

«МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ».

Колебания – процесс, повторяющийся точно (или почти точно) через равные промежутки времени.

Смещением (x , $[x] = \text{м}$) называют отклонение колеблющегося тела от положения равновесия.

Амплитуда (A , $[A] = \text{м}$) – модуль максимального смещения.

Период (T , $[T] = \text{с}$) – время одного полного колебания.

Частота (n , $[n] = \text{Гц}$) – количество колебаний в секунду.

$$T \cdot n = 1$$

Циклическая (круговая) частота (ω , $[\omega] = \text{рад/с} = \text{Гц}$) – количество колебаний за время равное 2π секунд.

$$\omega = 2\pi n = \frac{2\pi}{T}$$

Колебания, совершающиеся по закону синуса (или косинуса) называются *гармоническими*. Закон гармонических колебаний:

$$x = A \cdot \cos(\omega t + \varphi_0) \text{ или } x = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

φ_0 – начальная фаза $[\varphi_0] = \text{рад}$.

Математический маятник – материальная точка на длинной тонкой нерастяжимой нити. Формула периода колебаний математического маятника:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

T - период колебаний $[T] = \text{с}$; l - длина нити маятника $[l] = \text{м}$.

Физический маятник – груз на пружине. Формула периода колебаний физического маятника:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

T - период колебаний $[T] = \text{с}$; m - масса груза $[m] = \text{кг}$; k - коэффициент жесткости пружины $[k] = \text{Н/м}$.

Если колебательная система, будучи однажды выведена из положения равновесия, далее предоставлена сама себе, то в системе совершаются свободные колебания. Если система колеблется под действием некоторой периодической вынуждающей силы, то в системе совершаются вынужденные колебания. При совпадении собственной частоты колебаний системы с частотой вынуждающей силы возникает *резонанс* – явление резкого возрастания амплитуды колебаний системы.

Звук – продольная механическая волна с частотой от 20 Гц до 20 кГц, вызывающая слуховые ощущения у человека.

Скорость звука в данной среде постоянна, существуют таблицы скоростей звука в различных средах.

Явление отражения звука (*эхо*) используется для определения расстояний до объектов средствами эхолокации.

Энергетические и частотные характеристики звука описываются нелинейными логарифмическими зависимостями.

«ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ».

Электромагнитными колебаниями называют периодические изменения заряда (q , $[q] = \text{Кл}$), силы тока (I , $[I] = \text{А}$), напряжения (U , $[U] = \text{В}$).

Устройство, в котором осуществляются электромагнитные колебания, называется колебательным контуром. Простейший колебательный контур представляет собой конденсатор емкостью (C , $[C] = \text{Ф}$), замкнутый на катушку индуктивностью (L , $[L] = \text{Гн}$). При разрядке конденсатора через катушку в контуре возникают

свободные электромагнитные колебания. Энергия электрического поля конденсатора уменьшается до нуля, превращаясь в энергию магнитного поля катушки, которая достигает максимального значения. Затем сила тока в катушке начнет убывать, конденсатор перезарядится, т.е. энергия магнитного поля катушки уменьшится до нуля, превращаясь в энергию электрического поля конденсатора. Такие колебания будут быстро затухать из-за потерь энергии, выделяющейся в виде тепла в катушке и проводниках. Колебания могут быть *вынужденными* и не прекращаться, поддерживаемые внешним источником ЭДС. Вынужденные электромагнитные колебания вызывают переменный электрический ток, периодически изменяется не только сила тока, но и направление движение зарядов. Период (T , [T] = с) электромагнитных колебаний в контуре рассчитывается по формуле Томсона.

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

Переменный ток вырабатывается на электростанциях с помощью генераторов. Промышленная частота переменного тока в России составляет 50 Гц.

