Лабораторная работа № 16

ИЗМЕРЕНИЕ ЕМКОСТИ МОСТОМ СОТИ

Цель работы: изученин метода измерения емкости с помощью моста Соти, исследованин чувствительности и точности мостовой схемы измерения.

1. Теоретические сведения

Для измерений электроемкости используется классическая мостовая схема, называемая мостиком Соти. Этот метод является одним из наиболее точных и поэтому часто используется в различных современных измерительных схемах Мостик Соти для измерения ёмкости представляет собой мостик, собранный по схеме мостика Уитстона. Измерительный мост иллюстрирует дифференциальных концепцию измерений, результаты которых могут быть очень точными. Различные разновидности используются для измерения ёмкости, индуктивности, импеданса и других величин.

Схема простейшего моста Соти, реализованная в данной работе, показана на рис. 1.

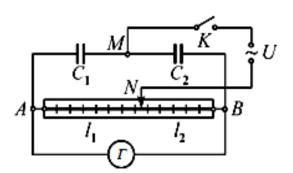


Рисунок 1 – Схема моста Соти

Схема содержит конденсаторы C_1 и C_2 , омические сопротивления R_1 и R_2 , мультиметр-индикатор, источник питания с частотой 5000 Гц для питания схемы. В качестве сопротивлений R_1 и R_2 используются сопротивления плеч реохорда, т.е. участки струны, натянутой вдоль шкалы, разделенной на миллиметры (рис. 1).

Обозначим ϕ_A , ϕ_B , ϕ_M , ϕ_N — мгновенные значения потенциалов в точках A, B, M, N, соответственно. Пусть $\Delta \phi_1$ и $\Delta \phi_2$ — мгновенные значения напряжений на обкладках конденсаторов, а $\Delta \phi_{AN}$ и $\Delta \phi_{NB}$ — мгновенные значения напряжений на сопротивлениях R_1 и R_2 .

$$\Delta \varphi_1 = U_1 = \varphi_M - \varphi_A; \ \Delta \varphi_2 = U_2 = \varphi_M - \varphi_B. \tag{1}$$

Тогда

$$\Delta \varphi_{AN} = \varphi_A - \varphi_N; \ \Delta \varphi_{NB} = \varphi_B - \varphi_N. \tag{2}$$

Так как в произвольные моменты времени потенциалы точек цепи M и N различны ($\phi_M \neq \phi_N$), в ветвях MAN, MBN, $A\Gamma B$ текут переменные токи. В общем случае, т.е. при любых произвольных R_1 и R_2 напряжения $\Delta \phi_1$, $\Delta \phi_2$, $\Delta \phi_{AN}$ и $\Delta \phi_{NB}$ отличаются друг от друга, однако сопротивления R_1 и R_2 можно подобрать так, что ток в диагонали моста $B\Gamma A$ станет равным нулю. Это имеет место в том случае, когда потенциалы точек A и B окажутся одинаковыми. Тогда из (1) и (1a) вытекает, что

$$\Delta \varphi_1 = \Delta \varphi_2;
\Delta \varphi_{AN} = \Delta \varphi_{BN}.$$
(3)

Если ток в диагонали ΓTA равен нулю, то ток $i_1 = \frac{\Delta \phi_{AN}}{R_1}$ заряжает конденсатор C_1 , а ток $i_2 = \frac{\Delta \phi_{NB}}{R_2}$ заряжает конденсатор C_2 . На обкладках каждого из конденсаторов за время Δt накапливаются заряды Δq_1 и Δq_2 .

$$\Delta q_1 = \frac{\Delta \varphi_{AN}}{R_1} \Delta t;$$

$$\Delta q_2 = \frac{\Delta \varphi_{NB}}{R_2} \Delta t.$$
(4)

Электроемкость проводника измеряется количеством электричества, которое необходимо сообщить проводнику, чтобы изменить его потенциал на единицу потенциала, следовательно, по определению, $C = \frac{\Delta q}{\Delta \phi}$ и поэтому электроемкости первого и второго конденсаторов, соответственно, определяются соотношениями:

$$C_{1} = \frac{\Delta \varphi_{AN}}{R_{1}} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \varphi_{1}};$$

$$C_{2} = \frac{\Delta \varphi_{BN}}{R_{2}} \cdot \frac{\Delta t}{\Delta \varphi_{2}}.$$
(5)

