

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

§. Электромагнитные колебания

Электромагнитные колебания – это периодические изменения различных электрических и магнитных характеристик: токов, напряжений, напряженности электрического поля и др.

Электромагнитные колебания можно создать в колебательном контуре – соединении конденсатора (C) и катушки индуктивности (L) (рис. 36).

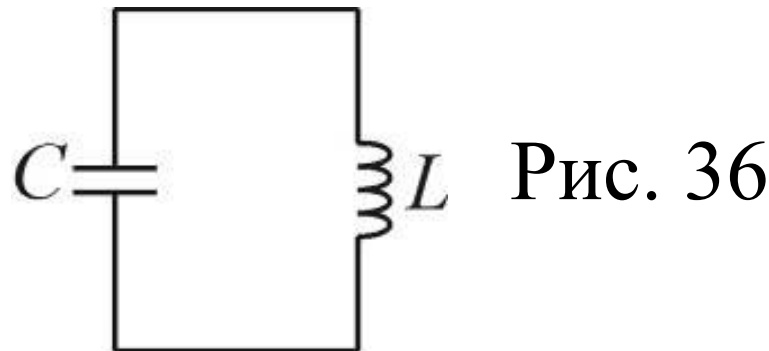


Рис. 36

Период колебаний в контуре определяется по формуле У. Томпсона:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

а) Переменный электрический ток.

Переменным называется ток, который меняется во времени по величине и по направлению. Обычно ток меняется по гармоническому закону:

$$I = I_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0).$$

Он возникает под действием переменного напряжения:

$$U = U_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0).$$

φ_0 – начальная фаза колебаний, зависящая от набора различных элементов в цепи.

В общем случае цепь содержит все элементы: резистор (R), емкость (C), индуктивность (L). Каждый из этих элементов дает вклад в общее сопротивление цепи: R – активное сопротивление; X_L и X_C – реактивные сопротивления соответственно индуктивности и емкости. Полное сопротивление цепи называется импеданс (Z). Его определяют по формуле:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}.$$

б) Электрический импульс.

Это кратковременное изменение электрического напряжения или силы тока на фоне некоторого постоянного значения.

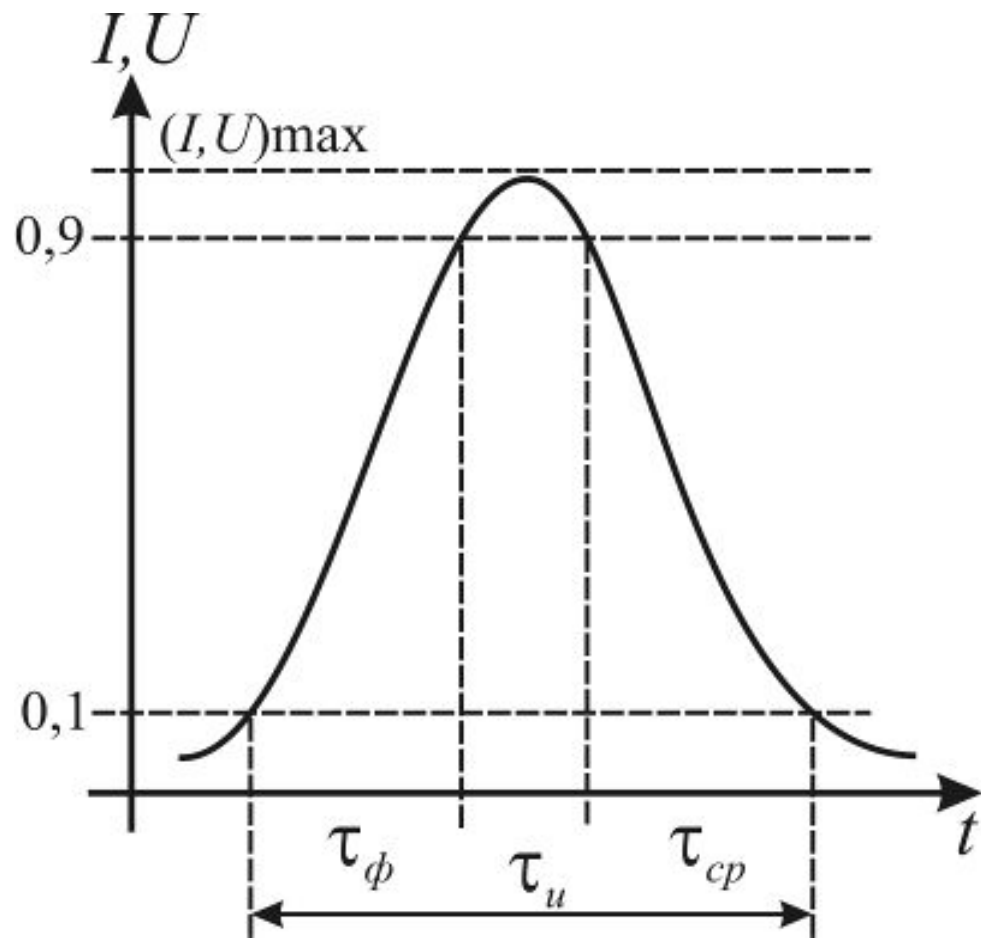
Есть две группы импульсов.

