

Como Calcular um Estágio de Potência de R.F.

HENRY JOSÉ UBIRACY, PX7D-0072/01

Um roteiro prático utilizando matemática elementar para projetar-se amplificadores de saída de transmissores.

PARA muitos, o cálculo dos valores dos diversos componentes que fazem parte de um estágio de potência de R.F. de um transmissor ainda é um mistério. Pouco ou quase nada se tem escrito sobre o assunto, limitando-se a maior parte dos autores ou publicações simplesmente a dar o diagrama e lista de material com os valores dos componentes e dados para a confecção das bobinas.

Isto algumas vezes nos traz certos embaraços, quando, por exemplo, em uma lista de material casualmente é esquecido o valor de um determinado componente ou os dados para construção de uma certa bobina. Com relação a esta última, é bastante difícil "adivinhar" a quantidade de espiras, diâmetro da fôrma, diâmetro do fio, comprimento, espaçamento entre as espiras, etc.

Existem algumas publicações, como "The Radio Amateur's Handbook", que nos fornecem dados completos, inclusive fórmulas, equações e tabelas, além de uma infinidade de "dicas" sobre os cálculos dos componentes. Infelizmente, devido a fatores como alto preço ou até mesmo a dificuldade que muitos encontram em adquirir uma dessas excelentes publicações, o número de pessoas que podem calcular e projetar seus equipamentos é reduzido.

Tendo em vista o problema exposto, resolvemos publicar o presente artigo, dando, assim, "uma colher de chá" àqueles que desejam calcular seus transmissores.

"Mas, por que somente os cálculos para o estágio de potência de R.F. são fornecidos? Por que não os do O.F.V. e moduladores?", perguntarão muitos, e nós respondemos: porque nenhuma necessidade temos de "fundir a cuca" com cálculos de O.F.V. ou moduladores, amplamente divulgados em **Eletrônica Popular** ou outras publicações. Invariavelmente, qualquer O.F.V. serve perfeitamente para qualquer tipo de transmissor, seja ele de telegrafia ou de fonia. O único estágio que pode variar é o de potência de R.F., pois depende (os valores dos componentes) da potência de saída desejada.

"Deixemos de lado os poréns, e vamos direto aos finalmente" (já dizia o famoso "Odorico Paraguassu", de "O Bem Amado"). Na Fig. 1, temos o diagrama esquemático de um estágio típico de potência de R.F. Trata-se de um esquema básico para o projeto de qualquer transmissor de baixa e média potência. É utilizado o sistema de acoplamento do tipo em "pi". Escolhemos este tipo de acoplamento tendo em vista sua simplicidade, facilidade de construção, ajuste, e também por dispensar capacitores variáveis com rotor isolado do chassi.

Para iniciarmos os diversos cálculos, devemos, em primeiro lugar, escolher a válvula, de acordo com a potência de saída de que necessitamos. Consultando o Manual de Válvulas de Transmissão RCA TT-4, encontramos uma válvula relativamente barata, facilmente encontrada, e de ótimo rendimento. Trata-se da 807. De acordo com o Manual, o regime de funcionamento da 807 (ICAS) como amplificadora de R.F. de potência, placa modulada em classe C, é o seguinte: tensão de placa (máx.) = 600 V; tensão de grade 2 (máx.) = 250 V; tensão de grade 1 = - 85 V; corrente de placa = 100 mA; corrente de grade 2 = 8 mA; corrente de grade 1 = 4 mA; potência de excitação = 0,4 W (aproximadamente), e potência de saída = 44 W (aproximadamente).

Com a 807 podemos, então, projetar um transmissor de aproximadamente 44 watts de saída.

Suponhamos que estamos pretendendo projetar um transmissor para operar na faixa de 40 metros, com uma potência de saída entre 40 e 45 W. Os dados acima servirão de partida para o projeto.

Podemos, então, começar calculando a potência de entrada de placa, com a seguinte fórmula (N.R.1): $W_p = E_p \times I_p$, onde: $E_p =$

N.R.1 — As fórmulas que se seguem são válidas quando se adota um Q de, aproximadamente, 12, para uma impedância, do lado de acoplamento de antena, de 50 a 70 Ω (C6, C7 e L1).

