

# Среды / каналы передачи

---

## Провода / кабели

### ВЧ линии

- аналоговые
- цифровые

### Радиорелейные и другие радио линии

- аналоговые
- цифровые

### Оптические каналы

- открытые
- волоконно-оптические

### •Спутниковые каналы



# Кабельные каналы

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"><li>• Высокая готовность и надежность со средней наработкой на отказ 200000 – 500000 часов</li><li>• Широкое распространение</li><li>• Сравнительно высокая стоимость</li><li>• В специальных кабелях высокая помехозащищенность</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Высокая чувствительность к наведенным потенциалам, в случае аварий</li><li>• Необходимость принимать меры по защите персонала и оборудования</li><li>• Перекрестные помехи в многожильных кабелях</li><li>• Вандализм</li><li>• Небольшие длины: затухание, широкополосность, перекрестные и наведенные помехи</li><li>• Высокая стоимость прокладки в городской черте</li></ul>

# ВЧ каналы

Аналоговые		Цифровые
<ul style="list-style-type: none"><li>• 4 кГц канал</li><li>• Речь + телемеханика</li><li>• ДФЗ</li><li>• Телезащита</li><li>• Нестабильность параметров во времени</li><li>• Растраниживание частотного плана</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 4 кГц канал</li><li>• Речь + телемеханика + телезащита (форсирование)</li><li>• ДФЗ</li><li>• Стабильность параметров во времени</li><li>• Высокая надежность</li><li>• Максимальное использование доступных частот</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 4 / 8 / 16 кГц канал</li><li>• QAM / MCM и другие виды модуляции</li><li>• Речь + данные</li><li>• Усложнение технологии для передачи телезащиты</li><li>• Экономное использование доступных частот</li></ul>
<p>Основные источники помех:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• шум короны</li><li>• пробой изоляторов</li><li>• выключатели и разъединители</li><li>• разряды на ВЛ</li></ul>		<p>Ухудшение параметров канала при обрывах и КЗ на ВЛ делает их практически идеальными для передачи ДФЗ и телеотключения, а так же в схемах сравнения состояния</p>

# ВЧ каналы

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"><li>• Использование существующей среды передачи</li><li>• Высокая надежность</li><li>• Кратчайшее расстояние передачи</li><li>• По-определению точка-точка топология исключает риски неправильной трассировки, коммутации</li><li>• Аппаратура расположена на ПС и является собственностью энергетиков</li><li>• Легкий контроль и обслуживание как среды передачи (ВЛ), так и аппаратуры</li><li>• Большие без ретрансляционные длины ВЧ каналов</li><li>• Отсутствует проблема безопасности и защиты от потенциалов</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Высокая вероятность повреждения канала в случае аварии на ВЛ</li><li>• Ограниченная широкополосность и, как следствие, применимость только в схемах ДФЗ и телеотключения с ограниченным числом сигналов команд и временем их передачи</li><li>• Нельзя использовать в токовой ДФЗ</li><li>• Небольшое число реализуемых на ВЛ каналов (частотный план)</li></ul>

# Радио каналы

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"><li>• Широкополосная среда передачи с коммутируемой емкостью каналов</li><li>• Небольшие перекрестные помехи</li><li>• Отсутствуют проблемы с защитой от потенциалов</li><li>• Быстрое время развертывания</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Обычно фиксированные каналы ограниченной емкости</li><li>• Невысокая устойчивость (климат)</li><li>• Зависимость от техногенной обстановки</li><li>• Небольшое число реализуемых на ВЛ каналов (частотный план)</li><li>• Необходимость прямой видимости</li><li>• Переприемы резко повышают стоимость и снижают надежность</li><li>• Грозоопасность (антенны)</li><li>• Проблемы с заземлением</li><li>• При дефектах – потеря множества каналов</li><li>• Большие времена передачи</li></ul>
<p>Аналоговые</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 4 кГц канал</li><li>• FDM</li><li>• FM</li></ul>	<p>Цифровые</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• 64 кБит/с</li><li>• TDM, TDMA, CDMA</li><li>• 40-100 км</li><li>• Время передачи команд (14-22 мс) (Африка – позволяет климат)</li></ul>

# Оптические каналы

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"><li>• Широкополосная среда, поддерживающая большие скорости передачи</li><li>• Высокая электромагнитная защищенность</li><li>• Низкая чувствительность к климату (?волокно? – если правильный выбор, открытые - чувствительны)</li><li>• Отличная электроизоляция</li><li>• Отсутствуют перекрестные помехи</li><li>• Низкие вероятности ошибок</li><li>• Большие без ретрансляционные длины каналов (100-200 км)</li><li>• Отсутствует проблема безопасности и защиты от потенциалов</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Высокая вероятность повреждения канала в случае аварии на ВЛ</li><li>• При дефектах – потеря множества каналов</li><li>• Высокая стоимость установки</li><li>• Высокая стоимость восстановления</li><li>• Выделенные волокна для защиты – роскошь</li><li>• При больших длинах – дорогие повторители</li><li>• Дорогой дуплекс – два ОВ или WDM и др.</li><li>• Небольшой срок службы</li></ul>

# Спутниковые каналы

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"><li>• Широкая географическая площадь покрытия</li><li>• Малое время развертывания (наземные терминалы)</li><li>• Хорошая электроизоляция</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Большое время распространения</li><li>• Готовность и надежность не соответствуют требованиям защиты</li><li>• Невысокая климатическая устойчивость</li><li>• Высокая стоимость организации постоянных и/или высокоскоростных каналов</li></ul>

Для GEO спутников (36000 км) время передачи 250 – 280 мс

Для МEO спутников (10350 км) время передачи 120 мс, перерывы связи на 25 мс каждые 2 часа

Для LEO спутников (750-1500 км) время передачи 20 – 30 мс, перерывы связи на 3 – 9 мс каждые 8 – 12 минут (переключение между спутниками)

# Цифровая техника. Мультиплексоры. Сети

FDM

TDM

- классическое
- статистическое

CDM

- CDMA
- CDM/SS

WDM

PDH / PCM

SDH / SONET

Транспорт

Сервис

POTS, ISDN

ATM

X.25, Frame Relay

IP



# Технологии мультиплексирования

---

## FDM

Частотное уплотнение сигналов (разнесение спектров). Основное использование – аналоговые системы передачи

## WDM

Оптический вариант FDM. В простейшем случае используются излучатели с разными длинами волн, в DWDM гармоники одной длины волны (4 – 64). Тогда в ОВ одна длина волны (1300 нм) может использоваться для связи, а другая (1550 нм) – для защиты. Независимые системы. Общее только ОВ.

WDM мультиплексор достаточно дорог.



# Технологии мультиплексирования

---

## TDM

Временное уплотнение сигналов (ИКМ). Используется для передачи аналоговых и цифровых сигналов. Бывает бит, байт и блок мультиплексоры.

В настоящий момент используется для передачи на сверх длинные расстояния или по очень сложным (топологически) сетям.

Передача может выполняться как в прямом цифровом виде, так и через аналоговые системы с помощью дополнительной модуляции.

- классическое (синхронное)  
каждому входному сигналу выделяется фиксированный бит/байт/блок (тайм-слот). Простая, очень надежная, со стабильными параметрами система. Идеально подходит для передачи сигналов защиты. Не эффективное использование ресурсов.
- статистическое (асинхронное)  
анализируются передаваемые сигналы, и в соответствии с этим распределяются агрегатные ресурсы. Число каналов или суммарная емкость каналов может быть больше, чем в классической TDM. Используется буферизация и контроль потока. Из-за большой девиации времени передачи в чистом виде не может использоваться для защиты. Используется в SDH и является основой ATM.

# Технологии мультиплексирования

---

## CDM

Кодовое уплотнение сигналов – одновременно (в одном частотном спектре) передаются ортогональные кодовые комбинации. Номер комбинации устанавливается перед началом сеанса по соглашению между приемником и передатчиком.

Часто ассоциируются с SS Spread Spectrum системами.

В безлицензионном радио чаще всего используется CDMA-access.

CDM/SS так же используется для передачи по проводным каналам.

В USA был опыт передачи сигналов защиты по CDM/SS радио на ВЛ 134 кВ. До эксплуатации не дошло. По проводам CDM/SS передавать защиту даже никто не пробовал.

Нужны глобальные исследования.

Привлекает устойчивость к помехам. Отталкивает – существенная широкополосность. О временах передачи неизвестно ничего.

# Иерархия

---

## PDH

Классическая технология. Синхронная (plesiochronouse) в том смысле, что всегда оперирует с 64 кБит/с цифровыми потоками (0 уровень иерархии, взято для РСМ не компрессированного сигнала речи).

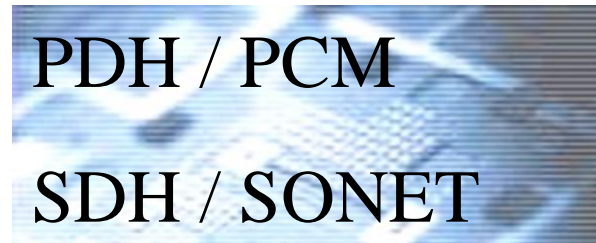
5 уровней иерархии: 64, 2048, 8448, 34368 и 139264 кБит/с (Европа), в США и Японии – другие.

Если необходимо передать меньший объем информации, чем заложено в иерархии, используются дополняющие «пустые» биты.

В классическом виде не позволяет выполнять вставку/изъятие каналов без полного де- / ре-мультиплексирования.

Системы управления используются только в специализированных устройствах (не общедоступных).

Идеальна для передачи защиты.



# Иерархия

---

## SDH-1

Технология предназначенная для передачи разнородного трафика (развитие SONET США, отличие в реализации, данные совместимы, управление- нет).  
Основной принцип: синхронная сеть, синхронное мультиплексирование – синхронизация от общего для сети источника времени.

Развитие PDH. Поддерживает ATM и IP форматы.

4 уровня иерархии: 155520, 622080, 2488320 и 9953280 кБит/с (STM-1 ... STM-64), в SONET – другие. Радио и оптика.

SDH сеть может быть более устойчивой, чем PDH сеть. Резервируются не только отдельные фиксированные элементы или сегменты сети (как в PDH), но и сама сеть.

При прямом резервировании информация сразу передается по двум сетевым путям, а приемник использует первой пришедшую информацию.

При разделяемом резервировании информация из дефектного пути вставляется в заранее определенный работоспособный. Это существенно более экономичный способ. Но время восстановления пути – велико, а емкость его ограничена.

# Иерархия

---

## SDH-2

Резервирование в SDH может быть одно- и двунаправленным. В первом случае на резервный путь переключается только одно направление дуплексного канала, во втором – оба. Однако только в этом случае сохраняется идентичность времен передачи по направлениям. Поэтому, если в системе предполагается использовать токовую ДФЗ, необходимо использовать двунаправленное резервирование.

SDH / PDH при правильно выполненной конфигурации является идеальным способом передачи сигналов защиты поскольку обеспечивает фиксированные и малые времена передачи, а также малый джиттер при восстановлении пути. Среднее время передачи сигнала между портами в SDH – 1 мс. Очень малые вероятности ошибки  $\ll 10^{-6}$ .

# Сети

---

## Транспорт

- это сети межстанционного, регионального и национального масштаба. В основе аналоговых транспортных сетей лежит пере прием / транзит / коммутация. В основе цифровых – PDH и SDH.

## Сервис

- это сети станционного и ниже масштаба.

Имеются два уровня сервиса: конечный – непосредственное обслуживание клиентов - и промежуточный, связанный с работоспособностью и обслуживанием сети.

Используют множество технологий, что связано прежде всего с тем, что каждая технология оптимальна только для определенного вида сервиса.



Транспорт
Сервис
POTS, ISDN
ATM
X.25, Frame Relay
IP

# Сети. Сервис-1

---

## POTS/ISDN

- ориентированные на соединение сети, в которых каждый сеанс связи начинается с установления соединения. При отсутствии соединения – сетевые ресурсы простаивают. Имеются аналоговая и цифровые реализации. ISDN работает с виртуальными соединениями, что экономит ресурсы сети.

## X.25, Frame Relay (коммутация пакетов)

-ориентированные на соединение с коммутацией пакетов сети, каждый сеанс связи начинается с установления соединения под которое выделяются определенные сетевые ресурсы. При отсутствии соединения – ресурсы используются другими пользователями.

Имеется возможность оптимизировать работу сети, но это приводит к случайным временам передачи, что делает эти сети не применимыми для целей защиты. Используются для передачи не чувствительного ко времени трафика.

Сейчас делаются попытки с помощью надстроек обеспечить гарантированный сервис (уменьшить джиттер, речь / видео), но абсолютное значение времени передачи по-прежнему велико.



# Сети. Сервис-2

---

## АТМ

-основу технологии составляет статистическое мультиплексирование (variable bit rate VBR), но есть и CBR constant bit rate – эмуляция TDM, что может позволить использовать АТМ для целей защиты.

-ориентированные на соединение сети. Но могут быть пакетно-ориентированными, цепь-ориентированными, с постоянной и переменной скоростями передачи и, даже, не ориентированными на соединение. Очень гибкая с максимальной эффективностью использующая сетевые ресурсы технология.

Информация передается пакетами / ячейками по установленному пути. При отсутствии информации пакет используется другими приложениями.

Новейшая CES (circuit emulation service) надстройка над АТМ позволяет установить для требуемых соединений фиксированные времена передачи и джиттер. По-сути CES разбивает DS1/E1 (2048 кБит/с) АТМ-фрэйм на  $N \cdot 64$  кБит/с (PCM) кусочки, и работает с ними как DXC (PDH MUX).

Однако практических реализаций использования АТМ для целей защиты до сих пор не было.

Основные сдерживающие факторы: высокие сложность и стоимость

# Сети. Сервис-3

---

## IP

-цепь-ориентированная технология – дословный перевод: пакет данных и связанной с ним адресной информации, который маршрутизируется в сети с переключением пакетов или передается по локальной сети.

Используются два принципа маршрутизации:

Шаг-за-шагом, когда в каждом узле каждый пакет полностью анализируется обрабатывается и посылается в нужном направлении. Если в каком-то узле происходит сбой, пакет теряется.

Из-конца-в-конец, когда сначала находится целиком исправный путь, и только тогда начинает передаваться информация. Очень устойчивая к дефектам сети технология.

По временным критериям абсолютно не применимая к защите технология.

С современными надстройками (IPv6) – близкая к идеалу общественная технология.

# Резюме с точки зрения защиты-1

---

## SDH / PDH

Достоинства	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"><li>• Основа транспортных сетей</li><li>• Фиксированные малые времена передачи и джиттер</li><li>• Низкие вероятность ошибки и подверженность повреждениям</li><li>• Хороший механизм восстановления</li><li>• Хороший изоляционизм и защищенность трафиков</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Общая система синхронизации. Устраняется резервированием «часов» через каждые 5-8 узлов</li><li>• При плохо выполненном проекте времена передачи могут превышать 5-8 мс</li></ul>



# Резюме с точки зрения защиты-2

## АТМ

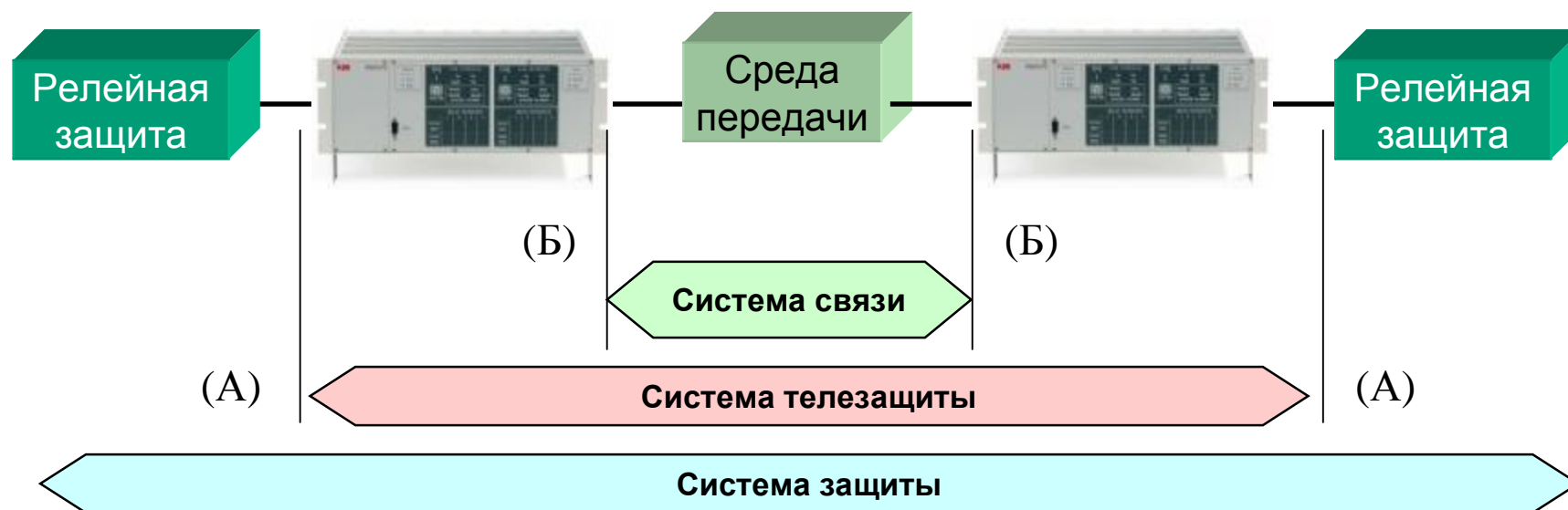
Достоинства	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"><li>• Хорошая эффективность использования ресурсов</li><li>• Низкая вероятность ошибки</li><li>• Не чувствительна к сбоям синхронизации</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Для защиты пригодна только с надстройками (CES )</li><li>• Вероятность ошибки и время передачи зависят от CLR – cell loss rate – планирования сети, и могут быть случайно изменены</li><li>• Необходимо предпринимать специальные меры для изоляции и безопасности трафика защиты</li><li>• Не имеет <b>стандартных</b> механизмов восстановления сети</li><li>• В режиме CBR с CES (защита) требует разветвленной и сложной системы синхронизации низкого уровня (SRTP – метка, в каждой точке часы &amp; Adaptive – внутри сетевая метка). Adaptive не допускают передачи сигналов аналоговых ДФЗ.</li><li>• Стоимость</li><li>• Сложность</li></ul>

Среда	Время передачи (Б)-(Б)	Джиттер	Симметрия Та (дифф.задержка)	Время операции Добавить / Изъять	Время восстановления	Ошибки кросскоммутиации	BER	Полоса частот или емкость
кабель / провода	5-10 мкс/км (распространение)	<< 1 мс	< 1 мс, один путь	для Точка-точка отсутствует	не применимо	мало (человек)	не применимо	несколько кГц; << 64 кБит/с
ВЧ канал	3,3 мкс/км (распространение) + ~1,5 мс на терминал	<< 1 мс	< 1 мс	для Точка-точка отсутствует	не применимо	мало (человек)	< 10-3	4 - 8 - 16 кГц; < 80 кБит/с
pp	3,3 мкс/км (распространение) + ~1 - 2 мс на терминал	<< 1 мс	< 1 мс, один путь	для Точка-точка отсутствует	не применимо	мало (человек)	< 10-3	> 64 кБит/с
ВОЛС	~ 5 мкс/км (распространение в волокне)	<< 1 мс	< 1 мс, один путь	не применимо	не применимо	мало (человек)	< 10-6	> 64 кБит/с
GEO	250-280 мс (вверх-вниз)	нет данных	нет данных	не применимо	нет данных	нет данных	< 10-3	> 64 кБит/с
MEO	~ 100 мс (вверх-вниз)	нет данных	нет данных	не применимо	нет данных	нет данных	< 10-3	> 64 кБит/с
LEO	10-30 мс (вверх-вниз)	>> 1 мс	>> 1 мс	не применимо	нет данных	нет данных	< 10-3	> 64 кБит/с
PCM кабельная	~ 5 мкс/км (распространение) + 0,6 мс макс. для 64 -> 2048 кБит/с мультиплексор	< 1 мс	< 0,1 мс	не применимо	не применимо	Есть - ошибки синхронизации	< 10-6	> 64 кБит/с
PDH сеть	~ 5 мкс/км (распространение) + 0,6 мс макс. для 64 -> 2048 кБит/с мультиплексор + 15 мкс на 2 -> 8 MUX + 1 мкс на повторитель	< 1 мс	< 1 мс	~ 0.6 мс	~ 15 мин.	Есть - ошибки синхронизации	< 10-6	> 64 кБит/с
SDH сеть	~ 5 мкс/км (распространение) + 35 мкс 2048 -> STM-1 + 40 мкс STM-1 агрегатные + 110 мкс STM-1 -> 2048	< 3 мс типично	< 1 мс для двунаправленной защиты	< 120 мкс на ADM или повторитель	~ 1 мс для одиночной ошибки, зависит от проектировщика сети	Есть - ошибки синхронизации	< 10-6	> 64 кБит/с
ATM сеть	~ 5 мкс/км (распространение) + 1 мс первичный MUX + 6 мс пакетизация 64 кБит/с + 0,5 мс каждое коммутация главного MUX. ITU-T I.356 нормирует макс. Время доставки ячейки (CTD) 400 мс для межгосударственных сетей	< 3 мс задержка прихода ячейки (CDV) QoS класс 1 (ITU-T I.356)	нет данных	%	тоже, что и SDH, если SDH используется как транспорт	Есть - ошибка MUX < 1/день (ITU-T I.356)	< 10-6	> 64 кБит/с
IP сеть	не прогнозируется, не гарантируется	не гарантируется	Критично - не гарантируется	не применимо	не применимо	Есть - ошибки маршрутизации	< 10-5	> 64 кБит/с по требованию
Ethernet 10 MB сеть	5-15 мс разделяемый хаб / 1-2 мс переключаемый хаб + 6-12 мс время передачи	несколько мс, не гарантируется	нет данных	не применимо	не применимо	Есть - ошибки адресации	< 10-5	> 64 кБит/с
Ethernet 100 MB сеть	1-3 мс разделяемый хаб / < 1 мс переключаемый хаб + 6-12 мс время передачи	несколько мс, не гарантируется	нет данных	не применимо	не применимо	Есть - ошибки адресации	< 10-5	> 64 кБит/с

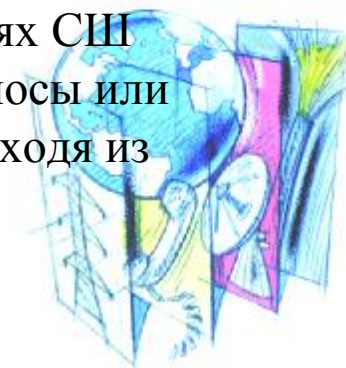


## Требования защит к каналам связи

# Конфигурация системы защиты



- Время передачи, полоса частот, отношение СШ, безопасность и надежность – взаимно связаны. Улучшение одного параметра – ухудшает другие
- Надежность обычно определяется для BER  $10^{-6}$ . Менее  $10^{-3}$  не допустимо
- Безопасность должна обеспечиваться при любых BER и отношениях СШ
- Системы основанные на передаче команд не требуют широкой полосы или высоких скоростей передачи, которые обычно устанавливаются исходя из соображений стандартизации



# Сравнение состояний (телезащита) - 1

Интерфейс (Б) – (Б)						
	Время передачи	Джиттер	Симметрия	Полоса	Скорость	BER
Блокировка	< 10 мс	Не критично	Не требуется	Узкая < 3 кГц	Низкая < 10 кБит/с	< 10 <sup>-5</sup> < 10 <sup>-4</sup> авария
Разрешающая не перекрывающиеся зоны	< 10 мс	%	%	%	%	%
Разрешающая перекрывающиеся зоны	< 10 мс	%	%	%	%	%
Ускорение	< 10 мс	%	%	%	%	%
Прямое отключение	< 30 мс	%	%	%	%	%



## Сравнение состояний (телезащита) - 2

Интерфейс (А) – (А)				
	Время передачи	Надежность IEC 60834-1	Безопасность IEC 60834-1	Целостность данных IEC 60870-2-1
Блокировка	< 25 мс	Высокая	Низкая - средняя	Средняя, класс I2
Разрешающая не перекрывающиеся зоны	< 25-30 мс	Средняя - высокая	Средняя	Средняя, класс I2
Разрешающая перекрывающиеся зоны	< 25-30 мс	Высокая	Средняя - высокая	Средняя, класс I2
Ускорение	< 25-30 мс	Высокая	Средняя	Средняя, класс I2
Прямое отключение	< 50 мс	Высокая	Высокая	Высокая, класс I3

## Сравнение состояний (телезащита) - 3

Интерфейс (А) – (А) / (Б) – (Б). Общие требования		
	Чувствительность к ошибкам в сети; необходимость адресации	Время восстановления (без резервирования) и Готовность
Блокировка	Чувствительна во время аварийной ситуации. Риск неселективного отключения. Потери времени на адресацию менее болезненны.	Время восстановления: не слишком критично, так как имеются другие защиты Готовность: проект должен быть сделан с учетом возможных дефектов ВЛ
Разрешающая не перекрывающиеся зоны	% Риск задержки отключения %	
Разрешающая перекрывающиеся зоны	% Риск задержки отключения %	
Ускорение	% Риск ошибочного отключения %	
Прямое отключение	% Риск не отключения и отключения не той линии %	

# Сравнение, аналоговые - 1

Интерфейс (Б) – (Б)						
	Время передачи	Джиттер	Симметрия	Полоса	Скорость	BER
ДФЗ без временной метки	< 10 мс	< 0,3 мс	Критично для систем с измерением задержки в петле. GPS	Узкая - средняя < 3 кГц	Низкая < 10 кБит/с	< 10 <sup>-5</sup> < 10 <sup>-4</sup> авария
ДФЗ с временной меткой	< 10 мс	< 10 мс	Слабо чувствительна	Узкая - средняя < 3 кГц	Низкая < 10 кБит/с	< 10 <sup>-5</sup> < 10 <sup>-4</sup> авария
Продольная токовая ДФЗ без временной метки	< 10 мс	< 0,1 мс	Критично для систем с измерением задержки в петле. GPS		64 кБит/с (N* 64 кБит/с)	< 10 <sup>-6</sup> < 10 <sup>-5</sup> авария
Продольная токовая ДФЗ с временной меткой	< 10 мс < 1 мс для кабелей	< 10 мс	Слабо чувствительна		64 кБит/с (N* 64 кБит/с)	< 10 <sup>-6</sup> < 10 <sup>-5</sup> авария
Сравнение зарядов	< 30 мс	< 4 мс	Слабо чувствительна		7.2 - 64 кБит/с	< 10 <sup>-6</sup> < 10 <sup>-5</sup> авария

## Сравнение, аналоговые - 2

Интерфейс (А) – (А)				
	Время передачи	Надежность IEC 60834-1	Безопасность IEC 60834-1	Целостность данных IEC 60870-2-1
ДФЗ без временной метки	< 10 мс	Высокая	Средняя	Высокая, класс I3
ДФЗ с временной меткой	< 10 мс	Высокая	Средняя	Высокая, класс I3
Продольная токовая ДФЗ без временной метки	< 10 мс	Высокая	Средняя - высокая	Высокая, класс I3
Продольная токовая ДФЗ с временной меткой	< 10 мс	Высокая	Средняя - высокая	Высокая, класс I3
Сравнение зарядов	< 20-30 мс	Высокая	Средняя - высокая	Высокая, класс I3

# Сравнение, аналоговые - 3

Интерфейс (А) – (А) / (Б) – (Б). Общие требования		
	Чувствительность к ошибкам в сети; необходимость адресации	Время восстановления (без резервирования) и Готовность
ДФЗ без временной метки	Чувствительна. Риск нежелательного отключения. Потери времени на адресацию должны быть менее времени принятия решения	Время восстановления: критично, должны быть другие защиты Готовность: проект должен быть сделан с учетом возможных дефектов ВЛ
ДФЗ с временной меткой	%	
Продольная токовая ДФЗ без временной метки	%	
Продольная токовая ДФЗ с временной меткой	%	
Сравнение зарядов	%	

# Каналы, удовлетворяющие требованиям защит

Схема защиты	Кабель		ВЧ		PP		Радио	Оптический
	выделенный	речевой	SSB	QAM, MCM	Аналоговый	Цифровой	Цифровой	Цифровой
Все сравнения состояний	Тональные частоты, DC	ОК	ОК	Если есть аналоговая подсистема	ОК	ОК	Не надежный	ОК
Прямое отключение	Тональные частоты	ОК	ОК	Если есть аналоговая подсистема	ОК	ОК	Не надежный	ОК
Цифровая токовая	Тональные частоты	Не рекомендуется	Если задержка может быть компенсирована	Не применимо	Если задержка может быть компенсирована, до 19,2 кБит/с	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка может быть компенсирована Не надежный	ОК
Аналоговая токовая	ОК	ОК	Не надежный	Не рекомендуется	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка может быть компенсирована Не надежный	Если задержка может быть компенсирована
Защита кабелей	ОК	Не используется	Не используется	Не используется	Если задержка < 1 мс	Если задержка < 1 мс	Не используется	Если задержка < 1 мс
Фазовая	Если задержка может быть компенсирована, не селективная ДФЗ	Если задержка может быть компенсирована, не селективная ДФЗ	Если задержка может быть компенсирована, не селективная ДФЗ	Не рекомендуется Не надежный	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка может быть компенсирована Не надежный	Если задержка может быть компенсирована
Сравнение зарядов	Если задержка может быть компенсирована	ОК	ОК	Не рекомендуется Не надежный	ОК	ОК		ОК

# MUX, удовлетворяющие требованиям защит

Схема защиты	FDM	WDM	TDM классический	TDM статистический	CDM
Все сравнения состояний	OK	OK	OK	Не рекомендуется	Нет данных
Прямое отключение	OK	OK	OK	Не рекомендуется	Нет данных
Цифровая токовая	OK	OK	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка может быть компенсирована, Не рекомендуется	Нет данных
Аналоговая токовая	OK	OK	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка может быть компенсирована, Не рекомендуется	Нет данных
Защита кабелей	Не используется	OK	Если задержка < 1 мс	Не рекомендуется	Не рекомендуется
Фазовая	OK	OK	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка может быть компенсирована	Нет данных
Сравнение зарядов	OK	OK	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка может быть компенсирована	Нет данных

# Сети, удовлетворяющие требованиям защит

Схема защиты	Транспорт		Сервис			
	PDH	SDH	ATM	IP	POTS/ISDN	X.25, FrameRelay
Все сравнения состояний	ОК	ОК	Нет данных	Не рекомендуется, не определенные времена	Не рекомендуется, нет постоянного соединения	Не рекомендуется, не определенные времена
Прямое отключение	ОК	ОК	Нет данных	Не рекомендуется	Не рекомендуется, нет постоянного соединения	Не рекомендуется, не определенные времена
Цифровая токовая	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка и временная асимметрия могут быть компенсированы	Нет данных	Не рекомендуется, не определенные времена	Не рекомендуется, нет постоянного соединения	Не возможно, не определенные времена
Аналоговая токовая	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка и временная асимметрия могут быть компенсированы	Нет данных, Если задержка может быть компенсирована	Не возможно, аналоговые сигналы не передаются	Не рекомендуется, нет постоянного соединения	Не возможно, аналоговые сигналы не передаются
Защита кабелей	ОК, Если задержка < 1 мс	ОК, Если задержка < 1 мс	Нет данных, Если задержка < 1 мс	Не возможно	Не рекомендуется, нет постоянного соединения	Не возможно, не определенные времена, аналоговые сигналы не передаются
Фазовая	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка и временная асимметрия могут быть компенсированы	Нет данных, Если задержка может быть компенсирована	Не возможно для аналога, Не рекомендуется для цифры, не определенные времена	Не рекомендуется, нет постоянного соединения	Не возможно, не определенные времена, аналоговые сигналы не передаются
Сравнение зарядов	Если задержка может быть компенсирована	Если задержка и временная асимметрия могут быть компенсированы	Нет данных, Если задержка может быть компенсирована	Не рекомендуется, не определенные времена	Не рекомендуется, нет постоянного соединения	Не рекомендуется, не определенные времена



# Связь, удовлетворяющая требованиям защит

Тип связи	Критичный фактор	Достоинство	Недостаток / Риск	Рекомендации
Точка-точка	цена	Минимальное время передачи, предсказуемость параметров	Одиночный дефект выводит систему из строя	Резервирование
PDH точка-точка	Время передачи	Прозрачный режим работы	Одиночный дефект выводит систему из строя Ошибки коммутации	Резервирование Грамотное проектирование Адресация
SDH / ATM	Время передачи	Гибкость Прозрачный режим работы Устойчивость	Возможен джиттер при изменении пути Ошибки коммутации	Временная метка в защите Грамотное проектирование Адресация
IP	Время передачи	Гибкость	Большие не определенные времена, джиттер	Временная метка в защите Грамотное проектирование
Ethernet / IP	Время передачи	Управление и контроль ПС	Одиночный дефект выводит систему из строя Не определенные времена ЕМС	Временная метка в защите Грамотное проектирование