

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АЛГОРИТМА РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТОВ ГОТОВНОСТИ ДВУХПОЛЮСНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СВЯЗИ В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Ремешков В.Ю.¹, Писарев О.В.¹, Милов В.Р.²

¹ОАО «Газпрогазцентр», Нижний Новгород, Россия (603950, Нижний Новгород, ГСП-926, ул. Алексеевская, д.26), e-mail: remeshkoff@ggc.nnov.ru

²Нижегородский Государственный Технический Университет им. Р.Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия (603950, Нижний Новгород, ГСП-41, ул. Минина, д.24), e-mail: vladimir.milov@gmail.com

При проектировании технологической сети связи одной из первоочередных задач является обеспечение выполнения нормативных требований по надежности связи. В соответствии со стандартами ОАО «Газпром» для технологической сети связи определяется комплексный показатель надежности – коэффициент готовности. В данной статье описаны разработанные авторами подходы к анализу надежности технологической сети связи на основе статистических данных по отказам её элементов с применением известной математической модели сетей связи – двухполюсного графа. Для автоматизации вычислений коэффициентов готовности двухполюсных сетей при непосредственном участии авторов разработана программа, на которую получено Свидетельство о государственной регистрации. В ходе исследований решены задачи по анализу надежности направлений информационного обмена между удаленными сетевыми узлами и направлений связи для систем линейной телемеханики и предложены решения по организации резервирования сетевого трафика.

Ключевые слова: технологическая сеть связи, двухполюсный граф, анализ надежности, расчет коэффициентов готовности

APPLICATION OF AUTOMATED ALGORITHM FOR BIPOLAR NETWORKS AVAILABILITY FACTORS CALCULATING FOR THE RELIABILITY ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL COMMUNICATION NETWORKS IN THE GAZ INDUSTRY

Remeshkov V.Y.¹, Pisarev O.V.¹, Milov V.R.²

¹ JSC Giprogazcentr, Nizhniy Novgorod, Russia (603950, Nizhniy Novgorod, street Alekseevskaya, 26), e-mail: remeshkoff@ggc.nnov.ru

²Nizhniy Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhniy Novgorod, Russia (603950, Nizhniy Novgorod, GSP-41, str. Minina, 24) e-mail: vladimir.milov@gmail.com

One of the main objectives in the design of a technological network is to ensure the achievement of the regulatory requirements for the communication reliability. According to the standards of JSC Gazprom for technological communication networks a complex indicator of reliability is defined, it is the availability factor. This article describes approaches developed by the authors to analyze the reliability of technological communication on the basis of statistical data on failures of its elements using known mathematical model of communication networks - bipolar graph. For automation of bipolar networks availability factors calculations a computer program had been developed by a group of authors, on which the Certificate of state registration was obtained. During the researches, in which the authors had taken part, problems of reliability analysis of information exchange between remote network nodes and of communication systems for linear telecontrol had been solved and solutions for the organization of traffic reservation were suggested.

Keywords: technological communication network, bipolar graph, reliability analysis, availability factors calculation

Введение

Надежность технологической сети связи является одной из важнейших ее характеристик, так как перерывы связи сопряжены с опасностью возникновения аварий и катастроф.

В соответствии со стандартами ОАО «Газпром» [6,7] нормируется комплексный показатель надежности связи – коэффициент готовности (Кг), представляющий собой

вероятность работоспособности заданного направления информационного обмена в произвольный момент времени.

Приведем описание методики расчета K_g двухполюсной сети, который определяется как вероятность существования хотя бы одного работоспособного пути между полюсами [8].

Шаг 1. Представление анализируемых направлений информационного обмена в виде двухполюсных графов. Определение коэффициентов готовности элементов двухполюсного графа:

- получение и обработка данных по статистике отказов на первичной сети связи;
- расчет удельных значений K_g узлов и линий связи различных типов;
- расчет значений K_g элементов двухполюсного графа с учетом конкретных значений протяженности линий связи.

Подробное описание расчета K_g элементов двухполюсного графа на основе данных по статистике отказов элементов сети связи приведено в [3].

Шаг 2. Расчет коэффициента готовности двухполюсной сети.

Решению данной задачи посвятили свои работы многие известные авторы, например: Э. Мур, К. Шеннон, И.А. Ушаков, В.Н. Рогинский, Б.П. Филин.

