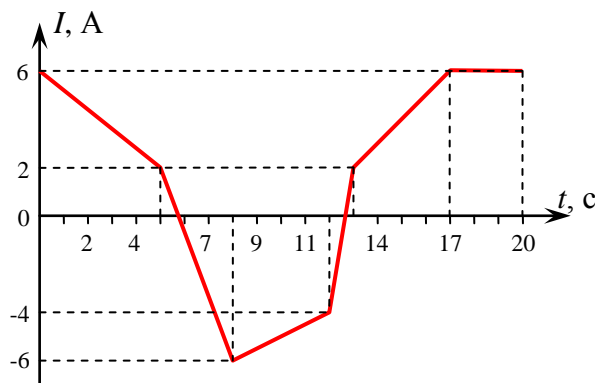


Комплекс задач по теме "ЭДС самоиндукции"

Нулевой уровень (требуется знание формул $\mathcal{E}_{\text{сам}} = -\frac{\Delta\Phi_{\text{собст}}}{\Delta t}$, $\Phi_{\text{собст}} = LI$)

- 0.1.** По замкнутому проводнику протекает ток силой 1,5 А. Магнитное поле этого тока создает поток через площадь контура, равный 6 мВб. Найдите индуктивность (в мГн) проводника. (4)
- 0.2.** Индуктивность контура 0,2 Гн. При какой силе тока в нем возникает магнитный поток 0,1 Вб?
- 0.3.** Сила тока, протекающего по обмотке катушки, равномерно изменяется на 5 А за 0,25 с. При этом возбуждается ЭДС самоиндукции 200 В. Определите индуктивность катушки. (10)
- 0.4.** Определите индуктивность катушки, если при равномерном изменении в ней силы тока от 5 до 10 А за 1 с возникает ЭДС самоиндукции 60 В. (12)
- 0.5.** При равномерном изменении силы тока в катушке индуктивностью 6 мГн в ней возникает ЭДС самоиндукции 8 мВ. На какую величину изменяется сила тока за 3 с? (4)
- 0.6.** В катушке индуктивностью 0,2 мГн с помощью реостата равномерно увеличивают силу тока со скоростью 100 А/с. Какова абсолютная величина ЭДС самоиндукции (в мВ), возникающей в катушке? (20)
- 0.7.** В катушке с индуктивностью 6 мГн при равномерном увеличении силы тока на 40 А возникла ЭДС самоиндукции 8 В. Сколько миллисекунд длилось увеличение тока? (30)
- 0.8.** Какова индуктивность катушки, если энергия ее магнитного поля при силе тока 2 А равна 20 мДж?
- 0.9.** По катушке протекает ток, создающий магнитное поле, энергия которого $W = 0,5$ Дж. Собственный магнитный поток через катушку $\Phi = 0,1$ Вб. Найти силу тока.
- 0.10.** В катушке при изменении силы тока со скоростью 60 А/с возникает ЭДС самоиндукции 30 В. Найти индуктивность катушки.
- 0.11.** Определить индуктивность цепи, если при изменении силы тока в ней по закону $I = 1 - 0,2t$ в цепи возникает ЭДС самоиндукции 20 мВ.
- 0.12.** На рисунке представлен график зависимости силы тока в катушке от времени. Индуктивность катушки равна 2,5 Гн. Найдите:



- модуль магнитного потока через катушку в момент $t_1 = 8$ с;
- модуль ЭДС самоиндукции в моменты $t_2 = 10$ с и $t_4 = 18$ с;
- максимальное и минимальное значения модуля ЭДС самоиндукции для данного графика;
- на сколько изменяется энергия магнитного поля катушки за 8 секунд, начиная с момента $t_3 = 12$ с?

Первый уровень (нулевой уровень + формула $\Phi = BS\cos\alpha$ и навыки математических преобразований)

