

A0?? Измерьте сопротивления катушек **А** и **В** (r_A и r_B соответственно), а также сопротивления последовательно соединённых с ними резисторов. Все значения должны лежать в диапазоне до 15 Ом.

С помощью мультиметра в режиме омметра измеряем сопротивления катушек и убеждаемся в их работоспособности.

Ответ:

$$r_A = (13.3 \pm 0.1) \text{ Ом}$$

$$r_B = (9.0 \pm 0.1) \text{ Ом}$$

$$r_{A,\text{рез}} = r_{B,\text{рез}} = (0.97 \pm 0.04) \text{ Ом}$$

A1 0.60 Проведите измерения для проверки приведённой выше модели экранирования магнитных полей при частоте $f = 10$ кГц. Постройте линеаризованный график и найдите коэффициент затухания α для данной частоты. Фольгу необходимо располагать между катушкой **А** и катушкой датчика.

Из закона электромагнитной индукции Фарадея следует, что ЭДС индукции

$$\mathcal{E}_{\text{инд}}(t) = -N \frac{d\Phi(t)}{dt} = -NS \frac{dB}{dt}$$

Пренебрегая омическим сопротивлением катушки, получим, что напряжение на катушке

$$U(t) = -\mathcal{E}_{\text{инд}}(t) = NS \frac{dB}{dt}$$

Следовательно, амплитуды напряжения на катушке и индукции магнитного поля связаны как

$$U_{\text{ампл}} = 2\pi f_0 NS B_{\text{ампл}} \implies U_{\text{ампл}} \sim B_{\text{ампл}}$$

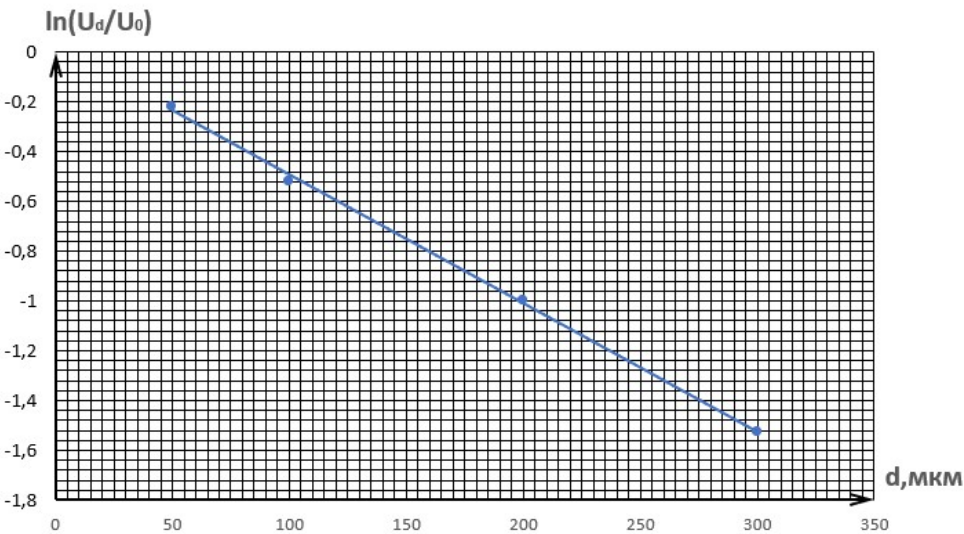
Пусть U_0 – амплитуда напряжения на катушке датчика в отсутствии фольги, U_d – амплитуда напряжения на катушке датчика при слое фольги толщиной d мкм. B_0 и B_d определим аналогично. Тогда

$$\frac{B_d}{B_0} = \frac{U_d}{U_0} \implies -\alpha d = \ln \frac{B_d}{B_0} = \ln \frac{U_d}{U_0}$$

Видно, что $\ln \frac{U_d}{U_0}(d)$ – линейная зависимость

Таблица измеренных и рассчитанных величин представлена ниже.

$d, \text{ мкм}$	$U_d, \text{ В}$	$\ln \frac{U_d}{U_0}$
0	2.12	0
50	1.70	-0.22
100	1.26	-0.52
200	0.78	-1.00
300	0.46	-1.53



Построим график линейной зависимости $\ln \frac{U_d}{U_0}(d)$ и из коэффициента угла наклона определим α .

