



И. Спижевский

УГОЛЬНЫЕ МИКРОФОНЫ

Всем конечно известно, какую важную роль играет микрофон в радио и в проводочной связи. Вспомним, насколько плохо в смысле естественности звучания работали радиотелефонные станции в первые годы радиовещания. Все шумы, трески и искажения речи и музыки, сопровождавшие тогда радиопередачи, в большой степени зависели от несовершенства применявшихся в то время микрофонов. Повысить до современного уровня художественность и естественность звучания радиопередач удалось главным образом лишь благодаря успехам, достигнутым в области усовершенствования конструкций микрофонов.

Несомненно и дальнейшие успехи в этой области будут во многом зависеть от совершенствования микрофона.

Современный микрофон, применяющийся в радиовещании, был создан не сразу. Развитие и усовершенствование этого прибора шло довольно медленно на протяжении более полувека. Крупных же успехов в этой области удалось достигнуть лишь в течение последних 10—12 лет, т. е. в период развития радиовещания, выдвинувшего перед техникой ряд совершенно новых требований в отношении усовершенствования микрофона.

Прежде чем приступить к ознакомлению с устройством и принципами действия микрофонов новейшего типа, проследим бегло весь путь развития микрофона.

Считают, что первый угольный микрофон был разработан в 1878 г. профессором Юзом. Но

Статья И. Спижевского представляет собой обзор всех существующих в настоящее время типов микрофонов, употребляемых в радиовещании.

В ближайших номерах журнала редакция намеревается поместить ряд статей, детально освещающих принципы действия, конструкции и характеристики современных высококачественных микрофонов.

впервые человеческая речь была передана электрическим путем по проволоке на расстояние и отчетливо услышана на приемном пункте на несколько лет раньше знаменитым изобретателем проводочного телефона Александром Беллом.

Белл в своих опытах пользовался электромагнитным микрофоном, одновременно служившим и телефонной трубкой.

Принципиальное устройство микрофона Юза заключалось в следующем. Небольшой угольный стержень заостренными своими концами помещался между двумя угольными кубиками, служившими контактами микрофона. В этих контактах

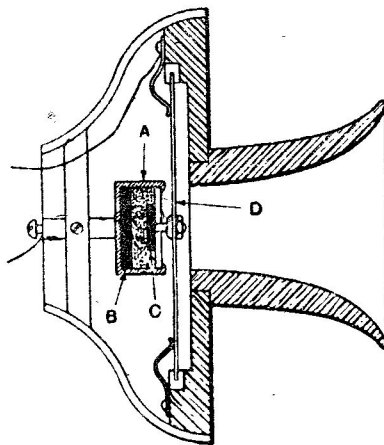


Рис. 2. Микрофон современного типа, применяющийся в домашних телефонных аппаратах

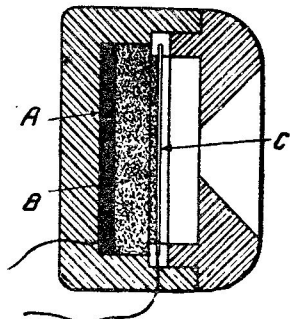


Рис. 1. Угольный микрофон Гуммингса: А—угольный электрод, В—слой коксовых шариков, С—диафрагма

имелись углубления (гнезда), в которые и входили концы угольного стержня. К контактам присоединялась телефонная сеть с последовательно включенными батареей и телефоном. Угольный стержень был связан с туго натянутой диафрагмой. При поступлении в микрофон звуковых волн угольный стержень начинал колебаться, отчего изменялась сила давления его концов на угольные контакты, а следовательно, изменялась и величина переходного сопротивления, в этих точках. Изменение же величины сопротивления вызывало колебания силы тока, протекающего из батареи через микрофон и телефон, в результате чего мембрана

телефона начинала совершать точно такие же колебания, как и угольный стержень микрофона. Таким образом телефон воспроизводил те звуки, которые произносились перед микрофоном.

