

УДК 621.373.8+616-7

МАНИПУЛЯТОР МЕДИЦИНСКОГО ЛАЗЕРА С БЕСПРОВОДНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

ЯШКИН А. В., ТИТОВИЧ Н. А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)

E-mail: s7yashkina@gmail.com, titovich_n@bsuir.by

Аннотация. Приведена статистика отказов среди известных фирм-производителей дерматологических медицинских лазеров, использующих проводные манипуляторы. Предложена схема беспроводного манипулятора. Показаны преимущества внедрения данной разработки.

Abstract. The statistics of failures among well-known manufacturers of dermatological medical lasers using wired manipulators are given. The scheme of a wireless manipulator is proposed. The advantages of implementing this development are shown.

Введение

Сегодня современную медицину невозможно представить без использования беспроводных технологий, например, в телемедицине, оборудовании машины скорой помощи, дистанционное управление рентгеновскими аппаратами, связь кардиологических датчиков, обеспечение связи между узлами дерматологического лазера, создание сети в больнице на основе технологии Wi-Fi. Радиотехнологии обеспечивают передачу информации на расстоянии с использованием радиоволн без необходимости соединения электрическим кабелем. Преимущество беспроводного подключения заключается в обеспечении мобильности оборудования в пределах зоны покрытия, исключается человеческий фактор, пользователь не может физически воздействовать на канал связи, экономия физического пространства.

Основная часть

Одним из перспективных направлений внедрения беспроводных технологий в медицину является Wi-Fi, обеспечивающий работу в диапазонах 2,4 до 2,4835 ГГц и 5 ГГц (5,170 – 5,33; 5,49 – 5,730; 5,735 – 5,835 ГГц) с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM). Использование наряду с несущей частотой ещё и нескольких поднесущих частот в том же канале даёт возможность осуществлять параллельную передачу данных со скоростью до 9 Гбит/с. Число каналов зависит от выбранной ширины канала (стандартными являются 20, 40, 80 МГц). Немаловажным является использование нескольких антенн для разделения пространственных потоков и увеличения пропускной способности. Эти особенности можно успешно использовать для создания единой экосистемы, со следующими основными идеями: каждый медработник обеспечивается персональными устройствами с возможностью подключения к сети Wi-Fi; имеется общая база данных, куда приходит информация со всего медицинского оборудования, датчиков, носимых пациентами, персональных устройств врачей и медсестёр и на основании этого формируются индивидуальные карточки пациентов. Имея такую базу, можно повысить скорость проведения обследования и дальнейшего лечения, а также оперативность принятия решений.

Точку доступа к сети Wi-Fi можно устанавливать в каждой больничной палате, подключать к ней датчики, носимые пациентами, и передающие показатели пациента (пульс, температура, сатурация и др.). Таким образом можно удаленно контролировать показатели каждого пациента и оперативно реагировать на ухудшение показателей. С помощью планшета дежурный врач может оперативно получить информацию о текущих показателях пациента и его историю болезни, всегда остается на связи и в случае экстренной ситуации, может быть вызван по видеосвязи для принятия неотложных решений. Лечащий врач-специалист может наблюдать в режиме реального времени за проходящим

функциональным обследованием (допустим УЗИ) пациента и может скорректировать действия с лаборантом.

Одним из важнейших направлений внедрения радиотехнологий в медицине является совершенствование диагностического и технологического оборудования с целью повышения его надежности. Рассмотрена проблема повышения надежности медицинского лазера, используемого в дерматологии, а именно в косметологии. На сегодняшний день существует проблема бесперебойной связи лазера с манипулятором (рисунок 1).



Рис.1. Общий вид медицинского косметологического лазера.

На данном рисунке: 1 – дисплей с кнопками управления; 2 – манипулятор; 3 – ключ включения/выключения лазера; 4 – Оптическое волокно с электрическим кабелем; 5 – Кнопка аварийной остановки лазера; 6 – ножная педаль.

Сам манипулятор проводного лазера, выпускаемого белорусской компанией *Solar LS*, имеет следующий вид (рисунок 2).

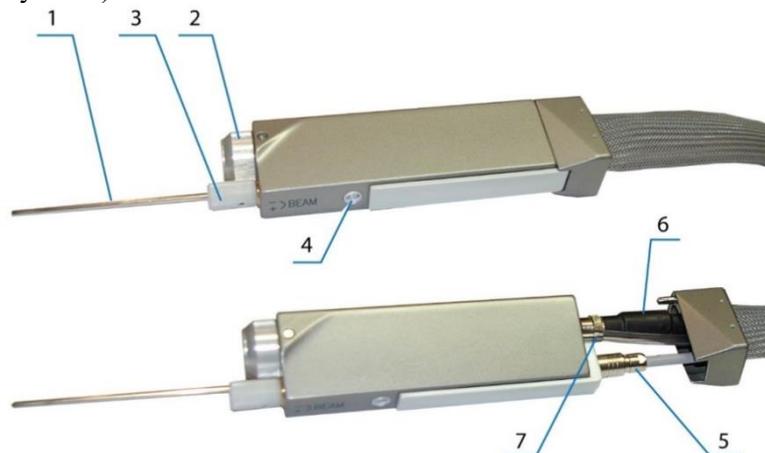


Рис.2. Внешний вид манипулятора.

