

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Омский государственный технический университет»

МАГНЕТИЗМ
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ФИЗИКЕ

Омск
Издательство ОмГТУ
2011

Составители:

Ласица Александр Михайлович, к.т.н., доцент

Рогачев Евгений Анатольевич, ассистент

Лях Ольга Владимировна, старший преподаватель

Павловская Ольга Юрьевна, старший преподаватель

Методические указания предназначены для студентов дневного и вечернего отделения. Они включают в себя описания лабораторных работ по физике к разделу «Магнетизм».

Подготовлены на кафедре «Физика» ОмГТУ и одобрены редакционно-издательским советом ОмГТУ.

Лабораторная работа № 5.21

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ СОЛЕНОИДА И КОЭФФИЦИЕНТА ВЗАИМНОЙ ИНДУКТИВНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫНУЖДЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ В RL – ЦЕПИ.

Цель работы: экспериментально определить индуктивность соленоида и взаимную индуктивность двух соленоидов.

Приборы и принадлежности: генератор многофункциональный АНР-1002, блок амперметра-вольтметра АВ1, стенд с объектами исследования СЗ-ЭМ01, соединительные провода.

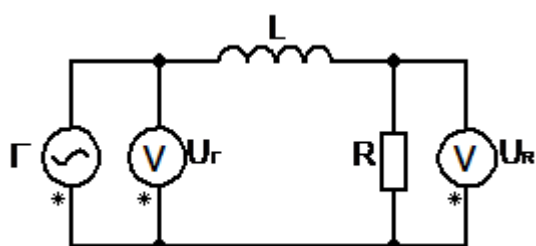


Рис. 1

Краткие теоретические сведения:

Рассмотрим вынужденные колебания, происходящие в цепи, изображенной на рис. 1. Цепь состоит из генератора, резистора, обладающего активным электрическим сопротивлением цепи R и катушки индуктивности, обладающей реактивным индуктивным сопротивлением:

$$R_L = \omega L, \quad (1)$$

($\omega = 2\pi\nu$ – циклическая частота колебаний). Фаза колебаний напряжения на индуктивности опережает фазу колебаний напряжения на резисторе на $\pi/2$. С учетом сдвига фаз между колебаниями напряжения на резисторе и катушке индуктивности общее сопротивление цепи определяется по формуле:

$$R_{об} = \sqrt{R^2 + R_L^2} = \sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}. \quad (2)$$

По закону Ома напряжение на генераторе U_G и напряжение на резисторе U_R соответственно запишутся:

$$U_G = I \cdot R_{об} = I \cdot \sqrt{R^2 + (\omega \cdot L)^2}, \quad (3)$$

$$U_R = I \cdot R. \quad (4)$$

Разделив (3) на (4), получим формулу для расчета индуктивности катушки, включенной в контур, через экспериментально определяемые параметры ε , U_R , R , ω :

$$L = \frac{R}{2\pi\nu} \sqrt{\left(\frac{U_G}{U_R}\right)^2 - 1}. \quad (5)$$

На рис. 2 изображена система двух последовательно соединенных соленоидов, имеющих общий магнитный поток. В случае сонаправленных полей (рис. 2 а) общая индуктивность такой системы равна:

$$L_{об1} = L_1 + L_2 + 2L_{12}, \quad (6)$$

где L_{12} – коэффициент взаимной индуктивности двух соленоидов.

Взаимная индуктивность L_{12} – это коэффициент пропорциональности между током в одном из соленоидов и потокосцеплением взаимной индукции.

В случае магнитных полей направленных навстречу друг другу (рис. 2 б) имеем:

$$L_{об2} = L_1 + L_2 - 2L_{12} \quad (7)$$

Из уравнений (6) и (7) коэффициент взаимной индуктивности определяется по следующей формуле:

$$L_{12} = \frac{L_{об1} - L_{об2}}{4} \quad (8)$$

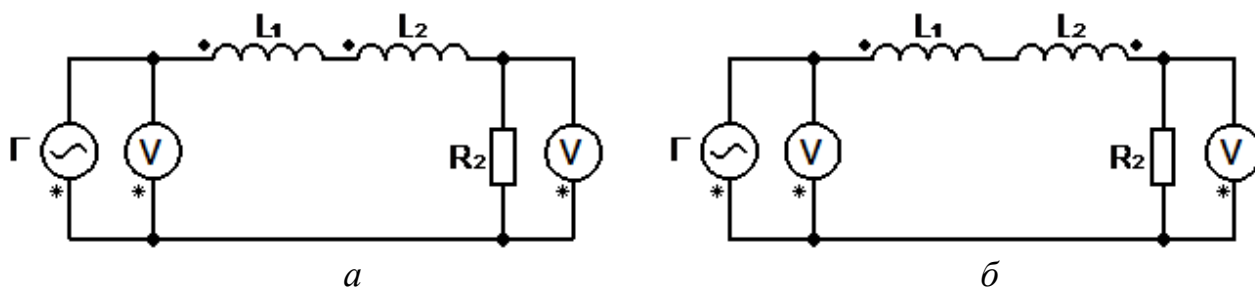


Рис. 2

Порядок выполнения работы

1. Соберите схему, приведенную на рис. 1, используя в качестве сопротивления резистор R_2 и соленоид с индуктивностью L_1 .

2. Убедитесь, что отжаты клавиши регулировки симметрии фронта 4 (SYMMETRY) и клавиша регулировки постоянной составляющей сигнала 5 (OFFSET). На блоке переключателей для управления режимом качания частоты 7 (SWEEP) зафиксируйте конечную частоту, нажав кнопку STOP и отжав ON .

3. Подключите питание генератора клавишей включения и выключения питания 1 (POWER) и блока амперметра-вольтметра АВ1 клавишей СЕТЬ на передней панели блока.

4. На генераторе АНР-1002 с помощью переключателей выбора формы выходного сигнала 14 выберите синусоидальный сигнал . С помощью клавиш установки частотного диапазона 3 (клавиши и) и регулятора частоты выходного сигнала 11 (FREQUENCY) установите частоту выходного сигнала генератора в интервале от 10 до 15 кГц.