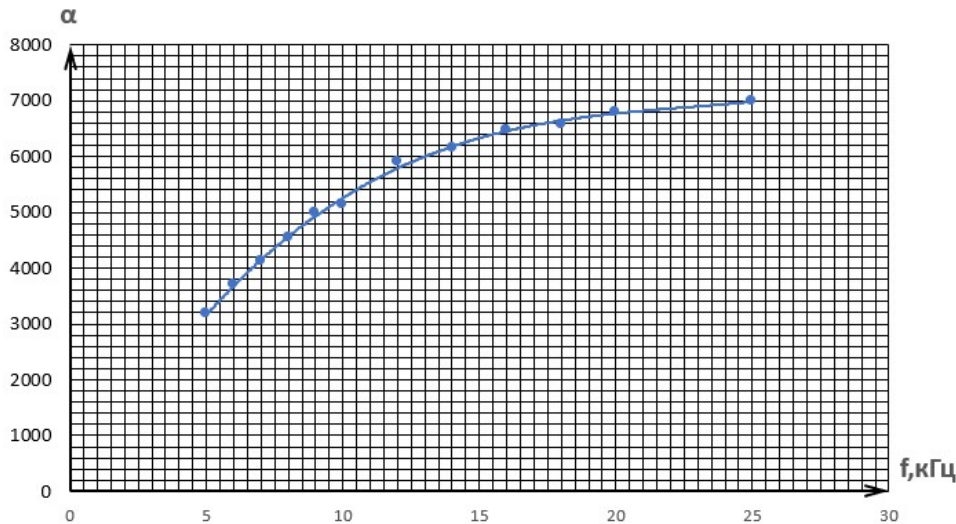
Ответ: $\alpha = 5160 \text{ м}^{-1}$

A2 2.00 Определите коэффициент затухания α для нескольких частот в диапазоне 5 — 25 кГц.

Повторим измерения предыдущего пункта для других частот. Измерения и соответствующие им α представлены в таблице ниже.

f , кГц	U_0 , В	U_{50} , В	U_{100} , В	U_{200} , В	U_{300} , В	α , 10^3м^{-1}
5.00	2.10	1.88	1.62	1.17	0.74	3170
6.00	2.10	1.84	1.55	1.06	0.65	3690
7.00	2.12	1.82	1.48	0.98	0.58	4130
8.00	2.12	1.78	1.41	0.90	0.53	4540
9.00	2.12	1.74	1.34	0.82	0.50	5000
10.00	2.12	1.70	1.26	0.78	0.46	5140
12.00	2.12	1.62	1.14	0.66	0.40	5910
14.00	2.21	1.54	1.03	0.60	0.34	6160
16.00	2.15	1.46	0.94	0.54	0.31	6480
18.00	2.31	1.38	0.86	0.50	0.30	6580
20.00	2.18	1.31	0.82	0.46	0.27	6810
25.00	2.58	1.04	0.70	0.40	0.25	6980

A3 1.20 Постройте график зависимости α от частоты.



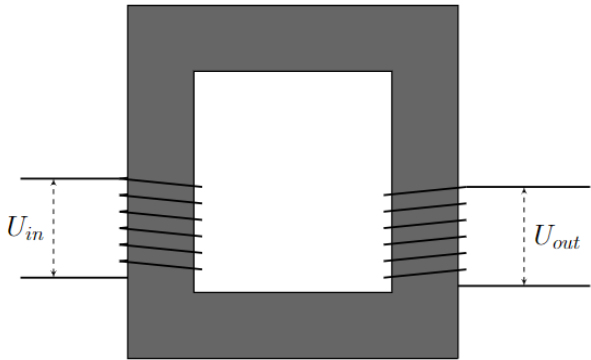
B1 0.30 Экспериментально определите m . Нарисуйте схемы измерений, необходимых для получения численного значения этой величины.

Соберем схему, представленную на рисунке и будем измерять U_{in} и U_{out} с помощью осциллографа.

$U_{in,0} = (6,10 \pm 0.05) \text{ В}.$

$U_{out,0} = (3.48 \pm 0.04) \text{ В}.$

Получаем значение $m = \frac{U_{out,0}}{U_{in,0}} :$



Ответ:
 $m = 0.57 \pm 0.01$.

В2 1.30 Снимите зависимость $P_{\text{пол}}$ и P_0 от амплитуды тока во вторичной катушке $I_{B,0}$.

Введём обозначения: U_1 и I_1 – амплитуды напряжения и тока в первичной катушке соответственно, φ – разность фаз между напряжением и током в первичной катушке, U_2 – амплитуда напряжения на реостате, I_2 – амплитуда тока через него ($I_2 = I_{B,0}$).

Тогда $P_0 = \frac{U_1 I_1 \cos \varphi}{2}$, $P_{\text{пол}} = \frac{U_2 I_2}{2} = \frac{U_2^2}{2R}$

U_1, U_2, φ измеряются непосредственно с помощью осциллографа.

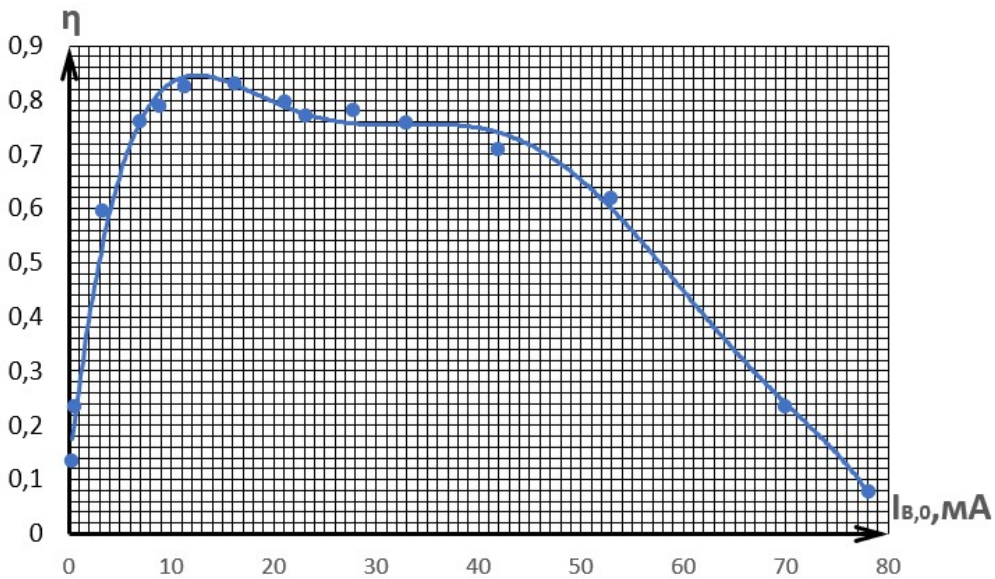
$I_1 = \frac{U_r}{r}$, где $r = 10$ Ом – сопротивление, включённое последовательно первичной катушке, U_r – амплитуда напряжения на нём.

