УДК 519.223.41

МЕТОДЫ РАСЧЕТА СТРУКТУРНОЙ НАДЕЖНОСТИ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Н.Н. Тютин
И.М. Успенский
С.М.Чудинов
О.Н.Кривошеев

ОАО «НИИ супер ЭВМ»

e-mail: chudinov@super-computer.ru

В данной статье рассмотрены точные и приближенные методы расчета структурной надежности мультисервисных систем связи (МСС) по совокупности путей и сечений сети. Указанный метод может использоваться для расчета структурной надежности многоцелевых территориальных мультисервисных систем связи.

Ключевые слова: расчет структурной надежности мультисервисных сетей связи, метод расчета структурной надежности по совокупности путей или сечений, метод двухсторонней оценки, способы повышения структурной надежности мультисервисных систем связи.

В настоящее время известно большое количество работ, посвященных проблеме исследования надежности сложных систем связи [1, 2, 3]. Однако подавляющее большинство из них носят теоретический характер и, как правило, для достаточно больших территориальных систем и сетей не имеют практического значения. Данная статья носит в основном прикладной характер. В ней делается попытка использования в основном известных методов расчета сетевой надежности в практической деятельности разработчиков и операторов мультисервисных систем связи (МСС). Точные выражения для расчета надежности сети обычно достаточно сложны, поэтому вместо них в статье предлагается использовать приближенные, обеспечивающие необходимую точность. На этапе синтеза МСС необходимые предпосылки для обеспечения заданных показателей надежности системы закладываются в косвенном виде, например, как топологическое требование обеспечения между некоторыми подмножествами пар узлов не менее заданного числа независимых путей (требование v – связанности). Получаемые варианты построения МСС затем проверяются на соответствие требующимся показателям надежности. Если при выбранном числе независимых путей не удается выполнить заданных требований, то повышают степень связанности рассматриваемых в процессе синтеза вариантов структуры будущей МСС. Построив описанный итерационный процесс, можно добиться соответствия между вновь получаемым и желаемым значениями меры сетевой надежности. Таким образом, задачи построения надежной МСС можно свести к задаче анализа соответствия различных вариантов ее структуры заданным показателям, которые зависят как от надежности ее элементов, так и способов их взаимного соединения. Наибольшие трудности при расчете обычно сопряжены с учетом способа взаимного соединения элементов (структуры МСС).

Приближенные методы расчета структурной надежности сети по совокупности путей или сечений

Рассмотрим метод расчета структурной надежности сетей. Предположим, что необходимо определить вероятность связанности сети между заданной парой узлов A и B (рис. 1) (вероятность работоспособного состояния тракта, коэффициент готовности тракта). Критерием исправной работы сети в данном случае является наличие хотя бы одного работающего пути передачи информации между рассматриваемыми узлами. Предположим, что имеется список возможных путей в виде перечня элементов (узлов и направлений связи), входящих в каждый путь. В общем случае пути будут зависимы, поскольку любой элемент может входить в несколько путей. Вероятность работоспособного состояния RS любого s-го пути можно вычислить по формуле последовательного соединения элементов $R_S = p_{1S} \cdot p_{2S} \cdots p_{iS}$, где p_{iS} - вероятность работоспособного состояния i-го элемента s-го пути. Искомая вероятность работоспособного состояния тракта AB HAB зависит от надежности каждого пути в тракте и вариантов их пересечений по общим элементам. Обозначим вероятность работоспособного состояния рассматриваемого тракта, которая обеспечивается первыми к путями, через HK. Добавление очередного (к+1)-го пути с вероятностью работоспособного состояния RK+1, очевидно, приведет к увеличению структурной надежности тракта, которая теперь будет определяться объединением двух событий – исправен хотя бы один из первых путей или исправен (к+1)-й путь. Вероятность наступления этого объединенного события с учетом возможной зависимости отказов (к+1)-го и остальных путей определится соотношением

$$H_{K+1} = H_K + R_{K+1} - R_{K+1} H_{K/(K+1)}, \qquad (1)$$

где HK/(K+1) – вероятность исправности хотя бы одного из первых к – путей при условии, что исправен (к+1)-ый путь.

