

Resistencias de corriente alterna

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

- Determinación de la amplitud y la fase de la resistencia total en dependencia con la frecuencia en una conexión en serie.
- Determinación de la amplitud y la fase de la resistencia total en dependencia con la frecuencia en una conexión en paralelo.

UE3050301

04/18 UD

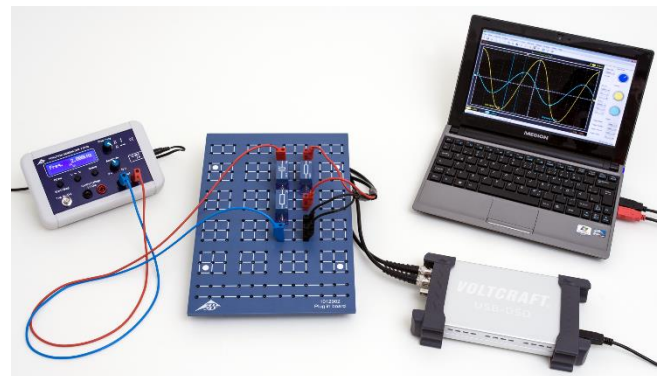
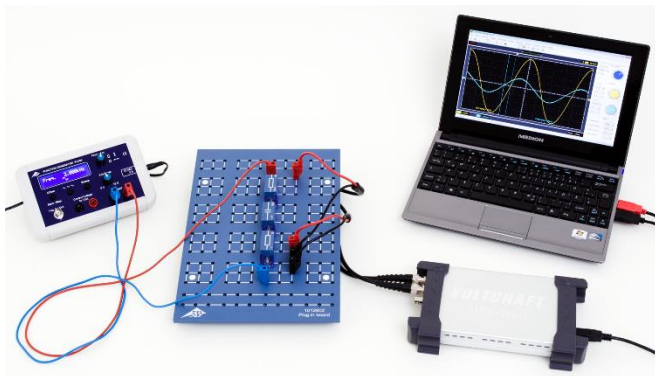


Fig. 1: Montaje de medición del circuito en serie (a la izquierda) y en paralelo (a la derecha).

FUNDAMENTOS GENERALES

A circuitos de corriente alterna que llevan conexiones con capacidades se les asignan resistencias complejas por cuestión de la sencillez de trabajo, porque aquí además de la corriente y la tensión también se considera la relación de fase entre las dos magnitudes. Conexiones en serie y en paralelo de resistencias capacitivas y óhmicas se pueden describir en forma muy sencilla. También la tensión y la corriente se observan como magnitudes complejas. Se puede medir cada vez la parte real.

Le resistencia capacitiva compleja de un condensador de capacidad C en un circuito de corriente alterna de frecuencia f es:

$$(1) \quad X_C = -i \cdot X_{C0} = -i \cdot \left(\frac{1}{\omega \cdot C} \right) = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C},$$

$$\text{con } \omega = 2\pi \cdot f$$

Por lo tanto, la conexión en serie del condensador con la resistencia R tiene una resistencia total se le puede asociar

$$(2) \quad Z_S = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C} + R,$$

mientras que a la conexión en paralelo se le asocia

$$(3) \quad Z_P = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C + \frac{1}{R}}$$

La manera más usual de expresar es

$$(4) \quad Z = Z_0 \cdot \exp(i \cdot \varphi)$$

se obtiene de ello

$$(5) \quad \begin{aligned} Z_S &= Z_{S0} \cdot \exp(i \cdot \varphi_S) \\ &= \frac{\sqrt{1 + (\omega \cdot C \cdot R)^2}}{\omega \cdot C} \cdot \exp(i \cdot \varphi_S) \end{aligned}$$

$$\text{con } \tan \varphi_S = -\frac{1}{\omega \cdot C \cdot R}$$

y

$$Z_p = Z_{p0} \cdot \exp(i \cdot \varphi_p)$$

$$(6) = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega \cdot C \cdot R)^2}} \cdot \exp(i \cdot \varphi_p)$$

con $\tan \varphi_p = -\omega \cdot C \cdot R$.

