

DX

ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ

11

1985

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

ПО ПРОВОДНОЙ И РАДИОСВЯЗИ,
ТЕЛЕВИДЕНИЮ, РАДИОВЕЩАНИЮ



СОДЕРЖАНИЕ

В Президиуме Верховного Совета СССР
Высокая эффективность проектов — залог успешного внедрения достижений науки и техники в отрасли связи 4

СЕЛЬСКАЯ ТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ

Тематическая подборка 9

К. П. Мельников, Л. М. Гольштейн, Н. В. Николаев. Пути развития сельских телефонных сетей 10

Н. А. Соколов, П. А. Юнаков. Внедрение на СТС системы с общим каналом сигнализации 14

А. А. Каяцкас, В. Ю. Пачеса. Автоматизированное управление развитием сельских телефонных сетей 17

Н. А. Авдалян, М. А. Восс, Ю. А. Парфенов. Состояние и перспективы развития кабелей сельской связи 20

А. П. Беев, В. М. Перлин. Комплекс аппаратуры «Зона-15» для сельских первичных сетей 24

Л. А. Чернышев, В. М. Штойн. Кольцевые структуры в сельских цифровых распределительных системах передачи 29

Б. Н. Маглицкий, О. Н. Порохов, И. В. Ситняковский. Перспективы создания цифровых систем передачи для абонентских воздушных линий связи 33

М. И. Струкало. Исследование статистических характеристик переходных помех в линейном тракте сельских ЦСП 38

Л. М. Гольштейн. Организация на СТС входящей связи от ручной МТС районцентра 42

МНОГОКАНАЛЬНАЯ РАДИОСВЯЗЬ

Н. И. Калашников, П. Г. Каплунов. Оценка устойчивости работы цифровых РРЛ в условиях частотно-селективных замираний 47

АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА

К. П. Харченко, В. П. Демидов, В. М. Тимофеев. Экспериментальные исследования варианта антенны бегущей волны 51

А. Ф. Михеев. Индуктивность рамочной антенны с ферритовым сердечником (краткие сообщения) 54

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ

С. Г. Бузыкин, А. Г. Поликарпов, Е. Ф. Сергиенко. Источник питания на базе однотактного преобразователя напряжения 57

МЕЖДУНАРОДНАЯ ХРОНИКА

А. А. Рождественский. Рекомендации МККТТ по общим принципам технической эксплуатации 62

ИНФОРМАЦИЯ

Глава отечественной научной школы синтеза цепей. К юбилею А. Ф. Белацкого 56

Телевидение в двенадцатой пятилетке 61

События, факты 8

Новые книги 41, 46, 53

CONTENTS

In Presidium of the Supreme Soviet of the USSR
High efficiency of designs is the pledge of science and technical achievements successful instillation to the communication industry 4

RURAL TELEPHONE COMMUNICATION

K. P. Melnikov, L. M. Golshtejn, N. V. Nikolaev. Ways of rural telephone networks development 10

N. A. Sokolov, P. A. Junakov. Instillation of system with common signalization channel to the rural telephone network 14

A. A. Kajackas, V. Ju. Pachesa. Automated control of rural telephone networks development 17

N. A. Avdaljan, M. A. Voss, Ju. A. Parfenov. Rural communication cables modern condition and perspectives of development 20

A. P. Beev, V. M. Perlín. Complex «Zona-15» for primary rural networks 24

L. A. Chernyshev, V. M. Shlejn. Ring structures in rural digital distributed transmission systems 29

B. N. Maglitckiy, O. N. Porokhov, I. V. Sitnyakovskiy. Prospects of digital transmission system development for open-wire loops 33

M. I. Strukalo. Research of transient responses statistical characteristics in rural digital transmission systems linear path 38

L. M. Golshtejn. Disign of input communication from district centre hand local telephone network to the rural telephone network 42

MULTICHANNEL RADIO COMMUNICATION

N. I. Kalashnikov, P. G. Kaplunov. mat res sel 47

AERIAL FEEDERS

K. P. Harchenko, V. P. Demidov, V. M. Timofeev. Experimental investigations of a variant of a travelling wave antenna 51

A. F. Mikhayev. Inductance of a loop antenna with a ferrite core (short communications) 54

ELECTRIC SUPPLY

S. G. Buzhikin, A. G. Polykarпов, E. F. Sergiyenko. Source of power on the basis of a single-tapped transformer 57

INTERNATIONAL CHRONICLE

A. A. Rozhdestvenskiy. Recommendations of the CCITT on general principles of technical exploitation 62

INFORMATION

Chapter of the domestic scientific school of synthesis of circuits. To the jubilee of A. F. Belaetskiy 56

Television in the twelfth five-year plan 61

Events, facts 8

New books 41, 46, 53

В Президиуме Верховного Совета СССР

Президиум Верховного Совета СССР по представлению Комиссий по транспорту и связи Совета Союза и Совета Национальностей рассмотрел вопрос о работе Министерства связи СССР по расширению сети предприятий для обслуживания населения и повышению его качества в свете требований апрельского (1985 г.) Пленума ЦК КПСС.

В принятом постановлении отмечается, что, реализуя установки Коммунистической партии, Министерство связи СССР проводит определенную работу по улучшению обслуживания населения. За четыре года пятилетки объем оказываемых предприятиями отраслей услуг в расчете на душу населения увеличился на 24 процента. Возросло количество телефонов у граждан, созданы и внедряются различные современные типы передающего радиовещательного, телевизионного и другого оборудования. Совершенствуется работа почтовой связи, улучшилась организация подписки на газеты и журналы, возросла их продажа в системе Союзпечати.

Принятые партией и правительством решения по развитию важнейших средств связи на перспективу, и в частности об укреплении материально-технической базы телефонной связи и телевизионного вещания, создают прочную основу для ускоренного наращивания и более полного удовлетворения потребностей советских людей в этих услугах.

Вместе с тем Министерством связи СССР не полностью реализуются в свете требований апрельского (1985 г.) Пленума ЦК КПСС имеющиеся резервы и возможности для расширения сети предприятий, улучшения обслуживания населения, повышения его качества. Не преодолена неравномерность в размещении предприятий связи по союзным республикам. Уровень оказания услуг сельскому населению значительно ниже, чем городскому. Не полностью используются имеющиеся емкости автоматических телефонных станций, особенно междугородных. В то же время большое количество заявок на установку квартирных телефонов даже от участников Великой Отечественной войны не удовлетворяется. Медленно развивается моторизованная доставка почты и периодической печати на селе. Слабо наращиваются объемы товаров посылочной торговли и контейнерных перевозок грузов. Нарушаются сроки доставки почтовых отправок.

В отрасли еще не уделяется должного внимания осуществлению неотложных мер по ускорению научно-технического прогресса, укреплению опытно-экспериментальной и технологической базы, повышению практической отдачи от деятельности научно-исследовательских и конструкторских организаций. Из-за низкого освоения средств сроки строительства многих предприятий связи превышают нормативные в два и более раза. Так, в 1984 году Министерством строительства СССР план подрядных работ на сооружение междугородной телефонной станции в гор. Кирове выполнен на 64 процента, а Министерством транспортного строительства СССР на сооружение почтамтов в гг. Куйбышеве и Одессе — соответственно на 30 и 53 процента.

Крайне медленно ведется реконструкция и техническое перевооружение предприятий, на эти цели направляется лишь четвертая часть выделяемых капитальных вложений, что ведет к старению основных фондов. Значительная доля поставляемого оборудования предприятиями Министерства промышленности средств связи СССР и Министерства электротехнической промышленности СССР по технико-экономическим параметрам не отвечает современным научно-техническим достижениям.

Руководство союзного и республиканских министерств связи слабо организует работу по распространению опыта передовых предприятий и организаций по ускорению развития услуг, повышению культуры обслуживания населения, совершенствованию и упро-

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
ПО ПРОВОДНОЙ И РАДИОСВЯЗИ,
ТЕЛЕВИДЕНИЮ, РАДИОВЕЩАНИЮ

Основан в 1933 году



ИЗДАТЕЛЬСТВО «РАДИО И СВЯЗЬ»,
МОСКВА

Электросвязь

№11 • Ноябрь • 1985

Орган Министерства связи СССР
и Научно-технического общества
радиотехники, электроники и связи
им. А. С. Попова

шению структуры управления на местах. Не всегда предъявляется строгий спрос к должностным лицам за состояние трудовой дисциплины, за серьезные недостатки в этой области.

Допускается снижение качества отдельных видов услуг. Например, в ряде союзных республик увеличилось число неудовлетворенных заказов на междугородные телефонные разговоры, устранение повреждений в городских телефонных и радиотрансляционных сетях. В 1984 году по сравнению с 1980 годом возросло количество жалоб и заявлений, связанных с доставкой газет, телеграмм, почтовых переводов, длительными сроками устранения неисправностей телефонов, радиоточек. Это прежде всего касается Азербайджанской ССР, Молдавской ССР, Узбекской ССР, ряда краев и областей РСФСР и Украинской ССР. Даже в городах подписчикам часто не своевременно доставляются газеты, особенно в выходные дни. Не всегда они имеются в розничной продаже. В сельских населенных пунктах медленно внедряется трехпрограммное проводное вещание.

В постановлении отмечается, что многие Советы народных депутатов недостаточно контролируют деятельность предприятий и организаций связи по улучшению обслуживания населения, не оказывают им необходимой помощи, не принимают должных мер по подъему этих услуг на качественно новый уровень.

Учитывая, что комплекс разнообразных услуг, оказываемых предприятиями связи в области телевидения, радиовещания, телефонной, телеграфной, почтовой и других видов связи, имеет важное социальное значение и играет большую роль в повышении жизненного уровня и культуры народа, Президиум Верховного Совета СССР поручил Министерству связи СССР:

разработать и осуществить эффективные меры по устранению отмеченных недостатков, обратив при этом особое внимание на дальнейшее расширение предоставляемых населению услуг, внедрение их новых прогрессивных видов, улучшение качества обслуживания на основе ускорения научно-технического прогресса, более полного использования имеющихся резервов;

обеспечить дальнейшее сближение уровней обслуживания городского и сельского населения за счет опережающего развития услуг связи на селе, в том числе с использованием передвижных отделений. Активизировать работу по телефонизации социально-культурных и бытовых предприятий, организаций и учреждений в сельской местности, улучшить работу по механизации и автоматизации производственных процессов, добиваться комплексного ее проведения, прежде всего на узловых предприятиях почтовой связи;

укрепить опытно-экспериментальную и технологическую базу, повысить практическую отдачу от деятельности научно-исследовательских и конструкторских организаций. Обеспечить, чтобы в проектных решениях и технических заданиях предусматривалось создание и использование нового оборудования, приборов и изделий, отвечающих по своим технико-экономическим параметрам лучшим мировым достижениям.

Министерству связи СССР совместно с Советами Министров союзных и автономных республик предложено обеспечить дальнейшее совершенствование размещения предприятий и отделений связи, режима их работы, улучшение управления предприятиями на местах, имея в виду его упрощение, сокращение расходов на содержание управленческого аппарата и повышение качества обслуживания населения.

Поднять ответственность руководителей республиканских министерств, местных советских органов за выполнение планов по своевременному вводу в действие основных фондов и производственных мощностей, в том числе автоматических телефонных станций, установке телефонов в квартирах граждан, таксофонов, особенно в новых жилых районах, приросту протяженности междугородных каналов связи, более активный перевод на моторизованную доставку почты и периодической печати на селе. Обратить особое внимание на коренное улучшение использования мощностей междугородных телефонных станций, добиваться четкого и своевременного обслуживания граждан.

Ускорить осуществление мероприятий, обеспечивающих возможность приема первой программы телевидения, практически для всего населения страны. Расширить территорию устойчивого приема передач второй программы телевидения и трех программ Всесоюзного радиовещания. Улучшить организацию работы по доставке периодической печати, особенно газет.

Министерству связи СССР, Советам Министров союзных республик, Министерству торговли СССР, Центросоюзу предложено принять конкретные меры по дальнейшему развитию посылочной торговли.

Президиумам Верховных Советов и Советам Министров союзных и автономных республик рекомендовано усилить контроль за работой местных Советов народных депутатов, их исполнительных органов по осуществлению мер, направленных на повышение качества оказываемых населению услуг связи, обеспечение в установленные сроки ввода в действие объектов, улучшение снабжения строек местными строительными материалами, своевременное выделение для работников отрасли жилой площади, построенной в порядке долевого участия, а также служебных жилых помещений, расширение помощи предприятиям и организациям связи в техническом обслуживании транспортных средств и предоставлении производственных помещений.

Советам народных депутатов, их исполнительным и распорядительным органам, руководителям предприятий и организаций связи предложено всемерно развивать социалистическую

тическое соревнование за расширение видов услуг и улучшение их качества. Совершенствовать подбор кадров, настойчиво добиваться усиления воспитательной работы, организованности и дисциплины во всех звеньях производства и управления, решительно преодолевать недостатки в обслуживании населения.

Активнее привлекать для работы на предприятиях связи студентов, пенсионеров и домохозяйек с неполным рабочим днем или неполной рабочей неделей.

Совету Министров СССР рекомендовано принять необходимые меры для более полного удовлетворения потребностей населения в услугах связи, имея, в частности, в виду поручить Госплану СССР, Госнабу СССР, соответствующим министерствам и ведомствам СССР:

улучшить строительство объектов связи, значительно сократить сроки их сооружения и ввода в эксплуатацию, обеспечить в полном объеме своевременные поставки предприятиям связи новых видов оборудования, аппаратуры и комплектующих изделий, обратить особое внимание на расширение производства и внедрение основанных на лучших достижениях науки и техники систем передачи и аппаратуры, средств механизации и автоматизации производственных процессов и услуг, ускорить снятие с производства устаревшей техники;

в целях улучшения обслуживания сельского населения решить вопрос о более полном удовлетворении в двенадцатой пятилетке нужд отрасли в специальных транспортных средствах, особенно передвижных отделениях связи;

осуществить мероприятия по внедрению технических средств, обеспечивающих улучшение подготовки к реализации газет и других периодических изданий, сокращение при этом ручного труда работников почтовых отделений и Союзпечати, полнее удовлетворять потребности предприятий и отделений связи в посылочной таре и упаковочных материалах, значительно увеличить объем контейнерных перевозок почтовых отправок, добиваться своевременной доставки газет и других периодических изданий, особенно в отдаленные районы страны.

Министерству связи СССР, другим государственным органам поручено доложить к 1 сентября 1986 года Президиуму Верховного Совета СССР о результатах проведенной работы по улучшению обслуживания населения предприятиями и организациями связи.

«Правда», 1 сентября 1985 г.

«ИНЖЕНЕРЫ И ТЕХНИКИ, ИЗОБРЕТАТЕЛИ И РАЦИОНАЛИЗАТОРЫ! УМНОЖАЙТЕ СВОЙ ВКЛАД В УСКОРЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА!

СОВЕТСКИЕ УЧЕНЫЕ! ВЫ НАХОДИТЕСЬ НА ПЕРЕДОВОЙ ЛИНИИ БОРЬБЫ ЗА УСКОРЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА! СТРАНА ЖДЕТ ОТ ВАС НОВЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК ВЫСОКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ!»

Из Призывов ЦК КПСС к 68-й годовщине
Великой Октябрьской социалистической
революции

ВЫСОКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЕКТОВ — ЗАЛОГ УСПЕШНОГО ВНЕДРЕНИЯ ДОСТИЖЕНИЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ В ОТРАСЛИ СВЯЗИ

Апрельский пленум ЦК КПСС (1985 г.), июньское совещание в ЦК КПСС остро поставили вопросы перевода экономики нашей страны на рельсы интенсивного развития, показали необходимость глубокой перестройки всего хозяйственного механизма, определили главный путь перестройки — ускорение социально-экономического развития страны на основе научно-технического прогресса, изыскания и приведения в действие всех резервов повышения эффективности производства, качества продукции. Уже в проекты надо закладывать наиболее прогрессивные решения, сокращать сроки строительства, комплектно и в срок поставлять на стройки оборудование.

Задачи, стоящие перед проектными организациями отрасли связи в условиях необходимости ускорения научно-технического прогресса, обсуждались на втором Всесоюзном совещании проектировщиков, состоявшемся в Москве в мае 1985 г. В совещании, организованном Главсвязьпроектом (ГСП) Минсвязи СССР, приняло участие более 400 человек — представители проектных институтов ГСП и министерств связи союзных республик, проектно-конструкторских бюро (ПКБ) и отделов (ПКО) производственно-технических управлений связи (ПТУС) и территориальных центров управления междугородными связями и телевидением (ТЦУМС), специалисты строительных организаций, эксплуатационных предприятий, а также представители заказчиков проектно-сметной документации.

Со времени проведения первого Всесоюзного совещания по проектированию (февраль 1983 г.)¹ прошло более двух лет. За это довольно короткое время в проектировании средств связи достигнуты определенные успехи. Рекомендации первого Всесоюзного совещания практически выполнены. В проектах предусматривается использование новой техники, изыскиваются оптимальные решения, что обеспечивает высокие технико-экономические показатели проектируемых объектов. Ряд проектов отмечен премиями Совета Министров СССР, дипломами ВДНХ.

Проектирование объектов связи производится на основе обновленных нормативов, в соответствии с разработанными схемами разви-

тия отрасли и сетей, входящих в ЕАСС. Значительно обновлен и пополнен фонд типовых разработок, получили дальнейшее развитие промышленные методы строительства. Несмотря на трудности с обеспечением проектных институтов вычислительной техникой и лимитами на разработку программ, выполнены все показатели, предусмотренные комплексной программой автоматизации проектных работ на четыре года пятилетки. В 1985 г. достигнут установленный планом уровень автоматизации — 15%.

Качество проектно-сметной документации (ПСД), разрабатываемой проектными институтами, постоянно улучшается. Доля проектов, получивших при экспертизе хорошие и отличные оценки, в 1984 г. составляла 82,5%. За период 1981—1984 гг. снижена сметная стоимость строительства, по сравнению с нормативами и аналогами, на 4,8%, экономия черных металлов составила 7,2%, цемента — 8,8%, лесоматериалов — 8,1%.

Однако недостатки в работе проектных институтов, ПКО и ПКБ устранены не полностью. Как показывают результаты экспертизы ПСД, еще выпускаются проекты, выполненные на недостаточном высоком уровне, с нерациональными объемно-планировочными и конструктивными решениями, отступлениями от норм, допускаются излишества и просчеты при определении сметной стоимости строительства и строительно-монтажных работ, в недостаточном объеме разрабатываются проекты организации строительства (ПОС). Недостатки в проектах вызываются и неполными исходными данными, предоставляемыми заказчиками. Существующая система планирования и финансирования проектных работ не обеспечивает высокого технико-экономического уровня проектируемых объектов.

Несколько улучшилось качество ПСД, разрабатываемой ПКО и ПКБ на строительство и реконструкцию телефонной связи в сельской местности. Ряд проектов получил хорошую оценку органов экспертизы и зональных институтов. Однако в целом качество ПСД, разрабатываемой ПКО и ПКБ, особенно по объектам РРЛ, зональным сетям, не достигло требуемого уровня, несмотря на то, что большинство ПТУС и ТЦУМС в достаточной мере оснащены вычислительной техникой, нормативно-справочной литературой, в ПКО и ПКБ неплохие условия труда.

¹ См. «Электросвязь», 1983, № 8.

Постановление Совета Министров СССР «О дальнейшем совершенствовании проектно-сметного дела и повышении роли экспертизы и авторского надзора в строительстве» определило новые рубежи для проектировщиков в условиях интенсификации экономики страны.

Выступивший на Всесоюзном совещании министр связи СССР В. А. Шамшин охарактеризовал во вступительном слове итоги развития подотраслей связи за 4 года одиннадцатой пятилетки и очертил перспективы. Он отметил, в частности, что еще не удовлетворяется спрос народного хозяйства и особенно населения страны на услуги телефонной связи; существует дефицит каналов на ряде направлений магистральной первичной сети и на внутризоновых сетях практически во всех областях (республиках). Такое положение обязывает развивать сети связи более ускоренными темпами, обеспечивая не только естественный их прирост, но и покрытие имеющегося отставания. Этого требуют насущные задачи развития экономики страны, совершенствования системы управления народным хозяйством, решения многочисленных социальных проблем.

Постановлениями ЦК КПСС и Совета Министров СССР перед отраслью определены конкретные задания по развитию услуг телефонной связи, укреплению материально-технической базы телевизионного вещания. В выполнении этих заданий особая роль отводится проектным организациям Главсвязьпроекта, министерств связи союзных республик, ПТУС, ТЦУМС. Проектировщики стоят у истоков развития отрасли, они связующее звено между наукой и практикой.

Подробно на задачах, стоящих перед работниками проектных организаций в свете постановлений партии и правительства, остановился заместитель министра связи СССР В. И. Глинка. Он подчеркнул, что успех дела зависит от того, насколько проектные организации сумеют обеспечить внедрение новейших достижений науки и техники, снижение расхода всех видов ресурсов, в первую очередь, кабельной продукции, а также снижение сроков и сметной стоимости строительства.

Проектные организации связи сегодня — это квалифицированные инженерные коллективы, способные решать сложные технические и экономические задачи развития на современном уровне и разрабатывать проектно-сметную документацию на все виды сооружений связи — от крупных строек до объектов сельской связи, в том числе и для других министерств и ведомств.

В проектах на сооружение первичных сетей ЕАСС в последние годы предусматривается широкое внедрение многоканальных систем передачи на 3600 и 1920 каналов, а также системы К-10800, цифровых систем ИКМ-120, ИКМ-480 и др. Проектируются линии связи с применением волоконно-оптических кабелей. На городских, сельских и междугородных телефонных сетях начато внедрение квазиэлектронных и электронных станций типа «Кварц», «Исток», МТ-20 и др. На телеграфных сетях внедряются центры коммутации сообщений типа ЦКС-Т, аппаратура образования дискретных каналов и др. При проектировании радио-

центров в основном проводились их реконструкция и техническое перевооружение за счет новейших радиопередатчиков и антенных систем. Расширяется проектирование кабельного телевидения, спутниковых систем связи с применением оборудования и аппаратуры нового типа.

Разработка всех проектов проводится на основе полностью обновленной нормативной базы, большого количества методических руководств по проектированию. Значительно пополнился фонд типовых разработок. За период 1981—1984 гг. создано 76 новых типовых проектов и проектных решений на имеющие массовое применение здания: АТС на 10 и 20 тыс. номеров, районных узлов связи, цеха обработки посылок из облегченных металлических конструкций, прижелезнодорожных почтамтов.

Технико-экономические показатели еще не стали главным критерием оценки качества проектных решений и проекта в целом. Основное внимание при проектировании до сих пор уделялось техническим решениям. Стоимостные, экономические показатели (материало-, трудо-, энергоемкость) выявляются обычно в конце проектирования как результат принятых технических решений. Не практикуется вариантная проработка проектных решений.

Не всегда качественно и в полном объеме осуществляются изыскательские работы, в первую очередь, по линейным сооружениям. Это ухудшает проектные решения, удорожает строительство, иногда приводит даже к несчастным случаям. Зачастую неглубоко прорабатываются в проектах разделы организации строительства, а проектировщики самоустраняются от участия в приемке законченных строительством объектов.

Просчеты и ошибки в проектах приводят к возврату их на доработку.

С учетом специфики сооружений связи, в процессе эксплуатации которых не требуются сырьевые ресурсы и изделия, большое потребление воды, топлива, энергии (за исключением отдельных радиообъектов), на первый план при проектировании выдвинуты задачи оптимального построения сетей, рационального выбора оборудования и типов кабеля, сокращения строительного-монтажных работ, автоматизации технической эксплуатации и сокращения обслуживающего персонала. Особое внимание должно быть уделено методам интенсивного развития, при которых приоритет отдается реконструкции и техническому перевооружению действующих предприятий.

Нужны строгие обоснования необходимости каждой новой стройки в увязке с перспективной схемой развития сети на 15 лет и включением в план пятилетки; требуются технико-экономические обоснования (ТЭО) по крупным и сложным объектам, технико-экономические расчеты (ТЭР) по всем остальным объектам. На основании этих материалов осуществляется выбор площадки (трассы), подготовка задания на проектирование с необходимыми исходными данными. От полноты и качества этих материалов во многом зависит экономическая эффективность капитальных вложений.

Большое значение имеет задание на проектирование, выдаваемое заказчиком; это стартовая площадка для всего дальнейшего хода

проектирования. От заказчиков зависит полнота исходных данных, своевременность их выдачи. Недостаточная проработка заданий на проектирование приводит к последующей корректировке проектов и увеличению сроков проектирования.

В ближайшие годы должны быть полностью переработаны нормы технологического проектирования (НТП), для чего следует пересмотреть их номенклатуру, исключив лишние и дополнив НТП необходимыми, такими, например, как нормы проектирования районных узлов связи, сельских отделений связи, сетевых узлов ЕАСС. При переработке норм обязательен учет новейших достижений науки и техники, новых видов оборудования и аппаратуры связи, новых технологий.

Важное значение приобретает система экономических нормативов, включающая не только удельные капитальные вложения, но и такие показатели, которые позволят провести всесторонний экономический анализ проектируемого объекта, не ограничиваясь фиксацией конечного результата. К таким нормативам относятся: удельные эксплуатационные затраты, расход электроэнергии, основных строительных материалов и кабельных изделий и др.

Необходимо также продумать систему нормативов, позволяющую оценивать решения на промежуточных этапах проектирования по их технико-экономическому уровню и социальной значимости.

Все большее внимание уделяется типовому проектированию. Существующий фонд типовых проектов на сооружения связи требует дальнейшего обновления и пополнения.

Ввод в действие производственных мощностей и объектов связи в установленные сроки — один из основных показателей эффективности капитального строительства в отрасли. Однако эти сроки не всегда выполняются, в чем повинны и проектировщики. Во многих проектах этап организации строительства прорабатывается недостаточно, без учета современных передовых ее форм, новой строительной технологии, норм продолжительности строительства, а в ряде случаев — с отступлением от действующих инструкций из-за недостаточности исходных данных, получаемых от заказчика и подрядчика, что часто приводит к неправильному определению стоимости строительства объекта, потребности в материально-технических и людских ресурсах, к снижению роли проекта организации строительства как основного документа, его организующего. Необходимо, чтобы каждый рабочий проект, независимо от его сметной стоимости, содержал самостоятельный раздел — «Проект организации строительства».

Ускоренное развитие средств связи в двенадцатой пятилетке потребует существенного роста объемов проектирования. Поэтому так важны рост производительности труда работников проектных организаций, совершенствование организации процессов проектирования, планирования, структуры проектных организаций, оснащение их средствами оргтехники, внедрение прогрессивных методов выполнения проектных и изыскательских работ и пр.

Главный резерв повышения производительности труда проектировщиков — автоматиза-

ция проектных работ, основные направления которой были определены Комплексной программой автоматизации проектных работ, разработанной ГСП и утвержденной Минсвязи СССР. Выполнение этой программы должно обеспечить повышение производительности труда только в 1985 г. на 3,5%, что соответствует условному сокращению численности проектировщиков на 206 человек. В 1984 г. проектными институтами достигнут уровень автоматизации 9,6% вместо 8,6% по плану. Освоен автоматизированный выпуск сметной документации, автоматизированы общестроительные и сантехнические расчеты, решение отдельных инженерных задач — проектирования РРЛ, расчета генсхем зонной связи, кроссировок и т. п. Ведутся разработки программных комплексов, которые обеспечат дальнейший рост уровня автоматизации проектных работ. Это пакеты прикладных программ для проектирования станционных сооружений ГТС (АТСКУ, «Исток»), междугородных станций типа «Кварц», электропитающих установок (ЭПУ) и др. Утверждена отраслевая программа работ по созданию и внедрению системы автоматизированного проектирования (САПР) в головных институтах ГСП.

Однако автоматизации поддаются далеко не все проектные работы. Надо найти и другие пути повышения производительности труда проектировщиков. Один из них — типизация проектных материалов.

В силу специфики сооружений связи возможность разработки в отрасли комплексных типовых проектов (на здание и технологическую часть) ограничена. Для предприятий и сооружений связи можно разрабатывать типовые проекты лишь на здания (РУС, ОУП, АТС), но и их номенклатура невелика. Поэтому должны создаваться типовые проектные решения, главным образом, касающиеся технологической части различных средств и систем связи, а также альбомы типовых чертежей, что даст сокращение трудозатрат при проектировании не менее чем на 10%, с одновременным повышением качества и уровня унификации проектных решений.

Повысить производительность труда в проектировании позволят также: повторное применение наиболее экономичных индивидуальных проектов, отлаженная служба информации, наличие систематически пополняемого справочного фонда, формуляров, широкое внедрение прогрессивных форм выполнения ПСД — макетно-плоскостного метода разработки оригиналов чертежей с применением печатных технических средств и др.

Ведущая роль в проведении единой технической политики в области проектирования средств связи отводится головным проектным институтам. Они выполняют большую организационную работу, осуществляя методологическое и оперативное руководство проектированием, консультации по техническим и экономическим вопросам, разрабатывают документы, определяющие развитие на перспективу. Значение головных институтов должно возрастать.

Ускоренное развитие телефонной связи, в том числе в сельской местности, активизировало деятельность проектно-конструкторских отделов и бюро при ПТУС, ТЦУМС и министерствах связи союзных республик, поставив перед

ними новые сложные задачи. Определена номенклатура объектов связи, которые разрешено проектировать ПКО и ПКБ. Сметная стоимость таких объектов возросла с 1 до 1,5 млн. руб. ПКО и ПКБ оснащаются множительной и вычислительной техникой. Контроль за работой ПКО и ПКБ возложен на Главсвязь-проект и зональные проектные институты, которые должны согласовывать с ПКО и ПКБ задания на проектирование объектов большой номенклатуры и выборочно проверять качество выпускаемой ими документации.

Улучшить проектно-сметное дело невозможно без квалифицированных кадров, способных самостоятельно решать сложные задачи, обладающих широким экономическим кругозором и технической зрелостью мышления. С целью повышения престижности труда проектировщика, его значимости в общем процессе развития народного хозяйства будут проведены мероприятия, стимулирующие добросовестный и творческий труд проектировщиков.

Усилена роль главных инженеров (ГИП) и главных архитекторов (ГАП) проектов, которые несут ответственность за технико-экономический уровень и архитектурные решения строящихся зданий, предприятий и сооружений, за качество проектов и правильное определение сметной стоимости, а также за достижение проектных показателей в установленные сроки. Необходимо создать ГИП и ГАП условия для творчества, освободив их от канцелярской работы и выполнения не свойственных им функций.

Строгая ответственность проектных организаций за осуществление авторского надзора за строительством предприятий, зданий и сооружений связи и за качество экспертизы проектов будет способствовать экономии материальных ресурсов, снижению стоимости строительства, его индустриализации, сокращению трудозатрат при эксплуатации объектов.

Необходимо своевременно обеспечить проектной документацией реконструируемые и намеченные к строительству объекты двенадцатой пятилетки.

Об итогах выполнения рекомендаций первого Всесоюзного совещания проектировщиков — специалистов в свете Постановления ЦК КПСС и Совмина СССР «О мерах по дальнейшему улучшению проектно-сметного дела» (1981 г.) сообщил заместитель начальника ГСП М. А. Фоменко. Он подчеркнул, что рекомендации первого совещания явились по существу программой действий проектировщиков отрасли на одиннадцатую пятилетку, и сейчас можно уже сказать, что планы успешно выполнены.

Остановившись на проведенных Главсвязь-проектом мероприятиях по выполнению этой программы, М. А. Фоменко отметил, что ГСП, осуществляя методическое руководство проектированием в малочисленных и территориально разобщенных проектных отделах, организовало курсовое обучение работников ПКБ и ПКО в городах, где имеются проектные институты, что позволило за 4 года повысить квалификацию более 1800 человек. Кроме того, ГСП осуществляет выборочные контрольные проверки разрабатываемых ПКО и ПКБ проектов; проверяет производственную деятельность и организацию проектных работ в

ПКО; разрабатывает и выпускает нормативно-справочные материалы и обеспечивает ими все ПКО и ПКБ в централизованном порядке; способствует внедрению прогрессивных методов в технологию проектирования и т. д.

Осветив стороны деятельности ГСП и проектных организаций, докладчик ознакомил участников совещания с мероприятиями, разработанными Главсвязь-проектом в целях выполнения Постановления Совмина СССР. В их числе: разработка основных критериев оценки деятельности проектных организаций на основе высокого технико-экономического уровня проектируемых объектов, повышения производительности труда и сокращения расхода ресурсов при строительстве и эксплуатации объектов, снижения доли строительно-монтажных работ и стоимости объектов, улучшения качества архитектурно-строительных решений; разработка основных направлений строительного и технологического проектирования объектов связи на двенадцатую пятилетку, а также плана повышения технического и экономического уровня проектных решений; уточнение и переработка методических руководств по проектированию стандартов предприятий, инструкций и других документов, обеспечивающих правильность определения сметной стоимости строительства, состава пусковых комплексов и очередности выполнения работ, а также степень персональной ответственности соответствующих работников проектных организаций за правильное определение этих показателей; переработка типового положения о ПКО ПТУС в сторону расширения их прав и ответственности за качество и организацию выпуска ПСД; укрепление методического руководства ПКО и ПКБ, совершенствование организации проектных работ путем разработки стабильных двухлетних и годовых планов проектно-исследовательских работ, существенного улучшения внутреннего планирования в институтах, применения прогрессивных методов проектирования; повышение производительности труда проектировщиков как традиционными методами (бескалькировочный метод; унификация чертежей, графиков, схем, текста; использование темплетов, супизов, липких аппликаций, микрофильмирования, микрофиш), так и путем автоматизации проектно-исследовательских работ, конечный итог которой — создание системы автоматизированного проектирования.

В заключение М. А. Фоменко вынес на обсуждение предложение об изменении ряда существующих положений, сковывающих инициативу проектных предприятий и мешающих техническому прогрессу, внедрению новых форм управления производством.

Участники совещания в своих выступлениях развивали и конкретизировали те актуальные вопросы, что были рассмотрены в основных докладах пленарного заседания.

О дальнейшем повышении роли экспертизы проектов рассказал П. В. Гожерук. Анализ проектов иллюстрирует недостатки в организации деятельности проектных институтов. Исключение выявленных недочетов позволит значительно повысить качество проектов. О необходимости ужесточения требований к качеству проектных работ, выполняемых ПКО и ПКБ ПТУС и ТЦУМС, на примере проектиро-

вания РРЛ говорил И. С. Ш и ш к у н о в; о качестве проектов строительства АТС, разработанных институтами ГСП, ПКО и ПКБ Минсвязи союзных республик, — В. Г. Б а к л а н о в.

Ускоренное развитие телефонной связи в стране в двенадцатой пятилетке потребует интенсификации проектных работ: наряду с увеличением их объемов необходимо в короткие сроки осваивать новую технику. О трудностях, стоящих перед проектными институтами в новых условиях, путях их преодоления рассказал В. В. П у ч к о в, о значении и повышении роли зональных институтов — Б. И. Ч е р н и к о в.

Серия докладов была посвящена актуальной проблеме создания и использования САПР в проектных организациях Минсвязи СССР. Создана отраслевая программа работ, предусматривающая, в первую очередь, внедрение САПР в головных институтах. Основная задача САПР — проектирование на всех или отдельных стадиях объектов или их составных частей в основном путем взаимодействия человека и ЭВМ. В пределах института может действовать, как правило, только одна САПР, включающая необходимое число подсистем. САПР создается и функционирует в проектных институтах как самостоятельная система, но может быть связана с подсистемами и банками данных других автоматизированных систем.

Создание САПР — переход на качественно новую ступень организации проектирования, который потребует поиска новых форм и методов работы, повышения качества создаваемого программного обеспечения, значительных трудовых и материальных затрат. Координации работ по автоматизации проектирования был посвящен доклад И. А. Ж о с а н. О задачах Гипросвязи по созданию и внедрению САПР в двенадцатой пятилетке рассказал Г. А. Ф о м и н, об опыте работы Гипросвязи-3 по автоматизации проектных работ и техническому обеспечению САПР — А. М. К у л е ш а; о пу-

тях повышения производительности труда проектировщиков и автоматизации проектных работ в Архангельском ПТУС — И. В. Ж у к о в. Представители проектных организаций рассказали о проблемах в проектировании объектов связи. Всего было заслушано свыше 20 докладов и выступлений.

Всесоюзное совещание работников проектных организаций закончилось принятием рекомендаций, направленных на обеспечение ускоренного развития отрасли связи в условиях интенсификации экономики. Всем коллективам проектных организаций — от руководителя до рядового проектировщика — необходимо проявлять творческую инициативу с целью достижения высоких технико-экономических показателей проектов, полного использования возможностей применяемого в проектах оборудования, изыскания оптимальных технических решений, всемерной экономии энергетических ресурсов, кабеля, металла, цемента, дерева и других материалов, сокращения трудовых затрат при строительстве и эксплуатации проектируемых объектов.

В рекомендациях нашли отражение в основном все обсуждавшиеся на совещании вопросы. В качестве важнейшего направления интенсификации отрасли принято дальнейшее совершенствование воспроизводственной структуры капитальных вложений посредством увеличения удельного веса реконструкции, технического перевооружения и расширения действующих предприятий.

В целях осуществления перестройки проектно-сметного дела перед Главсвязьпроектом, головными и зональными проектными институтами, всеми проектными организациями и подразделениями Минсвязи СССР и союзных республик поставлены конкретные задачи, направленные на своевременное обеспечение строек высококачественной проектно-сметной документацией в установленные сроки.

Материал подготовила Г. Моница

События, факты

В феврале 1986 г. в Кишиневе будет проходить Всесоюзное научно-техническое совещание «Совершенствование средств связи на основе внедрения световолоконной и микропроцессорной техники». Его проводят ЦП НТОРЭС им. А. С. Попова, Министерства связи СССР и Молдавской ССР, Академии наук СССР и Молдавии, МПСС, МРП, МЭП, Минприбор, Министерство высшего и среднего специального образования СССР, Молдавское республиканское правление НТОРЭС и ЦП НТО Приборпром им. академика С. И. Вавилова.

На совещании предполагается заслушать и обсудить доклады по следующим направле-

ниям: волоконно-оптические линии связи; системно-технические и аппаратурные аспекты создания средств связи с использованием световолоконной и микропроцессорной техники; элементная база средств связи на основе этой техники.

Центральное правление НТОРЭС и оргкомитет совещания приглашают научно-исследовательские организации, промышленные предприятия, учебные заведения и отдельных специалистов принять участие в работе совещания и представить в адрес Центрального правления Общества тезисы докладов и сообщений.

СЕЛЬСКАЯ ТЕЛЕФОННАЯ СВЯЗЬ

Тематическая подборка

Хорошо развитая связь в сельской местности — это фактор не только улучшения коммунально-бытовых и социально-культурных условий жизни деревень, поселков районного подчинения, районных центров, но и прежде всего повышения эффективности сельскохозяйственного производства, поднятия уровня управления им, снижения трудозатрат, закрепления кадров на селе в интересах выполнения Продовольственной программы СССР. Расширение объема услуг местной связи и улучшение их качества — неотъемлемая часть. Комплексной программы развития производства товаров народного потребления и сферы услуг на 1986—2000 годы.

Объем услуг связи в расчете на душу населения за одиннадцатую пятилетку возрос на 24%. На треть стало больше телефонов у горожан и на 43% — у сельских жителей, т. е. темпы развития связи на селе выше чем в городе. За последние 10 лет количество телефонов в сельской местности удвоилось, однако их имеют лишь 7% семей на селе.

Основа развития связи — телефонные сети общего пользования (СТС), сети внутрипроизводственной (ВПТС) и диспетчерской (ДС) связи. Практика показывает, что надежно действующие сети связи, диспетчеризация сельскохозяйственного производства на их основе дают рост производительности труда сельских тружеников до 20%. За годы одиннадцатой пятилетки построены, расширены и реконструированы сети ВПТС более чем в 4 тыс. совхозов и 5 тыс. колхозов. ВПТС имеют 94% хозяйств. Организована ДС примерно в 3000 хозяйствах и других предприятиях и организациях.

Именно на СТС впервые в нашей стране были внедрены цифровые системы передачи (ЦСП). Системы первого поколения (ИКМ-12М, «Зона-12Х3») позволили существенно повысить эффективность использования кабелей межстанционной связи, а радиорелейная СП «Радан-1» — упростить телефонизацию сел в труднодоступных районах. ЦСП второго поколения (ИКМ-15, «Зона-15», «Радан-2»), выполненные с учетом рекомендаций МКККТ, имеющие более высокую надежность и системы дистанционного контроля оконечного и промежуточного оборудования, дали возможность, наряду с повышением качества передачи сообщений, значительно снизить затраты на строительство и эксплуатацию СТС, обеспечить выход абонентам сельских АТС на ЕАСС.

Принятым в январе 1985 г. Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по укреплению материально-технической базы и развитию услуг телефонной связи, предоставляемых населению, в 1986—1990 годах и в период до 2000 года» предусматривается значительный рост темпов развития городской и сельской связи в стране. До половины капложений в отрасли будет направлено на ускорение технического перевооружения, модернизацию технологических процессов; среди главных задач — ввод в эксплуатацию в городах и селах АТС емкостью 12 млн. номеров, что позволит в 1,5 раза увеличить количество телефонов.

К 1990 г. в основном будет завершена телефонизация сельскохозяйственных предприятий, телефонизированы их участки и подразделения, а также фельдшерско-акушерские пункты, школы, магазины, предприятия культурно-бытового и коммунального назначения.

Развитие связи на селе в условиях ускорения научно-технического прогресса включает создание и внедрение новой аппаратуры и кабелей, усовершенствование систем передачи и коммутации, использование современных проектов строительства объектов связи, улучшение методов эксплуатации сетей, оптимизацию их построения.

