



SOLUÇÕES PARA
MEDIÇÃO DE NÍVEL
DESAFIADORA

*Quando as coisas ficam um pouco
complicadas!*

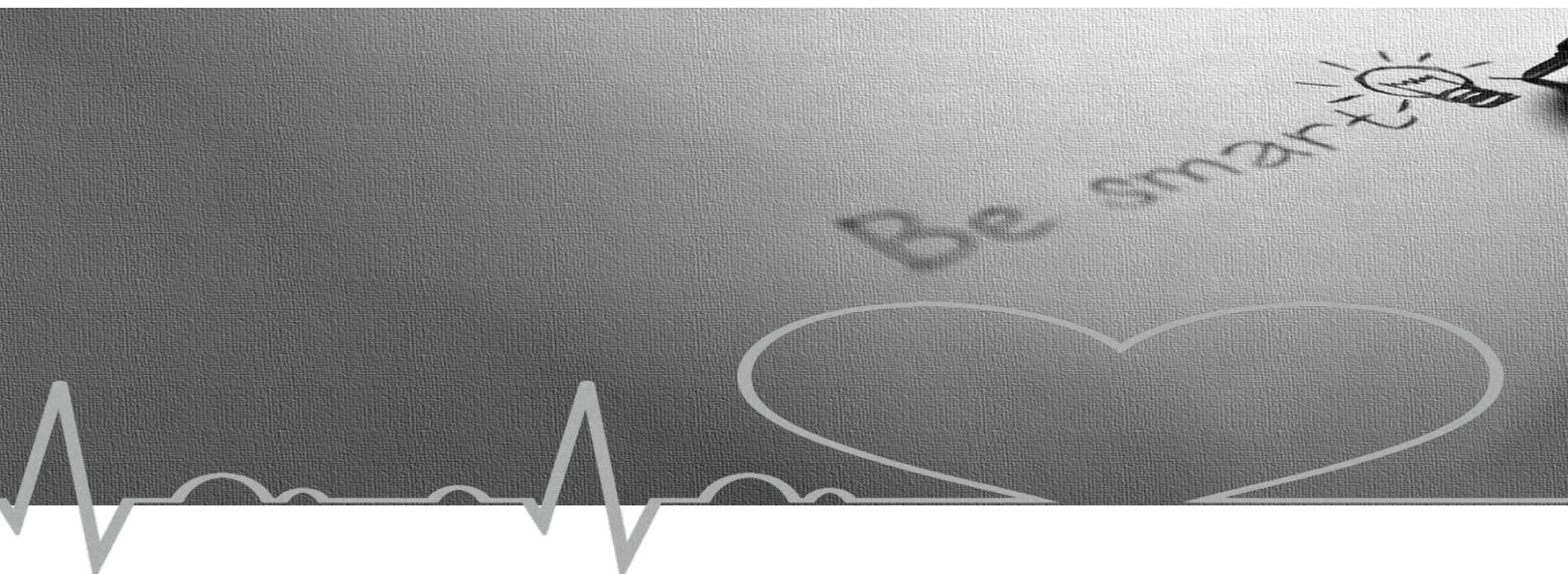
WHITE PAPER
TDR MULTITALENTO SÓLIDO
& LÍQUIDO

Nikolas Oppenberger
Gerente de produto



O que é radar?

Radar é a abreviação de "detecção e alcance de rádio", que se traduz vagamente como "posicionamento baseado em rádio e medição de distância". As ondas eletromagnéticas formam a base desta tecnologia. Um dispositivo de radar emite uma onda eletromagnética empacotada que é refletida por objetos como um eco e é então avaliada pelo dispositivo de acordo com vários critérios.



Dependendo da aplicação, as seguintes informações podem ser obtidas das ondas refletidas:

- o ângulo ou direção para o objeto
- a velocidade de um objeto (efeito Doppler)
- os contornos de um objeto
- a distância até o objeto

Este último ponto leva a que a tecnologia de radar também seja utilizada para determinar os níveis. Isto tem se tornado cada vez mais importante ao longo das últimas décadas e tem sido continuamente desenvolvido. O campo de aplicação agora varia de simples aplicações de tanques de armazenamento a contêineres de processo complexos com os mais diversos desafios.



