

Interface amplificador falante em regime de alta potência

Ruy L. B. Monteiro
Studio R Eletrônica
São Paulo, SP, BR

Apresentado na
4^a Convenção
6-8 de Junho de 2000
São Paulo

AES BRASIL



INTERFACE AMPLIFICADOR FALANTE EM REGIME DE ALTA POTÊNCIA

Ruy L. B. Monteiro
Studio R Eletrônica
São Paulo, Brasil

À despeito de toda a tecnologia aplicada hoje nos amplificadores de potência e alto-falantes, é ainda aí que encontramos os mais baixos índices de eficiência em um sistema de áudio profissional. Naturalmente, para conseguir resultados acústicos, se investe de forma elétrica e se perde de forma térmica grandes quantidades de energia, nesta etapa do sistema. Este documento trata de novos avanços e soluções desenvolvidos no sentido de melhorar o aproveitamento desses equipamentos no tocante as técnicas de construção e utilização dos mesmos.

INTRODUÇÃO

Devido a natureza da nossa audição (deficiente em graves), às características de propagação do som, à minúscula eficiência dos próprios transdutores de graves e ao nosso gosto musical, dentre outros, é necessária uma grande concentração de energia na região dos graves de um sistema de som. Cerca de 70% deste total de energia é destinado à faixa do espectro das frequências menores que 300 Hz.

É nesta região do espectro, portanto, que aperfeiçoamentos introduzidos num sistema de som têm seus melhores resultados econômicos.

Na verdade isto é assim há muito tempo, e o que tem mudado, de 20 anos para cá, são os recursos e a capacidade dos falantes e amplificadores e, o que é melhor, o interesse dos fabricantes em melhorar a quantidade e precisão dos dados fornecidos sobre seus produtos.

Todas estas informações permitem aos projetistas elaborar uma infinidade de sistemas dedicados de alta qualidade. Naturalmente no meio destes projetos alguns adquirem notoriedade e se tornam ícones em certas aplicações.

Para este trabalho atingir um cunho bastante prático escolhi, para apresentar no final, uma dessas caixas famosas ou melhor, um desses formatos de caixas famosas, já que nosso trabalho se prende mais ao dimensionamento do amplificador em conjunto com o falante e ao processo térmico do sistema do que ao funcionamento acústico da caixa.

AMPLIFICADORES VERSUS FALANTES.

O amplificador de potência de áudio é um equipamento, hoje em dia, já bastante otimizado. Embora deixe ainda a desejar quanto ao aspecto eficiência (atualmente variando entre 60 e 85%). Na reprodução de sinal senoidal à sua máxima potência, apresenta características bastante estáveis no que se refere à potência de saída e à resposta de frequência, produzindo baixíssima distorção e atingindo grande durabilidade. A maioria das suas qualidades se devem ao fato deste aparelho não ter peças móveis (excetuando a ventoinha) e ser apenas um amplificador de sinais elétricos. Este sinal elétrico entra com pequena amplitude, é amplificado por circuitos eletrônicos e seu sinal de saída, por ser da mesma natureza que o de entrada, é facilmente comparado com o de entrada e quase perfeitamente corrigido. Os projetos mais avançados são auto protegidos contra rede elétrica irregular e cargas inadequadas na sua saída. Têm, além disso, total controle sobre os sinais de entrada e a potência, de saída assim como sobre a resposta de frequência e o fator de crista.

O alto-falante de alta potência, alimentado por um amplificador, é também extremamente otimizado e, certamente, possuindo um número muito maior de horas de pesquisa nas costas, não teve ainda a mesma sorte que bafejou o amplificador.

Sua impedância de entrada, muito longe de ser um resistor de 8 ohms, é extremamente reativa, variando com o tipo de caixa e a frequência em que vai operar, além de sofrer influência da temperatura ambiente, da pressão atmosférica, e da umidade do ar, entre outros fatores. Pode variar, também, em função da amplitude do sinal que recebe do amplificador. Não tem proteção contra sobrecarga e pode queimar, se o seu regime máximo for ultrapassado.

Nosso herói apresenta baixíssima eficiência (atualmente em casos especialíssimos atinge 10%, sendo a média igual a 2%, para pequenos sinais). Em unidades específicas para baixa distorção e resposta otimizada, chega a 0,1%. Tem características humanas, cheio de peças móveis, que se desgastam e envelhecem desde o dia em que nascem, com a agravante de não se regenerar, não cicatrizar, não crescer e não se corrigir.

Todo o seu problema vem do fato de não trabalhar com o mesmo tipo de energia, desde a entrada até a saída, uma vez que é um transdutor eletroacústico.

Todo tipo de comparação entre sinais de entrada e saída é complexo e ineficiente. Resultado: baixa linearidade e alta distorção em comparação com o resto do sistema.

Por enquanto, este é o bom falante que todos temos à disposição.

Nossa missão, hoje, felizmente não é corrigir todos os problemas dos falantes mas, sim, melhorar suas condições de vida, em algumas aplicações.

