

Датчики и электроды

- Устройства съема в медицинском аппарате: электроды
- Датчики
- Генераторные датчики
- Параметрические датчики

Устройства съема в медицинском аппарате: электроды

Электроды — это проводники специальной формы, соединяющие измерительную цепь с биологической системой. При диагностике электроды используются не только для съема электрического сигнала, но и для подведения внешнего электромагнитного воздействия (например, в реографии). В медицине электроды используются также для оказания электромагнитного воздействия с целью лечения и при электростимуляции. [2]

Многие медико-биологические характеристики нельзя «снять» электродами, так как они не отражаются биоэлектрическим сигналом: давление крови, температура, звуки сердца и многие другие. В некоторых случаях медико-биологическая информация связана с электрическим сигналом, в этих случаях используют датчики (измерительные преобразователи).

К электродам предъявляются **требования**:

- они должны быстро фиксироваться и сниматься;
- иметь высокую стабильность электрических параметров;
- не искажать сигнал;
- не раздражать биологическую ткань и т. п.

Важная физическая проблема, относящаяся к электродам для съема биоэлектрического сигнала, заключается в минимизации потерь полезной информации, особенно на переходном сопротивлении электрод-кожа. Эквивалентная электрическая схема контура, включающего в себя биологическую систему и электроды, изображена на рис. 1.3 (Эбп - э.д.с. источника биопотенциалов; r - сопротивление внутренних тканей биологической системы; R - сопротивление кожи и электродов, контактирующих с ней; $R_{вх}$ - входное сопротивление усилителя биопотенциалов).

Из закона Ома, предполагая, что сила тока на всех участках контура одинакова, имеем [3]

$$\varepsilon_{бп} = Ir + IR + IR_{BX} = IR_i + IR_{BX} \quad (R_i = r + R). \quad (1.1)$$

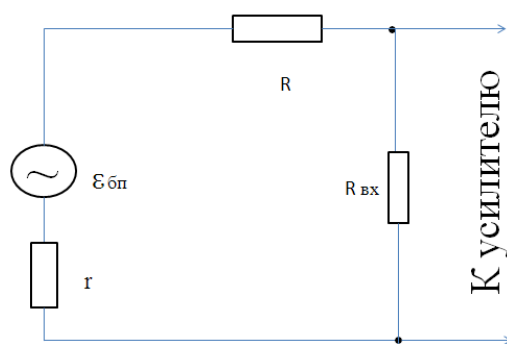


Рисунок 1.3 Эквивалентная электрическая схема контура, включающего в себя биологическую систему и электроды

□БП — ЭДС источника биопотенциалов; r — сопротивление внутренних органов; R — сопротивление кожи и электродов; R_{BX} — входное сопротивление усилителя.

Можно условно назвать падение напряжения на входе усилителя полезным, так как усилитель увеличивает именно эту часть Э.Д.С. источника. Падение напряжения Ir и IR внутри

биологической системы и на системе электрод-кожа в этом смысле бесполезно. Так как E_{bp} задана, а повлиять на уменьшение I_g невозможно, то увеличить I_R можно лишь уменьшением R и прежде всего уменьшением сопротивления контакта электрод-кожа.

Для уменьшения переходного сопротивления электрод-кожа стараются увеличить проводимость среды между электродом и кожей, используют марлевые салфетки, смоченные физиологическим раствором, или электропроводящие пасты. Можно уменьшить это сопротивление, увеличив площадь контакта электрод-кожа, т.е. увеличив размер электрода.

По назначению электроды для съема биоэлектрического сигнала подразделяют на следующие группы:

- для кратковременного применения в кабинетах функциональной диагностики, например, для разового снятия электрокардиограммы;
- для длительного использования, например, при постоянном наблюдении за тяжелобольными в условиях палат интенсивной терапии;
- для использования на подвижных обследуемых, например, в спортивной или космической медицине;
- для экстренного применения, например, в условиях скорой помощи.

В заключение рассмотрим устройство некоторых электродов.

Для снятия электрокардиограмм к конечностям специальными резиновыми лентами прикрепляют электроды - металлические пластинки с клеммами 1 (рис. 1.4), в которые вставляют и закрепляют штыри кабелей отведений. Кабели соединяют электроды с электрокардиографом. На груди пациента устанавливают грудной электрод 2. Он удерживается резиновой присоской. Этот электрод также имеет клемму для штыря кабеля отведений.



