

Датчик на основе копланарной линии для регистрации артериального пульса

В.В.Кузнецов, А.В.Ситников, В.А.Скуратов

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
125993, г.Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4
vdmsov@yandex.ru

Датчик с чувствительным элементом на основе копланарной линии передачи позволяет регистрировать в области электромагнитного поля малые перемещения границы раздела сред. Влияние перемещений, совершаемых в области электромагнитного поля копланарной линии, приводит к затуханию и фазовой задержке сигнала, передаваемого по копланарной линии передачи. Рассмотрено практическое применение копланарной линии для регистрации пульса человека и двигательной активности, дыхания и сердцебиения лабораторных животных.

A sensor with a sensing element based on the coplanar transmission line allows the registration of small movements in the electromagnetic field. The effect of movements committed inside the electromagnetic field of a coplanar line leads to the attenuation and the phase delay of the signal transmitted through the coplanar transmission line. The practical application of coplanar line to register the human heartbeating and motion activity, breathing and heartbeating of laboratory animals is examined.

Одно из самых распространенных заболеваний сердечно-сосудистой системы – артериальная гипертензия (повышенное артериальное давление). Оно является основной причиной инсульта и важнейшим фактором риска развития ишемической болезни сердца - основной причиной смертности. В связи с высоким риском смерти от сердечно-сосудистых заболеваний, а так же теми экономическими потерями, которые возникают из-за утраты трудоспособности людьми среднего возраста, первостепенную важность приобретает ранняя диагностика сердечно-сосудистых заболеваний с целью предотвращения возможных осложнений в будущем и назначения профилактических мероприятий.

Проблемы, возникающие в сердечно-сосудистой системе, не редко связаны с повышением артериальной жесткости. Известно, что у пациентов преклонного возраста и у пациентов с гипертонией наблюдается увеличение артериальной жесткости. При увеличении артериальной жесткости пульсовые волны быстрее распространяются по артериальной системе и, следовательно, измеряя скорость пульсовой волны, можно оценивать риск снижения эластичности сосудистой стенки и, соответственно, прогнозировать возникновение заболеваний сердечно-сосудистой системы. Измерение скорости распространения пульсовой волны (СРПВ) является общепринятым, так как это самый простой, неинвазивный и воспроизводимый метод определения артериальной жесткости. СРПВ наиболее показательно измерять в аорте, поскольку с медицинской точки зрения она представляет наибольший интерес при обследовании пациентов, т.к. является главным кровеносным сосудом.

Скорость распространения пульсовой волны в аорте обычно измеряют между двумя точками сосудистой системы. Волны регистрируют на сонной и бедренной артерии, и скорость пульсовой волны вычисляют исходя из временной задержки между ними [1].

Принцип измерения скорости распространения пульсовой волны показан на рисунке 1.

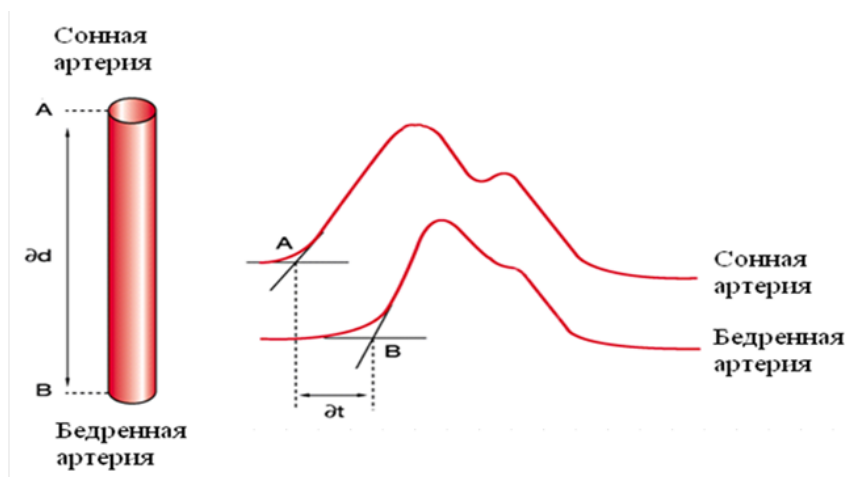


Рис. 1. Принцип измерения СРПВ. СРПВ = Расстояние (Δd), см / Временная задержка (Δt), с.

В научно-исследовательском центре сверхширокополосных технологий МАИ был разработан аппаратно-программный комплекс, который позволяет измерять скорость пульсовой волны при помощи электромагнитных датчиков пульса. Внешний вид комплекса представлен на рисунке 2. В состав аппаратно-программного комплекса входят: модуль обработки, отображения и передачи данных в персональных компьютер; два электромагнитных датчика; персональный компьютер со специализированным программным обеспечением.



Рис. 2. Аппаратно-программный комплекс для измерения СРПВ.

Данный прибор позволяет без контакта с кожей (через одежду) измерять поверхностную пульсацию сосудистой стенки сонной и бедренной артерий.

Датчики, входящие в состав комплекса, работают в СВЧ диапазоне на частоте 6.5 ГГц и обладают высокой фазовой чувствительностью, обеспечивающей возможность регистрации низкоамплитудной пульсации сосудов. Особенности запатентованной конструкции каждого датчика позволяют не оказывать давления на стенку сосуда в точке регистрации пульсовой волны, что позволяет повысить объективность получаемых результатов. Датчик регистрирует поверхностную пульсацию кровеносного сосуда посредством электромагнитного поля копланарной линии передачи (рисунок 3). Пульсирующие движения границы воздух-кожа вблизи копланарной линии вносят затухание и фазовую задержку в сигнал, передаваемый в линии [2, 3]. Сравнивая сигнал в копланарной линии с опорным (эталонным сигналом)

можно получить на выходе фазового детектора датчика сигнал, изменяющийся пропорционально наполняемости кровеносного сосуда.