Видеоимпульсы – электрические импульсы постоянного тока или напряжения.

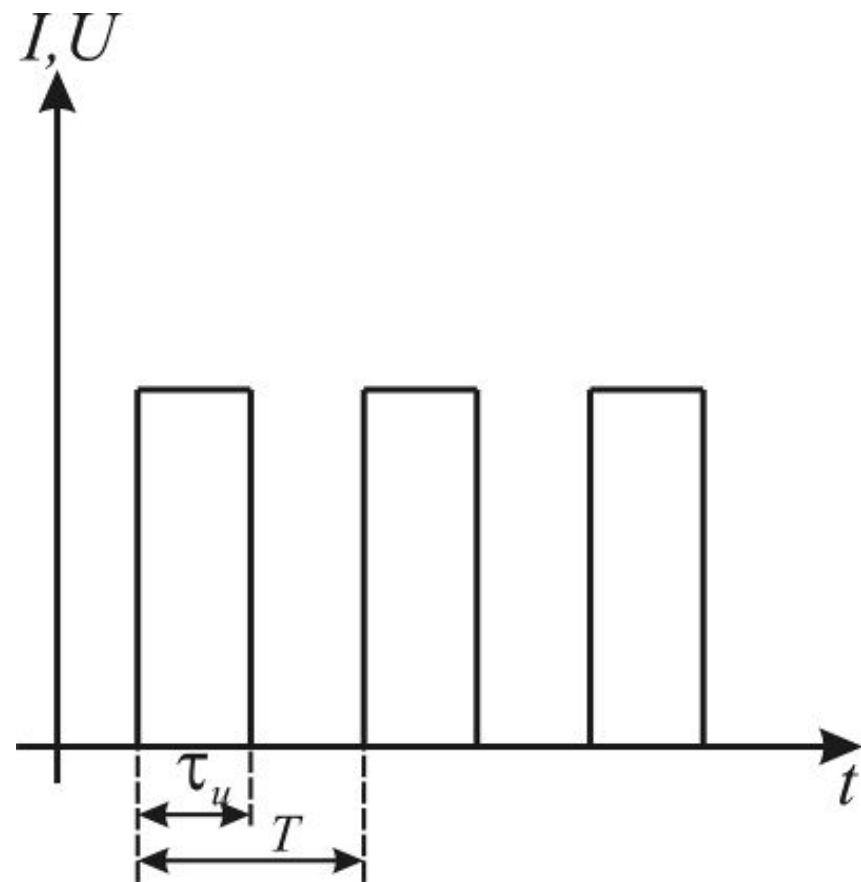
Радиоимпульсы – это модулированные электромагнитные колебания.