$I_{B,0}$ изменяется при повороте ручки реостата.

Измерение и рассчитанные величины приведены в таблице ниже.

U_1 , В	I_1 , мА	$\cos \varphi$	P_0 , мВт	R , Ом	U_2 , В	$I_{B,0}$, мА	$P_{\text{пол}}$, мВт	η
3.36	59.0	0.85	84.1	2.1	0.16	78.1	6.4	0.08
3.60	54.5	0.88	86.6	8.3	0.58	70.0	20.3	0.23
4.20	39.2	0.92	75.8	33.5	1.77	52.9	46.9	0.62
4.60	31.8	0.91	66.9	53.8	2.26	42.0	47.4	0.71
4.92	26.2	0.88	56.9	79.3	2.62	33.0	43.1	0.76
5.10	23.0	0.86	50.3	102	2.83	27.8	39.3	0.78
5.20	21.8	0.77	43.3	125	2.89	23.2	33.4	0.77
5.30	19.4	0.80	41.1	146	3.09	21.2	32.7	0.80
5.45	16.6	0.71	32.0	200	3.26	16.3	26.5	0.83
5.60	15.6	0.55	23.8	303	3.45	11.4	19.6	0.82
5.70	14.0	0.50	20.0	399	3.55	8.9	15.7	0.79
5.70	13.2	0.44	16.5	506	3.56	7.0	12.5	0.76
5.85	12.8	0.28	10.3	1080	3.65	3.4	6.2	0.60
5.90	13.0	0.14	5.3	5810	3.81	0.7	1.2	0.23
5.90	12.8	0.14	5.2	10500	3.85	0.4	0.7	0.13

В3 1.20 Постройте график зависимости $\eta(I_{B,0})$. Укажите максимальное КПД η_{max} и при каком $I_{B,0}^{\text{max}}$ оно достигается.



Из графика находим η_{max} и $I_{B,0}^{\text{max}}$:

Ответ: $\eta_{max} = 0.83 \pm 0.01$.

$I_{B,0}^{max} = (15 \pm 5) \text{ мА}.$

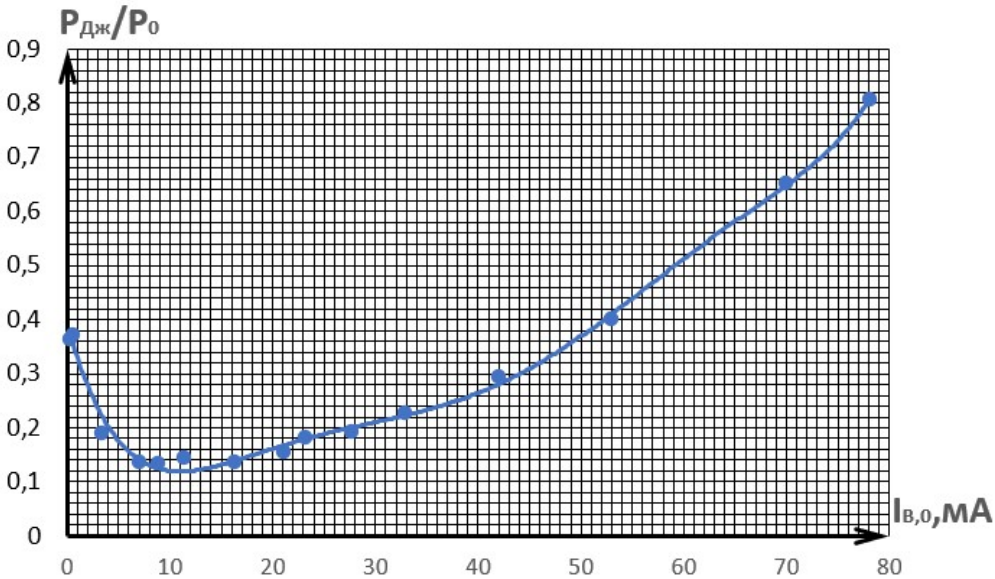
В4 ^{2.00} Получите зависимости относительного вклада каждого источника потерь $\frac{P_{Дж}}{P_0}$ и $\frac{P_{серд}}{P_0}$ от амплитуды тока во вторичной катушке $I_{B,0}$. Постройте их графики.

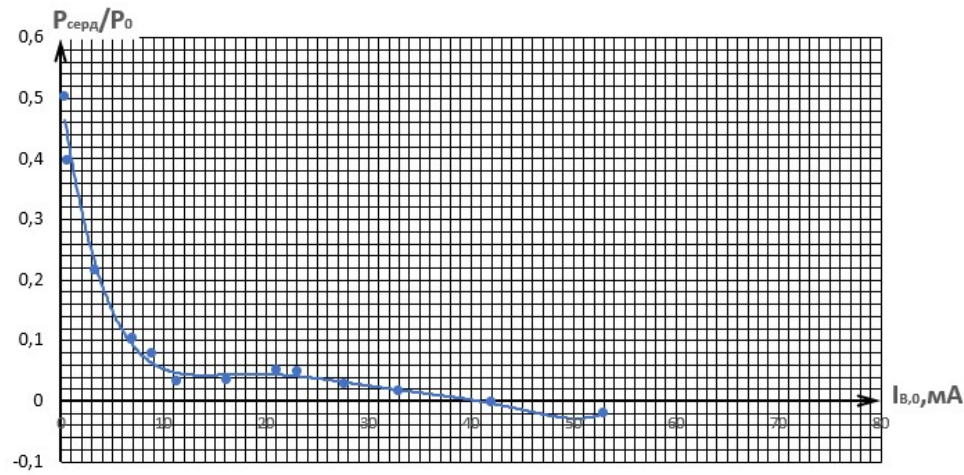
Джоулевы потери складываются из мощности, рассеивающейся непосредственно на катушках из-за наличия у них омического сопротивления, и мощности, рассеивающейся на резисторе, включённом последовательно первичной катушке. Зная токи в обеих катушках, их сопротивления и номинал резистора r , мы можем посчитать джоулевы потери $P_{Дж}$, а потери в сердечнике $P_{серд}$ найдём как остаточный член уравнения «разложения» P_0 в условии.

$$P_{Дж} = I_1^2(r_A + r) + I_2^2r_B,$$

$$P_{серд} = P_0 - P_{пол} - P_{Дж}.$$

$I_{B,0}, \text{ мА}$	$P_{Дж}, \text{ мВт}$	$P_{серд}, \text{ мВт}$	$\frac{P_{Дж}}{P_0}$	$\frac{P_{серд}}{P_0}$
78.1	67.7	10.0	0.81	0.12
70.0	56.4	9.9	0.65	0.11
52.9	30.4	0	0.40	0
42.0	19.6	0	0.29	0
33.0	12.8	1.0	0.23	0.02
27.8	9.6	1.4	0.19	0.03
23.2	7.9	2.1	0.18	0.05
21.2	6.4	2.0	0.16	0.05
16.3	4.4	1.1	0.14	0.03
11.4	3.4	0.8	0.14	0.03
8.9	2.6	1.6	0.13	0.08
7.0	2.3	1.7	0.14	0.10
3.4	2.0	2.2	0.19	0.21
0.7	2.0	2.1	0.37	0.40
0.4	1.9	2.6	0.36	0.50





C1 0.10

Получите уравнение, связывающее между собой амплитуды тока и напряжения в катушке.

Из закона электромагнитной индукции Фарадея ЭДС индукции

$$\mathcal{E}_{\text{инд}}(t) = -N \frac{d\Phi(t)}{dt} = -\mu\mu_0 g N^2 \frac{dI(t)}{dt}$$

В связи с пренебрежением омическим сопротивлением напряжение на катушке

$$U(t) = -\mathcal{E}_{\text{инд}}(t) = \mu\mu_0 g N^2 \frac{dI(t)}{dt}$$

Отсюда сразу следует

Ответ:

$$U_{\text{ампл}} = 2\pi\mu\mu_0 g f_0 N^2 I_{\text{ампл}}$$

C2 0.10

В этом случае получите выражения для ЭДС индукции $\mathcal{E}_A(t)$ и $\mathcal{E}_B(t)$ в катушках А и В соответственно. Ответ выразите через N_A , N_B , k , $U_g(t)$. Ток в первичной катушке считайте положительным, если он течет от «плюса» источника к «минусу».

В связи с пренебрежением омическим сопротивлением катушек

$$\begin{aligned} -N_A \frac{d\Phi_A}{dt} &= \mathcal{E}_A(t) = -U_g(t), \\ \mathcal{E}_B(t) &= -N_B \frac{d\Phi_B}{dt} = -kN_B \frac{d\Phi_A}{dt} = -\frac{kN_B}{N_A} U_g(t). \end{aligned}$$

Ответ: $\mathcal{E}_A(t) = -U_g(t)$,
 $\mathcal{E}_B(t) = -\frac{kN_B}{N_A} U_g(t)$.

C3 0.30

Получите выражение для производной тока в катушке А $\frac{dI_A(t)}{dt}$. Ответ выразите через μ , μ_0 , g , N_A , N_B , k , $U_g(t)$, $I_B(t)$. Считайте токи I_A и I_B одного знака, если создаваемые ими потоки складываются.

$$\mathcal{E}_A(t) = -N_A \frac{d(\Phi_A + k\Phi'_B)}{dt} = -\mu\mu_0 g N_A \left(N_A \frac{dI_A(t)}{dt} + kN_B \frac{dI_B(t)}{dt} \right) = -U_g(t).$$

Отсюда получаем

Ответ:

$$\frac{dI_A(t)}{dt} = \frac{1}{\mu\mu_0 g N_A^2} \left(U_g(t) - \mu\mu_0 g k N_A N_B \frac{dI_B(t)}{dt} \right).$$

C4 0.60

Получите теоретические выражения для собственных индуктивностей L_A и L_B . Ответ выразите через μ , μ_0 , g , N_A , N_B .

