# Дистанционный комплекс контроля функционального состояния

1. Анализ современных способов и устройств обеспечения дистанционного измерения параметров биологических объектов

В настоящее время непрерывно расширяется область применения методов регистрации параметров биосигналов в практических и исследовательских задачах. Современный уровень научных достижений и технологий открывает новые перспективы для создания портативных систем с дистанционным анализом. Измерения различных характеристик организма человека как: артериального пульса, давления, функций дыхания, реакции коры головного мозга на внешние стимулы, температурных аномалий внутри биологического объекта и так далее. Различие приборов заключается в способах передачи, регистрации и обработке сигнала, в среде по которой он передается. Применяющаяся аппаратуру для измерения параметров биологических объектов на расстоянии можно разделить на два прогрессивно развивающихся класса:

1.         Приборы использующиеся в медицине

2.          Приборы использующиеся спортивной медицине.

1.1 Методы дистанционной регистрации биосигналов

Способ регистрация артериального пульса и частоты дыхания. Изобретение направлено на создание надежной методики дистанционного наблюдения за процессом дыхания и пульса с использованием доплеровского локатора, основанной на регистрации микроперемещений кожи с раздельным определением параметров процесса дыхания и пульса и пригодной, например, для последующего исследования психофизиологического состояния контролируемого объекта.

Решение поставленной задачи обеспечивается тем, что в способе наблюдения за артериальным пульсом и интервалами дыхания путем регистрации перемещения тканей участка тела, обусловленных комбинированным воздействием пульсаций кровотока и дыхания, с последующим выделением посредством фильтрации полезного сигнала, дистанционно облучают кожный покров с использованием доплеровского локатора электромагнитной волной сверхвысокой частоты в диапазоне от 10 до 100 Ггц и путем разложения отраженного сигнала доплеровской частоты на квадратурные составляющие выделяют изменения его фазы. При этом из отраженного сигнала предварительно удаляют низкочастотные составляющие сигнала, обусловленные возможными перемещениями облучаемого участка, а суждение о психофизиологическом состоянии исследуемого объекта выносят на основании анализа статистического распределения кардиоинтервалов.

Дистанционная регистрация перемещений кожного покрова дает достоверную и полную информацию о процессе дыхания и состоянии сердечнососудистой системы, которое определяется на основе анализа кардиоинтервалов, регистрируемых доплеровским локатором, работающим в диапазоне частот от 10 до 100 ГГц.

При этом точность и достоверность определения микроперемещений обеспечивается в изобретении как фазометрическим методом обработки отраженного сигнала (т.к. фаза отраженного сигнала линейно связана с изменением расстояния от антенны локатора до облучаемого объекта и обладает большой крутизной характеристики) в режиме облучения объекта непрерывным монохроматическим немодулированным сигналом, так и выбором рабочей частоты, которая в заявленном СВЧ диапазоне обуславливает значительную фазовую модуляцию отраженного сигнала при изменении пульса на расстоянии до 5 м при наличии препятствий в виде одежды, постельного белья, легких ширм и т.п.

Кроме того, электромагнитное облучение на отдельных участках выбранного диапазона (от 10 до 100 ГГц), как показали медицинские исследования, могут улучшать общее самочувствие пациентов и излечивать некоторые болезни.

Наличие блока коррекции тренда повышает достоверность регистрации "дыхательного" и "сердечного" сигнала, т.к. предварительно отфильтровывает (вычитанием) из квадратурного сигнала составляющую, обусловленную случайными макроперемещениями тела или его отдельных участков, и систематическое смещение нуля.

Способ для дистанционного исследования функций дыхания. Известно, что основным методом исследования вентиляционной функции легких является спирометрический, позволяющий объективно оценить жизненную емкость легких (ЖЕЛ), минутный объем дыхания (МОД), форсированные объемы (ФЖЕЛ, ОФВ1, МВЛ, РД).

Измерить скорость воздушного потока при форсированном вдохе, величины ПОС, МОС25, МОС50, МОС75, построить кривую поток - объем позволяет пневмотахометрический метод.

Снижение функциональной активности дыхательных мышц, дискоординацию торакоабдоминальных движений может регистрировать метод магнитометрии (плоские электроды приклеиваются к коже) [1].

Техническим результатом изобретения является возможность регистрации и измерения пульсации объема во время дыхания-пульса. Результат обеспечивается вследствие того, что предварительно для каждого пациента проводится процедура калибровки, которая обеспечивает измерение, анализ параметров измеряемого пространства в параллельных слоях (в трех измерениях X, Y, Z) и служит для построения таблицы преобразования данных режима измерения в цифровые единицы объема [2].

Предлагаемый способ исследования функции дыхания-пульса заключается в следующем. Обследуемый располагается в пространстве электромагнитного поля метрового диапазона в медицинском кресле в положении сидя, с помощью экрана с матрицей датчиков (МД) производятся измерения параметров поля. Количество датчиков, размещенных в экране МД, - n, где n - 64, 128, 256. При неподвижном положении верхних и нижних конечностей, соответственно расположенных на подлокотниках и подставке для ног кресла, изменения объемов грудной клетки и живота вызывают модуляцию параметров электромагнитного поля. Экран устанавливается в пространстве (X, Y, Z) так, чтобы i-й датчик экрана регистрировал максимальный вклад биомеханики дыхания-пульса соответствующей i-й зоны поверхности исследуемого биотела (Xi, Yi, Zi), где i - 1....n, в измеряемом пространстве. Измерения выполняются экраном датчиков МД с дистанции не менее L (см) до наиболее выступающей зоны передней стенки туловища. Сигнал F(i, t) (сигнал i-гo датчика после демодуляции, фильтрации и обработки) является функцией времени, отображает биомеханику i-й зоны и зависит от настройки аппаратных средств на режим измерения дыхания, пульса или перистальтики.

          Обследуемый при дистанционной спирометрии дышит в естественной атмосфере, носовой зажим и загубник не используются. Данные, отображаемые на экране монитора, дают возможность оператору во время исследования функции дыхания более детально управлять процедурой записи пробы дыхания, что обеспечивает возможность выбора для обработки наиболее информативного цикла.

Анализ данных рентгенографии, спирометрии, радиоизотопных методов, клиники заболевания и данных дистанционного способа исследования функции дыхания позволил получить алгоритм преобразования данных патологического отставания "больной" половины грудной клетки при дыхании в соответствующее уменьшение показателей правого или левого легкого больного, что позволяет дополнить спирометрические данные объемами правого и левого легкого в отдельности, оценить вклад верхнего, среднего и нижнего отделов обоих легких с помощью гистограмм и динамических карт дыхания, регистрировать степень отклонения от нормы и место локализации патологического процесса.

Медицинская радиотермометрия. Радиотермометрия является методом неинвазивного определения температурных аномалий внутри биологического объекта (тела пациента). Она основана на законах излучения нагретых тел, справедливых и для биологических объектов. Каждое нагретое тело излучает согласно закону Планка в широком диапазоне частот, в том числе и в радиодиапазоне. В этом случае мощность излучения пропорциональна абсолютной температуре тела.

Биологические ткани являются сравнительно прозрачными для волн дециметрового диапазона, поэтому, оценив мощность излучения с помощью антенны, приложенной к поверхности кожи (антенны – аппликатура), можно судить о температуре глубинных слоев. В случае усиленного метаболизма клеток (при онкологических заболеваниях) при воспалительных процессах температура внутренних тканей повышается, на чем основаны диагностические особенности метода.

Впервые схема прибора для измерения температуры удаленных источников в радиодиапазоне была предложена Р. Дайком и носит его имя. Дайку принадлежит формула для радиометрического выигрыша:

,                                           (1.1)

где  - среднеквадратическое значение флуктуации температуры на выходе прибора; - температура шумов на входе приемника; - температура шумов объекта;  - ширина полосы пропускания высокочастотной части прибора;  - время накопления.

При используемых полосах частот  в десятки и сотни мегагерц и времени накопления  в единицы секунд радиометрический выигрыш  составляет 104... 105 раз, и шумы на выходе радиометра эквивалентны 0,05... 0,1°С.

Формула Дайка находит следующее качественное объяснение. Высокочастотный сигнал представляет собой шум, состоящий из хаотических импульсов различной амплитуды и полярности. Длительность этих импульсов обратно пропорциональна ширине полосы пропускания приемника . Постоянная времени  является периодом усреднения амплитуды импульсов и при увеличении  в процесс усреднения попадает большее число импульсов, поэтому сигнал на выходе прибора стабилизируется, и точность показаний увеличивается. Модуляция сигнала низкой частотой уменьшает влияние изменения усиления приемного тракта.

          Динамическое многоканальное радиотепловидение (ДМРТ). Исследование пространственного распределения реакций коры головного мозга на внешние стимулы позволит получить новую информации: о механизмах его функционирования. Для исследования динамики этих процессов в коре головного мозга человека пригодно ограниченное число методов, поскольку необходимо избегать применения инвазивных методов исследования, а также методов, использующих радиоактивные излучения или сильные магнитные поля. При исследованиях на животных весьма успешным оказалось применение термоэнцефалоскопни [3] — измерение температуры коры по ее собственному тепловому излучению с помощью динамического инфракрасного тепловидения. Было обнаружено, что в ответ на внешний сенсорный стимул в коре головного мозга возникают разнообразные очаги повышенной температуры, как точечные, так и распределенные, в том числе волновые режимы. Характерное, время соответствующих реакций — единицы и десятки секунд. Данный метод неинвазивен и, более того, бесконтактен, что является его несомненным достоинством. К сожалению, этот метод даже при исследованиях па животных требует снятия скальпа, что исключает его использование для изучения температурных реакций человека.

          К настоящему времени развит другой метод неинвазивного измерения температуры тканей — динамическое многоканальное радиотепловидение (ДМРТ), основанный на регистрации собственного теплового излучения тканей не в инфракрасном, а в микроволновом диапазоне частот [4]. Это позволяет измерять излучение, выходящее с глубины до нескольких сантиметров, интенсивность которого, определяется абсолютной температурой в указанном слое ткани. Съем информации осуществляется посредством контактных антенн, установленных на поверхности тела. В силу конструктивных особенностей метод ориентирован на измерение не абсолютной температуры, а динамики ее изменения по всей исследуемой области. Данный метод применялся для исследований в онкологии [5]. С его помощью было показано, что при глюкозном тесте происходит значительный разогрев в области, где расположена опухоль или ее метастазы. Первые исследования подтвердили, что этот метод окажется эффективным для изучения реакций коры головного мозга человека.

          Реокардиомониторные системы. На сегодняшний день наибольшее распространение среди систем удаленного мониторинга в кардиологии получили носимые ЭКГ-мониторы. В то же время отмечается абсолютное отсутствие аппаратуры для дистанционного анализа импедансных реограмм, что объясняется, с одной стороны, технической сложностью импедансных измерительных преобразователей и сравнительно недавним внедрением доступных средств автоматизации диагностических процедур, а с другой - проблемами методического и алгоритмического характера, особенно проявляющимися в условиях естественной подвижности и изменяющегося положения тела пациента.

Учитывая сложившиеся обстоятельства на рынке телемониторных систем диагностики, а также близость областей применения систем дистанционного анализа ЭКГ и реографии, рассмотрим основные типы существующих ЭКГ-мониторов.

Широкое использование электрокардиографии в медицинской практике и разнообразие условий, в которых может потребоваться кардиологическая помощь, создали базу для развития различных технологий дистанционного анализа ЭКГ. Классификация последних представлена в таблице 1.1.

Таблица.1.1 - Классификация методов дистанционного анализа ЭКГ

|  |  |
| --- | --- |
| Классификационный признак | Известные варианты реализации |
| 1 | 2 |
| Среда передачи | Радиоканал с малым радиусом действия Радиоканал с большим радиусом действияТелефонные линии общего пользования Выделенные проводные линии |
| Методы передачи | АналоговыеЦифровые |
| Число одновременно передаваемых сигналов | ОдноканальныеМногоканальные |
| Характер приемного оборудования | Специальное оборудование приемногоСтандартные устройства общего оборудования назначения (факс, твейджер) |

В настоящее время наибольшее распространение получили системы передачи ЭКГ по телефону, что обусловлено повсеместной доступностью и относительной дешевизной проводной телефонной связи.

          Радиоканальные системы используются реже, однако их достоинство неоспоримо, когда необходимо обеспечить естественную мобильность передающей стороны при длительном мониторировании в реальном времени активно перемещающихся пациентов (системы с малым радиусом действия) или при поддержке мобильных бригад скорой помощи (системы с большим радиусом действия).

          Система дистанционного мониторинга параметров центральной гемодинамики согласно рисунку 1.1 включает в себя носимый пациентом 1 портативный реокардиомонитор с приемопередатчиком 2, осуществляющий измерение и передачу реограмм и электрокардиограмм с единой электродной системы, а также центральный монитор 3 и базовую станцию 4, обеспечивающие прием, обработку и визуализацию полученных данных в реальном масштабе времени. Разработанный радиотелсметрический протокол с временным разделением каналов позволяет мониторировать одновременно до четырех пациентов.

Рисунок 1.1 - Биорадиотелеметрическая реокардиомониторная система

          В канале импедансного измерительного преобразователя применена новая технология формирования трехуровневых зондирующих токов и стробируемого синхронного детектирования. Синтез трехуровнего зондирующего тока, управление синхронным детектированием и аналого-цифровым преобразованием, формирование радиотелеметрического протокола осуществляет микроконтроллер AT90S1200. Основные достоинства, определившие выбор данного микроконтроллера, - возможность работы от напряжения 3В с целью снижения потребляемого модулем тока, высокая производительность (при тактовой частоте 7,4 МГц время выполнения одной команды от 135 нс), развитая система команд, а также доступные и удобные средства проектирования и отладки [4].

          Технически новым решением для разработанного реокардиомонитора является нормирующий фильтр-усилитель на выходе синхронного детектора представленный на рисунке 1.2, который позволяет использовать один канал для полного реографического сигнала, не разделяя его на базовый импеданс и пульсовую составляющую реограммы, тем самым сокращены аппаратные затраты и количество передаваемых каналов. Кроме того, повышение частоты среза аналоговых фильтров верхних частот до 1,8 Гц с последующей программной коррекцией линейных частотных искажений сигналов дает возможность применения удовлетворяющих требованиям компактности конденсаторов с меньшими размерами.

Рисунок 1.2 - Нормирующий фильтр-усилитель

          Система аналого-цифрового сбора данных реализована на четырехканальном 16-разрядном АЦП последовательных приближений AD974, имеющем встроенный источник опорного напряжения, входной мультиплексор, устройство выборки-хранения и последовательный цифровой интерфейс. Данная микросхема может функционировать от одного источника питания 5В и имеет режим пониженного потребления.

Использование 16-разрядного АЦП позволяет увеличить допустимый размах входных, сигналов в 16 раз по сравнению с ранее применяемым 12-разрядным АЦП, что значительно снижает вероятность искажения реограммы свободно перемещающегося пациента в силу ограниченного динамического диапазона АЦП.