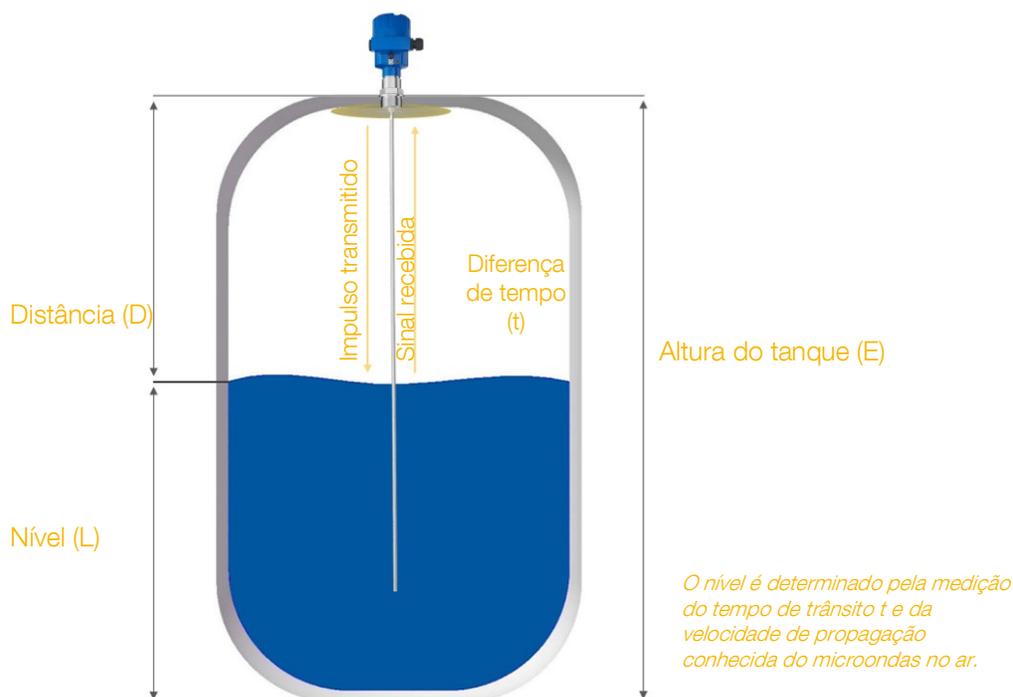
Na indústria de alimentos e bebidas do sudeste asiático, por exemplo, a tecnologia de radar guiado tem sido usada há anos para monitoramento de nível, de preferência em silos de armazenamento e tanques. Como esta tecnologia suporta condições extremas de processo em termos de temperatura e pressão, é a primeira escolha na Rússia, principalmente na indústria de petróleo e gás, assim como no setor químico. As áreas clássicas de aplicação na Europa e nos EUA estão dentro da indústria de água e águas residuais, assim como a produção de cimento. Além dos sensores de radar de irradiação livre, a categoria de radar também inclui aqueles baseados na tecnologia de microondas guiadas, muitas vezes referidos como **TDR** (Time Domain Reflectometry) ou **GWR** (Guided Wave Radar). Com uma participação de mercado de 10% no setor de sólidos e 15% no setor de líquidos, estes estão entre os instrumentos de medição de nível mais difundidos. Especialmente a versatilidade e insensibilidade à mudança das condições de processo fazem dos sensores TDR um equipamento popular. Motivo suficiente para analisar mais de perto esta tecnologia neste White Paper.

Como funciona a medição de nível com TDR?

O princípio básico de um sensor de nível baseado em TDR é simples. A eletrônica gera um pulso eletromagnético que é acoplado a uma sonda e guiado para baixo ao longo dela. Quando a onda atinge a superfície do material, parte da energia é refletida. Este chamado sinal de eco também é guiado ao longo da haste de volta para a eletrônica, detectado por eles e convertido em uma indicação de nível através de uma medição do tempo de operação. O tempo de trânsito **t** é a **diferença de tempo** entre o pulso emitido e o sinal de eco recebido. Como a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética no meio de transporte do ar pode ser equiparada à **velocidade da luz c** a seguinte relação simples pode ser aplicada

$$D = c * \frac{t}{2}$$

a **distância D** até a superfície do meio pode ser calculada. O nível de preenchimento é então determinado pela entrada da altura do recipiente



Por que a tecnologia de radar guiado é tão bem adequada para a determinação do nível?

Entretanto, o princípio básico, que é fácil de entender, enfrenta desafios significativamente maiores na prática industrial. Gases e vapores sobrepostos, flutuações de temperatura e pressão, movimentos de superfície do meio, bem como forte geração de poeira, são problemas típicos que podem dificultar a determinação precisa e confiável do nível. Mesmo sob estas condições desafiadoras, os sensores TDR têm um desempenho confiável e de alta precisão.

A velocidade de propagação e sua importância para a determinação do nível

Um fator decisivo para a precisão de um sensor de radar é, além de uma determinação exata do tempo de operação, a velocidade de propagação das microondas. Isto, por sua vez, depende da constante dielétrica do meio de transporte. Os medidores de nível de radar são geralmente calibrados no ar médio portador, que por definição tem um valor DK de aproximadamente 1. Este valor muda ligeiramente devido aos gases e vapores que podem se formar acima do meio real. Entretanto, a mudança tem apenas uma influência marginal sobre a velocidade de propagação das microondas. A precisão do sensor do radar não é, portanto, afetada. A situação é semelhante com as mudanças de temperatura e pressão. Por exemplo, uma **temperatura de 2000°C (3632°F)** resulta em um **desvio de precisão de apenas 0,026%**. Mesmo **pressões de até 40 bar / 580 psig** não têm efeito perceptível sobre a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas, garantindo uma medição precisa e confiável também aqui.

Esta insensibilidade a uma ampla gama de desafios de processo torna os sensores TDR um sensor universal em uma multiplicidade de aplicações. A largura de banda varia de sólidos a líquidos a aplicações de alta pressão/alta temperatura. As camadas de interface também podem ser facilmente medidas com estes sensores. No campo da tecnologia TDR, a UWT oferece uma ampla gama de versões que fornecem a solução ideal para cada aplicação e combinam funcionalidade com custo-benefício.

A pergunta da frequência certa

Com os medidores de nível de radar, surge sempre a questão do nível de frequência. Enquanto os sensores de radar de irradiação livre operam em altas **frequências de até 130GHz** a tecnologia de ondas guiadas usa uma **reqüência comparativamente baixa de 1GHz**. Há argumentos a favor de radares de alta e baixa frequência. Em geral, as baixas frequências são significativamente menos suscetíveis a interferências relacionadas ao processo, como acúmulo, condensado, poeira, vapor ou espuma. Todas essas interferências têm uma coisa em comum: elas atenuam as ondas eletromagnéticas emitidas, enfraquecendo assim o sinal, o que pode, em última análise, levar a resultados de medição errôneos. Esta atenuação de sinal é muito menos pronunciada com os sensores TDR de baixa frequência. É por isso que estes sensores são usados com muito sucesso para medições de certos meios específicos da indústria, em caldeiras a vapor ou em processos de interface.