- 1.1.** Соленоид с индуктивностью $L = 4$ мГн содержит $N = 600$ витков. Определить магнитный поток через один виток этого соленоида, когда сила тока, протекающего по обмотке, $I = 12$ А.
- 1.2.** Катушка, состоящая из 1000 витков. Когда сила тока в ней 0,6 А, магнитный поток через поперечное сечение этой катушки равен 3 мВб. Найти индуктивность катушки.
- 1.3.** При изменении силы тока в соленоиде от 2,5 А до 14,5 А магнитный поток через его сечение увеличился на 2,4 мВб. Соленоид имеет 800 витков. Найти ЭДС самоиндукции, которая возникает в нем, если изменение силы тока происходит равномерно в течение 0,15 с. Найти изменение энергии магнитного поля соленоида в этом процессе.
- 1.4.** Соленоид содержит $N = 1000$ витков. Площадь сечения сердечника $S = 10$ см², по обмотке течет ток, создающий внутри соленоида поле с индукцией $B = 1,5$ Тл. Найти ЭДС самоиндукции, возникающую в соленоиде, если силу тока равномерно уменьшить до нуля за время $t = 500$ мкс.
- 1.5.** Через обмотку катушки течет силой 5 А. При равномерном увеличении этого тока в 2 раза за 1 секунду в катушке возникает ЭДС самоиндукции, равная по модулю 2 В. Какой была энергия магнитного поля катушки в начальный момент (когда сила тока была 5 А)?
- 1.6.** Энергия магнитного поля катушки электромагнита с индуктивностью 0,2 Гн составляет 5 Дж. Определите величину ЭДС самоиндукции, которая возникнет в этой катушке при равномерном уменьшении силы тока до нуля за время 0,1 с.
- 1.7.** Энергия магнитного поля катушки с индуктивностью 5 Гн была равна 40 Дж. За какое время сила тока в этой катушке должна увеличиться в 7 раз, чтобы в течение этого времени в катушке была постоянная ЭДС самоиндукции равная 20 В?

Промежуточный контроль (возможно самоконтроль)

1 вариант

K1.1 В катушке с индуктивностью 0,2 Гн сила тока равна 10 А. Какова энергия магнитного поля этой катушки? Как изменится энергия поля, если сила тока увеличится вдвое?

K1.2 Индуктивность катушки 2,0 Гн, сила тока в ней 1 А. Найти ЭДС самоиндукции, которая возникает в катушке, если силу тока в ней равномерно уменьшить до нуля за время 0,1 с.

K1.3 Какая сила тока течет в катушке индуктивностью 0,2 Гн, если при равномерном увеличении силы тока в 2 раза за 0,4 с энергия магнитного поля катушки увеличивается до 20 Дж? Какой была ЭДС самоиндукции в этом процессе?

Ответ: $\approx 7,07$ А, $\approx 3,535$ В

2 вариант

K2.1 Индуктивность катушки равна 0,1 мГн. При какой силе тока энергия магнитного поля этой катушки будет 100 мкДж?

K2.2 Чему равна индуктивность катушки, если при изменении силы тока в ней от 10 А до 5 А за 0,5 с ЭДС самоиндукции оказалась равна 25 В?

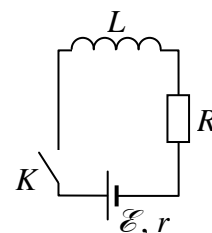
K2.3 При равномерном уменьшении силы тока в катушке возникает ЭДС самоиндукции 2 В. Энергия магнитного поля катушки при этом уменьшается от 0,4 Дж до 0,1 Дж. Найдите индуктивность катушки, если уменьшение силы тока длилось 0,1 с.

Ответ: 0,2 Гн

Второй уровень (первый уровень + закон Ома для участка и для полной цепи + $I = \frac{q}{t}$)

2.1. В катушке с сопротивлением 10 Ом поддерживается постоянный ток и напряжение 50 В. Чему равна энергия (в мДж) магнитного поля, запасенная в катушке, если ее индуктивность 20 мГн? (250)

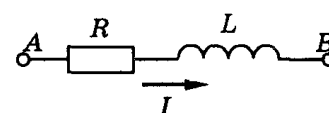
2.2. В цепи, изображенной на рисунке, $L = 0,6$ Гн, $\mathcal{E} = 36$ В. Чему будет равна сила тока в катушке сразу после замыкания ключа? С какой скоростью начнет возрастать ток, когда цепь замкнута?



2.3. К катушке индуктивностью $L = 0,25$ Гн приложена постоянная разность потенциалов 10 В. На сколько возрастет сила тока в катушке за 1 с? Сопротивлением катушки пренебречь.

2.4. В некоторой цепи имеется участок, изображенный на рисунке.

Сопротивление $R = 0,1$ Ом, индуктивность $L = 10^{-2}$ Гн, сила тока изменяется по закону $I = 2t$. Найти закон изменения разности потенциалов между точками A и B от времени. Найти разность потенциалов между точками A и B в момент времени $t = 1$ с.



