

Bobinas Móveis e as suas principais características:

Iniciarei aqui um breve estudo dos alto-falantes, e dos seus principais componentes. Irei escrever alguns textos relacionados ao assunto, tentando detalhar ao máximo peça a peça, para depois falarmos sobre a montagem, reforma e levantamento dos parâmetros dos alto-falantes.

Como inicio desse trabalho, falarei do coração do alto falante, a **bobina móvel**.

Como todos sabem o alto falante é um elemento eletro-mecânico-acústico, pois transforma a energia elétrica enviada pelo amplificador em energia mecânica, e depois transforma essa energia mecânica em energia acústica, ou simplesmente no som, como o conhecemos.

O grande detalhe é que para o alto-falante eletrodinâmico (esse é o do tipo convencional que todos nós conhecemos) fazer todas essas transformações ele dissipa em forma de calor 95% da energia fornecida pelo amplificador (e isso considerando alto falantes de qualidade), isso quer dizer que de cada 1000Wrms aplicados nos bornes de um alto falante, teremos apenas 50W de potência acústica.

Nos últimos 30 anos, os alto-falantes não evoluíram praticamente nada em sua construção, e devido a este fato, toda a tecnologia tem se voltado aos amplificadores cada vez mais fortes, e quem tem sofrido cada vez mais com esse fato são os alto-falantes, ou melhor, as bobinas móveis.

A bobina móvel é a responsável pela transformação da corrente elétrica alternada que passa pelas suas espiras, em um campo eletromagnético, campo este que quando tem a mesma polaridade do conjunto magnético, faz com que a bobina seja repelida pelo conjunto magnético, fazendo com que o cone do falante se movimente para cima, e quando o campo magnético for de polaridade oposta, a bobina é atraída para o interior do conjunto magnético, fazendo com que o cone se movimente para baixo. A força com a qual a bobina é atraída ou repelida pelo conjunto magnético, é proporcional a amplitude do sinal aplicado, o comprimento do fio da bobina dentro da região linear de campo magnético (GAP), e da força do conjunto magnético.

O número de vezes que a bobina se movimenta é toda em função da frequência aplicada no alto-falante, sendo assim, se enviamos um sinal de 60hz para o alto falante, a bobina sobe e desce 60 vezes em apenas 1 segundo, dessa forma quando o sinal é de 20 Khz ela faz isso 20.000 vezes no mesmo 1 segundo.

