

Printed in Brazil
Impresso no Brasil

OCCIDENTAL SCHOOLS
ESCOLA DEDICADA EXCLUSIVAMENTE AO ENSINO ESPECIALIZADO DE ELETRÔNICA - RÁDIO - TELEVISÃO E SUAS RAMIFICAÇÕES



RUA CAPITÃO SALOMÃO 59 - C.E.P. 01034 - SÃO PAULO - S.P. - BRASIL

LIÇÃO E-17
RESSONÂNCIA E SINTONIA

Como já conhecemos as relações individuais relacionadas com as propriedades das bobinas e dos capacitores, nesta lição explicaremos como utilizar os efeitos combinados destes dois componentes para selecionar as estações radio difusoras de acordo com sua frequência, ou para controlar a frequência das correntes alternadas que são produzidas ou que passam por um circuito elétrico.

RESSONÂNCIA MECÂNICA

Talvez o aluno já tenha observado que colocando dois violões idênticos, muito perto um do outro, e vibrando uma corda de um deles, a vibração desta corda além de emitir o som correspondente ao número de vibrações por segundo, fará vibrar a corda do outro violão que corresponde à *mesma corda* vibrada originalmente.

A corda ao vibrar agita o ar, produzindo uma série de compressões e rarefações de igual frequên



FIGURA 1
SEÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE EXPERIÊNCIA

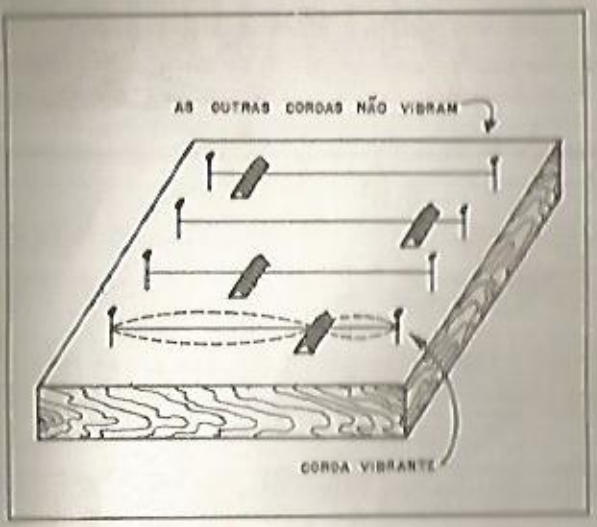


FIGURA 2
QUANDO UMA CORDA VIBRA, AS OUTRAS NÃO RESPONDEM ÀS VIBRAÇÕES PORQUE NÃO ESTÃO EM RESSONÂNCIA

cia da corda, isto é, simplesmente faz vibrar o ar. Estas vibrações se transmitem às cordas do outro violão mas, como só uma das cordas tem o comprimento necessário para seguir a velocidade das vibrações, apenas uma delas se porá em movimento. Isto acontece porque somente uma das cordas tem as qualidades mecânicas necessárias para vibrar ou seguir as vibrações de uma determinada frequência. A esta vibração damos o nome de *vibração sim pática*, pois a corda que vibra como consequência das vibrações da outra corda é a única que sente afinidade para responder a esse número de vibrações por segundo.

A figura 2 mostra um dispositivo que podemos utilizar para comprovar a mesma experiência. Neste caso temos várias cordas de violão suspensas entre pinos (clavelhas), cada uma com um cavalete que pode ser ajustado ao seu comprimento efetivo e, portanto, regular ou mudar a frequência que cada corda pode produzir. Se colocarmos todos os cavaletes em diferentes posições, notaremos que nenhuma das cordas responderá à vibração das outras, por serem de comprimentos diferentes.

Se colocarmos dois ou mais cavaletes na mesma posição e vibrarmos uma de suas cordas, notaremos que todas as cordas, cujos cavaletes estiverem colocados na mesma posição, responderão à vibração. Por esta razão, quando um corpo responde à vibração de outro, dizemos que ele está em *ressonância mecânica* com o outro corpo, isto é, ele responde ao número de vibrações por segundo do outro corpo.

Sabendo o que significa a ressonância mecânica, vejamos a forma para obter esta condição nos circuitos eletrônicos, isto é, um circuito que só responda ou permita a passagem de uma corrente alternada de uma determinada frequência (ressonância eletrônica).

RESSONÂNCIA ELETRÔNICA

Antes de iniciar as explicações de como fazer com que o circuito eletrônico responda ou deixe passar somente uma corrente eletrônica de uma determinada frequência, é necessário que repassemos os conhecimentos relacionados com as bobinas e os capacitores; é por meio destes dois componentes que podemos obter a ressonância eletrônica.

Nas lições sobre Indutores e Capacitores, aprendemos que os efeitos da reatância indutiva e da reatância capacitiva nas correntes alternadas *são opostos* pois, à medida que aumentamos a frequência da corrente, a reatância indutiva aumenta, enquanto que a reatância capacitiva diminui. Isto quer dizer que os efeitos da reatância indutiva e reatância capacitiva *são forças opos-*

tas; por isso, num circuito onde atuam uma contra a outra, devemos escolher valores de indutância e capacitância adequados para que as duas reatâncias sejam iguais em valor numa determinada frequência. O resultado total será de duas forças opostas de igual valor que se neutralizam, e seus efeitos não se manifestarão durante todo o tempo que a frequência da corrente alternada produzir reatância indutiva igual à reatância capacitiva.

Na figura 3 ilustramos um circuito mediante o qual podemos comprovar experimentalmente este fenômeno indicado. O circuito consiste de uma bobina e de um capacitor ligados em série com uma lâmpada de 60 watts para indicar a passagem da corrente. Aos componentes deste circuito em série aplicamos a tensão de um gerador de C.A. ou da linha de força.

A figura 3A mostra o diagrama pictográfico da experiência; a figura 3B mostra o diagrama esquemático e a figura 3C apresenta o diagrama equivalente ao anterior, mas com os componentes colocados em outra posição. A forma mais usada nos diagramas esquemáticos de rádio é a da figura 3C. O diagrama esquemático da figura 3B foi apresentado para mostrar que todos os componentes estão ligados em série, da mesma forma que os da figura 3C.

O circuito da figura 3 apresenta uma bobina de 0,5 henry, com núcleo ajustável, que nos permite variar sua indutância, ou seja, variando a permeabilidade do núcleo, a fim de que a indutância da bobina possa ser ajustada ao mesmo valor da reatância capacitiva do capacitor de papel de 14 UF, na frequência de 60 Hz (frequência que fará ressonar este circuito). Além disso, com os interruptores 1 e 2 podemos incluir ou excluir do

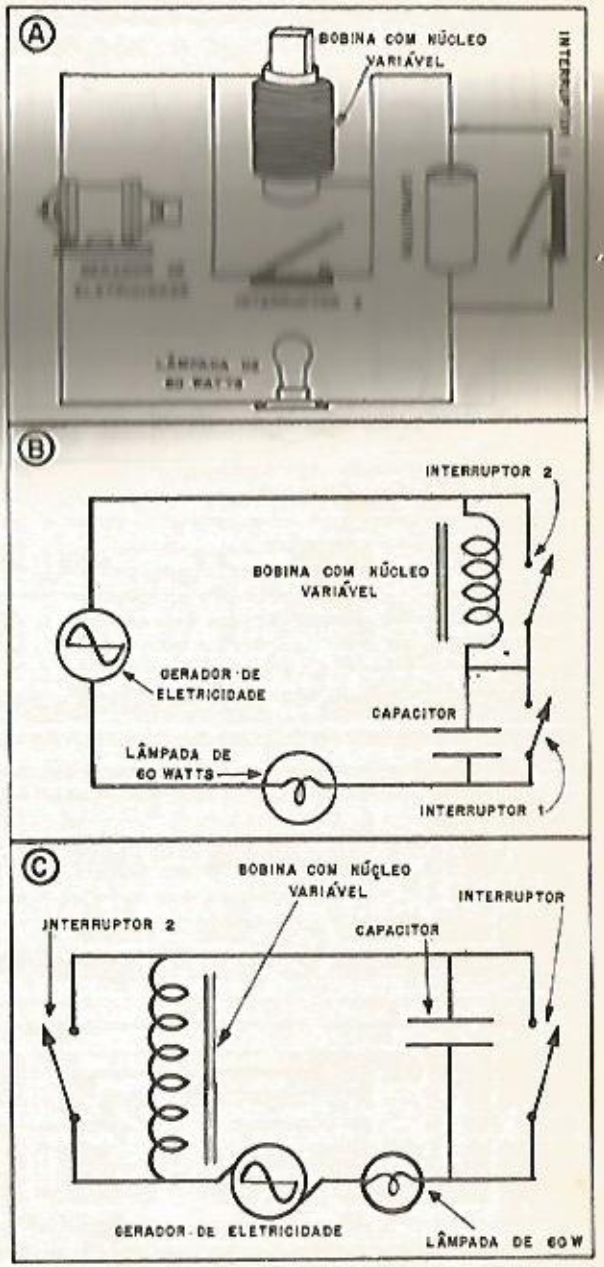


FIGURA 3
CIRCUITO QUE PERMITE OBTER RESSONÂNCIA ELETRÔNICA

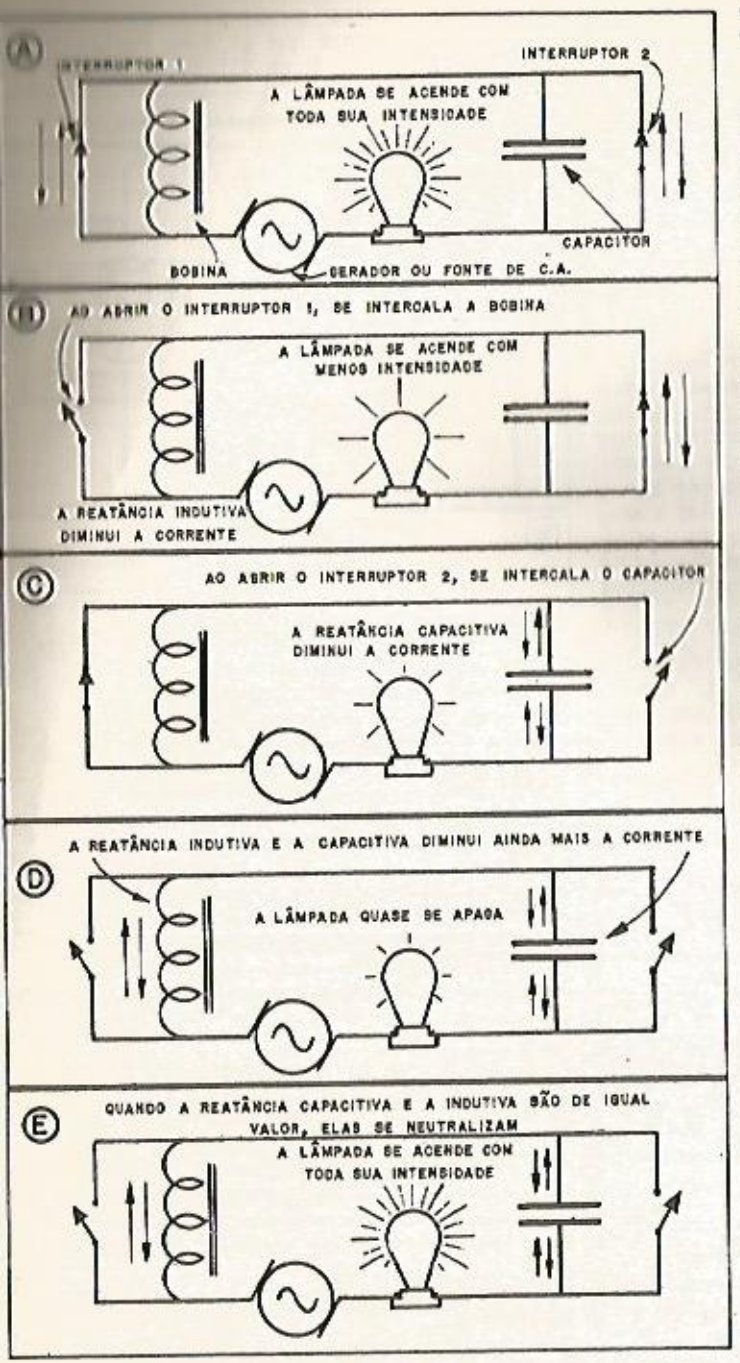


FIGURA 4
EFEITOS QUE SE OBTÊM AO INTERCALAR INDUTÂNCIA E CAPACITÂNCIA

circuito a bobina ou o capacitor.

