Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
КАФЕДРА «Электротехнология и электротехника»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
Тимофеев В.Н.
подпись инициалы, фамилия
« _____» _____ 2016 г.

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код и наименование специальности

13.03.02.11 «Электротехнологические установки и системы»
код – наименование направления

Установка для исследования электрической машины постоянного тока .
Лабораторная станции «Глория».
тема

Руководитель	_____	К.Ф-М.Н	Г.Ф Лыбзиков
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		А.С Дронов
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение…….....4

Лабораторный комплекс «Глория» для исследования электрических схем с помощью виртуальных электроизмерительных приборов ……6

1.1 Общие сведение лабораторной станции «Глория» …….……6

1.2 Описание и состав комплекса……..……..6

1.3 Функциональная схема лабораторной станции «Глория» ……11

1.4 Описание работы принципиальной схемы…….……12

1.5 Назначение микросхемы XR-2206……..……15

1.6 Обратная связь……..…….……15

1.7 Основные схемы включения ОУ…….16

1.7.1 Неинвертирующий усилитель на ОУ……..…….……..……...16

1.7.2 Инвертирующий усилитель…….....18

1.8 Достоинства лабораторного комплекса…….....20

1.9 Электробезопасность……..……..20

2 Виртуальные приборы…….....21

2.1LabVIEW программное обеспечение станции «Глория»..…….……21

2.2 Виртуальные приборы в LabVIEW……..22

2.3 Включение станции ГЛОРИЯ и запуск виртуальных приборов…….23

2.4 Общие сведения о генерируемых сигналах станцией ГЛОРИЯ……..23

2.5 Осциллограф. Общее сведения……24

2.6 Виртуальный осциллограф……..….....27

2.7Амперметры и вольтметры ….…….…….....29

3 Лабораторная работа. Исследование режима ферроезонанса напряжений……31

3.1 Цели работы……...31

3.2 Оборудование и приборы…….31

3.3 Краткие теоретические сведения…….31

3.4 Выполнение работы……..34

Заключение……38

Список использованных источников……..39
ПРИЛОЖЕНИЕ А…….40

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития высшего и среднего-специального образования, а также юношеских кружков радиоэлектроники существует потребность в использовании для лабораторных и исследовательских работ простой и относительно не дорогой лабораторной установки. Разработанная станция должна обладать универсальностью, не большим размером, а также наглядностью и простотой усвоения визуального материала.

На кафедре электротехники и электроэнергетики Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирский федеральный университет» совместно с ОАО «Научно-производственное предприятие» Радиосвязь» разработан и организован выпуск опытной лабораторной станции «Глория» с несколькими сменными платами по конкретным темам из электротехники и электроники.

Уже данная разработка передана в 2 колледжа в города Красноярска в эксплуатацию. В которых лабораторных станциях используется в учебном процессе по 8 дисциплинам: таких как электротехника, электроника, источники питания, цифровые элементы, усилители и т.д. В связи с этим становится актуальным разработка методики измерений с помощью виртуальных приборов.

Измерительным прибором называется, средство измерений предназначенное для формирования сигнала измерительной информации в форме, доступной для непосредственного наблюдения.

Приборы делятся на аналоговые (стрелочные) и цифровые. В аналоговом измерительном приборе показания являются непрерывной функцией изменений измеряемой величины, различают электромеханические и электронные аналоговые приборы. Цифровой измерительный прибор автоматически вырабатывает дискретные сигналы измерительной информации в цифровой форме.

Виртуальные электроизмерительные приборы (амперметры, вольтметры, фазометры, ваттметры и т.д.) по внешней панели аналогичны цифровым реальным приборам. При снятии экспериментальных данных обязательно указываются единицы измеряемых величин. Виртуальный осциллограф предназначен не только для исследования временных зависимостей токов и напряжений, но и вольт-амперных характеристик отдельных элементов электрической цепи, но и для изображения векторных диаграмм токов и топографических диаграмм напряжений при расчетах символическим (комплексным) методом. Изображение процессов в цепях с распределенными параметрами (длинных линиях) с помощью векторов токов или напряжений прямых и обратных волн значительно облегчает усвоение учебного материала. Применение виртуальных электроизмерительных приборов позволяет отказаться от приобретения реальных дорогостоящих цифровых приборов (которые могут и не производиться промышленностью), и в результате снизить стоимость лабораторных стендов, возложив задачи управления экспериментом, реализации приборов и обработки результатов на персональный компьютер. Такая организация эксперимента не только снижает стоимость лабораторного оборудования, но и повышает функциональные возможности лабораторного стенда.

1 Лабораторный комплекс «Глория» для исследования электрических и электронных схем с помощью виртуальных электроизмерительных приборов

1.1 Общие сведение лабораторной станции «Глория»

Комплекс предназначен для выполнения лабораторных исследований в области электроники, электротехники, измерительной техники, автоматики.

Установка спроектирована на кафедре электротехнологии и электротехники в Сибирском Федеральном Университете Политехнического Института, под руководством кан.физ.мат.наук Лыбзикова Г.Ф, а программное обеспечение разработано в программной среде LabVIEW кан. физ.мат.наук Заграбчук Сергей Феодосьевич. Настольная рабочая станция Глория является аналогом NI ELVIS II и во многом превосходит зарубежную установку, как по общедоступной работе с ней, так и по стоимости в 3-5 раза дешевле**.** Представленная разработка выполнена на современном техническом уровне, подтверждение этого является патенты, копии которых приведены в приложении А.

1.2 Описание и состав комплекса

Для полной работоспособности станции Глория необходимо три взаимодополняющие части комплекса представленные на рисунке 1.2.1, а именно:

- Настольной рабочей станции «Глория»
- Комплекта плат для проведения лабораторных работ.
- Персонального компьютера с программным обеспечением , так как виртуальные приборы разработаны в среде LabVI EW и отображаются на мониторе компьютера.

Рисунок 1.2.1 – Лабораторный комплекс Глория

Настольная рабочая установка и сменная плата представлена на рисунке 1.2.2, принимают электропитание от сети 220В, (50Гц). Потребляемая мощность не более 15Вт. Управление рабочей станцией осуществляется вручную – с помощью органов управления на лицевой панели станции, а именно: изменения амплитуды, частоты, напряжения сигнала. Плату лабораторных работ соединяют со станцией вставленную в электрический разъём станции стандарта PCI. Это позволяет использовать разные типы сменных плат, предназначенные для выполнения лабораторных работ на базе Глория по различным учебным дисциплинам. Информация с платы сбора данных (АЦП), через USB-кабель поступает на персональный компьютер.

Рисунок 1.2.2 – Настольная рабочая установка

Виртуальные приборы, в отличие от общеизвестных стандартных измерительных приборов, по своей сущности являются компьютерной программой. Такие программы совершают измерения, используя цифровые технологии сбора и обработки данных. Станция использует виртуальные приборы, разработанные в программной среде LabVIEW. Состав этих приборов соответствует набору основных лабораторных приборов (осциллограф) и стрелочные приборы (амперметр, вольтметр постоянного и переменного тока). Управление происходит с помощью лицевых панелей виртуальных измерительных приборов изображенный на

рисунке 1.2.3, созданных в LabVIEW. Настройка виртуальных приборов производится компьютерной мышью и клавиатурой.

