

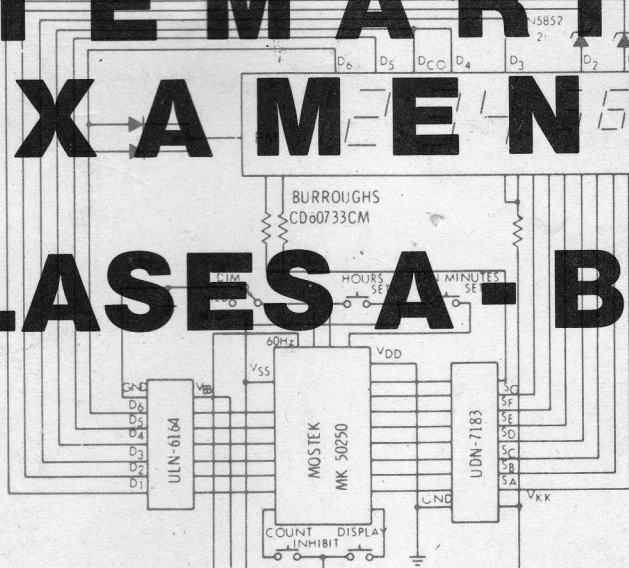
PORTAVEU

AGRUPACIÓ RADIOAFICIONATS CALELLA

ARC

BUTLLETÍ INFORMATIU

TEMARIO EXAMENES CLASES A - B y C



TOMO II

Por D. Juan Aliaga Arqué - E A 3 - P I

(Segunda Parte)

ELECTRICIDAD Y RADIOELECTRICIDAD

SEGUNDA PRUEBA

RADIOELECTRICIDAD

Clases A y B

Circuitos de corriente alterna con resistencia, autoinducción y capacidad en serie - Reactancia e impedancia - Condición y frecuencia de resonancia: sobretensiones - Circuito resonante paralelo sencillo - Condición y frecuencia de resonancia - Sobreintensidad - Factor de calidad de un circuito - Curvas de resonancia - Selectividad - Idea general de filtros eléctricos y sus aplicaciones.

Clase C

Efecto de las bobinas y de los condensadores en los circuitos - Idea del fenómeno de la resonancia.

Circuitos de corriente alterna con resistencia, autoinducción y capacidad en serie. A-B

La figura muestra un circuito serie conteniendo R, L y C, (aquí la Fig. 1.R) caracterizado fundamentalmente por la circulación de la misma corriente I a través de los tres componentes y por la distinta caída de tensión (salvo en casos especiales) en cada uno de estos tres componentes.

La caída de tensión en la resistencia, de acuerdo con la Ley de Ohm, es $V_r = I.R$ y esta tensión entre extremos de R se halla en fase con la corriente. La caída de tensión en L es $V_L = I.X_L$ siendo

X_L la REACTANCIA u oposición que presenta la bobina a las variaciones de la corriente alterna e igual a 6,28 veces la frecuencia F (producto $2\pi F$ "dos-pi-efe" conocido como "pulsación" y designado por la letra griega omega minúscula, ω) multiplicado por la inductancia L . Esta caída de tensión, al producirse entre extremos de una bobina, se halla desfasada en 90° de adelanto con respecto a V_r .

