

др. При этом, если обеспечивается требуемый уровень энергетического потенциала, то ВБСР принимается равной 1 (т.е. надежность радиолинии не учитывается в расчете НКРТС). Однако это является довольно грубым допущением.

Предложенный выше вид комплексной математической модели надежности НКРТС (1), зависящей от структурно-физических свойств изделия, бессбойности радиолинии и характеристик сегментов. Ее использование при проектировании вновь разрабатываемых или модернизирующихся НКРТС на предприятиях показала, что приводит к получению более точной и полной картины о работоспособности НКРТС и определению наиболее «уязвимых» узлов.

Литература

1. Галантернак Ю.М., Зелинский А.Е., Калинин А.Ф. Будущее автоматизированного управления космическими аппаратами. // Журнал «Информационно-измерительные и управляющие системы» №12, т.4. – М.: Радиотехника, 2006. - с. 61-66.
2. Полесский С.Н. Исследование надежности командных радиотехнических систем на ранних этапах проектирования: Тезисы // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов МИЭМ Тезисы докладов. – М.: МИЭМ, 2008. - с. 118-119.
3. Скляр Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Пер с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.
4. P.A. Bradley, P. Muhtarov. *Basic Circuit Reliability for digital HF Ionospheric Communications. Fisica de la Tierra.* 2000, 12, 353-361.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАДИОЛИНИЙ КОСМИЧЕСКИХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Полесский С.Н., Жаднов В.В.

*Московский государственный институт электроники и математики
(технический университет)*

На сегодняшний день наиболее актуальной задачей является разработка моделей прогнозирования надежности радиолиний космических радиотехнических систем (КРТС), представляющие собой набор бортовых сегментов и наземных и связь между ними осуществляется по радиоканалам. Поэтому для таких систем наиболее «уязвимым» элементом является радиолиния. Как было показано в [1-8], надежность радиолинии (канала) определяются большим числом факторов (источников ухудшения надежности передачи). Однако, на практике учитываются только потери, связанные с ограничением полосы; эффективностью антенны; атмосферными помехами и шумом атмосферы; галактическим или космическим шумом, звездным шумом и шу-

мом побережья и (собственным) шумом приемника, а влиянием остальных факторов в расчетах пренебрегают.

Расчет основной надежности радиолинии (BCR) включает в себя определение следующих параметров [3]: ежемесячная средняя допустимая мощность сигнала для приемника; ежемесячные средние атмосферные, искусственные и галактические мощности шумов; верхние и нижние отклонения от ежемесячной средней мощности сигнала к шуму (долгосрочное (ежедневное) и краткосрочное (часовое)); требуемое (назначенное) отношение сигнала к шуму. Надежность радиолинии ($РЛ$) – это вероятность достижения заданной производительности системы при выполнении основных функций. Основную надежность $РЛ$ определяют, когда окружающая среда включает в себя атмосферные, производимые человеком и космические шумы; полная надежность $РЛ$ включает в себя еще и интерференцию. BCR определяется соотношением между одиночными узлами схемы. Основная надежность $РЛ$ приема рассматривает различные пути передачи одинаковой информации на различных частотах, и основная надежность средств связи применяется при приеме-передаче (радиовещании на всех частотах), где прием ведется в разнесенных точках в пределах требуемой области. Эти различные типы показателей надежности могут быть определены в терминах BCR [3, 4].

Для аналоговых КРТС вероятность сеанса связи (бессбойной работы радиолинии) за время выполнения задачи определяется только отношением сигнал к шуму [3]:

$$R_{PL} [SN_p / SN_{TP}] = BCR = \int_{SN_0} P_{CC}(SN) \cdot d(SN), \quad (1)$$

где: $P_{CC}(SN)$ - функция плотности вероятности скомбинированных ежекратных и ежедневных изменений расчетного значения SN , [Дб]; $SN_0(SN_{TP})$ – требуемое соотношение сигнал/шум, [Дб].

Приближенный метод вычисления выражения (1) приведен в [3] с использованием данных о верхнем и нижнем отклонениях от среднемесячного значения сигнала к шуму. Это говорит о том, что сигнал и шум не коррелированы, и верхнее значение отклонения отношения сигнал/шум от среднего значения приведено как сумма верхних значений отклонений сигнала для ежедневных и ежекратных изменений и нижних значений отклонений суммы шумов, как соответствующих ежедневным и ежекратным изменениям.

