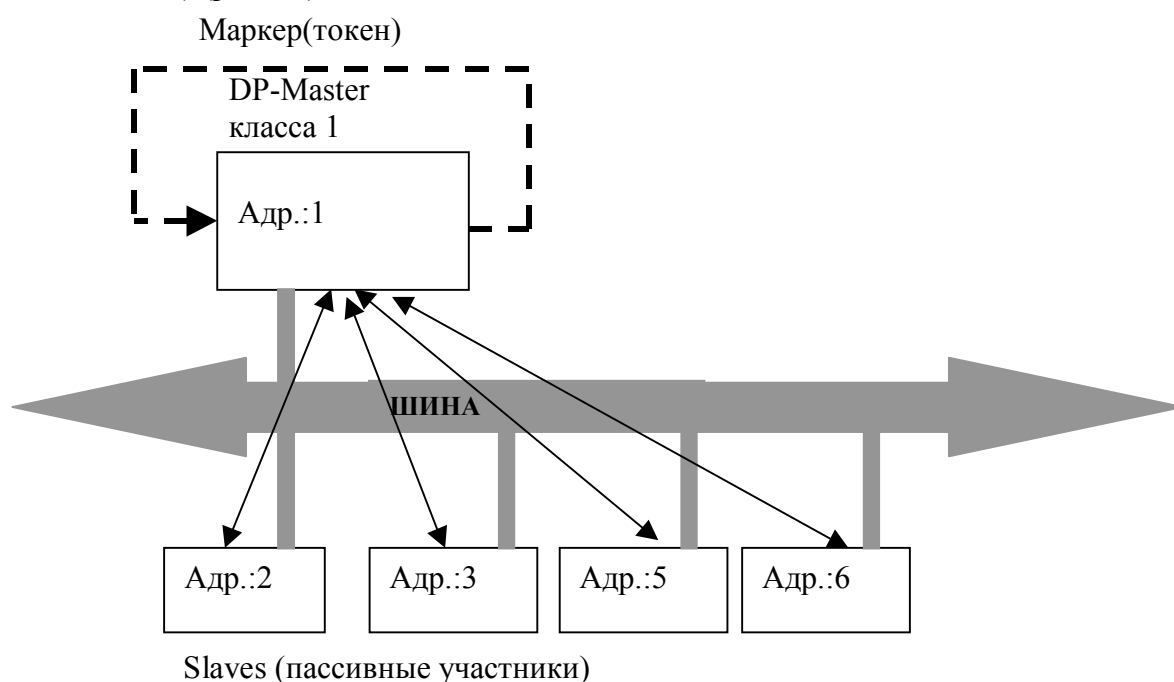


## 2. Типы приборов и обмен данными в PROFIBUS-DP

### Введение

PROFIBUS-DP выполняет высокие временные требования для обмена данными в области децентрализованной периферии и полевых устройств.

Типичной DP-конфигурацией обладает одномастерная структура (Mono-Master-Struktur – нем.) (рис.2.1)



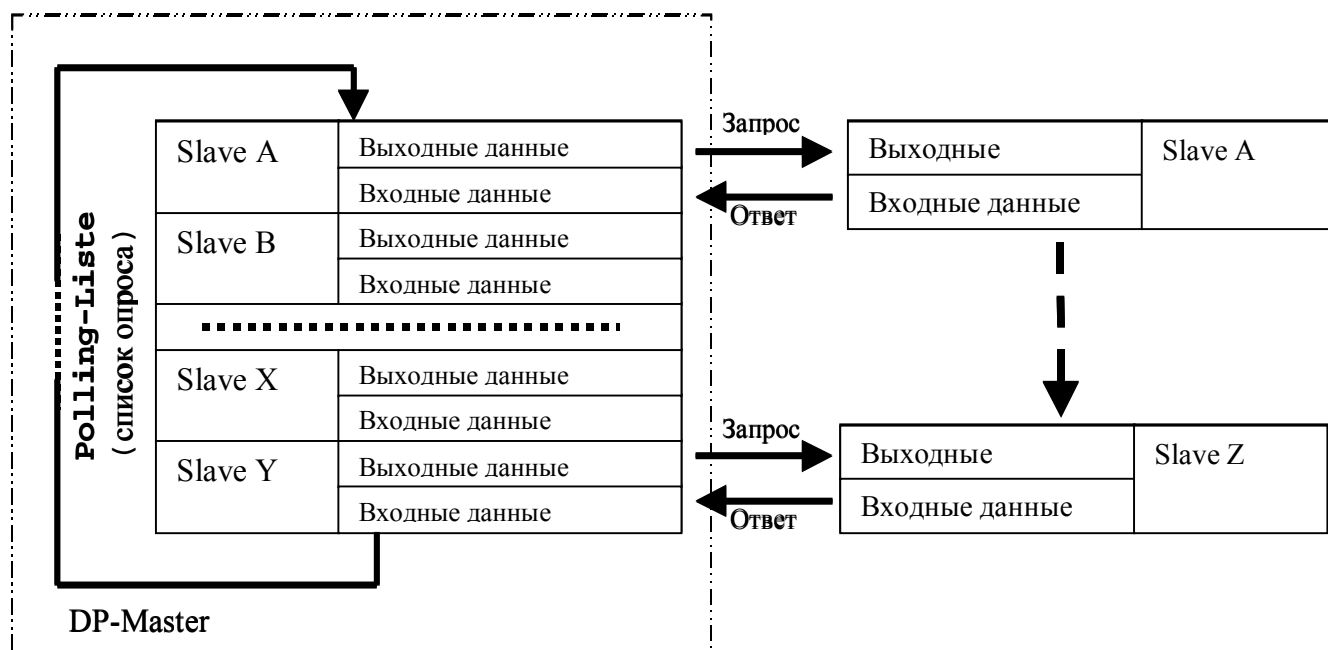
**Рис. 2.1** Структура с одним мастером

Коммуникации между DP-Master'ом и DP-Slave'ом осуществляется по принципу Master-Slave. Это означает, что DP-Slaves только по требованию DP-Master'а становятся активными на шине. DP-Slaves для этого располагаются в списке вызовов (Polling-Liste) DP-Master'а друг за другом.

Обмен пользовательскими данными между DP-Master'ом и DP-Slave'ом происходит циклически, без учета содержания пользовательских данных.

Рис.2.2 показывает принципиальную обработку списка вызовов (Polling-Liste) в DP-Master'е.

Цикл сообщений между DP-Master'ом и одним DP-Slave'ом состоит из *кадра запроса (Request Frame)* DP-Master'а и принадлежащего DP-Slave'у подтверждения или *кадра подтверждения (Response Frame)* (квитирование).



**Рис.2.2** Обработка списка опроса DP-Мастером

Определенные в EN 50170 свойства участников PROFIBUS на уровнях 1 и 2, могут иметь DP-системы с несколькими мастерами (Multi-Master-Struktur – нем.)

На практике это означает, что к шине подключено несколько станций DP-Master. Master'а между собой могут обмениваться пользовательскими данными, например, с помощью FMS-коммуникаций (рис.2.2).

## 2.1 Типы приборов

### 2.1.1 DP-Master (класс 1)

Этот DP-Master обменивается пользовательскими данными с DP-Slaves циклически. В частности он имеет задачи, которые выполняются следующими функциями протокола:

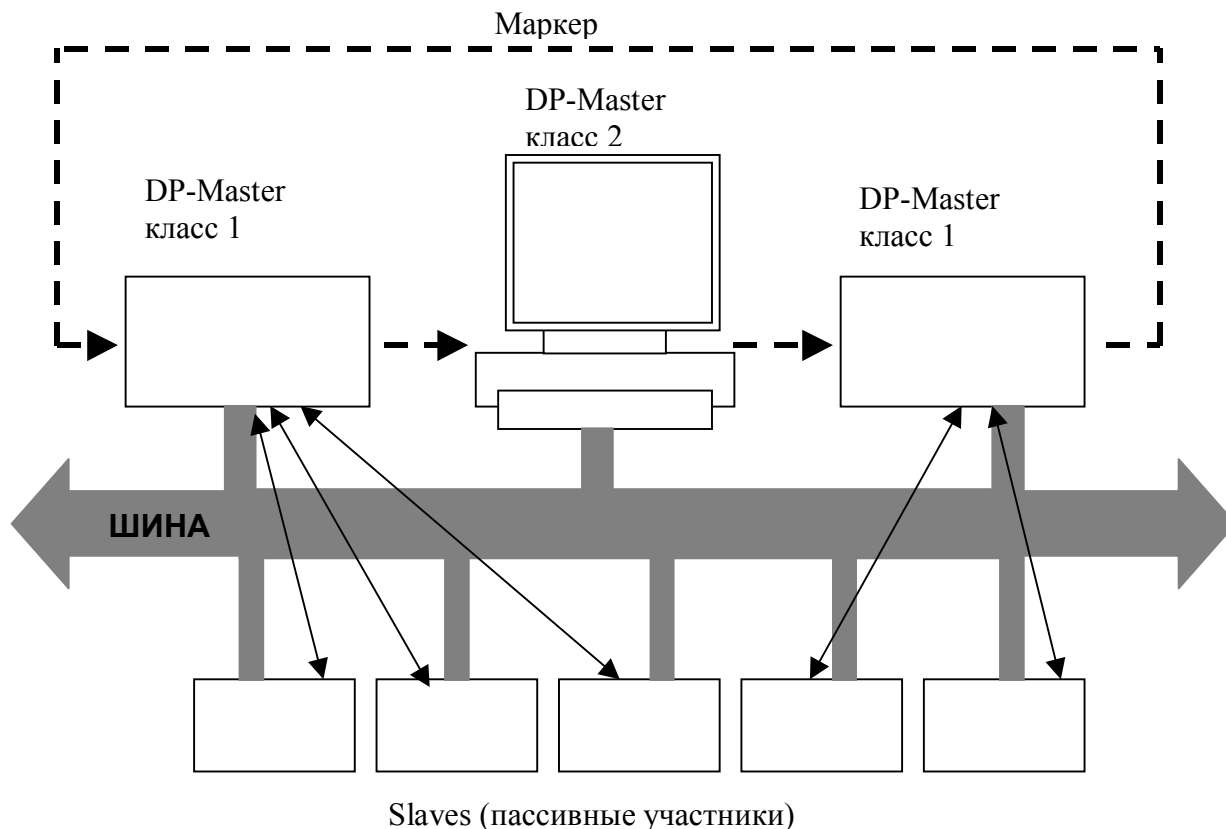
- *Set\_Prm* и *Chk\_Cfg*

Благодаря параметрированию DP-Slaves на старте, рестарте и фазе обмена данными, DP-Slave'ам передаются специфические для них параметры.

При конфигурировании определяется число входных и выходных байтов для каждого DP-Slave.

- *Data\_Exchange*

Циклический обмен входными и выходными данными с DP-Slave'ами, назначенными данному DP-Master'у.



**Рис. 2.3** Структура PROFIBUS с несколькими мастерами

- *Slave\_Diag*

На фазе запуска или во время циклического обмена пользовательскими данными читается диагностическая информация из DP-Slave.

- *Global\_Control*

Благодаря командам управления сообщает DP-Slave DP-Master'у свое рабочее состояние. Далее могут посылаться управляющие команды отдельным DP-Slave'ами или определенным группам DP-Slave'ов для синхронизации входных и выходных данных (команды Sync и Freeze).

### 2.1.2 DP-Slave

DP-Slave обмениваются пользовательскими данными только с DP-Master'ом, который его предварительно параметрировал и конфигурировал. DP-Slave в состоянии сообщить DP-Master'у свою диагностику или выдать сигнал о событии процесса.

### 2.1.3 DP-Master (класс 2)

DP-Master (класс 2) – это программаторы, приборы для диагностики и управления шиной, которые поддерживают кроме уже названных функций DP-Master’a (класс 1), еще другие специальные функции. Это:

- *RD\_Inp* и *RD\_Outp*

Читаются входные и выходные данные от DP-Slave параллельно с обменом данными с DP-Master’ом.

- *Get\_Cfg*

С помощью этой функции считываются актуальные конфигурационные данные DP-Slave.

- *Set\_Slave\_Add*

С помощью этой функции DP-Slave’ам и DP-Master’ам можно назначать новый шинный адрес, на сколько они это поддерживают.

Возможен еще ряд коммуникационных функций DP-Master’a (класс 2) для работы с DP-Master’ом (класс 1).

### 2.1.4 Комбинированные приборы DP

Возможна комбинация между названными типами DP-приборов внутри одного модуля. Например, на практике типичны комбинации

- DP-Master (класс 1) с DP-Master’ом (класс 2)
- DP-Slave с DP-Master’ом (класс 1)

## 2.2 Обмен данными между типами DP-приборов

### 2.2.1 DP-коммуникационные связи и DP-обмен данными

Инициатор коммуникационного задания обозначается в PROFIBUS-DP как *Requestor* (“запросчик”), а соответствующий партнер по коммуникациям – как *Responder* (“ответчик”). Все телеграммы-запросы DP-Master’a (класс 1) передаются на уровень 2 как служебные телеграммы “high-prio” (высокого приоритета). Соответствующие телеграммы-ответы DP-Slave’ов передаются на уровень 2 как служебные телеграммы “low-prio” (низкого приоритета).

DP-Slave имеет возможность при однократном обмене изменить приоритет “low-prio” на “high-prio” для ответной телеграммы. Это необходимо при передаче диагностических сообщений или сообщения о событии.

Передача данных происходит без установления соединения через соединения one-to-one или one-to-many (один с одним или один со многими) (только команды управления и перекрестная связь).

В табл.2.1 показаны коммуникационные возможности отдельно по функциям запроса и ответа для DP-Master и DP-Slave.

**Табл. 2.1** Коммуникационные связи между DP-приборами

Функция/служба (по EN 50170)	DP-Slave		DP-Master (класс 1)		DP-Master (класс 2)		Через SAP №	Через службу уровня 2
	Requ	Resp	Requ	Resp	Requ	Resp		
Data Exchange		M	M	O			Default-SAP	SRD
RD_Inp		M		O			56	SRD
RD_Outp		M		O			57	SRD
Slave_Diag		M	M	O			60	SRD
Set_Prm		M	M	O			61	SRD
Chk_Cfg		M	M	O			62	SRD
Get_Cfg		M		O			59	SRD
Global_Control		M	M	O			58	SRD
Set_Slave_Add		O		O			55	SRD
M-M- Kommunikation			O	O	O		54	SRD/SDN
DP-V1-служба		O	O	O			51/50	SRD

Requ = Requester – “запросчик”;

Resp = Responder – “ответчик”;

M = Mandatory Function – обязательная функция;

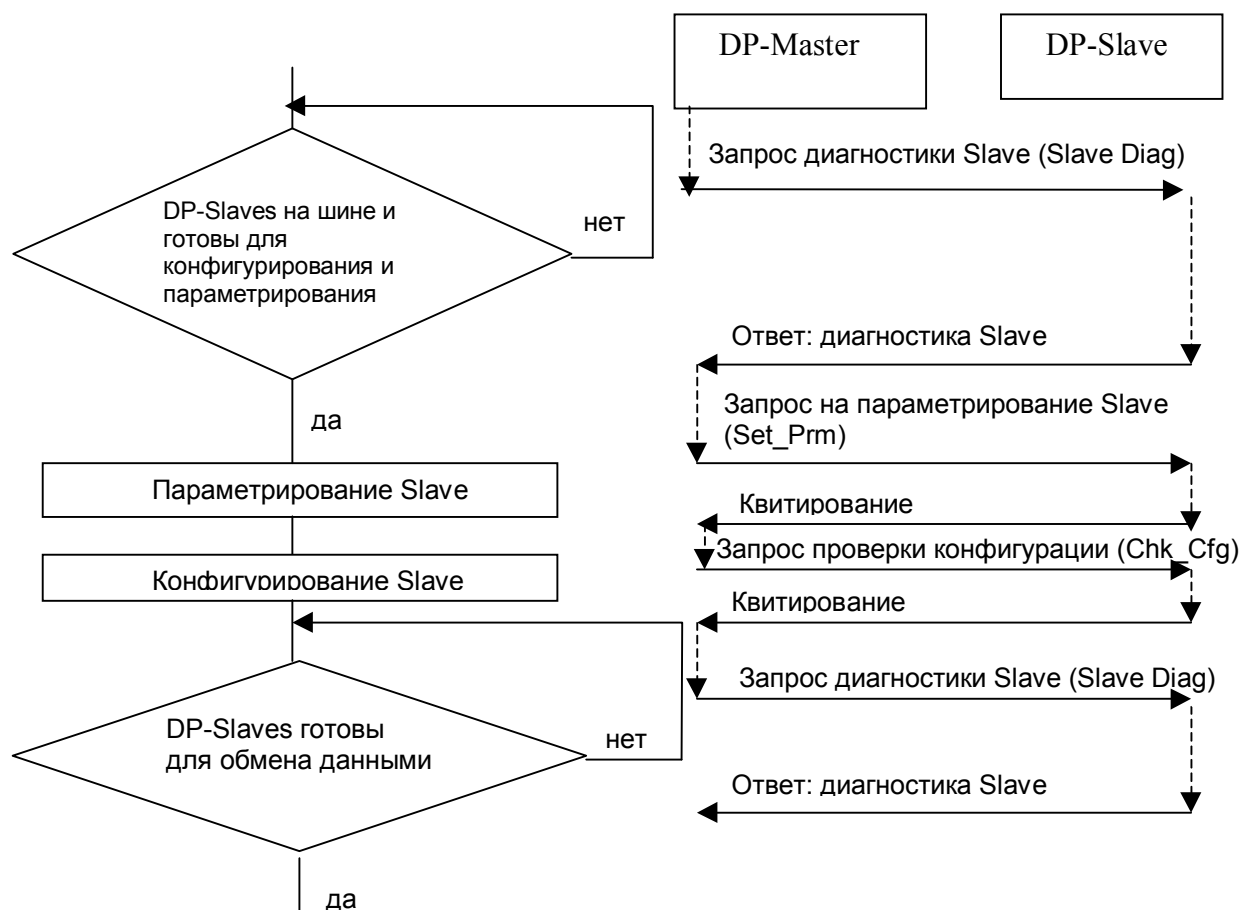
O = Optional Function – необязательная (по выбору) функция.

### 2.2.2 Фаза инициализации, перезапуск и движение пользовательских данных

Как можно сделать вывод из рис. 2.4, DP-Master должен параметризовать и конфигурировать DP-Slave перед тем, как он сможет обмениваться пользовательскими данными с DP-Slave. Если это имеет место, то готовность к работе DP-Slave’a проверяется DP-Master’ом с помощью диагностических данных. Если DP-Slave сообщает готовность для параметрирования, DP-Master посылает сразу же после этого данные параметрирования и конфигурирования. После повторной проверки готовности к работе DP-Slave’a с помощью диагностических данных, DP-Master начинает циклически обмениваться с DP-Slave’ом пользовательскими данными.

#### Данные параметрирования (Set\_Prm)

С помощью данных параметрирования сообщаются DP-Slave’у необходимые локальные и глобальные параметры, свойства и функции. Содержание данных параметрирования устанавливается при проектировании DP-Master’a. Это происходит при создании проекта во время проектирования DP-Slave’ов, часто в прямом диалоге или косвенно через доступ к имеющимся параметрам и специфическим для DP-Slave’a GSD-файлам (Geräte Stamm Daten – данные о происхождении прибора -нем.).



**Рис. 2.4** Фаза инициализации DP-Slave

Структура телеграммы для параметрирования состоит из определенных в EN 50170 частей и, если это нужно, специфической для пользователя и DP-Slave'a части.

Важнейшие составляющие телеграммы параметрирования:

- *Station-Status*

Состояние станции содержит специфические для Slave'a функции и настройки. Так, например, здесь определяется, должен ли быть активирован контроль срабатывания. Определяется, открыт или закрыт доступ к DP-Slave'у и, если это предусмотрено при проектировании, должен ли DP-Slave работать с управляющими командами Sync и Freeze.

- *Watchdog*

Watchdog – контроль времени срабатывания – должен определять выход из строя DP-Master'a. Если времени контроль срабатывания активирован и определил выход из строя DP-Master'a, стираются локальные выходные данные (необходимо использовать заменяющие значения). DP-Slave может эксплуатироваться на шине с или без контроля времени срабатывания. Среда проектирования предлагает руководствуясь шинной конфигурацией и установленной скоростью передачи время контроля срабатывания, которое может быть получено при проектировании (см. также шинные параметры).

- *Ident-Number*

Идентификационный номер (ID) DP-Slave'a присваивается PNO (Profibus Nutzer Organisation (нем.) – организация пользователей PROFIBUS) при сертификации. ID DP-Slave'a хранится в GSD-файле. DP-Slave принимает телеграмму параметризации, если только полученный ID совпадает с собственным. Благодаря этому предотвращается ошибочное параметрирование.

- *Group-Ident*

Благодаря групповому идентификатору можно объединить DP-Slave'ы в группы для управляющих команд “Sync” и “Freeze”. Возможно максимум 8 групп.

- *User-Prm-Data*

Благодаря параметрируемым данным DP-Slave'ов (User-Prm-Data) устанавливаются для DP-Slave'ов специфические пользовательские данные. Это могут быть, например, начальные установки или регулировочные параметры.

### **Данные конфигурирования (Chk\_Cfg)**

С помощью конфигурационной телеграммы DP-Master сообщает DP-Slave'у через формат опознавания объем и структуру участвующих в обмене входных/выходных данных. Эта область, называемая также модулем, согласуется по форме между DP-Master'ом и DP-Slave'ом: байтовая структура или структура из слов (формат опознавания). Через этот формат опознавания можно устанавливать на модуль входные/выходные области размером максимум в 16 байт/слов. Внутри формата конфигурационной телеграммы различаются следующие, зависящие от DP-Slave, установки:

- DP-Slave имеет статически определенные области входов/выходов. Например, периферийный модуль ET200B.
- DP-Slave имеет в зависимости от конфигурации/выполнения динамические области входов/выходов. Например, периферийные модули ET200M или привод.
- Области входов/выходов DP-Slave устанавливаются через специальный формат опознавания, зависящий от DP-Slave и изготовителя. Например, S7-DP-Slave аналоговый модуль ET200B, DP/AS I-Link и ET200M).

Области входных/выходных данных, которые содержат связанную информацию и которые не могут передаваться структурами байтов или слов, должны обрабатываться как *консистентные данные*.

К ним относятся, например, области параметров для регуляторов или наборы параметров для привода. С помощью специальных форматов опознавания (зависящих от DP-Slave и изготовителя) можно устанавливать области входов и выходов (модули) с максимальной длиной 64 байт/слов.

Пользовательские области входов и выходов (модули) DP-Slave'ов хранятся в GSD-файлах и при проектировании предлагаются соответствующим инструментом проектирования.

## Диагностические данные (Slave\_Diag)

Посредством запроса диагностических данных DP-Master проверяет на фазе запуска, имеется ли DP-Slave и готов ли он для параметрирования. Сообщаемые DP-Slave'ом диагностические данные состоят из определенной в EN 50170 диагностической части и необязательной, специфической для DP-Slave диагностической информации. Через диагностические данные DP-Slave сообщает DP-Master'у свое рабочее состояние и в случае диагностики – причину диагностического сообщения. DP-Slave имеет возможность сообщать с помощью ответных телеграмм службы Data\_Exchange уровня 2 с “high-prio” на уровень 2 DP-Master'а локальные диагностические данные, которые требует DP-Master для оценки.

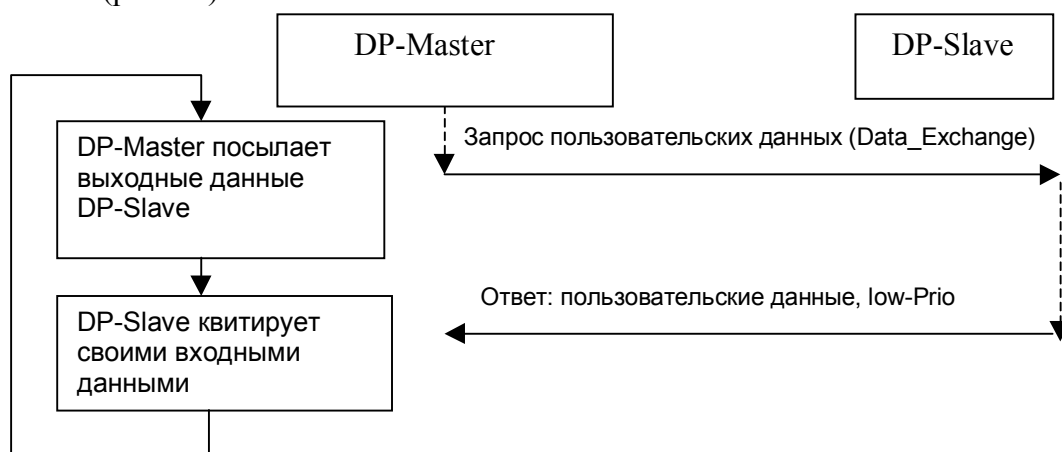
Если нет актуального диагностического события, то ответная телеграмма службы Data\_Exchange имеет идентификатор “low-prio”.

Диагностические данные DP-Slave'ов могут быть, однако, без специального сообщения от диагностического события затребованы DP-Master'ом в любое время.

## Пользовательские данные (Data\_Exchange)

DP-Slave проверяет принятые от DP-Master'а данные параметрирования и конфигурирования.

Если нет ошибок и DP-Master'ом разрешены желаемые установки, DP-Slave сообщает DP-Master'у, что он готов для обмена данными. С этого момента DP-Master обменивается с DP-Slave'ом запрооектированными пользовательскими данными (рис.2.5).

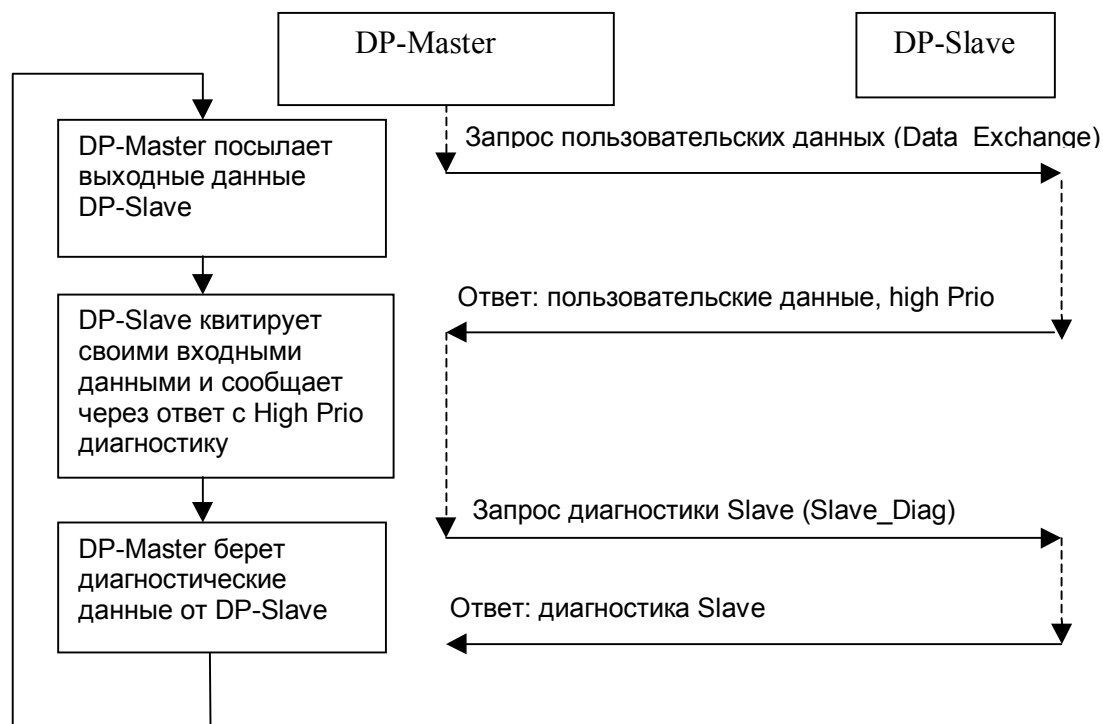


**Рис. 2.5** Циклический обмен пользовательскими данными DP-Slave с DP-Master'ом

При обмене пользовательскими данными DP-Slave реагирует на телеграммы-запросы Data\_Exchange DP-Master'а (класс 1), который его параметрировал и конфигурировал. Другие телеграммы пользовательских данных DP-Slave отбрасывает. Внутри пользовательских данных нет дополнительных управляющих или структурных знаков для описания передаваемых данных, то есть передаются чистые пользовательские данные. Как изображено на рис.2.6, DP-Slave может во время ответа через изменение класса приоритета служебных телеграмм с “low-prio” на “high-prio” сообщить DP-Master'у, что имеется



актуальное диагностическое событие или диагностическая информация о состоянии. Настоящая диагностическая информация или информация о состоянии сообщается DP-Slave'ом один раз в ответ на это DP-Master'у диагностической телеграммой по его требованию. После получения диагностических данных продолжается обмен с DP-Slave'ом данными, как запроецировано пользователем. С помощью телеграмм запрос-ответ можно обмениваться пользовательскими данными между DP-Master'ом и DP-Slave'ом в обоих направлениях объемом до 244 байт.



**Рис. 2.6** DP-Slave сообщает о актуальном диагностическом событии

## 2.3 Цикл PROFIBUS-DP

### 2.3.1 Структура циклов PROFIBUS

Рис. 2.7 показывает структуру DP-цикла в шинной системе DP с одним мастером.

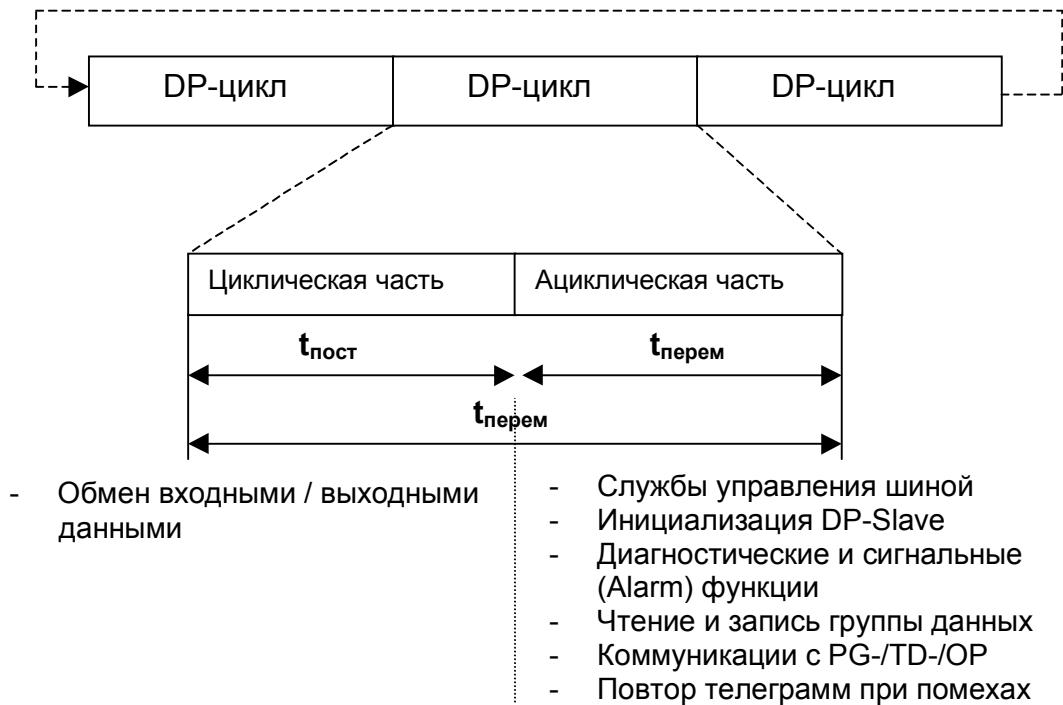
*Постоянная компонента* DP-циклов составляет при этом часть цикловой телеграммы, состоящей из управления доступом к шине (управление маркером и состоянием участников) и обменом данными (Data\_Exchange) с DP-Slave'ами. Наряду с этим циклическим движением данных есть однако внутри DP-цикла также ряд зависящих от событий, *ациклических телеграмм*.

К этим ациклическим телеграммам относятся:

- Обмен данными во время фазы инициализации DP-Slave
- Диагностические функции DP-Slave'а

- Коммуникации с DP-Master'ом 2-го класса
- Коммуникации с другими мастерами
- Обусловленные уровнем 2 повторения телеграмм при помехах
- Ациклическое движение данных по DP-V1
- On-line функции с PG
- HMI - функции

В зависимости от этой ациклической телеграммы конкретный DP-цикл может удлиняться.



**Рис.2.7** Структура цикла PROFIBUS-DP

Таким образом, шинный цикл всегда состоит из постоянной по времени циклической части и существующей не всегда, зависимой от событий, переменной ациклической части телеграммы.

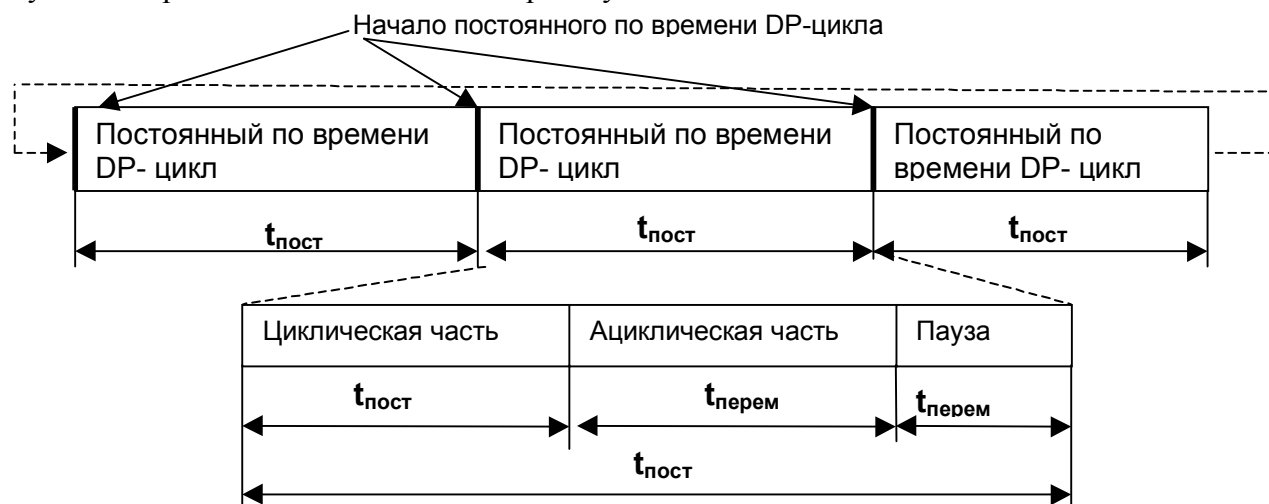
### 2.3.2 Структура постоянного по времени PROFIBUS-DP цикла

В некоторых случаях при автоматизации выгодно, когда шинный цикл DP по времени остается одинаковым и, таким образом, обмен данными может происходить строго периодически. Это находит применение, например, в области техники приводов для самосинхронизации нескольких приводов.

В отличие от нормального цикла DP, DP-Master'ом предусматривается (резервируется) при постоянном по времени цикле DP для ациклической части коммуникаций определенная часть времени.

Как представлено на рис.2.8, DP-Master для этого обеспечивает, чтобы эта зарезервированная временная часть была не превышена благодаря тому, что он допускает только определенное число ациклических событий.

Если зарезервированное время не нужно, то DP-Master заполняет паузу “пустым временем”. Благодаря этому гарантируется, что заданное постоянное время будет выдержано с точностью до микросекунды.



**Рис.2.8** Структура постоянного по времени цикла PROFIBUS-DP

Задание времени для постоянного шинного цикла DP осуществляется при создании проекта в STEP 7. Предлагаемое в STEP 7 значение времени определяется, руководствуясь спроектированной конфигурацией установки и учитывая определенные, типичные части ациклических служб. При проектировании постоянного по времени цикла есть возможность изменить предлагаемое STEP 7 значение его длительности.

В настоящее время постоянный по времени DP-цикл может быть установлен только в системе с одним мастером.