5. Произведите измерения напряжения на генераторе U_G , подключив вольтметр к генератору. Измерьте напряжение на резисторе U_R . Данные занести в табл. 1 вместе с частотой сигнала генератора, которая изображается на индикаторе 2 генератора АНР-1002.

6. Изменяя частоту генератора с помощью регулятора частоты выходного сигнала 11 (FREQUENCY) (но не выходя за пределы указанного диапазона частот), повторите измерения п. 2 еще два раза. Результаты измерений занесите в табл. 1.

7. Повторите все измерения в п.5 и п. 6, используя в качестве индуктивности соленоид L_2 . Данные занесите в табл. 2.

8. По данным таблиц 1 и 2 с помощью формулы (5) определите индуктивности L_1 и L_2 . Результаты обработайте по методу косвенных невоспроизводимых измерений.

9. Соедините последовательно два соленоида с индуктивностью L_1 и L_2 для случая сонаправленных полей, собрав схему, изображенную на рис. 2а, используя в качестве резистора R_2 (обратите внимание на соединения катушек согласно расположению точек).

10. Определите напряжения на генераторе U_G и на резисторе U_R , результаты занесите в табл. 3 вместе с частотой сигнала генератора. По формуле (5) определите индуктивность системы катушек $L_{об1}$ в случае сонаправленных полей. Результат занесите в табл. 3.

11. Соедините последовательно два соленоида с индуктивностью L_1 и L_2 для случая противоположно направленных полей, собрав схему, изображенную на рис. 2б, используя в качестве резистора R_2 (обратите внимание на последовательность соединения катушек согласно расположению точек). Определите напряжения на генераторе U_G и на резисторе U_R , результат занесите в табл. 3 вместе с частотой сигнала генератора. По формуле (5) определите индуктивность системы катушек $L_{об2}$ в случае полей, направленных навстречу друг другу. Результат занесите в табл. 3.

12. По данным табл. 3, используя формулу (8), рассчитайте значение коэффициента взаимной индукции L_{12} . Результат занесите в табл. 3.

Таблица 1

№	R Ом	ν кГц	U_G В	U_R В	L_1 мГн	$\langle L_1 \rangle$ мГн	ΔL_1 мГн	ε %
1	150							
2								
3								

Таблица 2

№	R, Ом	ν кГц	U_G В	U_R В	L_2 мГн	$\langle L_2 \rangle$ мГн	ΔL_2 мГн	ε %
1	150							
2								
3								

Таблица 3

№	R Ом	ν кГц	U_G В	U_R В	L, мГн	L_{12} мГн
сонаправленные (рис.2а)	150					
противоположно направленные (рис.2б)						

Контрольные вопросы.

1. Индуктивность в цепи переменного тока. Сдвиг фаз между колебаниями напряжения и тока. Индуктивное сопротивление.
2. Вынужденные колебания в RL – цепи. Напряжение на различных участках цепи.
3. Явление самоиндукции. Индуктивность соленоида.
4. Явление взаимной индукции. Метод определения коэффициента взаимной индукции в данной лабораторной работе.

Лабораторная работа № 5.22

ИЗУЧЕНИЕ ПЕТЛИ ГИСТЕРЕЗИСА И ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФЕРРОМАГНЕТИКА

Цель работы: наблюдение магнитного гистерезиса и экспериментальное определение параметров ферромагнитного материала.

Приборы и принадлежности: блок генератора напряжений ГН1, цифровой осциллограф PicoScore 2203, стенд с объектами исследования СЗ-ЭМ01, соединительные провода.

Краткие теоретические сведения

Ферромагнетиками называются твердые вещества, в которых наблюдается явление *спонтанной намагниченности*. Они способны сохранять намагниченность в отсутствие магнитного поля.

Особенностью ферромагнетиков является сложная нелинейная зависимость между намагниченностью J и напряженностью магнитного поля H (равносильно между вектором магнитной индукции B и напряженностью магнитного поля H). Вследствие нелинейной связи между величинами B и H для ферромагнетиков теряет смысл введение магнитной проницаемости, как определенной постоянной величины. В действительности она является функцией напряженности поля H и определяется как

$$\mu = \frac{1}{\mu_0} \frac{dB}{dH}. \quad (1)$$

Вторая особенность ферромагнетиков состоит в том, что для них зависимость B от H неоднозначна, а определяется предысторией намагничивания ферромагнитного образца. Это явление называется *магнитным гистерезисом*. Оно проявляется в том, что при изменении намагничивающего поля H , магнитная индукция B в ферромагнетике отстает от внешнего магнитного поля H . В результате при выключении поля H ферромагнетик остается намагниченным и магнитная индукция в нем равна B_r .

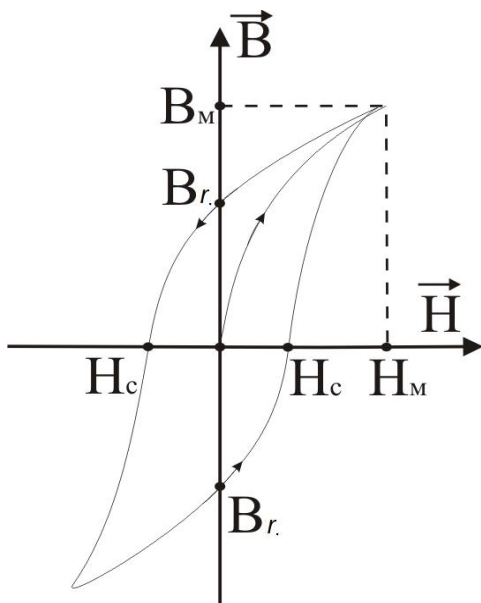


Рис. 1

(остаточная намагниченность). Чтобы уничтожить остаточную намагниченность в ферромагнетике необходимо наложить внешнее поле противоположного направления и величины H_c (коэрцитивная сила ферромагнетика). По величинам B_r и H_c ферромагнетики делятся на магнитомягкие и магнито жесткие. Наличие гистерезиса приводит к тому, что, при периодическом изменении напряженности от $+H$ до $-H$, значения B образуют замкнутую кривую, называемую петлей гистерезиса. Площадь петли определяет количество тепла, выделяющееся в единичном объеме за один цикл перемагничивания ферромагнетика

$$Q = \int H dB. \quad (2)$$

Петлю гистерезиса можно наблюдать на экране осциллографа, если на горизонтально отклоняющие пластины подать напряжение U_x , пропорциональное H , а на вертикально отклоняющие пластины - U_y , пропорциональное B .