ESPECIFICAÇÕES DE POTÊNCIA

Amplificador e Falante

Já há alguns anos, por causa do avanço tecnológico em termos de componentes eletrônicos, podemos dizer que todos os amplificadores de potência de áudio, seriamente projetados, atingiram a perfeição necessária para o bom desempenho de um sistema de som. Excluídos os equipamentos especiais, todos eles têm resposta plana de 20Hz a 20kHz, um bom fator de amortecimento (maior que 200 já é ótimo), distorção total menor que 0,5% e relação sinal ruído melhor que 90dB.

É verdade que a potência de saída de um amplificador de áudio é diretamente proporcional ao quadrado da tensão do sinal que colocamos na sua entrada e, também, ao número de falantes que colocamos na sua saída. Mas existem várias limitações neste processo e são estas limitações que vão distinguir um amplificador de outro.

Por ser a potência de saída um fator decisivo na escolha de um amplificador, foi necessário o desenvolvimento de um método bastante preciso para sua medição.

A unidade de medida para esta grandeza é o Watt RMS.

A potência é, sem dúvida, a característica mais importante na avaliação de um amplificador de áudio e está diretamente ligada ao seu preço e ao volume máximo de som que se pode esperar dele. Por esta razão é que encontramos no mercado tamanha variedade de equipamentos, no que se refere à potência de saída.

Esta grandeza é sempre acompanhada das condições da medição.

Exemplo: 100W RMS contínuos com carga de 4 Ohms, sinal senoidal de 1kHz com máxima distorção total de 0,5%.

Provavelmente, o amplificador deste nosso exemplo jamais será usado desta forma e é importante saber que esta não é a potência máxima que este amplificador poderá fornecer em uso normal mas, destas informações aqui apresentadas, poderemos extrair todos os dados necessários para determinar a sua capacidade em qualquer condição real de uso.

Vejamos:

$$P = E^2/R \quad \therefore \quad E = \sqrt{P \cdot R} \quad \text{onde:}$$

P = Potência Média (em Watt)

E = Tensão Eficaz (em Volt RMS)

R = Resistência de Carga (em Ohm).

$$E = \sqrt{100 \cdot 4} = 20 V_{EF}$$

Desta relação verifica-se que a tensão RMS senoidal máxima, sem distorção significativa, é igual a 20 V.

Podemos afirmar, também, que a máxima amplitude do sinal de pico valerá $20 \cdot \sqrt{2} = 28,28 V$, o que corresponderá a 56,6 V pico a pico (Fig.1).

Aqui começa o nosso estudo. Já está definido o nosso campo de trabalho.

Todos os sinais que não ultrapassarem estes limites de tensão serão razoavelmente bem transferidos para a carga resistiva, que neste caso pode ter até um mínimo de 4 ohms. Mais tarde veremos o que acontecerá quando colocamos como carga um falante.

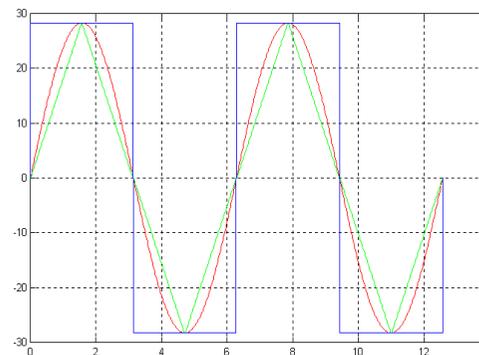


Fig. 1 - Formas de onda usadas nos exemplos

Como acabamos de ver, a potência média entregue à carga, por um sinal senoidal, neste amplificador, é igual a 100 W RMS. Entretanto, se o sinal a ser amplificado tiver forma triangular (Fig. 1), a máxima potência média que conseguiremos transferir para a carga, com este amplificador, sem distorção significativa, será de somente 67 W RMS. A onda triangular também possui 28,3 V de pico, mas seu valor eficaz é igual a $E_{PICO}/\sqrt{3}$.

O que ocorre em todos os casos, é que sinais de formas diferentes, na maioria das vezes, desenvolvem níveis de energia diferentes sobre uma mesma carga. Eles têm diferentes **fatores de crista**, que vamos chamar de **FC** e pode ser expresso em dB.

$$FC = P_{PICO}/P_{MÉDIA}$$

$$FC_{dB} = 10 \text{Log}_{10} (P_{PICO}/P_{MÉDIA})$$

Vamos agora mudar nosso sinal de entrada para uma forma bastante conhecida: a onda quadrada.

Esta forma de onda é famosa porque ocorre em certos amplificadores quando seu estágio de saída é sobrecarregado (Fig. 1).

Note que, neste exemplo, não se trata de saturação, ou o vulgarmente chamado clipamento.

O que estamos fazendo, na verdade, é colocar na entrada do amplificador um sinal de forma originalmente quadrada, que deverá ser fielmente amplificado, sem distorção significativa, e que terá como os outros sinais estudados anteriormente, a amplitude máxima de 28,3 V de pico.

