

Taxa de Calor e Aquecedor de Água de Alimentação

CONTROLE DE NÍVEL

Donald Hite, Gerente de Desenvolvimento de Negócios
Magnetrol International e Orion Instruments

Objetivo

Minimizar perdas controláveis atreladas ao desempenho do aquecedor de água de alimentação pela obtenção de compreensão adicional sobre as operações básicas do aquecedor da água de alimentação e ciclo energético; os indicadores de desempenho associados e o impacto positivo ou negativo do controle de nível sobre a eficiência geral da planta conforme relacionado à taxa de calor da unidade líquida e contenção de custos.

Visão Geral

- Taxa de Calor
- Custo do Desvio da Taxa de Calor
- Aquecedores da Água de Alimentação
 - Ciclo de Energia Básico
 - Controle de Nível
 - Desempenho do Monitoramento
- Erros Induzidos por Instrumentos e Taxa de Calor
- Estudos de Caso
- Otimização do Nível

Otimização do Nível

O advento de protocolos da mudança climática e a Lei do Ar Puro colocou os combustíveis fósseis no centro do debate político. Aderir a esses padrões enquanto que aumentando a lucratividade tornou a taxa de calor um assunto recorrente em todas as usinas elétricas. Uma compreensão da taxa de calor, seu valor aos negócios e o impacto das tecnologias aprimoradas na eficiência é fundamental quando correlacionamos as características e benefícios de determinada tecnologia a um retorno sobre investimento relativo ao todo e à aplicação pretendida.

A taxa de calor é uma medida usada na indústria energética para calcular o quão eficientemente uma usina elétrica usa a energia de calor, sendo expressa na forma do número de Btus de calor necessário para produzir um quilowatt hora de energia. Há diversos cálculos para a taxa de calor. As equações a seguir oferecem os fundamentos do cálculo da taxa de calor. Observe que o cálculo mais comumente usando é a Taxa de Calor da Unidade Líquida.

Taxa de calor geral:

$Taxa\ de\ calor\ (Btu/kWh) = \frac{Input\ de\ Energia\ (Btu)}{Output\ de\ Energia\ (kWh)}$

Input de Energia:

$Energia\ em\ Combustível\ (Btu / hora) = Fluxo\ de\ Combustível\ (lbm/hora) \times Valor\ de\ Aquecimento\ de\ Combustível\ (Btu/lbm)$

Taxa de calor da unidade líquida:

$Fluxo\ de\ Combustível\ (lbm/hora) \times Valor\ de\ Aquecimento\ do\ Combustível\ (Btu/lbm) = Output\ de\ Energia\ Líquida\ (kW)$

Outra variação no cálculo de taxa de calor específica à área de interesse é a taxa de calor do ciclo da turbina. A taxa de calor do ciclo da turbina determina o desempenho combinado da turbina, condensador, aquecedores da água de alimentação e bombas de alimentação. Conhecer a taxa de calor da unidade e a taxa de calor do ciclo da turbina permite que a usina determine a eficiência da caldeira.

Taxa de Calor do Ciclo da Turbina:

$Taxa\ de\ Calor\ do\ Ciclo\ da\ Turbina\ (Btu/kWh) = \frac{Input\ de\ Energia\ (Btu)}{Output\ de\ Energia\ (kWh)}$



Em um mundo ideal, Engenheiros de Desempenho gostariam de ver a taxa de calor a 3.412 Btu/kWh. Isso significaria que toda a energia disponível na fonte de combustível está sendo convertida em eletricidade utilizável; assim, a planta estaria funcionando com eficiência de 100%. Entretanto, isso não é realístico; na verdade, quanto mais próxima de 3.412 Btu/kWh estiver a taxa de calor da unidade líquida, mais eficiente e barata será a operação.

Um aumento na taxa de calor resulta em um aumento no consumo de combustível; ao passo que diminuir a taxa de calor corresponde a uma redução no combustível necessário para a produção de determinado número de kWh de energia. Embora a taxa de calor seja um fator chave em qualquer decisão de compra, outros fatores também contam: custos com manutenção, confiabilidade, segurança, emissões, custo de hardware etc. Compreender o impacto da tecnologia em instrumentação ao longo do espectro ajudará na racionalização do pleno retorno sobre investimento para ajudar na contenção de custos e maximizar a lucratividade.