Для наблюдения петли гистерезиса и измерения ее параметров необходимо собрать следующую электрическую схему (рис. 2).

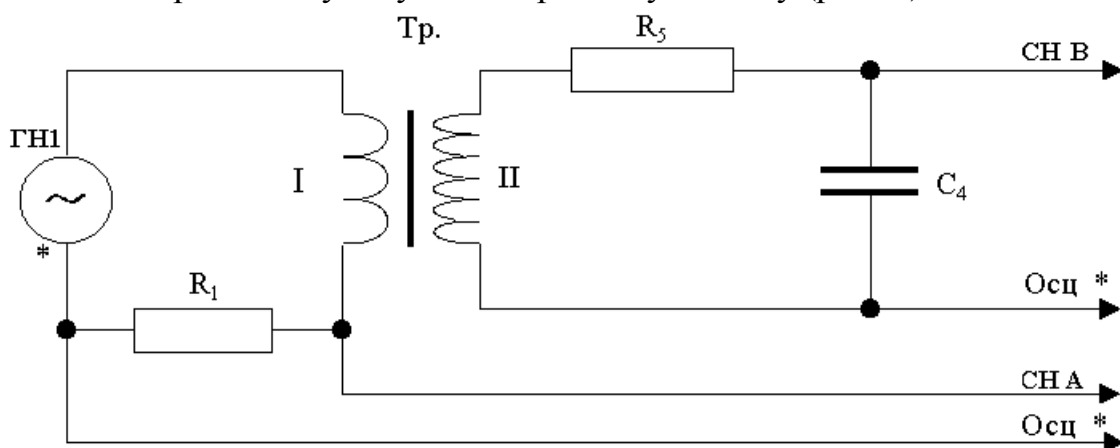


Рис. 2

Трансформатор представляет собой замкнутый ферромагнитный сердечник, на котором размещены две обмотки: I-намагничивающая и II-измерительная. При пропускании переменного тока по обмотке I на сопротивлении R_1 возникает напряжение U_x пропорциональное току I , в свою очередь напряженность поля H также пропорциональна величине I . Следовательно напряжение U_x пропорционально величине H , которая изменяется от $+H$ до $-H$. Во вторичной обмотке возникает ЭДС индукции, пропорциональная скорости изменения магнитной индукции $\frac{dB}{dt}$. Цепь RC выполняет роль интегрирующей ячейки, поэтому $U_c = U_y \sim \int \frac{dB}{dt} dt$, т.е. B . Для проведения количественных измерений необходимо установить соотношения между величинами U_x и H , между величинами U_y и B .

Рассмотрим условие, при котором начало координат находится в центре петли. Напряженность магнитного поля H , создаваемого первичной обмоткой с числом витков N_1 в ферромагнитном сердечнике, определяется как

$$H = \alpha U_x, \quad (3)$$

где U_x – значение напряжения в канале B . Коэффициент

$$\alpha = \frac{N_1}{lR_1}, \quad (4)$$

где l -длина средней линии ферромагнитного сердечника, на котором равномерно распределена первичная (намагничивающая) обмотка; R_1 -сопротивление, последовательно соединенное с первичной обмоткой.

Индукция магнитного поля в ферромагнетике B :

$$B = \beta U_y, \quad (5)$$

где U_y - значение напряжения в канале A . Коэффициент

$$\beta = \frac{R_5 C_4}{N_2 S}, \quad (6)$$

где R и C - сопротивление и емкость интегрирующей ячейки; N_2 –число витков вторичной обмотки; S - площадь поперечного сечения ферромагнитного образца (сердечника трансформатора).

Мощность, расходуемая на один цикл перемагничивания ферромагнитного образца, называемая мощностью потерь, пропорциональна площади петли гистерезиса.

$$P = \chi S_{петли}, \quad (7)$$

где $S_{петли}$ - площадь петли гистерезиса, измеренная в делениях шкалы осциллографа;

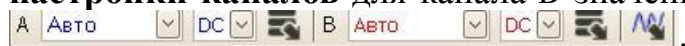
$$\chi = \frac{\nu N_1 R C}{N_2 R_1}, \quad (8)$$

где ν - частота колебаний напряжения, подаваемого с генератора звуковых частот на первичную обмотку.

Порядок выполнения работы:

1. Соберите схему, приведенную на рис 2.
2. Установите частоту колебаний напряжения 40 Гц, с помощью кнопки “F” на ГН1.
3. Установите рекомендуемые резистор и конденсатор RC-ячейки R_5 и C_4 .
4. Установите максимальное напряжение ГН с помощью регулятора.
5. Запустите на компьютере программу PicoScope 6.
6. Убедитесь что на панели настройки каналов для канала A значение диапазона входного сигнал установлено «Авто».



7. Включите отображение канала B . Для этого установить на **панели настройки каналов** для канала B значение диапазона входного сигнал «Авто»





8. Включите отображение по оси X входной сигнал канала A . Для этого по рабочей области программы нажать правую клавишу мыши и в контекстном меню в пункте «Ось- X » выбрать пункт «A».

9. Для получения четкой картины на **панели захвата изображения** выбрать клавишу



автоматической установки . Далее, на панели настройки каналов в меню параметра каналов  установить для каждого канала значение разрешения 11 бит. Также установите коэффициент развертки 10 ms/div.



10. Остановите обработку данных осциллографом нажав на панели запуска/остановки  кнопку «стоп» .