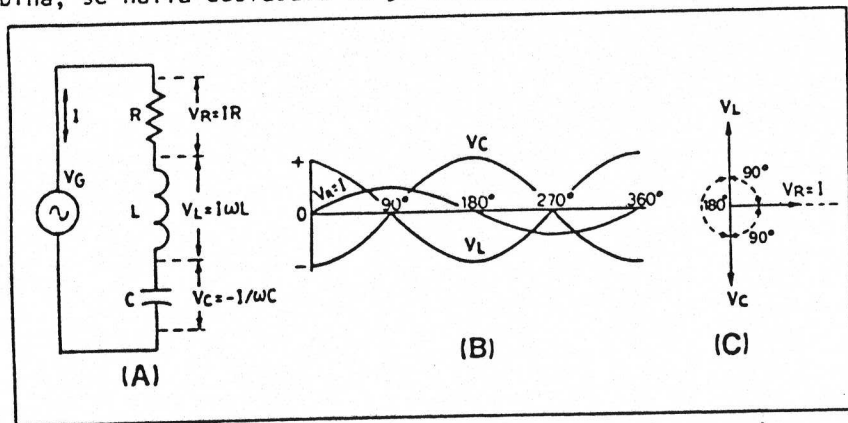


Fig. 1.R - Circuito de CA con R, L y C en serie

Finalmente, la caída de tensión en el condensador C es igual a $V_C = I \cdot X_C = -1/\omega C$, expresión dotada de signo negativo para indicar que dicha tensión se halla desfasada en 90° de retraso con respecto a V_R .

La situación de las fases de V_R , V_L y V_C en este circuito es la mostrada en la figura B en la que puede verse claramente que V_L y V_C se hallan "en oposición de fase" y por lo tanto de polaridad restando sus efectos para dar conjuntamente una diferencia de tensión en favor de la reactancia que sea mayor y que tanto puede ser la capacitiva como la inductiva, según sean los valores de capacidad y de inductancia empleados en el circuito. Teniendo en cuenta los desfases, la expresión vectorial del circuito será la mostrada en la figura C (Fig. 1.R-C) en la que la longitud de cada vector representa a escala la magnitud o valor numérico de la caída de tensión en cada componente, según se indica, y su situación relativa indica los desfases existentes entre dichas tensiones.

Reactancia e impedancia

A-B

La oposición de la bobina y del condensador a la circulación de la corriente alterna sin consumir energía de la misma es la REACTANCIA, X , que se mide en ohmios reactivos y cuyo valor depende, además de la inductancia y de la capacidad, de la frecuencia, lo que no ocurre con la resistencia.

Pero X_L y X_C (reactancia inductiva y reactancia capacitiva) dan lugar a desfases opuestos y producen efectos contrarios, siendo que la primera aumenta de valor al aumentar la frecuencia y la segunda disminuye de valor al aumentar la frecuencia (recordemos que $\omega = 6,28 \times F$, y que dicha ω multiplica en X_L y divide en la fórmula de X_C).

Pero es igualmente cierto que el generador V_G proporciona una tensión eficaz que, cualquiera que sea su frecuencia, origina la circulación de una determinada corriente eficaz, I , por el circuito. Si V_G fuera una tensión de corriente continua de valor igual al eficaz, habría un determinado valor de resistencia que permitiría la circulación de la misma intensidad I en corriente continua. A este valor equivalente en continua se le denomina IMPEDANCIA, se le expresa con el símbolo Z y viene matemáticamente determinado por la ecuación:

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

expresión que geoméricamente es igual al valor de la diagonal del rectángulo cuyos lados fueran respectivamente R y $X_L - X_C$ ó $X_C - X_L$, según que la reactancia preponderante o mayor fuera la inductiva o la capacitiva. De la figura vectorial C, pasamos lógicamente a una de las figuras 2 (Fig. 2.R) suprimiendo el factor I que es común en los tres vectores.

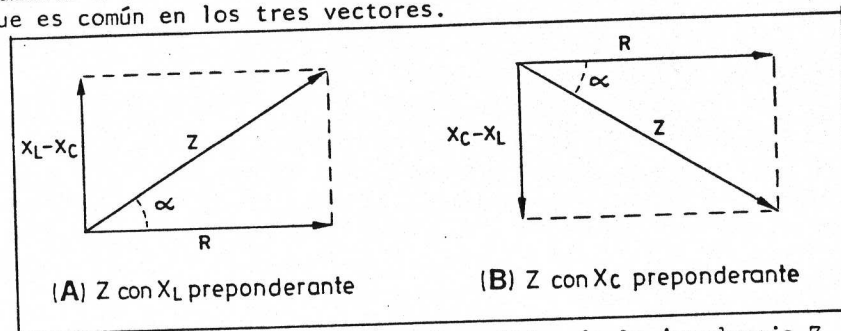


Fig. 2.R - Determinación gráfica de la impedancia Z.

