



MODERNIZAÇÃO E MELHORIA DO SISTEMA DE SERVOMOTORES PARA VÁLVULAS PARCIALIZADORAS DE TURBINAS A VAPOR*

Jonas Pedro Caumo¹
Jefferson Monteiro Oliveira²

Resumo

As válvulas parcializadoras funcionam distribuindo a vazão de vapor em uma turbina de maneira uniforme e o mais próximo possível de uma atuação linear. Esta vazão depende da área de passagem que por sua vez depende do curso. Para o controle da parcialização de vapor, da potência e rotação, o curso da válvula deve ser mantido ao longo do tempo. Os servomotores que atuam nas válvulas, em sua grande maioria, possuem atuação linear, do tipo simples ação, são compostos de molas e são acionados por pressão hidráulica de óleo. Eles sofrem perdas de linearidade ao longo do tempo e entre as principais causas está a histerese de mola, necessitando assim de ajustes ao longo do tempo. Os ajustes são feitos de forma mecânica e hidráulica, manualmente. A leitura do curso é feita visualmente através de régua graduada, feitos com a turbina parada e sem considerar a atuação do vapor nas válvulas parcializadoras. São propostas modificações feitas no conceito do servomotor, usando um de dupla ação e para que o mesmo faça uma correção eletrônica do curso, a posição da válvula é medida através de um transformador diferencial variável linear (LVDT) Um dos conceitos apresentados é o uso do servomotor de dupla ação. O controle da turbina é feito por um regulador que envia um comando a um conversor eletro-hidráulico que atua no servomotor. Os conceitos apresentados fazem com que esta transformação eletro-hidráulica seja totalmente controlável, mais precisa e constante, mantendo o curso da válvula.

Palavras-chave: Controle; Turbina a vapor; Modernização; Servomotor.

MODERNIZATION AND UPGRADE OF THE SERVOMOTORS SYSTEM USED FOR STEAM TURBINE REGULATING VALVES

Abstract

The regulating valves operate doing a distribution of the steam flow rate in a steam turbine in a uniform and linear way. This flow rate depends on the passage area that depends on the position of the valve. For the steam distribution control, power and speed of rotation, the position of the valve has to be maintained along the time. The servomotors that actuates on valves, usually, have linear actuation, single acting type, are made of springs and are operated by oil hydraulic pressure. This type of component has linearity and response losses along time, which, among the main causes is the spring hysteresis, so it's necessary to make adjustments along time. This adjustment is done manually, by a mechanical and hydraulic way. The measurement of the valve position is done by visual inspection, made when the turbine is not operating and without considering the real operation of the valve with steam. Modifications are proposed on the concept of the servomotor, using double acting type and an electronically measurement of the valve position is done by and LVDT. The steam turbine control is done by the governor that sends a signal to an electro-hydraulic converter that actuates on the servomotor. The concepts showed that this electro-hydraulic actuation is totally controllable, precise and constant, maintaining the valve position.

Keywords: Control; Steam Turbine; Modernization; Servomotor.

¹ *Unicamp, Mestrando em Engenharia Mecânica, Engenheiro de Projetos Sr., Engenharia de Assistência Técnica, TGM Turbinas, Sertãozinho, São Paulo, Brasil.*

² *Pós-graduado em Gestão de Projetos, Engenheiro Eletricista Sr, Engenharia de Campo de Assistência Técnica, TGM Turbinas, Sertãozinho, São Paulo, Brasil.*

* *Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.*



1 INTRODUÇÃO

No presente trabalho será mostrada uma opção de modernização de servomotores que são usados para atuação em válvulas parcializadoras ou também chamadas de regulação de turbinas a vapor.

Serão mostradas as funções e componentes de um servo motor, tipos e funcionamento do mesmo. Os pontos positivos e negativos de acordo com a manutenção serão mostrados e melhorias serão propostas para que o sistema seja mais confiável e controlável diminuindo assim períodos de manutenção gerando assim valor para a operação como um todo.

As válvulas parcializadoras serão explicadas de acordo com suas características e influência sobre as características de controle de uma turbina a vapor.

Serão apresentados os pontos de vistas mecânico e eletrônico para que a solução apresentada seja de grande valia para o controle de uma turbina a vapor.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados neste trabalho os próprios servomotores, placas indicando através de uma régua milimétrica o curso da válvula, as válvulas parcializadoras ou de regulação.

Os métodos empregados neste trabalho foram simples conceitos de hidráulica e de controle.

A válvula parcializadora controla a carga e/ou a velocidade de rotação de uma turbina e sua máquina acionada. Ao abrir a válvula, a mesma diminui a própria perda de carga que por sua vez resulta em uma correspondente vazão que aumenta de acordo com o aumento do curso e, portanto de sua área de passagem. Ao fechar a válvula diminui sua área de passagem, causa perda de carga e diminui consequentemente a vazão admitida pela turbina.

