

Medição de Frequencia e Comprimento de Onda

Frequencímetros e Ondametros

Pôr Snr. Paulo Arruda

Com este artigo vizamos um rápido estudo do principio básico do funcionamento de um dos aparelhos mais importantes para quem tem um transmissor e precisa medir o comprimento de onda que está transmitindo.

Nosso trabalho será dividido em duas partes, a 1a. examinando o funcionamento do mesmo, e a 2a. analyse dos diversos tipos.

Primeira Parte

Para a compreensão do funcionamento de um ondometro, devemos recorrer á análise de circuitos de corrente alternada com resistencia (R), indutividade (L) e capacidade (C) em serie.

Quando temos sómente resistencia n'um circuito de corrente alternada, a voltagem está em fase com a corrente, isto é, a corrente e a voltagem crescem e caem a zero ao mesmo tempo. A corrente n'um circuito destes é, pela lei de Ohm:

$$I = \frac{E}{R}$$

Os valores de I e E são aqueles que podem ser medidos por um voltmetro C. A. e são portanto valores efetivos.

Uma indutividade n'um circuito C. A. não age do mesmo modo. Devido ás reações do campo magnetico, existe uma opposição da indutividade em obedecer ao crescimento ou decrescimento da corrente. O resultado é que a corrente, em vez de estar em fase com a voltagem, está 90° electricos atrazada da mesma, isto é, quando a voltagem já atingiu valor maximo, a corrente está em zero. A opposição oferecida pela indutividade depende da força contra eletromotriz (f. c. e. m.) de auto-indução, e esta depende do numero de voltas da forma da bobina e da rapidez com que o fluxo se expande ou contráe no interior da bobina. Isto pôde ser expresso por X_L , onde X_L é a posição ohmica oferecida pela indutividade á passagem de correntes alternadas.

X_L é chamado **reatancia indutiva** e é expresso por:

$$X_L = 2 \pi f L \text{ ohms}$$

Representando vetorialmente, temos que a reatancia X_L está deslocada 90° de resistencia R. A hipotenusa do triangulo, que é a resultante vetorial de X_L e R, é chamada **impedancia (Z)**, e pôde ser determinada por

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{R^2 + 2 \pi f L^2}$$

Caso semelhante ocorre com o condensador em circuito C. A. Neste caso, porém, a corrente está 90° adiantada da voltagem aplicada. Quando a corrente é maxima, a voltagem é zero.

A opposição ohmica oferecida pelo condensador, varia inversamente com a frequencia e capacidade do condensador, e

$$X_C = \frac{1}{2 \pi f C}$$

onde C é dado em fárades. Neste caso X_C recebe o nome de **reatancia capacitiva**.

Se n'um circuito (fig. 1-a), fôr colocado em serie um condensador, indutividade e resistencia, a reatancia resultante será a diferença entre a reatancia indutiva X_L e a reatancia capacitiva X_C , pois os vetores de X_L e X_C estão 180° defazados ou em opposição da faze, e

$$X = X_L - X_C$$

Se X_L fôr maior que X_C a reatancia resultante é indutiva. Caso contrário, ela será capacitiva.

Observemos agora a fig. 1-b. Nela estão representadas as variações de X_L e X_C com a frequencia f do alternador. A reatancia indutiva varia diretamente com a frequencia, e é portanto uma linha réta, emquanto a reatancia capacitiva varia segundo a curva mostrada na fig. 1-b. A uma certa frequencia as duas se encontram no ponto O. Para esta frequencia particular, temos

$$X_C = X_L$$

$$X = X_C - X_L = 0$$

Isto é, a reatância resultante no circuito é zero. A impedância oferecida pelo circuito torna-se então

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{R^2 + 0} = R$$

A impedância fica sendo igual à resistência. A corrente no circuito, para esta condição é:

$$I = \frac{E}{Z} = \frac{E}{R}$$

como no caso de um circuito tendo apenas a resistência. É evidente que esta é a frequência para a qual temos o menor valor da impedância. Para qualquer outra frequência a impedância será maior, e consequentemente a corrente será menor. A maior corrente no circuito será para esta frequência, que é chamada **frequência ressonante**. Esta pôde ser deduzida igualando as reatâncias X_C e X_L e tirando da equação o valor de f .