Para iniciar a experiência, ligamos a lâmpada a um circuito de C.A. de 60 Hertz com os interruptores 1 e 2 *fechados*; a lâmpada se acenderá com toda sua intensidade, pois o circuito não apresenta reatância indutiva e nem capacitiva, posto que a bobina e o capacitor estão excluídos do circuito pelos interruptores 1 e 2 (figura 4A).

Se abrirmos o interruptor 1, isto é, intercalarmos a indutância em série com o circuito, notaremos que a luz da lâmpada diminui consideravelmente de intensidade; isto é devido à oposição que a bobina apresenta à passagem da C.A. (figura 4B). Se variarmos a posição do núcleo de Ferro em relação à bobina, notaremos que a lâmpada aumenta ou diminui de intensidade, conforme afastarmos ou aproximarmos o Ferro do centro da bobina, pois sabemos que o núcleo de Ferro afeta grandemente a indutância da bobina e, portanto, sua reatância indutiva.

Fechando o interruptor 1 e abrindo o interruptor 2,

eliminaremos a bobina e intercalaremos o capacitor em série com o circuito. Notaremos que a lâmpada se acenderá com pouca intensidade devido aos efeitos da reatância capacitiva (figura 4C).

Abrindo os dois interruptores, o circuito terá a oposição oferecida pela combinação da reatância indutiva e capacitiva. Como dissemos anteriormente, a reatância capacitiva atua em direção contrária à reatância indutiva, isto é, são forças que trabalham em direções opostas. Notaremos, então, que a lâmpada aumentará ligeiramente de intensidade porque a reatância capacitiva tende a anular, em parte, a oposição oferecida pela reatância indutiva da bobina.

Portanto, se variarmos a posição do núcleo de Ferro da bobina, notaremos que haverá um ponto em que a lâmpada se acenderá com intensidade quase igual a que obtivemos quando os dois interruptores estavam fechados. Esta condição corresponde ao ponto em que, ao variar a posição do núcleo de Ferro variamos a reatância indutiva da bobina em 60 Hertz, até obtermos um valor de reatância indutiva igual ao valor em ohms da reatância capacitiva do capacitor à C.A. de 60 Hz.

Como neste ponto os efeitos das duas reatâncias são agora de *igual valor* (mas opostas em direção), elas se neutralizam; o resultado é que a oposição total à passagem da C.A. de 60 Hertz que o circuito apresenta, é somente à resistência ôhmica do fio da bobina e dos fios do circuito. Por isso, neste ponto a lâmpada se acende com sua intensidade quase normal (figura 4E).

Variando a posição do núcleo da bobina, a luz da lâmpada diminuirá de intensidade pois, neste caso, as reatâncias não são mais iguais. Portanto, quando os efeitos da reatância indutiva e capacitiva são iguais numa determinada frequência, eles se anulam, dando ao circuito grande facilidade à passagem da corrente eletrônica dessa frequência; por isso, dizemos que o circuito está em ressonância com a frequência.

Tendo neutralizado os efeitos da reatância indutiva com os da reatância capacitiva (figura 4E), se agora variarmos a frequência da C.A., notaremos que a luz da lâmpada diminui de intensidade à medida que o gerador de C.A. produz uma frequência menor ou maior que 60 Hertz.

A figura 5 mostra o resultado desta experiência. Observe que na figura 5A a frequência do gerador baixou para 40 Hertz e, portanto, a intensidade luminosa foi reduzida consideravelmente.

Voltando à frequência de 60 Hertz, a lâmpada se acenderá ao normal (figura 5B). Aumentando a frequência para 80 Hertz a intensidade luminosa da lâmpada diminui de novo, indicando que a oposição oferecida por este circuito à essa frequência é maior.

Isto nos indica que o circuito só é ressonante *numa determinada frequência*, da mesma forma que cada corda de um violão só responde à vibração mecânica de uma determinada frequência.

A explicação técnica desta última experiência é que ao aumentar a frequência, a reatância capacitiva diminui, enquanto que a reatância indutiva aumenta.

Se ao invés da lâmpada utilizarmos um amperímetro, que nos indique a intensidade da corrente em ampères que flui pelo circuito, e repetirmos a experiência de variar a frequência do gerador, obteremos dados com os quais pode

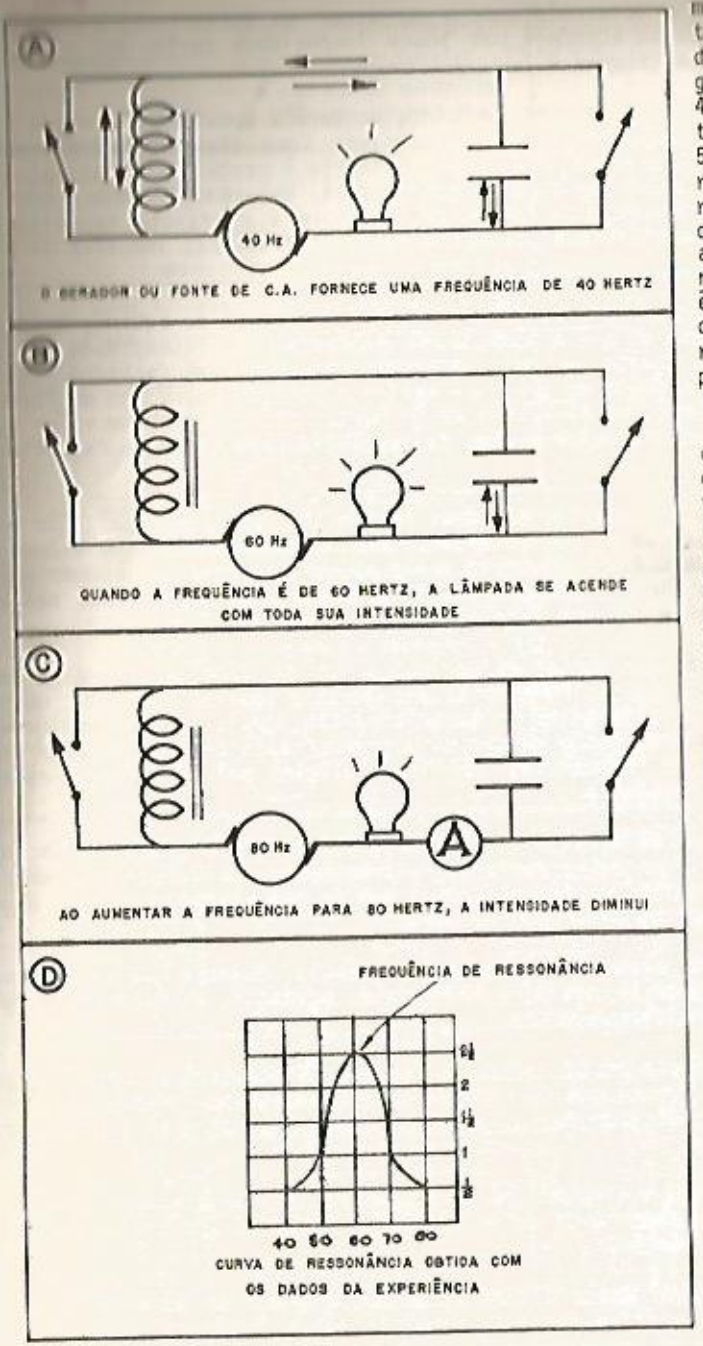


FIGURA 5
O CIRCUITO SÓ RESSONA NUMA DETERMINADA FREQUÊNCIA (NESTE CASO, EM PARTICULAR, É EM 60 HERTZ)

mos traçar a curva mostrada na parte inferior da figura 5. Nesta figura observamos que em 40 e 80 Hertz a corrente é de 0,5 ampère; em 50 e em 70 Hertz a corrente sobe para 1 ampère, pois são valores que se aproximam mais ao da frequência ressonante, que neste caso, é de 60 Hertz e com a qual obtemos uma corrente máxima de 2,5 ampères.

Estas curvas são conhecidas como curvas de ressonância, e servem para indicar graficamente a reação de um circuito ressonante com várias frequências próximas à frequência ressonante. Estas curvas são traçadas da mesma forma que as curvas características de uma valvula, isto é, colocando os valores da unidade que é variada (em nosso caso a frequência) na parte horizontal inferior, enquanto que os valores da unidade que sofre os efeitos (neste caso a corrente) são colocados na parte vertical esquerda. Com os dados obtidos na experiência, marcamos os pontos onde se cruzam as linhas correspondentes aos valores obtidos, e com a união destes pontos obtemos a curva.

Agora que explicamos a ressonância eletrônica em termos gerais e com base nas experiências anteriores, vamos descrever detalhadamente o movimento dos elétrons produzidos entre a bobina e o

capacitor e vamos dizer as razões porque a reatância indutiva e a capacitiva se anulam numa determinada frequência.

CORRENTES ELETRÔNICAS ENTRE A BOBINA E O CAPACITOR

Para estudar o funcionamento dos componentes (bobina e capacitor) que constituem o circuito ressonante, utilizaremos as figuras 6 e 7. Observe que a figura 6 é uma repetição da figura 3, com a diferença que retiramos a lâmpada incandescente; a lâmpada era utilizada para indicar a passagem da corrente eletrônica e não apresentava nenhuma reatância indutiva ou capacitiva. Além disso, observe que ao circuito da figura 6 aplicamos uma tensão de C.A. para estudar o que sucede nos diversos instantes do ciclo, conforme mostra a figura 7.

A figura 7A corresponde ao instante do ciclo em que a tensão começa a aumentar em direção positiva e a carregar o capacitor através da bobina. Observamos que, neste caso, a corrente de carga (corrente que tira elétrons na placa superior e os deposita no inferior pela ação da tensão aplicada) tem que passar pela bobina; e como esta corrente *vai aumentando*, pois a tensão aplicada corresponde aos instantes em que a tensão aumenta positivamente, é produzida uma *força contraeletromotriz* (f.c.e.m.).