На данном рисунке: 1 – штырь, задающий необходимое расстояние до кожи пациента; 2 – защитное стекло, через которое проходит лазерный луч; 3 – ручка изменения размера пятна; 4 – индикация установленного размера пятна; 5 – оптическое волокно; 6 – электрический кабель; 7 – разъём для подключения системы охлаждения кожи пациента.

Электрический кабель вставляется в соответствующий разъём на манипуляторе (рисунок 3) и другим концом в разъём на корпусе лазера. В процессе эксплуатации возникают множественные отказы (перелом кабеля, нарушение электрического контакта в разъёме) в силу физического воздействия оператора. По статистике за год происходит 7 – 10 отказов, что составляет от 15 до 20% от выпускаемой продукции.



Рис.3. Конструкция электрического разъёма.

Анализ продукции зарубежных конкурентов показал, что она также комплектуется проводными манипуляторами, с которыми также наблюдаются множественные отказы во время эксплуатации. В таблице 1 приведена статистика статистику отказов среди известных фирм-производителей дерматологических медицинских лазеров за последние пять лет.

Таблица 1. Статистика отказов проводных манипуляторов

Модель лазера	Количество отказов за год, шт				
	2017	2018	2019	2020	2021
<i>Solar LS EvoLine</i>	7	8	10	3	9
<i>CANDELA GentleMax Pro</i>	6	8	10	5	12
<i>CANDELA GentleLase Pro</i>	6	9	12	4	10
<i>CUTERA Excel HR</i>	6	6	9	2	10
<i>CYNOSURE Elite +</i>	8	7	7	1	9
<i>DEKA Motus AX</i>	9	8	5	2	8
<i>LUTRONIC Clarity</i>	7	9	6	2	7

Исходя из данных таблицы 1 можно сделать вывод, что проблема с проводным соединением лазеров имеет постоянный характер. Отсюда компании тратят дополнительные средства на ремонт своей продукции, лазерные клиники теряют прибыль, пока лазеры находятся на обслуживании. Для снижения числа отказов, повышения надежности и исключения человеческого фактора возможно внедрить беспроводной канал связи с манипулятором.

Структурная схема предлагаемого беспроводного манипулятора изображена на рисунке 4. При разработке схемы беспроводного управления за основу взята микросхема трансивера, отвечающая за формирование и приём радиосигнала. Также применены оптроны, формирующие код, в зависимости от положения выдвижного штока и кнопки, по нажатию на которые происходит лазерная эмиссия. Использован радиоканал 433 МГц, т.к. согласно [1] диапазон 432 – 438 МГц с допустимой мощностью до 10 мВт выделен для любительской радиосвязи, а также может быть использован в промышленных и медицинских целях без обязательной выдачи разрешения.

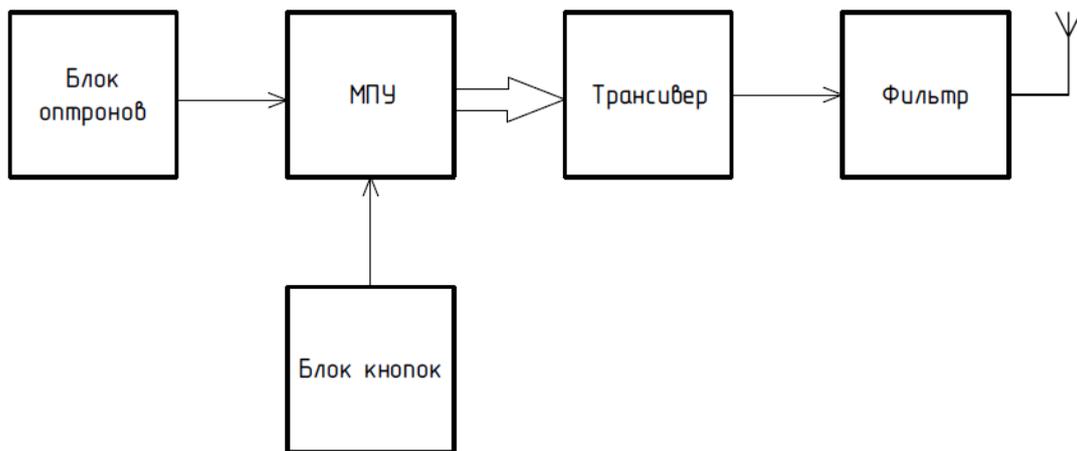


Рис. 4. Структурная схема беспроводного манипулятора

Полоса пропускания радиоканала с учётом требований [2] выбрана равной 300 кГц. Для повышения помехоустойчивости и ввиду наличия её во многих микросхемах трансиверов применена FSK модуляция. Выходная мощность передатчика составляет 10 мВт, т.к. предполагается связь малого радиуса действия (до 10 м), значение мощности соответствует разрешенному для диапазона 433 – 434,79 МГц. Беспроводной манипулятор является автономным и питается от батарейки CR2450 с напряжением 3 В.