Um exemplo desse comportamento pode ser observado em Schegliáiev [1] e Traupel [2], nota-se abaixo a figura 1 indicando a variação de vazão em função da variação da relação de pressão a jusante e a montante da válvula parcializadora.

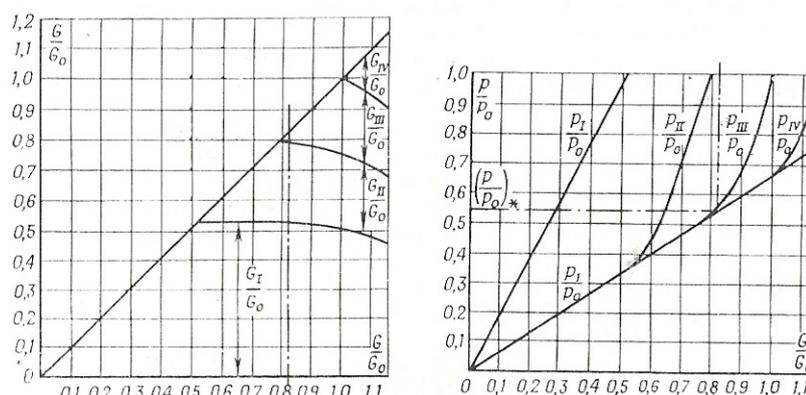


Figura 1 – Distribuição de vazão e relação entre pressões antes e depois da válvula.

Na Figura 1, nota-se a relação de vazões (G/G_0), onde G é a vazão máxima que passará pela válvula e G_0 a vazão de referência. G_I , G_{II} , G_{III} e G_{IV} são as vazões para cada válvula respectivamente, neste caso foi analisada uma turbina com quatro válvulas, o mesmo pode ser dito sobre P/P_0 , onde P é a pressão depois da válvula e P_0 a pressão de referência.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Portanto o objetivo de um projeto de válvula é que a vazão varie o mais próximo de uma reta de acordo com o curso da válvula.

Já os servomotores são componentes que se movimentam proporcionalmente através de um comando, no caso os servomotores usados para operação de válvulas parcializadoras de vapor em turbinas sua maioria são compostos por cilindros hidráulicos, ou seja, atuadores que atuam mecanicamente aplicando uma força através de um percurso linear.

Portanto neste caso, os servomotores são compostos por cilindro, haste, pistão, mola. A força do cilindro depende da área do pistão, da haste e da pressão do fluido hidráulico, no caso, óleo.

A velocidade deste componente depende da vazão do fluido, da superfície do pistão e da haste.

Basicamente os cilindros hidráulicos que compõe os servomotores podem ser classificados de duas maneiras de simples ação ou de dupla ação.

O servomotor original da turbina estudada neste caso é de simples ação. Já o servomotor usado na melhoria do sistema é de dupla ação.

Para os servomotores novos foram utilizados servomotores da Voith e as válvulas parcializadoras são as próprias válvulas da turbina.

Atualmente a grande maioria dos servomotores das válvulas parcializadoras de turbinas a vapor são de simples ação. Um exemplo esquemático deste tipo de servo pode ser visto nas Figuras 2, 3 e 4.

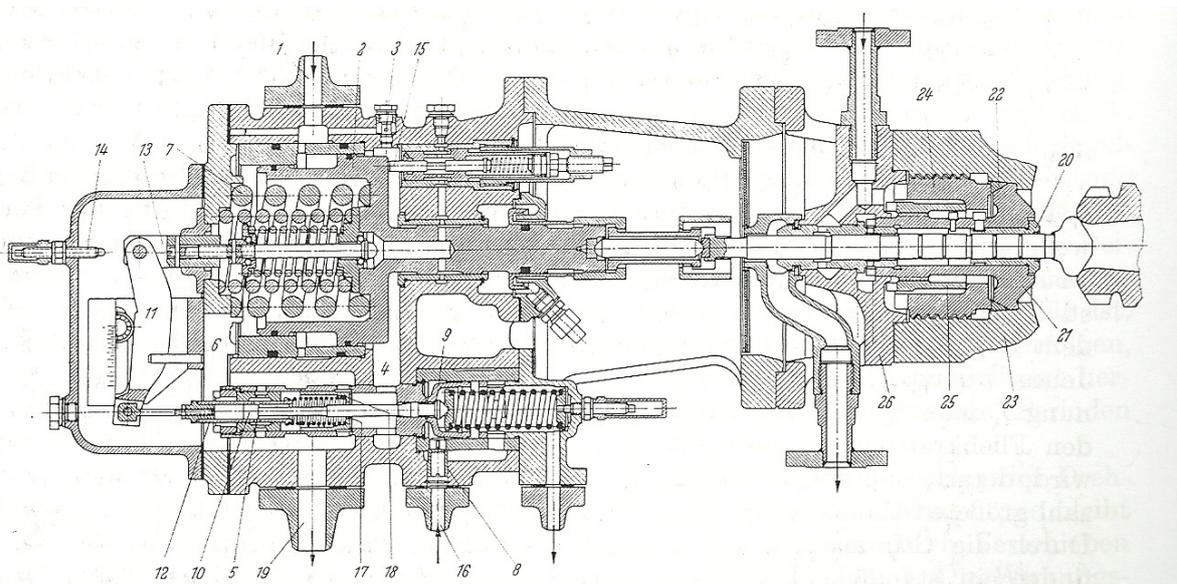


Figura 2 – Servomotor de uma válvula parcializadora usada em turbina a vapor.