На местных сетях предусмотрено использование, наряду с координатными, квазиэлектронных и электронных станций типов МТ-20/25, «Кварц», «Исток», «Квант» и др., система диагностики которых позволяет автоматически выявлять неисправности как коммутационной аппаратуры, так и линий. Доля электронного оборудования будет интенсивно возрастать. Процесс усовершенствования ЦСП идет путем использования новейших интегральных микросхем. Увеличится выпуск и повысится надежность кабелей СТС. Однако быстрый рост сетей должен сочетаться со стройжайшей экономией кабеля, материалов, оборудования при проектировании и строительстве объектов.

Проблемы развития СТС определяются, в частности, низкой плотностью населения в сельской местности (и большим разбросом этого показателя по регионам) и сравнительно с ГТС высоким уровнем удельных капитальных затрат. Это вызывает необходимость применения на СТС таких технических средств и решений, как концентраторы, спаренное включение аппаратов, системы радиосвязи с многократным использованием выделенного диапазона частот, применения систем передачи

на большем числе участков, чем на ГТС, и не только для соединительных, но и для абонентских линий (АВУ, ДАВУ, ИКМ/АВУ).

Ввиду разветвленности и многочисленности сетей СТС, а также недостатка кадров нужной квалификации особую важность приобрело создание центров технической эксплуатации (ЦТЭ) линейных и станционных сооружений СТС. Ведется разработка комплекса средств ЦТЭ, серийное производство которых планируется на 1987—1988 гг. Задачи развития сетей передачи данных, диспетчеризации, дистанционного управления и контроля в агропромышленном комплексе требуют изыскания инженерных решений по комплексному использованию средств СТС.

Осуществление намеченных мероприятий даст значительный рост емкости СТС, позволит решить основные задачи по удовлетворению спроса на услуги связи. Работа связистам предстоит напряженная, проблем немало, и успех ее во многом определяется согласованностью действий специалистов всех уровней и на всех участках — от разработки до эксплуатации. В этом деле журнал «Электросвязь» может оказать помощь как пропагандист научно-технических достижений и оптимальных направлений развития подотрасли.

В предлагаемой тематической подборке статей затронуты некоторые аспекты развития СТС в условиях его интенсификации. Рассматриваются общие вопросы построения СТС, их совершенствования, состав технических средств, способы организации связи между станциями, предложения по автоматизированному управлению развитием СТС, кабели сельской связи, вопросы обеспечения требуемых норм.

Имея в виду заинтересованность специалистов в обсуждаемых проблемах, редакция надеется на получение новых статей, посвященных развитию СТС.

ПУТИ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕЛЕФОННЫХ СЕТЕЙ

Сельская телефонная связь в стране развивается согласно Основным положениям системы сельской телефонной связи [1], утвержденным в 1974 г. В новых условиях интенсификации развития связи на селе, появления оборудования принципиально иного вида (коммутационного квазиэлектронного, систем передачи с ИКМ, кабелей нового типа) изменились и принципы организации и строительства средств связи в сельской местности. Ускоренными темпами развиваются различные виды производственной связи — внутрипроизводственная телефонная (ВПТС) в совхозах, колхозах и других предприятиях и организациях сельской местности и диспетчерская (ДС). Одновременно расширяются и совершенствуются сельские телефонные сети общего пользования, входящие в ЕАСС и объединяющие разрозненные хозяйства в единый хозяйственный механизм. Новая редакция Основных положений, сделанная Ленинградским отделением ЦНИИС, призвана обеспечить ускоренное равномерное строительство новых и реконструкцию действующих объектов связи на селе. Наиболее важные моменты этого документа изложены в статье.

Принципы построения СТС. Как известно, сельская телефонная сеть (СТС) может строиться как по радиальному принципу с одноступенчатой схемой построения СТС, так и по радиально-узловому с одно- или двухступенчатой схемой. Одноступенчатая схема предпочтительнее двухступенчатой, поскольку при одноступенчатом построении СТС упрощается станционное оборудование, повышается надежность связи и ускоряется процесс установления соединений [4]. Двухступенчатое построение СТС допустимо лишь в отдельных случаях, при явном его технико-экономическом преимуществе.

В состав СТС входят: центральная станция (ЦС), расположенная в районном центре и выполняющая одновременно функции городской телефонной станции райцентра и транзитного узла СТС, узловые станции (УС) (при двухступенчатой схеме построения СТС) и оконечные станции (ОС), включаемые в ЦС с помощью соединительных линий (СЛ).

Если райцентр или крупный город (областной, краевой или республиканский центр), на территории которого расположены партийные, советские и хозяйственные организации сельского района, является одновременно центром этого района, имеет районированную городскую телефонную сеть, то СТС и ГТС образуют *единую комбинированную местную телефонную сеть*. В этом случае организуется или ЦС или транзитный узел исходящего и входящего сообщения сельско-пригородной связи (УСП), через который осуществляется связь станций СТС со станциями и узлом спецслужб ГТС, между станциями СТС, а также исходящая и входящая междугородная связь абонентов СТС.

Сельская первичная сеть (СПС) создается на базе воздушных, кабельных и радиорелейных линий связи с использованием аппаратуры систем передачи. Как известно, протяженность абонентских линий (АЛ) на СТС весьма существенная. Повысить эффективность их использования, сэкономить дефицитный кабель поз-

воляют спаренное включение телефонных аппаратов с взаимной связью и без нее, телефонные концентраторы, аппаратура систем передачи и радиосвязи.

Организация производственной связи в сельской местности подразумевает создание сетей следующих видов.

Сеть внутрипроизводственной телефонной связи (ВПТС) колхозов, совхозов и других предприятий сельскохозяйственного производства строится на базе СТС общего пользования, с использованием ее станционных и линейных сооружений, и предназначается для установления соединений между абонентами различных производственных объектов в пределах одного хозяйства (предприятия). Оборудование ВПТС должно обеспечивать также выход абонентов этой сети на общегосударственную телефонную сеть (ОГСТФС), с ограничением такой возможности для части абонентов. Однако все абоненты, даже те, для которых ограничен выход на ОГСТФС, должны иметь возможность вызова экстренных служб райцентра по сокращенным двухзначным номерам.

Сеть диспетчерской телефонной связи (ДТС) предназначена для организации оперативно-командной связи как внутри хозяйства, так и в пределах сельского административного района и области (края, республики). При этом оборудование сети должно обеспечивать оперативный вызов диспетчером абонентов сети; индивидуальную, групповую и циркулярную связь диспетчера с абонентами, включая громкоговорящую; связь диспетчера с абонентами ВПТС, ОГСТФС и между абонентами ДТС и ВПТС.

Сеть диспетчерской радиотелефонной связи (ДРС) предназначена для связи с подвижными, труднодоступными и удаленными объектами внутри хозяйства и в пределах района с возможностью выхода на сети ДТС и ВПТС.

Сеть факсимильной связи (ФС) служит для передачи документальной информации как внутри хозяйства, так и в пределах района и области (края, автономной республики).

Оборудование сети обеспечивает установление соединений между абонентами и передачу штриховых изображений при скорости развертки 120 строк/мин.

Сеть передачи телеинформации (ПТИ) предназначена для дистанционного контроля производственных процессов внутри хозяйства путем телеконтроля, телеизмерений и телесигнализации. Оборудование сети обеспечивает передачу дискретных и аналоговых сигналов по некоммутируемым физическим цепям и каналам.

Сеть директорской связи (ДС) служит для организации непосредственной телефонной связи между руководителем хозяйства и его прямыми подчиненными, при этом должна быть возможность проведения конференц-связи и громкоговорящей связи.

Для целей производственной связи в пределах района и области могут использоваться общегосударственные сети абонентского телеграфирования (АТ) и передачи данных (ПД). По сети АТ передается документальная информация со скоростью 50 бит/с. Связь по этой сети организуется на направлениях, где факсимильные средства связи не справляются с передачей требуемого объема документальной информации. Сеть ПД используется для обмена информацией между хозяйствами и вычислительным центром (ВЦ), при этом данные могут передаваться с низкой (до 300 бит/с) или средней (до 2400 бит/с) скоростью.

Состав технических средств для организации производственной связи в конкретном хозяйстве определенного района выбирается на основе технико-экономического анализа этого хозяйства, с учетом его размеров и профиля, особенностей района, общего количества хозяйств в районе, объема необходимой для передачи информации, требуемой оперативности обмена информацией и других факторов.

В качестве коммутационного оборудования на СТС наряду с квазиэлектронными системами с записанной программой по-прежнему будут использоваться АТС координатных систем с косвенным (регистровым) управлением. В качестве ЦС будут применяться: при емкости ЦС до 2 тыс. номеров (в исключительных случаях до 3—4 тыс. номеров — АТСК-100/2000 и усовершенствованные станции этого типа; при емкости ЦС свыше 2 тыс. номеров — АТСК и АТСКУ. Допускается использовать в качестве ЦС находящиеся в эксплуатации АТС декадно-шаговой системы типов АТС-100/500, АТС-100/500М, АТС-47, УАТС-49; АТС-54 и АТС-54А. Однако в этих случаях при организации на СТС автоматической междугородной связи по зонному принципу на ЦС необходимо обеспечить четырехпроводный транзит каналов передачи, для чего должны использоваться блоки группового искания АТСК-100/2000, а АТС дооборудуются аппаратурой определения категории и номера телефона вызывающего абонента (АОН).

Если в качестве ЦС применяются координатные АТС городского типа АТСК(У), то они должны удовлетворять специфическим требованиям сельских телефонных сетей: обеспечивать включение малых пучков СЛ для связи с ОС

и УС и использовать двусторонние СЛ, для чего выпускаются специальные блоки ГИ, комплекты РСЛ и регистры.

Внедрение коммутационного оборудования квазиэлектронной системы «Исток» рекомендуется осуществлять зонами с обеспечением так называемого интегрального режима работы станции. При этом следует учитывать, что система имеет станции двух типов — 1 и 3. Станция типа 1 является автономной или ведущей по управлению и может использоваться на СТС в качестве ЦС, УС, ОС и УСП в автономном и интегральном режимах. Станция типа 3 — ведомая по управлению, может применяться на СТС только в качестве ОС и работать в интегральном режиме под управлением ведущей по общему каналу управления (ОКУ). При проектировании СТС на базе станций «Исток» следует помнить, что существуют ограничения на расстояния между станциями типов 1 и 3 [5].

На сельских телефонных сетях в качестве ЦС, УС, ОС и УСП в автономном режиме могут использоваться квазиэлектронные АТС и других типов, например «Квант». Квазиэлектронные системы обеспечивают дополнительные виды обслуживания для абонентов.

Взаимодействие АТСКЭ между собой и с АТСК(У) осуществляется многочастотным кодом «2 из 6» методом «импульсный челнок», а с квазиэлектронной АМС (АМСКЭ) — кодом «2 из 5» методом «импульсный пакет». В дальнейшем для взаимодействия станций АТСКЭ между собой и с АМСКЭ намечается использовать общий канал сигнализации (ОКС).

Связь станций СТС между собой может осуществляться по односторонним, двусторонним, отдельным или общим для местной и междугородной связи (универсальным) СЛ. С целью повышения надежности связи, увеличения пропускной способности СЛ, лучшего использования коммутационного оборудования и борьбы с перегрузками следует применять так называемые поперечные направления связи между ОС и УС и обходные направления через ЦС, УС и ОС.

Однако организация обходных направлений в станциях типа АТСК-50/200М, АТСК и АТСКУ возможна лишь с ограничениями, станции типа АТСК-50/200 и АТСК-100/2000 не располагают такой возможностью. Внедрение на сети квазиэлектронных станций типов «Исток» и «Квант», имеющих возможность динамического управления потоками нагрузки, позволит более экономично строить сети междугородной связи и рационально распределять потоки вызовов по направлениям. Использованию на СТС обходных направлений должно предшествовать обоснование его необходимости с помощью инженерных методов расчета оптимального построения сети с обходами в условиях отсутствия и наличия динамического управления потоками нагрузки.

Линейные сооружения и системы передачи оказывают существенное влияние на качество и надежность связи в сельской местности, а также на технико-экономические показатели СТС.

Предусматривается комплексное использование линейных сооружений для осуществления не только телефонной связи сети ОГСТФС, но

и внутрипроизводственной телефонной и диспетчерской связи, передачи программ проводного вещания, факсимильной связи, передачи данных, а также передачи телеинформации.

В состав линейных сооружений СТС входят линии абонентской и межстанционной связи. В результате проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ определена номенклатура кабелей для СТС. В качестве линий межстанционной связи предусматривается использовать одно- и двухчетверочные, а также многопарные кабели с полиэтиленовой оболочкой и изоляцией для прокладки в различных условиях: в грунтах различных категорий, включая подверженные растрескиванию и промерзанию; в районах, зараженных грызунами; в кабельной канализации; для подвески на опорах. Это кабели из медной или алюмомедной проволоки. Часть из них с гидрофобным наполнителем, предотвращающим распространение влаги внутри кабеля при повреждении оболочки.

Для разных условий используются различные виды брони: легкая стальная броня для районов, зараженных грызунами; броня из круглой стальной проволоки для перехода через водные преграды; броня из стальных лент для грунтов всех категорий.

На межстанционных участках получают дальнейшее развитие радиорелейные линии связи. Предусматривается использование воздушных линий связи из стальных и биметаллических проводов диаметром 3 и 4 мм, подвешиваемых на опорах.

На сети АЛ будут применяться кабельные линии из многопарных кабелей с медными жилами диаметром 0,32; 0,4; 0,5 и 0,7 мм, прокладываемых в кабельной канализации при cableровании телефонных сетей райцентров и поселков городского типа. Для непосредственной прокладки в грунте предназначены малопарные абонентские кабели с биметаллическими жилами и однопарные кабели с медными жилами диаметром 0,9 и 1,2 мм, используемые для ответвлений от многопарных кабелей и для связи с абонентскими пунктами.

Найдут применение и воздушные линии с цепями из стальных проводов диаметром 2,5; 3 и 4 мм, а также радиоканалы (для удаленных абонентов).

Большие расстояния между сельскими АТС обуславливают использование длинных СЛ. В качестве СЛ на СТС применяются как физические линии, так и каналы аналоговых и цифровых систем передачи. На воздушных линиях связи с цепями из стальных и биметаллических проводов рекомендуется применять находящиеся в эксплуатации аналоговые системы передачи с частотным разделением каналов (ЧРК) В-2, В-2-2, ВО-3-4, В-3-3с, ВО-12-3, ВО-12-Е2, а также их модификации, по мере освоения их выпуска промышленностью.

При применении этих систем следует учитывать, что каналы тональной частоты (ТЧ) могут использоваться в аппаратуре В-2 и В-2-2 только для телефонной связи, а в аппаратуре В-3-3с, ВО-3-4 и ВО-12-3 (ВО-12-Е2) — как для телефонной связи, так и для проводного вещания при замене двух (или трех в аппаратуре ВО-12-3) ка-

налов ТЧ одним каналом вещания; а для тонального телеграфирования (ТТ) — при замене канала ТЧ одним каналом ТТ.

На межстанционных линиях СТС с кабелями четверочной конструкции рекомендуется применять главным образом цифровые системы передачи с временным разделением каналов (ВРК) ИКМ-15, «Зона-15» и ИКМ-30С, а также системы с ЧРК КНК-12. Аппаратура «Зона-15» и ИКМ-30С обеспечивает возможность выделения групп и отдельных каналов и трансляцию их в цифровой форме без переприема по ТЧ, что позволяет более экономично строить СПС и СТС [2, 3].

Допускается использовать находящиеся в эксплуатации и снятые с производства аналоговую систему передачи КНК-6Т и цифровые ИКМ-12М и ИКМ-12×3 («Зона»).

При применении систем передачи на кабельных линиях следует учитывать, что каналы ТЧ, кроме как для телефонной связи, могут использоваться для проводного вещания, факсимильной связи и ТТ.

На радиорелейных линиях рекомендуется применять системы с ИКМ «Радан-2». Допускается использование находящихся в эксплуатации систем «Контейнер», «Радан», «Электроника-М».

При строительстве и расширении СТС рассчитывается объем коммутационного и линейного оборудования, необходимый для обслуживания прогнозируемой нагрузки. При этом необходимо предусмотреть возможность периодических измерений этой нагрузки.

Важным вопросом при строительстве новых или расширении существующих СТС является соблюдение установленных электрических норм и распределение затухания по участкам разговорного тракта на сельских и комбинированных телефонных сетях при местной и междугородной связи. Такие нормы установлены для всевозможных вариантов построения этих сетей, при использовании на них указанных выше систем коммутации, каналов передачи и физических цепей.

Выбор системы нумерации при развитии СТС проводится при соблюдении следующих требований: все абоненты СТС охватываются единой пятизначной нумерацией; использование сокращенной (двух- и трехзначной) нумерации допускается лишь при связи абонентов данного ОС или УС, а также отдельных узловых районов; возможность пользования автоматической междугородной связью предоставляется абоненту СТС, имеющему право выхода на сеть общего пользования, для чего обеспечивается выход на АМТС зоны по заказно-соединительным линиям (ЗСЛ): связь с экстренными службами райцентра предоставляется всем без исключения абонентам СТС и ВПТС.

Однако при выборе системы нумерации следует учитывать технические возможности различных типов АТС, используемых на селе. В связи с этим на СТС могут применяться следующие системы нумерации: закрытая пятизначная нумерация; открытая нумерация без индекса выхода; открытая нумерация с индексом выхода. Первые две системы нумерации являются перспективными. Они

могут использоваться при наличии на сети района станций типов АТСК-100/2000, АТСК, АТСКУ, АТСК-50/200 (М), «Исток» и «Квант». На находящихся в эксплуатации оконечных станциях типов АТСК-40/80, АТСК-100/500 (М), АТСК-50/200 может применяться только открытая нумерация с индексом выхода на ОГСТФС.

Внедрение на СТС автоматической междугородной связи по зональному принципу сдерживается из-за сохранения на СТС релейных АТС и координатных станций типов АТСК-40/80 и АТСК-50/200, не имеющих в своем составе аппаратуры АОН, а также отсутствия массового производства этой аппаратуры для оснащения основного оборудования АТСК-100/2000 и АТСК-50/200М.

При организации автоматической междугородной связи по зональному принципу предусматривается связь ЦС, расположенной в райцентре, с АМТС, расположенной в областном (краевом, республиканском) центре, или с зональным телефонным узлом (ЗТУ) двумя пучками соединительных линий внутризоновой сети: ЗСЛ для исходящей автоматической внутризоновой и междугородной связи, а также для связи с различными службами АМТС (справочной, столом заказов и др.); СЛ входящей междугородной связи (СЛМ).

В качестве АМТС или ЗТУ могут использоваться станции типов АМТС-2, АМТС-3, АРМ-20 и АМТСКЭ.

При отсутствии в областном центре АМТС, пригодной для организации междугородной связи по зональному принципу, для обеспечения исходящей автоматической внутриобластной и междугородной связи по отдельному пучку каналов с установленных в райцентре междугородных таксофонов и с выделенной группы телефонных аппаратов абонентов райцентра предусматривается использование оборудования переходного периода: типа АВТС для связи с абонентами областного центра и других райцентров по единому тарифу и типа АВТС-М и оборудования междугородных телефонных автоматов (ОМТА), обеспечивающих возможность установления междугородных соединений по любому тарифу.

Требования к электроснабжению средств связи в сельской местности следующие. Номинальная величина опорного напряжения питания аппаратуры всех типов АТС, применяемых на СТС, равна 60 В постоянного тока с заземленным положительным полюсом. Другие номиналы напряжения (5 В, 24 В), необходимые для работы аппаратуры электросвязи, получаются путем преобразования опорного напряжения с помощью полупроводниковых конверторов.

Питание периферийных устройств (устройств ввода и вывода, телетайпов) и стативных вентиляторов управляющего комплекса станций «Исток» осуществляется переменным током напряжением 220 В, 50 Гц с заземленной нейтралью. Определены допустимые пределы отклонений опорного напряжения и другие требования к источникам питания оборудования СТС.

Принципы технической эксплуатации сооружений СТС. Основной способ технической эксплуатации сельских телефонных сетей — централизованный, основанный на статистическом (контрольно-корректирующем) методе [6]. Допускается применение профилактического метода обслуживания объектов электросвязи, в которых не предусмотрено наличие технических средств централизованного обслуживания.

Централизованная система технической эксплуатации должна создаваться как единая система для всех существующих видов сельских сетей электросвязи. При этом должна предусматриваться организация контроля двух видов — непрерывного и периодического. Результат непрерывного контроля — оперативное автоматическое информирование центра технической эксплуатации об аварийных ситуациях различной степени важности. Периодический контроль обеспечивает получение дополнительной, более детальной информации о состоянии технических средств.

Реализация современных методов технической эксплуатации зависит от наличия необходимых технических средств контроля, для чего требуется ускорить работы по внедрению их в промышленность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основные положения системы сельской телефонной связи. — М.: ЦНИИС, 1974.
2. Баев А. П., Патоков Л. Ф., Комаров Г. Н. Развитие сельских первичных сетей ЕАСС на базе цифровых систем передачи. — Вестник связи, 1983, № 8.
3. Баев А. П., Никифоров Н. П. Перспективы повышения эффективности сельских первичных сетей. — Электросвязь, 1984, № 4.
4. Руководство по проектированию сети электросвязи в сельской местности. — М.: Связь, 1976.
5. Болгов И. Б. и др. Электронно-цифровые системы коммутации. — М.: Радио и связь, 1985.
6. Основные положения централизованной технической эксплуатации сельских телефонных сетей. — М.: Радио и связь, 1984.

Статья поступила 28 марта 1984 г.

ВНЕДРЕНИЕ НА СТС СИСТЕМЫ С ОБЩИМ КАНАЛОМ СИГНАЛИЗАЦИИ

На сельских телефонных сетях (СТС) начинается внедрение автоматических телефонных станций (АТС) с программным управлением. Для обмена сигналами управления и взаимодействия эти АТС используют систему с общим каналом сигнализации — систему ОКС. В сравнении с существующими системами сигнализации данная система имеет ряд преимуществ, из которых для СТС особо существенны следующие: сокращается время установления соединения благодаря высокой скорости передачи сигнальных сообщений; простыми средствами решается проблема двустороннего использования разговорных каналов; снижается стоимость станционного оборудования вследствие существенного упрощения линейных комплектов (РСЛ).

Следует также учесть, что без внедрения системы ОКС в будущем станет невозможным объединение отдельных вторичных сетей в единую сеть с интегральными видами обслуживания. Это обстоятельство, по-видимому, можно считать решающим аргументом при выборе системы сигнализации для АТС с программным управлением.

В публикациях, посвященных вопросам внедрения системы ОКС, исследования проводились преимущественно для междугородной и городской телефонных сетей. В настоящей статье анализируются основные проблемы внедрения системы ОКС на СТС.

Внедрение АТС с программным управлением на СТС. Основные проблемы внедрения системы ОКС на СТС могут быть решены при условии выработки четкой стратегии внедрения АТС с программным управлением. Такая стратегия разработана и для городских телефонных сетей [2] и для СТС [3, 4]. С учетом [2—4] можно сформулировать ряд положений внедрения АТС с программным управлением типов «Исток» и «Квант» на СТС:

коммутационное оборудование одного типа следует внедрять концентрированно (по крайней мере, в рамках СТС одного сельского административного района) с целью упрощения их взаимодействия и удобства эксплуатации;

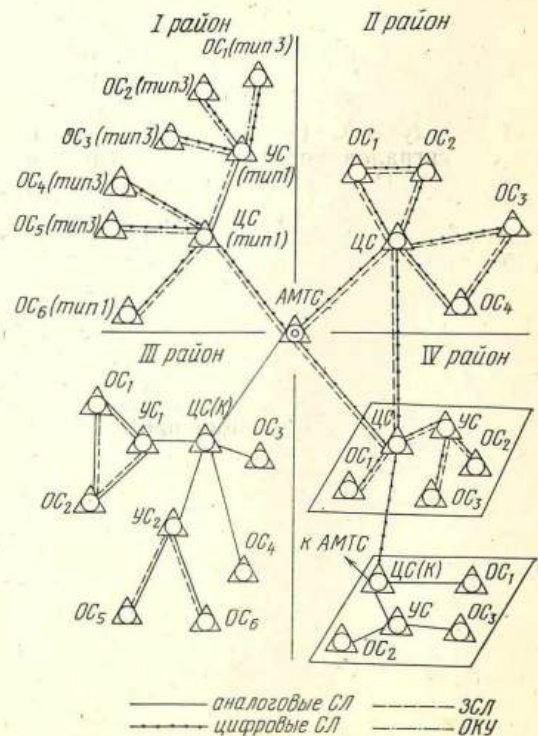
электронные АТС на СТС целесообразно внедрять методом «наложенной» сети; между собой эти станции должны соединяться посредством цифровых систем передачи (ЦСП) с импульсно-кодовой модуляцией (применение ЦСП ИКМ-12М исключается). Первоначально внедряется АТС, выполняющая функции центральной станции (ЦС);

квазиэлектронные АТС «Исток» должны преимущественно использоваться в «интегральном» режиме [5] и внедряться на тех СТС, где ЦС подлежат замене;

квазиэлектронные АТС «Квант», не обеспечивающие транзита цифровых каналов без перехода на низкую частоту, целесообразно внедрять на СТС, которые построены на электромеханическом коммутационном оборудовании и где ЦС не подлежат замене на АТС с программным управлением.

Варианты внедрения системы ОКС. Для выявления общих закономерностей внедрения системы ОКС целесообразно проиллюстрировать этот процесс на примере сельских административных районов, показав основные варианты внедрения АТС с программным управлением. Структуры четырех вариантов гипотетических СТС представлены на рисунке.

В районе I сосредоточены АТС системы «Исток». Электромеханические АТС не показаны, так как они не влияют на внедрение системы ОКС. В системе «Исток» передача управляющей информации (в том числе и сигнальной) между станциями типов 1 и 3 осуществляется по общему каналу управления (ОКУ). Поэтому внедрение системы ОКС возможно только между станциями типа 1 на участке ЦС — автоматическая междугородная телефонная станция АМТС, если в качестве АМТС используется станция с программным управлением. Поэтому для СТС первого райо-



на система ОКС охватывает участки: ЦС — узловая станция УС и ЦС — оконечная станция ОС₆.

В районе II показан вариант, когда все АТС СТС электронные. Между всеми АТС, между ЦС и АМТС и для связи ЦС районов II и IV используется система ОКС.

В районе III в качестве ЦС используется АТС координатного типа (К). В данном районе сосредоточены АТС типа «Квант». Система ОКС может использоваться на участках УС₁ — ОС₁, УС₁ — ОС₂, ОС₁ — ОС₂, УС₂ — ОС₅ и УС₂ — ОС₆.

В районе IV электронные АТС внедрены параллельно функционирующей сети электро-механических станций методом «наложенной» сети. В пределах «наложенной» сети и на участках ЦС — АМТС и ЦС — ЦС района II используется система ОКС.

Взаимодействие систем сигнализации. Процесс взаимодействия систем сигнализации во многом определяет технико-экономические показатели СТС в условиях внедрения АТС с программным управлением. Для описания этого процесса целесообразно распространить понятие «сеть сигнализации», введенное для системы ОКС [1], на децентрализованные системы сигнализации. Для системы ОКС сеть сигнализации трактуется как совокупность пунктов сигнализации (ПС), представляющих собой аппаратно-программные средства АТС по выработке, транзиту и реализации сигнальных сообщений, и звеньев сигнализации (ЗС) между ПС. (ЗС представляет собой два противоположно направленных ОКС с оборудованием сигнализации на обоих концах). Кроме ПС могут организовываться транзитные пункты сигнализации (ТПС), служащие исключительно для передачи сигнальных сообщений из одного ЗС в другое без обработки в управляющем устройстве АТС.

Для децентрализованной системы сигнализации в понятие ПС входят технические средства АТС, участвующие в создании сигнальных сообщений (маркеры, регистры и т. д.). Вместо ЗС в децентрализованной системе сигнализации используется совокупность технических средств по передаче сигнальных сообщений между АТС (комплекты РСЛ, каналы передачи сигналов управления и взаимодействия и т. д.). Принципы построения децентрализованных систем сигнализации не предусматривают транзита сигнальных сообщений без их обработки, поэтому понятие ТПС на рассматриваемую сеть сигнализации не распространяется.

Сеть сигнализации может работать в связанном и квазисвязанном режимах. Если каждому пучку СЛ придается одно (или несколько) ЗС, то сеть сигнализации работает в связанном режиме. Надежность сигнализации обеспечивается резервированием ЗС. Сеть сигнализации децентрализованных систем сигнализации всегда функционирует в связанном режиме. Если ЗС организуется не между всеми смежными АТС, то сеть сигнализации работает в квазисвязанном режиме. ЗС, как правило, обслуживает несколько пучков СЛ, а объединение сигнальной информации осуществляется в ТПС. Например, в районе III между ОС₁ и ОС₂ можно не организовывать ЗС, а сигнальную информацию передавать через

ТПС, располагаемый на УС₁. Надежность сигнализации в квазисвязанной сети сигнализации помимо резервирования ЗС может обеспечиваться созданием независимых путей передачи сигнальной информации через ТПС.

Рассматриваемые структуры СТС можно представить в виде графа, вершины которого отображают ПС. Если ребру графа соответствует участок СТС, охваченный системой ОКС, то его вес целесообразно принять за единицу. В противном случае вес ребра равен нулю. Число переходов с одной системы сигнализации на другую в каждом направлении связи равно сумме переходов 1→0 и 0→1 в соответствующем пути на графе сети сигнализации. Например, при установлении соединения между абонентами ОС₁ и ОС₅ в районе III число переходов с одной системы сигнализации на другую равно двум.

Четкие ограничения для СТС на число переходов с одной системы сигнализации на другую отсутствуют. Однако очевиден тот факт, что два перехода потребуют значительного усложнения оборудования сигнализации (в рассмотренном выше примере — на УС₁ и УС₂), снизят надежность связи и увеличат время установления соединения. Из этого следует весьма важный вывод: внедрение системы ОКС целесообразно осуществлять после того, как ЦС и УС будут заменены на АТС с программным управлением, причем устанавливаться на СТС они должны прежде всего на ЦС и УС, что соответствует выводам [3].

Надежность сети сигнализации. В условиях внедрения системы ОКС проблема надежности сети сигнализации приобретает особо важное значение. В децентрализованной системе сигнализации отказ одного элемента приводит, как правило, лишь к ухудшению показателей качества обслуживания абонентов. Например, отказ одного комплекта РСЛ, эквивалентный отказу одного разговорного канала, вызывает увеличение телефонных потерь, так как емкость пучка СЛ уменьшилась на единицу, а нагрузка осталась неизменной. В системе ОКС отказ ЗС приводит фактически к отказу всего пучка СЛ.

Для уменьшения вероятности подобных явлений используются резервирование ЗС и (или) квазисвязанный режим работы сети сигнализации.

Резервирование ЗС, применяемое в связанной сети сигнализации, обычно приводит к существенному уменьшению пучка СЛ на СТС при условии, что на межстанционных участках не используются ЦСП. Для организации основного и резервного ЗС в пучке СЛ, образованном в физических цепях, требуется восемь проводов. В аналоговых системах передачи, которые на СТС обычно являются малоканальными, организация двух ЗС потребует двух каналов тональной частоты (ТЧ). В ЦСП организация основного ЗС происходит за счет занятия шестнадцатого канала, который всегда предназначен для сигнализации. Поэтому создание двух ЗС при использовании ЦСП требует лишь занятия одного разговорного канала.

Применение квазисвязанного режима работы сети сигнализации существенно ограничено радиальным и радиально-узловым принципами построения структуры СТС. Однако су-

ществование обходных и поперечных связей в перспективных СТС позволит использовать квазисвязанные сети сигнализации. При этом возможен вариант построения сети сигнализации, когда на организацию ЗС не потребуется занятие разговорных каналов. Примером может служить сеть сигнализации в районе II. Если на всех АТС организованы ТПС, то между каждой парой смежных станций существуют два маршрута передачи сигнальной информации. Например, между ЦС и ОС₁ сигнальная информация может передаваться непосредственно по ЗС между этими станциями и по маршруту ОС₁—ЗС—ТПС (на ОС₂)—ЗС—ЦС.

Другим вариантом применения квазисвязанной сети сигнализации может быть следующий случай: между ОС₁ и ОС₂ ЗС не организуется, ТПС оборудуется только на ЦС; передача сигнальной информации между ОС₁ и ОС₂ осуществляется через ТПС на ЦС. В этом случае ЗС на участках ЦС—ОС₁ и ЦС—ОС₂ резервируются. Общее число ЗС равно четырем, число ТПС равно единице. В первом варианте общее число ЗС равно трем; число ТПС также равно трем. Оптимальный вариант выбирается при конкретном проектировании СТС.

Пропускная способность системы ОКС. Эффективность системы ОКС во многом определяется емкостью пучка СЛ v_{\max} , обслуживаемого одним ЗС. Эта величина служит оценкой пропускной способности системы ОКС. Расчет значений v_{\max} связан с анализом сложной сети массового обслуживания, и точных решений получить не удается. Оценка величины v_{\max} может быть осуществлена приближенно из условия, что загрузка ЗС ρ_{\max} не должна превышать 0,2 [1]: $\rho_{\max} = \lambda/B \ll 0,2$, где λ — интенсивность потока сигнальных сообщений со средней длиной l ; B — скорость передачи сигнальных сообщений по ЗС.

Максимальное значение емкости пучка СЛ, обслуживаемого одним ЗС, можно рассчитать по приближенной формуле: $v_{\max} = \rho_{\max} BT/lkh$, где T — среднее время занятия разговорного канала; k — коэффициент использования пучка СЛ; h — среднее число сигнальных сообщений, приходящихся на один вызов.

Таблица 1

B , кбит/с	2,4	4,8	9,6	64
v_{\max}	60	120	240	1600

В табл. 1 приведены значения v_{\max} для различных скоростей передачи ЗС, рассчитанные при $T=120$ с, $l=120$ бит, $h=10$, $k=0,8$. Полученная оценка v_{\max} позволяет сделать вывод о том, что в условиях СТС, где преобладают пучки СЛ малой емкости, система ОКС может работать и на низких скоростях.

Качественные показатели системы общеканальной сигнализации определяются в основном параметрами времени задержки сообщений. Для ПС и ТПС предварительные значения этих величин приведены в табл. 2. Данные ее позволяют оценивать время установления соединения между абонентами станций с программным управлением

$$T_{уст} = k \bar{t}_q ПС + l \bar{t}_q ТПС + m \bar{t}_q ЗС, \quad (1)$$

где \bar{t}_q — среднее время задержки сообщения в отдельных элементах сети сигнализации (в соответствии с обозначением); k, l, m — число соответственно ПС, ТПС и ЗС, через которые передается последовательность сообщений для установления соединения.

Таблица 2

Нагрузка ПС и ТПС	Время задержки сообщений, мс			
	среднее		для 95%	
	ПС	ТПС	ПС	ТПС
Проектируемая	50	20	100	40
Та же+15%	100	40	200	80
Та же+30%	250	100	500	200

При установлении соединения между абонентами ОС₁ и ОС₂ района IV последовательность из трех сообщений («Начальное адресное сообщение», «Целостность тракта», «Принятие адресной информации» [1]) передается через четыре ПС, ноль ТПС и три ЗС. Поэтому $k=12, l=0, m=9$.

В предположении, что процесс функционирования ЗС можно формализовать марковской системой массового обслуживания [5], соотношение (1) для рассматриваемого примера приобретает следующий вид:

$$T_{уст} = 12 \bar{t}_q ПС + 9 \frac{l}{B(1-\rho)}$$

Подставляя в данное выражение значения $l=120$ бит, $\rho=0,2$, $B=2,4...64$ кбит/с, получаем, что при нормальной нагрузке ПС $\bar{t}_q ПС = 50$ мс величина $T_{уст} = 0,62...1,2$ с. В режиме увеличения нагрузки ПС на 30% $T_{уст}$ определяется в основном задержкой в ПС и составляет примерно 3 с.

Данный расчет носит приближенный характер, но наглядно показывает, что внедрение системы ОКС позволит существенно снизить время установления соединения на СТС, которое сейчас иногда составляет 10...15 с.

Выводы: 1. Внедрение на СТС АТС с программным управлением целесообразно начинать с ЦС, что создает наиболее благоприятные условия применения системы ОКС. 2. По мере накопления на СТС АТС с программным управлением сеть сигнализации должна строиться квазисвязанным способом, позволяющим повысить надежность сигнализации и уменьшить приведенные затраты на ее реализацию. 3. В пределах СТС не должно быть более одного перехода с системы ОКС на децентрализованную систему сигнализации. 4. Большая пропускная способность системы ОКС и малые пучки СЛ на СТС допускают применение низких скоростей передачи сигнальной информации, что позволит при организации ЗС в каналах ТЧ или по физическим цепям использовать более дешевые устройства передачи сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Specification of signaling system № 7. — Rec. Q. 701—Q. 741. Jellow Book, V. VI. — Geneva, 1981.

2. Лутов М. Ф., Жарков М. А., Юнаков П. А. Квазиэлектронные и электронные АТС. — М.: Радио и связь, 1982.
3. Мурдасов А. Б. Внедрение на СТС электронных станций. — Электросвязь, 1982, № 9.
4. Мельников К. П., Гольштейн Л. М., Николаев Н. В. Развитие технических средств сельских телефонных сетей. — Электросвязь, 1985, № 11.
5. Аджемов С. А., Мисуловин Л. Я., Парилов В. П. Общие принципы построения ИКЭ АЦСС. — Электросвязь, 1975, № 10.
6. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. — М.: Машиностроение, 1979.

Статья поступила 1 марта 1984 г.

Инженерные проблемы эксплуатации

УДК 621.395.743

А. А. Каяцкас, В. Ю. Пачеса

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ СЕЛЬСКИХ ТЕЛЕФОННЫХ СЕТЕЙ

Существующая практика управления развитием сельской телефонной сети (СТС) не обеспечивает равномерного развития всей сети в целом, а также не гарантирует полного использования ресурсов. Для улучшения этого процесса в Литовской ССР разработана автоматизированная подсистема управления развитием СТС (АСУ РСТС), состоящая из взаимосвязанных частных подсистем.

Описанные подсистемы реализованы на универсальной ЭВМ и используются для составления перспективного плана развития СТС Литвы. Полученные с помощью указанных подсистем данные являются исходными для разрабатываемых подсистем, рассчитывающих количество и состав необходимого оборудования, объем работ по расширению и строительству АТС, строительству соединительных линий, сметную стоимость оборудования, материалов и работ.

Применение подсистем позволяет достигнуть равномерного развития СТС и оптимального использования технических и материальных ресурсов.

Подсистема «Состояние СТС» предназначена для систематизации и анализа исходных данных о СТС. Они систематизируются для каждого района и вместе с данными анализа представляются в виде табл. 1 — «Исходные данные СТС».

В таблице: i — условный номер АТС; M и M_3 — монтированная и задействованная емкости АТС; N — число соединительных линий; G — число жителей в зоне i -й АТС; $N_{В}$ — число воздушных линий; $N_{ВУ}$ — число уплотненных воздушных линий; $K_{В}$ и $K_{В3}$ — общее число и число использованных каналов на воздушных линиях; κ — число кабельных линий; $K_{К}$ и $K_{К3}$ — общее число и число использованных каналов на кабельных линиях связи; A_1 , A_2 и A_3 — соответственно число административных, народнохозяйственных и квар-

тирных абонентов; L — расстояние i -й АТС от районного центра или от узла, образующего лучок каналов.

В конце таблицы суммируются данные по району в целом.

Таблица исходных данных вводится в ЭВМ, которая составляет табл. 2 — «Анализ исходных данных». В эту таблицу i , M , M_3 и N переносятся для наглядности из табл. 1 «Исходные данные СТС», остальные данные рассчитываются по следующим формулам:

общее число абонентов

$$A = \sum_{j=1}^3 A_j; \quad (1)$$

суммарная (входящая и исходящая) расчетная нагрузка в соответствии с [1, 2]

Таблица 1

i	M	M_3	N	G	$N_{В}$	$N_{ВУ}$	$K_{В}$	$K_{В3}$	κ	$K_{К}$	$K_{К3}$	A_1	A_2	A_3	L

Таблица 2

<i>i</i>	<i>M</i>	<i>M₃</i>	<i>A</i>	<i>N</i>	<i>N₀</i>	<i>p</i>	<i>Y_p</i>	<i>v</i>	<i>k</i>	<i>ω</i>	<i>δ</i>	<i>λ</i>	<i>γ</i>
----------	----------	----------------------	----------	----------	----------------------	----------	----------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

$$Y_p = 1,03 Y_0^2 + 0,29 \sqrt{Y}, \quad (2)$$

где $Y = Y_n + Y_b$;

$$Y_n = \sum_{j=1}^3 A_j y_{nj};$$

$$Y_b = \sum_{j=1}^3 A_j^b y_{bj};$$

y_{ni} и y_{bi} — удельные исходящая и входящая нагрузки, создаваемые абонентом *j*-й категории.

Нормативное число соединительных линий N_0 определяется по таблицам Пальма [3]. Для этого используются расчетная нагрузка и нормативная вероятность потерь.

Вероятность потерь вызовов рассчитывается по формуле Эрланга

$$p = \frac{Y_p^N / N!}{\sum_{j=1}^N Y_p^j / j!}. \quad (3)$$

Остальные величины, входящие в таблицу: $v = A \cdot 100 / G$ — число телефонных аппаратов на 100 жителей; $k = M \cdot 100 / G$ — монтированная емкость на 100 жителей; $\omega = M_3 \cdot 100 / M$ — процент использования монтированной емкости; $\delta = v / \bar{v}$ — коэффициент плотности; $\lambda = \omega / \bar{\omega}$ — коэффициент использования (\bar{v} , $\bar{\omega}$ — средние по региону показатели); $\gamma_i = N / N_0$ — коэффициент качества.

