Вправа 25

1. Коливальний контур складається з конденсатора ємністю 2 пФ і котушки індуктивністю 0,5 мкГн. Яка частота коливань у контурі?

2. Конденсатор електроємністю 1 мкФ, заряджений до напруги 225 В, приєднали до котушки індуктивністю 10 мГн. Якою буде максимальна сила струму в колі?

3*. Коливальний контур складається з двох послідовно з'єднаних конденсаторів і котушки. Період власних коливань 50 мкс. Яким буде період коливань контуру, якщо конденсатори увімкнути паралельно?

4. Коливальний контур складається з котушки індуктивністю 4 мГн і плоского повітряного конденсатора. Площа пластин конденсатора дорівнює 10 см^2, відстань між пластинами становить 1 мм. Яким буде період коливань контуру?

§ 49. Утворення електромагнітних хвиль

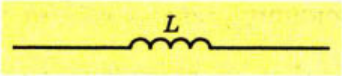
Електромагнітні коливання поширюються в просторі у вигляді електромагнітних хвиль. У них відбуваються взаємні перетворення електричного і магнітного полів, які разом утворюють змінне електромагнітне поле, що поширюється у просторі.

Процес поширення змінного електромагнітного поля у просторі називають електромагнітною хвилею.

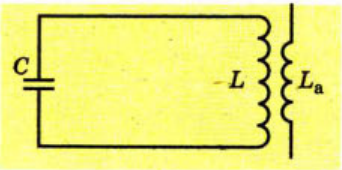
Для одержання електромагнітних хвиль, як і хвиль будь-якої іншої природи, потрібна система, в якій відбуваються коливання. Для електромагнітних коливань такою системою може бути коливальний контур, який складається з конденсатора і котушки індуктивності.

Сучасні електронні системи дають змогу підтримувати в ньому незатухаючі коливання протягом тривалого часу, що у свою чергу створює умови для тривалого випромінювання електромагнітних хвиль. На цьому принципі працюють радіостанції, ретранслятори мобільного зв'язку, телебачення та Інтернет.

Однак сам по собі закритий коливальний контур не може випромінювати електромагнітні хвилі, оскільки його електричне поле зосереджене між обкладками конденсатора і поза його межами практично не виявляється. Змінні магнітні поля



Мал. 3.17. Відкритий коливальний контур



Мал. 3.18. Зв'язок відкритого контуру з генератором

зосереджені в основному всередині котушки контуру і також не поширюються назовні. Коливання електромагнітного поля можуть поширюватися в просторі, якщо вони відбуваються в так званому відкритому контурі, який має два досить довгі провідники, з'єднані один з одним через котушку індуктивності (мал. 3.17).

Для збудження електромагнітних коливань у відкритому контурі є різні способи, але найпоширеніший з них, коли котушка індуктивності відкритого коливального контуру утворює індуктивний зв'язок з контуром генератора незгасаючих коливань (мал. 3.18).

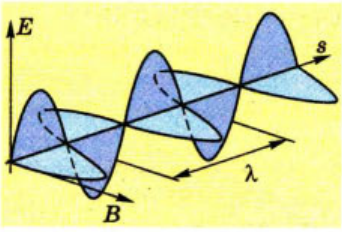
Завдяки явищу електромагнітної індукції в котушці антени L_a з'являється змінна ЕРС, внаслідок чого в провідниках виникає змінний струм. Оскільки електрони, що утворюють змінний електричний струм у провідниках, рухаються прискорено, то провідники відкритого коливального контуру матимуть змінне електромагнітне поле.

Відкритий коливальний контур, у якому відбуваються електромагнітні коливання, має змінні магнітне й електричне поля. Так, змінне електричне поле відкритого коливального контуру індукуватиме «власне» змінне магнітне поле.

Так, змінне електричне поле відкритого коливального контуру індукуватиме «власне» змінне магнітне поле.

Індуковане змінне магнітне поле, у свою чергу, спричинюватиме появу індукованого електричного поля.

Таким чином, індукційні процеси охоплюватимуть нові й нові точки простору, а утворене змінне електромагнітне поле поширюватиметься в просторі. На відстані декількох довжин хвилі від відкритого коливального контуру в просторі вже поширюється єдина електромагнітна хвиля, в якій відбуваються взаємозумовлені одночасні зміни електричного і магнітного полів – складових електромагнітного поля.



Мал. 3.19. Схематичне зображення електромагнітної хвилі

Графічно електромагнітну хвилю можна зобразити у вигляді двох

синусоїд, розміщених у взаємно перпендикулярних площинах (мал. 3.19).

