

## ПРАКТИЧЕСКО УПРАЖНЕНИЕ 6

### Изследване на резонансни явления.

**Цел на упражнението:** Да се изследват явленията резонанс на токовете и резонанс на напреженията в електрическите вериги.

#### 1. Необходимо оборудване

Оборудване	Брой
Учебна платка	1 бр.
Кутийка свързващи проводници	1 бр.
Генератор на функции	1 бр.
Двулъчев осцилоскоп	1 бр.
Резистор 100 $\Omega$ , 5 W	1 бр.
Кондензатор 100 nF, 400 V МРЕМ	1 бр.
Бобина 290 $\mu$ H	1 бр.
Сонда за осцилоскоп	2 бр.
Сонда за функционален генератор	1 бр.

#### 2. Въведение

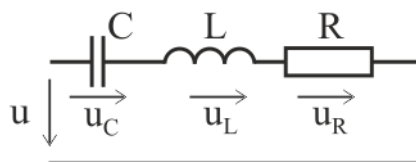
Във вериги при установен синусоидален режим реактивните съпротивления на бобини и кондензатори са функция на честотата:

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

$$X_L = \omega \cdot L$$

където  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$  е ъгловата честота в  $rad \cdot s^{-1}$ , а  $C$  и  $L$  са съответно капацитета на кондензатора във  $F$ , и индуктивността на бобината в  $H$ . Комплексното съпротивление  $Z$  на последователна RLC верига (фиг. 1) е:

$$Z(\omega) = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C} = R + j(X_L - X_C)$$



Фиг. 1. Последователно съединение на резистор, кондензатор и бобина.

Ситуацията при която  $X_L = X_C$  (т.е.  $\omega \cdot L = \frac{1}{\omega \cdot C}$ ) се нарича резонанс на напреженията, като тя настъпва при т.н. резонансна честота  $\omega_0$ :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

При нея комплексното съпротивление на веригата става чисто активно:

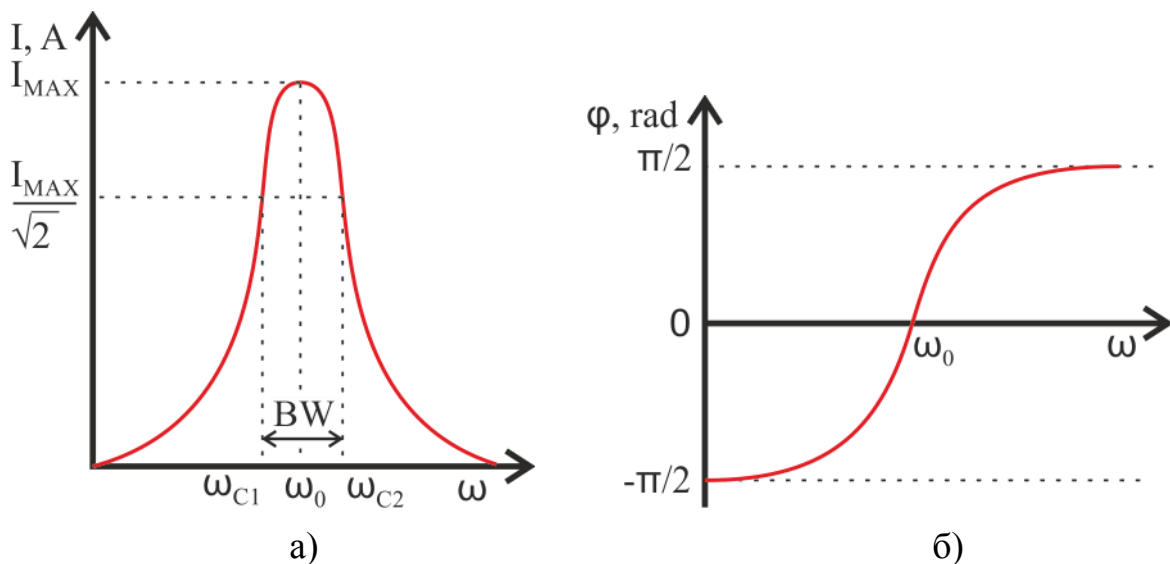
$$Z(\omega) = R + j(X_L - X_C) = R$$

т.е. бобината и кондензатора, взети заедно, представляват късо съединение, поради което токът има максимум (фиг. 2а):

$$I_{MAX} = \frac{U}{Z(\omega_0)} = \frac{U}{R}$$

По същата причина, при резонанс на напреженията фазовата разлика  $\varphi$  на веригата става  $0^\circ$  (фиг. 2б):

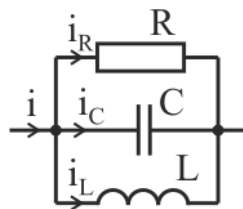
$$\varphi = \arctg \frac{X_L - X_C}{R} = \arctg \frac{0}{R} = 0$$



Фиг. 2. Честотни зависимости на тока  $I(\omega)$  и фазовата разлика  $\varphi(\omega)$  при последователна RLC верига.