Для оценки разброса перечисленных показателей от нормы рассчитываются их среднеквадратические отклонения по формуле

$$\sigma_x = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{1/2}, \quad (4)$$

где n — число АТС в районе; x_i — один из показателей *i*-й АТС.

В подсистеме «Состояние СТС» составляется также таблица «Текстовая интерпретация анализа данных». В ней содержится информация, необходимая для оперативного управления развитием СТС. Ниже представлен пример такой таблицы, составленной для одного из районов Литовской ССР.

Таблица 3

<i>i</i>	<i>M</i>	<i>M₃</i>	<i>A</i>	<i>N</i>	<i>Y_p</i>	<i>v</i>	<i>ω</i>	<i>N_B</i>	<i>K_B</i>	<i>κ</i>	<i>K_K</i>	<i>K_{св}</i>	<i>L</i>
----------	----------	----------------------	----------	----------	----------------------	----------	----------	----------------------	----------------------	----------	----------------------	-----------------------	----------

ТЕКСТОВАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ

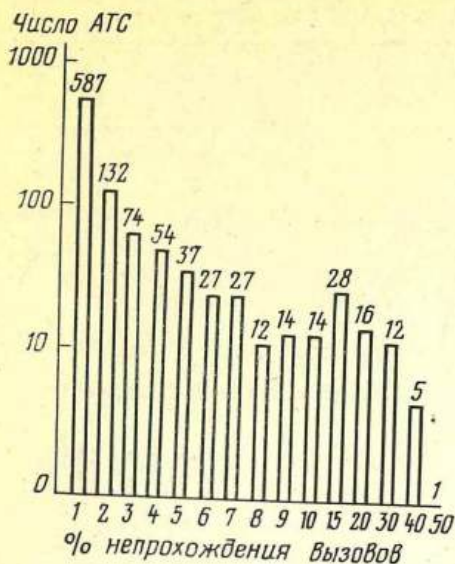
Число ТА на 100 жителей	9,86 (среднее по республике 8,00)
Монтированная емкость на 100 жителей, номеров	13,29 (средняя по республике 9,50)
Задействованная монтированная емкость	72,34% (средняя по республике 75,40%)
Неудовлетворительное качество Средний процент непрохождения	14 АТС 4,53 (σ=3,58)
Не хватает СЛ	21
Лишние СЛ	8
Свободные каналы	18
Доля неуплотненных воздушных линий	9,52 %
Доля неуплотненных кабельных линий	44,44 %
Имеют кабельные линии	39,13 % АТС
Распределение абонентов по категориям, %:	
административный сектор	15,47
народнохозяйственный	27,90
квартирный	56,63

Подсистема «Состояние СТС» реализована на универсальной ЭВМ (программа написана на языке ФОРТРАН). С ее помощью выполнен анализ состояния СТС Литовской ССР, из которого четко видно, что при относительно хороших показателях состояния СТС основные показатели отдельных АТС в среднем значительно ниже допустимой нормы. Наглядно иллюстрирует этот вывод рисунок, на котором показано распределение АТС Литовской ССР по вероятности непрохождения вызовов. Из рисунка видно, что для 247 АТС вероятность непрохождения больше 0,03, есть даже 6 АТС, для которых $p \geq 0,4$.

Подсистема «Перспектива СТС» разрабатывалась с целью обеспечения равномерного развития СТС. Плановые задания: v_n — число телефонных аппаратов на 100 жителей и ω_n — процент использования монтированной емкости — одинаковы для всех станций. Критерием оптимизации СТС при перспективном ее планировании принят показатель использования ресурсов при обязательном обеспечении нормативного качества. Исходная информация для перспективного планирования берется из таблиц «Исходные данные СТС» и «Анализ исходных данных» и представляется в виде табл. 3 — «Состояние СТС».

В этой таблице новым является параметр «Число свободных каналов»

$$K_{св} = K_B + K_K - K_{B3} - K_{K3}. \quad (5)$$



Перспективное планирование состоит из трех циклов, условно названных: 1) приведение к норме коэффициента плотности; 2) приведение к норме коэффициента использования монтированной емкости; 3) приведение к норме коэффициента качества.

Приведение к норме коэффициента плотности. Для i -й АТС рассчитывается коэффициент плотности

$$\delta_{pi} = v_i / \bar{v}_p. \quad (6)$$

Если $\delta_{pi} \geq 1$, то i -я АТС по коэффициенту плотности удовлетворяет плановым требованиям. Если $\delta_{pi} < 1$, то необходим прирост абонентов

$$\Delta A_{pi} = A_i \left(\frac{1}{\delta_{pi}} - 1 \right), \quad (7)$$

для осуществления которого требуется станция емкостью

$$M_{3pi} = M_{3i} + \Delta A_{pi} \cdot 1 (\delta_{pi} - 1), \quad (8)$$

где единичная функция

$$1(x) = \begin{cases} 1, & x > 0; \\ 0, & x \leq 0. \end{cases}$$

Если оказывается $M_{3pi} > M_i$, то предусматривается расширение i -й АТС

$$M_{кор i} = M_i + \Delta M_i \cdot 1 (M_{3pi} - M_i), \quad (9)$$

где ΔM_i — предусмотренное конструкцией АТС наименьшее расширение, при котором $M_{кор i} \geq M_{3pi}$.

Приведение к норме коэффициента использования монтированной емкости. Сначала рассчитываются процент использования монтированной емкости

$$\omega_{pi} = M_{3pi} \cdot 100 / M_{кор i} \quad (10)$$

и коэффициент использования

$$\lambda_{pi} = \omega_{pi} / \bar{\omega}_p. \quad (11)$$

Если $\lambda_{pi} \geq 1$, то i -я АТС по коэффициенту использования монтированной емкости АТС

удовлетворяет плановым заданиям. Если же $\lambda_{pi} < 1$, то предусматривается дополнительное увеличение числа абонентов на

$$\Delta A_{кор i} = M_{3pi} \left(\frac{1}{\lambda_{pi}} - 1 \right). \quad (12)$$

При этом скорректированное плановое число прироста абонентов i -й АТС

$$\Delta A_{\Sigma i} = \Delta A_{pi} \cdot 1 (\delta_{pi} - 1) + \Delta A_{кор i} \cdot 1 (\lambda_{pi} - 1). \quad (13)$$

Приведение к норме коэффициента качества. Если $\Delta A_{\Sigma i} > 0$, то по формулам (1) и (2) производится уточнение нагрузки на соединительные линии и находится нормативное количество соединительных линий $N_{оп i}$. Если

$$\gamma_{pi} = \frac{N_i}{N_{оп i}} \geq 1, \quad (14)$$

то i -я АТС удовлетворяет заданному качеству. Если же $\gamma_{pi} < 1$, то необходимы дополнительные линии

$$\Delta N_i = N_{оп i} - N_i. \quad (15)$$

Причем возможны два варианта: а) $\Delta N_i \leq K_{св}$; б) $\Delta N_i > K_{св}$. В первом варианте достаточно задействовать свободные каналы, во втором — необходимо предусматривать строительство новых соединительных линий.

Таким образом, изложенная методика позволяет определить плановый прирост числа абонентов, при котором удовлетворяются требования $\delta_{pi} \geq 1$, $\lambda_{pi} \geq 1$ и $\gamma_{pi} \geq 1$.

Подсистема «Анализ резервов» используется в сочетании с подсистемами «Состояние СТС» и «Перспектива СТС» для оптимизации использования ресурсов в тех ситуациях, когда коэффициент качества превышает единицу ($\gamma_i > 1$). В этой подсистеме рассчитывается допустимое дополнительное число абонентов $A_{дд i}$, подключение которых не требует капитальных затрат.

По методике [1, 2] отыскивается суммарная расчетная нагрузка $Y_{р Ni}$, которая может быть пропущена i -й АТС при расчетном или фактически имеющемся количестве соединительных линий N_i . По табл. 4.2 [2] находится соответствующая $Y_{р Ni}$ нагрузка Y_{Ni} . Допустимый прирост пропускаемой нагрузки

$$\Delta Y_{Ni} = Y_{Ni} - Y_{pi}. \quad (16)$$

Такую нагрузку создают дополнительные абоненты, число которых

$$A_{доп i} = \frac{\Delta Y_{Ni}}{\sum_{j=1}^3 m_j (y_{ij} + y_{vj})}, \quad (17)$$

где m_j — удельная часть абонентов j -й категории. Если оказывается

$$M_{3pi} + A_{доп i} \leq M_{pi}, \quad (18)$$

то допустимое дополнительное число абонентов $A_{дд i} = A_{доп i}$. Если же $M_{3pi} + A_{доп i} > M_{pi}$, то $A_{дд i} = M_{pi} - M_{3pi}$.

При использовании подсистемы «Анализ резервов» совместно с подсистемой «Состояние СТС» в последние формулы вместо плановых $U_{рi}$, $M_{зi}$ и $M_{пi}$ подставляются реальные $U_{рi}$, $M_{зi}$ и $M_{пi}$.

Реализация заданий, представляемых подсистемой «Анализ резервов» совместно с подсистемой «Перспектива СТС», приводит к превышению плана по телефонной плотности и использованию монтированной емкости. Оправданием этого превышения служит оптимальное использование технических ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ведомственные нормы технологического проектирования. ВНТП-112-79. — М.: Связь, 1980.
2. Инструкция по расчету нагрузок и объема оборудования сельских координатных АТС. — М.: Радио и связь, 1983.
3. Башарин Г. П. Таблицы вероятностей и средних квадратических отклонений потерь на полнодоступном пучке линий. — М.: Изд-во Академии наук СССР, 1962.

Статья поступила 6 января 1984 г.

ТЕХНИКА ПЯТИЛЕТКИ

УДК 621.315:621.395

Н. А. Авдалян, М. А. Восс, Ю. А. Парфенов

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КАБЕЛЕЙ СЕЛЬСКОЙ СВЯЗИ

Успешное функционирование в сельской местности телефонных сетей общего пользования, внутрипроизводственной и диспетчерской телефонной связи невозможно без высококачественных кабелей связи, специально предназначенных для этих целей. Развитие кабелей сельской электросвязи идет в направлении, общем для развития всех кабелей связи, — повышения их эффективности и надежности. Под этим подразумевается: снижение металлоемкости кабелей, расширение диапазона передаваемых частот, увеличение числа каналов и дальности передачи, улучшение электрических характеристик.

В статье дается обзор кабелей связи, которые используются на СТС сегодня и найдут применение в двенадцатой пятилетке.

Общая характеристика кабелей сельской связи. На сельских телефонных сетях эксплуатируется 55% кабельных и 45% воздушных линий связи. Сети межстанционных связей сегодня строятся, в основном, на базе одночетверочных кабелей типа КСПП, предназначенных для передачи сигналов в диапазоне частот до 700 кГц. Кабельной промышленностью в соответствии с ОСТ 16.0.505.002—78Е выпускаются одночетверочные кабели типов КСПП 1×4×1,2 и КСПП 1×4×0,9 для прокладки в грунт в районах, не зараженных грызунами, и в телефонной канализации, а также КСППБ 1×4×1,2 со стальной лентой, расположенной поверх экрана, для защиты от повреждения грызунами.

Эти кабели имеют традиционную конструкцию: медные жилы, изолированные сплошным полиэтиленом, скручены в четверку, поверх покрыты поясной изоляцией, затем экраном и защитной оболочкой. В бронированных кабелях для защиты от повреждения грызунами между экраном и оболочкой размещается тонкая стальная лента с битумным покрытием [1].

С целью повышения эксплуатационной надежности на базе конструкции кабелей КСПП разработаны и серийно выпускаются герметизированные одночетверочные кабели типа КСПЗП. Они отличаются от КСПП наличием гидрофобного компаунда, заполняющего сво-

бодное пространство под поясной изоляцией и предотвращающего распространение влаги вдоль сердечника. Электрические характеристики кабелей КСПП и КСПЗП приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика	Кабель типа		
	КСПП, КСПЗП 1×4×0,9	КСПП, КСПЗП 1×4×1,2	БКСПЗП 1×4×1,2
Сопротивление цепи постоянному току, Ом/км	56,8	31,6	56
Асимметрия сопротивления жил постоянному току, Ом/стр. дл., не более:			
	для 100% значений	0,5	0,5
для 95% значений	0,3	0,3	0,3
Сопротивление изоляции каждой жилы относительно других, соединенных друг с другом и экраном, МОм/км, не менее	15000	15000	15000

Характеристика	Кабель типа		
	КСПП, КСПЗП 1×4×0,9	КСПП, КСПЗП 1×4×1,2	БКСПЗП 1×4×1,2
Испытательное напряжение между жилами, а также между жилами и экраном в течение 2 мин, В:			
на частоте 0,05 кГц	2000	2000	2000
при постоянном токе	3000	3000	3000
Электрическое сопротивление экранирования постоянному току, Ом/км, не более	15	15	15
Электрическое сопротивление изоляции оболочки и защитного шланга (экран-земля), МОм/км, не менее	5	5	5
Рабочая емкость цепей на частоте 0,8 кГц, нФ/км	38±3	43,5±3	50
Переходное затухание на ближнем конце, дБ/стр. дл., не менее:			
в спектре частот до 350 кГц: для 100% значений	56	56	52
для 80% значений	61	61	—
в спектре частот до 550 кГц: для 100% значений	53	53	—
для 80% значений	58	58	—
Защищенность между цепями кабеля на дальнем конце, дБ/стр. дл., не менее			
в спектре частот до 120 кГц: для 100% значений	67,7	67,7	60
для 90% значений	69,4	69,4	69
в спектре частот до 550 кГц: для 100% значений	66	66	не менее 55
для 90% значений	67,7	67,7	то же
Коэффициент затухания, дБ/км, на частоте:			
120 кГц	3,28±0,26	3,0±0,26	3,5±0,3
350 кГц	5,01±0,37	4,73±0,37	5,4±0,5
550 кГц	6,34±0,43	5,64±0,43	6,4±0,5
700 кГц	7,03±0,43	6,16±0,43	7,0±0,5
Волновое сопротивление, Ом, на частоте:			
120 кГц	136±6	119±5	119±5
350 кГц	132±5	115±5	115±5
550 кГц	130±5	113±5	113±5
700 кГц	129±5	113±5	113±5
Коэффициент защитного действия при наведенной продольной ЭДС 30 В/км на частоте 0,05 кГц	0,99	0,99	0,99

Эксплуатация линий из герметизированных кабелей КСПЗП показала высокую надежность и стабильность их электрических характеристик. По результатам статистической оценки повреждаемости линий из одночетверочных кабелей установлено, что после пятилетнего срока эксплуатации плотность повреждений на среднюю длину линии 20 км составляла: для кабелей КСПП — 0,803; КСПЗП — 0,646; КСППБ — 0,47; КСПЗПБ — 0,42.

Применение кабелей с броней из тонкой ленты толщиной 0,1 мм в 35—40 раз уменьшает повреждаемость их грызунами. Применение герметизации в кабелях в 10 раз уменьшает их повреждаемость из-за проникновения влаги в сердечник кабеля, при этом повышается стабильность его электрических характеристик. Так, если в линии из кабеля КСПП через пять лет эксплуатации затухание из-за проникновения влаги в сердечник кабеля на частоте 1 МГц увеличивается на 1 дБ/км, то в линиях из герметизированных кабелей КСПЗП электрические характеристики остаются стабильными в течение всего срока службы [2].

Однако серийно выпускаемые одночетверочные кабели недостаточно широкополосны для установки на них цифровых систем передачи ИКМ-15; «Зона-15» и ИКМ-30С, работающих в частотном диапазоне до 1024 и 2048 кГц.

Кабели типа КСПП со звездной скруткой цепей используются в диапазоне частот до 700 кГц. Ограничение этого диапазона происходит из-за занижения по сравнению с нормой переходного затухания между цепями на ближнем конце, в результате несколько уменьшается длина регенерационных участков за счет неполного использования усилительной способности ЦСП. Увеличить переходное затухание между цепями на ближнем конце на 10 дБ позволяет конструирование кабелей с парной скруткой цепей.

Разработаны одночетверочные кабели со встроенным тросом для подвески на опорах воздушных линий связи и кабели с проволочной броней для прокладки через водные преграды. Однако выпуск таких кабелей промышленностью пока задерживается.

Абонентские кабельные сети в сельской местности строятся, как правило, на основе малопарных кабелей типа ТПП с медными жилами 0,4 и 0,5 мм, емкостью 10—100 пар (ГОСТ 22498—77). Электрические характеристики этих кабелей приведены в табл. 2; здесь же для сравнения приведены электрические характеристики кабеля ТГ с трубчато-бумажной и бумагомассной изоляцией.

Линии из кабелей ТПП не ставятся под избыточное воздушное давление, поэтому обладают низкой эксплуатационной надежностью: плотность повреждений достигает нескольких десятков повреждений на 100 км линий в год.

Широкое использование на сельских абонентских сетях получили также однопарные кабели ПРППМ 2×1,2 и ПРППМ 2×0,9 с медными жилами и полиэтиленовыми изоляцией и оболочкой (ТУ 16.505.755—80).

Однопарные кабели с алюминиевыми и алюминомедными жилами ПРППА 2×1,6 и ПРППБ 2×1,6 не рекомендуется использовать на СТС, поскольку они имеют малую коррозионную стойкость, их жилы подвержены механическим

воздействиям, т. е. эти кабели имеют низкую эксплуатационную надежность.

Как правило, однопарные кабели прокладываются или подвешиваются пучками по 3—10 кабелей и более в одном направлении. Линии из однопарных кабелей или пучков подвержены частым повреждениям и обладают малой эксплуатационной надежностью. Основные виды повреждений линий — механические и повреждения грызунами.

Перспективные кабели СТС. Сельские сети электросвязи будут развиваться на базе высоконадежных кабелей, обеспечивающих выполнение электрических норм ЕАСС. Для соединительных линий, в основном, будут использоваться одночетверочные герметизированные кабели КСПЗПу $1 \times 4 \times 0,9$ и КСПЗПБу $1 \times 4 \times 0,9$ с унифицированными электрическими характеристиками. Конструктивно этот кабель отличается от стандартного КСПЗП $1 \times 4 \times 0,9$ утолщенной изоляцией жил (0,95 мм), что обеспечивает параметры передачи, идентичные параметрам кабеля КСПЗП $1 \times 4 \times 1,2$ (ОСТ 16.0.505.002—78).

Применение кабеля КСПЗПу $1 \times 4 \times 0,9$ вместо кабеля КСПЗП $1 \times 4 \times 1,2$ благодаря уменьшению коэффициента затухания дает возможность увеличить длину регенерационного участка ЦСП примерно на 0,7 км. Предлагаемая конструкция кабеля экономична: применение жилы меньшего диаметра (0,9 вместо 1,2 мм) дает экономию меди 17,8 кг/км.

В зонах с устойчивыми грунтами без каменистых включений, без плывунов и без промерзания почвы до 60 см, без мерзлотных явлений (выпучивания, морозобойные трещины) будет применяться одночетверочный кабель с гидрофобным заполнением с биметаллическими (алюмомедными) жилами типа БКСПЗП $1 \times 4 \times 1,2$ (ТУ 16.705.227—82). Его электрические характеристики приведены в табл. 1.

Для организации пучков соединительных линий на 30 и 60 каналов с помощью систем передачи ИКМ-15 и ИКМ-30С разработан и серийно выпускается двухчетверочный кабель КСПЗПБ $2 \times 4 \times 1,2$ (0,9). Конструктивно этот кабель содержит два стандартных сердечника с медными жилами диаметром 0,9 или 1,2 мм и гидрофобным заполнением, с экраном из алюминиевой фольги и тонкой стальной ленты. Оба сердечника размещены параллельно, поверх них наложена защитная полиэтиленовая оболочка. Кабель отличается высоким переходным затуханием на ближний конец между цепями различных экранированных групп (100—110 дБ на частоте 1024 кГц). Прокладка такого кабеля экономична и технологична в направлениях, где требуются два кабеля.

Двухчетверочный кабель открывает широкую возможность создания линейного тракта ЦСП ИКМ-15, «Зона-15» и ИКМ-30С с повышенной усилительной способностью (60 дБ) и организации связи по однокабельному варианту с разнесением приема и передачи по разным экранированным группам четверок. Такая система связи позволит увеличить длину регенерационного участка вдвое по сравнению с существующей организацией передачи по одночетверочным кабелям. Для ИКМ-15 длина регенерационного участка достигает 12 вместо 6 км, для ИКМ-30С—8 вместо 4 км. Опыт эксплуатации таких систем связи на линиях

из двухчетверочных кабелей показал возможность создания линейных трактов ЦСП с усилительной способностью 60—65 дБ. Двухчетверочный кабель КСПЗПБ $2 \times 4 \times 1,2$ (0,9) выпускается серийно по ОСТ 16.0.505.002—78.

Основными кабелями для развития абонентских линий станут малопарные кабели емкостью 10—100 пар с медными жилами диаметра 0,32; 0,4 и 0,5; 0,7 мм с гидрофобным заполнением. Это кабели типа ТПП (ТУ 16.505.691—82):

ТППЗ — телефонный, с полиэтиленовой изоляцией жил, гидрофобным заполнением сердечника, с экраном из алюминиевой ленты, в полиэтиленовой оболочке;

ТППЗБ — то же, бронированный стальными лентами с наружным защитным покрытием;

ТППЗББШп — то же, бронированный стальными лентами с наружным защитным шлангом из полиэтилена;

ТППЗЭп — телефонный, с полиэтиленовой изоляцией жил, с гидрофобным заполнением сердечника, с экраном из алюмополиэтиленовой ленты, в полиэтиленовой оболочке;

ТППЗЭпБ — то же, бронированный стальными лентами;

ТППЗЭпББШп — то же, бронированный стальными лентами с наружным шлангом из полиэтилена.

Кабели типа ТПП отличаются высокой надежностью и стабильностью электрических характеристик, которые приведены в табл. 2.

Для абонентских сетей с малой телефонной плотностью разработаны и начали внедряться малопарные кабели с алюмомедными жилами и гидрофобным заполнением ТСПЗПб $5 \times 2 \times 0,9$ и ТСПЗПБб $5 \times 2 \times 0,9$ (ТУ 16.705.112—79). Кабели предназначены для организации связи в тональном спектре частот; условия их прокладки такие же, как и для одночетверочных кабелей БКСПЗП $1 \times 4 \times 1,2$.

Конструкция кабеля: токопроводящие жилы из алюмомеди диаметром 0,9 мм изолированы сплошным полиэтиленом толщиной 0,8 мм. Две изолированные жилы, отличающиеся по цвету, скручены в пару с шагом 100 мм в сердечнике по системе повивной скрутки. Свободное пространство сердечника заполнено гидрофобной массой. Сердечник влагонепроницаем. Поверх скрученного сердечника наложена поясная изоляция из выпрессованного сплошного полиэтилена номинальной толщиной 0,8 мм. Далее размещен экран из алюминиевой ленты толщиной 0,1 мм. Под экраном продольно размещается медная луженая проволока диаметром 0,3—0,4 мм. В кабелях ТСПЗПб поверх экрана имеется оболочка из полиэтилена, а ТСПЗПБб — броня из стальной ленты толщиной 0,1 мм с битумным покрытием, наложенная с зазором 3 мм, и защитный шланг из полиэтилена.

Техническими условиями регламентированы следующие электрические характеристики кабеля: сопротивление токопроводящих жил при постоянном токе — не более 46 Ом/км; рабочая емкость — не более 50 нФ/км; электрическое сопротивление изоляции жил — не менее 5000 МОм/км; испытательные напряжения при

Таблица 2

Характеристика	Условия измерения — частота, кГц	Кабель типа			
		ТПП (ТППЗ)		ТГ	
		1-й категории	С Государственным Знаком качества	1-й категории	С Государственным Знаком качества
Сопrotивление токопроводящей жилы, Ом/км, диаметром, мм:	Пост. ток				
0,32		216±13	216±13	—	—
0,4		139±9	139±9	139±9	139±9
0,5		90±6	90±6	90±5	90±5
0,7		45±3	45±3	45±3	45±3
Сопrotивление изоляции жилы, МОм/км, не менее	Пост. ток	5000	100%—6000 60%—8000	5000 4000	8000 5000
Рабочая емкость, нФ/км, при диаметре жил, мм:	0,8				
0,32		45±8/45±5 ¹	45±5/45±5	— 50 ⁺⁵ —10	— 50 ⁺⁵ —8
0,4; 0,5		48±8/50±5	45±5/50±5	— 45 ⁺⁵ —7	— 45±5
0,7		45±8/50±5	45±5/50±5		
Испытательное напряжение, В, в течение 1 мин между:					
жилами рабочих пар	Пост. ток	1500	1500	750	750
	0,05	1000	1000	500	500
жилами и экраном	Пост. ток	750	750	—	—
	0,05	500	500	—	—
Коэффициент емкостной связи, пФ/стр. дл., в кабелях четверочной скрутки для:	0,8				
100% значений		600	300	700	700
97% »		300	—	300	300
95% »		250	250	—	—
Переходное затухание на ближнем конце для кабелей парной скрутки, дБ/стр. дл., не менее	0,8	78,2	78,2	78,2	78,2
Сопrotивление изоляции оболочки в воде, МОм/км, не менее	Пост. ток	10	10	10	10
Коэффициент затухания, дБ/км, при диаметре жил, мм:	0,8				
0,32		1,91/2,03	1,91/2,03	—	—
0,4		1,54/1,63	1,54/1,63	1,66	1,66
0,5		1,23/1,3	1,23/1,3	1,2	1,2
0,7		0,87/0,92	0,87/0,92	0,88	0,88
Модуль волнового сопротивления, Ом, при диаметре жил, мм:	0,8				
0,32		1385/1380	1385/1380	—	—
0,4		1140/1080	1140/1080	1054	1054
0,5		940/890	940/890	972	972
0,7		700/660	700/660	672	672

¹ В числителе указана величина для незаполненных кабелей, в знаменателе — для заполненных.

переменном токе частотой 50 Гц между жилами — 1000 В, между жилами и экраном — 500 В; электрические сопротивления изоляции оболочки — не менее 5000 Ом/км; коэффициент затухания на частоте 800 Гц — 0,7 дБ/км; волновое сопротивление 640 Ом; переходное затухание между цепями 85—120 дБ на строительную длину.

Для одиночных и удаленных абонентов на СТС будут использоваться одночетверочные кабели с медными жилами типа ПРППМ 2×0,9 (ТУ 16.505.755—80). Электрические характеристики кабеля: сопротивление жил — 28,4 Ом/км, электрическая емкость — не более 51 нФ/км, сопротивление изоляции жил — не менее 6000 МОм/км, рабочее напряжение — не менее 380 В; коэффициент затухания и вол-

новое сопротивление на частоте 800 Гц — 0,68 дБ/км и 448 Ом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Восс М. А., Парфенов Ю. А. Кабели сельской связи. Современное состояние, проблемы внедрения и перспективы развития. — Электросвязь, 1976, № 8.
2. Восс М. А., Парфенов Ю. А. Опыт эксплуатации одночетверочных герметизированных кабелей сельской связи. — Электросвязь, 1982, № 12.
3. Парфенов Ю. А., Рысин Л. Г. Кабели сельской электросвязи. — М.: Радио и связь, 1983.

Статья поступила 2 октября 1984 г.

КОМПЛЕКС АППАРАТУРЫ «ЗОНА-15» ДЛЯ СЕЛЬСКИХ ПЕРВИЧНЫХ СЕТЕЙ

Сельские первичные сети (СПС) строятся в основном по радиальному принципу. Лишь в отдельных случаях на них организуются сетевые узлы (СУ) с транзитом каналов. Это позволяет уменьшить общую длину линейных сооружений, объемы каналообразующей аппаратуры и получить ряд других преимуществ.

Значение узлообразования на СПС значительно возрастает в связи с происходящим массовым внедрением цифровых систем передачи (ЦСП) с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ). Первыми реальными шагами на пути создания оборудования цифровых СУ стали разработка и внедрение в производство и эксплуатацию комплекса аппаратуры с выделением групп каналов типа «Зона» (ИКМ-12×3) [1].

Вместе с тем, в условиях сельской сети электросвязи, характеризующейся низкой плотностью нагрузки, а следовательно, малыми пучками каналов, организация транзита групповых трактов оказывается недостаточно эффективной. Возникла задача создания аппаратуры, обеспечивающей транзит как групповых трактов, так и отдельных каналов в цифровой форме. Применение цифрового транзита в ЦСП не ухудшает качества каналов независимо от дальности связи и количества СУ. Это обеспечивает широкие возможности построения оптимальных структур сети и достижения существенной экономии кабеля и оборудования по сравнению с радиальной структурой СПС. Организация цифровых СУ позволяет также создавать обходные направления передачи, что значительно повышает живучесть сети.

В статье рассматривается комплекс аппаратуры «Зона-15», предназначенный для построения и развития СПС с организацией сетевых узлов, в которых транзит и переключение как групповых трактов, так и отдельных каналов осуществляются в цифровой форме.

Комплекс «Зона-15» серийно выпускается промышленностью.

Назначение, состав и основные технические характеристики. Комплекс аппаратуры «Зона-15» предназначен для гибкого и экономичного построения и развития СПС с использованием сельских одночетверочных кабелей типа КСПП и позволяет организовать: 15- и 30-канальные пучки каналов тональной частоты (ТЧ); каналы передачи сигналов управления и взаимодействия сельских АТС (каналы СУВ, от одного до трех на каждый канал ТЧ); каналы передачи программ звукового вещания второго класса (каналы ЗВ), организуемые совместно со специальными сигнальными каналами и каналом обратного акустического контроля; каналы передачи цифровой информации с пропускной способностью 8 кбит/с (каналы ЦИ-8); основные цифровые каналы (ОЦК) с пропускной способностью 64 кбит/с; каналы передачи дискретной информации с пропускной способностью до 100 бит/с и до 200 бит/с (каналы ДИ-100 и ДИ-200); выделение и перераспределение указанных каналов и групповых трактов на сетевых узлах СПС.

Оборудование комплекса условно можно разделить на следующие группы: оборудование сетевых узлов и станций СПС; оборудование кабельных цифровых линейных трактов; оборудование для согласования со вторичными сетями; специализированные измерительные приборы; комплекты ЗИП.

В составе комплекса в различных сочетаниях используется аппаратура ИКМ-15 [2].

К оборудованию сетевых узлов и станций относятся: блок уплотнения и кодирования (БУК); аппаратура временного группообразования (ВГ-15×2); аппаратура цифрового тран-

зита каналов (АЦТК); блок сигнализации (БС); сервисное оборудование (СО).

В комплекс входят кабельные линейные цифровые тракты двух типов. Оборудование линейного тракта ОЛТ-1024 обеспечивает передачу группового цифрового сигнала (ГЦС) со скоростью 1024 кбит/с и состоит из блоков окончания линейного тракта (БОЛТ) и промежуточных станций (СП). Кабельный сельский линейный тракт КЛТС-2048 обеспечивает передачу стандартного первичного ГЦС со скоростью 2048 кбит/с и состоит из блоков БОЛТ-2048 и промежуточных станций СП-2048. Номинальные длины регенерационных участков линейных трактов приведены в табл. 1. Максимальная длина каждого линейного тракта — 50 км.

Таблица 1

Тип кабеля	Длина регенерационного участка, км	
	ОЛТ-1024	КЛТС-2048
КСПП 1×4×1,2	5,3—7,5	1,0—4,2
КСПП 1×4×0,9	4,5—6,8	1,0—4,0

Оборудование согласования со вторичными сетями включает: комплект низкочастотных окончаний (КНО); комплекты прямых абонентов (КПА); согласующее телеграфное устройство (СТУ).

Типы каналов передачи комплекса «Зона-15» и их количество в основном определяются бло-

ком БУК, который позволяет организовать: 15 каналов ТЧ; от одного до трех каналов СУВ для каждого канала ТЧ; один канал ЗВ взамен двух каналов ТЧ с соответствующими сигналами каналами; один ОЦК взамен одного канала ТЧ, и один канал ЦИ-8. При объединении сигналов двух блоков БУК с помощью аппаратуры ВГ-15×2 число каналов удваивается, за исключением канала ЦИ-8. Для организации каналов передачи дискретной информации используется блок СТУ [4], который позволяет организовать в ГЦС со скоростью передачи 1024 кбит/с или 2048 кбит/с четыре канала ДИ-100 или два канала ДИ-200.

Согласование с сельскими АТС осуществляется с помощью КНО либо электронных согласующих устройств (последние в состав комплекса не входят и поставляются отдельно).

При необходимости прямого включения абонента в ЦС или в диспетчерский пульт, а также для подключения городских и междугородных таксофонов к каналам комплекса применяется КПА, который устанавливается в блоки КНО взамен соответствующих комплектов.

Дальность связи, обеспечиваемая комплексом при организации сетевых узлов, достигает 100 км и более.

Электропитание аппаратуры осуществляется от устройств электропитания сельских АТС напряжением минус $60^{+20\%}_{-10\%}$ В. Дистанционное питание линейных трактов организуется по фантомным цепям кабеля блоками БОЛТ или БОЛТ-2048.

Оборудование сетевых узлов и станций комплекса рассчитано для работы в отапливаемых помещениях при температуре окружающего воздуха от 5 до 40°C. Промежуточные станции линейных трактов предназначены для установки в открытый грунт и сохраняют работоспособность в интервале температур от минус 40 до плюс 50°C.

Построение СПС с применением комплексов «Зона-15». Существенное влияние на технико-экономические показатели СПС оказывает выбор ее структуры. Широко используемые сегодня сети с радиальной структурой характеризуются значительным потреблением оборудования и большой протяженностью линейных трактов. Сокращение суммарной длины линейных трактов достигается созданием ра-

диально-узловых структур. Дальнейшее повышение эффективности построения СПС основывается на применении для каждой сети оптимальной структуры (произвольной конфигурации) с узлообразованием и цифровым транзитом каналов и групповых трактов. При синтезе таких структур минимизируются объем оборудования и суммарная длина линейных трактов; предусматривается также структурное резервирование сети.

Возможные варианты построения СПС с использованием аппаратуры «Зона-15» и соответствующие этим вариантам схемы оборудования показаны на рис. 1—4.

Фрагмент сети, содержащий один СУ, представлен на рис. 1. Несмотря на то, что такая конфигурация сети является простейшей, в зависимости от требуемого числа каналов к СУ и к сетевой станции (СС) состав оборудования комплекса может существенно меняться. Возможны четыре варианта распределения каналов:

1) суммарное число каналов между территориальным сетевым узлом (ТСУ), расположенным в райцентре, и СУ (СС) не превышает 15;

2) между ТСУ и СУ организовано менее 15 каналов, между ТСУ и СС — более 15 каналов; суммарное число каналов к ТСУ — не более 30;

3) между ТСУ и СУ — более 15 каналов, между ТСУ и СС — менее 15; суммарное число каналов к ТСУ — не более 30;

4) между ТСУ и СУ — не более 15 каналов, между ТСУ и СС — не более 15; суммарное число каналов к ТСУ — от 16 до 30.

Структурные схемы комплексов, соответствующие вариантам 1—3, показаны на рис. 2 (а—в); схема комплекса, соответствующая варианту 4, отличается от рис. 2, в отсутствием

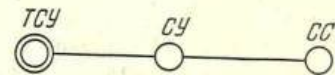


Рис. 1

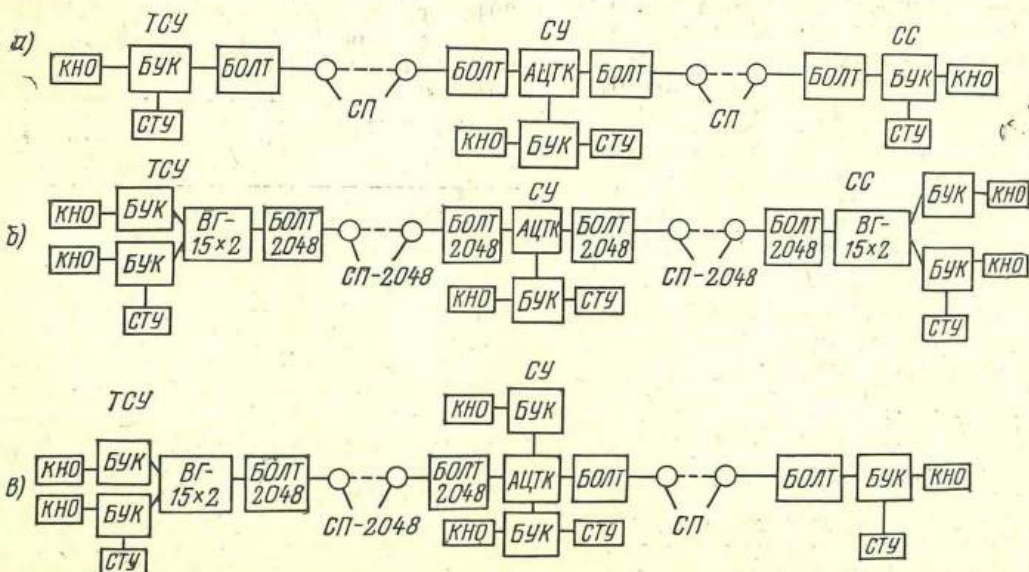


Рис. 2

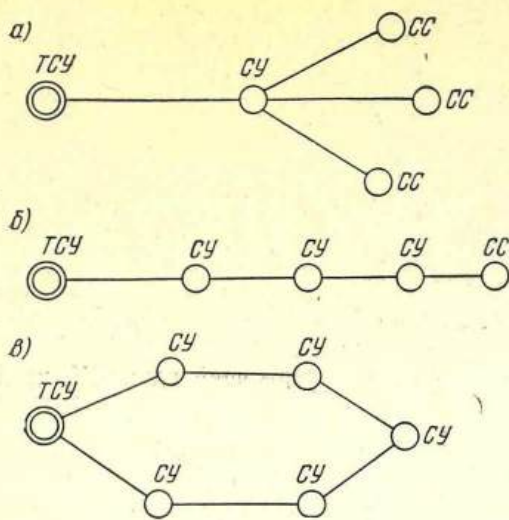


Рис. 3

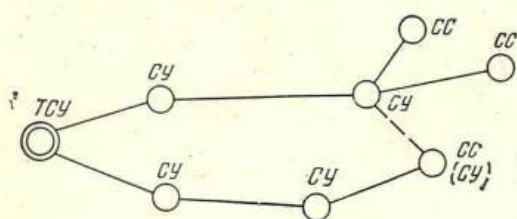


Рис. 4

на СУ комплекта блоков БУК и КНО. Взамен АЦТК можно применять блок ВГ-15×2. Вспомогательные блоки БС и СО, размещаемые на каждом ТСУ, СУ, СС, не показаны. Блоки ТСУ устанавливают только при организации телеграфных каналов, а блоки КНО — в случае использования РСЛ без дифсистем.

Цифровой транзит всех видов каналов между любыми направлениями передачи производится на СУ в блоках АЦТК. Требуемое распределение каналов устанавливается с помощью переключателей и может изменяться в процессе эксплуатации. Отметим, что помимо каналов к ТСУ, через сетевые узлы без увеличения объема оборудования могут быть получены каналы между любыми СУ—СС, СУ—СУ и СС—СС.

Канал звукового вещания (ЗВ), организуемый от ТСУ взамен двух каналов ТЧ, при необходимости распределяется циркулярно к требуемым СУ и СС вместе с соответствующими сигнальными каналами для дистанционного управления аппаратурой вещания. С целью проведения акустического контроля радиотрансляционных узлов предусмотрено поочередное подключение обратного канала ЗВ к каждой СС или СУ.

В рамках данной статьи не представляется возможным рассмотреть даже наиболее характерные структуры фрагментов СПС, реализуемые на базе комплексов аппаратуры «Зона-15». На рис. 3 показаны только некоторые простые варианты структур. Необходимый же состав оборудования и структурных схем комплексов «Зона-15» определяется для каждого варианта специально.

Особый интерес представляет «кольцевая» структура (рис. 3, в), позволяющая организовать к каждому СУ пучки каналов с разных

сторон «кольца», что обеспечивает сохранение связи при повреждении любого участка сети.

Комплекс аппаратуры «Зона-15» не накладывает ограничений на структуру СПС и обеспечивает возможность ее поэтапного развития путем установки дополнительного оборудования. Например, комплексы, образующие «древовидные» структуры, могут быть соединены линейным трактом, как показано пунктиром на рис. 4, образуя «замкнутую» структуру, обладающую повышенной живучестью.

Следует отметить, что комплекс «Зона-15» входит в семейство аппаратуры ИКМ второго поколения, которое включает: аппаратуру ИКМ-15, ИКМ-30С и «Радан-2» [5]. Аппаратура этого семейства рассчитана для совместной работы при построении СПС, причем ИКМ-15 используется в составе комплекса «Зона-15». Совместное использование комплекса «Зона-15» и радиорелейной ЦСП «Радан-2» может обеспечить еще более эффективное построение СПС с одновременным повышением ее живучести. Заметный экономический эффект может быть получен также при совместном использовании аппаратуры комплекса «Зона-15» и первичной ЦСП ИКМ-30С.

Для получения перечисленных выгод требуется решение ряда проблем, рассмотренных в [6].

Аппаратура цифрового транзита. В составе комплекса для организации цифровых СУ используется аппаратура временного группообразования ВГ-15×2, обеспечивающая удвоение пучка каналов и цифровой транзит групповых трактов со скоростью передачи 1024 кбит/с, а также аппаратура цифрового транзита каналов АЦТК.

Блок ВГ-15×2 позволяет объединить два групповых цифровых сигнала со скоростью передачи 1024 кбит/с (ГЦС-1024), образованных блоками БУК, в групповой цифровой сигнал со скоростью передачи 2048 кбит/с (ГЦС-2048), а также осуществляет обратное преобразование. ГЦС-2048 отвечает рекомендациям МККТТ для первичных ЦСП.

