

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ВОЛС ФРАГМЕНТА сети связи

Э.Логин, к.т.н., доцент кафедры "Электрическая связь"
ПГУПС императора Александра I / elinabeneta@yandex.ru,

С.Довгий, ведущий инженер АО НПП "КОМЕТЕХ" /
dss1307@mail.ru,

Н.Сторожук, к.т.н., доцент кафедры защищенных систем связи
СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича / snl@kometeh.ru

УДК 004.7, DOI: 10.22184/2070-8963.2022.102.2.50.56

Предлагается алгоритм процесса моделирования для оптимального формирования дополнительных маршрутов резервирования сети связи, позволяющего обеспечить резервное соединение узлов в случае повреждения участка ВОЛС. Результатом моделирования является формирование множества вариантов решения по резервированию ВОЛС на тех участках, где надежность сети связи не удовлетворяет требуемым значениям, а также оценка характеристик всего фрагмента сети связи и его отдельных элементов.

ВВЕДЕНИЕ

Сети связи предназначены для транспортировки сообщений в виде электрических сигналов от источника сообщений к получателю и представляют собой совокупность узлов и линий между ними. Для реализации услуг связи недостаточно иметь оптимально построенные сети и соответствующее оборудование. Необходимо также создать вспомогательные структуры, которые обеспечили бы ее устойчивое функционирование в течение всего срока существования независимо от длительности срока службы аппаратуры и внешних дестабилизирующих воздействий. К таким надстройкам относятся системы технической эксплуатации, в составе которых должна быть в том числе и подсистема резервирования,

обеспечивающая достижение требуемых показателей надежности.

Согласно Федеральному закону "О связи" от 7 июля 2003 года № 126-ФЗ Единая сеть электросвязи Российской Федерации состоит из расположенных на территории страны сетей электросвязи следующих категорий:

- сеть связи общего пользования (ССОП);
- выделенные сети связи;
- технологические сети связи, присоединенные к сети связи общего пользования;
- сети связи специального назначения и другие сети связи для передачи информации при помощи электромагнитных систем (СССН) [1].

