INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL

MÓDULO1 – INTRODUÇÃO AO CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO 3

1.1 - HISTÓRICO 3
1.2 - DEFINIÇÕES EM CONTROLE 5
1.2.1 - Terminologia 5
1.3 - INTRODUÇÃO AO CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS 13
1.3.1 - Introdução ao Controle de Processos 15
1.3.2 - Classes de Instrumentos 16
1.3.3 - Terminologia Normalizada 18
1.3.4 - Símbolos Utilizados nos Fluxogramas de Processo 29
1.3.5 - Simbologia Geral em Instrumentação 30
1.4 - ANÁLISE DE UMA MALHA DE CONTROLE 32
1.4.1 - Diagrama Unifilar 35
1.5 - PRINCIPAIS SISTEMAS DE MEDIDA 36
1.5.1 - Sistema Métrico Decimal 37
1.5.2 - Sistema Físico 37
1.5.3 - Sistema Industrial Francês 37
1.5.4 - Sistema Prático 38
1.5.5 - Sistemas Ingleses 38

2 - TELEMETRIA 40

2.1 - TRANSMISSORES 40
2.1.1 - Transmissão Pneumática 41
2.1.2 - Transmissão Eletrônica 41
2.1.3 - Protocolo HART 42
2.1.4 - Fieldbus 43

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - HISTÓRICO

Os processos industriais exigem controle na fabricação de seus produtos. Os processos são muito variados e abrangem muitos tipos de produtos como pôr exemplo: a fabricação dos derivados do petróleo, produtos alimentícios, à indústria de papel e celulose, etc.

Em todo este processos é absolutamente necessário controlar e manter constantes algumas variáveis, tais como pressão, vazão, temperatura, nível, pH, condutividade, velocidade, umidade, etc. Os instrumentos de medição e controle permitem manter constantes as variáveis do processo com os seguintes objetivos: melhoria em qualidade do produto, aumento em quantidade do produto e segurança.

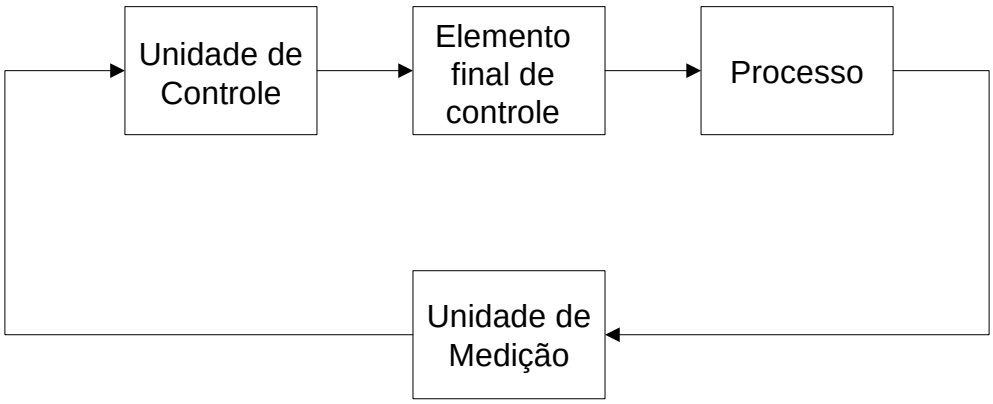
No princípio da era industrial, o operário atingia os objetivos citados através de controle manual destas variáveis utilizando somente instrumentos simples, manômetro, termômetro e válvulas manuais, etc. e isto era suficiente porque os processos eram simples. Com o passar do tempo os processos foram se complicando exigindo um aumento da automação nos processos industriais, através dos instrumentos de medição e controle. Enquanto isto os operadores iam se liberando de sua atuação física direta no processo e ao mesmo tempo ia permitindo a centralização das variáveis em uma única sala. Devido a centralização das variáveis do processo podemos fabricar produtos que seriam impossíveis através do controle manual. Mas para atingir o nível que estamos hoje, os sistemas de controle sofreram grandes transformações tecnológicas como veremos a seguir: controle manual, controle mecânica e hidráulico, controle pneumático, controle elétrico, controle eletrônico e atualmente controle digital.

Os processos industriais podem dividir-se em dois tipos: processos contínuos e processos descontínuos. Em ambos os tipos deve manter-se as variáveis próximo aos valores desejados.

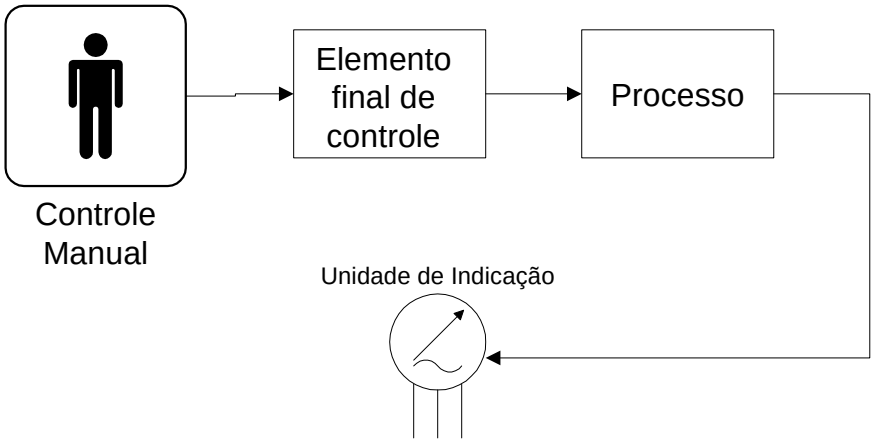
O sistema de controle que permite fazer isto define-se como aquele que compara o valor da variável do processo com o valor desejado e toma uma

atitude de correção de acordo com o desvio existente sem que a operação intervenha.

Para que se possa fazer esta comparação e conseqüentemente a correção, é necessário que se tenha uma unidade de medida, uma unidade de controle e um elemento final de controle no processo.



Este conjunto de unidades forma uma malha de controle. A malha de controle pode ser aberta ou fechada. No exemplo anterior vimos uma malha



fechada e no exemplo abaixo veremos uma malha aberta.

1.2 - DEFINIÇÕES EM CONTROLE

Os instrumentos de controle empregados na indústria de processos tais como, química, siderúrgica, papel, etc. tem sua própria terminologia. Os termos utilizados definem as características próprias de medida e controle dos diversos instrumentos utilizados: indicadores, registradores, controladores, transmissores e válvulas de controle.

A terminologia empregada é unificada entre os fabricantes e os usuários e os organismos que intervém diretamente ou indiretamente no campo da instrumentação industrial.

1.2.1 - Terminologia

1. **Ação Direta**: Ação de um dispositivo qualquer cuja resposta varia em proporção direta com o sinal de entrada (o sinal de saída cresce com o sinal de entrada crescente). Nas válvulas de controle, a ação direta corresponde à construção “fecha para baixo”: o movimento descendente da haste move o obturador da posição aberta para a posição fechada.

2. **Ação Reversa**: Ação de um dispositivo qualquer cuja resposta varia em proporção inversa ao sinal de entrada (o sinal de saída decresce com o sinal de entrada crescente). Nas válvulas de controle, a ação reversa corresponde à construção “abre para baixo”: o movimento descendente da haste move o obturador da posição fechada para a posição aberta.

3. **Ação Reversível**: Construção típica que permite a um dispositivo qualquer operar com ação direta ou reversa, conforme a aplicação particular desejada. Nas válvulas de controle, a ação reversível é obtida invertendo a posição do corpo, no caso das válvulas globo; as válvulas do tipo rotativo são essencialmente reversíveis, bastando inverter a posição da articulação do atuador. No caso dos atuadores, a construção reversível é obtida alterando a aplicação da pressão de atuação, da tampa superior para a tampa inferior do diafragma.

4. **Alcance de Faixa (Rangeability)**: Relação entre os valores máximo e mínimo em que a resposta de um dispositivo qualquer acompanha a sua curva ideal, obedecendo a um desvio máximo pré-definido. Nas válvulas de controle, é a relação entre os valores máximo e mínimo em que a vazão real da válvula acompanha a característica de vazão inerente, dentro do desvio máximo tolerável(alcance de faixa inerente). Uma válvula que é capaz de manter controle satisfatório quando a vazão aumenta 100 vezes em relação ao valor da vazão controlável mínima, tem um alcance de faixa inerente de 100:1. O alcance de faixa pode também ser definido como relação entre os coeficientes máximos e mínimos de vazão controlável.

5. **Amplitude de Faixa (SPAN)**: Diferença algébrica entre os valores superior e inferior da faixa de operação de um dispositivo qualquer (por exemplo: a faixa 0,2 a 1,0 Kgf/cm² tem amplitude de 0,8Kgf/cm², a faixa 3 a 15 psig tem amplitude de 12 psig; a faixa -50 a +100+ C tem amplitude de 150+C).

6. **Atraso de Resposta(LAG)**: Retardo entre a ocorrência de uma mudança do sinal de entrada e a variação correspondente do sinal de saída, para um dispositivo qualquer.

7. **Atuador Direto**: Atuador de ação direta: a pressão de atuação move a haste para baixo com sinal crescente.

8. **Atuador Reverso**: Atuador de ação reversa: a pressão de atuação move a haste para cima com sinal crescente.

9. **Atuador Reversível**: Atuador capaz de operar com ação direta ou reversa, conforme a aplicação particular desejada, alterando apenas o ponto de aplicação da pressão de atuação.

10. **Controlador**: Dispositivo que opera de um modo automático, executando uma ação de comando, de forma a regular uma variável controlada.

11. **Controle Automático**: Sistema de controle que opera sem intervenção humana.

12. **Controle de Processo**: Operação que permite manter dentro dos valores desejados as condições e as variáveis do processo.

