

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время в процесс обучения активно внедряются программные технологии на базе персональных ЭВМ, применяемые для передачи ученику учебного материала и контроля степени его усвоения. При этом на рынке программного продукта за последнее десятилетие появилось большое количество обучающих систем, в том числе и автоматизированных (АОС), которые охватывают различные предметные области и призваны решать задачи обучения на всех этапах – от средней школы до высших учебных заведений. Математическое моделирование, компьютерная техника и технология становятся одним из основных инструментов познавательного процесса. Лабораторные работы по математическому моделированию кроме пополнения знаний непосредственно по специальности помогают в выработке навыков формирования математических моделей, в выборе и использовании адекватных методов и средств их анализа, в интерпретации полученных результатов. Наибольшую ценность с точки зрения идеи разработки составляют компоненты, организующие обратную связь со студентом. Именно в них сосредоточены механизмы искусственного интеллекта.

Целью данного учебного пособия является познакомить студента с основами графового представления телекоммуникационных сетей и возможностями математического аппарата, возникающего при данном представлении. В основе пособия лежат типичные задачи, встающие перед проектировщиком, такие как расчёт минимального пути или выбор оборудования. На основе алгоритмов данных задач строятся отдельные примеры, с приближением к реальным условиям, возникающим при эксплуатации и проектировании телекоммуникационных сетей. Для визуализации учебного пособия используется программный продукт – демо-версия перспективной разработки учёных ИВМиМГ СО РАН GraphEditor. Интерфейс используемой программы, интуитивно понятен и прост для освоения его студентами. Широкий спектр задач, возникающих в процессе проектирования и эксплуатации телекоммуникационных сетей, решается с помощью методов теории графов с применением оптимальных комбинаторных алгоритмов. Математической моделью структуры сети служит граф с соответствующими характеристиками. Каждому студенту предлагается свой вариант начального графа вместе с исходными данными и заданием. В процессе обучения граф становится детально просчитанным и оптимально подходящим для каждого варианта проектного задания. Таким образом, в конце курса обучения у каждого студента будет собственная спроектированная и расчитанная им модель телекоммуникационной сети.

Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АБОНЕНТСКИХ СЕТЕЙ

Сеть абонентского доступа представляет собой самый дорогой и наименее эффективно используемый элемент в системе электросвязи. По этой причине оптимизация проектирования сетей абонентского доступа (САД) рассматривается как одна из наиболее важных задач для современной телекоммуникационной системы.

Задачи оптимизации проектирования САД вытекают из необходимости заблаговременного выбора технических средств, обеспечивающих удовлетворение потребностей в передаче информации. Разработка методов оптимизации проектирования сетей абонентского доступа и ее применение на различных этапах создания сетей доступа должна позволить находить наиболее экономичные и технически правильные решения для используемых оконечных устройств, средств коммутации и передачи сообщений. Задачи оптимизации проектирования сетей абонентского доступа (далее сети доступа) состоят в следующем:

1. Разработка математических моделей для задачи оптимизации структур САД с учетом соответствующего состояния техники и технологии, а также с учетом градостроительных факторов.
2. Определение этапов создания сетей доступа для эффективной реализации проектируемых на длительный срок структур.
3. Разработка методов оптимизации САД. При этом учитываются не только интересы заказчиков, но и следующие факторы:
 - может ли минимизироваться стоимость САД и достигаться больший эффект при соответственно высоких инвестиционных затратах;
 - могут ли разрабатываться такие структуры САД, которые при тех же затратах обладают наибольшей надежностью.

Проблема оптимизации сетей связи включает в себя такие подзадачи, как:

- 1) адекватную постановку задачи синтеза сети;
- 2) проблему выбора и размещения элементов сети;
- 3) декомпозицию исходной модели и интерпретацию полученных результатов;
- 4) оптимизацию транспортной (первичной) сети электросвязи при известных способах организации коммуникационных (вторичных) сетей электросвязи;
- 5) синтез сети электросвязи с учетом динамики получения средств и распределения абонентов сети [68, 69].

1.1. Описание и принципы проектирования САД

1.1.1. Термины и основные понятия

Терминология, используемая в рекомендациях и других материалах по абонентскому доступу Международного Союза Электросвязи (МСЭ), существенно отличается от системы понятий, принятых в отечественной научно-технической литературе. В данной работе не ставится задача по разработке новой терминологии, но широкое использование зарубежных публикаций диктует необходимость установить однозначное соответствие между понятиями, характерными для сетей абонентского доступа.

Для решения подобной задачи целесообразно рассмотреть модели сетей доступа. В качестве основного материала, отражающего такие модели и, соответственно, содержащего необходимый набор терминов на английском языке, использован разработанный МСЭ справочник по планированию местных сетей [1, 2]. Аналогичные отечественные модели и термины заимствованы из [14, 16 и 18].

На рис. 1.1 приведена модель абонентской сети.

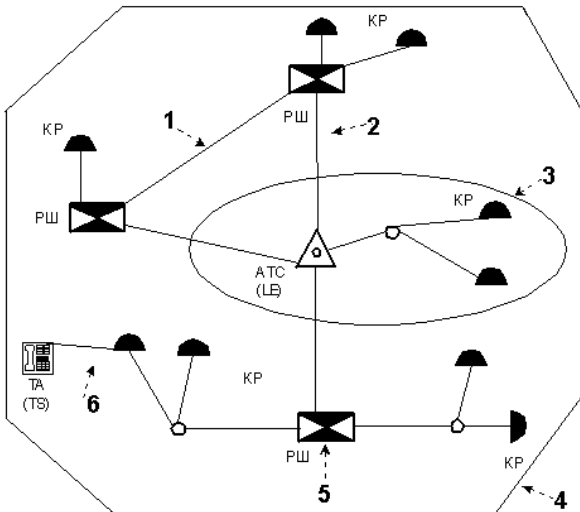


Рис. 1.1. Модель абонентской сети:

- – муфта соединительная (разветвительная);
- ▭ – PШ – распределительный шкаф;
- ◐ – КР – коробка распределительная;
- △ – ATC – автоматическая телефонная станция (LE – Local Exchange);
- ☎ – ТА – телефонный аппарат (TS – Telephone set);
- 1 – линия мешкафной связи (Link cable);
- 2 – магистральный участок (Main cable);
- 3 – зона прямого питания (Direct service area);
- 4 – граница пристанционного участка (Boundary of local exchange area);
- 5 – распределительный участок (Primary distribution cable);
- 6 – абонентская проводка (Subscribers service line)

Эта модель справедлива как для ГТС, так и для СТС. Более того, для ГТС модель инвариантна к структуре межстанционной связи; она идентична для:

- нерайонированных сетей, состоящих из одной телефонной станции;
- районированных сетей, которые состоят из нескольких районных АТС (РАТС), соединенных по принципу «каждая с каждой»;
- районированных сетей, построенных с узлами входящего сообщения (УВС) или с узлами исходящего сообщения (УИС) и УВС.

Для всех элементов абонентской сети в скобках указаны понятия на английском языке, приведенные в [1–3]. Следует отметить, что понятие «линия межшкафной связи» (Link cable) в отечественной терминологии еще не применяется, так как подобные трассы на ГТС и СТС почти не используются.

Рис. 1.2 иллюстрирует основные варианты организации абонентского доступа. Этот рисунок универсален в смысле типа используемого коммутационного оборудования. Но он больше соответствует модели абонентской сети для электромеханической АТС.

