

# СЕКЦИЯ 15: УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ КРУПНОМАСШТАБНЫХ СИСТЕМ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ, МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

## ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Анохин А.М.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Россия,  
г. Москва, ул. Профсоюзная д.65  
amanohin@mail.ru*

*Аннотация: Рассмотрен новый подход к построению прецизионных средств температурного контроля (ПСТК) для автоматизированных медико-биологических комплексов (АМБК), который устраняет негативный фактор самонагрева чувствительных элементов температурных датчиков. Он основан на использовании метода короткоимпульсной локации термочувствительной полупроводниковой структуры с S-образной вольтамперной характеристикой переключающего типа.*

*Работа направлена на создание инструментария для решения фундаментальной проблемы прецизионного термомониторинга организма человека, связанной с диагностированием его патологий и заболеваний, а также на повышения точности средств измерений медико-биологических сигналов.*

Ключевые слова: S-термосенсор, термомониторинг, хронодиагностика, термодиод, биологически активные точки.

### **Введение**

Компьютерная диагностика, которая находит все более широкое применение во врачебной практике при различных обследованиях больных, а также при диспансеризации населения, использует главным образом биоэлектрические сигналы, снимаемые с различных участков тела. Это - электрокардиограмма, миограмма, энцефалограмма, пульсограмма и другие кривые, по которым можно судить как о состоянии организма в целом, так и о состоянии его отдельных органов и систем. Сигналы, полученные с датчиков, обрабатываются на компьютере по специальным программам, а на монитор в том или ином виде выводятся значения всех выявленных характеристик, по которым врач оценивает состояние организма пациента.

Однако эта методика не всегда обеспечивает достаточное разрешение по локализации очагов дисфункций в организме и необходимую надежность диагноза из-за интегрального характера снимаемых сигналов. Гораздо более информативными являются сигналы, связанные с функционированием так называемых точек акупунктуры, т.е. биологически активных точек (БАТ). Исследования показывают [2], что динамика температуры в таких точках с большой достоверностью коррелирует с состоянием связанных с ними органов человека. Трудность здесь заключается в том, что в настоящее время не существует адекватно подходящих датчиков температуры, которые позволили бы измерять температуру в БАТ с достаточной точностью и быстродействием. Главное требование к таким датчикам, кроме стабильности эксплуатационных характеристик и малой тепловой инерционности термочувствительных элементов, – это отсутствие фактора самонагрева этих элементов.

За последние два-три десятилетия зарубежными и отечественными исследователями наработан уникальный диагностический и лечебный потенциал методов биомедицины, основанных на температурном мониторинге организма человека. Эти методы базируются на информативной и диагностической значимости картины температурного распределения в биологически активных точках на кожных и внутрисполостных поверхностях организма. Они позволяют диагностировать и лечить путем корректирующего воздействия на БАТ лазерным излучением чрезвычайно широкий спектр патологий и заболеваний без побочных негативных последствий, характерных для медикаментозных методов [2].

Постановка проблемы в плане диагностики такова – какому заболеванию или состоянию организма и его иммунной системы соответствует то или иное распределение или динамика перераспределения температурного рельефа кожных и внутрисполостных покровов в биологически активных точках (контуры изотерм, координаты температурных пиков и впадин)?

Это направление диагностической медицины своими корнями уходит в древний Китай, где сверходаренные температурной чувствительностью лекари ставили безошибочные диагнозы, используя веками наработанные методики. Современная биомедицина пытается реализовать эти методики, используя возможности современной электронной техники и информационных технологий. Особенно эффективна т.н. хронодиагностика, т.е. диагностика, основанная на температурных измерениях, проводимых синхронно с пульсовым и дыхательным ритмами [2].

Даже частичный перечень медицинских задач, которые предполагается решить средствами прецизионного термомониторинга, дает представление об их потенциальных масштабах и значимости для медицины массового обслуживания населения в ближайшей перспективе.