Como os sensores TDR atendem aos desafios das aplicações de sólidos?

Os desafios no setor de sólidos são muitos e variados. Silos altos, estreitos e grandes distâncias de medição, cones a granel, acúmulo, poeira, materiais com baixos valores de DK, bem como altas forças mecânicas de tração, representam desafios particulares para a tecnologia de medição. Os sensores TDR provam ser verdadeiros talentos de todos os tipos.

PÓ

Quando é um pouco mais desafiador...



Um problema cansativo do dia-a-dia: o pó! Um companheiro familiar também em aplicações de material a granel. Neste caso, porém, não se trata tanto de pó de casa, mas da formação de pó relacionada ao processo, por exemplo, durante um processo de preenchimento. Os sensores TDR, no entanto, não são impressionados por isso.

Os pulsos de microondas de baixa frequência dificilmente são afetados pelo forte desenvolvimento de pó.

Isto garante um resultado de medição confiável.

ADERÊNCIA

Quando é um pouco mais desafiador...

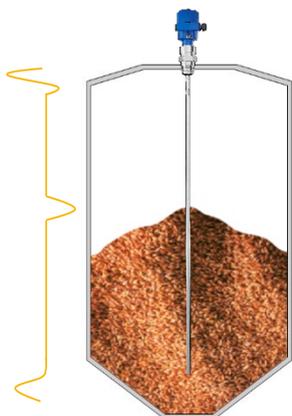


Cimento ou farinha são exemplos clássicos de como às vezes pode ocorrer a acumulação em peças que entram em contato com o processo em aplicações sólidas. Nos sensores TDR, uma dessas partes de contato com o processo é a sonda. Isto é ou uma haste ou um cabo. As respectivas superfícies são projetadas para **minimizar o acúmulo de produtos**. Além disso, as respectivas variantes de cabo podem ser revestidas com um **Revestimento PA**.

Mesmo que ocorra algum acúmulo, os sensores TDR fornecem resultados de medição confiáveis devido à baixa atenuação do sinal.

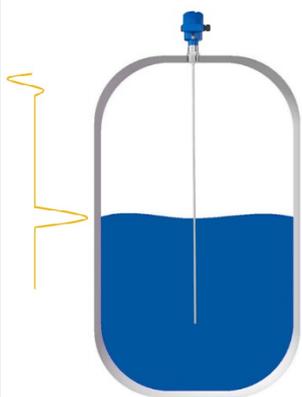
BAIXO VALORES DK

Quando é um pouco mais exigente...



Baixo valor DK
(grão = 3)

A curva de eco para meios com baixos valores de DK. Característica são a menor amplitude do sinal de eco e uma propagação do sinal através do meio com uma queda negativa no final da sonda.



Alto valor DK
(água = 80)

Curva de eco para mídia com um alto valor DK. Característica aqui são a grande amplitude do sinal de eco e a forte atenuação do sinal pelo meio. O fim da sonda não pode, portanto, ser detectado.

Uma questão com a qual nos confrontamos sempre quando uma determinação de nível deve ser realizada com a tecnologia de radar é o valor dielétrico do meio.

Quanto maior o valor de DK, mais energia é refletida pelo meio. Assim, a amplitude do sinal de eco será maior, o que aumenta a confiabilidade da medição. Se o valor DK for baixo, pouca energia é refletida e a maior parte da energia irradia através do meio até o final da sonda. O fim da sonda é reconhecido como uma queda negativa na curva de eco, a menos que o sinal já tenha sido completamente atenuado de antemão.

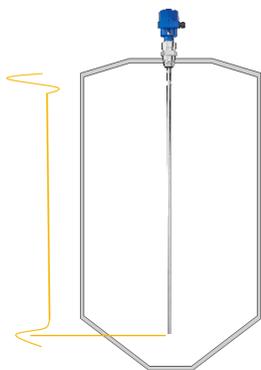
Os baixos valores DK (na faixa de 1,3 - 5) são geralmente característicos para sólidos. Os sinais de eco fracos são o resultado, o que representa desafios especiais para os sensores TDR. O valor 1,5 é especificado como o limite mágico em muitas folhas de dados. Meios com valores de DK mais baixos não refletem a quantidade de energia necessária para a análise de eco direto. Se o valor cair abaixo do limite, outra característica física da tecnologia de radar é utilizada: a **relação entre a velocidade de propagação e o meio portador**.

A velocidade de propagação dos pulsos de microondas emitidos depende do meio portador e de seu valor DK. No ar com um valor de DK de aproximadamente 1, ondas eletromagnéticas se propagam à velocidade da luz. Como já mencionado, uma grande parte da energia de microondas penetra em materiais com um baixo valor DK. O microondas continua a se propagar no meio, mas aqui a uma velocidade de propagação mais baixa.

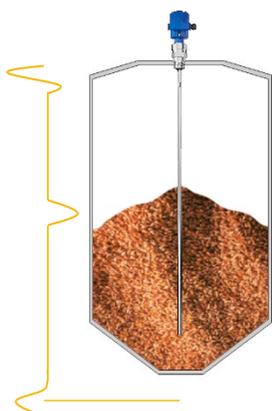
Este efeito é usado para determinar o nível de materiais com um valor muito baixo de DK indiretamente através da projeção da ponta da sonda.

PROJEÇÃO DA PONTA DA Sonda

Quando algo se perde...



