

Блок управления ингаляторами для физиотерапевтического кабинета

Сергей Шишкин (schischckin.sergei2014@yandex.ru)

В статье приводится описание 12-канального блока управления, который позволяет контролировать 12 ингаляторов, представлены его схематехника и алгоритм работы, а также рассказывается о схематехнике и работе ультразвукового ингалятора.

Использование ингалятора является оптимальным способом доставки лекарственных препаратов в организм при заболеваниях органов дыхания. Ингаляторы позволяют осуществлять лечение и профилактику заболеваний верхних дыхательных путей с помощью аэрозолей на основе водных и спиртовых растворов лекарственных средств как в домашних условиях, так и в медицинских учреждениях. В настоящее время на рынке представлены паровые, компрессорные, ультразвуковые ингаляторы (последние два типа называют небулайзерами), у каждого из которых есть свои плюсы и минусы.

Конструктивно ингалятор состоит из распылителя и источника питания (блока управления). В некоторых конструкциях распылитель может быть встроен в источник питания. Внешний вид распылителя ультразвукового

ингалятора УП-3,5 «АРСА» показан на рисунке 1.

Лекарственное средство заливается в стакан распылителя, который закрывается крышкой, после чего устанавливается мундштук. В некоторых конструкциях вместо мундштука применяется удлинительная трубка с маской. Мундштук и маска являются сменными. Они применяются только в одной процедуре, а затем дезинфицируются.

В среднем в физиотерапевтических кабинетах используется от 8 до 12 ингаляторов 2–3 производителей. За установленный порядок в кабинете отвечает медсестра, которая заливает лекарственное средство в стакан распылителя, устанавливает мундштук (маску), включает ингалятор и вызывает пациента. После окончания процедуры пациент выключает ингалятор, снимает мундштук (маску) и кладёт его в специально приготовленный контей-

нер. После этого медсестра устанавливает новый мундштук, включает ингалятор и вызывает следующего пациента. По мере расхода лекарственного средства медсестра доливает его в стакан распылителя (при выключенном ингаляторе).

Представленный блок управления позволяет упростить и отчасти автоматизировать описанный процесс. На рисунке 2 приведена структурная схема управления всей системой.

Алгоритм работы системы рассмотрим на примере канала управления № 1, который управляет ингалятором № 1. Сетевые переключатели блока управления и источника питания ингалятора установлены в положение «». Галетный переключатель «Канал» установлен в положение 1. Кнопками Δ и ∇ необходимо установить требуемый интервал ΔT работы ингалятора. Переключатель «Режим» следует установить в положение «БУ». Запустить (остановить) ингалятор можно кнопкой «Пуск/стоп», расположенной на передней панели блока управления, либо точно такой же кнопкой, расположенной на передней панели источника питания ингалятора. У включён-



Рис. 1. Внешний вид распылителя ультразвукового ингалятора УП-3,5 «АРСА»

