

# Уменьшение времени измерения за счет статистических измерений BER

Уникальные по возможностям тестеры систем мобильной радиосвязи могут выполнять многие измерения практически в реальном масштабе времени, что делает почти невозможным дальнейшее уменьшение времени измерения обычными способами. Скорость замеров можно повысить только с помощью новейших методов, таких как статистические измерения BER/BLER, которые, благодаря нетрадиционному подходу, открывают новые горизонты в технике измерения параметров приемников.

## Специальные характеристики измерений параметров приемника

Тестирование передатчика в мобильных телефонах требует значительно меньше времени, нежели тестирование приемника; это связано с характером выполняемых измерений. При измерениях передатчика точность измерений определяется, в основном, точностью тестера, тогда как при измерениях приемника определяющим фактором становится длительность измерения. Качество приемника определяется коэффициентом ошибок на бит (BER) или коэффициентом ошибок блока данных (BLER). Моменты появления битовых и блочных ошибок распределены во времени случайно, а это значит, что точность их измерения растет с увеличением времени замера (рис. 1). Точное определение истинного коэффициента ошибок требует бесконечного времени измерения.

Это можно продемонстрировать на численном примере: если измерение выполняется в течение одной секунды при скорости передачи 1000 бит/с, и при этом появляются две битовых ошибки, BER будет равен 0,2 %. Но если бы возникла лишь одна ошибка, BER был бы равен 0,1 %. Если же 200 битовых ошибок зарегистрированы за период 100 секунд, BER тоже равняется 0,2 %. Однако уменьшение числа ошибок на единицу в этом случае дало бы значение BER равное 0,199 %. Таким образом, влияние одного ошибочного бита на конечный результат снижается при увеличении времени измерения.

## Принцип статистического измерения BER

Статистическое измерение BER не определяет истинного значения BER. Вместо этого оно проверяет, удовлетворяет ли приемник некоторому минимальному качеству. Если истинное значение BER на рис. 1 заменить определенным граничным значением и если текущее значение BER, определяемое как функция времени, проверяется непрерывно, качество приемника можно определить очень быстро (рис. 2). До тех пор пока текущее измеренное значение лежит за пределами статистической переменной полосы вокруг предельного значения BER, можно с некоторой статистической определенностью утверждать, является ли BER приемника лучше или хуже установленного предельного значения. Рис. 2 также ясно показывает, что время измерения снижается тем больше, чем больше истинное значение BER отличается от предельного. Эту характеристику можно использовать для снижения времени измерения. Если конструкция приемника такова, что его типичное значение BER значительно лучше требуемого предельного значения, это измерение может быть выполнено значительно быстрее.

## Практическая реализация

Конечно, описанная выше упрощенная методика недостаточна для практической реализации статистического измерения BER. Если учесть достаточно сложную корреляционную функцию, описывающую статистические измерения BER [\*], получится диаграмма, показанная на рис. 3.

По сравнению с рис. 2 заметны два существенных отличия: во-первых, линии «годен» и «не годен» пересекаются. Если значение BER приемника точно соответствует предельному значению BER, измерение статистического значе-

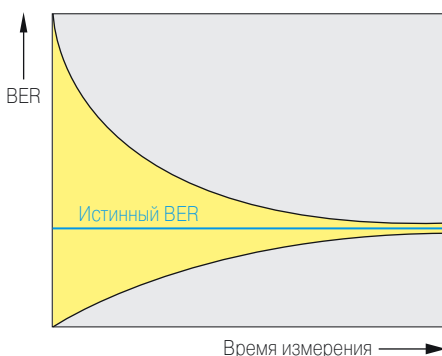
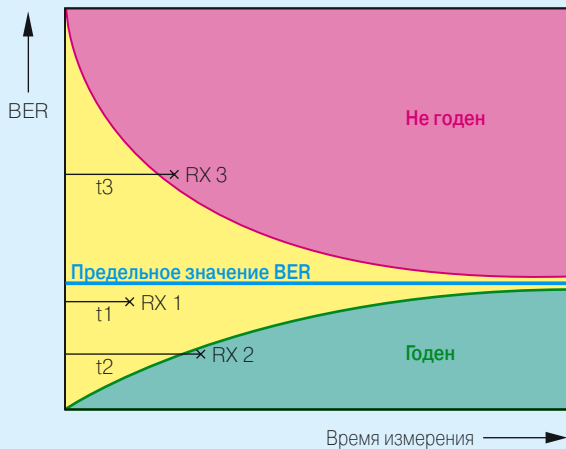


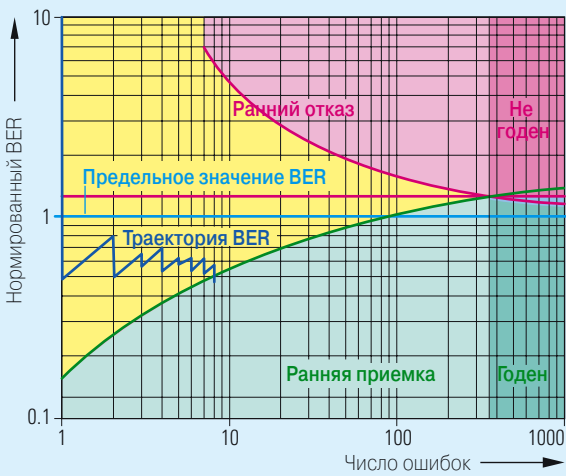
Рис. 1. Зависимость точности измерения от времени измерения: чем короче время измерения, тем больше отклонение замеренного значения BER от истинного. Результаты измерения зависят от времени и с наибольшей вероятностью попадают в желтую зону.



