

Лабораторная работа № 12 Исследование феррорезонансных явлений

Цель работы: исследование цепи, содержащей катушку индуктивности со стальным сердечником и конденсатор при их последовательном и параллельном соединении.

Общие сведения

В электрических цепях, содержащих нелинейные элементы, наблюдается явление резкого (скачкообразного) перехода из одного состояния схемы в другое. Например, в последовательной цепи, содержащей нелинейную индуктивность и линейную емкость, наблюдается так называемый триггерный эффект, который заключается в том, что при незначительном изменении напряжения на входе цепи резко меняется величина проходящего через нее тока. Это явление объясняется следующим образом: результирующая вольт-амперная характеристика (ВАХ) всей цепи есть сумма вольт-амперной характеристики нелинейной индуктивности, показанной на рис.1, и ВАХ линейной емкости (прямая

$U_c = I \frac{1}{\omega C}$ на рис.2).

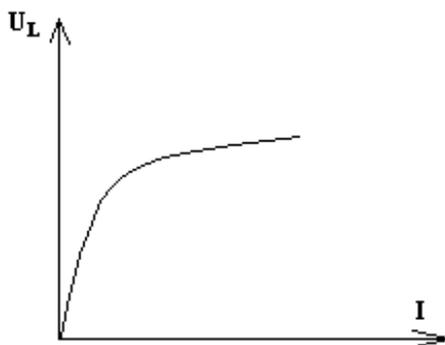


Рис. 1

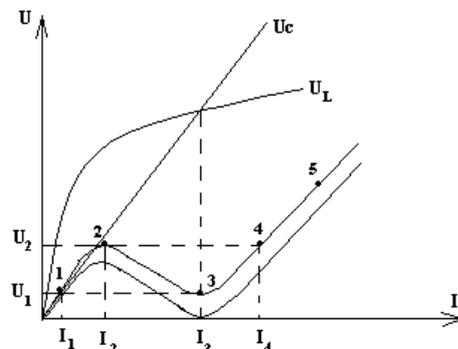


Рис. 2

Результат сложения этих ВАХ показан на рис.2 (напомним, что напряжения на емкости и индуктивности находятся в противофазе). Результирующая ВАХ имеет, как говорят, S – образный вид. Предположим, что напряжение источника медленно увеличивается, начиная с нулевого значения. Тогда изображающая точка будет перемещаться через точку 1 к точке 2. Дальнейшее незначительное повышение напряжения будет сопровождаться скачком тока, соответствующим перемещению точки из положения 2 в положение 4, т.е. ток в цепи скачком увеличится от I_2 до I_4 . Последующее повышение напряжения сопровождается плавным увеличением тока по участку 4 – 5 (см. рис. 2). При снижении напряжения изображающая точка будет перемещаться по участку 5 – 4 – 3 с переходом в точку 1.

Феррорезонансом напряжений называют такой режим работы последовательной цепи с нелинейной индуктивностью и линейной емкостью, при котором первая гармоника тока в цепи совпадает по фазе с напряжением источника. Такое состояние в отличие от линейной цепи может быть достигнуто изменением величины приложенного напряжения (известно,

что в линейной цепи резонанс напряжений наступает при равенстве сопротивлений X_L и X_C , которое можно получить изменением частоты питания или изменением значений L и C).

Для цепи с параллельным соединением нелинейной индуктивности и линейной емкости возможен феррорезонанс токов (рис. 5). На рис.6 показана ампер-вольтная характеристика нелинейной индуктивности и линейного конденсатора. Результирующая характеристика построена путем вычитания ординат I_L и I_C . Если питать схему рис.5 от источника тока (в схеме рис.5 источник тока организован путем включения последовательно с ЛАТРОм конденсатора 4 – 6 мкФ), то изображающая точка будет перемещаться по участку 0 – 1 – 2. Дальнейшее увеличение тока будет сопровождаться скачком напряжения от значения U_2 до U_4 . В последующем с ростом тока напряжение будет увеличиваться плавно от точки 4 к точке 5. Если уменьшать ток в цепи, то изображающая точка будет перемещаться по участку 5 – 4 – 3 с переходом в точку 1, а напряжение изменится скачком от значения U_3 до U_1 .

Подготовка к работе

1. Рассчитать и построить вольт-амперную характеристику линейного конденсатора для $C = 50$ мкФ.
2. Определить для этой величины емкости значение индуктивности, при которой возможен резонанс при частоте 50 Гц.

