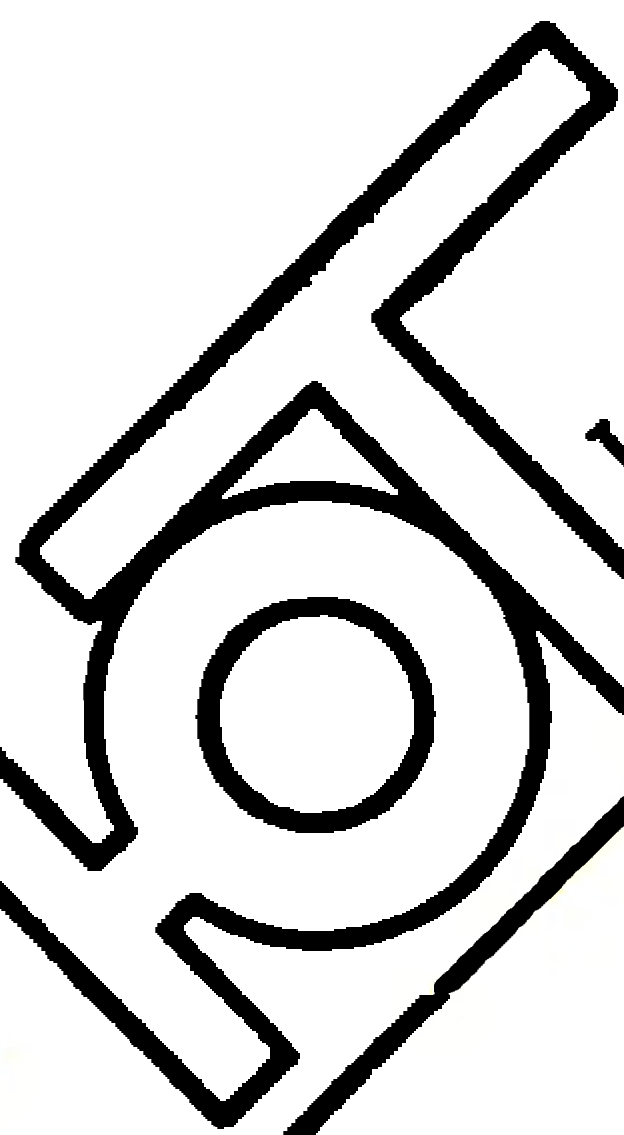


ЮНОМУ
ТЕХНИКУ



В. В. ЕФИМОВ

**СВЕТОМУЗЫКА?
ЭТО ИНТЕРЕСНО!**



ЮНОМУ
ТЕХНИКУ

В. В. ЕФИМОВ

СВЕТОМУЗЫКА? ЭТО ИНТЕРЕСНО!

КИЕВ

„РАДЯНСЬКА ШКОЛА“

1985

ЕФИМОВ В. В. Светомузыка? Это интересно! К.: Рад. шк., 1985.— 64 с.— (Серия «Юному технику») — 15 к. 100 000 экз.

В книге рассказывается о том, как на протяжении столетий люди мечтали соединить в единое целое два явления — свет и звук, чтобы создать новое искусство. Читатель узнает о «первопроходцах» светомузыки, о русском композиторе А. Н. Скрябине, впервые в истории музыки написавшем партию света к своей симфонической «Поэме огня» («Прометей»).

Описываются различные светомузыкальные устройства, выполненные как профессионалами, так и радиолюбителями. Приведены схемы и чертежи различных устройств — от приставки на трех транзисторах до сложных современных установок.

Избранная автором форма диалога между Мишей Незнайкиным и Володи́ей Любознайкиным помогает доступнее изложить теоретический и практический материал.

Рассчитана на детей среднего и старшего школьного возраста, но может быть полезна и взрослым, увлекающимся светомузыкой.

Рукопись рецензировали: преподаватель Глуховского пединститута В. П. Зинченко, член Союза композиторов Украины В. П. Полевой.

ОТ РЕДАКЦИИ

Юный читатель, открывающий эту книгу! Возможно, тебя привлекло яркое и броское заглавие, которое сулит встречу с удивительным миром красок и звуков. А может, ты уже знаком с некоторыми образцами светомузыкального творчества и тебя интересует, как добиться таких впечатляющих светомузыкальных эффектов. В любом случае ты найдешь на страницах книги ответы на интересующие тебя вопросы. Вместе с ее героями ты сможешь совершить путь от истоков развития этого вида творчества до вершин его современных достижений, попробовать самостоятельно изготовить посильные и доступные светомузыкальные устройства.

Но не рассчитывай на то, что все получится с первого раза: работа с радио- и светоаппаратурой требует систематических занятий, глубокого понимания сути описываемых явлений. Зато прочитав последнюю страницу этой книги, ты вдруг с удивлением заметишь, насколько богаче стали твои знания, как легко читаются непостижимые раньше схемы, как послушен инструмент в умелых руках.

Согласно предстоящей реформе школы учащиеся ко времени окончания неполной средней школы должны быть готовы к осознанному выбору профессии и учебного заведения для продолжения образования, а к окончанию средней школы — овладеть определенной профессией. Хочется надеяться, что увлечение светомузыкой, радиотехникой вообще, вызванное этой книгой, будет не только способствовать развитию некоторых трудовых умений и навыков, но и перейдет в стойкий интерес к профессиям осветителя, оператора, радиотехника, разбудит в тебе чувство прекрасного, стремление к творчеству.

Отзывы об этой книге присылай по адресу: 252053, г. Киев, ул. Ю. Коцюбинского, 5, издательство «Радянська школа», редакция трудового обучения.

ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЛИЦА

Володя Любознайкин — очень способный и опытный радиолобитель, хорошо знающий теорию и практику радиотехники и электроники. Володе 23 года, он студент IV курса радиотехнического факультета политехнического института. Радиолобителем он стал еще будучи школьником.

За свою радиолобительскую практику он сделал немало различных радиотехнических и электронных устройств. И сейчас, несмотря на большую занятость в институте, продолжает делать интересные радиоэлектронные устройства.

До поступления в институт Володя работал на заводе сначала монгажником, а затем наладчиком радиоаппаратуры.

Миша Незнайкин — ученик IX класса, ему 15 лет. По характеру он — полная противоположность Володе. Если Володя — человек целеустремленный и организованный, то Миша часто пребывает в состоянии борьбы между желанием что-то сделать и боязнью потерпеть неудачу, которая подстерегает на каждом шагу. Миша очень увлекающийся человек, в свое время он уже занимался автоматикой и звукозаписью, что обогатило его знаниями и практическими умениями в области радиотехники и электроники. Однако из-за своей неуверенности и отсутствия опыта он еще не может заниматься самостоятельно, ему нужен руководитель, который бы направлял ход его занятий и помогал в овладении теорией и практикой. Именно такого руководителя, знающего и опытного, Миша и нашел в лице Володи Любознайкина.

ВСТРЕЧА

Володя Любознайкин. Что это ты так усердно изучаешь?

Миша Незнайкин (вздвогнув от неожиданности). А, это ты, Володя!

В. Смотрю — кто-то уткнулся носом в афишу и что-то рассматривает. Оказывается, это мой юный друг.

М. Вот такая история: мой папа купил билеты во Дворец спорта на выступление Украинского спортивно-художествен-

ного ансамбля «Балет на льду» и приглашает меня пойти с ним, так как мама заболела.

В. Балет на льду — это очень интересно, в особенности тебе.

М. Почему именно мне?

В. Дело в том, что почти все номера, исполняемые ансамблем, сопровождаются игрой разноцветных лучей. Это зрелище необыкновенное. С нетерпением буду ждать твоих впечатлений. Светомузыка — это очень интересно!

ПОСЕЩЕНИЕ ПЕРВОЕ

(с которого начинается разговор о светомузыке)

Володя Любознайкин. Я очень рад тебе.

Миша Незнайкин. Здравствуй, Володя! Я тоже очень рад.

В. Зная твой характер, могу предположить, что у тебя новое увлечение.

М. Да, я увлекся светомузыкой, и сразу же хочу задать тебе вопрос. Как правильно: «с в е т о м у з ы к а» или «ц в е - т о м у з ы к а»? Дело в том, что я просмотрел журналы «Юный техник» и «Радио» и нашел описание ЦМУ, что, по-видимому, означает цветомузыкальное устройство или установка, но в разговоре чаще употребляют слово «светомузыка».

В. На этот вопрос довольно трудно ответить. Оба термина существуют. Причем одни ученые доказывают, что более правильным является термин «светомузыка», так как мы имеем дело с разноцветными лучами света, другие утверждают, что в основе все же лежит цвет, окраска в определенные тона. Давай остановимся на термине «светомузыка», так как он в последнее время употребляется все чаще.

М. Итак, светомузыка. С чего же она началась? И что лежит в ее основе?

В. Прежде чем начать нашу беседу, я хотел бы узнать, какое впечатление на тебя произвел балет на льду?

М. Я просто восхищен всем тем, что увидел во Дворце спорта, да еще в сопровождении светомузыки. Тебе известна моя любовь к технике и ее новинкам, и ты поймешь мой интерес к светомузыке. Короче говоря, я «заболел» светомузыкой.

В. Что же произвело на тебя самое сильное впечатление в выступлении балета на льду?

М. Большое всего мне понравились «Современные ритмы». Представь себе большую арену Дворца спорта, над которой подвешено устройство из нескольких софитов, снабженных лампами различных цветов. Цвета причудливо меняются,

смешиваются, отражаясь от ледовой арены, и все это удивительно согласовано с музыкой. В моем воображении музыка, свет и танец как бы слились воедино.

В. Итак, ты сам ответил на свой второй вопрос. Светомузыка и есть слияние или, как говорят, «синтез» музыки, света и движения, то есть такое их состояние, когда они воспринимаются как единое целое.

М. Но возникает новый вопрос. Светомузыка — это только техническое средство, усиливающее впечатление или самостоятельное искусство?

В. Здесь нет единого мнения. Одни утверждают, что это самостоятельный вид искусства, а другие считают, что это всего лишь одно из средств, облегчающих восприятие музыкального произведения. Одни говорят, что светомузыка усиливает впечатление от музыкального произведения и помогает понять его, а другие утверждают, что музыка не нуждается в помощниках, что ее и так прекрасно воспринимают слушатели. И, наконец, некоторые уверяют, что световое сопровождение вообще ухудшает восприятие музыкального произведения и даже мешает слушать музыку. Тем не менее светомузыка существует и с каждым днем привлекает все больше сторонников.

М. Я еще слышал выражение «музыка света». Какая же разница между понятиями «светомузыка» и «музыка света»?

В. Под понятием «музыка света» подразумевается обычно самостоятельное использование свето-цветовой динамики, специальные формы их подачи зрителю без музыки.

М. Я не могу представить себе музыку без звука.

В. Мне довелось увидеть это. Несколько лет тому назад в Киеве состоялся концерт музыки света. На этом концерте демонстрировалась музыка света как в сольном, так и в ансамблевом исполнении. Были показаны также два фильма: цветовая симфония «Жар-птица» и светопэма «XX век».

М. На каких инструментах исполняли эти произведения?

В. Для этого были изготовлены специальные инструменты (см. цветную вклейку I). Автор светоинструментов и композиции Ф. И. Юрьев. Первый — полицвет «Аккорд», — представлял собой длинный прямоугольник с белым матовым экраном, за которым размещались разноцветные лампочки. Инструмент соединялся с пультом — цветной клавиатурой. Вторым инструментом был моноцвет «Гварнери». Его экран, имеющий форму большой чечевицы с цветными лампочками внутри, также соединялся проводами с клавиатурой.

М. Что же представлял собой этот концерт?

В. Вначале было исполнено несколько произведений на полицвете «Аккорд». На этом инструменте проигрывались как отдельные цвета, так и сложные цветовые комбинации до десяти цветов одновременно. Во время сеанса исполнитель перемежал цветовые пассажи с аккордами, аккорды — с плавными «мелодическими» изменениями цветов, что создавало своеобразные светокартинки. Исполнялись такие произведения, как «Марш», «Ноктюрн», «Элегия», «Танец».

М. А как происходило исполнение на втором инструменте?

В. Вторым инструментом не солировал. С его участием был дан концерт для двух светоинструментов. Моноцвет «Гварнери» создавал быструю, виртуозную смену цветов, а полицвет «Аккорд» аккомпанировал ему набором сложных цветовых аккордов.

М. А как воспринималась эта музыка света присутствующими?

В. По окончании каждого произведения раздавались дружные аплодисменты, из чего можно сделать вывод, что исполнение понравилось.

М. Ты обещал рассказать мне кое-что из истории светомузыки.

В. Как ты знаешь, случайных открытий не бывает, в какой бы области они ни происходили. Подчас кажется неожиданным появление нового, а на самом деле это «готовилось» веками и даже тысячелетиями. Так и со светомузыкой. Истоки идеи соединения видимого и слышимого уходят в глубь веков. Так, в первобытном обществе искусство не разделялось на отдельные виды. Восприятие первобытного человека было очень предметно, конкретно.

Едиными и неделимыми были ритуальные песни и пляски на фоне пламени костра, под аккомпанемент самых разнообразных инструментов.

Такое же тесное слияние движущихся красок и форм мы наблюдаем как в старинных народных танцах, так и в балете, который возник значительно позже.

М. А когда возникла светомузыка как таковая?

В. Предполагают, что идея синтеза цвета (света) и звука зародилась в эпоху Возрождения в Италии. Это время вошло в историю как эпоха гениев, часто совмещавших талант музыканта, художника, архитектора, инженера и ученого в различных областях науки.

М. Ты имеешь в виду Леонардо да Винчи и Микеланджело Буонарроти?

В. Да, но не только их. Так, первым, кто выдвинул идею светомузыки, был миланский живописец и музыкант Д. Арчим-

больдо. Проигрывая гаммы, он показывал своим ученикам карточки, цвета которых, по его мнению, соответствовали звучанию той или иной ноты.

М. И кто-нибудь использовал его изобретение?

В. Практически нет, но идея соотнесения музыкальных тонов с цветами продолжала волновать умы потомков. Лишь позднее, в конце XVII века, когда Исаак Ньютон открыл в 1699 г. солнечный спектр, был дан реальный толчок работам над синтезом света и музыки.

М. Таким образом, XVII век можно считать веком рождения светомузыки?

В. Да. Ведь известно, что Ньютон находил общее между солнечным спектром и тонами гаммы.

М. Каким образом он пришел к такому выводу?

В. Путем сравнения отношений длин цветowych участков спектра и частот тонов гаммы он вывел математический закон соответствия цветов определенным музыкальным звукам.

М. В какие же цвета он «окрасил» звуки?

В. У Ньютона звук «до» — красный, «ре» — фиолетовый, «ми» — синий, «фа» — голубой, «соль» — зеленый, «ля» — желтый, а «си» — оранжевый.

М. Но нет ли в таком соединении звуков с цветом доли механичности?

В. Это была первая попытка связать стихию цвета со стихией звука, «озвучить» цветовой ряд, дать первый цветовой камертон, первую систему записи цвета. Но Ньютон, по-видимому, понимая произвольность такого соединения, не придавал серьезного значения этому открытию.

М. И как же было использовано открытие Ньютона?

В. На практике система Ньютона использована не была, но она имела огромное значение, так как дала толчок работам Луи Бертрана Кастеля, который применил ее по-своему. Однако принцип оставался тот же: однозначное соотнесение цветов спектра и тонов гаммы. Кастель был первым, кто выдвинул идею светомузыки как самостоятельного искусства. Это был ученый с широким кругозором. Вначале он занимался чисто теоретической разработкой своей идеи, а в 1734 г. разработал и сделал цветовой клавиикорд.

М. Сохранился ли этот инструмент до наших дней?

В. К сожалению, нет, но по существовавшим тогда описаниям в 1794 г. цветовой клавиикорд был воссоздан в России Г. Эккертсгаузенем. В стеклянные стаканчики он налил разноцветные жидкости по созданной им теории цветов и закрыл их медными клапанами. Эти клапаны ученый связал проволокой так, что при ударе по клавишам они поднимались

и стаканчики открывались. Сзади они освещались высокими свечами. Зрелище было очень красивым...

М. Конечно, с такой техникой трудно было добиться больших успехов.

В. В первой половине XIX в. идея светомузыки разрабатывалась в основном физиками, но первые демонстрационные модели были сделаны лишь в конце XIX в.

М. К этому времени можно было применить электрическое освещение.

В. Да, так американский изобретатель Б. Бишоп в 1877 г. совместил с фисгармонией небольшой экран из матового стекла, на который падал свет через цветные фильтры. Причем в первом варианте это был дневной естественный свет, а во втором Б. Бишоп применил электрическую дугу. Играя на фисгармонии, изобретатель одновременно открывал те или иные цветные фильтры и таким образом «окрашивал» экран.

М. Насколько это было похоже на светомузыку?

В. Это был не очень совершенный инструмент, хотя для своего времени представлял большой интерес.

М. Кто же еще занимался светомузыкой в те годы?

В. Занимались многие. Однако особо следует выделить американского изобретателя Томаса Уилфреда. Он был музыкантом, но многое сделал для популяризации цветовой динамики.

М. Ты хочешь сказать, что этот музыкант играл на световом инструменте без соединения со слышимой музыкой?

В. Да, именно так. Его световой инструмент «Клавилюкс», созданный в 1921 г., имел клавиатуру для ручного управления шестью главными проекторами. В центр экрана проецировалась «солирующая» фигура. Это мог быть квадрат, круг, комбинация из различных фигур, которые вращались, скручивались и переплетались. «Соллирующая» фигура становилась толще и тоньше, приближалась и удалялась. Остальные, располагающиеся на экране цвета, были аккомпанирующими.

Кроме того, Т. Уилфред работал над созданием свето-цветовых установок для использования в театральных постановках.

М. Мне кажется, что и сейчас в театре широко используются свето-цветовые эффекты.

В. Ты прав. Красиво выполненные декорации, освещенные движущимися разноцветными световыми фигурами, очень эффектны.

М. Ты рассказал о многих изобретателях и теоретиках светомузыки, но большинство из них иностранцы. Что же сделано у нас, в нашей стране?

В. В нашей стране сделано немало. Так, в театральных постановках 30-х годов светомузыку использовал русский художник Г. Гидони. Он мечтал о создании светотеатра, проект которого разработал еще в 1920 г. Г. Гидони написал световую партию к «Интернационалу», к драме А. С. Пушкина «Каменный гость» и стихотворению «Леда», разработал свою систему записи цвета.

Выдающийся советский кинорежиссер, один из пионеров цветного кинематографа С. М. Эйзенштейн в 1940 г. поставил на сцене Большого театра Союза ССР оперную тетралогия Р. Вагнера «Кольцо нибелунгов», в которой использовал светомузыкальные эффекты.

М. Значит, Гидони и Эйзенштейн были пионерами светомузыки у нас в стране?

В. Основоположником отечественной светомузыки по праву считается русский композитор **Александр Николаевич Скрябин** (1872—1915), впервые в истории мировой музыки создавший симфоническую поэму, в которой была световая партия. Это симфоническое произведение «Прометей», или «Поэма огня».

М. Я почти ничего не знаю об этом композиторе.

В. Я это предвидел, и сегодня немного расскажу о нем. В Москве, где Скрябин провел последние годы своей жизни, находится квартира-музей композитора. На первом этаже здания-музея действует светомузыкальный зал. Когда я был в Москве, мне посчастливилось не только посмотреть сеанс светомузыки, но и услышать рассказ экскурсовода о творчестве А. Н. Скрябина. Все это я записал на магнитофон.

Вот эта запись.

В МУЗЕЕ-КВАРТИРЕ А. Н. СКРЯБИНА

(магнитофонная запись Володи Любознайкина)

... Вы находитесь в квартире русского композитора Александра Николаевича Скрябина. Здесь он жил с 1911 г., здесь им написаны многие из его произведений последних лет жизни. Квартира композитора, в которой собирались его друзья и единомышленники, была одним из музыкальных центров того времени.

Родился Александр Николаевич 6 января 1872 г. в Москве. Его отец — дипломат, мать — известная пианистка. Рано умершую мать ему заменила тетя Любовь Александровна Скрябина, тоже пианистка. Именно она привила мальчику любовь к музыке.

Вся жизнь Александра Николаевича была посвящена музыке. Детство Скрябина связано с искусством. Он не любил играть в шумные детские игры, а предпочитал слушать музыку, читать книги, сочинять пьесы для своего домашнего театра. В этом театре он сам был драматургом, режиссером и актером.

По традиции, существовавшей в семье, Александра определили в кадетский корпус. За добрый и веселый характер, артистические способности его любили товарищи по корпусу. Однако военная карьера не прельщала юного Скрябина. Учась в кадетском корпусе, он серьезно занимается музыкой. За год до окончания кадетского корпуса Александр Николаевич поступает без экзамена в Московскую консерваторию, которую окончил в 1892 г. с золотой медалью.

К этому времени молодой композитор успел стать автором более 50 произведений. Эти юношеские сочинения не равноценны, но многие из них уже содержали самостоятельные, чисто «скрябинские», черточки и обладали большой художественной ценностью.

Юный пианист и композитор быстро завоевывал известность среди музыкантов и любителей музыки. С каждым новым произведением вырисовывалась его собственная манера, его собственный почерк. Все больше ощущалось его новаторство в музыке, его стремление в неизведанные дали искусства, его вера в безграничные возможности человека. Отсюда и его вера в собственные силы.

А. Н. Скрябин создал около 200 произведений для фортепиано и семь симфонических произведений. Среди них четвертая и пятая фортепианные сонаты, третья симфония, названная им «Божественной поэмой», симфонические поэмы «Поэма экстаза» и его замечательный «Прометей», написанный для симфонического оркестра, фортепиано и хора. Свою поэму автор назвал еще «Поэмой огня». Это одно из самых значительных произведений А. Н. Скрябина.

Древнегреческий миф о Прометее давно привлекал внимание композиторов, в том числе Людвига ван Бетховена и Ференца Листа. Миф рассказывает о том, как титан Прометей похитил огонь у богов, чтобы вопреки запретам отдать его людям. Зевс, бог-громовержец, жестоко наказывает Прометея: он приказывает мастеру Гефесту приковать титана к скале, где огромный орел клюет его печень. Веками подвергается Прометей страшным мукам, но не сдается. А тем временем прометеев огонь приносит людям свет, счастье, процветание наук, ремесел, земледелия.

Созданная на основе этого мифа стихотворная трагедия

Эсхила «Прометей прикованный» — философская декламационная оратория. Основу ее составляют размышления Прометея о судьбе человечества и о своем будущем освобождении. Его гордость и чрезмерная дерзость внушают ужас старику Океану и вызывают жалость и слезы девушек Океанид утешающих Прометея.

Создавая свою «Поэму огня», Александр Николаевич Скрябин не пошел по пути прямой интерпретации мифа о Прометее

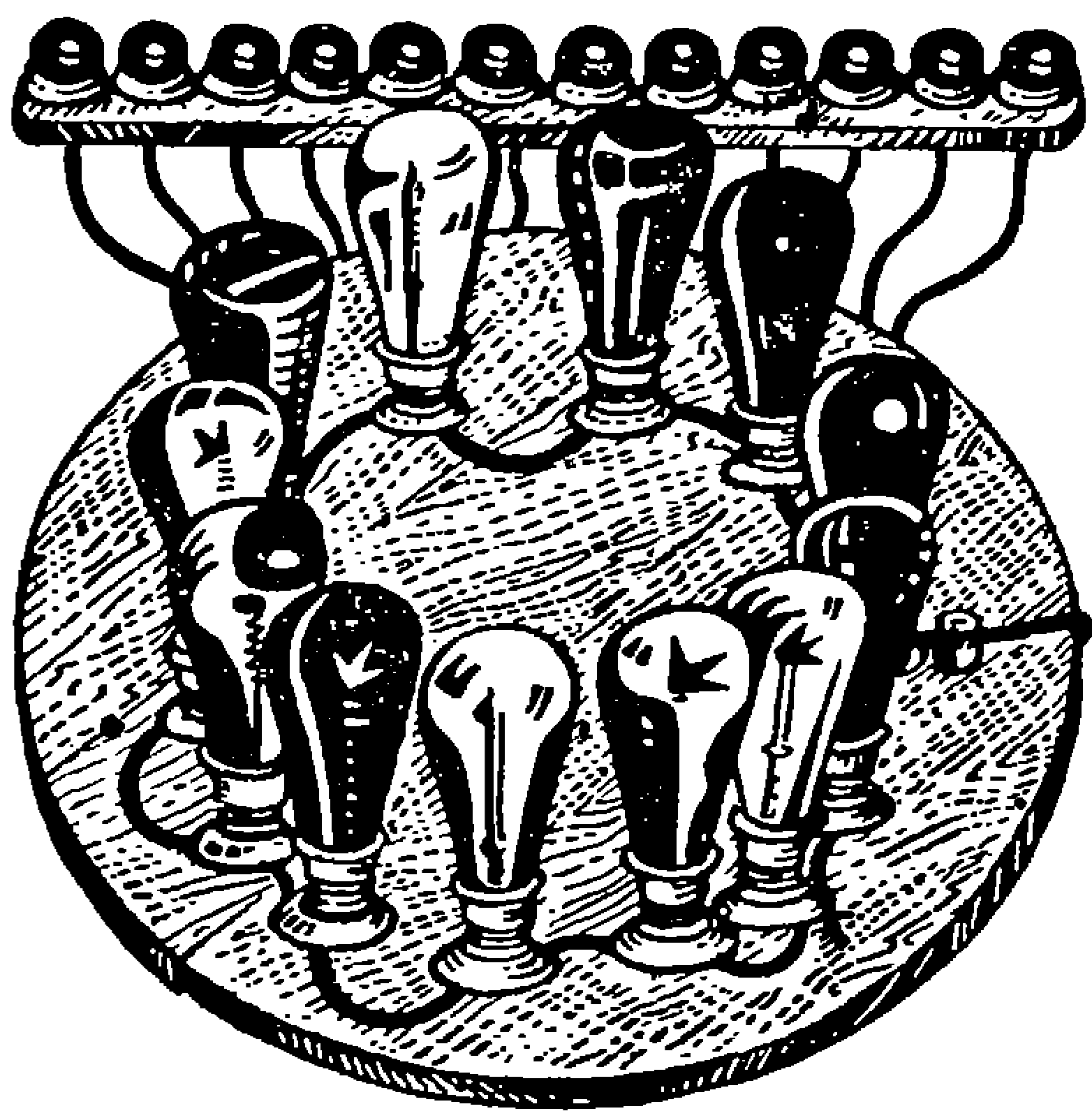


Рис. 1

В этой легенде его увлекла сама суть героического образа. Он писал, что Прометей — это активная энергия вселенной, творческий принцип; это огонь, свет, жизнь, борьба, мысль, прогресс, цивилизация, свобода.

Воспевая в «Прометее» революционную мысль, свободу, созидательную силу человеческой воли и разума, А. Н. Скрябин стал искать новые, необычные средства художественного выражения, заложенных в произведении идей

Впервые в истории музыки он сделал шаг к синтезу музыки и света, музыки и цвета.

Если вы взглянете на эту партитуру, то заметите, что в ней верхняя строка обозначена словом «Luce». Что же это означает? В переводе с итальянского «люче» означает свет. Да, здесь нет сомнения — это световая партия. Световая партия в музыкальном произведении? Это было ново и необычно, так как еще ни у одного композитора до А. Н. Скрябина не возникала идея ввести в звуковую партитуру партию света.

Первые шаги, сделанные А. Н. Скрябиным, казались его современникам утопическими, а уровень техники того времени не позволял осуществлять идею композитора-новатора.

На письменном столе композитора можно увидеть световой аппарат, который был сделан в 1911 г. по замыслу и под руководством А. Н. Скрябина. Световой клавир — так называл композитор это устройство. Однако за таинственным названием мы обнаруживаем примитивный аппарат, состоящий из 12 электрических лампочек, соединенных проводами с двенадцатью кнопками от электрического звонка. Эти кнопки, смонтированные на отдельной доске, образовывали своего рода клавиатуру (рис. 1).

«Поэма огня» впервые исполнялась в этой комнате. На рояле играл сам Александр Николаевич, а на световом клавире — его жена. В дальнейшем концерты повторялись неоднократно. Играли на световом клавире как Александр Николаевич, так и его друзья. Об этом пишет в своих воспоминаниях известный музыковед, первый биограф А. Н. Скрябина Леонид Сабанеев. Световая часть клавира, подвешенная к потолку, освещала полузатемненную комнату. Клавиатура при этом находилась внизу.

2 марта 1911 г. скрябинский «Прометей» впервые прозвучал в концертном исполнении с симфоническим оркестром и хором в Большом зале Дворянского собрания (ныне Колонный зал Дома Союзов). Партия света была задумана следующим образом. Два луча прожекторов, исходящие от задней стены зала, должны были создавать свето-цветовые переливы на мраморных колоннах зала. Однако осуществить это не удалось из-за недостаточного диаметра проводов.

Первое исполнение «Прометея» со светом в России состоялось 4 февраля 1917 г. в Москве, в Большом театре. Партию света, в декоративном оформлении художника А. Лентулова, исполнял Л. Сабанеев. Однако все последующие попытки воспроизвести партию света потерпели неудачу, что объяснялось низким уровнем тогдашней светотехники.

