١٣**
(2-1-1)	مقدمة أجهزة قياس الحرارة .	**١٣**
(2-1-2)	كاشف المقاومة الحراري .	١٤
(2-1-3)	محاسن وعيوب كاشف المقاومة الحراري .	١٦
(2-1-4)	المحاسن .	١٦
(2-1-5)	العيوب .	**١٧**
(2-1-6)	الأعطال .	**١٧**

(2-2)	**المزدوج الحراري .**	**١٨**
(2-2-1)	تعريف المزدوج الحراري .	**١٨**
(2-2-2)	دائرة المزدوج الحراري .	**١٩**
(2-2-3)	المرسل الحراري .	**٢٠**
(2-2-4)	محاسن وعيوب المزدوج الحراري .	**٢٢**
(2-2-5)	المحاسن .	**٢٢**
(2-2-6)	العيوب .	**٢٣**
(2-2-7)	الأعطال .	**٢٣**
(2-3)	**الأبار الحرارية .**	**٢٤**
(2-3-1)	تعريف البئر الحراري .	**٢٤**
(2-4)	**الثيرموستات .**	**٢٦**
(2-4-1)	تعريف الثيرموستات .	**٢٦**
(2-4-2)	النوعين الشائعيين من الثيرموستات .	**٢٦**
(2-4-3)	إسطوانات الضغط .	**٢٦**
(2-4-4)	الشريط المكافئ .	**٢٨**
(٢-٤-٥)	جهاز قياس الحرارة المكافئ .	**٣٠**
	الفصل الثالث : التحكم	
(3-1)	**التحكم .**	**٣٢**
(3-1-1)	تعريف التحكم .	**٣٢**
(3-1-2)	أقسام التحكم من حيث أداء الوظيفة .	**٣٢**
(3-1-3)	التحكم اليدوي .	**٣٢**
(3-1-4)	التحكم اليدوي لنظام حراري .	**٣٣**
(3-1-5)	التحكم الالي .	**٣٤**
(3-1-6)	التحكم الألي للنظام الحراري .	**٣٤**

(2-3)	**تصنيف أنظمة التحكم الألي .**	**٣٥**
(1-2-3)	أقسام أنظمة التحكم الألي .	**٣٥**
(2-2-3)	أنظمة التحكم ذو الحلقة المفتوحة .	**٣٥**
(3-2-3)	أنظمة التحكم ذو الحلقة المغلقة .	**٣٧**
(4-2-3)	مقارنة بين أنظمة التحكم ذو الحلقة المفتوحة والحلقة المغلقة .	**٣٧**
(5-2-3)	التحكم ذو التغذية العكسية .	**٣٧**
(6-2-3)	أنظمة التحكم ذات التغذية العكسية .	**٣٧**
(3-3)	**الحاكم المنطقي المبرمج .**	**٣٨**
(1-3-3)	تعريف الحاكم المنطقي المبرمج .	**٣٨**
(2-3-3)	المكونات الأساسية للحاكم المنطقي المبرمج .	**٣٨**
(3-3-3)	وحدة البرمجة .	**٣٨**
(4-3-3)	وحدة المعالج المركزية .	**٣٩**
(5-3-3)	وحدة الدخل .	**٣٩**
(6-3-3)	وحدات الإخراج .	**٣٩**
(7-3-3)	وحدات البرمجة .	**٣٩**
(8-3-3)	وحدة مصدر القدرة .	**٤٠**
(9-3-3)	البرنامج .	**٤٠**
(4-3)	**أنواع لغات برمجة (PLC) .**	**٤١**
(1-4-3)	طرق كتابة البرامج .	**٤١**
(2-4-3)	المخطط السلمي .	**٤٢**
(3-4-3)	مخطط البوابات المنطقية .	**٤٣**
(4-4-3)	بوابة(و)(AND) .	**٤٤**
(5-4-3)	بوابة (أو)(OR) .	**٤٤**
(6-4-3)	بوابة (لا) (NOT) .	**٤٥**

(7-4-3)	قائمة الإجراءات .	٤٥
	الفصل الرابع : التحكم الحراري	
(1-4)	**التحكم الحراري .**	٤٦
(1-1-4)	طاقة التوازن .	٤٦
(2-1-4)	كيفية عمل وحدات التحكم الحراري .	٤٧
(3-1-4)	بنود إختبار وحدة التحكم .	٤٧
(4-1-4)	نظام التحكم .	٤٧
(5-1-4)	مثال لنظام التحكم في الحرارة .	٤٨
(6-1-4)	أقسام نظم التحكم بصفة عامة .	٤٨
(7-1-4)	التحكم في الفتح أو الإغلاق .	٥٠
(8-1-4)	ملخص التحكم في الفتح والإغلاق .	٥١
(9-1-4)	الضبط التناسبي الأساسي .	٥٢
(10-1-4)	ملخص النظام التناسبي الأساسي .	٥٤
(11-1-4)	الضبط التناسبي.	٥٤
(12-1-4)	إستعادة ضبط الفعل التكاملي .	٥٥
(13-1-4)	مثال لإستعادة الضبط التناسبي .	٥٨
(14-1-4)	العتبير الرياضي (I+P) للضبط .	٦٠
(15-1-4)	ملخص الضبط التناسبي .	٦٠
(16-1-4)	المعدل أو الفعل الإنحرافي .	٦١
(17-1-4)	إمكانية دمج أنماط الضبط .	٦٢
	الفصل الخامس	
(١-١)	الخلاصة .	٦٤
(١-١)	التوصيات والإقتراحات .	٦٥
	المراجع .	٦٦

فهرست الجداول

العـــدد	البيـــــــــــــــــــــــــــــان	الصفحة
(1-1)	جدول الوحدات الأساسية .	٣-٤
(2-1)	جدول الوحدات المستنبطة .	٤
(3-1)	جدول مضاعفات وأجزاء الوحدات الأساسية المعتمدة .	٥
(4-1)	جدول لبعض أنواع أجهزة القياس .	١٠
(1-3)	جدول لبعض رموز الدائرة الكهربائية .	٤٢
(2-3)	جدول لبعض رومز المخطط السلمي .	٤٢
	جداول لتحليل أشكال المخطط الصندوقي	-

فهرست الأشكال

العـــدد	البيـــــــــــــــــــــــــــــــان	الصفحة
(١-١)	عملية التحويل بين الوحدات .	٦
(١-٢)	جهاز الجلفانوميتر .	٧
(١-٣)	جهاز راسم الإشارة .	١١
(١-٤)	جهاز متعدد الأغراض (أوفوميتر) .	١١
(١-٥)	جهاز إقتيفاء أثر التيار .	١٢
(٢-١)	كاشف المقاومة الحراري .	١٤
(٢-٢)	كاشف المقاومة الحراري مع ثلاثة مقاومات .	١٥
(2-3)	إستخدام ثلاث أسلاك لكاشف المقاومة الحراري .	١٦
(2-4)	المزدوج الحراري .	١٨
(2-5)	الدائرة الحرارية .	١٩
(2-6)	المرسل الحراري .	٢٠
(2-7)	تبسيط إتصال المرسل الحراري .	٢١
(2-8)	الوصلة الساخنة التي وضعت على الجهاز والوصلة الباردة على الميتر أو المرسل .	٢٢
(2-9)	تركيب البئر الحراري النمطي .	٢٤
(2-10)	منحنى الإستجابة في تثبيت البئر الحراري والعادي .	٢٥
(2-11)	ثيرموستات إسطوانة الضغط .	٢٧
(2-12)	تطبيق الثيرموستات بضغط الإسطوانة .	٢٨
(2-13)	الشريط المكافئ .	٢٨
(2-14)	الشريط المكافئ بعد تعرضه للحرارة .	٢٩
(2-15)	الثيرموستات المكافئة .	٢٩
(2-16)	تطبيق الشريط المكافئ .	٣٠
(2-17)	الثرموستات اللولبي المكافئ .	٣١
(3-1)	التحكم اليدوي للنظام الحراري .	٣٣
(3-2)	التحكم الألي للنظام الحراري .	٣٤

(3-3)	أنظمة التحكم ذو الحلقة المفتوحة .	٣٥
(4-3)	أنظمة التحكم ذو الحلقة المغلقة .	٣٦
(5-3)	الحاكم المنطقي المبرمج .	٣٨
(6-3)	مكونات الحاكم المنطقي المبرمج .	٤٠
(7-3)	برمجة الحاكم المنطقي المبرمج .	٤١
(8-3)	بوابة (و)(AND) .	٤٤
(9-3)	بوابة (أو)(OR) .	٤٤
(10-3)	بوابة (لا)(NOT) .	٤٥
(1-4)	التحكم في الفتح والإغلاق .	٥٠
(2-4)	منحنى الإستجابة النمطية للفتح و الإغلاق .	٥١
(3-4)	ضبط المنسوب للخزانات المفتوحة .	٥٢
(4-4)	منحنى الإستجابة :الضبط التناسبي فقط .	٥٦
(5-4)	إشارة الضبط الإضافي لإستعادة العملية لنقطة الضبط .	٥٦
(6-4)	إستعادة الضبط الإضافي التناسبي ، إستجابة الحلقات المفتوحة	٥٧
(7-4)	الفعل التناسبي والمستمد – إستجابة الدوائر المفتوحة .	٦٢
	دائرة عمل في شكل المخطط الصندوقي	-

الفصل الأول

القياسات

- مبادي أساسية عن القياسات.
- المقاييس.

(١-١) مبادي اساسية عن القياسات
Basics of measurements

المقدمة (Introduction) :-

بسم العليم القدير مالك الملك العزيز الحكيم نستعين ، وعلى أشرف الخلق أجمعين نصلي ، وعليه وعلى أله وأصحابه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين وعلى كل الخلق من الأنبياء والمرسلين والناس أجمعين نسلم ، وبعد.

لقد إستعمل الإنسان القياسات منذ فجر التاريخ كوسيلة لعملية التعرف على الظواهر الطبيعية المحيطة به ولتحديد أشياء يستعملها خلال حياته اليومية.

وقد أخذ القياس دورا مهما جدا في جميع مجالات الحياة البشرية القديمة والحديثة. وإن التطور الصناعي والتكنولوجي والإقتصادي الذي نعيشه في العصر الحديث هو نتائج الإستعمال الصحيح لمبادئ القياسات وعلم القياس مرتبطة باجهزة قياس مختلفة.

إن القياسات او علم القياس هو علم شامل يدخل في جميع العلوم الطبيعية والتكنولوجية ولتطبيقاتها تأثير بالغ ومهم على جميع النشاطات البشرية. بحيث ان عدم إجراء القياسات الدقيقة عن قصد او عن غير قصد يؤدي إلى نتائج سلبية جدا على كل المستويات.وقد حظي القياس باهتمام المشرع الحكيم وجاء ذكره في القرآن الكريم .

لهذا سوف نتعرف على القياسات او علم القياس بصورة عامة لانها اساس التحكم في اي عملية و لانه لاوجود للتحكم دون وجود معيار قياسي له لذلك سوف نتعرف على القياسات وطرقها وبعض اجهزتها المستخدمة في العمليات.

علم القياس(Metrology)

(١-١-١) تعريف :-

لقد عرف علم القياس في القاموس الدولي للقياسات عام(١٩٩٣م) بأنه علم إجراء عملية القياس مع تحديد نسبة الأخطاء المترتبة على عملية القياس".

كما انه عباره عن علم هندسي يبحث في تجهيزات القياس وطرق القياس والمعايير (Standards) وأخطاء القياس (Measurements Error) .

(١-١-٢) المقياس بشكل عام :-

هي عبارة عن جهاز يستطيع تحويل المقدار الفيزيائي "غرض القياس " الى مقدار قابل للتسجيل - تخزين بملف - شاشة اظهار ...الخ.

(1-1-3) العناصر الأساسية لعلم القياسات (Components of Metrology Basic) :-

- عملية القياس (Measurement) .
- نظام وحدات القياس الدولي (International System of Units-SI).
- مرجعية عملية القياس (Traceability).

(1-1-4) عملية القياس :-

هو عملية مقارنة بين البعد المراد قياسه و وحدة قياس معلومة مجسدة في جهاز القياس.

وتسمح عملية القياس بتحديد قيمة البعد المقاس بقيمة عددية بالنسبة لوحدة قياس معلومة.

ولاجراء عملية القياس فإنه لابد من وجود الاتي :-

١. كمية مقاسة (Measured Quantity).
٢. نظام مرجعي (Standard System).
٣. الاجهزة المستخدمة (Measuring instruments).
٤. التقنيات المتبعة (Measuring Techniques).

"وسوف نتناول كل من هذه المفاهيم بشئ من التفصيل"

(١-١-٥) اولا: الكمية المقاسة :-

وهي الكمية الفيزيائية المراد تقييمها ،وقد تكون طول أو وزن أو قوة أو درجة حرارة أو معدل تدفق أو تيار كهربائي أو جهد كهربائي ....الخ.

(١-١-٦) ثانياً: النظام المرجعي :-

وهو النظام المتعارف عليه الذي يصف وحدات القياس
وهناك اربعة انظمة مرجعية مختلفة :-

(١-١-٦) الأنظمة المرجعية :-

(١-١-٧) النظام المعياري الدولي (The International Standards System):-

وهو نظام متعارف عليه بالإجماع الدولي وهو يصف الوحدات المتفق عليها دوليا ، وهذه الوحدات موجوده نماذج لها بالمكتب الدولي للاوزان والقياسات بباريس وهي تقيم وتعابر بصفة دورية عن طريق قياسات مطلقة باستخدام الطرق الفيزيائية الاساسية .

ومنها:-

(١-١) جدول الوحدات الأساسية (Units SI Base) :-

الكمية المقاسة Measured Quantity		الوحدة		الرمز	
الطول أو البعد	Length	المتر	Meter	م	m
الكتلة	Mass	الكيلوجرام	Kilogram	كلج	Kg
الزمن	Time	الثانية	Second	ث	s
درجة الحرارة	Temperature	درجة الكلفين	Kelvin		K
التيار الكهربائي	Electrical Current	الأمبير	Ampere		A
كمية المادة	Quantity of matter	ألمول	Mole		mol
شدة الاستضاءة	Luminosity	القنديلة	Candela		Cd
الزاوية المسطحة	Plane angle	الراديان	Radian		rd

الجهد	**Volt**	الفولت	Volt	ف	**V**
المقاومة	**Resistance**	الأوم	Ohm		**Ω**
القدرة	**Power**	واط	Watt		**W**

(2-1) جدول الوحدات المستنبطة (Units Derived) :-

الكمية المقاسة Measured Quantity		الوحدة من القانون الفيزيائي	الرمز
المساحة	Surface	الطول x الطول	m^2
الحجم	Volume	الطول x الطول x الطول	m^3
السرعة الخطية	Speed	الطول / الزمن	m/s
الذبذبة	Frequency	1/الزمن	Hz
الكثافة	Density	الكتلة / الحجم	kg/m^3
P	Acceleration	السرعة / الزمن	m/s^2
القوة	Force	الكتلة x التسارع	N
الضغط	Pressure	القوة / المساحة	N/m^2
التدفق	Flow Rate	الحجم / الزمن	m^3/s

(١-٣) جدول مضاعفات و أجزاء الوحدات الأساسية المعتمدة :-

اسـم المعاملPrefix	الرمز	معامل الضرب
التيرا Tera	T	10^{12}
القيقاGiga	G	10^{9}
الميجاMega	M	10^{6}
الكيلوkilo	K	10^{3}
السنتي -centi	c	10^{-2}
الميلي -milli	m	10^{-3}
الميكرو-micro	μ	10^{-6}
النانو-nano	n	10^{-9}
البيكو-pico	p	10^{-12}

(8-1-1) النظام المرجعي المعياري الإبتدائي (The Primary Standards System) :-

وهو النظام المتعارف عليه قومياً او وطنياً في الدول المختلفة ، وهو قابل للتطابق فقط داخل جذور كل دولة وهي المسؤلة عن معايرته و حفظه.
مثل النظام الانجليزي والنظام الفرنسي، واساس وظيفة هذا النظام هو معايرة وتحقيق النظم المرجعية المعيارية الثانوية .

(١-١-٩) النظام المرجعي المعياري الثانوي (The Secondary Standard System) :-

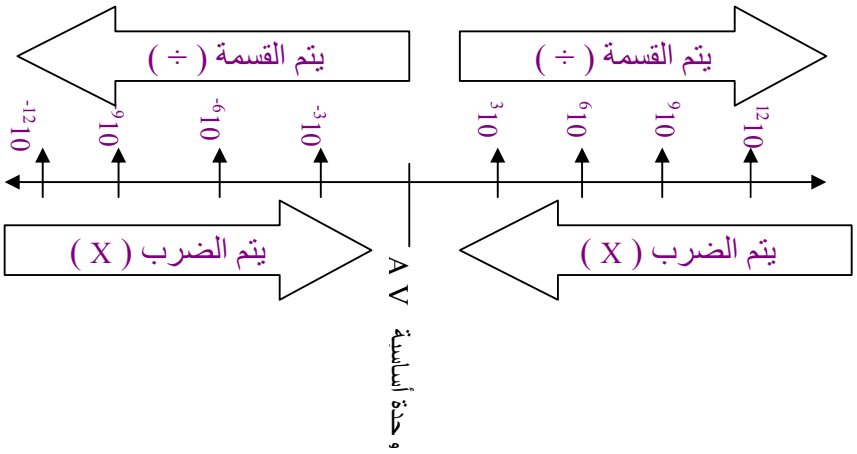
وهو المرجع المعياري الاساسي المستخدم في الصناعة ومعامل المعايرة الخاصة بهذه الصناعة.
وكل مختبر صناعي مسؤول مسؤولية كلية عن النظام المرجعي الثانوي الخاص به من حيث المعايرة وضبط وحدات القياس .

(١-١-١٠) النظام المرجعي المعياري للعمل (The Working Standard System) -:

وهو عبارة عن الادوات الاساسية لعمل القياسات . وهي تستخدم لمراجعة ومعايرة اجهزة القياس المستخدمة في المعمل او لعمل قياسات مقارنة في التطبيقات الصناعية.

(١-١-١١) عمليات على التحويل بين الوحدات (Units Conversion of) -:

نظرا لأهمية وحدات القياس في المجالات الصناعية على عمليات التحويل بين مختلف هذه الوحدات انه من الأهمية بالمكان ان ننبه هنا إلى خطورت الخلط بين هذه الوحدات وما قد تسببه من اخطاء فادحة ، والامر الذي يقع فيه معظم الصناعين. إن إنفجار المكوك الفضائي الأمريكي في فضاء كوكب المريخ في أكتوبر عام (١٩٩٩م) لم يكن إلا نتيجة لخطأ في إستعمال وحدات القياس للتسارع بين الوحدة البريطانية و وحدة النظام الدولي.



الشكل (١-١) عمليات على التحويل بين الوحدات .

