

MARÉGRAFO DIGITAL REMOTO

Rui Pereira de Almeida
Diretoria de Operações e Drenagem
PORTOBRÁS-Empresa de Portos do Brasil S.A
Cidade do Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Resumo

Descrição de um sistema de medição de maré, para apresentação de leituras à distância, com resolução de centímetro e filtro de compensação de ondas, utilizando transdutor de sonar e canal de rádio de radiofrequência.

Abstract

Description of a system of tide's measurement for remote reading, with centimeter resolution and wave compensation filter, based on sonar and RF-LINK.

1. Introdução

O Marégrafo Digital Remoto (MDR) tem por finalidade a determinação do nível d'água dos mares, em regiões costeiras, de difícil acesso, ou sujeitas a intensas variações de nível, onde a leitura, por métodos convencionais de régua, não atende ao dinamismo necessário ao acompanhamento do fenômeno.

O princípio de funcionamento do MDR baseia-se na medição do nível d'água, por ondas sonoras, a partir de uma unidade Transmissora/Receptora de ECOS, e num canal de rádio frequência capaz de levar aos receptores remotos, a leitura instantânea efetuada.

O marégrafo é constituído por uma *Estação Transmissora*, instalada junto ao local de medição, e uma ou mais *Estações Receptoras*. A transmissora processa a medição, e envia-a em forma de sinais para os receptores. Na receptora, é feito o tratamento dos sinais, determinação e apresentação da leitura.

As leituras de maré, fornecidas pelo MDR, traduzem a variação de altura da lâmina d'água do local, em relação a um referencial estabelecido (Nível de Redução). A determinação da variação é feita a partir da medição de profundidade e sua comparação, imediata, com esse referencial de aferição do equipamento.

2. Medição com Ecossonda

A medição da profundidade por som, consiste na determinação do intervalo de tempo que uma onda sonora leva para

viajar, ida e volta, da superfície ao fundo. O tempo é proporcional ao dobro da distância entre esses pontos, e o fator de proporcionalidade é a velocidade de propagação do som, no meio.

A temperatura e a alta salinidade do meio, influenciam a velocidade de propagação. A variação é diretamente proporcional ao aumento da temperatura e da salinidade. A velocidade assume valores que vão de 1383 m/s a 1536 m/s. Há, também, influência da pressão, que só é relevante a grandes profundidades, não incluídas no presente contexto.

A unidade Transmissão/Recepção de ECOS, da *Estação Transmissora*, fornece, em sua saída, uma sequência de pulsos. O primeiro, de interrogação, e mais 2 ou 3 outros. Estes, são pulsos refletidos, que compõem uma sequência associada a cada medição. O segundo, é o reflexo do primeiro, o terceiro, do segundo, e assim sucessivamente. A distância real é obtida com o segundo pulso.

Os pulsos são introduzidos numa unidade denominada Transmissor Lógico Digital, constante da *Estação Transmissora*, que efetua o tratamento dos sinais, liberando, apenas, os dois pulsos com os quais é feita a determinação da profundidade, na *Estação Receptora*.

Para conseguirmos os pulsos de ECO no MDR, optamos por colocar o transdutor submerso (Emissor/Receptor de Som) a uma profundidade fixa e conhecida, em relação ao nível de referência (Zero Hidrográfico). O transdutor é direcionado para a superfície da água a qual refletirá o som emitido, devido à mudança do meio de propagação (água-ar).

Essa técnica de instalação do transdutor evita os inconvenientes de sua habitual modalidade de emprego, isto é, sujeito a flutuações. Com isto, elimina-se a necessidade de se dar flexibilidade ao cabo de ligação com o transmissor.

3. Canal de RF

Entre a *Estação Transmissora* e a *Estação Receptora*, instalada remotamente, existe um canal de rádio-frequência. As faixas que melhor se prestam a esse serviço são as de VHF e de Micro-ondas. Em qualquer uma das modalidades, é fundamental a utilização da técnica de transmissão de pulsos.

Os transmissores de micro-ondas, que utilizam pulsos

semelhantes aos dos radares, possuem circuitos próprios para essa modalidade de transmissão. No caso do VHF, os cuidados na implementação, devem ser maiores, pois, normalmente, esses equipamentos não estão preparados para transmitir pulsos, exceto quando projetados com esta finalidade.