13. **Controle Biestável (Controle "on-off")**: Sistema de controle automático que opera entre duas condições de equilíbrio estável (o elemento de controle assume duas posições apenas: ligado ou desligado, aberto ou fechado).

14. **Derivação ("BYPASS, Desvio")**: Ligação paralela que permite uma passagem lateral do fluxo ou do sinal considerado (contorno da válvula é a ligação paralela que permite desviar o fluxo, isolando a válvula de controle. Contorno do posicionador é a ligação paralela que permite aplicar o sinal de controle diretamente ao atuador da válvula, isolando o posicionador). Também chamado de desvio ou derivação.

15. **Distúrbio**: Variações que provocam desequilíbrio (SP=PV) no processo.

16. **Diagrama em Blocos**: Esquema representativo das funções de transferência de um sistema.

17. **Elemento Final de Controle**: Dispositivo que recebe o sinal final de controle e age proporcionalmente sobre a variável manipulada.

18. **Elemento Primário de Controle (Transdutor de medição)**: Parte do sistema de medição, que utiliza a energia do meio controlado

produzindo uma condição que representa o valor da variável controlada (geralmente pressão, força ou movimento, resistência, tensão etc.).

19. **Erro**: veja sinal de erro.

20. **Erro de Controle (OFF-SET)**: Afastamento entre o valor real e o valor desejado da variável controlada, na condição de estado de equilíbrio.

21. **Exatidão**: Grau de conformidade entre o valor numérico atribuído a uma grandeza qualquer e o valor real dessa mesma grandeza, expressa em termos do limite de erro permissível.

22. **Faixa de Medição (Range):** Conjunto de valores da variável medida que estão compreendidos dentro do limite superior e inferior da capacidade de medida ou de transmissão do instrumento. Normalmente se expressa determinando os valores extremos. Exemplo: 100 à 500^0C 0 à 20 PSI

23. **Ganho**: Relação numérica entre o incremento do sinal de saída de um dispositivo qualquer e a variação correspondente do sinal de entrada (fornece a medida da sensibilidade do dispositivo em relação ao sinal de entrada considerado).

24. **Ganho em Malha Aberta**: Ganho de um sistema de controle em malha aberta, expresso pelo ganho conjugado de todos os elementos do sistema (o ganho de malha aberta é determinado pelo produto dos ganhos individuais de cada elemento que compõem a malha de controle).

25. **Ganho em Malha Fechada**: Ganho de um sistema de controle em malha fechada, expresso como a relação entre a variação do sinal

de saída e a variação correspondente do sinal de entrada, em uma freqüência determinada.

26. **Instrumentação**: É um segmento da engenharia que projeta, constrói, instala, opera e mantém instrumentos.

27. **Normalmente Aberta**: Construção na qual a válvula abre quando a pressão de atuação é reduzida à pressão atmosférica.

28. **Normalmente Fechada**: Construção na qual a válvula fecha quando a pressão de atuação é reduzida à pressão atmosférica.

29. **Posicionador**: Acessório das válvulas de controle que transmite a pressão de carga ao atuador, permitindo posicionar a haste da válvula no valor exato determinado pelo sinal de controle.

30. **Pressão de Carga**: Pressão empregada para posicionar um atuador automático (é a pressão que efetivamente trabalha no diafragma ou pistão do atuador), podendo ser igual à pressão do instrumento, no caso em que o posicionador não é utilizado.

31. **Pressão do Instrumento**: Pressão de saída do instrumento controlador, que é utilizada para comandar uma válvula de controle.

32. **Pressão de Suprimento**: Valor de pressão disponível para alimentação de um dispositivo qualquer. Para as válvulas de controle, os valores normais requeridos para a pressão de suprimento do posicionador são 1,3Kgf/cm² para a faixa de 0,2 a 1,0Kgf/cm² e 2,3Kgf/cm² para a faixa de 0,4 a 2,0Kgf/cm² (20psig para a faixa de 3 a 15 psig e 35 psig para a faixa de 6 a 30 psig).

33. **Processo**: É uma operação onde varia pelo menos uma característica física ou química de determinado material.

34. **Realimentação (FEEDBACK)**: Ramo reativo de uma malha fechada de controle que fornece ao controlador a informação necessária para gerar a ação corretiva desejada.

35. **Sinal (SIGNAL**): Variável física cujos parâmetros fornecem informações a respeito de uma segunda variável (o sinal fornece a representação quantitativa da segunda variável).

36. **Sinal de Controle**: Sinal fornecido pelo controlador que age sobre a variável manipulada de um sistema de controle, diretamente ou através de dispositivos ou auxiliares de controle.

37. **Sinal de Entrada**: Sinal aplicado a um dispositivo ou sistema qualquer, capaz de fazer variar o seu estado de equilíbrio.

38. **Sinal de Erro**: É a diferença entre o valor lido ou transmitido pelo instrumento em relação ao valor real da variável medida. Se tivermos o processo em regime permanente chamaremos de erro estático que poderá ser positivo ou negativo dependente da indicação do instrumento o qual poderá estar indicando a mais ou menos. Quando tivermos a variável teremos um atraso na transferência de energia do meio para o medidor. O valor medido estará geralmente atrasado em relação ao valor real da variável. Esta diferença entre o valor real e o valor medido é chamado de erro dinâmico.

39. **Sinal de Medida**: Sinal fornecido pelo elemento sensor, diretamente ou através de transdutor ou transmissor apropriado, que mede o valor de uma variável de processo.

40. **Sinal de Realimentação (FEEDBACK SIGNAL)**: Sinal de retorno que compõe o ramo reativo de um sistema de controle em malha fechada, fornecido pela medição da variável controlada aplicada na entrada do sistema.

41. **Sinal de Saída**: Sinal fornecido por um dispositivo ou sistema qualquer, em resposta a um determinado sinal de entrada.

42. **Sistema de Controle Automático**: Conjunto de dispositivos que compõem um sistema de controle capaz de operar sem a intervenção do homem.

43. **Transmissor**: Instrumento que transmite o valor de uma variável do processo medida por um elemento primário, tendo o mesmo um sinal de saída cujo valor varia em função da variável do processo.

44. **Valor Desejado (SET POINT)**: Variável de entrada no controlador que estabelece o valor desejado da variável controlada (o valor desejado e a variável controlada devem ser expressos nas mesmas unidades).

45. **Válvula de Ação Direta**: Construção típica de válvula globo, na qual o obturador fica situado entre o atuador e o anel da sede: o movimento descendente da haste aproxima o obturador da sede, fechando a válvula (válvulas deste tipo são também chamadas de “ação direta”). O termo pode também ser aplicado às válvulas de tipo rotativo, quando do movimento descendente do atuador move a esfera ou o disco no sentido da posição fechada.

46. **Válvula de Ação Reversa**: Construção típica das válvulas globo, na qual o anel da sede fica situado entre o atuador e o obturador: o movimento descendente da haste afasta o obturador da sede, abrindo a válvula (válvulas deste tipo são também chamadas de “ação reversa”). O termo pode também ser aplicado às válvulas de tipo rotativo, quando do movimento descendente do atuador move a esfera ou o disco no sentido da posição aberta.

47. **Válvula de Controle**: Elemento final de controle destinado a regular a vazão do fluído que a percorre, modificando a área de passagem

interna em correspondência ao valor do sinal de comando recebido de um controlador.

48. **Variável Controlada (PV)**: Qualquer variável de processo cujo valor se deseja manter regulado numa forma ou manter em determinado valor.

49. **Variável Manipulada (MV)**: Variável sobre a qual se age, em um sistema de controle, para corrigir as variações da variável controlada.

50. **Variável de Processo**: Qualquer grandeza física (vazão, temp., etc.) ou condição de um processo que é passível de variação

51. **Velocidade de Resposta**: Velocidade com que um sinal de saída de um dispositivo qualquer varia em resposta à variação de um sinal de entrada correspondente (para as válvulas de controle a velocidade de resposta é também chamada de velocidade de curso designando a velocidade com que o atuador executa seu curso total).

52. **Vena Contracta (Veia Contraída):** Posição onde a área de seção reta do veio escoante tem valor mínimo (contração máxima), correspondendo ao valor máximo de velocidade de escoamento e ao valor mínimo da pressão estática do fluído (para as válvulas de controle, a seção de vena contracta ocorre imediatamente a jusante da restrição de passagem).

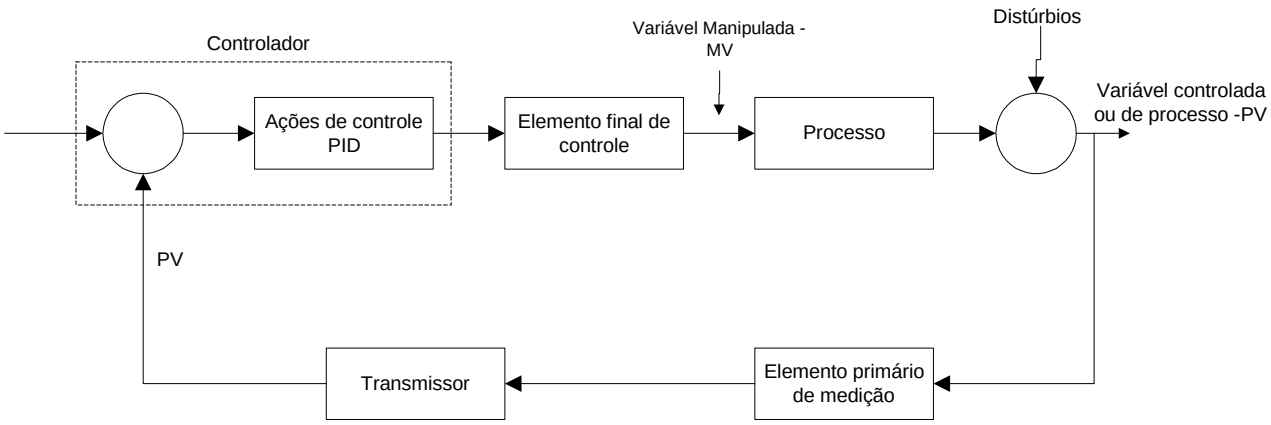
1.3 - INTRODUÇÃO AO CONTROLE DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

Dentre os objetivos de um sistema de controle podemos destacar: estabelecer condições estáveis em um processo para que obtenha o maior lucro possível, maior produtividade, e ainda prevenir condições instáveis que poderiam colocar em risco pessoas e equipamentos do processo fabril.

