ИЗУЧЕНИЕ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

Состав работы:

- лабораторный модуль 1 шт.
- блок формирования импульсов 1 шт.
- источник питания (МАРС) 1 шт.
- осциллограф одноканальный (С1 —94) 1 шт.
- приборная полка_____ 1 шт.

Параметры работы :

- напряжение источника питания , U = 12 В.
- сопротивление резисторов 0,100,200,300,400,500 Ом, сое ветственно при положении переключателя 0,1,2,3,4,5
- ёмкость конденсатора, С = 0,1 мкФ.
- индуктивность катушки ,L =*В=отйт:

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ИЗУЧЕНИЕ ЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ

Цель работы: изучение электрических собственных колебаний в контуре, содержащем последовательно соединенные катушку с индуктивностью *L,* конденсатор с емкостью *C* и резистор с сопротивлением *R.*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Свободными затухающими колебаниями называются колебания, амплитуда которых из-за потерь энергии колебательной системой с течением времени уменьшается. Закон, по которому происходят колебания, зависит от свойств колебательной системы. Система называется линейной, если параметры, характеризующие существенные в рассматриваемом процессе физические свойства системы, не изменяются в ходе процесса.

Линейными системами являются, к примеру, пружинный маятник при малых деформациях пружины, колебательный контур индуктивность, емкость и сопротивление которого не зависит ни от тока в контуре, ни от напряжения.

Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний линейной системы имеет вид

^ + 25— + *e>1$ = 0,* (9.1)

dt *dt*

где *S* - колеблющаяся величина, 5 — *const* - коэффициент затухания, о)о -циклическая частота свободных незатухающих колебаний той же колебательной системы при отсутствии потерь энергии (при 5 = 0) называется собственной частотой колебательной системы.

Решение уравнения (9.2) можно представить в виде

$S = e\sim^{s}{}'u$, (9.2)

где *u* = *u(t).* Чтобы определить вид функции *u(i)* вычислим первую и вторую производные выражения (9.2) и подставим их в (9.1) й + (Юо -5^2)м = 0.

Интерес представляет случай, когда со^2, - 5^2 > 0 . Введём обозначение

ео^2=coJ-5^2. (9.3)

Тогда получаем дифференциальное уравнение

и + ш *и* = О ,

аналогичное дифференциальному уравнению свободных незатухающих колебаний. Если затухание невелико и выполняется условие со^2, »6^2, то будут происходить колебания с частотой со по закону

Следовательно, решение уравнения (9.1) имеет вид

(9.4) (9.5)

где *A* = *A()e~bl*

- амплитуда затухающих колебаний, Л$_0$ - начальная амплитуда. Зависимость (9.4) показана на рис. 9.1 сплошной линией, а зависимость (9.5) - штриховыми линиями. Из уравнения (9.4) следует, что система будет совершать колебания с частотой ох

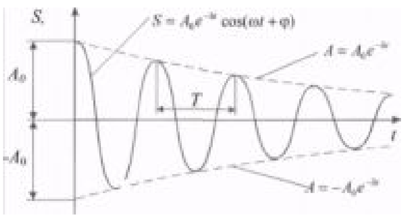


Рис. 9.1

Строго говоря, затухающие колебания не являются периодическими, ввиду того, что затухание нарушает периодичность колебаний. Однако если затухание мало и выполняется условие со^ » б^2, то можно условно использовать понятия периода и частоты затухающих колебаний. Период затухающих колебаний *T* (см. рис. 9.1) равен времени между двумя последующими максимумами колеблющейся величины. При малых затуханиях можно считать, что период колебаний остаётся постоянным.

Период затухающих ксчебаний

При увеличении коэффициента затухания б период затухающих колебаний *T* и при 5 = о>о обращается в бесконечность. Это означает, что при 5 > (DO движение системы не будет колебательным. Такие процессы называются апериодическими.

Если *A(t)* и *A(t + T)* — амплитуды двух последовательных колебаний, соответствующих моментам времени, отличающимся на период, то отношение

называется декрементом затухания, а его логарифм

- логарифмическим декрементом затухания.

Важной характеристикой колебательной системы является добротность *Q* - безразмерная величина, равная произведению *2к* на отношение энергии *W(t)* колебаний системы в произвольный момент времени *t* к убыли этой энергии за промежуток времени от *t* до *t + T*, то есть за один период колебания:

W(t)-W(t + T)

Так как энергия *W(t)* пропорциональна квадрату амплитуды колебаний *A(t),* то

При малых значениях логарифмического декремента затухания (8 « 1) (1 - е"^{2} та 25) и добротность колебательной системы

л _ л _ш„ " 6~ЙГ28 (Г принято равным $Г_0$, так как затухание невелико (щ^2, »6^2)).

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Рассмотрим колебател, ный контур - цепь, состоящую из последовательно соединённых катушки индуктивности *L*, конденсатора ёмкостью С и резистора сопротивлением *R* (рис. 9.2). Если конденсатор зарядить, сообщив ею обкладкам заряд $\pm q_{TI}$ и замкнуть цепь, то в контуре начнут совершаться электрические колебания, заключающиеся в периодической перезарядке конденсатора. При этом энергия электрического поля конденсатора будет переходить в энергию магнитного поля катушки и наоборот, а по цепи будет течь переменный по величине и направлению ток/.

