

# Электромузыкальный ИНСТРУМЕНТ



Л. Вингрис

Как известно, электромузыкальные инструменты разделяются на одноголосные и многоголосные. Наиболее простыми по конструкции являются одноголосные электромузыкальные инструменты. Источником колебаний звуковой частоты в них является один ламповый генератор (обычно мультивибратор), частота которого управляется изменением сопротивления грифа. Применяя несколько ламповых генераторов, можно добиться одновременного звучания нескольких тонов. Основным недостатком электромузыкальных инструментов этого типа является недостаточная стабильность строя. Частота, генерируемая мультивибратором, в большой степени зависит от питающего напряжения. Уход частоты генератора сопровождается неравномерным изменением высоты тона в различных участках грифа. При подстройке такого генератора интервалы музыкального строя нарушаются. Другим недостатком таких инструментов следует считать плохое легато (то есть плохой связный переход от ноты к ноте при музыкальном исполнении). Резкое изменение сопротивления в цепи генератора вызывает появление неприятного призвука — щелчка. Для устранения щелчков применяются довольно сложные и неудобные методы. Многие исполнители применяют, например, запаздывающее нажатие на педали регулирования громкости, но от этого страдает выразительность и качество исполнения. Применяются также электромузыкальные инструменты с каскадом «мягкой атаки звука» (плавным нарастанием громкости), но и эта мера не устраняет полностью щелчков. Несмотря на различные усложнения схем, добиться удовлетворительных результатов в отношении устранения щелчков и повышения стабильности музыкального строя не удавалось. Это вызвано особенностями самого процесса управления высотой звука: в одноголосных инструментах замыкание цепи генератора вызывает возникновение переходного процесса, являющегося причиной появления щелчков. Таким образом, можно констатировать, что проблема стабильности музыкального строя и хорошего легато в применении к одноголосным электронным инструментам еще не получила удовлетворительного разрешения.

Существенное подавление щелчков может быть достигнуто лишь в том случае, если все переключения вести в цепях, где переходные процессы не возникают или где они слабы. Коммутационные щелчки в значительной степени удаётся, например, подавить за счет подключения контактов клавиши к выходу генератора, колебания в котором существуют непрерывно.

По сравнению с одноголосными, с точки зрения возможностей для исполнения, многоголосные элек-

Одним из наиболее популярных экспонатов XV Всесоюзной выставки радиолюбительского творчества, проходившей в августе месяце в г. Риге, был многоголосный электромузыкальный инструмент конструкции Л. Вингриса. Инструмент привлекал внимание посетителей выставки своим простым и изящным оформлением, хорошим звучанием и продуманностью монтажа. Добиться этого конструктору удалось в большой степени благодаря применению очень простых по схеме клавишных генераторов — делителей частоты, представляющих собой собранные на неоновых лампах релаксационные генераторы. Создание столь простого многоголосного электромузыкального инструмента явилось плодом большой экспериментальной работы, проделанной его конструктором Лаймонисом Вингрисом. Различные эксперименты в этой области Л. Вингрис проводит в течение трех с лишним лет.

Свою деятельность конструктора-радиолюбителя он начал свыше 10 лет назад, еще будучи учащимся средней школы. Не прервал он ее, поступив в Рижский политехнический институт. В настоящее время Л. Вингрис состоит ассистентом при одной из кафедр этого института.

Отдавая свой досуг конструированию электромузыкальных инструментов, Л. Вингрис ищет новые пути в этой области. Добившись первого успеха, он намерен вносить дальнейшие усовершенствования в свою конструкцию. Он хочет, в частности, применить иной способ регулирования тембра. Считая, что при данных габаритах вполне можно создать еще более совершенный инструмент, он намерен внести в свою конструкцию ряд усложнений, расширяющих исполнительские возможности и создающих удобства для музыканта-исполнителя.

тромузыкальные инструменты обладают значительными преимуществами. Однако конструкция многоголосного электромузыкального инструмента гораздо сложнее и при конструировании таких инструментов приходится сталкиваться со многими трудностями.

Наилучшим решением проблемы многоголосия электромузыкальных инструментов является, конечно, применение для каждого музыкального звука самостоятельного генератора. При такой системе наиболее просто разрешается задача получения звучания при любой комбинации клавиш. Однако число отдельных генераторов должно при этом соответствовать числу клавиш, что, конечно, является недостатком способа. В описываемом в данной статье инструменте, как видно из блок-схемы рис. 1, применен несколько иной способ, основанный на принципе деления частоты задающих генераторов. Для удобства настройки и увеличения стабильности музыкального строя применен принцип одновременной настройки всех одноименных звуков.