Замысел А. Н. Скрябина далеко опередил свое время. Обладая особым чувством цвета, так называемым цветным слухом, он мечтал о синтезе музыки и света. Однако все его идеи и попытки их осуществить казались многим чудачеством. Немало насмешек и непонимания он встретил среди современников.

Полное признание творческого наследия великого русского композитора принесла Великая Октябрьская социалистическая революция. На торжественном концерте в ознаменование первой годовщины революции была исполнена «Поэма огня». Из воспоминаний первого наркома просвещения А. В. Луначарского известно, что «Прометей» произвел очень сильное впечатление на Владимира Ильича Ленина, который присутствовал на том историческом концерте.

Сам А. В. Луначарский писал: «Мы как революционеры можем ждать еще в будущем титанических песен революционной страсти, но пока не только в русской музыке, но, может быть, и в мировой не найдешь более страстного музыкального языка, чем язык Скрябина в таких его произведениях, как «Прометей» и ему подобные».

Проблема светомзыкального синтеза, поставленная А. Н. Скрябиным в «Поэме огня», вызвала широкие поиски,

которые продолжают и сегодня. В них принимают участие музыканты и художники, кинематографисты и архитекторы, деятели науки и техники.

ПОСЕЩЕНИЕ ВТОРОЕ

(во время которого Миша узнает много интересного о замечательных изобретениях и замечательных изобретателях)

Володя Любознайкин. Тебе понравилась моя запись?

Миша Незнайкин. Запись замечательная, и у меня возникло желание узнать о том, что ты увидел и услышал в студии светомузыки!

В. Прежде чем начать свой рассказ, я хотел бы напомнить тебе кое-что о лазерах. Если говорить кратко, то л а з е р — это оптический квантовый генератор электромагнитных волн оптического диапазона. Излучение лазера сосредоточено в узком световом пучке.

Вот над использованием лазерного луча в светомузыкальных установках и работала Экспериментальная студия электронной музыки. Эти работы были начаты в 1970 г., а экспериментальные концерты с применением лазера даются с 1974 г.

М. А почему студия, в которой ведутся исследования по светомузыке, называется студией электронной музыки?

В. Студия была задумана и создана именно как экспериментальная лаборатория электронной музыки еще в 50-е годы. Ее возглавил человек, увлеченный скрябинской мечтой о небывалых звучаниях, неслыханных тембрах, влюбленный в музыку Скрябина, — инженер-полковник, кандидат технических наук Евгений Александрович Мурзин. Опыты по синтезации звука он начал еще в предвоенные годы. В 1957 г. в студии электронной музыки была создана первая модель установки, которую в честь А. Н. Скрябина назвали его инициалами АНС.

М. Что же представляла собой эта установка?

В. Это электронный фотосинтезатор звука.

М. И как он работает?

В. Ты знаком с оптической системой записи и воспроизведения звука?

М. Если ты имеешь в виду систему, применяемую в звуковом кино, то я могу рассказать так, как это мне запомнилось.

В. Я буду рад убедиться, что не зря занимался с тобой звукозаписью.

М. На одну из сторон киноплёнки по всей ее длине наносится при помощи светового луча фонограмма, имеющая вид полосы переменной ширины. Ее ширина зависит от колебаний напряжения в электрической цепи, вызванных действием звука в микрофоне. В киноаппарате при движении киноплёнки на фонограмму от источника света (читающей лампы) падает узкий луч. Он просвечивает фонограмму и направляется на фотоэлемент, с помощью которого световые колебания превращаются в электрические. Эти электрические колебания после усиления, поступая в громкоговоритель, превращаются в звук.

В. Ты хорошо усвоил содержание наших прошлых занятий. На таком же принципе работает АНС. Однако эта установка значительно сложнее. В АНС вместо киноплёнки используется покрытый черной краской лист стекла, на который металлическим пером наносится (процарапывается) шифр, вырабатываемый опытным путем, что и является партитурой. Композитор, начертивший эту партитуру, может ее сразу же прослушать и, если необходимо, скорректировать.

М. С каким же музыкальным инструментом можно сравнить АНС?

В. Установка АНС может воссоздать практически любые из существующих звуков, в том числе всех музыкальных инструментов, шум моря, голоса птиц, зверей. Главное же состоит в том, что АНС позволяет получить не существовавшие до сих пор, меняющиеся в процессе звучания тембры.

Так вот, Е. А. Мурзин еще в 1965 г. начал работать над синтезом музыки, получаемой от АНС, и динамического света.

М. Здесь мы, видимо, подходим к применению лазера?

В. Да, дальнейшие эксперименты были связаны с применением лазера. Лазер был изобретен в 1960 г. и это открытие сразу же заинтересовало создателей светомузыкальных установок, которые давно искали наиболее эффективный и гибкий источник света.

М. Чем же привлек светомузыкантов лазерный луч?

В. Прежде всего возможностью получения не просто цветных, но даже объемных форм путем механического развертывания лазерного луча.

М. Как же устроена лазерная установка и как она действует?

В. Лучи лазера, расходящиеся веером, проходят через рассеивающее тело, которое состоит из призм специального стекла, имеющего неоднородную структуру.

М. Это сделано для неоднократного преломления лучей?

В. Да, лучи, преломляясь в призмах, отражаются в различных направлениях, и при этом пересекаются.

М. Но ведь лучи должны пересекаться в определенной, заранее заданной точке?

В. Именно для этого предназначается устройство с несколькими электродвигателями, которые, поворачивая призмы рассеивающего тела, могут придать им нужное положение. Когда требуемое положение достигнуто и получен наивысший эффект, положение призм фиксируется и записывается запоминающим устройством, а потом уже повторяется по мере надобности необходимое число раз.

М. А звук?

В. Звук подается синхронно и управляется автоматически. Разумеется, все это десятки раз отрепетировано и соответственно записано.

М. И такая установка была сделана Е. А. Мурзиным?

В. Нет, Мурзин разрабатывал абсолютно оригинальные сценические композиции, где лазерный луч являлся главным действующим лицом. Однако завершить свои работы Е. А. Мурзин не смог. В 1970 г. Е. А. Мурзина не стало.

М. Жаль, что не осуществил Евгений Александрович свою вторую мечту. Но воплотилась ли эта мечта в жизнь?

В. Результат, полученный последователями Е. А. Мурзина, превзошел все ожидания. Я расскажу тебе об одном концерте в студии электронной музыки. Придя в зал, где устраиваются светомузыкальные концерты, я попал в совершенно необычную обстановку (цветная вклейка II). Представь себе небольшой зал с полусферическим потолком-экраном, покрытым тонким слоем полиуретана. Зрителей было всего человек 25. Голос диктора, записанный на магнитную ленту, предваряет действие. Затем зал погружается в темноту, звучит электронная музыка. Постепенно в зале становится светлее, он наполняется множеством невиданных оттенков цветов. С появлением световых эффектов вы попадаете в совершенно новый непривычный мир красок, света, необыкновенных форм. Вы ощущаете себя в бесконечном пространстве — слева, справа и над головой — то возникающие, то пропадающие объемные светящиеся кристаллы, фантастические структуры, световые зигзаги, вспышки и световые картины, подобные северному сиянию.

Этот фантастический мир красок и необычных форм создан лазерными генераторами света.

М. Расскажи, пожалуйста, как создаются такие необыкновенные картины.

В. Их создают три луча: красный, синий и зеленый. Каждый из них самостоятельно «рисует» свой световой образ. Для этого луч каждого лазера пропускают через подобранную для него преломляющую среду с неоднородной структурой. В результате под куполом зала возникает световая конфигурация задуманной фактуры и цвета.

М. Как же управляют этой лазерной установкой?

В. Темпом движения и сменой световых форм и образов управляют при помощи клавишного пульта.

М. Какие есть еще залы светомузыки, кроме этого маленького зала?

В. Действует светомузыкальная установка в Государственном центральном концертном зале «Россия» в Москве. Есть зал светомузыки в Парке культуры и отдыха им. Горького в Харькове. Светомузыкальной установкой руководит Юрий Алексеевич Правдюк.

Поместив на пути светового луча вращающийся цилиндр с вырезами, добавив цветной светофильтр и неподвижный трафарет, он получил систему, которая дает возможность проецировать на экран подвижные цветные изображения. Общий блок проекторов насчитывает более пятидесяти таких систем.

М. А как управляют такими сложными системами?

В. Управление системами осуществляется с пульта оператором, который вводит в действие поочередно все системы, комбинирует их в различных сочетаниях. Он создает на экране динамически гибкую, полностью подвластную творческой воле картину движущихся цветных форм.

М. Это светоживописные картины, а как подается музыка?

В. Музыка подается в магнитофонной записи.

М. Какие произведения в светомузыкальной интерпретации Ю. А. Правдюка произвели на тебя наибольшее впечатление?

В. Все произведения хороши, но я бы выделил два: это «Итальянское каприччио» П. И. Чайковского и вальс из оперы С. Прокофьева «Война и мир». Репертуар Правдюка включает более 50 светодинамических композиций к выдающимся музыкальным произведениям мировой и советской классики, в том числе к «Прометею», о котором мы поговорим в следующий раз.

ПОСЕЩЕНИЕ ТРЕТЬЕ

(во время которого делается попытка разгадать тайны «Luce»)

Миша Незнайкин. Володя, ты обещал помочь мне разобраться с партией «Luce». Здесь много неясного. Ведь композитор не оставил расшифровки партитуры световой партии?

Володя. Ты прав. Дело в том, что автор «Прометея» сам видел партию света лишь своим внутренним видением.

М. Своим «цветным слухом»?

В. Да. Это можно назвать и так. А вот технического решения он не знал. И, как ты мог заключить из прошлых бесед, удовлетворительного исполнения партии света он так и не дождался.

М. По-моему, технического решения тогда и не могло быть.

В. Все это так, но дело не только в этом. Решив для себя этот вопрос, имея возможность воспринять музыку зрительно, композитор так и не успел найти способ записи световой партии, доступный для воспроизведения.

М. А откуда мы знаем о скрябинских муках творчества?

В. Главным образом из воспоминаний его современников, среди которых были и сторонники, и противники светомузыки.

М. Что же из всего известного о А. Н. Скрябине бесспорно и чему можно верить, а чему нельзя?

В. Бесспорно то, что Александр Николаевич обладал «цветным слухом» и видел свои произведения в цвете. Обнаружилось это не только во время работы над «Прометеем», а значительно раньше. Так, его четвертая соната (1903), третья симфония (1904), «Поэма экстаза» (1907) говорят о стремлении композитора выразить звуками свет. Но это было только подсознательное чувство, и лишь во время работы над «Поэмой огня» композитор решает ввести световую партию.

М. Как же он это представлял?

В. В своем дневнике за 1910 г. друг и биограф А. Н. Скрябина Л. Сабанеев записал разговор о «Прометее» с композитором.

«Какие планы у меня, какие планы! — воскликнул композитор, — вы знаете, что у меня в «Прометее» будет...свет!

— Какой свет? — довольно наивно спросил я.

— Свет, — повторил он. Я хочу, чтобы были симфонии огней... Это поэма огня. Я вам сейчас покажу. — И он быстро побежал за огромными партитурными листами и, показывая мне их, стал объяснять:

— Вся зала будет в переменных светах. Вот тут они загораются, эти огненные языки.

Свет должен наполнить весь воздух, пронизать его до атомов. Вся музыка, все вообще должно быть погружено в этот свет, в световые волны, купаться в них».

М. Теперь я не сомневаюсь, что у А. Н. Скрябина был цветной слух, но обладают ли таким же слухом другие композиторы?

В. Цветным слухом, безусловно, обладали и обладают многие композиторы, художники, писатели. Великий русский композитор Н. А. Римский-Корсаков в партитуре своей ранней оперы «Млада» (1890) дает письменные указания относительно освещения сцены во время исполнения тех или иных партий. Согласно анализу, сделанному уже в наше время, изменения звука и цвета строго соответствовали цвето-тональному слуху композитора.

М. Как же представлял световую партию «Прометея» А. Н. Скрябин?

В. По словам Л. Сабанеева, Александр Николаевич так обрисовал ему свою партию «Luce». Начало «Прометея» должно исполняться в лиловато-сероватом сумраке. При звучании «темы разума» зал погружается в лучи яркого синего света. В середине поэмы красные волны света наполняют зал, все погружается в кровавые тона, а перед кульминационным моментом, когда вступает хор, ослепительно белый луч прорезает тьму и заполняет весь зал торжественным лучезарным сиянием. Быстрые фигурации фортепиано в конце поэмы должны сопровождаться огненными вспышками и языками пламени.

М. Кто занимался расшифровкой световой партии «Прометея»?

В. Расшифровать ее пытались многие. Так, существует вариант ее прочтения, сделанный Г. М. Римским-Корсаковым, племянником великого русского композитора Н. А. Римского-Корсакова, в 1925 г. Свой вариант прочтения световой партии к «Прометею» сделал также киевский художник и светокомпозитор Ф. И. Юрьев в 1968 г. (см. цветную вклейку III). Однако окончательное прочтение или, точнее, расшифровку партии «Luce» сделала сотрудница СКБ «Прометей» (г. Казань) И. Л. Ваничкина, которая посвятила научному поиску 10 лет.

М. Что это за СКБ «Прометей»?

В. СКБ «Прометей» — одно из первых в стране студенческо-конструкторских бюро. Оно создано в 1962 г. студентами Казанского авиационного института и консерватории, взявшихся за реализацию интереснейшей проблемы синтеза света и звука. Казанцы украсили свой город оригинальными устройствами световой архитектуры, провели первый в стране спектакль

под открытым небом, организовали и провели несколько научных конференций. Деятельность СКБ широко известна как в нашей стране, так и за рубежом. Светомузыкальная библиотека СКБ является богатейшей в мире и насчитывает около миллиона микрофильмов, книг и брошюр. Руководит этим СКБ канд. филос. наук Б. М. Галеев.

М. Какие кинофильмы созданы этим СКБ?

В. Коллективом СКБ создан светомузыкальный фильм «Прометей», в котором дано «волнующее юношеское прочтение сложного музыкального произведения» А. Н. Скрябина. Следует также отметить фильм «Вечное движение» с музыкой из «Электронной поэмы» композитора Э. Вареза и прокатный фильм «Маленький триптих» на музыку одноименного произведения Г. Свиридова.

На этом мы закончим нашу сегодняшнюю беседу. До свидания!

ПОСЕЩЕНИЕ ЧЕТВЕРТОЕ

(которое начинается с сюрприза)

Миша Незнайкин. Я уже четвертый раз прихожу к тебе, а наши занятия дальше истории и теории не продвинулись.

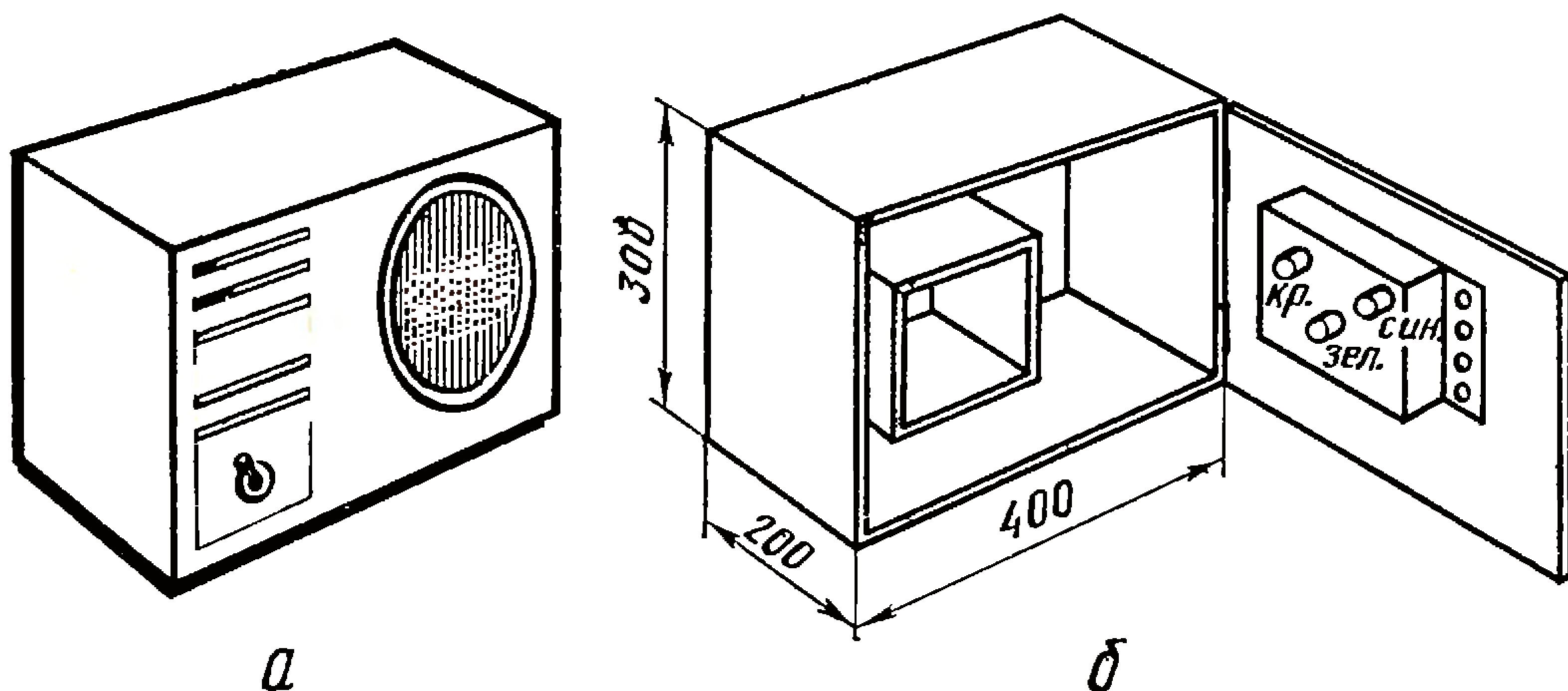


Рис. 2

Володя Любознайкин. Разве тебе не интересно было узнать все, что я рассказал о светомузыке?

М. Ты меня неправильно понял. Все было очень интересно, однако мне хотелось бы уже что-то делать самому.

В. Я думаю, что сегодняшняя наша беседа частично удовлетворяет твоё нетерпение. Вот одна из простейших светомузыкальных приставок (рис. 2) и её схема (рис. 3).

М. Как же работает эта установка?

В. Давай условимся называть ее не установкой, а лишь приставкой. Ее схема очень проста. Три фильтра, настроенные на низкие ($L2$), средние ($C2, L1$) и высокие ($C1$) частоты звукового диапазона, «анализируют» звуки и подают напряжение соответствующей частоты на лампочки накаливания $H3, H2$ и $H1$, распределенные по частотам фильтров. На лампочки надеты светофильтры: красный, зеленый и синий.

М. И эти три цвета обеспечивают получение всех необходимых оттенков?

В. Эта приставка очень примитивна и рассчитана на начинающих любителей. Однако она вполне пригодна для использования с каким-нибудь проигрывателем. При наличии всего лишь трех цветов экран приставки озаряется множеством самых невероятных цветов и оттенков: от ярко-красного до белого.

М. Расскажи мне подробно о конструкции этой приставки и об основных параметрах дросселей.

В. Эта приставка смонтирована в корпусе из матового органического стекла. Однако корпус можно сделать из дерева или картона и даже металла. Снаружи такой корпус оклеивают текстурной бумагой или красят. Размеры корпуса приведены на рисунке внешнего вида (см. рис. 2, б). В зависимости от типа и размеров деталей, узлов и ламп, которые ты будешь использовать, меняются и размеры корпуса.

М. Как же сделать экран?

В. Для этой цели можно использовать стекло от автомобильной фары. Поэтому экран получился круглой формы. Ты же можешь сделать экран и другой. Конструкций экранов очень много.

М. Это, по-видимому, не так уж и важно?

В. Вот в этом я с тобой не согласен. Экран — это главный элемент всей установки. В конечном счете, вся «начинка» остается невидимой для зрителя-слушателя, а все внимание приковано именно к экрану. Поэтому правильной будет

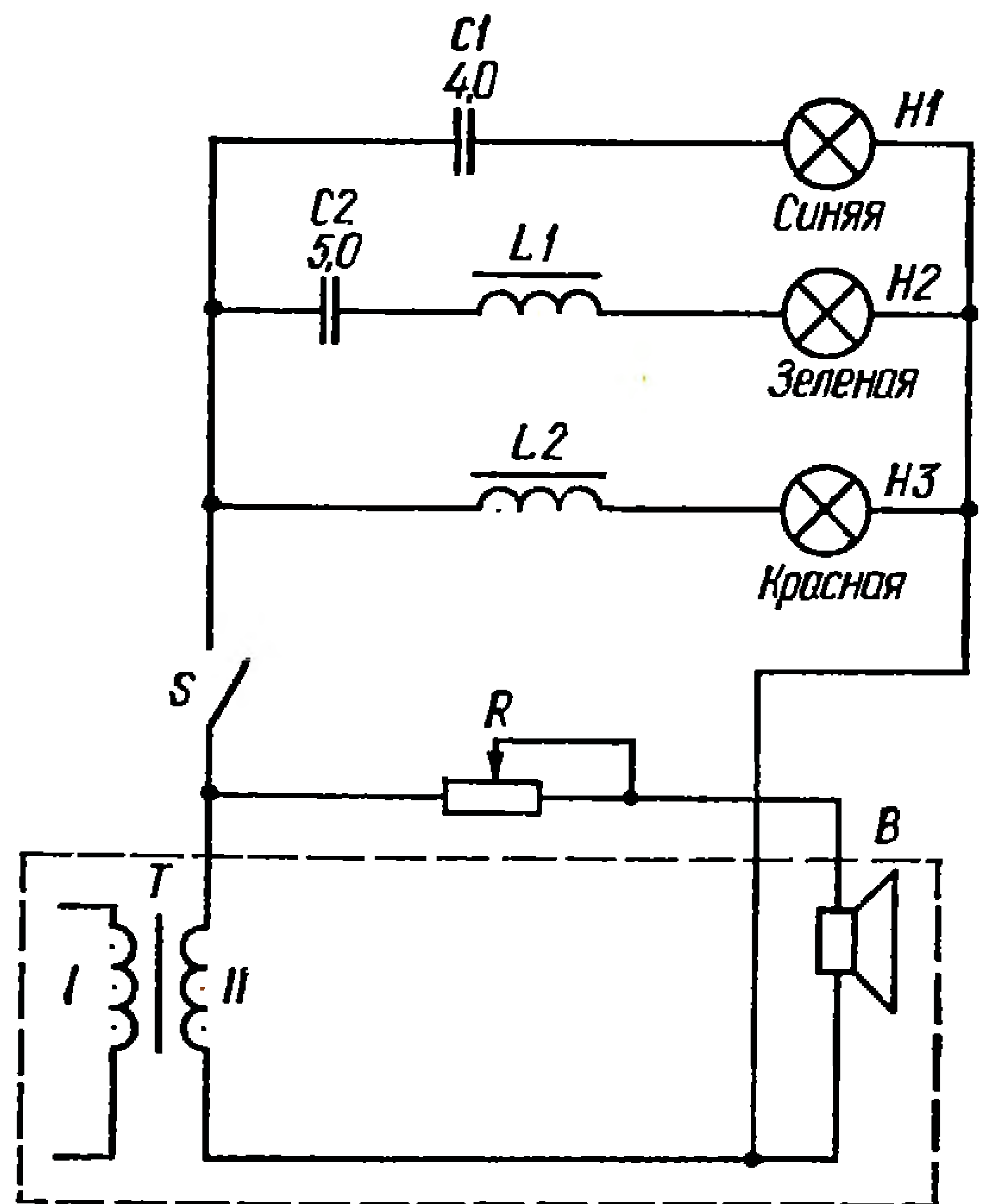


Рис. 3

его считать основным элементом всей установки. Я думаю, что мы посвятим отдельную беседу различным конструкциям экранов. А сейчас перейдем к рассмотрению конструкции нашей приставки. На рисунке общего вида (см. рис. 2, б) ты видишь приоткрытую заднюю дверцу корпуса, а на ней три лампочки со светофильтрами.

М. Что собой представляют эти светофильтры?

В. В качестве светофильтров можно использовать цветную кино- или фотопленку, силикатное или органическое стекло. Можно использовать и прозрачный полистирол. Ты можешь приобрести также патроны со светофильтрами от телефонной или измерительной аппаратуры. Такие патроны продаются в специализированных магазинах или магазинах, торгующих некондиционными товарами для юных техников и радиолюбителей.

Расположены лампочки со светофильтрами треугольником под углом 120° относительно друг друга.

Чтобы лучи не рассеивались по всему корпусу, на передней стенке делается бокс из дюралюминия, фанеры или любой непрозрачной пластмассы. В бокс на $2/3$ его глубины входит шасси, на котором установлены лампочки со светофильтрами. Шасси крепится к задней стенке-дверце корпуса болтами, шурупами или клеем — в зависимости от того материала, из которого сделаны сопрягаемые детали.

М. Какое расстояние должно быть между экраном и освещающими его лампочками?

В. От 5 до 10 мм.

М. Бокс окрашивают в какой-то определенный цвет или его окраска произвольна?

В. Внутри бокс должен быть окрашен в белый цвет или оклеен белой бумагой.

М. Ты можешь дать мне монтажную схему этой приставки?

В. Монтажная схема очень проста, и я могу ее нарисовать (рис. 4).

М. Эта схема не дает представления о том, где и как крепятся детали и сборочные единицы приставки.

В. Их можно крепить на шасси, плате из гетинакса и даже непосредственно на внутренней стенке корпуса.

М. Какие детали применяются в этой приставке?

В. Конденсаторы $C1$ и $C2$ типа КБГ-МН или КБМ. Если нет возможности достать конденсатор на 5,0 мФ, то можно взять два и соединить их параллельно. Выключатель S может быть любого типа. Переменный резистор R надо взять проволочный типа ППЗ-4. Лампочки типа МН рассчитаны на напряжение 2,5 или 3,5 В. Обмотки катушек дросселей $L1$ и $L2$ наматывают

на каркас из полистирола с ферритовым сердечником. Для $L1$ подходит односекционный каркас с внутренним диаметром 6,5 мм, внешним — 21 мм и расстоянием между щечками каркаса 8 мм. Каркас для $L2$ — двухсекционный с теми же размерами. На первый каркас наматывается 400 витков, а на второй — по 300 витков в каждую секцию. Диаметр провода для обеих дросселей марки ПЭЛ или ПЭВ-1 равен 0,23 мм.

М. Как подключается приставка к источнику звука?

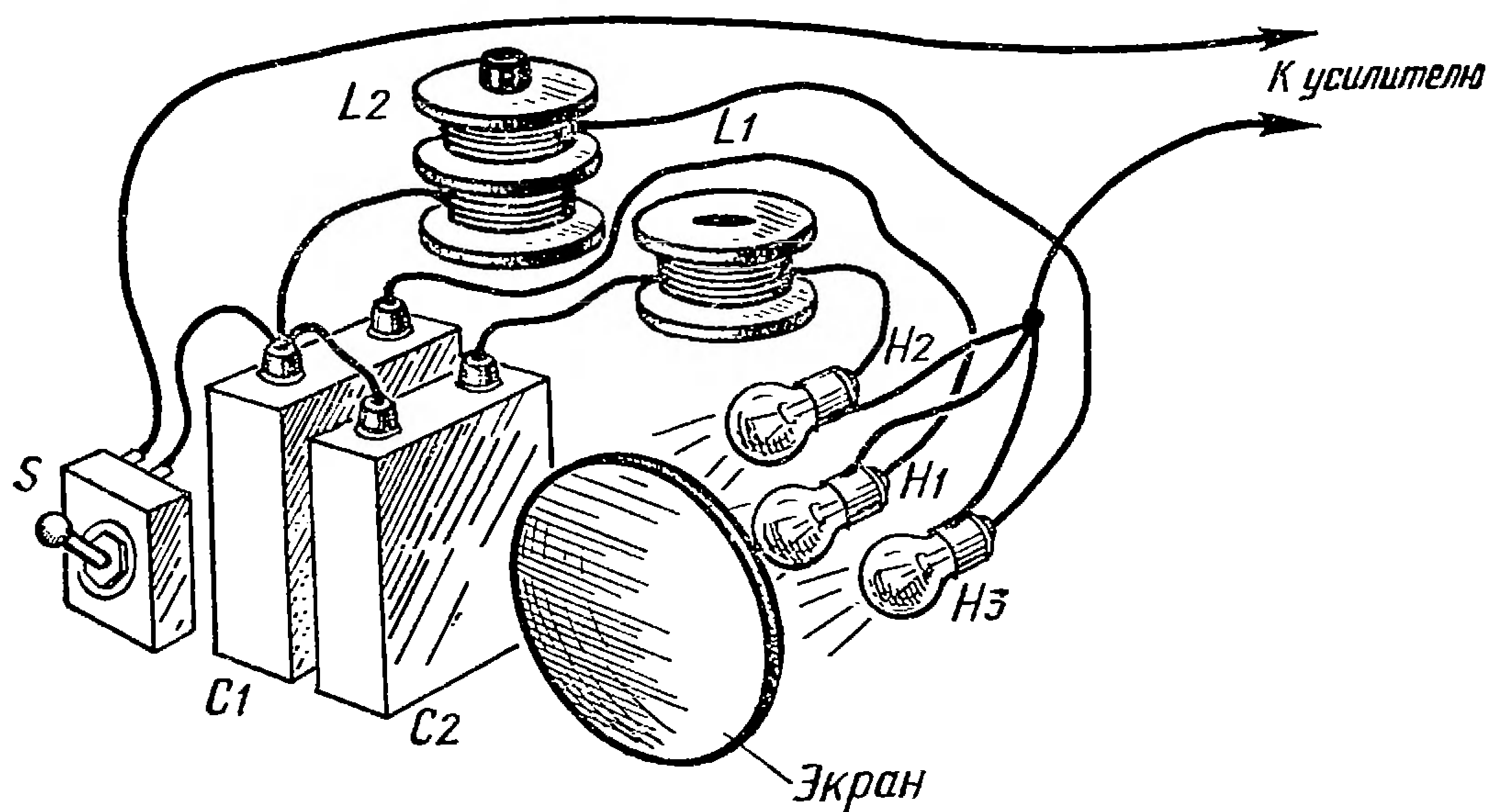


Рис. 4

В. Приставка подключается параллельно вторичной обмотке выходного трансформатора, как показано на монтажной схеме. Последовательно к катушке источника звукового сигнала следует подключить переменный резистор R .