Ao medir a potência transferida para a carga, **em virtude dos valores de pico e eficaz serem iguais, no caso de onda quadrada**, descobrimos que a situação é bem diferente e que nosso amplificador passou a fornecer $28,3^2/4 = 200 W_{RMS}$. Ele está fornecendo uma potência de pico igual à potência média e, assim, podemos dizer que o fator de crista vale 0 dB. Para melhor ilustrar, podemos dizer que o FC de um sinal triangular é igual a 5 dB enquanto o FC de um sinal senoidal é igual a 3 dB.

Qual será então o fator de crista que mais se aproxima dos sinais de áudio que costumamos reproduzir em nossos sistemas ?

A análise do desempenho de um amplificador para sinais de amplitude constante e formas de onda conhecidas, em cargas resistivas, é simples e totalmente previsível. Infelizmente, não foi para isso que foram construídos. Falta, portanto, analisar a capacidade real de um amplificador com algum tipo de sinal aleatório, dotado de um conteúdo energético similar ao de um programa musical típico, para que o resultado da análise nos diga mais a respeito das condições reais em que vão operar.

Como os técnicos em alto-falantes já deram esse passo, há muito tempo, vamos utilizar nessa análise o mesmo tipo de sinal por eles escolhido, ou seja, o **ruído rosa**.

Com esta providência estaremos obtendo dados na mesma linguagem utilizada nas normas que especificam os alto-falantes e que vão permitir um dimensionamento preciso e direto da interface entre o alto-falante e o amplificador.

O ruído rosa é um sinal aleatório, que passou por um processo de equalização.

Um analisador de espectro de áudio, operando em tempo real, mostra todas as frequências componentes do ruído rosa com a mesma amplitude, e que soa mais ou menos como o aplauso de uma grande torcida, em um estádio, na hora do gol. Seu fator de crista é de, aproximadamente, 9 dB.

Sendo injetado na entrada de um amplificador de áudio, especificado para **uma potência média senoidal igual à 100 W**, é capaz de aplicar na carga, sem distorção, uma potência média de **25 Watts** (Fig.2) pois $P_{pico}/P_{média} = \text{Anti log}(9/10) \cong 8$, o que leva a

$$P_{média} = 2 \cdot 100/8 = 25 .$$

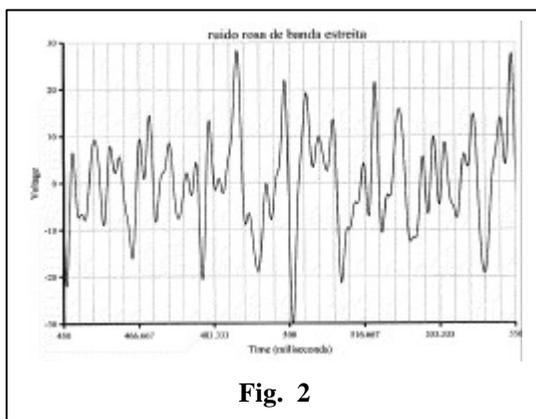


Fig. 2

Talvez não seja demasiado lembrar que um amplificador capaz de fornecer uma potência média de 100 W, em regime senoidal, na realidade deve ser capaz de entregar o dobro deste valor, ou seja, 200 W, para que os picos não sejam distorcidos.

Com este resultado, já dá para concluir porque nenhum fabricante de amplificadores utiliza nas suas especificações a potência média **com ruído rosa!**

Para se ter mais certeza de que este tipo de sinal, com fator de crista

igual a 9dB, é suficientemente agressivo para simulações em sistemas de áudio, foi feito um levantamento em termos do fator de crista dos programas mais encontrados na prática. Como a avaliação do fator de crista também precisa de certos critérios quanto ao tempo de integração, que vão depender da inércia térmica da bobina e da sua resistência de dissipação, fizemos uma avaliação **ampla**, que considera o tempo que dura uma peça musical inteira, e uma **restrita**, que já leva em consideração as limitações da média dos falantes, com tempo de integração igual a 500 milissegundos.

Tipo de programa	Fator de Crista restrito / amplo		Potência média Obtida de um Amp. de 100W
	Em dB	Em vezes	
Onda Quadrada	0 / 0	1 / 1	200 / 200 W
Senóide pura	3 / 3	2 / 2	100 / 100 W
Onda Triangular	5 / 5	3 / 3	67 / 67 W
Ruído rosa	9 / 9	8 / 8	25 / 25 W
Aplauso ou Musica fortemente comprimida	9 / 10	8 / 10	25 / 20 W
Rock pesado (médio grave de guitarra)	10 / 12	10 / 16	20 / 12,5 W
Axé (graves)	10 / 14	10 / 25	20 / 8 W
Axé (médio grave)	12 / 15	16 / 32	12,5 / 6,5 W
Pop, Rock comum	12 / 15	16 / 32	12,5 / 6,5 W
Jazz,	15 / 20	32 / 100	6,5 / 2 W
Orquestra	10 / 30	10 / 1000	20 / 0,2 W
Voz humana falada	15 / 15	32 / 32	6,5 / 6,5 W

UM POUCO DE PRÁTICA

Exercício:

Que amplificador devemos escolher para alimentar corretamente, **com ruído rosa**, um alto-falante com 8 ohms de impedância nominal e que, de acordo com a norma brasileira, tem capacidade para suportar 400 W RMS em regime de ruído rosa ?