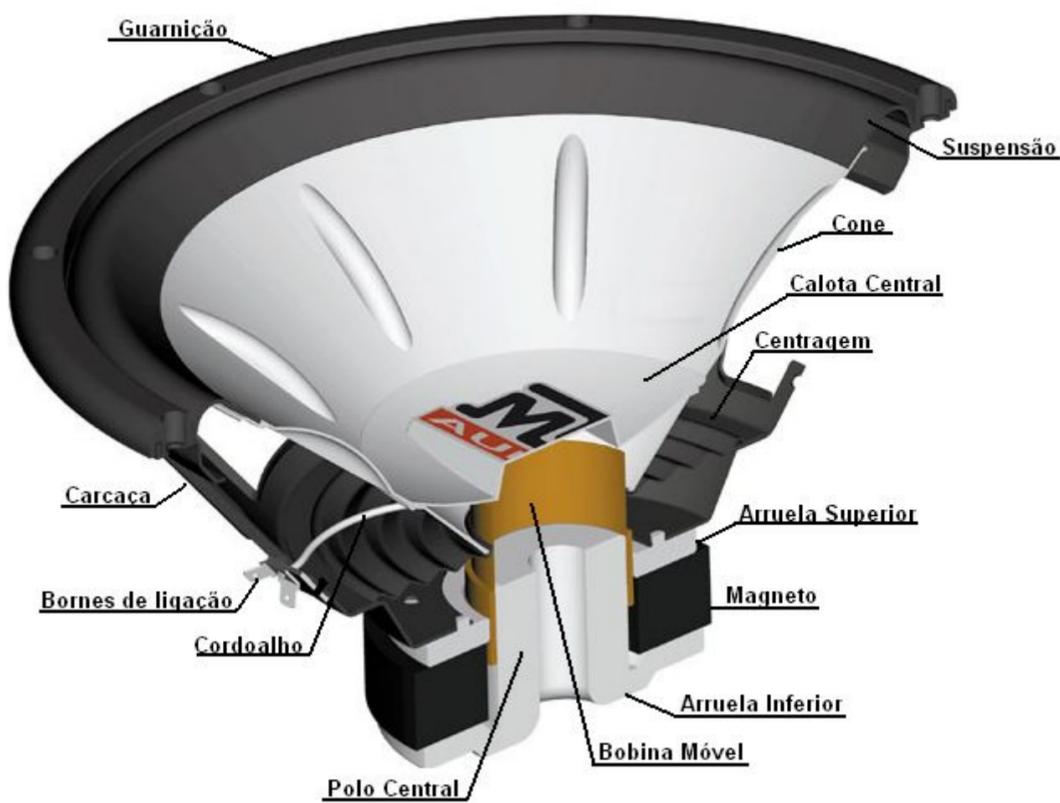


Figura : Vista Geral do Alto-Falante e seus principais componentes

Após uma pequena revisão na construção e funcionamento do alto-falante, agora iremos falar especificamente das bobinas. Basicamente existem dois tipos de bobina móvel, a chamada bobina curta e a bobina longa.

Bobina Curta:

A bobina curta, como o próprio nome já diz, é a bobina com baixa altura do enrolamento, nesse tipo de montagem, o enrolamento da bobina é sempre menor que a altura das peças polares, sendo assim, o alto-falante trabalha sempre com toda a bobina dentro do campo magnético mesmo quando está excursionando, esse tipo de bobina é difícil de ser encontrada nos alto-falantes hoje em dia, apesar de proporcionar boa sensibilidade em função da menor quantidade de fio na bobina, e um alto βL para bobinas com poucas espiras, porém as peças polares devem ser de espessura maior, e as peças polares, são as peças de maior custo no alto-falante, sendo assim, bom alto-falantes de bobina curta são caros, e esse tipo de bobina é pouco utilizada em subwoofers, visto que seu X_{max} é normalmente pequeno, o X_{max} desse tipo de bobina é definido pela fórmula abaixo:

$$X_{max} = \frac{\text{Altura da Peça Polar} - \text{Altura do enrolamento da bobina Móvel}}{2}$$

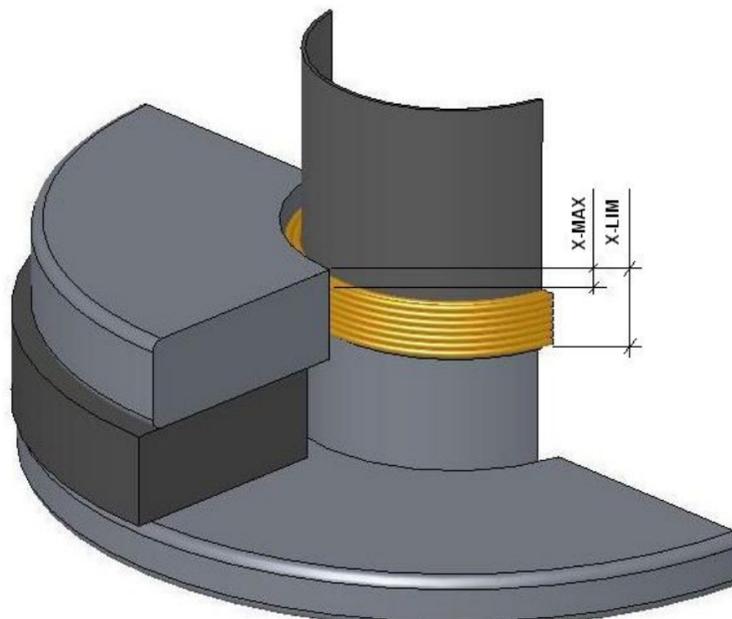


Figura: Esquema de montagem para de bobina curta



Figura: Modelo de Bobina Curta

Bobina Longa:

Já os alto-falantes de bobina longa, têm a altura do enrolamento da bobina sempre maior que as peças polares, na intenção de aumentar a excursão, trabalhando sempre com um mesmo numero de espiras dentro do conjunto magnético. Esse tipo de alto-falante é o principal fabricado nos dias de hoje, em função de sua maior versatilidade, e do menor custo, como as bobinas curtas são pouco utilizadas, daremos uma ênfase maior, no estudo das bobinas longas, o Xmax desse tipo de bobina é definido pela formula abaixo:

$$X_{max} = \frac{\text{Altura do enrolamento da bobina Móvel} - \text{Altura da Peça Polar}}{2}$$

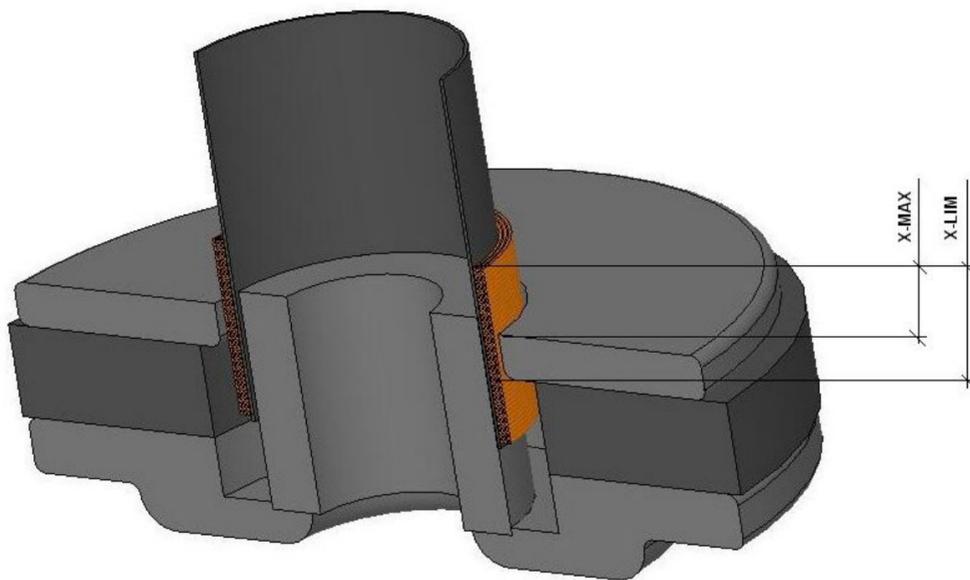


Figura: Esquema de montagem para de bobina Longa

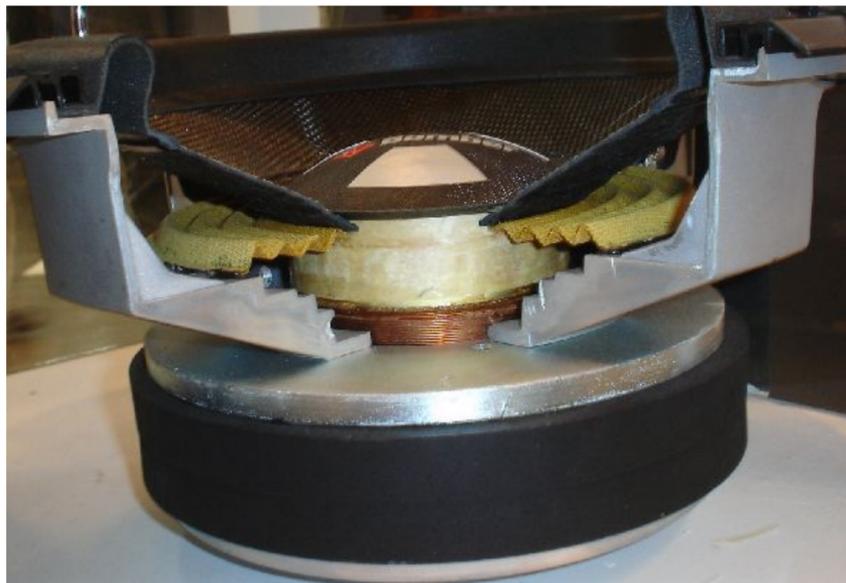


Figura: Modelo de Bobina Longa

A bobina móvel de um alto-falante, é basicamente construída a partir de um montante de fio de cobre enrolado em uma forma que pode ser de variados tipos de materiais, como cada material na natureza tem características particulares, iremos destacar os principais materiais utilizados na construção de forma de bobina, e os mais variados tipos de fios e formas de enrolamento das bobinas móveis.

Os materiais da Forma da Bobina Móvel:

A forma tem a função de sustentar a bobina e ligá-la ao cone e a centragem, de forma que o movimento axial da bobina seja transferido ao cone, para que o alto-falante produza a pressão sonora. A forma como todas as outras peças do alto-falante tem sua importância e suas particularidades.

Nos alto-falantes menores ela deve ser leve de modo a proporcionar elevada sensibilidade, já nos alto-falantes maiores ela ser resistente devido aos elevados esforços aos quais esses falantes são submetidos a elevados níveis de potência.