Custo do Desvio da Taxa de Calor

Calcular o custo do combustível anual associado a ligeiros desvios da taxa de calor alvo da usina pode ser esclarecedor, uma vez que pequenas mudanças têm um impacto mais profundo do que se pode esperar. Se a taxa de calor alvo de uma planta for 12.000 Btu/kWh e o valor real for 12.011 Btu/kWh, qual será o aumento no custo anual de combustível? A equação e pressupostos a seguir são usados para calcular o impacto de um desvio de 1 Btu/kWh.

$$\text{Mudança no Custo Anual do Combustível (\$/ano)} = \text{HRD}/\text{BE} \times \text{FC} \times \text{CF} \times \text{UGC} \times \text{T}$$

Em que:

HRD Desvio da Taxa de Calor (unidade líquida ou taxa de calor do ciclo da turbina)

BE Eficiência da Caldeira = 0,88

FC Custo do Combustível/1.000.000 Btu = 2,01¹

CF Fator de Capacidade da Unidade = 0,85

UGC Capacidade Bruta da Unidade = 500.000 kW

T 8 760 horas/ano

Custo Anual do Combustível

(1 Btu/kWh 0,88) (2,01 1.000.000) (0,85) (500.000) (8760) = \$ 8.503,64/ano para um desvio na taxa de calor de 1 Btu/kWh.

Diretrizes Gerais para a Taxa de Calor

- Um aumento na taxa de calor a partir do design aumenta o consumo de combustível
- Uma melhora de 1% (redução na taxa de calor) = economia anual de \$ 500 K para uma usina de 500 MW
- Uma redução de -5 F na temperatura final da água de alimentação aumenta a taxa de calor em 11,2 Btu/kWh, resultando em um aumento médio no custo anual de combustível de \$ 59.230,00 (usina de 500 MW)
- A eficiência máxima ou o número mais baixo para a taxa de calor é observado em usinas CCGT com uma taxa de calor de unidade líquida começando em 7.000 Btu/kWh
- As taxas de calor para usinas elétricas a carvão variam de 9.000 a 12.000 Btu/kWh (22% das usinas a carvão domésticas têm uma taxa de calor de pelo menos 12.000 Btu/kWh)

Multiplicar \$ 8.503,64 por qualquer desvio de taxa de calor gerará o custo anual ou a economia para um desvio específico. O aumento no custo anual de combustível ao partir de uma taxa de calor de 12.000 Btu/kWh para 12.011 Btu/kWh resulta em um desvio de 11 (\$ 8.503,64 * 11), ou um aumento de \$ 93.540,00/ano no custo anual de combustível.

¹ O preço médio da commodity para todas as categorias de carvão (\$ 14,35 a \$ 71,00) foi usado para determinar o custo de combustível por 1.000.000 Btu. Preço médio por tonelada curta de \$ 48,31 em 17 de setembro de 2010. Supondo o valor de 12.000 BTUs por libra. Custo por tonelada/24 = Custo/MBtu

Operação do Aquecedor de Água de Alimentação

Uma vez que os aquecedores de água de alimentação são um componente fundamental na determinação da unidade líquida e da taxa de calor do ciclo da turbina, uma compreensão básica de como eles operam é fundamental para perceber o impacto desse hardware e o posterior controle de nível na eficiência da usina. Normalmente, existe de seis a sete etapas do aquecimento de água de alimentação.

Entretanto, a um custo de capital de \$ 1,2 milhão por aquecedor de água de alimentação, o número real pode variar com base nos cálculos iniciais usados para determinar o retorno sobre investimento de longo prazo.

Os aquecedores de água de alimentação aproveitam o calor da condensação (energia disponível a partir da mudança do vapor saturado para líquido saturado) para pré-aquecer a água destinada à caldeira. Isso reduz a quantidade de combustível necessária para fazer com que a água alcance a temperatura desejada.

Estes trocadores do tipo casco e tubos (Figura 1) permitem que a água de alimentação passe pelo lado do tubo enquanto que o vapor de extração da turbina é introduzido no lado do casco. Esse método é muito mais eficiente na água de aquecimento do que o

uso de gás quente, além de aproveitar a energia já disponível em vez de contar apenas com uma fonte de combustível para levar a água até a temperatura desejada.