Como calculamos anteriormente, um FC = 9 dB corresponde a $P_{PICO} = 8 \cdot P_{MÉDIA}$, ou seja, $8 \cdot 400 = 3200 \text{ W}$. Assim, será necessário um amplificador capaz de fornecer 3200 W a uma carga de 8 ohms. Especificando em termos de potência média, em regime senoidal, diríamos 1600 W pois o FC do sinal senoidal é igual a 3 dB.

Para se ter uma melhor noção desta resposta, devemos lembrar que, atualmente, os amplificadores vêm com sua especificação de potência já no nome do produto. Por exemplo: Amplificador 1000, ou 2000 ou ainda 5000, etc. Muito bem. Estes valores de potência são verdadeiros, mas correspondem, geralmente, à potência **média total** que o produto oferece **em regime senoidal**, com carga nominal de 2 ohms (4 falantes por canal) e com os dois canais operando !!! Então, como deveria chamar-se o amplificador do nosso exercício ?

Talvez, BAZOON 12.000 pois $1.600 \cdot 4 \cdot 2 = 12.800 \text{ W}$ (4 falantes em 2 canais).

Num caso especial, se tivéssemos certeza de que nosso sistema só seria utilizado na reprodução de Jazz, melhor seria adquirir um GODZZILA 50.000 de 65 HP e isto porque um FC restrito de 15 dB implica em $P_{PICO} = 31,6 \cdot P_{MÉDIA}$ que para 8 falantes (4 por canal) corresponderá a $31,6 \cdot 400 \cdot 8 = 101.120 \text{ Watts}$ ou a metade disso, ou seja, 50.560 Watts em termos de potência média senoidal.

Como vocês podem ver, estas conclusões nos levam a sistemas que são totalmente diferentes da maioria encontrada na praça. Alguns completamente viáveis, outros de praticidade duvidosa. Precisamos saber mais a esse respeito, mas já dá para perceber que a escolha do ruído rosa é bastante realística e será a tônica no futuro.

O FLUXO DE ENERGIA NO FALANTE.

A energia que entra

Os principais tipos de energia que entram no falante são 4: A energia elétrica que vem do amplificador, a térmica que vem do ambiente, a acústica que também vem do ambiente e a mecânica, que vem da estrutura de fixação. A energia acústica e a mecânica entram pelo cone, a parte móvel do falante, e pela carcaça. Devido a baixa eficiência de conversão do sistema, vamos desprezar seus efeitos neste estudo.

As mais importantes são a **energia elétrica**, proveniente do amplificador, que está ligado aos terminais do falante, e vai diretamente para a bobina, e a **energia térmica**, que entra pela estrutura mecânica (vem da temperatura ambiente, principalmente no interior da caixa acústica) e tem boa participação no processo. Devemos dar maior atenção a ela.

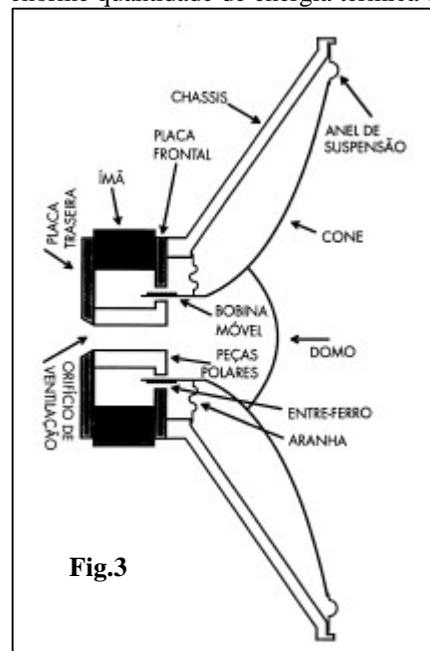
A energia que sai

Os principais tipos de energia que saem do falante são também 4 e seguem uma outra ordem de importância. A energia elétrica, que é armazenada sob forma reativa no falante, e é devolvida em parte ao amplificador, a energia mecânica, que é transferida para a estrutura de fixação do falante, e a energia acústica, que é entregue ao ambiente, e a enorme quantidade de energia térmica dissipada. Curiosamente os três primeiros tipos são desprezíveis neste estudo quando comparadas a esta última.