2.5. В цепь включены последовательно источник тока с ЭДС $\mathcal{E} = 1,2$ В, реостат с сопротивлением $R = 1$ Ом и катушка с индуктивностью $L = 1$ Гн. В цепи протекал постоянный ток. С некоторого момента сопротивление реостата начинают менять так, чтобы ток уменьшался с постоянной скоростью $\Delta I/\Delta t = 0,2$ А/с. Каково сопротивление R_t цепи спустя время $t = 2$ с после начала изменения тока? (Ответ: 1,75 Ом)

2.6. Ток в короткозамкнутом сверхпроводящем соленоиде изменяется вследствие несовершенства контакта. Создаваемое этим током магнитное поле уменьшается на 2% в час. Определите сопротивление контакта R , если индуктивность соленоида $L = 1$ Гн. (Ответ: 5,6 мкОм)

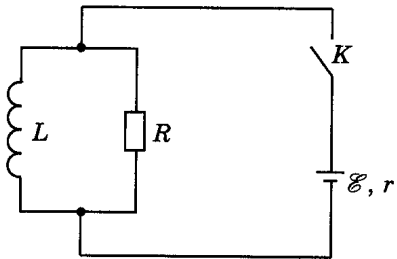
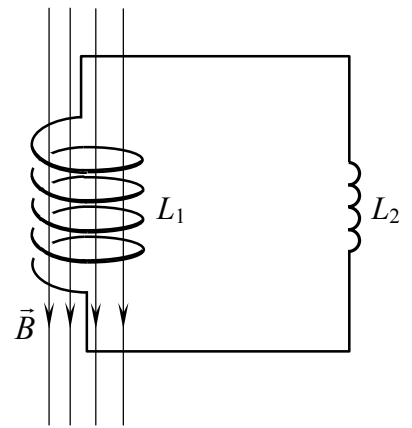
2.7. В соленоиде при силе тока I энергия магнитного поля W . Сопротивление обмотки R . Какой электрический заряд q пройдет по обмотке при равномерном уменьшении силы тока I в n раз? На сколько изменится энергия магнитного поля?

2.8. Кольцо из сверхпроводящего материала помещено в однородное магнитное поле, индукция которого нарастает от нуля до B_0 . Плоскость кольца перпендикулярна линиям индукции магнитного поля. Определить силу индукционного тока, возникающего в кольце. Радиус кольца r , индуктивность L .

2.9. Катушку с индуктивностью 2 Гн, содержащей 200 витков площадью 50 см², помещают в однородное магнитное поле с индукцией 60 мТл, параллельной оси катушки. Обмотку катушки охлаждают до сверхпроводящего состояния, а затем поворачивают катушку на 60° . Какой силы ток (в мА) возникнет в катушке? (15)

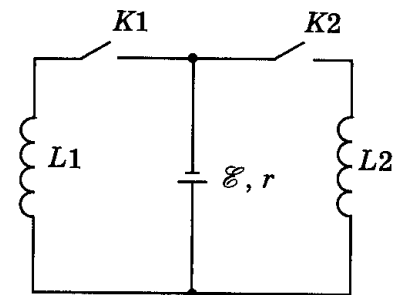
2.10. Катушка сопротивлением 20 Ом и индуктивностью 10 мГн находится в переменном магнитном поле. Когда создаваемый этим полем магнитный поток увеличивается на 1 мВб, сила тока в катушке возрастает на 0,05 А. Какой заряд проходит за это время по катушке?

2.11. Катушка из N витков, площадь каждого из которых равна S , расположена в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} , которая направлена перпендикулярно плоскости каждого витка катушки. Вне поля расположена вторая катушка. Обе катушки соединены проводами. Пренебрегая омическим сопротивлением катушек и проводов, определить величину тока, возникающего в катушках после выключения поля. Индуктивности катушек L_1 и L_2 .