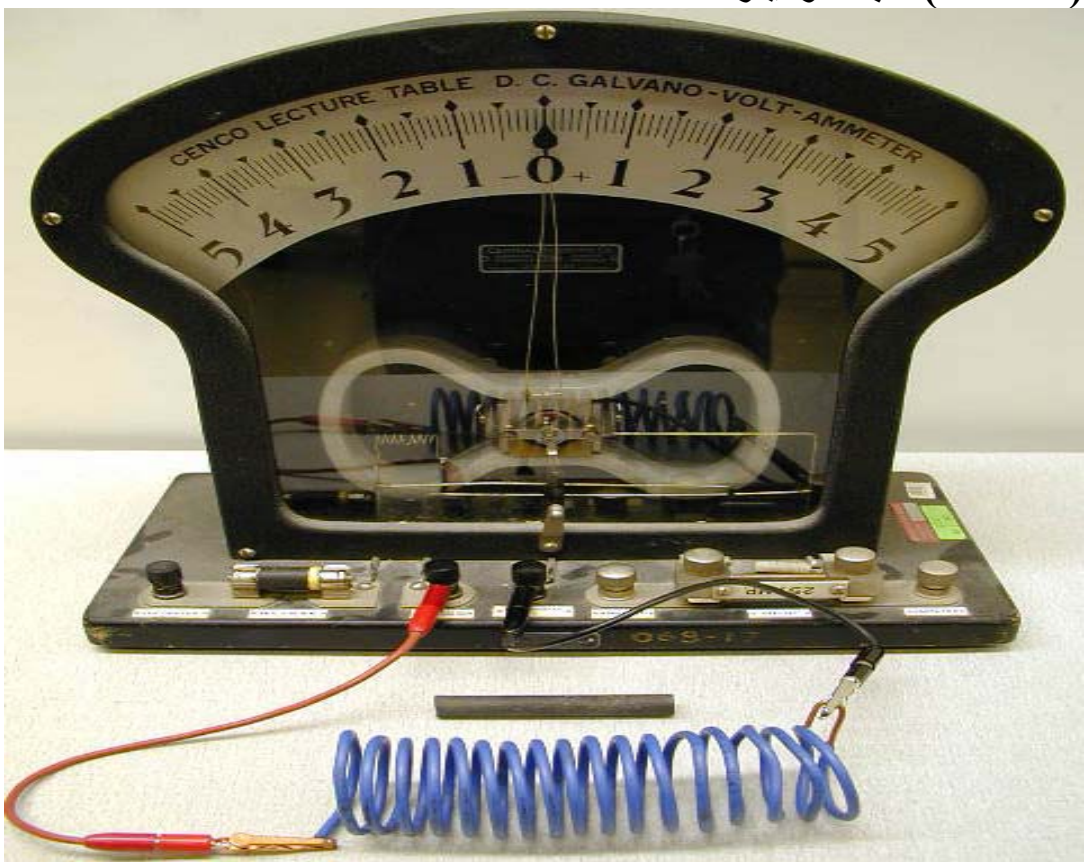
(١-١-١٢) ثالثا: الاجهزة المستخدمة:-

وهي الادوات التي يمكن من خلالها تقييم الكمية المقاسة بمقارنتها بالكمية المرجعية حسب نظام الوحدات التابع للنظام المرجعي المعياري المتبع .

(١-١-١٣) رابعا: التقنية المتبعة :-

وهي التقنية المتبعة في تقييم الكمية المقاسة ومدى دقة هذا التقييم.

(١-١-١٤) الجلفانوميتر :-



الشكل (١-١) جهاز الجلفانوميتر .

الشكل (١-١) عباره عن جهاز الجلفانوميتر وهو عبارة عن جهاز قياس متعدد الأغراض يستخدم لقياس القيم الدقيقة كما يستخدم لمعايرة دقة أجهزة القياس لأ نها ذات دقة ودرجة معايرة عالية جدا .

(١-٢)المقاييس

(١-٢-١) أنواع المقاييس :-

- مقاييس إفتراضية (Virtual).
- مقاييس تقليدية (Traditional).

(١-٢-٢) المقياس الإفتراضي(Virtual) :-

يعتمد بشكل اساسي على البرمجيات(Software) في مبدا عمله.، ويوجد لـه ثلاثـة تعاريف:-

١- هـو مـن عناصـر دارات (صـلبة) (Hard Ware) وبرمجيـات (Software) وتستخدم مع حاسب شخصي للقيام بعملية القياس التقليدي .

٢-هو امكانية استخدام برمجيات رسومية تساعد في اظهار ومعالجة نتائج القياس.

٣- هذا التعريف اطلق من قبل IEEE
(Institute of Electrical and Electronic Engineering)

وهو التالي :-

هو مقياس مكون من حاسب شخصي ذو أغراض عامـة ووحـدات قيـاس داخليـة او خارجية وبرمجيات وتقوم هذه المكونات .

مجتمعـة بوظـائف المقـاييس التقليديـة وبوظـائف جديـدة تتعلـق بإظهـار رسـوم على الشاشة وإظهار نتائج القياس.

(١-٢-٣) الشروط الضرورية ليكون المقياس افتراضياً :-

أ- ان تكون واجهة المقياس بالنسبة للمستخدم هي برمجية أي (Software) .

ب- الشرط الكافي ان لايستطيع (Hardware) العمل بشكل افتراضي بدون الـ (Software) .

(١-٢-٤) مزايا المقاييس الافتراضية بالنسبة للمقاييس التقليدية :-

١- دقة القياس العالية .
٢- إمكانية زيادة وظائف القياس عن طريق تعديل ال (Software).
٣- ألية كاملة لعملية ضبط مجال القياس .
٤- العمومية في الإظهار : يمكن الإظهار بعدة اشكال .
٥- وجود الدارات في حدها الأدنى .
٦- إمكانية استخدام ال (Hardware) في استخدامات أخرى .

(١-٢-٥) أقسام القياسات بشكل عام :-

١- القياسات الالكترونية : تكون بنيتها بشكل اساسي من انصاف النواقل.
٢- القياسات الميكانيكية : تكون بنيتها بشكل اساسي معتمدة على اجزاء ميكانيكة .
٣- القياسات الافتراضية:هي القياسات التي تعتمد في بنيتهاعلى:
(Hardware+Software).

(١-٢-٦) تعريف القياسات الالكترونية :-

هي عبارة عن نوع من القياسات التي تكون بنيته انصاف نواقل وتعتمد على جميع العناصر الالكترونية المتوفرة.

(١-٢-٧) عناصر وسائل القياس:-

١- الحساسات (Sensors).
٢- مكيفات الاشارة .
٣- مرسل الإشارة.
٤- مبدلات رقمية (رقمية تماثلية ،تماثلية رقمية) .
٥- وحدات معالجة رقمية .
٦- المعايرة.
٧- العرض.
كما نستطيع ان نقول ان من (٢) الى (٥)هي عناصر تكون مايسمى بنظم التحويل.

(١-٢-٨) اسباب إنتشار القياسات الالكترونية:-

١- سهولة نسبية في تحويل أي مقدار فيزيائي بشكل عام الى اشارة كهربية او مقدار كهربائي (جهد او تيار) بواسطة عناصر تسمى:الحساسات (Sensors).
٢- سهولة تكيف الاشارة باستخدام مكيفات الاشارة (Signal Conditioners) بنوعيها:
(الكهربائي والالكتروني والجدير بالذكر بأن هناك ثلاثة انواع للتكيف (التضخيم – التصحيح - الترشيح).

(١-٢-٩) طرق إجراء عملية القياس :-

تجرى عملية القياس على طريقتين :-

- **القياس المباشر(Direct Measurement).**
- **القياس الغير مباشر(Indirect Measurement).**

(١-٢-١٠) طريقة القياس المباشر :-

ويتم ذلك بمقارنة القيمة المراد قياسه مع جهاز القياس.
او القياس خارج دائرة العمل.

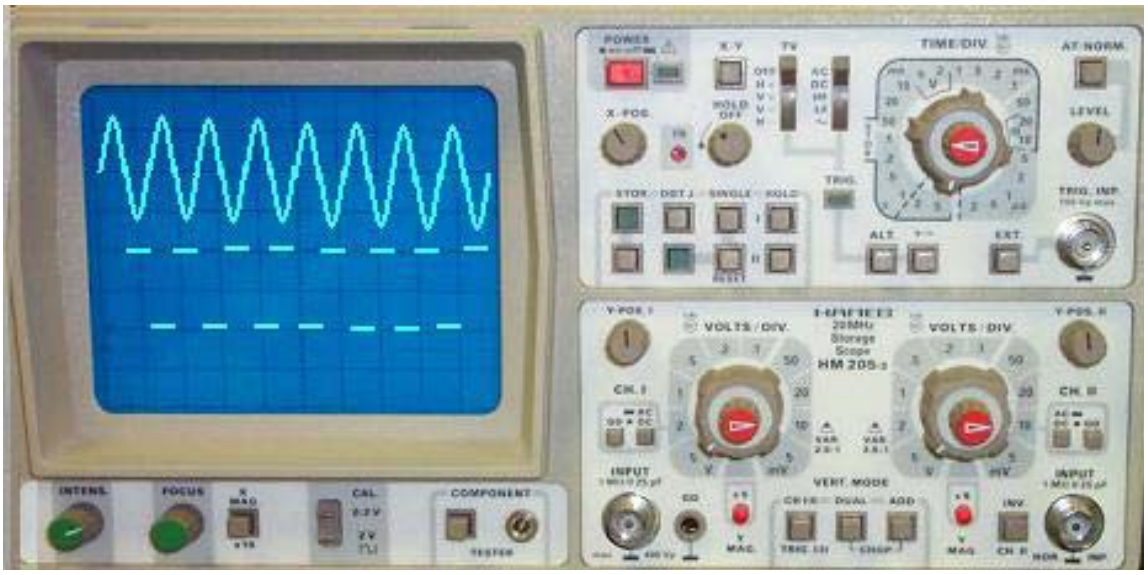
(11-2-1) طريقة القياس الغير مباشر :-

يتم ذلك عن طريق وسائل مساعدة ، تستعمل هذه الوسائل في الحالات التي يتعذر فيها وصول جهاز القياس إلى البعد المقاس أو القياس داخل دائرة عمل.

(١-٤) جدول لبعض أنواع أجهزة القياس :-

بعض انواع أجهزة القياس
الاميتر . الفولتميتر . الاوميتر . الواطميتر . العداد الكهربى . الإزدواج الحراري. الكاشف المقاوم للحرارة. البايروميتر. راسم الإشارة **(Oscilloscope)** جهاز إقتفاء أثر التيار

صور لبعض أنواع أجهزة القياس :-



الشكل(١-٣) راسم الإشارة (Oscilloscope) .

الشكل(١-٣) جهاز متعدد الأغراض (أوفوميتر) .

الشكل(١-٤)جهازإقتفاء أثر التيار .

الفصل الثاني

القياس الحراري

-أجهزة قياس الحرارة .

-المزدوج الحراري .

-الأبار الحرارية .

-الثيرموستات .

(٢-١) (اجهزة قياس الحرارة)

(٢-١-١) مقدمة اجهزة قياس الحراره (Temperature Measuring Instruments) :-

في كل ناحية من حياتنا اليومية كلاهما في المنزل أوالعمل له تأثيرا بدرجة الحرارة لذلك فإن أجهزة قياس درجة الحراره لها وجود من عدة قرون . وإن وحدة قياس الزئبق داخل الزجاجة المستخدمة قديما مازالت تستخدم حتى الأن.
ومبدا هذه العملية ذاتية الإستخدام و ذات العمر الطويل ، وبنيت هذه العملية على قاعدة تمديد الحراره على السوائل(الكحول او الزئبق)اي كلما زادت درجة حرارة السائل في الخزان الصغير زادت قوة إندفاعه داخل الانبوب.
وسوف تجد نفس هذه النظرية قد إستخدمت في كثير من الثيرموستات (Thermostats)الحديثه اليوم.

في هذا الفصل سوف نناقش النظرية والعملية لبعض أجهزة قياس الحرارة التي توجد بشكل عام في محطات التوليد.
وتشمل هذه النظرية:- المزدوج الحراري (Thermocouples) والثيرموستات (Thermostats) وكاشف المقاومة الحراري (Resistance Temperature Detector) إتصل بشكل عام للتحكم المنطقي او وسيله لإستمرارية مراقبة درجة الحرارة .اما الثيرموستات (Thermostats) فقد أستخدمت للتحكم الإيجابي المباشر لدرجة الحرارة في نطاق محدود.

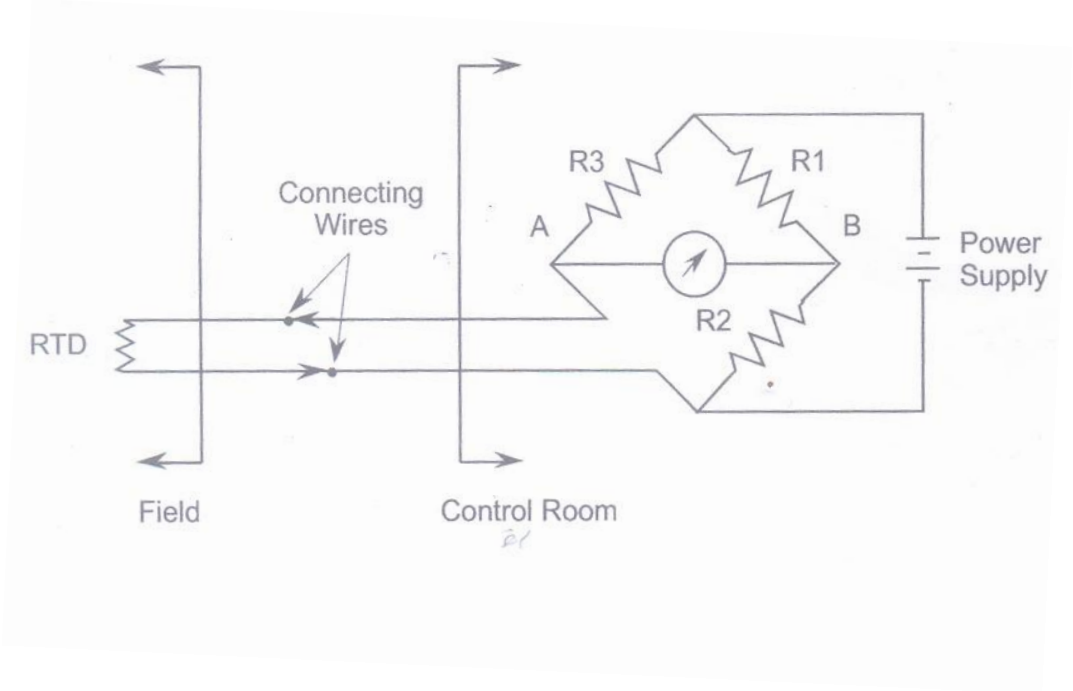
(٢-١-٢)كاشف المقاومة الحراري
-: (Resistance Temperature Detector (RTD))

الشكل(٢-١) كاشف المقاومة الحراري.

اي نوع من انواع المعادن له تكوين فريد ومقاومة مختلفة لمتابعة التيارالكهربائي.هذا يدل على المقاومة الثابتة للمعدن .لمعظم المعادن التغير في المقاومة الكهربائية وهي مباشرة نسبة لتغيير في درجة الحرارة وهي اعلى من مدى الحرارة الخطية.وهذا العنصر الثابت يدعى معامل الحرارة للمقاومة الكهربائية (Temperature Coefficient of Electrical TCR). هو اساس كاشف المقاومة الحراري. وأعتبر كاشف المقاومة الحراري كأعلى مخلص للسلك من المقاومة الذي يتنوع مع مقاومة درجة الحرارة و مع قياس مقاومة المعدن يمكن تحديد درجة حرارته.

إن معظم المعادن النقية المختلفة (على سبيل المثال البلاتين او الفولاذ او النحاس) يمكن إستخدامهم في تصنيع كاشف المقاومة الحراري.
إن كاشف المقاومة الحراري ذات التحقيق المثالي يحتوي على ملف من السلك المعدني الجيد ، ويسمح لتغيير مقاومة كبيرة دون ان يتطلب حيزا كبيرا . عادة بلاتين كاشف المقاومة الحراري يستخدم كمراقب في العملية الحرارية نسبة لدقتها وخطيتها.كما ان مدى قياسه للحرارة هو من المدى الأدنى حتى المتوسط فقط. لإكتشاف التنوع الصغير لكاشف المقاومة الحراري ،والمرسل الحراري في شكل قنطرة ويتستون والتي تستخدم بصورة عامة. قورنت قيمة الدائرة لكاشف المقاومة

الحراري مع ثلاثة مقاومات معروفة وعالية الدقة.وصورة في الشكل رقم(٢-٢)
.

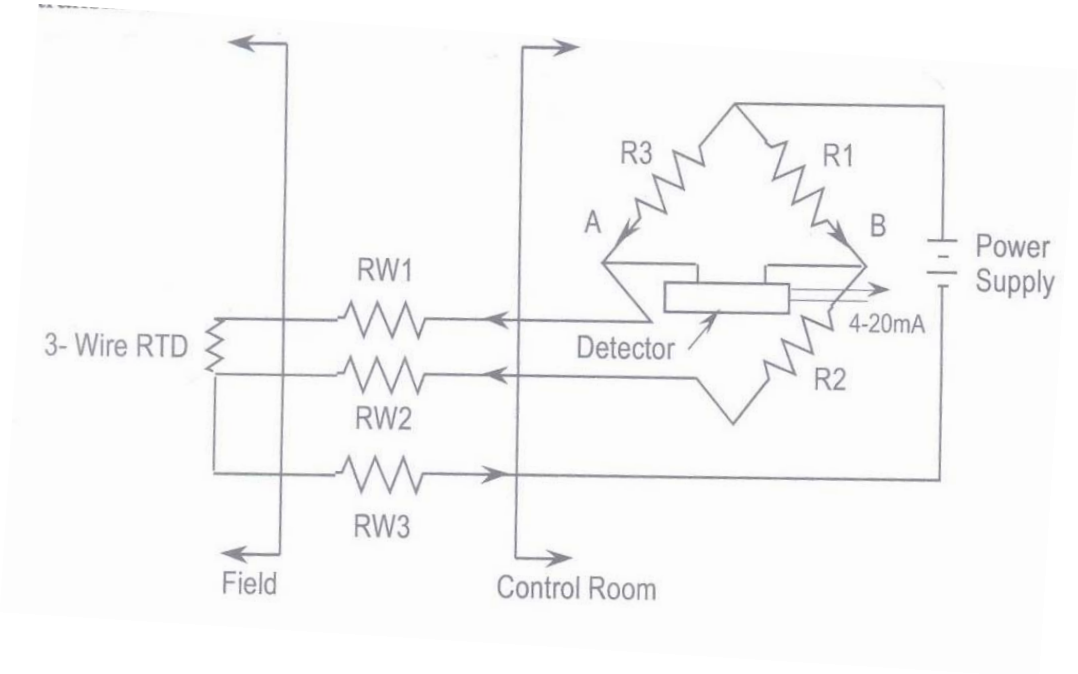


الشكل (٢-٢) كاشف المقاومة الحراري مع ثلاثة مقاومات .

تحتوي قنطرة ويتستون على كاشف المقاومة الحراري ،ثلاثة مقاومات،فولتوميتر ومصدر الجهد كما موضح في الشكل (٢- ٢).في هذه الدائرة، عندما يكون إندفاع التيار في جهاز القياس صفر يكون (الجهد في المنطقة (A) يساوي الجهد في المنطقة (B)) في هذه الحالة يقال ان القنطرة في حالة غير متزنة. هذا قد يكون الصفر او نقطة البداية على كاشف المقاومة الحراري الخارجة ، وكلما إزدادة حرارة كاشف المقاومة الحراري تزداد قراءة الجهد بواسطة الفولتميتر. عند إستبدل إشارة جهد محول الفولتميتر (4-20mA) التي هي نسبية لمراقب المدى الحراري، التي يمكن ان تتولد.

كما في حالة الإزدواج الحراري وتظهر المشكلة عندما يركب كاشف المقاومة الحراري لمسافات بعيدة من المرسل.وعندما تكون الأسلاك المتصلة طويلة تتغييرمقاومة الأسلاك، كتقلبات تقلبات درجة حرارة الغرفة.

التنوع في سلك المقاومة قد يؤدي إلى أخطأ في المراسل. لتسليط الضوء لهذه المشكلة، استخدمت ثلاثة اسلاك لكاشف المقاومة الحراري.



الشكل (٢-٣) إستخدام ثلاثة اسلاك لكاشف المقاومة الحراري.

توصيل الاسلاك (W3 W2 W1)يكون من نفس الطول وكذلك نفس المقاومات .
مصدر الطاقة وصلت إلى إحدى نهايات كاشف المقاومة الحراري و قيمة قنطرة ويتستون. وقد يكون واضحا ان المقاومة للساق الأيمن لقنطرة ويتستون ،يكون (R1+R٢+Rw2).المقاومة للساق الأيسر للقنطرة يكون (R3+Rw3+RTD).
بما ان (Rw1=Rw2) نتيجة لإلغاء مقاومة الأسلاك يزال إتصال الأسلأك.