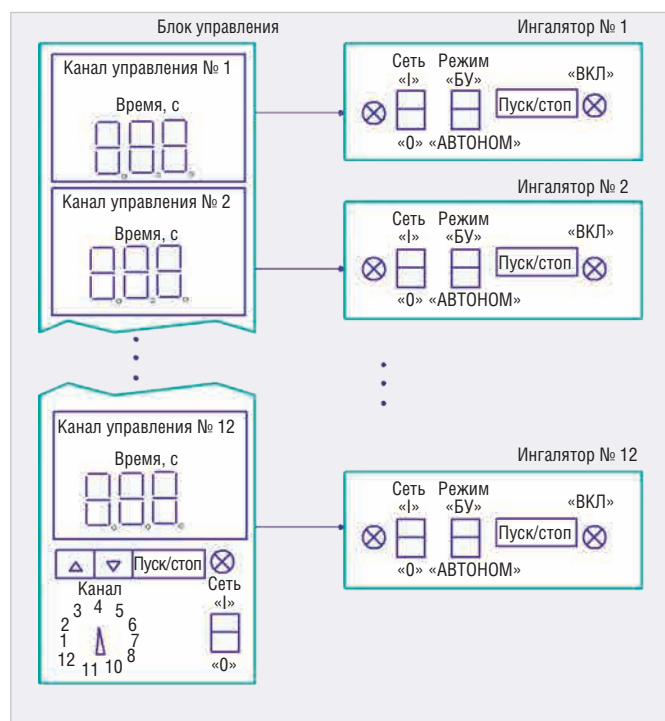


Рис. 2. Схема управления ингаляторами

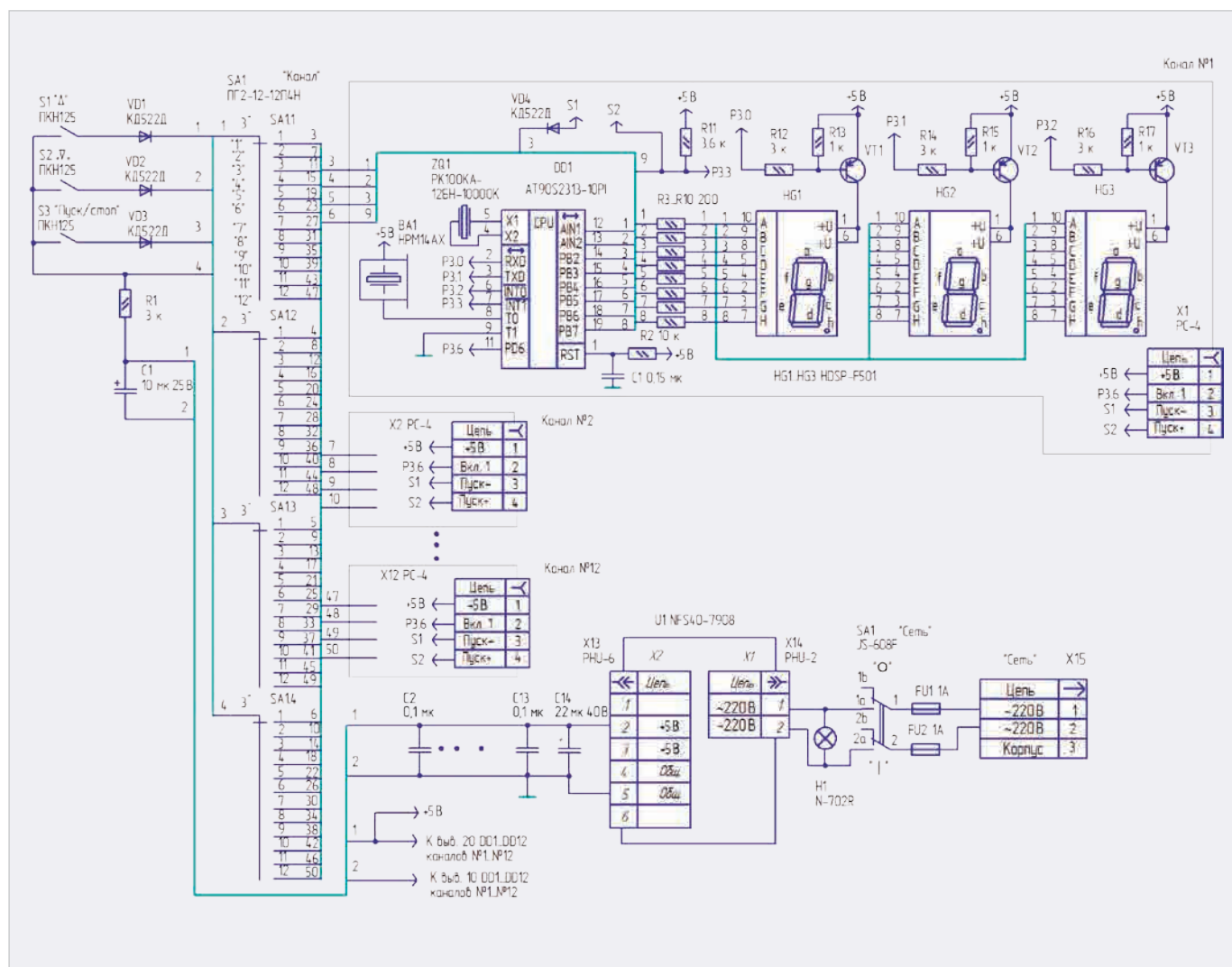


Рис. 3. Принципиальная схема блока управления

ного ингалятора загорается индикатор «ВКЛ». Заданное время ΔT индицируется на дисплее канала и декрементируется с каждой секундой. Как только оно станет равным нулю, ингалятор выключается, а индикатор «ВКЛ» гаснет. После этого на дисплее снова индицируется заданное значение ΔT . Снова запустить ингалятор можно кнопкой «Пуск/стоп» и т.д. Ингалятор будет работать непрерывно, если переключатель «Режим» установить в положение «АВТОНОМ».

На рисунке 3 приведена принципиальная схема блока управления.

Принципиальная схема доработанного ингалятора УП-3,5 «АРСА» представлена на рисунке 4.

Рассмотрим основные функциональные узлы и элементы блока управления. Он включает в себя 12 каналов управления (каналы № 1...№ 12), клавиатуру (кнопки S1...S3), галетный переключатель SA1, модуль питания U1. Каналы управления № 1...№ 12 идентичны по схеме, конструкции и алгоритму рабо-

ты. Фактически каждый канал представляет собой трёхразрядный таймер с обратным отсчётом времени. Время отсчитывается в секундах (от 1 до 999 с с дискретностью задания 1 с). Галетный переключатель SA1 типа ПГ2-12-12П4Н