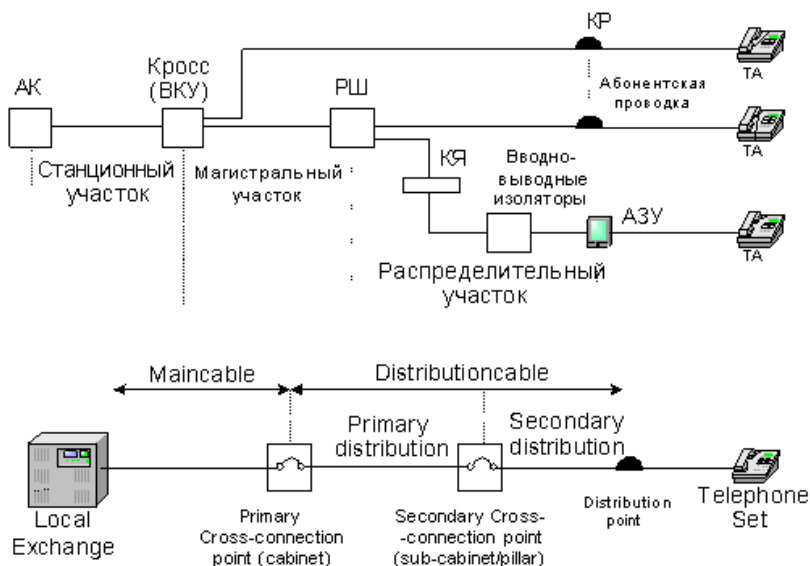


Рис. 1.2. Структурная схема и стыки оборудования абонентских линий ГТС и СТС:

АК – абонентский комплект АТС; ВКУ – вводно-коммутационные устройства;
 РШ – распределительный шкаф; КР – коробка распределительная;
 КЯ – кабельный ящик; ТА – телефонный аппарата (или иной терминал);
 АЗУ – абонентское защитное устройство

Варианты абонентской сети для цифровой коммутационной станции представлены на рис. 1.3. Эти два рисунка имеют ряд общих моментов.

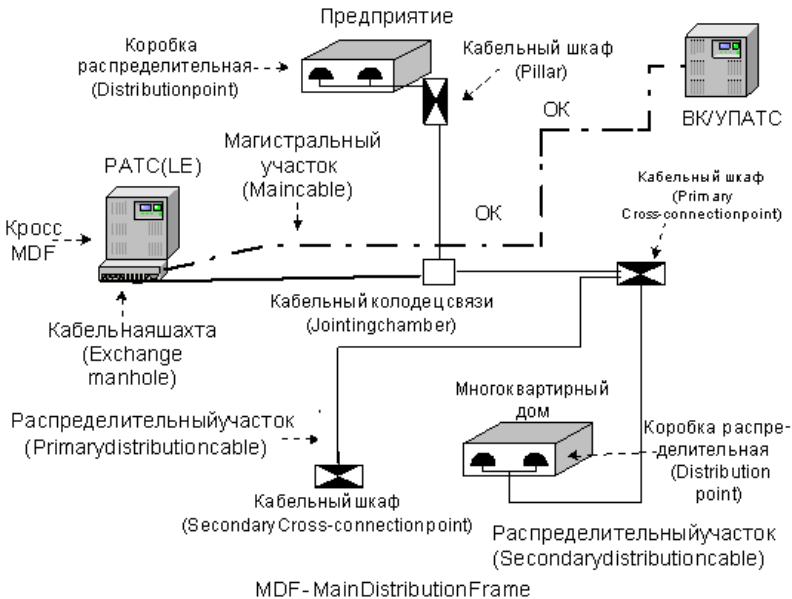


Рис. 1.3. Организация абонентского доступа по шкафной системе

Во-первых, обе структуры подразумевают наличие так называемой «зоны прямого питания» – части абонентской сети, где АЛ, соединяется с кроссом непосредственно (без соединения кабелей в распределительных шкафах).

Во-вторых, за «зоной прямого питания» располагается следующая область сети доступа, для которой при условии использования цифровой АТС целесообразно использовать выносные абонентские модули (концентраторы или мультиплексоры), а для аналоговой АТС либо неуплотненные симметричные кабели, либо каналы, образованные системами передачи абонентских сетей.

В-третьих, необходимо отметить, что структура абонентской сети не кольцевой структуры, вне всякой зависимости от типа коммутационной станции – соответствует графу с древовидной топологией. Это существенно с точки зрения надежности сети доступа.

Данный вид САД относится к так называемым классическим схемам организации абонентского доступа и широко применяется в данное время на сетях ГТС. Для составления перечня необходимых далее терминов и, особенно, для установления соответствия между понятиями, принятыми в отечественной практике и документах МСЭ, целесообразно

но привести структуру сети АЛ, использованную в [14]. Эта структура приведена на верхней части рис. 1.2, а в его нижней плоскости изображена подобная модель, содержащаяся в [16].

Структурная схема абонентской линии, показанная в верхней плоскости рис. 1.2, представляет три основных варианта подключения абонентского терминала к местной коммутационной станции. Верхняя ветка данного рисунка показывает перспективный вариант подключения ТА без использования промежуточного кроссового оборудования. Кабель доходит от кросса до распределительной коробки, где – посредством абонентской проводки – осуществляется подключение ТА.

