

Resistencias de corriente alterna

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE CORRIENTE ALTERNA EN UN CIRCUITO CON RESISTENCIA INDUCTIVA Y RESISTENCIA CAPACITIVA

- Determinación de la resistencia total de corriente alterna de una conexión en serie resp. en paralelo, de una resistencia capacitiva y una inductiva, en dependencia con la frecuencia.
- Determinación de la frecuencia de resonancia en dependencia con la inductividad y la capacidad.
- Observación del cambio del desplazamiento de fase entre la corriente y la tensión con la frecuencia de resonancia.

UE3050321

10/16 UD

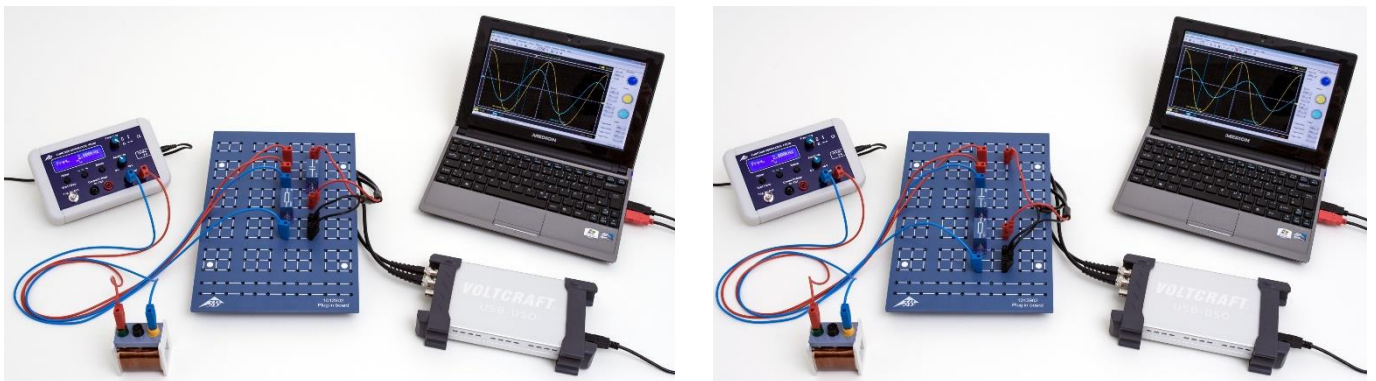


Fig. 1: Disposición de medición para la conexión en serie (derecho) y para la conexión en paralelo. (izquierdo).

FUNDAMENTOS GENERALES

Resistencias inductivas en circuitos de corriente alterna aumentan con la frecuencia, por el contrario resistencias capacitivas disminuyen. Por lo tanto, conexiones en serie o en paralelo de formadas de resistencias inductivas y capacitivas muestran un comportamiento de resonancia. Se habla de circuitos oscilantes, porque la corriente y la tensión oscilan entre la capacidad y la inductividad. Una resistencia óhmica adicional amortigua esta oscilación.

Para el cálculo de la conexión en serie resp en paralelo, para más facilidad, se le asigna a la inductividad L la resistencia compleja

$$(1) X_L = i \cdot 2\pi \cdot f \cdot L$$

f : Frecuencia de la corriente alterna

y a la capacidad C la resistencia compleja

$$(2) X_C = \frac{1}{i \cdot 2\pi \cdot f \cdot C}$$

Para la resistencia total en una conexión en serie se obtiene por lo tanto

$$(3) Z_S = i \cdot \left(2\pi \cdot f \cdot L - \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \right) = i \cdot Z_{S0},$$

mientras que la conexión en paralelo se puede calcular en la siguiente forma:

$$(4) \frac{1}{Z_P} = -i \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L} - 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C \right) = i \cdot \left(-\frac{1}{Z_{P0}} \right).$$

En caso de frecuencia de resonancia

$$(5) f_r = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

la resistencia Z_S formada por la conexión en serie de la resistencia inductiva y la resistencia capacitiva desaparece; es decir, las resistencias en cada uno de los elementos son iguales pero de sentido contrario.

La magnitud de la resistencia Z_p de la conexión en paralelo se hace infinitamente grande, es decir, las corrientes parciales son iguales pero en sentido contrario. En el caso de la frecuencia de resonancia el desplazamiento de fase entre corriente y tensión cambia su signo.