(3-1-2) محاسن وعيوب كاشف المقاومة الحراري (Advantages and Disadvantages of RTD) :-

(١-١-٤) المحاسن(Advantages) :-

- إن زمن الإستجابة بالنسبة له مقارنة مع المزدوج الحراري تعتبر اسرع (مبنيه على جزء من الثانيه).
- كاشف المقاومة الحراري لن يكون له تجربة مع المشاكل المنجرفة لان ليس له طاقة ذاتية.
- هو ذات مدى اكثر دقة واعلى حساسية من المزدوج الحراري.
- في تركيبته التي تتطلب قيادة طويلة، كاشف المقاومة الحراري لا يتطلب إمتداد خاص للكيبل.

- المزدوج الحراري ،الشعاع المشع(بيتا،جاما،نيترون)لديهم أقل تاثير على الكواشف المقاومة للحرارة طالما ان وحدة القياس هي مقاومة وليست جهد .

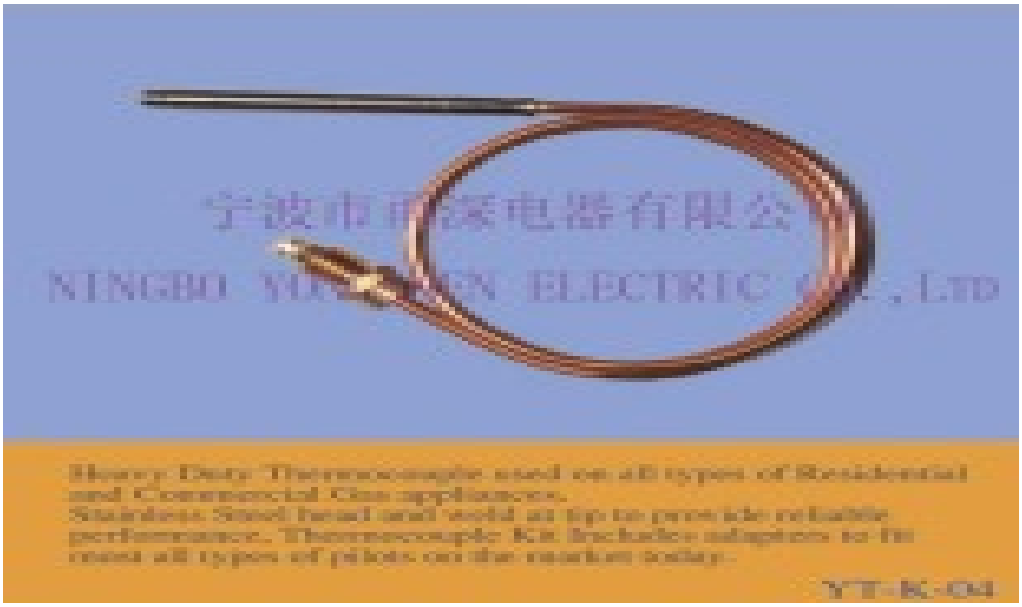
(٢-١-٥) العيوب (Disadvantages) :-

- لأن المعدن الذي يستخدم في كاشف المقاومة الحراري يجب ان يكون أكثر نقاءً لذلك هي أكثر غلاءً من المزدوج الحراري.
- عموما كاشف المقاومة الحراري ليس لديه القدره لقياس مدى حراري عريض كالمزدوج الحراري.
- فشل مصدر الطاقة يمكن ان يسبب له قراءات خاطئة.
- التغيرات الصغيرة في المقاومة يمكن قياسها،وكل التوصيلات يجب ان تكون متصلة بشده ومحمية من التآكل التي قد تؤدي إلى الخطاء.
- بين كثير من الإستخدامات في المحطات النووية الكواشف المقاومة للحرارة يمكن ان توجد في حيز المفاعل لقياس الحرارة وقنوات الوقود المبردة للحرارة.

(٢-١-٦) الأعطال (Failure Modes) :-

- في الدائرة المفتوحة في كاشف المقاومة الحراري و الأسلاك بين كاشف المقاومة الحراري وقنطرة ويتستون تسبب قراءة عالية للحرارة .
- الفقد في الطاقة او في القصر من خلال كاشف المقاومة الحراري سوف تسبب قراءة منخفضة للحرارة.

(٢-٢)المزدوج الحراري
(Thermocouple (TC))

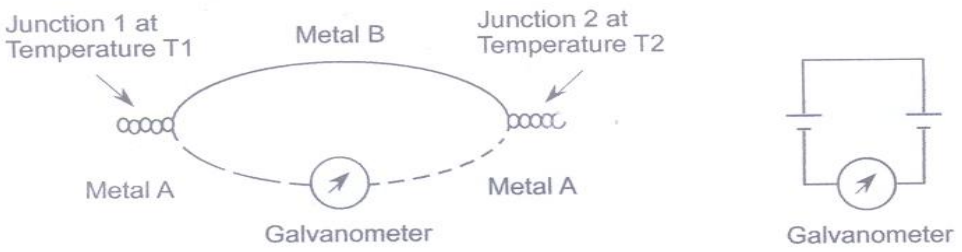


الشكل(٢-٤) المزدوج الحراري .

(٢-٢-١) تعريف :-

يتكون المزدوج الحراري من قطعتين متباينتين معدنيا مع بدايات متصلات معا لتوضع في المنطقة الباردة ومع نهايات متصلات معا لتوضع في المنطقة المراد قياس درجة حرارتها (عن طريق إلتواهما، صياغهما او لحامهما) عند ما تكون الحرارة مطابقة للإتصال يتولد الجهد في المدى للملي فولت (mV) بحيث يتناسب مع قيمة درجة الحرارة اي كلما كان هناك فرق في درجات الحرارة بين الوصلة الباردة والمنطقة المراد قياس درجة حرارتها فإن فرق الجهد المتولد تكون أعلى . المزدوج الحراري في المنطقة (A) لذلك يقال انها ذاتية الطاقة، ويقرأ المزدوج الحراري القيم من المدى المتوسط للحرارة إلى المدى العالي.

انظر إلى الشكل (٢-٥) حيث أجرية تجربة الدائرة الحرارية.

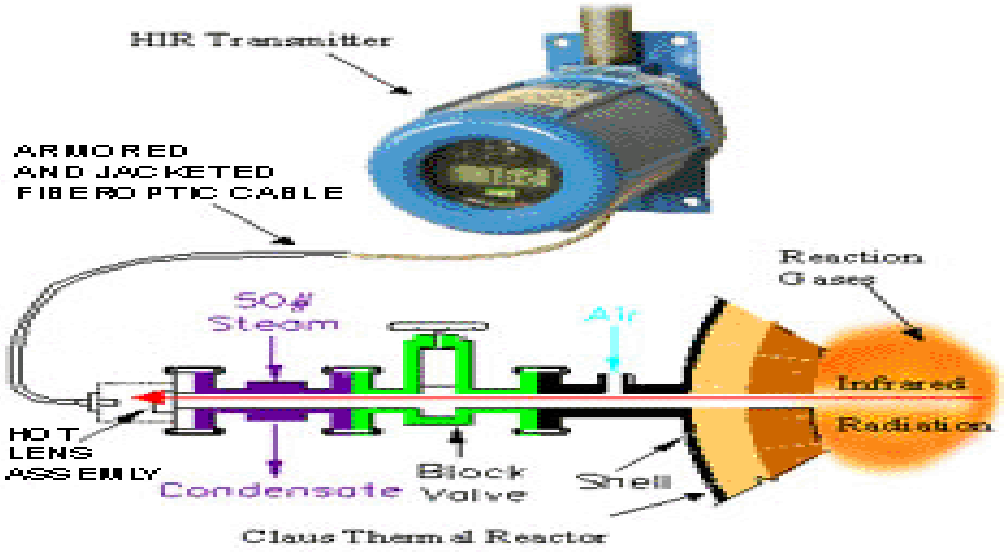


الشكل (٢-٥) الدائرة الحرارية .

(٢-٢-٢) دائرة المزدوج الحراري (A Thermocouple Circuit) -:

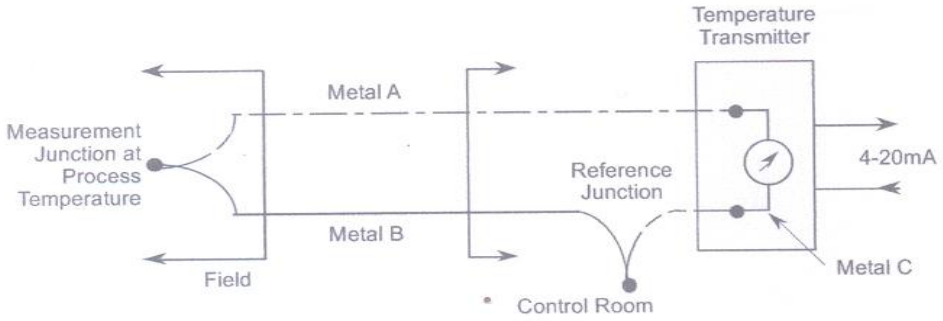
الجهد المولد في كل الموصلات تعتمد على الموصل الحراري.إذا كان درجة الحرارة في (T1) أعلى من (T2) تعني ان الجهد المولد عند الوصلة(١) ((Junction(1)) سوف يكون أعلى من تلك التي في الوصلة(٢) ((Junction(٢)) .
في الشكل (٢-٥) حلقة التيار الموضحة على الجلفانوميتر على مقدار نسبي للجهد في الوصلتين بناء على إستخدام المزدوج الحراري لقياس عملية الحرارة وإحدى نهايات المزدوج الحراري يجب ان تبقى في إتصال مع العمليات، بينما النهاية الأخرى يجب ان تبقى على إتصال مع الثابت الحراري . وتلك النهاية التي تكون على إتصال مع العملية تسمى الساخن او وصلة القياس الحراري. تلك التي بقت على الثابت الحراري يسمى البارد او المصدر المتصل.
العلاقة بين كل جهود الدائرة (قوه دافعه كهربائيه (ق.د.ك))و(القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك)) في الوصلة هي:-
دائرة (ق.د.ك)= قياس(ق.د.ك) - مصدر(ق.د.ك)
إذا عرفت دائرة (ق.د.ك) ومصدر(ق.د.ك) ووحدة قياس (ق.د.ك)يمكن ان تحسب نسبة درجة الحرارة و تعين .
لتحويل (ق.د.ك)التي تولدة بالمزدوج الحراري لمعيار إشارة(٢٠mA -٤)، تحتاج إلى مرسل.
هذا النوع بالمرسل يسمى بالمرسل الحراري.

(3-2-2) (المرسل الحراري (Temperature Transmitter) :-



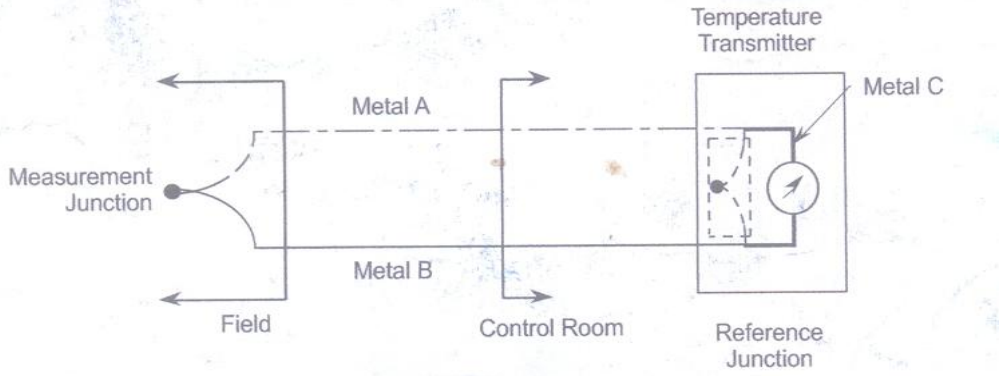
الشكل (٢-٦)المرسل الحراري.

هو عبارة عن جهاز يقوم بتحويل درجة الحرارة ملي أمبير (mA) اي يحول الإشارة الفيزيائية (درجة مؤوية)إلى إشارة كهربائية من درجة مئوية الى ملي امبير (mA) ويتم إرسالها إلى ال PLC .



الشكل(٢-٧) يوضح تبسيط إتصال المرسل الحراري.

في الشكل (٢-٧) السابق يوضح قياس الدائرة الحرارية للمزدوج الحراري التي وصلت مباشرة مع المرسل الحراري. الوصلات الساخنة والباردة، يمكن ان توضع اينما طلبت لقياس الفرق الحراري بين الوصلتين.
في معظم الحالات نحتاج إلى مراقب لمراقبة إرتفاع درجة الحرارة في الجهاز لضمان سلامة العملية.
أداة إرتفاع درجة الحرارة: هي العملية الحرارية التي تستخدم في نطاق اوغرفة الحرارة كمرجع لإنجاز عملية الوصلة الساخنة التي وضعت على الجهاز والوصلة الباردة على الميتراو المرسل كما موضح في الشكل(٢-٨).



الشكل (٢-٨) الوصلة الساخنة التي وضعت على الجهاز والوصلة الباردة على الميتراو المرسل.

(4-2-2) محاسن وعيوب المزدوج الحراري (Advantages and Disadvantages of a Thermocouple) :-

(5-2-2) المحاسن (Advantages) :-

- إستخدمت المزدوجات الحرارية في معظم المحولات، بحيث تكون الوصلة الساخنة في داخل المحول الزيتي والوصلة الباردة موصلة على القياس و تركب في الخارج . و مع هذه البساطة والتركيب الوعر،يقرأ الميتر مباشرة إرتفاع درجة حرارة الزيت أعلى من درجة حرارة الغرفة أوحرارة للموقع .

- بصفة عامة المزدوجات الحرارية تستخدم حصريا حول صالة التوربين نسبة لصعوبة تركيبها وإنخفاض تكلفتها .

- المزدوج الحراري له القدرة على قياس مدى حراري أعرض من كاشف المقاومة الحراري.
- لايعتمد المزدوج الحراري على نوع معين من الأسلاك .

(6-2-2) العيوب (Disadvantages) :-

- إذا وضع المزدوج الحراري على مسافة بعيدة من جهاز القياس ، سوف يكلفنا ثمن اغلى، نسبةً لإمتداد أسلاك المزدوج الحراري او يجب ان نستخدم كيبلات معوضة(Compensating Cables).
- لايستخدم المزدوج الحراري في المناطق التي ذات مجالات الإشعاء العالي على سبيل المثال: (مدفئة المفاعل)، الشعاع المشع (شعاع بيتا من تفاعل النيترون)، سوف يحدث الجهد في أسلاك المزدوج الحراري.بحيث أن إشارة المزدوج الحراري ايضا لديه الجهد، الجهد المفتعل سوف يسبب أخطاء في خرج المرسل الحراري.
- مقاومات المزدوج الحراري ذات إستجابة ابطأ من كاشف المقاومة الحراري.
- إذا وضع المتحكم المنطقي عن بعد وإستخدم المرسل الحراري (بتحويل الميلي فولت إلى ميلي امبير) يفشل مصدر الطاقة وسوف يسبب قراءة خاطئة.

(٢-٢-٧) الأعطال (Failure Modes) :-

- الدائرة المفتوحة في الكاشف المزدوج الحراري يعني انه لا يوجد هنالك ممر لتدفق التيار وإنما سوف تسبب إرتفاع (خارج المدى) في قراءة الحرارة.
- قصر الدائرة في كاشف المزدوج الحراري سوف يسبب إنخفاض في قراءة الحرارة لانه سوف يخلق تسرب تيار ماراً إلى الأرض و اصغر قياس جهد.
- ملحوظة :-

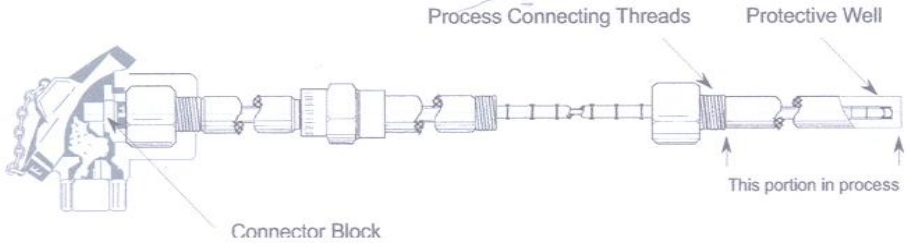
يستخدم في أغلب أجهزة قياس درجة الحرارة البلاتين (Pt) وذلك لانه من أقوى المعادن حيث أنه أقوى من الحديد كما أنه لا يصدأ ولا يفقد بريقه عند تعرضه للهواء لأنه لا يتفاعل مع الأكسجين أو مركبات الكبريت الموجود في الهواء كما إنه لا يتاثر بالحموض التي تذيب معظم الفلزات الأخرى كما أنه يقاوم الحرارة والتآكل وله قيمة ثابتة وهي عندما تكون درجة الحرارة صفر مؤوية يعطي قراءة (١٠٠ P+) و إن درجة إنصهاره (١٧٦٨.٣ ºC) ودرجة غليانه(٣٨٢٥ ºC) .

(٢-٣)الأبار الحرارية
(Thermal Wells)

مقدمة :-

إن بيئة العملية حيث يتطلب التحكم في درجة الحرارة ،كما انها عادت ليست ساخنة فقط بل ايضا ذات ضغط مرتفع وقابلة للتآكل او التحلل الكميائي اوأنشطة إشعائية.

لتسهيل إزالة الحساسات الحرارية (RTD and T/C) للفحص او الإستبدال، ولتوفير حماية ميكانيكية فإن الحساسات عادة تركب في داخل الأبار الحرارية.



(الشكل(٢-٩) تركيب البئر الحراري النمطي) .

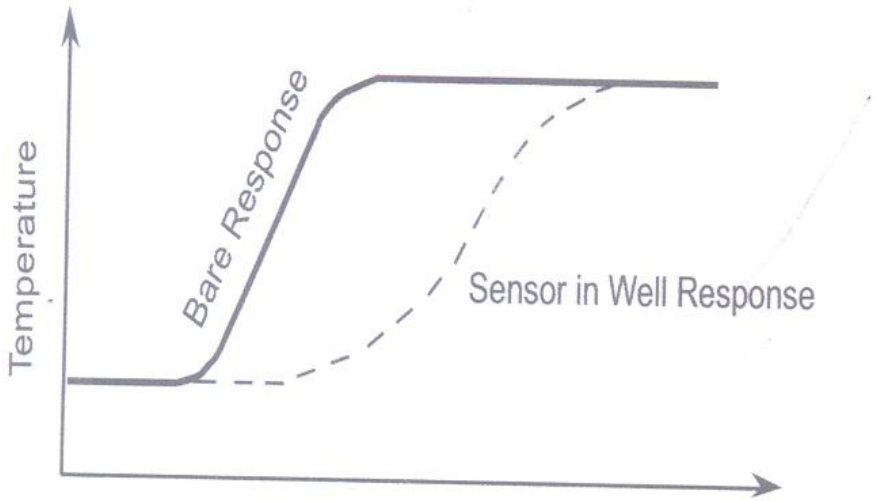
(٢-٣-١) البئر الحراري : -

في الأساس هو عباره عن امبوب معدني مجوف تكون إحدى نهاياته مغلقة (Sealed) وهو عادة يركب بشكل دائم في شبكة الأنابيب ، و يتم إدخال الحساس في داخله ليكون متصلا مع النهاية المغلقة.

- إحدى سلبيات البئر الحراري تتمثل في تاخر ردة فعله لأن الحرارة يجب ان تُنقل عبر البئر إلى الحساس .

