



Produtos METEK para aplicações relacionadas com energia eólica

1. Geral

METEK sistemas para a medição das condições de vento estão em uso para aplicações relacionadas com a energia eólica. Existem três focos principais:

- Instalação dos equipamentos de medição em turbinas eólicas para o monitoramento das condições de vento durante a operação.
- Avaliação do local
- Verificação da potência desenvolvida pela turbina

O primeiro item exige a instalação do anemômetro na turbina. Os dados de saída do instrumento devem ser adaptados para alimentar os mecanismos de ajuste dos desvios do vento com relação à turbina e do ângulo de inclinação das pás.

A avaliação do local, muitas vezes exige uma instalação independente para o anemômetro (a torre, por exemplo) e um equipamento para processamento dos dados. Os dados do anemômetro são coletados para a determinação das condições do vento no local. A informação será necessária para ajustar a altura da torre e o projeto do conversor de vento, a fim de ter as condições ideais para a produção de energia e/ou segurança da turbina durante a operação.

Em épocas anteriores, as turbinas eram montadas em torres de 30m de altura e em terreno plano. Do ponto de vista meteorológico a estimativa da produção da energia eólica disponível era fácil de estimar. A turbina ainda estava dentro da chamada camada de Prandtl (cerca de 0 a 50 m acima no nível do solo) em que o aumento da altitude causa apenas aumento na velocidade do vento. A rugosidade do terreno circundante em uma região plana era

fácil de estimar e em consequência o perfil logarítmico do vento fácil de calcular. Uma simples medição da velocidade do vento em uma altura, preferentemente na altura desejada do eixo da turbina, fornecia informação suficiente para a determinação da potência de saída esperada do conversor.

Atualmente as alturas das turbinas deixaram a camada de Prandtl e entraram na camada de Ekman onde ao lado do aumento da velocidade também é óbvia uma alteração na direção do vento. As superfícies das pás aumentaram significativamente de tamanho. Como consequência, se encontram na superfície das pás diferentes condições de vento em termos de velocidade e direção. Isso produz tensão na turbina e no caso do ajuste no ângulo entre as direções do vento e do eixo da turbina não ser apropriado, também a perda de potência. Além disso, a área das pás está sujeita ao impacto da turbulência. A turbulência deve ser vista de duas formas:

- A turbulência vai “queimar” a energia eólica. A produção de energia eólica em condições ideais será a partir de um fluxo laminar. Forte turbulência vai reduzir a potência da turbine eólica.
- Forte turbulência provoca muita tensão no material da turbina o que finalmente poderá resultar em aumento dos custos de manutenção das mesmas.

O aumento no tamanho das turbinas vai empurrar mais e mais a turbulência para o foco das investigações dos parâmetros meteorológicos.

Com base no número de aerogeradores a serem instalados no futuro próximo e no seu tamanho haverá maior demanda por medições de vento, não só com as ferramentas convencionais, mas também com os aparelhos mais sofisticados. As

ferramentas convencionais são as instalações padrão com rotor de copo e a seta indicadora. Os anemômetros de copo fornecem a velocidade do vento e as setas indicadoras, sua direção. Um tema importante no uso de anemômetros de copo é a calibração. Isto exige grandes esforços. No entanto, um anemômetro de copo oferece imediatamente após o processo de calibração precisões de até 1%. Porém, durante a operação, a precisão irá diminuir significativamente, pois os rolamentos estão sujeitos ao desgaste. Durante a operação, o anemômetro de copo diminui a precisão e após o período de medição, uma segunda calibração é necessária a fim de determinar as mudanças ocorridas nos parâmetros de calibração durante a operação.

Na calibração do anemômetro de copo, se correlaciona a velocidade do vento de um túnel de vento com os parâmetros de saída do anemômetro (por exemplo, tensão e frequência). É necessária a construção de uma função de conversão.