Si se aplica la tensión

$$(7) U = U_0 \cdot \exp(i \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)$$

a la resistencia total correspondiente $Z = Z_s$ y Z_p , entonces circula la corriente

$$(8) I = \frac{U_0}{Z_0} \cdot \exp(i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f \cdot t - \varphi))$$

$$= I_0 \cdot \exp(i \cdot (2 \cdot \pi \cdot f \cdot t - \varphi))$$

Esta corriente se determina en el experimento a partir de la caída de tensión $U_m(t)$ en una resistencia de trabajo R_m (figuras 2 y 3), dimensionada de tal manera que $U_{m0} \ll U_0$; es decir, que la tensión aplicada casi cae por completo en Z_s y Z_p . La corriente así determinada circula tanto por Z_s como a través de Z_p , dado que las dos resistencias están conectadas en serie a R_m (véase la imagen del circuito equivalente de las figuras 2 y 3). Debido a $U_m(t) = I(t) \cdot R_m$ la curva en el tiempo de $U_m(t)$ refleja el paso en el tiempo de la corriente $I(t)$.

LISTA DE APARATOS

| | |
|--|------------------------|
| 1 Placa enchufable para componentes electrónicos | 1012902 (U33250) |
| 1 Resistencia 1 Ω, 2 W, P2W19 | 1012903 (U333011) |
| 1 Resistencia 100 Ω, 2 W, P2W19 | 1012910 (U333018) |
| 1 Condensador 10 μF, 35 V, P2W19 | 1012957 (U333065) |
| 1 Condensador 1 μF, 100 V, P2W19 | 1012955 (U333063) |
| 1 Condensador 0,1 μF, 100 V, P2W19 | 1012953 (U333061) |
| 1 Generador de funciones FG 100 @230V | 1009957 (U8533600-230) |
| ó | |
| 1 Generador de funciones FG 100 @115V | 1009956 (U8533600-115) |
| 1 Osciloscopio de 2x25 MHz para PC | 1020857 (U11830) |
| 2 Cable HF, conector macho BNC / 4 mm | 1002748 (U11257) |
| 1 Juego de 15 cables de experimentación, 1 mm ² | 1002840 (U13800) |

MONTAJE Y REALIZACIÓN

Circuito en serie

- Ensamble el montaje de medición del circuito en serie (Fig. 1, a la izquierda) según se indica en el esquema (Fig. 2) con $R_m = 1 \Omega$, $R = 100 \Omega$ y $C = 10 \mu F$.
- 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.

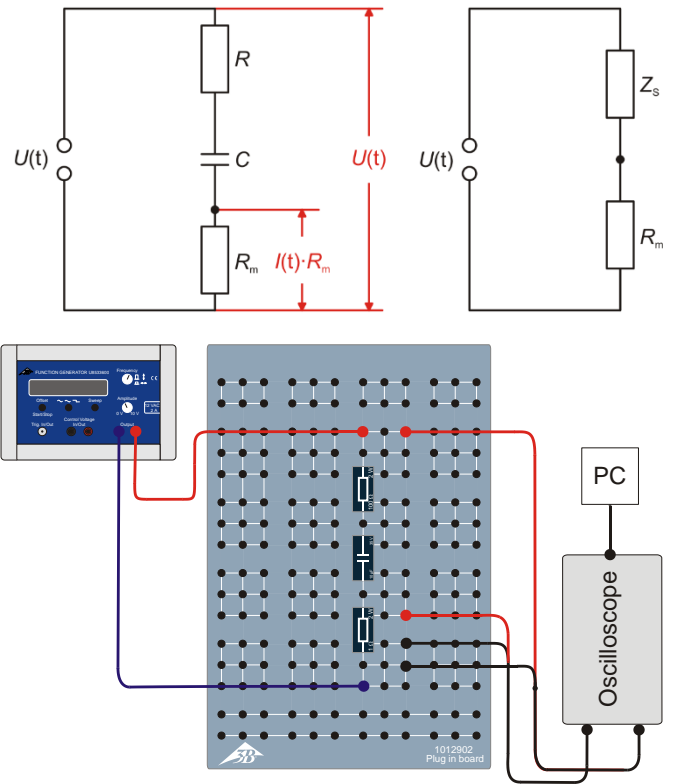


Fig. 2: Diagrama de circuito (arriba a la izquierda), circuito equivalente (arriba a la derecha) y esquema del montaje (abajo) del circuito en serie.