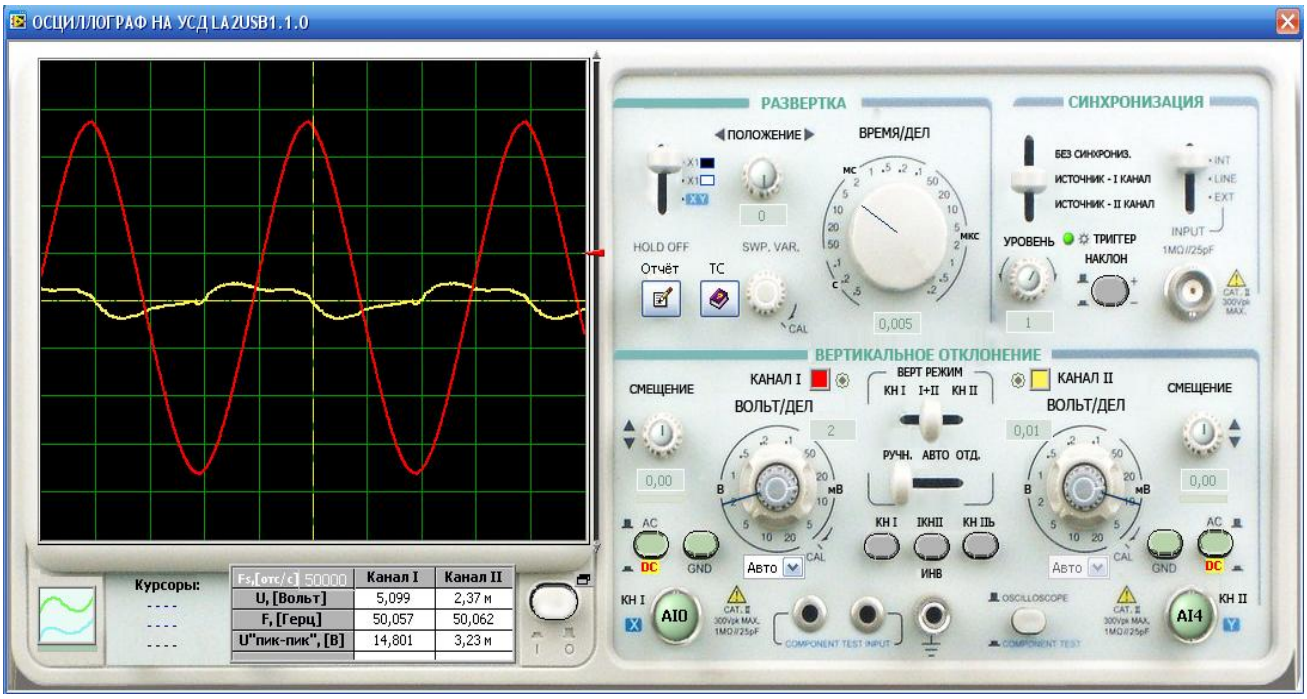

Рисунок 1.2.3 – Виртуальные приборы

Выполнение лабораторной работы на электронных платах начинается с установки на лабораторную станцию нужной платы. После чего можно сразу приступать к выполнению рабочей программы. Измеряемые напряжения с исследуемой схемы подаются на входы АЦП при установке сменной платы на лабораторную станцию без каких–либо дополнительных соединений.

Внешний вид сменных плат, предназначенных для проведения работ, представлен на рисунках 1.2.4-1.2.9. Для питание сменных плат необходимо:

— Напряжение +12 В и -12 В, ток – 100 мА.
— Генератор сигналов синусоидальной и прямоугольной формы с перестраиваемой частотой от 50 Гц ÷ 10 кГц, ток – ≤10 мА.
— Источник постоянного тока, регулируемое напряжение – ±10 В и ток – 100 мА.

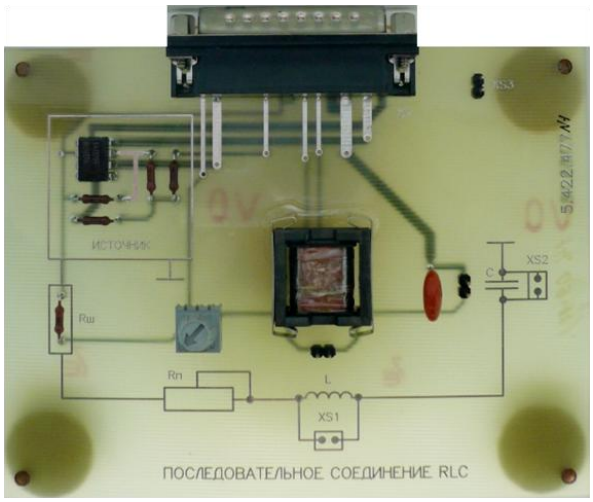

Рисунок 1.2.4 – Последовательное соединение RLC-элементов

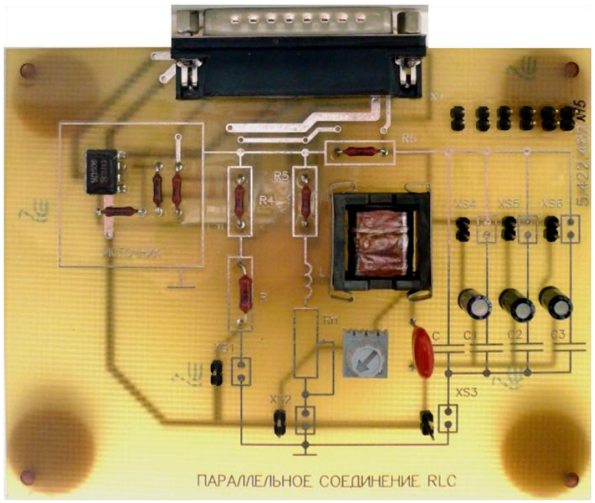

Рисунок 1.2.5 – Паралельное соединение RLC-элементов

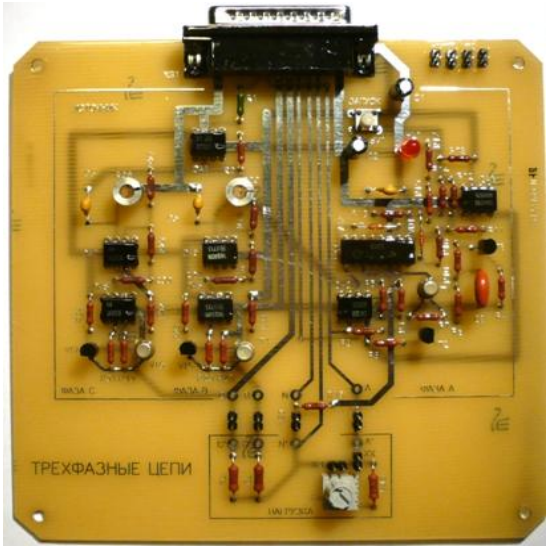

Рисунок 1.2.6 –Трехфазные цепи

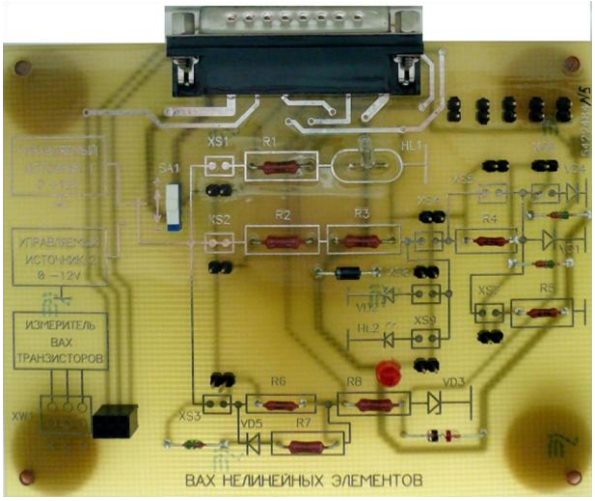

Рисунок 1.2.7 – ВАХ нелинейных элементов

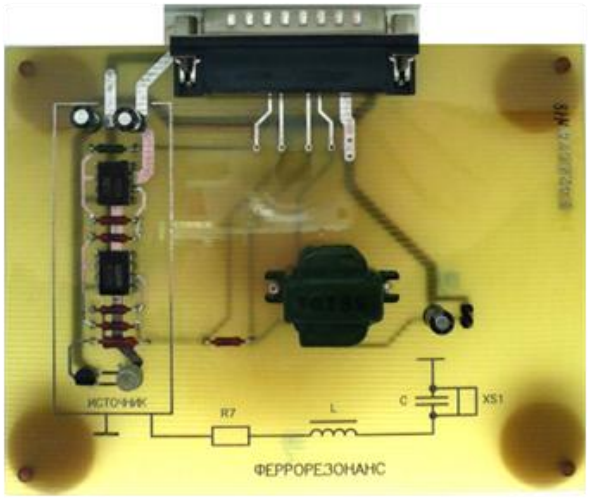

Рисунок 1.2.8 – Феррорезонанс напряжений

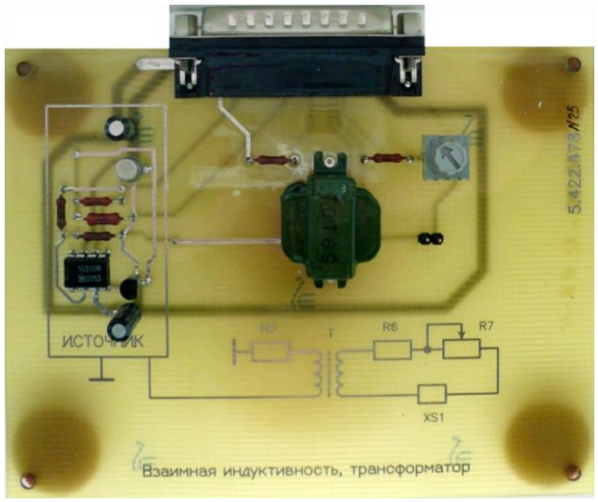

Рисунок 1.2.9 – Взаимная индуктивность, трансформатор

1.5 Назначение микросхемы XR-2206

Микросхема служит для построения следующих устройств:

— функциональных генераторов;

— генераторов качающейся частоты;

— генераторов с амплитудной (AM) и частотной (FM) модуляцией;

— преобразователей напряжения в частоту;

Основные особенности и параметры микросхемы:

— малый (до 0,5%) коэффициент нелинейных искажений синусоидального напряжения;

— высокая температурная стабильность частоты до 20 ppш/°C (или 0,02%/°C);

— широкий диапазон качания частоты до 2000/1;

— малая чувствительность к изменению напряжения питания;

— линейная амплитудная модуляция;

— изменение несимметрии полуволн в широких пределах (от 1 до 99%);

— широкий диапазон возможных рабочих напряжений (от 10 до 26 В);

— умеренная потребляемая мощность (не более 750 мВт).

