Фізика 11

Урок 45 Принципи радіотелефонного зв'язку. Радіомовлення та телебачення

Мета уроку:

Навчальна: Формувати знання учнів про принцип радіотелефонного зв'язку, принцип модуляції високочастотного сигналу та детектування; формувати вміння учнів пояснювати принцип передачі телесигналу то його особливості; формувати в учнів розуміння сучасної наукової картини світу.

Розвивальна. Розвивати пізнавальні навички учнів; вміння аналізувати навчальний матеріал, умову задачі, хід розв'язання задач; вміння стисло і грамотно висловлювати свої міркування та обґрунтовувати їхню правильність.

Виховна. Виховувати уважність, зібраність, спостережливість.

Тип уроку: комбінований.

Наочність і обладнання: навчальна презентація, комп'ютер, підручник.

Хід уроку

I. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ ЕТАП

II. АКТУАЛІЗАЦІЯ ОПОРНИХ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

Відкриття Г. Герцом електромагнітних хвиль стало стартом для створення засобів безпровідного зв'язку.

Який принцип роботи безпровідного зв'язку?

III. ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

1. Радіозв'язок

Радіо (латин, radio – випромінюю) – це спосіб безпровідної передачі та прийому інформації за допомогою електромагнітних хвиль.

Щоб здійснити передачу і прийом електромагнітних хвиль, які несуть звукову та оптичну інформацію, потрібно виконати низку завдань, а саме:

- створити високочастотні електромагнітні коливання;
- накласти на високочастотні коливання звукову і (або) оптичну інформацію;
- забезпечити випромінювання електромагнітних хвиль;
- забезпечити прийом електромагнітних хвиль;
- зняти з прийнятого високочастотного сигналу звукову і (або) оптичну інформацію та відтворити її.

Проблемне питання

• Як ці завдання було виконано?

2. Антена

Досить велику енергію мають тільки високочастотні електромагнітні коливання: $W \sim \nu^4$

Незгасаючі високочастотні коливання виникають у коливальному контурі *генератора електромагнітних коливань.*

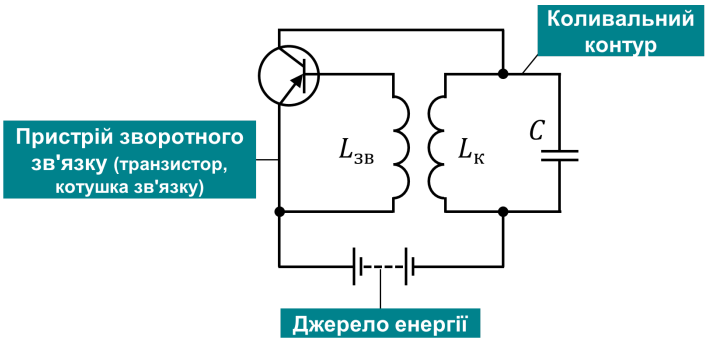
Генератор електромагнітних коливань – це автоколивальна система, в якій енергія від джерела постійного струму періодично постачається в коливальний контур.

В такому генераторі є три характерні елементи:

– *коливальна система*, де відбуваються вільні коливання, – *коливальний контур*;

– *джерело енергії* – джерело постійного струму;

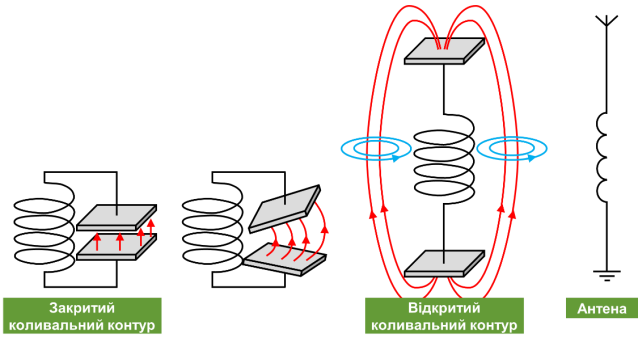
– *пристрій зворотного зв'язку* – транзистор і котушка зв'язку $L_{зв}$, які «керують» постачанням енергії.



Коли в котушці $L_к$ контуру тече змінний струм, він створює змінне магнітне поле, яке, у свою чергу, створює вихрове електричне поле, що спричиняє появу індукційного струму в котушці $L_{зв}$. У результаті транзистор періодично, «у такт» з електромагнітними коливаннями в контурі, замикає коло (у цей час конденсатор отримує енергію від джерела).

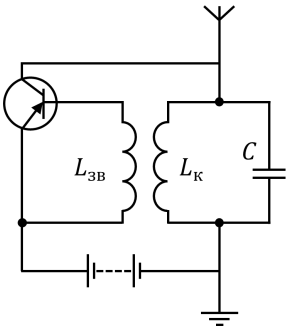
Проте звичайний *(закритий) коливальний контур практично не випромінює електромагнітних хвиль*, адже електричне поле майже повністю зосереджене між обкладками конденсатора, а магнітне поле – всередині котушки.

Щоб коливальний контур випромінював електромагнітні хвилі, потрібно перейти *від закритого коливального контуру до відкритого*. Цього можна досягти, наприклад, розсуваючи пластини конденсатора.



Замінивши верхню обкладку конденсатора проводом, розташованим якнайвище над поверхнею землі, і заземливши нижню обкладку, одержимо антену.

Антена – це пристрій для прийому і передачі електромагнітних хвиль.



