

Pequenas considerações para cálculos em RF.

Isto não é bem uma apostila é mais um bate-papo sobre algumas coisas em RF. Poucas coisas, eu sei, mas espero que você goste e aproveite.

Às vezes precisamos de uma fórmula ou outra para podermos resolver determinado problema em RF. Por exemplo, como calcular a atenuação no espaço livre? Como saber a impedância de uma linha bifilar? E etc...

Vamos ver algumas fórmulas e simples explicações a respeito.

Cálculo de uma impedância de uma linha bifilar:

Mas o que é uma linha bifilar? É uma linha formada por dois condutores, isolados ou não, que mantêm sempre a mesma distância entre eles. Onde se usa isto? Este tipo de linha é utilizado até hoje para conectar uma antena externa com uma tv por exemplo. É aquela fita chata, com um fio em cada lado. Ela também é usada para a conexão de transmissores com suas antenas, principalmente em transmissores de ondas médias e curtas, mas nestes casos são construídas de acordo com a impedância e potência desejada.

Aqui está a fórmula:

$$Z_0 = 276 / \sqrt{E \times \log 2D/d}$$

onde: Z_0 = impedância da linha

E = constante dielétrica (ar = 1, polietileno = 2,3).

D = espaçamento entre os condutores

d = diâmetro dos condutores.

Este mesmo tipo de cálculo se aplica em cabos coaxiais. Geralmente encontramos cabos coaxiais com impedância de 75 Ohms (mais usados em recepção) e 50 Ohms (mais usados em transmissão).

Para calcularmos a impedância destes cabos utilizamos a expressão:

$$Z_0 = 138 / \sqrt{E \times \log D/d}$$

Onde: Z_0 = impedância do cabo.

E = constante, a mesma anterior.

D = diâmetro interno do condutor externo, geralmente uma malha trançada.

d = diâmetro externo do condutor interno (em cabos de 75 Ohms é um fio rígido e em cabos de 50 Ohms são fios trançados).

Observações:

- Existem muitos tipos de cabos coaxiais, para diversas aplicações e que podem ter características mecânicas relativamente diferentes.
- Hoje em dia a fita chata já está quase totalmente substituída por cabos coaxiais de 75 Ohms na ligação entre antenas externas e tvs.

Cálculo de atenuação no espaço livre:

Mas o que vem a ser isto? É que sempre que um sinal de RF é transmitido ele sofre atenuações. Duas características importantes a quanto de atenuação este sinal sofrerá são relativas a frequência dos mesmo e a distância que ele irá percorrer. Este cálculo não leva em consideração obstáculos.

Veja a fórmula:

$$A_o = 28,1 + 20\log d \text{ (Km)} + 20\log f \text{ (Mhz)} \quad - \text{ Em relação a dBd.}$$

ou

$$A_o = 32,4 + 20\log d \text{ (Km)} + 20\log f \text{ (Mhz)} \quad - \text{ Em relação a dBi.}$$

Onde: A_o = atenuação no espaço livre.

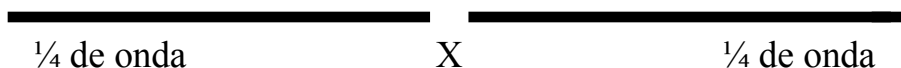
d = distância que deve ser colocada em Km.

f = frequência que deve ser colocada em Mhz.

Mas o que é dBd e dBi?

São padrões adotados para facilitar o cálculo. Dissemos que dBd é o ganho de uma antena (a capacidade que ela tem de concentrar um sinal) em relação a uma antena dipolo. E dBi é o ganho de uma antena em relação a uma antena isotrópica, ou seja, uma antena que fosse capaz de transmitir igualmente para todos os lados (este tipo de antena não existe na prática, mas este termo dBi é usado para cálculos).

Mas o que é uma antena dipolo? Uma antena dipolo é o tipo mais simples de antena. São duas hastes com o comprimento de $\frac{1}{4}$ de onda ligados uma ao lado da outra (veja figura abaixo) no centro das duas hastes (ponto X) é que é ligado o cabo que irá levar o sinal captado até o receptor ou entregará o sinal proveniente do transmissor.



Este tipo de antena transmite ou recebe dos dois lados, o lado que você está vendo e o outro, e não transmite para as extremidades.

Já uma antena isotrópica seria como um ponto que transmitiria para todos os lados.

Às vezes quando compramos uma antena no manual está escrito o ganho dela expresso em dBi ou dBd, para convertermos um em outro é só aplicar a equação:

$$\text{dBi} = 2,15 + \text{dBd}.$$

EIRP, o que é Eirp?

EIRP significa potência isotrópica efetivamente irradiada. Muito bonito né.

Quando ligamos um transmissor a uma antena para sabermos qual a real potência que está antena esta transmitindo devemos calcular a EIRP.