Импульсный ток – это повторяющиеся импульсы.

На рис. 37. Приведен одиночный импульс тока (напряжения) - а) и повторяющиеся импульсы тока (напряжения) - б).



а)



б)

Рис. 37.

Характеристики импульсов:

τ_{ϕ} – длительность (переднего) фронта импульса;

$\tau_{\text{ср}}$ – длительность среза (заднего фронта) импульса;

τ_u – длительность импульса;

T – период;

$0,8 U_{\text{max}} / \tau_{\phi}$ – крутизна фронта;

$Q = T / \tau_u$ – скважность следования импульсов;

$K = \frac{1}{Q}$ – коэффициент заполнения.

§ 29. Импульсная электротерапия

а) Электросонтерапия – метод лечебного воздействия на структуры головного мозга. Применяют прямоугольные импульсы с частотой 5–160 Гц и длительностью 0,2–0,5 мс. Сила тока составляет 1–8 мА.

б) Транскраниальная электроанальгезия – метод лечебного воздействия на кожные покровы головы импульсными токами, вызывающими обезболивание или снижение интенсивности болевых ощущений.

Используют:

1) прямоугольные импульсы напряжением до 10 В частота 60–100 Гц, длительность 3,5–4 мс, следующие пучками по 20–50 имп.

2) прямоугольные импульсы переменной скважности: частота $150\text{--}2000\text{ с}^{-1}$; напряжение 20 В; ток 1 мА; длительность $\tau_u = 0,15\text{--}0,5\text{ мс}$.
Подбор индивидуален.

в) Электростимуляция – метод лечебного применения импульсных токов. Используется для восстановления деятельности органов и тканей, утративших нормальную функцию.

г) Электропунктура – лечебное воздействие на биологически активные точки. Эти точки имеют повышенную электропроводность. Напряжение 2 В. Электрод в руке. Второй электрод – щуп.

Есть разброс по степени воздействия, зависящий от состояния пациента и силы прижима щупа.

Для электропунктуры используют импульсные и переменные токи.

§ 30. Электромагнитные волны

Электромагнитная волна — это электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью и переносящие энергию.

Волна имеет две составляющих: электрическую E и магнитную B . Они обе изменяются по гармоническому закону:

$$E = E_{\max} \cos(\omega(t - x / v));$$

$$B = B_{\max} \cos(\omega(t - x / v)).$$

Модули векторов E и B связаны соотношением:

$$\varepsilon_0 \varepsilon E^2 = B^2 / \mu_0 \mu.$$

В вакууме скорость электромагнитных волн равна скорости света. Показатель преломления среды . Электромагнитный спектр приведен на рис. 38.