En el experimento se montan circuitos oscilantes en serie, o en paralelo, de inductividad y capacidad. El generador de funciones sirve como fuente de tensión con frecuencia y amplitud ajustables. Con un osciloscopio se miden la corriente y la tensión en dependencia con la frecuencia ajustada. La tensión U y la corriente I se representan en un osciloscopio; I corresponde a una caída de tensión $U_m(t)$ en una resistencia de trabajo R_m (Fig. 2, 3).

LISTA DE APARATOS

1 Placa enchufable para componentes electro.	1012902 (U33250)
1 Condensador 1 μ F, 100 V, P2W19	1012955 (U333063)
1 Condensador 4,7 μ F, 63 V, P2W19	1012946 (U333054)
1 Bobina S con 800 espiras	1001001 (U8498080)
1 Bobina S con 1200 espiras	1001002 (U8498085)
1 Resistencia 10 Ω , 2 W, P2W19	1012904 (U333012)
1 Generador de funciones FG 100 @230V	1009957 (U8533600-230)
o @115V	1009956 (U8533600-115)
1 Osciloscopio para PC, 2x50 MHz	1020857 (U11830)
2 Cable HF, conector macho BNC / 4 mm	1002748 (U11257)
1 Juego de 15 cables de experimentación, 75 cm, 1 mm ²	1002840 (U13800)

MONTAJE Y REALIZACIÓN

Circuito en serie

- Ensamble el montaje de medición del circuito en serie (fig. 1, derecha) según el diagrama (fig. 2) con $R_m=10 \Omega$, $C=1 \mu$ F y la bobina N de 1200 espiras / $L = 23,0$ mH.
- Conecte la señal de salida $U_m(t) = I(t) \cdot R_m$ al canal CH1 y la de entrada $U(t)$ al canal CH2 del osciloscopio.
- Seleccione en el osciloscopio conectado al PC los siguientes parámetros de partida:

Time/DIV	10 μ s
Volts/DIV CH1	10.0 mV AC
Volts/DIV CH2	2.00 V AC
Trigger Mode	Auto
Sweep	Edge
Source	CH2
Slope	+
Level	0.00 μ V

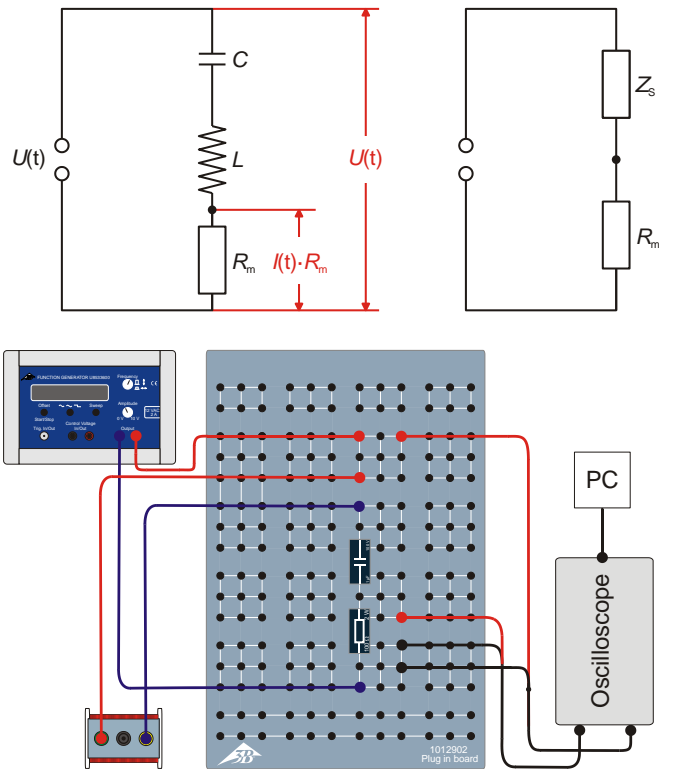


Fig. 2: Diagrama de circuito (arriba a la izquierda), circuito equivalente (arriba a la derecha) y diagrama esquemático del montaje (abajo) del circuito en serie.

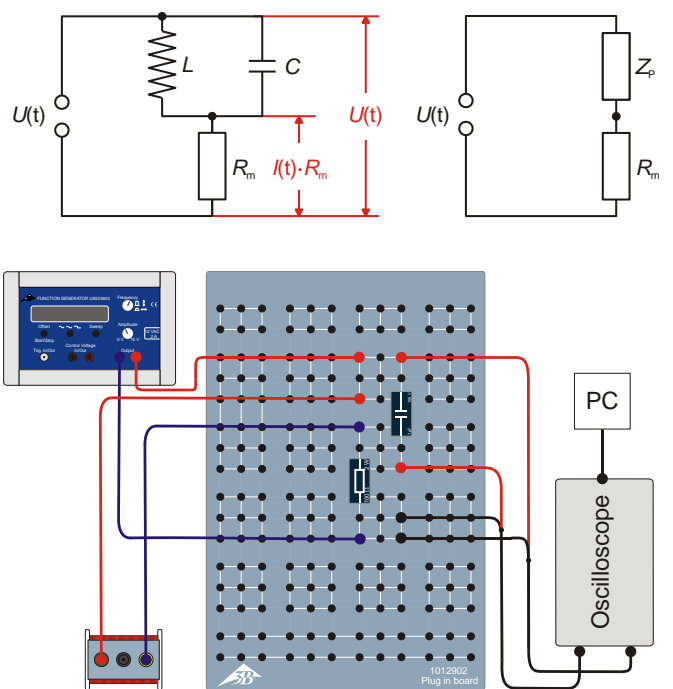


Fig. 3: Diagrama de circuito (arriba a la izquierda), circuito equivalente (arriba a la derecha) y croquis esquemático del montaje (abajo) del circuito en paralelo.

Nota

Durante el transcurso de la serie de mediciones será necesario reajustar los parámetros de tiempo y voltaje del canal 1 (Time/DIV y Volts/DIV).

- Seleccione la señal de forma senoidal en el generador de funciones así como una amplitud de $U_0 = 6\text{ V}$ de la señal de entrada. A este fin, ajuste el controlador de amplitud de manera que la señal senoidal mínima y máxima, en el canal CH2 del osciloscopio (con 2 V por división), coincida con 3 divisiones.
- Seleccione en el generador de funciones una frecuencia de 20000 Hz y reduzcala paso a paso hasta 50 Hz (tabla 1), lea en el osciloscopio, en cada caso, la amplitud U_{m0} de la señal de salida $U_m(t)$ y anote los valores en la tabla 1.
- Determine la frecuencia de resonancia f_r con la que U_{m0} llega a su valor máximo. Introduzca los valores de f_r y U_{m0} en la tabla 1 (en negritas).
- Repita la medición con la bobina N de 800 espiras / $L = 10,4\text{ mH}$.
- Repita la medición con el condensador $C = 4,7\text{ }\mu\text{F}$ y las dos bobinas.
- Introduzca todas las frecuencias de resonancia en la tabla 2.

Circuito en paralelo

- Ensamble el montaje de medición del circuito en paralelo (fig. 1, derecha) según el diagrama (fig. 3) con $R_m = 10\text{ }\Omega$, $C = 1\text{ }\mu\text{F}$ y la bobina N de 1200 espiras / $L = 23,0\text{ mH}$.
- Lleve a cabo la medición de manera análoga a lo realizado con el circuito en serie. Seleccione los mismos parámetros de partida en el osciloscopio USB con la excepción de que la opción de voltios por división del canal 1 debe tener un valor de 2.00 V AC.
- Determine la frecuencia de resonancia f_r con la que U_{m0} llega a su valor mínimo. Introduzca los valores de f_r y U_{m0} en la tabla 1 (en negritas).
- Introduzca todas las frecuencias de resonancia en la tabla 3.

Desfase

- Ensamble el montaje de medición del circuito en serie (fig. 1, derecha) según el diagrama (fig. 2) con $R_m = 10\text{ }\Omega$, $C = 1\text{ }\mu\text{F}$ y la bobina N de 1200 espiras / $L = 23,0\text{ mH}$.
- Manipule la frecuencia de resonancia f_r aumentándola y disminuyéndola un poco y, al hacerlo, observe la fase.
- Repita la medición con la bobina N de 800 espiras / $L = 10,4\text{ mH}$.
- Repita también la medición con el condensador $C = 4,7\text{ }\mu\text{F}$ y las dos bobinas.
- Realice una vez más la medición con el circuito en paralelo.

