

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В ПРОГРАММЕ TINA-TI

Гасанов И.Р. Email: Hasanov1165@scientifictext.ru

*Гасанов Ильгар Рагим – инженер, начальник отдела,
отдел проектирования измерительных приборов,
особое конструкторское бюро космического приборостроения,
Национальное аэрокосмическое агентство,
г. Баку, Азербайджанская Республика*

Аннотация: в статье рассмотрены вопросы проектирования кондуктометрических измерительных средств. Проведено компьютерное моделирование контактных кондуктометрических измерительных преобразователей с использованием программ схемотехнического анализа. Для моделирования принципиальных электрических схем кондуктометрических измерительных преобразователей выбрана программа TINA-TI. Проведен экономически эффективный анализ электронных схем с использованием электронных программ преобразователей измерения проводимости. Было установлено, что погрешность измерения удельной электропроводности, полученной при моделировании, не превышает 1%.

Ключевые слова: удельная электрическая проводимость, кондуктометрические приборы, измерительная ячейка, компьютерное моделирование.

COMPUTER SIMULATION OF CONDUCTOMETRIC MEASURING TRANSducers IN THE TINA-TI PROGRAM

Hasanov I.R.

*Hasanov Ilgar Rahim - Engineer, Department Head,
INSTRUMENT DESIGN DEPARTMENT,
SPECIAL DESIGN BUREAU OF SPACE INSTRUMENT ENGINEERING,
NATIONAL AEROSPACE AGENCY,
BAKU, REPUBLIC OF AZERBAIJAN*

Abstract: the article deals with the design of conductometric measuring tools. Computer simulation of contact conductometric measuring transducers using circuit analysis programs was carried out. To simulate the electrical circuits of conductometric measuring transducers, the TINA-TI program was selected. A cost-effective analysis of electronic circuits using electronic programs of conductivity measuring transducers is carried out. It was found that the measuring error of the specific electrical conductivity obtained during the simulation does not exceed 1%.

Keywords: electrical conductivity, conductivity devices, measuring cell, computer simulation.

УДК.681.128.8

Введение. Качество жидкостей определяется их химическими и физическими свойствами. Для оценки этих свойств используются различные принципы измерения. Одним из таких принципов является измерение электрической проводимости. Удельная электрическая проводимость жидкостей измеряется кондуктометрическими способами и средствами измерения. Кондуктометрические измерительные преобразователи электрической проводимости имеют простую конструкцию и являются высокочувствительными, что делает их пригодными для использования в различных условиях и средах. Удельная электрическая проводимость жидкостей измеряется с помощью электро кондуктометрических приборов следующих основных типов: контактных с двухэлектродной измерительной ячейкой; контактных с трех электродной измерительной ячейкой; контактных с четырех электродной измерительной ячейкой; бесконтактных низкочастотных; бесконтактных высокочастотных.

Наиболее распространены электро кондуктометрические приборы с двухэлектродной ячейкой. Электро кондуктометрические измерительные преобразователи с двухэлектродной измерительной ячейкой имеют сравнительно невысокую точность. Этому недочета лишены кондуктометрические измерительные преобразователи с трех электродной и четырех электродной измерительной ячейкой [1,2,3].

1. Теоретический анализ и методика. При проектировании кондуктометрических измерительных преобразователей экономически выгодным считается анализ электронных схем с использованием программ схемотехнического анализа. Для моделирования электрических схем кондуктометрических измерительных преобразователей выбрана программа TINA-TI. Программа TINA-TI безусловно подходит для разработки, испытания, моделирования аналоговых схем [4, 5]. На рис. 1 показана

начерченная упрощённая принципиальная электрическая схема двухэлектродного измерительного преобразователя на программе TINA-TI.