Segue abaixo um pequeno resumo, dos três principais materiais utilizados na construção das formas da bobina móvel.

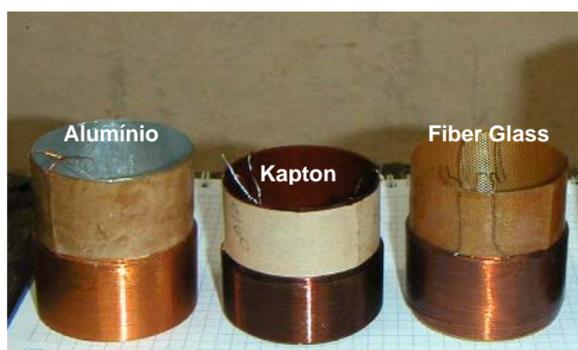


Figura – Tipos de Forma

Alumínio: É material mais usado como forma de bobina móvel para alto falantes, de baixo a médio custo, o alumínio além de ter o principal atrativo para os fabricantes, que é o baixo custo, também tem outras particularidades que fazem dele o principal material para utilização nesse fim, como a ótima dissipação de calor gerado pela bobina, melhorando assim a estabilidade térmica. O alumínio também tem boa rigidez estrutural, suportando muito bem os esforços axiais ao qual o alto-falante está sujeito.

Em contrapartida, o alumínio tem problemas de dilatação térmica, visto que as bobinas ultrapassam fácil os 150°C, causando assim deformações na forma, outro problema, é o fato do alumínio ser condutor, e a forma deve ser revestida com verniz isolante.

Os fabricantes na tentativa de minimizar os problemas de dilatação térmica do alumínio têm inventado as mais variadas soluções, uma interessante, são os cortes na forma, deixando pequenos espaços entre os cortes, para que numa eventual dilatação, a forma não varie seu diâmetro nominal, evitando assim que a bobina raspe no pólo ou que a forma se deforme. Em resumo o alumínio é um material barato que deve ser utilizado em falantes de baixo a médio custo e de potencia nominal de baixa a media.



Figura 02 – Bobina com forma em alumínio para subwoofer de 12” diâmetro 64mm

Kapton®: É um material patenteado pela Du Pont, o Kapton é uma fibra de poliimida, tecnologia utilizada pela Nasa, o Kapton tem ótima estabilidade térmica, suportando muito bem as temperaturas entre 200 ~ 250°C a qual as bobinas de alta potência são submetidas.