11. Нажатием левой клавиши мыши по соответствующему участку графика, определите в окне программы PicoScope значения U_x и U_y , соответствующие коэрцитивной силе ферромагнетика (U_{x_c}), точке, где наблюдается остаточная намагниченность (U_{y_r}) и точкам, соответствующим максимальному значению индукции магнитного поля (U_{y_m}) и максимальному значению напряженности магнитного поля (U_{x_m}). Запишите полученные значения в табл. 1.

12. Рассчитайте коэффициенты α , β по формулам (4), (6) и запишите в табл. 1. Параметры трансформатора, емкости и сопротивления указаны на СЗ-ЭМ01: ($S=0.64 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $l=0,078 \text{ м}$, $N_1=1665$, $N_2=970$, $R_1=68 \text{ Ом}$, $R_3=4.70 \cdot 10^5 \text{ Ом}$, $C_4 = 0,47 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$)

13. Пользуясь формулами (3) и (5), определить коэрцитивную силу H_c и остаточную индукцию B_r . Запишите полученные значения в табл. 1.

14. По формулам (3) и (5) определите H_m и B_m . Полученные значения запишите в табл. 1.

15. Включите обработку данных осциллографом нажав на панели запуска/остановки  кнопку «пуск» .

16. Уменьшить напряжение регулятором напряжения на генераторе ГН1, находящегося на лицевой части генератора левее кнопки переключения частоты, до значения по $U_x \approx 10 \text{ мВ}$.

17. Увеличивать напряжение на генераторе ГН1 в диапазоне значений $U_x = 10 - 300 \text{ мВ}$, получите соответствующие им петли гистерезиса. Для каждой петли гистерезиса измерить значения $U_{x_{m_i}}$ и $U_{y_{m_i}}$ и занести их в табл. 2. Необходимо получить 10 пар значений $U_{x_{m_i}}$ и $U_{y_{m_i}}$. По формулам (3) и (5) определите H_{m_i} и B_{m_i} .

18. По данным таблицы 2 постройте основную кривую намагничивания $B=f(H)$. По графику кривой намагничивания рассчитайте значения магнитной проницаемости $\mu = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{\Delta B}{\Delta H}$ для различных интервалов ΔH и постройте график $\mu=f(H)$, принимая конкретное значение μ_i к среднему значению H на соответствующем интервале. Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

19. Сравните полученную кривую $\mu=f(H)$ с теоретической кривой. Сделайте выводы.

Таблица 1

α	β	U_{x_c}	U_{y_r}	U_{x_m}	U_{y_m}	B_r	H_c	B_m	H_m
$(\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$	Тл/В	мВ	мВ	мВ	мВ	Тл	А/м	Тл	А/м

Таблица 2

№	$U_{x_{M_i}}$, В	$U_{y_{M_i}}$, В	B_{M_i} , Тл	H_{M_i} , А/м	ΔB , Тл	ΔH , А/м	μ
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Контрольные вопросы

1. Ферромагнетики и их свойства. Доменная структура ферромагнетиков.
2. Явление магнитного гистерезиса.
3. Остаточная намагниченность и коэрцитивная сила ферромагнетика.
4. Магнитная проницаемость. Зависимость магнитной проницаемости ферромагнетика от напряженности магнитного поля.
5. Мощность потерь.
6. Определение напряженности магнитного поля в лабораторной работе.
7. Определение магнитной индукции в лабораторной работе.

Лабораторная работа № 5.30

ЯВЛЕНИЕ САМОИНДУКЦИИ

Цель работы: ознакомиться с явлением самоиндукции; изучить зависимость постоянной времени электрической цепи, состоящей из катушки индуктивности и омического сопротивления, от величины сопротивления; определить величины индуктивности катушки и магнитной проницаемости сердечника соленоида.

Приборы и принадлежности: генератор прямоугольных импульсов ГН-1, лабораторный стенд, электронный осциллограф «PicoScope 2203».

Краткие теоретические сведения

Явление самоиндукции заключается в возникновении ЭДС индукции в электрической цепи, обладающей индуктивностью, при изменении в ней электрического тока.

Электрический ток, протекая по проводникам, создаёт в окружающем пространстве магнитное поле. Магнитный поток этого поля, сцеплённый с контуром проводника Ψ (потокосцепление самоиндукции), вычисляется по формуле:

$$\Psi = N \int \vec{B} d\vec{S}, \quad (1)$$

где N – число витков соленоида. Интегрирование в (1) ведётся по сечению

соленоида.

При слабых магнитных полях и неизменных параметрах контура, как правило, потокосцепление пропорционально силе тока:

$$\Psi = LI. \quad (2)$$

Коэффициент пропорциональности L называется индуктивностью контура. Индуктивность характеризует способность проводящего контура создавать потокосцепление собственного магнитного поля с контуром проводника. Она численно равна потокосцеплению при силе тока, равной единице:

$$L = \Psi / I. \quad (3)$$

Индуктивность измеряется в генри: $1 \text{ Гн} = 1 \text{ Вб} / \text{А}$. Индуктивность - скалярная величина, не зависящая от протекающего по контуру тока (в отсутствие ферромагнитных сред).

Согласно закону электромагнитной индукции, возникающая в цепи ЭДС самоиндукции, равна скорости изменения потокосцепления самоиндукции:

$$\varepsilon_s = - d\Psi / dt. \quad (4)$$

Если L - величина постоянная, то из (2) получаем

$$\varepsilon_i = - L dI / dt. \quad (5)$$

Знак минус отражает тот факт, что в проводящем контуре ЭДС самоиндукции всегда препятствует изменению электрического тока, т.е. стремится поддерживать силу тока неизменной. Самоиндукция в электромагнетизме играет ту же роль, что и инерция в механике.

Используя выражения (1) и (3), можно получить формулу для индуктивности соленоида, выбрав поверхность интегрирования, перпендикулярную осевой линии соленоида.

$$L = \mu_0 \mu N^2 S / l \quad (6)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн} / \text{м}$ - магнитная постоянная, μ - магнитная проницаемость сердечника соленоида, N - общее число витков, S - площадь поперечного сечения, l - длина соленоида.

Рассмотрим переходные процессы в индуктивно-резистивной цепи, которая состоит из омического сопротивления R , индуктивности L и источника ЭДС (рис.1).