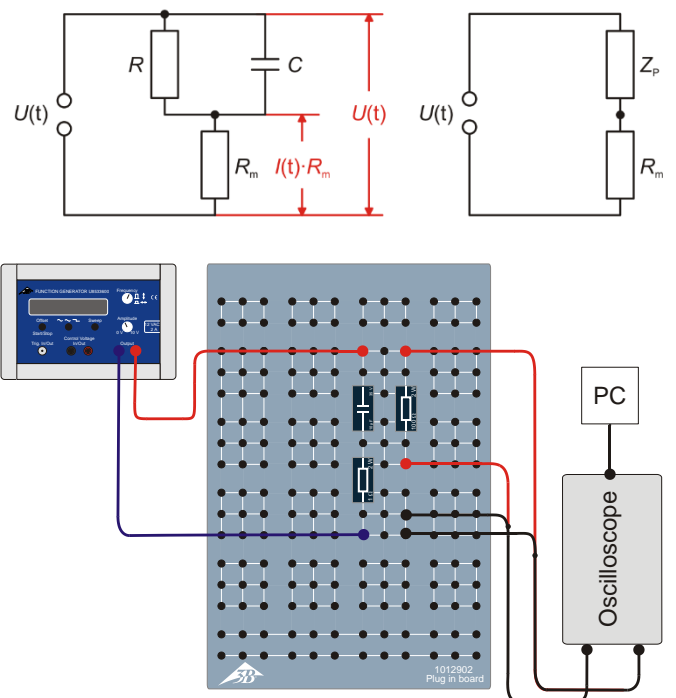


Fig. 3: Diagrama de circuito (arriba a la izquierda), circuito equivalente (arriba a la derecha) y esquema del montaje (abajo) del circuito en paralelo.

- Ajuste los siguientes parámetros en el osciloscopio del PC:

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| Horizontal: | |
| Base de tiempo: | 50 $\mu\text{s}/\text{div}$ |
| Posición horizontal de disparo: | 0,0 ns |
| Vertical: | |
| CH1: | |
| División de la escala de tensión: | 20 mV/div CC |
| Posición del punto cero: | 0,0 divs |
| CH2: | |
| División de la escala de tensión: | 2 V/div CC |
| Posición del punto cero: | 0,0 divs |
| Disparo: | |
| Simple (no alterno) | |
| Fuente: | CH2 |
| Modo: | Flanco |
| Flanco: | Ascendente |
| Umbral: | 0,000 mV |
| Modo de disparo: | Automático |
- Ajuste en el generador de funciones una tras otra las frecuencias de 2000 Hz, 1000 Hz, 500 Hz, 200 Hz, 100 Hz y 50 Hz. Calcule según la fórmula $T = 1/f$ las correspondientes duraciones de periodo y anótelas junto con las frecuencias en la tabla 1.
- Lea la amplitud U_{m0} de la señal de salida $U_m(t)$ en el osciloscopio y anote el valor en la tabla 1
- Lea la diferencia de tiempo Δt de los pasos por cero de las señales $U(t)$ y $U_m(t)$ en el osciloscopio y anote los valores en la tabla 1.
- Repita la medición con el condensador $C = 1 \mu\text{F}$ frente a las mismas frecuencias y para el condensador con $C = 0,1 \mu\text{F}$ ante 2000 Hz y 1000 Hz y anote todos los valores en la tabla 1.

Circuito en paralelo

Nota

Los parámetros de tiempo por división y de voltios también por división se deben adaptar en el transcurso de la serie de mediciones.