Из определения условной вероятности HK/(K+1) следует, что при ее расчете вероятности исправной работы всех элементов, входящих в (к+1)-й путь, необходимо положить равными единице. Для удобства дальнейших расчетов представим последний член выражения (1) в следующем виде:

$$R_{K+1} \cdot H_{K/(K+1)} = R_{K+1} * H_K, \qquad (2)$$

где символ (*) означает, что при перемножении вероятности работоспособности всех элементов, входящих в первые к путей с общим (к+1)-м путем, заменяются единицами. С учетом (2) можно представить соотношение (1) в следующем виде:

$$\Delta H_{K+1} = R_{K+1} * Q_K, \qquad (3)$$

где $\Delta H_{K+1} = H_{K+1} - H_K$ – приращение структурной надежности при введении (к+1)-го пути; $Q_K = 1 - H_K$ – вероятность того, что произойдет одновременный отказ первых к путей.

Учитывая, что приращение надежности ΔH_{K-1} численно равно уменьшению ненадежности ΔQ_{K+1}, получаем следующее уравнение в конечных разностях:

$$\Delta Q_{K+1} = R_{K+1} * Q_K. \qquad (4)$$

Легко проверить, что решением уравнения (4) является функция

$$Q_K = (1 - R_1) * (1 - R_2) * \ldots * (1 - R_K). \qquad (5)$$

В случае независимых путей операция символического умножения совпадает с обычным умножением и выражение (5) дает коэффициент простоя системы, состоящей из параллельно включенных элементов. В общем случае необходимость учета общих элементов путей заставляет производить умножение согласно соотношению (5) в алгебраическом виде. При этом число членов в результирующем выражении с умножением на каждый очередной двучлен удваивается и окончательный результат будет иметь 2к членов, что эквивалентно полному перебору совокупности всех к путей. Например, при к=10 число членов в окончательной формуле превысит 1000, что уже выходит за рамки ручного счета и для расчета структурной надежности требуется использование ЭВМ. Однако, следует заметить, что в реально созданных МСС региональных операторов число путей между узлами А и В не превышает 5÷6. Тем не менее, свойства введенной выше операции символического умножения позволяют резко сократить трудоемкость расчетов. Рассмотрим эти свойства более подробно.

Согласно операции символического умножения для вероятности работоспособности pi любого элемента справедливо следующее правило:

$$p_i * p_i = p_i. \tag{6}$$

Напомним, что второй сомножитель в (6) имеет смысл вероятности исправной работы i-го элемента при условии его исправности, которая, очевидно, равна единице. Для сокращения дальнейших выкладок введем следующее обозначение вероятности неработоспособности i-го элемента:

$$\overline{p_i} = 1 - p_i. \tag{7}$$

С учетом соотношений (6) и (7) можно записать следующие простые правила преобразования выражений, содержащих вероятности р и $\overline{p}$:

$$\begin{aligned}
&1.\ p_i * \overline{p_i} = 0;\\
&2.\ \overline{p_i} * \overline{p_i} = \overline{p_i};\\
&3.\ p_i * p_i\overline{p_j} = p_i\overline{p_j};\\
&4.\ \overline{p_i} * \overline{p_i p_j} = \overline{p_i};\\
&5.\ \overline{p_i p_j} * \overline{p_i p_S} = p_i p_j - p_i p_S \overline{p_j};\\
&6.\ \overline{p_i p_j} - p_i \overline{p_j} = \overline{p_i}.
\end{aligned} \tag{8}$$

Для примера использования этих правил при расчете надежности рассмотрим простейшую сеть связи, изображенную в виде графа на рис. 1.

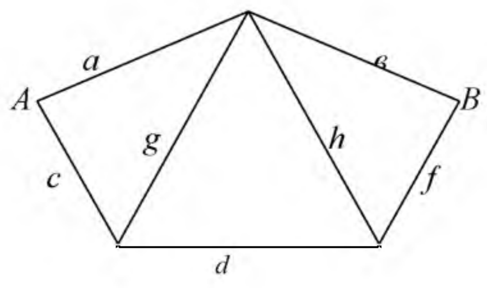

Рис. 1. Пример для расчета структурной надежности сети на ограниченном подмножестве путей

