

3. Морозова, Е. А. Международные математические олимпиады : пособие для учащихся / Е. А. Морозова. — М. : Просвещение, 1976.
4. Шлыков, В. В. Планиметрия и стереометрия рядом / В.В. Шлыков, Л. Е. Зезетко // Матэматыка : праблемы выкладання. — 1998. — № 4.
5. Пойа, Д. Как решать задачу / Д. Пойа. — М., 1961.
6. Готман, Э. Г. Решение геометрических задач аналитическим методом : пособие для учащихся 9—10 кл. / Э. Г. Готман, З. Г. Скопец. — М. : Просвещение, 1979.

УДК 621.319.4

**Е. О. Лютич, П. С. Иншаков, Т. С. Петлицкая**  
*Учреждение образования «Барановичский государственный университет»,  
Барановичи, Республика Беларусь*

## **КОНДЕНСАТОРЫ И ИХ ВИДЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ СВЕТОДИОДА ПРИ ПОМОЩИ КОНДЕНСАТОРОВ**

**Введение.** Зачастую на практике необходимо иметь какое-нибудь небольшое устройство, которое способно накапливать сравнительно большие по величине заряды. К таким сравнительно небольшим устройствам можно отнести конденсатор. Если дать определение для конденсатора простыми словами, то можно сказать следующее, что это элемент электрической цепи, предназначенный для накопления и временного хранения заряда. Такую же функцию, в принципе, способна выполнять и самая обыкновенная батарейка, но в отличие от конденсатора она не может сразу отдать всё накопленное электричество.

В данной статье рассматриваются различные виды конденсаторов (по их ёмкости) и возможность передачи накопленного ими заряда к светодиодной лампочке. А также предлагается способ определения величины сопротивления светодиодной лампочки, используя полученные опытным путём данные и имеющиеся параметры устройств.

**Основная часть.** В истории первым прототипом конденсатора стала «Лейденская банка», которую в 1745 изобрёл голландский учёный Питер Ван Мушенбрук, который назвал своё изобретение в честь университета, в котором он его изобрёл. Выглядела она как обычная стеклянная банка, оклеенная внутри и снаружи листовым оловом [1].

Важной и основной характеристикой конденсатора является ёмкость. Ёмкость характеризует количество заряда, которое способен накопить в себе конденсатор. В свою очередь электроёмкость зависит от формы и размеров конденсатора, используемого диэлектрика, а также от площади перекрытия пластин и расстояния между ними. Ёмкость измеряют в фарадах, в честь английского физика Майкла Фарадея. Один фарад можно представить в виде шара радиусом  $9 \times 10^6$  километров, у Земли, в сравнении, радиус составляет 6370 километров. Поэтому ёмкость измеряют в микрофарадах [2].

Существует большое количество конденсаторов, которые можно классифицировать по разным признакам: по форме, по типу конструкции, по диэлектрическому материалу и так далее.

Рассмотрим какие виды конденсаторов бывают.

Керамические конденсаторы (рисунок 1, а). Особенностью этих конденсаторов является то, что в качестве диэлектрического слоя служит слой керамического порошка, а металлический слой играет роль проводника электрического тока. Керамические конденсаторы могут быть однослойными и многослойными, по конструкции могут быть трубчатыми, прямоугольными и дисковыми. Преимуществом такого вида конденсатора является то, что обладают длительным сроком службы, малыми габаритами, надёжностью и термостойкостью. Недостатком керамических конденсаторов является их хрупкость.

Бумажные конденсаторы (рисунок 1, б). В качестве диэлектрика в таких конденсаторах выступает слой бумаги, которая пропитывается воском или маслом для улучшения диэлектрических показателей. В современных устройствах встретить конденсаторы с таким видом диэлектрика очень сложно, так как в сравнении с современными керамическими, электролитическими и танталовыми конденсаторами имеет ряд недостатков: более габаритные и тяжёлые, а бумага, выступающая в качестве диэлектрического слоя, может впитывать влагу, что значительно сократит срок службы и ухудшит электрические характеристики. По этим причинам они были вытеснены другими видами конденсаторов.

