

## CECHY KSZTAŁCENIA MODULACJI FAL ELEKTROMAGNETYCZNYCH W KONTEKŚCIE KOMPETENCJI SZKOLENIA

Jednym z kierunków podejścia kompetencyjnego w zakresie wychowania fizycznego jest wzmocnienie roli fizyki stosowanej zawartości materiału szkoleniowego, praktycznych metod nauczania, powiązań interdyscyplinarnych, eksperymentu edukacyjnego fizycznego z wykorzystaniem rzeczywistych projektów inżynierskich.

Wdrożenie podejścia kompetencyjnego w nauczaniu fizyki - to problem, który wymaga kompleksowego rozwiązania, a zatem uważać metody projektowania nauczania każdej sekcji każdy wątek.

W artykule przedstawiono przykład podejścia kompetencyjnego w badaniu modulacji fal elektromagnetycznych w trakcie fizyki ogólnej Uniwersytetu Pedagogicznego.

**Słowa kluczowe:** podejście kompetencyjne, fizyka stosowana, komunikacja interdyscyplinarna, wahania modulacji, rzeczywiste obiekty techniczne.



**Wiktor Zakalurnyj**  
Doktorant Uniwersytetu  
pedagogicznego imienia  
H.P.Drahomanowa  
(m. Kyjiv, Ukraina)

## THE PECULIARITIES OF THE STUDY OF ELECTROMAGNETIC WAVES MODULATION IN THE CONTEXT OF COMPETENCY TRAINING

The leading idea of reforming the education system of Ukraine is implementing education competency-based approach, an important feature of which is that the effectiveness of training is determined not so much a complete and systematic subject knowledge as the ability of young people to operate the existing stock of knowledge in new situations, and above all, the solving application problems in everyday life.

One of the areas of the competency-based approach in physical education is to strengthen the role of Applied Physics of the content of the training material, practical teaching methods, interdisciplinary connections, educational physical experiment using real engineering projects.

The implementation of competence approach in teaching physics - a problem that requires a comprehensive solution and, therefore, careful design methods of teaching each section, each topic.

The article contains an example of competence approach in the study of the modulation of electromagnetic waves in the course of general physics Pedagogical University.

**Keywords:** competence approach, applied physics, interdisciplinary communication, modulation fluctuations, actual technical facilities.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИВЧЕННЯ МОДУЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ КОЛИВАНЬ У КОНТЕКСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПЕТЕНТІСНОГО НАВЧАННЯ

Провідною ідеєю реформування системи освіти України є запровадження в освіті компетентісно-орієнтованого підходу, важливою особливістю якого є те, що ефективність навчання визначається не стільки повнотою і систематичністю предметних знань, скільки здатністю молоді оперувати наявним запасом знань в нових ситуаціях, і, перш за все, під час розв'язання прикладних проблем, що виникають у повсякденному житті.

Одним із напрямів реалізації компетентісно-орієнтованого підходу у фізичній освіті є посилення ролі прикладної фізики у змісті навчального матеріалу, практичних методів навчання, міжпредметних зв'язків, навчального фізичного експерименту з використанням реальних технічних об'єктів.

Реалізація компетентнісного підходу в навчанні фізики – проблема, яка потребує комплексного розв'язання і, відповідно, ретельної розробки методики навчання кожного розділу, кожної теми.

У статті наведено приклад застосування компетентнісного підходу під час вивченні модуляції електромагнітних коливань в курсі загальної фізики педагогічного університету.

**Ключові слова:** компетентнісний підхід, прикладна фізика, міжпредметні зв'язки, модуляція коливань, реальні технічні об'єкти.

У Національній стратегії розвитку освіти в Україні на 2012–2021 роки зазначено: «Сучасний ринок праці вимагає від випускника не лише глибоких теоретичних знань, а здатності самостійно їх застосовувати у нестандартних, постійно змінюваних життєвих ситуаціях, переходу від суспільства знань до суспільства життєво компетентних громадян» [2].

Отже, однією з провідних ідей реформування системи освіти України є запровадження в освіті компетентнісно-орієнтованого підходу, спрямованого на формування ключових, загальнопредметних та предметних компетентностей учнів та студентів, на комплексне засвоєння знань та способів практичної діяльності, завдяки яким людина успішно реалізує себе в різних галузях своєї життєдіяльності [6-7].

Важливою особливістю компетентнісного підходу є те, що ефективність навчання визначається не стільки повнотою і систематичністю предметних знань, скільки здатністю молоді оперувати своїм запасом знань у нових ситуаціях, і перш за все, під час розв'язання прикладних проблем, що виникають у повсякденному житті.

Тобто, компетентнісний підхід в освіті є, певною мірою, способом посилення її практичної, прикладної спрямованості.

Зазначимо, що формування предметної компетентності учнів чи студентів на сьогодні є проблемним завданням освіти, оскільки пов'язане з необхідністю долати суперечність між існуючим «предметоцентризмом» та спрямованістю компетентнісного підходу на розв'язання життєвих проблем комплексного міжпредметного характеру.

Цілком логічно, що одним із напрямів реалізації компетентнісно-орієнтованого підходу у фізичній освіті має стати посилення ролі прикладної фізики у змісті навчального матеріалу, практичних методів навчання, міжпредметних зв'язків, навчального фізичного експерименту з використанням реальних технічних об'єктів, з якими студенти мають справу у повсякденному житті.

