

Introdução aos Controladores Universais

7.1. O que é um Controlador Universal

Podemos definir como controlador universal um dispositivo eletrônico microprocessado, capaz de realizar leituras de diversos tipos de sensores ou sinais elétricos padronizados na indústria, e que, com base em um sinal de referência inserido pelo usuário possa calcular um erro ou desvio e, como consequência gere um sinal de controle a um elemento atuador que, direta ou indiretamente, venha diminuir o erro ou desvio por meio de mudanças e características no processo monitorado.

Em princípio, qualquer grandeza física pode ser controlada, isto é, pode ter seu valor intencionalmente alterado. Obviamente, existem limitações práticas; uma das inevitáveis é a restrição da energia de que dispomos para afetar os fenômenos: por exemplo, a maioria das variáveis climatológicas pode ser medida mas não controlada, por causa da ordem de grandeza da energia envolvida.

O controle manual implica em haver um operador presente ao processo criador de uma variável física e que, de acordo com alguma regra de seu conhecimento, opera um aparelho qualquer (válvula, alavanca, chave, ...), que, por sua vez, produz alterações naquela variável.

Com a finalidade de garantir o controle do sistema de produção, foram colocados **sensores** nas máquinas para monitorar e indicar as condições do processo. O controle só é garantido com o acionamento de **atuadores** a partir do processamento das informações coletadas pelos sensores.

O controle diz-se *automático* quando uma parte (ou a totalidade) das funções do operador é realizada por um equipamento, freqüente mas não necessariamente eletrônico. Controle automático por realimentação é o equipamento automático que age sobre o elemento de controle, baseando-se em informações de medida da variável controlada. Como exemplo: o controle de temperatura de um refrigerador.

Sistemas de controle e instrumentação industrial são considerados de extrema importância para o bom funcionamento de máquinas e equipamentos e, além disso, podemos deslumbrar que técnicas de controle podem ser descritas em diversas atividades do ser humano, como, por exemplo, o ato de beber um copo com água. Se pararmos um pouco para analisar, podemos descrever uma série de ações que estão envolvidas nesse simples exemplo e identificar as premissas básicas do controle automático que vamos definir logo a seguir.



O ser humano pode ser considerado o dispositivo de controle mais complexo que se conhece, tarefas simples e rotineiras como a ação de beber um copo com água podem não ser tão simples como imaginamos, o simples fato de apanhar o copo com as mãos requer a identificação, visualização e a aproximação da mão ao objeto. Caso a mão não esteja na direção e trajetória correta do objeto, o cérebro humano que está recebendo informações dos olhos corrige e controla a ação dos músculos necessários para orientação da direção e ajusta a força necessária para apanhar o objeto. Assim, com essas informações, podemos descrever o funcionamento básico de um controlador universal, para tal devemos imaginar que os olhos funcionam como sensores, que enviam a informação de entrada do processo continuamente. Atualizando instantaneamente a posição e direção do movimento, o cérebro processa essa informação e envia o sinal de controle para os músculos, que agem de acordo com as instruções processadas e corrigem eventuais erros de direção ou desvios da trajetória a ser atingida e assim obtemos o controle total da ação, ou seja, atingimos o objetivo, que é pegar o copo com água.

Para compreendermos como funciona um controlador universal, devemos observar e identificar alguns detalhes e componentes com as seguintes características no sistema:

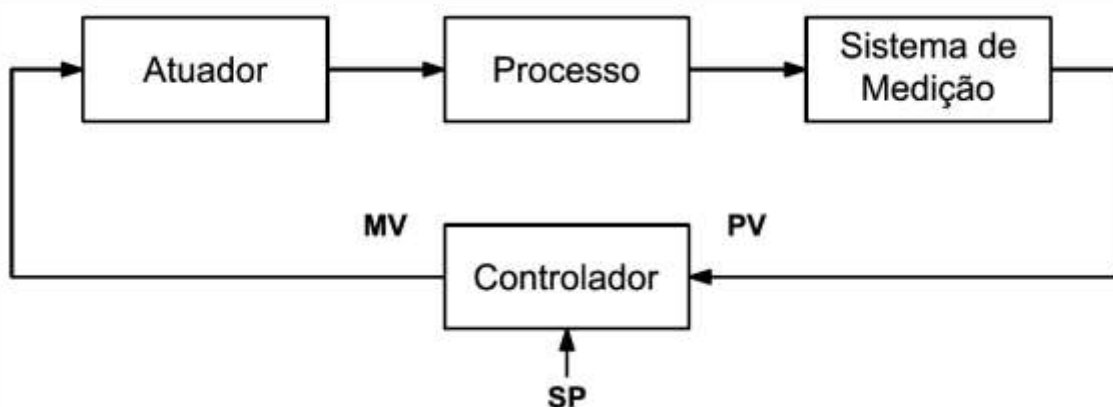


Figura 7.1

Com base nos elementos vistos no diagrama da figura 7.1, podemos definir os elementos básicos e necessários para demonstração de um controlador universal, são eles:

Atuador, é definido como um dispositivo servocontrolado, que exerce uma ação sobre o processo, podendo executar uma ação mecânica ou elétrica. O atuador recebe um sinal de controle proveniente do controlador, que define a ação a ser tomada (abrir ou fechar válvula, variar velocidade etc.).

O processo pode ser definido como toda a estrutura utilizada para se conseguir uma determinada função ou ação, ex.: caixa, tubulação, material, fluido etc. Salvo os elementos utilizados para controle do sistema em malha.



Podemos definir como sistema de medição um dispositivo ou elemento que envia informações ao controlador da situação instantânea do processo (nível, temperatura, pressão etc.).

Controlador é o dispositivo responsável por receber as informações provenientes do processo, analisa as informações e calcula a ação de controle a ser tomada. Disponibiliza essa ação por meio de um sinal elétrico diretamente para o atuador, que age de forma direta ou indireta no processo, fazendo que ele interfira na condição da variável que está sendo monitorada.

Variável de processo ou PV é o nome dado ao sinal proveniente do sistema de medição, que serve como valor de referência para o controlador calcular um valor de desvio e, conseqüentemente, gerar um sinal de controle para o atuador.

Set Point ou SP se refere a um sinal ou valor numérico inserido pelo usuário, que serve como referência ao controlador que, juntamente com o sinal de PV, calcula o desvio ou erro de controle.

Variável Manipulada ou MV é o sinal gerado pelo controlador, que serve de referência ao atuador. MV é calculado a partir do desvio ou erro de $PV - SP$ ou $SP - PV$.

Erro ou desvio é o resultado obtido com uma operação matemática entre os valores da variável de processo (PV) e o valor de set point (SP). Assim podemos identificar o circuito básico que determina a ação de controle de um controlador universal, o circuito-base desses dispositivos pode ser projetado a partir da metodologia abaixo:

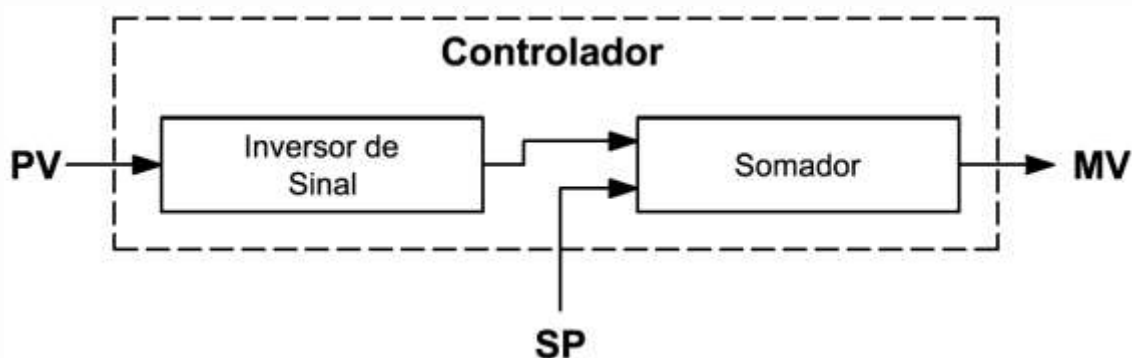


Figura 7.2

Analisando a metodologia descrita na figura 7.2, podemos compreender a lógica utilizada para elaboração dos circuitos básicos de controladores. Os blocos de inversor de sinal e somador são facilmente reproduzidos com amplificadores operacionais (AMPOP). Com a inserção de valores numéricos, fica fácil a compreensão dessa metodologia; para exemplificarmos, adotaremos um exemplo real para demonstração.