имеет 12 положений. Если SA1 установлен в положение 1, то клавиатура (кнопки S1...S3) подключена к каналу управления № 1. В этом случае можно задать параметры для канала управления № 1. Если же SA1 установлен в положении 2, то можно задать параметры для канала управления № 2, и т.д. Галетным переключателем SA1 клавиатура подключается к одному из 12 каналов управления № 1...№ 12.

В интерфейс блока управления входят сетевой выключатель SA2 «Сеть», сетевая лампочка H1, галетный переключатель SA1 «Канал», клавиатура (кнопки S1...S3) и блок индикации (дисплей) из трёх цифровых 7-сегментных индикаторов HG1...HG3 каждого канала. Кнопки клавиатуры имеют следующее назначение:

- S1 (Δ) – увеличение 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 5 единиц за 1 с;
- S2 (∇) – уменьшение 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 5 единиц за 1 с;
- S3 (C) – кнопка включения/выключения ингалятора; с нажатием данной кнопки начинается работа таймера: идёт обратный отсчёт заданного времени, на выводе 11 микроконтроллера устанавливается уровень лог. 0. Канал № 1 выполнен на базе микроконтроллера DD1. С порта PA1 микроконтроллер DD1 опрашивает клавиатуру (кнопки S1...S3) и управляет динамической индикацией. Динамическая индикация собрана на транзисто-

