

Л. ВАЙНЗОФ, канд. техн. наук, г. Москва

ТЕЛЕФОНИЯ
 ЭТО НЕ ОЧЕНЬ ПРОСТО



“Транзистор — это очень просто”.

“Радио — это очень просто”.

“Телевидение — это очень просто”.

Читателям журнала “Радио” со стажем наверняка известны книги с такими названиями известного французского популяризатора Е. Айзберга, которые в переводе выходили и в нашей стране. У автора этой статьи был соблазн назвать подобным образом эту статью, посвященную телефонии. Но рука моя повисла в воздухе, поскольку вовремя вспомнилось справедливое утверждение проф. М. Шнепса: “Система телефонной связи, охватившая весь земной шар, является наиболее сложной из систем, созданных людьми”.

Если не углубляться в дебри точных определений, сложными можно считать системы, которые:

- состоят из множества элементов;
- характеризуются большим количеством существенных связей между элементами;
- обладают большим числом возможных состояний и, как следствие, чрезвычайно сложной моделью функционирования (поведения) во времени.

Телефонная система обладает всеми перечисленными здесь признаками.

Количество элементов, входящих в состав системы телефонной связи, действительно огромно. Можно считать, что в настоящее время в мире насчитывается около 500 миллионов абонентов (цифра эта не претендует на точность, но для беседы о проблемах электросвязи вполне пригодна). Из названного числа следует, что система включает приблизительно $N=5 \times 10^8$ телефонных аппаратов, корректнее было бы сказать, “абонентских терминалов” (АТ), поскольку современные абоненты располагают не только телефонными аппаратами, но и другими устройствами, например факсами, имеющими возможность участвовать в работе сети.

Абонентские терминалы — это только входы сети (оконечные ее устройства). Сама же мировая сеть электросвязи содержит множество и других элементов — десятки тысяч станций самых различных типов, емкостей и назначений, концентраторов, мультиплексоров и других комплексов. Все эти элементы, в свою очередь, также являются весьма сложными системами. Например, забегая вперед, можно сказать, что современные цифровые станции для целей управления могут содержать десятки и даже сотни взаимодействующих между собой процессоров, т. е. система управления такой

станции представляет собой сложный вычислительный комплекс.

Количество существенных связей в сети также весьма велико. Каждый абонентский терминал соединен с сетью абонентской линией. Физически это может быть пара проводов, временная позиция в групповом цифровом сигнале, выделенная частота при радиодоступе и т. д., но функционально такая связь должна быть предоставлена всем абонентским терминалам. Кроме того, существует разветвленная сеть межстанционных соединительных линий и каналов.

Сеть соединительных линий должна обеспечить возможность соединения любого абонентского терминала с любым другим в любой точке земного шара. Теоретически число таких возможных соединений $K=N \times (N-1)$, т. е. приблизительно 25×10^{16} (!).

Структура сети соединительных линий и каналов чрезвычайно сложна и зависит от принятых принципов построения, местных географических условий, распределения плотности абонентов и множества других факторов.

Емкости пучков межстанционных соединительных линий и каналов должны быть такими, чтобы при существующих нагрузках вероятность для абонента получить отказ в соединении по причине занятости линий была бы приемлемо низкой, не выше некоторых заданных норм (например, не более 1 %).

Количество тех или иных состояний системы, если иметь в виду только установление соединений между абонентскими терминалами, зависит от числа возможных соединений и числа состояний, в которых может пребывать каждое такое соединение.

Функционирование системы, т. е. переходы из одних состояний в другие в ответ на внешние воздействия со сторо-

ны абонентов, технического персонала и других источников, представляет собой чрезвычайно сложный процесс, тем более что внешние воздействия носят случайный характер. Так, потребность в установлении соединения у вызываемого абонента возникает в момент, который нельзя заранее определить. Невозможно также предусмотреть номер вызываемого абонента. Действия абонентов, участвующих в разных соединениях, мало связаны между собой. Кроме того, такие действия могут быть и некорректными, не вполне соответствующими правилам взаимодействия абонента с сетью.

Сказанное выше полностью согласуется с утверждением, что сеть электросвязи — чрезвычайно сложная система с весьма сложным функционированием, которое реализуется, в первую очередь, телефонными станциями.

Современные телефонные станции представляют собой цифровые системы коммутации с управляющими устройствами, построенными на основе средств вычислительной техники.

Основы цифровой коммутации и общие принципы действия цифровых систем автоматической коммутации уже описывались в журнале [1, 2]. Ниже рассматривается в самом общем виде структура таких систем, зависящая, в первую очередь, от выполняемых функций.

Главная функция станции — предоставление основных услуг телефонной связи, а именно обслуживание вызовов.

Остановимся на процессе установления одиночного соединения, в котором участвуют вызывающий (А) и вызываемый (В) абоненты.

Пока соединение не осуществлено, абонентский терминал пребывает в некотором исходном состоянии. Самый известный случай — это микротеле-

фонная трубка, лежащая на рычаге обычного телефонного аппарата. На станцию со стороны АТ по абонентской линии в это время передается соответствующий сигнал.

Когда абонент А приступает к установлению соединения, он уведомляет об этом станцию, обычно путем поднятия трубки. На станцию со стороны АТ передается сигнал занятия абонентской линией. Прибор на станции принимает его, после чего идет подготовка к приему сигналов набора номера.

Дело в том, что прием этих сигналов — довольно сложный процесс, осуществляемый с помощью сравнительных сложных и дорогих приборов. Вместе с тем время набора номера весьма мало, поэтому на станции нет необходимости на каждой абонентской линии иметь свой прибор приема сигналов набора номера. Достаточно после приема сигнала о занятии абонентской линии подключить к ней прибор приема набора лишь на время набора номера абонентом А, а затем освободить этот прибор для возможности подключения его к другой линии. Так вот, подготовка к приему сигналов набора номера и заключается в поиске свободного прибора и подключении его к соответствующей абонентской линии.

По завершении этой подготовки станция уведомляет абонента А о своей готовности. С этой целью к абонентской линии подключается источник соответствующего тонального сигнала. Услышав этот сигнал, абонент А набирает номер с помощью дискового или кнопочного номеронабирателя. В некоторых АТ это производится автоматически. На станции происходит прием и накопление сигналов номера вызываемого абонента. По окончании приема номера производится выбор пути соединения абонента А с абонентом В.

Если осуществляется внутри-