

## 6.6. Równoległe połączenie elementów $R, L, C$

Jeżeli do obwodu z równoległe połączonymi elementami  $R, L, C$  (rys. 6.8a) doprowadzi się napięcie  $u = U_m \sin \omega t$ , to zgodnie z I prawem Kirchhoffa można dla wartości chwilowych zapisać równanie

$$i = i_R + i_L + i_C \quad (6.35)$$

$$i = \frac{U_m}{R} \sin \omega t + \frac{U_m}{X_L} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) + \frac{U_m}{X_C} \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

Dla wartości skutecznych prądów ta relacja nie jest prawdziwa. Sumowanie wartości skutecznych, analogicznie jak w przypadku napięć w obwodzie szeregowym, odbywa się tak jak dla wektorów, tzn. geometrycznie, zgodnie z zależnością

$$I^2 = I_R^2 + (I_C^2 - I_L^2) \quad (6.36)$$

przy czym  $I_R = G U$  — prąd czynny,  $I_C = B_C U$  — prąd bierny pojemnościowy,  $I_L = B_L U$  — prąd bierny indukcyjny.

Po podstawieniu tych wielkości do wzoru (6.36) wartość prądu wynosi

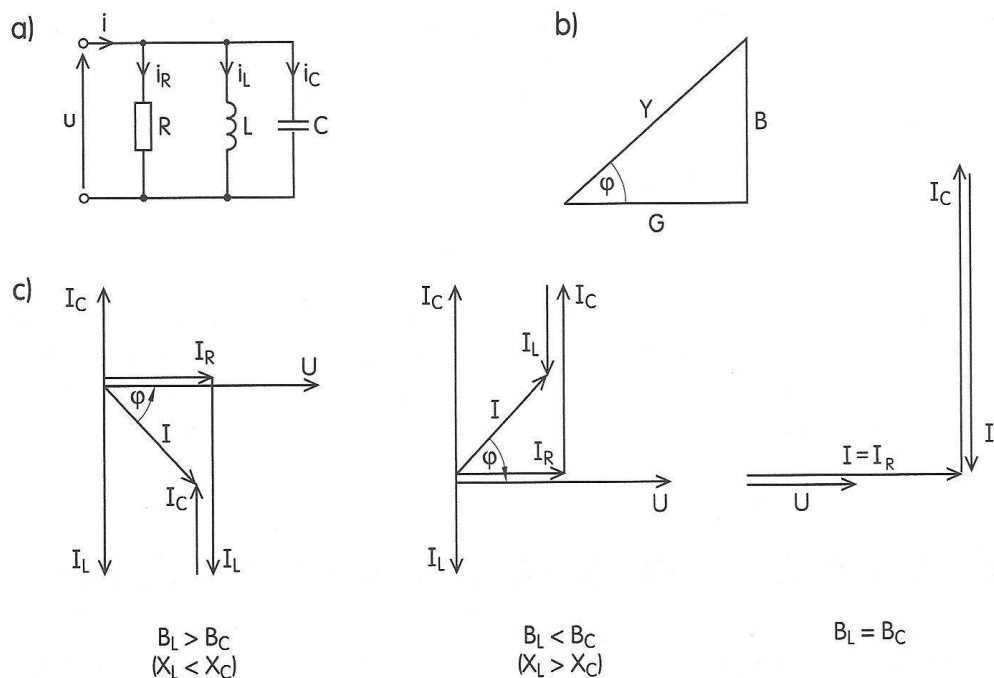
$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C - I_L)^2} = \sqrt{G^2 + (B_C - B_L)^2} U = Y U$$

gdzie przewodność pozorna obwodu równoległego  $RLC$  zwana **admitancją**

$$Y = \sqrt{G^2 + (B_C - B_L)^2} = \sqrt{G^2 + B^2} \quad (6.37)$$

gdzie  $G$  — konduktancja,  $B$  — susceptancja,  $B_C$  — susceptancja pojemnościowa,  $B_L$  — susceptancja indukcyjna.

Jednostką admitancji jest simens (1S).



**Rys. 6.8.** Obwód równoległy złożony z elementów  $R, L, C$ : a) schemat, b) trójkąt składowych admitancji, c) wykresy wektorowe napięcia i prądów

Zależność między składowymi admitancji w obwodzie prądu sinusoidalnie zmiennego określają wzory

$$\begin{aligned} G &= Y \cos \varphi \\ B &= Y \sin \varphi \\ \frac{B}{G} &= \operatorname{tg} \varphi \end{aligned} \quad (6.38)$$

Trójkąt składowych admitancji odwzorowujący zależności (6.37) i (6.38) przedstawiono na rysunku 6.8b.

Wykres wektorowy napięcia i prądów w obwodzie równoległym  $RLC$  przedstawiono na rys. 6.8c. Dla połączenia równoległego wspólną wielkością jest napięcie i od rysowania jego wektora, reprezentującego w odpowiedniej skali wartość skuteczną, rozpoczynamy wykres. Równoległe z wektorem napięcia rysujemy wektor reprezentujący prąd w gałęzi zawierającej element rezystancyjny. Następnie odkładamy prostopadłe do wektora napięcia wektor prądu płynącego w gałęzi z elementem indukcyjnym, pamiętając że napięcie wyprzedza prąd. Kolejno odkładamy prostopadłe do wektora napięcia wektor prądu płynącego w gałęzi z elementem pojemnościowym, pamiętając że prąd wyprzedza napięcie. Sumujemy geometrycznie te trzy prądy. W zależności od tego, jaka relacja panuje między  $B_L$  i  $B_C$ , odpowiednio do tego otrzymuje się wypadkowy wektor prądu  $I$ . Jeżeli  $B_L > B_C$ , co odpowiada relacji  $X_L < X_C$ , to  $I_L > I_C$  i kąt  $\varphi > 0$  (odkładany od wektora prądu do wektora napięcia ma kierunek przeciwny do ruchu wskazówek zegara) i obwód jako całość ma charakter indukcyjny. Jeżeli  $B_L < B_C$ , co odpowiada relacji  $X_L > X_C$ , to  $I_C > I_L$  i kąt  $\varphi < 0$ , a obwód ma wówczas charakter pojemnościowy.

**I prawo Kirchhoffa dla prądu sinusoidalnie zmiennego brzmi zatem:**

**Suma geometryczna wektorów prądów w węzle jest równa zeru.**

$$\vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3 + \dots + \vec{I}_n = \sum_{i=1}^n \vec{I}_i = 0 \quad (6.39)$$

Pod pojęciem wektora prądu należy rozumieć jego wartość skuteczną (długość wektora), kierunek i zwrot. Dla równoległego połączenia elementów  $R, L, C$  z rys 6.8a równanie prądów przyjmuje postać

$$\vec{I} = \vec{I}_R + \vec{I}_L + \vec{I}_C \quad (6.40)$$

co należy odczytać, że wypadkowy wektor prądu jest równy sumie geometrycznej składowych wektorów prądów. Włączone do poszczególnych gałęzi obwodu amperomierze wskażą wartości skuteczne prądów (długości wektorów). Sumowanie arytmetyczne wskazań amperomierzy w gałęziach  $RLC$  nie daje wskazania prądu w gałęzi wypadkowej, analogicznie jak miało to miejsce w przypadku napięć w gałęzi szeregowej tych elementów.

Wskazanie amperomierza umieszczonego w gałęzi z elementem indukcyjnym  $L$  lub pojemnościowym  $C$  może w konkretnym przypadku przekroczyć wskazanie amperomierza umieszczonego w gałęzi prądu wypadkowego  $I$ .

W szczególnym przypadku w obwodzie równoległym  $RLC$ , w którym  $I_L = I_C$ , mamy do czynienia z **rezonansiem prądów** (rezonans równoległy).

Zachodzi on podobnie jak w przypadku napięć wtedy, gdy  $X_L = X_C$ , co jest także równoznaczne z warunkiem  $B_C = B_L$ . Ze względu na przeciwny zwrot prądów  $I_L$  i  $I_C$ , mimo że wskazania amperomierzy w gałęziach zawierających indukcyjność  $L$  i pojemność  $C$  byłyby jednakowe, to wypadkowy prąd  $I$  będzie miał mniejszą wartość, odpowiadającą prądowi w gałęzi zawierającej element rezystancyjny (amperomierze wskazują wartości skuteczne prądów, a nie ich charakter). Prądy składowe  $I_L$  i  $I_C$  mogą osiągać znaczne wartości, ale ich suma geometryczna będzie równa zero. To jest cechą znamioną rezonansu prądów.

Jeśli wartości indukcyjności  $L$  i pojemności  $C$  są stałe, to zjawisko rezonansu można wywołać, dostrajając częstotliwość napięcia zasilającego do częstotliwości rezonansowej określonej wzorem (6.34). Gałąź równoległa  $LC$  w stanie rezonansu prądów odpowiada miejscu przerwy w obwodzie, ponieważ admitancja zastępcza  $Y_{LC} = B_C - B_L = 0$  (impedancja  $Z_{LC} \rightarrow \infty$ ).