Цей малюнок показує існуючу залежність значень векторів напруженості електричного поля $\vec{E}$ і магнітної індукції $\vec{B}$ від відстані в напрямі поширення електромагнітної хвилі. За напрямом вектори $\vec{E}$ і $\vec{B}$ однозначно пов'язані між собою і вектором швидкості поширення хвилі $\vec{v}$. Їхні коливання відбуваються у взаємно перпендикулярних площинах, причому вектор швидкості $\vec{v}$ завжди перпендикулярний до площини коливань векторів $\vec{E}$ і $\vec{B}$ і визначається за правилом правого гвинта.

Якщо правий гвинт обертати в напрямі від вектора $\vec{E}$ до вектора $\vec{B}$ найкоротшим шляхом, то напрям його поступального руху збіжиться з напрямом вектора швидкості $\vec{v}$.

Аналітично коливальний процес, яким є електромагнітна хвиля, описується двома рівняннями:

$$E = E_0 \sin \omega t,$$

$$B = B_0 \sin \omega t,$$

де B_0 і E_0 – амплітуди хвилі; t – час спостереження; ω – циклічна частота.

Таким чином, поширення електромагнітних хвиль відбувається як збурення пов'язаних між собою електричного і магнітного полів в напрямі, який визначається за правилом правого гвинта.

1. Що називають електромагнітною хвилею?
2. Чому закритий коливальний контур не випромінює електромагнітних хвиль?
3. З якою метою застосовують відкритий коливальний контур?
4. Як випромінюється електромагнітна хвиля?
5. Як розміщений вектор швидкості хвилі відносно векторів $\vec{E}$ і $\vec{B}$?

Вправа 26

1. У скільки разів і як зміниться швидкість поширення електромагнітної хвилі в разі переходу з вакууму в деяке середовище, якщо довжина хвилі зменшиться в 9 разів?

2. Скільки коливань відбувається в електромагнітній хвилі, що має довжину 500 м, за час, який дорівнює періоду звукових коливань з частотою 3000 Гц?

3. Електромагнітні коливання поширюються в однорідному середовищі зі швидкістю $2 \cdot 10^8$ м/с. Яку довжину хвилі мають коливання у цьому середовищі, якщо їх частота у вакуумі 1 МГц?

4. Електромагнітні хвилі поширюються в середовищі зі швидкістю $2 \cdot 10^8$ м/с. Знайдіть довжину хвилі, якщо у вакуумі вона дорівнює 6 м?

5. Телевежа розміщена на межі прямої видимості від приймальної антени телевізійного приймача. Знайдіть відстань між ними, якщо відомо, що висота телевежі 300 м, а висота приймальної антени 10 м.

6. Електроємність конденсатора змінної ємності в контурі радіоприймача може змінюватися від 50 до 450 пФ. Індуктивність котушки при цьому не змінюється і дорівнює 0,6 мГн. Які довжини хвиль може приймати радіоприймач?

7. На яку довжину хвилі налаштований коливальний контур, що складається з котушки індуктивністю 1,6 мГн і конденсатора ємністю 400 пФ?

8. Яку індуктивність повинна мати котушка, щоб разом із конденсатором ємністю 0,005 мкФ скласти контур, що резонує на електромагнітну хвилю завдовжки 500 м?

9. Радіостанція працює на хвилі завдовжки 150 м. Яку ємність має конденсатор у коливальному контурі передавача, якщо індуктивність його котушки 0,2 мГн?

10. Хвилю якої довжини прийматиме радіоприймач, коливальний контур якого складається з конденсатора ємністю 75 пФ і котушки індуктивністю 1,34 мГн? Знайдіть частоту власних коливань контуру радіоприймача.

11*. У разі зміни струму в котушці на 1 А за 0,6 с у ній індукується ЕРС 0,23 мВ. Яку довжину хвилі випромінюватиме генератор, у коливальний контур якого входить ця котушка і конденсатор ємністю 14,1 пФ?

12*. Основна частота сигналів телебачення 50 МГц. Протягом 0,04 с передається 500 000 елементів зображення. Визначте кількість довжин хвиль, які припадають на один елемент зображення.

13*. На яку довжину хвилі налаштований коливальний контур, що складається з котушки індуктивністю 2 мГн і плоского конденсатора? Простір між обкладками конденсатора заповнено речовиною з діелектричною проникністю 11. Площа обкладок конденсатора 800 см^2, а відстань між ними 1 см.