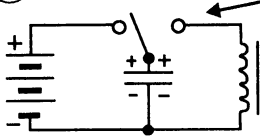
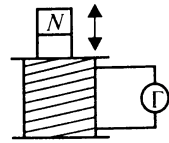


К 11/4 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

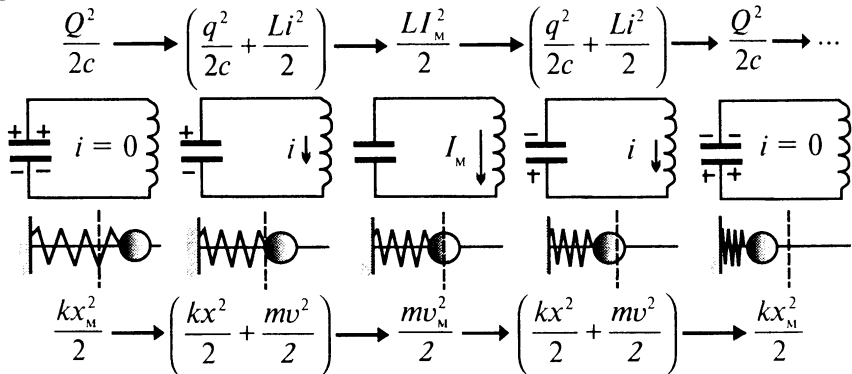
① Бывают свободные и вынужденные



катушка препятств.
 ΔI (Ленц!) \Rightarrow колеб. I
 достаточно длительные



② Колебательный контур



Аналогия

$$\begin{aligned}
 x &= X_M \cdot \cos \omega t \\
 v &= \omega X_M \cdot \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \\
 &= v_M \cdot \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)
 \end{aligned}
 = \left\{ \begin{array}{l} x \leftrightarrow q \\ v = x' \leftrightarrow i = q' \\ a = x'' \leftrightarrow i' = q'' \\ m \leftrightarrow L \\ \mu \leftrightarrow R \end{array} \right.
 \begin{aligned}
 q &= Q_M \cdot \cos \omega t \\
 i &= q' = -Q_M \cdot \omega \cdot \sin \omega t = \\
 &= I_M \cdot \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)
 \end{aligned}$$

③ Формула Томсона

$$E = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2c} \quad \text{Если } R = 0, \text{ то } E = \text{const}$$

$$\left(\frac{Li^2}{2} \right)' + \left(\frac{q^2}{2c} \right)' = E' = 0 \Rightarrow \frac{L}{2} \cdot 2i \cdot i' = -\frac{1}{2c} \cdot 2q \cdot q'$$

$$\left. \begin{array}{l} i = q' \\ i' = q'' \end{array} \right\} L \cdot i \cdot i' = -\frac{q}{c} \cdot q' \Rightarrow Lq'' = -\frac{q}{c} \Rightarrow q'' = -\frac{1}{LC} q$$

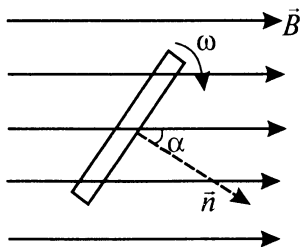
$q'' \sim -q$ — колебания гармонические



$$\frac{1}{LC} = \omega_0^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

① Гармонический характер колебаний e, i, u



$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha = B \cdot S \cdot \cos \omega t$$

$$e_i = -\Phi' = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t = \mathcal{E}_m \cdot \sin \omega t$$

Следовательно:

$$i = I_m \cdot \sin \omega t \quad \left(I = \frac{\mathcal{E}}{R+r} \right)$$

$$u = U_m \cdot \sin(\omega t \pm \varphi) \quad \left(U = I \cdot R \right)$$

$\nu_{\text{промыш}} = 50 \text{ Гц}$

φ — возможный сдвиг по фазе

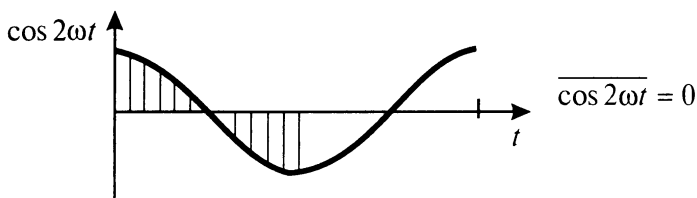
② « \bar{p} » в цепи ~ тока. Действующие значения « I » и « U »