K_g приводимых графов вычисляется с использованием формул последовательного и параллельного соединения элементов [8]. Однако не все двухполюсные сети можно привести к последовательно-параллельному соединению элементов. Простейшим примером двухполюсной сети, не приводимой к последовательному или параллельному соединению элементов, является мостиковый граф Ли, представленный на рисунке 1 (буквами А, D обозначены полюса сети).

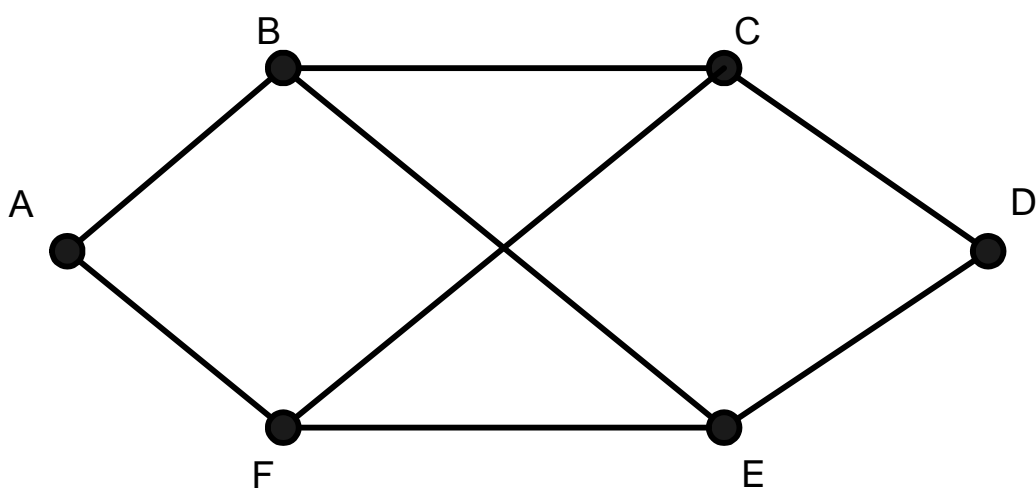


Рис. 1 - Мостиковый граф Ли

Для неприводимых графов известен ряд способов расчета K_g [8]:

- метод перебора простых цепей;

- метод разложения булевой функции относительно особого элемента;
- метод объединения простых цепей с учетом эффекта поглощения;
- метод двудольных графов;
- метод полного перебора состояний элементов двухполюсной сети связи.

Известно, что расчет K_g двухполюсной сети «вручную» любым из вышеперечисленных методов является весьма трудоемкой задачей. Например, при вычислении K_g двухполюсной сети методом полного перебора состояний ее элементов количество рассматриваемых состояний сети обладает показательной зависимостью от числа ее элементов, и, для сети, состоящей из 20 элементов, необходимо рассмотреть свыше одного миллиона состояний. Учитывая, что технологическая сеть связи ОАО «Газпром» включает в себя несколько сотен сетевых элементов, возникает необходимость автоматизации вычислений коэффициентов готовности двухполюсных сетей.

Данная задача формирует цель настоящего исследования – создание автоматизированного алгоритма расчета коэффициентов готовности двухполюсных сетей, адаптированного для процесса проектирования технологических сетей связи.

Автоматизированный алгоритм расчета коэффициентов готовности двухполюсных сетей

В ОАО «Гипрогазцентр» был создан автоматизированный алгоритм расчета коэффициентов готовности двухполюсных сетей [1], учитывающий специфику проектирования технологических сетей связи, а именно:

- расчет K_g направления связи по одиночным путям передачи информации и по паре путей (выполняется по формулам последовательно-параллельного соединения элементов);
- расчет K_g направления связи по трем и более путям информационного обмена. При этом независимо рассматриваются состояния всех элементов двухполюсной сети, таким образом, реализуя метод полного перебора состояний элементов [3].

Пути информационного обмена определяются исходя из сетевой топологии и имеющихся канальных планов или сведений об алгоритмах резервирования сетей передачи данных (Ethernet, SDH). Программа также определяет среди всего множества путей передачи информации пару путей, обеспечивающих наибольшее значение K_g передачи информации, что является важным при поиске оптимального резервного пути информационного обмена.

