

МЕТОД РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТИ ДОСТАВКИ ИЗВЕЩЕНИЙ В РАДИОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ СИГНАЛИЗАЦИИ

Сергей Ком

Представительство ADI International

Сегодня наиболее широкое распространение имеют асинхронные адресные радиоканальные системы сигнализации (РСС) с последовательным приемом сигналов, в том числе с односторонней и двусторонней передачей информации. Для таких систем важной характеристикой является вероятность того, что в момент передачи сигнала каким-либо передатчиком, встроенным, например, в извещатель охранной или пожарной сигнализации, канал связи не будет занят сообщением другого передатчика. Поскольку в таком случае сообщения обоих передатчиков, скорее всего, будут потеряны. В статье рассматривается метод расчета вероятности приема сигналов в зависимости от количества передатчиков РСС и периодичности их тестовых сигналов, а также приводятся способы ее повышения.

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ

При выборе и проектировании РСС, исходя из требований к системе в целом, необходимо определить допустимые значения параметров для каждого ее элемента в отдельности, основываясь на значениях основных характеристик системы в целом. Подойдем к решению задачи с точки зрения теории массового обслуживания. Для этого будем считать последовательность принимаемых радиосигналов, например, приемником приемно-контрольным прибором, потоком событий. Для решения поставленной задачи выполним расчет вероятности приема сигнала «тревога» на фоне существующей последовательности радиосигналов в общем канале связи (например, на несущей частоте диапазона 433 МГц) для разного количества сигналов передатчиков. Исходную последовательность сигналов формируют различные сигналы всех передатчиков РСС, но основной вклад вносят сигналы «автотест». Выделение сигналов «автотест» значительно упростит расчеты из-за стационарности значений периодов их повторения. Параметры последовательности сигналов

«автотест» определяются общим количеством передатчиков, интервалом автотеста и структурой сигнала передатчика (длительность посылки, число повторений, длительность паузы между посылками, случайностью или детерминированностью этих характеристик).

Выберем модель системы массового обслуживания и определим ее параметры.

- Сигналы передатчиков характеризуются следующими временными параметрами (рис. 1):

- $t_{нк}$ – длительность одной пачки сигнала (пакета информации);

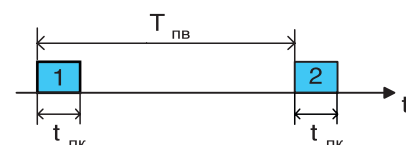
- $T_{пв}$ – интервал между принимаемыми пачками сигналов от передатчиков с разными номерами.

- Будем считать, что при начальном включении комплекта передатчиков принимаются меры для распределения сигналов «автотест» на всем протяжении рассматриваемого интервала времени (в нашем случае он равен 24 часам) таким образом, чтобы исключить ситуации, когда заведомо определено их совпадение (т.е. выполнение неравенства $T_{пв\ min} > t_{нк}$).

- Будем считать, что сигналы «автотест» вновь подключаемых передатчиков в систему заведомо не будут совпадать по времени с сигналами «автотест» ранее установленных.

В поток сообщений (рис. 2а) случайным образом попадает сигнал тревоги с одного из передатчиков (рис. 2б и рис. 2в). Время включения сигнала «тревога» случайно и, допустим, равномерно распределено на интервале между сигналами «автотест». Для упрощения расчетов полагаем, что все принимаемые сигналы имеют одинако-

Рис. 1. Временные параметры потока сигналов «автотест» передатчиков № 1 и № 2



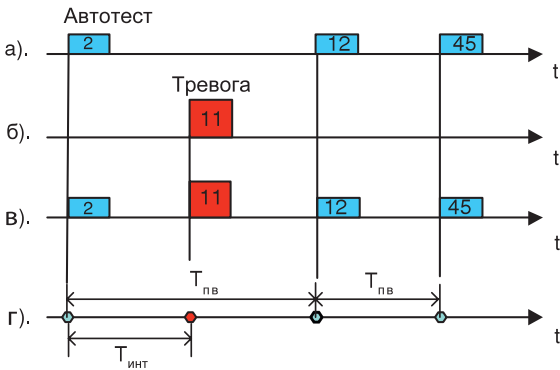


Рис. 2. Поток сигналов «автотест» от извещателей и сигнал «тревога» (цифрами обозначены номера передатчиков)