Тобто, реалізація компетентнісного підходу в навчанні фізики – проблема, яка потребує комплексного розв'язання і, відповідно, ретельної розробки методики навчання кожного розділу, кожної теми.

Програма курсу загальної фізики педагогічних університетів містить низку тем, які мають велике практичне значення, оскільки забезпечують основу для розуміння процесів, що протікають в складних технічних системах [1]. Однією з таких тем є «Принципи радіозв'язку», яка має прямий вихід на математику, електротехніку, радіотехніку та електроніку, а тому має викладатися в тісному взаємозв'язку із зазначеними дисциплінами. Відповідна тема є і в курсі фізики загальноосвітньої школи, що вимагає глибокого розуміння та якісного засвоєння її змісту студентами.

Враховуючи великий обсяг теми, зупинимося на методиці вивчення одного з найважливіших питань теми - модуляції електромагнітних коливань з урахуванням можливостей міждисциплінарних зв'язків.

Перш за все, студентам нагадують принципи радіозв'язку, зокрема, що високочастотні коливання, які виробляє генератор незатухаючих коливань і які перетворюються на електромагнітні хвилі та випромінюються відкритим коливальним контуром, інформації не несуть. Для того щоб електромагнітні хвилі переносили корисну інформацію, коливання генератора ВЧ потрібно певним чином перетворити. Найпростіше – змінювати амплітуду коливань відповідно до обраного коду, наприклад двійкового. Є сигнал – маємо логічну одиницю, немає – логічний нуль. Закодовану при передаванні інформацію на приймальній стороні систем радіозв'язку розкодовують.

За таким принципом діють і найпростіший телеграфний зв'язок з використанням коду Морзе, і більшість сучасних цифрових систем радіозв'язку.

Дещо складніше здійснити передавання на відстань безпосередньо звукової інформації. Для цього використовують різні фізичні методи впливу на високочастотні коливання з боку коливань звукової частоти, які отримали спільну назву – модуляція.

Отже, модуляцією коливань називають зміну амплітуди, частоти чи фази високочастотного коливання за законом низькочастотного. Найпростішою є однотонова модуляція, тобто модуляція однією частотою.

При однотоновій модуляції:

амплітудній:  $A = A_0(1 + b \cos \omega_2 t)$ ;

частотній:  $\omega = \omega_0(1 + b \cos \omega_2 t)$ ;

фазовій:  $\varphi = \varphi_0(1 + b \cos \omega_2 t)$ .

Оскільки процеси в електричних системах не очевидні, принцип однотонової амплітудної модуляції варто проілюструвати на прикладі механічних коливань за допомогою установки, схематично зображеної на рис. 1.

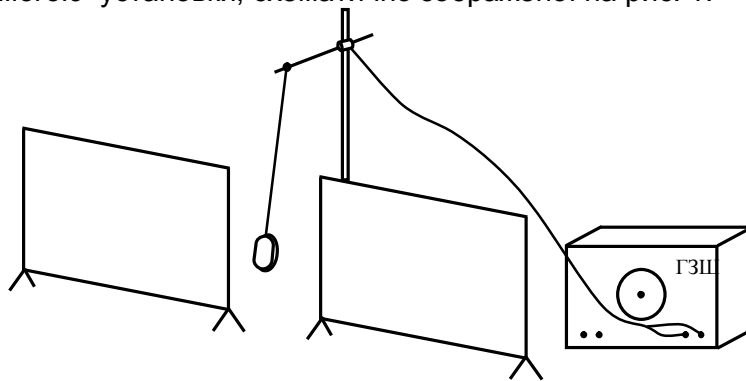


Рис. 1

До мініатюрного гучномовця приєднують довгі та гнучкі провідники і підвішують його на штативі так, щоб він міг здійснювати коливання зберігаючи орієнтацію у вертикальній площині – дифузором до аудиторії (провідники відіграють роль підвісу). Для зменшення випромінювання звукових хвиль «назад», зворотний бік дифузора обгортають звукопоглинаючим матеріалом (наприклад, повстю чи поролоном). Кінці провідників під'єднують до генератора електричних коливань звукової частоти. Між аудиторією та утвореним маятником розташовують два вертикальних екрани з проміжком 10 см між ними. Частота коливань генератора може бути 300-500 Гц. Приводять маятник у коливальний рух. Студенти в аудиторії спостерігають як амплітуда звукових коливань періодично змінюється за законом низькочастотних коливань.

Модуляція електромагнітних коливань може бути реалізована різними способами. В реальних радіотехнічних системах її здійснюють за допомогою нелінійних елементів, тобто елементів з нелінійною вольт-амперною характеристикою – діодів, тунельних діодів, транзисторів тощо. Блок-схема формуючої сигнал частини передавача з амплітудною модуляцією може бути такою (рис. 2).