كمثال على ردة فعل الحرارة للحساسات المثبتة في البئر الحراري والعادي تم توضيح ذلك في الشكل (٢-١٠).

تصغير مساحة الهواء بين الحساس والبئر يمكن أن يقلل من عملية الإبطأ الحراري.



الشكل(٢-١٠)منحنى الإستجابة في تثبيت البئر الحراري والعادي.

(٢-٤)الثيرموستات

(Thermostats)

(٢-٤-١) تعريف :-

هو عباره عن جهاز يشعر بدرجة حرارة منطقة معينة، وبه جزء كهربائي يغير من وضعه عند الوصول لدرجة الحرارة المضبوط عليه (من نقطة مفتوحة إلى نقطة مغلقة او العكس) من NCإلى NOاو العكس ويمكن إستغلال هذا التغير في التحكم الكهربائي لدى الثيرموستات ووظيفته تختلف عن الكواشف المقاومة للحرارة والمزدوجات الحرارية
(Resistance Temperature Detectors & Thermocouples)الذي نوقش سابقا.
إن الثيرموستات تقوم بتنظيم الحرارة في النظام مباشرة عن طريق الحفاظ عليها ثابتة او الحفاظ على تفاوت الحرارة على مدى محدد .
جهازي(TC & RTD) يمكن إستخدامهما كعناصر لتحسس الحرارة للثيرموستات ولكن بشكل عام فإن الثيرموستات تعتبر ادوات فعالة بشكل مباشر .

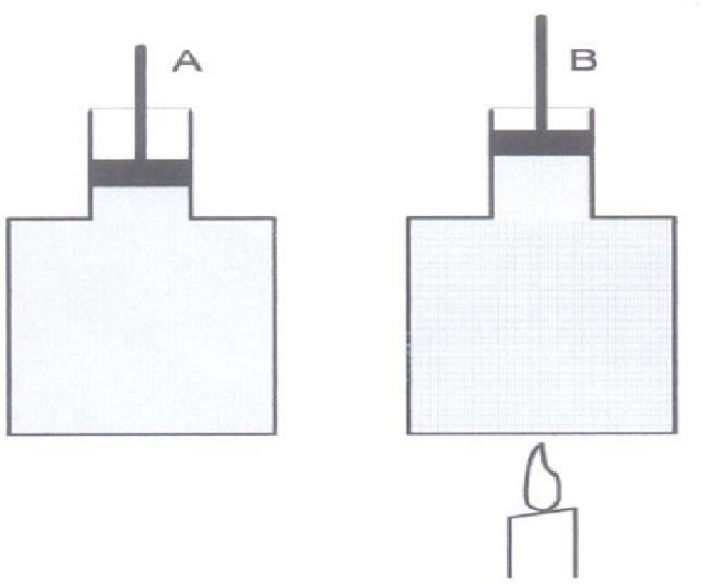
(٢-٤-٢) النوعين الشائعين من الثيرموستات هي:-

١-إسطوانة الضغط (Pressure Cylinder) .

٢-الشريط المكافئ (Bimetallic Strip) .

(٢-٤-٣) إسطوانات الضغط(Pressure Cylinders):-

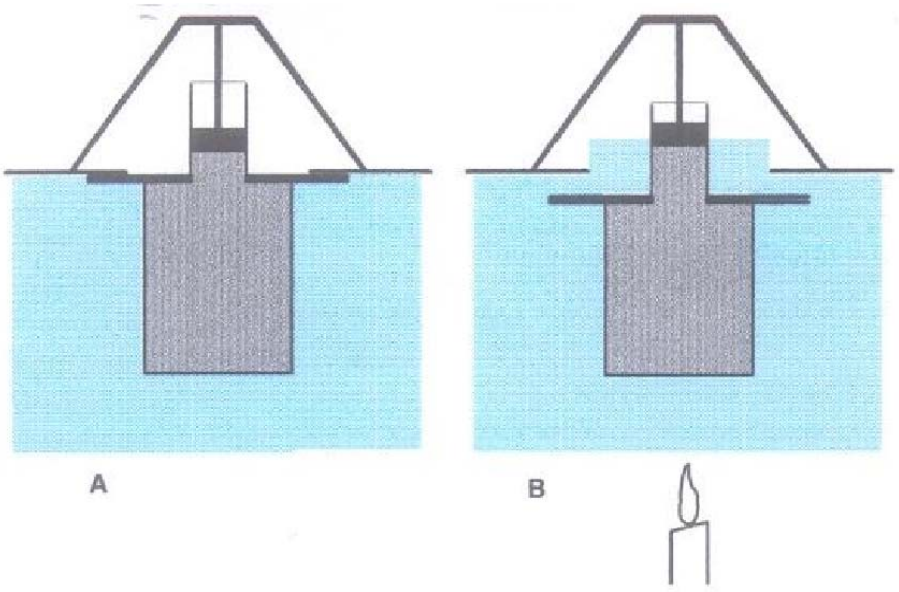
أكثر انواع الثيرموستات يعتمد على تمدد السائل مثل الزئبق(Mercury)او الجسم الصلب مع الزيادة في الحرارة كما في الشكل (٢-١١).



الشكل(٢-١١) ثيرموستات إسطوانة الضغط.

الغاطس المتصل بالمكبس تستخدم لفتح وإغلاق الوصلات للتحكم في موقع الصمام او التحكم في المضخة ،وعادة ما يكون الغاطس متصل مباشرة إلى الصمام كما في الشكل(٢-١٢) ادناه.

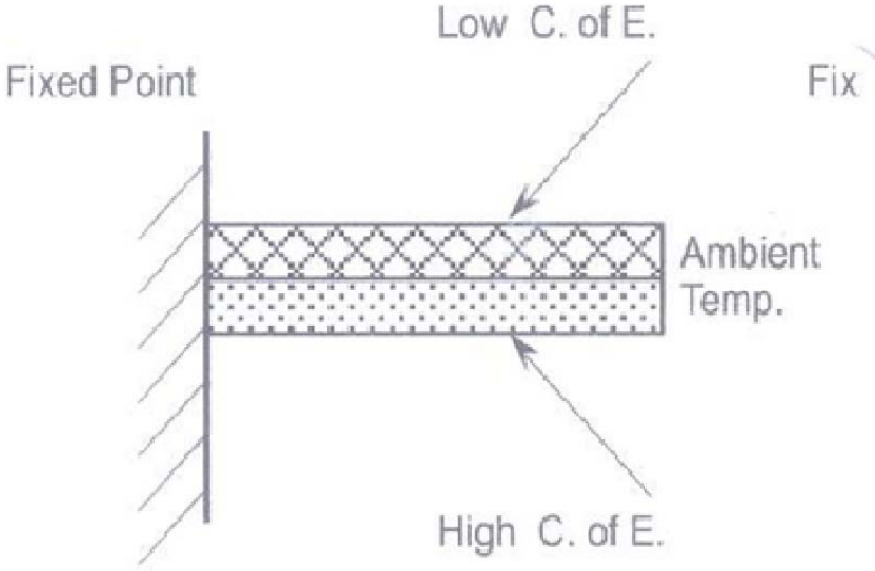
هذه بعض المبادئ المستخدمة في ثيرموستات محركات الماء حيث ان المادة التي توجد في الإسطوانة عبارة عن شمع له قابلية للذوبان بدرجة حرارة(١٨٠F)درجة فهرنهايت.



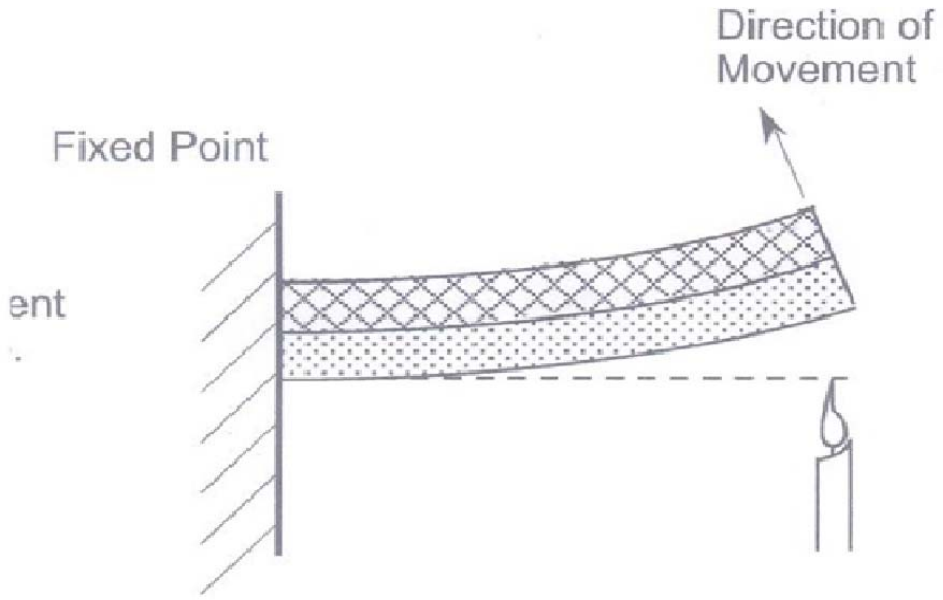
الشكل(٢-١٢) تطبيق الثيرموستات بضغط الإسطوانة .

(٢-٤-٤) الشريط المكافئ (Bimetallic Strips):-

الشريط المكافي يقوم بربط إثنين من المعادن ذوات معامل تمدد حراري مختلفين (الشكل(٢-١٣))إذا تم تسخين طرف من اطراف الشريط المكافئ فإن المعدن ذو المعامل الحراري الأعلى سيمدد بسرعة اكبر من ذو المعامل الأقل.
وكنتيجة لذلك فإن الشريط المعدني باكمله سينحني تجاه المعدن ذو المعامل الأقل (الشكل(٢-١٤)).



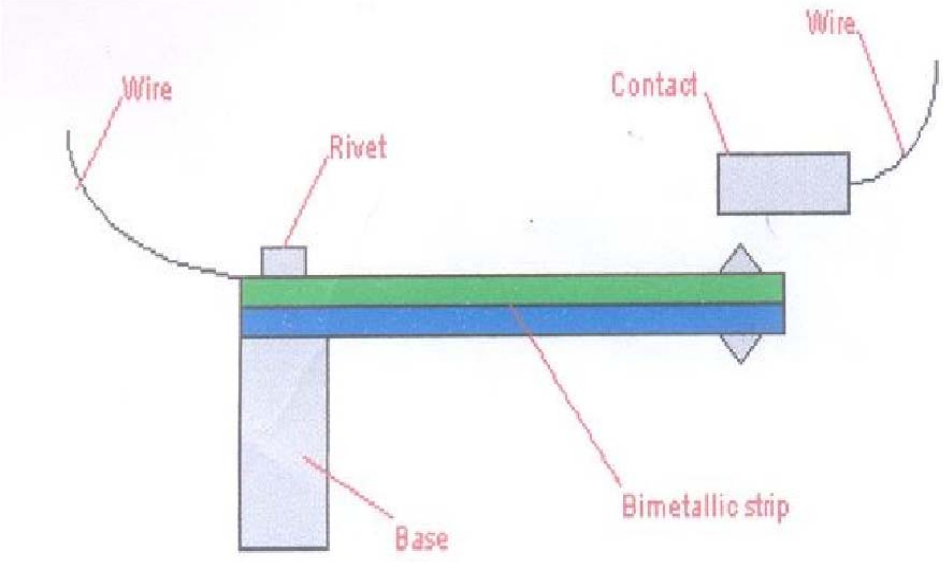
الشكل (٢-١٣)الشريط المكافئ.



الشكل(٢-١٤) الشريط المكافئ بعد تعرضه للحرارة.

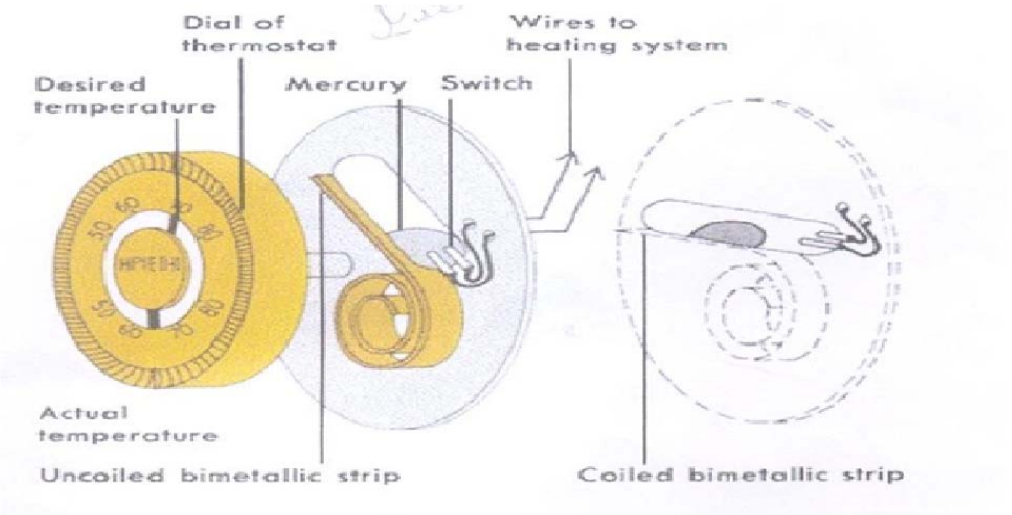
عند توصيل الموصلات إلى الشريط ، يمكن إستخدامها كثيرموستات سريعة الفعل للتحكم في حرارة الهواء كما في (الشكل (٢-١٥)).

- إحدى السلبيات أنه لايمكن ان تتواجد فيه أبخرة قابلة للإشتعال تحيط بالشريط بسبب الشرارة المتولدة من عبر الإتحام .



الشكل (٢-١٥) الثيرموستات المكافئة .

- إحدى المحاسن الرئيسية للشريط المكافئ هو انه يمكن إستخدامه لإشتعال اعلى مدى من درجات الحرارة عند ما يصمم الشريط في شكل ملف (لدورة اكبر) ويوضع على محور قابل للتغيير(الشكل(٢-١٦)) معظم غرف الثيرموستات تعمل وفقاً لهذا المبدأ.



الشكل(٢-١٦) تطبيق الشريط المكافئ .

- **ملاحظة:-**

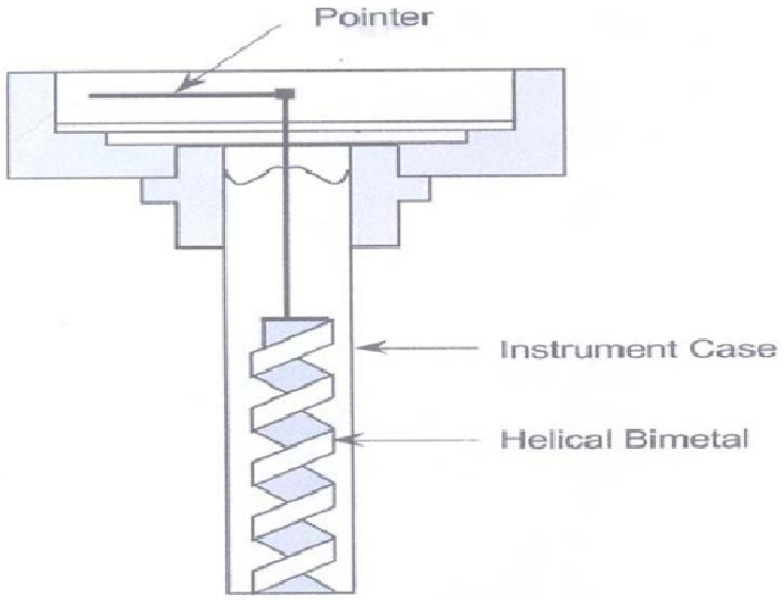
- يمتاز الشريط الحراري بمعامل حراري (+ ، -) أي عندما يكون الحرارة موجبة يعني ذلك انه في حلة البرودة والعكس .
- تحويل جهاز قياس الحرارة المكافئ إلى المزدوج الحراري وهو المرغوب في العالم .

(٢-٤-٥) جهاز قياس الحرارة المكافئ (Bimetallic Thermometers):-

الشكل العام الآخر للشريط المكافئ يتم لفه على شكل لولب (Helix) لزيادة التأجج او ممثل الإزاحة للملف اعلاه في هذا الشكل فإن الشريط اكثر تجمدا واقل تاثر بالإهتزازات.

الثيرموميتر المكافي اللولبي موضح في الشكل (٢-١٧) ادناه.

إن الثيرموميترات المكافئة الحلزونية على العموم كثيرة التاجج و تحتاج الي صيانة قليلة، وهما عادة يستخدمان لقياس اجهزة العملية مثل المضخة وتحمل الحرارة.



الشكل(٢-١٧) الثيرموميتر اللولبي المكافئ .

الفصل الثالث

التحكم

- التحكم .
- تصنيف أنظمة التحكم .
- الحاكم المنطقي .

(٣-١) التحكم (Control)

مقدمة :-

إن التحكم في شئ ما يقصد به السيطرة على ذلك الشئ لكي يؤدي العمل الذي يجب عمله. فعلى سبيل المثال مصباح الغرفة، إذا اردت أن تضيئه يجب عليك أن تقوم بغلق مفتاح الكهرباء الخاص به لكي يضئ وإذا اردت أن تغلقه،يجب عليك ان تقوم بالضغط على المفتاح مرة ثانيا ،أي انك انت المتحكم في عمله بمفردك، اما إذا كان المفتاح يعمل بمفرده، أي يطفئ ويضئ دون سيطرتك عليه وذلك على النحو الذي تريده انت فهذا يعني التحكم فيه أليا.

ومن هذا النطاق جاء التحكم بنوعيه الاول اليدوي وهو لابد من وجود الفرد او العامل ليقوم بعمل التحكم المطلوب اما الثاني الألي وذلك النوع من التحكم لايتطلب وجود فرد او عامل لكي يقوم بفعل معين عند الرغبة في عمل شي معين ، بل يقوم النظام تلقائيا بأداء عمل عند حدوث عمل آخر، وهذا ما يقوم به ال (PLC) او ال (Micro Controller)وهذا ما سنناقشه في هذا الفصل.

(3-1-1) تعريف التحكم :-

هو علم يختص بدراسة شتى انواع الدوائر دراسة وافية وشاملة وذلك لوضع تصميم للتحكم في مداخل هذه الدوائر ومخارجها والمصادر التي تعتمد عليها او التي تغذيها وذلك لزيادة قدرتها او الحد منها.

(٣-١-٢) أقسام التحكم من حيث اداء الوظيفة :-

- التحكم اليدوي (Manual Control).
- التحكم الألي (Automatic Control).

(٣-١-٣) التحكم اليدوي(Manual Control):-

يقصد به التحكم الذي يتم بتدخل الإنسان مباشرة لكي يقوم بعمل معين وذلك دون ان يكون فيه اي نظام او برنامج مصاحب لهذه العملية في نفس الزمن.

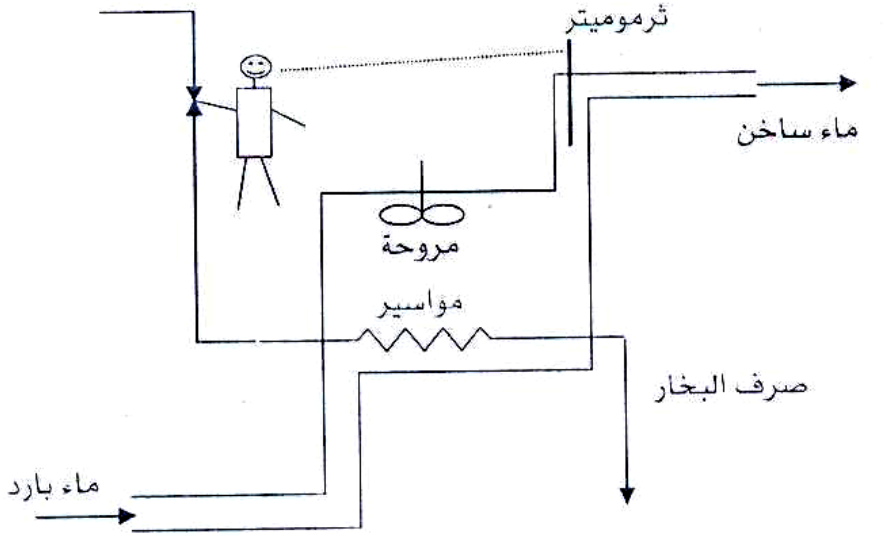
وليس للتحكم اليدوي اي نظام او طريقة معينة ليقوم باداء العمل فلكل حالة طريقتة الخاصة به على حسب اداء العمل المطلوب.

