

# Промышленный Ethernet

Ethernet-технологии стремительно завоевывают рынок промышленных систем контроля и управления. Ethernet-устройства и компоненты, применяемые в промышленных условиях, на подвижных объектах, работают в жестких условиях экстремальных температур, влажности, вибраций, ударов, электромагнитных помех. Эти условия значительно отличаются от допустимых для ИТ-оборудования, применяемого в контролируемых условиях офисов или дата-центров.

Павел Гирак, [pavel.girak@soliton.com.ua](mailto:pavel.girak@soliton.com.ua)

**В** промышленных системах большое внимание уделяется контролю состояния связи, резервированию сети, резервированию питания устройств, их механической прочности, устойчивости к влиянию окружающей среды, показателю времени безотказной работы. На рынке Ethernet компонентов и систем для промышленности успешно работают такие известные компании как Hirschmann, Korenix, Moxa, Sixnet и многие другие. Каждая из компаний имеет широкий ряд оборудования и может предоставить надежные решения для различных приложений.

Кроме Ethernet коммутаторов, в промышленных сетях находят широкое применение и другие компоненты — точки доступа, встраиваемые компьютеры, серверы последовательного порта, конверторы, коммуникационные платы, модули дискретного и аналогового ввода/вывода. Передача данных в сетях Ethernet может выполняться по витой паре, оптоволокну, по беспроводным каналам.

Существенным недостатком при передаче производственных данных по сети Ethernet является низкая эффективность передачи полез-

ных данных в Ethernet-пакете. Так, типичный размер кадра Fast Ethernet — около 80 байт, а типичный размер данных в промышленных системах — 1-8 байт. При этом средняя эффективность — около 5%. При передаче данных в гигабитных сетях минимальный размер фрейма 512 байт, соответственно эффективность около 1%.

В промышленных системах управления для передачи данных через последовательные порты ПЛК используются протоколы Modbus, Sinenc H1, Profibus, CANopen, DeviceNet и многие другие master-slave (ведущий-ведомый) и peer-to-peer (равный-равным) протоколы.

На повышение эффективности передачи данных в сетях Ethernet ориентированы протоколы Modbus TCP, PROFINET IO, Ethernet/IP, Fieldbus High Speed Ethernet, Ethernet Powerlink, EtherCAT, SECROS III и др., объединяемые в группу Industrial Ethernet. Например, в устройствах с протоколом EtherCAT каждая полученная датаграмма считывается «на лету» одновременно с отправкой дальше. Вставка данных происходит подобным же образом. За счет такого подхода удается добиться

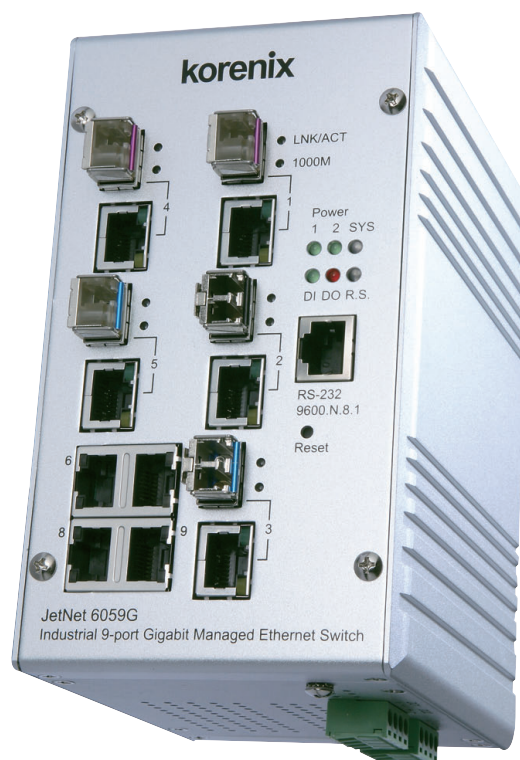


Рис. 2. JetNet 6059G-W: гигабитный управляемый коммутатор L2 с SFP портами, IP31, 2x(10.5–60)VDC, (от -40 до +75°C)

мало времени обработки пакетов. Все устройства в сети адресуются одной датаграммой, которая последовательно обрабатывается каждым устройством.