Uma indústria precisa fazer o controle do nível de armazenamento de água em um tanque com capacidade de 1000 litros; para tal foi instalado um



sensor de nível que envia uma informação ao controlador da situação instantânea do nível diretamente em litros. Em um determinado momento foi enviado o seguinte valor: 960 litros, o que o controlador deve fazer para a situação no momento descrito?

Analisando o texto podemos afirmar que: $SP = 1000$ litros e $PV = 960$ litros, portando, utilizando a metodologia da figura 7.2 temos:

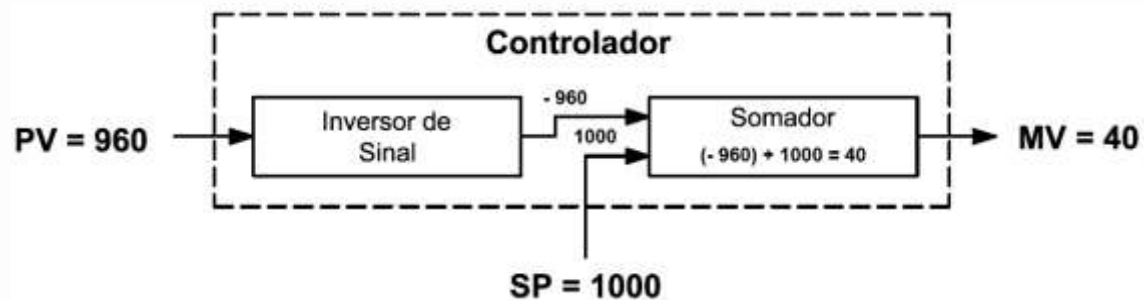


Figura 7.3

Aplicando a metodologia, identificamos um erro ou desvio de 40, ou seja, o sinal de MV indica que o controlador está solicitando ao atuador que coloque + 40 litros de água no tanque. Se esta situação ocorrer na prática, o tanque ficará com 1000 litros, que é o valor desejado programado em SP.

Agora vamos imaginar que em outro determinado momento o sensor de nível envie o valor de 1030 litros, o que o controle deverá fazer?

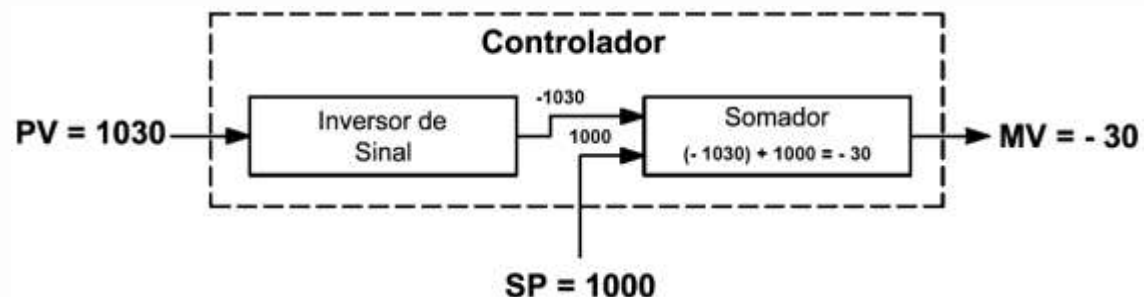


Figura 7.4

Aplicando novamente a metodologia, identificamos um erro ou desvio de - 30, ou seja, o sinal de MV indica que o controlador está solicitando ao atuador que retire 30 litros de água do tanque. Se essa situação ocorrer, o tanque ficará com 1000 litros, que é o valor desejado programado em SP.

Por meio dessa metodologia, podemos definir que o sistema está em situação ideal quando o erro ou desvio é igual a zero, ou seja, se o valor de PV for igual ao valor de SP, o erro é igual a zero e o sistema está na condição ideal. Se o valor de PV for menor que SP, o erro é positivo e, se o valor de PV for maior que SP, o erro é negativo.

O exemplo descrito é básico e ilustra os princípios do funcionamento dos controladores universais. Na prática o sinal de MV é condicionado de forma a



atender aos requisitos da aplicação, e pode sofrer alterações de acordo com o tipo de controlador utilizado. Adiante voltaremos a abordar como o sinal de MV pode sofrer alterações de acordo com o tipo do controlador utilizado.

7.2. Métodos de Controle

Um sistema de controle, além de possuir todos os elementos, deve ser classificado quanto ao seu método de controle, se em malha aberta ou malha fechada.

O sistema de malha aberta pode ser definido como um sistema simples, isto é, não existe uma informação do processo que indique qual a ação deve ser tomada pelo controlador / atuador; os sistemas trabalham independentes e suas ações não dependem das condições do processo. Um exemplo que pode ser aplicado a um sistema em malha aberta seria o de um forno de aquecimento a vapor, cujo aquecimento dependa somente da abertura de uma válvula manual. Quando aberta a válvula permite a passagem de vapor e o forno aquece indefinidamente, sem controle de temperatura ou pressão específica.

Sistema em Malha Aberta

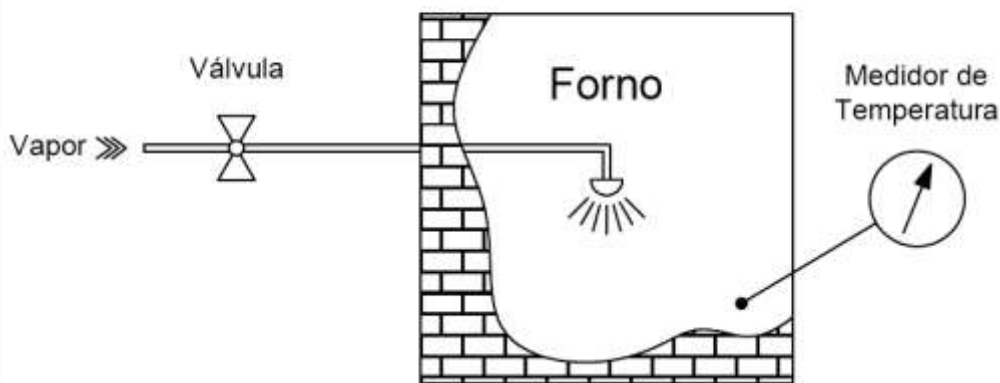


Figura 7.5

Já o sistema em malha fechada pode ser caracterizado como um sistema que promove uma ação de controle em um processo qualquer. Basicamente necessita de todos os componentes de um controlador universal, controlador, sistema de medição, referência do operador (SP), atuador, e o processo propriamente dito.

