

MEDIÇÃO DE POTÊNCIA DE RF

Emilio Alves Velho
Especial para Revista
Monitor de Rádio e Televisão

Na Revista nº 265, fizemos a descrição detalhada da construção de uma antena fantasma para teste de transmissores para radioamadores. Na ocasião tratamos apenas da carga artificial puramente resistiva, com a qual se pode carregar e sintonizar um transmissor, sem irradiar, durante qualquer fase de trabalhos técnicos. Entretanto, deixamos em aberto a questão da medição da potência liberada pelo transmissor, pois o problema é complexo e merece um estudo mais apurado. Agora, terminado esse estudo, animamo-nos a publicá-lo, pois tivemos a satisfação de saber que vários amadores montaram a nossa fantasma e, mais do que isso: vimos algumas unidades primorosamente montadas por briosos PY.

Problemas Básicos

Medir potência de R.F. não é fácil; todos os processos empregáveis são passíveis de erros e distorções, cuja correção é, acima de tudo, onerosa. Tratando-se de amadores, o ideal é um processo simples, econômico e confiável, independente da necessidade de aferição prévia; a solução adotada por nós exige pouco mais do que um simples multímetro, cuja existência é quase certa na maioria dos casos.

Considerações Técnicas

A energia de R.F. é liberada pelo transmissor sob a forma de uma corrente alternada, de frequência muito elevada, dissipando-se na carga fantasma sob a forma de calor. Conhecendo o valor de resistência da carga, podemos, com um voltímetro adequado, medir a tensão de R.F. desenvolvida nos extremos dessa carga, e calcular a potência dissipada, ou seja, a potência de saída do transmissor.

Sendo a R.F. uma corrente alternada, as suas grandezas são absolutamente idênticas às da corrente domiciliar de 60 Hz, porém, devido à alta frequência, apresentam-se problemas específicos na medição e, antes de enfrentá-los, vejamos o que é potência de R.F. e como especificá-la, em comparação com a corrente alternada normal de 60 Hz.

Na Fig. 1-A temos uma bateria de 100 V alimentando uma resistência de 50 Ω , com

corrente contínua pura. Em consequência, circula em R uma corrente $I = 100/50 = 2$ A; a potência alimentada à resistência será:

$$W = 100 \times 2 = 200 \text{ W}$$

Em "B" da mesma figura temos a resistência de 50 Ω , alimentada por um alternador de 60 Hz; conhecendo a sua tensão poderemos calcular a potência, da mesma forma que em corrente contínua. Mas, devido à sua forma cíclica, a tensão do alternador varia de zero a um máximo, num determinado sentido, retorna a zero, cresce até o máximo no sentido oposto, retorna novamente a zero, constituindo um ciclo, assim o fazendo 60 vezes por segundo. Nesse caso, como é possível dizer que um alternador entrega 100 V, se a sua tensão varia dessa forma? A resposta é muito simples e foi resolvida no passado, adotando-se uma convenção estabelecida da seguinte forma: A mesma resistência que, ali-

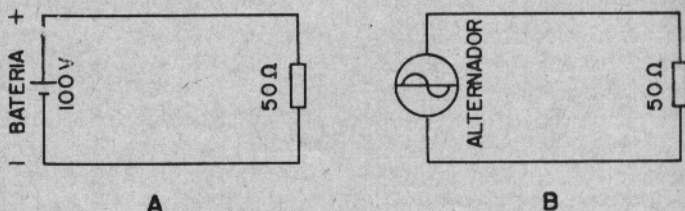


Figura 1

mentada com 100 V de corrente contínua, dissipava uma potência de 200 W, produzindo uma determinada quantidade de calor, foi ligada a um alternador cuja excitação foi regulada até produzir a mesma quantidade de calor. Nessas condições, a tensão variável do alternador produz o mesmo trabalho que uma bateria de 100 V, e passamos a dizer que a sua tensão EFETIVA é de 100 V.