METEK GmbH pode oferecer ferramentas mais avançadas para a determinação de parâmetros de vento que superam as deficiências do equipamento de série. A vantagem dos anemômetros ultrassônicos é que estes sistemas não requerem qualquer calibração durante a operação. O princípio baseia-se no tempo de percurso de um sinal ultrassônico e a medição do tempo é estável no longo prazo. A medição de um anemômetro ultrassônico é uma medida direta, o que significa que nenhuma calibração em um túnel de vento é necessária para gerar uma função de conversão. O anemômetro sônico mede o tempo (em segundos) de um sinal em uma trajetória definida, com um comprimento de percurso determinado (em metros). Este sinal é acelerado devido à influência do vento durante a propagação através do caminho de medição. Em consequência, o tempo de percurso é uma medida direta do vento que é mostrado em metro por segundo.

Os anemômetros ultrassônicos fornecem controles abrangentes e razoáveis para os dados. No caso do operador do sistema ter acesso ao conjunto de dados, há informação que

permite avaliar se o anemômetro está sendo ou não com defeito. Usando um anemômetro de copo e não havendo vento não será possível distinguir se o anemômetro tem defeito. O anemômetro ultrassônico apresentará um relatório sobre a qualidade dos dados.

2. Anemômetros ultrassônicos

a. Unidimensional - Spinner SONIC

Um conceito inovador e novo para medições de vento em uma turbina eólica vem sendo desenvolvido e implementado. O novo conceito tem potencial para o aperfeiçoamento dos instrumentos de controle das turbinas eólicas, e a verificação de desempenho de potência e de cargas.

O conceito do anemômetro é o resultado da cooperação entre a Universidade Técnica de Dinamarca, os Laboratórios Nacionais Risø, Dinamarca e METEK GmbH. O princípio da medição está protegido por patente.

A aplicação deste novo conceito permite medir o vento com o uso de um elemento giratório em frente ao rotor. Assim, se elimina a maioria dos inconvenientes da presente anemometria nacelle em que o anemômetro está posicionado atrás do rotor da turbina e mede o vento que é influenciado pelo movimento das raízes das pás.

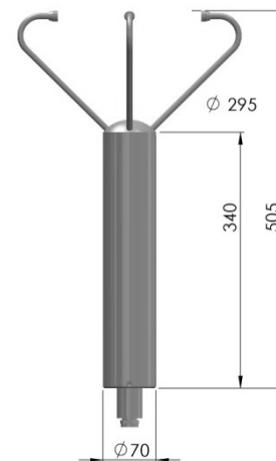


O princípio do novo conceito é uma integração do elemento giratório e sensores de velocidade do vento em um sistema híbrido de medição. O elemento giratório (spinner) do anemômetro foi testado tanto em um túnel de vento de grande porte como no campo. Os sensores foram então transferidos para um elemento rotatório em uma turbina eólica de 3,6 MW, e as medições foram feitas durante a operação da turbina. Os testes em túnel de vento confirmam as ideias do conceito. Livre comparação no campo a um anemômetro sônico 3D forneceu os dados comparáveis, e as medidas a escala completa na turbina eólica de 3,6 MW indicam grande potencial para a anemometria com elemento rotatório, incluindo o controle de turbinas, e a verificação de seu desempenho no que se refere à potência desenvolvida e cargas.

O anemômetro giratório pode ser aquecido, o que permite também a operação no inverno. Esta técnica é apenas para o uso de turbinas de vento e permite um melhor ajuste da guinada das turbinas, o que poderia levar a um aumento de potência.

b. Anemômetro Ultrassônico – Bidimensional USA-2

O Anemômetro ultrassônico bidimensional USA-2 é um sensor de vento em 2D para aplicações meteorológicas padrão. Sua operação se revelou confiável em todos os tipos de clima, excelente flexibilidade, alta performance do sistema e operação amigável nas mais variadas aplicações. Ele fornece valores brutos ou médios dos componentes X e Y do vento, incluindo temperatura medida por sensores acústicos ou velocidade horizontal do vento e sua direção através da interface serial RS422 / RS485 ou como saída analógica.