$$X_L = X_C$$

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}$$

A curva entre corrente e frequência é mostrada na fig. 1-c. Esta curva será tanto mais aguda quanto menor for a resistência R do circuito. Uma outra curva é mostrada para uma resistência alta. Pode-se ver que a mesma é mais achatada, isto é, a frequência ressonante não é tão bem definida. As quedas de voltagem no circuito são eguaes ao produto da corrente pelas oposições ôhmicas de cada parte do circuito, e

$$E = IR$$

$$E_L = IR_L$$

$$E_C = IR_C$$

Pode-se observar que toda a voltagem aplicada foi consumida na resistência. A queda de voltagem na reatância indutiva e capacitiva, entretanto, terá um valor máximo e será muitas vezes maior que a voltagem aplicada E . Isto é perfeitamente compreensível, desde que se levê em conta que uma indutividade e capacidade (perfeitas idealmente) não consomem potencia durante o ciclo de C . A. Enquanto n'um quarto de ciclo a in-

ditividade **armazena energia**, o condensador **devolve a mesma energia** nesse quarto de ciclo. Isto indica uma **transferencia de energia armazenada** ora no campo elétrico do condensador, e ora no campo magnético.

Resumindo, os fenomenos de ressonância são caracterizados:

1) Pela maxima corrente no circuito;

2) Pela maxima queda de voltagem no condensador e bobina. (Note-se que a queda em X_C é igual a queda em X_L).

O circuito $L C R$ está agindo como um frequencímetro, ou seja um medidor de frequência, e que neste caso está diretamente acoplado á fonte de f e m .

A frequência pôde ser conhecida desde que conheçamos o valor de C e L que produzem o fenomeno ressonante, pois

$$f = \frac{1.000.000}{2\pi \sqrt{LC}}$$

para L em microhenris e C em microfarades. Para um transmissor, o acoplamento do circuito do ondâmetro é magnético, como mostra a fig. 2a.

Com os dois circuitos ressonantes á mesma frequência, e colocando o circuito do ondâmetro a tal distancia da indutividade L_1 que o acoplamento seja minimo, a ressonancia do circuito do ondâmetro será muito marcada, pois, além dos fenomenos proprios do circuito $L_2 C_2 R_2$ ainda nesse momento o campo de L_1 é tambem maximo e a voltagem induzida em L_2 é maxima. No caso explicado, os 2 circuitos são ressonantes á mesma frequência, e variamos a frequência aplicada ao circuito 1.

Um excessivo acoplamento entre ambos os circuitos, produz reação entre os dois campos, e ha duas frequencias que satisfazem para o valor da corrente maxima. O grafico da fig. 2-b indica as curvas que podem ser obtidas, e os valores de ambas as frequencias em termos de coeficiente de acoplamento entre ambos. É além de nosso escopo detalhar este caso, e citamol-o para evidenciar o erro que pôde ser ocasionado na medição, se o ondâmetro estiver fortemente acoplado ao circuito tanque da transmissão. O mesmo acontecerá se a antena estiver fortemente acoplada. De um momento para outro a frequência poderá saltar de um para outro valor. Ha

um acoplamento que produz o maximo de corrente com um só pico de ressonancia. Este é chamado **acoplamento crítico**.

Até aqui falamos em frequencímetros, e o leitor estará naturalmente mais familiarizado com o termo **ondametro**. Um e outro são a mesma coisa.

O ondametro nada mais é que um frequencímetro. A curva que o acompanha, entretanto, fornece as divisões do condensador de sintonia em termos do comprimento de onda, em vez de ser em termos de frequencia.

O comprimento de onda é obtido dividindo a velocidade de propagação da onda eletro-magnética (300.000.000 mts. por seg.) pela frequencia:

$$\lambda = \frac{300.000.000 \text{ mts.}}{f}$$

Substituindo nesta equação o valor de f em termos de L e C , chegamos ao valor

$$\lambda = 1885 \sqrt{LC} \text{ mts}$$

L sendo em microhenris e C em microfarads.