М. Как эта приставка настраивается после ее сборки?

В. Настройка приставки очень проста и практически сводится к подбору сопротивления резистора R , о котором мы только что говорили. Делается это так: движок этого резистора ставится в крайнее левое положение, что соответствует максимальной громкости. Затем устанавливаются нормальная громкость и тембр источника звукового сигнала. Плавно передвигая движок резистора R и одновременно регулируя громкость звукового сигнала, подбирают наиболее эффективное свечение лампочек.

М. При настройке бывают какие-нибудь неполадки, характерные для этой схемы?

В. Бывают. Например, иногда высокочастотная (синяя) лампочка будет светиться только при самых высоких частотах.

тах, это нарушает общее впечатление. В этом случае увеличивают емкость конденсатора $C1$ до необходимого предела, определяемого опытным путем.

М. С каким источником звука работает эта приставка?

В. Приставку можно подключить к приемнику, магнитофону, телевизору (разумеется, с черно-белым кинескопом), проигрывателю или электрофону.

М. А может ли работать приставка от радиотрансляционной сети?

В. Может, но в этом случае следует подключать приставку ко вторичной обмотке понижающего трансформатора абонентского громкоговорителя.

М. Какая мощность входного сигнала должна быть для этой приставки?

В. Усилитель звуковой частоты любого прибора, подающего звуковой сигнал на вход нашей приставки, должен обладать мощностью порядка 2-3 Вт.

М. Такую приставку сделать нетрудно. Я обязательно этим займусь.

В. А теперь я познакомлю тебя с гораздо более сложной установкой. Именно такая установка используется Украинским ансамблем «Балет на льду», выступление которого тебя так поразило. Эта установка имеет довольно сложную схему, и тебе она для практического использования вряд ли пригодится. Во всяком случае сейчас, в начале твоего знакомства со светомузыкой. Поэтому я дам лишь общее представление о сложной светомузыкальной установке. У меня есть структурная схема, которую мы сейчас и рассмотрим.

М. Эта установка автоматическая или ее управление осуществляется оператором-светомузыкантом?

В. О целесообразных пределах автоматизации я хотел бы поговорить позже, но раз уж ты заинтересовался этим, то отвечу. Автоматика и кибернетика проникли во все области науки, техники и искусства и обойтись без них уже невозможно. Некоторые специалисты считают возможным заменить машинами труд поэтов, композиторов, художников, не говоря уже о светомузыкальном творчестве. Так, например, инженер К. Л. Леонтьев утверждал, что «Прометей» А. Н. Скрябина был обречен на неудачу потому, что световую партию создавал человек, руководствующийся собственными субъективными ощущениями. К. Л. Леонтьев считал единственно правильным «поручить» создание световой партии автомату.

М. Он имел в виду ЭВМ?

В. Речь идет о кибернетическом устройстве, в котором общая схема преобразования звука в цвет такова: аппарат

светомузыки при помощи микрофона принимает звуки исполняемого музыкального произведения. В микрофоне эти звуки превращаются в электрические сигналы, которые после ряда преобразований превращаются в другие сигналы и поступают в электронный анализатор, способный автоматически определять свойства музыкальной фразы. Затем электрические сигналы поступают в синтезатор, учитывающий связи, существующие между слухом и зрением. Синтезатор автоматически определяет, какой цвет соответствует той или иной музыкальной фразе по яркости, цветовому тону, контрастности, насыщенности и длительности свечения. Полученные координаты цвета превращаются в реальный цвет на экране при помощи автоматически управляемых проекторов цветного света?

М. С теоретической точки зрения это интересно, а получилось ли что-нибудь у Леонтьева на практике? Или он только теоретик?

В. Нет, К. Л. Леонтьев сделал немало. Его светомузыкальные автоматические установки демонстрировались на Выставке достижений народного хозяйства СССР в павильоне электроники, на международных выставках. Кроме того, на одной из его установок исполнялись светомузыкальные произведения в концертном зале имени П. И. Чайковского в г. Москве.

М. Как же выглядело это исполнение?

В. Я был на одном концерте, на котором исполнялись произведения А. Н. Скрябина; П. И. Чайковского, Д. Д. Шостаковича. Здесь управление светом осуществлялось автоматически. В качестве светильников были использованы три прожектора со светофильтрами красного, синего и зеленого цветов. Изображение падало на белый экран, имевший форму полого усеченного конуса, обращенного раструбом к зрительному залу. Перед экраном была помещена прозрачная пластмассовая фигура с несколькими плоскостями, от которых во время исполнения отражался свет.

М. Чем же ценен опыт К. Л. Леонтьева?

В. Тем, что благодаря ему стало совершенно ясно: одной автоматики, даже самой совершенной, недостаточно для получения подлинного синтеза света и музыки.

В последующие годы К. Л. Леонтьев учел критические замечания профессиональных музыкантов и сделал новый вариант установки.

М. И эта установка сейчас применяется?

В. Такая установка действует в Москве, в концертном зале «Россия». Схема и конструкция этой установки преду-

смаатривают «вмешательство» светомузыканта (оператора) в процесс оцвечивания.

М. Как же называется эта установка?

В. Это световой орган.

М. Чем же отличаются современные установки от первых установок К. Л. Леонтьева?

В. Мне кажется, что мы немного отвлеклись от темы нашей беседы. Я предлагаю рассмотреть структурную схему современного светомузыкального устройства, и тогда будут понятны принципы действия современных светомузыкальных установок.

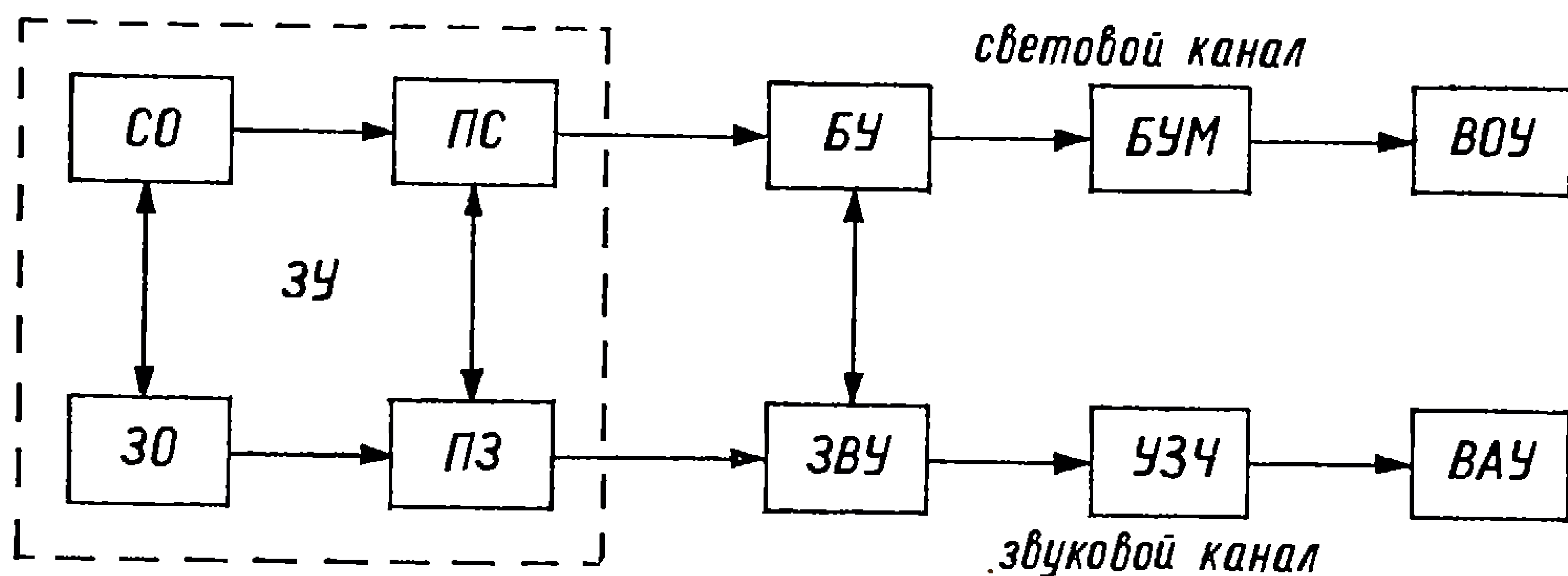


Рис. 5

Нам нужно разобраться в схеме и конструкции такой светомузыкальной установки, которая могла бы создать требуемой сложности свободно управляемую светокрасочную картину, меняющуюся одновременно с музыкой по яркости, рисунку, фактуре, глубине и цвету. Такая установка должна обеспечивать подлинный синтез света и музыки. Этим требованиям вполне отвечает устройство, структурная схема которого приведена на рис. 5. Как ты видишь, это устройство состоит из светового и звукового каналов. В свою очередь световой канал имеет следующие структурные элементы: светооператор (СО), пульт управления светом (ПС), который обеспечивает контакт между исполнителем и инструментом (практически это клавиатура), блок управления (БУ), формирующий сигналы управления световыми характеристиками, блок управления мощностью (БУМ), выходное оптическое устройство (БОУ). Звуковой канал состоит из звукооператора (ЗО), пульта управления звуком (ПЗ), звуковоспроизводящего устройства (ЗВУ), усилителя звуковой частоты (УЗЧ), выходного акустического устройства (ВАУ).

М. А что обозначают вертикальные стрелки между структурными элементами?

В. Вертикальными стрелками обозначены связи между световыми и звуковыми каналами.

М. А что такое ЗУ?

В. Вот здесь мы имеем дело уже с чистой автоматикой. Это запоминающее устройство, которое включается вместо СО — ЗО и ПС — ПЗ в случае многократного исполнения одной и той же светомузыкальной программы.

М. Как же управляет светомузыкант блоками ПС?

В. Светомузыкант или оператор нажимает на определенные клавиши поочередно или одновременно, согласно партитуре, и на экране возникают световые проекции.

М. Заранее запрограммированные?

А. Нет, оператор может изменять скорость, цвет, яркость, характер перемещения фигур, по-разному комбинируя их.

М. Всю эту работу выполняет всегда один оператор-светомузыкант?

В. В том случае, если исполняемая световая партия сложная, управление может осуществляться несколькими операторами одновременно.

М. Ты говорил о запоминающем устройстве.

В. Да, управление может осуществляться запоминающим устройством, которое воспроизводит исполненные неоднократно светомузыкальные произведения.

М. Без вмешательства оператора?

В. Если есть необходимость, то оператор-светомузыкант «помогает» ему.

В заключение нашей беседы рассмотри ту установку, которая используется для светомузыкального оформления спектаклей балета на льду. Эта установка очень похожа на ту, о которой мы говорили, разбирая структурную схему. Конечно, у нее есть и свои особенности.

М. Кто и как управляет этой установкой? Как происходит весь процесс светомузыкального сопровождения?

В. Установка действует следующим образом. Музыка поступает через микрофон на входное устройство усилителя. С линейного выхода этого узла сигнал напряжением 0,5...0,75 В подается на вход светомузыкального устройства. В различных случаях установка имеет на выходе различного типа экран.

Так, при помощи медленно вращающегося зеркального шара достигается эффект снегопада. Для постановки танца «Уральские самоцветы» сделан экран в виде кристалла. В танцевальной сюите «О чем плакала верба» балерины держат в руках веточки вербы, снабженные миниатюрными электрическими лампочками. На сцене установлена искусственная

верба, светящаяся множеством огней. Кроме того, все освещается прожекторами со светофильтрами. Однако основным и наиболее эффектным экраном является лед, создающий неповторимый цветовой рисунок.

М. Кристалл, о котором ты начал рассказывать, производит очень сильное впечатление. Я думаю, что устройство такого типа, конечно, меньшего размера, можно сделать как для школьного или молодежного клуба, так и для дома.

В. Кристалл состоит из металлического каркаса, обтянутого специальной тканью. Для этого можно использовать новый материал — лавсановую кальку. Она является прекрасным экраном для света всех цветов и оттенков. Внутри кристалла смонтированы два полуцилиндрических трафарета, которые медленно, со скоростью 2...4 об/мин вращаются навстречу друг другу. Они-то и создают блики. Есть и другие виды трафаретов.

М. Как приводятся в движение трафареты?

В. Для этого используются электродвигатели типа РД-09, но можно применять и другие. Кроме того, можно взять любой электродвигатель и сделать к нему редуктор, который не только снизит частоту вращения до требуемой, но и обеспечит встречное вращение двух трафаретов от того же двигателя. Как сделать редуктор, ты сможешь узнать из специальной литературы. К сказанному следует добавить, что при выборе электродвигателя нужно учитывать габариты кристалла.

М. Сколько цветов имеет ВОУ?

В. На выходе — четыре группы ламп по 25 Вт, каждая лампа со светофильтрами красного, синего, желтого и белого цветов.

М. А зеленый цвет образуется при смешении синего и желтого цветов.

В. Да, считается, что чисто зеленый цвет не нужен в этой установке.

М. Как работает оператор? Что и как он корректирует?

В. Оператор корректирует не только свет и цвет, но и звук. Дело в том, что при низком уровне громкости не будет видно изменения цветовой гаммы, а при быстром темпе возникнет слишком быстрое мелькание ламп, которое помешает созданию цветовой гармонии. Вместо этого возникнет раздражающее мелькание.

М. Как же оператор сможет исправить возможный дефект?

В. На пульт управления выведены все ручки, при помощи которых можно осуществить корректировку.

М. В схеме установки имеются корректирующие устройства?

В. Да, так называемые интегрирующие цепи, при помощи которых и исправляется дефект автоматического синтеза.

На этом мы закончим нашу беседу. В следующий раз я покажу тебе, как из примитивной светомузыкальной приставки — елочной гирлянды — можно сделать довольно эффектное устройство.

М. Кстати, у меня тоже есть небольшая светомузыкальная приставка, но она плохо реагирует на звук.

В. Приходи завтра, мы во всем разберемся. До встречи!

ПОСЕЩЕНИЕ ПЯТОЕ

*(во время которого Миша знакомится
с готовыми светомузыкальными устройствами)*

Володя Любознайкин. Так что у тебя за установка?

Миша Незнайкин. Это светомузыкальный сувенир «Кристалл».

В. Внешне он довольно привлекателен. Только вот картинка с оленем мне не очень нравится. Я бы заменил заднюю стенку прозрачным оргстеклом или полистиролом, а может быть, зеркалом.

М. Дело еще в том, что в этом устройстве очень слабо светятся лампочки, а в инструкции сказано, что «при всей простоте схемы...сувенир создает богатый цветовой гаммой зрительный эффект».

В. Дай-ка мне инструкцию. Ты, наверное, не дочитал ее до конца. Ну, конечно. Здесь ясно сказано, что «для нормальной работы сувенира выходная мощность радиоустройства должна быть не менее 2 Вт». Ты к какому источнику звука подключал это устройство?

М. К электрофону «Молодежный» и к телевизору «Садко».

В. Дело в том, что как первый, так и второй имеют выходную мощность звукового канала не более 0,5 Вт.

М. Ну, тогда понятно, а я уже решил его налаживать сам. Разобрал, а там всего три лампочки от карманного фонарика. Что же мне теперь делать?

В. Надо усилить входной сигнал, а как это сделать, ты, видимо, и сам догадываешься.

М. Поставить дополнительно усилитель звуковой частоты?

В. Можно и так, но мне кажется, что лучше всего переделать всю схему. Точнее, собрать маленькую светомузыкальную приставку хотя бы на трех транзисторах.

М. А поместится ли это устройство на плате 152×45 мм?

В. Без блока питания и входного трансформатора поместится.

М. А как быть с входным трансформатором и блоком питания?

В. Я бы хотел, чтобы ты сам подумал над этим.

М. Может быть, основное сделать повыше и разместить все детали в два этажа?

В. Это, конечно, идея, но я боюсь, что мы нарушим общий вид «Кристалла».

М. Этот вопрос я постараюсь решить сам. Тебя же попрошу дать мне схему.

В. Для такой маленькой светомузыкальной приставки можно применить очень простую схему. Однако это будет уже не сувенир, как у тебя, а полноценное светомузыкальное устройство.

М. А какая входная мощность потребуется для этой приставки?

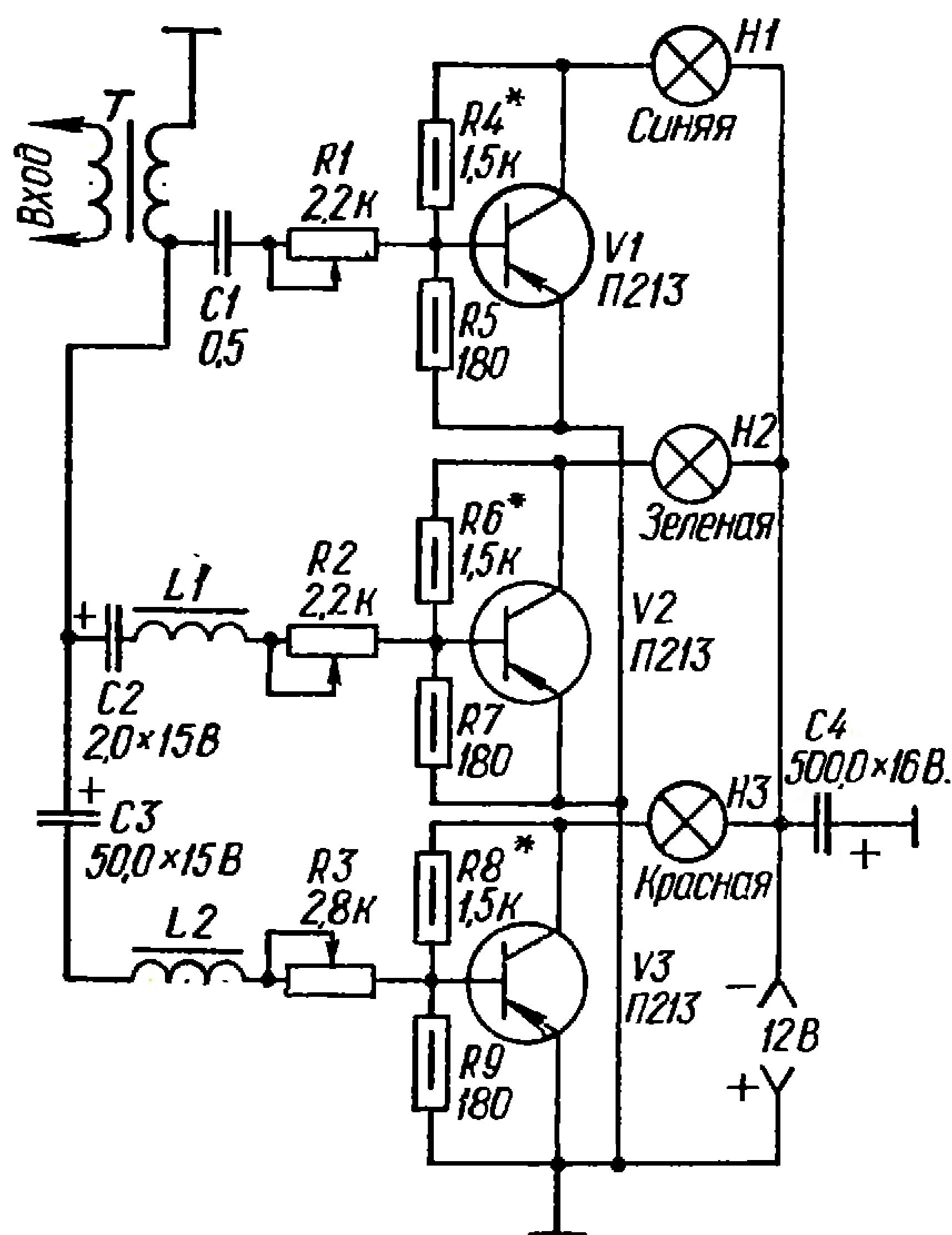


Рис. 6

В. Начнем все по порядку. Светомузыкальная приставка, схема которой лежит перед нами (рис. 6), предназначена для работы с электрофоном, радиоприемником, магнитофоном, телевизором с выходной мощностью 0,5 Вт.

М. Как же работает эта приставка?

В. Сигнал низкой (звуковой) частоты с выхода усилителя поступает на входной трансформатор T , при помощи которого происходит согласование входного сопротивления приставки с выходом усилителя. Со вторичной обмотки входного трансформатора T низкочастотный сигнал поступает через разделительные фильтры на три усилителя, собранные на транзисторах $V1$, $V2$ и $V3$. В результате действия фильтров на вход первого усилителя поступают лишь верхние частоты звуковых колебаний, на вход второго — колебания средней

частоты, так как сопротивление последовательного контура $L1$, $C2$ минимально в области средних частот при резонансе напряжений.

М. Мне уже ясно, что сопротивление этого контура для низких и высоких частот слишком велико, и колебания средних частот на два других усилителя практически не поступают.

В. Именно так и обстоит дело, и мне остается добавить, что этому способствует наличие контура $L2$ $C3$, сопротивление которого для колебаний средних и высоких частот также велико. Транзисторные каскады в каждом усилителе собраны по схеме с общим эмиттером и работают в режиме класса АВ.

М. Чем этот режим характерен?

В. Тем, что при отсутствии переменного напряжения сигнала на базе транзистора ток в цепи коллектора мал и определяется в каждом усилителе начальным напряжением базового смещения, поступающего с делителя напряжения $R4$, $R5$ в первом, $R6$, $R7$ во втором и $R8$, $R9$ в третьем усилителях нашей приставки.

М. Я вижу на схеме лампочки накаливания. Можно ли использовать лампочки, имеющиеся в «Кристалле»?

В. В «Кристалле» применяются лампочки 3,5 В, а наша приставка питается от источника напряжения 12 В. Однако сила тока, проходящего через лампочки накаливания, зависит не от общего источника питания, а от напряжения, снимаемого с коллектора соответствующего транзистора. Это напряжение не стабильно и зависит, в свою очередь, от уровня сигнала, поступающего на вход усилителя.

М. Видимо, лампочки придется подбирать.

В. Скорее всего для этой цели подойдут лампочки на 6,3 В, которые применяются для освещения шкалы радиовещательного приемника, или на 12 В. Они продаются в специализированных магазинах.

М. Как же обеспечить напряжение 12 В для питания приставки?

В. Как тебе известно, есть два способа.

М. Выпрямитель или батареи?

В. Совершенно верно!

М. Но поскольку для батареи в этом устройстве мало места, остается второй путь. Какой же выпрямитель ты мне посоветуешь?

В. Обычный выпрямитель, собранный по мостовой схеме с выходным емкостным фильтром.

М. В этом я разберусь. А вот что мне не очень понятно, так это процесс синтеза звука и света в нашей приставке. Расскажи, как это происходит?

В. Как я уже говорил тебе, при отсутствии сигнала звуковой частоты сила тока, проходящего через транзисторы, настолько мала, что ни одна лампа не включается. Когда же на выходе одного из фильтров появляется сигнал, то соответствующий транзистор приоткрывается отрицательными импульсами этого напряжения.

М. И тогда при возрастании коллекторного тока этого транзистора зажигаются соответствующие лампы?

В. В нашем случае не лампы, а лампа.

М. А от чего зависит яркость свечения лампы?

В. Чем больше амплитуда переменного напряжения на выходе фильтра, тем ярче светится соответствующая лампа.

М. Как я понял, лампы светятся не одновременно?

В. Лампы могут светиться каждая отдельно или одновременно с другими лампами.

М. А от чего это зависит?

В. От характера музыкальной программы. От ее ритма, уровня и частоты спектра. При свечении двух или трех ламп (или групп ламп) происходит смешение цветов, которое и создает на экране различные световые гаммы.

М. Значит, в приставке, собранной по этой схеме, все осуществляется автоматически и нет возможности вмешаться в процесс синтеза света и звука?

В. Вмешаться можно и даже нужно. Для этого имеются три переменных резистора $R1$, $R2$ и $R3$. Манипулируя ручками этих резисторов, можно регулировать яркость свечения ламп и тем самым «сдвигать» по своему усмотрению окраску цветовой гаммы в фиолетовую или красную область.

М. Но для этого надо быть музыкально грамотным и знать, что и когда следует регулировать?

В. Не столько грамотным, сколько иметь слух и чувствовать музыку и ее взаимосвязь со светом.

М. Какие же детали нужны для этого устройства?

В. В приставке используются резисторы типа МЛТ-0,25—МЛТ-0,5, переменные резисторы типа СП-3Б, конденсаторы МБМ и электролитические типа К50-6, транзисторы типа П213, но их можно заменить на любые низкочастотные транзисторы — с мощностью рассеяния более 0,3 Вт.

М. Какими транзисторами можно заменить транзистор П213?

В. Например, ГТ403А, П213Б, П214В или П214Г.

М. Какой нужен входной трансформатор?

В. Входной трансформатор можно использовать от переносного радиоприемника (например, ВЭФ-201). Он должен отвечать следующим требованиям: сердечник из стали $\text{Ш}8 \times 8$,

первичная обмотка, имеющая 100 витков провода ПЭВ-20 02, вторичная — 500 (200+200+100) витков.

М. 200+200+100 — это отводы?

В. Да, отводы, которые нужны для подбора наилучшего варианта согласования с выходом источника музыкальной (звуковой) программы.

М. Зачем это?

В. Чтобы меньше нагружать источник звукового сигнала и одновременно обеспечить необходимое напряжение на выходе фильтров.

М. Это делается при настройке приставки?

В. Да, но настройка этим не ограничивается. Следует также подобрать сопротивления резисторов R_4 , R_6 и R_8 .

М. Как это делается?

В. Берем переменный резистор с сопротивлением 2 кОм, подсоединяем его на место одного из постоянных и поворотом рукоятки подбираем такое сопротивление, при котором обеспечивается наибольший накал соответствующей лампочки. Затем переменный резистор отключаем от схемы и на его место снова впайваем постоянный, но уже с другим, необходимым нам сопротивлением.

М. Как быть, если количество витков покупного трансформатора не соответствует этим данным?

В. Вероятнее всего, так может случиться. Есть один выход: подобрать или намотать самому.

М. И еще вопрос. Ты говорил о вмешательстве оператора в процесс синтеза музыки и света, но в данном случае манипулировать рукоятками резисторов довольно трудно, да и места на основании «Кристалла» недостаточно.

В. Придется сделать выносной пульт управления. Я могу предложить тебе схему и вариант конструкции такого пульта (рис. 7). Из этой схемы видно, как надо распаять концы проводов, идущих от печатной платы к пульту. Там же указана последовательность размещения переменных резисторов.

М. А есть ли такие пульты в продаже?