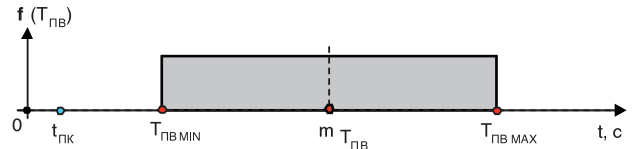


Рис. 3. Плотность вероятности интервалов ТПВ между сигналами «автотест»



Рис. 4. Определение вероятности события А

вую мощность (рис. 2г). А также, что интервалы между сигналами «автотест» имеют равномерное распределение (рис. 3) и все передатчики находятся в зоне уверенной радиовидимости своих приемников.

Использование аппарата теории массового обслуживания потребует дополнительного преобразования потока сообщений к специальному виду (рис. 2г). При этом каждое событие будет характеризоваться указанием только момента времени, когда оно происходит.

Очевидно, что для рассматриваемых систем $T_{пв}$ может принимать случайные значения от сигнала к сигналу, причем в течение времени под воздействием факторов окружающей среды изменение каждого из них имеет случайный характер. Причинами этого являются, например, асинхронный принцип РСС и различие климатических условий работы разных извещателей.

Таким образом, мы наложили ограничения на свойства потока сигналов, которые позволяют упростить процедуру вычислений и в то же время не допускают появления грубых погрешностей.

Рассматриваемый поток событий (рис. 2г) однородный, ординарный, стационарный и с ограниченным последствием. По определению, это поток Пальма [1].

Вероятность правильного приема сигнала «тревога» определяется по формуле [1]:

$$P(A) = \int_{t_{пк}+t_{пк}}^{\infty} \frac{t-(t_{пк}+t_{пк})}{t} \cdot f^*(t) \cdot dt = \int_{t_{пк}+t_{пк}}^{\infty} \frac{t-(t_{пк}+t_{пк})}{t} \cdot \frac{t}{m_{T_{пв}}} \cdot f(t) \cdot dt$$

или

$$P(A) = \frac{1}{m_{T_{пв}}} \cdot \int_{2 \cdot t_{пк}}^{\infty} t \cdot f(t) \cdot dt - \frac{2 \cdot t_{пк}}{m_{T_{пв}}} \cdot \int_{2 \cdot t_{пк}}^{\infty} f(t) \cdot dt$$

где $t_{пк}$ – длительность пачки сигнала передатчика;

A – соответствует событию, когда пачки двух сигналов не совпали.

При частичном наложении пачек двух сигналов в некоторых РСС возможно принять сообщения совпавших пачек сигналов. Это возможно в том случае, если информационная посылка имеет несколько повторений в пачке и хотя бы одно из повторений принято без искажений. На рисунке 5 показаны две пачки от передатчиков № 11 и 12, состоящие из трех информационных сообщений с одинаковыми длительностями импульсов и паузами между импульсами.

При совпадении пачек сигналов вероятность неискаженного приема хотя бы одной информационной посылки в каждой из пачек (рис. 5г) определяется по формуле:

$$P(B) = 1 - \frac{t_{пк} - t_{и}}{t_{пк}}$$

где B – соответствует событию, когда пачки совпали таким образом, что искажены все повторы информационных сообщений, кроме какого-либо одного.