Para um funcionamento confiável em condições adversas, o gelo pode ser evitado através de uma cabeça de sensor eficiente de aquecimento. O funcionamento do aquecimento é controlado e monitorado pelo sensor eletrônico.

O projeto da cabeça do sensor foi otimizado por testes em túnel de vento que garante dados de vento precisos para a faixa de medição do instrumento.

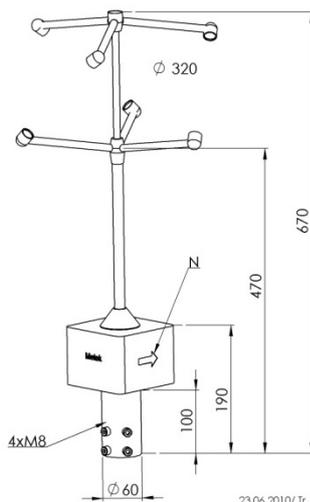


Os Anemômetros Ultrassônicos, como os USA-2, encontram aplicação nas instalações de turbinas eólicas e como um substituto para uma instalação padrão de rotor de copo e seta indicadora em medições de torre. O Anemômetro ultrassônico pode ser aquecido porque não há peças em rotação. METEK oferece também uma solução “serviço

pesado” para condições extremas (por exemplo, (congelamento ou manipulação pouco delicada) de modo que também o impacto mecânico sobre o sensor tem um papel menor. A saída dos sensores é um conjunto de dados serial (RS232, RS422 ou RS485) ou saída de dados analógicos. Se for pedido, o sensor também pode emular conjuntos conhecidos de dados seriais de sistemas de outros fabricantes, para que a substituição seja fácil para o operador.

c. Anemômetro Ultrassônico– Tridimensional USA-1

O Anemômetro ultrassônico USA-1 é um sensor 3D de vento e turbulência que revelou uma operação confiável em todos os tipos de clima, excelente flexibilidade, alta performance do sistema e operação amigável em aplicações generalizadas. Ele fornece valores brutos ou médios dos componentes do vento x, y, z, incluindo temperatura por sensores acústicos, tudo por meio de interface serial RS422 / RS485 ou como saída.



O USA-1 mostra uma linearidade perfeita entre 0... 60 m/s, e alta resolução em tempo (máx. 30/50 Hz) e dados (0,01 m / s, 0,01 K). Ausência de massas inerciais permite até

mesmo as medições precisas de turbulência. Efeitos da distorção de fluxo são compensados pela calibração em túnel de vento (2D, 3D).



Sem partes móveis, o EUA-1 evita as deficiências dos sensores mecânicos de vento: nenhum rolamento sujeito a desgaste e ruptura, nenhuma mudança de parâmetros de calibração, sem limites, sem atrasos. Extensões opcionais são o aquecimento da cabeça do sensor, a saída analógica de dados, entrada de dados analógicos, a separação da cabeça do sensor e o cálculo eletrônico online da turbulência, verifica os dados completos de qualidade online e, automaticamente, apresenta relatórios estáticos que asseguram a disponibilidade do sistema por longo prazo.

A medição 3-D permite a determinação dos três componentes do vento x, y e z. A partir dos componentes do vetor, o vento horizontal e vertical pode ser calculado. Devido à alta resolução temporal do anemômetro SONIC (até 50Hz), este sistema oferece a determinação de parâmetros de turbulência na atmosfera. Assim, este sistema está em uso além da meteorologia padrão para a determinação da turbulência no local. Em consequência, é uma ferramenta que é utilizada para a preparação do local.