Микросхема XR-2206 позволяет получать довольно малые нелинейные искажения синусоидального сигнала вплоть до частот около 100 кГц. Наименьший коэффициент гармоник (около 0,5%) реализуется при R около 30 кОм. С ростом и уменьшением значения R коэффициент гармоник возрастает.

1.6 Обратная связь

Обратная связь – это процесс, приводящий к тому, что результат функционирования какой-либо системы влияет на параметры, от которых зависит функционирование этой системы. Другими словами, на вход системы

подаётся сигнал, пропорциональный её выходному сигналу. Часто это делается преднамеренно, чтобы повлиять на динамику функционирования системы.

Различают положительную и отрицательную обратную связь. Отрицательная обратная связь изменяет входной сигнал таким образом, чтобы противодействовать изменению выходного сигнала. Это делает систему более устойчивой к случайному изменению параметров. Положительная обратная связь, наоборот, усиливает изменение выходного сигнала. Системы с сильной положительной обратной связью проявляют тенденцию к неустойчивости, в них могут возникать незатухающие колебания, то есть система становится генератором.

1.7 Основные схемы включения ОУ

1.7.1 Неинвертирующий усилитель на ОУ

Неинвертирующий усилитель изображен на рисунке 1.7.1.1. Данная схема позволяет использовать в качестве неинвертирующего усилителя ОУ, схема обладает высоким полным входным сопротивлением, причем коэффициент усиления всей схемы по напряжению может быть жестко задан с помощью сопротивлений R_1 и R_{oc}. В данной схеме входной сигнал подается на неинвертирующий вход ОУ.

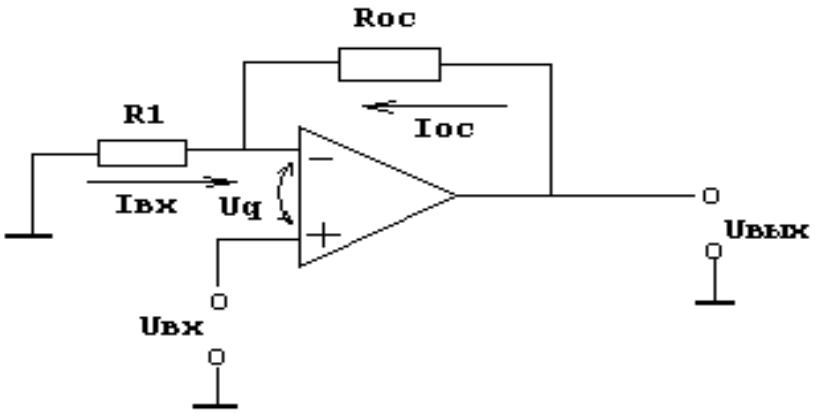

Рисунок 1.7.1.1 – Неинвертирующий усилитель

Усилитель содержит последовательную отрицательную обратную связь по напряжению, создаваемую на резисторе $R_{ос}$ и поданную на инвертирующий вход. Полное входное сопротивление всей схемы оказывается высоким, так как единственным путем для тока между входом и землей является высокое полное входное сопротивление ОУ. Сопротивления R_1 и $R_{ос}$ образуют делитель напряжения с очень малой нагрузкой, так как ток, необходимый для управления усилителем, очень мал ($I_{см} >> 0$). Поэтому через R_1 и $R_{ос}$ течет одинаковый ток и напряжение, приложенное к инвертирующему входу, равно:

$$U_{вх.инв} = U_{вых} \cdot R1/R_1 + R_{ос}. \qquad (1.1)$$

Так как $I \cdot R_1 = I \cdot R_{ос}$, $R_{вх} \to \infty$, имеем

$$I \cdot R_1 = U \cdot R_1/R_1,\ I \cdot R_{ос} = U \cdot R_{ос}/R_{ос}\ ,\ U_{вх.инв} = U_{вх} + U_q, \qquad (1.2)$$

поэтому

$$I \cdot R_1 = (U_{вх} + U_q)/R_1\ ,\ I \cdot R_x = (U_{вых} - (U_{вх} + U_q)) / R_{ос}\ , \qquad (1.3)$$

следовательно:

$$(U_{вх} + U_q) / R_1 = (U_{вых} - (U_{вх} + U_q)) / R_{ос}\ . \qquad (1.4)$$

Так как

$$U_{вых} = K \cdot U_q \text{ и } U_q = U_{вых} / K, \qquad (1.5)$$

то если $K \to \infty$, $U_q >> 0$, можно написать

$U_{вх} / R_1 = (U_{вых} - U_{вх}) / R_{ос}$. (1.6)

Найдем отсюда коэффициент усиления схемы $U_{вых}$ / $U_{вх}$, который называют коэффициентом усиления с замкнутой ОС ($K_{ос}$), или коэффициентом усиления замкнутого усилителя, т.е.

$U_{вх} \cdot R_{ос} = R_1 \cdot U_{вых} - R_1 \cdot U_{вх}$; (1.7)

$U_{вх}(R_{ос} + R_1) = R_1 \cdot U_{вых}$; (1.8)

$(R_{ос} + R_1) / R_1 = U_{вых} / U_{вх}$; (1.9)

$К_{ос} = R_{ос} / R_1 + 1$, когда $К >> К_{ос}$. (1.10)

Сопротивления R_1 + $R_{ос}$ следует выбирать так, чтобы общий ток нагрузки с учетом этого сопротивления не превышал максимального выходного тока усиления.

1.7.2 Инвертирующий усилитель

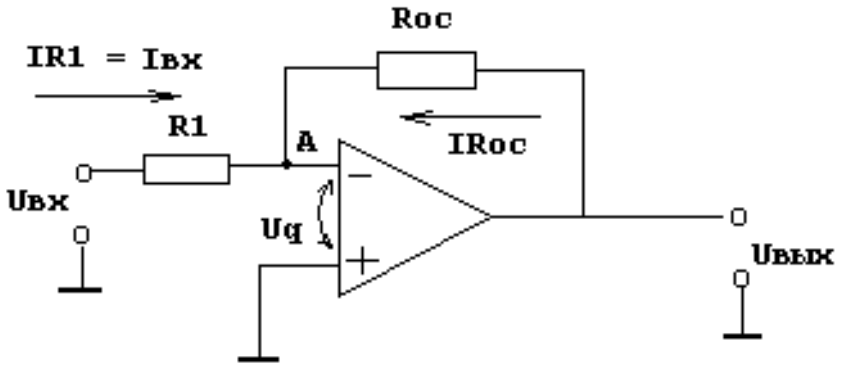

Рисунок 1.7.2.1 – Инвертирующий усилитель

Инвертирующий усилитель изображен на рисунке 1.7.2.1. Входной и выходной сигналы инвертирующего усилителя сдвинуты по фазе на 180°. Изменение знака выходного сигнала относительно входного создается введением по инвертирующему входу ОУ с помощью резистора $R_{ос}$ параллельной обратной связи по напряжению. Неинвертирующий вход связан с общей точкой входа и выхода схемы (заземляется). Входной сигнал подается через резистор R_1 на инвертирующий вход ОУ. Благодаря высокому коэффициенту усиления усилителя без ОС для изменения выходного напряжения усилителя во всем рабочем диапазоне достаточно весьма малого значения $U_з$ (обычно $U_{вых.max} < U_{и.п.}$).

Если на схему подать положительное входное напряжение $U_{вх}$, то U_q станет положительным и выходной потенциал начнет снижаться. Выходное напряжение будет меняться в отрицательном направлении до тех пор, пока напряжение на инвертирующем входе в точке А не станет почти нулевым: $U_q = U_{вых} / K_{оу} >> 0$. Таким образом, R_1 и $R_{ос}$ действует как делитель напряжения между $U_{вых}$ и $U_{вх}$ и $U_{вых} / U_{вх} = R_{ос} / R_1$. Точка А называется потенциально заземленной, поскольку потенциал почти равен потенциалу Земли, так как $U_q >> 0$.

