

1. Fluxograma de Engenharia (P&I-Diagram)

Fluxograma de Engenharia é conhecido internacionalmente como P&I Diagrams, já os Fluxogramas de Processo são conhecidos como PFDs (Process Flowsheets Diagrams). Nesta disciplina iremos ver as normas que regem a construção de um P&ID. Normas para PFDs são vistas na disciplina de Processos da Indústria Química (ENG 07745).



Assista o filme

Em todo tipo de processo, há passos e funções que precisam ser medidas e controladas para permitir produção e qualidade dos produtos. A instrumentação é utilizada para monitorar e controlar cada etapa do processo. A fim de desenvolver e permitir o entendimento das funções de processo, é fundamental que se saiba:

- quais dispositivos/instrumentos de medição estão instalados,
- onde estão instalados,
- para que estão sendo utilizados (funcionalidade) e
- quais são os instrumentos relacionados entre si compondo uma malha de controle.

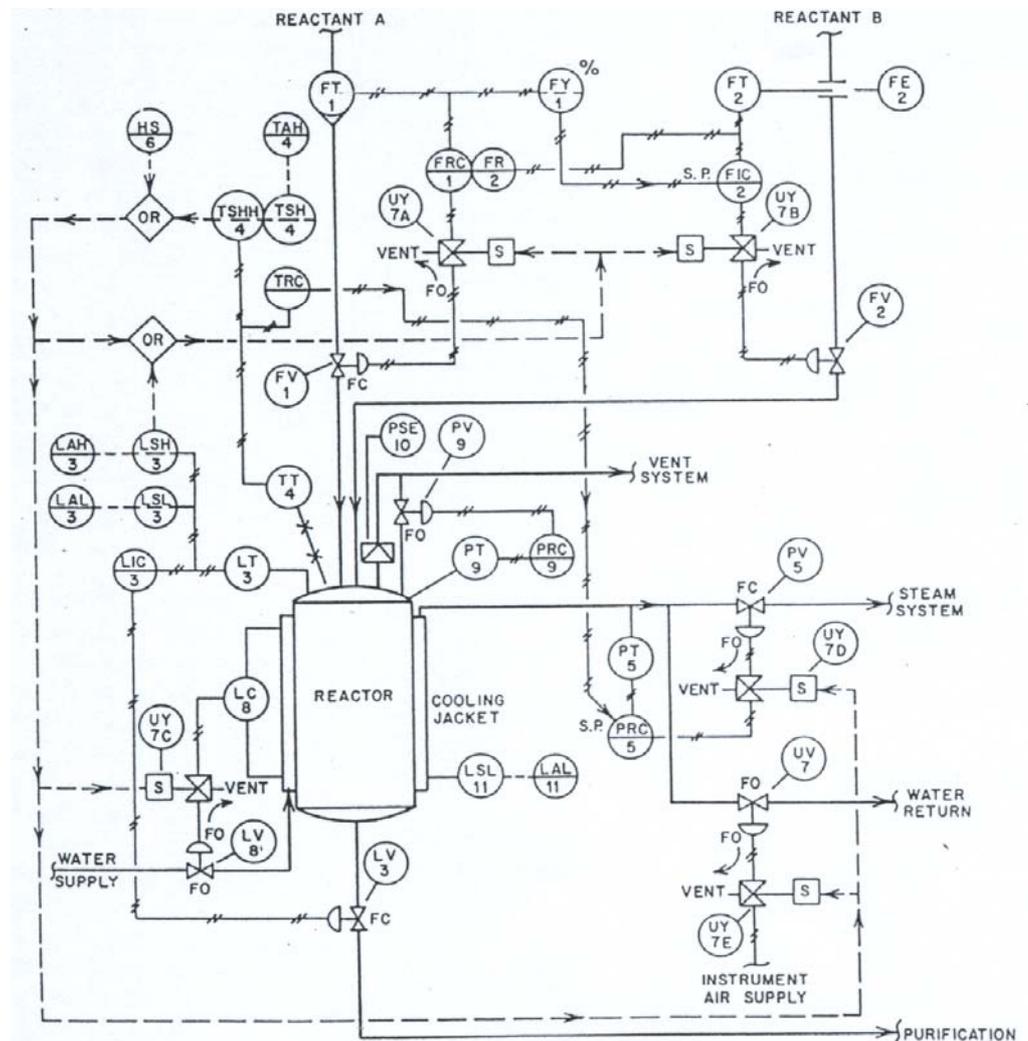


Figura 1: Fluxograma de Engenharia (P&I) de um reator

Fluxogramas de Engenharia, conhecidos internacionalmente como *P&I-Diagrams* (*Piping and Instrumentation or Process and Instrumentation Diagrams*), são uma das formas utilizadas de documentar e obter as informações listadas acima. Na construção de um *P&I* são utilizadas uma série de normas amplamente adotadas mundialmente. Estas normas foram

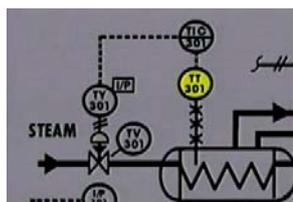


desenvolvidas, com objetivo de simplificar e globalizar o entendimento dos documentos utilizados para representar as configurações utilizadas para representar as configurações das malhas de instrumentação, normas foram criadas em diversos países.

As normas de P&I da ISA (Instrument Society of America) constituem-se em uma referência internacional e servem de base para a norma brasileira NBR 8190 da ABNT.

No Brasil Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) através de sua norma NBR 8190 apresenta e sugere o uso de símbolos gráficos para representação dos diversos instrumentos e suas funções ocupadas nas malhas de instrumentação. No entanto, como é dada a liberdade para cada empresa estabelecer/escolher a norma a ser seguida na elaboração dos seus diversos documentos de projeto de instrumentação outras são utilizadas. Assim, devido a sua **maior abrangência e atualização**, uma das normas mais utilizadas em projetos industriais no Brasil é a estabelecida pela ISA (Instrument Society of America). A seguir serão apresentadas as normas ABNT e ISA, de forma resumida, e que serão utilizadas ao longo do nosso curso.