A medição tridimensional permite também uma informação sobre a orientação do vetor do vento. Especialmente em terrenos complexos, pode ser demonstrado que o vetor do vento é inclinado ou não, o que terá

um impacto significativo sobre a produção de energia a partir do conversor de vento.

Um ponto forte do anemômetro ultrassônico METEK 3-D é o aquecimento de cabeça do sensor. Ele permite o funcionamento do sensor, mesmo sob condições de inverno. Gelo no anemômetro de copo mudará a velocidade de rotação, sem aviso prévio. O aquecimento da cabeça do sensor irá evitar o congelamento do anemômetro ultrassônico e até mesmo em caso de gelo extremo o Anemômetro Ultrassônico irá indicar quando a medição é influenciada pelo gelo. METEK oferece um padrão de aquecimento, mas também um aquecimento aperfeiçoado para locais extremos.

A saída do Anemômetro Ultrassônico USA-1 é por padrão serial RS232, RS422 ou RS485. A saída analógica de dados opcional está disponível. Isso permite a conexão do sensor com um computador ou a uma variedade de registradores de dados para seu armazenamento.

3. SODAR

a. Informação General sobre a técnica SODAR

O perfil vertical do vento, turbulência e estabilidade podem ser determinados por sistemas acústicos Doppler SODAR. Dependendo da aplicação específica, o ambiente local e as condições atmosféricas, as típicas faixas de altura e os típicos intervalos de medição para os aparelhos SODAR são de 30 a 1000 m e de 5 a 30 minutos, respectivamente e apresentam, com ventos moderados, precisão de cerca de 5% para a velocidade do vento e de 2 a 3° para a direção do vento.

Os aparelhos SODAR emitem um pulso acústico-audível- de cerca de 1500 a 4500 Hz para a atmosfera e recebem um sinal de volta espalhado causado pela turbulência atmosférica natural. Espalhamento das ondas acústicas ocorre quando o pulso se propaga através das flutuações turbulentas

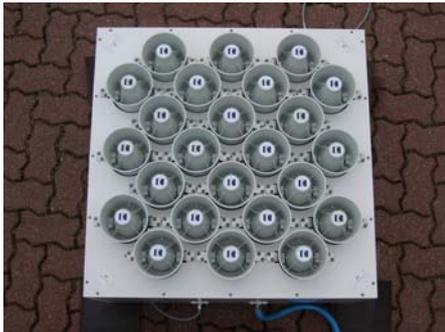
de densidade da atmosfera. Os aparelhos monostáticos SODAR - que são de longe o projeto mais comum, utilizam a mesma unidade de antena para emissão e recepção dos sinais sonoros, reduzindo assim consideravelmente os esforços para a fabricação e instalação. Para o processo de retroespalhamento utilizados para estes SODARs monostáticos, apenas a turbulência devido à flutuação da temperatura, com escalas comparáveis ao comprimento de onda utilizado, é relevante para a medição.



O sinal acústico recebido é deslocado em frequência (Doppler-shift) com relação ao sinal acústico emitido se a estrutura de espalhamento se movimenta relativamente à antena de observação. Este efeito Doppler permite a determinação do componente de velocidade do campo de vento, que é paralelo ao caminho de propagação do pulso acústico (componente radial do vento). Como o vetor vento é composto por três componentes independentes, pelo menos, três medidas independentes são necessárias. Portanto, os aparelhos SODAR usam 3 ou 5 feixes não coplanares, ou seja, tendo um feixe apontando verticalmente e os outros feixes inclinados por cerca de 10... 25° e orientados para vários ângulos de azimute, que diferem em 90°.

Os três ou 5 feixes necessários podem ser formados por antenas individuais (tipo SODAR convencional) ou por mudança de fase ou mudança da hora de uma assim chamada matriz de antenas que consiste de 16 a 64 alto-falantes individuais típicos

alinhados em fileiras e colunas. Mudando a fase do sinal entre as linhas ou colunas vizinhas da matriz, o feixe principal pode ser inclinado com relação à verticale medidas independentes do campo de vento podem ser conseguidas usando apenas uma única antena.