Блок АЦТК предназначен для кроссовых соединений отдельных каналов передачи, принадлежащих различным ГЦС, включенным в АЦТК, и предусматривает подключение ГЦС-1024 и ГЦС-2048 в четырех сочетаниях, согласно табл. 2.

Таблица 2

Вариант АЦТК	Количество ГЦС со скоростью	
	2048 кбит/с	1024 кбит/с
1	1	4
2	2	2
3	3	—
4	—	6

Блоки ВГ-15×2 и АЦТК содержат унифицированное групповое оборудование и индивидуальное оборудование для каждого ГЦС-1024 и ГЦС-2048.

Временный спектр ГЦС-1024 описан в [2], а структура цикла ГЦС-2048 — на рис. 5. Цикл ГЦС-2048 содержит 32 канальных интервала (КИ), каждый из которых включает восемь тактовых интервалов (ТИ), причем КИ-1 ... КИ-15 и КИ-17 ... КИ-31 предназначены для

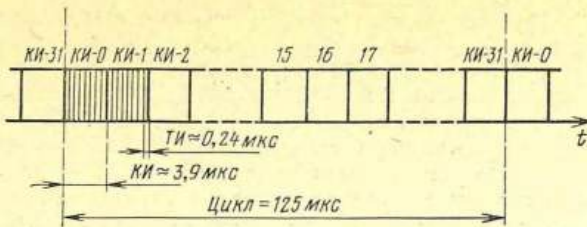


Рис. 5

передачи информации каналов ТЧ, ЗВ и ОЦК, КИ-0 используется для передачи служебной информации, а КИ-16 — для организации каналов СУВ. Всего в цикле содержится 256 ТИ. Распределение ТИ в КИ-0 показано в табл. 3, а в КИ-16 — в табл. 4. Из табл. 4 видно, что сверхцикл ГЦС-2048 включает 16 циклов.

Таблица 3

Циклы	ТИ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Четные	ЦИ-8	0	0	1	1	0	1	1
		цикловый синхросигнал						
Нечетные	ЦИ-8	1	А	Б	В	0	1	1
			телесигнализация					

Таблица 4

Циклы	ТИ							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0 0 0 0 сверхцикловый синхросигнал				1	А	0	1
1	а б в 1 канал 1				а б в 1 канал 16			
2	а б в 1 канал 2				а б в 1 канал 17			
⋮	⋮				⋮			
15	а б в 1 канал 15				а б в 1 канал 30			

Тактовые импульсы ТИ-3 и ТИ-4 в КИ-0 нечетных циклов (сигналы а и б) используют для передачи местных сигналов аварии и предупреждения на противоположную СС (СУ), а ТИ-5 (сигнал в) отведен для транзита сигналов аварии и предупреждения от удаленных СС (СУ).

В аппаратуре ВГ-15×2 и АЦТК используется синхронный способ объединения-разделения цифровых сигналов. С этой целью на сети один из указанных блоков устанавливается в ведущий режим работы, а остальные, включая блоки БУК, — в ведомый режим работы. Благодаря этому все входящие в ВГ-15×2 либо АЦТК ГЦС-1024 и ГЦС-2048 оказываются синхронными.

Каждый входящий ГЦС-1024 задерживается во времени до совпадения по циклу и сверхциклу с аналогичным интервалом работы генераторного оборудования (ГО). Каждый входящий ГЦС-2048 преобразуется в два ГЦС-1024 с временной структурой, общей для всех ГЦС-1024, и также сфазированных с ГО. В блоке АЦТК сфазированные ГЦС-1024 дополнительно разделяются на отдельные каналы во времени и в пространстве. Исходящие ГЦС-1024 в АЦТК образуются путем временного объединения отдельных каналов под управлением ГО, чем обеспечивается синфазность по циклам и сверхциклам всех исходящих ГЦС-1024. Поскольку при этом совпадают временные интервалы одноименных каналов входящих и исходящих ГЦС-1024, для организации транзита достаточно соединить одноименные входы и выходы соответствующих каналов.

При преобразовании двух ГЦС-1024 в ГЦС-2048 и обратно происходит перенос информации канальных интервалов таким образом, что информация одного ГЦС-1024 размещается в КИ-1 ... КИ-15, а второго ГЦС-1024 — в КИ-17 ... КИ-31 ГЦС-2048. Каналы ЦИ-8 и СУВ переносятся на соответствующие ТИ в КИ-0 и КИ-16 (см. табл. 3 и 4).

Упрощенная структурная схема АЦТК, включающая по одному комплекту индивидуального оборудования для ГЦС-1024 и ГЦС-2048, показана на рис. 6.

Входящий ГЦС-1024 поступает на согласующее устройство $УС_1$, обеспечивающее прием сигнала при затухании в соединительной цепи до 6 дБ, преобразование кода NRZ в униполярный сигнал и выделение тактовой частоты 1024 кГц. Для компенсации фазовых флуктуаций, возникающих в линейном тракте, используется эластичная память ($ЭП_1$), запись в которую осуществляется тактовой частотой 1024 кГц, выделенной в $УС_1$, а считывание — тактовой частотой ГО. Емкость $ЭП_1$ — 4 бита.

Для обеспечения совместной работы комплекса «Зона-15» и первичной ЦСП, например ИКМ-30С, отличающихся законом преобразования кода ГЦС, необходимо входящие ГЦС-1024 и ГЦС-2048 перед транзитом преобразовать к единому коду, что осуществляется преобразователями кода $ПК_1$, $ПК_2$ для ГЦС-1024 и $ПК_3$ для ГЦС-2048.

Пройдя $ПК_1$, ГЦС-1024 поступает в фазированное запоминающее устройство $ЗУ_1$, где сигналы каждого канала размещаются в определенных ячейках памяти. Порядок записи в $ЗУ_1$ определяется приемниками синхросигналов, которые работают синфазно с циклами и сверхциклами входящего ГЦС-1024. Последовательность считывания канальных сигналов из $ЗУ_1$ определяется ГО. Емкость $ЗУ_1$ — 192 бита. Далее ГЦС-1024 преобразуется в $ПК_2$ и поступает на устройство разделения $УР_1$, где происходит его разделение на отдельные каналы во времени и в пространстве. На выходах $УР_1$ образуются канальные сигналы двух типов: канальный цифровой сигнал (КЦС), содержащий кодовую комбинацию одного канального интервала из КИ-1 ... КИ-15, и сигнал соответствующих ему каналов СУВ; цифровой сигнал канала с пропускной способностью 8 кбит/с (ЦС-8).

Сформированные на выходе $УР_1$ канальные сигналы поступают на кроссировочное поле.

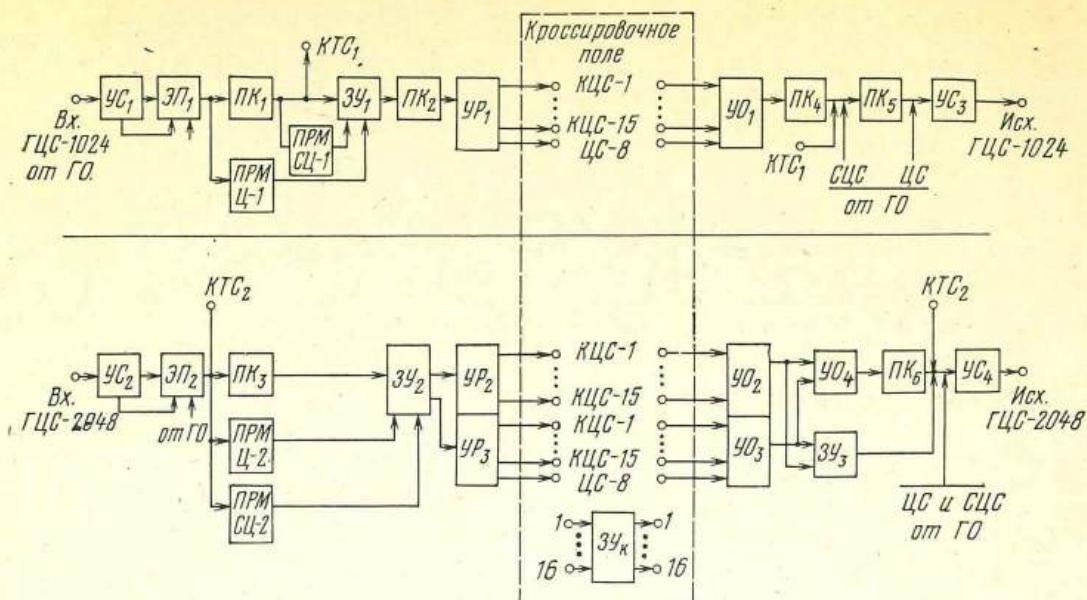


Рис. 6

Входящий ГЦС-2048 поступает на согласующее устройство $УС_2$, обеспечивающее прием цифрового сигнала при затухании в соединительной цепи до 6 дБ, преобразование кода АМ1 или НДВ-3 в униполярный сигнал и выделение тактовой частоты 2048 кГц. Далее ГЦС-2048 проходит эластичную память $ЭП_2$, аналогичную $ЭП_1$, преобразователь кода $ПК_3$ и записывается в фазизирующее запоминающее устройство $ЗУ_2$. Емкость $ЗУ_2$ — 384 бита. Процесс фазирования ГЦС-2048 аналогичен фазированию ГЦС-1024. На выходе $ЗУ_2$ образуются два сфазированных цифровых сигнала, образованных на тактовых позициях частоты 1024 кГц, структура которых аналогична ГЦС-1024, формирующемуся на выходе $ПК_2$. Сигналы, полученные на выходах $ЗУ_2$, поступают на устройства разделения $УР_2$ и $УР_3$, которые формируют из них соответствующие КЦС и ЦС-8. Последние выводятся на кроссировочное поле.

Отдельно из ГЦС-1024 и ГЦС-2048 выводятся каналы телесигнализации КТС.

Формирование исходящего ГЦС-1024 начинается в устройстве объединения $УО_1$. Далее в $ПК_4$ и $ПК_5$ осуществляются преобразования кода, обратные преобразования в $ПК_2$ и $ПК_1$, соответственно вводятся цикловой и сверхцикловой синхросигналы, а также организуется КТС. Окончательно исходящий ГЦС-1024 формируется в $УС_3$ в коде NRZ с параметрами, необходимыми для стыковки с блоками БОЛТ или БУК.

Формирование исходящего ГЦС-2048 также начинается в устройствах объединения $УО_2$, $УО_3$, образующих из канальных сигналов два ГЦС-1024, которые впоследствии объединяются в $УО_4$. Сформированный таким образом ГЦС-2048 поступает на $ПК_6$, который выполняет преобразование, обратное $ПК_3$. В полученный сигнал вводятся сигналы каналов СУВ и ЦС-8, задержанные $ЗУ_3$ до соответствующих канальных интервалов, а также синхросигналы и сигналы телесигнализации. В $УС_4$ осуществляется преобразование униполярного ГЦС-2048 в код АМ1 или НДВ-3 со стандартизованными параметрами.

Для организации транзита одноименные КЦС разных ГЦС соединяются на кроссировочном поле паянными перемычками. Для соединения разноименных КЦС между соединяемыми каналами включается запоминающее устройство $ЗУ_к$. 16 $ЗУ_к$ обеспечивают организацию восьми дуплексных транзитных каналов.

Транзит каналов ЦИ-8 осуществляется на этом же кроссировочном поле путем соединения ЦС-8 нужных ГЦС. На кроссировочном поле допускается циркулярное распределение канальных сигналов. Например, при подаче программ звукового вещания в несколько населенных пунктов достаточно организовать один канал ЗВ между ТСУ и СУ, который затем циркулярно проключается на все СС и СУ данного фрагмента.

Каналы телесигнализации из всех комплектов индивидуального оборудования (для ГЦС-1024 и ГЦС-2048) выведены на отдельное кроссировочное поле, где может быть обеспечен их транзит в соответствии со структурой конкретного фрагмента СПС.

Генераторное оборудование обеспечивает работу аппаратуры в ведущем режиме от собственного задающего генератора с нестабильностью до $\pm 5 \cdot 10^{-5}$ или в ведомом режиме от тактовой частоты, выделяемой из ГЦС-1024 или ГЦС-2048. Для повышения живучести СПС при пропадании на СУ ведущего сигнала в блоках ВГ-15×2 и АЦТК предусмотрена возможность автоматического перехода из ведомого режима работы в ведущий.

Цикловая и сверхцикловая синхронизация в каждом ГЦС-1024 и ГЦС-2048 автономны и не зависят от состояния других участков сети.

Конструкция и комплектация. Комплекс «Зона-15» по конструкции в значительной мере унифицирован с аппаратурой ИКМ-15. Блоки комплекса имеют навесную конструкцию и устанавливаются на уголкового каркаса высотой 2650 мм. При необходимости высота каркаса может быть уменьшена путем укорочения его вертикальных уголков. Ширина каркаса по центрам установочных отверстий — 600 мм. Соединение блоков между собой производится

при помощи разъемов и жгутов, поставляемых с оборудованием.

Комплектация аппаратуры «Зона-15» определяется в зависимости от проектируемого фрагмента карты заказа, в которую включают необходимое оборудование по типам и количеству.

Эксплуатация комплекса. Ввод комплекса в эксплуатацию осуществляется в соответствии с проектом на создаваемый фрагмент СПС, т. е. в соответствии с конкретными потребностями данной СПС. При этом необходимо установить распределение информационных каналов и каналов телесигнализации, режимы работы каналов и трактов передачи, ведущий режим одного из блоков АЦТК (ВГ-15×2) и ведомый режим всех остальных блоков АЦТК, ВГ-15×2, БУК.

Для проверки кабельных участков по переменному току (измерение рабочего и переходного затуханий) перед установкой и монтажом на них оборудования линейных трактов ОЛТ-1024 и КЛТС-2048 используется измеритель параметров кабельных линий ИПКЛ-15/30.

Смонтированный на фрагменте СПС комплекс не требует регулировочных операций.

Эксплуатационный контроль групповых и линейных трактов осуществляется непрерывно с помощью встроенных устройств автоматического контроля, которые анализируют верность передачи и регистрируют увеличение коэффициента ошибок выше 10^{-5} ... 10^{-6} (предупредительная сигнализация) и выше 10^{-3} ... 10^{-4} (аварийная сигнализация).

Сигналы аварийной и предупредительной сигнализации периферийных СУ и СС транслируются на ТСУ и отображаются устройством сигнализации блока ВГ-15×2 (АЦТК).

Контроль каналов передачи, образуемых комплексом, должен осуществляться с помощью периодических измерений их качественных характеристик.

Восстановление работоспособности комплекса при возникновении отказов осуществляется

путем замены неисправных блоков или ячеек на исправные из состава группового ЗИП. Локализация отказов до неисправного блока производится путем организации шлейфов и использования устройств встроенного контроля. В линейных трактах локализация отказов может осуществляться с точностью до регенерационного участка с помощью устройств образования дистанционного шлейфа. Для оперативного перераспределения каналов комплекса предусматривается замена кроссировочной платы блока АЦТК на резервную из состава ЗИП. Ремонт отказавшей аппаратуры осуществляется на специально оборудованных рабочих местах, которые целесообразно организовывать в лабораториях производственно-технических управлений связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никифоров Н. П., Милин А. И. Комплекс аппаратуры ИКМ «Зона» с выделением групп каналов. — Электросвязь, 1974, № 8.
2. Алексеев Ю. А. и др. Аппаратура сельской связи ИКМ-15. — Электросвязь, 1980, № 3.
3. Абрамов Г. А. и др. Линейный тракт цифровой системы передачи ИКМ-15. — Электросвязь, 1981, № 4.
4. Тарнопольский В. Л., Гниденко Э. Г. Согласующее телеграфное устройство аппаратуры ИКМ-15. — Вестник связи, 1983, № 4.
5. Мартынов Л. М., Перегонов С. А., Черный В. Э. СВЧ аппаратура цифровой радиорелейной системы «Радан-2» и пути ее миниатюризации. — Электросвязь, 1983, № 5.
6. Баев А. П., Никифоров Н. П. Перспективы повышения эффективности сельских первичных сетей ЕАСС. — Электросвязь, 1984, № 4.

Статья поступила 25 апреля 1984 г.

УДК 621.395.44:621.376.56

Л. А. Чернышев, | В. М. Штейн

КОЛЬЦЕВЫЕ СТРУКТУРЫ В СЕЛЬСКИХ ЦИФРОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ

Как известно, внедрение цифровых систем передачи началось в нашей стране с сельской связи. Первая отечественная система передачи с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ) на 12 каналов ТЧ — ИКМ-12 — была установлена на сельской телефонной сети (СТС) в 1967 г. В дальнейшем система была модернизирована. В настоящее время для СТС выпускается система ИКМ-15 на 15 каналов ТЧ. Системы передачи ИКМ-12 и ИКМ-15 образуют соединительные линии между двумя пунктами («двухточечные» системы), в одном из которых — главном пункте (ГП) — расположена централь-

ная станция района (ЦС), в другом, периферийном, пункте (ПП) — оконечная станция (ОС).

Стремление улучшить использование линейного тракта привело к появлению «многоточечных», или распределительных, систем. В таких системах один линейный тракт используется для создания соединительных линий между ЦС и несколькими ОС, причем в каждом ПП выделяется часть каналов. Известны две системы такого рода — ИКМ-30С [1] и «Зона-15» [2], эксплуатируемые на СТС. Эти системы позволяют существенно уменьшить

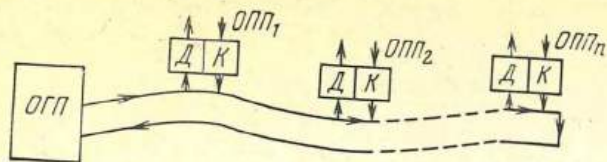


Рис. 1

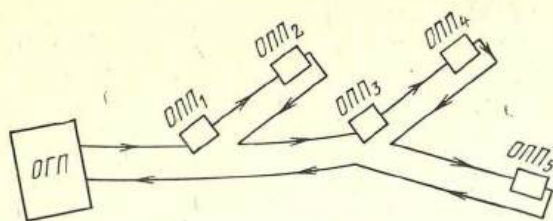


Рис. 2

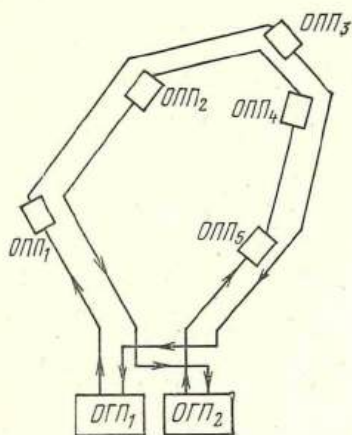


Рис. 3

затраты на строительство и эксплуатацию СТС, а также снизить расход кабеля.

Распределительные системы передачи появились в результате приспособления существовавших ранее «двухточечных» систем для новых целей. Поэтому можно говорить о возможности создания более совершенных сельских цифровых систем передачи, специально создаваемых в качестве распределительных. Такие системы, как нам кажется, наилучшим образом могут быть созданы на основе кольцевых структур построения линейного тракта [3].

В литературе термины «кольцевые системы», «кольцевые структуры» применяются для обозначения различных понятий. Объясним, как эти термины понимаются в статье. Предполагаем, что кольцевой тракт образуется при последовательном соединении прямого и обратного направлений передачи (рис. 1). При выделении канала в оборудовании i -го периферийного пункта входящий каналный сигнал поступает от оборудования главного пункта (ОГП) к каналному декодеру D оборудования i -го периферийного пункта $ОПП_i$ по одной стороне кольцевого тракта, а исходящий каналный сигнал от кодера K $ОПП_i$ проходит к ОГП в том же временном интервале, по другой стороне кольцевого тракта. Сигналы, предназначенные для других ПП, не выделяются в данном ПП. Тракт, изображенный на рис. 1, назовем прямым.

Наряду с прямыми возможны разветвленные (рис. 2) и круговые (рис. 3) тракты. Круговой тракт состоит из двух параллельных разнонаправленных кольцевых трактов, в которых сигналы проходят из ГП в ПП и обратно не по одной трассе, как у прямых и разветвленных трактов, а по разным трассам. При этом к каждому из двух кольцевых трактов присоединен комплект ОГП, а комплекты ОПП включены в один или другой тракт. При круговом тракте можно получить при той же скорости передачи удвоенную пропускную способность.

Двусторонние тракты, изображенные на рис. 1—3, могут быть образованы на одночетверочных кабелях или другими средствами.

Надежность кольцевых распределительных систем передачи. Рассмотрим, как влияют повреждения ОПП или линейного тракта на надежность кольцевых систем.

Повреждения ОПП. Как указывалось в [3], при повреждении групповых устройств ОПП (нарушение синхронизма, пропадание питания и др.) в кольцевых системах предусматривается обход поврежденного ОПП. При этом нарушается связь с данным ПП (если не предусмотрено резервирование ОПП), но сохраняется связь со всеми остальными ПП.

При сравнении надежности кольцевых и некольцевых распределительных систем следует учитывать, что в последних помимо каналаобразующего оборудования, повреждение которого приводит к потере связи с одним ПП, имеются еще и узлы переключения (УП). При выходе из строя УП может быть потеряна связь с несколькими или даже со всеми ПП. Кольцевые системы, не имеющие УП, оказываются значительно надежнее.

Повреждения линейного тракта в кольцевых системах с прямыми и разветвленными трактами. В кольцевых распределительных системах с прямыми или разветвленными трактами при повреждении линейного тракта предусматривается образование шлейфа линейного тракта в ПП, предшествующем поврежденному участку [3]. При этом теряется связь ГП с ПП, следующими за поврежденным участком, и сохраняется связь со всеми остальными ПП.

На рис. 4 изображена скелетная схема устройства [4], образующего шлейф в ПП при повреждении линейного тракта. Повреждение обратного направления (пропадание линейного сигнала или снижение верности передачи) обнаруживается блоком контроля $БК_1$, который переводит электронный переключатель $П_1$ в верхнее положение. В данном ПП образуется шлейф линейного тракта и каналы ТЧ во всех последующих ПП должны быть блокированы. Отметим, что при этом передача в прямом направлении не прерывается, что позволяет сохранить в ПП, расположенных за поврежденным участком, прием некоторых видов односторонней информации, передаваемой из ГП в ПП, например прием вещания.

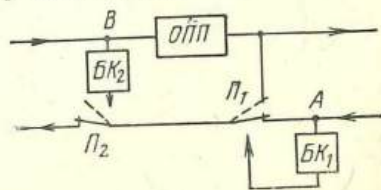


Рис. 4

При повреждении прямого направления передачи следует различать пропадание линейного сигнала и снижение верности передачи. Пропадание линейного сигнала обнаруживается блоками контроля, включенными в обратное направление, и в результате образуется шлейф в ПП, предшествующем поврежденному участку.

Иначе обстоит дело со снижением верности передачи. Дело в том, что в каждом ПП происходит преобразование линейного сигнала в станционный, например в двоичный, а затем вновь в линейный. В результате двойного преобразования ошибки линейного сигнала не устраняются, однако устраняются нарушения закона образования линейного сигнала, например, закона чередования полярности импульсов (ЧПИ). При этом блоки контроля *БК-1*, включенные в обратное направление, не могут обнаружить снижение верности в прямом направлении. Поэтому в устройство [4] введен второй блок контроля *БК-2*, который, обнаружив снижение верности передачи в прямом направлении, обрывает обратное направление (рис.4). В этом случае с помощью аналогичного устройства шлейф образуется в предыдущем ПП. После устранения повреждения шлейф автоматически выключается и восстанавливается связь со всеми ПП.

Вероятность потери связи ГП с ПП из-за повреждения линейного тракта в «двухточечных» и распределительных (кольцевых и некольцевых) системах пропорциональна длине тракта от ГП до ПП. Таким образом, в этом отношении надежность данных систем одинакова. Однако характер повреждения в «двухточечных» и распределительных системах различен: в первых вероятность одиночных повреждений (нарушений связи ГП с одним ПП) будет больше, чем во вторых. Соответственно в распределительных системах больше вероятность групповых повреждений (нарушений связи ГП с несколькими ПП), чем в «двухточечных». Что касается потери связи между двумя ПП, то в распределительных системах вероятность такого повреждения меньше, чем в «двухточечных», поскольку меньше эффективная длина тракта, определяющая эту вероятность.

Повреждения линейного тракта в кольцевых системах с круговыми трактами. Согласно [3] при повреждении кругового тракта шлейфы образуются в ПП, находящихся по концам поврежденного участка. В этом случае шлейфы могут быть образованы с помощью двух устройств, аналогичных приведенным в [4], расположенных по концам поврежденного участка. Однако при этом должна быть прекращена передача сигнала в сторону поврежденного участка на обоих его концах, и связь не восстанавливается автоматически после устранения повреждения. Этот недостаток устраняется другим устройством [5], специально предназначенным для круговых трактов. В результате образования шлейфов круговой тракт распадается на два прямых тракта. Каждый из прямых трактов будет содержать комплекты ОПП не в том количестве и не в том составе, в каком они содержались в кольцевых трактах до повреждения. Поэтому к этим прямым трактам нельзя присоединить комплекты ОГП,

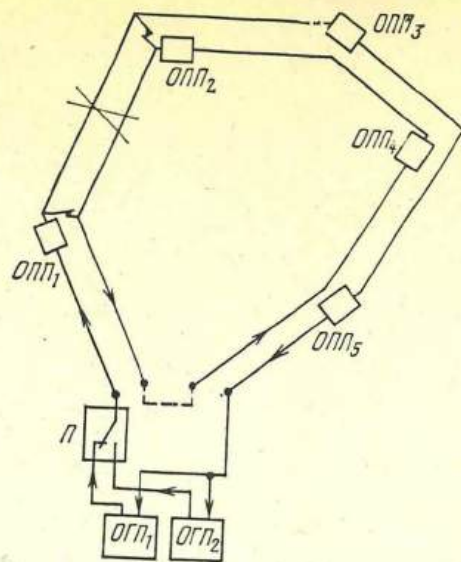


Рис. 5

не произведя сложной операции выключения и переключения каналов ТЧ, каналов передачи сигналов управления и взаимодействия и др. Причем такая операция зависит от места повреждения, что приводит к дополнительным усложнениям.

Процедура восстановления связи может быть упрощена, если комплекты ОПП будут включены только в один кольцевой тракт, к которому в ГП должен быть присоединен один комплект ОГП, а второй кольцевой тракт в нормальном состоянии не будет использоваться. В этом случае при повреждении линейного тракта можно соединить в ГП последовательно два образовавшихся прямых тракта и к образовавшемуся тракту присоединить комплект ОГП. Однако пропускная способность кругового тракта в нормальном состоянии при этом уменьшается в 2 раза.

Более удачным является другой способ. На вход тракта, состоящего из двух, включенных последовательно, прямых трактов (рис. 5), образовавшихся при повреждении, подают преобразованный сигнал, в котором поочередно с помощью переключателя *П* передаются каналные группы четных каналов первого комплекта *ОГП* и нечетных — второго. В комплектах *ОПП*, которые были включены в первый кольцевой тракт, могут быть приняты сигналы четных каналов, а в *ПП* другого кольцевого тракта — нечетных. Соответственно располагаются сигналы, исходящие из *ПП*. Преобразованный сигнал, прибывающий в *ГП*, может быть подан на входы двух комплектов *ОГП*, включенных параллельно. При этом первый комплект будет принимать сигналы четных каналов, а второй — нечетных. Выключенные при повреждении каналы должны быть заблокированы.

Пропускная способность тракта, образовавшегося при повреждении, вдвое меньше, чем у неповрежденного кругового тракта. Поэтому удается сохранить половину каналов. Можно предоставить преимущество некоторым ПП, сохранив им при повреждении более половины имевшихся каналов, соответственно уменьшив долю сохраняемых каналов другим ПП.

Возможность сохранения связи со всеми ПП при повреждении линейного тракта достигает-

ся при этом способе сравнительно простыми средствами: без применения резервных трактов, без усложнения ОПП и при наличии одного комплекта ОПП в каждом ПП. Такая возможность является большим преимуществом кольцевых систем с круговыми трактами.

Групповое использование каналов. Кольцевые структуры обладают еще одним серьезным преимуществом. Поскольку через каждый ПП проходят все цифровые каналы системы (в круговых трактах — половина каналов), можно не закреплять каналы за данным ПП, а сделать доступными все каналы. При этом число низкочастотных оконечаний каналов в ГП и всех ПП не увеличивается, а в каждом пункте добавляется цифровое устройство, отскакивающее и занимающее свободный цифровой канал и обозначающее этот канал как занятый для всех пунктов.

При групповом использовании укрупняется пучок каналов, доступных периферийному пункту, и, следовательно, повышается пропускная способность системы. Расчеты показывают, что, если среди оконечных станций преобладают малые станции, выигрыш по пропускной способности может достигать 2—3 раз. Отметим, что в системе с закрепленными каналами эффективность их использования большими станциями значительно выше, чем малыми. При групповом использовании каналов их эффективность не зависит от распределения абонентов между станциями. Это обстоятельство создает большую свободу выбора решений при проектировании сети, в частности позволяет во многих случаях предпочесть малые оконечные станции с меньшими затратами на абонентские линии большим станциям. Наконец, при групповом использовании можно повысить эффективность каналов, предоставляемых прямым абонентам [7].

Организация каналов поперечной связи в кольцевой системе. При наличии тяготения между ОС, включенными в кольцевую систему, между ними могут быть образованы каналы поперечной связи. На рис. 6 представлен случай, когда каналы поперечной связи должны быть образованы от $ОПП_i$ до $ОПП_{i+1}$, $ОПП_{i+2}$ и $ОПП_{i+3}$. Аналогичная ситуация возникает, когда каналы необходимо образовывать между узловой станцией и ее оконечными станциями, включенными в кольцевой тракт. Эта задача может быть решена с помощью еще одного комплекта ОПП.

Например, на рис. 6 для образования каналов поперечной связи включен комплект $ОПП'_i$. В комплекте $ОПП_i$ на место сигналов, попадающих в данный комплект из ГП, вводятся сигналы связи с комплектами $ОПП_{i+1}$, $ОПП_{i+2}$, $ОПП_{i+3}$. В свою очередь, сигналы, поступающие из этих комплектов, выделяются в $ОПП'_i$ и на место этих сигналов вводятся сигналы,

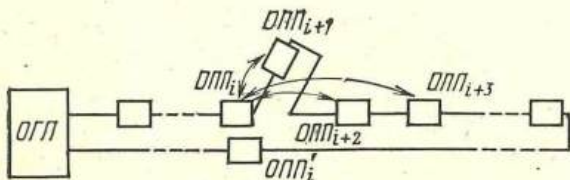


Рис. 6

исходящие из $ОПП'_i$ в ГП. Таким образом, каналы поперечной связи $ПП_i$ с $ПП_{i+1}$, $ПП_{i+2}$, $ПП_{i+3}$ вводятся на место каналов, связывающих ГП и $ПП_i$. Это означает, что каналы поперечной связи не создают дополнительной загрузки кольцевого тракта.

О способе модуляции в кольцевых системах. В [3] сформулированы преимущества дельта-модуляции (ДМ) по сравнению с ИКМ в сельских кольцевых системах: возможность образования большего числа каналов при той же скорости передачи в групповом тракте и более простое устройство аппаратуры при одноканальных ДМ кодеках. В настоящее время ситуация изменилась, и достаточное число каналов можно получить и при ИКМ, например, используя круговые тракты, которые позволяют удвоить число каналов. Можно увеличить число каналов при применении кабелей с несколькими четверками или существенно увеличить эффективность кольцевых систем за счет группового использования каналов.

Что касается преимущества ДМ с точки зрения создания индивидуального кодека, то теперь это преимущество утеряно и с равным успехом можно создать одноканальные микроэлектронные ДМ кодеки и ИКМ кодеки.

Как показали субъективные оценки качества передачи речи, в системах с ДМ при канальной скорости передачи 32 кбит/с, оно достаточно высоко и во всяком случае не уступает качеству передачи в случае, когда соединительные линии образуются не системами передачи, а физическими цепями. В последнем случае качество передачи снижается за счет повышенного затухания соединительных линий и его частотной зависимости. Равным образом можно обеспечить на сельской сети хорошее качество при передаче данных и факсимильных сигналов в канале ТЧ с ДМ [6].

Однако при нескольких переприемах по ТЧ, которые могут иметь место на сельской сети при использовании узловых станций или при уплотнении абонентских линий, качество передачи при ДМ ниже, чем при ИКМ.

Таким образом, учитывая сказанное выше, предпочтительнее использовать в кольцевых системах импульсно-кодovou модуляцию.

Объем оборудования. Принцип кольцевого обхода ПП позволяет упростить ОПП. Входящие и исходящие сигналы занимают одни и те же временные интервалы. Потому для этих сигналов может быть использован один и тот же комплект генераторного оборудования. Кроме того, не нужен генератор синхросигнала. ОПП строится без применения узлов переключения, представляющих сравнительно сложные устройства.

Упрощение достигается также и за счет использования индивидуальных канальных узлов — кодеков. При этом в ОПП устанавливается ровно столько кодеков, сколько требуется данной ОС. Выигрыш достигается не только за счет уменьшения объема оборудования, но и за счет удешевления производства однотипных кодеков, имеющих повышенную серийность.

Уменьшение объема оборудования, использование одноканальных кодеков позволяют

снизить эксплуатационные расходы и повысить надежность связи.

Выводы. Можно ожидать, что сельские распределительные системы передачи кольцевой структуры будут иметь значительные преимущества перед существующими системами по основным технико-экономическим показателям, таким как: пригодность к крупносерийному производству; первоначальные затраты на эксплуатационные расходы; надежность; большая гибкость при построении сети и большая свобода при ее проектировании.

Вместе с тем кольцевые системы содержат резервы для совершенствования сети и не создают препятствий для дальнейшего ее развития, например для внедрения цифровых коммутационных станций, оптических линий и др. Кроме того, кольцевые системы могут найти применение также и в других отраслях связи, например для внутрипроизводственной связи объектов, распределенных на некоторой территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ботвинник Ю. А. и др. Первичная цифровая система передачи для сельских телефонных сетей ИКМ-30С. — Электросвязь, 1983, № 7.

2. Баев А. П., Патоков Л. Ф., Комаров Г. Н. Развитие сельских первичных сетей ЕАСС на базе цифровых систем передачи. — Вестник связи, 1983, № 8.
3. Алексеев Ю. А., Чернышев Л. А., Штейн В. М. Сельская кольцевая распределительная система передачи, основанная на дельта-модуляции. — Электросвязь, 1979, № 12.
4. А. с. № 1117849 (СССР). Устройство восстановления связи системы передачи с прямым трактом / Г. А. Абрамов и др.
5. А. с. № 1022324 (СССР). Устройство восстановления связи системы передачи с круговым трактом / Л. А. Чернышев, В. М. Штейн.
6. Гебергер Г. Х. и др. Аналого-цифровые преобразования в канале ТЧ с дельта-модуляцией. — Электросвязь, 1979, № 11.
7. Клибанер А. Б., Круш М. И. К вопросу о построении сети электросвязи в сельской местности. В сб.: Труды учебных институтов связи. Сети, узлы связи и распределение информации. — Л.: ЛЭИС, 1980.

Статья поступила 19 октября 1984 г.

УДК 621.394.62(088.8)

**Б. Н. Маглицкий, О. Н. Порохов,
И. В. Ситняковский**

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЦСП ДЛЯ АБОНЕНТСКИХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ

Печатается в порядке обсуждения

В соответствии с планом развития Единой автоматизированной сети связи страны (ЕАСС) разработаны и освоены промышленностью цифровые системы передачи (ЦСП) всех ступеней иерархии, предназначенные для организации как аналоговых и цифровых каналов, так и групповых трактов первичной сети ЕАСС.

Единственным звеном на сети связи, где практически отсутствуют ЦСП, являются абонентские линии, служащие для доведения каналов первичной сети до потребителей. Лишь в последние годы разработаны ЦСП Д-АВУ и Ц-АВУ по абонентским линиям ГТС [1]. Продолжение этих работ — создание аналоговой аппаратуры для применения на воздушных линиях связи (ВЛС) в сельской местности.

Известно, что значительную часть всех линейных сооружений сетей сельской телефонной связи (СТС) составляют ВЛС, на которых организованы соединительные и абонентские линии. И хотя основная тенденция дальнейшего развития сетей СТС — внедрение кабельных линий, ВЛС, особенно на абонентской сети, сохраняются в течение длительного периода. В этой связи использование на абонентских линиях малоканальных ЦСП весьма перспективно.

Внедрение ЦСП на ВЛС позволит повысить использование пропускной способности каналов, улучшить их параметры, а также предоставить абонентам дополнительные возможности обмена цифровой информацией (передача данных, создание сетей АСУ районных агропромышленных комплексов и т. п.).

На начальном этапе создания ЦСП по ВЛС необходимо проанализировать различные факторы, влияющие на передачу цифровых сигналов и сформулировать предъявляемые к ЦСП требования. С учетом того, что на сетях СТС пропускная способность абонентских линий используется неэффективно, а малочисленные абонентские группы территориально разобщены, основное внимание следует уделить ЦСП для абонентских воздушных линий (ЦСП-АВЛ).

Особенности АВЛ и требования к передаваемым по ним сигналам. На абонентских линиях (АЛ) преимущественно используются

стальные провода диаметром 1,5; 2 и 3 мм [2]. Протяженность АЛ может изменяться от сотен метров до нескольких десятков километров.

Таблица 1

Параметр	Значение параметра					
	d=1,5 мм		d=2 мм		d=3 мм	
	l=30 см	l=60 см	l=30 см	l=60 см	l=30 см	l=60 см
R_0 , Ом/км		157,3		88,5		39,3
$\alpha_0(800)$, дБ/км	0,45	0,43	0,28	0,27	0,16	0,15
$L_{\text{макс}}$, км	7,6	7,6	13,5	13,5	27,1	29

Максимальная длина линии определяется километрическим затуханием на частоте 800 Гц $\alpha_0(800)$ и допустимым (остаточным) затуханием 4,35 дБ на той же частоте $\alpha_{\text{доп}}(800)$, либо допустимым сопротивлением цепи по постоянному току R_0 доп. Величина R_0 доп зависит от типа АТС. В наиболее распространенных на сетях СТС телефонных станциях АТСК-100/2000 и АТСК-50/200 сопротивление шлейфа не должно превышать 1200 Ом для неспаренных телефонных аппаратов. С учетом этих факторов в табл. 1 приведены предельные длины АЛ для различных расстояний между проводами l при различных их диаметрах d . Следует отметить, что для проводов диаметрами 1,5 и 2 мм $L_{\text{макс}}$ определяется величиной R_0 доп, а диаметром 3 мм — величиной α_0 доп.

Характерная особенность воздушных линий — зависимость километрического затухания частотных составляющих спектра сигнала $\alpha_0(f)$ от погодных условий. Результаты расчета граничных значений α_0 для сухой погоды $\alpha_{0\text{мин}}(f)$ (прерывистые линии) и изморози на проводах толщиной 25 мм $\alpha_{0\text{макс}}(f)$ (сплошные линии) приведены на рис. 1 при $l=60$ см. Результаты анализа разбросов длины АЛ и зависимостей затуханий от погодных условий указывают на необходимость предусматривать возможность работы ЦСП в большом динамическом диапазоне уровней принимаемых сигналов.

При увеличении частоты α_0 стальных цепей по сравнению с медными возрастает в боль-

шей степени, что обусловлено большими проявлениями поверхностного эффекта у стали, причем на частотах свыше 30 кГц затухание $\alpha_0(f)$ линейно зависит от частоты.

Следующий важный параметр — переходное затухание между цепями на ближнем конце $A_0(f)$. Известно, что наибольшее распространение на АЛ получили профили №№ 1, 1а и 2. При этом, в случае нескрещенных цепей наименьшая величина A_0 на частоте 800 Гц достигает 35,4 дБ [4]. С увеличением f A_0 монотонно убывает и на $f > 30$ кГц составляет 33 дБ [5]. Как правило, при передаче телефонных сигналов для получения нормируемой величины $A_0(800) = 76$ дБ [5] АЛ длиной свыше 2 км скрещиваются по определенным индексам. В этом случае

$$A_{0\text{скр}}(f) = A_0(f) \pm \Delta A_0(f),$$

где $\Delta A_0(f)$ — дополнительное затухание (дБ) схемы относительного скрещивания между цепями. Расчетные значения $\Delta A_0(f)$ приведены на рис. 2 для различных индексов скрещивания n (1, 2, 4...64) при шаге скрещивания $S=0,1$ км и диаметре проводов $d=4$ мм. Для других S и d при расчете $\Delta A_0(f)$ следует воспользоваться формулами [6]. Анализ сложной зависимости переходного затухания от f показывает, что при выборе скорости передачи информации и типа линейного сигнала ЦСП-АВЛ необходимо учитывать убывающий характер дополнительной защищенности скрещенных цепей (см. рис. 2). Принимая также во внимание сильную зависимость затухания от частоты, для получения максимальных участков регенерации следует использовать линейные

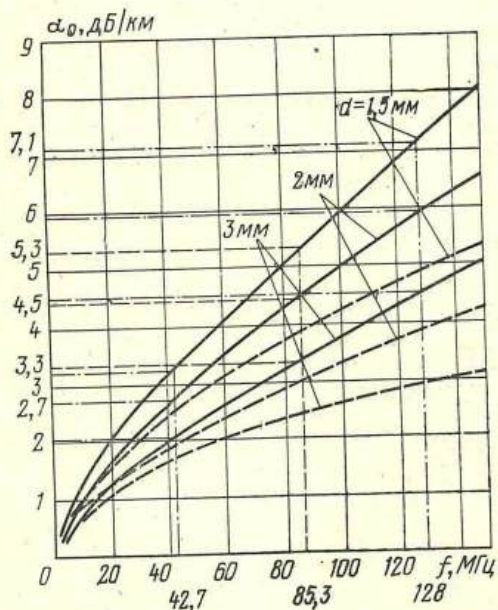


Рис. 1

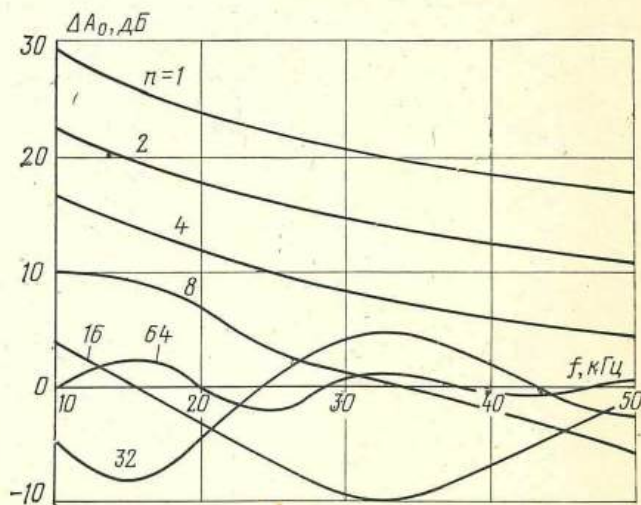


Рис. 2

сигналы, спектральная плотность которых смещена в область низких частот.