A Figura 1 mostra um aquecedor padrão de água de alimentação de alta pressão; os aquecedores de baixa pressão têm um design semelhante, com exceção da zona dessuperaquecimento. As três principais zonas do aquecedor de água de alimentação são o dessuperaquecimento, a condensação e o resfriador de escoamento ou sub-resfriamento. A água de alimentação da caldeira é bombeada até a entrada de água de alimentação, enquanto que o vapor de extração flui até a entrada de vapor. A zona de dessuperaquecimento resfria o vapor superaquecido até o ponto em que o vapor fica saturado. A zona de condensação extrai a energia da mistura vapor/água para pré-aquecer a água de alimentação da caldeira, passando pelo lado dos tubos. Um resfriador de escoamento é incorporado a fim de capturar energia adicional do líquido.

A chave para a operação eficiente é otimizar a zona de condensação em um esforço para transferir o máximo possível da energia disponível para a água de alimentação da caldeira enquanto que mantendo o resfriamento suficiente dos tubos a fim de evitar o dano prematura do hardware devido à sobrecarga térmica – sendo todas essas partes inerentes ao design do aquecedor da água de alimentação.

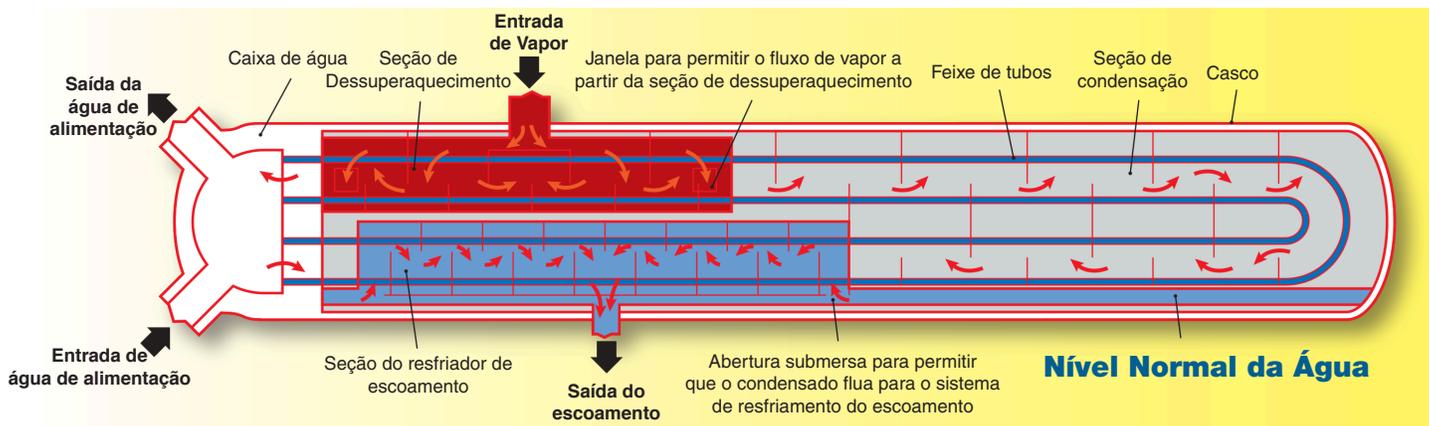


Figura 1

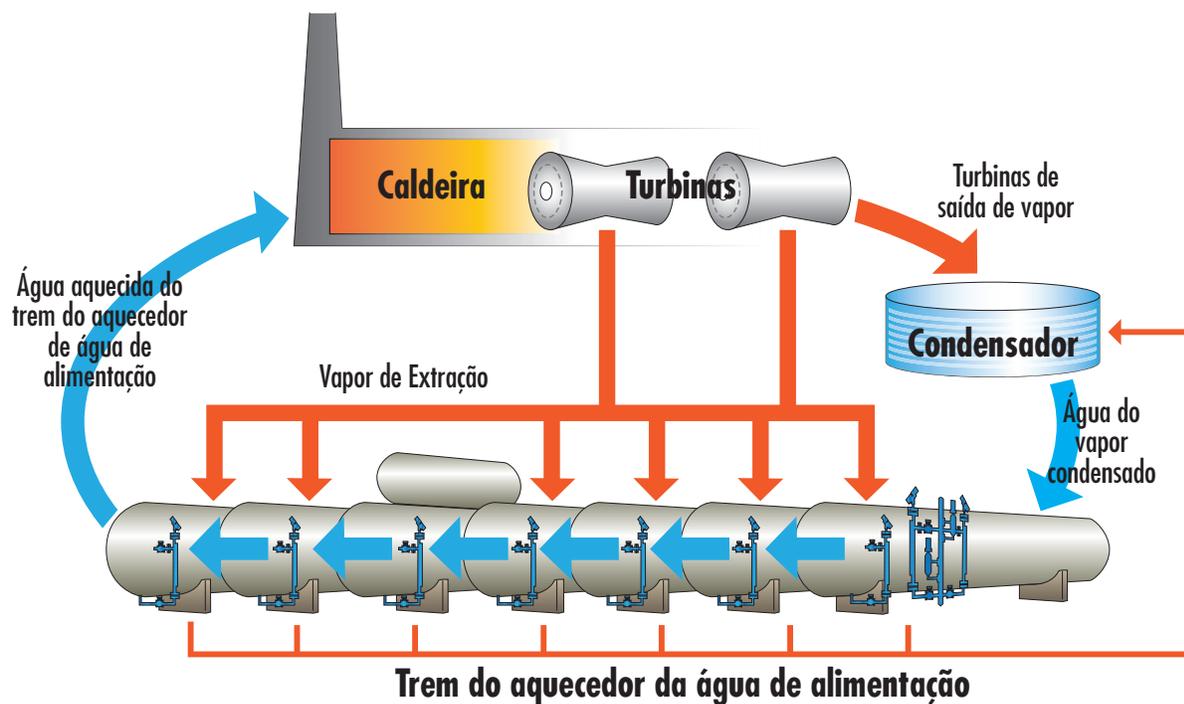


Figura 2

Ciclo Básico de Energia

Embora o ciclo Vapor-Água Rankine para uma típica usina de vapor varie um pouco dependendo de ela ser uma unidade de reaquecimento ou de não reaquecimento, o diagrama básico de fluxo (Figura 2) delinea como as etapas em cascata do aquecedor de água de alimentação se encaixam no layout do processo. Consulte a Figura 1 e Figura 3 (na página 5) para revisar as entradas/saídas do aquecedor de água de alimentação.

