

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.

Решение

Задание 1. Неидеальный конденсатор (Решение)

Часть 1. Подготовительная.

1.1 Сопротивление резистора $R_0 = 2,04 \text{ МОм}$ Емкость конденсатора $C = 56,6 \text{ мкФ}$ **1.2** Сопротивления мультиметра $R_V = 10,0 \text{ МОм}$. Для измерений использовалась традиционная схема: измерялось напряжение на элементе питания напрямую и с последовательно подключенным резистором.

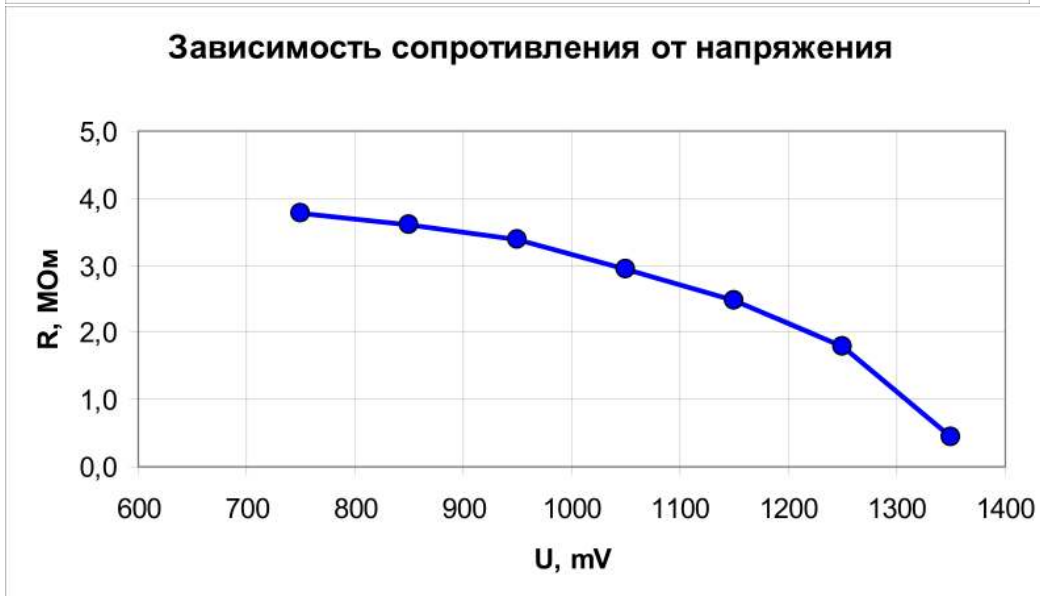
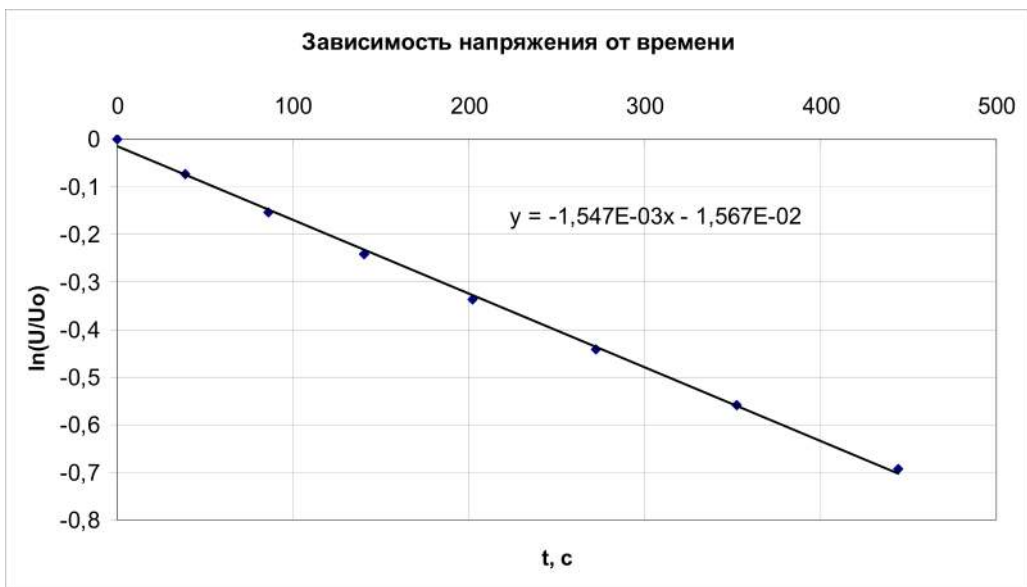
1.3 Результаты измерений показаны в таблице

Uo=	1,40	I=	1,493E-08	R=	91МОм
U1=	1,32				
Uo=	1,00	I=	3,733E-09	R=	265МОм
U1=	0,98				

Часть 2. Разрядка конденсатора через мультиметр

Результаты измерений и расчетов приведены в Таблице и на графиках.

u	min	sek	t	ln u	<u>	R	R_C
1400	0	0	0	0			
1300	0	38,70	38,70	-0,07411	1350	10,444	0,444
1200	1	25,84	85,84	-0,15415	1250	11,779	1,779
1100	2	20,13	140,13	-0,24116	1150	12,479	2,479
1000	3	21,85	201,85	-0,33647	1050	12,951	2,951
900	4	32,30	272,30	-0,44183	950	13,373	3,373
800	5	52,40	352,40	-0,55962	850	13,601	3,601
700	7	24,34	444,34	-0,69315	750	13,771	3,771



Аналогичные результаты получены в Части 3.

Для описания свойств конденсатора к нему надо подключить два резистора: один последовательно, второй параллельно.