Воздушные линии связи в значительной степени подвержены влиянию внешних электромагнитных полей. Кроме влияния ЛЭП и электрифицированных железных дорог, характеризующегося максимальным уровнем помех на частотах до нескольких сотен Гц, помехи создаются также в результате излучения радиостанций¹.

Совокупность рассмотренных особенностей передачи сигналов в АЛ показывает, что для сигналов ЦСП-АВЛ следует использовать диапазон частот от сотен герц до 150 кГц.

Основные требования к ЦСП-АВЛ. Введение ЦСП на АЛ потребует дополнительных капиталовложений. С целью их эффективного использования необходимо в наибольшей степени приспособить аппаратуру ЦСП к существующим условиям сети и реализовать повышенную пропускную способность систем передачи. При этом требуется обеспечить гарантированное дистанционное питание как аппаратуры, так и телефонных аппаратов абонентов.

Хотя основное внимание уделяется телефонной связи, в групповом сигнале ЦСП следует предусмотреть возможность организации цифровых каналов. Их параметры должны удовлетворять требованиям ЕАСС. В частности, групповую скорость передачи рекомендуется выбирать кратной скорости передачи основного цифрового канала (ОЦК), т. е. 64 кбит/с.

Выбор пропускной способности ЦСП-АВЛ. Для улучшения использования пропускной способности ЦСП в ограниченной полосе частот обычно применяют линейные сигналы с повышенным количеством уровней, что уменьшает тактовую частоту. Однако рост их числа сопровождается негативными факторами: снижением помехоустойчивости к аддитивным шумам, в том числе к переходным помехам на ближнем конце, повышенным влиянием межсимвольных искажений. Кроме обеспечения помехоустойчивости передачи собственно цифровой информации в ЦСП должны быть созданы условия для устойчивой тактовой и цикловой синхронизаций, контроля коэффициента ошибок.

Анализ совокупности этих факторов свидетельствует о необходимости использовать сигналы с числом уровней не более трех. При переходе от двоичной информации, создаваемой аппаратурой группообразования, к троичной с трехуровневым сигналом для обеспечения малых потерь пропускной способности следует применять коды с малой избыточностью. Минимальному объему оборудования в этих условиях удовлетворяет алфавитный код ЗВ2Т, понижающий в 1,5 раза тактовую частоту двоичной информации при избыточности 5,66% [7]. С учетом использования полученного выше частотного диапазона ВЛС, свойств кода ЗВ2Т и условия кратности скорости передачи ОЦК, групповая скорость передачи двоичной информации в ЦСП-АВЛ должна быть 256, 192 или 128 кбит/с.

Исследования и опыт создания аппаратуры ЦСП абонентских линий ГТС показывают, что при скорости передачи 256 кбит/с по четырехпроводной линии можно организовать шесть телефонных каналов при суммарном токе дис-

танционного питания около 100 мА. Для предельного сопротивления шлейфа АЛ 1200 Ом (600 Ом для четырехпроводной линии) и напряжений ± 60 В указанная величина тока достаточна для дистанционного питания аппаратуры и телефонных аппаратов при их максимальном удалении от АТС (см. табл. 1).

Краткая характеристика метода передачи ЗВ2Т-ОМС. Основная цель применения кода ЗВ2Т в ЦСП-АВЛ — увеличение ее пропускной способности при ограниченной полосе частот. В случае перехода от двоичной информации с тактовой частотой 256 кГц к троичной применение кода снижает тактовую частоту до 170,6 кГц.

Троичные символы кода предлагается передавать трехуровневым относительным моноимпульсным сигналом (ОМС), что дает существенные преимущества по сравнению с абсолютным моноимпульсным сигналом [8], используемым японскими специалистами в кабельных ЦСП [9]. Далее будем рассматривать алфавит кода, представленный в табл. 2, для которого коэффициент трансформации ошибок при декодировании троичных символов в двоичные минимален: $K_{ЗВ2Т} = 0,875$.

Таблица 2

Двоичные символы	000	001	011	010	110	111	101	100
Троичные символы	02	22	20	21	11	10	12	01

Алгоритм формирования ОМС при передаче троичных символов (см. табл. 2) заключается в следующем. В соответствии с относительным методом формирования многопозиционных сигналов с нефазовыми модулируемыми параметрами [10] при передаче первого троичного символа 0 следует сохранить любой предыдущий уровень сигнала. По сравнению с уровнем сигнала на предыдущем тактовом интервале для передачи второго троичного символа 1 следует увеличить напряжение сигнала на Δ , либо снизить его на 2Δ , а для третьего троичного символа 2 — это напряжение необходимо увеличить на 2Δ , либо уменьшить на Δ (Δ — разность напряжений между соседними уровнями). Алгоритм формирования ОМС при передаче троичных символов табл. 2 поясняется рис. 3.

Результаты исследований метода передачи ЗВ2Т-ОМС выявили следующие его особенности. При любых статистических свойствах двоичной информации наблюдается равная вероятность появления каждого уровня. В среднем обеспечивается баланс сигнала по постоянной составляющей при передаче любой группы троичных символов табл. 2. Для наилучшего случая — равной вероятности появления двоичных символов, вероятность появления небаланса любого знака и импульса с экви-

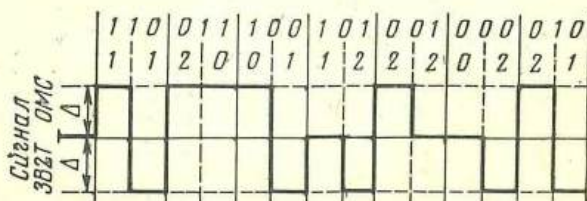


Рис. 3

¹ Мощные вещательные станции работают в диапазоне частот свыше 150 кГц.

валентной длительностью небаланса $10T$, где T — тактовый интервал, не превышает нормируемого значения коэффициента ошибок при передаче цифровой информации по абонентским линиям, т. е. 10^{-7} . Поэтому НЧ искажения практически не отражаются на помехоустойчивости приема сигнала рис. 3, если нижняя граничная частота среза АЧХ не превышает 0,3% тактовой частоты трюичных символов, что для частоты 170,6 кГц составляет 510 Гц. Такой диапазон не вызывает трудностей при выборе трансформаторов и обеспечивает помехозащитность от токов промышленной частоты.

Равная вероятность формирования уровней сигнала ЗВ2Т-ОМС при любой статистике передаваемой цифровой информации позволяет стабилизировать потребляемую мощность выходного каскада регенератора. Каждое изменение уровней сигнала рис. 3 следует использовать для формирования в регенераторах тактового сигнала. Изменение уровней происходит при передаче любой трюичной группы, что создает условия для устойчивой тактовой синхронизации регенераторов.

Декодирование трюичных сигналов в двоичные осуществляется кодовым сигналом, с помощью которого устанавливаются границы кодовых групп. Предлагаемый метод передачи обеспечивает высокие параметры кодовой синхронизации. Вхождение в синхронизацию с вероятностью 0,5 происходит в момент включения аппаратуры, а с вероятностью 0,99 — за 120—150 тактовых интервалов. При коэффициенте ошибок порядка 10^{-7} среднее время между нарушениями кодовой синхронизации составит сотни лет [11].

В табл. 2 отсутствует трюичная группа 00. Ее появление возможно только при ошибках, возникающих в приеме трюичных символов. Обнаружение запрещенной группы позволяет контролировать коэффициент ошибок ЦСП.

Избыточность кода ЗВ2Т достаточна для организации цикловой синхронизации без введения дополнительных импульсов в групповой сигнал, что значительно снижает объем оборудования группообразования. Относительно малый объем оборудования кодера и декодера, введение которых компенсируется устранением традиционных устройств цикловой синхронизации, обеспечивает высокую эффективность применения ЦСП на АЛ даже при незначительных их длинах. Расчеты показывают, что малый объем оборудования позволяет организовать дистанционное питание даже на максимальных длинах АЛ (см. табл. 1).

Оценка энергетического потенциала регенератора. На рис. 4 приведен полученный экспериментально энергетический спектр сигнала

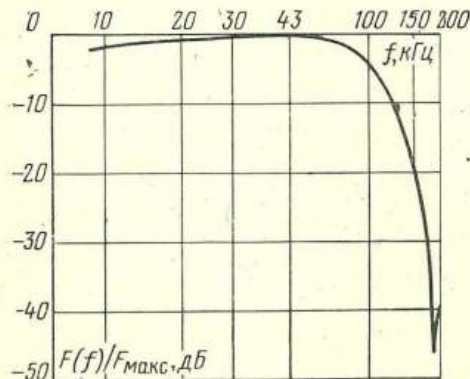


Рис. 4

ЗВ2Т-ОМС при равной вероятности двоичных символов и скорости их передачи 256 кбит/с. На рисунке прослеживается спад спектра на частотах свыше 150 кГц, что подтверждает возможность использования полученной выше пропускной способности ЦСП-АВЛ. При этом расчет затухания участка регенерации следует проводить на полутаковой частоте 85,3 кГц. При максимальных длинах АЛ (см. табл. 1) и наихудших погодных условиях (см. рис. 1) на этой частоте в табл. 3 даны километрические затухания α_0 и максимальные затухания АЛ $\alpha_{\text{макс}}$.

Таблица 3

Параметр	Значение параметров для проводов диаметром, мм					
	1,5		2,0		3,0	
l , см	30	60	30	60	30	60
$L_{\text{макс}}$, км	7,6		13,5		27,1	29,0
α_0 , дБ/км	6,0	5,3	4,8	4,48	3,75	3,3
$\alpha_{\text{макс}}$, дБ	45,6	40,2	64,8	60,4	101,6	95,7

Для оценки A_0 на ближнем конце АЛ следует учитывать только сигнал встречного направления передачи. В этом случае для трехуровневого сигнала ЗВ2Т-ОМС отношение сигнал-помеха должно быть не менее 12 дБ. Но из рис. 4 следует, что максимум энергетического спектра сигнала наблюдается на частоте, близкой к 42 кГц при относительной равномерности спектра в области НЧ. Именно на этих частотах фильтр-корректор регенератора характеризуется малым коэффициентом передачи и наблюдаются существенные добавки переходного затухания для большинства индексов скрещивания (см. рис. 2). При любом нарушении условия равной вероятности появления двоичных символов снижается частота максимума энергетического спектра до 28,4 кГц. Эта частота — первая гармоника спектра периодического сигнала при непрерывной передаче любого двоичного символа. Поэтому оценку дополнительных значений A_0 на этой частоте следует проводить с использованием рис. 2.

Предварительная оценка различных факторов показывает, что для большинства существующих на сети АЛ схем скрещиваний при пропускной способности 256 кбит/с для сигнала ЗВ2Т-ОМС обеспечивается переходное затухание, превышающее 50 дБ. Поэтому целесообразно рассмотреть возможность организации ЦСП-АВЛ с энергетическим потенциалом регенераторов, равным 40 дБ.

Принципы организации ЦСП-АВЛ. В соответствии с данными табл. 3 для проводов диаметром 1,5 мм возможно создание ЦСП без промежуточных регенераторов. Их установка потребует лишь в некоторых случаях на линиях с проводами диаметром 2 мм. При максимальном удалении абонентов от АТС следует устанавливать два промежуточных регенератора. На сетях СТС известно следующее распределение длин АЛ [12]: до 1 км — 60%, от 1 до 5 км — 30%, от 5 до 20 км — 9,5%, свыше 20 км — 0,5%. Таким образом, для большинства АЛ (примерно 90%) возможна организация ЦСП без промежуточных регенераторов.

Таблица 4

Вариант	Число двухпроводных цепей	Скорость передачи, кбит/с	Энергетический потенциал регенератора, дБ	Число каналов		Число подключаемых абонентов		$L_{рег}$, км		
				телефонных	цифровых (32 кбит/с)	прямых	с концентратором	d , мм		
								1,5	2,0	3,0
1	2	256	40	7	1	7	30	любая до $L_{макс}$	8,9 любая до $L_{макс}$ 8,4	12,1 25,0
2	2	128	50	3	1	3	10			
3	1	128	50	3	1	3	10	7		9

Отказ от реализации предельной пропускной способности для удаленных абонентов позволяет создать ЦСП со скоростью передачи 128 кбит/с. Тогда в результате снижения уровня переходных помех энергетический потенциал регенераторов увеличивается до 50 дБ, а максимальная длина участков регенерации $L_{рег}$ определяется километрическим затуханием в наихудших погодных условиях (см. рис. 1) на частоте 42,7 кГц.

Рассмотренные принципы организации связи требуют четырехпроводных цепей. Между тем на сетях СТС часто встречаются только двухпроводные АЛ. Для организации на них ЦСП требуется подвеска второй пары проводов либо создание дуплексных ЦСП по двухпроводным линиям. Существует несколько методов дуплексной передачи цифровых сигналов. Основной критерий выбора метода — обеспечение максимальной длины участка регенерации ЦСП-АВЛ в условиях ограниченного частотного диапазона и сильной зависимости затухания от частот спектральных составляющих сигнала. В этих условиях целесообразно использовать разные методы передачи сигналов в обоих направлениях, а также сочетать особенности спектрального и временного методов разделения сигналов.

Исследования показали, что при равной пропускной способности применение метода передачи ЗВТ-ОМС для одиночного биимпульсного сигнала [13] во встречном направлении передачи при отсутствии ошибок позволяет простыми техническими средствами реализовать энергетический потенциал регенераторов биимпульсного сигнала, равный 50 дБ. Из-за применения биимпульсного сигнала, спектр которого расположен в высокочастотной области, при организации дуплексных ЦСП-АВЛ по двухпроводным цепям следует снизить скорость передачи сетей до 128 кбит/с. При этом длина участка регенерации должна рассчитываться с учетом энергетического потенциала и километрических затуханий, приведенных на рис. 1 на частоте 128 кГц.

В табл. 4 даны варианты построения ЦСП-АВЛ для двух- и четырехпроводных цепей. При составлении таблицы предполагалось, что в качестве метода цифровой передачи телефонных сигналов используется адаптивная дифференциальная ИКМ с предсказателем второго порядка и скоростью 32 кбит/с [14].

В ЦСП-АВЛ возможно применение концентраторов (см. табл. 4). Анализ таблицы показывает, что при использовании первого варианта обеспечивается максимальная пропускная способность. Однако при максимальных длинах АЛ и проводах диаметром более 1,5

мм требуется установка промежуточных регенераторов. Второй вариант пригоден для организации связи с удаленными абонентами в случае, если необходимо организовать небольшое число каналов, а установка промежуточных регенераторов затруднена. Наибольший интерес представляет третий вариант, однако его реализация сопряжена с трудностями организации гарантированного питания удаленных абонентов.

Выводы. Проведенный анализ показал, что создание ЦСП-АВЛ с высокими технико-экономическими показателями — вполне реальная задача. При переводе сетей СТС на кабельные линии связи ЦСП-АВЛ позволяют отказаться от демонтажа линейных сооружений ВЛС и использовать их для дополнительного расширения сети связи и увеличения числа каналов-километров.

Сочетание низкоскоростных методов кодирования телефонных сообщений и метода передачи ЗВТ-ОМС по совокупности технико-экономических показателей обладает рядом полезных свойств. При наличии двухпроводной линии подвеска дополнительной двухпроводной цепи не требует больших трудозатрат и обеспечивает схемы скрещивания, улучшающие условия передачи цифровых сигналов.

Перспективно использование ЦСП на воздушных соединительных линиях, имеющих более удобные для цифровых сигналов индексы скрещиваний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов В. В., Реуцкий Ю. В., Ситняковский И. В. Аппаратура Ц-АВУ для автоматизированных систем управления. — Сб. СО АН СССР «Автоматизация горного дела», 1983, № 2.
2. Бухгейм Л. Э., Максимов Г. З., Пшеничников А. П. Автоматическая сельская телефонная связь. М.: Связь, 1976.
3. Кошечев И. А. Теория связи по проводам. М.: Связьиздат, 1953.
4. Инженерно-технический справочник по электросвязи. Сельская телефонная связь. М.: Связь, 1973.
5. Левинов К. Г. Воздушные линии связи и радиотрансляционных сетей. М.: Связь, 1972.
6. Инструкция по скрещиванию телефонных цепей воздушных линий связи. М.: Связьиздат, 1959.
7. Порохов О. Н. Сигналы и коды цифровых систем передачи. — Электросвязь, 1980, № 1.

8. Петрович Н. Т., Порохов О. Н. Трехпозиционная манипуляция в системах связи. — Радиотехника, 1983, № 7.
9. Yamaguchi K., Yamaguchi N., Ogawa T. An 800 Mbit/s repeater for coaxial cable. — Fujistu Sci Tech. J., 1982, N 18.
10. А.с. 919142 (СССР). Способ формирования к-позиционного сигнала/Порохов О. Н.
11. Котиков И. М., Порохов О. Н. Анализ процессов синхронизации при алфавитном кодировании. — Сб. научных трудов ЦНИИС «Сети и аппаратура передачи данных», 1983.
12. Лившиц Б. С., Поляк П. Ю. Система сельской телефонной связи. М.: Связьиздат, 1963.
13. Порохов О. Н. Исследования совместности сигналов аналоговых и цифровых систем передачи. — Электросвязь, 1983, № 1.
14. Нехаев А. Л. Оценка минимальной скорости передачи кодированной речи. — Труды НИИР, 1982, № 1.

Статья поступила 25 апреля 1984 г.

УДК 621.391.23.037.372.019.4

М. И. Струкало

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕХОДНЫХ ПОМЕХ В ЛИНЕЙНОМ ТРАКТЕ СЕЛЬСКИХ ЦСП

Как известно, длина участка регенерации и верность передачи при заданном способе фильтрации в однокабельных линейных трактах сельских ЦСП в основном определяются переходной помехой в результате взаимного влияния между цепями на ближнем конце кабеля [1]. Переходные помехи в симметричных кабелях различных типов, применяемых в ЦСП, изучались во многих работах, например [2—7]; использовались разные подходы к моделированию переходных помех, что сводилось к изучению их вероятностных характеристик с помощью спектральных [2, 3] или временных [4—7] моделей. Вероятностные характеристики переходных помех в линейном тракте первичной сельской ЦСП исследовались в [6]. Однако зависимость помех от момента принятия решения регенератором и длины участка регенерации не рассматривалась.

В статье исследуется зависимость статистических характеристик переходной помехи на входе решающего устройства (РУ) регенератора от длины участка регенерации, смонтированного на кабеле КСПП 1×4×1,2.

Исходные предпосылки. На рис. 1 показана схема участка регенерации, на которой 1 и 1' — регенераторы, 2 — входное устройство ВУ, 3 — РУ, РТР — решающая точка регенератора, НРП — необслуживаемый регенераци-

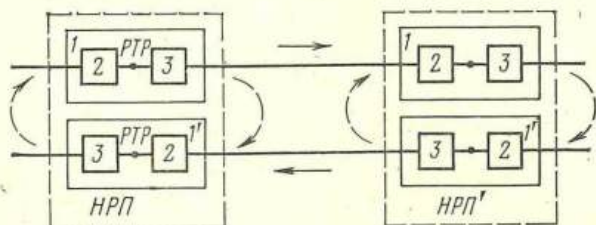


Рис. 1

онный пункт. Будем полагать, что для передачи сообщений в линейном тракте используются троичные коды, а регенератор вырабатывает прямоугольные импульсы длительностью $T/2$ (T — тактовый интервал). При исследованиях помех ВУ обычно представляют в виде каскадного соединения корректора, корректирующего амплитудно- и фазо-частотную характеристики цепи передачи кабеля, и фильтра, ослабляющего помехи. Предположим, что ослабление помех осуществляется фильтром Гаусса с передаточной функцией

$$T_{\Phi}(i\omega) = K_{\Phi} \exp[-(\omega/\omega_c)^2 \ln 2],$$

где K_{Φ} — постоянный множитель, обеспечивающий необходимую амплитуду рабочего импульса в РТР; ω_c — частота среза фильтра Гаусса, а коррекция выполняется идеальным корректором с передаточной функцией

$$T_K(i\omega) = \exp[\alpha(\omega)l + i\beta'(\omega)l],$$

где $\alpha(\omega)$ и $\beta'(\omega)$ — соответственно коэффициент ослабления и нелинейная составляющая коэффициента фазы цепи передачи кабеля, l — длина участка регенерации.

Если известна спектральная плотность одиночного импульса на выходе регенератора $G_{\Phi}(i\omega)$, то спектральная плотность рабочего импульса в РТР, т. е. импульса, прошедшего через среду передачи и ВУ,

$$G_s(i\omega) = G_{\Phi}(i\omega) T_{\Phi}(i\omega) T_T(i\omega),$$

где $T_T(i\omega)$ — передаточная функция линейного трансформатора. Форма рабочего импульса в РТР, рассчитанного на ЭВМ с помощью преобразования Фурье и спектральной плотности $G_s(i\omega)$ при $f_c\omega_c/2\pi = 0,85$ МГц и $T = 488$ нс, показана на рис. 2а, где $k = (t - t_s)/T$, t_s — время запаздывания максимума рабочего импульса. Передаточная функция

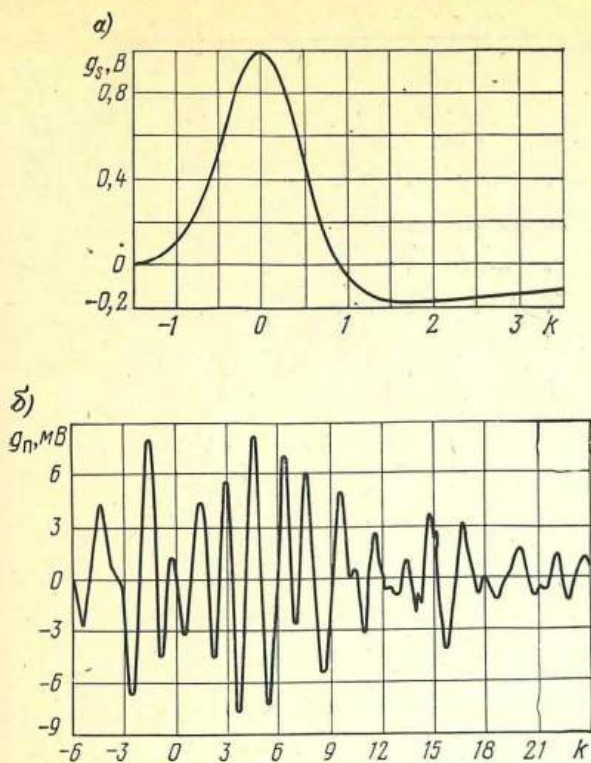


Рис. 2

линейного трансформатора аппроксимировалась функцией $\omega/(\omega - i 2\pi \sqrt{3} f_{ст})$, обеспечивающей ослабление 6 дБ на частоте $f_{ст} = 30$ кГц.

Источником переходной помехи, действующей в РТР m -го НРП, является сигнал на выходе регенератора противоположного направления передачи, расположенного в том же НРП. Спектральная плотность переходной помехи в РТР, вызванной действием одиночного импульса на выходе регенератора влияющего тракта,

$$G_n(i\omega) = G_n(i\omega) T_0(i\omega) T_k(i\omega) \times T_\Phi(i\omega) T_T(i\omega),$$

где $T_0(i\omega) = \exp[-A_0(\omega) - i B_0(\omega)]$ — передаточная функция влияния между цепями на ближнем конце кабеля; $A_0(\omega)$ — переходное ослабление; $B_0(\omega)$ — фазовая постоянная влияния. Переходная помеха $g_n(t)$, соответствующая спектральной плотности $G_n(i\omega)$, показана на рис. 2, б. Расчеты $g_n(t)$ проведены при $f_c = 0,85$ МГц, $\alpha_0 = 36$ дБ, $f_0 = 1,024$ МГц и параметрах $\alpha(\omega)$, $\beta'(\omega)$, $A_0(\omega)$, $B_0(\omega)$ кабеля КСПП $1 \times 4 \times 1,2$, измеренных на участке регенерации [7], где α_0 — коэффициент ослабления кабеля на полутактовой частоте f_0 . Коэффициент K_n выбирался таким, чтобы обеспечить в РТР амплитуду напряжения рабочего импульса 1 В.

При воздействии во влияющей цепи произвольной последовательности импульсов напряжение переходной помехи в РТР можно рассматривать как случайный процесс $u_n(t)$, i -е реализации которого имеют вид

$$u_{ni}(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_i(k) g_n(t + kT), \quad (1)$$

где $a_i(k)$ — значение k -х символов кода i -й реализации последовательности импульсов на выходе регенератора влияющей цепи.

Полагая, что прием осуществляется методом однократного отсчета, реализации случайного процесса (1) в моменты решения $t_m = t_0 + mT$ будем рассматривать как реализации непрерывного случайного процесса с дискретным временем:

$$u_{ni}(t_0 + mT) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_i(k) g_n[t_0 + (k+m)T],$$

$$m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2)$$

Из (1) следует, что случайный процесс $u_n(t)$ — периодически стационарный в строгом смысле с периодом T , а случайный процесс $u_n(t_0 + mT)$ можно исследовать на одном из интервалов $mT \dots (m+1)T$.

В общем случае последовательность $a(k)$ и значения функции $g_n[t_0 + (k+m)T]$ в моменты решения являются случайными. Вероятностные характеристики $a(k)$ определяются характеристиками кодов, применяемых для передачи информации в линейном тракте ЦСП. Вероятностные характеристики значений отклика $g_n[t_0 + (k+m)T]$ в моменты решения определяются, во-первых, случайной величиной t_0 , во-вторых, для совокупности строительных длин кабеля случайными характеристиками взаимного влияния, в-третьих, для совокупности регенераторов характеристиками их ВУ. Так как характеристики ВУ зависят от длины участка регенерации, то очевидно, что от нее зависят и вероятностные характеристики переходной помехи в РТР.

Моделирование на ЭВМ реализаций случайного процесса (2) заключается в моделировании реализаций $a_i(k)$ и отклика $g_n(t)$. Реализации $a_i(k)$ достаточно просто моделируются путем преобразования по алгоритму кодирования предварительно сформированной из случайных чисел двоичной случайной последовательности в передаваемую по линейному тракту M -ю последовательность [6]. Для трюичных кодов $a_i(k) \in \{0, 1, -1\}$. Число членов суммы в (2), а следовательно, и длина каждой i -й случайной последовательности $a_i(k)$ определяются практической длительностью отклика $g_n(t)$.

Построение выборочной функции плотности вероятности переходной помехи в рассматриваемый момент времени, выравнивание полученных статистических распределений, определение числовых характеристик и их оценка выполняются методами математической статистики [8]. Из всех числовых характеристик ограниченной случайной величины (переходной помехи) определим только наиболее важные — математическое ожидание M_n , дисперсию σ_n^2 , максимальное $U_{макс}$ и минимальное $U_{мин}$ значения помехи. При заданном отклике $g_n(t)$ в момент решения t_0 значения $U_{макс}$ и $U_{мин}$ определяются последовательностями $a(k)$, которые могут быть найдены из уравнений:

$$U_{макс} = \max \left\{ \sum_{k=-\infty}^{\infty} a(k) g_n(t_0 + kT) \right\}; \quad (3)$$

$$U_{\min} = \min \left\{ \sum_{k=-\infty}^{\infty} a(k) g_{\Pi}(t_0 + kT) \right\}. \quad (4)$$

В общем случае последовательности $a(k)$ для различных кодов находятся статистическими методами.

В первичных ЦСП широко применяется код с чередованием полярности импульсов (ЧПИ). В литературе рассматривается ряд трюичных кодов, обладающих меньшей избыточностью, чем ЧПИ. Модуль экстремального значения помехи для любого из таких кодов будет находиться между верхней и нижней границами, полученными соответственно для трюичного безыбыточного (ТБ) кода и кода ЧПИ. Дальнейшие исследования будем выполнять для этих кодов. Решения (3) и (4) для кодов ЧПИ и ТБ найдены аналитически. При коде ЧПИ:

для U_{\max}

$$\{ a(k) = 1 \text{ при } k = p, a(k) = -1 \text{ при } k = q, \\ a(k) = 0 \text{ при } k \neq p \neq q \}; \quad (5)$$

для U_{\min}

$$\{ a(k) = -1 \text{ при } k = p, a(k) = 1 \text{ при } k = q, \\ a(k) = 0 \text{ при } k \neq p \neq q \}, \quad (6)$$

где p и q — целые числа, при которых значения функции $g_{\Pi}(t_0 + kT)$ соответственно максимальны и минимальны.

При коде ТБ:

для U_{\max}

$$\{ a(k) = 1 \text{ при } k = c, a(k) = -1 \text{ при } k = d, \\ a(k) \in (0, 1, -1) \text{ при } k = h \}; \quad (7)$$

для U_{\min}

$$\{ a(k) = 1 \text{ при } k = d, a(k) = -1 \text{ при } k = c, \\ a(k) \in (0, 1, -1) \text{ при } k = h \}, \quad (8)$$

где c , d и h — целые числа, при которых значения функции $g_{\Pi}(t_0 + kT)$ — соответственно положительные, отрицательные или нулевые. Анализируя (3)–(8), видим, что для рассматриваемых кодов $U_{\max} = |U_{\min}| = U_M$, где U_M — модуль экстремального значения переходной помехи. Нетрудно также видеть, что для этих кодов $M_{\Pi} = 0$.

Исследования числовых характеристик случайного процесса будем выполнять в зависимости от длины участка регенерации, частоты среза фильтра, скорости передачи и моментов вынесения решения. Прежде всего обоснуем ограничение предела суммирования в (2). Как показали расчеты, достаточная точность обеспечивается при 40 слагаемых суммы. В качестве примера на рис. 3 для участка регенерации с ослаблением $\alpha_{0l} = 36$ дБ на полутактовой частоте показаны графики зависимости максимального значения переходной помехи от числа членов N в (2). Кривые 1, 3 получены для кода ТБ, а кривые 2, 4 — для кода ЧПИ. При этом кривые 1, 2 рассчитывались для тактовой частоты $f_T = 2048$ кГц и частоты среза фильтра $f_c = 850$ кГц, а кривые 3, 4 — для $f_T = 1024$ кГц и $f_c = 412$ кГц.

Исследование числовых характеристик σ_{Π}^2 и U_M от момента вынесения решения показали, что переходная помеха носит периодически

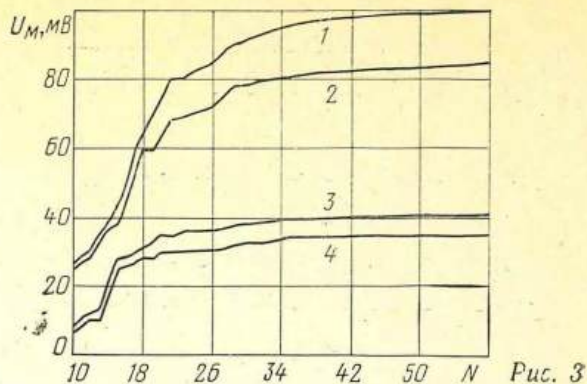


Рис. 3

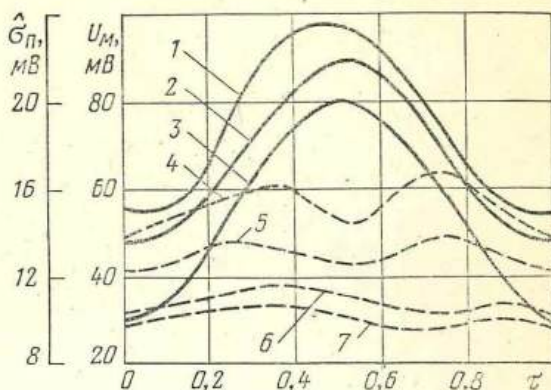


Рис. 4

стационный характер. На рис. 4 для кодов ТБ (кривые 1, 4, 6) и ЧПИ (кривые 2, 3, 5, 7) приведены зависимости U_M и оценки среднего квадратического отклонения σ_{Π}^2 (кривая 3) от момента стробирования $t_0 = t_0 + \tau T$, где $\tau \in \{0 \dots 1\}$. Кривые 1–3 рассчитаны при $f_T = 2048$ кГц и $f_c = 850$ кГц, кривые 4, 5 — при $f_T = 1024$ кГц и $f_c = 412$ кГц, а кривые 6, 7 — при $f_0 = f_c = 512$ кГц.

На рис. 5 показаны гистограммы плотности вероятности переходной помехи, полученные

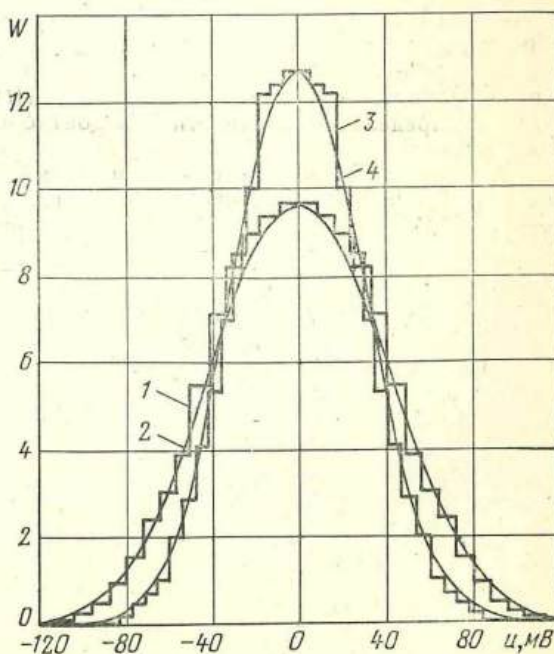


Рис. 5

при моделировании участка регенерации с ослаблением $\alpha_0 l = 22,5$ дБ (кривая 1) и $\alpha_0 l = 38,6$ дБ (кривая 3) для кода ЧПИ, $f_0 = 1,024$ МГц и $f_c = 0,85$ МГц. Выборочная плотность вероятности (гистограммы 1, 3) хорошо аппроксимируется методом моментов усеченной нормальной плотностью вероятности (кривые 2, 4) в соответствии с

$$W(u) = \left(K_0 / \sqrt{2\pi\sigma_0^2} \right) \exp(-u^2/2\sigma_0^2), \quad (9)$$

где $K_0 = \Phi^{-1}(U_M/\sqrt{2}\sigma_0)$; $-U_M \leq u \leq U_M$;

$$\Phi(x) = (2/\sqrt{\pi}) \int_0^x \exp(-t^2) dt - \text{функция Лап-}$$

ласа; σ_0 — параметр распределения. Среднеквадратическое отклонение σ_{Π} связано с параметром σ_0 следующим соотношением:

$$\sigma_{\Pi} = \sigma_0 \sqrt{1 - 2U_M W(U_M)}.$$

Кривые 1, 2 и 3, 4 построены в разных масштабах, при отсчете данных по кривым 1, 2 значения аргумента u следует делить на 100, а значения функции $W(u)$ умножать на 100.

Результаты моделирования переходной помехи показали, что для кода ЧПИ при различных реализациях A_0 и B_0 , частоте f_c и длине участка регенерации l выборочная функция плотности вероятности также хорошо аппроксимируется усеченной нормальной плотностью вероятности с нулевым средним.

На рис. 6 показаны зависимости максимальных, на интервале времени $t_0 \dots t_0 + T$, значений переходной помехи (кривые 3, 5, 7, 9 для кода ЧПИ и кривые 1, 4 для кода ТБ) и оценки ее среднеквадратического отклонения (кривые 2, 4, 6, 8 для кода ЧПИ) от длины участка регенерации. Кривые 1, 2, 3 и 4, 5 рассчитаны соответственно для $f_c = 1,15$ МГц и $f_c = 0,85$ МГц при $f_0 = 1,024$ МГц, а кривые 6, 7 и 8, 9 — соответственно для $f_c = 512$ кГц и $f_c = 412$ кГц при $f_0 = 512$ кГц.

Выводы. При моделировании переходной помехи на входе РУ регенератора необходимо учитывать не менее 40 отсчетов в отклике $g_{\Pi}(t)$. Закон распределения плотности вероятности переходной помехи в РТР для различных моментов времени является усеченным нормальным. Значительные изменения передаточной функции ВУ регенератора не приводят к изменению закона распределения, а лишь влияют на его числовые характеристики. Переходная помеха является периодически стационарным случайным процессом.

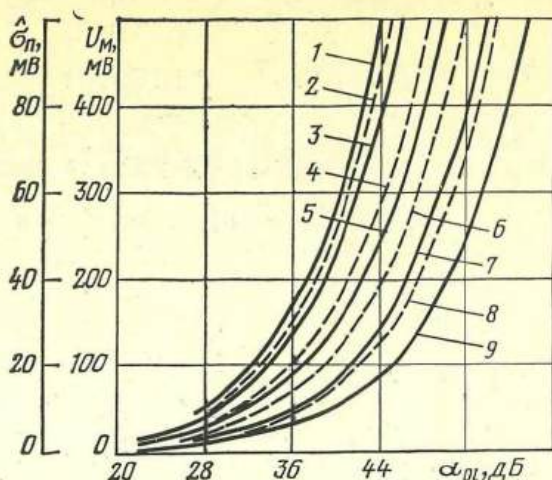


Рис. 6

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Л. С., Плоткин М. А. Цифровые системы передачи информации. — М.: Радио и связь, 1982.
2. Meninger M. Zpresnění modelu přeselechového rušení při kabelovém provozu systému РСМ. — Slaboproudý obzor, 1979, № 40.
3. Камалаягин В. И., Цым А. Ю. Соотношение между различными видами помех на регенерационном участке симметричного кабеля. — Электросвязь, 1979, № 12.
4. Шульга В. Г., Распоркин Л. Ф. Анализ импульсных помех ЦСП в симметричном кабеле связи. — Электросвязь, 1983, № 8.
5. Оксман В. А. К вопросу об оценке взаимного влияния цифровых потоков при однокабельной системе. — Техника средств связи, сер. ТПС, 1981, № 3.
6. Воробийенко П. П., Струкало М. И. Статистические законы распределения переходных, межсимвольных и суммарных помех в решающей точке регенератора первичных ЦСП. Деп. рукопись № 208. — М.: ЦНТИ Информсвязь, 1983.
7. Воробийенко П. П., Струкало М. И. Исследование сигнала и переходной помехи в линейном тракте сельских цифровых систем передачи. — Сети, узлы связи и распределение информации: Сб. научных трудов учебных институтов связи. — Л.: ЛЭИС, 1983.
8. Крамер Г. Математические методы статистики: Пер. с англ. — М.: Мир, 1975.

Статья поступила 16 апреля 1984 г.

НОВЫЕ КНИГИ

Нелинейные акустоэлектронные устройства и их применение / В. С. Бондаренко, Б. Г. Бочков, В. Л. Громашевский, Б. В. Соболев; Под ред. В. С. Бондаренко. — М.: Радио и связь, 1985. — 160 с., 6300 экз., 55 к.

Кратко изложены основы теории и принципы построения нового типа устройств функциональной электроники — нелинейных акустоэлектронных устройств обработки информации.

Основное внимание уделено вопросам конструирования, выбора материалов и технологическим особенностям изготовления устройств, принцип работы которых основан на использовании различных типов нелинейности твердых тел. Приводятся данные расчета и экспериментальных исследований, а также примеры применения нелинейных акустоэлектронных устройств обработки информации.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и применением устройств обработки информации.

Л. М. Гольштейн

ОРГАНИЗАЦИЯ НА СТС ВХОДЯЩЕЙ СВЯЗИ ОТ РУЧНОЙ МТС РАЙЦЕНТРА

На СТС, строящихся по радиально-узловому принципу, междугородная связь осуществляется через центральную станцию, обычно расположенную в райцентре и выполняющую одновременно функции транзитного узла СТС. Особенностью СТС является использование для межстанционной связи пучков соединительных линий (СЛ), общих для местной и междугородной связи. Поэтому СЛ сельских сетей должны удовлетворять жестким нормам по затуханию разговорного тракта, установленным для междугородной связи. При этом, как правило, выполняется и норма затухания разговорного тракта для местной связи.

В соответствии с установленными нормами [1] затухание участка тракта от телефонного аппарата абонента (ТА) до МТС (АМТС) не должно превышать 9,5 дБ на частоте 800 Гц. Учитывая, что затухание абонентской линии (АЛ) составляет 4,5 дБ, а станционных устройств центральных (ЦС), узловых (УС) и оконечных (ОС) станций — 0 дБ при четырехпроводном транзите и 1 дБ при двухпроводном транзите и при оконечной связи, суммарное затухание СЛ не должно превышать (2 ... 4) дБ в зависимости от схемы организации связи на участке ТА—МТС (АМТС).