При ~ токе i, u — изм-ся. Что же показывают $\text{—}(\text{A})$ и $\text{—}(\text{V})$?



$$\left. \begin{aligned} p_- &= I^2 \cdot R \\ \bar{p}_- &= \bar{i}^2 \cdot R \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \text{Если } p_- = \bar{p}_- &\Rightarrow I^2 = \bar{i}^2 \Rightarrow I = \sqrt{\bar{i}^2} \\ \text{Аналог. } \left(p = \frac{U^2}{R} \right) &\Rightarrow U^2 = \bar{u}^2 \Rightarrow U = \sqrt{\bar{u}^2} \\ &\quad - \xi \text{ (стр. 88)} \end{aligned}$$

$$i = I_m \cdot \cos \omega t \Rightarrow i^2 = I_m^2 \cdot \cos^2 \omega t = I_m^2 \cdot \frac{1}{2} (1 + \cos 2\omega t)$$



$$\bar{i}^2 = \frac{I_m^2}{2} \Rightarrow \bar{p} = \frac{I_m^2}{2} \cdot R$$

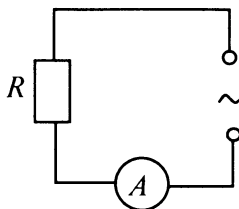
⇓

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

31.32

К 11/5 ЕМКОСТЬ И ИНДУКТИВНОСТЬ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

① Активное сопротивление



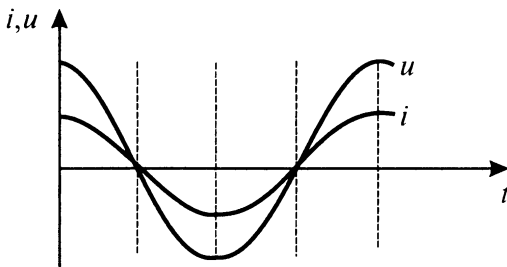
$$u = U_m \cdot \cos \omega t$$

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_m \cdot \cos \omega t}{R}$$

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

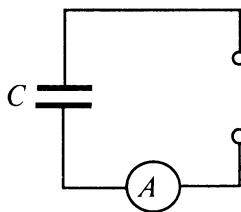
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

i и u совпадают по фазе



32

② Емкостное сопротивление



— ток: $I = 0$

~ ток: $I \neq 0$

периодич. зарядка
и разрядка —|—
под действием $\sim U$

$$u = U_m \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

$$q = C \cdot U = C \cdot U_m \cdot \cos \omega t$$

$$i = q' = -\omega C U_m \cdot \sin \omega t = I_m \cdot \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (2)$$

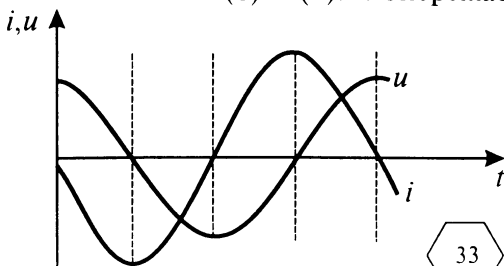
(1) и (2): i опережает u на $\frac{\pi}{2}$

$$I_m = \omega C U_m$$

$$I_m = \frac{U_m}{\frac{1}{\omega C}}$$

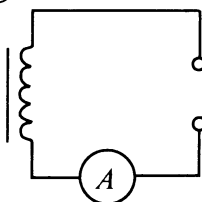
$$x_c = \frac{1}{\omega C}$$

$$I = \frac{U}{x_c}$$



33

3 Индуктивное сопротивление



ток: I больше

ток: I меньше
($u \sim U$)

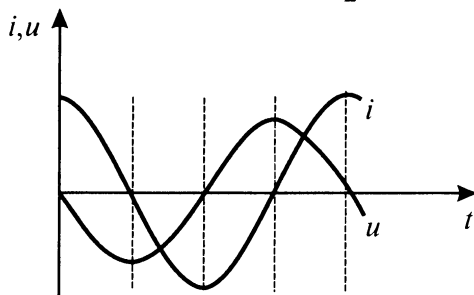
самоиндукция

$$i = I_M \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

$$e_c = -L \cdot i' = L \cdot I_M \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

