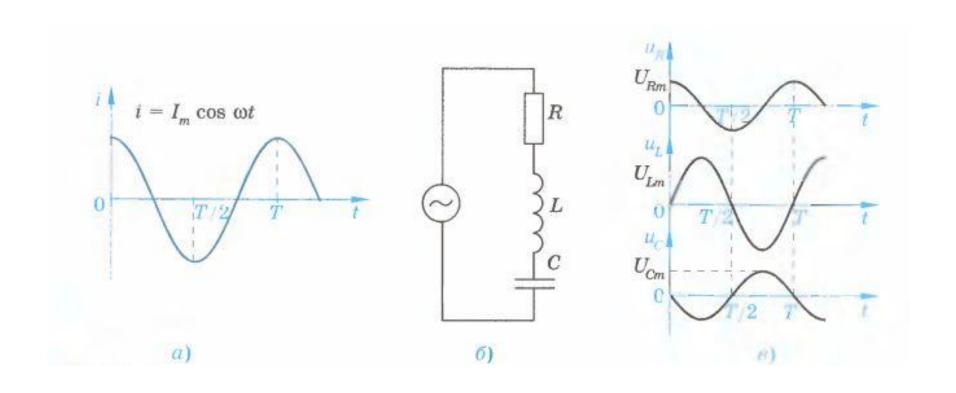
Колебательный контур в цепи переменного тока



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

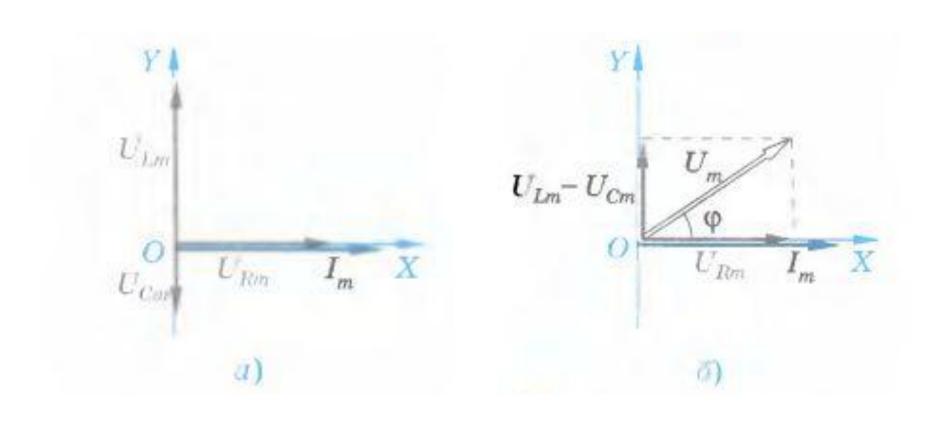
$$i = I_m \cos \omega t$$
.

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

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

•В любой момент времени мгновенное значение приложенного напряжения равно сумме мгновенных значений напряжений на последовательно включенных элементах цепи: резисторе u_R , катушке индуктивности $u_{\scriptscriptstyle I}$ и конденсаторе u_c

Векторная диаграмма для колебательного контура



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

Вынужденные электромагнитные колебания в колебательном контуре

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

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

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

$$U_{Lm} = I_m X_L = I_m \omega L.$$

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

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

$$U_{Cm} = I_m X_C = I_m \frac{1}{\omega C}.$$

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

Вынужденные электромагнитные колебания в колебательном контуре

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

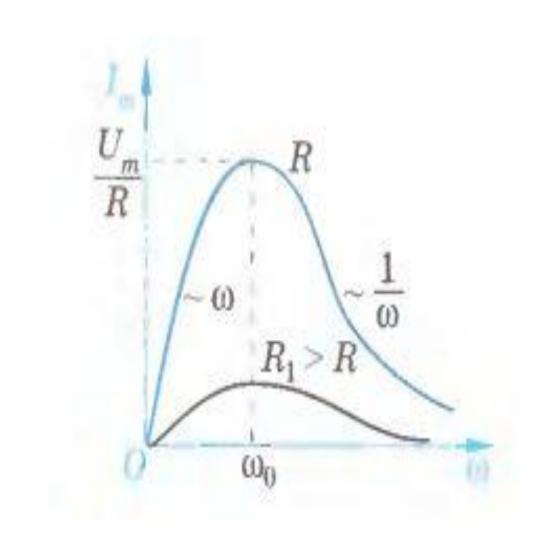
$$Z = \frac{U_m}{I_m} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}.$$