Промышленные Ethernet-коммутаторы выпускаются как в стоечном исполнении, так и с возможностью крепления на DIN-рейке, что упрощает их монтаж на стене или на панели щита автоматики. Часто коммутаторы монтируются непосредственно на производственном оборудовании. Коммутаторы имеют пассивное охлаждение, защищены от пыли и брызг, которые могут присутствовать в производственных помещениях. Они могут использовать более прочные Ethernet-разъемы чем офисные. Поскольку Ethernet распространяется и на уровень более простых устройств, вниз по лестнице автоматизации к контроллерам и датчикам, надежность сети и ее производительность приобретают решающее значение. Это особенно очевидно, когда Ethernet используется для непосредственного управления движением элементов машин.

Кроме широкого диапазона напряжений питания, резервируемых входов питания, промышленные коммутаторы имеют релейный выход контроля источника питания.



Рис. 1. JetNet 6524G-DC — 24-портовый гигабитный управляемый резервируемый стекируемый стоечный коммутатор Layer 3 (от -40 до +65°C)

Для механической прочности, надежной защиты от коррозии и возгорания, корпуса оборудования выполняют из алюминия, что обеспечивает и хороший отвод тепла. Класс защиты промышленных коммуникационных устройств варьируется от IP31 вплоть до IP68. По IP67 и IP68 устройства тестируют на работоспособность в емкостях с водой, устанавливая их на глубине не менее 1 м. По IP67 — в течение 1 часа, по IP68 — в течение 24 часов.

Для промышленных сетей Ethernet критичным вопросом является также надежность соединений. Одним из ведущих производителей разъемов, компонентов и СКС для надежных промышленных сетей Ethernet является компания BTR Netcom (Германия), входящая в группу Metz Connect. Разработанные компанией разборные разъемы E-DAT для сетей Ethernet вплоть до Cat.6a 10 Gbit, «толстые» кабели AWG 22/1 могут монтироваться как в настенных розетках, так и в корпусах на шине DIN, в защищенных разъемах. Компания выпускает также системы корпусов для разъемов USB, RJ45, LC с классом защиты IP67 как в пластиковых, так и в металлических корпусах, успешно применяемые в промышленности, на автомобильном, железнодорожном и морском транспорте.

Широкий диапазон рабочих температур и механическая прочность устройств необходимы для устойчивой работы в полевых условиях. Например, климатические испытания коммутаторов Korenix

с расширенным рабочим температурным диапазоном выполняются в диапазоне от -40 вплоть до +75 °С.

Все больше распространяется применение промышленного Ethernet в экстремальных условиях при установке на улицах, на трубопроводах, на морских, железнодорожных, автомобильных транспортных средствах. Устройства Ethernet могут быть подвержены воздействию низких и высоких температур, влажного морского воздуха, масла, пыли, агрессивных или горючих паров и газов. Они также подвергаются электромагнитным помехам, постоянной вибрации и ударам.

Некоторые примеры применения компонентов промышленных сетей Ethernet в различных отраслях рассмотрим на примере компонентов, производимых компанией Korenix.

### Автоматизация производственных процессов

Вычислительная среда предприятий становится значительно сложнее, как и управление промышленными сетями. Оптимизация производственной цепочки требует интеллектуальных ИТ-приложений и сетевых решений. Необходимость накапливать, контролировать и анализировать данные от промышленного и технологического оборудования в режиме реального времени становится важным вопросом для администраторов.

Все чаще Ethernet выбирается как предпочтительная сеть для удаленного управления промышленными



Рис. 4. JetNet 4506-M12: управляемый коммутатор, IP68, 2x(12–48) VDC, (от -25 до +70 °С)

устройствами и на цеховом уровне. При этом сетевые устройства должны круглосуточно работать при длинных связях в условиях электрических помех, пыли, изменении температуры среды в широких пределах.

Компанией Korenix разработан полный спектр платформ для передачи данных по сети Ethernet, от устройств с последовательным портом, от преобразователей и сигнализаторов. Это делает создание сети простым и удобным, в то же время обеспечивая заводской персонал необходимыми средствами для безотказной работы и увеличения времени загрузки производственного оборудования.