В. Пультов с такими переменными резисторами, конечно, нет. Однако можно использовать пульт от какого-то телевизора

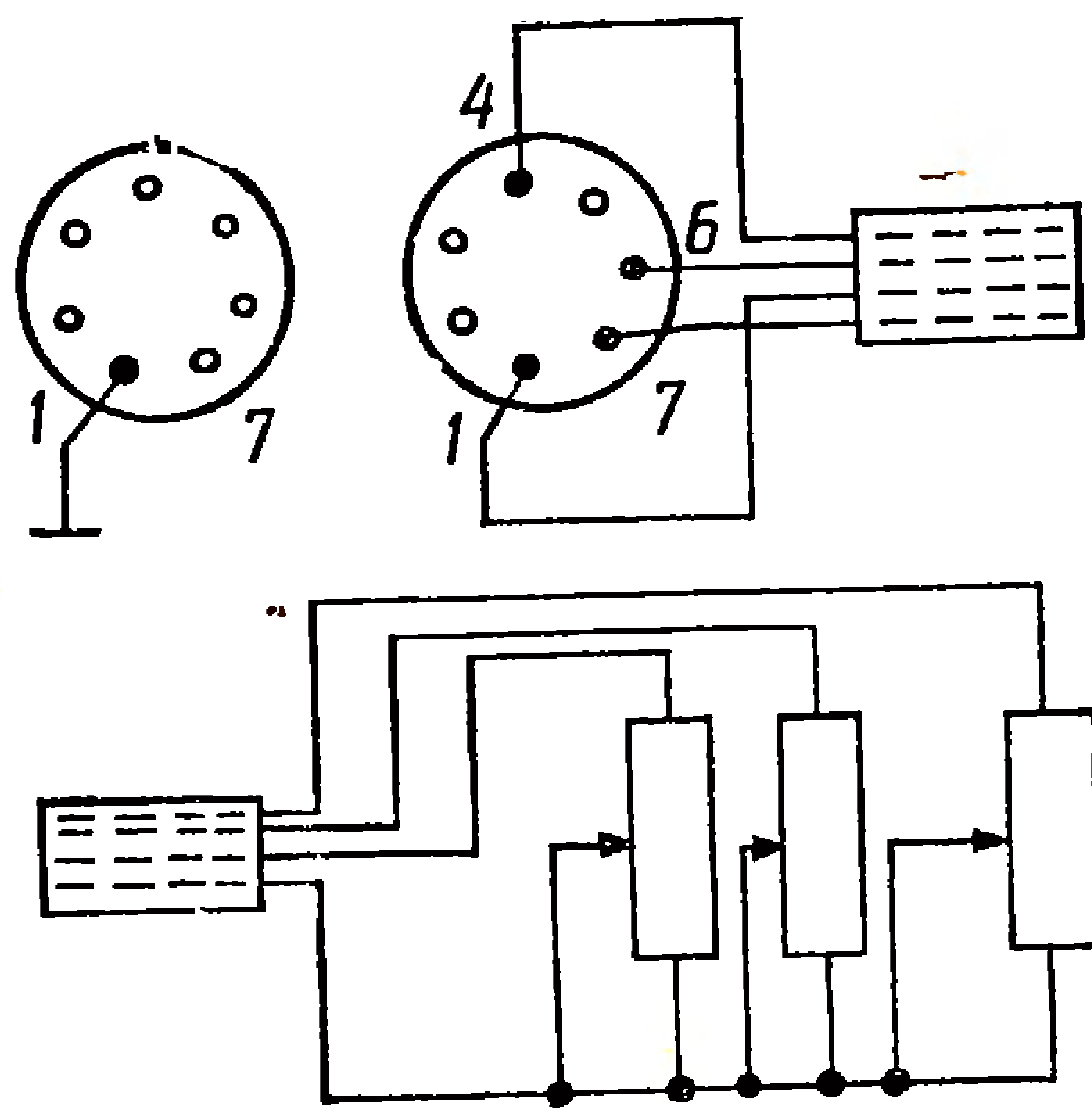


Рис. 7

или сделать самому. В качестве корпуса можно использовать пластмассовый корпус электробритвы «Киев» или какой-то другой подходящий футляр. В нем размещаются переменные резисторы, номинальные значения которых указаны на схеме.

М. А какой разъем можно применить для соединения устройства с пультом?

В. Лучше всего взять стандартный разъем, состоящий из фишки на семь игольчатых ножек, и панельки ПЛК-7. Если же достать такой разъем тебе не удастся, то можно сделать фишку по типу цоколя пальчиковой радиолампы. Ко всему сказанному я хочу добавить, что провод, идущий от пульта, не должен быть длиннее 2,5 м.

М. Сообщи данные катушек $L1$, $L2$ (рис. 6).

В. Да, я это упустил из виду. Катушку последовательного контура $L1$ наматывают на двух сложенных вместе кольцевых сердечниках из феррита 1000НН ($K7 \times 4 \times 2$ мм), а катушку $L2$ — на трех кольцах того же типа. Обе катушки имеют по 200 витков провода ПЭВ-2 0,1, наматываемых «внавал».

М. Какой трансформатор нужно применить в блоке питания?

В. Для этой цели можно использовать любой силовой трансформатор, обеспечивающий на выходе 12 В. Если ты будешь сам наматывать трансформатор, то для этого понадобится сердечник сечением 16×30 мм. Его первичная обмотка (для напряжения 220 В) содержит 1980 витков провода ПЭВ-2 0,18, а вторичная — 125 витков провода ПЭВ-2 0,8.

М. А остальные детали узла питания?

В. Диоды можно взять Д302, а конденсатор емкостного фильтра — любой электролитический конденсатор. Собрать плату для монтажа диодов ты сможешь и без схемы. Не так ли?

М. Собрать блок питания я смогу, его я собирал уже не раз.

В. Есть у тебя еще вопросы ко мне?

М. У нас остается нерешенным вопрос монтажа и размещения платы и других элементов схемы в корпусе «Кристалла». Однако я думаю, что этим займусь сам и в следующий раз принесу чертежи и монтажную схему, а может быть, и готовое устройство.

В. Меня радует то, что ты стремишься к самостоятельности. Теперь мы можем рассмотреть устройство, которое я принес для тебя.

М. Это более сложное устройство, чем «Кристалл»?

В. Это светомузыкальная елочная гирлянда. Состоит устройство из блока, в который входят две печатные платы, миниатюрное выпрямительное устройство и планка с входными и

выходными гнездами. Выходное оптическое устройство — лампы-фонарики.

На первой плате смонтирован предварительный усилитель и три выходных усилителя с RC -фильтрами, а на второй — три тиристора с входящими в их схему мощными резисторами. С принципом действия этого устройства ты можешь ознакомиться по принципиальной схеме, имеющейся в инструкции (рис. 8).

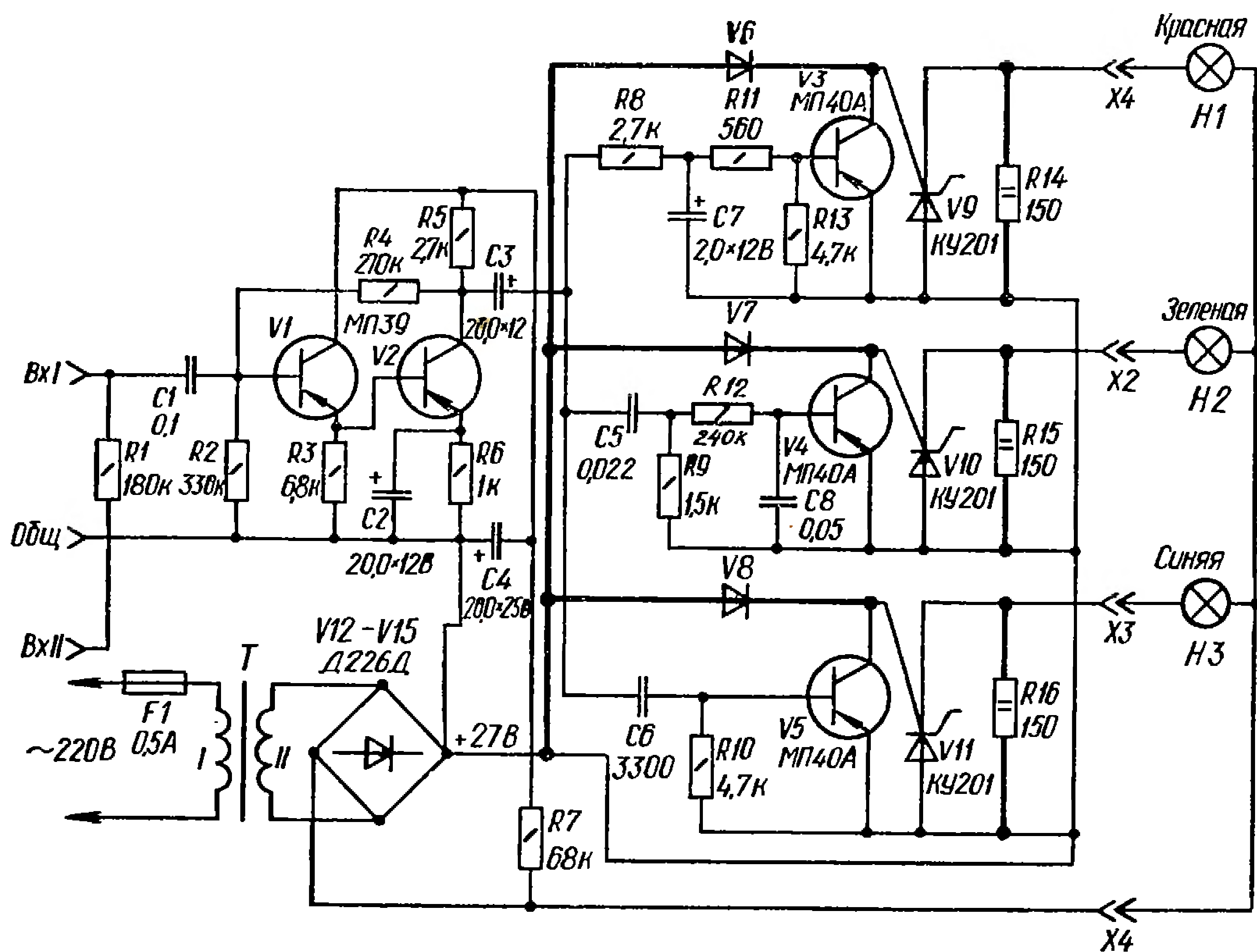


Рис. 8

М. Разреши мне самому разобраться в этой схеме. Судя по схеме, эта приставка значительно сложнее предыдущей. Здесь есть не только усилители для трех ламп накаливания, но и двухкаскадный предварительный усилитель, собранный на двух транзисторах $V1$ и $V2$. В отличие от предыдущей приставки отсутствует входной трансформатор.

Однако мне непонятно, как же происходит согласование с выходом приемника или другого прибора звукового сигнала.

В. Именно для этого и используют предварительный усилитель. Его наличие исключает необходимость во входном трансформаторе.

М. Значит, можно исключить из схемы «Кристалла» входной трансформатор и заменить его предварительным усилителем?

В. Конечно, можно. Я упустил из виду такой вариант и не предложил тебе подходящей схемы.

М. Я думаю, не поздно будет исправить это упущение.

В. Схемы предварительных усилителей могут быть на одном, двух и более транзисторах. Здесь представлены два варианта схем предварительного усилителя. Эти схемы помогут тебе в случае необходимости сделать выбор, который зависит от требований, предъявляемых к установке (рис. 9, 10).

М. Спасибо тебе за эти схемы, а теперь я продолжу разбор принципиальной схемы приставки.

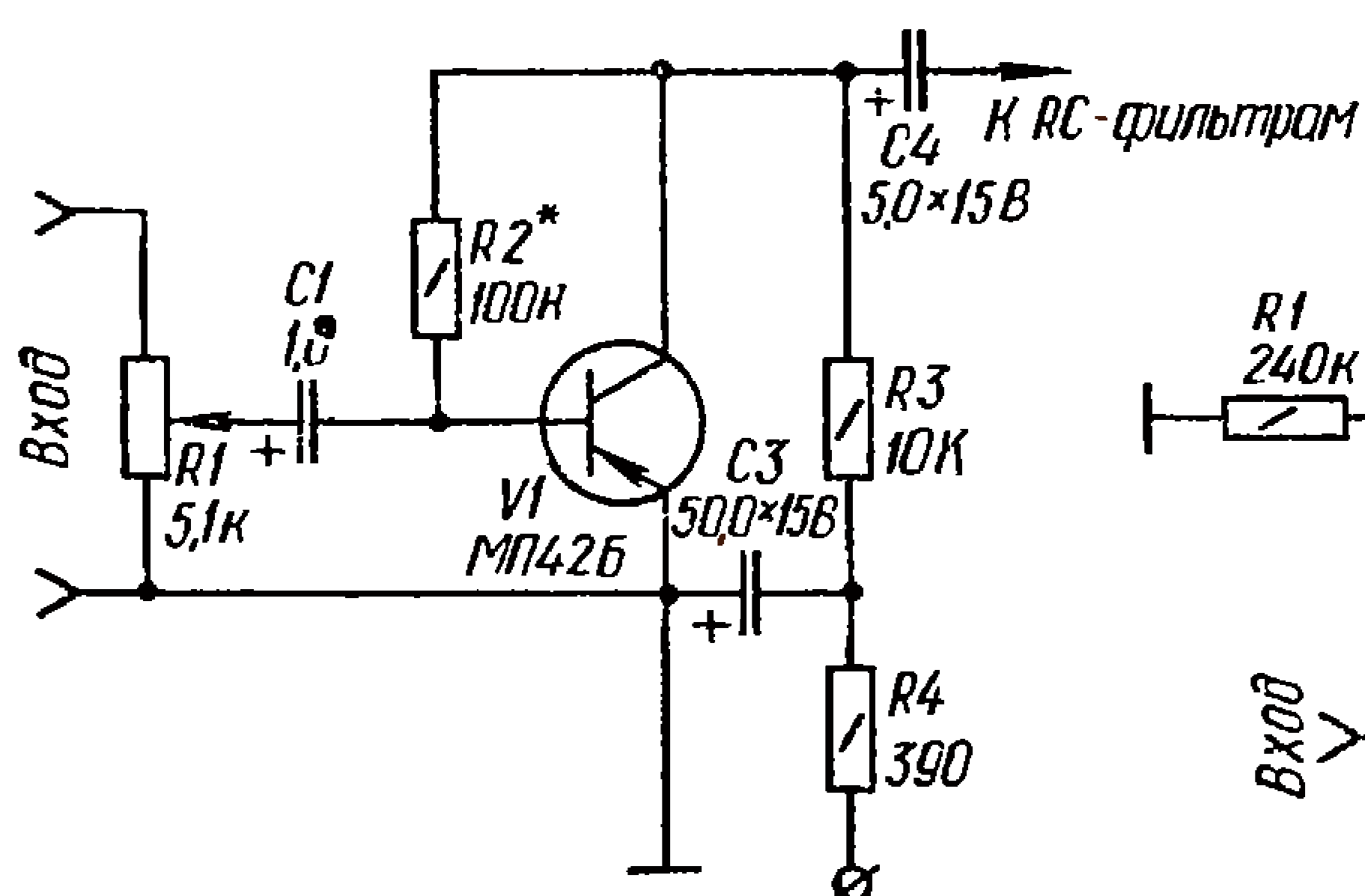


Рис. 9

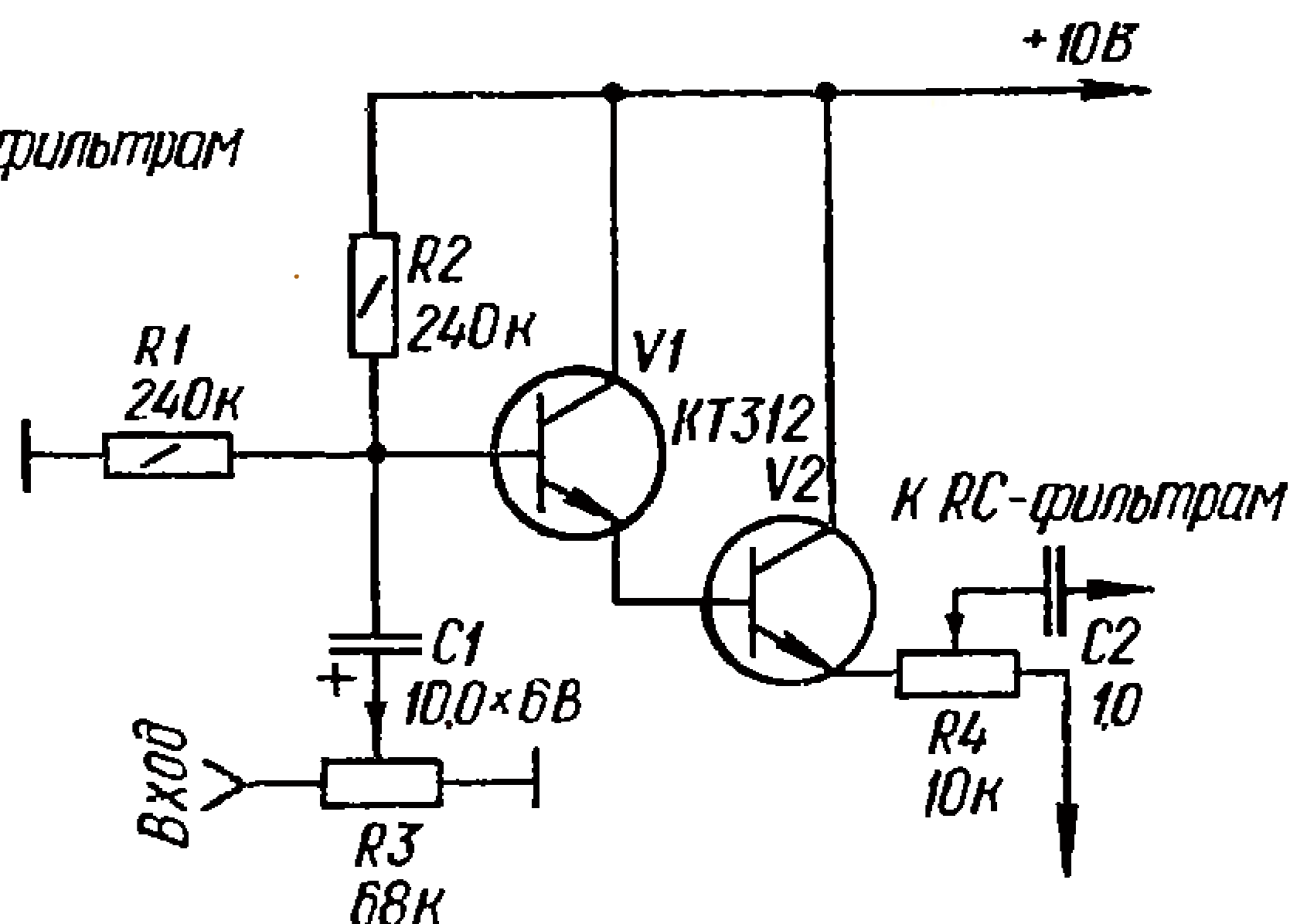


Рис. 10

Дальше видно (см. рис. 8), что сигнал, усиленный предварительным усилителем, поступает через электролитический конденсатор СЗ на вход трех оконечных усилителей звуковой частоты через *RC*-фильтры, состоящие из *R8*, *C7*, *R11*, *R13* в верхнем (красном) усилителе, *C5*, *R9*, *R12*, *C8* и *C6* *R10* в зеленом и синем усилителях.

В. Ты, по-видимому, «окрашиваешь» усилители в соответствии с подписями под лампами накаливания, сделанными на схеме?

М. Да, так удобнее разобраться в схеме. В чем я еще смог самостоятельно разобраться, так это в наличии блока питания с трансформатором *T* и выпрямителем, собранным по мостовой схеме на диодах типа Д226Д.

В. Что же осталось еще не выясненным?

М. Ты, наверное, уже догадался? Это наличие диодов — трех управляемых и трех обычных типа Д9В.

В. В последнее время для автоматического управления яркостью свечения ламп накаливания в светомузыкальных установках стали широко использоваться так называемые тиристоры, которые являются управляемыми диодами. В данном случае применены тиристоры типа КУ201.

М. В описании схемы я дошел до усилителей звуковой частоты, а тебя прошу продолжить описание схемы.

В. Начнем с работы первого усилителя, как ты его назвал, «красного». Сигнал низкой частоты, выделенный первым фильтром RC , поступает на базу транзистора $V3$, выполняющего функции управляемого сопротивления в цепи управляющего тиристора $V9$. При отсутствии сигнала на базе транзистора $V3$ сопротивление его участка коллектор — эмиттер велико, а сила тока в этой цепи мала, вследствие чего тиристор $V9$ закрыт. Следовательно, лампа или группа ламп красного цвета не включены. Если на базу транзистора $V3$ поступает сигнал, сопротивление участка коллектор — эмиттер в отрицательные полупериоды сигнала уменьшается. Это вызывает возрастание силы тока в цепи управляющего электрода тиристора $V9$, который открывается, в результате чего сопротивление тиристора резко падает и лампы этой группы включаются.

И. Остальные усилители действуют так же при поступлении средних частот для второго и высоких для третьего усилителя.

В. Ты правильно понял принцип действия этого устройства, и я тобой очень доволен.

М. Мне кажется, что на выходе этого устройства нужно подключить не елочные миниатюрные лампочки, как здесь, а хороший экран.

В. Вот для этого я и показал тебе это устройство. Если ты достанешь такое же, то используй его с бóльшим эффектом и бóльшей отдачей.

М. А если не достану?

В. Тогда можешь сделать его сам. Устройство я взял на неделю. За это время можно вычертить как принципиальную, так и монтажную схемы, сделать рисунок печатных плат и конструкцию всей приставки.

М. А все ли здесь до конца продумано? Нет ли возможности улучшить схему, а может быть, и конструкцию?

В. У меня возникали такие предложения: резистор $R1$ заменить переменным, который позволил бы регулировать яркость. Затем резисторы $R13$, $R9$ и $R10$ заменить подстроечными, что облегчит настройку.

Кроме того, в этой схеме имеются цепи, отключающие тиристоры $V9$, $V10$ и $V11$, когда елочная гирлянда работает без входного звукового сигнала, то есть как обычная елочная гирлянда. Эти цепи обозначены на схеме (см. рис. 8) утолщенной линией, и их можно из схемы исключить.

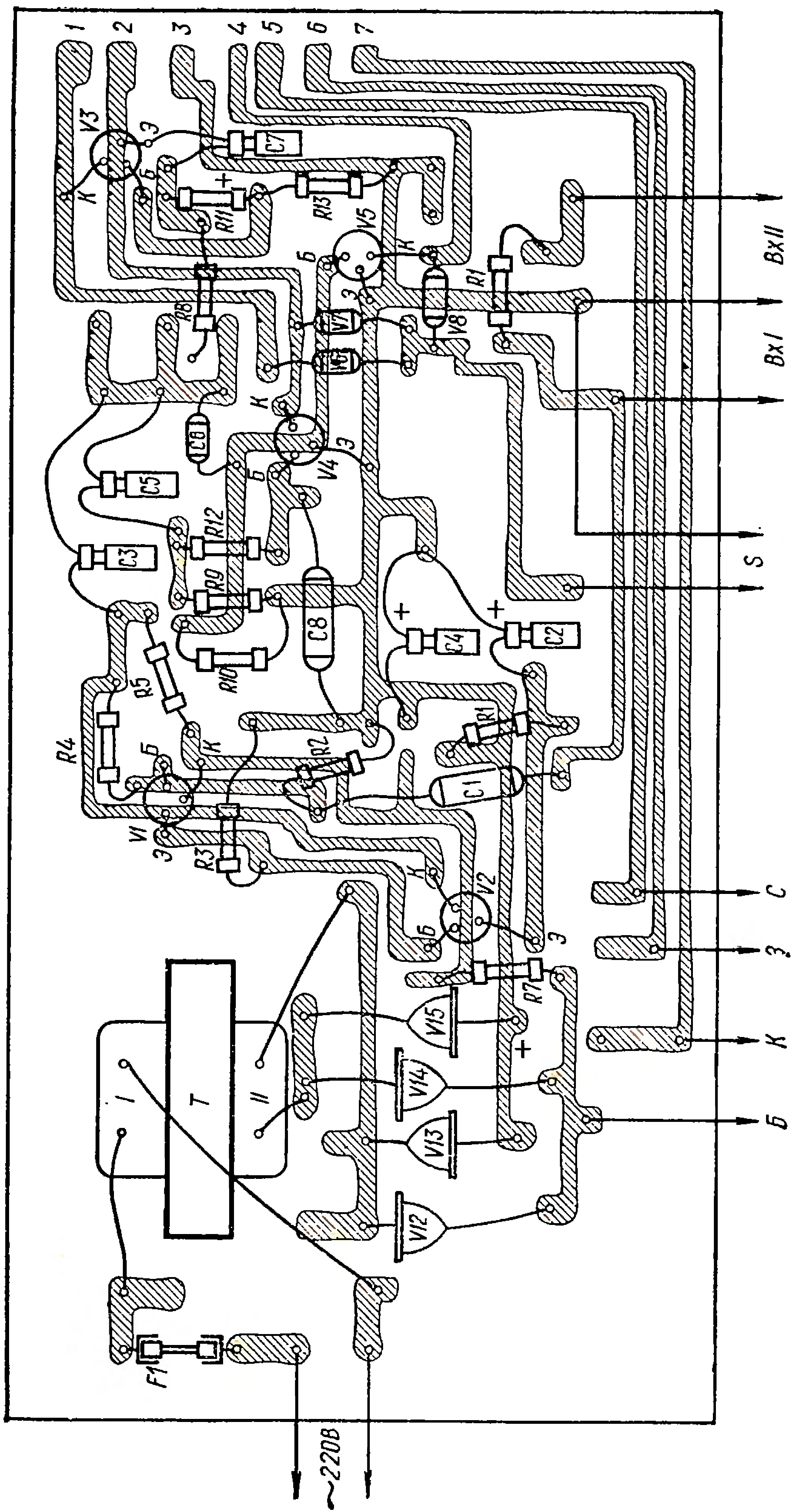


Рис. 11

М. Это в том случае, если я использую устройство как светомузыкальное с другим выходным устройством?

В. Конечно. Именно поэтому есть смысл сделать это устройство самому.

М. А монтажной схемы у тебя нет?

В. Монтажная схема и чертеж платы показаны на рисунках 11, 12.

М. Что у нас еще осталось на сегодня?

В. Самое большое — «Прометей».

М. Какой «Прометей»?

В. Так называется набор-конструктор, выпускаемый промышленностью. Статья о нем была опубликована в журнале «Радио», 1973, № 3, с. 49. Мы с тобой рассмотрим усовершенствованный вариант «Прометея». Эта установка, собранная из набора «Прометей-1», состоит из двух конструктивных элементов: блока управления размером $225 \times 150 \times 100$ мм и световых элементов размером $440 \times 440 \times 100$ мм.

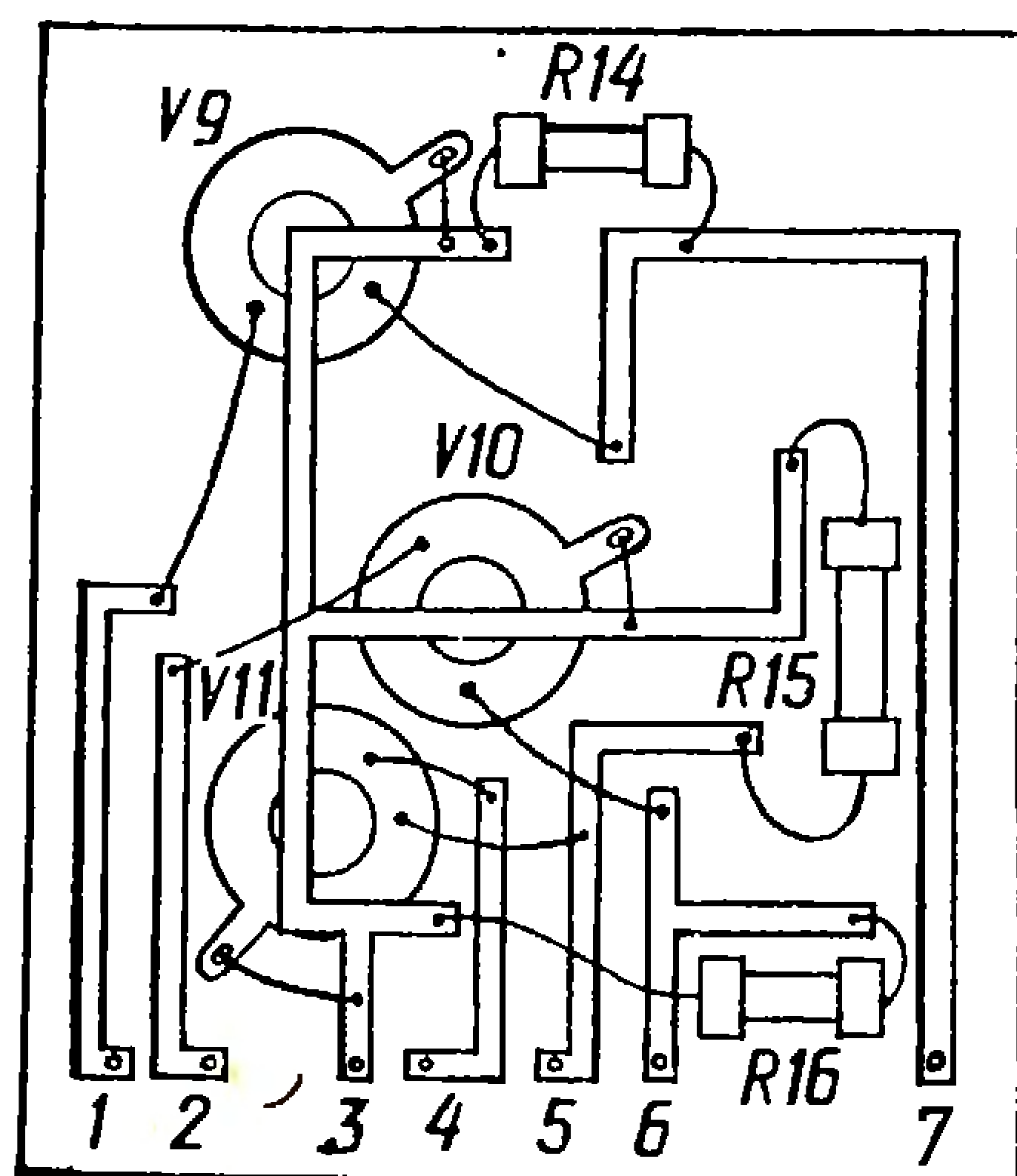


Рис. 12

М. Это вполне самостоятельная установка или тоже приставка?