Если принять $R_{вх.оу} \to \infty$ и входной ток ОУ $I_{оу} = 0$, то

$$I \cdot R_1 = (U_{вх} - U_q) / R_1 \text{ и } I \cdot R_1 = - (U_{вых} - U_q) / R_{ос}, \qquad (1.11)$$

следовательно

$$(U_{вх} - U_q) / R_1 = - (U_{вых} - U_q) / R_{ос}. \qquad (1.12)$$

Полагая, что $U_q >> 0$ и $K \to \infty$,

запишем $U_{вх}/R_1 = U_{вых}/R_{ос}$, $K_{ос} = U_{вых}/U_{вх} = - R_{ос}/R_1$. (1.13)

Таким образом, коэффициент усиления инвертирующего каскада ОУ зависит только от параметров внешней цепи и не зависит от коэффициента усиления самого ОУ. Обычно R_1 выбирается так, чтобы не нагружать источник напряжения $U_{вх}$, а $R_{ос}$ должно быть достаточно большим, чтобы чрезмерно не нагружать операционный усилитель.

1.8 Достоинства лабораторного комплекса

- Максимальное участие исследователя при проведение эксперимента.
- Высокая оперативность, т.к. исследуются уже готовые схемы.
- Обеспечивается возможность исследования сложных схем без временных затрат на их сборку.
- Возможность самостоятельного развития лабораторных работ с минимальными затратами.
- Относительно низкая стоимость по сравнения с аналогами.
- Высокая надежность.
- Малые габариты и отсутствие вспомогательных элементов (соединительные провода, резисторы, конденсаторы и т.п.) позволяют устанавливать данных комплекс на том же столе, что и компьютер.

1.9 Электробезопасность

Электробезопасность является одним из важнейших пунктом при работе с лабораторной установкой, поэтому обеспечивается двумя факторами, а именно:

- гальваническая развязка от сети с помощью трансформатора;
- пластиковый корпус который при выполнении работ на установки не требуется заземлять.

2 Виртуальные приборы

2.1 LabVIEW, программное обеспечение станции «Глория»

В настоящее время персональный компьютер является обязательной принадлежностью практически каждой физической лаборатории. Он широко используются как средство обработки и накопления результатов измерений, а также для управления экспериментальными установками в реальном времени. Кроме этого, с добавлением специальной внутренней платы или внешнего модуля сбора данных, сам компьютер можно превратить в многофункциональный измерительный прибор, способный во многих случаях заменить традиционные приборы – вольтметры, амперметры, осциллографы, генераторы сигналов и т.д.

Для программирования таких устройств можно использовать универсальные языки программирования: C, Pascal и другие, но это довольно трудоемкая задача и требует высокой квалификации пользователя. Чтобы облегчить программирование измерительных устройств, были созданы специализированные системы, основанные на принципах визуального графического программирования, содержащие большой набор готовых программных модулей, для упрощенного программирования многих операций, специфичных для задач автоматизации научных измерений. Система по умолчанию сама выполняет многие функции, обычно лежащие на программисте, освобождая пользователя от вникания в низкоуровневые детали работы программы.

Среду LabVIEW используют при разработке приложений для измерения и сбора данных, управления измерительными приборами, анализа данных измерений и составления отчетов.

В целом, язык LabVIEW обладает богатыми возможностями, сравнимыми с универсальными языками программирования, и его изучение

требует серьезного учебного курса. А типовые виртуальные измерительные приборы система LabVIEW позволяет создавать достаточно просто.

2.2 Виртуальные приборы в LabVIEW

Программу LabVIEW принято называть Виртуальным прибором (ВП) /Virtual Instrument (VI), поскольку в измерительных системах она является программным аналогом измерительного прибора (реально существующего или специально созданного). На LabVIEW можно писать и другие программы, не связанные с экспериментом, но математические программы LabVIEW больше ориентированы на обработку потока экспериментальных данных, в том числе в режиме реального времени.

Файлы ВП имеют расширение vi. Каждый ВП состоит из двух неразделимых взаимосвязанных частей.

- Лицевая Панель/Front Panel, является интерфейсом пользователя, т.е. содержит средства ввода с экрана монитора исходных данных и управления программой в ходе ее выполнения – Элементы управления/Controls, и средства вывода информации – Индикаторы /Indicators – цифровые и графические. Для удобства пользования виртуальным прибором в LabVIEW предусмотрен большой набор элементов управления, имитирующих привычные элементы управления реальных приборов – переключатели, тумблеры, сигнальные светодиоды, шкалы со стрелками и т.д. При желании лицевую панель ВП можно сделать в виде точной копии передней панели реального прибора – вольтметра, осциллографа, генератора сигналов и т.д.
- Блок-схема/Block diagram в графической форме описывает алгоритм работы ВП. Эта часть содержит терминалы управления, индикации и функциональные узлы, входные и выходные поля которых соединяются между собой проводниками передачи данных.

2.3 Включение станции «Глория» и запуск виртуальных приборов

Глория подключается к ПК с помощью USB-кабеля. К внешнему источнику питания электрического напряжения 220 В. Для включения станции переключатель на передней панели Глория необходимо перевести в положение «|».При этом на лицевой панели красным цветом загорается индикатор. Через диалоговое окно необходимо запустить программу ETLAB. После чего включить виртуальный осциллограф нажав на соответствующую кнопку.

2.4 Общие сведения о генерируемых сигналах станцией «Глория»

Генератор стандартных сигналов (или генератор функций) используют для генерации аналоговых сигналов наиболее распространенных типов: гармонического и прямоугольного. Использование генератора существенно облегчает процесс тестирования и калибровки схем. Этот прибор становится просто незаменимым, если нужно создать сигнал известной формы для работы со схемой. К примеру, необходимо собрать устройство, состоящее из двух блоков: пусть это будут небольшой передатчик и приёмник. Работу решено начать с приёмника. Пока передатчик не готов, можно успешно заменить его сигнал при помощи генератора. Когда работа над приёмником будет завершена, можно будет приступить к проектированию передатчика, будучи уверенным, что приёмник работает, как следует.

Большинство генераторов функций обеспечивают формирование двух основных сигналов: синусоидального и прямоугольного. Частоту эти сигналов можно менять обычно от единиц герц до сотен килогерц. Генератор качающейся частоты, также относится к классу генераторов специальных сигналов с дополнительными возможностями: он формирует гармонический сигнал, частота которого постоянно изменяется со временем. Такой сигнал помогает найти проблемные места схемы, чувствительные к изменениям частоты.

Повышенная чувствительность элементов схемы к изменениям частоты входного сигнала может быть неудобна. На каких-то частотах схема будет функционировать неправильно, если запланированная работа устройства была рассчитана только на определённую рабочую частоту. Это может оказаться критическим для некоторых устройств: например, радиоприёмник должен нормально функционировать в широком частотном диапазоне. Подавая на схему сигнал качающейся частоты, можно намного быстрее определить корректность работы схемы во всём диапазоне рабочих частот.

Частота сигнала может колебаться в предустановленном диапазоне: например от 100 Гц до 1 кГц или от 1 до 20 кГц. Чаще всего генераторы качающейся частоты находят применение при ремонте или настройке аудио и видеотехники, где изменение частоты помогает быстро выявить неисправные узлы.

2.5 Осциллограф. Общее сведения

Осциллограф – это электронно-измерительный прибор, предназначенный для визуального наблюдения электрических сигналов постоянного и переменного тока в реальном масштабе времени. По способу обработки входного сигнала осциллографы можно разделить на аналоговые и цифровые, а также по количеству лучей – на однолучевые, двулучевые и т.д. N-лучевой осциллограф имеет N сигнальных входов и может одновременно отображать на экране N графиков. С его помощью можно наблюдать не только форму сигнала, но и измерять его амплитуду, длительность, сдвиг фаз.

Современный осциллограф – это сложный прибор, нередко имеющий в своем составе микропроцессор и электронную память, что делает работу с ним очень приятной и интересной. В приборе есть четыре основных узла: электронно-лучевая трубка (экран), канал горизонтального отклонения луча

(координата *X* или временная ось), канал вертикального отклонения луча *Y* и, для того чтобы наблюдаемый сигнал был неподвижен на экране, блок синхронизации.

В общем виде цифровой осциллограф состоит из входного делителя, нормализующего усилителя, аналого-цифрового преобразователя, блока памяти, устройства управления, устройства отображения и синхронизации. Входной сигнал после нормализации преобразуется в цифровую форму и записывается в память. Скорость записи (количество значений в секунду) задается устройством управления, и её верхний предел определяется быстродействием аналого-цифрового преобразователя, а нижний предел теоретически не ограничен, в отличие от аналоговых осциллографов.

Наиболее удобны для измерений двухканальные осциллографы. С их помощью можно наблюдать одновременно два сигнала. Следует помнить, что измеряемым параметром для осциллографа является только напряжение. Однако при знании закона Ома можно измерять ток, активное сопротивление, емкость, индуктивность. Поскольку по функциональному составу все осциллографы в основных блоках одинаковы (имеют каналы *Y*, канал *X* и блок синхронизации), то, освоив работу на одном приборе, в дальнейшем не возникает особых проблем с незнакомыми приборами.