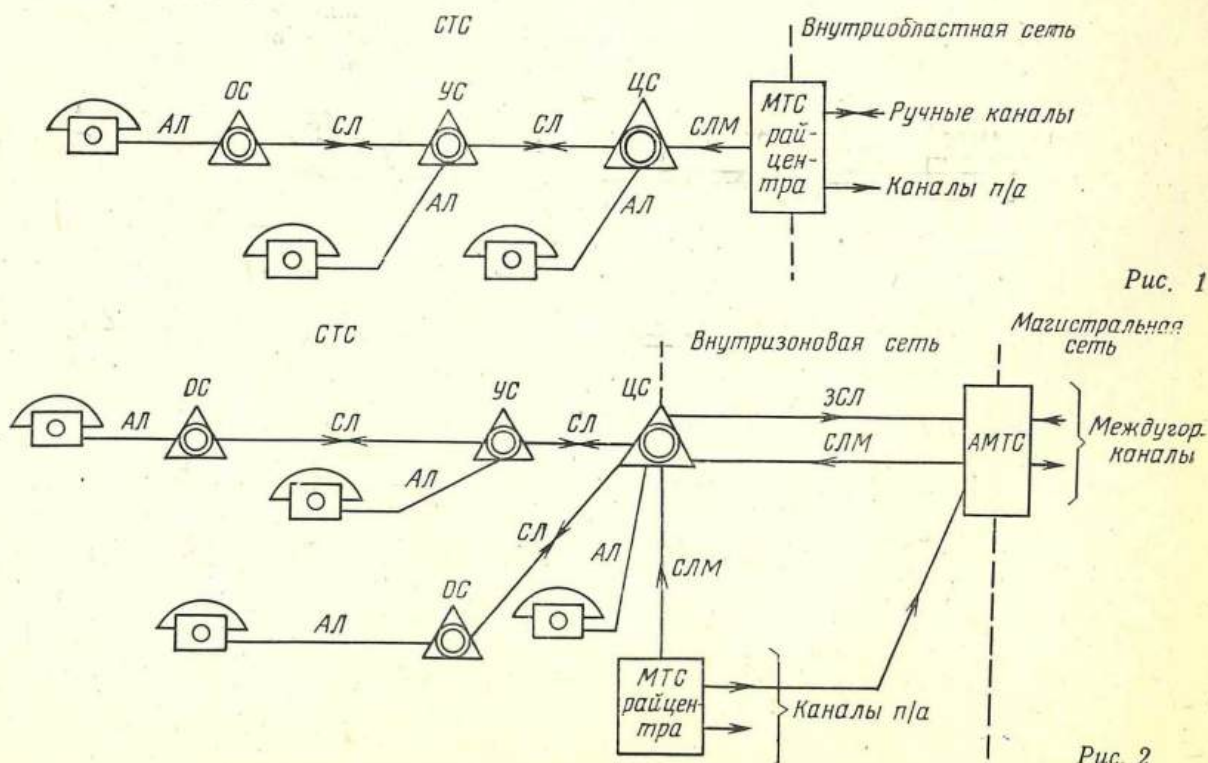
Так как СЛ на СТС имеют большую протяженность, выполнить указанные требования при использовании для межстанционной связи физических двухпроводных СЛ можно лишь

в крайне ограниченных случаях. Поэтому в качестве СЛ на СТС, как правило, должны использоваться каналы передачи, а оборудование ЦС и УС должно обеспечивать четырехпроводный транзит.

На СТС, где междугородная связь еще не строится по зонному принципу, положенному в основу организации Общегосударственной системы автоматизированной телефонной связи (ОГСТФС) [2], вся междугородная и внутриобластная связь осуществляется через ручную МТС райцентра (рис. 1). В этом случае в коммутаторы МТС райцентра включаются так называемые ручные каналы (для ручного способа установления соединений) и каналы исходящей полуавтоматической связи (каналы п/а) для связи с МТС областного центра и других райцентров. Кроме того, на МТС райцентра (РЦ) обычно устанавливается оборудование для автоматической и полуавтоматической входящей междугородной связи к абонентам СТС, минуя телефонистку МТС РЦ.

Для выхода с МТС райцентра к абонентам СТС на участке МТС—ЦС используются пучки СЛ междугородной связи (СЛМ).

При организации на СТС междугородной связи по зонному принципу [2] предусматривается непосредственная связь ЦС с АМТС зоны, обычно расположенной в областном центре, двумя пучками СЛ, внутризональной сети: пучком заказно-соединительных



линий (ЗСЛ) для исходящей автоматической междугородной и внутризоновой связи и пучком СЛМ для входящей связи (рис. 2). При этом на МТС РЦ сохраняется лишь выход к АМТС по пучку исходящих каналов полуавтоматической связи, используемому для установления исходящих междугородных соединений от абонентов СТС, которые по ряду причин не имеют возможности пользоваться автоматической междугородной связью. Учитывая это, на СТС следует обеспечивать выполнение нормы затухания разговорного тракта как при непосредственной связи через АМТС, так и при связи через телефонистку МТС РЦ.

При обеспечении четырехпроводного транзита на АМТС, ЦС и УС выполнение нормы затухания при исходящих и входящих междугородных и внутризоновых соединениях не встречает принципиальных трудностей. Так как используемые на зонах сетях АМТС и на сельских сетях ЦС и УС координатной и квазиэлектронной систем обеспечивают четырехпроводный транзит, для выполнения нормы затухания требуется лишь применение каналов передачи на соответствующих участках межстанционной связи СТС. В этом случае междугородный канал может быть условно продлен до ЦС, УС или ОС, на которой он заканчивается дифсистемой, и норма затухания участка тракта ТА — АМТС, 9,5 дБ будет относиться лишь к участку ТА — ОС, УС или ЦС, на которой включена указанная дифсистема (рис. 3).

Если междугородная связь осуществляется через ручную МТС РЦ, то обеспечение нормы затухания на участке МТС — ТА встречает значительные трудности, обусловленные отсутствием технической возможности осуществления на МТС четырехпроводного транзита как при связи через междугородный коммутатор (МК), так и при входящей автоматической и полуавтоматической связи.

На рис. 4 представлены возможные варианты распределения затухания на СТС при связи через МТС РЦ, когда МТС и ЦС

расположены в одном здании, т. е. используются внутриобъектовые пучки СЛМ. Из рис. 4, а и б следует, что во всех случаях применения на СТС уплотненных СЛ со стандартным остаточным затуханием каналов 7 дБ затухание участка тракта МТС — ТА превышает установленную норму. Как видно из рис. 4, в, затухание физической СЛ с учетом затухания (1 дБ), вносимого линейными трансформаторами, установленными на концах этих СЛ, может составлять не более 2 дБ, т. е. использование физических СЛ обычно также не обеспечивает выполнения нормы затухания при связи через МТС РЦ.

В соответствии с существующими рекомендациями [3] для выполнения нормы затухания при междугородной связи через МТС РЦ предлагается на ЦС в трактах передачи и приема каналов, используемых в качестве СЛ для связи с УС и ОС, выключать удлинитель по 7 дБ, входящие совместно с дифсистемой в состав комплектов низкочастотных окончаний каналов (КНО) или линейных комплектов (РСЛ). В этом случае остаточное затухание такого канала (см. рис. 4, б) или двух последовательно включенных каналов при четырехпроводном транзите на УС (см. рис. 4, а) будет равно нулю (на рис. 4 значения затуханий в этих случаях указаны в скобках).

Выключение на ЦС удлинителей по 7 дБ при местных соединениях не допускается из-за особенностей схем сельских комплектов РСЛ, не обеспечивающих необходимой устойчивости каналов [3]. Но даже в этих условиях допустимое затухание разговорного тракта на участке МТС — ТА обеспечивается практически только по схеме рис. 4, а.

В случае размещения МТС и ЦС в разных зданиях выполнение нормы затухания участка тракта МТС — ТА в еще большей степени затруднительно, так как межобъектовые СЛМ вносят дополнительное затухание.

С учетом больших трудностей в выполнении нормы затухания при связи через МТС РЦ временно допускается иметь затухание

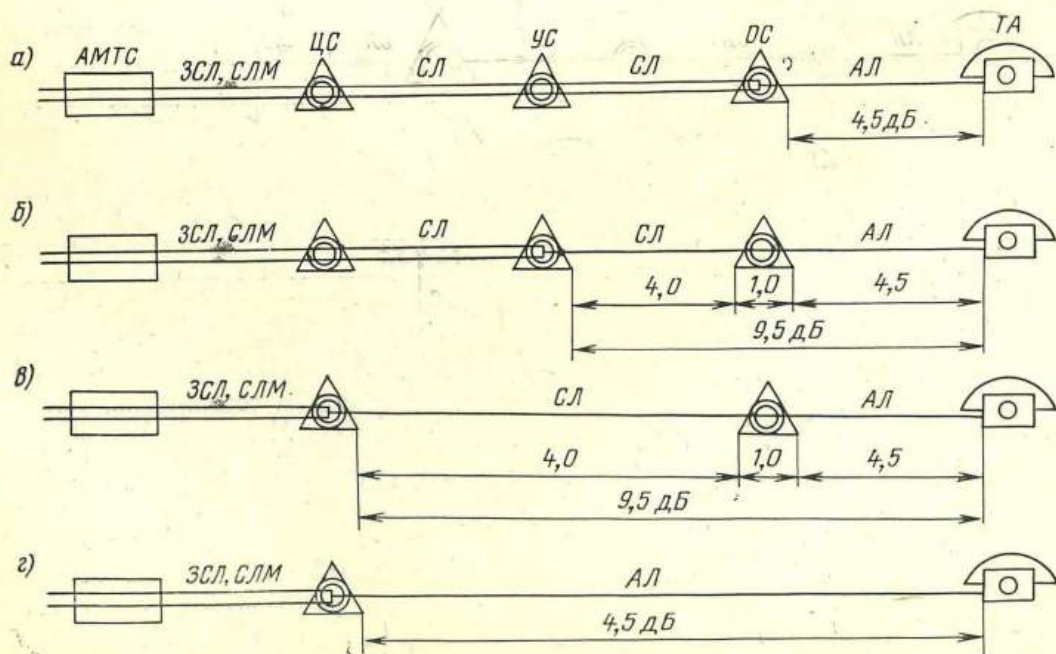


Рис. 3

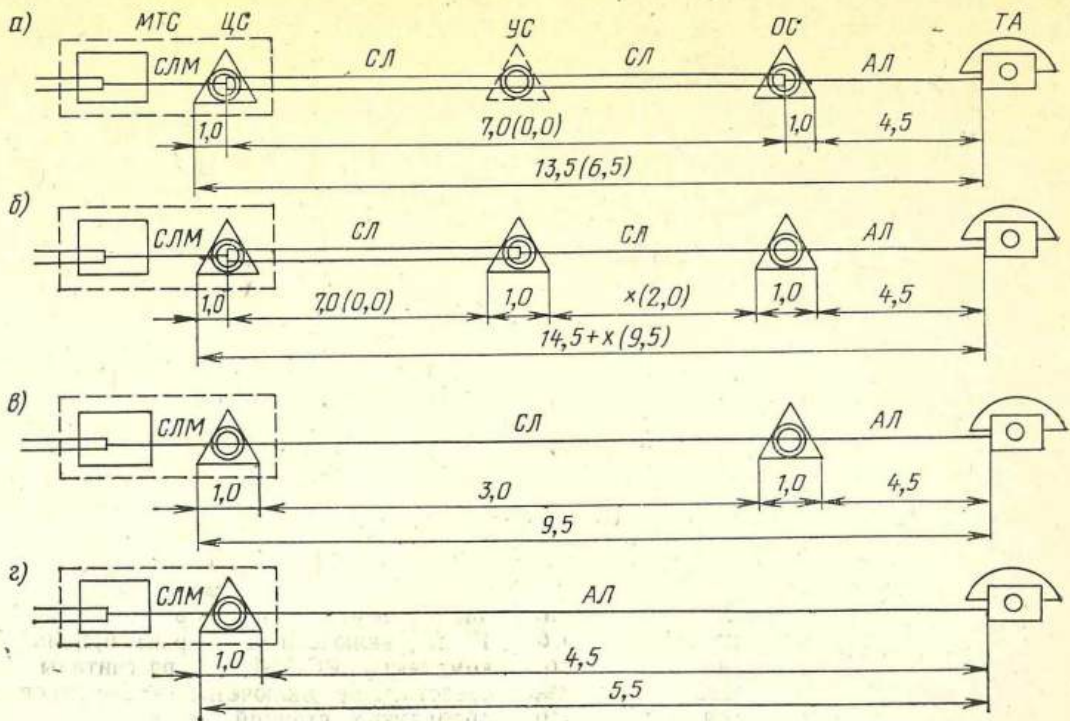


Рис. 4

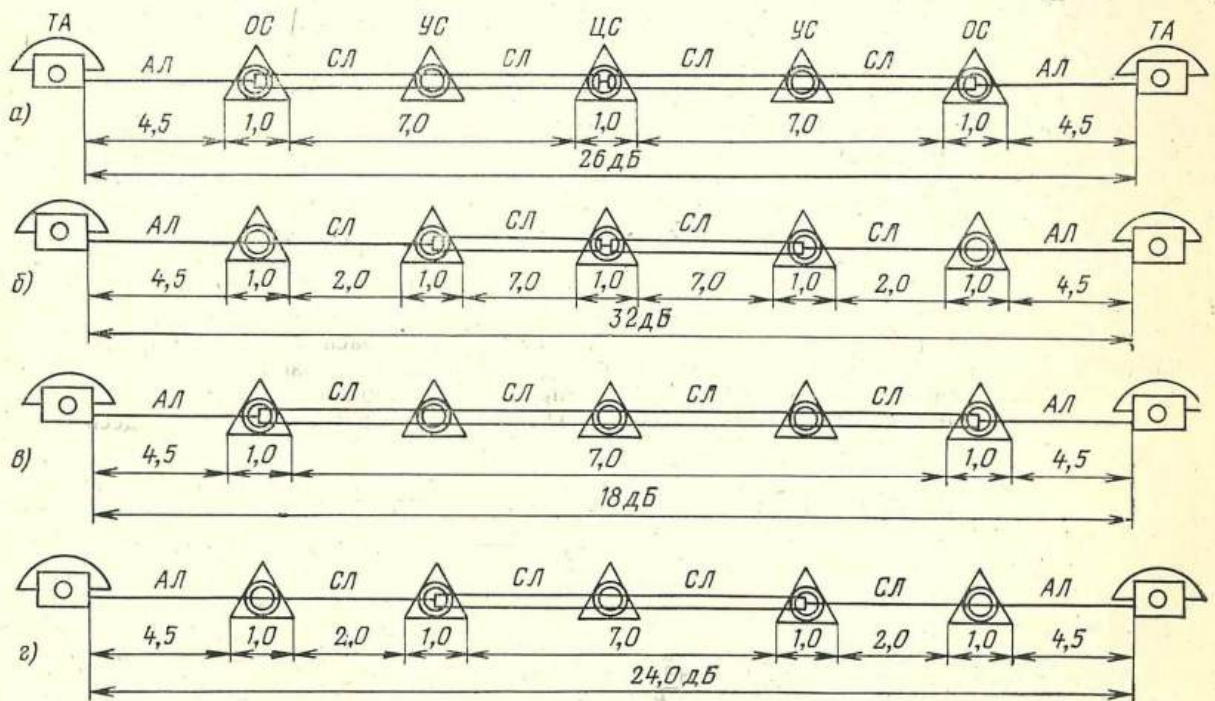


Рис. 5

участка МТС — ТА, равное 11,5 дБ [3]. Но и эта норма трудновыполнима.

Использование на ЦС каналов передачи с нулевым остаточным затуханием только для обеспечения нормы затухания при связи через МТС РЦ имеет следующие отрицательные последствия: существенно снижается устойчивость каналов передачи при междугородной связи через МТС РЦ; исключается возможность использования на ЦС четырехпроводных транзитных соединений каналов

как при местных, так и при автоматических междугородных соединениях, устанавливаемых через АМТС. Последнее служит причиной невыполнения нормы затухания на участке тракта ТА — АМТС (в данном случае соответствующего участку ТА — ЦС) при междугородной связи и увеличения, а в некоторых случаях даже превышения общей нормы затухания разговорного тракта при местной связи в пределах СТС.

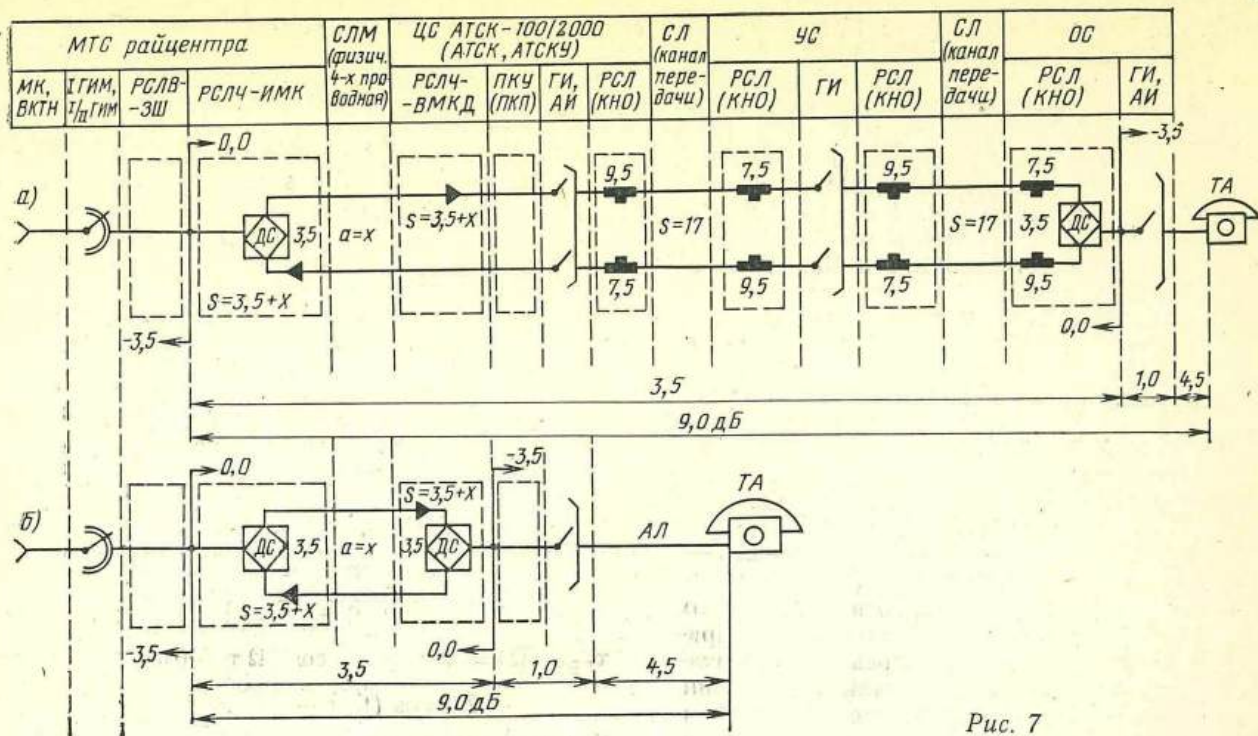


Рис. 7

ская четырехпроводная СЛМ на стороне МТС и ЦС используется с двухпроводным окончанием и имеет остаточное затухание 3,5 дБ.

Для связи МТС с абонентами ОС (УС) по схемам МТС — ЦС — УС — ОС — ТА и МТС — ЦС — ОС (УС) — ТА на ЦС осуществляется четырехпроводный транзит физической четырехпроводной линии (СЛМ) с каналом передачи (СЛ), имеющим остаточное затухание 7 дБ. При этом на ЦС в комплектах РСЛ (КНО) коммутируемых СЛМ и СЛ автоматически выключаются дифсистемы, а в трактах передачи и приема комплекта РСЛ (КНО) канала остаются включенными удлинители по 9,5 и 7,5 дБ (рис. 7, а). В этих условиях затухание всего четырехпроводного участка цепи, как и в первом случае, равно 3,5 дБ. Таким образом, общее затухание участка разговорного тракта МТС — ТА по схемам рис. 7, а и б составит 9 дБ, что меньше максимально допустимого по норме на 0,5 дБ.

Занятие на МТС необходимого типа СЛМ (см. рис. 6) должно осуществляться автома-

тически. Для этого при составлении плана нумерации на СТС следует из 80 000-й номерной емкости СТС выделить для направлений связи к ОС, включаемых в ЦС по физическим СЛ, одну-две десятитысячные номерные группы, что обеспечит выбор на МТС с помощью приборов ГИМ необходимого типа СЛМ по первому знаку пятизначного абонентского номера и восстановление этого знака в регистре ЦС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гольштейн Л. М., Сасонко С. М. Система сельской телефонной связи. — М.: Связь, 1978.
2. Руководящий документ по общегосударственной системе автоматизированной телефонной связи (ОГСТФС). Кн. 1. — М.: Радио и связь, 1982.
3. Руководство по организации транзитных соединений на узловых и центральных станциях СТС. — М.: Связь, 1976.

Статья поступила 9 апреля 1984 г.

НОВЫЕ КНИГИ

Яковлев О. И. Распространение радиоволн в космосе. — М.: Наука, 1985. — 216 с., 1300 экз., 2 р. 60 к.

Рассмотрены закономерности распространения радиоволн в космосе и радиофизические методы исследования атмосфер и поверхностей планет, космической плазмы. Описаны особенности распространения радиоволн через атмосферу Земли при приеме сигналов космических аппаратов. Изложен метод радиопросвечивания атмосфер планет и окосолосолнечной плаз-

мы. Рассмотрены закономерности отражения радиоволн при радиолокации планет. Анализируется влияние гравитационного поля и межзвездной плазмы на параметры радиоволн. Описаны результаты радиофизических исследований Луны, Марса, Венеры, Юпитера и Солнца, осуществленных с помощью космических аппаратов.

Книга рассчитана на радиофизиков и радиоинженеров, работающих в области распространения радиоволн, радиоастрономии и космической радиосвязи.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ РРЛ В УСЛОВИЯХ ЧАСТОТНО-СЕЛЕКТИВНЫХ ЗАМИРАНИЙ

Как известно, интерференционные замирания на пролетах РРЛ прямой видимости имеют селективный характер [1—6]. Учет частотно-селективных свойств этих замираний особенно важен при анализе устойчивости работы аналоговых РРЛ большой емкости и высокоскоростных цифровых РРЛ (ЦРРЛ) [1].

Применительно к ЦРРЛ задача оценки устойчивости в условиях частотно-селективных замираний рассмотрена в ряде работ, например в [5—6]. В них для определения статистических характеристик случайных величин, обусловленных средой распространения, в большинстве случаев используются различные эмпирические соотношения. Указанный подход существенно ограничивает область применения получаемых результатов. Цель статьи — разработка более общей методики, позволяющей оценить устойчивость работы ЦРРЛ с учетом селективных свойств замираний из-за отражений от слоистых неоднородностей тропосферы. Преимущество предлагаемой методики заключается в том, что при ее использовании не требуется новых экспериментальных данных о параметрах среды распространения. На основе полученных выражений произведен анализ устойчивости работы ЦРРЛ с 16-уровневой квадратурной амплитудно-фазовой модуляцией (16КАФМ).

Основные положения. Рассмотрим случай, когда в точку приема приходят две волны: прямая и отраженная от слоистых неоднородностей в тропосфере. Тогда комплексная амплитуда напряженности поля в точке приема на частоте f

$$\begin{aligned} E_f = & E_0 \exp(-i 2\pi f r/c) + \\ & + E_0 \Phi \exp\{-i [2\pi f (r + \Delta r)/c - \arg \Phi]\}, \end{aligned} \quad (1)$$

где E_0 — напряженность поля волны в свободном пространстве; c — скорость света в вакууме; r — длина траектории прямой волны; Δr — разность хода между прямой и отраженной волнами; Φ — модуль коэффициента отражения; $\arg \Phi$ — его фаза.

В тех случаях, когда $\Phi \approx 1$, значение $\arg \Phi \approx 0$ [7]. Заметим, что для рассматриваемой двухлучевой модели эквивалентный низкочастотный коэффициент передачи четырехполосника, характеризующего влияние среды распространения [5],

$$\begin{aligned} K(\Omega) = & 1 + \Phi \exp(-i\theta) \exp(-i\Omega\tau), \\ & \theta = \omega_0 \tau, \end{aligned}$$

где $\Omega = \omega - \omega_0$ — расстройка между текущей частотой $\omega = 2\pi f$ и средней частотой передава-

емого сигнала $\omega_0 = 2\pi f_0$; $\tau = \Delta r/c$ — запаздывание отраженной волны. АЧХ, ФЧХ и характеристика ГВЗ данного четырехполосника соответственно имеют вид:

$$\begin{aligned} |K(\Omega)| = & \sqrt{1 + \Phi^2 + 2\Phi \cos(\theta + \Omega\tau)} \\ \varphi(\Omega) = & \arctg\{-\Phi \sin(\Omega\tau + \theta) / [1 + \\ & + \Phi \cos(\Omega\tau + \theta)]\}; \quad (2) \\ \tau_{ГВЗ}(\Omega) = & \Phi \tau [\Phi + \cos(\Omega\tau + \theta)] / [1 + \\ & + 2\Phi \cos(\Omega\tau + \theta) + \Phi^2]. \end{aligned}$$

Степень искажения передаваемого сигнала в условиях частотно-селективных замираний зависит от Φ и τ . Обозначим частоту ошибок, наблюдаемую на отдельном пролете ЦРРЛ, через $\nu(\Phi, \tau)$. Практически результат расчета устойчивости работы ЦРРЛ представляет собой вероятность $T(\nu_n)$ превышения величиной $\nu(\Phi, \tau)$ заданного порогового значения ν_n . Прежде чем определить саму вероятность $T(\nu_n)$, найдем условную вероятность $T(\nu_n | \tau)$ превышения значения ν_n , соответствующую некоторому фиксированному τ . Рассмотрим уравнение

$$\nu(\Phi, \tau) = \nu_n. \quad (3)$$

Если при заданном τ уравнение (3) имеет решение $\Phi(\tau)$, то $T(\nu_n | \tau)$ равна вероятности того, что

$$\Phi \geq \Phi(\tau). \quad (4)$$

Значение коэффициента отражения от слоистых неоднородностей тропосферы с резким скачком диэлектрической проницаемости воздуха $\Delta\epsilon \ll 1$ вне зависимости от вида поляризации определяется [7] как

$$\begin{aligned} \Phi = & (1 - \sqrt{1 + \Delta\epsilon / \sin^2 \theta}) / (1 + \\ & + \sqrt{1 + \Delta\epsilon / \sin^2 \theta}), \end{aligned} \quad (5)$$

где θ — угол скольжения для тропосферного слоя, причем

$$\sin^2 \theta = 2c\tau/R. \quad (6)$$

Здесь $R \approx r$ — длина пролета. Используя (5) и (6), можно показать, что условие (4) будет выполняться в том случае, когда величина $\Delta\epsilon$ удовлетворяет неравенству

$$\Delta\epsilon \leq -\frac{2c}{R} \tau \left[1 - \left(\frac{1 - \Phi(\tau)}{1 + \Phi(\tau)} \right)^2 \right]. \quad (7)$$

Если бы слои, характеризующиеся величиной $\Delta\epsilon$, удовлетворяющей (7), существовали в тропосфере постоянно, то из-за случайного

изменения их наклона величина Φ была бы случайной, распределенной равномерно в интервале $[0,1]$ [7]. При этом вероятность выполнения (4) была бы равна $1 - \Phi(\tau)$. В реальных условиях появление слоя с $\Delta\varepsilon$, удовлетворяющей (7), — само по себе событие случайное, вероятность которого обозначим через $t(\Delta\varepsilon, \tau)$. Как показано в [7], распределение $\Delta\varepsilon$ подчиняется нормальному закону. Отсюда

$$t(\Delta\varepsilon, \tau) = 0,5 \times \frac{2c}{R} \tau \left\{ 1 - \left[\frac{1 - \Phi(\tau)}{1 + \Phi(\tau)} \right]^2 \right\} + \overline{\Delta\varepsilon} \times \operatorname{erfc} \frac{\sqrt{2} \sigma_{\Delta\varepsilon}}{\dots}$$

$$T^*(v_n) = \frac{V_n}{2\pi} \arccos \left(1 - \frac{V_n^2}{2} \right) \sum_n \frac{1 - \operatorname{erf} \left\{ \frac{\lambda}{R} (2n-1) \left[1 - \left(\frac{V_n}{2-V_n} \right)^2 \right] + \overline{\Delta\varepsilon} \right\}}{\sqrt{2} \sigma_{\Delta\varepsilon}} \quad (10)$$

Здесь $\overline{\Delta\varepsilon}$ — среднее значение $\overline{\Delta\varepsilon} (\Delta\varepsilon = -0,6 \times 10^{-6}$ — для сухопутных трасс и $\Delta\varepsilon = -5,5 \times 10^{-6}$ — для приморских); $\sigma_{\Delta\varepsilon} = 1,2 \cdot 10^{-6}$ — стандартное отклонение величины $\Delta\varepsilon$. С учетом сказанного

$$T(v_n | \tau) = Z(\tau) t(\Delta\varepsilon, \tau) [1 - \Phi(\tau)], \quad (8)$$

где $Z(\tau)$ — функция, равная 1, в случае, когда при заданном τ уравнение (3) имеет решение, и равная 0 — в противном.

Искомая вероятность $T(v_n)$ может быть найдена из (8) путем усреднения по всем возможным значениям τ . Возвращаясь к выражению (1), заметим, что разность фаз между интерферирующими волнами на произвольной частоте f равна $2\pi f \tau$. Учитывая, что от-

Сопоставление полученных результатов. Как известно [2, 8], для расчета устойчивости работы ЦРРЛ без учета селективных свойств замираний определяют значение множителя ослабления V_n , при котором наблюдается частота ошибок v_n . Вероятность превышения значения v_n равна вероятности того, что значение множителя ослабления V не превысит V_n . Уточненное выражение для интегральной функции распределения глубины замираний, вызванных отражением от слоев неоднородностей тропосферы, получено в [3]. Отсюда

Здесь $\lambda = c/f_0$. Покажем, что (10) является предельным частным случаем (9). На практике частотно-селективными свойствами интерференционных замираний можно пренебречь, если запаздывание отраженной волны τ много меньше длительности элементарного символа $T(\tau/T \rightarrow 0)$. При этом в условиях рассматриваемых замираний основной причиной превышения частотой ошибок значения v_n является падение в $1/V_n$ раз напряженности поля принимаемого сигнала, вызванное состоянием интерферирующих волн, близким к противофазному. Другими словами, при $\tau/T \rightarrow 0$ и достаточно малом V_n уравнение (3) будет иметь решение, если $\Phi \geq 1 - V_n$, а τ близко к $(2n-1)/2f_0$. С учетом этого (9) можно записать в виде

$$T(v_n) = f_0 \sum_n \frac{V_n}{2} \operatorname{erfc} \left\{ \frac{\frac{\lambda}{R} (2n-1) \left[1 - \left(\frac{V_n}{2-V_n} \right)^2 \right] + \overline{\Delta\varepsilon}}{\sqrt{2} \sigma_{\Delta\varepsilon}} \right\} \int_{\tau_n}^{\tau_b} d\tau, \quad (11)$$

ражающие слои в тропосфере возникают на различной высоте, примем распределение рассматриваемой разности фаз, приведенное к интервалу периодичности, равномерным от 0 до 2π . Данное допущение позволяет без потери общности записать

$$2\pi f_0 \tau = 2(n-1)\pi + \Delta\gamma,$$

где n — натуральное число; $\Delta\gamma$ — случайная величина, равномерно распределенная в интервале $[0, 2\pi]$. Отсюда при заданном n величина τ является случайной, распределенной равномерно от $(n-1)/f_0$ до n/f_0 . Тогда

$$T_n(v_n) = f_0 \int_{(n-1)/f_0}^{n/f_0} T(v_n | \tau) d\tau,$$

а искомая вероятность превышения заданного значения v_n

$$\text{где } \tau_b = \frac{2n-1}{2f_0} + \frac{\delta\gamma}{2\pi f_0};$$

$$\tau_n = \frac{2n-1}{2f_0} - \frac{\delta\gamma}{2\pi f_0}.$$

Как показано в [3], $\delta\gamma = \arccos \left(1 - \frac{V_n^2}{2} \right)$.

Очевидно, что после выполнения элементарных преобразований (11) приводится к виду (10). Таким образом, при $\tau/T \rightarrow 0$ предлагаемая методика оценки устойчивости работы ЦРРЛ в условиях глубоких замираний совпадает с существующей. Основное принципиальное отличие выражения (9) от (10) заключается в том, что оно учитывает возможность возрастания частоты ошибок не только из-за па-

дения уровня принимаемого сигнала, но и за счет его искажений, вызванных селективными свойствами замираний.

Пример расчета устойчивости работы ЦРРЛ с 16КАФМ. Рассмотрим пример использования предложенной выше методики для расчета вероятности превышения частотой ошибок, наблюдаемой на отдельном пролете ЦРРЛ с 16КАФМ, значения $\nu_{\text{п}}=10^{-3}$. Напряжение на входе решающего устройства ЦРРЛ с 16КАФМ в момент стробирования $t_{\text{стр}}$ [4]

$$u_{p,y}(t_{\text{стр}}) = U [a_0 p_{c0}(t_{\text{стр}}) + b_0 p_{s0}(t_{\text{стр}}) + \xi(t_{\text{стр}})] + u_{\text{т.ш}}(t_{\text{стр}}),$$

где

$$\xi(t_{\text{стр}}) = \sum_{\substack{k=-\infty \\ k \neq 0}}^{+\infty} [a_k p_{ck}(t_{\text{стр}}) + b_k p_{sk}(t_{\text{стр}})],$$

причем

$$p_{ck}(t) = \cos \varphi_{\text{оп}} p_k(t) + \Phi \cos(\theta + \varphi_{\text{оп}}) p_k(t - \tau); \quad (12)$$

$$p_{sk}(t) = -\sin \varphi_{\text{оп}} p_k(t) - \Phi \sin(\theta + \varphi_{\text{оп}}) p_k(t - \tau); \quad (13)$$

$$p_k(t) = p(t - kT). \quad (14)$$

Здесь U — масштабный множитель; a_k, b_k — значения передаваемых символов; $p(t)$ — нормированная огибающая одиночного импульса на входе решающего устройства в отсутствие частотно-селективных замираний; $\varphi_{\text{оп}}$ — фаза опорного напряжения; $u_{\text{т.ш}}(t)$ — напряжение тепловых шумов. В соответствии с [4, 5] положим $\varphi_{\text{оп}} = \varphi(0)$. Дискретные случайные величины a_k и b_k равновероятно принимают значения ± 1 и ± 3 . В дальнейшем остановимся на достаточно распространенном случае, когда

$$p(t) = \frac{\sin \pi t/T}{\pi t/T} \frac{\cos \pi \alpha t/T}{1 - (2\alpha t/T)^2}, \quad (15)$$

где α — постоянная величина ($0 \leq \alpha \leq 1$).

Как показывают результаты моделирования на ЭВМ, в условиях частотно-селективных замираний для расчета вероятности ошибки порядка $10^{-2} \dots 10^{-3}$ достаточно плотной является среднеквадратическая оценка влияния межсимвольных помех $\xi(t_{\text{стр}})$, при которой

$$\nu(\Phi, \tau) = \frac{3}{32} \sum_{i=1}^4 \operatorname{erfc} \sqrt{H^*} [p_{c0}(t_{\text{стр}}) + (2i-5)p_{s0}(t_{\text{стр}})]; \quad (16)$$

$$H^* = 1/(2\sigma_{\xi}^2 + 10/H);$$

$$\sigma_{\xi}^2 = 5 \sum_{\substack{k=-\infty \\ k \neq 0}}^{+\infty} [p_{ck}^2(t_{\text{стр}}) + p_{sk}^2(t_{\text{стр}})].$$

Здесь H — отношение средней мощности символа к мощности теплового шума, соответствующее условиям свободного пространства.

Таблица 1

№ пролета	Значение T (10^{-3}), %	
	расчетное	экспериментальное
1	1,3	2,5
2	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$6,6 \cdot 10^{-3}$

В табл. 1 приведены результаты расчетов величины $T(10^{-3})$, %, выполненных согласно (9) и (16), для двух различных пролетов ЦРРЛ, оборудованных аппаратурой с 16КАФМ. Первый из них — приморская трасса длиной 63,4 км; диапазон частот $f_0 = 5$ ГГц, скорость передачи информации $c = 200$ Мбит/с; $\alpha = 0,5$. Энергетические характеристики аппаратуры выбраны таким образом, чтобы частота ошибок 10^{-4} наблюдалась при равномерных по спектру замираниях глубиной 39,7 дБ [$\Delta H(10^{-4}) = 39,7$ дБ]. Второй пролет — трасса, близкая к сухопутной, длиной 42,4 км; $f_0 = 6$ ГГц; $c = 90$ Мбит/с; $\alpha = 0,5$; $\Delta H(10^{-6}) = 38,5$ дБ. В ту же таблицу включены результаты экспериментальных измерений на трассах, подобных описанным, полученные в [9, 10]. Сопоставление приведенных расчетных и экспериментальных величин показывает их достаточно близкое совпадение.

Как отмечалось выше, при $\tau/T \rightarrow 0$ селективным характером возникающих замираний можно пренебречь. При этом, используя (2), (12)–(15), выражение (16) можно привести к виду

$$\nu(V) = \frac{3}{8} \operatorname{erfc} \sqrt{\frac{H}{10}} V, \quad (17)$$

где $V = 1 - \Phi$. Выражение (17) характеризует частоту ошибок в ЦРРЛ с 16КАФМ в условиях замираний, равномерных по спектру.

В табл. 2 для ЦРРЛ с пролетом 30 км, работающей в диапазоне 6 ГГц, приведены рассчитанные согласно (9), (16) и (10), (17) значения процента времени $T(10^{-3})$, в течение которого может превышаться частота ошибок $\nu_{\text{п}} = 10^{-3}$. Как видно из таблицы, учет частотно-селективных свойств замираний приводит к увеличению по отношению к случаю равномерных замираний процента времени $T(10^{-3})$. На рисунке для ЦРРЛ с 16КАФМ [сухопутная трасса, $f_0 = 6$ ГГц, $c = 139,264$ Мбит/с, $\alpha = 0,5$, $\Delta H(10^{-3}) = 40$ дБ] приведены зависимости величины $T(10^{-3})$, %, от длины пролета, полученные как с учетом частотно-селективных свойств замираний (кривая 1), так и без него (кривая 2). Из рисунка видно, что по мере сокращения длины пролета наблюдается уменьшение различия между обеими кривыми.

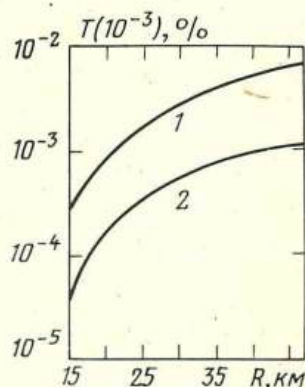
Результаты, приведенные в табл. 1, 2 и на рисунке, позволяют сделать следующие выводы:

1. Предлагаемая методика дает возможность производить расчет устойчивости работы ЦРРЛ с учетом селективных свойств замираний. Достаточно близкое совпадение результатов расчета с экспериментальными дан-

Таблица 2

№ п/п	Тип трассы	Значение T (10^{-3}), %, для скоростей передачи, Мбит/с			
		2,048	8,448	34,368	139,264
I	Приморская	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,9 \cdot 10^{-2}$	$9,1 \cdot 10^{-2}$
		$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-3}$	$8,1 \cdot 10^{-2}$
	Сухопутная	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$
		$1,7 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$
II	Приморская	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$
		$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$
	Сухопутная	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$
		$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$

Примечание. I соответствует расчету с учетом частотно-селективных свойств замираний; II — без учета этих свойств; в числителе указаны значения при ΔH (10^{-3}) = 35, в знаменателе — при ΔH (10^{-3}) = 45 дБ; $\alpha = 0,5$.



ными свидетельствует о корректности выбранной модели и сделанных предположений.

2. На примере расчета устойчивости работы ЦРРЛ с 16КАФМ показано, что:

для ЦРРЛ с 16КАФМ при скоростях передачи, меньших 8,448 Мбит/с, селективным характером замираний, вызванных отражением от слоистых неоднородностей тропосферы, можно пренебречь. На приморских трассах по сравнению с сухопутными наблюдается большее снижение устойчивости, вызванное селективностью рассматриваемых замираний, которое уменьшается по мере сокращения длины пролета; селективные свойства сильнее проявляются для более глубоких замираний;

при скоростях передачи, меньших 34,368 Мбит/с, увеличение энергетического потенциала аппаратуры приводит к повышению устойчивости работы ЦРРЛ, однако наряду с этим возрастает чувствительность аппаратуры к селективности замираний;

в высокоскоростных ЦРРЛ увеличение энергетического потенциала аппаратуры может привести лишь к незначительному повышению устойчивости работы ЦРРЛ. Для борьбы с подобными замираниями следует использовать эквалайзеры и разнесенный прием [1, 9, 10].

