

## Лабораторна робота № 43

### ДОСЛІДЖЕННЯ ФЕРОРЕЗОНАНСУ СТРУМІВ

#### Мета роботи

Аналіз особливостей фізичної сутності явища ферорезонансу в колі, що містить паралельно з'єднані котушку з феромагнітним осердям і конденсатор, при живленні його від регульованих джерел напруги й струму та ознайомлення з можливостями практичного застосування явища ферорезонансу струмів у стабілізаторах напруги.

#### Підготовка до роботи

Вивчити рекомендовану літературу, ознайомитися з методичними вказівками, описом лабораторної установки, робочим завданням, підготувати протокол звіту й відповіді на такі питання:

- 1) У чому полягає умова резонансу струмів?
- 2) Як можна налаштувати в резонанс контур, складений з паралельно ввімкнених лінійної котушки індуктивності й конденсатора?
- 3) Які методи застосовують для аналізу процесів у колах змінного струму з нелінійними елементами?
- 4) У чому полягає явище ферорезонансу струмів?
- 5) Які допущення приймаються при аналізі процесів у паралельному ферорезонансному колі, яке живиться від джерела напруги й від джерела струму?
- 6) Як виглядають вольт-амперні характеристики котушки з феромагнітним осердям і конденсатора з постійною ємністю?
- 7) Як будується розрахункова вольт-амперна характеристика кола, що містить паралельно ввімкнену котушку з феромагнітним осердям і конденсатор?
- 8) Яким чином можна експериментально перевірити розрахункову вольт-амперну характеристику ферорезонансного контуру?
- 9) Чим пояснюється можливість настроювання паралельного ферорезонансного контуру в резонанс шляхом зміни параметрів джерела живлення?
- 10) У чому полягає сутність тригерного ефекту й при яких умовах він проявляється в паралельному ферорезонансному контурі?
- 11) Чому струм зворотного стрибка напруги відрізняється від струму прямого стрибка?

12) Як у лабораторних умовах імітувати джерело струму?

13) Яке практичне застосування паралельних ферорезонансних контурів?

### Опис лабораторної установки

Лабораторна установка містить:

- котушку з феромагнітним осердям;
- конденсатор;
- блок, що включає в себе окремий паралельний ферорезонансний контур і послідовно з'єднаний з ним резистор, який виконує функції внутрішнього опору джерела живлення;
- три амперметри електромагнітної системи;
- вольтметр електромагнітної системи;
- вольтметр типу Ф4313;
- фазометр електродинамічної системи;
- регульований перетворювач змінної напруги (лабораторний автотрансформатор ЛАТР-2).

### Порядок виконання роботи

1. Скласти коло відповідно до схеми рис. 43.1.

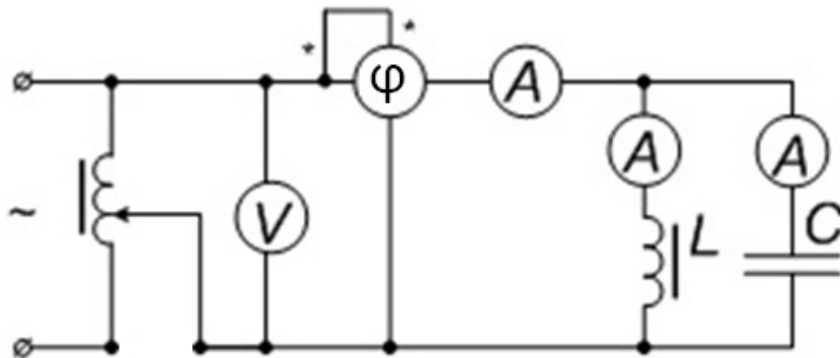


Рис. 43.1

2. Зняти вольт-амперні характеристики кола; (рис. 43.1) її індуктивної і ємнісної вітки, плавно збільшуючи вхідну напругу від нуля до 130 В. Результати вимірів занести в табл. 43.1.

№	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$	$I_L, \text{А}$	$I_C, \text{А}$	$\varphi, ^\circ$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

3. Зібрати коло відповідно до схеми рис. 43.2, використовуючи при цьому блок з окремим ферорезонансним контуром і додатковим резистором.