Как известно, частоты звуков темперированного строя связаны логарифмической зависимостью, то есть частоты звуков разных интервалов не имеют общего делителя (кроме интервала *прима* и *октава*). Однако оказывается, что звуки, имеющие между собой интервал *квинта* (например *фа-до*), имеют соотношение частот очень близкое к 2 : 3 (различие ухом не воспринимается). Поэтому в инструменте оказалось возможным применить всего семь задающих генераторов (с  $\Gamma_1$  по  $\Gamma_7$ ). Частоты этих генераторов затем делятся так называемыми клавишными генераторами (каж-



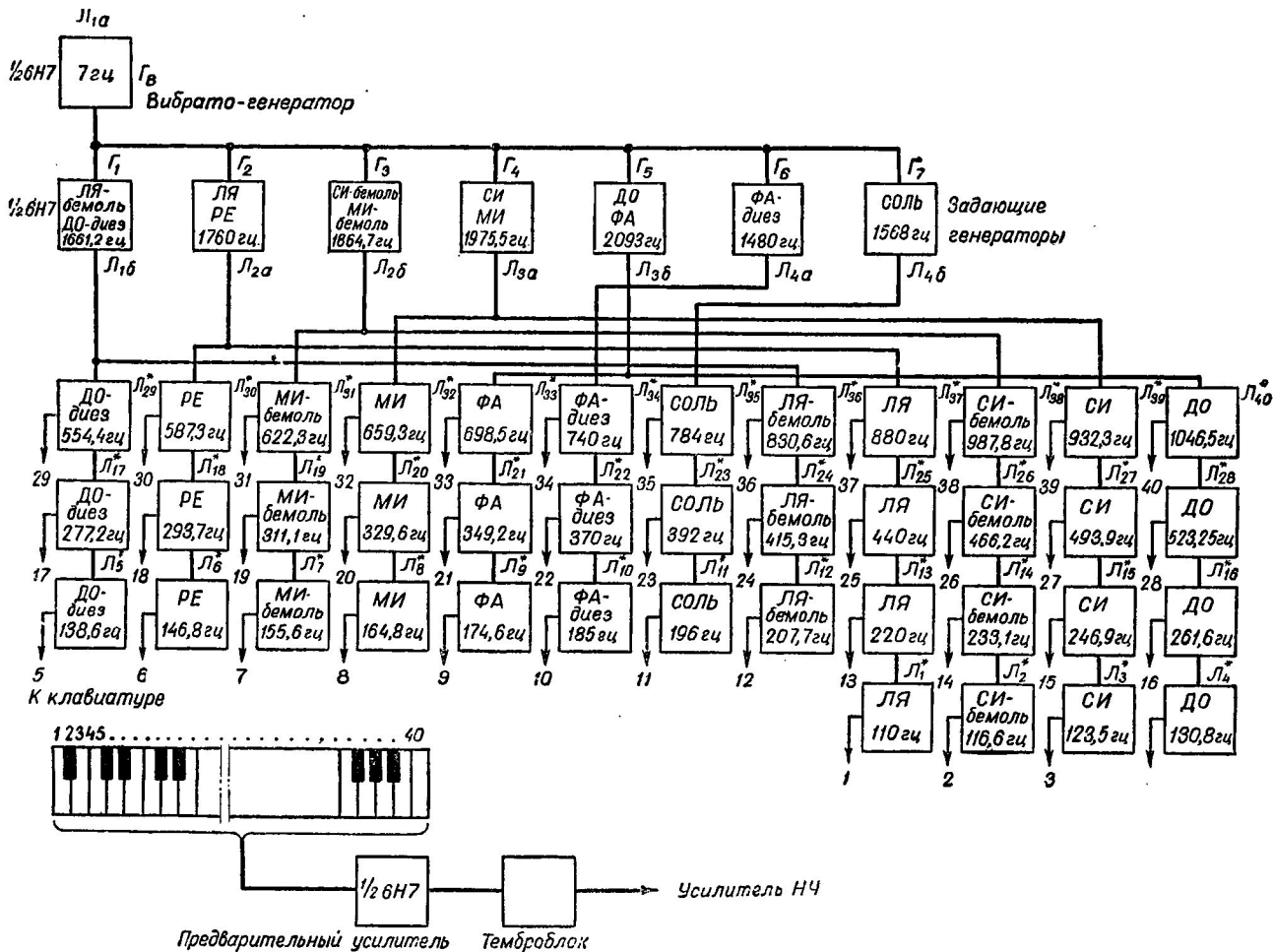


Рис. 1 Блок-схема электромузыкального инструмента.

дой клавише соответствует отдельный генератор. Клавишные генераторы (всего их 40) представляют собой релаксационные генераторы пилообразных колебаний, собранные на неоновых лампах. Клавишный генератор верхней до ( $L_{40}^*$ ), частота всех подсоединенных к нему клавишных генераторов (делителей частоты) будет соответственно меняться (звуки фа и до). Это свойство инструмента позволяет легко подстраивать его под аккомпанирующий рояль в пределах полутона.