Для передачі сигналів антену пов'язують із коливальним контуром генератора електромагнітних коливань. Електромагнітні коливання, збуджені в антені, створюють електромагнітні хвилі, які поширюються в різних напрямках. Якщо на шляху електромагнітної хвилі буде провідник, то хвиля збудить у провіднику змінний електричний струм, частота якого дорівнюватиме частоті хвилі.

Приймальна антена – це пристрій, в якому під дією електромагнітних хвиль збуджуються струми високої частоти.

3. Модуляція

Для здійснення радіотелефонного зв'язку насамперед необхідно перетворити звукові коливання в електричні. Цю функцію виконує мікрофон.

Здавалося б, залишається передати отримані електричні коливання в антену передавача й одержати в просторі електромагнітну хвилю. Але практично це неможливо: 1) вони низькочастотні і, відповідно, мають малу енергію; 2) їхня частота безперервно змінюється (від 20 Гц до 16 000 Гц), тому немає можливості використати для їх прийому резонанс.

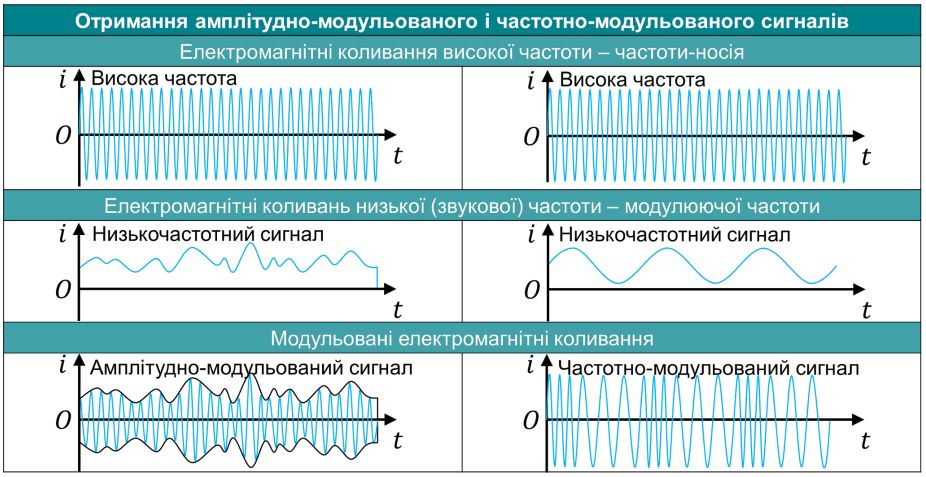
Проблемне питання

• Як створити електромагнітну хвилю, яка була б високочастотною (а отже, і високоенергетичною) і водночас несла б звукову інформацію?

Модуляція – це процес зміни параметрів високочастотних електромагнітних коливань (амплітуди, частоти, початкової фази) із частотами набагато меншими, ніж частота самої хвилі.

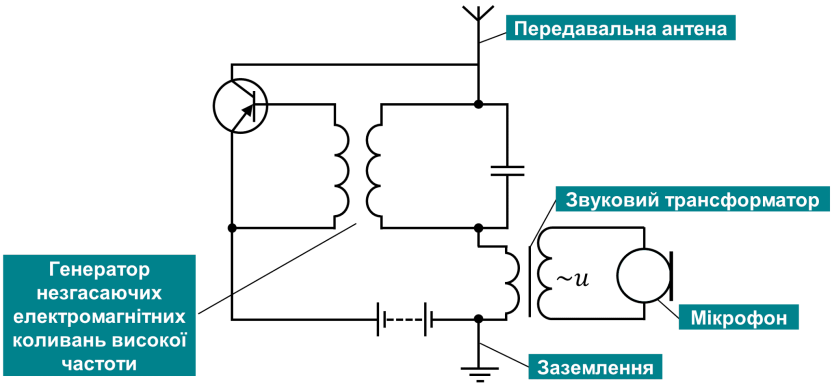
Хвилю зі зміненими параметрами називають *модульованою*. Частоту вихідної (немодульованої) високочастотної хвилі називають *частотою-носієм*, частоту зміни параметрів – *частотою модуляції*.

Якщо в процесі модуляції змінюється амплітуда високочастотних коливань, то одержимо *амплітудно-модульований сигнал*, якщо змінюється частота – *частотно-модульований сигнал*.



Найпростіше одержати амплітудно-модульований сигнал. Для цього до кола генератора високої частоти підключають джерело змінної напруги низької частоти, наприклад вторинну обмотку трансформатора, первинна обмотка якого пов'язана з мікрофоном. Під дією низькочастотної напруги, яка змінюється зі звуковою частотою, змінюється енергія, що подається від джерела до коливального контуру генератора. Відповідно із частотою звуку змінюється й амплітуда сили струму в генераторі, а отже, і амплітуда вихідного сигналу.

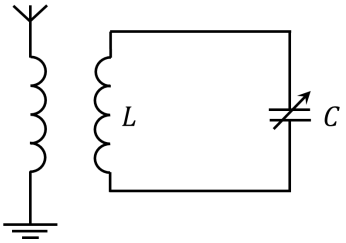
Електрична схема найпростішого радіопередавача з пристроєм для амплітудної модуляції:



4. Демодулювання

Проблемне питання

• Як прийняти і розшифрувати сигнал?