Um bom ponto de partida para o fluxo de processo se dá no condensador, onde o vapor condensado a partir do aquecedor de água de alimentação é escoado e a Turbina de baixa pressão é roteada através de cada etapa sucessiva dos aquecedores de água de alimentação. Ao mesmo tempo, o vapor de extração das turbinas de HP, IP e LP é enviado para os aquecedores de água de alimentação adequados onde acontece a transferência de energia mencionada na seção anterior. Manter controles de nível precisos e confiáveis ao longo de todas as etapas individuais é fundamental para que seja alcançada a temperatura final necessária do aquecedor de água de alimentação antes de a água chegar ao economizador. Como mencionado nas diretrizes gerais para taxa de calor, uma redução modesta de -5 F na temperatura final da água de alimentação aumenta a taxa de calor em 11,2 Btu/kWh contribuindo para adicionais \$ 59.230,00 aos custos anuais com combustível (usina de 500 MW).

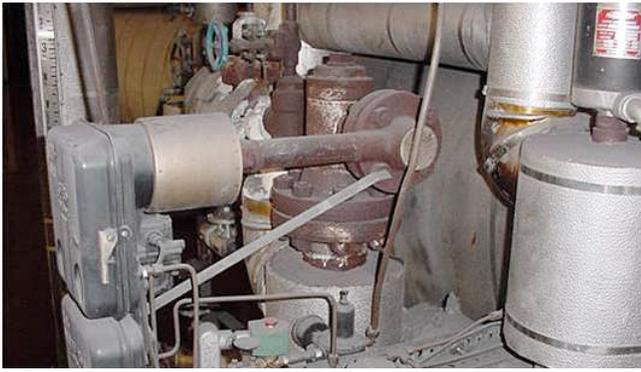
Controle de Nível do Aquecedor de Água de Alimentação

Talvez o aspecto mais importante para o desempenho do aquecedor

de água de alimentação seja o controle preciso e confiável mediante todas as condições operacionais. O controle de nível preciso garante que a unidade opere na área de melhor eficiência (condensação direta) para otimizar a transferência de calor enquanto que evitando o desgaste indevido no aquecedor de água de alimentação e em outros componentes do sistema.

