Министерство образования и науки
Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Северо-Кавказский
федеральный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических занятий дисциплине

«Информационные технологии и кибербезопасность в энергосистемах»

для студентов направления

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Ставрополь

2026

Практическое занятие 1-2

Применение современных информационных технологий в электроэнергетике

С целью создания нового, инновационного технологического базиса энергетики были сформированы пять групп ключевых технологических областей, обеспечивающих, прорывной характер:

 измерительные приборы и устройства, включающие, в первую очередь, smart счетчики и smart-датчики;

 усовершенствованные методы управления: ***распределенные интеллектуальные системы управления и аналитические*** инструменты для поддержки коммуникаций на уровне объектов энергосистемы, работающие в режиме реального времени и позволяющие реализовать новые алгоритмы и методики управления энергосистемой, включая управление её активными элементами

 усовершенствованные технологии и компоненты электрической сети: гибкие передачи переменного тока FACTS, постоянный ток, сверхпроводящие кабели, полупроводниковая силовая электроника, накопители и пр.

 интегрированные интерфейсы и методы поддержки принятия решений, управление спросом, распределенная система мониторинга и управления (DMCS), распределенная система текущего управления генерацией (DGMS), автоматическая система измерения протекающих процессов (AMOS), и т.д., а также новые методы планирования и проектирования как развития, так и функционирования энергосистемы и ее элементов.

 интегрированные коммуникации, которые позволяют элементам первых четырех групп обеспечивать взаимосвязь и взаимодействие друг с другом, что и представляет, по существу, Smart Grid как технологическую систему. В настоящее время в секторе магистральных сетей наибольшее распространение и развитие получили следующие группы технологий

Ключевые технологии, развиваемые в секторе магистральных сетей за рубежом

Инновационные компоненты и технологии	Технологии аккумулирования электроэнергии
	Технологии сверхпроводимости
	Токоограничивающие устройства
	Технологии цифровой подстанции
	Технологии передачи энергии постоянным током
	Технологии управляемых электропередач переменного тока
Системы мониторинга и защиты от внешних воздействий	Технологии контроля и защиты от внешних воздействий
	Технологии мониторинга и диагностики электрических сетей
Системы управления	Технологии адаптивного автоматизированного и автоматического управления
	Технологии интеллектуального управления

Технологии мониторинга и диагностики электрических сетей. Цифровые подстанции ЕНЭС

Под «цифровой» подстанцией (ЦПС) понимается подстанция с высоким уровнем автоматизации управления, в которой практически все процессы информационного обмена между элементами ПС, обмена с внешними системами, а также управления работой ПС осуществляются в цифровом виде на основе протоколов МЭК. При этом и первичное оборудование ЦПС, и компоненты информационно-технологических и управляющих систем (РЗ, ПА, ССПИ, АИИС КУЭ, РАС, ОМП и др.) функционально и конструктивно ориентированы на поддержку цифрового обмена данными.

Непосредственными целями создания ЦПС являются:

 совершенствование мониторинга и управления электросетевым оборудованием ПС;

 повышение надежности работы и эффективности эксплуатации оборудования ПС путем развития и унификации основных информационно-технологических и управляющих систем (ИТС),

 переход к «необслуживаемым» подстанциям, т.е. к подстанциям без постоянного дежурства оперативного персонала.

Переход к передаче сигналов в цифровом виде на всех уровнях управления ПС позволит получить целый ряд преимуществ, в том числе:

 существенно сократить затраты на кабельные вторичные цепи и каналы их прокладки;

 повысить помехоустойчивость вторичных цепей благодаря переходу на цифровую связь с использованием для передачи медных кабелей, а при

больших расстояниях, больших скоростях и неблагоприятной электромагнитной обстановке – оптоволоконной среды;

 упростить и удешевить конструкцию микропроцессорных устройств за счет исключения трактов ввода аналоговых сигналов;

 унифицировать интерфейсы устройств, существенно упростить взаимозаменяемость этих устройств (в том числе разных производителей);

 унифицировать процессы проектирования, внедрения и эксплуатации подстанции.

Мониторинг и диагностика воздушных линий электропередачи

Системы и устройства диагностики и мониторинга состояния ВЛ предназначены для получения, сбора и обработки информации о техническом состоянии оборудования, что позволит прогнозировать не только объемы и сроки ремонтов, но и сроки службы оборудования, что в конечном счете вносит вклад в повышение надежности и безаварийности энергоснабжения потребителей.

Технологии мониторинга и диагностики ВЛ должны осуществлять автоматизированный сбор данных, передачу их по каналам связи (беспроводным, оптическим), обработку, анализ и выдачу информации на диспетчерские пункты о состоянии контролируемых параметров ВЛ.

В настоящее время для мониторинга и диагностики ВЛ используется:

 Воздушное лазерное сканирование, которое дистанционно позволяет получить пространственно-геометрическую информацию о реальных габаритах ВЛ с учетом рельефа местности, растительности и сооружениях расположенных по трассе ВЛ;

 Наземное лазерное сканирование, позволяющее дистанционно получить наиболее полную пространственно-геометрическую информацию на отдельно взятом участке ВЛ (пролета ВЛ);

 Мониторинг температуры нагрева проводов ВЛ с помощью установленных на проводах ВЛ датчиков температуры с последующей обработкой информации и получении габарита ВЛ в месте установки датчика;

 Мониторинг токовой нагрузки, скорости ветра, температуры, габарита ВЛ в точке установки, расположение (GPS) с помощью установленных на проводах ВЛ «Умных сфер»- многофункциональных устройств, имеющих видеокамеру, передающую информацию по WIFI.

 Мониторинг гололедной обстановки на ВЛ с помощью «Автоматизированной информационной системы контроля гололедной нагрузки» позволяющей иметь информацию о температуре окружающего воздуха, направлении и скорости ветра, влажности и толщине стенки гололеда на проводах и грозозащитных тросах и передавать информацию на диспетчерские пункты;

 Мониторинг грозовой активности вдоль трассы ВЛ с помощью многопунктовых систем грозопеленгации и др.

Мониторинг силовых трансформаторов

За последние годы в России и за рубежом отмечается тенденция развития системы непрерывного контроля состояния силовых трансформаторов, которая направлена на повышение их эксплуатационной надежности. В системе мониторинга силовых трансформаторов, кроме активной и реактивной мощности, а также токов и напряжения по фазам на всех сторонах и положения РПН должны контролироваться: содержание влаги и концентрация газов в масле (водород, ацетилен, этилен, этан, метан, оксид и диоксид углерода), температура верхних слоев масла, а также температура на входе и выходе системы охлаждения и количество включенных вентиляторов.

Предусматривается непрерывный контроль состояния трансформаторов, выявление дефектов на ранней стадии их развития, в т.ч. с индикацией процессов, характеризующих предельное состояние трансформаторов, когда их дальнейшая эксплуатация невозможна из-за развития внутренних коротких замыканий в трансформаторах, чтодает возможность своевременно

отключить оборудование. Обеспечивается выдача данных о контролируемых параметрах непосредственно в протоколе 61850 – 9.2.

Мониторинг и диагностика выключателей и КРУЭ

Важным направлением является разработка и внедрение КРУЭ, обеспечивающих интеграцию с цифровой системой управления и диагностики состояния оборудования подстанций.

КРУЭ для цифровых подстанций должны обеспечивать возможность переключения между режимами дистанционного и ручного управления, блокировку выключателей, разъединителей и заземлителей от неправильных операций, блокировку выключателей от срабатывания при недопустимом снижении давления элегаза или неполной готовности привода Система мониторинга должна обеспечивать непрерывный контроль плотности элегаза во всех заполненных элегазом объемах и формировать предупредительные и аварийные сигналы при достижении пороговых значений.

Должен вестись контроль и учет выполненных коммутационных операций без тока и с током КЗ: количество операций с фиксацией времени срабатывания и скорости перемещения контактов коммутационных аппаратов при включении и отключении и подсчетом израсходованного и остаточного коммутационного ресурса выключателя. Кроме того, контролируется готовность привода аппаратов.

Система управления ИЭС ААС.

Единая автоматизированная система управления интегрирует средства и подсистемы автоматических и автоматизированных систем

контроля и управления: АСДУ, РЗ, ПА, АРЧМ, АРН, АИИС КУЭ, АСУ ТП энергообъектов, систем связи.

Развиваемые системы технологического управления строятся как распределенные иерархические системы. Средства автоматизации, связи и вычислительной техники должны координировано функционировать на разных уровнях иерархии: на энергообъектах (электростанции, подстанции,

ЛЭП, электрооборудовании потребителей с регулируемой нагрузкой) и в центрах управления (в структурах ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «СО ЕЭС»).

Роль устройств нижнего уровня иерархии управления играют объектные программно-технические средства систем (подсистем) сбора, обработки и передачи оперативной информации ССПИ и неоперативной телеметрической информации – ССПТИ в ЦУС ФСК ЕЭС и ДЦ Системного оператора. Кроме того, средствами АСУ ТП подстанций ЕНЭС, МРСК обеспечивается возможность непосредственного управления оборудованием объектов из удаленных центров управления основных функций.

Указанные системы осуществляют поддержку и обеспечивают автоматизацию основных функций оперативно-диспетчерского управления ДЦ СО ЕЭС оперативно-технологического управления, а также процессов управления функционированием и эксплуатацией сетей ЦУС, ФСК ЕЭС, МРСК и ГК.

Использование средств современных информационных технологий позволяет реализовать на каждом уровне управления систем автоматического и автоматизированного управления технологическими процессами совместное использование оперативной и ретроспективной информации, накапливаемой и используемой в каждой из систем. Это дает возможность учета ограничений, более адекватного прогноза состояния объекта управления, и, соответственно, повышения качества управления. При этом общими являются ограничения по надежности электроснабжения потребителей и её составляющих.

Интеллект ИЭС в значительной степени определяется системой управления. Основой управления режимом ЭЭС и ЕЭС в целом является оперативно—диспетчерское управление, выполняемое персоналом СО, и оперативно-технологическое управление, выполняемое персоналом ФСК, МРСК и ГК, а также потребителей.

Автоматизированная система диспетчерско-технологического управления, в среде которой действует оперативный персонал, поддерживает информационную модель объекта управления с системой удобного отображения состояния объекта, системой передачи и реализации управляющих воздействий (включая телеуправление); система включает программное обеспечение (ПО), автоматизирующее процессы принятия решения, ПО для анализа, планирования режимов, подготовки решений по настройке автоматических контуров управления и др.

Соответствующие средства достаточно развиты, в подразделениях СО есть ОИК, функционируют расчетные модели в реальном времени, которые используются для определения текущих управляющих воздействий и для планирования режима.

Направление развития системы – поэтапное расширение круга задач, реализуемых в реальном времени и с небольшими интервалами упреждения, в т.ч. расчет режимов с контролем ограничений, в т.ч. при уточнении ограничений, с учетом динамических процессов; анализ режима с формированием рекомендаций («советы»), развитие аналитического ПО для

возможности адаптивной настройки ПА и др. Автоматизация перечисленных задач существенно облегчает анализ текущей ситуации, предоставляя диспетчерскому персоналу информацию об имеющихся запасах надежности и ресурсах по управлению - для принятия, при необходимости, мер по устранению нарушений или их угрозы.

Система автоматического регулирования частоты и мощности регулирует частоту в ЕЭС (и синхронной зоне СНГ и Балтии в целом), а также перетоки мощности по связям.

Система выполняет функции первичного регулирования частоты и вторичного регулирования частоты и перетоков мощности, а также ограничения перетоков мощности. Первичное и вторичное регулирование частоты с целью обеспечения необходимого качества ее поддержания выполняется автоматически электростанциями (первичное – всеми, вторичное – выделенными ГЭС). При этом выделяется нормированное первичное регулирование, реализуемое блочными ТЭС, на которых размещается необходимый резерв мощности, и общее первичное регулирование, реализуемое всеми электростанциями. Вторичное (автоматическое) регулирование перетоков мощности, а также их ограничение с целью повышения надежности в основном выполняется выделенными ГЭС.

Основные направления развития системы:

 привлечение специальных средств регулирования – ПГУ, ГТУ, накопителей энергии, гидроагрегатов с переменной частотой вращения, обладающих высокой мобильностью, к регулированию как частоты, так и перетоков мощности,

 использование устройств FACTS для регулирования и ограничения перетоков мощности по отдельным связям.

 создание адаптивных регуляторов перетоков мощности.

Регулирование напряжения и реактивной мощности в настоящее время реализуется организационно-технической системой, которая обеспечивает поддержание напряжения по графику в контрольных пунктах (КП) и, в допустимых пределах, - во всех точках сети. Основа системы – локальные автоматические регуляторы электроустановок (генераторы, СК, СТК, трансформаторы). Они осуществляют первичное регулирование; основную роль играют генераторы.

Направление развития системы - повышение управляемости за счет использования устройств FACTS, создание систем группового управления возбуждением (ГУВ) на ТЭС и АЭС (сейчас ГУВ есть только на ГЭС), применение асинхронизированных турбо- и гидроагрегатов на ТЭС, ГЭС и АЭС, создание автоматических локальных и районных систем управления напряжением и реактивной мощностью с центральным регулятором (для определенной зоны управления).

