

CONSIDERAÇÕES SÔBRE OS TRANSFORMADORES DE MODULAÇÃO

Dentre os diversos métodos de modulação em amplitude, destaca-se como mais popular o sistema de modulação em placa. Esta preferência se deve ao fato de proporcionar grande rendimento ao transmissor, não requerendo além disso ajustes críticos de sintonia para seu correto funcionamento. Nos transmissores que empregam modulação em placa, o circuito modulador (push-pull classe B com triodos, ou AB-2 com tetrodos e pentodos) é acoplado à placa do último estágio de RF por meio do transformador de modulação. Este componente possui considerável influência sobre o desempenho do transmissor, razão pela qual dedicamos o presente artigo a algumas considerações sobre suas características.

Os transformadores de modulação exercem, nos transmissores, a mesma função que os transformadores de saída, nos amplificadores de áudio. A única diferença entre ambos é que a carga, no primeiro caso, consiste em um amplificador de RF, em vez de um altofalante. O transformador de modulação é colocado nos transmissores com fins de casar a impedância de placa do amplificador de audiofrequência (modulador) à impedância de carga constituída pelo estágio de radiofrequência. O estágio modulador opera em classe B

ou AB2, enquanto que o de RF trabalha em classe C.

As impedâncias dos estágios ligados ao primário (Z_p) e ao secundário (Z_s) do transformador de modulação determinarão a relação de espiras entre os enrolamentos primário e secundário, de acordo com a fórmula $N = \sqrt{Z_p/Z_s}$. O valor de Z_p é igual à impedância de carga que o modulador "vê" entre suas placas. Esta impedância está geralmente mencionada nos manuais de válvulas sob a denominação "resistência de carga efetiva (placa a placa)". Para uma das válvulas mais usadas nesta função, a

conhecida 807, este valor pode ser igual a 3,7 K, 4,6 K, 6,9 K ou 7,3 K, dependendo se a tensão de placa for de 400, 500, 600 ou 750 volts.

A impedância do estágio amplificador de RF, ligado ao secundário do transformador (Z_s), deve ser calculada pela lei de Ohm: basta dividir a tensão de placa pela corrente de placa para obter o valor de Z_s . Por exemplo, uma válvula 807, usada como amplificadora de RF classe C, com 500 volts na placa e consumindo 100 mA, teria uma impedância de 5 000 ohms.

Evidentemente, é bastante difícil um casamento absolu-

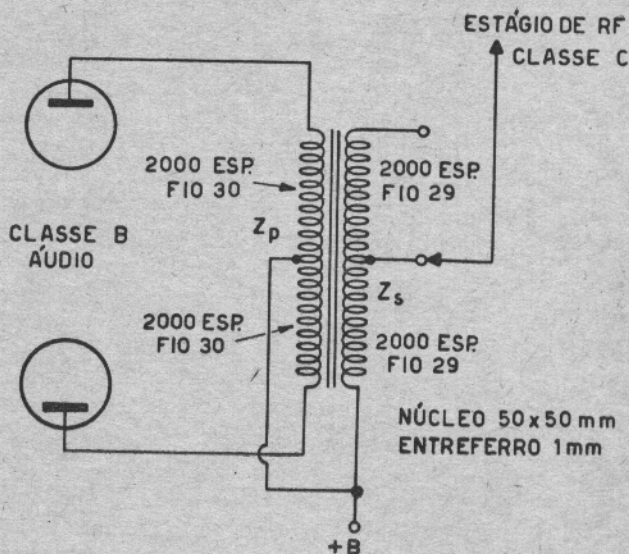


Figura 1
Esquema de um transformador de modulação para potências de áudio até 250 watts.

tam
pedã
deve
carg
ao
freq
nas,
(con
am
se t
tre
men
Po
dete
fio
seçã
mad
a po
comp
do e
tágit
Te
porc
igua
ria
exat
da
estã
pala
100
watt
100%
tica,
ao v
comp
tes
ment
Al
fator
do n
espir
dos
gama
se d
muni
300 a
difus
frequ
5 000
Os
truid
comu
nos
núcle
em r
mos,
quan
mate
melh

tamente correto entre as impedâncias Z_p e Z_s . Isto se deve ao fato de variar a carga do amplificador de RF ao trabalhar com diversas frequências, diferentes antenas, e diferentes excitações (como é o caso dos radioamadores). Na prática, pode-se tolerar erros até 10% entre a relação ideal e a realmente existente.