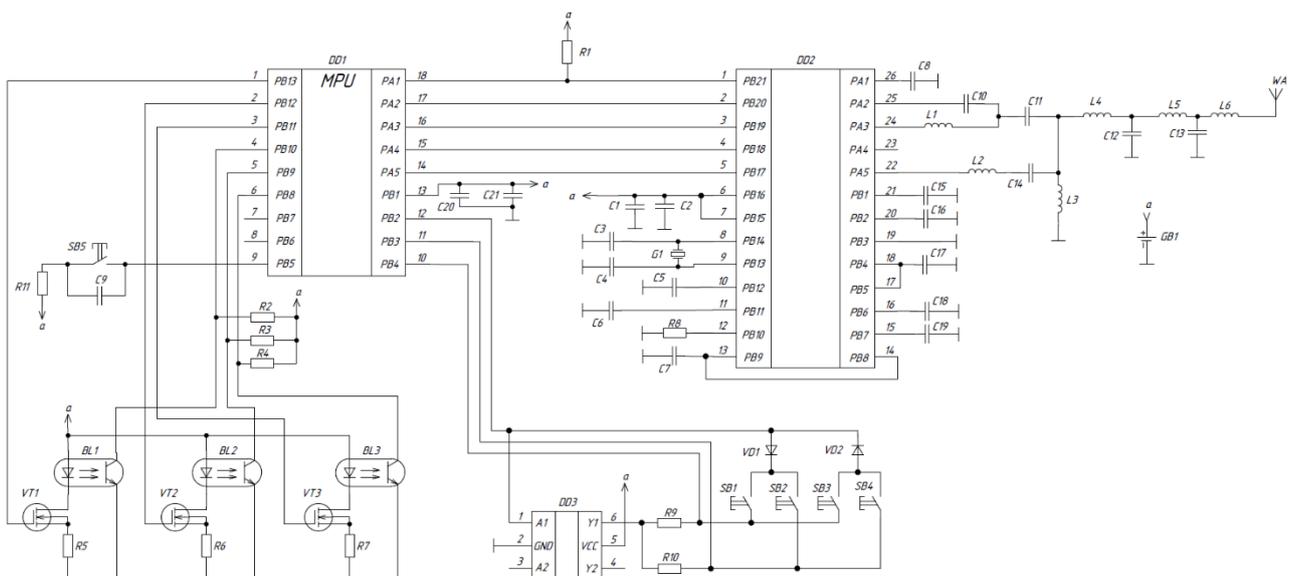


Рис.5. Принципиальная схема беспроводного манипулятора

Для согласования выхода трансивера с антенной и дополнительной фильтрации нежелательных гармоник необходим согласующий фильтр низких частот, предназначенный для фильтрации гармоник

второго и выше порядков, возникающих в процессе формирования радиосигнала, и для фильтрации нежелательных сигналов при приёме.

Электрическая принципиальная схема приведена на рисунке 5. Для ее реализации выбрана следующая элементная база:

- оптроны отражательного типа *OPR5005*;
- трансивер *ADF7023*;
- МПУ *STM32L151x6/8/B-A*;
- тактовые кнопки;
- согласующий фильтр рассчитан в программе *RFSim99*.

Заключение

Предварительные испытания показали, что манипулятор с беспроводным управлением имеет ряд преимуществ:

- исключается человеческий фактор, пользователь не может физически воздействовать на канал связи;
- в случае возникновения неполадки в манипуляторе (сообщение о неподключенном манипуляторе, ошибка определения размеров пятна, невозможность начала лазерной эмиссии) можно сразу отбросить версию о неполадках с каналом связи. В случае с проводным вариантом, необходимо проверять сначала электрический кабель;
- исключаются ошибки в работе манипулятора, связанные с плохим заземлением электрического разъёма;
- экономятся средства на электрическом кабеле.

Разработанное устройство планируется к внедрению в медицинском косметологическом лазере, выпускаемом компанией *Solar LS*. Предложенная схема и ее модификации могут быть применены в другой медицинской аппаратуре с подобными функциями.

Список использованных источников

1. Регламент радиосвязи *ITU* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.ru.pdf>.
2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 06.04.2010 № 525 «Об утверждении Таблицы распределения полос радиочастот между радиослужбами Республики Беларусь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pravo.levonevsky.org/bazaby11/republic06/text750/index6.htm>