Um sistema de controle é formado por uma série de instrumentos e mecanismos de controle que recebem e fornecem informações por meio de sinais elétricos ou pneumáticos, interligados sobre a forma de malha de controle (loop), de modo a produzir resultados úteis com o mínimo de supervisão humana.

Os sistemas podem ser classificados em abertos ou fechados. Denomina-se de sistema de controle aberto aquele no qual a variável de saída do processo não exerce algum efeito sobre a entrada, enquanto que, numa malha fechada com retroalimentação negativa, a variável de saída medida interfere no valor da variável de entrada.

O diagrama seguinte mostra os principais blocos que compõem um sistema de controle de processos com retroalimentação negativa ou simplesmente realimentação negativa.



Normalmente qualquer sistema pode ser representado por um diagrama em blocos como o anterior, onde podemos distinguir os seguintes blocos:

Processo: parte que representa a equação matemática, geralmente no domínio da freqüência, que relaciona a variável de saída (PV) em função da variável de entrada ou manipulada (MV).

Elemento primário de medição: sensor responsável pela medição da variável controlada (PV), transformando o sinal físico de processo em sinal de pressão, elétrico ou outro qualquer.

Transmissor: instrumento que recebe na planta (chão de fábrica) o sinal do elemento primário de medição e o transmite para a sala de controle (distante do chão de fábrica). Ele também pode ter a função de linearizar o sinal do sensor, filtrar e até mesmo de controle.

Controlador: é neste instrumento que o sinal da PV é comparado com o Set point (SP, valor desejado ou referência) gerando um sinal de erro. Em função deste erro o controlador, através do algoritmo de controle PID (proporcional-integral-derivativo), determina o quanto de sinal a ser enviado para o elemento final de controle para fazer com que a PV retorne ao valor de SP. Na situação onde não há erro, o controlador manter o último sinal na saída, mantendo constante a variável manipulada (MV).

Elemento Final de Controle: Recebe o sinal de saída do controlador e atua numa variável de entrada (MV) do processo capaz de provocar alterações na controlada (PV). Este dispositivo pode ser uma válvula eletropneumática, um banco de resistores, um inversor de freqüência, etc.

1.3.1 - Introdução ao Controle de Processos

Para ilustrar o assunto, utilizaremos como exemplo um trocador de calor mostrado na figura abaixo.

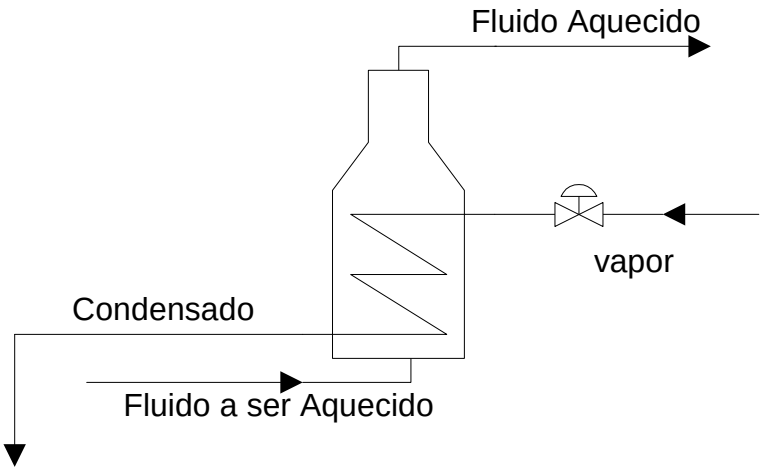


Figura: Processo típico de troca de calor onde se pretende controlar a temperatura do fluido aquecido.

No caso do trocador de calor, o termo processo significa a operação de adição de energia calorífica ao fluido a ser aquecido.

A função fundamental do sistema de controle é manipular a relação entrada/saída de energia ou material, de maneira que as variáveis de processo sejam mantidas dentro dos limites estabelecidos, ou seja, o sistema de controle regula a variável controlada, neste caso a temperatura do fluido aquecido (PV), fazendo correções em outra variável do processo, a vazão de vapor que é denominada de variável manipulada (MV), capaz de provocar modificações na PV.

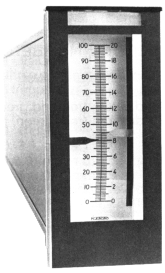
Todo sistema de controle automático implementa as mesmas funções do controle manual realizado pelo homem, mas de forma contínua com melhor qualidade e produtividade. Assim, em um processo de controle manual o operador tem a função de medir a temperatura (PV) do fluido aquecido e corrigir a vazão de vapor (MV) de forma a manter a temperatura da variável controlada no valor desejado (SP). Ou seja, o operador medi a temperatura do fluido aquecido através do tato, este sinal é comparado

mentalmente com a temperatura desejada (SP) e com base na diferença entre estes valores (erro), o operador toma a decisão (ação de controle PID) se deve atuar no elemento final de controle (válvula de vapor) e de quanto atuar para corrigir o erro.

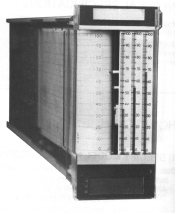
Note que as ações realizadas pelo controle manual são as mesmas do controle automático: medir, comparar, controlar e corrigir.

1.3.2 - Classes de Instrumentos

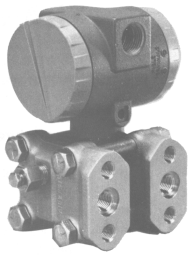
Podemos classificar os instrumentos e dispositivos utilizados em instrumentação de acordo com a função que o mesmo desempenha no processo.



a) **Indicador**: Instrumento que dispõe de um ponteiro e de uma escala graduada na qual podemos ler o valor da variável. Existem também indicadores digitais que indicam a variável em forma numérica com dígitos ou barras gráficas.

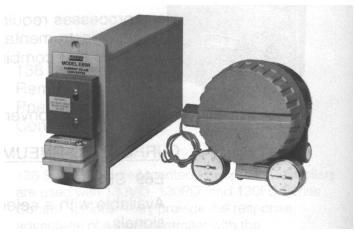


b) **Registrador**: Instrumento que registra a(s) variável(s) através de um traço contínuo ou pontos em um gráfico.

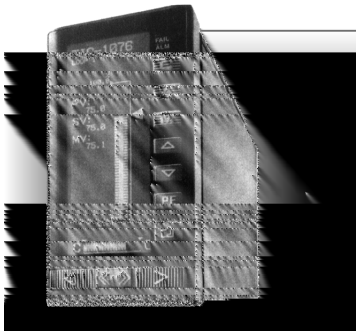


c) **Transmissor**: Instrumento que determina o valor de uma variável no processo através de um elemento primário, tendo o mesmo sinal de saída (pneumático ou eletrônico) cujo valor varia apenas em função da variável do processo.

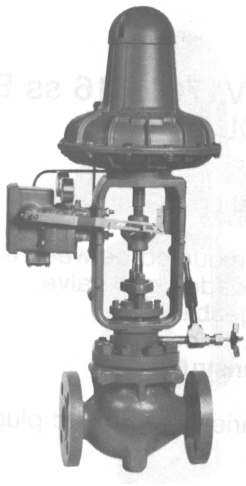
d) **Transdutor**: Instrumento que recebe informações na forma de uma ou mais quantidades físicas, modifica caso necessário as informações e fornece um sinal de saída resultante. Dependendo da aplicação, o transdutor pode ser um elemento primário, um transmissor ou outro dispositivo.



e) **Controlador**: Instrumento que compara a variável controlada com um valor desejado e fornece um sinal de saída a fim de manter a variável controlada em um valor específico ou entre valores determinados. A variável pode ser medida, diretamente pelo controlador ou indiretamente através do sinal de um transmissor ou transdutor.



f) **Elemento Final de Controle**: Instrumento que modifica diretamente o valor da variável manipulada de uma malha de controle.



OBS.: Também são classificados em instrumentos de painel, campo, à prova de explosão, poeira, líquido, etc. Combinações dessas classificações são efetuadas formando instrumentos conforme necessidades.

1.3.3 - Terminologia Normalizada

As normas de instrumentação estabelecem símbolos, gráficos e codificação para identificação alfanumérica de instrumentos ou funções programadas que deverão ser utilizados nos diagramas e malhas de controle de projetos de instrumentação.

De acordo com a norma pré-estabelecida, cada instrumento ou função programada será identificada pôr um conjunto de letras que o classifica funcionalmente e um conjunto de algarismos que indica a malha à qual o instrumento ou função programada pertence.

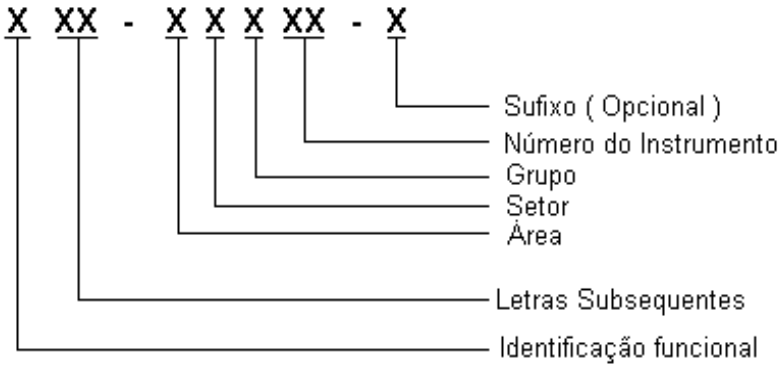
1.3.3.1 - Tagname para Instrumentação

O Tagname para instrumentação, deve apresentar a mesma filosofia que o Tagname para equipamentos, ou seja identificar a sua função e a localização do instrumento numa malha de controle ou medição.