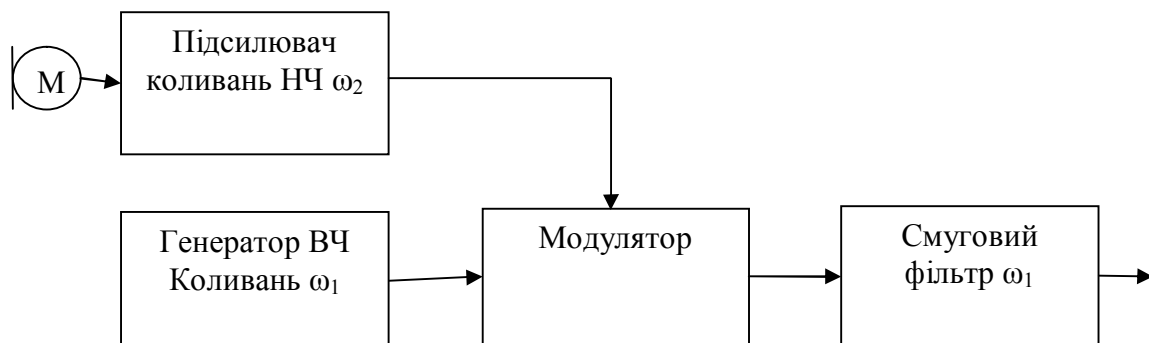


Рис. 2

Основними елементами є генератор незатухаючих коливань частотою  $\omega_1$ , мікрофон та підсилювач коливань низької частоти  $\omega_2$ , модулятор та смуговий фільтр, налаштований на частоту  $\omega_1$ .

Розглянемо, як можна математично описати амплітудну модуляцію, якщо закон нелінійності активного елементу модулятора найпростіший, наприклад, такий:

$$i = \sigma_1 u + \sigma_2 u^2,$$

де  $\sigma_1$  та  $\sigma_2$  - лінійна та нелінійна провідності відповідно. Тобто, миттєве значення сили струму через активний нелінійний елемент має дві складові – лінійну та нелінійну;  $u_1$  та  $u_2$  – миттєві значення напруг високочастотних та низькочастотних коливань відповідно.

$$\text{Якщо } \left. \begin{array}{l} u_1 = U_{1m} \cos \omega_1 t \\ u_2 = U_{2m} \cos \omega_2 t \end{array} \right\} \rightarrow u = u_1 + u_2,$$

$$\begin{aligned} \text{тоді: } i &= \sigma_1 (U_{1m} \cos \omega_1 t + U_{2m} \cos \omega_2 t) + \sigma_2 (U_{1m} \cos \omega_1 t + U_{2m} \cos \omega_2 t)^2 = \\ &= \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t + \sigma_1 U_{2m} \cos \omega_2 t + \sigma_2 U_{1m}^2 \cos^2 \omega_1 t + \sigma_2 \cdot 2U_{1m} U_{2m} \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t + \\ &+ U_{2m}^2 \sigma_2 \cos^2 \omega_2 t \approx \end{aligned}$$

На виході модулятора встановлено, як правило, фільтр, настроєний на частоту  $\omega_1$ , який пригнічує коливання з частотами, що істотно відрізняються від  $\omega_1$  (наприклад,  $\omega_2$ ,  $2\omega_1$ ,  $2\omega_2$ ) тому:  $\approx \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t + 2\sigma_2 U_{1m} U_{2m} \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t =$

$$= \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t \left( 1 + 2 \frac{\sigma_2}{\sigma_1} U_{2m} \cos \omega_2 t \right) =$$

Величину  $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} U_{2m} = m$  називають глибиною модуляції!

$$= \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t (1 + 2m \cos \omega_2 t)$$

Перепишемо рівняння так:

$$i = \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t + 2m \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t =$$

$$= I_{1m} \cos \omega_1 t + 2m I_{1m} \cdot \frac{1}{2} [\cos(\omega_1 + \omega_2)t + \cos(\omega_1 - \omega_2)t]$$

Звідси видно, що внаслідок нелінійності модулятора, крім несучої частоти  $\omega_1$ , у вихідному сигналі присутні бічні частоти  $(\omega_1 + \omega_2)$  та  $(\omega_1 - \omega_2)$  (рис. 3).

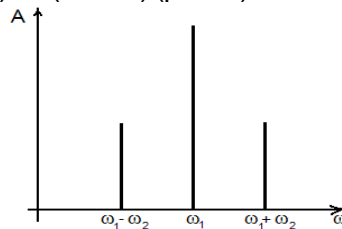


Рис. 3

Слід зазначити, що реальна модуляція електромагнітних коливань в усіх видах радіозв'язку є багатотонавою і описати її математично значно складніше, ніж однотонавою. В реальній багатотонавій модуляції на виході утворюється цілий спектр частот. Тому будь-яка радіостанція на будь-якому каналі зв'язку займає не одну частоту, а смугу частот. Для демонстрації цього явища можна використати звичайний ширококомовний АМ-радіоприймач. Звертають увагу студентів на те, що у всьому діапазоні довгих хвиль, не заважаючи одна одній, можуть працювати не більше 5-6 радіостанцій.

Продемонструвати однотонову амплітудну модуляцію можна різними способами. В спеціальній літературі описано багато варіантів демонстраційних установок [1; 4; 5]. Але, найпростіше, якщо в розпорядженні викладача є лабораторний генератор високої частоти, що має вбудований НЧ-модулятор, наприклад ГСС-8.

