



WHITEPAPER

Sistemas de processo

A solução ideal para controle de temperatura em aplicações técnicas

Seja para síntese ou técnicas analíticas^o- temperaturas definidas ou perfis de temperatura são necessários para diversas tarefas no laboratório e no ramo, que são garantidas por sistemas de controle térmico. Mas o que é importante para aparelhos de controle térmico modernos? Quais parâmetros desempenham um papel chave na seleção do sistema de controle térmico? Neste artigo, a JULABO explica as diretrizes chave para encontrar a solução ideal e mais eficiente para uma aplicação.

Conteúdo:

Princípio básico do controle de temperatura em aplicações técnicas	03
Saída de potência: Correspondência ideal da bomba em uso	05
Segurança: Garanta a segurança da planta e do produto	07
Segurança do processo: Controle de temperatura extremamente preciso	09
Conforto: Operação fácil e intuitiva	11
Custos: Baixa manutenção, compacto e flexível	13
Conclusões	14
Business Unit Solutions (BUS)	15

WHITEPAPER

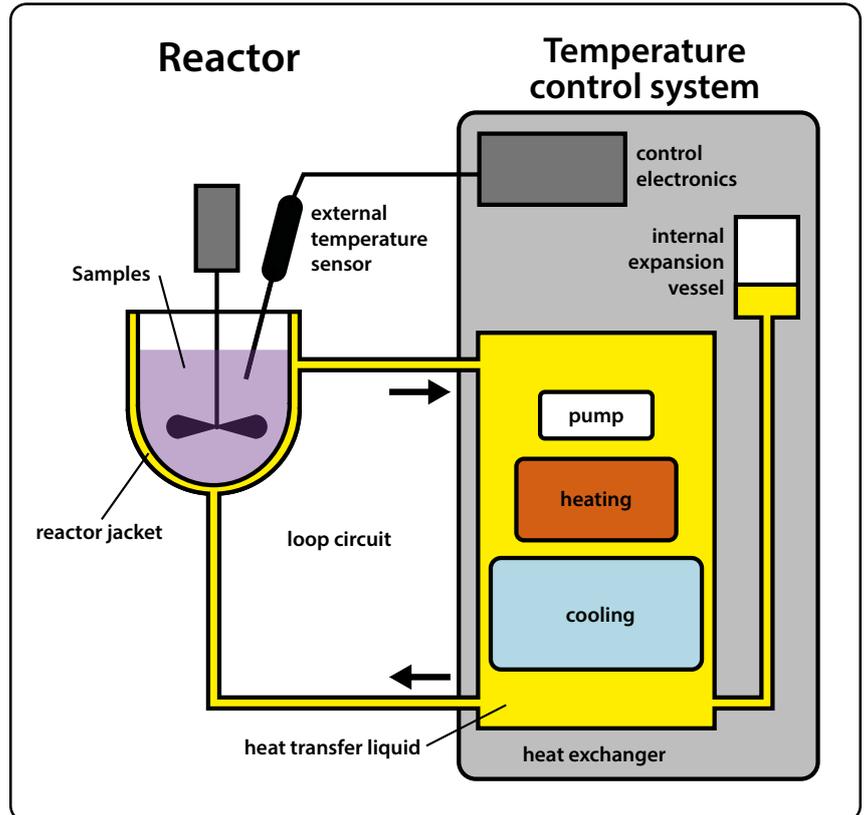


Princípio básico das aplicações de controle térmico

O controle de temperatura do reator em laboratório farmacêutico e químico, bem como em plantas industriais e experimentais, geralmente requer o uso de um sistema de controle térmico dinâmico. As reações endotérmicas e exotérmicas nas aplicações devem ser compensadas de forma rápida e confiável. Os reatores, por exemplo, também estão disponíveis em desenvolvimentos e modos de operação variados que levam em consideração a variedade de reações químicas e suas relações complexas.

Exemplos de aplicações

- Miniplanta (por exemplo, pequenos lotes)
- Meio técnico (por exemplo, farmacêuticos ou do ramo químico)
- Testes de componentes (por exemplo, construção automotiva e de aeronaves, pesquisa espacial)
- Simulação de temperatura
- Produção de alimentos (por exemplo, fermentação, destilação)



Na aplicação do reator clássica, o material básico usado, como vidro, aço ou esmalte, tem vantagens e desvantagens específicas para cada aplicação em uso. Isso inclui, entre outras coisas, a reatividade do material da caldeira com os produtos processados ou sua estabilidade contra pressão e temperatura. Os materiais também têm impacto em aplicações de controle térmico altamente dinâmicas, como as diferentes propriedades de transferência de calor dos materiais ou diferentes espessuras de parede.

Este artigo se concentra nos reatores de vidro e aço de parede dupla de uso frequente. Este tipo de reator consiste em um vaso interno para os componentes de reação para os quais a temperatura deve ser controlada. Este é fechado por uma parede na qual o líquido para banho circula. Com esse tipo de controle de temperatura do reator, o sistema de controle térmico bombeia o líquido para banho permanentemente através da parede do reator. Ele é conectado a ele por meio de conexões. Uma mudança de temperatura repentina no interior do reator é compensada dinamicamente pelo rápido aquecimento ou resfriamento do líquido para banho. Este aquecimento ou resfriamento ocorre dentro do sistema de controle térmico.

