SIEMENS

# El circuito de corriente alterna

Enseñanza programada

ep 29

marcombo
BOIXAREU EDITORES

Rieger   El circuito de corriente alterna

ISBN 84-267-0752-1

9 788426 707529

ISBN 84-267-0752-1 (Marcombo)
ISBN 3-8009-4836-2 (Siemens)

El circuito de corriente alterna
ep 29

# El circuito de corriente alterna

# ep 29

Heinz Rieger

MARCOMBO, S.A. SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT

Título de la edición original en alemán
**Der Wechselstromkreis**(PU 46)
por Heinz Rieger
Siemens Aktiengesellschaft, Berlín y Munich



ISBN: 84-267-0752-1, Marcombo
ISBN: 3-8009-4836-2, Siemens Aktiengesellschaft
Depósito Legal: B. 36.358-1989
Impreso en España
Printed in Spain
Impresión: GERSA, Industria Gráfica - Tambor del Bruc, 6
08970 Sant Joan Despí (Barcelona)

# Introducción

El presente programa de estudio trata del circuito de corriente alterna formado de una fuente de energía y de una o varias cargas, en el cual las cargas se componen por distintas resistencias básicas.

El programa se basa en el programa de estudio ep 12 "Tensión alterna - corriente alterna". Por lo tanto, se parte del supuesto de que el lector está familiarizado con los parámetros de la tensión alterna senoidal, como valor instantáneo, valor de cresta, valor eficaz, frecuencia, frecuencia circular, etc., así como, de sus signos y unidades. El lector tendrá que conocer el comportamiento de las tres impedancias (resistencias) básicas, óhmica, reactancia inductiva y capacitiva y dominar el manejo del diagrama de coordenadas y vectorial.

En el presente programa de estudio se explicarán primeramente conceptos generales, tales como denominaciones y formas de cálculo, la suma de tensiones o corrientes alternas desfasadas, así como un resumen matemático de distintas resistencias básicas. Seguidamente, se tratarán los cálculos de distintas conexiones – conexión en serie – conexión en paralelo, conexión mixta de las resistencias básicas.

Después de haber estudiado el programa el lector tendrá capacidad para diferenciar entre un circuito de corriente alterna óhmico-inductivo y uno óhmico-capacitivo. Podrá sustituir cargas simples por sus esquemas equivalentes y calcular con esta carga, en un circuito de corriente alterna, corrientes parciales y totales o tensiones parciales y totales así como definir el ángulo de desfase.

El resumen de fórmulas y relaciones que damos al final del programa pretende ser una ayuda para el lector, en cuanto se refiere a repeticiones o cálculos añadidos. Una lista de palabras específicas en el anexo le ayudarán a encontrar rápidamente conceptos básicos en las distintas lecciones.

# Lección (L) 1

Se da el nombre de "circuito de corriente alterna" a la conexión eléctrica del generador de energía eléctrica de corriente alterna (fuente de energía) con una o varias cargas de esta energía.

La fuente de energía puede ser un generador de corriente alterna, un transformador o una red de corriente alterna.

El caso más sencillo consiste en una carga de una sola resistencia básica, o sea una resistencia óhmica $R$, una reactancia inductiva $X_L$, o una reactancia capacitiva $X_C$ (ver enseñanza programada ep 12). No obstante, se da a menudo el caso de que en un circuito de corriente alterna estén conectadas en paralelo varias resistencias (impedancias) básicas a la fuente de energía (fig. 1a).

Una única carga puede significar también una conexión mixta (conexión en serie y conexión en paralelo) de resistencias básicas, por ejemplo, ver figura 1b.

Finalmente, es posible que una carga sea un aparato eléctrico, por ejemplo un motor que se comporta eléctricamente como una combinación de resistencias básicas y que puede estar representado por un "circuito equivalente" como tal combinación (fig. 1c).

El problema consiste en calcular corrientes, tensiones y ángulo de desfase como base de dimensionamiento de la fuente de energía y de las cargas.

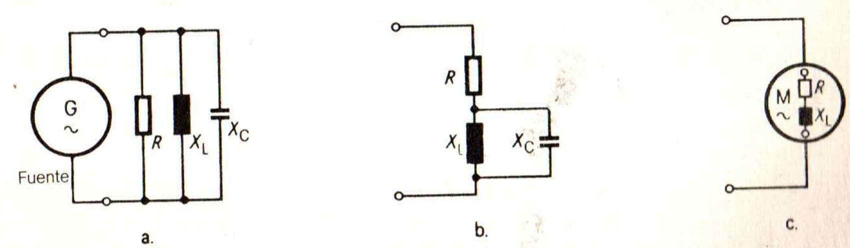



Fig. 1

**?** ¿Qué se entiende como "circuito de corriente alterna"?

## R 1

Por circuito de corriente alterna se entiende una conexión eléctrica de una fuente de energía de corriente alterna con una o varias cargas.





Dado que cada una de las cargas de corriente alterna se basa en las resistencias básicas $R$, $X_L$, $X_C$, queremos exponer una vez más las características de estas resistencias (ver enseñanza programada ep 12):

*Resistencia activa (efectiva, resistencia óhmica)* $R$: corriente y tensión están en fase. Los vectores de corriente $\underline{I}_R$ y de tensión $\underline{U}$ (fig. 2) tienen la misma dirección (ángulo desfase $\varphi = 0$). En el diagrama de coordenadas (fig. 3) tienen los valores instantáneos $u$ e $i_R$ el paso por cero positivo al mismo tiempo (paso por cero seguido de aumento positivo).

*Reactancia inductiva* $X_L$: corriente y tensión están desfasadas por 90°. El vector de la corriente $\underline{I}_L$, está retrasado $\pi/2$ respecto del vector de la tensión $\underline{U}$. En el diagrama de coordenadas la corriente $i_L$ tiene su paso cero positivo por $\pi/2$, después del paso por cero positivo de la tensión $u$.

*Reactancia capacitiva* $X_C$: corriente y tensión están desfasadas por 90°. El vector de la corriente $\underline{I}_C$ está adelantado $\pi/2$ respecto del vector de la tensión $\underline{U}$. En el diagrama de coordenadas la corriente $i_c$ tiene su paso por cero positivo $\pi/2$ por delante del paso por cero de la tensión $u$.

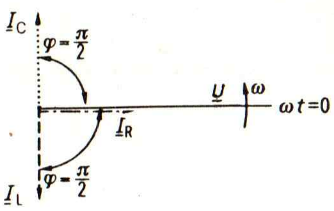



Fig. 2

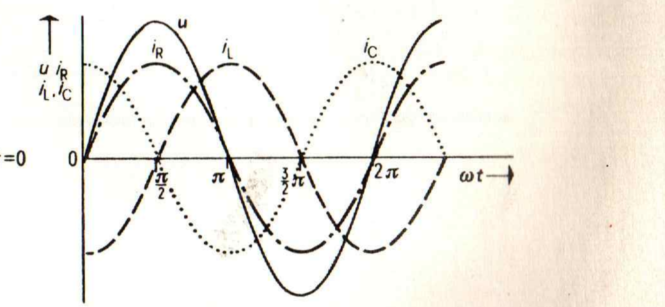



Fig. 3

**?** Describa la situación relativa de corriente y tensión con respecto a las tres resistencias básicas $R$, $X_L$, $X_C$.

## R 2

Resistencia activa $R$:

Corriente y tensión están en fase.

Reactancia inductiva $X_L$:

La corriente está retrasada 90° respecto a la tensión,
o también,
la tensión está adelantada 90° respecto a la corriente.

Reactancia capacitiva $X_C$:

La corriente está adelantada 90° respecto a la tensión,
o también,
la tensión está retrasada 90° respecto a la corriente.



## L 3

Si una carga contiene las resistencias básicas $R$, $X_L$, $X_C$ en cualquier tipo de conexión, habrá siempre un desfase de ángulo $\varphi$ entre corriente y tensión como diferencia de los ángulos de fases $\varphi_u$ de la tensión y del ángulo de fases $\varphi_i$ de la corriente

$$\varphi = \varphi_u - \varphi_i$$

Si $\varphi_u > \varphi_i$ (fig. 4), se atrasa la corriente $I$ respecto a la tensión $U$. Entonces se habla de una carga "óhmica-inductiva". El ángulo de desfase $\varphi$ es positivo. Puede resultar, según el tipo de carga, entre 0° y +90°.

Si $\varphi_u < \varphi_i$ (fig. 5), se adelanta la corriente $I$ respecto a la tensión. Entonces se habla de una carga óhmica-capacitiva. El ángulo de desfase $\varphi$ es negativo y puede resultar según el tipo de carga entre 0° y −90°.

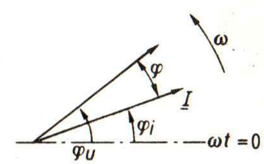



Fig. 4

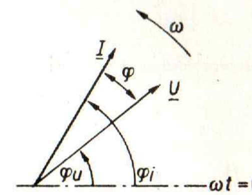



Fig. 5

**?** ¿Entre qué límites puede estar desplazada la corriente $I$ en un circuito de corriente alterna respecto a la tensión $U$?

## R 3

En un circuito de corriente alterna la corriente puede estar desplazada respecto a la tensión entre $\varphi = +90°$ y $\varphi = -90°$.



## L 4

Si se representa la reactancia inductiva $X_L$ y la reactancia capacitiva $X_C$ con el mismo nombre "reactancia $X$", se podrá diferenciar la conexión en serie y la conexión paralela de una resistencia $R$ y una reactancia $X$.

*En la conexión en serie* (fig. 6), a través de las dos resistencias circula la misma corriente $I$. La tensión en la resistencia activa $R$ está en fase con la corriente, llamada *"tensión activa"* $U_a$. Resulta

$$U_a = I \cdot R.$$

La tensión en la *reactancia* $X$ está desplazada 90° con respecto a la corriente (adelantada o atrasada). Se denomina *"tensión reactiva"* $U_r$. Resulta

$$U_r = I \cdot X.$$

*En la conexión en paralelo* (fig. 7) se aplica la misma tensión $U$ a las dos resistencias. La corriente en la resistencia activa $R$ está en fase con la tensión, denominada *"corriente efectiva o activa"* $I_a$. Resulta

$$I_a = \frac{U}{R}.$$

La corriente en la *reactancia* $X$ está desplazada 90° con respecto a la tensión (adelantada o retrasada). Se denomina *"corriente reactiva"* $I_r$. Resulta

$$I_r = \frac{U}{X}.$$

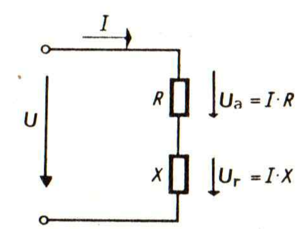



Fig. 6

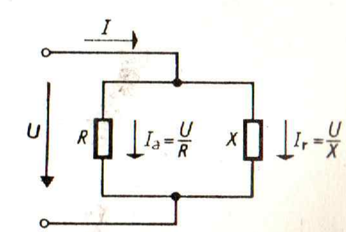



Fig. 7

**?** ¿Qué significa el término "activa o efectiva" en relación con la tensión o la corriente?

¿Qué quiere decir "reactivo" en relación con la tensión o la corriente?

## R 4

La combinación de los términos activo o efectivo con corriente y tensión, significa que corriente y tensión están en fase.

Cuando se designa tensión o corriente como reactivo, se indica que corriente y tensión están desplazadas 90 °.



## L 5

En la conexión de resistencias en serie la tensión total resulta igual a la suma de las tensiones parciales en las distintas resistencias. En la conexión de resistencias en paralelo la corriente total resulta igual a la suma de las corrientes parciales en las distintas resistencias. Observemos cómo se componen las sumas en el ejemplo de dos resistencias en paralelo: Solamente si las corrientes parciales tienen la misma fase, por ejemplo, en la conexión en paralelo de dos resistencias óhmicas, pueden sumarse los valores eficaces de las corrientes de forma algebraica $I = I_1 + I_2$.

