

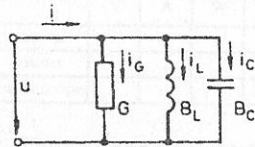
ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЕРИГА С ПАРАЛЕЛНО СВЪРЗАНИ ПАСИВНИ ЕЛЕМЕНТИ

ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1. Да се запознаят студентите с методите за експериментално определяне на параметрите на пасивни двуполусни елементи, използвани при паралелното им свързване в електрически вериги.
2. Да се изучи явлението "резонанс на токовете" в паралелна верига и неговото приложение.

ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

В лабораторното упражнение №6 е изследвано поведението на различните пасивни елементи (резистор, бобина и кондензатор) при стационарен синусоиден режим и е записан законът на Ом за идеалните двуполусници с помощта на активното и реактивни съпротивления  $R$ ,  $X_L$ , и  $X_C$  (вж. формули (6.5), (6.7) и (6.9)).



Фиг. 7.1

Ако се въведат съответните активна проводимост  $G = 1/R$  и реактивни проводимости  $B_L = 1/X_L = 1/\omega L$  и  $B_C = 1/X_C = \omega C$ , могат да се запишат аналогични формули на закона на Ом:

$$(7.1) \quad I_G = G \cdot U; \quad I_L = B_L \cdot U; \quad I_C = B_C \cdot U,$$

които свързват ефективните стойности на съответните ток и напрежение и се използват при анализа на паралелни вериги.

При включване на идеални пасивни елементи с  $R$ ,  $L$ , и  $C$  параметри в паралелна верига при синусоидално напрежение  $u = U_m \sin(\omega t)$ , (фиг.7.1) се установява общ ток  $i = I_m \sin(\omega t - \varphi)$ , получен като сума от токовете през отделните елементи:

$$(7.2) \quad i = i_G + i_L + i_C$$

Фазовата разлика между тока  $i(t)$  и напрежението  $u(t)$  и максималната стойност на тока  $I_m$  се определят по формулите:

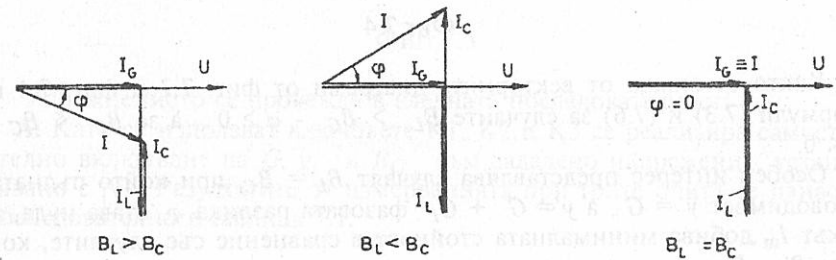
$$(7.3) \quad \varphi = \arctg \frac{B_L - B_C}{G};$$

$$(7.4) \quad I_m = U_m y = U_m \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2},$$

където  $y = \sqrt{G^2 + (B_L - B_C)^2}$  е големината на т.н. пълна проводимост (адмитанс) на паралелната верига.

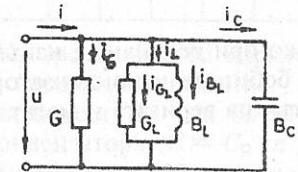
Активната мощност във веригата е  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = I^2 / G = G \cdot U^2$ .

Векторните диаграми за три различни съотношения на реактивните проводимости  $B_L$  и  $B_C$  са показани на фиг. 7.2.



Фиг.7.2

Ако в паралелната верига от фиг. 7.1 заменим идеалната бобина с реална, представена като паралелно съединение на идеални елементи с проводимости  $G_L$  и  $B_L$ , се получава веригата от фиг. 7.3. Аналогичните на формули (7.3) и (7.4) за веригата от фиг. 7.3 са:

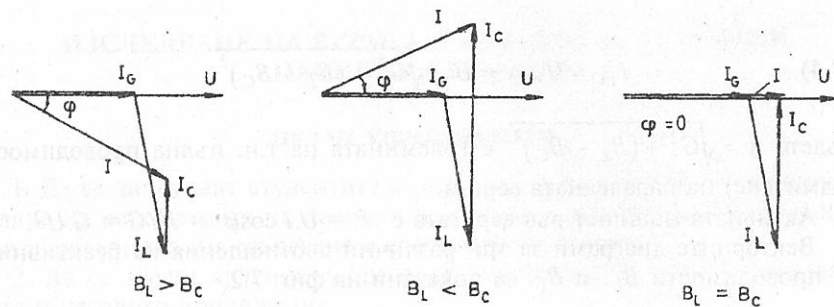


Фиг. 7.3

$$(7.6) \quad \varphi = \arctg \frac{B_L - B_C}{G + G_L};$$

$$(7.7) \quad I_m = U_m y = U_m \sqrt{(G + G_L)^2 + (B_L - B_C)^2}.$$

Векторните диаграми за три различни състояния на  $B_L$  и  $B_C$  са показани на фиг. 7.4.