Além de que o custo de implementação do canal de RF seja menor, pode ser usado um VHF de comunicações, desde que colocado em frequência fora de sua faixa de trabalho.

Na *Estação Receptora*, implementada com VHF, remotamente instalada, os pulsos recebidos são tratados e separados. O tratamento consiste na transformação para padrão TTL (Stable Video), separação e identificação com isolamento do primeiro e segundo pulsos.

Temos de levar em conta diversos fatores antes de decidirmos pela implementação desse ou daquele circuito para tratamento de pulsos. Fatores diversos e, principalmente, a faixa de variação da leitura da maré, devem ser pesados no projeto.

É sabido que os maiores intervalos de variação da maré ao longo da costa brasileira, estão situados nas regiões Norte e Nordeste. Especialmente, no estado do MARANHÃO, onde a baixa-mar chega a -0,50m, em relação ao zero hidrográfico da região, e a preamar atinge 6.90m. Neste caso, a informação digital terá que cobrir uma faixa de variação de leituras correspondente a esse intervalo. No tópico seguinte, mostraremos como isto poderá ser feito

4. Método de medição

Usamos um transceptor de ecobatímetro que funciona na frequência de 200 KHZ. Essa frequência é emitida por um transdutor construído com cristal de Bário, que também receberá os ecos refletidos, transformando-os em corrente elétrica.

A distância (nível d'água) é definida pelo intervalo de tempo decorrido entre a saída e o retorno da onda sonora ao transdutor. Como a velocidade de propagação do som, na água, é conhecida, é imediata a determinação do nível d'água.

4.1 Digitalização

Para obtermos uma profundidade (nível d'água) instantânea, que realmente traduza a variação da maré, devemos levar em consideração as oscilações da lâmina d'água, no local de instalação da *Estação Transmissora* do MDR.

A medição do intervalo de tempo, que vai determinar o nível d'água, deve ser feita numa quantidade de vezes que nos permita, pelo critério do valor médio, compensar o efeito das oscilações e chegarmos mais próximos do valor real da medida.

Dos pulsos decorrentes da transmissão e reflexão sonora, apenas dois serão transformados em TTL. Ao primeiro, denominaremos pulso de Interrogação, e ao segundo, pulso de Resposta.

O primeiro, dispara um contador de pulsos de "clock", e o segundo, o inibe. A quantidade de pulsos, devidamente acumulada, vai determinar o nível d'água.

5. Frequência de "clock"

a) Escolha do gerador de "clock"

Como a velocidade média do som, na água, é de 1450m/s e as leituras da maré são apresentadas com precisão de centímetros, devemos utilizar, no marégrafo, um gerador de "clock" com frequência adequada à essa resolução. A escolha da frequência deve levar em conta que o caminho percorrido pelo pulso é o dobro da distância real (ida e volta). Assim, devemos dividir a frequência por 2 e multiplicar a velocidade por 100. Logo, teremos a frequência adequada de 72500 Hz, isto é, a cada interrogação/resposta, teremos, diretamente, a distância em centímetros.

b) Oscilação do nível d'água

Sabemos que a superfície d'água sofre oscilações devido a fatores diversos, tais como, ventos, marolas e movimentação das embarcações. A instalação da *Estação Transmissora*, por mais adequada que seja, não nos deixa livre destas influências.

A opção por um valor médio da leitura, no intervalo, não pode ser reduzida a uma simples média aritmética, sem antes avaliarmos melhor suas implicações.

6. Média de leituras

Através de criteriosas observações, efetuadas em portos da Portobrás, onde, usualmente, se instalam réguas de maré, chegamos a uma forma de onda que modela, satisfatoriamente, o fenômeno dessas oscilações - período médio de 1 segundo e amplitude média de 0.60m.

A representação do valor médio desta onda pode ser feita por cálculo integral, ou através de artifícios que conduzam ao mesmo resultado. Ocorre, porém, que não dispomos de lógica de "hardware" adequada, no receptor do MDR, para implementar esse processo.

A solução prática é fazer uma média de cinco leituras, amostradas num período de um segundo. O procedimento reproduz, com razoável precisão, a onda modelada, conforme elucidaremos melhor, a seguir, através de exemplos.