Para exemplificarmos o processo que atua em malha fechada, voltaremos a utilizar o exemplo da figura 7.5, o mesmo forno de aquecimento



cuja temperatura agora seja controlada em 100 °C, o controle atua sobre a válvula abrindo a entrada de vapor quando a temperatura esteja inferior ao valor estipulado para o processo (SP = 100 °C); quando a temperatura atingir o valor programado o controle atua fazendo a válvula se fechar, cessando a entrada de vapor e, conseqüentemente, causando a queda de temperatura no forno. Identificando que a temperatura caiu abaixo do valor estipulado o controle atua novamente abrindo a válvula, aquecendo novamente o forno, e assim assumindo um regime contínuo de funcionamento, proporcionando um controle de temperatura no forno em torno dos 100 °C, estipulado no SP (Set Point).

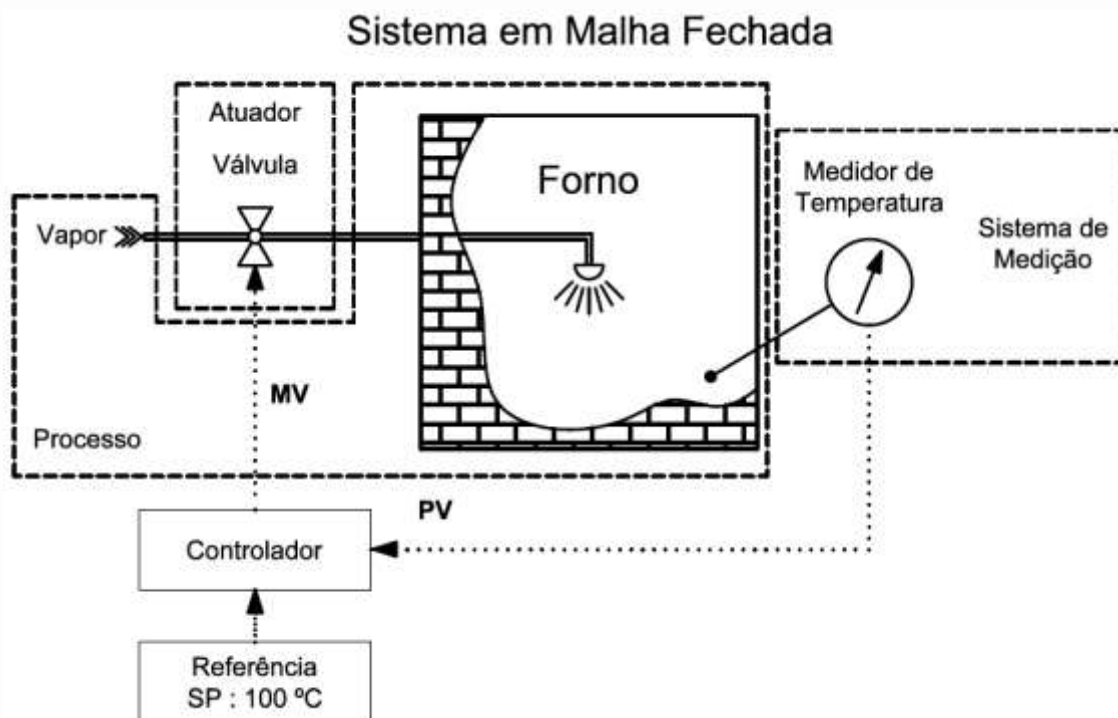


Figura 7.6

No exemplo da figura 7.6 acima, podemos identificar claramente todos os elementos principais que caracterizam um sistema de controle que juntos compõem e formam um sistema em malha fechada.

7.3. Controle ON - OFF

Os controladores que operam com o método de controle do tipo ON – OFF possuem o controle mais simples dentre os dispositivos controladores. Esses dispositivos possuem a saída associada a um relé auxiliar, que define o valor de MV análogo ao funcionamento de um BIT, proporcionando somente dois estados “0” e “1”, ou seja, “ligado” ou “desligado”. No controle ON – OFF enquanto a grandeza medida estiver abaixo do valor pré-setado em SP (Set Point), o relé de saída permanecerá energizado (nível 1), para qualquer valor acima do set point, o relé permanecerá desenergizado (nível 0). Esse modo de operar é chamado de lógica reversa ou ação reversa, é usualmente utilizada para aquecimento ou controles similares.



Em outro modo de operação o controlador oferece a lógica direta de controle, ou seja, enquanto a grandeza medida estiver abaixo do valor pré-setado em SP (set point) o relé de saída permanecerá desenergizado (nível 0). Para qualquer valor acima do Set Point, o relé permanecerá energizado (nível 1). Esse modo de controle é chamado de lógica direta ou ação direta, usualmente utilizada para resfriamento. A maioria dos controladores possuem configurações para trabalhar nesses dois modos.

Nesse tipo de controlador, o tempo em que a saída permanece ligada ou desligada depende exclusivamente das características térmicas do sistema, um valor de histerese, ajustado em torno do ponto de operação (SP), permite filtrar o momento em que a saída do controlador passe do nível “0” para o nível “1”, evitando que a saída sofra uma transição muito rápida de desligada para ligada, isso evita desgaste prematuro no relé de controle do dispositivo ou no circuito de potência da carga.

Na figura 7.7 abaixo, podemos visualizar o gráfico de funcionamento do modelo ON – OFF de ação reversa e logo a seguir o modelo ON – OFF de ação direta.