Formado por um código alfanumérico, onde cada instrumento é identificado primeiramente por um prefixo de letras . Este prefixo inicial identifica e classifica intencionalmente o instrumento. Os dígitos subsequentes localizam o instrumento. Esta localização deverá ser sempre coerente com a sistemática adotada para o Tagname dos elementos ou equipamentos, de forma que tanto equipamentos, elementos ou instrumentos da mesma área recebam igualmente os mesmos dígitos de identificação de área , setor e grupo.

1.3.3.2 - Formato do Tagname

De acordo com a Instrument Society of America norma ISA -S5.1 e a ABNT norma NBR-8190 , é sugerido o seguinte formato:



1.3.3.3 – Procedimentos para a Formação das letras de Prefixo do Tagname de Instrumentos

A identificação funcional é formada por um conjunto de letras cujo significado é dado na tabela 1.

A primeira letra identifica qual a variável medida, indicada ou iniciadora. Assim um controle de temperatura inicia com a letra " T ", de pressão com " P ", de nível com "L", etc. Outras letras identificadoras são mostradas na primeira coluna da Tabela 1 e seu significado na segunda coluna "Variável Medida"

As letras subsequentes indicam a função do instrumento na malha de controle, podendo apresentar função ativa, que intervém no processo como um controlador, ou função passiva como indicação, sinalização e etc. Por exemplo, um instrumento identificado como *TE*, significa que ele é um elemento primário de temperatura, pois a primeira letra *T* identifica a variável temperatura e a segunda letra *E*, chamada de subsequente informa a função de sensor ou elemento primário de medição de temperatura, não importando o princípio de medição. Outro exemplo é um instrumento FI = Indicador de Vazão, onde a primeira letra mostra a variável medida (F = vazão) e a segunda a função do instrumento: Indicador. Ao acrescentarmos a letra Q ,

como “Modificadora”, esta altera o nome original do FI para FQI, pois acrescenta ao instrumento a atribuição de Totalização.

A identificação funcional é estabelecida de acordo com a função do instrumento e não de acordo com sua construção. De maneira que um registrador de pressão diferencial quando usado para registrar a vazão é identificado por FR . Se forem conectados um indicador de pressão e um pressostato num tanque onde deseja-se indicar nível e um alarme de nível por chave , estes serão identificados com LI e LS, respectivamente.

A primeira letra da identificação funcional é selecionada de acordo com a variável medida e não a variável manipulada. A variável manipulada é a variável controlada em função da variável medida. Logo, uma válvula de controle que varia a vazão para controlar um nível, comandada por um controlador de nível , é identificada como LV e não FV.

As letras subsequentes identificam as funções do instrumento, podendo ser:

- Funções passivas - elemento primário, orifício de restrição, poço;
- Funções de informação - indicador, registrador, visor, ;
- Funções ativas ou de saída - controlador, transmissor, chave e outros;
- Funções modificadoras - alarmes ou indicação de instrumento multifunção.

As letras subsequentes usadas como modificadoras podem atuar ou complementar o significado da letra precedente. Como no caso de um LILL, onde deseja-se explicar que o instrumento está indicando um nível muito baixo, utiliza-se uma quarta letra, um “ L " de " low “ . Se o instrumento indicasse apenas um alarme de nível baixo, teríamos : LIL.

O caso acima mostra que é possível incluir uma quarta letra na identificação intencional do instrumento, sendo que esta opção deve ser apenas utilizadas em casos de extrema necessidade.

A seqüência de formação da identificação Intencional de um instrumento é a seguinte:

- A *primeira letra* deve sempre indicar a variável medida. Veja a coluna “Variável medida ou Inicial” na Tabela 1. Se a primeira letra possuir sua função modificada, veja a coluna " Modificadora "
- As letras subsequentes indicam as funções do instrumento na seguinte ordem:
    1. letras que designam funções passivas ou de informação, veja a coluna “Função de informação ou passiva” na tabela 1;
    2. letras que designam funções ativas ou saídas , veja a coluna “Função final”;
    3. Letras que modificam a função do instrumento ou que funcionam como complemento de explicação de função, veja a coluna "Modificadora" dentro da coluna de letras subseqüentes.

    4. Se houver letras modificadoras, estas devem ser colocadas imediatamente após a letra que modificam.

A identificação funcional deve ser composta de pelo máximo de três (3) letras. Uma quarta letra somente será permitida no caso de extrema necessidade para explicar completamente qual é a função do instrumento.

Nota:

a) Para instrumentos mais complexos, as letras podem ser divididas em subgrupos .

b) No caso de um instrumento com indicação e registro da mesma variável, a letra **I** , pode ser omitida.

Um instrumento complexo, com diversas medições ou funções, pode ser designado por mais de uma identificação funcional. Assim um transmissor registrador de razão de vazões, com uma chave atuada pela razão, em fluxogramas, pode ser identificado por dois círculos tangenciais, contendo as identificações FFRT e FFS. Em outros documentos, onde são usados símbolos gráficos, o instrumento pode ser identificado por FFRT / FFS.

Todas as letras da identificação funcional , devem ser maiúsculas. Eventualmente, para completar a identificação, poderá ser acrescido um sufixo.

O quadro abaixo mostra um exemplo de instrumento identificado de acordo com a norma pré-estabelecida.

<table>
<tr><td colspan="5">Identificação do Instrumento</td></tr>
<tr><td>P</td><td>RC</td><td>001</td><td>02</td><td>A</td></tr>
<tr><td>Variável</td><td>Função</td><td>Área da Atividade</td><td>N^0 Seqüencial da Malha</td><td rowspan="2">S
U
F
I
X
O</td></tr>
<tr><td colspan="2">Identificação Funcional</td><td colspan="2">Identificação da Malha</td></tr>
</table>

Onde:

P - Variável medida - Pressão

R - Função passiva ou de informação - Registrador

C - Função ativa ou de saída - Controlador

001 - Área de atividade, onde o instrumento atua

02 - Número seqüencial da malha

A - Sufixo

De acordo com a tabela da próxima página pode-se obter combinações possíveis de acordo com o funcionamento dos dispositivos automáticos.

Exemplos:

T - Temperatura

R - Registrador

C - Controlador

P - Pressão

I - Indicador

F - Vazão

C - Controladora

V - Válvula

L - Nível

G - Visor

Tabela 1 - Transcrição original da norma ISA- 55.1.

1ª LETRA			LETRAS SUCESSIVAS		
	Variável Medida	Letra de Modificação	Função de Leitura Passiva	Função de Saída	Letra de Modificação
A	Analisador (4)		Alarme		
B	Queimador (Chama)				
C	Condutibilidade Elétrica			Controlador	
D	Densidade ou Peso Específico	Diferencial (3)			
E	Tensão (Fem)		Elemento Primário		
F	Vazão	Relação (3)			
G	Medida Dimensional		Visor (7)		
H	Comando Manual				Alto (5,11,12)
I	Corrente Elétrica		Indicação ou Indicador		
J	Potência	Varredura			
K	Tempo ou Programa			Estação de Controle	
L	Nível		Lâmpada Piloto		Baixo (5,11,12)
M	Umidade				Médio ou Intermediário (5,11,12)
O			Placa de Orifício (8)		
P	Pressão		Tomada de Impulso		
Q	Quantidade	Integração (3)			
R	Radioatividade		Registrador		
S	Velocidade ou Freqüência	Segurança (6)		Interruptor	
T	Temperatura			Transmissão Transmissor	
U	Multivariáveis		Multifunção	Multifunção	Multifunção
V	Viscosidade			Válvula	
W	Peso ou Força		Poço		
X	(2)		Não classificada	Não classificada	Não classificada
Y				Relê ou Computador (9,10)	
Z	Posição			Elemento Final de Controle	

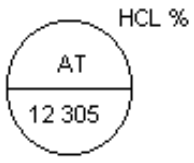
Notas referentes aos campos enumerados da tabela 1.

(1) O uso da letra **U** para variáveis ou instrumentos que executam multifunção, em lugar de uma combinação de letras, é opcional.

(2) A letra não classificada **X** é própria para indicar variáveis que serão usadas somente uma vez. Se usada como primeira letra, poderá ter qualquer significado, e qualquer significado como letra subsequente. Por exemplo: Um XR pode ser um registrador de amplitude; ou um TX pode ser um conversor de P/I ou um I/P, montado no corpo de uma válvula de controle de temperatura, ou pode estar montado no campo . Outro exemplo, um XR pode ser um registrador de tensão mecânica, e etc;

(3) Qualquer primeira letra se usada em combinação com as letras modificadoras D (diferencial) , F (vazão) ou Q (Totalização ou integração), ou qualquer combinação delas, representará uma nova variável medida e a combinação será tratada como *primeira letra*

(4) A primeira letra **A**, para analise, cobre todas as análises não listadas na Tabela. Cada tipo de análise deverá ser definida fora do seu círculo de identificação no fluxograma. Símbolos tradicionalmente conhecidos como pH , 0_2 e CO, têm sido usado opcionalmente em lugar da primeira letra **A**. Esta pratica pode causar confusão, particularmente quando as designações são datilografadas por máquinas mecânicas. Como exemplo podemos citar um AT, ou seja um Analisador de concentração de ácido, pode ser simbolizado como mostramos na figura abaixo:



(5) O uso dos termos modificadores **alto , baixo , médio ou intermediário e varredura** é preferido, porém opcional. Muito utilizado para explicar se uma variável apresenta uma determinada condição de alarme, como por exemplo um TAL , um instrumento que indica um alarme baixo de temperatura . Note

que a letra **A** funciona como letra de função passiva , pois na realidade o instrumento pode ser um simples indicador de temperatura, onde não é importante dizer que este também indica, caso contrário sua representação seria TIAL= indicador de temperatura com alarme de temperatura baixa .