Ключевым элементом цифрового осциллографа является аналого-цифровой преобразователь – АЦП. Устройство АЦП преобразует сигнал из аналоговой формы (вольты) в цифровой вид – дискретный числовой ряд N_k, k=0, 1, 2, … . Каждый элемент ряда описывается функцией дискретного времени и конечным множеством возможных значений амплитуды. На рисунке 2.5.1 аналоговый сигнал показан сверху, цифровой – снизу, а на рисунке 2.5.2 аналоговый сигнал показан плавной серой линией, а цифровой – ступенчатым красным.

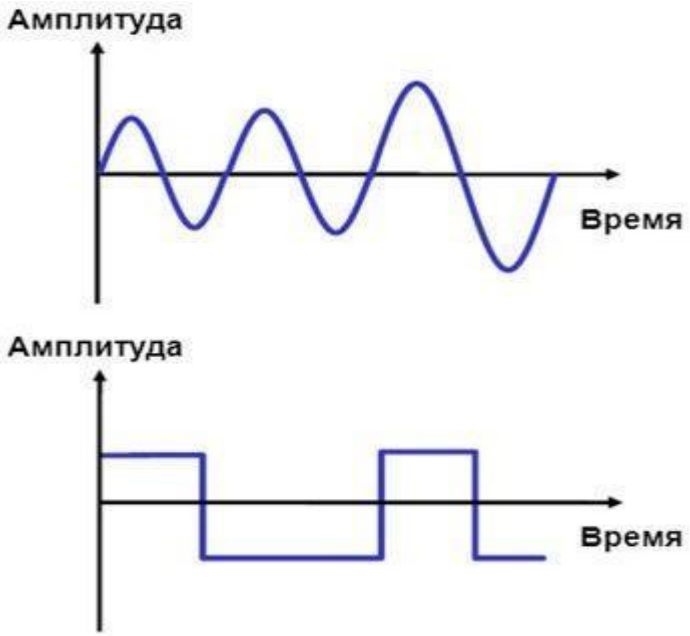

Рисунок 2.5.1 – Аналоговый и цифровой сигналы

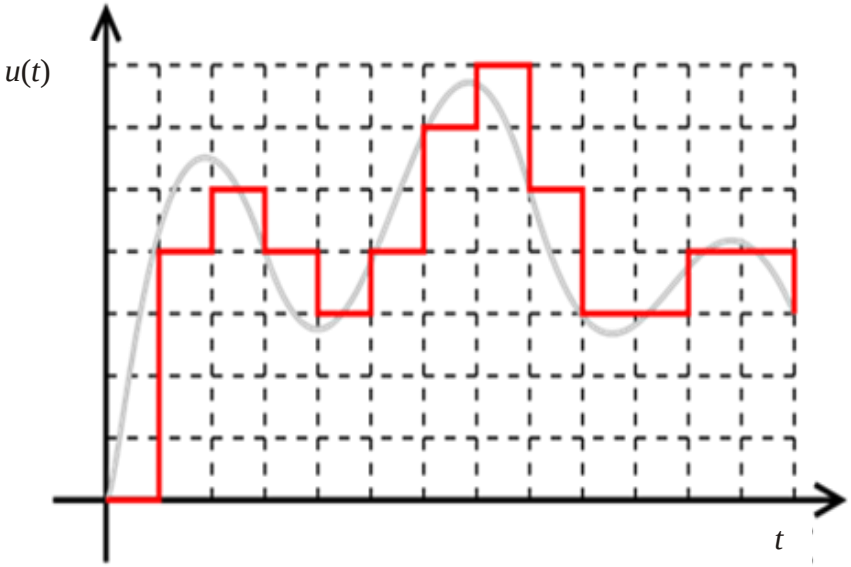

Рисунок 2.5.2 – Аналоговый и цифровой сигнал на экране осциллографа

Характеристики современных цифровых осциллографов впечатляющие: высокая чувствительность (от 1 мВ/дел) и разрешение (от 8 до 14 бит); широкий диапазон коэффициентов развёрток (от 2 нс до 50 с); растяжка сигнала по времени или по амплитуде в широких пределах; развитая логика синхронизации с любыми задержками запуска развёртки. Кроме обычных схем запуска синхронизации запуск может производиться, например, при

наступлении опредёленного события или при его отсутствии, а также при достижении определённого значения параметра сигнала.

2.6 Виртуальный осциллограф

С помощью программного обеспечения LabVIEW реализуются функциональные возможности двухканального осциллографа. Изображение передней панели прибора показано на рисунке 2.6.1.

С помощью ручек на передней панели можно регулировать масштаб, временную развертку, выбирать режим синхронизации. Курсоры осциллографа можно использовать для точных измерений параметров сигналов.

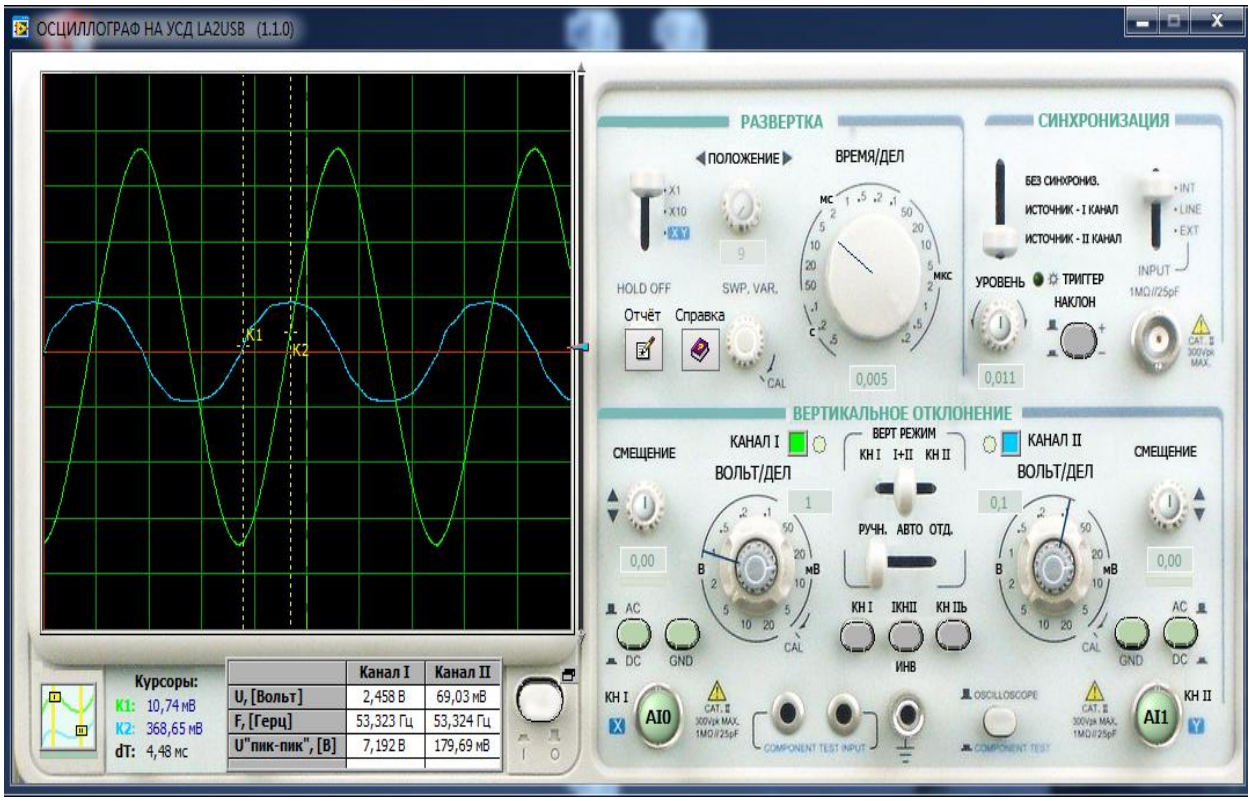

Рисунок 2.6.1 – Виртуальный осциллограф

Виртуальный осциллограф панель которого высвечивается на экране монитора синтезируется с помощью программного обеспечения LabVIEW и

приводит измерения электрических сигналов, точно так же как и реальный осциллограф. Следует отметить, что любой осциллограф измеряет только напряжение и на прямую не измеряет ток. Поэтому для измерения тока в исследуемую схему включают шунт и измеряют напряжение на шунте. Затем по закону Ома программа высчитывает ток и отображает на экране осциллографа форму напряжения пропорционально форме тока или не посредственно на стрелочные приборы.

Виртуальный осциллограф как и реальный содержит следующие основные узлы:

— Канал синхронизации.

Предназначен для стабилизации наблюдаемого напряжения на экране осциллографа. Для формирования сигнала синхронизации могут быть использованы сигналы с первого или со второго канала. Если форма сигнала сложная или высокий уровень шумов, то момент формирования сигнала синхронизации регулируется ручкой уровня. Задержка **(**триггер) – индикация события «Задержка синхронизации». Индикатор (зелёная лампочка) – начинает мигать, когда истекает время ожидания импульса синхронизации.

