

УДК 621.391

**Варфоломеева О. Г., к.т.н.; Лисковский И. О., к.т.н.**

*(Государственный университет информационно-коммуникационных технологий)*

## **О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЯМИ**

**Варфоломеева О. Г., Лисковский И. О. Про деякі питання аналізу і синтезу системи управління телекомунікаціями.** Розглядаються питання аналізу і синтезу системи управління телекомунікаціями з точки зору її живучості і надійності з урахуванням дії на неї дестабілізуючих чинників. Визначається критерій працездатності мережі управління.

**Ключові слова:** СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, МЕРЕЖА, ТОПОЛОГІЯ, ЖИВУЧІСТЬ, КРИТЕРІЙ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ, ДЕСТАБІЛІЗУЮЧІ ФАКТОРИ

**Варфоломеева О. Г., Лисковский И. О. О некоторых вопросах анализа и синтеза системы управления телекоммуникациями.** Рассматриваются вопросы анализа и синтеза системы управления телекоммуникациями с точки зрения ее живучести и надежности с учетом действия на нее дестабилизирующих факторов. Определяется критерий работоспособности сети управления.

**Ключевые слова:** СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, СЕТЬ, ТОПОЛОГИЯ, ЖИВУЧЕСТЬ, КРИТЕРИЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ, ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЕ ФАКТОРЫ

**Varfolomeieva O. G., Liskovsky I. O. About some questions of analysis and synthesis of control system by telecommunications.** The questions of analysis and synthesis of control system by telecommunications are examined from point of its vitality and reliability taking into account operating on it of destabilizing factors. The criterion of capacity of management network is determined.

**Key words:** MANAGEMENT SYSTEM, NETWORK, TOPOLOGY, SURVIVABILITY, PERFORMANCE CRITERIA, DESTABILIZING FACTORS

**Вступление.** Система управления телекоммуникационной сетью (ТКС), как известно, обладает своей собственной сетью, обеспечивающей центры управления (NMS – network management servers) возможностью получать информацию от контролируемых объектов (clients) и передавать этим объектам команды управления [1]. К этой сети предъявляются самые разнообразные и многоплановые требования, порой противоречащие друг другу. Это требования к функциональным возможностям, показателям качества, надежности наряду с требованиями к экономическим показателям.

Исходя из задач, которые призвана решать система управления телекоммуникациями, очевидно, что к сети управления предъявляются жесткие требования по надежности или живучести в зависимости от поставленной задачи.

Задача построения сети управления телекоммуникациями может быть сформулирована следующим образом: необходимо провести синтез обобщенной модели сети управления, причем алгоритм синтеза должен учитывать требования как по надежности, так и по живучести.

**Терминология.** Определимся с терминологией. Что такое надежность и что такое живучесть?

Под *надежностью сети* (а также системы) управления мы будем понимать комплексное свойством системы, которое состоит в ее способности выполнять (в определенных условиях функционирования) заданные функции, сохраняя свои основные характеристики в определенных границах. Самым распространенным показателем надежности, которые обычно вероятностны по своему характеру, – это вероятности безотказной работы, средняя наработка на отказ, готовность и т.д.

Под *живучестью сети* (а также системы) управления мы будем понимать ее способность адаптироваться к новым априорно неизвестным условиям функционирования, противостояния нежелательным влияниям при одновременной реализации основной функции.

Под *физической инфраструктурой (топологией)* будем понимать совокупность фиксированных или беспроводных линий связи и техническое оборудование для организации этих линий (например, проложенная оптоволоконная линия связи с

усилительно-регенерационными участками или радиорелейные линии связи, радиоканал между абонентом и базовой станцией и т.д.).

Под *логической топологией* подразумевается совокупность маршрутов передачи информации и узлов обработки этой информации (например, виртуальные каналы, локальные виртуальные сети и т.д.).