В заключение следует заметить, что предложенный подход к оценке устойчивости работы ЦРРЛ в условиях частотно-селективных

замираний можно применить и к случаю замираний, вызванных отражением от земной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. CCIR Document 9/51 (Rev. 1). Effect of propagation on the design and operation of line-of-sight radio relay systems. — Draft-revision of Report 784 CCIR: 2 May 1984.
2. Справочник по радиорелейной связи/Под ред. С. В. Бородича — М.: Радио и связь, 1981.
3. Калинин А. А. Оценка селективности замираний на пролетах РРЛ, вызванных отражениями неоднородностей в тропосфере. — Электросвязь, 1985, № 3.
4. Калашников Н. И., Каплунов П. Г. Исследование искажений передаваемого сигнала в цифровых системах радиосвязи в условиях частотно-селективных замираний. — М.: МЭИС, 1984.
5. Greenstein L. J., Prabhu V. K. Analysis of multipath outage with applications to 90-Mb/s PSK systems at 6 and 11 GHz. — IEEE Trans on Commun. Vol. COM-27, 1979, № 1.
6. Rummel W. D. A Simplified method for the laboratory determination of multipath outage of digital radios in the presence of thermal noise. — IEEE Trans on Commun. Vol. COM-30, 1982, № 3.
7. Калинин А. И. Расчет трасс радиорелейных линий. — М.: Связь, 1964.
8. Системы связи и радиорелейные линии/Под ред. Н. И. Калашникова. — М.: Связь, 1977.
9. Komaki S. et al. Characteristics of a high capacity 16 QAM digital radio-system in multipath fading. — IEEE Trans. on Commun. Vol. COM-27, 1979, № 12.
10. Giuffrida T. S. Toy W. W. 16 QAM and adjacent channel interference. — IEEE International Conference on Communications, 1981.

Статья поступила 16 мая 1985 г.

Антенно-фидерные устройства

УДК 621.396.677.32/41

К. П. Харченко, В. П. Демидов, В. М. Тимофеев

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВАРИАНТА АНТЕННЫ БЕГУЩЕЙ ВОЛНЫ*

Печатается в порядке обсуждения

Описание антенны. Для уменьшения активных потерь и увеличения коэффициента направленного действия, по сравнению с известной антенной Бевереджа [1] типа ОБ (рис. 1, а) был разработан новый вариант антенны бегущей волны [2] — типа ОБ-Е (рис. 1, б).

Для экспериментов была построена антенна ОБ-Е2 $\frac{300}{2}$, показанная на рис. 2: а — вид антенны в плане; б — поперечное сечение ее проводов. Антенна представляет собой синфазную поперечную решетку, составленную из двух одинаковых элементов — антенн ОБ-Е $\frac{300}{3}$.

Каждый элемент антенны выполнен из четырех проводов, включенных параллельно и разнесенных в пространстве по высоте на 0,2 м и по фронту на 6 м. Это сделано для уменьшения его волнового сопротивления.

Антенна ОБ-Е — несимметричная, в точки ее питания 1—2 (рис. 2, а) включен коаксиальный кабель с волновым сопротивлением $Z_0 = 100$ Ом. К нему подключен согласующий и симметрирующий трансформатор Тр.200/50, выполненный на ферритовом кольце. От трансформатора к техническому зданию проложен типовой четырехпроводный симметричный фидер с волновым сопротивлением $Z_0 = 200$ Ом длиной около 450 м.

Антенна ОБ-Е нагружена в точках 3—4 на резистор $R_H = 200$ Ом, в точках 1 и 4 включены противовесы (рис. 3). Они выполнены из трех групп проводов, расставленных в горизонтальной плоскости симметрично относительно точки 2 (рис. 2, а) питания антенны. Длины проводов в группе различны: $l_i = l_{\max} \times \tau^{i-1}$, где $l_{\max} = \lambda_{\max}/4$; $\tau^{n-1} = \lambda_{\min}/\lambda_{\max}$; λ_{\max} , λ_{\min} — граничные длины волны рабочего диапазона антенны; n — число противовесов в группе; $\tau = 0,85$ — параметр структуры. Для рассматриваемого случая $\lambda_{\max} = 50$ м; $\lambda_{\min} = 17$ м. Такая конструкция противовеса обеспечивает диапазонные свойства по входному сопротивлению. При этом модуль его входного сопротивления будет малым на любой частоте рабочего диапазона, что препятствует возникновению антенного эффекта фидера. На участке точка 1 — поверхность земли коак-

сиальный фидер свернут в спираль. Его внешний проводник при этом является дросселем. Измерения показали, что фидерный тракт хорошо согласован с антенной (рис. 4) на всем протяжении от точек питания до входа приемника.

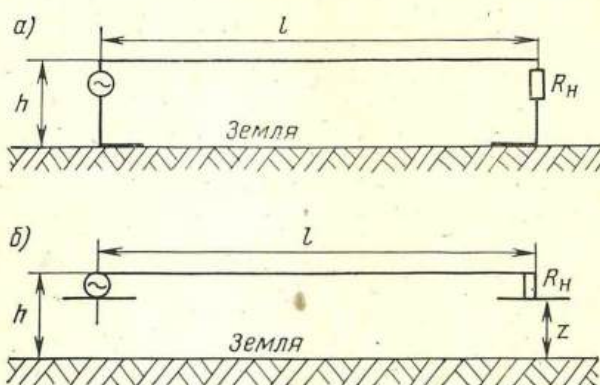


Рис. 1

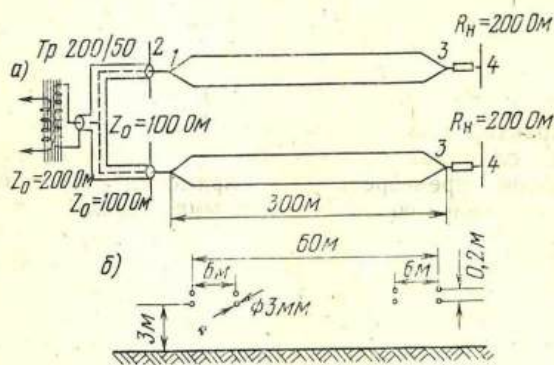


Рис. 2

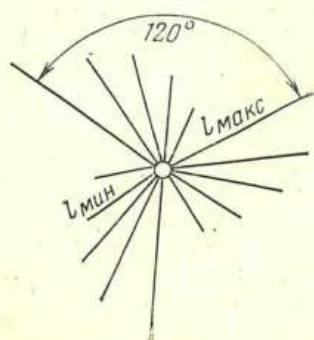


Рис. 3

* В основу статьи положен доклад, сделанный авторами в ноябре 1982 г. на научно-техническом семинаре «Магистральная декаметровая радиосвязь и стационарные радиоцентры».

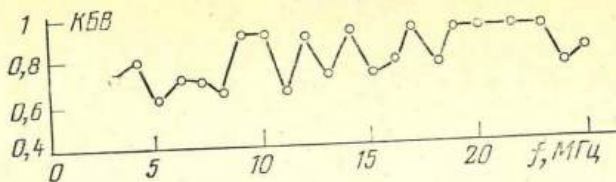


Рис. 4

Диаграммы направленности (ДН) антенны ОБ-Е были сняты в азимутальной плоскости методом облета с пересечением главных лепестков по линии максимального излучения¹. Результаты экспериментов в области главных лепестков ДН антенны ОБ-Е показаны точками на рис. 5 для различных отношений l/λ . Там же для сопоставления сплошными кривыми приведены главные лепестки ДН одиночной антенны ОБ при тех же отношениях l/λ , заимствованные из [3]. Очевидная разница в углах раскрытия ДН сопоставляемых антенн свидетельствует о более высоком КНД и более высокой помехозащищенности антенны ОБ-Е по сравнению с антенной ОБ.

Результаты эксперимента. Целесообразным представлялось сопоставление между собой антенн ОБ-Е-2 $\frac{300}{2}$ и ЗБС-2, а также ОБ-Е $\frac{300}{3}$ и ОБ $\frac{300}{3}$ по информативному критерию [4] в реальных условиях эксплуатации. Это позволило сравнить антенны различных типов по функциональной эффективности, т. е. по степени их соответствия целевому назначению.

зафиксированными в положении, принятом практикой их эксплуатации на радиопункте. Для каждой антенны поочередно сеансами длительностью 200 с велась непрерывная запись уровней сигналов на ленту самописца. При этом фиксировалось число ошибок в переданной информации.

Большую часть времени испытаний передатчик корреспондента работал на предельно пониженной мощности с тем, чтобы подчеркнуть помеховую обстановку, в которой работали антенны. Посеансовая обработка экспериментальных данных позволила получить статистические результаты по относительному коэффициенту усиления G (рис. 6) антенн:

$$G = 20 \lg \frac{U_{\text{ОБ-Е-2}}}{U_{\text{ЗБС-2}}}$$

(U — уровень сигнала в трактах соответствующих антенн, усредненный за весь цикл измерений на данной частоте), а также интегральные функции распределения вероятностей ошибок в переданной информации в координатах «надежность — достоверность» (рис. 7, кривые 1: сплошная — антенна ОБ-Е-2, штриховая — ЗБС-2). Приведенные результаты свидетельствуют о примерной идентичности антенн.

На рис. 7 приведены также интегральные функции распределения вероятностей ошибок (кривые 2) для антенн ОБ-Е $\frac{300}{3}$ (сплошная кривая) и ОБ $\frac{300}{3}$ (штриховая), полученные на трассе Хабаровск — Москва в феврале. Как видно из кривых 2 рис. 7, помехозащищен-

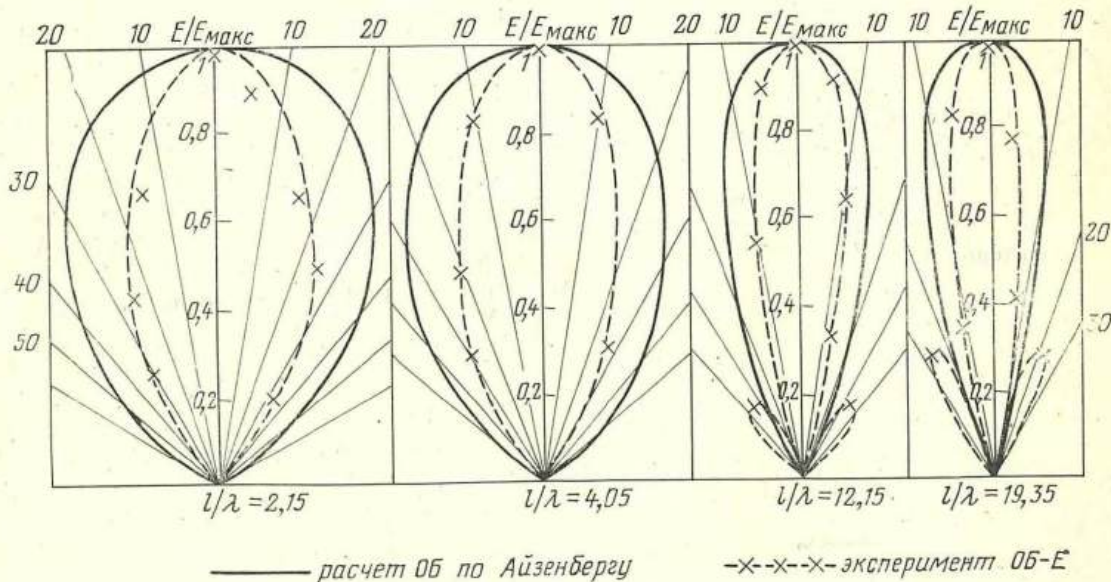


Рис. 5

Эксперимент проводился в августе на трассе протяженностью около 6000 км (круглосуточно) в рабочем диапазоне частот 6...20 МГц. Потери в фидерных трактах сопоставляемых антенн были одинаковыми. Из трактов приема были исключены ШАУ. Фазовращатели антенны ЗБС-2 в процессе измерений оставались

¹ Измерения проводились В. Н. Жиряковым и В. И. Рубинштейном.

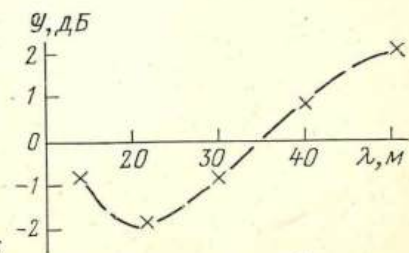


Рис. 6

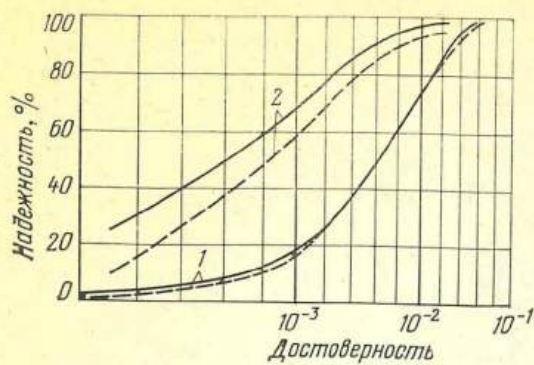


Рис. 7

ность антенны ОБ заметно уступает помехозащищенности антенны ОБ-Е. Этот результат обусловлен формой ДН антенн.

В декаметровом диапазоне волны, отраженные от ионосферы, с течением времени изменяют угол прихода в точку приема. Так как ДН антенны на частоте f_0 имеет вполне определенную (фиксированную) ориентацию в пространстве, изменения в углах прихода радиоволн изменяют уровень принимаемого сигнала даже в том случае, когда напряженность поля в точке приема остается постоянной.

Различные антенны имеют и различные по форме ДН в вертикальной плоскости на частоте f_0 , что в условиях девиации углов прихода радиоволн приводит к изменению относительных уровней сигналов, измеренных на клеммах «своей» антенны.

Измерения уровня принимаемого сигнала на антенны ОБ-Е-2 $\frac{300}{3}$, ОБ-Е-2 $\frac{150}{3}$ и БС-2

проводились на трассе Москва — Сургут также сеансами длительностью 200 с. По данным измерений вычислены зависимости от времени относительных средних за сеанс уровней сигналов для двух сопоставляемых антенн, приведенные на рис. 8: кривая 1 — отношение

уровней сигналов антенн ОБ-Е-2 $\frac{150}{3}$ и БС-2;

кривые 2 и 3 — антенн ОБ-Е-2 $\frac{300}{3}$ и БС-2. Эти

зависимости иллюстрируют наличие девиации углов прихода радиоволн в точке приема (во времени). Их можно наблюдать по изменению относительного уровня сигналов.

Зависимости рис. 8 свидетельствуют о необходимости ориентации главного лепестка ДН антенны по направлению прихода радиоволн.

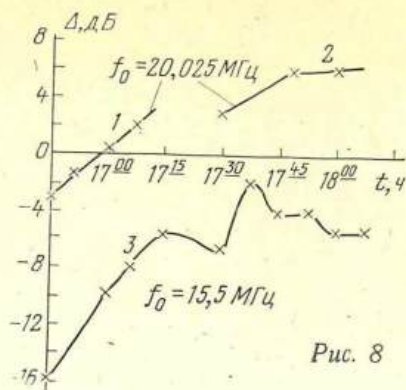


Рис. 8

Так, например, кривая 3 показывает, что в данных условиях антенна ОБ-Е-2 $\frac{300}{3}$ существенно проигрывает в усилении антенне БС-2, потому что узкий главный лепесток ее ДН «прижат» к горизонту, а радиоволны приходят в точку приема под большими углами.

Как видно из рис. 8, перепад уровней усиления (за счет несовместимости лепестка ДН и направления прихода волн) может превышать 20 дБ. Этот важный для практики результат говорит о необходимости применения антенн (или их совокупности), позволяющих в процессе работы формировать оптимальную ДН (или выбирать ее из имеющихся) для повышения надежности радиосвязи.

Есть основания полагать, что в настоящее время по совокупности конструктивных, электрических, экономических и эксплуатационных параметров для этих целей наиболее пригодна антенна ОБ-Е.

ЛИТЕРАТУРА

1. Beverage G. Waveantenna. — J. of IEE, v. 42, 1923, N 3.
2. А.с. № 1020895 (СССР). Однопроводная антенна бегущей волны/К. П. Харченко, В. П. Демидов, В. И. Климов, К. А. Спиридонов.
3. Айзенберг Г. З. Коротковолновые антенны. — М.: Связьиздат, 1962.
4. Бухвинер В. Е. Оценка качества радиосвязи. — М.: Связь, 1974.

Статья поступила 30 мая 1983 г.
После доработки — 28 января 1985 г.

НОВЫЕ КНИГИ.

Кончаловский В. Ю. Цифровые измерительные устройства: Учеб. пособие для вузов. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 304 с., 27000 экз., 90 к.

Изложены общие вопросы цифровой измерительной техники: сформулирован общий отличительный признак цифровых измерительных устройств (ЦИУ), описаны применяемые коды, рассмотрены основные методы преобразования непрерывных величин в код. Подробно рассмот-

рены наиболее распространенные группы ЦИУ (вольтметры, частотомеры, фазометры, мосты, аналого-цифровые преобразователи). В конце каждой главы даны задачи, ответы к ним и пояснения для наиболее трудных, а в приложении — краткие описания трех лабораторных работ.

Книга предназначена студентам, обучающимся по специальности «Информационно-измерительная техника».

А. Ф. Михеев

ИНДУКТИВНОСТЬ РАМОЧНОЙ АНТЕННЫ С ФЕРРИТОВЫМ СЕРДЕЧНИКОМ

В литературе имеются данные, характеризующие изменение индуктивности рамочной антенны с ферритовым сердечником при изменении размеров и размещении обмотки на сердечнике [1]. Цель данной статьи — теоретическое определение закона изменения индуктивности рамочной антенны с ферритовым сердечником при изменении длины ее обмотки, расположенной в средней части сердечника.

Как известно, при малой длине электрического (или магнитного) вибратора, когда его размеры много меньше длины волны, распределение электрического (или фиктивного магнитного) тока вдоль вибратора мало отличается от треугольного (рис. 1). При этом запасенная вибратором реактивная мощность

$$P_{\text{э}} = \frac{1}{2} I_{0\text{э}}^2 z_{\text{э}} = \frac{1}{2} I_{0\text{э}}^2 2W \operatorname{ch} \gamma l = I_{0\text{э}}^2 W \frac{\operatorname{ch} \gamma l}{\operatorname{sh} \gamma l} \approx I_{0\text{э}}^2 W \frac{1 + \gamma^2 l^2/2}{\gamma l} = I_{0\text{э}}^2 \left(\frac{z_{11} l}{2} + \frac{1}{Y_{11} l} \right),$$

где $I_{0\text{э}}$ — амплитуда тока в середине вибратора, т. е. в месте его возбуждения; W — волновое сопротивление вибратора; $\gamma = \sqrt{z_{11} Y_{11}}$ — постоянная распространения электромагнитных волн вдоль вибратора при его погонном сопротивлении z_{11} и погонной проводимости Y_{11} .

При малых потерях в вибраторе, когда погонными активными сопротивлением и проводимостью можно пренебречь, реактивные сопротивление и проводимость вибратора с учетом внешнего и внутреннего полей:

$$z_{11} l = i \omega \frac{\mu_0 l}{2\pi} \ln \frac{l}{ea} + i \omega \frac{\mu l}{4\pi} - i \frac{l}{\omega \pi a^2 \epsilon};$$

$$Y_{11} l = i \omega \frac{2\pi \epsilon_0 l}{\ln \frac{l}{ea}},$$

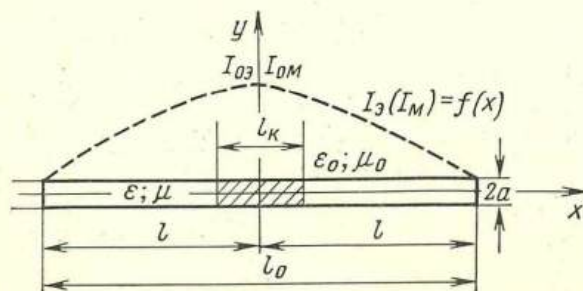


Рис. 1

где $\omega = 2\pi f$ — угловая частота; $\ln \frac{l}{ea} = \ln \frac{l}{a} - 1$ — натуральный логарифм отношения длины к радиусу вибратора; μ, ϵ — магнитная и диэлектрическая постоянные, другие обозначения приведены на рис. 1.

Следовательно, реактивная мощность, связанная с вибратором,

$$P_{\text{э}} = I_{0\text{э}}^2 \left(i \omega \frac{\mu_0 l}{4\pi} \ln \frac{l}{ea} + i \omega \frac{\mu l}{8\pi} - i \frac{l}{\omega 2\pi a^2 \epsilon} - i \frac{\ln \frac{l}{ea}}{\omega 2\pi \epsilon_0 l} \right) = \frac{1}{2} I_{0\text{э}}^2 z_{\text{э}}. \quad (1)$$

В соответствии с принципами двойственности для реактивной проводимости равновеликого магнитного вибратора после замены в (1) μ на ϵ и ϵ на μ получим:

$$Y_{\text{м}} = \frac{2P_{\text{м}}}{I_{0\text{м}}^2} = 2 \left(i \omega \frac{\epsilon_0 l}{4\pi} \ln \frac{l}{ea} + i \omega \frac{\epsilon l}{8\pi} - i \frac{l}{\omega 2\pi a^2 \mu} - i \frac{\ln \frac{l}{ea}}{\omega 2\pi \mu_0 l} \right) \approx \frac{1}{i \omega} \left(\frac{l}{\pi a^2 \mu} + \frac{\ln \frac{l}{ea}}{\pi \mu_0 l} \right) = \frac{1}{i \omega} \left(\frac{2 \ln \frac{l_0}{2ea}}{\pi \mu_0 l_0} + \frac{l_0}{2\pi a^2 \mu} \right),$$

где $l_0 = 2l$ — общая длина вибратора (ферритового сердечника).

Реактивное сопротивление обмотки (катушки) магнитного вибратора, имеющей n витков,

$$z_{\text{м}} = \frac{1}{Y_{\text{м}}} = i \omega L_{12} \approx i \omega \frac{n^2}{\frac{2 \ln \frac{l_0}{2ea}}{\pi \mu_0 l_0} + \frac{l_0}{2\pi a^2 \mu}}$$

Учитывая, что общая индуктивность рамочной антенны с ферритовым сердечником складывается из индуктивности самой обмотки (катушки), находящейся в свободном пространстве, и индуктивности, обусловленной наличием сердечника (внесенной в обмотку сердечником), получим

$$L_0 = L_{11} + L_{12} =$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\mu_0 \pi a^2 n^2}{l_k} K_H + \frac{\mu_0 \pi n^2}{\frac{2 \ln \frac{l_0}{2ea}}{l_0} + \frac{l_0}{2a^2 \mu_1}} = \\
 &= \frac{\mu_0 \pi a^2 n^2}{l_k} \left(K_H + \frac{\frac{2 \mu_1}{l_0} + 4 \mu_1 \frac{a^2}{l_k l_0} \ln \frac{l_0}{2ea}}{\frac{l_0}{l_k} + 4 \mu_1 \frac{a^2}{l_k l_0} \ln \frac{l_0}{2ea}} \right) = \\
 &= \frac{\mu_0 \pi a^2 n^2}{l_k} \mu_k,
 \end{aligned}$$

где K_H — коэффициент Нагаока [2]; $\mu_1 = \mu / \mu_0$ — относительная магнитная проницаемость феррита сердечника.

Таким образом, эффективная магнитная проницаемость катушки

$$\mu_k = K_H + \frac{2 \mu_1}{\frac{l_0}{l_k} + 4 \mu_1 \frac{a^2}{l_k l_0} \ln \frac{l_0}{2ea}}. \quad (2)$$

При большой магнитной проницаемости феррита сердечника $\mu_1 > 1000$

$$\mu_k \approx \frac{1}{2 \frac{a^2}{l_k l_0} \ln \frac{l_0}{2ea}}.$$

При длине обмотки, приближающейся к длине сердечника, необходимо учитывать распределенность магнитодвижущей силы вдоль сердечника и другой закон изменения фиктивного магнитного тока вдоль него. Вначале найдем распределение фиктивного магнитного тока вдоль ферритового сердечника при равномерном распределении магнитодвижущей силы. Из принципа двойственности следует, что оно будет таким же, как распределение электрического тока вдоль провода при равномерном распределении возбуждающей ЭДС или электрического поля вдоль него.

При равномерном распределении возбуждающего электрического поля вдоль симметричного электрического вибратора распределение электрического тока вдоль него [4]

$$I_x = I_0 \frac{\operatorname{ch} \gamma l - \operatorname{ch} x}{\operatorname{ch} \gamma l - 1},$$

где I_0 — амплитуда тока в середине провода (вибратора), равная [3]

$$I_0 = E \frac{\operatorname{ch} \gamma l - 1}{z_{11} \operatorname{ch} \gamma l}$$

(E — напряженность возбуждающего электрического поля).

При данном распределении возбуждающего поля и тока вдоль вибратора связанная с ним мощность

$$\begin{aligned}
 P_{\text{э}} &= 2 \int_0^l 2 \pi a E_x H_{\varphi} dx = 2 \int_0^l E_x I_x dx = \\
 &= 2 I_0^2 z_{11} \frac{\operatorname{ch} \gamma l}{(\operatorname{ch} \gamma l - 1)^2} \int_0^l (\operatorname{ch} \gamma l - \operatorname{ch} \gamma x) dx = \\
 &= I_0^2 \frac{2 z_{11}}{\gamma} \frac{(\gamma l \operatorname{ch} \gamma l - \operatorname{sh} \gamma l) \operatorname{ch} \gamma l}{(\operatorname{ch} \gamma l - 1)^2}.
 \end{aligned}$$

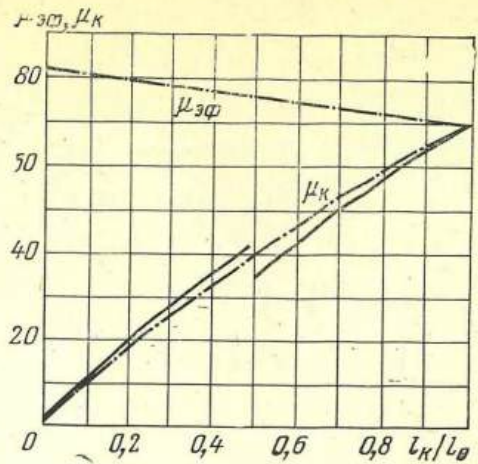


Рис. 2

При малой по сравнению с длиной волны длине вибратора, когда

$$\operatorname{sh} \gamma l \approx \gamma l + \gamma^3 l^3 / 6,$$

$$\operatorname{ch} \gamma l \approx 1 + \gamma^2 l^2 / 2,$$

получаем

$$P_{\text{э}} = \frac{8}{3} I_{0\text{э}}^2 \left(\frac{z_{11} l}{2} + \frac{1}{Y_{11} l} \right).$$

Выполнив преобразования, аналогичные предыдущим, для эквивалентной магнитной проницаемости катушки получим

$$\mu_k = K_H + \frac{\frac{3/2 \mu_1}{l_0} + 4 \mu_1 \frac{a^2}{l_k l_0} \ln \frac{l_0}{2ea}}{\frac{l_0}{l_k} + 4 \mu_1 \frac{a^2}{l_k l_0} \ln \frac{l_0}{2ea}}. \quad (3)$$

На рис. 2 приведена зависимость μ_k от отношения длины катушки к длине сердечника, рассчитанная по (2) и (3) для ферритового сердечника с $l_0/a = 20$ и $\mu_1 = 600$.

Здесь же приведены значения относительной эффективной магнитной проницаемости $\mu_{\text{эф}}$ самого сердечника, рассчитанные по формуле (3) при $l_k/l_0 = 1$, и $\mu_{\text{эф}}$ при $l_k/l_0 \rightarrow 0$, заимствованные из [4].

На рис. 3 приведены зависимости отношения эффективных магнитных проницаемостей катушки (обмотки) и ферритового сердечника от отношения l_k/l_0 . Здесь же крестиками показаны их экспериментальные значения. Экспериментальные данные $\mu_{\text{эф}}$ получены по значениям ЭДС, наведенных в обмотке антенны с ферритовым сердечником или без него при ее размещении в равномерном электромагнитном поле, создаваемом плоской измерительной линией. Магнитная проницаемость μ_k определялась по измеренным индуктивностям обмотки с сердечником или без него при различной длине обмотки. Как видно из рис. 3, расчетные и экспериментальные данные удовлетворительно совпадают.

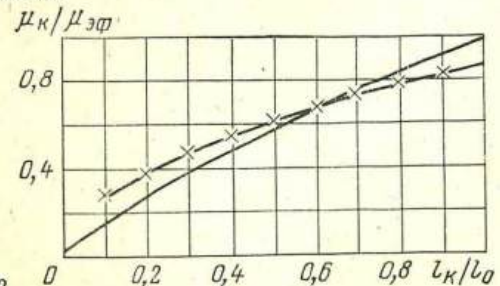


Рис. 3

ЛИТЕРАТУРА

1. Рязанов Б. И. Выбор невыгоднейших размеров и расчет ферритовых антенн. — Электросвязь, 1958, № 2.
2. Гинкин Г. Г. Справочник по радиотехнике. — М.: Госэнергоиздат, 1948.
3. Пистолькорс А. А. Приемные антенны. — М.: Связьтехиздат, 1937.
4. Надененко С. И. Антенны. — М.: Связьиздат, 1959.

21 января 1985 г.

ГЛАВА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ СИНТЕЗА ЦЕПЕЙ

К юбилею Александра Федоровича Белецкого

В нашей стране и за рубежом широко известно имя видного ученого, лауреата Государственной премии, генерал-майора, профессора Ленинградского электротехнического института связи им. М. А. Бонч-Бруевича, доктора технических наук Александра Федоровича Белецкого. В сентябре 1985 г. радиотехническая общественность, специалисты в области связи отметили его 70-летие и 45-летие научной и педагогической деятельности.

Александр Федорович Белецкий начал трудовую жизнь с рабочих специальностей: был слесарем, электромехаником, учился на рабфаке. В 1939 г. окончил Ленинградский электротехнический институт сигнализации и связи, а в 1940 г. — Военную академию связи. С 1941 г. А. Ф. Белецкий — сотрудник Военной академии. Здесь прошел путь от младшего преподавателя до начальника кафедры (с 1953 г.). С 1976 г. А. Ф. Белецкий профессор кафедры теории линейных электрических цепей ЛЭИС.

Очень рано, еще будучи студентом, стал активно участвовать в научной работе, занимаясь теорией фильтров. Его дальнейшие работы были связаны с телефонией, электроакустикой, теорией артикуляции, частотной компрессией речи, проектированием усилителей и корректоров многоканальных систем передачи и другими областями. В течение многих лет он активно сотрудничает с промышленными организациями.

С середины сороковых годов А. Ф. Белецкий — один из ведущих разработчиков отечественных многоканальных систем дальней связи по воздушным и кабельным линиям; В-12, К-12, К-24. За участие в разработках аппаратуры связи в 1952 г. он становится лауреатом Государственной премии. К этому времени определилось главное направление научной деятельности А. Ф. Белецкого — теория линейных электрических цепей самого различного назначения.

Труды А. Ф. Белецкого в области теории синтеза RLC-цепей по рабочим параметрам и прежде всего созданные им общие методы синтеза реактивных четырехполюсников имеют основополагающее значение и нашли широкое применение при решении важных практических задач современной техники связи и радиоэлектроники. Значение этих трудов особенно возросло с использованием электронно-вычислительной техники, которая позволила сделать строгие методы синтеза электрических цепей по рабочим параметрам повседневным инструментом инженера.



Монография А. Ф. Белецкого «Теоретические основы электропроводной связи», ч. III (Связьиздат, 1959 г.) стала настольной книгой научных работников и специалистов предприятий связи и смежных отраслей. Им написано большое число статей, ряд монографий, учебников. В 1967 г. вышло ставшее популярным учебное пособие «Теория линейных электрических цепей» («Связь»). В 1986 г. в издательстве «Радио и связь» планируется выпуск одноименного учебника А. Ф. Белецкого для вузов связи, объемом 35 печатных листов.

А. Ф. Белецкий — признанный глава отечественной научной школы синтеза линейных электрических цепей. Этой школой и прежде всего им подготовлено много кандидатов технических наук, которые трудятся в учебных и научно-исследовательских организациях Москвы, Ленинграда, Киева, других городов страны. Из научной школы А. Ф. Белецкого вышло пять докторов наук.

Член КПСС с 1942 г. А. Ф. Белецкий принимает активное участие в общественной жизни. Он награжден орденами Красной Звезды, Великой Отечественной войны I степени, многими медалями.

Редакция и редколлегия журнала «Электросвязь» желают Александру Федоровичу Белецкому — своему постоянному, в течение многих лет, другу, автору, рецензенту, читателю, — здоровья, благополучия, душевной бодрости, творческих свершений.

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ НА БАЗЕ ОДНОТАКТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЯ

Для питания цифровых систем преобразования и отображения информации от сети с напряжением 220 В и более широко применяются источники вторичного электропитания (ИВЭП) на основе одноконтурных регуляторов напряжения (ОРН) с непосредственным преобразованием входного выпрямленного напряжения (сетевые ИВЭП). При разработке таких устройств возникают трудности, связанные с устранением высоковольтных выбросов на силовых транзисторных ключах (СТК), необходимостью формирования траектории рабочей точки СТК в пределах области безопасной работы (ОБР), обеспечением сильной магнитной связи первичной и вторичных обмоток силового трансформатора.

В данной статье показаны пути решения этих задач на примере сетевого ИВЭП с выходным напряжением 5 В и током 30 А.

Выбор структуры ИВЭП. Основой устройства является ОРН [1], принцип действия которого и основные расчетные соотношения приведены в [2]. Структурная схема ИВЭП изображена на рис. 1*, в ней ключи $K1$ — основной, $K2$ — вспомогательный; трансформаторы $T1$ — силовой, $T2$ обеспечивает управление $K2$ и питание (через вспомогательные устройства питания $VУП1$ и $VУП2$) первичной $СУ1$ и вторичной $СУ2$ схем управления. С помощью трансформатора $T3$ осуществляется гальваническая развязка $СУ1$ и $СУ2$, а также $СУ1$ и ключа $K2$.

Схема $СУ1$ гальванически связана с питающей сетью и формирует сигналы управления ключами $K1$, $K2$ и сброса генератора пилообразного напряжения в $СУ2$. Последняя связана с выходом блока питания и формирует импульсный сигнал обратной связи, поступающий в $СУ1$ через оптрон $VD1$. Сигнал, отключающий $K1$ при перегрузках, формирует схема защиты $СЗ$ с помощью резистивного датчика тока $R_{д.т.}$. До выхода преобразователя на режим питание $СУ1$ подается от блока запуска $БЗ$, отключающегося от сети при появлении напряжения на выходе $VУП2$.

Напряжения на ключе $K1$ не имеет выбросов напряжений из-за шунтирования первичной обмотки $T1$ конденсатором большой емкости $C5$, подключенным через ключ $K2$ (диод $VD6$).

Обеспечение надежной работы СТК. Наиболее серьезная проблема при реализации сетевых транзисторных ИВЭП в случае обычных методов запираания СТК связана со значительным сужением по напряжению ОБР из-за возникновения обратносмещенного вторичного про-

боя (ОВП) [3]. Для уменьшения вероятности его возникновения параллельно СТК можно включить емкостную цепочку, однако это приводит к росту габаритных размеров ИВЭП и ухудшает быстродействие СТК и устройства в целом.

Существенное увеличение максимально допустимого напряжения силового транзистора благодаря исключению явления ОВП и одновременное уменьшение времени выключения транзистора достигается в ключе с эмиттерным управлением [4]. В таком ключе (рис. 2) сигнал управления $U_{упр}$ подается не на основной, а на вспомогательный, низковольтный и быстродействующий транзистор $VT2$, включенный последовательно с основным высоковольтным транзистором $VT1$ в его эмиттерной цепи. При включении $VT2$ через токозадающий резистор $R1$ протекает ток i_{B1} и $VT1$ отпирается, подключая нагрузку N к источнику E_c .

При запираании $VT2$ цепь эмиттера $VT1$ разрывается, и ток коллектора до полного рассасывания заряда в его базовой и высокоомной коллекторной областях протекает через переход коллектор — база $VT1$, диод $VD1$ и источник $U_{оп}$. Запирание транзистора при этом происходит с максимально возможной скоростью, так как запирающий ток базы i_{B2} равен току I_c . Кроме того, поскольку на всем этапе запираания ток эмиттера равен нулю, возникновение ОВП невозможно. Таким образом, ОБР транзистора расширяется практически до своих предельно возможных границ — максимального допустимого тока коллектора $I_{c\max}$ и напряжения пробоя перехода коллектор — база $U_{свб}$.

В данном ИВЭП (рис. 3) $K1$ и $K2$ собраны на составных транзисторах — высоковольтном типа КТ848А ($VT7$) и низковольтном быстродействующем транзисторе, входящем в состав микросборки 286ЕП4 ($DA3$). Использование составных транзисторов приводит к увеличению остаточного напряжения на ключе, однако дает выигрыш в токе управления. Для предотвращения перенасыщения первого транзистора составной структуры в базовую цепь $VT7$ введена нелинейная обратная связь с помощью диодов $VD7$ — $VD9$. Роль источника опорного напряжения играет стабилитрон $VD10$, определяющий напряжение питания $СУ1$. Для предотвращения протекания при запираании ключа больших импульсных токов через $VD10$ параллельно ему включен блокирующий конденсатор $C6$.

При указанных номиналах и типах элементов, токе коллектора 3 А и напряжении $U_{свб} = 550$ В СТК имеет: время рассасывания

* Обозначения основных элементов на рис. 1 соответствуют обозначениям этих элементов на рис. 3.

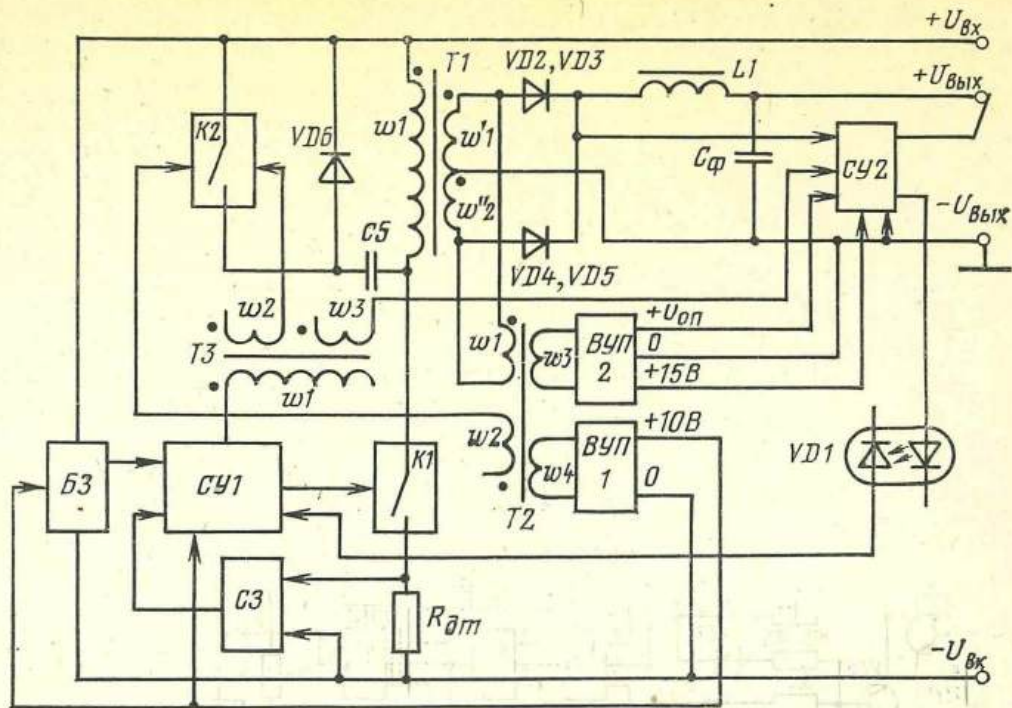


Рис. 1

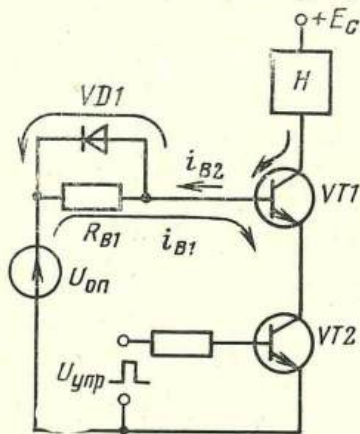


Рис. 2

0,2 мкс; время спада тока 0,15 мкс; остаточное напряжение 3,5 В; суммарный ток управления 30 мА. Следует отметить, что применение составных высоковольтных транзисторов в схеме с общим эмиттером вообще оказалось невозможным из-за неприемлемо большого времени их выключения (5—10 мкс).

Отличие $K2$ от $K1$ состоит в организации управления. Отпирание и запираание $K2$ происходит автоматически, при появлении напряжения соответствующей полярности на вторичной обмотке силового трансформатора. Однако перед включением ключа $K1$ и появлением на обмотке $w2$ трансформатора $T2$ запирающего напряжения ключ $K2$ необходимо принудительно выключить, так как в противном случае будет протекать сквозной ток через одновременно включенные ключи. Предварительное запираание $K2$ производится сигналом от $СУ1$, снимаемым с обмотки $w2$ трансформатора $T3$.

Управление работой $K1$ и $K2$ осуществляется следующим образом. Входящий в состав $СУ1$ задающий генератор $ЗГ$ вырабатывает импуль-

сы, частота которых равна рабочей частоте преобразователя, а их скважность определяет максимальную относительную длительность включенного состояния силового ключа $\gamma_{\text{макс}}$.

Низкий потенциал (двоичный сигнал «0») на выходе $ЗГ$ устанавливает триггер ($DD1.1$ и $DD1.2$) в единичное по отношению к выходу 6 состояние и обеспечивает высокий уровень (двоичный сигнал «1») на выходе элемента $DD1.3$. При этом $K1$ находится в запертом состоянии. Передний фронт импульса дифференцируется цепочкой $R3, C4$ и интегрируется цепочкой $R2, C3$. Продифференцированный импульс усиливается транзистором $VT5$ и через трансформатор $T3$ поступает на $K2$, запирая его. Через промежуток времени, определяемый временем заряда конденсатора $C3$ до напряжения сигнала «1», на выходе элемента $DD1.3$ появляется уровень сигнала «0» и $K1$ открывается.