Элементы электрической цепи, на которых энергия выделяется в виде тепла, называются *активными*. На активных элементах колебания силы тока и напряжения синфазны (происходят в одинаковой фазе). Сопротивление активных элементов определяется законом Ома для участка цепи и обозначается (R , [R]=Ом). Действующим значением колеблющейся величины называют квадратный корень из ее среднего значения. Именно действующие значения указываются на линиях переменного тока.

$$I_{действ.} = \frac{I_{max.}}{\sqrt{2}}$$

$$U_{действ.} = \frac{U_{max.}}{\sqrt{2}}$$

Элементы электрической цепи, оказывающие сопротивление протеканию переменного тока без выделения на них тепловой

энергии, называются *реактивными*. Реактивное емкостное сопротивление (X_C , $[X_C]=\text{Ом}$) конденсатора и реактивное индуктивное сопротивление (X_L , $[X_L]=\text{Ом}$) катушки в цепях переменного тока определяются следующими формулами, где (ω_0 , $[\omega_0] = \text{Гц}$) – собственная циклическая частота колебаний в контуре. Колебания силы тока и напряжения на реактивных элементах отличаются по фазе. Колебания силы переменного тока на конденсаторе опережают по фазе колебания напряжения на четверть периода. Колебания силы переменного тока на катушке отстают по фазе от колебаний напряжения на четверть периода. Кроме того необходимо учитывать активное сопротивление катушки (конденсатор активным сопротивлением не обладает).

$$X_C = \frac{1}{\omega_0 \cdot C}$$

$$X_L = \omega_0 \cdot L$$

Полное сопротивление цепи переменному току называется *импеданс* (Z , $[Z]=\text{Ом}$) цепи. В связи со сдвигом фаз колебаний силы тока и напряжения на реактивных элементах для вычисления импеданса строят векторные диаграммы сопротивлений. Для различных типов колебательных контуров это довольно трудоемкая специальная электротехническая задача, которую здесь рассматривать не будем.

В колебательных контурах при совпадении собственной частоты контура с частотой изменения внешнего питающего контур напряжения возникает *электромагнитный резонанс* и проявляется в резком возрастании амплитуды силы тока. Данное явление используют при настройке радио- и теле- аппаратуры на частоты передающих станций. Возможность электромагнитного резонанса необходимо учитывать при расчете электрических схем, так как в

результате выделения большого количества тепловой энергии электрические схемы могут выйти из строя.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

В связи с проблемами генерирования и транспортировки электрической энергии к потребителю возникла необходимость в преобразовании напряжения переменного тока без потерь мощности. Для этого служат *трансформаторы*, которые представляют собой две катушки (обмотки) на замкнутом сердечнике из ферромагнетика. Первичная обмотка соединяется с источником переменного тока, вторичная с потребителем. Основной характеристикой трансформатора является коэффициент трансформации (K , $[K]=1$), равный отношению напряжения в первичной обмотке (U_1 , $[U_1] = В$) к напряжению во вторичной обмотке (U_2 , $[U_2] = В$). $K = U_1/U_2$. Если $K > 1$, то трансформатор является понижающим напряжением, если $K < 1$ – повышающим.

ВОЛНЫ.

Волной называется распространение колебаний в пространстве с течением времени. Все характеристики колебаний и формулы колебательного движения используются и при решении задач по теме: «Волны».

Важнейшей характеристикой волны является ее длина – расстояние между двумя ближайшими синфазно колеблющимися точками в волне (расстояние проходимое волной за время равное периоду колебаний точек в волне).

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$$

λ – длина волны, $[\lambda]=м$

v – скорость волны, $[v]=м/с$

T – период колебаний точек в волне, $[T]=с$

ν – частота колебаний точек в волне, $[\nu]=Гц$

Электромагнитные волны имеют важные свойства: они поперечны и распространяются в вакууме с максимально возможной в природе скоростью – скоростью света $U_{\text{света}} = c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

Подробно свойства электромагнитных волн на примере света будут рассмотрены в следующем разделе «Оптика».

Принципы передачи и приема электромагнитных волн.

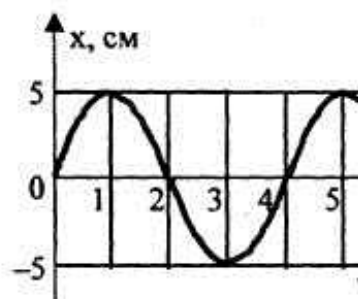
Информативные сигналы (радио, телевидение) при передаче на большие расстояния легко забиваются помехами. Волнам с огромной частотой это не грозит, но они не содержат необходимой для передачи информации. Поэтому перед передачей электромагнитных волн осуществляется их *модуляция*. В модулированной волне амплитуда или частота высокочастотной несущей волны управляется низкочастотным информативным сигналом. После приема модулированной волны необходимо ее *детектирование* – выделение информативного сигнала.