Qualquer pessoa que procure otimizar um processo de reação química precisa do melhor compromisso possível para atender à alta seletividade, qualidade e, portanto, produtividade exigida em um processo de produção química. Um ponto importante aqui é determinar a temperatura de reação ideal para as etapas individuais do processo² porque a função do sistema de controle térmico e a eficiência do controle de reação estão est-

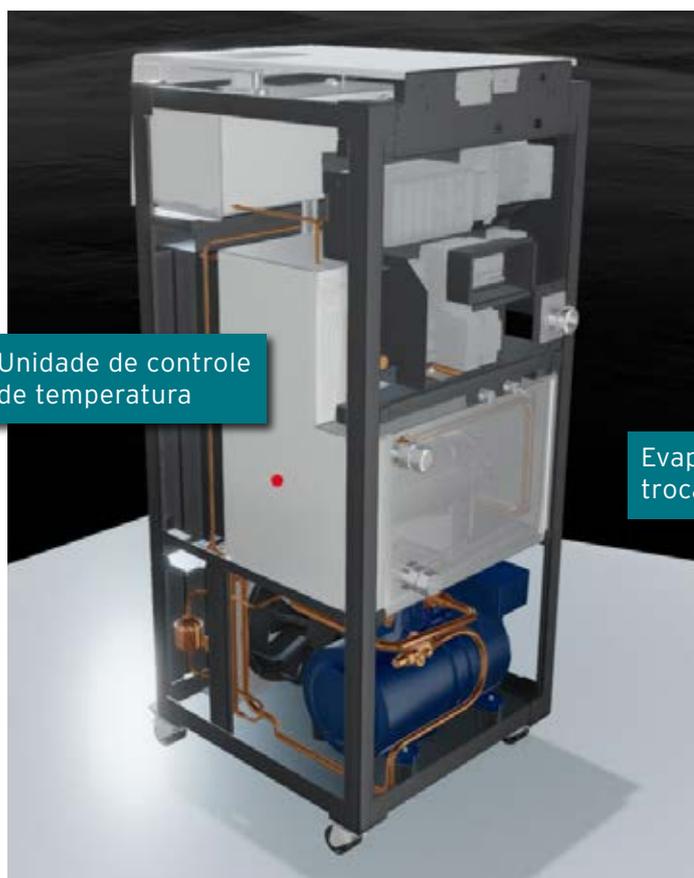
reitamente relacionadas.

Três componentes do sistema desempenham um papel fundamental para alcançar esses objetivos:

- Trocador de calor
- Bomba
- Eletrônica de comando

Sistemas de controle térmico dinâmico foram desenvolvidos principalmente para uso em miniplantas, plantas piloto e de destilação, reatores químicos e biorreatores, calorímetros e autoclaves. Essas unidades com termodinâmicas otimizadas são a primeira escolha para essas aplicações, mesmo em condições difíceis ou altamente flutuantes da planta.

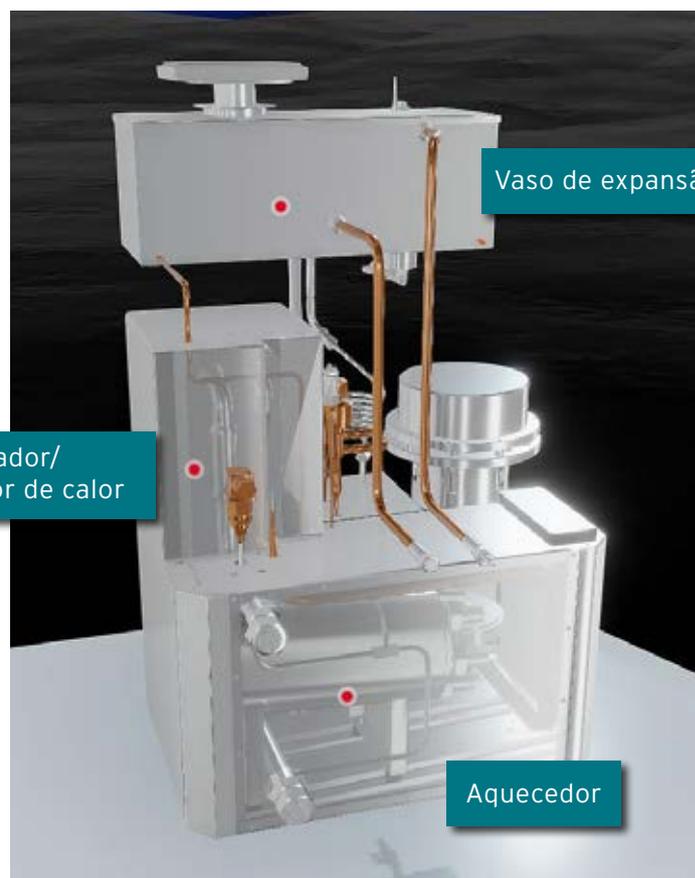
Esses sistemas oferecem vantagens significativas na prática em termos de desempenho, segurança, bem como confiabilidade do processo, conforto e custos. As seções a seguir avaliam o impacto dos fatores chave acima mencionados e fornecem critérios de avaliação importantes para a seleção do sistema de controle térmico.