Фиг.7.4

Както се вижда от векторните диаграми от фиг. 7.2 и фиг. 7.4 и формули (7.3) и (7.6) за случаите  $B_L > B_C$  -  $\varphi > 0$ , а за  $B_L < B_C$  -  $\varphi < 0$ .

Особен интерес представлява случаят  $B_L = B_C$ , при който пълната проводимост  $y = G$ , а  $y' = G + G_L$  фазовата разлика  $\varphi$  става нула, а токът  $I_m$  добива минималната стойност в сравнение със случаите, когато  $B_L \neq B_C$ .

Този режим се характеризира с т.н. резонанс на токовете през реактивните елементи (еднакви по големина и в противофаза), в резултат на което

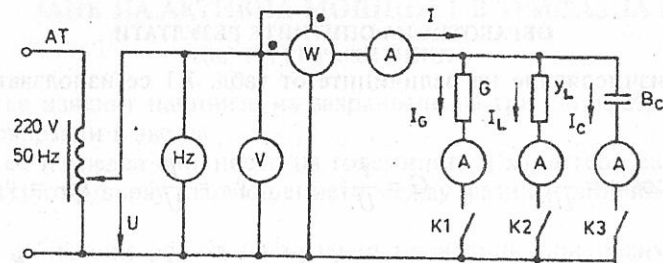
$$(7.9) \quad I = I_G, \text{ респективно } I = I_G + I_{G_L}.$$

Ако при резонанс е изпълнено условието  $G \ll B_L = B_C$ , токовете през бобината и кондензатора многократно надвишават тока в общия участък на веригата и могат да достигнат опасен порядък.

#### ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ

Свързва се схемата от фиг. 7.5, в която реалната бобина е с регулируема стойност на индуктивната проводимост  $B_L$ , а с помощта на ключовете К1, К2 и К3 става възможна промяна на схемата за изследване на резистора  $G$ , бобината  $y_L$  и кондензатора  $B_C$  независимо или в паралелна верига.

С помощта на автотрансформатора АТ се установява зададено входно напрежение на веригата, като при всеки опит увеличаването на напрежението трябва да започва от нула.



Фиг. 7.5

Упражнението се провежда в следната последователност:

А. Като се използват ключовете К1, К2 и К3 се реализира самостоятелно включване на  $G$ ,  $y_L$  и  $B_C$  към зададено напрежение, установявано с АТ. Резултатите от измерванията при трите опита се нанасят последователно в таблица 7.1.

Таблица 7.1

ВИД ЕЛЕМЕНТ	U	I	P	f	cos φ	G	y <sub>L</sub>	G <sub>L</sub>	B <sub>L</sub>	L	B <sub>C</sub>	C	φ
	V	A	W	Hz		S	S	S	S	H	S	μF	deg
РЕЗИСТОР													
БОБИНА													
КОНДЕНЗАТОР													

Б. При затворени ключове К1, К2 и К3 (реализира се паралелна верига на  $G$ ,  $y_L$  и  $B_C$ ) с АТ се установява зададено напрежение.

Чрез изменение на индуктивната проводимост  $B_L$  на бобината, при зададена стойност на капацитета на кондензатора  $C = C_p$  се постига резонансен режим на работа с минимален ток в общата част на веригата ( $B_L = B_C$ ).

Таблица 7.2

РАБОТЕН РЕЖИМ	U	I	I <sub>R</sub>	I <sub>L</sub>	I <sub>C</sub>	P	f	cos φ	y	G	y <sub>L</sub>	G <sub>L</sub>	B <sub>L</sub>	L	B <sub>C</sub>	C
	V	A	V	V	V	W	Hz		S	S	S	S	S	H	S	μF
$B_L > B_C$																
$B_L < B_C$																
$B_L = B_C$																

Задават се последователно две нови стойности на капацитета на кондензатора  $C > C_p$  и  $C < C_p$  за постигане на условията  $B_L < B_C$  и  $B_L > B_C$ . Резултатите от измерванията за трите случая се записват в таблица 7.2.