На средней ветке рисунка изображен вариант подключения ТА по шкафной системе, когда между кроссом и распределительной коробкой размещается промежуточное оборудование. В данном случае – это распределительный шкаф.

В ряде случаев АЛ организуется с использованием воздушных линий связи (ВЛС). На рис. 1.2 этот вариант показан на нижней ветке. В такой ситуации на столбе устанавливается кабельный ящик (КЯ) и – обязательно – вводно-выводные изоляторы. В месте размещения распределительной коробки монтируется абонентское защитное устройство (АЗУ), предотвращающее возможное влияние опасных токов и напряжений на ТА.

Следует отметить, что организация АЛ или ее отдельных участков за счет строительства ВЛС не рекомендуется; но в ряде случаев – это единственный вариант организации абонентского доступа.

Приведенные выше рисунки и соответствующие краткие комментарии позволяют составить следующий перечень терминов по сети абонентского доступа (см. рис. 1.3).

1. Местная коммутационная станция, к которой подключаются абонентские линии. Для ГТС – это РАТС; для СТС данный термин более всего соответствует оконечной станции (ОС), хотя абоненты в сельской местности подключаются также к узловой (УС) и центральной (ЦС) станциям. В англоязычной технической литературе и для СТС, и для ГТС используется единый термин «местная коммутационная станция» – Local exchange (LE). С чисто технической точки зрения было бы удобно и в отечественной практике использовать единый термин.

2. Абонентская линия – линия, соединяющая оконечное абонентское телефонное устройство с абонентским комплектом (АК) местной телефонной станции, концентратора или иного выносного модуля. В англоязычной технической литературе используется термин Subscriber line.

3. Станционный участок абонентской линии – участок абонентской линии от АК местной телефонной станции, концентратора или иного выносного модуля до станционной стороны кросса или вводно-коммутационного устройства. В зарубежной технической литературе

этот участок АЛ обычно не выделяется в самостоятельный элемент сети доступа.

4. Линейный участок абонентской линии – участок абонентской линии от линейной стороны кросса или вводно-коммутационного устройства телефонной станции, концентратора или иного выносного модуля до оконечного абонентского устройства телефонной сети. В зарубежной технической литературе этот участок АЛ также не выделяется в самостоятельный элемент сети доступа.

5. Магистральный участок абонентской линии телефонной сети – участок абонентской линии телефонной сети от линейной стороны кросса или вводно-коммутационного устройства телефонной станции, концентратора или иного выносного модуля до распределительного шкафа, включая участки меж шкафной связи или участок абонентской линии от телефонной станции, расположенный в зоне, примыкающей к телефонной станции в радиусе до 500 м (зона прямого питания). Магистральному участку АЛ соответствует понятие «Main cable», а зоне прямого питания – «Direct service area».

6. Распределительный участок абонентской линии телефонной сети – участок абонентской линии телефонной сети от распределительного шкафа до абонентского пункта. Этому участку АЛ – в зависимости от структуры сети доступа – соответствуют понятия «Primary distribution cable» и «Secondary distribution cable». А часть площади, занимаемой распределительным участком, называется обычно «Cross-connection area».

7. Абонентская проводка – участок абонентской линии от распределительной коробки до розетки включения оконечного абонентского телефонного устройства. Абонентской проводке соответствует два дополняющих друг друга понятия:

«Subscriber's lead-in» – участок от распределительной коробки до помещения абонента;

«Subscriber's service line» – участок от распределительной коробки до телефонного аппарата.

8. Кросс, вводно-коммутационное устройство (ВКУ) – оборудование стыка станционных и линейных участков абонентских и соединительных линий городских, сельских и комбинированных телефонных сетей. Этот элемент сети доступа в англоязычной технической литературе называется «Main distribution frame»; часто используется аббревиатура MDF.

9. Шкаф кабельный распределительный (ШР) – устройство, предназначенное для установки кабельных блоков с плитами и осуществления стыка включенных в боксы магистральных и распределительных кабелей абонентских линий городских, сельских и комбинированных телефонных сетей. Кабельному шкафу соответствует термин «Cross-connection point». Если АЛ проходит через два ШР, то в англоязычной