Si Z es equivalente a una resistencia en corriente continua, la Ley de Ohm en corriente alterna será igualmente válida substituyendo R por Z , de manera que:

$$I = E/Z \quad E = I \cdot Z \quad Z = E/I$$

Condición y frecuencia de resonancia

A-B

Si en el circuito de la figura 1 (Fig. 1.R-A) se aumenta el valor de la frecuencia de la tensión proporcionada por el generador V_G , el valor de la reactancia X_L irá en aumento y el valor de la reactancia X_C irá disminuyendo. Podrá llegar un momento en que los valo-

res absolutos, numéricos, de las dos reactancias se igualen, aunque seguirán siendo de distinto signo, con lo que V_C y V_L serán consecuentemente de igual amplitud en (B) de la figura y los vectores V_L y V_C tendrán igual longitud, todo tal como está representado en la repetida figura, en C.

La reactancia resultante será entonces igual a cero ($X_L - X_C = 0$) y como ninguno de los dos componentes reactivos, L y C, absorben energía, el circuito se comportará como si sólo existiera R. En este momento el circuito será RESONANTE y circulará por el mismo LA MAYOR INTENSIDAD DE CORRIENTE POSIBLE, limitada únicamente por la resistencia R.

Si se alteran o cambian los componentes L y/o C por otros de distintos valores de inductancia y capacidad, la frecuencia a la cual se producirá la igualdad $X_L = X_C$ será distinta (salvo por casualidad).

En cualquier caso, la condición de resonancia será siempre la igualdad $X_L = -X_C$ y la frecuencia de resonancia aquella para la cual se produzca esta igualdad (sólo y exclusivamente una). Desarrollando la igualdad anterior, la fórmula matemática de la frecuencia de resonancia queda expresada por

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

A-B

Sobretensiones

El fenómeno de la sobretensión se caracteriza por la aparición de valores de tensión entre extremos de la bobina y del condensador del circuito superiores en diez o más veces al valor de la tensión aplicada al circuito por el generador, V_G , alcanzando sus valores máximos precisamente en los circuitos resonantes.

El fenómeno ocurre debido a que las dos reactancias presentan valores ohmicos mucho más elevados que el de la resistencia del circuito R, pero cancelan mutuamente sus efectos, anulándose entre sí. La reactancia del circuito es nula y por lo tanto circula por él la máxima corriente (si $X = 0$, $Z = R$) de lo que resultará una mayor caída de tensión en la inductancia y en la capacidad. Pero la tensión entre extremos de L alcanza su máximo positivo cuando la tensión en C presenta su máximo negativo y el resultado del conjunto será cero. Se establece un cambio constante, por ciclo, entre las energías almacenadas en la bobina y en el condensador que se compensan entre sí, dan lugar a la sobretensión, pero no afectan a la energía suministrada por el generador, cuya corriente no alteran.

Circuito resonante paralelo sencillo

A-B

El circuito resonante paralelo, llamado también "circuito antirre-

sonante" en atención a su aspecto funcional, está constituido por la conexión en paralelo de una bobina L y un condensador C. Normalmente se desprecia la pequeña resistencia que representa el conductor de L, si bien esquemáticamente se la representa en la rama correspondiente puesto que puede cobrar gran importancia. La figura (aquí la Fig. 3.R) muestra el esquema de esta clase de circuitos.

Si ignoramos la conexión del generador, podemos considerar que las reactancias y la resistencia continúan estando en serie, con lo que la única diferencia con el circuito serie anteriormente descrito estará en que aquél incluye el generador en el eslabón L-C-R y en éste el generador queda excluido de dicho eslabón. Esta idea facilita la comprensión del funcionamiento del circuito paralelo en su frecuencia de resonancia.