- Seleccione la forma de señal senoidal en el generador de funciones y ajuste la amplitud de la señal de entrada en $U_0 = 6 \text{ V}$. Para ello ajuste el regulador de amplitud de manera que un máximo o un mínimo de la señal del canal CH2 del osciloscopio (con 2 V / división) corresponda a 3 casillas.
- Leve a cabo las mediciones de manera análoga a las realizadas con el circuito en serie. Seleccione los mismos parámetros iniciales en el osciloscopio del PC, solo ajuste 200 mV CC en Volts/DIV del CH1.
- Anote todos los valores de medición en la tabla 2.

EJEMPLO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN

Tab. 1: Variables dadas, medidas y calculadas con el circuito en serie, $U_0 = 6 \text{ V}$, $R_m = 1 \Omega$.

| $C / \mu\text{F}$ | f / Hz | T / ms | X_{C0} / Ω | U_{m0} / mV | $\Delta t / \text{ms}$ | I_0 / mA | Z_{S0} / Ω | φ_s |
|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| 10,0 | 2000 | 0,5 | 8,0 | 56,9 | 0,006 | 56,9 | 105,4 | 4,3° |
| 10,0 | 1000 | 1,0 | 15,9 | 56,7 | 0,026 | 56,7 | 105,8 | 9,4° |
| 10,0 | 500 | 2,0 | 31,8 | 53,5 | 0,095 | 53,5 | 112,1 | 17,1° |
| 10,0 | 200 | 5,0 | 79,6 | 42,8 | 0,500 | 42,8 | 140,2 | 36,0° |
| 10,0 | 100 | 10,0 | 159,2 | 30,2 | 1,479 | 30,2 | 198,7 | 53,2° |
| 10,0 | 50 | 20,0 | 318,3 | 17,9 | 3,689 | 17,9 | 335,2 | 66,4° |
| 1,0 | 2000 | 0,5 | 79,6 | 45,8 | 0,055 | 45,8 | 131,0 | 39,6° |
| 1,0 | 1000 | 1,0 | 159,2 | 31,1 | 0,157 | 31,1 | 192,9 | 56,5° |
| 1,0 | 500 | 2,0 | 318,3 | 18,2 | 0,400 | 18,2 | 329,7 | 72,0° |
| 1,0 | 200 | 5,0 | 795,8 | 7,0 | 1,153 | 7,0 | 857,1 | 83,0° |
| 1,0 | 100 | 10,0 | 1591,5 | 4,1 | 2,517 | 4,1 | 1463,4 | 90,6° |
| 0,1 | 2000 | 0,5 | 795,8 | 7,6 | 0,114 | 7,6 | 789,5 | 82,1° |
| 0,1 | 1000 | 1,0 | 1591,5 | 3,8 | 0,229 | 3,8 | 1578,9 | 82,4° |

Tab. 2: Variables dadas, medidas y calculadas con el circuito en paralelo, $U_0 = 6 \text{ V}$, $R_m = 1 \text{ }\Omega$.