Quando o silo está vazio, a queda negativa na curva de eco e a extremidade real da sonda coincidem.



Quando o silo é preenchido com material, a queda negativa na curva de eco aparece mais distante devido à menor velocidade de propagação do pulso de microondas no material. Para o software de processamento de eco, a sonda parece ser mais longa do que realmente é.

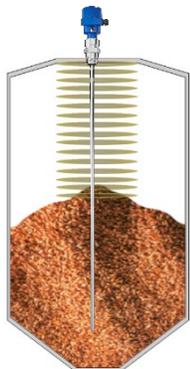
Se compararmos as curvas de eco de um recipiente vazio e cheio, uma segunda diferença é perceptível, além da amplitude do eco de nível. O sinal da extremidade da sonda aparece mais longe em um recipiente cheio de material do que em recipientes vazios. Isto mostra a dependência da velocidade de propagação e do meio de transporte. Enquanto em um recipiente vazio o microondas pode sempre se propagar em espaço livre até a extremidade da sonda, em um recipiente cheio deve penetrar o meio para alcançar a extremidade da sonda. Dentro do meio, a velocidade de propagação da onda eletromagnética é agora reduzida. Isto faz com que o fim da sonda pareça mais distante do que realmente está.

O **software de processamento de eco** utiliza este efeito para a determinação indireta do nível. Isto é usado quando a quantidade de energia refletida pelo produto não é suficiente para a avaliação do sinal de eco direto. Isto significa que o nível ainda pode ser determinado mesmo que o valor DK caia abaixo do valor limite crítico de 1,5.

A **projeção da ponta da sonda** oferece uma segunda vantagem útil que entra em jogo durante o comissionamento. Muitas vezes, as sondas de haste ou corda são encomendadas em comprimentos padrão, de modo que elas são realmente muito longas para a aplicação. Neste caso, eles podem ser facilmente encurtados e seu novo comprimento é determinado automaticamente com a ajuda do sinal de fim de sonda. Isto geralmente é feito com um clique no módulo operacional.

CONE DE DESCARGA

Quando é um pouco mais íngreme...



Da die Mikrowellenpulse entlang einer Sonde geführt werden, haben Schüttkegel keinen Einfluss auf deren Reflektionsverhalten. Ein Signalverlust durch zur Seite reflektierte Mikrowellen wird dadurch verhindert

Os cones de descarga são um fenômeno bem conhecido em aplicações de material a granel. Eles se formam no decorrer dos processos de preenchimento e esvaziamento. Devido à forma cônica da superfície, podem ocorrer perdas de sinal e erros de medição. É aqui que os sensores TDR oferecem uma vantagem decisiva. Como as microondas são guiadas ao longo da sonda, a perda de sinal devido **a sinais que refletem longe é excluída**. Isto também simplifica a análise de eco. Além disso, devido à baixa frequência, as ondas emitidas têm comprimentos de onda relativamente longos (30cm) cujo comportamento de reflexão é menos dependente da forma da superfície do material.

ALTAS FORÇAS DE TRAÇÃO

Quando é um pouco mais pesado...



Um design robusto do acoplamento torna os sensores TDR particularmente resistentes às forças de tração que atuam sobre a sonda. Uma ruptura de cabo é, portanto, impossível.

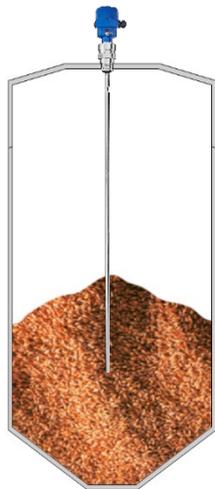
Quanto maior o silo, maiores são as forças que atuam sobre a corda. A força de tração é determinada pela altura do silo, diâmetro do silo e peso a granel.

o **design do acoplamento**, especialmente adaptado ao setor de material a granel, **em combinação com um cabo de aço estável** torna os sensores TDR particularmente resistentes. Isto significa que forças de tração de até **30kN** podem atuar sobre o cabo. A quebra da corda é, portanto, impossível.

Uma segunda variante de design econômico (carga de tração de 12kN) é oferecida para aplicações com requisitos de estabilidade menos rigorosos.

SILOS ALTOS

Quando é um pouco mais alto...



Com um comprimento máximo de cabo de 75m os sensores TDR são ideais para uso em silos altos. Como os pulsos de microondas emitidos são menos fortemente amortecidos devido a sua baixa frequência (1GHz), eles fornecem um sinal de medição suficientemente grande mesmo em grandes distâncias de medição.

Com um comprimento máximo de cabo de até 75 metros, os sensores TDR também são adequados para uso em silos altos

Aplicação ilustrativa do TDR em MATERIAL A GRANEL

NG 3000 em alto silo de armazenagem para cimento

www.uwtgroup.com/pt_br/blog/post/solucao-TDR-em-cimento

Solução para desafios especiais:

- ✓ ambiente de processo com uso intensivo de pó
- ✓ meio facilmente aderente
- ✓ alta compatibilidade de processos



Como os sensores TDR dominam os desafios na aplicações de líquidos?

Devido a sua flexibilidade, a tecnologia TDR também é predestinada para uso em aplicações líquidas. Semelhante ao setor de sólidos a granel, a tecnologia de medição também é confrontada aqui com uma multiplicidade de problemas, cujas características, no entanto, diferem das dos sólidos. **Vapor, condensado, agitadores ou bobinas de aquecimento, camadas separadoras, movimentos de ondas, substâncias voláteis ou espaço limitado devido ao tamanho menor dos recipientes** são todos desafios que podem dificultar a determinação do nível. Aqui também, os sensores TDR provam ser verdadeiros talentos de todos os tipos. A chamada versão coaxial, em particular, proporciona excelentes resultados de medição aqui.

