

Научно-исследовательская работа

Физика

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОВОДИМОСТИ КОНТАКТНЫХ СРЕД

Выполнил:

Сашов Юрий Алексеевич

учащийся 9 класса

ГБОУ Школа № 1310, Россия, г. Москва, Перовская улица, дом 44А

Дроздов Дмитрий Владимирович

научный руководитель

кандидат медицинских наук

Лаборатория бизнес-решений на основе искусственного интеллекта,

Институтский пер., 9, Долгопрудный, г. Москва, Россия

Введение

В настоящее время одними из самых распространенных видов медицинских диагностических исследований являются электрокардиография (далее по тексту ЭКГ) и ультразвуковые исследования (далее по тексту УЗИ). Поскольку кожа человека имеет свою, изменяющуюся во времени и не всегда предсказуемую проводимость, то при проведении исследований наряду с аппаратурой применяются специальные контактные среды [1-3]. Благодаря контактным средам уменьшается погрешность измерений, связанная с состоянием кожи (сухость, влажность, эластичность, наличие микротрещин, количество и химический состав пота).

При разработке новых контактных сред и мониторинге свойств уже полученных актуальным является измерение электропроводности как на постоянном, так и на переменном токе.

Целью данной работы является разработка измерителя электропроводности контактных сред.

1 Описание объекта измерения

Будучи элементом системы пациент-диагностическая аппаратура, контактная среда должна отвечать принципам адекватности (безвредно, не вызывает сдвигов собственных биопотенциалов в месте съема) и идентификации (хорошо смачивает кожу, имеет низкое электрическое сопротивление, не дает сдвигов электродного потенциала, не изменяет своих свойств при хранении и при нанесении на кожу пациента и т.д.) сигналов.

С учетом этих требований, а также своей целевой функции контактная среда может включать в себя следующие компоненты [5]:

- водный раствор соли, обеспечивающий электропроводность;
- связывающие вещества;
- вещества, препятствующие высыханию;
- дезинфицирующие вещества;
- вещества, стабилизирующие структуру;
- вещества, улучшающие смачивание.

В отдельных случаях контактные среды могут содержать абразивы, помогающие удалять поверхностный слой кожи.

Основные потребительские свойства контактных сред на примере продукции ООО «Гельтек-Медика» приведены в таблице 1 [6].

Таблица 1.

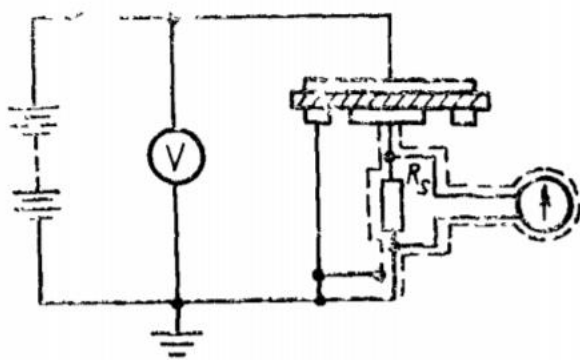
Свойства контактных сред производства ООО «Гельтек-Медика»

Контактная среда	Удельная электропроводимость, Ом/м	Вязкость, Па * с	pH
Унигель	0,7 – 1,0	17,0 – 22,0	6,0 – 8,0
Унимакс	3,0 – 4,0	21,0 – 27,0	7,0 – 8,0
Унискраб	0,1 – 0,4	15,0 – 31,0	5,0 – 7,0
Ультрагель пониженной вязкости	0,2 – 0,3	9,0 – 18,0	6,0 – 8,0
Ультрагель высокой вязкости	0,4 – 0,5	23,0 – 31,0	6,0 – 8,0
Ультрагель средней вязкости	0,3 – 0,4	18,0 – 23,0	6,0 – 8,0

2 Обзор методов измерения

При запросе литературы по теме исследования, результатов, однозначно описывающих методику измерения удельной электропроводности контактных сред, а именно гелей не обнаружено. В научных статьях освещена проблема измерения электропроводности строительных растворов – цемента [7, 8], широко освещен вопрос измерения электропроводности жидкостей [9-12]. Также имеется государственный стандарт регламентирующий метод измерения удельного поверхностного сопротивления твердых материалов [13].