O evidente mal funcionamento do sistema não está propriamente localizado no falante e sim no meio em que ele se encontra. O ar. A eficiência da transformação eletro-mecânica é razoável, e o problema consiste em transferir para o ar essas vibrações.

De acordo com o trabalho, O ALTO-FALANTE EM REGIME DE GRANDES SINAIS, apresentado pelo professor Homero, aqui na AES, em 1996, as principais razões para grandes alterações, e até mesmo a falha de um falante, são: grandes deslocamentos do cone e a elevada temperatura da bobina.

Como quase tudo no falante vira calor ou deslocamento, para que se possa alimentar o falante plenamente é preciso, primeiro, otimizar

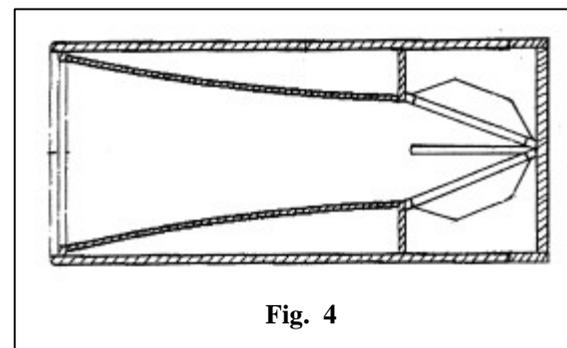


a dissipação do calor gerado na bobina, para que sua temperatura se estabilize em patamares confiáveis e, segundo, estabelecer e controlar com precisão os sinais de alimentação para que a máxima potência de entrada e o máximo deslocamento do cone não sejam ultrapassados.

Recentemente, estava fazendo um teste de campo num tipo de caixa bastante utilizado no Brasil (Fig. 4), procurando descobrir algum motivo para o que estava ocorrendo: **a deterioração rápida da bobina dos falantes que, aparentemente, funcionavam dentro das especificações do fabricante.** Eram dois falantes de 15 polegadas, com capacidade para 400W RMS, em regime de ruído rosa.

Submetendo o sistema a uma potência de 600 W RMS (300W para cada falante) com ruído rosa de faixa limitada entre 40 e 170Hz, por um curto período de 6 horas (a julgar pelo fato de que é comum um trio entrar na avenida às 6 da tarde e só sair às 6 da manhã seguinte), a temperatura nas carcaças dos falantes, atingiu 190 graus Celsius.

Comentando o fato com o Prof. Homero Sette, ele não quis acreditar que os falantes ainda estivessem funcionando. Mais tarde ele me enviou alguns papers que mostram ser comum



a bobina do falante operar de 100 a 125 graus acima da temperatura da carcaça e que os problemas com o adesivo geralmente surgem em temperaturas acima de 220 graus. Compreendi, então, a sua surpresa. Minhas bobinas estavam operando nas proximidades de 300 graus e não podiam agüentar muito tempo. Voltei ao laboratório

com uma direção certa a seguir. Nossa caixa estava funcionando como uma garrafa térmica para os falantes. Sua traseira, toda de madeira grossa, retinha o calor e provavelmente a temperatura ambiente no seu interior não estabilizaria nunca.

A primeira tentativa de solução já foi surpreendente. Trocando a tampa traseira da caixa por um dissipador de alumínio, conseguimos estabilizar a temperatura das carcaças num curto espaço de tempo em 80 graus, permanecendo assim até o final das 6 horas de teste, o que permitiu às bobinas operarem numa temperatura máxima estimada de 205 graus. O problema acabou.

Como experiência de laboratório e para obter melhores dados, fiz o mesmo trabalho com uma pequena caixa do tipo suspensão acústica (caixa fechada) de subgraves, com pequeno volume na câmara (15 litros), com um falante de 12 polegadas modelo 12SW2, especificado para 150 W RMS, da Selenium. Isto foi feito porque esta caixa provavelmente devia ter os mesmos problemas térmicos que a anterior e queríamos otimizar o projeto.

Condições do teste

Temperatura ambiente: Variando entre 22 e 27 graus.

Potência aplicada na caixa: 100 W RMS, com ruído rosa de banda estreita, de 35 a 170Hz.

Na **Fig. 5** vemos o curso da temperatura da carcaça e a correspondente temperatura da bobina do falante, na sua forma original, com má dissipação. Note que depois de 480 minutos de operação a temperatura da carcaça ainda não tinha estabilizado e a temperatura da bobina já havia atingido uma temperatura perigosa de 240 graus.

Na **Fig. 6** vemos o curso da temperatura da carcaça e a correspondente temperatura da bobina do falante na caixa com dissipador. Note que depois de 120 minutos de operação, a temperatura da carcaça já havia estabilizado em 60 graus e a temperatura da bobina em 170 graus, permanecendo estável até o final do teste.

