الباب السابع عشر

التحكم الهندسى

17-عام .

الإهتمام بطرق التحكم الفنى وتطبيقاته للمحركات الرئيسية والمساعدة :

على الرغم من أن وعى المهندسين البحريين دائمًا ما يتبنى الأحدث فى علم الهندسة البحرية وتركيب المحركات البحرية على السفن .

كانت هناك ميزة إقتصادية عند تطبيق منظومة التحكم الآلى فى غرفة المحركات وعدد كبير غير ملموس من العوامل فى الزمن الحاضر لو أن أجزاء ومعدات التحكم الآلى غير موجودة .

وعلى الرغم من ذلك عندما يفهم نظام التحكم المتكامل للمحرك تصبح المنفعة واضحة ، ومن أجل ذلك فمن الممكن المقارنة بين الدرجات النوعية للتحكم مع ضم مستويات التجهيز وزيادة التكلفة المبدئية وإنخفاض تكلفة العمالة وعمر السفينة المتوقع .

وفى الوقت الحاضر فإن المستوى الأمثل للتحكم لمعظم سفن البضاعة حفظ شغل معقول بحجم كافى لعمل السفينة الطبيعى والحالات الطارئة .

ولو أن عدد طاقم السفينة 24 فردًا يعملون فى طقس رديئ وعند توقف المحركات المساعدة وفقد القدرة الكهربائية مع عطل فى المحركات الرئيسية حينئذن يكون هناك ما يشير إلى إنفلق المال على تركيب أجهزة التحكم التى تعمل على حماية المحرك وتوفير الوقت .

17.1- Hالإستفادة من التحكم .

المراقبة المحكمة خلال أوقات التشغيل المختلفة مثل درجة حرارة مياه التبريد وضغطها ، والسماح للمحرك أن يعمل عند الحالات المثلى للتصميم ، وكذلك التحكم فى ضغط الزيت ودرجة حرارته ، وضغط المياه المالحة للتبريد ونظم تغذية المحرك بالوقود إلخ . وتكون النتيجة النهائية الإقتصاد فى إستهلاك الوقود ، تباعد فترات الصيانة .

حقاً يكون التحكم الآلى ضرورى جدًا عند معدلات التشغيل العالية للمحرك وكذلك المحافظة على معدلات التشغيل .

ومن الأهمية أن تدار المحركات عند القدرات العالية لو أن نظام التحكم ومعداته مؤثرة ومن الممكن أن ينفذ التحكم بكفاءة عالية بمساعدة العامل البشرى .

مثلا عند مراقبة حالات التشغيل كما هو موجود فى درجات الحرارة والضغوط فإنه من الممكن تنفيذها بواسطة إنذار بنظم مسح عند معدل 400 قناه /ثانية لتعطى رقابة مستديمة لدرجات الحرارة والضغوط التى لا يمكن للبشر أن يتعامل معها شكل 1-17 بعكس كشف الضوضاء التى تصدر من المحامل وتسريب السوائل من الجلندات أو من الشروخ أو تآكل بماسورة يمر بها سائل فلا يمكن أن يكتشفها التحكم الآلى فى بعض الحالات .

بمعنى أن التوازن بين الإمكان والضرورة سوف يكتمل فى هذه الحالة بواسطة دمج المراقبة والتحكم فى جميع الإحتمالات لحالات الأعطال مع نهج الكشف على غرفة المحركات مرتين يوميا .

17.2- جمعيات التصنيف Classification society .

تصنيف أنواع السفن من إختصاص هيئات التصنيف ومعتمدة بعلامه مميزة ومصدق عليها وهذا هو الأساس ، ويشار بأن السفينة مبنية بقواعد محددة ولها فترات للمعاينة . ومن الناحية العملية وفى خلال السنوات الماضية تم ترقيم السفن بترقيمات خاصة عند تصميمها لتعمل فى فترات معينة بدون تواجد العامل البشرى فى غرفة المحركات بمعنى ؛ أن هيئة التصنيف مثل Lloyds Register عملت على إضافة مصطلحها U.M.S وهو Unmanned engine rooms إلى الترقيم الدولى A_1 100 والذى يدل على الموافقة على عدم مباشرة غرفة المحركات بواسطة العامل البشرى . والمسلم به الخضوع للترقيم ، وأيضًا أن يكون بناء السفينة مطابق مع القوانين الموصى بها .

هيئات التصنيف الرئيسية العالمية : The ، Llyeds register of shipping ، American Bureau of shipping ، Det noreske Veritas and Germaischer Lloyed. ويوجد منها الكثير لا داعى ذكرها الآن .

17.3- الأمان Safety .

المتطلبات الضرورية التى تخدم غرفة المحركات وخاصة غرفة المحركات التى تعمل بدون العنصر البشرى خلال فترات الليل ونوجزها فيما يلى .

1 – التحكم فى زاوية الرفاص المتغيرة من غرفة القيادة .

يجب على الحارس الليلى – ضابط الوردية – أن يكون قادرًا على إستخدام أجهزة التحكم فى حالة الطوارئ مثل تغيير زاوية الرفاص ويجب عليه أيضًا التحكم فى أجهزة القياس وقراءة العدادات بسهولة ويسر .

2 – غرفة التحكم المركزى لأجهزة التحكم وأجهزة القياس الموجودة فى غرفة المحركات وربما يطلق المهندسين على غرفة المحركات بغرفة الطوارئ ويجب أن تكون مدى التحكم فيها سهل وشامل .

3 - نظام الكشف عن الحريق والتحكم فيه .

نظام الكشف والإنذار يجب أن يعمل سريعًا ، ويكون متعدد الأماكن وسريع الإستجابة لإكتشاف الأعطال بواسطة الأجهزة الحساسة .

4 - مكافحة الحريق .

بالإضافة إلى طفايات الحريق اليدوية المألوفة فإنه من الضرورى وجود محطة تحكم لإطفاء الحريق عن بعد وبعيدة عن غرفة المحركات ويوجد بالمحطة تحكم فى إدارة طلمبة الحريق ومولد الطوارئ الكهربائى وأزرار غلق وقفل المراوح ووسائط مكافحة الحريق ، وبلوف الغلق السريع لتنكات الوقود quik close valve .

5 - نظام الإنذار لغرف المحركات .

ويشمل جميع غرف المحركات ويمتد إلى أماكن المعيشة للأفراد والركاب .