Esta f.c.e.m. é de polaridade e direção oposta à corrente de carga do capacitor e, portanto, *ela se opõe à corrente de carga do capacitor*. Apesar da f.c.e.m. se opor à corrente de carga, a tensão aplicada pelo gerador é maior que a f.c.e.m. e, assim sendo, a tensão original vence esta oposição e o capacitor alcança a carga total (figura 7B). Neste instante, a tensão através das placas do capacitor é igual à tensão máxima do gerador. Além disso, nos últimos instantes em que o capacitor alcançar sua carga completa, não haverá

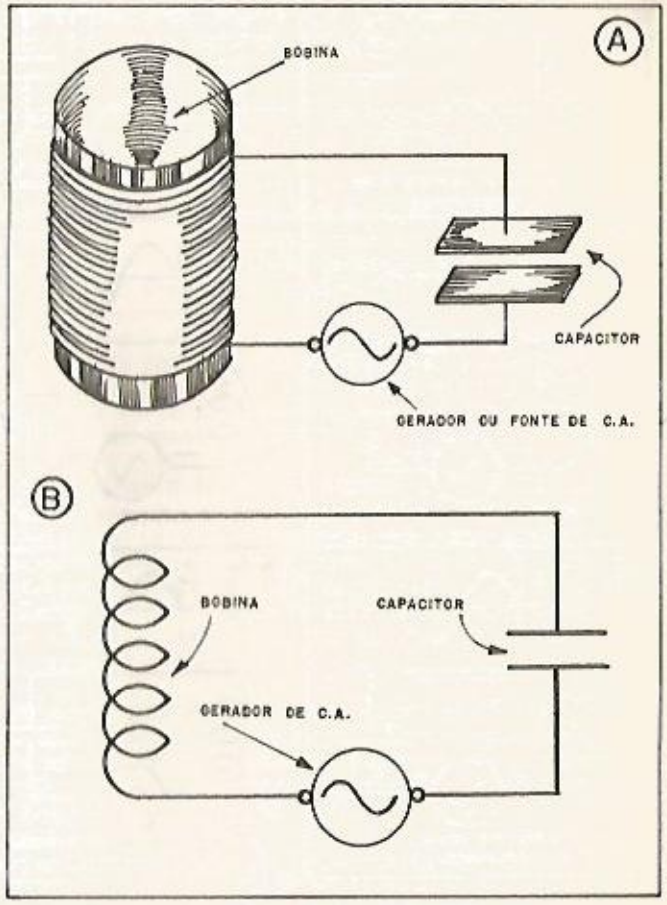


FIGURA 6
PARTES E DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DO CIRCUITO RESSONANTE ELEMENTAR

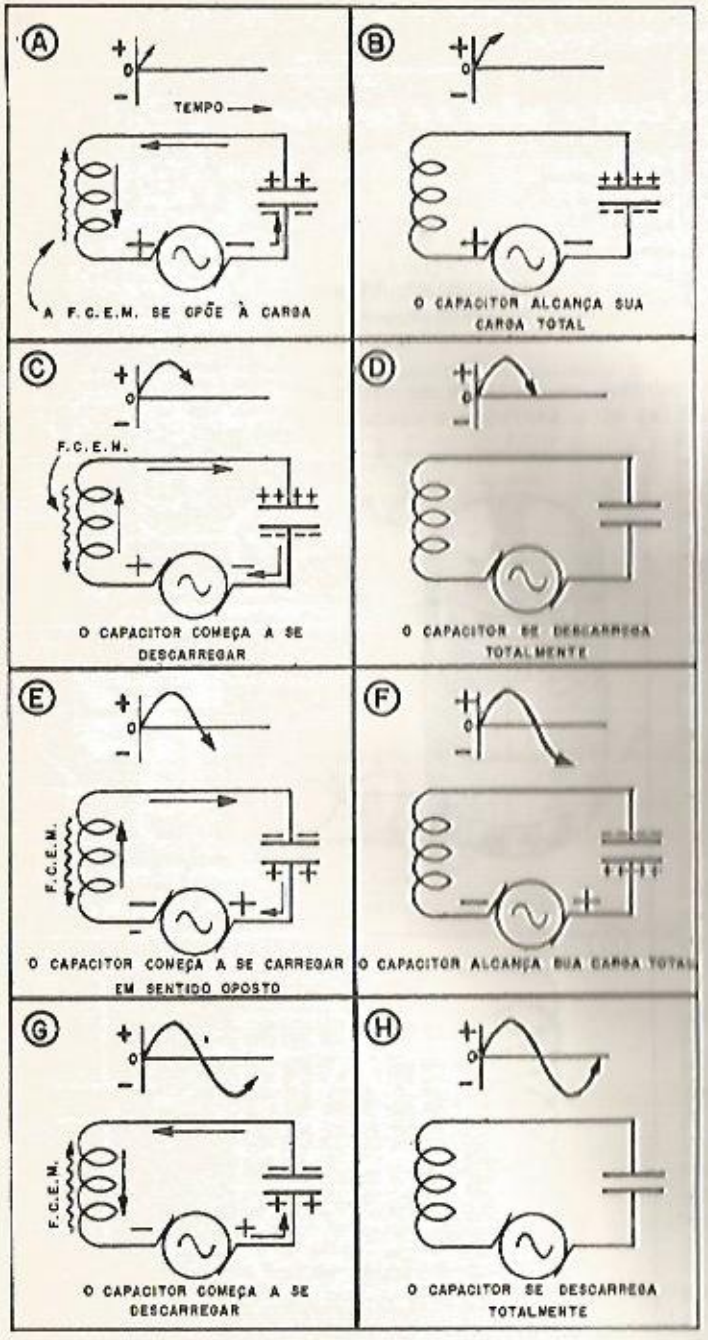


FIGURA 7
FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO RESSONANTE NOS DIVERSOS INSTANTES DO CICLO

mais corrente de carga através da bobina e não é produzida mais a f.c.e.m.

Mas, tão logo a tensão da fonte de C.A. comece a diminuir (figura 7C), a tensão de carga através do capacitor produz uma corrente de descarga através da bobina na direção indicada pelas flechas, isto é, esta corrente trata de equilibrar o número de elétrons entre as duas placas. Esta corrente de descarga vai aumentando de intensidade, à medida que a tensão do gerador vai diminuindo, para chegar a zero (figura 7C, parte superior).

Como esta corrente de descarga vai aumentando progressivamente, ela produz uma f.c.e.m. na bobina (representada pela flecha ondulante), que novamente se opõe à ação do capacitor, que é neste caso uma corrente de *descarga*.

Quando a tensão do gerador é zero (parte superior da figura 7D), a corrente de descarga supera a f.c.e.m. e o capacitor é descarregado totalmente através da bobina e do enrolamento do gerador.

Agora a tensão do gerador começa a aumentar em direção oposta (alternação negativa), produzindo uma nova corrente

de carga entre as placas do capacitor e na direção indicada pelas flechas sólidas da figura 7E. Nesses instantes, como a tensão vai aumentando progressivamente em direção ao valor máximo negativo (parte superior desta figura), a corrente de carga que tem que passar através da bobina vai aumentando também; esta corrente gera uma f.c.e.m. na bobina que se opõe à corrente de carga do capacitor. Contudo, a tensão do gerador supera a f.c.e.m. e o capacitor alcança sua carga máxima (figura 7F). No instante em que a tensão é máxima, o capacitor alcança sua carga total e, por isso, não haverá mais passagem de corrente de carga e a f.c.e.m. desaparece.

Como a tensão do gerador começa a diminuir nos instantes seguintes, o capacitor começa a se descarregar através da bobina; esta tensão produz uma f.c.e.m. na bobina, que de novo se opõe à corrente de descarga ou efeito momentâneo do capacitor. Isto está ilustrado na figura 7G; observe que a tensão negativa começa a diminuir e o capacitor a se descarregar através do gerador e da bobina, conforme mostram as flechas sólidas. Esta corrente de descarga produz uma f.c.e.m. que está indicada pela flecha ondulada.

Finalmente a corrente de descarga supera a f.c.e.m. e o capacitor se descarrega totalmente (figura 7H), pois a tensão do gerador desapareceu neste instante.

Tendo realizado todo este processo descrito, e que corresponde a um ciclo completo de C.A., a tensão do gerador inicia um novo ciclo, e voltamos à repetir os fenômenos ilustrados na figura 7.

No decorrer destas explicações, observamos que em todo instante do ciclo a f.c.e.m. produzida pela indutância da bobina se opõe aos efeitos do capacitor; ela sempre procura evitar que o capacitor se carregue ou se descarregue, ou seja, a f.c.e.m. está em oposição direta com o capacitor.

Portanto, pelas explicações que acabamos de dar, compreendemos os motivos ou as razões porque a *reatância indutiva e a capacitiva se anulam quando são de valor igual*, isto é, nos casos em que a corrente de carga ou descarga do capacitor é suficientemente forte para neutralizar a f.c.e.m. num período de tempo igual ao da variação da tensão da C.A.

Se, pelo contrário, o tempo que o capacitor demorar para se carregar ou se descarregar for maior (capacitor de maior capacitância), ele não terá tempo suficiente para se carregar ou se descarregar nos instantes do ciclo compreendidos entre os pontos onde a tensão começa a descer para alcançar o valor zero e, por isso, os efeitos de indutância e capacitância não se anulam. Por outro lado, se a indutância for de valor mais alto, a f.c.e.m. desenvolvida será maior e o capacitor não terá tempo de se carregar ou se descarregar à uma determinada velocidade, de modo a anular a f.c.e.m.

É por isso que, quando aumentamos ou diminuimos a indutância do circuito da figura 3 (aproximando ou afastando mais o núcleo de Ferro do ponto de ressonância) a lâmpada se acende menos, pois a reatância indutiva neste caso é tão elevada ou tão baixa que não podemos neutralizar os efeitos do capacitor na velocidade de variação da tensão (neste caso 60 Hertz).

O que fazemos ao variar a indutância de um circuito ressonante é algo semelhante ao produzido quando variamos o comprimento eficaz da corda de instrumento musical, que antes estava em ressonância com um determinado número de vibrações por segundo pois, ao variar seu comprimento eficaz, ela agora não poderá vibrar na velocidade necessária para seguir as vibrações da corda vibrante.

Em outras palavras, para que exista ressonância, é necessário que os valores da indutância e da capacitância sejam tais, que os efeitos de carga e descarga se realizem na mesma velocidade de variação da tensão da C.A.

Este ponto lhe será explicado com mais detalhes nas páginas seguintes desta lição; antes, vamos tratar de outros detalhes relacionados com a oposição que as bobinas e os capacitores apresentam à passagem da C.A. Esta informação lhe será de grande utilidade para analisar o fenômeno da ressonância, mesmo do ponto de vista matemático.

IMPEDÂNCIA

Como indicamos numa lição anterior, *impedância é a oposição total em ohms* que um determinado circuito apresenta à passagem de uma corrente alternada. Esta oposição total é o resultado da *combinação da resistência dos condutores e da reatância.*

Por exemplo, a impedância de uma bobina será a combinação da resistência ôhmica do enrolamento e da reatância indutiva da bobina numa determinada frequência. A reatância é calculada pela fórmula:

$$X_L = 6{,}28 \times f \times L$$

Por isso, quando conhecemos a resistência da bobina e sua reatância indutiva, a impedância é calculada pela fórmula:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

Z = impedância (oposição total)
R = resistência do enrolamento da bobina
X_L = reatância indutiva na frequência em que desejamos conhecer a impedância.

Isto quer dizer que a impedância de uma bobina não é a mesma em qualquer frequência e, portanto, sempre devemos especificá-la para uma *determinada frequência.*

Por exemplo, suponhamos que temos uma bobina que apresenta a reatância indutiva de 200 ohms na frequência de 60 Hertz, e que o fio do enrolamento tem a resistência de 5 ohms. Para calcular a impedância da bobina à passagem da C.A. nessa frequência, substituimos os valores conhecidos na fórmula:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$Z = \sqrt{5^2 + 200^2} = \sqrt{25 + 40.000} = \sqrt{40.025} = 200{,}06$$

Isto é, a impedância que esta bobina apresenta à passagem da C.A. de 60 Hertz é 200,06 ohms.

