

Per il collegamento di resistenze in serie nel circuito in corrente alternata, si applicano leggi diverse, rispetto al circuito in corrente continua. Per resistenze, si intendono le resistenze ohmiche, induttive e capacitive. Nel primo caso, come in corrente continua, il valore della resistenza totale si determina sommando il valore delle singole resistenze. Tuttavia, diventa più difficile quando sono presenti capacità e induttanze. In questi casi, si verifica uno sfasamento, il che significa che i rispettivi valori massimi, non sono presenti nello stesso momento.

Collegamento in serie di capacità e induttanze

Se un condensatore C e una bobina L sono collegati in serie, l'intensità di corrente è in fase e quindi uguale dappertutto. Con un'eccitazione sinusoidale, tuttavia, la tensione sulla bobina precede la corrente di 90° a causa dell'induzione, mentre la tensione sul condensatore rimane indietro di 90° a causa della costante di carica e di scarica. Le due tensioni sono quindi opposte l'una all'altra. Questa relazione può essere facilmente illustrata con un diagramma vettoriale (fig. 1).

In questo cosiddetto circuito risonante in serie LC, vale quanto segue: $U = U_L - U_C$. Ciò significa che la tensione totale è inferiore alla singola tensione più grande. Le tensioni dipendono dalla frequenza. Ad alta frequenza prevale la reattanza induttiva della bobina, mentre a bassa frequenza è maggiore il valore capacitivo.

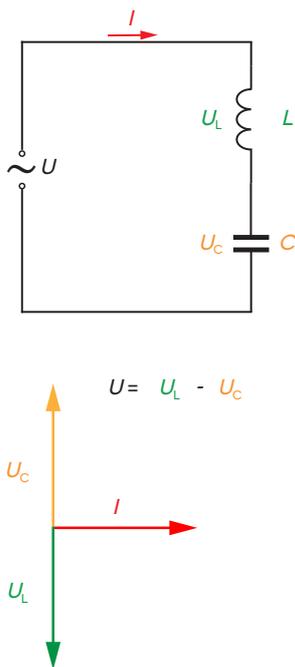


Fig. 1: quando l'induttanza L e la capacità C sono collegate in serie, la corrente è la stessa ovunque. A causa dello sfasamento, le due tensioni UL e UC sono opposte l'una all'altra.

La resistenza totale può essere calcolata con la seguente formula:

$$X = |X_L - X_C| = \left| 2\pi fL - \frac{1}{2\pi fC} \right|$$

I segni di valore assoluto sono necessari poiché X_C potrebbe essere maggiore di X_L e quindi il risultato sarebbe un numero negativo. Tuttavia, dato che non esiste una resistenza negativa, è valida solo la quantità. Il segno meno, in questo caso, deve essere omissivo.

Frequenza di risonanza

A una certa frequenza, la reattanza capacitiva X_C è uguale alla reattanza induttiva X_L . La resistenza totale è quindi pari a zero. Ciò comporta un aumento delle singole tensioni sulla bobina e sul condensatore, che possono essere utilizzate, ad esempio, per trasformare una bassa tensione in una molto più alta. La frequenza di risonanza f necessaria a questo scopo, può essere ricavata dalla formula precedente. X_L e X_C sono uguali. Si applica quindi:

$$X_L = X_C$$

oppure:

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

La trasformazione algebrica produce la seguente relazione:

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

La relazione è stata formulata per la prima volta nel 1853 dal fisico britannico William Thomson ed è quindi chiamata anche equazione di oscillazione di Thomson. In pratica, però, non esiste un sistema privo di perdite. Nel caso del circuito risonante in serie, si tratta di un resistore ohmico che fornisce lo smorzamento. Inoltre, a causa della loro costruzione, ogni bobina ha anche una certa capacità e ogni condensatore una certa induttanza. Questo fenomeno, ad esempio, è particolarmente evidente nei condensatori cilindrici, poiché le loro lamine sono avvolte come una bobina.

Collegamento in serie RLC

In realtà, ogni circuito LC ha una resistenza ohmica. Non si tratta necessariamente di un componente separato, poiché tutti i componenti, compresi i cavi, presentano una resistenza ohmica. Per semplicità, possiamo disegnare un circuito in serie con una resistenza ohmica, una bobina (induttanza) e un condensatore (capacità) in serie.

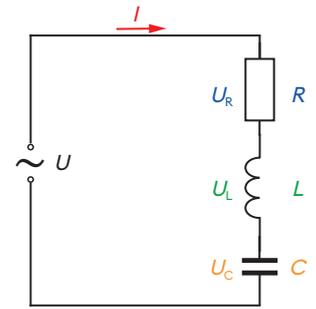


Fig. 2: il circuito risonante in serie è costituito da una resistenza ohmica R, un'induttanza L e una capacità C.

Oltre all'elemento LC, si tiene conto anche della resistenza ohmica R. Per calcolare l'impedenza Z si utilizza la seguente formula:

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

Poiché in serie la corrente è la stessa in tutto il circuito, il rapporto tra le tensioni deve corrispondere alla formula della resistenza. La tensione totale, non è quindi la semplice somma delle singole tensioni come nel caso della corrente continua. Si deve invece applicare la seguente formula:

$$U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$$

Le ampiezze delle singole tensioni dipendono fortemente dalla frequenza della tensione applicata. Al di sotto della frequenza di risonanza, cioè la frequenza alla quale le reattanze della bobina e del condensatore sono uguali e si annullano reciprocamente, è presente quasi solo U_C , mentre al di sopra entra in gioco quasi solo U_L . Con entrambe le tensioni, tuttavia, è possibile misurare valori significativamente superiori rispetto alla tensione applicata. L'ampiezza della curva di risonanza dipende in modo significativo dallo smorzamento della resistenza ohmica. Maggiore è lo smorzamento, più le vibrazioni vengono inibite e più ampia diventa la curva di risonanza.

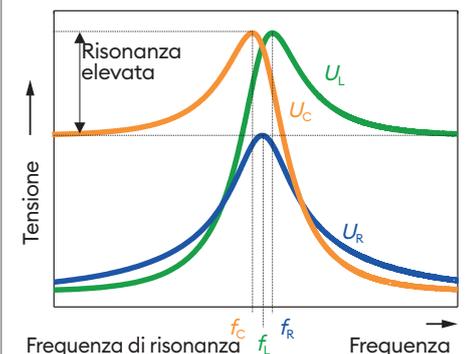


Fig. 3: curve di risonanza di un circuito risonante RLC in serie, che mostrano le tensioni individuali attraverso la resistenza R, la bobina L e il condensatore C.