Используя закон электромагнитной индукции Фарадея и выражение для потока магнитного поля, получаем:

$$\mathcal{E}_{\text{инд}}(t) = -N \frac{d\Phi(t)}{dt} = -\mu\mu_0 g N^2 \frac{dI(t)}{dt}$$

И из определения индуктивности находим выражения для L_A и L_B :

Ответ:

$$L_A = \mu\mu_0 g N_A^2,$$

$$L_B = \mu\mu_0 g N_B^2.$$

C5^{0.80}

Экспериментально определите L_A , L_B , k . Нарисуйте схемы измерений, необходимых для получения численных значений этих величин.

Определим амплитуды напряжения и тока в катушке **A** $U_{A,\text{ампл}}$ и $I_{A,\text{ампл}}$. Амплитуда напряжения непосредственно измеряется осциллографом, для определения амплитуды тока нужно измерить амплитуду напряжения на сопротивлении, подключённом последовательно катушке (см. рис.), и разделить её на номинал сопротивления.

$$U_{A,\text{ампл}} = (6.0 \pm 0.1) \text{ В}, \quad I_{A,\text{ампл}} = (1.20 \pm 0.05) \text{ мА}.$$

Тогда используем выражение для импеданса катушки

$$L_A = \frac{U_{A,\text{ампл}}}{2\pi f_0 I_{A,\text{ампл}}} = (80 \pm 5) \text{ мГн}$$

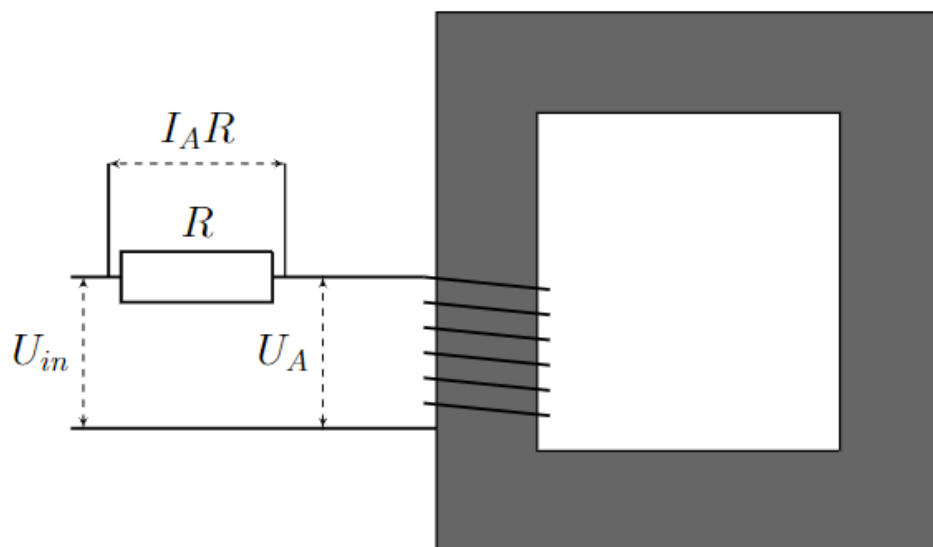
Аналогично для катушки **B**

$$U_{B,\text{ампл}} = (6.0 \pm 0.1) \text{ В}, \quad I_{B,\text{ампл}} = (2.80 \pm 0.15) \text{ мА}.$$

$$L_B = \frac{U_{B,\text{ампл}}}{2\pi f_0 I_{B,\text{ампл}}} = (34 \pm 2) \text{ мГн}.$$

Чтобы определить k нужно найти отношение ЭДС индукции катушек в расчёте на один виток:

$$k = \frac{U_{\text{out},0}/N_B}{U_{\text{in},0}/N_A} = m \frac{N_A}{N_B} = 0.86 \pm 0.02.$$



C6^{0.30}

Покажите, что пренебрежение внутренним сопротивлением катушки оправдано.

Внутреннее сопротивление катушки $r_{A,B} \approx 10 \text{ Ом}$.

Импеданс её индуктивности при частоте f_0 $Z_{A,B} \approx 3000 \text{ Ом}$.

Из этого следует, что $r_{A,B} \ll Z_{A,B}$, поэтому пренебрежение оправдано.

C7^{0.60}

Получите в явном виде выражение для $I_P(t)$ через f_0 , L_A , k , $U_g(t)$ и найдите численное значение его амплитуды $I_{P,0}$.