Противоаварийное управление выполняется специальными автоматическими системами (РЗ и ПА), другими (всережимными) контурами автоматического управления (например, АРВ генераторов, регулирование

частоты вращения турбин), а также персоналом, который играет основную роль при восстановлении допустимого режима ЭЭС после нарушения.

Автоматическое противоаварийное управление в энергосистеме реализуется посредством ПА, обеспечивающей выполнение следующих функций:

- предотвращение нарушения устойчивости;
- ликвидация асинхронных режимов;
- ограничение снижения или повышения частоты;
- ограничение снижения или повышения напряжения;
- предотвращение недопустимых перегрузок оборудования.

Автоматика предотвращения нарушения устойчивости организуется по иерархическому принципу и состоит из одного или нескольких уровней:

- уровень ЕЭС России (Единой энергетической системы России) – КСПА$_1$;
- уровень операционной зоны филиала ОАО «СО ЕЭС» ОДУ – ЦСПА$_2$;
- уровень объектов электроэнергетики – ЛАПНУ$_3$.

Автоматики ликвидации асинхронного режима, ограничения недопустимого снижения или повышения частоты или напряжения, ограничения перегрузки оборудования должны выполняться в виде локальных ПА.

Основные направления совершенствования противоаварийного управления:

 Расширение области применения развитых моделей реального времени, используемых для определения управляющих воздействий в системе АПНУ;

 Повышение адаптивности, снижение избыточности действий;

 Развитие координирующих уровней управления;

 Совершенствование информационного обеспечения, в частности, с использованием технологии СМПР (WAMS);

 Использование новых средств управления режимом (в т. ч. устройств FACTS);

 Развитие функции автоматического восстановления нормального режима после нарушения с созданием специальных автоматизированных систем локализации и ликвидации аварийной ситуации, обеспечивающих восстановление рабочего состояния, - при большом весе целенаправленных автоматических операций, координируемых районным уровнем управления;

 В перспективе - создание глобальной иерархической системы стабилизации режима при малых и больших возмущениях, автоматизация восстановления рабочего состояния энергосистемы после нарушений, при использовании, кроме дискретных воздействий, также быстродействующих средств управления режимом непрерывного типа и, соответственно, непрерывных (всережимных) адаптивных систем управления с обратной связью.

Основные направления работ по развитию автоматической системы управления режимом в целом:

 Создание систем верификации моделей энергосистем с использованием данных СМПР. Создание цифровых сетевых моделирующих платформ реального времени;

 Создание информационных комплексов на базе современных технологий, осуществляющих высокоточное определение и сбор синхронизированных режимных параметров в узлах сети в режиме реального времени и интеграцию полученных данных в единое информационное пространство на базе общих информационных моделей (СИМ-моделей).

 Создание централизованных систем автоматического управления мощностью генерирующего оборудования;

 Создание систем распределенного расчета режимов энергосистем с использованием многоуровневых моделей — на основе сетевых технологий (GRID-технологий);

 Разработка алгоритмов выявления предаварийных состояний энергосистем на основе методов оценивания состояний и параметрической идентификации.

Создание инфраструктуры технологического управления режимами и эксплуатацией оборудования должно предусматривать разработку интегрированной информационно-управляющей системы нового поколения, работающей в рамках единой информационной модели на основе стандартизованных протоколов и интерфейсов взаимодействия и осуществляющей глобальный мониторинг и контроль функционирования всех секторов ЕЭС: производства, транспортировки, сбыта и потребления электроэнергии, обеспечивая требуемое качество и надежность по всем ЭЭС всех уровней.

Стратегическим направлением является расширение области применения автоматического управления режимом с уменьшением доли человеческого субъективизма и интеллектуализация этого управления.

Основные типы адаптивных стратегий управления, перспективные с точки зрения применения в электроэнергетике:

 адаптивное многосвязное оптимальное управление с эталонной моделью,

 оптимальное адаптивное управление с прогнозирующей моделью,

 адаптивные системы с идентификатором,

 адаптивные интеллектные системы идентификации,

 обучаемые нейронные сети.

Наиболее эффективными и гибкими системами управления являются системы, имеющие распределенную многопроцессорную архитектуру программных и аппаратных средств. Распределенная структура обеспечивает действенность системы, возможность ее расширения, модернизации ее программных и аппаратных средств без потери эксплуатационных свойств системы.

Одним из многообещающих направлений исследований по созданию самовосстанавливающихся энергетических систем является разработка

мультиагентных интеллектуальных систем управления для разных уровней управления на основе теории группового управления.

Применение средств искусственного интеллекта расширяет потенциальные возможности систем управления, позволяя реализовать управление объектами с неизвестной математической моделью объекта, повысить их эффективность за счет включения в них процедур распознавания образов, планирования действий и накопления знаний.

Системы управления, использующие алгоритмы обучения, в частности, основанные на нейронных сетях, которые образуют первый уровень интеллектуального управления, применимы для решения большого числа задач, где используются опыт, накопленный в процессе обучения сети.

Интеллектуальное управление может быть использовано в ЭЭС длявыполнения следующих функций:

- Диагностика неисправностей и уведомление в реальном времени
- Локализация неисправности оборудования в энергосистеме
- Автоматическая реконфигурация сети при КЗ
- Распределенная когенерация с использованием сетевых технологий
- Мониторинг состояния энергосистемы по его предыстории из базы знаний в реальном времени
- Мониторинг запаса статической устойчивости в реальном времени
- Распределенные технологии моделирования, оптимизации и управления на основе вычислительных GRID –сетей
- Ситуационное ассоциативное управление режимом с использованием предыстории состояния энергосистемы
- Интеллектуальные системы управления спросом на основе MAC технологий и др.

Информационное обеспечение

Информационная система, обеспечивающая работу диспетчерского управления ЕЭС России, строится на оперативно-информационных комплексах (ОИК), включающих: устройства телеизмерения параметров режима ЭЭС, сбора и агрегирования информации, каналы связи, базы данных, системы оперативного отображения параметров режима, программного обеспечения, обрабатывающего результаты телеизмерений и формирующего задания для объектов диспетчерского управления, электронные журналы средства регистрации событий и диспетчерских команд в ЭЭС.

Неполнота и ошибочность информации о состоянии энергосистемы устраняются с помощью специальной математической процедуры – оценивания состояния ЭЭС. Результатом ОС является расчет установившегося режима (текущего состояния) ЭЭС на основе измерений параметров режима и данных о состоянии топологии схемы. Результаты ОС служат исходными данными для многих задач оперативного управления, решение которых помогает управлять режимами ЭЭС.

Одним из важных направлений развития информационной системы является использование распределенных средств синхронизированных векторных измерений (СВИ) напряжения, тока, мощности и частоты для

решения задач мониторинга (WAMS -Wide Area Measurement Systems), защиты (WAPS - Wide Area Protection Systems) и управления (WACS Wide Area Control Systems). Построение и внедрение СВИ является существенным дополнением и усовершенствованием текущего контроля режима энергосистемы, осуществляемого средствами телеизмерений.

Коммуникационные интерфейсы. В рамках ИЭС ААС предусматривается построение единого информационного пространства, базирующегося на современных информационных и коммуникационных технологиях.

Существующие на данный момент технологии передачи данных позволяют обеспечить практически любой требуемый интерфейс в части скорости и дальности передачи данных.

Наиболее соответствующим задачам ИЭС ААС является TCP/IP профиль, он широко распространен и допускает функционирование практически поверх любого физического канала. В Концепции формулируются требования, которые позволяют унифицировать коммуникационные интерфейсы объектов и субъектов ИЭС ААС и, в то же время, обеспечить доступ к коммуникационной сети объекта независимо от его территориального расположения за счет использования инфраструктуры операторов.

Информационные интерфейсы. Информационные интерфейсы элементов ИЭС ААС строятся на базе следующих положений:

- использование открытых международных стандартов IEC;
- унификация используемых информационных протоколов;
- единство информационного представления;
- самоидентификация.

Использование открытых международных стандартов IEC позволяет обеспечить необходимый уровень стандартизации и открытости системы. Унификация используемых информационных протоколов позволяет упростить систему и уменьшить количество этапов обработки информации.

Единство информационного представления предусматривает унификацию формы представления сервисов и свойств информационных объектов (объекты одного типа имеют определенный набор свойств, характерный всем устройствам данного типа независимо от производителя и особых свойств каждого объекта). Частным случаем данного подхода является концепция логических узлов в серии стандартов IEC 61850.

Единство представления информации, связанной с расчетами режимов, обеспечивается использованием СИМ-моделей (Common Information Model, IEC 61790, IEC 61968).

Информационные интерфейсы ИЭС ААС условно разделены на следующие категории:

Наименование интерфейса	Типовые элементы ИЭС ААС, обладающие данным интерфейсом	Информационный протокол, на базе которого построен информационный интерфейс
Объект технологического управления	Подстанция (генератор, распред. сеть, крупный потребитель); FACTS устройство	Сервер IEC 61850-90-1; Сервер IEC 62445-2; Сервер IEC 61850-90-5; Сервер МЭК 60870-5-104
Субъект технологического управления	Диспетчерский центр; Центр мониторинга	Клиент IEC 61850-90-1; Клиент IEC 62445-2; Клиент IEC 61850-90-5; Клиент МЭК 60870-5-104

Наименование интерфейса	Типовые элементы ИЭС ААС, обладающие данным интерфейсом	Информационный протокол, на базе которого построен информационный интерфейс
Объект операционной деятельности	Информационные порталы, обеспечивающие финансовую, коммерческую и административно-хозяйственную деятельность субъектов ИЭС ААС	WEB сервисы (IEC 62541).
Субъект операционной деятельности	Организации, задействованные в ИЭС ААС; Малые генераторы (включая DER) и потребители электроэнергии	WEB клиент (IEC 62541).

ААС, как работа в непрерывном активном режиме, приоритет задачи сохранения функциональности системы над задачей сохранения ее информационной безопасности.

Концепция информационной безопасности должна учитывать положения стандартов, разработанных группой IEC TC57: IEC 61850, IEC60870, IEC 62351 в части безопасности коммуникационных протоколов, а также требования стандарта INL Cyber Security Procurement Language 2008 и серии стандартов ISO/IEC 27000 в части общих принципов обеспечения безопасности цифровых систем управления.

Система обеспечения информационной безопасности ИЭС ААС реализуется в виде интегрированной информационной технологии, объединяющей оптимальным образом аппаратные, программные и организационные методы обеспечения ИБ, включая:

 барьерные методы (физическое ограничение доступа, разграничение прав пользователей, пароли, роли);

 традиционные средства (антивирусы и брэндмауэры);

 сбалансированное применение открытых и закрытых стандартов информационной безопасности;

 применение двухстороннего шифрования с открытым ключом на уровне коммуникационного протокола (транспортный уровень);

 электронные цифровые подписи (ЭЦП) и системы соответствующих удостоверяющих центров;

 экспертные средства на основе активного аудита.

В рамках работ по ИЭС ААС необходимо разработать взвешенную политику обеспечения информационной безопасности с учетом положений IEC 62351-8.

Принципы развития систем управления спросом крупных потребителей электроэнергии

Применительно к **нормальным режимам** работы энергосистемы задачи управления объемами и режимами электропотребления нацелены на снижение пиковой нагрузки с перераспределением ее части на другие часы и соответствующее изменение конфигурации (как правило - уплотнение) суточных графиков нагрузки потребителей. При этом выполняется системное обоснование эффективности мер по управлению спросом у отдельных потребителей (потребителей-регуляторов) через сопоставление:

 дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат на стороне потребителя, необходимых для изменения существующего производственного цикла и его поддержания;

 экономии капитальных затрат в энергосистеме (у энергокомпании) за счет снижения необходимых вводов генерирующих и сетевых мощностей для обеспечения максимума нагрузки и эксплуатационных затрат – за счет более равномерного графика нагрузки.

Традиционно экономическими инструментами для решения задач по управлению спросом являются дифференцированные тарифы электроэнергии, прежде всего - в суточном и сезонном разрезе. При этом стоимостные параметры ожидаемых системных эффектов сопоставляются с объемами упущенной выручки энергокомпании из-за снижения спроса.

Задачи управления спросом для **аварийных режимов** (включая послеаварийные и ремонтные) работы энергосистемы предполагают создание у потребителя возможностей для централизованного (в т.ч. автоматического) ограничения или отключения части его нагрузок в ситуациях аварийных или плановых снижений генерирующей мощности энергосистемы или пропускной способности электрических сетей из-за отказов или плановых ремонтов отдельных элементов. Для управления нагрузками в аварийных режимах используются средства противоаварийной автоматики.

Величина и состав нагрузок, заводимых под аварийное управление, а также графики аварийного ограничения режима потребления определяются с учетом технологических особенностей конкретного потребителя, в том числе

минимально необходимого уровня энергоснабжения (технологическая и аварийная броня), предельно допустимых перерывов энергоснабжения для различных производственных процессов.

Экономические, технологические и социальные эффекты, ожидаемые при развитии интеллектуальной энергетики

Основные эффекты

Проектирование и последующая реализация интеллектуальной энергетической системы невозможны без развернутого технико-экономического обоснования, в основе которого лежит, с одной стороны, анализ ожидаемых эффектов разного типа, с другой — оценка затрат на внедрение новых технических средств и систем управления, сопутствующих информационных и коммуникационных технологий.

