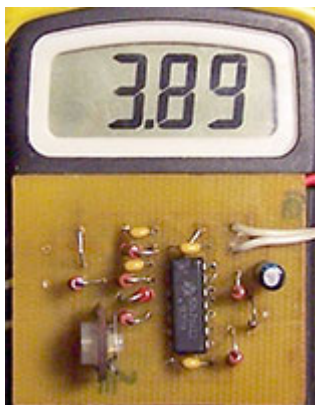


ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ.



Это устройство было создано для контроля удельной электропроводности воды в аквариуме с очень мягкой водой (осмос). Измеряется непосредственно сопротивление пробы воды. Казалось бы, все просто – опустить в воду электроды омметра и измерить этот параметр. Однако на постоянном токе с металлическими щупами омметры показывают «погоду на Марсе». Необходимо переменное напряжение, инертные электроды, жестко зафиксированные на определенном расстоянии.

Несмотря на простоту схемы, прибор получился достаточно точным и стабильным. На датчике переменное напряжение около 1 кГц, что позволяет уменьшить влияние электрохимических реакций на результат.

Принцип работы и схема:

Прибор сделан на распространенной микросхеме К157УД2, которая представляет собой два операционных усилителя. На первом собран генератор переменного тока, на втором – усилитель по стандартной схеме, с которого снимаются показания цифровым или аналоговым вольтметром.

Принципиальная схема прибора:

Рисунок >>>

Питание схемы осуществляется от маломощного стабилизированного блока питания +/- 15В (схема простейшего БП – [здесь](#)). Работоспособность микросхемы сохраняется при уменьшении напряжения до +/- 5В, но это может потребовать подбора номиналов деталей генератора D1.

Печатная плата выполнена на листе одностороннего текстолита, размером 57*45 мм:

Рисунок >>>

Измерительный сосуд изготовлен из пластикового стаканчика от использованных тестов «НИЛПа». Электроды из угольного стержня от солевой батарейки «АА», их диаметр 4 мм. В боковой стенке стаканчика на уровне «10мл» просверлены два отверстия, в них вставлены электроды. Они должны выступать в полость стакана на 3-4 мм, расстояние между электродами около 2 см. Если диаметр отверстий подобран правильно, то электроды вставляются очень плотно, хорошо фиксируются и дополнительная герметизация не требуется. К прибору угольные электроды подсоединяются зажимами типа «крокодил». Вода при измерении наливается до отметки 20 мл.

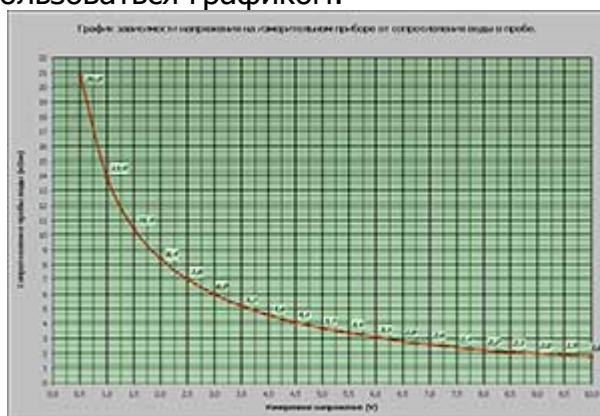


Настройка.

Правильно собранная схема начинает работать сразу. После включения следует проверить наличие переменного сигнала на 13-ой ножке микросхемы осциллографом или подключить наушники, должен быть слышен звуковой сигнал с частотой около 1 кГц. Далее вместо измерительной емкости подключить резистор 1,8 кОм, и переменным резистором R6 установить на выходе прибора напряжение 10,0 Вольт. При такой настройке диапазон измерений удельной электропроводности будет в пределах 50-500 мкСм/см. Чтобы измерять воду с большей электропроводностью можно уменьшить сопротивление резистора R5 до 50-75 Ом. Для более точного измерения в диапазоне до 100 мкСм – увеличить его до 300-1000 Ом, чувствительность прибора возрастет в 3-10 раз.

Что же измеряет прибор и как перевести это в удельную электропроводность (мкСм/см)?

На экране вольтметра напряжение в вольтах. Чтобы перевести его в сопротивление воды в измерительной емкости необходимо воспользоваться графиком:



Увеличить >>>

Составить такой график для своего прибора можно по резисторам с известным сопротивлением, подключая их вместо измерительной емкости.

Полученный по оси «Y» результат отражает сопротивление воды (кОм) в вашей измерительной емкости. Эта величина обратно пропорциональна электропроводности воды:

$R = 1/S$, где R – сопротивление воды, S – электропроводность.

На этом этапе без дальнейшей калибровки можно сравнивать электропроводность (сопротивление) воды из разных источников,

контролировать динамику этого параметра в аквариумной воде, следить за качеством работы осмотической установки.

Но чтобы перевести это значение в удельную электропроводность (мкСм/см) нужно ввести поправочный коэффициент (К). Приготовьте 0,01 М раствора хлорида калия (KCl) и измерьте его сопротивление R_{KCl} (в кОм) в приготовленной вами емкости. Коэффициент определяется по формуле:

$$K = R_{KCl} * \lambda_{KCl}$$

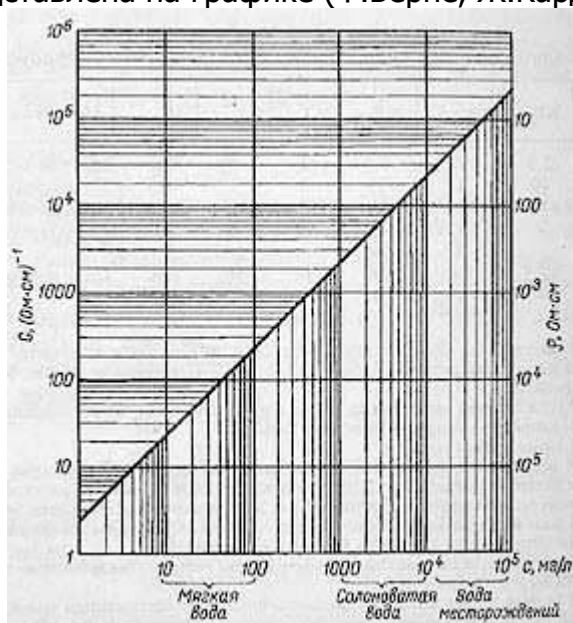
где λ_{KCl} , — удельная электропроводность 0,01М раствора KCl при данной температуре в мкСм/см, приведенная в таблице:

Температура, °C	λ_{KCl} (мкСм/см)
20	1278
21	1305
22	1332
23	1359
24	1386
25	1447

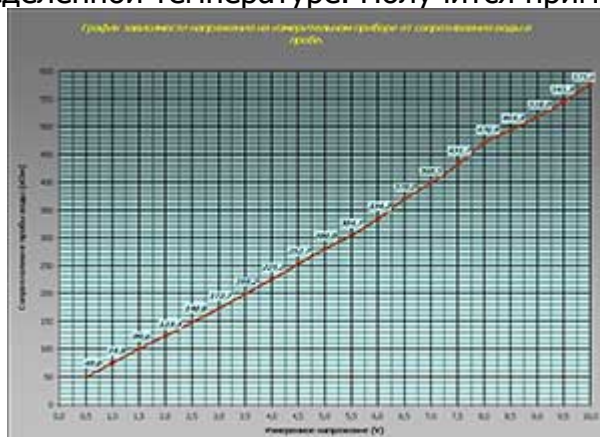
Теперь, если вы измерили сопротивление образца раствора или воды R (в кОм), то удельная электропроводность находится по формуле:

$$\lambda = K/R$$

Для менее точной калибровки подойдет хлорид натрия. Зависимость удельной электропроводности от концентрации представлена на графике (Ф.Берне, Ж.Кардонье "Водоочистка", 1997)



Далее в графике по оси "Y" вместо сопротивления воды в кОм Надо подставить значения удельной электропроводности в мкСм/см при определенной температуре. Получится примерно такой график:



[Увеличить >>>](#)

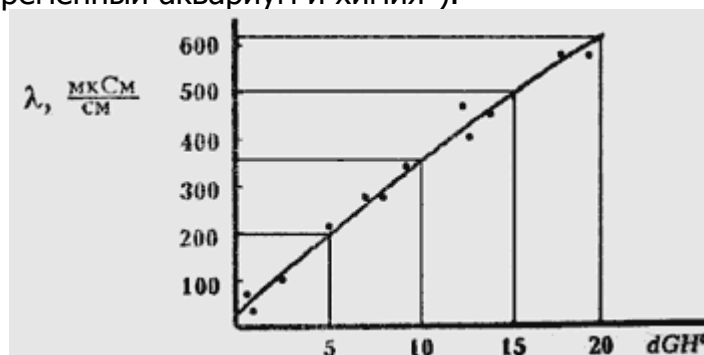
Зависимость напряжения на выходе от электропроводности практически линейная. Небольшое отклонение от прямой линии связано с погрешностью настройки прибора при помощи резисторов. Если на выходе прибора поставить делитель напряжения с нужным коэффициентом или подобрать коэффициент усиления операционного усилителя D2? то на шкале прибора будут реальные показания в мкСм/см и никакие другие расчеты в дальнейшем не потребуются.

Зависимость от температуры.

Электропроводность возрастает с увеличением температуры и при измерениях ее надо учитывать. При повышении температуры на 1°C, электропроводность увеличивается приблизительно на 2%. Схема прибора позволяет внести эту поправку. Для этого в цепочку обратной связи усилителя D2 необходимо включить терморезистор. Но это усложнит схему прибора и потребует тщательного расчета номиналов деталей и калибровки. Также для измерения одной пробы воды потребуются больше времени, чтобы температура термодатчика уравнилась с температурой воды. Если нужна точность в измерениях, то можно измерить температуру в измерительной емкости термометром и воспользоваться коэффициентом:

Температура, °C	Коэффициент
15	1,132
16	1,095
17	1,071
18	1,046
19	1,023
20	1,000
21	0,979
22	0,958
23	0,937
24	0,919
25	0,901
26	0,840
27	0,810
28	0,790
29	0,770
30	0,750

По удельной электропроводности воды можно оценить общую жесткость. Ниже представлен график зависимости dGH и электропроводности (И.Г.Хомченко, А.В.Трифонов, Б.Н.Разуваев "Современный аквариум и химия").



Но это лишь приближенный метод определения общей жесткости воды и работает, если в аквариуме не используются соли, удобрения, средства pH-минус и т.п.

2006 год, jusupoff