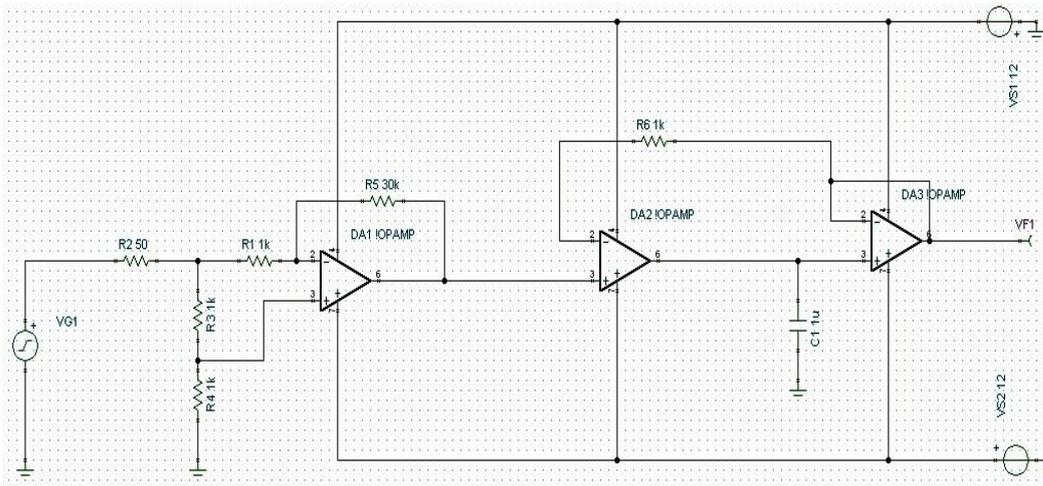


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема двухэлектродного измерительного преобразователя на программе TINA-TI

Определение удельной электропроводности с помощью двухэлектродной ячейкой производится путем измерения сопротивления раствора заключенного между электродами. Проведем имитационное моделирование двухэлектродного измерительного преобразователя в программе TINA-TI. С помощью виртуального генератора подается 1кГц синусоидальное напряжение на вход схемы. Напряжение на выходе принципиальной электрической схемы измеряется виртуальным мультиметром. Сопротивление R2 имитирует сопротивление морской воды. Меняя значение сопротивления R2, можно определить значение выходного напряжения схемы, таким образом моделировать работу двухэлектродного измерительного преобразователя. Алгоритм измерения удельной электрической проводимости морской воды в кондуктометрическом измерительном преобразователе с двух электродной ячейкой представлена на рис.2.



Рис. 2. Алгоритм измерения удельной электрической проводимости с двухэлектродной ячейкой

Основная приведенная погрешность удельной электрической проводимости, полученная при моделировании, составила 4%. На рис. 3 показана начерченная упрощённая принципиальная электрическая схема трех электродного измерительного преобразователя на программе TINA-TI.