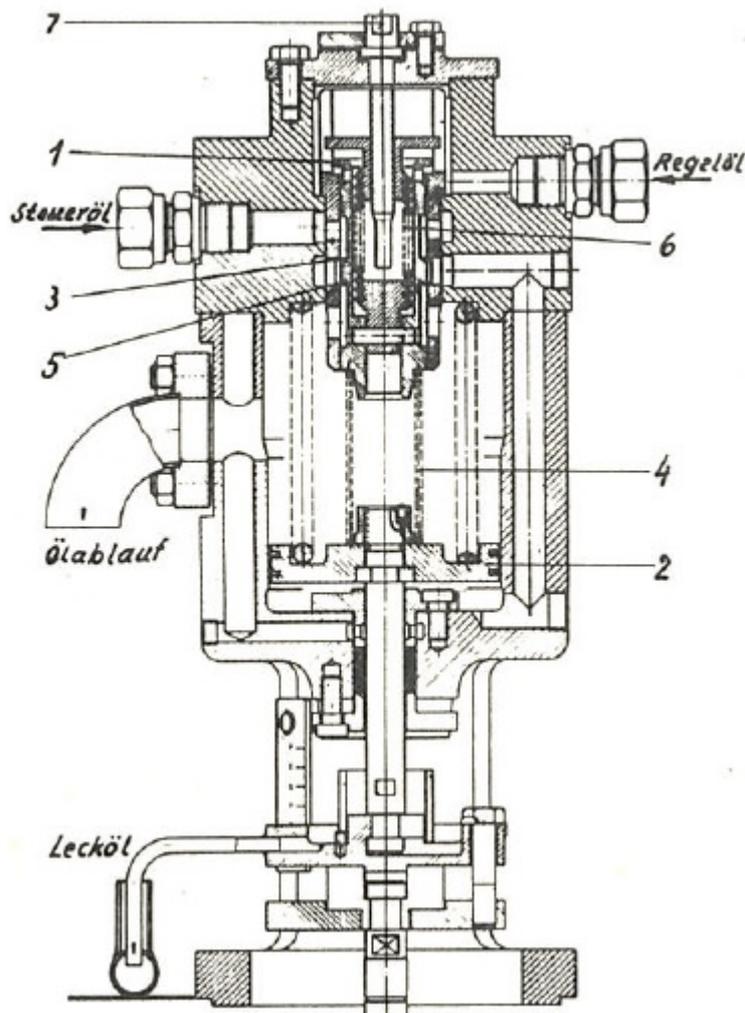


Figura 3 – Outro exemplo de servomotor de uma válvula parcializadora de uma turbina a vapor.

Servomotor – Simples ação

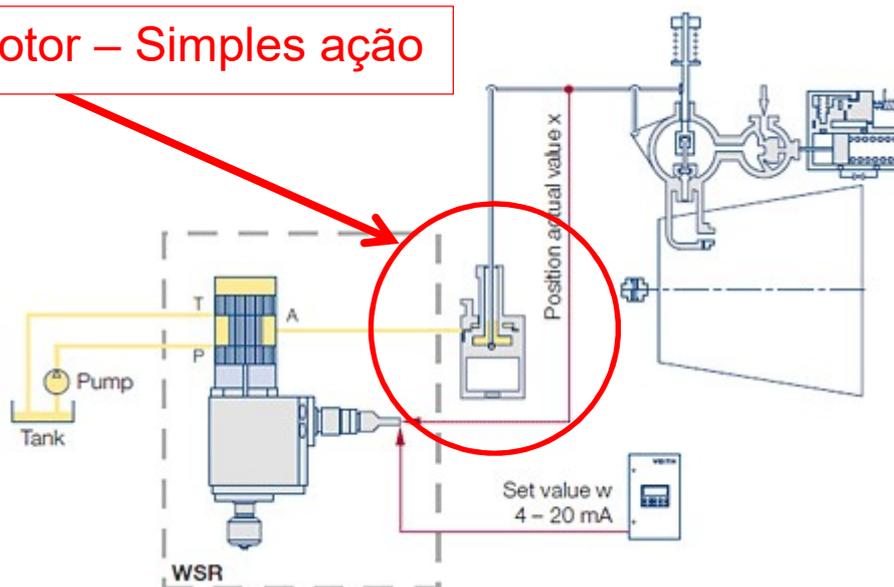


Figura 4 – Esquema de operação de um servomotor do tipo simples ação.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.



Observa-se que para o cilindro avançar é necessário inserir óleo dentro do cilindro para que o mesmo gere força e atue linearmente, porém para que este tipo de cilindro ilustrado acima retorne é necessário parar de inserir óleo no mesmo, ou seja, não é observado um controle efetivo no retorno do cilindro, ou seja, no fechamento da válvula de parcializadora.

Ao fechar a válvula parcializadora de vapor restringe-se a passagem de vapor para dentro da turbina, então se rejeita carga na turbina e conseqüentemente na máquina acionada.

Já o cilindro de dupla ação pode ser observado Figura 5.

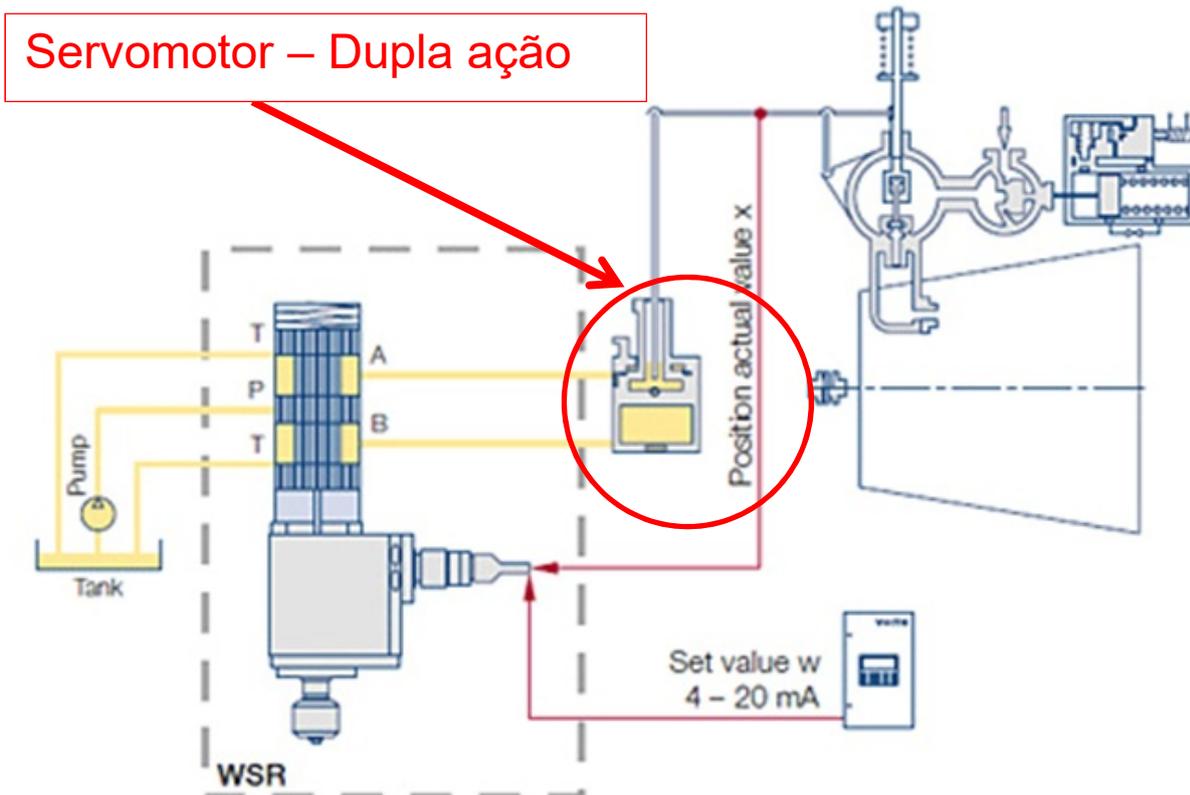


Figura 5 – Esquema de operação de um servomotor do tipo dupla ação.

Nota-se que tanto para o cilindro avançar como para recuar é necessário inserir óleo para que o mesmo atue.

A primeira vantagem de se aplicar uma melhoria utilizando um servomotor com cilindro hidráulico de dupla ação então é uma vantagem do ponto de vista de controle, pois é possível controlar a abertura ou fechamento da válvula parcializadora atuando no servomotor na parte anterior ou posterior do cilindro hidráulico.

Ambos os cilindros, antigo e novo, precisam de uma mola para atuação no caso de falhas elétricas ou hidráulicas do sistema, pois tornam o servomotor e, portanto a válvula do tipo normal fechada, ou seja, sua posição segura é definida como fechada.

Servomotores provenientes de projetos antigos de turbinas a vapor indicam seu curso através de uma régua graduada milimetricamente. Basicamente tem-se uma marcação ou componente indicativo relativo e próximo desta régua. Esse detalhe é mostrado na Figura 6.

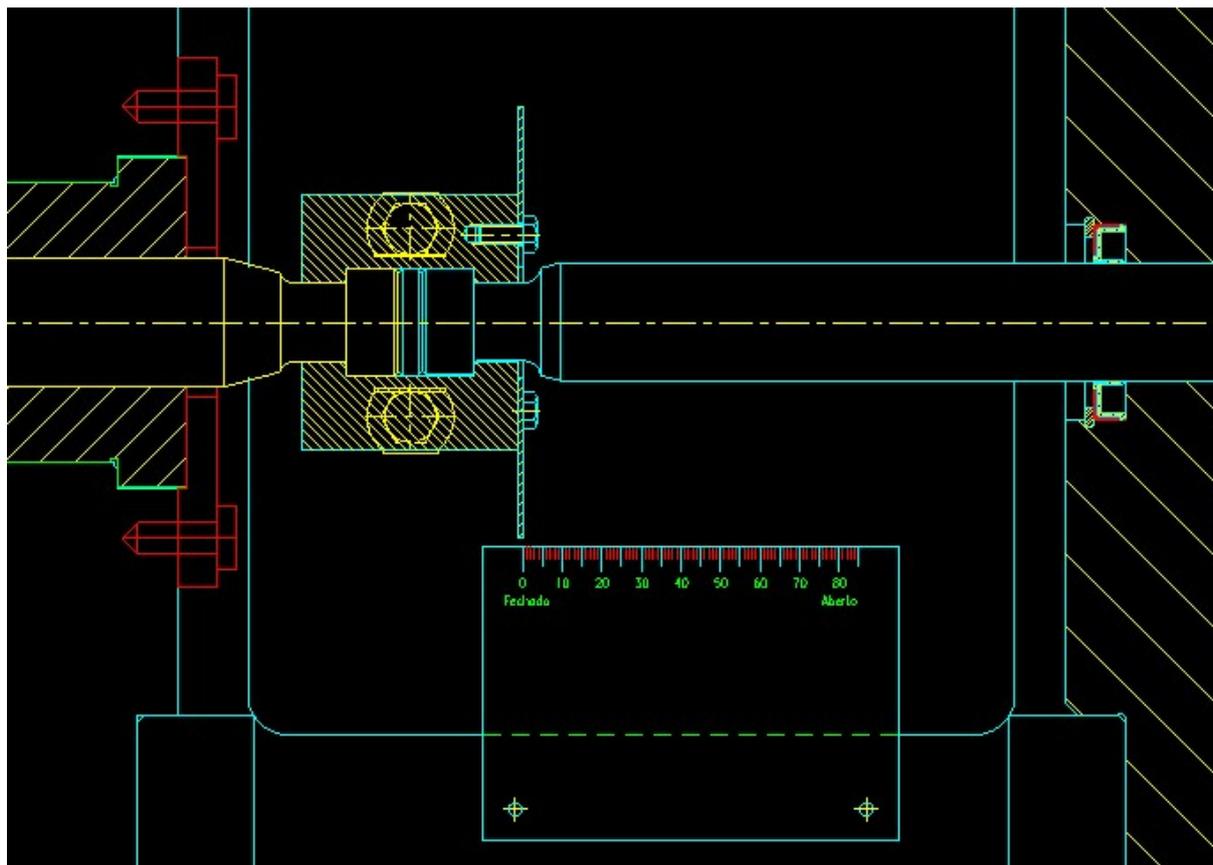


Figura 6 – Régua usada para medir o curso da válvula parcializadora.

Conclui-se que para medir o curso da válvula diretamente é necessário realizar inspeção visual da régua mencionada acima, ou seja, um método deficiente para garantir que este curso seja mantido ao longo do tempo.

Um dos principais motivos da dificuldade em manter o mesmo curso da válvula ao longo do tempo é a própria mola do servo que sofre histerese durante sua vida útil, ou seja, ao longo do tempo não é possível pressionar a mola e verificar que a mesma retorne até a posição inicial não tensionada, perdendo assim suas propriedades e causando problemas de controle da válvula parcializadora.

Sugere-se neste trabalho que seja implementado um elemento para medir o curso da válvula e, portanto do servomotor de maneira eletrônica com a finalidade de se utilizar essa variável para o controle de carga/velocidade da turbina.

Este elemento é um transformador diferencial variável linear, também conhecido pelas siglas em inglês LVDT.

Ao medir o curso através de um instrumento, a calibração, ajuste e resposta do sinal tornam-se mais fáceis de serem trabalhados, controlados e mantidos, independentemente dos problemas mecânicos que são oriundos do funcionamento como desgastes, histerese da mola entre outros problemas.

Como o curso é medido e usado como sinal de saída do sistema de controle o mesmo pode ser usado como realimentação/feedback e portanto garante que o curso da válvula seja mantido ao longo do tempo, permitindo assim um controle melhor que dure por mais tempo e que não sofra com interferências mecânicas que não sejam muito grandes, ou seja, desgastes, variações de parâmetros de vapor, histerese de mola entre outros. Sendo assim um controle pode ser feito de maneira proporcional, derivativa e integral (PID).



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No sistema com servomotores de simples ação, que estão atualmente instalados na turbina analisada neste trabalho podem ser observados os seguintes pontos:

- O comportamento da válvula/servomotor depende da mola e de desvios de fabricação e desgastes causados pela operação;
- Como mostrado, o ajuste do curso de parcialização é único e feito apenas em campo.
- É impossível validar o desempenho da parcialização pela avaliação das variáveis de pressão internas da turbina.
- Mesmo se adotando técnicas de linearização estas são ineficientes pois há perdas ao longo do tempo.
- O ajuste da velocidade e da atuação é único e empírico;
- É impossível determinar com precisão a posição de válvulas mesmo pela medida do reflexo na pressão de vapor depois das válvulas.

Estes pontos podem ser observados na figura 7.

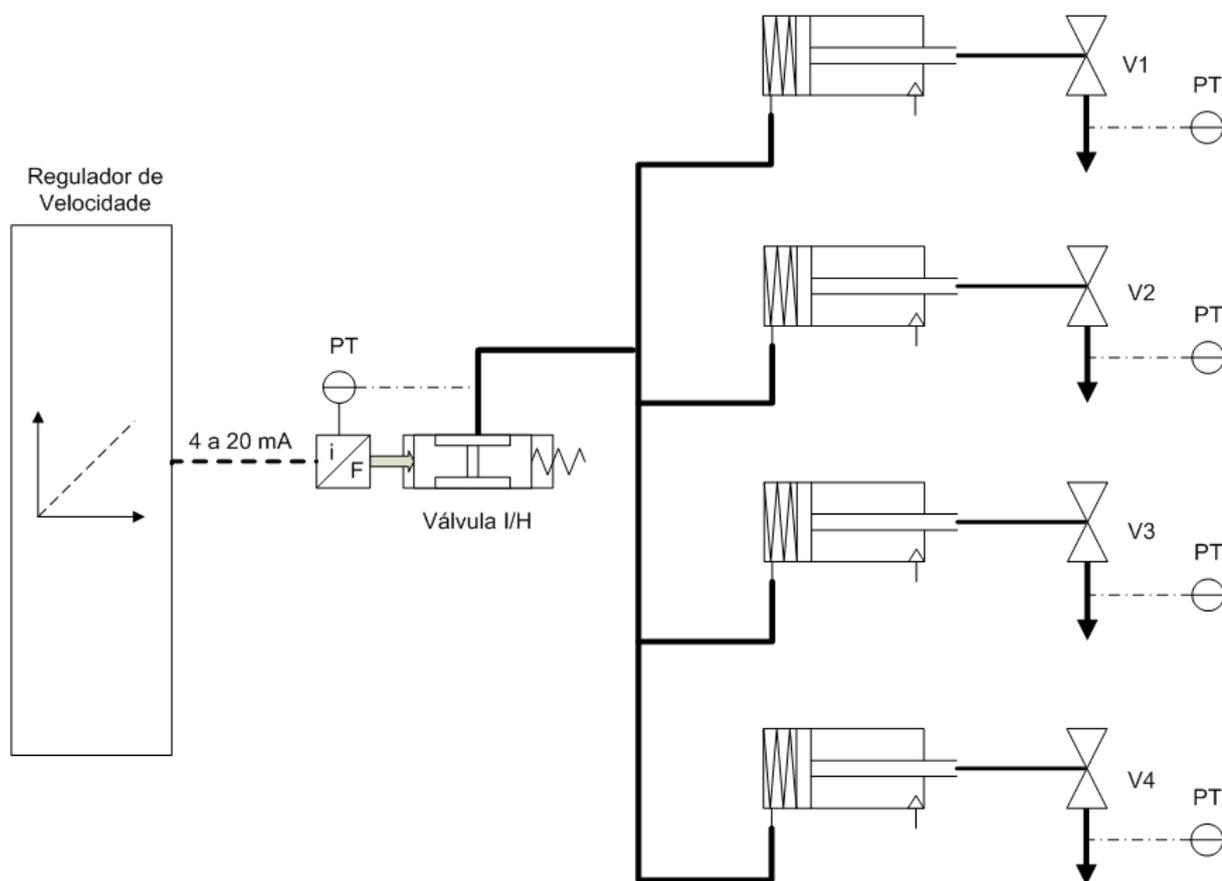


Figura 7 – Esquema de válvula simples ação.