(6) O termo **segurança** se aplicará somente para elementos primários de proteção de emergência. Então, uma válvula auto - operada que previne a operação de um sistema acima da pressão desejada , aliviando a pressão do sistema, será uma PCV, mesmo que a válvula não opere continuamente, ou seja, uma válvula proporcional. Entretanto esta válvula receberá a representação de PSV se for usada para proteger o sistema contra condições de emergência, isto é, condições que colocam em risco o pessoal e o equipamento, ou ambos, e que não são esperados acontecer normalmente. A designação PSV se aplica para todas as condições de emergência em termos de pressão ou temperatura " TSV ", não importando a construção e o modo de operação da válvula de alívio ou válvula de segurança. Obs.: É comum encontrarmos a designação " PV ou TV ou LV e etc. ", para válvulas proporcionais ou outro tipo e que estão efetuando controle da variável manipulada . No caso mencionado acima, indicamos PCV ou TCV ou LCV e etc, quando as válvulas são auto - controladas, auto - operadas, auto - pilotadas etc.

(7) A função passiva visor, aplica-se a instrumentos que indicam diretamente o processo e normalmente não possuem escala . Por exemplo os visores de vidro acoplados à tanques para indicar a existência de fluido interno ou tubos de vidro, plásticos, ou outros materiais, conectamos à um tanque para indicar o nível

(8) A letra **O** é usada precedida da letra **F** , significando orifício de restrição, independente da finalidade a que se destina, isto é, reduzir pressão ou limitar vazão . O orifício de restrição não é usado para medição.

(9) Dependendo da aplicação, um dispositivo que conecta, desconecta ou transfere um ou mais circuitos pode ser: uma chave, um relê, um controlador de duas posições.

(10) As funções associadas com o uso da letra subsequente **Y**, devem ser definidos fora do círculo de identificação. Este procedimento não é necessário quando a função for evidente, tal como uma válvula solenóide em uma linha de sinal . A letra **Y** descrita na tabela, coluna " letras subsequentes função final " refere-se à relês ou funções de computação, ou seja, funções lógicas E , OU. , funções diversas tais como " Multiplicação /Divisão /Soma/ Subtração / Extração de raiz Quadrada e etc." ou ainda funções matemáticas especiais. É importante notar que estas funções devem ser representadas fora do circulo de identificação do instrumento

(11) O uso dos termos modificadores alto, baixo, e médio, corresponde a valores das variáveis medidas e não dos sinais . Como abordado anteriormente, são muito freqüentes para indicar o parâmetro de alarmes de uma variável. Por exemplo, um alarme de nível alto atuado pelo sinal de um transmissor de nível será um LAH .

(12) Os termos **alto** e **baixo** , quando aplicados a posições de válvulas, são definidos como:

a) alto - denota que a válvula está ou aproxima-se da posição totalmente aberta.

b) baixo - denota que a válvula está , ou aproxima-se da posição totalmente fechada .

Esta notação não é comumente utilizada para válvulas de controle proporcionais , porém no caso de válvulas On / Off que possuam sensores de proximidade e deseja-se indicar que esta atingirá a posição "Aberta" ou "Fechada “ , pode ser possível .

1.3.3.4 - Exemplos de formação da identificação funcional de instrumentos

O objetivo é dar alguns exemplos sucintos de formação da identificação funcional de instrumentos. Esta identificação é muito importante, pois descreve qual é a variável que esta sendo medida, qual é o tipo de instrumento e qual recurso que este esta utilizando.

Vejamos os seguintes exemplos:

PI = Indicador de pressão: “ P " é a variável medida (Pressão), e “ I “ é a função de informação ou passiva. Neste caso pode-se ter vários tipos de instrumentos. Desde um manômetro mecânico à instrumentos eletrônicos sofisticados. Note que ao indicar PI em um fluxograma a intenção é descrever que naquele determinado ponto deseja-se somente indicar a pressão, independentemente do tipo de instrumento utilizado.

Outros exemplos podem ser:

TI = Indicador de Temperatura

LI = Indicador de Nível

SI = Indicador de Velocidade

RI = Indicador de Radioatividade

MI = Indicador de Umidade

AI = Indicador de Condutividade, ou pH, ou 0_2 e etc.

VI = Indicador de Viscosidade

PIC = Indicador controlador de Pressão:

Neste caso a função final é o controle de uma malha, portanto, letra "C" da coluna “ função final " e a letra " I ” somente uma função passiva mencionando que o instrumento também esta indicando de alguma forma a variável "P" pressão.

TIC = Indicador controlador de Temperatura

LIC = Indicador controlador de Nível

FIC = Indicador controlador de Vazão

JIC = Indicador controlador de Potência

SIC = Indicador controlador de Velocidade

BIC = Indicador controlador de Queima ou Combustão

(Queimadores de caldeiras ou fomos ou outros)

LAH = Alarme de nível Alto:

Neste exemplo a letra "A" define a função de informação, indicando que o instrumento esta sendo utilizado para um alarme. A letra modificadora " H “ complementa esta informação indicando o parâmetro do alarme, no caso nível alto.

TAH = Alarme de Temperatura Alta

SAL = Alarme de Velocidade baixa

WAL = Alarme de Peso baixo

HV = Válvula de controle manual

A letra “ V “ indica a função final e a letra “ H “ indica a variável inicial. Note que neste caso esta válvula não é proporcional .

LCV = Válvula de controle de nível auto – operada

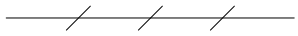
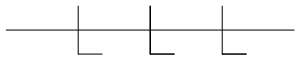
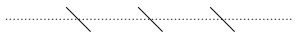
Neste exemplo a letra '"C" pode estar indicando que a válvula é auto - operada.

LV = Válvula de nível

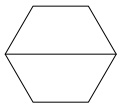
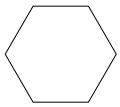
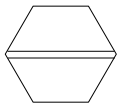
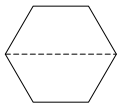
Geralmente esta notação determina que se trata de uma válvula de controle proporcional.

Obs.: A primeira letra sempre indica a variável medida e não a variável que esta sendo manipulada.

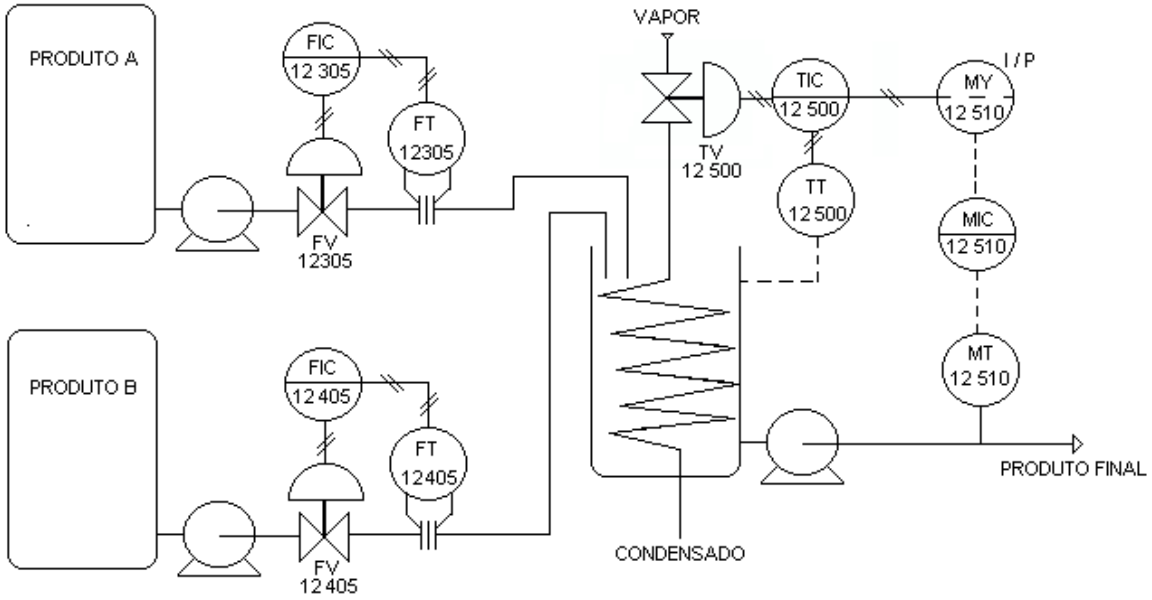
1.3.4 - Símbolos Utilizados nos Fluxogramas de Processo

Simbologia de linhas	
Tomada de impulso ou conexão com o processo	
Sinal indefinido	
Sinal pneumático	
Sinal Elétrico	
Sinal hidráulico	
Tubo capilar	
Sinal eletromagnético	
Conexão mecânica	
Conexão por software	
Tubo capilar	
Sinal binário pneumático	
Sinal binário elétrico	