По закону Ома для замкнутой цепи сила тока:

$$I = (\varepsilon + \varepsilon_s) / R. \quad (7)$$

Учитывая выражение (5), получим дифференциальное уравнение первого порядка:

$$I R = \varepsilon - L dI / dt. \quad (8)$$

Для решения уравнения (8) введём начальные условия: пусть при $t=0$, $\varepsilon=0$ и $I=0$; при $t>0$, $\varepsilon=const$ и $I=I(t)$. Найдём функциональную зависимость силы тока

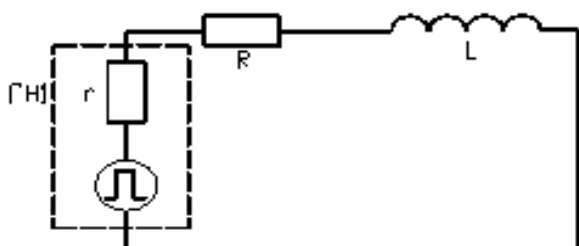


Рис. 1

от времени. Для этого в (8) разделим переменные и проинтегрируем обе части уравнения, расставив пределы интегрирования с учётом начальных условий.

$$\int_0^i \frac{di}{iR - \varepsilon} = -\int_0^t \frac{dt}{L} \quad (9)$$

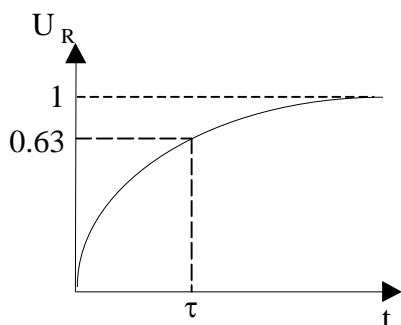


Рис. 2

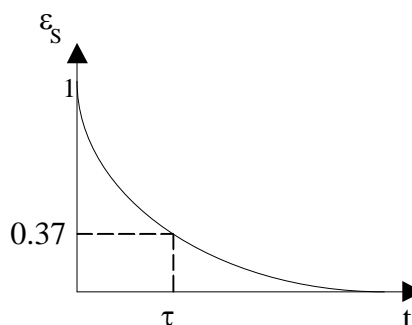


Рис. 3

После интегрирования:

$$I = (\varepsilon/R)[1 - \exp(-Rt/L)] \quad (10)$$

Согласно (10) и закону Ома для участка цепи, напряжение на активном сопротивлении R :

$$U = IR = \varepsilon[1 - \exp(-Rt/L)], \quad (11)$$

а на индуктивности L :

$$\varepsilon_s = -\varepsilon \exp(-Rt/L) = -\varepsilon \exp(-t/\tau). \quad (12)$$

Величину $\tau = L/R$ называют постоянной времени цепи, которая равняется времени, за которое при возрастании тока в цепи величина напряжения на резисторе достигает значения $U_R = 0,63 U_{\max}$, а при уменьшении тока в цепи напряжение на резисторе уменьшается в e раз. Графики зависимости модулей U_R и ε_s от времени показаны на рис. 2 и 3.

Поскольку реальные источники ε обладают внутренним сопротивлением r , то постоянная времени:

$$\tau = L/(R+r) \text{ или } 1/\tau = R/L + r/L. \quad (13)$$

Как видно из выражения (13), зависимость $1/\tau$ от R является линейной.

Порядок выполнения работы

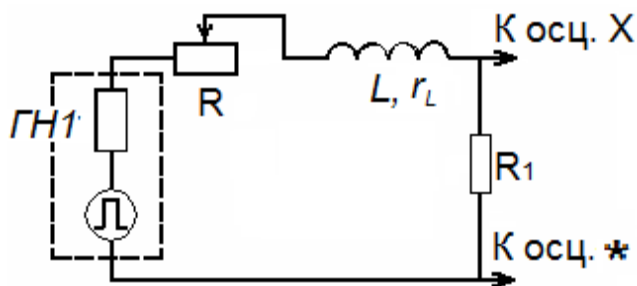


Рис. 4

1. Для определения постоянной времени τ соберите электрическую цепь, состоящую из генератора прямоугольных импульсов ГН-1, омического сопротивления R , индуктивности L и осциллографа (рис.4). С помощью переменного резистора на блоке сопротивлений установить $R=100$ Ом.

2. Запустите программу «PicoScore», включите цифровой осциллограф.





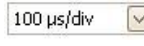


3. На экране осциллографа получится график зависимости $U=f(\tau)$.
4. Установите автоматический диапазон входного сигнала осциллографа (меню ).
5. На панели настройки канала  установите режим DC.
6. Нажмите клавишу автоматической установки , на панели захвата изображения, получите оптимальное изображение графика на экране осциллографа.
7. Установите растяжку осциллограммы по горизонтали (меню ) равное 16 и коэффициент развертки (меню ) равное $2^{\text{ms}}/\text{div}$ (панель настройки канала). Изменяя сопротивление R , наблюдайте на экране зависимость постоянной времени от величины сопротивления R .
8. Определите постоянную времени цепи τ изменяя сопротивление в пределах от 100 до 500 Ом с шагом 100 Ом. Для определения постоянной времени τ необходимо по графику переходного процесса, измерить значение времени, с учетом знака, в начале процесса зарядки конденсатора (t_1) и в точке, где $U=0,63 U_{\text{max}}$ (t_2). Для измерения $t_1(t_2)$ подведите курсор и удерживайте левую кнопку мыши в требуемых точках. Полученные значения высвечиваются на экране. Рассчитайте, как $\tau = t_2 - t_1$, результаты измерений занесите в табл. 1. Перед измерением времени остановите обработку данных осциллографом, нажав на панели Запуска/Остановки клавишу .
9. Для получения следующих графиков повторно нажать на панели Запуска/Остановки клавишу .

Таблица 1

$R, \text{ Ом}$	$\tau \cdot 10^{-6}, \text{ с}$	$(1/\tau) \cdot 10^6, \text{ с}^{-1}$
100		
200		
...		