В ряду этих задач целесообразно, например, упомянуть следующие:

- быстрая оценка иммунитета у больших групп населения,
- быстрая оценка функционального состояния людей опасных профессий перед выполнением ими сложных работ (летчиков, подводников, саперов и др.),
- безрентгеновая оценка локализации различных патологий и опухолевых образований.

Уникальный диагностический и лечебный потенциал температурных методов может быть эффективно реализован и внедрен в широкое использование только при существовании и наличии высокоэффективных прецизионных средств температурного контроля – электронных термометров и терморегуляторов, способных работать в контуре управления автоматизированных медико-биологических комплексов.

Трудность здесь заключается в том, что в настоящее время не существует адекватно подходящих датчиков температуры, которые позволили бы измерять температуру в БАТ с достаточной точностью и быстродействием. Главное требование к таким датчикам, кроме стабильности эксплуатационных характеристик и малой тепловой инерционности термочувствительных элементов, – это отсутствие фактора самонагрева этих элементов.

В настоящее время разработана и серийно выпускается промышленностью обширная номенклатура изделий данного назначения, как специализированных, так и широкого профиля – контактные электронные термометры, бесконтактные – пирометры и тепловизоры.

Один из лучших по точности медицинский пирометр марки «Кельвин-М» позволяет измерять температуру в точках тела с погрешностью не менее 0,3К. Такого показателя явно недостаточно для правильного диагностирования, т.к. для этого требуется отслеживать перепады температур порядка сотых долей градуса [2].

Негативный фактор, препятствующий дальнейшему совершенствованию контактных электронных термометров в плане повышения их точностных возможностей, это – самонагрев термочувствительных элементов рабочим током. Многочисленные разработки последних лет были направлены на корректировку этого явления путем введения корректирующих обратных связей или априорно заданных расчетных корректировок, которые требуют усложнения схемотехнической реализации, а в итоге оказываются малоэффективными, повышая одни показатели и понижая другие. Кроме того, (это очень критично для биомедицинских измерений) нагретый рабочим током термосенсор при контакте с живыми тканями вызывает их ответную температурную реакцию, искажающую объективность показаний. То есть, непрерывный процесс модернизации традиционными методами и средствами достиг предела своих возможностей.

### **Техническое решение и его практическая реализация**

В настоящее время разработана и серийно выпускается промышленностью обширная номенклатура изделий данного назначения, как специализированных, так и широкого профиля – контактные и бесконтактные термометры, пирометры, тепловизоры и терморегуляторы.

Внутри каждого вида эти изделия различаются между собою степенью оснащения сервисными функциями, например, отображением информации на экране, наличием памяти и ее объемом, сменностью разнорежимных насадок, компьютерным интерфейсом и т.п. В зависимости от этого различны их массогабаритные и стоимостные показатели. Все это конструктивное многообразие изделий объединено общими устоявшимися принципами схемотехнического построения, которые базируются на использовании традиционных видов первичных преобразователей температуры – термосенсоров (полупроводниковых и платиновых терморезисторов, термисторов, термопар, термодиодов и их линеек, и т.п.).

Негативный фактор, препятствующий дальнейшему совершенствованию электронных средств термоконтроля в плане повышения их точностных возможностей, это – самонагрев термосенсоров рабочим током. Многочисленные разработки последних лет были направлены на корректировку

этого явления путем введения корректирующих обратных связей или априорно заданных расчетных корректировок, которые требуют усложнения схемотехнической реализации, а в итоге оказываются малоэффективными, повышая одни показатели и понижая другие. Кроме того, (это очень критично для биомедицинских комплексов) нагретый рабочим током термосенсор при контакте с живыми тканями вызывает их ответную температурную реакцию, искажающую объективность показаний. То есть, непрерывный процесс модернизации традиционными методами и средствами достиг своего насыщения.