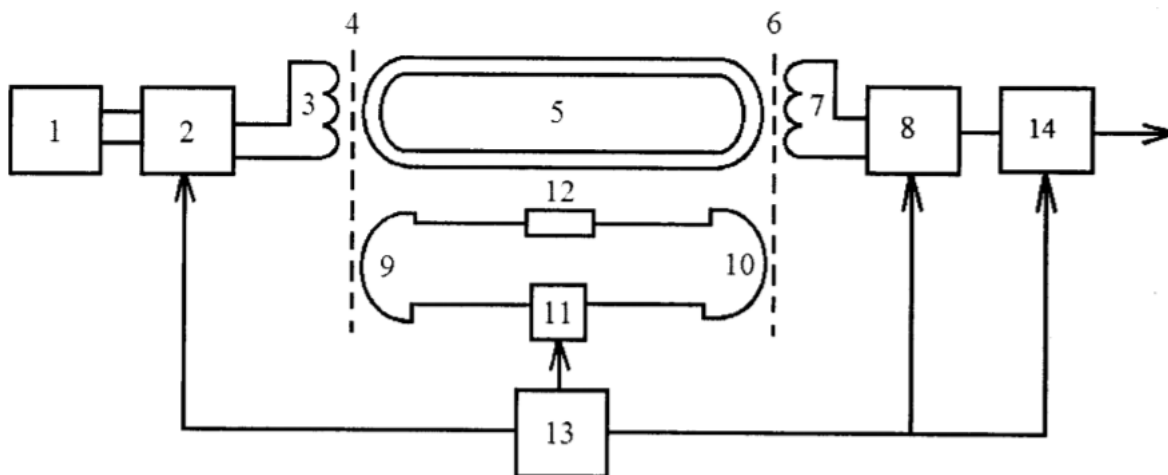
Схема метода вольтметра-амперметра
для измерения удельного объемного
сопротивления



Патент RU143663 (U1)

Устройство для измерения электропроводности жидкости, содержащее генератор синусоидального напряжения, питающий трансформатор с обмоткой возбуждения, измерительный трансформатор с измерительной обмоткой, замкнутый виток из исследуемой жидкости, охватывающий сердечники обоих трансформаторов, схему управления, отличающееся тем, что в него введены управляемый делитель напряжения, виток, охватывающий трансформатор возбуждения, виток, охватывающий измерительный трансформатор, ключ, образцовая проводимость известной величины, АЦП, вычислительное устройство, причем генератор через управляемый делитель напряжения соединен с обмоткой возбуждения питающего трансформатора, к дополнительным виткам через ключ подключена образцовая проводимость

известной величины, ключ подключен к схеме управления, которая также подключена к управляемому делителю напряжения, к АЦП и вычислительному устройству, измерительная обмотка подключена к АЦП, который, в свою очередь, подключен к вычислительному устройству.



Объёмное удельное сопротивление

Объемное удельное сопротивление ($\text{Ом}\cdot\text{см}$) - способность пропускать электрический ток через его объем - измеряется путем приложения потенциала напряжения на противоположных сторонах образца диэлектрика и измерения результирующего тока через образец.

Объемное удельное сопротивление определяется как электрическое сопротивление с помощью куба из диэлектрического материала.

Если значение выражено в $\text{Ом}\cdot\text{см}$, то это измерение электрического сопротивления через 1 сантиметр куба диэлектрического материала. Если выражено в $\text{Ом}\cdot\text{Дюйм}$, то это электрическое сопротивление через 1 дюйм куба изоляционного материала.