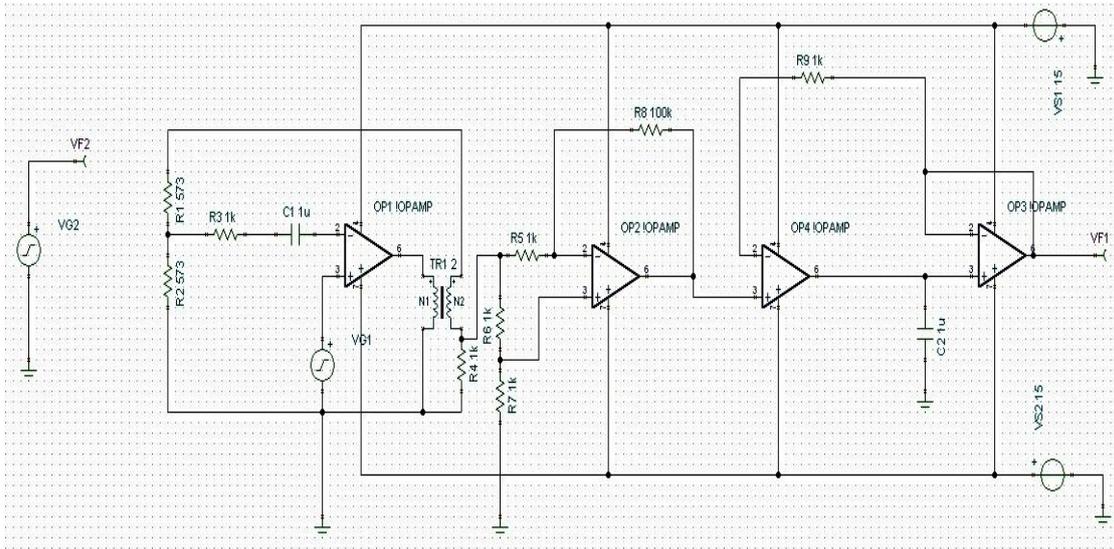


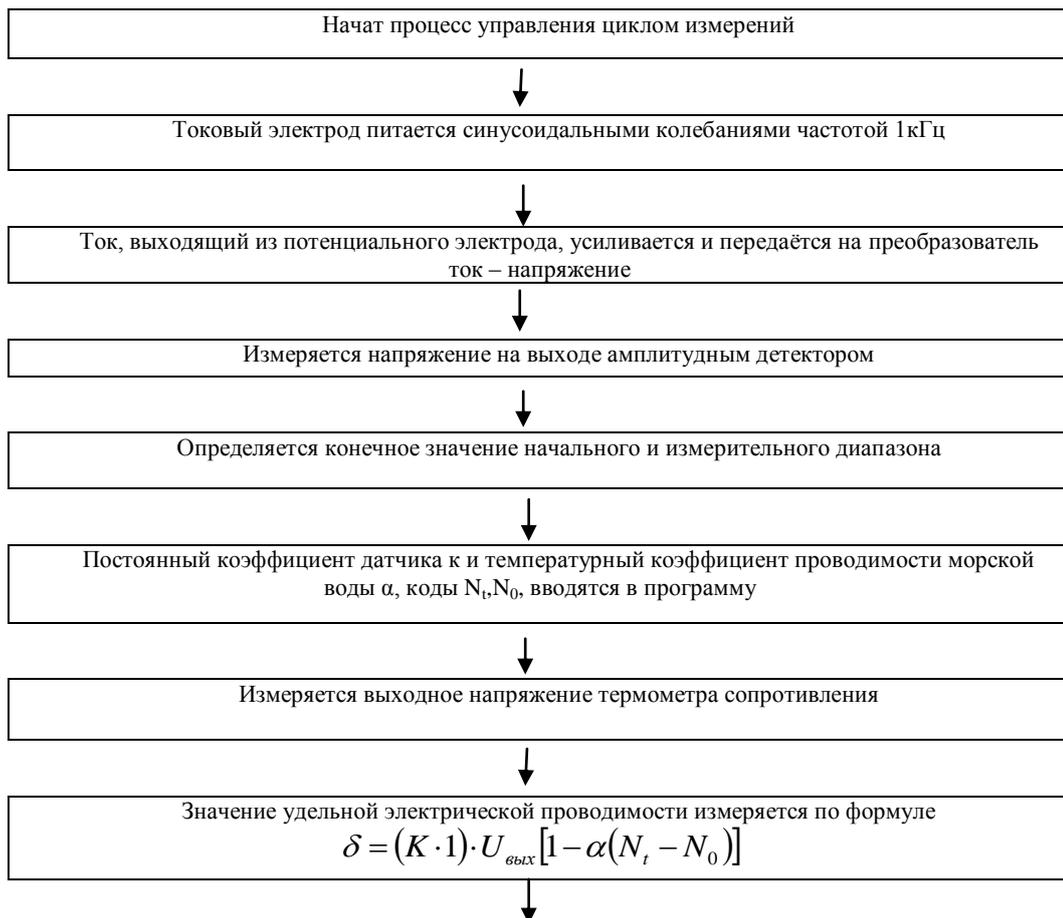
Рис. 3. Принципиальная электрическая схема трехэлектродного измерительного преобразователя на программе TINA-TI

В трех электродном кондуктометрическом приборе в качестве одного из электродов ячейки используется корпус прибора со значительно большей, чем у потенциального и токового электродов, площадью контактирующей поверхности [6].

С помощью виртуального генератора подаётся синусоидальное напряжение с частотой 1кГц и амплитудой 1 вольт на вход схемы. Напряжение на выходе схемы измеряется виртуальным мультиметром.