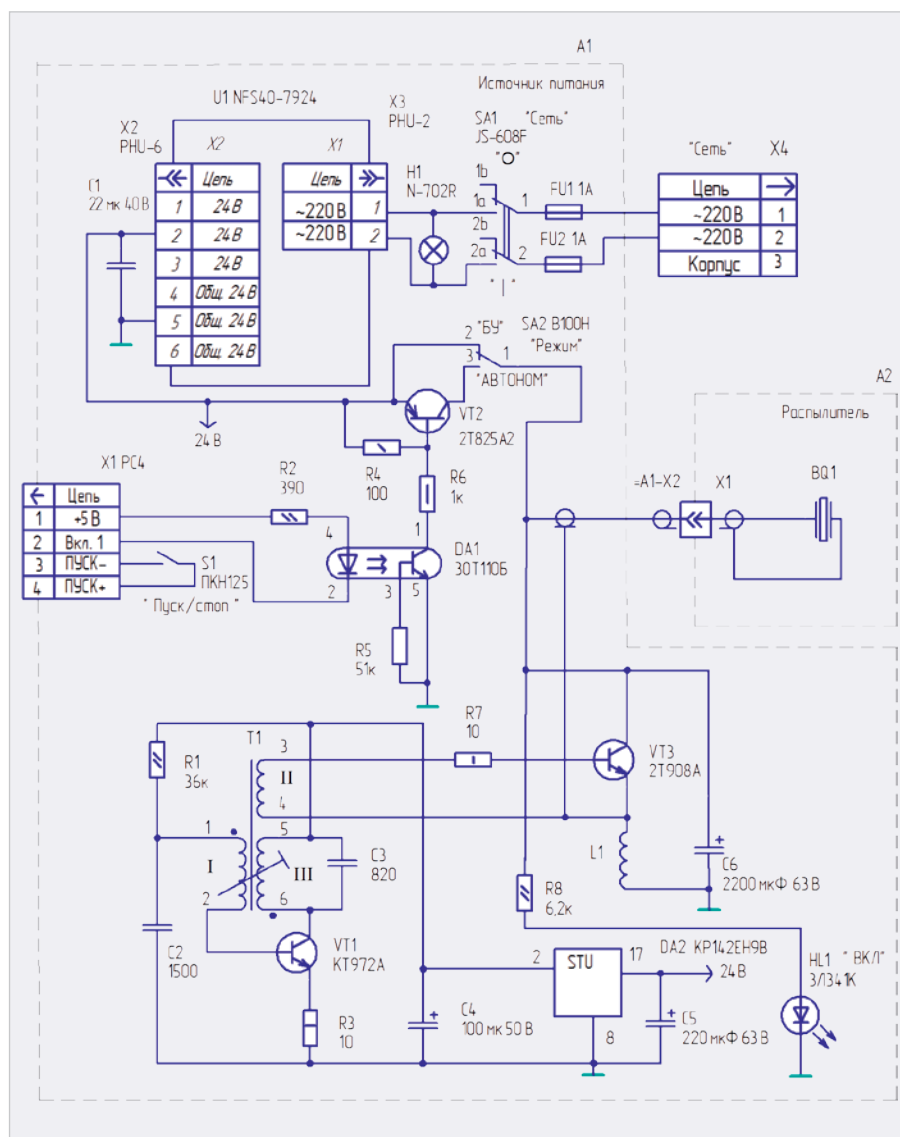


Рис. 4. Принципиальная схема доработанного ингалятора УП-3,5 «АРСА»

рах VT1...VT3, цифровых 7-сегментных индикаторах HG1...HG3. Резисторы R3...R10 – токоограничительные для сегментов указанных индикаторов. Коды для включения индикаторов HG1...HG3 при функционировании динамической индикации поступают на порт PB микроконтроллера DD1. Для функционирования клавиатуры и включения пьезоэлектрического излучателя BA1 задействованы выводы 7 и 8 микроконтроллера DD1 соответственно. Рабочая частота микроконтроллера задаётся генератором с внешним резонатором ZQ1 на 10 МГц. Сразу после подачи питания на выводе 1 микроконтроллера DD1 через RC-цепь (резистор R2, конденсатор C1) формируется сигнал системного аппаратного сброса микроконтроллера.

Разряды индикации интерфейса имеют следующее назначение:

- 1-й разряд (индикатор HG3) отображает единицы секунд;

- 2-й разряд (индикатор HG2) отображает десятки секунд;
- 3-й разряд (индикатор HG1) отображает сотни секунд.

Для перевода устройства в рабочий режим необходимо кнопками S1 (Δ) и S2 (∇) установить необходимый интервал времени для проведения процедуры ингаляции, при этом в таймере запрещается отсчёт текущего времени. Далее необходимо нажать кнопку S3 (C). Установленное время заносится в память микроконтроллера DD1. Если необходимо изменить заданное время, необходимо нажать кнопку S3 (C), после чего кнопками S1 (Δ) и S2 (∇) установить необходимый интервал времени и нажать кнопку S3 (C). Предусмотрена подача звукового сигнала длительностью 10 с в момент окончания отсчёта заданного времени (момент окончания процедуры), при этом на дисплее канала управления снова индицируется заданный ранее интервал. Для запуска

ингалятора в этом случае нужно просто нажать кнопку S3 (C).