Блок-схема программы приведена на рисунке 2. Здесь применены следующие обозначения коэффициентов готовности: K_g – пути, $K_{gуч}$ – участка, $K_{gобщ.ч.}$ – общей части пары путей, $K_{gветви}$ – части одного пути, которой он отличается от другого в паре, $K_{gсовокуп.}$ – двухполюсной сети, рассчитываемый методом полного перебора состояний сети. Участок представляет собой последовательность ребер и вершин графа, из которых

исходит не более двух ребер, заключенную между вершинами, из которых исходит три ребра и более, или между полюсом графа и такой вершиной. Участком также является вершина графа, из которой исходит три и более ребер; полюса графа также являются участками. Объясним целесообразность такого определения понятия “участок”. Степень независимости путей определяется наличием различных участков в этих путях. Через один участок может проходить несколько путей, при этом он будет являться общим для всех этих путей, и неготовность одного элемента этого участка приведет к неготовности всех этих путей. Если хотя бы один из элементов участка принадлежит какому-либо пути, то и все остальные элементы данного участка принадлежат этому пути. Состояние сети определяется исправностью или неисправностью каждого отдельно взятого ее элемента.

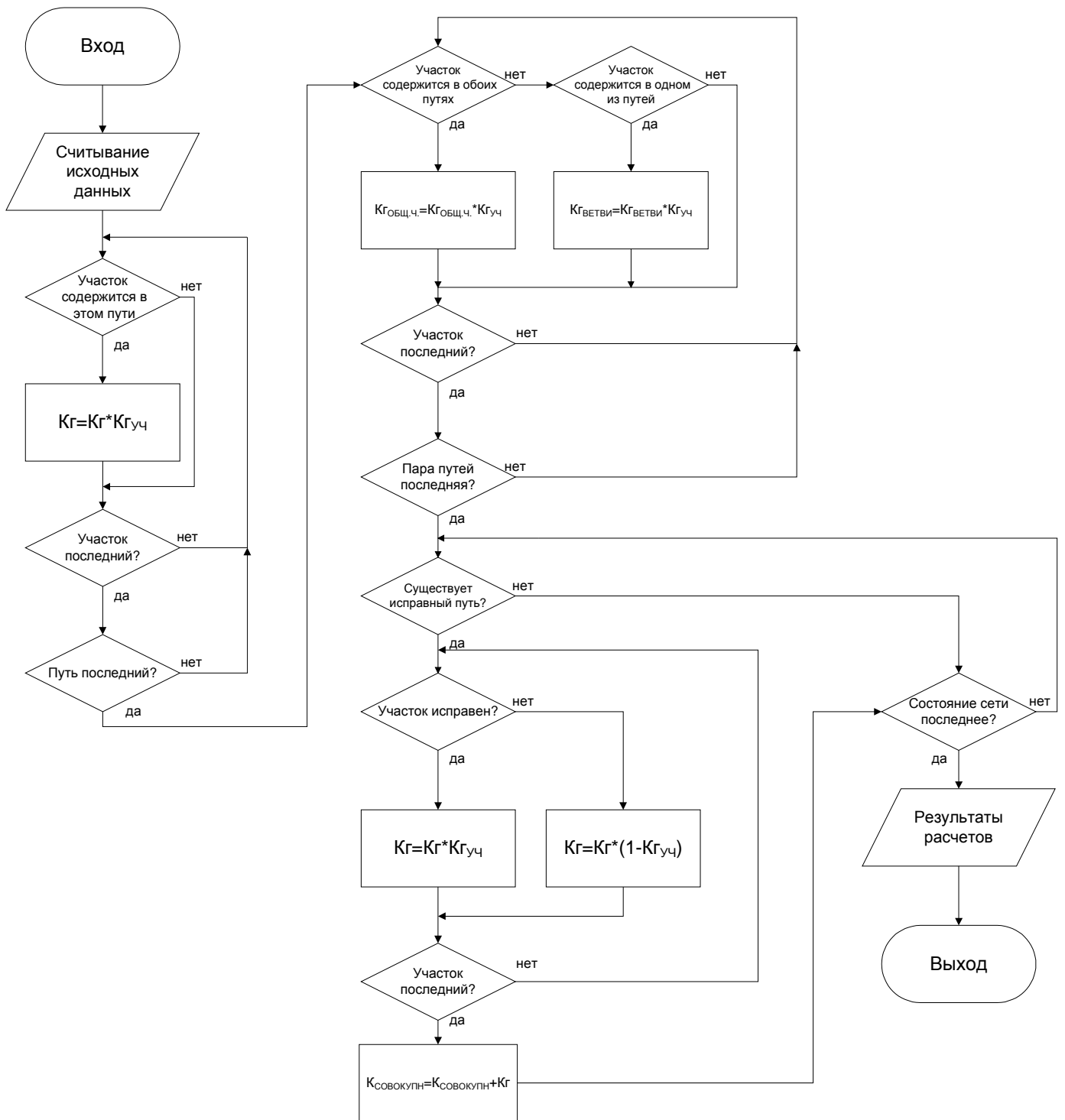


Рисунок 2 – Блок-схема программы расчета K_g двухполюсных сетей

В качестве примера работы программы приведем результаты расчета K_g мостикового графа (рис. 1) при помощи разработанной программы, реализующей разработанный алгоритм (рис. 3). График иллюстрирует зависимость K_g двухполюсной сети А, D в зависимости от K_g ребер АВ и ВС. Здесь значения K_g всех ребер графа одинаковы и составляют 0,9, а K_g ребер АВ и ВС поочередно варьируется в интервале 0,1...1 с шагом 0,1.