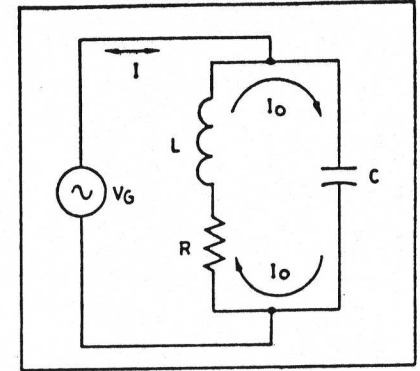


Fig. 3.R - Circuito paralelo.

A la frecuencia de resonancia, la intensidad de corriente a través del condensador es igual a la intensidad de corriente que circula por la inductancia, con un desfaseamiento entre las dos corrientes de 180° , anulándose mutuamente, por lo que se refiere al exterior del eslabón. El intercambio constante de energía entre L y C no afecta a la corriente suministrada por el generador, pero da lugar a una corriente I_0 por el interior del eslabón varias veces más intensa que la corriente I suministrada por aquél.

En condiciones ideales de ausencia de resistencia R, la corriente I_0 no disiparía ninguna energía ni en L ni en C y tendría una duración ilimitada, pero como inevitablemente existe una R en el devanado de L, no puede evitarse una ligera pérdida de energía que es reemplazada por I, de intensidad mucho más débil.

Justo a la frecuencia de resonancia, la corriente de línea I es mínima y la corriente en el interior del eslabón es máxima, dando lugar a que entre los extremos de L y de C, particularmente consideradas, aparezcan unas tensiones muy superiores a la tensión V_G aplicada por el generador, de donde el circuito paralelo se convierte también en un amplificador de tensión con la aparición de las correspondientes sobretensiones.

Al ser mínima la corriente I en la resonancia, debe ser máxima la impedancia Z ofrecida por el circuito, motivo por el que el circuito paralelo resonante viene a ser y se le llama, un circuito tapón para su frecuencia de resonancia, condición totalmente opuesta a la del circuito serie en el que la impedancia es mínima (y la corriente

máxima) en su frecuencia de resonancia. El valor de la impedancia de un circuito paralelo resonante es igual a $Z_r = L/CR$.

Condición y frecuencia de resonancia

A-B

Hallándose igualmente en serie entre sí los componentes L, C y R del circuito paralelo, la condición de resonancia es la misma que en el circuito serie; se produce cuando se cumple la condición de que la reactancia de la rama capacitiva tiene el mismo valor que la reactancia de la rama inductiva. En consecuencia la frecuencia de resonancia viene determinada por la misma fórmula que en los circuitos serie.

Sobreintensidad

A-B

Así como en el circuito serie se producían sobretensiones, en el circuito resonante paralelo se producen sobreintensidades (intensidad I_0 superior a I en la figura) motivadas igualmente por el constante cambio de energía almacenada en L y en C en cada ciclo de la corriente alterna y cuya pérdida en calor sólo ocurre en R.

Factor de calidad de un circuito

A-B

Se entiende por factor de calidad o "Q" de un circuito a la relación que existe entre los valores de su reactancia y de su resistencia. Como la resistencia se supone concentrada en la bobina y, en la resonancia, las reactancias inductiva y capacitiva son iguales, el factor de calidad $Q = X_L/R$.

Este valor Q es igual a la relación entre la sobretensión de L o de C y la tensión del generador aplicada al circuito V_G en las disposiciones serie, y es igual a la relación entre las corrientes circulante, I_0 , y suministrada I , en los circuitos paralelo. O sea que:

$$Q = X_L/R \quad Q = V_L/V_G \text{ (serie)} \quad Q = I_0/I \text{ (paralelo)}.$$

Curvas de resonancia

A-B

Las curvas de resonancia son los gráficos representativos de las variaciones de corriente y de tensión que experimentan respectivamente los circuitos resonantes serie y paralelo al variar la frecuencia del generador que los alimenta, manteniéndose constante su tensión de salida y los valores de L y C del circuito alimentado. Tiene la forma de campana (al objeto de no repetir conceptos, se aconseja estudiar el tema sobre las respuestas de clase C que siguen un poco más adelante).