Рисунок 1.4 Устройство некоторых электродов

В микроэлектродной практике используют стеклянные микроэлектроды. Профиль такого электрода изображен на рис. 4, кончик его имеет диаметр 0,5 мкм. Корпус электрода является изолятором, внутри находится проводник в виде электролита. Изготовление микроэлектродов и работа с ними представляют определенные трудности, однако такой микроэлектрод позволяет прокалывать мембрану клетки и проводить внутриклеточные исследования.

Датчики

Датчиком называют устройство, преобразующее измеряемую или контролируемую величину в сигнал, удобный для передачи, дальнейшего преобразования или регистрации. Датчик, к которому подведена измерительная величина, т.е. первый в измерительной цепи, называется первичным.

В рамках медицинской электроники рассматриваются только такие датчики, которые преобразуют измеряемую или контролируемую неэлектрическую величину в электрический сигнал.

Использование электрического сигнала предпочтительнее, чем иных, так как электронные устройства позволяют сравнительно несложно усиливать их, передавать на расстояние и регистрировать. Датчики подразделяются на генераторные и параметрические.

Генераторные - это датчики, которые под воздействием измеряемого сигнала непосредственно генерируют напряжение или ток.

Параметрические - это датчики, в которых под воздействием измеряемого сигнала изменяется какой-либо параметр. Укажем некоторые типы этих датчиков и измеряемый с их помощью параметр:

- 1) емкостные, емкость;
- 2) реостатные, омическое сопротивление;
- 3) индуктивные, индуктивность или взаимная индуктивность.

В зависимости от энергии, являющейся носителем информации, различают механические, акустические (звуковые), температурные, электрические, оптические и другие датчики.

В некоторых случаях датчики называют по измеряемой величине; так, например, датчик давления, тензометрический датчик (тензодатчик) - для измерения перемещения или деформации и т.д.

Характеристика датчика — функциональная зависимость выходной величины α от входной X (описывается аналитически или графически).

Обычно стремятся иметь датчик с линейной характеристикой $\alpha = kX$, где k — постоянный коэффициент.

Чувствительность датчика S — отношение изменения выходной величины к соответствующему изменению входной величины:

$$S = \Delta\alpha / \Delta X.$$

Предел датчика — максимальное значение входной величины, которое может быть воспринято датчиком без искажения и без повреждения датчика.

Порог датчика — минимальное изменение входной величины, которое можно обнаружить датчиком.

При работе с датчиками следует учитывать возможные специфические для них погрешности. Причиной погрешностей могут быть:

- температурная зависимость функции преобразования;
- гистерезис - запаздывание y от x даже при медленном изменении входной величины, происходящее в результате необратимых процессов в датчике;
- непостоянство функции преобразования во времени;
- обратное воздействие датчика на биологическую систему, приводящее к изменению показаний;
- инерционность датчика (пренебрежение его временными характеристиками) и др.

В заключение отметим, что датчики являются техническими аналогами рецепторов биологических систем.

Генераторные датчики

В генераторных датчиках под воздействием измеряемой величины генерируются пропорциональные ей электрические сигналы. Активная входная величина может восприниматься непосредственно. Наиболее часто употребляемые датчики: термопары (1), тензодатчики (2), индукционные (3), полупроводниковые вентильные фотоэлементы (4). Их схемы представлены на рис. 1.

