

ГОЛОС ВОЛШЕБНОЙ СТРАНЫ («ПРОБЛЕМА СЕТИ»)

Кульский А.Л., к.т.н., с.н.с., Ин-т биохимии НАНУ им. Палладина, первый зам. председателя УНИЦА "Зонд", ФАКС НТУУ "КПИ", г.Киев, Украина

«...Где Ты, где Ты, где Ты, сын Неба?..» А. Толстой «Аэлита»

Этими словами заканчивается фантастическая, написанная еще в двадцатых годах прошлого века повесть А. Толстого. Чудом спасшийся инженер Лосев с расстояния в несколько десятков миллионов километров ловит на стареньком радиоприемнике слова своей любимой! Автор «Аэлиты», интересуясь техникой, хорошо понимал, что радиосвязь – наиболее эффективное средство обмена информацией в межпланетном масштабе. Ловить радиосигналы с Марса мечтал и знаменитый Маркони. Для этой цели в начале 30х годов он построил двадцатилампный приемник, но многонедельные ночные вахты в эфире, увы, не увенчались успехом.

Время шло, техника совершенствовалась, усложнялись и задачи. После войны, по мере развития ракетной техники, интерес к контактам с марсианами стал более занимать умы ракетчиков, чем радистов. Впрочем, для последних вопрос вскоре встал в иной плоскости: можно ли создать аппаратуру, способную уловить радиосигналы, если они идут к нам не от Марса или Венеры, а от... других звезд, преодолевая путь в десятки и сотни триллионов километров?!

Действительно, если предположить, что в Галактике имеются цивилизации, заметно продвинувшиеся в по пути технического прогресса, то каким образом установить между ними связь? Вопрос о возможностях связи с другими мирами впервые проанализировали ученые Коккони и Моррисон в 1959 году. Проблема получила название СЕТИ (Communication with Extraterrestrial Intelligence) – связь с внеземным разумом. Они пришли к выводу, что наиболее естественный и практически осуществимый канал связи, способный функционировать в галактических масштабах – радиосвязь! Как было показано, межзвездная связь осуществима только на волнах короче 3 м и длиннее 3 см. Следовало сузить этот диапазон, выбрав участок, который имел бы какие-то «особые» преимущества. Коккони и Моррисон предложили очень изящную идею, указав частоту, на которой гипотетические сигналы неземного происхождения следует искать в первую очередь. Есть некий «стандарт» частоты, который находится в указанном диапазоне. Это частота радиолинии водорода (21 см), равная 1420 МГц.

Водород – самый распространенный элемент во вселенной, следовательно частота 1420 МГц – как бы ее «основная частота». Именно на этой частоте излучает космическая «глушилка» межзвездные атомы водорода. Конечно, нельзя исключить, что частота сигнала будет равна целому кратному от «водородной частоты». Других реально осуществимых идей в тот момент не было, и частоту 1420 МГц выбрали в качестве исходной. Теоретики радиосвязи не остались в долгу и выдали формулу для определения расстояния, на котором может действовать электромагнитная связь:

$$R = P_t G_t A_c / 4\pi P_{\text{det}}$$

где $P_{\text{det}} = kT_s \sqrt{B/\tau}$; R – максимальное расстояние, на котором может действовать связь; P_t – передаваемая мощность; G_t – усиление передающей антенны; A_c – собирающая площадь приемной антенны; P_{det} – минимальная мощность, обнаружимая приемной системой; k – постоянная Больцмана; T_s – шумовая температура системы; B – ширина полосы; τ – постоянная времени системы.

К 1959 г. радиотелескопы были настолько усовершенствованы, что величина R достигла нескольких десятков световых лет! Знаменитый ученый-радиоастроном и философ Фрэнсис Дрейк (США) впоследствии отмечал: «...Радиотелескопы стали достаточно чувствительными для поисков межзвездных сигналов, что привело к рождению проекта «ОЗМА» в Национальной радиоастрономической обсерватории. Согласно этому проекту, велись поиски сигналов от двух ближайших звезд солнечного типа Тау Кита и Эпсилон Эридана с помощью 30-метрового радиотелескопа. Выбор частоты 1420 МГц был сделан нами по той простой и бесспорной причине, чтобы разработанное оборудование можно было использовать для обычных радиоастрономических наблюдений, и никто не мог бы нас обвинить в выбрасывании денег на ветер...».