Si las corrientes tienen las fases desplazadas, por ejemplo, en la conexión en paralelo (fig. 8) de una resistencia activa (corriente activa $i_a$) y una reactancia inductiva (corriente reactiva $i_{rL}$), sólo se podrán sumar algebraicamente los valores instantáneos, es decir, $i = i_a + i_{rL}$. Si se suman en el diagrama de coordenadas (fig. 9) los valores instantáneos $i_a$ e $i_{rL}$ de los mismos ángulos $\omega t$, se obtendrá la variación de la corriente total $i$ con el valor de cresta $\hat{\imath}$. Con estos datos se calculará el valor eficaz de $I = \hat{\imath}/\sqrt{2}$. La distancia entre los dos pasos por cero positivos de $u$ e $i$ es el ángulo de desfase $\varphi$.

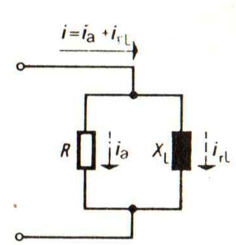



Fig. 8

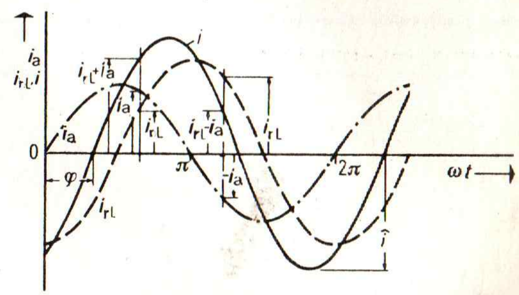



Fig. 9

**?** ¿Cuándo se pueden sumar los valores eficaces de corrientes o tensiones alternas?

## R 5

Los valores eficaces de corrientes alternas o tensiones alternas se podrán sumar algebraicamente si tienen la misma fase.



## L 6

La determinación gráfica de la suma de corrientes o tensiones alternas con fases desplazadas en el diagrama de coordenadas requiere gran exactitud gráfica. Más exactamente, se realizará la "suma geométrica", es decir, la suma de módulo y dirección en el diagrama vectorial. Nos quedaremos con el ejemplo de conexión en paralelo de una resistencia activa y de una reactancia inductiva (fig. 8, L 5).

El vector de tensión $\underline{U}$ está con $\omega t = 0$ (fig. 10). Los vectores de corriente tendrán un módulo en relación con su valor eficaz. La corriente activa $I_a$ está en fase con $U$, y también el vector de corriente $\underline{I}_a$ en $\omega t = 0$. La corriente reactiva $I_{rL}$ está retrasada 90° respecto de la tensión; el vector $\underline{I}_{rL}$ está, por lo tanto, en $\omega t = -\pi/2$.

Los vectores $\underline{I}_a$ e $\underline{I}_{rL}$ estarán alineados en módulo y dirección (fig. 11). La unión entre el punto inicial y el punto final de la serie de vectores es el vector $\underline{I}$ de la corriente sumada; el ángulo entre $\underline{U}$ e $\underline{I}$ será el ángulo de desplazamiento de fases $\varphi$.

De forma geométrica, $\underline{I}$ resulta ser la diagonal en el rectángulo de $\underline{I}_a$ e $\underline{I}_{rL}$.

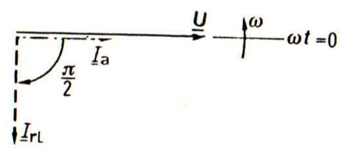



Fig. 10

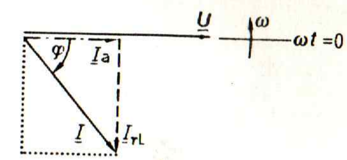



Fig. 11

**?** ¿Cómo se denomina la adición en módulo y dirección de magnitudes de corrientes alternas desfasadas?

## R 6

La adición de magnitudes de corrientes alternas desfasadas, sumadas en módulo y dirección se denomina "suma geométrica".



## L 7

La adición geométrica de magnitudes de corrientes alternas en el diagrama vectorial no solamente es válida para vectores perpendiculares, sino para vectores de cualquier dirección. Como ejemplo debe servir la determinación de la corriente total que absorben los dos motores de corriente alterna $M_1$ y $M_2$ conectados en paralelo (fig. 12).

El motor 1 absorbe una corriente $\underline{I}_1$ (fig. 13) la cual está atrasada en un ángulo $\varphi_1$ respecto a la tensión $\underline{U}$ . La corriente de motor $\underline{I}_2$ sigue a la tensión $\underline{U}$ en el ángulo $\varphi_2$. Los dos vectores $\underline{I}_1$ e $\underline{I}_2$ estarán yuxtapuestos por módulo y dirección (fig. 14). La unión del punto inicial y el final resulta el vector de la corriente total $\underline{I}$. El ángulo entre $\underline{U}$ e $\underline{I}$ es el ángulo de desplazamiento de las fases $\varphi$.

Desde el punto de vista geométrico, la suma de corriente $\underline{I}$ resulta la diagonal que parte del punto inicial en el paralelogramo $\underline{I}_1$ e $\underline{I}_2$. A través de esta composición de vectores se podrá sumar gráficamente cualquier magnitud de corriente alterna.

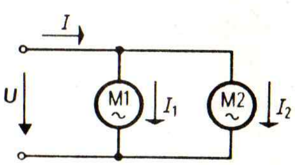



Fig. 12

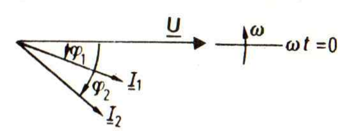



Fig. 13

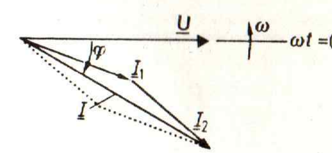



Fig. 14

**?** ¿Cómo se calcula gráficamente la suma de dos corrientes alternas que estén desplazadas en fase? Explique el proceso con palabras.

**R 7** Se calcula gráficamente la suma de dos corrientes alternas que están desplazadas de fases formando un paralelogramo de vectores. La diagonal que parte del punto inicial es la suma de las dos corrientes.



# Prueba parcial 1

1. ¿Qué tres resistencias (impedancias) básicas pueden existir en un circuito de corriente alterna?

2. Si en un circuito de corriente alterna corriente y tensión tienen fases distintas se distinguirán dos formas de circuitos de corriente alterna. ¿Qué formas son éstas?

3. Nombre las dos posibilidades de adición gráfica de tensiones o corrientes alternas.

# Respuestas para la prueba parcial 1

**1.** Se distinguen:

Resistencia óhmica $R$
Reactancia inductiva $X_L$
Reactancia capacitiva $X_C$ (L 2)

**2.** Se distinguen:

Circuitos de corriente alterna óhmico-inductivo
Circuitos de corriente alterna óhmico-capacitivo (L 3)

**3.** Los dos procedimientos gráficos son:

Adición de valores instantáneos en el diagrama de coordenadas, (L 5)

adición geométrica de valores eficaces en el diagrama vectorial. (L 6, 7)





Desde luego es posible sumar una corriente activa y reactiva igual que una tensión activa y reactiva matemáticamente. Para ello valen las siguientes reglas en el triángulo rectángulo (fig. 15a).

Se denominan los lados a y b como catetos, por lo tanto

| | |
|---|---|
| el lado a en el ángulo $\varphi$ | cateto contiguo |
| el lado b frente al ángulo $\varphi$ | cateto opuesto |
| el lado c frente al ángulo derecho | hipotenusa |

Vale

$$\operatorname{sen}\varphi = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}} = \frac{b}{c} \qquad b = c \cdot \operatorname{sen}\varphi$$

$$\cos\varphi = \frac{\text{cateto contiguo}}{\text{hipotenusa}} = \frac{b}{c} \qquad a = c \cdot \cos\varphi$$

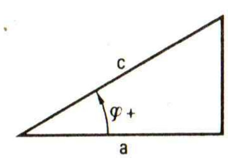
$$\tan\varphi = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{cateto contiguo}} = \frac{b}{c} \qquad b = a \cdot \tan\varphi$$

En el diagrama vectorial se escribe el ángulo $\varphi$ desde la línea $\omega t = 0$ en dirección de rotación como positivo, considerado en contra de la dirección de rotación como negativo (fig. 15b). Para ángulos negativos vale $\operatorname{sen}(-\varphi) = -\operatorname{sen}\varphi$; $\cos(-\varphi) = +\cos\varphi$; $\tan(-\varphi) = -\tan\varphi$.

Es también aplicable el teorema de Pitágoras

$$c^2 = a^2 + b^2 \qquad c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Los valores de funciones $\operatorname{sen}\varphi$, $\cos\varphi$, $\tan\varphi$ desde $\varphi = 0°$ hasta $90°$ quedan reflejadas en la tabla (página 69).



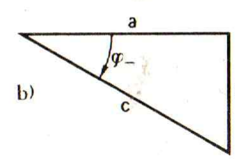




Fig. 15

**?** ¿A qué figura geométrica se refieren las reglas de cálculo en la suma de módulos de corriente alterna de fases desplazadas?

## R 8

Las reglas de cálculo para la suma de módulos de corriente alterna de fases desplazadas se refieren al triángulo rectángulo.



## L 9

Calculemos, pues, matemáticamente en el ejemplo (de L 5 o L 6) las corrientes de la conexión en paralelo de una resistencia activa $R$ y de una reactancia inductiva $X_L$ (fig. 16). En el diagrama vectorial las corrientes forman un triángulo rectángulo.

En él $\underline{I}_a$: cateto contiguo $\underline{I}_{rL}$: cateto opuesto $\underline{I}$: hipotenusa

Para las corrientes parciales es válido lo siguiente:

Corriente activa $I_a = I \cdot \cos\varphi$ Corriente reactiva $I_{rL} = I \cdot \operatorname{sen}\varphi$

y para la corriente total

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_{rL}^2}$$

Calculemos ahora, como otro ejemplo, la tensión total $U$ en una conexión en serie de una resistencia activa $R$ y de una reactancia $X_L$ (fig. 17) (compare L 4): En el diagrama vectorial las tensiones forman un triángulo rectángulo. En él:

$\underline{U}_a$: cateto contiguo $\underline{U}_{rL}$: cateto opuesto $\underline{U}$: hipotenusa

Para las tensiones parciales

Tensión activa $U_a = U \cdot \cos\varphi$ tensión reactiva $U_{rL} = U \cdot \operatorname{sen}\varphi$

y para la tensión total

$$U = \sqrt{U_a^2 + U_{rL}^2}$$

El ángulo de desplazamiento de fases $\varphi$ cumple,

en el triángulo de corriente: $\tan\varphi = \dfrac{I_{rL}}{I_a}$ en el triángulo de tensión: $\tan\varphi = \dfrac{U_{rL}}{U_a}$

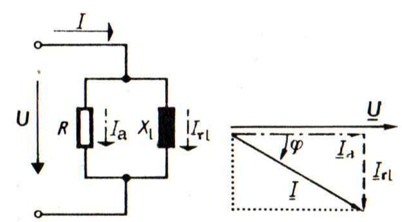



Fig. 16

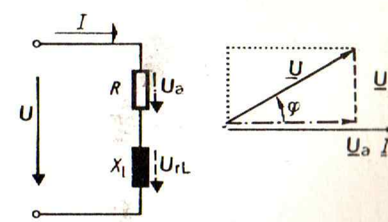



Fig. 17

**?** ¿Qué función del ángulo indica ($\operatorname{sen}\varphi$, $\cos\varphi$ o $\tan\varphi$), relacion con un módulo activo?

¿Qué función del ángulo ($\operatorname{sen}\varphi$, $\cos\varphi$ o $\tan\varphi$) indica relación con un módulo reactivo?