Potência: para que se possa determinar qual a bitola do fio a ser empregado, e a seção do núcleo do transformador, é necessário conhecer a potência de áudio que este componente deve transferir do estágio modulador ao estágio modulado.

Teoricamente, para uma porcentagem de modulação igual a 100%, seria necessária uma potência de áudio exatamente igual à metade da potência de entrada do estágio de RF. Em outras palavras, um transmissor de 100 watts necessitaria 50 watts de áudio para atingir 100% de modulação. Na prática, deve-se acrescentar 20% ao valor teórico, a fim de compensar as perdas existentes no núcleo e no enrolamento.

Além da potência, outros fatores influem no tamanho do núcleo e na quantidade de espiras do transformador. Um dos mais importantes é a gama de áudio-frequências que se deseja transmitir. Em comunicações, a faixa vai dos 300 aos 3 000 c/s; para radio-difusão usa-se transmitir as frequências desde 50 c/s até 5 000 c/s.

Os transformadores construídos para equipamento de comunicações podem ter menos espiras e menor área de núcleo do que aqueles usados em radio-difusão. Nestes últimos, é preciso aumentar a quantidade de espiras e usar material mais permeável para melhorar a resposta dos gra-

ves, e reduzir as perdas do núcleo (pelo uso de chapas mais finas e enrolamentos seccionados e intercalados) para conseguir melhoria da resposta nos agudos.

Outro fator que deve ser considerado (e que causa bastante dor de cabeça aos projetistas) é a existência de uma corrente contínua no enrolamento secundário, corrente esta proveniente do estágio amplificador de R.F.. Isto torna necessário o uso de um entreferro no núcleo, a fim de evitar a saturação. Normalmente, estes entreferros variam de 1 a 2 milímetros nos transmissores usados comumente pelos radioamadores. A figura 1 mostra os dados essenciais para a construção e ligação de um transformador para comunicações, que pode ser usado para potências moduladoras até 250 watts (o que equivale a 400 ou 500 watts no estágio de RF). Pode-se aumentar a versatilidade deste transformador fazendo algumas derivações no secundário e acrescentando espiras; isto irá permitir o casamento de impedâncias de 1 : 1 e 2 : 1.

Autotransformadores: os autotransformadores devem sua popularidade ao fato de serem mais econômicos do que os transformadores comuns, tanto no que respeita à quantidade de fio como no ferro necessário. Consequentemente, o uso de autotransformadores para acoplamento entre o estágio modulador e o estágio de saída de R.F. é bastante difundido.

A figura 2 mostra o esquema das conexões e os dados para construção de um autotransformador, utilizando o mesmo núcleo que o transformador da figura 1. Neste caso, a eficiência será mais alta devido ao acoplamento mais cerrado entre circuitos de entrada e saída. Este tipo

também pode ser usado com transmissores até 500 watts de potência.

Como já foi visto, o entreferro nos núcleos é necessário a fim de evitar a saturação destes pela corrente contínua da placa do estágio de saída à fonte +B. No entanto, o uso deste entreferro prejudica a resposta nas baixas frequências, razão pela qual os tipos ilustrados nas figuras 1 e 2 somente podem ser usados em equipamento de comunicações.

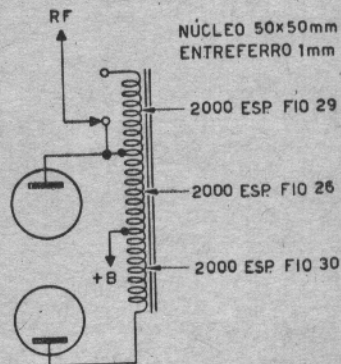


Figura 2

Auto-transformador de modulação utilizando o mesmo núcleo da figura 1.

Em rádio-difusão, usam-se núcleos sem entreferro, a fim de melhorar a resposta dos graves. Neste caso, a corrente contínua não passa mais pelo transformador, e sim por um choque auxiliar de alta impedância, cujo núcleo possui um entreferro. A aplicação de um destes choques (choque de modulação), pode ser vista no esquema da figura 3. A fim de evitar que a corrente contínua passe pelo transformador, torna-se necessário acrescentar o condensador de bloqueio C, o qual permitirá apenas a passagem das audi-frequências. Este condensador deve possuir vários microfarads de capacidade e altíssima isolamento; geralmente usam-se tipos a óleo nesta função.