Наиболее комплексная методическая проработка подходов к анализу и стоимостной оценке эффектов, ожидаемых от интеллектуальной энергетики в отрасли, обществе и экономике в целом, ведется в Electric Power Research Institute (EPRI) — основном американском центре исследований в области экономики энергетики. В последние годы специалистами EPRI была проведена систематизация разного рода эффектов при реализации конкретных пилотных проектов Smart Grid.

Интеллектуальная энергетика справедливо рассматривается как целостная технологическая платформа, отвечающая энергетическим нуждам инновационной экономики XXI века, запросам постиндустриального общества, требованиям устойчивого развития (sustainable development).

Поэтому все большую актуальность (и политическую значимость) приобретает оценка так называемых внешних, экстернальных, эффектов Smart Grid. Эти эффекты демонстрируют, в какой мере создание ИЭС ААС соответствует социальному запросу общества и экономики к новым стандартам энергоснабжения. В качестве наиболее значимых эффектов можно выделить:

- снижение экологической нагрузки;
- инновационный импульс для экономики;
- повышение энергетической безопасности путем повышения надежности энергоснабжения потребителей за счет автоматизации управления сетями, развития источников распределенной генерации и аккумулирования электроэнергии, микросетей, создающих возможности для оперативного перехода потребителей к автономному энергоснабжению в случае системных аварий;
- улучшение условий для экономической интеграции и конкуренции посредством управления режимами сетей, пропускными способностями и потоками мощности, внедрения интеллектуальных систем учета электроэнергии, перехода к динамическому ценообразованию и активному взаимодействию потребителей с энергосистемой;
- повышение производительности и безопасности труда за счет внедрения автоматизированных систем удаленного контроля и управления.

Практически все экстернальные эффекты могут быть оценены количественно, однако их последующая корректная стоимостная оценка возможна не всегда. Кроме того, существующие в настоящее время подходы дают чрезвычайно широкий диапазон неопределенности. Поэтому в рамках технико-экономического обоснования создания интеллектуальной энергосистемы целесообразно в качестве основных рассматривать прямые экономические эффекты, используя экспертные оценки экстернальных эффектов как дополняющие (либо ограничивающие) условия.

Прогнозные оценки изменений балансовых условий в ЕЭС России при развитии интеллектуальной энергетики

Создание ИЭС ААС будет сопровождаться рядом общесистемных эффектов, имеющих значительное влияние на балансовую ситуацию в ЕЭС России. Основные их типы связаны с переходом к новому качеству управления в энергосистеме:

 эффекты управления спросом обеспечивают изменение режимов электропотребления, снижение максимума и уплотнение графика нагрузки в энергосистеме, а в ряде случаев сопровождаются и общим снижением уровня электропотребления;

 эффекты управления потерями при передаче и распределении электроэнергии формируются за счет сокращения ненагрузочных потерь при внедрении новых типов проводов и силового оборудования и уменьшения нагрузочных потерь при переходе к интеллектуальному качеству управления режимами сети, а также вследствие изменения режимов электропотребления при реализации эффектов управления спросом;

 эффекты управления пропускными способностями линий в основной и распределительной сети обеспечивают увеличение допустимых перетоков мощности за счет внедрения технологий гибких передач, новых систем автоматизированного мониторинга статической устойчивости сети и др.

 эффекты управления генерацией позволяют добиться рационального использования крупной и распределенной генерации. Одним из важных эффектов в этой сфере является интеграция в энергосистему больших объемов распределенной генерации и повышение управляемости потоками электроэнергии, производимой на электростанциях с нерегулярными режимами выработки энергии (ветровых, солнечных и др.);

 эффекты управления надежностью и качеством энергоснабжения обеспечивают снижение частоты и продолжительности аварийных ситуаций, служащих причиной прямого недоотпуска электроэнергии потребителям или ненадлежащего качества поставки. При этом, как следствие, снижаются прямые экономические потери потребителей из-за упущенной финансовой выгоды, порчи сырья, оборудования, расходных материалов и пр.

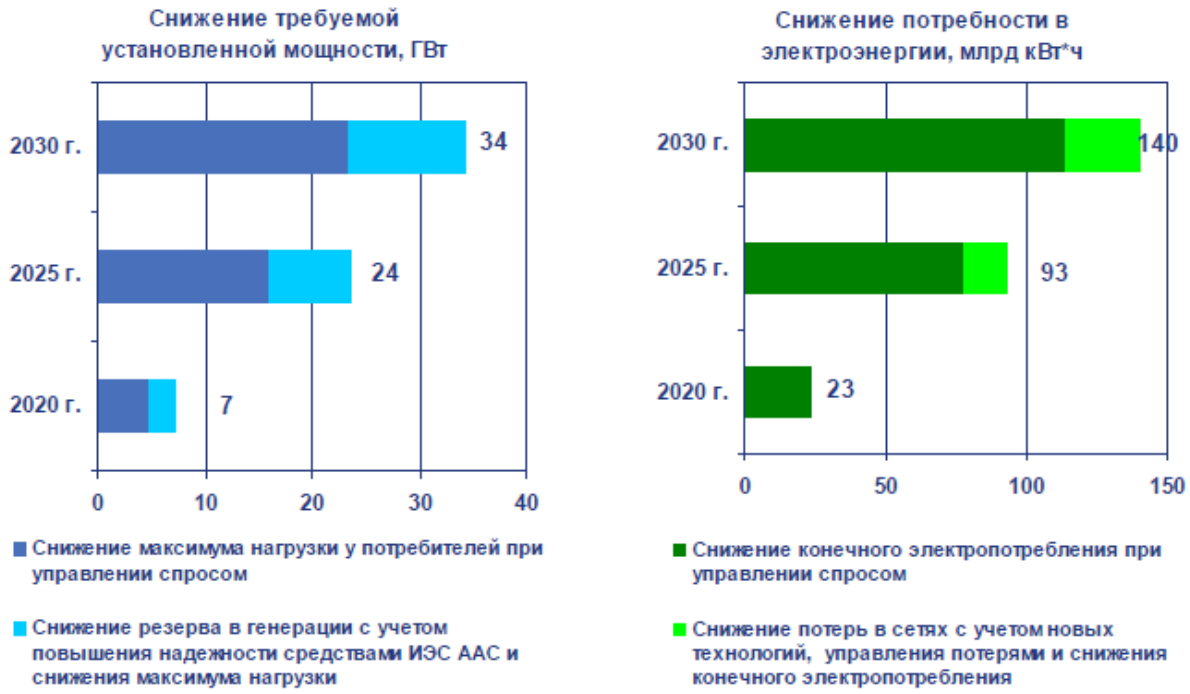
Для предварительной оценки возможных системных эффектов в ЕЭС России при создании интеллектуальной электроэнергетики были использованы данные по результатам пилотных проектов и более комплексным программам развития Smart Grid, реализация которых начата в различных странах. Следует отметить, что по многим причинам сохраняется

крайне высокая неопределенность ожидаемых эффектов от внедрения элементов Smart Grid. Тем не менее представленные ниже обобщения целевых установок или первых результатов позволяют уточнить ранее приведенные диапазоны возможных эффектов в ЕЭС России. Итоговые параметры изменения балансовых условий приведены в табл. 8.1. Они отражают средние и нижние показатели рассмотренных пилотных проектов. Параметры для 2020 г. предполагают реализацию проекта ИЭС ААС в объеме 25% от показателей 2030 г.

Таблица 8.1. Параметры изменения балансовых условий, принятые для оценки эффектов развития интеллектуальной энергетики в ЕЭС России, %

Условие	Пилотные проекты Smart Grid	Целевые показатели интеллектуальной энергосистемы в ЕЭС России	
		2020 г.	2030 г.
Снижение прогнозного максимума нагрузки	10—20	2,5	10
Снижение конечного электропотребления	5—15	2	8
Снижение потерь в сетях (относительно отчетного уровня)	20—50	7,5	30
Снижение необходимых резервов мощности в генерации (относительно отчетного уровня)	20—30	5	20
Увеличение пропускных способностей межсистемных связей	5—10	2,5	10

Совместное влияние данных эффектов количественно отражается на балансовой ситуации в ЕЭС России через изменение потребности в электроэнергии и установленной мощности



Совместное влияние технологических эффектов на балансовые условия приводит к их взаимному усилению (синергии). В результате изменения потребности в электроэнергии и установленной мощности электростанций оказываются больше, чем рассчитанные в виде простой суммы эффектов.

Оценки, сделанные для исходных балансовых условий базового варианта Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики, показывают, что реализация к 2030 г. основных мероприятий по созданию интеллектуальной энергетики в России позволит снизить потребность в установленной мощности более чем на 10% (на 34 ГВт) и электропотребление почти на 9% (140 млрд кВт·ч). При этом относительный уровень потерь в сетях последовательно снизится на 30% — с 12 до 10 % в 2020 г. и до 8% в 2030 г.

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры применения современных информационных технологий в электроэнергетике.
2. Назовите ключевые технологии в секторе магистральных сетей.
3. Назовите основные направления совершенствования противоаварийного управления
4. Назовите аппаратные, программные и организационные методы обеспечения информационной безопасности ИЭС ААС.
5. Направление информационного обеспечения ИЭС ААС.
6. Назовите общесистемные эффекты от создания ИЭС ААС.

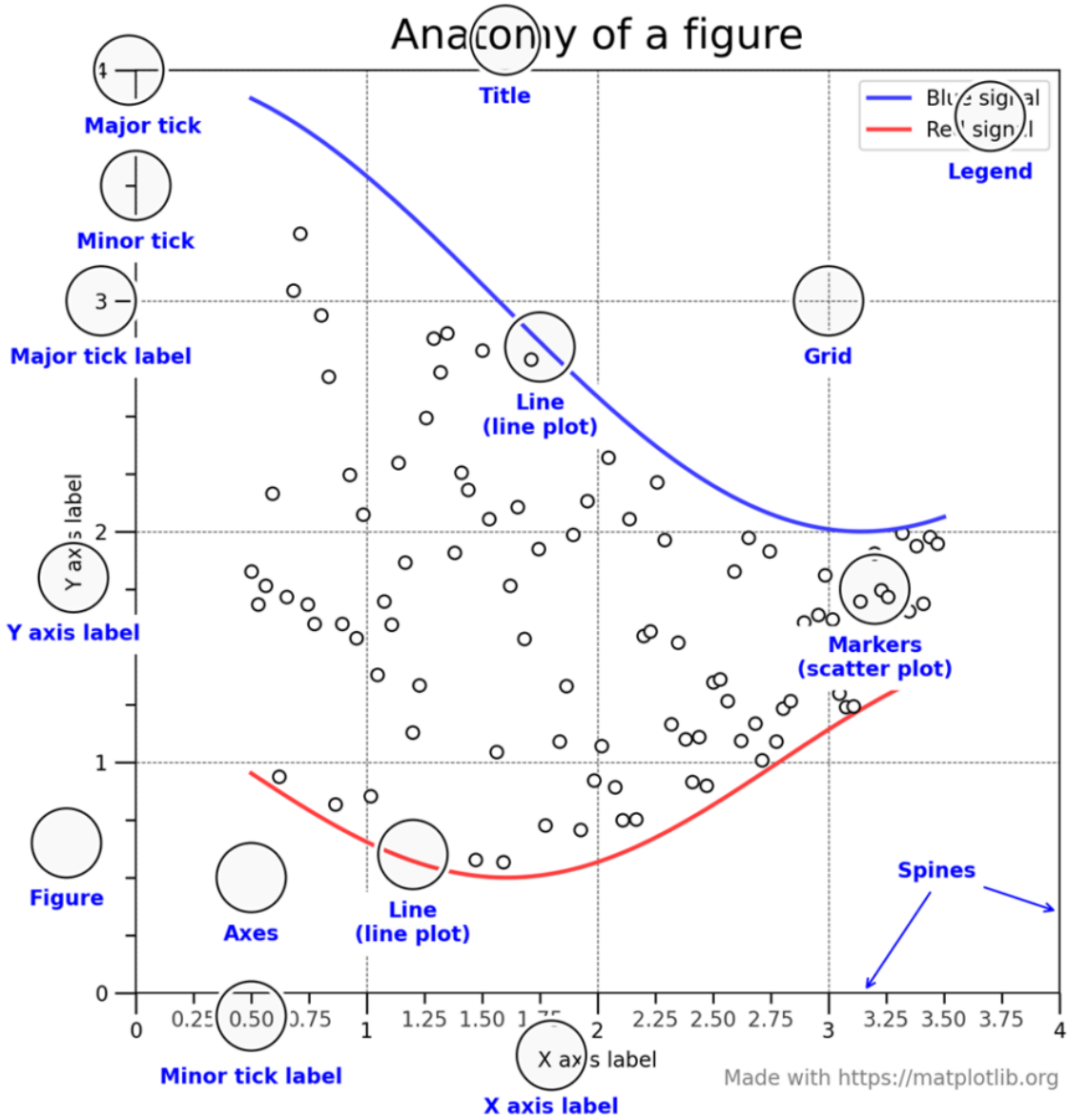
Практическое занятие 3

Визуализация в Python: matplotlib

Прежде чем разобраться импортируем необходимые библиотеки:

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
```

В первую очередь понадобится понимание, из каких элементов состоит график. За ним можно обратиться к документации библиотеки matplotlib:



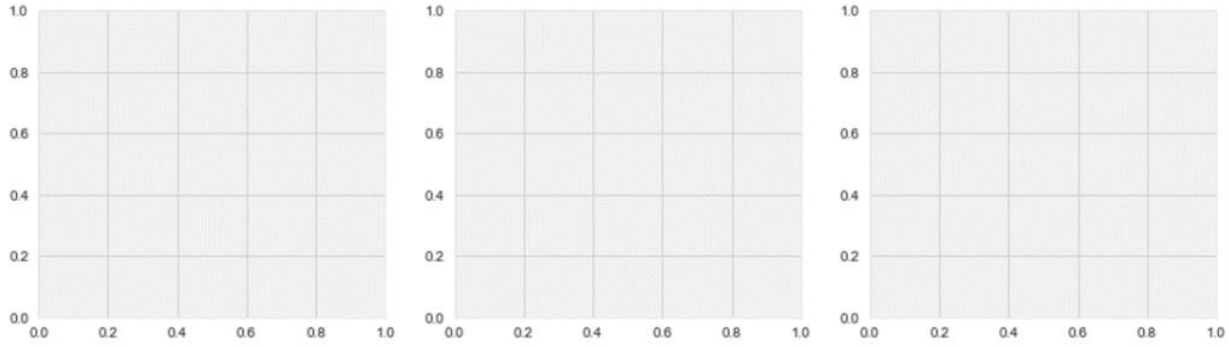
Всё пространство (figure) включает в себя график (Axes), который, в свою очередь, состоит из таких элементов, как границы (Spines), сетки (Grid), описания (Legend), самого графика (Line) и других.

Графики отражают зависимость, при этом элементы графика — оси, подписи и др. — открыты к настройке.

Базовый элемент figure может содержать в себе как один график, так и несколько.

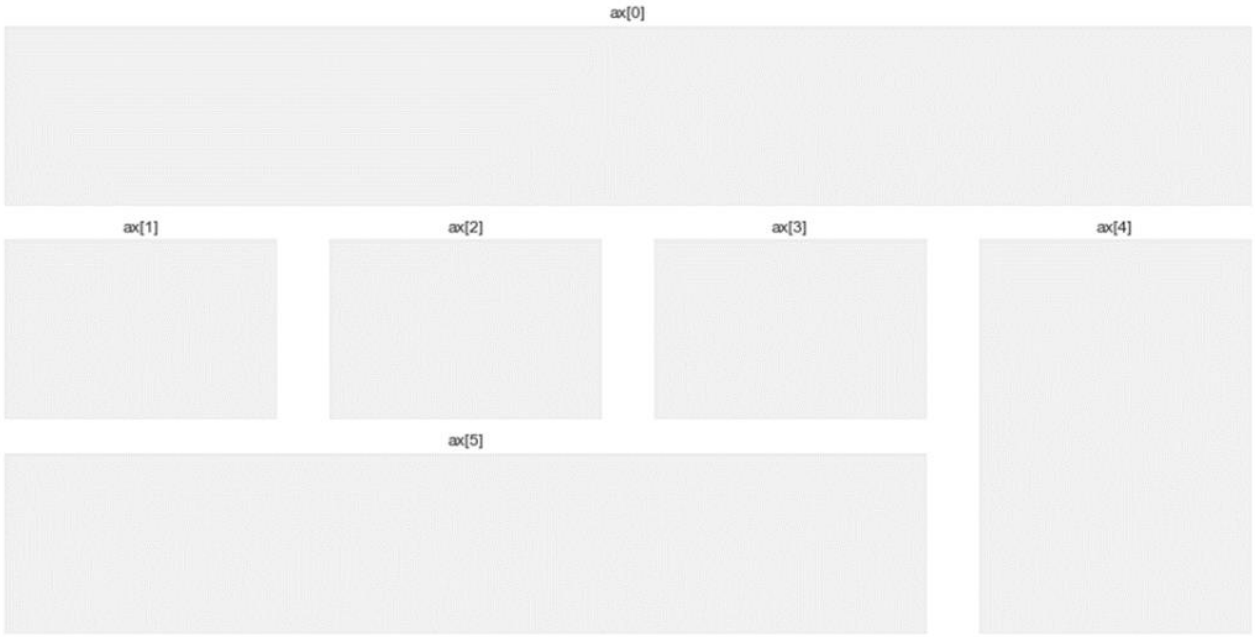
Например, создание нескольких графиков в одном окне может быть выполнено как:

```
fig, axes = plt.subplots(
    1,               #одной строкой
    3,               #три графика
    figsize=(15, 4)  #вписать в размер 15x4 дюйма
)
```



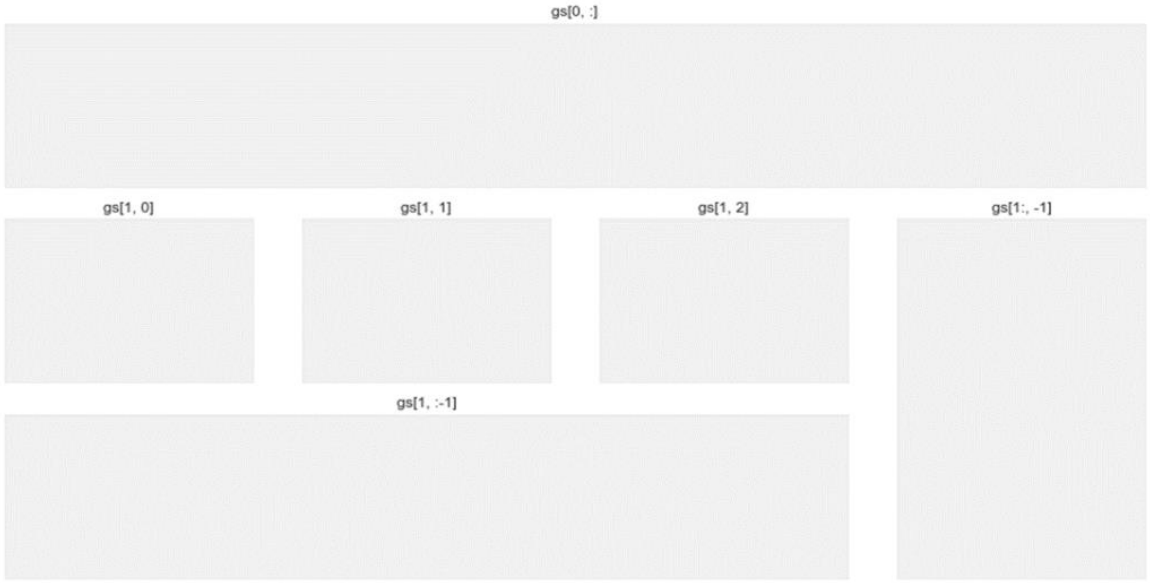
или…

```
fig = plt.figure(figsize=(16, 8))                              #задаем фигуру

ax = [None for _ in range(6)]

ax[0] = plt.subplot2grid(                                      #первый график
сетки
        (3,4),                                                  #размер сетки
= 3 ряда по 4 элемента
        (0,0),                                                       #локация
первого элемента
        colspan=4
)

ax[1] = plt.subplot2grid((3,4), (1,0), colspan=1)            #аналогично
задаем параметры остальных графиков
ax[2] = plt.subplot2grid((3,4), (1,1), colspan=1)
ax[3] = plt.subplot2grid((3,4), (1,2), colspan=1)
ax[4] = plt.subplot2grid((3,4), (1,3), colspan=1,rowspan=2) #этот график
займет 1 колонку, но 2 ряда
ax[5] = plt.subplot2grid((3,4), (2,0), colspan=3)

for num in range(6):
    ax[num].set_title(f'ax[{num}]')
    ax[num].set_xticks([])                                       #подпишем
каждый
    ax[num].set_yticks([])                                       #..и уберем
подписи осей
```



ИЛИ...

```
fig = plt.figure(figsize=(16, 8))

gs = fig.add_gridspec(3, 4)            #задаем сетку 3x4

ax = [None for _ in range(6)]

ax[0] = fig.add_subplot(gs[0, :])     #для каждого графика задаем позицию
и размер
ax[0].set_title('gs[0, :]')            #через элементы сетки
ax[1] = fig.add_subplot(gs[1, 0])
ax[1].set_title('gs[1, 0]')

ax[2] = fig.add_subplot(gs[1, 1])
ax[2].set_title('gs[1, 1]')

ax[3] = fig.add_subplot(gs[1, 2])
ax[3].set_title('gs[1, 2]')

ax[4] = fig.add_subplot(gs[1:, -1])
ax[4].set_title('gs[1:, -1]')

ax[5] = fig.add_subplot(gs[-1, :-1])
ax[5].set_title('gs[1, :-1]')

for num in range(6):
    ax[num].set_xticks([])
    ax[num].set_yticks([])
```



…или отрисовывать однотипные графики циклом/функцией (об этом ниже). Title, yticks, xticks, axes есть, поработаем над визуальным оформлением на реальных данных. В качестве них будет выступать информация о недвижимости на вторичном рынке.

```
df = pd.read_csv('df_filtered.csv', index_col=0)
df.head()
```

	Flat_type	Rooms_count	District	Street	Area	Floor	Floors_count	Price	Seller_category	Sellers_name	Photos_count	Online_check	EGRN_
0	Квартира	1.0	NaN	Буянова ул.	58.8	19	20	5700000	Агентство	NaN	4	0	
1	Квартира	2.0	р-н Самарский	Фрунзе ул.	49.1	2	2	4100000	Частное лицо	Александр	11	1	
2	Квартира-студия	1.0	р-н Промышленный	9-я просека 2-я линия	38.0	2	3	4700000	Частное лицо	Максим	4	0	
3	Квартира	3.0	NaN	Георгия Ратнера ул.	62.0	2	5	3550000	Агентство	NaN	12	0	
4	Квартира	1.0	NaN	Мориса Тореза ул.	32.0	1	9	2970000	Риелтор	Татьяна	15	1	