Вероятность приема хотя бы одного сигнала «тревога» из пачки определяется по формуле:

$$P = 1 - (1 - P(A)) \cdot P(B)$$

В системах более высокого класса периоды повторения устанавливаются случайными. Это необходимо для того, чтобы исключить одновременное совпадение всех информационных сообщений в пачках сигналов. При этом формула определения полной вероятности изменится и значение вероятности увеличится. Так, к примеру, P(B) для пачек из 3 сообщений определяется по формуле:

$$P(B) = P(B_1, B_2, B_3) = P(B_1) \cdot P(B_2, B_3 / B_1) = (1 - \frac{t_{пк} - t_{и}}{t_{пк}}) \cdot P(B_2, B_3 / B_1)$$

где $P(B_1)$ – вероятность совпадения первых сообщений в пачках;

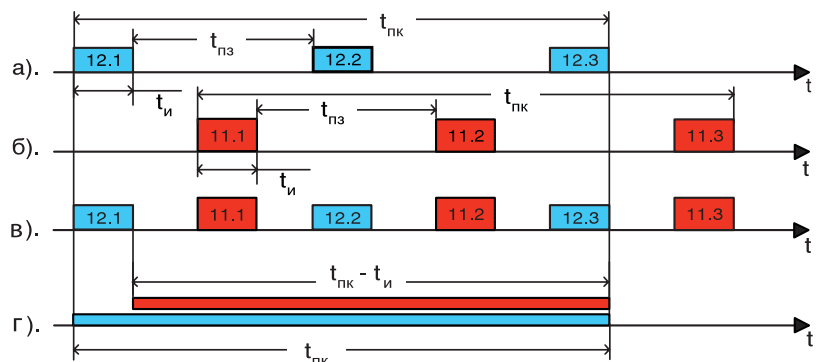
$P(B_2, B_3 / B_1)$ – условная вероятность даже частичного совпадения вторых и третьих сообщений в пачках, при совпавших первых сообщениях.

РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОСТИ

Определим вероятность приема сигнала «тревога» в асинхронной РСС с одним каналом связи и односторонней передачей информации при различных значениях интервала «автотеста» при следующих условиях:

1. Длительность информационного сообщения передатчика – 0,125 с.
2. Число повторений сообщений пе-

Рис. 5. Пример совпадения пачек сигналов «тревога» и «автотест»



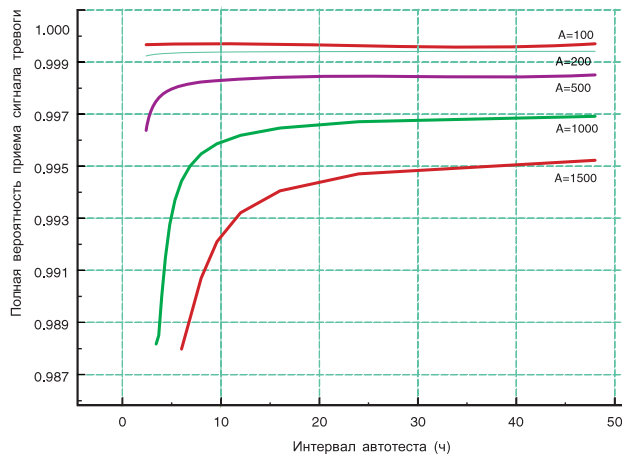


Рис. 6. Вероятность приема сигнала «тревога» при различных значениях интервала «автотеста» для РСС с одним каналом связи

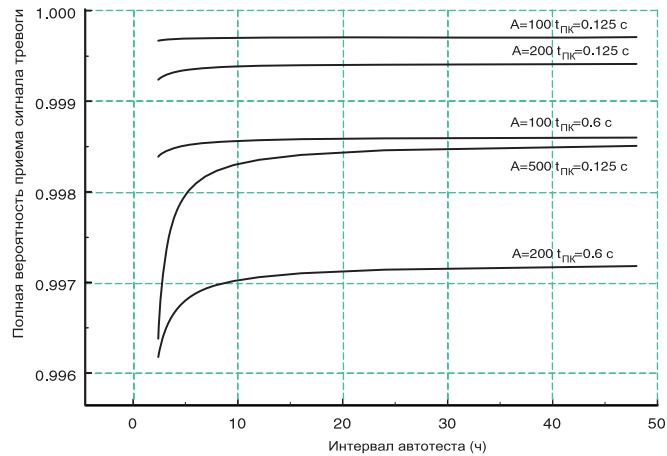


Рис. 7. Вероятность приема сигнала «тревога» при различных значениях интервала «автотеста» и длительностях сообщений 0,125 и 0,6 с для РСС с одним каналом связи

редатчиков – 3.