— Канал развертка.

Служит для формирования изображения по горизонтали основным органом управления этого канала является ручка время/дел, в котором задается масштаб вдоль горизонтальной оси. Изображение можно перемещать вправо–влево относительно центра экрана с помощью ручки положения. В поле канале развертка находится переключатель позволяющий менять цвет экрана (темный, светлый), а также включать режим X,Y позволяющий на экране осциллографа наблюдать фигуры лиссажу, что является очень удобным при исследовании намагничивания (петля гистерезиса), кроме того в этом же поле расположена клавиша «отчет» вложить показать отчет.

— Канал отклонения луча.

Основные каналы – это канал отклонения луча, их два: канал 1 содержит переключатель чувствительности определяющий амплитуду отклонения луча канала 1. Ручка смещения обеспечивает смещение луча канала 1 по вертикали кнопка открытый (DC) вход или закрытый (AC) кнопка выбора канала АЦП (A0-A5), кроме того есть возможность изменять цвет луча. Канал 2 вертикального отклонения устроен аналогично и имеет такие же функции , как и канал 1. Здесь также имеется кнопка выбирающий выбора каналов АЦП. Кроме того по одному из каналов вертикального отклонения имеется кнопка позволяющий инвертировать входной сигнал, как и в настоящем осциллографе имеется кнопка включение сети. Если кнопка отжата, то элементы управления панели становятся бледными и появляется надпись «Электропитание выключено». Под экраном осциллографа расположена информация о измеряемых параметров сигнала по каждому каналу. Измеряется действующие значения , частота и двойная амплитуда (от пика, до пика) здесь же под экраном имеется поле для выбора курсоров при этом измеряются параметры курсоров в единицах времени.

Курсоры К1|К2 – значение напряжения на графике канала 0 или 1, отмеченное курсором в текущем положении. Единицы измерения – вольты. Курсоры dT – разница по времени между текущими положениями курсоров К1 и К2. Единица измерения – секунды.

Для отображения курсоров и соответствующих им текстовых строк необходимо включить режим, нажав на соответствующую кнопку в элементе управления. Каждый курсор можно привязать к графику канала 0, или канала 1, для чего необходимо сделать выбор, нажав клавишей мыши на соответствующий режим.

2.7 Амперметры и вольтметры

LabVIEW содержит среди виртуальных инструментов вольтметры и амперметры, предназначенные для измерения сигналов постоянного и

переменного токов (рисунок 2.7.1). Измерения производятся в реальном масштабе времени, данные инструменты могут быть включены в схему как любые другие электронные компоненты. При запуске процесса моделирования они отображают напряжение или ток в удобном для чтения цифровом формате.

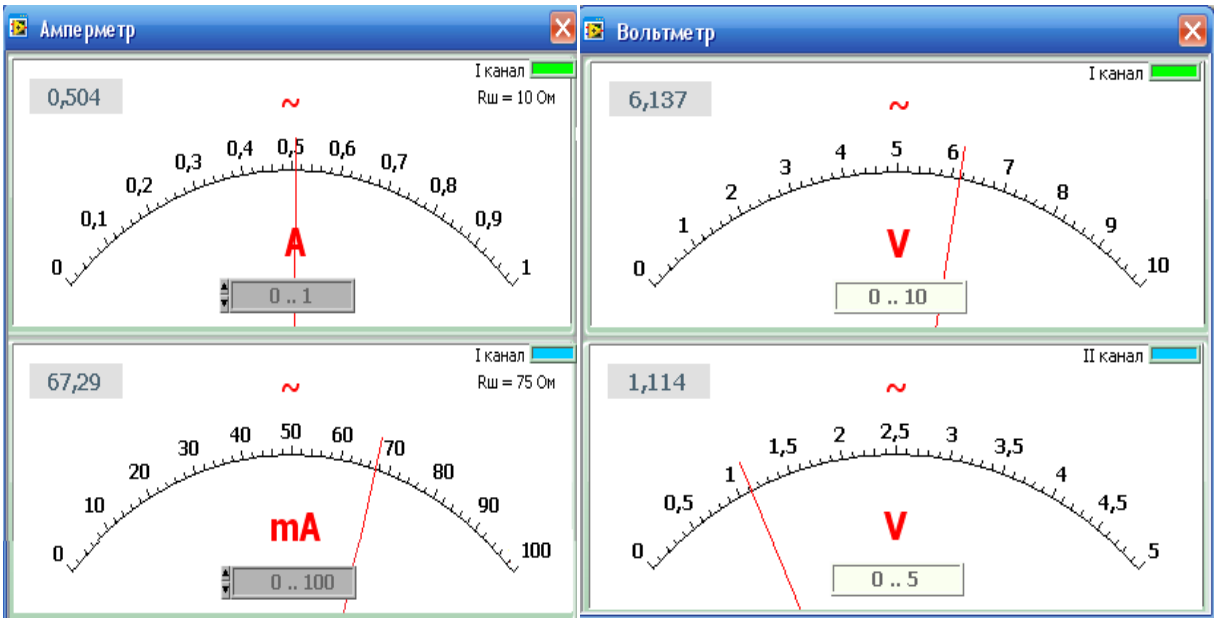

Рисунок 2.7.1 – Амперметры и Вольтметры

3 Лабораторная работа. Исследование режима феррорезонанса напряжений

3.1 Цели работы

1. Исследовать зависимость формы кривой тока катушки с ферромагнитным сердечником от величины входного напряжения.
2. Исследовать явления в электрических цепях с последовательным соединением нелинейной индуктивной катушки и конденсатора при питании от источника синусоидального напряжения.

3.2 Оборудование и приборы

1. Компьютер.
2. Лабораторная станция.
3. Плата для исследования нелинейной индуктивной катушки и конденсатора.
4. Виртуальные приборы: генератор стандартных сигналов, осциллограф.

3.3 Краткие теоретические сведения

Явление феррорезонанса возникает в цепях с нелинейными индуктивными катушками и конденсаторами, когда они компенсируют действие друг друга. Цепь имеет чисто активный характер.

Для достижения резонанса в линейных цепях нужно измерить параметры или частот. Феррорезонанс возникает за счет изменения индуктивности при изменении величины тока и напряжения.

Феррорезонанс напряжений наблюдается в цепи с последовательным соединением нелинейной индуктивной катушки и конденсатора.

Нелинейной является индуктивная катушка с ферромагнитным сердечником. Величина индуктивности L_o меняется в зависимости от величины тока в катушки (рисунок 3.3.1).

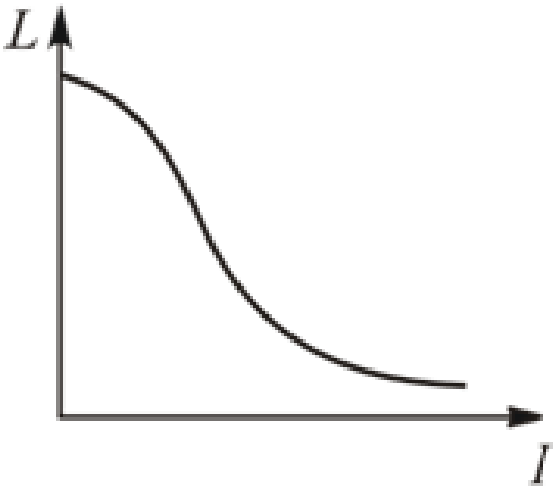

Рисунок 3.3.1 – Зависимость индуктивности от тока в катушке

При синусоидальном напряжении и синусоидальном магнитном потоке ток в нелинейной катушки является несинусоидальным. Вид кривой тока зависит от величины входного напряжения, которое определяет положение рабочей точки на магнитной характеристики Ф(i). Магнитная характеристика имеет тот же вид, что и цикл магнитного гистерезиса B(H).

При больших значениях напряжения потерями на гистерезис можно пренебречь. При меньших значениях напряжения появляются гистерезисные потери.

Вольт-амперная характеристика индуктивной катушки с ферромагнитным сердечником является нелинейной.

При анализе феррорезонансных делаем допущения:

1. Считаем индуктивную катушку словно нелинейным элементом, заменяя кривую тока ее первой гармоникой, полученной при разложении в ряд Фурье.
2. Пренебрегаем потерями на гистерезис, то есть при анализе используем основную кривую намагничивания.

Результирующая вольт-амперная характеристика цепи с последовательным соединением реальной индуктивной катушки с ферромагнитным сердечником и линейного конденсатора представлена на рисунке 3.3.2.

Точка *A* соответствует режим феррорезонанса. В этой точке напряжение $U_L = U_C$, входное напряжение $U = U_R$, то есть цепь имеет чисто активный характер. Первые гармоники тока и напряжения совпадают по фазе.