Аналогично, комплексната проводимост на паралелна RLC верига (фиг. 3) е:

$$Y = \frac{1}{R} - j \left( \frac{1}{\omega \cdot L} - \omega \cdot C \right) = \frac{1}{R} - j(B_L - B_C)$$



Фиг. 3. Паралелно съединение на резистор, кондензатор и бобина.

В случая, може да възникне т.н. резонанс на токовете, като условието за това е  $B_L = B_C$  (или  $\frac{1}{\omega L} = \omega C$ ), т.е. същото като при резонанс на напреженията. При възникване на резонанс на токовете, комплексната проводимост става чисто активна:

$$Y = \frac{1}{R} - j(B_L - B_C) = \frac{1}{R}$$

поради което токовете  $i_L$  и  $i_C$  през бобината и кондензатора са равни, но с противоположна посока, т.е.:

$$i_L + i_C = 0$$

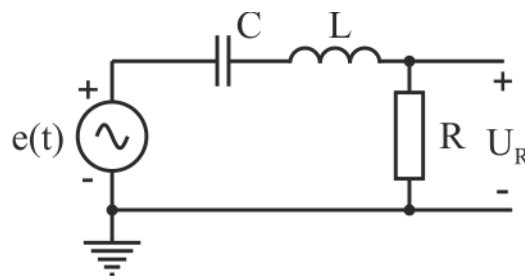
Следователно, целият входен ток  $i$  минава през резистора:

$$i = i_R + i_L + i_C = i_R$$

В случай, че отсъства резистор (паралелна LC верига), резонансът прекъсва веригата и ток не протича.

### 3. Задачи за изпълнение

**Задача 1.** Да се изследва явлението „Резонанс на Напреженията“ за схемата от фиг. 4, използвайки елементи и  $C = 100 \text{ nF}$ ,  $L = 290 \text{ }\mu\text{H}$  и  $R = 100 \text{ }\Omega$ .



Фиг. 4. Схема за изследване резонанс на напреженията.

**Стъпка 1.** Да се свърже схемата от фиг. 4 върху учебната платка. Една сонда на осцилоскопа да се свърже към източника, а втората - към резистора.

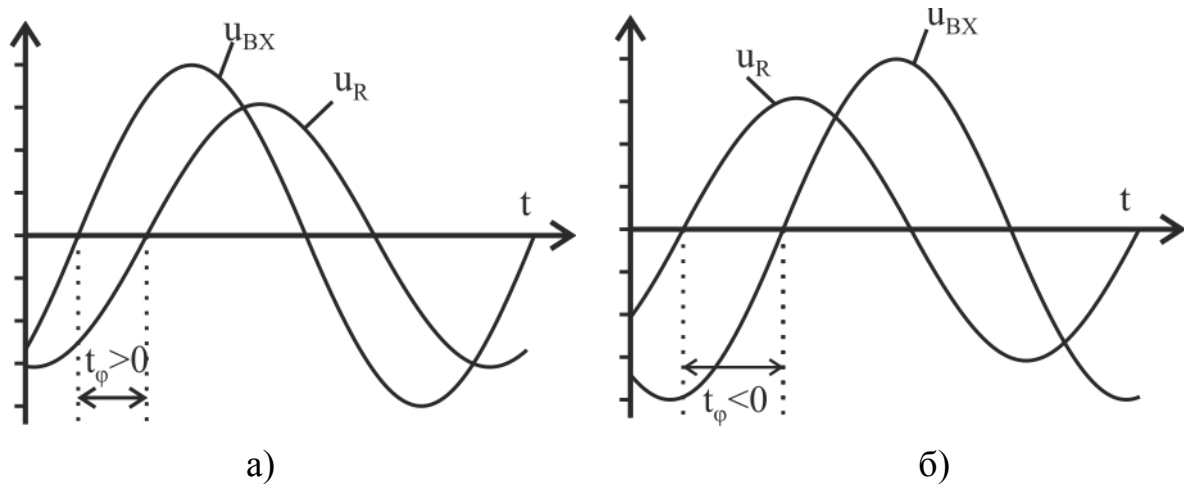
**Стъпка 2.** За всяка от честотите в протокола:

- Използвайки показанията на осцилоскопа, да се подаде входно напрежение с амплитуда  $U_{mBx} = 2 \text{ V}$ ;
- Да се отчете амплитудната стойност  $U_{mR}$  на напрежението върху резистора;
- Да се определи амплитудата на тока през резистора съгласно закона на Ом:

$$I_{mR} = \frac{U_{mR}}{R}$$

- Да се отчете фазовата разлика  $t_\varphi$  между входното напрежение и тока (напрежението върху  $R$ ) в секунди (фиг. 5);

**Забележка:** Ако  $u_{\text{BX}}$  изпреварва  $u_R$ , началната фаза  $t_\varphi$  е положителна (фиг. 5а), а в противен случай – отрицателна (фиг. 5б)



Фиг. 5. Определяне на фазовата разлика в секунди: а)  $t_\varphi > 0$ ; б)  $t_\varphi < 0$ .

- Да се определи фазовата разлика  $\varphi$  в градуси:

$$\varphi = \frac{360 \cdot t_\varphi}{T} = 360 \cdot t_\varphi \cdot f$$

**Стъпка 3.** Да се начертае зависимостта  $I_{mR}(f)$ .

- Да се определи амплитудата на тока, при който се консумира половината от максималната активна мощност:

$$I_{0,5P} = \frac{I_{MAX}}{\sqrt{2}}$$

- Да се отбележи на графиката стойността на  $I_{0,5P}$  и да се определят критичните честоти  $f_{C1}$  и  $f_{C2}$ , както е показано на фиг. 2а.
- Да се определи широчината на честотната лента:

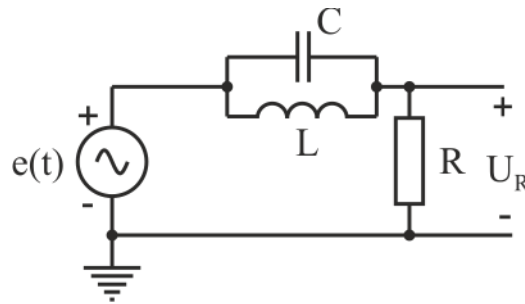
$$BW = f_{C2} - f_{C1}$$

- Да се определи качественият фактор  $Q$  на веригата:

$$Q = \frac{f_0}{BW}$$

**Стъпка 4.** Да се начертае честотната зависимост  $\varphi(f)$ .

**Задача 2.** Да се изследва явлението „Резонанс на Токовете“ за схемата от фиг. 6, използвайки елементи  $C = 100 \text{ nF}$ ,  $L = 290 \text{ }\mu\text{H}$  и  $R = 100 \text{ }\Omega$ .



Фиг. 6. Схема за изследване резонанс на токовете.

**Стъпка 1.** Да се свърже схемата от фиг. 6 върху учебната платка. Една сонда на осцилоскопа да се свърже към източника, а втората - към резистора.

**Стъпка 2.** За всяка от честотите в протокола:

- Използвайки показанията на осцилоскопа, да се подаде входно напрежение с амплитуда  $U_{m.BX} = 2 V$ ;
- Да се отчете амплитудната стойност  $U_{mR}$  на напрежението върху резистора;
- Да се определи амплитудата на тока през резистора съгласно закона на Ом:

$$I_{mR} = \frac{U_{mR}}{R}$$

**Стъпка 3.** Да се начертае зависимостта  $I_{mR}(f)$ .

- Да се определи амплитудата на тока, при който се консумира половината от максималната активна мощност:

$$I_{0,5P} = \frac{I_{MAX}}{\sqrt{2}} = \frac{U_{m.BX}}{\sqrt{2}R}$$

- Да се отбележи на графиката стойността на  $I_{0,5P}$  и да се определят критичните честоти  $f_{C1}$  и  $f_{C2}$ , както е показано на фиг. 2а.
- Да се определи широчината на честотната лента:

$$BW = f_{C2} - f_{C1}$$

- Да се определи качественият фактор  $Q$  на веригата:

$$Q = \frac{f_0}{BW}$$

#### 4. Въпроси

1. На какво се дължат честотните свойства на бобините и кондензаторите?
2. Какво се случва при резонанс на напреженията?
3. Какво се случва при резонанс на токовете?