(Continua na pág. 100)

TRANSFORMADORES...

(Cont. da pág. 45)

Prática construtiva: não pretendemos descrever detalhadamente a construção de um transformador de modulação, mas apenas chamar a atenção sobre alguns detalhes relativos ao assento.

A isolamento deve ser, no mínimo, 4 vezes maior do que a tensão aplicada ao +B. Isto evita que se estrague o transformador, caso venha a faltar a carga do secundário.

Uma prática usada nos transformadores de rádio-difusão, e que recomendamos, consiste no emprêgo de eletrodos da faiscamento (spark gaps) entre os extremos do secundário, a fim de protegê-lo contra sobretensões.

O material empregado na construção do núcleo destes transformadores deve ser ferro silício. Em geral usa-se chapa tipo M-27 e bitola nº 26. Em transformadores de rádio-difu-

são a chapa deve ser mais delgada, podendo-se adotar a bitola nº 29, para reduzir as perdas.

Depois de enrolados, os transformadores podem ser colocados dentro de caixas contendo pixe; isto serve de proteção contra a umidade, e suprime o microfônismo. Nas unidades de grande porte (acima de 1000 watts) não se usa esta proteção, mas submerge-se os transformadores

em tanques de óleo, a fim de proporcionar o isolante adequado.

Qualquer um dos transformadores descritos neste artigo adapta-se perfeitamente ao transmissor descrito no número 165 (Dezembro de 1961) desta revista. A escolha do tipo dependerá, naturalmente, do material existente no "ferro velho" do construtor, ou de suas preferências pessoais.

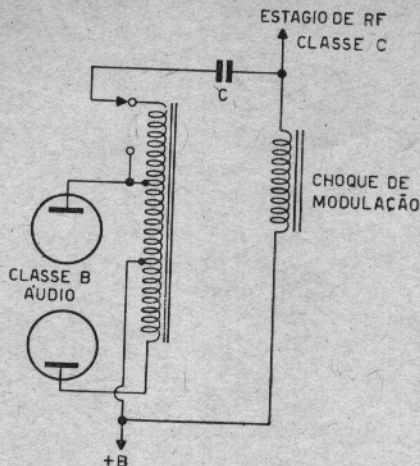


Figura 3

O uso de um choque e condensador de bloqueio para desviar a corrente contínua, permite suprimir o entreferro no núcleo, melhorando a resposta de frequência nos graves.

GERADOR DE ONDAS...

(Cont. da pág. 39)

A Fig. 3-d indica uma queda na resposta relativa a frequências superiores a 800 c/s e Fig. 3-e mostra o mesmo fenômeno em torno de 200 c/s.

Picos ressonantes produzem sinais como os que mostram as Figs. 3-f, g e h. Isto frequentemente indica que a bobina de aguçamento está desajustada; que há alta indutância dos fios de ligação ou que há escape de altas frequências através dos controles de ganho ou ainda que os condensadores estão defeituosos.

Não pense que, pelo fato de ser pequeno e de fácil construção, este instrumento seja um brinquedo ou algo próprio para uso dos amadores. Ele serve para trabalhos sérios e desempenha seu papel tão bem quanto os equipamentos dispendiosos e complicados. Será valioso auxiliar tanto no trabalho de investigação dos

amplificadores de vídeo e osciloscópios como quando lhe chegar às mãos um aplicador hi-fi para conserto.

LISTA DE MATERIAIS DO GERADOR DE ONDAS QUADRADAS

R-1	— 1 K	C-4	— 50 pf
R-2	— 2,7 K	C-5	— 10 x 250
R-3	— 47 K	C-6	— .1 mfd
R-4	— 3,9 K	C-7	— 8 x 250
R-5	— Potenc. 500 K	C-8	— .5 mfd
R-6	— 680 ohms	C-9	— .5 mfd
R-7	— Potenc. 500 K	J 1, 2, 3	— buchas banana
R-8	— 470 ohms	S-2	— Chave 2 pólos 4 posições
R-9	— 39 K	Todas as resistências de 1/2 watt, 10%	
R-10	— 22 K	Todos os condensadores de 600 V exceto os eletrolíticos.	
R-11	— 10 K		
R-12	— 270 ohms		
C-1	— .05 mfd		
C-2	— .005 mfd		
C-3	— 500 pf		