Время, отображаемое на индикаторах HG1...HG3, декрементируется с каждой секундой. Программное обеспечение микроконтроллера полностью обеспечивает реализацию алгоритма работы таймера. Задача по формированию точных временных интервалов длительностью 1 с решена с помощью прерываний от таймера T/C1 и счётчика на регистре R25. Счётчик на регистре R21 формирует интервал, равный 1 мин. Таймер T/C1 формирует запрос на прерывание примерно через каждые 3900 мкс. Счётчики на данных регистрах подсчитывают количество прерываний, через каждую минуту устанавливается флаг (ПУСК), и текущее время декрементируется. Через каждые 3900 мкс происходит отображение разрядов в динамической индикации устройства.

Программа состоит из трёх основных частей: инициализации, основной программы, работающей в замкнутом цикле, и подпрограммы обработки прерывания от таймера T/C1 (метки INIT, SE1 и TIM0 соответственно).

В основной программе осуществляются инкремент и декремент заданного значения времени. В подпрограмме обработки прерывания выполняются счёт одной секунды, опрос клавиатуры, включение световых и звуковых сигналов и перекодировка двоичного числа значений времени в код для отображения информации на 7-сегментных индикаторах.

В памяти данных микроконтроллера по адресам \$060...\$062 организован буфер отображения для динамической индикации. При нажатии кнопки S1 текущее значение времени на дисплее увеличивается на единицу и устанавливается флаг, разрешающий увеличивать текущее значение времени, индицируемое на дисплее. Одновременно запускается счётчик, выполненный на R1, формирующий интервал 5 с. Если кнопка удерживается в течение более чем 5 с, значение времени, индицируемое на дисплее, увеличивается на 5 единиц за 1 с. Интервал, в течение которого происходит увеличение времени, организован на регистре R0. При прекращении нажатия кнопки S1 все указанные счётчики обнуляются. Совершенно аналогичным образом организована работа кнопки S2 для уменьшения текущего значения времени, индицируемого

на дисплее: при нажатии кнопки S2 текущее значение времени на дисплее уменьшается на единицу; если кнопка удерживается в течение более чем 5 с, значение времени, индицируемое на дисплее, уменьшается на 5 единиц за 1 с. Счётчики приведённого алгоритма для кнопки S2 организованы на регистрах R3 и R2.

На R22 организован регистр знако-места. При инициализации в R1 загружается число 1, в Y-регистр загружается начальный адрес буфера отображения \$060. При этом на дисплее будет включён разряд единиц минут (единиц секунд). При каждом обращении к подпрограмме обработки прерывания содержимое регистра R22 сдвигается влево на один разряд, а Y-регистр инкрементируется. Как только значение 1 будет в третьем разряде регистра R22, все разряды будут выбраны, при этом в R22 снова нужно будет загрузить единицу, а в Y-регистр – начальный адрес буфера отображения.

В процессе обработки подпрограммы прерывания происходит опрос клавиатуры. Младшая тетрада выводимого при этом в порт В микроконтроллера байта для клавиатуры представляет собой код «бегущий ноль». После записи данного байта в порт В микроконтроллер DD1 анализирует сигнал на входе 7 (PD.3). В рамках указанной подпрограммы при любой нажатой кнопке на входе 7 микроконтроллера присутствует лог. 0. Таким образом, каждая кнопка клавиатуры привязана к своему разряду в младшей тетраде байта данных, выводимого в порт В микроконтроллера для опроса клавиатуры.

Разработанная программа на ассемблере занимает порядка 0,57 Кбайт памяти программ микроконтроллера.

Ингалятор УП-3,5 «АРСА» состоит из источника питания с сетевым шнуром, шнура, соединяющего его с распылителем, и распылителя. В источнике питания (см. рис. 4) расположен задающий генератор синусоидального напряжения ультразвуковой частоты, выполненный на транзисторе VT1 по схеме блокинг-генератора. Частотоподающей является цепь R1, C2, колебательный контур, образованный обмоткой III трансформатора T1 и конденсатором C3. Стабилизация частоты обеспечивается за счёт питания генератора стабилизированным напряжением +15 В. С обмотки I трансформатора T1 сигнал поступает

на базу транзистора VT1, на котором выполнен усилитель мощности. Резистор R3 служит для ограничения базового тока транзистора VT1. Выходной каскад выполнен на базе транзистора VT3.

