

RESSONÂNCIA E MÁXIMA TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA

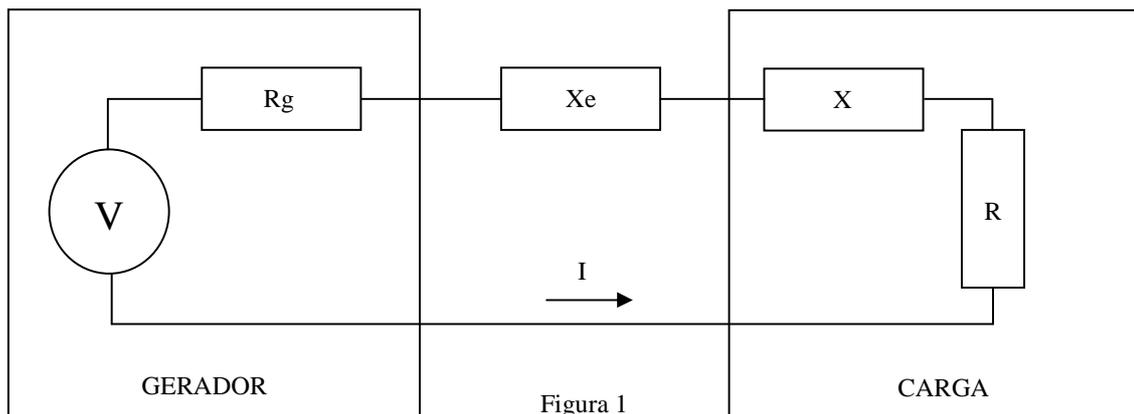
Por Luiz Amaral
PY1LL/AC2BR

É muito comum a discussão sobre este tema e parece que muitos técnicos ainda têm alguma dificuldade com relação a ele.

Seja um sistema em corrente alternada senoidal. A pergunta é: é necessária a ressonância de uma carga para que seja transferida a ela a máxima potência de um gerador?

A resposta é: não.

Observemos o circuito da Figura 1:



Um gerador de tensão V e resistência interna R_g (supomos, como é usual acontecer, o gerador sem reatância própria; isto não altera a generalidade da demonstração) é acoplado a uma carga de componente resistiva R e reativa X , através de uma reatância externa auxiliar X_e .

Qual a condição em que há maior transferência de potência do gerador para a carga, considerando os componentes constantes, isto é, o circuito é linear e independente do tempo?

Lembramos aqui que o gerador é dado, portanto tanto V como R_g são fixos, nos restando a liberdade de variar R , X e X_e para se obter tal máximo de transferência.

Sabemos que, sem a reatância na carga, o circuito transfere para a ela (agora puramente resistiva \mathbf{R}) a máxima potência quando esta tiver o valor igual à do gerador \mathbf{R}_g . Assim, façamos $\mathbf{R}=\mathbf{R}_g$.

Calculemos a corrente \mathbf{I} que circula nessa condição de resistências iguais:

$\mathbf{I}=\mathbf{V}/\mathbf{Z}$ (1), onde \mathbf{Z} é a impedância total vista pelo gerador.

Mas $\mathbf{Z}=\mathbf{2.R}_g+\mathbf{j.(X_e+X)}$ (2)

Com seu módulo dado por:

$|\mathbf{Z}|=\sqrt{[\mathbf{4.R}_g^2+(\mathbf{X_e+X})^2]}$ (3)

De (1) vê-se que \mathbf{I} é máximo quando \mathbf{Z} for mínimo e, portanto, procuremos o mínimo em (2):

Aqui a variável única é $\mathbf{X_e+X}$, que, estando elevada ao quadrado, tem seu mínimo quando for nula. Isto é possível, pois reatâncias podem ser negativas. Assim, \mathbf{Z} será mínimo quando $\mathbf{X_e}=-\mathbf{X}$, ou seja, as reatâncias tiverem igual valor, mas sinais contrários.

Isto mostra que, se \mathbf{X} for capacitiva, $\mathbf{X_e}$ deve ser indutiva e vice-versa, o que resulta em que, para máxima transferência de potência, tem de haver ressonância sim, mas *do circuito como um todo* e não da carga, pois $\mathbf{X_e}$ é externo a ela (verifique de novo a pergunta feita no início do artigo).