Unidade de controle de temperatura

Evaporador/
trocador de calor

Vista interna do PRESTO



Vaso de expansão

Aquecedor

Vista geral da unidade de controle de temperatura

Saída de potência: Correspondência ideal da bomba em uso

Na prática, não são apenas os dados de desempenho primários de um aparelho de controle térmico que são importantes. A interação otimizada do aquecedor, resfriamento e saída da bomba também é chave. A potência de aquecimento e o resfriamento tem um grande impacto na velocidade na qual determinados valores de temperatura são alcançados. Para a determinação da saída necessária devem ser considerados, entre outros, os seguintes fatores:

- Massa do objeto de controle de temperatura
- Diferenças de temperatura necessárias
- Tempo de aquecimento ou resfriamento desejados
- Capacidade térmica específica do líquido para banho

Ao mesmo tempo, os valores ideais para a saída de aquecimento e resfriamento só atingem seu potencial máximo se a bomba de circulação também suportar totalmente a transferência de calor. Conforme especificado pelo fabricante do reator, regulamentos separados se aplicam ao uso das bombas no sistema de controle de temperatura.

Há valores de pressão máximos permitidos para cada tipo de reator e a solução para controle térmico selecionada não deve exceder esses valores limite durante a operação. Antes da colocação em funcionamento, os valores limite correspondentes devem ser ajustados no aparelho de controle térmico como uma das variáveis de controle, dependendo do reator.

Portanto, a bomba deve ser desenvolvida com potência suficiente para atingir altas taxas de vazão a pressão constante. Ela deve acumular a pressão necessária rapidamente e, ao mesmo tempo, sob controle constante para garantir que os limites de pressão do reator não sejam excedidos. Para isso, deve ser possível ajustar a saída da bomba por estágio ou por um valor de pressão especificado.



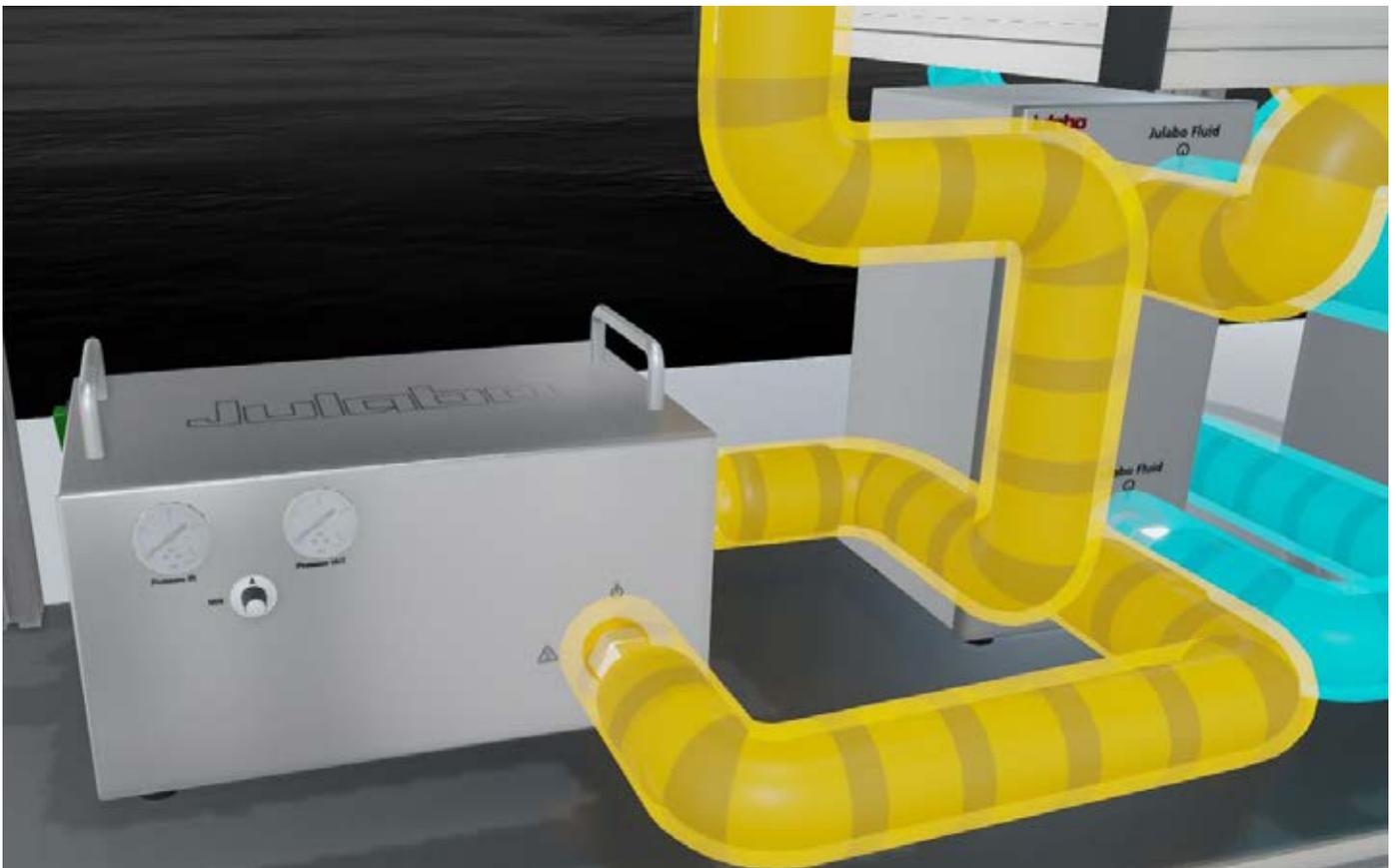
Além disso, os sistemas de controle térmico especial possuem uma bomba que compensa automaticamente e dinamicamente as alterações de viscosidade no líquido para banho, mantendo assim a eficiência energética. Isso ocorre porque a viscosidade altera a vazão e, portanto, também a transferência de energia.