Tendo portanto, um ondametro, basta anotar na curva de calibração do

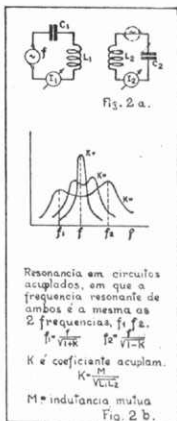
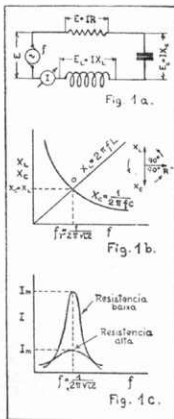
mesmo a frequencia correspondente a cada comprimento de onda. Podemos agora passar a considerar a construção do ondametro e os diferentes tipos em uso.

Detalhes construtivos do ondametro

O ondametro, como vimos, compõe-se de uma indutividade, resistencia e capacidade em serie. Na resistencia do mesmo está incluída a resistencia do aparelho indicador de corrente, como veremos na II Parte.

É absolutamente necessario que o ondametro mantenha sua calibração, e para isso a construção deve ser rígida. O condensador deve ser de placas grossas e espaçadas. Maior espaçamento entre as placas, resulta em menor possibilidade de variação da capacidade pelos choques ou vibrações que afetem a distancia entre as placas. Para placas pouco espaçadas a minima variação do espaçamento produz sensível variação de capacidade. O dieletrico do condensador deve ser de alta qualidade, ou melhor, o condensador deve ter poucas perdas.

As perdas no condensador podem ser representadas por uma resistencia em



O FALSO RADIO-AMADOR

serie ou em paralelo com o mesmo. Isto resulta n'um aumento da resistencia do circuito, e ocasionaria o achatamento da curva de resonancia. Devemos notar, tambem, que qualquer alta de resistencia, inserida em paralelo com o condensador, é equivalente a uma resistencia em serie que dissiparia potencia identica. O efeito ja considerámos.

Outra resistencia no circuito é aquela da indutancia. A resistencia que a indutancia introduz no circuito não é a resistencia á corrente contínua da mesma e sim a resistencia á frequencia para a qual está sintonizado o ondometro.

A bobina de um ondometro deve ser perfeitamente firme no tubo que a suporta, para conservar a calibração.

Nos ondometros atuais, os condensadores são blindados, assim eliminando o efeito de capacidades externas.

O amador pôde construir o proprio ondometro, desde que tenha meios de calibrar o mesmo. O condensador de poucas perdas é o que deve ser comprado. A indutividade para o maior comprimento de onda, entretanto, poderá ser construida e calculada pela formula:

$$L = \frac{\lambda^2}{1885^2 C}$$

Onde L é a indutividade em microhenris, C a capacidade de maxima em micrifarades e λ o comprimento de onda em mts.

O menor comprimento de onda depende da capacidade residual do circuito.

Tendo o valor de L em microhenris, o número de voltas pôde ser calculado:

$$N = \sqrt{\frac{L \times 1}{0,0395 R^2 K}}$$

onde

N = o nº de voltas da indutividade.

1 = comprimento em cm da indutividade.

$\frac{D}{2} = R =$ raio medio (do centro da indutividade ao centro da espira).

K = coeficiente de correção de Nagaoka, dado em termos da relação

$\frac{D}{1}$ (Tabela).

K = para relação $\frac{D}{1} = \frac{7}{3}$ é 0,91

Para ondas mais curtas, o fio pôde ser espaçado, de modo a cobrir o comprimento de 3 m. da bobina.

Em uma roda de radio-amadores emissores, estava um cavalheiro que, dizia, interessava-se muito pelo serviço em ondas curtas e dizia possuir um esplendido aparelho de recepção. Um dos amadores falando sobre a potencia de sua emissora, que lhe parecia não ir muito longe, ouviu o cavalheiro dizer-lhe:

Pois eu, estando em Buenos Ayres ha algum tempo, ouvi perfeitamente a sua estação.

— Em Buenos Ayres? Isso é admiravel!

— Pois ouvi perfeitamente.

— E... em que onda o Sr. me ouviu?

— Eu, ouvi mais ou menos em quinze metros...

— Não é possível; eu só emito em vinte metros...

— E o Snr. então se esquece de que entre o Rio e Buenos Ayres, são 1.500 kilometros em linha reta?

— Sim, eu sei isso.

— Pois naturalmente, a sua onda de vinte metros, andando essa porção de kilometros, chegou lá só com quinze.



O Rei das Corujas - E. R.