PCS. 2000-24, painel de antenas e instalação de amostra

(Imagem abaixo: Por favor, note que as antenas à esquerda e à direita do SODAR não fazem parte de uma instalação SODAR única. As antenas são de uma extensão RASS que também prevêem, em adição aos componentes do vento, uma informação sobre a temperatura.).

A temperatura, sua dependente a velocidade do som e o tempo de atraso entre a emissão do pulso sonoro e a recepção do sinal de volta espalhado determina a faixa de altura onde o sinal de volta espalhado se origina. Assim, a temperatura ambiente na superfície deve ser medida rotineiramente para obter uma estimativa razoável para a velocidade do som ao longo do caminho de propagação. A resolução da altura do perfil é determinada pelo comprimento selecionado do pulso acústico (etapas da altura).

Apenas uma parte muito pequena (cerca de uma parcela de 10^{-12} - 10^{-14} da energia acústica emitida) está de volta espalhadamente desde a turbulência natural da atmosfera. Como o SODAR usa sinais sonoros é um fato essencial reduzir ou eliminar da melhor forma possível, eventuais contribuições de ruído acústico externo, que pode sobrepor-se ao relativamente pequeno sinal de volta. Em geral, escudos acústicos eficientes, supressão especial de ruído e técnicas de média, multi-freqüência ou transmissão do sinal de pulso codificado e eletrônica de baixo ruído, estão contribuindo para uma boa qualidade de sinal e índices de sinal/ruído suficientes.

b. Temas relacionados com energia eólica

O sistema SODAR fornece informação do perfil vertical da velocidade e direção do vento e alguns parâmetros de turbulência. A falta de precisão em um local é equilibrada pela oportunidade de obter uma medida para o desenvolvimento vertical do vento. Especialmente em terrenos complexos o perfil logarítmico do vento pode ser perturbado. Os modelos padrão para a estimativa do potencial eólico podem falhar na previsão das velocidades do vento para a altitude da altura da turbina. A medição do SODAR pode provar a saída modelo ou mostrar que desvios do modelo estão presentes. Neste último caso, novas investigações podem ser feitas com o SODAR.

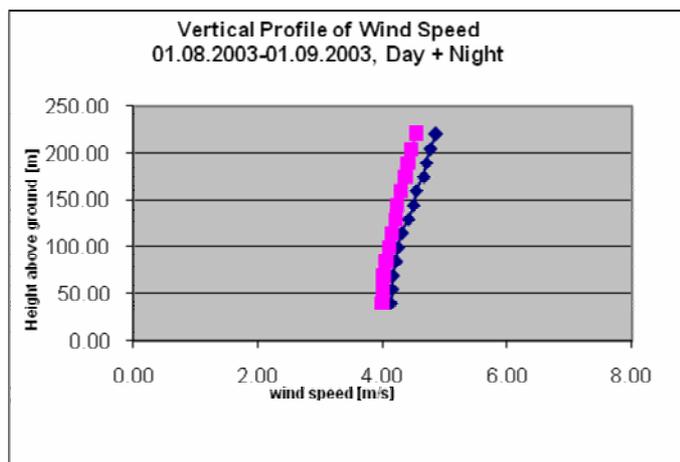
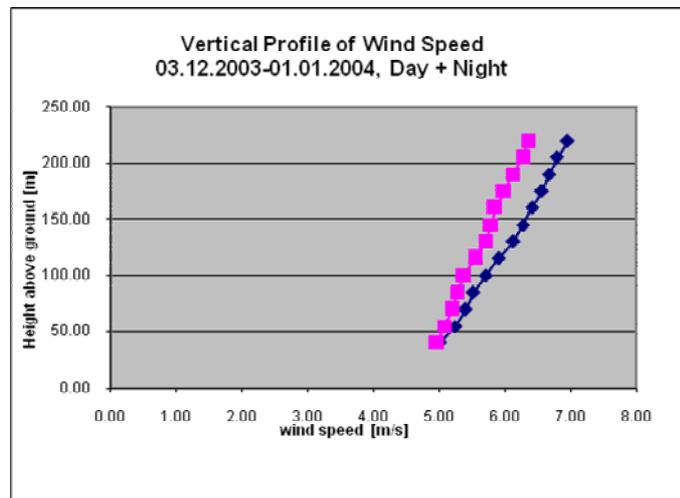
Normalmente um mastro equipado com sistemas padrão para a medição do vento (anemômetro de copo, por exemplo) será instalado durante um ano ou dois para a avaliação do local. Os dados desta medição são tomados para os cálculos do modelo do potencial eólico. A fim de verificar a saída do modelo, a medição SODAR é usada. Para esta aplicação o SODAR é geralmente necessário por dois a três meses no local.