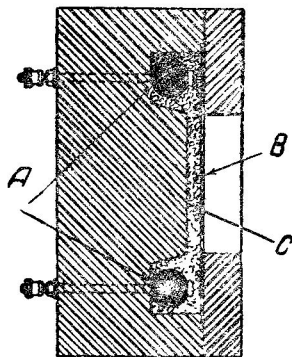


Рис. 3. Позднейший тип угольного микрофона: А — угольные контакты, В — слюдяная диафрагма, С — угольный порошок

Вскоре затем появился микрофон конструкции Гуммингса (рис. 1). В этом микрофоне вместо угольного стержня был применен порошок, состоящий из мелких шариков кокса, насыпанный в небольшую камеру. У задней стенки этой камеры находился угольный электрод, а спереди камера закрывалась тонкой платиновой диафрагмой. Телефонная сеть присоединялась одним концом к самой диафрагме, а другим — к угольному электроду микрофона. Таким образом ток в микрофоне протекал через порошок кокса. Микрофон Гуммингса интересен тем, что, как это вытекает из его конструкции, он был прототипом современного угольного микрофона.

Правда, усовершенствование его конструкции потребовало многих лет упорного и кропотливого

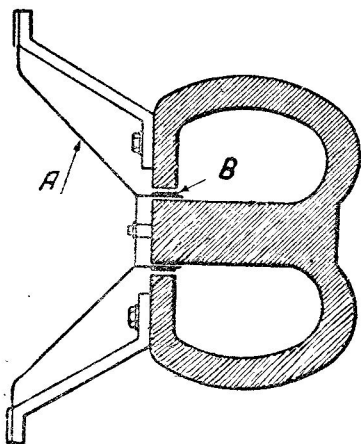


Рис. 4. Электромагнитный микрофон. А — коническая диафрагма, В — подвижная катушка

труда. Современный угольный микрофон, применяющийся в проволочной телефонии, по своей конструкции хотя и не похож на своего предка, но

все-таки его устройство и работа основаны на принципах, предложенных Гуммингсом. На рис. 2 дан разрез одного из современных микрофонов, применяющихся в телефонных аппаратах.

Здесь собственно микрофон состоит из маленького латунного цилиндра (камеры) А, на дне которого помещен угольный электрод (пластинка) В. Передняя сторона цилиндра закрыта слюдяной пластинкой, к внутренней стороне которой прикреплен подвижной угольный электрод С. Внутренняя часть (камера) цилиндра наполнена мелким угольным порошком.

Такой миниатюрный микрофон обычно именуют микрофонным капсюлем. Электрод С при помощи металлического штифта жестко связан с большой диафрагмой D микрофона. Телефонная сеть присоединяется одним концом к угольному электроду В, а другим — к диафрагме D. Как видим, по принципу устройства обычный современный угольный микрофон мало чем отличается от микрофона Гуммингса. Правда, в настоящее время имеется очень много вариантов конструкции такого микрофона, но основные принципы устрой-

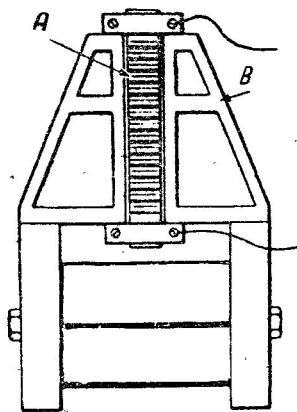


Рис. 5. Электромагнитный микрофон ленточного типа: А — гофрированная металлическая фольга, В — полюсные наконечники магнита

ства одинаковы. Следующей разновидностью угольного микрофона является тип, показанный на рис. 3.

В таком микрофоне электрический ток протекает через всю длину слоя угольного порошка, так как его контакты расположены по краям этого слоя. Мембрана этого микрофона не соединяется с цепью батареи. Она делается из непроводящего ток материала — обычно из слюды. Назначение мембраны сводится лишь к тому, чтобы передавать угольному порошку те давления, которые она испытывает от воздействия воздушных волн.

Микрофоны такой конструкции (мраморные микрофоны типа ММ-1, ММ-5 и др.) выпускает и наша электропромышленность. Недостаток этих микрофонов состоит в том, что они обладают сравнительно высоким сопротивлением, а следовательно, и низкой отдачей, но зато их рабочая характеристика значительно лучше, чем у капсюльных микрофонов.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МИКРОФОНЫ

Несмотря на все усовершенствования, угольный микрофон по целому ряду причин мало пригоден для использования в радиовещании. Основной его недостаток — это сравнительно большой уровень шумов, получающийся при передаче. Поэтому с первых же дней развития радиотелефонии велись исследования как в направлении дальнейшего усовершенствования угольного микрофона, так и разработки микрофонов новых типов.

Вначале были разработаны и применялись на практике так называемые магнетофоны, т. е. электромагнитные микрофоны. По принципу своего

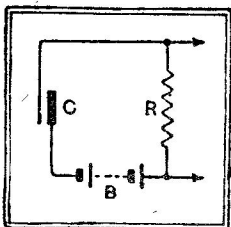


Рис. 6. Принципиальная схема контура с конденсаторным микрофоном: С — конденсаторный микрофон, R — сопротивление, В — батарея

устройства и внешнему виду они напоминали собою миниатюрный громкоговоритель с подвижной катушкой. Этого типа магнетофоны работали значительно лучше угольных микрофонов. Современные магнетофоны по своей конструкции заметно отличаются от изображенного на рис. 4

экземпляра, но принцип их устройства в основном остается тот же. В современных типах магнетофонов нередко вместо катушки применяется куполообразная диафрагма.

В этом микрофоне вместо подвижной катушки используется легкая гофрированная металлическая лента, помещенная в магнитное поле постоянного магнита или электромагнита. Своими концами эта лента прикрепляется к краям полюсов магнита. У первых образцов этого типа микрофонов оставались открытыми для действия звуковых волн обе стороны ленты; затем был разработан новый тип, у которого лента была открыта только с одной стороны. С другой же стороны ленты находилось акустическое сопротивление, назначение которого заключалось в том, чтобы поддерживать на этой стороне ленты постоянной величину давления звуковых частот, лежащих за верхним пределом рабочего диапазона.

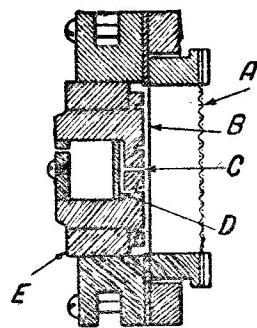


Рис. 7. Разрез конденсаторного микрофона: А — сетка, В — диафрагма, С — воздушный канал, D — компенсационная диафрагма, Е — изоляционный вкладыш

Идеальным видом акустического сопротивления служат длинная трубка, но так как такое приспособление является очень громоздким, то обычно применяются специальной конструкции короткие трубки, нередко свертываемые и помещаемые в ящике под микрофоном.

Принципиальное устройство ленточного микрофона изображено на рис. 5.

При очень легкой и жесткой металлической лен-

те, как например алюминиевая гофрированная фольга, собственные частоты лежат практически вне диапазона звуковых частот. Высокие звуковые частоты вплоть до 10 000 пер/сек и выше такой микрофон воспроизводит безукоризненно.

Действие ленточного микрофона основано на следующем общеизвестном принципе. Так как лента представляет собой провод, движущийся в щели магнита перпендикулярно его полю и пересекающий это поле под прямым углом, то в этом проводнике будет возбуждаться электродвижущая сила. Недостатком ленточного микрофона является то, что эта электродвижущая сила слишком мала и поэтому приходится применять после микрофона очень большое усиление.

В специальных образцах микрофонов этого типа применяется лента, составленная из многих отдельных кусков, соединенных между собой последовательно, и укрепленная между краями полюсов одной общей магнитной системы.



Рис. 8. Принципиальное устройство пьезоэлектрической ячейки

Такой микрофон обладает большим сопротивлением и отдачей и более высокой чувствительностью, причем не исключается возможность применения соединительных проводов между микрофоном и трансформатором общей длиной в несколько метров.

При всех своих недостатках электромагнитные микрофоны работают значительно лучше угольных микрофонов.

КОНДЕНСАТОРНЫЕ МИКРОФОНЫ

Почти одновременно с электромагнитным микрофоном был разработан и микрофон конденсаторного типа. Правда, эксперименты в этом направлении велись в течение целого ряда лет, но создать конденсаторный микрофон, пригодный для практических целей, удалось сравнительно недавно. Работа конденсаторного микрофона основана на изменении его емкости под воздействием звуковых волн. По принципу устройства такой микрофон представляет собою двухпластинчатый конденсатор, одна из пластин которого неподвижна, а другая может колебаться.