Буквы, стоящие у ребер графа, обозначают вероятности работоспособных состояний соответствующих линий связи. Узлы для простоты будем считать идеально надежными. Предположим, что для связи между узлами А и В можно использовать все пути, состоящие из трех и менее последовательно включенных линий связи. Это означает, что следует учесть подмножество путей $\{\mu\} = \{ав, cdf, cdв, ahf\}$. Определим приращения надежности, обеспечиваемые каждым последующим путем, по формуле (3) с учетом выражения (5):

$$\Delta H_{K+1} = R_{K+1} * \left(\overline{R_1} * \overline{R_2} * \ldots * \overline{R_K}\right), \qquad (9)$$

где $\overline{R_i} = 1 - R_i$, аналогично соотношению (7).

Применяя последовательно формулу (9) и правила символического умножения (8) к рассматриваемой сети, получаем:

$$\Delta H_1 = a\textit{в}\text{;}\ \Delta H_2 = cdf * \left(\overline{a\textit{в}}\right) = cdf \cdot \overline{a\textit{в}}\text{;}$$

$$\Delta H_3 = cd\textit{в} * \left(\overline{a} * \overline{df}\right) = cd\textit{в} \cdot \overline{a} \cdot \overline{df}\text{;}\ \Delta H_4 = ahf\left(\overline{\textit{в}} * \overline{cd} * \overline{cg\textit{в}}\right) = ahf \cdot \overline{\textit{в}} \cdot \overline{cd}.$$

Напомним, что при расчете выражений в круглых скобках мы полагали вероятности работоспособных состояний элементов, входящих в (к+1)-ый путь, равными единице. При расчете последнего приращения мы использовали правило 4), которое можно назвать правилом поглощения длинных путей короткими; в данном случае его применение дает $\overline{\textit{в}} * \overline{cg\textit{в}} = \overline{\textit{в}}$. Если разрешено использование других более длинных путей, содержащих более трех включенных линий, например пути cdhв, то не представляет труда рассчитать обеспечиваемое им приращение надежности $\Delta H_5 = cdh\textit{в} * \left(\overline{a} * \overline{f} * \overline{g} * \overline{af}\right) = cdh\textit{в} \cdot \overline{a} \cdot \overline{f} \cdot \overline{g}$. Результирующую структурную надежность сети можно теперь вычислить как сумму приращений, обеспечиваемых каждым из рассмотренных путей:

$$H_K = \sum_{i=1}^{K} \Delta H_i \qquad (10)$$

Пусть для рассмотренной сети вероятности работоспособных состояний всех элементов сети одинаковы, то есть a=в=c=d=f=h=g=p. В результате получим

$$H_5 = p^2 + p^3\left(1 - p^2\right) + 2p^3(1 - p)\left(1 - p^2\right) + p^4(4 - p)^3.$$

Пусть p равно 0,9. При этом структурная надежность сети, рассчитанная по первым пяти путям, составит: $H_5 = 0{,}81 + 0{,}1385 + 0{,}01385 + 0{,}01385 + 0{,}00066 = 0{,}9768$.

На основании приведенного расчета можно оценить вклад в повышение структурной надежности сети каждого последующего пути доставки информации. Так, путь, содержащий четыре элемента дает, приращение вероятности работоспособного состояния тракта, равное 0,00066, что при исходной вероятности работоспособного состояния элемента сети, равной 0,9, можно считать незначительным.

При машинной реализации в основу расчета структурной надежности сети можно также положить соотношение (4) с учетом того, что

$$Q_K = \sum_{i=1}^{K} \Delta Q_i. \qquad (11)$$

Согласно (4) имеем следующее рекуррентное соотношение:

$$Q_{K+1} = Q_K - R_{K+1} * Q_K \qquad (12)$$

При начальном условии $Q_0 = 1$ на каждом последующем шаге из полученного ранее значения для QК следует вычесть произведение вероятности работоспособного состояния очередного (к+1)-го пути на значение QК, в котором вероятности работоспособного состояния всех элементов, входящих в (к+1)-й путь, нужно положить равными единице. В качестве примера рассчитаем структурную надежность сети, изображенной на рис. 2, относительно узлов А и В, между которыми имеется 11 возможных путей передачи информации.

