

# МЕТОДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ

## METHODS OF TRANSFORMATION OF THE COMMUNICATION SYSTEM STRUCTURE FOR ASSESSING SUSTAINABILITY

**G. Burlo**  
**L. Orlova**  
**S. Krivtsov**  
**S. Koryagin**  
**Tseden-Ish Erdenetuya**  
**P. Chekalkina**

*Summary.* The article describes the scheme of division of transformation methods. Conditions and limitations of transformations of the communication system structure. A generalized algorithm for transforming the structure of a communication system and a set of possible information transfer paths are described, as well as the concept of global network efficiency as an average inverse path between nodes.

*Keywords:* scheme of dividing conversion methods, possible ways of information transfer, global network efficiency, generalized algorithm for transforming the system structure.

**С**хема деления методов преобразования. Условия и ограничения преобразований структуры системы связи. Для анализа структура системы связи задается несколькими таблицами (массивами), отображающими схему соединения узлов между собой, характеристик узлов и линий, тяготение полюсов друг к другу. Кроме того, задаются особенности выбора путей передачи информации. Алгоритмы передачи служебных сигналов, обработки информации на узле коммутации (УК) учитываются при выборе метода расчета. Исходные данные о структуре системы связи специальными методами

**Бурло Глеб Владимирович**  
Адъюнкт, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи  
им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт  
Петербург)  
gleb.burlo@yandex.ru

**Орлова Людмила Ивановна**  
Преподаватель, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи  
им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт  
Петербург)  
akacia25@rambler.ru

**Кривцов Станислав Петрович**  
Старший преподаватель, ФГКВОУ ВО «Военная  
академия связи им. Маршала Советского  
Союза С. М. Будённого» (г. Санкт Петербург)  
staskriv@mail.ru

**Корягин Сергей Александрович**  
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала  
Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт Петербург)  
bagrationspb@yandex.ru  
Цэдэн-Иш Эрдэнэтуяа

Адъюнкт, ФГКВОУ ВО «Военная академия связи  
им. Маршала Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт  
Петербург)  
erka\_ts76@yahoo.com

**Чекалкина Полина Витальевна**  
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи им. Маршала  
Советского Союза С. М. Будённого» (г. Санкт Петербург)  
chekalkina.p@yandex.ru

*Аннотация.* в статье рассмотрена схема деления методов преобразования. Условия и ограничения преобразований структуры системы связи. Описан обобщенный алгоритм преобразования структуры системы связи и совокупность возможных путей передачи информации, а также понятие глобальной эффективности сети как среднего инверсного пути между узлами.

*Ключевые слова:* схема деления методов преобразования, возможные пути передачи информации, глобальная эффективность сети, обобщенный алгоритм преобразования структуры системы.

преобразуются к виду, удобному для ведения оценок устойчивости.

При оценке устойчивости используются два типа, преобразования исходной структуры. При первом типе преобразований формируется множество (совокупность) возможных путей передачи информации, а при втором — множество простых сечений (ПС) двухполюсной системы (ДС) относительно ее полюсов. Схема деления методов преобразования обоих типов приведена на рис. 1. Выбор типа преобразования структуры систе-