Esse material também é utilizado na industria eletrônica, nos conhecidos “Flat Cable”, devido ao fato do material suportar muito bem a deformações e também ser isolante elétrico. Por estes motivos, o Kapton é um material bem mais caro que o anterior.

Ele não dissipa o calor tão bem como o alumínio, mas também não “sofre” com o calor como o alumínio, tendo a vantagem de ser mais leve, minimizando a Mms (massa móvel do falante) melhorando assim a sensibilidade de falantes pequenos, e até de drivers de compressão e tweeters, sendo o principal material nessas aplicações.

Em woofers e subwoofer onde a massa do cone, e do fio da bobina é muitas vezes maior que a massa da forma essa vantagem acaba não existindo.

O Kapton é o material com a maior versatilidade dentre todos os materiais utilizados como forma de bobinas móveis, sendo indicado para quase todo tipo de aplicação.

A única “restrição” seria nos subs e woofers de altíssima potencia, pelo fato da pouca espessura do filme de Kapton, o mesmo acaba não suportando os elevados níveis de esforços aos quais esse tipo de alto-falante é submetido.

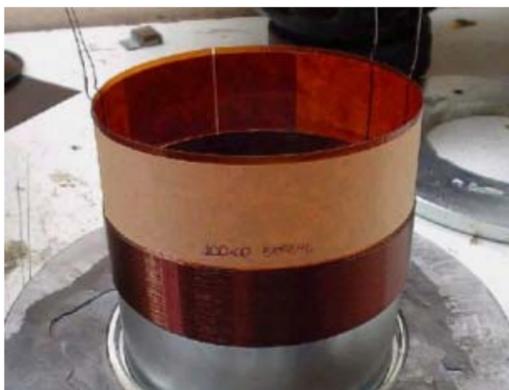


Figura 03 –Bobina com forma em Kapton para subwoofer de 12” diâmetro 100mm

Fiber Glass: Devido a sua maior massa, as formas em fiberglass, ou simplesmente fibra de vidro, são utilizados apenas em woofers pesados e subwoofers devido a sua alta resistência mecânica e sua boa estabilidade térmica. Esse material é utilizado nas mais variadas espessuras e densidade dependendo diretamente da aplicação.

Material de custo mais elevado é pouco usado, visto apenas em alto-falantes caros e de altas potências. Normalmente como esse material não é bom dissipador de calor e é usado em altas potencias, ele sempre está aliado a novos sistemas de ventilação, como carcaças com abertura lateral para ventilação, ou com arruela inferior com múltiplos furos para ventilação.

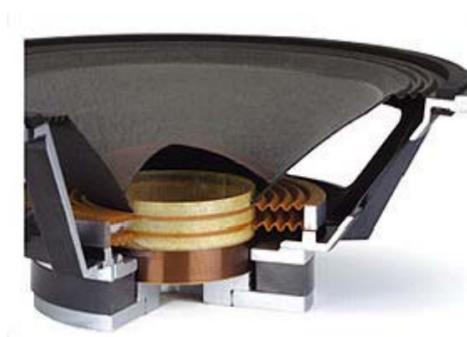


Figura 04 –Bobina com forma em Fiber Glass num woofer de 21” diâmetro 150mm

O papel também era utilizado a algum tempo atrás como forma de bobina, e não foi citado no texto acima, visto que nos dias de hoje, é quase impossível se ver uma bobina móvel com forma utilizando esse tipo de material.

O papel além de ter baixa resistência, não suporta as altas temperaturas que as bobinas suportam nos dias de hoje.

Os materiais do Fio da Bobina Móvel:

Com relação ao fio da bobina, como não poderia ser diferente, este também é fabricado em diversos materiais e nas mais variadas formas. O mais comumente encontrado é o fio de cobre (cerca de 99%), porem existem também os fios de alumínio, e alumínio revestido de cobre, que podem ter a forma redonda, quadrada, retangular, ou achatado, todos na tentativa de aumentar a eficiência dos alto-falantes.