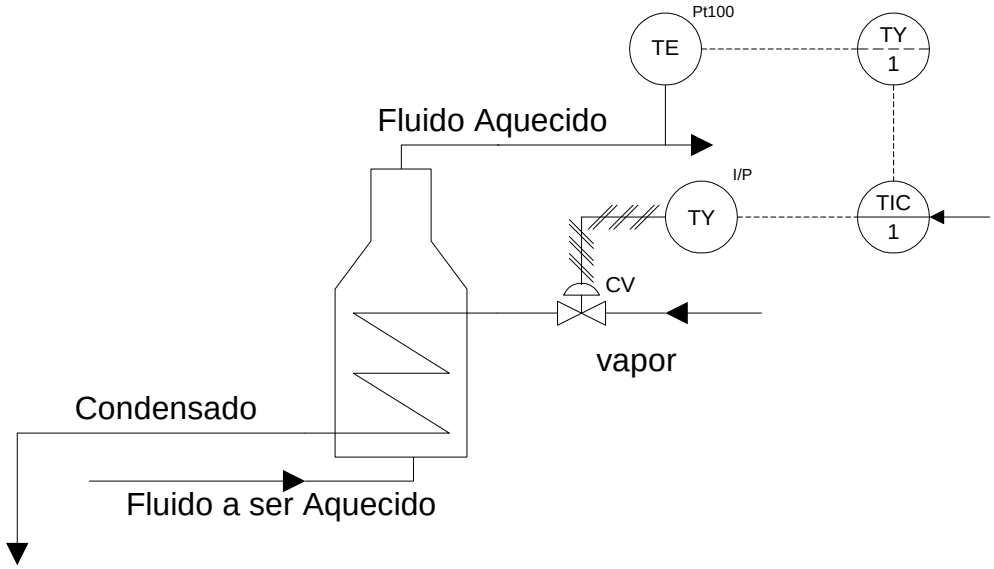
1.3.5 - Simbologia Geral em Instrumentação

	Localização em painel normalmente acessível ao operador	Montado no campo	Painel auxiliar normalmente acessível ao operador	Painel auxiliar normalmente não acessível ao operador
Instrumentos discretos				
Instrumentos compartilhados				
Computador de processo				
Controlador programável CLP				

A seguir um diagrama denominado P&I (process&instruments) para o leitor tentar interpretar a função de cada instrumento, os tipos de sinais de transmissão e a localização de cada um deles em relação ao operador.



1.4 - ANÁLISE DE UMA MALHA DE CONTROLE



A figura acima ilustra um processo de aquecimento automatizado que se resume na transferência de calor entre vapor e fluido a ser aquecido que tem como objetivo manter a temperatura do fluido aquecido no valor de referência (SP). Para isso, foi montada uma malha de controle com os instrumentos indicados no diagrama P&I acima.

Toda malha de controle deve ser ajustada para garantir a realimentação negativa. Ou seja, a existência de um distúrbio que leva a PV a um valor acima do SP deve ser realimentado de tal forma a contribuir negativamente no aumento da própria PV, assim, levando-a ao valor original igual à referência de SP.

Em todo processo, para que fique bem compreendido, é necessário conhecer com precisão alguns elementos tais como:

a) Variável controlada (PV)

b) Variável manipulada (MV)

c) Tipo de válvula (NA ou NF)

d) Característica do processo (D/R)

e) Modo de controle do controlador (D/R)

f) Fonte de distúrbios

Neste exemplo, a PV já está claro que é a temperatura do fluido de saída, pois o sistema foi elaborado com o objetivo de manter esta temperatura num valor pré-estabelecido (SP) e a variável a ser manipulada (MV) é a vazão de vapor. Se a temperatura do fluido cair, o controlador irá atuar no elemento final de controle para aumentar a vazão de vapor e em seguida provocar a reação de aumento da temperatura até atingir o valor de SP. Caso a temperatura fique acima do valor de SP, o procedimento será o inverso.

A segurança intrínseca ao processo sempre determina o TIPO DE VÁLVULA de controle ou elemento final quanto ao seu sinal de alimentação e sua resposta, podendo ser do tipo Normalmente Aberta (NA) ou Normalmente Fechada (NF).

Se uma válvula for NA:

- Falta de sinal pneumático ou um sinal de até 0,2Kgf/cm fará com que ela fique totalmente aberta.
- O máximo sinal de 1,0Kgf/cm, fará com que ela fique totalmente fechada.

E se a válvula for NF:

- Falta de sinal pneumático ou um sinal de até 0,2Kgf/cm fará com que ela fique totalmente fechada
- O máximo sinal de 1,0Kgf/cm, fará com que ela fique totalmente aberta.

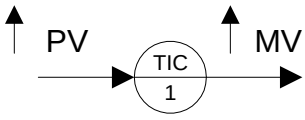
No exemplo analisado, pode-se notar que não é aconselhável que na ausência de sinal para a válvula ele fique totalmente aberta elevando a temperatura do fluido. Imagine se este processo estivesse fornecendo água aquecida para um Hotel de luxo; seria um desastre provocar queimaduras nos hóspedes. Com isto, para garantir a segurança intrínseca, foi escolhida uma válvula do tipo NF que, em caso de falta de sinal, se fechará imediatamente protegendo todo o sistema.

A CARACTERÍSTICA DO PROCESSO, que pode ser reversa ou direta, determina o sentido da ação sobre a manipulada (MV) para correção de algum distúrbio na controlada (PV). Por exemplo, se a temperatura da variável controlada aumentar por causa de distúrbios, a vazão de vapor deve

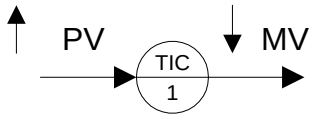
diminuir na tentativa de eliminar os efeitos provocados por esses distúrbios . Note-se que um incremento na PV levou a um decremento na MV para eliminar os distúrbios. Então, diz-se que o processo apresenta uma característica reversa.

Para definir a característica do processo, basta provocar um distúrbio na variável controlada e verificar em que sentido a variável manipulada deve atuar para eliminar o erro provocado pelo distúrbio. Se o sentido de atuação na MV for igual ao da variação da PV, diz-se que o processo tem característica direta.

O MODO DE CONTROLE de um controlador determina o sentido da ação sobre o sinal enviado para o elemento final de controle, no caso a válvula NF, em relação ao sentido de variação do sinal recebido de PV. O desenho abaixo ilustra o citado anteriormente.



Controlador no modo Direto (M/D)

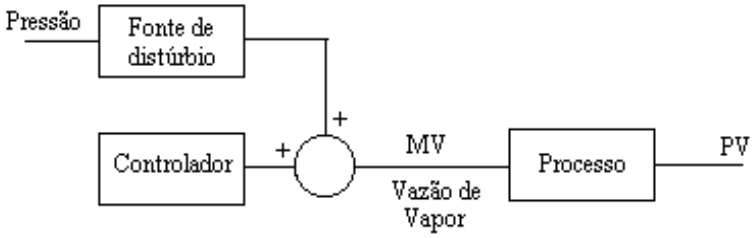


Controlador no modo Reverso (M/R)

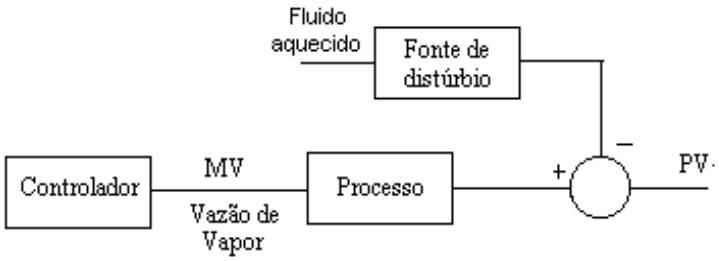
No exemplo em questão, o modo de controle do TIC deve ser reverso pois se a temperatura subir, o elemento primário irá enviar um maior sinal para o relé conversor de Ohms/V e este, por sua vez, informa um maior sinal para o controlador. E, para que a temperatura não suba a válvula deverá fechar; logo o controlador deve enviar menos sinal, pois ela é do tipo NF.

Os DISTÚRBIOS se classificam em:

- De alimentação: são aqueles que provocam alterações nas variáveis manipuladas (variáveis de entrada do processo). No caso estudado, um aumento na pressão de linha do vapor provoca um aumento na vazão, interferindo no valor final da temperatura do fluido aquecido (PV). Normalmente estes distúrbios são representados por diagramas em blocos da seguinte maneira:

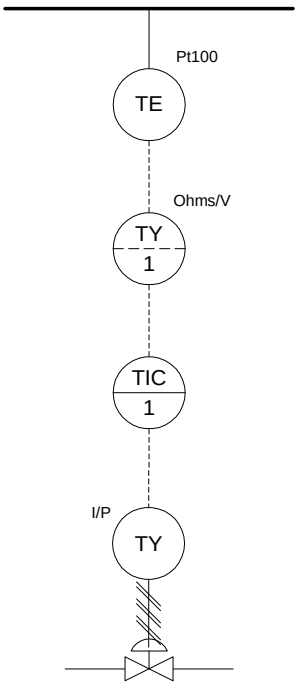


- De demanda: são aqueles que provocam alterações na saída do processo (PV). Se no exemplo do trocador de calor o consumo de fluido aquecido for aumentado a temperatura controlada diminuirá, provocando um erro para o controlador TIC.



- De Set-Point: são as perturbações provocadas pela alteração do ponto de trabalho do processo, visando aumento ou diminuição de produção. No caso provoca-se este distúrbio atuando no Set-Point do controlador (TIC).

1.4.1 - Diagrama Unifilar



Este tipo de diagrama é estruturado colocando os instrumentos da malha de controle numa disposição vertical. É comum colocar no próprio diagrama os sinais de entrada e saída de cada instrumento. Abaixo está o diagrama unifilar da malha de controle do trocador de calor estudado.

1.5 - PRINCIPAIS SISTEMAS DE MEDIDA

Os sistemas podem ser classificados quanto à natureza de suas unidades fundamentais, quanto ao valor dessas unidades e também quanto às relações escolhidas na determinação dos derivados.

- Quanto à Natureza: Dois são os sistemas principais: L.M.T. e L.F.T.

a) L.M.T. - Tem como grandezas fundamentais:

comprimento = L
massa = M
tempo = T

b) L.F.T. - Tem como grandezas fundamentais:

comprimento = L
força = F
tempo = T

- Quanto ao Valor Atribuído: As unidades fundamentais, temos:

a) Tipo L.M.T.