Під'єднавши його до осцилографа, на екрані можна показати:

1. Несучі коливання ВЧ (рис. 4).

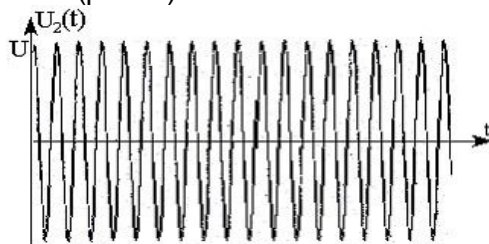


Рис. 4

2. Модулюючі коливання НЧ (рис. 5).

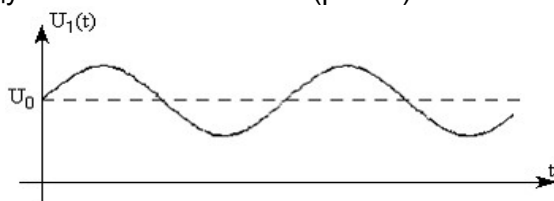


Рис. 5

3. Промодульовані коливання ВЧ (рис. 6).

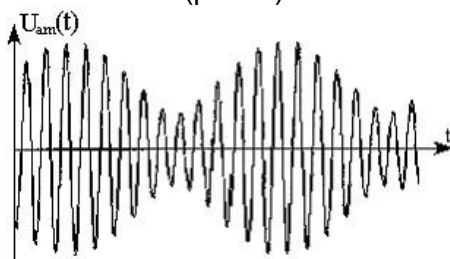
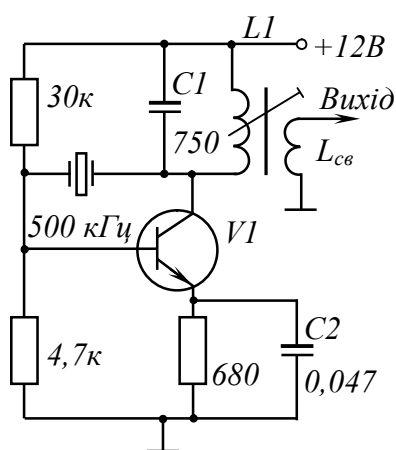


Рис. 6

4. Залежність форми промодульованих коливань від глибини модуляції.

Якщо генератора ВЧ коливань із вбудованим модулятором немає, можна виготовити і продемонструвати в дії автогенератор на транзисторі, зібраний за однією із схем, представлених нижче (рис. 7):



б)

а)

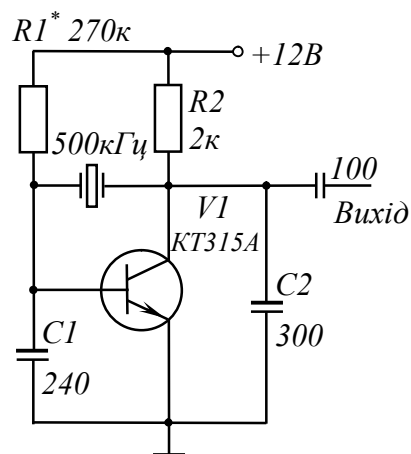


Рис. 7

Перевагою представлених схем є простота та відсутність будь-яких проблем у налаштуванні. В них добре працюють будь-які високочастотні малопотужні п-р-п транзистори. Кварцовий резонатор варто обрати в діапазоні від ста до кількох тисяч кілогерц, але так, щоб сигнал генератора можна було приймати на звичайний ширококомовний радіоприймач.

Студентам слід попередньо пояснити, що кварцовий резонатор відіграє роль високочастотного коливального контура з дуже стабільними параметрами.

Увівши в коло емітера генератора узгоджувальний трансформатор та динамічний мікрофон, отримуємо найпростіший радіопередавач, за допомогою якого можна демонструвати усі особливості амплітудної модуляції, як і з лабораторним обладнанням.

Паралельно до демонстрації зображень на екрані осцилографа корисно за допомогою АМ-радіоприймача продемонструвати немодульований, промодульований сигнали, а також, залежність якості сигналу від глибини модуляції. Для цього радіоприймач потрібно розмістити на відстані 1-1,5 метра від осцилографа. Інтенсивність випромінювання електромагнітних хвиль з'єднуювальними провідниками виявляється достатньою для зазначених демонстрацій.

Немодульований сигнал можна виявити лише за ефектом зниження "ефірних шумів" на частоті генератора високочастотних коливань, а промодульований сигнал легко сприймається на слух. Поступово збільшуючи амплітуду модулюючої напруги показують, що при "перемодуляції" виникають спотворення аудіоінформації, тому на практиці глибина модуляції рідко перевищує 70%.

Допитливим студентам можна дати завдання для самостійного виконання: за допомогою радіоприймача, що працює в короткохвильовому діапазоні (наприклад, в діапазоні 41 – 49 м), спостерігати перехресну амплітудну модуляцію – явище, яке полягає в тому, що сильне електромагнітне поле потужної радіостанції змінює швидкість руху електронів в йоносфері (з частотою цієї радіохвилі) і спричиняє амплітудну модуляцію інших радіохвиль.

Як наслідок, приймаючи слабку радіостанцію, неможливо позбутися сигналів потужної.