Mas porque potência real? Por que parte da potência se perde nos cabos além do restante da potência sofrer a atuação do ganho da antena (já dissemos que ganho de uma antena é a capacidade que ela tem de concentrar os sinais, sejam eles transmitidos ou recebidos. Uma antena não amplifica sinais pois ela é um componente passivo. Mas para deixar isto mais fácil vamos contar uma história: Imagine uma lâmpada de 100 Watts iluminando uma sala. A luz que incide em cada parede terá um certo valor, amplitude e brilho, correto? Agora pegue esta mesma lâmpada de 100 Watts e monte uma engenhoca com espelhos e lentes que faça com que toda a luz que saia da lâmpada vá para uma única direção, por exemplo, um círculo de 50 cm de diâmetro. A luz agora, dentro deste círculo ficará muito mais forte do que antes, não ficará? Mas como aconteceu esta proeza? Apenas concentramos a luz, o mesmo faz a antena e este fator de concentração é chamado de ganho).

Agora que já sabemos disto vamos para a fórmula:

$$\text{EIRP} = P_t + G_t - p$$

onde: EIRP = potência isotrópica efetivamente irradiada.

P_t = potência do transmissor.

p = perdas nos cabos.

G_t = ganho da antena.

Mas para calcular isto devemos pegar as potências, que estamos acostumados a trabalhar em Watts e transformar em dBm.

Mas para que? Por incrível que pareça para facilitar os cálculos.

Como se transforma potência em dBm?

$$\text{dBm} = 10 \log P/1\text{mW} \quad (1\text{mW} = 0,001\text{W})$$

colocamos o valor de P em watts e achamos em dBm, e para o contrário:

$$P = 1\text{mW}(10^{\text{dBm}/10})$$

Vamos ver um exemplo:

Suponha um transmissor de 10 W de potência, ele está ligado com uma antena com 10 dB de ganho (o ganho em antenas e a perda em cabos é expressa em dB) através de um cabo que perde 1 db. Qual a potência realmente transmitida?

Primeiro convertamos as potências em dBm:

$$10 \text{ watts} = 40 \text{ dBm} \text{ (use a formula).}$$

Agora aplicamos a formula:

$$\text{EIRP} = 40 \text{ dBm} + 10\text{dB} - 1\text{dB} \text{ (podemos somar ou subtrair dBm e dB sem problemas).}$$

EIRP = 49 dBm (porque o resultado é em dBm? Quando falamos em potência transmitida ou recebida a unidade sempre será dBm, mas quando falamos de ganho ou perda a unidade sempre será dB).

Transformamos agora isto em potência e temos:

$$49 \text{ dBm} = 79 \text{ Watts}$$

é isto mesmo a potência que a antena direciona para um certo lado corresponde a 79 watts.

Dá para ter uma tabela para facilitar isto tudo?

Dá para tentar, veja:

Quando somamos 1dB a um sinal significa multiplicá-lo por 1,25. E por aí vai, veja abaixo:

Ganho

$$1\text{dB} = P \times 1,25$$

$$3 \text{ dB} = P \times 2$$

$$10 \text{ dB} = P \times 10$$

ou seja se temos um transmissor de 4 Watts e ele for ligado a uma antena de 10 dB de ganho a EIRP (desprezando as perdas) será de:

$$4 \text{ W} \times 10 = 40 \text{ Watts}$$

o mesmo se aplica as perdas:

Perda

$$1 \text{ dB} = P/1,25$$

$$3 \text{ dB} = P/2$$

$$10 \text{ dB} = P/10$$

Ou seja um sinal de 10 watts que sofre uma perda, ou atenuação, de 3 dB será de:

$$10 \text{ Watts} / 2 = 5 \text{ Watts.}$$

Com estas simples tabelas podemos fazer uma infinidade de cálculos, veja:

Qual a potência que será transmitida por uma antena com 25dB de ganho quando é aplicado nela uma potência de 1 watt?

Primeiro pegamos 25dB é dividimos nas unidades que temos na tabela (1dB, 3dB, 10 db)

25dB = 10dB + 10dB + 3dB + 1dB + 1dB portanto:

1watt x 10 = 10 watts,
10 watts x 10 = 100 watts,
100 watts x 2 = 200 watts,
200 watts x 1,25 = 250 watts,
250 watts x 1,25 = 312,5 watts.

Portanto 1 watt mais um ganho de 25dB, da antena, é igual a 312,5 watts.

Observações: Estas tabelas e, portanto os cálculos, são aproximados, mas estão bem perto do valor real.

Quanto maior o ganho de uma antena mais direcional ela será, portanto só transmitirá ou receberá de uma pequena área.

Mais uma tabela. Só por curiosidade.

0dBm = 1mW
10dBm = 10mW
20dBm = 100mW
30dBm = 1W
40dBm = 10W
50dBm = 100W
60dBm = 1000W ou 1KW
70dbm = 10000W ou 10KW

Perda em cabos:

Quando temos um cabo podemos calcular a perda do mesmo, em dB, mas para isto é necessário que saibamos a potência na entrada e na saída do mesmo. Para medirmos esta potência será necessário um wattímetro para RF.

$dB = 10 \log P_{saída}/P_{entrada}$.

