

Митин А.А.

Принципы построения высокоинтеллектуального джоульметрического медицинского прибора для наблюдения состояний биологических тканей и жидкостей человека

Одной из самых важных задач современной медицины является постановка диагноза на ранних стадиях развития заболевания и выбор оптимальной тактики лечения. Зачастую для этого требуется провести оценку состояния биологических тканей и жидкостей человека.

В последние годы в медицинских исследованиях для диагностики различных заболеваний стали применяться методы, основанные на изучении электрохимических свойств физиологических жидкостей и тканей органов человека. Методика их использования основана на том, что происходящие в тканях и органах патологические процессы (воспаление, новообразования) вызывают изменение их электрохимических свойств.

Из известных электрохимических методов для решения задачи описания характеристик биологических объектов в состоянии «норма» и «патология» наиболее близкими являются импедансометрические методы. В них исследуемый объект представлен схемой замещения, элементы которой определяются на основании оценки его частотных свойств. Однако свойства тканей проявляются в области инфранизких частот, где импедансные методы требуют существенных временных затрат, кроме того, проявляющиеся при этом фарадеевские составляющие вносят погрешность в производимые оценки. Главными достоинствами данных методов является простота реализации метода, низкая стоимость аппаратуры, оперативность использования и безопасность для здоровья человека.

Из вышеуказанных методов наиболее приемлемым является джоульметрический метод, обладающий высокой чувствительностью и

позволяющий получить достаточное количество информативных признаков при малых временных затратах.

В основу джоульметрического метода контроля состояния биологических объектов положено соответствие между работой, совершаемой внешним источником электрической энергии, и изменением состояния исследуемого объекта [1]. Если в качестве внешнего воздействия использовать ток $I(t)$, а в качестве параметра, характеризующего состояние объекта, изменение межэлектродного напряжения $U(t)$ во времени, то значения затраченной работы $A(t)$ на временном интервале от t_0 до t можно определить на основании следующей зависимости:

$$A(t) = \int_{t_0}^t I(t)U(t)dt.$$

Значение произведенной работы $A(t)$ находится на основании обработки зависимостей тока $I(t)$ и напряжения $U(t)$ во времени. Поэтому одновременно с оценкой джоульметрических характеристик в любой момент времени можно получать значения потребляемой объектом мощности $W(t)=I(t)*U(t)$ и протекающих через ячейку зарядов $Q(t) = \int I(t)dt$. При этом наличие значений входного воздействия и отклика в виде набора выходных переменных позволяет определять передаточную функцию исследуемой системы и идентифицировать параметры элементов принятых эквивалентных схем замещения. На рис. 1 показаны графики основных зависимостей, характеризующих джоульметрический метод.

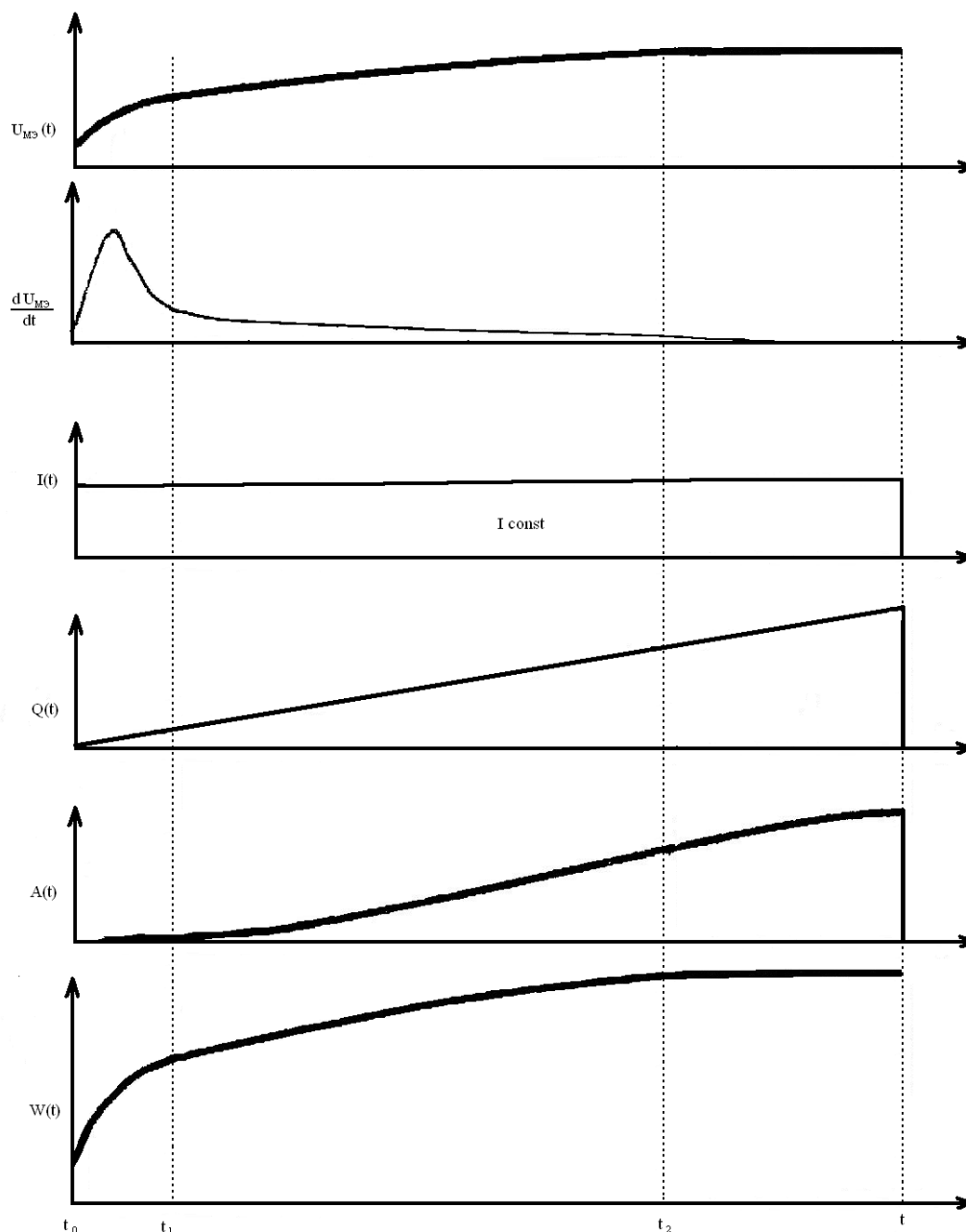
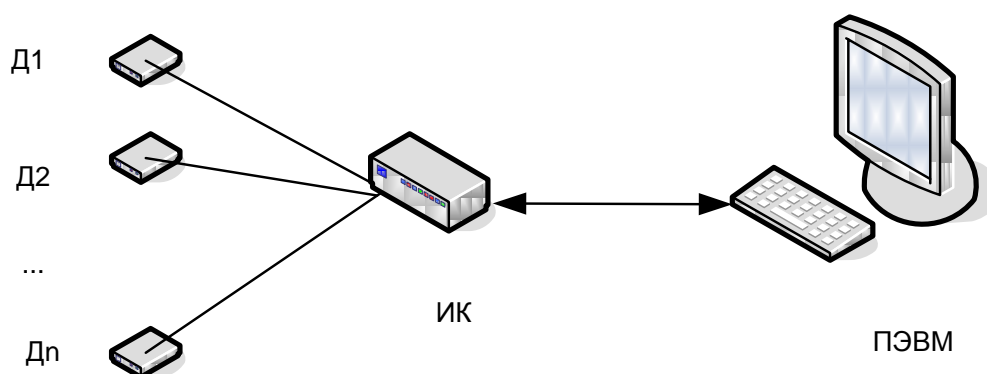


Рисунок 1. Графики основных зависимостей, характеризующих джоульметрический метод

Джоульметрический метод предполагает различные методы его реализации. В основном они зависят от способа входных воздействий и обработки сигналов при получении выходных параметров. Каждый конкретный метод исследований представляет собой определенную комбинацию применяемых способов и имеет свои достоинства и недостатки.