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

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

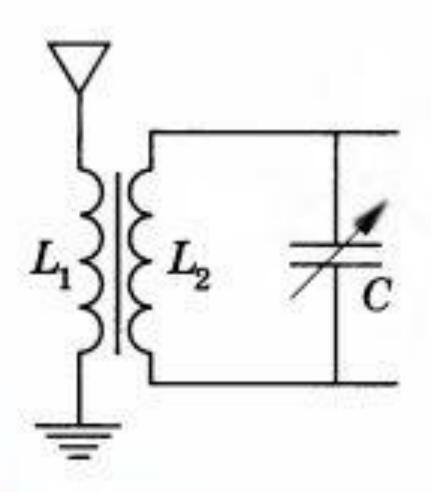
$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0.$$

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.

 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, = U, cos ωt?

Ответ

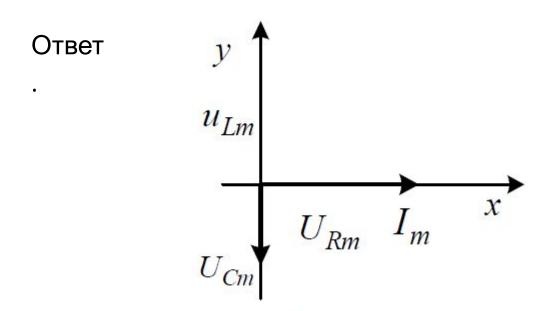
Напряжение на катушке индуктивности:

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

Напряжение на конденсаторе:

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

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



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

3. Полное сопротивление колебательного контура:

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

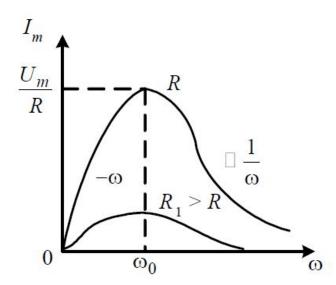
•4. Охарактеризуйте явление резонанса в колебательном контуре. Как используется явление резонанса в радиотехнике?

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.



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

Дано:
$$U_{C} = 100 \text{ B}$$

$$U_{L} = 60 \text{ B}$$

$$U_{R} = 230 \text{ B}$$

$$U_{-}?$$

$$U_{C} = 100 \text{ B}$$

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

$$D_{R} = \sqrt{U_{Rm}^{2} + (U_{L} - U_{C})^{2}} = \sqrt{900 + (60 - 100)^{2}} = \sqrt{900 +$$

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:

$$x_C = 2,5 кОм$$

$$x_L = 2 \text{ kOm}$$

$$Z-?$$

Решение:

$$Z = x_L - x_C = 0,5 \text{ kOm}$$

 $\underline{\text{Otbet}}$: Z = 500 Om.

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 A]

Дано:
 Решение:

$$R = 5$$
 Ом
 $v = \frac{2\pi}{\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \frac{4\pi^2}{v^2 L} = \frac{4 \cdot (3,14)^2}{10^6 \text{ Гц} \cdot 5 \text{ Гн}} = 8 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$
 $v = 1 \text{ кГц} = 10^3 \text{ Гц}$
 $U = 220 \text{ B}$
 $U = 220 \text{ B}$
 $U = \frac{220 \text{ B}}{5 \text{ Om}} = 44 \text{ A}$.

<u>Ответ</u>: C = 8 мк Φ ; I = 44 А.

