

13. Горбулін В.П., Додонов О.Г., Ланде Д.В. Інформаційні операції та безпека суспільства: загрози, протидія, моделювання, монографія. – К.: вид. Інтертехнологія, 2009, 163 с.
14. Конституція України.: прийнята на п'ятій сесії Верхов. Ради України 28 черв. 1996 р. – К.: Велес.
15. Доктрина інформаційної безпеки України : затверджена Указом Президента України № 514/2009 від 8 липня 2009 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.president.gov.ua/documents/9570.html>.
16. Сазонов В.М. Социальные сети – публичная сфера, монография. – М.: Изд. Лаборатория СВМ, 2011, 223 с., ил.

Надійшла: 11.07.2012 р.

Рецензент: д.т.н., професор Хорошко В.О.

УДК 629.735.05:621.3(045)

Мачалин І.А.

КРИТЕРИЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРИОДИЧНОСТИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Рассмотрена математическая модель процесса технического обслуживания телекоммуникационных систем. Предложен технико-экономический критерий оптимизации периодичности контроля работоспособности, учитывающий стоимостные характеристики и показатели достоверности контроля.

Ключевые слова: математическая модель, оптимизация, периодичность.

Постановка проблемы. В настоящее время широкое развитие телекоммуникационных систем (ТКС) приводит к внедрению новых сложных систем приема, передачи данных и коммутации. Качество предоставления телекоммуникационных услуг в значительной мере определяется техническим состоянием оборудования ТКС. Поэтому задача контроля технического состояния и своевременного устранения неисправностей ТКС является важной и актуальной.

Анализ исследований и публикаций. Решению этой проблемы посвящено ряд работ [1-3]. Ряд критериев оптимизации используют только надежностные и стоимостные показатели, однако не учитывают показатели достоверности контроля [1-2]. Те показатели, которые учитывают влияние достоверности средств контроля [3], используют в качестве основного показателя надежности среднее время наработки изделия на отказ. Для современных высоконадежных ТКС использование такого показателя не всегда оправдано, поскольку это приводит к завышенной оценке надежности. Авторами предлагается критерий, который учитывает показатель МТВУР (Mean Time Between Unscheduled Repairs) - среднее время наработки блока на досрочный демонтаж (восстановление) на интервале планирования обслуживания.

Цель работы и постановка задач. В соответствии с требованиями нормативных документов ТКС система должна контролироваться с определенной периодичностью. Целью настоящей работы является разработка критерия и алгоритма оптимизации периодичности контроля работоспособности (КР) систем.

В следствии конечной точности систем контроля, по результатам КР могут быть приняты ошибочные решения типа «ложный отказ» (работоспособная система ошибочно признается неработоспособной) или «необнаруженный отказ» (неработоспособная система ошибочно признается работоспособной). Известно, что при большой периодичности КР увеличивается вероятность события, при котором система может длительное время находиться в состоянии «необнаруженного отказа» (состояние в котором отказавшая система используется по назначению). Увеличение частоты КР позволяет существенно снизить среднее время нахождения системы в состоянии «необнаруженного отказа» за счет снижения уровня ошибок типа «необнаруженный отказ». Но это влечет за собой временные потери на КР и увеличение количества ошибок типа «ложный отказ», что в свою очередь приводит к увеличению вероятности досрочного демонтажа работоспособной системы. Таким образом, возникает необходимость определения оптимальной периодичности КР, позволяющей минимизировать потери вследствие ошибок КР. При этом ТКС конструктивно

рассматривается как совокупность легкоосъемных блоков (ЛСБ) которые можно заменить по результатам КР, после чего ТКС считается полностью работоспособной.

Математическая модель процесса технического обслуживания. Рассмотрим модель технического обслуживания (ТО) ТКС на конечном интервале $(0, T)$, как последовательность смены различных состояний. Поэтому поведение любого легкоосъемного блока (ЛСБ) на интервале $(0, T)$ описывается случайным процессом $L(t)$ с конечным пространством состояний $E = \bigcup_i E_i$. Процесс $L(t)$ изменяется только скачкообразно, причем каждый скачок обусловлен переходом ЛСБ в одно из возможных состояний. Предполагается, что $L(t)$ является регенерирующим случайным процессом, имеющим свойство всегда возвращаться в точку регенерации, начиная с которой дальнейшее развитие процесса не зависит от его поведения в прошлом и является вероятностной копией процесса $L(t)$, начавшегося в момент $t = 0$.

Пусть в момент $t = 0$ начинается эксплуатация ЛСБ с нулевой наработкой и планируется проведение КР в моменты $\tau, 2\tau, 3\tau, \dots, N\tau$, где $N = \frac{T}{\tau} - 1$ представляет собой количество КР ЛСБ на интервале $(0, T)$. Определим случайный процесс $L(t)$.