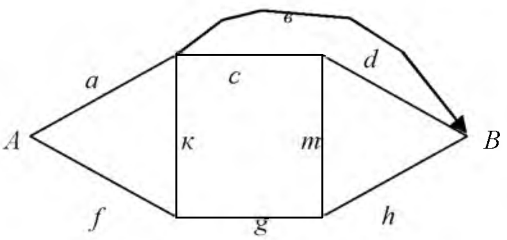

Рис. 2. Пример сети для расчета надежности по полной совокупности путей

Все данные для расчета сведены в таблице 1. Окончательное значение вероятности работоспособного состояния тракта НАВ можно получить, если провести суммирование всех строк последнего столбца таблицы.

Таблица 1

Сводные данные для расчета структурной надежности многоцелевых территориальных мультисервисных систем связи

Номер пути	R_{K+1}	$R_{K+1} * \left(\overline{R_1} * \overline{R_2} * \ldots * \overline{R_K}\right)$	ΔH_K
1	2	3	4
1	ав		ав
2	fhg	$fgh * \left(\overline{a\text{в}}\right)$	$fgh \cdot \overline{a\text{в}}$
3	acd	$acd * \left(\overline{\text{в}} * \overline{fgh}\right)$	$acd \cdot \overline{\text{в}} \cdot \overline{fgh}$
4	fк в	$fk\text{в} * \left(\overline{a} * \overline{gh} * \overline{acd}\right)$	$fk\text{в} \cdot \overline{a} \cdot \overline{gh}$
5	aкgh	$fkgh * \left(\overline{\text{в}} * \overline{f} * \overline{cd} * \overline{f\text{в}}\right)$	$acmh \cdot \overline{\text{в}} \cdot \overline{f} \cdot \overline{cd}$
6	acmh	$acmh * \left(\overline{\text{в}} * \overline{fg} * \overline{d} * \overline{fk\text{в}} * \overline{\text{к}g}\right) =$ $= acmh * \left(\overline{\text{в}} * \overline{d} * \overline{fg} * \overline{\text{к}g}\right)$	$acmh \cdot \overline{\text{в}} \cdot \overline{d}\left(fg - kg\overline{f}\right)$
7	fкcd	$fkcd * \left(\overline{a\text{в}} * \overline{gh} * \overline{a} * \overline{\text{в}} * \overline{agh} * \overline{amh}\right)$	$f\text{кк}c \cdot \overline{a} \cdot \overline{\text{в}} \cdot \overline{gh}$
8	fgmd	$fgmd * \left(\overline{a\text{в}} * \overline{h} * \overline{ac} * \overline{k\text{в}} * \overline{akh} * \overline{ach} * \overline{kc}\right)$	$fgmd \cdot \overline{h} \cdot \left(a\overline{\text{в}} - ac\overline{\text{в}} - k\text{в}\overline{a} -\right.$
9	akgmd	$akgmd * \left(\overline{\text{в}} * \overline{fh} * \overline{c} * \overline{f\text{в}} * \overline{h} * \overline{ch} * \overline{fc} * \overline{f}\right)$	$akgmd \cdot \overline{\text{в}} \cdot \overline{f} \cdot \overline{c} \cdot \overline{h}$
10	fkcmh	$fkcmh * \left(\overline{a\text{в}} * \overline{g} * \overline{ad} * \overline{\text{в}} * \overline{ag} * \overline{a} * \overline{d} * \overline{gd} * \overline{agd}\right)$	$fkcmh \cdot \overline{a} \cdot \overline{\text{в}} \cdot \overline{g} \cdot \overline{d}$
11	fgmcв	$fgmc\text{в} * \left(\overline{a} * \overline{h} * \overline{ad} * \overline{k} * \overline{akh} * \overline{ah} * \overline{kd} * \overline{d} * \overline{akd}\right.$	$fgmc\text{в} \cdot \overline{a} \cdot \overline{h} \cdot \overline{k} \cdot \overline{d}$