VAPOR & CONDENSADO

Quando é um pouco opaco...

Em aplicações onde o vapor se forma acima de um líquido, os sensores TDR são excelentes para determinar o nível. Isto se deve principalmente ao fato de que os pulsos de microondas de baixa frequência emitidos não perdem a força do sinal em uma atmosfera que contém vapor. Isto garante uma determinação de nível confiável.

Entretanto, como a natureza do vapor depende fortemente da pressão e da temperatura, um atraso pode ocorrer sob condições extremas de processo. Isto, por sua vez, afeta a precisão da medição. A fim de compensar a mudança de tempo de atraso, os sensores TDR desenvolvidos especialmente para estas aplicações têm a chamada **compensação de vapor** (isto é descrito em mais detalhes no capítulo sobre aplicações de *alta pressão/alta temperatura*). Em aplicações padrão, entretanto, a compensação de vapor não é necessária.

Se o condensado se forma novamente a partir do vapor, isto também não tem nenhum efeito na determinação confiável do nível. O pré-requisito básico para isto é um design de sensor apropriado, que se caracteriza pelo fato de que a haste e a conexão ao processo estão isoladas uma da outra. Isto garante um acoplamento de sinal limpo à haste, mesmo que se forme condensado nesta área. Uma **forma cônica deste isolamento** também ajuda a evitar a condensação e facilita o gotejamento.



Um cone de condensado com efeito isolante entre o acoplamento e a sonda aumenta a confiabilidade da medição e também facilita o gotejamento do condensado..

ESPAÇOS ESTREITOS

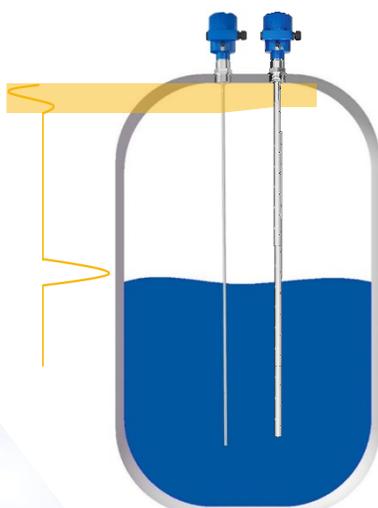
Quando as coisas estão um pouco mais apertadas...



Os sensores TDR com sondas coaxiais são a forma mais confiável de determinação de nível. Um tipo de instalação popular para sensores TDR é o bypass. O efeito do tubo de desvio é comparável ao de um tubo coaxial..



Fuso de aquecimento dentro de um tanque: Sem problema para os sensores TDR com sonda coaxial. As bobinas de aquecimento também não são fonte de interferência com sondas coaxiais.



Devido ao agrupamento de sinais, os sensores TDR com sonda coaxial ainda podem detectar bem os sinais, mesmo a curta distância. Isto torna possível encher o tanque até a borda superior.

Alcançar uma temperatura de processo constante durante todo o processo é um componente crítico de processo para muitas aplicações líquidas. Uma distribuição uniforme da temperatura é obtida através de hastes de aquecimento ou espirais de aquecimento dentro dos tanques. O problema da tecnologia de microondas guiadas é óbvio. Na tecnologia TDR, um pulso de microondas é guiado para baixo ao longo de uma sonda em espaço livre. A energia irradia dentro de um raio de 300 mm (11,81 pol.) ao redor da sonda. Isto significa que os sinais interferentes são gerados tanto pela parede do vaso quanto pelos elementos de aquecimento se eles estiverem dentro do raio efetivo do pulso de microondas. Erros de medição ou perda de sinal são a consequência. Isto pode ser remediado utilizando um **tubo coaxial metálico**, que é soldado à conexão ao processo e envolve a sonda de haste. Desta forma, a energia é concentrada dentro do tubo coaxial, o que elimina completamente as interferências externas. As distâncias mínimas até as paredes dos tanques ou instalações como martelos de aquecimento e agitadores não precisam, portanto, ser observadas. Este chamado efeito coaxial também ocorre quando os sensores TDR são instalados em tubos verticais ou em derivações.

O **foco energético** da solução coaxial oferece outra grande vantagem que é importante em reservatórios pequenos. Os sensores TDR têm um alcance no início da sonda no qual não é possível medir. Isto ocorre porque o chamado ruído ocorre durante o acoplamento dos pulsos de microondas à sonda. Devido a este ruído, os sinais de nível na faixa superior, que varia entre 80 e 150mm dependendo da qualidade do acoplamento, não podem ser interpretados e avaliados como tal. Devido ao agrupamento de energia através do tubo coaxial, os sinais de eco se tornam maiores, o que significa que os sinais de nível próximo ao início da sonda também podem ser avaliados. A **distância de bloco** na qual não é possível medir é assim reduzida para **apenas 30 mm (1.18 in)**. O preenchimento até logo abaixo da borda superior do contêiner não é mais um problema.

Um efeito colateral do agrupamento de energia é também que mesmo meios de transmissão com um **valor DK inferior a 1,5** podem ser **medidos**.

Um desenho coaxial também pode ser útil se o líquido estiver sujeito a fortes **movimentos de onda**. Aqui, o tubo coaxial não apenas protege a sonda de fortes forças laterais, mas também acalma a superfície do líquido dentro do tubo. Resultados de medição precisos e a ausência de danos na sonda são outras vantagens do design deste dispositivo.