6 - الإنذار الأوتوماتى لمستوى السائل فى السنتينة Bilge بواسطة أجهزة الإستشعار وصناديق الكهرباء لتشغيل طلمبة الحريق .

7 - الإدارة الأوتوماتيكية لمولد الطوارئ الكهربائى ونظام الإتصال الجيد لغرفة مولد الطوارئ لتوفير الإضاءة وتشغيل جهاز توجيه السفينة وأيضًا جهاز الإنذار وطلمبة الحريق وتزويد السفينة بأى قدرة مطلوبة فى حدود القدرة المتولدة ،

8 – ضرورة وجود يد التحكم المحلية للمحركات .

9 - مناسبة سعة تنك الخدمة اليومية للوقود .

10- الإختبار الدورى وصيانة أجهزة القياس وتفعيل الإنذار والبيانات المسجلة

17.4- الإنذار المتقطع وتسجيل البيانات Alarm scanning and Data logging .

17.4a - المسح scanning .

عادة ما يعطى جهاز المسح حوالى 200 نقطة بمعدل حوالى نقطتين لكل ثانية ، ومن الممكن أن يعطى 50 نقطه للثانية الواحدة وهذا ليس مفيدًا عادة .

وتكون نقطة القياس مختارة بالدور بواسطة إتصال أوتوماتي إلى خرج النهايات الطرفية تمثل دائرة القياس .

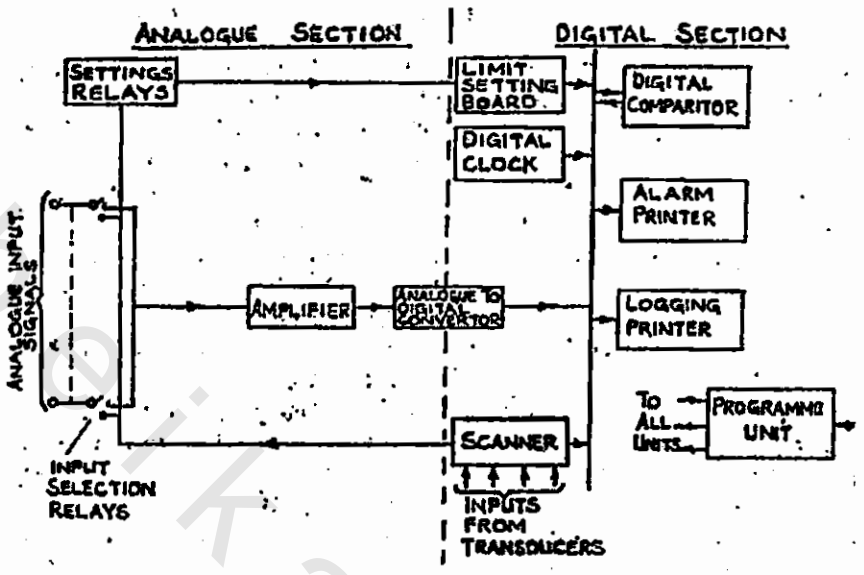


Figure 17-1 Schamatic Diagram of electronicAlarm Scanning and datd logging system

17.4b- وحدة القياس Measument .

وهى الوحدة التى تعمل على إكتشاف أى تغيير يحدث للكميات المتغيرة القيمة للمحرك من ضغوط وحرارات ومستويات السوائل ولزوجة الوقود إلخ ؛ ومن المعروف أن نقط القياس الداخلة تكون كبيرة وتحتوى على الڤولتيات Volts المنخفضة الناتجة بواسطة الأجهزة ، ويتم تكبيرها بإشارة ڤولتية Volt تمثل القيمة المقاسة المرسلة إلى أجهزة القياس لتحويلها إلى أشكال رقمية .

17.4c- وحدة العرض Dispay .

المهمة الأولى : ترسل الإشارة المدونة إلى الطابعة ويكون إختيار النقط المختلفة المطبوعة عند فواصل زمنية محددة مقدمًا .

والمهمة الثانية : تقوم بمقارنة الأرقام المتناظرة الداخلة مع التحديد مقدما لمفتاح التحويل أو البنوز لمفاتيح التوصيل لإضاءة المنحنيات المقلدة للإنذارات المبينة بالإضافة إلى زيادة الإنحراف للقراءات على إنذار الطابعة .

17.4d- البرنامج Proramme .

هذا المسح الروتينى سبق تقديره وتخزينه وتأثيره فى وحدة البرنامج الرئيسية ويتم طبعه وتسجيله بواسطة ساعة رقمية خاصة .

17.5e - المعدات Equipment .
تتكون من مركبات سليكونية فى حالتها الصلبة على لوحات منطقية ومطبوع عليها دوائر كهربائية مع أنواع من مرحلات Relays محكمة الغلق من نوع المرحلات المحكمة على بطاقات كهربية بقابس . وإختبار اللوحة وإزالة الكروت مزود لإكتشاف أخطائها ، والبيانات المسجلة تكون فى إطار مقطعى مقنن .

17.4f- التمثيل القياسى (المتناظر) Analogue Representation .
حيث أن الكميات المقاسة تتحول إلى كميات طبيعية وبطريقة مستمرة مثلا تتحول درجة الحرارة إلى تيار مستمر بواسطة الإزدواج الحرارى وبذلك يكون الفولت Volt قياس لدرجة الحرارة .

17.4g- التمثيل الرقمى Digital Representation .
حيث أن الكمية المقاسة ممثلة بواسطة تكرار الزيادة الفردية عند الفواصل الزمنية المعطاة . مثلا عدد اللفات التى تعدل القراءة لكل لفة للمحرك على مدار الوردية كاملة.

17.4h- وحد القياس scaling unit .
التسجيلات الميكانيكية من الممكن أن تسجل حوالى نبضتين لكل ثانية على الأكثر بدون خطأ وعلى الرغم من أن التصميمات الأخيرة تصل إلى 50 نبضة لكل ثانية . والأنابيب الإكترونية GM عندها المقدرة لتسجيل 5000 نبضة / ثانية لدرجة أن مهمة العداد هو تخفيض النبضات الخارجة بنسبة تسجيل تصل من 50 : 5000 .