1º) Físico ou Cegesimal (C.G.S.) : centímetro, grama, segundo.
2º) Industrial Francês (M.T.S.) : metro, tonelada, segundo.
3º) Métrico Decimal (M.K.S.) : metro, quilograma, segundo.
4º) Absoluto Inglês (Ft, Pd, S): pé, libra, segundo.

b) Tipo L.F.T.

1º) Prático, Terrestre ou Gravitatório (M.Kgf.S.) : metro, quilograma-força, segundo.
2º) Prático Inglês (Ft, Pd, Sec.) : pé, libra-força, segundo.

- Quanto às Relações: Se forem escolhidas na derivação, pode haver, às vezes, liberdade de escolha. Citaremos como exemplo, a unidade de volume.

1.5.1 - Sistema Métrico Decimal

Criado oficialmente no ano de 1.795, passou a ser obrigatório na França, a partir de 1.840. No Brasil, foi oficializado a partir de 1.862. Tem como unidades fundamentais o metro, o quilograma e o segundo (M.K.S.).

- Metro: Inicialmente foi definido como distância correspondente à décima milionésima parte de um quarto do meridiano terrestre. Atualmente é definido em função do padrão depositado no Gabinete Internacional de Pesos e Medidas, em Sèvres, França.

- **Quilograma:** Inicialmente, foi definido como a massa de um decímetro cúbico de água destilada, considerada a 40^0C. Hoje, é definido em função do padrão, também em Sèvres, adotado como quilograma-padrão.

- Segundo: Fração de tempo correspondente a 1/86.400 o dia solar médio.

1.5.2 - Sistema Físico

Criado pelo 1^0 Congresso Internacional de Eletricistas, reunido em Paris, em 1.881, que aprovou proposta de Lord Kelvin. Tem como unidades fundamentais o centímetro, o grama e o segundo (C.G.S.).

- Centímetro: Centésima parte do metro-padrão.

- Grama: Milionésima parte da massa do quilograma-padrão.

- Segundo: Tem a mesma definição citada anteriormente.

1.5.3 - Sistema Industrial Francês

Tem como unidades fundamentais o metro, a tonelada e o segundo (M.T.S.), definidas em função do sistema métrico decimal.

1.5.4 - Sistema Prático

Sancionado em 1.901 pela 3ª Conferência Geral de Pesos e Medidas, surgiu pelo desvirtuamento do sistema decimal, em conseqüência da confusão entre peso e massa. A unidade de massa do sistema decimal, definida em função da massa do decímetro cúbico de água, passou a ser considerada como peso do decímetro cúbico de água.

Como sabemos, o peso é uma força que varia de um lugar para outro, em função da gravidade. As derivadas do sistema decimal foram, no entanto, estabelecidas em função do quilograma-peso e não do quilograma-massa, como deveria ser. Era a negação dos princípios básico da metrologia: uma fundamental variável. As verdadeiras derivadas do sistema decimal nunca foram usadas e as definidas em função do quilograma-peso tornaram-se de uso universal. Em 1.901, fixou-se então, o valor do quilograma-peso e ficou oficializado o sistema. Suas unidades fundamentais são: o metro, o quilograma-força e o segundo (M.Kgf.S.).

OBS.: O quilograma-força é o peso do quilograma-padrão na latitude de 45^0 ou força que, atuando sobre a massa do quilograma-padrão, imprime-lhe a aceleração de 9,80665 metros pôr segundo, em cada segundo. O metro e o segundo são do sistema decimal.

1.5.5 - Sistemas Ingleses

Enquanto as diversas nações foram sucessivamente oficializando o sistema decimal com exclusão de qualquer outro, as nações da língua inglesa, tornaram-no legal apenas, conservando no entanto , o sistema tradicionalmente em uso.

Devemos considerar na Inglaterra o sistema absoluto e o prático.

1.5.5.1 -Sistemas Absoluto

Tem como unidades fundamentais: o pé (foot), a libra (pound) e o segundo (second).

a) Foot: Um terço da distância entre os eixos de dois traços paralelos gravados transversalmente numa barra de bronze, reconhecida como a Imperial Standard Yard (Jarda Padrão) e depositada no Board of Trade, em Londres. A medida deve ser efetuada a temperatura de 62^0F. Divide-se em 12 polegadas (inches) e eqüivale a 0,3048 metros.

b) Pound: Massa de um cilindro de platina iridiada reconhecida como a Imperial Standard Pound (libra-padrão) e depositada na Board of Tradem, em Londres. Divide-se em 16 onças e eqüivale a 453,592 gramas.

c) Second: É a mesma fração de tempo dos outros sistemas.

1.5.5.2 - Sistema Prático

Surgiu da mesma confusão entre peso e massa que originou a deturpação do sistema métrico-decimal. É o sistema realmente usado e a libra-peso assim se define:

a) Pound Force: É o peso Imperial Standard Pound na latitude de 45^0 ou é a força que atuando sobre a massa da Imperial Standard Pound lhe imprime a aceleração de 32,174 m/seg.

2 - TELEMETRIA

Chamamos de Telemetria à Técnica de transportar medições obtidas no processo à distância, em função de um instrumento transmissor.

A transmissão à distância dos valores medidos está tão intimamente relacionada com os processos contínuos, que a necessidade e as vantagens da aplicação da telemetria e do processamento contínuo se entrelaçam.

Um dos fatores que se destacam na utilização da telemetria é a possibilidade de centralizar instrumentos e controles de um determinado processo em painéis de controle ou sala de controle.

Teremos, a partir daqui, inúmeras vantagens, as quais não são difíceis de imaginar:

a) Os instrumentos agrupados podem ser consultados mais facilmente e rapidamente, possibilitando à operação uma visão conjunta do desempenho da unidade.

b) Podemos reduzir o número de operadores com simultâneo aumento da eficiência do trabalho.

c) Cresce consideravelmente a utilidade e a eficiência dos instrumentos face as possibilidades de pronta consulta, manutenção e inspeção, em situação mais acessível, mais protegida e mais confortável.

2.1 - TRANSMISSORES

Os transmissores são instrumentos que medem uma variável do processo e a transmitem, à distância, a um instrumento receptor, indicador, registrador, controlador ou a uma combinação destas.

Existem vários tipos de sinais de transmissão: pneumáticos, elétricos, hidráulicos e eletrônicos.

2.1.1 Transmissão Pneumática

Em geral, os transmissores pneumáticos geram um sinal pneumático variável, linear, de 3 a 15 PSI (librasforça pôr polegada ao quadrado) para uma faixa de medidas de 0 à 100% da variável. Esta faixa de transmissão foi adotada pela SAMA (Scientific Apparatur Makers Association), Associação de Fabricantes de Instrumentos adotada pela maioria dos fabricantes de transmissores e controladores dos Estados Unidos. Podemos, entretanto, encontrar transmissores com outras faixas de sinais de transmissão. Pôr exemplo: de 20 à 100 Kpa.

Nos países que utilizam o sistema métrico decimal, utilizam-se as faixas de 0,2 à 1 Kgf/cm^2 que eqüivalem aproximadamente de 3 à 15 PSI.

O alcance do sinal no sistema métrico é aproximadamente 5% menor que o sinal de 3 à 15 PSI, sendo este um dos motivos pêlos quais adotamos que devemos calibrar os instrumentos de uma malha (transmissor, controlador, elemento final de controle, etc.), todos utilizando uma mesma norma.

Note também que o valor mínimo do sinal pneumático também não é zero, e sim, 3 PSI ou 0,2 Kgf/cm^2; deste modo, conseguimos calibrar corretamente o instrumento, comprovando sua correta calibração e detectando vazamentos de ar nas linhas de transmissão.

Também podemos ver que se tivéssemos um transmissor pneumático de temperatura de range de 0 à 200^{0}C e o mesmo tivesse com o bulbo a 0^{0}C e com um sinal de saída de 1 PSI, o mesmo estaria descalibrado.

Se o valor mínimo de saída fosse 0 PSI, não seria possível fazermos esta comparação rapidamente e, para que pudéssemos detetá-lo, teríamos de esperar um aumento de temperatura para que tivéssemos um sinal de saída, o qual seria incorreto.

2.1.2 Transmissão Eletrônica

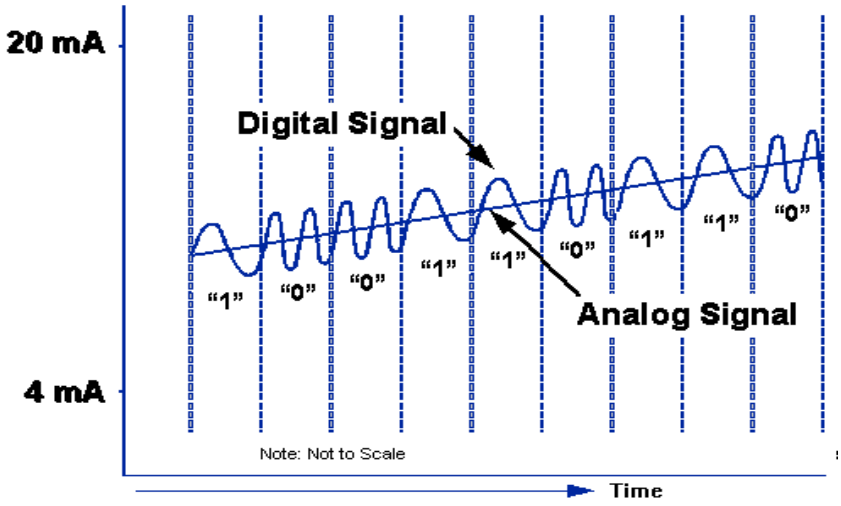
Os transmissores eletrônicos geram vários tipos de sinais: 4 à 20 mA 10 à 50 mA e 1 à 5 V em painéis, sendo estes os mais utilizados. Temos estas discrepâncias nos sinais de saída entre diferentes fabricantes devido a estes instrumentos estarem preparados para uma fácil mudança do seu sinal de saída.