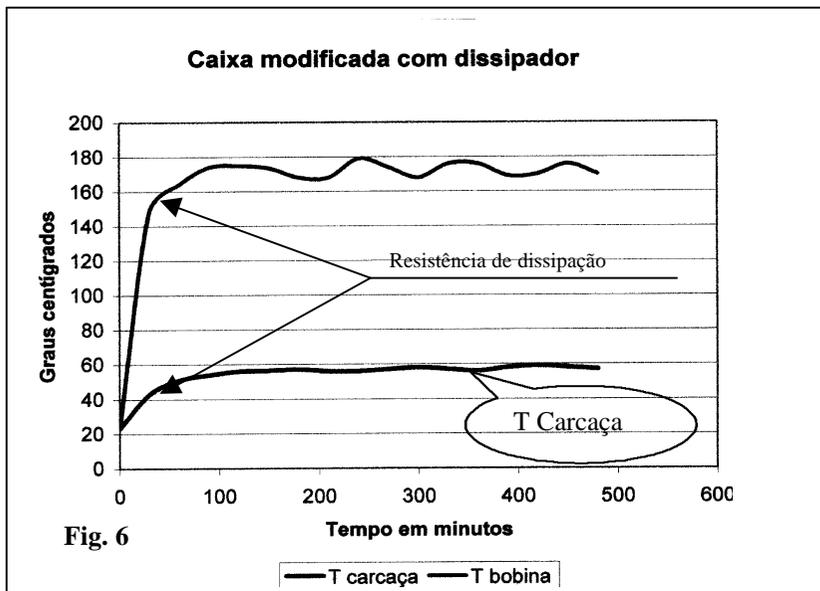
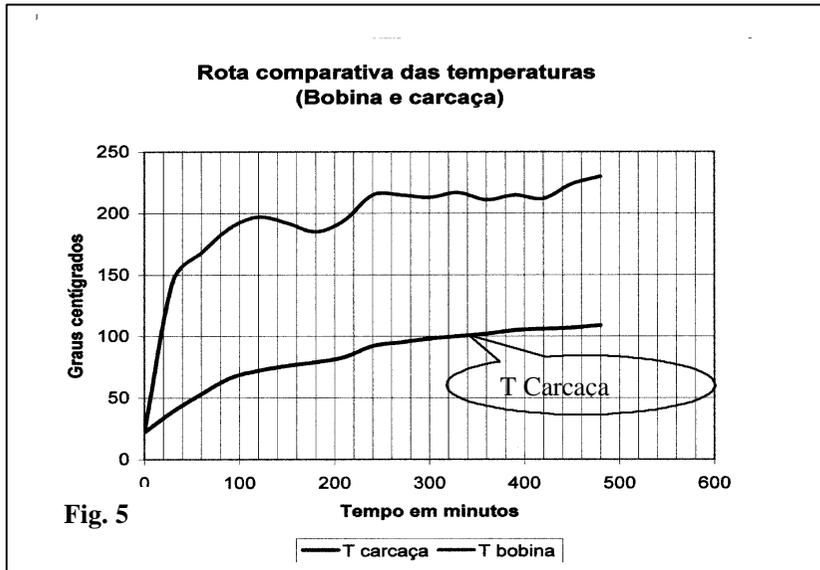
Assinalados com flechas, no gráfico, existem dois pontos importantes. São deles que se extraem as informações sobre a inércia térmica e a resistência de dissipação da bobina. Desses dois fatores resulta o tempo médio de integração prático, que se pode usar na obtenção do fator de crista real tolerado pelo sistema.

Caixa refletoras de graves

Aparentemente a caixa refletora de graves não deve apresentar maiores problemas térmicos, uma vez que seu duto faz comunicação entre os ambientes interno e externo da caixa. Mesmo assim, como curiosidade, conseguimos melhorar em **20 graus** o desempenho térmico de uma caixa refletora de graves em que a carcaça do falante estabilizava originalmente em 95 graus.

Características do sistema: Volume 165 litros sintonizado em 40 Hz, com um falante 18 polegadas WPU1805 da Selenium, alimentado por um amplificador de 1500 W RMS senoidal em 8 ohms, ajustado para fornecer 370 W RMS de ruído rosa.

A caixa, originalmente, tinha seus dois dutos de 10 centímetros colocados na parte de baixo do painel frontal. Na modificação, colocamos um dos dutos na parte de cima do painel frontal, permanecendo o outro embaixo. Esta modificação acrescentou à dissipação de calor da caixa um efeito chaminé, que facilitou a troca de calor com o ambiente.



A CARACTERÍSTICA REATIVA DO FALANTE, COMO CARGA

Como já comentei anteriormente, os alto-falantes são cargas altamente reativas, bem diferentes de um resistor de 8 ou 4 ohms.

Podemos ver na fig. 7, um exemplo típico das características do módulo da impedância e da fase em um falante de graves, medidas ao ar livre, na região de trabalho do nosso exemplo. É verdade que não se usa um falante de graves fora da caixa acústica mas, a caixa, neste caso, iria alterar muito pouco o que queremos mostrar.