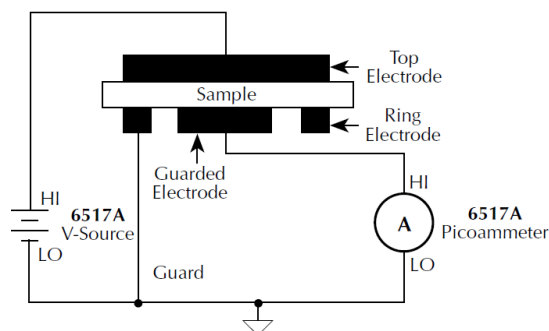


Figure 3. Volume resistivity measurement technique

2 Разработка измерителя электропроводности контактных сред

Ячейка представляет собой два одинаковых Ag/AgCl ЭКГ электрода типа ЭКХ-04, производитель «Элимед», Украина. Electrodes are placed on the ends of a cylindrical sleeve, made of dielectric (Figure 1, 2). For the manufacture of the sleeve, 3D printing technology with plastic PLA was used. For the measurements, two sleeves with a distance between electrodes of 20 mm and 2 mm were used.

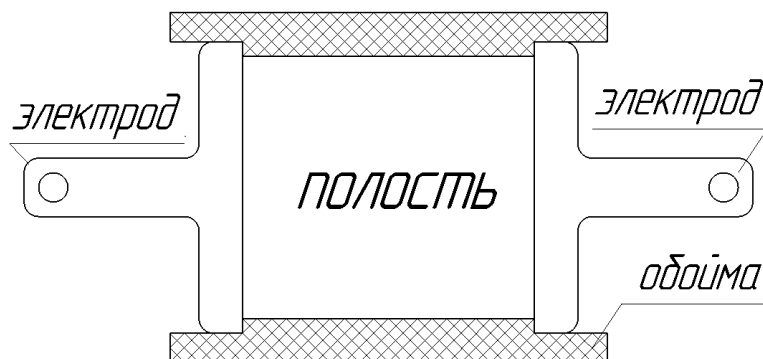


Рисунок 1. Схема измерительной ячейки (разрез обоймы).



Рисунок 2 Фото измерительной ячейки и измерительного прибора
(выключен)

Электроды изготовлены по синтеровочной технологии получения рабочей Ag/AgCl поверхности на основе из проводящей пластмассы. Электрические характеристики электродов (согласно эксплуатационной документации) приведены в таблице 2. Электроды зарегистрированы как медицинское изделие (Регистрационное удостоверение № ФСЗ 2012/11643). Выбор именно этого типа электродов определяется тем, что у них минимальная собственная разность электродных потенциалов, низкий уровень шумов, практически отсутствует склонность к поляризации.

Таблица 2

Электрические параметры Ag/AgCl электродов ЭКХ-04

Наименование параметра	Величина
Разность электродных потенциалов, мВ, не более	10
Дрейф разности электродных потенциалов, мкВ, не более	25
Напряжение шума, мкВ, не более	15
Полное сопротивление электрода, Ом, не более	1000

Диаметр электрода 20 мм. Фактическое полное сопротивление пары электродов, смоченных физиологическим раствором, при плотном контакте поверхность-поверхность составляет 50 Ом.

Обойма имеет уступ, который позволяет расположить электроды на фиксированном расстоянии. Были использованы обоймы с расстоянием между электродами 20 мм и 2 мм. Диаметр посадочной части обоймы обеспечивает установку электродов с натягом.

В обойму до упора устанавливался один из электродов, после чего обойма и электрод ополаскивались 0,9% раствором NaCl, после чего полость обоймы заполнялась с некоторым избытком испытуемым гелем. При заполнении обращалось внимание на отсутствие воздушных пузырей. Затем устанавливался второй электрод до упора в выступ обоймы. Таким образом, расстояние между электродами задавалось геометрическими размерами и конструкцией обоймы и в зависимости от объема составляло 20 мм или 2 мм.