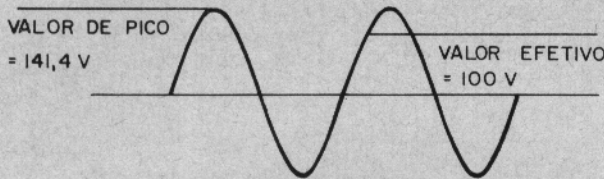


Figura 2

Se agora colocarmos num gráfico a forma e as grandezas dessa energia fornecida pelo alternador, tal como na Fig. 2, veremos algumas coisas interessantes:

1º) — Uma corrente alternada que produz um trabalho elétrico igual a uma bateria de corrente contínua de 100 V, convenionada como uma tensão efetiva de 100 V, atinge nos seus máximos de tensão (positiva ou negativa) um valor máximo, ou valor de pico, de 141,4 V, e é por isso que se diz que: O valor de pico de uma tensão alternada é igual a 1,414 do valor efetivo. Se agora aplicamos uma tensão alternada efetiva de 100 V numa resistência de 50 Ω , circulará uma corrente

efetiva de 2 A, e dissipará uma potência efetiva de 200 W.

2º) — Se considerarmos o trabalho produzido por uma bateria de 100 V, ligada a uma resistência de 50 Ω , veremos que ela pode ser especificada em função da tensão e do tempo de trabalho, constituindo graficamente uma área, tal como na Fig. 3-A. Se considerarmos a área de uma

corrente alternada que faz o mesmo trabalho, veremos que ambas são absolutamente iguais. Como para o trabalho elétrico não está interessando a polaridade, vemos na Fig. 3-B os semi-ciclos desenhados todos numa direção, a fim de melhor se alçar o conceito de área. Visto que a área de trabalho de uma corrente alternada é constituída por "lotes" ou "lombos" de forma senoidal, é evidente que para totalização de uma área equivalente à da corrente contínua, esses "lombos" precisam ter uma amplitude máxima maior do que a da tensão contínua constante de 100 V, o que torna claro porque uma tensão alternada efetiva de 100 V atinge um valor de pico de $1,414 \times 100 = 141,4 \text{ V}!!!$

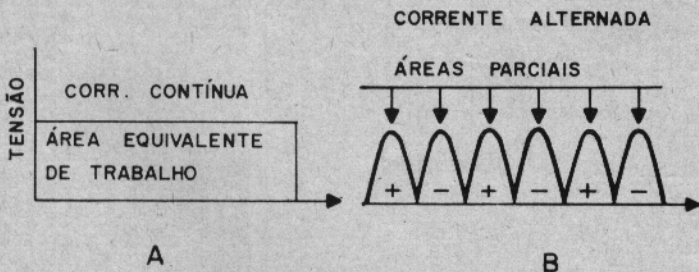


Figura 3

Após essa recapitulação que fizemos sobre corrente alternada, veremos que ela se tornou necessária para a compreensão dos processos de medição de potência de R.F., inclusive o que propomos. Na prática, quando fazemos medições "normais" de tensão ou intensidade em 60 Hz, medimos os seus valores efetivos; para isso, empregamos voltímetros e amperímetros de ferro móvel, ou instrumentos de bobina móvel com retificadores, construídos e calibrados para lerem valores efetivos.

Esse segundo tipo de instrumento só é possível porque em 60 Hz as capacidades parasíticas dos elementos e da fiação não têm valor significativo e, portanto, não "pesam" nessa frequência.

Na região das frequências sonoras (áudio-frequências) os instrumentos a retificador já começam a apresentar erros. Todos os multímetros de preço médio para cima incluem várias faixas para medição de tensão alternada, utilizando o instrumento de bobina móvel associado com um retificador. Suas escalas foram calibradas para leitura de valor efetivo de uma tensão alternada senoidal de frequência industrial; as escalas mais baixas podem ser utilizadas como medidor de saída, ligando-se na saída de um receptor ou amplificador, operando com frequências moderadas — da ordem de 400 ou, no máximo, 1.000 Hz — e, nas escalas mais altas de tensão, essas frequências já produzem erros, devido às capacidades parasíticas da fiação.

Em R.F. é impossível construir-se um voltímetro prático para tensões efetivas, mas, por outro lado, é tão simples e banal construir um que me-

ça o valor de pico, razão porque empregamos um voltímetro de pico para medir a potência efetiva de um transmissor.

Qual a Potência de um Transmissor?

Há duas formas de especificar a potência de saída de um transmissor: a antiga e a moderna. Na antiga, medimos e especificamos a potência efetiva de R.F., como se o transmissor fôsse um gerador de corrente alternada alimentando potência a uma resistência ou a uma lâmpada; na moderna, medimos e especificamos com outra grandeza, conhecida como P.E.P. (potência de pico de envolvente), empregada em equipamentos de S.S.B. e que, pela força do hábito, nos conduziria a conclusões erradas, fazendo-nos pensar que o nosso transmissor é mais "forte" que o dos outros!

