

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 Исследование скин-эффекта резонансным методом

Цель работы: изучить физическую сущность скин-эффекта, исследовать зависимость активного сопротивления цилиндрического проводника от частоты переменного тока, протекающего через него и оценить глубину скин-слоя для разных частот, определить удельную проводимость образца.

Задание:

1. Уяснить физическую природу явления возникновения скин-эффекта в проводниках.
2. Изучить схему экспериментальной установки.
3. Измерить и построить зависимость изменения активного сопротивления цилиндрического проводника от частоты переменного тока, протекающего через него и оценить глубину скин-слоя для разных частот.
4. Провести анализ полученных закономерностей.

Порядок выполнения.

1. Перед включением следует проверить целостность всех соединительных и сетевых проводов устройств.
2. Включить лабораторный модуль в сеть 220В
3. Перевести переключатель СЕТЬ на панели установки в положение “ВКЛ” при этом должен загореться соответствующий сигнальный светодиод. Дать прибору прогреться не менее 5-7 минут
4. Рассчитать по формуле сопротивление одной обмотки на постоянном токе

$R_{L\text{пост}}$

$$R_{L\text{пост}} = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

где ρ – удельное сопротивление меди, $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$ [Ом · м],

l – длина провода обмотки, $l = N \cdot \pi \cdot D$ [м],

N – число витков обмотки, $N = 115$, D – диаметр витка, $D = 0,05$ [м],

S – площадь сечения провода, [м²]

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

где d – диаметр провода, $d = 2,26 \cdot 10^{-3}$ [м]

5. Подготовить таблицу 1 для записи результатов эксперимента

Таблица 1

Частота, f [Гц]	Частота, ω , $\omega = 2\pi f$ [радиан]	Емкость, C [Ф]	U_1 , [В] (одна обмотка)	U_2 , [В] (две обмотки)	Добротность (одна обмотка) $Q_1 = \frac{U_1}{\varepsilon}$	Добротность (две обмотки) $Q_2 = \frac{U_2}{\varepsilon}$	$R_{L\text{пост}}$ Ом	$\delta_{\text{эксп}}$ м

6. Записать в таблицу 1 первое значение установленной частоты f , Гц по показаниям частотомера на “Измерительном приборе”. Вычислить значение круговой частоты $\omega = 2\pi f$. Записать установленное значение емкости контура C (отображаемое на “Измерительном приборе” значение емкости перевести в единицы СИ $1 \text{ нФ} = 1 \text{ нФ} = 10^{-9} \text{ Ф}$, $1 \text{ пФ} = 1 \text{ пФ} = 10^{-12} \text{ Ф}$)

7. Записать в таблицу 1 измеренное напряжение на конденсаторе U1 при включенной одной обмотке (при этом LCD ЖКД индикаторе отображается L2)
8. Кнопками “КАТУШКА” подключить параллельную обмотку и записать в таблицу 1 измеренное значение напряжения на конденсаторе U2 при включенных двух параллельных обмотках (при этом на LCD ЖКД индикаторе отображается L2)
9. Вычислить по формуле $Q = \frac{U}{\varepsilon}$ добротность контуров Q₁ и Q₂ при включенной одной обмотке и двух параллельных обмотках соответственно ($\varepsilon = 0.06$ [В])
10. По формуле вычислить экспериментальное значение глубины скин-слоя $\delta_{\text{экс}}$

$$\delta_{\text{экс}} \approx \frac{r_0}{2} \cdot \frac{R_{L\text{пост}}}{R_{L\text{пере}}}$$

где r_0 – радиус провода, $r_0 = 1,13 \cdot 10^{-3}$ [м]

$$R_{L\text{пере}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \cdot \left(\frac{1}{Q_1} - \frac{1}{Q_2} \right)$$

где L – индуктивность катушки, $L = 400 \cdot 10^{-6}$ [Гн]

11. Установить другую частоту f , Гц с помощью кнопок “Частота” и повторить действия пп. 6-10
 12. Повторить пп. 6-10 для всех других доступных частот
 13. Рассчитать для 3-4 экспериментальных частот теоретическое значение глубины скин-слоя $\delta_{\text{расч}}$ и сравнить эти значения с полученными вами экспериментальными $\delta_{\text{экс}}$. Значение магнитной проницаемости образца (медного провода) принять $\mu=1$
- $$\delta_{\text{расч}} = \sqrt{\frac{2}{\mu \cdot \mu_0 \cdot \gamma \cdot \omega}}$$
- где γ – удельная проводимость материала провода, $\gamma_{Cu} = 5,88 \cdot 10^7$ [Ом·м]⁻¹,
 μ_0 – относительная магнитная постоянная, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ [Гн/м],
 ω – частота, $\omega = 2\pi \cdot f$
14. Построить зависимость изменения глубины скин-слоя от частоты переменного тока $\delta_{\text{экс}} = F(f)$

Контрольные вопросы.

1. Что такое скин-эффект?
2. Как количественно оценивается величина скин-эффекта?
3. Написать формулу, выражающую глубину скин-слоя для пластины.
4. Изобразить графически распределение плотности переменного тока в сечении проводника.
5. Как проявляется скин-эффект в случае цилиндрического проводника?
6. В чем идея резонансного метода изучения скин-эффекта?
7. Нарисовать схему экспериментальной установки.
8. Что такое добротность резонансного контура? Как ее можно определить экспериментально?
9. Как вычислить активное сопротивление катушки индуктивности (по результатам измерений)?
10. Как рассчитать глубину скин-слоя (по результатам измерений)?