Задающие генераторы  $G_6$  и  $G_7$  синхронизируют каждый только один музыкальный звук. Клавишные генераторы на октаву ниже делят частоту верхней октавы на 2. При изменении частоты задающего генератора (например генератора  $G_5$ ), частота всех подсоединенных к нему клавишных генераторов (делителей частоты) будет соответственно меняться (звуки фа и до). Это свойство инструмента позволяет легко подстраивать его под аккомпанирующий рояль в пределах полутона.

Для получения вибрации звука, оживляющей исполнение, применен вспомогательный генератор  $G_8$  с частотой 5—7 гц, который периодически меняет частоту колебаний всех задающих генераторов. Колебания звуковой частоты через контакты клавиатуры поступают в дальнейшем на лампу предварительного усилителя и после него в темброблок (то есть в блок регулировки тембра). Питание всех генераторов производится от общего выпрямителя. Самостоятельного мощного усилителя НЧ описываемый инстру-

мент не имеет. Эстрадные ансамбли, как правило, имеют усилитель для электрогитары и микрофона. Ко входу этого усилителя может быть подключен и описываемый инструмент, напряжение на выходе которого составляет около 200 мв. В домашних условиях может быть использован усилитель НЧ любого радиоприемника.

Принципиальная схема одного из задающих генераторов  $G_5$  и подсоединенных к нему клавишных генераторов приведена на рис. 2. Каждый из задающих генераторов собирается на одной из половин двойного триода 6Н7С. Конденсатор  $C_6$  и сопротивление  $R_9$  образуют фильтр, устраняющий взаимное влияние задающих генераторов. Переменное сопротивление  $R_8$  служит для регулировки глубины вибрации. Глубина вибрации подбирается по вкусу исполнителя в зависимости от характера музыкального произведения.

Схема с фазовращающими ячейками, показанная на рисунке, имеет ту важную особенность, что частота генерируемых колебаний в таком каскаде мало зависит от колебаний питающего напряжения. Настройка частоты задающего генератора производится переменным сопротивлением  $R_{12}$ , с помощью которого частоту генератора можно изменить больше, чем в 2 раза. Для достижения более плавной регулировки, вместо переменного сопротивления  $R_{12}$  (220 ком), желательно использовать переменное сопротивление меньшей величины и включить последовательно с ним по-