1.1. Etiquetagem ("Tagging")



Assista o Filme

Cada instrumento deve se identificar com um sistema de letras que o classifique funcionalmente e números que servem para identificar a malha de controle na qual o instrumento está inserido. Por exemplo, o tag PDAL-101-02 B, deve ser lido da seguinte forma:

Identificação Funcional (veja Tabela 1)		Identificação da Malha		
Variável PD Pressão / Diferença	Função AL Alarme / Baixo (Low)	Número da Malha 101 Número seqüencial da malha	Área/Unidade 02 Número da unidade ou planta	Sufixo B

O instrumento PDAL-101-02 B significa alarme de baixa de diferença de pressão. Os instrumentos de segurança normalmente são instalados com redundância tripla. Desta forma, utiliza-se o sufixo para diferenciar entre os diversos instrumentos com a mesma funcionalidade instalados no processo.

A Tabela 1 lista as letras utilizadas para estabelecer os identificadores funcionais. O identificador funcional começa com uma primeira letra denotando a variável física que está sendo medida (p.ex., P de pressão). Quando for necessário, a variável é seguida de um modificador (p.ex., D de diferença). O segundo grupo de letras (p.ex.: AL) são responsáveis por qualificar a finalidade/funcionalidade do instrumento. Mais de uma letra poderá ser usada para indicar a funcionalidade, só deve-se tomar o cuidado em se preservar a ordem com que as variáveis parecem na Tabela 1. P.ex.: o correto é TIRC e não TCRI, assim como TCV e não



TVC. A ordem deverá ser mantida da esquerda para direita e de cima para baixo.

A identificação funcional é feita de acordo com os objetivos de controle da malha e não com a sua construção. Por exemplo, um medidor/transmissor diferencial de pressão que for usado para medir a queda de pressão em uma placa de orifício objetivando a medição da vazão será representado como FT e não como PDT , da mesma forma que uma válvula que seja utilizada para controlar uma malha de pressão será indicada como PV e não como FV . Veja alguns exemplos na Figura 3. Cada malha de controle terá um único número de identificação. Este número é o mesmo para todos os instrumentos da malha.