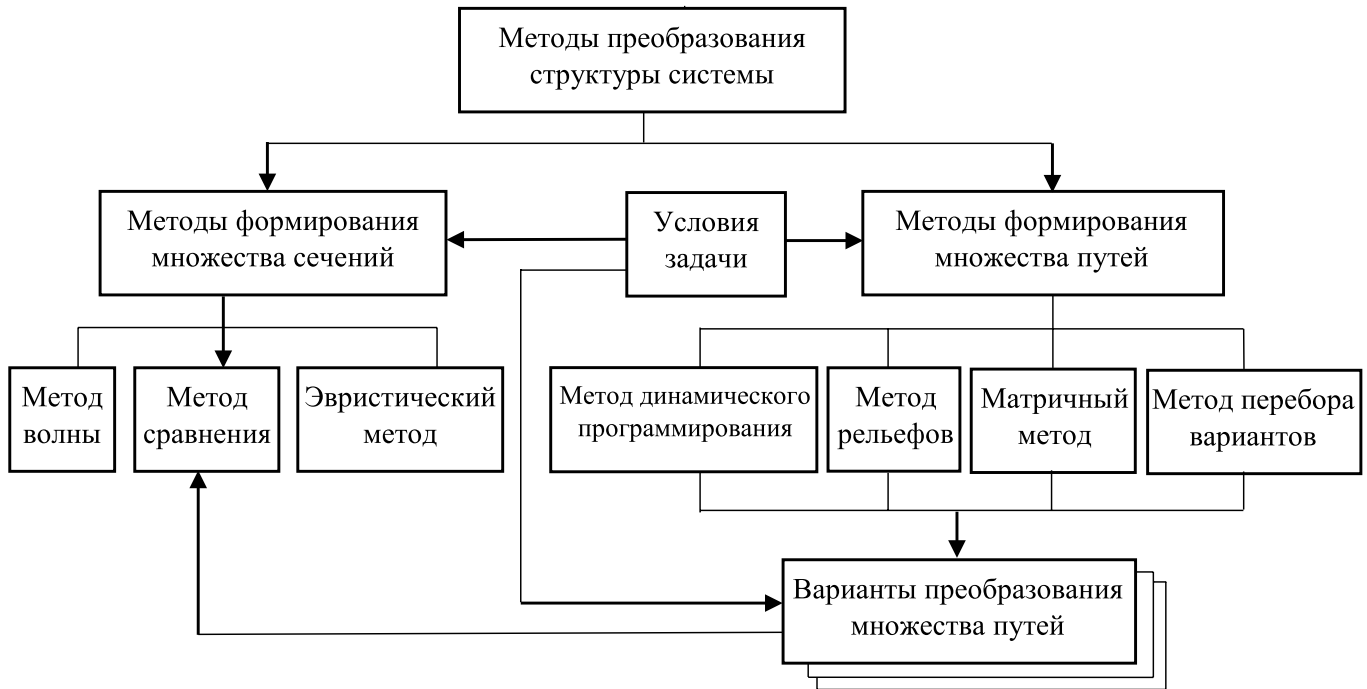


Рис. 1. Схема деления методов преобразования исходной структуры системы связи для оценки устойчивости

мы связи определяется решаемыми задачами, принятыми показателями устойчивости, размерностью и степенью разветвлённости системы связи. [1]

Соответствие любого пути  $\mu_i \in M$  одному из возможных путей передачи информации в сети  $D$  при заданных структуре, алгоритмах обслуживания заявок и сообщении, ограничениях и имеющемся на УК плане распределения нагрузки — основное требование, предъявляемое к алгоритму формирования множества  $M$  должно быть исчерпывающим.

1. Узлы коммутации системы связи делятся на оконечные и транзитные, поэтому пути  $\mu_i \in M$  между полюсами  $a_s, a_t$  проходят только через вершины

$$a_i \in A_T \tag{1}$$

2. Из-за ограничений по времени доставки информации ранг

$$r(\mu_i) \leq z_1, i = 1, \dots, h. \tag{2}$$

Вызов от УК  $a_i \in A_T$  направляется не к любому соседнему, только к одному из

$$I \leq z_2 \tag{3}$$

их числа. Как правило,  $z_2 \leq r(a_i), a_i \in A_T$ .

4. В системе связи с обходами с учетом возможных отказов и поражений ее элементов возможны ситуации, когда, несмотря на исправность УК и ребер, передавать через них информацию  $D_j$  не представляется возможным, так как они полностью загружены обслуживанием заявок других ДС. Поэтому число каналов связи в ребрах

$$v_{vi} \geq f(\varphi_j^k) = v^*. \tag{4}$$

Здесь  $\varphi_j^k$  — интенсивность потока заявок в ДС  $D_j$   $k$ -го приоритета.

