Министерство образования Российской Федерации

Пермский Государственный Технический Университет

Кафедра электротехники и электромеханики

Лабораторная работа

**«Исследование цепи переменного тока с последовательным соединением активного сопротивления, индуктивности и емкости»**

Цель работы

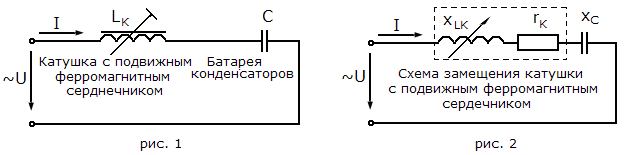
Исследование влияний величины индуктивности катушки на электрические параметры цепи однофазного синусоидального напряжения, содержащей последовательно соединенные катушки индуктивности и конденсатор. Опытное определение условий возникновения в данной цепи резонанса напряжений.

Табл. 1. Паспортные данные электроизмерительных приборов.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Наименованное  прибора | Заводской  номер | Тип | Система  измерения | Класс  точности | Предел  измерений | Цена деления |
| 1 | Вольтметр |  | Э34 | ЭМ | 1.0 | 300 В | 10 В |
| 2 | Вольтметр |  | Э34 | ЭМ | 1.0 | 300 В | 10 В |
| 3 | Вольтметр |  | Э34 | ЭМ | 1.0 | 50 В | 2 В |
| 4 | Амперметр |  | Э30 | ЭМ | 1.5 | 5 А | 0.2 А |
| 5 | Ваттметр |  | Д539 | ЭД | 0.5 | 6000 Вт | 40 Вт |

Теоретические сведения.

Цепь с последовательным соединением конденсатора и катушки с подвижным ферромагнитным сердечником изображена на рис. 1, а схема замещения этой цепи на рис. 2.



Для данной цепи справедливы следующие соотношения:





где *U, I* – действующие значения напряжения источника питания и тока;

*z* – полное сопротивление цепи;

*r*K – активное сопротивление катушки, обусловленное активным сопротивлением провода катушки и потерями в стали ферромагнитного сердечника;

*x* – реактивное сопротивление;

*x*LK – индуктивное сопротивление катушки;

*x*C – емкостное сопротивление конденсатора;

*φ*K – угол сдвига фаз между напряжением на катушке и током в ней;

*φ* – угол сдвига фаз между напряжением источника и током цепи;

*ƒ* – частота тока источника;

*L*K – индуктивность катушки;

*С* – емкость конденсатора.

Ток отстает по фазе от напряжения при *x*LK > *x*C и опережает по фазе напряжение при *x*LK < *x*C.

При равенстве индуктивного и емкостного сопротивлений в цепи возникает резонанс напряжений, который характеризуется следующим:

1. Реактивное сопротивление цепи *x* = 0. Полное ее сопротивление *z = rK*, т.е. имеет минимальную величину.

2. Ток совпадает по фазе с напряжением источника, так как при *x* = 0



3. Ток имеет максимальную величину, так как сопротивление цепи является минимальным



4. Падение напряжения на активном сопротивлении катушки равно приложенному напряжению, так как при *z = rK*



5. Напряжения на индуктивности и емкости равны, так как



При относительно малом по величине активном сопротивлении катушки () напряжения на индуктивности и на емкости будут превышать напряжение на активном сопротивлении, а следовательно, и напряжение источника. Действительно, при  и 

,

где , т.е. и аналогично .

Таким образом, напряжения на индуктивной катушке и конденсаторе при резонансе напряжений могут значительно превысить напряжение источника, что опасно для изоляции катушки и конденсатора.

6. Энергетический процесс при резонансе напряжений можно рассматривать как наложение двух процессов: необратимого процесса преобразования потребляемой от источника энергии в тепло, выделяемое в активном сопротивлении цепи, и обратимого процесса, представляющего собой колебания энергии внутри цепи: между магнитным полем катушки и электрическим полем конденсатора. Первый процесс характеризуется величиной активной мощности , а второй – величиной реактивной мощности

.

Колебаний энергии между источником питания и участком цепи, включающим катушку и конденсатор, не происходит и поэтому реактивная мощность всей цепи

.

Из условий возникновения резонанса  или  следует, что практически резонанс напряжений можно получить изменением:

1. Индуктивности катушки;
2. Емкости конденсатора;
3. Частоты тока;

В данной работе резонанс напряжений получается за счет изменения индуктивности катушки перемещением ее ферромагнитного сердечника.

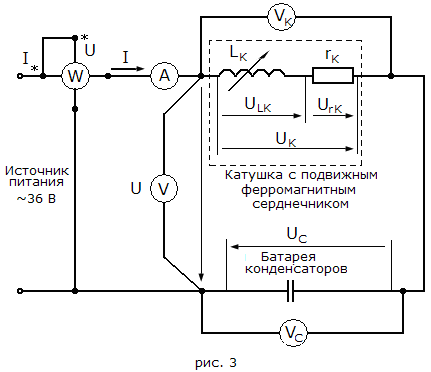
Рабочее задание

1. Собираем схему, изображенную на рис. 3.

В качестве источника питания используется источник однофазного синусоидального напряжения с действующим значением 36 В.

Катушка индуктивности конструктивно представляет собой совокупность трех отдельных катушек и подвижного ферромагнитного сердечника. Начала и концы каждой из трех катушек выведены на клеммную панель. Для увеличения диапазона изменений величины индуктивности катушки соединяются последовательно. В качестве емкости используется батарея конденсаторов.

1. Процессы в цепи исследуются при постоянной емкости C = 40 мкФ и переменной индукции. В начале работы полностью вводим сердечник в катушку, что соответствует наибольшему значению индуктивности.