Внедряя серию Korenix JetIO, пользователи могут контролировать данные, изменять состояние выходов уст-

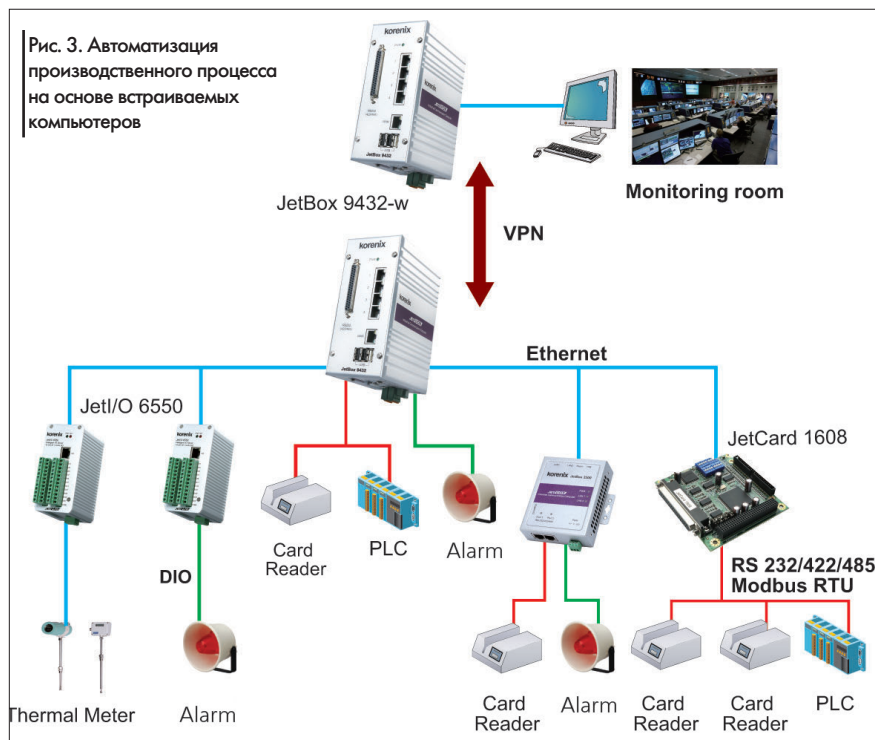


Рис. 3. Автоматизация производственного процесса на основе встраиваемых компьютеров

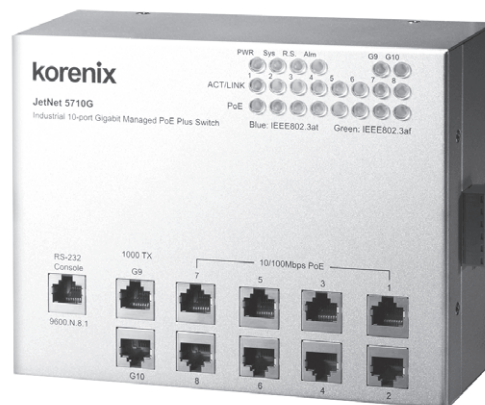


Рис. 5. JetNet 5710G — гигабитный управляемый резервируемый коммутатор с Hi PoE (30W), IP31, 2x(48–57) VDC, (от -40 до +60 °С)

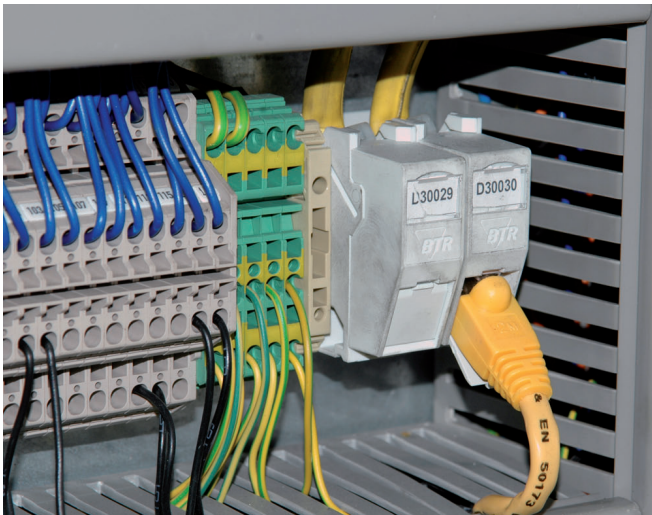


Рис. 6. Розетки RJ45 E-DAT на рейке DIN в щите автоматики

роиств и автоматически передавать данные и активные события через сеть Ethernet по протоколам Modbus TCP и SNMP. Кроме того, используя расширенные функции удаленного ввода/вывода peer-to-peer (равный-с-равным), они могут значительно расширить количество каналов ввода/вывода по локальной сети для построения распределенных систем мониторинга и управления реального времени. В Украине на нескольких предприятиях внедрены системы с Korenix JetIO и JetPort для контроля и маркировки продукции.