## R 9

Un módulo activo estará siempre relacionado con la función $\cos\varphi$.

Un módulo reactivo estará siempre relacionado con la función $\operatorname{sen}\varphi$.



## L 10

Del mismo modo, como en el circuito de corriente alterna, de corrientes parciales se puede calcular la corriente total, de tensiones parciales, la tensión total, se podrá fijar la resistencia total por sus resistencias parciales. Si la carga consiste en una conexión en serie de resistencias o impedancias del mismo tipo, podrán sumarse algebráicamente, por ejemplo, $R = R_1 + R_2$, $X_L = X_{L1} + X_{L2}$. Si la carga consiste en una conexión en serie de una resistencia óhmica $R$ y de una reactancia $X$ (fig 18), se tendrán que sumar las resistencias geométricamente.

La impedancia total se denomina "resistencia aparente" o "impedancia". Señalada con la letra $Z$, unidad $\Omega$. Se calculará al

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

Con esta impedancia rige la ley de Ohm en el circuito de corriente alterna

$$U = I \cdot Z \qquad \text{o} \qquad I = \frac{U}{Z} \qquad (Z \text{ en } \Omega)$$

Las resistencias $R$, $X$, $Z$, podrán representarse también en un triángulo rectángulo, con el ángulo $\varphi$, siendo

$R$: cateto contiguo $\quad X$: cateto opuesto $\quad Z$: hipotenusa

Será válido entonces para resistencias parciales

Resistencia activa $R = Z \cdot \cos\varphi$ $\qquad$ Reactancia $X = Z \cdot \operatorname{sen}\varphi$

El ángulo $\varphi$ resultará de

$$\tan\varphi = \frac{X}{R}$$

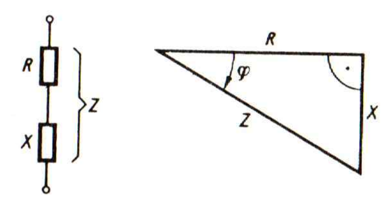



Fig. 18

**?** ¿Cómo se calculará la impedancia $Z$ en una conexión en serie de una resistencia óhmica $R$ y de una reactancia $X$?

## R 10

La impedancia $Z$ de una conexión en serie de una resistencia óhmica $R$ y de una reactancia $X$ se calculará con

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





Si una carga consiste en una conexión en paralelo de una resistencia activa $R$ y de una reactancia $X$ (fig. 19), se calculará mejor, en vez de la impedancia total, el valor total de conductancia como suma de valores individuales de conductancias. Estos tampoco se podrán sumar algebraicamente, sino de forma geométrica.

Se denomina al valor total de conductancias como "admitancia". Se representa con la letra $Y$. Unidad S.

Si $G = \frac{1}{R}$ es la conductancia activa y $B = \frac{1}{X}$ la conductancia reactiva, denominada "susceptancia", resultará

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2} \qquad \text{y} \qquad Z = \frac{1}{Y}$$

En el circuito de corriente alterna es válida la ley de Ohm

$$I = U \cdot Y \qquad (Y \text{ en S})$$

Las conductancias $G$, $B$, $Y$ podrán representarse igualmente en el triángulo rectángulo:

$G$: cateto contiguo $\quad$ $B$: cateto opuesto $\quad$ $Y$: hipotenusa

Será válido entonces para las conductancias

Conductancia activa:

$$G = Y \cdot \cos\varphi$$

Conductancia reactiva o susceptancia:

$$B = Y \cdot \operatorname{sen}\varphi$$

El ángulo $\varphi$ resultará de

$$\tan\varphi = \frac{B}{G} \qquad \tan\varphi = \frac{R}{X}$$

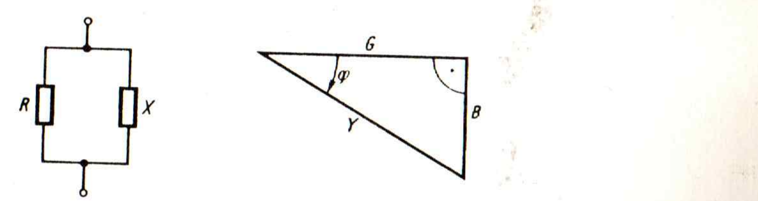



Fig. 19

**?** ¿Cómo se calculará la admitancia de una conexión en paralelo de una resistencia activa $R$ y de una reactancia $X$?

**R 11** La admitancia de la conexión en paralelo de una resistencia activa $R$ y de una reactancia $X$ se calculará

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2}\,,$$

en la cual $G = \dfrac{1}{R}$ y $B = \dfrac{1}{X}$.



## Prueba parcial 2

1. ¿Cuál es el ángulo de desfase entre las dos corrientes parciales: "corriente activa" y "corriente reactiva"?

2. ¿Cómo se denomina la resistencia total formada por una resistencia activa y una reactancia?

3. ¿Cómo se denomina la conductancia total formada por una conductancia activa y una susceptancia (conductancia reactiva)?

# Respuestas para la prueba parcial 2

1. Las dos corrientes parciales “corriente activa” y “corriente reactiva” están desplazadas en un ángulo de 90°. (L 9)

2. La resistencia total, formada por una resistencia activa y una reactancia se denomina “resistencia aparente” o “impedancia”. (L 10)

3. La conductancia total formada de conductancia activa y susceptancia (conductancia reactiva) se denomina como “admitancia”. (L 11)





Después de haber tratado en las anteriores lecciones la leyes básicas del circuito de corriente alterna, queremos aplicar en las siguientes lecciones estas leyes al cálculo de las distintas conexiones de resistencias básicas. Empecemos, pues, con la conexión en serie de una resistencia activa $R$ y una reactancia inductiva $X_L$ (fig. 20). Puede tratarse realmente del caso de conexión en serie. También, puede ser un esquema equivalente de un aparato eléctrico, por ejemplo, un motor de corriente alterna.

La variación de la corriente y la tensión se refleja en el diagrama de coordenadas (fig. 21). A través de las dos resistencias circula la corriente $i = \hat{\imath} \cdot \operatorname{sen} \omega t$. La tensión activa $u_a = i \cdot R$ está en fase con la corriente. La tensión reactiva inductiva $u_{rL} = i \cdot X_L$ se adelanta a la corriente en 90°. La tensión total $u$ es la suma resultante de los valores instantáneos de $u_a$ y $u_{rL}$. Va adelantada respecto a la corriente $i$ en un ángulo $\varphi$.

En el diagrama vectorial (fig. 22) se coloca la corriente $\underline{I}$ como módulo común de $R$ y $X_L$ encima de la línea $\omega t = 0$. El vector de tensión $\underline{U}_a$ está en fase con la corriente $\underline{I}$; el vector de tensión $\underline{U}_{rL}$ se adelanta en 90°. La tensión total $\underline{U}$ es la diagonal en el rectángulo de $\underline{U}_a$ y $\underline{U}_{rL}$. El ángulo entre $\underline{U}$ e $\underline{I}$ es el ángulo de desfase $\varphi$.

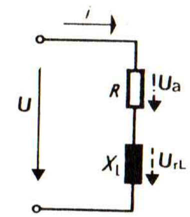


Fig. 20

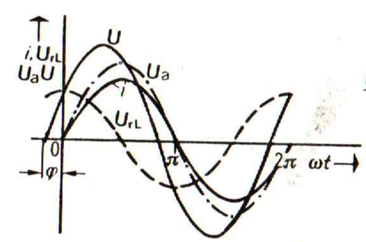


Fig. 21

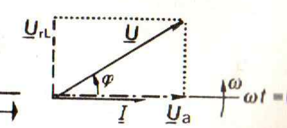


Fig. 22

**?** ¿De qué magnitud resulta el desfase en una conexión en serie de $R$ y $X_L$ entre tensión activa $\underline{U}_a$ y la tensión reactiva inductiva $\underline{U}_{rL}$?

## R 12

En una conexión en serie de $R$ y $X_L$ el desfase entre $\underline{U}_a$ y $\underline{U}_{rL}$ resulta 90°.





En una conexión en serie de $R$ y $X_L$ se deriva del triángulo de tensión del diagrama vectorial (fig. 23) el triángulo de resistencia $R$, $X_L$ y $Z$.

Entonces la impedancia será $\quad Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$

y, por lo tanto, la corriente $\quad I = \dfrac{U}{Z}$

El resultado del triángulo de tensión será

tensión activa $\quad U_a = U \cdot \cos\varphi$
tensión reactiva $\quad U_{rL} = U \cdot \operatorname{sen}\varphi$
tensión total $\quad U = \sqrt{U_a^2 + U_{rL}}$

El ángulo de desfase se obtendrá de los dos triángulos

$$\tan\varphi = \frac{U_{rL}}{U_a} \quad \text{o} \quad \tan\varphi = \frac{X_L}{R}, \qquad \tan\varphi = \frac{\omega L}{R}$$

Si este circuito equivalente debe representa un aparato eléctrico, deben ser conocidos de su $U$, $I$ y $\varphi$ (casi siempre indicado como $\cos\varphi$).

Después, se calculará, primeramente, la impedancia $Z = \dfrac{U}{I}$ y de ésta las dos resistencias equivalentes (L 10)

$$R = Z \cdot \cos\varphi \qquad X_L = Z \cdot \operatorname{sen}\varphi$$

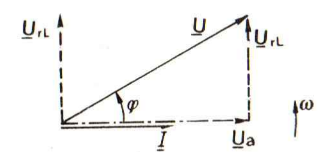



Fig. 23

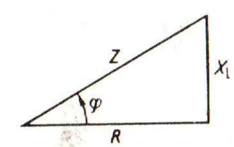



Fig. 24

**?** Un motor de corriente alterna absorbe de una tensión alterna $U = 220\,\text{V}$, 50 Hz, una corriente $I = 8\,\text{A}$ con $\cos\varphi = 0,8$. Determine la impedancia $Z$ y las resistencias equivalentes $R$ y la reactancia $X_L$. (Utilice la tabla página 69 para averiguar $\varphi$ y $\operatorname{sen}\varphi$).

## R 13

Dado: $U = 220\,\mathrm{V},\ 50\,\mathrm{Hz}$
$I = 8\,\mathrm{A}$
$\cos\varphi = 0,8$

Se busca: Impedancia $Z$
Resistencia activa (óhmica) $R$
Reactancia inductiva $X_L$

Solución: Según la ley de Ohm

$$Z = \frac{U}{I}$$
$$Z = \frac{220\,\mathrm{V}}{8\,\mathrm{A}}$$
$$Z = 27,5\,\Omega$$

Según la tabla en la página 69
$\cos\varphi = 0,8 \qquad \varphi \approx 37°\qquad \mathrm{sen}\,\varphi \approx 0,6$

Resistencia activa (óhmica) $R$

$$R = Z \cdot \cos\varphi$$
$$R = 27,5\,\Omega \cdot 0,8$$
$$R = 22\,\Omega$$

Reactancia inductiva $X_L$

$$X_L = Z \cdot \mathrm{sen}\,\varphi$$
$$X_L = 27,5\,\Omega \cdot 0,6$$
$$X_L = 16,5\,\Omega$$

El motor con un consumo de corriente de 8 A actúa como una conexión en serie de una resistencia activa de 22 Ω y de una reactancia inductiva de 16,5 Ω



## L 14

Observemos ahora una conexión en serie de una resistencia activa $R$ y de una reactancia capacitiva $X_C$ (fig. 25), es decir, un circuito de corriente alterna con una carga óhmica-capacitiva. Primeramente, el diagrama de coordenadas (fig. 26).

