

Os Reatores de R.F.

Alguns problemas de projeto e desempenho
desses componentes "difíceis".

CESÁRIO T. RAMOS

O termo "reator", estritamente falando (e de acordo com os dicionários de eletrônica), é um componente que se usa para introduzir **reatância** — tanto indutiva, como capacitiva — num circuito. Engloba igualmente, portanto, indutores e capacitores. O uso, porém, consagrou-o como designando especificamente determinado tipo de indutor, capaz, entre outras coisas, de apresentar uma impedância superior a um valor mínimo (apropriado para o fim em vista), dentro de certa faixa de frequências.

Nesta oportunidade vamos nos ocupar exclusivamente dos reatores de R.F., componentes aos quais se costuma prestar pouca atenção e que, pela característica acima, não podem ser confundidos com qualquer indutor de R.F.

Este segundo plano a que foram relegados vem, talvez, a par da escassez de informações técnicas a seu respeito, do nosso hábito de raciocinar por inferências nem sempre justificadas: qualquer fabricante especifica que o componente tem, digamos, 2,5 mH, e serve para a faixa de ondas médias, e pronto, não se fala mais nisso. Imaginamos logo um comportamento ideal do reator, com as frequências dentro dessa faixa barradas valentemente, e as de fora enfrentando pouco menos que um curto franco.

Infelizmente, a realidade dos fatos é bem diferente, no caso do reator de R.F. Seu comportamento é extremamente complexo, oferecendo uma boa dose de dores de cabeça ao projetista — e ao usuário desavisado. Por isso, julgamos útil focalizar algumas de suas excentricidades, para que os não iniciados

possam usá-lo com mais proveito e menos surpresas.

IDEAL E REALIDADE

O reator de R.F. ideal — e como muitos o imaginam na prática — oferece à corrente contínua e às frequências de áudio um curto-circuito e, às frequências acima dessa faixa, uma impedância infinita. Claro que o termo "ideal" indica tratar-se de um desempenho fisicamente inalcançável; mas o que poderá surpreender a quem observar a Fig. 1 é a distância entre esse comportamento idealizado e o desempenho real de um reator de R.F. típico, como o da figura em apreço.

O reator considerado, usado em transmissão, compõe-se de um enrolamento de uma camada de 25,4 cm de comprimento, com 200 espiras de fio nº 18 AWG, sobre fôrma de 11,4 cm de diâmetro, apresentando uma indutância medida de 1.700 μ H.

O gráfico da impedância do componente em função da frequência, longe de apresentar a regularidade idealizada, exhibe vários picos e vales acentuados. Por exemplo, lá pelas alturas dos 3 mil e poucos quilohertz, a impedância oferecida pelo reator cai a pouco mais de 1.000 Ω , isto é, cerca de 30 vezes menos que a impedância no pico anterior, correspondente à frequência de 2.500 kHz. Evidentemente, para um sinal de 3 mil e poucos quilohertz, o reator simplesmente não funcionaria como tal.

O reator da Fig. 1 é usado na faixa de 1,7 a 2,8 MHz, onde apresenta uma impedância mínima de 20 k Ω . Poderia ser empregado,

