

# neutralização indutiva

Por EMÍLIO ALVES VELHO

(Especial para ELETRÔNICA POPULAR)

Depois de explicar porque e como neutralizar estágios de potência de R.F., o Autor sugere o sistema que julga vantajoso aos transmissores multifaixas.

UM amplificador de potência de R.F., possuindo circuitos sintonizados em grade e placa, ambos operando na mesma frequência, poderá ficar instável ou até entrar em franca oscilação. Isso ocorre devido à realimentação positiva que se processa da placa para a grade através da capacitância parasita existente entre esses eletrodos, no interior da válvula, tal como se vê na Fig. 1.

Para impedir essa oscilação, emprega-se um circuito externo, que injeta uma quantidade controlada de realimentação negativa, a qual cancela ou neutraliza a oscilação. Existem vários circuitos de neutralização, aplicados no passado, nos estágios operando com triodos de alta  $C_{gp}$  e com tanques sintonizados aplicados na placa, como na Fig. 1. Atualmente, nos transmissores para radioamadorismo, predominam os estágios com válvulas pentodo, ou tetrodos de feixe dirigido, e com acopladores de saída em pi e, logicamente, é deles que vamos tratar.

A principal diferença entre os antigos triodos e os atuais tetrodos está na  $C_{gp}$ ; aqueles, poderiam chegar a cerca de 5 pF, enquanto estes não passam de 0,5 pF, considerando as válvulas de saída horizontal para TV, muito usadas pelos PY, por suas excelentes qualidades e baixo preço, tais como a 6DQ6 e 6DQ5.

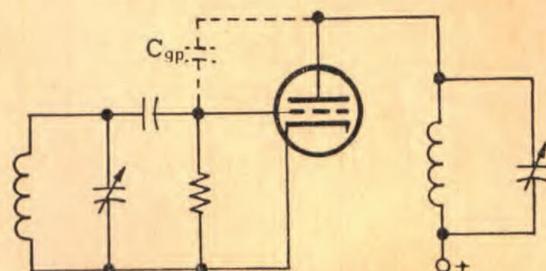
Embora em teoria qualquer válvula possa ser neutralizada com perfeição, com qualquer valor de  $C_{gp}$ , o que poderia ser provado pela análise matemática, a verdade prática é bem diferente. Vários Autores, dentre eles Albino de São João, têm se referido ao

"nervosismo" de certas válvulas como a 807, e no passado tivemos problemas desse tipo, quando do aparecimento da 6L6, muito em voga há uns 30 anos atrás.

Esse problema é marcante, e deriva justamente da baixa  $C_{gp}$ , mas não somente dela e sim de um conjunto de fenômenos, que são ressaltados por ela. Dentre eles temos que considerar a indutância das conexões de placa e grade, as quais passam a "pesar" mais com uma baixa  $C_{gp}$ , e a existência de outras capacitâncias parasitas perturbadoras, introduzidas por G2 e G3, (supressora), nos tetrodos ou pentodos, acoplamentos magnéticos entre as diversas estruturas e conexões no interior da válvula, e acoplamentos através do "plasma" eletrônico nos tetrodos de feixe dirigido, de alta transcondutância e alta perveância, como as válvulas de saída horizontal.

No caso da 6L6, já foi sugerido e empregado com sucesso no passado, e estendido

FIG. 1 — A capacitância entre grade e placa é como se fosse um pequeno capacitor (em pontilhado) conectado entre esses eletrodos.



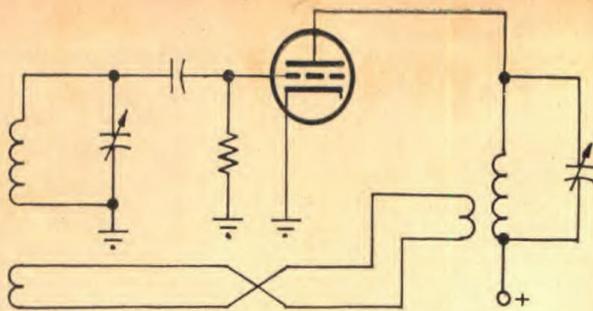
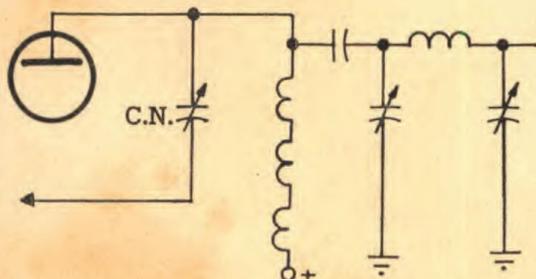


FIG. 2 — Configuração típica da neutralização indutiva por elo cruzado.

com êxito às novas válvulas de baixa  $C_{gp}$ , o sistema de neutralização com elo ("link") indutivo, tal como se vê na Fig. 2, e que elimina o problema do "nervosismo". Nesse sistema um elo cruzado recolhe uma pequena parcela do sinal do tanque de placa, induzindo-a na grade, com magnitude e fase adequadas ao processo de neutralização, cujo ponto exato é ajustado por variação do acoplamento do elo em um ou em ambos os extremos.