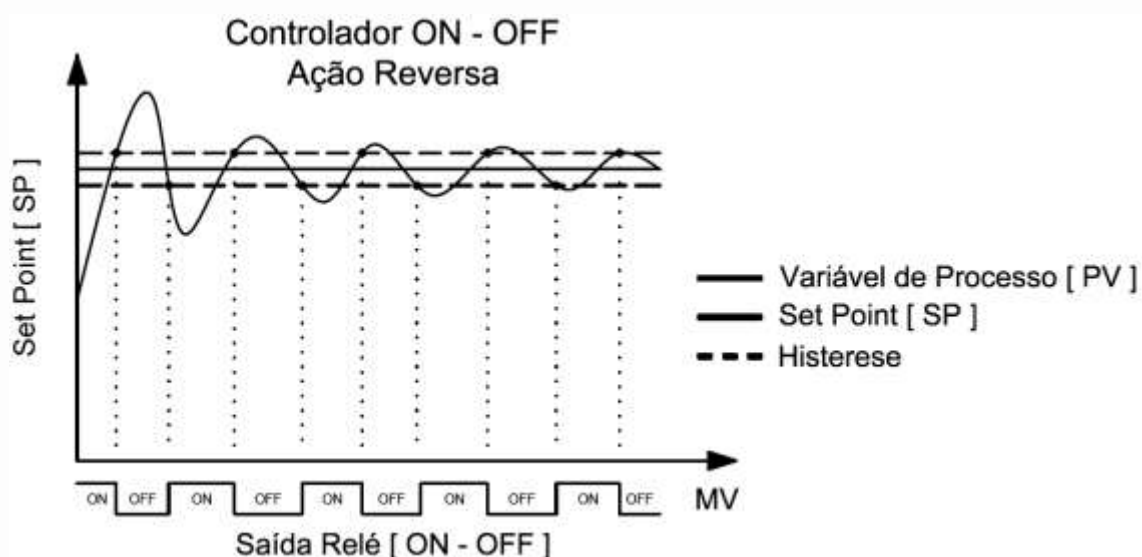


Figura 7.7



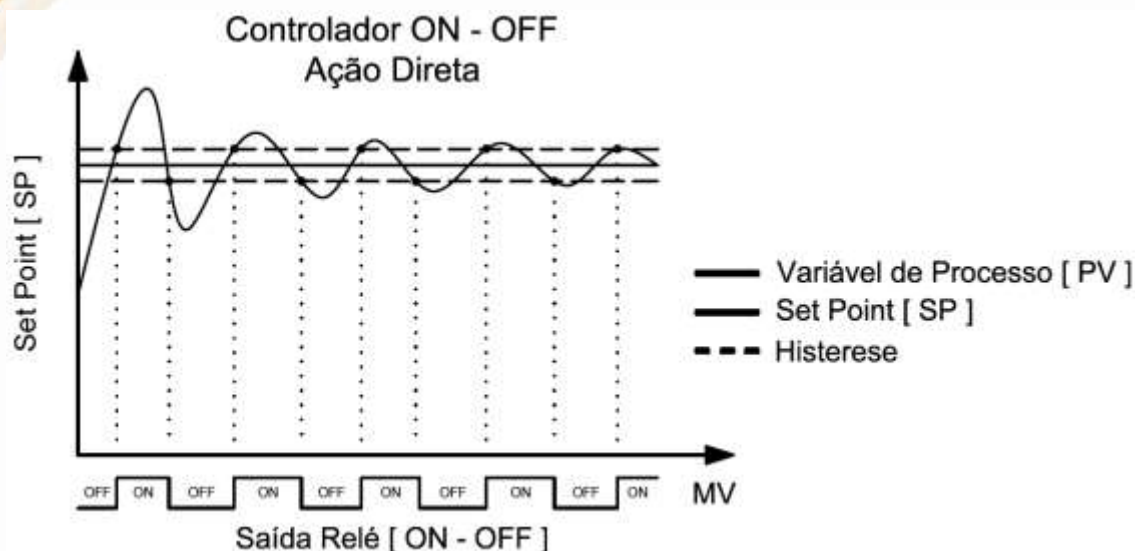


Figura 7.8

Note que a única diferença na operação é ação inversa do relé de saída. Alguns controladores possuem as duas funções incorporadas em um mesmo instrumento, necessitando somente de uma programação específica inserida pelo usuário, o qual pode configurar o método de funcionamento de acordo com as necessidades do processo. Outros controladores mais simples só dispõem do método de ação reversa, porém, para utilizá-los no modo com ação direta o usuário deve utilizar os contatos auxiliares que o dispositivo possui, ou seja, é necessário que o usuário utilize os contatos do tipo NF (normalmente fechado) disponíveis no instrumento ao invés dos contatos NA (normalmente aberto) utilizados usualmente.

7.4. Controle Proporcional – P

Os dispositivos que trabalham com o método de controle proporcional aplicam à saída MV uma variação de 0% a 100% proporcionalmente entre a medição da variável de processo (PV) e a referência programada no Set Point (SP), este método de controle pode disponibilizar para o equipamento dois tipos de saídas para referência de MV: a convencional, baseada em um relé auxiliar (utilizada no modelo ON - OFF) e a analógica, do tipo loop de corrente de 4 a 20 ma.

Os modelos convencionais operam o relé de saída de forma cíclica, ligando e desligando o relé em um tempo pré-programado no controlador. Este tempo é definido como tempo de ciclo, o relé aplica ao circuito de controle o valor necessário calculado pelo controle “P” (proporcional). Quando o valor da variável de processo (PV) está acima do valor da banda proporcional, o valor calculado para a variável manipulada (MV) será de 0%, nessa situação o relé de saída é posto em nível “0”, ou seja, desenergizado, já para valores da variável de processo abaixo do valor da banda proporcional, o valor calculado para MV é de 100%, nesta situação o relé de saída passa para o nível “1”, ou seja energizado.



Quando o valor da variável de processo está na faixa entre os valores da banda proporcional à saída atua de forma cíclica com tempo de duração variando de acordo com o tempo de ciclo do dispositivo.

Os modelos que dispõem de saídas analógicas operam de forma similar aos modelos com saída a relé, com uma única diferença, 0% calculados para saída de MV equivalem a 4 ma e 100% correspondem a 20 ma na saída de controle. Valores intermediários calculados para MV são disponibilizados de forma linear dentro da faixa de 4 a 20 ma, como exemplo: MV = 50% equivalem a um valor analógico da saída de 12 ma.

No diagrama da figura 7.9 é demonstrado o comportamento do processo controlado pelo método "P" proporcional.

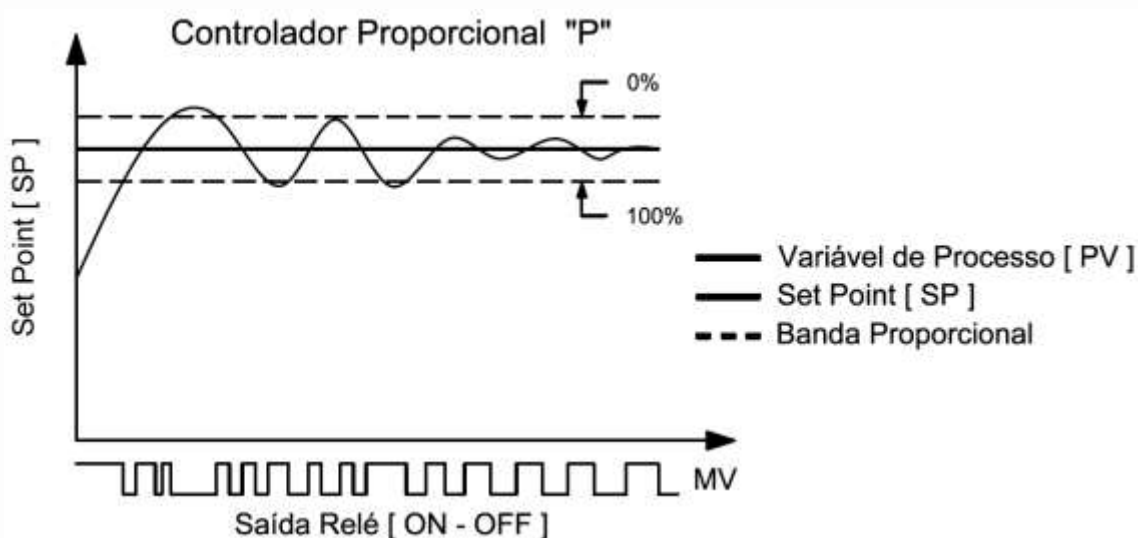


Figura 7.9

Esse tipo de controlador é indicado para processos dinâmicos em que é necessária uma maior precisão e menor desvio entre os valores de PV e SP, o método de controle proporcional resulta em instabilização no início do processo, porém com uma estabilização mais uniforme ao longo do tempo. Os valores de banda proporcional podem ser ajustados no dispositivo e podem variar de 0% a 20% do fundo de escala do instrumento. Note que, se o valor programado para banda proporcional for igual a zero, o sistema se comporta como um controlador do tipo ON – OFF.

7.5. Controle Proporcional Integral Derivativo – PID

Os controles com base no método PID, são indicados para sistemas em que a precisão e a rápida estabilização do processo são necessárias. A sigla PID refere-se às variáveis adotadas na equação de controle do dispositivo, sendo: **P** = valor proporcional ; **I** = valor integral ; **D** = valor derivativo.

O método de controle PID é baseado em uma expressão matemática que se utiliza de ferramentas avançadas para prever o comportamento de um



sistema, uma das equações utilizadas para elaboração desse método está descrita a seguir:

$$MV(t) = Kp \times \left[E(t) + Ki \times \int E(t) dt + Kd \times \frac{dE(t)}{dt} \right]$$

Na equação as parcelas de Kp Ki e Kd são respectivamente os valores atribuídos a P I D, essas parcelas definem os valores de cada interação no sistema.