Ввиду территориальной фрагментированности СССР их владельцы вынуждены обращаться

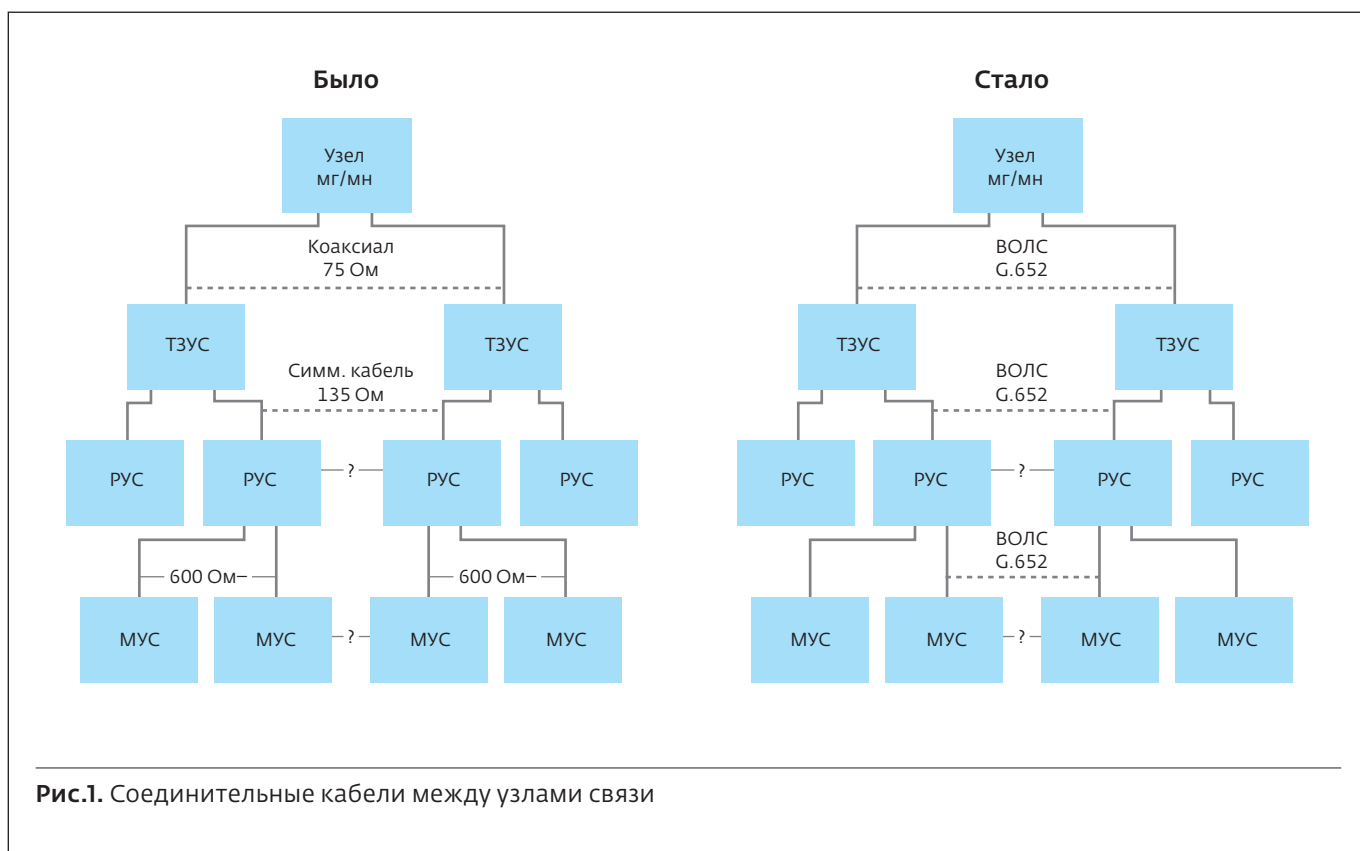


Рис.1. Соединительные кабели между узлами связи

к ресурсам ССОП для выполнения своих задач. Так как ССОП предназначена для оказания услуг связи в мирное время, то такие сети не соответствуют требованиям по живучести и устойчивости. ССОП не устойчива к воздействию оружия.

Исходя из вышеизложенного, функционирование ССОП в угрожаемый и особый периоды находится под вопросом. Одна из необходимых мер на такой случай – применение на этой сети резервирования.

Резервирование осуществляется путем предоставления обходных путей, организуемых по географически разнесенным трассам, или замены на тракты/каналы, организуемые в тех же линиях передачи (в случае отказов в оборудовании, не являющемся общим для всей линии передачи). Для переключения каналов и трактов должна использоваться аппаратура автоматического переключения. Одним из вариантов может служить применение фотонного коммутатора, обеспечивающего коммутацию оптических потоков вне зависимости от типа передаваемого трафика (DWDM, CWDM, GPON, GE, 10GE, STM и т.д.) за время, не превышающее 5 мс.

При проектировании системы резервирования в качестве требуемых показателей надежности

служб (услуг) электросвязи используются: коэффициент готовности, время предоставления резерва и вероятность предоставления резерва в заданное время [2].

В качестве временной нормы на показатели надежности служб электросвязи при автоматическом способе резервирования предлагаются следующие показатели:

- коэффициент готовности: не менее 0,999;
- время предоставления резерва: не более 10 с.

Пунктами, в которых рекомендуется производить переключение, являются:

- транспортная сеть связи;
- сетевые узлы транспортной сети;
- сети доступа.

Сети связи большинства российских операторов построены по радиально-узловому принципу: магистрали проложены между центрами субъектов Федерации, от которых линии связи идут к районным центрам, а уже от последних – к центрам муниципальных образований. Такой принцип прокладки линий связи был продиктован раньше тем, что на разных участках сети использовались различные типы медножильных кабелей, по которым передавались разные по форме сигналы. При реконструкции с заменой