Значение для приемника RX 2 в момент времени t2 уже попало в зеленую зону. Измерение можно прекращать, поскольку высока вероятность того, что значение BER этого приемника лучше предельного значения. С другой стороны, значение для приемника RX 3 в момент времени t3 оказалось в красной зоне. Это измерение тоже можно прекращать, поскольку очень высока вероятность того, что значение BER этого приемника хуже предельного.

**Рис. 2.** В статистических измерениях BER истинное значение коэффициента ошибок рассчитывается непрерывно и сравнивается с зоной статистических результатов (желтой) вокруг предельного значения. Качество приемника может быть установлено как только измеренное значение выйдет за пределы этой зоны. На рисунке показаны значения для трех различных приемников (от RX 1 до RX 3) при различных временах измерения (от t1 до t3). В случае приемника RX 1, в момент времени t1 определить качество все еще нельзя, поскольку соответствующее измеренное значение все еще попадает в область результатов вокруг предельного значения; измерение надо продолжать.

ния BER потребует бесконечного времени. По этой причине, путем небольшого сдвига граничной линии «годен» вверх, вводится искусственный критерий прерывания. В сущности, это означает, что для вычисления значения «годен» используется несколько иной предел, чем для вычисления значения «не годен». Величина этого смещения называется коэффициентом «плохого устройства» и обозначается буквой M. Для удовлетворения требуемому критерию годности, коэффициент ошибок на бит приемника может быть в M раз хуже установленного допустимого коэффициента ошибок. На практике, M обычно имеет значение 1,5.

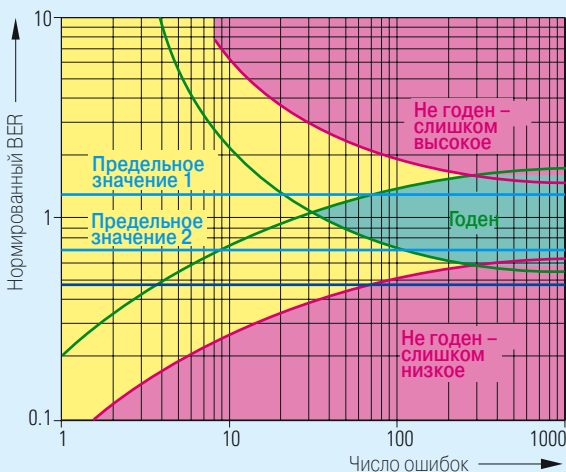


значение BER приемника — с заданной вероятностью — считается лучшим или худшим по отношению к предельному значению.

**Рис. 3.** На практике используется расчетная диаграмма, не зависящая от времени. BER, нормированный относительно предельного значения, отложен по вертикальной оси, а битовые и блочные ошибки откладываются по горизонтальной оси. Синяя линия (траектория BER) показывает процесс расчета. Если новые ошибки не появляются, BER постоянно снижается. При появлении новой битовой ошибки, траектория продлевается на одну ошибку по горизонтали. И в то же время, из-за этой ошибки происходит ухудшение BER. Измерение продолжается до тех пор, пока траектория не выйдет за пределы желтой зоны; после этого измерение прекращается и, в зависимости от положения конечной точки траектории,

Второе отличие заключается в том, что вдоль горизонтальной оси откладывается не время, а число ошибок. Это изменение легко понять, если вспомнить, что точность измерения лишь косвенно зависит от времени. На самом деле точность измерения зависит от количества битов, переданных за время измерения. Поэтому время из диаграммы было исключено.

И все-таки основной параметр статистического BER пока еще подробно не рассматривался, а именно, вероятность появления предсказанного значения. Этот параметр определяет размер зоны на диаграмме, в которой невозможно сделать какое-либо заключение о качестве приемника. Ясно, что было бы неплохо выбрать разные вероятности для критериев «годен» и «не годен». Признать хороший приемник плохим явно не столь опасно, как признать плохой приемник хорошим. В качестве результатов измерения статистический BER дает следующие значения: «ранний отказ» (преждевременное прерывание измерения из-за того, что измеренное значение оказалось хуже предельного), «не годен» (по истечении максимального времени измерения, приемник считается слишком плохим), «ранняя приемка» (преждевременное прерывание измерения из-за того, что измеренное значение оказалось лучше предельного) или «годен» (по истечении максимального времени измерения, приемник признан хорошим).



