МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ

Циклова комісія природничих дисциплін

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Фізика»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти

Аеронавігація

За темою - Автоколивання. Генератор незгасаючих коливань. Вимушені магнітні коливання

Харків 2022

ЗАТВЕРДЖЕНО
Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від _____2022 № ___

СХВАЛЕНО
Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу ХНУВС

Протокол від _____2022 № ___

ПОГОДЖЕНО
Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від _____2022 № ___

Розглянуто на засіданні циклової комісії природничих дисциплін, протокол від 10.08.2022 № 1

Розробник: викладач циклової комісії природничих дисциплін, спеціаліст першої категорії, Москалик В.М.

Рецензенти:
1. Завідувач відділення фахової підготовки навчального відділу КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.
2. Доцент кафедри автомобілів і тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Черниш А.А.

Тема Автоколивання Генератор незгасаючих коливань. Вимушені магнітні коливання

План лекції:

1. Генератор незгасаючих коливань.
2. Вимушені електромагнітні коливання.

Література:

Основна література:

1.1 Дмитрієва В. Ф. Фізика : навчальний посібник / В. Ф. Дмитрієва. – К. : Техніка, 2008. – 608 с.

1.2 Трофімова Т.І. Курс фізики ; 11-е изд., стер. : навчальний посібник для вишів / Т.І. Трофімова. –К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 560 с.

1.3.Технічна термодинаміка (Термодинаміка, теплопередача, теорія авіаційних двигунів) навчальний посібник: Л.В. Михненков. Міністерство цивільної авіації. Московський інститут інженерії цивільної авіації. Москва, 1988 рік.

1. Генератор незгасаючих коливань

Автоколивання

Для техніки важливе значення має можливість підтримувати незгасаючі коливання. Якщо поповнювати втрати енергії реальної коливальної системи, то коливання будуть незгасаючими. Особливо важливі і широко застосовуються автоколивання – незгасаючі коливання, які підтримуються у коливальній системі завдяки постійному зовнішньому джерелу енергії, причому властивості цих коливань визначаються самою системою.

Розглянемо систему, яка складається з джерела енергії, тіла, здатного здійснювати коливання, і пристрою, який передає енергію джерела до тіла. Ця система здатна регулювати надходження енергії до коливного тіла для компенсації втрат на тертя, джоулеву теплоту, випромінювання тощо. Прикладом такої системи є годинник з маятником (рис. 1). Тут чітко виділяються три основних елементи. Джерелом енергії с пружинний або гирьовий завод а коливною системою - маятник 2 або балансир (коліщатко з пружинкою) і, нарешті, пристрій, що регулює надходження: енергії від джерела до тіла, - анкерний хід 3. Система має певний запас енергії - потенціальну енергію гирі або енергію стисненої пружини. Гиря надає руху храповому колесу 4. Анкерний пристрій (планка, виконана у вигляді якоря) жорстко зв'язаний з маятником, і керує обертанням храпового колеса, яке своїми зубами впирається то в лівий, то в правий виступи анкерного пристрою. При цьому маятник дістає імпульс то в один бік, то в другий, відкриваючи або закриваючи доступ енергії від джерела. Внаслідок цього відбуваються незгасаючі коливання маятника (хід годинника) з частотою, яка майже дорівнює частоті його вільних коливань, за умови, що тертя

в системі мале» Системи, подібні до розглянутої, називають автоколивальними. Прикладом таких систем є органна труба, струна скрипки, якщо смичок рівномірно рухається, електричний дзвінок з переривником, генератор незгасаючих коливань.

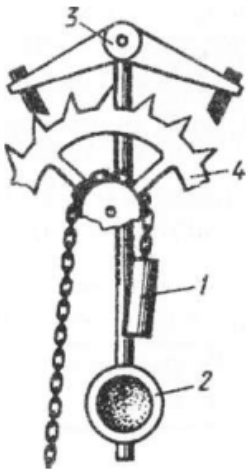


Рис. 1

Будь-яка автоколивальна система складається з таких основних частин: 1) коливальної системи; 2) джерела енергії, завдяки якому поповнюється енергія в коливальній системі; 3) клапана - пристрою, який регулює надходження енергії в коливальну систему певними порціями; 4) зворотного зв'язку, за допомогою якого коливальна система керує клапаном
(рис. 2, а).