Достоинства: исключение «привязки» обследуемого к диагностической аппаратуре обеспечивает естественную подвижность пациента при выполнении им функциональных проб, тестовых профессиональных операций и других диагностических, профилактических и лечебных мероприятий, улучшает качество жизни пациентов, и в то же время позволяет врачу оперативно получать объективную картину состояния сердечно-сосудистой системы, применение для обработки полученной информации компьютера, высокая скорость передачи данных, возможность одновременного мониторинга нескольких пациентов.

Недостатки: ограниченный ресурс автономного источника питания, аналоговые фильтры инфранизких частот содержат крупногабаритные компоненты, что не удовлетворяет требованиям портативности, в условиях, естественной подвижности пациента существует вероятность искажения диагностических реограм.

1.2 Приборы для дистанционной регистрации биосигналов

Устройство регистрация артериального пульса и частоты дыхания. Логический блок анализа сигналов, выполненный на базе ЭВМ с высокой степенью точности и надежности, автоматически обрабатывает квадратурные составляющие, выделяя фазу отраженного сигнала и раздельно регистрируя параметры процесса дыхания и пульса. На рисунке 1.3 представлена блок-схема устройства для доплеровской локации.

Наблюдение за артериальным пульсом и процессом дыхания для исследования психофизического состояния осуществляется следующим образом. Деятельность сердечнососудистой системы и дыхание оказывают комбинированное воздействие на кожный покров, проявляющееся в виде колебательных микроперемещений кожи. Для получения информации о параметрах процесса дыхания и пульса определяют микроперемещения кожного покрова путем его облучения с использованием доплеровского локатора электромагнитной волной сверхвысокой частоты в диапазоне от 10 до 100 ГГц. При этом выделяют изменение фазы  отраженного сигнала (которое линейно связано с изменением расстояния до облучаемого объекта), путем его разложения на квадратурные составляющие sin и cos, корректировки (фильтрации путем вычитания низкочастотного тренда) и преобразования синусной ( и косинусной ) квадратурных составляющих сигнала в аргумент его фазы  вычисляемый в блоке выделения фазы как арктангенс отношения квадратурных составляющих сигнала в аргумент его фазы., вычисляемый в блоке выделения фазы как артктангенс отношения квадратурных составляющих . Затем из полученного непрерывного сигнала, характеризующего изменение фазы  за счет перемещения отражающего объекта (т.е. облучаемого участка кожи), выделяют составляющие процессов дыхания и пульса, регистрируют параметры процесса дыхания (в виде кривой дыхательной экскурсии) и пульса (в виде кардиоинтервалов) и по ним оценивают психо-физиологическое состояние исследуемого объекта, используя известные в медицине методики.

Рисунок 1.3 - Устройство регистрация артериального пульса и частоты дыхания

1 - СВЧ-генератор; 2 – вентиль; 3 - направленный ответвитель; 4 - передающую антенну; 5 - блок выделения квадратурных составляющих, доплеровского сигнала, 6 - приемную антенну; 7 - блок фильтрации; 8 - блок обработки; 9,10 – делители; 11,12 - балансные смесители; 13 – фазовращатель; 14,15 - предварительные усилители доплероских частот; 16 - блок выделения фазы; 17 - блок анализа фазы сигналов, который включает блок выделения сигнала о частоте дыхания 18 и блок выделения пульсового сигнала.

Устройство работает следующим образом. Облучение пульсирующего органа (участка поверхности кожи) осуществляется передающей антенной 4. выполненной, например, в виде конического рупора с узкой диаграммой направленности основного лепестка, сигнала сверхвысокой частоты в диапазоне от 10 до 100 ГГц на которую поступает: от передающего СВЧ-генератора 1 через вентиль 2 и направленный ответвитель 3. Отраженный сигнал, содержащий доплеровскую частоту, модулированный периодическими процессами биения пульса (кровотока) и дыхания, воспринимается приемной антенной 6 и поступает на вход блока 5 к делителю 10, который разделяет его на две равные части и направляет на входы балансных смесителей 11 и 12 квадратурных каналов. Опорный сигнал, ответвленный направленным ответвителем 3 от излучаемого сигнала с передающего генератора 1 после вентиля 2, поступает на делитель 9, где разделяется, аналогично делителю 10, на две части, одна из которых направляется на второй вход балансного смесителя 11. а другая через фазовращатель 13 - на второй вход балансного смесителя 12. Квадратурные составляющие доплеровского сигнала с выходов балансных смесителей 11 и 12 поступают на идентичные предварительные усилители доплеровской частоты 14 и 15, где они усиливаются до необходимой величины и затем поступают на блок фильтрации 7, который удаляет низкочастотные смещения относительно нулевого уровня, обусловленные случайными перемещениями облучаемого объекта. С выхода блока коррекции тренда 7 сигналы поступают на блок 16, где преобразуются в текущую фазу  отраженного сигнала.

Логический блок анализа 17 состоит из блоков 18 и 19 и обеспечивает выделение составляющих процесса дыхания и пульса и их регистрацию путем обработки сигнала в следующей последовательности. В блоке 18 происходит выделение "дыхательной" компоненты из сигнала текущей фазы ( характеризующего колебательный процесс микроперемещений кожного покрова, путем нелинейной фильтрации и регистрации кривой дыхательной экскурсии, а в блоке 19 из сигнала текущей фазы  удаляют "дыхательную" компоненту.

Устройство для дистанционного исследования функций дыхания. Устройство работает следующим образом. Обследуемый располагается в пространстве электромагнитного поля, источником которого является высокочастотный генератор с излучающей пластиной, в медицинском кресле в положении сидя. Пациент расслабляется, снимает напряжение, привыкает к позе. Установка экрана МД производится с помощью подъемника, во время процедуры установки и осуществляется в ручном или автоматическом режиме под управлением сигналов, поступающих с выхода ЦАП преобразователя на вход блока управления системы наведения. Измерения выполняются экраном датчиков МД с дистанции не менее 3 - 10 см до наиболее выступающей зоны передней стенки. На поверхности матрицы датчиков образуется рельеф, обладающий избирательными и фильтрующими свойствами, параметры которого зависят от роста, пола, веса и конституции обследуемого. Сигнал с i-ro датчика после демодуляции и фильтрации с помощью блока детекторов поступает на мультиплексор, с выхода мультиплексора на вход усилителя канала. Частота дискретизации, поступающая на управляющий вход мультиплексора, задается генератором известной схемы фазовой автоподстройки частоты ФАПЧ, опорной частотой ФАПЧ является частота сети - 50 Гц. С помощью ФАПЧ достигается компенсация сетевых помех и наводок на канал связи. Аналоговые сигналы с выхода канала поступают на вход АЦП преобразователя с частотой преобразования не менее 100 кГц, с выхода которого подаются на вход IBM-PC

Программное обеспечение состоит из программных модулей, реализующих соответствующие этапы сбора, обработки, отображения и документирования данных обследования пациентов [7].

Медицинский радиотермометр РТМ-01-РЭС. Рассмотрим построение диагностического медицинского радиотермометра РТМ-01-РЭС предназначенного для измерения внутренней (глубинной) температуры тканей по их естественному тепловому излучению в микроволновом диапазоне и измерения температуры кожных покровов по их тепловому излучению в инфракрасном диапазоне.

          Радиотермометр является модуляционным нуль-радиометром со скользящей схемой компенсации отражений между биообъектом и антенной прибора. Упрощенная схема аппаратуры показана на рисунке 1.4.


# Рисунок 1.4 - Упращенная схема комплекса РТМ-01-РЭС

1 – антенна; 2 – выключатель; 3 – циркулятор; 4 – радиометр; 5 – нагреваемый резистор; 6 – генератор опорного напряжения; 7 – усилитель; 8 – переключатель режимов; 10 – инструментальный усилитель; 11 – аналого-цифровой преобразователь; 12 – процессор; 13 – монитор; 14 – принтер.

В состав аппаратуры входят: антенна (аппликатор), радиодатчик, датчик температуры кожи, блок обработки информации, персональная ЭВМ (ПЭВМ). Измерение внутренней температуры производится контактным способом. При этом антенна прикладывается к коже пациента на проекции исследуемого органа или его части.

Мощность шумового сигнала в радиодиапазоне, поступающая на вход антенны, можно определить по формуле:

,                                                     (1.2)

где K – постоянная Больцмана (1,38-10-23 Дж/град); Т - усредненная температура внутренних тканей (градусы Кельвина); В - полоса частот радиоприема (Гц);  - излучательная способность.

При полосе частот В = 100 МГц (108Гц) и температуре тканей 310 К эта мощность составляет примерно 4 -1013 Вт.

На этом фоне необходимо измерять изменение температуры в 0,1 К, т.е. изменение мощности примерно на 10 16Вт.

Указанная величина чрезвычайно мала и может быть измерена только при использовании специальных методов приема и обработки сигналов. Мощность излучения строго пропорциональна температуре тела, поэтому она может определяться при прочих неизменных условиях в градусах температуры.

Непосредственно за антенной установлен выключатель 2, который переключается из замкнутого в разомкнутое состояние 1000 раз в секунду. При замкнутом состоянии переключателя сигнал проходит через плечи а – в циркулятора и усиливается в радиометрической части прибора 4. При разомкнутом состоянии выключателя 2 в плечо с циркулятора 3 поступают шумы от нагреваемого резистора 5, которые отражаются от выключателя 2 и через плечи а – в циркулятора 3 также попадают на вход радиометра 4. В радиометре происходит усиление сигналов и сравнение их мощности (температуры) при двух положениях переключателя 2. Напряжение, пропорциональное разности температур ткани и нагреваемого резистора 5, нагревает или охлаждает резистор до тех пор, пока указанные температуры не сравняются.

Нагреваемый резистор представляет собой тонкую керамическую пластину малой площади. На внешней стороне пластины нагреваемый резистор выполнен в виде миниатюрного пленочного элемента. Этот резистор имеет сопротивление 50 Ом и согласован с плечом с циркулятора.

Таким образом, измерение внутренней температуры тканей заменяется измерением температуры нагреваемого резистора, что упрощает построение аппаратуры. На нагреваемом резисторе установлен преобразователь температура-напряжение. Напряжение с выхода преобразователя поступает на усилитель 7 и далее на переключатели режимов 8, а затем на аналого-цифровой преобразователь 11, служащий для связи с ПЭВМ.

В ПЭВМ, состоящей из процессора 12, монитора 13 и принтера 14, осуществляются следующие операции:

¾ фиксация данных пациента;

¾ фиксация анамнеза;

¾ фиксация данных измерений температуры, привязанных к позиции датчиков.

Данные по температуре обрабатываются и могут быть отображены на мониторе или принтере в виде термограммы или в виде поля температур.

          Таким образом, рассмотрено устройство и принцип действия компьютеризированного радиотермометра РТМ-01-РЭС. Аппарат обладает долговременной стабильностью показаний. Благодаря специальным схемам он может работать при значительном изменении температуры окружающей среды. Введение устройства выборки - хранения убыстряет процесс измерения, особенно при скрининговых исследованиях.

Радиотермограф “РАСКАТ”. В экспериментальных исследованиях использовали многоканальный радиотермограф РАСКАТ, разработанный совместно ИРЭ РАН и НПО ВЕГА-М.

Этот прибор представляет собой аппаратно-программный комплекс, состоящий из высокочувствительного приемника дециметрового диапазона волн (радиометра), комплекта антенн-аппликаторов (по числу каналов) с устройствами крепления на голове и теле человека, персонального компьютера типа IВМ и пакета программного обеспечения.

Передача информации с радиометра на компьютер осуществляется в цифровом виде через стандартный порт RS-232. В приборе предусмотрен светодиодный контроль качества установки антенн-аппликаторов на теле (голове) человека. Имеются датчики температуры кожи под антеннами и датчик комнатной температуры.

С учетом постоянной времени интегрирования минимальный период исследуемых процессов составлял 40 с.

Исследования проводили в экранированной камере фирмы "Belling & Lee", обеспечивающей ослабление радиопомех более 100 дБ. Антенны-аппликаторы устанавливались на голове испытуемого в соответствии с международной системой отведений при электроэнцефалографии 10 — 20. В первые 10 мин записывалось "фоновое" распределение температур, после чего давалась команда на начало физиологического теста. После окончания теста запись продолжалась еще 10 мин.

Для радиотермографии "изображение" синтезируется следующим образом: перед началом сеанса на экран дисплея выводится сменная маска исследуемого объекта — голова человека представленная рисунке 1.5, в соответствии с которой производятся расстановка антенн-аппликаторов и дальнейшая привязка получаемой информации к изображению объекта.

Рисунок 1.5 - Маска головы

Полученные от всех антенн сигналы интерполируются по поверхности исследуемого участка, и результат интерполяции налагается на маску. Затем можно выбрать "кадр", относительно которого будут наблюдаться изменения температурных полей при различных физиологических пробах, и выровнять по нему температурное поле. Таким образом, получаемые карты температурных полей показывают относительные изменения глубинной температуры, вызванные внешним воздействием на организм человека.

1.3 Приборы использующееся в спортивной медицине

          Портативный прибор биоуправления физической тренировкой “Вектор”. Выпускается в республике Беларусь научно-производственным предприятием “Биомедицинская инженерия Медиор”. Прибор предназначен для программируемого управления физической тренировкой и последующего анализа реальной функциональной нагрузки.

 Прибор закрепляется на поясе спортсмена, мягкие электроды устанавливаются на грудную клетку для контроля динамики частоты сердечных сокращения (ЧСС). Управление осуществляется звуковым сигналом на основе сравнения текущего значения ЧСС с заданными и изменяющимися во времени границами.

Область применения: спорт высших достижений, оздоровительная физическая культура, реабилитация.

Функции и возможности прибора:

- программирование различных форм функциональных нагрузок в виде временной зависимости допустимых границ частоты пульса спортсмена.

- цифровая индикация и накопление мгновенных или усредненных значений ЧСС в процессе тренировки.

- работа в режиме секундомера и индикация объема заполнения ОЗУ.

- программная обработка накопленных данных, распечатка протоколов планирования и выполнения тренировки.

Многоканальный радиотелеметрический комплекс для оперативного контроля функционального состояния группы спортсменов “Прогрес”. Выпускается в республике Беларусь научно-производственным предприятием “Биомедицинская инженерия Медиор”. Комплекс предназначен для наблюдения в реальном времени динамики параметров кардиореспираторной системы группы спортсменов (4, 8, 16, и более человек) в ходе проводимых тренировок.

Функции комплекса: ввод служебной информации (анкетирование спортсменов, установка режимов контроля), тестирование системы, непрерывная регистрация частоты сердечных сокращений (ЧСС), частоты дыхания (ЧД), расчет и графическое представление динамики статических показателей (моды, амплитуды моды, индексов напряжения) и других параметров состояния спортсменов, распечатка групповых и персональных протоколов функциональной нагрузки, возможность внесения тренером отметок событий и графики регистрируемых данных по ходу тренировки.