Primeiras Letras

(mais usadas):

- A Analisador
- F Flow / Vazão
- L Level / Nível
- P Pressure
- T Temperature

Principais modificadores:

- D Diferença entre duas tomadas
- S Segurança

Tabela 1: Significado das Letras de Identificação

	PRIMEIRA LETRA		LETRAS SUBSEQUENTES		
	Variável Medida ou inicial (3)	Modificadora	Função de informação ou passiva	Função final	Modificadora
A	Analisador (4)	-	Alarme	-	-
B	Chama de queimador	-	Indefinida	Indefinida (1)	Indefinida (1)
C	Condutividade elétrica	-	-	Controlador (12)	-
D	Densidade ou massa específica	Diferencial (3)	-	-	-
E	Tensão elétrica	-	Elemento primário	-	-
F	Vazão	Razão (fração) (3)	-	-	-
G	Medida dimensional	-	Visor (8)	-	-
H	Comando Manual	-	-	-	Alto (6,14, 15)
I	Corrente elétrica	-	Indicador (9)	-	-
J	Potência	Varredura ou Seletor (6)	-	-	-
L	Nível	-	Lâmpada Piloto (10)	-	Baixo (6,14,15)
M	Umidade	-	-	-	Médio ou intermediário (6,14)
N(1)	Indefinida	-	Indefinida (1)	Indefinida (1)	Indefinida (1)
O	Indefinida (1)	-	Orifício de restrição	-	-
P	Pressão ou vácuo	-	Ponto de teste	-	-
Q	Quantidade ou evento	Integrador ou totalizador (3)	-	-	-
R	Radioatividade	-	Registrador ou impressor	-	-
S	Velocidade ou frequência	Segurança (7)	-	Chave (12)	-
T	Temperatura	-	-	Transmissor	-
U	Multivariável (5)	-	* Multifunção (11)	* Multifunção (11)	* Multifunção (11)
V	Viscosidade	-	-	Válvula (12)	-
W	Peso ou força	-	Poço	-	-
X(2)	Não classificada	-	Não classificada	Não classificada	Não classificada
Y	Indefinida (1)	-	-	Relé ou computação (11, 13)	-
Z	Posição	-	-	Elemento final de controle não classificado	-

* Multifunção indica que um único instrumento é capaz de exercer mais de uma função.

Segundo Grupo de Letras
(mais usadas):

- A Alarme
- C Controle
- I Indicador
- R Registrador
- Y Qualquer cálculo ou manipulação numérica
- T Transmissor
- V Válvula

Principais modificadores:

- H High / Alta
 - L Low / Baixa
- (H e L são utilizados com a letra A para indicar alarme de alta e baixa).

Alguns exemplos:

TRC (Controlador registrador de temperatura)

PDIC (Controlador indicador de pressão diferencial)

LAH (Alarme de nível elevado)

FAL (Alarme de baixas vazões)

OBSERVAÇÕES:

Os números entre parênteses se referem às notas relativas que são dadas a seguir.

NOTAS RELATIVAS

1) As letras "indefinidas" são próprias para indicação de variáveis não listadas que podem ser repetidas em um projeto particular. Se usada, a letra deverá ter um significado como "primeira-letra" e outro significado como "letra-subsequente". O significado precisará ser definido somente uma vez e uma legenda para aquele respectivo projeto. Por exemplo: a letra N pode ser definida como Módulo de Elasticidade na "primeira-letra" na "letrasubsequente".

2) A letra "não-classificada", X, é própria para indicar variáveis que serão usadas uma vez, ou de uso limitado. Se usada, a letra poderá ter qualquer número de significados como "primeira-letra" e qualquer número de significados como "letra-subsequente". Exceto para seu uso como símbolos específicos, seu significado deverá ser definido fora do círculo de identificação no fluxograma. Por exemplo: XR-3 pode ser um "registrador de vibração", XR-2 pode ser um "registrador de tensão mecânica" e XX4 pode ser um "osciloscópio de tensão mecânica".

3) Qualquer primeira-letra, se usada em combinação com as letras modificadoras D (diferencial), F (razão) ou Q (totalização ou integração), ou qualquer combinação, será tratada como uma entidade "primeira-letra". Então, instrumentos TDI e TI medem duas diferentes variáveis, que são: temperatura diferencial e temperatura.