Катушка **B** замкнута, поэтому падение напряжения на ней равно нулю:

$$\mathcal{E}_B(t) = -N_B \frac{d(k\Phi_A + \Phi'_B)}{dt} = -\mu\mu_0 g N_B \left(kN_A \frac{dI_P(t)}{dt} + N_B \frac{dI_B(t)}{dt} \right) = 0.$$

Отсюда получаем

$$\frac{dI_P(t)}{dt} = -\frac{N_B}{kN_A} \frac{dI_B(t)}{dt}.$$

Воспользуемся результатом, полученным в пункте **С3**:

$$-\frac{N_B}{kN_A}\frac{dI_B(t)}{dt}=\frac{dI_P(t)}{dt}=\frac{1}{\mu\mu_0gN_A^2}\left(U_g(t)-\mu\mu_0gkN_AN_B\frac{dI_B(t)}{dt}\right).$$

И выражаем значение $\frac{dI_B(t)}{dt}$:

$$\frac{dI_B(t)}{dt}=-\frac{kU_g(t)}{\mu\mu_0gN_AN_B(1-k^2)}.$$

Подставляя в выражение для $\frac{dI_P(t)}{dt}$:

$$\frac{dI_P(t)}{dt}=\frac{U_g(t)}{\mu\mu_0gN_A^2(1-k^2)}=\frac{U_g(t)}{L_A(1-k^2)}.$$

Так как мы знаем, что $U_g(t)=U_{g,0}\cos 2\pi f_0t$:

$$I_P(t)=-\frac{U_{g,0}}{2\pi f_0L_A(1-k^2)}\cos 2\pi f_0t.$$

Окончательно получаем:

Ответ:

$$I_{P,0}=\frac{U_{g,0}}{2\pi f_0L_A(1-k^2)}=(4.6\pm 1.0)\text{ мА}$$

С8^{0.60}

Экспериментально определите $I_{P,0}$.

Замкнём катушку **В** и определим амплитуду тока в первичной катушке $I_{P,0}$ ранее описанным в пункте **С5** методом (с помощью последовательно соединённого резистора).

Получим:

Ответ: $I_{P,0}=(5.0\pm 0.3)\text{ мА}$.

Полученные значения совпадают с учетом погрешности.

С9^{0.20}

Выразите собственную индуктивность последовательно соединенных катушек L_{A+B} в случае, когда потоки от разных катушек суммируются. Ответ выразите через L_A , L_B , k .

Выразим суммарное ЭДС индукции на последовательно соединённых катушках, найдя полный поток через катушку **А** и **В**:

$$\mathcal{E}_{A+B}(t)=-N_A\frac{d(\mu\mu_0gN_AI_A(t)+k\mu\mu_0gN_BI_B(t))}{dt}-N_B\frac{d(k\mu\mu_0gN_AI_A(t)+\mu\mu_0gN_BI_B(t))}{dt}$$

$$I_A(t)=I_B(t)=I_{A+B}(t)\implies \mathcal{E}_{A+B}(t)=-(L_A+L_B+2k\sqrt{L_AL_B})\frac{dI_{A+B}(t)}{dt}$$

И по определению получаем индуктивность L_{A+B} :

Ответ:

$$L_{A+B}=L_A+L_B+2k\sqrt{L_AL_B}.$$

С10^{0.30}

Экспериментально определите L_{A+B} .

Метод измерения аналогичен методу в **С5**, только теперь катушки будут соединены последовательно в цепь.

$$U_{A+B,\text{ампл}}=(6.1\pm 0.1)\text{ В},\qquad I_{A+B,\text{ампл}}=(0.50\pm 0.05)\text{ мА}.$$

Ответ:

$$L_{A+B} = \frac{U_{A+B,\text{ампл}}}{2\pi f_0 I_{A+B,\text{ампл}}} = (190 \pm 20) \text{ мГн.}$$

C11^{0.20}

Используя экспериментальные значения L_A , L_B , L_{A+B} , найдите коэффициент связи k . Сравните полученное значение с полученным в пункте C5.

Из выражения в C9 выразим коэффициент связи k :

Ответ:

$$k = \frac{L_{A+B} - L_A - L_B}{2\sqrt{L_A L_B}} = 0.73 \pm 0.20.$$

В пределах погрешности значение совпадает с полученным в пункте C5.

C12^{0.30}

Проведите измерение амплитуды ЭДС индукции на катушках $\mathcal{E}_{A,0}$ и $\mathcal{E}_{B,0}$, когда направления создаваемых потоков противоположны и найдите отношение $\frac{\mathcal{E}_{A,0}}{\mathcal{E}_{B,0}}$. Получите теоретическое выражение для $\frac{\mathcal{E}_{A,0}}{\mathcal{E}_{B,0}}$. Ответ выразите через k , N_A , N_B .

Измерим амплитуды ЭДС на катушках при противоположно направленных потоках:

$$\mathcal{E}_{A,0} = (8.7 \pm 0.4) \text{ В},$$

$$\mathcal{E}_{B,0} = (2.7 \pm 0.2) \text{ В}.$$

Тогда экспериментальное отношение амплитуд ЭДС:

Ответ:

$$\frac{\mathcal{E}_{A,0}}{\mathcal{E}_{B,0}} = 3.2 \pm 0.4.$$

Из закона электромагнитной индукции Фарадея, учитывая последовательное соединение ($I_1 = I_2 = I$):

$$\mathcal{E}_A(t) = -\mu\mu_0 g N_A (N_A - k N_B) \frac{dI(t)}{dt},$$

$$\mathcal{E}_B(t) = -\mu\mu_0 g N_B (N_B - k N_A) \frac{dI(t)}{dt}.$$

Тогда

Ответ:

$$\frac{\mathcal{E}_{A,0}}{\mathcal{E}_{B,0}} = \frac{N_A}{N_B} \left| \frac{N_A - k N_B}{N_B - k N_A} \right| \approx 3.3.$$

Полученные значения совпадают с учетом погрешности.