Электролитические конденсаторы (рисунок 1, в). Внешне они очень похожи на бумажные конденсаторы, но главной особенностью, которая отличает электролитические конденсаторы от других является то, что часто используют электролит. Электролитические конденсаторы классифицируются на алюминиевые, ниобиевые и танталовые. Из вышеперечисленных самыми распространёнными является алюминиевые электролитические конденсаторы, в которых в качестве одной из обкладок используется алюминиевая фольга. Также распространены ниобиевые, в котором анод изготовлен из пассивированного металлического ниобия и танталовые, который состоит из гранулы пористого тантала. Особенностью электролитических конденсаторов является их большая ёмкость и компактность, но также у них присутствует ряд недостатков: высыхание электролита, из-за чего конденсатор теряет ёмкость, большая чувствительность к перенапряжениям и температурам, что может привести к риску вздутия и взрыва, а также низкая точность и стабильность ёмкости.

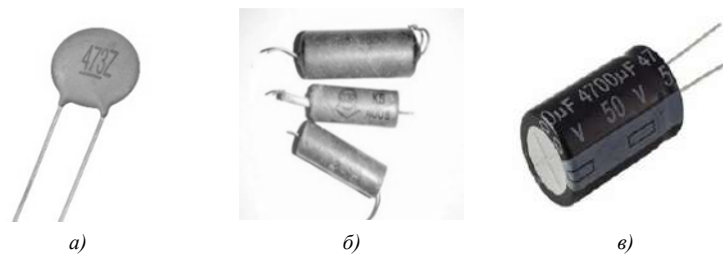


Рисунок 1 — Конденсаторы: *a* — керамический конденсатор; *б* — бумажные конденсаторы; *в* — алюминиевый электролитический конденсатор

Важной характеристикой конденсаторов является то, что они отличаются полярностью. Полярные конденсаторы имеют полярность, это говорит о том, что они должны подключаться к схеме таким образом, чтобы отрицательный и положительный электрод подключались к соответствующим полярностям напряжения. Полярные конденсаторы обладают большей ёмкостью, чем неполярные, но если неправильно подключить полярность, то это может привести к тому, что конденсатор будет повреждён. Преимуществом неполярных конденсаторов над полярными является то, что снижается риск при неправильном подключении, также они способны работать в цепях с переменным током, что делает их незаменимыми для тех схем, где направление тока может меняться.

Конденсаторы, как и многие электронные компоненты, из-за различных факторов со временем теряют свои первоначальные характеристики или во все могут выйти из строя, например, неправильно подключённая полярность, из-за чего выходят из строя полярные конденсаторы. Керамические конденсаторы выходят из строя из-за сильных ударов, в бумажных из-за того, что бумага впитывает влагу, ухудшаются электрические характеристики, а в электролитических конденсаторах просто-напросто высыхает электролит. Конденсаторы также могут выйти из строя по множеству других причин, вот некоторые из них. Превышение допустимого максимального напряжения, если не превышать допустимое значение, то конденсатор будет работать исправно, если же превысить это значение, то это приведёт к тому, что конденсатор выйдет из строя. Превышение максимально допустимой температуры. Превышение допустимой температуры у алюминиевых электролитических конденсаторов приводит к тому, что электролит начинает закипать из-за чего начинает вытекать электролит, а образование газов может привести к тому, что конденсатор взорвётся.

Проверить конденсатор на работоспособность и самому увидеть, как работает конденсатор можно при помощи схемы (рисунок 2), состоящей из источника питания, резистора, светодиода и, соответственно, самого конденсатора. При подключении к источнику питания конденсатор начинает заряжаться, а когда конденсатор будет заряжен, то светодиод потухнет. Если взять конденсатор с маленькой ёмкостью, то он будет заряжаться быстрее и, соответственно, светодиод будет затухать быстрее, чем с конденсатором с большей ёмкостью. После того как конденсатор зарядился из цепи надо убрать источник питания и соединить резистор с конденсатором, после чего он начнёт отдавать заряд потребителю. Через некоторый промежуток времени светодиод потухнет, это говорит о том, что конденсатор отдал весь накопленный электрический заряд.