В наше время появляется масса случаев в необходимости применения беспроводной передачи биосигналов. В этом направлении разрабатываются различные приборы для дистанционной диагностики таких параметров как: артериального пульса и давления, функций дыхания и работу сердца, температурных аномалий внутри биологического объекта. В связи с этим целесообразно углубленное изучение этой проблемы.

В данном дипломном проекте на базе электрического кардиографа РПС-1 будет разработано методическое и аппаратное обеспечение для снятия различных биосигналов на расстоянии, что позволит изучить принципы дистанционной диагностики.

Электрический кардиографа РПС-1 предназначен для радиоприема, усиления и преобразования сигналов от радиопередатчика РПД-1.

Недостатки: отсутствие интерфейса не позволяет подключить прибор к компьютеру, т. е. не возможно хранение, запоминание и быстрая обработка поступающей информации, малый радиус действия.

2 Анализ технического задания, описание структурной схемы устройства

2.1 Анализ технического задания

1. Для выполнения дипломного проекта, в качестве задания был дан прибор электрический кардиограф РПС-1 с характеристиками:

-  полоса пропускания приемника от 5 до 7 кГц;

-  полоса пропускания фильтра дешифратора 600 Гц;

-  скорость развертки осциллоскопа 12,5; 25; 50 мм/с;

## -  нелинейность развертки осциллоскопа не более 10%;

-  питание 200 В, 50 Гц.

2. Информация, поступающая с электрического кардиографа, должна передаваться в цифровом виде через устройство сопряжения на ЭВМ.

-      многофункциональность;

-      иметь до 25 каналов для входных данных;

-      подключение к компьютеру через параллельный порт;

-      малогабаритность;

-      легкая съемка и установка;

-      полная изоляция по питанию

3. Обработка и вывод информации на ЭВМ.

4. Для измерения параметров прибора, а так передаваемого сигнала необходимо разработать схему проведения лабораторной работы. Выбрать приборы для измерения:

-      низкочастотный генератор для симуляции низкочастотного сигнала;

-      источник питания для передатчика;

-      осциллограф для наблюдением за сигналом проходящим через электрический кардиограф.

2.2 Описание структурной схемы устройства

Дистанционный комплекс контроля состояния состоит из передатчика и радиоприемника.

Передатчик имеет два электрода: сигнальный и пассивный. Сигнальный электрод крепится в активной зоне, а пассивный электрод является общим. Электроды снимают сигнал, который передается по радиоканалу при помощи антенны на электрический кардиограф с частотой 27,12 МГц.

Электрический кардиограф состоит из приемника, дешифратора, детектора, усилителя, усилителя вертикального отклонения, электронно-лучевой трубки, задающего генератора горизонтальной развертки, источника питания, высоковольтного блока питания, блока сопряжения с компьютером, компьютер, индикатор. Блок – схема радиоприемника представлена на рисунке.2.1.

Рисунок 2.1 - Структурная схема дистанционного комплекса контроля функционального состояния

1 – приемник; 2 – дешифратора; 3 – детектора; 4 – усилителя; 5 – усилителя вертикального отклонения; 6 – электронно-лучевой трубки; 7 – задающего генератора горизонтальной развертки; 8 – источника питания; 9 – высоковольтного блока питания; 10 – индикатор; 11 – устройство сопряжения; 12 – компьютер.



# Рисунок 2.2 - Структурная схема приемника

Структурная схема приемника представлена на рисунке 2.2. Усилитель высокой частоты, который предназначен для усиления радиосигнала, принимаемого штыревой антенной. Преобразователи частоты ПЧ-1 и ПЧ-2 предназначены для преобразования высокочастотного сигнала в первую и во вторую промежуточную частоту. Усилитель первой и второй промежуточной частоты УПЧ-1 и УПЧ- 2 предназначены для усиления сигнала первой и второй промежуточной частоты, и получения необходимой частоты пропускания приемника. На печатной плате УПЧ-2 выполнена схема автоматической регулировки усиления, которая обеспечивает автоматическое изменение усиления усилителя высокой частоты УВЧ в зависимости от величины входного сигнала. ЧД - детектор предназначен для преобразования высокочастотного сигнала, модулированного по частоте, в импульсную последовательность.

Приемник выполнен по супергетеродинной схеме с двойным преобразованием частоты для повышения чувствительности и избирательности, а так же для помехозащищенности системы.

Дешифратор 2 предназначен для выделения из последовательности импульсов, модулированных по частоте, первой гармонической составляющей и ее последующего преобразования. Структурная схема дешифратора показана на рисунке 2.3.

Усилитель предназначен для усиления сигнала поступившего с приемника. Усилитель-ограничитель предназначен для усиления импульсом, ограниченных по амплитуде на уровне 30 мВ. Это позволяет значительно улучшить помехозащищенность системы. Полосовой фильтр выделяет из импульсной последовательности, модулированную по частоте, первую гармоническую составляющую. Эмиттерный повторитель служит для согласования выходного сопротивления фильтра и входного сопротивления формирователя импульсов, предназначенного для формирования импульсов прямоугольной формы из синусоидального сигнала.

Рисунок 2.3 - Структурная схема дешифратора

1 – усилитель; 2 – усилитель-ограничитель; 3 – эмиттерный повторитель;

4 – полосовой фильтр; 5 - эмиттерный повторитель; 6 – формирователь.

          Детектор 3 предназначен для выделения низкочастотного сигнала и подавления побочных продуктов преобразования. Структурная схема детектора представлена на рисунке 2.4.

Рисунок 2.4 - Структурная схема детектора

1 – ждущий мультивибратор; 2 – частотно-импульсный детектор; 3 – фильтр низких частот.

Ждущий мультивибратор 1 обеспечивает на выходе импульсную последовательность постоянной амплитудой, строго постоянной длительностью и скважностью q=10. Все эти факторы обеспечивают четкую работу частотно-импульсный детектора 2, который преобразует импульсную последовательность в низкочастотный сигнал. Фильтр низких частот 3 подавляет частоты побочных продуктов преобразования после детектирования и тактовую частоту 3500 Гц.

          Усилитель 4 служит для усиления низкочастотного сигнала и подавления помехи с промышленной частотой 50 Гц.

Усилитель вертикального отклонения 5 и генератор горизонтальной развертки 7 обеспечивают соответственно вертикальную и горизонтальную развертку луча на экране ЭЛТ 6.

Источник питания 8 обеспечивает стабилизированным питанием все узлы и блоки радиоприемника, высоковольтный блок питания 9 обеспечивает питание электронно-лучевой трубки 6.

Индикатор 10 обеспечивает подстройку поднесущей частоты.

Блок сопряжения 11 служит для сопряжения радиоприемника с компьютером 12, который обеспечивает быстрое отображение и обработку информации поступающей от электрического кардиограф.

3. Разработка устройства сопряжения

          Устройство сопряжения предназначено для подключения различных электрических устройств к компьютеру. В нашем случае необходимо подключить к компьютеру электрический кардиограф. В соответствии с заданием на ДП устройство сопряжения должно соответствовать следующим требованиям:

-      многофункциональность;

-      иметь до 25 каналов для входных данных;

-      подключение к компьютеру через параллельный порт;

-      малогабаритность;

-      легкая съемка и установка;

-      полная изоляция по питанию.

Двадцать пять входных каналов необходимо для передачи данных в компьютер от различных устройств, датчиков и так далее, которые в перспективе могут быть подключены к ЭВМ при выполнении других работ по разным дисциплинам. Главным условием при проектировании устройства сопряжения - это его совместимость с другой аппаратурой и многофункциональность.

3.1 Разработка электрической принципиальной схемы устройства сопряжения

          На плату сопряжения через разъем (Х1) может подаваться до 25 сигналов. Выборка адреса подаваемого сигнала осуществляется аналоговыми коммутаторами, собранными на микросхемах К561КП1. Функциональная схема микросхемы состоит из общей схемы управления (дешифратор 2х4) и двух синхронно работающих групп ключей, по четыре ключа на каждый.

          Управление микросхемой осуществляется по двум адресным входам 9,10 и входу выбора микросхемы 6. При подаче на вход 6 высокого уровня каналы закрываются. При наличии низкого уровня на входе 6 любой из 4 возможных комбинаций значений на входах 9,10 соответствует один открытый канал в каждом мультиплексоре одновременно. Вход 6 имеет наибольший приоритет из всех видов управления.

          В мультиплексоре использована модифицированная схема ключа, благодаря которому сопротивление открытого канала имеет малую зависимость от изменения входного сигнала в диапазоне коммутируемых напряжений, лежащих в диапазоне между значениями напряжения питания на входах 7 и 16. Поскольку сопротивление открытого канала мультиплексора зависит от его напряжения питания (минимально ), то выберем для питания мультиплексора напряжение 12В, которое можно взять от приемника дистанционного комплекса контроля функционального состояния и при котором обеспечивается достаточно малое сопротивление открытого канала.

          Выбранный по адресу сигнал поступает на систему операционных усилителей, собранных на микросхемах КР140УД708.

Каскад на транзисторе VT1 (КТ315) собранный по схеме с общим эмиттером, обеспечивает необходимую подстройку по питанию для стабильной работы операционных усилителей. Система операционных усилителей усиливает сигнал до уровня, который необходим для нормальной работы АЦП.       Аналого-цифровой преобразователь выполнен на микросхеме К1107ПВ2. Представляет собой восьмиразрядный аналого-цифровой преобразователь с частотой 20МГц. Назначение выводов представлена в таблице 5.1.

# Таблица 5.1 - Назначение выводов АЦП К1107ПВ2

|  |  |
| --- | --- |
| Номер вывода | Назначение вывода |
| 1 | 2 |
| 11 | Опорное напряжения 1 |
| 1 | 2 |
| 13,15,16,18,20 | Вход (аналоговый сигнал) |
| 14,19172228,4329,4232…35,37…4036,4047…501…10,12,21,23…27,31,51…64 | Общий (аналоговая “земля”)Вывод корректировки нелинейностиОпорное напряжение2Питание1Общий (цифровая “земля”)Выводы 8…5, 4…1Управление выходным кодамПитание2Незадействованные |

          Работой АЦП управляет один тактовый сигнал. Выборка производится через 10…22 нс после прохождения переднего фронта тактового сигнала. Кодирование происходит после прохождения заднего фронта тактового импульса, а результат, полученный в процессе кадрирования, передается в выходной регистр одновременно с передним фронтам очередного такового импульса. Задержка цифрового выхода  не превышает 50 нс. Это дает возможность передним фронтом очередного тактового импульса произвести следующую выборку, т.е. в момент, когда на выходе микросхемы получается результат n –ой выборки на входе производится n + 2 выборка, а результат n + 1 выборки хоронится в промежуточной степени.

          Минимальная длительность импульса  и паузы между импульсами , определяемые длительностью переходных процессов в отдельных ступенях АЦП в заданном диапазоне рабочих температур, определяют тактовую частоту (fcmax>20 МГц). [8]

          Каскад на транзисторах VT2 и VT3 (КТ301) собранный по дифференциальной схеме обеспечивают стабильное питание для нормальной работы АЦП.

Управлением АЦП и выборкой адреса на аналоговых коммутаторах осуществляется компьютером через однокристальное программируемое устройство ввода/вывода параллельного типа выполненного на микросхеме КР580ВВ55А. Содержит три канала ввода/вывода: А, В и С и может работать в одном из трех режимах:

1. Режим 0 – простой ввод/вывод;

2. Режим 1 – стробируемый ввод/вывод;

3. Режим 2 – двунаправленный канал.

Необходимый режим задается предварительной записью в БИС управляющего слова. Режим работы каналов можно изменять как в начале, так и в процессе выполнения программы, что позволяет обслуживать различные периферийные устройства в определенном порядке с помощью одной БИС К580ВВ55А. Режимы работы каналов А и В могут быть установлены различными одновременно.

Рассмотрим каждый из ее узлов. Входные/выходные формирователи канала данных представляют собой двунаправленные буферы, выходы которых имеют третье состояние “выключено”. Буферы предназначены для приема управляющих слов и данных на внутреннею магистраль КР580ВВ55А и для выдачи на магистраль системы информации состояния и данных от внешних устройств.

Содержание 7-разрядного регистра управляющего слова определяет режим работы и направления передачи каждого из каналов ввода/вывода. В этом регистре можно только записывать информацию. Схема выбора канала предназначена для формирования сигналов управления внутренними и внешними передачами данных, управляющих слов и информации состояния. Регистры каналов А, В, С и выходные формирователи предназначены для подключения внешних устройств ввода/вывода к магистрали данных МП. Схемы управления каналом С поваляет программным способом изменять состояние любого разряда регистра С.[9]

          В нашем случае устройство ввода/вывода работает в режиме 0. Простой ввод/вывод данных по трем 8-разрядным каналам, причем канал С разбит на два 4-разрядных канала. При работе схемы в этом режиме никаких дополнительных сигналов управления не требуется.

          Управление микросхемой ввода/вывода осуществляется ЭВМ через микросхемы КР1533ЛН1 и КР1355ЛА2. С выхода КР1355ЛА2 на вход CS микросхем ввода/вывода подается логический 0 или 1, что включает или выключат ее.

          Транзисторные оптопары (АОТ123А) предназначены для управления выборкой адреса (U2…U8) с разъема (Х1) и передачи информации поступающей по измерительному каналу (U1). Они осуществляют так же полную развязку схемы от ЭВМ по питанию.

          Полная развязка по питанию предназначена для предотвращения перегорания дорогостоящих элементов схемы и компьютера. При превышении напряжения предельно допустимого значения напряжения или пробивания напряжения на корпус, автоматически прекращается выборка адреса на мультиплексорах (К561КП1) или транзисторная оптопара перегорает, что приводит к автоматическому отключению платы сопряжения от сети питания.

          Устройство сопряжения подключается к компьютеру через штыревой разъем (Х2).

3.2 Электрический расчет устройства сопряжения

          В устройстве сопряжения используется АЦП параллельного действия К1107ПВ2, имеющий в время преобразования 100 нс и максимальную частоту преобразования 20 МГц. Назначения выводов приведены выше в таблице 5.1.

          Транзисторы VT2, VT3 служат для преобразования напряжения – 12В до уровней необходимых для подачи на входы 47 – 50, 22 АЦП. Нужный уровень напряжения определяется положениям движков резисторов R17, R18. Ток, потребляемый микросхемой на входах 47 – 50 равный 35мА. Для этого в базах этих транзисторах должен протекать ток:

,                                                     (3.1)

 (мА),

,                                                (3.2)

.

для обеспечения такого тока  ток через резисторы r16, r17 должен быть равен , т. е. r16 = r17 = 12в/. при таких условиях на эмиттеров этих транзисторов будет повторяться напряжение, присутствующее на среднем выводе резисторов R16, R17.

          на вход ацп должно подаваться напряжение –2…0 в. это напряжение должно обеспечиваться операционным усилителем (оу) da3. коэффициент усиления da3 задается резисторами r20, r18. резистор r19 выбирается равным 10 ком исходя из технических условий по применению оу данного типа и служит для установки нулевого уровня. так как резистор r20 переменный, то мы можем плавно регулировать коэффициент усиления данного усилителя. оу включен по неинвертирующей схеме. отсюда следует, что коэффициент усиления:

,                                        (3.3)

.

