

И.А.Гужевенко (5 курс, каф. КЭ), С.В.Ермак, к.ф.-м.н., доц.

МЕТОД НЕИНВАЗИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ КИСЛОРОДНОЙ НАСЫЩЕННОСТИ ГЕМОГЛОБИНА КРОВИ

ABSTRACT: A new scheme of medical apparatus for control haemoglobin blood level is considered in the paper.

Целью работы является разработка универсального устройства (пульсоксиметра), позволяющего измерять уровень кислородной насыщенности гемоглобина артериальной крови неинвазивным методом. Такой спектроскопический метод позволяет достаточно просто и надежно исследовать одну из основных характеристик крови человека.

Метод, используемый в пульсоксиметрии, основан на поглощении компонентами артериальной крови различных спектральных составляющих зондирующего излучения. Пульсоксиметр использует две длины волны света, испускаемого светодиодами, чтобы оценить уровень насыщенности артериальной крови. Точнее, пульсоксиметр измеряет отношение поглощения красного света (660 нм) и инфракрасного света (940 нм), обусловленных, соответственно, насыщенным кислородом гемоглобином (HbO₂) и обедненным гемоглобином (Hb). Т.к. HbO₂ и Hb по-разному поглощают излучение каждой из этих длин волн, пульсоксиметр определяет насыщенность гемоглобина кислородом, исходя из соотношения поглощения излучения на двух указанных длинах волн.

Датчик пульсоксиметра устанавливается на исследуемую область (например, на палец пациента). Основными элементами пульсоксиметра являются передатчик и приемник излучения. Также пульсоксиметр содержит в себе таймер, усилители переменного и постоянного тока.

В состав передатчика входят два светодиода, красного (R) и инфракрасного (IR) диапазонов излучения. В качестве приемника используется фотодиод. Передатчик управляется двумя сигналами R и IR. Схема передатчика включает в себя два цифро-аналоговых преобразователя, ключи управления, два усилителя тока и два светодиода. Интенсивность свечения светодиода пропорциональна напряжению на выходе ЦАП, которое соответствует цифровому коду на его входе.

Частота следования импульсов равна 50 Гц, что соответствует частоте питающей сети. Данный выбор обусловлен необходимостью компенсации влияния внешних наводок (электромагнитных, световых; синхронных частоте 50 Гц) на полезные сигналы приемного тракта.

На вход приемника поступают два сигнала R_s и IR_s. Сигналы подаются на вход усилителя постоянного тока (УПТ). Затем сигналы R_s и IR_s поступают на программируемый усилитель постоянного тока, где происходит заданное усиление сигналов и разделение постоянной и переменной составляющих сигналов R_s(DC), IR_s(DC) и R_s(AC)+IR_s(AC). Далее переменная составляющая сигналов поступает в делитель, на выходе которого имеем два канала R_s(AC) и IR_s(AC). Переменные сигналы R_s(AC) и IR_s(AC) имеют маленькую амплитуду, поэтому они поступают в усилитель переменных сигналов. Переменные сигналы, аналогично УПТ также следуют по одному каналу, усиливаются при помощи программируемого усилителя и разделяются на два канала. Эти сигналы имеют форму импульсов. Затем разделенные сигналы R_s(AC) и IR_s(AC) поступают на фильтры нижних частот, после прохождения которых получаются огибающие сигналов. Амплитуда и форма огибающих пропорциональна поглощению излучения светодиодами пульсирующей артериальной кровью.

Полученные в результате сигналы необходимы для определения кислородной насыщенности гемоглобина крови по следующей методике:

$$I_{\text{вых}}^R = I_0^R + (\alpha_R^{DC}) \cdot (\alpha_R^{AC})$$

$$I_{\text{вых}}^{IR} = I_0^{IR} + (\alpha_{IR}^{DC}) \cdot (\alpha_{IR}^{AC})$$

$$I_0^R + (\alpha_R^{DC}) = I_R^{DC}$$

$$I_0^{IR} + (\alpha_{IR}^{DC}) = I_{IR}^{DC}$$

I_R^{DC} , I_{IR}^{DC} это те постоянные сигналы, которые получены, то есть их величины известны.

$$\frac{I_{\text{вых}}^R}{I_{\text{вых}}^{IR}} = \frac{I_0^R + (\alpha_R^{DC}) \cdot (\alpha_R^{AC})}{I_0^{IR} + (\alpha_{IR}^{DC}) \cdot (\alpha_{IR}^{AC})}$$

$$\text{DC: } \frac{I_{DC}^R}{I_{DC}^{IR}} = \frac{I_0^R (\alpha_R^{DC})}{I_0^{IR} (\alpha_{IR}^{DC})}$$

$$\text{AC: } \frac{I_{AC}^R}{I_{AC}^{IR}} = \frac{I_{DC}^R (\alpha_R^{AC})}{I_{DC}^{IR} (\alpha_{IR}^{AC})}$$

$$\frac{\alpha_R^{AC}}{\alpha_{IR}^{AC}} = \frac{I_{AC}^R}{I_{AC}^{IR}} \bigg/ \frac{I_{DC}^R}{I_{DC}^{IR}}$$

Последнее соотношение – это уравнение для определения отношения переменного и постоянного сигналов. На основе указанной методики были получена зависимость (рис. 1) кислородной насыщенности от отношения сигналов светодиодов красного и инфракрасного диапазонов излучения (R/IR).

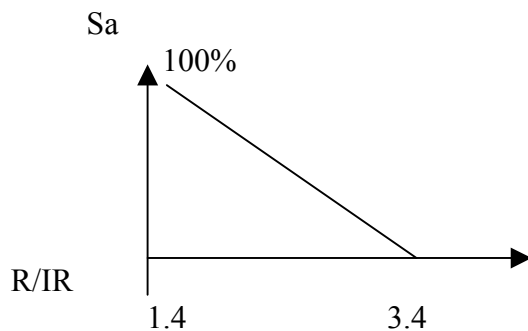


Рис.1 Зависимость кислородной насыщенности (Sa) гемоглобина от отношения сигналов R/IR.