На завершення студентам слід повідомити, що однією з актуальних проблем радіотехніки є боротьба з перешкодами, що виникають в системах радіозв'язку від різноманітних джерел електромагнітних випромінювань і шляхом евристичної бесіди підвести їх до висновку, що захищеність радіосигналу від перешкод залежить від смуги частот випромінювання передавача і смуги частот пропускання вхідного тракту та фільтра основної селекції приймача. В сучасних системах службового радіозв'язку для звуження смуги випромінюваних передавачем частот найчастіше застосовують амплітудну модуляцію з пригніченою несучою та однією бічною частотою – SSB та високоефективні кварцові, чи електромеханічні фільтри.

Як показала практика, такий, комплексний підхід до викладання теми "Модуляція електромагнітних коливань", з використанням міжпредметних зв'язків фізики з іншими навчальними дисциплінами, демонстраційного експерименту з реальними технічними об'єктами забезпечує розвиток пізнавальної мотивації, якісне засвоєння теоретичного матеріалу та сприяє формуванню предметних та ключових компетентностей студентів.

Описана методики вивчення модуляції коливань може бути застосована також в профільних класах та на факультативних заняттях з фізики загальноосвітньої школи.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Демонстрационный эксперимент по физике в средней школе : Ч.2. Колебания и волны. Оптика. Физика атома / В. А. Бузов [и др.] ; под ред. А. А. Покровского. - 3-е изд., перераб. – М. : Просвещение, 1979. – 287 с.

2. Загальна фізика. Програма навчальної дисципліни для студентів вищих педагогічних закладів освіти / автори – укладачі : М. І. Шут, І. Т. Горбачук, В. П. Сергієнко. – К. : НПУ, 2005. – 48 с.

3. Національна стратегія розвитку освіти в Україні на 2012-2021 роки. <http://pon.org.ua/novyny/2446-nacionalna-strategiya-rozvitku-osviti-v-ukrayini.html>.

4. Савченко В. Ф. Про моделювання процесу радіопередачі / В. Ф. Савченко // Радянська школа. – № 10. – 1977. – С. 66-68.

5. Шахмаев Н. М. Демонстрационные опыты по разделу «Колебания и волны» [Текст] : пособие для учителей / Н. М. Шахмаев. – М. : Просвещение, 1974. – 128 с.

6. Хуторской А. В. Компетентностный подход в обучении. Научно-методическое пособие / А. В. Хуторской. – М. : Издательство «Эйдос» ; Издательство Института образования человека, 2013. – 73 с.

7. Hutmacher Walo. Key competencies for Europe // Report of the Symposium Berne, Switzerland 27-30 March, 1996. Council for Cultural Co-operation (CDCC) a // Secondary Education for Europe Strasburg, 1997.

## THE PECULIARITIES OF THE STUDY OF ELECTROMAGNETIC WAVES MODULATION IN THE CONTEXT OF COMPETENCY TRAINING

### V. ZAKALIUZHNY

The National Strategy of Education Development in Ukraine for 2012-2021 years states: "The current labor market requires graduate not only deep theoretical knowledge and the ability to independently apply them in innovative, constantly changing life situations of transition from a society of knowledge vital to the society of competent citizens" [2].

So, one of the leading ideas of education reform Ukraine is implementing education competency-based approach aimed at the formation of the key, *zahalnopredmetnyh* and subject competence of students at comprehensive learning and methods of practice through which people successfully realizes itself in various fields his life [6-7].

An important feature of competence-based approach is that the effectiveness of training is determined not so much a complete and systematic subject knowledge as the ability to operate their young stock of knowledge in new situations, and especially in solving application problems in everyday life.

That competence approach in education is, to some extent, the way to making it practical, applied focus.

Note that the formation of subject competence of students or students today is problematic task of education, as due to the need to overcome the contradiction between the existing "*predmetotsentryzmom*" and focus competency approach to solving complex problems in life intersubject character.

It is logical that one of the directions of a competency-based approach in physical education should be to strengthen the role of Applied Physics of the content of the training material, practical teaching methods, interdisciplinary connections, educational physical experiment using real engineering objects with which students deal in everyday life.

That realization competence approach in teaching physics - a problem that requires a comprehensive solution and, therefore, careful design methods of teaching each section, each topic.

The course of general physics teaching universities contains a number of topics that are of great practical importance, as they provide a basis for understanding the processes occurring in complex technical systems [1]. One such topic is "Principles of radio communication", which has direct access to mathematics, electrical engineering, radio engineering and electronics, and therefore should be taught in close relationship with these disciplines. The relevant issue is in secondary school physics course that requires a deep understanding and mastering the quality of its content students.

Given the large amount of topics will focus on methods of studying one of the most important issues topic - modulation of electromagnetic waves and capacities of the interdisciplinary connections.

First of all, remind students to the principles of radio communication, in particular, high-frequency vibrations, which produces generator and attenuating vibrations are converted into electromagnetic waves emitted and open oscillating circuit information is not held. To electromagnetic waves transferred useful information, fluctuations RF generator need some way to turn. The easiest way - to change the amplitude of vibrations according to the selected code, such as binary. There are signal - logical unit have not - logical zero. When transmitting information encoded on the receiving side decodes radio communication systems.