ممزيات وحدة تسجيل البيانات Advantages of Data Logging
1 – تخفيض العمالة وعدد الأجهزة .
2– إستمرار الإمدادات المتوسطة للرصد وبيانات الأخطاء بطريقة الإنذار .
3 - التجهيز الدقيق والتشغيل المنتظم لتسجيل البيانات .
4 – زيادة كفاءة الوحدة نتيجة حدود التشغيل النهائية الأمنة.

17.4i- وحدة الإستشعار Sensor .

وهى وسيلة معدة عن بعد وبالتحديد الإنتفاع بالخواص الطبيعية لتعطى بيان الحالة المتغيرة للوحدة .

مثلا جهاز المراقبة للضغط ربما يكون عداد للضغط والإستشعار ويكون على هيئة أمبوبة بوردن التى تبين الضغط مباشرة ، والشغل الرئيسى لها يكون بانفعال ميكانيكى وكذلك الأزدواج الحرارى للكشف عن تغيير درجة الحرارة .

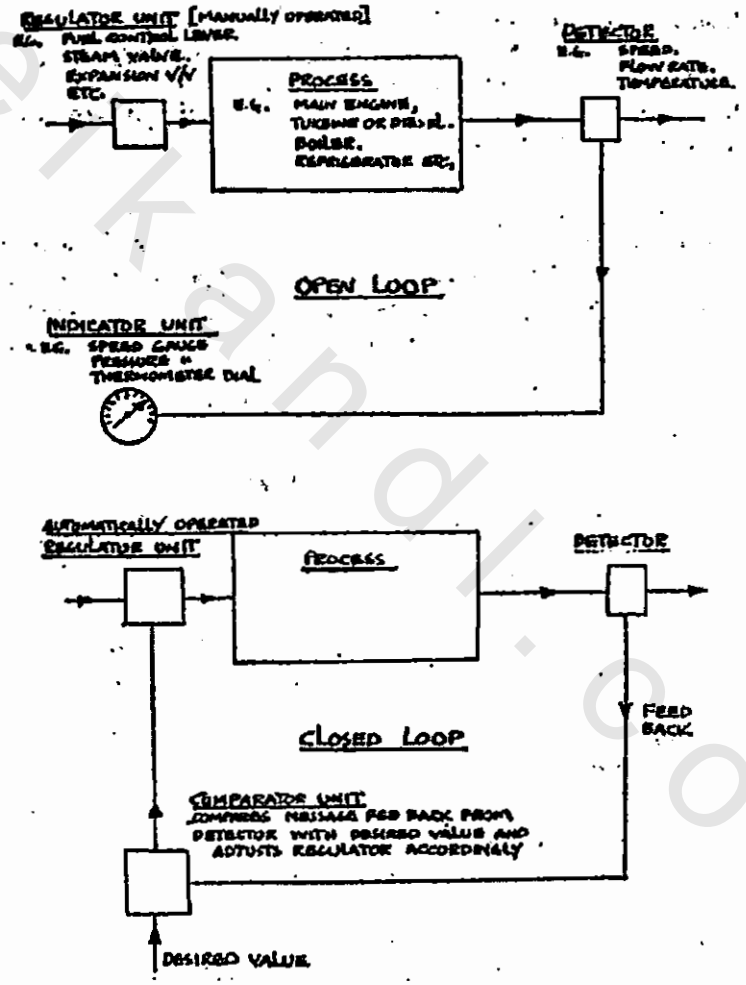


Figure 17-2 Control loops

17.4j- محول الطاقة Transducer .

وهى وسيلة رئيسية أخرى للقياس عن بعد ويكون مركزها وحدة الإستشعار . محولات الطاقة تعمل على تحويل إشارة الإستشعار الصغرى إلى خرج أكبر فى الحال وعادة ما يكون مختلف الشكل مثل إشارة تحويل الحركة الميكانيكية إلى إشارة كهربائية وكذلك تحويل الإشارة الكهربائية إلى خرج ميكانيكى إلخ ؛ والتعريف الأمثل لمحول الطاقة الرئيسى والمبين فى شكل 7-17 والموضح بعد ذلك حيث أن الحركة الميكانيكية تتحول إلى إشارة هوائية أو كهربائية ومن الممكن تكبيرها بنظام مرحل هوائى .

17.4k- وحدة قطاع الذبذبات المتناوبة Chopper .

وهى دائرة ترنسستور متعددة الذبذبات سريعة الفتح والقفل وفى هذه الحالة تعمل هذه الدوائر إلى تحويل التيار المستمر إلى تيار متردد رئيسى نقى ومكبر، وعادة ما يكون هذا الإجراء ضرورى كما هو فى تكبير التيار المستمر ولكن يعانى من الإنحراف عندما يتغير الفولت ، ولهذا فإن تكبير التيار المتردد يكون مستخدم فى الوقت الحاضر .

17.4l- وحدة التكبير Amplifier .

وحدة التكبير (غالبًا ما تسمى بالمرحل الهوائى) وتكون مرحلة أعلى للإحساس المنخفض لإشارة القدرة إلى عنصر مشغل القدرة العليا .

ومن الناحية العملية فإن الكهرباء الرئيسة فى وقت معين تستخدم كإثارة مغناطيسية عرضية لتحريك محركات التيار المتردد والتكبير لتيار أكبر لصمات التكبير لتيار الإضاءة .

والإستخدامات الجديدة للإتصالات مثل الترنسستورمكرر التحكم السليكونى (الثيرستور) Thyristors .

17.5- نظرية التحكم Control theory .

المتطلبات الرئيسية للتحكم :

إن جميع المهندسين البحريين على دراية كاملة بدوائر التحكم ومكوناتها وكذلك معرفة أجهزة القياس ومهمة تشغيل الدوائر الحلقية Loop كما فى شكل 2-17 وتتعدد دوائر التحكم فى الحاضر مثل الدوائر الهيدروليكية أو الدوائر الفنية الكهربائية- الأجهزة الرئيسية الكهربائية الإكترونية – للعمل على المطابقة الأولية للتشغيل فقط عندما يكون هناك خلاف فى تصميم المكونات ، وتعرض هذه

الدوائر بإختصار وسهولة . المصطلحات الفنية للتحكم الآلى موجودة من عام 1967 ، وعموما فإن المصطلحات حددت بوضوح السمات الرئيسية للدوائر مثل

17.5a- القيمة المرغوبة Desired Value.

وهى القيمة النوعية لحالة التحكم بمعنى (القيمه المطلوبة) .