A través de las dos resistencias circula la misma corriente $i = \hat{\imath} \cdot \mathrm{sen}\,\omega t$. La tensión activa $u_a = i \cdot R$ está en fase con la corriente. La tensión reactiva capacitiva $u_{rC}$ se retrasa a la corriente por 90°. La tensión $u$ resulta la suma de valores instantáneos de $u_a$ y $u_{rC}$. Se atrasa respecto a la corriente $i$ un en ángulo $\varphi$.

En el diagrama vectorial (fig. 27) se representa la corriente $\underline{I}$ de longitud comun $R$ y $X_C$ en la línea $\omega t = 0$. El vector de tensión $\underline{U}_a$ está en fase con la corriente. El vector de tensión $\underline{U}_{rC}$ se retrasa respecto a la corriente en 90°. La tensión total $\underline{U}$ resulta la diagonal en el rectángulo de $\underline{U}_a$ y $\underline{U}_{rC}$. El ángulo entre $\underline{U}$ y $\underline{I}$ es el ángulo de desfase $\varphi$.

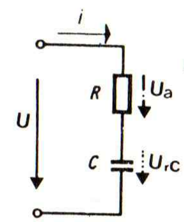



Fig. 25

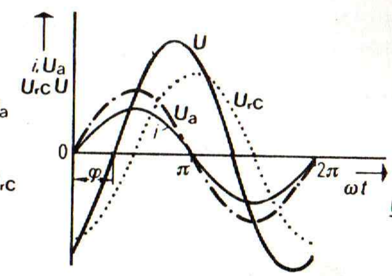



Fig. 26

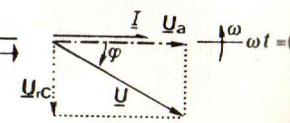



Fig. 27

**?** ¿Qué puede decirse para las fases de la tensión total $U$ respecto a la corriente $I$ en un circuito de corriente alterna óhmico-capacitivo?

## R 14

En el circuito de corriente alterna óhmico-capacitivo se retrasa la tensión $U$ respecto a la corriente $I$ en un ángulo $\varphi$.



## L 15

Para el cálculo de una conexión en serie de una resistencia activa $R$ y una reactancia capacitiva $X_C$, tomamos del diagrama vectorial (figura 28) el triángulo de tensión de $\underline{U}$, $\underline{U}_a$, $\underline{U}_{rC}$ y derivaremos de ahí el triángulo de resistencia de $R$, $X_C$, $Z$ (figura 29):

Por lo tanto, resulta la impedancia $Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$

y con ello la corriente $I = \frac{U}{Z}$

El triángulo de tensión indicará

tensión activa $U_a = U \cdot \cos\varphi$
tensión reactiva $U_{rC} = U \cdot \operatorname{sen}\varphi$
tensión total $U = \sqrt{U_a^2 + U_{rC}^2}$

El ángulo de desfase se averiguará de los dos triángulos:

$$\tan\varphi = \frac{U_{rC}}{U_a} \quad \text{o} \quad \tan\varphi = \frac{X_C}{R}, \qquad \tan\varphi = \frac{1}{\omega CR}$$

Si de una conexión en serie se conoce tensión $U$, corriente $I$ y ángulo de desfase $\varphi$, se podrán calcular las resistencias. Es la impedancia

$$Z = \frac{U}{I}$$

De ahí obtendremos las resistencias parciales

$$R = Z \cdot \cos\varphi \qquad X_C = Z \cdot \operatorname{sen}\varphi$$

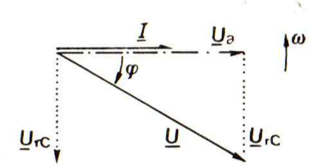



Fig. 28

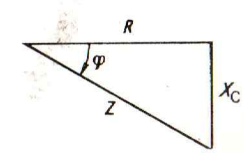



Fig. 29

**?** Un condensador $C = 10\mu F$ y una resistencia activa $R = 200\,\Omega$ están conectados en serie. Calcule $X_C$ para $f = 50$ Hz. Dibuje el triángulo de resistencia y obtenga $Z$ y $\varphi$. (Elija como escala de resistencias 1 cm $\hat{=}$ 50 Ω.)

## R 15

Dado: $R = 200\,\Omega,\ C = 10\mu F,\ f = 50\,\text{Hz}$

Se busca: $X_C,\ Z,\ \varphi$

Solución:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

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

$$X_C = \frac{1}{2\pi \cdot 50\,\text{Hz} \cdot 10 \cdot 10^{-6}\text{F}}$$

$$X_C = 318\Omega$$

Con una escala de $1\,\text{cm} \mathrel{\widehat{=}} 50\,\Omega$ resultarán los siguientes longitudes

$X_C \mathrel{\widehat{=}} 6{,}36\,\text{cm}$ $\quad R \mathrel{\widehat{=}} 4\,\text{cm}$

Del triángulo, según figura 30, se toma

$Z \mathrel{\widehat{=}} 7{,}5\,\text{cm}$ $\quad Z = 7,5\,\text{cm} \cdot 50\frac{\Omega}{\text{cm}} = 375\Omega.$

El ángulo se mide con un goniómetro que $\varphi = 57°$.

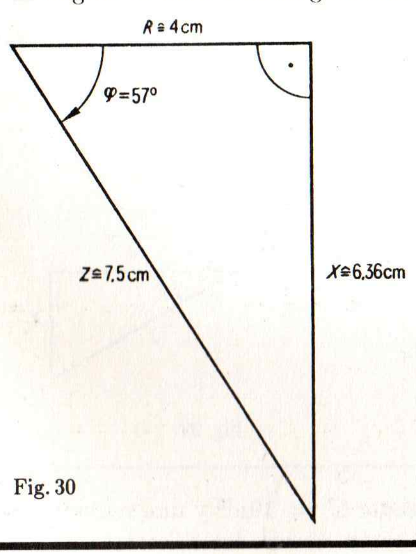



Fig. 30



## L 16

Una carga de corriente alterna puede tener varias rectancias, por ejemplo, puede existir de una conexión en serie de $R$, $X_L$, $X_C$ (fig. 31). La tensión total $U$ será la suma de $U_a$, $U_{rL}$ y $U_{rC}$. Con tantas tensiones no se podrá ver claro el diagrama de coordenadas, por eso queremos explicar las relaciones a través del diagrama vectorial (fig. 32).

A través de las tres resistencias circula la misma corriente $I$, por eso se coloca el vector de corriente en $\omega t = 0$. La tensión $\underline{U}_a$ en la resistencia activa $R$ está en fase con la corriente. La tensión $\underline{U}_{rL}$ en la reactancia inductiva $X_L$ se adelanta por 90°. La tensión $\underline{U}_{rC}$ en la reactancia capacitiva se retrasa 90°. Las dos tensiones reactivas están en dirección opuesta. En la cadena de vectores (fig. 33), la diferencia resulta la tensión reactiva $\underline{U}_r$. La tensión total $\underline{U}$ es la suma de $\underline{U}_a$ y $\underline{U}_r$, por lo tanto, la diagonal del rectángulo de $\underline{U}_a$ y $\underline{U}_r$.

Si $U_{rL}>U_{rC}$ (fig. 33), la tensión $U$ se adelanta respecto a la corriente $I$; la conexión en serie actúa como una carga óhmica-inductiva.

Si $U_{rL}<U_{rC}$ (fig. 34), la tensión $U$ se retrasa respecto a la corriente $I$; la conexión en serie actúa como una carga óhmica-capacitiva.

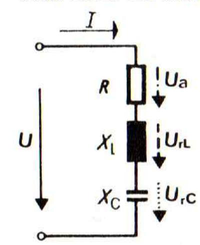



Fig. 31

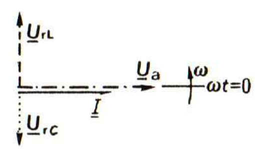



Fig. 32

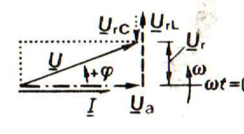



Fig. 33

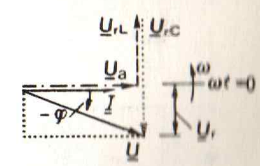



Fig. 34

**?** En una conexión en serie de $R$, $X_L$ y $X_C$ se miden las siguientes tensiones parciales. $U_a = 300\,\text{V}$; $U_{rL} = 518\,\text{V}$; $U_{rC} = 318\,\text{V}$.
Dibuje el diagrama vectorial (escala $1\,\text{cm} \mathrel{\widehat{=}} 100\,\text{V}$), mida $U$ y $\varphi$.

## R 16

Módulos de vectores: $U_a \mathrel{\hat{=}} 3\,\text{cm}$, $U_{rL} \mathrel{\hat{=}} 5{,}18\,\text{cm}$, $U_{rC} \mathrel{\hat{=}} 3{,}18\,\text{cm}$

Se mide: $\varphi = 33\,\frac{1}{2}^{\circ}$

$U \mathrel{\hat{=}} 3{,}6\,\text{cm}$

$U = 3{,}6\,\text{cm} \cdot 100\,\frac{\text{V}}{\text{cm}} = 360\,\text{V}$

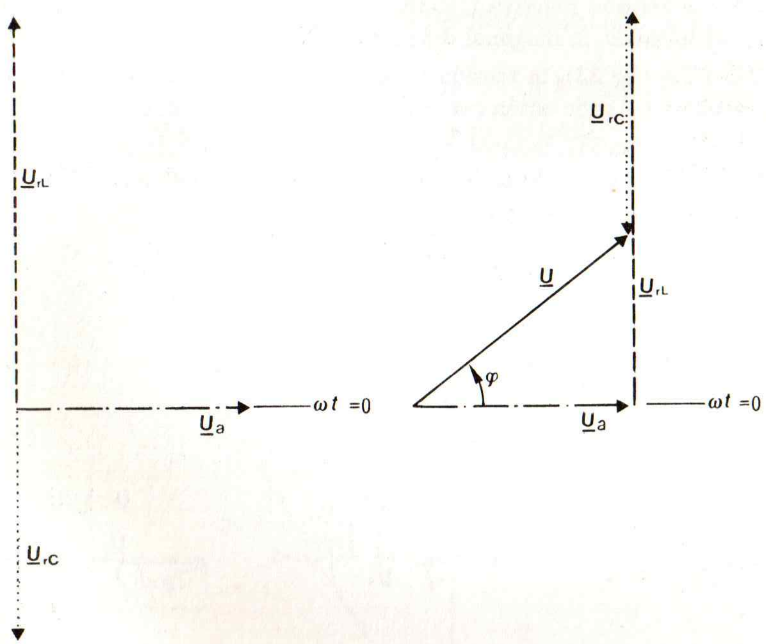



Fig. 35





Para el cálculo de la conexión en serie de $R$, $X_L$, $X_C$ se toma del diagrama vectorial, cada vez, un triángulo de tensión, y se forman con estos datos los triángulos de resistencia con $R$, $X$ y $Z$ (fig. 36 y 37).

Según la tensión $U_r$, como diferencia de las tensiones reactivas $\underline{U}_{rL}$ y $\underline{U}_{rC}$, resulta la reactancia $X$ como diferencia de las reactancias $X_L$ y $X_C$.

Entonces se cumple para la impedancia

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad \text{en la cual} \quad X = X_L - X_C.$$

y para la corriente $I = \dfrac{U}{Z}$

Para las tensiones de la conexión en serie se cumple

| | |
|---|---|
| tensión activa | $U_a = I \cdot R$ |
| tensión reactiva inductiva | $U_{rL} = I \cdot X_L$ |
| tensión reactiva capacitiva | $U_{rC} = I \cdot X_C$ |
| tensión total | $U = \sqrt{U_a^2 + U_r^2}$ en la cual $U_r = U_{rL} - U_{rC}$ |

El ángulo de desfase es resultado de

$$\tan\varphi = \frac{U_r}{U_a} \quad \text{o} \quad \tan\varphi = \frac{X}{R}$$

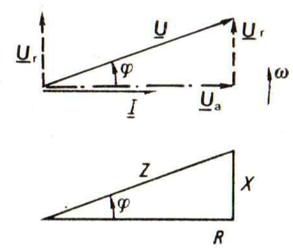



Fig. 36

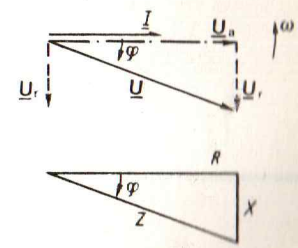



Fig. 37

**?** Tres resistencias $R = 150\,\Omega$, $X_L = 258\,\Omega$, $X_C = 160{,}5\,\Omega$ están conectadas en serie. ¿Qué valor tendrá el ángulo $\varphi$ entre corriente y tensión ? ¿Cuál es la relación entre las fases de la corriente y la tensión, se retrasa o se adelanta?