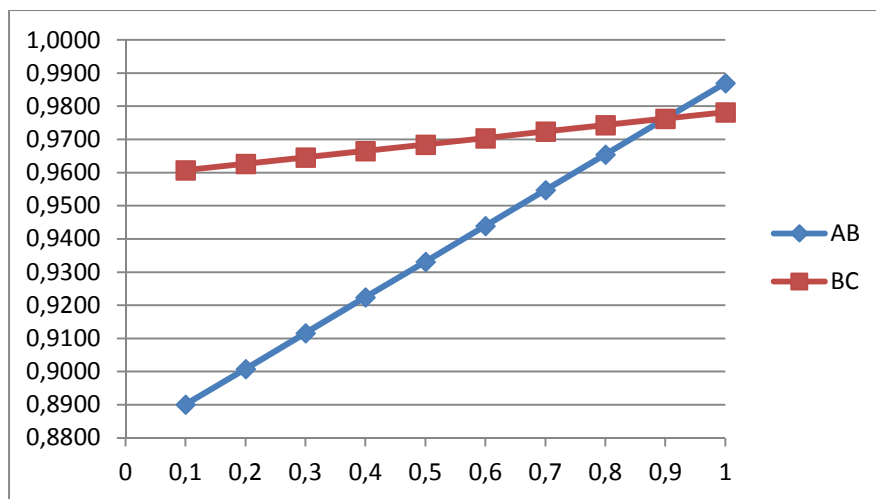


Рис. 3 – График зависимости Кг двухполюсной сети от Кг ребер графа

Как видно из графика, зависимость Кг двухполюсной сети от значения Кг ребра АВ существенно более ярко выражена, по сравнению с ребром ВС. Это объясняется тем, что ребро АВ исходит непосредственно из полюса сети и резервируется только ребром АF, в то время, как ребро ВС резервируется тремя другими ребрами, расположенными в середине графа: ВЕ, FЕ, СF.

Кроме того, была исследована зависимость Кг двухполюсной сети (рис. 1) от Кг ребер CD и ВЕ. По результатам расчета, зависимость Кг двухполюсной сети от Кг ребра CD идентична таковой от ребра АВ, а влияние Кг ребра ВЕ в этом смысле идентично Кг ребра ВС. В силу симметричности рассматриваемого графа можно утверждать, что при такой постановке задачи существуют всего две различные зависимости Кг графа от Кг ребер:

- для ребер, исходящих из полюсов: АВ, АF, DC, DE;
- для остальных ребер графа: ВС, ВЕ, FЕ, FC.

Для получения точек графика была выполнена серия из 20 расчетов, что без использования программного алгоритма заняло бы около 1 месяца непрерывных вычислений [5]. При проектировании нередко возникают аналогичные задачи, при которых необходимо проследить зависимость результирующего значения коэффициента готовности сети связи от Кг заданной линии связи. В таких ситуациях автоматизация расчетов способствует сокращению длительности процесса проектирования и обеспечивает оперативное принятие проектных решений по организации связи.

Шаг 3. Оптимизация сетевой топологии на основе расчетов Кг двухполюсных сетей и сопоставления различных вариантов организации резервирования.