10. Рассчитайте величины $1/\tau$ для каждого значения R .
11. Постройте график зависимости $1/\tau = f(R)$ и убедитесь, что зависимость является линейной.
12. Рассчитайте величину индуктивности L по графику зависимости $1/\tau = f(R)$, где L является величиной, обратной тангенсу угла наклона прямой $L = \frac{1}{\text{tg}\alpha}$.
13. Определите магнитную проницаемость сердечника соленоида, используя формулу (6), при заданных параметрах соленоида: $S=0.64 \text{ см}^2$, $l=10 \text{ мм}$, $N=300$.

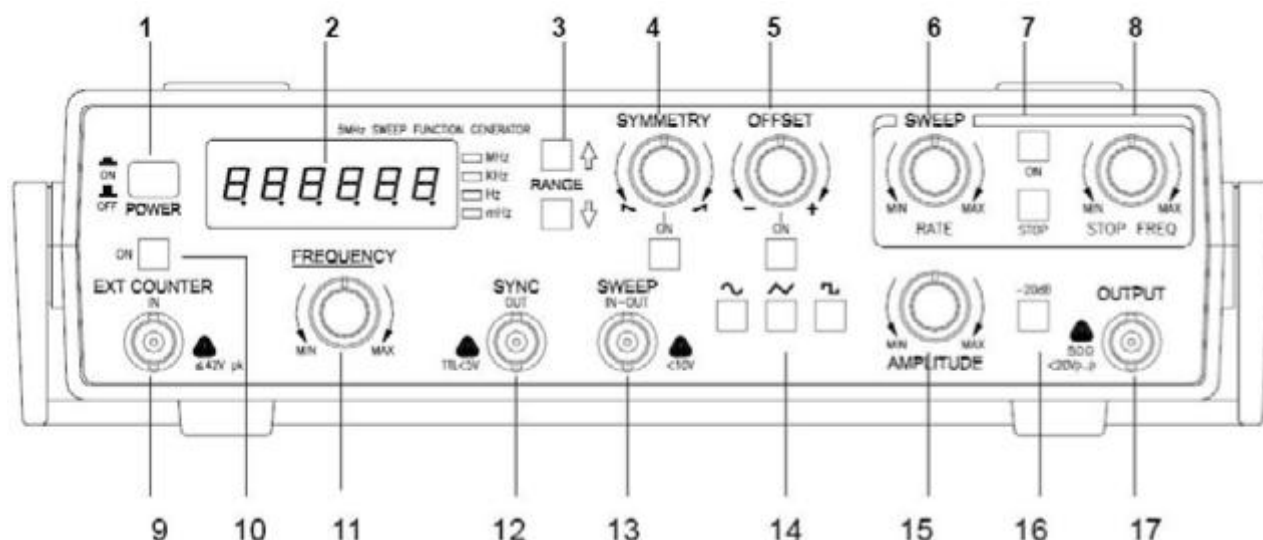
Контрольные вопросы

1. Явление самоиндукции.
2. Потокосцепление при явлении самоиндукции.
3. ЭДС самоиндукции. Индуктивность.
4. Графики зависимости напряжения на резисторе и ЭДС самоиндукции

от времени.

5. Постоянная времени цепи τ и ее зависимость от параметров контура.

Работа с генератором АНР-1002.



Внешний вид лицевой панели и органы управления.

1. POWER – клавиша включения (ON) и выключения (OFF) питания.
2. Шестиразрядный индикатор для отображения частоты генератора или частотомера входного сигнала.
3. Клавиши установки частотного диапазона. Одно нажатие клавиши \uparrow («вверх») или \downarrow («вниз») изменяет частоту диапазона в 10 раз.
4. SYMMETRY – регулировка симметрии фронтов нарастания и спада сигнала. Работает при нажатой клавише (ON).
5. OFFSET – регулировка постоянной составляющей сигнала. Работает при нажатой клавише (ON).
6. SWEEP RATE – вращающийся регулятор скорости качания сигнала
7. Блок переключателей для управления режимом качания частоты. Кнопка «STOP» служит для фиксации конечной частоты в диапазоне качания.
8. STOP FREQ – вращающийся регулятор, используется для установки диапазона качания в режиме качания частоты.
9. EXT COUNTER IN – вход частотомера для сигнала от внешнего источника.
10. ON – клавиша включения частотомера входного сигнала.
11. FREQUENCY – регулятор частоты выходного сигнала.
12. SYNC OUT – разъем выхода сигнала синхронизации ТТЛ -уровня для внешних устройств.
13. SWEEP IN – OUT- разъемы Вход/Выход управляющего сигнала для режима качания.
14. Клавиши выбора формы выходного сигнала («синус», «треугольный», «прямоугольный (меандр)»).
15. AMPLITUDE – регулятор амплитуды выходного сигнала.
16. Клавиши аттенюатора (ослабляет амплитуду выходного сигнала в 10 раз (-20 дБ), 10^2 раз (-40 дБ), 10^3 раз (-60 дБ)).
17. OUTPUT – разъем основного выхода генератора.

Получение синусоидального напряжения

1. Соединить разъем основного выхода генератора с электрической схемой для соответствующей лабораторной работы.
2. Включить генератор, нажав клавишу 1 (POWER).
3. Нажать клавишу 14 (со значком синусоиды « ~ »).
4. В соответствии с описанием лабораторной работы установить с помощью клавиш 3 (↑, ↓) (выбор частотного диапазона) и плавного регулятора 11 нужное значение частоты по показаниям индикатора 2.
5. В соответствии с описанием лабораторной работы установить с помощью клавиш 16 и плавного регулятора 15 нужное значение амплитуды выходного сигнала.

Получение напряжения прямоугольной формы (меандра)

8. Соединить разъем основного выхода генератора с электрической схемой для соответствующей лабораторной работы.
9. Включить генератор, нажав клавишу 1 (POWER).
10. Нажать клавишу 14 (со значком меандра « □ »).
11. В соответствии с описанием лабораторной работы установить с помощью клавиш 3 (↑, ↓) (выбор частотного диапазона) и плавного регулятора 11 нужное значение частоты по показаниям индикатора 2.
12. В соответствии с описанием лабораторной работы установить с помощью клавиш 16 и плавного регулятора 15 нужное значение амплитуды выходного сигнала.