According to this principle are the simplest and telegraph communications using Morse code, and most modern digital radio communication systems.

Somewhat difficult to make transmission distance direct sound information. For this purpose, different physical methods of influencing the high fluctuation of the oscillation frequency of the sound that got common name - modulation.

Therefore, modulation of oscillations called the change in amplitude, frequency or phase of the high-frequency vibrations at low law. The simplest is odnotonova modulation, ie one modulation frequency.

In odnotonoviy modulation:

$$\text{amplitude: } A = A_0 (1 + b \cos \omega_2 t)$$

$$\text{frequency: } \omega = \omega_0 (1 + b \cos \omega_2 t)$$

$$\text{phase. } \varphi = \varphi_0 (1 + b \cos \omega_2 t)$$

Since the processes in electrical systems is not obvious, the principle odnotonovye amplitude modulation is illustrated by the example of mechanical vibrations by using a setup schematically depicted in Fig. 1.

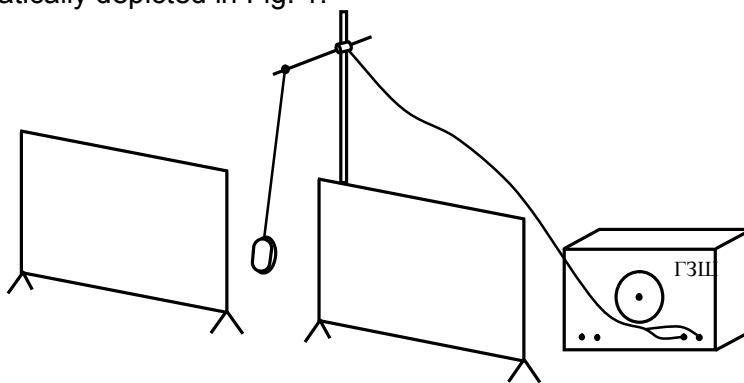


Fig. 1

Miniature loudspeaker attached to a long flexible conductors and hung it on a tripod so that it could carry out fluctuations while maintaining orientation in the vertical plane - cone to the audience (leaders act as suspension). To reduce the emission of sound waves "back", the flip side of the diffuser enveloping sound-absorbing material (such as felt or foam). Ends connected via wires to a generator of electric vibrations of sound frequencies. Between the audience and the resulting pendulum placed two vertical screens with a gap of 10 cm between them. The oscillation frequency of the generator can be 300-500 Hz. Lead pendulum to vibrate. Students in the audience watching as the amplitude of the sound vibrations periodically changing the law of low frequency vibrations.

Modulation of electromagnetic waves can be realized in various ways. In real radio systems is carried out using non-linear elements, i.e. elements with nonlinear volt-ampere characteristics of the diodes, tunnel diodes, transistors and the like. A block diagram forming part of the transmitter signal with amplitude modulation may be such (Fig. 2).

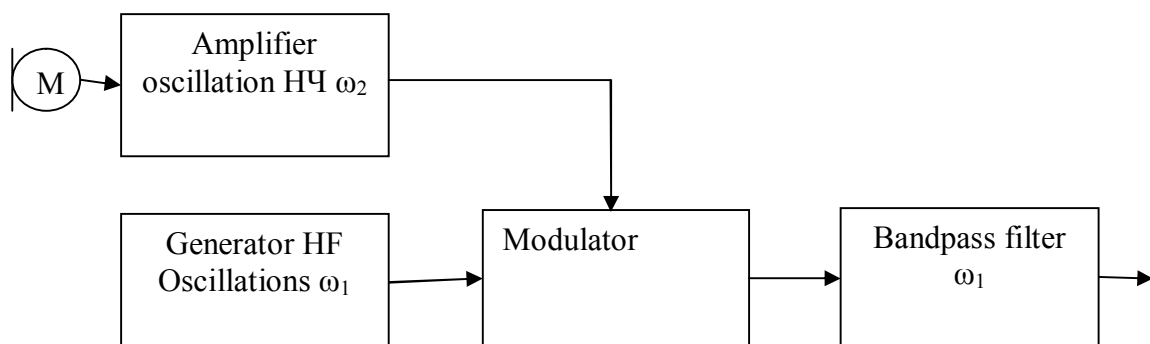


Fig. 2



The main elements are the generator nesaturati oscillation frequency  $\omega_1$ , the microphone and the amplifier of oscillations of low frequency  $\omega_2$ , a modulator and band pass filter tuned to the frequency  $\omega_1$ .