#### ОБРАБОТКА НА ОПИТНИТЕ РЕЗУЛТАТИ

1. За изчисляване на величините от табл. 7.1 се използват формулите:

$$(7.10) \quad \cos \varphi = \frac{P}{UI}; \quad G = \frac{I}{U}; \quad y_L = \frac{I}{U}; \quad G_L = y_L \cos \varphi;$$

$$B_L = \sqrt{y_L^2 - G_L^2}; \quad L = \frac{1}{2\pi f B_L}; \quad B_C = \frac{I}{U}; \quad C = \frac{B_C}{2\pi f},$$

където стойностите на  $P$ ,  $U$  и  $I$  се взимат за съответния опит.

2. За изчисление на величините от табл. 7.2 се използват формулите (7.10), като за  $G$ ,  $y_L$  и  $B_C$  се взимат съответните стойности на  $I_G$ ,  $I_L$  и  $I_C$ , а във формулата за  $G_L$  вместо общият  $\cos \varphi$  се използва  $\cos \varphi_L$ , като за определянето му се използва уравнението за разпределение на активната мощност във веригата между резистора и бобината  $P = U \cdot I_G + U \cdot I_L \cdot \cos \varphi_L$ , а именно:

$$(7.11) \quad \cos \varphi_L = \frac{P - UI_G}{UI_L}.$$

Избират се подходящи мащаби на напрежението и тока и се начертават векторните диаграми за трите случая от табл. 7.2, аналогично с показаните на фиг. 7.4. И за трите случая сумата от векторите на токовете  $I_G$ ,  $I_L$  и  $I_C$  трябва да бъде равна на вектора на общия ток  $I$ .

#### Контролни въпроси

1. Кои пасивни елементи се характеризират с честотно зависима проводимост?
2. Как се определя фактора на активната мощност  $\cos \varphi$  в паралелна верига с  $G$ ,  $y_L$  и  $B_C$ ?
3. По колко начина може да се предизвика резонанс в паралелна верига с резистор, бобина и кондензатор?
4. Ако сумирате показанията на амперметрите за токовете  $I_G$ ,  $I_L$  и  $I_C$  в паралелната верига ще получите ли показанията на амперметъра за общия ток?

#### ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 8

### ИЗСЛЕДВАНЕ НА ТРИФАЗНА ВЕРИГА ИЗМЕРВАНЕ НА АКТИВНА МОЩНОСТ В ТРИФАЗНА ВЕРИГА

#### ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1. Да се изяснят начините на захранване на три еднофазни консуматора, свързани в звезда.
2. Да се изследва влиянието на големината и характера на трифазния консуматор върху съотношението между фазни и линейни напрежения.
3. Да се изясни ролята на нулевия проводник при несиметрично натоварване на отделните фази и свързване на консуматорите в звезда.
4. Да се запознаят студентите, с начините за измерване на активна мощност в трифазна верига.

#### ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Трифазна система се нарича съвкупността от три еднородни синусоидни величини, които имат еднакви честоти, съответни амплитуди и са отместени по фаза една спрямо друга на съответен ъгъл. Когато трите електрически величини, имат равни амплитуди и равни фазни разлики помежду си, трифазната система се нарича симетрична. Симетрична трифазна система напрежения може да се опише с уравненията:

$$\begin{aligned} u_A &= U_m \sin(\omega t); & u_A &= U_m e^{j\omega t}; & u_A &= U_{Am} e^{j\omega t}; \\ u_B &= U_m \sin(\omega t - 2\pi/3); & u_B &= U_m e^{-j2\pi/3} e^{j\omega t}; & u_B &= U_{Bm} e^{j\omega t}; \\ u_C &= U_m \sin(\omega t + 2\pi/3); & u_C &= U_m e^{+j2\pi/3} e^{j\omega t}; & u_C &= U_{Cm} e^{j\omega t}; \end{aligned}$$

Трифазна система от е.д.н. се индуктира в намотките на трифазен променливотоков генератор. Трифазната система от напрежения, създадена в намотките на такъв генератор е симетрична. Прието е намотките на генератора да се наричат "фазни намотки" или "фази". Съвкупността от трифазен източник на електрическа енергия, трифазен консуматор и свързващите ги проводници, наречени предавателна линия, образуват трифазна електрическа верига.

В трифазните вериги намотките на генераторите, трансформаторите, както и участъците с токове, образувачи трифазна система, които се разграничават в структурата на консуматорите, се наричат фази, а съответстващите им величини - фазни. Проводниците, свързващи