Сопротивление R1 и R2 на схеме имитирует сопротивление морской воды. Меняя значения этих сопротивлений, можно определить значение выходного напряжения схемы, таким образом моделировать работу трех электродного измерительного преобразователя.

Алгоритм измерения удельной электрической проводимости морской воды в кондуктометрическом устройстве с трех электродной ячейкой представлен на рис. 4.



Полученные значения удельной электрической проводимости и температуры отображается на экране компьютера

Рис. 4. Алгоритм измерения удельной электрической проводимости с трехэлектродной ячейкой

Основная приведенная погрешность удельной электрической проводимости, полученная при моделировании, составила 1%. В четырех электродной измерительной ячейке ток в растворе протекает между двумя внешними электродами, подключенными к источнику напряжения.

Два внутренних электрода выполняют функции потенциометрических, с их помощью измеряется падение напряжения в растворе. Таким образом, разделение функций между токовыми и потенциометрическими электродами позволяет устранить влияние поляризации на результаты измерения электропроводности [7].

На рис. 5 показана начерченная упрощённая принципиальная электрическая схема четырех - электродного измерительного преобразователя на программе TINA-TI.

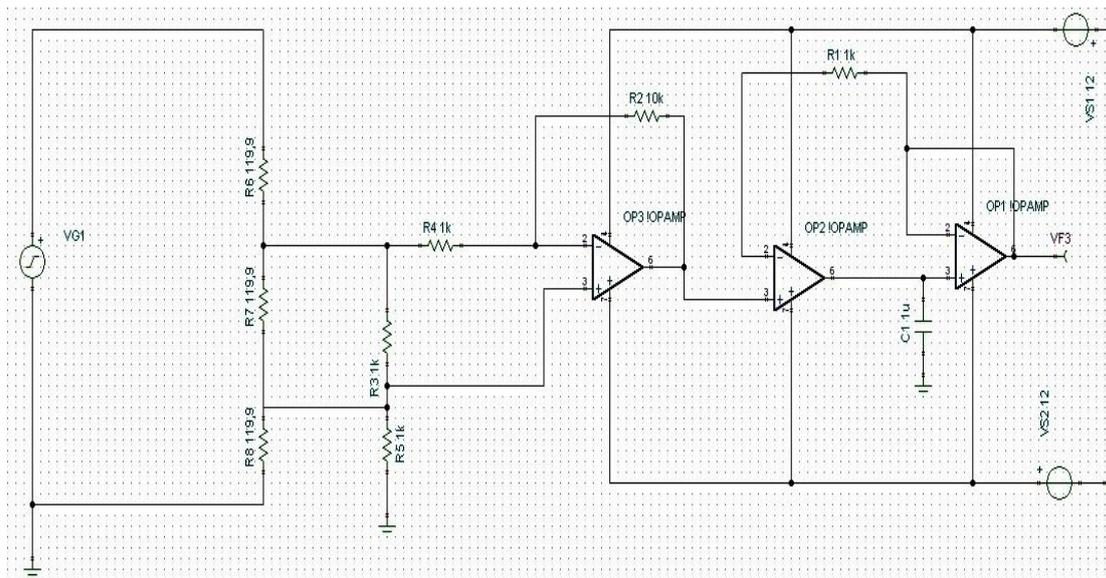


Рис. 5. Принципиальная электрическая схема четырехэлектродного измерительного преобразователя на программе TINA-TI

2. Экспериментальная часть. Проведём имитационное моделирование четырех электродного измерительного преобразователя на программе TINA-TI.

С помощью виртуального генератора синусоидальное напряжение с частотой 1 кГц и амплитудой 1 вольт подаётся на внешние электроды измерительного преобразователя. Изменяя значения сопротивлений R6, R7, R8 можно моделировать работу четырех электродного измерительного преобразователя. На рис. 6 представлен алгоритм измерения удельной электрической проводимости морской воды в кондуктометрическом устройстве с четырех электродной ячейкой.