          Для работы оптопары необходимо обеспечить определенный ток. этот ток обеспечивается оу da2, в котором диод оптопары включен в цепь обратной связи. для компенсации влияния остаточного сопротивления аналоговых коммутаторов используется каскад на транзисторе vt1. аналоговый сигнал поступающий с выхода коммутатора усиливается на оу da1. для нормальной работы ацп необходимо аналоговый сигнал усилить в к раз:

,                                                   (3.4)

          Данная микросхема имеет

 и

исходя из этих данных выберем :

,              (3.5)

.

,                                           (3.6)

.

Определим сопротивление R2:

,                                            (3.7)

(кОм)

          Исходя из формулы (3.4) определим сопротивление R1:

,                                                    (3.8)

 (Ом)

4. выбор и обоснование конструкции устройства СОПРЯЖЕНИЯ

Конструирование может быть реализовано различными методами: геометрическим, машиностроительным, топологическим, проектирования моноконструкций, базовым, эвристическим и автоматизированного проектирования. Дадим краткую характеристику некоторым из них.

Геометрический метод. В основу метода положена структура геометрических и кинематических связей между деталями, представляющая собой систему опорных точек, число и размещение которых зависит от заданных степеней свободы и геометрических свойств тела.

Этот метод является основным средством решения задачи во всех случаях, когда от конструкции требуется высокая точность взаимного перемещения деталей или длительное и точное сохранение определенных параметров, зависящих от расположения деталей.

Машиностроительный метод. В основу этого метода положена структура геометрических и кинематических связей между деталями, представляющая собой систему опорных поверхностей, число и размещение которых выбирается из минимизации массы и допустимой прочности конструкции.

Метод нашел применение при проектировании несущих конструкций ЭВА всех уровней, кинематических звеньев функциональных узлов, а также всех видов неподвижных соединений.

Топологический метод. В основу его положена структура физических связей между ЭРЭ, т. е. Представление конструктивного вида электрической схемы и ее геометрической (топологической) связности, независимо от ее функционального содержания.

Базовый метод конструирования. В основу метода положено деление аппаратуры на конструктивно и схемно-законченные части. Базовый метод конструирования и его разновидности (функционально-модульный, функционально-узловой и функционально-блочный методы) основываются на принципах агрегатирования, функциональной и размерной взаимозаменяемости, схемной и конструктивной унификации. Деление базового метода на разновидности связано с ограничениями схемной и конструкторской унификации структурных уровней (модулей, функциональных узлов, блоков).

Конструкторские расчеты - один из основных разделов дипломного проекта. В данном разделе проверяется соответствие основных характеристик разработанного устройства, предъявляемым техническим требованиям.

Выбираются способы защиты от воздействия внешних факторов, таких, например, как вибрации и повышенная температура.

В процессе расчетов выбирается компоновочная схема устройства, метод и принцип его конструирования.

Надежность является одним из главных технических параметров, характеризующих ЭВА. Расчетные значения показателей надежности служат отправным моментом при окончательном выборе схемных и конструктивных решений.

Методика расчетов надежности и приведена далее.

4.1 Выбор и обоснование элементной базы, унифицированных узлов

Критерием выбора электро радиоэлементов (ЭРЭ) в любом радиоэлектронном устройстве является соответствие технологических и эксплуатационных характеристик ЭРЭ заданным условиям работы и условиям эксплуатации.

Основными параметрами при выборе ЭРЭ являются:

а) технические параметры:

-            номинальные значения параметров ЭРЭ согласно принципиальной электрической схеме устройства;

-            допустимые отклонения величин ЭРЭ от их номинальных значений;

-            допустимые рабочие напряжения ЭРЭ;

-            диапазон рабочих частот ЭРЭ;

-            коэффициент электрической нагрузки ЭРЭ;

б) эксплуатационные параметры:

-            диапазон рабочих температур;

-            относительная влажность воздуха;

-            давление окружающей среды;

-            вибрационные нагрузки;

-            другие (специальные) показатели.

Дополнительными критериями при выборе ЭРЭ являются: унификация ЭРЭ, масса и габариты ЭРЭ, наименьшая стоимость, надежность. Выбор элементной базы по вышеназванным критериям позволяет обеспечить надежную работу изделия при выборе ЭРЭ, а также при конструировании изделия в целом позволяет получить следующие преимущества:

1.         Значительно сократить сроки и стоимость проектирования.

2.         Сократить на предприятии-изготовителе номенклатуру применяемых деталей им сборочных единиц, увеличить применяемость и масштаб производства.

3.         Исключить разработку специальной оснастки и специального оборудования для каждого нового варианта РЭА, т.е. упростить подготовку производства.

4.         Создать специализированные производства стандартных и унифицированных сборочных единиц для централизованного обеспечения предприятий.

5.         Улучшить производственную и эксплуатационную технологичность.

6.         Снизить себестоимость выпускаемого изделия.

Учитывая все вышесказанное перейдем к выбору элементной базы разрабатываемого устройства сопряжения электрического кардиографа с компьютером.

Сравнительный анализ по использованию элементной базы в данном приборе согласно схеме электрической принципиальной показал соответствие эксплуатационных и технических характеристик ЭРЭ заданным условиям эксплуатации. Этими элементами являются: микросхемы KR140UD780 DA1..DA3, K1107PV2 DA4, KR580VV55A DD6, ILQ621 DA17, DA22, DD1..DD5 серии К561, DD7…DD11 серии КR1533. Резисторы R1…R4, R6…R15, R18, R21, R22 типа С2-23, R5, R16, R17, R19, R20 типа СП3-19. Оптопары транзисторные U1…U8 АОТ123A. Конденсаторы С1..С4,C6 типа К73-17, С5, С7 типа К10-17. Диоды VD1,VD2 КД521А. Транзисторы VT1 типа КТ315, VT2,VT3 типа КТ361. Разъемы Х1 на 45 входов, Х2 на 25 входов. Трансформатор питания не, т.к. питание блока осуществляет от электрического кардиографа.

В результате сопоставления условий эксплуатации разрабатываемого устройства и условий эксплуатации применяемых в нем ЭРЭ произведен выбор элементной базы. Выбранная элементная база является унифицированной.

4.2 Выбор и обоснование компоновочных схем, методов и принципов конструирования

Основная задача решаемая при компоновке РЭА – это выбор форм, основных геометрических размеров, ориентировочное определение веса изделия и месторасположения в пространстве радиоэлементов и элементов несущих конструкций. При компоновке изделия необходимо учитывать электрические, магнитные, механические, тепловые и другие виды связей. Учет видов связей и оптимальное расположение радиоэлементов в конструкции позволяют обеспечить надежную работу устройства в целом при высокой его ремонтопригодности.

Под компоновкой понимается процесс размещения комплектующих модулей. ЭРЭ и деталей РЭА на плоскости или в пространстве с определением основных геометрических форм и размеров. В зависимости от уровней модульности различают несколько уровней компоновки аппаратуры: микросхем и ЭРЭ на плате, ячеек в блоке и т.д. Процесс компоновки завершается получением компоновочного эскиза.

Компоновочные решения должны удовлетворять требованиям:

-            между отдельными узлами, приборами и блоками должны отсутствовать заметные паразитные электрические и магнитные взаимности, влияющие на технические характеристики изделия; тепловые и механические влияния элементов конструкции не должны значительно ухудшать их технические характеристики;

-            взаимное расположение элементов конструкции должно обеспечивать технологичность сборки и монтажа с учетом использования автоматов и полуавтоматов, легкий доступ к деталям для контроля, ремонта и обслуживания;

-            расположение и конструкции органов управления и отсчетных устройств должны обеспечивать максимальные удобства оператора;

-            изделие должно удовлетворять требованиям технической эстетики;

-            габариты и масса изделия должны быть минимальными.

Однако следует отметить, что габариты и масса изделия в значительной мере зависят от принятых схемных решений и используемых радиоэлементов. Мерой эффективности мероприятий по уменьшению габаритов аппаратуры является плотность монтажа – среднее количество радиоэлементов, умещающихся в единицу объема.

Удовлетворить одновременно всем перечисленным требованиям в большинстве случаев не удается. Поэтому процесс компоновки, как и всякий процесс конструирования, сводится к нахождению оптимального решения.

Высокая сложность разрабатываемой в настоящее время РЭА, построенной с применением различного типа микросхем, микросборок и других современных ЭРЭ, вызвала необходимость поиска таких конструкций и компоновочных решений, которые позволили бы удовлетворять следующим требованиям:

-            высокая степень микро миниатюризации аппаратуры в целом;

-            широкая унификация элементов конструкции;

-            возможность параллельной сборки и регулировки составных частей РЭА;

-            обеспечение высокой эксплуатационной надежности аппаратуры многоразового действия за счет быстрой замены вышедших из строя составных частей;

-            возможность проведения модернизации отдельных частей при сохранении неизменными других.

Указанные требования в значительной степени удается выполнить, применяя функционально-модульный метод конструирования в сочетании с упорядоченной структурой деления аппаратуры на составные части.

4.3 Компоновочный расчет устройства сопряжения

Блок сопряжения с ЭВМ является определяющей конструкцией проектируемого электрического кардиографа. От правильного его функционирования зависит работа остальных частей.

Все этапы создания электрического кардиографа проводятся с помощью системы автоматизированного проектирования (САПР) P-CAD, программы схемотехнического моделирования PC-Spice и пакета машинной графики AutoCAD. Исключением не является и компоновка. Все вышеупомянутые требования и рекомендации необходимы только для правильного описания стратегии работы составных частей САПР P-CAD (PC-Place, PC-Route). Процесс трассировки печатной платы полностью автоматизирован. Необходимо только «подсказывать» САПР как надо разместить некоторые элементы с учетом конкретных требований.

Преимущества такого решения задачи очевидны: возрастает вероятность нахождения оптимального решения; снижается вероятность появления ошибок соединения печатной платы; происходит экономия материальных и людских ресурсов; появляется возможность оперативного вмешательств в процесс изготовления печатной платы при изменяющейся номенклатуре ЭРЭ, а также в ходе модернизации схемы; значительно сокращаются сроки разработки и суммарная себестоимость конструкторских работ. Одним из основных достоинств данного подхода к конструированию является то, что существует возможность получить на выходе готовые программы управления станками сверления с числовым программным управлением (ЧПУ), фотоплоттером и оборудованием для установки компонентов.

Полученные результаты анализируются с помощью математических расчетов на следующих этапах конструирования. При необходимости в рисунок печатной платы, а также в расположение элементов вносятся соответствующие коррективы и процесс трассировки повторяется.

Исходными данными для расчета являются перечень элементов схемы электрической принципиальной, необходимые типоразмеры и установочные размеры ЭРЭ: установочный объем Vуст., установочная площадь Sуст представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные для компоновочного расчета

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вид элемента и основная характеристика | Тип, типономинал | Установочный объем, см3 | Масса, не более, г |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Диоды | КД521А | 0.46 | 0.31 |
| Конденсаторы0.1мкФ…100пФ0.047мкФ…3.3мкФ | К10-17К73-17 | 0.330.41 | 0.500.60 |
| МикросхемыКорпус 201.14-1Корпус 2136.64-1 | К1533К1107ПВ2 | 0.801.1 | 1.5015 |
| Резисторы | С2-23СП3-19 | 0.250.95 | 0.801.8 |
| Оптопары | АОТ123Б | 0.4 | 1.7 |
| Разъем | ДБ25МДБ45М | 3.25.2 | 3.55 |
| Транзисторы | КТ315 | 0.55 | 1.00 |

Определяем суммарный объем, занимаемый ЭРЭ, он равен 40.22 см3. Из конструктивных соображений выбираем коэффициент заполнения объема корпуса блока сопряжения равным Кз=0.4.

Ориентировочно определяем реальный размер Vреал разрабатываемой конструкции по формуле:

,                                                          (4.1),

где VS =40.22 см3 – суммарный объем, занимаемый ЭРЭ.

Тогда имеем:

.

Габаритные размеры блока равны следующим:

Длина –228 мм;

Ширина – 110 мм;

Высота – 28 мм.

Масса готового изделия с учетом всех составляющих прибора элементов (включая печатную плату и корпус) не превышает 0.4кг.

4.4 Расчет показателей надежности устройства сопряжения

Проблема обеспечения надежности связана со всеми этапами создания изделия и всем периодом его практического использования. Надежность изделия в основном закладывается в процессе его конструирования и обеспечивается в процессе его изготовления путем правильного выбора технологии производства, контроля качества исходных материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, контроля режимов и условий изготовления. Надежность обеспечивается применением правильных способов хранения изделия и поддерживается правильной эксплуатацией, планомерным уходом, профилактическим контролем и ремонтом. В зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации, надежность может включать безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость. Применительно к разрабатываемому устройству наиболее часто употребляются следующие показатели надежности:

- вероятность безотказной работы  - вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет;

- средняя наработка на отказ  - отношение суммарной наработки объекта к математическому ожиданию числа отказов в течение этой наработки

- заданная наработка  (заданное время безотказной работы) - наработка, в течение которой объект должен безотказно работать для выполнения своих функций;

- интенсивность отказов  - вероятность отказов неремонтируемого изделия в единицу времени после заданного момента времени при условии, что до этого отказ не возникал. Другими словами - это число отказов в единицу времени отнесенное к среднему числу элементов, исправно работающих в данный момент времени.

Оперируя этими понятиями можно судить о надежностных характеристиках изделия. Итак, произведем расчет надежности, приняв следующие допущения:

- отказы случайны и независимы;

- учитываются только внезапные отказы;

- имеет место экспоненциальный закон надежности.

Последнее допущение основано на том, что для аппаратуры, в которой имеют место только случайные отказы, действует экспоненциальный закон распределения - закон Пуассона - и вероятность работы в течение времени  равна:

.                      (4.2)

Учитывая то что с точки зрения надежности все основные функциональные узлы и элементы в изделии соединены последовательно и значения их надежностей не зависят друг от друга, т.е. выход из строя одного элемента не меняет надежности другого и приводит к внезапному отказу изделия, то надежность изделия в целом определяется как произведение значений надежности для отдельных  элементов:

.                                               (4.3)

С учетом формулы (4.2) получим:

,                          (4.4)

где - интенсивность отказов - го элемента с учетом режима и условий работы, .

Учет влияния режима работы и условий эксплуатации изделия при расчетах производится с помощью поправочного коэффициента  - коэффициента эксплуатации и тогда  в формуле (4.4) выразится как:

,                    (4.5)

где  - интенсивность отказов - го элемента при лабораторных условиях работы и коэффициенте электрической нагрузки .

Для точной оценки  нужно учитывать несколько внешних и внутренних факторов: температуру корпусов элементов; относительную влажность; уровень вибрации, передаваемый на элементы и т.д. С этой целью может быть использовано следующее выражение:

,                (4.6)

где     - поправочный коэффициент, учитывающий - ый фактор;

- поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры;

- поправочный коэффициент, учитывающий влияние электрической нагрузки;

- поправочный коэффициент, учитывающий влияние влажности;

 - поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических воздействий.

Все  определяются из справочных зависимостей и таблиц, где они приведены в виде  и , как объединенные  с  и  с .

После этого можно определить значение суммарной интенсивности отказов элементов изделия по формуле:

 ,    (4.7)



где     - число элементов в группе, ;

 - интенсивность отказа элементов в -ой группе, ;

 - коэффициент эксплуатации элементов в -ой группе;

 - общее число групп.

Исходные данные по группам элементов, необходимые для расчета показателей надежности приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Справочные и расчетные данные об элементах конструкции

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  гр. | Наименование Группы |  | 1/ч |  |  |  | 1/ч | ч |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | Конденсаторы | 7 | 0.15 | 0.35 | 1.07 | 0.38 | 0.97 | 1.1 | 8.6 |
| 2 | Аналоговые Микросхемы | 10 | 0.02 | 0.7 | 1.07 | 0.75 | 0.05 | 0.5 | 0.4 |
| 3 | Цифровые микросхемы | 2 | 0.02 | 0.7 | 1.07 | 0.75 | 0.50 | 0.5 | 14 |
| 4 | Транзисторы | 3 | 0.09 | 1 | 2 | 2 | 1.8 | 0.5 | 16 |
| 5 | Диоды КД521А | 2 | 0.04 | 1 | 2 | 2 | 0.8 | 0.5 | 7 |
| 6 | Резисторы С2-23СП3-19 | 147 | 0.010.05 | 0.40.4 | 22 | 0.80.8 | 0.080.4 | 1.11.1 | 0.73.5 |
| 7 | РазъемМногоштырьковый(25,45 штырей) | 2 | 3.2 | 0.7 | 1.07 | 0.75 | 4.8 | 1.2 | 42 |
| 8 | Соединения пайкой | 390 | 0.01 | 0.8 | 1.07 | 0.86 | 7.1 | 1.2 | 62.8 |
| 9 | Плата печатная | 1 | 0.2 | 0.6 | 1.07 | 0.64 | 0.13 | 3.2 | 28.3 |

Воспользовавшись данными табл. 4.2 по формуле (4.7) можно определить суммарную интенсивность отказов ,  1/час.

Далее найдем среднюю наработку на отказ , применив следующую формулу:

 .                                             (4.8)

Итак, имеем:

 часов.

Вероятность безотказной работы определяется исходя из формулы (4.4), приведенной к следующему виду:

,                                        (4.9)

где  часов - заданное по ТЗ время безотказной работы.

Итак, имеем:

Среднее время восстановления определяется последующей формуле:

,       (4.10)

где - вероятность отказа элемента i-ой группы;

- случайное время восстановления элемента i-ой группы, приближенные значения которого указаны в таблице 4.2.

Подставив значения в формулу (4.6), получим среднее время восстановления =2.491ч.

Далее можно определить вероятность восстановления по формуле:

 ,       (4.11)

где =6.4ч.

 Следовательно, по формуле (4.11) определим , что больше .

Таким образом, полученные данные удовлетворяют требованиям ТЗ по надежности, так как при заданном времени непрерывной работы  ч проектируемый блок будет работать с вероятностью . При этом он будет иметь среднюю наработку на отказ ч и вероятность восстановления,  следовательно, дополнительных мер по повышению надежности разрабатываемого устройства не требуется.

5. Конструкторская разработка узлов УСТРОЙСТВА СОПРЯЖЕНИЯ с использованием САПР

В настоящее время во всем мире наблюдается резкое увеличение производства электронной аппаратуры (ЭА) и повышение ее возможностей. Особенно это связано с последними успехами в области микроэлектроники.

Разработка и внедрение ЭА является одним из основных показателей современного научно-технического развития общества. Прогресс в области создания ЭА определяется повышением надежности, экономичности, качества и эффективности устройств, совершенствованием схем, конструкций, технологии.

С повышением сложности ЭА резко возросла трудоемкость процесса разработки и производства устройств. Увеличение объемов конструкторско-технологических работ привело к необходимости создания систем автоматизированного проектирования (САПР), которые позволяют значительно уменьшить затраты труда при разработке аппаратуры, тем самым уменьшая сроки проектно-конструкторских работ и снижая себестоимость изделия в целом. При этом технологичность и надежность разрабатываемых устройств не уменьшается, а наоборот возрастает.

В настоящее время на основе современных вычислительных комплексов и средств автоматизации созданы и находятся в промышленной эксплуатации САПР ЭА, позволяющие в значительной степени освободить конструктора-проектировщика от однообразной, трудоемкой и утомительной работы и повысить его интеллектуальные возможности на этапах принятия решений.

Существующие САПР ЭА решают комплекс вопросов по проектированию схем и конструкций аппаратуры, включая параметрический и статистический анализ и оптимизацию схем, расчет параметров механических, электромеханических и электронных узлов и блоков ЭА с учетом производственных погрешностей, расчет общих компоновочных характеристик ЭА и тепловых режимов, механической прочности и надежности конструкций.

## 5.1 Особенности и назначения применяемых пакетов САПР

          Фирмой ACCEL выпускается два варианта системы PCAD 8.5: Master Design и Associate Design. Большими возможностями обладает вариант Master Design [10].

          Система поддерживает широкий набор графических дисплеев, плоттеров, манипуляторов и цифровых планшетов различных типов.

Система PCAD позволяет выполнять следующие проектные операции: создание символов элементов принципиальной электрической схемы и корпусов; графический ввод принципиальной электрической схемы и конструктивов плат проектируемого устройства; ручную и автоматическую трассировку печатных проводников произвольной ширины; автоматизированный контроль результатов проектирования ПП на соответствие принципиальной электрической схеме.

Программный комплекс PCAD включает в себя взаимосвязанные пакеты программ, образующих систему сквозного проектирования ПП электронной аппаратуры. В ее состав входят следующие программы:

·           Schematic Editor – графический ввод и редактирование принципиальной электрической схемы;

·           Symbol Editor – графический ввод и редактирование символов радиоэлектронных компонентов на принципиальных схемах;

·           PCB Editor – графический ввод и редактирование конструктивов ПП, автоматическое или ручное размещение компонентов на плате;

·           Part Editor – графический ввод и редактирование корпусов компонентов РЭА и стеков контактных площадок.

Графический редактор принципиальных схем и символов компонентов имеет два режима: Schematic Editor и Symbol Editor. После загрузки графического редактора экран дисплея форматируется и разбивается на несколько зон. Зона меню подкоманд, предназначенная для команд графического редактора, расположена справа от окна и внизу под ним. Команды выбираются щелчком левой кнопки мыши. Расположенные справа команды имеют подкоманды, список которых выводится на экран после выбора основной команды.

Построение чертежа выполняется с помощью манипулятора мышь, перемещаемого по горизонтальной поверхности рабочего стола, при этом на экране дисплея синхронно перемещается курсор в виде креста. Координатная сетка на экране упрощает процесс построения чертежа и повышает точность позиционирования. Шаг координатной сетки по осям X и Y показан в поле Grd. Текущие координаты указываются в поле XY.

В схемном графическом редакторе полная информация о чертеже заносится в 18 - слоев, устанавливаемых по умолчанию. На каждой фазе работы с графическим редактором необходима не вся имеющаяся информация, поэтому часть слоев делают невидимыми. Информация о слоях выводится по команде View Layer. Всего слоев поддерживается до 100. Слои могут быть окрашены в любой из 16 цветов. Каждый слой имеет одно из трех состояний: OFF – слой невидим и недоступен, ON – слой видим но недоступен, ABL – слой видим и может стать активным.

Также отличительной особенностью PCAD является использование атрибутов. Атрибуты состоят из двух частей: ключевого слоя и значения, разделенных знаком равенства “=”. Ключевое слово должно начинаться с буквы и иметь длину до 23 символов. Значение атрибута представляет собой последовательность чисел или текстовых переменных, разделенных запятыми. После вода атрибута ключевое слово и знак равенства становятся невидимыми на экране.

При использовании атрибутов можно значительно облегчить работу со схемой. В частности можно использовать автоматическое создание корпусов компонентов, автоматическое присвоение имени цепи и др.

При создании символов УГО элементов дискретного типа есть своя специфика, которую следует помнить.

Для дискретных компонентов не должны присутствовать имена и номера выводов на схеме. Имя дискретного компонента на слое DEVICE не наносится. Номера выводов по команде Enter/Packing Data наносят на слое ATTR2, который в дальнейшей работе выключают.

Для резисторов дополнительно следует указать атрибут RVALUE=<номинал>. Он необходим для диагностики ошибок, связанных с отсутствием резистора в цепях для микросхем с открытым коллектором.

Для дискретных компонентов целесообразно создавать два УГО: для вертикального и горизонтального расположения на схеме.

Для редактирования чертежей будет использован пакет AutoCAD.

Команды AutoCAD могут выбираться из меню с помощью кнопок панелей управления, а так же набираться с клавиатуры в текстовом окне. Независимо от способа набора команды для ее повторения необходимо нажать клавишу Enter. AutoCAD хранит чертежи в файлах с расширением “.dwg”. Кроме чертежа этот файл содержит ряд параметров. При создании нового чертежа эти параметры устанавливаются по умолчанию, либо берутся из чертежа прототипа.

В AutoCAD имеется возможность определения формата и точности представления чисел. Ввод координат с клавиатуры возможен в абсолютных и относительных координатах. Относительные координаты задают смещение относительно последней введенной точки. Для удобства работы можно определить пользовательскую систему координат, которая может быть смещена относительно мировой и повернута под любым углом.

Чертежи в AutoCAD создаются в примитивах, над которыми понимают элементы чертежа, которые обрабатывают как единое целое, а не как совокупность точек и объектов. Система позволяет ставить линейные, угловые, диаметральные, радиальные и координатные размеры. Составные элементы размера: размерная линия, выносная линия и размерный текст. Имеется возможность ввода своего значения. Все линии, стрелки, элементы текста рассматриваются как один примитив.

Как и система PCAD система AutoCAD поддерживает слойность чертежа. Слои обладают свойствами сходными со слоями PCAD, что дает возможность редактировать чертежи созданные PCAD-ом. Слои в AutoCAD могут содержать имя слоя, состоящее из символов и цифр-букв, они могут переходить из включенного состояния в выключенное и наоборот. На каждом слое можно задавать свой цвет и тип линии, что помогает при создании и редактировании чертежей.

Одной из особенностей AutoCAD, является то, что он поддерживает специфический язык программирования Lisp. Этот язык ориентирован на обработку списков. Применение этого языка в AutoCAD дает ему широкие возможности.

5.2 конструкторский расчет устройства сопряжения

В качестве устройства, для которого необходимо разработать печатную плату, в соответствии с заданием к дипломному проекту, предложено устройство сопряжения с ЭВМ.

В состав блоков входят элементы серий К561, КР140, КР1533, микроконтроллеры: К1107ПВ2 и КР580ВВ55А, также оптопары транзисторные АОТ123Б. Также имеются резисторы, диоды, транзисторы и конденсаторы.

Для разработки платы сопряжения выбираем способ монтажа - печатный. Основные размеры печатной платы необходимо выбрать в соответствии со стандартом МЭК 297-3. Основные размеры печатных плат, регламентируемые данным стандартом приведены в таблице 5.1.

В этой таблице значения ряда 1 рекомендуется применять для печатных плат, компонуемых в частичном корпусе. Значения ряда 2 применяются для печатных плат, вставляемых непосредственно в комплектный корпус. Однако целесообразно из условий совместимости принимать значения ряда 1 для печатных плат любых применений, а значения ряда 2 – для применения в частичном корпусе.

При разработке печатной платы шаг координатной сетки отверстий необходимо примем равным 1,25 мм.

Остальные характеристики разрабатываемой печатной платы (шаг трассировки, шаг печатных проводников, диаметры контактных площадок и переходных отверстий) определим с использованием методик, описанных в [11].

Таблица 5.1-Основные размеры печатных плат по стандарту МЭК-297-3

|  |  |
| --- | --- |
| Высота Н, мм | Ширина |
| Ряд 1 | Ряд 2 | В, мм |
| 55,55 | 67,31 | 100; 160; 220; 280 |
| 100,00 | 111,76 | 100; 160; 220; 280 |
| 144,45 | 156,20 | 100; 160; 220; 280 |
| 188,90 | 200,70 | 100; 160; 220; 280 |
| 233,35 | 245,10 | 100; 160; 220; 280 |
| 277,80 | 289,55 | 100; 160; 220; 280 |
| 322,25 | 334,00 | 100; 160; 220; 280 |
| 366,70 | 378,45 | 100; 160; 220; 280 |
| 411,15 | 422,90 | 100; 160; 220; 280 |
| 455,60 | 467,35 | 100; 160; 220; 280 |
| 500,05 | 511,80 | 100; 160; 220; 280 |

Минимальное число слоев печатной платы примем равное не менее двух. Коэффициент заполнения должен быть не менее 0,5.

В качестве предложенного пакета САПР печатных плат необходимо использовать пакет Pcad. С его помощью надо осуществить ввод электрической принципиальной схемы, генерацию списка связей, компоновку, размещение элементов, а также трассировку печатных соединений.

Чертежи разработанной печатной платы необходимо выполнить с использованием средств пакета САПР AutoCAD.

5.3 Особенности применяемой элементной базы и материалов

В соответствии с полученным заданием в принципиальной схеме устройства, для которого необходимо разработать печатную плату, использованы микросхемы серий: К561, КР140, КР1533, микроконтроллеры: К1107ПВ2 и КР580ВВ55А, также оптопары транзисторные АОТ123Б.

Основные параметры микросхем данных серий, необходимые для выполнения поставленной задачи, взяты из справочников [12].

В качестве материала для изготовления ПП выберем стеклотекстолит фольгированный СФ-2, толщиной 1,5 мм. Толщина слоя фольги 35 мкм. Этот материал обладает следующими характеристиками:

плотность..................................................................2.4\*10-4 кг/см;

модуль упругости.....................................................3.3\*105 кг/см2;

коэффициент теплопроводности................................0.34 Вт/м°С.

Толщина получаемой платы hП.П=1,07мм

5.4 Расчет печатного монтажа разрабатываемой ПП

Конструкторско-технологический расчет ПП производится с учетом производственных погрешностей рисунка проводящих элементов, фотошаблонов, базирования и т.п. он наиболее оптимальный вариант по технологичности.

Зададимся граничными значениями параметров печатного монтажа:

1) min ширина проводника: t=0,25 мм,

2) min расстояние между проводниками: S=0,25 мм

3) гарантированный поясок наружного слоя: bН=0,1 мм

4) гарантированный поясок внутреннего слоя: bb=0,05 мм

5) отношение диаметра отверстия к толщине платы: j=0,33

          Произведем расчет вычислительного блока аппарата:

Разрабатываемый печатный узел содержит в себе:

5 корпус с размерами 30х9 мм, (К561КР1);

3 корпус с размерами 17,25x7,5 мм, ( К140УД708);

1 корпус с размерами 51,5х15 мм, (КР580VV55А);

1 корпус с размерами 77,5х17 мм, (K1107PV2);

1 корпус с размерами 19,5х7,5 мм, (КР1533ЛН1);

1 корпуса с размерами 19,5x7,5 мм, (КР1533ЛА2);

2 транзистора с размерами 3x14 мм, (КТ301);

1 транзистор с размерами 8x7 мм, (КТ315);

3 конденсатора с размерами 4,5x7 мм;

4 конденсатора с размерами 3x6,5 мм;

2 диода с размерами 3x4 мм;

6 резисторов с размерами12x5 мм;

15 резисторов с размерами16x8 мм;

8 оптопар с размерами 28х10 мм;

1 разъем с размерами 190х26 мм;

1 разъем с размерами 107х26 мм;

Общая площадь, занимаемая компонентами без учета зазоров равна 14817,75 мм2. В соответствии со стандартом МЭК 237-3 приведенным в таблице 5.1 выбираем ближайшую по площади плату с размером ПП-100х220.

Коэффициент заполнения определяем по формуле:

,                                             (5.1)

где SЭ- площадь, занимаемая элементами; SТР- площадь трассировки.

Конструктивно-технологический расчёт печатных плат производится с учётом производственных погрешностей рисунка проводящих элементов, фотошаблонов, базирования, сверления, экспонирования и т.п. Граничные значения основных параметров печатного монтажа, которые могут быть обеспечены при конструировании и производстве для трех классов плотности монтажа, приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Граничные значения основных параметров печатного монтажа.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование расчетного элемента | Обозначение | Размеры элементов для класса плотности печатного монтажа |
| Ширина проводников, мм | bГпр | 0,5 | 0,25 | 0,15 |
| Расстояние между элементами печатного монтажа, мм | lГ | 0,5 | 0,25 | 0,15 |
| Отношение диаметра металлизированного отверстия к толщине платы | kД.Т. | 0,4 | 0,33 | 0,33 |
| Ширина пояска контактной площадки, мм | bГПО | 0,05 | 0,05 | 0,025 |

Выбранные в соответствии с данной таблицей размеры необходимо согласовывать с технологическими возможностями конкретного производства.

Минимальный диаметр переходного отверстия определяется из соотношения:

,                                         (5.2)

минимальный диаметр монтажного отверстия:

,                               (5.3)

где     hП.П – расчетная толщина печатной платы; dВ – диаметр вывода эрэ, микросхемы или соединителя; D – зазор между выводом и монтажным отверстием (наивысшая надежность паяного соединения будет при D=0,4¸0,6 мм); hГ – толщина гальванически наращенной меди (обычно hГ=0,05¸0,06 мм)

Если вычисленный по формуле (5.3) диаметр dМ.О окажется меньше произведения kМ.О hП.П , то из технологических соображений dМ.О принимается равным dП.О .

Минимальный диаметр контактной площадки dК.П металлизированных отверстий с учетом погрешностей и подтравливания фольги:

,          (5.4)

где hФ – толщина фольги.

Сечение проводника цепей питания и земли можно вычислить по формуле:

.                                (5.5)

Для современных серий микросхем ток, выдаваемый в нагрузку не превышает 0,1А. Максимальную длину проводника для платы 100´220 мм2 можно принять равной 22000 мм

Необходимая ширина проводника цепей питания и земли:

.                                               (5.6)

Необходимая ширина проводника сигнальной цепи:

.                                           (5.7)

Минимальное расстояние между проводниками:

,                             (5.8)

,                                      (5.9)

.                             (5.10)

На основании приведенной выше методики и приняв третий класс плотности печатного монтажа произведем расчет печатного монтажа для разрабатываемой двусторонней печатной платы.

Минимальный диаметр переходного отверстия

Минимальный диаметр контактной площадки dК.П.ПО переходного отверстия:

Минимальный диаметр монтажного отверстия:

а) Для DIP корпусов:

.

б) Для навесных элементов:

Минимальный диаметр контактной площадки dК.П.МО монтажного отверстия:

а) Для DIP корпусов:

б) Для навесных элементов:

Минимальный размер шины питания и земли:

Находим суммарный ток:

К561КР1 (1шт) – IПОТР=20 мА

К140УД708 (1шт) – IПОТР=15 мА

КР580VV55А (1шт) – IПОТР=80 мА

K1107PV2 (1шт) – IПОТР=35 мА

КР1533ЛН1 (1шт) – IПОТР=12 мА

КР1533ЛА2 (1шт) – IПОТР=15 мА

Iå=177мА

Требуемое сечение шины питания и земли:

Sпз=0,017\*2,2\*0,177/0,02\*5»0,06мм2

Требуемое сечение шины питания 9В:

Sпз=0,017\*2,2\*0,177/0,02\*9»0,05мм2

Требуемое сечение шины питания 12В:

Sпз=0,017\*2,2\*0,177/0,02\*12»0,04мм2

Ширина дорожки питания и земли:

bп=0,06/0,035=1 мм

#### Ширина дорожки +9В:

bп=0,03/0,035=0,9 мм

#### Ширина дорожки +12В:

bп=0,025/0,035=0,8 мм

Необходимая ширина проводника сигнальной цепи:

bпр=0,017\*22\*0,192/(0,4\*0,035)=0,25

Минимальное расстояние между проводниками:

n=(2,5-(1,3+1,3)/2-0,15-0,03)/(0,15+0,15)=3,4 мм

Используя полученные данные можно приступать к трассировке платы.

5.5 Решения задачи топологического синтеза ПП с помощью применяемого пакета САПР – PCAD-8.5

Основным инструментом при автоматической трассировке ПП в пакете PCAD является файл стратегии. Поэтому опишем некоторые его основные установки для объяснения нашего способа разводки [10].

После выбора пункта Routing Parameters в основном меню программы Autorouter на экране появится меню, в котором можно устанавливать параметры.

Приведем основные из них:

·           первоначально устанавливаем метрическую систему измерения, т.к. все наши элементы рисовались в ней;

·           устанавливаем основную координатную сетку шагом 2,5 мм, как задано в ТЗ, также задаем вспомогательную сетку шагом 1,25 мм, что соответствует технологическим требованиям;

·           устанавливаем количество слоев для трассировки;

·           устанавливаем тип трассировки – наиболее целесообразным является тип Steiner, которая позволяет выполнять Т-образные соединения и другие соединения, которые минимизируют расстояния между точками;

·           устанавливаем порядок трассировки – по рекомендациям авторов ставим порядок Short-Long, т.е. сначала будут трассироваться короткие цепи, а затем – длинные. Это дает меньшее количество не разведенных цепей;

·           на первоначальном этапе произведем отключение диагональной трассировки, т.к. она может дать несоблюдение допустимых зазоров, однако после первого этапа трассировки окажется, что зазоры соблюдаются, то можно установить Diagonal Routing и повторить трассировку, что, возможно, даст улучшение;

·           проведем включение режима минимизации количества переходных отверстий, сделав установку Via minimization;

·           установим режим сглаживания углов Perform Beveling. В этом случае будет производиться замена прямоугольных изгибов проводников, где это возможно на изгибы под углом 45°. Установим здесь параметр During+After, т.к. он наиболее эффективный;

·           установим параметр Jog Elimination который осуществляет ликвидацию выступов печатных проводников. Процедура заключается в том, что: 1. Ликвидируются выступы, остающиеся после перемещения переходных отверстий; 2. Два или более сегмента проводника заменяются по возможности одним сегментом.

На этом заканчивается установка основных параметров трассировки, и переходим к установке дополнительных параметров.

Войдя в режим Detailed Routing Parameters, у нас есть возможность произвести следующие установки:

·           установим тип переходных отверстий (Via Type) Through который позволит создавать сквозные переходные отверстия;

·           далее необходимо установить параметр Via Sites который определяет размещение переходных отверстий. Произведем установку All Grid Points, что предоставит возможность располагать переходные отверстия во всех точках координатной сетки;

·           разрешим размещение переходных отверстий на всей плате, произведя установку в пункте Via Lattice Region параметра Entire Board;

·           установим размеры области поиска пути для трассы в пункте Route Search Area Size. Следуя указаниям авторов, установим в этом пункте значение 3;

·           определим число основных проходов алгоритма “лабиринт” – Number of Maze Router Passes. В связи с тем, что уже на третьем проходе размер области поиска увеличен в 4 раза, то установим количество проходов равное 3;

·           произведем открытие всей площади платы для трассировки, на последнем проходе установив параметр Full Board;

·           согласно технологическим требованиям и, исходя из коэффициента заполнения, установим минимальное расстояние трасс от края платы равное 0,5;

·           в следующем окне установим только параметр Even Distribution, который позволит равномерно распределять проводники на всех парах слоев. При отсутствии этой установки, будет поставлено значительно больше переходных отверстий, и проводники будут располагаться неравномерно.

Перейдем к установке параметров алгоритма Rip-Up. Этот параметр позволяет управлять наиболее мощным средством программы.

Произведем установку следующих пунктов:

·           установим количество проходов каждого алгоритма трассировки. Пункт Normal трогать не будем, т.к. там уже находится значение установленное ранее. В пункте Rip-Up установим количество проходов равное 2, что наиболее оптимально с точки зрения загрузки памяти. В пункте Optimize установим количество попыток переразвести связи равное 3;

·           включим режим уплотнения трасс Trace Hugging, что дает нам уплотнение трасс и экономию пространства на ПП;

·           отключим режим Penalize Corners уменьшающий количество изгибов проводника, т.к. он вступает в противоречие с предыдущим режимом.

Остальные установки оставим без изменений.

Произведем определение контактных площадок. Этим пунктом мы зададим размет и форму контактных площадок.

В соответствии с рассчитанными ранее параметрами площадок под контакты и переходные отверстия произведем установки. При этом необходимо учитывать, что первый вывод в микросхеме должен быть отличной формы от других, поэтому установим его квадратным. Так же надо установить отключение проводимости во внутреннем слое и установить расположение контактных площадок в узлах координатной сетки.

Определим правила прокладки проводников.

В этом пункте алгоритма воспользуемся ранее рассчитанными параметрами проводников и внесли их в данный пункт.

Определим классы цепей.

Этот раздел позволяет задать определенные цепи, которые будут разводиться особым способом.

Здесь осуществляется ввод параметров цепей питания и земли. Установим для этих цепей высокий приоритет.

Произведем описание слоев.

 В этом пункте можно задать количество трассируемых слоев отличных от общего количества слоев ПП, задать предпочтительное направление трассировки для каждого из трассируемых слоев.

Далее проведем заполнение таблицы слоев, в которой каждому слою укажем направление разводки.

Перейдем к конструктору контактных площадок. В данном пункте произведем только установку имен файлов входной базы данных ПП, входной файл стратегии трассировки и имя проекта. От внесения изменений можно отказаться, нажав Exit.

Таким образом, мы провели конфигурирование файла стратегии. Оттрассировав плату по данной стратегии, мы получим плату соответствующую нашим расчетным данным.

После того, как мы растрассировали плату, необходимо оформить ее как чертеж в соответствии с требованиями. Система PCAD не позволяет полностью провести оформительскую работу, и поэтому воспользуемся системой AutoCAD. Для того чтобы AutoCAD смог прочитать чертежи слоев и печатной платы преобразуем файлы с расширением “.pcb” в файлы формата “.dxf”. сделать это можно воспользовавшись функцией PCAD.

После преобразования мы загружаем файлы в AutoCAD.

### 5.6 Оценка качества разработанной конструкции

Оценку качества разрабатываемой конструкции можно проводить постепенно, по мере разработки конструкции [10].

После создания базы данных принципиальной электрической схемы целесообразно с помощью программы Electrical Rules Check (PC-Erc) выявить синтаксические ошибки, исправить их и затем приступить к моделированию или разработке ПП.

Выходным файлом программы PC-Erc служит файл списка электрических связей (.nlt) или (.xnl). Результаты проверки заносятся в текстовый файл с расширением .erc. Программа вызывается в разделе Schematic Tools.

В появившемся меню необходимо установить контроль всех параметров на наличие ошибок. Установка параметров производится с учетом расчетов печатного монтажа печатной платы представленного в подразделе 5.4.

В выходном файле приводится список количества ошибок каждого вида и их подробное описание:

·      Floating Pins – неподключенные связи. Это связано с тем, что в компонентах задействованы не все выводы;

·      Nets With One or No Connections – это связано с тем, что при проверке не учитывались атрибуты компонентов (PWGD);

·       Nets With No input/output Pins – цепи которые не соединены с входами/выходами. Связано с наличием в схеме аналоговых элементов;

·      Nets With No Pull-Up Resistor – цепи подключенные к “открытому коллектору”;

·      Components With All Input Pins Tied to Gather – компоненты у которых соединяются входы

После проведения трассировки ПП целесообразно провести сравнение двух списков электрических связей с целью выявления в них различий с помощью программы Netlist Comparison. Среди предложенных способов проверки, целесообразнее выбрать сравнение списка связей, один из которых извлечен из файла .sch, а другой – из файла .pcb.

Выходной файл содержит следующую информацию:

·           Number of Gates (Parts) – общее количество компонентов в каждом списке;

·           Number of Nets - общее количество цепей в каждом списке;

·           Number of Suspect Nets – общее количество цепей каждого списка, которые не согласуются с цепями другого списка;

·           Number of Spare (Parts) – общее количество компонентов которые не соединяются ни с одной цепью в каждом списке;

·           Number of Floating Nets – общее количество цепей которые не соединяются ни с одним компонентом в каждом списке.

После этого приводится полная информация о сравниваемых списках.

Теперь осуществим проверку платы на соответствие ее требуемому классу точности.

Утилита Design Rules Check (PC-DRC) проверяет разведенную базу данных ПП и выявляет не разведенные проводники, нарушение технологических требований к проектированию ПП.

Программа PC-DRC вводит в базу данных ПП новые слои $CONT, $DRC и $ATT, на которых отмечаются ошибки.

После загрузки утилиты, для редактирования технологических ограничений, на панели Rule Name выбирается имя правила проверки из списка. Для создания нового правила следует выбрать команду ADD, ввести имя правила и затем задать минимальные размеры и зазоры для компонентов.

После выполнения утилита создает файл с расширением .drc, в котором будет отчет по каждому из проверяемых слоев. Плата подходит по технологическим требованиям, если в процессе проверки не было найдено ни одной ошибки.

Исходя из результатов проверок, можно сделать вывод, что наша плата полностью удовлетворяет всем требованиям.

6 Разработка методики проведения лабораторной работы

Лабораторная работа предназначена для специальности медицинская электроника на тему “Измерение принципов и методов дистанционной диагностики”. Лабораторная работа проводится на разработанном приборе “Дистанционном комплексе контроле функционального состояния”. Разработка методики проведения лабораторной работы позволит студентом более тщательно изучить необходимые аспекты дистанционной диагностики. Лабораторная работа включает в себе следующие этапы:

1.   Изучение способов и устройств обеспечения дистанционного измерения параметров биологических объектов.

