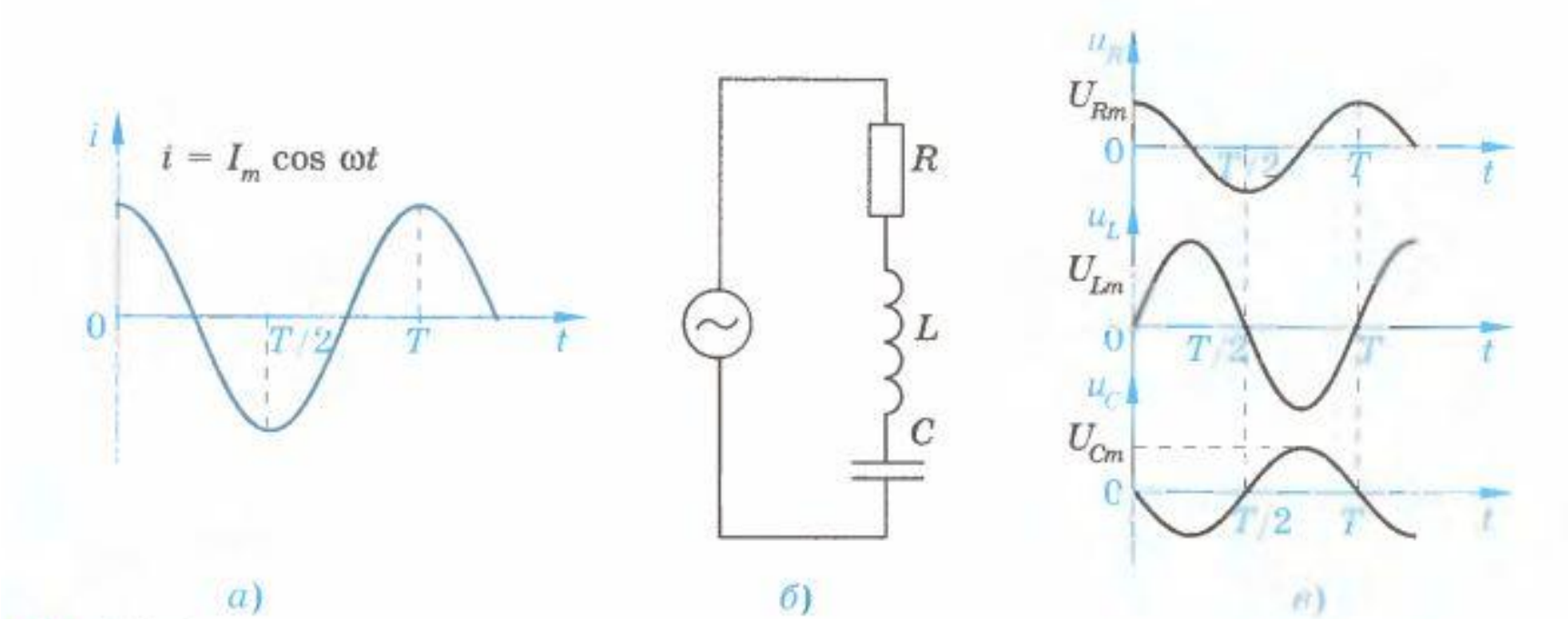
Колебательный контур в цепи переменного тока

Сегодня среда, 29 мая 2013 г.

Вынужденные электромагнитные колебания в колебательном контуре



•*Колебательный контур в цепи переменного тока: а) график изменения силы тока; б) схема включения; в) графики напряжений на элементах цепи*

Вынужденные электромагнитные колебания в колебательном контуре

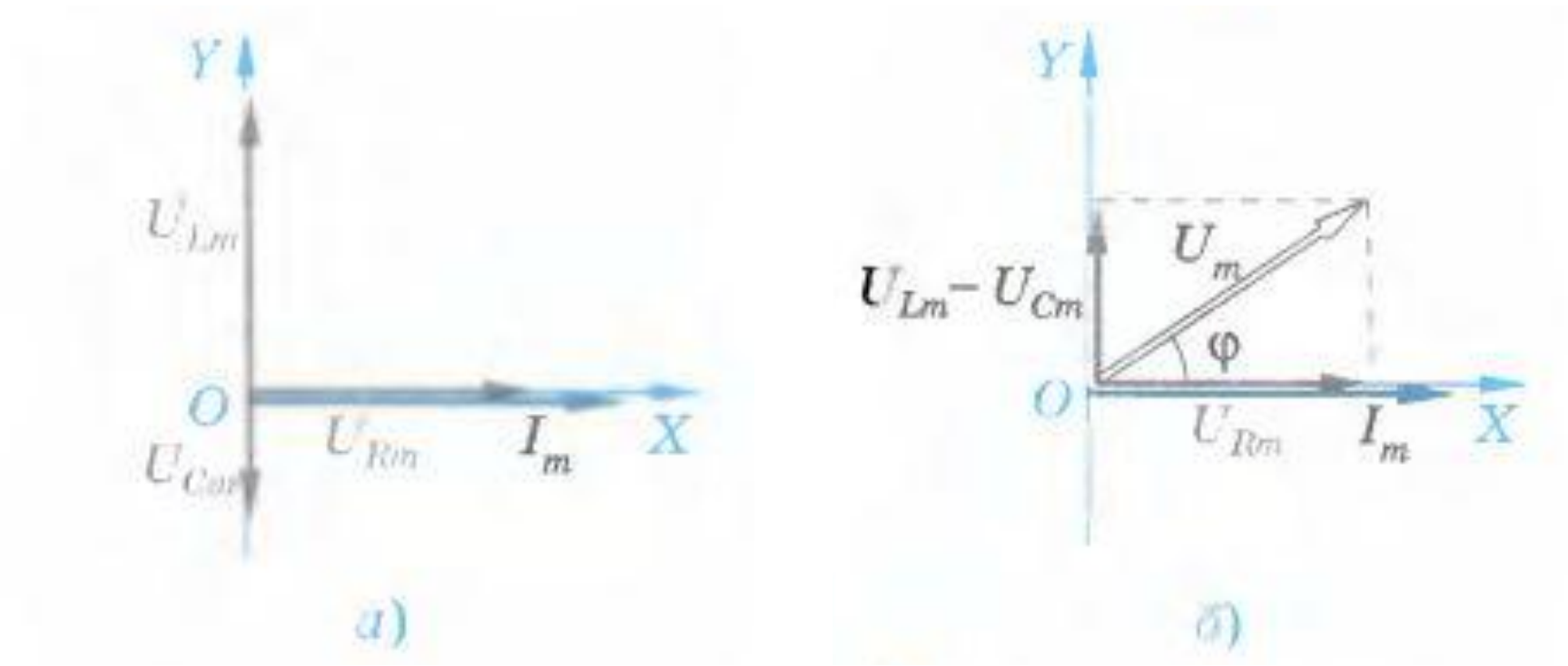
$$i = I_m \cos \omega t.$$

$$Z = \frac{U_m}{I_m}.$$

$$u = u_R + u_L + u_C.$$

- В любой момент времени мгновенное значение приложенного напряжения равно сумме мгновенных значений напряжений на последовательно включенных элементах цепи: резисторе u_R, катушке индуктивности u_L и конденсаторе u_c