A relação de 4 à 20 mA, 1 à 5 V está na mesma relação de um sinal de 3 à 15 PSI de um sinal pneumático.

O “zero vivo” utilizado quando adotamos o valor mínimo de 4 mA, oferece a vantagem também de podermos detectar uma avaria (rompimento dos fios), que provocará a queda do sinal, quando o mesmo estiver em seu valor mínimo.

2.1.3 Protocolo HART

O protocolo Hart (Highway Adress Remote Transducer) , um sistema que combina o padrão 4 à 20 mA com a comunicação digital. É um sistema a dois fios com taxa de comunicação de 1200 bits/s (BPS) e modulação FSK (Frequency Shift Keying). O Hart é baseado no sistema mestre escravo, permitindo a existência de dois mestres na rede simultaneamente.



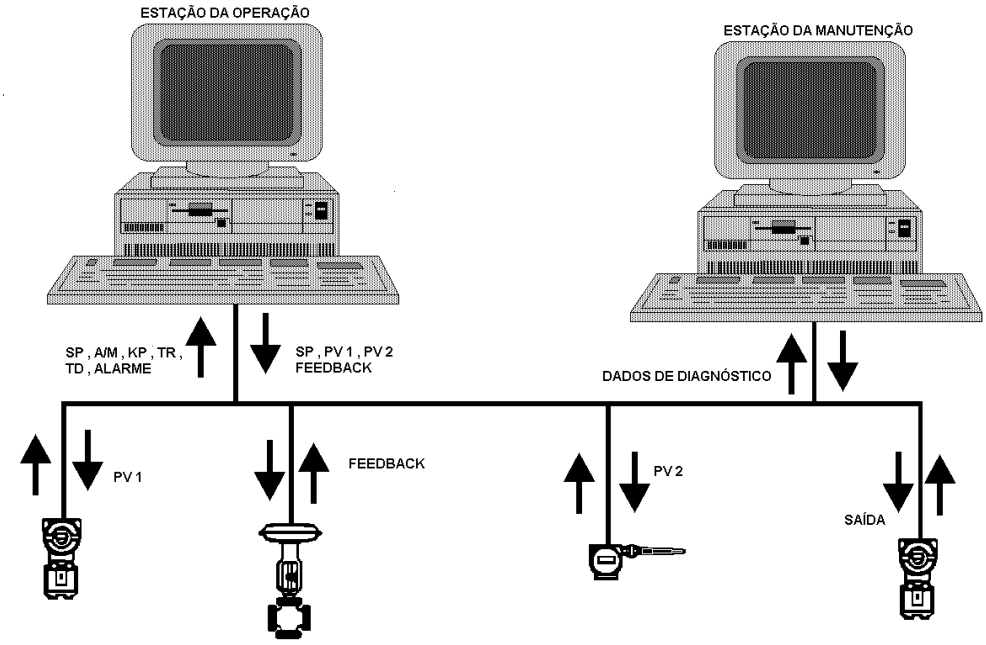
As vantagens do protocolo Hart são as seguintes:

- usa o mesmo par de cabos para o 4 à 20 mA e para a comunicação digital.
- usa o mesmo tipo de cabo usado na instrumentação analógica.
- disponibilidade de equipamentos de vários fabricantes.

Apesar do apoio recebido, o Hart não deve se tornar o padrão Fieldbus devido à limitação de velocidade.

2.1.4 Fieldbus

O Fieldbus é um sistema de comunicação digital bidirecional que interliga equipamentos inteligentes de campo com sistema de controle ou equipamentos localizados na sala de controle, conforme mostra a figura abaixo.



Este padrão permitirá comunicação entre uma variedade de equipamentos, como : transmissores, válvulas, controladores, CLP'S, etc.

A definição mais conhecida do FIELDBUS é a substituição do protocolo de comunicação analógico (4 à 20 mA) por um protocolo digital de comunicação entre os instrumentos do campo e os da sala de controle.

Entretanto, esta parte conceitual é muito mais abrangente. Podemos começar destacando e pegando as partes boas das diversas tecnologias de controle, desde a pneumática, onde tínhamos o controle realizado no campo, sem que o sinal tivesse que ir até a Sala de Controle e depois retornar para o elemento final de controle de campo.

Da era da eletrônica microprocessada, podemos. utilizar os instrumentos inteligentes, sua capacidade de controle e a tecnologia de rede

de comunicação digital entre computadores. Na figura abaixo, vamos iniciar destacando uma das vantagens do FIELDBUS ainda não citada até aqui. Neste exemplo , com o uso da comunicação somente digital e da tecnologia de rede de computadores, só precisamos de um par de fios para interligar os transmissores/controladores FTl03, FT.102, o transdutor de FB/pressão da Válvula FCV-102 e o computador também chamado IHM (Interlace Homem-máquina) ou Workstation ou simplesmente PC. Portanto podemos notar já neste instante a grande economia de custos de fiação , bandejas e mão-de-obra de instalação dos Sistemas de Controle Fieldbus para os sistemas mais antigos (aqueles que usam protocolo analógico 4 à 20 mA, e um par de fios para cada instrumento).

Sob o ponto de vista da instrumentação clássica , seria levado a pensar que o transmissor/controlador FT-102 está fazendo o controle atuando na válvula FCVl02. Agora na era Fieldbus, já não é mais possível pensar somente desta maneira , pois podemos ter outras possibilidades de controle:

- O transmissor/controlador FT-103 fazendo o controle atuando na válvula FCV-102;

- O transmissor/controlador FT-102 adquirindo a informação de fluxo da tubulação "A" através do transmissor FT-103 e fazendo controle e atuando na válvula;

- O transdutor de FB/pressão que pode ter também a capacidade de controle adquirindo as informações de fluxo dos transmissores FT-102 e FT-103 e ele realizando o controle e atuando na válvula.

Estas são algumas das possibilidades, pois ainda poderíamos explorar a capacidade de controle da placa controladora instalada no PC, e neste caso, estar realizando um algoritmo de controle mais complexo ou até , alguma otimização num outro computador num nível mais acima ; ou somente utilizar o PC para visualizarmos o que está acontecendo no processo através de sua tela.

De acordo com a norma IEC-ISA-SP50 os meios físicos definidos podem ser de três tipos: par de fios trançado, fibra óptica e rádio. Ainda de acordo com a mesma norma a taxa de comunicação , de 31.25 Kb/s e o número máximo de equipamentos no barramento e sem segurança intrínseca é de 1 a 32 equipamentos. Com segurança intrínseca de 2 a 6 equipamentos.

Tabela I - Sistemas de Unidades Geométricas e Mecânicas

Grandezas	Definição	Dimensão	Físico (C.G.S.)	Decimal (M.K.S.)	Gravitatório (M.Kf.S)	Prático Inglês
Comprimento	L	L	centímetro (cm)	metro (m) Mícron (μ)= 10^{-6}m Angstrom(A)=10^{-10}m	metro (m)	foot (ft) =1/3 Yd = 12in 30,48 cm
Massa	M	M	grama (g)	quilograma (kg)	(9,81 kg)	(32,174 pd)
Tempo	T	T	segundo (seg.)	segundo (seg.)	segundo 9seg)	second (sec)
Superfície	S^2	S^2	cm^2	m^2	m^2	square-foot=929 cm^3 square-inch=6,45 cm^2
Volume	V^3	V^3	cm^3	m^3	m^3	cubic-foot=28317 cm^3 cubic-inch=16,39 cm^3
Velocidade	$v = \frac{e}{t}$	LT^{-1}	em/seg	m/seg	m/seg 1m/seg=197 ft/min	foot per second (ft/sec) ft/min=0,5076 cm/s
Aceleração	$y = \frac{v}{t}$	LT^{-2}	cm/seg^2	m/seg^3	m/seg^2	ft/sec^2
Força	F = m y	$M L T^{-2}$	dina (d) (m=1 g:y=1 cm/ss) Megadina (M) = 10^g dinas	GIORGI Newton (n) (m=1kg;y=1m/seg^2) =10^5 d	quilograma-força(kgf) (m=1kg;y=9,81m/ seg^2) x 10^3 x 981 = dinas x 10^{-3} x 9,81 = sth	pound* (pd) (m=1pd;y=32,174 ft/sec^2) =0,4536kgf=444981d =7000 grains
Trabalho	$\mathcal{T} = F \times e$	$M S^2 T^{-3}$	erg (F=1 d; e = 1cm)	Joule (j) F=1 n; e=1m) =10^2 ergs	quilogrâmetro (kgm) (F=1kgf; e = 1m) = 9,81 joules	foot-pound (ft.pd) (f = 1 pd; e = 1 ft) =0,1383kgm=1,3563 j
Potência	$W = \frac{\mathcal{T}}{t}$	$M S^2 T^{-3}$	erg/seg ($\mathcal{T}$=1 erg;t=1seg)	Watt (w) ($\mathcal{T}$= 1 j; 1= 1seg) = 10^2 ergs/seg = 44,8 ft. pd/min	Kgm/seg Cavalo-vapor (C.V.) = 75 Kgm/seg = 736 watts	foot pound per second Horse Power (H.P.) = 76kgm/seg (75) =33000 ft.pd/min
Pressão	$P = \frac{F}{A}$	$M L^{-1} T^{-2}$	bária (F=1 d; S^2=1 cm^2) Bar = 10^g bárias (F=1M; s^2=1cm^2)	Pascal F= 1n; S^2=1m^2) = 10 bárias	Kgf/cm^2=1000 gf/cm^2 kgf/m^2 atm= 1033 gf/cm^2 (em Hg = 76cm)	pd/in^2=70.308 gf/cm^2 pd/ft^2 atm= 11.692 pd/in^2 (em Hg = 0 n)