

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА МЕДИЦИНСКОГО РЕАБИЛИТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Назаров А.А., Израелян Г.М., Гурин И.В.

Донской государственный технический университет, г.Ростов-на-Дону

Ключевые слова: робототехника, мехатронный объект, реабилитация, микроконтроллер.

Аннотация. Цель данной статьи – ознакомить читателя с процессом разработки медицинского реабилитационного комплекса, принципом работы алгоритма программного обеспечения и результатами первичных тестов на работоспособность. Процесс разработки подкрепляется технической документацией, разработанной в процессе работы над проектом. Статья может быть полезна для студентов высших технических заведений, а также научных сотрудников.

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF A MEDICAL REHABILITATION COMPLEX FOR LOWER EXTREMITIES

Nazarov A.A., Israelyan G.M., Gurin I.V.

Don state technical university, Rostov-on-Don

Keywords: robotics, mechatronic facility, rehabilitation, microcontroller.

Abstract. The purpose of this article is to acquaint the reader with the development process of a medical rehabilitation complex, the principle of the software algorithm and the results of primary performance tests. The development process is supported by technical documentation developed during the work on the project. The article can be useful for students of higher technical institutions, as well as research workers.

Существование заболеваний опорно-двигательного аппарата создает значительную нагрузку на систему здравоохранения. Расходы, связанные с таким родом заболеваний с трудом поддаются оценке в силу огромного многообразия и ограниченных возможностей систем эпиднадзора. Как правило, такого рода заболевания, сопровождающиеся нарушением опорно-двигательных функций, приводят к утрате частичной или полной дееспособности. В связи с этим актуальность исследований в данной сфере возрастает все больше.

Разрабатываемый комплекс направлен на реабилитацию пациентов перенесших оперативное вмешательство, а значит, нижние конечности пациента нуждаются в формировании анатомически верной траектории движения, а так же в контроле положения. Самый очевидный способ добиться подобного результата – изолировать от воздействия суставы не участвующие в изменении положения коленного сустава. Для этого привод тренажера был реализован по следующей кинематической схеме (рис. 1).

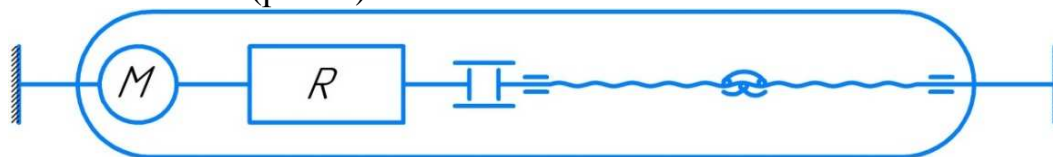


Рис. 1. Кинематика медицинского комплекса

Принцип действия узла следующий: включение двигателя вызывает появление крутящего момента, который через редуктор поступает на зубчатую муфту и передает получившуюся преобразованную механическую энергию винту шарико-винтовой передачи. Винт передает энергию гайке с шариками, которая и приводит в движение закрепленные элементы. Радиальные подшипники обеспечивают соосность шарико-винтовой пары.

Комплекс состоит из основного устройства – механотерапевтического тренажера для реабилитации нижних конечностей, а также устройства усиления сигналов с электроэнцефалограммы. Контроль за усилителем обеспечивает обыкновенный персональный компьютер, задача которого по полученным данным дать сигнал тренажеру о том, что пациент готов к тренировке. Состав комплекса и взаимодействие его составных частей реализовано согласно следующей структурной схеме (рис. 2).

На стратегическом уровне системы управления происходит формирование программы реабилитации на основании рекомендаций врача, а также результатов анализа электромотографических сигналов, полученных от датчиков, закрепленных на голове пациента. Это позволяет динамически вносить коррекцию в программу реабилитации, основываясь на антропометрических данных пациента и изменении формы сигнала, снимаемого с головы, тем самым индивидуализируя процесс реабилитации и делая его более комфортным.

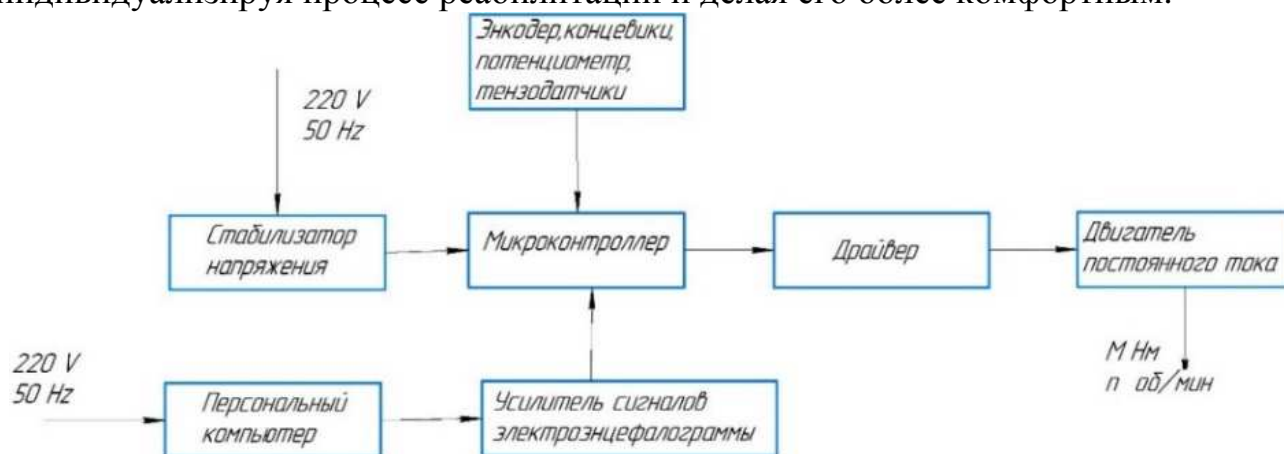


Рис. 2. Структурная схема комплекса

Для создания устройства и связи его с остальными единицами комплекса, используется микроконтроллер STM32f103c8t6. В сравнении с STM32F407VGT6 выбранный контроллер имеет достаточное для реализации устройства количество программируемых выводов и компактное для использования в качестве подключаемых модулей исполнение. Немаловажным является и экономический эффект – снижение стоимости основного компонента системы для управления почти в 2 раза без потери функциональности и производительности. Для отладки был выбран программный продукт EmBitz версии 1.11. С помощью него можно реализовывать готовый собранный программный проект и производить отладку в режиме реального времени.

Исполнительный код тренажера представляет собой алгоритм обработки периферийных устройств и формирования управляющего воздействия. Режим калибровки (рис. 3) необходим для определения оптимального диапазон сгибания

и разгибания конечности пациента. Движение производится с помощью управляющих кнопок. Когда нужная точка выставлена, необходимо записать текущее положение как нулевое. Для этого производится нажатие кнопки калибровки. Далее откалиброванная система переходит в режим тренировки (рис. 4). При включении данного режима ложемент смещается к нулевому положению. После этого устройство ожидает сигналов от персонального компьютера. Сигнал формируется по состоянию концентрации человека путем считывания импульсов с головного мозга. Если наблюдается преобладание альфа-ритмов, которые наблюдаются в состоянии покоя, то компьютер регистрирует это и формирует управляющий сигнал тренажеру к началу работы. Функция `state_auto()` включает в себя несколько параметров: минимальный и максимальный углы, выставленные в режиме калибровки, скорость движения тренажера, время движения после регистрации сигнала, длительной итерации тренировки и время отдыха между итерациями.

```
void calibration(void)
{
    it_now = 0;
    it_number = 0;
    if(state == 1 && flag_ini != 2)
    {
        setVoltage(0.0);
        state_old = 1;
        reset_pin(LED_RED);
        reset_pin(LED_GREEN);
    }
    if(state == 2 && flag_ini != 2)
    {
        state_old = 2;
        setVoltage(0.3);
        set_pin(LED_GREEN);
        reset_pin(LED_RED);
    }
    if(state == 3 && flag_ini != 2)
    {
        state_old = 3;
        setVoltage(-0.4);
        set_pin(LED_RED);
        reset_pin(LED_GREEN);
    }
    if(state == 4 && flag_ini != 2)
    {
        setVoltage(0.0);
        set_pin(LED_GREEN);
        set_pin(LED_RED);
        if(flag_ini == 0 && state_old != 4)
        {
            flag_ini = 1;
            pot_input(adc_data[0]);
            angle_min = adc_angle;
            state_old = 4;
        }
        if(flag_ini == 1 && state_old != 4)
        {
            flag_ini = 2;
            pot_input(adc_data[0]);
            angle_max = adc_angle;
            state_old = 4;
        }
    }
}
```

Рис. 3. Исполнительный код режима калибровки

```
if(login_begin)
{
    switch( it_number )
    {
        case 1:
            state_auto( angle_min, angle_max - 10, 0.2 , 3 , 3 , 1 );
            break;
        case 2:
            state_auto( angle_min, angle_max - 10, 0.2 , 3 , 3 , 1 );
            break;
        case 3:
            state_auto( angle_min, angle_max - 10, 0.3 , 3 , 3 , 1 );
            break;
        case 4:
            state_auto( angle_min, angle_max - 10, 0.3 , 3 , 3 , 1 );
            break;
        case 5:
            state_auto( angle_min, angle_max , 0.3 , 3 , 3 , 1 );
            break;
        case 6:
            state_auto( angle_min, angle_max , 0.3 , 3 , 3 , 1 );
            break;
        case 7:
            state_auto( angle_min, angle_max , 0.2 , 3 , 3 , 1 );
            break;
        default:
            {
                setVoltage(0.0);
                it_number = 0;
                it_now = 0;
                logout_begin = 0;
                logout = 0;
                break;
            }
    }
}
```

Рис. 4. Код режима тренировки

Программа тренировки рассчитана на 30-минутную реабилитацию. Планируется дальнейшая доработка подсистем регулирования согласно рекомендациям врачей клиники восстановительной медицины для плавного перемещения каретки тренажера. Также во время первичных тестов выявлен факт

несовершенства измерительных подсистем комплекса, имеется допуск на значения аналоговых датчиков, которые необходимо учесть в доработках и отладке программного обеспечения.

Список литературы

1. Токарь Е.В. Лечебная физическая культура. Учебное пособие. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2018. – 76 с.
2. Литвиненко Н.А. Технология программирования на С++. Win32 API-приложения. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 288 с.
3. Подбельский В.В., Фомин С.С. Курс программирования на языке Си: учебник. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 384 с.

Сведения об авторах:

Назаров Александр Александрович – студент, ДГТУ, г.Ростов-на-Дону;

Израелян Гарри Михайлович – студент, ДГТУ, г.Ростов-на-Дону;

Гурин Илья Васильевич – студент, ДГТУ, г.Ростов-на-Дону.