

Работа 382

Поддержание электромагнитных колебаний посредством индуктивного трехточечного соединения методом Хартли

Решаемые задачи

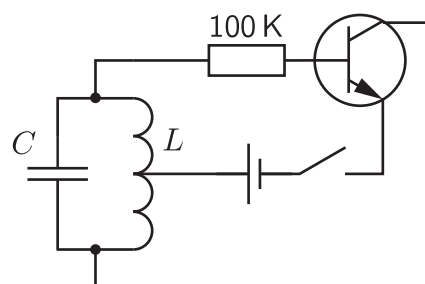
- Регистрация зависимости тока и напряжения от времени с помощью CASSY.
- Определение фазового сдвига между током и напряжением.
- Определение частоты колебаний.

В этой работе используется цепь из состоящая из конденсатора и катушки индуктивности на замкнутом железном сердечнике, включенных в коллекторную цепь транзистора. Часть катушки включена между коллектором и базой транзистора и используется в качестве цепи обратной связи. Таким образом, ток базы, управляющий ток коллектора, изменяется синхронно с колебаниями тока в колебательном контуре, что позволяет компенсировать потери энергии в колебательном контуре. Такая схема поддержания незатухающих колебаний называется индуктивной трехточкой или генератором Хартли.

Колебания в контуре могут быть описаны уравнением:

$$U(t) = U_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi), \quad (1)$$

где $U(t)$ — напряжение на конденсаторе.



Частота колебаний при этом равна:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}. \quad (2)$$

В этой работе с помощью системы CASSY регистрируется зависимость от времени напряжения на конденсаторе U_C и тока в катушке I .

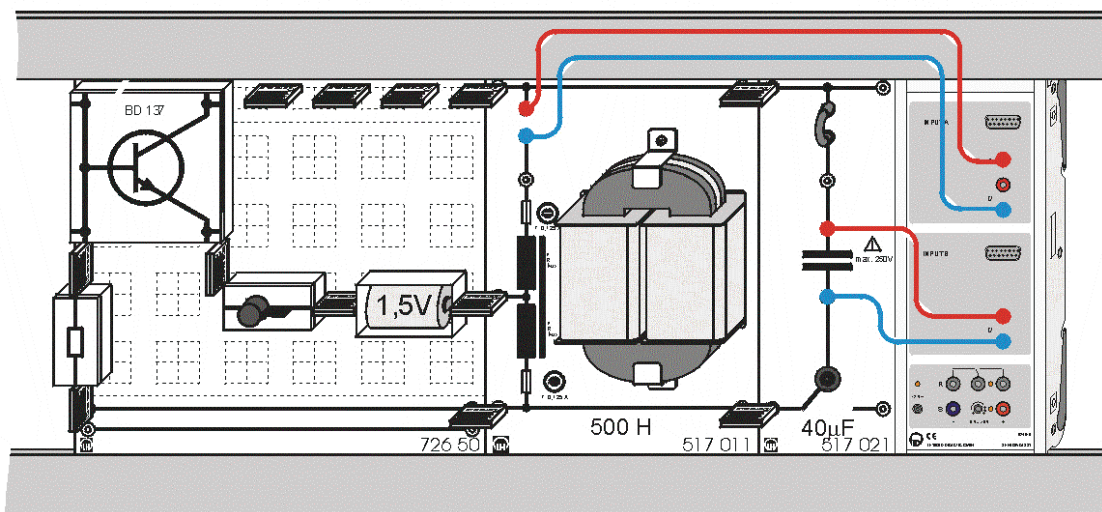


Рис.1. Экспериментальная установка для изучения колебаний в генераторе Хартли.