Векторная диаграмма для колебательного контура



а) напряжения на элементах; б) напряжение, приложенное к контуру

Вынужденные электромагнитные колебания в колебательном контуре

$$u_R = U_{Rm}\cos\omega t,$$
$$U_{Rm} = I_m R.$$

$$u_L = U_{Lm}\cos(\omega t + \pi/2),$$
$$U_{Lm} = I_m X_L = I_m \omega L.$$

$$u_C = U_{Cm}\cos(\omega t - \pi/2),$$
$$U_{Cm} = I_m X_C = I_m \frac{1}{\omega C}.$$

$$U_m = \sqrt{U_{Rm}^2 + (U_{Lm} - U_{Cm})^2}.$$

$$U_m = I_m \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

$$u = U_m \cos(\omega t + \varphi),$$

Вынужденные электромагнитные колебания в колебательном контуре

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{\omega L - 1/(\omega C)}{R}.$$

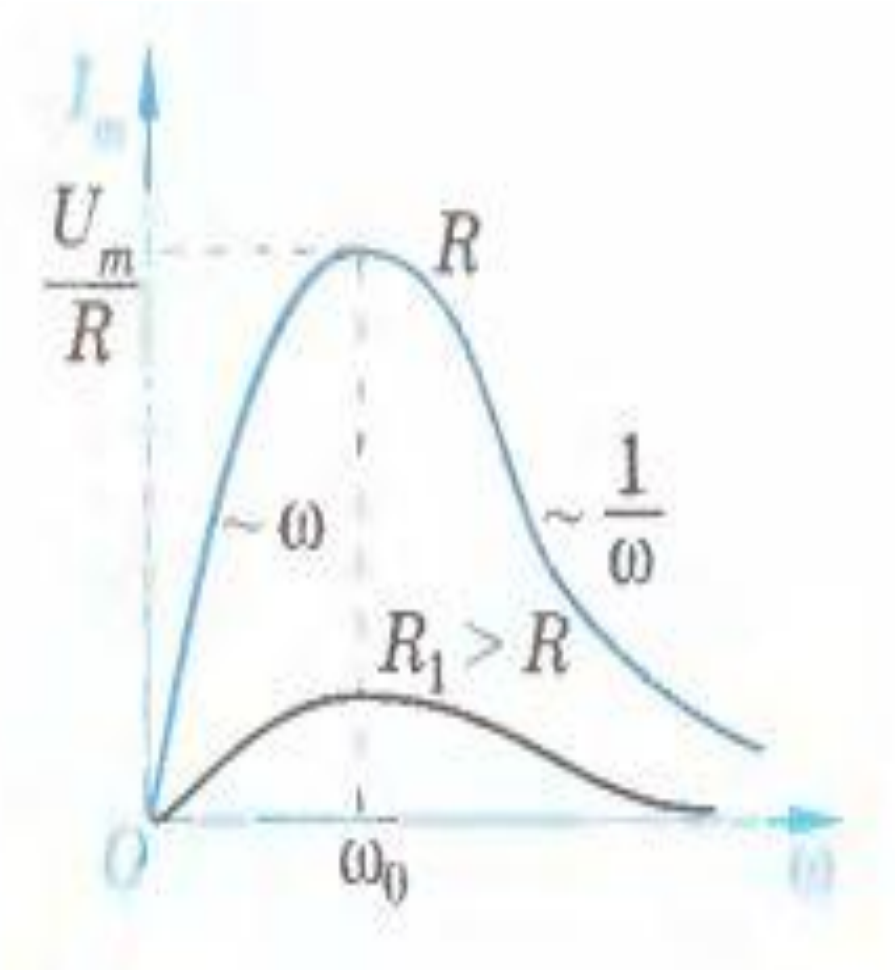
$$\omega L = \frac{1}{\omega C}.$$

$$Z = \frac{U_m}{I_m} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0.$$

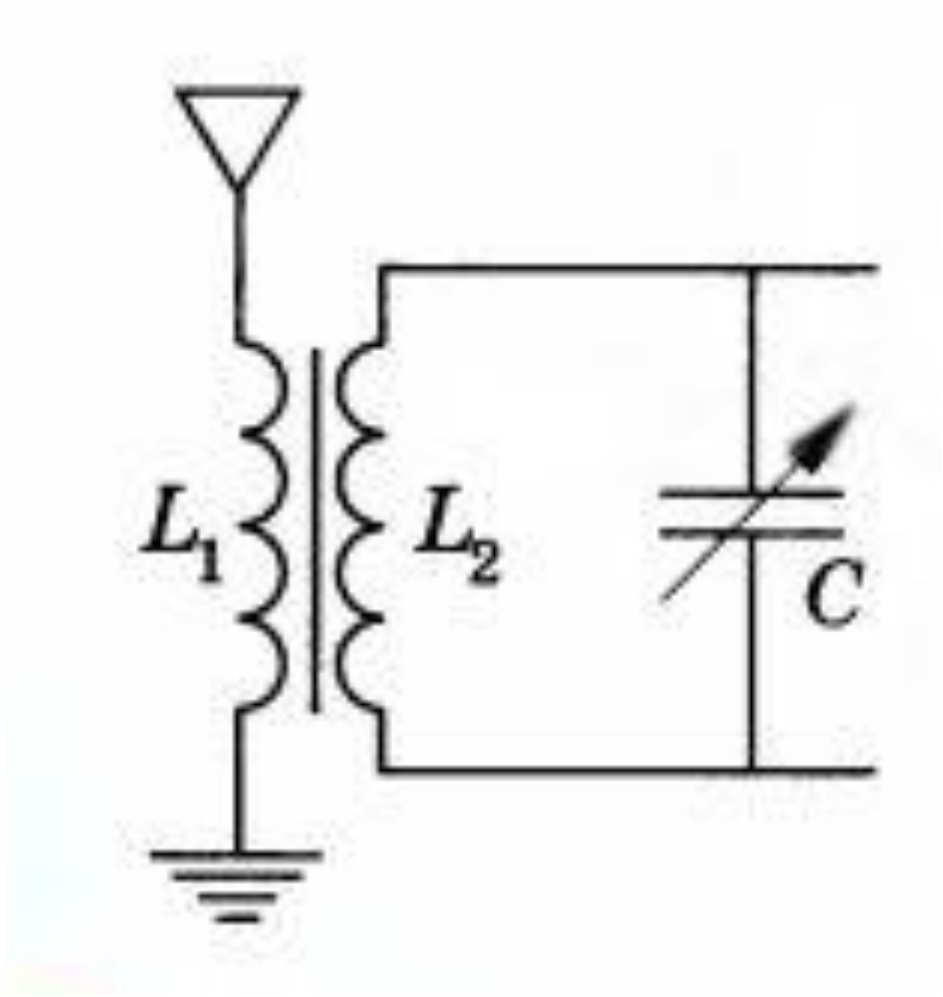
$$I_m = \frac{U_m}{Z} = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}.$$

Резонанс в колебательном контуре



Резонанс в колебательном контуре — физическое явление резкого возрастания амплитуды колебаний силы тока в контуре при совпадении частоты вынужденных колебаний с частотой собственных колебаний в нем.

Применение резонанса в колебательном контуре



Явление резонанса широко используется в радиотехнике: в схемах настройки радиоприемников, усилителей, генераторов высокочастотных колебаний. Колебательный контур служит для выделения сигнала требуемой частоты в схеме настройки радиоприемника на нужную станцию, ведущую передачи на определенной частоте со.

Вопросы

- 1. Какова зависимость от времени напряжения на катушке индуктивности и конденсаторе в колебательном контуре, если напряжение на резисторе изменяется с течением времени по закону $u_L = U_{Lm} \cos \omega t$?

Ответ

Напряжение на катушке индуктивности:

$u_L = U_{Lm} \cos(\omega t + \pi/2)$, $U_{Lm} = I_m X_L = I_m \omega L$.

Напряжение на конденсаторе:

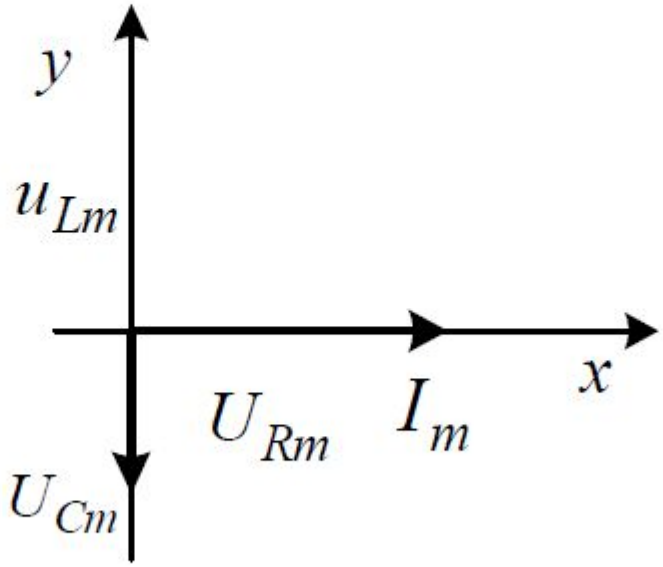
$u_C = U_{Cm} \cos(\omega t - \pi/2)$, $U_{Cm} = I_m XC = I_m / \omega C$.

Вопросы

- 2. Изобразите на векторной диаграмме векторы, соответствующие колебаниям силы тока $I_{mт}$ и напряжений на элементах контура *L, C, R.*

Ответ

.



Вопросы

- 3. Как полное сопротивление колебательного контура переменному току зависит от частоты тока и параметров контура *L*, C, R*?*

3. Полное сопротивление колебательного контура:

$$Z = U_m / I_m = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$ $\sqrt{(R^2 + (\omega L - 1 / \omega C)^2)}$.

Вопросы

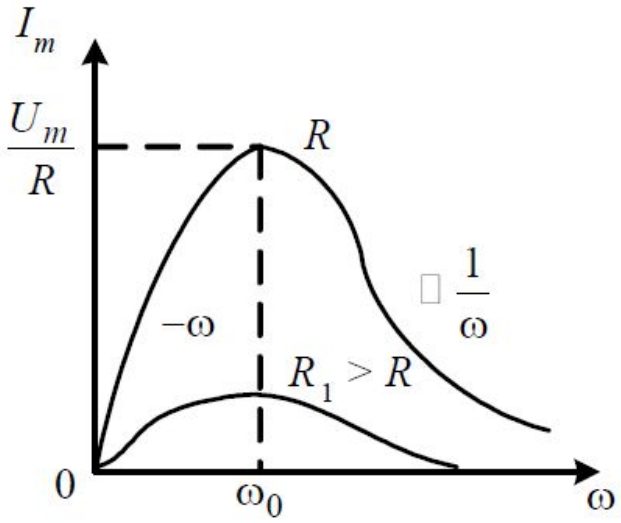
•4. Охарактеризуйте явление резонанса в колебательном контуре. Как используется явление резонанса в радиотехнике?

Ответ

Резонанс в колебательном контуре – это физическое явление резкого возрастания амплитуды колебаний тока в контуре, если частота вынужденных колебаний совпадает с частотой собственных колебаний в контуре. Оно используется в схемах настройки усилителей, радиоприемников, генераторов высокочастотных колебании

вопросы

- 5. Нарисуйте резонансную кривую при двух различных значениях активного сопротивления.



задачи

.

1. Колебательный контур включен в сеть переменного напряжения Действующее значение напряжения на конденсаторе U_C = 100 В, на катушке индуктивности U_L = 60 В, на резисторе U_R = 30 В. Найдите действующее значение напряжения сети **[50 В]**

Дано:	Решение:
$U_C = 100$ В $U_L = 60$ В $U_R = 230$ В	$U_m = \sqrt{U_{Rm}^2 + (U_{Lm} - U_{Cm})^2} \Rightarrow$ $\Rightarrow U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{900 + (60 - 100)^2} =$
$U - ?$	$= 50$ В Ответ: $U = 50$ В.

задачи

.

2. Колебательный контур состоит из конденсатора с емкостным сопротивлением x_C = 2,5 кОм и катушки индуктивности, индуктивное сопротивление которой x_L = 2 кОм. Найдите полное сопротивление контура. **[500 Ом]**

Дано:	Решение:
$x_C = 2,5$ кОм	$Z = x_L - x_C = 0,5$ кОм
$x_L = 2$ кОм	Ответ: $Z = 500$ Ом.
$Z - ?$	

задачи

3. Колебательный контур, подключенный к генератору, содержит резистор, сопротивление которого R = 5 Ом, катушку индуктивностью L = 5 Гн и конденсатор. Определите электроемкость конденсатора, при которой в контуре при частоте 1 кГц возникает резонанс. Найдите показание амперметра (включенного в сеть) при резонансе, если действующее напряжение на генераторе 220 В **[0,5 мкФ; 44 А]**

Дано:

$R = 5$ Ом

$L = 5$ Гн

$\nu = 1$ кГц $= 10^3$ Гц

$U = 220$ В

$C - ?$

Решение:

$$\nu = \frac{2\pi}{\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \frac{4\pi^2}{\nu^2 L} = \frac{4\cdot(3{,}14)^2}{10^6\ \text{Гц}\cdot 5\ \text{Гн}} = 8\cdot 10^{-6}\ \text{Ф}$$

$$I = U/Z = U\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/(\omega C))^2} =$$

$$= U/R = \frac{220\ \text{В}}{5\ \text{Ом}} = 44\ \text{А}.$$

Ответ: C = 8 мкФ; I = 44 А.

задачи

4. Электрическая цепь состоит из катушки индуктивностью L = 0,2 Гн, конденсатора емкостью C = 0,1 мкФ и резистора сопротивлением R = 367 Ом Найдите индуктивное сопротивление x_L, емкостное сопротивление x_C и полное сопротивление контура Z при частоте тока ν = 1 кГц. **[x_L = 1,26 кОм; x_C = 1,6 кОм; Z = 500 Ом]**

Дано:	Решение:
$L = 0,2$ Гн	$\omega = 2\pi\nu = 6,28$ кГц
$C = 0,1$ мкФ $= 10^{-7}$ Ф	Тогда $x_L = \omega L = 1,26$ кОм
$R = 367$ Ом	$x_c = 1/(\omega C) = 1,6$ кОм
$\chi = 1$ кГц $= 10^3$ Гц	$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/(\omega C))^2} =$
x_L; x_C; Z – ?	$= \sqrt{1346890 \text{ Ом}^2 + (1,26 \cdot 10^3 \text{ Ом} - 1,6 \cdot 10^3 \text{ Ом}} =$
	-500 Ом

Ответ: x_L = 1,26 кОм; x_C = 1,6 кОм; Z = 500 Ом

задачи

5. К генератору переменного тока с частотой ν = 100 Гц подключены катушка индуктивностью L = 0,5 Гн, конденсатор емкостью C = 4 мкФ и резистор сопротивлением R = 54 Ом. Сила тока в цепи I = 0,5 А Найдите полное сопротивление цепи и максимальное напряжение на генераторе. **[100 Ом; 37,8 В]**

Дано:

$L = 0,5$ Гн

$C = 4$ мкФ $= 4 \cdot 10^{-6}$ Ф

$R = 54$ Ом

$\nu = 100$ Гц

$I = 0,5$ А

$Z;\ U_m - ?$

Решение:

$\omega = 2\pi\nu = 628$ рад/с

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/(\omega C))^2} =$$

$$= \sqrt{54^2\ \text{Ом}^2 + (682 \cdot 0,5\ \text{Гн} - \frac{1}{628\ \text{рад/с} \cdot 4 \cdot 10^{-6}\ \text{Ф}}} =$$

$$= 100\ \text{Ом}$$

$$U_m = I_m Z = I\sqrt{2} \cdot Z = 0,5 \cdot 1,42 \cdot 100\ \text{Ом} = 70,7\ \text{В}$$

Ответ: $Z = 100$ Ом; $U_m = 70,7$ В.

Задача ЕГЭ

А16. Чтобы увеличить период электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре в 2 раза, достаточно емкость конденсатора в контуре

1) увеличить в 2 раза
2) уменьшить в 2 раза
3) увеличить в 4 раза
4) уменьшить в 4 раза

Задача ЕГЭ

А14. Колебательный контур состоит из конденсатора электроёмкостью C и катушки индуктивностью L. Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если и электроёмкость конденсатора, и индуктивность катушки увеличить в 2 раза?

1) не изменится
2) увеличится в 4 раза
3) уменьшится в 2 раза
4) увеличится в 2 раза

Задача ЕГЭ

А16. Чтобы увеличить частоту электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре в 2 раза, достаточно индуктивность катушки в контуре

1) увеличить в 2 раза
2) уменьшить в 2 раза
3) увеличить в 4 раза
4) уменьшить в 4 раза

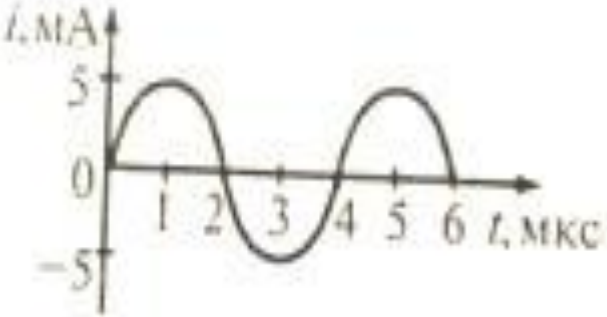
Задача ЕГЭ

А16. В момент $t = 0$ энергия конденсатора в идеальном колебательном контуре максимальна и равна E_0. Через четверть периода колебаний энергия катушки индуктивности в контуре равна

1) E_0 2) $0{,}5E_0$ 3) $0{,}25E_0$ 4) 0

Задача ЕГЭ

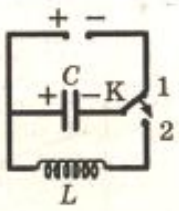
А16. На рисунке приведен график гармонических колебаний тока в колебательном контуре. Если катушку в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 4 раза меньше, то период колебаний будет равен



1) 1 мкс
2) 2 мкс
3) 4 мкс
4) 8 мкс

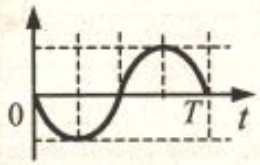
Задача ЕГЭ

В3. Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после переведения переключателя К в положение 2. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

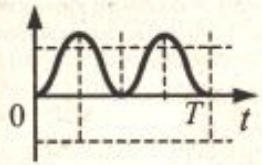


ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) заряд левой обкладки конденсатора
2) энергия электрического поля конденсатора
3) сила тока в катушке
4) энергия магнитного поля катушки

А	Б

Задача ЕГЭ

А16. Колебательный контур состоит из конденса электроемкостью C и катушки индуктивностью L. изменится период свободных электромагнитных кол ний в этом контуре, если и электроемкость конденс ра, и индуктивность катушки увеличить в 2 раза?

1) не изменится
2) увеличится в 4 раза
3) уменьшится в 2 раза
4) увеличится в 2 раза

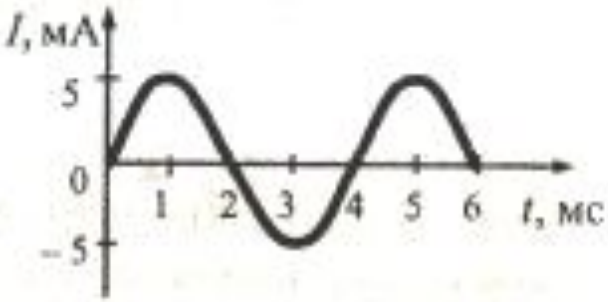
Задача ЕГЭ

А14. В наборе радиодеталей для изготовления простого колебательного контура имеются две катушки с индуктивностями $L_1 = 1$ мкГн и $L_2 = 2$ мкГн, а также два конденсатора, ёмкости которых $C_1 = 30$ пФ и $C_2 = 40$ пФ. При каком выборе двух элементов из этого набора частота собственных колебаний контура ν будет наибольшей?

1) L_1 и C_1
2) L_1 и C_2
3) L_2 и C_2
4) L_2 и C_1

Задача ЕГЭ

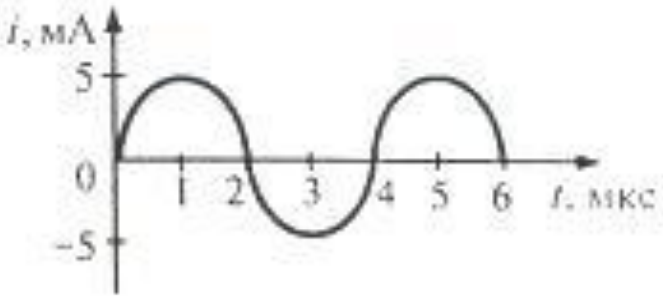
А24. На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, состоящем из последовательно соединённых конденсатора и катушки, индуктивность которой равна 0,2 Гн. Максимальное значение энергии магнитного поля катушки равно



1) $2{,}5 \cdot 10^{-6}$ Дж 2) $5 \cdot 10^{-6}$ Дж 3) $5 \cdot 10^{-4}$ Дж 4) 10^{-3} Дж

Задача ЕГЭ

А19. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре с последовательно включенными конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,2 Гн. Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно

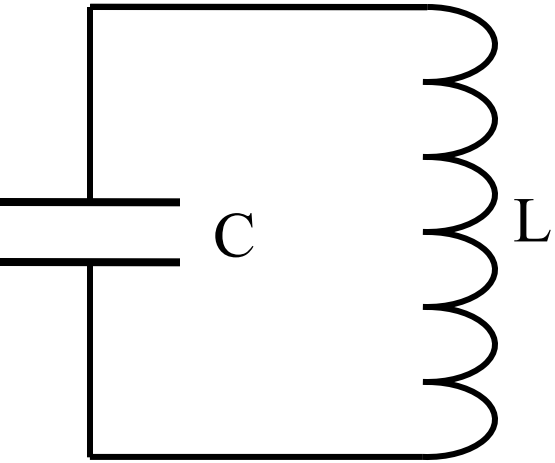


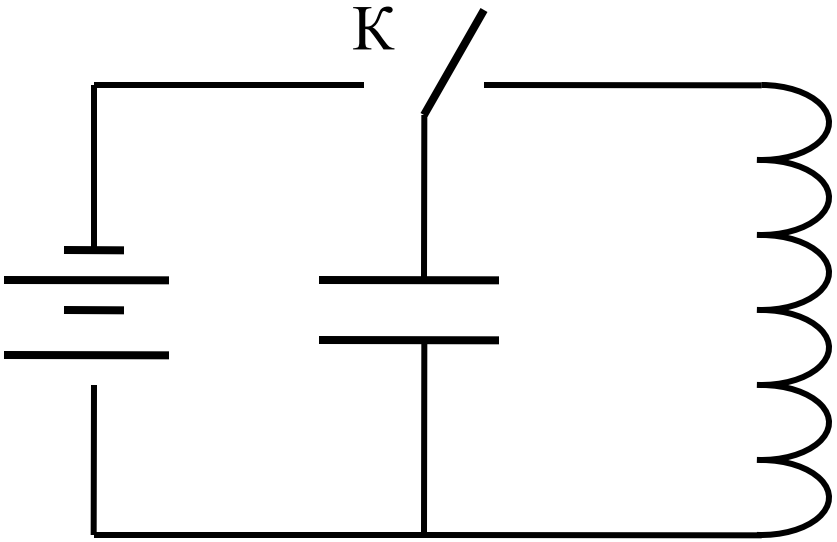
1) $2{,}5 \cdot 10^{-6}$ Дж 2) $5 \cdot 10^{-6}$ Дж 3) $5 \cdot 10^{-4}$ Дж 4) 10^{-3} Дж

Задача ЕГЭ

А14. В наборе радиодеталей для изготовления простого колебательного контура имеются две катушки с индуктивностями $L_1 = 1$ мкГн и $L_2 = 2$ мкГн, а также два конденсатора, ёмкости которых $C_1 = 30$ пФ и $C_2 = 40$ пФ. При каком выборе двух элементов из этого набора период собственных колебаний контура T будет наименьшим?

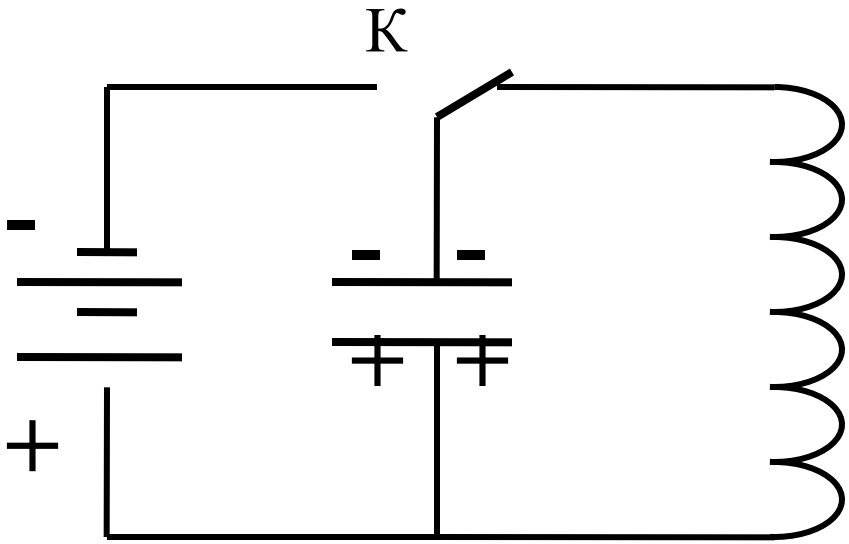
1) L_1 и C_1 2) L_2 и C_2 3) L_2 и C_1 4) L_1 и C_2

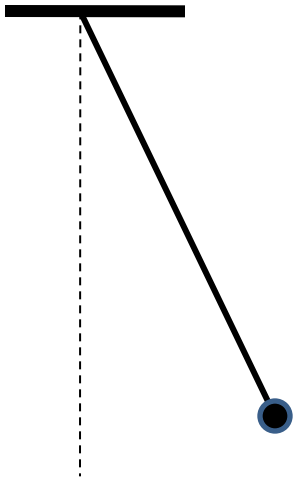




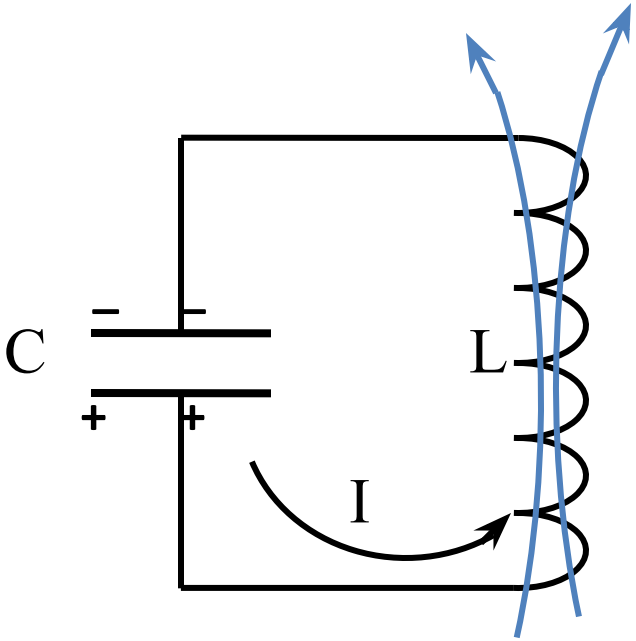
q = max

$W_{эл}$ =max





t = O – ¼ T



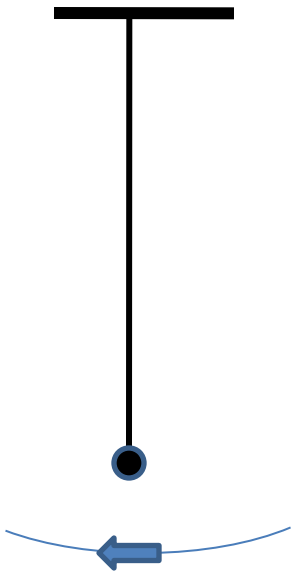
t =O: q = max

$W_{эл}$ =max.

t = 0 - 1/4T

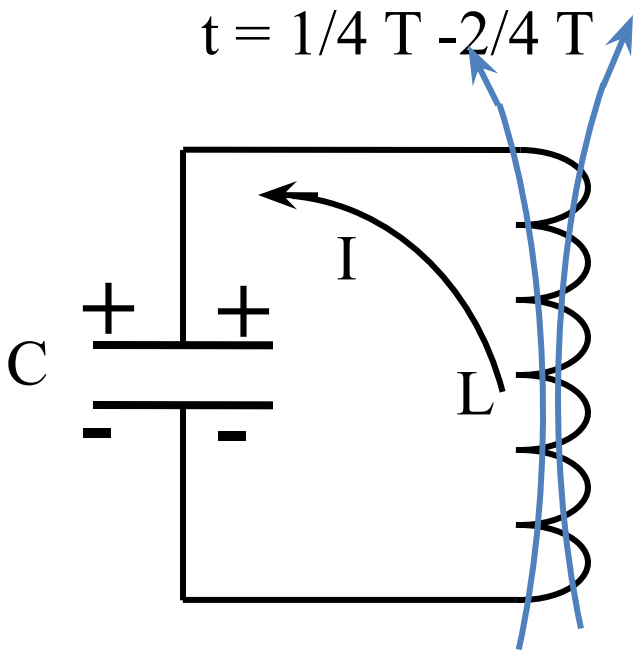
I ↑ q ↓ $W_{эл}$ ↓ $W_{м}$ ↑

t = 1/4T



I = max $W_{м}$ = max

q =0 $W_{эл}$ = 0



t = 1/4T

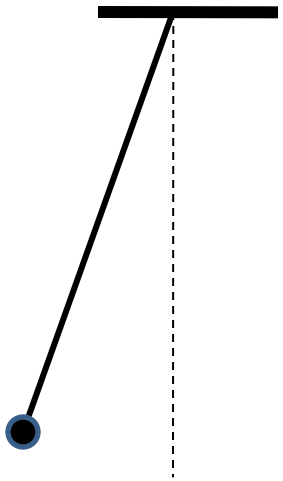
I = max $W_м$ = max

q =0 $W_{эл}$ = 0

---

t = 1/4 T -2/4 T

I↓ $W_м$↓ q↑ $W_{эл}$↑



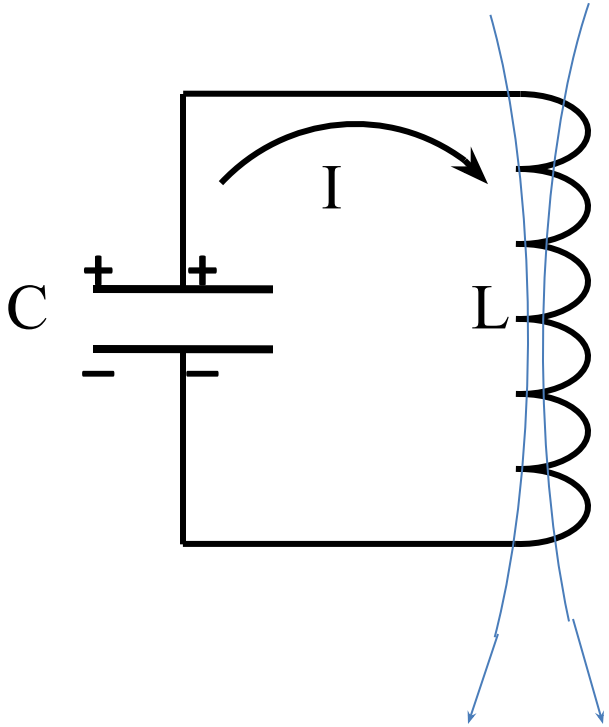
---

t = 2/4T

I = 0 $W_м$ = 0

q = - max $W_{эл}$ = max

t = 2/4 -3/4 T



t = 2/4T

I = 0 $W_м$ = 0

q = - max $W_{эл}$ = max

---

t = 2/4 -3/4 T

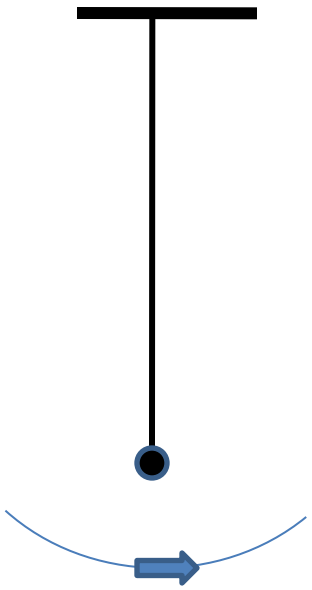
I ↑ q ↓ $W_{эл}$ ↓ $W_м$ ↑

---

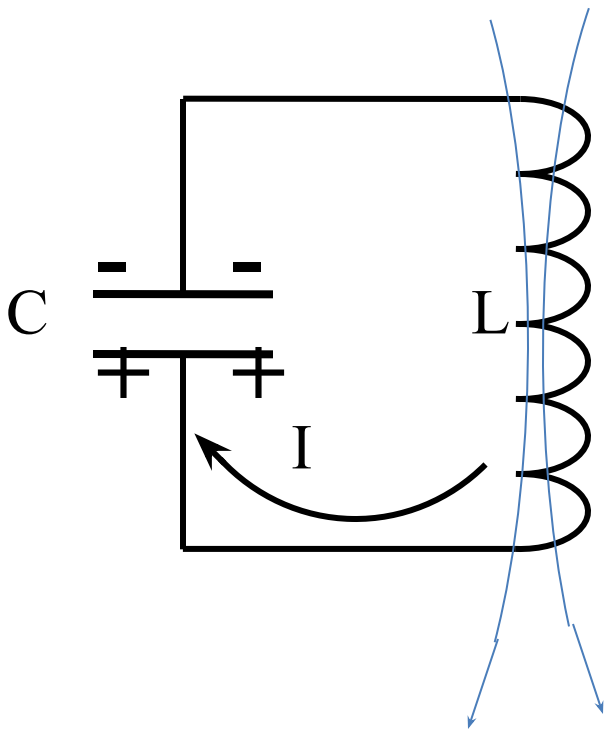
t = 3/4 T

I = - max $W_м$ =max

q =0 $W_{эл}$ = 0



t = 3/4 T -4/4 T



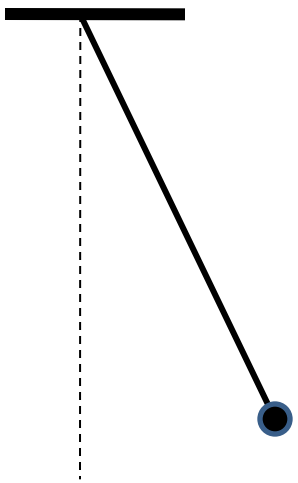
t = 3/4 T

I = - max $W_м$ =max

q =0 W эл = 0

t = 3/4 T -4/4 T

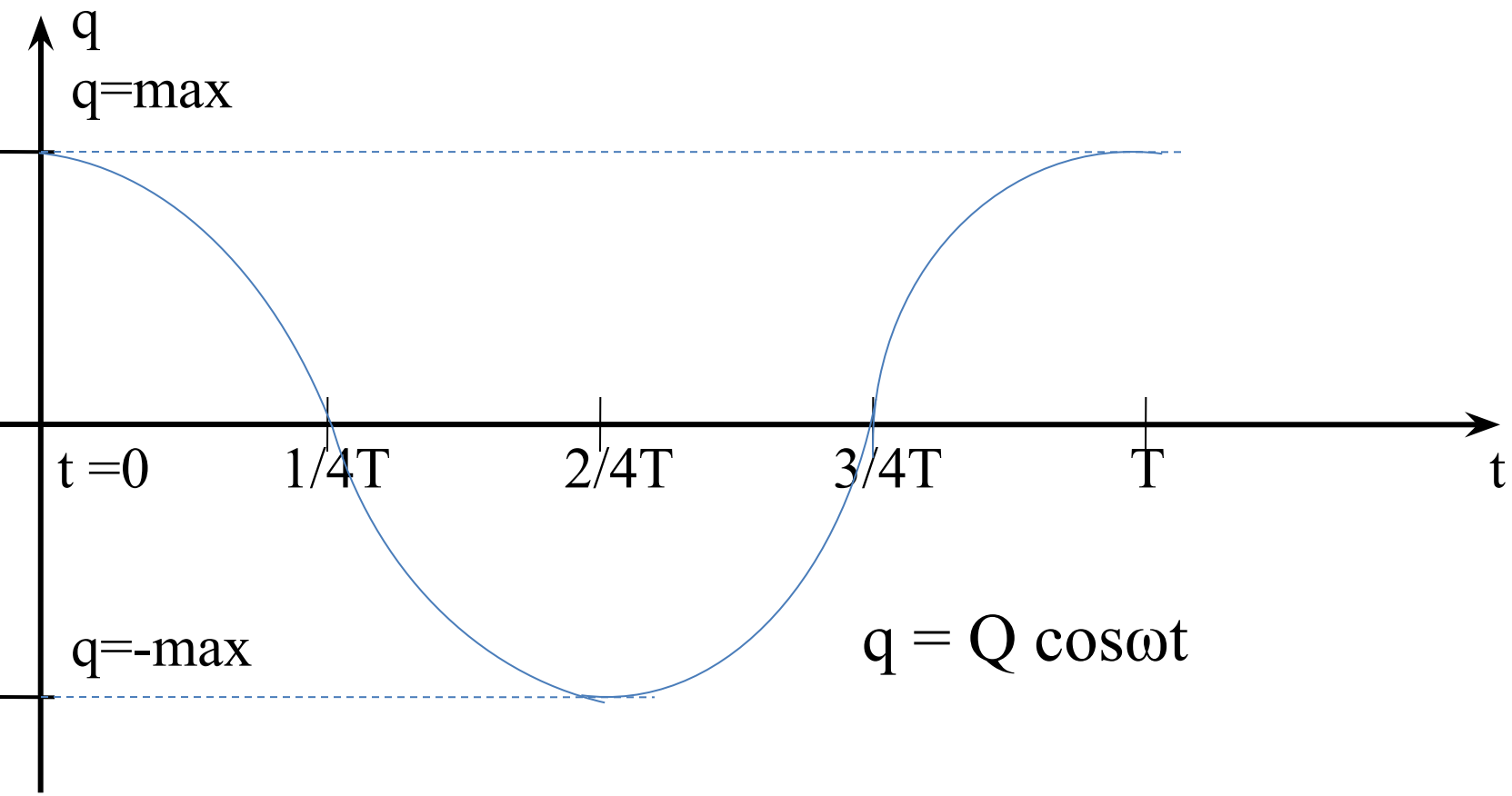
I ↓ $W_м$ ↓ q ↑ $W_{эл}$ ↑



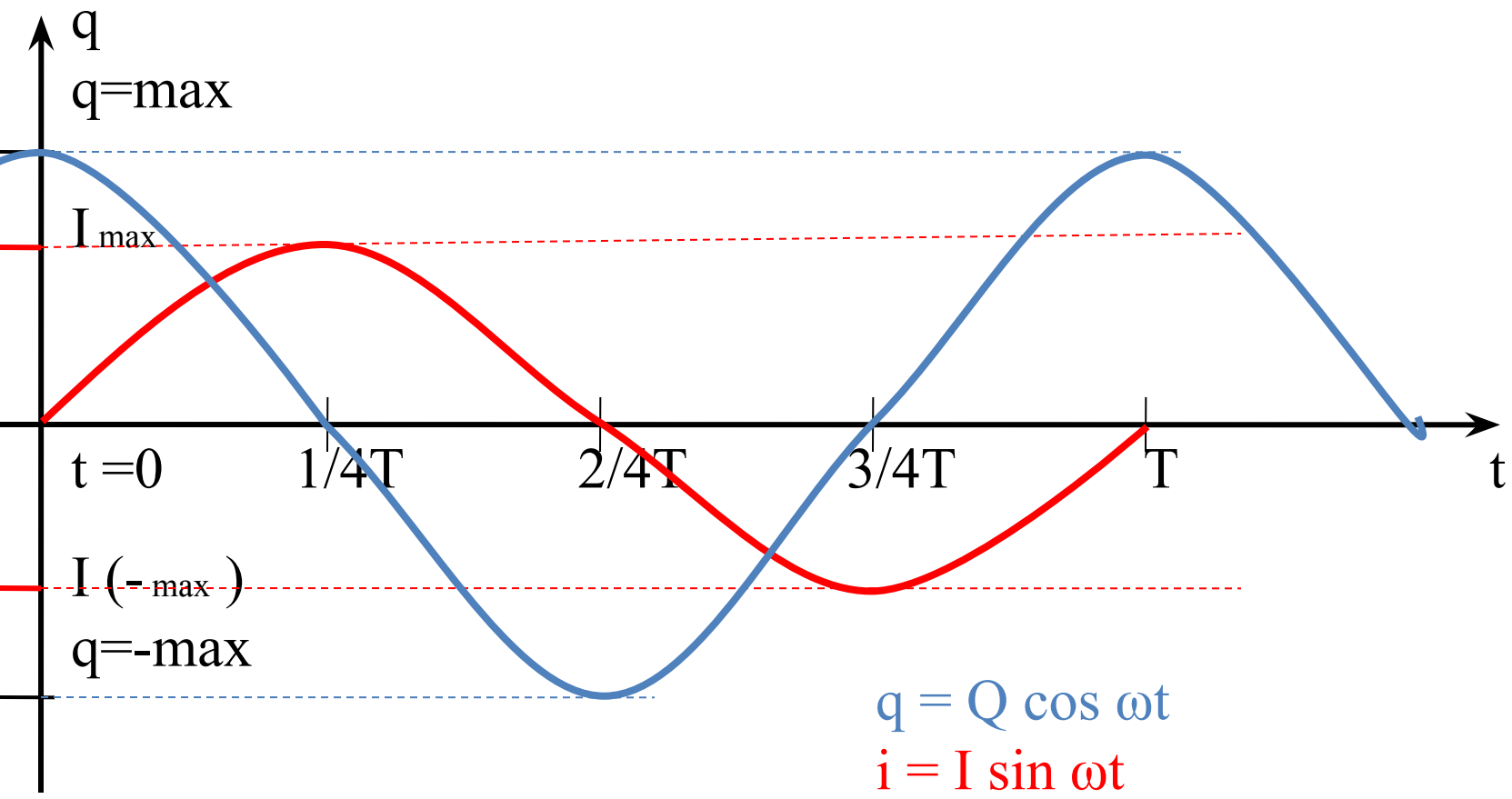
t =4/4 T = T

q = max W эл =max

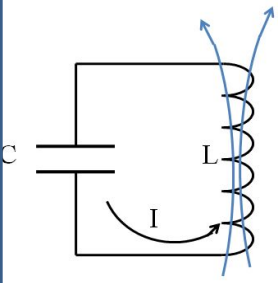
t =0	1/4T	2/4T	3/4T	T
q=max	0	- max	0	max



t =0	1/4T	2/4T	3/4T	T
q=max	0	- max	0	max
I =0	max	0	- max	0



t = O – ¼ T

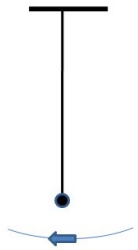


t =O: q = max
$W_{эл}$ =max.

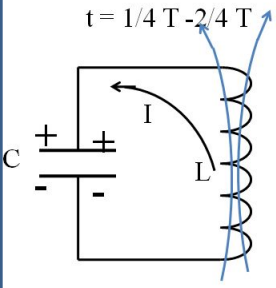
t = 0 - 1/4T
I ↑ q ↓ $W_{эл}$ ↓ $W_м$ ↑

t = 1/4T

I = max $W_м$ = max
q =0 $W_{эл}$ = 0

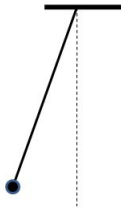


t = 1/4 T -2/4 T