| $C / \mu\text{F}$ | f / Hz | T / ms | X_{C0} / Ω | U_{m0} / mV | $\Delta t / \text{ms}$ | I_0 / mA | Z_{P0} / Ω | φ_P |
|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------------|------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| 10,0 | 2000 | 0,5 | 8,0 | 679,7 | 0,078 | 679,7 | 8,8 | 56,2 |
| 10,0 | 1000 | 1,0 | 15,9 | 360,9 | 0,194 | 360,9 | 16,6 | 69,8 |
| 10,0 | 500 | 2,0 | 31,8 | 190,9 | 0,359 | 190,9 | 31,4 | 64,6 |
| 10,0 | 200 | 5,0 | 79,6 | 96,4 | 0,507 | 96,4 | 62,2 | 36,5 |
| 10,0 | 100 | 10,0 | 159,2 | 71,1 | 0,826 | 71,1 | 84,4 | 29,7 |
| 10,0 | 50 | 20,0 | 318,3 | 62,5 | 0,893 | 62,5 | 96,0 | 16,1 |
| 1,0 | 2000 | 0,5 | 79,6 | 93,1 | 0,069 | 93,1 | 64,4 | 49,7 |
| 1,0 | 1000 | 1,0 | 159,2 | 70,2 | 0,081 | 70,2 | 85,5 | 29,2 |
| 1,0 | 500 | 2,0 | 318,3 | 61,5 | 0,086 | 61,5 | 97,6 | 15,5 |
| 1,0 | 200 | 5,0 | 795,8 | 59,2 | 0,073 | 59,2 | 101,4 | 5,3 |
| 1,0 | 100 | 10,0 | 1591,5 | 58,6 | 0,069 | 58,6 | 102,4 | 2,5 |
| 0,1 | 2000 | 0,5 | 795,8 | 60,1 | 0,010 | 60,1 | 99,8 | 7,2 |
| 0,1 | 1000 | 1,0 | 1591,5 | 58,2 | 0,010 | 58,2 | 103,1 | 3,6 |

- Calcule el valor de la resistencia capacitiva según $X_{C0} = 1 / (2 \cdot \pi \cdot f \cdot C)$ (véase la ecuación 1) y anote los valores en las tablas 1 y 2.
- A partir de los valores de U_{m0} (tablas 1 y 2) y R_m ($1 \text{ }\Omega$), calcule las amplitudes de la corriente según $I_0 = U_{m0} / R_m$ y anote los resultados en las tablas 1 y 2.
- Calcule los valores de Z_{S0} y Z_{P0} de la resistencia total según $Z_0 = U_0 / I_0$ ($U_0 = 6 \text{ V}$) y anote los resultados en la tabla 3.
- Calcule el desfase a partir de los valores de los periodos T y las diferencias de tiempo Δt (tablas 1 y 2) según $\varphi = 360^\circ \cdot \Delta t / T$ y anote los resultados en las tablas 1 y 2.
- Trace gráficamente los valores Z_{S0} y Z_{P0} de la resistencia total y de los desfases de φ_S y φ_P de los circuitos en serie y en paralelo en función de X_{C0} (Fig. 4 – 7).
- Calcule teóricamente los valores de Z_{S0} y Z_{P0} de la resistencia total y de los desfases φ_S y φ_P , según la ecuación (5) para el circuito en serie y la igualdad (6) para el circuito en paralelo

$$(9) \quad Z_{S0} = \sqrt{R^2 + X_{C0}^2}, \quad \varphi_S = \arctan\left(-\frac{X_{C0}}{R}\right)$$

$$(10) \quad Z_{P0} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \frac{1}{X_{C0}^2}}}, \quad \varphi_P = \arctan\left(-\frac{R}{X_{C0}}\right),$$

y trace el resultado en forma de líneas continuas en las figuras 4 al 7.

Resumen

Con bajas frecuencias, el circuito en serie asume el valor de la resistencia capacitiva y el circuito en paralelo el valor de la resistencia óhmica. El desfase está entre 0° y -90° y es igual a -45° si la resistencia óhmica y la capacitiva presentan el mismo valor.

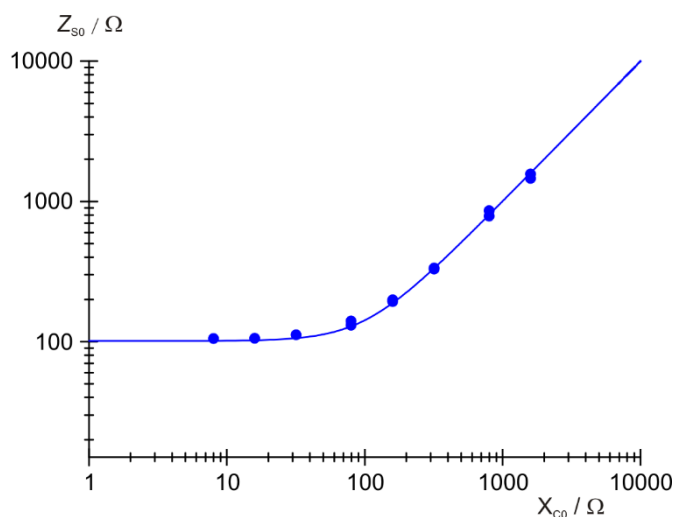


Fig. 4: Resistencia total del circuito en serie.