1. Включив цепь под напряжение и постепенно выдвигая сердечник определяем максимальное значение тока , после чего устанавливаем сердечник в исходное положение.
2. Медленно выдвигая сердечник, снимаем показания приборов для четырех точек до резонанса, точки резонанса и четырех точек после резонанса. Показания приборов заносим в табл. 2.

Табл. 2. Опытные данные.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | I | P | | U | Uk | Uc |
| А | кол-во дел. | Вт | В | | |
| 1 | 1,0 | 5,5 | 13,75 | 36 | 120 | 83 |
| 2 | 1,5 | 12,5 | 31,25 | 36 | 168 | 121 |
| 3 | 2,0 | 19 | 47,5 | 36 | 198 | 168 |
| 4 | 2,5 | 29 | 72,5 | 36 | 231 | 208 |
| 5 | 3,0 | 41 | 102,5 | 36 | 260 | 246 |
| 6 | 3,1 | 44 | 110 | 36 | 260 | 255 |
| 7 | 3,0 | 40 | 100 | 36 | 239 | 246 |
| 8 | 2,5 | 28 | 70 | 36 | 186 | 208 |
| 9 | 2,0 | 17,5 | 43,75 | 36 | 135 | 165 |
| 10 | 1,5 | 11 | 27,5 | 36 | 99 | 125 |
| 11 | 1,0 | 5,5 | 13,75 | 36 | 60 | 91 |

1. Вычислим величины:

.

Например, для первого случая при *I* = 1,0 А:











Вычисленные для всех случаев значения занесем в табл. 3.

Табл. 3. Вычисленные данные

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № оп. | z | zK | rK | xLK | LK | UrK | ULK | xC | C | cos φ |
| Ом | | | | Гн | В | | Ом | мкФ | о.е. |
| 1 | 36 | 120 | 13,75 | 119,2 | 0,379 | 13,75 | 119,2 | 83 | 38,4 | 0,382 |
| 2 | 24 | 112 | 13,89 | 111,14 | 0,354 | 20,83 | 166,7 | 80,67 | 39,5 | 0,579 |
| 3 | 18 | 99 | 11,88 | 98,3 | 0,313 | 23,75 | 196,6 | 84 | 37,9 | 0,660 |
| 4 | 14,4 | 92,4 | 11,6 | 91,67 | 0,292 | 29 | 229,2 | 83,2 | 38,3 | 0,806 |
| 5 | 12 | 86,67 | 11,39 | 85,9 | 0,273 | 34,17 | 257,7 | 82 | 38,8 | 0,949 |
| 6 | 11,6 | 83,87 | 11,45 | 83,1 | 0,264 | 35,48 | 257,6 | 82,26 | 38,7 | 0,986 |
| 7 | 12 | 79,67 | 11,11 | 78,88 | 0,251 | 33,33 | 236,7 | 82 | 38,8 | 0,926 |
| 8 | 14,4 | 74,4 | 11,2 | 73,55 | 0,234 | 28 | 183,9 | 83,2 | 38,3 | 0,778 |
| 9 | 18 | 67,5 | 10,94 | 66,6 | 0,212 | 21,88 | 133,2 | 82,5 | 38,6 | 0,608 |
| 10 | 24 | 66 | 12,2 | 64,86 | 0,206 | 18,33 | 97,3 | 83,3 | 38,2 | 0,509 |
| 11 | 32,7 | 54,5 | 11,36 | 53,35 | 0,170 | 12,5 | 58,7 | 82,7 | 38,5 | 0,347 |

По вычисленным значениям строим графики зависимостей силы тока в цепи I, падения напряжения на конденсаторе UC и катушке UK, косинус угла сдвига фаз cos φ и полного сопротивления цепи z от индуктивности катушки LK.

Строим векторные диаграммы тока и напряжений:

а). xLK > xC. Берем 3ий результат измерений: I = 2.0 А, UrK = 23.8 В, ULK = 196.6 В, UC = 168 В.

б). xLK = xC. Берем 6ий результат измерений: I = 3.1 А, UrK = 35.5 В, ULK = 257.6 В, UC = 255 В.

в). xLK < xC. Берем 9ий результат измерений: I = 2.0 А, UrK = 21.9 В, ULK = 133.2 В, UC = 165 В.

Вывод: при увеличении индуктивности катушки с 170 до 260 мГн полное сопротивление цепи z падает, а сила тока I, напряжения на конденсаторе UC и катушке UK, косинус угла сдвига фаз cos φ возрастают. Реактивное сопротивление катушки меньше сопротивления конденсатора, по-этому падение напряжения на катушке меньше, чем на конденсаторе, действие конденсатора пре-обладающее и общее напряжение U отстает от силы тока I(векторная диаграмма в).

При индуктивности катушки равной примерно 260 мГн, полное сопротивление цепи достигает наименьшего значения z = 11.6 Ом, сила тока при этом достигает наибольшего значения I = 3.1 А, а напряжения на катушке и конденсаторе выравниваются UC = UK =260 В, косинус угла сдвига фаз между напряжением и током равен 1. Реактивное сопротивление катушки и конденсатора равны, падения напряжения на обоих равны и общее напряжение синфазно силе тока(диаграмма б).

При дальнейшем увеличении индуктивности с 260 до 380 мГн полное сопротивление увеличивается, а сила тока, напряжения на катушке и конденсаторе, косинус угла сдвига фаз падают. Реактивное сопротивление катушки больше сопротивления конденсатора, поэтому падение напряжения на катушке больше, чем на конденсаторе, действие катушки преобладающее и общее напряжение U опережает силу тока I(диаграмма а).