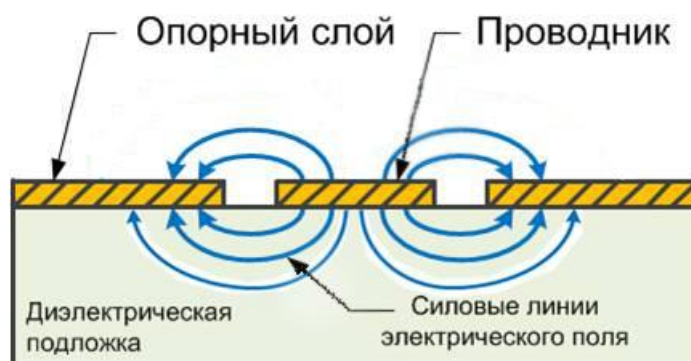


Рис.3 Копланарная линия передачи.

Процесс распространения пульсовой волны в кровеносном сосуде и регистрации этого процесса показаны на рисунке 4.

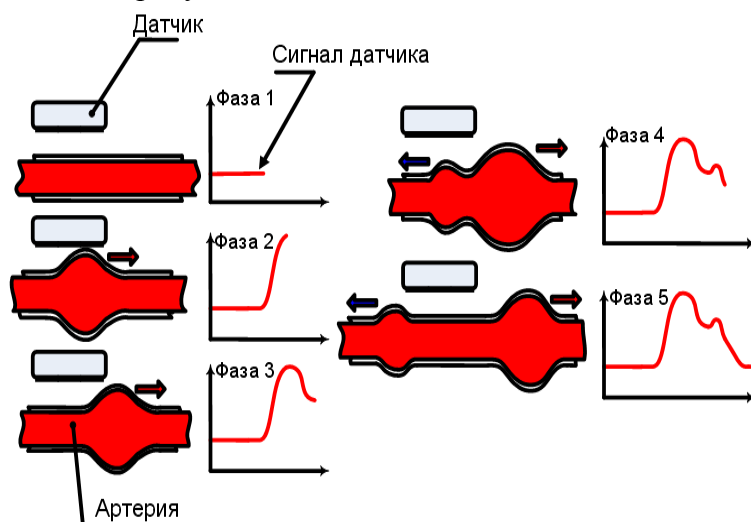


Рис. 4. Процесс распространения пульсовой волны.

В начальный момент времени (фаза 1) пульсовая волна отсутствует и, следовательно, сигнал на выходе датчика изменяться не должен. В следующий момент времени (фаза 2) появляется первичная пульсовая волна, и сигнал на выходе датчика начинает изменяться. После того, как пульсовая волна полностью пройдет под активным элементом датчика (фаза 3), будет зарегистрирована первичная пульсовая волна. Когда пульсовая волна добежит до развилки кровеносного сосуда, она частично отражается в обратном направлении (фаза 4). Результат регистрации пульсовой волны (фаза 5) представляет собой кривую с ярко выраженным максимумом от первичной волны и следующим за ним пиком от волны, отраженной в обратном направлении.

Альтернативное применение датчику пульса нашлось в области фармакологических исследований. Известно, что на первых этапах исследований действия медицинских препаратов и компонентов для выяснения их влияния на жизненно важные показатели (дыхание, сердцебиение, артериальное давление) и определения токсичности препаратов, как правило, используют малых лабораторных животных (например, крыс).

Для контроля состояния лабораторного животного, а именно двигательной активности, дыхания и сердцебиения, на основе датчика для измерения пульса была

разработана измерительная платформа, представленная на рисунке 5. Измерительная платформа состоит из набора датчиков пульса, и позволяет измерять выше перечисленные параметры, не зависимо от положения животного в клетке, которая устанавливается сверху на измерительную платформу. Поскольку амплитуда перемещения грудной клетки животного соизмерима с амплитудой пульсаций кровеносных сосудов человека, то дыхание и сердцебиение лабораторных животных возможно регистрировать с помощью датчика пульса. Данная измерительная платформа обладает несомненными преимуществами перед существующими в настоящее время аналогами, поскольку для контроля не требуется операционное вмешательство, и, как следствие, отсутствует влияние постоперационных факторов на результаты исследований.



Рис. 5. Измерительная платформа для контроля состояния лабораторных животных.

В настоящее время устройства, в состав которых вошел датчик пульса с чувствительным элементом в виде копланарной линии, проходят испытания в ряде медицинских учреждений и на кафедре фармакологии МГУ.

Работа, в которой были получены представленные результаты, проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного контракта №07.524.11.4011.

Литература

1. А.Н.Рогоза, Т.В.Балахонова, Н.М.Чихладзе, О.А.Погорелова, Н.М.Моисеева, О.А.Сивакова. Современные методы оценки состояния сосудов у больных артериальной гипертензией. -М.: Издательский дом «Атмосфера», 2008.
2. Л.Г.Малорацкий, Л.Р.Явич. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях. -М.: Советское радио, 1972.
3. Л.Г.Малорацкий. Микроминиатюризация элементов и устройств СВЧ. -М.: Советское радио, 1976.
4. Р.П. Фейнман, Р.Б. Лейтон, М. Сэндс. Фейнмановские лекции по физике, т.3, Мир, 1965.
5. Под.ред. А.Л.Фельдштейна. Справочник по элементам полосковой техники.-М.: Связь, 1979.