No caso dos estágios com acoplador de saída em pi, esse sistema não pode ser adotado, pois as tensões e correntes de R.F. no ramo indutivo do mesmo (bobina) variam muito em amplitude e fase, em função da natureza e grandeza da carga acoplada (antena), a qual determina uma ampla variação das reatâncias relativas de seus elementos constituintes. Em consequência, com a introdução desse acoplador, o sinal neutralizante só pode ser colhido diretamente da placa, através de um capacitor adequado, C.N. da Fig. 3. No lado de grade, no entanto, essa tensão neutralizadora pode ser aplicada de várias formas, mais ou menos convenientes, segundo a configuração de circuito adotada nesse lado, e, mais ou menos exaltadoras do "nervosismo" de ajuste. Por outro lado, a configuração realmente adotada no lado de grade, por causa da neutralização, terá muita influência no rendimento de transferência da excitação, fornecida pelo estágio anterior; poderá, também, complicar o sistema de ajuste do tanque de grade, introduzir oscila-

FIG. 3 — Nos estágios com saída em pi, o sinal neutralizante é retirado diretamente da placa.



ções parasitas de VHF, aumentar o custo e tornar instável a sintonia.

### O LADO DE GRADE

No projeto de um transmissor para PY, procura-se sempre que possível aliar o máximo de rendimento com o mais baixo custo de operação e, para isso, não devemos dissipar energia sob a forma de perdas. A energia excitadora deve ser aplicada à grade em sua máxima plenitude a fim de reduzir os requisitos de potência do estágio excitador. Para isso, o acoplamento entre placa do excitador e grade do estágio de potência deveria ser feito por meio de um acoplamento adaptador de impedâncias, tal como uma rede em pi ou "L". Na prática, porém, os benefícios reais não aparecem tanto assim, pelo menos nos transmissores dessa classe. Assim sendo, o segundo melhor sistema de acoplamento, o mais usado, é o da Fig. 4. Com esse acoplamento, toda a tensão disponível de R.F. é aplicada entre a grade e o catodo do estágio de potência.

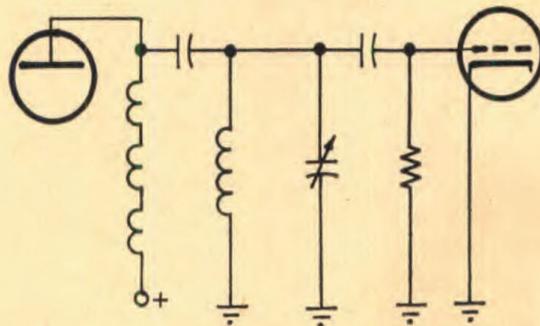


FIG. 4 — Esta configuração permite a aplicação máxima de energia entre a grade e o catodo do estágio de potência.

Entretanto, para que se processe a neutralização, o sinal fornecido por C.N. deve ser aplicado ao tanque de grade, em oposição de fase com o sinal original, o que implica em modificar esse tanque, transformando-o num divisor de fase. Várias são as versões possíveis, mas o mais usado atualmente é o da Fig. 5, onde a tensão neutralizadora é aplicada sobre C2, que é conectado ao lado frio do tanque de grade. Se redesenhamos esse circuito, dando-lhe um arranjo intencional como o da Fig. 6, podemos explicar o seu funcionamento e calcular suas dimensões.

O sinal realimentado pela  $C_{gp}$  aparece no topo do tanque de grade, lado "B", mas é dividido contra  $C_{gk}$ , a capacitância entre grade e catodo; no lado "A", através de C.N., injeta-se um sinal que se divide contra C2, porém que atinge o tanque de grade em oposição de fase, anulando a realimentação positiva injetada por  $C_{gp}$ . O equilíbrio, ou pon-

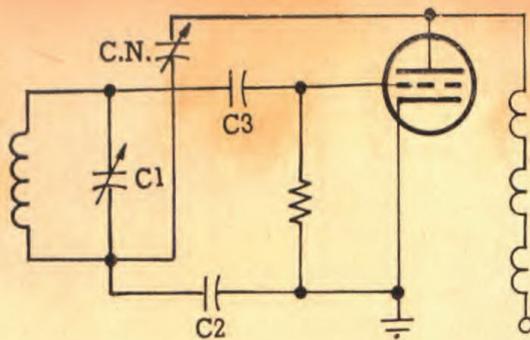


FIG. 5 — O sinal neutralizante retirado da placa por C.N. é aplicado no lado frio do tanque de grade.