- Значение паузы между сообщениями – 5 с.

Полученные результаты для 100, 200, 500, 1000 и 1500 передатчиков приведены на рисунках 6 и 7.

Уменьшение вероятности приема происходит из-за увеличения времени занятости канала связи сигналами и помехами. Причинами увеличения занятости канала сигналами РСС могут послужить следующие факторы.

- Малый период передачи сигнала «автотест» от каждого передатчика.
- Увеличение общего числа передатчиков.

Особенно сильно это может влиять, когда используется канал связи с частотами «нелицензируемого» диапазона, например, 433 МГц. Поскольку на несущей частоте в любой момент может появиться сигнал от медицинской техники, радиоуправляемой игрушки, связанных радиостанций и т.д. и занять канал в момент, когда возникла необходимость передать сигнал «тревога».

- Увеличение общего количества сигналов от каждого передатчика. В объектовой РСС сигналы тревог могут передаваться с достаточно малым интервалом времени, значение которого сопоставимо с периодом сигналов «автотест». В какое-то время суток возможно блокирование канала связи потоком сигналов.
- При большей длительности информационного сообщения.
- Двусторонняя передача информации в одном общем канале связи РСС. Сигналы квитирования, запросов и синхронизации дополнительно занимают канал связи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При загруженности рабочего канала РСС необходимо изыскивать дополнительные каналы передачи сообще-

ний с таким расчетом, чтобы пропускная способность всей совокупности каналов превосходила величину передаваемого количества информации от передающих устройств. Например, использовать другой частотный канал. Также желательно разделить передачу служебных, тревожных сигналов и ретранслированных сигналов по разным каналам. Дополнительно к этому, РСС с двусторонней передачей имеют возможность оперативно перестраиваться с занятого канала на другой свободный канал непосредственно в процессе эксплуатации.

В то же время, существуют другие инструменты, позволяющие повысить вероятность приема при заданном количестве передатчиков или увеличить число радиоустройств без существенного уменьшения вероятности приема. Эти инструменты используются при частотно-территориальном планировании РСС и к ним можно отнести, например, следующее.

- Адаптация мощности радиопередатчиков в зависимости от расстояния до приемника. Это полезно и для экономии батареи питания, и для предотвращения блокирования соседней РСС, расположенной поблизости и использующей тот же канал.
- Использование направленных антенн (позволяет увеличить дальность связи в дополнение к указанным в предыдущем пункте факторам).
- Использование одновременно нескольких приемников (работающих в одном канале) с территориально разнесенной установкой и подключением их к одному приемно-контрольному прибору.
- Использование независимых приемников (работающих в одном канале) с антеннами, расположенными ортогонально друг другу.
- Регламентировать тип и количество

передаваемых сигналов. Например, для каких-либо радиоканальных извещателей, контролирующих менее важные зоны, свести к разумному минимуму количество служебных сигналов и максимально увеличить период сигнала «автотест».

- Регулировать по возможности время передачи служебных сигналов таким образом, чтобы они имели более или менее равномерное распределение прихода на приемной стороне. РСС с двусторонней передачей имеют возможность организовать синхронный режим работы (с возможностью передачи тревожных сигналов в асинхронном режиме) для обеспечения равномерного распределения служебных сигналов.
- Использовать сигналы меньшей длительности. Возможность варьирования этим инструментом, как правило, есть на этапе выбора РСС.
- Использование маршрутизации через ретрансляторы (частотная и пространственная). РСС с двусторонней передачей имеют возможность организовать разнообразные варианты маршрутизации, поскольку каждое из устройств содержит и приемник, и передатчик.
- Использование помехозащитного кодирования радиосигналов извещателей, которое позволяет с определенной вероятностью восстанавливать сообщения, частично искаженные, например, помехами или другими сигналами в канале связи.

Данная методика может быть использована и для систем передачи извещений на пульт централизованного наблюдения по радио- и телефонным каналам.

ЛИТЕРАТУРА:

- Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. – М.: Машиностроение, 1969