В. Это приставка, в блоке управления которой смонтирована вся электронная часть с блоком питания, подключаемым к электросети напряжением 127/220 В.

М. Какова мощность этой приставки?

В. 70 Вт.

М. Расскажи, как она устроена.

В. На функциональной схеме (рис. 13) показано взаимодействие семи модулей, смонтированных на печатных платах, с остальными элементами схемы. В основе этой схемы лежит принцип разделения частотного спектра входного звукового сигнала на низкие, средние и высокие частоты.

М. То есть так же, как и в предыдущих схемах?

В. Да, но с некоторыми особенностями. Так, кроме основных трех каналов (модули А2, А3, А4) усилителей имеются динамически управляемые каналы цветового фона, А5, А6, и А7, которые действуют во время музыкальных пауз. Причем количество модулей фона может варьироваться: вместо трех можно использовать один.

Цвета ламп фона могут быть выбраны произвольно, при-

чем эти цвета не должны забивать или повторять основные три цвета: красный, зеленый и синий.

М. А как работает канал цветового фона?

В. Мы отклонились от первоначального порядка разбора схемы.

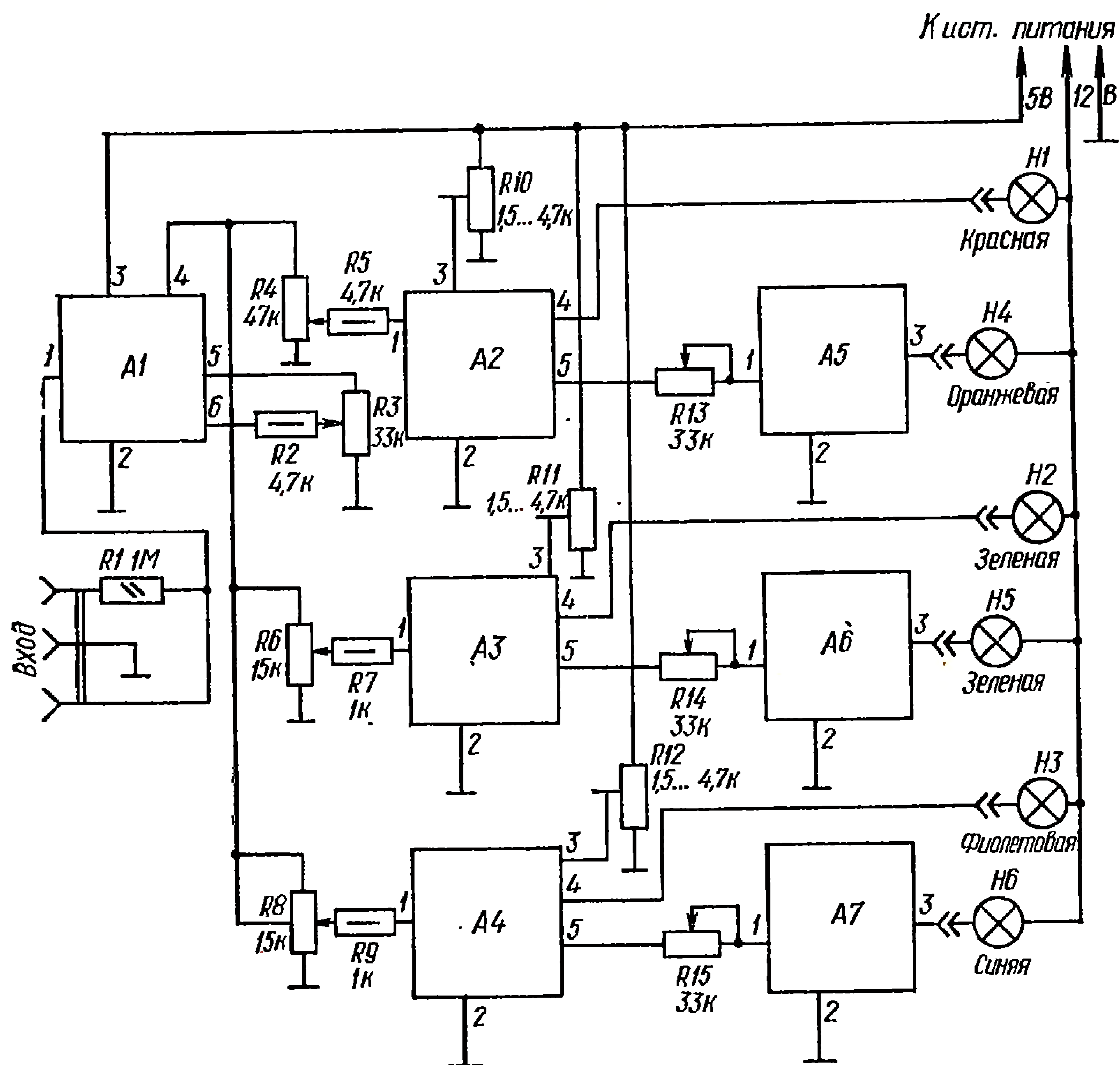


Рис. 13

Итак, сигнал низкой частоты поступает на входное устройство — модуль *A1*, усиливается и через регуляторы уровня — переменные резисторы *R4*, *R6*, и *R8* — подается на входы модулей-преобразователей *A2*, *A3* и *A4*. Каждый из этих модулей состоит из активного фильтра, который и выделяет из спектра входного напряжения сигнал с частотами полос пропускания данного фильтра.

М. Значит, фильтр *A2* выделяет сигнал низкой частоты, а *A3* и *A4* — соответственно средней и высокой.

В. Ты правильно понял. Выделенный фильтром сигнал управляет работой ламп накаливания, подключенных к со-

ответствующему модулю-преобразователю ($A2-H1$, $A3-H2$ и $A4-H3$).

М. На схеме показано по одной лапме на каждый модуль.

В. Схема упрощена, а на самом деле в этой приставке каждый модуль нагружен группой ламп.

М. Теперь расскажи о каналах цветового фона.

В. На функциональной схеме показаны три канала цветового фона. Можно, правда, ограничиться одним каналом, исключив модули $A5$ и $A7$. Работает канал фона следующим образом. По мере повышения уровня входного сигнала яр-

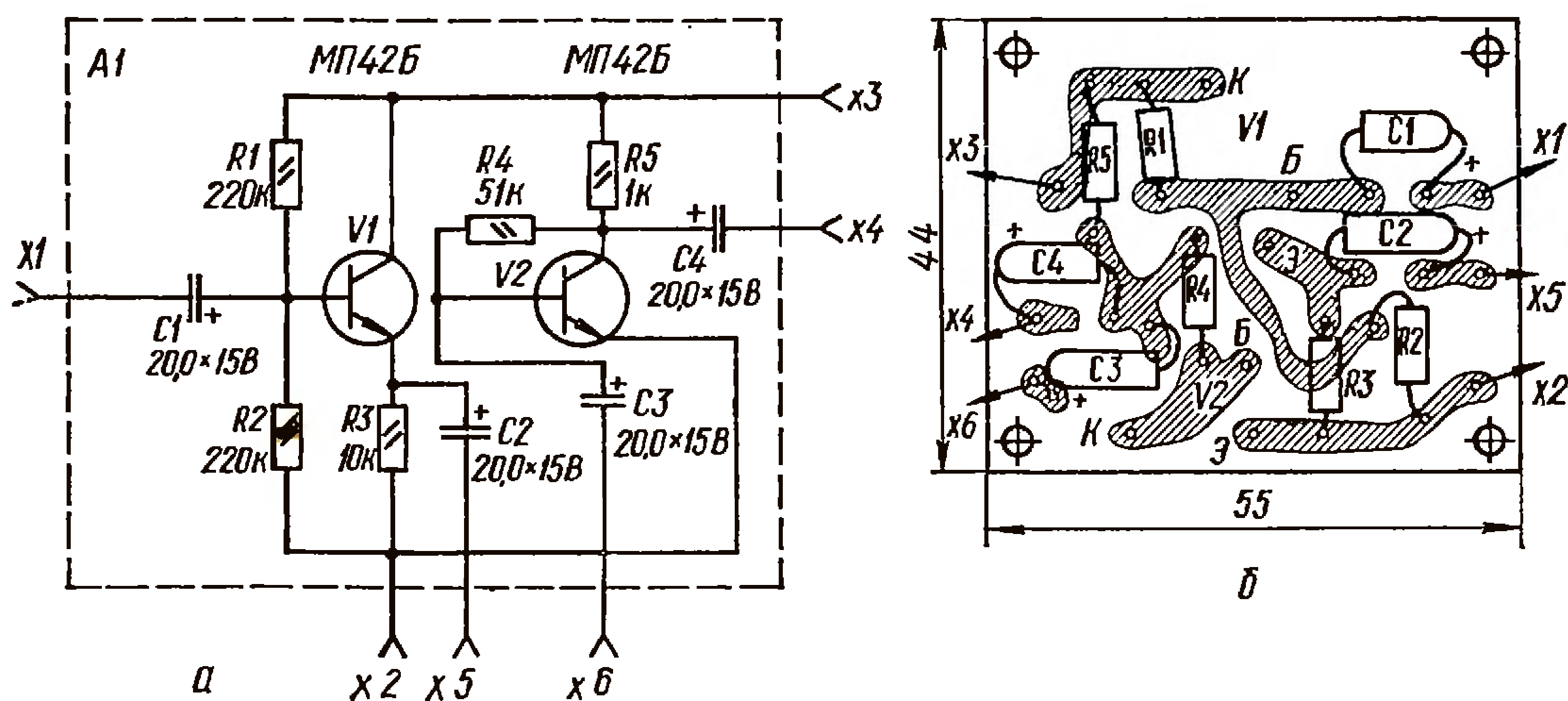


Рис. 14

кость свечения ламп фона ($H4$, $H5$ и $H6$) в экранном устройстве уменьшается. Понижение уровня сигнала вызывает повышение уровня яркости фона.

М. Для какой цели установлены резисторы $R13$, $R14$ и $R15$?

В. Эти переменные резисторы служат для установки уровня яркости ламп фона.

М. Раз и навсегда?

В. Если вынести переменные резисторы уровня яркости фона на отдельный пульт, то можно управлять уровнем яркости ламп фона, что позволит добиться большего разнообразия, перелива цветов на экране.

М. Зачем устанавливается резистор $R1$ на входе модуля $A1$?

В. Для получения возможности подачи сигнала из радиотрансляционной сети.

М. Теперь я бы хотел рассмотреть схемы модулей.

В. На рисунке 14 ты видишь принципиальную (а) и монтажную (б) схемы модуля $A1$. Это входное устройство состоит из двух каскадов. В качестве эмиттерного повторителя слу-

жит транзистор $V1$, а в качестве усилителя напряжения — $V2$. Схема, как видишь, очень проста и в дополнительных пояснениях не нуждается.

Вторая схема — модули-преобразователи $A2$, $A3$ и $A4$ (рис. 15). Они различаются только емкостью конденсаторов $C1$ и $C2$. На транзисторе $V1$ собран активный фильтр, полоса пропускания частот которого зависит от емкости конденсаторов $C1$ и $C2$. Следует иметь в виду, что конденсатор $C1$ определяет нижнюю границу полосы пропускания, а $C2$ — верхнюю. Сигнал, поступающий с коллектора транзистора $V1$, выпрямляется диодом $V2$. При этом начинает заряжаться конденса-

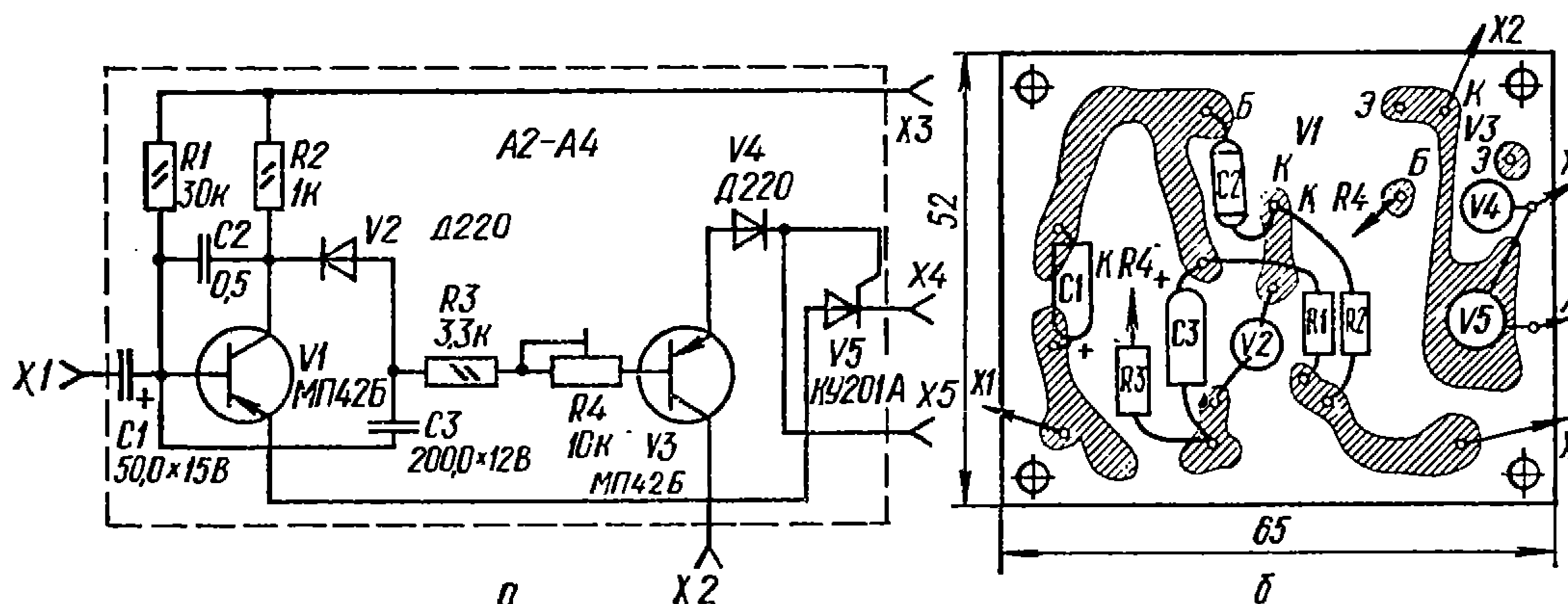


Рис. 15

тор $C3$, образующий обратную связь. Часть выпрямленного напряжения поступает на электронный ключ ($V3$). Через некоторое время конденсатор $C3$ зарядится до напряжения, при котором тиристор $V5$ откроется. Вследствие интегрирующего действия цепи $V2$, $C3$ — тиристор $V5$ выключается после исчезновения сигнала той частоты, на которую настроен фильтр. Однако выключается он не мгновенно, а с некоторой задержкой, что и создает впечатление главного перехода от одного цвета к другому.

М. Какова роль подстроечного резистора $R4$?

В. При помощи этого резистора и путем подбора емкости конденсатора $C3$ можно изменять постоянную времени детектора $V2$ и тем самым управлять инерционностью световых каналов.

М. Теперь нам осталось рассмотреть модуль канала фона.

В. Да, мы переходим к схеме канала фона. На рис. 16 ты видишь принципиальную и монтажную схемы трехканального устройства фона. Если ты решишь делать только один канал фона, то сделаешь только третью часть этой монтажной схемы.

М. Как работает модуль канала фона?

В. Модуль фона представляет собой электронный ключ, работающий в противофазе с электронным ключом модуля-преобразователя. При увеличении силы тока тиристора модуля-преобразователя сила тока тиристора модуля фона уменьша-

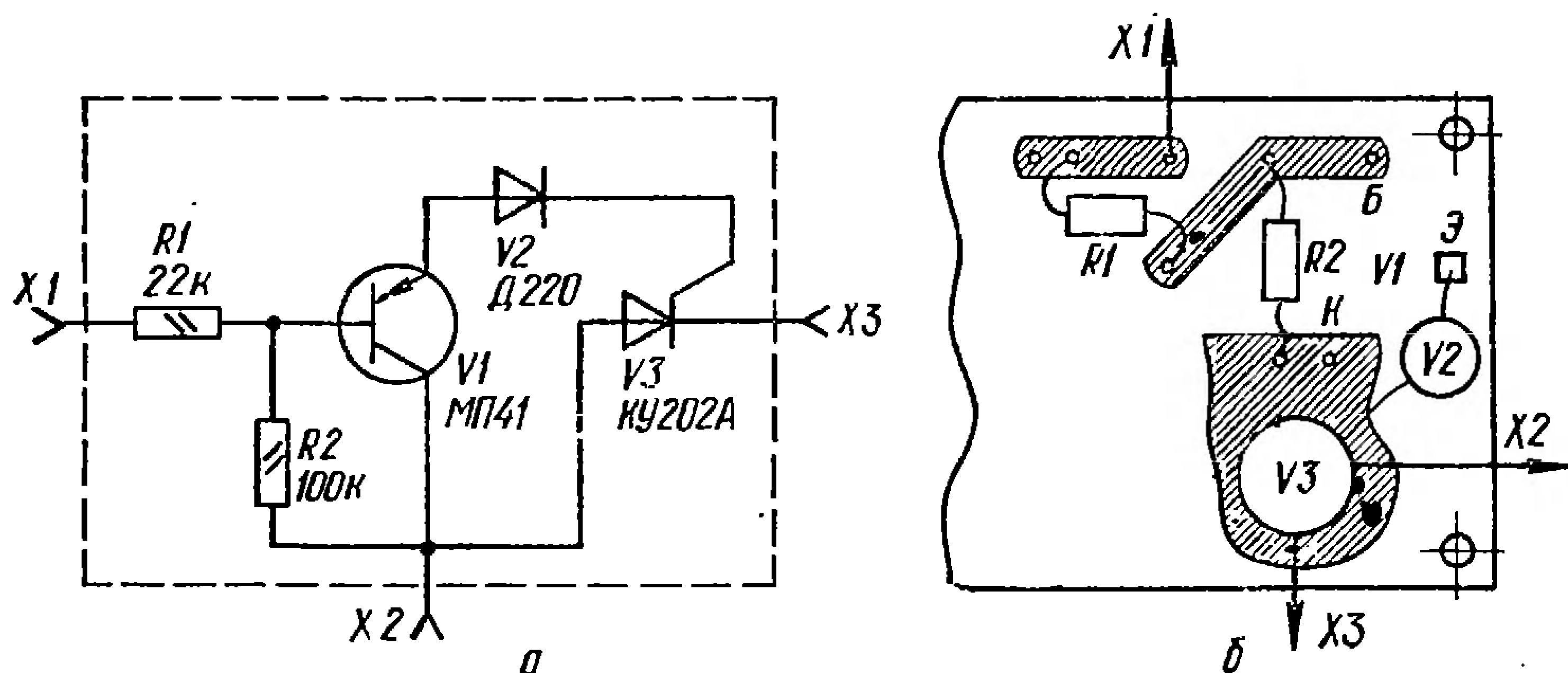


Рис. 16

ется. При уменьшении силы тока тиристора модуля-преобразователя происходит обратное действие.

М. Ты ничего не сказал о блоке питания.

В. Блок питания (рис. 17) состоит из трансформатора T , диодного выпрямителя $V1$ и конденсатора $C1$ —сглаживающего фильтра. Данные силового трансформатора следующие. Мощность — 90 Вт, выходное напряжение 12 и 5 В. Если использовать магнитопровод Ш25-32, то его первичная обмотка должна содержать 1210 витков провода ПЭВ-1 0,45, а вторичная — 71 виток с отводами от 27-го и 48-го витков, считая от заземленного конца. Для вторичной обмотки нужен провод ПЭВ-1 1,72. Между обмотками наматывают экран из одного слоя провода ПЭВ-1 0,45. Все остальные элементы тебе понятны из схемы. При подборе трансформатора из числа выпускаемых нашей промышленностью следует руководствоваться этими данными.

М. А что это за лампа во вторичной обмотке трансформатора?

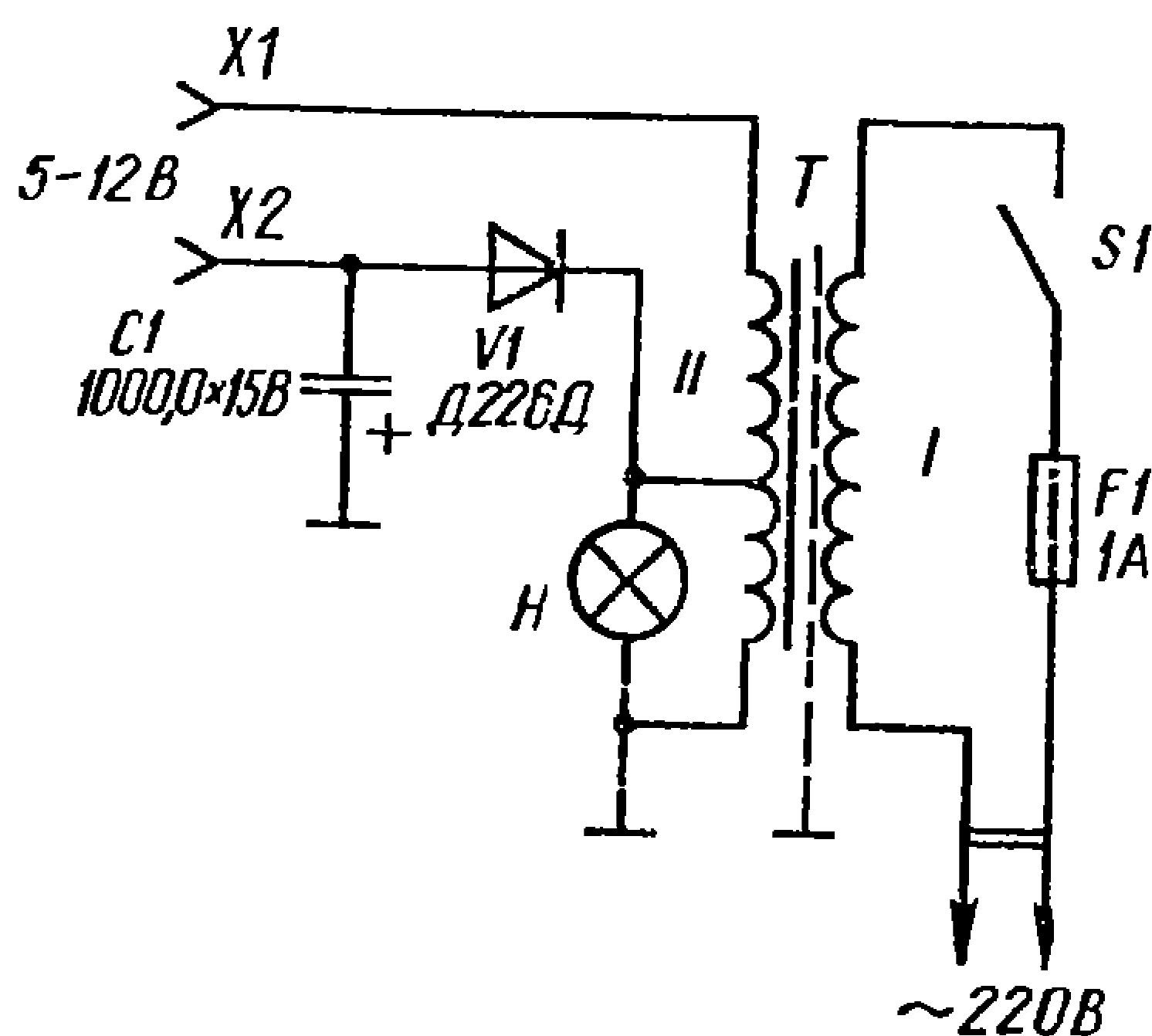


Рис. 17

В. Это лампочка накаливания напряжением 6,3 В (индикатор). Она показывает наличие напряжения, питающего схему.

М. Теперь мы можем перейти к конструкции приставки?

В. Модули в приставке промышленного изготовления устанавливаются на литой алюминиевой раме, которая при самостоятельном изготовлении может быть заменена рамой или шасси, сделанными из листового алюминия или дюралюминия, а также из уголкового профиля. Все элементы блока

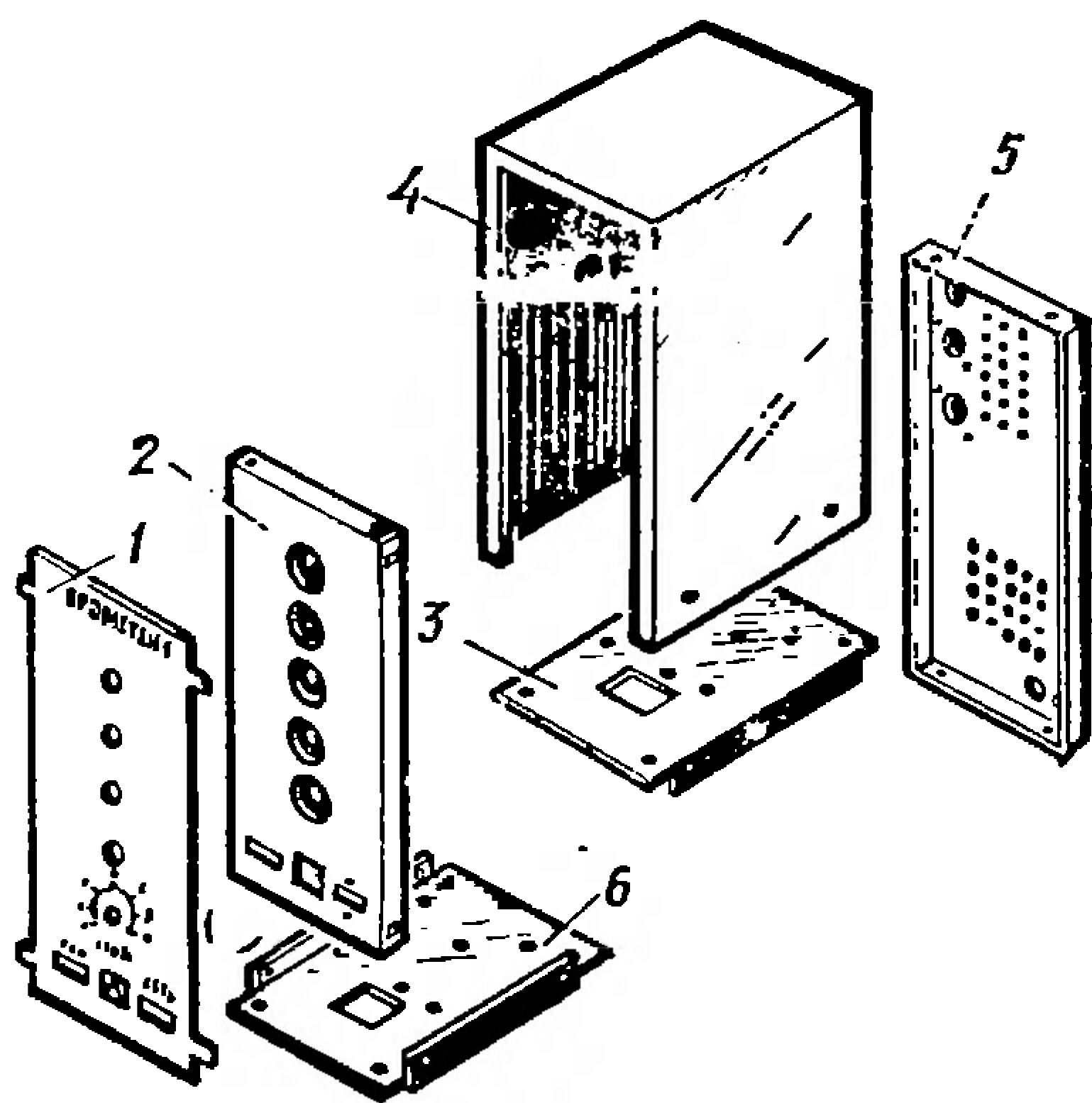


Рис. 18

управления размещаются на стальном сборном каркасе (рис. 18), который состоит из дна 6, крышки 3, передней панели 2 и задней стенки 5. Все эти детали каркаса крепятся между собой винтами М4. На передней панели 2 устанавливаются ручки управления. Снаружи к ней прикрепляется декоративная панель 1. На задней стенке 5 монтируются разъемы для подключения кабеля питания ламп экрана и держатель предохранителя.

М. Какой разъем здесь необходим?

В. Это может быть разъем любого типа, но количество гнезд и вилок должно соответствовать количеству проводов или жил в кабеле. Таким разъемом может быть СШ-5.

Трансформатор питания устанавливается на дне каркаса 6 и крепится к нему винтами или болтами. Рама (или шасси) с модулями крепится к крышке 3 каркаса. После сборки на каркас надевают П-образный футляр 4 и закрепляют его винтами.

М. А как собирается экран?

В. Металлический корпус экранного устройства (рис. 19) состоит из четырех одинаковых планок 1, отлитых из алюминиевого сплава. С внутренней стороны планок сделан паз для установки светорассеивающих стеклянных цилиндрических стержней. Эти стержни устанавливают в два ряда перпендикулярно друг другу. Перед установкой стержней в пазы закладывается поролон или губчатая резина. За светорассеивателями устанавливается панель-держатель ламп накаливания 2. Это стальной лист толщиной 0,5 мм, в котором сделано 81 отверстие с кромками, позволяющими ввинтить

лампы накаливания. Лампы распределяются равномерно, девять рядов по девять ламп и распаиваются на три группы. Желтых и красных ламп должно быть вдвое меньше, чем синих (или голубых) и зеленых. Панель крепится винтами к специально предусмотренным выступам на планках корпуса. Сзади к корпусу привинчивается пластмассовая панель 3 с отверстиями для вентиляции.