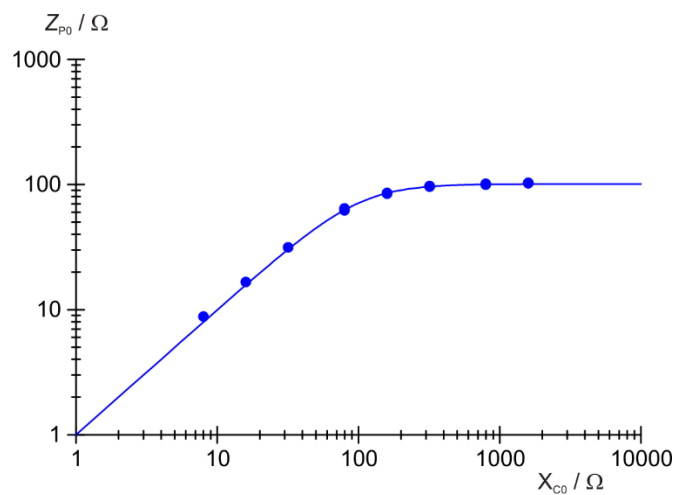


Fig. 6: Resistencia total del circuito en paralelo.

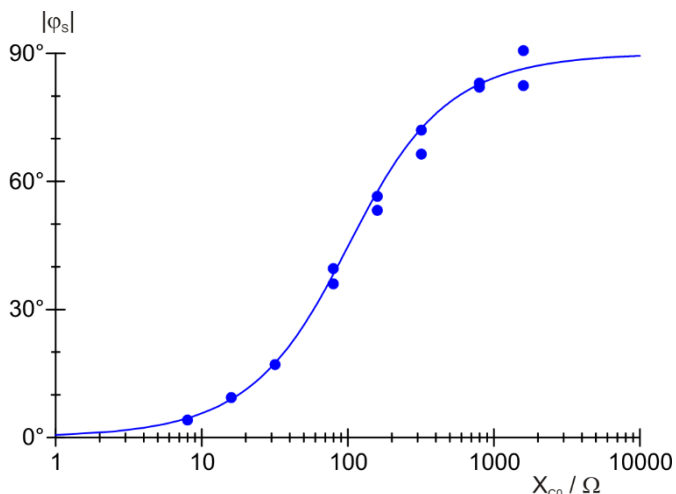


Fig. 5: Desfase del circuito en serie.

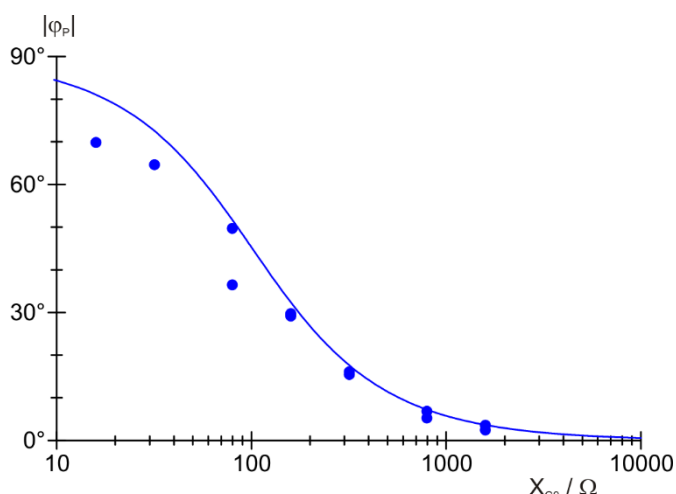


Fig. 7: Desfase del circuito en paralelo.