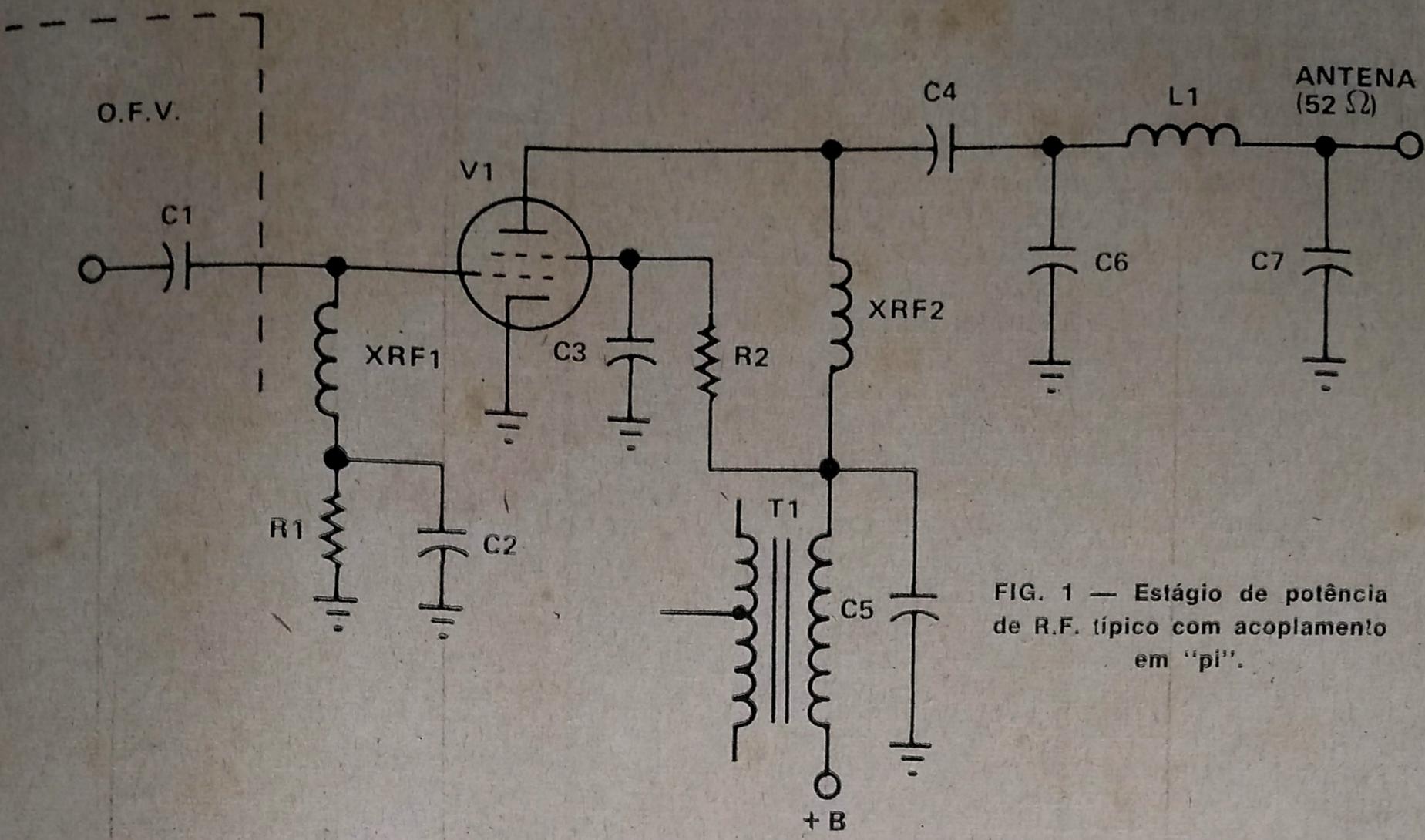


FIG. 1 — Estágio de potência de R.F. típico com acoplamento em "pi".

tensão de placa (em volts), e I_p = corrente de placa (em ampères). Então: $W_p = 600 V \times 0,1 A = 60 W$. Esta é a potência de entrada de placa.

Calcularemos, agora, a impedância de carga requerida pela válvula. A fórmula é a seguinte:

$$Z = \frac{E_p}{2 \times I_p}$$

onde Z é a impedância de carga requerida, em Ω . Então:

$$Z = \frac{600 V}{2 \times 0,1 A} =$$

3.000 Ω , que é a impedância de carga requerida pela 807.

Com mais estes dados, podemos partir para os outros cálculos.