Учитывая соотношения (3), из (5) получаем

$$\frac{C_1}{C_2} = \frac{R_2}{R_1} \tag{6}$$

Таким образом, если сопротивления R_1 и R_2 подобраны так, что в ветви $A\Gamma B$ тока нет, то между сопротивлениями R_1 , R_2 и емкостями C_1 и C_2 существует связь, выраженная соотношением (6).

Сопротивления участков струны AN и NB соответственно равны $R_1 = \rho \frac{l_1}{s}$ и $R_2 = \rho \frac{l_2}{s}$. Здесь ρ – удельное сопротивление струны; s – сечение струны; l_1 и l_2 – длины участков струны AN и NB. Подвижный контакт N скользит по струне и изменяет соотношение плеч. При произвольном положении контакта N в диагонали моста ATB течет ток и мультиметриндикатор показывает напряжение, не равное нулю. Когда контакт приближается к положению, при котором ток, идущий через мультиметриндикатор, становится исчезающее мал, мультиметр-индикатор покажет минимальное напряжение. При этом сопротивления R_1 и R_2 оказались такими, что выполняется соотношение (5), следовательно,

$$C_1 \cdot l_1 = C_2 \cdot l_2. \tag{7}$$

Соотношение (7) и является расчетной формулой при измерении неизвестной электроемкости.

2. Порядок выполнения работы

1. Собрать схему (рис.).

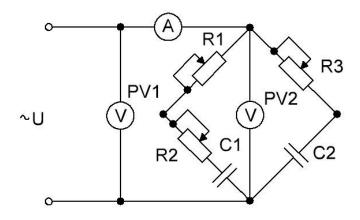


Рисунок 2 – Электрическая схема лабораторной установки

- 2. Включить стенд автоматическим выключателем QF1.
- 3. Задайте выходной сигнал генератора: Форма: синус; амплитуда 10B; смещение 0B; частота $1\kappa\Gamma$ ц.
 - 4. Установите резистор R19 в максимальное значение 100 Ом.
 - 5. Установите резистор R17 в максимальное положение 1 кОм.
- 6. Изменяя значение сопротивлений R2 и R19 добиться показания прибором PV3 близкого к нулю значения.
 - 7. Записать значение резисторов R2, R17, R19.

- 8. Выключить стенд с помощью автоматического выключателя QF1.
- 9. Вернуть настройки приборов в начальное состояние.
- 10. Рассчитать неизвестную емкость С_х по формуле:

$$C_X = \frac{R_{17}}{R_2} C_{13} \tag{8}$$

11. Вычислить абсолютную погрешность измерения емкости. Принять фактическую емкость $C_{X \Phi AKT}$ =1 мкФ, емкость C13=4,7 мкФ.

$$\Delta C = C_{X \text{ M3M}} - C_{X \text{ ΦAKT}} \tag{9}$$

12. Вычислить относительную погрешность.

$$\gamma_0 = \frac{\Delta C}{C_{X\Phi AKT}} \cdot 100\% \tag{10}$$

3. Содержание индивидуального отчета

- 1. Название, цель работы.
- 2. Схема лабораторной установки с описанием.
- 3. Таблица с результатами измерений.
- 4. Результаты расчетов.
- 5. Выводы.

4. Контрольные вопросы

- 1. В чем состоит метод измерения по мостику Соти?
- 2. Можно ли данным методом измерять сопротивления?
- 3. От каких параметров зависит точность определения мостового метода измерения электроемкостей?
 - 4. Какие требования предъявляют к эталонному конденсатору?
- 5. Как влияют (не влияют) и почему соотношения между величинами эталонных и измеряемых конденсаторов на точность измерения? Можно ли измерять конденсаторы любых емкостей?
- 6. Что такое чувствительность данного метода определения емкости? Вычислите ее.