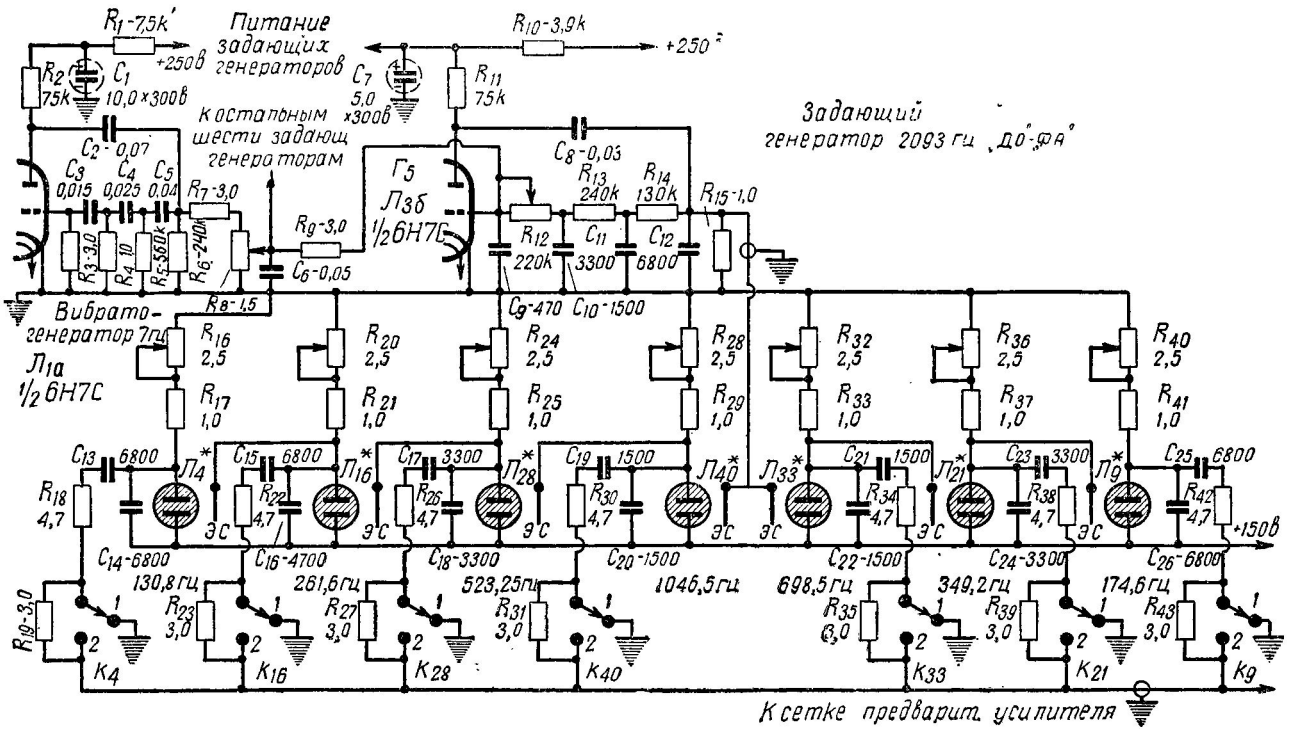


Рис. 2. Принципиальная схема вибратор-генератора, задающего и клавишных генераторов.

стоянное сопротивление, величина которого подбирается при налаживании. Данные остальных деталей у всех задающих генераторов одинаковы. Монтаж задающих генераторов рекомендуется закрывать металлическим экраном.

Во всех клавишных генераторах можно применить неоновые лампочки МН-8 или другие со значительной разницей потенциалов зажигания и потухания и с такой конструкцией, при которой электроды закрывают друг друга. Подстройка частоты этих генераторов осуществляется с помощью переменного сопротивления 2,5 Мом ( $R_{16}$ ,  $R_{20}$ ,  $R_{24}$  и т. д.). Сопротивление 1,0 Мом ( $R_{17}$ ,  $R_{21}$ ,  $R_{25}$  и т. д.) ограничивает величину тока через лампочку в том случае, если величина переменного сопротивления доведена до нуля. Элемент синхронизации ЭС представляет собой несколько витков изолированного монтажного провода, намотанного вокруг стеклянного баллона неоновой лампочки. При монтаже генераторов необходимо проверять, при какой полярности питания неоновой лампочки синхронизация устойчивее (если электроды лампочки разные).

Сопротивление величины 4,7 Мом ( $R_{18}$ ,  $R_{22}$ ,  $R_{26}$  и т. д.) служит для предотвращения срыва колебаний неоновых генераторов при замыкании контакта клавиатуры на землю.

Емкость конденсаторов  $C_{14}$ ,  $C_{16}$ ,  $C_{18}$ ,  $C_{20}$ ,  $C_{22}$ ,  $C_{24}$ ,  $C_{26}$  зависит от типа применяемых неоновых лампочек и величины питающего напряжения. Поэтому перед приобретением этих конденсаторов в магазине следует убедиться перекрывает ли предварительно собранный опытный генератор весь необходимый диапазон частот. Для удобства монтажа емкости конденсаторов у всех групп генераторов на неоновых лампочках выбраны одинаковыми.

Под каждой клавишей установлена группа контактов, состоящая из трех контактных пружин от реле. При нажатии клавиши (рис. 3) происходит переключение в цепи клавишного генератора. При этом колебания с его выхода через сопротивление 4,7 Мом ( $R_{18}$ ,  $R_{22}$ ,  $R_{26}$  и т. д.) и сопротив-

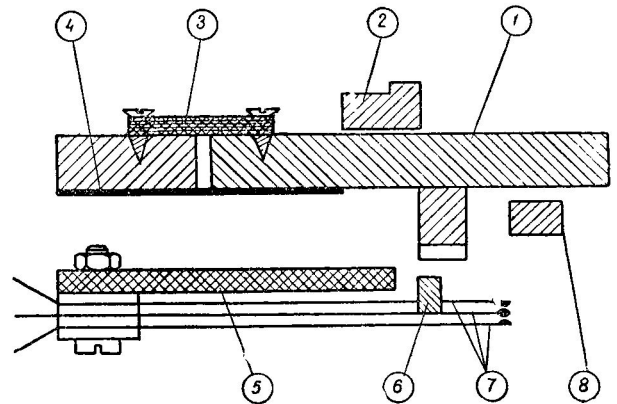


Рис. 3. Устройство клавиатуры в разрезе: 1 — клавиша; 2 — верхняя упорная планка; 3 — пружина из резиновой тесьмы; 4 — гибкая гетинаксовая пластина (приклеивается); 5 — панель контактов клавиатуры; 6 — стержень из изоляционного материала; 7 — контактные пружины; 8 — нижняя упорная планка.