4) A "primeira-letra" A, para análise, cobre todas as análises não listadas na Tabela 1 e não cobertas pelas letras "indefinidas". Cada tipo de análise deverá ser definido fora do seu círculo de indefinição no fluxograma. Símbolos tradicionalmente conhecidos como pH, O₂, e CO, têm sido usados opcionalmente em lugar da "primeira-letra" A. Esta prática pode causar confusão particularmente quando as designações são datilografadas por máquinas que usam somente letras maiúsculas.

5) O uso da "primeira-letra" U para multivariáveis em lugar de uma combinação de "primeira-letra" é opcional.

6) O uso dos termos modificadores alto, baixo, médio ou intermediário e varredura ou seleção é preferido, porém opcional.

7) O termo "segurança" se aplicará somente para elementos primários de proteção de emergência e elementos finais de controle 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. Entretanto esta válvula será uma PSV se seu uso for para proteger o sistema contra condições de emergência, isto é, condições que colocam em risco o pessoal

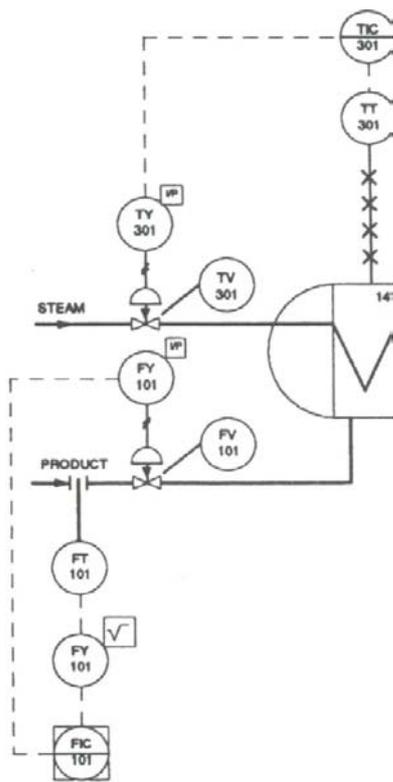


Figura 3: Malhas de controle de temperatura e vazão de um trocador

Diga o significado dos seguintes tags (que aparecem na malha de controle ilustrada na figura acima) :

Malha de controle de Temperatura:

- TV
- TY
- TIC
- TT

Malha de controle da vazão

- FT
- FY
- FIC
- FY
- FV



e o equipamento, ou ambos e que não se esperam acontecer normalmente. A designação **PSV** aplica-se para todas as válvulas que são utilizadas para proteger contra condições de emergência em termos de pressão, não importando se a construção e o modo de operação da válvula enquadram-se como válvula de segurança, válvula de alívio ou válvula de segurança e alívio.

8) A função passiva "visor" aplica-se a instrumentos que dão uma visão direta e não calibrada do processo.

9) O termo "indicador" é aplicável somente quando houver medição de uma variável. Um ajuste manual, mesmo que tenha uma escala associada, porém desprovido de medição de fato, não deve ser designado "indicador".

10) Uma "lâmpada-piloto", que é a parte de uma malha de instrumentos, deve ser designada por uma "primeira-letra" seguida pela "letra subsequente". Entretanto, se é desejado identificar uma "lâmpada-piloto" que não é parte de uma malha de instrumentos, a "lâmpada-piloto" pode ser designada da mesma maneira ou alternadamente por uma simples letra L. Por exemplo: a lâmpada que indica a operação de um motor elétrico pode ser designada com EL, assumindo que a tensão é a variável medida ou XL assumindo a lâmpada é atuada por contatos elétricos auxiliares do sistema de partida do motor, ou ainda simplesmente L. A ação de uma "lâmpada-piloto" pode ser acompanhada por um sinal audível.

11) O uso da "letra-subsequente" U para "multifunção" em lugar de uma combinação de outras letras funcionais é opcional.