Por este exemplo, notaremos que a impedância de uma bobina é de valor quase igual à reatância indutiva da mesma, pois a resistência ôhmica do enrolamento é muito pequena em comparação com a reatância indutiva; por isso, na prática, admitimos que a impedância de uma bobina a uma determinada frequência é quase igual à reatância indutiva que a bobina apresenta a essa frequência. Contudo, é preciso diferenciar estes dois termos.

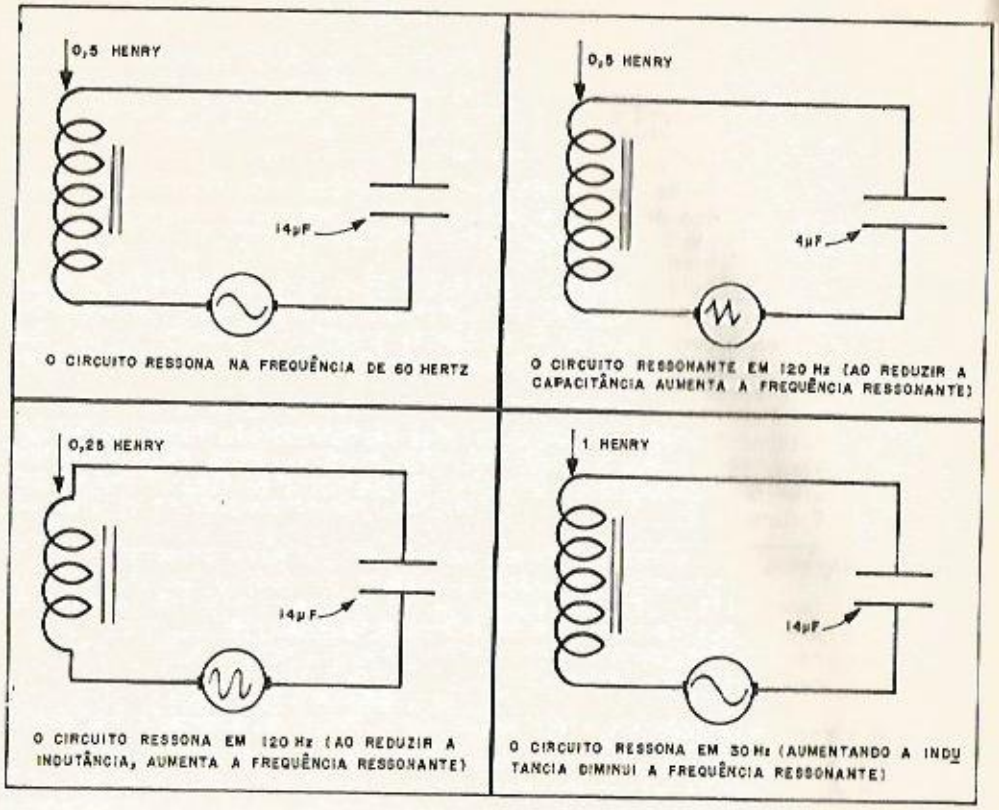


FIGURA 8
A FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA MUDA AO SE VARIAR A INDUTÂNCIA OU A CAPACITÂNCIA

Da mesma forma, a impedância de um capacitor é a oposição total que ele apresenta à passagem da C.A. numa determinada frequência, e que calculamos pela fórmula:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

Z = impedância
R = resistência ôhmica das placas do capacitor
X_C = reatância capacitiva na frequência em que desejamos conhecer a impedância

No caso do capacitor, a impedância deste é também quase igual à sua reatância capacitiva, pois a resistência das placas e de seus terminais é muito baixa para afetar a oposição total. Na fórmula podemos notar o mesmo pois, se suprimirmos o valor da resistência da fórmula, só é eficaz o valor da reatância capacitiva (X_C).

$$Z = \sqrt{X_C^2} \quad ; \qquad Z = X_C$$

Contudo, tecnicamente não é correto considerar que a impedância de uma bobina ou de um capacitor seja igual à reatância destes componentes, por mais baixo que seja o valor de suas resistências.

IMPEDÂNCIA DE CIRCUITOS COM RESISTÊNCIA, INDUTÂNCIA E CAPACITÂNCIA

Como sabemos, os circuitos ressonantes são realmente uma combinação de *resistência, indutância e capacitância*; posto que não haja resistência adicional, o circuito sempre terá a resistência oferecida pelo fio da bobina e pelas placas do capacitor.

Por isso, no caso de um circuito ter resistência indutiva e capacitiva, a impedância do circuito deve ser a oposição total que estes componentes apresentam à passagem de uma C.A. de determinada frequência.

Neste circuito, a impedância total não é igual à soma das resistências, da reatância indutiva e da capacitiva, pois como já explicamos, a reatância capacitiva atua em direção oposta à reatância indutiva, razão pela qual num circuito de reatâncias combinadas devemos subtrair a reatância capacitiva da indutiva ou vice-versa.

Como a ressonância ocorre quando as duas reatâncias são iguais em valor, elas se cancelam. Esta mesma condição observamos analisando a fórmula que nos permite calcular a impedância de um circuito que tenha reatância indutiva e capacitiva. A fórmula é:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Z = impedância
R = a soma das resistências da bobina e do capacitor
X_L = reatância indutiva
X_C = reatância capacitiva

Se a reatância capacitiva for maior que a indutiva, a fórmula é a seguinte: $Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$.

Isto é, subtraimos a reatância indutiva da capacitiva. Esta diferença entre as duas reatâncias é chamada *reatância pura*, indicada pela letra X.

Por exemplo, se a reatância indutiva numa determinada frequência for de 200 ohms e a reatância capacitiva na mesma frequência for também de 200 ohms, estes dois fatores desaparecerão (200 - 200 = 0).

Desaparecendo as reatâncias, a *fórmula é igual à resistência que o fio da bobina e das placas do capacitor* apresentam à passagem da C.A. Por este motivo, a corrente eletrônica de frequência ressonante com o circuito em série é máxima pois, nesta frequência, a C.A. só encontrará a oposição oferecida pela resistência do fio da bobina e das placas do capacitor.

É por esta razão que quando no circuito da figura 3 ajustamos a reatância indutiva para ser igual à reatância capacitiva em 60 Hertz (variando a indutância), a luz da lâmpada se acendeu com máxima intensidade, isto é, a corrente que fluiu pelo circuito foi máxima (figura 5B).

Comparando as conclusões da figura 3 com as explicações e fórmulas de impedância, encontraremos que a fórmula é realmente a representação matemática do que sucede na prática com o circuito. Por esta razão, o técnico que souber interpretar e utilizar as fórmulas poderá deduzir o que irá suceder num circuito para obter resultados satisfatórios, sem precisar experimentar às cegas.

Suponhamos, por exemplo, que não sabemos o que sucederá no caso da experiência da figura 3, porém podemos calcular qual será a impedância em ohms, pois conhecemos os valores dos diversos componentes: 0,5 henry, 14 uF e 10 ohms como resistência total da bobina e do capacitor.

Como a fórmula para calcular a impedância requer os valores da reatância indutiva e capacitiva numa determinada frequência da C.A., primeiramente teremos que calcular estes valores pelas fórmulas dadas nas lições sobre Indutores e Capacitores.

O valor da reatância indutiva de uma bobina de 0,5 henry em 60 hertz é aproximadamente 200 ohms, e o valor da reatância capacitiva do capacitor de 14 uF é aproximadamente também 200 ohms. A resistência da bobina e do capacitor é de 10 ohms; substituindo os valores conhecidos na fórmula teremos:

$$Z = \sqrt{10^2 + (200 - 200)^2}\ ; \quad Z = \sqrt{100 + 0^2} = \sqrt{100} = 10; \quad Z = 10$$

Isto é, a oposição que o circuito ressonante composto da bobina e do capacitor apresenta à passagem da C.A., quando a indutância é de 0,5 henry e à capacitância de 14 µF, é de 10 ohms. Por isso, é que a lâmpada da figura 3 se acende com luminosidade quase igual, quando ligada diretamente à linha de força, pois as reatâncias se neutralizam.

Neste mesmo exemplo, observamos que se *aumentarmos a indutância* (variando a posição do núcleo), a reatância indutiva também subirá, por exemplo, à um valor de 230 ohms; neste caso, a impedância será:

$$Z = \sqrt{10^2 + (230 - 200)^2}\ ; \Longrightarrow Z = \sqrt{10^2 + 30^2}$$

$$Z = \sqrt{100 + 900} = \sqrt{1000} = 31{,}62$$

Isto é, com uma pequena variação da reatância indutiva, a impedância no circuito será três vezes maior; como pudemos observar experimentalmente no circuito da figura 3, qualquer pequena variação na posição do núcleo fez com que a intensidade da luz da lâmpada diminuísse.

Agora que já consideramos o fenômeno da ressonância do ponto de vista matemático, vamos explicar com mais detalhes as razões pelas quais ao variar a indutância ou a capacitância, variamos a frequência de ressonância.

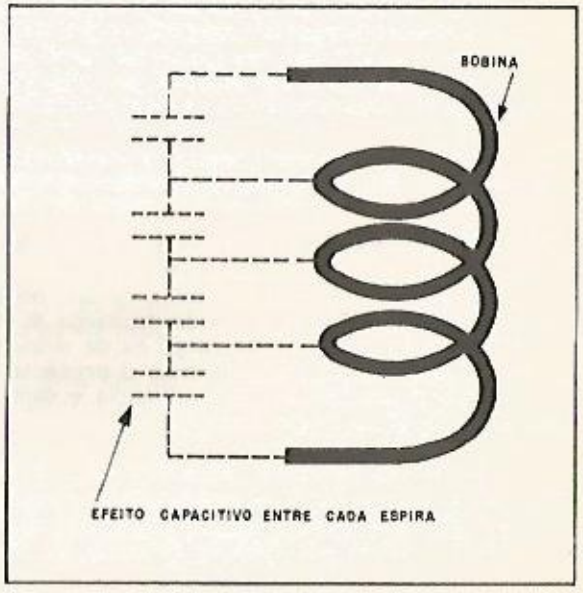


FIGURA 9
CAPACITÂNCIA DISTRIBUÍDA DE UMA BOBINA

VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA MEDIANTE A VARIAÇÃO DA CAPACITÂNCIA

Como o aluno se lembra das explicações do funcionamento do circuito ressonante, este processo consiste numa série de cargas e descargas entre a

bobina e o capacitor contra a ação da f.c.e.m. Também deve se lembrar que o capacitor requer certo tempo (frações de segundo) para se carregar e se descarregar.

O tempo que o capacitor leva para se carregar e se descarregar depende de sua capacitância e da indutância da bobina; por isso, a relação entre estes dois componentes deve ser de tal maneira a permitir que a velocidade de carga e descarga do capacitor seja igual à velocidade de variação da tensão da C.A.

Se a capacitância do capacitor for suficientemente grande para que este não possa se carregar ou se descarregar na mesma velocidade de variação da tensão de C.A., o resultado será que não haverá sincronismo entre o processo de carga e descarga e a velocidade de variação da tensão; portanto, não podem ser repetidos os fenômenos de carga e descarga que ilustramos na figura 7, pois nesta ilustração a condição principal que deve prevalecer é que o capacitor deve se carregar completamente quanto a tensão alcançar seu valor máximo e descarregar-se por completo quando a tensão chegar a zero.