A proposta de modernização pode contemplar tanto esquemas simples quanto redundantes. Com a adoção da modernização os ganhos diretos podem ser observados nos seguintes tópicos:

- Instalação do cilindro hidráulico de dupla ação.
- Pela utilização do servomotor de dupla ação, o comportamento dinâmico da válvula/servomotor se torna ajustável.
- Ajuste de velocidade e atuação individualizado em função da liberdade de variação tanto na abertura como no fechamento



- Todos os ajustes são feitos eletronicamente.
- O sistema fica muito tolerante e com boa independência de desvios de fabricação e de falhas causadas pelo tempo como a histerese.
- Aplicação do LVDT – leitura/indicação da posição.
- Desta forma, a posição de válvulas é medida pelo seu curso real e não mais de forma indireta.
- Por causa da medição de posição é permissível a correção, a realimentação e o controle por posição do servomotor – autocorreção.
- Como é possível medir a real posição das válvulas, o ajuste e a avaliação da pressão de câmara de roda x curso das válvulas se torna possível validando desta forma a parcialização.
- Como o sistema é robusto em relação a desvios de posição, a linearização do controle é mantida ao longo do tempo.

Este esquema de modernização pode ser visto na figura 8.

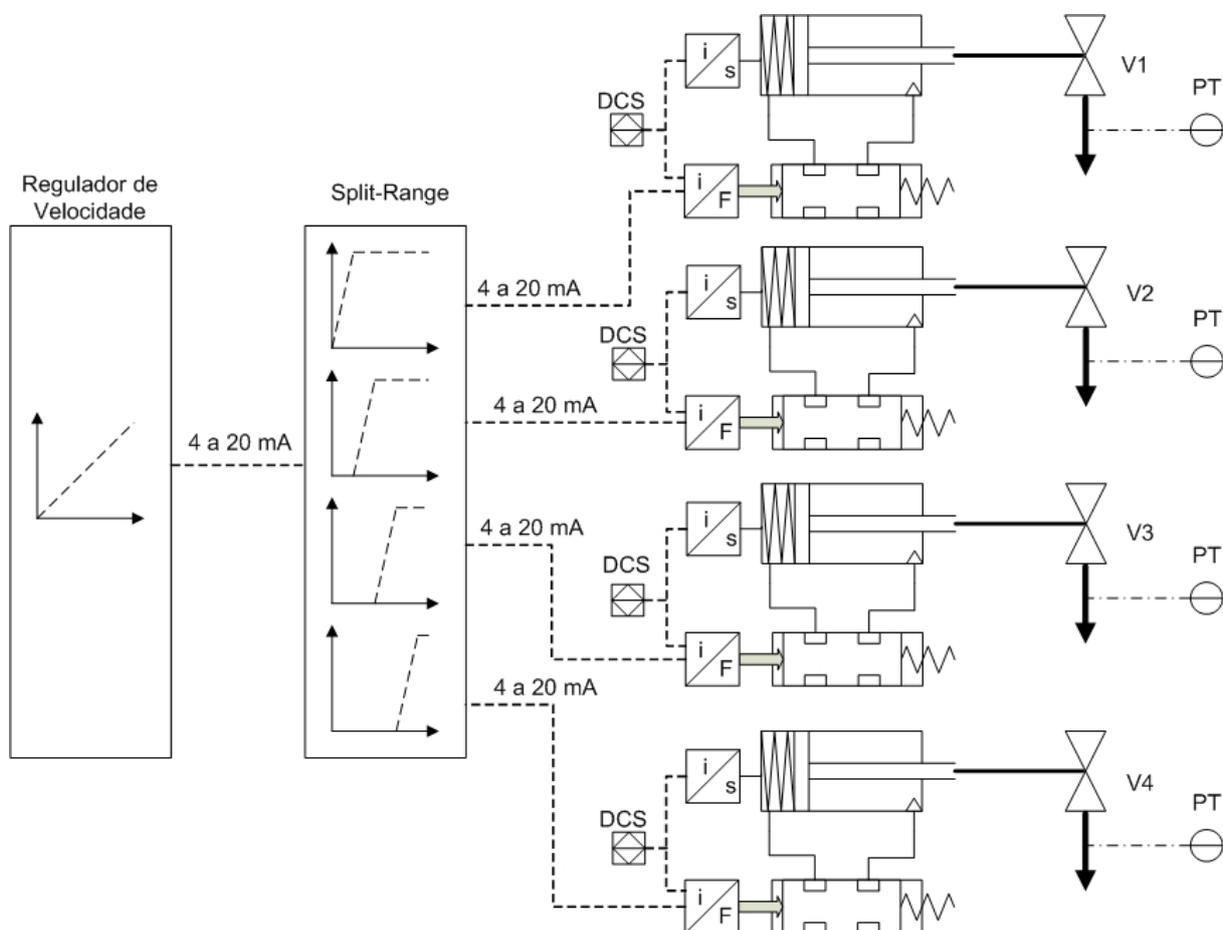


Figura 8 – Esquema de válvula simples dupla ação e leitura da posição da válvula.