Руководство по работе с цифровым осциллографом PicoScope 2203

Цифровой осциллограф PicoScope 2203 представляет собой двухканальный цифровой осциллограф с интерфейсом подключения к компьютеру. Принципиальная схема устройства приведена на рис. 1.

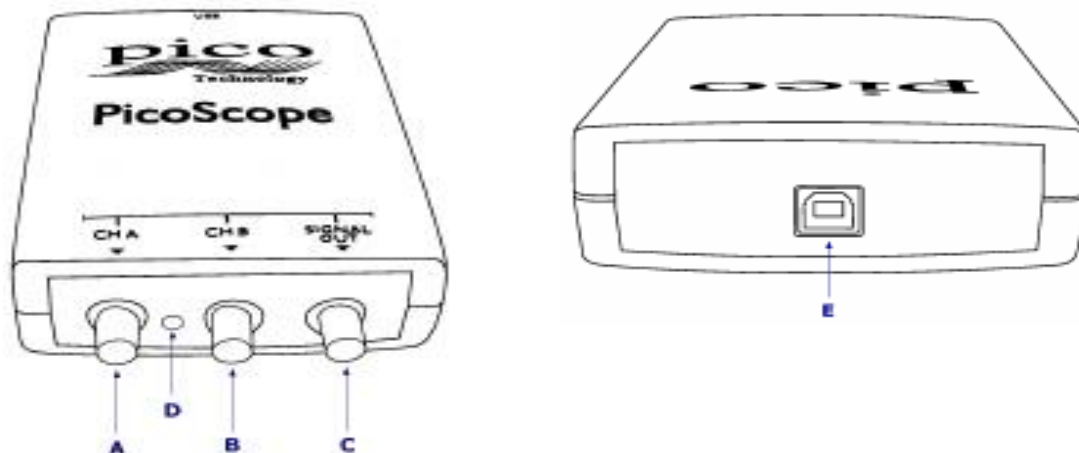


Рис. 1.

- А — вход канала А осциллографа,
- В — вход канала В осциллографа,
- С — выход внутреннего генератора сигналов,
- Д – индикатор питания,
- Е — USB разъем для подключения к компьютеру.

Взаимодействие пользователя с осциллографом осуществляется через программу “PicoScope 6” ярлык которой  расположен на рабочем столе.

Главное окно программы представлено на рис.2.

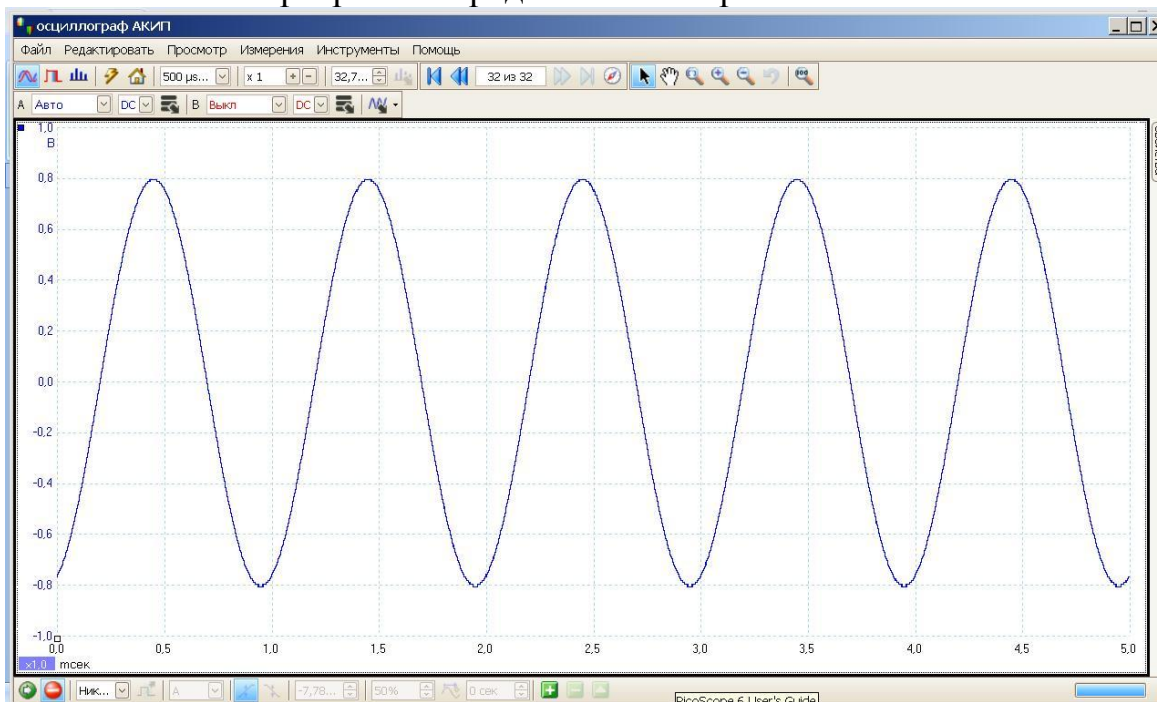


Рис. 2.

Панели инструментов

Для управления работой цифрового осциллографа PicoScope 2203 используются следующие панели инструментов.



Панель захвата изображения

содержит клавиши и меню управления изображением осциллограммы:



- режим осциллографа,



- режим послесвечения,



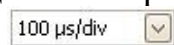
- режим спектроанализатора,



- клавиша автоматической установки (автоматически подбирает параметры наилучшего изображения осциллограммы),



- клавиша сброса параметров осциллографа (восстанавливает исходные настройки осциллографа),



- меню выбора коэффициента развертки (определяет время приходящееся на одно деление),

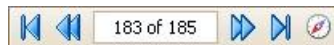


- меню растяжки по горизонтали (позволяет масштабировать осциллограмму в горизонтальном направлении),



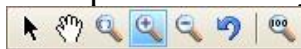
- длина памяти (определяет максимальное число осциллограмм запоминаемых осциллографом).