Если $R = 0$, то $U = -e_c = -L \cdot I_M \cdot \omega \cdot \sin \omega t = U_M \cdot \cos \left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$ (2)
($iR = U + e_c$)

(1) и (2): u опережает i на $\frac{\pi}{2}$



$$U_M = L \cdot I_M \cdot \omega$$

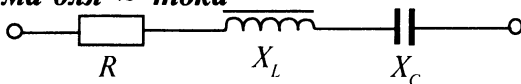
$$I_M = \frac{U_M}{\omega L}$$

$$x_L = \omega L$$

$$I = \frac{U}{x_L}$$

34

4 Закон Ома для ~ тока



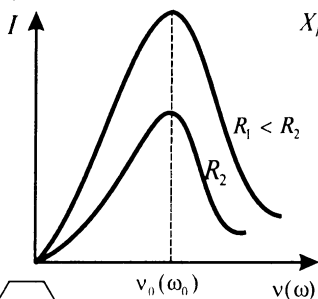
$$U \neq U_R + U_L + U_C$$

$$Z \neq R + X_L + X_C$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R_A^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R_A^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$

5 Электрический резонанс

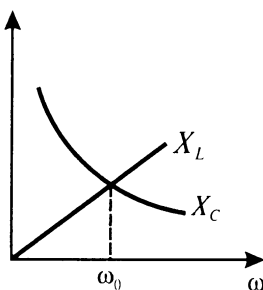


X_L, X_C

$R_1 < R_2$

$\nu_0(\omega_0)$

$\nu(\omega)$



ω_0

ω

$$I_{\max} : \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega^2 LC = 1$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

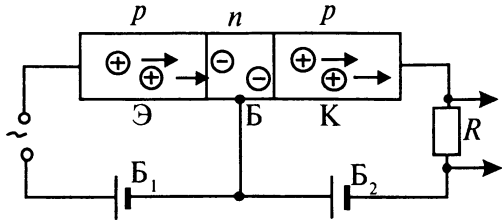
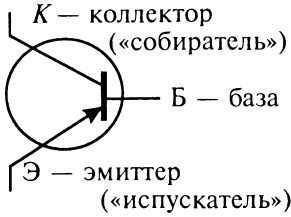
$$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

$$T = T_{\text{собст}} (\nu = \nu_{\text{собст}})$$

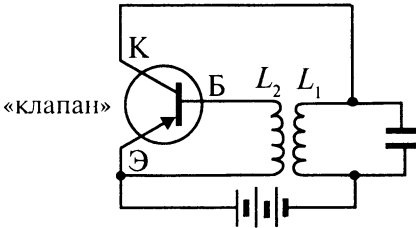
↪ .. (стр. 94)

35

(+) — радиосвязь (-) — перегоран. приборов

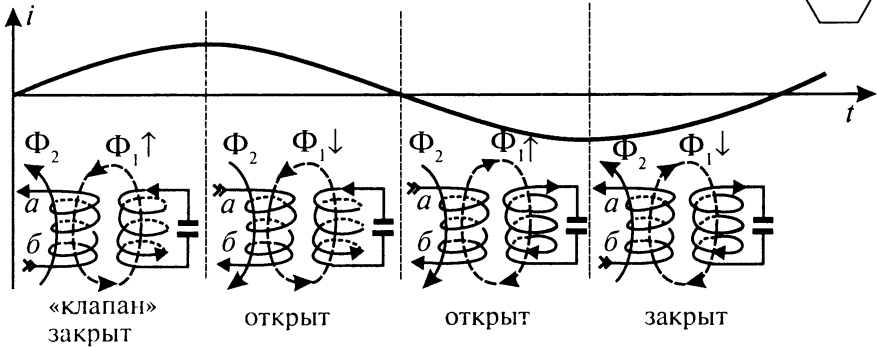


ГЕНЕРАТОР НЕЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ



Задача — получить незатухающие колебания большой ν Г.Н.К. — автоколеб. система, в которой энергия от источника тока порциями поступает в колебательный контур

36



1-я четв.: по L_1 идет $\uparrow i_1 \Rightarrow$ возник. $\Phi_1 \uparrow$, пересекающий L_2 сверху вниз (правило обхвата правой руки) \Rightarrow в L_2 возник. i_2 , препятствующий $\uparrow \Phi_1$ (Ленц!) $\Rightarrow \Phi_2$ напр. вверх $\Rightarrow i_2$ от б к а (от «n» к «p») — не может!

