

**Лучший научный исследовательский проект, область применения
энергетика**

Устройство для измерения электрической проводимости жидкостей

Автор:

Мухин Антон Алексеевич
МБУДО «Детский оздоровительно-
образовательный центр г. Ельца», (ДООЦ),
объединение: радио конструирование,
МБОУ «Гимназия №11 г. Ельца», 11 класс,
Тел. 8.9205207820

Научные руководители:

Поваляев Борис Алексеевич- педагог
дополнительного образования (ДООЦ)
Объединение: радио конструирование,
Тел. 8.952 596 83 94

Австриевских Наталья Михайловна-
учитель физики МБОУ «Гимназия №11 Г. Ельца»,
8910 352 48 66

Липецк, 2019

План.

- 1. Введение**
- 2. Устройство для измерения электрической проводимости жидкостей**
- 3. Вывод**
- 4. Литература**

Введение.

Электропроводимость (электропроводность) жидкостей определяется наличием в них газообразных, жидких и твердых примесей, обусловлена токами, образующимися при диссоциации молекул самой жидкости или ее примесей.

Электропроводимость исследуемой жидкости существенным образом зависит от ее температуры, для чего необходимо в кондуктометрических приборах предусмотреть температурную коррекцию показаний. При повышенной температуре жидкости увеличивается коэффициент диссоциации, подвижность ионов, в результате увеличивается электропроводность, соответственно, при пониженной температуре - электропроводимость уменьшается.

Электропроводимость - способность тела (среды) (в нашем случае жидкости) проводить электрический ток под воздействием электрического поля. В Международной системе единиц (СИ) единицей измерения электрической проводимости является – Сименс, названной в честь немецкого инженера, изобретателя, промышленника, основателя фирмы «Siemens» Эрнста Вернера фон Сименса (1816-1892) гг. Удельной электропроводимостью называют меру способности вещества проводить электрический ток по однородному проводнику длиной 1 м, поперечным сечением $S=1\text{м}^2$ – (См/м) Величина, обратная удельной проводимости называется удельным сопротивлением – (Ом*м) Так, например, удельная электропроводимость дистиллированной воды составляет – $5 \cdot 10^{-4}$ См/мили $5 \cdot 10$ мкСм/см. Основной единицей измерения мкСм/см, (международное обозначение MS) в дальнейшем воспользуемся в научно-исследовательской работе.

В медицине – для проверки качества аптечной, клинической бидистиллированной и дистиллированной воды.

В быту: при заливке дистил. воды в утюги, увлажнители воздуха и т.д. В домашнем приготовлении качественных вин, напитков...

В технике при заливке дистил. воды в аккумуляторы, другие технические устройства.

Контроль в экологии, например, дождевых, снеговых осадков с разных направлений ветра. Сырой и кипяченой воды на содержание в них общих солей, металлов и примесей и т.д.

Цели работы: 1. Создать лабораторное устройство для измерения электрической проводимости жидкостей (в дальнейшем описании – устройство) для оснащения кабинетов физики, химии при прохождении соответствующих тем, а также для применения устройства в быту и технике.

1.1. Разработать и изготовить прибор измерения электропроводимости жидкостей. (В дальнейшем описании – прибор.)

1.2. Разработать и изготовить образцовый кондуктометр – датчик для измерения электропроводимости жидкостей. (В дальнейшем описании – кондуктометр.)

2. Устройство должно быть выполнено на современном уровне с содержанием новизны, как в принципиальной схеме, так и в конструкции.

Задачи: 1. Разработать общую электрическую принципиальную схему устройства.

2. Разработать принципиальную схему прибора, устройства с высокостабильным автогенератором – симметричным мультивибратором.

3. Разработать принципиальную схему образцового кондуктометра.

4. Разработать и изготовить конструкцию прибора.

5. Изготовить отдельный корпус для прибора из листового пластика – полистирола.

6. Разработать и изготовить конструкцию измерительного блока кондуктометра.

7. Изготовить отдельный корпус для кондуктометра из листового органического стекла.

8. Разработать и сделать печатную плату с радиоэлементами схемы.

9. Провести окончательную сборку устройства.
10. Провести регулировку уровня выходного переменного напряжения, при котором будет обеспечиваться оптимальная чувствительность и прямолинейность шкалы измерительного прибора.
11. Исследовать форму импульсов работы мультивибратора, снять осциллограмму.
12. Провести исследование и измерение электропроводимости жидкостей в мкСм.
13. Составить таблицу.

Технические данные устройства для измерения электрической проводимости жидкостей.

1. Предел измерения устройства 0 – 10 мкСм (μS)
2. Погрешность измерения - $\pm 2,5\%$ с учетом образцового кондуктометра
3. Напряжение питания – 3,7 – 4,5 (В)
4. Ток потребления - ≤ 5 мА
5. Исследуемые жидкости - см. таблица 1.

Описание общей электрической схемы устройства.