Оборудование

Катушка с высокой индуктивностью	1 шт.	517011
Конденсатор 40 мкФ	1 шт.	517021
Набор из 10 соединительных перемычек	1 шт.	50148
Модуль Sensor–CASSY 2	1 шт.	524013
Растровая панель с разъемами	1 шт.	57674
Транзистор BD 137	1 шт.	57876
Резистор 100 кОм, 0,5 Вт	1 шт.	57768
Держатель для батареек	1 шт.	57686
Переключатель однополярный	1 шт.	57913
Соединительный провод 50 см чёрный	3 шт.	500424
Пара кабелей 100 см, красный/синий	2 шт.	50146
Ноутбук		

Порядок выполнения работы

Соберите схему для изучения свободных колебаний (см. рисунок 1).

- Для измерения напряжения на конденсаторе подключите его параллельно к входу «В» модуля Sensor–CASSY, для измерения силы тока в цепи удалите перемычку на плате катушки индуктивности и подключите освободившиеся гнезда к гнездам для измерения тока входа «А».
- Установите на монтажную панель с разъемами транзистор, резистор, держатель батареи и переключатель, соедините их согласно схеме.
- Соедините выводы катушки индуктивности с монтажной панелью.
- Подайте на модуль Sensor–CASSY 2 напряжение питания 12 В с помощью адаптера.
- Подключите Sensor–CASSY 2 ко входу USB компьютера с помощью кабеля.