PROPRIEDADES DA MÍDIA

O que procurar...?

Existem inúmeras substâncias líquidas com as mais diversas propriedades. Três perguntas que podem ajudar na seleção de um sensor TDR adequado:

Os materiais de vedação e isolamento utilizados são quimicamente resistentes?

Ácidos ou álcalis podem colocar uma enorme tensão nos materiais utilizados nos sensores TDR. Portanto, o acoplamento em particular consiste de materiais de alta qualidade e quimicamente resistentes que maximizam a vida útil dos sensores. FFKM ou PEEK são materiais adequados em tais casos.

As peças em contato com o meio são adequadas para alimentos?

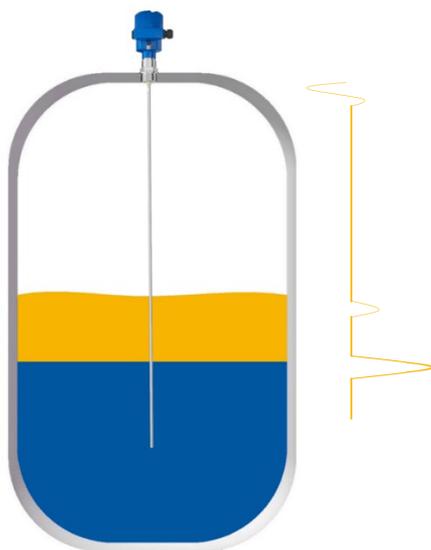
Os sensores TDR entram em contato com o meio. Portanto, é importante que a sonda, especialmente o acabamento superficial, e a conexão ao processo atendam as normas relevantes.

As substâncias a serem medidas são tóxicas ou voláteis (COV)?

Os sensores TDR são projetados de tal forma que se exclui a passagem de substâncias perigosas para o ambiente imediato das pessoas. Soluções especiais de vedação são utilizadas para este fim. Por exemplo, a área de acoplamento do sinal é selada com uma vedação de vidro borossilicato, a chamada segunda linha de defesa (SLOD), para garantir a máxima segurança.

MEDIÇÃO DA INTERFACE

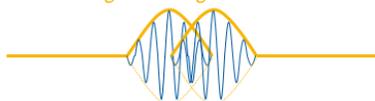
Quando algo se separa...



Os sensores TDR processam os sinais de eco em envelopes. A largura e a inclinação da curva do envelope é em grande parte determinada pela largura de banda. Quanto maior a largura de banda, mais íngreme e mais estreita a curva do envelope. Uma maior largura de banda consequentemente leva a uma melhor resolução, onde dois sinais de eco que se sucedem em rápida sucessão podem ser melhor separados um do outro: "Envelopes mais íngremes" também aumentam a precisão.



Resolução do segundo sinal de eco curto sucessivo com grande largura de banda:-----



Resolução do segundo sinal de eco curto sucessivo com baixa largura de banda

Entretanto, os sensores TDR são particularmente adequados para uma tarefa de medição: medição de interface. O óleo flutua sobre a água. Um fenômeno que todos conhecem. As duas substâncias não podem ser misturadas uma com a outra. Eles se separam. A transição do petróleo para a água é chamada de interface.

Especialmente na indústria química e no setor de petróleo e gás, as medições de nível das camadas de interface são um padrão difundido. Os sensores TDR são a primeira escolha para esta tarefa de medição. A razão para isto são algoritmos especiais de software e uma propriedade especial dos pulsos de microondas emitidos:

A capacidade de penetrar materiais com um baixo valor de DK.

Devido à frequência comparativamente baixa, a energia de microondas é menos fortemente atenuada por substâncias com baixo valor de DK. Para a medição da interface, isto significa o seguinte: Se o pulso de microondas emitido atingir a camada superior (por exemplo, óleo), uma pequena quantidade de energia é refletida, a energia restante irradia através da camada superior e atinge a camada inferior (por exemplo, água). Lá, o microondas é refletido uma segunda vez e viaja ao longo da sonda de volta para o sensor. O pulso de microondas é assim refletido duas vezes, uma da camada superior e outra da camada inferior. O software de processamento de eco é capaz de detectar e avaliar os dois sinais refletidos. Desta forma, é possível determinar o nível total de preenchimento, a camada de interface e a espessura da camada superior. Uma mudança dinâmica da camada de interface e da espessura da camada superior também é possível e não influencia o resultado da medição.

Um ponto crítico que deve ser considerado em uma medida de interface é uma espessura suficiente da camada superior. Isto varia entre 50-100 mm (1,97- 3,94 pol.) dependendo do sensor. A razão para isso são as diferenças de qualidade em termos de resolução de eco, que é determinada pela largura de banda. Quanto maior a largura de banda, mais nítidos e íngremes são os sinais de eco. Os sinais de eco logo após, que é comum nas medições de interface, podem assim ser melhor separados e analisados. O declive mais acentuado aumenta a precisão. Os sensores TDR que podem medir interfaces finas com alta precisão têm, portanto, uma largura de banda maior.

As seguintes condições devem ser atendidas:

- ✓ Espessura máxima da camada superior 50mm
- ✓ Valor DK da camada superior conhecido
- ✓ $\text{Valor DK}_{\text{camada superior}} < \text{Valor DK}_{\text{camada inferior}}$
- ✓ Diferença dos valores DK > 10

Sensores TDR em aplicações de alta pressão e alta temperatura

Além dos sensores TDR padrão, que são normalmente projetados para temperaturas de processo de até 200°C (392°F) e uma pressão de até 40 bar (580 psig), há sensores TDR que foram especialmente desenvolvidos para **temperaturas de processo de até 450°C (842°F) e até 400 bar (5801 psig) de pressão**. As exigências sobre o design do sensor são, no entanto, significativamente maiores aqui. E os pulsos eletromagnéticos emitidos por microondas também são significativamente afetados sob certas condições de processo. Mas os especialistas em tecnologia de medição também desenvolveram soluções inteligentes para isso.