O conceito geral da família PRESTO™ foi adaptado a este importante fator de influência e garante um uso constante com resultados reprodutíveis e precisos. Essas soluções eficientes dependem de um pequeno volume ativo do trocador de calor, que, em combinação com a potência de aquecimento e resfriamento necessária, garante períodos rápidos de aquecimento e resfriamento. Os modelos da série PRESTO™ permitem até 36 kW de potência de aquecimento e 33 kW de capacidade de refrigeração, dependendo da unidade.

Kits de expansão de temperatura estão disponíveis em modelos selecionados para melhorar o desempenho de uma unidade. Eles permitem cobrir uma faixa de temperaturas maior com apenas um líquido para banho. Com a ajuda do equipamento adicional, é possível aplicar sobrepressão no circuito de controle de temperatura do sistema. Isso pode elevar o ponto

de ebulição do líquido para banho e, assim, aumentar a temperatura de trabalho. Para o líquido THERMAL HL30 (mistura água-glicol), por exemplo, isso é de até + 150 °C. Um regulador de pressão de precisão integrado garante a regulação precisa da pressão necessária e, portanto, permite um controle de temperatura altamente preciso. Apenas uma conexão de ar comprimido é necessária pelo usuário.

Os benefícios deste conceito são claros: Se os sistemas de controle térmico trabalham com o mesmo líquido para banho em toda a faixa de temperaturas de trabalho, os usuários não precisam trocar o líquido com frequência e o armazenamento é simplificado. O sistema também é mais flexível e economiza tempo. Sem pausas para esvaziamento, limpeza e re-enchimento, por exemplo, a série de testes pode ser executada em intervalos curtos a diferentes temperaturas.



A bomba auxiliar acoplada magneticamente pode ser usada para aumentar a pressão ou a vazão dentro de uma aplicação.

Segurança: Garanta a segurança da planta e do produto

Antes da compra de um sistema de controle térmico, os aspectos relevantes para a segurança devem ser examinados criticamente para garantir uma operação sem problemas para os usuários. Isso se aplica tanto à segurança do pessoal quanto à segurança de todo o sistema e, como resultado, à qualidade do produto.

As alterações de volume relacionadas à temperatura no trocador de calor devem ser permanentemente absorvidas por um vaso de expansão. Portanto, o vaso de expansão interno deve ser suficientemente grande. O resfriamento separado do vaso de expansão também deve garantir que o próprio aparelho de controle térmico não aqueça excessivamente e que não haja risco de lesão para o pessoal operacional.

Um critério específico do reator é o limite delta T. Ele descreve a diferença máxima permitida entre a temperatura de vazão e a temperatura do conteúdo do reator. O limite delta T, também conhecido como limite da banda, depende muito do tipo de reator, reatores de vidro, por exemplo, reagem muito mais sensivelmente do que os reatores de aço e têm limites da banda comuns entre apenas 50 e 80 K. Este valor é, portanto, um dos parâmetros internos que deve ser monitorado continuamente de forma automática. Portanto, o aparelho de controle térmico deve ter a opção de inserir valores limite dependentes do reator por unidade de tempo^o - a função limita ativamente a diferença de temperatura e protege a mistura de reação contra estresse térmico. Isso permite um trabalho seguro com larguras de banda de superaquecimento.