No entanto, o SODAR é projetado para uso autônomo e pode ser operado durante o ano completo. A experiência dos nossos clientes mostra que o SODAR é movido de um local para outro após campanhas curtas que oferecem o melhor retorno de investimento. O mastro fornece a medida de longo prazo e SODAR comprova a saída do modelo numérico com base nos dados do mastro.

Um exemplo típico para a verificação SODAR dos dados do mastro em terrenos complexos, se indica abaixo. Os dados são retirados do sul de Espanha, onde a medição do mastro, seguida do cálculo do potencial eólico com base em um modelo numérico com extrapolação das medidas do anemômetro de copo para altitudes maiores, mostrou resultados razoáveis para a instalação de um parque eólico. No entanto, uma medição SODAR foi realizada e mostrou desvios graves nos resultados do modelo.

Em tempos de inverno, onde a turbulência não é dominante devido às temperaturas mais baixas, o perfil do vento se inicia próximo ao solo, com 5 m/s e se desenvolve muito bem com altura crescente. Dependendo dos valores do conjunto de dados, pode ser encontrado entre 6 e 6,8 m/s nos 220m acima do nível do solo para este local (gráfico superior).

No entanto, em épocas de verão, quando devido ao calor extremo a turbulência está presente no local, o resultado da medição é diferente. Perto do nível do solo, o valor médio da medição SODAR começa em 4 m/s e para o desenvolvimento com a altura é desprezível (gráfico inferior).



Com esta investigação feita por SODAR ficou claro que o local desejado vai oferecer energia eólica suficiente sob condições de inverno. No verão, a turbulência limita o desenvolvimento de um fluxo de vento. Tensão na turbina de vento e energia eólica não suficiente fez o investimento para o parque eólico crítico.

Finalmente, a decisão foi mover o parque para outro local.

c. SODAR para aplicações de energia eólica

Os sistemas SODAR podem ser entregues como unidades autônomas ou implementadas no trailer.



Há também a possibilidade de soluções de abastecimento de energia externa, como as células fotovoltaicas, ou combustíveis. A seleção do projeto SODAR final dependerá das necessidades do cliente. Por favor, não hesite em pedir mais informação.

4. Finalmente

METEK GmbH e seus distribuidores ficariam felizes de entregar o equipamento acima mencionado como um suporte abrangente de seu trabalho. Nossa experiência com um número de clientes de energia eólica nos dá uma sólida base para o cumprimento dos requisitos de aplicações relacionadas com energia eólica.

Nós confiamos que nossos sistemas acompanharão suas exigências. Para mais informações não hesite em entrar em contato com nossos distribuidores ou METEK GmbH.

Representação:
Klepel Consulting S.A.C.
Av. Grau 412
Miraflores, Lima 18
Peru
E-Mail: info@klepel.ch
Tel: +51 (1) 445 5749
Skype: [klepel.consulting](https://www.skype.com/name/klepel.consulting)