Общая электрическая принципиальная схема (рис.1) состоит из источника питания GB1-GB3 (трёх последовательно соединённых пальчиковых батарей 1,5В) или одного аккумулятора -3,7В, предохранителя FU1 01А, тумблера включения питания со встроенным в него контрольным светодиодом, высокостабильного симметричного автогенератора – мультивибратора, выполненного на транзисторах VT1-VT4, регулятора выходного переменного напряжения R5, выполняющего роль установки чувствительности прибора, регулятора тока по крайнему пределу прибора – R6(10 μA), мостового выпрямителя VD3- VD6, микроамперметра постоянного тока μA - 0-10 мкА, кл.1,0, кондуктометра У2, со входящими в него герконом SA2 и разъемом X1 с электрическим двухпроводным шнуром для соединения с прибором.

При включении тумблера SA1 питание через предохранитель FU1 подаётся на схему, при этом загорается светодиод, начинает работать симметричный мультивибратор, выдавая прямоугольные импульсы одинаковой длительности. С коллекторов транзисторов VT3, VT4 импульсы уже переменного тока через разделительные конденсаторы C4,C5 подаются на резистор активной нагрузки R5, с помощью которого можно регулировать

выходное переменное напряжение, а следовательно в дальнейшем чувствительность прибора. Резистор R5 выбирается с таким расчётом, чтобы его сопротивление было в десятки раз меньше электрического сопротивления испытываемых жидкостей, в противном случае нарушается линейность шкалы прибора. Далее с резистора R5 импульсное переменное напряжение через ограничительные по току резисторы R6, R7, диодный мост VD3- VD6, разъём X1 поступает на электроды кондуктометра У2. Диодный мост применяется для выпрямления импульсного напряжения, что дало возможность подключения микроамперметра постоянного тока μA с высокой чувствительностью 0-10 мкА. По понятной причине постоянное низковольтное напряжение на электроды кондуктометра подавать нельзя, иначе даже при слабых токах происходит электролиз испытываемых жидкостей, а это неизбежно влияет на погрешность измерения. Диоды выпрямительного моста выбираются с самым малым падением напряжения в прямом направлении. В связи с очень малым прохождением тока в измерительной цепи прибора, необходимо выключатель электродов кондуктометра во время проверки максимального значения $10 \mu\text{S}$ установить непосредственно на кондуктометре, для чего и применён геркон SA2. Есть ещё одно преимущество применения геркона. При работе прибора и налитой испытываемой жидкости в кондуктометре мы подносим небольшой постоянный магнит к геркону, происходит срабатывание его контактов, при этом никаких колебаний жидкости не происходит, влияющих на точность измерения.

Особого внимания заслуживает разработанный и изготовленный мной симметричный мультивибратор высокой стабильности, автогенератор выходного переменного напряжения (Схема электрическая принципиальная, рис. 1)

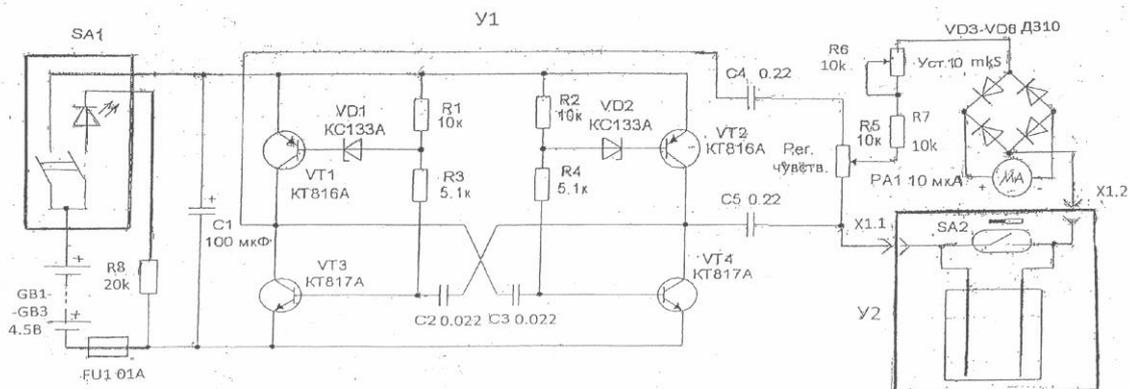


Рис.1 Устройство для измерения электрической проводимости жидкостей

(Общая схема электрическая принципиальная)

Примечание! Возможно питание устройства от одного аккумулятора (сотового телефона) – 3.7В

Рис. 1

В обычной типовой схеме симметричного мультивибратора (рис.2) в коллекторах транзисторов установлены резисторы R1, R4, и элементы стабилизации выходного импульсного напряжения отсутствуют.