После проведения измерений один из электродов извлекался, испытуемый гель вымывался водопроводной водой из обоймы и с поверхности обоих электродов удалялся окончательно мягкой, не ворсистой салфеткой.

Для измерений сопротивления использовался комбинированный цифровой измерительный прибор (мультиметр) Fluke 106 в режиме измерения сопротивления. Относительная ошибка измерения, обеспечиваемая прибором, составляет $\pm 3\%$.

С учетом точности измерительного прибора и диапазона фактических значений сопротивления заполненной исследуемым гелем измерительной ячейки, результаты измерений сопротивлений округлены до десятков Ом.

Результаты измерения удельного сопротивления контактных сред на постоянном токе показали соответствие данным, приведённым в таблице 1.

Это свидетельствует о высоком качестве контактной среды и эффективности использования данного измерителя электропроводности.

Заключение

Целью данной работы было разработка измерителя электропроводности контактной среды и цель была достигнута. Описанный измеритель электропроводности показал свою эффективность в измерении удельного сопротивления контактной среды.

Список литературы:

1. Цепколенко В. А., Зацерклянный А. М., Гоженко А. И. Применение ультразвукового сканирования кожи в дерматологии, косметологии и пластической хирургии // ДВКС. 2007. №1-4 (10).
2. Андрейцева Марина Игоревна, Петриков Сергей Сергеевич, Хамидова Лайла Тимарбековна, Солодов Александр Анатольевич Ультразвуковое исследование структур канала зрительного нерва в диагностике внутричерепной гипертензии у больных с внутричерепными кровоизлияниями // НМП. 2018. №4.
3. Чуднова Т. А. Техника записи и методика расшифровки нормальной электрокардиограммы // Альманах клинической медицины. 2004. №7.
4. Качественный гель для ЭКГ, ЭЭГ, РЭГ, ЭМГ, ЭМС — залог точного диагностирования // MEDBUY [Электронный ресурс]. URL: <http://medbuy.ru/gel-dlya-ekg-eeg-reg-emg-ems> (дата обращения 12.12.2019).
5. Анисимов А.В. Ультразвуковой контактный гель: состав, свойства, условия безопасного и эффективного применения в клинической практике // Медицинский алфавит. 2017. №2(22): 54-56.

6. Электродные контактные среды // Гельтек [Электронный ресурс]. URL: <https://geltek-medica.ru/medicine/catalog/elektrodnye-kontaktnye-sredy/> (дата обращения 14.12.2019).

7. Галанов Евгений Константинович, Соловьёва Валентина Яковлевна Исследование электропроводности цемента М400 в процессе гидратации и кристаллизации // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. №4 (45).

8. Головин В. В., Латышенко К. П., Цикунов В. С. Методы и приборы определения активности цемента // Известия МГТУ. 2013. №3 (17).

9. ГОСТ 31770-2012 Мед. Метод определения электропроводности // Москва. Стандартинформ. 2014.

10. Патент на изобретение RU2582496 (С1). Устройство для измерения электропроводности жидкости // ФИПС: Бюл. № 12 (27.04.2016).

11. Патент на полезную модель RU143663 (U1). Устройство для измерения электропроводности жидкости // ФИПС: Бюл. № 21 (27.07.2014).

12. Определение электропроводности водных растворов электролитов: метод. указ. к лаб. работе. / Сост.: Ю.П.Коврига, Б.М. Стифатов. - Самара; Самар. гос. техн. ун-т, 2017. - 16 с.

13. ГОСТ Р 50499-93. Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения удельного объемного и поверхностного сопротивления // ГОССТАНДАРТ РОССИИ. Москва. 1994.

14. Измерение удельного сопротивления диэлектриков // SERNIA [Электронный ресурс]. URL: https://sernia.ru/training/izmerenie_udelnogo_soprotivleniya_dielektrikov/ (дата обращения 15.12.2019).