## R 17

Dado: $R = 150\,\Omega$

$X_L = 258\,\Omega$

$X_C = 160,5\,\Omega$

Se busca: El ángulo de desfase $\varphi$ corriente con respecto a la tensión

Solución:

$$\tan\varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$\tan\varphi = \frac{258\,\Omega - 160,5\,\Omega}{150\,\Omega}$$

$$\tan\varphi = 0,65$$

$X_L$ es mayor que $X_C$, por lo tanto, la corriente se retrasa respecto a la tensión. De la tabla página 69 se obtendrá para $\tan\varphi = 0,65$ un ángulo de

$$\varphi = 33\,°$$

La corriente $I$ se retrasa respecto a la tensión $U$ en un ángulo de $33\,°$.



# Prueba parcial 3

1. ¿Qué módulo de corriente alterna será igual en cada resistencia estando conectadas en serie las resistencias básicas?

2. Se puede describir resistencia activa, reactiva y aparente, en un triángulo rectángulo. ¿Qué resistencia representa la hipotenusa del triángulo?

3. ¿En una conexión en serie de $R$, $X_L$, $X_C$ cuándo se adelanta la tensión total $U$ a la corriente $I$?

# Respuestas para la prueba parcial 3

1. En resistencias básicas conectadas en serie, circulará la misma corriente $I$. (L 12)

2. En el triángulo de resistencias la hipotenusa representa la impedancia $Z$. (L 13)

3. En una conexión en serie de $R$, $X_L$, $X_C$ la tensión total $U$ se adelanta a la corriente $I$, si $X_L > X_C$. (L 17)





La conexión en serie de $R$, $X_L$, $X_C$ constituye un caso aparte, cuando $X_L$ y $X_C$ se hacen del mismo valor. La reactancia inductiva $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$ aumenta con la frecuencia $f$, la reactancia capacitiva $X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$ disminuye si la frecuencia aumenta (ver ep 12). Para cada conexión en serie de $L$ y $C$, existe una frecuencia para la cual resulta $X_L = X_C$. Esta frecuencia se denomina "frecuencia de resonancia" $f_0$, este caso "resonancia en serie", el circuito de corriente alterna "circuito resonante en serie". La frecuencia de resonancia resulta de

$$X_L = X_C$$

$$2\pi \cdot f_0 \cdot L = \frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot C}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \qquad f_0 \text{ [Hz]; } L \text{ [H]; } C \text{ [F]}$$

En caso de resonancia, la impedancia $Z = R$ alcanza su valor más bajo, ya que eliminan las reactancias.

Las dos reactancias $U_{rL} = I \cdot X_L$ y $U_{rC} = I \cdot X_C$ son iguales y opuestas (fig. 38). Al componer la suma (fig. 39) se anulan. La tensión total resulta $U = U_a$ y el ángulo $\varphi = 0$.

Como las tensiones parciales pueden aumentar sensiblemente más que la tensión total, debe evitarse el caso de resonancia en el aparato de alimentación de corriente. De forma consciente, el caso de resonancia se utilizará en filtros de absorción, por ejemplo, en aparatos de radio, para evitar tensiones de cierta frecuencia.

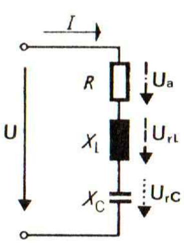



Fig. 38

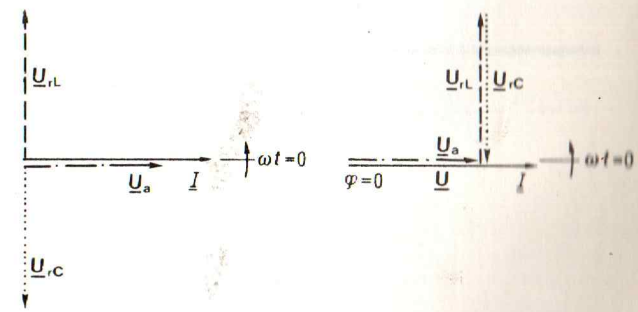



Fig. 39

**?** Calcule la frecuencia de resonancia para la conexión en serie de un condensador $C = 10\,\mu F$ y de una bobina $L = 0,9\,H$.

## R 18

**Dado:** $C = 10 \mu F$

$L = 0,9\,H$

**Se busca:** frecuencia de resonancia $f_0$

**Solución:**

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{0,9\,H \cdot 10 \cdot 10^{-6}\,F}}$$

$$f_0 = 53\,Hz$$



## L 19

Ahora queremos estudiar la conexión en paralelo de resistencias básicas en circuito de corriente alterna y empezamos con la conexión en paralelo de una resistencia activa $R$ y de una reactancia inductiva $X_L$ (figura 40).

Estas resistencias pueden existir en la realidad. Pueden también representar el circuito equivalente de un aparato, por ejemplo, de un ventilador de aire caliente (motor a el que está conectada en paralelo la resistencia de calefacción).

El diagrama de coordenadas refleja la variación de tensión y corriente (fig. 41). En las dos resistencias se aplica la tensión $u = \hat{u} \cdot \operatorname{sen} \omega t$. La corriente activa $i_a = u/R$ está en fase con la tensión $u$. La corriente reactiva inductiva $i_{rL} = u/X_L$ se retrasa respecto a la tensión $u$ en 90°. La corriente total $i$ resulta la suma de valores instantáneos de $i_a$ y $i_{rL}$. La tensión $u$ se retrasa en un ángulo $\varphi$.

En el diagrama vectorial (fig. 42) se dibuja la tensión $\underline{U}$ de módulo común de $R$ y $X_L$ en la línea $\omega t = 0$. El vector de corriente está en fase con la tensión $\underline{U}$. El vector de corriente $\underline{I}_{rL}$ se retrasa respecto a la tensión en 90°. La corriente total $\underline{I}$ es la diagonal en el rectángulo de $\underline{I}_a$ y $\underline{I}_{rL}$. El ángulo entre $\underline{U}$ e $\underline{I}$ es el ángulo de desfase $\varphi$.

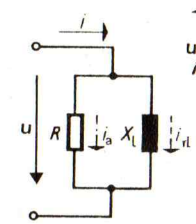



Fig. 40

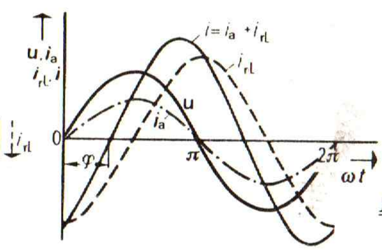



Fig. 41

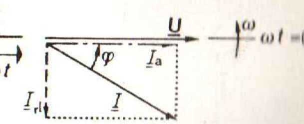



Fig. 42

**?** En una conexión en paralelo de $R$ y $X_L$ la corriente activa resulta $I_a = 4\,A$ y la corriente reactiva inductiva $I_{rL} = 3\,A$. Dibuje el diagrama vectorial (escala $1\,cm \mathrel{\widehat{=}} 1\,A$). Calcule la corriente total $I$ y $\varphi$.

## R 19

Dado: $I_a = 4\,A$
$I_{rL} = 3\,A$

Se busca: $I$, $\varphi$

Solución: Con una escala de 1 cm $\widehat{=}$ 1 A resultarán los siguientes módulos de vectores:

$I_a = 4\,A \quad \widehat{=}\ 4\,cm$
$I_{rL} = 3\,A \quad \widehat{=}\ 3\,cm$

$\underline{I}_a$ está encima de $\omega t = 0$, $\underline{I}_{rL}$ se retrasa por 90° (fig. 43). La corriente total $\underline{I}$ es la diagonal en el rectángulo de $\underline{I}_a$ y $\underline{I}_{rL}$. El módulo mide 5 cm. Por lo tanto resulta

$$I = 5\,cm \cdot 1\,\frac{A}{cm} = 5\,A$$

El ángulo entre $\underline{U}$ e $\underline{I}$ se mide con el goniómetro a

$\varphi = 37°$

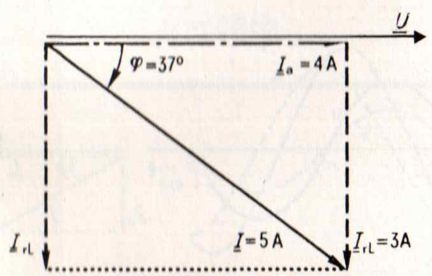



Fig. 43





Para el cálculo de la conexión en paralelo de resistencias básicas se utilizan las conductancias (ver L 11).

Se toma del diagrama vectorial el triángulo de corriente de $I$, $I_a$, $I_{rL}$ (fig. 44) y se construye el triángulo de conductancia $Y$, $G$, $B_L$ (fig. 45).

De éste, se obtendrá la admitancia $\quad Y = \sqrt{G^2 + B_L^2}$
y, por lo tanto, la corriente total $\quad I = U \cdot Y$

Del triángulo de corriente se obtendrá
Corriente activa $\quad I_a = I \cdot \cos\varphi$
Corriente reactiva $\quad I_{rL} = I \cdot \operatorname{sen}\varphi$
Corriente total $\quad I = \sqrt{I_a^2 + I_{rL}^2}$

El ángulo de desfase se calculará a partir de los dos triángulos

$$\tan\varphi = \frac{I_{rL}}{I_a} \quad \text{o} \quad \tan\varphi = \frac{B_L}{G}, \qquad \tan\varphi = \frac{R}{X_L}$$

Si este circuito representa el circuito equivalente de un aparato eléctrico, deben ser conocidos tensión, corriente y desfase del aparato. Primeramente se definirá la conductancia total $Y$ según

$$Y = \frac{U}{I}$$

y, según el triángulo de conductancia (fig. 45) las conductancias

$$G = Y \cdot \cos\varphi \qquad B_L = Y \cdot \operatorname{sen}\varphi$$

Las resistencias equivalentes serán los valores recíprocos de $G$ y $B_L$

$$R = \frac{1}{G} \qquad X_L = \frac{1}{B_L}$$

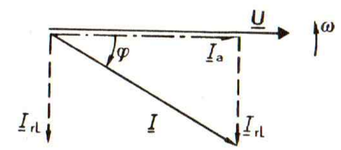



Fig. 44

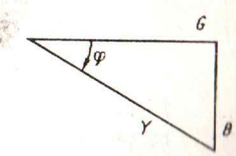



Fig. 45

**?** Un aparato eléctrico absorbe de $U = 380\,V$ una corriente $I = 7{,}6\,A$, la cual se retrasa respecto a la tensión en $\varphi = 30°$. Defina Vd. la admitancia $Y$, $G$ y $B_L$ y de allí $R$ y $X_L$ del circuito equivalente.