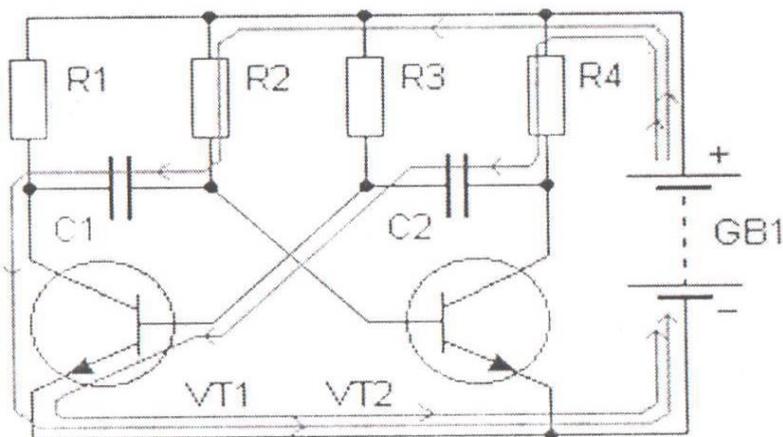


Рис.2

За счёт возможного незначительного изменения напряжения питания, температуры, влажности окружающей среды, да и самого режима работы автогенератора, может быть увеличение и уменьшение амплитуды выходного сигнала. В особо точных устройствах, приборах это недопустимо.

Установим в коллекторы транзисторов VT3, VT4 обратной проводимости (n-p-n) нашего автогенератора вместо резисторов транзисторы прямой проводимости (p-n-p), VT1- VT2. Резисторы базового смещения транзисторов VT3, VT4 разделим согласно схемы: R1, R2 по 10 кОм, R3, R4 по 5,1 кОм. Для дополнительного ограничения тока по базам транзисторов установим стабилитроны, которые будут резко уменьшать длительность фронтов импульсов. Например, незначительно уменьшилось общее напряжение питания. Тогда уменьшится и положительное смещение на базах транзисторов автогенератора VT3, VT4. Конечно же, при этом, уменьшится амплитуда выходного сигнала. Но часть положительного смещения (делитель R1,R3;R2,R4) уменьшится и на базах транзисторов VT1, VT2(p-n-p)проводимости. Эти транзисторы больше откроются по переходам коллектор-эмитер. Сопротивление переходов уменьшится, ток коллекторов возрастёт. Одновременно произойдёт компенсация потери в выходном сигнале.

Необходимо отметить, что требуемая амплитуда выходного сигнала $U_{ампл.} = 1 \pm 0,2 В$ гораздо ниже постоянного напряжения источника питания. Нецелесообразно уменьшать напряжение источника питания (ниже 3,7В), при котором автогенератор – мультивибратор работает нестабильно.

Осциллограмма нормальной работы автогенератора приведена на фото 1. Осциллограф многоканальный цифровой DS-203.

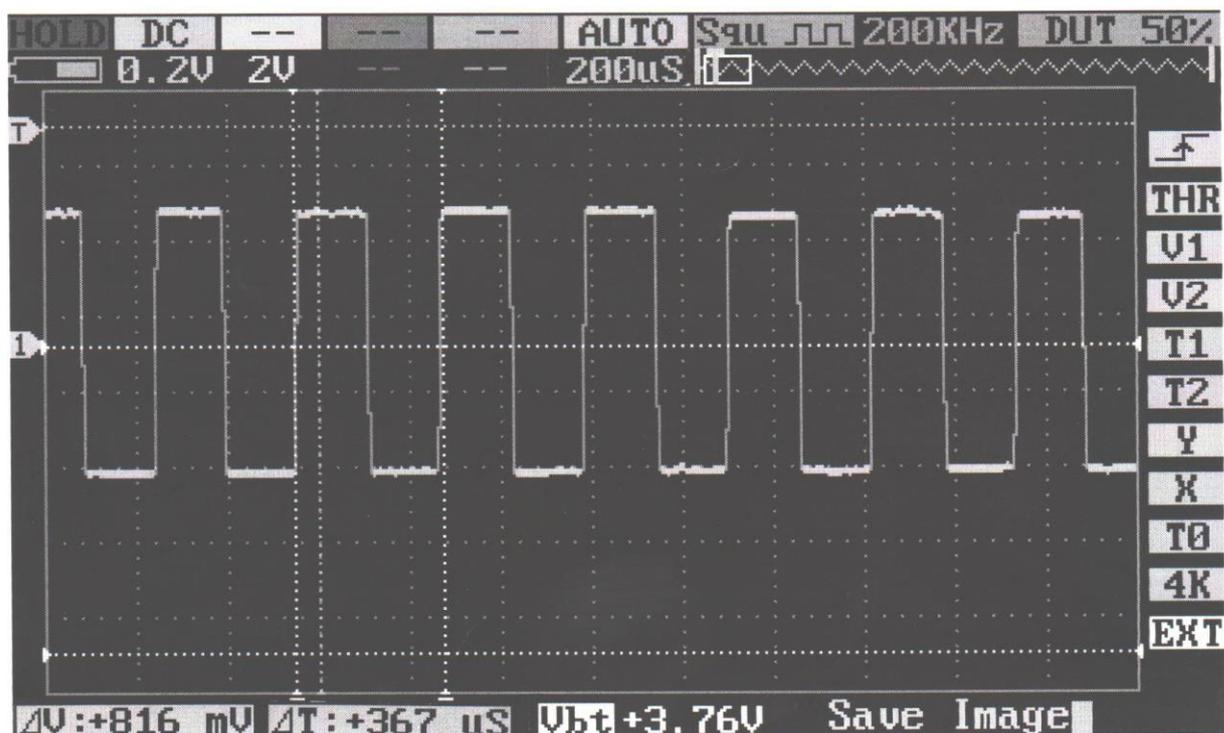


Фото 1

Вход осциллографа подключается непосредственно к сухим электродам кондуктометра с помощью зажимов типа «крокодил». Исследование проводится без включённого геркона. С помощью осциллографа, отвёртки и построечного резистора R5, «Рег.чувств.», запаянного на печатной плате, установить уровень выходного переменного напряжения $U_{ампл.} = 1 \pm 0.2V$. После проделанной регулировки, построечный резистор пломбируется краской.