R1 (resistor de grade 1) — Não é necessário calculá-lo, pois o Manual já fornece o valor (no caso, 21.200 Ω). Porém, podemos adotar um resistor de valor padronizado, como 22 k Ω . A potência que o resistor deverá dissipar será: $W_d = E_{g1} \times I_{g1}$, onde W_d = dissipação, em W; E_{g1} = tensão de grade 1, em V; I_{g1} = corrente de grade 1, em A. Assim: $W_d = 85 V \times 0,004 A = 0,34 W$, que é a potência dissipada por R1. Podemos, então, usar um resistor de 1 W, por segurança.

R2 (resistor de grade 2) — Este cálculo também é dispensável. O Manual fornece o valor de 37.500 Ω , no caso. Não vamos encontrar no comércio, certamente, um resistor com este valor. Podemos, entretanto, as-

sociar em série um resistor de 33 k Ω com outro de 4,7 k Ω , perfazendo um total de 37.700 Ω , que é um valor aproximado do indicado pelo manual. A dissipação de potência poderá ser calculada pela seguinte fórmula: $W_d = qE \times I_{g2}$, onde qE é a queda de tensão requerida, em V; I_{g2} é a corrente de grade 2 em A. Então: $W_d = 350 V \times 0,008 A = 2,8 W$ deverá ser a potência dissipada por R2. Neste caso, poderemos utilizar, como medida de segurança, um resistor de fio de 5 W. (N.R.2.)

C1 — Este capacitor já faz parte do circuito do O.F.V.

Para C2, C3, C4 e C5, podemos dispensar um pouco a teoria e utilizar valores usados na prática.

C2 (capacitor de desacoplamento de XRF1) — Para freqüências de 3,5 até, aproximadamente, 28 MHz, podemos utilizar simplesmente um capacitor de 0,002 μF , com tensão de isolamento de 400 V.

C3 (capacitor de desacoplamento de G2) — Para freqüências de até 28 MHz, poderá ter uma capacitância de 0,002 μF . A tensão de isolamento deverá ser três vezes a tensão de alimentação do estágio.

C4 (capacitor de acoplamento da placa ao circuito em "pi") — Este capacitor deverá apresentar a mínima reatância possível na freqüência de funcionamento do estágio.

N.R.2 — Esta potência (5 W) é recomendada para o resistor de maior valor (33 k Ω) da série. O outro, de 4,7 k Ω , poderá ser para 1 W, somente.

Para frequências de até 2 MHz, ele poderá ter uma capacitância de 0,002 µF. A partir de 3 MHz até 21 MHz, 0,001 µF será o suficiente. Em frequências superiores a 22 MHz, podemos utilizar apenas 500 pF. Sua tensão de isolamento poderá ser duas vezes a tensão de placa, no caso de um transmissor de telegrafia ou de um transmissor com modulação em grade 1 ou grade 2. Quando se tratar de um transmissor com modulação em alto nível (como é o nosso caso), ou modulação em placa, o valor de isolamento deste capacitor deverá ser de, no mínimo, três vezes a tensão de alimentação de placa.

C5 (capacitor de desacoplamento do estágio) — Aqui, simplesmente podemos utilizar um capacitor de 0,001 µF, com tensão de isolamento também três vezes maior que a de alimentação do estágio.

C6 (capacitor de entrada do circuito em "pi", ou sintonia de placa) — Para calcular o valor deste capacitor poderemos utilizar a seguinte fórmula:

$$C = \frac{1.800.000}{Z \times F}$$

onde: C é a capacitância, em pF; Z, a impedância de carga da válvula, em Ω, e F, a frequência, em MHz. Então:

$$C = \frac{1.800.000}{3000 \times 7,15} = 83,9 \text{ pF}$$

Como o cálculo destina-se à faixa dos 40 metros, tomamos por base uma frequência bem no centro da faixa, 7,15 MHz. Encontramos, então, o valor de 83,9 pF para C6. É necessário dizer que no valor encontrado estão incluídas as capacitâncias parasitas dos componentes associados. Portanto, poderemos utilizar um capacitor variável de 100 pF, que permitirá o ajuste correto. (N.R.3.) Sua tensão de isolamento também deverá ser três vezes mais alta que a tensão de placa.

C7 (capacitor de saída do circuito em "pi" ou sintonia de antena) — Para este, o cálculo já é mais complicado. A fórmula é:

$$C = \frac{250.000}{\sqrt{Z} \times F}$$

N.R.3 — O capacitor C6 poderá ter um valor bem menor que o calculado, uma vez que todas as capacitâncias parasitas inevitavelmente associadas ao circuito alcançam, em certos casos, valores de até 30 pF. Como o circuito é destinado para o funcionamento em até 7,0 MHz, e também porque necessita de uma margem de segurança, o valor de 100 pF é razoável. Isto não será necessário em se tratando de um amplificador para uma frequência fixa, operando com uma antena determinada.