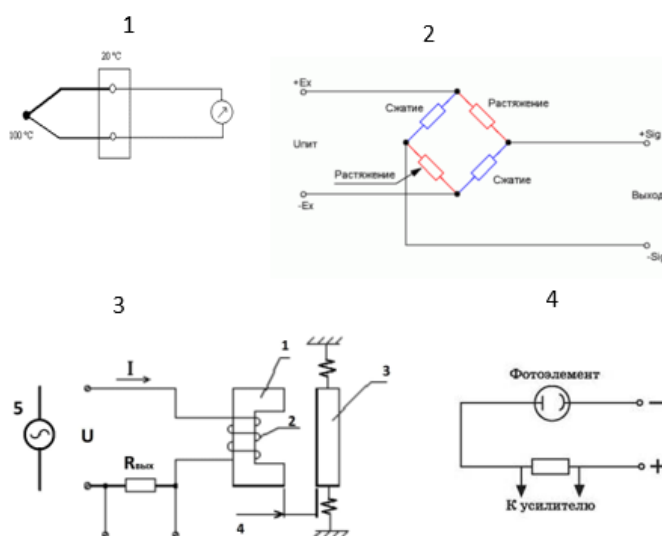


Рис.1 Примеры биоуправляемых активных датчиков

В термопарах имеются два спая, в которых соединяются два различных проводника или полупроводника. В каждом из спаев создаются контактные разности потенциалов. Суммарная разность потенциалов определяет ЭДС термопары. ЭДС пропорциональна разности температур спаев $\varepsilon = k (T_1 - T_2)$, где k зависит от типа соединяемых проводников или полупроводников.

В тензодатчиках используется прямой пьезоэлектрический эффект - при воздействии на некоторые кристаллы (кварца, титанат бария и других) внешней силой, в результате структурной поляризации, на поверхности этих кристаллов появляется разность потенциалов, пропорциональная приложенной силе.

В индукционных датчиках, при перемещении постоянного магнита относительно катушки, возникает ЭДС индукции, которая определяется по закону Фарадея $\varepsilon = -\Delta\Phi/\Delta t$. В конечном итоге ЭДС пропорциональна скорости перемещения постоянного магнита.

В полупроводниковых вентильных фотоэлементах используются кристаллы селена. Внутри селеновой пластины за счет технологии изготовления создается запирающий слой, который не пропускает основных носителей заряда. При освещении фотоэлемента в верхнем слое возникают пары электрон-дырка. За счет запирающего слоя они разделяются, и образуется фото ЭДС, пропорциональная световому потоку.

Параметрические датчики

Параметрические датчики представляют собой замкнутую электрическую цепь, в состав которой входят:

- источник постоянного или переменного напряжения,
- измерительный прибор (амперметр)
- и сопротивление R , величина которого меняется пропорционально изменению измеряемого неэлектрического сигнала организма.

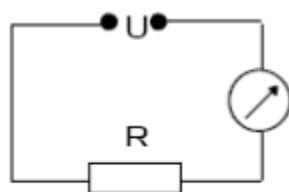


Рис.2 Схема параметрических датчиков

По закону Ома пропорционально изменяется и ток в цепи, поэтому шкала измерительного прибора градуируется в единицах измеряемой неэлектрической величины.

По виду сопротивления параметрические датчики подразделяются на следующие:

- резистивные (реостатные),
- емкостные,
- индуктивные
- контактные.

В резистивных датчиках используются:

- активное переменное сопротивление (**реостат**), движок которого перемещается пропорционально механическому перемещению органов тела человека;
- терморезистор, величина которого меняется пропорционально температуре измеряемого объекта;
- фоторезистор, его сопротивление меняется при изменении светового потока;

в качестве сопротивления можно подключать непосредственно ткани организма. В этом случае измеряется импеданс (общее сопротивление ткани переменному току).

В емкостных датчиках сопротивлением является конденсатор. Как известно емкость

$$\text{конденсатора определяется формулой } C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{4\pi d}$$

$$\text{а величина емкостного сопротивления (переменному току) } X_c = \frac{1}{\omega C}$$

(ω - циклическая частота переменного тока)

Таким образом, емкостное сопротивление будет меняться при изменении относительной диэлектрической проницаемости (ε), площади пластин (S), расстояния между пластинами (d).

Величина этих параметров меняется, либо при механическом перемещении частей тела, либо при изменении влажности и температуры среды между пластинами конденсатора.

В индуктивных датчиках принцип действия основан на изменении параметров магнитного поля, создаваемого катушкой индуктивности внутри датчика. Используется катушка с ферромагнитным сердечником. Ее индуктивность (L) зависит от магнитной проницаемости сердечника (μ), числа витков катушки (n), размеров катушки (d , l). Величина индуктивного сопротивления определяется формулой $X_L = \omega L$.

В контактных датчиках вместо сопротивления используются два контакта, которые замыкаются или размыкаются при периодическом движении, например, при изменении размеров грудной клетки при вдохе и выдохе.