Конструкция.

Конструктивное устройство для измерения электрической проводимости жидкостей (фото2)



Фото 2

состоит из отдельного прибора измерения (фото3)



Фото 3

и кондуктометра (фото4).

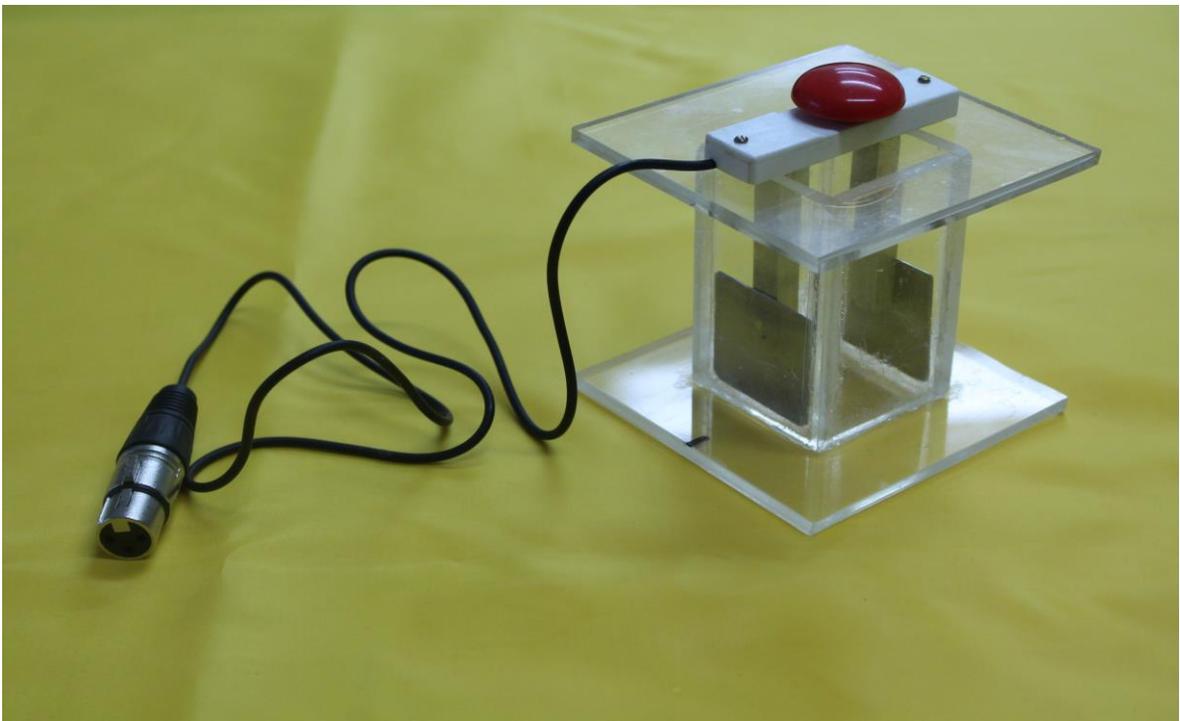


Фото 4

Корпус прибора измерения изготовили из листового пластика – полистирола. Места соединений проклеиваются клеем на основе дихлорэтана. Габаритные размеры: 165x110x75 мм. На передней панели корпуса установлены: микроамперметр М900, 0-10 мкА кл. 1,0 (проградуированный в микросименсах, μS), тумблер включения со светодиодной подсветкой, резистор переменного сопротивления для установки стрелки микроамперметра в положение 10 мкСм. Внутри прибора находятся печатная плата с отдельными радиоэлементами схемы и батарея питания. На правой боковой стенке установлен разъем для подключения кондуктометра. Остальные радиоэлементы схемы размещены на печатной плате, (рис.3), которая закреплена при помощи пластмассовых стоек. Прибор является переносным, поэтому снабжен ручкой. С помощью ручки его можно не только переносить, но и фиксировать на столе под разным углом для удобства в работе. Для надежной фиксации мной изготовлены четыре круглые прокладочные шайбы размером (диаметр) 16 мм из листового силикона толщиной 3 мм. Ручка закрепляется к корпусу двумя винтами, под каждый из которых подкладывается по две шайбы, с предварительно просверленными по центру отверстиями. За счет трения шайб между собой переносную ручку можно использовать, как опорную, а прибор установить на столе под нужным нам углом.