Компактный конвертер Korenix JetCon 1301 (медь/оптоволокно) может работать в условиях вибраций и ударов. Устройство поддерживает режим распределенной передачи данных с фильтрацией нестандартных пакетов, а также режим прямой конвертации для обеспечения максимально низкой задержки в сетях Fieldbus и EtherCAT, где требуется неизменная задержка при передаче пакетов длиной 64–1522 байт. Как известно, EtherCAT позволяет за 30 мкс опрашивать 1 тыс. устройств ввода/вывода с любым цифровым распределением, при этом считывая и записывая информацию с полным дуб-

ированием. Для 200 аналоговых значений необходимо всего 50 мкс, а 100 осей сервоприводов контролируются за 100 мкс. Для подключения и удаленного управления программируемыми логическими контроллерами (ПЛК), устройствами контроля доступа, может использоваться серия встраиваемых компьютеров JetBox 9432 с VPN-маршрутизацией. Они обеспечивают надежную передачу данных через последовательные, LAN, WAN порты, дискретные входы/выходы. Система может расширяться через порты USB и поддерживать управление через LAN и беспроводное соединение. Встраиваемый компьютер с полной маршрутизацией Layer 3 и функциональностью VPN может работать как сетевой шлюз для расширения сетевых возможностей системы управления.

Если необходимо применить интеллектуальное вычислительное устройство в тяжелых условиях с высоким уровнем вибраций, может быть внедрен компактный Linux-компьютер JetBox 3350i-w с изолированными последовательными портами и рабочим температурным диапазоном от -40 до + 80°C. С малыми размерами и функциональностью Linux-вычислений, они могут быть превосходно использованы во встраиваемых front-end приложениях как контроллеры технологических процессов.

Встраиваемые компьютеры JetBox могут программироваться при помощи SDK, поставляемого в комплекте. Кроме того, на них может быть установлена целевая платформа ISaGRAF,

что позволяет программировать их при помощи инструментальной платформы ISaGRAF Workbench и воспользоваться всеми возможностями языков программирования стандартов IEC 61131 и IEC 61499.

Через серверы JetPort возможен обмен данными между устройствами с последовательными портами RS-232/422/485, например ПЛК, по сети Ethernet. Устройства могут быть подключены к системе SCADA через виртуальный COM-порт, или к другим устройствам с последовательным портом. При этом не требуется разработка дополнительного программного обеспечения.

Для дополнения сетевых функций оборудования формата PCI-104 могут использоваться платы коммутаторов JetCard PCI-104. Они расширяют пропускную способность при передаче данных, обеспечивая подключение большего количества последовательных устройств и входов/выходов.

Для мониторинга и диагностики промышленной сети Ethernet необходима система управления сетью (NMS – Network Management System), которая включает аппаратные и/или программные средства для мониторинга и управления узлами сети. Программное обеспечение системы состоит из агентов на сетевых устройствах, передающих информацию сетевой управляющей платформе. Метод информационного обмена между управляющими приложениями и агентами на устройствах определяется протоколами, широко распространенным является протокол SNMP.

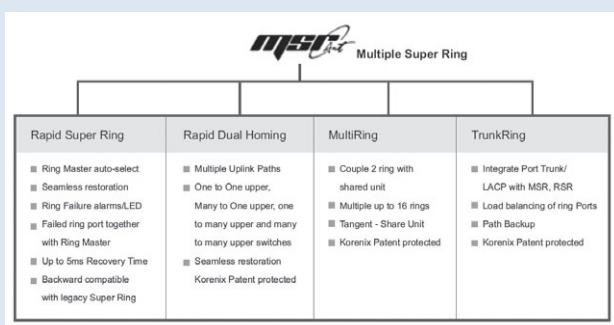
Промышленная интеллектуальная система управления сетью Korenix JetView Pro (i2NMS – Industrial Intelligent Network Management System) разработана для критически важных производственных процессов и может легко контролировать до 1024 узлов сети, в том числе устройств третьих производителей в больших гетерогенных сетях, таких



Рис. 7. Корпуса IP67 для разъемов RJ45

## ▼ Глоссарий

- **Коммутаторы Layer 3 (L3)** — коммутаторы, обеспечивающие управление коммутацией на сетевом (третьем) уровне модели OSI. Обычно их именуют Layer 3 Switch или сокращенно L3. Управление коммутатором может осуществляться посредством Web-интерфейса, протоколов SNMP, RMON (протокол, разработанный Cisco) и т. п. Многие управляемые коммутаторы позволяют выполнять дополнительные функции: VLAN, QoS, агрегирование, зеркалирование. Сложные коммутаторы можно объединять в одно логическое устройство — стек — с целью увеличения числа портов (например, можно объединить 4 коммутатора с 24 портами и получить логический коммутатор с  $(4 \times 24 - 6 = 90)$  портами, либо с 96 портами (если для стекирования используются специальные порты)).
- **MSR (Multiple Super Ring – Множественное Супер Кольцо)** – технология, разработанная



Korenix для построения надежных, масштабируемых сетей. Multiple Super Ring является новым

поколением протокола RSR (Rapid Super Ring – Скоростное Супер Кольцо), и поддерживается в управляемых коммутаторах JetNet. Она включает в себя несколько новых технологий для резервирования приложений и различных сетевых структур.