Abaixo segue uma breve descrição de cada um dos materiais:

Cobre: Principal material para enrolamento de bobina, o cobre é o material de baixa resistência elétrica e baixo custo, facilmente encontrado em qualquer lugar do mundo. Porém tem elevado peso específico, deixando as bobinas maiores e pesadas devido a quantidade de fio empregado, porém é facilmente soldado com estanho. Em falantes como Woofers e Subs onde o peso do cone é grande, as bobinas com fio de cobre são as melhores, devido a menor resistência elétrica e a melhor condução do calor que o cobre proporciona.

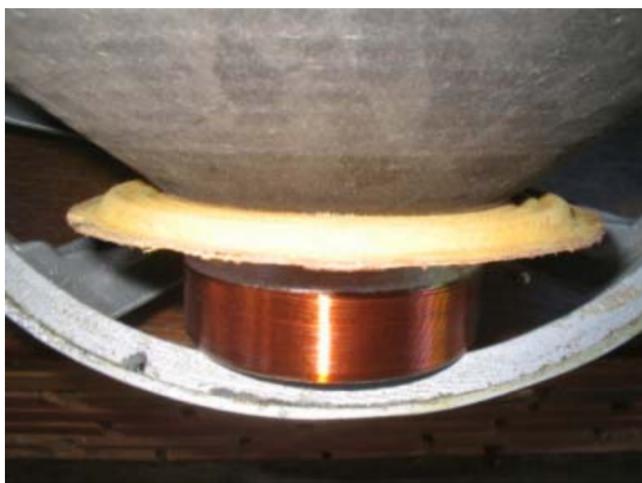


Figura 05 –Bobina de Fio redondo de Cobre

Alumínio: Material versátil, que além de forma, também pode ser usado como fio, tendo a vantagem de ser bem mais leve que o cobre, elevando assim a sensibilidade e resposta dos falantes em médias e altas frequências. Porém tem maior resistência a passagem de corrente elétrica e apesar de ser ótimo dissipador de calor não o conduz com a mesma eficiência do cobre, além de não ser nada fácil de soldar. Tem sua aplicação mais voltada para drivers de compressão e tweeters, sendo a pouco tempo utilizado por alguns fabricantes em bobinas de woofers e subs prometendo maior eficiência.

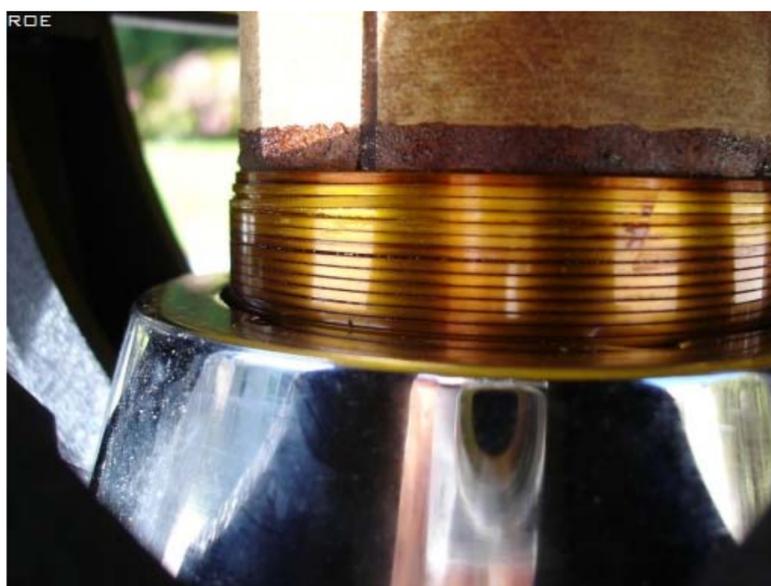


Figura 06 –Bobina de Fio Chato de Alumínio

Alumínio / Cobre: O fio bimetálico une a menor massa do alumínio, aliada a melhor condução elétrica do cobre, normalmente esse tipo de fio é de alumínio revestimento externamente de cobre, uma das boas soluções para aliar menor massa das bobinas de alumínio ao melhor rendimento das bobinas de cobre, porém não é muito utilizada devido ao elevado custo, sendo mais raramente encontrada em alto-falantes nacionais.