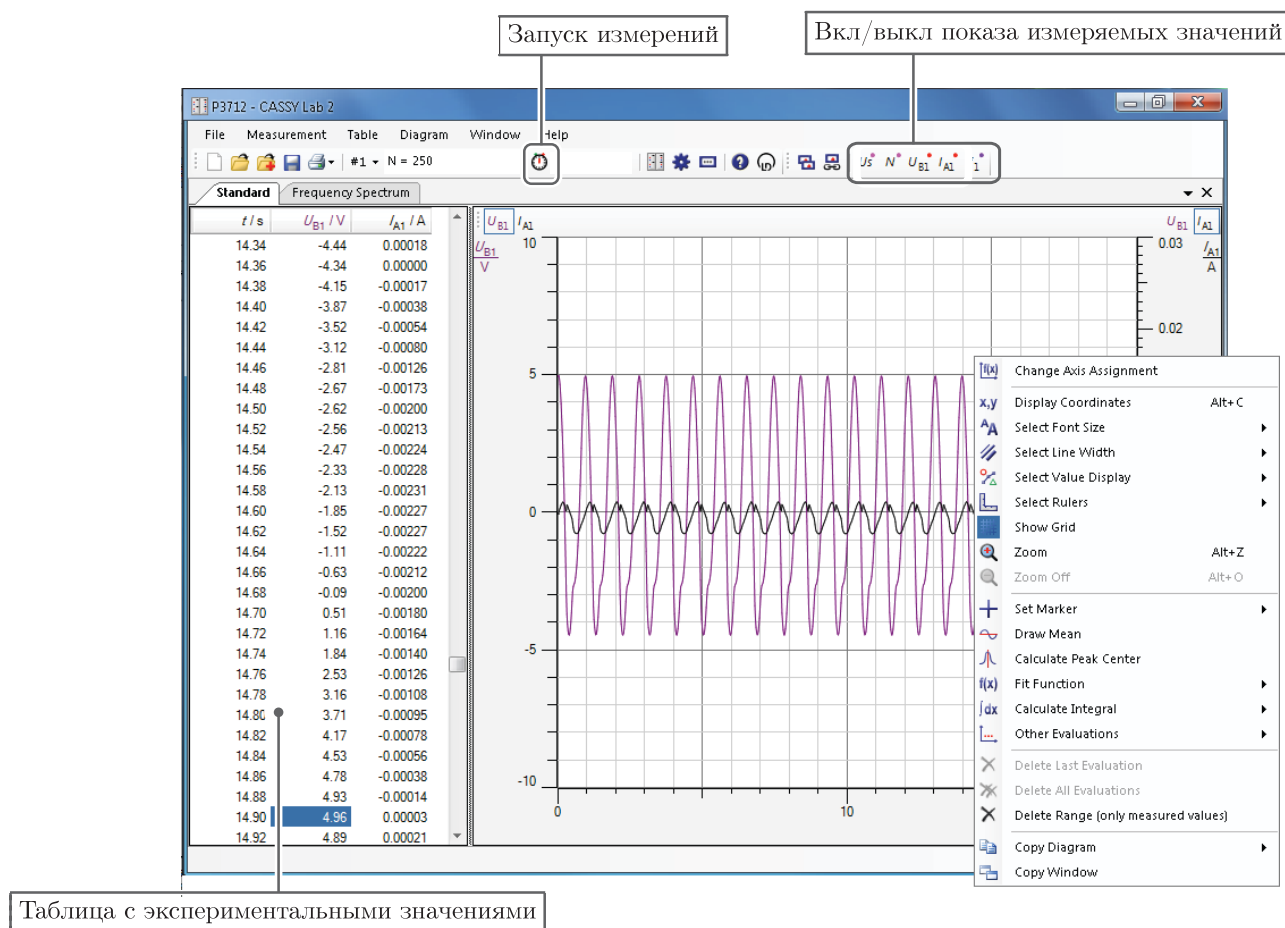


Рис.2. Окно программы CASSY Lab. Зависимость напряжения и силы тока от времени отображаются в виду графиков. Для более удобного анализа сдвига фаз между током и напряжением можно включить режим увеличения (Alt-Z).

- Запустите на компьютере программу CASSY Lab 2. После запуска программы на экране появится окно «CASSYs», на котором будет схематично показан подключенный к компьютеру модуль Sensor CASSY 2. Закройте это окно, нажав на кнопку «Close» в его нижней части.
- Загрузите в программу настройки для проведения эксперимента. Для этого нажмите клавишу «F3» (или выберите пункт меню «File / Open»), в появившемся диалоговом окне перейдите в папку «D:\Эксперименты», выберите в ней файл «P3712.labx» и нажмите кнопку «Открыть». После загрузки снова появится окно «CASSYs», на котором будет схематично показан подключенный к компьютеру модуль Sensor CASSY 2, при этом используемые в работе входы модуля будут выделены цветом. Закройте это окно, нажав на кнопку «Close» в его нижней части.

Проведение измерений

Регистрация зависимости напряжения и силы тока в колебательном контуре от времени в этой работе происходит автоматически, под управление программы CASSY Lab. Значения напряжения на конденсаторе U_{B1} и силы тока через в контуре I_{A1} отображаются на экране, каждое в своем окне. Графики зависимости этих величин от времени отображаются на экране (рис. 2).