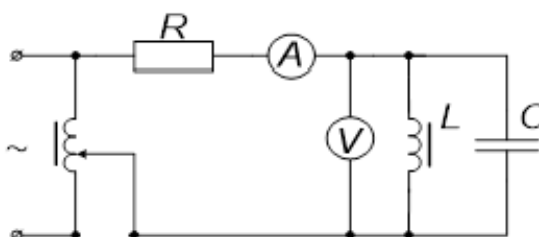


Рис. 43.2

4. Зняти вольт-амперні характеристики паралельного ферорезонансного контуру при плавному збільшенні струму джерела живлення від нуля до 100 мА й при плавному зменшенні його від 100 мА до нуля. Результати вимірів занести в табл.43.2.

#### **Обробка результатів роботи**

1. Побудувати в одній координатній системі вольт-амперні характеристики:

- а) конденсатора  $I_C = f_1(U)$ ;
- б) котушки з феромагнітним осердям  $I_L = f_2(U)$ ;
- в) паралельного ферорезонансного контуру  $I = f_3(U)$

2. У тій же системі координат побудувати ідеалізовану вольт-амперну характеристику контуру за вольт-амперними характеристиками  $I_L = f_2(U)$  і  $I_C = f_1(U)$  зневажаючи активними втратами і вищими гармонійними складовими струму.

3. Порівняти вольт-амперні характеристики, наведені в п.1, і в п.2.

Таблиця 43.2

№	U, В	I, А
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

4. Побудувати вольт-амперну характеристику кола за даними досліду в п.4 з порядку виконання роботи. Пояснити характер зміни напруги на контурі при зміні струму джерела живлення.

5. Зробити висновки по роботі.

### Методичні вказівки

Котушка з феромагнітним осердям є нелінійним елементом. Крива намагнічування матеріалу осердя має вигляд, показаний на рис.43.4.

Якщо змінити масштаб по осі  $B$  в  $S$  разів ( $S$  - площа поперечного перетину магнітопроводу), а по осі  $H$  в  $l$  раз ( $l$  - довжина середньої лінії магнітопроводу), то ця ж крива може розглядатися як вебер-амперна характеристика котушки з феромагнітним осердям  $\Phi = f(I)$ ;  $BS = \Phi$ ;  $Hl = Iw$  ( $w$  - число витків котушки). Нелінійний зв'язок між потоком і струмом говорить про те, що індуктивність котушки з феромагнітним осердям не є постійною величиною. Магнітний потік  $\Phi$  і напруга на затискачах котушки, у якій відсутні активні втрати, зв'язані співвідношенням  $U = 4,44 fw\Phi_m$ .

Якщо котушку з феромагнітним осердям і конденсатор з'єднаємо паралельно, то в складеному контурі при плавній зміні напруги може наступити

резонанс внаслідок взаємної компенсації реактивних складових струмів котушки й конденсатора, це явище одержало назву ферорезонансу струмів.

У вітці, що містить котушку з феромагнітним осердям, при синусоїдній напрузі джерела живлення струм буде несинусоїдним. У вітці з конденсатором він змінюється за синусоїдним законом з частотою джерела живлення. Тому резонансний режим можливий для тієї ж частоти.

Щоб можна було досягти ферорезонансу для основної гармоніки струму котушки і конденсатора, необхідно, щоб вольт-амперні характеристики котушки з феромагнітним осердям і конденсатора перетиналися.

Якщо припустити, що струм у котушці синусоїдний і в паралельному ферорезонансному контурі відсутні активні втрати, вольт-амперні характеристики для кола рис. 43.1 і його індуктивної і ємнісної вітки будуть мати вигляд, показаний на рис.43.5. Точка *a* відповідає резонансу струмів.

У дійсності, в результаті наявності вищих гармонік у струмі котушки, а також активних втрат у колі, вольт-амперна характеристика всього кола буде мати вигляд, зображений на рис.43.6.