Точное вычисление  $p(E)$  не накладывает ограничений на последовательность записи путей в множество, так как она выражается суммой положительных слагаемых, обладающей переместительным свойством. Приближенная оценка, задачи оптимизации, управления сетью связи требуют расположения путей в множество  $M$  в соответствии со специальными правилами. Так для решения многих задач удобнее множество  $M$  разделить на подмножества  $M$  и  $\dot{M}$ , где  $\dot{M}$  содержит непересекающиеся между собой, а  $M$  — все остальные пути. В обоих подмножествах пути записываются в порядке возрастания их ранга. Это соответствует правилу выбора путей передачи информации в полюсе  $a_s$ . Возможны четыре варианта условий решения, задачи разделения множества  $M$ , определяющиеся разветвленностью системы связи и ограничениями (2), (3).

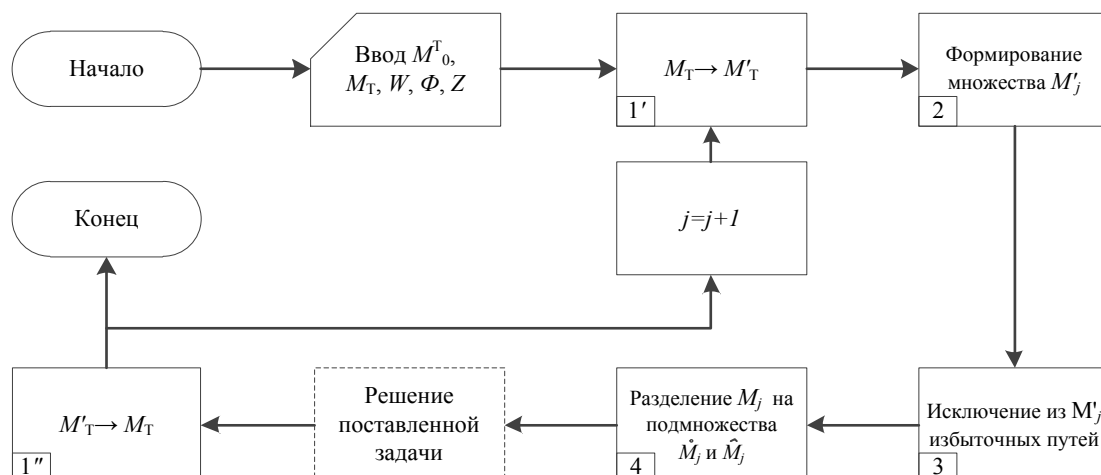


Рис. 2. Алгоритм формирования множества возможных путей передачи информации в двухполюсной сети

Вариант 1. Для любых  $i, j$

$$r(a_i) > r(a_j), a_i \in A_T; a_j \in A_o, \quad (5)$$

и использование линий привязок (ЛП) полюсов  $a_s, a_t$  к транзитным УК не ограничено.

Вариант 2. Условие (5) сохраняется, но для передачи информации в ДС используются не все ЛП.

Вариант 3. Условие (5) не выполняется из-за поражения части элементов, ограничений на занятие ЛП нет.

Вариант 4. Условие (5) не выполняется, и существуют ограничения на занятие ЛП.

Алгоритм решения задачи разделения множества  $M$  при каждом последующем варианте исходных условий является более общим по отношению к предыдущему.

Рассмотрим обобщенный алгоритм преобразования структуры системы связи и совокупность возможных путей передачи информации

Известные алгоритмы не в полной мере учитывают функционально-топологические особенности систем связи и возможные ситуации при поражении некоторой части ее элементов. Выполнение изложенных в предыдущем параграфе условий требует некоторой модернизации алгоритма. Схема общего алгоритма формирования множества возможных путей передачи информации, (АФМП) двухполюсной сети изображена на рис. 2. Она состоит из четырех блоков. Исходными данными для него являются, матрицы  $M_T = (m_{ij}^T)$ ;  $M_o^T = (m_{ij}^o)$  и множества  $W = \{W_j\}$ ;  $\Phi = \{\varphi_j\}$ .

Блок 1 предназначен для выполнения ограничения (1) согласно которому трассы путей должны проходить только через УК  $a_i \in A_T$ . Блок 1 разделен на две части: блоки 1' и 1''.