Новый подход к построению средств электронной термометрии, устраняющий негативный фактор самонагрева, основан на использовании метода короткоимпульсной локации термочувствительной полупроводниковой структуры с S-образной вольтамперной характеристикой переключающего типа [1]. К таким структурам относятся S-термодиоды и однопереходные транзисторы [3]. Так, например, у S-термодиодов, изготовленных по специальной технологии, температурная чувствительность имеет уникально высокие значения – порядка (50-350) мВ/град. С на различных участках температурного диапазона.

Стратегия создания этих средств базируется на научно-техническом решении, в котором использован в качестве сенсорной функции эффект управляемой прыжковой проводимости, инициируемой в полупроводниковой p-n структуре тепловым воздействием.

Сравнительный анализ температурной реакции первичного преобразователя (S-термосенсора) на тепловое воздействие измерительными токами двух видов (в виде одиночных, допустим прямоугольных, импульсов малой длительности, следующих с большой скважностью (предлагаемый вариант), и следующих непрерывно друг за другом пилообразных импульсов релаксационного генератора, т.е. вариант традиционного построения датчиков температуры) представим в виде соотношения температур перегрева, соответствующих двум рассматриваемым вариантам воздействия за время одного измерительного цикла.

В абсолютном выражении средняя тепловая мощность, выделяемая на S-термосенсоре при воздействии на него одиночным в измерительном цикле импульсом рабочего тока, принимает уникально малые значения – порядка 1мкВт. Это обеспечивает точное и быстрое, т.е. в тепловом отношении безынерционное, измерение абсолютных (в абсолютной шкале) значений температуры тела в БАТ, не вызывая при этом их ответной температурной реакции.

Работоспособность предложенных принципов построения ПСТК подтверждена созданием на их основе модельного ряда прецизионных терморегуляторов лабораторного исполнения для различной специфики применения. Терморегуляторы предназначены для быстрой и точной регистрации микроотклонений температуры от заданного уровня в произвольно удаленных точках контролируемого пространства контактными и бесконтактными способами и поддержания этого уровня [4].

## **Заключение**

Благодаря указанным качествам, а также возможности сверхминиатюрного исполнения термочувствительного элемента, предлагаемый цифровой термометр не имеет аналогов и является на сегодня единственным средством, способным в пульсовом ритме контактно и бесконтактно измерять температуру в биологически активных точках тела с точностью, достаточной для эффективного диагностирования, и более того - экспресс-диагностирования в реальном времени. Исключительно эффективным может оказаться использование данного термометра на стадии раннего диагностирования злокачественных образований. Кроме того, они способны работать в контуре обратной связи управляемой лазерной гипертермии [5].

Внедрение ПСТК в биомедицинское приборостроение позволит полноценно реализовать на практике потенциал уникальных диагностических и лечебных возможностей методов хронобиологии, например, создать сеть высокоэффективных мобильных АМБК (по типу службы скорой помощи) для массовой экспресс-диагностики и терапии среди населения [6].

## **Литература**

1. *Кравченко А.М.* Цифровой способ измерения температуры и устройство для его реализации. Патент РФ № 2344384, 20.01.2009г., Бюл. изобр. №2.
2. *Комаров Ф.И., Загускин С.Л., Рапопорт С.И.* Хронобиологическое направление в медицине: биоуправляемая хронофизиотерапия // Терапевтич. архив, N8. - 1994-С.3-6.
3. *Викулин И.М., Стафеев В.И.* Физика полупроводниковых приборов. М.: Сов. Радио, 1990г.
4. *Кравченко А.М.* Устройство для двухпозиционного регулирования температуры. Патент РФ № 2328028, 27.06.08г., Бюл. изобр. №18.

5. Загускин С.Л. Хронобиологическое направление лазерной медицины. //Новые направления лазерной медицины. Междун. конф.М.,1996. - С.296-297.
6. Кравченко А.М., Анохин А.М. Автоматизированные медико-биологические комплексы температурной экспресс-диагностики // Медицинская техника. 2010. № 2. С. 21-27.