Bobinas múltiplas:

Mais populares entre os subwoofers automotivos, as bobinas múltiplas têm tomado conta do mercado, hoje em dia, a grande maioria dos fabricantes só produz seus subs com as chamadas “bobinas dupla”, também conhecidas pela sigla em inglês DVC (dual voice coil).

Essas bobinas nada mais são, de várias bobinas enroladas todas na mesma forma. Normalmente a soma das bobinas tem a mesma quantidade de fio de uma bobina convencional.

Aliando a versatilidade na hora das ligações (permitindo a ligação de um único alto-falante a dois ou mais amplificadores), ao mito de que são mais “fortes” que as bobinas convencionais, conhecidas como “simples”, as bobinas múltiplas são as preferidas, porém envolvem muito mais que a simples facilidade na hora de “casar a impedância” com o amplificador.

Os fabricantes na grande maioria das vezes, divulgam os parâmetros Thiele-Small apenas com as bobinas em série, para que o βL (fator força) seja o maior possível, visto o maior comprimento do fio da bobina dentro do GAP, porém em nenhum momento eles citam o fato que a ligação das bobinas em paralelo, muda os parâmetros do alto-falante, mesmo que pequena, existe a variação dos parâmetros, e num projeto mais “elaborado” essa mudança nos parâmetros pode ajudar ou não.

Outros fabricantes nem sequer informam a forma com qual os parâmetros foram medidos, ficando a cargo usuário “adivinhar” como foram medidos tais parâmetros, se com bobinas em paralelo, série ou medidos em apenas uma das bobinas.

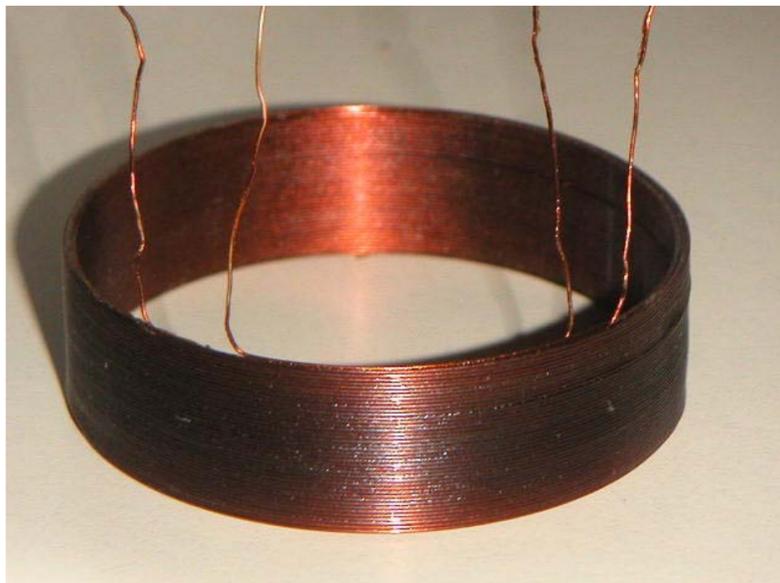


Figura 07 – Bobina dupla antes da montagem na forma.

Mas as bobinas múltiplas não se limitam apenas às bobinas duplas, hoje em dia existem as bobinas quádruplas, sêxtuplas e por aí vai....

A variação dos parâmetros nesse tipo de falante também existe, e pode ser maior ainda, visto que devido a maior quantidade de bobinas, além da possível ligação de vários amplificadores, podemos fazer varias associações entre as bobinas, como por exemplo, todas em série, todas em paralelo, ou seqüências de serie-paralelo entre elas.