We will see how to mathematically describe amplitude modulation, if the law of non-linearity of the active element of the modulator is the easiest, for example, like this:

$$i = \sigma_1 u + \sigma_2 u^2$$

where  $\sigma_1$  and are the  $\sigma_2$  linear and non-linear conductivity, respectively. That is, the instantaneous current through the active nonlinear element has two components – linear and non-linear;  $u_1$  and  $u_2$  – instantaneous values of voltages of high-frequency and low-frequency oscillations respectively.

$$\text{If } \left. \begin{array}{l} u_1 = U_{1m} \cos \omega_1 t \\ u_2 = U_{2m} \cos \omega_2 t \end{array} \right\} \rightarrow u = u_1 + u_2$$

$$\text{then: } i = \sigma_1 (U_{1m} \cos \omega_1 t + U_{2m} \cos \omega_2 t) + \sigma_2 (U_{1m} \cos \omega_1 t + U_{2m} \cos \omega_2 t)^2 =$$

$$\sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t + \sigma_1 U_{2m} \cos \omega_2 t + \sigma_2 U_{1m}^2 \cos^2 \omega_1 t + \sigma_2 \cdot 2U_{1m} U_{2m} \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t + \\ + U_{2m}^2 \sigma_2 \cos^2 \omega_2 t \approx$$

The output of the modulator is installed, as a rule, a filter tuned to a frequency  $\omega_1$  that suppresses the oscillations with frequencies that are significantly different from (for  $\omega_1$  example  $\omega_2$ ,

$$2\omega_1, 2\omega_2) \text{ TOMY: } \approx \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t + 2\sigma_2 U_{1m} U_{2m} \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t = \\ = \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t \left( 1 + 2 \frac{\sigma_2}{\sigma_1} U_{2m} \cos \omega_2 t \right) =$$

The value  $\frac{\sigma_2}{\sigma_1} U_{2m} = m$  is called the modulation depth!

$$= \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t (1 + 2m \cos \omega_2 t)$$

Let's rewrite the equation like this:

$$i = \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t + 2m \sigma_1 U_{1m} \cos \omega_1 t \cos \omega_2 t = \\ = I_{1m} \cos \omega_1 t + 2m I_{1m} \cdot \frac{1}{2} [\cos(\omega_1 + \omega_2)t + \cos(\omega_1 - \omega_2)t]$$

This shows that due to the nonlinearity of the modulator, except the carrier frequency  $\omega_1$ , in the output signal are present side frequency  $(\omega_1 + \omega_2)$  та  $(\omega_1 - \omega_2)$  (Fig. 3).

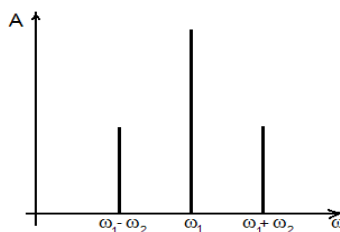


Fig. 3

It should be noted that the actual modulated electromagnetic waves in all types of wireless communication is multi color and describe it mathematically more difficult than odnotonovu. In real multi color modulation of the output produced a range of frequencies. Therefore, any station on any communication channel occupies more than one frequency and bandwidth. To demonstrate this phenomenon can be used conventional AM radio broadcast. Pay attention to the students that the entire range of long waves, without interfering with each other, can work no more than 5-6 stations.

Demonstrate odnotonovu amplitude modulation in various ways. In the literature describes many choices demonstration units [1; 4; 5]. However, the easiest way, if the teacher is available to the laboratory high frequency generator, which has a built-in low-modulator, such as GHS-8.

Connect it to the oscilloscope, the screen can show:

1. The bearing oscillations of the RF (Fig. 4).

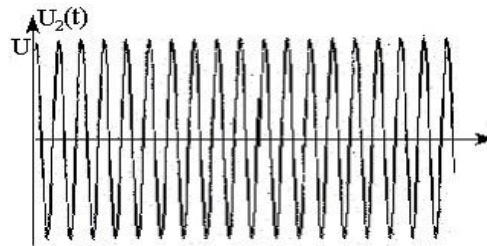


Fig. 4

2. Modulus fluctuations NCH (Fig. 5).

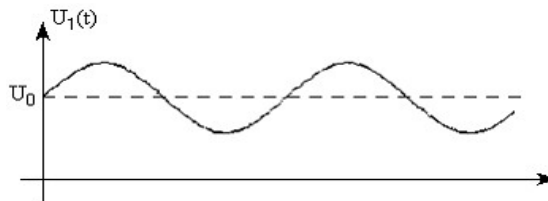


Fig. 5

3. Promodulated fluctuations RF (Fig. 6).

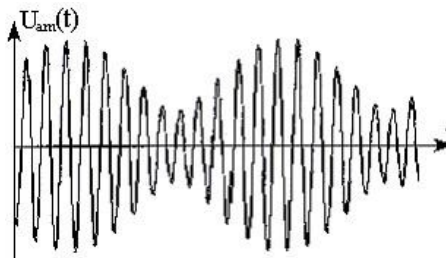


Fig. 6

4. The dependence of the shape of preodolevaya oscillations from the modulation depth.

If the generator of the HF oscillations with built-in modulator, you can produce and demonstrate in action the oscillator transistor, assembled in one of the schemes presented below (Fig. 7):