12) Um dispositivo que conecta, desconecta ou transfere um ou mais circuitos pode ser, dependendo das aplicações, uma "chave", um "relé", um "controlador de duas posições", ou uma "válvula de controle". Se o dispositivo manipula uma corrente fluida de processo e não é uma válvula de bloqueio comum atuada manualmente, deve ser designada como uma "válvula de controle". Para todas as outras aplicações o equipamento é designado como:

a) uma "chave", quando é atuado manualmente;

b) uma "chave" ou um "controlador de duas posições", se é automático e se é atuado pela variável medida. O termo "chave" é geralmente atribuído ao dispositivo que é usado para atuar um circuito de alarme, "lâmpada piloto", seleção, intertravamento ou segurança. O termo "controlador" é geralmente atribuído ao equipamento que é usado para operação de controle normal;

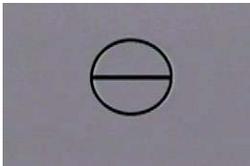
c) um "relé", se é automático e não atuado pela variável medida, isto é, ele é atuado por uma "chave" ou por um "controlador de duas posições".

13) Sempre que necessário as funções associadas como o uso da "letra-subsequente" Y devem ser definidas fora do círculo de identificação. Não é necessário esse procedimento quando a função é por si só evidente, tal como no caso de uma válvula solenóide.

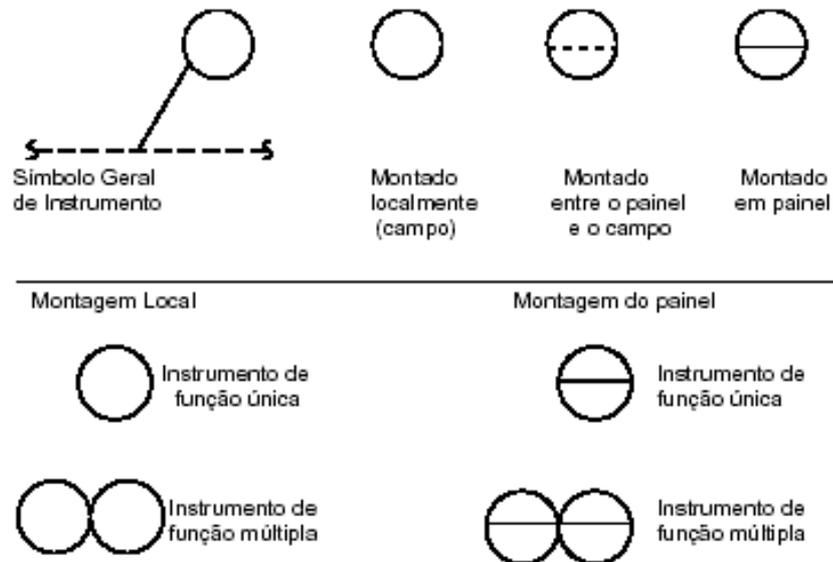
14) O uso dos termos modificadores "alto", "baixo", "médio" ou "intermediário", deve corresponder a valores das variáveis medidas e não dos sinais, a menos que de outra maneira seja especificado. Por exemplo: um alarme de nível alto derivado de um transmissor de nível de ação reversa é um LAH, embora o alarme seja atuado quando o sinal alcança um determinado valor baixo. Os termos podem ser usados em combinações apropriadas.

15) Os termos "alto" e "baixo", quando aplicados para designar a posição de válvulas, são definidos como: alto (denota que a válvula está em ou aproxima-se da posição totalmente aberta); baixo (denota que a válvula está em ou aproxima-se da posição totalmente fechada).

1.2. Símbolos



Assista o filme



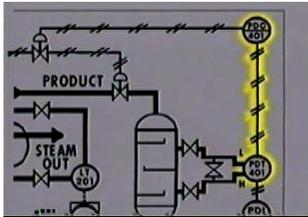
	Localização primária *** Normalmente acessível ao operador	Montagem do Campo	Localização Auxiliar *** Normalmente acessível ao operador
Instrumentos discretos	1 *  IPI **	2 	3 
Display compartilhado, controle compartilhado	4 	5 	6 
Função em computador	7 	8 	9 
Controle Lógico Programável	10 	11 	12 
	13	14  Instrumento com números de identificação grandes	15  Instrumentos montados no mesmo alojamento ****
	16  Luz Piloto	17  Ponto de teste montado no painel	18  ***** Purga
	19	20  diagrama de selagem	21 *** ****  Intertravamento lógico indefinido

* O tamanho do símbolo pode variar de acordo com a necessidade do usuário e do tipo do documento. Sugerimos acima um tamanho de quadrado e círculo para diagramas grandes. Recomenda-se coerência.