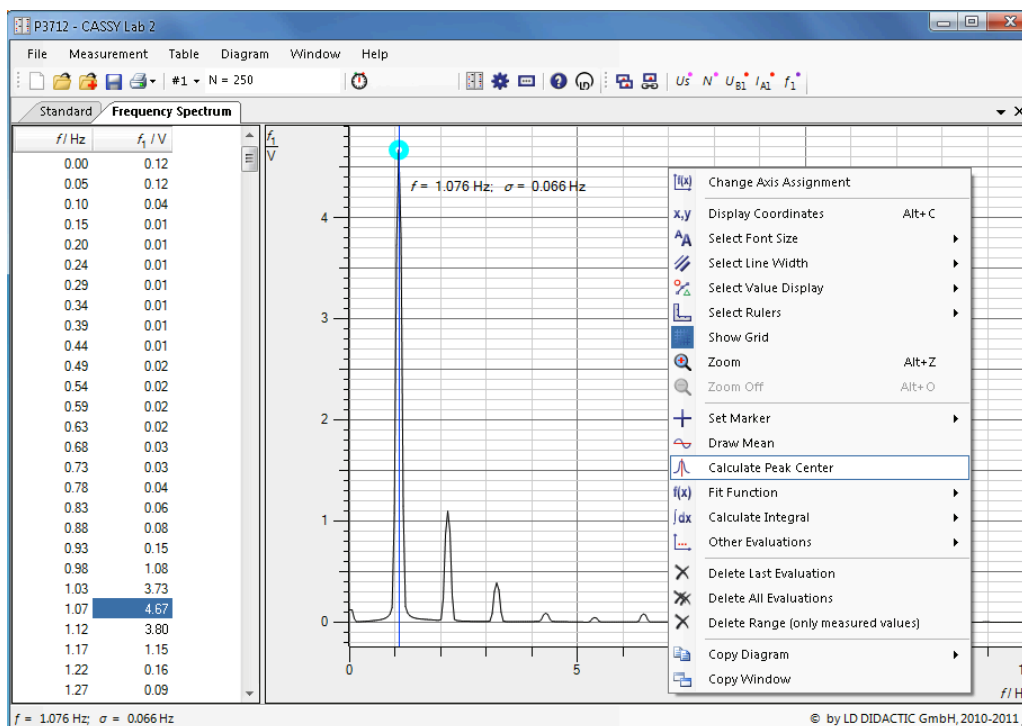


Рис.3. Определение частоты колебаний с помощью метода быстрого преобразования Фурье.

- Установите батарею в держатель и с помощью выключателя подайте напряжение питания на схему.
- Запустите измерительную клавишей «F9» на клавиатуре. После этого система автоматически начнет запись значений тока и напряжения.
- Сохраните полученные результаты измерений. Для этого нужно нажать клавишу «F2» (или выбрать пункт меню «File / Save» в программе CASSY Lab), в появившемся диалоговом окне выбрать имя и место для сохранения файла с результатами. Можно также выбрать формат сохраняемого файла — «.labx» (результаты и настройки эксперимента можно будет прочитать программой CASSY Lab) или «.txt» (данные сохраняются в текстовый файл).

Обработка результатов

Определение разности фаз между током и напряжением

- Постройте график зависимости силы тока и напряжения к колебательному контуру от времени. Для более удобного анализа можно включить режим увеличения с помощью комбинации клавиш Alt-Z.
- Определите разность фаз между колебаниями силы тока и напряжения в контуре, объясните полученные результаты.

Определение частоты колебаний

Для определения частоты колебаний можно воспользоваться преобразованием Фурье. При этом из полученной зависимости напряжения от времени строится частотный спектр,