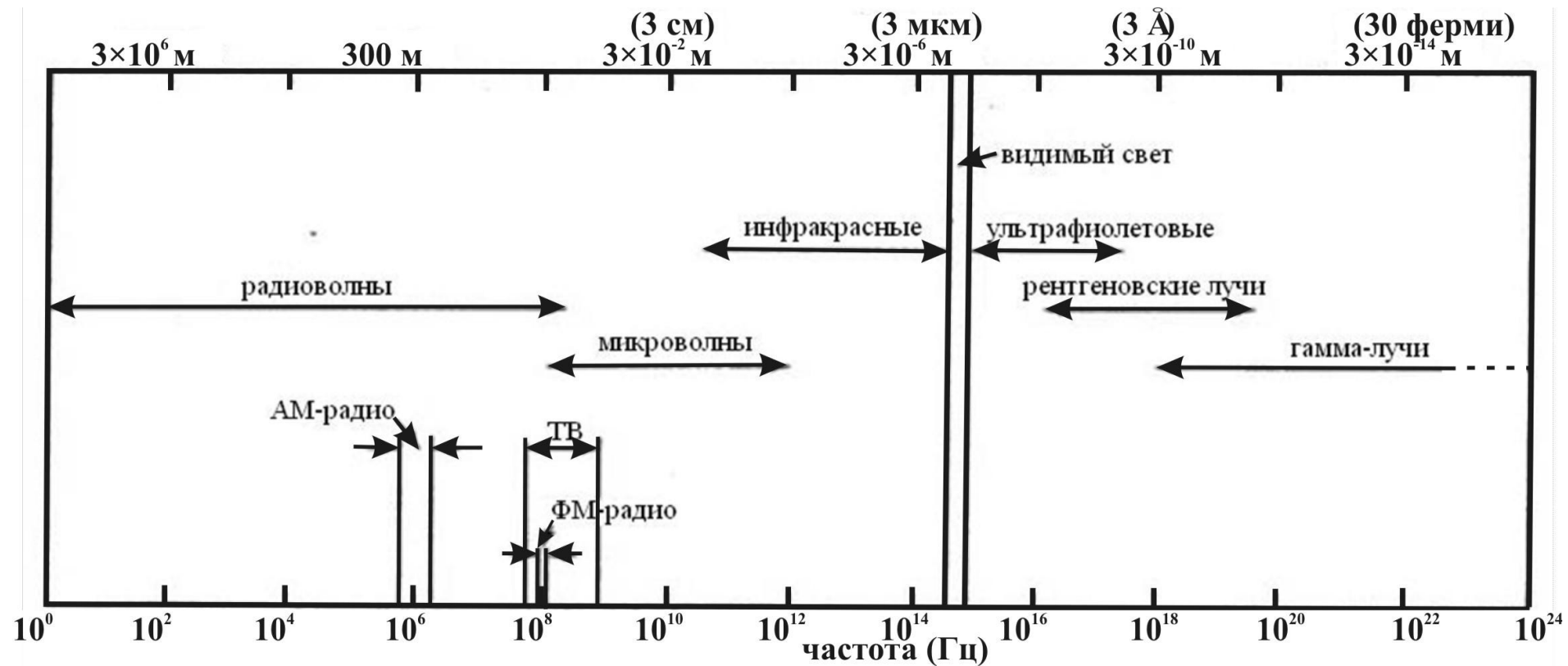


Рис. 38. Электромагнитный спектр, который показывает основную классификацию электромагнитного излучения в зависимости от длины волны и частоты

Свойства электромагнитных волн:

- частично поглощаются диэлектриком;
- практически полностью отражаются металлами;
- преломляются на границе диэлектриков;
- есть дифракция, интерференция.

В медицине принято следующее условное разделение по частотным диапазонам:

1. Низкие частоты (НЧ) – до 20 Гц.
2. Звуковые частоты (ЗЧ) – 20-20000 Гц.
3. Ультразвуковые (УЗЧ) или надтональные частоты – 20-200 кГц.
4. Высокие частоты (ВЧ) – 200 кГц-30 МГц.
5. Ультравысокие частоты (УВЧ) – 30 МГц - 300 МГц.
6. Сверхвысокие частоты (СВЧ) – 300 МГц-300 ГГц.
7. Крайневысокие частоты (КВЧ) – свыше 300 ГГц.

§. Физические процессы в тканях при воздействии током и электромагнитными полями

Человеческий организм в значительной степени состоит из биологических жидкостей, содержащих большое количество ионов, которые участвуют в обменных процессах. Под действием электрического поля ионы движутся с разной скоростью и скапливаются около клеточных мембран, образуя встречное электрическое поле, называемое поляризационным. Таким образом, первичное действие постоянного тока связано с движением ионов, их разделением и изменением их концентрации в разных элементах тканей.