17.5b- القيمة المقاسة Measured Value .

القيمة الحقيقية لدائرة التحكم بمعنى القيمة المنجزة .

17.5c- قيمة الوضع النهائية Set Value :

وهى قيمة دائرة التحكم التى يتم التحكم فيها آليا وتكون نهائية .

17.5d- الإنحراف Deviation .

وهو الفرق بين القيمة المقاسة والقيمة النهائية وغالبًا ما تسمى الخطأ error .

17.6e- مراقبة الحالة Controlled Codition .

حالة العملية التى يرغب التحكم فيها مثل الضغط ودرجة الحرارة .

17.5f- عناصر التحكم Controlling Element .

هى أجزاء النظام التى تعمل على وجود نظام تحكم منفرد يعتمد على الإنحراف .

17.5g- وحدة التصحيح Correcting Unit .

تشمل عنصر التشغيل (المحرك) وعنصر التصحيح " صمام التحكم "

17.6- فعل التحكم Control Action .

هناك ثلاث طرق رئيسية لعملية فعل التحكم يتم ذكرها وتوصيفها كالآتى .

(i) طريقة التناسب .

(ii) طريقة التكامل .

(iii) طريقة المعدل .

ومع تحليل عمل طرق التحكم فإن خطوط المسافة الزمنية تكون عمليًا نوعا ما عن الطرق الحسابية لأنها تعطى تصور واضح لتمثيل البيانات .

والميل فى الخطوط البيانية للمسافة الزمنية تمثل السرعة ، والخطوط المستقيمة المائلة تمثل السرعة الثابتة كما أن الميل يكون ثابت .

وزيادة الميل للمنحنى يمثل عجلة الجاذبية ، وميل المنحنى للهبوط يمثل إنخفاض السرعة ، وبإختصار تعتبر دائرة تحكم مغلقة بشرية .

والرجل الذى ينظم دخول المياه عن طريق صمام الدخول للمحافظة على مستوى السائل فى التنك والتى تكون مطلوبة (القيمة المطلوبة) وفى نفس الوقت يرى مستوى السائل المطلوب (القيمة المقاسة) وبعد التغيير سوف يقارن بين القيمة المطلوبة والقيمة المقاسة ويقرر طرق أسلوب التصحيح ، وفى النهاية يكون التكبير والترحيل لدرجة يكون بإمكانه تشغيل الصمام " عنصر التحكم " .

17.6.1- التحكم بالتناسب Proportion Control .

يبين شكل 4 -17 الدائرة الحلقية البسيطة للتحكم بالتناسب والسهم العلوى يظهر نفس تأثير العنصر البشرى للدائرة الحلقية وباعتبار أن زيادة الطلب يكون سببه هبوط المستوى للسائل مما يعمل على فتح صمام الدخول ، ويفتح الصمام عن طريق ذراع بسيط رئيسى ويكون هبوط العوامة هو فعل التناسب

Correction ∝ Deviation of Variable set Value .

وباعتبار أن القيمة المطلوبة يتم تغييرها بينما يتم تشغيل الصمام بإشارة عندما يتساوى السائل الداخل والخارج ويبقى مستوى السائل ثابت .

ولذلك سوف ينتج عنه قيمة جديدة للمستوى ، والمستوى لا يعود إلى ووضعه الطبيعى وبذلك يسبب تدفق السائل الداخل ، ومن الممكن أن يرجع إلى مكانه قبل تغيير الطلب . التحكم بالتناسب يمنع التغيير ويعتبره ثابت ولكن عند نقط مختلفة لقيمة الوضع الطبيعى.

ويكون هناك حالة واحدة للحمل عند القيمة النهائية التى تتوافق مع القيمة المطلوبة ، والفرق بين القيمة النهائية والقيمة المطلوبة تسمى الإزاحة " Offset " وتعتبر هذه نقطة ضعف نظام التناسب .

ومن الممكن تقليل الإزاحة – الإنحراف – بواسطة زيادة الحساسية للنظام بمعنى – تقليل الإزاحة فى نطاق التناسب – إلخ . وفى شكل 3-17 يبين نسبة شوط المؤشر فى الجهاز المبين ليعطى الصمام الشوط الكلى عند صمام التحكم . كما أنه فى شكل رقم 4-17 عند تحريك مركز الإرتكاز إلى الجهة اليمنى يعمل ذلك على تحريك العوامة لمسافة قليلة وذلك يعمل على زيادة مسافة فتحة الصمام لدرجة أن مستوى السائل لم يتغير بوضوح كما أنه من الممكن أن يمنع دخول كمية كبيرة من المياه ويكون هناك حد لزيادة سرعة التأثير .

وعندما يكون شوط الصمام كبير فإن قوة القصور الذاتى للسائل قد تقاوم سرعة التغيير ويحدث تأرجح وعدم إستقرار مع إنخفاض التأثير الواسع للتناسب .

وعملية التناسب عادة ليست مضبوطة دائمًا عند التحكم .

Correction Outpot Signal $V \propto$ Deviation of Variable θ . $V = -k_1 \theta$

(وتشير الإشارة السالبة للتصحيح للإتجاه العكسى للإنحراف) وإذا نظرنا إلى فعل التناسب فى المسافة الزمنية للمخطط البيانى شكل 5 -17 فإن التناسب يكون إشارة لفترة زمنية واحدة لفعل التحكم .

وعادة ما يعبر نطاق التناسب عن نسبة قياس المنفعة إلتى نحصل عليها مع الحساسية العالية للتحكم .