По своей архитектуре сеть управления может иметь свою собственную физическую топологию, может являться логической топологией, которая накладывается на физическую топологию сети передачи данных (так называемая наложенная сеть), или представлять собой комбинацию этих двух вариантов.

В качестве примера рассмотрим топологию гипотетической ТКС, приведенную на рис.1, на которой функционирует система управления. В рассматриваемом примере предполагается, что сеть управления является наложенной на физическую топологию управляемой ТКС.

Логическая топология сети управления приведена на рис. 2, где сплошными линиями указаны основные каналы передачи информации, а штрихпунктирными линиями – резервные каналы.

Задачей синтеза сети управления является построение оптимальной топологии сети, в данном случае логической, позволяющей системе управления выполнять свои функции при наличии дестабилизирующих факторов. При синтезе такой логической топологии необходимо учитывать, что надежность системы управления должна быть не меньше надежности физической инфраструктуры. Объясняется это тем, что система управления должна обеспечивать управление ТКС при максимальном числе возможных отказов физической топологии базовой сети, при которых эта сеть еще функционирует.

Под дестабилизирующими факторами будем понимать преднамеренное или непреднамеренное (случайное) воздействие на ТКС, приводящее к выходу из строя сетевых элементов.

Выразим работоспособность сети в виде логического выражения, учитывающего функционирующие связи между объектами управления и серверами (центрами) управления, а также работоспособность объектов и серверов управления. Назовем данное логическое выражения критерием работоспособности. Для рассматриваемого примера будем считать сеть управления работоспособной, если каждый объект управления

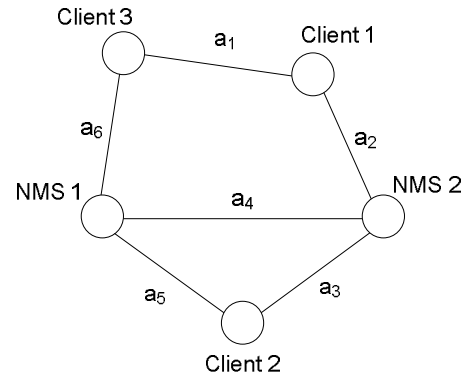


Рис. 1. Физическая топология фрагмента ТКС

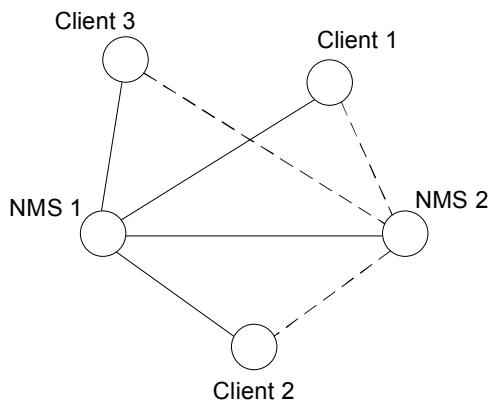


Рис. 2. Логическая топология сети управления

имеет не менее одного маршрута для связи с основным или резервным центрами управления, а также существует связь между основным и резервным центрами управления. Критерий может быть определен таким образом, что если в результате вычислений критерий принимает значение "истина" (логическая единица), то сеть управления работоспособна, если – "ложь" (логический ноль), то сеть неработоспособна. В более общем случае критерий может отражать постепенное (многоступенчатое) ухудшение качества функционирования сети управления с необходимой степенью детализации. Для этого обобщенный критерий работоспособности должен являться многокомпонентной структурой, состоящей из отдельных частных критериев, учитывающих качество функционирования. Таким образом, используя данный обобщенный критерий, можно провести анализ степени воздействия дестабилизирующих факторов на качество функционирования телекоммуникационной сети.

**Критерии работоспособности ТКС.** В данной работе рассматривается ситуация, когда критерий принимает два значения: "сеть работоспособна", когда характеристики функционирования сети удовлетворяют критерию и "сеть неработоспособна", когда критерий не выполняется. Для данного примера критерий будет выполняться, если, объекты управления имеют связь не менее единицы с серверами управления, а также существует связь между серверами.