В том же 1959 г. началась работа по созданию аппаратуры для проекта «ОЗМА», название для которого взято из знаменитой сказки «Волшебник из страны Оз». Использовались новейшие (и вполне реальные) радиотехнические идеи. Фрэнсис Дрейк, возглавивший разработку приемного устройства, времени не терял, и уже к лету 1960 г. специализированный радиотехнический комплекс был готов. Сравнительно небольшое одноэтажное помещение, расположенное рядом с радиотелескопом Грин Бэнк, было забито сложнейшей аппаратурой до отказа. В стандартных экранированных стойках по периметру операторской размещались блоки приемной аппаратуры и контрольно-измерительные встроенные устройства, следящие за электрическими режимами работы комплекса. Самописцы размещались в отдельном шкафу внутри помещения.

В то время транзисторы были еще крайне несовершенны, их предельные рабочие частоты не шли ни в какое сравнение с сегодняшними. Поэтому «приемник Дрейка» был собран на радиолампах.

Какие же параметры, по мнению Дрейка, должен был иметь инозвездный искусственный сигнал? Ведь именно они определяли структуру приемного устройства. Было сделано следующее основное допущение. Мощность искусственного сигнала как функция времени непостоянна (сигнал модулирован). Конечно, вид модуляции предсказать заранее невозможно. Поэтому было сделано еще одно допущение, что можно ожидать некую последовательность коротких импульсов. В то же время длительность каждого импульса не должна быть слишком малой, чтобы использовать при приеме «время накопления τ ». Чем оно больше, тем «дальнобойнее» канал

межзвездной связи. Было принято, что величина τ должна составлять несколько часов! Коккони и Моррисон к этому времени имели ряд математических выкладок, согласно которым при обработке полученного сигнала можно определить параметры планеты, на которой располагался бы гипотетический передатчик (в частности, орбитальную скорость и период обращения вокруг своей звезды). Поскольку лучевая скорость передатчика по отношению к приемнику при обращении планеты «X» вокруг звезды периодически изменяется, то за счет эффекта Доплера, это приводит к девиации (изменению) частоты сигнала. Анализ этой девиации позволит получить важнейшую информацию о продолжительности года на планете «X». Оказалось, что дополнительный анализ сигналов может выявить и другие важнейшие данные о природе планеты. Так, определив период обращения планеты «X», можно достаточно уверенно оценить ее массу, а также с помощью третьего закона Кеплера найти расстояние от планеты до звезды! Это позволило бы оценить температурные условия на поверхности планеты. Все это было глубоко проанализировано при реализации проекта «ОЗМА».

Рассмотрим блоксхему «приемника Дрейка» (рис. 1). Как уже отмечалось, в качестве приемной антенны использован радиотелескоп Грин Бэнк с диаметром зеркала 27 м. Для программы «ОЗМА» его модифицировали, смонтировав два дополнительных рупора. При неподвижном зеркале стало возможным обозревать одновременно два различных участка звездного неба! В один из рупоров поступает излучение из узкого участка неба, в котором находится интересующая исследователей звезда, вокруг которой может вращаться планета «X». В другой – излучение из соседнего участка, который заведомо никаких «подозрений» не вызывает. Если периодически переключать вход приемника от одного рупора к другому, то получится что-то вроде «мигалки». После дебатов Дрейк утвердил частоту переключения входов 5 Гц.

Радиотелескоп периодически «смотрит» то на звезду, то на соседнюю область неба. Если придет гипотетический сигнал, то «полезный» сигнал, промодулированный импульсами 5 Гц, поступит с антенного узла на входной блок приемника. В качестве предварительного узкополосного УВЧ Дрейк использовал параметрический усилитель на частоту 1420 МГц, охлаждаемый жидким азотом. Ширина полосы параметрического усилителя 300 Гц, и любая девиация частоты входного сигнала могла быть однозначно отнесена к Доплер-эффекту, возникающему при обращении планеты «X». С его выхода усиленный сигнал подается на вход первого смесителя, где он смешивается с сигналом частотой 1390 МГц. К стабильности этой частоты предъявлялись очень строгие требования, поэтому разработчики поступили следующим образом. Создали кварцевый генератор с собственной частотой 1МГц. В результате ряда схемноконструктивных решений его нестабильность была зафиксирована на уровне 10^{-9} (0,001 Гц). Но даже этого было недостаточно! С помощью блока строжайше выдерживалась фаза колебаний. Сверхкачественный опорный сигнал подавался на умножитель частоты –

стойку с большим количеством резонансных систем. Нестабильность частоты сигнала 1390 МГц на выходе умножителя не превышала 1,5 Гц!

