

Условие

Задание 1. Неидеальный конденсатор

- В мире нет ничего идеального! - А как же шар и куб? - Шар неустойчив, а куб плохо катается! (Диалог математика и физика)

В данном задании вам необходимо экспериментально исследовать непривычные для Вас свойства реального конденсатора.

Оборудование: электролитический конденсатор емкости $C \approx 50$ мкФ, постоянный резистор с сопротивлением $R_0 \approx 2$ МОм, Мультиметр цифровой, элемент питания 1,5 В, выключатель, соединительные провода.

Теоретическое введение.

При разрядке конденсатора через постоянный резистор R напряжение на нем изменяется по закону

$$U(t) = U_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right), \quad (1)$$

Который можно представить в более удобном для анализа виде

$$\ln\left(\frac{U(t)}{U_0}\right) = -\frac{t}{RC}, \quad (2)$$

Если сопротивление резистора по каким-то причинам изменяется, то эти формулы не применимы. В этом случае следует пользоваться уравнением, справедливым на малых временах Δt :

$$\Delta U = -\frac{1}{RC}U\Delta t \quad (3)$$

Из этого уравнения следует, что сопротивление цепи разрядки в заданном интервале можно приближенно рассчитать по формуле

$$R = -\frac{1}{C} \frac{\Delta t}{\Delta(\ln U)}. \quad (4)$$

Рекомендуем в расчетах использовать эту формулу.

Часть 1. Подготовительная.

1.1 С помощью мультиметра измерьте сопротивление резистора R_0 и емкость конденсатора C (для этого на лицевой панели есть специальные гнезда подключения).

1.2 Используя элемент питания и резистор R_0 , измерьте сопротивления мультиметра в режиме измерения напряжения в диапазоне 2 В.

Приведите электрическую схему, которую Вы использовали для этого, расчетные формулы и результаты измерений.

Зарядите конденсатор, измерьте начальное напряжение U_0 на нем, отключите конденсатор (используйте выключатель) от источника и мультиметра. Предоставьте ему возможность разряжаться в течение 5 минут. После этого опять подключите его к мультиметру и измерьте остаточное напряжение U_1 .

1.3 По данным измерений рассчитайте: среднее значение силы тока утечки и сопротивления утечки конденсатора R_{C1} . Измерения проведите при начальном напряжении $U_0 = 1400$ мВ и начальном напряжении $U_0 = 800$ мВ. Нарисуйте электрическую схему, использованную Вами.

Подсказка. У вас нет возможности регулировать начальное напряжение на конденсаторе, поэтому полностью заряжайте его от элемента питания и ждите, пока он не разрядится через мультиметр. Для ускорения его разрядки можете использовать резистор R_0 .

Часть 2. Разрядка конденсатора через мультиметр

Зарядите конденсатор до максимального значения и подключите его к мультиметру.

2.1 Измерьте зависимость напряжения на конденсаторе от времени в диапазоне напряжений от 1400 мВ до 300 мВ с шагом 100 мВ (используйте секундомер с памятью 10 этапов).

2.2 Постройте график зависимости (2) по полученным данным измерений.

2.3 Строго (а не «на глаз») докажите, что закон экспоненциальной разрядки (1) в данном случае не выполняется – отклонения от него носят систематический характер.

2.4 Рассчитайте зависимость сопротивления конденсатора R_C от напряжения на нем. Постройте график полученной зависимости. Дайте ему качественное объяснение.

При необходимости можете попросить у организаторов дополнительные листы миллиметровой бумаги

Часть 3. Разрядка конденсатора через резистор

Подключите к конденсатору и мультиметру параллельно резистор R_0 .

3.1 Выполните все Части 2 (2.1, 2.2 и 2.4) при разрядке через резистор.

3.2 Сравните результаты, полученные в Части 2 и Части 3. Если обнаружены различия, дайте им качественное объяснение.

3.3 Приведите эквивалентную схему реального конденсатора, объясняющую обнаруженные вами свойства конденсатора. Укажите параметры элементов этой схемы.