ление 3,0 Мом ( $R_{19}$ ,  $R_{23}$  и т. д.) поступают на сетку предварительного усилителя. Когда переключение цепей заканчивается, сопротивление величины 3,0 Мом ( $R_{19}$ ,  $R_{23}$  и т. д.) замыкается накоротко. При таком двухступенчатом включении создается впечатление более плавного нарастания звука, т. е. смягчается «звуковая атака». Замыкание и размыкание контактов не вызывает заметных переходных процессов и появления щелчков. Контакты клавиатуры необходимо тщательно заэкранировать общим металлическим

экраном. Клавиатура может быть любой конструкции в зависимости от возможностей радиолюбителя.

Так как цепи коммутации клавиатуры ослабляют колебания звуковой частоты, то для более четкой работы темброблока (рис. 4) необходим предварительный усилитель, который тоже может быть собран на одной половине двойного триода 6Н7С ( $I_3$ ).

Темброблок состоит из нескольких фильтров. Переключая различные резонансные контуры и RC-фильтры, можно получить различную окраску звука. Величины конденсаторов и сопротивлений, указанные на рис. 4, могут быть изменены в зависимости от замыслов и вкуса конструктора. Это позволяет подобрать наиболее приятное и выразительное звучание инструмента.

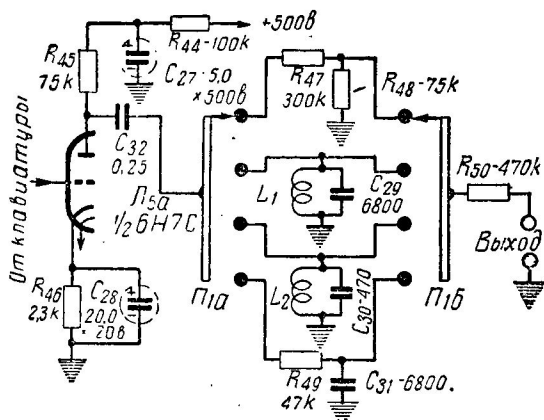


Рис. 4. Принципиальная схема темброблока.

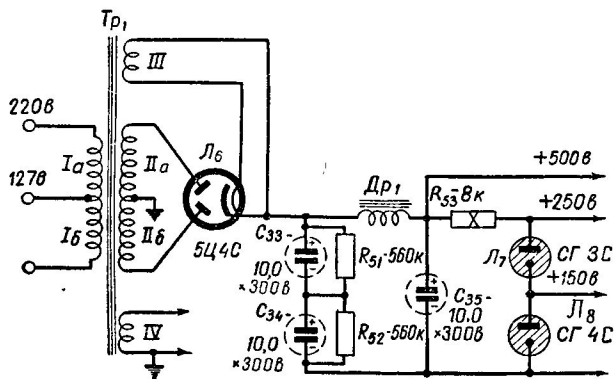


Рис. 5. Принципиальная схема выпрямителя.

Питание всех генераторов и делителей частот производится от стабилизированного напряжения (рис. 5). Для получения двух стабилизированных напряжений (150 в для делителей частоты, и 250 в для задающих генераторов и вибратор-генератора) применено последовательное включение двух газовых стабилитронов СГ-3 и СГ-4 ( $I_7, I_8$ ). С целью увеличения эффективности работы стабилитронов, напряжение на выходе выпрямителя повышено до 500 в. Для этого потребовалось перемотать анодные обмотки силового трансформатора. Вообще же можно использовать

силовой трансформатор от любого приемника на нормальное напряжение, но только тогда уменьшится эффективность действия стабилитронов при больших колебаниях питающего напряжения. Балластное сопротивление  $R_{33}$  должно иметь мощность рассеивания не менее 10 вт. Ток через газовые стабилитроны при нормальном напряжении сети составляет 12—15 ма.

Громкость звучания может регулироваться с помощью ножной педали (рис. 6). Выводные провода от переменного сопротивления, установленного здесь с помощью экранированного провода, подключаются параллельно выходным контактам инструмента. Для удобства переключатель тембра рекомендуется сделать клавишным, используя, например, клавишный переключатель диапазонов какого-либо радиоприемника.

Если соединения выполнены правильно, то все генераторы (как задающие, так и клавишные) должны заработать сразу. Наладивание начинается с настройки задающих генераторов. Затем настраиваются клавишные генераторы

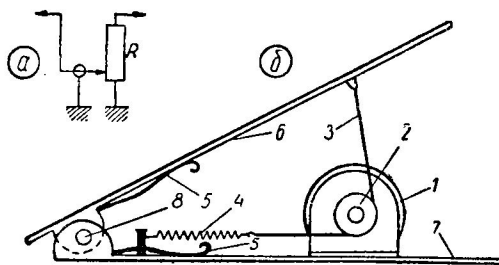


Рис. 6. Устройство педали: 1 — потенциометр, укрепленный на стойке; 2 — шкив; 3 — тросик; 4 — пружина; 5 — спиральная пружина, надтая на ось; 6 — верхняя площадка; 7 — нижняя площадка; 8 — ось.