Instrumentação de nível ultrapassada junto à implantação de tecnologias vulneráveis a erros induzidos pelos instrumentos limitam a capacidade dos operadores de administrar perdas controláveis associadas ao controle de nível do aquecedor de água de alimentação, ou seja, manter e controlar ao nível ideal ou de design com um alto grau de confiabilidade. Desse modo, precisões de três ou quatro polegadas fora do design são comuns — um comprometimento da eficiência necessário para acomodar as deficiências da instrumentação enquanto que mitigando o risco de danos ao hardware mais caro.

Operar um aquecedor de água de alimentação em níveis mais altos ou mais baixos que o do design tem um efeito sobre o desempenho e, por fim, na taxa de calor da unidade líquida. A necessidade de combustível adicional e sobre-queima da caldeira para recuperar a energia perdida tem ramificações financeiras imediatas. Por outro lado, se o nível flutuar até os extremos do envelope, a ativação de medidas de proteção para contornar um aquecedor de água de alimentação é a resposta mínima com a possibilidade externa de um disparo da unidade. Cada cenário, de uma forma ou outra, tem impactos negativos na taxa de calor e na lucratividade da usina.



Modernizar os controles de nível do aquecedor de água de alimentação permite aos operadores melhor administrar perdas controláveis enquanto que reduzindo significativamente custos de manutenção. Os dispositivos de deslocamento de tubo de torção (acima) são comuns na indústria e um dos mais fáceis de readaptar.

Se o nível do aquecedor for mais alto do que o do design, a zona de condensação ativa é efetivamente diminuída e os tubos do aquecedor que deveriam condensar o vapor, sub-resfriarão o condensado. Em um caso extremo, o problema é o risco de indução de água na turbina a partir do aquecedor de água de alimentação. Embora medidas de falha segura estejam implantadas para evitar tal ocorrência, o impacto sobre a eficiência é suficiente para justificar a preocupação.

Além de expor os tubos a temperaturas excessivamente altas e causar desgaste prematuro ou pior, um nível mais baixo que o aceitável introduz quantidades excessivas de vapor de alta temperatura no resfriador do escoamento, o que faz com que o condensado a atingir o ponto de fulgor. O dano resultante na seção do resfriador de escoamento aumenta o custo de manutenção e o número de paradas não programadas. Outro problema atrelado a baixos níveis do aquecedor é ter uma mistura de vapor e água lançada através do aquecedor. A posterior redução na transferência de calor se revelará como um aumento na unidade líquida e nas taxas de calor do ciclo da turbina.

O design do próprio aquecedor de água de alimentação (horizontal versus vertical) e a seção do resfriador do escoamento (entrada snorkel versus completa) podem representar desafios a algumas tecnologias de nível. O controle de nível em aquecedores horizontais e naqueles com seções de resfriamento de escoamento completas é mais fácil, uma vez que determinada alteração no nível demanda mais volume. Fatores humanos também podem intervir quando as decisões operacionais se baseiam em instrumentação questionável. Essas sutilezas também precisam ser levadas em conta durante o processo de seleção de instrumentação.

Monitoramento do Desempenho do Aquecedor de Água de Alimentação

O controle preciso dos níveis do aquecedor de água de alimentação é fundamental para a percepção dos benefícios da incorporação destes elementos no design do processo. Como sempre é o caso, a garantia do desempenho adequado somente pode ser determinada com a implantação de um sistema de relatório de feedback.

Os parâmetros primários usados para monitorar o desempenho do aquecedor individual são o aumento da temperatura da água de alimentação, a diferença da temperatura do terminal (TTD) e a abordagem do resfriamento do escoamento (DCA). As seguintes definições e diagrama destacam esses parâmetros.

- **Aumento da temperatura da água de alimentação** é a diferença entre a temperatura de saída da água de alimentação e a temperatura da água de entrada. Um aquecedor com desempenho adequado deve cumprir com as especificações do fabricante, uma vez que os controles de nível dependem da tarefa.