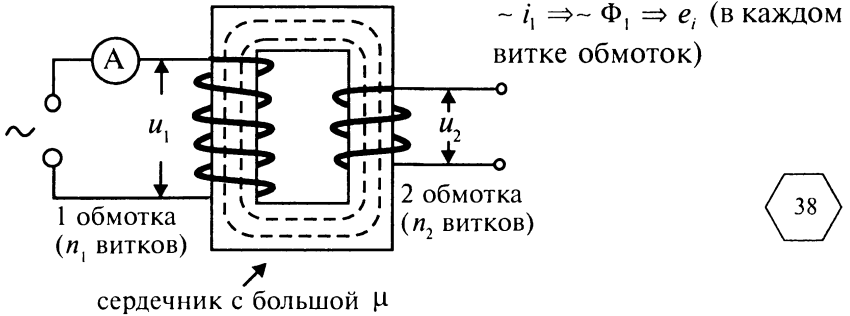
2-я четв.: по L_1 идет $\downarrow i_1 \Rightarrow$ возник $\Phi_1 \downarrow \Rightarrow$ в L_2 возник. i_2 , препятств. $\downarrow \Phi_1 \Rightarrow \Phi_2$ напр. вниз $\Rightarrow i_2$ от а к б (от «p» к «n») — может!

Итак: $\frac{1}{2}T$ «клапан» закрыт, $\frac{1}{2}T$ открыт (к/контур пополняет энергию за счет источника тока)

ТРАНСФОРМАТОР

Яблочков, Усагин — конец XIX века

① Устройство, принцип работы



38

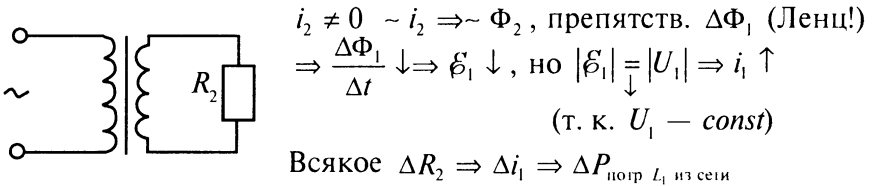
② Режим холостого хода ($i_2 = 0$)

Если $R_A \rightarrow 0$, то $U_1 = -\mathcal{E}_1$ ($i_1 R = U_1 + \mathcal{E}_1$)
 $U_2 = -\mathcal{E}_2$ ($i_2 = 0$)

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{n_1 \cdot e}{n_2 \cdot e} = \frac{n_1}{n_2} = k \rightarrow \text{коэфф. трансф.}$$

($k > 1 \Rightarrow U_2 < U_1$ — пониж.)
 ($k < 1 \Rightarrow U_2 > U_1$ — повыш.)

③* Режим нагруженного трансформатора



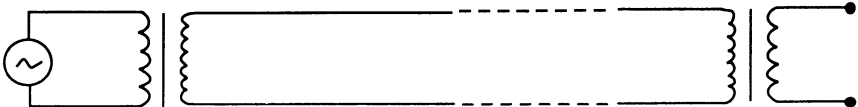
④ Непроизводительные расходы

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> а) нагревание обмоток (джоулево тепло) б) перемagnичивание сердечника в) нагревание сердечника токами Фуко г) рассеивание магнитного потока | } | к.п.д. 97–99% \Rightarrow
$P_1 \approx P_2 \Rightarrow I_1 U_1 = I_2 U_2$
\Downarrow
$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$ |
|--|---|---|