Принципиальная схема такого микрофона показана на рис. 6. Конденсаторный микрофон, как видно из этой схемы, состоит из конденсатора С, последовательно с которым включается батарея В и омическое сопротивление R.

Принцип действия такой схемы следующий. Когда подвижная пластина микрофона неподвижна, в контуре отсутствует ток. Но как только на микрофон начнут действовать звуковые волны, подвижная пластина конденсатора С начнет колебаться, отчего будет изменяться величина емкости этого конденсатора.

Так как батарея B поддерживает постоянное напряжение на пластинках этого конденсатора, то при каждом изменении величины емкости конденсатора C из батареи или в батарею будет протекать через сопротивление R меньшей или большей силы ток заряда или разряда этого конденсатора.

Понятно, что в сопротивлении R будет получаться переменное падение напряжения, причем величина его будет пропорциональна силе зарядного тока.

Таким образом во время работы этого микрофона на концах сопротивления R непрерывно будет действовать э.д.с. переменной величины. Ча-

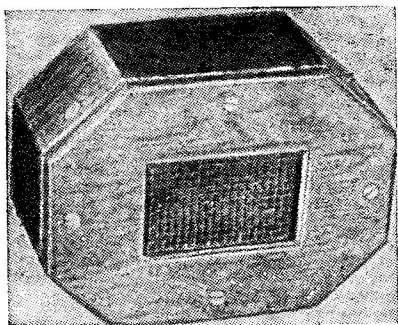


Рис. 9. Самодельный микрофон типа MM-1

стота и характер изменения величины этой э.д.с. будут в точности совпадать с частотой и характером колебаний подвижной пластины конденсатора C .

Конечно величина электродвижущей силы, действующей на концах сопротивления R , будет очень мала, но ее можно повысить обычным способом — при помощи лампового усилителя. Основным преимуществом конденсаторного микрофона является то, что его собственные частоты могут быть сдвинуты за верхний предел полосы звуковых частот. Практически это осуществляется путем применения в качестве подвижной пластины очень легкой и туго натянутой мембраны.

Недостатком его является то, что на концах сопротивления R действует слишком малая э.д.с., и поэтому после микрофона приходится применять очень большое усиление. Кроме того слой воздуха, находящийся между обеими пластинками конден-

сатора C , оказывает сопротивление колебаниям диафрагмы микрофона и этим самым понижает чувствительность микрофона. Для устранения этого влияния в позднейших образцах конденсаторного микрофона начали применять перфорированную (с отверстиями) неподвижную пластину.

В некоторых же конструкциях, наоборот, слой воздуха, находящийся между пластинками конденсаторного микрофона, был использован для устранения резонанса диафрагмы. С этой целью в микрофоне за неподвижной его пластиной оставалась воздушная камера; в самой же пластине имелись углубления и сквозной канал для прохождения воздуха. Конструкция такого конденсаторного микрофона показана на рис. 7.

ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МИКРОФОН

В последние годы был разработан нового типа микрофон, обладающий исключительно высокими качествами. Это так называемый пьезоэлектрический или кристаллический микрофон. В основу действия этого микрофона положены совершенно новые принципы. Давно было известно, что если кристаллы кварца и в особенности сегнетовой соли подвергать давлению, то на них возникают электрические заряды, величина которых зависит от силы давления. Это явление называется пьезоэлектрическим эффектом.

На этом эффекте и было основано устройство пьезоэлектрического микрофона, в котором применяется целая серия отдельных маленьких пьезоэлектрических ячеек, соединенных между собою последовательно или параллельно. Схематическое устройство такой пьезоэлектрической ячейки (в увеличенном виде) показано на рис. 8.

Достоинством пьезоэлектрического микрофона является хорошая частотная характеристика; кроме того он обладает очень высокой чувствительностью и может включаться непосредственно в цепь сетки лампы усилителя. Параллельно микрофону включается сопротивление, через которое подается смещающее напряжение на сетку лампы.

Пьезоэлектрический микрофон несомненно в ближайшее время получит самое широкое применение.

Как видим, путь развития микрофона был очень длинным и трудным. Наибольших успехов в этом направлении достигли лишь в течение последнего десятилетия, т. е. в период развития радиовещания, предъявившего к микрофону очень жесткие требования.

Рис. 10. I — один из первых типов угольного микрофона, II — магнетон, III — ленточный микрофон