М. Я должен тебе признаться, что сделать такое экранное устройство не смогу, хотя бы потому, что не достану стеклянных стержней.

В. Мы уже договорились, что разбору экранных устройств посвятим специальное занятие. Пока же я могу сказать, что очень хорошие результаты дает использование светопрозрачных прожекторного типа с пленочными светопрозрачными.

М. Что ты называешь «излучателями прожекторного типа»?

В. Я имею в виду любое устройство направленного света. Это может быть арматура «Альфа» или арматура лечебной лампы синего света.

М. А экран?

В. Свет осветителей надо направить на обычный домашний киноэкран. Такие экраны имеются в продаже в магазинах кино- и фотоаппаратуры. Можно также направить осветители на потолок.

М. Я думаю, что смог бы для этой цели использовать осветители, которыми пользуюсь при фотосъемке.

В. Такие осветители для этого вполне пригодны.

М. А теперь расскажи, как настраивается установка?

В. Блок управления надо соединить с экранным устройством и включить установку в сеть. Движок переменного резистора $R3$ (см. рис. 13) устанавливается в среднее положение, а движки резисторов $R4$, $R6$ и $R8$ в нижнее (по схеме). Подстроечными резисторами $R10$, $R11$ и $R12$ устанавливается на выводах модулей $A2$, $A3$ и $A4$ напряжение $1,5 \pm 2В$. На вход блока управления надо подать сигнал от генератора звуковой частоты 40...60 Гц амплитудой 150 мВ. Перемещением движка переменного резистора $R5$ добиваются свечения группы красных ламп. Затем частоту генератора устанавливают

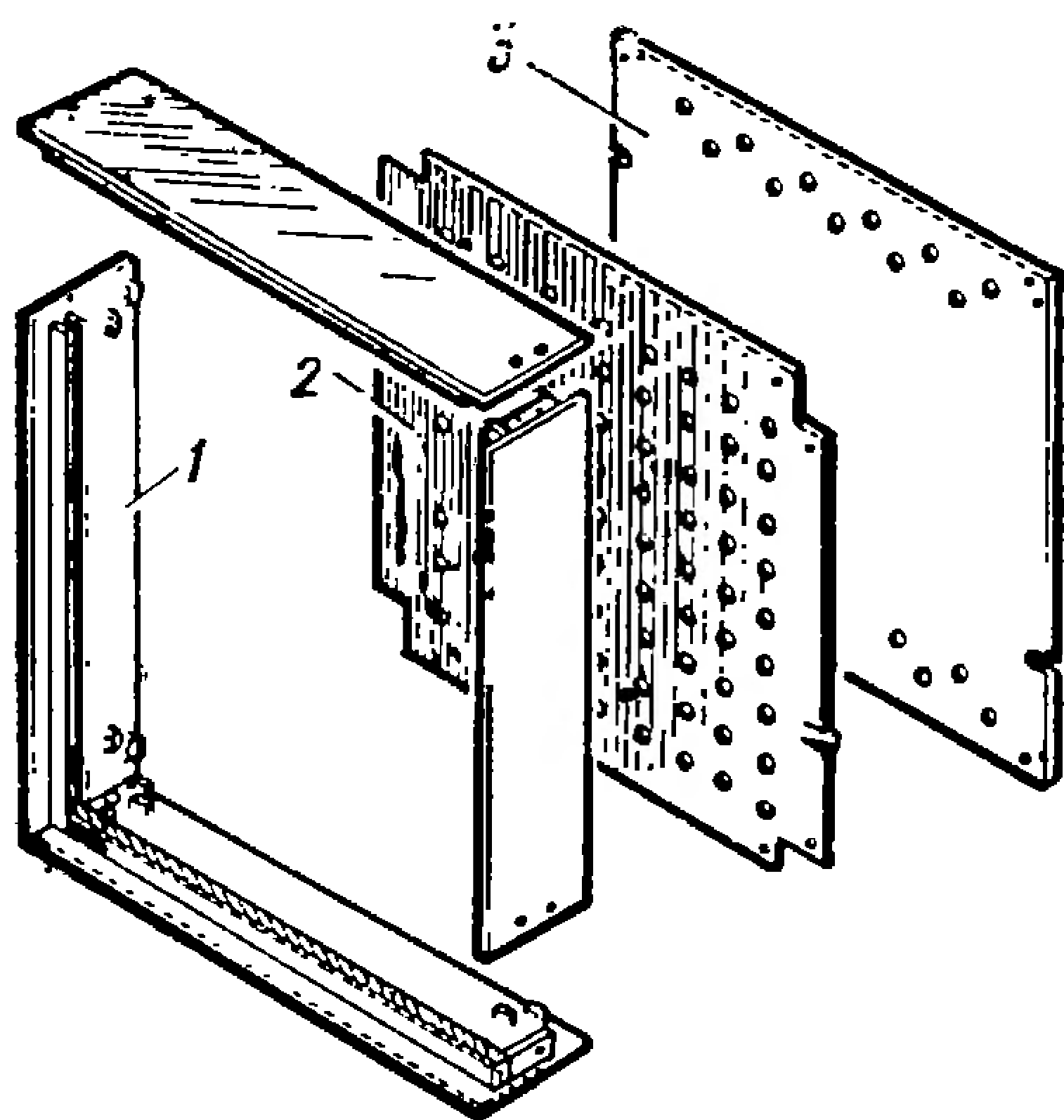


Рис. 19

равной 150...250 Гц (при неизменной амплитуде выходного сигнала) и переменным резистором $R6$ добиваются свечения группы зеленых ламп (красные лампы при этом должны погаснуть).

М. Потом то же самое проделывают с блоком ВЧ (синие лампы). Я не знаю точно, на какой частоте должен при этом работать генератор.

В. В этом случае на генераторе устанавливается частота 2000 Гц, а переменным резистором $R8$ добиваются свечения группы синих ламп.

М. А если при подаче входного сигнала от генератора лампы не будут загораться?

В. Такой случай возможен. Если лампы не будут загораться даже в верхнем положении движков переменных резисторов $R4$, $R6$ и $R8$, то надо изменить напряжение питания модулей.

М. Каким образом?

В. Это делается при помощи подстроечных резисторов $R10$, $R11$ и $R12$.

М. Вращением их рукояток?

В. Да, но если это не поможет, то их придется заменить резисторами с номинальным значением в пределах, указанных на схеме.

М. А можно ли настроить приставку без звукового генератора?

В. Можно, но в этом случае на вход приставки следует подать сигнал соответствующей амплитуды.

М. От какого источника?

В. Лучше от магнитофона, но можно и от другого источника. При появлении сигнала, поочередно вращая ручки переменных резисторов $R4$, $R6$ и $R8$, добиваются появления на экране свечения, изменяющегося по интенсивности и цвет в зависимости от музыкальной программы.

М. Все, что ты рассказал о настройке, касается, как я понял, всей установки. Этого достаточно при сборке и настройке «Прометей-1» промышленного изготовления. А как настроить самодельные модули?

В. Настройка модулей не сложна, но только в том случае если ты точно и аккуратно собрал схему и поставил исправные, заранее проверенные детали. Так, настройка модуля $A1$ сводится к подбору резистора $R4$ в пределах 50... 100 кОм на максимуме усиления.

М. А что достигается этим подбором?

В. Это делается для того, чтобы добиться симметричного ограничения усиливаемого сигнала.

В модулях-преобразователях подстроечным резистором $R4$ устанавливают более точно частоту среза активного фильтра. Кроме того, подстроечными резисторами $R10$, $R11$ и $R12$ регулируют напряжение питания модулей $A3$, $A4$ и $A5$.

М. В чем состоит настройка модуля фона?

В. Эта схема настолько проста, что в настройке практически не нуждается. Важно лишь правильно собрать схему, а также поставить исправные детали.

М. Спасибо тебе, Володя, за интересную беседу. К следующему разу я постараюсь выполнить твоё задание.

В. Прежде чем закончить нашу сегодняшнюю беседу, я хочу обратить твоё внимание на следующее. С этого дня ты начинаешь самостоятельно работать, а следовательно, должен хорошо знать правила безопасной работы.

М. Я очень аккуратен и со мной пока ничего не случилось.

В. Это не значит, что не случится в дальнейшем.

М. Ты, конечно, прав и я с удовольствием выслушаю тебя.

В. При монтаже остерегайся соприкосновения с токоведущими проводами, штепсельными вилками и одновременного касания токового конца провода и заземленных предметов и устройств: радиаторов водяного отопления, водопроводных труб, кранов и шасси радиоприборов, включенных в сеть.

Берегись ожогов от разогретых ламп, паяльника, брызг канифоли и расплавленного припоя.

Инструмент содержи в исправности, а тот, которым работаешь под напряжением, изолируй лентой.

Прежде чем включить усилитель или иное устройство в сеть, проверь цепи питания на короткое замыкание, и только убедившись в том, что замыкания нет, включай.

Настраивай установку после того, как она установлена в корпус.

Если перегорели пробки на щитке электросети, то заменяй их, стоя на табуретке, а не на случайных предметах (батарея водяного отопления, плита и т. д.)

Помни, что даже незначительное напряжение, например 12 В, может стать опасным при неблагоприятных условиях.

М. Например каких?

В. Например в случае, если ты стоишь на мокром полу или касаешься труб водопровода.

М. Хорошо, что ты предупредил меня. Обещаю строго выполнять эти правила.

В. На этом наша сегодняшняя беседа заканчивается. Ожидаю тебя с готовым усовершенствованным «Кристаллом».

ПОСЕЩЕНИЕ ШЕСТОЕ

(во время которого продолжается знакомство с практическими схемами)

Миша Незнайкин. Я собрал приставку «Кристалла» по твоей схеме. Представь себе, все получилось очень хорошо.

Володя Любознайкин. Что-то очень быстро ты справился. Если у тебя все готово, то рассказывай, как тебе это удалось.

М. Внешний вид «Кристалла» почти не изменился. Я лишь выбросил заднюю стенку с изображением оленя и заменил картонное дно текстолитовым в пластмассовой рамке.

В. Чем же ты заменил заднюю стенку?

М. Вместо картинки я вставил зеркало, которое как бы углубило экранное устройство. Экран стал объемным и зрительно увеличился вдвое за счет отражения осколков стекла, расположенных на нижней поверхности.

В. Ценю находчивость!

М. Мне пришлось увеличить высоту основания на 15 мм, что совсем не испортило внешнего вида приставки. Внутри устройства я укрепил печатную плату, на которой разместил не только мелкие детали, но и лампочки накаливания, а также входной трансформатор.

В. А как ты решил вопрос с питанием?

М. Блок питания я не делал, а использовал готовый от магнитофона «Весна-2», который обеспечивает постоянный ток напряжением 12 В. Лампочки я взял, как ты мне посоветовал, на 12 В.

В. В твоём «Кристалле», по-моему, лампочки не были окрашены, а цвет обеспечивался при помощи цветной пленки?

М. Цвет пленки был очень тусклым, к тому же она коробилась от соприкосновения с лампочками. Поэтому пленку пришлось выбросить, а лампочки покрасить.

В. Какой ты использовал входной трансформатор?

М. Входной трансформатор от магнитофона «Комета-206» который обеспечивает наилучшие результаты. Этот трансформатор по схеме магнитофона значится как «Тр-3». Первичная обмотка трансформатора имеет 60+60 витков, вторичная 60 витков. Первичные обмотки я соединил последовательно и получил 120 витков. В результате достигается нужный коэффициент трансформации 1:2. Однако поместить этот трансформатор в основании «Кристалла» я не смог, а на значительное увеличение высоты основания не решился.

В. Как же ты вышел из положения?

М. Пришлось поставить малогабаритный трансформатор от транзисторного приемника «Селга», который поместился внутр:

основания. В будущем я сделаю предварительный усилитель, которым и заменю входной трансформатор. Выносной пульт управления я собрал в корпусе от безопасной бритвы «Ленинград».

В. Покажи мне твою монтажную схему (рис. 20). Ну что ж, вполне удовлетворительно. Я рад твоим успехам.

М. Теперь я хочу сделать приставку по более сложной схеме.

В. Давай сначала поговорим об экранных оптических устройствах. Ты уже знаешь, что они могут быть самыми разнообразными.

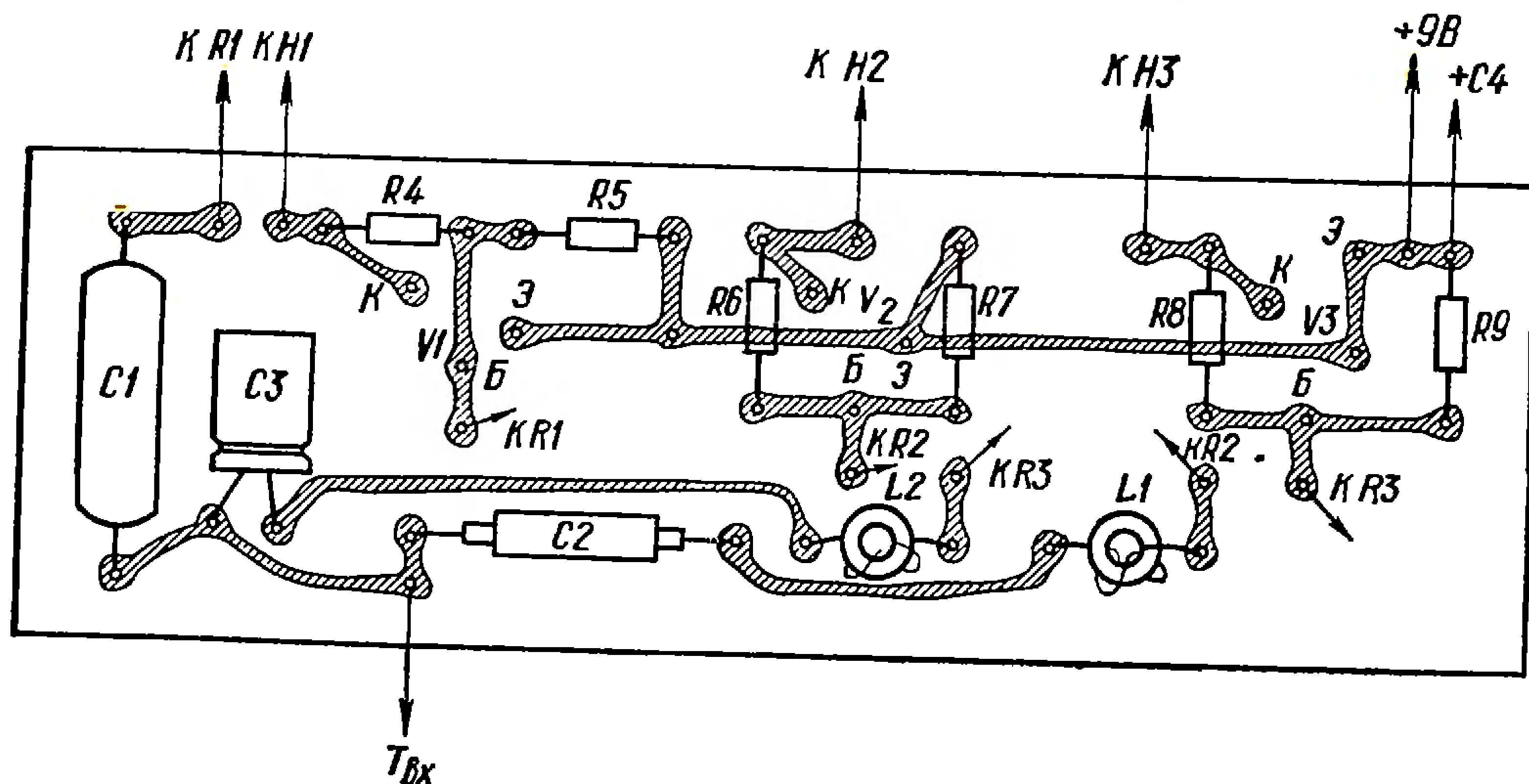


Рис. 20

М. Да, это и зеркальный шар, и многогранный кристалл, и потолок зала, и ледовая арена...

В. Более того, это может быть целая стена здания, или, скажем, искрящиеся струи воды в фонтане.

М. Расскажи о светомузыкальных фонтанах.

В. Это целая страница в развитии светомузыки. Сейчас такие фонтаны есть во многих городах. Но наиболее красочный из них — в столице Армении. Когда над Ереваном сгущаются сумерки, на площади имени В. И. Ленина начинают действовать «поющие фонтаны». Здесь собираются гости и жители столицы, чтобы послушать музыку в «сопровождении» 200 разноцветных струй, освещаемых 140 мощными светильниками.

В Петродворце под Ленинградом также действуют светомузыкальные фонтаны. Они были построены еще при Петре I, а оцвечены в наши дни. Есть такие фонтаны и в других городах.

В Измайловском парке культуры и отдыха в Москве действует очень оригинальное сооружение — светомузыкальная башня «Андромеда», созданная по проекту инженера

А. П. Михненко (см. цветную вклейку IV). Большие работы в области светомузыкальной архитектуры сделаны СКБ «Прометей». В частности, такие установки, как «Малиновый звон» на Спасской башне Казанского кремля (авторы проекта Б. Галеев, Р. Сайфулин, Ф. Забиров), световая панель в гостинице «Татарстан» в Казани.

Очень эффектным экраном может быть, как я уже говорил, стена здания. Вокально-инструментальные ансамбли, применяющие в своих выступлениях светомузыкальные установки, используют в качестве экрана занавес в глубине сцены.

М. После того, как ты рассказал о светомузыкальных устройствах, украшающих большие города, мне хотелось бы узнать все о любительских ВОУ.

В. Я к этому готов.

М. Но прежде чем перейти к знакомству с конструкциями выходных устройств, я бы хотел узнать, из каких материалов эти устройства изготавливаются.

В. Что ты имеешь в виду?

М. Например, экранное устройство конструктора «Прометей-1», как выяснилось, состоит из стеклянных стержней, которые практически невозможно купить.

В. Здесь, как правило, выручает смекалка. В качестве стержней любители предлагают использовать трубчатые баллоны от перегоревших люминесцентных ламп, лабораторные пробирки, стеклянные палочки для размешивания реактивов.

М. Кроме лампочек и стержней или трубок нужно еще и переднее стекло?

В. Здесь надо иметь в виду, что экраны бывают двух типов: прямой, или фронтальный, и обратной проекции. Фронтальный, как правило, не прозрачный и освещается, как в кино, то есть со стороны зрителя, при помощи осветительной аппаратуры. При обратной проекции полупрозрачный экран освещается с тыльной стороны. Такой тип экрана наиболее распространен в любительской практике светомузыкальных установок.

М. Из чего можно сделать фронтальную часть экрана?

В. Лучше всего для этого использовать матовое или молочное профилированное (так называемое ячеистое) оргстекло, в котором каждая ячейка представляет собой вершину куба с длиной ребра 4 мм. Если же нет профилированного оргстекла, то можно использовать обыкновенное плоское оргстекло, предварительно просверлив глухие отверстия на глубину конуса сверла.

М. Какой толщины должно быть оргстекло?

В. Оргстекло берется толщиной 4—5 мм. Сверлить надо сверлом 5,5 мм. Перед сверлением рабочую кромку конуса сверла тщательно шлифуют мелкой шкуркой и полируют пастой ГОИ. Перед сверлением оргстекло следует разметить так, как показано на рис. 21. Линии разметки с одной стороны нумеруются цифрами. Сначала сверлят отверстия в точках пересечения нечетных разметочных горизонталей с вертикалями (рис. 21, а), а затем, сделав дополнительную разметку в точках пересечения четных горизонталей с вертикалями (рис. 21, б). По окончании сверления поверхность, подвергавшуюся обработке, покрывают растворителем оргстекла — дихлорэтаном, уксусной кислотой или 85 % -ным раствором муравьиной кислоты. После испарения растворителя поверхность оргстекла становится чистой и прозрачной.

М. Расскажи об устройстве экрана с трубками.

В. На рис. 22 показаны три типа экранов из трубок или пробирок. Первый тип экрана (рис. 22, а) представляет собой деревянную раму с двумя слоями раstra. В одном слое стержни уложены горизонтально, а в другом — вертикально. Закрепляются стержни в пластмассовых пазах, предназначенных для стекол в книжных полках. Для лучшей фиксации в пазы закладываются полоски поролона.

В конструкции экрана второго типа (рис. 22, б) стержни заменены лабораторными пробирками или трубками от перегоревших люминесцентных ламп. Пробирки или трубки заполняются кусочками битого, желательно цветного стекла.

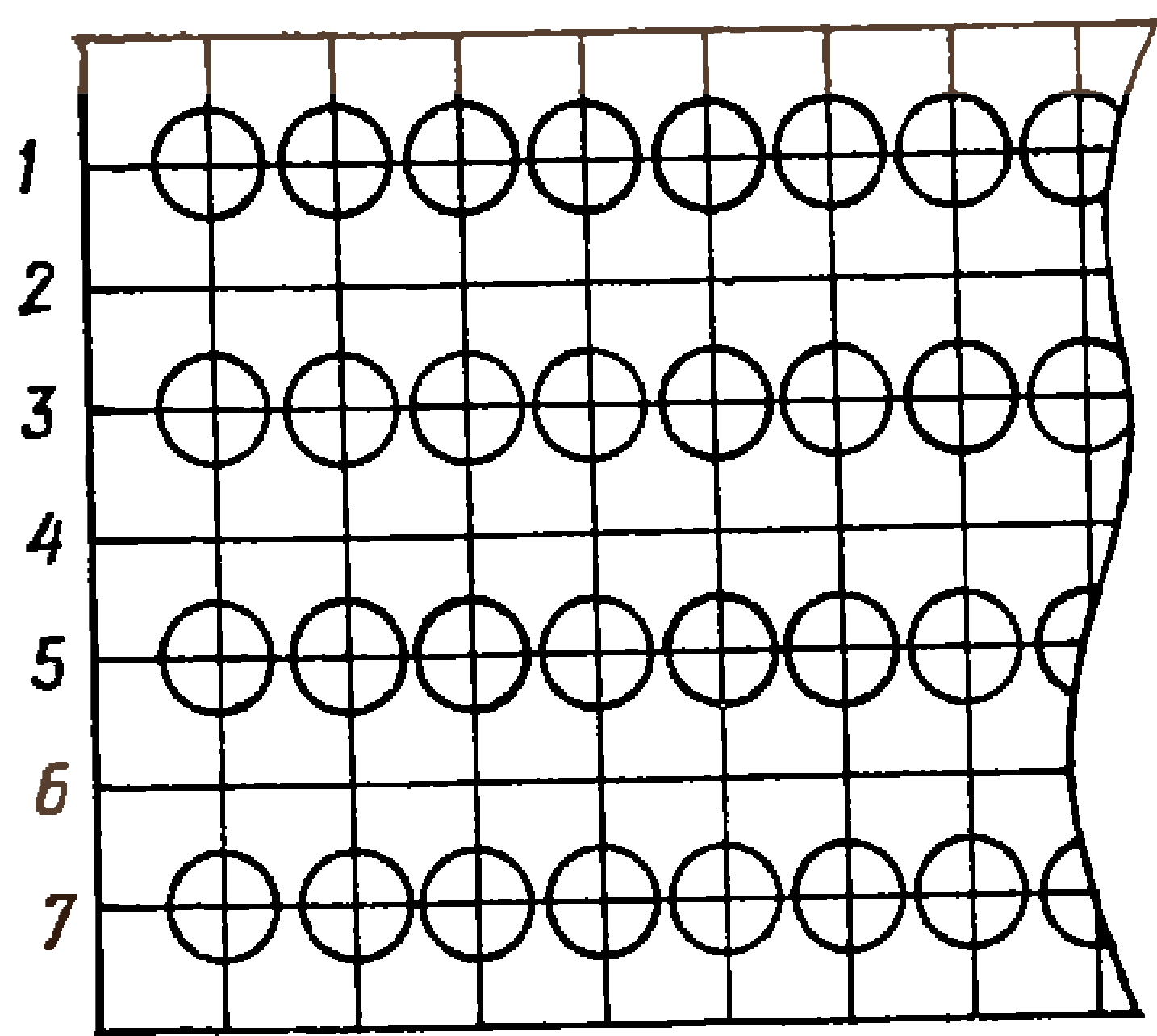
Третий тип конструкции (рис. 22, в) состоит из коротких (10...15 мм) стеклянных стержней, трубок или пробирок, расположенных торцами к фронтальному стеклу. На все стержни плотно надеты полиэтиленовые трубочки. Стержни (или трубки) должны плотно прилегать одна к другой. Неплотное заполнение объема значительно ухудшает качество воспроизведения цвета.

М. А как поступает свет на такой экран?

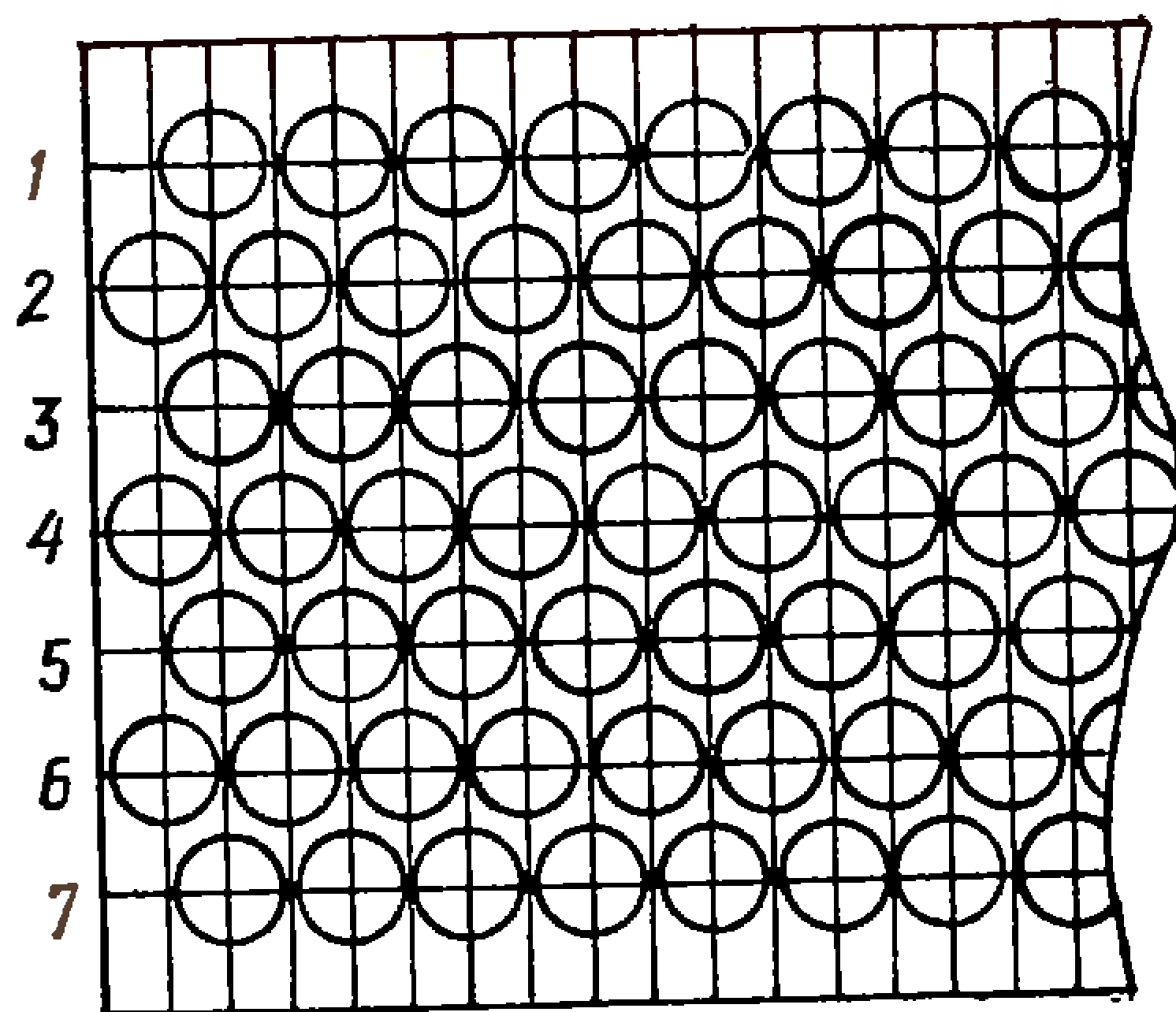
В. В экранных устройствах первого или третьего типа свет поступает сзади при помощи рефлекторов. В экранах второго типа лампы вместе с отражателем размещаются в его верхней части, то есть в торцах трубок. От зрителя они закрываются непрозрачным декоративным козырьком.

М. По-моему, экранные устройства могут иметь и другое внешнее оформление.