ROBUSTO E DURÁVEL

Quando fica extremo...

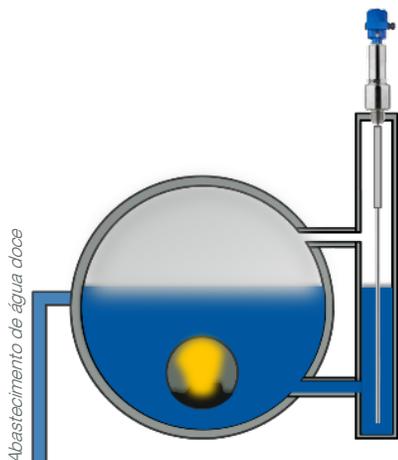


O design robusto de um sensor TDR para aplicações de alta pressão / alta temperatura. Materiais de alta qualidade e insensíveis impedem a penetração de vapor de água no interior do acoplamento. Resultados de medição confiáveis durante um longo período de tempo são o resultado.

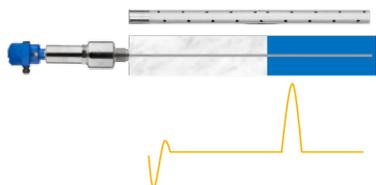
Um grande desafio em aplicações de alta pressão e alta temperatura é combinar um design robusto de sensor com o menor acoplamento possível de ruído e perda de sinal. Devido às condições extremas, devem ser desenvolvidas seções de resfriamento e soluções de vedação apropriadas. Conseqüentemente, as dimensões do acoplamento aumentam. Um acoplamento de sinal de baixa perda em uma distância tão longa só é possível através de uma seleção de material de alta qualidade, compatível com um design correspondente do acoplamento. Quanto melhor for a qualidade do sinal emitido, melhor será a qualidade do sinal refletido e, portanto, melhor será o resultado da medição.

VAPOR

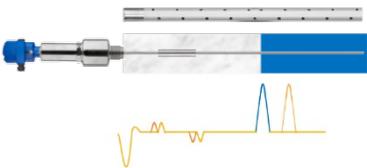
Quando entra na caldeira a vapor...



Para medir o nível de água em caldeiras de vapor, os sensores TDR são instalados em um tubo de derivação. Para a determinação precisa do nível mesmo a uma pressão operacional superior a 40 bar e uma temperatura superior a 200°C, a compensação de vapor ajuda



Sob condições extremas, o vapor causa um atraso. Como resultado, o sinal de eco aparece tarde demais e o resultado da medição torna-se impreciso



O deslocamento do tempo é compensado com a ajuda da compensação de vapor. Para este fim, um sinal de referência é gerado através de um tubo adicional ao redor da sonda, que pode ser usado para calcular precisamente o nível

As aplicações típicas em que os robustos sensores TDR são usados são caldeiras de vapor. O vapor é gerado aqui sob extrema pressão e altas temperaturas. Um nível constante de água é crucial para uma ótima qualidade de vapor. Os sensores TDR cumprem esta tarefa de medição com confiabilidade e precisão com a ajuda de uma característica especial.

Compensação ao vapor

Na primeira parte deste Whitepaper, os efeitos do vapor já foram discutidos. Enquanto um vapor que se forma sob condições padrão (padrão neste caso significa

temperatura de processo < 200°C (392°F)

e pressão de processo < 20 bar (290 psig)

difícilmente afeta uma determinação de nível com microondas guiadas, isto muda sob condições mais extremas.

Por exemplo, o resultado da medição em uma caldeira a vapor operada a 350°C (662°F) e 200 bar (2900 psig) é falsificado em 76%. A razão para isto é a forte influência do vapor na velocidade de propagação sob estas condições. É muito retardado, o que resulta neste alto erro de medição. Para compensar este erro de medição, uma haste de referência é instalada no interior do tubo coaxial. Com a ajuda desta haste de referência, um sinal de referência é determinado durante a calibração de fábrica, que pode ser usado para compensar o atraso relacionado ao vapor. Quanto maior a haste de referência, mais precisa é a compensação. Desta forma, precisões de medição de +/- 3 mm (0,12 pol.) podem ser alcançadas mesmo nestas condições extremas.



Precisão dos sensores TDR sob diferentes condições de processo

Fase Gás	Temperatura	Pressão				
		10 bar (145 psig)	50 bar (725 psig)	100 bar (1450 psig)	200 bar (2900 psig)	400 bar (5800 psig)
Ar	20°C (68°F)	0.22%	1.2%	2.4%	4.9%	9.5%
	200°C (392°F)	0.13%	0.74%	1.5%	3.0%	6.0%
	400°C (752°F)	0.08%	0.52%	1.1%	2.1%	4.2%
Vapor (vapor saturado)	100°C (212°F)	..	..	..	..	..
	180°C (356°F)	2.1%	..	..	..	..
	264°C (507°F)	1.44%	9.2%	..	..	..
	366°C (691°F)	1.01%	5.7%	13.2%	76.0%	..