C13^{2.00}

Определите относительную магнитную проницаемость μ ферритового материала. Нарисуйте схемы измерений, обозначив на них линии индукции магнитного поля.

Обозначим $l = (24 \pm 1) \text{ см}$, $h = (1.20 \pm 0.02) \text{ мм}$.

Запишем теоремы о циркуляции вектора напряжённости магнитного поля для двух систем: с прокладкой и без нее.

$$\frac{B_1}{\mu\mu_0} l = N_A I_1,$$

$$\frac{B_2}{\mu\mu_0} l + \frac{B_2}{\mu_0} 2h = N_A I_2.$$

Запишем связь между потоком Φ и L :

$$LI = \Phi = BSN \Rightarrow \frac{NS}{L} = \frac{I}{B},$$

где S – это площадь поперечного сечения сердечника.

Отсюда

$$\frac{l}{\mu\mu_0} = \frac{SN_A^2}{L_1}, \quad \frac{l}{\mu\mu_0} + \frac{2h}{\mu_0} = \frac{SN_A^2}{L_2}.$$

Поделим одно на другое:

$$\frac{L_1}{L_2} = 1 + \frac{2h}{l}\mu.$$

Аналогично пункту C5, в котором мы искали индуктивности, найдём L_1 и L_2 – индуктивности катушки **A** без прокладки и с прокладкой соответственно.

$$L_1 = (78 \pm 7) \text{ мГн}, \quad L_2 = (22 \pm 1) \text{ мГн}.$$

Ответ:

$$\mu = \frac{l}{2h} \left(\frac{L_1}{L_2} - 1 \right) = (260 \pm 50).$$

D1 ^{1.00} Соберите интегрирующую схему для рисунка выше, сигнал на выходе которой пропорционален $B(t)$. Подберите её параметры так, чтобы током через вторичную катушку можно было пренебречь. Зарисуйте собранную схему в листах ответов и укажите подобранные параметры.

Соберем схему, которая представлена на рисунке ниже (она состоит из резистора R и конденсатора C), и подберем значения R и f так, чтобы она была интегрирующей, т.е.

$$U_2(t) \sim \int U_B(t) dt.$$

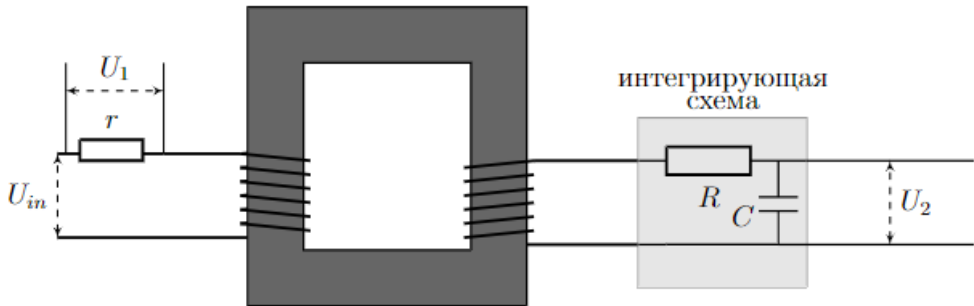
Для этого необходимо выполнение условия $fRC \gg 1$, где f – это угловая частота подаваемого сигнала (это выполнено при $R = 51 \text{ кОм}$ и $f \approx 50 \text{ Гц}$). Покажем это.

При $fRC \gg 1$ напряжение на резисторе примерно равно $U_B(t)$, тогда $I_R(t) \approx \frac{U_B(t)}{R}$.

При этом $I_B(t) = C\dot{U}_C(t)$, следовательно,

$$\dot{U}_C(t) = \frac{U_B(t)}{RC} \Rightarrow U_C(t) = \frac{1}{RC} \int U_B(t) dt = U_2(t).$$

При этом $U_B(t) = N_B S \frac{dB(t)}{dt} \Rightarrow U_C(t) = \frac{N_B S}{RC} B(t) \Rightarrow B(t) = \frac{RC}{N_B S} U_C(t)$.



D2 ^{0.50} С помощью осциллографа получите петли гистерезиса при разных частотах и зарисуйте полученные зависимости.

Получив петли гистерезиса при разных частотах, найдем частоту, при которой он «выходит на насыщение». На первом рисунке снизу представлен гистерезис с насыщением при частоте 40 Гц. На втором представлен гистерезис при частоте 100 Гц.



D3^{2.00} Запишите f_b в лист ответов. При частоте f_b получите кривую намагничивания $B(H)$, регулируя напряжение U_{in} , и постройте её.