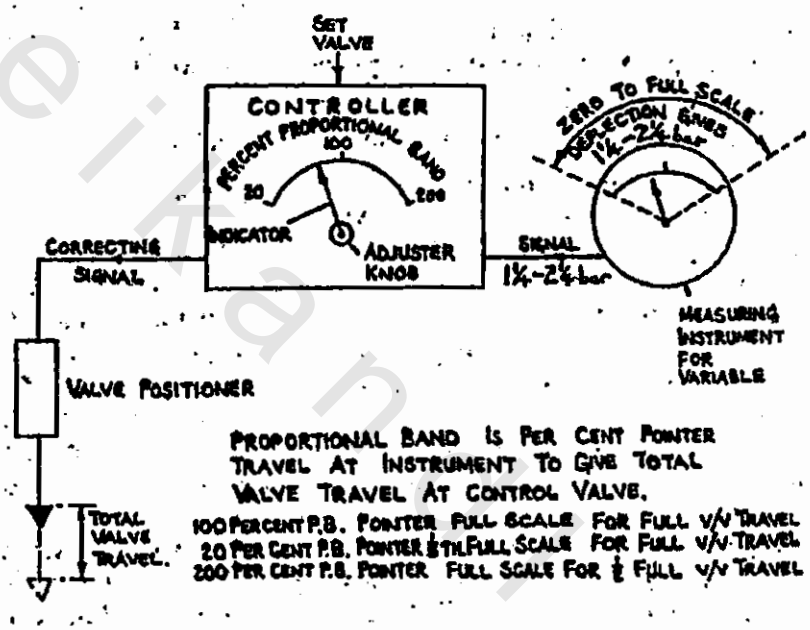


Figure17-3 Proprtional Band (Not to scals)

17.6.2- التحكم بنظام التناسب والتكامل .

propultion Plus Integral Control P + I .

فى إطار التحكم البشرى وخاصة إذا أعتبر أن الإزاحة Offset معدومة بمعنى أن المشغل البشرى يمكنه المحافظة على مستوى السائل المرغوب فيه فى كل الأوقات وتثبيته عند هذا المستوى . ومع أنه يملك إعادة هذا الفعل فى كل مرة يتطلب منه ذلك ويكون الهدف من فعل التكامل هو إعادة الوضع كما هو عليه بمعنى أن تكون النهاية هى فعل التناسب P + I .

وبسبب هذا الفعل يؤدى إلى عدم التغيير حينئذن يعاد تخزينه بواسطة إعادة وضع الكمية المرغوب فيها بدون الإلتفات إلى الحمل .

وفعل التكامل سوف يحدث دائمًا طالما يوجد الإنحراف .

فعل تصحيح وضع التكامل :

Velocity of Correction Outpot Signal ∝ Deviation of Variation $\frac{dV}{dt} = - k_2 \theta$.

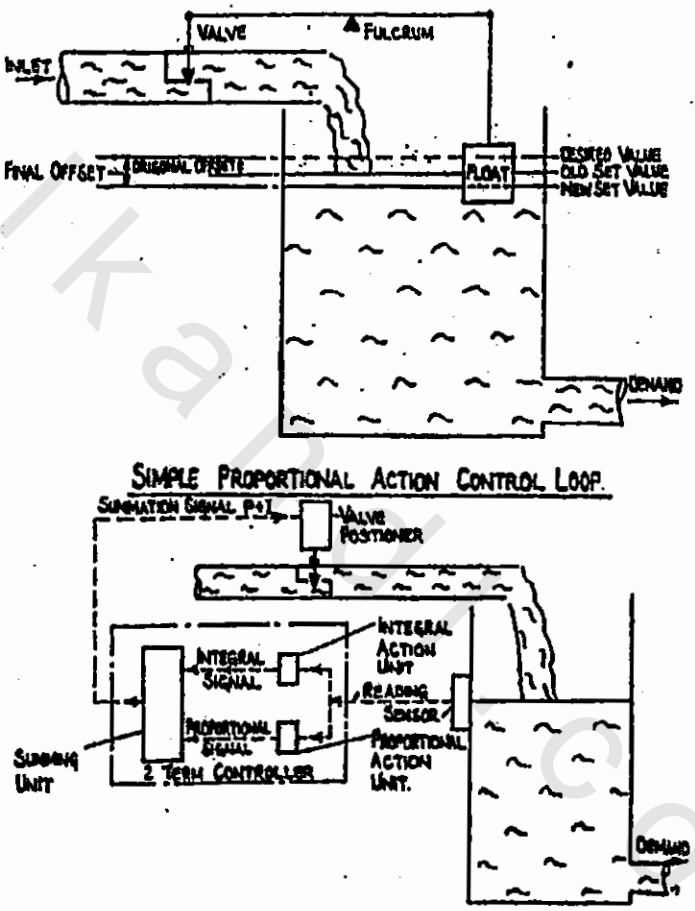


Figure 17-4 proportional Plus Integral control Loop

ونرى فى شكل 4 -17 رسم توضيحى رئيسى يشير إلى إستخدام فترات زمنية تشبه وضع الصمام ، وحدة التجميع ، وفترتين من التحكم الزمنى المحدود .
ويوضح شكل 17-5 إشارة فعل التكامل عند طريقة تغير القيمة المرغوب فيها وفعل التكامل يعرف دائما بحركة التصحيح .
وإذا كان الإنحراف " offset " مقبولاً فى التغيير لمدى أكبر حينئذن يكون فعل التناسب البسيط للتحكم مقبولاً، وبتوضيح آخر إعتبار حالة الإنحراف بإنها كتلة متذبذبة على ألياى ويعتبر هذا فعل التناسب .
وسوف تخزن القوة بوصول الكتلة إلى وضع الإتزان وتغيير الكتلة – الحمل – يعمل على إختلاف وضع الإتزان ولهذا السبب تكون جميع الكتل المختلفة محكمة القيمة المرغوب فيها ومكتملة بمعرفة وضع قيمة الكتلة المتزنة .
وعادة ما يكون نظام التحكم بضبط تغيير وقت فعل التكامل .
ودائمًا ما تكون هناك علاقة بين فعل التكامل وفعل التناسب ووقت فعل التكامل ، وقدر الخطأ الثابت ، وربما يحدد بطلب وقت فعل التكامل وتغيير خرج التحكم بكمية مساوية لفعل التناسب .