Порядок выполнения работы Снятие вольт-амперной характеристики нелинейной индуктивности и линейной емкости

1. Собрать цепь по схеме рис. 3. В качестве нелинейной индуктивности используется трехфазный трансформатор, в котором вместе соединены зажимы x и y , а к зажимам a , b приложено напряжение с ЛАТРа. Перед включением регулятор напряжения установить на нуль.

Внимание! В процессе выполнения работы иметь ввиду, что на зажимах $A-X$, $B-Y$, $C-Z$ (большие буквы на трансформаторе) может наводиться напряжение, превышающее 220 В. Поскольку они в работе не используются – к ним не прикасаться!

2. Изменяя напряжение источника так, чтобы ток в цепи не превышал 1 А, измерить ток в цепи и напряжение на индуктивности (амперметр 1-2 А, вольтметр 60 В). Данные измерений записать в таблицу 1 (7-8 значений). Построить вольт-амперную характеристику катушки.

3. Вместо индуктивности включить конденсатор емкостью 50 мкФ и снять 3 – 4 точки вольт-амперной характеристики, аналогично п. 2. Данные измерений занести в таблицу такой же формы как табл.1. Построить вольт-амперную характеристику конденсатора.

4. По данным п.2, п.3 и табл. 1 построить результирующую ВАХ цепи с последовательным и параллельным соединением нелинейной индуктивности и линейной емкости.

Таблица 1

U, В									
I, А									

Феррорезонанс напряжений

1.Собрать цепь по рис.4 (здесь резистор R5 включен для ограничения тока цепи) и получить разрешение на включение. Перед включением регулятор напряжения установить на нуль. При проведении опыта емкость конденсатора должна быть равна 50 мкФ. Для измерения напряжения предусмотреть вольтметр на 75 В 300 В со свободными концами.

2.Изменяя напряжение на выходе регулятора от нуля с небольшими интервалами, измерить ток, напряжение на индуктивности, напряжение на конденсаторе, напряжение, подаваемое на вход схемы (после резистора). При этом иметь ввиду, что ток цепи не должен превышать 1 А. Данные измерений записать в табл.2. Изменяя напряжение на выходе регулятора от наибольшего достигнутого в п.2 значения до нуля, измерить те же напряжения и ток, что в п.2. Результаты записать в табл.2.

Таблица 2

При U=0- 45, В	U, В								
	I, А								
	U_L , В								
	U_C , В								
При U=45- 0, В	U, В								
	I, А								
	U_L , В								
	U_C , В								

Перед тем как записать показания приборов после скачка, восстановить то напряжение, которое было непосредственно перед скачком. Показания приборов записывать непосредственно перед скачком и после при возрастании и убывании общего напряжения.

При измерении пользоваться пределами измерений амперметра и вольтметра соответственно на 1 А и 75 В.

3. По данным табл. 2 построить характеристики : $U = f(I)$, $U_L = f(I)$, $U_C = f(I)$.

4. Сравнить характеристику $U = f(I)$ с результирующей вольт-амперной характеристикой, построенной на рис.2.

Феррорезонанс токов

1. Собрать цепь рис.5 и получить разрешение на включение. Перед включением регулятор напряжения установить на нуль. При проведении опыта емкость конденсатора 50 мкФ, а в качестве нелинейной индуктивности используются те же обмотки ах и by, соединенные зажимами х и у.

2. Выполнить п.2 так же как и при резонансе напряжений (т.е. плавно изменять регулятором напряжения общий ток цепи I). Данные измерений записать в табл.3.

Таблица 3.

I=0-0,5 А	I, А						
	U_{LC} , В						
	I_L , А						
	I_C , А						
I=0,5-0 А	I, А						
	U_{LC} , В						
	I_L , А						
	I_C , А						

Определить величину тока, при которой наблюдается скачок напряжения из точки 2 в точку 4 (см. рис.6). Перед тем как записать показания приборов после скачка восстановить тот ток, который был непосредственно перед скачком и после при возрастании и убывании общего тока.

4. По данным табл.3 построить следующие характеристики: $I = f(U)$, $I_L = f(U)$, $I_C = f(U)$.

5. Сравнить характеристику $I = f(U)$ с результирующей ампер-вольтной характеристикой рис.6.

