

Придушени, непридушени и присилени осцилации

Еднаш создадени слободни осцилации не можар да траат неограничено време, бидејќи енергијата предадена на осцилаторот со време се троши за совладување на триењето и отпорот на средината. Тоа значи дека вкупната енергија на осцилаторот постепено се смалува, па на крајот наполни се “губи“, поради што осцилирањето на системот. Времетраењето на слободните осцилации зависи од големината на загубите на енергијата и од големината на почетната внесена енергија.

Со посебна конструкција на осцилатор загубите можат да се намалат, но не целосно да се отстранат. Сепак за еден кус временски интервал може да се смета дека осцилаторот осцилира со константна амплитуда.

1. Осцилации чија амплитуда со текот на времето не се менува се наречени **непридушени осцилации** .(сл.1,а)

2. Осцилациите чија амплитуда со текот на времето систематски се намалува се наречени **придушени осцилации**. Намалувањето на амплитудата на осцилации се поврзани со загубите на енергијата во системот кој осцилира.

Придушувањето на осцилациите се јавува како последица на отпорот на средината во која се врши осцилирањето. На сл.1 е прикажан осцилограм на исто осцилаторно движење во случај кога не постои придушување (сл.1,а)

и кога тоа постои (сл.1,б)

На апцисата е нанесено времето, а на ординатата елонгацијата y .

На апцисата по ред се нацртани амплитудите во $t = \frac{T}{4}$; $t = \frac{2T}{4}$; $t = \frac{3T}{4}$; $t = \frac{4T}{4}$...

На сл.1,а се гледа дека амплитудата A со текот на времето не се променува додека на сл.1,б таа систематски се променува, така што секоја наредна вредност на амплитудата во нашиов пример изнесува $\frac{3}{4}$ од предходната.

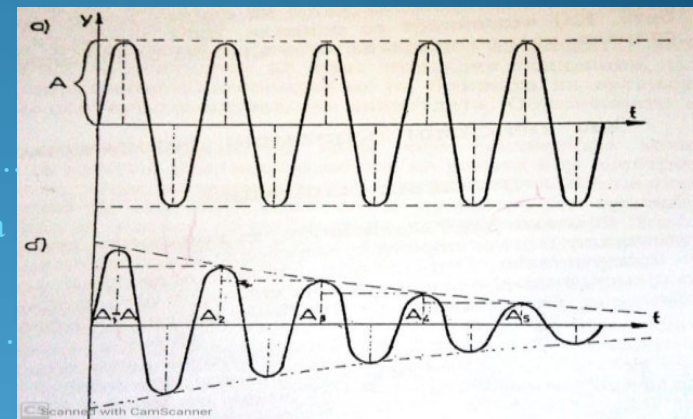
$$A_2 = \frac{3}{4} A_1; A_3 = \frac{3}{4} A_2; A_4 = \frac{3}{4} A_3 \dots \text{итн.}$$

Односот меѓу две соседни амплитуди е: $\frac{A_1}{A_2} = \frac{A_2}{A_3} = \frac{A_3}{A_4} = \dots = \frac{4}{3} = \text{const}$

сл.1

Овој однос се нарекува **степен или фактор на придушување**.

Периодот на придушените осцилации не е постојан значи придушените осцилации се квазипериодични.



Присилни осцилации

Осцилациите на кои не им се додава енергија од надворешната средина, придрушените осцилации се нарекуваат уште и слободни осцилации.

Фреквенцијата на системот што слободно осцилира е наречена **сопствена фреквенција**, а самите осцилации – **сопствени осцилации**.

Во практиката најчесто употребувани осцилатори се оние кои изведуваат непридушени осцилации. Наједноставен начин за нивно добивање е кога на осцилаторот се дејствува со надворешна периодична сила, работата на оваа сила врз системот обезбедува надоместување на загубите на енергијата поради совладување на триењето и надворешните отпори.

Осцилациите кои настануваат под дејство на надворешна периодична сила се викаат **присилни осцилации**.

Амплитудата на присилните осцилации зависи од фреквенцијата на надворешната периодична сила и од сопствената фреквенција (фреквенцијата на самиот осцилатор). Колку разликата меѓу овие две фреквенции е поголема толку амплитудата е помала и обратно, ако оваа разлика се намалува тогаш амплитудата на присилните осцилации расте. Во ова ќе се увериме ако разгледаме присилен осцилатор како на сликата.

Тоа е пружина за која на едниот крај е закачен тег и самата таа е обесена за бреговидна оска која завршува со рачка, со која може да се движи целиот систем.

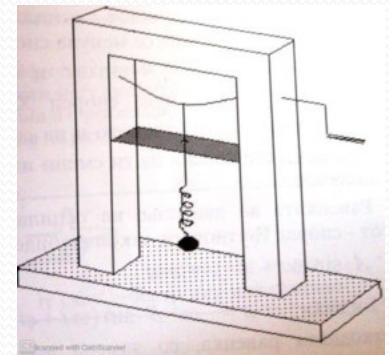
Кога бреговидната оска мирува ако тегот го повлечеме надолу, тој ќе осцилира слободно со својата сопствена фреквенција f_0 .