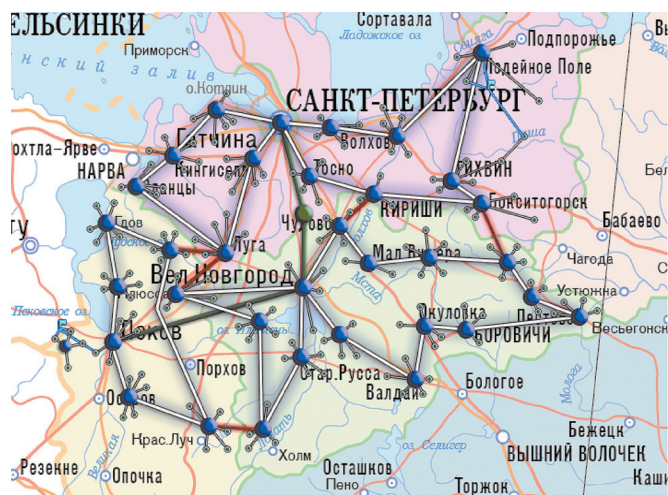


Рис.2. Дополнительные линии связи для организации резервных маршрутов

этих кабелей на оптические в большинстве случаев повторялась существующая топология сети, но теперь на всех участках проложен уже одинаковый с точки зрения параметров передачи кабель (рис.1).

При повреждении линий связи построение обходного маршрута далеко не всегда возможно, так как на удаленных узлах сети отсутствует резервирование волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), что приводит к низкой доступности отдельных узлов в случае физического разрыва оптических волокон в вследствие внешнего воздействия.

Учитывая то, что на всей сети используется одинаковый кабель, можно получить дополнительные маршруты для резервирования путем прокладки дополнительных линий связи между близкорасположенными узлами соседних субъектов Федерации. Такой пример представлен на рис.2, дополнительные линии связи показаны красным цветом.

Целью данной статьи является разработка алгоритма перспективного процесса моделирования для оптимального формирования дополнительных маршрутов резервирования сети связи, позволяющего обеспечить резервное соединение узлов в случае повреждения участка ВОЛС. Для этого используется метод Монте-Карло, позволяющий проводить вероятностные экспертные оценки с любым необходимым количеством выборки. Также для создания модели и ее реализации используются методы дискретно-событийного и имитационного моделирования с применением больших вычислительных

операций на множестве элементов системы, где под системой понимается некоторый фрагмент сети связи и его структура резервирования ВОЛС. Предлагаемая модель, реализация которой возможна с применением разработанного алгоритма, необходима для решения задачи, связанной с определением/заданием/формированием всех возможных маршрутов в моделируемом фрагменте сети связи по принципу "точка-точка" и с учетом существующей топологии резервирования типа "кольцо"; формирование множества новых вариантов резервирования участков фрагмента сети связи и выбор из полученного множества тех, которые удовлетворяют критериям доступности и надежности сервиса и наименьшей протяженности перспективного (вновь построенного) участка резервирования ВОЛС.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ

Создание перспективной модели резервирования, результаты которой могут быть получены посредством реализации разработанного и представленного в данной работе алгоритма, включает ряд этапов. На рис.3 представлена структурно-логическая схема формирования модели в среде моделирования AnyLogic (AL). Так как основными элементами, состояние которых будет отражать надежность сети волоконно-оптической связи, являются узлы связи (представляющие собой комплекс приемо-передающего оборудования и устройств связи) и непосредственно ВОЛС, в модели AL эти элементы классифицированы соответствующим образом. Категориям узлов и линий связи в модели будут соответствовать популяции агентов, отражающих множество их параметров в информационном пространстве. На втором этапе формирования модели предусмотрено задание ограничений и допущений для эксперимента(ов) в AL посредством создания множества параметров, некоторые из которых перечислены на рис.3.

Для создания информационной структуры моделируемого фрагмента сети волоконно-оптической связи, которая полностью будет соответствовать физической структуре сети, в AL существует набор элементов (блоков). С помощью этих блоков задаются свойства пространства, которое в свою очередь отражает процессы сети связи. Также в общую структуру формирования модели включен этап, когда модель дополняется элементами, параметрами, что позволяет расширить возможности и функционал эксперимента(ов) модели.



Рис.3. Структурно-логическая схема формирования модели резервирования в среде AnyLogic

С помощью диаграмм действий и диаграмм состояний для всех типов агентов формируется сценарий и правила поведения популяций агентов. Эти сценарии и правила соответствуют отдельным процессам, происходящим в сети связи (например, оценка параметров качества QoS или надежности).

Этап 6 схемы формирования модели резервирования предусматривает ввод всех данных модели (от численных значений до загрузки в модель статистических данных). Последние два этапа предусматривают сбор, хранение, обработку, анализ и оценку результатов эксперимента(ов) реализованной модели. Эти процессы частично выполняются в автоматизированном режиме с использованием средств и функций AL. А весь процесс реализации схемы, представленной на рис.3, в среде AL предусматривает использование языка программирования Java. Поэтому этап 7 требует отдельных технических ресурсов.

ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА МОДЕЛИРОВАНИЯ

Предположим, что существует множество узлов фрагмента сети связи (рис.4) $A=\{A_1...A_{29}\}$, резервные маршруты между которыми организуются по принципу "кольцо", где опорные узлы (A_6 и A_{18})

объединяют до двух колец. Первый опорный узел A_6 объединяет резервные кольца 1 и 2, второй опорный узел A_{18} объединяет кольца резервирования 3 и 4. Представим состав резервных колец следующими множествами входящих в них узлов:

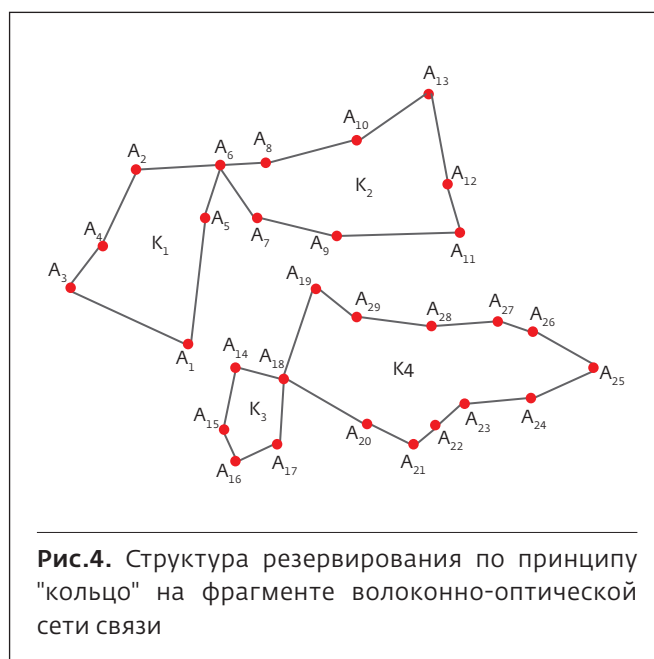


Рис.4. Структура резервирования по принципу "кольцо" на фрагменте волоконно-оптической сети связи

$K_1 = \{A_1...A_6\}$, $K_2 = \{A_6...A_{13}\}$, $K_3 = \{A_{14}...A_{18}\}$, $K_4 = \{A_{18}...A_{29}\}$. Узлы, не входящие в соседние резервные кольца, не позволят обеспечить резервирования фрагмента сети связи в случае несанкционированного доступа и обрыва ВОЛС на каком-то из маршрутов участка, что повлияет на значение параметра надежности сети связи.

Чтобы обеспечить требуемую надежность фрагмента сети, необходимо знать вероятностно-временные характеристики состояний узлов и линий фрагмента сети связи, а также множество потенциальных маршрутов, организующих резервное соединение каждого узла с каждым для формирования дополнительных участков резервирования ВОЛС.

Решение задачи формирования множества моделируемых маршрутов требует больших вычислительных возможностей. Решение такой задачи возможно в среде моделирования AnyLogic. На данном этапе разработан алгоритм оценки надежности фрагмента сети связи с учетом административного ввода дополнительных соединений между узлами сети связи (рис.5).

Блок ввода дополнительных соединений в соответствии с этапом 4 структурно-логической схемы модели резервирования будет расширен до модели формирования резервных соединений фрагмента сети связи.

Рассмотрим формирование резервного маршрута между узлами A_{16} и A_{13} – M_{16-13} . Множество вариантов формирования данного маршрута (то есть множества входящих в данный маршрут узлов) может быть получено путем реализации метода Монте-Карло в среде имитационного моделирования AnyLogic, в соответствии с которым на основе вероятностно-временных характеристик состояний узлов и линий между ними и путем ряда итераций вырабатывается множество адресов узлов сети связи, соответствующих заданным вероятностным характеристикам, строится множество маршрутов. Из них в дальнейшем процессе моделирования будут использованы те маршруты (то есть множества узлов), которые в результате потребуют включения дополнительных участков ВОЛС D_{i-j} (где i , j – это номера узлов, между которыми предусмотрен дополнительный участок), которые показаны на рис.6.