EJEMPLO DE MEDICION

Tab. 1: Frecuencias f seleccionadas y amplitudes U_{m0} medidas de la señal de salida $U_m(t)$ de los circuitos en serie y en paralelo con $R_m = 10\text{ }\Omega$, $C = 1\text{ }\mu\text{F}$, N de 1200 espiras / $L = 23,0\text{ mH}$.

f / Hz	U_{m0} / V	
	Circuito en serie	Circuito en paralelo
20000	0,0194	4,5060
10000	0,0397	3,1030
5000	0,0826	1,6900
2000	0,2800	0,5350
1500	0,5080	0,2890
1052	1,9950	0,0487
1000	1,8470	0,0597
800	0,6800	0,2120
500	0,2400	0,5880
200	0,0773	1,4080
50	0,0193	1,9950

Tab. 2: Frecuencias de resonancia medidas en el circuito en serie.

	f_r	
	$C = 1\text{ }\mu\text{F}$	$C = 4,7\text{ }\mu\text{F}$
$N = 1200$ $L = 23,0\text{ mH}$	1052 Hz	493 Hz
$N = 800$ $L = 10,4\text{ mH}$	1471 Hz	690 Hz

Tab. 3: Frecuencias de resonancia medidas en el circuito en paralelo.

	f_r	
	$C = 1\text{ }\mu\text{F}$	$C = 4,7\text{ }\mu\text{F}$
$N = 1200$ $L = 23,0\text{ mH}$	1052 Hz	496 Hz
$N = 800$ $L = 10,4\text{ mH}$	1457 Hz	688 Hz

EVALUACIÓN

- Calcule la suma Z_0 de las impedancia total de los circuitos en serie y en paralelo a partir de las tensiones U_{m0} medidas (tabla 1),

$$(9) \quad I_0 = \frac{U_{m0}}{R_m} = \frac{(U_0 - U_{m0})}{Z_0} \Leftrightarrow Z_0 = \left(\frac{U_0}{U_{m0}} - 1 \right) \cdot R_m,$$

$U_0 = 6 \text{ V}$, $R_m = 10 \text{ } \Omega$ e introduzca los valores en la tabla 4.

- Represente gráficamente los valores Z_{0S} y Z_{0P} de la impedancia total de los circuitos en serie y en paralelo en función de la frecuencia f (figuras 4 y 5).
- Lleve a cabo el cálculo teórico y represente, en las figuras 4 y 5, por medio de una línea continua, los valores Z_{0S} y Z_{0P} de la impedancia total de los circuitos en serie y en paralelo sirviéndose de las ecuaciones (3) y (4).
- Calcule las frecuencias de resonancia en función de la fórmula (5), introdúzcalas en la tabla 5 y represente gráficamente las frecuencias de resonancia medidas (tablas 2 y 3) junto a las calculadas (fig. 6).

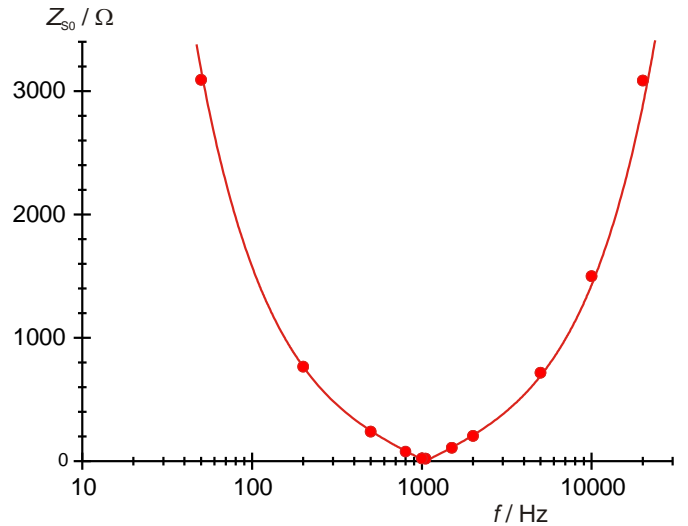


Fig. 4: Resistencia de corriente alterna de la conexión en serie en dependencia con la frecuencia.

Tab. 4: Valores de medición de determinadas impedancias totales Z_{0S} y Z_{0P} de los circuitos en serie y en paralelo.

f / Hz	Z_{0S} / Ω	Z_{0P} / Ω
20000	3082,8	3,3
10000	1501,3	9,3
5000	716,4	25,5
2000	204,3	102,1
1500	108,1	197,6
1052	20,1	1222,0
1000	22,5	995,0
800	78,2	273,0
500	240,0	92,0
200	766,2	32,6
50	3098,8	20,1