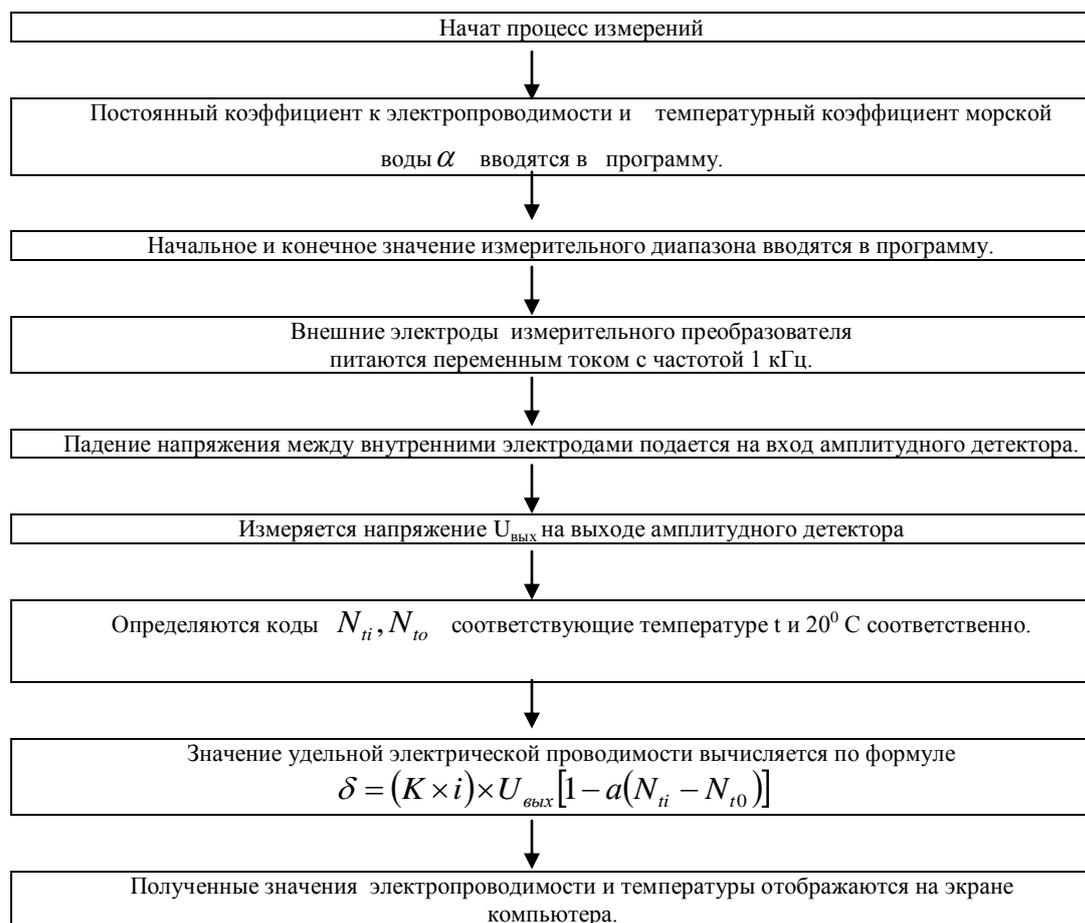


Рис. 6. Алгоритм измерения удельной электрической проводимости с четырехэлектродной ячейкой

Как известно, электропроводность растворов сильно зависит от температуры. Поэтому в кондуктометрических измерительных преобразователях всегда предусматривается компенсация температурной погрешности. Для устранения температурной погрешности в корпус измерительных преобразователей электропроводности вмонтирован термометр сопротивления.

В качестве термометра сопротивления применено терморезистор, имеющий отрицательный температурный коэффициент сопротивления, что обеспечивает большую чувствительность. Эти терм сопротивления отличаются малыми размерами и большим сопротивлением.

При моделировании проведено анализ электрических схем измерительных преобразователей, получены результаты анализа для постоянного и переменного тока, определены узловые напряжения схемы. На рис. 7 показаны узловые напряжения принципиальной электрической схемы кондуктометрического измерительного преобразователя.