Будем рассматривать для формирования маршрута M_{16-13} три варианта входящих в него узлов, предполагая, что каждый имеет одинаковую надежность. Критерий оценки надежности фрагмента сети связи является ключевым

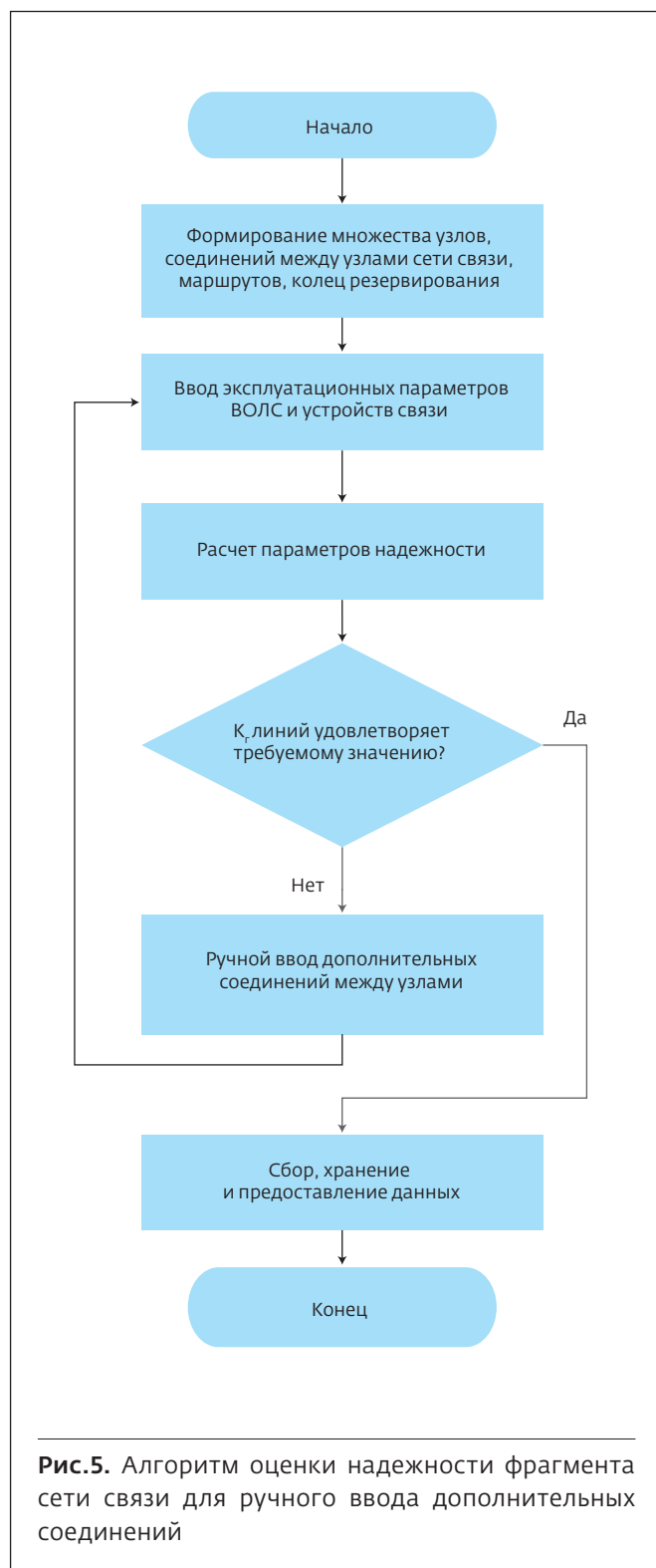


Рис.5. Алгоритм оценки надежности фрагмента сети связи для ручного ввода дополнительных соединений

при формировании множества дополнительных резервных участков ВОЛС. Для этого в модели предусмотрена оценка состояний как отдельных узлов, так и сформированных резервирующих маршрутов. При этом процесс оценки состояний

Российское оборудование тактовой сетевой синхронизации

АО НПП «КОМЕТЕХ» серийно выпускает оборудование тактовой сетевой синхронизации (ТСС):

- СОНАТА-У — аппаратура, сочетающая функции вторичного эталонного генератора (ВЗГ) и местного эталонного генератора (МЗГ);
- СОНАТА-Э — первичный эталонный генератор (ПЭГ);
- СОНАТА-Ц — первичный эталонный генератор.