Итак, просуммировав все строки последнего столбца, получим формулу для расчета структурной надежности тракта АВ сети, схема которой приведена на рис. 2. Эта формула содержит всего 15 членов вместо максимально возможного числа 2^n=2048, получающегося при учете всех возможных путей. До сих пор мы рассматривали показатели структурной надежности сети относительно выделенной пары узлов. Совокупность таких показателей для всех или некоторого подмножества пар узлов может достаточно полно характеризовать структурную надежность сети в целом. Иногда используется другой, интегральный, критерий структурной надежности сети. По этому критерию сеть считается исправной, если имеется связь между всеми ее узлами. При этом задается также требование к вероятности такого события. Для расчета структурной надежности по указанному интегральному критерию достаточно ввести обобщение понятия пути в виде дерева, соединяющего все заданные узлы сети. Тогда сеть будет связана, если существует, но крайней мере, одно связывающее дерево, и расчет сводится к перемножению вероятностей отказа всех рассматриваемых деревьев с учетом наличия общих элементов. Вероятность Q_S отказа s-го дерева определяется аналогично вероятности отказа пути:

$$Q_s = 1 - \prod_{i=1}^{\pi_s} p_{is},$$

где pis – вероятность работоспособного состояния i-го элемента, входящего в s-ое дерево; πs – число элементов в s-м дереве.

Рассмотрим для примера простейшую сеть в виде треугольника, стороны которого взвешены вероятностями работоспособного состояния а, в, с соответствующих ветвей. Для связанности такой сети достаточно существование, по крайней мере, одного из деревьев ав, вс, са. Используя рекуррентное соотношение (9), определим вероятность связанности этой сети $H = ab + bc\bar{a} + ca\bar{b}$.

Если а=в=с=р, получаем следующее значение вероятности связанности, которое легко проверить перебором: Н=3р2-2р3. Для расчета вероятности связанности достаточно разветвленных сетей вместо перечня связывающих деревьев, как правило, удобнее пользоваться перечнем сечений $\{\sigma\}$, которые приводят к потере связанности сети по рассматриваемому критерию. Сечением при этом называют минимальную (неизбыточную) совокупность ветвей, удаление которых делает сеть несвязанной. При восстановлении хотя бы одной ветви из этой совокупности связанность сети восстанавливается. Легко показать, что для сечения справедливы все введенные выше правила символического умножения, только вместо вероятностей работоспособного состояния элементов сети в качестве исходных данных следует использовать вероятности отказов q=1-p. Действительно, если все пути или деревья можно считать включенными «параллельно» с учетом их взаимосвязанности, то все сечения включены в этом смысле «последовательно». Обозначим вероятность того, что в некотором сечении s нет ни одного исправного элемента, через π_s. Тогда можно записать

πs= qis· qrs··· qms, (13)

где qis – вероятность отказа i-го элемента, входящего в s-е сечение.

Вероятность Нсв связности сети можно тогда представить аналогично (5) в символическом виде:

Нсв = (1-π1) * (1-π2)*…* (1-πк), (14)

где k- число рассматриваемых сечений.

Другими словами, для того чтобы сеть была связана, необходимо, чтобы одновременно были исправны хотя бы по одному элементу в каждом сечении с учетом взаимной зависимости сечений по общим элементам. Формула (14) является в некотором смысле двойственной по отношению к формуле (5) и получается из последней заменой путей на сечения и вероятностей исправной работы на вероятности пребывания в состоянии отказа. Аналогично двойственным по отношению к формуле (12) является рекуррентное соотношение:

Hk+1 = Hk-πk+1*Hk, (15)

Рассчитаем для примера вероятность связанности рассмотренной выше треугольной сети с набором сечений ав, вс, са. Согласно (15) при начальном условии Но=1 имеет $H_{CB} = \bar{a}\bar{в} - \bar{в}\bar{c}a - \bar{c}\bar{a}в$. При одинаковых вероятностях неработоспособного состояния элементов сети а=в=с=q получаем Нсв=1-q2-2q2(1-q). Этот результат совпадает с ранее полученным результатом по методу перечисления деревьев. Метод сечений можно, конечно, применять и для расчета вероятности связанности сети относительно выделенной пары узлов, особенно в тех случаях, когда число сечений в рассматриваемой сети значительно меньше числа путей. Однако наибольший эффект в смысле сокращения трудоемкости вычислений дает одновременное использование обоих методов, которое рассматривается ниже.