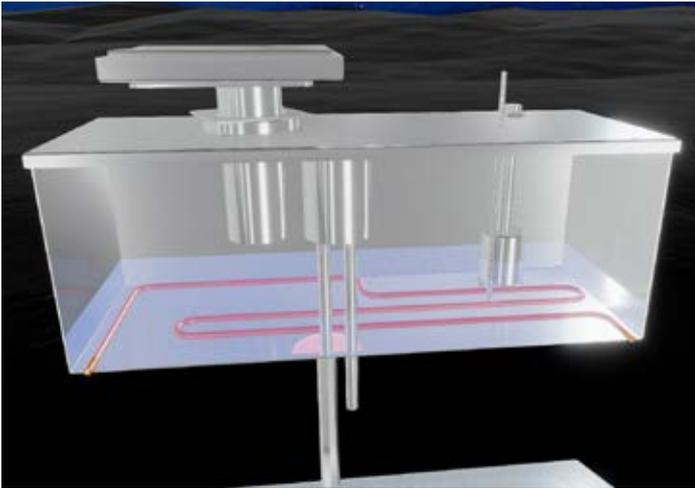
O limite da banda também é de interesse para a qualidade do produto. Por exemplo, um controle rigoroso evita que a temperatura da parede se torne muito alta e que as substâncias reajam na parede enquanto estiver mais fria dentro do reator.

Outro aspecto de segurança são as funções de advertência e alarme integradas, que beneficiam o usuário, o sistema e o produto. As unidades da série PRESTO™ também estão equipadas com isso. As advertências são geradas automaticamente quando os limites são excedidos. Todas as advertências são exibidas em vários idiomas,

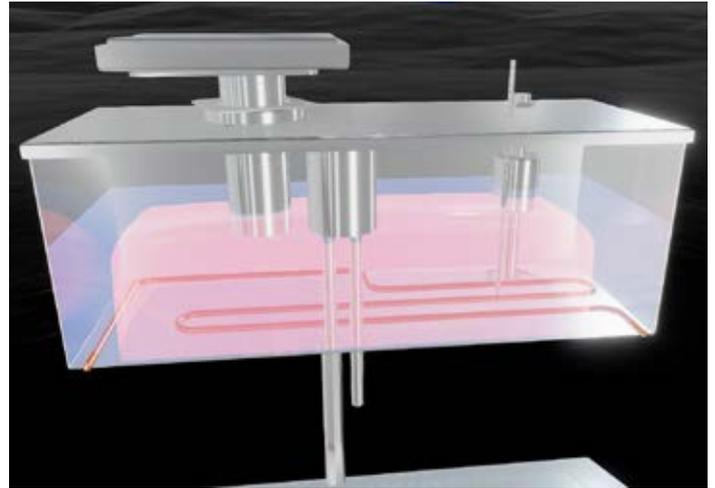
são simples e fáceis de entender e fornecem instruções claras para uma resolução de problemas rápida.

O sistema de controle térmico é desenvolvido e construído como um circuito fechado, no qual o líquido para banho não entra em contato com o ar ambiente. Isso permite trabalhar com segurança acima do ponto de fulgor do líquido para banho. O desenvolvimento também evita a entrada de umidade e oxidação e evita que os vapores de óleo escapem para o ambiente de trabalho. Um circuito fechado prolonga significativamente a vida útil do líquido para banho.

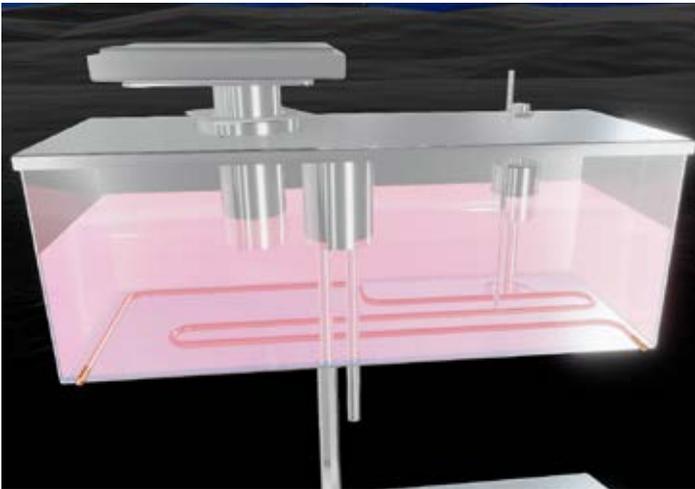
WHITEPAPER



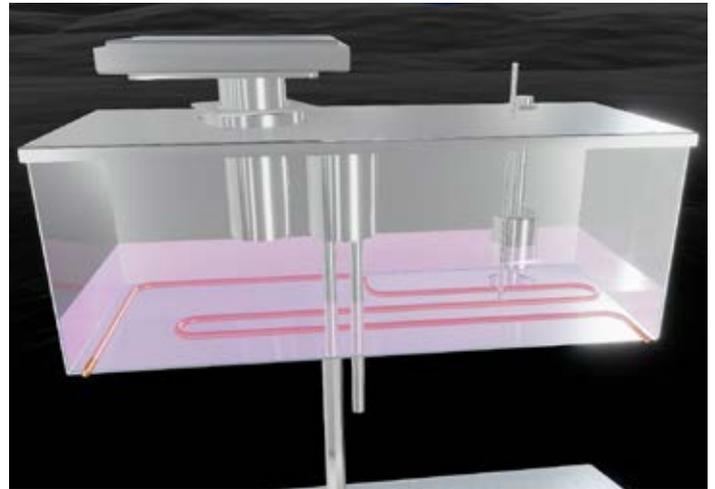
Vaso de expansão para compensação permanente de alterações de volume relacionadas à temperatura no trocador de calor.