Кога системот е во мирување и почнеме да ја вртиме рачката тогаш бреговидната оска двишејќи се горе долу го наметнува ова движење на спиралата со тегот. Со зголемување на врзината на вртење на рачката забележуваме и зголемување на амплитудата на присилните осцилации, но до извесна граница.

Со понатамошно зголемување на брзината на вртење на рачката забележуваме повторно намалување на амплитудата.

Надворешната сила му наметнува присилни осцилации на осцилаторот па тој осцилира со фреквенција f .

Доколку разликата меѓу овие две фреквенции f_0 и f е помала, амплитудата расте и обратно, со зголемување на нивната разлика амплитудата се намалува. Во техниката често се користат присилни осцилации: котвата на електричното звонче осцилира под дејство на силата на електромагнет (фреквенцијата на наизменичната струја одговара на сопствената фреквенција на котвата на звончето. Слично функционираат телефонската слушалка, микрофонот, звучникот. ..



Механичка резонанција

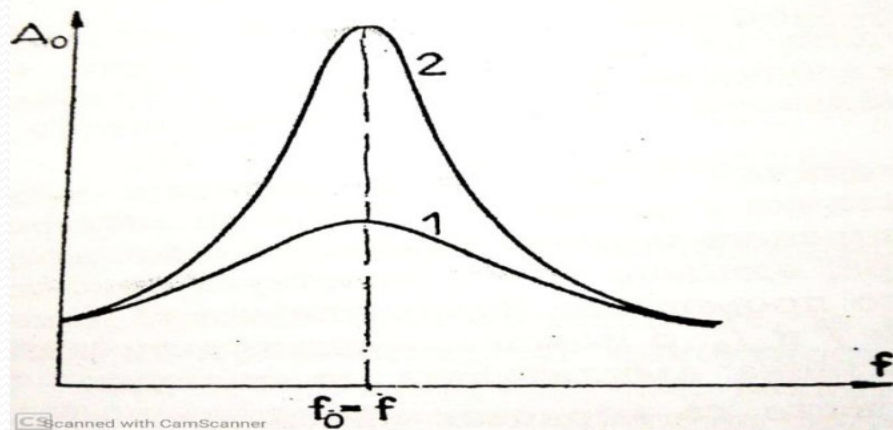
Посебно важна за практиката е ситуацијата кога присилните осцилации имаат најголема можна амплитуда. Тоа се случува кога разликата меѓу сопствената фреквенција (фреквенцијата на осцилаторот) f_o и фреквенцијата на надворешната периодична сила f е нула, т.е.

$$f_o - f = 0, \text{ односно: } f_o = f$$

Појавата на нагло расење на амплитудата на присилните механички осцилации, во случај на совпаѓање на фреквенцијата на надворешната периодична сила со фреквенцијата на осцилаторот е наречена **механичка резонанција**.

Амплитудата на присилните осцилации зависи од отпорот на средината. Доколку средината има помал отпор, во случај на резонанца, амплитудата на овие осцилации може да достигне мошне високи вредности. Во идеален случај на средина без никаков отпор, во случај на резонанца амплитудата теориски би имала бескрајно голема вредност.

На сл. се прикажани криви на резонанца во зависност од отпорот на средината, за две средини, средина со доста голем отпор (крива -1) и средина со доста мал отпор (крива -2).



Експерименти со кои се демонстрира маханичка резонанца

Појавата механичка резонанца може да се демонстрира со следниве експерименти.

Неколку математички нишала закачени се на хоризонтален оптегнат конец, од кои две имаат еднакви должини. (1 и 3). Ако едно од нишалата на пример, првото (1) го поместиме од рамнотежна положба, тоа почнува да осцилира и ќе претставува надворешна периодична сила за другите нишала.

По одредено време, ќе забележиме дека ќе почне да осцилира и третото (3) нишало, додека второто (2) и четвртото (4) мируваат.

Периоди на соодветните математичките нишала ќе изнесуваат:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}} ; T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l_2}{g}} ; T_3 = 2\pi \sqrt{\frac{l_3}{g}} ; T_4 = 2\pi \sqrt{\frac{l_4}{g}}$$

Бидејќи $l_1 = l_3$ се добива дека и $T_1 = T_3$, следи дека и $f_1 = f_3$.