** As abreviaturas da escolha do usuário, tal como IPI (painel do instrumento nº 1), IC2 (console do instrumento nº 2). CC3 (console do computador nº 3) etc... podem ser usados quando for necessário especificar a localização do instrumento ou da função.

*** Normalmente, os dispositivos de funções inacessíveis ou que se encontram na parte traseira do painel podem ser demonstrados através dos mesmos símbolos porém, com linhas horizontais usando-se os pontilhados.

Analise as linhas utilizadas na figura 3. Quais são os tipos de linhas que você encontra neste diagrama?



Assista o filme

1.3. Linhas de Conexão

Existem vários tipos de linhas utilizadas para conectar os diversos instrumentos, a seguir apresentamos as mais utilizadas:

Todas as linhas são apropriadas em relação às linhas do processo de tubulação:

- | | |
|--|----|
| (1) alimentação do instrumento * ou conexão ao processo. | |
| (2) sinal indefinido. | |
| (3) sinal pneumático. ** | |
| (4) sinal elétrico. | OU |
| (5) sinal hidráulico. | |
| (6) tubo capilar. | |
| (7) sinal sônico ou eletromagnético (guiado).*** | |
| (8) sinal sônico ou eletromagnético (não guiado). *** | |
| (9) conexão interna do sistema (software ou data link). | |
| (10) conexão mecânica. | |

4.7.1 - Símbolos opcionais binários (ON - OFF)

- | | |
|---------------------------------|----|
| (11) sinal binário pneumático | |
| (12) sinal binário elétrico | OU |

Nota: "OU" significa escolha do usuário. Recomenda-se coerência.

* Sugerimos as seguintes abreviaturas para denotar os tipos de alimentação. Essas designações podem ser também aplicadas para suprimento de fluidos.

AS - suprimento de ar (opções: IA - ar do instrumento, PA - ar da planta)

ES - alimentação elétrica

GS - alimentação de gás

HS - suprimento hidráulico

NS - suprimento de nitrogênio

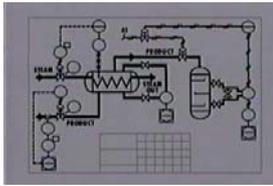
SS - suprimento de vapor

WS - suprimento de água

O valor do suprimento pode ser adicionado à linha de suprimento do instrumento; exemplo: AS-100, suprimento de ar 100-psi; ES-24DC; alimentação elétrica de 24VDC.

** O símbolo do sinal pneumático se aplica para utilização de sinal, usando qualquer gás.

*** Fenômeno eletromagnético inclui calor, ondas de rádio, radiação nuclear e luz.



Assista o filme

1.4. Malha de Controle

A figura 4 ilustra como os símbolos discutidos anteriormente podem ser combinados para descrever uma malha de controle. No lado esquerdo, a malha é apresentada em um diagrama P&ID detalhado, enquanto que no lado direito o equivalente simplificado.

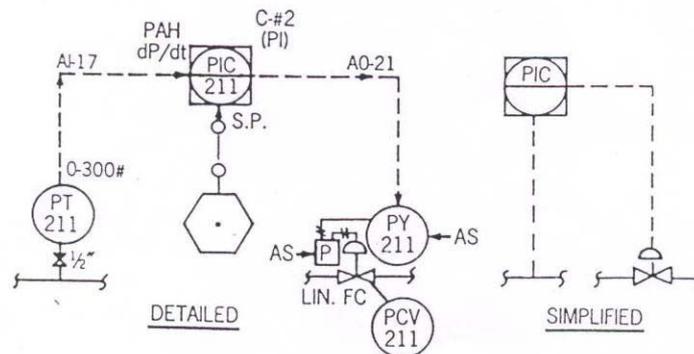


Figura 4: Malha de controle de pressão

Esta malha de controle e indicação de pressão (PIC) é controlada por um sistema de controle distribuído compartilhado (DCS). O setpoint desse controlador é recebido de um computador acima de uma linha de dados compartilhada que provém do software de vínculo entre o computador e o sistema DCS. A malha de controle tem um único número de identificação que é 211, o qual indica que este é o 11º instrumento da malha no diagrama de fluxo número 2.