Нижнее значение отношения сигнал/шум приведено относительно отклонений нижнего значения сигнала и верхнего значения шума. Простое, но адекватное приближение формы распределения общей надежности (ВБРС), представленной Брэдли и Бэдфордом в 1976 году [10] и дано в значениях среднего, верхнего и нижнего отклонений отношения сигнал/шум объединенных для получения BCR для любого требуемого соотношения SN_0 .

Таким образом, имеем:

$$R_{p,l} [\text{отн. ед.}] = \begin{cases} \min \left[\frac{1,3 - 0,8}{1 + ((SN_m - SN_0)/D_l SN_m)} \vee 1 \right], & \text{для } SN_m \geq SN_0 \\ \max \left[\left(\frac{0,8}{1 + ((SN_0 - SN_m)/D_u SN_m)} - 0,3 \right) \vee 0 \right], & \text{для } SN_m < SN_0 \end{cases} \quad (2)$$

где R_{SN} – вероятность того, что заданное отношение сигнал/шум SN_0 будет достигнуто и равно SN_m в период сеанса связи; $D_l SN_m$ и $D_u SN_m$ – соответственно являются среднемесячными (верхним и нижним) отклонениями от среднего значения отношения сигнал/шум, [Д6].

Аппроксимированный вид модели (2) приведен на рис. 1 в зависимости от изменения значения SN_p при различных значениях SN_{TP} .

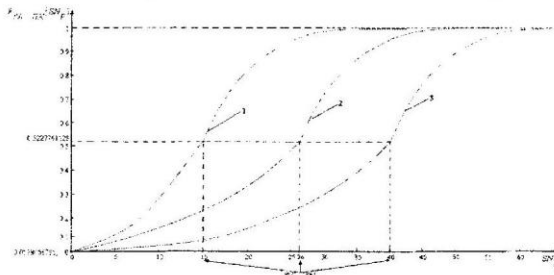


Рис. 1. График зависимости $R_{p,l-ПК}$ от изменения SN_p при различных значениях SN_{TP} (1 - $SN_{TP}=15$ [ДБ]; 2 - $SN_{TP}=26$ [ДБ]; 3 - $SN_{TP}=40$ [ДБ])

В современных КРТС помимо аналоговых широко применяются и цифровые линии связи [1, 2, 8], которые обладают рядом свойств, отличающих их от аналоговых. Так, в аналоговой радиосвязи критерием качества является отношения средней мощности сигнала к средней мощности шума SN_p [1-8]. В цифровой же радиосвязи в качестве критерия качества чаще используется нормированная версия $SN_p - E_b/N_0$. E_b – это энергия бита, и ее можно описать как мощность сигнала S , умноженную на время передачи бита T_b . N_0 – это спектральная плотность мощности шума, и ее можно выразить как мощность шума N , деленную на ширину полосы W . Поскольку T_b и R_b взаимно обратные величины, то T_b можно заменить на $1/R_b$. Тогда поправка вычисления надежности для цифровых космических радиолиний вычисляется как:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S \cdot T_b}{N/W} = \frac{S/R_b}{N/W} = \frac{S}{N} \cdot \left(\frac{R_b}{W} \right) \Rightarrow SN_p = \frac{E_b}{N_0} \cdot \left(\frac{W}{R_b} \right), \quad (3)$$

где: T_b – время передачи бита, [с]; R_b – скорость передачи битов, [бит/с].

Используя модель (3) можно вычислить требуемое значение SN_{TP} . Исходя из модели (3) для цифровых РТС не только необходимо достичь минимального значения отношения сигнал/шум, но также время распространения и дисперсия частоты, которые не должны превышать заданных значений. Особенность расчета с использованием такого предположения требует знание формы ВБРС, которая в общем случае неизвестна. Используя гипотезу о независимости SN , F и T друг от друга (т.е. свойства не коррелированные между собой) можно получить следующую приближенную модель ВБРС прямого (или обратного) канала:

$$R_{РЛ-ПК(РЛ-ОК)} = R[SN_p/SN_{TP}] \cdot R[T_p/T_{TP}] \cdot R[F_p/F_{TP}] \cdot R_{ПУ}, \quad (4)$$

где: $R[SN_p/SN_{TP}]$ – ВБРС того, что необходимое отношение сигнала-к-шуму SN_{TP} достигнуто или превышено; $R[T_p/T_{TP}]$ – ВБРС того, что необходимое время распространения T_{TP} относительно пиковой амплитуды сигнала не превышено; $R[F_p/F_{TP}]$ – ВБРС того, что необходимая дисперсия частоты F_{TP} относительно пиковой амплитуды сигнала не превышена; $R_{ПУ}$ – определяется аналогично по модели (6).