Приближенный метод двусторонней оценки структурной надежности

При проектировании реальных МСС или оценке действующих сетей обычно отсутствует необходимость точного расчета структурной надежности сети, так как исходные данные по надежности элементов сети задаются или получаются экспериментальным путем с некоторой конечной точностью. Создателям МСС и эксплуатационным службам функционирующих сетей необходимо лишь убедиться в том, что надежность соответствующей сети не ниже заданной и не имеет экономически необоснованного запаса. Другими словами, на практике достаточно гарантировать, что истинное значение надежности Но находится в некоторых пределах Hmin<Hо<Hmax. Можно ожидать, что оценка надежности МСС с заданной конечной точностью позволит сократить трудоемкость расчетов в тем большей мере, чем ниже требуемая точность оценки. Действительно, при расчете надежности по совокупности путей добавление каждого следующего пути приводит к увеличению структурной надежности сети, а при расчете по совокупности сечений добавление каждого следующего сечения приводит к уменьшению структурной надежности, что создает предпосылки для двусторонней оценки структурной надежности сети с гарантированной точностью по ограниченным наборам путей и сечений. Рассмотрим эту возможность более детально.

Обозначим через $Q_\mu^{(k)}$ результат, полученный при перемножении вероятностей отказов 1-RS первых k из общего числа n путей. Тогда с учетом следующего (k+1)-го пути получим согласно (12) уточненную оценку $Q_\mu^{(k+1)}$:

$$Q_\mu^{(k+1)} = Q_\mu^{(k)} - Rk{+}1^{*}\, Q_\mu^{(k)} \qquad (16)$$

Функция $H_\mu^{(K+1)} = 1 - Q_\mu^{(k)}$ является монотонно неубывающей с возрастанием k и при k=n дает точное значение $H_0 = H_\mu^{(n)}$. (Здесь следует оговориться, что и в данном случае понятие «точное» достаточно относительно хотя бы потому, что все вычисления, проводимые вручную или с использование ЭВМ, осуществляются с некоторой конечной точностью).

Промежуточные значения $H_\mu^{(k)}$ при $k<n$ можно рассматривать, как оценки H_o снизу. Аналогично, исходя из формулы (15), можно получить монотонно невозрастающую последовательность $H_\sigma^{(k+1)}$, которую можно рассматривать, как последовательность оценок H_o сверху. Характер зависимостей $H_\mu^{(k)}$ и $H_\sigma^{(k)}$ от k представлен на рис. 3.