Como pretendemos medir a potência de saída de transmissores "normais" de A.M. ou C.W., utilizaremos a forma tradicional, isto é: mediremos a potência efetiva.

O Voltímetro de Pico

Todo mundo sabe que no +B fornecido por uma fonte de alimentação, a tensão contínua obtida é mais alta do que a tensão alternada efetiva aplicada, o que é fácil de entender se nos lembrarmos da existência do valor de pico. Num simples retificador de meia onda, como o da Fig. 4, operando sem carga, se aplicarmos 110 V da rede, me-

dindo a saída com um voltímetro de alta resistência, tal como um multímetro de 20.000 Ω por volt, encontraremos $1,414 \times 110 = 155,54$ V. Naturalmente, estamos medindo somente o valor de pico dos semi-ciclos positivos, mas isso nos basta, pois numa tensão supostamente senoidal, ambos seriam iguais; multiplicando o valor de pico obtido na leitura pela inversa de 1,414 (0,707), obteremos indiretamente o valor efetivo da rede, igual a: $155,54 \times 0,707 = 109,97$ V (arredondado).

te sobre ela, por meio de conectores coaxiais adequados. Do seu interior saem dois pares de fios retorcidos: um alimenta 6,3 V para o filamento da 6AL5 e outro é ligado ao multímetro com polaridade adequada.

Medição e Cálculo

Uma vez corretamente sintonizado e carregado o transmissor, por meio do acoplador em "PI", e levada a sua carga nominal de trabalho, anotamos a leitura obtida no multímetro, empregando uma

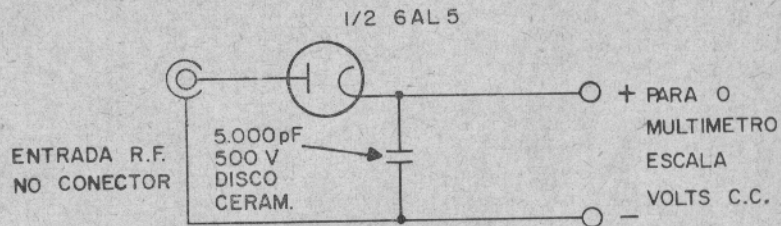


Figura 5

Para medir tensões de R.F. esses elementos são inadequados, pois os diodos empregados em fontes de alimentação não funcionam em R.F., e também os de germânio não resistem às tensões que poderemos encontrar e, assim sendo, empregaremos um diodo de vácuo (válvula). Também o condensador não precisa ser tão grande e nem deve ser eletrolítico, inadequado para R.F.

Na Fig. 5 temos o diagrama do voltímetro a diodo, o qual é ligado em paralelo com a carga fantasma, diretamente

escala adequada. Para o cálculo da potência não precisamos multiplicar a tensão de pico por 0,707, a fim de evitar erros por abandono de frações, como vimos no cálculo reversivo feito anteriormente; empregaremos uma fórmula direta, e teremos:

$$W_s = \frac{E^2}{2 R_a} = \text{watts efetivos}$$

$$W_s = \text{potência efetiva de saída}$$

$$E = \text{tensão de pico de R.F.}$$

$$R_a = \text{resistência antena fantasma}$$

Confiabilidade

Qual a exatidão dessa medição? Resposta: Razoavelmente boa para os fins práticos, principalmente como meio de comparação e referência para pesquisas e evoluções

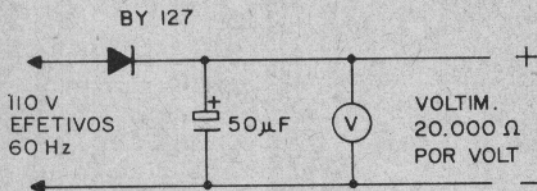
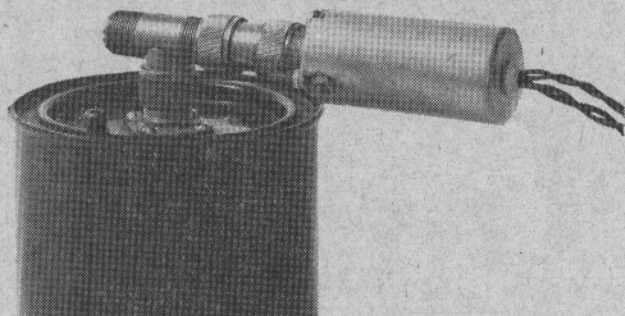