Por isso, quando aumentamos a capacitância num circuito ressonante, a C.A. que pode dar tempo para produzir os efeitos de carga e descarga é uma corrente de frequência mais baixa; isto é, uma corrente cujas variações são feitas a uma velocidade menor. Em outras palavras, *aumentando a capacitância do circuito, a frequência de ressonância diminui.*

Se diminuirmos a capacitância de um capacitor utilizado num circuito ressonante, o tempo que ele leva para se carregar ou se descarregar através da bobina será menor e, portanto, a C.A. cuja *frequência* responde com a velocidade de carga *será mais alta.* Isto é lógico pois, como o capacitor leva menos tempo para se carregar ou se descarregar, o circuito completo pode responder ou estar em sincronismo com uma C.A. de frequência mais alta.

A parte superior da figura 8 mostra que se usarmos um mesmo valor de indutância e diminuirmos a capacitância, a frequência de ressonância aumentará, pois, quando utilizamos um capacitor de 4 microfarads, a frequência da ressonância é de 120 Hertz ao invés de 60, que corresponde à capacitância de 14 microfarads.

CONCLUSÃO: Se *aumentarmos* a capacitância, a frequência de ressonância *diminui* e se *diminuirmos* a capacitância, a frequência de ressonância *aumenta.*

VARIAÇÃO DE FREQUÊNCIA MEDIANTE A VARIAÇÃO DA INDUTÂNCIA

Se aumentarmos a indutância de uma bobina, a f.c.e.m. produzida nela durante o processo de carga e de descarga do capacitor será maior e, portanto, *retardará mais o efeito de carga ou de descarga.* Isto quer dizer que se *aumentarmos a indutância,* retardaremos o processo de carga e descarga e, portanto, a C.A. nessa combinação de indutância e capacitância tem que ser de frequência *mais baixa ou menos rápida.*

Em outras palavras, se *aumentarmos* a indutância de um circuito ressonante, *baixa a frequência na qual o circuito ressona.* Da mesma forma, se *diminuirmos* a indutância a oposição ao processo de carga ou descarga *diminui,* razão pela qual o capacitor pode se carregar ou se descarregar com mais rapidez.

Isto quer dizer que a frequência que ressona com este circuito tem que ser mais alta; portanto, quando diminuimos a indutância, a frequência da ressonância aumenta.

Esta relação entre o valor da indutância e da frequência da ressonância está ilustrada na parte inferior da figura 8; nesta figura vemos que quando a capacitância é fixa e aumentamos a indutância, a frequência de ressonância diminui. Pelo contrário, comparando as ilustrações da esquerda da mesma figura, observamos que diminuindo a indutância, a frequência de ressonância sobe.

Concluindo, podemos dizer que para ajustar ou sintonizar um circuito ressonante a uma determinada frequência, podemos variar a capacitância do capacitor ou a indutância da bobina.

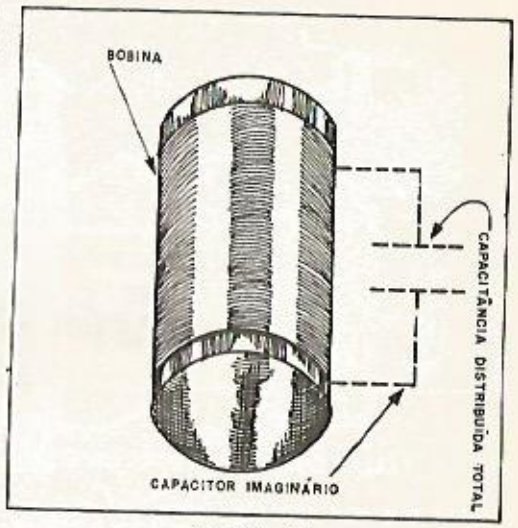


FIGURA 10
O EFEITO DA CAPACITÂNCIA DISTRIBUÍDA SE ACENTUA QUANDO A BOBINA CONTÉM MUITAS ESPIRAS E POUCA SEPARAÇÃO ENTRE ELAS

No caso da experiência da figura 3, variamos a indutância da bobina por meio do núcleo para que o circuito ressonasse em 60 Hertz. Nos circuitos de sintonia de rádios-receptores, costumamos manter a *indutância fixa,* variando a capacitância por meio de capacitores variáveis. Contudo, encontraremos algumas vezes receptores que no circuito de sintonização *a capacitância é fixa,* enquanto que a indutância é variável (permeabilidade variável).

CAPACITÂNCIA DISTRIBUÍDA - A figura 9 mostra o efeito da capacitância distribuída de uma bobina por meio de vários capacitores imaginários, ligados por linhas tracejadas entre cada espira da bobina. Estes capacitores representam o efeito de capacitância entre cada espira de uma bobina, pois como entre cada espira existe uma pequena diferença de tensão, cada uma delas age como a placa de um capacitor, separada pela substância isoladora que, neste caso, atua como dielétrico.

Portanto, cada espira desempenha a função de uma placa de um capacitor, como se tivéssemos realmente ligado um capacitor de capacitância muito reduzido entre cada espira.

Porém, como a superfície de cada espira é muito diminuta, a capacitância distribuída é muito pequena, e ela só se acentua nos casos em que a bobina tiver muitas espiras e com separação muito reduzida.

Por este motivo, quando a bobina tem muitas espiras e o calibre do fio é muito fino (figura 10), o resultado é que a capacitância distribuída se acentua e a bobina funciona como se tivesse um capacitor imaginário ligado entre suas extremidades.

Este efeito de capacitância distribuída é um inconveniente na maioria dos casos, pois sempre desejamos que as bobinas atuem somente como uma indutância, e não como uma combinação de indutância e capacitância.

Felizmente é possível reduzir o efeito da capacitância distribuída das bobinas, aumentando a separação entre as espiras e utilizando os tipos de enrolamentos ilustrados na figura 11; nestes tipos observamos que a direção das

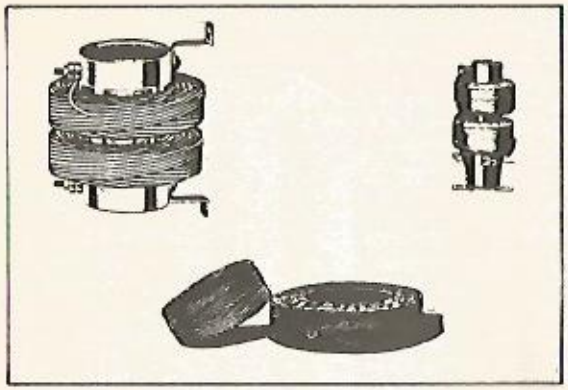


FIGURA 11
VÁRIAS BOBINAS DE TIPO ESPECIAL

espiras do fio é de tal forma que evita quase por completo o efeito da capacitância, já que uma espira não é enrolada sobre a outra, mas se cruzam em forma de "X".

Estes tipos de enrolamentos são usados frequentemente em indutores de R.F. e em todos os circuitos onde utilizamos bobinas com grande número de espiras.

APLICAÇÃO DO CIRCUITO RESSONANTE AOS SISTEMAS DE SINTONIA

Até este momento só explicamos como ajustar ou fazer com que um circuito elétrico apresente a menor oposição possível de uma C.A. numa determinada frequência.

Trataremos agora como utilizar o circuito ressonante para a sintonia de radiodifusoras num rádio-receptor.

Se não fosse pela facilidade que o circuito ressonante apresenta, o que sucederia nos rádios-receptores seria algo semelhante ao que acontece quando num grupo de pessoas todas falam ao mesmo tempo; atualmente há tantas radiodifusoras transmitindo seus programas ao mesmo tempo (contudo em diferentes frequências), que se não utilizássemos um meio para separá-las de acordo com a frequência das ondas que estão irradiando, seria praticamente impossível ouvir algum programa de uma delas sem interferência das outras.

Esta sintonia (seleção) de estações é obtida devido ao comportamento do circuito ressonante paralelo que apresenta maior impedância para a frequência, na qual está em ressonância. Resulta, então, que a estação cuja frequência coincidir com a frequência de ressonância do circuito sintonizado, apresentará um sinal mais intenso nos extremos do circuito sintonizado, que aqueles das outras estações não sintonizadas.

No princípio, quando não se sabia muita coisa sobre circuito ressonante (combinação de capacitor e bobina), foi utilizada uma bobina variável (figura 12) para obter a sintonia de estações. Observe que este circuito consiste simplesmente de uma bobina com derivações que permitem variar o número de espiras mediante uma haste móvel. Note que este circuito não possui capacitor, porém o efeito da capacitância distribuída da bobina o substitui. Este circuito sintonizador foi muito utilizado por Marconi, contudo foi logo substituído por uma combinação de indutância fixa e capacitor variável (o que é utilizado atualmente).

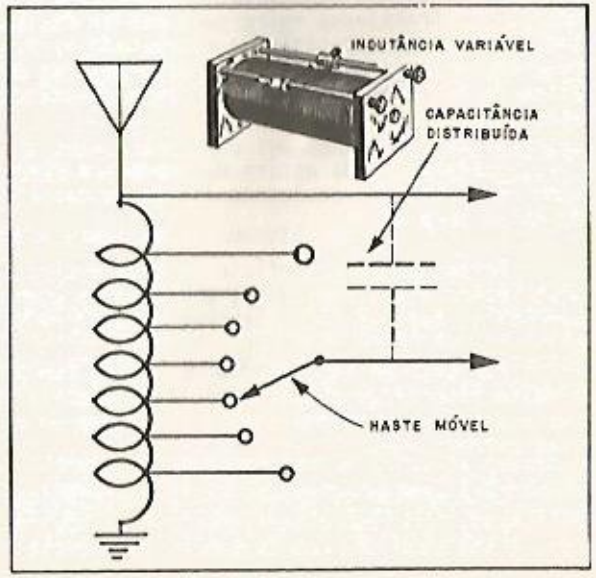


FIGURA 12
SINTONIZADOR DE INDUTÂNCIA VARIÁVEL

A figura 13 mostra como a bobina (secundário de um transformador de R.F.) e o capacitor variável formam o circuito ressonante dos rádios-receptores. Note que o secundário do transformador R.F.(radiofrequência) está ligado a um capacitor variável para que estes dois componentes produzam os efeitos da ressonância.