Електромагнітні хвилі, досягши приймальної антени, збуджують у ній коливання тієї самої частоти, що й частота хвиль. Але в антену надходять коливання від різних радіостанцій, і кожна радіостанція працює на своїй частоті. Щоб із безлічі коливань виділити коливання потрібної частоти, використовують *електричний резонанс*. Для цього індуктивно з антеною пов'язують коливальний контур. Змінюючи ємність конденсатора (настроюючи радіоприймач), змінюють власну частоту ν_0 коливань контуру:

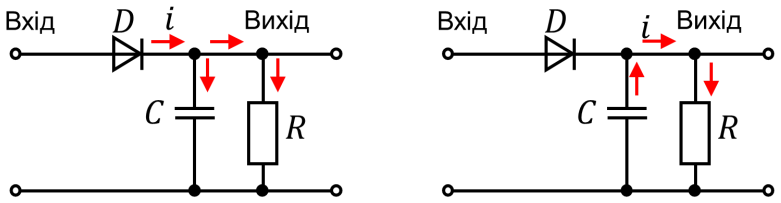
$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Коли власна частота коливань коливального контуру збігається із частотою електромагнітної хвилі, на яку настроєно радіоприймач, настає резонанс: амплітуда вимушених коливань сили струму в контурі різко збільшується.

З безлічі сигналів, що збуджують коливання в приймальній антені, виділений один високочастотний модульований сигнал. Тепер слід цей сигнал *демодулювати*.

Демодулювання (детектування) – процес виділення низькочастотних (звукових) коливань із прийнятих модульованих коливань високої частоти.

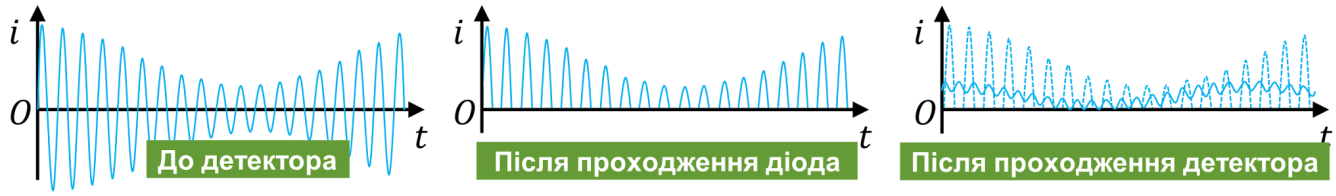
Схема і принцип роботи демодулятора



Коли діод пропускає струм, конденсатор заряджається | **Коли діод не пропускає струм, конденсатор розряджається**

Демодулятор (детектор) амплітудно-модульованого сигналу складається з напівпровідникового діода *D*), конденсатора *C* і резистора *R*. Діод пропускає струм тільки в одному напрямку, тому після проходження через діод струм буде пульсуючим (рис. *а, б*). Пульсуючий струм прямує на систему «конденсатор – резистор». Завдяки періодичній зарядці

та розрядці конденсатора пульсації згладжуються і на виході маємо струм звукової частоти (рис. *в*).



а *б* *в*

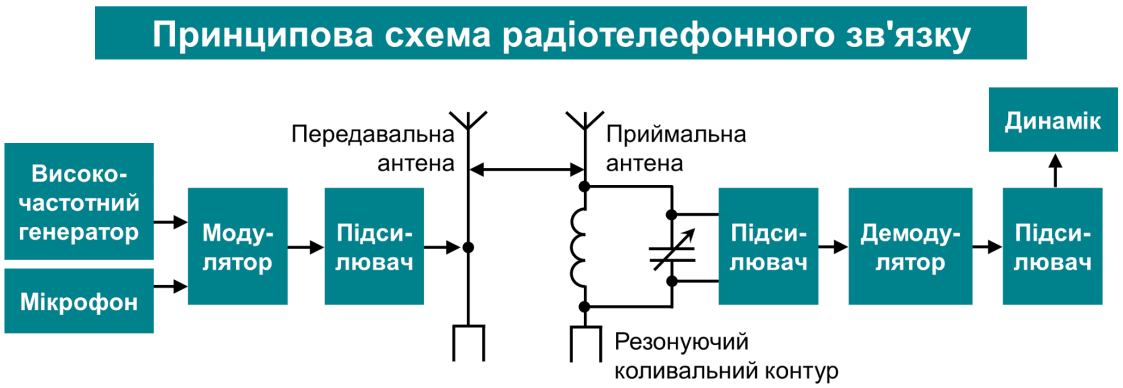
5. Принципи радіотелефонного зв'язку

Основні етапи створення, прийому і перетворення радіосигналу

1. *Генератор* незгасаючих електромагнітних коливань створює високочастотні електромагнітні коливання, частота яких дорівнює власній частоті коливального контуру генератора: $\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$
2. Високочастотні коливання *модулюються* коливаннями звукової частоти.
3. Модульовані коливання *підсилюються* й подаються на *передавальну антену*, яка випромінює електромагнітні хвилі.
4. Досягти *приймальної антени*, електромагнітні хвилі збуджують у ній високочастотні коливання.
5. Коливання, збуджені в приймальній антені, викликають високочастотні електромагнітні коливання в *резонуючому коливальному контурі:*

$$\nu = \nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_2}}$$

6. Слабкі високочастотні коливання *підсилюються* й подаються на *демодулятор.*
7. Демодулятор із модульованих коливань виділяє коливання низької звукової частоти.
8. Коливання низької частоти *підсилюються* і перетворюються на *звук.*



6. Поняття телебачення

Принципова схема одержання і перетворення телевізійного сигналу мало відрізняється від принципової схеми радіотелефонного зв’язку, проте має низку особливостей.