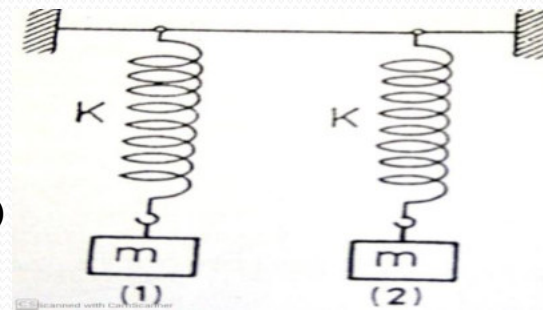
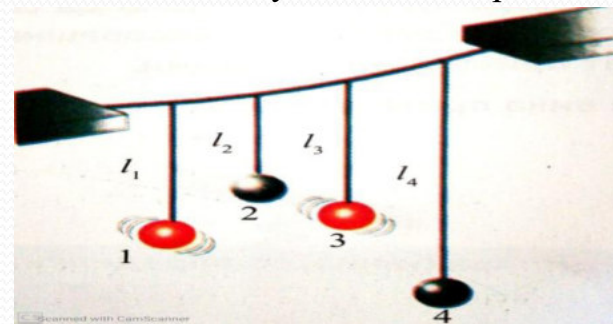
Со тоа е исполнет и условот за резонанција, и нишалото (3) само од себе почнува да осцилира зголемувајќи ја постепено својата амплитуда. Тоа значи дека нишалото (1) како надворешна периодична сила го наметнува своите осцилации на нишалото (3). Кога нишалото (1) ќе престане да осцилира нишалото (3) осцилира со најголема амплитуда. Потоа улогата на надворешна периодична сила ја презема нишалото (3) како осцилатор, а резонатор ќе биде нишалото (1). Оваа улога осцилатор, резонатор наизменично се повторува се додека енергијата внесена на почетокот не се потроши во совладување на сили на отпор на средината. Останатите нишала (2) и (4) мируваат.

Нешто слично се случува и во сл. експеримент. Две еднакви спирали (со еднакво k) ги закачуваме за затегната челична жица и ги оптеретуваме со тегови со еднакви маси. Ако првиот тег го извлечеме од рамнотежна положба и го пуштима да осцилира, забележуваме дека и тегот (2) почнува постепено да осцилира зголемувајќи ја својата амплитуда. Кога тегот (1) престанува да осцилира, тегот (2) осцилира со максимална амплитуда. Тегот (1) е осцилатор, тегот (2) резонатор, потоа улогите наизменично си ги променуваат.

Периодите на двата осцилатори им се $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m_1}{k_1}}$ и $T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{k_2}}$, бидејќи $m_1 = m_2$ и $k_1 = k_2$, следува дека $T_1 = T_2$ па и нивните фреквенции се еднакви $f_1 = f_2$ со што е исполнет условот на резонанца.

Заклучок: резонанца настанува само кога е исполнет условот $f_1 = f_2$

Проф. Соња Димовска



Примена на механичка резонанца и заштита од истата

Постојат механизми и инструменти чија работа и функција се базира врз принципот на механичката резонанција. Као пример :

Фреквенцметарот е инструмент за мерење на фреквенцијата на наизменичната струјаво електричната мрежа.

Во инструментот постојат повеќе челични, еластични ленти-јазичиња (1,2,3..)

кои имаат свои сопствени фреквенции f_1, f_2, f_3 итн. , со вредности

од 40 до 60 Hz. Фреквенцијата на наизменичната електрична струја во

гратската мрежата најчесто се менува од 45 до 55 Hz ,што зависи од повеќе

фактори. Нека електричната струја во мрежата во даден момент има на

пример 51 Hz . Веднаш со оваа фреквенција во резонанца влегува лентата

која има фреквенција од 51 Hz и таа осцилира со најголема амплитуда

додека соседните осцилираат со многу помала амплитуда, а подалечените воопшто и не осцилираат . Врвот на

лентата која осцилира со најголема амплитуда дава впечаток на една површина , додека лентите кои не

осцилираат се поредени по права линија . Види слика десно долу .

Резонанцијата може да биде и опасна .

При премин на војска преку мост не е дозволено марширање . Строевиот чекор

(на поголем број луѓе) преставува надворешна периодична сила која дејствува на мостот .

Ако случајно фреквенцијата на оваа надворешна периодична сила се совпадне со

сопствената фреквенција на мостот, тој почнува да осцилира со се поголема амплитуда и

може да дојде до поголеми оштетувања на мостот. Исто така периодичните налети на

ветерот можат да бидат кобни и за поголеми конструкции, ако фреквенцијата на ветерот

се совпаден со сопствената фреквенција на конструкцијата.

Бродот исто така има своја сопствена фреквенција на нишање , ако фреквенцијата на

морските бранови се совпадне со неговата сопствена фреквенција , настапува резонанца,

доаѓа до големо нишање на бродот .

Во овој случај капетанот на бродот ја менува или брзината или курсот на пловење.

Поради недоволна центрираност на одделни ротациони делови кај машините , тие дејствуваат како надворешни

периодични сили и во случај на совпаѓање на фреквенцијата на овие сили со сопствената фреквенција на

одделни делови или на целата машина може да дојде до резонанца , а со тоа и рушење на машината.