Como exemplo clássico temos uma antena vertical alimentada contra a terra e com menos de $\frac{1}{4}$ de onda e, portanto, um irradiador não ressonante e apresentando reatância capacitiva, como na Figura 2, onde a componente resistiva é a resistência de radiação.

Como acoplá-la a um transmissor para máxima transferência de potência?

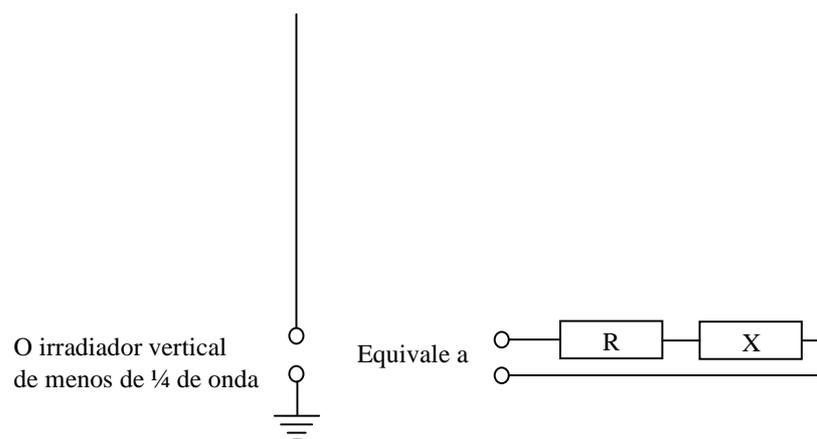


Figura 2

Há dois métodos equivalentes em resultado, mas conceitualmente um pouco diferentes. O primeiro consiste simplesmente se colocar um indutor *no elemento irradiante* e, portanto, fazendo parte dele, de modo a se obter o cancelamento da reatância total como na Figura 3.

O segundo método, mostrado na Figura 4, consiste em se pôr a reatância indutiva no caminho do sinal do transmissor à antena, junto a ela. Os retângulos envolvendo os irradiadores nas duas figuras chamam a atenção para o fato de que, no primeiro caso, o irradiador foi tornado ressonante, mas, no segundo, não o foi. Em ambos casos a corrente sobre o irradiador foi maximizada, promovendo a máxima transferência de potência, ou seja, a impedância do *caminho* da corrente foi minimizada.

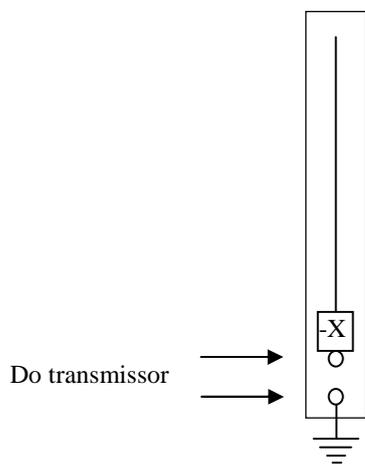


Figura 3

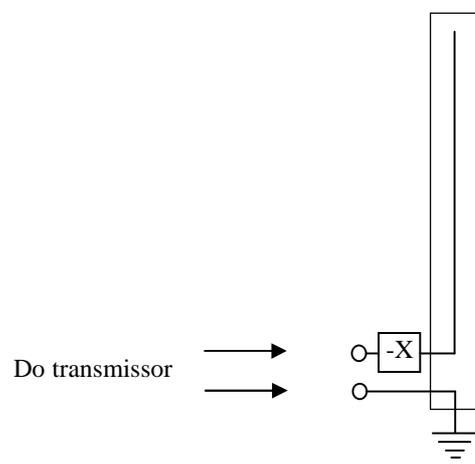


Figura 4

Podemos concluir, então, que para a máxima transferência de potência de um gerador para a carga, *esta* não necessita ser ressonante, mas sim o circuito *como um todo*, que proporcionará a máxima corrente sobre a componente resistiva da carga.

Se consideramos a reatância auxiliar (que permite a ressonância) como parte da carga ou não, é simplesmente uma questão de ponto de vista, como se podemos a considerá-la como parte do gerador. Neste caso, temos um gerador não puramente resistivo transferindo máxima potência para uma carga não-ressonante (o irradiador no nosso exemplo). Este é o caso comum de se usar um acoplador de antenas junto ao transmissor para se obter a máxima potência transferida para uma linha de transmissão que pode apresentar uma componente reativa.