1. У телепередавачі коливання частоти-носія модулюються як звуковим сигналом, так і відеосигналом, що надходить від відеокамери. Оскільки телевізійний сигнал несе великий обсяг інформації, частота-носій цього сигналу має бути досить високою, тому *телевізійні станції працюють тільки в діапазоні ультракоротких радіохвиль.*
2. *У телевізійному приймачі високочастотний модульований сигнал підсилюється і розділяється на відео- і аудіоскладові.* Підсилений відеосигнал подається в модуль кольору, де декодується, а потім іде на пристрій для відображення оптичної інформації; аудіоскладова подається в канал звукового супроводу, де демодулюється і підсилюється, після чого подається на динамік.

IV. ЗАКРІПЛЕННЯ НОВИХ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

1. Телемовлення ведеться в дециметровому діапазоні. Визначте довжину випромінюваної електромагнітної хвилі, якщо її частота дорівнює 2,5 ГГц.

Дано:

$\nu = 2,5$ ГГц

$= 2,5 \cdot 10^9$ Гц

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\lambda - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \qquad => \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$[\lambda] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{Гц}} = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{1}{\text{с}}} = \text{м} \qquad \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^9} = 0,12 \text{ (м)}$$

Відповідь: $\lambda = 12$ см.

2. На яку довжину хвилі налаштований радіоприймач, якщо його коливальний контур має індуктивність 2 мГн і ємність 2 нФ?

Дано:

$L = 2$ мГн

$= 2 \cdot 10^{-3}$ Гн

$C = 2$ нФ

$= 2 \bullet 10^{-9}$ Ф

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\lambda - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \qquad => \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\frac{1}{\nu} = T \qquad T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$$

$$[\lambda] = \frac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\text{Гн} \cdot \Phi} = \frac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\frac{\text{В}}{\frac{\text{А}}{\text{с}}} \bullet \frac{\text{Кл}}{\text{В}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\frac{\text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{с}}{\text{А}}} = \text{м}$$

$$\lambda = 2 \cdot 3,14 \cdot 3 \cdot 10^8 \bullet \sqrt{2 \cdot 10^{-3} \bullet 2 \bullet 10^{-9}} = 3768 \text{ (м)}$$

Відповідь: $\lambda = 3768$ м.

3. Як зміниться частота радіохвилі, на яку налаштований коливальний контур радіоприймача, якщо ємність конденсатора збільшити в 1,21 разу?

Дано:

$C_2 = 1,21 C_1$

$\frac{\nu_1}{\nu_2} - ?$

Розв'язання

$$\nu_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} \qquad \nu_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}}$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{2\pi\sqrt{LC_2}}{2\pi\sqrt{LC_1}} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} = \sqrt{\frac{1,21C_1}{C_1}} = 1,1$$

Відповідь: $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 1,1$; зменшиться в 1,1 раз.

4. Вхідний коливальний контур радіоприймача складається з котушки індуктивністю 10 мГн і плоского конденсатора із площею обкладок 5 см^2, розділених парафіновим папером ($\varepsilon = 2,2$) завтовшки 0,1 мм. На яку довжину хвилі налаштований радіоприймач?

Дано:

$L = 10$ мГн

$= 1 \bullet 10^{-2}$ Гн

$S = 5$ см^2

$= 5 \cdot 10^{-4}$ м^2

$d = 0,1$ мм

$= 1 \bullet 10^{-4}$ м

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \qquad => \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\frac{1}{\nu} = T \qquad T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{L\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}}$$

$$[\lambda] = \frac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\text{Гн} \cdot \frac{\frac{\Phi}{\text{м}} \bullet \text{м}^2}{\text{м}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\frac{\text{В}}{\text{А/с}} \bullet \frac{\text{Кл}}{\text{В}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\frac{\text{А} \cdot \text{с}}{\text{А/с}}} = \text{м}$$

$\varepsilon = 2,2$

$\varepsilon_0 = 8,85 \bullet 10^{-12}\ \frac{\Ф}{\text{м}}$

$c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\lambda - ?$

$$\lambda = 2{\cdot}3,14 \bullet 3{\cdot}10^8 \bullet \sqrt{\frac{1\bullet10^{-2}{\cdot}2,2{\cdot}8,85\bullet10^{-12}{\cdot}5{\cdot}10^{-4}}{1\bullet10^{-4}}} \approx 1860(\text{м})$$

Відповідь: $\lambda \approx 1860(\text{м})$.

5. Площа пластин конденсатора вхідного коливального контуру радіоприймача дорівнює 120 см^2, якщо радіоприймач налаштований на хвилю довжиною 57 м. Якою повинна стати площа пластин конденсатора, щоб перейти на прийом радіостанції, яка веде передачі на хвилі довжиною 76 м?

Дано:

$S_1 = 120\ \text{см}^2$

$= 1,2{\cdot}10^{-2}\ \text{м}^2$

$\lambda_1 = 57\ \text{м}$

$\lambda_2 = 76\ \text{м}$

$S_2 - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \quad => \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\frac{1}{\nu} = T \qquad T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{L\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}}$$

$$\lambda_1 = 2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S_1}{d}} \qquad \lambda_2 = 2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S_2}{d}}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S_1}{d}}}{2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S_2}{d}}} = \sqrt{\frac{S_1}{S_2}} \qquad \frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} = \frac{S_1}{S_2}$$

$$S_2 = S_1\frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2} \qquad \left[S_2\right] = \text{м}^2 \bullet \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2} = \text{м}^2$$

$$S_2 = 1,2{\cdot}10^{-2} \bullet \frac{76^2}{57^2} \approx 2,13 \bullet 10^{-2}\left(\text{м}^2\right)$$

Відповідь: $S_2 \approx 213\ \text{см}^2$.