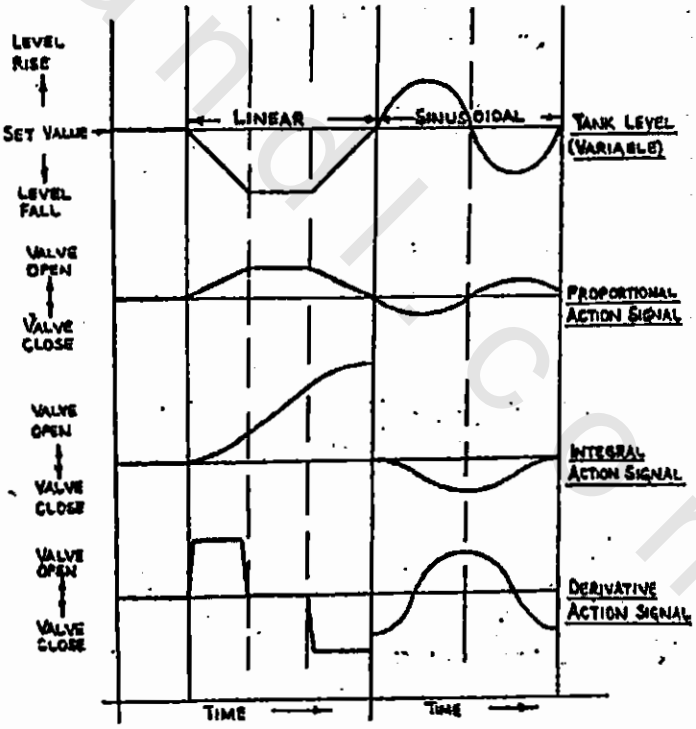


Figure 17-5 Distance-time Graphs of control Actions

مثلا لو أن الإنحراف بسبب إشارة تصحيح لفعل التناسب كانت ثلث بار حينئذن يبدأ فعل التكامل . وإذا أخذ دقيقة واحدة لهذا الفعل بإضافة أو طرح ثلث بار آخر لإشارة تصحيح أكثر فإن المكمل يكون وقت فعل التكامل لواحد دقيقة (أو بتكراره لمدة واحد دقيقة) وكذلك الوقت القصير للوضع الكبير لفعل التكامل . وأيضًا التأثير الكبير لفعل للتكامل سوف يسبب تجاوز الغرض السابق للقيمة المطلوبة .

17.6.3- فعل التناسب زائد التكامل زائد مشتقة التحكم (P + I + D) :

من قبل فإن الدائرة البشرية من الممكن ألا يحدث فيها تدفق بمعنى ألا يكون هناك تشغيل للصمام بينما عند ضبط الإزاحة يستمر تغيير حركة الصمام حتى يتلاشى الإنحراف .

والمشغل سوف يبدأ بالهبوط اليسير لمعدل ضبط الصمام للوصول إلى القيمة المطلوبة ويجب أن يعمل فعل التكامل على تلاشى الإنحراف وتجاوز الغرض . وعادة ما يكون النظام مرضى بإصطلاحى التحكم بمعنى P + I على الرغم من أن المصطلح الثالث - D – ربما يضاف عند التشغيل لإخماد وتقليل التدفق . ولو أن الإنحراف كان متغيرًا فإن معدل التغيير للإنحراف من الممكن أن يستخدم حساب القيمة النهائية لقياس التغيير المحتمل . ولو أن إشارة التحكم يمكن إستخدامها أساسًا لمعدل تغيير الإنحراف حينئذن فإن حالة التحكم تكون أكثر تصحيحًا مع الإحتمال فى إنخفاض الإنحراف . والتغيير السريع فى الإنحراف سوف يعطى تدفق كبيرًا بينما التغيير البطئ سوف يعطى تدفق قليلاً . وعندما يكون الإختلاف فى حركة التغيير لمشتقة إشارة فعل التحكم عند إشارة التصحيح فإنها تتناسب مع سرعة التغيير من أجل فعل المشتقة (فعل الإستجابة) .

Correction outpot signal $\propto$ Velocity of Variable .

$$V = - k_3 \frac{d\theta}{dT} .$$

ويوضح شكل 5-17 إشارة فعل المشتقة ، ويلاحظ أن فعل المشتقة بالسالب وحركة التغيير عديمة الأهمية للقيمة المطلوبة .

ووقت فعل المشتقة عادة ما يكون مضبوط عند التحكم ، وربما يحدث خطأ كبير وثابت يحدد بوقت مطلوب لفعل التناسب ويزداد بواسطة كمية متساوية بمقدار فعل المشتقة والوقت الطويل يجعل فعل المشتقة أكبر . بمعنى زيادة الحساسية لمشتقة التحكم . مثلا لو أن الإنحراف يتغير بنسبة 50% فى الدقيقة تنخفض

إشارة مشتقة التحكم $\frac{3}{8}$ بار ولو أن نسبة التغيير % 100 (فإن إشارة المدى من $2\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{4}$) حينئذن يكون الإنحراف % 25 ويسبب تغيير $\frac{3}{8}$ بار فى خرج منظومة التحكم.

هكذا فإن التغيير سوف يحدث فى دقيقة واحدة عند أكبر حالاته – عند وقت فعل المشتقة لدقيقة واحدة -

ملحوظة :

1- فعل التكامل نادرًا ما يطبق وحده فقط .

2 - فعل مشتقة التكامل لا تطبق وحدها فقط .

17.7- أفعال التحكم Control Actions .

بإختصار هو مكسب التحكم . فى شكل 5 -17 يبين فى أول مقطع تأثير عدد إثنين من إشارة الإنحراف لمستوى السائل فى التنك . ويلاحظ إشارة فعل التناسب فى المقطع رقم إثنين معاكس للإنحراف ، والنسب المرتفعة للمقطعين واحد وإثنين يعتمد على معامل التناسب بين التصحيح والإنحراف . ولإشارة فعل التكامل حينئذن تكون القيمة عند أى وقت فى المقطع الثالث يعتقد أن المساحة المكتسبة عند تلك الحظة فى المقطع الأول تنطبق على الجانب المعاكس للخط ، ومعامل القياس المناسب . ولإشارة فعل المشتقة عند تلك القيمة للإشارة التى على المقطع الرابع تكون متغيرة الميل فى المقطع الأول ، مرة ثانية فإن الخط يكون فى الإتجاه المضاد بمعنى . يتغير الميل فقط عند النقط الأربعة على المقطع الواحد وهكذا عند نقط المشتقة وتكون مؤثرة لحظيًا تقريبًا .

وفى شكل 6 -17 أيضًا يبين التغير فى فعل التكامل ففى الصورة رقم 1 تأثير فعل التكامل الذى يتم بإستقرار ببطئ مع وقت طويل وفى الصورة الثانية تأثير فعل التكامل كبير بمعنى مدفوع لأعلى ويأخذ وقت طويل للإستقرار أما الصورة الثالثة فهى لتأثير فعل التكامل بمعنى التغير شبه معدوم لسرعة إخماد الذبذبة .