(делители частоты). Клавишные генераторы могут синхронизироваться на разных частотах. Поэтому следует убедиться в том, что генератор синхронизирован именно на нужной частоте. Сперва настраиваются генераторы с высшей частотой, которые делят частоты задающего генератора на 2 или на 3. Затем настраиваются генераторы на октаву ниже. Когда синхронизация частоты достигнута, ось переменного сопротивления клавишного генератора можно повернуть на некоторый угол, при котором синхронизация будет более устойчивой. Движок переменного сопротивления следует оставить в середине участка устойчивой синхронизации. В дальнейшем перестройки клавишных генераторов не требуется. Задающие генераторы сначала настраиваются грубо по звуковому генератору, а затем более точно под рояль или камертон. На этом, собственно, процесс настройки и заканчивается. В процессе наладивания может оказаться, что некоторые клавишные генераторы не перекрывают нужного диапазона. В этом случае надо изменить величину конденсатора, определяющего постоянную времени клавишного генератора.

Описываемый электромusicalный инструмент может быть использован для исполнения легкой танцевальной музыки в сопровождении контрабаса, гитары и ударных инструментов. Малый вес и небольшие габариты делают этот инструмент удобным для транспортировки, а простота конструкции и применение недефицитных деталей доступным для изготовления радиолюбителем средней квалификации.



# РЕВЕРБАЦИОННЫЙ ВОСПРОИЗВОДЯЩИЙ БЛОК ДЛЯ МАГНИТОФОНА МЭЗ-15

Г. Васильев

В любом закрытом помещении, например в концертном зале, звучание какого-либо музыкального инструмента, певца или оркестра, помимо прямых волн, всегда сопровождается целым рядом отраженных звуковых волн. Последние, проходя путь больший, чем прямые волны, доходят до уха слушателя позже, вызывая тем отчетливое ощущение запаздывания, которое создает слуховое восприятие «пространства».

При прекращении действия источника звука в помещении еще некоторое время слышны затухающие звуковые волны. Это явление остаточного звучания и называется реверберацией. Величина реверберации помещения оценивается временем «стандартной реверберации»\* и измеряется в секундах. Время реверберации является одним из важных акустических показателей помещения, поскольку оно определяет характер звучания.

В помещениях с малой реверберацией музыка звучит сухо, отрывисто, резко. В помещениях с чрезмерно большой реверберацией музыка теряет свою ясность, приобретает неприятную гулкость, а речь теряет разборчивость.

Время оптимальной реверберации для речи и разного рода музыкальных произведений различно и зависит от размеров и акустических особенностей помещения.

Современные студии радиовещания и звукозаписи оснащаются специальными устройствами, позволяющими в каждом отдельном случае подбирать нужное время реверберации. Это достигается, как акустическими средствами — изменением звукопоглощения в студии, так и при помощи специальной аппаратуры, создающей искусственные временные сдвиги в тракте.

В учебительской практике записей трудно достигнуть хороших акустических условий помещений, поэтому записи получаются низкого качества, с измененным характером звучания. Улучшить, обогатить их можно путем введения искусственной реверберации при воспроизведении.

В существующих профессиональных, стационарных магнитофонах воспроизведение звука с магнитных фонограмм осуществляется с помощью одной воспроизводящей магнитной головки кольцевого типа, которая не может изменить характер записанного звука, не может улучшить его качество.

\* Величина стандартной реверберации означает время свободного затухания звуковой энергии в помещении до  $10^{-6}$  ее первоначальной величины.

Много лет увлекается горьковский радиолобитель Г. Васильев конструированием звукозаписывающей аппаратуры. Его конструкции не раз демонстрировались на областных и всесоюзных радиовыставках. Радиолобители до сих пор хорошо помнят созданный им портативный двухдорожечный магнитофон, который демонстрировался на XI всесоюзной радиовыставке. В то время это было новинкой в любительской практике.

На XV всесоюзной радиовыставке внимание многих посетителей привлекла новая работа Г. Васильева — реверберационный воспроизводящий блок для магнитофона «МЭЗ-15», который описывается ниже.

Работая заведующим лаборатории звукозаписи Горьковской консерватории, Г. Васильев старается своим скромным трудом способствовать повышению качества обучения пианистов, певцов, скрипачей. Не случайно студенты и преподаватели консерватории с благодарностью говорят о той помощи, ко-

торую оказывает им лаборатория звукозаписи.