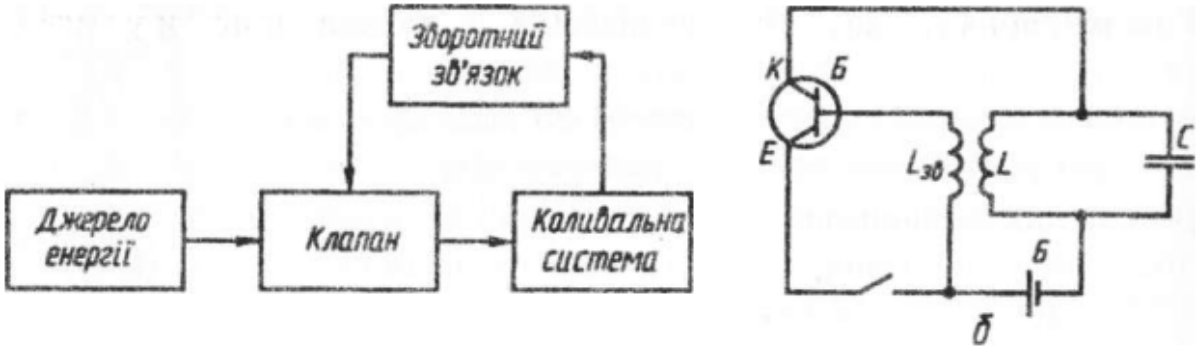


Рис. 2

Генератор незгасаючих електромагнітних коливань

У генераторі (рис. 2, б) коливальною системою є контур (L і C), що має малий опір; джерелом енергії - батарея (випрямляч), яка живить напругою транзистор; роль клапана виконує транзистор, який регулює надходження енергії порціями від джерела в коливальний контур. Самозбуджує коливання котушка зворотного зв'язку $L_{зв}$, індуктивно пов'язана з котушкою коливального контуру L. У генераторі роль клапана виконує транзистор типу *p-n-p*. Транзистор має три

електроди: емітер колектор *К*, базу *Б*. Емітерний перехід відкритий, якщо позитивний полюс джерела з'єднаний з емітером, а негативний - з базою. Транзистор не пропускає струму, якщо потенціал бази позитивний відносно емітера. Залежно від потенціалу бази відносно емітера транзистор буде «закритий» або «відкритий».

Якщо ключ замкнути, то в колі транзистора виникає струм, який заряджає конденсатор *С* коливального контуру. У контурі виникають вільні коливання. Струм, що проходить через котушку L контуру, індукує змінну напругу в котушці зворотного зв'язку $L_{зв}$, яка подається на емітерний перехід транзистора. У перший півперіод коливань транзистор буде «відкритий», тобто в колекторному колі транзистора проходитиме струм. Цей струм збігається за напрямом із струмом у котушці контуру. Під час другого півперіоду струм у контурі змінює напрям, транзистор буде «закритий», коливальний контур протягом півперіоду буде від'єднаний від джерела енергії. У наступний період процес повторюється. Отже, транзистор вмикає і вимикає джерело постійного струму, завдяки енергії якого в контурі підтримуються незгасаючі коливання.

Амплітуда і період коливань визначаються властивостями коливальної системи.

2. Вимушені електромагнітні коливання

Розглянуті вище коливання відбувалися з частотами, які визначаються параметрами самої коливальної системи. Щоб у реальній коливальній системі збудити незатухаючі коливання, треба компенсувати втрати енергії. Коливання, що виникають під дією зовнішньої ЕРС, яка періодично змінюється, називають вимушеними електромагнітними коливаннями.

Для того щоб у коливальному контурі виникали вимушені коливання, треба до контуру підвести зовнішню ЕРС, яка періодично змінюється за гармонійним законом, або змінну напругу

$$U = U_0 \sin \omega t,$$

де U_0 - максимальне значення напруги; ω - циклічна (колова) частота.

Тоді рівняння $-L\frac{d^2Q}{dt^2} = \frac{Q}{C}$, або $\frac{d^2Q}{dt^2} + \frac{1}{LC}Q = 0$ з урахуванням $U = U_0 \sin \omega t$ можна записати у вигляді

$$L\frac{dI}{dt} + IR + \frac{Q}{C} = U_0 \sin \omega t.$$

Поділивши цей вираз на L, дістанемо

$$\frac{dI}{dt} + \frac{R}{L}I + \frac{1}{LC}Q = \frac{U_0}{L}\sin \omega t.$$

Урахувавши, що

$$I = \frac{dQ}{dt}, \omega_0^2 = \frac{1}{LC}, \delta = \frac{R}{2L},$$

маємо

$$\frac{d^2Q}{dt^2} + 2\delta\frac{dQ}{dt} + \omega_0^2 Q = \frac{U_0}{L}\sin\omega t.$$

Це рівняння має розв'язок

$$Q = Q_0 \sin(\omega t - \varphi).$$

В усталеному режимі вимушені коливання відбуваються з частотою ω і є гармонічними.

Амплітуда і фаза коливань залежать від ω і визначаються такими виразами:

$$Q_0 = \frac{U_0}{\omega\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/(\omega C))^2}},$$

$$tg\varphi = \frac{R}{\frac{1}{\omega C} - \omega L}.$$

Силу струму в контурі за умови, що коливання встановилися, знайдемо, здиференціювавши рівняння $Q = Q_0 \sin(\omega t - \varphi)$:

$$I = \frac{dQ}{dt} = \omega Q_0 \cos(\omega t - \varphi).$$

З порівняння формул $Q = Q_0 \sin(\omega t - \varphi)$ і $I = \frac{dQ}{dt} = \omega Q_0 \cos(\omega t - \varphi)$ випливає, що коливання заряду (напруги) і струму зсунуті на π/2.