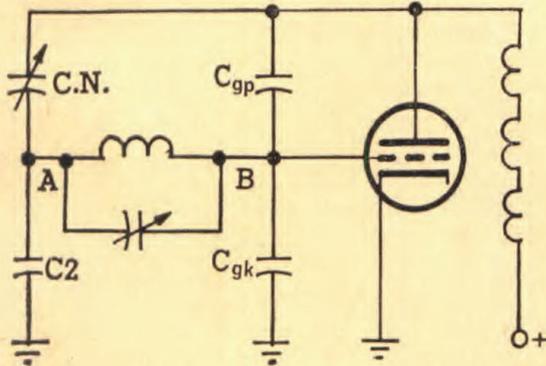


FIG. 6 — Circuito idêntico ao da Fig. 5, porém com as capacitâncias parasitas da válvula.

to de neutralização perfeita, será atingido quando satisfizermos à seguinte equação:

$$\frac{C2}{C.N.} = \frac{C_{gk}}{C_{gp}}$$

Para o cálculo, devemos considerar que sobre  $C_{gk}$  temos também a capacitância de placa da excitadora, mais as de dois soquetes e a fiação, as quais devem ser somadas.

Num exemplo prático, onde  $C_{gk}$ , mais as associadas, somem 30 pF, com uma  $C_{gp}$  de 0,5 pF, teremos:

$$\frac{C2}{C.N.} = \frac{30}{0,5} = 60 \text{ pF}$$

Essa relação pode ser satisfeita com 60 pF em C2 e 1 pF em C.N., ou com 600 pF e 10 pF, respectivamente. Mas pergunte se é possível eleger esses valores de forma tão arbitrária embora satisfazendo a equação? Claro que não. Eles devem ser harmonizados, condicionados, em função da frequência de trabalho, o que vem a ser uma complicação num transmissor que deve operar de 80 até 10 metros.

Redesenhando o circuito como na Fig. 7, vemos que C2 forma contra  $C_{gk}$  um divisor

capacitivo sobre o tanque de grade, de modo que só uma parte da excitação será aplicada à válvula de saída. Se C2 for muito pequeno haverá uma grande queda de tensão em 3,5 MHz; se for muito grande, será praticamente um curto-circuito em 28 MHz. Assim sendo, C.N. deverá também atingir um grande valor para satisfazer a equação. Mas, acontece que C.N. acaba ficando também em paralelo com a entrada do acoplador em pi, aumentando sua capacitância fixa inicial e dificultando o seu dimensionamento para 28 MHz.

Outro fato importante: C2 em série com  $C_{gk}$  toma parte na sintonia do tanque de grade, e para que essa não saia do ponto, deve ser de boa qualidade, principalmente sob o ponto-de-vista térmico, estabilidade essa necessária também para manter estável o ponto de neutralização, pois se variar deixará de satisfazer a relação exigida pelo cálculo e obtida pelo ajuste de C.N.

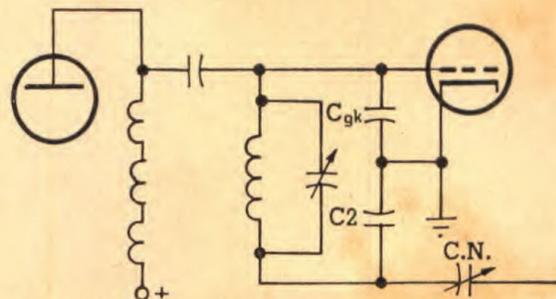
Essas explanações servem para mostrar ou alertar as possíveis razões de certos problemas que aparecem na montagem de um multifaixas, e pode-se dizer que, em teoria, qualquer circuito de neutralização é bom quando dimensionado e otimizado para uma só frequência, ou uma faixa relativamente estreita. Para mais de uma, ou para todas, começamos a contemporizar e a ceder neste ponto, a favor dos 80 m, naquele outro a favor dos 10, e assim por diante, mas jamais teremos o melhor em todas.