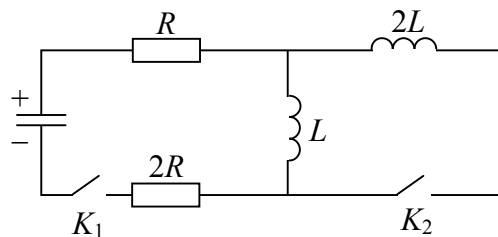


2.12. Параллельно соединенные катушка индуктивностью L и резистор сопротивлением R подключены через ключ K к батарее с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r . В начальный момент времени ключ K разомкнут и тока в цепи нет. Какой заряд протечет через резистор после замыкания ключа? Сопротивлением катушки пренебречь. (Ответ: $q = -L\mathcal{E}/(Rr)$)

2.13. Две катушки индуктивностями L_1 и L_2 подключены через ключи K_1 и K_2 к источнику с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r . В начальный момент оба ключа разомкнуты. После того как ключ K_1 замкнули и сила тока через катушку индуктивностью L_1 достигла некоторого значения I_0 , замыкают ключ K_2 . Определите установившиеся силы тока через катушки индуктивностями L_1 и L_2 после замыкания ключа K_2 . Сопротивления катушек пренебречь.



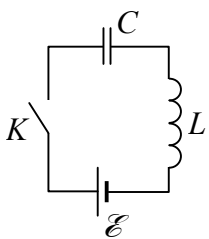
Ответ: $I_1 = (L_2\mathcal{E}/r + L_1I_0)/(L_1 + L_2)$, $I_2 = (L_1\mathcal{E}/r - L_1I_0)/(L_1 + L_2)$



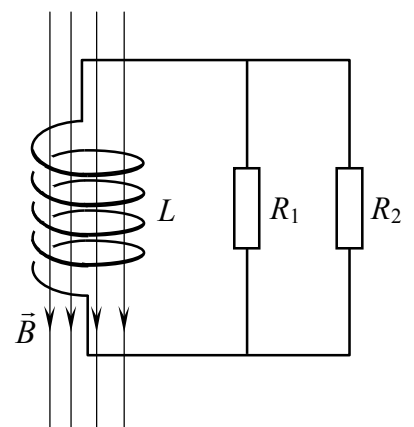
2.14. В схеме ключи разомкнуты, а конденсатор заряжен. Затем ключ K_1 замыкают. В момент, когда напряжение на резисторе с сопротивлением R достигает величины U , замыкают ключ K_2 . Найти установившийся ток через катушку с индуктивностью $2L$. Индуктивности катушек указаны на схеме, их сопротивлением можно пренебречь.

Третий уровень (второй уровень + закон сохранения энергии для электрической цепи + $T = 2\pi\sqrt{LC}$)

3.1. В цепи, изображенной на рисунке, сразу после выключения внешнего однородного магнитного поля \vec{B} , в котором находилась идеальная катушка L , через сопротивление R_1 течет ток I_0 . Найдите количество теплоты, которое выделяется после выключения магнитного поля в сопротивлении R_2 .



3.2. В изображенной на рисунке схеме ЭДС батареи $\mathcal{E} = 24$ В, емкость конденсатора $C = 1$ мкФ, индуктивность катушки $L = 40$ мГн. При разомкнутом ключе K конденсатор не заряжен. Пренебрегая сопротивлением цепи, определить максимальную силу тока после замыкания ключа. Ответ: 0,12 А



3.3. В схеме, изображенной на рисунке к предыдущей задаче, ЭДС батареи $\mathcal{E} = 10$ В, емкость конденсатора $C = 2$ мкФ, индуктивность катушки L неизвестна. При разомкнутом ключе K конденсатор заряжен до напряжения $U_0 = 0,5\mathcal{E}$ (на правой пластине положительный заряд, на левой — отрицательный). Пренебрегая омическим сопротивлением цепи, определить максимальный заряд на конденсаторе после замыкания ключа. Ответ: 30 мкКл.

3.4. В колебательном контуре, состоящем из катушки с индуктивностью L и воздушного конденсатора емкостью C , происходят гармонические колебания силы тока с амплитудой I_0 . В тот момент, когда сила

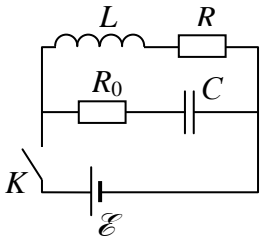
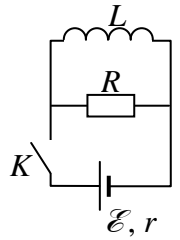
тока в катушке равна нулю, пространство между пластинами быстро заполняют диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 1,5$. На сколько изменится полная энергия контура?

Ответ: $\Delta W = -LI_0^2/6$.