Existem outras formas de se implementar a equação descrita, e as parcelas P I D, em alguns casos, podem ser chamadas de banda proporcional, tempo derivativo e taxa de integral. Dessa forma a equação sofre algumas intervenções no modo como é descrita, contudo na prática o resultado que se obtém é muito parecido, acompanhe:

$$MV(t) = \frac{100}{Pb} \times \left[E(t) + Ir \times \int E(t) dt + Dt \times \frac{dE(t)}{dt} \right]$$

De forma que: Pb, Ir e Dt estão diretamente relacionados aos valores Kp, Ki e Kd.

De um modo bastante simples, podemos afirmar que os valores de PID podem ser descritos da seguinte maneira:

“Proporcional”

7 Ajuste do sistema proporcional ao erro ou desvio, define que o equipamento aplica a correção ao processo, aumentando proporcionalmente de acordo com o aumento do valor do erro, ou seja, maior o erro maior a proporção da correção.

A banda proporcional deve ser ajustada para obtenção de melhores respostas do sistema quando o processo apresentar variações pequenas acima do valor de Set Point (SP). Valores pequenos dessa variável resultam em alto ganho, ou seja, resultam em uma rápida atuação do controle a pequenas variações do processo. Isso pode causar instabilidade no controle ou o aumento da variável de processo (PV) sobre o valor de referência (SP). Valores elevados para essa variável resultam em baixo ganho, ocasionando lentidão sobre a atuação do sistema nas variações do processo, podendo provocar demora na obtenção da situação ideal do processo, ou seja, erro igual a zero.

Ajustando o valor da banda proporcional igual a zero, permite-se que o dispositivo se comporte como um controlador do tipo ON – OFF. Nesse caso o sistema apresentará variações em torno dos valores estabelecidos para referência (SP).



No controle proporcional, o valor da variável manipulada (MV) é proporcional ao valor do desvio $SP - PV$, para ação reversa e $PV - SP$ para ação direta, ou seja, para a situação ideal de controle erro = zero ou $SP = PV$, assim o valor da variável manipulada assume o valor zero, à medida que o erro aumenta, o valor da variável manipulada aumenta, até o limite de 100 % para saídas analógicas ou 1 para saída a relé. O valor de desvio que provoca $MV = 100\%$ ou $MV = 1$ define a banda proporcional "P". De modo geral, quanto menor o valor de "P", mais intensa é a ação proporcional de controle.

Acompanhe nas figuras abaixo o comportamento do processo com os diversos valores adotados para banda proporcional.

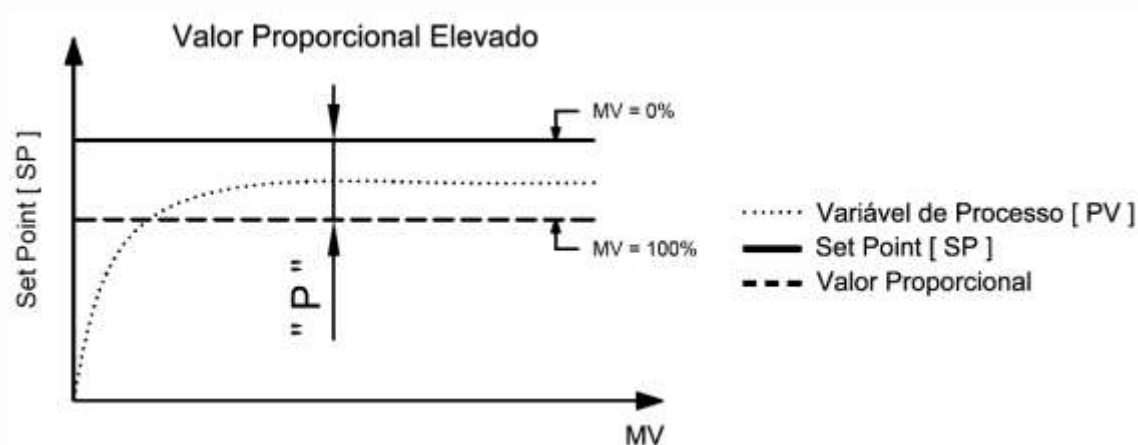


Figura 7.10

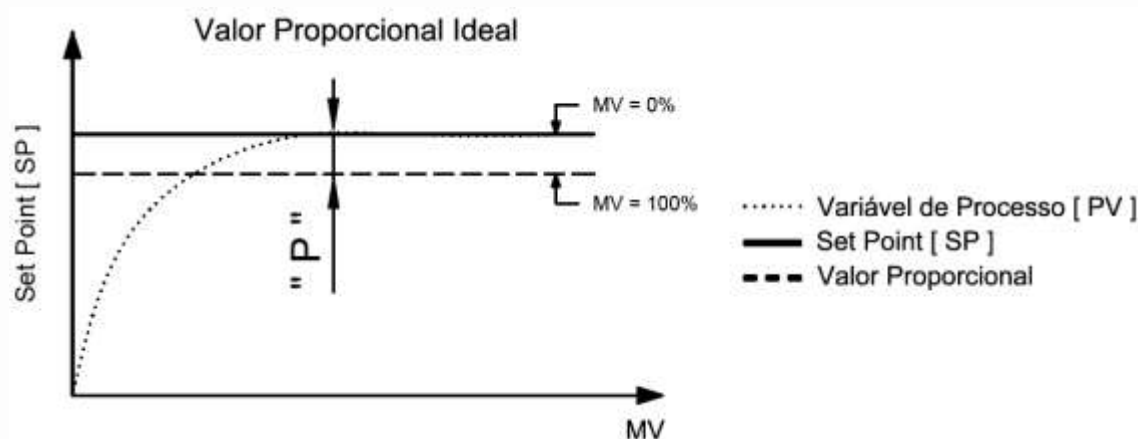


Figura 7.11

Adotando um valor excessivo para a banda proporcional, o processo obtém a estabilização, entretanto com regime abaixo do valor desejado programado em Set Point (SP).

Adotando um valor ideal para a banda proporcional, o regime do processo se torna mais preciso, a estabilização de PV permanece na região de controle determinada pelo valor do Set Point (SP).



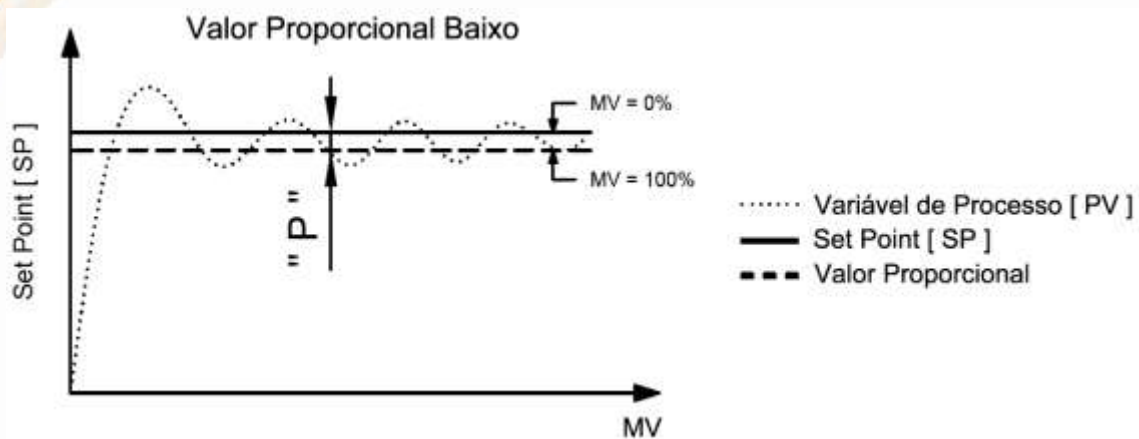


Figura 7.12

Uma redução excessiva da banda proporcional pode ocasionar uma instabilidade no processo, fazendo que os valores de PV oscilem para mais ou menos em torno do valor determinado pela referência (SP).

Quando a condição ideal do processo é atingida, o método de controle PID determina que o valor da variável manipulada (MV) seja igual a zero, assim nenhuma correção é realizada pelo atuador e o processo permanece estável, após ocorrer um erro entre os valores de SP e PV o dispositivo volta a atuar. Portanto em sistemas que exigem muita precisão, um controle simplesmente proporcional raramente consegue uma estabilização contínua do processo.

Em alguns controladores existe além das variáveis **P I D**, uma variável chamada **Bias** (polarização), que, em situação de erro ou desvio igual a zero (situação ideal) a saída é acrescida de um valor ajustável, que auxilia o processo manter a estabilização quando a situação de controle é $SP = PV$.

“Integral”

Ajusta a correção proporcional ao produto do desvio X tempo, define que, se o erro persistir por vários ciclos de tempo, o dispositivo intensifica o valor da correção.

O ajuste do tempo integral é o principal responsável pela obtenção da precisão no controle, o valor é definido em unidades de tempo, que pode ser em segundos ou múltiplos deste. O tempo integral força o sistema a repetir a ação do valor proporcional durante o tempo de integração, a ação do tempo integral força o ponto definido para o ponto central da ação proporcional visando à eliminação de desvios constantes durante o processo. A ação integral também pode ser definida como o RESET automático do desvio no controle, altera de forma indireta os níveis de MV com intuito de fazer o processo tender ao erro zero, ou seja, faz que o controle tenda a atingir o valor ideal, $SP = PV$.

Com o valor de “I” muito baixo, o controle não permite que o sistema se ajuste no tempo necessário, isso causa ao processo constantes elevações em PV, ou seja, tende a manter o valor de PV sempre acima de SP. Por outro, lado



valores para “I” muito longos pode causar lentidão para os ajustes constantes que o processo venha necessitar, ocasionando valores instáveis para PV abaixo dos valores de referência, SP.

Valores para “I” igual a zero desativam a compensação integral do sistema.

A ação da parcela “I” não é, isoladamente, uma técnica de controle, pois não pode ser utilizada em separado de uma ação proporcional. A ação de “I” força a variável MV proporcionalmente à amplitude e duração do erro. A ação da parcela “I” tem o intuito de eliminar o erro provocado por um controle puramente proporcional.

Para podermos identificar a ação da parcela “I” em um processo, vejamos como um sistema puramente proporcional se comporta. A figura 7.13 descreve essa situação, acompanhe:

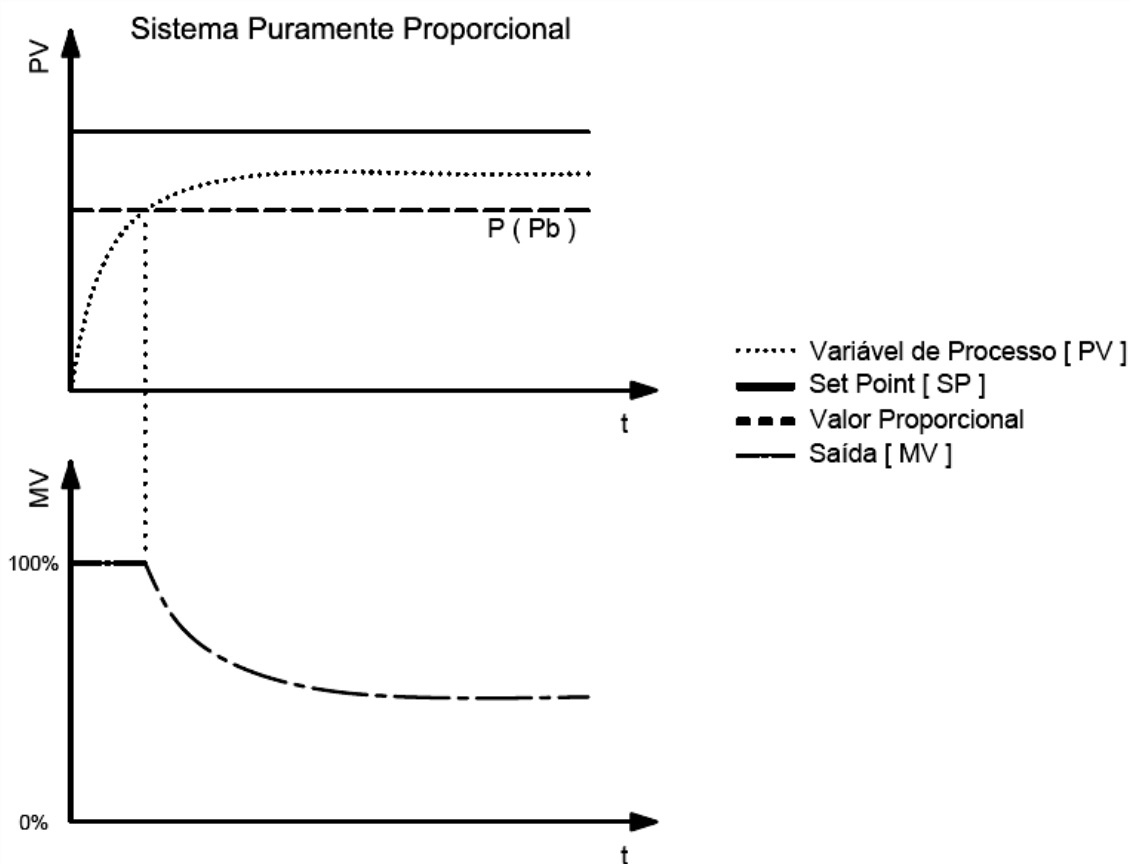


Figura 7.13

Na figura 7.3 observamos a ação de um sistema de controle com base puramente no controle proporcional, o sistema tende a atingir o equilíbrio, porém, se o valor de “P” não estiver muito bem ajustado, o controle estabiliza abaixo do valor desejado (SP), nesta situação a saída de controle permanece estável e, se nenhuma alteração ocorrer no processo, o sistema permanecerá estático indefinidamente. Essa condição é definida por “erro de regime



permanente". Agora vejamos na figura 7.14 a adição da parcela integral no controle, a ação integral age para inibir esse tipo de erro no processo, acompanhe:

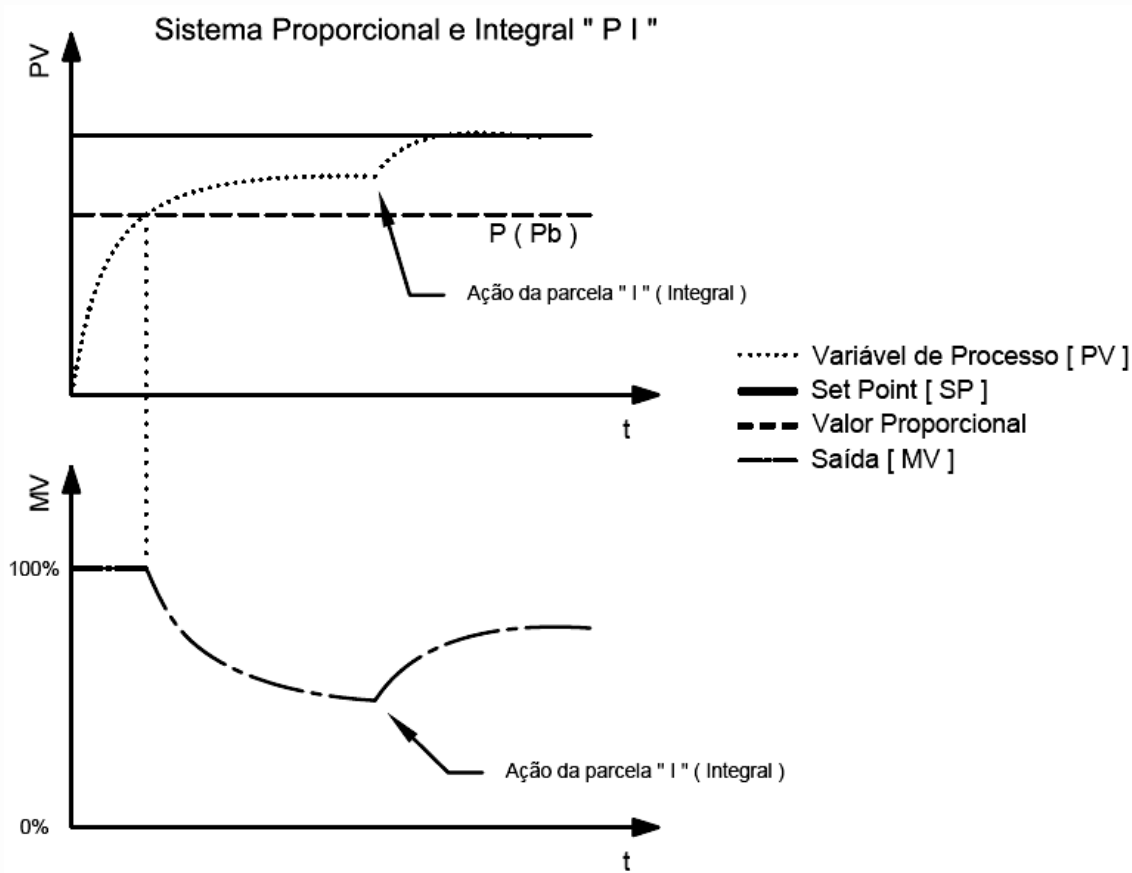


Figura 7.14

Agora, observando novamente o processo, na ocorrência do erro de regime permanente, a ação integral proporciona a elevação da saída MV de forma gradual, conseguindo assim a eliminação do erro. Com a inserção da parcela integral o valor atribuído a MV é alterado progressivamente até que o sistema atinja a condição ideal, ou seja, $PV = SP$.

A ação integral tem ação em intervalos regulares, corrigindo o valor da saída MV. Este intervalo de atuação é definido por tempo de integral, que, em alguns casos também é chamado de taxa integral (I_r). A elevação dessa parcela no processo aumenta a atuação do integral no sistema controlado.

A parcela de integral tem exclusivamente como objetivo a eliminação do erro causado pelos controladores do tipo proporcional, e a adoção de uma parcela integral elevada pode causar instabilidade ao processo. E a adoção de uma parcela de integral baixa provoca lentidão na estabilização e na obtenção da situação ideal no processo, $PV = SV$.

“Derivativo”

Ajusta o sistema de acordo com a taxa de variação do erro ou desvio, evita variações se o processo for instável. Se os valores entre SP e PV tiverem variações rápidas e bruscas diminuindo o valor dessa variável, o sistema tende a se tornar mais estável.

De modo geral, o tempo da parcela derivativa está ligado à rapidez com que o processo se estabiliza, também é definida em parcelas de tempo múltiplas de segundos, a ação do tempo “D” é utilizada para redução no tempo de resposta do sistema e auxilia na estabilização do controle. A ação da parcela “D” antecipa as ações corretivas do controle que estão por vir, o aumento da parcela “D” contribui para estabilização do controle, porém tempos muito longos em processos instáveis ou com muitas variações podem acarretar certa instabilidade na saída de controle MV. Por outro lado, tempos muito pequenos para parcela “D” geralmente resultam em instabilidade no controle com altos valores de PV em relação a SP.

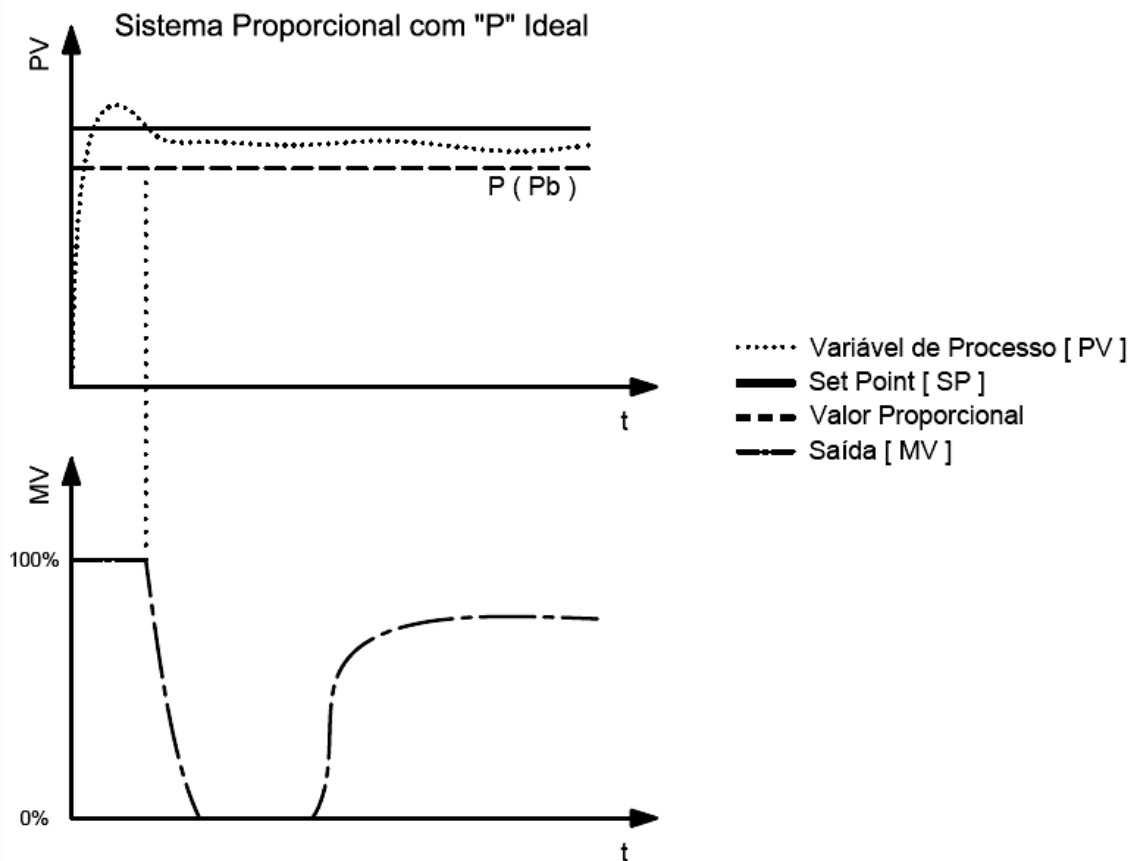


Figura 7.15

Se atribuído zero para essa parcela a correção derivativa é desabilitada, isso acarreta um novo ajuste na parcela “P”, para compensar a ausência do fator desabilitado.

A ação derivativa também, como a integral, não pode sozinha ser considerada uma técnica de controle, pois não pode ser utilizada em separado de uma ação proporcional. A ação derivativa atua de forma a proporcionar uma



resposta para a saída MV proporcional à rapidez com que o erro ou desvio ocorre. A parcela “D” tem o intuito de amenizar as variações do processo, evitando que o sistema sofra transientes muito bruscos de elevação ou diminuição de PV.

A parcela “D” só é ativada se existe variação no desvio. Se o sistema estiver estável, sua atuação é desativada.

No início do controle normalmente, o sistema passa por um período de instabilidade. Nessa situação o erro varia de forma rápida e brusca. Nessa ocasião a parcela “D” atua de modo a amenizar as variações, sendo, portanto, sua atribuição principal otimizar o desempenho do sistema durante as etapas de início do controle.

Nas figuras 7.15 e 7.16 podemos visualizar as condições para um processo puramente proporcional e um processo corrigido pela parcela derivativa.

Na figura 7.15 podemos notar o sistema proporcional com o valor de “P” na forma mais próxima do valor ideal. Nessa situação o valor de MV pode permanecer em seu valor máximo além do tempo necessário, isso causa um fenômeno chamado de “Overshoot”, em que o valor do processo (PV) ultrapassa o valor de referência (SP) antes da estabilização do processo. Nessa situação a redução do valor de MV ocorreu muito próximo ao valor da referência (SP), quando o overshoot já era inevitável.

Para resolver esse tipo de problema, poderíamos elevar o valor da parcela “P”, porém, em alguns casos, isso causaria uma instabilidade no sistema, outra solução é a inserção da parcela “D” que atua na redução da saída se o valor de PV se eleva muito rápido.



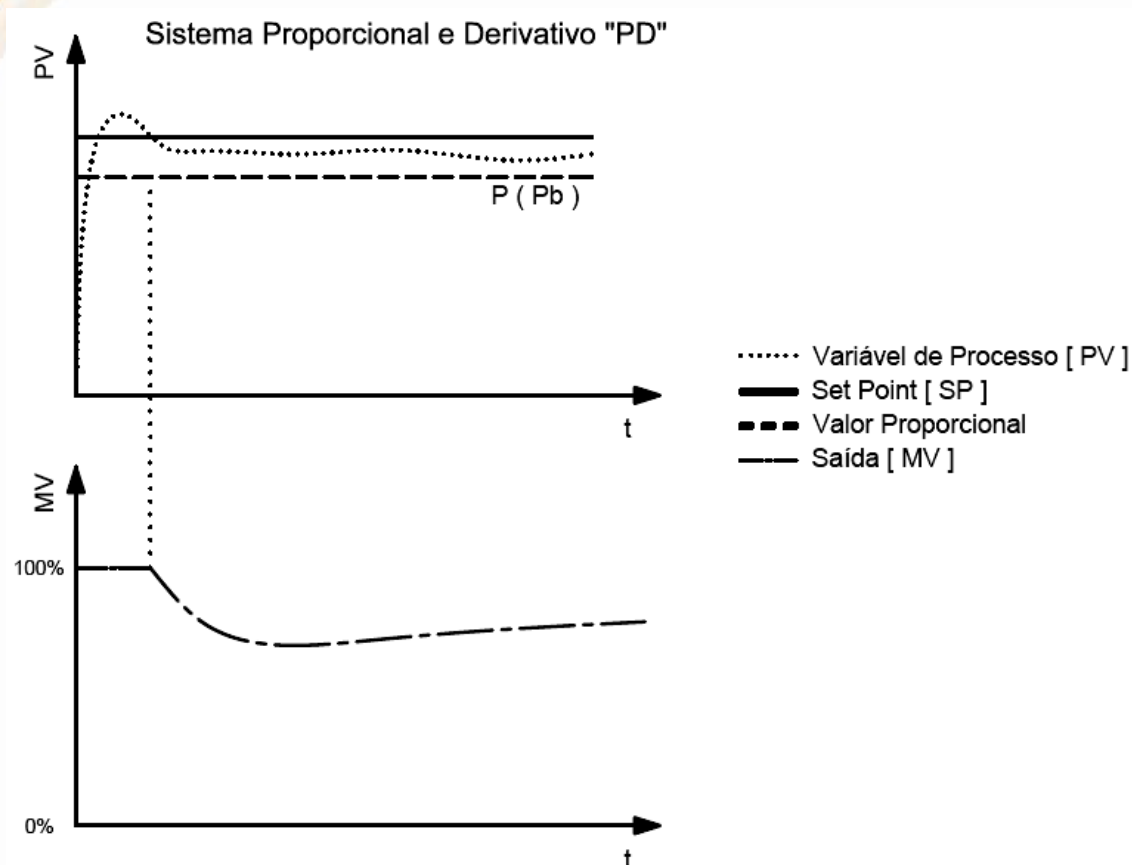


Figura 7.16

A principal função da parcela “D” é a antecipação da variação de PV no processo, a ação de “D” diminui o overshoot e as variações nos momentos de transientes no sistema.

A parcela derivativa atua em intervalos regulares, o dispositivo verifica a variação do erro no sistema e compensa o valor de MV. Se a variável de processo tende a se elevar, o erro se torna negativo, o que proporciona a redução no valor da saída, portanto atrasando o aumento de PV. A rapidez com que a parcela derivativa atua é determinada com o aumento de tempo de cálculo da diferença. Aumentando o tempo de cálculo, reduzimos a velocidade de variação do processo.

De modo geral, os controladores que utilizam o método de controle PID são mais eficazes do que os modelos ON – OFF e proporcional, contudo o ajuste correto das parcelas P I D são de extrema importância para uma boa sintonia do sistema, não existe uma fórmula básica ou mágica para a sintonia dos equipamentos, o usuário deve se basear nas características e particularidades do processo, pequenas variações do processo causam um reflexo muito grande nos ajustes da malha de controle, assim de um modo geral podemos afirmar que:

Se aumentarmos o valor da parcela “P” o processo torna-se mais lento, tende a se tornar mais estável e proporciona menor overshoot.

Se diminuirmos o valor da parcela “P” o processo torna-se mais rápido, tende a ficar com maior instabilidade e proporciona maior overshoot.

...

Se aumentarmos o valor da parcela “I” o processo atinge a referência de Set Point (SP) com maior rapidez, como consequência pode causar maior instabilidade e maior overshoot.

Se diminuirmos o valor da parcela “I” o processo fica mais lento e demora atingir o valor de Set Point, o sistema tende a ser mais estável e com menor oscilação, proporciona menos overshoot.

...

Se aumentarmos a parcela “D” todo o processo fica mais lento e como consequência tem menos overshoot.

Se diminuirmos o valor da parcela “D”, o processo torna-se mais rápido e como consequência aumenta a ocorrência de overshoot.

7.6. Aplicações

Os controladores universais são largamente empregados na indústria para controle de sistemas em malha fechada, principalmente em circuitos de aquecimento e refrigeração, porém basicamente onde possamos identificar uma variável no processo (PV), uma referência (SP) e um possível erro entre as duas, podemos caracterizar como uma potencial aplicação para esses dispositivos.

Em muitos dispositivos eletrônicos encontramos essa mesma metodologia de controle embutida nos circuitos, como por exemplo em um inversor de frequência, em que temos um controle do chaveamento do circuito de potência com base em uma malha fechada de controle entre a potência solicitada pela carga e a referência dos parâmetros de operação, outro exemplo, são os sistemas de geração de energia, em que é monitorada a potência consumida e a geração é regulada automaticamente em razão da realimentação das informações colhidas no campo, e assim por diante. Podemos enumerar muitas aplicações para os sistemas de controle, mas, sem dúvida nenhuma, é na indústria que encontramos uma maior infinidade de aplicações e soluções baseadas nessas metodologias e procedimentos.

São exemplos de aplicações de controladores universais: controle de aquecimento em fornos e caldeiras, sistemas de refrigeração de túneis e ar-condicionado, sistemas de controle de níveis em tanques e bombas d'água, controladores de chama em fornalhas a gás ou óleo combustível, sistemas de pesagem e totalização, em automóveis nos sistemas de injeção de combustível e controle de combustão, em aviões, navios etc.