Формирование множества возможных путей между двумя вершинами графа проводится по одной матрице смежности вершин. Такой матрицей является  $M_T$ , в которую блоком 1 записывается информация о связности полюсов  $a_s, a_t$  двухполюсной сети  $D_j$

В первой части блока 1 (блок 1') в матрицу  $M_T$  записывается информация о связности полюса  $a_s$  ДС  $D_j$  в результате чего матрица  $M_T$ , преобразуется в матрицу  $M^T_T$ , готовую к решению лабиринтной задачи относительно полюсов  $(a_s, a_t)_j$ . В блоке 1'' после выполнения блоков 2, 3, 4 и решения задачи анализа (блок, обозначенный пунктиром) матрица  $M^T_T$  вновь преобразуется в  $M_T$ , после чего в нее записывается информация о связности полюса  $a_s$ , ДС  $D_{j+1}$  индекс  $j$  увеличивается на единицу и осуществляется переход к блоку 1'. Информация о связности полюса  $a_s$  первой пары вносится вручную.

Блок 2 предназначен для формирования по матрице  $M^T_T$  множества возможных путей  $M^j_j = \{\mu_j\}$  ДС  $D_j$ , каждый из которых удовлетворяет ограничениям (2), (4). Блок 3 предназначен для исключения из  $M^j_j$  таких путей, которые при ограничении (3) не соответствуют ни одному пути передачи информации рассматриваемой ДС. Блок 4 предназначен для разделения множества  $M$  на подмножества  $\hat{M}$  и  $\tilde{M}$ . Далее излагаются принципы построения блоков 2, 3, 4.

На практике устойчивость сети связи определяют как вероятность наличия пути между любой парой узлов.

Некоторые сети могут оказаться несвязными, т.е. в них найдутся узлы, расстояние между которыми является бесконечным. Соответственно, средний путь может оказаться также равным бесконечности.

Для учета таких случаев вводится понятие глобальной эффективности сети как среднего инверсного пути между узлами, рассчитываемое по формуле [2].

$$E = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i \neq j} \frac{1}{d_{ij}},$$

где сумма учитывает все пары узлов. Эта характеристика отражает эффективность сети при пересылке информации между узлами (предполагается, что эффективность в пересылке информации между двумя узлами  $i$  и  $j$  обратно пропорциональна расстоянию между ними).

Обратная величина глобальной эффективности — среднее гармоническое геодезических расстояний:

$$h = \frac{1}{E}.$$

Так как данная формула снимает проблему расхождения при определении среднего пути, то эта характеристика лучше подходит для графов с несколькими компонентами связности.

Эффективное расстояние между двумя узлами в общем случае больше, чем кратчайшее расстояние.

Сети также характеризуются таким параметром, как диаметр или максимальный по длине путь, т.е. путь, равный максимальному значению из всех  $d_{ij}$ . [2]

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дудник Б. Я. Надежность и живучесть системы связи / Б. Я. Дудник, В. Ф. Овчаренко, В. К. Орлов и др. М.: Радио и связь, 1984.
2. А.Г. Додонов, Д. В. Ландэ. Живучесть информационных систем. — К.: Наук. думка, 2011. — 256 с.
3. Блукке В. П., Ершов К. А., Попков В. К. Об одной концептуальной модели живучести глобальных информационных сетей // Материалы 9-й Междунар. конф. «Проблемы функционирования информационных сетей», Новосибирск, 31 июля — 3 авг. 2006 г. Новосибирск: РИЦ «Прайс-куррьер», 2006. С. 43–47.
4. Попков В. К., Блукке В. П., Дворкин А. Б. Модели анализа устойчивости и живучести информационных сетей // Проблемы информатики. — 2009. — № 4. — С 63–78.

© Бурло Глеб Владимирович ( gleb.burlo@yandex.ru ), Орлова Людмила Ивановна ( akacia25@rambler.ru ),  
Кривцов Станислав Петрович ( staskriv@mail.ru ), Корягин Сергей Александрович ( bagrationspb@yandex.ru ),  
Цэдэн-Иш Эрднэтуя ( erka\_ts76@yahoo.com ), Чекалкина Полина Витальевна ( chekalkina.p@yandex.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»