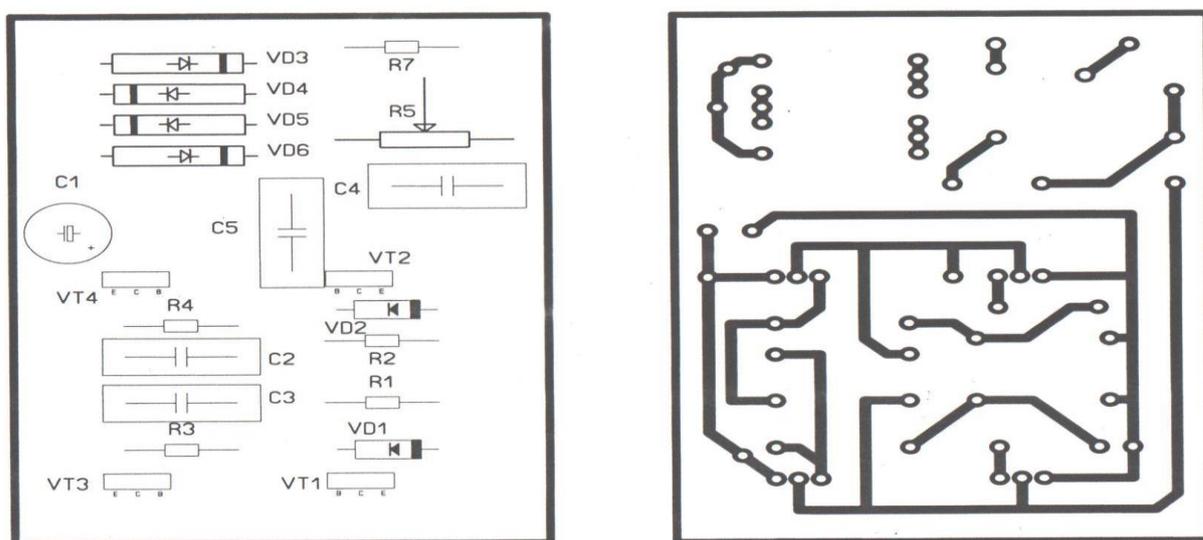


Рис. 3

Кондуктометр – образцовый прибор, применяется для электрохимического анализа, основанного на измерении удельной электрической проводимости жидкостей, растворов на концентрацию в них солей, кислот, оснований.

Удельной электропроводимостью называют способность вещества проводить электрический ток по однородному проводнику длиной 1 м, поперечным сечением 1 м². Единица измерения См/м (Сименс на метр).

По понятной причине такой огромный кондуктометр делать не нужно. Представьте себе такой кондуктометр. Хотя, может быть, в промышленном масштабе такой и применяется. Уменьшим соответственно все размеры, например, в 25 раз. Выберем образно форму жидкого проводника и определим его размеры (рис.4)

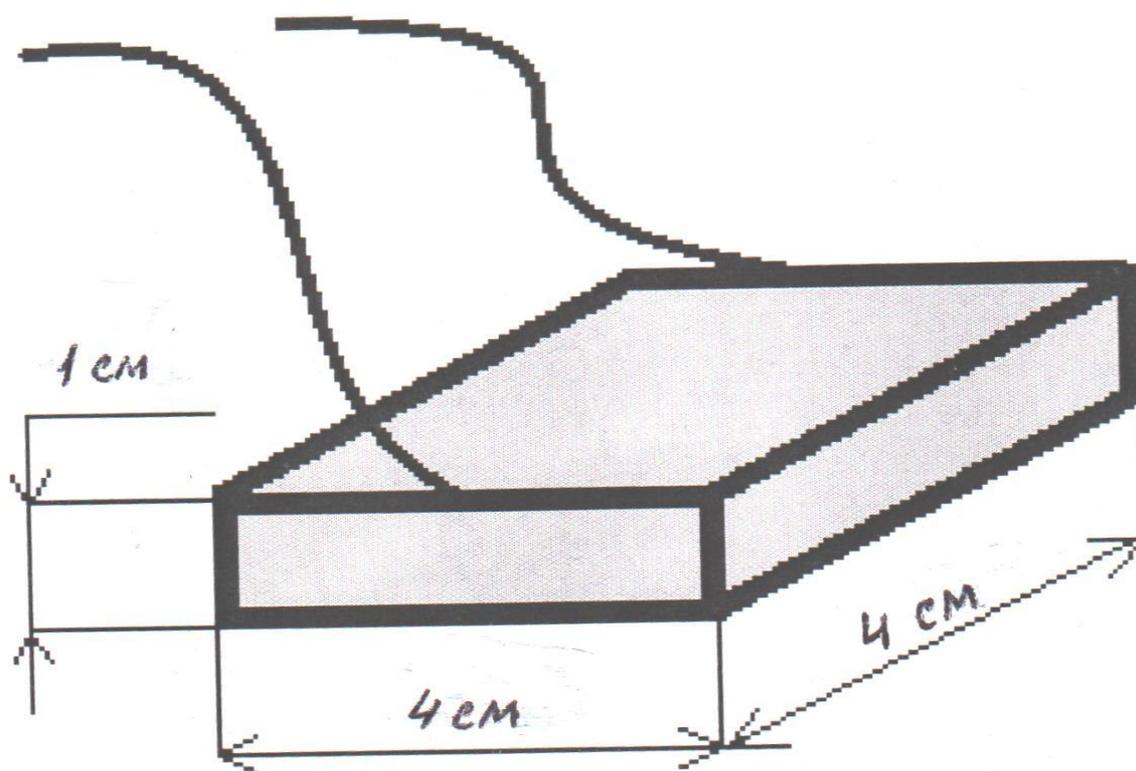


Рис.4

В этом случае удельную электрическую проводимость можно перевести в мкСм/см (микро Сименс на сантиметр)

Кондуктометр состоит из:

1. Квадратного вытянутого стакана с внутренними размерами 4,1x4,1 см, высотой 8 см с приклеенным снизу основанием (дном) (фото4).