2.   Настройка дистанционного комплекса контроля функционального состояния.

 3. Наблюдение передаваемого сигнала:

- имитированного сигнала от эквивалентной антенны;

- от биологического объекта (сигнал поступает с передатчика).

          4. Измерение различных характеристик передаваемого сигнала.

          5. Измерение зависимости сигнала от изменения различных параметров.

6.1 Разработка структурной схемы проведения лабораторной работы

# 1.   Подготовка к выполнению лабораторной работы.

# Прежде, чем приступить к выполнению лабораторной работы, необходимо выполнить следующие подготовительные операции с дистанционным комплексам контроля функционального состояния:

-      включить прибор в сеть питания 220В, 50Гц;

# -      при выключенной кнопке “ВЧ-коррекция” добиться максимального отклонения стрелки индикатора, путем вращения ручки “Гетеродин” (находится на передней панели прибора).При этом мы настраиваем приемник на частоту приема сигнала 27,12 МГц;

# -      включить кнопку “ВЧ-коррекция”, при этом стрелка индикатора должна отклониться примерно на половину шкалы. Дальнейшее отклонение стрелки при выполнении лабораторной работы показывает о приеме сигнала приемником.

# Если все вышеуказанные условия выполнены, тогда можно приступить к выполнению лабораторной работы.

Структурную схему проведения лабораторной работы условно можно разделить на части.

2.         Исследования проводятся при помощи имитации низкочастотного сигнала. Для этого применяем генератор стабильной частоты НЧ и высокочастотный генератор.

Высокочастотный генератор необходимо настроить на частоту 27,12 МГц – частота, на которой работает приемник. К нему подключаем генератор стабильной частоты НЧ для имитации низкочастотного сигнала (10 –20 Гц). Таким образом, высокочастотный сигнал промоделированный по частоте при помощи эквивалента антенны передаются на штыревую антенну приемника.

Амплитуда подаваемого сигнала не должна превышать 15 mВ. Для контроля необходимо использовать вольтметр.

В этой части лабораторной работы студентам необходимо:

-      пронаблюдать форму сигнала в различных точках аппарата (на выходе приемника, дешифратора, детектора и усилителя). Для этой цели в приборе выведены специальные отведения;

-      выявить зависимость принимаемого сигнала от изменения следующих параметров: частота модуляции, амплитуда сигнала, расстояние до штыревой антенны приемника.

Наблюдения необходимо производить при помощи осциллографа.

3. Исследования проводятся с биологическим объектом (человеком). Для этих целей применяется передатчик, который подключается к питанию 12 В. Передатчик имеет два электрода: сигнальный и пассивный. Сигнальный электрод крепится в активной зоне, а пассивный электрод является общим. Электроды снимают сигнал, который передается по радиоканалу при помощи антенны на штыревую антенну приемника с частотой 27,12 МГц.

В этой части лабораторной работы студентам необходимо:

-      пронаблюдать форму сигнала на компьютере;

-      выявить зависимость принимаемого сигнала от изменения расстояния до штыревой антенны приемника;

-      проверить коэффициент стабилизации сигнала при действии автоматической регулировки усиления приемника.

После выполнения лабораторной необходимо отключить все приборы от сети питания.

7 ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Определение цены научно-технической продукции: разработка лабораторной работы на тему “Дистанционный комплекс контроля функционального состояния”.

В главе “ Технико-экономическое обоснование дипломного проекта” осуществляется переход от многочисленных отдельных технических параметров к оценке конструкции в целом, дается обобщенная оценка в денежном выражении разнообразных достоинств и недостатков каждого из вариантов новой техники. Отсутствие экономического обоснования и расчетов приводит к экономическим ошибкам в проектировании, созданию неэффективных конструкций. Экономическое обоснование дипломного проекта является завершающим этапом. Новая техника должна быть не только технически совершенной, но и экономически выгодной. На основе экономической оценки новой техники принимается решение об инвестициях в данный проект [13]. В зарубежной практике такие расчеты относятся к числу инвестиционных.

7.1 Характеристика проекта

В настоящее время непрерывно расширяется область применения методов регистрации параметров биосигналов в практических и исследовательских задачах. Современный уровень научных достижений и технологий открывает новые перспективы для создания портативных систем с дистанционным анализом. Исключение «привязки» обследуемого к диагностической аппаратуре обеспечивает естественную подвижность пациента при выполнении им функциональных проб, тестовых профессиональных операций и других диагностических, профилактических и лечебных мероприятий, улучшает качество жизни пациентов, и в то же время позволяет врачу оперативно получать объективную картину состояния системы.

Создание лабораторной работы позволит студентам по специальности “Медицинская электроника” ознакомиться и изучить принципы и методы дистанционной диагностики.

7.2   Определяем материальные затраты на выполнение работ, включая стоимость покупных комплектующих изделий и полуфабрикатов на изготовление макетов и опытных образцов

В эту статью включается стоимость основных и вспомогательных материалов, необходимых для изготовления продукции по установленным нормам.

В нашем случае необходимо подключить электрический кардиографик компьютеру.

Формула расчета следующая:

, (7.1)

где КТР — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы при приобретении материалов;

НHI — норма расхода i–го вида материала на единицу продукции (кг, м, л и пр.);

ЦI — отпускная цена за единицу i–го вида материала, руб.;

ОBI — возвратные отходы i–го вида материала, руб.;

ЦOI — цена за единицу отходов материала i–го вида, руб.;

n — номенклатура применяемых материалов.

Цена приобретения материалов определяется по текущим справочным материалам на момент выполнения дипломного проекта: данным договоров, ценам бирж, информационным бюллетеням и пр. Коэффициент транспортно–заготовительных расходов можно принять равным 1,1 — 1,2.

Для упрощения расчетов возвратные отходы можно принять в размере 1 % от стоимости материалов с учетом транспортно–заготовительных расходов.

В таблице 7.1 приведены материалы, используемые при изготовлении платы сопряжения с компьютером.

Таблица 7.1– Расчет материалов измерителя температуры.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Единица измерения | Норма расхода | Цена за 1 кг (л), руб. | Сумма, руб. |
| 1. Припой ПОС–61 | кг | 0,15 | 2700 | 400 |
| 2. Канифоль | кг | 0,08 | 500 | 40 |
| 3. Лак ЭП–730 | кг | 0,01 | 1600 | 16 |
| 4. Клей | кг | 0,02 | 3200 | 64 |
| 5. Флюс глицериновый | л | 0,05 | 3000 | 150 |
| Итого |  | 670 |
| Транспортно–заготовительные расходы (10%) | 67 |
| Отходы (1%) | 7,37 |
| Всего |  | 730 |

7.3 Расчет затрат по статье «Топливно-энергетические ресурсы для научно-экспериментальных целей»

 (7.2)

где Мцi – установочная мощность i-го объекта основных производственных фондов, используемых для выполнения работ по данной теме, кВТ;

tфi – время фактического использования i-го объекта, час;

Цэл – тариф за 1 вВт/ч энергии, руб.

Лабораторная работа на тему “Дистанционный комплекс контроля функционального состояния” предназначена для специальности медицинская электроника. В таблице 7.2 представлен расчет топливно-энергетических ресурсов при проведении одной лабораторной работы без использования компьютера по устаревшей программе.

          Лабораторные работы проводятся для двух групп в количестве 64 часов в семестр. Время одной лабораторной работы составляет 4 часа.

Таблица 7.2 –Расчет топливно-энергетических ресурсов.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование оборудования, используемого для научно- экспериментальных и технологических целей | Установочная мощность, кВт | Время использования, часов | Тариф за 1 кВт/ч, руб . | Сумма затрат, руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Передатчик | 0.2 | 4 | 69 | 42 |
| Приемник с осциллоскопом | 4 | 4 | 69 | 1110 |
| Генератор низкочастотный | 5 | 4 | 69 | 1380 |
| Осциллограф | 3 | 4 | 69 | 830 |
| Всего |  | 3362 |
| В течение года |  | 215000 |

При проведении лабораторной работы по новой программе с использованием компьютера будет иметь место экономический эффект, который описывается в разделе 7.5.

7.4 Расчет затрат по статье «Основная заработная плата научно-производственного персонала»

Величина затрат исчисляется исходя из численности различных категорий исполнителей и трудоемкости выполнения отдельных видов, тарифных ставок за один день или месячных должностных окладов, используемых премиальных систем оплаты труда исполнителей по формуле:

,                                    (7.3)

где ТCi – тарифная ставка за день (месячный оклад) i-й категории работников;

Чi – количество работников i-й категории;

tфi – время фактической работы работника i-й категории по теме, дн. или мес.;

Кnp – коэффициент премий по премиальным системам, Кnp≈ от 1,10 до 1,40.

В таблице 7.3 произведен расчет основной заработной платы научно-производственного персонала.

Таблица 7.3 –Расчет основной заработной платы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Разряд работ | Часовая тарифная ставка, руб./ч | Норма времени по операции, ч | Основная зарплата, руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Заготовительные | II | 366 | 2 | 732 |
| Сборочные | V | 415 | 4 | 1660 |
| Контрольно–регулировочные | VI | 390 | 10 | 3900 |
| Сборка и контроль | V | 375 | 3 | 1125 |
| Исследовательские | II без кат. | 366342 | 3 | 11001025 |
| ИТОГО |  |  |  | 9542 |
| Премия (40%) |  |  |  | 3817 |
| Всего с премией |  |  |  | 13360 |

В таблице 7.4 произведем расчет цены научно-технической продукции [14].

Таблица 7.4 Расчет цены научно-технической продукции.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Статья расчета | Методика расчета | Расчет, руб. |
| 1 | 2 | 3 |
| 1. Сырьё и материалы за вычетом отходов (без НДС) | МО | 730см. таблицу 7.1 |
| 2. Топливно-энергети-ческие ресурсы |  | см. таблицу 7.2 |
| 3.Основная заработная плата производственных рабочих |  | см. таблицу 7.3 |
| 4. Дополнительная заработная плата производственных рабочих | , —процент дополнительной ЗП (20%) |  |
| 5. Отчисление органам социальной защиты | , — процент отчислений органам социальной защиты (35%) |  |
| 6. Чрезвычайный чернобыльский налог и в фонд занятости | , |  |
| 7. Износ инструментов и приспособлений целевого назначения | , |  |
| 8. Расходы на научные командиров по формуле | ,Нком≈ от 5 до 20%. |  |
| 9. Косвенные (накладные) расходы | Нкос ≈ от 50 до 100%. |  |
| 10. Полная себестоимость |  |  |
| 11. Плановая прибыль единицы научно-технической продукции | ,Ур ≈ от 10 до 30 % |  |
| 12. Отчисления в местные бюджетные и внебюджетные фонды | Нмц=5 |  |
| 13. Отчисления в республиканские бюджетные и внебюджетные фонды | Нрц=5 |  |
| 14. Ориентировочная отпускная цена научно-технической продукции |  |  |
| 15. Определяется налог | Нндс = 20% |  |
| 16. Цена научно-технической продукции с учетом НДС |  |  |
|  |  |  |  |

### Таким образом с расчета видно, что цена научно-технической продукции с учетом НДС составит 67800 рублей.

7.5 Расчет экономического эффекта

На основе расчетов, проведенных ранее, определяется целесообразность внедрения инженерного проекта [15].

          При внедрении в лабораторную работу “Дистанционное измерение биологических параметров человека” устройства сопряжения с компьютером получим улучшение по следующим пунктам:

1.         Улучшиться качество получаемого сигнала.

2.         Уменьшиться расход электроэнергии за счет уменьшения времени проведения измерения по лабораторной работе (), так как компьютер позволяет быстрее обрабатывать и выводить информацию. Время выполнения лабораторной работы уменьшится до 3 часов. При применении компьютера отпадет необходимость в использовании осциллоскопа и осциллографа.

Таким образом расход топливно-энергетических ресурсов с применение компьютера приведен в таблице 7.5.

Таблица 7.5 –Расчет топливно-энергетических ресурсов с применение компьютера.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование оборудования, используемого для научно- экспериментальных и технологических целей | Установочная мощность, кВт | Время использования, часов | Тариф за 1 кВт/ч, руб . | Сумма затрат, руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Передатчик | 0.2 | 3 | 69 | 42 |
| Компьютер | 0.4 | 3 | 69 | 83 |
| Генератор низкочастотный | 5 | 4 | 69 | 1380 |
| Принтер | 0.2 | 0.4 | 69 | 42 |
| Всего |  | 1447 |
| В течение года |  | 92600 |

          Таким образом без применения компьютера затраты топливно-энергетических ресурсов в течение года составят (см. таблицу 7.2)

Рэл1 = 215 тыс. рублей, а с применением компьютером (см. таблицу 7.4) Рэл2= 92,6 тыс. рублей.

Рэл1 – Рэл2 = 215 – 92,6 = 122,4 тыс. рублей

3. При начале выполнения каждой лабораторной работы необходимо производить контрольно–регулировочные работы с приборам. Применение компьютера позволит производить регулировку автоматически.

Лабораторную работу так же могут использовать другие учебные учреждения для ознакомления и изучить принципов и методов дистанционной диагностики.

8. ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Обеспечение безопасных условий труда при проведении экспериментальных и наладочно-регулировочных работ электрического кардиографа

Рассматривая задачи проектирования и разработки электрического кардиографа в первых двух разделах дипломного проекта, экономически их обосновывая в третьей, и в связи с непрекращающимся постом травматизма и профессиональными заболеваниями на производстве, необходимо рассматривать и вопросы по охране труда и экологической безопасности.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических организационных, технических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

При проведении работ по теме дипломного проекта производится дистанционная передача биосигналов на электрический кардиоскоп. При этом, внутренние каскады кардиографа должны быть настроены на определенную частоту приема и передачи биосигнала. Настройка прибора производится при включенном питании сети 220 В 50 Гц.

При проведении экспериментальных и наладочно-регулировочных работ с прибором на персонал возможно влияние следующих опасных и вредных производственных факторов [16]:

-        микроклимат в производственном помещении;

-        повышенный уровень шума в производственном помещении;

-        электрическая безопасность, которой подвергается персонал производящий обслуживание прибора.

Микроклимат в помещении, где будут проводиться наладочно-регулировочные операции, должен соответствовать нормативно техническим документам. Были получены следующие параметры:

- температура воздуха в рабочей зоне 19 - 23°С;

- величина относительной влажности не более 65% при температуре 26°С.

Согласно СанПиН 9-80 РБ 98 [17] нормирование микроклимата в рабочей зоне производится в зависимости от периода года, категории работ по энергозатратам, избытка явного тепла. В данном случае работу с кардиографам по интенсивности общих энерготрат можно отнести к категории Iб.

В СанПиН установлено два периода года: холодный, теплый. Теплый период года характеризуется среднесуточной температурой наружного воздуха +10°С и выше; холодный период - ниже +10°С в течении пяти суток.