Seja a frequência de 145000 Hz, "clock" adequado para resolução da leitura em centímetros:

$$f = 145000, \text{ se } t = 1/f, \text{ logo o período será } t = 6.89 \mu \text{ seg.}$$

Para uma maré de 5m, por exemplo, teremos os seguintes valores de leituras digitais exibidas:

L1 - 500cm

L2 - 530cm

L3 - 470cm

L4 - 480cm

L5 - 510cm

Usando a frequência de "clock" selecionada de 145000 Hz, podemos analisar o que ocorre em cada uma das leituras acima:

Considerando a leitura L1, temos:

$$\text{espaço} = 500 \times 2 = 1000\text{cm}$$

$$\text{tempo} = 10 / 1450 = 6.890 \mu \text{ s}$$

$$\text{pulsos} = 6890 / 6.89 = 1000$$

Para as demais leituras, teremos os números de pulsos abaixo, respectivamente:

1060,0 ; 940,4 ; 960,8 ; 1020,3.

Acumulando-se os valores, chegamos a 4982,4 pulsos.

Podemos observar que a soma dos pulsos contados dá um valor próximo de 5000, que a menos da posição do ponto flutuante (cem vezes maior), nada mais é do que a média das leituras. Assim, o valor exibido no receptor do marégrafo será 4.98, com erro teórico de 0.02m.

Outro aspecto a considerar, no que tange à apresentação da leitura, é a existência de marés negativas. Em nosso marégrafo, permitiremos medições, cujos valores estejam compreendidos entre -0.50 e 9.90m.

7. Sincronização e Interferências

Outros problemas a considerar, na implementação do MDR, estão no âmbito do tratamento de sinais. A sincronização e a interferência precisam ser bem examinados.

7.1 Sincronização

A sincronização de sinais, entre os circuitos de recepção e transmissão do canal de RF do MDR, precisa ser provida, pois as estações não são ligadas, simultaneamente. Se a *Estação Transmissora* já está emitindo sinais, ao ligarmos a receptora, haverá problemas de sincronização; caso contrário, não.

A necessidade de sincronização decorre da chegada, ao circuito receptor, dos pulsos sem a devida identificação.

Estes pulsos, ao chegarem, são separados, o primeiro do segundo, pela ordem de chegada, não existindo distinção entre os mesmos. Neste caso, o receptor pode interpretá-los na ordem inversa.

É preciso pois, dotar o circuito receptor de meios para poder distinguir os sinais de interrogação e de resposta. Isto é feito através da detecção, em uma janela de 1 segundo, de 5 cinco sinais sucessivos de Interrogação e de Resposta.

A sincronização é conseguida a partir da diferença de tempo entre os intervalos dos pulsos de interrogação e de resposta. Os de interrogação são da ordem de 200ms, e entre uma interrogação e uma resposta, cerca de 20ms (limite imposto a uma maré máxima de 14.5m), 10 vezes menor do que o intervalo entre duas interrogações.

7.2 Interferências

Durante o funcionamento do MDR, os circuitos de transmissão e recepção da leitura podem sofrer interferências, prejudicando a apresentação remota do dado. Neste caso, o dispositivo busca, automaticamente, a sincronização, tão logo cesse a interferência perturbadora.

Chegando a haver falha na transmissão, o circuito de recepção indicará esta falha, ativando um indicador luminoso de sinalização no receptor. A última leitura é mantida no visor, até que a transmissão se restabeleça.

8. Conclusões

Um marégrafo digital remoto, implementado dentro dessa concepção, e com canal de micro-ondas, encontra-se em operação no porto da ALUMAR, em São Luís, Estado do Maranhão, fornecendo, para o setor de operações portuárias e dragagem, daquela empresa, a maré de forma contínua e ininterrupta.

O MDR, também pode ser empregado em levantamentos batimétricos ou obras marítimas que exijam a informação da maré, continuamente. Opcionalmente, pode ser conectado a dispositivos de processamento automatizado, para introdução de leitura de maré em tempo-real.

O canal de radiofrequência do marégrafo pode, também, ser implementado com tecnologia VHF. Nossa opção por micro-onda teve por base as facilidades disponíveis, na Portobrás, em termos de posicionamento eletrônico a radar.

Não obstante o emprego não muito comum da tecnologia de micro-ondas, em canal de marégrafos remotos, a implementação do MDR foi bem simples, não tendo o dispositivo, até o presente momento, apresentado problemas mais sérios de operação.

8. Referências bibliográficas

— COESTER, Manual de instrução do Ecobatímetro PILOTO, transceptor.

— BROPHY, James J. - Eletrônica Básica. Editora Guanabara.