Контрольные вопросы

1. Почему значение напряжения на результирующей ВАХ, показанной на рис.2 и рис.6, не обращается в нуль соответственно при $U_C = U_L$ и $I_L = I_C$?
2. Почему при больших токах напряжение на нелинейной индуктивности практически не меняется при изменениях тока?
3. Почему в схеме рис.5 нужен источник тока?

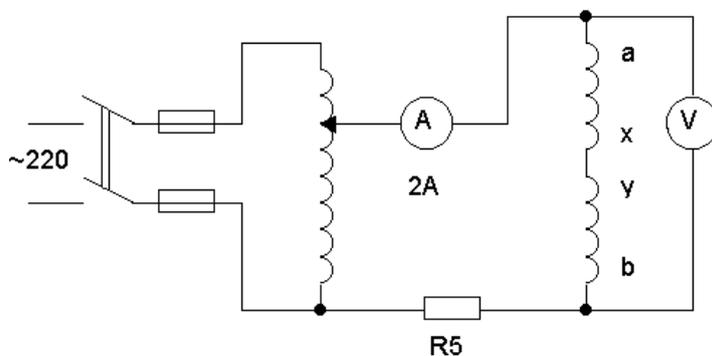


Рис.3

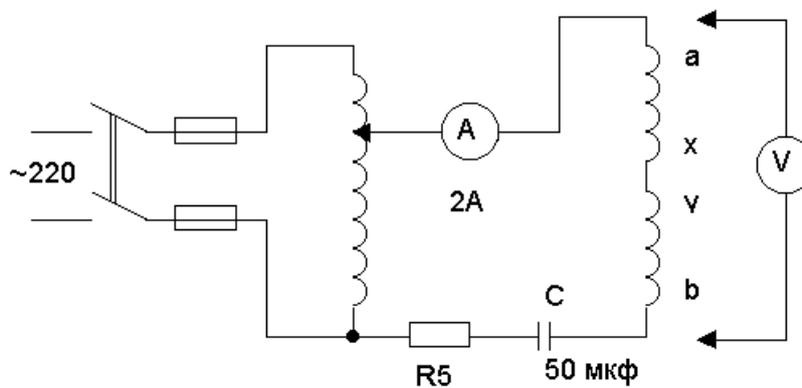


Рис. 4

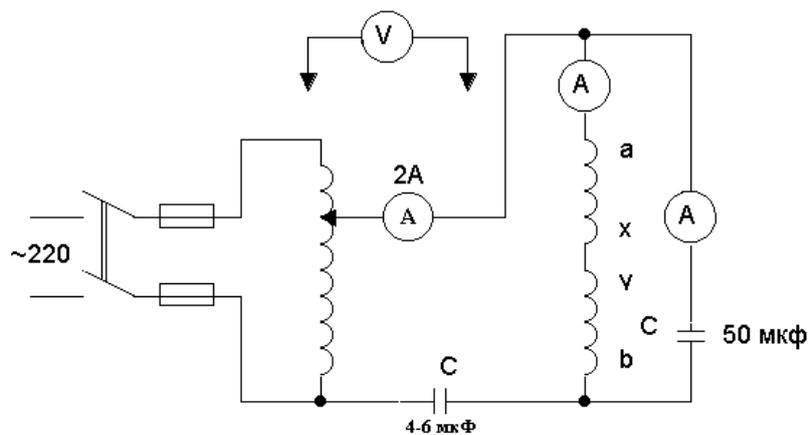


Рис. 5

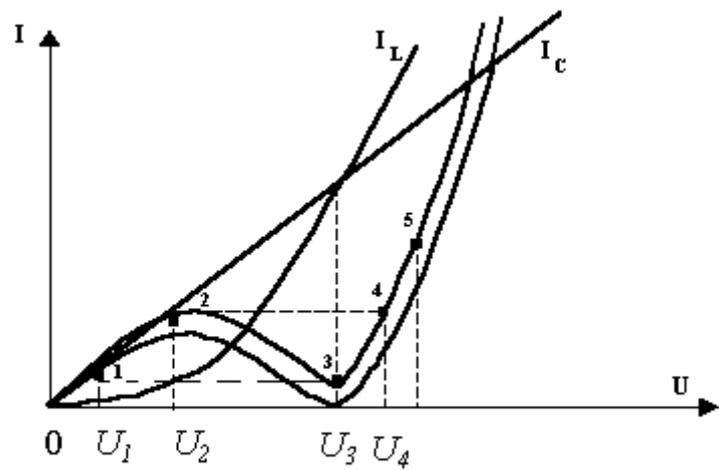


Рис. 6