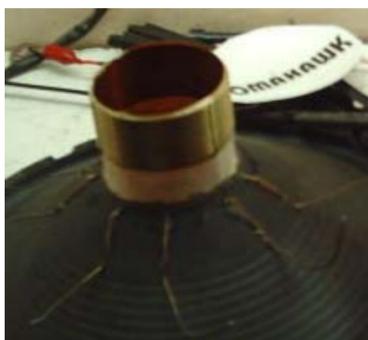


Figura 08 – Bobina Quádrupla, em forma de Kapton e fio de Alumínio em um subwoofer de competição.

Variadas formas de enrolamento da bobina:

As bobinas em sua grande maioria têm o seu enrolamento da forma convencional, com os fios enrolados um sobre o outro em várias camadas, do lado externo da forma, porem existem variações utilizadas pelos diversos fabricantes na tentativa de melhorar o rendimento dos alto-falantes, a seguir farei uma breve descrição dos variados tipos de enrolamentos existentes nos alto-falantes disponíveis hoje no mercado.

Enrolamento simples (duas camadas de enrolamento):

Esse tipo de enrolamento é mais utilizado em Woofers e Mid Bass com bobinas de elevado diâmetro, em alto-falantes onde a resposta em frequência deve ser extensa, a indutância da bobina deve ser baixa, e quando essa tem grande diâmetro, para manter a indutância baixa, as bobinas acabam tendo apenas duas camadas de enrolamento com poucas espiras (altura do enrolamento baixo).

Bobinas com enrolamento convencional terão sempre um mínimo de duas camadas por bobina, pois o fio entra na parte superior (pólo positivo), se enrola até o final da forma, formando a primeira camada, e depois sobe se enrolando em cima da primeira camada, formando a segunda camada saindo na parte superior da bobina (pólo negativo).

Como é muito difícil explicar num texto o processo de enrolamento de uma bobina, fiz uma pequena seqüência de fotos de um vídeo americano que mostra a em detalhes o processo de fabricação da bobina.



Figura 08 – Processo de enrolamento de uma bobina convencional.

Enrolamento simples (duas camadas de enrolamento):

Esse tipo de enrolamento quando a bobina tem grande diâmetro é mais utilizado em subwoofers, onde a indutância da bobina não tem tanta importância, visto que sua resposta em frequência é um tanto restrita (normalmente entre 20 a 120 hz) e devido a fato da maior massa (devido ao maior comprimento) não ser visto como problema, pois ele acaba ajudando a baixar a FS (frequência de ressonância), já quando é em bobina de menor diâmetro é usada nos demais alto falantes de bobina de pequeno diâmetro, visto que com um pequeno diâmetro, poucos metros de fios, são suficientes para mais de duas camadas de enrolamento.

Como é muito difícil explicar num texto o processo de enrolamento de uma bobina, fiz uma pequena seqüência de fotos de um vídeo americano que mostra em detalhes o processo de fabricação da bobina.

Continua.....

O artigo ainda está em construção, mas já queria dividir com os amigos o pouco que escrevi, ainda irei falar sobre as falhas, os principais defeitos e os efeitos do excesso de potência e distorção.

Como o artigo ainda é preliminar, aceito sugestões, críticas ou material para continuidade do trabalho, contato pelo e-mail: rafaelsound@hotmail.com.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Homero Sette, Análise e Síntese de Alto-falantes e Caixas Acústicas pelo Método de Thiele-Small, H Sheldon 1996.
- Vance Dickason, Trad. Prof. Homero Sette Silva, Caixas Acústicas e Alto-falantes, H Sheldon 1993.
- Homero Sette, "O Alto-Falante em Regime de Grandes Sinais" AES-Brasil, 1996
- Homero Sette, "Variação da Resistência da Bobina Móvel em Função da Temperatura" AES-Brasil, 1996
- Marcelo Lacerda, E-Book "Carros e Alto-Falantes", Autosom.net 2006.