Для реализации джоульметрического метода на кафедре «Медицинские приборы и оборудование» Пензенского государственного университета был создан ряд портативных приборов. Метод успешно применяется с 1994 года для оценки активности внутриполостных воспалительных процессов, воспалительных процессов в лобных и клиновидных пазухах, для контроля формирования костного регенерата, а также для диагностики состояния биологических объектов и реализации тканесохраняющих методик проведения операций. Однако, в процессе проведения исследований, были выявлены следующие недостатки. Разработанные приборы обладали вычислительной мощностью, зачастую недостаточной для решения задач связанных с обработкой и анализом получаемой информации в реальном масштабе времени. Особенности реализации приборов усложняли восприятие получаемой информации. Кроме того, возникали трудности с реализацией более сложных алгоритмов анализа и обработки информации.

В результате возникла необходимость в разработке джоульметрических информационно-измерительных систем, способных реализовывать сложные математические алгоритмы анализа и обработки поступающей информации. Для решения данной задачи была разработана концепция высокоинтеллектуального джоульметрического измерительного прибора для наблюдения состояний биологических тканей и жидкостей человека, реализованного с применением модульной архитектуры и состоящего из следующих функциональных блоков: измерительного комплекса и программного комплекса управления, анализа данных и принятия решений на базе ПЭВМ (Рисунок 1)



ПЭВМ - программный комплекс управления, анализа данных и принятия решений на базе ПЭВМ

ИК - измерительный комплекс

D1 - Dn - датчики

Рис. 1

Измерительный комплекс реализован на базе микроконвертора, и позволяет проводить исследования биологических объектов по 128 каналам при подключении двухэлектродных датчиков или по 64 каналам при подключении четырехэлектродных датчиков. Управление работой данной системы осуществляется с помощью специального программного обеспечения, установленного на ПЭВМ.

Программный комплекс управления, анализа данных и принятия решений представляет собой программное обеспечение, которое определяет режимы задания входных воздействий на объект исследования, осуществляет управление измерительной системой, производит обработку полученной информации при помощи специализированных алгоритмов, визуализацию результатов обработки информации и принятие решения о состоянии биологического объекта.

Применение данной архитектуры позволило возложить задачу обработки, анализа информации и принятия решений на специализированное программное обеспечение, работающее на ПЭВМ, оставив измерительному комплексу функции непосредственно проведения измерений и передачи

результатов измерений на ПЭВМ. Таким образом была решена проблема недостатка вычислительной мощности при анализе результатов измерений. Вынесение блока анализа результатов и принятия решений из измерительного устройства также позволило увеличить количество датчиков до 128, что позволило увеличить количество признаков для описания состояния биологических объектов. Вынесение измерительного устройства в отдельный блок также дало возможность дальнейшего наращивания количества датчиков без существенной доработки специализированного программного обеспечения.

В разрабатываемом комплексе реализован модернизированный джоульметрический декомпозиционный метод со ступенчатым комбинированным способом задания токов различной амплитуды, что в совокупности с четырехэлектродными датчиками позволило увеличить количество уровней тока с 4 до 16 и получить до 1024 устойчивых джоульметрических признаков. Результаты проведенных экспериментов показали целесообразность применения предложенного метода задания входных воздействий. В частности для биологических жидкостей вероятность правильной классификации активности воспалительного процесса увеличилась с 83 до 95 %, вероятность правильной классификации состояния костной ткани с 85 до 97 %, вероятности правильной классификации тканей онкологически пораженных органов с 77 до 95 %.

Разработанная система обработки данных и управления, использующая модернизированный джоульметрический метод, позволяет проводить исследования различных типов биологических объектов, что делает прибор универсальным. Возможность модернизации специализированного программного обеспечения за счет применения плагинов дает возможности дальнейшего расширения функциональности СПО.

Библиографический список

1. Волчихин В.И., Геращенко С.И., Геращенко С.М. Джоульметрические медицинские приборы и системы. М.: РАН, 2008. 131 с.
2. Феттер К. Электрохимическая кинетика. — М.: Химия, 1967. — 856 с.