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 v=1 кГц. $[x_L=1,26$ кОм; $x_C=1,6$ кОм; Z=500 Ом]

Дано:
$$L=0,2$$
 ГнРешение:
 $\omega=2\pi\nu=6,28$ кГц
Тогда $x_L=\omega L=1,26$ кОм
 $x_C=1$ кГц $=10^3$ ГцТогда $x_L=\omega L=1,26$ кОм
 $z=1$ кГц $=10^3$ Гц $z=1/(\omega C)=1,6$ кОм
 $z=1/(\omega C)=1,6$ кОм

5. К генератору переменного тока с частотой v = 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:
 Решение:

$$L = 0,5 \ \Gamma$$
н
 $\omega = 2\pi v = 628 \ \text{рад/c}$
 $C = 4 \ \text{мк}\Phi = 4 \cdot 10^{-6} \ \Phi$
 $Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/(\omega C))^2} =$
 $R = 54 \ \text{OM}$
 $= \sqrt{54^2 \ \text{OM}^2 + (682 \cdot 0, 5 \ \Gamma \text{H} - \frac{1}{628 \ \text{pag/c} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \ \Phi}} =$
 $= \sqrt{54^2 \ \text{OM}^2 + (682 \cdot 0, 5 \ \Gamma \text{H} - \frac{1}{628 \ \text{pag/c} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \ \Phi}} =$
 $= 100 \ \text{OM}$
 $U_m = I_m Z = I\sqrt{2} \cdot Z = 0, 5 \cdot 1, 42 \cdot 100 \ \text{Om} = 70, 7 \ \text{B}$

 Otbet: $Z = 100 \ \text{Om}$; $U_m = 70, 7 \ \text{B}$.

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

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

2) уменьшить в 2 раза 4) уменьшить в 4 раза

А14. Колебательный контур состоит из конденсатора электроёмкостью С 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

3) уменьшится в 2 раза

2) увеличится в 4 раза

4) увеличится в 2 раза

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

1) увеличить в 2 раза

3) увеличить в 4 раза

2) уменьшить в 2 раза

4) уменьшить в 4 раза

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

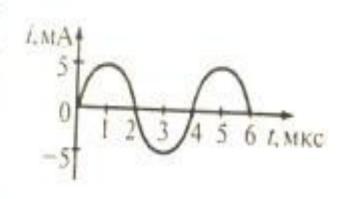
1) E_0

2) $0.5E_0$

3) $0.25E_0$

4) 0

A16. 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



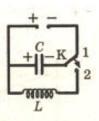
1) 1 MKC

2) 2 MKC

3) 4 MKC

4) 8 MKC

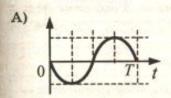
ВЗ. Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после переведения переключателя К в положение 2. Установите соответ-



ствие 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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ



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

Б)	4	
		Λ .
($T \mid t$

A	Б
	The state of the state of the state of

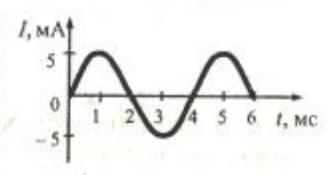
А16. Колебательный контур состоит из конденса электроемкостью C и катушки индуктивностью L. изменится период свободных электромагнитных кол ний в этом контуре, если и электроемкость конденс ра, и индуктивность катушки увеличить в 2 раза?

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

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

- 1) L₁ и C₁
- 2) L₁ и C₂
- 3) L_2 и C_2
- 4) L2 и C1

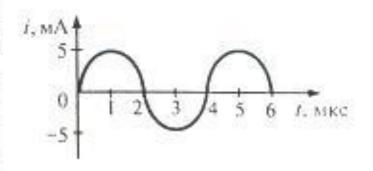
A24. На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, состоящем из последовательно соединённых конденсатора и катушки, индуктивность которой равна 0,2 Гн.