Резистором $R2$ регулируется задержка включения $K1$ на время выключения $K2$ для предотвращения протекания сквозного тока. При включении основного ключа входное напряжение трансформируется $T1$ и через диоды $VD2 - VD5$ поступает на фильтр $L1, C\phi$. Появляющееся на входе фильтра напряжение управляет источником тока (транзистор $VT4$). Пропорциональный этому напряжению ток, протекая через конденсатор $C1$, формирует линейно изменяющееся напряжение. Разряд конденсатора перед включением $K1$ производится синхронно с выключением $K2$ при отпирании транзистора $VT3$.

Напряжение пилообразной формы с конденсатора $C1$ подается на компаратор $DA2$, инвертирующий вход которого соединен с выходом усилителя рассогласования, выполненном на микросхеме $DA1$. В момент, когда напряжение на $C1$ уменьшится до величины напряжения на выходе усилителя, через светодиод $VD1.1$ оптрона начнет протекать ток. Открывающийся при этом фотодиод $VD1.2$ устанавливает уро-

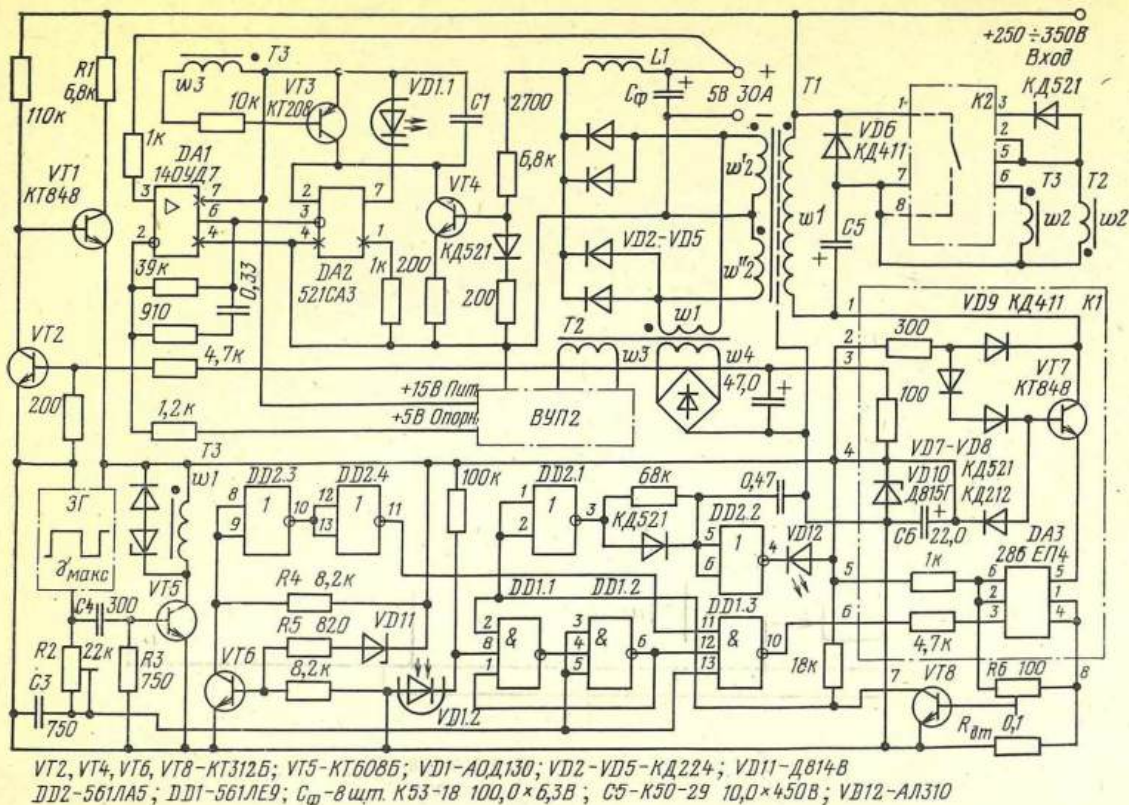


Рис. 3

вень сигнала «0» на входе 8 триггера, и он переходит в нулевое состояние. На выходе элемента *DD1.3* при этом появляется высокий потенциал и ключ *K1* закрывается. Таким образом в данном ИВЭП осуществляется и параметрическая, и компенсационная стабилизация выходного напряжения.

До выхода преобразователя на рабочий режим питание *СУ1* производится непосредственно от сети через резистор *R1* и транзистор *VT1*. После установления рабочего режима напряжение питания *СУ2* и опорное напряжение подаются от устройства *ВУП2*, собранного по простейшей схеме параметрического стабилизатора. Аналогично выполнено устройство *ВУП1*.

Следует отметить, что применение чисто емкостных фильтров в *ВУП1* и *ВУП2* обязательно, так как в этом случае даже при коротком замыкании на выходе ИВЭП обеспечивается необходимая величина напряжений питания *СУ1* и *СУ2*.

Схема защиты ИВЭП от перегрузок реагирует на мгновенное значение тока СТК и работает по принципу, предложенному в [5]. Пороговым и одновременно исполнительным элементом схемы защиты является транзистор *VT8*.

При возрастании тока, протекающего через *K1*, до определенной величины, регулируемой резистором *R6*, транзистор *VT8* отпирается и сбрасывает триггер в нулевое состояние, т. е. до начала следующего такта ключ *K1* остается закрытым. Использование такого алгоритма работы схемы защиты позволяет при перегрузках перевести преобразователь в режим параметрического ограничителя выходного тока и обеспечивает возможность параллельной работы

нескольких подобных блоков питания на общую нагрузку.

Индикация перехода ИВЭП в режим ограничения тока осуществляется схемой на элементах *DD2.1* и *DD2.2* посредством светодиода *VD12*.

Для предотвращения выхода из строя СТК в переходных режимах ИВЭП введена схема защиты от понижения напряжения питания *СУ1*. Схема защиты выполнена на транзисторе *VT6*, стабилитроне *VD11* и элементах *DD2.3* и *DD2.4*. Если напряжение питания меньше минимально допустимой величины (в данном случае 9,5 В), ток по цепи *R5*, *VD11* не протекает и транзистор *VT6* заперт. При этом на входах 8, 9 инвертора *DD2.3* — высокий уровень потенциала, а на выходе его и на входе 13 элемента *DD1.3* — низкий. Ключ *K1* независимо от наличия других управляющих сигналов заперт. После того, как напряжение питания превысит уровень стабилизации *VD11*, отпирается транзистор *VT6* и входы элемента *DD2.3* соединяются с нулевой шиной, а появляющийся на выходе *DD2.3* сигнал «1» разрешает включение силового ключа.

Проблема обеспечения сильной магнитной связи первичной и вторичных обмоток силового трансформатора *T1* при соотношении числа витков $w1/w2 = 48$ решалась с помощью ряда конструктивных мер. На рис. 4 показан вариант конструкции трансформатора, первичная обмотка которого разбита на три секции 1. Каждая из них содержит по 64 витка, намотанных проводом ПЭВ-2-0,75 бескаркасным методом и изолированных фторопластовой лентой. Вторичная обмотка представляет собой четыре объемные двухвитковые секции 2, штам-

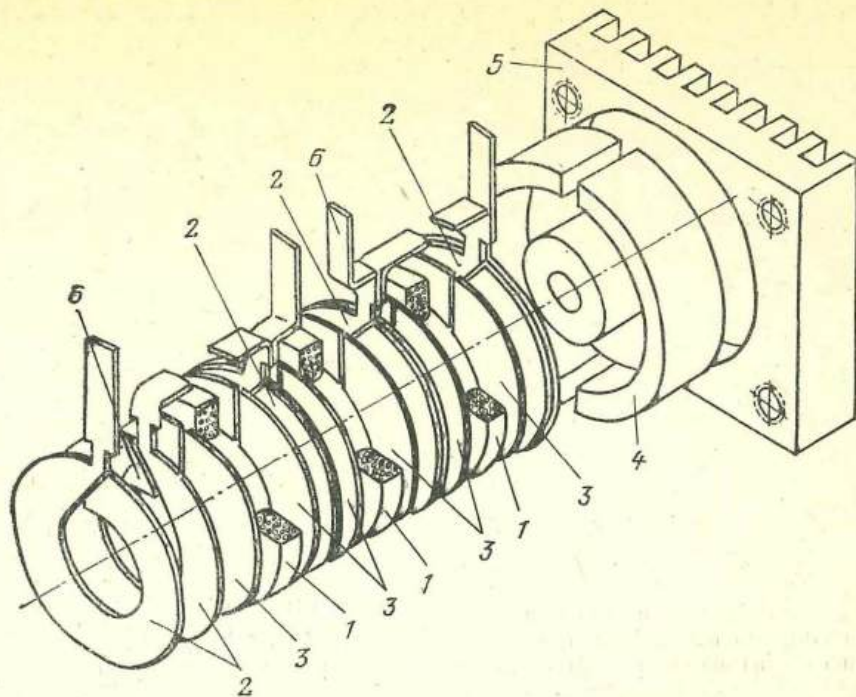


Рис. 4

пованные из листовой меди толщиной 0,5 мм, спаенные между собой в области 6 и изолированные фторопластовой лентой. Секции первичной обмотки размещаются между секциями вторичной, а между ними вкладываются кольцевые пластины 3 из тонкой медной фольги, представляющие собой электростатический экран.

Сердечник 4 трансформатора броневой (типа СБ48) выполнен из феррита марки М2000НМ-1. Снаружи к чашкам сердечника прилегают две теплоотводящие пластины 5 (на рисунке показана одна). Применение такого способа выполнения обмоток трансформатора позволило получить индуктивность рассеяния, составляющую всего 5% общей индуктивности первичной обмотки.

Намоточные данные остальных трансформаторов блока питания: Т2 изготовлен на сердечнике К20×12×6, первичная обмотка содержит 10 витков (провод ПЭЛШО-0,4), обмотки ω_2 , ω_3 и ω_4 — соответственно по 15, 25 и 25 витков того же провода; Т3 выполнен на том же сердечнике, все обмотки содержат по 10 витков (провод ПЭЛШО-0,2). Следует отметить, что для нормальной работы преобразователя экранирование обмотки силового трансформатора обязательно, а первичные обмотки Т2 и Т3 должны иметь как можно меньшую емкостную

связь со вторичными. В противном случае работа СУ1 становится неустойчивой из-за протекания емкостных токов.

Результаты эксперимента. Зависимости, характеризующие энергетические показатели ИВЭП (рис. 5), были сняты для трех вариантов построения выпрямителя: кривая 1 — с применением обычных диодов типа КД213 (по три в каждом плече); 2 — с применением одного диода Шотки (типа КД224); 3 — двух диодов Шотки, включенных параллельно в каждом плече. Анализ кривых показывает, что КПД блока питания во всем рабочем диапазоне токов при номинальном входном напряжении находится в пределах 75—80%, а выигрыш от использования в каждом плече выпрямителя двух диодов Шотки вместо трех обычных составляет от 7 до 10%.

На рис. 6 показаны зависимости выходного напряжения (кривая 1) и его относительной нестабильности (кривая 2) от тока нагрузки. Видно, что в пределах рабочего диапазона токов (5—25 А) относительная нестабильность выходного напряжения $\delta U \leq 1\%$, а выходное сопротивление на рабочем участке — 2,5 мОм. На участке токоограничения (при работе схемы защиты) выходное сопротивление возрастает до 0,5 Ом. Суммарная нестабильность во всем диапазоне входных напряжений составила 2%.

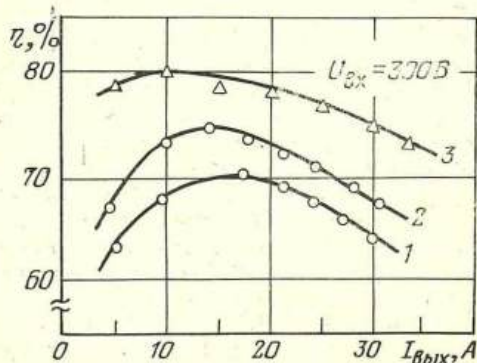


Рис. 5

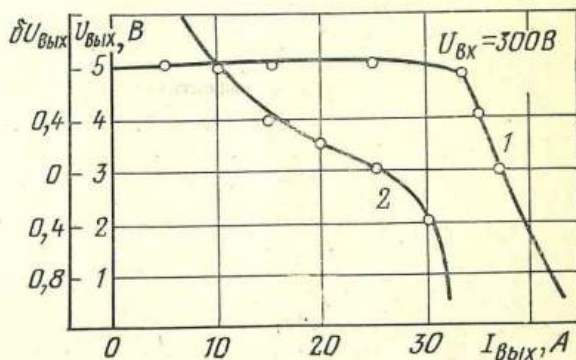


Рис. 6

Пульсации выходного напряжения при частоте коммутации 32 кГц, индуктивности фильтра $LI=100$ мкГн и суммарной емкости фильтра 800 мкФ не превышали 5 мВ при номинальном входном напряжении и возрастали до 20 мВ на краях диапазона стабилизации.

Объем макетного образца ИВЭП вместе с конденсаторами входного фильтра составил 1,1 дм³ (45×120×200 мм).

Заключение. Преобразователь с частичной модуляцией напряжения на входе фильтра в составе сетевого ИВЭП с малым выходным напряжением позволяет получить высокие массогабаритные показатели и высокую стабильность.

Применение в преобразователе ключей с эмиттерным управлением обеспечивает малые коммутационные потери даже при использовании инерционных высоковольтных транзисторов, таких как КТ838, КТ839, в том числе и составных, типа КТ848; кроме того, отпадает необходимость в цепях формирования траектории рабочей точки СТК.

Проблема обеспечения большого соотношения числа витков при сильной магнитной связи в силовом трансформаторе может быть решена

путем секционирования обмоток и применения вторичной обмотки, состоящей из объемных витков, один из размеров которых равен одному из размеров окна сердечника.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. № 892614 (СССР). Однотактный регулятор постоянного напряжения/Поликарпов А. Г., Сергиенко Е. Ф.
2. Антонов И. М., Поликарпов А. Г., Сергиенко Е. Ф. Однотактный преобразователь постоянного напряжения. — Электросвязь, 1982, № 7.
3. Blackburn D. L. and all. Some effects of base current on transistor switching and reverse-bias second breakdown. — IEDM Technical Digests, 1978.
4. Голиков В. Ю., Сибиченков В. Ф. Ключевая схема для сетевых источников электропитания. — Научные труды МЭИ, 1977, вып. 329.
5. А. с. № 886136 (СССР). Устройство для защиты переключающего транзистора/Бузыкн С. Г.

Статья поступила 3 декабря 1984 г.

В НТС Минсвязи СССР

ТЕЛЕВИДЕНИЕ В ДВЕНАДЦАТОЙ ПЯТИЛЕТКЕ

В конце мая 1985 г. состоялось заседание Научно-технического совета Министерства связи СССР, посвященное развитию телевидения в двенадцатой пятилетке. В свете Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР о развитии в 1984—1990 годах материально-технической базы телевизионного вещания в стране были обсуждены доклады о задачах развития передающей телевизионной сети, об основных направлениях научных исследований и разработок в области ТВ, о методике расчета охвата населения страны ТВ вещанием, об обеспечении высокого качества распределяемых в кабельном телевидении программ в Москве и крупных городах страны путем использования в звене телецентр — опорные станции системы кабельного ТВ (СКТВ) радиорелейной аппаратуры. В обсуждении участвовали специалисты НИИР, Минсвязи СССР и РСФСР, МЭИС, МВКС, ГСПИ.

НТС отметил следующее. В соответствии с решениями XXVI съезда КПСС в стране проводилась работа по развитию передающей телевизионной сети. Программы Центрального телевидения принимает около 92% населения (из них 80% сельского); в зоне действия двухпрограммных (и более) передающих ТВ станций и ретрансляторов проживает более 76% населения (в том числе 55% сельского).

ТВ вещанием охвачены практически все районы с высокой плотностью населения. Дальнейший прирост охвата будет происходить в основном за счет организации вещания в отдельных населенных пунктах районов с низкой и средней плотностью населения. В этих условиях наибольшей эффективностью обладают передающие ТВ станции малой мощности в сочетании с приемниками спутниковых ТВ систем. Эксплуатируемые в настоящее время спутниковые системы «Экран» и «Москва» с простыми приемными станциями, общее количество которых приближается к 4000, позволяют эффективно развивать сеть первой общесоюзной программы на всей территории страны.

Проводятся работы по модернизации устаревших типов мощных ТВ станций и ретрансляторов, находящихся в эксплуатации. Выполнен комплекс работ по созданию автоматизированных систем контроля и измерений ТВ каналов. Созданы предпосылки организации зональных сетей с централизованным управлением и контролем.

НТС одобрил направления развития передающей телевизионной сети, а также научных исследований в области ТВ вещания.

Основные задачи сегодня — рост количества приемных станций «Экран» и «Москва» в сочетании с ТВ ретрансляторами, а также строительство и модернизация мощных передающих ТВ станций. Рекомендовано разработать новую спутниковую систему с целью интенсификации развития второй и третьей общесоюзных программ, а также программ республиканского и местного значения, особенно в сельской местности; совершенствовать телевизионную технику с целью дальнейшего повышения ее надежности, улучшения качественных показателей оборудования, сокращения трудовых и энергетических затрат, а также методы эксплуатации технических средств передающей ТВ сети и нормирования качественных показателей ТВ каналов; разработать новые принципы построения междугородных телевизионных аппаратных и соответствующих комплексов аппаратуры, в том числе для зональных сетей; автоматизированные системы контроля ТВ каналов наземных и спутниковых линий связи; методы расчета с помощью ЭВМ показателей охвата населения страны ТВ вещанием и составления программ оптимизации развития ТВ сети; определить критерии оценки качества работы передающей ТВ сети; рассмотреть возможности передачи по ТВ каналам линий связи сигналов стереозвукового сопровождения ТВ и дополнительной цифровой информации (типа «Телетекст»); проработать вопросы, связанные с перспективной системой ТВ высокой четкости и другими методами повышения качества ТВ изображений; исследовать качество принимаемых ТВ сигналов в условиях большого города и обосновать технические характеристики системы передачи программ на опорные станции СКТВ с использованием РРЛ.

Министерствам связи союзных республик и ПТУС РСФСР рекомендовано использовать предложенную методику расчета охвата населения телевизионным вещанием при составлении показателей развития ТВ сети на последующие годы, а при выборе мест установки новых передающих станций и ретрансляторов производить оценку эффективности их строительства по приросту охвата населения телевизионным вещанием.



УДК 621.395:621.315.212.654.01

А. А. Рождественский

РЕКОМЕНДАЦИИ МККТТ ПО ОБЩИМ ПРИНЦИПАМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В течение исследовательского периода 1981—1984 гг. МККТТ подготовил около 30 новых рекомендаций серии М по вопросам технической эксплуатации. Они посвящены нормированию электрических параметров международных арендованных каналов, трактов передачи цифровых и аналоговых систем передачи, каналов передачи данных с различной скоростью, принципам нумерации цифровых каналов и трактов, организации технической эксплуатации (ТЭ) каналов, трактов и сетей электросвязи.

В статье приведен обзор и дан анализ трех новых рекомендаций, посвященных общим принципам технической эксплуатации: М.20 «Философия технической эксплуатации аналоговых, цифровых и смешанных сетей»; М.22 «Принципы использования аварийной сигнализации для технической эксплуатации международных систем передачи и оборудования»; М.24 «Принципы использования информации технической эксплуатации для наблюдения за параметрами международных систем передачи и оборудования». Рекомендации опубликованы в [1], а их проекты — в [2].

Рекомендация М.20 «Философия технической эксплуатации аналоговых, цифровых и смешанных сетей».

Основная цель ТЭ сетей — минимизация аварийных ситуаций, а в случае возникновения аварии — определение персонала, которому необходимо быть в нужном месте с нужным инструментом для проведения в надлежащее время необходимых ремонтных работ.

Предусмотрены три метода обслуживания: профилактический — обслуживание производится через заранее установленные интервалы времени, с целью уменьшения вероятности аварии или ухудшения качества работы объекта (канала, тракта, оборудования); корректирующий — обслуживание производится после возникновения аварии и направлено на восстановление требуемых параметров качества объекта; контрольный — обеспечивает требуемое качество связи средствами систематических централизованных проверок для сокращения профилактических и восстановительных работ.

Преимущество контрольного метода обслуживания заключается в том, что ТЭ направлена на достижение ощутимого улучшения обслуживания абонентов. Технические средства контроля, используемые при этом методе, могут обес-

печить сбор статистических данных, упрощающих обнаружение скрытых неисправностей путем статистического анализа.

Чем меньшая часть сети поражена аварией, тем трудней и (или) с меньшим экономическим эффектом авария может быть обнаружена с использованием технических средств контрольного метода. В этих случаях могут применяться технические средства корректирующего и (или) профилактического метода.

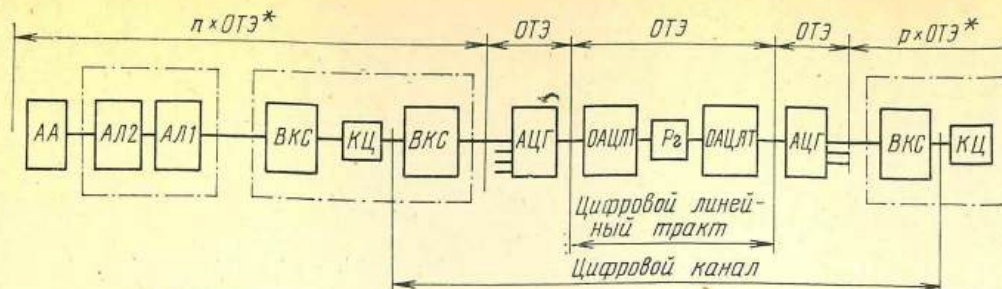
Контрольный метод легче применять при обслуживании цифровых сетей, так как благодаря технологическим усовершенствованиям устройства контроля могут быть введены в цифровое оборудование систем передачи или коммутации; аналоговая же аппаратура зачастую требует дополнительных внешних устройств.

При проектировании ТЭ сети должны учитываться следующие основные данные: показатели надежности; технические характеристики; экономические показатели. Кроме того, следует учитывать дополнительные требования: достижение минимальной общей стоимости ТЭ сети при заданном уровне качества обслуживания (например, путем централизации технического обслуживания); одинаковые принципы ТЭ должны применяться к коммутационным станциям, аппаратуре передачи данных и др.

При планировании ТЭ должны учитываться следующие виды затрат: капитальные; эксплуатационные, связанные с санкциями при нарушении трафика; амортизационные отчисления.

Новая технология ТЭ предоставляет возможность снижения затрат не только для отдельных коммутационных станций, но и для всей сети, например, путем использования общей элементной базы как для систем передачи, так и для систем коммутации.

Одним из основных понятий в ТЭ является объект технической эксплуатации — ОТЭ (англ. maintenance entity — ME). ОТЭ представляет собой совокупность элементов оборудования электросвязи, заключенных между двумя смежными точками стыка (интерфейса), т. е. точками нормируемых относительно уровня передачи и входного сопротивления. В интегральной цифровой сети, например, такие точки могут быть на стойках коммутации и переключения. Выбор ОТЭ должен производиться с учетом организации ТЭ Администрацией связи (см. рекомендации М.710, М.715 — М.725 [1]). Не-



сколько ОТЭ могут группироваться в зависимости от принципов построения аппаратуры и ТЭ или подразделяться на подобъекты ТЭ.

Примеры выбора ОТЭ представлены на рисунке, где АА — абонентский аппарат; АЛ2, АЛ1 — аппаратура абонентской линии; ВКС — выходы коммутационной станции; КЦ — коммутатор цифровой; АЦГ — аппаратура цифрового группообразования; ОАЦЛТ — оконечная аппаратура цифрового линейного тракта; P2 — регенератор на два направления.

На рисунке показано, что первый и последний ОТЭ могут подразделяться на несколько подобъектов технической эксплуатации. Вопрос о количестве участков, на которые может быть разбит ОТЭ, будет изучаться в исследовательском периоде 1985—1988 гг. Типичным примером является линейный тракт, содержащий оконечное линейное оборудование, усилители и кабельные участки. Следует отметить, что на сети связи СССР принятое понятие «контролируемый объект» (КО) [3] часто не совпадает с определением МККТТ, так же, впрочем, как МККТТ не подразделяет сеть на первичную и вторичную.

При определении границ ОТЭ следует учитывать следующие принципы. При возникновении неисправности на сети желательно, чтобы аварийный сигнал выдавался в неисправном ОТЭ, если это практически не выполнимо, аварийный сигнал должен выдаваться в ближайшем ОТЭ, где это возможно, аварийный сигнал неисправного ОТЭ не должен вызывать выдачу аварийных сигналов в смежных ОТЭ, в случаях, если этого не сделано, следует ясно указать, что неисправность произошла «выше по течению».

Выполнение этих двух принципов обеспечивает привлечение к работе только необходимого персонала и исключает ненужные действия персонала.

Неисправности ОТЭ могут классифицироваться по их важности и последствиям: неисправности, вызвавшие полное прекращение одного или нескольких видов связи одного или нескольких абонентов; неисправности, вызвавшие ухудшение качества передачи одного или нескольких видов связи одного или нескольких абонентов; неисправности, понижающие показатели надежности оборудования и (или) сети, но не оказывающие влияния на качество передачи сигналов.

Если качество передачи контролируется встроенными в аппаратуру средствами, то аварийные сигналы выдаются автоматически или по запросу через специальный интерфейс аварийной сигнализации. Параметры интерфейса подлежат изучению. Аварийные сигналы клас-

сифицируются следующим образом: срочный аварийный (СА), выдаваемый с целью побудить обслуживающий персонал к действиям по выводу неисправного ОТЭ из эксплуатации, восстановлению требуемого качества связи и ремонту неисправного ОТЭ; замедленный аварийный (ЗА), не требующий от обслуживающего персонала немедленных действий, выдаваемый, например, при незначительном снижении качества передачи, не требующем вывода ОТЭ из эксплуатации, или при автоматическом подключении резервного оборудования для восстановления связи; эксплуатационная информация (ЭИ), выдается при неисправностях ОТЭ, не влияющих на качество передачи и не требующих немедленных действий обслуживающего персонала.

Чтобы избежать ненужных действий обслуживающего персонала, ОТЭ, смежные с неисправным, должны получить соответствующую информацию.

Рекомендация М.22 «Принципы использования аварийной сигнализации для технической эксплуатации международных систем передачи и оборудования».

Рассматриваются принципы использования сигналов, указанных в рекомендации М.20, а именно: СА; ЗА; ЭИ.

С целью локализации неисправности аварийная информация может отображаться: непосредственно на оборудовании (стойке); на месте (местная) — в том же здании, где находится оборудование; дистанционно — в здании, в котором размещается контролируемое оборудование.

Стоечная и местная сигнализации используются местным эксплуатационным персоналом. Дистанционное отображение используется либо в периоды, когда здание не обслуживается (персонал в нем отсутствует), либо для получения более широких возможностей обслуживания возможно большего числа систем из одного пункта (централизация обслуживания).

Выбор между местным и дистанционным отображением зависит от ряда факторов, включая метод ТЭ, ожидаемый поток отказов, фактическую разнесенность оборудования.

Действия эксплуатационного персонала должны быть направлены только на неисправный ОТЭ. Поэтому следует исключить нежелательные аварийные сигналы (и, следовательно, ненужную деятельность персонала) от исправных ОТЭ. Соответственно ОТЭ, находящиеся «ниже по течению» от неисправного, должны иметь средства распознавания, что неисправность произошла «выше по течению». Например, в цифровых системах передачи это может обеспечиваться использованием следующих сигналов:

фиксации аварии (ФА), связанного со срочным аварийным сигналом (см. рекомендацию М.20) неисправного ОТЭ и передаваемого в пораженную часть тракта передачи (направление «вниз по течению»); пропадание связи (ПС), выдаваемого в ОТЭ, в котором сигналы данного вида связи вводятся и (или) выводятся, и указывающего, что данный вид связи более не осуществляется; неисправности «выше по течению» (НВТ), указывающего, что сигнал, принимаемый данным ОТЭ, искажен, и, следовательно, нет необходимости в каких-либо действиях персонала данного ОТЭ.

Устройства станционной аварийной сигнализации строятся на использованных акустических и (или) оптических систем, указывающих персоналу местоположения неисправного оборудования. Основной принцип при этом следующий: индикаторы аварийной сигнализации должны обеспечивать персоналу возможность обнаружить и локализовать неисправность своевременно и в соответствии с установленными приоритетами. В частности, необходимо уметь четко различать сигналы СА и ЗА от сигналов ЭИ (см. рекомендацию М.20), которые появляются по запросу персонала или индицируются постоянно. Как правило, неисправности оборудования должны обнаруживаться с помощью непрерывного (или почти непрерывного) автоматического контроля. Циклический контроль может быть признан почти непрерывным.

Индикаторы ЭИ используются как вспомогательное средство при локализации неисправностей, а также как устройства подтверждения неисправности или ее устранения при дистанционных работах (дистанционный контроль или переключение трактов) при ручном управлении. Критерии срабатывания сигнализации должны, как правило, базироваться на нормах, предъявляемых к ОТЭ, которые опираются на электрические параметры систем передачи.

Для решения вопроса о необходимости выезда ремонтной бригады, дистанционные индикаторы должны содержать информацию: об указании неисправной системы передачи или оборудования и характере неисправности; о прекращении определенных видов связи, о серьезности случившейся неисправности.

Для передачи аварийной информации от контролируемого оборудования к аппаратуре контроля существуют два типа стыков (интерфейсов): раздельный, параллельный ввод; последовательный ввод. При параллельном вводе сбора данных и управления используются раздельные провода для осуществления каждой функции; при последовательном вводе — одна единственная пара проводов для последовательного (во времени) опроса точек контроля. Последний метод используется чаще, особенно с введением в оборудование микропроцессоров.

Запись об аварии содержит: заголовок (наименование ОТЭ, дата, время и т. д.); указание на тип аварийного сигнала (СА, ЗА, ЭИ); описание неисправности (причина, местоположение неисправного ОТЭ и др.); указания на последствия неисправности для сети; автоматические действия аппаратуры сети (внутренние переключения, действия вторичных сетей).

Чтобы удовлетворить требованиям высокой надежности или эксплуатационным критериям,

системы передачи могут иметь «горячий резерв». Такое оборудование имеет следующие возможности: автоматическое переключение передачи с поврежденного рабочего оборудования на действующее резервное оборудование; автоматическое переключение передачи с целью устранения ухудшения качества, например, при федингах на РРЛ; дистанционно управляемое переключение передачи с рабочего на резервное оборудование и обратно.

Рекомендация М.24 «Принципы использования информации технической эксплуатации для наблюдения за параметрами международных систем передачи и оборудования».

Необходимость наблюдения за параметрами передачи может возникнуть, например при ухудшении качества, постепенно прогрессирующем вплоть до полного отказа. Процесс ухудшения качества длится дни, недели и даже месяцы, а во многих случаях и не приводит к полному отказу, а постоянно вызывает ошибки в передаче информации.

Сбор данных о наблюдениях проводится на месте (в том же здании, где установлено контролируемое оборудование) или дистанционно (см. рекомендации М.20 и М.22).

Контроль параметров ОТЭ производится: при периодических профилактиках систем передачи и оборудования; по требованию персонала; по результатам срабатывания замедленной аварийной сигнализации (см. рекомендации М.20 и М.22) при выходе параметра за определенные пределы.

Основные критерии выбора данных для наблюдения следующие: характер их последующего использования (т. е. предупреждение отказов, устранение перемежающихся отказов, перерывов, помех, набор данных для проектирования новых систем передачи); количество данных, параметров и их анализ должны быть по возможности минимальными; данные должны быть в форме, позволяющей сравнивать характеристики систем передачи и оборудования; для каждого параметра важно выбрать подходящий временной интервал измерения.

Желательно, чтобы фиксировались только результаты, превышающие определенные пороговые значения.

Заключение. Рассмотренные выше три новые рекомендации МККТТ М.20, М.22 и М.24 дают общий подход и методические указания по технической эксплуатации, которые могут быть полезными при разработке автоматизированной системы оперативно-технического обслуживания (АСОТО), а также инструкций и правил ТЭ. Следует отметить, что многие принципы, изложенные в упомянутых рекомендациях МККТТ, широко применяются в эксплуатационной практике на сети электросвязи и заложены в нормативно-технической документации, например, в правилах технической эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации МККТТ. Красная книга, т. IV, вып. IV.I (англ., франц., исп.).
2. МККТТ. VIII Пленарная Ассамблея, 1984 г. Док. № 17 (англ., франц., исп.).
3. Бондаренко В. Г. Основные положения автоматизированной системы оперативно-технического обслуживания. — Электросвязь, 1984, № 2.

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

МАГАЗИН № 55 «ЛЕНКНИГА»

— опорный пункт издательства «Радио и связь» [197198 Ленинград, П. С., Большой пр., д. 34] предлагает книги, имеющиеся в наличии:

БЕРЕЗИН А. С., МОЧАЛКИНА О. Р. ТЕХНОЛОГИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ: Учеб. пособие для вузов. — М.: Радио и связь, 1983. — 232 с. В пер.: 80 к., тираж 45 000 экз.

Рассмотрены основные вопросы технологии и конструирования интегральных микросхем, описаны процессы планарной технологии полупроводниковых ИС, технологические процессы производства пленочных ИС, методы проектирования элементной базы и конструирования ИС в целом, конструктивно-технологические особенности БИС.

Для студентов радиотехнических и радиофизических специальностей вузов. Может быть полезна широкому кругу специалистов, занимающихся созданием интегральных микросхем и радиоэлектронной аппаратуры на их основе.

ШТЕРНОВ А. А. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ РЭА И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ: Учебник для вузов. — М.: Радио и связь, 1981.—248 с. 75 к., тираж 25 000 экз.

Изложены основы процессов, определяющих принципы работы радио- и микроэлектронной аппаратуры. Подробно рассмотрено строение твердых тел, их электрофизические свойства; контактные, поверхностные, акустические и оптические явления; фазовые превращения, явления в тонких пленках.

Учебник предназначен для студентов специальности «Конструирование и производство радиоаппаратуры». Будет полезен студентам смежных специальностей и широкому кругу специалистов радиопромышленности.

КАРАХАНЫ Э. Р. ДИНАМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭВМ СО СТРУКТУРОЙ МДП. — М.: Сов. радио, 1979. — 256 с. В пер.: 85 к., тираж 7500 экз.

Книга посвящена цифровым элементам со структурой металл — диэлектрик — полупроводник (МДП), выполняющим простейшие преобразования информации: запоминание, сдвиг во времени, инверсию.

Приведены сведения по теории МДП-транзисторов и приборов, работающих по принципу поверхностного переноса заряда. Анализируются типовые схемы элементов, их электрические и конструктивно-технологические характеристики. Дается методика расчета, которая иллюстрируется примерами. Рассмотрены области применения динамических элементов с МДП-структурой: логические цепи, сдвиговые регистры, ЗУ с последовательной и произвольной выборкой.

Книга предназначена для инженеров, работающих в области проектирования и применения цифровых интегральных схем, а также для студентов вузов.

КАЦ А. М., ИЛЬИНА Е. М., МАНЬКИН И. А. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В СВЧ ПРИБОРАХ 0-ТИПА С ДЛИТЕЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ. — М.: Сов. радио, 1975. — 296 с. 1 р. 71 к., тираж 4000 экз.

Излагается нелинейная теория электронных СВЧ приборов 0-типа с длительным взаимодействием. Описываются энергетические и фазовые характеристики ЛЭВ и ЛОВ в режиме большого сигнала. Рассматриваются методы повышения КПД. Развивается теория многочастотного режима приборов 0-типа, на основе которой исследованы умножение и преобразование частоты, а также возбуждение паразитных колебаний в ЛЭВ. Анализируется влияние отражений на характеристики ЛЭВ и ЛОВ в нелинейном режиме. Исследуется влияние распределения ВЧ поля по поперечному сечению пучка на основные характеристики ЛЭВ и ЛОВ. Рассматривается двумерная нелинейная теория приборов 0-типа, низкочастотные нестабильности в ЛЭВ. Основные теоретические выводы проверены экспериментально.

Монография рассчитана на инженеров и научных работников, специализирующихся в области электроники СВЧ, а также на преподавателей и студентов вузов.

Главный редактор А. С. ЮЗЖАЛИН

А. А. АЛЕШИН, С. В. БОРОДИЧ, А. М. ВАРБАНСКИЙ, В. Г. БУРЯК, В. И. ГЛИНКА, И. И. ГРОДНЕВ, Г. Б. ДАВЫДОВ, И. Е. ЕФИМОВ, Э. В. ЗЕЛЯХ, Л. Т. КИМ, В. Д. КУЗНЕЦОВ, В. А. КУЗЬМИН, К. П. МЕЛЬНИКОВ, В. Н. ПЕТРОВСКИЙ, И. С. СВЕРДЛОВА (зам. главного редактора), В. И. СИФОРОВ, М. А. ФОМЕНКО, А. Д. ФОРТУШЕНКО, В. А. ШАМШИН, В. В. ШАХГИЛЬДЯН, В. О. ШВАРЦМАН, Н. И. ЧИСТЯКОВ

Ведущий редактор В. И. Глебова

Технический редактор А. Н. Золотарева

Сдано в набор 29.08.85
Формат 70x108^{1/16}
Усл. печ. л. 5.6
Тираж 7921 экз.

Подписано в печать 29.10.85
Бумага кн.-журнальная № 1
Усл. кр.-отт. 6.125
Изд. № 21472

Заказ 383

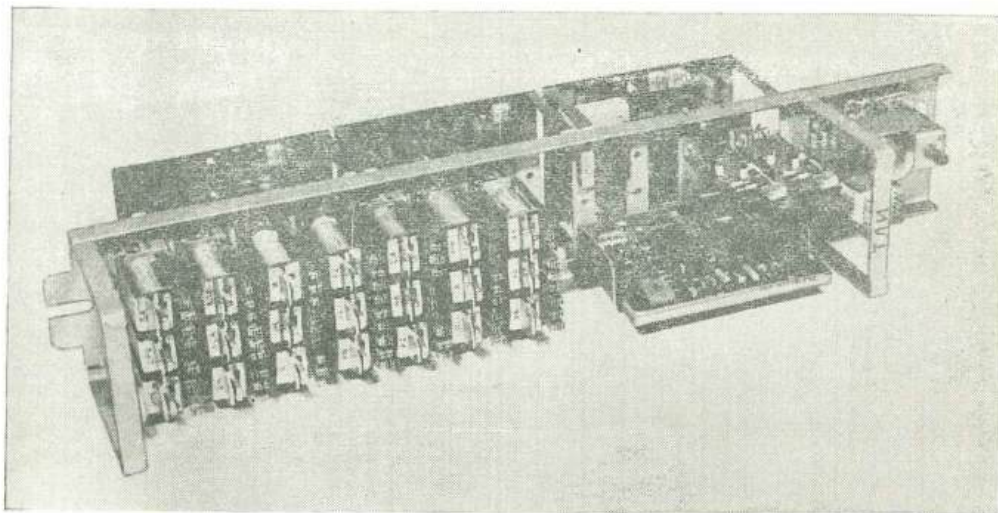
Т-20242
Печать высокая
Уч.-пзд. л. 8.20
Цена 70 к.

Адрес редакции: 103031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 20/6, тел. 925-84-36, 221-09-13

Подольский филиал Производственного объединения «Периодика» Союзполиграфпрома Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

АППАРАТУРА ЛИНЕЙНЫХ ТРАНСЛЯТОРОВ ЛТР-50/200М



Аппаратура линейных трансляторов ЛТР-50/200М предназначена для организации связи между телефонными станциями АТСК-50/200М и станциями АТСКУ, АТСК-100/2000, «Исток» по каналам систем передачи без выделенного сигнального канала (ВСК). Связь со станциями «Исток» организуется с помощью комплектов соединительных линий, входящих в состав станции и унифицированных по сигналам взаимодействия с трансляторами аппаратуры ЛТР-50/200М, а со станциями АТСК-100/2000 и АТСКУ — с помощью аппаратуры ЛТР-100/2000. Сигналы взаимодействия и управления передаются в спектре канала ТЧ на частоте 2600 Гц.

Аппаратура состоит из исходящего (ТЛИ) (рис. 1) и входящего (ТЛВ) (рис. 2) трансляторов. Транслятор ТЛИ предназначен для организации односторонних исходящих связей по соединительным линиям (СЛ) и заказным СЛ (ЗСЛ), транслятор ТЛВ — для организации односторонних входящих связей по СЛ и междугородным СЛ (СЛМ).

Оба транслятора включаются вместо комплектов реле соединительных линий РСЛО-ВЧ

станции АТСК-50/200М. Включение трансляторов в канал ТЧ производится в точках с относительными уровнями минус 13 дБ на передаче и плюс 4 дБ на приеме.

Конструктивно трансляторы ТЛИ и ТЛВ выполнены на трехрядных релейных платах, обеспечивающих возможность их установки на стative станции АТСК-50/200М вместо комплектов РСЛ.

Габаритные размеры трансляторов — 114××650×200 мм. Масса транслятора: ТЛИ — 6,7 кг, ТЛВ — 7 кг.

Электропитание аппаратуры осуществляется от источника постоянного тока напряжением 54...72 В с заземленным плюсом. Потребляемый ток не превышает 0,5 А и для ТЛИ и для ТЛВ.

Основные функциональные устройства выполнены с использованием реле РПН, реле РЭС-51, микросхем серии К157 и полупроводниковых приборов.

Аппаратура разработана Свердловским филиалом ЦКБ совместно с Рижским отделением ЦНИИС. Серийное производство начнется в 1966 г.

А. Я. Клубаков