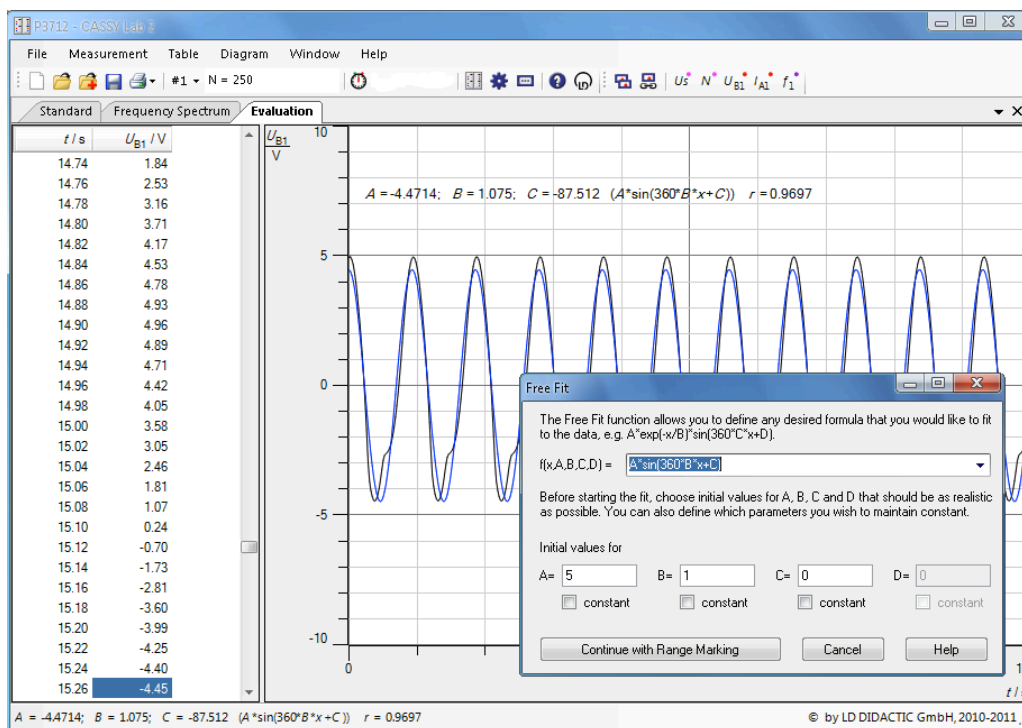


Рис.4. Определение частоты колебаний при помощи аппроксимации экспериментальных данных.

т.е. затухающий во времени сигнал представляется в виде совокупности гармонических колебаний различных частот, зависимость амплитуды которых от частоты можно получить с помощью быстрого преобразования Фурье.

- В окне программы CASSY Lab перейдите в вкладку «Frequency Spectrum».
- С помощью правой кнопки мыши или аналогичного устройства нажатием на спектре вызовите контекстное меню обработки результатов и выберите в нем пункт «Calculate Peak Center» (рис, 3).
- Нажмите левую кнопку мыши или аналогичного устройства и не отпуская ее выделите на графике область, содержащую максимум. После этого положение максимума будет отмечено на экране вертикальной линией, а значение максимума будет показано внизу экрана.
- Значение максимума можно нанести на график нажав комбинацию клавиш «Alt-T», нажав «OK» в возникшем диалоговом окне и выбрав за тем место расположения надписи на графике.
- Полученное значение резонансной частоты сравните с теоретически рассчитанным согласно уравнению (2). Значения емкости L и индуктивности C указаны на экспериментальной установке.
- Объясните полученные результаты, в частности наличие других максимумов в частотном спектре.

Определение частоты путем аппроксимации экспериментальных данных

Частота колебаний и коэффициент затухания могут быть определены также путем аппроксимации экспериментальных данных функцией, заданной уравнением (1).

- В окне программы CASSY Lab перейдите в вкладку «Evaluation».
- При помощи комбинации клавиш «Alt-f» вызовите диалоговое окно выбора аппроксимирующей функции (рис. 4).
- Задайте выражение для функции $f(x,A,B,C,D) = A \cdot \sin(360 \cdot B \cdot x + C)$.
- Введите начальные значения для коэффициентов аппроксимирующей функции:
 $A = U_0 \approx 5 \text{ В}$ (начальная амплитуда колебаний)
 $B = f \approx 1 \text{ Гц}$ (частота колебаний)
 $C = \varphi_0 \approx 0$ (начальная фаза колебаний)
- После задания функции и начальных значений параметров нажмите на кнопку «Continue with Range Marking» в нижней части окна.
- Нажмите левую кнопку мыши или аналогичного устройства и не отпуская ее выделите на графике область, для которой необходимо подобрать параметры аппроксимирующей функции (можно выделить весь график). После этого параметры функции будут подобраны так, чтобы наилучшим образом соответствовать экспериментальным данным. Значение найденных параметров A , B и C будет показано внизу экрана.
- Результаты оценки параметров огибающей можно нанести на график нажав комбинацию клавиш «Alt-T», нажав «OK» в возникшем диалоговом окне и выбрав за тем место расположения надписи на графике
- Из найденного значения параметра параметра C определите частоту колебаний $f = C$.
- Сравните полученное значение с определенными ранее методам анализа спектра и объясните полученные результаты.

Вопросы для подготовки

1. Электрические колебания в цепях квазистационарного переменного тока.
2. Параллельный колебательный контур. Уравнение вынужденных колебаний и его решение.
3. Установившиеся вынужденные колебания. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний.
4. Сдвиг фаз между током и напряжением в контуре.
5. Принцип работы автогенератора электромагнитных колебаний.