Изготавливается из листового пятимиллиметрового электротехнического органического стекла – диэлектрика с очень большим удельным сопротивлением (свыше 1ГОм). Стенки склеиваются специально изготовленным мною клеем. В пузырек с жидким дихлорэтаном, который свободно продается в магазинах «Радиоэлектроника», закладываются кусочки органического стекла. В течении суток кусочки растворяются и получается бесцветная сметанообразная масса. Клей готов к работе.

2. Измерительной части (фото 5а, 5б), которая имеет:



Фото 5а

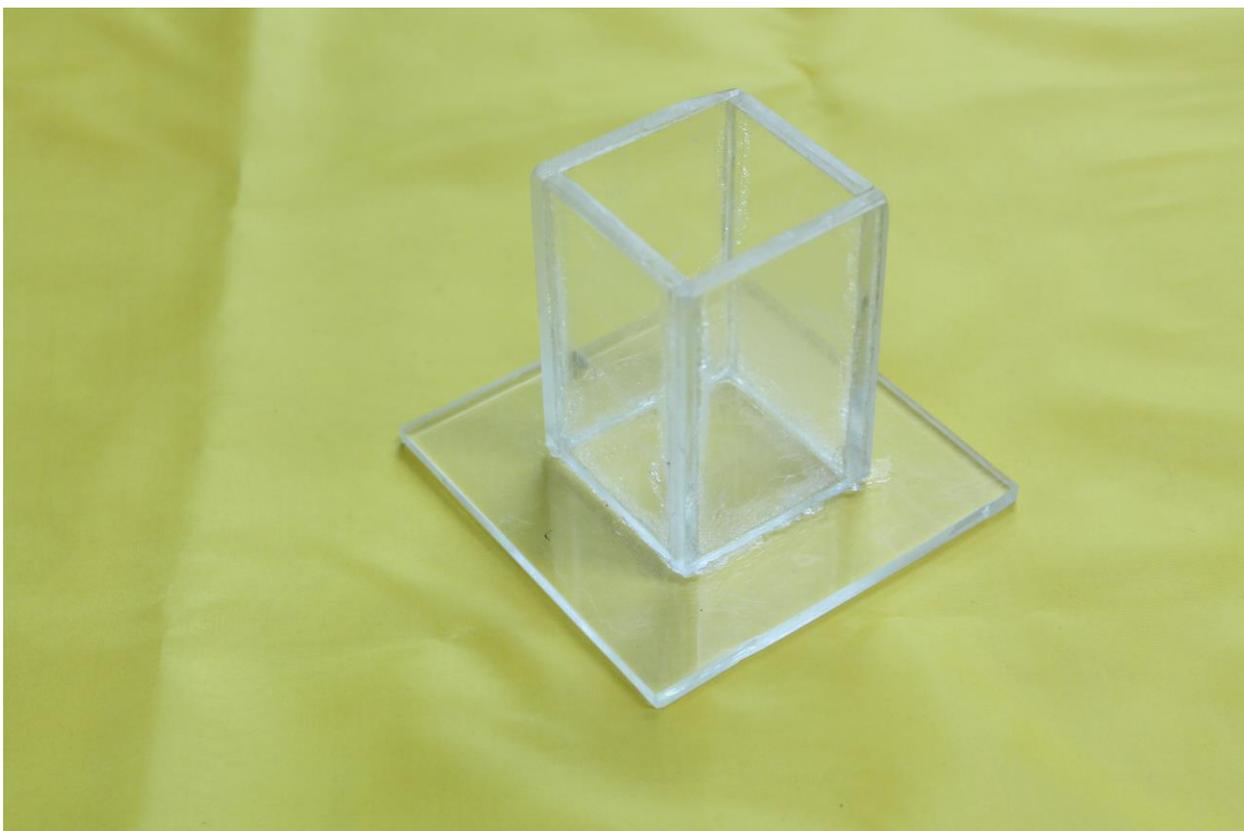


Фото 5б

2.1. Электроды, изготовленные из пищевой листовой нержавеющей, стали толщиной 1 мм с размерами 40x40 мм, при этом рабочая измерительная часть составляет 10x40 мм

2.2. Держатели электродов, изготовленные из квадратного дюралюминия 10x10 мм длиной 55мм. Каждый держатель имеет резьбовое отверстие М5 сверху для крепления винтами М5x14 к верхней панели и внизу – боковое М3 для крепления электродов винтом М3x8

2.3. Верхнюю панель, изготовленную из листового органического стекла толщиной 5 мм. В панели просверлены два отверстия диаметром 5,2 мм для крепления винтами держателей электродов.