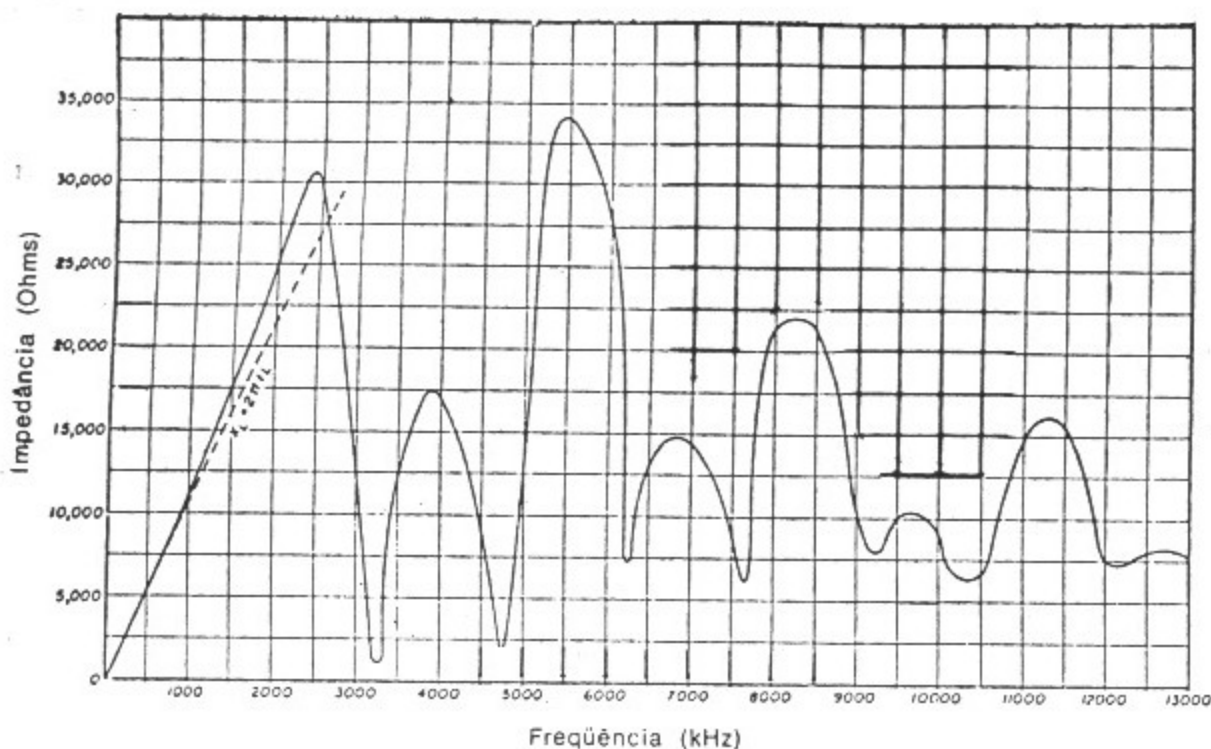


FIG. 1 — Curva de impedância de um reator de R.F. para uso em transmissão (de "Electronic Transformers and Circuits", de Reuben Lee).

também, na altura dos 5 MHz, para essa mesma impedância mínima; entretanto, a faixa de frequências seria mais estreita.

Os reatores de R.F. compostos de várias seções de enrolamentos têm curvas de impedância semelhantes à da Fig. 1, mas os vales são mais disfarçados.

Cabe agora a pergunta: "E essas irregularidades de impedância, donde provêm?" Vamos procurar esclarecer a questão por partes.

CAPACITÂNCIA PRÓPRIA DAS BOBINAS

Em primeiro lugar, vamos considerar a bobina isolada de quaisquer capacitâncias externas. Mesmo assim, toda bobina tem uma pequena capacitância associada à sua indutância, e que é chamada **capacitância própria**.

FIG. 2 — Representação esquemática das capacitâncias entre espiras de um indutor que, reunidas, formam sua capacitância própria.

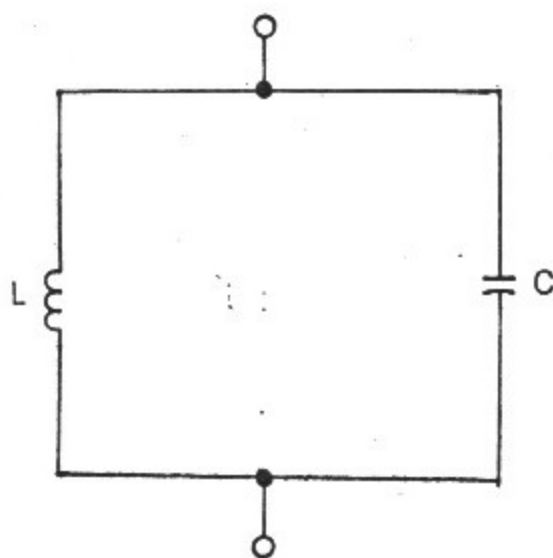
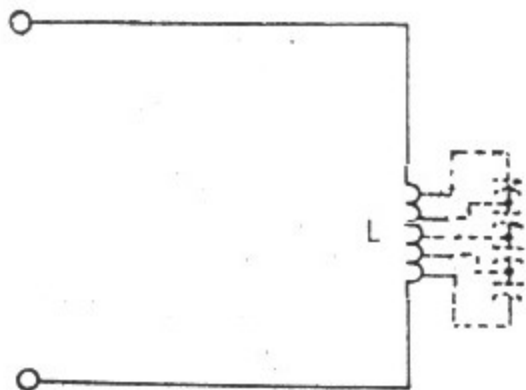


FIG. 3 — Para muitos fins, a capacitância própria da bobina pode ser considerada como uma capacitância concentrada, em paralelo com a indutância.