```
print(f"{df.shape[0]} объектов, {df.shape[1]} признаков \
\nКатегориальные признаки: \n{list(df.select_dtypes(include=['object']).columns)}")
```

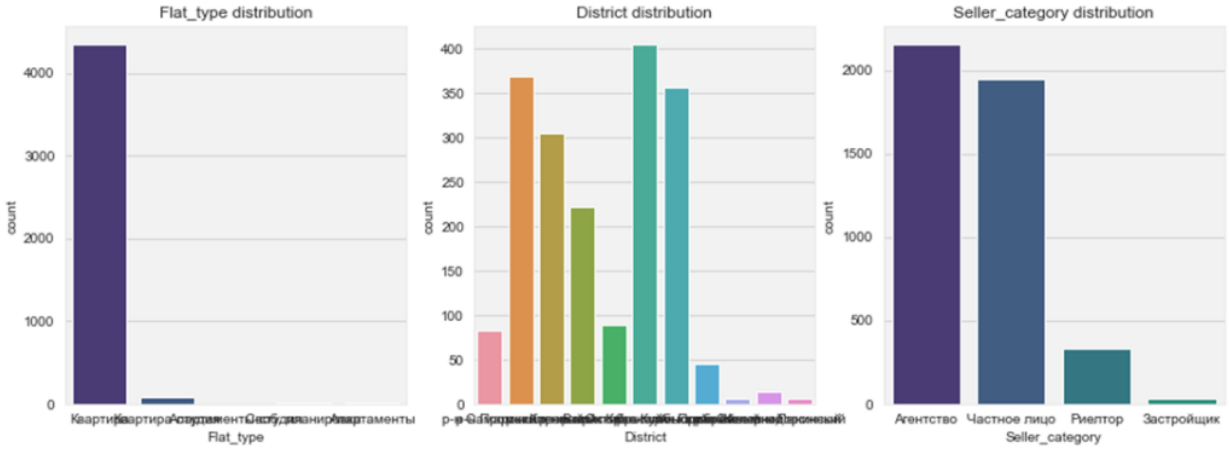
```
4460 объектов, 15 признаков
Категориальные признаки:
['Flat_type', 'District', 'Street', 'Seller_category', 'Sellers_name', 'Photos_count']
```

Как мы видим, в таблице содержится информация о почти 4,5 тыс. объектов недвижимости, категориальные признаки: Тип объекта недвижимости, Район, Улица, Категория продавца, Количество фотографий.

Я хочу посмотреть на графики распределений для типа жилья, района и категории продавца, отрисуем сразу все

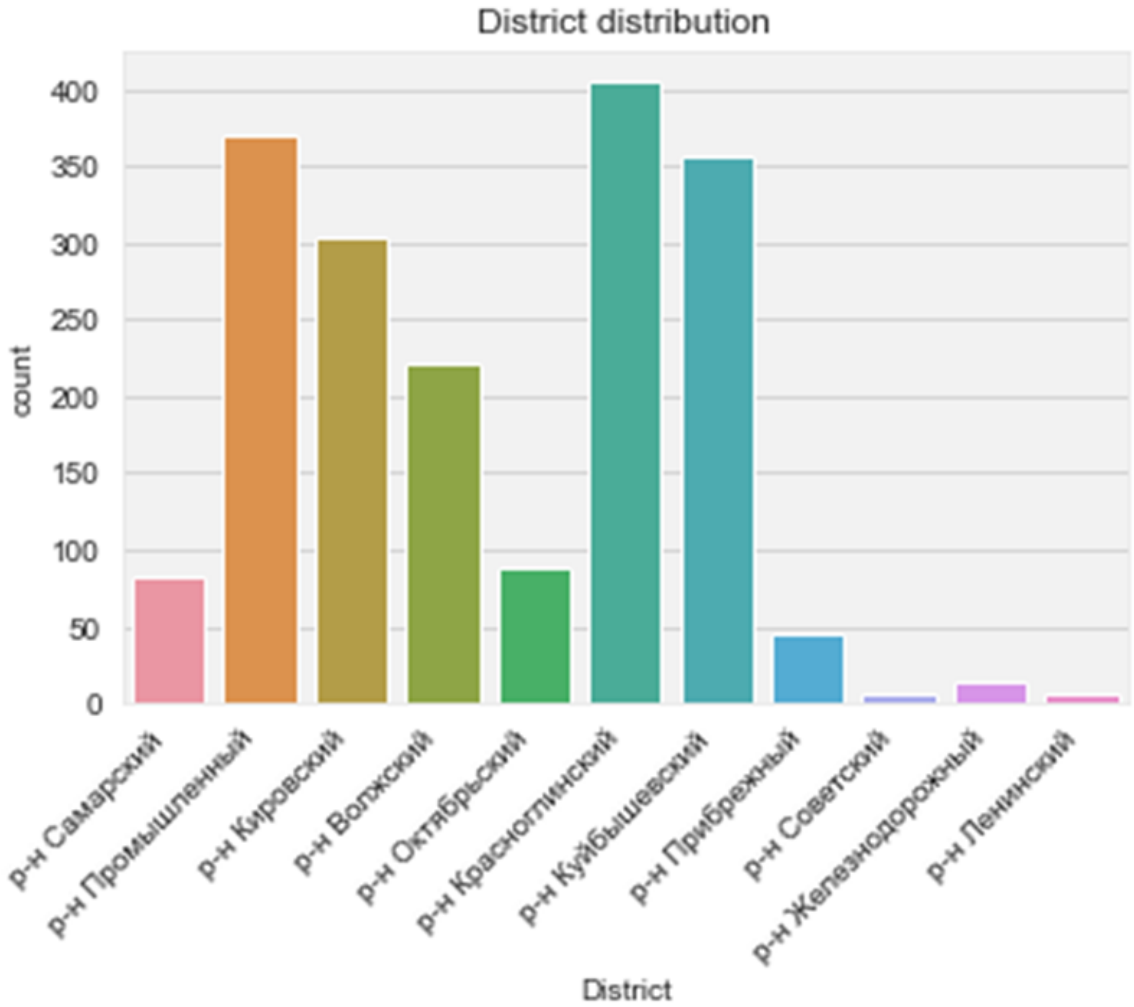
```
cat_data = df.select_dtypes(include=['object']).columns[[0, 1, -3]] #выбираем колонки с типом жилья, районом и продавцом

fig, ax = plt.subplots(1, 3, figsize=(15, 5)) #создаем фигуру 'fig' размером 15x5 дюймов
#в ней будет 1 ряд из 3х осей (графиков) 'ax'
```

```
        for num, col in enumerate(cat_data):          #отрисовываем в цикле, даем
название
            sns.countplot(data = df, x = col, ax = ax[num])
            ax[num].set_title(f'{col} distribution')
```



Первая проблема — все районы слились в один. Вторая — то же произошло с типом жилья. Можно повернуть подписи:

```
        ax = sns.countplot(data = df, x = 'District')
        ax.set_title('District distribution')
        ax.set_xticklabels(ax.get_xticklabels(),     rotation=45,     ha='right')
#поворачиваем подписи
```



…или графики, передав ось X на Y:

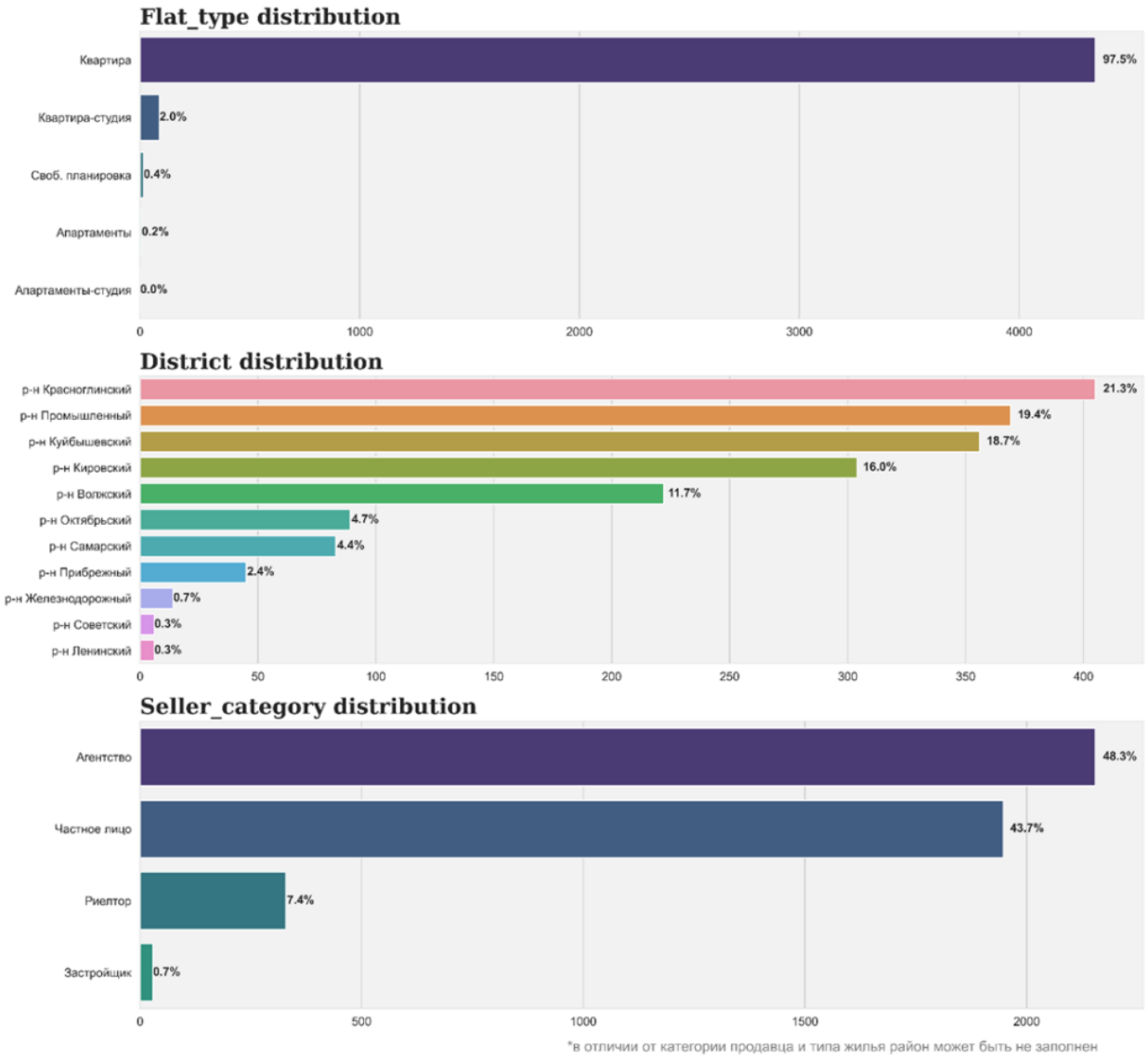
```
fig, ax = plt.subplots(3, 1, figsize=(15, 15))    #сделаем 3 ряда по 1 графику, чтобы они не мешали друг другу

for num, col in enumerate(cat_data):
    sns.countplot(
        data = df,
        y = col,
        ax = ax[num],
        order = df[col].value_counts().index        #передадим порядок сортировки
    )
    ax[num].set_title(f'{col} distribution')
```

Поиграемся немного со шрифтами и цветом:

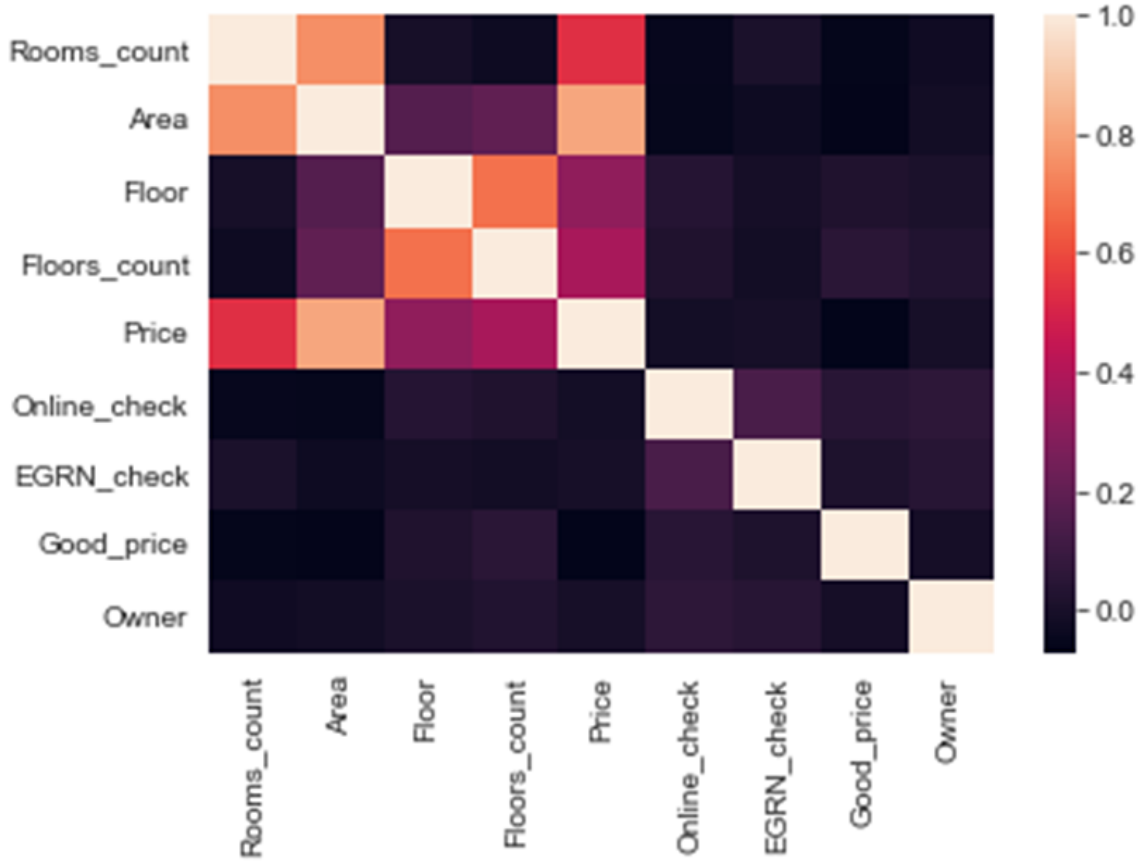
```
sns.set_palette('viridis') #выбираем цветовую схему
sns.set_style('whitegrid') #и фон
```

Цветовую схему можно не только выбрать из предустановленных https://matplotlib.org/stable/tutorials/colors/colormaps.html, но и создать самостоятельно https://matplotlib.org/stable/tutorials/colors/colormap-manipulation.html