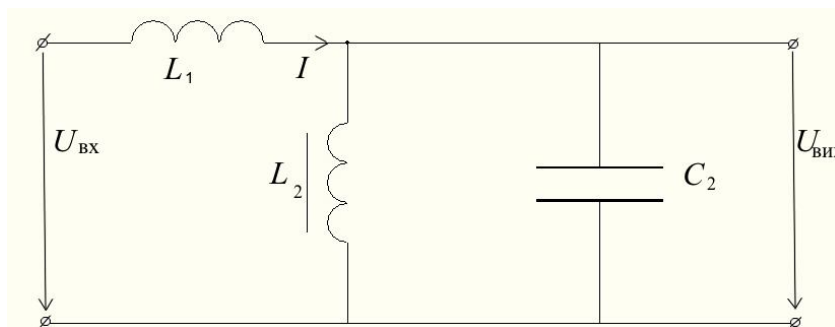


Рис.43.3.

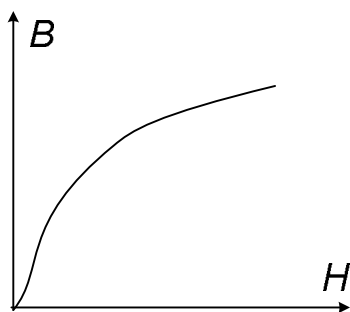


Рис.43.4

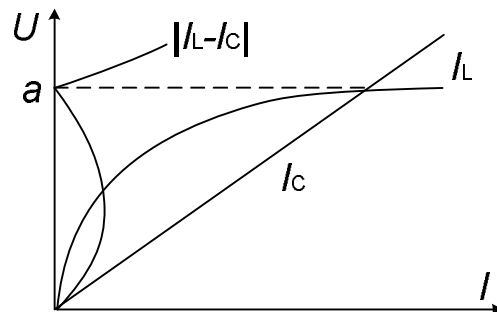


Рис.43.5

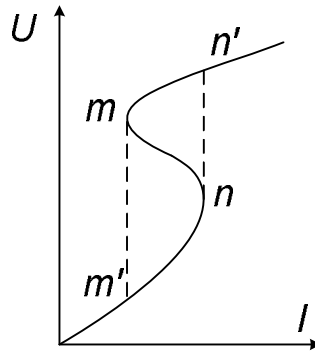


Рис.43.6

Якщо паралельний ферорезонансний контур живити від джерела струму, то при плавному збільшенні струму спостерігаються стрибки напруги (із точки  $n$  у точку  $n'$ ). При зменшенні струму напруга стрибком переходить від величини, що характеризується точкою  $m$  у точку  $m'$ .

Стрибкоподібні зміни напруги на контурі при зміні струму джерела живлення, що супроводжуються зміною знака кута зсуву фаз між основними гармоніками струму і напруги в колі, отримали назву тригерного ефекту.

### Питання для самостійної роботи

1. Зібрати коло стабілізатора напруги, який містить паралельний ферорезонансний контур.
2. Зняти характеристику  $U_{вих} = f(U_{вх})$  ненавантаженого стабілізатора, побудувати її графік і по ньому визначити критичне значення вхідної напруги  $U_{кр}$ , з якого починає проявлятися ефект стабілізації. Визначити коефіцієнт стабілізації.
3. Підімкнути до виходу стабілізатора активне навантаження і для двох-трьох значень  $R$  зняти характеристику  $U_{вих} = f(U_{вх})$ ; обчислити коефіцієнт стабілізації. Порівняти результати дослідів і розрахунків, проведених в пп.3 і 4 і зробити висновки.

## Література

1. Нейман Л. Р., Демирчян К. С. Теоретические основы электротехники. - Л.: Энергоиздат, 1981, т. 2. - 415 с.
2. Зевеке Г. В., Ионкин П. А., Нетушил А. В., Страхов С. В. Основы теории цепей. - М.: Энергия, 1975. - 752 с.
3. Жуховицкий Б. Я., Негневицкий И. Б. Четырехполюсники, длинные линии, нелинейные цепи. - М.: Энергия, 1965. - 230 с.
4. Нейман Л. Р., Калантаров П. Л. Теоретические основы электротехники. - М.: - Л.: Госэнергоиздат, 1959, т. 2. - 444 с.
5. Зевеке Г. В., Ионкин П. А. Основы электротехники. - М. - Л.: Госэнергоиздат, 1955, т. I. - 216 с.
6. Калантаров П. Л. Руководство к лаборатории переменных токов. - М.: - Л.: Госэнергоиздат, 1949. - 140 с.
7. Курило И. А., Толпыго О. Б. Нелинейные электрические цепи и методы их анализа. - Киев.: КПИ, 1979. - 140 с.