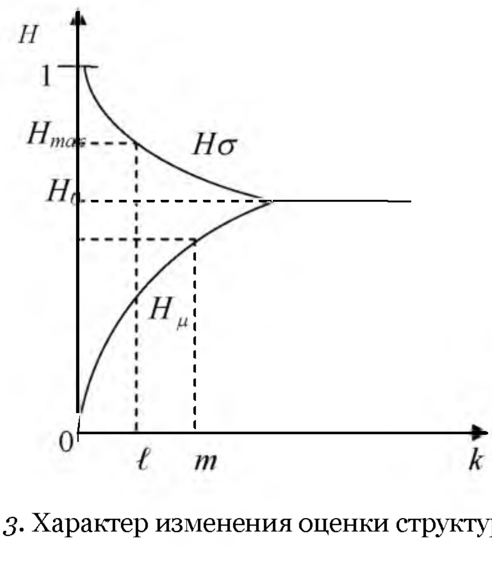

Рис. 3. Характер изменения оценки структурной надежности

Опыт показывает, что рассматриваемые зависимости при малых k меняются весьма круто, а с дальнейшим увеличением k очень медленно приближаются к общему пределу Ho, что подтверждается и расчетами. Это свойство можно использовать для сокращения трудоемкости оценок надежности сети с заданной точностью. Действительно, для решения задачи достаточно последовательно просматривать пути μ, пока не выполнится условие $H_{\mu}^{(k)} \geq$Hmin, и затем просматривать сечения σ, пока не выполнится условие $H_{\sigma}^{(r)} \leq$Hmax. Если для некоторого m окажется, что $H_{u}^{(m)} >$Hmax, то можно прекратить расчеты и принять решение, что в сети заложена излишняя избыточность, а если для некоторого r окажется, что $H_{\sigma}^{(r)} <$Hmin, то это значит, что требования к надежности сети не выполняются. Число требующих просмотра путей m и сечений r (расчеты структурной надежности сети по m путям и r сечениям) обычно гораздо меньше общего числа путей n и общего числа сечений k ($m \ll n$, $r \ll k$), чем и достигается сокращение трудоемкости оценки. Одновременно гарантируется, что истинное значение надежности сети лежит в заданных пределах Hmin≤Ho≤Hmax. Точность оценки может быть задана в виде допустимых отклонений от истинного значения $H_{-в}^{+a}$. В этом случае просмотр путей и сечений следует вести до тех пор, пока не выполнится условие $/H_{\mu}^{(m)} - H_{\sigma}^{(r)}/ \leq$ а+в. В частности, если а=в, то условие прекращения расчетов имеет вид $/H_{\mu}^{(m)} - H_{\sigma}^{(r)}/ \leq$ 2а, а в качестве оценки надежности следует принять величину Н=($H_{\mu}^{(m)} + H_{\sigma}^{(r)}$)/2.

В ходе расчетов решение о рассмотрении на следующем шаге очередного пути или сечения целесообразно принимать по критерию большего абсолютного прекращения надежности по соответствующему параметру (m или r).

Метод двусторонней оценки структурной надежности для разветвленных МСС, позволяет значительно сократить трудоемкость расчетов по сравнению с методом полного перебора путей или сечений. При этом метод гарантирует любой заданный уровень точности оценки надежности МСС.

Повышения структурной надежности в основном достигается принятием следующих мер:

- выбор аппаратуры узлов коммутации и линий связи с повышенной надежностью, что позволит повысить надежность каждого отдельного пути передачи информации МСС;
- применение резерва по каналам, трактам или линиям на участках сети, что также приводит к повышению надежности пути МСС;
- применение резервных обходных путей (в режиме горячего резерва), что эквивалентно увеличению числа независимых путей, которые могут быть использованы для передачи информации;
- организация службы контроля и восстановления, что эквивалентно уменьшению времени восстановления, а следовательно, увеличению надежности путей МСС;
- создание и внедрение соответствующей системы управления разных уровней в МСС, обеспечивающей оперативное переключение каналов и трактов, перераспределение и ограничение потоков информации в МСС.

Заключение

В данной статье рассмотрены точные и приближенные методы расчета структурной надежности мультисервисных систем связи (МСС) по совокупности путей и сечений сети. Преимущество этого метода, по сравнению с методом двусторонней оценки структурной надежности, заключается в существенном сокращении трудоемкости расчетов. Предложенный методы позволяет произвести расчет структурной надежности многоцелевых территориальных мультисервисных систем связи. Метод апробирован при создании и эксплуатации мультисервисных региональных систем для органов регистрации Московской области.

Литература

1. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.В. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965. – 524 с.

2. Гадасин В.А. Методы расчета структурной надежности сети связи. – М., 1986.

3. Филин Б.П. Методы анализа структурной надежности сетей связи. – М.: Радио и связь, 1988.

4. Банчук Ю.А., Демин В.К., Тютин Н.Н., Чудинов С.М. Региональные информационные системы, методы их структурной и функциональной оценки. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 340 с.

5. Руководящий документ Министерства связи РФ РД.45.128-2000. Сети и службы передачи данных. – 65с.

6. Научный отчет: Исследование и разработка методов оценки и прогнозирования структурной надежности мультисервисных сетей связи (для компании ОАО «ЦентрТелеком») ВИМА. 468 363.006, Инв. № 6787, ОАО «НИИ супер ЭВМ», 2006.

METHODS OF ACCOUNT OF STRUCTURAL RELIABILITY OF MULTI-PURPOSE TERRITORIAL MULTISERVICE SYSTEMS OF COMMUNICATION

N.N.Tjutin
I.M. Uspenskiy
S.M,Chudinov
O.N.Krivosheev

e-mail:
chudinov@super-computer.ru

In given clause the exact and approached methods of account of structural reliability of multiservice systems of communication (MSC) on set of ways and sections of a network are considered. The specified method can be used for account of structural reliability of multi-purpose territorial multiservice systems of communication.

Keywords: account of structural reliability of multiservice networks of communication, method of account of structural reliability on set of ways or sections, method of a bilaterial rating, ways of increase of structural reliability of multiservice systems of communication.