Essa capacitância residual é devida às diferenças de potencial entre as diversas partes do indutor, principalmente entre espiras adjacentes, como ilustrado na Fig. 2, e, para muitos fins, atua como se a resultante de todas as capacitâncias elementares da figura estivesse concentrada e em paralelo com a bobina, tal como na Fig. 3.

Vemos então que todas as bobinas, na verdade, podem ser consideradas como circuitos sintonizados em paralelo. Ora, todo circuito deste tipo tem a sua frequência de ressonância, como é público e notório. No caso do indutor, ela representa a sua frequência de ressonância própria, ou natural (f_0).

E qual é ela? É a frequência à qual a reatância capacitiva da capacitância própria tem o mesmo valor absoluto da reatância indutiva da indutância pura da bobina, mas é de fase oposta, de maneira a anulá-la.

Nesse ponto, a impedância oferecida pela bobina é uma resistência pura, já que as reatâncias se neutralizam mutuamente. Às demais frequências, a impedância compõe-se de uma reatância indutiva em paralelo com uma reatância capacitiva.

Nas frequências inferiores a f_0 , a reatância indutiva $2\pi fL$ é menor que a reatância capacitiva $1/2\pi fC$, e portanto é predominante (não nos esqueçamos de que elas estão em paralelo); nas frequências superiores a f_0 , prevalece a reatância capacitiva.

Nestas condições, a bobina, acima de f_0 , comporta-se como se fosse um capacitor. Para as frequências bem superiores a f_0 , a influência da reatância indutiva é desprezível, e a bobina tende a equivaler a um capacitor de valor igual à sua capacitância própria.

Aí já temos uma "receita" para fazer reatores: 1) eles devem ter a menor capacitância própria possível, porque quanto menor ela for, maior será a reatância oferecida às frequências superiores a f_0 , que então constituirão a nossa faixa de operação; 2) sua indutância deverá ser tão grande que, associada à pequena capacitância própria indispensável, faça com que tenham uma f_0 bem abaixo da faixa de operação desejada.

Nem todos os reatores de R.F., todavia, têm a faixa de operação acima de f_0 , como iremos ver mais adiante.

De qualquer forma, estamos também em condições de estabelecer uma distinção entre os reatores de R.F. e os indutores utilizados em circuitos sintonizados: naqueles, a f_0 é geralmente inferior à faixa de operação; nestes, ela é superior à faixa de operação, porque são usados sempre com um capacitor de sintonia (variável ou não) de capacitância superior à capacitância própria do indutor.

A bem da verdade, nessa explanação simplificada, passamos por alto em questões como perdas de R.F. (introduzidas pela capacitância própria) e a resistência à R.F. do

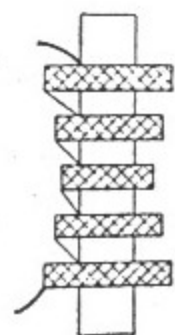


FIG. 4 — Reator de R.F. dividido em seções. Note-se o diâmetro decrescente das seções, em direção ao centro da fôrma, para igualar as frequências de ressonância.

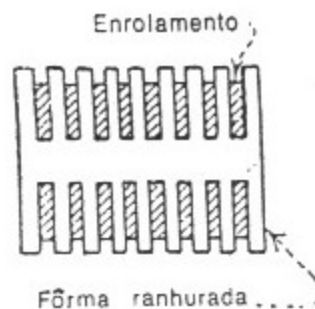


FIG. 5 — Reator de R.F. dividido em seções compostas de enrolamentos encaixados em ranhuras da fôrma.

reator; mas são detalhes de segunda ordem, que não invalidam as conclusões.

Entretanto, na fixação de f_0 de nossa "receita", será preciso acrescentar à capacitância própria do reator as capacitâncias do circuito em que este terá de operar.

COMO REDUZIR A CAPACITÂNCIA PRÓPRIA

Vimos no tópico anterior as razões do requisito de baixa capacitância própria para os reatores de R.F. A fim de satisfazê-lo, no caso de reatores para frequências não muito altas, adotam-se freqüentemente bobinas de tipo universal, subdivididas em duas ou mais seções separadas (Fig. 4), sendo cada seção tão estreita quanto possível.

Às vezes, as seções são enroladas dentro de ranhuras estreitas da fôrma, como na Fig. 5.

Nos reatores para frequências mais altas (acima de 10 MHz), costuma-se empregar uma bobina cilíndrica relativamente longa, com espiras afastadas (Fig. 6).