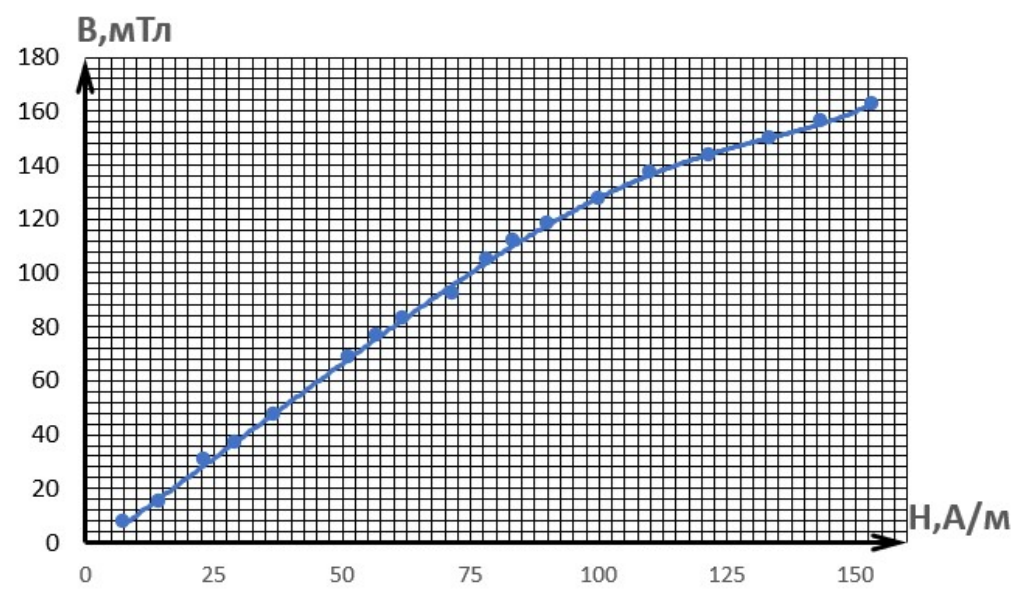
$f_b = (45 \pm 5) \text{ Гц}$

Также из теоремы о циркуляции получим: $H(t) = \frac{N}{l}I(t)$, где $l = (24 \pm 1) \text{ см}$.

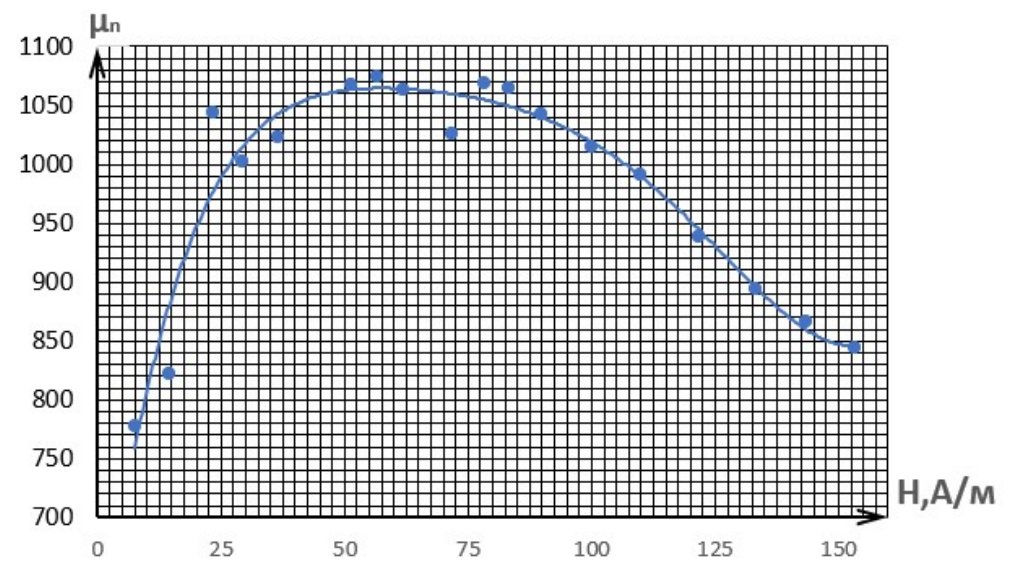
Измеренные и рассчитанные величины приведены в таблице ниже.

$I_1, \text{ мА}$	$U_2, \text{ В}$	$H, \text{ А/м}$	$B, \text{ мТл}$	μ_n
184	1.02	153	163	844
172	0.98	143	156	867
160	0.94	133	150	894
146	0.90	122	143	938
132	0.86	110	137	991
120	0.80	100	127	1010
108	0.74	90	118	1040
100	0.70	83	112	1070
94.0	0.66	78	105	1070
86.0	0.58	72	92.4	1030
74.4	0.52	62	82.9	1060
68.0	0.48	57	76.5	1070
61.6	0.43	51	68.8	1070
44.0	0.30	37	47.2	1020

35.2	0.23	29	37.0	1000
28.0	0.19	23	30.6	1040
17.4	0.09	15	15.0	822
9.0	0.05	8	7.3	778



D4^{1.50} Постройте график $\mu_n(H)$ для зависимости из прошлого пункта. Укажите характерные точки, если они есть.



Ответ: У зависимости есть максимум $\mu_{max} = 1050 \pm 50$ при $H_{max} = 60 \pm 15$ A/м.