Многофункциональная аппаратура СОНАТА-У предназначена для применения в качестве оборудования синхронизации второго (ВЗГ) или третьего (МЗГ) уровня иерархии в цифровой сети связи.

Входными сигналами для оборудования СОНАТА-У, кроме синхросигналов, приходящих от генератора высшего иерархического уровня, могут служить сигналы 1pps от внешнего источника или от одного из двух встроенных приемников-синхронизаторов ГЛОНАСС.

При повреждении или ухудшении всех входных синхросигналов СОНАТА-У запоминает сведения о частоте перехода и включает режим запоминания частоты.

Аппаратура ТСС СОНАТА-Ц и СОНАТА-Э является оборудованием ТСС первого уровня иерархии (ПЭГ) и предназначена для формирования в цифровой сети связи тактовых синхросигналов наивысшей точности.

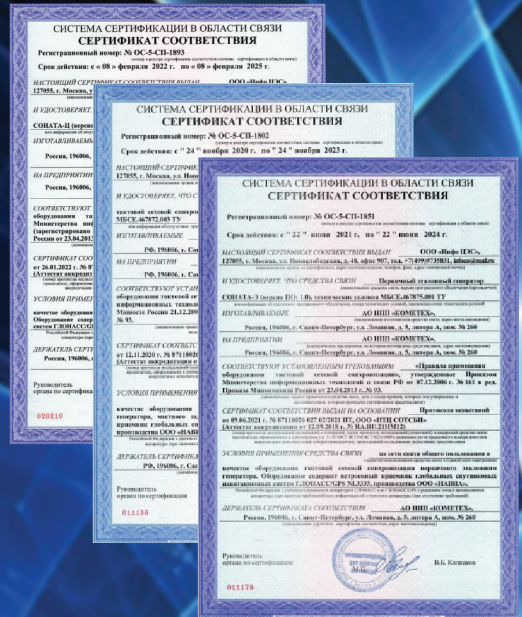
ПЭГ формирует синхросигналы с частотой 2048 кГц с параметрами, соответствующими требованиям рекомендаций МСЭ-T G.811.1 и ETSI.

В состав ПЭГ входят:

- два первичных эталонных источника на основе цезиевого стандарта частоты в оборудовании СОНАТА-Ц и на основе водородного стандарта частоты в оборудовании СОНАТА-Э;
- ВЗГ СОНАТА-У, в состав которого входят два приемника-синхронизатора ГЛОНАСС (основной и резервный).

Высокое качество и стабильность синхросигнала обеспечивается горячим резервированием первичных эталонных источников, приемников-синхронизаторов ГЛОНАСС и всех основных блоков ВЗГ.

Оборудование СОНАТА-Э, СОНАТА-Ц и СОНАТА-У сертифицировано в системе сертификации в области связи, разработано и производится в России, в его составе нет заимствованных зарубежных программных и аппаратных модулей. В случаях применения аппаратуры в сетях связи специального назначения может быть проведена оценка соответствия изделия установленному заказчиком для конкретной сети связи уровню доверия, а также доработка изделия по требованиям устанавливаемого профиля защиты.



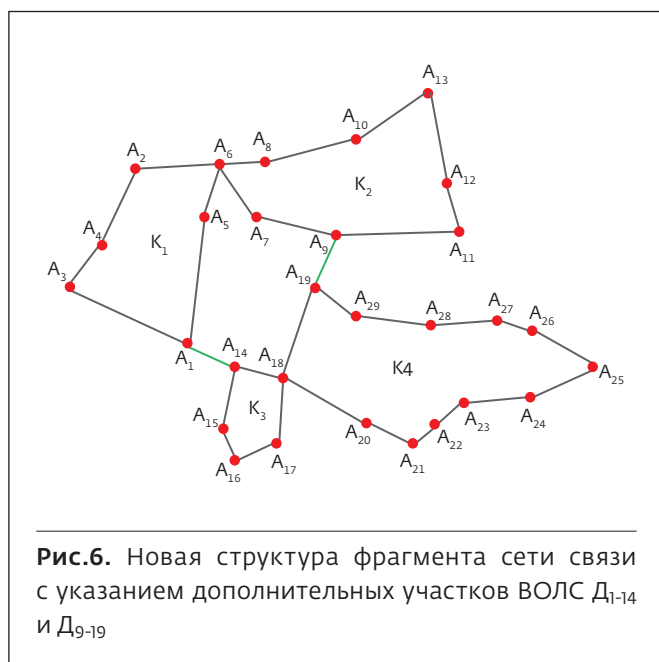
СОНАТА-У



СОНАТА-Ц



СОНАТА-Э



отдельных элементов фрагмента сети связи предполагается производить на основе существующей модели функционирования и управления фрагментом сети связи.