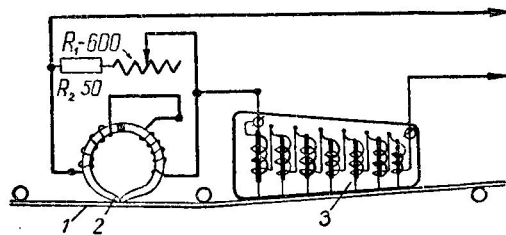
Обычно произведения, исполняемые студентами консерватории, записывались в различные периоды обучения на обыкновенные целлулоидные диски (пластинки). Краткость записи, частые перерывы и качество воспроизведения не отвечали требованиям учебного процесса. На помощь преподавателям пришел Г. Васильев. Он разработал способ механической записи методом резанья-оплавления пластинок прямого воспроизведения (путем высокочастотного нагрева реза). Применение нового метода позволило производить высококачественную микрозапись на целлулоиде. Эффект получился огромный. Можно привести такой пример: чтобы записать оперу «Евгений Онегин» — требовалось более 50 целлулоидных дисков, теперь же их нужно только 5.

Сейчас Г. Васильев задался целью разработать метод сверхмикрозаписи. Он решил добиться длительности звучания одного целлулоидного диска в течение полутора-двух часов. Задача трудная, но тем интереснее будет предстоящая работа.

Описываемый реверберационный воспроизводящий блок дает возможность улучшить качество уже записанного звука. Путем подбора оптимальной

том  $R_1$ , шунтирующим основную головку (см. рис. 1).

Реверберационная многощелевая головка состоит из семи малогабарит-



К усилителю  
воспроизведения

Рис. 1. Схема установки и включения реверберационного блока: 1 — магнитофонная лента; 2 — основная воспроизводящая головка; 3 — реверберационная головка.

реверберации воспроизведение различных музыкальных произведений становится более полным, более красочным и естественным.

Реверберационный блок состоит из обыкновенной воспроизводящей головки (В-01) и реверберационной семищелевой головки. Назначение обыкновенной головки — воспроизводить основные звуковые волны. Назначение реверберационной головки — многократно повторять их через небольшие и постепенно уменьшающиеся интервалы времени. Интенсивность звука повторяемых сигналов также постепенно ослабляется. Плавная регулировка времени искусственной реверберации в блоке осуществляется реоста-

ных самостоятельных магнитных головок с торцевыми (незамкнутыми) пермаллоевыми сердечниками (см. рис. 2). Форма и размеры сердечников показаны на рис. 3. Сердечник изготавливается из пермаллоя размерами  $10 \times 8 \times 0,3$  мм, которая сгибается вдоль и в нее запрессовывается читающий ус, изготовленный из пермаллоевой полоски толщиной 0,05 мм, шириной 1 мм



Таблица 1

Размеры		№ головки
«а» мм	«б» мм	
8,5	11	1
8,0	12	2
6,5	12	3
4,5	11	4
3,0	9	5
2,5	9	6
2,5	8	7

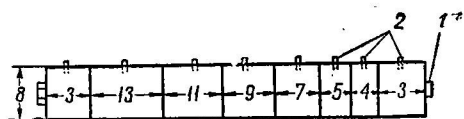


Рис. 2. Реверберационная многоселевая головка: 1 — стягивающий болт; 2 — контакты; 3 — окна для катушек; 4 — сердечники; 5 — катушки; 6 — прокладки толщиной 0,05 мм.

и длиной 8 мм. На каждый сердечник наматывается самостоятельная катушка. Первая катушка имеет 910 витков провода ПЭШО-0,2, вторая — 700 витков ПШО-0,2, третья 525 витков ПШО-0,2, четвертая 420 витков ПЭ-0,18 мм, пятая 315 витков ПЭ 0,15 мм, шестая 210 витков ПЭ-0,1, седьмая 140 витков ПЭ 0,1 мм. Катушки пропитываются парафином и одеваются на сердечники при окончательной сборке.

Корпус реверберационной головки изготавливается из гетинакса, последовательность его изготовления следующая:

1) Выпиливается гетинаксовая пластинка размерами 64×25×8 мм.

2) Производится разметка и выпиливание окон для катушек, согласно таблице 1.

3) Просверливается сквозное отверстие для стягивающего стального болта.

4) Просверливаются отверстия для выводных контактов диаметром 0,5—0,8 мм.

5) Пластика разрезается тонкой фрезой (не толще 1 мм) на 8 частей согласно рис. 2, а при строгом соблюдении параллельности плоскостей разрезов.

6) Отдельные секции корпуса головки стягиваются болтом и подвергаются предварительной шлифовке.

7) Укрепляются контакты, которые могут быть изготовлены из медной проволоки диаметром 0,5—0,8 мм.

8) Корпус вновь разбирается, вставляются сердечники, катушки, прокладки. Головка собирается и тщательно полируется с торцевой стороны (где проходит лента).