Aplicando os valores de Z e de F, temos:

$$\frac{250.000}{\sqrt{3000} \times 7,15} = \frac{250.000}{54,772255 \times 7,15} = \frac{250.000}{391,62162} = 638,3 \text{ pF.}$$

O valor encontrado para C7 foi 638,3 pF. Também como em C6, estão incluídas as capacitâncias parasitas (N.R.4). Utilizaremos um variável de 700 pF. Como tal valor não é padronizado, podemos empregar um capacitor variável duplo de 410 pF para recepção, uma vez que a tensão neste ponto é baixa.

T1 (transformador de modulação) — Para modular 100% em placa, é necessário apenas 50% da potência de entrada de placa. No caso, o transformador de modulação deverá ser para 30 W. A impedância do primário vai depender do modulador utilizado. O secundário deverá ser para 3.000 Ω.

XRF1 e XRF2 (reatores de radiofrequência) — Na prática, podemos utilizar reatores de fabricação comercial, de 2,5 mH, com uma corrente especificada para 50 e 150 mA, respectivamente.

L1 (indutância de sintonia) — Partimos, novamente, para as fórmulas:

$$L1 = \frac{Z}{60 \times F}$$

onde L é a indutância, em µH. Então:

$$L = \frac{3.000}{60 \times 7,15} = 6,99 \text{ µH}$$

O valor encontrado para L1 foi 6,99 µH. Para a construção de L1 devemos usar fios de diâmetro adequado à potência em jogo e fôrmas de baixas perdas. O melhor é, se for possível, fazer uma bobina do tipo auto-suportada. Dizem os mestres no assunto que, ainda para diminuir as perdas, é necessário que o diâmetro da bobina seja igual a uma vez e meia o seu comprimento. No entanto, para facilitar os cálculos, podemos confeccionar bobinas com diâmetro igual ao comprimento. Para compensar as perdas, devemos fazer um espaçamento entre as espiras de, pelo menos, um diâmetro do fio utilizado.

Para calcular o número de espiras que deverá ter L1, usaremos a seguinte fórmula:

$$N = \sqrt{\frac{L}{0,007 \times D}}$$

N.R.4 — São válidos os mesmos comentários feitos sobre C6, só que, evidentemente, sem a participação da válvula.

Potência (W)	Diâmetro do Fio (mm / AWG)	Frequência de Trabalho (MHz)				Diâmetro da Bobina (cm)
		3,5	7	14	28	
até 10		0,6/22	0,8/20	1/18	1,6/14	2
12 a 20		0,7/21	0,9/19	1,1/17	1,8/13	3
21 a 50		0,9/19	1,1/17	1,4/15	2/12	4
55 a 100		1/18	1,2/16	1,6/14	2,3/11	5
120 a 200		1,1/17	1,4/15	1,8/13	2,6/10	6

TABELA I — Diâmetro da bobina L1 e diâmetro do fio empregado em sua construção, em função da frequência e da potência do estágio. Nas colunas centrais, o número que aparece à esquerda da barra oblíqua corresponde ao diâmetro do fio, em mm; à direita, temos a classificação AWG. Ex.: potência = 25 W, frequência = 7 MHz. O fio a ser utilizado deve ter 1,1 mm de diâmetro (17 AWG) e a bobina 4 cm de diâmetro.

onde N é o número de espiras; L, a indutância, em μH ; e D, o diâmetro da fôrma, em cm. Para determinarmos o diâmetro da fôrma, bem como o diâmetro do fio, devemos consultar a Tabela I. Desta tabela tiramos que:

$$N = \frac{6,99}{0,007 \times 4} = 15,8$$

espiras de fio com 1,1 mm de diâmetro (17 AWG). Na prática, enrolamos dezesseis espiras, espaçadas, ocupando 4 cm o enrolamento.

Com isto, encerramos os trabalhos de cálculos de valores dos componentes utilizados no estágio de potência de R.F.

© (OR 1546)

Quando sua indústria estiver projetando um sintonizador AM-FM-Stereo, converse conosco, pois podemos oferecer os sintonizadores, canais de F.L. e decodificadores mais utilizados no país.

UNITAC Componentes Eletrônicos Ltda.

Rua Jorge Hennings, 762 - Campinas, SP

Caixa Postal 984 - Fone (0192) 42-0133