На данном этапе моделирования предусмотрим два дополнительных участка ВОЛС для соединения двух резервных колец D_{1-14} и D_{9-19} . Критерием выбора координат дополнительных участков является их наименьшая протяженность, что также является критерием оптимизации. Решение этой задачи в среде AnyLogic осуществляется с помощью встроенных функций поиска минимального значения среди заданных параметрических единиц, а для этого необходимо расширить набор исходных данных по части протяженности между каждым узлами. Результатом процесса моделирования является сформированная новая структура фрагмента сети связи с новыми путями резервирования и дополнительными участками проектирования ВОЛС, а также оценка характеристик надежности всего фрагмента сети связи и его отдельных элементов (узлы и линии).

Перспективным является направление решения задачи моделирования маршрутов резервирования, что позволит вынести результаты моделирования на новый уровень исследования вопросов резервирования.

На основании описанного способа и методов моделирования могут быть получены множества вариантов решения по резервированию ВОЛС на тех участках, где надежность сети связи не

удовлетворяет требуемым значениям. А функционал модели, включающий возможность расчета коэффициентов готовности отдельных узлов и линий связи, позволяет вносить изменения в формирование физических резервных маршрутов сети связи, что является перспективным решением оценки надежности сети связи и моделирования ее функционирования. Стоит отметить то, что рассмотренный случай фрагмента сети связи не включает районный уровень, так как для получения первых результатов исследование ограничивалось лишь магистральным уровнем и соответствующими узлами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение задачи резервирования ВОЛС является важным элементом обеспечения надежности сети связи, своевременности доставки информации и достоверности передаваемых данных. Требуемые значения данных критериев для различных типов сетей имеют разные значения. Предложенная концепция по созданию модели резервирования (с учетом перспективного блока формирования дополнительных резервных линий связи) не только даст данные оценки надежности, но и позволит предъявлять требования для проектируемых объектов.

Для организации работ по обеспечению резервирования на изложенных принципах потребуются полная реализация требований приказа Минкомсвязи РФ "Об утверждении Требований к порядку ввода сетей электросвязи в эксплуатацию" № 258 от 26 августа 2014 года в части создания государственной информационной системы, содержащей сведения о линейно-кабельных и линейно-технических ресурсах операторов связи, которые могут быть использованы в интересах резервирования ССОП. Создание такой информационной системы позволит одновременно решить задачу учета всех точек присоединения ЕСЭ России к сетям связи других государств и задачу формирования перечня взаимодействующих иностранных операторов связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон "О связи" от 7 июля 2003 года № 126-ФЗ.
2. Довгий С., Сторожук М., Сторожук Н. Методика оценки надежности сетей связи // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2020. № 5. С. 44-49.
3. Приказ Минкомсвязи РФ от 26 августа 2014 года № 258 "Об утверждении Требований к порядку ввода сетей электросвязи в эксплуатацию".



МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА И ФОРУМ










RENWEX

«Возобновляемая энергетика
и электротранспорт»

21–23 ИЮНЯ 2022

Россия, Москва,
ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»,
павильон №3

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

-  Развитие розничного рынка ВИЭ и необходимых технических решений
-  Нормативное регулирование ВИЭ
-  Использование ВИЭ для энергоснабжения удаленных и изолированных потребителей
-  Развитие водородной энергетики
-  Использование биотоплива и утилизация отходов
-  Международный опыт развития возобновляемой энергетики
-  Цифровизация современной энергетики
-  Развитие систем накопления энергии для промышленных потребителей и домохозяйств
-  Развитие электротранспорта и сопутствующей инфраструктуры

Реклама 12+



www.renwex.ru

При поддержке



МИНПРОМТОР
РОССИИ



А П В Э
АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ

EURO
SOLARUSSIA



РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ
ВЕТРОИНДУСТРИИ



ЭКСПОЦЕНТР

Под патронатом

Организатор