A transmissão do sinal de pressão é feito através de sinal eletrônico (4 a 20 mA DC output), que é conectado ao processo por um tubo de 0,5 in. O range é de 0 a 300 psig. O sinal de saída do transmissor é recebido e identificado no multiplexo do sistema DCS como entrada analógica número 17 (AI-17). O controlador (PIC-211) está no painel número 2 (C-2) do sistema DCS e é acionado com um algoritmo proporcional e integral (PI). O sistema DCS também aciona a função de alarme de alta pressão e alarme de alta taxa de aumento de pressão.

No lado de saída, o sinal analógico que parte do multiplexo é identificado como AO-21. Este é um sinal de 4 a 20 mA DC o qual é recebido por um conversor (PY-211) que está ligado à válvula de controle (PCV-211). A válvula por si só é linear, falha fecha (Fail-Closed), e é ligada a um posicionador. Tanto o posicionador quanto o conversor I/P requerem alimentação de ar.

1.5. Válvulas de Controle e Medidores de Vazão



Assista o filme



Válvula com atuador pneumático de diafragma



Válvula com atuador elétrico (senoidal ou motor)



Válvula com atuador hidráulico ou pneumático tipo pistão



Válvula manual



Válvula auto-operada de diafragma



Placa de orifício



Medidor Venturi



Tubo Pitot

1.6. Alguns exemplos discutidos

As figuras 5 e 6 mostram o mesmo sistema de controle descritos para diferentes níveis de detalhes. Na figura 5 todos os componentes da malha são mostradas.

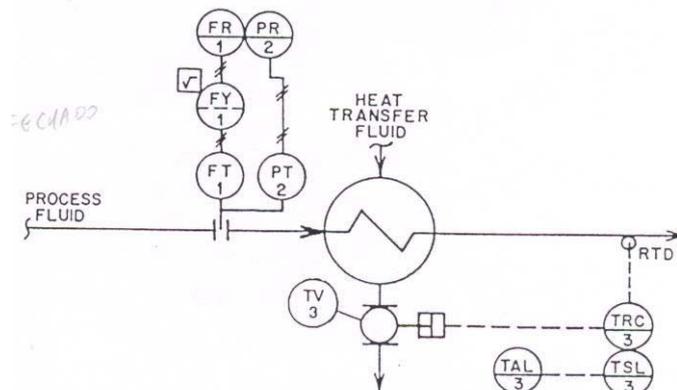


Figura 5: Simbolismo completo

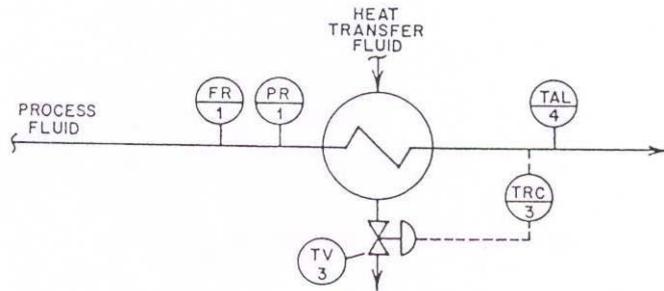


Figura 6: Simbolismo Simplificado

O fluxo registrado é obtido pelo uso de uma placa de orifício, transmissor de vazão, extrator de raiz quadrada montado atrás do painel, e um registrador de duas penas montado no painel. A entrada do registrador de pressão é proveniente do transmissor de pressão que recebe a leitura do lado de baixo fluxo da placa de orifício. O sinal é pneumático. A leitura de temperatura do fluido na saída é feita através de um instrumento tipo resistência, conectado a um controlador registrador de temperatura, com saída eletrônica que modula uma válvula de controle tipo esfera, tendo um atuador cilíndrico e, por consequência, com conversão interna de sinal eletrônico para hidráulico. Existe um alarme para baixa temperatura.

A figura 6 usa uma simbologia simplificada para representar que um gás é aquecido e esta temperatura é controlada por um controlador montado no painel. O fluido de aquecimento é controlado por uma válvula de controle, e registrado para o gás a vazão, pressão e temperatura de saída, e existe um alarme de baixa temperatura.

A figura 7 apresenta uma descrição simbólica completa de um processo de destilação em que a taxa de fluxo de alimentação é medida e registrada mas não controlada. A taxa de calor de entrada é proporcional à taxa de alimentação para um relé de ganho (FY-3B), que ajusta o set point do fluxo de óleo quente. O produto de topo é condensado, com a temperatura de condensação controlada mantendo-se a pressão da coluna constante. O controle do set point do fluxo é ajustado por um relé divisor (UY-6), de quem a entrada é a taxa de alimentação, também modificada pela função tempo (FY-3A), e a saída do controlador do produto de topo. Este instrumento recebe a análise do produto do transmissor, que também transmite isso para chaveador de duas posições (alto/baixo) o qual ativa o alarme correspondente. O nível é mantido estrangulando-se o refluxo da torre, enquanto um chaveador de nível independente aciona um alarme padrão de nível alto/baixo. O nível do fundo da torre é controlado pela modulação da retirada de fundo. A medida da variação da temperatura em vários pontos do processo é feita por um registrador multipoint scanning (TJR) e multipoint (TI). Alguns dos pontos do TJR-8 têm alarmes de alta

ou baixa temperatura. Por exemplo, temperatura de topo é assinalada em TJSH-8-2 e TAH-8-2.

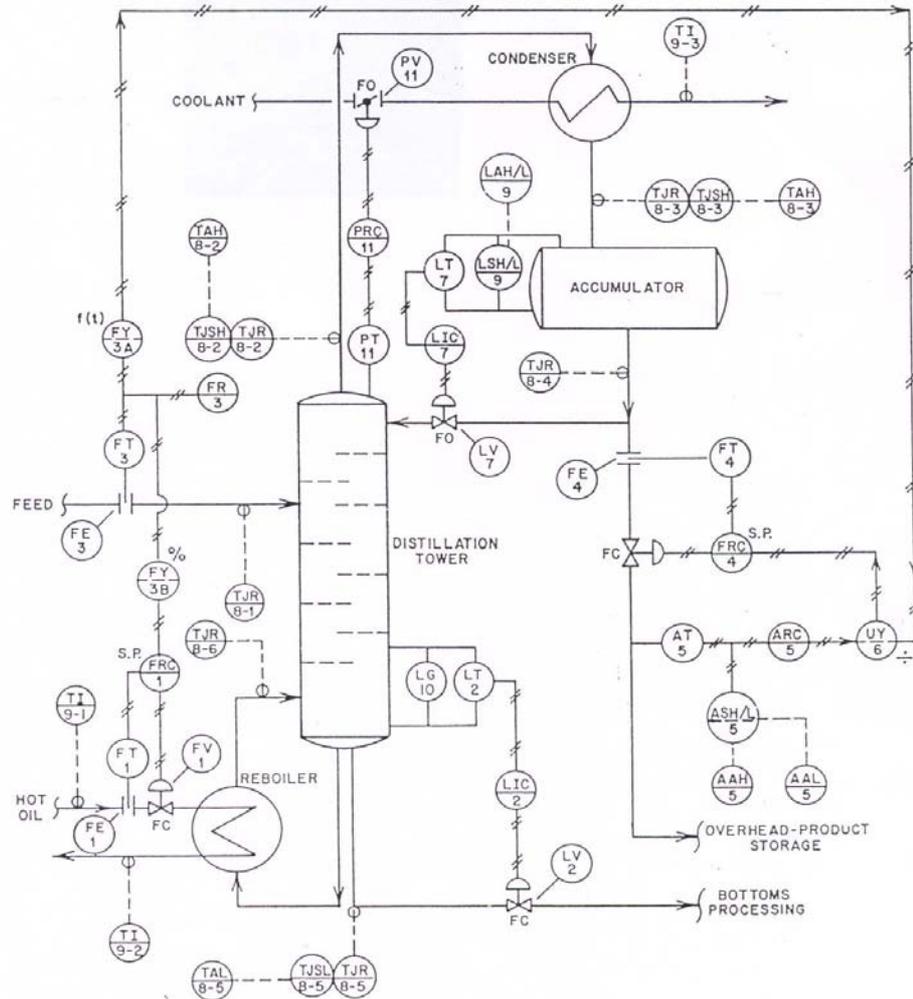


Figura 7: Malhas de controle de um sistema de destilação

1.7. Exercícios

Resolva os exercícios usando como base os exemplos.

a) Faça a análise do diagrama da figura 1 e dos diagramas a seguir:

