

ПРЕДВЕСТИК ЦУНАМИ

Моделист-конструктор 2000 №12

Населению океанических побережий издавна известны люди, точно предсказывающие разрушительные ураганы и цунами - гигантские волны, возникающие в результате сильных подводных землетрясений или извержений вулканов. В средневековье таких предсказателей обвиняли в связях с нечистой силой и подвергали преследованиям, а то и жесточайшим пыткам.

Много позже, когда суеверия были потеснены наукой, учёные заинтересовались непонятным феноменом. Оказалось, что многим грозным явлениям природы предшествует распространение в океанской толще и земной тверди механических колебаний, частота которых исчисляется несколькими единицами Герц. Переходя в воздушную среду, эти сотрясения становятся так называемым ИЗ - инфразвуком (от латинского *infra* - под), практически не слышимым подавляющим числом людей. Оно и понятно, ведь человеческое ухо воспринимает как звук лишь упругие колебания воздуха с частотой 20-20000 Гц.

Однако некоторые животные (в частности, медузы и некоторые виды аквариумных рыбок, культивируемых в Японии) способны чутко реагировать на ИЗ. Да и сам человек, строго говоря, не безразличен к инфрочастотным колебаниям воздуха, опосредованно воспринимая их порой как безотчётное беспокойство или смятение. Известны, например, исследования американского учёного Р.Вуда, «запускавшего» инфразвук в ходе театрального спектакля. При этом многие непосвящённые зрители ощущали

тревогу и даже страх. Однако колебания той же природы, привносимые в тридцатые-сороковые годы нашим талантливым изобретателем Л.Терменом в ходе исполнении музыкальных произведений оркестром под управлением Л.Стоковского, приводили к противоположному результату. Восторженные слушатели воспринимали «обогащённые» инфразвуком концерты с необычайно высоким эстетическим наслаждением.

Таким образом, влияние инфрачастотных колебаний воздуха на человека подобно палке о двух концах. Стало быть, и практический интерес к ИЗ подогревается (даже при исключении глобальных проблем, связанных с ранним предупреждением о землетрясениях и цунами), как минимум, двумя побудительными обоснованиями.

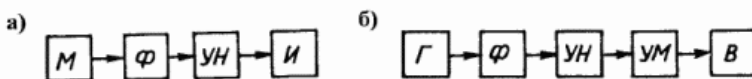
Суть первого - в необходимости регистраторов ИЗ, то есть особых приёмных устройств для обнаружения инфрачастотных, провоцирующих душевный дискомфорт колебаний воздуха. Подтверждением этому может служить собственный жизненный опыт каждого человека: когда причина беспокойства установлена, её действие ослабевает или сходит на нет. К тому же всё больше людей приходит к неминуемому выводу: неблагоприятную среду можно и нужно улучшать, делая её со временем безвредной для человека и общества, что приобретает особую актуальность, когда речь заходит об ИЗ техногенного происхождения.

Суть второго направления - в создании аппаратов индивидуального пользования, дозировано «подмешивающих» инфразвук к прослушиваемой музыке. Способствуя её углублённому восприятию, такие источники ИЗ будут создавать эффект сопереживания, регулируя глубину возникающих

душевных чувств и настроения в соответствии со вкусами и запросами слушателей.

В общем случае структурные схемы подобных устройств можно представить в виде совокупности функциональных узлов, реализовать которые поможет радиоэлектроника.

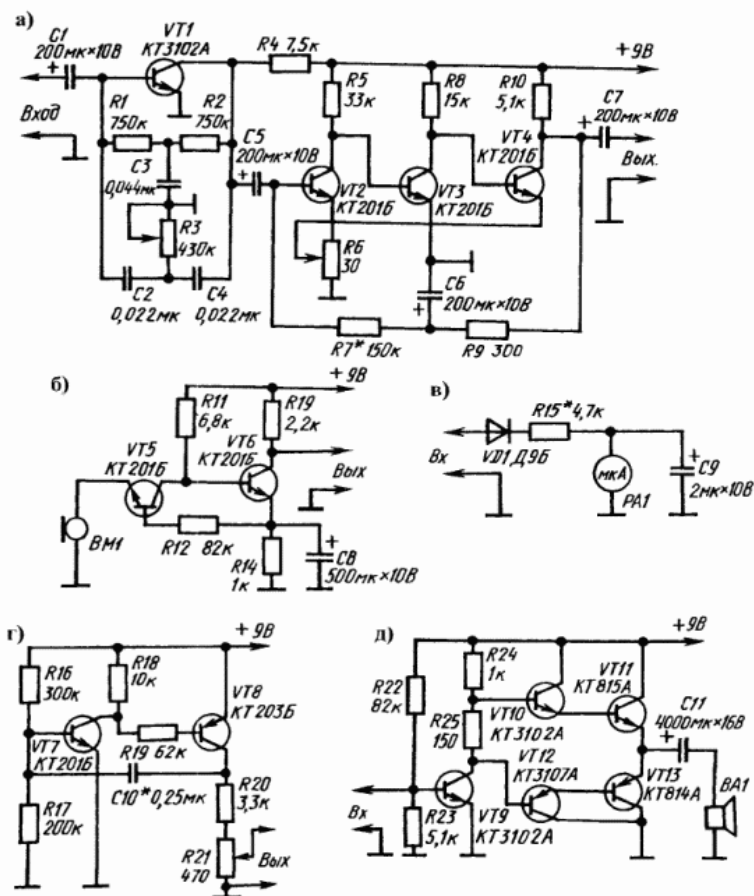
Очевидно, что наипервейшей задачей регистратора ИЗ должно стать преобразование дозвуковых колебаний воздуха в электрические сигналы той же частоты. С этим вполне сможет справиться высокочувствительный микрофонный узел М на входе электронного приёмного устройства. А чтобы тут же отсеять всякого рода шумы (например, интенсивные уличные), способные замаскировать присутствие или отсутствие колебаний инфразвуковой частоты ИЗЧ, нужен фильтр Ф. Поскольку и без того не слишком сильный микрофонный сигнал ослабнет после такого «сита», необходим усилитель напряжения УН, к выходу которого уже можно подключить узел индикатора И.



Структурные схемы приёмника-регистратора (а) и источника инфразвука (б); пояснение условных обозначений - в тексте.

Самодельный источник ИЗ также не сможет обойтись без последовательности электронных Ф и УН, на вход которых будут поданы П-образные импульсы от генератора Г, содержащие колебания ИЗЧ, а к выходу присоединён усилитель мощности УМ с вибратором-излучателем В в качестве нагрузки. Очевидно, что общие для обоих устройств узлы в целях унификации целесообразно сделать одинаковыми. Например,

по принципиальной электрической схеме с активным фильтром, выполненным на полупроводниковом триоде VT1, в цепь обратной связи которого включён двойной Т-мост (образован резисторами R1-R3, а также конденсаторами C2-C4), и усилительными каскадами на транзисторах VT2-VT4.



Принципиальные электрические схемы унифицированной пары «фильтр - усилитель напряжения» (а), узлов микрофона (б) и индикатора (в) приёмника, а также генератора (г) и усилителя мощности (д) источника инфразвука; нумерация радиодеталей - сквозная.

Диапазон частот, для которого данный фильтр оказывается практически «прозрачным», является симметричным относительно 10 Гц. Но здесь предусматривается возможность корректировки в ту или иную сторону переменным резистором R3. Проходящие через такое «сито» колебания ИЗЧ поступают на усилитель напряжения, где в общей эмиттерной цепи транзисторов VT2 и VT4 имеется свой «переменник» R6. Изменяя величину этого резистора, можно в широких пределах варьировать коэффициент усиления каскадов, а также входное сопротивление всего УН в целом.

Если унифицированной паре Ф-УН предстоит работать в приёмнике ИЗ, то к её входу должен подсоединяться, как уже отмечалось, микрофонный узел. Изготавливается он на основе промышленной электродинамической головки ВМ1 (правда, слегка модернизированной). Каскад на транзисторе VT5, включённый по схеме с общей базой, согласовывает низкое сопротивление катушки такого микрофона с входным сопротивлением предварительного усилителя, собранного на транзисторе VT6, с коллектора которого и снимаются колебания ИЗЧ для подачи на фильтр Ф.

К выходу же УН приёмника подключается узел индикатора с чувствительным стрелочным микроамперметром РА1. Диод VD1 выпрямляет усиленный сигнал, предотвращая вибрацию стрелки. А конденсатор С9, подзаряжающийся при поступлении однополупериодных импульсов, делает показания индикатора более заметными, «масштабными».

В источнике ИЗ со входом фильтра непосредственно связан генератор, выполненный по схеме несимметричного мультивибратора, а с выходом УН - усилитель мощности УМ. Для

корректировки частоты следования генерируемых импульсов предусмотрен подбор ёмкости конденсатора С10; переменный же резистор R21 предназначен для регулировки уровня колебаний ИЗЧ, поступающих на фильтр.