ЗАДАЧИ. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ.

1. Точные часы с математическим маятником поднимают с поверхности Земли на большую высоту. Изменится ли ход часов? Если изменится, то как?

2. Амплитуда незатухающих гармонических колебаний точки струны 1 мм. Какой путь пройдет эта точка за 0,2 с, если частота колебаний струны 1 кГц.

3. Пользуясь рисунком запишите уравнение



гармонических колебаний.

4. Каковы амплитуда, период и частота колебаний, заданных уравнением $x = \cos(628 \cdot t)$? Координата выражена в сантиметрах, а время — в секундах.

5. Масса груза пружинного маятника 100 г, период колебаний 0,8 с. Найти жесткость пружины.

6. Какую длину должен иметь маятник с периодом в 2 с на Луне, если ускорение силы тяжести на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле?

7. Гиря, подвешенная к пружине, колеблется по вертикали с амплитудой 4 см. Определить полную энергию колебаний гири, если коэффициент жесткости пружины равен 1 кН/м.

ЗАДАЧИ. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ.

8. Амплитуда переменного тока 20 мА, частота 1 кГц. Определить мгновенное значение тока спустя 0,1 мс после прохождения им нулевого значения.

9. Действующее напряжение в электроосветительной сети 220 В. Какое максимальное напряжение испытывает изоляция проводов?

10. Напряжение зажигания неоновой лампы 150 В. Почему эта лампа горит в сети переменного тока с напряжением 127 В?

11. Допустимо ли в цепь переменного тока с напряжением 220 В включать конденсатор, пробивное напряжение которого 250 В?

12. В сеть переменного тока с действующим напряжением 220 В включено активное сопротивление 55 Ом. Определить действующее и амплитудное значение силы тока.

13. Через сколько времени после момента прохождения нулевого значения мгновенное значение силы переменного тока равно его действующему значению?

14. Переменный ток прекращается, если цепь в каком-либо месте разорвать, в то время как включение в цепь конденсатора не приводит к такому же результату. Почему?

15. Изменение силы переменного тока задано уравнением $I=0,1 \cdot \cos(8 \cdot 10^5 \cdot t)$. Найти частоту колебаний силы тока.

ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРЕДАЧА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ.

16. Напряжение в первичной обмотке трансформатора 120 В. Какое напряжение во вторичной цепи, если первичная катушка содержит 100 витков, а вторичная 1000? Потерями энергии пренебречь.

17. Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации 10 включен в сеть с напряжением 127 В. Сопротивление вторичной обмотки 2 Ом, сила тока 3 А. Определить напряжение на клеммах вторичной обмотки. Потерями энергии в первичной обмотке пренебречь.

18. Напряжения на концах первичной и вторичной обмоток ненагруженного трансформатора $U_1=220$ В и $U_2=11$ В. Каково отношение числа витков в первичной обмотке к числу витков во вторичной?

19. Напряжение на концах первичной обмотки трансформатора 127 В, сила тока в ней 1 А. Напряжение на концах вторичной обмотки 12,7 В, сила тока в ней 8 А. Каков КПД трансформатора?

20. Длина волны равна 2 м, а скорость ее распространения 400 м/с. Определите, сколько полных колебаний совершает эта волна за 0,1 с.

21. Увидев вспышку молнии, наблюдатель по часам засекает время, а потом по часам же определил момент, когда он услышал раскаты грома. Зная, что молния и гром происходят одновременно, что свет распространяется очень быстро, скорость звука в воздухе при температуре 20 °С примерно 343 м/с а изменение времени 10 сек, рассчитайте расстояние до эпицентра грозы.

22. Первая радиограмма была передана А.С. Поповым в 1896 году на расстояние 250 метров. За сколько времени радиосигнал прошел это расстояние?

23. На какой длине волны работает радиопередатчик, если емкость конденсатора 240 пФ, а индуктивность 50 мкГн?

24. Будут ли передающий колебательный контур с параметрами 160 пФ и 5 мГн и приемный колебательный контур с параметрами 100 пФ и 4 мГн настроены в резонанс?

25. На какую длину волны настроен радиоприемник, если его колебательный контур обладает индуктивностью 3 мГн и емкостью 3 нФ?