

К. т. н. О. Н. НЕГОДЕНКО, С. А. ЧЕРЕВКО

Россия, Таганрогский радиотехнический университет
E-mail: metbis@fep.tsure.ru

Дата поступления в редакцию
26.11.2002 г.

Оппонент к. х. н. Л. Т. МОШКОВСКАЯ
(НИИ "Украналит", г. Киев)

ПРИБОРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОЛЕННОСТИ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ИНДУКТИВНЫХ БАЛАНСНЫХ СЕНСОРОВ

Приборы позволяют определять соленость питьевой воды и осуществлять экспресс-контроль солености воды естественных заземленных водоемов.

В связи с увеличением загрязненности вод естественных водоемов актуальным становится разработка приборов для контроля солености питьевой воды, а также для экспедиционного экспресс-контроля солености воды естественных заземленных водоемов по ходу судна.

Соленость часто определяется через проводимость воды. При этом термин "соленость" приобретает условный характер, т. к. увеличивать проводимость воды могут не только ионы диссоциированных в воде солей металлов, но и ионы кислот, щелочей, ионы других примесей. Поэтому оценивать соленость воды удобно в эквиваленте загрязненности от наличия в воде ионов поваренной соли, измеряемом в г/л. Можно оценивать соленость в грамм-мольном эквиваленте поваренной соли, измеряемом в промилле (‰). При этом 1‰ соответствует содержанию 0,308 г поваренной соли в одном литре воды.

Распространен индуктивный метод измерения солености воды через ее проводимость. Его преимущество — отсутствие электрического контакта с водой, вызывающего разрушение электродов. Такой солемер состоит из двух катушек индуктивности с кольцевым ферритовым сердечником или без него, одна из которых подсоединяется к автогенератору, а наведенный на второй катушке сигнал поступает на усилитель, детектор и индикатор. Уровень наведенного на второй катушке сигнала зависит от сопротивления "витка" воды, охватывающего обе катушки.

Дальнейшим развитием этого метода является применение *индуктивного балансного сенсора (ИБС)*. Такой сенсор состоит из двух планарных катушек индуктивности, сдвинутых в плоскости так, что при наличии сигнала на первой катушке сигнал на второй катушке отсутствует [1]. Здесь не используются магнитные сердечники, катушки содержат мало витков и могут быть выполнены из медного провода в хлорвиниловой изоляции, которая химически инертна. Двухкатушечный ИБС пригоден для измерения солености воды, помещаемой в сосуд из диэлектрика.

При измерении таким сенсором солености воды естественного заземленного водоема показания из-за заземленности занижаются на 30—60%.

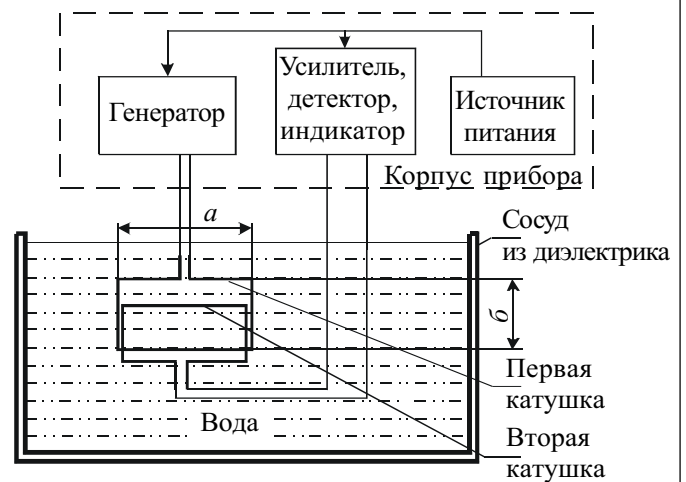


Рис. 1. Двухкатушечная ИБС

Устранить влияние заземленности воды позволяет трехкатушечный ИБС (рис. 2). Он отличается от двухкатушечного тем, что третья планарная катушка накладывается на первые две и имеет выводы, погружаемые в воду. Сигнал на второй катушке зависит от сопротивления (солености) воды. В этом случае ИБС не соприкасается с водой (помещается в герметичный корпус), и поэтому обмотки катушки могут быть выполнены медным проводом с лаковой изоляцией. Так как на электродах сигнал высокочастотный и малого уровня (десятки мВ), электроды не деградируют.

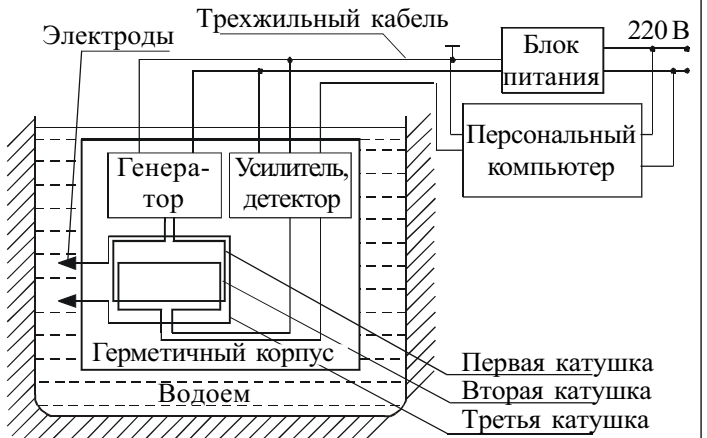
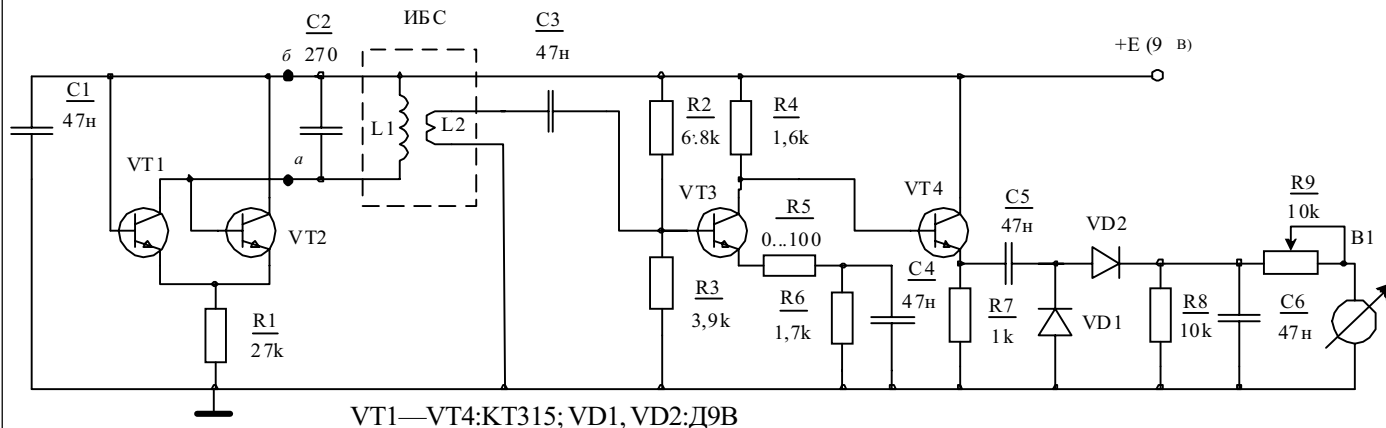


Рис. 2. Трехкатушечная ИБС



VT1—VT4:KT315; VD1, VD2:Д9В

Рис. 3. Электрическая схема прибора

Электрическая схема прибора для определения солености воды показана на **рис. 3**. На транзисторах VT1 и VT2 реализован автогенератор на основе аналога негatrona с N-образной вольт-амперной характеристикой между клеммами a—б [2, с. 166]. Частото задающими элементами являются первая катушка ИБС L1 и конденсатор C2. Рабочая частота устанавливается выбором емкости конденсатора C2 порядка 2—4 МГц. На транзисторах VT3 и VT4 реализованы усилитель и эмиттерный повторитель. Диоды VD1 и VD2 входят в амплитудный детектор, нагруженный на электромагнитный индикатор (50 мкА). Устройство потребляет ток около 6 мА и питается от батарейки с напряжением 9 В.

Первая катушка ИБС прибора для определения солености питьевой воды неподвижна и выполнена с применением прорезей в винипластовой плате (толщиной 1,5 мм) медным проводом с хлорвиниловой изоляцией диаметром 1,2 мм, число витков равно $N=9$, размеры (см. рис. 1) $a=b=50$ мм. Вторая катушка ИБС, такая же, как и первая, может перемещаться относительно первой катушки для достижения баланса ИБС, затем закрепляется. Балансировка осуществляется при помещении катушек ИБС в дистиллированную воду. Затем ИБС помещается в воду с различной концентрацией поваренной соли для градуировки прибора. На шкалу индикатора наносятся соответствующие отметки солености в г/л (можно в ‰).

Электрическая схема прибора для определения солености заземленной воды та же, но резистор и индикатор отсутствуют. Электроды от третьей катушки размещены на крышке герметичного корпуса, имеют диаметр 3 мм, расположены на расстоянии 50 мм. В герметичном корпусе находятся катушки ИБС, намотанные проводом ПЭВ-0,2 ($N=15$) на трех платах из полистирола размерами $1 \times 35 \times 68$ мм с прорезями по углам, а также печатная плата с компонентами схемы.

Прибор помещается в воду на штанге, связь с ним осуществляется трехжильным кабелем. Одна его жила заземлена, вторая подключена к источнику питания,

а третья, сигнальная, подключается через аналого-цифровой преобразователь к порту персонального компьютера. Специальная программа, обрабатывая информацию в режиме реального времени, строит график, отображающий изменение солености воды в зависимости от пройденного судном расстояния.

Графики зависимости выходного напряжения прибора от солености воды при температурах 12, 24 и 36°C показаны на **рис. 4**. Температурные коэффициенты выходного напряжения при солености более 2 г/л не превышают 1%/°C. Это позволяет для выявления зон с аномальным изменением солености воды Азовского моря со средней соленостью 4 г/л не учи-

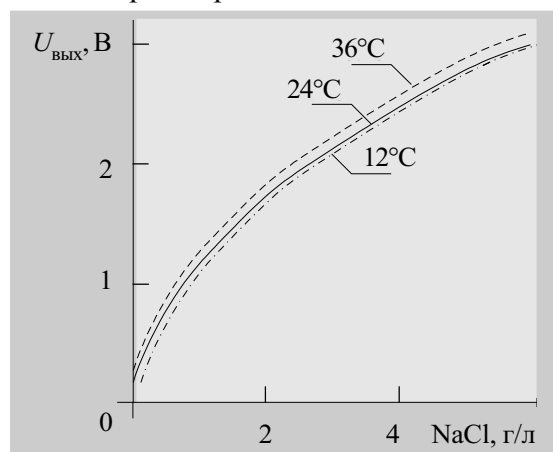


Рис. 4. Зависимость выходного напряжения от солености воды при различной ее температуре

тывать влияние температуры воды. Для пресноводных водоемов со средней соленостью воды менее 1 г/л влияние температуры воды более сильное, и его необходимо учитывать.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Румянцев К. Е., Негоденко О. Н., Семенов В. И. Датчики на основе индуктивных балансных сенсоров // *Электромеханика*.— 1995.— № 4.— С. 99—104.
2. Серьезнов А. Н., Степанова Л. Н., Гаряинов С. А. и др. *Негатроника*.— Новосибирск: Наука, 1995.