```
    sns.set_style({
        'axes.facecolor': '.95',      #яркость фона в диапазоне [0-1]
        'axes.edgecolor':'.9'         #яркость рамок в диапазоне [0-1]
    })
    fig, ax = plt.subplots(3, 1, figsize=(15, 15), dpi = 500)     #увеличим
разрешение

    for num, col in enumerate(cat_data):
        sns.countplot(
            data = df,
            y = col,
            ax = ax[num],
            order = df[col].value_counts().index
        )

        ax[num].set(xlabel=None, ylabel=None)     #уберем подписи осей
        ax[num].set_title(f'{col}  distribution',fontdict=  {       #зададим
размер, шрифт и положение заголовков
            'fontsize': 18, 'fontweight':'bold', 'fontfamily':'serif'
        }, loc = 'left')

        counts = df[col].value_counts()
        for i, j in enumerate(counts.index):
            ax[num].annotate(                                 #подставим проценты
            f'{counts[j] / counts.sum():.1%}',              #(первый аргумент
- текст,
            xy=(counts[j] + 0.008*counts[j], i),          #второй аргумент -
его место на графике - x,y)
            va = 'center',
            fontweight='bold'
            )

    plt.suptitle(                                            #...и комментарий
        '*в отличии от категории продавца и типа жилья район может быть не
заполнен',
        x=0.66, y=0.1, color='gray'
    );
```



Ок, мы увидели распределение, теперь настроим тепловую карту матрицы корреляции. Сначала с дефолтными параметрами:



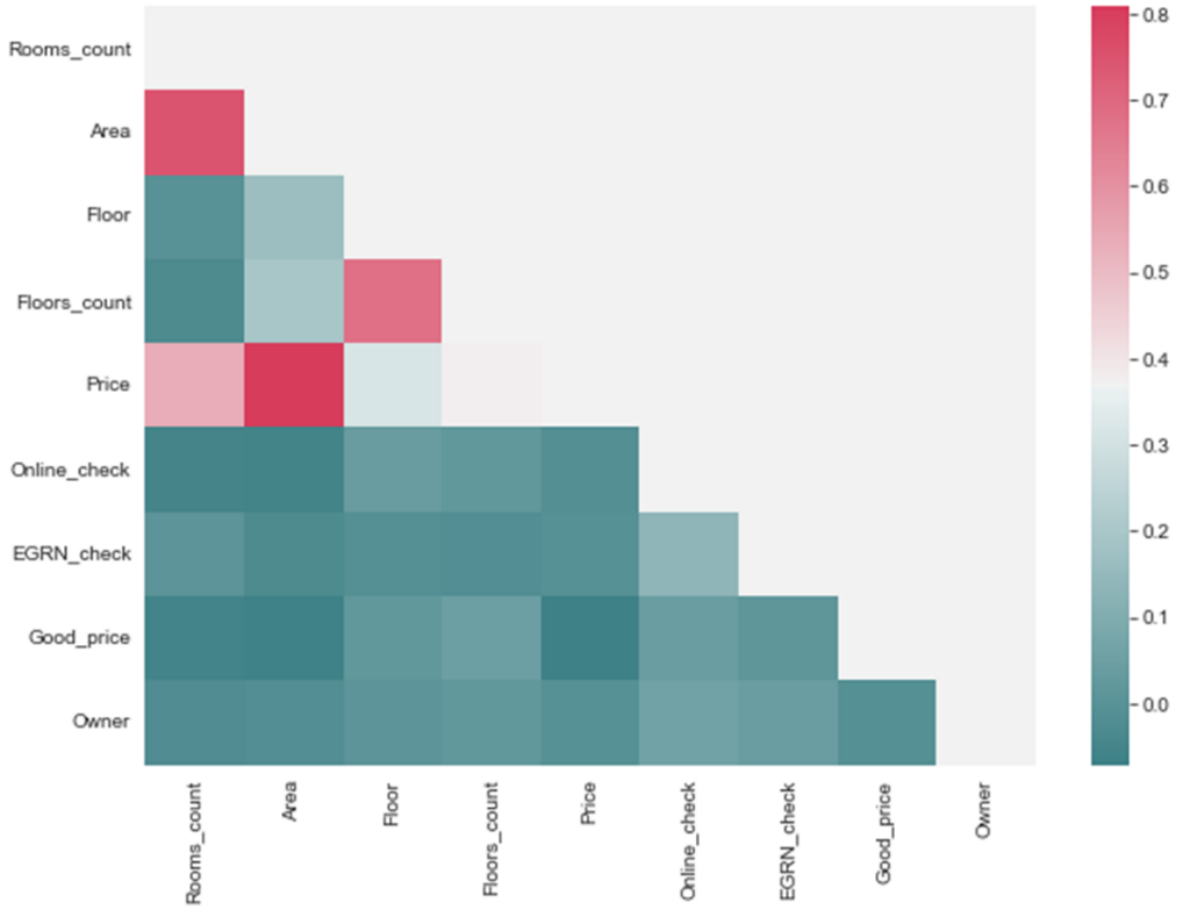
Кстати, символ «;» позволяет избавиться от подписи объекта.

```
sns.heatmap(df.corr())
```

```
<AxesSubplot:>
```

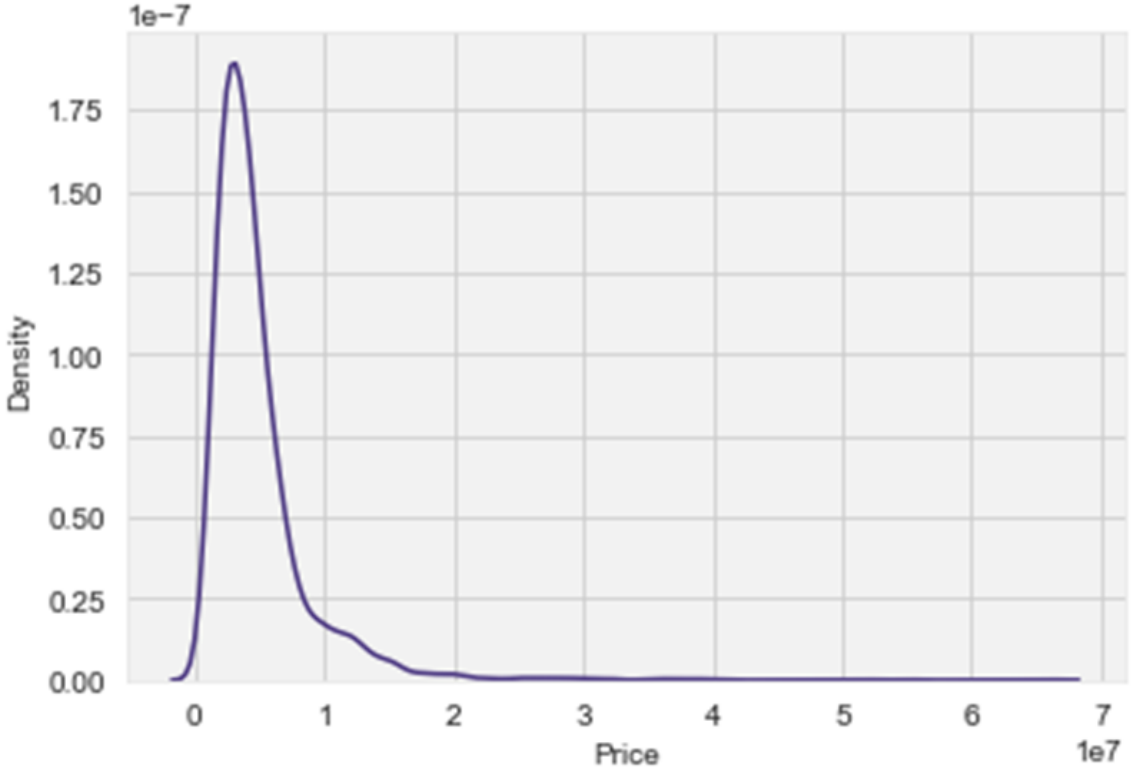
Чем светлее секция — тем выше линейная зависимость признаков. Цена сильно зависит от площади и количества комнат, что очевидно. Увеличим график и поиграем с цветами:

```
plt.figure(figsize=(10, 7))             #задаем размер
cmap = sns.diverging_palette(200, 5, as_cmap=True)    #цветовую палитру
mask = np.zeros_like(df.corr(), dtype=bool)
mask[np.triu_indices_from(mask)] = True          #оставим половину карты
(инфо дублируется)

sns.heatmap(df.corr(), mask=mask, cmap=cmap);
```



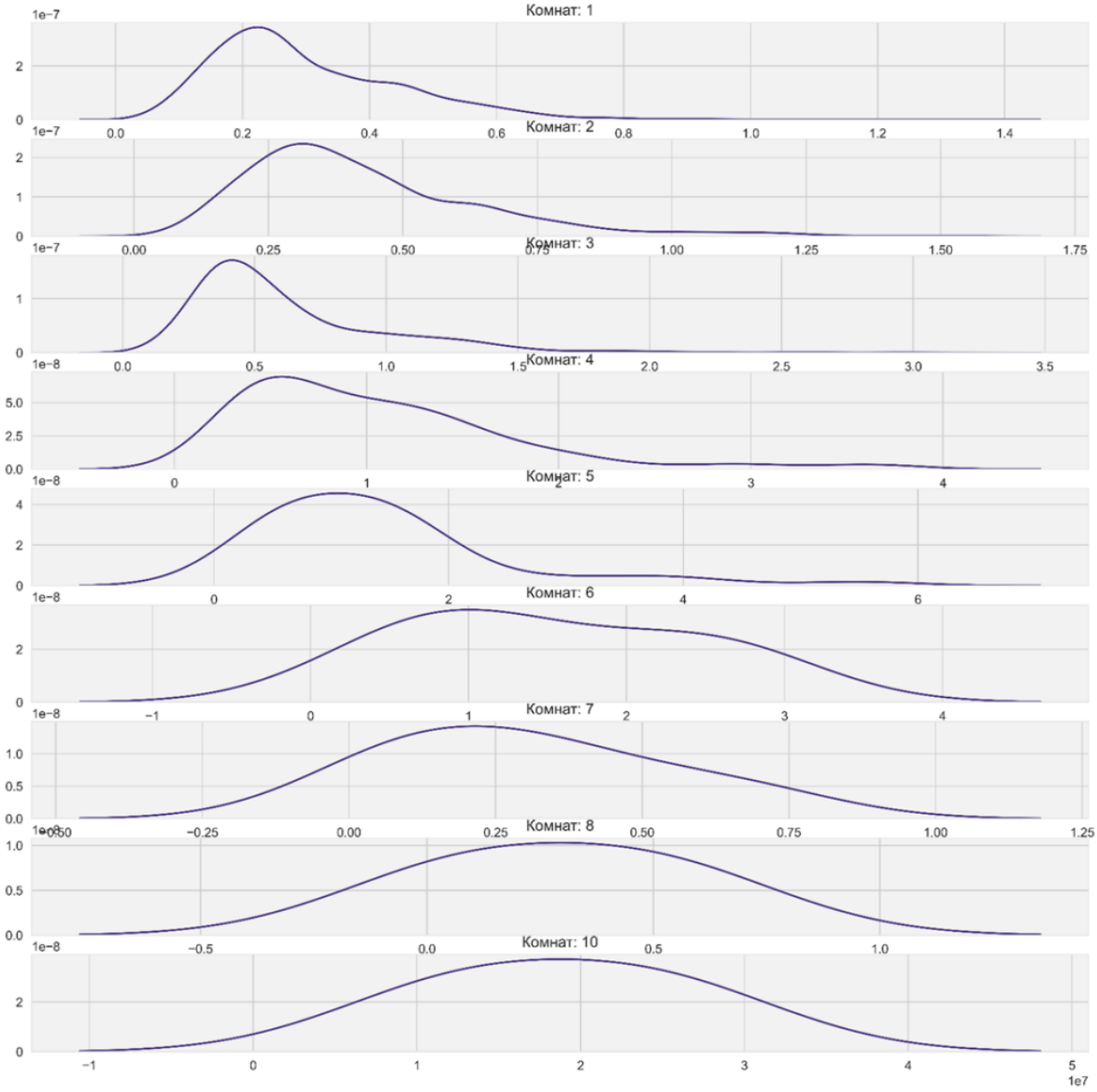
Теперь посмотрим на плотность распределения цен:

```
sns.kdeplot(df['Price']);
```



В разрезе количества комнат:

```
rooms = sorted(df[df['Rooms_count'].notnull()]['Rooms_count'].unique())

fig, ax = plt.subplots(len(rooms), 1, figsize=(15, 15), dpi = 500)