## R 20

Dado: $U = 380\,\text{V}$, $I = 7{,}6\,\text{A}$, $\varphi = 30°$

Se busca: $Y$, $G$, $B_L$, $R$, $X_L$

Solución:

La admitancia

$$Y = \frac{1}{U} = \frac{7{,}6\,\text{A}}{380\,\text{V}} = 0{,}02\,\text{S}$$

Según la tabla página 69, pertenecen al ángulo $\varphi = 30°$ los valores funcionales

$$\operatorname{sen}\varphi = 0{,}5$$
$$\cos\varphi = 0{,}866$$

Por lo tanto, resulta la conductancia activa

$$G = Y \cdot \cos\varphi = 0{,}02\,\text{S} \cdot 0{,}866 = 0{,}01732\,\text{S}$$

y de ahí la resistencia activa (óhmica) $R$

$$R = \frac{1}{G} = \frac{1}{0{,}01732\,\text{S}} = 57{,}7\,\Omega$$

y la conductancia reactiva (susceptancia)

$$B_L = Y \cdot \operatorname{sen}\varphi = 0{,}02\,\text{S} \cdot 0{,}5 = 0{,}01\,\text{S}$$

De ahí la reactancia reactiva

$$X_L = \frac{1}{B_L} = \frac{1}{0{,}01\,\text{S}} = 100\,\Omega$$

El aparato se comporta eléctricamente como la conexión en paralelo de una resistencia activa $R = 57{,}7\,\Omega$ y de una bobina con una reactancia $X_L = 100\,\Omega$.



## L 21

La conexión en paralelo de dos resistencias básicas también puede consistir en una resistencia activa $R$ y una reactancia capacitiva $X_C$ (fig. 46). Veamos, pues, el diagrama de coordenadas (fig. 47).

Se aplica a las dos resistencias la misma tensión $u = \hat{u} \cdot \operatorname{sen}\omega t$. La corriente en la resistencia activa $i_a = u/R$ está en fase con la tensión $u$. La corriente en la reactancia capacitiva $i_{rC} = u/X_C$ se adelanta a la tensión $u$ en un ángulo de $90°$. La corriente total $i$ resultará ser la suma de valores instantáneos de $i_a$ y $i_{rC}$. Se adelanta a la tensión $u$ en un ángulo $\varphi$.

En el diagrama vectorial (fig. 48) se dibuja el vector de tensión $\underline{U}$ del mismo módulo para las dos resistencias en la línea $\omega t = 0$. El vector de corriente activa $\underline{I}_a$ está en fase con $\underline{U}$, el vector de la corriente reactiva capacitiva $\underline{I}_{rC}$ se adelanta en $90°$. La corriente total $\underline{I}$ es la suma geométrica de $\underline{I}_a$ e $\underline{I}_{rC}$, por lo tanto, la diagonal del triángulo de $\underline{I}_a$ e $\underline{I}_{rC}$. El ángulo entre $\underline{U}$ e $\underline{I}$, es el ángulo de desfase $\varphi$.

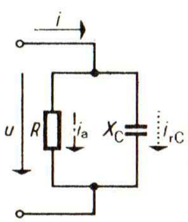



Fig. 46

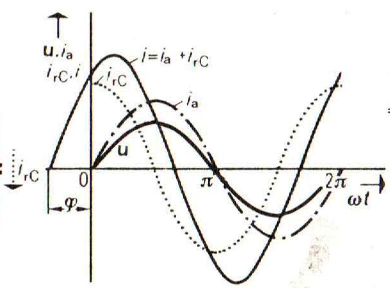



Fig. 47

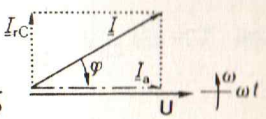



Fig. 48

**?** La conexión en paralelo de una resistencia óhmica $R$ y de una reactancia capacitiva $X_C$, absorbe una corriente $I = 3\,\text{A}$, que se adelanta a la tensión $U$ en $\varphi = 45°$. Descomponga $\underline{I}$ en el diagrama vectorial en las dos corrientes parciales $\underline{I}_a$ e $\underline{I}_{rC}$ (escala recomendada $1\,\text{cm} \mathrel{\hat{=}} 1\,\text{A}$).

## R 21

La tensión $\underline{U}$ está situada sobre el eje $\omega t = 0$ (fig. 49).

El vector de corriente $\underline{I}$ se adelanta en $\varphi = 45\,°$, su módulo resulta 3 cm. La proyección del vector de corriente en el eje $\omega t = 0$ dará el vector de la corriente activa $\underline{I}_a$, la proyección en el eje $\omega t = 90°$ dará el vector de la corriente reactiva $\underline{I}_{rC}$. Los dos vectores son de la misma longitud, 2,1 cm.
Por lo tanto es

$$I_a = I_{rC} = 2,1\,\text{cm} \cdot \frac{1\,\text{A}}{\text{cm}} = 2,1\,\text{A}.$$

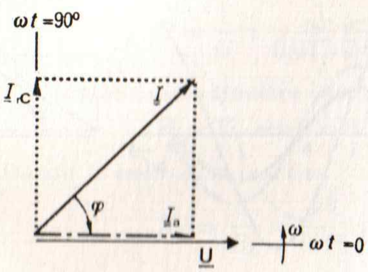



Fig. 49



## L 22

Para poder calcular la admitancia de una conexión en paralelo de $R$ y $X_C$ se toma del diagrama vectorial el triángulo de corriente de $\underline{I}_a$, $\underline{I}_{rC}$ y $\underline{I}$ (fig. 50) y se forma el triángulo de conductancia de $G$, $B_C$ e $Y$ (fig. 51).

De él resulta la admitancia $\quad Y = \sqrt{G^2 + B_C^2}$

y por eso la corriente total $\quad I = U \cdot Y$

El resultado del triángulo de corriente será

Corriente activa $\quad I_a = I \cdot \cos\varphi$

Corriente reactiva $\quad I_{rC} = I \cdot \operatorname{sen}\varphi$

Corriente total $\quad I = \sqrt{I_a^2 + I_{rC}^2}$

El ángulo de desfase se calculará de los dos triángulos

$$\tan\varphi = \frac{I_{rC}}{I_a} \quad \text{o} \quad \tan\varphi = \frac{B_C}{G}, \qquad \tan\varphi = \frac{R}{X_C}$$

Si en una conexión en paralelo de una resistencia óhmica y un condensador se conoce corriente absorbida $I$ (con la tensión $U$) y el ángulo de desfase $\varphi$, se podrán calcular las dos resistencias. Se define, primeramente, la admitancia

$$Y = \frac{U}{I}$$

De allí se obtendrán los valores individuales de
Conductancia activa $G = Y \cdot \cos\varphi$; Conductancia react. $B_C = Y \cdot \operatorname{sen}\varphi$
y de allí las resistencias

$$R = \frac{1}{G} \qquad\qquad X_C = \frac{1}{B_C}$$

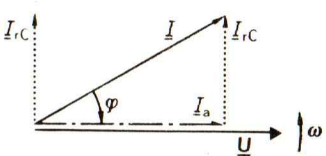



Fig. 50

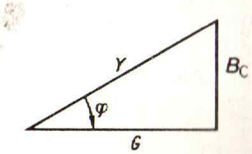



Fig. 51

**?** ¿Cuál será el módulo de la admitancia de una conexión en paralelo de una resistencia activa $R = 2\,\Omega$ y un condensador $C = 10\,\mu\text{F}$ a una frecuencia $f = 10\,\text{kHz}$? ¿Cuál será el módulo de la impedencia $Z$?

# R 22

Dado: $R = 2\,\Omega$, $C = 10\,\mu\text{F}$, $f = 10\text{kHz}$

Se busca: $Y$, $Z$

Solución:

La admitancia se obtiene de la conductancia activa y reactiva

Conductancia activa

$$G = \frac{1}{R}$$

$$G = \frac{1}{2\,\Omega}$$

$$G = 0,5\,\text{S}$$

Conductancia reactiva (susceptancia)

$$B_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$B_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$B_C = \frac{1}{2\pi \cdot 10 \cdot 10^3\text{Hz} \cdot 10 \cdot 10^{-6}\text{F}}$$

$$B_C = 0,628\,\text{S}$$

Admitancia

$$Y = \sqrt{G^2 + B_C^2}$$

$$Y = \sqrt{(0,5\,\text{S})^2 + (0,628\,\text{S})^2}$$

$$Y = 0,835\,\text{S}$$

Impedancia

$$Z = \frac{1}{Y}$$

$$Z = \frac{1}{0,835\,\text{S}}$$

$$Z = 1,2\,\Omega$$



# L 23

Un circuito de corriente alterna también puede contener tres resistencias básicas en paralelo $R$, $X_L$, $X_C$ (fig. 52). La corriente total $I$ se compondrá entonces de las tres corrientes parciales $I_a$, $I_{rL}$ y $I_{rC}$. Como explicación debe de servir el diagrama vectorial (fig. 53).

Se dibuja el vector de tensión $\underline{U}$ como módulo común en la línea $\omega t = 0$. $\underline{I}_a$ está en fase con $\underline{U}$, $\underline{I}_{rL}$ se retrasa en 90°, $\underline{I}_{rC}$ se adelanta en 90°. Las dos corrientes reactivas tienen direcciones opuestas, su diferencia es la corriente reactiva $\underline{I}_r$ (fig. 54). La corriente total $\underline{I}$ es la suma geométrica de $\underline{I}_a$ y $\underline{I}_r$, por lo tanto, la diagonal en el rectángulo de $\underline{I}_a$, y $\underline{I}_r$. La situación de la fase de la corriente $\underline{I}$ respecto a la tensión $\underline{U}$, se define por la corriente reactiva $\underline{I}_r$.

Si $I_{rL} > I_{rC}$ (fig. 54) la corriente $I$ se retrasa respecto a la tensión $U$. La conexión en paralelo actúa como una carga óhmica-inductiva.

Si $I_{rL} < I_{rC}$ (fig. 55) la corriente $I$ se adelanta a la tensión $U$. La conexión en paralelo actúa como una carga óhmica-capacitiva.

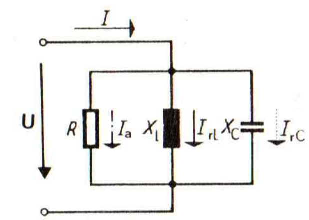



Fig. 52

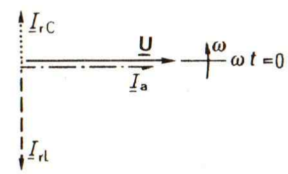



Fig. 53

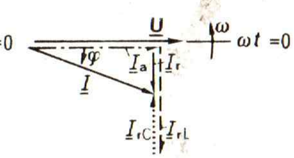



Fig. 54

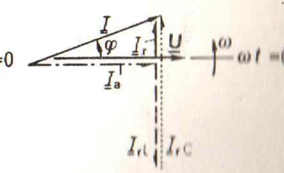



Fig. 55

**?** En una conexión en paralelo de $R$, $X_L$ y $X_C$, la corriente total $I$ se puede adelantar o retrasar respecto a la tensión $U$. ¿Qué magnitudes definen la relación de fases entre corriente y tensión?

## R 23

En una conexión en paralelo $R$, $X_L$ y $X_C$, en un circuito de corriente alterna, la relación de fases entre corriente y tensión (adelantada o atrasada) se define a partir de los módulos de las corrientes reactivas $I_{rL}$ y $I_{rC}$.

$I_{rL} > I_{rC}$ La corriente $I$ se retrasa con respecto a la tensión $U$.

$I_{rL} < I_{rC}$ La corriente $I$ se adelanta con respecto a la tensión $U$.





Para el cálculo de la conexión en paralelo $R$, $X_L$ y $X_C$ se toma de los diagramas vectoriales cada vez un triángulo $\underline{I}$, $\underline{I}_a$, $\underline{I}_r$, y se forma un triángulo de conductancia de $Y$, $G$ y $B$ (fig. 56, 57).

Como la corriente reactiva $I_r$ está la diferencia de corrientes reactivas $I_{rL}$ y $I_{rC}$, así está la conductancia reactiva $B$ la diferencia entre los valores de conductancias reactivas $B_L$ y $B_C$.

