

## 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  $\rho$  – 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, [м<sup>2</sup>]

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

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, $\omega$ , $\omega = 2\pi f$ [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 Q<sub>1</sub> и Q<sub>2</sub> при включенной одной обмотке и двух параллельных обмотках соответственно ( $\varepsilon = 0.06$  [В])
10. По формуле вычислить экспериментальное значение глубины скин-слоя  $\delta_{\text{эксп}}$

$$\delta_{\text{эксп}} \approx \frac{r_0}{2} \cdot \frac{R_{L\text{пост}}}{R_{L\text{перем}}}$$

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

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

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  $\delta_{\text{эксп}}$ . Значение магнитной проницаемости образца (медного провода) принять  $\mu=1$

$$\delta_{\text{расч}} = \sqrt{\frac{2}{\mu \cdot \mu_0 \cdot \gamma \cdot \omega}}$$

где  $\gamma$  – удельная проводимость материала провода,  $\gamma_{\text{Cu}} = 5,88 \cdot 10^7$  [Ом·м]<sup>-1</sup>,

$\mu_0$  – относительная магнитная постоянная,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  [Гн/м],

$\omega$  – частота,  $\omega = 2\pi \cdot f$

14. Построить зависимость изменения глубины скин-слоя от частоты переменного тока  $\delta_{\text{эксп}} = F(f)$

#### *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)?