3.5. В колебательном контуре, состоящем из катушки с индуктивностью L и воздушного конденсатора емкостью C , происходят гармонические колебания силы тока с амплитудой I_0 . В тот момент, когда сила тока в катушке равна нулю, быстро (по сравнению с периодом колебаний) раздвигают пластины конденсатора, так, что его емкость меняется на $\Delta C = 0,01C$. На сколько изменится полная энергия контура? Ответ: $\Delta W = LI_0^2 \Delta C / (2(C - \Delta C)) \approx 0,005 LI_0^2$

3.6. Ключ в схеме, показанной на рисунке, в начальный момент был замкнут. Определить количество теплоты, выделившееся на резисторе R после размыкания ключа.

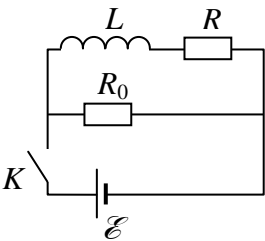
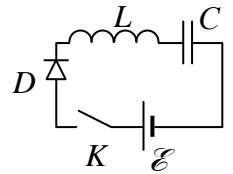
Индуктивность катушки $L = 0,2$ Гн, сопротивление резистора $R = 100$ Ом, величина ЭДС источника $\mathcal{E} = 9$ В, его внутреннее сопротивление $r = 3$ Ом. Ответ: $Q = L\mathcal{E}^2 / (2r^2) = 0,9$ Дж.



3.7. Ключ K в схеме, показанной на рисунке, в начальный момент был замкнут. Определить количество теплоты, выделившееся на резисторе R после размыкания ключа. Индуктивность катушки $L = 4 \cdot 10^{-6}$ Гн, емкость конденсатора $C = 7 \cdot 10^{-5}$ Ф, сопротивление резисторов $R_0 = 10$ Ом, $R = 15$ Ом, величина ЭДС источника $\mathcal{E} = 450$ В. Ответ: $Q = 0,5 \cdot CR\mathcal{E}^2 / (R + R_0) = 4,25$ Дж.

3.8. В цепи, состоящей из источника тока с ЭДС \mathcal{E} , конденсатора емкости C , катушки индуктивности L и идеального диода D , ключ K первоначально разомкнут.

Определите напряжение, до которого зарядится конденсатор после замыкания ключа. Диод считается идеальным, если его сопротивление в прямом направлении бесконечно мало, а в обратном направлении — бесконечно велико. Внутреннее сопротивление источника тока равно нулю. Ответ: $2\mathcal{E}$.



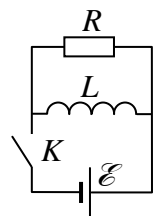
3.9. Ключ в схеме, показанной на рисунке, в начальный момент был замкнут. Определить количество теплоты, выделившееся на резисторе R после размыкания ключа. Индуктивность катушки $L = 7 \cdot 10^{-4}$ Гн, сопротивление резисторов $R_0 = 1,8$ Ом, $R = 1,2$ Ом, величина ЭДС источника $\mathcal{E} = 50$ В. Ответ: $Q = L\mathcal{E}^2 / (2R(R + R_0)) = 0,243$ Дж.

3.10. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными.

Параметры элементов указаны на рисунке. До замыкания ключа ток в цепи отсутствовал.

Ключ K замыкают на некоторое время, а затем размыкают. Оказалось, что за время, пока ключ был замкнут, и за время, пока ключ был разомкнут, в схеме выделились равные количества теплоты. Какое количество теплоты выделилось в схеме за все время опыта?

Какой заряд прошел через источник за время, пока ключ был замкнут? Определите время, в течение которого ключ был замкнут.



3.11. В схеме, изображенной на рисунке, в начальный момент времени ключи K_1 и K_2 разомкнуты, а конденсатор C не заряжен. Сначала замыкают ключ K_1 . В момент, когда напряжение на конденсаторе оказывается равным э. д. с. батареи \mathcal{E}_2 , замыкают ключ K_2 . Через время τ после замыкания ключа K_2 величина силы тока через катушку индуктивности L увеличилась в 4 раза. Считая известными время τ и отношение $\mathcal{E}_2 / \mathcal{E}_1 = 0,4$, определить период собственных колебаний колебательного контура, состоящего из индуктивности L и емкости C . Всеми омическими потерями пренебречь.