Максимальное значение энергии магнитного поля катушки равно

1) 2,5·10-6 Дж 2) 5·10-6 Дж 3) 5·10-4 Дж 4) 10-3 Дж

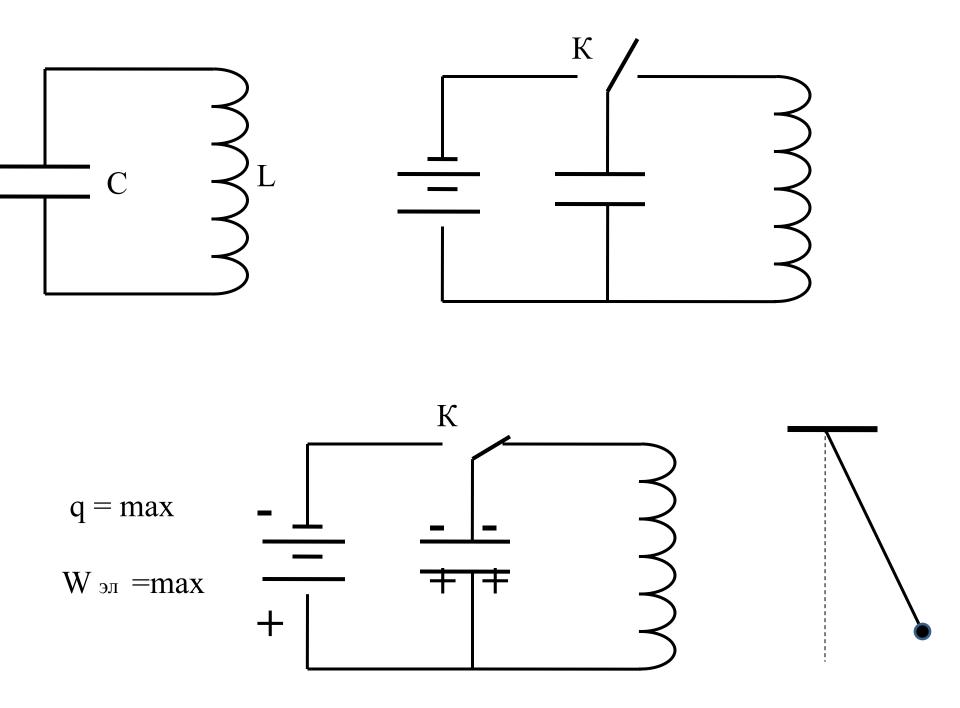
А19. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре с последовательно включенными конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,2 Гн. Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 1) 2,5·10⁻⁶ Дж 2) 5·10⁻⁶ Дж

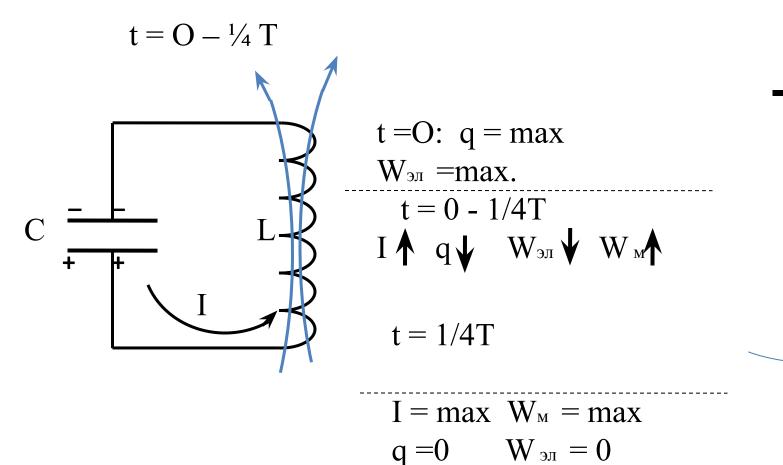


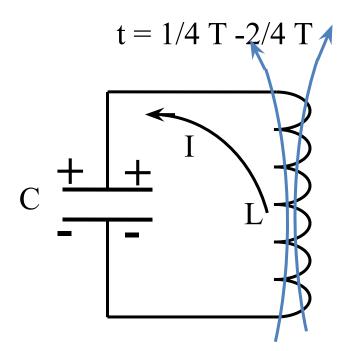
3) 5·10-4 Дж 4) 10-3 Дж

А14. В наборе радиодеталей для изготовления простого колебательного контура имеются две катушки с индуктивностями $L_1=1$ мк Γ н и $L_2=2$ мк Γ н, 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) L₁ и C₁ 2) L₂ и C₂ 3) L₂ и C₁ 4) L₁ и C₂