В произвольный момент времени t ЛСБ может находиться в одном из следующих состояний: $L(t) = E_1$, если в момент t ЛСБ использовался по назначению и находился в работоспособном состоянии; $L(t) = E_2$, если в момент t ЛСБ использовался по назначению и находился в неработоспособном состоянии (скрытый отказ); $L(t) = E_3$, если в момент t ЛСБ не использовался по назначению, т.к. производился КР с помощью ВСК; $L(t) = E_4$, если в момент t производилось “ложное восстановление” ЛСБ; $L(t) = E_5$, если в момент t производилось “правильное восстановление” ЛСБ.

Обозначим: MS_1 – среднее время нахождения системы в состоянии $L(t) = E_1$; MS_2 – среднее время нахождения системы в состоянии $L(t) = E_2$, MS_4 – среднее время нахождения системы в состоянии $L(t) = E_4$.

Используя результаты работ [3-5] для экспоненциального распределения наработки блоков на отказ имеем следующие выражения для показателей MS_1, MS_2, MS_4 :

$$MS_1(\tau) = \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda[1 - (1 - \alpha)e^{-\lambda\tau}]}, \quad (1)$$

$$MS_2(\tau) = \frac{1}{1 - (1 - \alpha)e^{-\lambda\tau}} \left[\frac{\tau(1 - \beta e^{-\lambda\tau})}{1 - \beta} - \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda} \right], \quad (2)$$

$$MS_4 = \frac{t_{ЛБ} \alpha e^{-(\lambda + \lambda_0)\tau}}{1 - (1 - \alpha)e^{-(\lambda + \lambda_0)\tau}}, \quad (3)$$

где α - условная (априорная) вероятность ложного отказа; β - условная (априорная) вероятность необнаруженного отказа.

Вероятности α и β определяются по известным методикам [3].

Критерий оптимизации. Полные средние эксплуатационные затраты на заданном периоде ТО можно представить в следующем виде:

$$Z(\tau, \alpha, \beta) = A \cdot MS_4(\tau, \alpha) + B \cdot MS_2(\tau, \alpha, \beta), \quad (4)$$

где A – потери вследствие досрочного съема ЛСБ с эксплуатации - «ложного отказа»; B – потери вследствие нахождения ЛСБ в состоянии «необнаруженного отказа».

Как видно из выражения (4), чем чаще выполняется КР (τ уменьшается), тем выше потери вследствие досрочных съемов ЛСБ и величина Z возрастает. С другой стороны, увеличение периодичности КР приводит к уменьшению потерь вследствие досрочных съемов ЛСБ, но возрастают потери из-за увеличения нахождения ЛСБ в состоянии

«необнаруженного отказа». Таким, образом, полные средние потери (4) имеют некоторое оптимальное значение на интервале изменения периодичности КР $\tau \in [0, T_{KP}]$, где T_{KP} - максимальная периодичность КР.

На этапе проектирования и внедрения ТКС оценить значения финансовых потерь A и B довольно затруднительно, в этом случае необходимо использовать принцип введения ограничений на один из управляемых параметров целевой функции. С целью повышения готовности ТКС целесообразно снижать время нахождения системы в состоянии «необнаруженный отказ», при этом необходимо ограничить максимально возможное время наработки на досрочный демонтаж ЛСБ. Среднее время наработки ЛСБ на досрочный съем (демонтаж) введено в зарубежных стандартах как один из показателей надежности [4-7] и обозначается как $MTBUR$.

Исходя из предложенной математической модели, показатель $MTBUR$ определяется как

$$MTBUR = MS_1(\tau) + MS_2(\tau). \quad (5)$$

Учитывая выражения (1) и (2), показатель (4) можно представить в виде

$$MTBUR(\tau) = \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda[1 - (1 - \alpha)e^{-\lambda\tau}]} + \frac{1}{1 - (1 - \alpha)e^{-\lambda\tau}} \left[\frac{\tau(1 - \beta e^{-\lambda\tau})}{1 - \beta} - \frac{1 - e^{-\lambda\tau}}{\lambda} \right]. \quad (6)$$

Критерий оптимизации формулируется следующим образом:

$$F(\tau^{opt}) = \max_{\tau} MTBUR(\tau) \quad (7)$$

при ограничении $MS_2(\tau) \leq TD^{dop}$, где $F(\tau^{opt})$ – минимальное значение целевой функции F^{min} при оптимальном значении периодичности КР (τ^{opt}); TD^{dop} - допустимое значение среднего времени нахождения ЛСБ в состоянии «скрытого отказа».

Возможна оптимизация путем решения обратной задачи $F(\tau^{opt}) = \min_{\tau} MS_2(\tau)$ при ограничении $MTBUR(\tau) \leq MTBUR^{dop}$, где $MTBUR(\tau) \leq MTBUR^{dop}$ - допустимое значение среднего времени наработки ЛСБ на досрочный съем (демонтаж).

Пример. Определить оптимальную периодичности КР ТКС для следующих исходных данных: среднее время наработки на отказ ТКС $T_{CP} = 1/\lambda = 78600$ ч.; условная вероятность "ложного отказа" при контроле работоспособности $\alpha = 0,002933$; условная вероятность "необнаруженного отказа" при контроле работоспособности $\beta = 0,001648$. Допустимое значение среднего времени нахождения системы в состоянии «необнаруженного отказа» $TND^{dop} = 60 \text{сек} = 1 \text{мин}$.