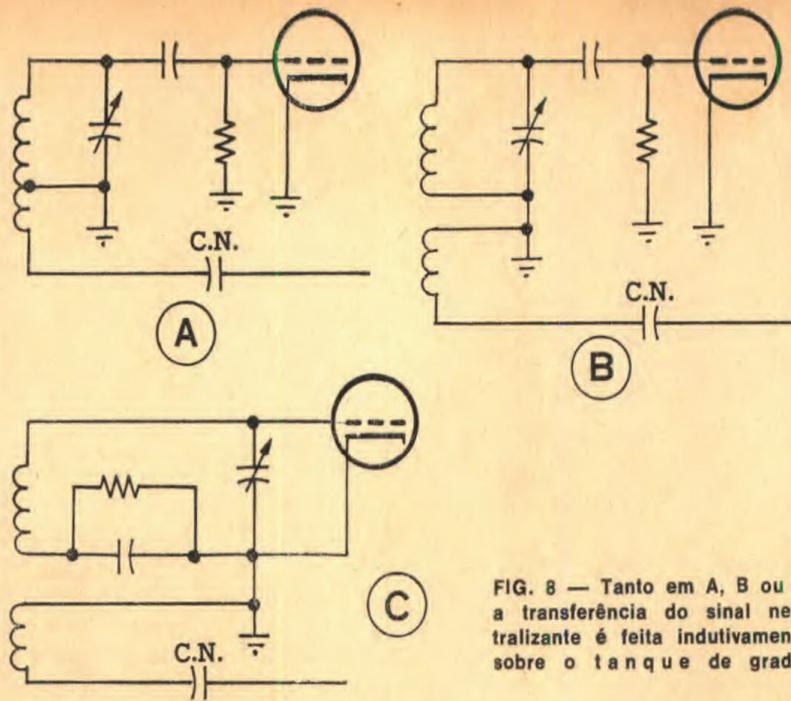
### NEUTRALIZAÇÃO INDUTIVA COM SAÍDA EM PI

Já conhecemos as causas do "nervosismo" dos tetrodos, os problemas de "engonço" do sistema atual e as vantagens obtidas na 6L6 com os circuitos do passado, empregando a neutralização por elo. Veremos, agora, como tirar partido de suas vantagens, aplicando-a num estágio com saída em pi.

Se na bobina do tanque de grade da Fig. 4 fizemos um enrolamento em continuação ao original, no mesmo sentido, como mostra a Fig. 8 A, B ou C, conforme a conveniência ou o sistema de polarização usado,

FIG. 7 — C2 e  $C_{gk}$  formam um divisor capacitivo sobre o tanque de grade. Assim, só parte da excitação é aplicada à válvula de saída.





**FIG. 8** — Tanto em A, B ou C a transferência do sinal neutralizante é feita indutivamente sobre o tanque de grade.

teremos uma divisão ou inversão de fase, sem "roubar" excitação e sem a necessidade de apelar para os famosos "mica prateada", como seria o caso do C2 das Figs. 5, 6 e 7, pelas razões já apontadas. Na ponta livre desse enrolamento aplicaremos o sinal de neutralização vindo da placa, através de C.N., conforme a Fig. 9 A ou B.

A escolha de uma ou outra modalidade é uma questão de conveniência; se for um transmissor para uma só faixa, pode ser usada a versão A com um C.N. ajustável com cerca de 5 pF máximo. A bobina adicional deverá estar fortemente acoplada com a do tanque de grade, com o mínimo de espiras, suficiente para que a neutralização seja obtida no centro do curso de C.N.; com a versão B, C.N. poderá ser um capacitor fixo de 3 a 5 pF, e o número de espiras da bobina adicional será regulado de forma a se obter a neutralização um pouco antes dela encostar totalmente no tanque de grade, mas sempre com o menor número de espiras e o maior acoplamento possível.

**INCONVENIENTES**

O único inconveniente que se pode atribuir a esse sistema é que, no caso de um multifaixa, teremos mais uma bobina para trocar, o que também acontecia com os elos da 6L6. Mas isso é relativo, pois depende do sistema de troca de faixas; se for à moda antiga, com bobinas cambiáveis, não é problema, mas se for o sistema moderninho com chavinhas e mais chavinhas, também se

dá um jeito. De qualquer forma, cada caso é um novo caso. Muitos não gostarão, outros não aceitarão, outros, ainda, discordarão,

(Conclui à pág. 323)

**FIG. 9** — Em A, o ajuste da realimentação é feito através de C.N., enquanto que em B se faz por intermédio do acoplamento das bobinas L1 e L2.