O vaso de expansão absorve a alteração de volume relacionada à temperatura.



Para absorver toda a alteração de volume, o vaso de expansão interno deve ser suficientemente grande.



O resfriamento adicional do vaso de expansão evita o superaquecimento do aparelho de controle térmico.

Segurança do processo: Controle de temperatura extremamente preciso

O controle de temperatura contínuo e de alta precisão é importante no processo de controle de temperatura. Isso é garantido por uma sofisticada eletrônica de comando no sistema de controle térmico, que monitora e controla o processo no reator e os processos internos no sistema para ajustar rapidamente uma variável de controle ao valor alvo em caso de alterações^o- com o menor impulso de ultrapassagem possível.

A eletrônica de comando é um pré-requisito importante para alta consistência em aplicações de controle térmico. Um critério para sua avaliação é o esforço necessário para a parametrização. Os sistemas de controle térmico ideais requerem apenas a inserção de um valor alvo. Durante o processo real de controle de temperatura, a eletrônica de comando garante que os parâmetros de controle PID sejam cumpridos através do algoritmo

ICC (controle em cascata inteligente). As unidades PRESTO™ garante precisão excepcional e estabilidade de temperatura de até $\pm 0,01$ °C.

Na operação diária, é prática comum realizar séries de testes sob exatamente as mesmas condições de controle de temperatura. Para essa série, a unidade de controle deve ser equipada com uma função de memória correspondente para permitir uma reprodutibilidade clara. Funções como essas também ajudam a arquivar a documentação experimental sem lacunas. As unidades PRESTO™, por exemplo, são equipadas para essas finalidades.

Para proteger os parâmetros do processo na operação diária, são usados programas de operação de alta qualidade com proteção por senha em vários níveis de uso. Por exemplo, um administrador pode definir parâmetros com antecedência, enquanto outros níveis de usuário têm direitos de acesso



A eletrônica de comando é um pré-requisito importante para alta consistência em aplicações de controle térmico.

restritos e só podem acessar definições. O processo simplifica as operações e evita alterações acidentais de parâmetros e operação incorreta

A robustez em relação às condições ambientais também desempenha um papel importante na confiabilidade do processo. Os cálculos de amostra são frequentemente baseados em uma temperatura ambiente de +20 °C, o que raramente corresponde à realidade na prática. Mesmo quando usado em uma miniplanta, o sistema está sujeito a requisitos mais altos. O sistema de controle térmico também é exposto a situações críticas durante os meses de verão. Uma vantagem aqui é a unidade capaz de lidar com intervalos de tolerância mais amplos. Temperatura ambiente de operação das unidades PRESTO™ até +40 °C. A água de torneira para resfriamento também pode atingir até +30 °C neste modelo sem que as unidades desliguem automaticamente. Se a temperatura no reservatório ficar muito alta, um modo de degasagem de dois estágios entra em ação automaticamente.

Um aspecto dependente da unidade diz respeito à própria tecnologia de resfriamento da unidade: Os sistemas de controle térmico dinâmicos estão disponíveis com resfriamento a ar ou a água. As unidades resfriadas a ar oferecem escolha independente de localização, pois não consomem água. No entanto, pode ser necessário levar em consideração a perda de calor residual para a sala. Isso é muito menos importante para as unidades de resfriamento a água. Elas requerem uma conexão a uma linha de água de resfriamento. Um condensador estável e sem desgaste também deve ser integrado na unidade. Isso garante que a água de resfriamento contaminada não bloqueie o trocador de calor.



A escolha do local é decisiva para a tecnologia de resfriamento em uso: Os sistemas de controle térmico dinâmicos estão disponíveis com resfriamento a ar ou a água.

Conforto: Operação fácil e intuitiva

O conforto se reflete em grande parte em dois fatores, o desenvolvimento estrutural e a segurança operacional da unidade.