Por lo tanto, resulta la admitancia $Y = \sqrt{G^2 + B^2}$ $\quad (B = B_L - B_C)$
y la corriente total $I = U \cdot Y$

Para las corrientes de una conexión en paralelo vale

| | |
|---|---|
| Corriente activa | $I_a = U \cdot G$ |
| Corriente reactiva inductiva | $I_{rL} = U \cdot B_L$ |
| Corriente reactiva capacitiva | $I_{rC} = U \cdot B_C$ |
| Corriente total | $I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2} \quad (I_r = I_{rL} - I_{rC})$ |

El ángulo de desfase $\varphi$ se calculará de

$$\tan\varphi = \frac{I_r}{I_a} \quad \text{o} \quad \tan\varphi = \frac{B}{G}$$

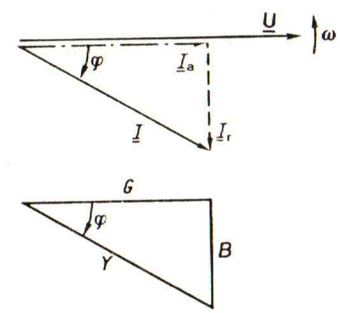



Fig. 56

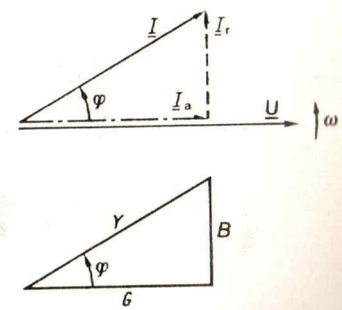



Fig. 57

**?** ¿Cómo se calculará la corriente total $I$ en un circuito de corriente alterna con resistencia y reactancias en paralelo $R$, $X_L$, $X_C$ a partir de sus corrientes parciales?

**R 24** La corriente total $I$ de un circuito de corriente alterna con resistencia y reactancias en paralelo $R$, $X_L$, $X_C$ se calculará mediante las corrientes parciales

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2}$$

en la cual $\quad I_r = I_{rL} - I_{rC}$



## Prueba parcial 4

1. ¿Qué magnitud de corriente alterna es la misma en cada resistencia o reactancia estando conectados en paralelo las resistencias básicas?

2. ¿Cuándo se adelanta la corriente a la tensión en una conexión en paralelo de $R$, $X_L$, $X_C$?

3. Se pueden describir las conductancias activas, reactivas y la admitancia en un triángulo rectángulo.
¿Qué conductancia representa la hipotenusa del triángulo?

# Respuestas para la prueba parcial 4

1. Las reactancias y resistencia en paralelo tienen aplicada la misma tensión $U$. (L 19)

2. En una conexión en paralelo de $R$, $X_L$, $X_C$ la corriente $I$ se adelanta a la tensión, si la corriente reactiva inductiva $I_{rL}$ es menor que la corriente reactiva capacitiva $I_{rC}$. (L 23)

3. La hipotenusa del triángulo de conductancia representa la admitancia. (L 20)





La conexión en paralelo $R$, $X_L$, $X_C$, es un caso especial cuando las dos conductancias $B_L$ y $B_C$ se hacen del mismo módulo. La conductancia reactiva capacitiva $B_C = 2\pi \cdot f \cdot C$ aumenta con la frecuencia $f$. La conductancia reactiva inductiva $B_L = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot L}$ disminuye si la frecuencia $f$ aumenta (ver ep 12). Por lo tanto, existe para cada conexión en paralelo una frecuencia en la que $B_L = B_C$. Ambos forman un "circuito resonante en paralelo" con la "frecuencia de resonancia" $f_0$.

$$B_L = B_C$$

$$\frac{1}{2\pi \cdot f_0 \cdot L} = 2\pi \cdot f_0 \cdot C$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{I \cdot C}} \qquad f_0 \text{ [Hz]; } L \text{ [H]; } C \text{ [F]}$$

La frecuencia de resonancia es, pues, la misma que en un circuito resonante en serie (ver L 18).
En caso de resonancia las corrientes reactivas $I_{rC}$ y $I_{rL}$ son del mismo valor (fig. 58). Se anulan. La corriente total es igual a la corriente activa $I_a$, $\varphi$ es cero. Como $B_L = B_C$, $Y$ alcanza su valor más bajo, por lo tanto, $Z = 1/Y = R$ su valor más alto.

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2} \qquad Y = \sqrt{G^2 + 0^2} \qquad Y = G \qquad Z = R$$

Como la resistencia en caso de resonancia alcanza su valor máximo, se denomina a este circuito resonante, también, como "circuito de bloqueo" o "filtro de bloqueo".

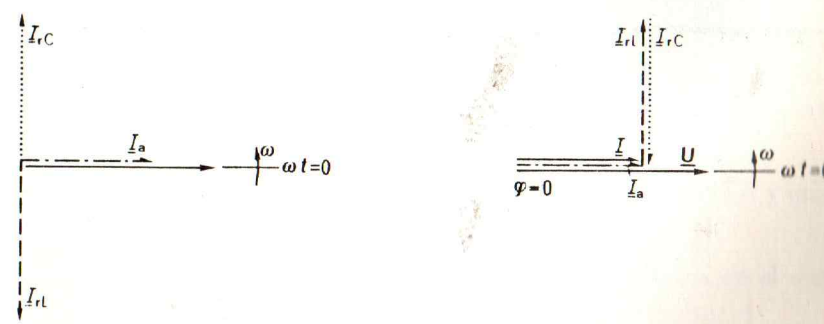



Fig. 58

**?** ¿Qué valor alcanzará la impedancia $Z$ en caso de resonancia si la conductancia activa se hace $G = 0$?

**R 25**

Admitancia

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$$

En caso de resonancia

$$Y = G$$

Si $G = 0$, también será $Y = 0$.

Impedancia

$$Z = \frac{1}{Y}$$

$$Z = \frac{1}{0}$$

$$Z = \infty$$

La impedancia se hace infinita.



# Prueba final

1. ¿Qué se entiende por "circuito de corriente alterna"?
2. ¿Qué significa el concepto "circuito equivalente" de un aparato de corriente alterna?
3. ¿Cómo se denomina a una corriente que está en fase con la tensión?
4. ¿Cómo se denomina a una corriente que está desplazada (adelantada o retrasada) en 90° respecto a la tensión?
5. ¿Qué dos conexiones de resistencias básicas pueden distinguirse?
6. ¿En qué conexión de resistencias básicas se sumarán las tensiones parciales como la tensión total?
7. ¿Qué representa gráficamente la suma geométrica de una corriente activa y de una corriente reactiva?
8. El triángulo de resistencia sirve para el cálculo de la resistencia total de dos resistencias básicas. ¿Para qué otro cálculo de resistencia sirve también?
9. ¿Cómo se denomina normalmente a un circuito de corriente alterna, en el que están conectadas una resistencia activa y una reactancia inductiva en serie o en paralelo?
10. ¿Cómo se calcula la impedancia de una resistencia activa $R$ y una reactancia $X$?
11. ¿Cómo se denomina a un circuito de corriente alterna en el que $X_L$ y $X_C$ son del mismo módulo?
12. ¿Cómo se denomina a un circuito de corriente alterna en el que $B_L$ y $B_C$ son del mismo módulo?
13. ¿Cómo se calcula en un circuito resonante la frecuencia de resonancia?

14. ¿Cuál es el ángulo de desfase de las dos tensiones $U_{rC}$ y $U_{rL}$ en una conexión en serie $R$, $X_L$, $X_C$?

15. ¿Cuál es el ángulo de desfase de las dos corrientes $I_{rL}$ y $I_{rC}$ en una conexión en paralelo $R$, $X_L$, $X_C$?



# Respuestas para la prueba final

1. Por "circuito de corriente alterna" se entiende la conexión eléctrica de una fuente de energía con una o varias cargas. (L 1)

2. El "circuito equivalente" de un aparato de corriente alterna es su representación como combinación de resistencias básicas, en la que su comportamiento eléctrico es igual al del aparato. (L 1)

3. Una corriente que está en fase con la tensión, se denomina "corriente activa". (L 4)

4. Una corriente que está desplazada respecto a la tensión por 90°, bien adelantando o retrasándose, se denomina "corriente reactiva". (L 5)

5. Se distinguen, básicamente,
   conexión en serie y
   conexión en paralelo. (L 4)

6. En la conexión en serie de resistencias básicas, para obtener la tensión total, se sumarán las tensiones parciales. (L 4)

7. La suma de una corriente activa y de una corriente reactiva resulta ser, gráficamente, la diagonal de un rectángulo de corriente activa y corriente reactiva. (L 6)

8. El triángulo de resistencia sirve también para descomponer la impedancia en las dos resistencias básicas. (L 13)

9. Un circuito de corriente alterna óhmico-inductivo. (L 3)

10. La impedancia $Z$ se calculará como $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$. (L 10)

11. Un circuito de corriente alterna en el cual $X_L$ y $X_C$ son del mismo módulo, se denomina "circuito resonante serie". (L 18)

12. Un circuito de corriente alterna en el cual $B_L$ y $B_C$ son del mismo módulo, se denomina "circuito resonante paralelo". (L 25)

**13.** La frecuencia de resonancia de un circuito resonante se calculará por

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \qquad \text{(L 18, 25)}$$

**14.** En una conexión en serie de $R$, $X_L$, $X_C$, las dos tensiones $U_{rC}$ y $U_{rL}$ están desplazadas 180°. (L 16)

**15.** En una conexión en paralelo de $R$, $X_L$, $X_C$, las dos corrientes $I_{rL}$ e $I_{rC}$ están desplazadas 180°. (L 23)