Малошумящий усилитель первой промежуточной частоты (30 МГц) имел полосу пропускания около 200 Гц (чтобы не «зарезать» Доплерэффekt). С помощью высокостабильного гетеродина сигнал с выхода второго смесителя преобразуется во вторую промежуточную частоту, равную 4 МГц. Особенностью этой части «приемника Дрейка» являлось то, что полоса УПЧ2 выбрана очень узкой (порядка 10 Гц). Чтобы не «потерять» при этом Доплерэффekt, гетеродин генерирует «качающуюся» частоту, давая возможность УПЧ2 «захватить» узкополосный сигнал, поступающий далее на третий смеситель. На него заводится также сигнал от отдельного кварцевого генератора, частота которого 4,465 МГц. Сигнал стандартной промежуточной частоты (465 кГц) усиливается УПЧ3 и поступает на четвертый смеситель, куда поступает сигнал от еще одного генератора «качающейся частоты». Его полоса «качания» – несколько сотен герц при «центральной» частоте 465 кГц.

С выхода УПЧ4 сигнал распараллеливается и поступает в два канала обработки, отличающиеся только шириной полосы сравнения, которая определяется параметрами фильтров. Один из фильтров широкополосный, второй узкополосный, и построены они так, что когда через них проходит широкополосный сигнал, электрические потенциалы на выходах фильтров одинаковы. Будучи поданными на вход дифференциального устройства они дадут на его выходе нулевой потенциал. Но если через фильтры проходит узкополосный сигнал, то потенциал на выходе узкополосного фильтра будет больше, чем на выходе широкополосного. На выходе дифференциального устройства появится сигнал, т.е. «приемник Дрейка» воспринимает только узкополосные сигналы, даже в том случае, если они замаскированы широкополосной помехой! Ширина полосы фильтра регулируется, а связанная с этим перестройка приемника не требует много времени. Таким образом, на выходе синхронного детектора будет сигнал только в том случае, когда на вход приемника поступает узкополосный сигнал, направление прихода которого соответствует направлению на исследуемую звезду.

В то время еще не существовало не только персональных компьютеров, но даже удобных экранных систем для отображения полученной информации. Потому в качестве оконечных устройств использовались три самописца. Один из них контролировал «полосу сравнения», другой – «полосу сигнала». А третий, ради которого и строился на грани возможностей радиотехники тех лет «приемник Дрейка», контролировал «канал сигнала межзвездной связи»!..

Наблюдения начались осенью 1960 г. и продолжались почти 11 мес. Стрелка третьего самописца изо дня в день упорно чертила ровную линию... Искусственные сигналы ни от Тау Кита, ни от Эпсилон Эридана (расстояние от Солнца около 11 световых лет) так и не были обнаружены.

Когда проводился анализ результатов «неудачных» поисков искусственных сигналов, то мнения членов комиссии резко разделились.

Стало ясно, что такую величайшую проблему, как СЕТИ, одним «кавалерийским наскоком» не преодолеть. Потому что это не столько техническая, сколько философская проблема – где искать и как искать? Конечно, шансы на успех были заведомо невелики. Если в это же время планетой «Х» велись передачи в направлении, не совпадающем с направлением главного лепестка приемной антенны, сигнал не был бы обнаружен. В том же случае, если исследователи задались бы несколько большим радиусом поиска (например, 100 световых лет), было бы совершенно неясно, на какую из десятка тысяч звезд нацеливать антенну. Мы не затрагиваем и еще более глубинную проблему – философско-методологической основы поиска инозвездных сигналов!

Тем не менее с точки зрения электроники и радиотехники создание «приемника Дрейка» – это очень серьезная удача! Был реализован «в железе» ряд замечательных технических идей по проблемам синтеза электронных цепей высокой сложности для создания устройств высочайшей чувствительности, стабильности и точности. Радиотехника обогатилась значительным количеством новых схемноконструктивных решений, поскольку чувствительность сложнейшего радиотехнического комплекса «ОЗМА» была доведена до предельного значения, которое только можно было достичь в те годы. «Приемник Дрейка» позволял обнаружить при воздействии космических помех сигнал, эффективная мощность которого не превышала $1,7 \times 10^{-23}$ Вт/м²!