6. Як треба змінити товщину діелектрика в конденсаторі вхідного коливального контуру радіоприймача, щоб змінити довжину хвилі, на якій ведеться прийом, з 46 м на 138 м?

Дано:

$\lambda_1 = 46\ \text{м}$

$\lambda_2 = 138\ \text{м}$

$\frac{d_1}{d_2} - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \quad => \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\frac{1}{\nu} = T \qquad T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{L\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}}$$

$$\lambda_1 = 2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_1}} \qquad \lambda_2 = 2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_2}}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_1}}}{2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_2}}} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \qquad \frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} = \frac{d_2}{d_1} \qquad \frac{d_1}{d_2} = \frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2}$$

$$\left[\frac{d_1}{d_2}\right] = \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2} = 1 \qquad \frac{d_1}{d_2} = \frac{138^2}{46^2} = 9$$

Відповідь: $\frac{d_1}{d_2} = 9$; зменшити в 9 разів.

V. ПІДБИТТЯ ПІДСУМКІВ УРОКУ

Бесіда за питаннями

1. Чому для передачі радіосигналів слід використовувати високочастотні електромагнітні хвилі?

2. Де створюють незгасаючі високочастотні електромагнітні коливання?

3. Чому закритий коливальний контур майже не випромінює електромагнітних хвиль?

4. Що таке антена?

5. Як одержати радіосигнал, який одночасно був би високочастотним і ніс звукову інформацію?

6. Назвіть основні складові радіоприймача та їх призначення.

7. Поясніть механізм демодуляції.

8. У чому подібність і відмінність передачі й прийому телевізійного та радіотелефонного сигналів?

VI. ДОМАШНЄ ЗАВДАННЯ

Опрацювати § 23, Вправа № 23 (2-4)

Додаткові задачі

1. Чи однакова швидкість поширення радіосигналів на Місяці й на Землі?

Ні. На Місяці швидкість поширення радіосигналів $\left(c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$ більша, ніж на Землі.

2. Завдяки якій властивості електромагнітних хвиль можливий радіозв'язок на коротких хвилях між радіоаматорами, якщо вони знаходяться на протилежних півкулях Землі? (Завдяки відбиттю коротких хвиль від іоносфери й поверхні Землі)

3. Чому в горах утруднений радіозв'язок на коротких хвилях?

Короткі хвилі не огинають гори.

4. У якому діапазоні радіохвиль можна вести з поверхні Землі космічну радіолокацію? (У діапазоні ультракоротких хвиль)

5. На яких частотах може здійснюватися радіозв'язок на поверхні Місяця?

На довгих і середніх хвилях. В інших діапазонах тільки в зоні прямої «видимості».

6. Радіостанція веде передачі на частоті 75 МГц. На яку довжину хвилі повинен бути налаштований радіоприймач?

Дано:

$\nu = 75$ МГц

$= 75{\cdot}10^6$ Гц

$c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\lambda - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \qquad => \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$[\lambda] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{Гц}} = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{1}{\text{с}}} = \text{м} \qquad \lambda = \frac{3{\cdot}10^8}{75{\cdot}10^6} = 4\ (\text{м})$$

Відповідь: $\lambda = 4$ м.

7. На якій частоті судна передають сигнал небезпеки SOS, якщо за міжнародною згодою довжина цієї радіохвилі має дорівнювати 600 м?

Дано:

$\lambda = 600$ м

$= 6 \bullet 10^2$ м

$c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\nu - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \qquad => \qquad \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$[\nu] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{м}} = \frac{1}{\text{с}} = \text{Гц} \qquad \nu = \frac{3{\cdot}10^8}{6{\bullet}10^2} = 0,5{\cdot}10^6\ (\text{Гц})$$

Відповідь: $\nu = 0,5$ МГц.

8. З випромінюючою антеною з'єднують коливальний контур генератора електромагнітних коливань. Чому в цьому випадку не використовують багатополюсні генератори з обертовими частинами?

Щоб виникли електромагнітні хвилі великої енергії та напруженостей $\vec{E}$ і $\vec{B}$, потрібні високочастотні струми. Обертання ротора цього забезпечити не зможе.

9. Чому під час грози радіоперешкоди виникають, по суті, незалежно від того, на яку довжину хвилі налаштований приймач?

Блискавка збуджує радіохвилі різної довжини.

10. Індуктивність коливального контуру радіопередавача зменшили в дев'ять разів. Як змінилася довжина випромінюваної ним радіохвилі?

Дано:

$L_1 = 9L_2$

$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \quad => \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\frac{1}{\nu} = T \qquad T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$$

$$\lambda_1 = 2\pi c\sqrt{L_1 C} \qquad \lambda_2 = 2\pi c\sqrt{L_2 C}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2\pi c\sqrt{L_1 C}}{2\pi c\sqrt{L_2 C}} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \sqrt{\frac{9L_2}{L_2}} = 3$$

Відповідь: $\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = 3$; зменшиться в 3 рази.

11. В антені радіоприймача сила струму змінюється за законом синуса $i = 0,2 \sin sin\left(6{\cdot}10^5 \pi t\right)$, де всі величини дані в СІ. Визначте, на яку довжину хвилі налаштований радіоприймач.