- **Diferença de Temperatura do Terminal (TTD)** fornece um feedback no desempenho do aquecedor da água de alimentação com relação à transferência de calor e é definida como a temperatura de saturação do vapor de extração menos a temperatura de saída da água de alimentação. Um aumento na TTD indica uma redução na transferência de calor, ao passo que uma diminuição representa uma melhora. As variações típicas para TTD em um aquecedor de alta pressão com ou sem uma zona de dessuperaquecimento são de -3 F a -5 F e 0 F, respectivamente. A TTD para aquecedores de baixa pressão fica normalmente próxima de 5 F. Tabelas de vapor e uma leitura precisa da pressão são necessários para a realização deste cálculo.

- **Abordagem do Resfriamento do Escoamento (DCA)** é um método usado para inferir os níveis do aquecedor da água de alimentação com base na diferença de temperatura entre a saída do resfriamento do escoamento e da entrada de água de alimentação. O aumento na diferença de temperatura DCA indica que o nível está diminuindo; ao passo que a diminuição na DCA indica um aumento no nível. Um valor típico para DCA é 10 F.

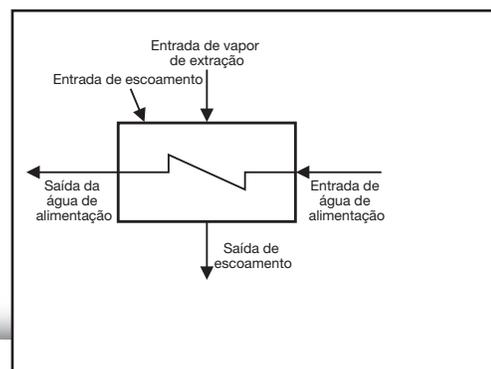


Figura 3

Erros Induzidos por Instrumento e Taxa de Calor

Embora haja uma variedade de anomalias físicas que degradam o desempenho do aquecedor, esta seção se concentra em problemas de algum modo atrelados ao controle de nível inadequado que resulta em uma temperatura final da água de alimentação abaixo daquela determinada pelo design. Os problemas podem variar de algo simples como leituras imprecisas ou flutuantes em diversos instrumento, o que causa dúvidas sobre o nível “real”, até aqueles defeitos que justificam tirar de serviço o aquecedor da água de alimentação. Independentemente da gravidade, a intenção é mostrar o efeito cascata que o controle ruim do nível do aquecedor da água de alimentação tem sobre a eficiência geral da caldeira e do ciclo da turbina (aumento na unidade líquida ou taxa de calor do ciclo da turbina). A seguir, apresentamos as duas fontes primárias de erros induzidos por instrumento.

- **Deriva** (mecânica ou eletrônica) associada ao envelhecimento da instrumentação, peças móveis ou características intrínsecas do design: Turbo de Torção/Deslocamento. A calibragem entre desativações é um item fundamental para a obtenção de uma precisão razoável e evitar alarmes de desvio inconveniente entre os transmissores de múltiplos níveis. A capacidade de resposta a rápidas alterações de nível pode ser prejudicada pelos efeitos de amortecimento fundamentais ao princípio de operação.
- **Tecnologia de medição** vulnerável às condições do processo, ex., mudanças na gravidade específica e/ou constante dielétrica dos meios relacionadas a variações nas pressões e temperaturas do processo. Certas tecnologias não são capazes de fornecer um nível preciso desde a temperatura inicial até a operacional sem aplicar fatores externos de correção ou a precisão especificada é apenas percebida nas temperaturas operacionais: Pressão Diferencial, Magnetostrictiva, Capacitância de RF e Tubo de Torção/Deslocamento. Além disso, as calibrações realizadas em tecnologias de pressão diferencial, capacitância de RF e tubo de torção/deslocamento por “flutuação” das câmaras durante a desativação frequentemente precisam de ajustes quando o processo depender de temperatura a fim de manter o controle aceitável e evitar alarmes de desvio desnecessários.