- **Link Layer Discovery Protocol (LLDP)** — протокол канального уровня, позволяющий сетевому оборудованию оповещать локальную сеть о своем существовании и характеристиках, а также собирать такие же оповещения от соседнего оборудования. Протокол формально утвержден как IEEE standard 802.1AB-2005.
- **PoE (англ. Power over Ethernet)** — технология, позволяющая по стандартному медному кабелю сети Ethernet передавать удаленному устройству данные и электрическую энергию. В кабеле две витых пары используются для передачи данных, а две другие пары - для передачи питания. Данная технология предназначена для IP-телефонии, точек доступа беспроводных сетей, IP-видеокамер, сетевых коммутаторов и других устройств, к которым невозможно или нежелательно проводить отдельный кабель от источника питания.
- **SFP (англ. Small Form-factor Pluggable)** — промышленный стандарт модульных компактных приёмопередатчиков (трансиверов), используемых для передачи данных в телекоммуникациях. Модули SFP используются для подключения сетевого устройства (коммутатора, маршрутизатора или подобного устройства) к оптоволокну (например, с разъемами LC, SC) или витой паре (RJ45).

как LAN, WAN, WLAN. Все подробные данные об устройствах в нескольких подсетях, их состоянии автоматически визуализируются на карте топологии. Система обеспечивает контроль устройств, управление событиями, производительностью, конфигурированием.

С широким температурным диапазоном и надежной конструкцией, устройства Korenix образуют прочную сетевую систему, которая повышает производительность сети, обеспечивает эффективное управление производственным оборудованием с минимальными затратами.

#### Безопасность и видеонаблюдение

Технология IP-видеонаблюдения стала ключевой в различных приложениях безопасности, охраны и мониторинга технологических процессов. Многие системы SCADA (например PcVue, ClearSCADA и др.) уже имеют возможность взаимодействия с системами цифрового видеонаблюдения. Используя гибкость и масштабируемость при отправке видео через TCP/IP, сети IP-видеонаблюдения могут быть

расширены через различные слои, такие как витая пара, оптоволокну, беспроводные сети. Несколько сетей IP-видеонаблюдения могут взаимодействовать через WAN, например сети метро и интернет.

При передаче видеоданных в системах видеонаблюдения происходит передача больших объемов информации. Потеря данных может привести к тому, что важное событие может быть не зарегистрировано или зарегистрировано с недопустимо низким качеством.

Korenix является одним из лидеров рынка решений для сетей IP-видеонаблюдения. Стоечный управляемый гигабитный коммутатор Korenix JetNet 6524G Layer 3 (L3) является идеальным решением основ диспетчерского центра для построения надежной сети с

высокой пропускной способностью. 8 стекируемых коммутаторов JetNet 6524G могут обеспечить пропускную способность до 384G с различными комбинациями медных и оптоволоконных портов. Четыре гигабитных комбинированных SFP-порта позволяют коммутатору работать как основа надежной системы для формирования резервируемых по технологии MSR гигабитных сетей и легко управлять маршрутизацией между различными сегментами сети.

# SOLITON

## control systems

автоматика, SCADA, системи управління для підприємств та будинків

**METZ**  
CONNECT  
**korenix**

ТОВ "СОЛІТОН"  
+38 (044) 503-0920  
e-mail: soliton@soliton.com.ua  
www.soliton.com.ua



