

Ультразвуковой ингалятор

Сергей Шишкин (Нижегородская обл.)

Ультразвуковые ингаляторы позволяют осуществлять лечение и профилактику заболеваний верхних дыхательных путей и лёгких в домашних условиях. В данной статье представлен ультразвуковой ингалятор, принцип его работы и схемотехника.

Профилактика и лечение заболеваний верхних дыхательных путей и легких с помощью ультразвуковых ингаляторов совершенно безопасно. Подобные ингаляторы достаточно просты, удобны и надёжны в эксплуатации. В состав описываемого ультразвукового ингалятора (далее – ингалятор) входят блок управления и распылитель. Основная функция блока управления – генерация напряжения ультразвуковой частоты. Распылитель предназначен для образования аэрозольного облака из водного раствора лекарственных веществ.

Принципиальная схема ингалятора показана на рисунке 1, интерфейс бло-

ка управления – на рисунке 2, распылитель – на рисунке 3. В таблице 1 представлены основные технические параметры ультразвукового ингалятора.

Принцип действия ультразвукового ингалятора основан на способности пучка ультразвуковых волн, направленного снизу на поверхность жидкости, отрывать от неё частицы, которые образуют аэрозольное облако. Ингалятор обеспечивает получение аэрозолей водных растворов лекарственных препаратов с размерами капель 0,5...10 мкм.

Функциональные узлы блока управления ингалятора размещены на следующих платах (см. рис. 1): питания

AB1, таймера AB2 и генератора AB3. Плата питания AB1 формирует питающие напряжения 24 и 5 В. Сетевое напряжение поступает на вход модуля питания U1 через предохранители FU1, FU2 и выключатель SA1. Индикатор H1 позволяет визуально контролировать наличие сетевого напряжения на входе модуля питания U1, который изготовлен фирмой Artesyn Technologies. Основные параметры модуля приведены в таблице 2.

При разработке изделий медицинской техники необходимо, в первую очередь, обеспечить соблюдение требований электробезопасности. К вопросу выбора (или разработки) сетевого модуля питания следует подойти особенно тщательно, поскольку такие параметры изделия, как ток утечки на корпус, сопротивление цепи защитного заземления, электрическая прочность изоляции и уровень промышленных помех, в основном определяются сетевым модулем питания. Данный модуль отвечает всем требованиям стандарта безопасности МЭК601-1.

Выходное напряжение U1 поступает на вход DC/DC-преобразователя U2, изготовленного фирмой «Александр Электрик». Основные параметры преобразователя приведены в таблице 3. Модуль питания U2 питает цифровую часть (плату таймера AB2) блока управления ингалятора.

Элементы таймера, выполненного на базе микроконтроллера DD1, расположены на плате AB2. Динамическая индикация собрана на транзисторах VT1 – VT3 и цифровых семисегментных индикаторах HG1 – HG3. Резисторы R3 – R10 – токоограничительные. Коды включения индикаторов HG1 – HG3 при функционировании динамической индикации поступают на порт PB микроконтроллера DD1. Для функционирования кнопочной клавиатуры и включения пьезоэлектрического излучателя BA1 соответственно задействованы выводы 7 и 8 микроконтроллера DD1. Рабочая частота микроконтроллера задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 (10 МГц). Сразу после подачи питания на выводе 1 микро-

Таблица 1. Основные технические характеристики ингалятора

Сетевое напряжение питания, В	220 ±10%, 50 Гц
Потребляемая мощность, ВА, не более	40
Частота колебаний пьезоэлемента, МГц	2,64 ±3%
Производительность, см ³ /мин	2...3
Габариты, мм ● блок управления ● распылитель	10 × 130 × 200 70 × 180
Масса, кг, не более ● блок управления ● распылитель	2,1 0,5
Объём распыляемых препаратов, см ³	30
Условия эксплуатации ● температура окружающей среды, °С ● давление, мм рт. ст. ● относительная влажность, %	+15...35 645...795 45...75
Время установления рабочего режима, мин, не более	1

Таблица 2. Параметры модуля питания NFS40-7924 Medical фирмы Artesyn Technologies

Диапазон изменения входного напряжения, В	175...265
Диапазон изменения частоты входного напряжения, Гц	47...440
Электрическая прочность изоляции, В, ампл.	4000
Выходное напряжение, В	24
Коэффициент нестабильности выходного напряжения от изменения температуры, %/°С	0,02
Нестабильность выходного напряжения от изменения входного, %	0,2
Диапазон регулировки выходного напряжения, %	±10
Ток утечки на корпус, мкА, не более	27
Габариты (корпусное исполнение), мм	138 × 77 × 47

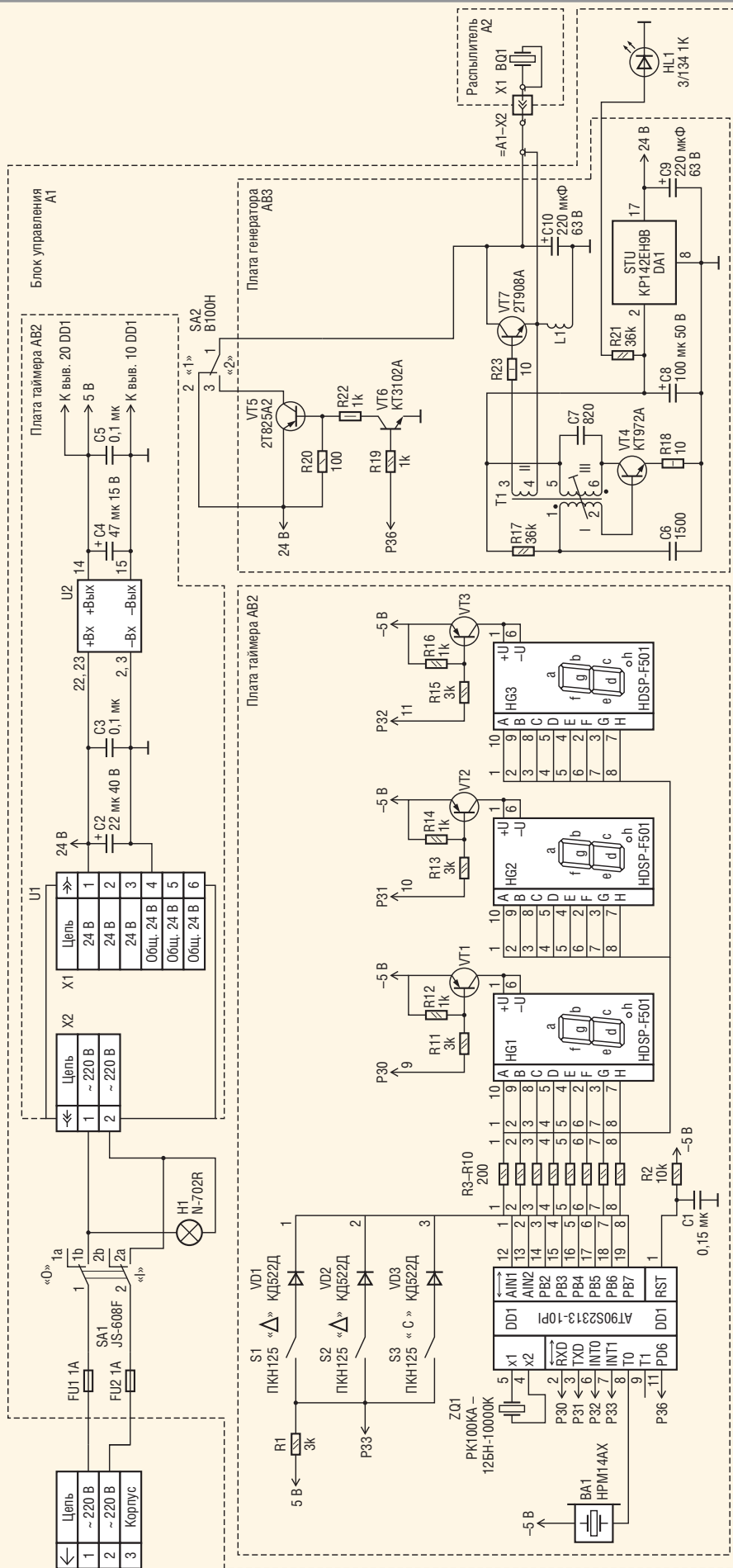


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема ультразвукового ингалятора

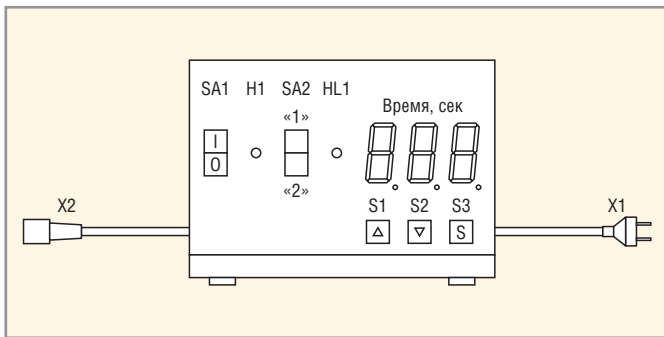


Рис. 2. Интерфейс блока управления

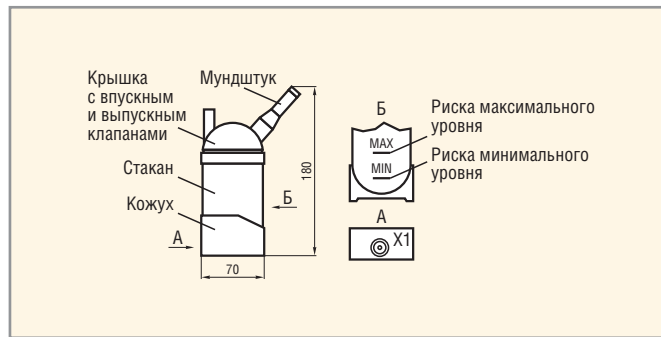


Рис. 3. Детали распылителя

контроллера DD1 через цепь R2C1 формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера.

В интерфейс блока управления (см. рис. 2) входят: сетевой выключатель SA1, сетевой индикатор H1, переключатель режима SA2, индикатор HL1, клавиатура (кнопки S1 – S3) и блок индикации (дисплей) HG1 – HG3. Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (Δ) – увеличивает на единицу значения при установке времени таймера (в секундах), при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 5 с значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на пять единиц за 1 с;
- S2 (∇) – уменьшает на единицу значения при установке времени таймера (в секундах), при удержании данной кнопки в нажатом состоянии более 5 с значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на пять единиц за 1 с;
- S3 (C) – включает и выключает ингалятор; с нажатия данной кнопки начинается работа таймера – обратный отсчёт заданного времени, на выводе 11 микроконтроллера устанавливается уровень лог. 1, открываются транзисторы VT6, VT5.

Через открытый транзистор VT5 напряжение 24 В поступает на усилитель мощности, выполненный на транзисторе VT7. Через минуту ингалятор начинает функционировать в рабочем режиме. Разряды индикации

интерфейса имеют следующее назначение:

- первый разряд (HG3) отображает «единицы секунд»;
- второй разряд (HG2) отображает «десятки секунд»;
- третий разряд (HG1) отображает «сотни секунд».

На плате генератора АВ3 расположен задающий генератор синусоидального напряжения ультразвуковой частоты, выполненный на транзисторе VT4 по схеме блокинг-генератора. Частотозадающей является цепь R17C6 и колебательный контур, образованный обмоткой III трансформатора T1 и конденсатором C7. Стабилизация частоты обеспечивается за счёт питания генератора стабилизированным напряжением +15 В. С обмотки I трансформатора T1 сигнал поступает на базу транзистора VT4, на котором выполнен усилитель мощности. Резистор R18 служит для ограничения базового тока транзистора VT4.

Плата таймера вместе с элементами интерфейса крепится к передней панели корпуса блока управления. Плата генератора и предохранители FU1, FU2 расположены на задней панели. Транзисторы VT5 и VT7 следует установить на теплоотводах. Площадь эффективной поверхности радиатора для транзистора VT7 должна быть не менее 150 см². Микросхема DA1 также устанавливается на теплоотводе (не менее 20 см²). Плата питания крепится к

основанию корпуса блока управления.

Вилка X1 входит в состав сетевого шнура ШВВП-ВП2 × 0,75-250-18-6-2,2-1. Розетка X1 в распылителе типа BNC-7033 (GB-123). Ответная часть – штекер типа BNC-7101 (GS-1401). Распылитель подключается к источнику питания через кабель РК-50-2-11.

В устройстве использованы резисторы типа С2-33Н-0,125 Вт, кроме резистора R22 типа С2-33Н-0,5 Вт и R18, R24 типа С2-33Н-1 Вт. Конденсаторы C3, C5 – C7 типа К10-17а, конденсаторы C1, C2, C4, C8, C9 типа К50-35, дроссель L1 типа ДМ-2,4-20.

Обмотка I трансформатора T1 содержит пять витков провода ПЭВ-2, обмотка II содержит 16 витков, а обмотка III содержит семь витков. Обмотки намотаны на каркасе из полиамида с внешним диаметром 8,5 мм и длиной 15 мм. В центре каркаса имеется отверстие, в котором нарезана резьба М6×0,5. Трансформатор подстраивается ферритовым 8-мм стержневым сердечником, изготовленным на базе сердечника M2000HM1-16PC4,5×17 ПЯО.707.090ТУ и вставленным во втулку, которая вкручивается в каркас.

Настройка ингалятора заключается в установке резонансной частоты колебаний пьезоэлемента BQ1. Для этого необходимо залить лекарственное средство в распылитель до риски максимального уровня, предварительно сняв верхнюю крышку с клапаном. Затем вращением сердечника в каркасе трансформатора T1 добиться получения аэрозольного облака в стакане распылителя. Целесообразно по соответствующим методикам проверить размер капель в получаемом аэрозольном облаке и производительность ингалятора.

Индикатор HL1 позволяет визуально контролировать наличие напряжения питания +15 В. Потребление

Таблица 3. Параметры модуля питания МДМ5-1В05 фирмы «Александр Электрик»

Диапазон изменения входного напряжения, В	17...36
Максимальный выходной ток по цепи 5 В, А	1
Пульсации выходного напряжения, %, не более	2
Габариты (корпусное исполнение), мм	30,2 × 20,2 × 10,2



Рис. 4. Внешний вид ингалятора

тока по каналу напряжения +15 В составляет не более 500 мА. Платы таймера и генератора гальванически развязаны от питающей сети. Канал включения ингалятора собран на транзисторах VT5, VT6 и управляется с вывода 11 микроконтроллера DD1. Чтобы задействовать таймер, необходимо установить переключатель SA2 в положение «2». При установке переключателя SA2 в положение «1» ингалятор начинает работать сразу после включения SA1.

Для перевода устройства в рабочий режим необходимо кнопками S1 (Δ) и S2 (∇) установить необходимый интервал времени для проведения процедуры ингаляции, затем нажать на кнопку S3 (C). Установленное время (от 1 до 999 с) заносится в память микроконтроллера DD1; если его необходимо изменить, следует нажать на кнопку S3 (C), затем кнопками S1 (Δ) и S2 (∇) установить новый интервал и нажать на кнопку S3 (C).

Распылитель (см. рис. 3) предназначен для заливки и распыления лекарственного средства за счёт колебаний пьезоэлемента BQ1 с ультразвуковой частотой. Детали распылителя крепятся на кожухе. В кожухе впрессована металлическая втулка, в которой закреплён пьезоэлемент BQ1. В кольцевой паз кожуха через прокладку вставляется стакан, который сверху закрывается крышкой. В верхней части крышки расположен штуцер, в который вмонтирован клапан мембранного типа. Фотография распылителя показана на рисунке 4.

При работе с ультразвуковым ингалятором необходимо учитывать

следующие ограничения. Не допускается применение лекарственных средств на основе масляных растворов и растворов с температурой выше 50°C. В зимнее время после пребывания ингалятора на улице распылитель и включение ингалятора допускаются только через 8 ч пребывания в отапливаемом помещении. Категорически запрещается включать блок управления без подключенного к нему распылителя или с распылителем без лекарственного средства (пьезоэлемент BQ1 сразу выходит из строя). Прибор следует беречь от ударов и падения.

Перед включением ингалятора в сеть необходимо продезинфицировать стакан, мундштук и крышку распылителя 3-% раствором перекиси водорода, после чего промыть их чистой водой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубцов М.С., Кириченко А.В. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. СОЛОН-Пресс, 2005.
2. <http://www.artesyn.com>.
3. <http://www.aeps-group.com>.