В усилителе мощности транзистор VT9 служит фазоинвертором, который поочередно, в строгом соответствии с фазой сигнала, управляет составными транзисторами VT10-VT11 и VT12-VT13, имеющими разный тип проводимости. Попеременно отпирающиеся плечи выходного каскада вызывают протекание переменного тока через излучатель инфразвука ВА1, изготавливаемый, подобно микрофону ВМ1, на базе слегка видоизменяемой промышленной электродинамической головки.

Теперь настало время рассказать об этих доработках подробнее. Дело в том, что располагающие небольшой излучающей поверхностью привычные электродинамические головки не способны сколько-нибудь заметно взаимодействовать на дозвуковых частотах с воздухом - тот свободно обтекает их небольшие диффузоры. И ведь именно заботой об эффективном воспроизведении низких звуковых частот порядка 20 Гц, а ничем иным, обуславливается тот факт, что динамик, например, типа 300ГДН1 имеет довольно-таки существенные размеры: 315х130 мм.

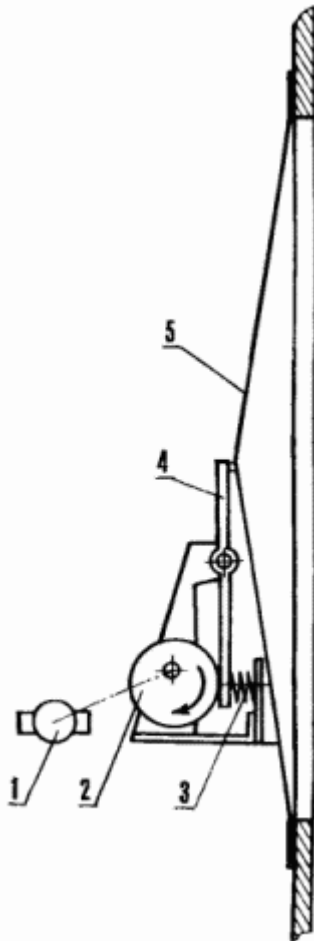
Конечно же, для восприятия или излучения колебаний в диапазоне, хотя бы мало-мальски приближающемся к инфразвуковой области частот, требуется достаточно крупный (не менее 300 мм в диаметре) диффузор. Например, «тарелка» довоенного громкоговорителя или даже самодельная склейка-конус из добротного ватмана. При соединении такого «приставника» картонной

трубкой со штатным диффузором (от работоспособного динамика) или со звуковой катушкой типовой динамической головки получается неказистая на вид, но вполне приемлемая конструкция для проведения любительских экспериментов на частотах, вплотную примыкающих к ИЗ. С оснащением аппаратуры более приспособленными к инфразвуку микрофоном и излучателем открывается широкое поле для углублённых исследований.

Небезынтересно, видимо, использовать в качестве излучателя колебаний ИЗЧ конструкцию, обходящуюся вообще без радиоэлектронных узлов. Её кинематическая схема включает в себя электродвигатель (например, от магнитофона), а также вращающийся, насаженный на ось с эксцентриситетом диск, к краю которого пружиной либо пористой резиной прижат рычаг коромысла. Другой рычаг коромысла связан с вершиной большого диффузора (мембраной). Благодаря эксцентриситету диск при своём вращении заставляет коромысло качаться взад-вперёд, попеременно толкая или притягивая конус, излучающий ИЗ.

Для получения упругих колебаний воздуха с частотой примерно 13 Гц диск в конструкции механического излучателя должен вращаться со скоростью 780 об/мин. При этом величину эксцентриситета и размеры коромысла следует выбирать такими, чтобы амплитуда периодических подёргиваний вершины диффузора была не менее 1 мм.

Кинематический схема электромеханического излучателя инфразвуков:



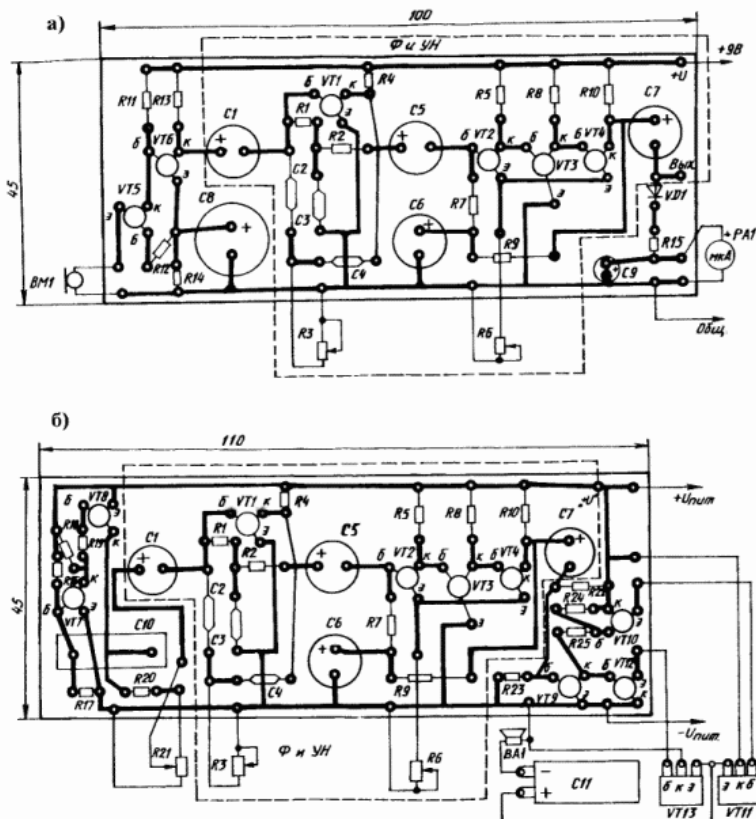
1 - электродвигатель; 2 - диск, насаженный на ось с эксцентриситетом; 3 - пружина; 4 - коромысло; 5 - диффузор на отражательной доске.

К экспериментам с использованием электронных узлов можно приступать, изготовив их в виде рабочих макетов. Это позволяет тут же вносить коррективы в принципиальную электрическую схему и топологию печатных плат.

Центральное место на плате приёмника ИЗ из фольгированного текстолита или гетинакса

занимает уже упоминавшаяся унифицированная пара Ф-УН, к которой добавляются лишь микрофонный и индикаторный узлы. Топология же печатной платы источника инфразвука отличается пайкой генератора вместо микрофонного узла, установкой усилителя мощности УМ и заменой индикатора с относящимися к нему электрическими цепями на сравнительно мощную нагрузку - излучатель ИЗ. Причём выходные транзисторы VT12 и VT13 крепятся винтами на плоских алюминиевых радиаторах размерами 50x40x3 мм, размещающихся вдоль платы друг против друга.

В обоих ИЗ - устройствах можно применять постоянные резисторы МЛТ-0,25, переменные типа СП-0,4 или им подобные. «Переменники» устанавливаются на футляре и снабжаются регулировочными ручками. Конденсаторы С2-С4 типа КЛС, С10 - К73-15 или МБМ, электролитический С11 - К50-12, а остальные - К50-6. В качестве микроамперметра РА1 подходит магнитофонный индикатор уровня записи М476М.



Топологии печатных плат воспринимающего (а) и излучающего инфразвук (б) самодельных устройств; монтаж унифицированной пары «фильтр-усилитель напряжения» выделен штриховым контуром.

Рекомендуемые типы полупроводниковых приборов указаны на принципиальных электрических схемах. Для переделки в ИЗ - микрофон и излучатель можно воспользоваться динамическими головками соответственно 0.25ГДШ101-50 и 2ГДШ7. Источником электроэнергии приёмному устройству послужит гальваническая батарея типа «Кроны», но с большей электроёмкостью, в то время как источник инфразвука лучше питать от 9-вольтового адаптера, подключённого к бытовой сети.

Для нормальной работы усилителя мощности необходимо, чтобы ток покоя транзисторов VT11 и VT13 (при отсутствии сигнала на входе) находился в пределах 5-10 мА, а напряжение на их эмиттерах равнялось половине номинала источника питания. Первое достигается корректировкой сопротивления резистора R25, второе - резистора R22. Делаемая частота генератора получается подбором ёмкости C10.

Ход и результаты настройки необходимо контролировать осциллографом. Работу приёмного устройства при отлаженном генераторе проверять, располагая ИЗ - микрофон на минимальном расстоянии от излучателя. Рекомендуется при этом устанавливать потенциометр R21 генератора в верхнее положение, которому соответствует максимум выходного сигнала, а переменный резистор R6, регулирующий усиление УН, на нулевое значение сопротивления. «Переменником» R3 осуществляется «приборный» поиск сигнала от излучателя.

В отсутствие осциллографа настройку системы можно выполнять как бы на ощупь. Включив для этой воспроизведение басовитой органной музыки, надо «уловить» её по показанию индикатора, предварительно уменьшив раз в пять номиналы резисторов R1, R2 в фильтре и ёмкость конденсатора C9 в генераторе. Затем, уравнивая звуковые частоты, при которых получается совместная работа, следует перевести (одновременным пропорциональным увеличением указанных номиналов) передающее и приёмное устройства на работу в дозвуковой области частот.

П.ЮРЬЕВ