В. Конечно могут. Например, устройство, изображенное на рисунке 23, имеет форму настольного светильника. В качестве рассеивателя здесь использован цилиндрический плафон от светильника из гранулированного полистирола. Его устрой-

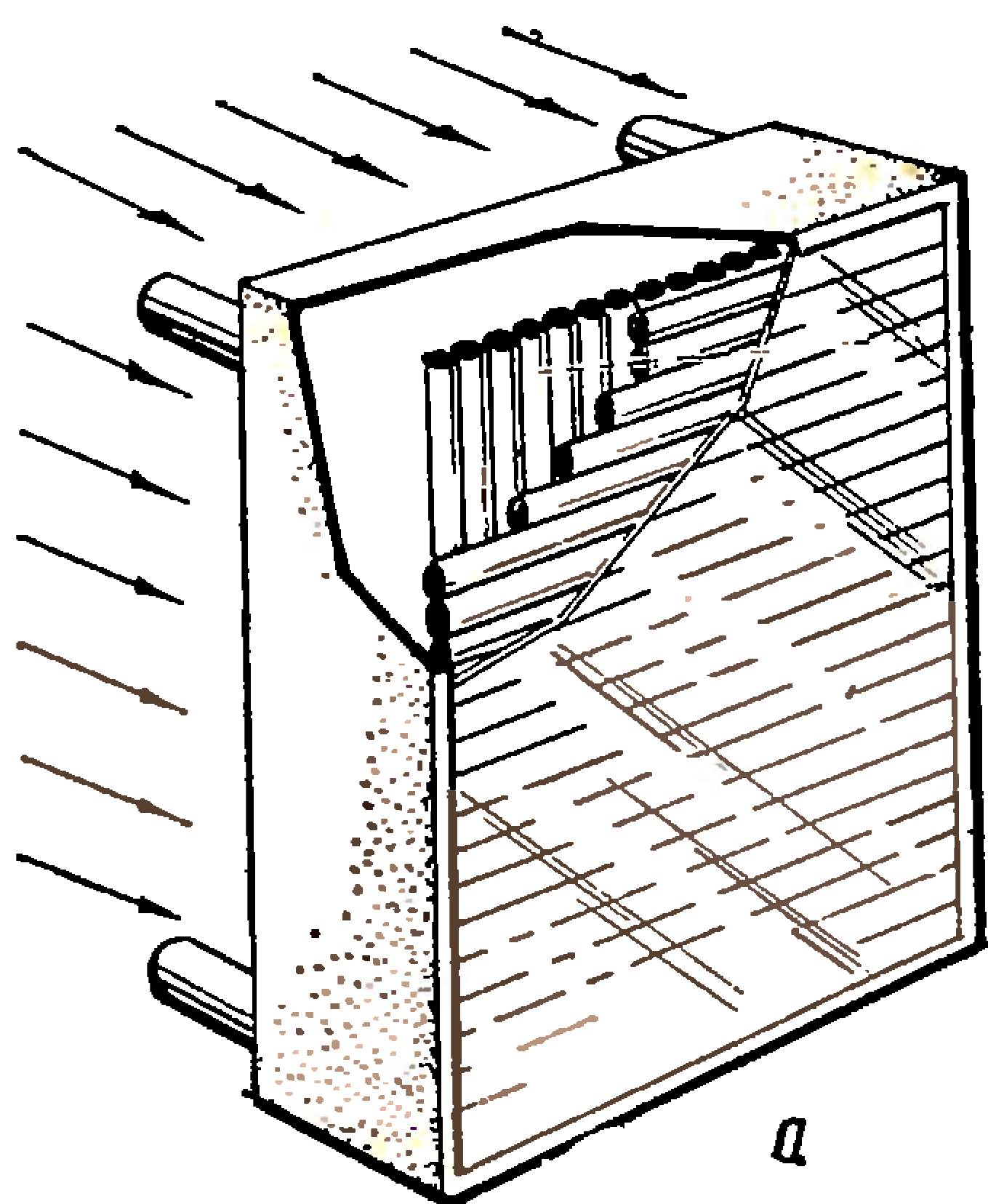


a

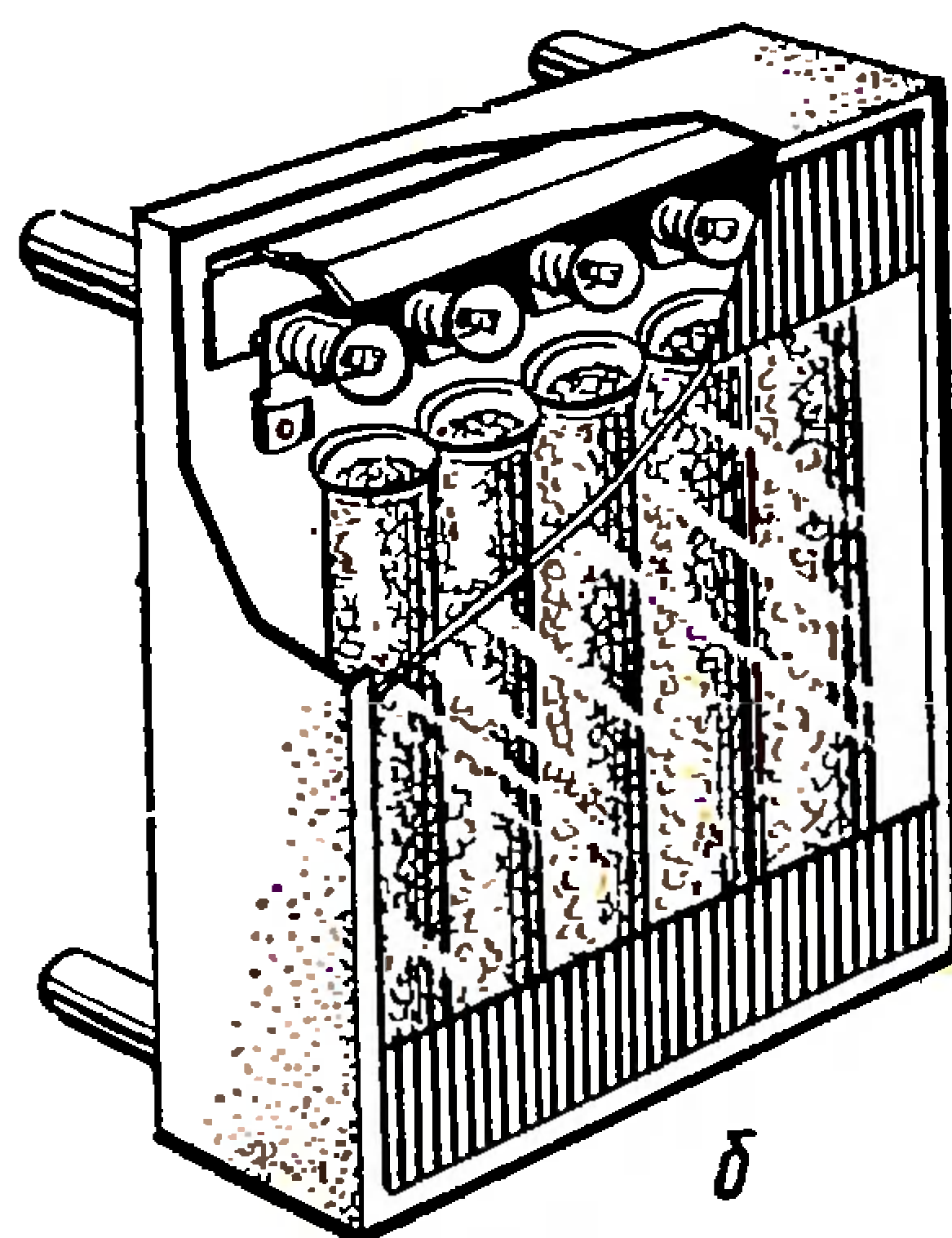


б

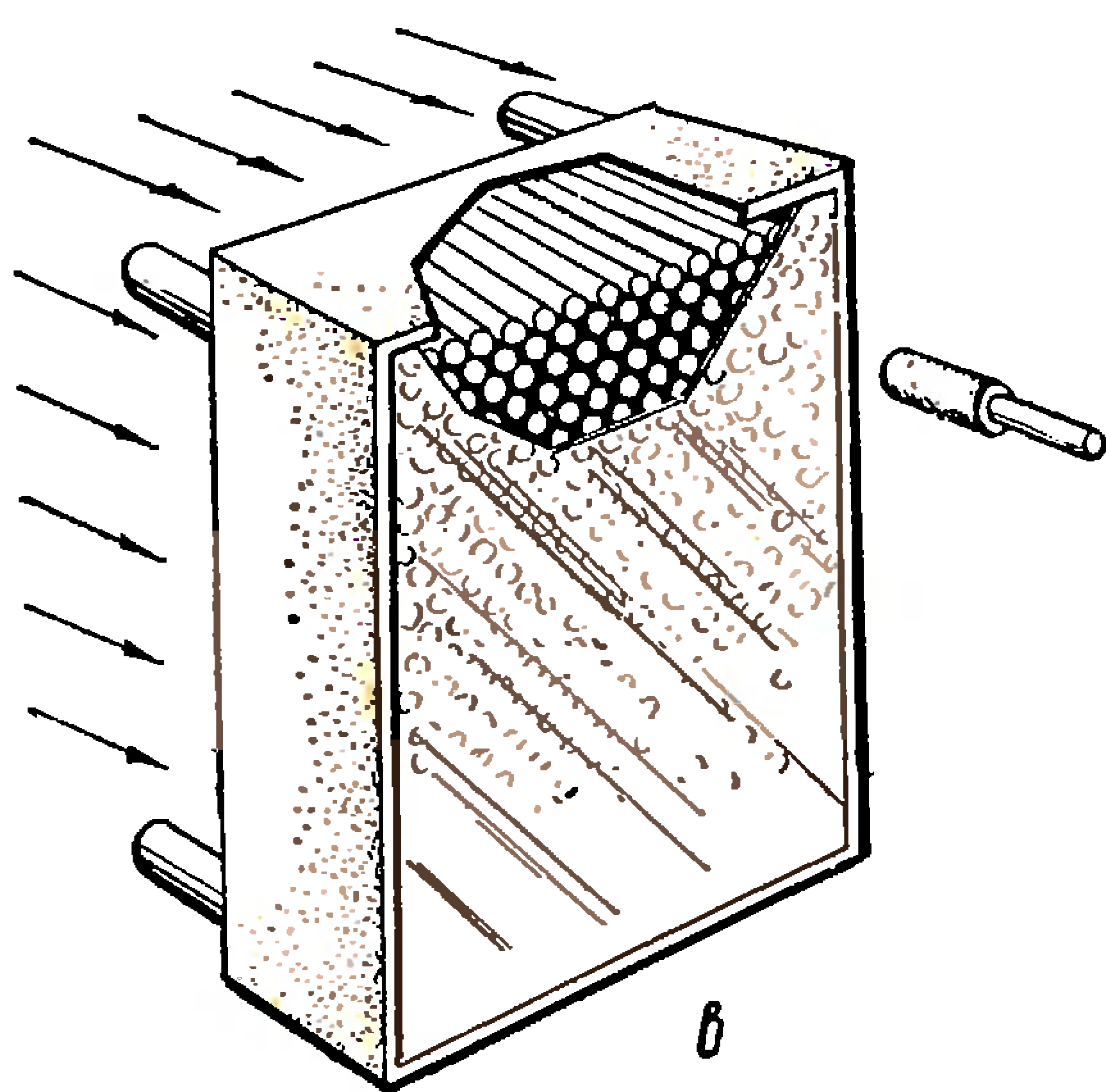
Рис. 21



a



б



в

Рис. 22

ство несложно (рис. 24). На металлической трубке 1 укреплены (через изоляционные трубки из оргстекла) шайбы 4, к которым припаяны патроны 2 с цветными лампочками накаливания 3. Шайбы с патронами можно вращать и перемещать по трубке, выбирая, таким образом, наиболее удачное положение узла. Провода от ламп сплетены в жгут 5, который пропускается через трубку 1 к выходу 8. Снизу на трубке укреплена нижняя обойма 6, а вся конструкция удерживается в вертикальном положении утяжеленной подставкой 7. Стандартный размер плафона такой: высота 380 мм, диаметр 100 мм.

М. Можно ли самому сделать светящийся шар, такой, который применяется сейчас многими ансамблями, в том числе балетом на льду?

В. Ты имеешь в виду шарообразный ВОУ (рис. 25)? Конечно, можно. Для этого следует взять старый глобус или пластмассовый мяч. На шар или мяч при помощи эпоксидной смолы наклеиваются осколки зеркала произвольных форм и размера, а также мелкие кусочки битых елочных игрушек. Шар подвешивается к потолку на капроновой леске. С трех сторон располагаются разноцветные лампы, заключенные в armатуру направленного света. Отражаясь под различным углом в зеркальных осколках шара, они создают на потолке и стенах разноцветные «зайчики».

М. Шар должен находиться в неподвижном состоянии?



Рис. 23

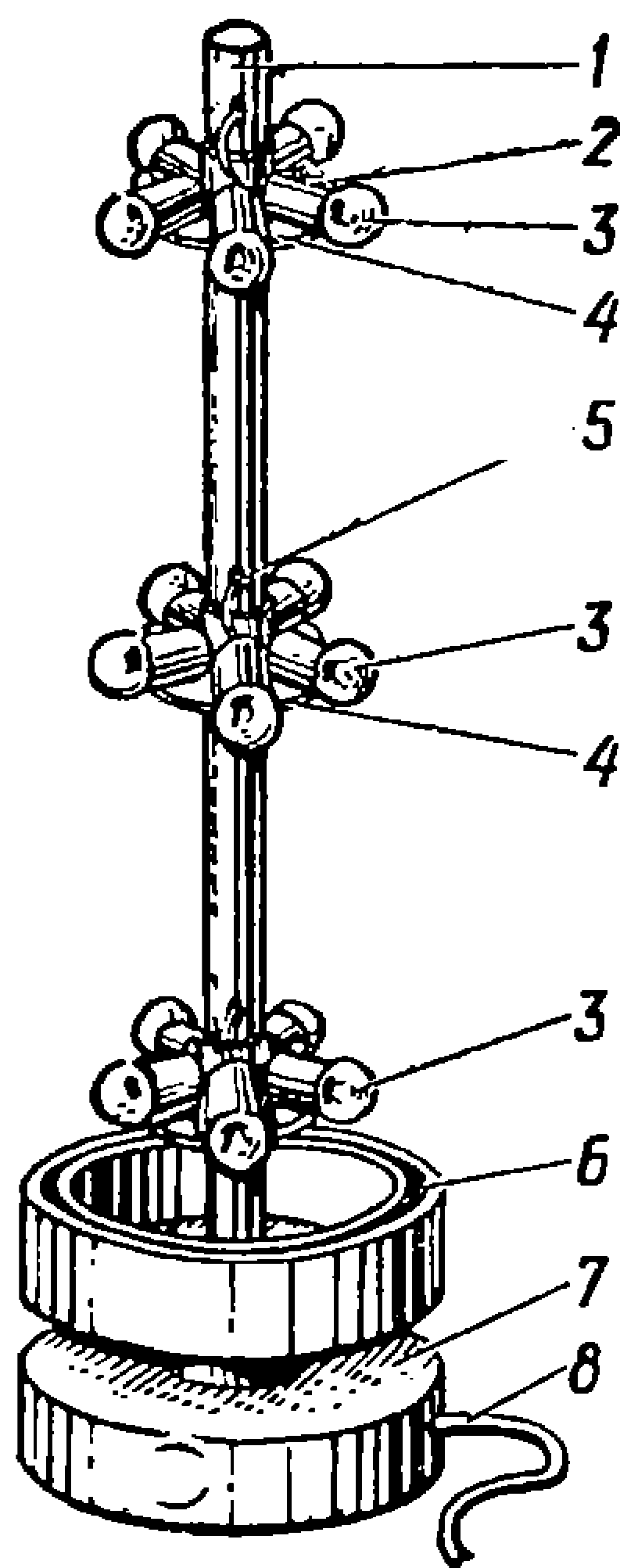


Рис. 24

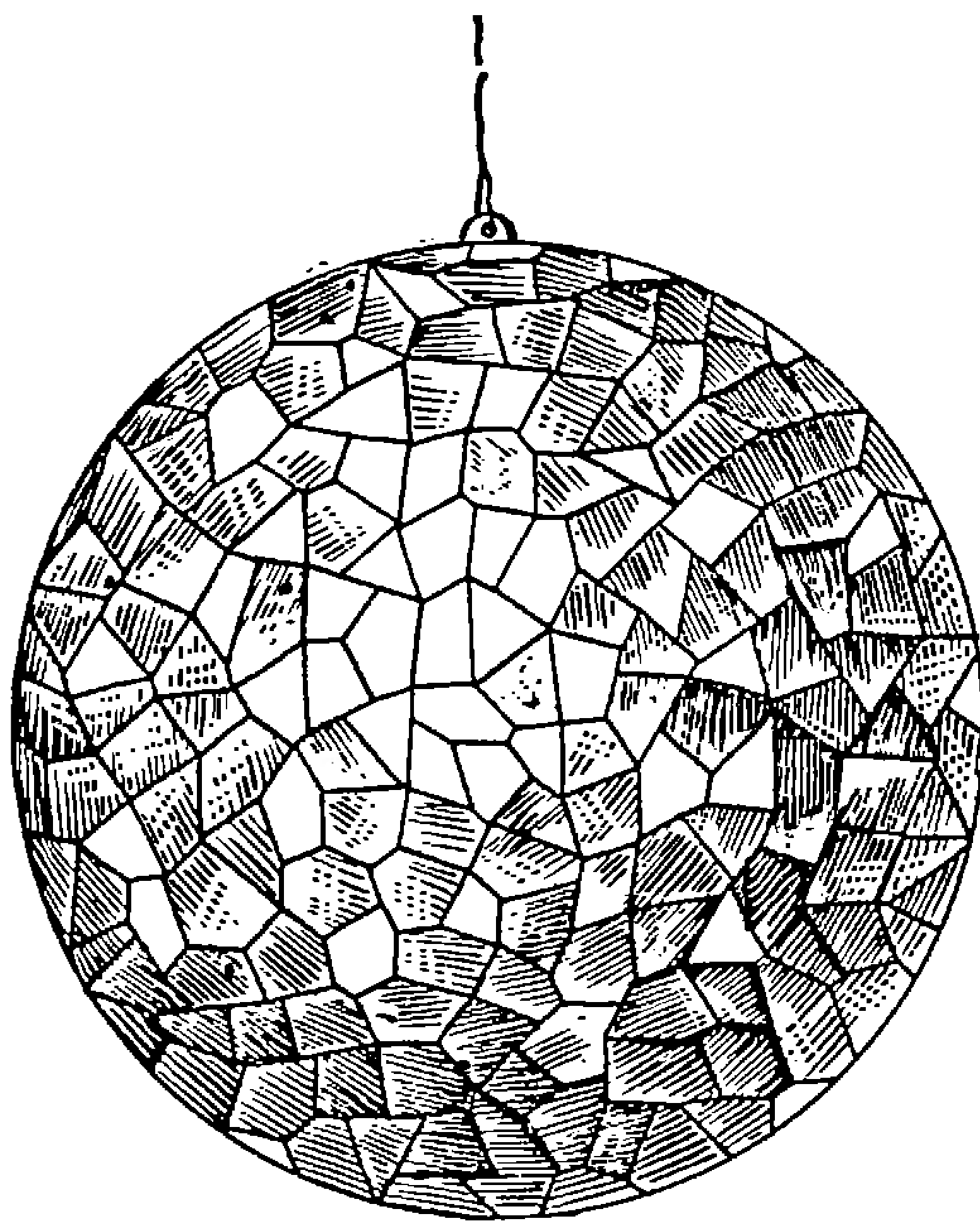


Рис. 25

В. Лучше, если он будет медленно вращаться при помощи электродвигателя.

М. Как потолочный вентилятор?

В. По такому же принципу, но значительно медленнее. Для этого потребуются штанга и электродвигатель с редуктором. У тебя есть еще какие-нибудь вопросы?

М. Вопросов нет, но у меня есть просьба: помоги разобраться в одном явлении, которое возникает при пользовании приставкой «Кристалл».

В. Что же это за явление?

М. Когда я включаю свою маленькую приставку, то долго смотреть на нее не могу, в особенности в темноте. Мне мешает непрерывное мигание в такт музыке. Причем если уменьшить громкость, то исчезает световой эффект.

В. Чтобы устранить это явление, используют дополнительное устройство, так называемый компрессор, который обеспечивает высокое качество светомузыкального воспроизведения.

М. Расскажи об этом устройстве.

В. Это потребовало бы много времени, а мы и так задержались сегодня. Зато в следующий раз обещаю не только рассказать тебе о компрессорах и компрессии, но и дать схему хорошей СМУ с компрессором на входе.

ПОСЕЩЕНИЕ СЕДЬМОЕ

(заключительное)

Володя Любознайкин. Я считаю, что мы можем сразу же начинать беседу о компрессии, компрессорах и о практических схемах входных устройств с компрессорами.

Миша Незнайкин. Предложенная программа беседы меня вполне устраивает.

В. Итак, о компрессии. Ты уже знаешь, что компрессоры используют для того, чтобы устранить утомляющее зрение резкое мигание в такт музыке.

М. В чем же главная причина этого мелькания?

В. Как тебе известно, динамический диапазон музыкальной программы составляет примерно 15 дБ. Подавать такой сигнал на блок управления лампами накаливания нельзя, так как интервал рабочих напряжений ламп не превышает 5...10 дБ, иначе лампы то вспыхивали бы при полном сигнале, то полностью гасли.

М. Чтобы этого не случилось, на блок управления подают небольшое начальное напряжение, обеспечивающее некоторый накал ламп.

В. Это только кажущийся выход из положения. Для нормальной передачи динамики музыкальной программы необходимо, чтобы яркость ламп накаливания менялась равномерно по всему динамическому диапазону сигнала, то есть нужна предварительная компрессия сигнала.

М. Существует ли какая-то единая схема компрессора или таких схем много?

В. Схем существует много. С одной из них я тебя познакомлю. Это схема компрессора на оптроне. Здесь компрессор (рис. 26) представляет собой автоматический регулятор усиления (APY), включенный во входную цепь СМУ. Вблизи от лампы накаливания *H1*, включенной на выходе УНЧ, помещают фоторезистор, который с лампой *H1* и образует оптрон *U1*.

М. Мне не очень понятно, что такое оптрон.

В. Это элемент, состоящий из оптического излучателя, в данном случае лампы *H1*, и фотоприемника, в данном случае фоторезистора, но можно использовать и фотодиод. Эта пара осуществляет преобразование электрических сигналов в оптические и наоборот.

М. Что же происходит в результате действия оптрона?

В. Чем больше напряжение входного сигнала, тем ярче светится лампа и тем меньше сопротивление фоторезистора. Это влечет за собой уменьшение коэффициента передачи компрессора, а следовательно уменьшения яркости лампы.

М. Что же все-таки делает компрессор, как это объяснить в двух словах? Что такое компрессия?

В. Я уже говорил тебе, что динамический диапазон музыкальной программы в 5—10 раз шире диапазона рабочих напряжений ламп. Компрессор сжимает диапазон звукового сигнала, ведь слово «компрессия» означает сжатие.

М. Какой можно использовать фоторезистор и как практически собирается оптрон?

В. Фоторезистор используют любой, даже самодельный фотодиод. Блок оптронов представляет собой пластмассовый корпус, разделенный на три равные секции (по числу каналов). В каждой секции установлена лампа и фоторезистор (или фотодиод).

Глубина корпуса 35 мм. К этому следует добавить, что

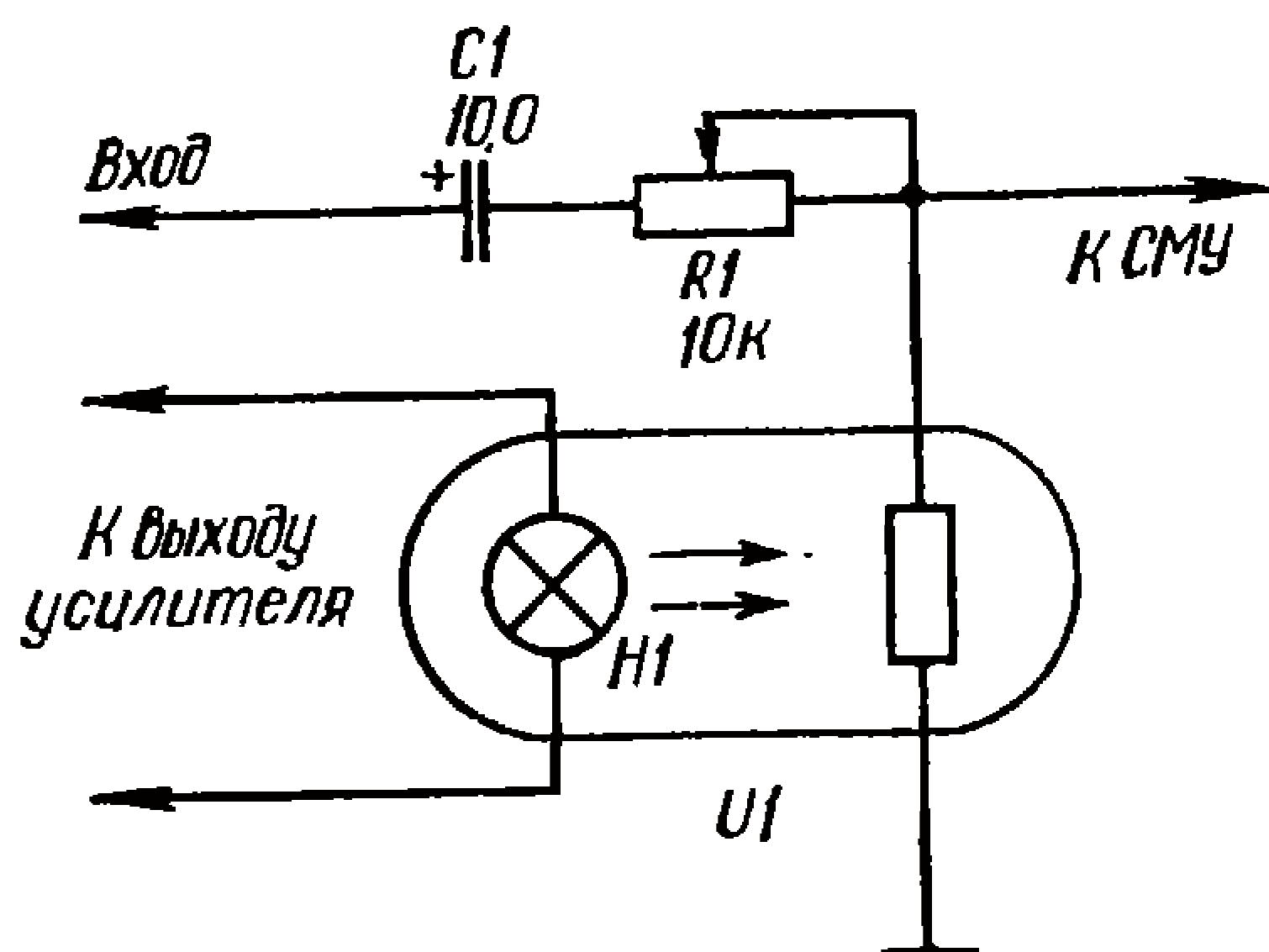


Рис. 26

оптрона в собранном виде, в корпусе от транзистора, выпускаются нашей промышленностью. К этому мы еще вернемся при рассмотрении практической схемы с компрессором на оптроне. Теперь рассмотрим другую схему (рис. 27). Работа этого устройства основана на введении в схему усилителя звуковой частоты глубокой АРУ. Компрессор состоит из

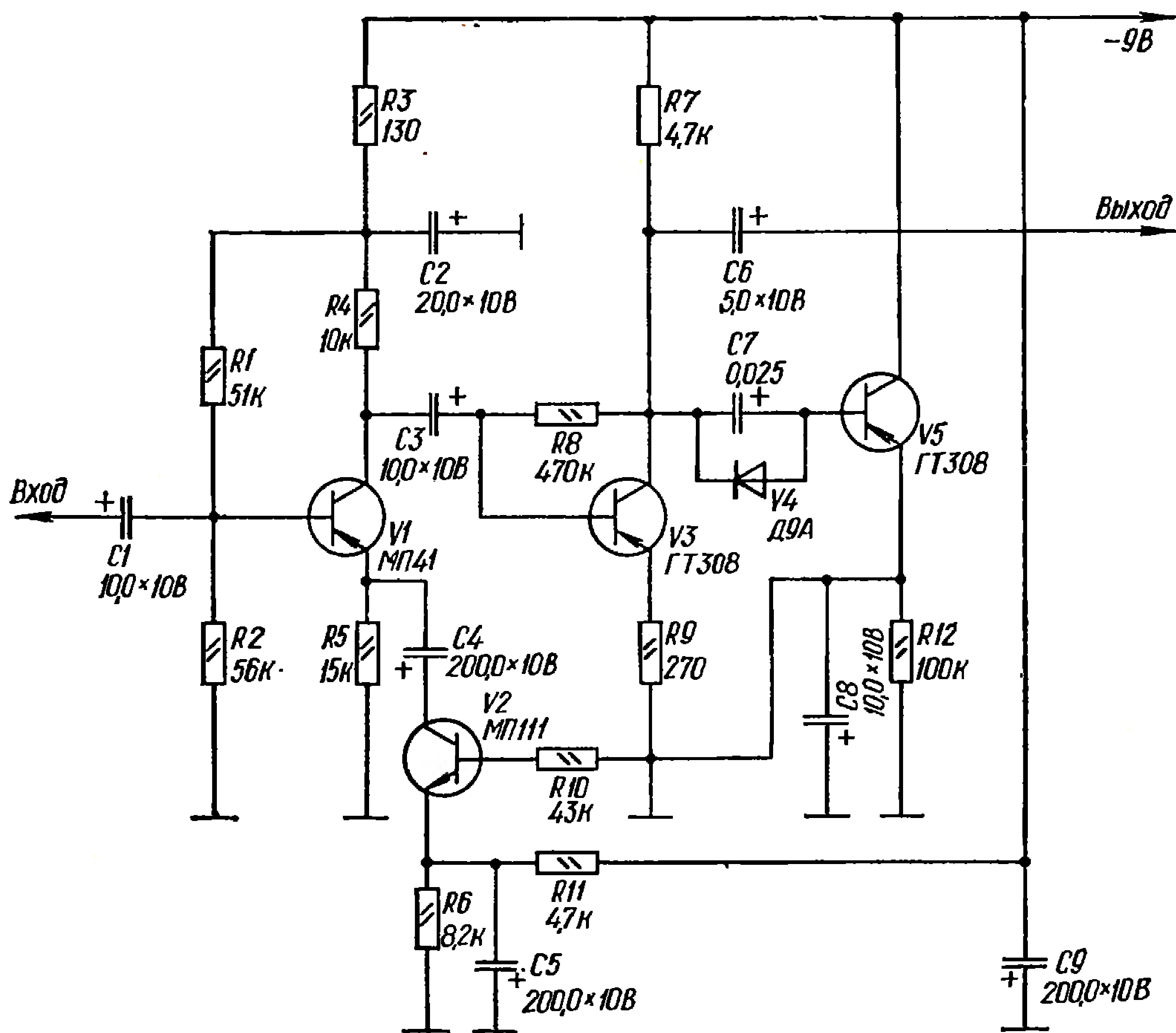


Рис. 27

двухкаскадного усилителя звуковой частоты ($V1$ и $V3$), детектора АРУ (диод $V4$) и двух транзисторов ($V2$ и $V5$), выполняющих роль резисторов с регулируемым сопротивлением.