Поэтому, на основании уравнения полной вероятности и независимости событий работы по двум каналам можно предложить следующую модель надежности радиолинии:

$$R_{РЛ} = R_{РЛ-ПК} \cdot R_{РЛ-ОК} \cdot R_{ПУ}, \quad (5)$$

где: $R_{РЛ-ПК(РЛ-ОК)}$ – ВБРС прямой канал (обратный канал); $R_{ПУ}$ – ВБРС, зависящая от влияния погодных условий.

Значение ВБРС, учитывающей влияние погодных условий, можно получить на основе следующего соотношения:

$$R_{ПУ} = K_{ПУ}(i) \cdot R^*, \quad (6)$$

где: $K_{ПУ}(i)$ – поправочный коэффициент на погодные условия относительно месяца года, определяется как $K_{ПУ}(i) = R_i/R^*$ и показывает влияние погодных условий в определенный месяц относительно минимального влияния при максимальном значении ВБРС ПУ для конкретного места установки наземного сегмента; R^* – максимальное значение ВБРС при влиянии погодных условий, $R^* = \max_{i=1,12} (R_i)$; R_i – ВБРС при влиянии ПУ в i -ый месяц; i – номер месяца года.

Значение $K_{ПУ}(i)$ может быть получено на основе статистических данных. Сейчас существуют лишь статистические данные, предоставленные для одного из типов КРТС от ФГУП «Научно-исследовательский институт точных приборов» для региона «Москва - Московская область».

Разработанные модели прогнозирования надежности радиолиний КРТС позволяют определять вероятность бесбойной работы радиолинии, как аналоговых, так и цифровых радиолиний, отличающаяся от известных [3, 8] возможностью учета влияния метеорологических параметров в месте установки наземного сегмента, а также учета технических характеристик [4-9].

Приведенные выше модели (2, 4-6) планируется апробировать на ряде предприятий, занимающихся разработкой современных радиотехнических систем.

Литература

1. Recommendation ITU-R P.842-2. Computation of reliability and compatibility of HF radio systems. 1999.
2. Recommendation ITU-R P.533-7 HF propagation prediction method. 2001.
3. Recommendation ITU-R P.372-8 Radio noise. 2003.
4. Recommendation ITU-R F.339-6. Bandwidths, signal-to-noise ratios and fading allowances in complete systems. 1986.
5. Recommendation ITU-R BS.560-4. Radio-frequency protection ratios in lf, mf and hf broadcasting. 1997.
6. Recommendation ITU-R F.240-6. Signal-to-interference protection ratios or various classes of emission in the fixed service below about 30 MHz. 1992.
7. Recommendation ITU-R P.1239. ITU-R Reference ionosphere characteristics. 1997.
8. P.A. Bradley, P. Muhtarov. Basic Circuit Reliability for digital HF Ionospheric Communications. Fisica de la Tierra. 2000, 12, 353-361.

ОЦЕНКА УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕТИ IMS С ПОМОЩЬЮ ТЕНЗОРНОГО МЕТОДА

Пономарев Д.Ю.,
Сибирский федеральный университет

Работа поддержана грантом Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-2070.2008.9

Современным направлением развития сетей NGN является концепция IMS (IP Multimedia Subsystem – система обработки разнородных информационных потоков с использованием IP). Оценка качества обслуживания в данной сети является необходимой задачей, но ее решение усложняется наличием большого числа информационных потоков и их классов и сложными топологиями сетей. В данной работе представлен тензорный подход к решению задачи оценки QoS в IMS.

Tensor method for IMS QoS estimation. Ponomarev D., Siberian Federal University.

IMS is a modern trend of next generation networks development. IMS QoS estimation is a necessary task but great number of information streams and classes