Представим функционирование ТКС в виде полной группы несовместных событий, каждое из которых соответствует определенному состоянию физической топологии телекоммуникационной сети. Переход из одного состояния в другое осуществляется под воздействием потока дестабилизирующих факторов (поток отказов) или потока восстанавливающих факторов (поток восстановления). Будем предполагать, что интенсивности потоков отказов и восстановлений зависят от времени.

Каждое из этих несовместных событий (состояний) определяется как логическое произведение элементарных событий, соответствующих пребыванию каждого элемента топологии в работоспособном или неработоспособном состоянии. Если имеется  $n$  элементов сети и каждый из них может находиться в одном из двух состояний ("работает"/"не работает"), то количество состояний, составляющих полную группу событий равно  $2^n$ .

В рассматриваемом случае каждый из шести элементов сети может находиться в одном из двух возможных состояний, следовательно полная группа событий составляет  $2^6$  состояний:

$$\{S_1, S_2 \dots S_k\}, \text{ где } k=2^6=64,$$

а каждое несовместное событие выражается через элементарные события следующим образом:  $S_4 = a_1 \cdot a_2 \cdot \overline{a_3} \cdot a_4 \cdot a_5 \cdot a_6$

Данная запись соответствует событию  $S_4$ , когда все элементы сети, кроме третьего находятся в работоспособном состоянии.

Используя теорию Марковских процессов с непрерывным временем и дискретными состояниями, определим вероятности нахождения системы управления в каждом из возможных состояний. Для этого, очевидно, необходимо задать интенсивности потоков отказов (дестабилизирующих факторов) и потоков восстановлений, воздействующих на элементы сети. Примем, что потоки отказов и потоки восстановлений, воздействующие на элементы системы являются пуассоновскими (в общем случае будем считать данные потоки нестационарными). Таким образом, решая систему линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами, получаем распределение вероятностей нахождения системы по состояниям. Для рассматриваемого примера данная система уравнений имеет вид:

$$\frac{dp_1(t)}{dt} = -[\lambda_4(t) + \lambda_5(t) + \lambda_6(t) + \lambda_7(t) + \lambda_8(t) + \lambda_9(t)] \cdot p_1(t) + \mu_4(t) \cdot p_2(t) + \mu_5(t) \cdot p_3(t) + \mu_6(t) \cdot p_4(t) + \mu_8(t) \cdot p_6(t) + \mu_9(t) \cdot p_7(t) + \mu_7(t) \cdot p_5(t);$$

$$\frac{dp_2(t)}{dt} = -[\mu_4(t) + \lambda_5(t) + \lambda_6(t) + \lambda_7(t) + \lambda_8(t) + \lambda_9(t)] \cdot p_2(t) + \lambda_4(t) \cdot p_1(t) + \mu_5(t) \cdot p_8(t) + \mu_6(t) \cdot p_9(t) + \mu_8(t) \cdot p_{11}(t) + \mu_9(t) \cdot p_{12}(t) + \mu_7(t) \cdot p_{10}(t);$$

$$\frac{dp_3(t)}{dt} = -[\lambda_4(t) + \mu_5(t) + \lambda_6(t) + \lambda_7(t) + \lambda_8(t) + \lambda_9(t)] \cdot p_3(t) + \mu_4(t) \cdot p_8(t) + \mu_6(t) \cdot p_{13}(t) + \mu_7(t) \cdot p_{14}(t) + \mu_8(t) \cdot p_{15}(t) + \mu_9(t) \cdot p_{16}(t) + \lambda_5(t) \cdot p_1(t);$$

