

ONDAS REFLETIDAS EM LINHAS TRANSMISSORAS DE ALTA FREQUÊNCIA

* Antonio Fernando Moura de Almeida

O presente artigo que trazemos aos colegas engenheiros e comunidade universitária, objetiva sobretudo esclarecer de maneira simples alguns conceitos sobre as ondas refletidas em linhas de transmissão de radiofrequência, demonstrando que as perdas na potência irradiada não decorrem de suposta oposição entre potência gerada pelo transmissor e a potência refletida, mas sim pelo fato incontestável e inconveniente das ondas estacionárias que por sua vez, afetam o rendimento no estágio final de potência do transmissor.

INTRODUÇÃO

Abordaremos dentro desta temática, alguns conceitos básicos para explicarmos como são produzidas as ondas eletromagnéticas que são o sustentáculo da maioria dos meios de comunicação eletrônica, para depois analisarmos as particularidades, onde nos deteremos mais especificamente.

Sabemos que uma carga elétrica estática produz um campo elétrico cuja intensidade em qualquer ponto do espaço pode ser calculada pela expressão matemática:

$$E = k \cdot Q/d^2, \text{ onde:}$$

E é a intensidade do campo em N/C
 k é uma constante que equivale a 9×10^9 N.m²/c²
 Q é a carga que produz o campo em C
 d é a distância em metros

Por outro aspecto, uma carga elétrica em movimento produz um campo magnético cujo vetor indução magnética "B" é determinado pela seguinte fórmula:

$$B = (\mu_0 \cdot i) / (2 \cdot \pi \cdot 141r), \text{ onde:}$$

B é indução magnética dada em T (Tesla)
 μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo, cujo valor é $4 \times 3,14 \times 10^{-7}$

i é a intensidade da corrente que corresponde ao movimento da carga em amperes.
 r é a distância considerada em metros.

Após estas considerações matemáticas, faremos o seguinte questionamento: — O que acontece a uma carga que vai e vem num condutor? — Cria-se um campo magnético e outro elétrico. O campo elétrico aparece no instante em que a carga faz parada para inverter seu sentido de movimento. A energia utilizada neste processo é convertida e irradiada na forma de ondas eletromagnéticas através do vácuo.

Utilizaremos no presente trabalho uma terminologia adequada para nossas observações. Ao condutor por onde circula a carga elétrica, denominaremos de linha de transmissão, ao sistema irradiante chamaremos antena e finalmente à energia empregada neste procedimento, radiofrequência.

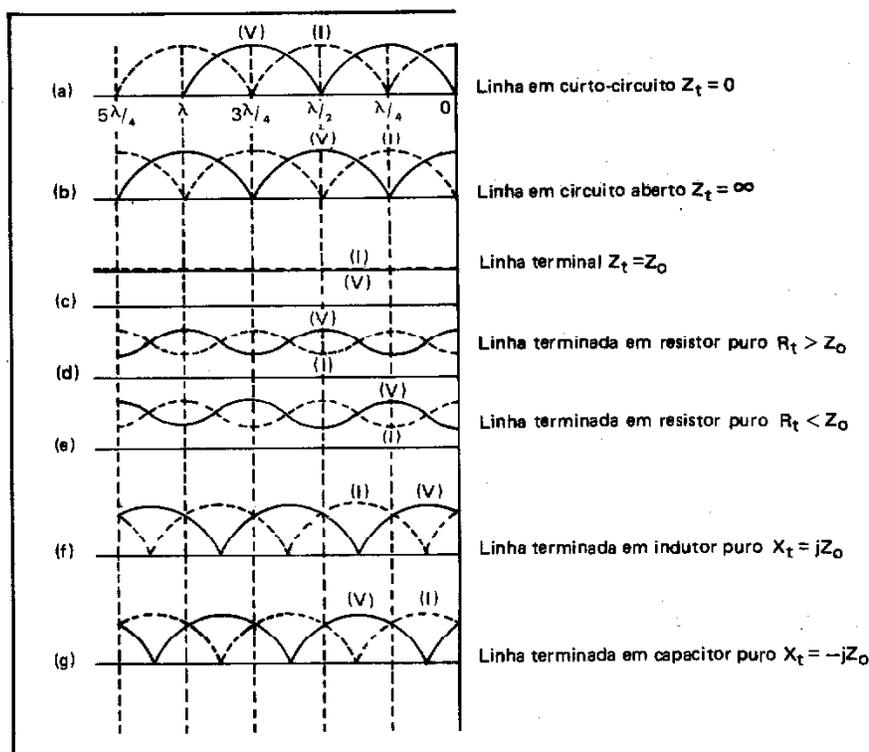
2 — EFICIÊNCIA EM LINHAS DE RADIOFREQUÊNCIA

A exemplo do que ocorre em sistemas que empregam corrente alternada de frequência industrial, onde se faz necessário determinarmos o fator de potência para distinguirmos potência ativa e potência reativa, em radiofrequência também se leva em consideração tal procedimento que nos revelará sobretudo o grau de eficiência do sistema.