Дано:

$i = 0,2 \sin sin\left(6{\cdot}10^5 \pi t\right)$ (А)

$c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\lambda - ?$

Розв'язання

$$i = 0,2 \sin sin\left(6{\cdot}10^5 \pi t\right)$$

$$i(t) = I_{max} \sin sin\left(\omega t + \varphi_0\right)$$

$$\omega = 6{\cdot}10^5 \pi \text{ с}^{-1} \qquad \omega = 2\pi\nu \quad => \quad \nu = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$c = \lambda\nu \quad => \quad \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{2\pi c}{\omega}$$

$$[\lambda] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{с}^{-1}} = \text{м} \qquad \lambda = \frac{2\pi{\cdot}3{\cdot}10^8}{6{\cdot}10^5 \pi} = 1000 \text{ (м)}$$

Відповідь: $\lambda = 1$ км.

12. У якому діапазоні радіохвиль працює радіоприймач, якщо індуктивність вхідного коливального контуру 25 мкГн, а ємність змінного конденсатора в цьому контурі може змінюватися від 25 пФ до 250 нФ?

Дано:

$L = 25$ мкГн

$= 25{\cdot}10^{-6}$ Гн

$C_1 = 25$ пФ

$= 25 \bullet 10^{-12}$ Ф

$C_2 = 250$ нФ

$= 250 \bullet 10^{-9}$ Ф

$c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \quad => \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\frac{1}{\nu} = T \qquad T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$$

$$[\lambda] = \frac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\text{Гн}{\cdot}\Phi} = \frac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\frac{\text{В}}{\frac{\text{А}}{\text{с}}} \bullet \frac{\text{Кл}}{\text{В}}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}\sqrt{\frac{\text{А}{\cdot}\text{с}{\cdot}\text{с}}{\text{А}}} = \text{м}$$

$$\lambda_{min} = 2{\cdot}3,14{\cdot}3{\cdot}10^8 \bullet \sqrt{25{\cdot}10^{-6} \bullet 25 \bullet 10^{-12}} = 47,1 \text{ (м)}$$

$$\lambda_{max} = 2{\cdot}3,14{\cdot}3{\cdot}10^8 \bullet \sqrt{25{\cdot}10^{-6} \bullet 250 \bullet 10^{-9}} = 4710 \text{ (м)}$$

Відповідь: $\lambda_{min} = 47,1$ м; $\lambda_{max} = 4710$ м;

$47,1 \text{ м} < \lambda < 4710$ м.

λ_{min} – ?

λ_{max} – ?

13. Як зміниться інтенсивність випромінюваних електромагнітних хвиль, якщо при незмінній амплітуді частота коливань електрона збільшиться в n разів?

Інтенсивність випромінювання зміниться в n^4 разів.

14. Яка причина відбиття електромагнітних хвиль від плоскої поверхні провідника?

Електричне поле електромагнітної хвилі збуджує коливання електронів на поверхні металу, створюючи струм у площині поверхні. Цей струм випромінює нові хвилі перпендикулярно до площини, внаслідок чого виникають відбиті хвилі.

15. Чи може відбивати електромагнітні хвилі дротяна сітка із квадратними вічками?

Так. Вона відбиває електромагнітні хвилі, довжина яких менша за довжину сторони квадрата.

16. Електромагнітна хвиля з вакууму потрапляє в діелектрик з діелектричною проникністю ε. Які характеристики хвилі зміняться при цьому і як?

Швидкість і довжина хвилі зменшаться в $\sqrt{\varepsilon}$ разу.

17. Чому ослаблюється випромінювання електромагнітних хвиль незаземленою антеною у порівнянні з антеною, що є у два рази коротшою?

По довжині такої антени укладається одна довжина хвилі, тому у двох половинах антени струми мають протилежні напрямки й внаслідок інтерференції гасять один одного.

18. Чому взимку й уночі радіоприйом ведеться краще, ніж улітку й удень?

У другому випадку іоносфера опускається нижче, більш інтенсивно поглинаючи радіохвилі.

19. Яку індуктивність повинна мати котушка у вхідному коливальному контурі приймача, налаштованого на прийом радіохвилі довжиною 1400 м? Контур містить також плоский конденсатор із площею пластин 100 см^2, зазор між якими заповнено слюдою. Ширина зазору 1 мм.

Дано:

$\lambda = 1400$ м

$S = 100$ см^2

$= 1 \cdot 10^{-2}$ м^2

$d = 1$ мм

$= 1 \bullet 10^{-3}$ м

$\varepsilon = 7$

$\varepsilon_0 = 8,85 \bullet 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

λ – ?

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \quad => \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\frac{1}{\nu} = T \qquad T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{L\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}}$$

$$\lambda^2 = 4\pi^2 c^2 L\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \qquad L = \frac{\lambda^2 d}{4\pi^2 c^2 \varepsilon\varepsilon_0 S}$$

$$[L] = \frac{\text{м}^2 \cdot \text{м}}{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \bullet \frac{\text{Ф}}{\text{м}} \bullet \text{м}^2} = \frac{\text{с}^2}{\text{Ф}} = \frac{\text{с}^2}{\frac{\text{Кл}}{\text{В}}} = \frac{\text{с}^2\text{В}}{\text{А}\cdot\text{с}} = \frac{\text{В}}{\text{А/с}} = \text{Гн}$$

$$L = \frac{1400^2 \bullet 1 \bullet 10^{-3}}{4 \cdot 3,14^2 \bullet \left(3 \cdot 10^8\right)^2 \cdot 7 \cdot 8,85 \bullet 10^{-12} \cdot 1 \cdot 10^{-2}} \approx 0,9 \bullet 10^{-3} \text{ (Гн)}$$

Відповідь: $L \approx 0,9$ мГн.