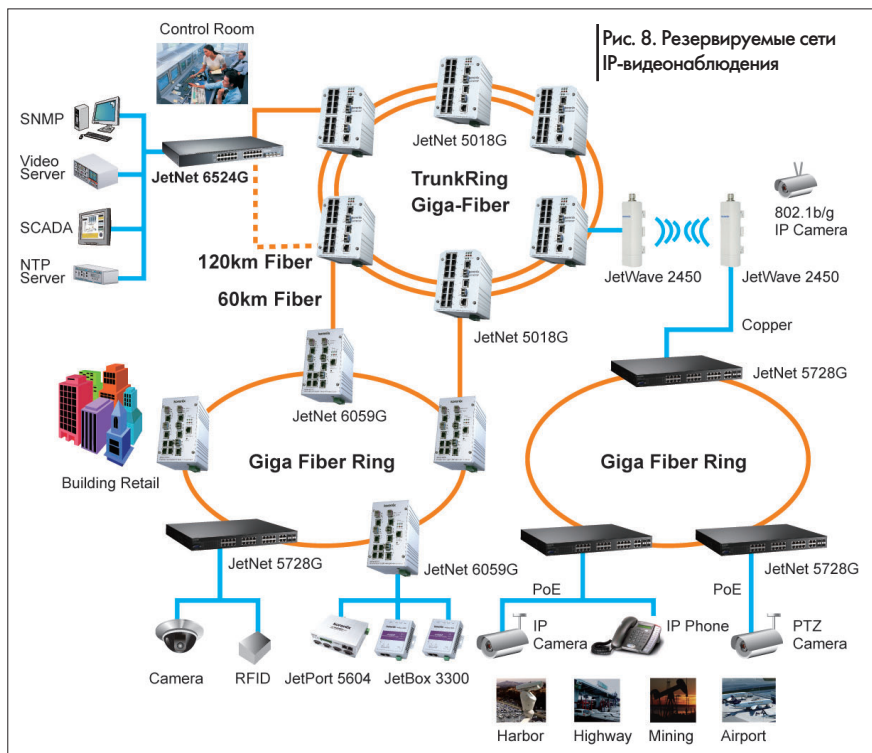


Рис. 8. Резервируемые сети IP-видеонаблюдения

Для промышленных систем непрерывная работа сети имеет решающее значение. Управляемые коммутаторы серии JetNet поддерживают запатентованную технологию резервирования MSR, включающую несколько технологий кольцевого резервирования. Кроме того, управляемые коммутаторы серии JetNet также поддерживают протоколы Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) и Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP) для обеспечения гибкости сетевого резервирования в промышленных приложениях.

Коммутаторы Korenix поддерживают технологию MSR, обеспечивая передачу данных в непрерывном режиме. Кроме того, они используют протокол LLDP и эффективно работают с JetView Pro i2NMS, обеспечивая автоматическую визуализацию топологии сети и эффективное управление группами сетей.

Управляемые промышленные резервируемые коммутаторы с SFP-портами JetNet 4010 и PoE коммутаторы JetNet 3705 установлены во многих системах IP-видеонаблюдения за состоянием автомобильного движения. Для наиболее критичных PoE-приложений, таких как IP-видеонаблюдение реального времени, беспроводные точки доступа Wi-Fi и WiMAX, стоечные и монтируемые на шине DIN коммутаторы серии JetPoE могут обеспечить питание устройств с нагрузкой до 30 Вт на каждый порт, в соответствии со стандартом PoE высокой мощности.

Первый в мире промышленный коммутатор с поддержкой PoE был выпущен Korenix в 2006 году. В дополнение к стандарту PoE IEEE802.3af, Korenix также поддерживает стандарт IEEE802.3at PoE Plus, который обеспечивает питание устройств мощностью более 15,4 Вт – вплоть до 30 Вт на порт.

Широкий ряд компактных коммутаторов JetPoE применяется в системах видеонаблюдения для

обеспечения безопасности на улицах, на общественном транспорте. Коммутаторы JetPoE с бустером имеют вход питания 24В и могут обеспечить питание PoE IP-видеокамер и других устройств от бортовой сети транспортного средства без дополнительных преобразователей. Для регистрации данных и обмена данными с центральным диспетчерским пунктом применяются встраиваемые компьютеры JetBox с ОС Linux, WinCE или WinXPe.

Для установки в небольших вычислительных системах с контроллерами предназначены компактные программируемые встраиваемые Linux-компьютеры с низким энергопотреблением и универсальными интерфейсами. Они обеспечивают повышенную сетевую производительность при подключении к ПЛК, устройствам контроля доступа и безопасности, датчикам, сигнализаторам и т. п. Встраиваемые Linux-компьютеры Korenix JetNet 9310 также поддерживают технологию PoE. В тех местах, где не может быть развернута проводная инфраструктура, точки доступа JetWave 2450 обеспечивают высокую скорость передачи по технологии 802.11n, что расширяет покрытие до 5 км.