*Se a pressão ou temperatura aumentar, isto quase não tem qualquer efeito sobre a precisão dos sensores TDR. Mesmo se o vapor também for formado, a precisão da medição permanece alta. O vapor em combinação com temperaturas e pressões muito altas, por outro lado, tem um efeito perceptível sobre a precisão dos sensores TDR. Em casos extremos, isto se desvia em até 76%. No entanto, esta imprecisão pode ser compensada com a ajuda da **compensação de vapor**.*





Aplicação ilustrativa do TDR em LIQUIDO

NG 8000 em processos de maceração na indústria de processamento de madeira

www.uwtgroup.com/pt_br/blog/post/tecnologia-de-radar-guiado-para-medicao-de-nivel-contínuo-em-processos-de-maceracao

Solução para desafios especiais:

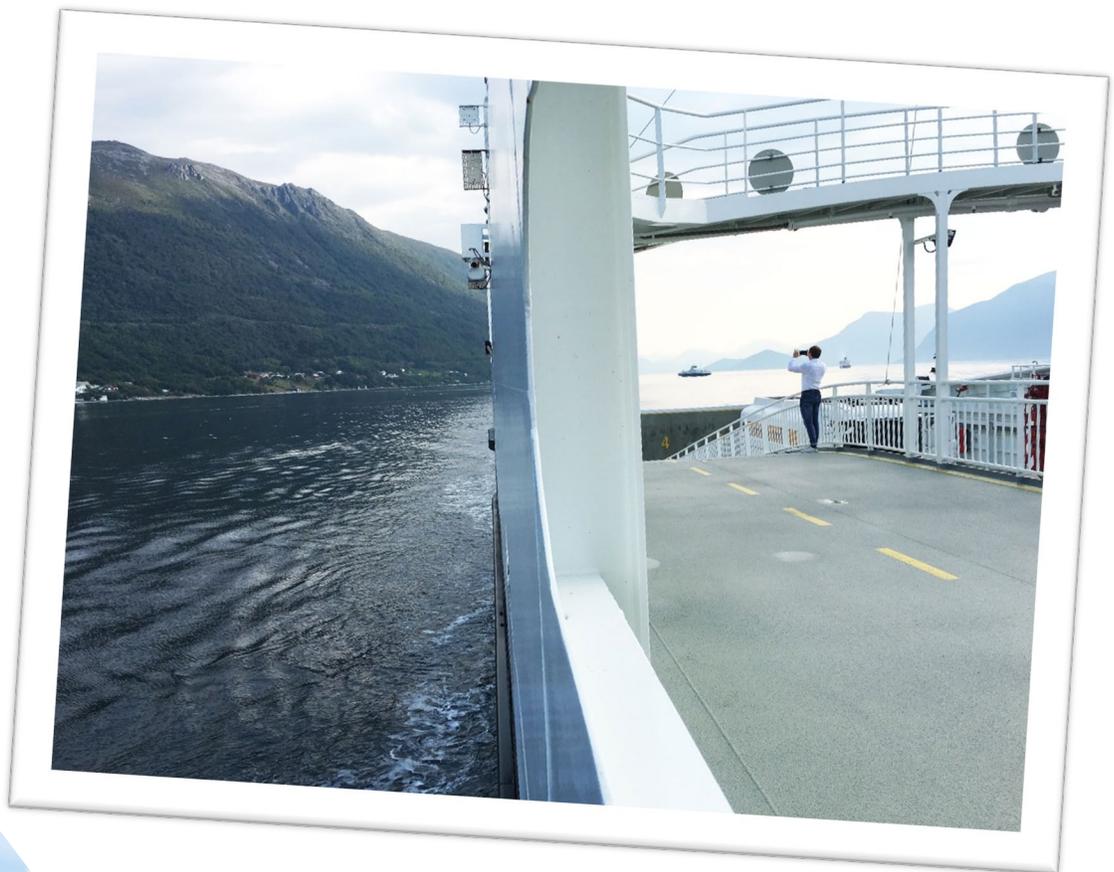
- ✓ condições especiais de instalação
- ✓ altas temperaturas
- ✓ vapor e umidade
- ✓ pressão de processo variável
- ✓ valores variáveis de DK



Conclusão

Os sensores TDR são extremamente versáteis, razão pela qual podem ser encontrados em uma grande variedade de aplicações e indústrias. Além das vantagens tecnológicas do radar, a facilidade de uso dos sensores também teve uma influência positiva em sua propagação. Por exemplo, feiticeiros de partida rápida que guiam o usuário passo a passo através das opções de configuração simplificaram muito a calibração. As funções de diagnóstico e as curvas de eco de fácil interpretação ajudam na solução de problemas, o que encurta enormemente os tempos de parada das plantas.

Juntamente com os outros pontos deste Whitepaper, torna-se claro que o radar guiado é um método confiável de determinação de nível, mesmo sob condições difíceis de processo.



UWT do Brasil Instrumentos

Medição Ltda

R. Aguaçú, 171. Alpha Business -
Bloco Ipê, Sala 102 Lot. Alphaville I
13098-321 Campinas, SP

Brasil

Tel.: +55 19 2660 1684

www.uwtgroup.com/pt_br/

info.br@uwtgroup.com



<https://www.facebook.com/UWTde/>



https://www.instagram.com/uwt_level_control/



<https://www.linkedin.com/company/uwt-gmbh>



<https://www.youtube.com/c/UWTGmbH>



<https://twitter.com/UWTGmbH>



Aguardamos seu desafio de sensores!
Teremos prazer em apoiá-lo com nossa
experiência nos muitos desafios que você
enfrenta no campo da tecnologia de
medição de nível.

Nikolas Oppenberger
Telefone: +49 831 571 23 146
Email: nikolas.oppenberger@uwt.de