20. Котушка індуктивністю 60 мкГн з'єднана з конденсатором, площа пластин якого 100 см^2, а відстань між ними 0,2 мм. Контур налаштований на прийом радіохвилі довжиною 750 м. Визначте діелектричну проникність речовини між пластинами конденсатора.

Дано:

$L = 60$ мкГн

$= 60 \cdot 10^{-6}$ Гн

$S = 100$ см^2

$= 1 \cdot 10^{-2}$ м^2

$d = 0,2$ мм

$= 2 \cdot 10^{-4}$ м

$\lambda = 750$ м

$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$\varepsilon - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \quad => \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\frac{1}{\nu} = T \qquad T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{L\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}}$$

$$\lambda^2 = 4\pi^2 c^2 L\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \qquad \varepsilon = \frac{\lambda^2 d}{4\pi^2 c^2 L\varepsilon_0 S}$$

$$[\varepsilon] = \frac{\text{м}^2\cdot\text{м}}{\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}\cdot\text{Гн}\cdot\frac{\text{Ф}}{\text{м}}\cdot\text{м}^2} = \frac{\text{с}^2}{\text{Гн}\cdot\text{Ф}} = \frac{\text{с}^2}{\frac{\text{В}}{\text{А/с}}\cdot\frac{\text{Кл}}{\text{В}}} = \frac{\text{с}\cdot\text{А}}{\text{А}\cdot\text{с}} = 1$$

$$\varepsilon = \frac{750^2 \cdot 2 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 3,14^2 \cdot \left(3 \cdot 10^8\right)^2 \cdot 60 \cdot 10^{-6} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 10^{-2}} \approx 6$$

Відповідь: $\varepsilon \approx 6$.

21. На скільки необхідно змінити площу пластин конденсатора вхідного коливального контуру радіоприймача, щоб вести прийом на хвилі довжиною 80 м? Спочатку прийом здійснювався на хвилі довжиною 140 м при площі пластин конденсатора 90 см^2.

Дано:

$\lambda_1 = 140$ м

$S_1 = 90$ см^2

$= 90 \cdot 10^{-4}$ м^2

$\lambda_2 = 80$ м

$\Delta S - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \quad => \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\frac{1}{\nu} = T \qquad T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{L\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}}$$

$$\lambda_1 = 2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S_1}{d}} \qquad \lambda_2 = 2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S_2}{d}}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S_1}{d}}}{2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S_2}{d}}} = \sqrt{\frac{S_1}{S_2}} \qquad \frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} = \frac{S_1}{S_2} \qquad S_2 = S_1\frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2}$$

$$\Delta S = S_2 - S_1 = S_1\frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2} - S_1 = S_1\left(\frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2} - 1\right)$$

$$[\Delta S] = \text{м}^2 \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2} = \text{м}^2$$

$$\Delta S = 90{\cdot}10^{-4} \bullet \left(\frac{80^2}{140^2} - 1\right) \approx -61{\cdot}10^{-4}\left(\text{м}^2\right)$$

Відповідь: $\Delta S \approx -61$ см^2; зменшити на 61 см^2.

22. Радіоприймач налаштований на хвилю довжиною 45 м. Після зміни ширини зазору між пластинами повітряного конденсатора на 1 мм довжина хвилі, на яку налаштований радіоприймач, дорівнює 25 м. Яким був початковий зазор між пластинами конденсатора?

Дано:

$\lambda_1 = 45$ м

$\Delta d = 1$ мм

$= 1 \bullet 10^{-3}$ м

$\lambda_2 = 25$ м

$d_1 - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu \quad => \quad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\frac{1}{\nu} = T \qquad T = 2\pi\sqrt{LC} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{LC}$$

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \qquad \lambda = 2\pi c\sqrt{L\frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}}$$

$$\lambda_1 = 2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_1}} \qquad \lambda_2 = 2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_2}}$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_1}}}{2\pi c\sqrt{\frac{L\varepsilon\varepsilon_0 S}{d_2}}} = \sqrt{\frac{d_2}{d_1}} \qquad \frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} = \frac{d_2}{d_1} \qquad d_2 = d_1\frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2}$$

$$\Delta d = d_2 - d_1 = d_1\frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} - d_1 = d_1\left(\frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} - 1\right)$$

$$d_1 = \frac{\Delta d}{\frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} - 1} \qquad \left[d_1\right] = \frac{\text{м}}{\frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}} = \text{м}$$

$$d_1 = \frac{1 \bullet 10^{-3}}{\frac{45^2}{25^2} - 1} \approx 0,45{\cdot}10^{-3}\ (\text{м})$$

Відповідь: $d_1 \approx 0,45$ мм.

23. Тривалість імпульсів, випромінюваних радіолокатором, 8 мкс. На якій мінімальній відстані може виявити ціль цей локатор?

Дано:

$t_0 = 8$ мкс

$= 8 \bullet 10^{-6}$ с

$c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$s_{min} - ?$

Розв'язання

Мінімальна відстань до об'єкта (t_0 – тривалість одного імпульсу):

$$s_{min} = \frac{c{\cdot}t_0}{2} \qquad \left[s_{min}\right] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}{\cdot}\text{с}}{1} = \text{м}$$

$$s_{min} = \frac{3{\cdot}10^8 \bullet 8 \bullet 10^{-6}}{2} = 1200\ (\text{м})$$

Відповідь: $s_{min} = 1,2$ км.

24. Яка тривалість високочастотних імпульсів радіолокатора, якщо мінімальна дальність виявлення ним цілей 1,8 км?