**Нефть и газ**

Нефть, газ и нефтехимическая промышленность сегодня играют жизненно важную роль в развитии мировой экономики. Эффективность, масшта-

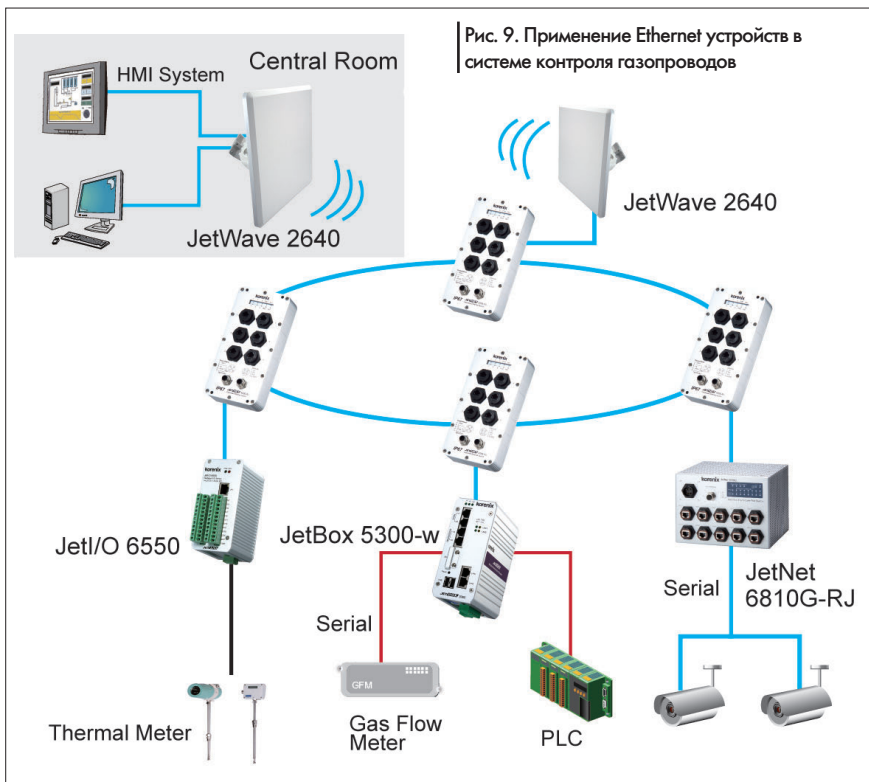


Рис. 9. Применение Ethernet устройств в системе контроля газопроводов

бируемость и безопасность являются главными проблемами для нефтяной и газовой промышленности. Промышленные сети в нефтегазовой отрасли с системами SCADA и системами видеонаблюдения требуют для техпроцессов большого количества данных в реальном времени и резервирования. В тяжелых условиях работы оборудованию необходима устойчивость к температурам, высокой влажности, пыли и взрывоопасной среде.

Для обеспечения надежности и безопасности газовых трубопроводов в системы управления внедрены коммутаторы повышенной прочности Korenix JetRock. Они в тяжелых погодных условиях выполняют мониторинг состояния оборудования, распределенного вдоль трубопровода. Коммутаторы имеют класс защиты IP67 для корпуса и разъемов RJ45, что обеспечивает их пыле- и водонепроницаемость.

Для мониторинга в реальном времени и видеонаблюдения на нефтегазовых предприятиях внедрены коммутаторы серии JetPoE IP67/68 с надежными соединениями RJ45/M12. Используя изолированный бустер 24В (устройство, повышающее напряжение), можно обеспечить питание PoE устройств, например IP-камер, в случае, если питание коммутатора от источника 48 В невозможно.

Порты Uplink-соединения обеспечивают подключение к верхнему уровню магистральных коммутаторов с технологией сетевого резервирования MSR. Так, например, системы с коммутаторами Korenix JetNet обеспечивают безопасную транспортировку природного газа через территорию Чешской Республики и доставку данных в реальном времени для региональных газораспределительных компаний.

Серии встраиваемых компьютеров JetBox и модулей ввода/вывода JetIO используются для сбора через последовательный интерфейс, цифровые и аналоговые входы/выходы, данных с таких устройств как газовые счетчики, преобразователи температур, давлений, сигнализаторы, ПЛК. Разработанный с оптимизированной операционной системой Linux, программируемый встраиваемый компьютер JetBox 5300-w (от -40 до +80 °C, 4DI/4DO, 4xCOM) обеспечивает легкое обслуживание сети и быстрый удаленный доступ.

Для расширения сети беспроводной связи вплоть до 40 км, в центре управления используются точки доступа JetWave 2640 с интерфейсами 5G и

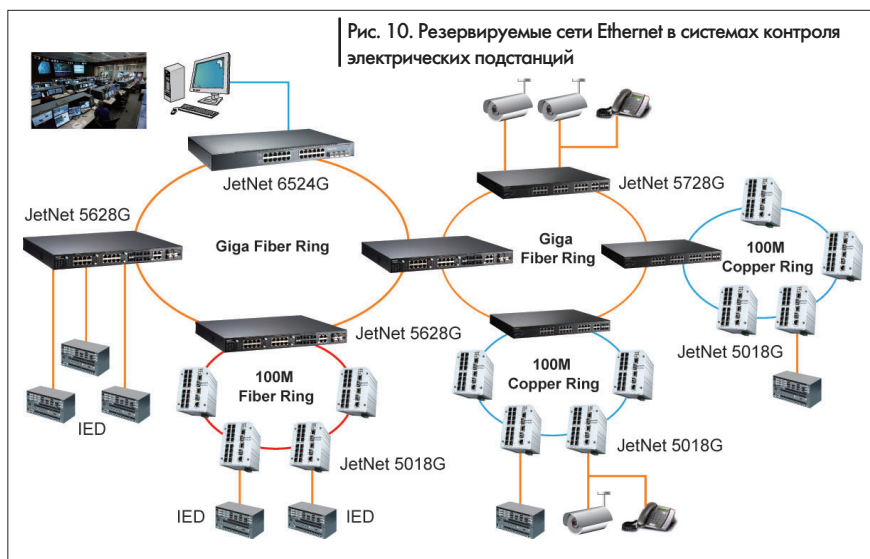


Рис. 10. Резервируемые сети Ethernet в системах контроля электрических подстанций

2.4G. Они гарантируют высокую скорость беспроводной сети, обеспечивая простой сбор данных с полевого оборудования через технологию 802.11a и ретрансляцию через 802.11b/g до администратора системы.

#### Электрические подстанции

Электрические подстанции становятся все более автоматизированными, для мониторинга и управления такими объектами используется все больше интеллектуальных устройств.

Для того, чтобы избежать возможных сбоев энергоснабжения, жизненно важными характеристиками являются надежность, масштабируемость и безопасность сети между подстанциями и удаленным центром управления. Кроме того, для предотвращения возможных нарушений электроснабжения и отключений, сетевое оборудование должно соответствовать строгим требованиям стандарта для электроподстанций IEC 61850-3/IEEE1613, а также быть устойчивым к суровым условиям окружающей среды с большими перепадами температур. Korenix предлагает полное решение стоечных управляемых гигабитных коммутаторов для обеспечения надежной сети связи и мониторинга в реальном времени важных параметров подстанции.

Сертифицированный по IEC 61850-3/IEEE1613 JetNet 5628G модульный управляемый гигабитный коммутатор с тремя слотами расширения, поддерживает несколько типов модулей Fast Ethernet с медными или оптическими гигабитными портами, с высокой плотностью установки. Это дает максимальную гибкость для сетевых соединений с различными требованиями, при одновременном снижении общей стоимости подключения.

Коммутаторы JetNet 5728G обеспечивают, в соответствии с IEEE 802.11at High Power PoE, питание высококачественных IP-камер с потреблением 30 Вт на порт и одновременно расширяют передачу видеопотока через гигабитные SFP-порты. Администраторы могут воспользоваться функциональными возможностями маршрутизации коммутатора L3 для простого управления маршрутизацией между сегментами сети. Благодаря стекируемому дизайну, коммутатор обеспечивает скорость до 192G, становясь идеальным решением для проектирования магистральной сети в силовых подстанциях.

Для упрощения технического обслуживания сети используются функции протокола LLDP коммутатора и системы управления сетью JetView Pro i2NMS, что обеспечивает автоматический поиск устройства и эффективное управление производительностью сети.

Непрерывная работа сети достигается за счет запатентованной технологии резервирования MSR. С многокольцевым дизайном пользователи могут объединить гигабитные и Fast Ethernet кольца в одном коммутаторе и гарантировать надежность сети в приложениях с повышенной пропускной способностью. Другие возможности коммутаторов — такие, как широкий диапазон температур, резервируемый источник питания и надежная безвентиляторная конструкция, соответствуют требованиям электроподстанций и обеспечивают высокий уровень расширенного управления и мониторинга сетей подстанций.

Промышленные Ethernet-компоненты и решения могут работать в самых жестких условиях эксплуатации и обеспечивают построение быстрых и надежных систем управления. **MA**