а) Гальванизация. Непрерывный постоянный ток используют, как лечебный метод физиотерапии при напряжении 60-80 В. Применяют электроды из листового свинца или станиоля 0,3-0,5 мм толщиной. Так как продукты электролиза раствора поваренной соли, содержащейся в тканях, вызывают прижигание, то между электродами и кожей помещают гидрофильные прокладки, смоченные теплой водой. Дозируют силу тока – предельно допустимая плотность 0,1 мА/см² (конечности 20-30 мА; туловище 15-20 мА; части лица 3-5 мА; слизистые 2-3 мА).

Это токи при гальванизации. При проведении гальванизации в тканях активируются системы регуляции локального кровотока. Происходит расширение просвета дермальных сосудов, возникает гиперемия кожных покровов. Расширяются капилляры, повышается проницаемость их стенок. Не только в местах приложения электродов, но и в глубоко расположенных тканях, через которые проходит постоянный электрический ток.

б) Электрофорез. Постоянный ток используют в лечебной практике для введения лекарственных веществ через кожу или слизистые оболочки. В этом случае, как и при гальванизации, прокладку активного электрода смачивают, но не водой, а лекарственным веществом. Лекарство вводят с того электрода, зарядом которого оно обладает, то есть анионы вводят с катода, катионы с анода (анионы – йод, гепарин, бром; катионы – натрий, кальций, новокаин). При электрофорезе осуществляется сочетанное воздействие на организм постоянного электрического тока и вводимого с его помощью лекарственного вещества.

§ 32. Воздействие импульсными токами

Действие переменного тока на организм существенно зависит от его частоты. Ток вызывает раздражающее действие. Раздражение тканей зависит также и от формы импульса тока. Так, например, увеличение крутизны фронта импульса уменьшает пороговую силу тока, который вызывает сокращение мышц. В связи с этим ток характеризуют двумя пороговыми значениями: порог допустимого тока и порог не отпускающего тока. Эти значения зависят от индивидуальных особенностей организма и являются случайными величинами:

– *Порог ощутимого тока* (ПОТ) – минимальная сила тока, раздражающее действие которого ощущает человек.

– *Порог не отпускающего тока* (ПНТ) – минимальная сила тока, вызывающая такое сгибание сустава, при котором человек не может самостоятельно освободиться от проводника.

Для мужчин эта величина 10-15 мА. Превышение ПНТ губительно (паралич дыхательных мышц, фибрилляция сердца). Пороговые значения зависят от частоты и от длительности импульса (рис. 39, рис. 40).

