

Рис. 4. 3D- и 2D-модели катушек с характером распространения индукции магнитного поля

Катушки круглой геометрической формы имеют меньшие размеры по сравнению с квадратными, при условии, что создается одинаковый объем однородного МП. С точки зрения энергетики, круглые кольца в такой конфигурации также являются оптимальными. Так же, с экономической точки зрения, круглые катушки использовать целесообразнее. На основании проведенного анализа следует отдать предпочтение структуре формирующих элементов имитатора магнитного поля Земли на базе круглых колец.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СПУТНИКС. Стенд моделирования SX-025. – (Электронный ресурс: http://www.sputnix.ru/ru/products/test-stands-system/item/244-adcs_stands_sx_25_ru).
2. СПУТНИКС. Стенд моделирования SX-150. – (Электронный ресурс: <http://www.sputnix.ru/ru/products/test-stands-system/item/259-facility-gnd-120-ru>).
3. СПУТНИКС. – (Электронный ресурс: www.sputnix.ru).
4. Остек-Тест. – (Электронный ресурс: <http://www.ostec-test.ru/catalog/equipment/stendy-polunaturnogo-modelirovaniya/pyatiosevye-stendy-polunaturnogo-modelirovaniya/>).
5. Институт прикладной математики. – (Электронный ресурс: <http://www.keldysh.ru/>).
6. COMSOL Multiphysics. – (Электронный ресурс: <http://www.comsol.com/>). Дата обращения 18.03.2017).

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ КРИОВОЗДЕЙСТВИЯ С ПОМОЩЬЮ ИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Королюк Е.С.¹, Ханахмедова Г.Б.¹

Научный руководитель: Бразовский К.С., д.м.н.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: esk13@tpu.ru

INCREASING THE EFFICIENCY OF DETERMINING THE EXTENT OF CRYOTHERAPY USING IMPEDANCE TOMOGRAPHY

Korolyuk E.S.¹, Khanakhmedova G.B.¹

Scientific Supervisor: Dr., Brazovsky K.S.

¹Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050

E-mail: esk13@tpu.ru

Одной из основных проблем при анализе воздействия холода на исследуемый объект является трудность в быстром определении границы и глубины криовоздействия. Повысить точность определения этих значений мешает сложность состава, различная скорость охлаждения и высокий градиент температур. Для решения описанных проблем в данной статье рассматривается метод оценки криовоздействия с помощью измерения импеданса (импедансной томографии). Также продемонстрированы результаты экспериментальных исследований поглощения спектра электрического сигнала при различной температуре исследуемой жидкости (льда). Полученные результаты экспериментов показали, что данный метод может успешно применяться как в медицине, так и в промышленности.

One of the main problems in analyzing the freezing effect on the test object is the difficulty to quickly identify the boundary and depth of cryotherapy. The complexity of the composition, different cooling rates and high temperature gradient make it difficult to improve the accuracy of identifying these values. To solve the aforementioned problems, the author considers a method for evaluating cryotherapy by measuring impedance (impedance tomography). The experimental research demonstrates the results of electronic absorption spectrum at different temperatures of the test liquid (ice). The obtained experimental results show that this method can be successfully applied both in medicine and industry.

Развитие технологий за последние годы позволяет заново пересмотреть различные проблемы в медицине и промышленности, связанные с трудностью определения криовоздействия. [1] Например, одной из основных проблем в криомедицине на сегодняшний день является трудность выполнения точных операций с помощью холодового воздействия – определения глубины промерзания ткани и крионекроза. Ранее [1] был предложен неинвазивный, безболезненный и высокоточный (по сравнению с временными методами) метод измерения глубины промерзания ткани с помощью измерения импеданса.

В медицине о возможности измерения глубины промерзания ткани с помощью импеданса известно достаточно давно [2]. Основными недостатками инвазивного метода являются из ввода иглы в исследуемую ткань. Можно выделить следующие проблемы, вследствие которых падает точность инвазивного метода:

- Неоднородная скорость охлаждения ткани и металлической иглы, из-за чего область вокруг проникновения иглы замерзнет быстрее, чем прилегающая охлаждаемая область.
- Образование жидкости между контактом игла-ткань, которая также будет замерзать быстрее прилегающих областей.
- Поляризация электрода или тканей биообъекта, что может вызвать дрейф изолинии и понизить точность в измерении.
- В охлаждаемом участке могут находиться различные слои или участки (например, жировой ткани), где скорость охлаждения может быть разной. Вследствие чего область крионекроза будет неоднородна.

Устранить описанные выше недостатки можно неинвазивным измерением распределения импеданса внутри исследуемого объекта – импедансной томографии. Для получения необходимого представления об исследуемом объекте необходимо производить независимые измерения прохождения электрического тока зондирующей формы с различной частотой от 1 до 2 МГц и амплитудой до 10 мА. Дифференцирующий сигнал между парой электродов подается АЦП, а затем обрабатывается на персональном компьютере, микроконтроллере или другой системе.

Данный метод интересен для криомедицины, так как обладает высокой чувствительностью, что важно для определения границы холодового воздействия. В будущем этот метод позволит визуализировать область ткани перед операцией для проведения более точного воздействия, во время операции визуализировать границу замершей области ткани, после окончания операции определить границы крионекроза. В промышленности привлекательность метода заключается в быстром и надежном анализе

повреждений сложных неоднородных композитных материалов в качестве дополнительного метода контроля.

