

ТУННЕЛИРОВАНИЕ GOOSE-СООБЩЕНИЙ

Ануров Алексей

Протокол GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event или Общее объектно-ориентированное событие на подстанции), описанный главой МЭК 61850-8-1, является одним из наиболее широко известных протоколов, предусмотренных стандартом МЭК 61850. Данный сервис предназначен для обмена информацией между устройствами РЗА в цифровом виде. GOOSE модель обеспечивает быстрый механизм передачи событий (например, команды и предупреждения) и используется для отключения, запуска, записи аварийных событий и т.д. В стандарте предусмотрено назначение данного сервиса на протокол Ethernet (ИСО/МЭК 8802.3). При этом в стандарте указано: «В качестве адреса назначения в GOOSE-сообщении указывается адрес многоадресной рассылки. В качестве адреса источника в GOOSE-сообщении указывается уникальный MAC-адрес устройства-отправителя» (более детальная информация представлена в главе 6.3.3 стандарта МЭК 61850-8-1).

В соответствии с вышеизложенным, передача GOOSE-сообщений производится на канальном уровне, минуя сетевой уровень. Сегмент сети, в котором распространяются GOOSE-сообщения, ограничивается широковещательным сегментом сети, в котором присутствует источник этих сообщений.

В настоящее время актуальной задачей при использовании виртуальных частных сетей VPN является использование публичной телекоммуникационной и/или сетевой инфраструктуры для обеспечения безопасного доступа удаленных филиалов к основной сети организации (Remote Access VPN) или для объединения географически удаленных локальных сетей (LAN-to-LAN VPN). Наиболее универсальным способом построения VPN является использование технологии инкапсуляции, или туннелирования. В общем случае туннелирование применяется для того, чтобы передавать пакеты одной сети (первичной) по каналам связи другой (вторичной), протоколы которых не совместимы. Для этого пакет первичной сети (данные и протоколы) инкапсулируется в пакет вторичной сети и становится виден как данные. Таким образом, пакет продвигается маршрутизаторами ядра сети только на основании внешнего заголовка, без инспекции содержимого оригинального пакета.

Технология IP-туннелирования позволяет инкапсулировать GOOSE-сообщения в IP-пакет и, тем самым, обеспечить возможность маршрутизации этих сообщений. Указанное снимает ограничение по передаче GOOSE-сообщений лишь только в рамках одного широковещательного сегмента, позволяя передавать их устройствам РЗА, являющимся членами других локальных сетей.

СЦЕНАРИИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТУННЕЛИРОВАНИЯ СООБЩЕНИЙ

При решении прикладных задач в электроэнергетике может возникнуть требование по информационному обмену с устройствами удаленных подстанций по сети IPv4. В таких условиях технология IP-туннелирования предоставляет возможность информационного взаимодействия между устройствами центров управления и удаленными энергообъектами, а также между устройствами различных энергообъектов по протоколу GOOSE, когда GOOSE-сообщения беспрепятственно маршрутизируются и далее так же беспрепятственно распространяются в рамках различных локальных сетей.

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ

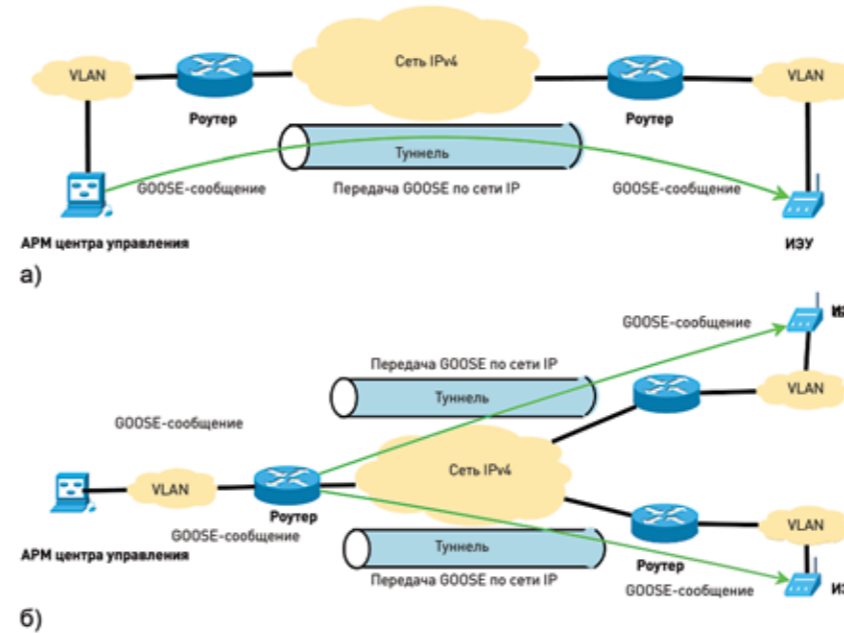
1. Нет необходимости размещать АРМ на удаленной подстанции, вместо этого производится подключение АРМ к локальной сети энергообъекта через IP-сеть, что упрощает реализацию и обслуживание системы.
2. При наличии нескольких подстанций данная технология позволяет сократить количество АРМ и реализовать централизованную систему управления.
3. Становится доступным решение по пересылке одного и того же GOOSE-сообщения устройствам нескольких подстанций через туннели.
4. При этом сохраняются изначальные настройки GOOSE-сообщений в части тега виртуальной локальной сети (VLAN).

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Протокол GOOSE

Стандарт МЭК 61850 определяет два типа абстрактных моделей информационного обмена в режиме реального времени: Sampled Values (модель передачи

Рис. 1. Туннелирование GOOSE-сообщений
 а) GOOSE-сообщение передается от центра управления на одну из удаленных подстанций по сети IP
 б) GOOSE-сообщение передается от центра управления на несколько подстанций по сети IP



мгновенных значений) и GOOSE (общее объектно-ориентированное событие на подстанции). Модель Sampled Values используется для передачи мгновенных значений тока и напряжения, в то время как GOOSE в основном используется для передачи дискретных сигналов (сигнализация, отключение), требующих достаточно высокой скорости передачи. Обе модели опираются на использование архитектуры информационного обмена «издатель-подписчик». Назначение сервисов передачи сообщений согласно этим моделям, в соответствии со стандартом МЭК 61850, следующее: прикладной уровень определяет блок данных протокола, после чего производится назначение на уровень представления и следом сразу же на канальный и физический уровни, минуя полный стек TCP/IP. Настоящая статья акцентирует внимание именно на протокол GOOSE. Порядок назначения сервиса передачи GOOSE-сообщений на конкретный ком-

муникационный протокол описан в главе МЭК 61850-8-1 и определяет использование стандарта ИСО/МЭК 8802.3.

ТЕХНОЛОГИЯ ТУННЕЛИРОВАНИЯ

Рис. 2. Назначение GOOSE на ИСО/МЭК 8802.3

SAV	GOOSE	MMS
		TCP
		IP
IEEE 802.1Q+IEEE 802.1p		Ethernet

Технология туннелирования обеспечивает передачу информации между различными сетями при использовании существующей сетевой инфраструктуры. По туннелю сообщения могут передаваться в соответствии с различными коммуникационными протоколами. Про-

токол туннелирования обеспечивает инкапсуляцию кадров другого протокола и их передачу по туннелю. Устройства по обоим концам туннеля могут производить как инкапсуляцию кадров другого протокола, так и их декапсуляцию.

Туннель представляет собой виртуальное соединение с виртуальными интерфейсами по обоим концам соединения. Они получили название интерфейсов туннелирования. Интерфейс туннелирования определяет необходимые параметры инкапсуляции и декапсуляции данных, а также идентификатор туннелирования (Tunnel ID). Узел, обеспечивающий инкапсуляцию данных, называется узлом входа, а узел, который обеспечивает декапсуляцию данных, - узлом выхода. В случае когда речь идет о двунаправленном информационном обмене, оба узла являются одновременно узлами входа и узлами выхода.

IP-туннель

Когда протокол IP используется в качестве протокола туннелирования для инкапсуляции других коммуникационных протоколов, туннель называется IP-туннелем. Комбинируя технологию IP-туннелирования и других IP-технологий (таких как маршрутизация и шифрование), пользователь получает следующую ситуацию:

- Сообщения не маршрутизируемого протокола могут быть маршрутизированы по IP сети (например, те же GOOSE-сообщения).
- Частная информация распространяется по публичной сети.
- Производится информационный обмен между двумя частными сетями одной организации через публичную сеть.
- Обеспечивается интеграция сетей с различными протоколами информационного обмена.

Туннель GRE

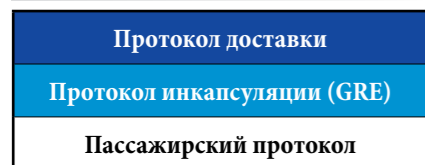
Туннель GRE (Общая инкапсуляция маршрутов) определяет общий формат

инкапсуляции для туннеля с поддерживаемой маршрутизацией. При этом производится деление всей инкапсуляции на три уровня: транспортный протокол, протокол инкапсуляции и пассажирский протокол (как показано на рис. 3). Между ними имеется следующая взаимосвязь: пассажирский протокол (англ. passenger protocol) инкапсулируется в сообщение согласно формату протокола инкапсуляции (PPP, SLIP и т. п.), а затем это сообщение становится составной частью протокола передачи. Затем производится передача сообщения в туннель. По факту поступления сообщения на приемный конец туннеля производится декапсуляция сообщения согласно формату протокола инкапсуляции, а затем становится доступным сообщение пассажирского протокола.

GRE-IP туннель

Когда в качестве протокола доставки

Рис. 3. Протокол инкапсуляции GRE



выступает протокол IP, а инкапсуляция пассажирского протокола производится согласно протоколу GRE, туннель для доставки данных называется GRE-IP туннелем.

ПЕРЕДАЧА GOOSE-СООБЩЕНИЯ ПО ТУННЕЛЮ GRE-IP

Если GOOSE используется в качестве пассажирского протокола, GRE - как протокол инкапсуляции, а протокол IP - как протокол доставки, то формируется GRE-IP туннель для передачи GOOSE-сообщения по IP-сети.

Для того чтобы реализовать передачу GOOSE-сообщения по нескольким туннелям, в качестве IP-адреса назначе-

Рис. 4. Инкапсуляция GOOSE-по-GRE-IP



ния может быть указан IP-адрес многоадресной рассылки.

Настройка передачи сообщения по туннелю выполняется согласно следующим этапам:

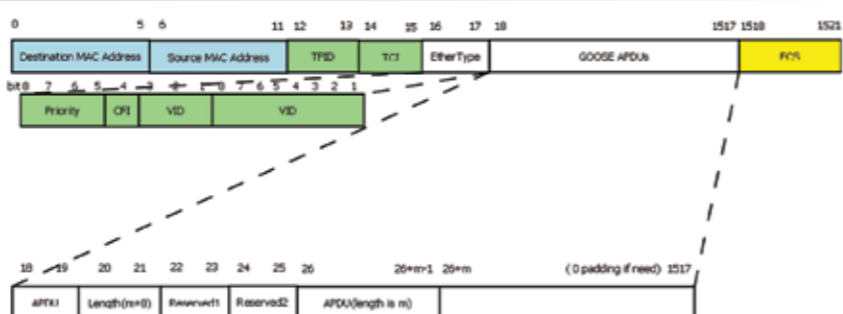
1. Назначение GOOSE-сообщения на туннельный интерфейс. Для того чтобы определить GOOSE-сообщение, которое подлежит туннелированию, и определить соответствующий туннель, по которому будет производится его передача,

необходимо назначить GOOSE-сообщение на соответствующий туннель. Таким образом формируется список соответствия между GOOSE-сообщениями и туннелями. При этом различают два режима назначения:

- «Только туннель»: заданное GOOSE-сообщение перенаправляется только на заданный интерфейс начала туннеля.
 - «Нормальный режим»: заданное GOOSE-сообщение перенаправляется не только на заданный интерфейс начала туннеля, но и на другие интерфейсы устройства виртуальной локальной сети.
- При поиске соответствия между GOOSE-сообщением и туннелем может использоваться один из двух алгоритмов (что также определяется пользователем):
- «Глобальная привязка»: при поиске соответствия в списке используется только MAC-адрес назначения GOOSE-сообщения (без использования тега VLAN). По умолчанию данный режим используется, когда запись в списке не имеет значения тега VLAN.
 - «Привязка на основе VLAN»: при поиске требуемого сообщения в списке используется как MAC-адрес GOOSE-сообщения, так и тег VLAN. Если соответствия не обнаруживаются, тогда используется режим глобальной привязки.

2. Управление тегированием сообщения. Когда GOOSE-сообщение достигает конца туннеля и декапсулируется, может быть изменено значение его идентификатора виртуальной локальной сети. Если изменение производится, то GOOSE-сообщение перенаправляется в новую виртуальную локальную сеть. Если изменения значения не производится, тогда сообщение перенаправляется на интерфейс устройства согласно исходному идентификатору виртуальной локальной сети.
3. Статическая конфигурация VLAN. На конце туннеля может быть определена привязка GOOSE-сообщения к определенному интерфейсу в заданной виртуальной локальной сети.

Рис. 5. Структура GOOSE-сообщения



4. Настройки перенаправления сообщения. Когда GOOSE-сообщение достигает конца туннеля и идентификатор виртуальной локальной сети определен, следующим шагом является определение интерфейса, через который будет отправлено сообщение. При этом различают два режима:

- Строгого соответствия, когда производится поиск статического маршрута распространения GOOSE-сообщения в рамках виртуальной локальной сети (см. предыдущий пункт). При отсутствии записи сообщение отбрасывается.
- Нормальный режим, когда сначала производится поиск статического маршрута, при отсутствии которого производится поиск маршрута по таблице перенаправления устройства (FDB-таблице), в свою очередь, при отсутствии которого сообщение транслируется через все порты, принадлежащие определенной виртуальной локальной сети. В этом режиме возможна совместная работа с протоколом GMRP.

Структура сообщения

На рис. 4 представлена структура GOOSE-сообщения, передаваемого по GRE-IP туннелю.

Протокол IP используется в качестве протокола передачи, протокол GRE - в качестве протокола инкапсуляции, а GOOSE - в качестве пассажирского протокола, который инкапсулируется в GRE.

На рис. 5 представлена структура GOOSE-сообщения в соответствии с назначением на ICSO/МЭК 8802.3.

В таблице 1 приведено описание основных полей GOOSE-сообщения.

Структура заголовка GRE приведена на рис. 6 (согласно REC2784 и RFC2890).

В таблице 2 представлено описание основных полей заголовка.

Заголовок IP формируется в соответствии с требованиями стандарта RFC 791.

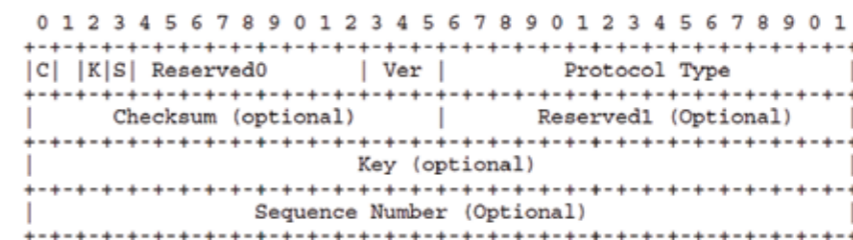
Процесс функционирования

1. Тип назначения GOOSE-сообщения на туннельный интерфейс при передаче.

Таблица 1. Описание основных полей GOOSE-сообщения

ПОЛЕ	ОПИСАНИЕ	ЗНАЧЕНИЕ
MAC-адрес назначения	MAC-адрес назначения посылки	01-0C-CD-01-00-00-01-0C-CD-01-01-FF
MAC-адрес источника	MAC-адрес источника посылки	Определяется производителем устройства
802.1Q	TPID	Идентификатор Ethertype, назначенный кадрам Ethernet 802.1Q
	Priority	Приоритет, который используется для разграничения трафика различного приоритета (высокого/низкого)
	CFI	Если параметр равен 1, тогда вложенный формат RIF (E-RIF) следует сразу же после поля типа/длины в кадре ICSO/IEC8802-3. Значение параметра должно быть равно 0
	VID (Идентификатор VLAN)	Использование тега виртуальной локальной сети является опциональным. Если этот механизм используется, тогда тег виртуальной локальной сети должен быть указан при конфигурировании. Если тег не используется, тогда его значение должно быть равно 0
EtherType	Идентификатор Ethertype GOOSE-сообщения	0x88B8
APPID	Прикладной идентификатор. Используется для отбора кадров ICSO/МЭК 8802-3, представляющих собой GOOSE-сообщения	
Length	Число октет, включающее заголовок Ethertype, начиная с APPID, и длину блока данных APDU. Тем самым, значение длины равняется 8+m, где m - длина APDU и m - меньше 1492	m+8
Reserved 1 & Reserved 2	Поля, зарезервированные для будущего использования	Значение должно быть равно 0
APDU	Оклеты блока данных	В соответствии с МЭК 61850-8-1 (приложение A)

Рис. 6. Заголовок GRE



Когда GOOSE-сообщение поступает на интерфейс устройства, обеспечивающего туннелирование, в этом устройстве производится поиск назначения данного сообщения на один из туннелей. Если назначение определено, тогда обработка GOOSE-сообщения выполняется в соответствии с одним из следующих сценариев:

- В режиме работы «Только туннель» GOOSE-сообщение перенаправляется только на интерфейс соответствующего туннеля.
- В режиме работы «Нормальный» GOOSE-сообщение перенаправляется не только на интерфейс соответствующего туннеля, но и на все интерфейсы, принадлежащие заданной виртуальной локальной сети.

2. Инкапсуляция. Когда GOOSE-сообщение перенаправляется в туннель, то для него формируется заголовок IP в соответствии с заданными параметрами IP-адресом назначения и IP-адресом источника. После инкапсулирования данных GOOSE-сообщения в заголовок GRE производится инкапсуляция сообщения в IP-заголовок.

3. Передача. Сформированное IP-сообщение перенаправляется через соответствующий интерфейс согласно таблице маршрутизации и доставляется до следующего маршрутизатора в цепочке, который выполняет его дальнейшую передачу по IP-сети.

4. Декапсуляция. По факту поступления сообщения на устройство-назначения производится его декапсуляция и формирования сообщения согласно пассажирскому протоколу (GOOSE).

5. Управление тегированием сообщения. После того как декапсулирование GOOSE-сообщения завершено, тег виртуальной локальной сети сообщения используется для определения исходной виртуальной локальной сети и, при необходимости, для изменения на другую виртуальную локальную сеть согласно предварительной конфигурации.

6. Перенаправление в заданной виртуальной локальной сети. После того как определена виртуальная локальная сеть, в которой будет производится перенаправление сообщения, следующим шагом является определение конкретных интерфейсов, через которые оно будет распространяться. В первую очередь производится проверка статической конфигурации перенаправления заданного GOOSE-сообщения через определенный интерфейс. Если статического назначения не обнаружено, порядок распространения сообщения определяется заданным режимом перенаправления:

Таблица 2. Описание полей заголовка GRE

ПОЛЕ	ОПРЕДЕЛЕНИЕ	ЗНАЧЕНИЯ
C	Поле контрольной суммы	0
K	Поле Ключа содержит число размерностью 4 октета, которое было добавлено при инкапсуляции. То, каким образом добавляется этот ключ, в данной статье не раскрывается. Данное поле используется для идентификации отдельно взятого трафика в рамках туннеля. Например, возможна ситуация, когда маршрутизация пакетов должна выполняться на основе контекстной информации, отсутствующей в инкапсулированных данных. Поле Ключа предоставляет данную контекстную информацию и определяет логический маршрут между инкапсулятором и декапсулятором. Пакеты, относящиеся к определенному трафику, инкапсулируются при использовании одного и того же ключа, и на приемном конце определенный трафик идентифицируется на его основе.	0
S	Счетчик сообщений, 32 битное целое число, которое добавляется при инкапсуляции. Может быть использовано на приемном конце для восстановления очередности последовательности отправки сообщений источником.	Настраиваемый параметр
Reserved 0	Поле, зарезервированное для будущего использования.	0
Ver	Версия протокола GRE.	0
Protocol Type	Указание на тип вложенного протокола.	0x88B8
Checksum	Содержит контрольную сумму IP заголовка GRE и данных.	
Reserved 1	Поле, зарезервированное для будущего использования.	0
Key	Поле Ключа, представляющего собой число размерностью 4 октета, добавляемое при инкапсуляции.	
Sequence Number	Содержит число, добавляемое при инкапсуляции, которое может быть использовано приемником для восстановления очередности отправки сообщений от инкапсулятора.	В соответствии с RFC 2890.

можно возникновение дополнительных задержек по их передаче, которые достаточно трудно оценить.

- Из-за отличия маршрутов распространения сообщений по IP-сети может нарушиться порядок следования инкапсулированных сообщений на приемном конце туннеля. Поскольку к быстрдействию передачи GOOSE-сообщений предъявляются достаточно высокие требования, то даже при условии использования счетчика посылок протокола GRE могут возникать сложности накопления в буфере устройств-приемников всех сообщений, и при нарушении порядка их следования может происходить потеря сообщений.
- В случае потери инкапсулированных сообщений из-за сбоя функционирования компонентов сети технология туннелирования не обеспечивает возможность ретрансляции сообщений.
- Когда в качестве заголовка IP пакета используется IP адрес многоадресной рассылки, что необходимо для пересылки сообщения по нескольким туннелям, в IP-сети должно быть предусмотрено использование подходящих протоколов маршрутизации и должны быть исключены потери при перенаправлении многоадресных IP пакетов.

СЦЕНАРИЙ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТУННЕЛИРОВАНИЯ

Реализация туннеля GRE-IP в одноадресном режиме для передачи GOOSE-сообщений

В соответствии с рис. 7:

1. Центральный АРМ (слева на рис. 7) подключен к публичной IP-сети через коммутатор 3-го уровня А, который поддерживает GRE-IP туннелирование GOOSE-сообщений.
2. IP-адрес центрального АРМ - 192.168.1.3/24.
3. IP-адрес интерфейса виртуальной локальной сети 101 коммутатора 3-го уровня А - 192.168.1.1/24.
4. IP-адрес интерфейса виртуальной локальной сети 201 коммутатора 3-го уровня А - 192.168.2.1/24 (подключение к публичной IP-сети).
5. Подстанция (справа на рис. 7) подключена к публичной IP-сети через коммутатор 3-го уровня В, который также поддерживает GRE-IP туннелирование GOOSE-сообщений.
6. IP-адрес интерфейса виртуальной локальной сети 301 коммутатора 3-го уровня В - 192.168.3.1/24 (подключение к публичной IP-сети).

Требование: GOOSE-сообщение (с MAC-адресом назначения 01-0C-CD-01-00-01), отправляемое из виртуальной локальной сети 101, должно быть пере-

дано в виртуальную локальную сеть 102. Этапы конфигурирования сетевых устройств:

- Параметрирование коммутатора 3-го уровня А:
 - Создание туннеля №1: Switch-A(Config)#interface tunnel 1
 - Установка типа туннеля равным GRE-IP: Switch-A(Config-Tunnel-1)#mode gre-ip
 - Задание IP-адреса назначения для туннеля №1: Switch-A(Config-Tunnel-1)#destination ip address 192.168.3.1
 - Задание интерфейса-источника данных для туннеля №1: Switch-A(Config-Tunnel-1)#source interface vlan 101
 - Настройка типа назначения GOOSE-сообщения на туннельный интерфейс (режим «Только туннель»): Switch-A(Config)#goose tunnel-binding mac-address 01-0C-CD-01-00-01 vlan 101 interface tunnel 1 tunnel-only

- Задание статического маршрута: Switch-A(Config)#ip route 192.168.3.0 255.255.255.0 192.168.2.2
- Параметрирование коммутатора 3-го уровня В:
 - Создание туннеля №1: Switch-B(Config)#interface tunnel 1
 - Установка типа туннеля равным GRE-IP: Switch-B(Config-Tunnel-1)#mode gre-ip
 - Задание порта-источника для туннеля №1: Switch-B(Config-Tunnel-1)#source interface vlan 301
 - Настройка тегирования сообщения: Switch-B(Config)#goose vlan-remark mac-address 01-0C-CD-01-00-01 vlan 101 target-vlan 102
 - Установка нормального режима перенаправления GOOSE-сообщения на конце туннеля: Switch-B(Config)#goose forwarding-policy tunnel-end normal

ВЫВОДЫ

При использовании технологии GRE-IP туннелирования GOOSE-сообщений становится возможной передача последних по публичной IP-сети. Указанное позволяет расширить границы передачи этих сообщений. При должном уровне надежности сетевой инфраструктуры и быстродействия передачи сообщений передача GOOSE по IP-сети может быть широко использована для коммуникаций между центрами управления и энергообъектами, а также между отдельно взятыми энергообъектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МЭК 61850-8-1.
2. RFC1701, Generic Routing Encapsulation (GRE) (INFORMATIONAL).
3. RFC1702, Generic Routing Encapsulation over IPv4 networks (INFORMATIONAL).
4. RFC2784, Generic Routing Encapsulation (GRE) (PROPOSED STANDARD -Updated by RFC 2890).
5. RFC2890, Key and Sequence Number Extensions to GRE (PROPOSED STANDARD).



АНУРОВ АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ

Должность: Глава представительства KYLAND в России и СНГ – Технический директор ООО «ТМС».

Рис. 7. Схема применения туннелирования



- В «Строгом режиме» сообщение отбрасывается.
 - В «Нормальном режиме» сообщение перенаправляется в соответствии с таблицей перенаправления сетевого устройства, а в случае отсутствия соответствий – перенаправляется через все порты сетевого устройства, принадлежащие заданной виртуальной локальной сети.
- Ограничения в части применения туннелирования**
- Поскольку осуществляется маршрутизация сообщений по IP-сети, то воз-

Серия **SICOM GPT**

Полностью гигабитная платформа 2-го и 3-го уровня на основе интеллектуальной модульной платформы SICOM GPT с идеологией All-in-One (все в одном) с поддержкой IEEE1588v2 и SyncE



- 7 СЛОТОВ ДЛЯ ИНТЕРФЕЙСНЫХ МОДУЛЕЙ
- МАКСИМУМ 28 ГИГАБИТНЫХ ПОРТОВ
- КОНСОЛЬНЫЙ РАЗЪЕМ MINI USB ДЛЯ НАСТРОЙКИ УСТРОЙСТВА
- ВАРИАНТЫ ПИТАНИЯ ОТ 24DC ДО 220VAC
- КЛАСС ЗАЩИТЫ IP40
- ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ЗАЩИЩЕННОСТЬ (4 УРОВЕНЬ)
- РАБОЧАЯ ТЕМПЕРАТУРА ОТ -40 ДО 85°C

КОМПАНИЯ ООО «ТМС» — ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ПАРТНЁР KYLAND В РОССИИ И СНГ

E-MAIL: SALES@KYLAND.RU

ТЕЛЕФОН: +7 (499) 969-81-21 | +7 (495) 723-81-21
125315, Г. МОСКВА, 2-й АМБУЛАТОРНЫЙ ПРОЕЗД, ДОМ 8 СТР. 1



KYLAND

- GOOS туннелирование
- IEEE1588v2 SyncE
- IEC62439-3 PRP/HSR
- IEC62439-6 DRP
- DT-Ring DT-Ring+
- IEC61850-3 IEEE1613
- EN50155 EN50121-4
- NEMA TS-2
- Модули Ethernet оптика/медь
- Модуль RS232/422/485
- GPS и IRIG-B модули
- PTP через E1/T1 модули