Решение:

–вычисляем текущее значение среднего времени нахождения системы в работоспособном состоянии по формуле (1);

–вычисляем текущее значение среднего времени нахождения ЛСБ в состоянии «необнаруженного отказа» по формуле (2);

–вычисляем среднее время наработки ЛСБ на досрочный съем (демонтаж) по формуле (6);

–определяем такое максимальное значение $MTBUR(\tau)$, при котором $MS_2(\tau) \leq TND^{dop}$.

Из расчета получаем: $F(\tau^{opt}) = \max_{\tau} MTBUR(\tau) = 939$ ч. $\tau^{opt} = 167$ мин.

Выводы

Для периодически контролируемых ТКС предложен технико-экономический критерий оптимизации периодичности контроля работоспособности. Этот критерий, в отличие от известных, учитывает кроме стоимостных и временных характеристик, показатели достоверности контроля. Показано, что для более точной оптимизации целесообразно использовать такой показатель, как среднее время наработки блока на

досрочный демонтаж. Полученные результаты целесообразно использовать в процессе проектирования и внедрения ТКС. Дальнейшим развитием данных результатов будет учет при оптимизации периодичности КР структур резервирования ТКС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gertsbakh, I. Reliability theory with applications to preventive maintenance / I. Gertsbakh. – N.Y. : Springer Verlag. – 2000. – 219 p.
2. Nakagava, T. Maintenance theory of reliability / T. Nakagava – N.Y. : Springer Verlag. – 2005. – 258 p.
3. Уланский В.В., Конахович Г.Ф., Мачалин И.А. Организация системы технического обслуживания и ремонта радиоэлектронного комплекса Ту-204: Учебное пособие / В.В.Уланский, Г.Ф., Конахович, И.А. Мачалин // – К.: КИИГА, 1992. – 103с.
4. Уланский, В. В. Математическая модель процесса эксплуатации легкозаменяемых блоков систем авионики / В. В. Уланский, И. А. Мачалин // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2006.–№ 6(32). – С. 74–80.
5. Уланский В. В. Достоверность многоразового контроля работоспособности невосстанавливаемых радиоэлектронных систем/ В. В. Уланский // *Ресурсосберегающие технологии обслуживания и ремонта авиационного и радиоэлектронного оборудования воздушных судов гражданской авиации*. Сб. науч. тр. – К.: КИИГА. – 1992. – С.14 – 25.
6. Уланский, В. В. Уточненная модель обслуживания одноблочной системы авионики /
7. В.В. Уланский, И. А. Мачалин // *Электронное моделирование*.– 2008.–Т. 30, № 2. – С. 55–67.
8. MIL-HDBK - 338B. Electronic reliability design handbook// Air Force Research Laboratory Information, Fort Belvoir, Virginia, 1991. – 1046 p.

Надійшла: 13.07.2012 р.

Рецензент: д.т.н., професор Конахович Г.Ф.

УДК 004.056.53+530.145

Николаенко С.В., Василюк Е.В.

ОЦЕНКА КОРРЕКТИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОГО КОДА ФАЙРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПИНГ-ПОНГ ПРОТОКОЛА С ПАРАМИ ПЕРЕПУТАННЫХ КУБИТОВ В КВАНТОВОМ КАНАЛЕ С ПОМЕХАМИ

В статье разработана имитационная модель пинг-понг протокола с парами перепутанных кубитов в квантовом канале с помехами с целью оценки корректирующей способности помехоустойчивого кода Файра и выяснения границ применимости этого кода для данного протокола квантовой криптографии. Детально проанализированы виды ошибок, которые будут возникать при реализации пинг-понг протокола с парами перепутанных кубитов в квантовом канале с помехами. Показано, что код Файра (60,44) полностью справляется с исправлением ошибок, если вероятность деполяризации кубита в канале не превышает приблизительно 7%, что соответствует современной экспериментальной ситуации при передаче отдельных фотонов на расстояние порядка 100 км. При более высоком уровне помех в канале частичное исправление ошибок кодом Файра позволит увеличить скорость передачи информации в квантовом пинг-понг протоколе.

Ключевые слова: квантовая криптография, пинг-понг протокол, ошибки в квантовом канале связи, помехоустойчивый код Файра, имитационное моделирование.

Введение. В современном информационном обществе существует большое и постоянно нарастающее количество информационных ресурсов, требующих надежных методов защиты от несанкционированного доступа. Важнейшей задачей является защита конфиденциальной информации, передаваемой по открытым каналам связи. Одним из современных методов защиты передаваемой информации является квантовая криптография, основанная на передаче информации квантовыми состояниями отдельных частиц (фотонов). Одно из направлений квантовой криптографии – протоколы квантовой прямой безопасной связи (КПБС), в которых традиционное шифрование и секретный ключ вообще не используются, а роль ключа в некотором смысле играет информационный ресурс квантовой механики – совместно используемые авторизованными пользователями группы перепутанных квантовых частиц.