É possível a configuração redundante tanto da parte de controle quanto do posicionamento dos servomotores. Desta forma há um aumento ainda mais acentuado na tolerância dos sistemas às falhas, comumente tratado como o MTBF do sistema, e a robustez do sistema não fica comprometida mesmo com a adoção de mais equipamentos. O esquema redundante pode ser visto na figura 9.

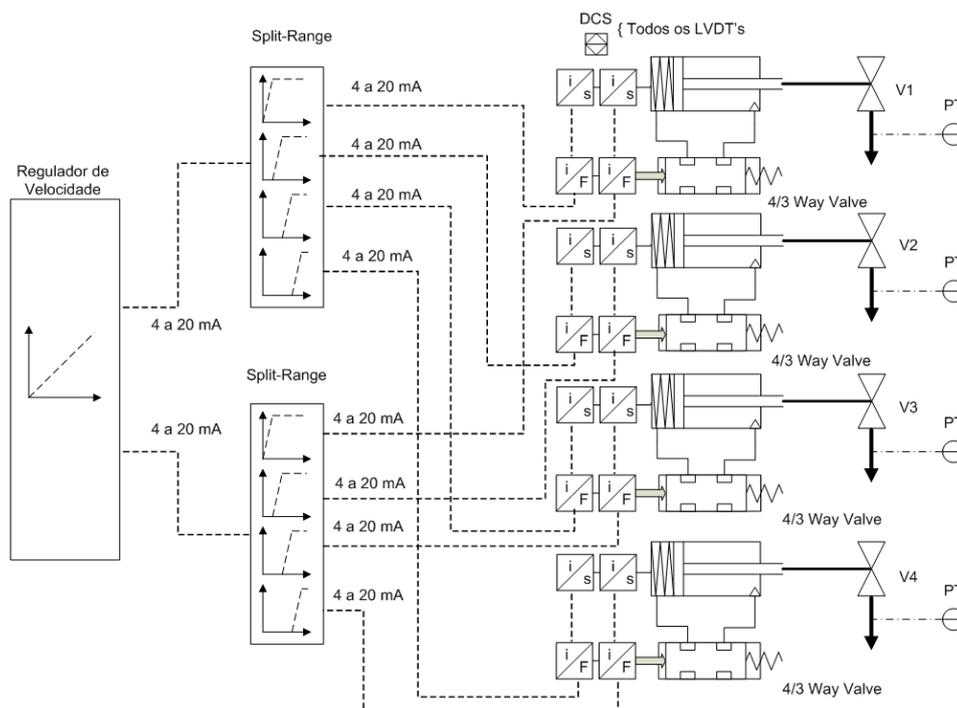


Figura 9 – Esquema de válvula simples dupla ação e leitura da posição da válvula redundante.

4 CONCLUSÃO

Ao apresentar uma solução que aumente a robustez, precisão, repetibilidade e a disponibilidade da parcialização de válvulas de controle para turbinas a vapor é possível cuidar de um dos problemas mais comuns em aplicações de turbinas a vapor.

A qualidade alcançada em sistemas equivalentes aplicados em equipamentos novos mostra que esta tecnologia é forte, pois melhora a resposta do controle de velocidade com conseqüente ganho na estabilidade do processo onde o equipamento está inserido. Como o sistema se autocorrigue, a necessidade e o tempo de manutenção podem ser reduzidos pelas facilidades e recursos embutidos no sistema.

Adicionalmente é possível ainda observar que não há necessidades em se variar o volume total do sistema de óleo e, como esta tecnologia empregada é a mais atual possível, o tempo para a obsolescência do sistema cresce consideravelmente.

Agradecimentos

Agradeço aos colegas de trabalho da TGM e clientes que sempre criam desafios, perguntas e questionamentos que permitem assim um amadurecimento técnico e um desenvolvimento e melhoria daquilo que conhecemos. Agradecimento ao pai do autor Jonas Pedro Caumo, o senhor Pedro João Caumo, por acreditar e incentivar sempre.

REFERÊNCIAS

- 1 Schegliáiev AV. La teoría del proceso térmico y las construcciones de turbinas. Moscou: Editora Mir, 1978 cap. 7, p. 9-50.
- 2 Traupel W. Termische turbomaschinen: Zweiter Band: regelverhalten, festigkeit und dynamische problem. Berlin: Springer-Verlag, 1968, temperaturprobleme. Berlin: Springer, 1981 cap. 12, p. 1-53.

* Contribuição técnica ao 35º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 29º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 13 a 15 de agosto de 2014, São Paulo, SP, Brasil.