**Рис. 4.** Для статистического измерения BER/BLER с двумя предельными значениями, две диаграммы с различными предельными значениями просто накладываются друг на друга. Расчет выполняется аналогично измерению с одним предельным значением.

## Статистические измерения BER/BLER с двумя предельными значениями

В описанном выше случае можно сделать вывод лишь о том, хуже или лучше параметр приемника относительно указанного предельного значения. На практике, однако, BER/BLER приемника должен лежать в пределах некоторого окна качества, то есть между двумя предельными значениями.

Это легко реализуется с помощью статистической оценки BER: нужно просто взять две диаграммы на рис. 3 с двумя различными предельными значениями и наложить их друг на друга. В результате получится диаграмма, показанная на рис. 4. Результаты измерения, полученные с помощью этой диаграммы, представляют собой значения «Не годен – слишком высокое» (BER приемника слишком велик), «годен» (BER лежит между двумя предельными значениями) или «Не годен – слишком низкое» (BER слишком мал).

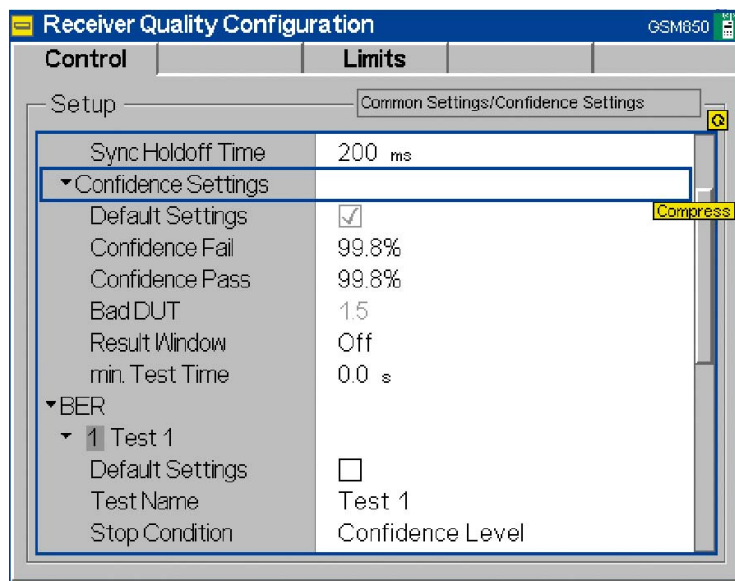
## Статистические измерения BER/BLER в неблагоприятных условиях приема

Описанная выше методика применима лишь в том случае, если битовые ошибки появляются статистически независимо друг от друга. Однако в неблагоприятных условиях этого гарантировать нельзя, из-за эффекта памяти плохого канала с многолучевым распространением. Для вынесения верного вердикта при статистических измерениях BER даже в неблагоприятных условиях, нужно придерживаться некоторого минимального времени измерения, которое в свою очередь зависит от характера неблагоприятных условий.

## Одобен ли этот метод?

Производители оборудования для мобильной радиосвязи задаются вопросом, одобрен ли метод статистического измерения BER/BLER и, стало быть, допустимо ли его использовать. На этот

Рис. 5. В R&S®CMU200 пользователь может устанавливать все параметры, относящиеся к статистическому измерению BER, и, тем самым, легко и удобно адаптировать измерения к самым разнообразным условиям.



вопрос ответить легко: Комитет стандартизации 3GPP внес эту методику измерения в спецификацию 3GPP [\*], тем самым, сделал ее стандартной для тестирования параметров приемника на соответствие стандартам. Статистические измерения BER/BLER определены как с одним, так и с двумя предельными значениями. Кроме того, в спецификации определяются минимальные времена замера для различных неблагоприятных условий приема.

## Статистические измерения BER с помощью R&S®CMU200

Универсальный тестер радиосвязи R&S®CMU200 поддерживает статистические измерения BER в сетях GSM как с одним, так и с двумя предельными значениями. Все параметры статистических расчетов могут конфигурироваться пользователем (рис. 5) и, следовательно, легко и удобно адаптируются к самым разнообразным условиям. Используя этот метод, можно значительно снизить время измерения. В то время как для обычных измерений GSM BER требуются примерно 3 секунды, статистическое измерение BER выполняется всего за 1 секунду (примерно).

Rudolf Schindlmeier

Подробную информацию и техническое описание см. на сайте [www.rohde-schwarz.com](http://www.rohde-schwarz.com) ([www.rohde-schwarz.ru](http://www.rohde-schwarz.ru)) (поиск по ключевому слову: CMU200)

### ЛИТЕРАТУРА

[\*] Спецификация 3GPP TS 34.121 V3.12.0, Приложение F.6.1, Статистическое тестирование параметров BER/BLER приемника, стр. 374-388.