- فعلى سبيل المثال :-

(٣-١-٤) التحكم اليدوي للنظام الحراري :-

الشكل (٣-١) يبين نظام التحكم اليدوي ذو التغذية الخلفية للتحكم في درجة حرارة نظام حراري و ليس هو إلا عبارة عن عملية لتسخين مياه عن طريقة إمرارها في وعاء يحتوي على مواسير يمر بها بخار ماء ساخن بدرجة حرارة عالية حيث يتم في هذا الوعاء عملية تبادل حراري بين البخار الساخن والمياه الباردة فترتفع درجة حرارة المياه، وتستخدم المروحة المبينة في الشكل لتقليب المياه داخل الوعاء لرفع كفاءة التبادل الحراري وضمان توزيع درجة الحرارة بإنتظام خلال المياه.

ويتم قياس درجة حرارة المياه عن طريق الثرمومتر ويقوم الإنسان بمراقبة درجة الحرارة ومقارنتها بدرجة الحرارة المقاسة(خرج نظام التحكم) أقل من المطلوب يقوم بزيادة فتحة صمام البخار ليسمح بمرور كمية أكبر من البخار الساخن.



الشكل (٣-١) التحكم اليدوي للنظام الحراري.

وبذلك ترتفع درجة حرارة المياه . وإذا لوحظ أن درجة حرارة المياه أكثر من اللازم يقوم بتقليل فتحة صمام البخار وبذلك يتم التحكم هنا عن طريق الإنسان ولهذا يسمى بالتحكم اليدوي.

- **ومنها :-**

- تشغيل السيارة بالمفتاح وإغلاق هذه السيارة ليس إلاتحكم في المحركات عن طريق اليد.

- الكتابة بلوحة المفاتيح على الحاسوب ليس إلا التحكم في المدخلات عن طريق اليد.

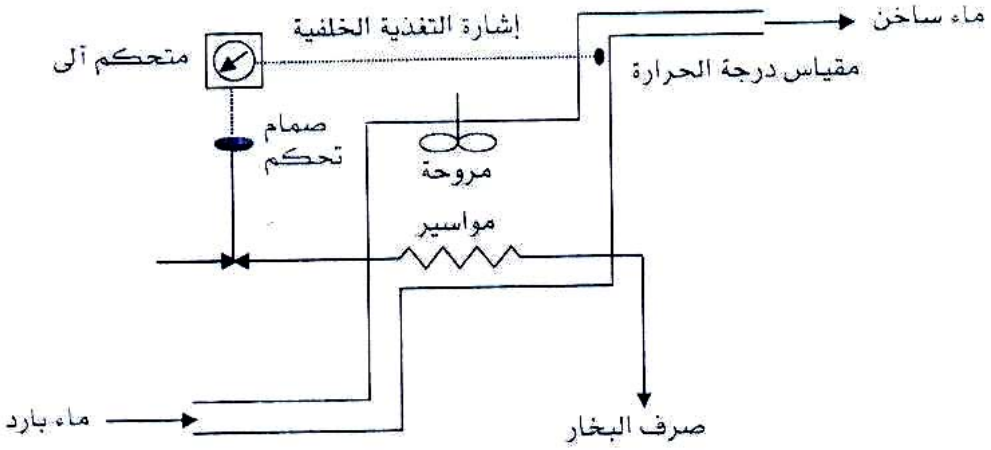
- قيام الإنسان بفتح حنفية الماء قبل إستعماله وإغلاقه بعد الإنتهاء منها ليس إلا التحكم في المستوى عن طريق اليد.

(٣-١-٥) التحكم الألي (Automatic Control):-

يقصد به بناء نظام مستقر يخضع لقوانين تم وضعها مسبقا للحفاظ عليه في وضع الإستقرار مع مرور الزمن وذلك للتحكم بسير مجموعة من العمليات الصناعية المتتالية دون تدخل الإنسان نوعا ما وذلك بهدف الحصول على النتائج.

- فعلى سبيل المثال :-

(٣-١-٦) التحكم الآلي للنظام الحراري :-



الشكل (٣-٢) التحكم الآلي للنظام الحراري.

اما هنا فقد إستخدامت الآت للقيام بعملية التحكم بدلا من الإنسان كما هو موضح في الشكل (٣-٢) والمطلوب من الآلات هنا تحديد درجة حرارة المياه. ومقارنتها بدرجة الحرارة المطلوبة وإذا وجد أي خلاف يقوم المتحكم الآلي بتحريك صمام البخار لإعادة ضبط درجة الحرارة إلى القيمة المطلوبة. ويلاحظ هنا ان مقياس الحرارة يختلف عن الثرمومتر العادي الذي يبين درجة الحرارة ويمكن معرفتها بالنظر ففي التحكم الآلي تقاس درجة الحرارة وتتحول إلى إشارة يمكن مقارنتها بالدخل المقارن (وهو درجة الحرارة المطلوبة) . يمكن أن يتم ذلك عن طريق تحويل درجة الحرارة المقاسة والمطلوبة إلى فروق جهد يمكن مقارنتها مباشرة و الفرق بينها يمكن إستخدامها بواسطة المتحكم للتحكم في فتحة صمام البخار عن طريق محرك كهربائي مثلا .

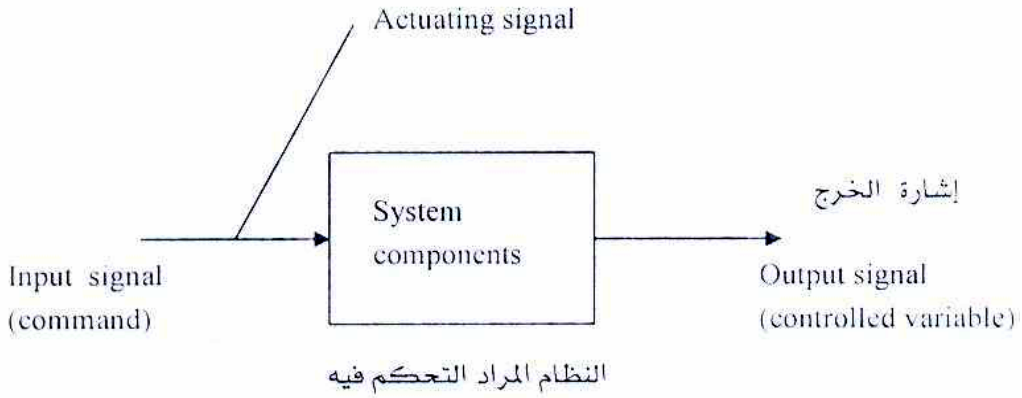
(٣-٢) تصنيف أنظمة التحكم الألي
(Classification of Control System)

(3-2-1)أقسام أنظمة التحكم :-

تنقسم أنظمة التحكم إلى نوعين أساسيين من التحكم ،التحكم ذو الحلقة المفتوحة (Open Loop Control system) و التحكم ذو الحلقة المغلقة (Closed Loop Control System).

(٣-٢-٢) أنظمة التحكم ذوالحلقة المفتوحة(Open Loop Control system):-

في أنظمة التحكم ذات الحلقة المفتوحة لا تؤثر عملية الخرج على عملية التحكم،أي لا يوجد بها تغذية عكسية ولا مقارنة بين الدخل والخرج.

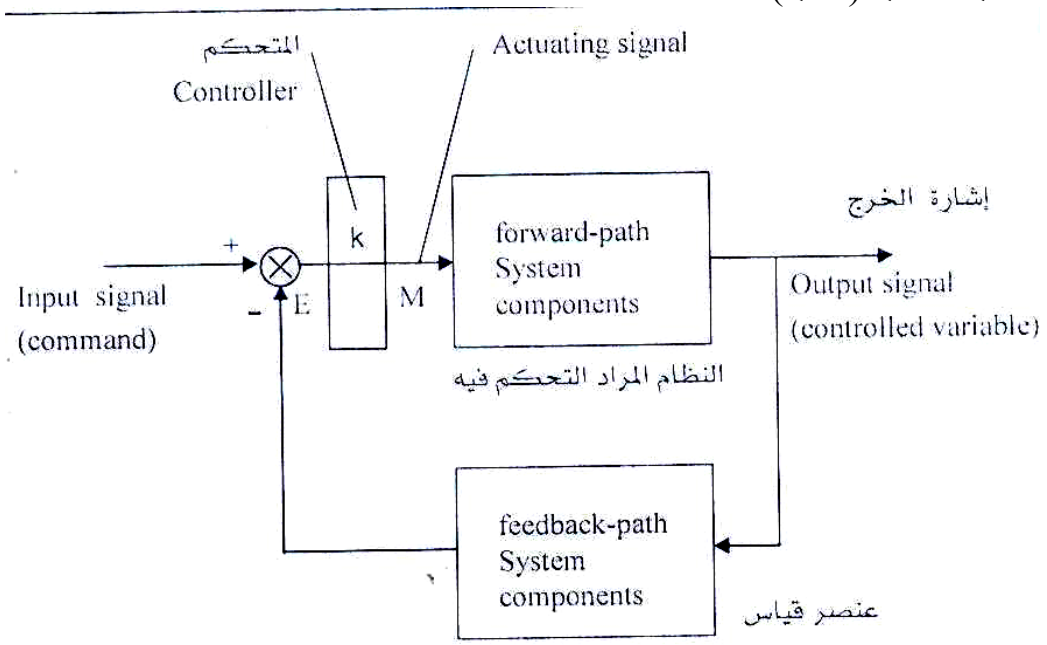


الشكل (٣-٣) أنظمة التحكم ذوالحلقة المفتوحة.

يبين الشكل (٣-٣) العلاقة بين الدخل والخرج لهذه الأنظمة ، كمثال على أنظمة التحكم ذو الحلقة المفتوحة (الغسالة الكهربائية) التي تعمل بالتوقيت الزمني حسب برنامج معين وفيها لايتم قياس الخرج وهو درجة نظافة الملابس وكمثال آخر لذلك إشارة المرور وتعتمد دقة هذه الأنظمة على معايرتها الخبرة بتشغيلها وهي لاتعمل بدقة حين تعرضها إلى تشويش ولا توجد إضطرابات داخلية أو خارجية في النظام المراد التحكم فيه.

(٣-٢-٣) أنظمة التحكم ذو الحلقة المغلقة (Closed Loop Control System):-

نظام التحكم ذو الحلقة المغلقة هو: نظام تكون فيه إشارة الخرج لها تاثير مباشر على عملية التحكم.بمعنى أن أنظمة التحكم ذات الحلقة المغلقة هي أنظمة تحكم ذات تغذية عكسية (خلفية).



الشكل (٣-٤) أنظمة التحكم ذو الحلقة المغلقة .

ويبين شكل (٣-٤) الرسم التخطيطي (Block Diagram) لتمثل نظام تحكم ذو حلقة مغلقة ،وفيه فإن إشارة الفرق بين الدخل و إشارة التغذية العكسية (E) تقوم بتشغيل المتحكم (Controller)(K) ليؤثر على الوحدة أو النظام المراد التحكم (Plant)فيه للعمل على تقليل الخطأ بين الدخل و الخرج وضبط الخرج عند القيمة المطلوبة ويجب ملاحظة أن عنصر القياس هنا (أو جهاز القياس) يقوم بقياس الخرج وتحويله إلى إشارة تماثل إشارة الدخل في الوحدات و الكميات حتى يمكن مقارنة الدخل و الخرج في عنصر المقارنة.

ويسمى الدخل هنا الدخل عادة بالمقارن و ذلك لأنه يتم مقارنته مع إشارة التغذية العكسية التي هي الخرج بعد قياسه وتحويله إلى إشارة يمكن مقارنتها بالدخل،ومن أمثلة عناصر المقارنة هو المكبر الإلكتروني (Operational Amplifier) وهناك عناصر مقارنة ميكانيكية و اجهزة الهواء المضغوط و خلافه .

ونظرا لأن إشارة التحكم (M) الخارجة من المتحكم تكون عادة قيمتها صغيرة فإننا نستخدم مكبر القدرة (كهربائي أو ميكانيكي) ليستطيع التأثير على النظام المراد التحكم فيه (Plant). وهذا المكبر غير مبين في الرسم.

(٣-٢-٤) مقارنة بين أنظمة التحكم ذات الحلقة المفتوحة و الحلقة المغلقة :-

أ- تتميز أنظمة التحكم ذات الحلقة المغلقة بإستخدام التغذية العكسية التي تجعل النظام المتحكم فيه قليل الحساسية للإضطرابات الخارجية و التغيرات الداخلية في معاملات النظام . وعلى ذلك فإنه يمكن إستخدام مكونات رخيصة و أقل دقة نسبية للحصول على نظام تحكم دقيق ، وهذا غير ممكن في التحكم ذو الحلقة المفتوحة .

ب- ومن ناحية إستقرار توازن الأنظمة فإن التحكم ذو الحلقة المفتوحة يعتبر أسهل في بنائه عن التحكم ذو الحلقة المغلقة ، حيث يتطلب التحكم ذو الحلقة المغلقة تصميما خاصا للحفاظ على الإستقرار مع الدقة .

ج- يستخدم نظام التحكم ذو الحلقة المفتوحة عندما يكون الدخل معروف و محدد و ليست هناك أية إضطرابات متوقعة . وتظهر أهمية و افضلية نظام التحكم ذو الحلقة المغلقة عند إحتمال وجود إضطرابات غير محددة أو تغيرات غير معروفة في معاملات المكونات .

في بعض الحالات يستخدم التحكم ذو الحلقة المفتوحة لتقليل النفقات ، وفي حالات أخرى يكون الجميع بين التحكم ذو الحلقة المفتوحة و التحكم ذو الحلقة المغلقة أقل تكلفة مع إعطاء نتائج مرضية لنظام التحكم .

(٣-٢-٥) التحكم ذو التغذية العكسية(Feedback Control) :-

التحكم ذو التغذية العكسية هو عملية تؤدي إلى تقليل الفرق بين خرج النظام (Output) والدخل المقارن (Reference Input) وذلك عند تعرض نظام التحكم إلى إضطرابات وهو النوع الغيرمعروف مسبقا.

(٣-٢-٦) أنظمة التحكم ذات التغذية العكسية (Feedback Control Systems) :-

نظام التحكم ذو التغذية العكسية هو نظام يؤدي إلى الحفاظ على علاقة محددة بين الخرج والدخل وذلك بمقارنتها وإستخدام الفرق بينهما كوسيلة للتحكم . وانظمة التحكم ذات التغذية العكسية منتشرة في جميع المجالات الهندسية والمجالات الأخرى . ويعتبر الإنسان أرقى وأعقد نظام تحكم ذو تغذية عكسية .

(٣-٣)الحاكم المنطقي المبرمج(PLC)
Programmable Logic Controller

الشكل (٣-٥)الحاكم المنطقي المبرمج (PLC) .

(٣-٣-١) تعريف الحاكم المنطقي المبرمج:-

يمكن تعريف الحاكم المنطقي المبرمج على أنه إستخدام الحاسب الألي لتنفيذ عمليات التحكم في الأجهزة و المعدات ، وذلك باستقبال إشارات الدخل للنظام الثنائي ثم يقوم الحاسب بناء على هذه الإشارات لتنفيذ عمليات التحكم المطلوبة .

(٣-٣-٢) المكونات الأساسية للحاكم المنطقي المبرمج :-

يتكون الحاكم المنطقي المبرمج من عنصرين اساسيين :-

١- مكونات صلبة وتنقسم إلى ثلاثة عناصر أساسية وهي :-

(٣-٢-٣) وحدة البرمجة :-

وهي الحاسب الألي وهو عبارة عن جهاز كمبيوتر عادي متوافق مع كمبيوتر (IBM). لا يشترط فيه أي مواصفات خاصة .يمكن ان يثبت على نظام التشغيل العادي (Windows 95-98-...).

(٣-٢-٤) وحدة المعالجة المركزية :-

وهي ما تعرف ب(CPU) وهو عبارة عن العنصر الأساسي المسؤول عن تنفيذ البرامج .

ولكل وحدة معالجة مواصفات تختلف في سرعتها في تنفيذ العمليات و سعة ذاكرتها من نوع إلى آخر ، ومن شركة إلى أُخرى .

كما وحدة الذاكرة التي فيها يتم تخزين برنامج التحكم . علما أنه لا يمكن تخزين أكثر من برنامج واحد على وحدة المعالجة المركزية .

(٣-٢-٥) وحدة الدخل (Input Module) :-

وهي التي تستقبل إشارة الدخل من النظام المراد التحكم فيه وتقوم بنقلها إلى وحدة المعالجة.

ولوحدة الدخل مواصفات تختلف من شركة إلى أُخرى من حيث :-

١- النوع: وحدات رقمية (Digital) أو تماثلية (Analog) .

٢- من حيث الجهد: مستمر أو متردد .

٣- من حيث عدد نقاط الدخل: (٨نقاط) أو(١٦نقطة) .

٤- من حيث قيمة الجهد المغذي لها: (٢٤ V) او (١٢٠ V) أو (٢٤٠ V) وهكذا ...

(٣-٣-٦) وحدات الإخراج (Output Module) :-

وهي التي تستقبل نتيجة العمليات التي تمت في وحدة ال(CPU) وتنقل الإشارات الناتجة من تنفيذ البرامج .

ولوحدات الخرج مواصفات تختلف من شركة منتجة إلى أخرى من حيث :-

١- النوع: وحدات رقمية (Digital) أو تماثلية (Analog) .

٢- من حيث الجهد: مستمر أو متردد .

٣- من حيث عدد نقاط الدخل: (٨نقاط) أو(١٦نقطة) .

٤- من حيث قيمة الجهد المغذي لها: (٢٤ V) او (١٢٠ V) أو (٢٤٠ V) وهكذا ...

٥- من حيث قيم التيار التي يمكن أن تتحمله الوحدة في تغذية الحمل (١٠ mA) أو (١ A) أو (٢ A) او (١٠ A) وهكذا...

(٣-٣-٧) وحدات البرمجة :-

هناك وحدات ثابتة و وحدات منتقلة :-

١- يستخدم الحاسب الألي كوحدة برمجة ثابتة في غرفة التحكم .

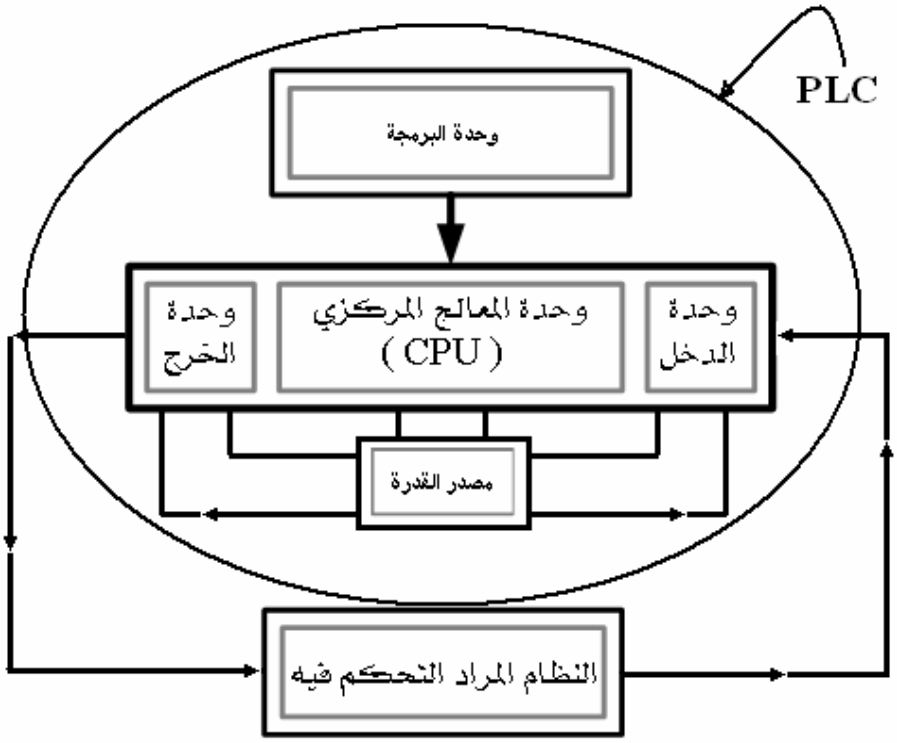
٢- وحدة التحكم المتنقلة و هي وحدة صغيرة يتم نقلها إلى وحدات المعالجة المركزية .

وتستخدم لغة برمجة وهي لغة قائمة الإجراءات (STL) .

(٣-٣-٨) وحدة مصدر القدرة (Power Supply) :-

تغذي هذه الوحدة وحدات الدخل و الخرج و وحدات المعالجة المركزية بالقدرة المطلوبة حيث توصيل هذه الوحدة بجهد متردد قدرة (٢٢٠ VAC) ثم يحول هذا الجهد إلى منخفض مستمر قدرة (٢٤ VDC) .

الشكل (٣-٦) يوضح عملية الربط بين جهاز الحاسب و وحدة المعالجة المركزية و وحدات الدخل والخرج والنظام المراد التحكم فيه. وهو التحكم المنطقي (Windows95-98-...).



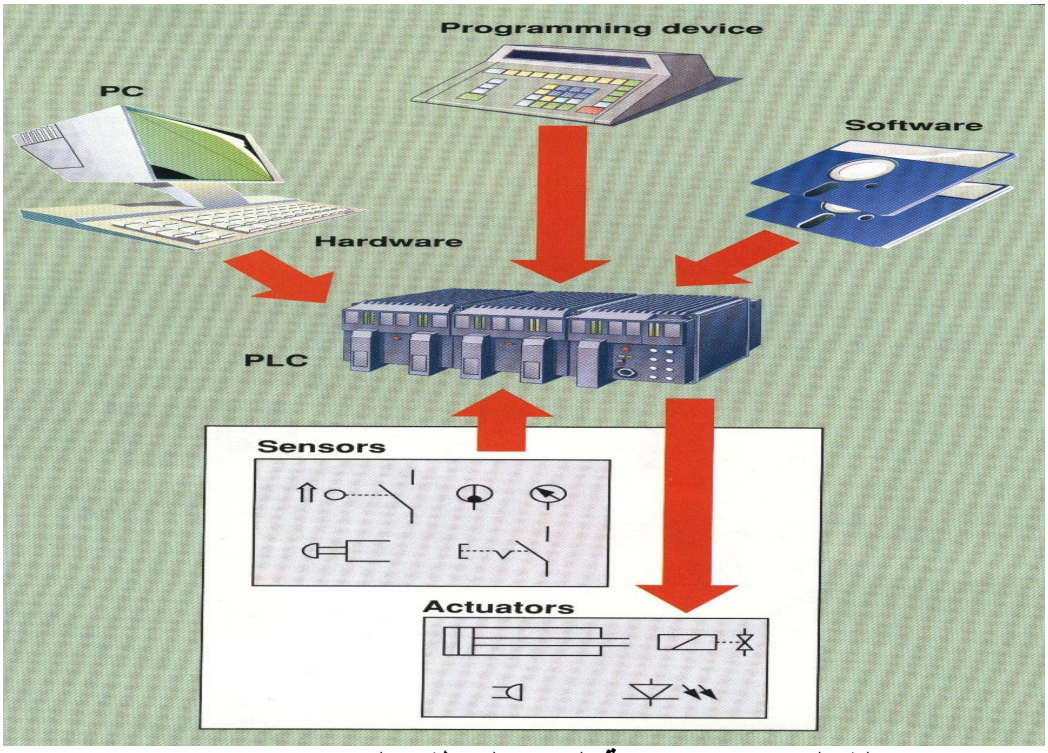
الشكل(٣-٦) مكونات الحاكم المنطقي المبرمج .

(٣-٣-٩) البرنامج (Software) :-

برنامج التحكم وهو ما يعرف ب (Software) وهي مجموعة من الأوامر المطلوب تنفيذها بطريقة منطقية لتنفيذ عملية التحكم المطلوبة .

ومن أشهر هذه البرامج وأحدثها برنامج (Step7) وهوبرنامج من شركة(Siemens) ويعمل تحت نظام تشغيل (Windows 95-98-...) بإضافة إلى برنامج (Step5) ومنه عدة إصدارات تعمل على نظام التشغيل (Dos 3,1) أنظمة (Windows 3,11) وهناك شركات أخرى تنتج برامج تحكم و لكنها تماثل (Step7) .

(٣-٤)أنواع لغات البرمجة (PLC)



الشكل (٣-٧) (برمجة الحاكم المنطقي المبرمج PLC) .

- **مقدمة:-**

تبدأ عملية البرمجة بتحديد دراسة النظام المراد التحكم فيه وتحليله من خلال تحديد نقاط الدخل (مفاتيح التشغيل مثل الضواغط و الحساسات) . كمايتم تحديد نقاط الخرج مثل المتممات و المرحلات . ثم بعد ذلك يتم ترقيم هذه النقاط بما يتناسب مع وحدات الدخل والخرج المتوفرة في المختبر أو في الواقع العملي . ثم نبدأ بتحديد طريقة البرمجة المناسبة وهناك عدة طرق لكتابة البرامج .

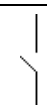
(٣-٤-١) طرق كتابة البرامج :-

١- المخطط السلمي (Ladder Diagram Method). و إختصارها (LAD).
٢- مخطط البوابات المنطقية (Control System Flowchart). وإختصارها (CSF) في حالة إستخدام برنامج (Step5) . وتسمى أيضا ب (Function Block Diagram) و إختصارها (FBD) في حالة إستخدام برنامج (Step7) .
٣- قائمة الإجراءات (Statement List) وإختصارها (STL) .

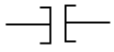
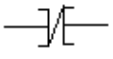
(٣-٤-٢) المخطط السلمي (Ladder Diagram Method) و إختصارها (LAD) :-

هذه الطريقة هي اقرب ما تكون مسار لمخطط التيار المستخدم في الدوائر الكهربائية ودوائر التحكم مع فارق أساسي وهي أنها ترسم بشكل أفقي .
وهذه الطريقة هي أكثر الطرق إستخداما في تمثيل الدوائر الكهربائية ، ودوائر التحكم في الألات الكهربائية بأنواعها .
والجدول التالي يوضح مثالا لكيفية الربط بين رموز الدوائر الكهربائية و رموز المخطط السلمي .

(٣-١)جدول رموز الدائرة الكهربائية :-

شكل الرمز في الدائرة الكهربائية		الوظيفة
مسمى الرمز	شكل الرمز	
S 1, N,O		مفتاح مفتوح أو ضاغط توصيل
S 0, N,O		مفتاح مغلق أو ضاغط فصل
H 1, Q3,M		حمل (خرج) لمبة ،متمم ، محرك

(٣-٢) جدول لبعض رموز المخطط السلمي :-

شكل الرمز في المخطط السلمي		الوظيفة
مسمى الرمز	شكل الرمز	
I 0,0, I 7,7		مفتاح مفتوح أو ضاغط توصيل
I 0,1,Q 0,0		مفتاح مغلق أو ضاغط فصل
Q 3,3 Q 0,0		حمل(خرج) لمبة،متمم،محرك

نلاحظ أن الرمز (⊣⊢) يمثل مفتاحا مفتوحا وهو ما يعرف بـ (Normaly Open) والإختصار هو (.N.O) . وهي تمثل مفاتيح التشغيل ، أو ضواغط التشغيل . الرمز (⊣/⊢) يمثل مفتاحا مغلقا وهو ما يعرف بـ (Normaly Closed) والإختصار هو(.N.C) . وهي تمثل مفاتيح الفصل والمصهرات ، وضواغط الفصل .

وجميع المفاتيح في دائرة (LAD) تاخذ الرمز (Ix.y) حيث إن (I) تمثل نقطة دخل، وهي مفاتيح تشغيل أو فصل . اما (x) يمثل رقم الوحدة التابعة لها نقطة الدخل وهي متغيرة القيمة على حسب عدد وحدات الدخل المتوفرة في المختبر . ثم (.) النقطة وهي التي تفصل بين رقم الوحدة والمفتاح داخل الوحدة . اما (y) فتمثل رقم المفتاح داخل الوحدة (x) . حيث أنه في كل وحدة دخل يوجد بها (٨) نقاط دخل .

اما الرمز ( ) يمثل الخرج وهذا الرمز ثابت لاي نوع من أنواع الخروج.

مثل: (المصـ( )ـمتممات ،محركات ،أو اي نوع من الأحمال).

وجميع نقاط الخرج في دائرة (LAD) تاخذ الرمز(Qx.y) حيث إن (Q) تمثل نقطة الخرج .والرقم (x) يمثل رقم وحدة الخرج . والرقم (y) يمثل رقم نقطة الخرج داخل الوحدة (x) والرمز (.) النقطة التي تفصل بين رقم الوحدة و رقم النقطة داخل الوحدة.

ولكتابة أي برنامج يجب أن يمر بثلاث خطوات أساسية وهي :-

١- دراسة النظام المراد التحكم فيه (دائرة التحكم) .

٢- ترميز نقاط الدخل والخرج .

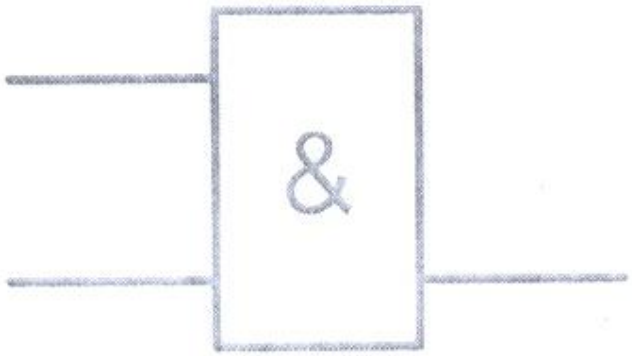
٣- كتابة البرنامج .

(3-4-3) مخطط البوابات المنطقية (Control System Flowchart) وإختصارها (CSF) على برنامج (Step5) :-

أما على برنامج (**Step**7) فتسمى مخطط البوابات المنطقية (Function Block Diagram) وإختصارها (FBD) .

وهذه الطريقة يتم إستخدام البوابات المنطقية في تنفيذ عمليات التحكم .و البوابات الأساسية الثلاثة المستخدمة. وهي على النحو التالي :-

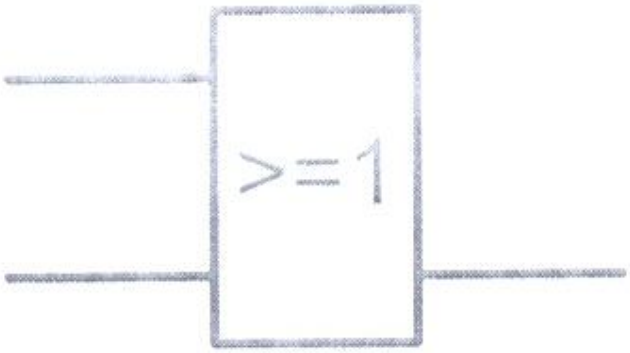
(٣-٤-٤) بوابة (و) وتسمى (AND) ورمزها :-



الشكل (٣-٨) بوابة (و) (AND).

من شروط هذه البوابة أن يكون لها على الأقل دخلين .وهذه البوابة تكافئ توصيل مفتاحين على التوالي إذا كان لها دخلان ، أو ثلاثة مفاتيح إذا كان لها ثلاثة مداخل وهكذا. علما أن أقصى عدد لمداخل بوابة (AND) هو (٨) مداخل .

(٣-٤-٥) بوابة (أو) وتسمى (OR) ورمزها:-



الشكل (٣-٩) بوابة (أو)(OR) .

من شروط هذه البوابة أن يكون لها على الأقل دخلان .وهذه البوابة تكافئ توصيل مفتاحين على التوازي إذا كان لها دخلان ، أو ثلاثة مفاتيح إذا كان لها ثلاثة مداخل وهكذا. علما أن أقصى عدد لمداخل بوابة (OR) هو (٨) مداخل .

(٣-٤-٦) بوابة (لا) وتسمى(NOT) ورمزها:-

الشكل (٣-١٠) بوابة (لا)(NOT) .

من شروط هذه البوابة أن لها دخل واحد والخرج يكون عكس الدخل دائما . وهي تمثل مفتاح مغلق (N.C) .

(3-4-7) قائمة الإجراءات (Statement List). وإختصارها(STL):-

هذه الطريقة يتم فيها وصف الدائرة المراد التحكم فيها ، بمجموعة أوامر . وهذه الطريقة أقرب ما تكون إلى البرمجة بلغة التجميع . وهي مجموعة من الأوامر يعبر عنها بحروف كما يلي :-

١- عملية التوالي (AND) يرمز لها بالرمز (A).
٢- عملية التوازي (OR) يرمز لها بالرمز (O).
٣- والمفاتيح المغلقة (NOT) يرمز لها بالرمز (N).
٤- الأقواس تمثل مجموعة التوازي.

الفصل الرابع

التحكم الحراري

- التحكم الحراري .

(1-4)التحكم الحراري

(Temperature Control)

•مقدمة :-

إن التحكم في العمليات الحرارية في محطة العمل هو جزء أصيل من عملية المحطة .يجب أن يكون هنالك قدر كافي من الماء في السخانات ليعمل كمثبت للحرارة في المفاعل (Reactor) ولكن لا يجب أن يكون الماء فائضاً و منسابا من أعلى السخان تجاه المحرك (Turbine) . يجب أن نحافظ على منسوب المياه في السخانات على مستوى بعينه كما أن ضغط ناقل الحرارة يمثل مؤشرا خطيرا يجب التحكم فيه فإذا إرتفع أكثر مما – يجب فإن النظام برمته سينفجر أما إذا إنخفض أكثر مما يجب فإن الماء سيغلى ، في كلا الحالتين تعوق نظام مقدرة ناقل الحرارة في تبريد الوقود .

في هذا الفصل سننظر في الأسس التي يقوم عليها التحكم الحراري . وسنقوم بدراسة البنيات الأساسية المتعلقة بالنسبة أو الكاملة أو المتفاوتة (Differential) وتطبيقاتها على بعض النظم البسيطة .

(٤-١-١) طاقة التوازن (Balance Energy) :-

تزداد درجة حرارة الجسم او الفضاء عندما تتحرّك الطاقة الحرارية إليها، فتزيد الطاقة الحركيّة المتوسطة لذرّاتها، ومثال على ذلك: الأشياء والهواء في الغرفة. إن الطاقة الحرارية تحرك الجسم فتخفض درجة حرارته.

وتتدفق الحرارة من مكان لآخر (دائما من درجة الحرارة الأعلى إلى المنخفضة) بواحد أو أكثر من ثلاث عمليات: التوصيل والحمل الحراري والإشعاع.

في التوصيل ، يتم تمرير الطاقة من ذرة واحدة إلى أخرى عن طريق الاتصال المباشرفتنتقل الطاقة الحرارية عن طريق التوصيل إلى بعض الأوساط الناقلة (مثل الهواء أو الماء) ويتحرك السائل من مكان إلى آخر ، ويحمل معه الحرارة.

في بعض الاوقات الطاقة الحرارية في السائل تتحوّل إلى الجسم الآخر بتوصيل الوسائل ثانية.

حركة السائل يمكن أن تقاد من قبل الطفؤ السلبي، عندما يسقط الهواء البارد او الكثيف ويزيح الهواء الدافئ او ذوالكثافة المنخفضة (الانتقال الطبيعي)، أو من قبل المراوح أو المضخات (الانتقال الصناعي).

في الإشعاع، تصدر الذرّات الساخنة إشعاعات كهرومغناطيسية إمتصّت من قبل الذرّات الأخرى البعيدة، سواءاً في مكان قريب أو في المسافة الفلكية. على سبيل المثال، تَشِع الشمس حرارتها لترسل الطاقة الكهرومغناطيسية المخفية والمرئية. الذي نعرفه كضوء هو عبارة عن منطقة ضيّقة من الطيف الكهرومغناطيسي .

(4-1-2) كيفة عمل وحدات التحكم الحراري: -

للتحكم في درجة الحرارة بدقة دون تدخل المشغل ، يعتمد نظام التحكم في درجة الحرارة على وحدة التحكم ، الذي يقبل حساسات درجة الحرارة مثل المزدوج الحراري(TC) أو (RTD) كدخل.

فإنه يقارن درجة الحرارة الفعلية إلى التحكم في درجة الحرارة المطلوبة ، أو (Set-Point) ، ويوفر الإخراج إلى عنصر التحكم.

وجهاز التحكم هو جزء واحد من نظام مراقبة كاملة ، والنظام بأسره يجب أن يحلل في إختيار جهاز السيطرة الصحيح وينبغي النظر فيها والبنود التالية عند اختيار وحدة التحكم .

(4-1-3) بنود إختيار وحدة التحكم :-

١- النوع من حساسات الدخل (المزدوج الحراريTC ، RTD) ، ومدى درجة الحرارة.

٢- ونوع الانتاج المطلوب (الريلي الكهروميكانيكي ، SSR،الخرج المناظر) .

٣- خوارزمية الحاجة للتحكم (تشغيل / إيقاف ، النسبي ، RTD) .

٤- عدد ونوع المخرجات (الحرارة ، والتنبيه ، والحد) .

(٤-١-٤)نظم التحكم (Control system):-

يعتمد نظام التحكم في أبسط صورة على تشغيل وإيقاف مصدر الحرارة وتتم عملية الإيقاف والتشغيل عند قيمة محددة مسبقًا للحرارة (ويؤدي ذلك إلى تغير متكرر في الإشارات كما هو موضح ويعتمد مقدار التغير وتردده على مقدار الحرارة التى يمكن الحصول عليها من المصدر والخواص الديناميكية للنظام الحراري ويلاحظ في عديدٍ من الأنظمة أن فترة التبريد تكون أطول بكثير من فترة التسخين خاصة حينما يكون التبريد معتمدًا على انتقال الحرارة إلى الهواء الجوي .

ويمكن تحقيق درجة أعلي من التحكم في دورة الحرارة إذا صممنا نظام التحكم بحيث يبدأ التبريد عند درجة حرارة أعلي من بداية التسخين وتسمى هذه الخاصية "Hysteresis"ويؤدي زيادة المدى الحراري المشترك بين التسخين والتبريد إلى نقص معدل التغير الحراري الدائري.
ويمكن استخدام نظام للتحكم متعدد الخطوات بحيث تكون درجات الحرارة التي يتم عندها الإيقاف والتشغيل ثلاثة أو أكثر فتتعدد المستويات الحرارية وهو نظام أكثر تعقيدًا في التنفيذ لكنه أفضل كفاءة في المحافظة على الحرارة.

ويمكن استخدام نظام الإيقاف والتشغيل للتأثير على الحاكم التناسبي حيث تتغير النسبة بين فترتي الإيقاف والتشغيل لمصدر الحرارة اعتمادًا علي قيمة انحراف حرارة النظام عن الدرجة المطلوبة (Set Point) ويتناسب متوسط الحرارة من المنبع مع الخطأ في الحرارة ويحقق هذا النظام فكرة الحاكم التناسبي بالرغم من عدم استخدام مكبر قدرة خطي .