На участке *OA* $U_L > U_C$, цепь имеет активно-индуктивный характер, на участке *AC* $U_C > U_L$, поэтому цепь имеет активно-емкостной характер.

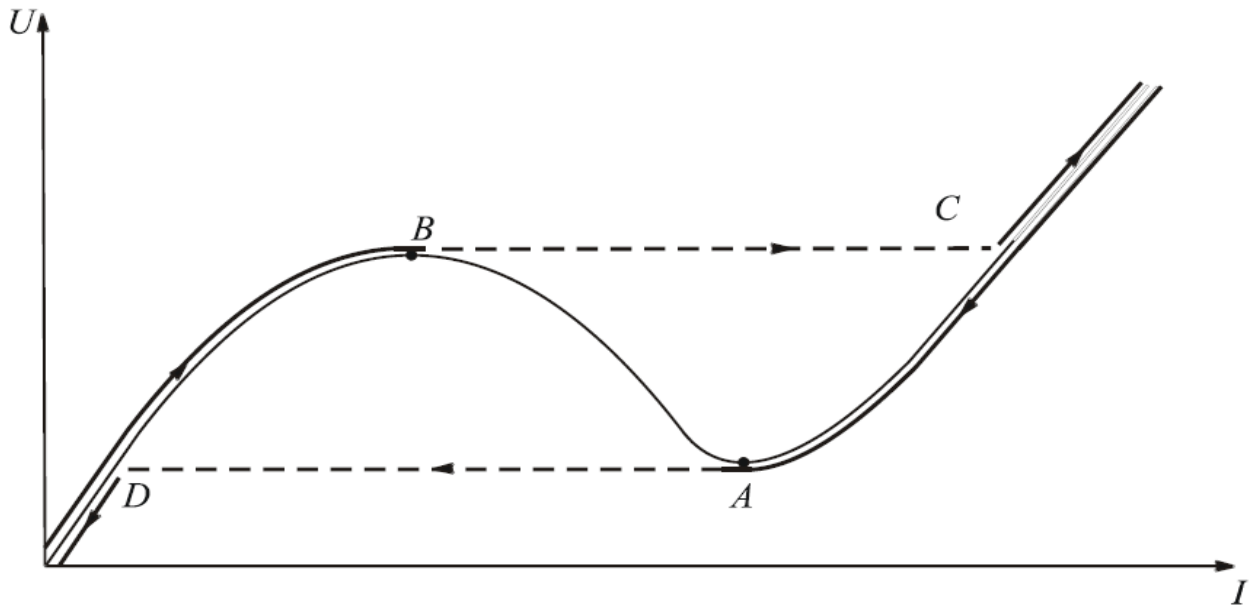

Рисунок 3.3.2 – Результирующая вольт-амперная характеристика индуктивной катушки с ферромагнитным сердечником и линейного конденсатора

Пусть цепь с последовательным соединением нелинейной индуктивной катушки и конденсатора подключена к источник напряжения, действующее значение которого с помощью автотрансформатора будет плавно увеличивать, начиная с нуля. Рабочая точка при этом будет перемещаться по вольтамперной характеристике (рисунок 3.3.2) .

После достижения точки *B* ток увеличится скачком, так как одному значению напряжения соответствует два значения тока. При уменьшении напряжения скачок тока будет наблюдаться в точке *A*. Это явление носит название триггерного эффекта.

Участок вольт-амперной характеристики между точками *A* и *B* является участком неустойчивой работы. При питании от источника напряжения его нельзя выявить экспериментально. Вольт-амперную характеристик цепи с последовательным соединением нелинейной индуктивной катушки и конденсатора можно полностью экспериментально выявить при питании от источника тока, так как одном значению тока соответствует только одно значение напряжения.

3.4 Выполнение работы

1. Чертим схему замещения платы с последовательным соединением нелинейной индуктивной катушки и конденсатора (рисунок 3.4.1). Для осциллографирования тока предусмотрен шунт сопротивления $R_ш$ = 10 Ом.

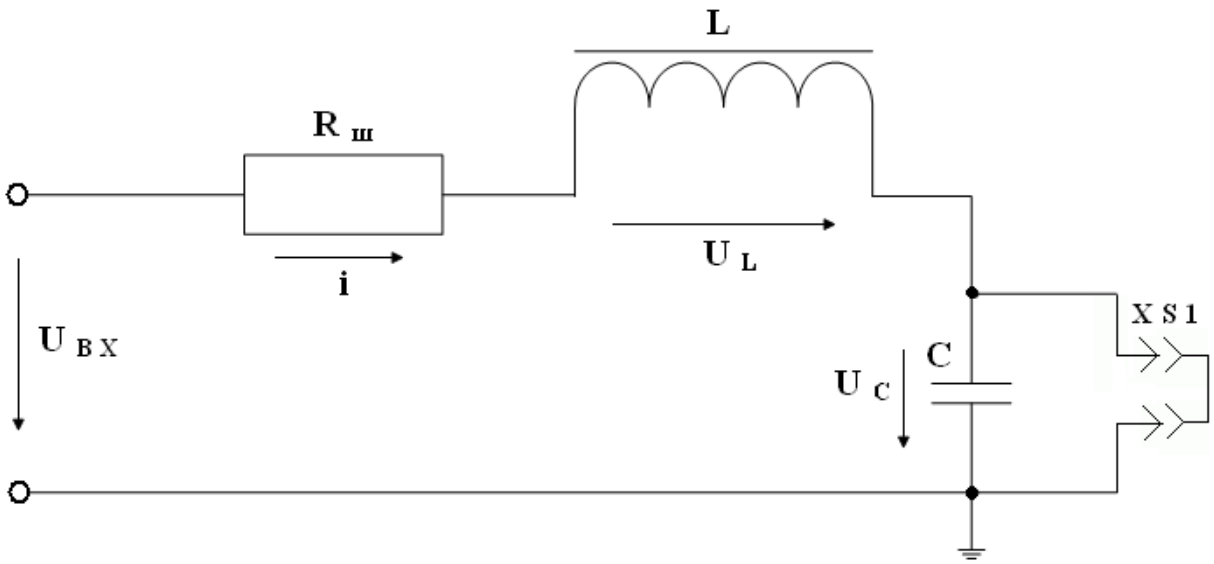

Рисунок 3.4.1 – Схема замещения платы

2. Закорачиваем на плате конденсатор, надев перемычку на разъем XS1.

3. Подаем входное напряжение на вход первого канала осциллографа 0 AI0, ток (напряжение $U_{Rш}$) на вход второго канала 1 AI1. Изменив величин входного напряжения, получаем кривые тока без потерь на гистерезис и с учетом этих потерь.

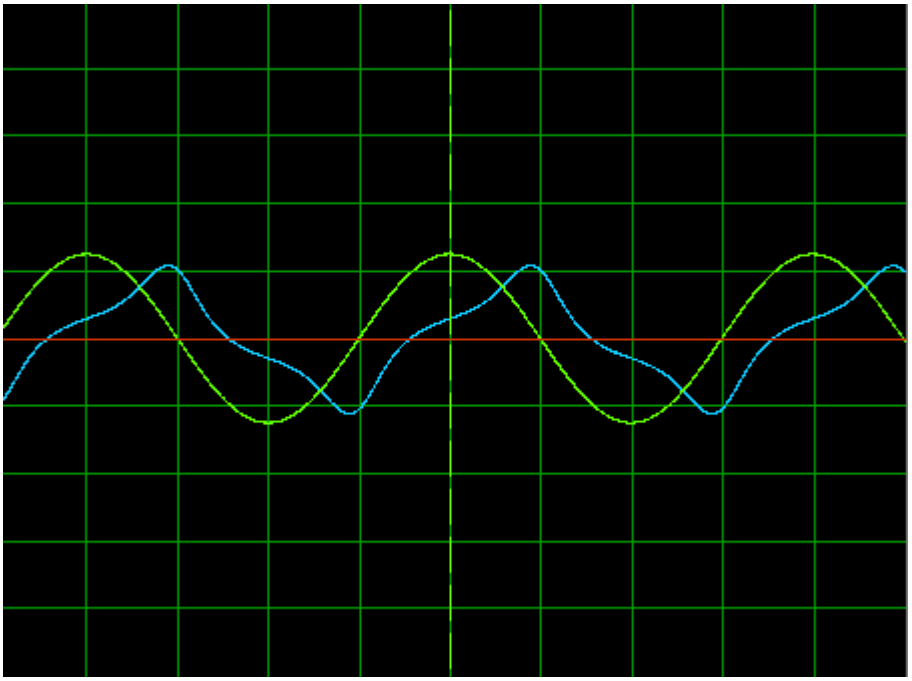

Рисунок 3.4.2 – Осциллограмма напряжения (зеленый) и тока (синий)

4. Подаем напряжение на нелинейной индуктивной катушки U_k на вход первого канала осциллографа 0 AI2, ток (напряжение $U_{Rш}$) на вход второго канала 1 AI1. Изменяя входное напряжение от нулевой до области насыщения, записываем в таблиц 1 действующее значения напряжения на катушке и ток ($I = U_{Rш} / R_ш$).