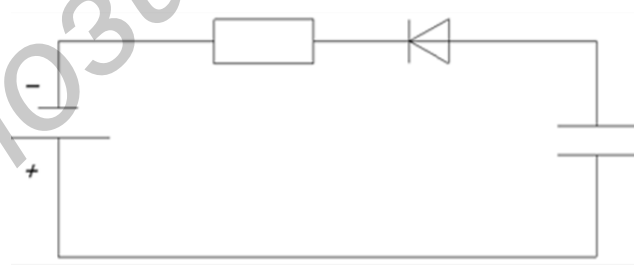


Рисунок 2 — Электрическая схема

В нашем опыте было несколько конденсаторов, различной ёмкости (470 мкФ, 680 мкФ, 820 мкФ, 1000 мкФ, 1800 мкФ, 2200 мкФ). Напряжение между обкладками каждого конденсатора составляет величину в 10 В. Подключая поочерёдно заряженные конденсаторы к светодиоду, измерялся промежуток времени, в течении которого светодиод горел. Зная величину тока, на которую рассчитан светодиод и время, в течении которого он горел, определялась величина его сопротивления.

Значение энергии заряженного конденсатора, определяется по формуле:

$$W = \frac{CU^2}{2},$$

где  $C$  — электроёмкость плоского конденсатора;

$U$  — напряжение между пластинами конденсатора.

Работа электрического тока определяется по формуле:

$$A = I^2 R t ,$$

где  $I$  — величина тока, прошедшего через светодиод;

$R$  — сопротивление светодиода;

$t$  — время, в течении которого горел светодиод.

Согласно закону сохранения энергии, можно приравнять энергию заряженного конденсатора к работе электрического тока, и выразить отсюда сопротивление. Таким образом, расчётная формула определения

сопротивления имеет вид:  $R = \frac{CU^2}{2I^2t}$ . Пренебрегая потерями энергии в электрической цепи, получили значения сопротивлений для каждого конденсатора (таблица 1).

Т а б л и ц а 1 — Результаты определения сопротивления светодиода

$C$ , мкФ	470	680	820	1000	1800	2200
$U$ , В	10	10	10	10	10	10
$I$ , мА	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
$t$ , с	2,2	2,8	3,6	5,4	7,8	9,7
$R$ , Ом	100,6864	114,4581	107,3512	87,2774	108,7611	106,8923

Среднее значение сопротивления 104,2377 Ом.

Следующим этапом становится определение функциональной зависимости между электроёмкостью конденсатора и сопротивлением светодиода. Для определения такой зависимости использовался метод наименьших квадратов. Платформой для вычислений был выбран MathCad. По итогам вычислений была получена линейная функциональная зависимость вида:  $R(C) = 100,5914 + 0,002422 \times C$ .

Далее, взяв два конденсатора, соединив их параллельно, измерялось время горения светодиода в этом случае, и также рассчитывалась величина сопротивления светодиода (таблица 2).

Т а б л и ц а 2 — Результаты определения сопротивления светодиода при параллельном соединении конденсаторов

$C$ , мкФ	470	680	1000	1800
$U$ , В	10		10	
$I$ , мА	10,3		10,3	
$t$ , с	6,8		12,3	
$R$ , Ом	103,9628		107,2873	

Если подставить в функциональную зависимость  $R(C_{общ}) = 100,5914 + 0,002422 \times C_{общ}$  величины общих электроёмкостей, полученные в результате сложения двух электроёмкостей (470 и 680; 1000 и 1800), то получаются значения рассчитанных сопротивлений, неплохо согласуемые с экспериментальными (таблица 3).

Таким образом, метод наименьших квадратов можно использовать при определении неизвестного значения сопротивления для любого светодиода.

Т а б л и ц а 3 — Сравнение экспериментальных и рассчитанных результатов определения сопротивления светодиода

$C$ , мкФ	470	680	1000	1800
$R$ экспериментальное, Ом	103,9628		107,2873	
$R$ рассчитанное, Ом	104,2244		107,373	

**Заключение.** На сегодняшний день конденсаторам нашли применение не только в радиотехнике, но и в медицине и сложных промышленных системах. Конденсаторы, например, используются для сглаживания пульсаций, в блоках питания для сглаживания и фильтрации изображения, так же их можно применить для устранения мерцания светодиодных ламп. Работу конденсатора можно увидеть в некоторых электроприборах, например, индикатор режима ожидания у телевизора, который медленно затухает при отключении его из сети, или вспышка у фотоаппарата.

#### Список цитируемых источников

1. Лейденская банка [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Лейденская\\_банка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Лейденская_банка). — Дата доступа 01.05.2024.

2. Трофимова, Т. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов Т. И. Трофимова. — 11-е изд., стер. — М. : Издат. центр «Академия», 2006. — 560 с.