Приведем нормативные значения этих факторов, как одно из средств обеспечения безопасности. В теплый период года необходимо обеспечить следующие параметры микроклимата. Согласно СанПиН 9-80 РБ 98 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», устанавливающим оптимальные и допустимые значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для помещений, предназначенных для работы с контрольно-измерительной техникой. Согласно категории работ Iб оптимальные значения температуры воздуха составляют 21 - 23°С. Рекомендуемая относительная влажность воздуха - 50%. Скорость движения воздуха не должна превышать 0,1 м/с.

Для обеспечения требуемых микроклиматических параметров воздушной среды в рабочем помещении, где выполняются наладочно-регулировочные работы, необходимо применять общеобменную искусственную вентиляцию в сочетании с системами кондиционирования воздуха. Основной задачей кондиционирования является поддержание параметров воздушной среды в допустимых пределах. Система управления кондиционерами обеспечивает работу, определяемую температурой и относительной влажностью воздуха в рабочей зоне.

Для отопления помещений используется водяное центральное отопление. Система центрального водяного отопления гигиенична, надежна в эксплуатации и обеспечивает возможность регулирования температуры в широких пределах.

При анализе шумовой обстановки в помещении, где будут проводиться экспериментальные и наладочно-регулировочные работы с кардиографам, имеет место широкополосный шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы. Для ориентировочной оценки допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука в дБА.

Согласно СН 9-86 РБ 98 [18] выполняемые работы можно отнести к IV категории нормы шума, так как работа с кардиографом требует концентрации внимания, сосредоточенности не должен превышать 75дБА, а при однообразной работе - 80дБА. Шум от отдельных приборов не должен более чем на 5 дБ превышать фоновый шум.

Так как в лаборатории кроме электрического кардиографа находятся другие приборы (осциллографы, автометр, генераторы низкочастотных и импульсных сигналов, компьютеры), а так же система кондиционеров и вентиляторов, которые могут создавать дополнительный шум. При измерении приборам ВШВ-003 в октавной полосе 1000 Гц уровень звукового давления составляет 75 дБ. Согласно СН 9-86 РБ 98 необходимы меры защиты.

Наиболее рациональной мерой защиты от шума в производственном помещении, является уменьшение шума в источнике или изменение направленности излучения. Т.е. следует использовать менее шумное оборудование, перед установкой или покупкой оборудования следует обратить внимание на их шумовые характеристики.

Осциллограф, автометр, генераторы низкочастотных и импульсных сигналов, измеритель нелинейных искажений можно устанавливать на мягкие коврики из синтетических материалов, а под ножки столов, на которых они установлены - прокладки из мягкой резины, войлока толщиной 6-8 мм.

Если невозможно уменьшить шум в самом источнике, излучающем прямые звуковые волны, применяют меры к уменьшению интенсивности отражения от поверхностей помещений, что достигается звукопоглощением. Наиболее выраженными звукопоглощающими свойствами обладают волокнисто-пористые материалы: фибролитовые плиты, стекловолокно, минеральная вата, полиуретановый поропласт и др. Варьируя звукопоглощающим материалом, его толщиной, размерами воздушного зазора, а также параметрами перфорированного листа, можно в значительных пределах изменять частотную характеристику коэффициента звукопоглощения.

В данной дипломной работе рассматривается проведение экспериментальных и наладочно-регулировочных работ. На этапах разработки, наладки электрического кардиографа и эксплуатации персонал, осуществляющий различные измерения, настройки и испытания, наиболее подвергается опасности поражения электрическим током связанное с однофазным прикосновением не изолированного от земли человека к неизолированном токоведущим частям электроустановок, находящимися под напряжением; с одновременным прикосновением человека к двум токоведущим неизолированным частям (фазам, полюсам) электроустановок, находящих под напряжением; изолированного от земли человека, к металлическому корпусу электрооборудования, оказавшегося под напряжением [19].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что большинство случаев поражения человека электрическим током связано с неаккуратным обращением с токоведущими частями электроустановок, находящимися под напряжением, а также износу электроизоляции. Для устранения этих причин электропоражений весь персонал, осуществляющий свою работу в непосредственной близости от электроустановок, контрольно-измерительных приборов должен быть ознакомлен с правилами техники безопасности (вводный инструктаж, первичный инструктаж, периодический инструктаж, теоретическая подготовка персонала). Плановые проверки технического состояния электрического кардиографа позволяют вовремя заменить износившиеся элементы изоляции, что также снижает вероятность поражения человека электрическим током [20].

Однако существуют причины, которые не всегда поддаются контролю человека, например появление напряжения на металлических нетоковедущих частях корпуса электроприборов, вследствие случайного соединения с ними токоведущих проводов, пробоя на корпус и т.п. В данном случае наибольшая вероятность поражения электрическим током в случае прикосновения к корпусу и другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением в следствие пробоя изоляции или замыкания на корпус.

          Исследователь прикоснулся к корпусу установки. Установка питается от трехфазной сети с заземленной нейтралью. На корпус пробито фазное напряжение (рисунок 8.1).



 Ich

Рисунок 8.1 - Прикосновение к корпусу, оказавшемуся под напряжением

Значение тока, проходящего через человека в указанных условиях определяется:

Uф

          Ih=                                    (8.1)

           Rch+ro

где Uф - фазное напряжение, 220 В;

 ro - сопротивление заземления нейтрали источника, 4 Ом;

Rch=Rh+Rоб+Rос,(8.2)

где Rh=1 кОм - сопротивление тела человека;

Rоб=0,5 кОм - сопротивление обуви;

Rос=0,9 кОм - сопротивление опорной поверхности.

Откуда определяем:

Rch=1+0,9+0,5=2,4 кОм,

220

Ih= » 91,5\*10-3 A.

2,4\*103+4

          Так как такое значение Ih=91,5 мА более чем в 9 раз превышает значение порогового не отпускающего тока Ihно, равное 10...15 мА, то для обеспечения электробезопасности следует применить один из следующих способов защиты: защитное заземление, зануление, защитное отключение. Согласно ГОСТ 12.1.030-92 “Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.” [21] в электроустановках, питающихся от трехфазных четырехпроводных сетей с глухо заземленной нейтралью напряжением до 1000 В для обеспечения электробезопасности применяется зануление.

          Расчет зануления производится с целью определения условий, при которых оно надежно и быстро отключит поврежденную электроустановку от сети и одновременно обеспечит безопасность прикосновения к зануленным частям измерительного стенда в аварийный период. Проектирование и расчет зануления включает: выбор средства автоматического отключения стенда от сети (предохранителя, электромагнитного выключателя и т.п.); расчет тока однофазного короткого замыкания Iкз; расчет номинального тока срабатывания защиты.

          Ток однофазного короткого замыкания в цепи зануления определяется по формуле:

                   Uф

          Iкз= ,                  (8.3)

          zп+zт/3

где Uф- фазное напряжение сети;

zп- полное сопротивление петли “фаза-нуль”;

zт- сопротивление обмотки трансформатора сети, 3,11 Ом

          zп= (Rф+Rн.з)2+[(xф+xн.з+xп)\*l]2 , (8.4)

где Rф и Rн.з- активное сопротивление фазного и нулевого защитного проводников, Ом;

xф иxн.з- внутренние индуктивные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, 0,0156 Ом/км;

xп- внешнее индуктивное сопротивление петли “фаза-нуль”, 0,3 Ом/км;

l- длина сети, 77 м.

           zп= (0,86+0,86)2+[(0,0156+0,0156+0,3)\*10-3\*77]2 =1,72 Ом

220

          Iкз= =                              79,8 А

                    3,11/3+1,72

          Номинальный ток срабатывания устройства защиты определяется исходя из мощности установки по формуле:

                    Ny

Iн= Кн          , (8.5)

                   Uф

где Ny- мощность установки, 1000 Вт;

Кн- коэффициент надежности, 1,1;

1000

          Iн= 1,1            = 5 А

220

          В качестве средства автоматического отключения выбираем плавкую вставку с номинальным током 5 А.

          Проверяем условие надежности работы средства автоматического отключения установки от сети:

Iкз ³ кIн , (8.8)

где к- коэффициент кратности (для плавкой вставки к=3)

          79,8³3\*5

Так как условие выполняется, то выбранное устройство защиты обеспечивает требуемую безопасность работы.

          При проведении экспериментальных и наладочно-регулировочных работ с электрическим кардиографам по программе, которую выдает начальник подразделения или лаборатории, имеющий V группу при напряжении выше 1000 В и IV группу при напряжении до 1000 В. Эксперименты осуществляет бригада не менее чем из двух человек, один из которых - инженерно-технический работник с IV группой, остальные с III.

          Требования безопасности при подготовке рабочего места для проведения экспериментальных работ следующие:

¾ границы места эксперимента четко обозначают временными ограждениями; ¾ на площадке могут присутствовать только участники эксперимента;

¾ на месте обязательны электрозащитные средства (инструмент с изолированными рукоятками, диэлектрические перчатки, коврики).

Требования безопасности во время проведения эксперимента следующие: подсоединение и отсоединение проводников, замена оборудования и приборов разрешается при снятых рабочем напряжении и остаточных зарядах. Незаземленные корпуса и оболочки оборудования при напряжении более 36 В переменного или 110 В постоянного тока должны быть ограждены. Запрещается эксплуатировать измерительный стенд при обрывах проводов внешнего присоединения, проводить присоединения при подключенном напряжении питания. В случаях возникновения аварийных ситуаций обесточить установку.

          Таким образом, в ходе проделанной работы по обеспечение безопасных условий труда при проведении экспериментальных и наладочно-регулировочных работ электрического кардиографа, были выявлены следующие опасные факторы: повышенный уровень шума, микроклимат в производственном помещении и опасность поражения электрическим током, и выполнены вышеуказанные меры защиты для предотвращения травматизма человека.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе дипломного проектирования на тему “ аппаратное и методическое обеспечение лабораторной работы по дисциплине: дистанционный комплекс контроля функционального состояния”, было разработано устройство сопряжения с компьютером и методика выполнения лабораторной работы по дистанционной диагностике. Разработка данного устройства и методики лабораторной работы велись по исходным данным в качестве которых являлись: техническое задание на проектирование и электрический кардиограф.

          Основываясь на эти исходные данные провели анализ технического задания, в результате которого окончательно выяснили назначение и общую характеристику прибора, а также определили требования, которые будут предъявляться к устройству входе его эксплуатации.

          Из анализа электрической принципиальной схемы выяснили, что при таком ее построении будут обеспечиваться стабильная передача данных от электрического кардиографа в компьютер.

В ходе конструкторских расчетов определили, что:

          - разработанное устройство сопряжения является функционально законченным устройством, состоящим из электронного блока выполненного в отдельном корпусе, который по средствам шлейфов через разъемы подключается к диагностическому комплексу и к ЭВМ;

          - его размеры при коэффициенте заполнения по объему , на основании компоновочного расчета, следующие: мм.

- корпус выполнен без перфорации и охлаждается путем естественной конвекции, при этом перегрев корпуса блока не будет превышать, а перегрев поверхности элемента - .

- устройство изготовленное на основе современной элементной базы обеспечит заданные параметры надежности, при этом его средняя наработка на отказ равна T = 88495 час, а вероятность безотказной работы Р(t) = 0,99;

- печатная плата имеет размеры мм, и вследствие того, что она двухсторонняя - изготавливается комбинированным позитивным методом по 2-му классу точности;

          На основании технико-экономических расчетов определили, что:

          - сметная стоимость НИОКР - 67 800 руб.;

          В разделе охраны труда и экологической безопасности рассмотрены действия по обеспечение безопасных условий труда при проведении экспериментальных и наладочно-регулировочных работ с дистанционным комплексом контроля функционального состояния.

Созданная лабораторная работа по теме “Дистанционный контроль функционального состояния человека” позволит студентам по специальности “Медицинская электроника” ознакомиться и изучить принципы и методы дистанционной диагностики.

Список используемых источников

1.   Гуреев М.И. и др. Импедансная реоплетизмография. – Киев: Наукова Думка, 1981. – 172 с.

2.   Сигаев А.Т. и др. Сцинтиграфические исследования в постановке диагноза кавериозного туберкулеза легких. – М.: Наука, 1992. - 290 с.

3.   Шевелев И.А., Кузнецова Г.Д., Цыкалов Е.Н. и др. Термоэнцефалоскопия. – М.: Наука, 1989.- 185 с.

4.   Barret A., Myers R. Subcutaneous temperature: a method of noninvasive sensing. – Science, 1975, v.190.

5.   Сельский А.Г., Фишер А.М., и др. Возможности применения динамического термокартирования в радио- и инфракрасном диапазонах в онкологической клинике // Биомедицинская радиоэлектроника. – 1995. - №2. – С. 29 – 42.

6.   Справочник проектирования дискретных устройств на и.с / Г.И. Пухальский. - М.: Радио и связь, 1990. - 270 с.

7.   Справочник по функциональной диагностике / Ред. И.А. Кассирский. - М.: Медицина, 1980. – 223 с.

8.   А. Марцинкевич, Э. Багданскис. Сверхбыстродействующие (20…100МГц) преобразователи формы информации: Справочник. - Вильнюс, 1985 . - 135 с.

9.   С.В. Якубовский. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы: Справочное пособие. - Москва: Радио и связь, 1985 . - 171 с.

10. В.Д. Розевиг, С.М. Блохин. Система PCAD 8.5. Руководство пользователя. – М.: ДМК, ЗНАК, 1997 . -288с.

11.        В.А. Шахнов. Микропроцессоры и микропроцессорные комплекты интегральных микросхем: Справочник -М.: Радио и связь, 1985. – 201 с.
12. Романов Ф.И., Шахнов В.А. Конструкционные системы микро- и персональных ЭВМ. - М.: Высш. шк., 1991. –247 с.

13. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломных проектов. /Сост. Т.В. Елецких, Э.Н. Афитов, В.А. Палицин, А.К. Феденя.–Мн.: БГУИР, 1996. – 137 с.

14. Практическое занятие «Расчет плановой себестоимости и отпускной договорной цены единицы продукции» /Носенко А.А., Старова Л.И.– Мн.: БГУИР, 1997. – 48 с.

15. Определение сметной калькуляции и цены на НИР и НИОКР /Носенко А.А. – Мн.: БГУИР, 1997. – 37 с.

16. С.П. Павлов, З.И. Губонина. «Охрана труда в приборостроении» учебник для вузов. – Москва: ВШ, 1986. –215 с.

17. СанПиН 9-80 РБ 98.

18. СН 9-86 РБ 98

19.«Рекомендации по проектированию заземления и зануления электроустоновок и установок электросвязи. Молниезащита зданий.» /Михнюк П.И.–М.: Упраление Моспроект – 1, 1983. –180 с.

20.«Электробезопасность на промышленных предприятиях.»: Справочник /Сабарно Р.В., Степанов А.Г. и др. –Киев : Техника, 1985. –288 с.

21. Долин П.А. «Справочник по технике безопасности. –М: Энергоиздат, 1985. –824 с.