$$\frac{dp_4(t)}{dt} = -[\lambda_4(t) + \lambda_5(t) + \mu_6(t) + \lambda_7(t) + \lambda_8(t) + \lambda_9(t)] \cdot p_4(t) + \mu_4(t) \cdot p_9(t) + \mu_5(t) \cdot p_{13}(t) + \lambda_6(t) \cdot p_1(t) + \mu_8(t) \cdot p_{18}(t) + \mu_9(t) \cdot p_{19}(t) + \mu_7(t) \cdot p_{17}(t);$$

$$\frac{dp_5(t)}{dt} = -[\lambda_4(t) + \lambda_5(t) + \lambda_6(t) + \mu_7(t) + \lambda_8(t) + \lambda_9(t)] \cdot p_5(t) + \mu_4(t) \cdot p_{10}(t) + \mu_5(t) \cdot p_{14}(t) + \mu_6(t) \cdot p_{17}(t) + \mu_8(t) \cdot p_{20}(t) + \mu_9(t) \cdot p_{21}(t) + \lambda_7(t) \cdot p_1(t);$$

$$\frac{dp_{64}(t)}{dt} = -[\mu_4(t) + \mu_5(t) + \mu_6(t) + \mu_7(t) + \mu_8(t) + \mu_9(t)] \cdot p_{64}(t) + \lambda_4(t) \cdot p_{63}(t) + \lambda_5(t) \cdot p_{62}(t) + \lambda_6(t) \cdot p_{61}(t) + \lambda_8(t) \cdot p_{59}(t) + \lambda_9(t) \cdot p_{58}(t) + \lambda_7(t) \cdot p_{60}(t).$$

Здесь учтено, что на каждый  $k$ -й элемент системы управления действует поток отказов с интенсивностью  $\lambda_k(t)$  и поток восстановлений с интенсивностью  $\mu_k(t)$ .

Решая приведенную систему уравнений, получаем зависимости нахождения системы в данных состояниях от времени. Сформулируем критерий работоспособности для данной сети:

$$R = a_4 \cdot (a_2 + a_1 \cdot a_6) \cdot (a_6 + a_1 \cdot a_2) \cdot (a_3 + a_5)$$

В общем случае критерий работоспособности отражает постепенное ухудшение качества. Для этого случая, учитывающего,  $k$  градаций возможных состояний, полная группа событий будет определяться как  $k^n$  возможных состояний, а полная группа состояний будет разбита на  $k$  подгрупп, каждая из которых характеризует тот или иной уровень качества функционирования сети управления.

В рассматриваемом примере полученный критерий разделяет полную группу событий на 2 подгруппы: "сеть работоспособна" и "сеть неработоспособна". Произведя суммирование по подгруппе, соответствующей работоспособному состоянию, находим вероятности нахождения системы управления в работоспособном состоянии. Приведенный алгоритм соответствует решению задачи анализа работоспособности системы управления. Применяя этот алгоритм, можно проверить правильность функционирования обобщенной модели сети управления телекоммуникациями и оценить качество функционирования такой сети при разных вариантах построения системы управления. Также приведенный алгоритм можно использовать при синтезе оптимальной модели системы управления как проверочный алгоритм, позволяющий оценить предлагаемое решение. Алгоритм синтеза не является предметом рассмотрения в данной статье и его исследованию будет посвящен ряд последующих работ.

**Выводы.** Используя приведенный алгоритм анализа, можно получить вероятностные характеристики ухудшения функционирования системы управления при воздействии на нее дестабилизирующих факторов различного происхождения. Также данный алгоритм может быть полезен при построении оптимальной системы восстановления.

### Литература

1. Principles for a Telecommunications Management Network // ITU-T Recommendation M.3010. – 2000.
2. TMN Interface Specification Methodology // ITU-T Recommendation M.3020. – 2000.
3. Управління телекомунікаціями із застосуванням новітніх технологій / В. Г. Кривуца, В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман та інш.; підручник для ВНЗ. – К.: Техніка, 2007. – 384 с.
4. Филин Б. П. Методы анализа структурной надежности сетей связи / Б. П. Филин. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с.