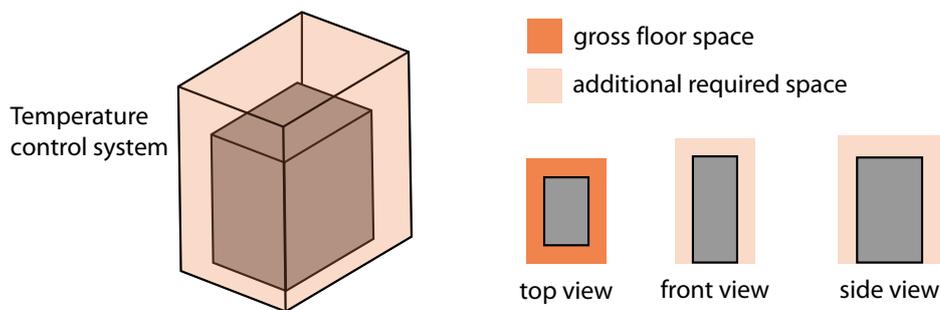
Um desenvolvimento bem pensado torna o trabalho mais leve de várias perspectivas, porque em laboratórios, o espaço disponível geralmente desempenha um papel importante no layout do sistema. Por esse motivo, o aparelho de controle térmico foi desenvolvido de forma a ocupar o mínimo de espaço possível, combinando na frente e atrás todas as Interfaces e elementos operacionais, bem como a conexão e as fendas de exaustão. Isso reduz o espaço necessário para todas as conexões e permite a circulação ininterrupta do ar de recirculação. Isso significa que outros componentes do sistema também podem ser colocados próximos ao

lado e significa que o pessoal operador tem acesso ilimitado a todas as funções.

O cabeamento reduzido necessário para um aparelho de controle térmico como esse simplifica a instalação e melhora a mobilidade da unidade. Se for montado sobre rodinhas e equipado com alças para carregar, ele pode ser usado de forma flexível em diferentes locais. O reposicionamento pode ser realizado por uma ou mais pessoas, dependendo do tamanho do sistema.

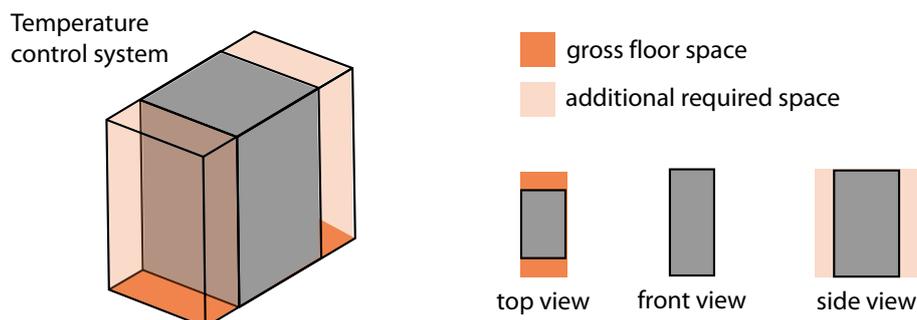
Se o sistema de controle térmico estiver localizado em uma sala onde os funcionários trabalham regularmente, o volume do sistema de controle térmico é um critério de avaliação importante. Para isso, está disponível o chamado sistema de controle térmico "silencioso", que oferece uma

Conventional temperature control system



Requires additional space on every side for connections and air flow.

Space-optimized temperature control system



Space for connections and air flow needed only at the front and rear.

grande vantagem ergonômica. Em salas como essa, um desenvolvimento hidráulicamente estanque também oferece vantagens, pois evita vapores e odores. Igualmente importante é a acessibilidade da abertura para preenchimento para um preenchimento seguro e conveniente. Ele deve ser posicionado de modo que o preenchimento seja o mais leve e limpo possível e que nenhum líquido entre na unidade em caso de derramamento.

Os elementos de operação dos modernos sistemas de controle térmico oferecem uma representação clara e estruturada de todas as informações importantes na forma de valores, representações gráficas e indicações em texto claro em telas generosas. Indicação de que informações relevantes do processo estão disponíveis na tela em tempo real. Uma função de toque integrada aumenta ainda mais a facilidade de uso.

Outro critério para um alto nível de segurança operacional são as Interfaces abrangentes para controle remoto do sistema de controle térmico através de redes ou integração em sistemas de controle. A operação direta no sistema de controle térmico nem sempre é desejada e, em alguns casos, pode até ser impossível. Padrões de interface modernos oferecem opções ideais para acesso remoto a todas as funções do sistema. É particularmente vantajoso para o usuário se a Interface do usuário possuir o mesmo conforto de operação através de uma rede que a operação diretamente na unidade. Isso elimina a necessidade de treinamento adicional e também evita a operação incorreta neste caso.



A abertura de preenchimento deve ser localizada de modo que o preenchimento seja o mais leve e limpo possível e nenhum líquido derramado dentro da unidade.

Custos: Baixa manutenção, compacto e flexível

Os sistemas de reatores e objetos de controle de temperatura são frequentemente equipamento de investimento intensivo. Nesse sentido, um sistema de controle térmico perfeitamente coordenado não apenas garante uma vazão de processo especificada, mas também a segurança do sistema e da aplicação.

O fator de custo para o próprio aparelho de controle térmico pode ser influenciado principalmente pelo desenvolvimento da unidade. A pequena área de apoio das unidades otimizada em termos de espaço permite um excelente uso do espaço. Um desenvolvimento da unidade bem pensado também reduz o tempo de inatividade e os custos de manutenção, pois todos os elementos podem ser acessados rapidamente e individualmente, se necessário. Por exemplo, nos aparelhos de controle térmico da JULABO, é necessário garantir que não seja sempre necessário remover a unidade do aquecedor completa. Graças ao acoplamento magnético, a troca do motor da bomba é rápida e leve. A série PRESTO™ geralmente requer menos líquido para banho em comparação com os ter-

mostatos de aquecimento, o que significa que os custos para consumíveis são baixos. Os conjuntos autolubrificantes também garantem uma operação sem desgaste e, portanto, custos consequentes e tempos de parada mais baixos.