Макет установки для анализа холодного воздействия на исследуемый объект представлен на рис. 1. Генератором зондирующего воздействия выступает высокоскоростной цифро-аналоговый преобразователь AD9764AR [4]. Управление преобразователем выполняется с помощью микроконтроллера Stm32f103 [5]. Запись сигналов осуществляется с помощью быстродействующего модуля АЦП E20-10 [6].

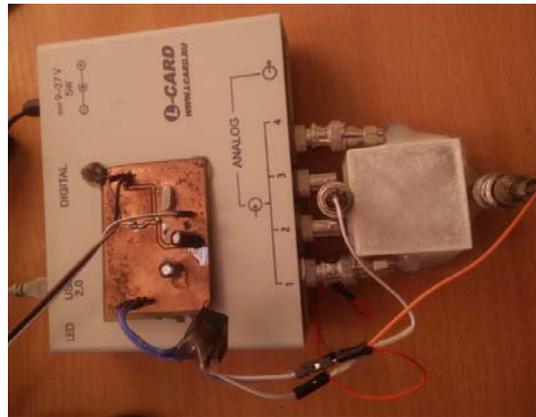


Рис. 1. Внешний вид макета установки для проведения импедансной томографии

В данной работе с помощью этой системы были проведены экспериментальные исследования по анализу частотного поглощения зондирующих электрических сигналов в минеральной воде при различной температуре. В качестве образца использовалась лечебно-столовая минеральная вода «Ессентуки № 4» со следующим составом [3]: минеральные соли (гидрокарбонат HCO_3^-) 3400–4800 мг/л, природные соли серной кислоты (сульфат SO_4^{2-}) < 25 мг/л, соли хлороводородной кислоты (хлорид Cl^-) 1300–1900 мг/л и др.

На рис. 2 отображены результаты экспериментов, проведенных при различных температурах жидкости. В ходе опыта использовался разработанный макет установки.



Рис. 2. Спектральная характеристика поглощения сигналов при различной температуре в жидкости (льде), где: 1 – минус 18 °С, 2 – минус 7 °С, 3 – плюс 4 °С. Ось Y – действующее значение напряжения в логарифмической шкале измерения, ось X – частота в герцах

В результате проведенных экспериментальных исследований были получены результаты, показывающие зависимость частотного поглощения электрических сигналов от температуры исследуемой жидкости. Полученные данные показывают, что в частотном диапазоне от 0 до 1,2 МГц наблюдается усиление поглощения спектра при таянии льда, а также подтверждают возможность определения степени

охлаждения объекта с помощью импедансной томографии. Ослабление спектра в широком диапазоне обусловлено простотой исследуемого образца. В дальнейшем планируются эксперименты с более сложными биологическими объектами – мышечной и жировой тканью. Используя полученные результаты (спектральную характеристику поглощения сигналов) будут проведены экспериментальные исследования по определению глубины промерзания ткани и величины крионекроза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Королюк Е.С., Бразовский К.С. Повышение эффективности криодеструкции с помощью измерения глубины промерзания ткани // Наука. Технологии. Инновации: Труды X всероссийской научно-практ. конф. молодых ученых. – Новосибирск, 2016. – Т. 6. – С. 96–97.
2. Метод определения времени промерзания слизистой оболочки полости рта на заданную глубину. Эпштейн В. Г., Точилова Р. В. // Криобиология и Криомедицина, 1984. – (Электронный ресурс: <https://goo.gl/xN7QSW>). Дата обращения 5.03.2017.
3. Эссенуки (минеральная вода). – (Электронный ресурс: <https://goo.gl/Dm4qEf>). Дата обращения 10.03.2017.
4. The AD9764 is the 14-bit resolution, high performance, low power CMOS digital-to-analog converter. – (Электронный ресурс: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD9764.pdf>). Дата обращения 05.03.2017.
5. STM32F103-STMicroelectronics. – (Электронный ресурс: <https://goo.gl/StWQRE>). Дата обращения 06.03.2017.
6. Быстродействующий модуль АЦП / ЦАП E20-10 на шину USB. – (Электронный ресурс: <http://www.lcard.ru/products/external/e20-10>). Дата обращения 07.03.2017.

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТЕРМОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КОМПОЗИТОВ

Маликов Р.А.¹, Чулков А.О.¹

Научный руководитель: Вавилов В.П., профессор, д.т.н.

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: ram7@tpu.ru

ULTRASONIC THERMOGRAPHIC CONTROL OF COMPOSITES

Malikov R.A.¹, Chulkov A.O.¹

Scientific Supervisor: Prof., Dr. Vavilov V.P

¹Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050
E-mail: ram7@tpu.ru

В данной статье приведены результаты исследования эффективности ультразвукового термографического контроля, как одного из методов теплового контроля, по нахождению различного рода дефектов в композитных материалах.

This study contains the results of the study of the effectiveness of ultrasonic thermographic control, as one of the methods of active thermal control to find defects in composite materials.

Благодаря своей универсальности, тепловой контроль позволяет испытывать металлические и неметаллические материалы, используя различные методы тепловой стимуляции и выявляя дефекты различного происхождения и размеров [1]. К традиционным методам стимуляции изделий относят