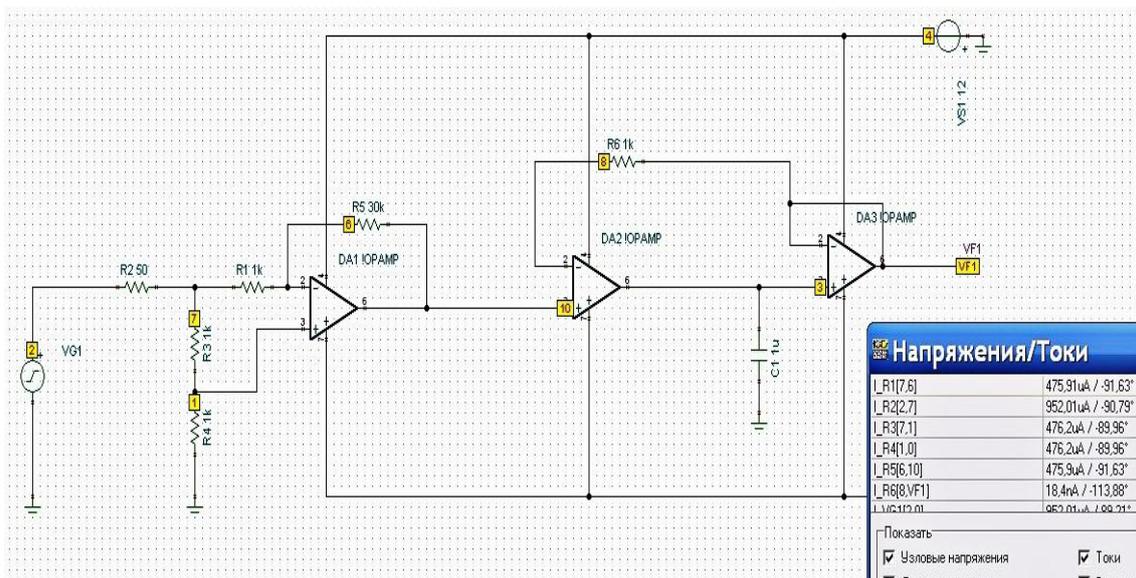


Рис. 7. Определение узловых напряжений принципиальной электрической схемы в программе TINA-TI

Вычислено коэффициент нелинейных искажений операционных усилителей. Определено, что в качестве элементной базы лучше всего следует выбирать прецизионных микросхем.

Моделирование приведено для кондуктометрических измерительных преобразователей имеющие следующие технические параметры:

Диапазон измерения электропроводности, См/м 0-6.5.

Диапазон измерения выходного напряжения измерительного преобразователя, В от 0 до 10.

Диапазон измерения температуры, °С 0-35.

Кондуктометрические измерительные преобразователи предназначены для первичной оценки экологического состояния водной среды.

3. Результаты. Проведено анализ моделируемых схем, определены и выбраны компоненты измерительных схем. При моделировании принципиальных электрических схем кондуктометрических измерительных преобразователей доказана корректность проделанных инженерных расчетов и испытана функциональность приборов. При моделировании наилучшие показание получены с трех электродными и четыре электродными измерительными ячейками. Основная приведенная погрешность в этих измерительных преобразователях не превышала 1%.

Список литературы / References

1. Грилихес М.С., Филановский Б.К. Контактная кондуктометрия // Теория и практика метода. Л.: Химия, 1980. Ст. 176.
2. Лопатин Б.А. Теоретические основы электрохимических методов анализа // М.: Высшая школа, 1975. Ст. 296.
3. Казаков А.Б., Кулаков М.Б., Мелюшев Ю.К. Основы автоматизации и автоматизации химических производств. М: Машиностроение, 1970. Ст. 119-121.
4. Программа Тина-Ти версия 9. 3. 50. 40 SF-TI [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ti.com/tod/Tina-Ti/> (дата обращения: 10.01.2020).
5. Электронный журнал "Радио ежегодник" Выпуск 23. Схемотехническое моделирование, 2013. Ст. 283-303.
6. Преобразователь УЭП. Паспорт АЛЯ 5.174.02 ПС. Баку, 1990. С. 1-5.
7. Герасимов Б.И., Глинкин Е.И. Микропроцессорные аналитические приборы // Москва. Машиностроение, 1989. Ст. 213-215.