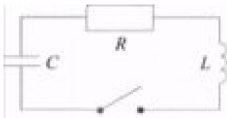


Рис. 9.2

Электрические колебагия в контуре будут затухающими ввиду того, что сумма энергий конденсатора и катушки будет непрерывно уменьшаться за счёт её преобразования в теплоту, выделяющуюся на резисторе.

Согласно закону Ома для контура можно записать

где *IR* - напряжение на резисторе, U_c -— - напряжение на конденсаторе,

E,. --*L* -- ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке при протекании в *dt*

ней тока. Следовательно,

,<я_ (9.7)

'~*di*'

dl

Разделив (9.7) на *L* и подставив значения / = *q* и — = *q*, получим диффе-

ш

ренциальное уравнение колебаний заряда в контуре:

?+*<? + ^<? = 0. (9.8)

Поскольку на контур не действуют никакие внешние ЭДС, то колебания в контуре будут свободными. Сопоставляя уравнения (1.1) и (1.8), приходим к выводу, что в колебательном контуре будут происходить свободные затухающие колебания заряда конденсатора по закону *q* - *Ц*$_m$*e*~^{Ъc} cos(cof + ф$_п$), где q_m - начальное значение заряда.

Сравнивая (9.1) и (9.8), можно также получить:

R \

б = — и ю$_0$ =

LC Отсюда, в соответствии с (9.3), получим выражение для частоты колебаний

0> = ,

Подставив значения 5 и (OQ в (9.6), получим ещё одно выражение для добротности контура

«•*£

Устройства, входящие в состав лабораторной установки, и схема их соединения приведены на рис. 9.3.

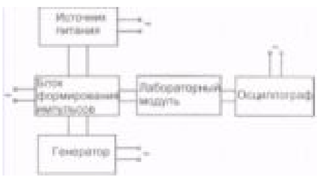


Рис. 9.3

Основной элемент установки - колебательный контур располагается в лабораторном модуле. На лицевой панели модуля (рис. 9.4} расположен пакетный переключатель, с помощью которого можно ступенчато изменять сопротивление контура и, а также изо

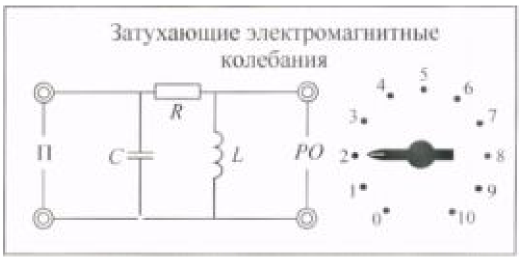


Рис. 9.4

бражена электрическая схема опыта.

К гнёздам «П» лабораторного модуля подаётся прямоугольный сигнал от генератора гармонических колебаний. Напряжение с катушки индуктивности (гнёзда *PO)* подаётся на усилитель электронного осциллографа. В промежутке между импульсами происходят затухающие колебания в контуре, которые можно наблюдать на экране осциллографа.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

I. Подсоединить кабелем генератор гармонических колебаний к лабораторному модулю тумблер вида сигнала включить в положение _П_П_.

2. Подсоединить кабелем усилитель электронного осциллографа с гнёздами *«PO»* на лицевой панели модуля.

3.Установить пакетный переключатель на лицевой панели модуля в положение «О».

4.Включить в сеть электронный осциллограф, генератор гармониче ских колебаний, источник питания.

5.Установить выходное напряжение источника питания U= 12В, вы ходное напряжение генератора U= 6 В, частоту генератора v = 150 Гц.

6.Получить на экране осциллографа устойчивую картину затухающих колебаний.

7.Измерить на экране осциллографа амплитуды *U\(f)* и $U_2(t + nT)$ за тухающих колебаний, разделенных n периодами при положении переклю чателя «О». Результаты занести в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Пол	Чис	*и,(0,*	$U_2(t$	0
0 (R				
1 (П				
2 (R				
3 (R				
4 (и				
5 (R				

8. Проделать измерения аналогично п.1 для положений переключателя I - 5. Результаты занести в табл. 9.1.

9. Измерить время т„, равное продолжительности n периодов колебаний в делениях на экране осциллографа при положении переключателя

«1». Рассчитать период колебаний Т, по формуле T = — .

n

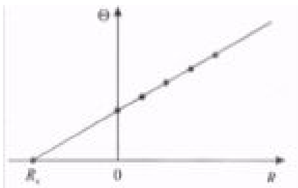
Обработка результатов измерений

1. По формуле ©=-1п—,——\ рассчитать логарифмический декре-

n $U_2\backslash l + nT)$

мент для разных значений R и построить график 0 =/(Л) (рис. 9.5). Значения R, соответствующие различным положениям переключателя, приведены в табл. 9.1.

2.Определить омическое сопро тивление R_K катушки как точки пере сечения графика с осью абсцисс на рис. 9.5.



3.Рассчитать период колебаний

2п

но формуле T =

Рис. 9.5

\l LC 4I^2 сравнить с экспериментальным значением Гэ. Принять L = 100 мГн, С = 0,1 мкФ.

К"(нтрольные вопросы

1.Какие колебания называются затухающими?

2.Записать дифференциальное уравнение затухающих колебаний и его решение.

3.При каком условии движение колебательной системы становится апериодическим?

4.Каков физический смысл добротности колебательной системы?

5.От чего зависит частота колебаний в колебательном контуре?