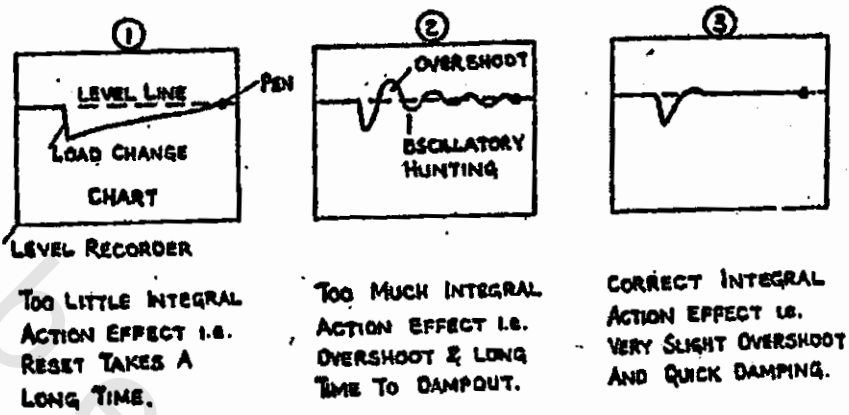


Figure 17-6 Integral action Time

17.8- طريقة عمل مجموعة التحكم بالهواء

Pneumatic Controller Action (P + I + D)

المقطع فى شكل 17-7 يوجد به تعقيدات خفيفة بسبب محاولة توضيح جميع الأفعال فى مقطع واحد عند إستخدام مقاطع منفصلة لكل مقطع . وعلى الرغم من أنه موجود بالذاكرة فإن الزيادة فى تبسيط التحكم لإعطاء أحسن واجب وإشارة طول مدة التحكم ويفضل فى الحد الثالث للتحكم أن تكون معاملات الإنحراف مقبولة شكل 17-7 .

17.8.1- المرحل Relay .

لتغيير المتغيرات الصغيرة فى الضغط P ، والإستفادة من الهواء المضغوط يتم قبل الذهاب لوحدة تشغيل التصحيح .

17.8.2- عملية التناسب.

الضغط P يكون تقريبًا مناسبا لحركة القلاب Flapper بعيدًا عن الفونية N بالإنحراف θ . ويكون وضع القلاب مؤثر مباشرة على تحكم الصمام . وتقريبًا تكون أحجام التركيبة c يكون قطرها حوالى $200\ \mu m$ ، والفونية N يكون قطرها حوالى $800\ \mu m$ ومسافة القلاب حوالى $75\ \mu m$. وللتأكد فإن التناسب المضبوط وكفاءة مساحة القلاب الخطية تكون منخفضة إلى ما يقرب من

μ 25 (لدرجة أنها تعطى أقل حساسية ونطاق تناسبى عريض) مع تغذية عكسية سالبة على القلاب نتيجة المنفاخ الداخلى وفعل الضغط P عليه .

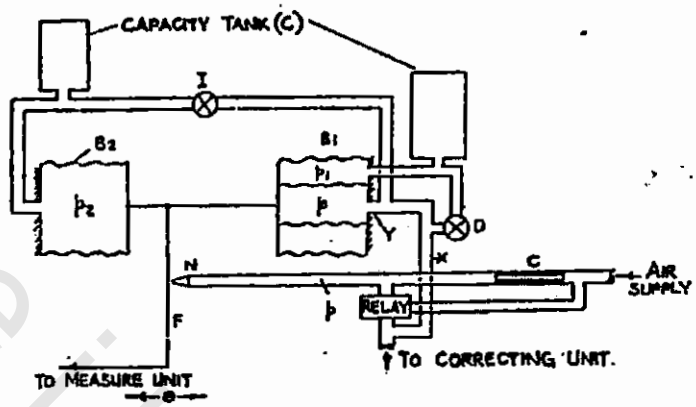


Figure 17-7 (P + I + D) Pneumatic controller Action

إضافة فعل التكامل Integrated Added . يتم هذا التطبيق بواسطة إضافة تغذية عكسية موجبة بضغط P_2 بتأثير المنفاخ Bellow B_2 وضبط الضغط عند الصمام I والزيادة فى الحجم لوحدة التحكم مع التنك C .

إضافة فعل المشتقة .

يطبق هذا مع مساعدة التغذية السالبة بضغط P_1 والتأثير على B_1 ووقت التحكم D والتنك C .

17.9- التحكم الفعلى Control Practice .

أنواع التحكم الفعلى Actual Controller Types :

هناك أعداد كثيرة من أشكال أجهزة التحكم المنتجة بواسطة عدد كبير من المصانع المتخصصة وربما تكون موجودة فى كتب الصناع بالتفصيل ، وربما يكون التحكم معظمه كهرباء إلكترونية من خلال إكتشاف حساس لتشغيل التحكم النهائى ، ولعدة سنوات لا يزال الهواء هوالساند فى التشغيل ويجب أن تكون المعدات البحرية قوية وموثوق بها نتيجة المهام التى تقوم بها .

ومن متطلبات نظم التحكم بالهواء أن تكون خطوط الهواء على درجة عالية من النظافة . ولحماية متطلبات النظافة توجد بعض الأسئلة ووسائل التحكم مشروحة الآن.

17.9.1- تحكم الضغط الرئيسى Master Pressure Controller .

شكل 8-17 يبين مجموعة التحكم بالضغط الرئيسى وتتكون من أمبوبة بوردن التى تستخدم فى بيان قياس ضغط الهواء مع نظم تشغيل إضافية لوصلة ذراع لتدوير طرف مخروطى لفعل أحادى لصمام المرشد . وبتغير الضغط فى أمبوبة بوردن يسبب حركة طرف الأمبوبة حول محور الإرتكاز ، وتنتقل الحركة بواسطة وصلة للضغط ومحور إرتكاز الطرف المخروطى مباشرة إلى ذراع صمام المرشد ويتغير هذا الحمل الناشئ عن ضغط الهواء الخارج الذى يؤثر على القرص الرقيق المتحكم فى صمام التشغيل .

والذى أيضًا يتحكم فى تغيير إمداد الوقود لحارق الغلاية .