При сборке кондуктометра верхняя панель соединяется с двумя держателями винтами, под которые подкладываются две металлические шайбы и два кабельных наконечника. Затем к наконечникам припаиваются два конца двухпроводного соединительного шнура и геркон. Другие два конца шнура припаиваются к разъему. Геркон закрывается пластиковой крышкой с помощью двух небольших винтиков. Регулировка измерительной части кондуктометра сводится к точной установке расстояний между электродами $40 \pm 0,2$ мм с помощью штангеля. Для этого в верхней панели одно из

отверстий для стойки овальное. Одну стойку с электродом можно передвигать горизонтально на ± 2 мм.

Кондуктометр, изготовленный мной, является образцовым, так как пластинчатые электроды измерительной части плотно входят по внутренним стенкам в стакан и при этом почти касаются дна стакана. Точнее выдерживается количество налитой испытываемой жидкости по удельной проводимости в мкСм/см.

Порядок работы.

Эксплуатация устройства.

1. Установить на чистом столе прибор измерения электропроводимости жидкостей (можно горизонтально, вертикально, под углом, как удобнее будет работать).
2. Протереть кондуктометр (корпус и измерительные части) специальной салфеткой, смоченной в медицинском спирте или в бидистиллированной воде.
3. Кондуктометр также установить на столе и подсоединить его шнур к разъему прибора.
4. С помощью медицинского термометра измерить температуру в $^{\circ}\text{C}$ испытываемых жидкостей, разлитых в разных посудах.
5. Залить в стакан кондуктометра 16ml испытываемой жидкости. Для этого воспользоваться новым медицинским шприцом 20 ml или мензуркой с делениями. Опустить электроды измерительной части кондуктометра в стакан с жидкостью. Электроды погрузятся на 1 см (согласно моему расчету).

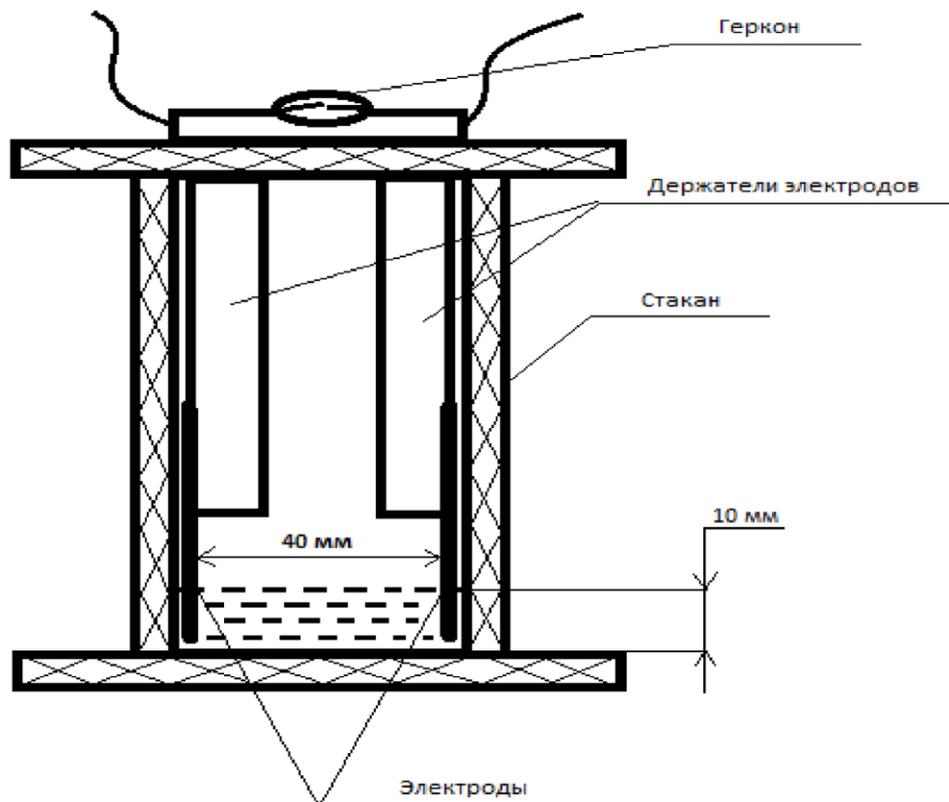


Рис. 5

Таким образом выдерживаются все размеры (пропорции) удельной электрической проводимости в мкСм/см, а образный эталон количества измеряемой жидкости 16 ml (рис.4, рис.5).

6. Сверху на панель кондуктометра положить магнитик, при этом контакты геркона замкнутся.
7. Включить прибор, загорится светодиод – питание на устройство подано, прогреть прибор в течении 2 минут.
8. Ручкой «Уст. 10мкСм» скорректировать показание, отклонение стрелки прибора на полную шкалу (10 мкСм).

9. Убрать магнитик – прибор покажет электрическую проводимость испытываемой жидкости в мкСм.

10. Занести полученные данные в таблицу 1, сравнить с удельной электрической проводимостью той же жидкости и сделать соответствующие выводы.