Selectividad

A-B

Es la propiedad que tienen los circuitos resonantes de permitir la circulación de una mayor corriente a través de L y C cuando se activan a su frecuencia de resonancia y que determina la propiedad

de poder seleccionar una frecuencia con respecto a todas las demás gracias a la mayor intensidad de corriente que produce a través de L y C. La selectividad está íntimamente relacionada con el factor de calidad Q de los circuitos (Igual nota que en la respuesta anterior).

Idea general de filtros eléctricos y sus aplicaciones

A-B

Puesto que los circuitos resonantes son selectivos, las combinaciones de los mismos pueden utilizarse para constituir "células de filtro" que según sea su cometido toman las denominaciones de:

Filtro pasa-bajos - El que permite el paso de todas las frecuencias por debajo de una frecuencia determinada llamada de corte y se opone, atenua o anula las corrientes de frecuencias superiores a la de corte. Típicamente aplicado entre la salida de los emisores HF y la antena radiante para evitar interferencias (salida de señal) a los canales de VHF o frecuencias superiores.

Filtros pasa-altos - El que permite el paso de todas las frecuencias por encima de su frecuencia de corte y atenúa o anula las corrientes de frecuencias inferiores a la de corte. Halla aplicación en los emisores de VHF para evitar la radiación de frecuencias inferiores interferentes y en los televisores, por ejemplo, para evitar la interferencia de las radiaciones de frecuencias inferiores a la de recepción.

Filtro paso de banda - Disposición compleja o combinada que permite el paso, sin excesiva atenuación, de una determinada banda o grupo de frecuencias consecutivas y rechaza o atenúa considerablemente cualesquiera otras frecuencias superiores o inferiores a dicha banda. Se le utiliza típicamente en recepción y contribuye a la obtención de selectividad.

Filtro rechazo de banda - Disposición compleja que rechaza una determinada banda de frecuencias y permite el paso de todas las demás que se hallen fuera de dicha banda, con ninguna o muy poca atenuación. Típicamente utilizados a la entrada de los receptores para eliminar las interferencias de todas aquellas señales que se hallen fuera de la banda de sintonía pero que por su fuerza podrían afectarla.

Efecto de las bobinas y de los condensadores en los circuitos.

C

En los circuitos de corriente continua se desprecia generalmente la resistencia de las bobinas ya que no presentan ninguna otra oposición al paso de la corriente y se considera a los condensadores como aislantes.

Pero cuando se aplica una tensión de corriente alterna a un circuito conteniendo inductancia (bobina) la cosa cambia por completo. Se

observa que la intensidad de corriente que circula por el mismo no es el resultado de la Ley de Ohm, sino que depende principalmente de la frecuencia de la propia corriente alterna.

Cuanto más elevada es esta frecuencia, menor es la intensidad circulante a pesar de ser igual la tensión aplicada, como muestra gráficamente la figura (Fig. 4.R) donde en A circula una corriente mucho más intensa que en B y, en consecuencia, mayor es la oposición o resistencia aparente (que no disipa calor) que presenta la bobina y a la que llamamos REACTANCIA. (Si el aspirante a clase C ha seguido la lectura para las clases A y B, el fenómeno estará perfectamente claro, tras cuanto se ha dicho anteriormente).

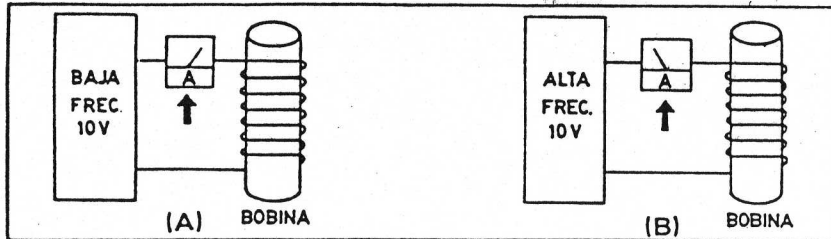


Fig. 4.R - Efecto de una bobina en un circuito de corriente alterna.