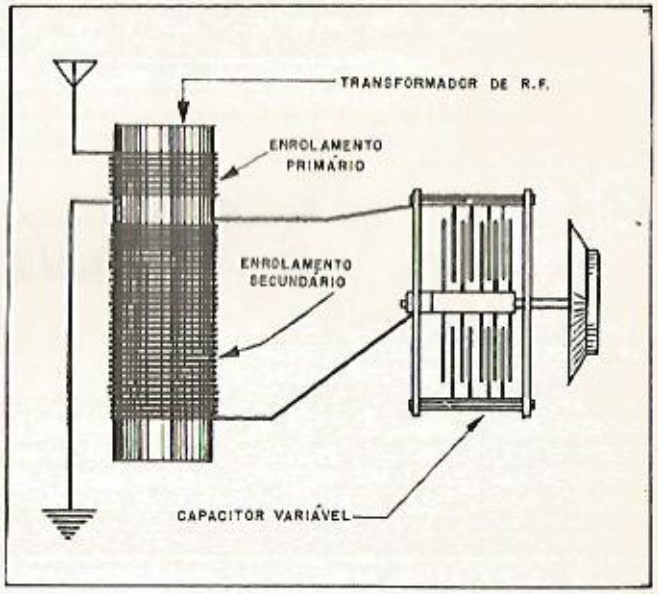


FIGURA 13
COMPONENTE DE UM CIRCUITO RESSONANTE

Na figura 14 ilustramos o diagrama completo da forma em que o circuito

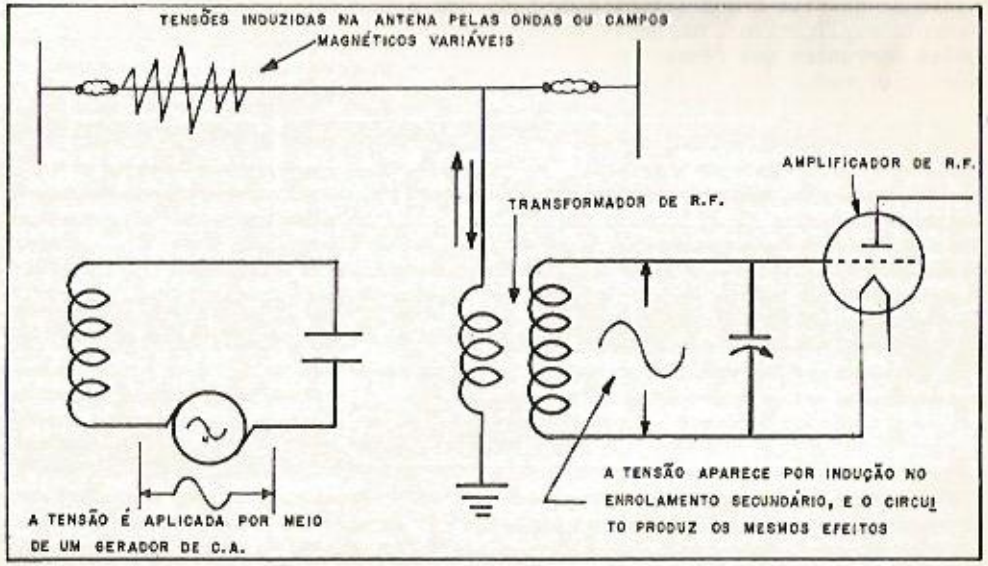


FIGURA 14
O FUNCIONAMENTO DO CIRCUITO SINTONIZADOR DE UM RECEPTOR É EXATAMENTE IGUAL AO DESCRITO ANTERIORMENTE

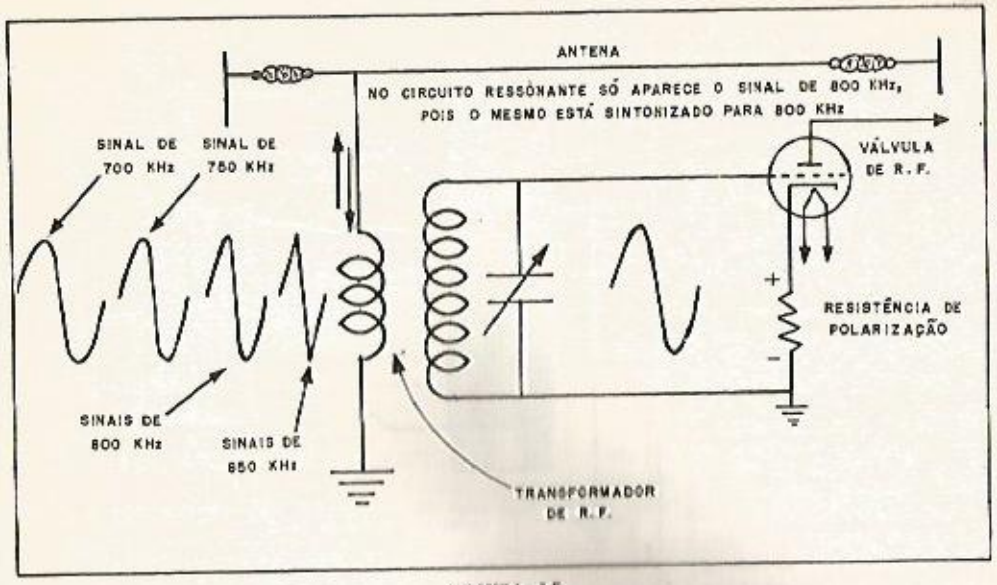


FIGURA 15
O CIRCUITO RESSONANTE ELIMINA OS SINAIS QUE NÃO CORRESPONDEM À FREQUÊNCIA RESSONANTE

ressonante se intercala na primeira etapa de amplificação de R.F. Apesar de parecer à primeira vista que existe diferença entre este circuito ressonante e o que vínhamos utilizando (figura 14 à esquerda), seu funcionamento é o mesmo.

Observando a figura 14, notamos que a única diferença no circuito ressonante da direita é que a tensão de C.A. não é aplicada pelo gerador (como no exemplo explicativo), mas pelas tensões de R.F. induzidas na bobina secundária pelas correntes que passam da bobina primária deste transformador; estas tensões são produzidas pelas ondas que atuam na antena provenientes das radiodifusoras.

Em outras palavras, a única diferença que existe entre o circuito da esquerda e o da direita da figura 14 é que no circuito da esquerda a tensão é aplicada pelo gerador ligado em série com o circuito ressonante, enquanto que no da direita a tensão aparece por indução no enrolamento secundário do transformador de R.F. que, por sua vez, atua como indutância. Por este motivo, o funcionamento do circuito é o mesmo, pois só existe diferença na maneira de aplicar a tensão.

Isto quer dizer que quando a *reatância indutiva da bobina é igual à reatância capacitiva do capacitor variável*, a oposição que o circuito apresenta à passagem dessa frequência é mínima e, portanto, a tensão aplicada à grade é máxima (tensão do secundário).

Quando as tensões induzidas no secundário, como consequência das tensões induzidas na antena, não correspondem à frequência ressonante dos circuitos, elas não atuarão entre a grade e o catodo, e não serão amplificadas pela válvula, por serem praticamente nulas.

Isto quer dizer que se ajustarmos a capacitância do circuito ressonante da figura 14 para a frequência de 800 kHertz, qualquer outra frequência encontrará grande oposição no circuito ressonante e não conseguirá chegar à grade da válvula; portanto, não será amplificada ou detetada pela válvula.

Desta forma, é possível fazer com que a válvula amplifique só as tensões dos sinais correspondentes a uma determinada radiodifusora, e não os sinais de todas as radiodifusoras ao mesmo tempo.

Por exemplo, na figura 15 ilustramos as tensões que atuam no enrolamento primário, correspondentes às diversas ondas de frequências que atuam na antena; observe que através do circuito ressonante só aparece a tensão correspondente à frequência de 800 kHz, pois as demais foram eliminadas pela oposição que o circuito ressonante lhes oferece.

Isto quer dizer que apesar de encontrarmos no circuito primário sinais de diversas radiodifusoras, a válvula só amplificará os sinais correspondentes a uma delas, porque o circuito ressonante a seleciona das demais.

Para receber os sinais correspondentes de outra estação, o que teremos que fazer é variar a capacitância do capacitor variável, pois o circuito ressonará numa frequência diferente permitindo a passagem dos sinais correspondentes a outra estação, cuja frequência de transmissão seja igual à nova frequência ressonante do circuito.

Como o capacitor tem uma variação de capacitância muito ampla, com um só circuito ressonante, podemos sintonizar estações que transmitem nas frequências compreendidas entre 540 e 1.670 kHz (em ondas médias).

Procurando uma analogia, podemos dizer que o circuito ressonante desempenha uma função semelhante a um classificador que separa frutas ou outros artigos, de acordo com seu tamanho, peso, etc., pois o circuito ressonante seleciona as correntes elétricas alternadas, de acordo com uma das suas características: *sua frequência*.

Na prática, contudo, observamos que se for utilizado só um circuito res

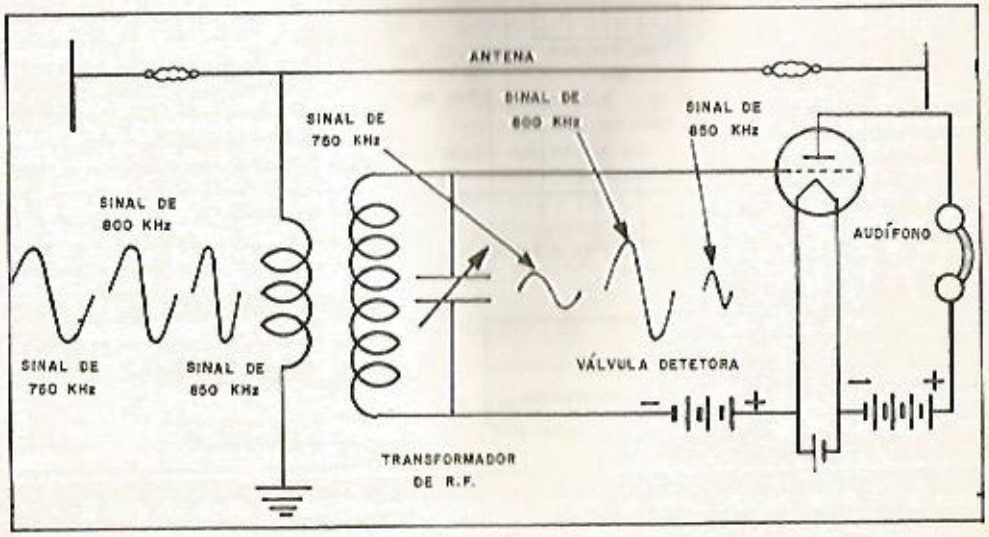


FIGURA 16
A SINTONIZAÇÃO DE ESTAÇÕES COM UM SÓ CIRCUITO RESSONANTE NÃO É MUITO EFICAZ

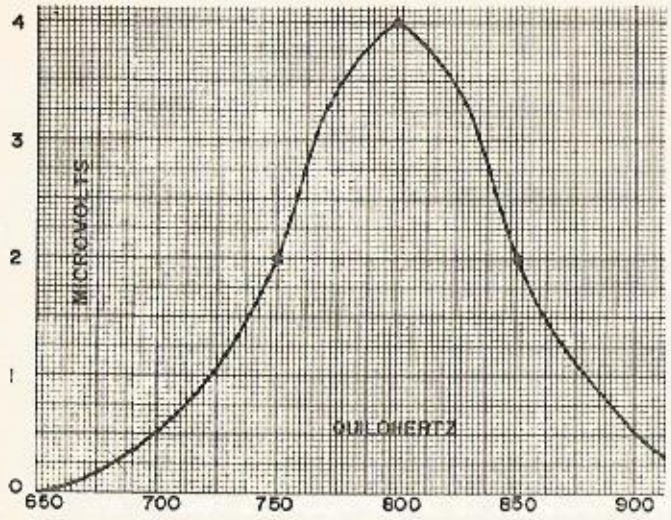


FIGURA 17
OS SINAIS PRÓXIMOS À FREQUÊNCIA DE RESSONÂNCIA TAMBÉM PRODUZEM TENSÕES NO SECUNDÁRIO

sonante antes da válvula detetora, a separação das radiodifusoras não será muito perfeita, pois se é certo que a estação que responde à frequência ressonante será ouvida com maior intensidade; contudo, sempre percebemos *no fundo* da recepção os sinais fracos das estações que funcionam em frequências próximas (figura 16). Em nosso caso, a frequência ressonante é 800 kHz, os sinais fracos das outras radiodifusoras são 750 kHz e 850 kHz. Isto pode ser observado no gráfico (figura 17) correspondente à relação que existe entre as