FIG. 6 — Reator de R.F. para frequências mais altas (acima de 10 MHz).



Para manter a impedância elevada dentro da faixa de operação de um reator dividido em seções, é preciso evitar a "sintonia" de uma ou mais seções por outras.

Por exemplo, num reator de duas seções diferentes, a curva de impedância apresentará dois máximos correspondentes às frequências de ressonância naturais das seções, mas entre esses dois picos haverá um vale pronunciado à frequência de ressonância do circuito sintonizado em série, formado pela reatância indutiva de uma seção e a reatância capacitiva da outra, circuito esse cuja

VOCÊ JÁ ESTÁ «NA BOA» DA VHF?

Se você é ou pretende ser operador dos 2 metros e de outras faixas de VHF, este manual é indispensável! Nele estão a teoria e a operação, os equipamentos, as antenas e os mais modernos circuitos de VHF.



Ref. 1389 — VHF Handbook for Radio Amateurs — (Ingl.) — Cr\$ 145,00

UMA EDIÇÃO
RADIO PUBLICATIONS INC.

DISTRIBUIDORES:

LOJAS DO LIVRO
ELETRÔNICO



RJ: Av. Marechal Floriano, 148 — 1.º — Rio
SP: R. Vitória, 379/383 — S. Paulo
Reembolso: C. Postal 1131 — 20000 — Rio, RJ

impedância, como sabemos, é mínima em tais condições.

Para eliminar esse efeito nocivo, não adianta as seções terem o mesmo número de espiras e as mesmas características físicas, porque os efeitos de indutância mútua entre seções encarregam-se de modificar as frequências de ressonância das seções adjacentes. Costuma-se, para isso, fazer as seções progressivamente menores, das extremidades para o centro do reator, como vemos na Fig. 4.

MAIS COMPLICAÇÕES

Um leitor que se dispusesse a atender a todas as exigências de projeto de um reator de R.F. até aqui arroladas, e se lançasse a confeccioná-lo confiantemente, ainda não estaria livre de surpresas.

Isso porque consideramos a capacitância própria do reator como parâmetro concentrado (por causa da tal explicação por partes que anunciamos logo de início), quando, na verdade, ela é **distribuída**, isto é, está "espalhada" pelo reator todo.

Vimos anteriormente os efeitos desastrosos na curva de impedância dos reatores de R.F. provocados pela formação de circuitos sintonizados em série por duas seções do enrolamento. Basta, agora, observar bem

a Fig. 2, com os diferentes elementos capacitivos da bobina representados em seus lugares, embora esquematicamente.

Ali há vários circuitos sintonizados diferentes, formados pelos elementos capacitivos e partes da bobina e, portanto, mesmo dentro de cada seção do enrolamento, podem ser formados circuitos sintonizados em série, em várias frequências, com os correspondentes "mergulhos" na curva de impedância do reator.

Para completar a desgraça, e ainda pelo fato de ser distribuída a capacitância própria do reator, podem aparecer ondas estacionárias, às frequências mais elevadas.

* * *

Aqui se encerra o "prontuário" desse ser caprichoso chamado reator de R.F., onde estão enumerados os seus delitos costumeiros, para conhecimento dos interessados.

Entretanto, muito embora os problemas relacionados com o seu projeto sejam árduos e até conflitantes, alguns fabricantes chegam a produzir reatores que realmente têm um desempenho à altura das especificações.

Portanto, ao comprar um reator de R.F., exija-o de boa marca, ainda que custe um pouco mais caro. © (OR 1206)

NOVIDADES DA ELETRÔNICA

COMUTADOR OPTOELETRÔNICO *

Um importante passo no campo das telecomunicações ópticas foi dado pela Thomson — CSF ao realizar um "Comutador Óptico Binário Rápido", denominado "COBRA", que pode operar com velocidades da ordem do nanossegundo, comandado por uma tensão de 1 V.

O dispositivo é constituído, basicamente, de um acoplador direcional feito de material eletro-óptico. Este novo componente, somente possível em forma integrada, é formado por duas guias de onda ressonantes situadas muito próximas uma da outra (aproximadamente 3 µm). A passagem da luz, de uma guia para a outra, é obtida através das ondas evanescentes existentes nos intervalos que as separam.

Este material eletro-óptico é obtido pela difusão do titânio em niobato de lítio. O surgimento de uma tensão polarizadora em um determinado ponto do acoplador altera o índice de refração do material e, em vista disso, o grau de acoplamento livre entre as duas guias. ©

(*) Revista Española de Electrónica, nº 260