Рабочая передняя плоскость головки должна ровно обгибаться магнитофонной лентой. Перпендикулярность читающих щелей регулируется одним

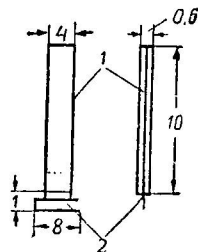


Рис. 3. Сердечник многоселевой головки: 1 — основной сердечник; 2 — читающий ус.

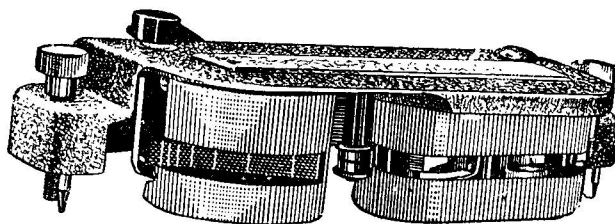


Рис. 4. Внешний вид реверберационного блока.

винтом (соответственно регулировке воспроизводящей головки в блоке).

Основная головка устанавливается на место записывающей головки, реверберационная на место воспроизводящей (см. рис. 4). Крепление ее к подвижной площадке осуществляется винтом либо клеем БФ-2.

Общая индуктивность реверберационной головки 6 мГн, общая индуктивность блока — 62 мГн.

Экранировка реверберационной головки осуществляется одним наружным пермалловым экраном.

Для магнитофонов со скоростью протечивания 385 мм/сек в случае применения описанного блока необходимо подобрать положение реоттата  $R_1$ . Можно изготовить подобный блок для скорости 192 мм/сек. В таком блоке расстояние между щелью основной головки и первой щелью реверберационной головки должно быть 15—18 мм.

**От редакции:** Недостатком описанного реверберационного блока является способ регулировки времени реверберации — шунтированием основной головки. Это приводит к понижению ее чувствительности и снижению общего уровня передачи, особенно заметного при максимальном времени реверберации, которое является оптимальным при воспроизведении больших симфонических оркестров. Поэтому регулировка времени реверберации должна всегда сопровождаться подбором уровня передачи, что в эксплуатации весьма неудобно. Однако простота и достаточ-

ная эффективность конструкции дают возможность рекомендовать ее для применения в практике.

Тов. Замсон из г. Рахова просит сообщить частотные диапазоны музыкальных инструментов и человеческого голоса.

Ответ. Частотные диапазоны основных музыкальных инструментов и человеческого голоса приведены в таблице 4.

Таблица 4

Музыкальный инструмент	Диапазон частот в гц	Музыкальный инструмент	Диапазон частот в гц
Барaban	80—4000	Труба	170—8000
Литавры	90—13000	Фагот	70—10000
Цимбалы	400—12000	Кларнет	140—11000
Контрабас	50—8000	Габой	230—13000
Виолончель	80—12000	Флейта	240—13000
Рояль	30—8000	Орган	16—8000
Скрипка	200—13000	Мужской голос	100—8000
Тромбон	100—7000	Женский голос	200—10000

Тов. Яськов из г. Мелитополя просит сообщить, каким частотам соответствуют основные музыкальные звуки.

Ответ. Темперированная шкала частот приведена в табл. 3. Темперирование — установление точных звуковысотных отношений в музыкальной системе. Принятая в современной музыке равномерная температура делит октаву на 12 промежутков (полутонов) равной величины.

Таблица 3

Октавы								Звук
суб-контр-октава	контр-октава	большая	малая	первая	вторая	третья	четвертая	
Частота, гц								
16,35	32,7	65,41	130,81	261,63	523,25	1046,5	2093	До
17,32	34,65	69,3	138,59	277,18	554,37	1108,73	2217,46	До диез
18,35	36,71	73,42	146,83	293,66	587,33	1174,66	2349,32	Ре
19,45	38,89	77,78	155,56	311,13	622,25	1244,51	2489,02	Ре диез
20,6	41,2	82,41	164,81	329,63	659,26	1318,51	2637,12	Ми
21,83	43,65	87,31	174,61	349,23	698,46	1396,91	2793,83	Фа
23,12	46,25	92,5	185	369,99	739,99	1479,98	2959,96	Фа диез
24,5	49	98	196	392	783,99	1567,98	3135,96	Соль
25,96	51,91	103,83	207,65	415,3	830,61	1661,22	3322,44	Соль диез
27,5	55	110	220	440	880	1760	3520	Ля
29,14	58,27	116,54	233,08	466,16	932,33	1864,66	3729,31	Си бемоль
30,87	61,74	123,47	246,94	493,88	987,77	1975,53	3951,07	Си

*На четвертой странице обложки: Посетители 15-й Всесоюзной радиовыставки осматривают экспонаты в отделе звукозаписывающих устройств.*

*Фото Е. Фадеева*





62