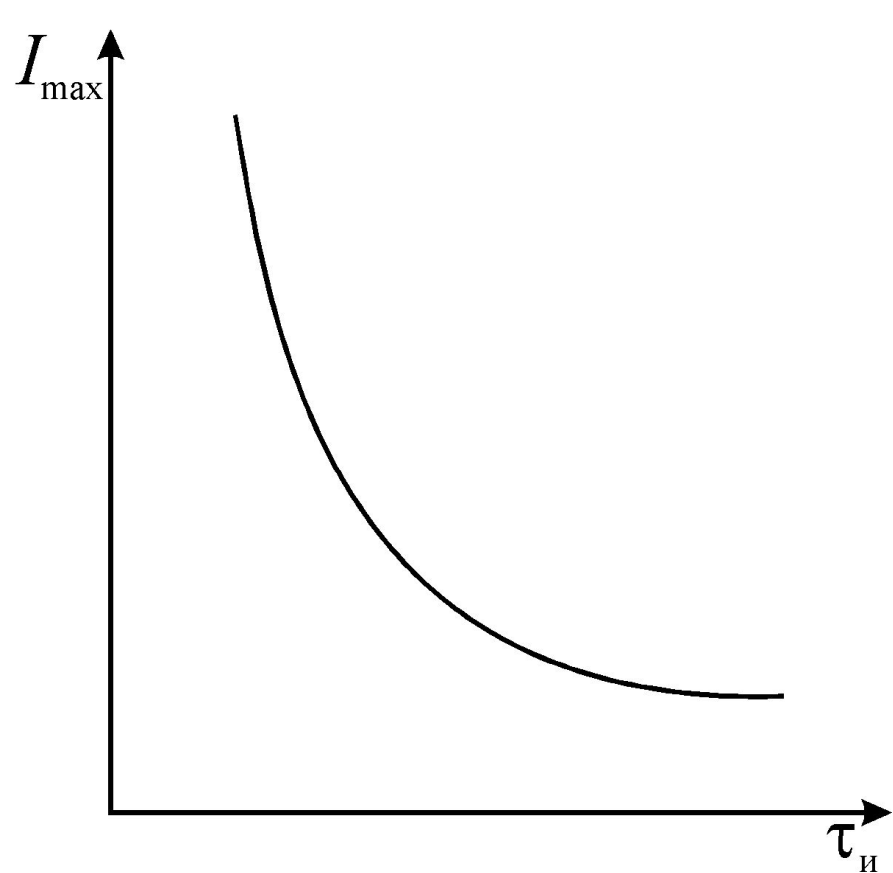


Рис. 39. Зависимость ПНТ от длительности импульса тока

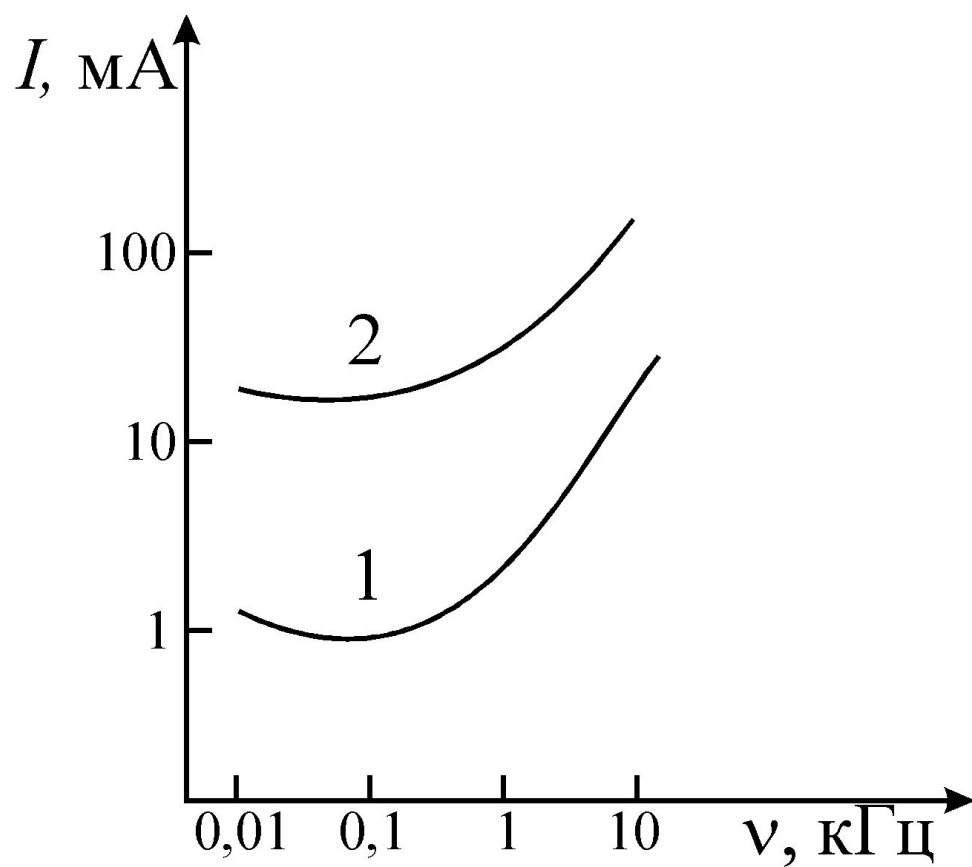


Рис. 40. Зависимость среднего порога ощутимого тока (1) и порога неотпускающего тока (2) от частоты