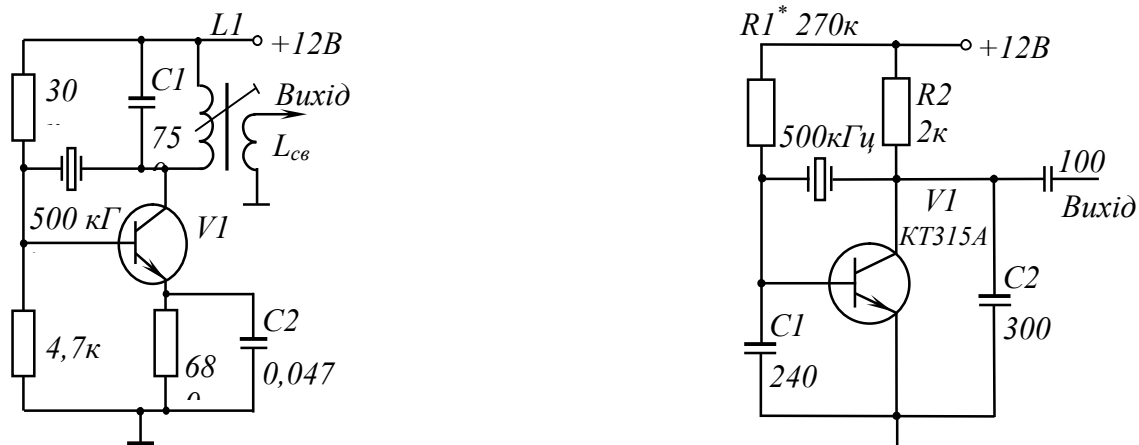


Fig. 7

The advantage of the scheme is the simplicity and the absence of any problems in the setup. They work well any high thin n-p-n transistors. Crystal should choose a range from one hundred to several thousand kilohertz, but so that the signal generator could take on regular broadcast radio.

Students should first explain that crystal acts as a high-Q oscillatory circuit with very stable parameters.

Entering the circle emitter generator matching transformer and microphone, get a simple transmitter, with which you can demonstrate all the features of amplitude modulation, as with laboratory equipment.

Parallel to project images on the oscilloscope useful using AM-modulated radio show, promodulovany signals, but also a signal dependent on the depth of modulation. For this radio should be placed at a distance of 1-1.5 meter from the oscilloscope. The intensity of the radiation of electromagnetic waves connecting conductors is sufficient for these demonstrations.

Modulated signal can be detected only by the effect of "essential noise" at high frequency oscillation generator and signal promodulovany easily perceived by the ear. Gradually increasing amplitude modulating voltage show that the "peremodulyatsiyi" audio distortion arising because in practice the modulation depth rarely exceeds 70%.

Curious students can be given the task of self-fulfillment: through the radio that works in the short range (for example, in the range of 41 - 49 m), watch cross amplitude modulation - a phenomenon that is as strong electromagnetic field of a powerful radio station changes the speed of yonosferi electrons (with a frequency of radio waves) and other causes amplitude modulation radio.

As a result, taking a weak radio station signals can not get rid of the powerful.

In conclusion, students should report that one of the urgent problems of radio engineering is to fight the obstacles that arise in radio communications systems from a variety of sources of electromagnetic radiation by heuristic conversation and bring them to a conclusion that protection from radio interference depends on the bandwidth and radiation transmitter band pass filter input path and the main breeding receiver. In modern radio communication service systems to narrow band of frequencies emitted by the transmitter is most often used amplitude modulation with suppressed carrier frequency and one side - SSB and highly quartz or electromechanical filters.

Experience has shown that such a comprehensive approach to teaching the topic "Modulation of electromagnetic waves", using interdisciplinary connections with other physics disciplines, demonstration experiment with real technical objects ensures the development of cognitive motivation, good theoretical material and promotes meaningful and key competences of students.

The method of studying the modulation of oscillations can be used as a core classes and elective courses in physics secondary school.

## REFERENCES:

1. Demonstracy`onnyj ekspery`ment po fy`zy`ke v srednej shkole : Ch.2. Kolebany`ya y` volny. Opty`ka. Fy`zy`ka atoma / V. A. Burov [y` dr.] ; pod red. A. A. Pokrovskogo. - 3-e y`zd., pererab. – M. : Prosveshheny`e, 1979. – 287 s.
2. Zagal`na fizy`ka. Programa navchal`noyi dy`scy`pliny` dlya studentiv vy`shhy`x pedagogichny`x zakladiv osvity` /avtory` – ukladachi : M. I. Shut, I. T. Gorbachuk, V. P. Sergiyenko. – K. : NPU, 2005. – 48 s.
3. Nacional`na strategiya rozvy`tku osvity` v Ukrayini na 2012-2021 roky`. <http://pon.org.ua/novyny/2446-nacionalna-strategiya-rozvitku-osviti-v-ukrayini.html>.
4. Savchenko V. F. Pro modelyuvannya procesu radioperedachi / V. F. Savchenko // Radyans`ka shkola. – # 10. – 1977. – S. 66-68.
5. Shaxmaev N. M. Demonstracy`onnye opyty po razdelu «Kolebany`ya y` volny» [Tekst] : posoby`e dlya uchy`telej / N. M. Shaxmaev. – M. : Prosveshheny`e, 1974. – 128 s.
6. Xutorskoj A. V. Kompetentnostnyj podhod v obucheniy`. Nauchno-metody`cheskoe posoby`e / A. V. Xutorskoj. – M. : Y`zdatel`stvo «Эйдос» ; Y`zdatel`stvo Y`nstytuta obrazovany`ya cheloveka, 2013. – 73 s.
7. Hutmacher Walo. Key competencies for Europe // Report of the Symposium Berne, Switzezland 27-30 March, 1996. Council for Cultural Co-operation (CDCC) a // Secondary Education for Europe Strasburg, 1997.