Podemos ver na fig. 9, indicada pelas flechas, uma região onde o falante de graves é muito utilizado, e que se situa entre 40 e 100Hz. É justamente nesta região que se localizam as frequências do bumbo da bateria e as mais graves do contrabaixo.

Por coincidência, é nessa região que o falante se comporta como uma carga muito hostil para o amplificador. Podemos ver no gráfico, que nesta região o módulo da impedância apresenta aproximadamente 7 ohms e que sua fase é negativa, variando entre -45 e -10 graus. Isto mostra que a impedância do falante, nesta região, é bastante capacitiva. Quando o amplificador excita o falante nesta faixa do espectro, a corrente no falante se adianta em relação a tensão, como podemos ver na Fig. 8. Este simples fato, faz com que apareça, a cada semi ciclo de sinal, um instante em que a tensão na saída do amplificador é zero, mas a corrente, ao contrário, está bastante elevada (no ex. a 50% do valor de pico). Ver detalhe.

Aparentemente nada de novo, mas o curioso é que esta circunstância, do ponto de vista do circuito de proteção, da maioria dos amplificadores, é confundida com um curto na saída do equipamento, que é **corrente alta na ausência de tensão**. No detalhe, vemos um sol sustenido de baixo elétrico (52Hz), com um instante de tensão zero e corrente de aproximadamente 7 A (10A de pico).

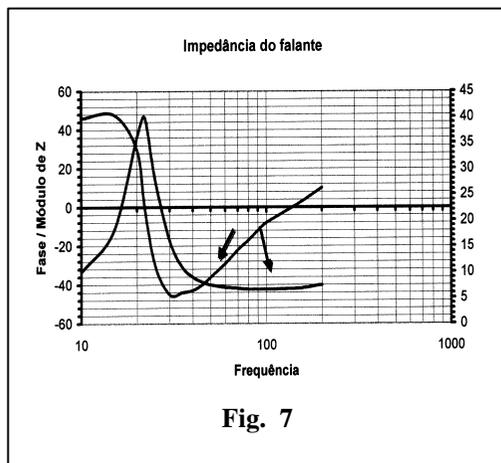


Fig. 7

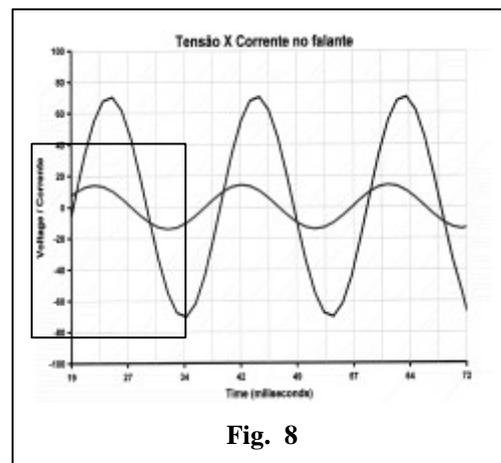


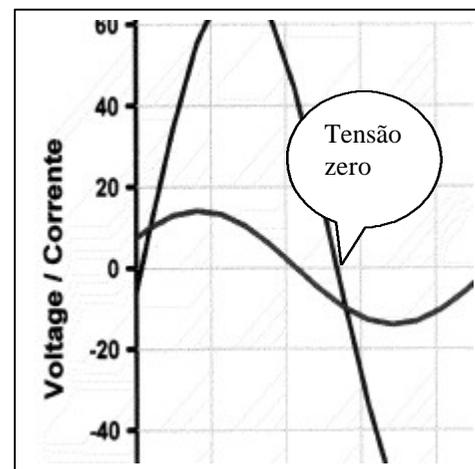
Fig. 8

Um amplificador de 1250 W RMS, em 2 ohms, por exemplo, tem 50 Volts de tensão na saída. Especificado para carga de 2 ohms resistivos, tem capacidade para correntes de 25A RMS (35A de pico). Com esta capacidade, já seria recomendável usar só 3 falantes (21 A RMS, 30A de pico) na saída do amplificador, sem considerar a parte reativa da impedância do falante.

Infelizmente as especificações da maioria dos amplificadores não traz nenhuma informação sobre as características da carga alimentada pelos falantes.

Eu acredito que a informação completa do fabricante deveria ser: Impedância mínima de carga sugerida: **X ohms ± Y graus**.

Uma parte dos fabricantes de caixas já deve ter percebido a intolerância dos amplificadores à cargas muito reativas e têm tomado cuidado nesse sentido, colocando no divisor passivo da caixa, elementos adicionais com essa finalidade. O amplificador consegue fazer a caixa soar melhor.



Os projetistas de amplificadores têm mostrado, progressivamente, maior interesse em equacionar esses problemas. A safra mais recente de aperfeiçoamentos colocados nos amplificadores já possibilita operação com cargas cuja a fase da impedância varia entre ± 60 graus.