При проектировании линий связи необходимо обеспечивать выполнение нормативных требований по надежности для целого ряда направлений информационного обмена, например:

- между Центральным узлом связи ОАО «Газпром» и центральными узлами связи газотранспортных Предприятий;
- между центральным узлом связи газотранспортного Предприятия и узлами связи компрессорных станций;
- между диспетчерским пунктом линейно-производственного управления магистральными газопроводами и контролируемые пунктами линейной телемеханики.

Для решения поставленной задачи выполняется множество расчетов Кг двухполюсных сетей для требуемых направлений информационного обмена. При этом рассматриваются различные варианты организации резервных путей передачи информации.

По результатам расчетов выбирается множество вариантов организации связи, удовлетворяющих требованиям по надежности, среди которых выбор наиболее оптимального варианта осуществляется уже по другим критериям (пропускная способность, стоимость реализации и т.п.).

Внедрение программы расчета Кг двухполюсных сетей в проектирование технологических сетей связи

Разработанная программа [1] применяется в ОАО «Гипрогазцентр» при проектировании технологических сетей связи газопроводов. При этом решаются следующие задачи:

- определение путей информационного обмена между источниками и получателями информации для различных вариантов организации связи;
- расчет коэффициентов готовности направлений информационного обмена при помощи разработанной программы;
- сравнительная оценка показателей надежности различных вариантов организации сетей связи.

Выполнен анализ надежности связи для систем линейной телемеханики магистральных газопроводов [4], где рассмотрены всевозможные варианты организации связи для систем линейной телемеханики магистральных газопроводов и надежность каждого варианта организации связи проанализирована на примере гипотетического участка магистрального газопровода и контрольной выборки пунктов телемеханики. По результатам расчетов сделаны выводы о выполнении (либо не выполнении) требований по надежности при заданном варианте организации связи.

В ОАО «Гипрогазцентр», наряду с описанной выше программой, формируется комплекс программных средств, включающий в себя программу расчета зон радиопокрытия, используемую для определения мест расположения базовых станций [2] при проектировании беспроводного сегмента технологических сетей связи.

Выводы

В ОАО «Гипрогазцентр» создан автоматизированный алгоритм расчета коэффициентов готовности двухполюсных сетей, адаптированный для процесса проектирования технологических сетей связи. Применение данного алгоритма позволяет оперативно решать следующие задачи:

- определение множества путей информационного обмена на сети связи, обеспечивающих выполнение требований по надежности связи;
- оценка надежности различных вариантов организации связи, рассматриваемых при проектировании.

Список литературы

1. Леонов Г.А., Антипенко А.Г., Писарев О.В., Ремешков В.Ю. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013615115 от 28.05.2013г. «Программа расчета коэффициентов готовности двухполюсных сетей».
2. Новиков Н.В., Милов В.Р., Алексеев В.В., Севрюков А.А. Структурно-параметрическая оптимизация технологических сетей подвижной радиосвязи // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2010. Т. 8. № 2. С. 55-59.
3. Писарев О.В., Ремешков В.Ю. Метод расчета характеристик структурной надежности сети связи // Газовая промышленность. – 2008. – №10. – С.43-45.
4. Ремешков В.Ю. Анализ надежности связи систем линейной телемеханики магистральных газопроводов ОАО «Газпром» // Газовая промышленность. – 2012. – №9. – С.107-109.
5. Ремешков В.Ю. Анализ надежности технологической сети связи // Текст доклада на V Международной научно-технической конференции «Газотранспортные системы: настоящее и будущее», ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 29-30 октября 2013 года. – С.121-136.
6. СТО Газпром 11-023-2011 Технологическая связь. Технологические сети передачи данных. Общие технические требования. – М.: ОАО «Газпром». 2011.
7. СТО Газпром 2-1.18-598-2011 Типовые технические требования на технологическую связь. – М.: ОАО «Газпром». 2011.
8. Филин Б. П. Методы анализа структурной надежности сетей связи. – М.: Радио и связь, 1988. – 208с.

Рецензенты:

Ларцов С.В., д.т.н., профессор, главный инженер проектов Бюро ГИПов, ОАО «Гипрогазцентр» ОАО «Газпром», г.Нижний Новгород.

Есипенко В.И., д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры Электроника и сети ЭВМ Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород.