ГОСТ Р МЭК 870—5—1—95

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

ЧАСТЬ 5. ПРОТОКОЛЫ ПЕРЕДАЧИ

РАЗДЕЛ 1. ФОРМАТЫ ПЕРЕДАВАЕМЫХ КАДРОВ

Издание официальное

ГОССТАНДАРТ РОССИИ
Москва

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН АО «Научно-исследовательский институт электроэнергетики» (ВНИИЭ)

ВНЕСЕН Министерством топлива и энергетики Российской Федерации

2 ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Постановлением Госстандарта России № 153 от 23 марта 1995 г.

Настоящий стандарт содержит полный аутентичный текст международного стандарта МЭК 870—5—1—90 «Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 1. Форматы передаваемых кадров»

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

© ИПК Издательство стандартов, 1995

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Госстандарта России

СОДЕРЖАНИЕ

Вводная часть 1
1 Область применения 2
2 Объект 3
2а Нормативные ссылки 4
3 Требования к передаче данных в системах телемеханики 4
3 1 Высокая достоверность и совместимость данных 4
3 2 Короткое время передачи в телемеханике 4
3 3 Обеспечение побитной передачи данных (кодово-прозрачной) 5
4 Количественная оценка достоверности данных 5
4 1 Количественные требования к достоверности данных в системах телемеханики 5
5 Количественная оценка эффективности передачи 7
6 Характеристики протоколов передачи 8
6 1 Физический уровень (оконечное устройство канала передачи данных) — DCE 9
6 2 Канальный уровень 9
6 2 1 Классы организации передачи 10
6 2 2 Диалоговые процедуры 12
6 2 3 Стандартная синхронизация кадра 12
6 2 4 Стандартные форматы кадров 12
6 2 5 Синхронизация в каналах связи с частотнои модуляцией, использующих выключение несущей частоты 23
6 2 6 Применение установленных классов форматов 24
6 2 7 Применение HDLC-протоколов 24
Приложение А Влияние контроля качества сигнала на эффективность передачи и достоверность данных 25
Приложение Б Количественная оценка достоверности данных и эффективности передачи 29

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 1. Форматы передаваемых кадров

Telecontrol equipment and systems.
Part 5. Transmission protocols.
Section 1. Transmission frame formats

Дата введения 1996—01—01

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

В настоящем стандарте установлены конкретные требования и условия передачи данных в системах телемеханики, указаны пути выполнения этих требований. Требования существующих стандартов на протоколы передачи данных учитываются, если они подходят к устройствам и системам телемеханики конкретного вида (типа).

По терминологии ВОС (OSI)* модель МОС — МККТТ (ISO — CCITT)** делит связь на семь уровней. Настоящий стандарт устанавливает требования для двух низших уровней, а именно физического и канального. В частности, стандарт определяет форматы для последовательной двоичной передачи кадров при определенных классах достоверности данных.

ГОСТ Р МЭК 870—5—2, раздел 2 «Процедуры передачи», является следующим стандартом для канального уровня и более высоких уровней. Настоящий стандарт рассматривает расположение данных внутри кадров при различных видах трафика и для различных конфигураций каналов связи и сетей.

---

* ВОС — Взаимодействие открытых систем.
OSI — Open System Interconnection.

** МОС — Международная организация по стандартизации.
МККТТ — Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии.
ISO — International Organisation for Standartisation.
CCITT — International Telegraph and Telephone Consultative Committee.

Издание официальное

2 Зак. 1030

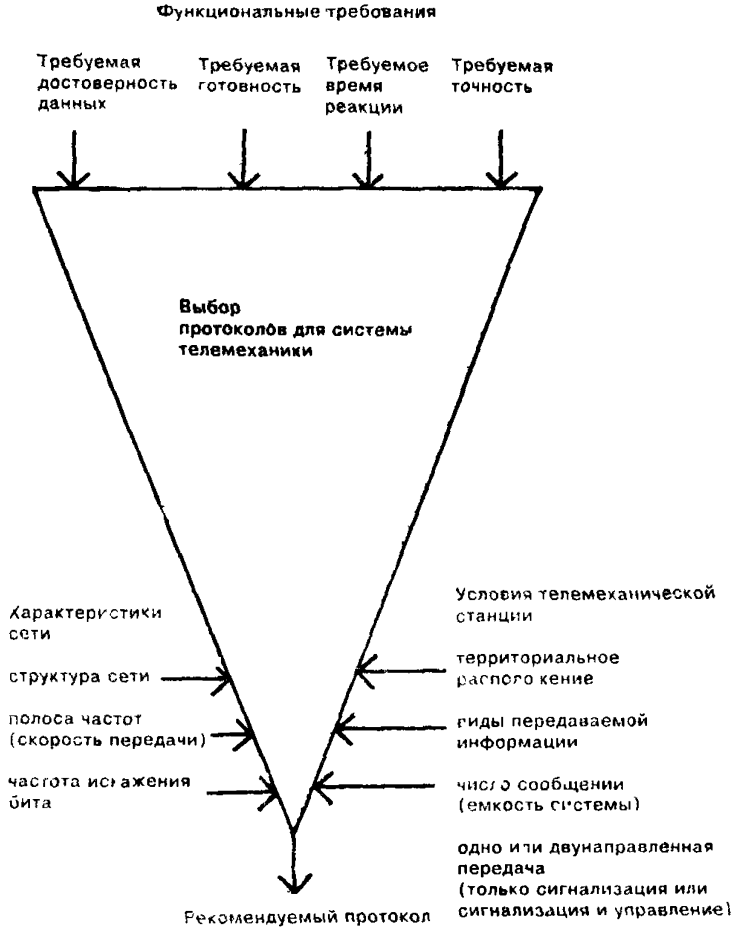
Основная цель функции связи в процессе управления и контроля — достижение максимальной системной достоверности, обеспечивающей идентичность между физическим состоянием переменных процесса и их представлением в базе данных систем телемеханики. Эта конечная цель не может быть достигнута полностью, поскольку информация о состоянии процесса запаздывает, а внешние помехи или повреждения элементов могут ее искажать. Система связи должна обеспечивать высокую степень согласованности всей системы. Поэтому метод передачи данных должен обладать высокой надежностью и эффективностью, особенно для коротких и срочных сообщений. Поскольку допустимая ширина полосы частот в канале связи ограничена, то использование этой полосы является основным критерием протокола передачи в системах телемеханики с учетом надежности и эффективности передачи.

При наличии помех требования высокой достоверности данных и эффективности передачи данных являются противоречивыми: возрастающие требования к достоверности данных могут обеспечиваться за счет уменьшения скорости передачи информации. Поэтому необходимо найти приемлемый компромисс между этими двумя характеристиками, основываясь на анализе требовании. Для выбора решения необходимо объективное измерение требуемых характеристик.

Передача данных — это только одна из функций всей системы телемеханики. Требования к скорости и достоверности передачи данных должны быть выбраны согласующимися с точностью всей системы, то есть все параметры должны быть согласованы. Кроме требуемого компромисса, между скоростью и достоверностью передачи имеются дополнительные условия, которые влияют на выбор протокола передачи в системе телемеханики, как показано на диаграмме.

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящий стандарт распространяется на устройства и системы телемеханики с передачей информации кодированной последовательностью битов для контроля и управления территориально распределенными процессами. В стандарте рассматриваются асинхронная передача данных, использующая полудуплексные и дуплексные протоколы связи, работающие с размером окна, равным единице.



2 ОБЪЕКТ

В настоящем стандарте устанавливаются основные требования к функциям, выполняемым на канальном и физическом уровнях в системах телемеханики. В частности, устанавливаются требования по кодированию, форматам и синхронизации кадров данных переменной и фиксированной длины, отвечающие заданным требованиям по достоверности данных.

Рассматриваемые блочные коды пригодны для передачи последовательными кадрами по двоичным симметричным каналам передачи с использованием метода декодирования бита «без памяти». Это значит, что сигнал, определяемый каждым передаваемым битом, не должен зависеть от сигналов, передаваемых до этого бита.

Примечание — В процессе рассмотрения находятся рекомендации для условий передачи данных, использующих методы, отличные от метода декодирования без памяти, например, дискретная время-импульсная модуляция (ДВИМ), HDLC и дуплексный канальный протокол с размерами окна большими единицы.

2а. НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р МЭК 870—1—1—93 Устройства и системы телемеханики. Часть 1. Основные положения. Раздел 1. Общие принципы

ГОСТ Р МЭК 870—5—2—95 Устройства и системы телемеханики. Часть 5. Протоколы передачи. Раздел 2. Процедуры в каналах передачи

3 ТРЕБОВАНИЯ К ПЕРЕДАЧЕ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

В соответствии с основными целями систем телемеханики и специфическими условиями окружающей среды необходимо, чтобы передача данных соответствовала требованиям, приведенным ниже.

3.1 Высокая достоверность и совместимость данных

При тяжелых условиях окружающей среды, таких как электромагнитные помехи, разность потенциалов земли, старение элементов и наличие других источников возмущений и случайных помех в канале передачи, требуется правильная передача данных При этих условиях необходимо предусмотреть эффективную защиту сообщений от:

— необнаруживаемых ошибочных битов;

— необнаруживаемых ошибочных кадров, вызванных ошибками синхронизации;

— необнаруживаемых потерь информации;

— появления непредусмотренной информации (то есть образование сообщений из помех);

— разрывов или перестановок в связанных элементах информации.

3.2 Короткое время передачи в телемеханике

Обеспечение короткого времени передачи информации осуществляют путем применения эффективных протоколов передачи по каналу связи с ограниченной полосой пропускания и неизвестными точно характеристиками помех, особенно для спорадических сообщений.

3.3 Обеспечение побитной передачи данных (кодово-прозрачной)

На передаваемые данные нет никаких ограничений по видам кодов. Протокол канала передачи данных определяет прием и передачу произвольных последовательностей битов от источника данных.

4 КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ

Количественная оценка достоверности данных в системах передачи информации характеризуется соотношением достоверно и недостоверно принятых данных. Нарушение достоверности данных на приемной стороне вызывают:

i) частота появления необнаруженных ошибок, равная

число необнаруженных ошибочных сообщений

общее число переданных сообщений

ii) частота необнаруженных потерь сообщений, равная

число необнаруженных потерь сообщений

общее число переданных сообщений

Только частота появления необнаруженных ошибок или потерь сообщений вызывает нарушение достоверности передаваемой информации. В случае обнаруженных ошибок и потерь сообщений они исправляются или выявляются (автоматическая повторная передача или оповещение пользователя). Обнаруживаемые ошибки и потери сообщений могут влиять на готовность системы в целом. При выявлении таких ошибок протокол передачи данных завершает свои функции.

4.1 Количественные требования к достоверности данных в системах телемеханики

Для передачи данных в системах телемеханики установлены три различных класса достоверности данных: I1, I2, I3. Использование того или иного класса зависит от характера данных. На рисунке 1 приведено графическое представление верхних пределов частоты появления необнаруженных ошибок R в зависимости от частоты искажений бита для трех указанных классов достоверности данных. Конец графика при частоте искажений бита $p=0{,}5$ соответствует случаю произвольного приема бита, то есть сигнал отсутствует, а принимаются только помехи. Наклон кривых для $p<10^{-4}$ соответствует кодовому расстоянию d для применяемого метода кодирования. Так получается благодаря введению двойной логарифмической шкалы на рисунке 1 и того факта, что

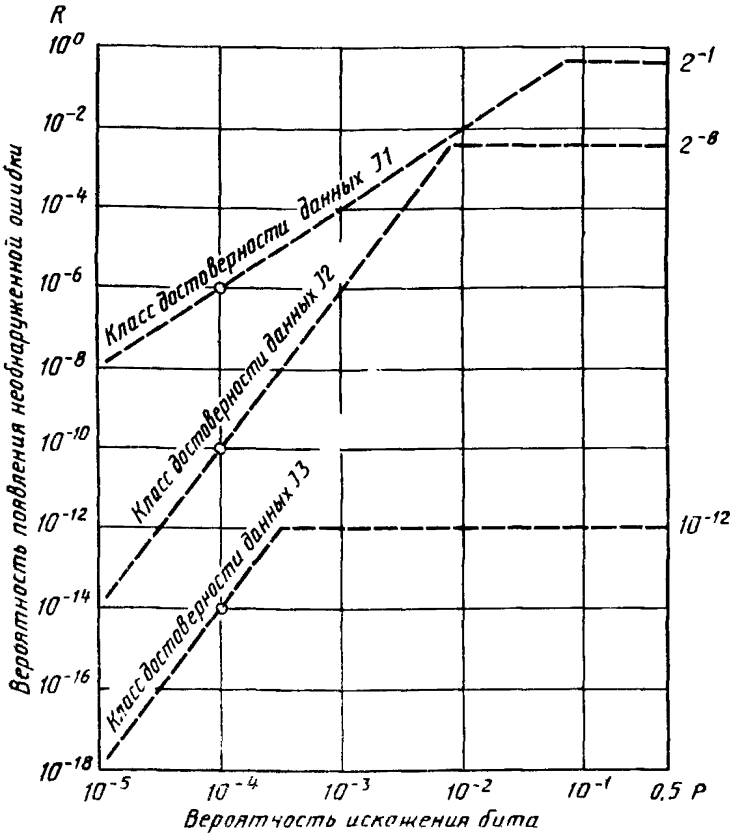


Рисунок 1 — Классы достоверности данных

сообщения с d инвертированными битами вносят наиболее значительный вклад в число необнаруженных ошибок при $p<10^{-4}$.

Качество каналов передачи должно непрерывно контролироваться. Средняя вероятность ошибки на бит должна быть меньше 10^{-4}, чтобы получить требуемую общую достоверность данных и общее время передачи информации.

Для низшего класса достоверности данных I1 требуется минимальное кодовое расстояние $d=2$, в то время, как для классов I2 и I3 требуются коды с минимальным кодовым расстоянием $d=4$. Кроме того, существует требование, что в классе I3 частота появления необнаруженных ошибок не должна превышать $R=10^{-12}$

для любой частоты искажений бита. Для иллюстрации смысла этих трех классов достоверности данных предположим, что имеется канал телемеханики с белым шумом, вызывающим частоту появления искажений бита $p=10^{-4}$, что определяет низкое, но не самое худшее качество передачи.

В системе телемеханики с непрерывной передачей по этому каналу блоков сообщений по 100 бит со скоростью 1200 бит/с ожидаемая вероятность появления необнаруженных ошибок в сообщении (R) и среднее время между необнаруженными ошибками (T) будут иметь значения, приведенные в таблице.

Зависимость ожидаемого среднего времени между необнаруженными ошибками T, с, и вероятностью появления необнаруженных ошибок задается следующим соотношением:

$$T = \frac{n}{vR}$$

где n — длина сообщения, биты;
v — скорость передачи, бит/с;
R — вероятность появления необнаруженных ошибок.

Таблица — Вероятность появления необнаруженных ошибок в сообщении и среднее время между необнаруженными ошибками

Значение достоверности для $n=100$ бит при $v=1200$ бит с и $p=10^{-4}$			
Класс достоверности данных	Вероятность появления необнаруженных ошибок R	Среднее время между необнаруженными ошибками T, с	Типовое применение
I1	10^{-6}	1 день	Циклические системы, телеизмерение
I2	10^{-10}	26 лет	Передача при возникновении переключения (события), телесигнализация, телесчет
I3	10^{-14}	260000 лет	Передача важной и аварийной информации; телеуправление

5 КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ

Эффективность передачи информации определяется как отношение числа информационных битов в сообщении, переданном от источника и правильно принятым приемником, к общему числу битов в передаваемом сообщении. Это означает, что эффективность передачи информации одного индивидуального кадра есть отношение числа правильно переданных информационных битов и общего числа битов в кадре n.

Эффективность передачи кадра равна

$$k \cdot \frac{q^n}{n},$$

где k — число информационных битов в кадре;
q — вероятность правильного приема бита;
n — общее число битов в кадре, включая маркер и биты контроля ошибок.

Величина q выражается через частоту искажения бита p (отношение числа принятых искажений битов к общему числу переданных битов) как $q=1-p$ в случае передачи по двоичному симметричному каналу без контроля качества сигнала.

Для канала с контролем качества сигнала (двоичный симметричный канал со «стиранием») частота приема правильных битов уменьшится до $q=1-p-r$,
где r — частота стирания бита, см. приложение А.

Скорость передачи информации в битах в секунду определяется как среднее число информационных битов в секунду, передаваемых от источника данных и принятых как правильные приемником: СКОРОСТЬ ПЕРЕДАЧИ КАДРА = (ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ КАДРА) $\times v$,
где v — скорость передачи сигнала по линии связи, бит/с.

При расчете общей эффективности передачи информации должны учитываться задержки, вызываемые передачей кадров опроса, квитирования и обратной передачей.

6 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ

В ГОСТ Р МЭК 870—1—1 функции системы телемеханики подразделены на определенные уровни по модели, рекомендуемой ВОС (OSI).

В настоящем разделе определяются только стандарты систем телемеханики для физического уровня и стандарт на форматы передаваемых кадров для уровня канала.

Физическая передающая среда, несущая данные в виде серии битов, связывает физические части систем и устройств телемеханики. Существуют следующие виды каналов передачи: частные или государственные телефонные кабели, радиоканалы, высоковольтные линии, оптические линии связи и т. п. Защита потока данных от искажений реализуется с помощью достаточной энергии сигнала, экранирования от влияния помех, контроля качества сигнала.

Параметры системы для различных физических сред передачи устанавливаются в стандартах МККТТ.

6.1 Физический уровень (оконечное устройство канала передачи данных) — DCE

Блок сопряжения с линией преобразует последовательность информационных битов из формы, требуемой на канальном уровне устройства телемеханики, в форму, необходимую для тракта передачи.

Блок сопряжения с линией обычно выполняет следующие функции:

— преобразование сигнала;

— обеспечение гальванического разделения между аппаратурой телемеханики и каналом связи;

— контроль качества сигнала;

— обеспечение побитной синхронизации;

— добавление или устранение признаков синхронизации кадра, если эта функция не выполняется на канальном уровне;

— определение состояний занятости канала связи, ожидания и повреждения.

МККТТ рекомендует для цепей обмена между устройством телемеханики и модемом стандарты серии «V» и «X» для цепей обмена между DCE и DTE.

Характеристиками физического уровня, относящимися к достоверности данных и эффективности передачи, являются: скорость передачи сигнала, помехоустойчивость, отношение сигнал — помеха, вероятность искажений бита, вероятность стирания бита (см. приложение А).

6.2 Канальный уровень

Канальный уровень передачи данных обеспечивает прием, преобразование и управление обслуживающими функциями передачи, необходимыми для более высоких уровней.

Непрерываемая процедура передачи кадра контролируется своевременно. Сообщение об успешной передаче или ошибках передается на более высокий уровень вместе с сообщением о состоянии каналов связи и аппаратуры. В частности, выполняются следующие функции:

— обеспечение доступа к тракту передачи;

— задание последовательности кадрам сообщений и расшифровка этой последовательности;

— добавление или устранение маркеров кадра, если эта функция не выполняется в блоке сопряжения с линией;

— обнаружение ошибок синхронизации кадра;

— обнаружение ошибок размера кадра;

— контроль искажений сигнала, если эта функция не выполняется в блоке сопряжения с линией;

— определение кадров, адресованных вызываемой станции;

— предупреждение передачи со станции без необходимых интервалов;

— защита сообщений от потерь и ошибок в пределах заданной достоверности данных путем формирования кадров с обнаружением ошибки, указанием обнаруженных ошибок и управлением соответствующими процедурами исправления ошибок;

— сообщение об устойчивых ошибках передачи;

— сообщение о состоянии конфигурации линии связи;

Примечание — Информационные поля в телемеханических кадрах обычно содержат от одного до нескольких сотен байтов;

— переключение на резервный канал, при необходимости;

— поддержание функций запуска и эксплуатации.

6.2.1 *Классы организации передачи*

Для выполнения непрерываемых процедур используются следующие три класса организации передачи, приведенные в таблице:

Таблица — Классы организации передачи

Классы организации передачи	Функции	Пояснение
S1	ПОСЫЛКА /БЕЗ ОТВЕТА	Передача сообщений; ни подтверждения, ни ответа не требуется на уровне канала
S2	ПОСЫЛКА /ПОДТВЕРЖДЕНИЕ	Передача сообщений на уровне канала запрашивается подтверждение приема (квитанция)
S3	ЗАПРОС/ОТВЕТ	Передача запроса; ответ запрашивается на уровне канала; ответ может содержать данные или отказ в приеме (отрицательную квитанцию)

Класс S1, ПОСЫЛКА /БЕЗ ОТВЕТА, используется в циклических системах с опросом или в симплексных системах передачи без обратного канала. Ошибки в кадре, обнаруженные при приеме, вызывают потери сообщений.

Класс S2, ПОСЫЛКА /ПОДТВЕРЖДЕНИЕ, используется при передаче информации, вызванной случайным событием, или при спорадической передаче. На уровне канала на приемной стороне проверяются принимаемые сообщения: если не обнаружатся ошибки и свободен приемный буфер, то на передающую сторону будет передано подтверждение приема (положительная квитанция). Если приемный буфер занят — передается отказ в приеме (отрицательная квитанция). При обнаружении ошибок в кадре ответ не выдается, и сообщение сбрасывается.

На передающей стороне может быть принят другой запрос после получения подтверждения приема. Имеется также возможность сообщать о получении подтверждения приема на высший уровень. Если подтверждение приема не получено, передача сообщения повторяется. Особое внимание надо обратить на информацию приращения, так как в этом случае неполучение подтверждения приема не вызывает повторения выходной информации на приемной стороне. Нарушения такого рода можно избежать, например, последовательной нумерацией кадров или предварительным заданием того, что буфер приемной станции правильно принимает сообщения до тех пор, пока не получит кадр, показывающий, что передающая станция не повторяет предыдущий кадр. Если определенный номер повторяемого сообщения остается без подтверждения (положительной квитанции), то передается информация «ошибка передачи» на более высокий уровень на передающей станции, и сообщение в канале сбрасывается.

Класс S3, ЗАПРОС/ОТВЕТ, используется для выполнения операции «чтение». Уровень канала приемной станции выдает запрошенные данные, если они имеются. В противном случае посылается отрицательная квитанция. Отсутствие ответа свидетельствует об обнаружении ошибок в кадре.

Уровень канала запрашивающей станции повторяет передачу запрашиваемого кадра, если нет ответа или обнаружен неправильный ответ. Если определенное число запросов не приводит к успеху, то на более высокий уровень передается информация «ошибка передачи», в противном случае выдается полученный ответ.

В зависимости от конфигурации сети все три класса организации передачи относятся к передаче информации между одной передающей станцией и:

— одной станцией назначения (одиночный адрес);

— группой станций назначения (групповой адрес);

— всеми остальными станциями (общий адрес).

Три класса организации передачи используются при трех основных методах запуска передачи, описанных в 6.3.2 ГОСТ Р МЭК 870—1—1 и приведенных в таблице:

Таблица — Методы запуска передачи

Метод запуска передачи	Класс организации передачи
Циклическая передача Передача при изменении состояния (спорадическая передача) Передача по запросу	Класс S1 — ПОСЫЛКА /БЕЗ ОТВЕТА Класс S2 — ПОСЫЛКА /ПОДТВЕРЖДЕНИЕ Класс S3 — ЗАПРОС/ОТВЕТ

6.2.2 *Диалоговые процедуры*

Разнообразие применяемых диалоговых процедур зависит в значительной степени от требований конкретного пользователя. Кроме правил на кадры сообщений, кодирование и синхронизацию, приведенных в следующих разделах, требуются соответствующие правила на содержание информации внутри кадра. Необходимо определить стандартное информационное поле для управления трафиком (управляющие поля), идентификации станции (адресные поля) внутри кадра.

Правило общего подхода в этой области:

— длина информационного поля наращивается по байтам.

Подробное определение поля приведено в ГОСТ Р МЭК 870—5—2.

6.2.3 *Стандартная синхронизация кадра*

Методы синхронизации кадров, удовлетворяющие условиям определенных классов достоверности данных, зависят от метода передачи (синхронный или асинхронный) и от кода в канале связи (метод побитной синхронизации), используемого для передачи данных.

Предлагаемые стандарты для синхронизации кадров применимы для асинхронной передачи кадров по двоичным каналам связи без памяти.

Методы синхронизации кадров для синхронной передачи и для каналов с методами кодирования с памятью (см. примечания к разделу 2), находятся в стадии рассмотрения.

6.2.4 *Стандартные форматы кадров*

В настоящем разделе стандарта определены три различные класса формата кадра, отвечающие высоким требованиям потока информации и достоверности данных в системах телемеханики с широким диапазоном объема информации, различной степенью

интеллектуальности на контролируемом пункте (КП), выполняющих функции сигнализации и управления на различных уровнях иерархических систем, состоящих из подстанций, подцентров и главных центров.

Классы форматов, приведенные в таблице 1, применимы для передачи кадров из последовательностей битов по двоичным симметричным каналам, использующим метод кодирования без памяти.

Последовательности блочных кодов, выбранных из любого класса форматов FT1.1, FT1.2, FT2 или FT3, можно комбинировать для образования кадров, как показано в таблице 1.

Формат класса FT1.1 определяет блочный код с кодовым расстоянием $d=2$, образованный добавлением стартового бита, бита четности и стоп-бита к 8 информационным битам.

Последовательность блоков класса FT1.1 с добавлением контрольной суммы образует коды с кодовым расстоянием $d=4$ формата класса FT1.2.

Формат класса FT2 определяет блочный код с кодовым расстоянием $d=4$, содержащий до 15 пользовательских байтов, дополненных одним контрольным байтом.

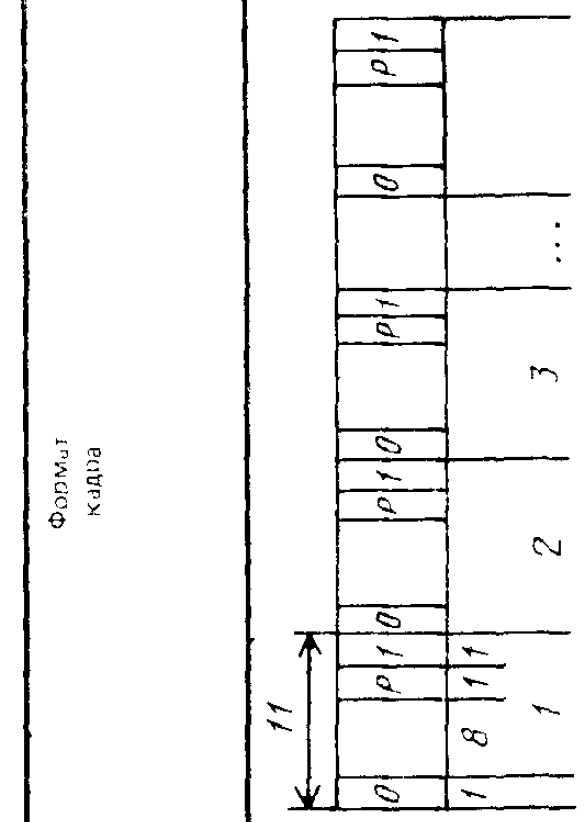
Формат класса FT3 определяет блочный код с кодовым расстоянием $d=6$, содержащий до 16 пользовательских байтов и два контрольных байта. Допускаются укорочения версий FT2 и FT3, в которых информационное поле k уменьшается ступенями по байту до минимальной длины информационного поля $k=8$ бит.

Форматы кадра FT1.2 и FT2 удовлетворяют требованиям класса достоверности данных I2. FT2 обеспечивает более высокую эффективность передачи кадров (см. приложение Б, рисунок Б.2). FT1.2 имеет меньшую частоту появления необнаруженных ошибок, особенно в случае высокой вероятности искажения бита (см. приложение Б, рисунок Б.1).

Различные виды организации передачи данных допускают передачу кадров как постоянной, так и переменной длины.

В системах, использующих переменную длину кадров, задается длина кадра L в начале поля данных. В формате кадра FT2 и FT3 первый блок, содержащий определение длины, всегда имеет заранее установленную постоянную длину.

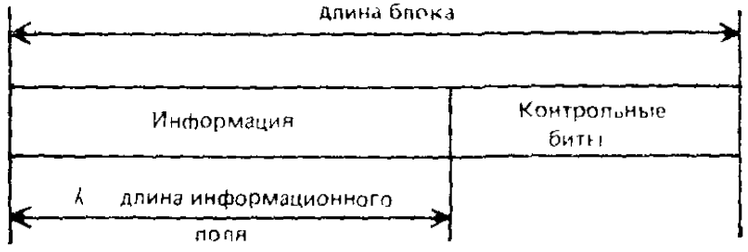
Таблица 1 — Стандартные форматы кадров и характеристики кодов

Классы форматов	Формат блока	Кодовое расстояние	Класс достоверности данных	Формат кадра
FT	(n k)[1]	d	1	
FT1.1	(11i, 8i)	2	11	На байт пользовательских данных 1 стартовый бит "0" 1 стоп бит "1" 1 бит четности "P" 
FT1.2	(11i+11,8i)	4	12	На байт пользовательских данных 1 стартовый бит "0" 1 стоп бит "1" 1 бит четности "P" На кадр 8 бит контрольная сумма по модулю 256 "КС"

Окончание таблицы 1

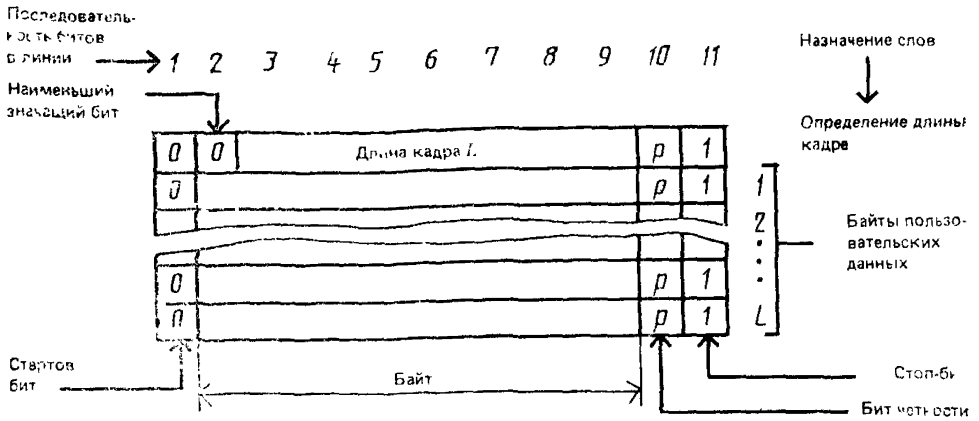
FT2	(8i+8,8i), i=1,2 15	4	12	n=16,24,32 . 128; n'; КС 8; КС-8; k=8,16,24 120; 8; k'; 8	Полином Р1 x x x x 1 циклический код (127 120) расширение кода [illegible] [illegible] четность инверсия всех 8 контрольных бит КС 8
FT3	(8i+16,8i) i=1,2 16	6	12	n=24,32,40 . 144; n'; КС 16; КС-16; k=8,16,24 128; 16; k'; 16	Полином Р2 x + x + x x x x + x x циклический код (151 135) инверсия всех 16 контрольных бит КС 16

[1] Запись (i k) определяет форматы блоков



6.2.4.1 *Формат FT1.1: кадры с кодовым расстоянием d=2*

Форматы с переменным числом пользовательских данных.



Правила передачи:

R1 — отсутствие передачи (спокойное состояние линии) — двоичная 1 в линии;

R2 — каждая комбинация содержит стартовый бит (двоичный 0), 8 информационных битов, один бит четности и один стоп-бит (двоичная 1);

R3 — между символами кадра не разрешается иметь интервалы спокойного состояния линии;

R4 — после определения ошибки в соответствии с правилом R7 требуется минимальный интервал между кадрами, равный 22 бит спокойного состояния линии;

R5 — действительная длина блока L, то есть число последующих байтов пользовательских данных, указанное в первом слове. L — число от 0 до 127, выраженное в двоичном исчислении;

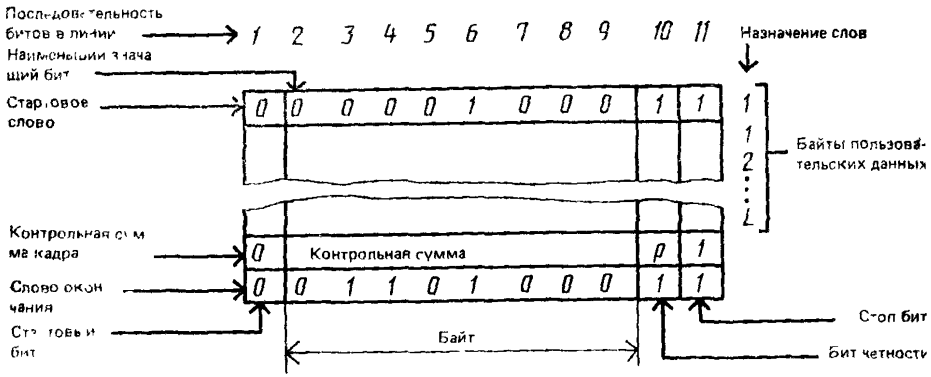
R6 — первый передаваемый бит в первом слове (D1) равен «0»;

R7 — приемник проверяет наличие ошибки в стартовом бите, стоп-бите, бите четности, бите данных D1=«0» в первом слове, при обнаружении ошибки контролируется интервал спокойного состояния линии, определенный в соответствии с правилом R4. Кадр не принимается, если хотя бы одна из этих проверок дала отрицательный результат. При положительных результатах кадр передается пользователю.

6.2.4.2 *Формат FT1.2: кадры с кодовым расстоянием d=4*

Кадры с фиксированной или переменной длиной, определенные в 6.2.4.2.1 и 6.2.4.2.2, могут передаваться по одним и тем же каналам связи.

6.2.4.2.1 Формат FT1.2: кадры с фиксированным числом байтов пользовательских данных.



Кадры пользовательских данных состоят из стартового слова, фиксированного числа *L* байтов пользовательских данных, контрольной суммы (КС) и слова окончания.

Правила передачи:

R1 — спокойное состояние линии — двоичная 1;

R2 — каждая комбинация содержит стартовый бит (двоичный 0), 8 информационных битов, один бит четности, один стоп-бит (двоичная 1);

R3 — между символами кадра не разрешается иметь интервалы спокойного состояния линии;

R4 — при определении ошибки в соответствии с правилом R6 требуется минимальный интервал между кадрами, равный 33 бит спокойного состояния линии;

R5 — последовательность слов пользовательских данных оканчивается контрольной суммой из 8 бит. Контрольная сумма — это арифметическая сумма, пренебрегающая переполнением (сумма по модулю 256) у всех байтов пользовательских данных;

R6 — *приемник* контролирует:

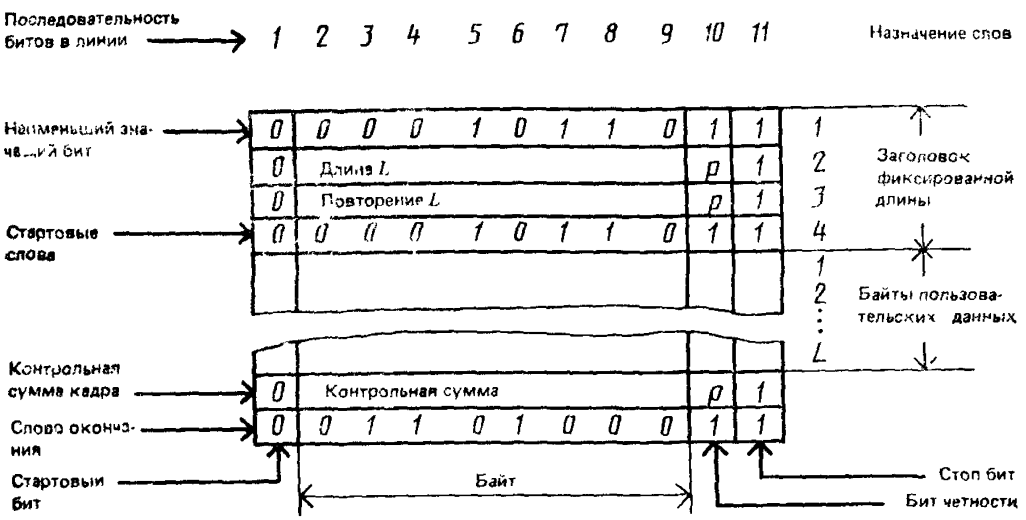
по слову: старт-бит, стоп-бит и бит четности;

по кадру: стартовое слово, контрольную сумму кадра и слово окончания; при обнаружении ошибки контролируется интер-

вал спокойного состояния линии, определяемый в соответствии с правилом R4.

Кадр бракуется, если хотя бы одна из проверок дает отрицательный результат. При положительных результатах проверок кадр выдается пользователю.

6.2.4.2.2 FT1.2 Форматы с переменным числом байтов пользовательских данных.



Кадры с пользовательскими данными состоят из двух стартовых одинаковых слов (1-го и 4-го слов), двух одинаковых слов, определяющих число L байтов пользовательских данных (2-го и 3-го слов), пользовательских данных, слова контрольной суммы кадра и одного слова окончания.

L — число от 0 до 255, выраженное в двоичном исчислении.

Правила передачи:

R1, R2, R3, R4, R5 — по 6.2.4.2.1.

R6 — приемник контролирует:

по слову:

— стартовый бит, стоп-бит и бит четности;

по кадру:

— стартовые слова в начале и конце заголовка кадра;

— идентичность двух слов, характеризующих длину L;

— число принимаемых слов, равное $L+6$;

— контрольную сумму кадра;

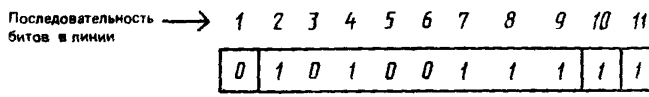
— слово окончания;

— при обнаружении ошибки контролирует интервал спокойного состояния линии, определенный в соответствии с правилом R7.

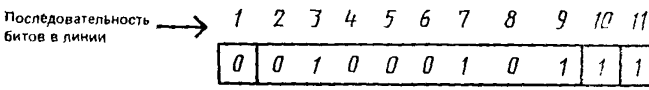
Кадр бракуется, если хотя бы один из контролируемых элементов неправильный. При положительных результатах проверок кадр выдается пользователю.

6.2.4.2.3 Формат кадра из отдельных контрольных слов.

Контрольная комбинация I:



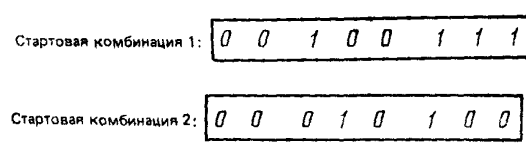
Контрольная комбинация II:



Одиночные контрольные комбинации могут использоваться для передачи определенной контрольной информации, например, положительной квитанции. Применение таких комбинаций определено в ГОСТ Р МЭК 870—5—2.

6.2.4.3 *Формат FT2: кадры с кодовым расстоянием d=4*

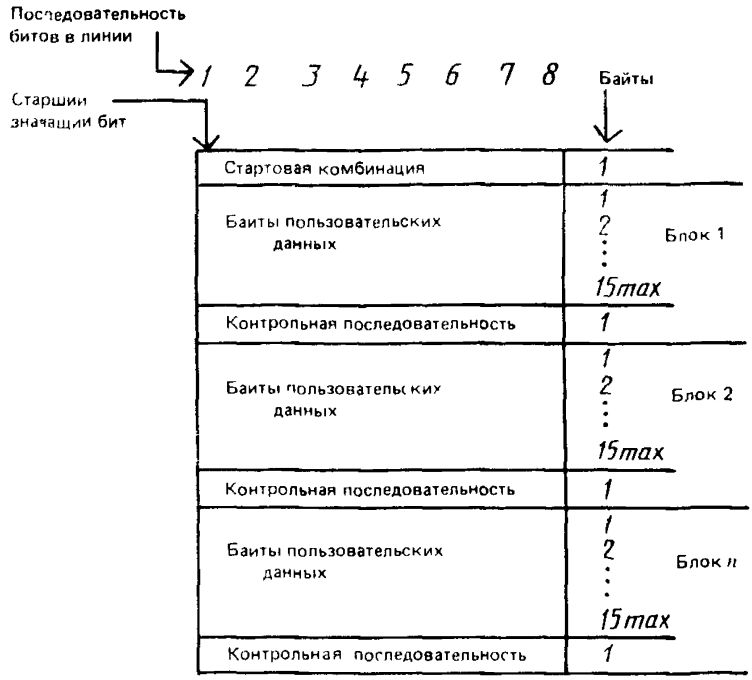
Каждый формат начинается со стартового слова (1 байт). Различают два разных стартовых слова (комбинации):



Использование той или иной стартовой комбинации определено в стандарте на процедуры в канале передачи ГОСТ Р МЭК 870—5—2.

6.2.4.3.1 Кадры формата FT2 с фиксированной длиной

Кадры с пользовательскими данными дополняются контрольной последовательностью, состоящей из одного байта, следующей после каждого блока из 15 байтов пользовательских данных.



Правила передачи:

R1 — спокойное состояние линии — двоичная 1;

R2 — первый байт в кадре — стартовое слово;

R3 — пользовательские данные (до 15 байт) дополняются контрольным байтом;

R4 — контрольная последовательность формируется кодом, образуемым полиномом $X^7+X^6+X^5+X^2+1$, дополняемым одним битом четности на все биты блока. 8 битов контрольной последовательности, формируемые таким образом, инвертируются;

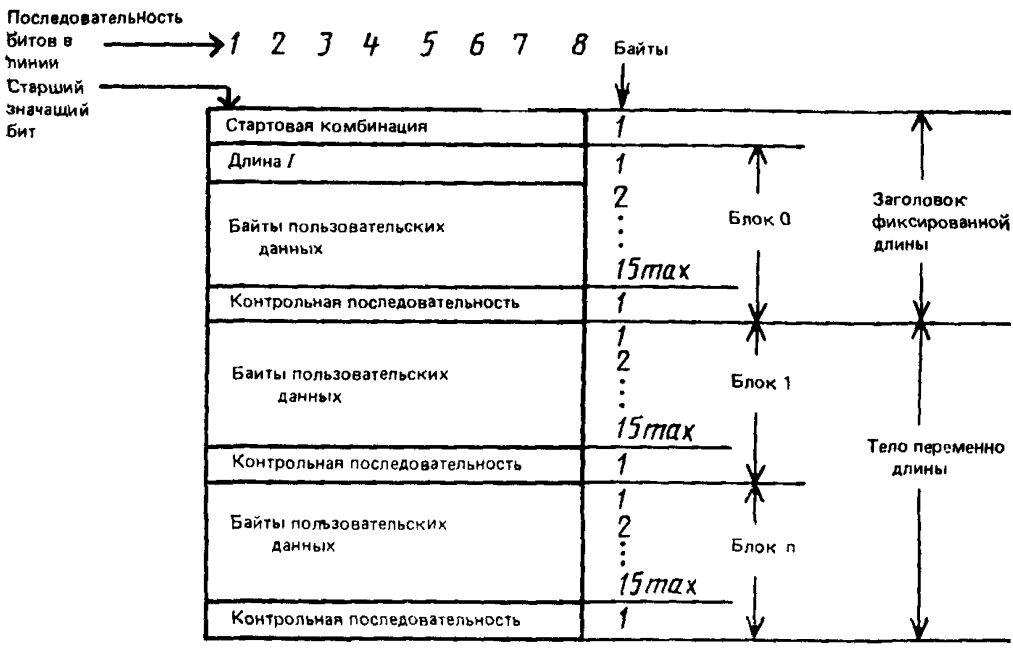
R5 — при обнаружении ошибок в соответствии с правилом R6 требуется минимальный интервал спокойного состояния линии, равный $L+3$ байт, где L — максимальное число байтов пользовательских данных в кадре, при этом L меньше 45 байт. Для $L \geqslant 45$ байт интервал равен по крайней мере 48 байт;

R6 — приемник контролирует качество сигнала, стартовую комбинацию, контрольные последовательности, длину кадра и при обнаружении ошибки проверяет интервал спокойного состояния линии, определяемый в соответствии с правилом R5. Кадр бракуется, если хотя бы одна из этих проверок дает отрицательный результат. При положительных результатах проверок кадр выдается пользователю.

6.2.4.3.2 Кадры формата FT2 с переменной длиной.

Первый блок данных (заголовок) кадров с переменной длиной имеет фиксированную длину. Кадр начинается со стартовой комбинации и заканчивается контрольной последовательностью. Заголовок содержит до 15 байтов данных.

Байт, указывающий длину *L*, расположенный в заголовке, определяет число байтов пользовательских данных в «теле» кадра.



Правила передачи:

От R1 до R6 по 6.2.4.3.1.

6.2.4.4 Кадры формата FT3: кадры с кодовым расстоянием $d=6$.

Каждый кадр начинается со стартовой комбинации (2 байта).

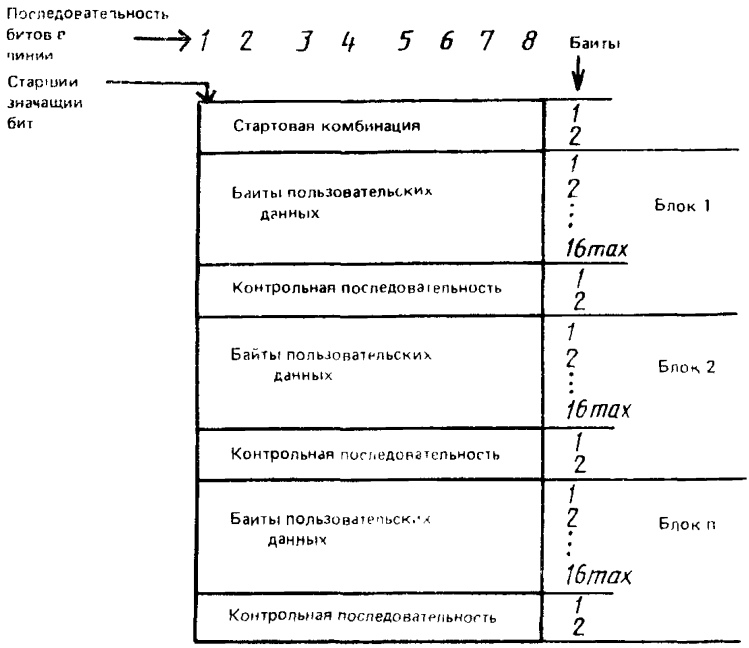
Имеются две различные стартовые комбинации:

стартовая комбинация 1: 0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 0 0 1 0 0

стартовая комбинация 2: 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 1

Применение той или иной стартовой комбинации определено в ГОСТ Р МЭК 870—5—2 на процедуры в каналах передачи.

6.2.4.4.1 Кадры с фиксированной длиной.



Правила передачи:

R1 — спокойное состояние линии — двоичная 1;

R2 — первые два байта кадра — стартовая комбинация;

R3 — до 16 байтов пользовательских данных дополняются 16-битной контрольной последовательностью;

R4 — контрольная последовательность формируется кодом, образуемым полиномом $X^{16}+X^{13}+X^{12}+X^{11}+X^{10}+X^{8}+X^{5}+X^{2}+1$; 16 бит контрольной последовательности, генерируемой таким образом, инвертируются;

R5 — при обнаружении ошибки в соответствии с правилом R6 требуется минимальный интервал спокойного состояния линии $L+6$ байт, если L — число байтов пользовательских данных в кадре меньше 48. Для $L \geqslant 48$ байтов интервал должен быть не менее 54 байтов;

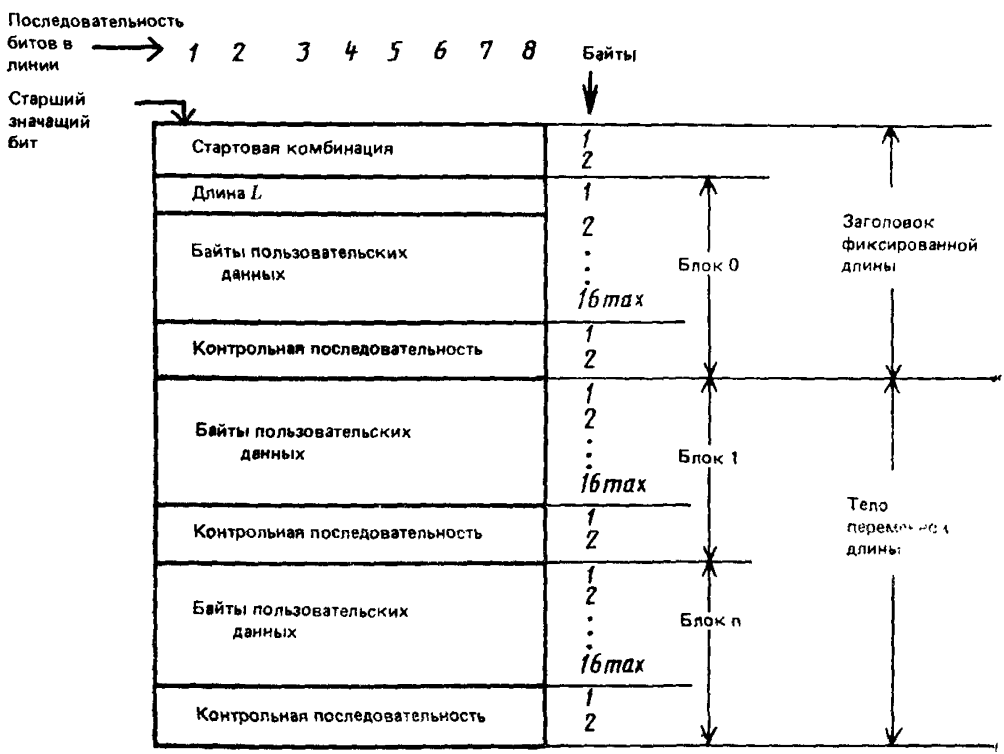
R6 — приемник контролирует качество сигнала, стартовую комбинацию, контрольную последовательность, длину кадра и при обнаружении ошибки контролируется интервал спокойного состояния линии, определенный в соответствии с правилом R5.

Кадр бракуется, если хотя бы одна из этих проверок дает отрицательный результат. При положительных результатах проверки кадр выдается пользователю.

6.2.4.4.2 Кадры с переменной длиной.

Первый блок данных (заголовок) кадра с переменной длиной имеет фиксированную длину. Кадр начинается со стартовой комбинации и заканчивается контрольной последовательностью. Содержит до 16 байт данных.

Байт длины, расположенный в заголовке фиксированной длины, определяет число байтов пользовательских данных в «теле» кадра.



Правила передачи:

От R1 до R6 по 6.2.4.4.1.

6.2.5 *Синхронизация в каналах связи с частотной модуляцией, использующих выключение несущей частоты*

«Спокойное состояние линии» характеризуется выключенной несущей.

После включения несущей перед началом первого кадра необходимо передать минимум m битов спокойного состояния линии (1), чтобы принимаемая несущая установилась

После передачи последнего кадра перед выключением несущей необходимо передать один бит спокойного состояния линии (1).

Примечание — Длительность необходимого интервала спокойного состояния линии после обнаружения ошибки в блоке может быть установлена менее указанной в 6.2.4, если для спокойного состояния линии используется выключение несущей

6.2.6 *Применение установленных классов форматов*

Формат FT1.1 с кодовым расстоянием $d=2$ в основном используется для простых циклических систем с низкими требованиями к достоверности данных.

Формат FT1.2 с кодовым расстоянием $d=4$ и формат FT2 используются в системах управления с более высокими требованиями к достоверности данных, а формат FT3 пригоден для систем с особо высокими требованиями к достоверности данных.

6.2.7 *Применение HDLC-протоколов*

Протокол HDLC *(управление каналом передачи данных высокого уровня)* в основном используется для синхронной передачи данных по каналу с памятью и предназначен для дуплексной передачи с размером окна больше единицы. Использование HDLC-кадров в телемеханике требует некоторой модернизации. Немодифицированные HDLC-протоколы обеспечивают защиту кадров переменной длины от необнаруженных ошибок только с кодовым расстоянием, равным 1, что означает возможность появления необнаруженной ошибки в сообщении при искажении одного бита в кадре Кодовое расстояние можно увеличить до 2 добавлением избыточности и дополнительного контроля за переменной длиной кадра или разрешением только фиксированной длины кадров. Чтобы достичь класса достоверности данных I2 или I3, необходимо определить соответствующие процедуры передачи на уровнях выше уровня канала, вызывающие дальнейшее уменьшение эффективности передачи.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

ВЛИЯНИЕ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СИГНАЛА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕРЕДАЧИ И ДОСТОВЕРНОСТЬ ДАННЫХ

Любая передача данных требует передачи элементов сигнала, выражаемых через физические параметры, такие как амплитуда, частота, фаза, длительность импульсов и т. п. Значения этих параметров ограничены дискретными допусками, контролируемыми приемниками: если параметр превысит установленный допуск, приемник выдает сигнал обнаружения нарушения качества сигнала.

Характеристики пределов качества сигнала, их контроль, а также используемый метод синхронизации устанавливают соотношение между отношением сигнал/помеха, частотой искажений бита (частотой необнаруженных инверсий бита), частотой стирания битов (частотой появления битов с неудовлетворительным качеством) для используемого канала передачи данных.

Эти соотношения могут быть измерены или рассчитаны на простых моделях канала связи. Например, влияние контроля пределов допустимых искажений сигнала в двоичном канале связи с базовой полосой может быть рассчитано, как указано ниже.

Если символы бита в двоичном канале передачи декодируются одним сканирующим импульсом в центре бита, то в этом случае нет контроля качества сигнала (см. рисунок А.1а). Как только время нарастания сигнала отклонится более чем на 50 % длительности бита T, фиксируется ошибка в бите.

Считая распределение шума нормальным (Гауссовским) с нулевым средним и с нормированным средним квадратическим отклонением $s=1$, получим:

$$p = erfc[T/(2\sqrt{2})] \quad = \text{вероятность искажений бита;} \qquad \text{(А 1)}$$

$q=1-p=$ вероятность правильного приема бита,

где $$erfc(x) = 1 - 2/\sqrt{\pi}\int_0^x e^{-u^2}\,du$$

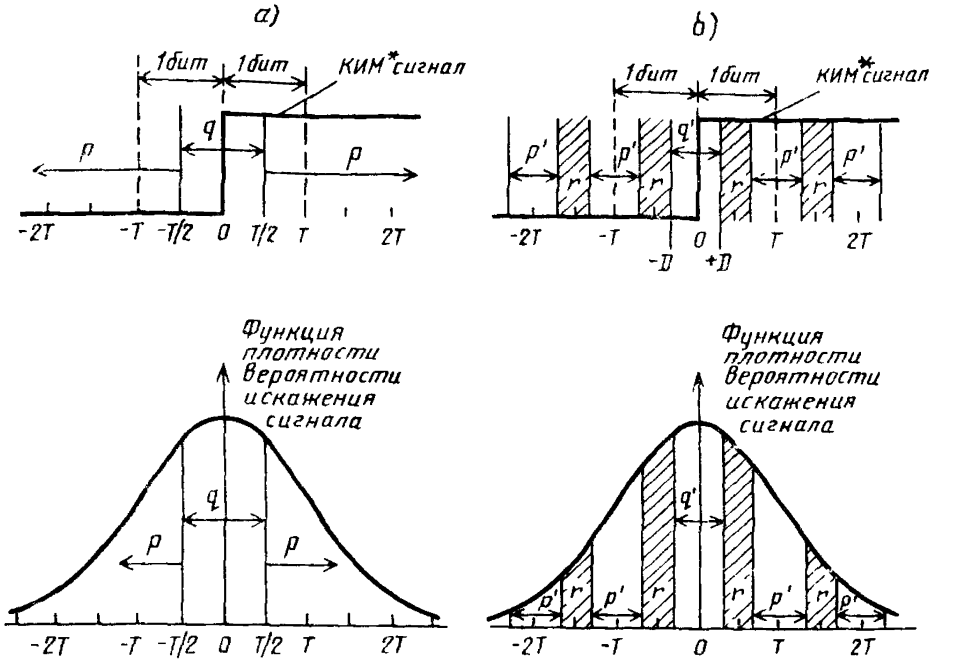
обозначает дополнение до единицы интеграла вероятности.

Качество сигнала контролируется, если опрос сканирующим импульсом в центре каждого бита будет заменен опросом каждого бита в трех отдельных узких временных интервалах (см. рисунок А.1b):

— один узкий временной интервал — $D \leqslant q \leqslant +D$, который характеризует допустимый предел искажений фронта сигнала;

— два узких временных интервала $(-T+D) \leqslant r \leqslant -D$ и $D \leqslant r \leqslant (T-D)$, которые характеризуют нарушение допустимого предела искажений фронта сигнала.

Если фронт сигнала попадает внутрь временного интервала $\pm D$, то бит может быть декодирован как правильный с вероятностью q и как неправильный — с вероятностью p.



---

* КИМ — Кодово-импульсная модуляция.

Диапазоны принятия решений о сигнале:
q — область правильного приема;
p — область ошибочного приема;
T — время.
Нет контроля качества:
допустимый предел искажений $D=$ $=\pm 50$ %

q' — область правильного приема;
p' — область ошибочного приема;
r — область стирания с контролем качества сигнала

Есть контроль качества:
допустимый предел искажений $D<$ $<\pm 50$ %

а) без контроля качества сигнала; b) с контролем качества сигнала.

Рисунок А.1 — Обнаружение бита сигнала

Если фронт сигнала попадает внутрь одного из временных интервалов r, то фиксируется плохое качество сигнала. В этом случае вероятность приема неправильных битов (ошибочных) и вероятность приема правильных битов выражается как:

$$p' \; erfc[(T \;\; D)/\sqrt{2}] \; erfc[(T+D)/\sqrt{2}] \;\; erfc[(2T \;\; D)/\sqrt{2}]$$

$$erfc[(2T+D)/\sqrt{2}] + \ldots - \ldots$$

$$q' \;\; 1 \;\; erfc(D/\sqrt{2}).$$

Вероятность стирания бита (r), вызываемого искажением, большим чем $|T+D|$, существенна только при очень высоком уровне помех ($p \to 0{,}5$). При оценке влияния ширины предела $\pm D$ на допустимые искажения сигнала ею можно пренебречь.

С этим упрощением только первые два члена выражения для p' дают существенный вклад в значение вероятности искажения бита; выражения для p' и q' могут быть представлены через ранее полученную вероятность искажений бита p (см. уравнение А.1):

$$p' \approx erfc[2(1-D/T)]erfc^{-1}(p)];$$

$$q' = 1-erfc[(2D/T)]erfc^{-1}(p)],$$

где $y=erfc^{-1}(x)$ обозначает обратную функцию от дополнения до единицы функции ошибки $x=erfc^{-1}(y)$.

Эти два выражения описывают двоичный симметричный канал со стиранием, предусматривающий три возможных оценки каждого бита, а именно:

q' — вероятность приема правильного бита;

p' — вероятность приема ошибочного бита (то есть необнаруженной инверсии бита);

$r=1-p'-q'$ — вероятность стирания бита (то есть обнаружения плохого качества сигнала).

Анализируемый пример, в котором искажение сигнала контролируется одним или несколькими выбранными порогами, может быть использован для контроля диапазонов пределов других параметров сигнала, применяемых при различных методах кодирования.

Влияние контроля качества сигнала на эффективность передачи и на частоту появления необнаруженных ошибок изображено на рисунке А.2: блочный код FT2 с длиной блока $n=128$ бит декодируется:

— без контроля качества сигнала (допустимое искажение сигнала в пределах ± 50 %)*;

— с грубым контролем качества (допустимое искажение сигнала в пределах ± 40 %) и

— с ограниченным контролем качества (допустимое искажение сигнала в пределах ± 30 %).

Кривые показывают, что число необнаруженных ошибок значительно уменьшается с уменьшением ширины допуска для принятого качества сигнала, но при значительных потерях эффективности передачи.

Во всех случаях максимальное число необнаруженных ошибок имеет место при вероятности искажения бита, соответствующей эффективности передачи, практически равной нулю.

Характеристики эффективности передачи кадра и достоверности данных для формата класса FT2 — блочного кода с длиной блока 128 бит приведены в таблице.

---

* Предполагается искажение длительности сигнала.

Таблица — Характеристики эффективности передачи кадра

Характеристика необнаруженных ошибок	Характеристика эффективности передачи кадров	Допустимый предел контроля качества сигнала
R0	E0	Нет контроля качества сигнала
R1	E1	Допустимое искажение сигнала в пределах ±40 %
R2	E2	Допустимое искажение сигнала в пределах ±30 %

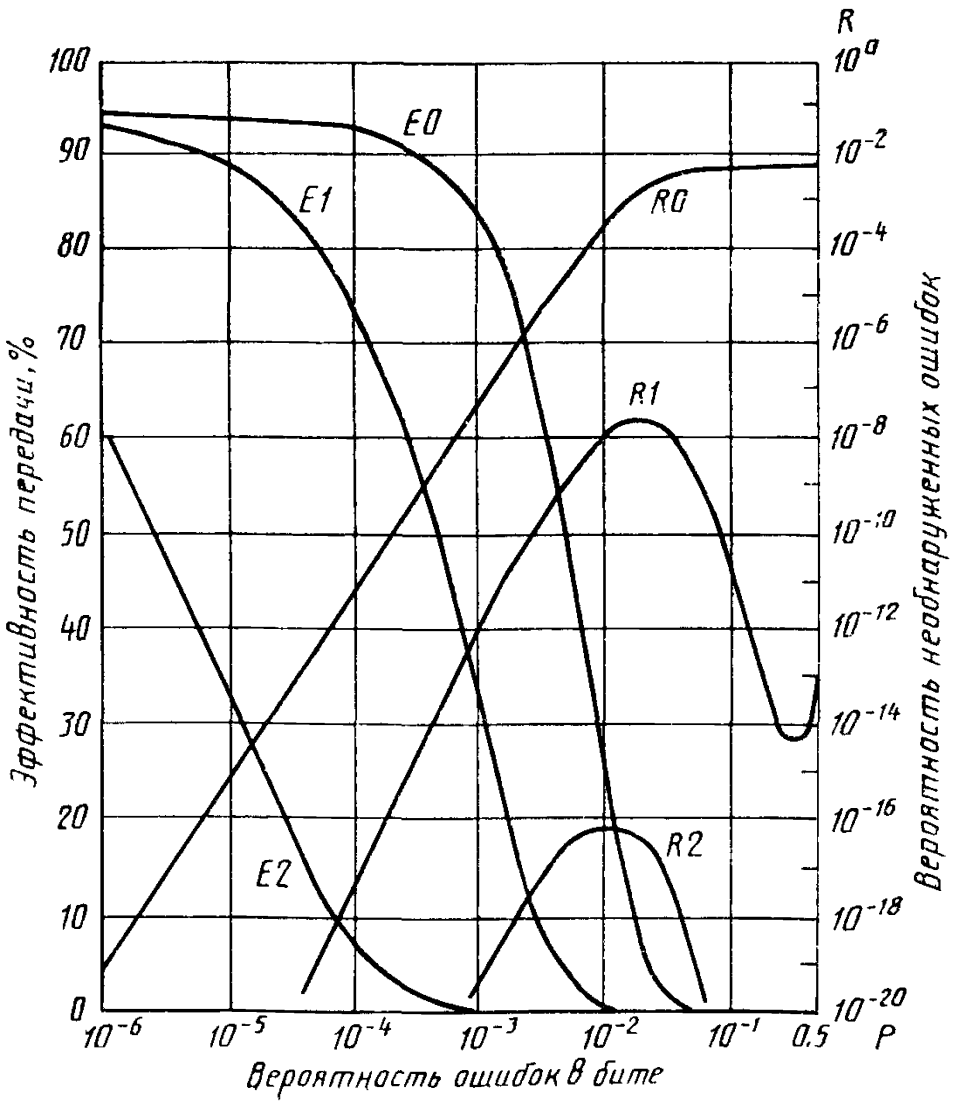


Рисунок А.2 — Влияние контроля качества сигнала на эффективность передачи кадра и достоверность данных

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАЧИ

Количественная оценка вероятности появления необнаруженных ошибок и эффективности передачи производится для всех классов форматов блочных кодов.

Действительные оценки вероятности появления необнаруженных ошибок и эффективности передачи для разных протоколов зависят также от дополнительных характеристик диалоговых процедур.

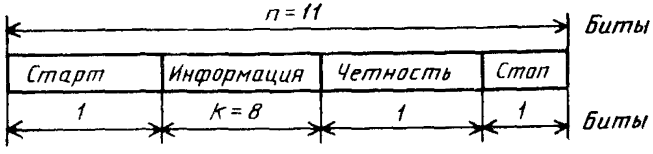
В частности, если кадр состоит из i блоков формата класса FT длиной n битов, то необнаруженная ошибка появится, если хоть один из блоков содержит необнаруженную ошибку:

$$R(iFT) = [R(FT)+q^n]^i - q^{ni} \approx iR(FT), \text{ если } (1-q) \ll 0{,}5.$$

Здесь $R(FT)$ обозначает вероятность появления необнаруженной ошибки в индивидуальном блоке класса FT, а q вероятность приема правильных битов.

Б.1 Формат класса FT1.1

Б.1 Формат класса FT1.1



— код (11, 8)

— кодовое расстояние $d=2$;

— информационный байт дополняется одним стартовым битом (0), одним битом проверки на четность и одним стоп-битом (1).

Б.1.1 Определение достоверности данных

Число комбинаций с необнаруженными ошибками, содержащих e искаженных битов, равно:

$A(FT1.1)_e = \binom{9}{e}$,

где $e=2, 4, 6, 8$.

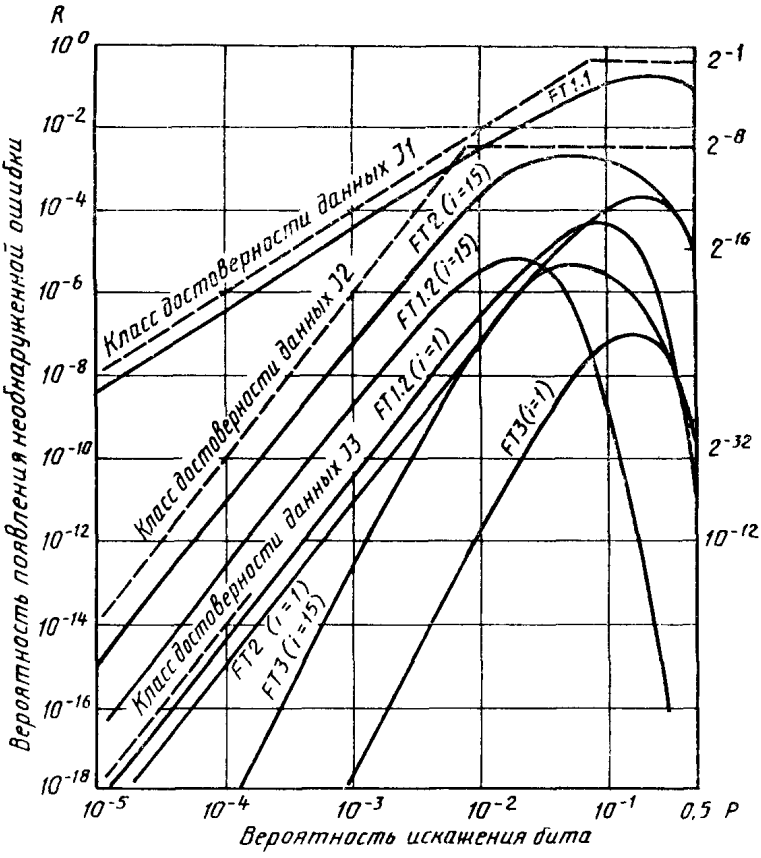
Результирующая вероятность появления необнаруженной ошибки:

$$R(FT1.1) = (36p^2q^7+126p^4q^5+84p^6q^3+9p^8q)q^2,$$

где p — вероятность появления ошибочного бита;

q — вероятность передачи правильного бита.

Код отвечает требованиям класса достоверности данных I1 (см. рисунок Б.1).

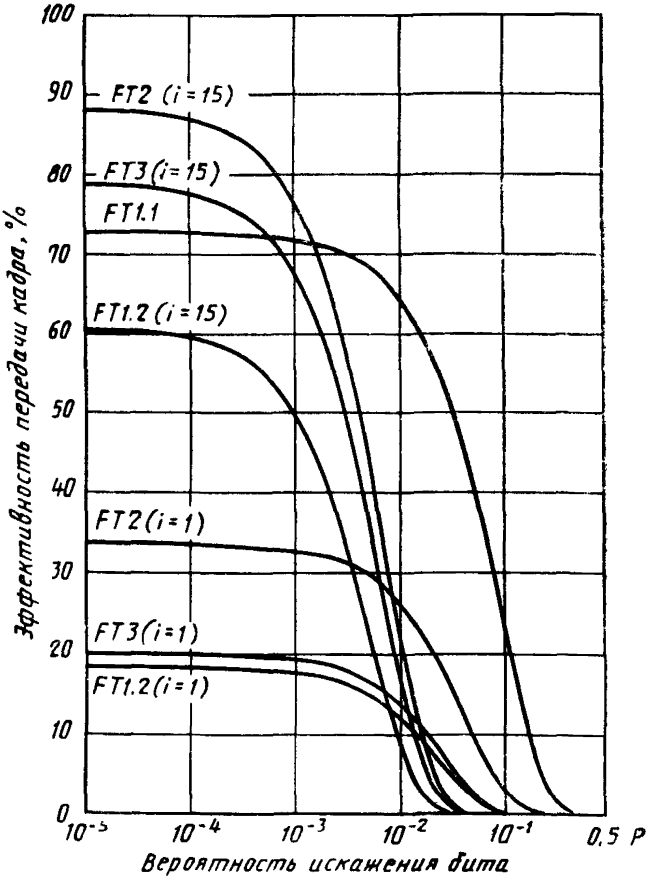


i — число информационных байтов в блочном коде

Рисунок Б.1 — Появление необнаруженных ошибок для классов форматов FT1.1, FT1.2, FT2, FT3

Б.1.2 Эффективность передачи блочного кода

$$EFF(FT1.1) = \frac{8}{11} q^{11} - 0{,}73q^{11}$$ (см. рисунок Б.2).



i — число информационных байтов в блочном коде

Рисунок Б.2 — Эффективность передачи кадра для классов форматов FT1.1, FT1.2, FT3

Б.1.3 Эффективность передачи кадра

Кадр, состоящий из i *FT1.1* слов с первым словом, характеризующим длину кадра (см. 6.2.4.1), имеет следующую эффективность передачи:

$$EFF(iFT1.1) = \frac{8}{11(i+1)} \cdot q^{11(i+1)},$$

где i — число байтов пользовательских данных.

Б.2 Формат класса FT1.2:

— $(11i+11,8i)$ — модифицированный матричный код с проверкой на четность в каждом байте;

— кодовое расстояние $d=4$;

— i — число байтов пользовательских данных формата FT1.1, дополненные арифметической контрольной суммой.

Б.2.1 Определение достоверности данных

Частота появления необнаруженных ошибок в матричном коде с проверкой на четность в каждом байте, с вертикальной проверкой на четность при помощи байта проверочной суммы равна:

$$R(FT1.2) \approx 2^{-i-9} q^{2i+2}(q-p)^9 \cdot 9 \cdot \sum_{j=0}^{8} \binom{8}{j} \left[\left(\frac{q-p}{q+p}\right)^j + \left(\frac{q-p}{q+p}\right)^{9-j}\right]^{i-1} - q^{11i+11},$$

где i — число байтов пользовательских данных для $i>1$.

Байт арифметической контрольной суммы для формата класса *FT1.2* уменьшает число необнаруженных ошибок приблизительно на коэффициент 0,5; контроль за правильностью стартового и оконечного слов вызывает уменьшение $R(FT1.2)$ на коэффициент q^{11s}, где s — число дополнительных контрольных слов на кадр (кроме контрольной суммы). В этом случае частота появления необнаруженных ошибок R' равна:

$$R'(FT1.2)=0,5R(FT1.2)q^{11s}.$$

В случае фиксированной длины кадра $s=2$ (1 стартовое слово, 1 слово окончания).

В случае кадра переменной длины $s=5$ (2 стартовых слова, 2 слова, определяющих длину, 1 слово окончания).

На рисунке Б.1 показаны характеристики вероятности необнаруженных ошибок в кадре с фиксированной длиной с одним байтом пользовательских данных (*FT1.2*, $i=1$) и для фиксированной длины кадра с 15 байтами пользовательских данных (*FT1.2*, $i=15$).

Б.2.2 Эффективность передачи блока

$$EFF(FT1.2) \approx \frac{8i}{11(i+s+1)} q^{11(i+s+1)},$$

где i — число байтов (слов) пользовательских данных;

s — число дополнительных контрольных слов, кроме контрольной суммы, на кадр.

На рисунке Б.2 показаны характеристики эффективности передачи кадра для длины блоков с 1 байтом пользовательских данных (*FT1.2*, $i=1$) и для фиксированной длины кадра с 15 байтами пользовательских данных (*FT1.2*, $i=15$).

Б.2.3 Пояснения

Форматы классов FT1.1 и FT1.2 характеризуются следующими особенностями:

— аппаратной совместимостью с большинством персональных и других ЭВМ, процессоров и стандартным испытательным оборудованием;

— легко и экономно сочетаются с небольшим и дешевым оборудованием;

— одна и та же аппаратура обеспечивает программное обеспечение для связи с другими широко используемыми периферийными устройствами, напри-

мер, графопостроителями, печатающими устройствами, дисплейными терминалами и т. п.;

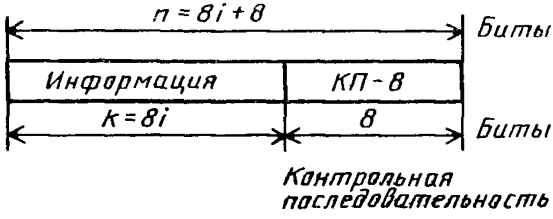
— не требуется дополнительных аппаратных решений для побитной синхронизации;

— низкой частотой появления необнаруженных ошибок без контроля качества сигнала, особенно при высокой частоте ошибок на бит (см. рисунок Б.1).

Примечание — Форматы с непрерывной передачей слов внутри кадра, использующие 8 бит четности (в противоположность обычно применяемым 7 битам, плюс бит четности или 8 битам без бита четности), требуют особого внимания к центральной операционной системе и программам управления последовательным интерфейсом.

Б.3 Формат класса FT2:

Б.3 Формат класса FT2



— код $(8i+8, 8i)$, $i=1, 2, 3, \ldots, 15$;
— кодовое расстояние $d=4$;
— образующий полином $X^7+X^6+X^5+X^2+1$;
— дополнительная проверка на четность;
— инверсия всех контрольных битов.

Б.3.1 Пояснения

Особенности формата класса FT2:

— обеспечивает наибольшую эффективность передачи кадра для класса достоверности данных 12 (см. рисунок Б.1);

— наиболее подходящий формат для повышенных технических требований;

— формат кадра (многобайтный формат) удобен для использования в стандартных синхронных разветвленных каналах передачи данных;

— код формата FT2 образован на основе циклического БЧХ-кода с указанным образующим полиномом и дополнением битом проверки всех элементов на четность. Обозначается как (128, 120) и является нециклическим оптимальным кодом с кодовым расстоянием $d=4$, содержащим 120 информационных битов, то есть 15 информационных байтов. Этот блок максимальной длины для блочных кодов с кодовым расстоянием $d=4$ и 8 контрольными битами;

— образующий полином выбирается из набора 18 неприводимых полиномов степени 7 таким образом, чтобы число необнаруженных 4-кратных ошибок было минимальным для укороченного блока длиной $n=16$ или 24 бита;

— инверсия 8 контрольных битов улучшает защиту от ошибок синхронизации, обеспечивая минимальный вес кодового блока, равный 2, то есть, по крайней мере, один фронт на блок.

Б.3.2 Определение достоверности данных

Число комбинаций с необнаруженными ошибками, содержащих e искаженных битов в неукороченных блоках по 128 бит, равно:

$$A(FT2)_{128,e} = \frac{1}{128}\left[\binom{128}{e} + (-1)^{e/2}127\binom{64}{e/2}\right],$$

где $e=4, 6, 8, \ldots, 122, 124, 128$.

Для укороченных блочных кодов с длиной блоков $n=(8i+8$ бит), где $i=1, 2, \ldots$ — число байтов пользовательских данных, хорошее приближение для числа комбинаций с необнаруженными ошибками дает формула:

$$A(FT2)_{n,e} \approx \binom{n}{e} / 128,$$

где $e=4, 6, 8, \ldots$

Результирующая вероятность появления необнаруженных ошибок равна:

$$R(FT2)_n = \sum A(FT2)_{n,e} p^e q^{n-e},$$

где $e=4, 6, 8, \ldots$.

Формат класса FT2 удовлетворяет требованиям класса достоверности данных I2 (см. рисунок Б.1). При расширении кадра блочного кода 8-битной стартовой комбинацией, необходимой при передаче с КИМ, результирующая вероятность необнаруженных ошибок определяется умножением на коэффициент q^8:

$$R'(FT2)_n = R(FT2)_n q^8.$$

На рисунке Б.1 приведены характеристики необнаруженных ошибок для **кадра с 1 байтом пользовательских данных (*FT2*, $i=1$) и для кадров с 15 байтами** пользовательских данных (*FT2*, $i=15$).

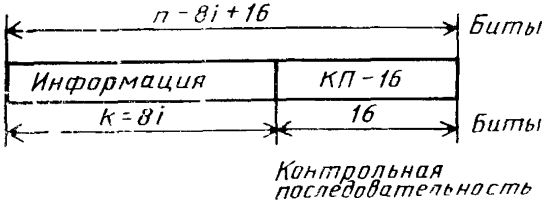
Б.3.3 Эффективность передачи кадра, содержащего один 8-битный стартовый байт и $i \leqslant 15$ байт пользовательских данных:

$$EFF(FT2) = \frac{i}{i+2} \cdot q^{8(i+2)}.$$

На рисунке Б.2 приведены характеристики эффективности передачи кадров для $i=1$ байт и $i=15$ байт пользовательских данных.

Б.4 Формат класса FT3:

Б.4 Формат класса FT3



— код $(8i+16, 8i)$, $i=1, 2, 3, \ldots, 16$;

— кодовое расстояние $d=6$;

— образующий полином $X^{16}+X^{13}+X^{12}+X^{11}+X^{10}+X^8+X^6+X^5+X^2+1$;

— инверсия 16 контрольных битов.

Б.4.1 Пояснения:

— формат для повышенных требований к достоверности данных в системах телемеханики;

— структура кадра (многобайтовый формат) подходит для использования в стандартных синхронных разветвленных каналах передачи данных;

— указанный неприводимый полином образует оптимальный код с кодовым расстоянием $d=6$ для блоков длиной $\leqslant 151$ бит;

— образующий полином выбирается из 8199 неприводимых полиномов таким образом, чтобы число комбинаций с необнаруженными 6-кратными ошибками было минимальным для укороченного блока, содержащего более 3 байт пользовательских данных;

— инверсия контрольных битов улучшает защиту от ошибок синхронизации, обеспечивая минимальный вес блока равный 3 и, по крайней мере, один фронт на блок.

Б.4.2 Определение достоверности данных

Число комбинаций с необнаруженными ошибками, содержащих e искаженных битов в блоке длиной $n=8i$, где $i=3, 4, 5, \ldots, 18$, приблизительно равно:

$$A(FT3)_{n,e} \approx 2^{15} \left\{ \begin{matrix} i \\ e \end{matrix} \right\},$$

где $e=6, 8, \ldots$

Результирующая вероятность необнаруженной ошибки равна:

$$R(FT3)_n \approx \sum A(FT3)_{n,e} p^e q^{n-e}.$$

Формат класса FT3 удовлетворяет требованиям достоверности данных класса I2 (см. рисунок Б.1). Для расширенного кадра блочного кода с 16-битовой стартовой комбинацией, используемого для КИМ систем передачи, вероятность необнаруженной ошибки достигается умножением на коэффициент q^{16}:

$$R'(FT3)_i = R(FT3)_n q^{16}.$$

На рисунке Б.1 приведены вероятности необнаруженных ошибок для кадра с 1 байтом пользовательских данных ($FT3$, $i=1$) и для кадров с 15 байтами пользовательских данных ($FT3$, $i=15$).

Б.4.3 Эффективность передачи кадра, содержащего одну 16-битовую стартовую комбинацию и $i \leqslant 16$ бит пользовательских данных:

$$EFF(FT3) = \frac{i}{i+4} \cdot q^{8(i+4)}.$$

На рисунке Б.2 показаны кривые эффективности для кадров с одним и 15 байтами данных пользователя.

УДК 621.398.006.354 ОКС 33.260 П77 ОКП 42 3200

Ключевые слова: устройства телемеханики, системы телемеханики, уровни низшие, уровень физический, уровень канальный, передача последовательная, передача двоичная, классы достоверности, расположение данных внутри кадра

Редактор *Т. С Шеко*
Технический редактор *Л А Кузнецова*
Корректор *Н. И. Ильичева*

Сдано в наб 18 04 95 Подп в печ 13 07 95 Усл печ л 2,33 Усл кр отт 2,33
Уч изд л 2,36 Тир 319 экз С 2612

ИПК Издательство стандартов, 107076, Москва, Колодезный пер , 14
Калужская типография стандартов ул Московская, 256 Зак 1030
ПЛР № 040138

gost.e-ecolog.ru