№	Название жидкости	Удельная электропроводимость мкСм/см 20 С	Удельная электропроводимость См/м 20 С	Удельная электропроводимость мкСм/см 25 С	Удельная электропроводимость мкСм 25 С
1	Спирт этиловый, медицинский	0.8	0.00008	0.85	
2	Вода Бидистиллированная	1	0.0001	1.2	
3	Вода Дистиллированная	5	0.0005	5.3	
4	Вода сырая	9	0.0009	9.2	
5	Вода кипяченая (отстоянная в течении 24 ч.)	8	0.0008	8.2	
6	Вода дождевая (Юг)	7	0.0007	7.2	
7	Вода дождевая (Север)	7	0.0007	7.2	
8	Вода дождевая (Восток)	7	0.0007	7.2	
9	Вода дождевая (Запад)	7	0.0007	7.2	
10	Вода снеговая (Юг)	7	0.0007	7.2	
11	Вода снеговая (Север)	7	0.0007	7.2	
12	Вода снеговая (Восток)	7	0.0007	7.2	
13	Вода снеговая (Запад)	7	0.0007	7.2	
14	Вода речная	8	0.0008	8.4	

В технической литературе удельная электропроводимость различных жидкостей дана при их температуре 20 °С. Чтобы не применять в работе дорогостоящий, громоздкий термостат, мной проведена работа исследования определенных жидкостей с комнатной температурой 25 ±2°С.

Как видно из таблицы 1, полученные данные мало чем отличаются, всего лишь на несколько десятых мкСм/см.

Согласно таблицы №1 я провел исследования на удельную электропроводность осадков в г. Ельце. Исследование проходили в марте-апреле 2018 года, полученные данные были занесены в таблицу, из чего можно сделать вывод, что осадки не несут вреда окружающей среде и город можно считать экологически чистым.

Таблица №2

№	Название жидкости	Уд.эл. мкСм/см 20°С	Уд.эл. См/м 20°С	Уд.эл. мкСм/см 25°С	Уд.эл. См/м 25°С
1	Вода дождевая (юг)	7	0,0007	7,2	0,00072
2	Вода дождевая (север)	7	0,0007	7,2	0,00072
3	Вода дождевая (восток)	7	0,0007	7,2	0,00072
4	Вода дождевая (запад)	7	0,0007	7,2	0,00072

11. Более точные данные можно получить при неоднократном замыкании и размыкании контактов геркона магнитиком в процессе одной работы на проверку правильной установки стрелки прибора на 10 мкСм.

12. После окончания работы

12.1. Выключить прибор измерения.

12.2. Отключить разъем кондуктометра от прибора.

12.3. Вылить жидкость из кондуктометра, протереть медицинским спиртом.

12.4. Просушить кондуктометр на воздухе при комнатной температуре.

13. Устройство поместить в упаковочную коробку.

В связи с тем, что работа включает в себя исследование жидкостей, примесей в медицине, а само устройство является очень чувствительным даже к малейшему загрязнению измеряемой жидкости, необходимо соблюдать чистоту, работать в медицинском халате, перчатках. При работе снятия и одевания верхней панели с

измерительной частью кондуктометра, пользоваться специальным зажимом – прищепкой. В работе применяется круглый декоративный магнитик, который используется для крепления бумажных листов к стальным поверхностям.

Новизна.

- 1. Разработанная мной полная принципиальная схема устройства для измерения электрической проводимости жидкостей в научной специальной радиоэлектронной, радиотехнической литературе и интернете не обнаружена.**
- 2. Принципиальная схема симметричного автогенератора-мультивибратора высокой стабильности в научной специальной радиотехнической литературе, интернете не обнаружена.**
- 3. Образцовый кондуктометр позволяет выполнить все требования измерения электропроводимости жидкости с повышенной точностью (за пределами электродов- пластин находится очень малое количество испытываемой жидкости), содержит геркон включения-выключения, прост в изготовлении. Полная конструкция в литературе и интернете не встречается. В научной специальной литературе, интернете встречается только общее, краткое описание.**
- 4. В конструкции для фиксации прибора на рабочем столе под разным углом для удобства в работе, в переносной ручке и выполняющей роль опорной, применены силиконовые шайбы, которые отлично пружинят и фиксируют прибор под нужным углом.**

Фото 6 (автор за работой)



Литература.

1. А.М. Прохоров, Большой энциклопедический словарь, издание 2е - переработанное и дополненное, Москва, научное издательство БЭС.
2. А.Ю. Ишлинский, Новый политехнический словарь, Москва, научное издательство БРС.
3. Н.И. Чистяков, Справочник радиолюбителя – конструктора , раздел конденсаторы постоянной ёмкости , 3-е издание переработанное и дополненное, « Радио и связь», Москва.
4. А.И. Кизлюк, Справочник по устройству и ремонту телефонных аппаратов зарубежного и отечественного производства. (глава: Диоды), издательство «Библион», Москва.
5. Паспорт и инструкция по эксплуатации «Ионизатор воздуха Рязань – 101», Министерство промышленности средств связи. Согласован с Министерством здравоохранения, г. Рязань.