М. Как же происходит компрессия без оптрона?

В. При очень малом входном сигнале напряжение на выходе усилителя очень незначительно, и транзистор $V5$ практически закрыт. Напряжение с транзистора $V5$ в положительной полярности поступает (через резисторы $R12$ и $R10$) на базу транзистора $V2$, и потому он открыт. Сопротивление его мало,

и конденсаторы $C4$ и $C5$ шунтируют резистор $R5$. Вследствие этого отрицательная обратная связь по переменному напряжению во входном каскаде устраняется, а усиление каскада и усилителя в целом становится максимальным.

М. С усилением сигнала на входе напряжение возрастает и на выходе усилителя?

В. Безусловно. Причем часть выходного напряжения выпрямляется диодом $V4$ и в отрицательной полярности поступает на базу транзистора $V5$. Его сопротивление уменьшается, а отрицательное смещение на базе транзистора $V2$ и его сопротивление возрастают. Шунтирующее действие конденсаторов $C4$ и $C5$ ослабевает, и отрицательная обратная связь по переменному напряжению, возникающая на резисторе $R5$, уменьшает усиление входного каскада и всего усилителя.

При максимальном выходном уровне сигнала транзистор $V5$ полностью открыт, конденсаторы $C4$ и $C5$ отключены, и усиление каскада на транзисторе $V1$ наименьшее. В результате на выходе усилителя поддерживается выходное напряжение, установленное параметрами АРУ.

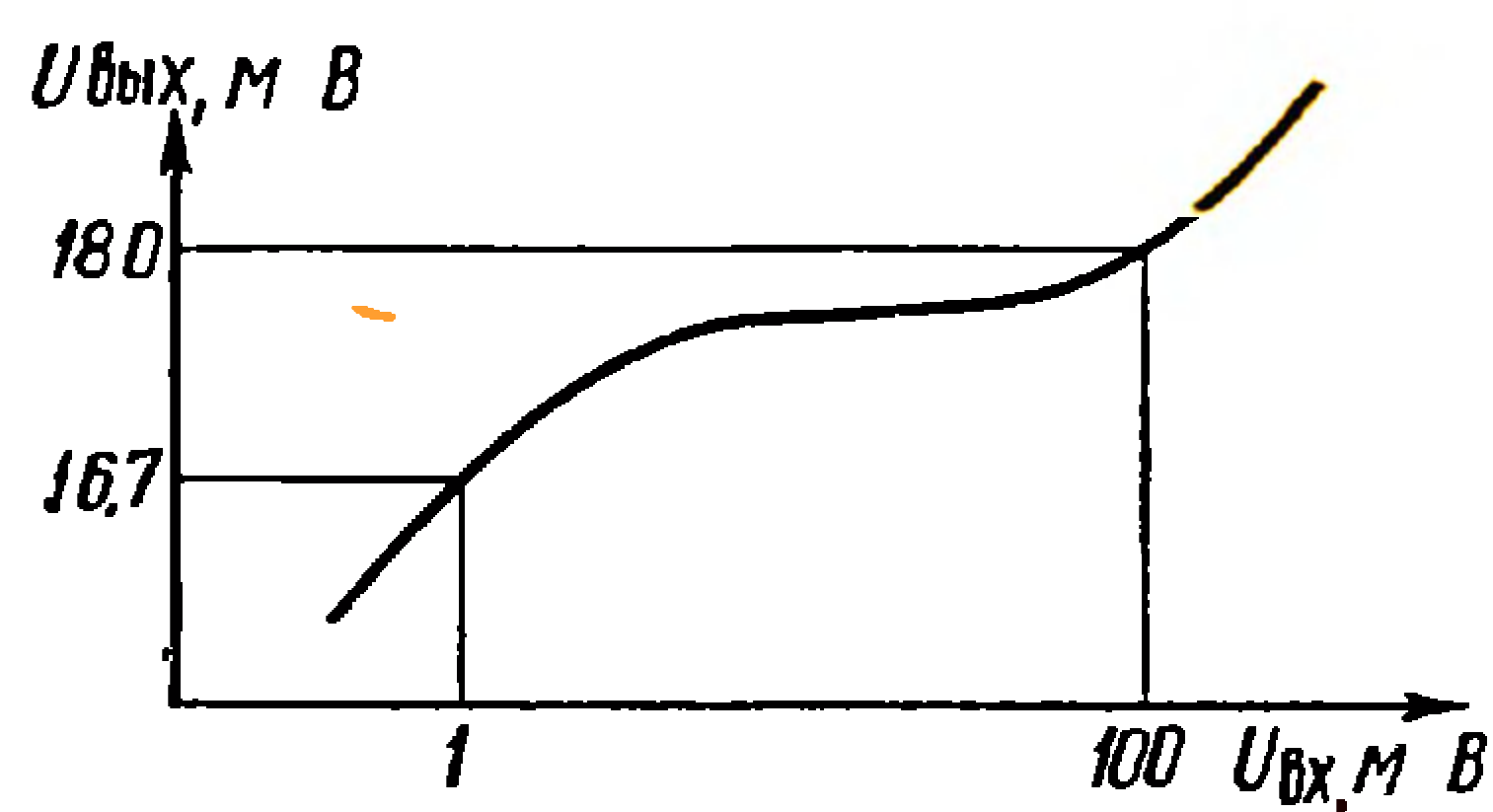


Рис. 28

Номиналы элементов выбраны таким образом, чтобы характеристика компрессии имела плавный начальный и конечный участки. Такая форма кривой (рис. 28) выбрана для того, чтобы ввести небольшую зависимость яркости ламп накаливания от уровня наиболее сильной составляющей сигнала. Регулируя уровень входного и выходного сигналов, можно смещать характеристику по осям $U_{вх}$ и $U_{вых}$. Это дает возможность изменять характер воспроизведения цветовой картины в широких пределах.

М. Какими параметрами обладает это входное устройство с компрессором?

В. Выходное сопротивление предварительного усилителя 30 Ом. Выходное сопротивление компрессора — около 3 кОм. Верхний порог компрессии — 100 мВ при выходном напряжении 180 мВ. Коэффициент передачи компрессора определяется сопротивлением резистора $R4$. Форма характеристики зависит от соотношения сопротивлений плеч делителя $R6$, $R11$. Транзисторы $V3$ и $V5$ должны иметь минимальный обратный ток коллектора. А теперь рассмотрим принципиальную схему очень простой в изготовлении СМУ с улучшенными эксплуатационными параметрами (рис. 29).

М. За счет каких особенностей схемы достигается высокое качество СМУ?

В. За счет применения компрессорного усилителя (рис. 29), блока управления симисторами (рис. 30) и блока полосовых фильтров (рис. 31), которые позволяют управлять большими мощностями. Причем сведение до минимума количества намоточных элементов обеспечивает простоту изготовления СМУ.

М. Какие же намоточные узлы придется все же делать?

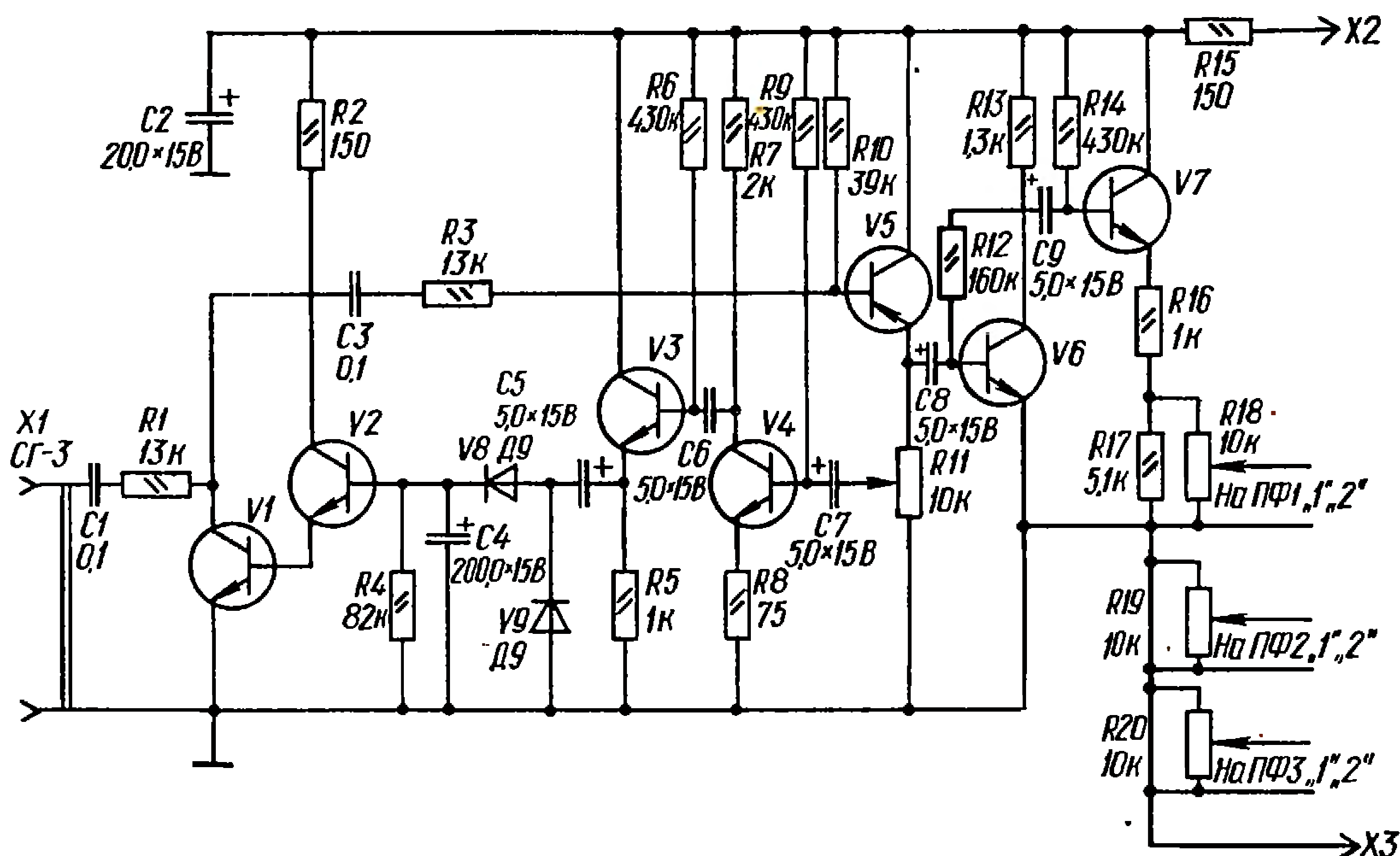


Рис. 29

В. Это силовой трансформатор *T1* и помехоподавляющий фильтр *L1*.

М. Такие узлы есть в продаже?

В. Силовой трансформатор можно использовать покупной. Он должен обладать мощностью до 40 Вт и обеспечивать на выходе 13 В, а фильтр надо наматывать самому. Его данные такие: на феррите любой марки диаметром 8 мм и длиной 80 мм наматывается 50 витков провода ПЭВ-2 диаметром 1,0—1,12 мм.

М. А что такое симистор?

В. Чтобы тебе было легче понять, возвратимся к тиристор. Ты знаешь, что такое тиристор?

М. Тиристор — это полупроводниковый прибор, который используется для автоматического переключения или выключения.

В. В принципе правильно, но следует добавить, что это быстродействующее переключающее устройство, которое пе-

переходит в проводящее состояние после подачи электрического импульса на управляющий электрод. В схемах выключения тиристоры соединяются между собой по встречно-параллельной схеме и последовательно с нагрузкой (рис. 32, а).

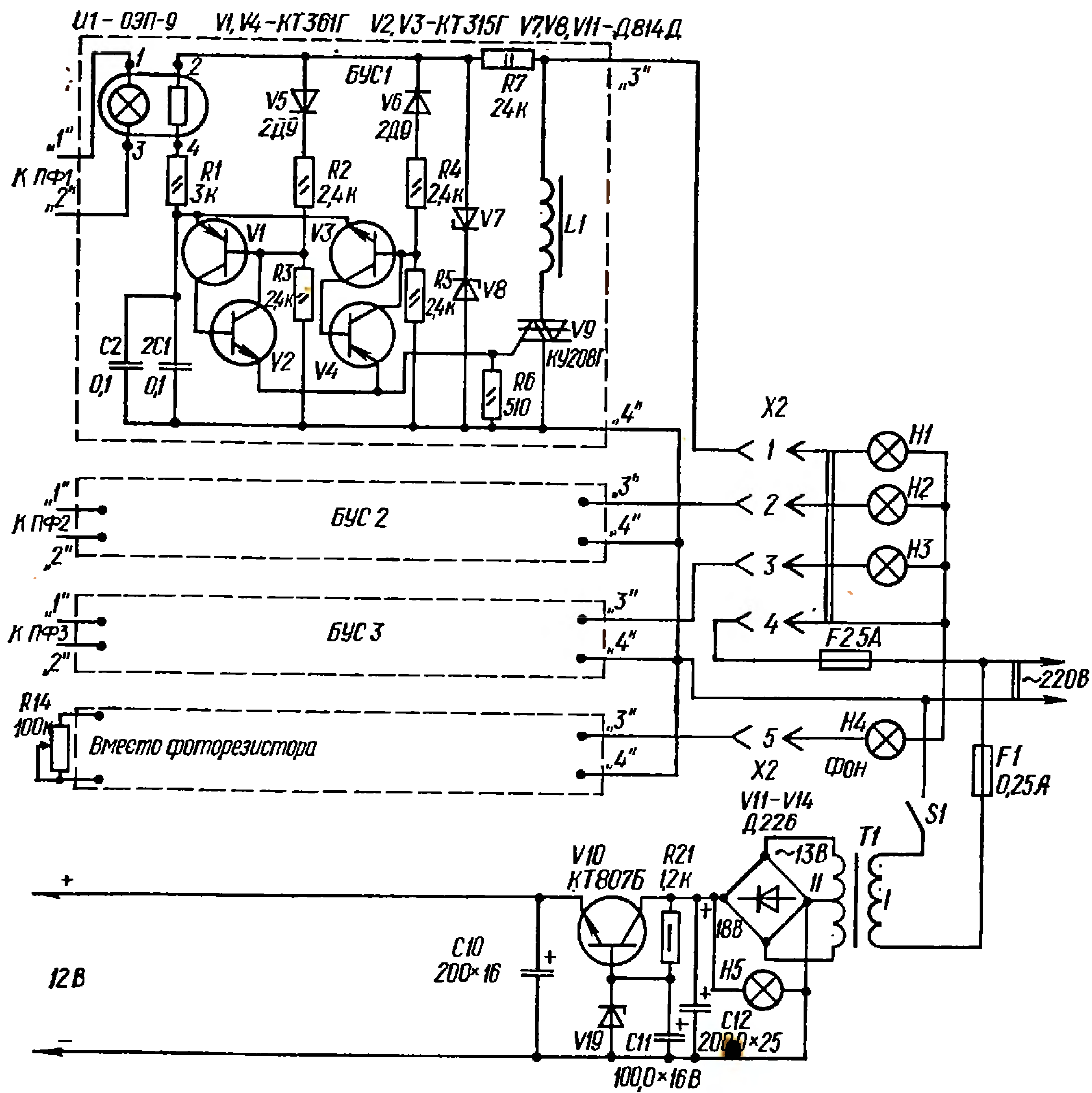


Рис. 30

М. А симисторы?

В. Симистор — это симметричный тиристор, заменяющий два включенных по встречно-параллельной схеме тиристора (рис. 32,б.)

М. Следовательно, при отсутствии симистора можно использовать два тиристора?

В. Можно, но схема несколько изменится (рис. 32, в).

М. Чем можно заменить оптрон ОЭП-9?

В. Миниатюрной лампочкой Н (СМ-6, 3-20) и фоторезистором $R2$ (СФ2-1) или фотодиодом (рис. 32, з).

М. А каковы технические данные этой установки?

В. Мощность выходных каналов 1 кВт, количество каналов 3.

М. Не считая канала фона?

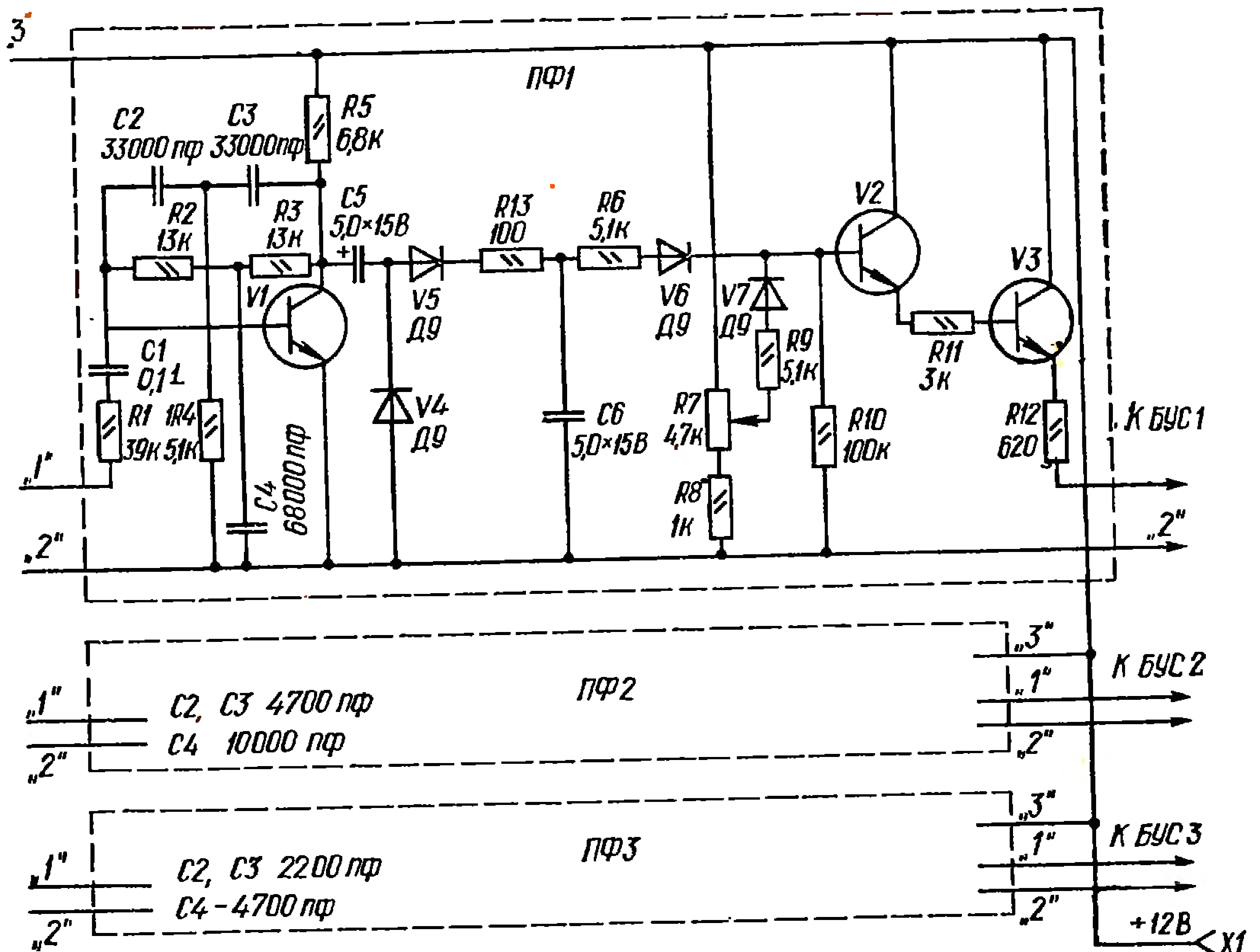


Рис. 31

В. Да, это видно на схеме. Чувствительность компрессионного усилителя 30 мВ... 1,5 В, а выходное сопротивление 15 кОм.

М. Эта схема мне очень понравилась, и я, по-видимому, буду делать СМУ по этой схеме, а потому опиши ее более подробно.

В. Сигнал звуковой частоты с линейного выхода усилителя (магнитофон, электрофон, радиовещательный приемник) при помощи разъема $X1$ поступает через $C1$, $R1$, $C3$, $R3$ на эмиттерный повторитель, выполненный на транзисторе $V5$ (см. рис. 29). С движка регулятора компрессии $R11$ сигнал поступает на усилитель, выполненный на транзисторах $V4$, $V3$. С эмиттера $V3$ сигнал поступает на детектирующую цепочку $V8$, $V9$, детектируется и поступает на базу $V2$, меняя проводимость транзистора $V1$, который используется как переменный резистор. Изменяется входной сигнал, то



Каналы полосового фильтра ПФ1 (см. рис. 31) идентичны. Однако в схеме меняются номиналы конденсаторов C_2 , C_3 и C_6 и RC -фильтров.

С регулятора $R18$ ($R19$, $R20$) сигнал поступает на узкополосный активный фильтр (см. рис. 29), образованный двойным

Т-мостом. Выделенная частота детектируется диодами $V4$, $V5$, интегрируется цепочкой $R13$, $C6$, усиливается усилителем постоянного тока $V2$, $V3$ и поступает на оптрон. Лампочка оптрона служит для устранения гальванической связи низковольтного питания и питающей сети. Изменение силы света лампочки оптрона влечет за собой изменение сопротивления фоторезистора. Так как фоторезистор включен в регулирующую цепь фазового усилителя мощности, то, естественно, влияет на силу света ламп нагрузки $H1$, $H2$, $H3$ (см. рис. 30).

М. Как настраивается эта СМУ?

В. Если при монтаже применялись исправные детали и разброс параметров не превышал 5 %, то настройка почти не требуется. Однако следует тщательно проверить, соответствует ли распайка деталей на печатных платах твоей схеме. Убедившись, что все эти условия выполнены, можно произвести опробование установки. Опробование производят по каналам. Так, после включения питания подключают на первый канал нагрузку — одну лампочку 25 Вт. После этого закорачивают ножки оптрона № 2 и 4 между собой. При этом должна загореться лампочка нагрузки. Плавность изменения силы света определяется регулятором резистора $R7$, а подборка начального свечения ламп нагрузки — резистором RB . Нормальная регулировка зависит от качества этих резисторов.

М. По схеме мне все понятно. Тем более, что о настройке мы уже говорили при обсуждении предыдущих СМУ. Последнее, что я хотел бы обсудить — это конструкция СМУ.

В. Конструкция простая. Платы печатные, но могут быть и обычные с навесным монтажом на полых заклепках. Разработать печатные платы ты сможешь и сам.

Крепятся платы на металлическом каркасе, который устанавливается в корпус. На передней панели корпуса крепятся рукоятки переменных резисторов, выключателя сети и делается окошечко для неоновой лампочки-индикатора $H5$. Переменные резисторы обычные. Для резисторов $R7$ и $R14$ желательно применить переменные резисторы ползункового типа СПЗ-23.

М. Пока мне все понятно, а когда я буду делать такую установку, то возможно, возникнут какие-то вопросы, и тогда мне придется обратиться за разъяснением.

В. Я всегда рад тебе помочь.

М. На этом мы заканчиваем нашу беседу и расстаемся?

В. Не совсем так. Я хочу поделиться впечатлениями от выставки в павильоне «Электроника» на ВДНХ СССР, на которой я недавно побывал.

Недалеко от главного входа на выставку высится грандиозное сооружение — памятник покорителям космоса, который представляет собой взметнувшуюся в космическое пространство ракету. В основании этого сооружения помещается музей космонавтики. В музее оборудован специальный зал с плоским полупрозрачным экраном, на который проецируется изображение из аппаратной, находящейся за экраном. Перед плоским экраном установлен еще один белый экран, имеющий форму полого усеченного конуса, обращенного растром к зрителям. Кроме изображений, проецируемых при помощи двух слайдопроекторов, оператор, манипулируя лазерным «карандашом», «рисует» на экране замысловатые фигуры.

Комплексом светомузыкальных устройств руководит инженер и светомузыкант М. С. Малков. Я встречался и беседовал с ним, был у него в аппаратной и смотрел один сеанс из аппаратной и один — из зала. Это еще не вполне светомузыка, о чем он меня предупредил, так как не закончено оборудование аппаратной. Однако, посмотрев дважды светомузыкальную программу, я вынес очень хорошее впечатление.

Сеанс происходит следующим образом. Специально снятые слайды проецируются на экран с двух автоматически действующих слайдопроекторов. Реле времени срабатывает так, что изображения сменяются не сразу, а как бы наплывают друг на друга.

Каждый сеанс рассчитан на определенную группу экскурсантов или отдельных посетителей, и тематика этих сеансов подобрана соответствующим образом.

Плавная смена изображений на экране очень эффектна, но аппаратура слишком сложна. На слайдах — космические пейзажи, снятые с рисунков и картин художника Андрея Соколова и космонавта Алексея Леонова, фантастические, сказочные сюжеты.

М. Это очень интересно, и я хотел бы увидеть все своими глазами.

В. Все это можно увидеть в Москве.

На этом наши беседы о светомузыке закончим. Если ты хочешь пополнить свои познания в этой области, то советую прочитать интересные книги:

1. Булат Галеев. Поющая радуга. Казань: Татарское изд-во, 1980.

2. Л. Н. Мельников. Программы, алгоритмы, конструкции. М.: Наука, 1980.

3. Игорь Бэлза. Александр Николаевич Скрябин. М.: Музыка, 1982.

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции	3
Действующие лица	4
Встреча	4
Посещение первое (с которого начинается разговор о светомузыке)	5
Посещение второе (во время которого Миша узнает много интересного о замечательных изобретениях и замечательных изобретателях)	14
Посещение третье (во время которого делается попытка разгадать тайны «Luce»)	18
Посещение четвертое (которое начинается с сюрприза)	20
Посещение пятое (во время которого Миша знакомится с готовыми светомузыкальными устройствами)	29
Посещение шестое (во время которого продолжается знакомство с практическими схемами)	48
Посещение седьмое (заключительное)	54

Владимир Владимирович Ефимов
СВЕТОМУЗЫКА? ЭТО ИНТЕРЕСНО!

**ЮНОМУ
ТЕХНИКУ**

Зав. редакцией трудового обучения *А. И. Воловиченко*.
Редакторы *Г. В. Кузьменко, Р. С. Деловая, Ю. Ф. Шилов*.
Литредактор *Н. Н. Василенко*. Художеств. редактор
Г. Е. Полищук. Обложка художника *Е. В. Корпачева*.
Технич. редактор *А. Г. Фридман*. Корректор
Л. С. Командир

Информ. бланк № 4764

Сдано в набор 18.12.84. Подписано к печати 15.05.85.
БФ 04579. Формат 84×108/32. Бумага № 2 типогр. Гарни-
тура литерат. Способ печати высокий. Условн. лист.
3,36+0,21 вкл. Условн. кр.-отт. 4,95. Уч. изд. лист. 3,65+
+0,22 вкл. Тираж 100000 экз. Изд. № 28548. Зак. № 915-5.
Цена 15 к.

Издательство «Радянська школа», 252053, Кисв,
Ю. Коцюбинского, 5.

Отпечатано с матриц Харьковской Книжной фабрики
им. Фрунзе на Львовской книжной фабрике «Атлас»
290005, Львов-5, Зеленая, 20.