Таблица 1 – Исследование амплитудной характеристики

Номер опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
U_k, В	2	4.3	5.2	6.1	9.5	13.2	14.5	17.3
I, мА	200	430	520	610	650	1320	1450	1730

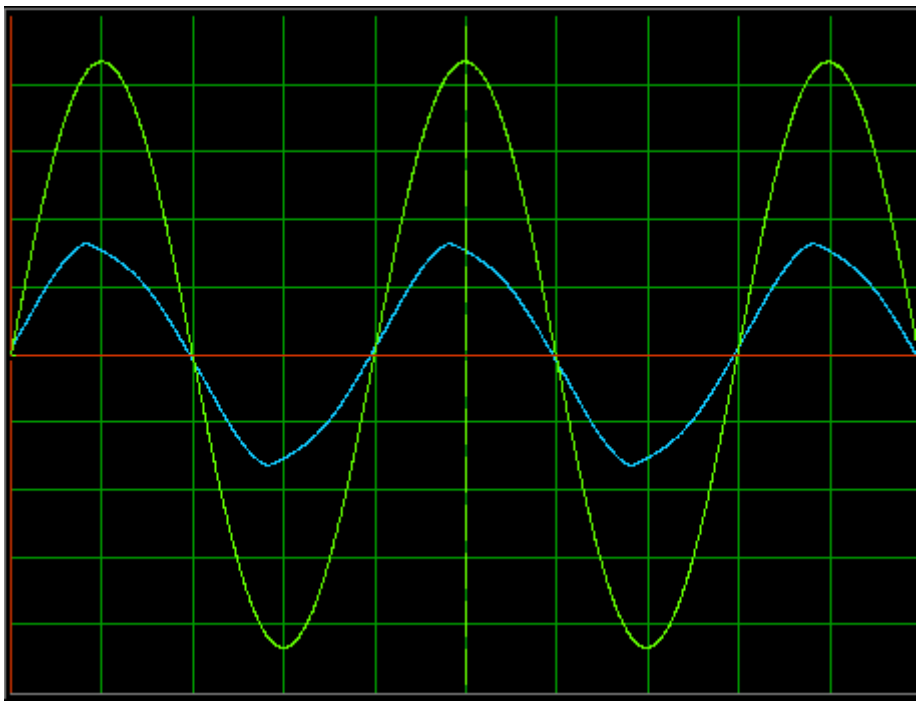

Рисунок 3.4.3 – Осциллограмма напряжения и тока

5. Снимаем перемычку с разъема XS1.
6. Подаем входное напряжение на вход первого канала осциллографа 0 AI0, ток (напряжение $U_{Rш}$) на вход второго канала 1 AI1. Исследуем характер изменения тока при плавном увеличении, а затем – плавном уменьшение входного напряжения. Записываем в таблицу 2 действующее значения входного напряжения и тока.

Таблица 2 – Исследование амплитудной характеристики

Номер опыта			1	2	3	4	5	6	7	8
Характер изменения напряжения	Увеличение	$U_{вх}$, В	0.8	1	1.5	2	2.6	2.8	3.4	4
		I, мА	23	26	33	42	69	388	480	554
	Уменьшение	$U_{вх}$, В	4.2	3.8	3.5	3.1	2.8	2.6	2.5	1.8
		I, мА	569	534	487	444	398	329	57	39

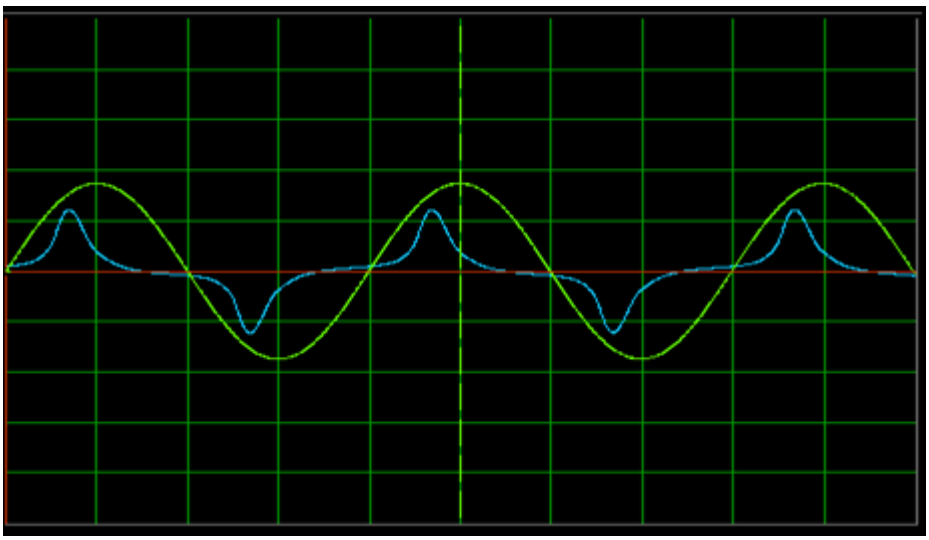

Рисунок 3.4.4 – Осциллограмма напряжения и тока

Вывод: согласно теории, при наличие нелинейной индуктивности и емкости в цепи возникает резонансное явление, обусловленное тем, что нелинейная индуктивная катушка и конденсатор компенсируют действие друг друга, цепь имеет чисто активный характер.

Проведенный эксперимент показывает полное совпадение с теорией, наблюдается без всяких помех и обладает повторяемостью и стабильностью параметров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лабораторная станция «Глория», имеющая в своем составе генератор синусоидального и прямоугольного напряжений, регулируемый двухполярным источником постоянного тока и плат сбора данных вместе с программным обеспечением, позволяет проводить лабораторный работы по исследованию реальных электрических и электронных схем с помощью виртуальных измерительных приборов. При этом не требуется компьютер с высоким быстродействием.

Методика выполнения лабораторных работ достаточно проста и легко усваивается в течение одного занятия. Кроме того легко реализуется безбумажная технология проведения лабораторных исследований, при которой результаты эксперимента сохраняются на флэш-память. Это позволяет готовить отчет по лабораторной работе имея весь объем экспериментальных данных, при необходимости можно распечатать на принтере.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пат. 120536 Российская федерация, МПК H05K 1/18, H01H 77/00. Электронная плата / Тимофеев Виктор Николаевич, Галеев Ринат Гайсеевич, Лыбзиков Генадий Федотович, Заграбчук Сергей Феодосьевич ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Сибирский федеральный университет” (СФУ) (RU), Федеральное государственное унитарное предприятие “Научно-производственное предприятие “Радиосвязь” (ФГУП “НПП “Радиосвязь”) (RU) ; заявл. 2012115967/07, 19.04.2012 ; опубл. 20.09.2012 Бюл. № 26 (II ч.). – 2 с.

2. Пат. 85811 Российская Федерация, МКПО[9] 14-03. Комплект электронных плат/ Тимофеев Виктор Николаевич, Галеев Ринат Гайсеевич, Лыбзиков Генадий Федотович, Заграбчук Сергей Феодосьевич ; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество “Научно-производственное предприятие ”Радиосвязь” (RU), Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования “Сибирский федеральный университет” (RU); заявл. 2011503733, 27.03.2013 ; опубл. 16.07.2013 (II ч.). -9 с.

3. Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В. и др. Основы теории цепей. - М.: Энергия, 1989. - 528 с.

4. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. - М.: Энергия, 1981. т.1. 536 с.

5. Нейман Л.Р., Демирчян К.С. Теоретические основы электротехники. - М.: Энергия, 1981. т.2. 346 с.

6. Разевиг В.Д. Моделирование аналоговых электронных устройств на персональных ЭВМ. М.: Изд-во МЭИ, 1993.- 152 с.

7. Теоретические основы электротехники: лаб. практикум / С. Г. Иванова, Г. Ф. Лыбзиков, С. Ф. Заграбчук, В. Н. Тимофеев. – Красноярск: Сиб. федер. Ун-т, 2013.-104с

ПРИЛОЖЕНИЕ А

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБРАЗЕЦ

№ 96858

ЛАБОРАТОРНАЯ СТАНЦИЯ

Патентообладатель(ли): ***Акционерное общество "Научно-производственное предприятие "Радиосвязь" (АО "НПП "Радиосвязь") (RU); Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирский Федеральный университет" (СФУ) (RU)***

Автор(ы): ***см. на обороте***

Заявка № **2015500017**

Приоритет(ы) промышленного образца **12 января 2015 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре промышленных образцов Российской Федерации **17 декабря 2015 г.**

Срок действия исключительного права на промышленный образец истекает **12 января 2020 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев