

УДК 621.317
РАДИОВОЛНОВОЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ЗАСОЛЕННОСТИ ВОДЫ

Н.В.ЛЮБЕЦКИЙ, В.А.БАДЕЕВ
Государственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Повышение качества жизни, широкое использование населением фильтров очистки питьевой воды, бутилированной питьевой воды требует создания и развития новых методов и систем экспресс-контроля с недостижимыми ранее технико-экономическими показателями. В настоящее время широко используются кондуктометры для определения засоленности воды, принцип действия которых основан на определении ее электропроводности. При этом на точность измерений оказывает влияние состояние измерительных электродов и температура воды.

Также находят применение микроволновые измерители качества воды, принцип действия которых основан на эффекте автодинного детектирования в полупроводниковых сверхвысокочастотных генераторах. Данные устройства достаточно компактны и просты при эксплуатации, что позволяет использовать их в качестве экспресс-анализаторов для проведения экологических и санитарно-гигиенических исследований воды, однако точность и диапазон измерений их ограничен при наличии большого количества соединений.

При исследовании амплитудно-частотных зависимостей резонансных датчиков, заполненных дистиллированной водой и водными растворами с различными концентрациями солей, в широком частотном диапазоне (например, от 0,3 до 8500 МГц) были установлены закономерности, позволившие разработать радиоволновой экспресс-метод контроля качества (засоленности) воды и портативное устройство для его осуществления. При проведении экспериментальных исследований использовался векторный анализатор цепей E5071B фирмы Agilent Technologies. В качестве первичного преобразователя использовался резонатор, состоящий из цилиндрической металлической емкости, внутри которой был установлен отрезок длинной линии с U-образным проводником, покрытым диэлектрической оболочкой. Этот отрезок длинной линии через коаксиальный кабель подключался к входу векторного анализатора цепей E5071B. Исследуемые жидкости заливались в цилиндрическую металлическую емкость резонатора, в боковой стенке которого был установлен датчик температуры. Для дистиллированной воды и водных растворов с известными значениями количества растворенной соли (поваренной) были получены амплитудно-частотные характеристики при различных температурах, впоследствии занесенные в память компьютера векторного анализатора цепей E5071B.

При анализе этих данных было установлено, что количество резонансных зависимостей, значения их амплитуд и частот в значительной степени зависят от количества соли в воде и ее температуры. Также было установлено, что в полученных характеристиках существуют несколько наиболее информационных резонансных зависимостей, по которым можно разработать радиоволновой экспресс-метод контроля качества воды. Это обстоятельство позволило значительно упростить схему и конструкцию разработанного малогабаритного переносного устройства для контроля качества воды. Конструктивно переносной прибор состоит из резонансного датчика (металлического стакана), в который заливается контролируемый раствор, и измерительного блока, соединенных между собой коаксиальным кабелем. Измерительный блок состоит из перестраиваемого по частоте генератора, направленного ответвителя, детектора, микропроцессора и индикатора. При проведении экспериментальных исследований было установлено, что для расширения диапазона контроля и повышения точности измерений по сравнению с известными радиоволновыми методами необходимо производить градуировку прибора по двум параметрам: величине амплитуды и значению частоты для одной наиболее информативной резонансной зависимости. Полученные градуировочные зависимости заносятся в память микропроцессора. Работа прибора в небольшой полосе частот позволяет применить недорогие покупные узлы, а именно, перестраиваемый в узкой полосе частот генератор и направленный ответвитель, например, фирмы "Mini-Circuits". Для работы в частотном диапазоне покупного перестраиваемого генератора можно скорректировать длину отрезка длинной линии, используемого в резонаторном датчике. Работа прибора осуществляется следующим образом: микроконтроллер формирует управляющие напряжения для перестройки частоты генератора от F_{\min} до F_{\max} . Этот сигнал с переменной частотой проходит через направленный ответвитель и поступает в резонансный датчик с контролируемым раствором. Отраженная волна с резонансного датчика через второй выход направленного ответвителя оступает на детектор, который детектирует сигнал и направляет его на первый вход микропроцессора, на второй вход которого поступает сигнал с датчика температуры, установленного в стенке резонансного датчика. Аналого-цифровой преобразователь микропроцессора преобразует детектированный сигнал в цифровой. С помощью этих данных и градуировочных зависимостей микропроцессор определяет величину концентрации и корректирует ее по значению температуры воды, измеренной с помощью датчика температуры.

Экспериментальные исследования показали высокую чувствительность разработанного метода и широкий диапазон контроля, способного измерять концентрацию соли в воде от 1 мг/л до 10000 мг/л. При этом на точность измерений не оказывает влияние состояние электродов, соприкасающихся с контролируемой жидкостью и ее температура.