Индикатор HL1 позволяет визуаль-но контролировать наличие напряжения питания +24 В. В принципиальную схему штатного ингалятора добавлены следующие элементы: транзистор VT2, транзисторная оптопара DA1, переключатель SA2, кнопка S1, соединитель X1. На транзисторе VT1 и транзисторной оптопаре DA1 выполнен дистанционно управляемый ключ по напряжению питания 24 В. Для того чтобы его задействовать, необходимо установить переключатель SA2 в положение «ВУ». При установке переключателя SA2 в положение «АВТОНОМ» ингалятор начинает работать сразу после включения сетевого выключателя SA1.

Распылитель (A2 на рисунке 4) предназначен для заливки лекарственного средства и его распыления за счёт колебаний пьезоэлемента BQ1 с ультразвуковой частотой. Детали распылителя крепятся на кожухе. В кожух 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.

При работе с ультразвуковым ингалятором необходимо обязательно учитывать следующие эксплуатационные ограничения. Не допускается применение лекарственных средств на основе масляных растворов и растворов с температурой выше +50°C. Категорически запрещается включать блок управления без подключённого к нему распылителя или с распылителем без лекарственного средства (пьезоэлемент BQ1 сразу выходит из строя). Запрещается наносить удары по пьезоэлементу, распылителю и блоку управления; также недопустимо их падение.

В ингаляторе транзисторы VT2 и VT3 следует установить на радиаторах. Площадь эффективной поверхности радиатора для транзистора VT3 составляет не менее 150 см². Микросхема DA2 также устанавливается на радиаторе. Площадь эффективной поверхности радиатора для неё составляет не менее 20 см². Вилка X4 входит в состав сетевого шнура ШВВП-ВП2×0,75-250-18-6-2,2-1. Розет-

ка 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.

Резисторы типа C2-33H-0.125; R3, R7 типа C2-33H-1. Подойдут и другие с аналогичной мощностью рассеивания и погрешностью 5%. Конденсаторы C2, C3 типа K10-17а, конденсаторы C1, C4...C6 типа K50-35, дроссель L1 типа ДМ-2,4-20.

Модуль питания ингалятора U1 AC/DC типа NFS40-7924 «MEDICAL», модуль питания блока управления NFS40-7908 «MEDICAL». Они отвечают всем необходимым требованиям по электробезопасности (МЭК601-1) для изделий медицинской техники. К вопросу выбора (или разработки) сетевого модуля питания для изделия следует подойти особенно тщательно, потому что именно он в основном влияет на такие параметры изделия, как ток утечки на корпус, сопротивление цепи защитного заземления, электрическая прочность изоляции, уровень промышленных помех.

Обмотка I трансформатора T1 содержит 5 витков провода ПЭВ-2, обмотка II содержит 16 витков, а обмотка III – 7 витков. Их наматывают на каркас 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 стержневым сердечником длиной 8 мм, который изготавливается из сердечника M2000HM1-16PC4,5×17 ПЯО.707.090ТУ. Сердечник вставляется во втулку, втулка с сердечником вкручивается в каркас. Потребление тока по каналу напряжения +15 В, не более 500 мА.

Номинальный ток предохранителей FU1, FU2 – 1,1 А, тип ВП1-1,1А (1,1А/250В). Держатели вставок плавких типа ДВП4-1в.

Настройка ингалятора заключается в установке резонансной частоты колебаний для пьезоэлемента BQ1. Для этого необходимо залить лекарственное средство в распылитель до риски максимального уровня, предварительно сняв верхнюю крышку с клапаном, включить ингалятор в режим максимальной производительности и вращением сердечника в каркасе трансформатора T1 (см. рис. 4) добиться появления аэрозольного облака в стакане распылителя.