⑤ Передача электроэнергии на расстояние

трудность: большое Q на проводах. $Q = I^2 R t = I^2 \frac{\rho l}{S} t$

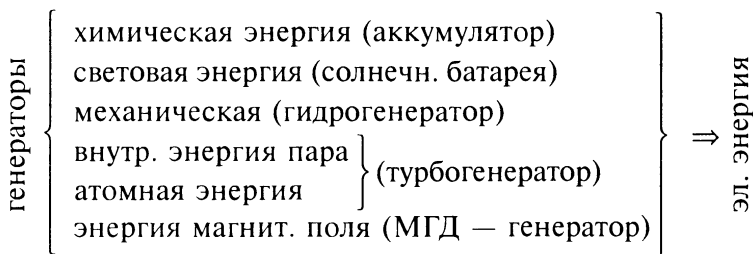
40



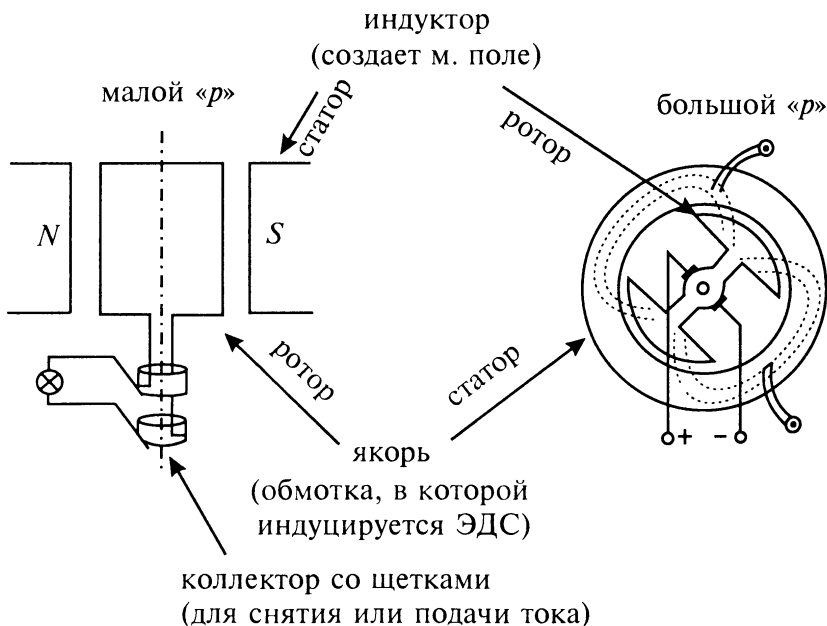
① **Преимущества эл. энергии**

- 1) можно передавать по проводам
- 2) можно трансформировать ($\Delta u, \Delta i$)
- 3) легко превращается в другие виды энергии
- 4) легко получается из других видов энергии:

39



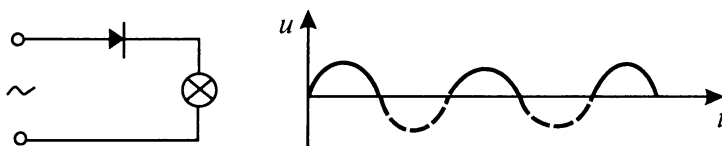
② **Устройство индукционного генератора**



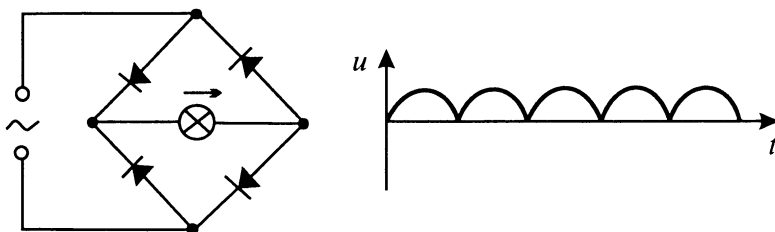
37

③ * *Выпрямление ~ тока*

а) однополупериодный выпрямитель



б) двухполупериодный выпрямитель



④ * *Успехи и перспективы электрификации*



1920 г. — план ГОЭЛРО (за 10 лет увелич. произв. э/энергии в 4 раза, построено 40 эл. станций $P = 4,1$ млн кВт)

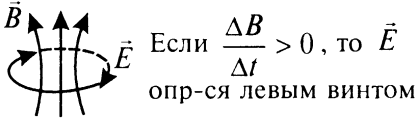
1947 г. — 1-е место в Европе

Экибастузский
Канско-Ачинский } бассейны

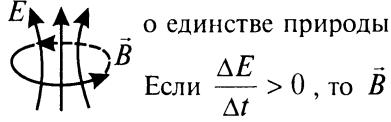
Единичные агрегаты $P_1 = 1200$ млн кВт «Электросила»