Дано:

$s_{min} = 1,8$ км

$= 1800$ м

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$t_0 - ?$

Розв'язання

Мінімальна відстань до об'єкта (t_0 – тривалість одного імпульсу):

$$s_{min} = \frac{c \cdot t_0}{2} \qquad t_0 = \frac{2s_{min}}{c} \qquad [t] = \frac{\text{м}}{\frac{\text{м}}{\text{с}}} = \text{с}$$

$$t_0 = \frac{2 \cdot 1800}{3 \cdot 10^8} = 1,2 \bullet 10^{-5} \text{ (с)}$$

Відповідь: $t_0 = 12$ мкс.

25. Радіолокатор випромінює імпульси з періодичністю 0,3 мс. На якій максимальній відстані може виявити ціль цей локатор?

Дано:

$\tau = 0,3$ мс

$= 3 \bullet 10^{-4}$ с

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$s_{max} - ?$

Розв'язання

Максимальна відстань до об'єкта (τ – проміжок часу між двома послідовним імпульсами):

$$s_{max} = \frac{c \cdot \tau}{2} \qquad \left[s_{max}\right] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с}}{1} = \text{м}$$

$$s_{max} = \frac{3 \cdot 10^8 \bullet 3 \bullet 10^{-4}}{2} = 4,5 \bullet 10^4 \text{ (м)}$$

Відповідь: $s_{max} = 45$ км.

26. Яка глибина розвідки радіолокатора, що випромінює щосекунди 1200 імпульсів?

Дано:

$N_i = 1200$

$t = 1$ с

$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$s_{max} - ?$

Розв'язання

Максимальна відстань до об'єкта (τ – проміжок часу між двома послідовним імпульсами):

$$s_{max} = \frac{c \cdot \tau}{2}$$

Кількість імпульсів за час t:

$$N_i = \frac{t}{\tau} \quad => \quad \tau = \frac{t}{N_i}$$

$$s_{max} = \frac{c \cdot t}{2N_i} \qquad \left[s_{max}\right] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \text{с}}{1} = \text{м}$$

$$s_{max} = \frac{3 \cdot 10^8 \bullet 1}{2 \cdot 1200} = \frac{3 \cdot 10^8 \bullet 1}{2,4 \cdot 10^3} = 1,25 \bullet 10^5 \text{ (м)}$$

Відповідь: $s_{max} = 125$ км.

27. Радіолокатор працює на хвилі 25 см і дає 3000 імпульсів щосекунди. Тривалість кожного імпульсу 2 мкс. Скільки коливань міститься в кожному імпульсі і яка глибина розвідки цього локатора?

Дано:

$\lambda = 25$ см $= 0,25$ м

$N_i = 3000$

$t = 1$ с

$t_0 = 2$ мкс

$= 2 \cdot 10^{-6}$ с

Розв'язання

$$c = \lambda\nu = \lambda\frac{N_k}{t_0} \quad => \quad N_k = \frac{ct_0}{\lambda}$$

$$\left[N_k\right] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}} \bullet \text{с}}{\text{м}} = 1 \qquad N_k = \frac{3 \cdot 10^8 \bullet 2 \cdot 10^{-6}}{0,25} = 2400$$

Максимальна відстань до об'єкта (τ – проміжок часу між двома послідовним імпульсами):

$$s_{max} = \frac{c \cdot \tau}{2}$$

$c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$N_k - ?$

$s_{max} - ?$

Кількість імпульсів за час t:

$$N_i = \frac{t}{\tau} \quad => \quad \tau = \frac{t}{N_i}$$

$$s_{max} = \frac{c{\cdot}t}{2N_i} \qquad \left[s_{max}\right] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}\cdot\text{с}}{1} = \text{м}$$

$$s_{max} = \frac{3{\cdot}10^8 \bullet 1}{2{\cdot}3000} = 50000(\text{м})$$

Відповідь: $N_k = 2400;\ s_{max} = 50$ км.

28. Радіолокатор веде розвідку на глибині 30 км, випромінюючи високочастотні імпульси тривалістю 200 нс на хвилі довжиною 20 см. Скільки коливань міститься в кожному імпульсі? Визначте також частоту випромінювання імпульсів.

Дано:

$s_{max} = 30$ км

$= 3 \bullet 10^4$ м

$t_0 = 200$ нс

$= 2{\cdot}10^{-7}$ с

$\lambda = 20$ см $= 0,2$ м

$c = 3{\cdot}10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$N_k - ?$

$\nu_i - ?$

Розв'язання

$$c = \lambda\nu = \lambda\frac{N_k}{t_0} \quad => \quad N_k = \frac{ct_0}{\lambda}$$

$$\left[N_k\right] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}\bullet\text{с}}{\text{м}} = 1 \qquad N_k = \frac{3{\cdot}10^8 \bullet 2{\cdot}10^{-7}}{0,2} = 300$$

Максимальна відстань до об'єкта (τ – проміжок часу між двома послідовним імпульсами):

$$s_{max} = \frac{c{\cdot}\tau}{2} \quad => \quad \tau = \frac{2s_{max}}{c}$$

Частота випромінювання імпульсів:

$$\nu_i = \frac{N_i}{t} = \frac{1}{\tau} = \frac{c}{2s_{max}} \qquad \left[\nu_i\right] = \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{м}} = \frac{1}{\text{с}}$$

$$\nu_i = \frac{3{\cdot}10^8}{2{\cdot}3\bullet10^4} = 5000\left(\frac{1}{\text{с}}\right)$$

Відповідь: $N_k = 300;\ \nu_i = 5000\ \frac{1}{\text{с}}$.