LIMITADORES DE POTÊNCIA

Nós temos visto, até aqui, somente casos em que o amplificador precisa ser maior, para poder alimentar adequadamente o falante, mas não é sempre assim. Quando temos falantes com menor capacidade de potência, é indispensável limitar a energia que pode sair do amplificador. Como a sensibilidade de entrada do amplificador é constante, para fazer isto basta limitar o sinal de entrada.

É impossível limitar um amplificador que está reproduzindo um programa musical exatamente na sua máxima potência, devido à natureza dinâmica do programa.

Limitações com elevada relação de compressão não resolvem. A própria fonte do amplificador faria esse papel, clipando. Daí a necessidade de se limitar um sistema com processadores que preservem um pouco mais o fator de crista original.

Outro aspecto importante, é que é impossível limitar a potência em um sistema com faixa ampla. Cada faixa de frequência precisa ter o seu compressor com relação de compressão, limiar, ataque e realização, ajustados conforme o tipo de falante e a faixa de frequência.

É importante saber que fica impossível ajustar bem um compressor para uma banda passante maior que 2,5 oitavas. Exemplo: alem de 40 à 200Hz, ou alem de 200 à 1200Hz etc.

Hoje, já é possível encontrar no mercado amplificadores que incorporam crossover e limitador de potência associados. Acredito que seja um grande passo na direção da otimização do funcionamento, com instalação e operação bastante simples.

O SISTEMA

Se estamos convencidos de que os falantes tem especificações corretas e que para alimenta-los plenamente precisamos de amplificadores bem mais potentes do que atualmente utilizamos, o que pode estar emperrando este processo ?

É comum ouvir histórias sobre o falante de 18 polegadas, 400 W, que queimou rapidinho e por várias vezes, quando ligado a um amplificador que só dava 300 W (**mas que clipado dava 600 W RMS e respondia até 5 Hz**) !

Se foi rápido, certamente não era problema térmico da caixa, mas a história continua.

Em alguns casos, o falante estava novo mas a bobina estava preta. Sem dúvida excesso de potência.

Em outros, a bobina não tinha nada mas soltou do cone e a aranha estava rasgada. Sintoma característico de excesso de deslocamento.

O que vai acontecer então quando este falante for ligado à um amplificador de 1500W? Tudo ou nada, dependendo do condicionamento que for dado ao sinal que pode sair do amplificador

Se ajustarmos o amplificador para uma resposta de frequência de 35 a 200Hz e para máxima potência de saída de 370 W RMS com fator de crista de 9dB, nosso falante irá durar vários anos e tocará como nunca.

Sabemos que todo usuário profissional está sempre a procura de desempenho com preço, a primeira objeção então seria sobre o provável alto preço dessa brincadeira.

Na realidade, estes amplificadores não são mais caros, pois o preço de um amplificador é diretamente proporcional a potência útil que ele pode fornecer e esta não mudou praticamente. A potência útil é quem dimensiona seus itens mais caros que são sua fonte e eletrônica do estágio de saída. Devemos ainda somar a essas características o enorme ganho em desempenho adicionado ao sistema, aliado a redução de periféricos adicionais que seriam necessários.

Podemos encontrar hoje no mercado vários tipos de caixas altamente confiáveis para PA e monitor, já com amplificação incorporada. Sua característica mais marcante é o desempenho surpreendente quando comparadas com as similares em termos de falantes.

Estes projetos integrados que chamamos de caixas assistidas ou processadas, se fazem valer de toda essa técnica para atingir esses resultados.

Felizmente esses amplificadores com processador já existem no mercado nas mais variadas potências, de 100 a 2500 W RMS por falante, com ajustes precisos de fator de crista e resposta de frequência e vão permitir a implementação de sistemas discretos inteligentes.

AGRADECIMENTOS.

Quero agradecer a todos vocês, profissionais e amantes do áudio, que sempre me incentivam a prosseguir neste trabalho. Aos meus companheiros de trabalho e pesquisa, Prof. Homero Sette, Mestre Rosalfonso Bortoni e ao amigo Samuel Nunes Monteiro, meu filho, pela leitura dos computscritos e pelos insistentes pedidos para que eu executasse este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- (1) Ben Duncan, High Performance Audio Power Amplifiers, Newnes 1997.
- (2) Carlos Correia, Projeto de caixas para Trio com falantes Selenium e comunicações particulares, 1980 a 2000.
- (3) Homero Sette, Análise e Síntese de Alto-falantes e Caixas Acústicas pelo Método de Thiele-Small, H Sheldon 1996.
- (4) Leo L Beranek, Acoustics, McGraw Hill 1954.
- (5) Martin Colloms, High Performance Loudspeakers, Wiley 1988.
- (6) Rosalfonso Bortoni, Análise Dimensionamento e Avaliação de estágios de potência.
- (7) Vance Dickason, Trad. Prof. Homero Sette Silva, Caixas Acústicas e Alto-falantes, H Sheldon 1993.
- (8) Especificações técnicas de amplificadores de vários fabricantes.
- (9) Especificações técnicas de alto-falantes de vários fabricantes.