# Función goniométrica

| φ° | sen φ | cos φ | tan φ | φ° | sen φ | cos φ | tan φ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,0000 | 1,0000 | 0,0000 | 45 | 0,7071 | 0,7071 | 1,0000 |
| 1 | 0,0175 | 0,9999 | 0,0175 | 46 | 0,7193 | 0,6947 | 1,0355 |
| 2 | 0,0349 | 0,9994 | 0,0349 | 47 | 0,7314 | 0,6820 | 1,0724 |
| 3 | 0,0523 | 0,9986 | 0,0524 | 48 | 0,7431 | 0,6691 | 1,1106 |
| 4 | 0,0698 | 0,9976 | 0,0699 | 49 | 0,7547 | 0,6561 | 1,1504 |
| 5 | 0,0872 | 0,9962 | 0,0875 | 50 | 0,7660 | 0,6428 | 1,1918 |
| 6 | 0,1045 | 0,9945 | 0,1051 | 51 | 0,7771 | 0,6293 | 1,2349 |
| 7 | 0,1219 | 0,9925 | 0,1228 | 52 | 0,7880 | 0,6157 | 1,2799 |
| 8 | 0,1392 | 0,9903 | 0,1405 | 53 | 0,7986 | 0,6018 | 1,3270 |
| 9 | 0,1564 | 0,9877 | 0,1584 | 54 | 0,8090 | 0,5878 | 1,3764 |
| 10 | 0,1736 | 0,9848 | 0,1763 | 55 | 0,8192 | 0,5736 | 1,4281 |
| 11 | 0,1908 | 0,9816 | 0,1944 | 56 | 0,8290 | 0,5592 | 1,4826 |
| 12 | 0,2079 | 0,9781 | 0,2126 | 57 | 0,8387 | 0,5445 | 1,5399 |
| 13 | 0,2250 | 0,9744 | 0,2309 | 58 | 0,8480 | 0,5299 | 1,6003 |
| 14 | 0,2419 | 0,9703 | 0,2493 | 59 | 0,8572 | 0,5150 | 1,6643 |
| 15 | 0,2588 | 0,9659 | 0,2679 | 60 | 0,8660 | 0,5000 | 1,7321 |
| 16 | 0,2756 | 0,9613 | 0,2867 | 61 | 0,8746 | 0,4848 | 1,8041 |
| 17 | 0,2924 | 0,9563 | 0,3057 | 62 | 0,8829 | 0,4695 | 1,8807 |
| 18 | 0,3090 | 0,9511 | 0,3249 | 63 | 0,8910 | 0,4540 | 1,9626 |
| 19 | 0,3256 | 0,9455 | 0,3443 | 64 | 0,8988 | 0,4348 | 2,0503 |
| 20 | 0,3420 | 0,9397 | 0,3640 | 65 | 0,9063 | 0,4226 | 2,1445 |
| 21 | 0,3584 | 0,9336 | 0,3839 | 66 | 0,9135 | 0,4067 | 2,2460 |
| 22 | 0,3746 | 0,9272 | 0,4040 | 67 | 0,9205 | 0,3907 | 2,3559 |
| 23 | 0,3907 | 0,9205 | 0,4245 | 68 | 0,9272 | 0,3746 | 2,4751 |
| 24 | 0,4067 | 0,9135 | 0,4452 | 69 | 0,9336 | 0,3584 | 2,6051 |
| 25 | 0,4226 | 0,9063 | 0,4663 | 70 | 0,9397 | 0,3420 | 2,7475 |
| 26 | 0,4348 | 0,8988 | 0,4877 | 71 | 0,9455 | 0,3256 | 2,9042 |
| 27 | 0,4540 | 0,8910 | 0,5095 | 72 | 0,9511 | 0,3090 | 3,0777 |
| 28 | 0,4695 | 0,8829 | 0,5317 | 73 | 0,9563 | 0,2924 | 3,2709 |
| 29 | 0,4848 | 0,8746 | 0,5543 | 74 | 0,9613 | 0,2756 | 3,4874 |
| 30 | 0,5000 | 0,8660 | 0,5774 | 75 | 0,9659 | 0,2588 | 3,7321 |
| 31 | 0,5150 | 0,8572 | 0,6009 | 76 | 0,9703 | 0,2419 | 4,0108 |
| 32 | 0,5299 | 0,8480 | 0,6249 | 77 | 0,9744 | 0,2250 | 4,3315 |
| 33 | 0,5446 | 0,8387 | 0,6494 | 78 | 0,9781 | 0,2079 | 4,7046 |
| 34 | 0,5592 | 0,8290 | 0,6745 | 79 | 0,9816 | 0,1908 | 5,1446 |
| 35 | 0,5736 | 0,8192 | 0,7002 | 80 | 0,9848 | 0,1736 | 5,6713 |
| 36 | 0,5878 | 0,8090 | 0,7265 | 81 | 0,9877 | 0,1564 | 6,3138 |
| 37 | 0,6018 | 0,7986 | 0,7536 | 82 | 0,9903 | 0,1392 | 7,1154 |
| 38 | 0,6157 | 0,7880 | 0,7813 | 83 | 0,9925 | 0,1219 | 8,1444 |
| 39 | 0,6293 | 0,7771 | 0,8098 | 84 | 0,9945 | 0,1045 | 9,5144 |
| 40 | 0,6428 | 0,7660 | 0,8391 | 85 | 0,9962 | 0,0872 | 11,4301 |
| 41 | 0,6561 | 0,7547 | 0,8693 | 86 | 0,9976 | 0,0698 | 14,3007 |
| 42 | 0,6691 | 0,7431 | 0,9004 | 87 | 0,9986 | 0,0523 | 19,0811 |
| 43 | 0,6820 | 0,7314 | 0,9325 | 88 | 0,9994 | 0,0349 | 28,6363 |
| 44 | 0,6947 | 0,7193 | 0,9657 | 89 | 0,9999 | 0,0175 | 57,2900 |
|  |  |  |  | 90 | 1,0000 | 0,0000 | ∞ |

# Magnitudes, unidades y fórmulas de cálculo

| Denominación | Signo | Unidad | Fórmula de cálculo | L |
|---|---|---|---|---|
| *Conexión en serie de resistencias básicas (resistencia y reactancias)* | | | | |
| Impedancia | $Z$ | Ω | $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ | 10 |
| Resistencia activa (óhmica) | $R$ | Ω | | |
| Reactancia | $X$ | Ω | $X = X_L - X_C$ | 17 |
| Reactancia inductiva | $X_L$ | Ω | $X_L = \omega L$ | 13 |
| Reactancia capacitiva | $X_C$ | Ω | $X_C = \frac{1}{\omega C}$ | 15 |
| Tensión total | $U$ | V | $U = \sqrt{U_a^2 + U_r^2}$ | 9 |
| Tensión activa | $U_a$ | V | $U_a = I \cdot R$ | 17 |
| Tensión reactiva | $U_r$ | V | $U_r = I \cdot X$ | 17 |
| Tensión reactiva inductiva | $U_{rL}$ | V | $U_{rL} = I \cdot X_L$ | 17 |
| Tensión reactiva capacitiva | $U_{rC}$ | V | $U_{rC} = I \cdot X_C$ | 17 |
| Corriente total | $I$ | A | $I = \frac{U}{Z}$ | 15 |
| Angulo de desfase | $\varphi$ | ° | $\tan\varphi = \frac{X}{R}$ | 17 |
| | | | $\tan\varphi = \frac{U_r}{U_a}$ | 17 |
| Frecuencia de resonancia | $f_0$ | Hz | $f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$ | 18 |



| Denominación | Signo | Unidad | Fórmula de cálculo | L |
|---|---|---|---|---|
| *Conexión en paralelo de resistencias básicas (resistencia y reactancias)* | | | | |
| Admitancia | $Y$ | S | $Y = \sqrt{G^2 + B^2}$ | 24 |
| Conductancia (activa) | $G$ | S | $G = \frac{1}{R}$ | 20 |
| Susceptancia | $B$ | S | $B = B_C - B_L$ | 24 |
| Susceptancia capacitiva | $B_C$ | S | $B_C = \omega C$ | |
| Susceptancia inductiva | $B_L$ | S | $B_L = \frac{1}{\omega L}$ | |
| Corriente total | $I$ | A | $I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2}$ | 24 |
| Corriente activa | $I_a$ | A | $I_a = U \cdot G$ | 24 |
| | | | $I_a = I \cdot \cos\varphi$ | |
| Corriente reactiva | $I_r$ | A | $I_r = U \cdot B$<br>$I_r = I \cdot \operatorname{sen}\varphi$ | 24 |
| Corriente reactiva capacitiva | $I_{rC}$ | A | $I_{rC} = U \cdot B_C$ | 24 |
| Corriente reactiva inductiva | $I_{rL}$ | A | $I_{rL} = U \cdot B_L$ | 24 |
| Tensión total | $U$ | V | $U = \frac{I}{Y}$ | 24 |
| Angulo de desfase | $\varphi$ | ° | $\tan\varphi = \frac{B}{G}$ | 24 |
| | | | $\tan\varphi = \frac{I_r}{I_a}$ | 24 |
| Frecuencia de resonancia | $f_0$ | Hz | $f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$ | 25 |

# Terminología (Términos técnicos)

| | |
|---|---|
| Adición geométrica | Se suman magnitudes de corriente alterna en desfase, según su módulo y dirección. (L 6) |
| Admitancia | La conductancia de la conexión en paralelo de una resistencia activa y una reactancia, o sea, la inversa de la impedancia. (L 11) |
| Angulo de desfase | Diferencia de ángulo entre las fases de corriente alterna y tensión alterna. (L 3) |
| Carga óhmica-capacitiva | Una carga en el circuito de corriente alterna, que provoca un adelanto de la corriente frente a la tensión. (L 3) |
| Carga óhmica-inductiva | Una carga en el circuito de corriente alterna, que provoca retraso de la corriente respecto a la tensión. (L 3) |
| Circuito de absorción | Filtro de absorción. Circuito resonante en serie, el cual reacciona para una tensión alterna a la frecuencia de resonancia como un cortocircuito. (L 18) |
| Circuito de bloqueo | Filtro de bloqueo. Circuito resonante en paralelo, que actúa para una tensión alterna a la frecuencia de resonancia como circuito abierto. (L 25) |
| Circuito equivalente | Conexión de resistencias básicas, que se comporta en el circuito de corriente alterna eléctricamente de la misma forma que un aparato eléctrico específico. (L 1) |



| | |
|---|---|
| Circuito resonante en paralelo | Conexión en paralelo de una reactancia inductiva y una reactancia capacitiva, las cuales tienen el mismo módulo de conductancia (admitancia) para cierta frecuencia (frecuencia de resonancia). (L 25) |
| Circuito resonante en serie | Conexión en serie de una reactancia inductiva y una reactancia capacitiva, que tienen el mismo módulo de impedancia a cierta frecuencia (frecuencia de resonancia). (L 18) |
| Conductancia activa | Inversa de la resistencia activa. (L 11) |
| Conductancia reactiva | → Susceptancia |
| Corriente activa | Corriente parcial en un circuito de corriente alterna (con cargas conectadas en paralelo) que está en fase con la tensión. (L 4) |
| Corriente reactiva | Corriente parcial en un circuito de corriente alterna con cargas conectadas en paralelo, que está desfasada 90 ° frente a la tensión. (L 4) |
| Corriente reactiva-capacitiva | Corriente parcial en un circuito de corriente alterna con cargas conectadas en paralelo, que se adelanta 90 ° respecto a la tensión. (L 22) |
| Corriente reactiva-inductiva | Corriente parcial en un circuito de corriente alterna con cargas conectadas en paralelo que se atrasa 90 ° a la tensión. (L 9) |
| Diagrama de coordenadas | Diagrama lineal. Registro de valores instantáneos de módulos de corriente alterna en función del ángulo o del tiempo. (L 5) |
| Diagrama vectorial | Representación gráfica de magnitudes de corriente alterna, pensados por sus módulos y direcciones como vectores rotativos. (L 6) |

| | |
|---|---|
| Frecuencia de resonancia | Es aquella frecuencia de tensión alterna en la cual la resistencia de un circuito resonante en paralelo alcanza su valor máximo y la resistencia de un circuito resonante en serie su valor mínimo. (L 18, 25) |
| Impedancia | La resistencia de una conexión en serie de una resistencia activa y una reactancia, o sea, la inversa de la admitancia. (L 10) |
| Reactancia | Resistencia dependiente de la frecuencia en el circuito de corriente alterna, que provoca un desfase de 90° entre corriente y tensión. (L 2) |
| Reactancia capacitiva | Resistencia dependiente de la frecuencia en el circuito de corriente alterna, en el cual la corriente se adelanta 90° a la tensión. (L 2) |
| Reactancia inductiva | Resistencia dependiente de la frecuencia en el circuito de corriente alterna, en el cual la corriente se retrasa 90° respecto a la tensión. (L 2) |
| Resistencia activa | Resistencia (óhmica) en el circuito de corriente alterna, en el cual están en fase corriente y tensión. (L 2) |
| Susceptancia | Conductancia reactiva. Inversa de reactancia. (L 11) |
| Susceptancia capacitiva | Inversa de reactancia capacitiva. (L 22) |
| Susceptancia inductiva | Inversa de reactancia inductiva. (L 20) |
| Tensión activa | Tensión parcial en un circuito de corriente alterna (con cargas conectadas en serie) que está en fase con la corriente. (L 4) |
| Tensión reactiva | Tensión parcial en un circuito de corriente alterna con cargas conectadas en serie, que está desfasada 90° respecto a la corriente. (L 4) |



| | |
|---|---|
| Tensión reactiva-capacitiva | Tensión parcial en un circuito de corriente alterna con cargas conectadas en serie que se retrasa 90° respecto a la corriente. (L 15) |
| Tensión reactiva-inductiva | Tensión parcial en un circuito de corriente alterna con cargas conectadas en serie que se adelanta en 90° a la corriente. (L 9) |