Панель навигации буфера обмена



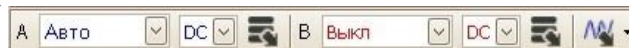
позволяет просматривать осциллограммы сохраненные в буфере обмена осциллографа.

Панель увеличения



позволяет выбирать для просмотра отдельные участки осциллограмм.

Панель настройки канала



позволяет настраивать параметры каналов осциллографа по отдельности. Содержит следующие меню и клавиши:



- меню диапазона входного сигнала (позволяет устанавливать масштаб вертикальной оси осциллографа).



- меню связи канала. Можно выбрать одно из двух значений: AC- в этом режиме осциллограф игнорирует постоянное смещение (отбрасываются колебания с частотой ниже одного герца), что позволяет с высокой точностью измерять переменную составляющую сигнала. В данном режиме нет возможности определить значение потенциала относительно земли. В режиме DC показывается величина сигнала относительно земли (учитывается и постоянная и переменная составляющие).



- меню дополнительных параметров канала (позволяет выбирать масштаб изображения сигнала, устанавливать смещение, менять разрешение, применять фильтры сигнала).





- меню управления внутренним генератором сигнала (позволяет настраивать форму сигнала, его частоту и амплитуду).

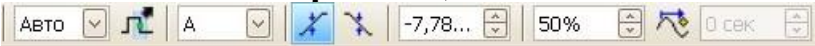


Панель Запуска/Остановки



позволяет запускать либо

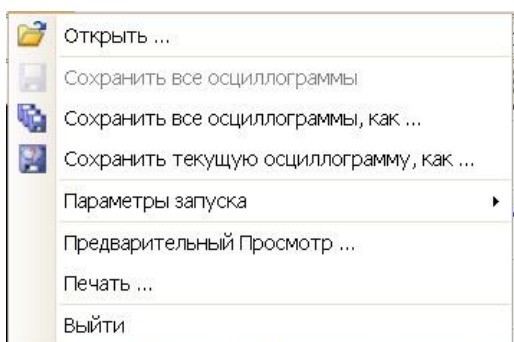
останавливать обработку сигнала осциллографом (клавиши  и ).

Панель синхронизации

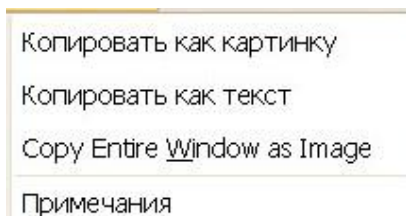
 позволяет выбрать режим синхронизации («Никакой», «Авто», «Повтор», «Однократный»), канал синхронизации (А или В), выбрать синхронизацию по нарастающему  или спадающему  фронту, определить уровень сигнала, при котором происходит запуск развертки.

Рабочее окно программы

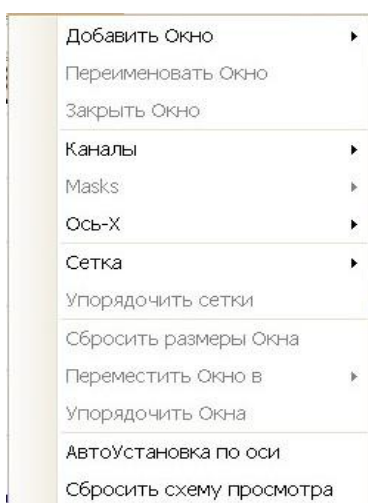
В верхней части рабочего окна программы находится строка меню, содержащая следующие подменю:



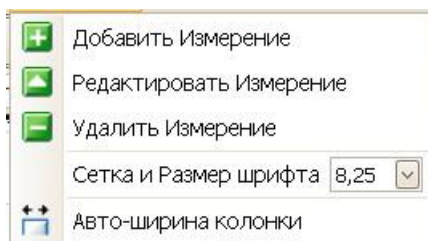
«Файл» – позволяет сохранять и загружать осциллограммы, определяет параметры запуска осциллографа.



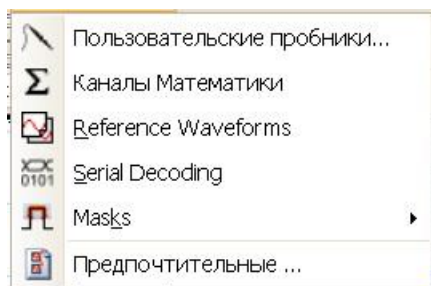
«Редактировать» – позволяет сохранить текущую осциллограмму в виде графического или текстового файла.



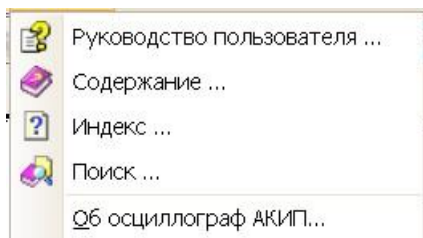
«Просмотр» – позволяет выбирать вид окна просмотра («Осциллограф», «Спектр», «XY») и добавлять новые окна просмотра. Подключает изображение каналов осциллографа, определяет выбор горизонтальной оси, вид сетки окон, позволяет настраивать вид осциллограммы.



«Измерения» – позволяет добавлять различные виды измерений автоматически осуществляемых осциллографом.



«Инструменты» – позволяет устанавливать характеристики пробников используемых при измерениях, добавлять каналы математической обработки данных, настраивать режим работы осциллографа.



«Помощь» - содержит руководство пользователя, справку по работе осциллографа, сведения о программном обеспечении.

Библиографический список

1. Савельев И.В. Курс общей физики.- М.: Наука, Физматлит, 1982, кн.1-3.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. - М.: Высшая школа, 1999.
3. Трофимова Т.И. Курс физики. — М: Высшая школа, 2001.
4. Курс физики.: в 2-х т., под ред. Лозовского В.Н., С-П.: «Лань», 2001.
5. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. — М: Высшая школа, 1983.