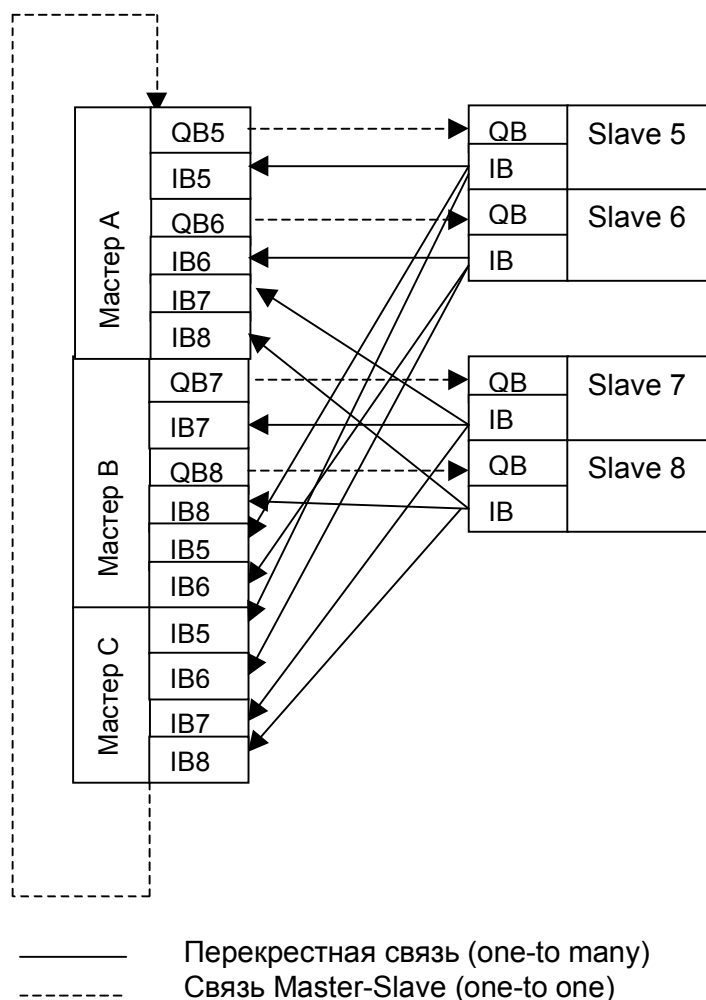
## 2.4 Обмен данными через перекрестную связь

Дальнейшая возможность обмена данными в PROFIBUS-DP при применении SIMATIC S7 заключается в использовании перекрестной связи. При спроектированной перекрестной связи DP-Slave отвечает DP-Master'у не телеграммой one-to-one (Slave -> Master), а специальной телеграммой one-to-many (Slave -> nn). Таким образом входные данные Slave'а, содержащиеся в ответной телеграмме, предоставляются не только соответствующему мастеру, но и всем участникам шины.

Возможные при перекрестной связи коммуникации “Master-Slave” и ”Slave-Slave” поддерживаются не всеми SIMATIC S7 DP-Master'ами и не всеми вариантами DP-Slave'ов. Если такие коммуникации поддерживаются, то они проектируются с помощью STEP 7. Возможна смесь из обоих вариантов коммуникационных связей.

### 2.4.1 Коммуникационная связь Master-Slave при перекрестной связи

На рис. 2.9 представлены возможные коммуникационные связи на основе конфигурации, состоящей из 3-х S7 DP-Master'ов и 4-х DP-Slave'ов. Все представленные на этом рисунке DP-Slave'ы посылают свои входные данные, как телеграммы one-to-many.



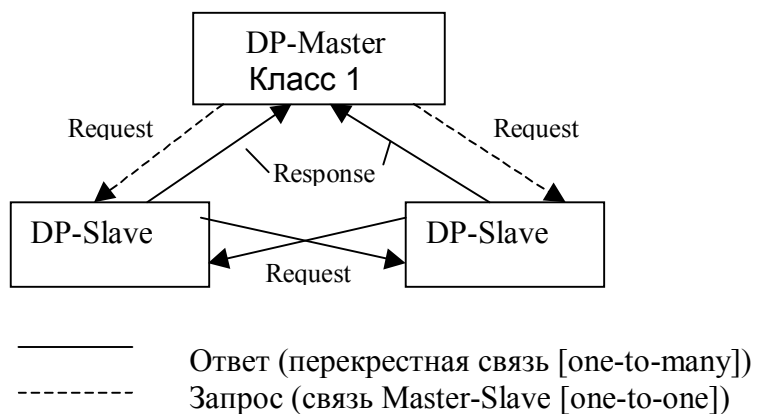
**Рис. 2.9** Коммуникационные связи Master-Slave при перекрестной связи

DP-Master A, которому приписаны Slave'ы 5 и 6, принимает также входные данные Slave'ов 7 и 8. Также DP-Master B, которому приписаны Slave'ы 7 и 8, принимает входные данные Slave'ов 5 и 6. DP-Master'у C Slave'ов не приписано вовсе. Однако этот DP-Master принимает входные данные всех Slave'ов, эксплуатирующихся в шинной системе.

### 2.4.2 Коммуникационная связь Slave-Slave при перекрестной связи

Следующий вариант обмена данными при перекрестной связи представляет коммуникационную связь Slave-Slave, изображенную на рис.2.10, при использовании в качестве Slave'ов I- Slave'ов (интеллектуальных Slave'ов, см. раздел 3.4.3), как, например, CPU 315-2DP.

При этом I- Slave также в состоянии принимать входные данные от других DP-Slave'ов.



**Рис.2.10** Коммуникационные связи Slave-Slave при перекрестных связях