A temperatura final da água de alimentação inferior à esperada

ocorre quando o aquecedor de água de alimentação é tirado de serviço por conta de entrada de nível não confiável no sistema de controle ou os níveis estão muito altos ou baixos. Se a condição for um resultado do alto nível do aquecedor de água de alimentação, o operador observará uma diminuição no aumento da temperatura do aquecedor da água de alimentação, uma diminuição na diferença da temperatura DCA e um aumento na TTD. O inverso é verdadeiro se os níveis do aquecedor da água de alimentação estiverem muito baixos. Em qualquer dos cenários, o risco de dano ao hardware aumenta; a transferência de calor é prejudicada e a água de alimentação ao economizador não está na temperatura exigida. As respostas prováveis e o impacto a uma temperatura final baixa da água de alimentação são listados abaixo.

- Sobre-queima da caldeira para aumentar a temperatura (nível muito alto/baixo ou fora de serviço):
 - Aumento no consumo de combustível e emissões
 - Aumento na temperatura do gás que sai do forno — reaquecimento e sprays de superaquecimento, fadiga prematura do hardware
 - Os fluxos através das etapas IP e LP da turbina aumentam 10% (Aquecedor HP fora de serviço)
 - Fulgor — dano à seção de resfriamento do escoamento
 - Efeitos térmicos nos tubos
- Escoamentos de emergência abertos para nível mais baixo (nível muito alto):
 - Perda na eficiência
 - Potencial dano para hardware se a água entrar no tubo de extração
 - Potencial fulgor devido à queda repentina da pressão
 - Proteção de Indução da Água da Turbina (TWIP) dispara a unidade — produção perdida, custos com startup e manutenção imprevista

A implantação de tecnologias de medição imunes às fontes comuns de erros induzidos por instrumentos proporciona aos operadores o feedback de processo confiável necessário para administrar de maneira decisiva as perdas controláveis. Assim, evitando o efeito cascata que esses erros causam nas operações e manutenção da usina.

Estudos de Caso

Os estudos de caso cobrem dois tópicos chave relacionados ao desempenho do aquecedor de água de alimentação. O primeiro detalha os custos anuais de combustível associados a uma temperatura final do aquecedor de água de alimentação fora do design em uma planta a carvão de 500 MW. Embora essa situação particular não se enquadre em um caso extremo justificando um desvio do aquecedor, ela exemplifica como funcionam permutas aparentemente menores no controle de nível. Assim, a temperatura final do aquecedor da água de alimentação em um esforço para minimizar o risco de dano ao hardware pode causar um impacto na lucratividade da usina.

O segundo estudo de caso joga luz sobre os riscos operacionais e custos rotineiros que tecnologias de instrumentação ineficazes ou ultrapassadas têm sobre a lucratividade. Em ambas as situações, o retorno sobre investimento para modernização da instrumentação nos aquecedores de água de alimentação se deu no período de 1 ano a 1 ano e meio. Por fim, os casos de estudo não levam em conta o custo de emissões adicionais, efeitos sobre as eficiências da caldeira e turbina, condições de sobre-queima, produção perdida e outros fatores mencionados na seção anterior.

Estudo de Caso Nº 1

Temperatura final FWH fora do design em uma usina a carvão de 500 MW

Alvo da Temperatura de Saída	+438,4° F
Real	+417,4° F
Diferença	-21° F
Com base na baixa temperatura de 21° F	
• O impacto da taxa de calor foi de 47 Btu/kWh	
• O impacto de custo foi \$ 243.000 anuais	

PARÂMETROS DE DESEMPENHO VERIFICADOS

Alvo do Aumento da Temperatura	81
Real	64
Alvo DCA	10
Real	3
Alvo TTD	10
Real	19.5

Erros induzidos por instrumento comuns à tecnologia usada indicaram um nível inferior ao real no aquecedor da água de alimentação

Estudo de Caso Nº 2

A justificativa de custo para substituição de controles de nível/tecnologias antigas por conta do desvio excessivo dos aquecedores de baixa pressão.

