

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В ДВУХПРОВОДНОЙ ЛИНИИ

Цель работы: ознакомление с процессом распространения *электромагнитных* волн в двухпроводной линии; измерение длины волны в воздухе и воде; определение электрической проницаемости воды.

Приборы и принадлежности: генератор дециметровых волн, две двухпроводные линии, выпрямитель.

ВВЕДЕНИЕ

Чтобы передать с помощью электромагнитной волны энергию или информацию в определённом направлении, используют разного рода направляющие системы — провода, металлические трубы, диэлектрические стержни и т. п.

Одной из простейших систем является так называемая двухпроводная линия, представляющая собой два длинных цилиндрических проводника радиуса r , расположенные параллельно друг другу на расстоянии $h \gg r$. Внешнее поле такой системы мало по сравнению с полем между проводниками, поэтому можно сказать, что электромагнитная волна будет распространяться в основном между проводами. Скорость распространения электромагнитных волн в линии совпадает со скоростью света в свободном пространстве:

$$v = c \quad (1)$$

Если линия помещена в диэлектрик, скорость волны в ней уменьшается:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}} \quad (2)$$

Здесь ε и μ — относительные электрическая и магнитная проницаемости диэлектрика. Для большинства диэлектриков $\mu = 1$, поэтому практически

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}} \quad (3)$$

Если распространяющаяся вдоль линии волна встречает на своём пути неоднородность, например, проводящий мостик, замыкающий линию, то возникает отражённая волна. В результате интерференции прямой и отражённой волн в линии может установиться характерная интерференционная картина, называемая стоячей волной. Условия возникновения такой картины в линии, короткозамкнутой с обоих концов, заключаются, очевидно, в том, что на длине линии должно уложиться целое число полуволн. Всякий раз, когда при изменении длины линии её основная частота f_0 или частота её гармонического обертона nf_0 ($n = 2, 3, \dots$) приближается к частоте вынуждающей силы (частота генератора), амплитуда вынужденных колебаний резко возрастает. Тем самым проявляются резонансные свойства линии как колебательной системы с распределёнными параметрами.

Указанные резонансные свойства линии используются в предлагаемой работе. Двух-

проводная линия возбуждается высокочастотным генератором. Меняя длину линии и, следовательно, набор её собственных частот, можно добиться установления в ней стоячей волны. Зная, насколько нужно увеличить длину линии, чтобы вновь добиться резонанса, можно найти длину волны в линии и частоту излучения генератора.

Возбудив при помощи того же генератора другую линию, помещённую в воду, можно измерить длину волны в воде (длина волны уменьшится пропорционально скорости распространения) и, пользуясь выражением (3), найти электрическую проницаемость воды.

ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В установке используется генератор дециметровых волн (фото на рис. 3.2.1). В его колебательном контуре нет обычных для низкочастотных генераторов катушек и конденсаторов — их заменяют две металлические трубки, образующие отрезок двухпроводной линии. Длина этих трубок и расстояние между ними определяют частоту излучения генератора.



Рисунок 3.2.1

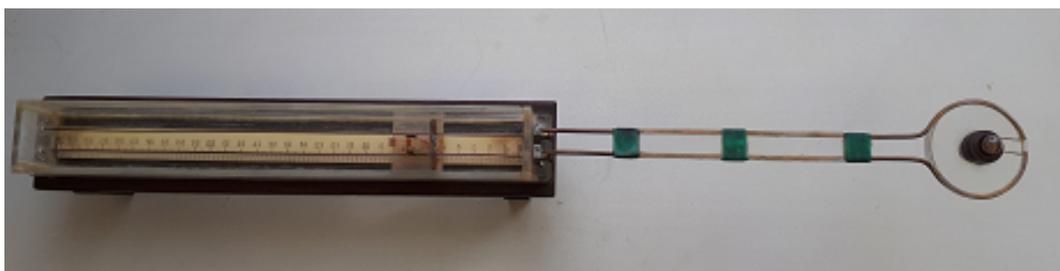


Рисунок 3.2.2

Две используемые в работе линии (длинная и короткая, помещённая в ванночку с водой — фото на рис. 3.2.2) имеют дополнительные внешние отрезки с индикаторной лампочкой. Расположив эти отрезки вблизи контура генератора (фото на рис. 3.2.3), можно возбудить в линии вынужденные колебания. По яркости свечения индикаторной лампочки можно судить об амплитуде этих колебаний. Длину каждой линии можно менять, передвигая вдоль неё короткозамыкающий мостик.

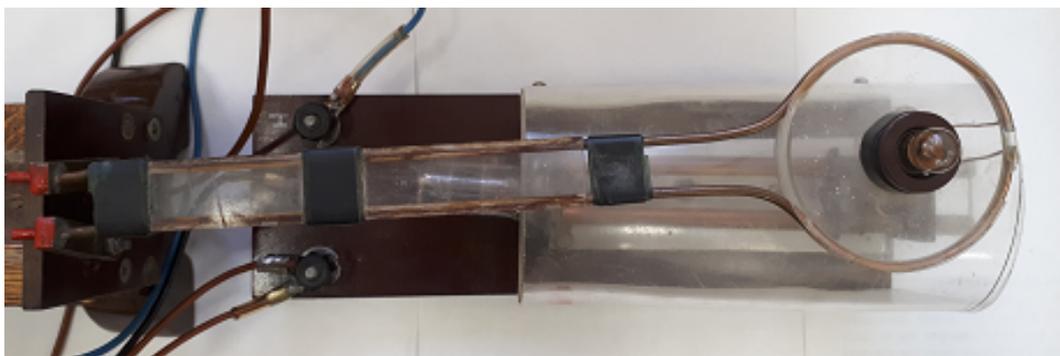


Рисунок 3.2.3

ИЗМЕРЕНИЯ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Задание 1. Включите генератор и расположите его вблизи внешнего отрезка воздушной линии с индикаторной лампочкой. Перемещая мостик вдоль линии, найдите положения мостика, при которых свечение лампочки максимально. Зная расстояние между соседними положениями мостика, определите длину электромагнитной волны в воздухе. Определите частоту излучения генератора, использованного в работе.

Задание 2. Прodelайте те же операции с линией, помещённой в воду, и найдите длину волны в воде. Зная длины волн в воздухе и воде, вычислите электрическую проницаемость воды (магнитная проницаемость воды μ практически равна единице).

ВОПРОСЫ И УПРАЖНЕНИЯ

1. Чем отличается распространение электромагнитных волн в линии от их распространения в свободном пространстве?
2. Нарисуйте распределения полей \vec{E} и \vec{B} вдоль линии для случаев бегущей и стоячей волн в данный момент времени. Как изменятся эти распределения через небольшой (по сравнению с периодом колебаний) промежуток времени Δt ?
3. Укажите направление вектора потока энергии в разных точках линии для случая распространения в ней бегущей волны и для случая установившегося в ней режима стоячей волны.
4. В чем наиболее существенное отличие резонансных явлений в системах с распределёнными параметрами (двухпроводная линия) от подобных явлений в системах с сосредоточенными параметрами (колебательный контур)?
5. Для индикации электромагнитной волны в линии можно пользоваться неоновой лампой или лампой накаливания. На что реагирует каждый из этих индикаторов и каковы особенности их использования?