Figura 4

futu
o "o
de il
do q
que
algu
dir".
Qu
de en
emb
plan
1°)
de l
trans
uma
cima
ligei
verd
2°)
natu
dição
leitu
xo,
ligei
de.
Na
tagô
pens
aind
para
que
miss
do q
é um
siste
dind
Va
plo
carg
uma
tíme
indio



**VISTA DO CONJUNTO MONTADO,
LIGADO À ANTENA FANTASMA**

futuras, muito melhor do que o "olhômetro" com lâmpada de iluminação, e melhor ainda do que nada. Há uma frase que diz: "É melhor medir com algum erro do que não medir".

Quais as possíveis razões de erros? Resposta: Inúmeras, embora pequenas, e que explanaremos em dois itens:

1º) — A possível existência de harmônicos na saída do transmissor poderá conduzir a uma leitura distorcida para cima, indicando uma potência ligeiramente maior do que a verdade.

2º) — Algumas deficiências naturais do conjunto de medição poderão nos conduzir a leituras com desvio para baixo, indicando uma potência ligeiramente inferior à verdade.

Na prática esses desvios antagônicos tendem a uma compensação média, conservando ainda uma pequena tendência para baixo, o que significa que a saída real do seu transmissor será ligeiramente maior do que a calculada, o que já é um consolo. Pior seria se o sistema "bajulasse" o PY, iludindo-o em sua boa fé.

Vamos agora dar um exemplo prático, utilizando uma carga de 50 Ω , encontrando uma leitura de 80 V no multímetro. A potência de saída indicada será de:

$$W_s = \frac{80^2}{2 \times 50} = \frac{6400}{100} = 64 \text{ W}$$

Admitindo-se uma possibilidade de erro em torno de 3%, poderemos admitir uma potência real da ordem de 66 W.

Montagem

O soquete da válvula foi fixado por meio de pilares a um conector coaxial fêmea, do tipo para chassi, com o condensador ligado diretamen-

te do pino do catodo para a carcaça, e o conjunto é blindado por uma caneca de F.I., através da qual saem os fios de conexão. No topo da antena fantasma vai um conector em forma de "T", dando duas saídas: uma para a conexão do voltímetro a diodo e outra para o cabo de alimentação conectado ao transmissor.

Considerações Finais

A antena fantasma, já divulgada anteriormente, foi testada e considerada plana até pelo menos na faixa de 10 metros, e o voltímetro tem uma resposta garantida até pelo menos 100 MHz, sendo o conjunto indicado somente para transmissores com acopladores de saída em "PI". Sua capacidade de dissipação é de 50 W em forma contínua ou 100 W intermitente, mas, no caso de necessidade extrema, podemos aplicar até 200 W durante poucos minutos necessários à medição, pois um superaquecimento poderá estragar os elementos resistivos.

Ω

O QUE VEM A SER O SISTEMA DOLBY

(Cont. da pág. 35)

tem ruídos de alta frequência quando a emissora transmite simultaneamente programas estereofônicos e de música ambiente.

Experiências realizadas demonstraram que o sistema Dolby "B" possui efeitos pronunciados sobre a recepção, graças à sua redução de ruído altamente eficaz. Usando-se o sistema durante a transmissão e dispondo os ouvintes de aparelhos decodificadores, o resultado será uma redução de ruído de aproximadamente 10 dB. (10 dB é a diferença de nível resultante quando a potência é variada por um fator de dez).

A melhoria pode ser interpretada de diversas maneiras. É, por exemplo, um "silenciamento" adicional correspondente ao que seria notado por ouvintes em vários pontos, se a potência efetiva irradiada (ERP) de uma emissora de 50 kW fosse aumentada para 500 kW. Por outro lado, é o mesmo "silenciamento" obtido se a sensibilidade dos sintonizadores (geralmente expressa em microvolts) fosse dividida por pouco mais de 3. O resultado é um aumento considerável da área de cobertura do sinal irradiado pela emissora.

Ω