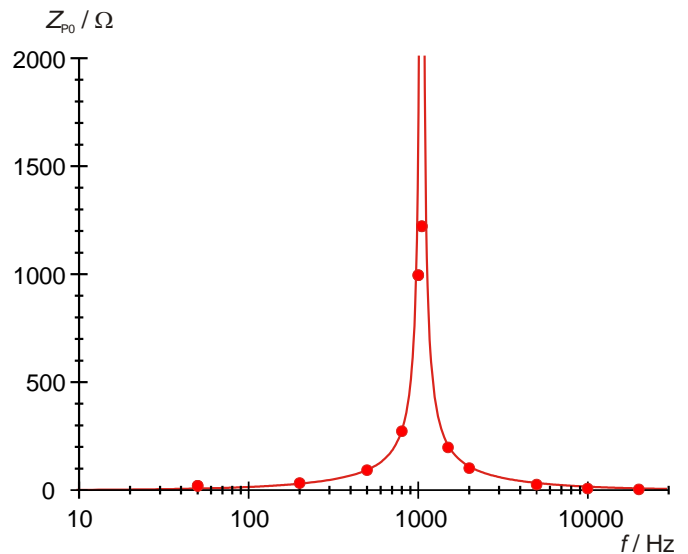


Fig. 5: Resistencia de corriente alterna de la conexión en paralelo en dependencia con la frecuencia.

Tab. 5: Frecuencias de resonancia calculadas a partir de las inductancias y capacitancias.

	$f_r = 1 / (2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C})$	
	$C = 1 \text{ } \mu\text{F}$	$C = 4,7 \text{ } \mu\text{F}$
$N = 1200$ $L = 23,0 \text{ mH}$	1049 Hz	484 Hz
$N = 800$ $L = 10,4 \text{ mH}$	1576 Hz	727 Hz

Las curvas de resonancia medidas (figuras 4 y 5) confirman la trayectoria esperada por la teoría (líneas continuas). Las grandes discrepancias de los valores de la impedancia total en el rango de la frecuencia de resonancia se explican por la componente óhmica de la resistencia de la bobina.

Las frecuencias de resonancia medidas y calculadas concuerdan en gran medida (fig. 6).

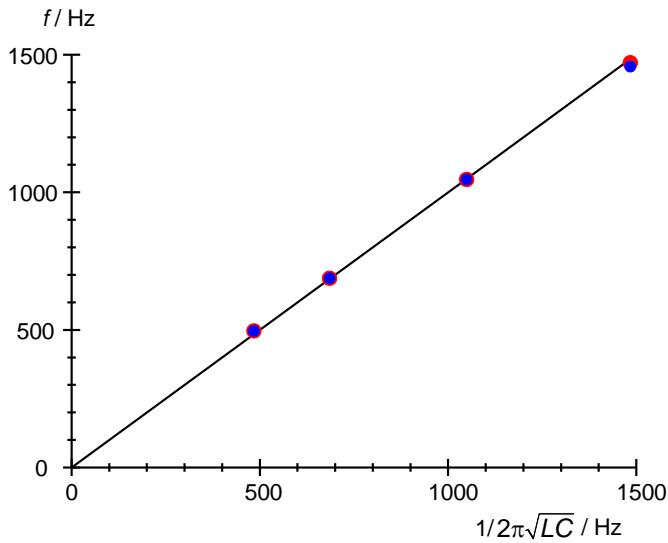


Fig. 6: Comparación entre la frecuencia de resonancia medida y la calculada; para una conexión en serie (rojo) y para una en paralelo (azul).

Desfase

En el circuito en serie, con la frecuencia de resonancia, los valores máximo, mínimo y los pasos por cero de las señales de salida $U_m(t) = I(t) \cdot R_m$ y de entrada $U(t)$ ocupan las mismas posiciones en el eje de tiempo; esto significa que el desfase φ es igual a 0° . Si se disminuye o aumenta la frecuencia, la señal de salida, en comparación con la de entrada, se desplaza hacia la izquierda o la derecha en un ángulo de $|\varphi| = 90^\circ$.

En el circuito en paralelo, con la frecuencia de resonancia, los valores máximo, mínimo y los pasos por cero de las señales de salida $U_m(t) = I(t) \cdot R_m$ y de entrada $U(t)$ ocupan las mismas posiciones en el eje de tiempo; esto significa que el desfase φ es igual a 0° . Si se disminuye o aumenta la frecuencia, la señal de salida, en comparación con la de entrada, se desplaza hacia la derecha o hacia la izquierda en un ángulo de $|\varphi| = 90^\circ$; es decir, de un modo exactamente inverso a lo que ocurre en el circuito en serie. Según la teoría, es de esperar que, con la frecuencia de resonancia, la señal de salida sea igual a cero dado que la corriente también es igual a cero. En este caso no debería encontrarse presente ninguna fase y, por lo tanto, ningún desfase. No obstante, se observa una señal de salida que difiere de cero y, en consecuencia, una fase y un desfase, hecho que se explica por la presencia de la componente resistiva óhmica de la bobina.