(5-1-4) مثال لنظام التحكم في الحرارة (Example for The Temperature Control System) :-

وظيفة حاكم الحرارة في هذا النظام هي أن يقوم بإيقاف وتشغيل مصدر التسخين أو التبريد ويتم ذلك غالبًا باستخدام مرحلات وأطراف تلامس في حالة السخانات الكهربية ورغم بساطة هذا الأسلوب ورخص ثمنه إلا أنه يعاني من مشاكل في إمكانية الاعتماد عليه وقدرته على العمل بدون عطل، وكبديل يمكن استخدام دوائر تحوي إلكترونيات القدرة مثل الثايرستور أو الترياك حيث يمكن على سبيل المثال التحكم في بوابة الثيرستور بحيث يتم التشغيل أو الإيقاف ويفضل في بعض الأحيان استخدام مصدر للتيار المتردد وبالتالي يكون الترياك أنسب من الثايرستور. وفى بعض الأحوال يكون المطلوب التحكم في بخار أو وسط تبريد فيستخدم صمامات تحكم تعمل بالهواء المضغوط للإيقاف والتشغيل .

(٤-١-٦) أقسام نظم التحكم بصفة عامة إلى :-

- نظم تغذية عكسية (Feedback) .
- نظم تغذية أمامية(Feed forward).
- نظم تغذية متتالية (Cascade) .
- نظم تغذية نسبية(Ratio) .

ويعتمد ذلك كله على نوعية التحكم المطلوب ويقوم بعض المصنعين بتوريد حاكم يمكن برمجته بصورة مختلفة حسب الأنواع المذكورة آنفا، وفى أحيانٍ أخرى يقوم المستهلك بتحديد نوع معين للتوريد حسب احتياجاته .

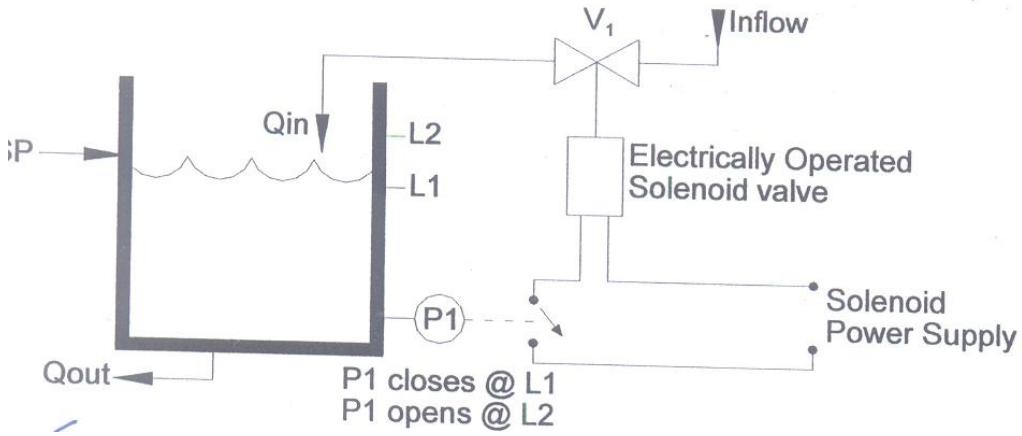
و نظام التغذية العكسية حيث من الممكن تحديد إشارة مرجع تمثل القيمة المطلوبة لخرج النظام حيث يتم مقارنة هذه القيمة بالقيمة الفعلية للخرج و في حالة وجود خطأ يقوم الحاكم بمحاولة للتعديل بحيث يقل الخطأ أو يتلاشي ويعتمد هذا النظام على العلاقات الديناميكية بين عناصره وبالتالي يصبح استقرار النظام من العوامل المهمة.

و نظام التحكم المتوالي بالإضافة لنظام التغذية العكسية حيث يصبح الحاكم في المسار العكسي للتغذية هو مصدر الإشارة المرجعية للحاكم المتوالي وهذا يعني أن إشارة المرجع تكون أوتوماتيكية وليست يدوية الضبط.

وتتكون دائرة التحكم في الشكل من دائرة أساسية وأخري ثانوية ويتم ضبط الدائرة الثانوية بحيث تكون أسرع في الاستجابة مما يزيد أيضًا من سرعة الدائرة الأساسية كما أن الدائرة الثانوية تكون أقل حساسية للمتغيرات في النظام الإجمالي غير خطي وللدائرة الثانوية القدرة على تقليل تأثير الاضطرابات الخارجية المؤثرة على النظام.

أما نظام التغذية الأمامي فهو معني أساسًا بالعمل على تلافي آثار الاضطرابات الخارجية التى تؤثر على النظام والتى لا تتمكن التغذية العكسية من مواجهتها . و نظام يحوي تغذية عكسية وأمامية في آن واحد.

(7-1-4) التحكم في الفتح او الإغلاق (ON/OFF Control) :-



الشكل (٤-١) التحكم في الفتح او الإغلاق .

دعنا نتأمل نظامنا في ضبط المنسوب في تفصيل أكثر قليلا . الصمام في خط الإنسياب الداخل إلى النظام هو صمام أحادي يشتغل كهربيا(تذكر ان الصمام الأحادي الذي يشتغل كهربيا يعمل وفقا لإثنين من الأوضاع فقط إما فتح كامل أو إغلاق كامل)نفترض أنه تحت ظروف بعينها فإن المنسوب يؤول إلى الهبوط ويكون من الواجب فتح صمام رقم (١) ليوخر إنسياب داخل .هذا يمكن تحقيقه بسهولة برفع مفتاح فارق الضغط (P1) في أسفل الخزان ليعمل عندما يصل المنسوب إلى (L1) عندما يكون المنسوب عند (L1) يكون إرتفاع السائل عند (h1) أعلى المفتاح . الضغط على المفتاح سيكون ..P1=pgh

حيث :-

p- الكثافة الكلية للسائل .

g- التسارع نحو الجازبية .

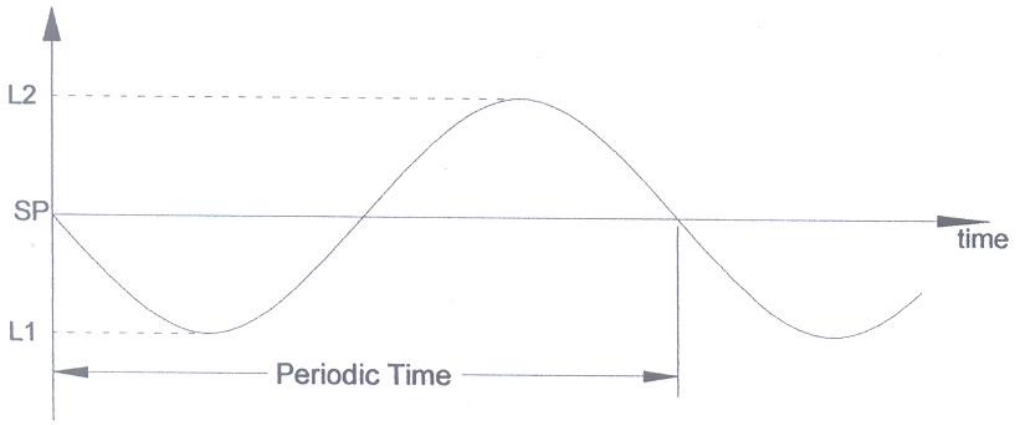
h- إرتفاع السائل .

الناتج من إغلاق المفتاح يمكن ان ينشط الصمام رقم (V١) مسببا إنسيابا إلى داخل الخزان .مع إفتراض أن الصمام على الضبط الصحيح فهذا من شأنه أن يسبب إرتفاع في المنسوب نحو نقطة الضبط (SP) .

ولإيقاف إرتفاع المنسوب فإن خاصية ضبط الفارق في المفتاح يمكن ان توظف لإعادة إرتفاع الصمام الأحادي عند الوصول إلى (L2) . هذا النظام سيحقق منسوب وسط في الخزان يقارب نقطة الضبط (SP) المطلوب . هذا المنهج يعرف بضبط الفتح والإغلاق (ON/OFF Control) .

من الواضح أنه من المستحيل الحفاظ على النظام عند نقطة الضبط (Set-Point) وذللك لأنه يجب أن يكون هناك فارق في مناسيب التشغيل (L1) و(L2) وذلك لأن الصمام يستطيع فقط أن يفتح أو أن يغلق . إن محاولة تقليل الفارق بين (L1) و(L2) وغالباً ما ينتج عنها نتائج عكسية لأن ذلك يؤدي إلى تسارع الدوران مما يؤدي إلى إهلاك الصمام . التجربة المعتادة تنبني على الضبط على الحزم

المبينة (Dead-Band) حول نقطة الضبط(SP) كما هو موضح في الشكل(٤-٢)
.



الشكل (٤-٢) منحنى الإستجابة النمطية للفتح والإغلاق.

الدوران الفارغ (Sinusoidal) مشابة لضبط الفتح والإغلاق . ضبط الفتح والإغلاق يمكن إستخدامه للوصول إلى نظام بطئي (Sluggish System) ،حيث أن الوقت اللحظي يتمتع بالضخامة . هناك إستخدامات مشابهة في وحدات كاندو(CANDU Units) هي ضبط السخانات الكهربائية .

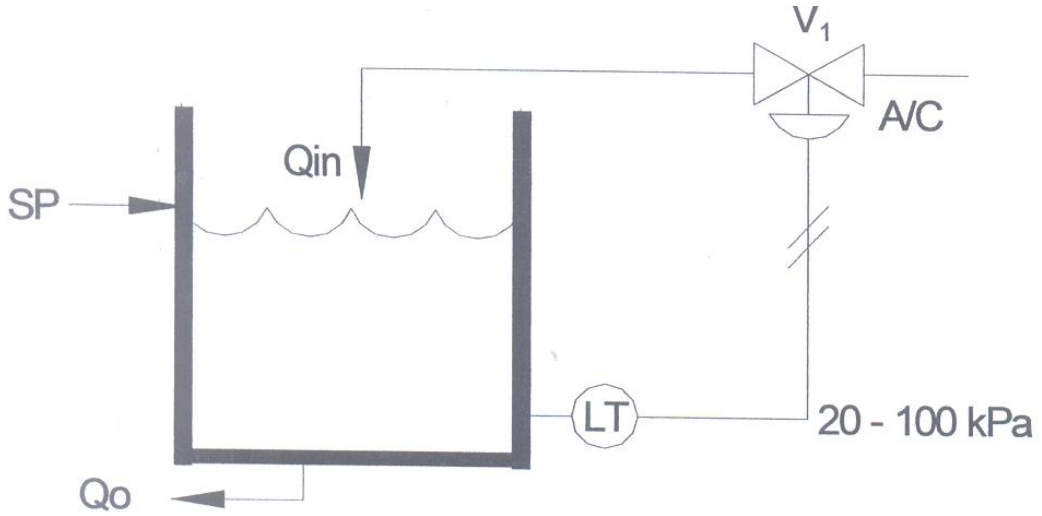
إذا طُلب في النظام ضبطاً دقيقاً فإن ضبط الفتح و الإغلاق البسيط لا يكون مناسباً .

(8-1-4) ملخص للتحكم في الفتح والإغلاق :-

- ضبط الفتح والإغلاق – إشارة الضبط إما أن تكون (٠%) أو(١٠٠%) .
- الضبط على نقطة الضبط (SP) لايمكن تحقيقه يجب الإستفادة ب(الحزم المثبتة) (Dead-Band) .
- تعتبر مفيدة للأنظمة الضخمة البطيئة خصوصا تلك التي تستعين بالسخانات الكهربائية.

(9-1-4)الضبط التناسبي الأساسي (Basic Proportional Control) :-

في مثالنا السابق عند ضبط الفتح والإغلاق رأينا إنعدام كامل للضبط التصحيحي أو وجود ضبط تصحيحي كامل كنتيجة لإشارة بوجود خلل . سيكون مفيدا إذا تناسبت إشارة الضبط مع جاذبية الخلل وهذا هو الأساس الذي قام عليه مبدأ التحكم التناسبي أو الضبط التناسبي وهو أكثر أنماط الضبط تواجدا . إذاً كيف يمكن تحقيق هذا الضبط ؟ بالرجوع إلى الشكل (٤-٢) يمكن أن نلاحظ أنه يمكننا تعديل نظامنا بإستخدام صمام تحكم يعمل بضغط الهواء (Pneumaticall) وناقل للمنسوب ب(١٠٠ KPa- ١٢٠) ناتج هواء مضغوط .



الشكل (٤-٣) ضبط المنسوب للخزانات المفتوحة .

إذا إزداد الإنسياب الخارج (Q0) عندها سيهبط منسوب الخزان ، الضغط المحسوس بواسطة ناقل المنسوب والذي يعتبر تمثيلا لمنسوب الخزان سيهبط ايضا مسببا إنخفاض في إشارة المخرجات من ناقل المنسوب هذه الإشارة الخاصة بالمخرجات يتم تغذيتها للهواء حتى يتم إغلاق صمام التحكم (يكون الصمام مفتوح كامل بإشارة ٢٠ KPa ،مغلقا بالكامل بإشارة ١٠٠KPa) إذاً المنسوب الهابط يمكن أن يجعل الصمام يفتح بطريقة متزايدة وبذلك يرفع المنسوب في الخزان .

هذا النظام كما تبين لنا انه ليس عملياً بسبب أن الحالة الأتية لنقطة الضبط يحتاج أن تضبط يدويا وبذلك يتم تامين حالة الثبات المطلوبة بواسطة الصمام فلنقل عندما تكون في وضع الفتح (٥٠%)وناتج ناقل المنسوب يكون على وضع (٦٠KPa) ما يعادل (مدى ٥٠%) .

هذا النظام البسيط يفسر أن خلل كبيرا شكل مأخذا على الضبط التناسبي .لاحظ أن إشارة الضبط (فتح الصمام) يمكن فقط أن تتغير عندما تبدأ إشارة المنسوب في التغيرفإن المنسوب سيهبط وإشارة الناتج من ناقل المنسوب ستهبط أيضا وهذا سيسبب إغلاق الهواء ليجعل الصمام يعمل بإزدياد مؤديا إلى إزدياد الإنسياب الداخل .

بعد مدى من الوقت سيكون الإنسياب الداخل قد إزداد بحيث يحقق توازن آني بين الإنسياب الداخل والخارج ولكن أين يكون المنسوب عندها ؟

من المؤكد أنه ان يكون عند نقطة الضبط (SP) في المثال المعطى فإنه سيستقر في وضع ثابت تحت نقطة الضبط (SP) هذا الوضع الإنحرافي يعرف (بالخروج على الضبط)(Off Set) وهوموروث في كل نظام الضبط التناسبي رغما عن هذا العيب الواضح (عدم قدرتنا على إستعادة العملية إلى نقطة الضبط بدون حدوث إضطراب في الضبط التناسبي) فإن هذا النمط من الضبط يعتبر أساسا لكل إستراتيجيات الضبط في القسم التالي سنناقش مخطط ضبط أكثرمن عملية بإستخدام الضبط التناسبي وأيضا طرق لتحقيق مشكلة الخروج على الضبط (Off Set) .

(4-1-10) ملخص النظام التناسبي الأساسي :-

- الضبط التناسبي يصدر إشارة ضبط متناسبة مع جاذبية الخلل وإتجاه إشارة الخلل .
- بعد الإضطراب فإن الضبط التناسبي يوفر فقط توازن كلي جديد ، التغير في إشارة الضبط يتطلب تغير في إشارة الخلل إذاً سيكون هناك خروج على الضبط(Off Set).
- الضبط التناسبي يثبت الخلل لكنه لايزيله .

(4-1-11)الضبط التناسبي :-

- مصطلحات :-

M=إشارة القياس الفعلي .

SP=نقطة الضبط .

e=الخلل (Error) .

e=نقطة الضبط - القياس الفعلي .

- **ملحوظة :-**

القياس الفعلي أكبر من نقطة الضبط إذا الخلل سلبي .

إذا كان القياس الفعلي اصغر من نقطة الضبط إذاً الخلل إيجابي .

m=مخرجات إشارة الضبط . Δ في الخرج (O/P)= النهاية – البداية

K= الكسب .

ملحوظة :-

عندما نستخدم الضبط في معادلة الخلل (e) = نقطة الضبط (SP) – القياس الفعلي (M) عندها يكون العزم سلباً للفعل المباشر ويكون إيجاباً للفعل المضاد .

b=حيز (عادة ٥٠% من مخرجات الدوران) .

. b+ke=m

↑↑ الفعل المباشر ↑m↑M .

↑↓الفعل المضاد ↓m↑M.

PB=الحزم المتناسبة .

PB (Small (Nawrrow))=كسب مرتفع .

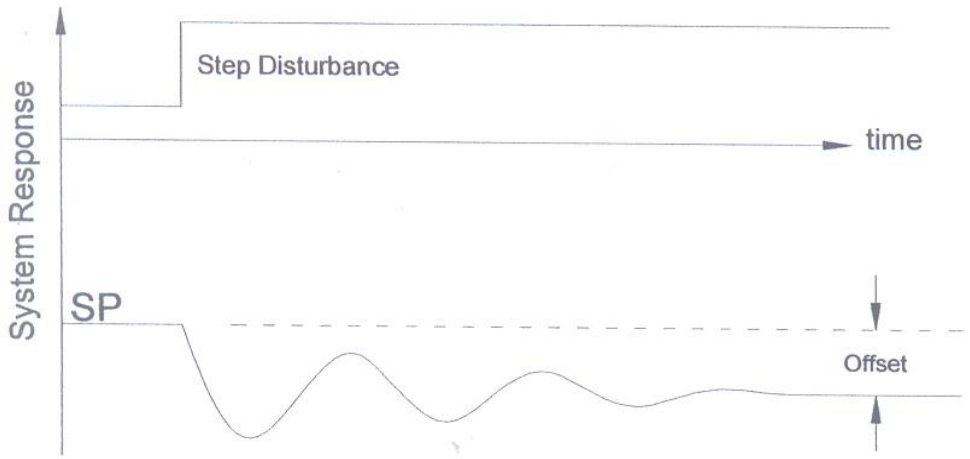
(PB(Large (Wide))= كسب منخفض .

الكسب (k) = $\frac{\%\Delta Valve}{\%\Delta Process} = \frac{\%\Delta Output}{\%\Delta Input} = \frac{100\%}{PB}$.

(٤-١-١٢) إستعادة ضبط الفعل التكاملي (Reset of Integral Action):-

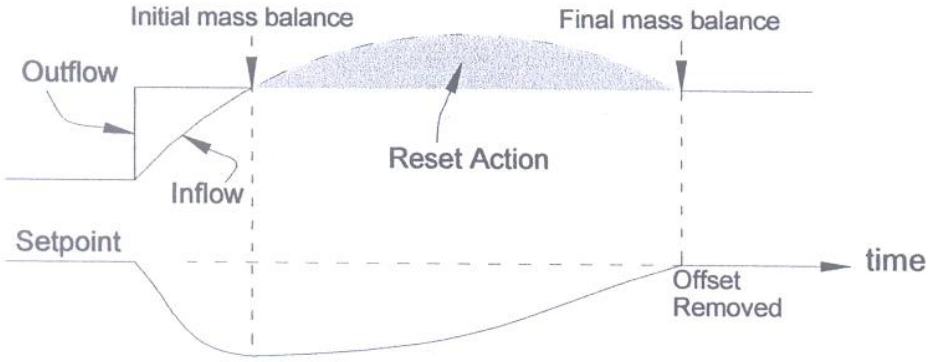
جميع العمليات التي علينا ضبطها سيكون لها نقطة ضبط واضحة المعالم ، إذا رغبنا في إستعادة العملية إلى نقطة الضبط بعد حدوث إضطراب عندها لن يكون الفعل التناسبي (Proportional Action) وحده كافيا .