Outro critério é a faixa de temperaturas de trabalho. Quanto maior for a versão selecionada, mais flexível será o uso do sistema de controle térmico.

No local, a longa vida útil é garantida por componentes de alta qualidade, no lado do usuário, por exemplo, os intervalos de manutenção cíclicos contribuem significativamente. As ofertas de manutenção e suporte dos fornecedores da solução para controle térmico também desempenham um papel. Além de aconselhamento especializado, manutenção intensiva e suporte durante a instalação ou calibração, também deve ser garantido o fornecimento de toda a documentação para qualificação do equipamento. Com este certificado reconhecido globalmente, os fornecedores certificados de acordo com a DIN EN ISO 9001 colocam um sinal claro de alta qualidade.

Conclusões

Ao lado do reator, o sistema de controle térmico é o coração da aplicação. Os requisitos variam muito dependendo da aplicação e da empresa, do objetivo da aplicação ou do fluxo de trabalho.

Além das especificações tradicionais, as unidades também devem atender aos requisitos funcionais. No uso diário, é dada especial atenção ao variado conjunto de critérios de segurança operacional. A solução para controle térmico ideal permite instalação e comissionamento rápidos, operação que é rápida de aprender e detalhes bem pensados que tornam a aplicação mais conveniente, ergonômica e segura.

Embora o aparelho de controle térmico seja cada vez mais intuitivo de operar, os usuários nunca devem renunciar ao treinamento do fornecedor. Sistemas e plantas estão se tornando cada vez mais complexos, com requisitos cada vez maiores na prática. O treinamento durante a colocação em

funcionamento ou o treinamento adicional seletivo garantem um alto nível de segurança constante durante a operação. Para tomar a decisão correta, é importante entender como o equipamento afetará a aplicação. Um elemento chave no processo de decisão é, portanto, o aconselhamento do fornecedor do aparelho de controle térmico desejado.

Na JULABO, os representantes de manutenção sempre trabalham com especialistas em aplicação para garantir que a unidade tenha a dimensão correta e melhore a aplicação. O envolvimento precoce de departamentos como manutenção ou eletrônica também garante que os cenários para a integração de uma solução no sistema do cliente sejam adequados e bem pensados.

Um sistema de controle térmico ideal é, portanto, um investimento de longo prazo em um componente de sistema flexível e confiável, que permite que os usuários se concentrem no processo central.



Um dos pontos fortes da JULABO é desenvolver sistemas de medição e controle de vazão específicos para o cliente para a máxima flexibilidade no controle de temperatura.

Business Unit Solutions (BUS)

Produtos como os sistemas de processo PRESTO são cada vez mais usados no ramo de processos e automação. Especialmente em áreas do ramo de processo, os usuários exigem produtos ou soluções que atendam com precisão aos seus requisitos específicos de controle de temperatura. A JULABO não só ouviu seus clientes, como também respondeu a essas exigências com a criação de suas próprias Business Unit Solutions.

A JULABO Business Unit Solutions (BUS), uma equipe de desenvolvimento interna de engenheiros e desenvolvedores, é especializada especificamente na otimização ou modificação de desenvolvimentos de equipamento existentes para atender aos requisitos individuais do cliente. Muitos anos de experiência e máxima flexibilidade são a base perfeita para exigências extraordinárias. Esta é uma base que permite que a JULABO inove constantemente com seus clientes. Os resultados são impressionantes.

No início de cada processo de desenvolvimento, há sempre uma troca intensiva de informações sobre os desejos e expectativas do usuário. Com base nessas descobertas, nossos especialistas em controle de temperatura desenvolvem um conceito inicial para uma solução ideal, que leva em consideração aspectos tecnológicos e econômicos. O foco está na viabilidade e rentabilidade, bem como na qualidade e nos benefícios. Durante toda a fase de desenvolvimento, a equipe de especialistas está em estreito contato com o cliente. Após a conclusão da unidade e testes funcionais abrangentes sob condições simuladas, bem como após a preparação dos documentos necessários (por exemplo, homologação CE), a liberação pelo cliente e a colocação em funcionamento conjunta ocorrem no local. Ofertas atraentes de manutenção completam o portfólio.

Os clientes têm o desafio, a JULABO implementa a solução perfeita.



Uma equipe de desenvolvimento otimiza e modifica individualmente os modelos de unidade existente de acordo com os requisitos do cliente.

WHITEPAPER



Soluções especiais de uma única fonte: em áreas do ramo de processo, os usuários exigem produtos ou soluções que sejam precisamente adaptados aos seus requisitos específicos de controle de temperatura.