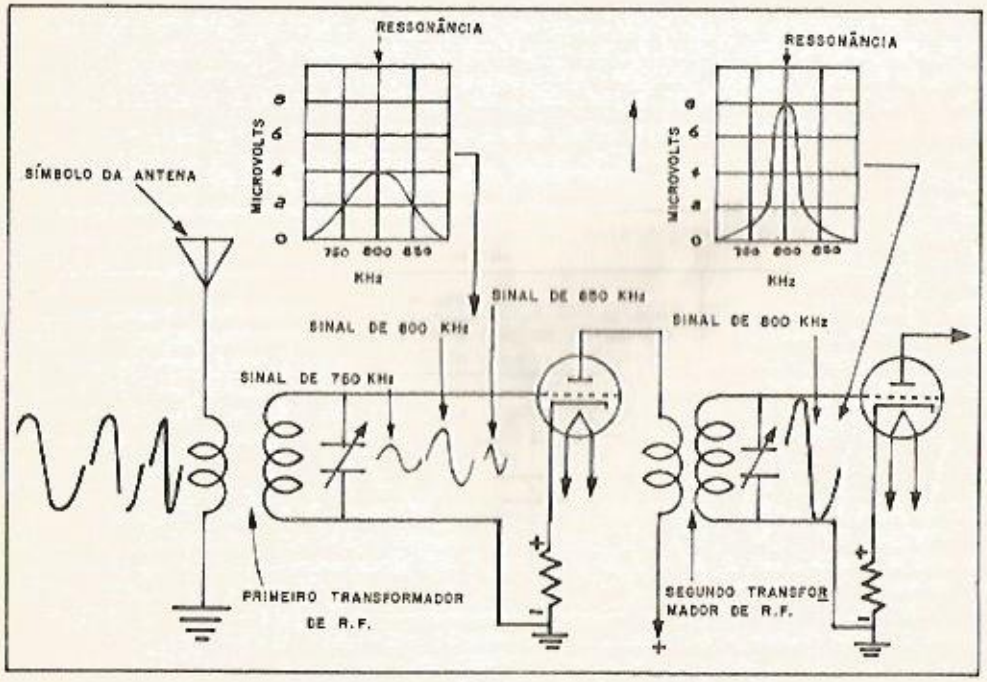


FIGURA 18
A SINTONIA OU SEPARAÇÃO DE SINAIS DE ACORDO COM SUA FREQUÊNCIA É MAIS EFICAZ QUANDO SÃO UTILIZADOS DOIS CIRCUITOS RESSONANTES

frequências e a intensidade da tensão através do circuito ressonante; este gráfico pode ser obtido da mesma forma que a curva de ressonância da figura 5.

Observe no gráfico da figura 17 que na frequência de ressonância de 800 kHz a intensidade de tensão através do circuito ressonante é de 4 microvolts; contudo, através do circuito ressonante os sinais de 750 kHz e 850 kHz conseguem produzir um sinal de 2 microvolts; estes sinais podem ser ouvidos como sinais de fundo no receptor que só tenha um circuito ressonante.

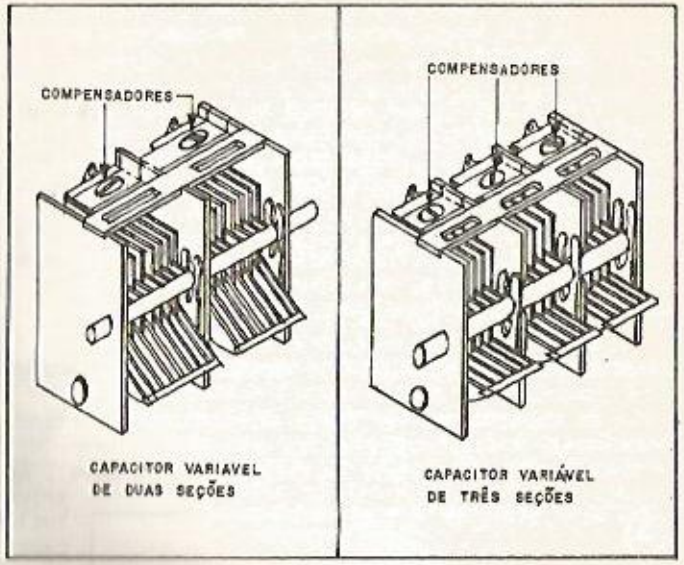


FIGURA 19
CAPACITORES VARIÁVEIS DE DUAS E TRÊS SEÇÕES

Por estes motivos, para evitar que à válvula amplifique os sinais de mais de uma radiodifusora ao mesmo tempo, geralmente são utilizadas duas ou mais etapas de amplificação com circuitos ressonantes nas grades das válvulas (figura 18). Nesta ilustração observamos que quando o circuito está em ressonância com o sinal de 800 kHz, o primeiro circuito ressonante favorecerá grandemente o sinal de 800 kHz, mas também permite a amplificação muito fraca de 750 e 850 kHz.

Estes dois sinais são amplificados pela primeira válvula de R.F., e logo em seguida aplicados por indução no segundo transformador de R.F. ao circuito ressonante seguinte, que só deixa passar o sinal de 800 kHz.

Na parte superior da figura 18 é mostrado o gráfico da tensão aplicada às grades da primeira e segunda válvula de R.F.; no primeiro circuito ressonante, os sinais de 750 e 850 kHz chegam ao valor de 2 microvolts, enquanto que no segundo circuito ressonante foram reduzidos a menos de um (1) microvolt, isto é, a um valor insignificante. Por outro lado, os sinais de 800 kHz alcançaram o valor de 8 microvolts. Esta diferença na intensidade do sinal de 800 kHz é devida especialmente à amplificação da primeira válvula de R.F. e à elevação produzida pelo transformador de R.F.

Quando um circuito ressonante separa as estações com mais precisão, dizemos que ele tem *mais seletividade*.

Nas curvas de ressonância, quanto *mais larga* for a parte superior da curva, *menor* será a seletividade; e quanto *mais estreita* for a parte superior *maior* será a seletividade.

O uso de dois circuitos ressonantes entre as duas etapas de R.F. é semelhante ao que obtemos quando peneiramos uma substância granulosa duas vezes, pois no segundo processo obteríamos um pó mais fino e uniforme. Coisa semelhante sucede no circuito sintonizador de duas seções. Por exemplo: na figura 18,

pelo primeiro circuito passam os sinais compreendidos entre 750 e 850 kHz (diferença de 100 kHz), enquanto que no segundo circuito ressonante só passam os sinais de 800 kHz.

Como a tensão que aparece no circuito ressonante da figura 14 (e demais circuitos de sintonia ilustrados nesta lição) está em série com os componentes, estes circuitos ressonantes são conhecidos como *circuitos ressonantes em série*, e têm as características de *oferecer uma oposição mínima de frequência de ressonância*.

Em suma, como a frequência ressonante depende da relação entre a indutância e a capacitância, escolhendo valores adequados podemos fazer com que o circuito ressone em qualquer frequência.

CAPACITORES VARIÁVEIS PARA O CIRCUITO DE SINTONIZAÇÃO

Os capacitores variáveis são de vital importância nos circuitos de radio frequência. A construção destes componentes não é difícil, já que constam só de duas seções de placas: uma fixa e a outra móvel. As placas móveis estão eletricamente ligadas ao eixo rotativo (rotor) e à armação do capacitor. As placas fixas estão eletricamente ligadas entre si, porém isoladas das placas móveis e da armação. Estes capacitores podem ter mais de duas seções, conforme a exigência do caso. Na figura 19 mostramos dois capacitores variáveis: um de duas seções e o outro de três seções. Nesta figura notamos que cada seção tem na parte superior um capacitor ajustável. Estes capacitores são chamados *compensadores* (trimmer); sua finalidade é compensar qualquer diferença de capacitância que exista entre cada seção, para que a reatância capacitiva das diversas seções seja igual para uma mesma frequência. Em outras palavras, a finalidade dos compensadores é permitir fazer ressonar o circuito na frequência exata em que deve trabalhar.

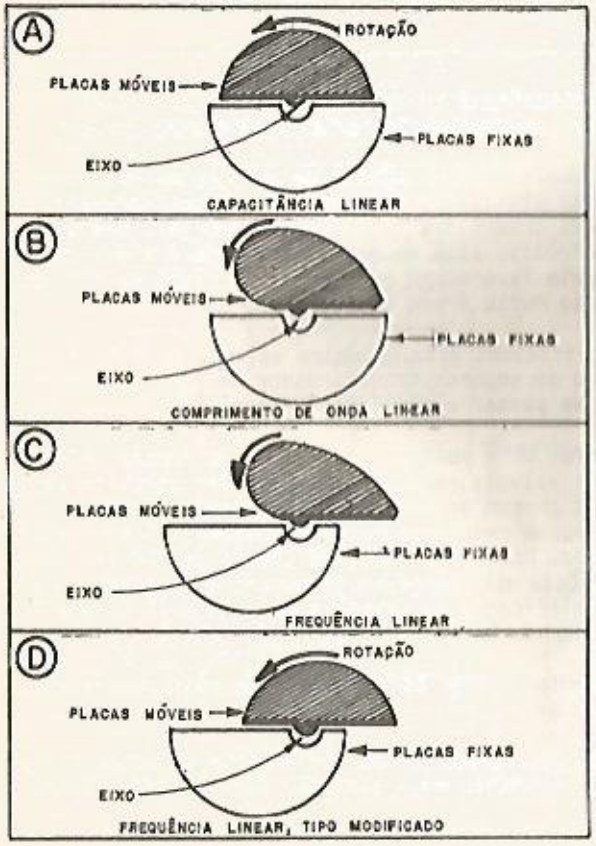


FIGURA 20
DIFERENTES FORMAS DE PLACAS MÓVEIS DOS VÁRIOS TIPOS DE CAPACITORES VARIÁVEIS

TIPOS DE CAPACITORES VARIÁVEIS

Os capacitores variáveis se dividem em quatro tipos principais: capacitância linear, comprimento de onda linear, frequência linear e tipo modificado de frequência linear.

Os capacitores variáveis de *capacitância linear* são construídos de tal maneira que suas placas móveis têm a forma de um semicírculo, e o eixo rotativo é colocado no centro. A capacitância deste tipo de capacitor varia diretamente em proporção à posição das placas móveis com relação às placas fixas. Se as placas móveis são introduzidas uma décima parte entre as placas fixas, a capacitância do capacitor nessa posição será a décima parte de sua capacitância máxima. Por exemplo, se num capacitor variável de uma capacitância máxima de 140 pF tivermos a décima parte das placas móveis introduzidas nas fixas, o valor de sua capacitância será de 14 pF. Se suas placas móveis estiverem introduzidas a quinta parte, o valor da capacitância será 28 pF (140 ÷ 5 = 28), e assim por diante.

Este tipo de capacitor não é muito utilizado em rádios-receptores, porque na parte superior das faixas de frequências existem normalmente mais radiodifusoras (com frequências próximas umas das outras), o que torna mais difícil a sintonia nos extremos superiores das faixas do que nos extremos inferiores. Assim sendo, seria desejável um capacitor que compensasse de certa forma esse inconveniente (o que é conseguido com o capacitor de frequência linear modificado, que veremos logo mais adiante). Na figura 20A mostramos a forma de construção das placas de um capacitor do tipo de capacitância linear; este tipo de capacitor é muito utilizado nos instrumentos de prova, com resultados satisfatórios.