ادرس الرسم في الشكل (٤-٤) مرة أخرى الذي يوضح الإستجابة للنظام تحت الضبط التناسبي .



الشكل(٤-٤) منحنى الإستجابة:الضبط التناسبي فقط.

إذا رغبنا في إستعادة العملية إلى نقطة الضبط (SP) فعلينا أن نزيد الإنسياب الداخلي (Inflow) فوق ما هو مطلوب لإستعادة التوازن الكلي .الإنسياب الداخل الإضافي يجب أن يحل محل الحجم المفقود ثم يقوم بإستعادة توازن كلي للحفاظ على المنسوب في نقطة الضبط (SP) وهذا موضح في الشكل (٤-٥).



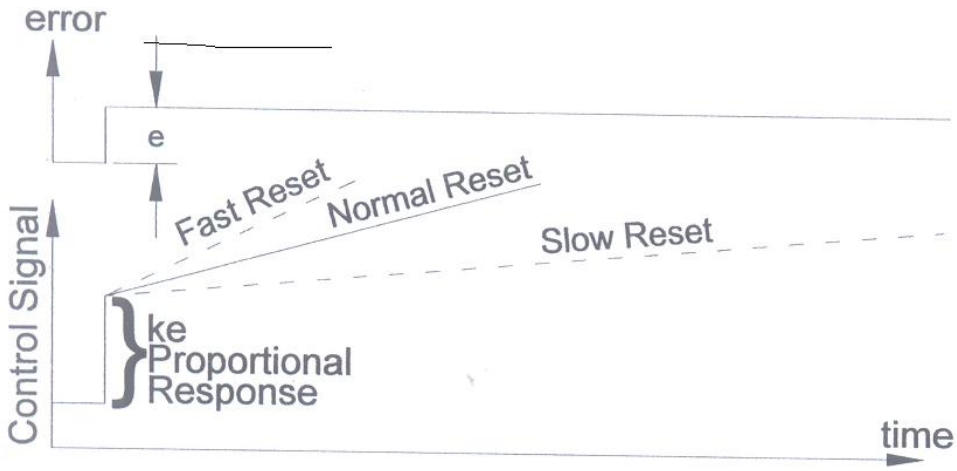
الشكل (٤-٥) إشارة الضبط الإضافي لإستعادة العملية لنقطة الضبط .

إشارة الضبط الإضافي هذه تعرف بإسم فعل إستعادة الضبط(Reset Action) فهي تقوم بإعادة العملية إلى نقطة الضبط .إعادة ضبط الفعل دئما تستخدم بالإرتباط

مـع الفعـل التناسـبي (Proportional Action) . بـالمفهوم الرياضـي فـإن فعـل إستعادة الضبط يعني توحد إشارة الخلل مع القيمة الصفرية .لذلك فإن نظـام التسمية البديل هو الفعل الكامل (Integral Action).

دمج التناسب مع إستعادة ضبط الفعل عادة مايشار إليه بضبط(PI) .

إستجابة ضبط (PI) يكون اكثر وضوحا في شكل الحلقة المفتوحة (Open Loop) إذاً الحلقات تفتح بالضبط قبل عنصر الضبط النهائي ، لذلك فإن تصحيح الضبط لايتم في الواقع . كما موضح في الشكل (٤-٦) .



الشكل (٤-٦)إستعادة الضبط الإضافي التناسبي ، إستجابة الحلقات المفتوحة.

يمكن أن نلاحظ أن الفعل التناسبي سيكون مساويا لـ(Ke) حيث أن (k) كسب جهاز الضبط . إستعادة ضبط الفعل ستسبب في إنحدار إشارة المخرجات لتوفر الضبط الزايد الضروري للفعل .

بعد الزمن (t) ، فإن إستعادة ضبط الفعل يكون قد كرر الإستجابة التناسبية الأصلية؛ وهذا يشكل زمن التكرار ، الوحدة المختارة لتعريف إستعادة ضبط الفعل .

يمكن ملاحظة أن الزيادة في إستعادة ضبط الفعل تؤدي إلى زيادة الإنحناء لمنحدر إعادة الضبط .

لاحظ ان الفعل التناسبي يحدث اولا متبوعا بفعل إستعادة الضبط .

إستعادة ضبط الفعل (Reset Action) معرف بإستعادة الضبط بالتكرار مقابل دقيقة (PRM) أو إستعادة ضبط الوقت بالدقائق مقابل التكرار (MPR) .

$\text{MPR} = \frac{1}{RPM}$.

(13-1-4) مثال (Example) لإستعادة الضبط التناسبي :-

جهاز تحكم مباشر الحركة (↑↑) لديه حزمة تناسبية بمقدار (٥٠%) وهو هدف الخلل طويل الأجل. نقطة الضبط هي (٥٠%) والقياس الفعلي هو (٥٥%) بعد (٤) دقائق إزدادة إشارة المخرجات من جهاز التحكم بمقدار (٣٠%) ما هو ضبط معدل إستعادة الضبط في (RPM) و (MPR) ؟

- **الإجابة :-**

%50=PB الكسب = $\frac{\%100}{\%50}$ = ٢ .

بما أنه (K↑↑) سيكون سالبا .

الإشارة التناسبية = (-٢)× الخلل = (-٢) × (-٥%) = (١٠%) .

جملة الإشارة بعد (٤) دقائق = (٣٠%)

= (P+I) .

∴ الإشارة الكاملة = (٢٠%) .

عليه فإن الفعل الكامل قد قام بتكرار الإشارة التناسبية الأصلية بمقدار مرتين في (٤) دقائق ،(٢) تكرار في (٢) دقيقة أو (٠.٥) تكرار في الدقيقة .

معدل استعادة الضبط =(٠.٥) تكرار مقابل الدقيقة(RPM) أو ($\frac{1}{0.5}$)دقيقة مقابل تكرار(MPR)

=(٢.٠) دقيقة مقابل تكرار(MPR) .

لقد ذكرنا مسبقا أن الأمثل للضبط التناسبي هو (I) والذي ينتج عنه منحنى إنتهاء ربعي . فماهو الضبط الأمثل لإستعادة ضبط الفعل (Reset Action) ؟ سنناقش هذا بالتفصيل في قسم ضبط جهاز الضبط .

دعنا الأن ندرس فقط معدل ضبط بطئ جدا ومعدل إستعادة ضبط سريع جدا .

إستعادة الضبط البطئ جدا سيقوم بإخذ إشارة الضبط إلى أعلى ببطء بالغ . والمحصلة النهائية ان العملية ستعود إلى الضبط (Set-Point) .التحكم سيكون بالغ البطء وإذا تعرض لإضطرابات متكررة فلن يعود أبدا إلى نقطة الضبط .

إذا تم إستخدام معدل إعادة ضبط بالغ السرعة فإن إشارة الضبط ستتسارع في الإزدياد بشكل بالغ إذا كنا نضبط خزانا ضخما في الحجم فإن إستجابة منسوب الخزان قد تتأخر خلف إستجابة جهاز التحكم .

إشارة الضبط ستذهب إلى قيمتها النهائية (٠) أو (١٠٠%) والإشارة الحدية للضبط قد تؤدي بالعملية إلى عبور نقطة الضبط (SP) إشارة الخلل عندها ستغير علامتها وإعادة ضبط الفعل سيعكس إتجاهه أيضا وينحني بسرعة إلى الطرف الأخر .

هذه العملية ستستمر بشكل لانهائي وصمام التحكم يدور منتجا أضرارا ذاتيه على نفسه بفعل الحركة من طرف نهائى الى أخر المنسوب الحقيقى للعملية سيدور حول نقطة الضبط .

هذا الدوران يعرف بإلتفاف إعادة الضبط وسيحدث اذا تعرضت العملية الى خلل طويل الاجل ومعدل اعادة ضبط بالغ السرعة. معدل استعادة الضبط يجب ان يُخفض (زمن استعادة الضبط يتسرع) .

(٤-١-١٥) التعبير الرياضي (I+P) للضبط يصبح :-

$$k\left(e + \frac{1}{TR}\int edt\right) + b = m$$

m = اشارة الضبط

e= اشارة الخلل (M-SP= e) ∴(+أو-)

K= كسب جهاز الضبط (+=↑↓)(-=↑↑)

TR= زمن إستعادة الضبط (MPR)

b=الإشارة الإضافية (Bias Signal) .

الضبط التناسبي أو (العلامة الصحيحة للعزم) لديها مدخلات (180°) تاخر في النظام (التصحيح يجب أن يكون معاكس للخلل) إستعادة ضبط الفعل يحقق تأخراً إضافيا .

هذه الحقيقة- يجب أن تؤخذ في الحسبان عند ضبط جهاز الضبط (فهي تتبع الفعل التناسبي).

التأخرالكلي يجب ان يزداد الان الى قيمة قريبة من(٣٦٠ °) درجة تأخر تعني ان اشارة الرد الان مقابلة للمدخلات و تضيف اليها .

النظام الان غير مستقر. فعل استعادة الضبط يسبب قلة استقرار نظام الدوائر المغلقة الان.

(٤-١-١٥) ملخص الضبط التناسبي:-

- استعادة ضبط الفعل يزيل الخروج على الضبط (*off set*).
- وحداتها تمثل تكرار مقابل الدقيقة او دقائق مقابل التكرار(*MPR*).
- اذا كان استعادة ضبط الفعل اكثر سرعة من استجابة العملية فإنه سيحدث إلتفاف واستعادة الضبط (*Reset wind up*).

إستعادة ضبط الفعل يجعل الدوائر المغلقة للضبط اقل إستقراراً .

لا تعرض عملية الدوائر المغلقة لاستعادة الضبط لخلل ذو الاجل الطويل، وذلك لان اشارة الضبط سيتم اسنادها للقيمة القصوى ثم يحدث التفاف واستعادة الضبط (*Reset wind up*).

(٤-١-١٦)المعدل او الفعل الانحرافي (*Rate or Derivative Action*):-

تم بملاحظة نظام ضبط بينما هو يتعرض للإضطراب مما يجعل الخلل يتسارع في نمط إنحنائي. الضبط التناسبي سيستجيب لهذا الخلل الانحنائي بإشارة مخرجات إنحنائية متشابهة والتي يشكل انحناؤها تناسباً مع عزم جهاز الضبط . يمكننا التقليل من الانحراف النهائي من نقطة الضبط (*Set-Point*) الخروج على الضبط (*Off Set*) وزمن الاستفادة اذا استطعنا ان نوفر مزيد من اشارة التحكم على صلة بمعدل التغير في إشارة الخلل (*Error Signal*) .

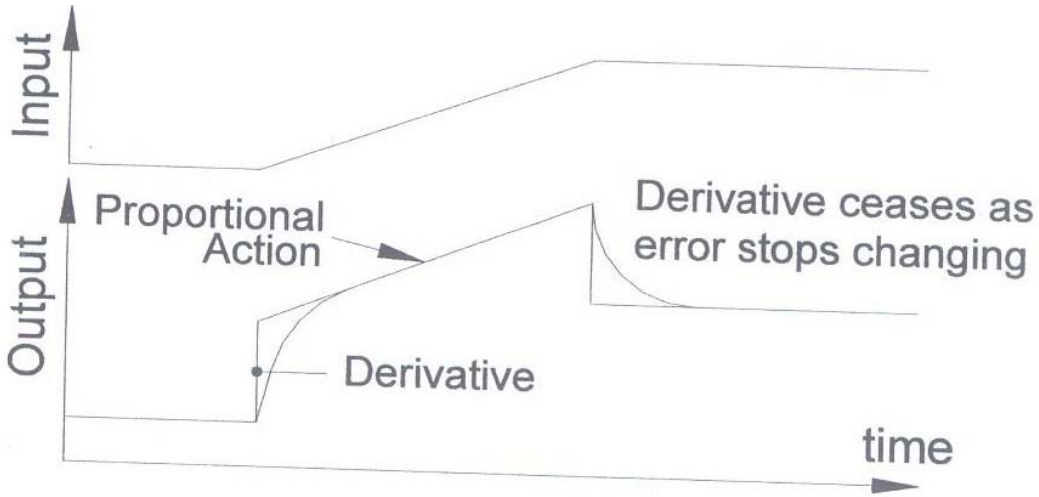
هذا يسمى اصطلاحاً بمعدل او الفعل الإنحرافي (*Derivative Action*) وهو عادةً متصل مع الضبط التناسبي .

معدل الفعل (*Rate Action*) وهو عبارة عن ضبط تكهني والذي يؤخر اشارة ضبط إبتدائية ضخمةً للحد من الانحراف النهائي .الاستجابة النمطية للدوائر المفتوحة تم تمثيلها في الشكل ().

يمكن ملاحظة ان الفعل المستمر (*Derivative*) يعطى اشارة ضبط فوريةً وضخمة والتي يمكن ان تحد من الانحراف ،إذاً الفعل التناسبي يتم فرضه على هذه المرحلة . عندما يتوقف الخلل عن التغير فإن الفعل الانحرافي يتوقف . لاحظ ان استجابة المرحلة المعروضة لا يمكن الوصول اليها عملياً لأن الإستجابة العادية تعطى مدلولاً تقريبياً وتمثل النشوة والانتهاء .

معدل الإستجابة يعطى إشارة تحكم فورية والتي ستكون متساوية للإستجابة التناسبية بعد بعض الوقت فالنقل (*T*) دقائق.يتم اعطاء وحدات مستخدمة (*Derivative*) في مدة زمنية تمثل دقائق . الفعل المستمد هو ضبط توجيهي

(*Leading Control*) ولذلك فهو يميل الى تقليل التأخر الكلى في النظام وبذلك يكون النظام أميل للإستقرار .



الشكل(٤-٨) الفعل التناسبي والمستمد – استجابة الدوائر المفتوحة .

انماط الضبط المركب (*Multiple Control Modes*)

(17-1-4) إمكانية دمج انماط الضبط وهي:-

- التناسب فقط.
- التناسب+اعادة الضبط(الكامل) (*P+I*)،
- تناسبي زائداً المستمد ((*Derivative*(*Rate*)) *(P+D)* .

من الممكن ايضاً استخدام دمج لكل انماط الضبط الثلاثة (تناسبي) زائداً (كامل) زائداً (مستمد) (*P+I+D*) .

بنظرة سريعة فإن التناسبي وحده لا يبدو مشجعاً اذ سنحصل على خروج علي الضبط(*Off Set*) كنتيجة للإضطراب (*Disturbance*) بينما نسعى بشكل غير محدود للضبط على نقطة ضبط بعينه.

بتطبيق الضبط التناسبي فقط يعتبر نموذج من نظام (*CANDU*) ويعتبر نظام ضبط لمنسوب مدى السائل السبب في ان الضبط التناسبي الهدف ممكن الإستخدام هنا أن المتغير المستهدف بالضبط ليس منسوبا بل سلسلة تغير مستمر للنيوترون (*Neutron Flux*) .المتغير المستخدم هو منسوب الماء إذاً الخروج على الضبط (*Off-Set*) ليس مهماً وذلك لأن المنسوب المستخدم يوفر التغيرللنيوترون المتسلسل المطلوب .

على العموم يمكن القول بأن الغالبية العظمى من أنظمة الضبط (قد تبلغ أكثر من ٩٠%) ستوظف نظام التناسبي زايدا الكامل (لأننا عادة نسعى إلى ضبط نقطة الضبط(*SP*) بعينها فأنظمة التحكم في الإنسياب تختار بشكل واسع ضبط (*P+1*) (*Proportional +Integral*).

النظام المستمد (*Derivative*) سيظل على الانظمة الكبيرة البطيئة ذات أوقات التاخير الطويلة للضبط (مثال عليها ما تم عرضه في الشكل ())هناك مثال عام جيد وهو: جهاز متبادل الحرارة (*Heat Exchanger*) .عملية تبادل الحرارة هي في الغالب بطيئة وجهاز تحسس الحرارة عادة يوضع في بئر حراري والتى تبطئ أكثر إستجابة إشارة الضبط .عادة فإن أجهزة الضبط تبادل الحرارة تقوم بتوظيف ثلاثة أنماط للضبط (Proportional + Integral + Derivative) (التناسبي + الكامل + المستمد).

الخلاصة

التوصيات و الإقتراحات

الخلاصة

بعد أن كان الإنسان في الماضي يستخدم الحرارة في إستخدامات صغيرة ومبدئية وبعد أن كان لا يضع له قيمة إقتصادية مهمة .فقد أصبح اليوم يضع للحرارة قيمة عالية في كل جوانب حياته، إننا في هذا البحث الذي عنوانه "التحكم الحراري" في العالم بصفة عامة . قد تعرضنا إلى تعريف شامل لأنواع القياس وطرق قياس الحرارة في الماضي وفي الحاضر وكيف أصبحت من بعد أن كانت بدائية بسيطة في التركيب ومعقدة في الأداء إلى ان أصبحت حديثة معقدة في التركيب وبسيطة في الأداء. وقد تطرقنا أيضا إلى دراسة التحكم بشكل موضوعي والتحكم الحراري بصورة خاصة في كل من عصرنا هذا والعصور التي سبقتنا وكيف أصبح التحكم من الإعتماد على الإنسان الذي لا يخلو من الأخطاء إلى الإعتماد على الألات التي يكمننا القول بانها خالية من الأخطاء إذا أستخدمت كما ينبغي لها. كما كان الإهتمام بالدراسة التطبيقية لبعض أنواع التحكم الحراري وأهم الطرق المتبع في العالم و أجهزة القياس المستخدمة فيها التي عكست مدى التطور في العالم بشكل أجمع وشكل الإهتمام بالحرارة اليوم.و إهتم البحث بالمشاكل التي تواجه عمليات التحكم الذي يتمثل في مشاكل بئية ،فنية وإقتصادية ، وأن الإنسان يعمل كل ما في جهده ليصخر لنفسه وبئته الوسائل التي تساعد على إستخدام الحرارة بشكل أمثل.وقد إستخدمنا مثال لدائرة تحكم حديثة متبعة في محطة الشهيد محمود شريف "بحري الحراري" والتي تعكس مدى التطور في وطننا .

ونسئل الله أن ينتفع كل باحث يريد أن ينهل من هذا العلم وأن يقدم له ولو القليل ونسئل الله أن يكون البحث قد إستوفى كل ما هو مفيد في هذا العلم .

التوصيات والإقـتراحات

- يجب أن يتم الدراسة بصورة أعمق في التحكم الحراري من حيث الإقتصاد في إستهلاك الوقود الحراري .

- كما يجب أن تكون هنالك توعية و إرشادات في الطريقة الإقتصادية في إستهلاك الوقود الحراري ومخاطره على البئية والإنسان .

- يفضل إلزام جميع الجهات التي لها صلة في إستخدام الحرارة كأساس للإنتاج في عملها على وضع نظام حماية و تنبيه من أخطار حدوث الحرائق بسبب أخطاء العمل .

- يستحسن إستخدام أجهزة قياس الحرارة في الأجهزة المنزلية التي لها صلة بالحرارة .

نطالب بأن يدرس أنظمة التحكم في المناهج الأساسية لكي يبنى أساس الطالب على الحياة العملية المنتظمة التي بها دقة في العمل اكثر

المـــــــــراجع

المراجع العربية :-

- الألات و المعدات الكهربائية – المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني – وزارة التعليم السعودي.
- تقنية الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتية - المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني – وزارة التعليم السعودي.
- قوى كهربائية - المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني – وزارة التعليم السعودي.
- مبادي التحكم .
- التحكم و المحاكات .
- أجهزة القياس – وزارة التربية والتعليم المصري .

المراجع الإنجليزية :-

- Science and Reactor Fundamental Instrumentation & Control (CNSC) Technical Trainig Group .
- Sudan Khartoum North Power Station Data Book .

المواقع الإلكترونية :-

- ويكيبيديا ، الموسوعة الحرة (WWW.ar.wikpedia.org).
- محرك البحث (Google) (WWW.Google.Com).
- ملتقى المهندسين العرب (WWW.arab-eng.org).