O resultado negativo indica que esta havendo uma perda no cabo.

Como calculamos o comprimento de uma onda?

Para calcularmos o comprimento de uma onda basta dividirmos a velocidade da luz pela sua frequência, veja:

$$\lambda = c / f_0$$

onde: λ = comprimento de onda.

f_0 = frequência.

c = velocidade da luz.

O comprimento de onda será o mesmo em qualquer meio? Não, por mais estranho que pareça.

Mas se o comprimento muda não muda a frequência? Não se a velocidade de propagação da onda mudar também. E é isto o que acontece em cabos coaxiais. Vamos explicar:

Suponha que uma onda X tenha um comprimento de 1m no ar e que para percorrer este metro ela demore 10us.

Esta mesma onda X em um cabo coaxial terá uma redução em sua velocidade e em 10us ela percorrerá apenas 0,66m.

Como a frequência é igual ao inverso do período podemos perceber que a frequência da onda não mudou, observe:

$$F = 1 / T \quad \text{onde: } F = \text{frequência.}$$
$$T = \text{período.}$$

Para 1m o período é de 10us, portanto $F = 1 / T = 1 / 10\text{us} = 1\text{Mhz}$.

Para 0,66 m o período também é de 10us, portanto $F = 1 / T = 1 / 10\text{us} = 1\text{Mhz}$.

Só a velocidade da onda foi alterada e não a frequência.

A esta diminuição de velocidade de propagação podemos chamar de fator de encurtamento. O fator de encurtamento de um cabo coaxial é de 66% aproximadamente. Por isto quando calculamos o comprimento de um cabo para que ele seja do tamanho do comprimento da onda devemos lembrar disto.

Exemplo:

Qual o comprimento de um cabo coaxial para um determinado λ na frequência de 200MHz?

$$\lambda = c / f_0$$

$$\lambda = 300.000.000 / 200.000.000 = 1,5 \text{ m.}$$

$$\text{comprimento do cabo} = \lambda \times 66 / 100 = 1,5 \times 66 / 100$$

$$\text{comprimento do cabo} = 99 / 100 = 0,99 \text{ m.}$$

ou seja o cabo deve ter 0,99m ou 99cm.

Mas quando isto é útil? Quando desejamos ligar um transmissor a uma antena sendo que o cabo tenha o comprimento ou um múltiplo do comprimento.

Mas para que ter um comprimento que seja múltiplo do λ ? Para termos o melhor casamento de impedâncias e menor refletida, principalmente quando trabalhamos com frequências de VHF para baixo.

Os radioamadores (PX, PY, e alguns técnicos de retransmissores de tv também) vivem fazendo isto.

Por falar em radioamadores o que é potência refletida ou simplesmente refletida?

São termos que tem o mesmo significado e indicam a parte da potência que sai do TX e não está sendo irradiada, mas sim voltando para o próprio TX. Isto acontece devido a descasamentos de impedâncias entre TX e antena, geralmente. Esta refletida pode ser medida através de um wattímetro para RF ou através de um medidor de onda estacionária. Se esta refletida for muito alta pode queimar a saída do TX. Qualquer transmissor seja de radioamador, TV ou FM está sujeito a isto. Mas isto já é uma outra história.

Curiosidades:

- Você sabia que se chegarmos perto de uma antena de ondas-curtas, ondas-médias ou mesmo FM, com uma lâmpada fluorescente a mesma se acenderá? É verdade, eu mesmo já fiz isto. Nos casos de modulação em amplitude o brilho da lâmpada chega a variar de acordo com a voz ou som que faz a modulação.
- É comum, para se ajustar transmissores de AM caseiros, o uso de uma lâmpada incandescente de pequena potência (alguns volts e corrente de algumas dezenas de miliamperes) ligada com uma bobina feita com algumas espiras em

núcleo de ar. Ao se aproximar a lâmpada da saída do rádio é induzida uma tensão na bobina e a lâmpada se acende.

- Em algumas estações de FM, perdidas no meio do mato, às vezes se amarram lâmpadas fluorescentes na torre? Para que? Para se saber, caso as lâmpadas estejam acesas, que o transmissor está no ar.

- Uma antena que irradia uma certa potência (acima de 100Watts eu já percebi) ao ser tocada causa uma queimadura.

- Que o que parece ser a torre em uma estação de Ondas Médias (AM) na realidade já é a antena do transmissor? Como o comprimento de onda é muito grande seria difícil se construir uma antena, propriamente dito, por isto a torre já faz o papel de antena. Olhe uma torre destas e veja como os estirantes são isolados por castanhas.

- Tudo isto faz parte do mundo maravilhoso da RF (Rádio- Frequência).

Acabou.

Se você gosta de RF e precisa de informações sobre divisores de potência, geradores de varredura, analisadores de espectro, antenas, etc, talvez eu possa lhe ajudar.

Se quiser enviar algum tipo de comentário sinta-se a vontade para enviá-lo. Para isto envie-me um e-mail.

lbertini@opus.com.br

Abraços e obrigado pela visita.

The End.