Aquecedores da água de alimentação substituídos em 2002; Instrumentação original (1966) reutilizada (Controles de Nível Pneumáticos/Vidro de Observação)

A Instrumentação não confiável causou flutuações no nível do aquecedor da água de alimentação

- Todos os aquecedores LP desviados como parte do TWIP
- Unidade colocada em risco de disparo off-line

JUSTIFICATIVA DO CUSTO

Custo dos aquecedores LP fora de serviço por duas semanas	\$45,190
Disparo das unidades (TWIP) causado por problemas no aquecedor (2 startups)	\$42,712
Custo de energia da substituição para os dois eventos	\$100,000
Retorno total do projeto: 1,5 ano	

Otimização do Nível

Conforme o clima político continua a se desdobrar, a capacidade de administrar perdas controláveis pela promoção de tecnologias de instrumentação e hardware de última geração a fim de aumentar a eficiência e lucratividade somente pode se tornar realidade quando todas as partes, inclusive fabricantes, interessadas no desempenho se esforçarem para superar os desafios e as oportunidades de uma indústria em transformação. Ficaram no passado os dias em que jogávamos mais combustível na queima, quando havia uma visão unidimensional da apresentação de soluções.

A Magnetrol®, uma empresa global, foi pioneira no interruptor mecânico em 1932 para aplicações de caldeira. Ao longo do tempo, nossa expertise nessa área proporcionou acesso à indústria de energia, na qual é comum serem encontrados nossos transmissores e comutadores realizando o monitoramento de importantes indicadores de usinas nucleares e fósseis em todo o mundo.

Este espírito empreendedor e inovador continua nos dias atuais. Na medida em que aumentou a procura por instrumentação e controles aprimorados, também aumentou nossa oferta de produtos. Ela evoluiu para incluir uma variedade de tecnologias de nível e fluxo para satisfazer as aplicações mais complexas.

Um desenvolvimento chave foi o transmissor de Radar de Onda Guiada (GWR) ECLIPSE®. A Magnetrol introduziu esta tecnologia

ao mundo de processamento e foi a primeira a promover suas funcionalidades únicas na Indústria de Energia. Imune a variações de processo, o ECLIPSE monitora de forma precisa e confiável os níveis do aquecedor de água de alimentação, desareadores e poços de água quente sem a necessidade de calibrações.

Em 2001, iniciamos a Orion Instruments®, uma subsidiária da Magnetrol, após notarmos uma estagnação no avanço de Indicadores de Nível Magnéticos (MLI). Nesse curto período, a Orion Instruments revolucionou a indústria de MLI com o lançamento do AURORA® integrado com MLI/GWR – um instrumento amplamente aceito na indústria de energia.

É o resolutivo compromisso com a qualidade, segurança e melhoria contínua que vem nos garantindo o sucesso ao longo do tempo e é o que será fundamental em nossa missão de apoiar a Indústria Energética no futuro.

**Entre em contato com
a Magnetrol para mais
informações:**

Fone 630-969-4000

Fax 630-969-9489

Email: info@magnetrol.com

www.magnetrol.com

Referências:

Diretrizes de Melhoria da Taxa de Calor para Usinas de Fósseis Existentes, ERPI, Palo Alto, CA; 1986 CS-4554

Manual de Referência para Melhoria da Taxa de Calor, RPRI, Palo Alto, CA; 1998 TR-109546

Compreensão da Taxa de Calor, Anotações de Seminário, General Physics Corp, Amherst, NY; dezembro de 2009.



705 Enterprise Street • Aurora, Illinois EUA 60504-8149 • 630-969-4000 • Fax 630-969-9489 • www.magnetrol.com
Sala Comercial 04 • Alameda Joaquim Eugênio de Lima, 696 – 2º andar – Conjunto 22. • Bairro: Jardins • CEP: 01403-000, São Paulo, SP • 11 4872.2367 • www.magnetrol.com.br
Heikensstraat 6 • B 9240 Zele, Bélgica • 052 45.11.11 • Fax 052 45.09.93
Regent Business Ctr., Jubilee Rd. • Burgess Hill, Sussex RH15 9TL U.K. • 01444-871313 • Fax 01444-871317

Direitos Autorais © 2017 Magnetrol International, Incorporated. Todos os direitos reservados. Impresso nos EUA.

As especificações de desempenho estão em vigor na data de emissão e estão sujeitas a alterações sem aviso prévio.

Magnetrol e o logotipo da Magnetrol, Eclipse, Aurora e Orion Instruments são marcas comerciais registradas da Magnetrol International.

BOLETIM: BZ41-296.0
DATA: Fevereiro de 2013