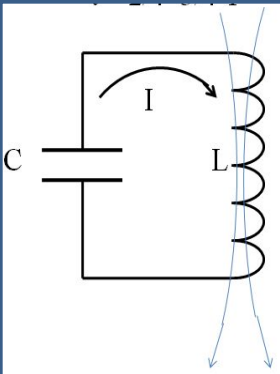
t = 1/4T
I = max $W_м$ = max
q =0 $W_{эл}$ = 0

t = 1/4 T -2/4 T
I↓ $W_м$↓ q ↑ $W_{эл}$↑



t = 2/4T
I = 0 $W_м$ = 0

t = 2/4 -3/4 T

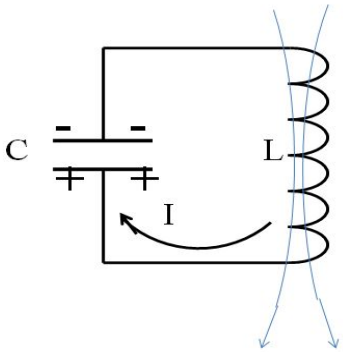


t = 2/4T
I = 0 $W_м$ = 0
q = - max $W_{эл}$ = max

t = 2/4 -3/4 T
I ↑ q ↓ $W_{эл}$↓ $W_м$ ↑

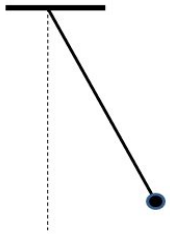
t = 3/4 T
I = - max $W_м$ =max
q =0 $W_{эл}$ = 0

t = 3/4 T -4/4 T

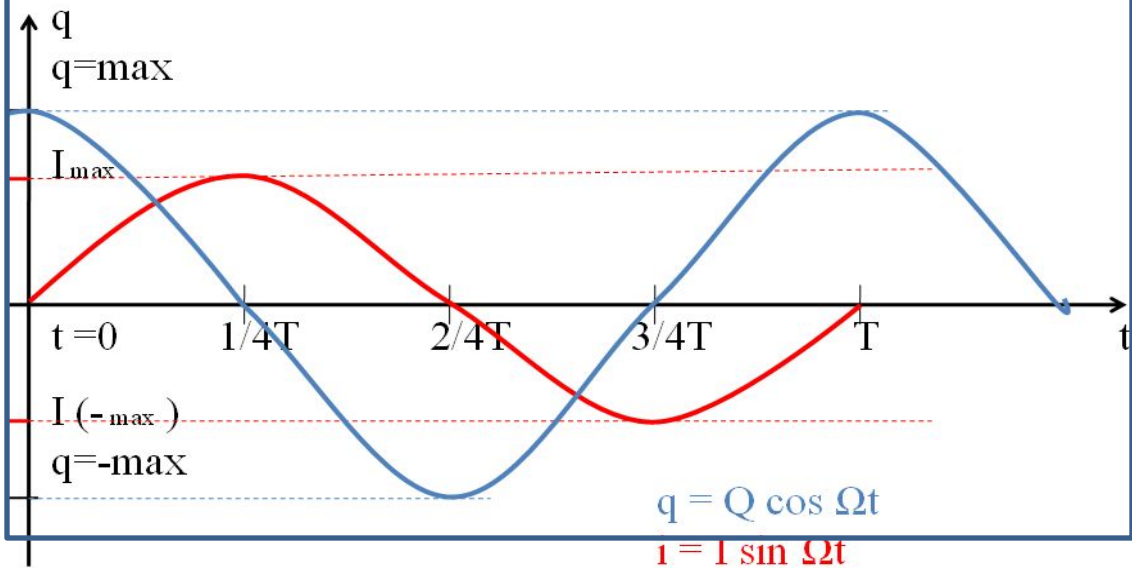


t = 3/4 T
I = - max $W_м$ =max
q =0 $W_{эл}$ = 0

t = 3/4 T -4/4 T
I ↓ $W_м$ ↓ q ↑ $W_{эл}$ ↑



t =4/4 T = T

q = max $W_{эл}$ =max

t =0	1/4T	2/4T	3/4T	T
q=max	0	- max	0	max
I =0	max	0	- max	0