La bobina o inductancia permite el paso de la corriente continua a la que sólo limita por efecto de la resistencia del alambre que constituye sus espiras, pero dificulta el paso de la corriente alterna presentándole una oposición o reactancia tanto mayor cuanto más elevada es su frecuencia. Esta reactancia se mide en ohmios.

Los choques y en especial los choques de radiofrecuencia son bobinas cuya inductancia se utiliza para permitir el paso de la corriente continua a través de un circuito y, al mismo tiempo, impedir o bloquear la circulación de corriente alterna o de alta frecuencia por el mismo. El efecto de un choque, en este sentido, es inverso al de un condensador.

Efectivamente, la figura 5.R muestra en A y B cuál es el efecto de la frecuencia a igualdad de tensión aplicada sobre la corriente que circula por el circuito que contiene capacidad (condensador). Aquí cuanto más elevada es la frecuencia, mayor es la intensidad de corriente que circula. La reactancia capacitiva, X_C , medida en ohmios, obra a la inversa que la inductiva.

El condensador, con su capacidad, impide el paso de la corriente continua y al propio tiempo ofrece una facilidad de paso a la corriente alterna que es tanto mayor cuanto más elevada es la frecuencia de la misma, a igualdad de tensión y capacidad.

En los circuitos de corriente continua con capacidad, la circulación de corriente es nula excepto en los momentos de apertura y cie-

re del paso de corriente.

En radio se habla a menudo de "condensadores de desacoplamiento" indicando con ello la presencia de un condensador en un determinado circuito que permite el libre paso o desvía del mismo la corriente alterna de alta frecuencia evitando en cambio toda circulación de corriente continua a su través, para la que se comporta como un aislante.

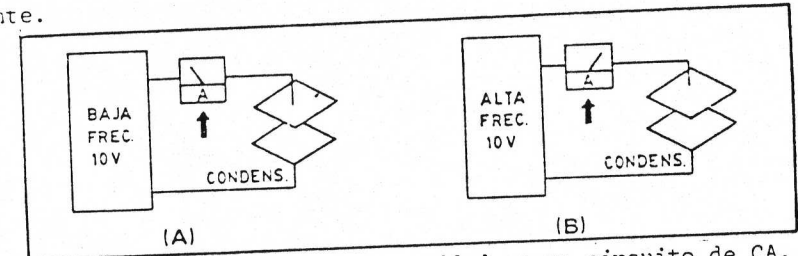


Fig. 5.R - Efecto de una capacidad en un circuito de CA.

Los efectos de un condensador son inversos a los efectos de una bobina, en cuanto a la frecuencia de la corriente circulante. Dado este antagonismo, se le da un valor positivo a la reactancia inductiva X_L y un valor negativo a la reactancia capacitiva X_C . La reactancia X_L es un valor óhmico que depende de la frecuencia y que no disipa energía, mientras que la inductancia (de la bobina) y la capacidad (del condensador) son características físicas propias del componente para las que nada tiene que ver la frecuencia.

Idea del fenómeno de la resonancia C

Las bobinas y los condensadores no se utilizan exclusivamente como choques y elementos de desacoplamiento, sino que adquieren su mayor importancia en la combinación de ambos componentes para dar lugar a circuitos selectivos (resonantes) capaces de seleccionar señales (corrientes) según su frecuencia, rechazando a todas las de más de distinta frecuencia.

La bobina y el condensador pueden unirse o combinarse en serie o en paralelo, siendo de esta última forma como aparecen mayormente en los circuitos de radio.

Gracias al fenómeno de la resonancia, cuando bobina y condensador se hallan unidos en paralelo, la combinación se comporta como una oposición combinada o IMPEDANCIA de valor casi infinito sólo a una determinada frecuencia, precisamente llamada de resonancia. Cuando se hallan conectados en serie, la combinación anula sus respectivas reactancias para una sola y determinada frecuencia en la cual el valor positivo de la reactancia inductiva es igual al valor negativo de la reactancia capacitiva (condición de resonancia, $X_L = X_C$) permitiendo la circulación de una intensidad de corriente máxima sólo