Совершенно по-новому были сконструированы сверхстабильные генераторы приемника. Огромным шагом вперед была и автоматика, позволявшая операторам комплекса быстро и надежно управлять устройствами. Это оказало немедленное положительное влияние на развитие радиоастрономической аппаратуры во всем мире, и некоторые технические решения «приемника Дрейка» стали стандартными. Ламповая радиотехника была доведена в «приемнике Дрейка» до предела своих возможностей и дала в руки исследователей исходные данные, которые позволили приступить к предварительным проработкам неизмеримо более совершенной приемной системы, известной как «проект Циклоп».

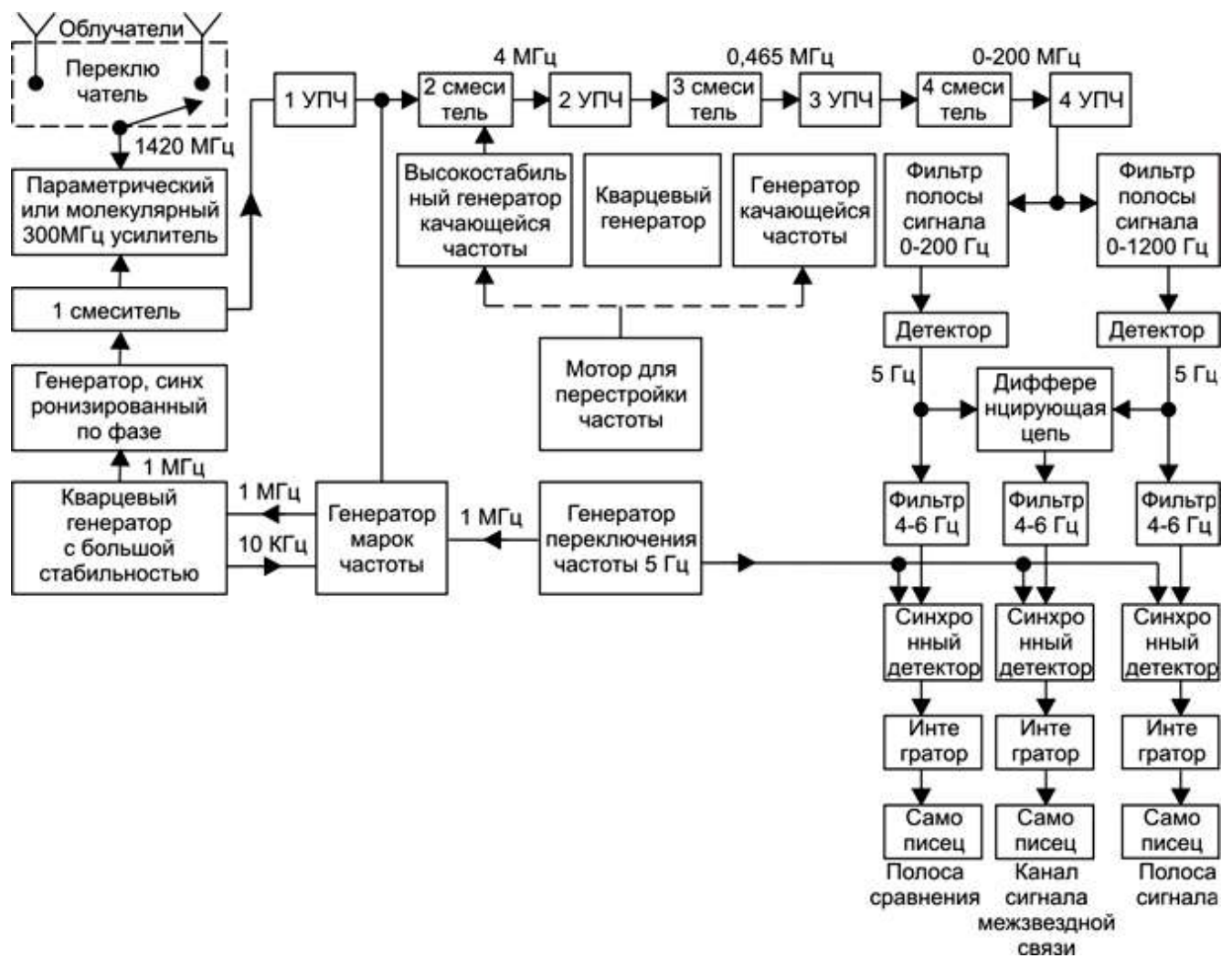


Рис. 1. Принципиальная схема приемника Дрейка