Lembramos entretanto, que a potência ativa é a principal responsável pela realização de trabalho, quando por outro lado a potência reativa, denomina-

* Eng.^o Eletricista e Prof. da UNIFOR

**CURVAS DE SEMICICLOS EM
LINHAS TRANSMISSORAS DE
ALTAS FREQUÊNCIAS**



da nesta área de "Wattless power" é potência inútil que apenas corrobora para elevar as perdas na linha de transmissão e nos dielétricos.

Temos conhecimento, tanto no campo teórico como no prático, que a máxima transferência de potência do transmissor, ocorre quando possuímos a condição ideal de se ter no receptor, ou seja, no extremo da linha, resistência elétrica de valor igual ao da impedância característica da linha, isto é, dispormos de um estado ideal em que estará assegurada uma tensão e uma corrente constantes. Em outras palavras, isto significa, que não haverá formação de ondas estacionárias, cuja contribuição é simplesmente, reduzir o rendimento do transmissor.

Constatamos deste modo, que toda energia produzida pelo transmissor se irradiará pela antena com máxima eficiência.

Convém ressaltar ainda, que em linhas coaxiais se verificam baixas perdas que modificarão o rendimento do transmissor, porém não irá alterar a afirmação de que quando a carga for resistiva e apresentar uma resistência igual à impedância característica da linha, o transmissor terá uma resistência pura nos seus terminais.

Frise-se ainda, que as linhas mal terminadas, ou estão em circuito aberto ou em curto circuito. Para o primeiro caso, a tensão no extremo da linha será máxima, enquanto a corrente nula. No segundo caso, a corrente será máxima e a tensão nula. Em

ambos os casos não ocorrerá consumo de energia e se formarão ondas estacionárias na linha de transmissão pela superposição da onda incidente, gerada pelo transmissor, e da onda refletida ocasionada pela descontinuidade no final da linha. Em outras palavras, o transmissor terá nos seus terminais uma impedância que será função do comprimento da linha, porém de natureza basicamente reativa. O consumo de energia apenas servirá para compensar as perdas da linha.

Nestes casos extremos em que abordamos não há potência refletida (Reflected Power), mas sim formação de ondas estacionárias.

Entretanto, é inadmissível afirmar-se que a potência emitida é menor porque a pseudo potência refletida se opõe e faz subtração à potência gerada. A redução se dá em razão do descasamento da linha com o restante do sistema.

Desse modo, podemos afirmar categoricamente que esta ocorrência poderá facilmente ser comprovada através de um ensaio em laboratório, da seguinte forma: substituindo-se a linha de transmissão mal acabada por uma carga reativa que tenha a mesma impedância da linha que se encontra conectada ao transmissor, observar-se-á que a potência ativa lida no medidor, será de mesmo valor como se tivéssemos utilizado a linha de que falamos, incluídas as suas estacionárias.

3 – CONCLUSÃO

As ondas estacionárias na verdade não são de todo inúteis pois nos revelam incontestavelmente a má qualidade do sistema de transmissão, ou seja, o descasamento notável existente entre a linha de transmissão e o circuito irradiante, posto que, as antenas de um modo geral não possuem uma impedância constante, quando se faz necessário a variação da frequência do sinal gerado.

Concluimos deste modo, que os descasamentos provocam a destruição fatal nos estágios finais destes tipos de transmissores.

Inferimos também do exposto, que as ondas estacionárias não conduzem energia elétrica, como muitos equivocadamente propagam. Na realidade, a redução de potência gerada é decorrente do descasamento

que mencionamos linhas atrás. Potência refletida não subtrai potência gerada.

Então, um sistema "descasado" normalmente provoca, destruição total no estágio final do transmissor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FUCHES. R. D. — Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, Ed. Livros Técnicos e Científicos, 1979.
- QUEVEDO. C. P. — Eletromagnetismo, São Paulo, Ed. Mc Graw-Hill do Brasil, 1977.
- CLOSE. C. M. — Circuitos Lineares, Rio de Janeiro, Ed. Livros Técnicos e Científicos, 1977. V.1 e V.2.