1) Электромагнитное поле

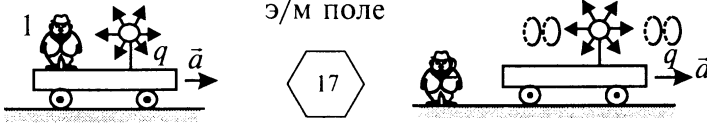
$\sim B \rightarrow \sim E$ Из явления ЭМИ



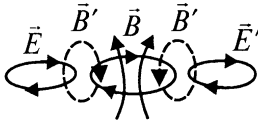
$\sim E \rightarrow \sim B$ Максвелл из предпол.



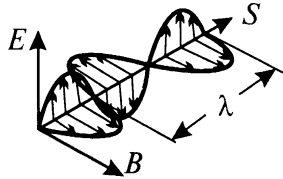
Итак: $\sim B \rightarrow \sim E \rightarrow \sim B \rightarrow \dots$



2) Э/м волны — процесс распространения э/м поля



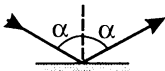
$C = 3 \cdot 10^8 \frac{M}{c}$



48

3) Свойства э/м волн

а) отражение



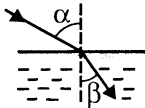
б) дифракция



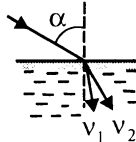
в) интерференция



г) преломление



д) дисперсия

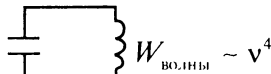


е) поляризация

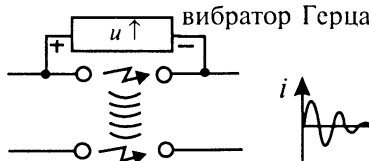


54

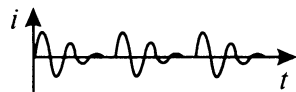
4) Опыты Герца



$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$



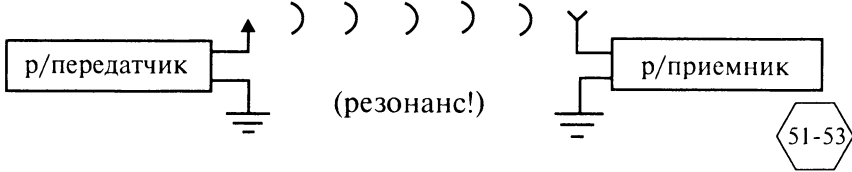
49



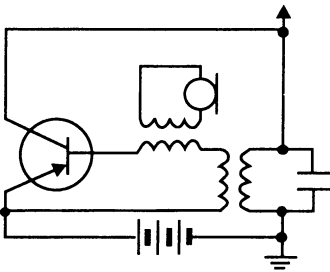
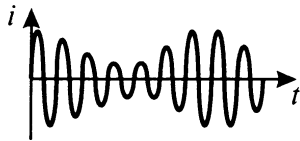
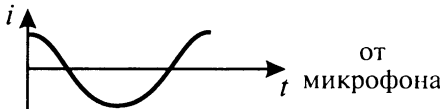
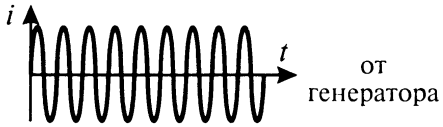
«q» должен двиг-ся с ускорением!

5) Принцип радиотелефонной связи

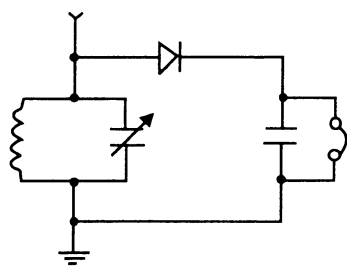
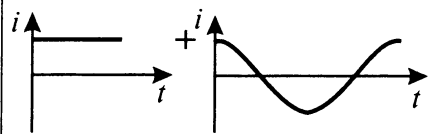
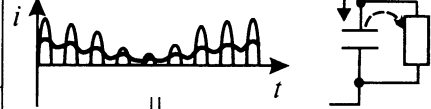
(А.С. Попов 1895 г.)



Амплитудная модуляция



ДЕТЕКТИРОВАНИЕ



6) Радиолокация

(обнаружение и определение местополож. объекта радиоволнами)