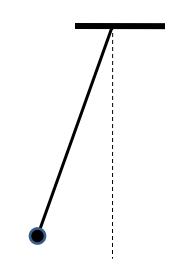


$$t = 1/4T$$

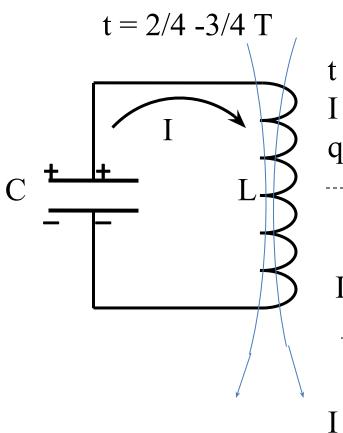
$$I = \max_{M} W_{M} = \max_{M} Q_{M} = 0$$

$$t = 1/4 T - 2/4 T$$

$$I \downarrow W_{M} \downarrow Q \uparrow W_{M} \uparrow Q$$



$$t=2/4T$$
 $I=0$ $W_{\scriptscriptstyle M}=0$ $q=$ - max $W_{\scriptscriptstyle \mathfrak{I}\mathfrak{I}}=max$

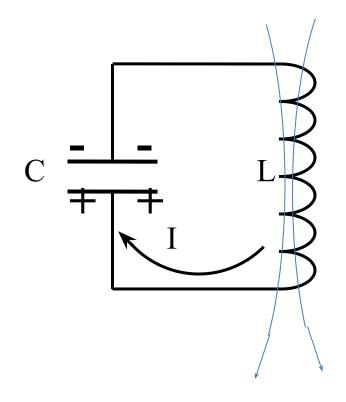


$$t = 2/4T$$
 $I = 0$ $W_M = 0$
 $q = -\max$ $W_{\mathfrak{I}} = \max$

$$t = 2/4 - 3/4 T$$
 $I \uparrow q \downarrow W_{\mathfrak{I}} \downarrow W_{\mathfrak{M}} \uparrow$

$$t = 3/4 T$$
 $I = -\max W_{\mathfrak{M}} = \max$
 $q = 0$ $W_{\mathfrak{I}} = 0$

$$t = 3/4 \text{ T} - 4/4 \text{ T}$$



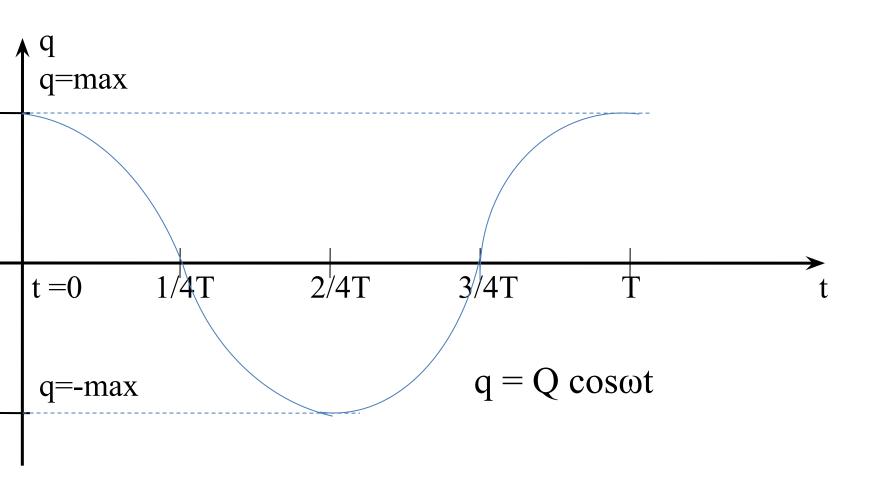
$$t = 3/4 \text{ T}$$

$$I = - \max_{M} W_{M} = \max_{M} q = 0$$
 $W \ni_{M} = 0$

$$t = 3/4 \text{ T } -4/4 \text{ T}$$
 I \downarrow W м \downarrow q \uparrow W эл \uparrow

$$t = 4/4 T = T$$

q = max W эл = max



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