Os capacitores variáveis do tipo de *comprimento de onda linear* têm as placas móveis construídas de forma diferente em relação ao tipo mencionado anteriormente (figura 20B). Este tipo de capacitor tem a propriedade de variar num circuito ressonante o *comprimento de onda*, em proporção direta com a posição de suas placas móveis. Por exemplo, suponhamos que utilizamos um capacitor variável de comprimento de onda linear num circuito ressonante que trabalha numa faixa de 500 a 200 metros (600 a 1500Khz); quando o capacitor tiver a sexta parte de suas placas móveis introduzidas entre as placas fixas, o circuito ressonará a um comprimento de onda um sexto maior que quando as placas móveis estiverem completamente fora das placas fixas, ou seja, 250 metros. Quando as placas móveis estiverem introduzidas à quinta parte, o circuito ressonará a um maior comprimento de onda, neste caso, de 260 metros. Quando as placas móveis estiverem introduzidas pela metade, o circuito ressonará a um comprimento de onda de 350 metros.

Um procedimento fácil para averiguar o comprimento de onda nas diversas posições é o seguinte: sabemos que o circuito funciona de 200 a 500 metros, ou seja, numa faixa cuja largura é de 300 metros. Quando as placas móveis estão completamente fora das placas fixas, o circuito ressona na frequência de 1500 kHz, isto é, 200 metros; para averiguar a que comprimento de onda o circuito ressonará ao introduzir um sexto das placas móveis, dividimos a largura da faixa pela sexta parte (300 ÷ 6 = 50) e adicionamos 200 (comprimento de onda menor), obtendo o total de 250 metros.

No caso de as placas móveis terem introduzidas a quinta parte, dividimos 300 por 5 e o quociente é sempre somado ao comprimento de onda menor, e assim sucessivamente. Este tipo de capacitor só foi utilizado quando as radiodifusoras eram consignadas em comprimento de onda; atualmente as radiodifusoras são consignadas por uma determinada frequência.

Na figura 20C mostramos a forma das placas móveis dos capacitores do tipo de *frequência linear*. Podemos notar na ilustração que o eixo rotativo (rotor) não está colocado no centro, e que a forma das placas é um pouco diferente dos tipos anteriores. Este tipo de capacitor variável tem a propriedade de variar a frequência em proporção direta à rotação do eixo giratório.

Em rádios-receptores este tipo não é empregado devido à desvantagem de ser muito grande e de juntar as estações que funcionam nas baixas frequências. Este tipo de capacitor é muito utilizado nos instrumentos de prova, nos quais desejamos que a escala tenha divisões iguais que indiquem mudanças iguais de frequência.

Na figura 20D ilustramos a forma que têm as placas móveis dos capacitores variáveis do *tipo modificado de frequência linear*. Este tipo de capacitor é o mais comumente utilizado em rádios-receptores, pois com este tipo de capacitor conseguimos uma seleção mais uniforme das estações, tanto nas altas como nas baixas frequências. O seu eixo rotativo não está colocado no centro das placas móveis e estas placas têm a forma de um semicírculo.

Além dos tipos de capacitores variáveis descritos, há muitas modificações, tais como capacitores variáveis com seções recortadas, com seção de menor capacitância, e que serão estudados em seu devido tempo.

RESUMO DOS PRINCÍPIOS MAIS IMPORTANTES APRENDIDOS NESTA LIÇÃO

1 - Quando um corpo ou um objeto responde à vibração de outro, dizemos que ele está em ressonância mecânica com o número de vibrações de outro corpo.

2 - Os efeitos da reatância indutiva e capacitiva sobre a C.A. são opostos, pois a f.c.e.m. desenvolvida na bobina sempre se opõe às correntes de carga e descarga do capacitor.

3 - Como os efeitos de reatância indutiva e capacitiva são opostos, quando a oposição destas duas forças a uma C.A. de determinada frequência são iguais, eles se anulam ou se cancelam, e o resultado total é que o circuito apresenta muito pouca oposição à passagem da C.A. dessa frequência; a única oposição efetiva é a resistência pura do circuito, isto é, a resistência do fio da bobina e das placas do capacitor.

4 - Como resultado do exposto, a intensidade da C.A. na frequência de ressonância é máxima.

5 - Explicando a ressonância com base na velocidade de carga e descarga entre o capacitor e a bobina, podemos dizer que existe ressonância quando os efeitos de carga e descarga são realizados na mesma velocidade de variação da tensão da C.A.

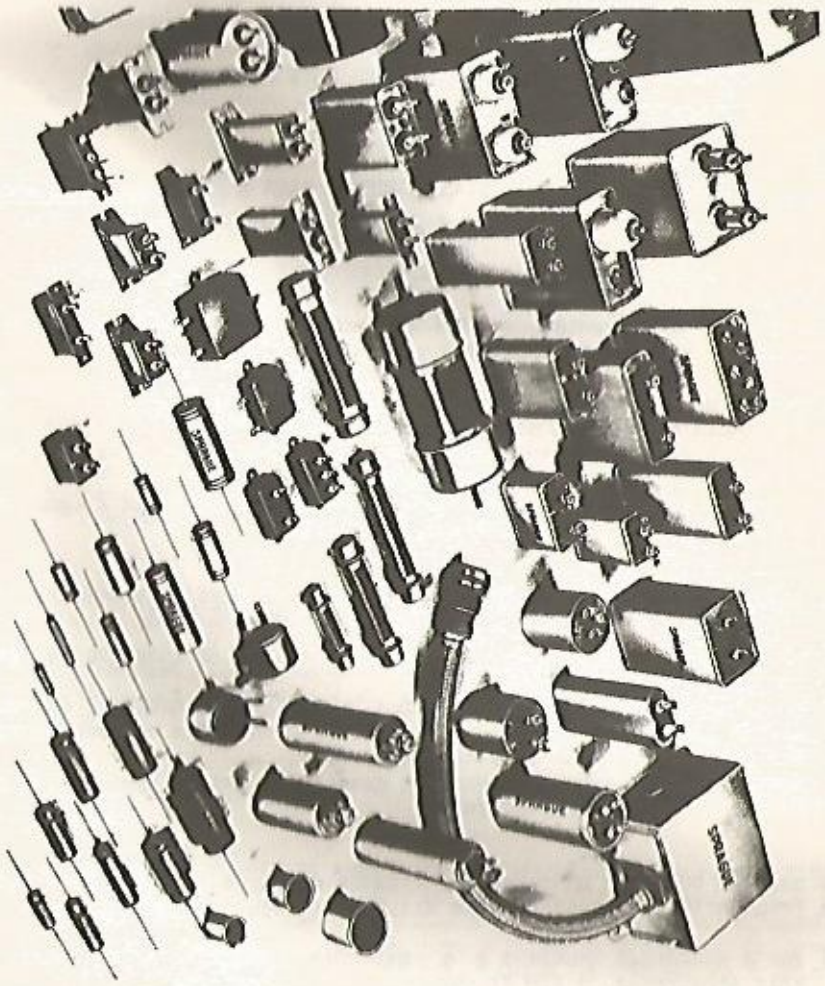
6 - Não haverá ressonância quando a reatância indutiva e a capacitiva para uma determinada frequência forem desiguais pois, neste caso, seus efeitos não se neutralizam porque um é maior que o outro.

7 - Relacionando a velocidade de carga e de descarga, podemos dizer que não existe ressonância quando o tempo (velocidade) de carga ou de descarga do capacitor não corresponde à velocidade de variação da tensão da C.A.

8 - A impedância de um circuito é a combinação das oposições oferecidas pela resistência em ohms e pela reatância indutiva ou capacitiva (ou ambas as reatâncias). A impedância é calculada sempre para uma determinada frequência, pois ela varia de acordo com a frequência. A impedância é sempre expressa em ohms.

9 - Para sintonizar um circuito numa determinada frequência podemos variar a capacitância ou a indutância desse circuito, a fim de que as reatâncias se anulem na frequência que desejamos sintonizar.

10 - Nos circuitos sintonizadores dos rádios-receptores são utilizados dois circuitos ressonantes, pois desta forma obtemos melhor seletividade, isto é, melhor separação das estações de acordo com sua frequência.



DIVERSOS TIPOS DE CAPACITORES

OCCIDENTAL Schools

EXAME DA LIÇÃO E-17

- CADA QUESTÃO APRESENTA TRÊS OU MAIS RESPOSTAS.
- SOMENTE UMA DELAS ESTÁ CORRETA.
- MARQUE A QUE JULGAR CORRETA.
- TRANSCREVA AS RESPOSTAS CORRETAS PARA A FOLHA DE EXAME ANEXA.

10

1 - A intensidade da corrente que flui por um circuito ressonante em série é máxima quando existem as seguintes condições:

a) quando a reatância indutiva para a frequência aplicada é maior que a reatância capacitiva para a mesma frequência
b) quando a reatância capacitiva para a frequência aplicada é maior que a reatância indutiva para a mesma frequência
c) quando a reatância indutiva para a frequência aplicada é igual à reatância capacitiva para a mesma frequência.

2 - A ressonância elétrica se baseia nos seguintes princípios:

a) os efeitos da reatância capacitiva e reatância indutiva são forças que atuam em igual direção
b) os efeitos de reatância capacitiva e reatância indutiva, quando são iguais para uma determinada frequência, se cancelam mutuamente porque são forças que atuam em direções opostas.
c) tanto a bobina como o capacitor apresentam grande oposição à passagem da C.A. de alta frequência.

3 - Para que uma bobina e um capacitor ligados em série ressonem numa determinada frequência, é necessário que existam as seguintes condições:

a) que a reatância indutiva e a reatância capacitiva sejam iguais para essa frequência, a fim de que ambas se neutralizem
b) que a reatância indutiva seja mais alta que a reatância capacitiva, a fim de que a reatância indutiva domine a reatância ressonante
c) que a reatância capacitiva seja mais alta que a reatância indutiva, a fim de que sejam cancelados os efeitos de indutância

4 - Qual é a impedância de um circuto em série para uma frequência de 60 Hertz, se nesta frequência a reatância indutiva da bobina é de 400 ohms, a capacitiva de 400 ohms e a resistência do circuito de 4 ohms?

a) Z = 4 ohms
b) Z = 8 ohms
c) Z = 16 ohms

5 - Quando num circuito ressonante em série se aplica a frequência de ressonância para a qual está ajustado, entre os componentes do referido circuito fluirá o máximo de corrente devido:

a) que a reatância indutiva da bobina para essa frequência é máxima, enquanto que a reatância capacitiva do capacitor para esta frequência é mínima
b) que as variações da tensão da C.A. aplicada não estão em sincronismo com a velocidade de carga e descarga entre o capacitor e a bobina
c) que as variações da tensão da C.A. aplicada são feitas na mesma velocidade de carga e descarga entre o capacitor e a bobina

6 - Para que um determinado circuito ressonante ressone numa frequência mais alta, é necessário fazer o seguinte:

a) diminuir a capacitância ou a indutância do circuito
b) manter constante a indutância e aumentar a capacitância do circuito
c) aumentar a capacitância e a indutância do circuito

7 - Se retirarmos algumas espiras de uma bobina de um circuito ressonante, a frequência ressonante:

a) diminuirá
b) permanecerá a mesma
c) aumentará

8 - Para que um determinado circuito ressonante ressone numa frequência mais baixa, é necessário fazer o seguinte:

a) diminuir a capacitância e a indutância do circuito
b) diminuir a indutância do circuito
c) aumentar a indutância e aumentar ou manter estável a capacitância

9 - A impedância de um circuito ressonante em série tem as seguintes características:

a) permanece constante para todas as frequências, porque a reatância indutiva sempre tende a neutralizar a reatância capacitiva
b) varia de acordo com a frequência que é aplicada ao circuito, porque tanto a reatância indutiva como a capacitiva variam de acordo com a frequência da corrente. Na ressonância, a impedância é igual à resistência do circuito
c) é sempre igual à diferença entre a reatância indutiva e a resistência do circuito