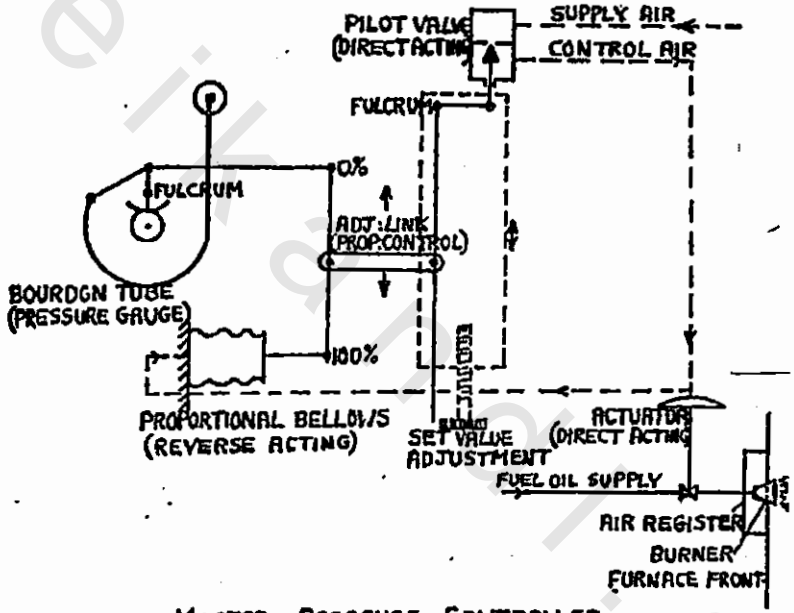


Figure17-8 Master Pressure controller

وللتأكد من فعل التناسب يتم عكس فعل التغذية العكسية المؤدى إلى طريق المنفاخ ، وفى هذه الحالة فإن النطاق النسبى يكون بين 0 ، % 100 . وهذا التحكم يعطى تحكم نسبى فقط .

ولو أن الإزاحة Offset كانت قيمتها أكبر من اللازم فإن فعل التكامل من الممكن أن يضاف بأخذ إشارة خرج هواء التحكم فى فعل التكامل المرحل وذلك قبل إنتقالها إلى المشغل .

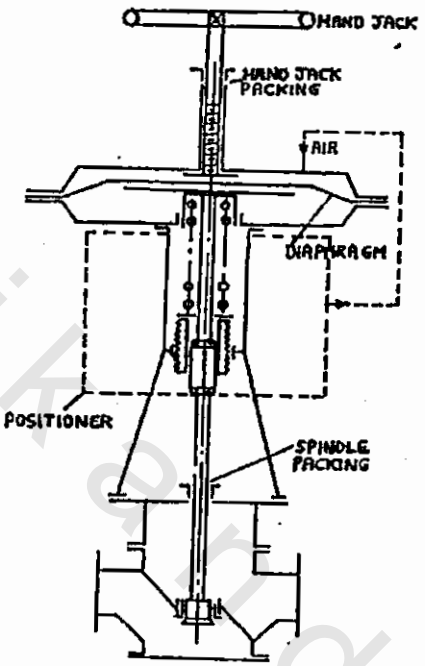
وعندما يتغذى خرج وحدة التحكم عن طريق إضافة تحكمات أخرى أو بإشارة عملية سريعة وهذا المصطلح يسمى بالتحكم التعاقبى .
ولو أن ضغط خرج التحكم تم تقسيمه بواسطة مرحل أو أداة مختلفة للتحكم مثلا ربما يكون نتيجة هذا مصطلح عليه بمدى التحكم المجزء .

17.9.2- التحكم فى نسب الوقود والهواء Fuel – Air Ratio Controller
التغيير فى هواء الحريق المتدفق يقاس بمدى إختلاف الضغط عبر الهواء المسجل ، وينتقل هذا التحكم عن طريق منفاخ كبير إلى رافدة تناسب كما هو فى شكل 9-17.
والتغيير فى ضغط الوقود يكون بسبب تحكم الضغط الرئيسى نتيجة الإختلاف فى ضغط البخار. وتكون تغذية الوقود صغيرة جدًا للمنفاخ وتكون التغذية عن طريق المنفاخ الصغير . وتكون هاتين الإشارتين متضادتين عند تزويدها بنظام العارضة المتارجحة – الرافدة - وبين الرافدتين يوجد هناك بكرة إسطوانية متحركة و تكون متمركزة الحركة بواسطة مسمار للمعايرة النسبية لتعطى حالات إتزان مختلفة والنسبة تبين المقياس النسبى ووضع التشغيل لزراع الرافدة متصل بصمام المرشد الذى يتغير بتحكم إشارة خرج الهواء . وتتغذى إشارة الخرج من مرحل متوسط حيث أنها تساوى إشارة التغذية لمشغل قلاب الهواء . ولضبط تناسب التغذية الخلفية السالبة للمنفاخ يجب أن نلاحظ إن هذا النوع من التحكم مفيد فقط فى حالة التحكم بالتناسب .
والنسب الصحيحة للوقود والهواء من الممكن المحافظة عليها بعدد الحوارق المستخدمة على شرط أن يكون الهواء المسجل قريب من عدد الحوارق الغير مستخدمة .

17.10- صمام تحكم الوقود Fuel Oil Control Valve .
يبين شكل 10-17 التحكم الفعلى للهواء أعلى الرق المصنوع من الكاوتشوك Diaphragm والذى يسبب الزيادة فى ضغط الهواء بسبب حركة الصمام لإسفل ليسمح بزيادة الوقود الوارد للحاوارق .
ويبين وضع رق الكاوتشوك الذى يملك الإضافة الكاملة فقط والمستخدمة حيث الكميات متغيرة القوة نتيجة الأحمال أو عدم الإتزان فى وضع عناصر التحكم النهائية ، والإستخدام الآخر لتكبير التحكم التناسبى عندما تنقطع تغذية الهواء للغشاء Diaphragm حينئذن سوف يفشل الصمام فى أداؤه بمعنى ؛ سيقفل

طريق تدفق السائل من جهة اليمين إلى جهة اليسار فى شكل 10-17 ويعمل على عدم إشتعال الحارق .

ويمكن التحكم فيه بإستخدام الطارة اليدوية . وتستخدم الطارة عند الأوضاع الآتية .



Figuer 17-10

1- التحكم عن بعد للصمام .

2- وجود ضغط عالى مختلف عبر الصمام .

3 - الزوجة الوسيط الموجود فى دائرة التحكم .

4 - الرباط القوى على صندوق الحشو لمنع التسريب .