for r, idx in zip(rooms, range(len(rooms))):
    sns.kdeplot(x = 'Price', data = df[df['Rooms_count'] == r], ax = ax[idx])
    ax[idx].set(xlabel=None, ylabel=None)
    ax[idx].set_title(f'Комнат: {int(r)}')
```

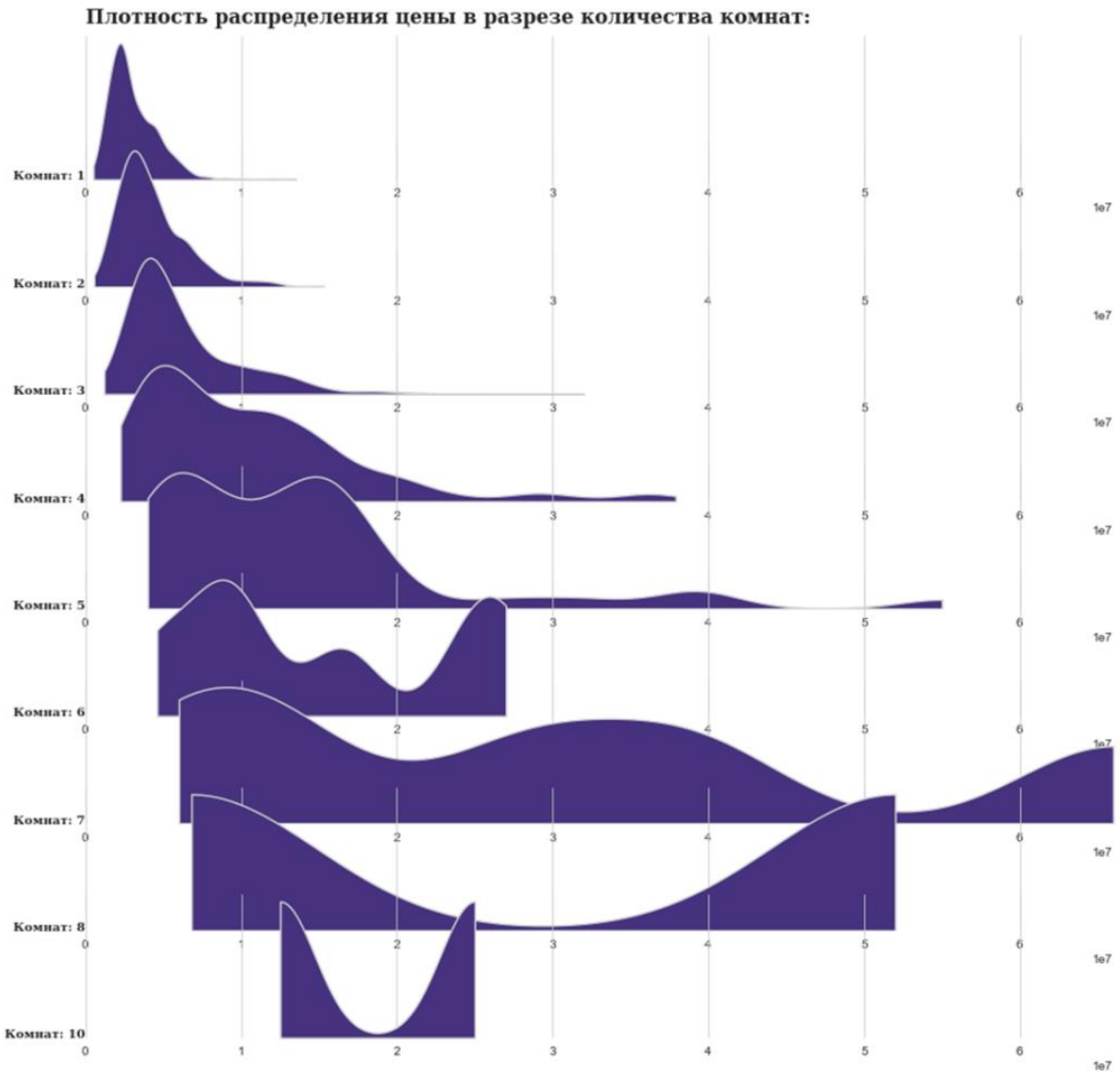


В глаза бросаются 2 вещи: несовпадение по оси X и перекрытие названия снизу подписями по оси X выше. Отрисуем заново через add_gridspec:

```
fig = plt.figure(figsize=(15, 15))
gs = fig.add_gridspec(len(rooms),1)
gs.update(hspace= -0.25)

axes = []

for idx, r in zip(range(len(rooms)), rooms):
    axes.append(fig.add_subplot(gs[idx, 0]))
```

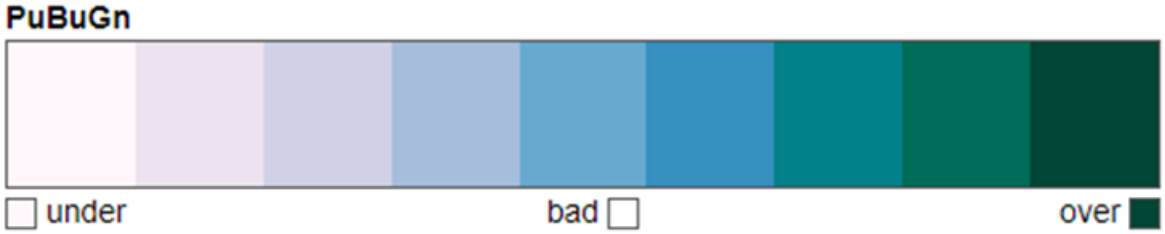
```
        sns.kdeplot(x='Price',  data=df[df['Rooms_count']  ==  r],  #каждый
график будет закрашен
                    fill=True, ax=axes[idx], cut=0, bw_method=0.25, #контур
светло-серый
                    lw=1.4, edgecolor='lightgray', alpha=1)

        axes[idx].set_xlim(0, max(df['Price']))#отмасштабируем графики по
                                               #единой шкале X

        axes[idx].set_xticks([])               #по осям не будет шкал
        axes[idx].set_yticks([])
        axes[idx].set_ylabel('')               #и подписей
        axes[idx].set_xlabel('')

        spines = ['top','right','left','bottom'] #и границ
        for spine in spines:
            axes[idx].spines[spine].set_visible(False)

        axes[idx].patch.set_alpha(0)
        axes[idx].text(0,0,f'Комнат:      {int(r)}',      fontweight='bold',
fontfamily='serif',
        fontsize=10, ha='right')

    fig.text(0.125,0.89, 'Плотность распределения цены в разрезе количества
комнат:', fontweight='bold', fontfamily='serif', fontsize=16);
```

В данном случае (мы смотрим на плотность распределения) нас интересует визуальная часть, поэтому абсолютными значениями и шкалами мы можем пренебречь:



Добавим градиентную заливку. Для этого выберем colormap (например, PuBuGn) и с помощью функции get_cmap обратимся к нему и скажем, сколько хотим цветов (в нашем случае по количеству вариантов rooms):

```
matplotlib.cm.get_cmap('PuBuGn', len(rooms))
```

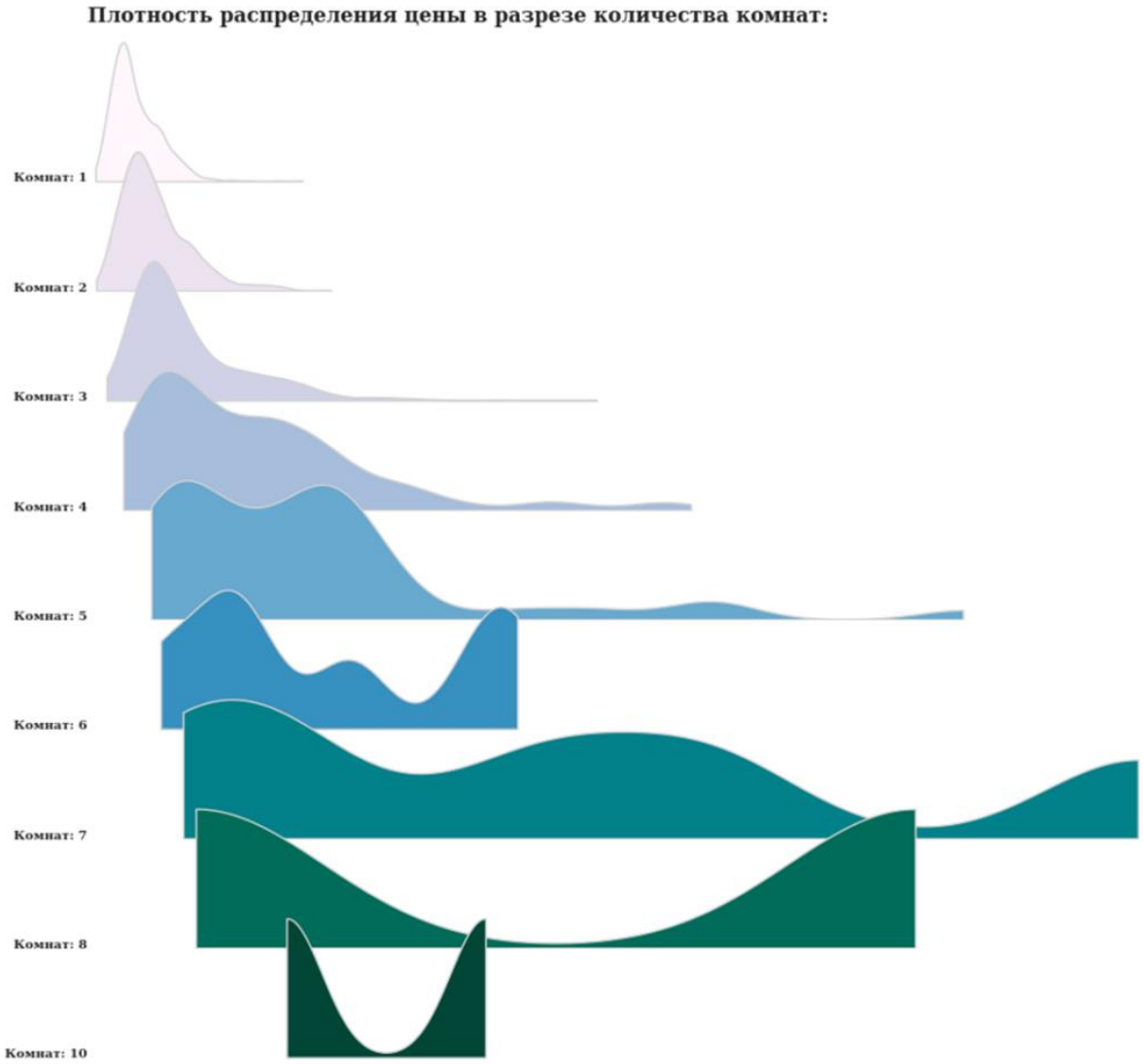


С помощью rgb2hex нужно перевести полученные цвета (они в формате rgba) в необходимый нам формат (hex):

```
matplotlib.cm.get_cmap('PuBuGn', len(rooms))
colors = []

for i in range(cmap.N):
    rgb = cmap(i)[:3]
    colors.append(matplotlib.colors.rgb2hex(rgb))
```

…и добавить в список, элементы которого мы будем передавать в качестве аргумента при построении графика:

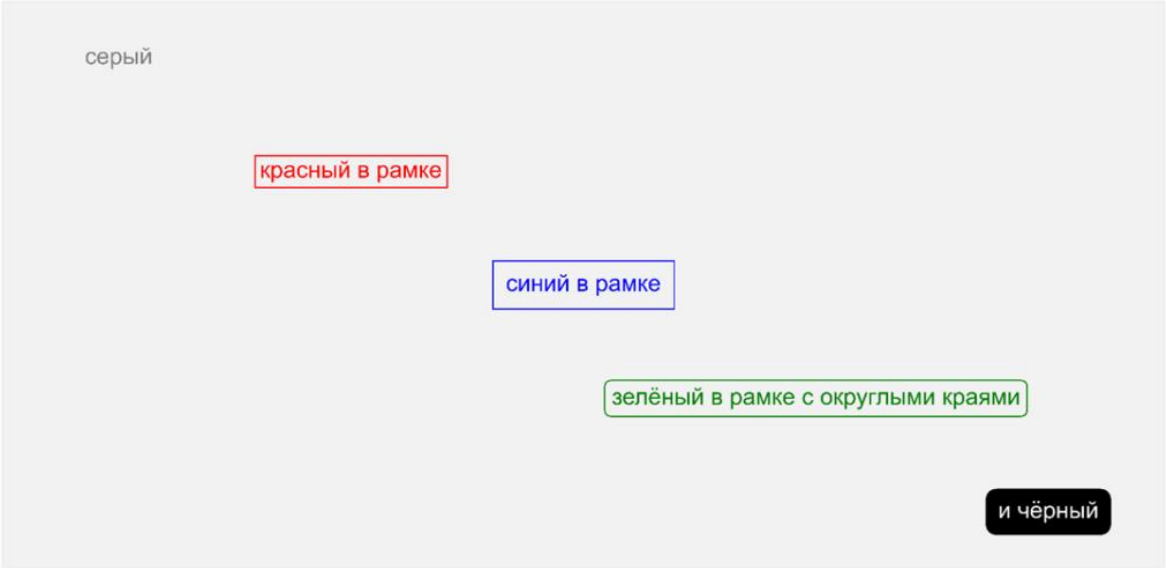
```
fig = plt.figure(figsize=(15, 15))
gs = fig.add_gridspec(len(rooms),1)
gs.update(hspace= -0.25)

axes = []

for idx, r, c in zip(range(len(rooms)), rooms, colors): #список цветов
    axes.append(fig.add_subplot(gs[idx, 0]))

    sns.kdeplot(x='Price', data=df[df['Rooms_count'] == r],
                fill=True, ax=axes[idx], cut=0, bw_method=0.25,
                lw=1.4,    color=c,    edgecolor='lightgray',    alpha=1)
#передаем элементы в функцию

    axes[idx].set_xlim(0, max(df['Price']))

    axes[idx].set_xticks([])
    axes[idx].set_yticks([])
    axes[idx].set_ylabel('')
    axes[idx].set_xlabel('')

    spines = ['top','right','left','bottom']
    for spine in spines:
        axes[idx].spines[spine].set_visible(False)

    axes[idx].patch.set_alpha(0)
    axes[idx].text(0,0,f'Комнат:      {int(r)}',      fontweight='bold',
fontfamily='serif',
    fontsize=10, ha='right')

fig.text(0.125,0.89, 'Плотность распределения цены в разрезе количества
комнат:', fontweight='bold', fontfamily='serif', fontsize=16);
```



Также стоит остановиться у функции text – она позволяет без привязки к осям, заголовку или графику прокомментировать элемент:

```
fig, ax = plt.subplots(figsize=(16, 8), dpi=500)     #фигура, размер, разрешение


ax.text(
    0.1,  #позиция по оси X
    0.9,  #позиция по оси Y
    'серый',   #текст
    color='gray', #цвет
    va='center',  #центрируем по вертикали
    ha='center',  #и горизонтали
    fontsize=18   #размер шрифта
)

ax.text(0.3,  0.7,  'красный  в  рамке',  color='red',  va='center', ha='center', #аналогично + параметры рамки
            bbox=dict(facecolor='none', edgecolor='red'), fontsize=18)

ax.text(0.5,  0.5,  'синий  в  рамке',  color='blue',  va='center', ha='center',
            bbox=dict(facecolor='none',     edgecolor='blue',     pad=10.0), fontsize=18)
```

```
      ax.text(0.7, 0.3, 'зелёный в рамке с округлыми краями', color='green',
va='center', ha='center',
              bbox=dict(facecolor='none',                    edgecolor='green',
boxstyle='round'), fontsize=18)

      ax.text(0.9, 0.1, 'и чёрный', color='white', va='center', ha='center',
              bbox=dict(facecolor='black',                   edgecolor='black',
boxstyle='round', pad=0.5), fontsize=18)

      ax.set_xticks([])
      ax.set_yticks([])
```



Как итог — библиотека matplotlib позволяет строить графики любых, даже самых сложных форм, а впоследствии настраивать их так, чтобы добиться максимальной читаемости и информативности.

Практическое занятие 4

Обработка xml-документов на базе стандартной библиотеки xml.etree. ElementTree на Python

Часто случается так, что данные с интернет ресурсов/внутренних корпоративных систем попадают к нам в виде xml-файлов. И хорошо, когда эти файлы читаются/помещаются в excel и скорость работы Вас удовлетворяет. Но что делать, если данных очень много, excel вываливается с ошибкой, ну или даже простой =ВПР() при дальнейшей отработке предлагает Вам выпить кофе, пока он обрабатывает данные, попутно фактически блокируя работу компьютера, ну а Pandas попросту не воспринимает документ как таблицу и тоже отказывается работать с ним?

Пример такого xml-документа — ниже:

```
<?xml version="1.0"?>
<?mso-application progid="Excel.Sheet"?>
<Workbook xmlns="urn:schemas-microsoft-com:office:spreadsheet"
 xmlns:v="urn:schemas-microsoft-com:vml"
 xmlns:o="urn:schemas-microsoft-com:office:office"
 xmlns:x="urn:schemas-microsoft-com:office:excel"
….
<Worksheet ss:Name="Sheet1">
  <Table     ss:ExpandedColumnCount="29"     ss:ExpandedRowCount="72319"
x:FullColumns="1"
   x:FullRows="1">
   <Column ss:StyleID="s62" ss:AutoFitWidth="0" ss:Span="4"/>
   <Column ss:Index="6" ss:StyleID="s62" ss:Width="53.25"/>
   <Column ss:StyleID="s62" ss:AutoFitWidth="0" ss:Span="19"/>
   <Column ss:Index="27" ss:StyleID="s62" ss:Width="53.25" ss:Span="1"/>
   <Column ss:Index="29" ss:StyleID="s62" ss:AutoFitWidth="0"/>
   <Row>
<Row>
    <Cell><Data ss:Type="String">123945</Data></Cell>
    <Cell><Data ss:Type="String"Иванов Иван Иванович </Data></Cell>
...
    <Cell          ss:Index="26"><Data          ss:Type="String">пример
текста</Data></Cell>
    <Cell       ss:StyleID="s64"><Data       ss:Type="DateTime">2008-10-
06T00:00:00.000</Data></Cell>
    <Cell       ss:StyleID="s64"><Data       ss:Type="DateTime">1998-07-
23T00:00:00.000</Data></Cell>
    <Cell><Data ss:Type="String">111222</Data></Cell>
   </Row>
…
```

В коде видно, что в шапке файла явно указана схема, на основе которой спроектирован xml-файл — xmlns:x=»urn:schemas-microsoft-com:office:excel». Стандартной загрузки такого рода xml-документов в Pandas на текущий момент не существует.

Я покажу, как с помощью стандартной библиотеки xml.etree.ElementTree загрузить данные или в Pandas, или в SQL-таблицу (в нашем случае — в БД Oracle) для дальнейшего анализа.

Импортируем необходимые модули:

```
import pandas as pd
import time
import datetime as dtm
import xml.etree.ElementTree as etree
import cx_Oracle
```

Загружаем xml-файл:

```
tree = etree.parse("D:\IN\File.xml")
root = tree.getroot()
```

Проверяем, что все загружено как надо:

```
for child in root:
    print(child.tag, child.keys(), child.items())
```

Данный код возвращает результат в формате ключ-значение:

```
{urn:schemas-microsoft-com:office:office}DocumentProperties [] []
{urn:schemas-microsoft-com:office:office}OfficeDocumentSettings [] []
{urn:schemas-microsoft-com:office:excel}ExcelWorkbook [] []
{urn:schemas-microsoft-com:office:spreadsheet}Styles [] []
{urn:schemas-microsoft-com:office:spreadsheet}Worksheet ['{urn:schemas-
microsoft-com:office:spreadsheet}Name'] [('{urn:schemas-microsoft-
com:office:spreadsheet}Name', 'Sheet1')]
{urn:schemas-microsoft-com:office:spreadsheet}Worksheet ['{urn:schemas-
microsoft-com:office:spreadsheet}Name'] [('{urn:schemas-microsoft-
com:office:spreadsheet}Name', 'Sheet2')]
{urn:schemas-microsoft-com:office:spreadsheet}Worksheet ['{urn:schemas-
microsoft-com:office:spreadsheet}Name'] [('{urn:schemas-microsoft-
com:office:spreadsheet}Name', 'Sheet3')]
```

Далее приступаем к этапу обработки и загрузки данных. С помощью XPath выбираем все элементы из тега Row:

```
for child in root.iterfind('.//{urn:schemas-microsoft-
com:office:spreadsheet}Row')
```

В самом xml-файле есть пустые поля и в следующем непустом поле с тегом Cell будет присутствовать атрибут Index с номером текущего поля <Cell ss:Index=»26″>:

```
if(str(cell.attrib.keys()).find('Index') > 0):
            indx = int((cell.attrib.get('{urn:schemas-microsoft-
com:office:spreadsheet}Index')))
```

Записываем данные в БД:

```
if(kol_zp > 1):
v_cursor.execute(query_inz, [cell_r[0], cell_r[1], cell_r[2], cell_r[3],
cell_r[4], dtm.datetime.strptime(cell_r[5], "%Y-%m-%dT%H:%M:%S.%f"),
cell_r[6], cell_r[7], cell_r[8], cell_r[9], cell_r[10], cell_r[11], cell_r[12],
cell_r[13], cell_r[14], cell_r[15], cell_r[16], cell_r[17], cell_r[18],
cell_r[19], cell_r[20], cell_r[21], cell_r[22], cell_r[23], cell_r[24],
cell_r[25], dtm.datetime.strptime(cell_r[26], "%Y-%m-%dT%H:%M:%S.%f"),
dtm.datetime.strptime(cell_r[27], "%Y-%m-%dT%H:%M:%S.%f"), cell_r[28]])
```

Если дата нужна в формате даты/времени – используем стандартный python-модуль datetime. В противном случае можно оставить атрибут в текстовом формате, а

преобразование выполнять уже в конечной системе. Например, в базе данных. Я корректирую форматы атрибутов сразу:

```
dtm.datetime.strptime(cell_r[26], "%Y-%m-%dT%H:%M:%S.%f")
```

Если есть необходимость проводить дальнейший анализ в Pandas — импортируем полученный список списков в DataFrame:

```
df = pd.DataFrame(cell_cell)
df.head()
```

Готово! Данные готовы для дальнейшей отработки. Если данные импортируются в БД, то не забываем закрывать соединение.

```
v_cursor.close()
v_connect.close()
print(f'Выполнение за: {time.time() - t0:.1f} sec')
```

Полный блок обработки xml-документа приведен ниже:

```
#Главная
run_time = time.time()
kol_zp=0
#список списков
cell_cell = []
for       child       in       root.iterfind('.//{urn:schemas-microsoft-
com:office:spreadsheet}Row'):
          kol_zp += 1
          cell_r = []
          row_children = child.getchildren()
          #
          con_cl=0
          for cell in row_children:
              con_cl += 1
              if(str(cell.attrib.keys()).find('Index') > 0):
                  indx     =     int((cell.attrib.get('{urn:schemas-microsoft-
com:office:spreadsheet}Index')))
                  if(con_cl < indx):
                      rz_c = indx-con_cl
                      for i in range(rz_c):
                          cell_r.append('0')
                          con_cl += 1
              cell_children = cell.getchildren()
              for cell_sh in cell_children:
                  cell_r.append(cell_sh.text)
                  #cell_r.append(con_cl)
          #список списков
          cell_cell.append(cell_r)
          if(kol_zp > 1):
              v_cursor.execute(query_inz,  [cell_r[0],  cell_r[1],  cell_r[2],
cell_r[3], cell_r[4],
                                            dtm.datetime.strptime(cell_r[5],   "%Y-
%m-%dT%H:%M:%S.%f"), cell_r[6], cell_r[7], cell_r[8], cell_r[9],
                                            cell_r[10],   cell_r[11],   cell_r[12],
cell_r[13], cell_r[14],
                                            cell_r[15],   cell_r[16],   cell_r[17],
cell_r[18], cell_r[19],
                                            cell_r[20],   cell_r[21],   cell_r[22],
cell_r[23], cell_r[24],
                                            cell_r[25],
dtm.datetime.strptime(cell_r[26], "%Y-%m-%dT%H:%M:%S.%f"),
```

```
                                        dtm.datetime.strptime(cell_r[27],  "%Y-
%m-%dT%H:%M:%S.%f"), cell_r[28]
                                    ])
      #Ограниечение на количество записей
          if(kol_zp == 20):
              break
      #
      v_connect.commit()
```

Практическое занятие 5

CIM модель

В последние годы большой интерес среди разработчиков ПО для электроэнергетики вызывает использование спецификации ***Общей Информационной Модели*** (Common Information model, CIM) в приложениях для электроэнергетики. Эта модель ориентирована на использование диспетчерскими службами предприятий и оперирует коммутационным представлением схемы и операций в ней.

В этом она идеологически похожа на программный комплекс Модус, где в единой графической системе завязаны оборудование и его характеристики, их графическое представление, и данные о топологии схемы.

Комплекс Модус имеет возможность экспорта данных в формат CIM XML. Для этого в пятой версии была проведена серьезная переработка ядра системы, в ходе которой, во-первых, были разделены классы, представляющие данные технологических объектов (технологические классы), и классы, обеспечивающие их графическое представление, и во-вторых, наименование технологических классов и их атрибутов были сопоставлены классам и атрибутам в модели CIM.Поэтому Модус модно рассматривать как средство Data Engeneering CIM-модели, однако для практического использования на предприятии необходимо:1. Согласовать и реализовать профиль CIM-модели, принятый на предприятии. Сейчас Модус ориентирован на поддержку профиля, принятого ФСК.2. Реализовать программный интерфейс между Модус и интеграционной шиной CIM предприятия. Заранее такой интерфейс со стороны Модус разработать нельзя, так на разных предприятиях могут быть разные реализации интеграционной шины.

К сожалению, в спецификации CIM отсутствуют требования к графическому представлению элементов на схеме, хотя бы с указанием их относительного геометрического положения. Разработчики стандарта CIM предлагают пользоваться сторонними форматами графического представления, например основанном на XML графическим форматом SVG (Scalable Vector Graphics).

Это означает, что нельзя однозначно сконвертировать схему, представленную в CIM- модели, в схему Модус, так как отсутствует информация о взаимном расположении элементов схемы.

Еще одной проблемой является то, что в CIM модели отсутствуют многие типы объектов, важные для описания схемы, например измерительные трансформаторы, выключатели нагрузки и много другое. Разработчики CIM предлагают в этом случае делать собственные расширения модели, однако при этом теряется совместимость между расширениями разных разработчиков. Поэтому представляется целесообразным делать такие расширения

согласованно. Мы планируем использовать расширения, разработанные Департаментом информационных технологий ФСК.

В дальнейшем планируется поддержка COM и CORBA интерфейсов CIM к приложениям Модус. Однако сейчас эта работа затруднена из-за отсутствия общедоступных приложений для просмотра данных, представленных таким образом.

Материалы:

Программа просмотра моделей CIM:

http://office.swman.ru/download/users/swame/cim/CIMSpy2.0.zip

Программа для верификации моделей

http://office.swman.ru/download/users/swame/cim/cimvt1.1.zip

Примеры моделей.

testcim.xml – модель-пример из поставки CIMSpy

pc572.sde - схема подстанции в Модусе

pc572_cim.xml - сформированная CIM

Тренэнерго3l1.sde - схема сети в Модусе

Тренэнерго3l1_CIM.XML сформированная CIM

https://office.swman.ru/download/users/swame/cim/cimexamples.rar

Практическое занятие 6-7

Применение цифровых двойников

Цифровизация в промышленности в настоящее время ведет интенсивное развитие благодаря росту и развитию встроенных микропроцессоров, средств хранения данных, интеграции сложных компонентов или подсистем в большие комплексы (интернет вещей, умные среды обитания и т.д.). Одним из направлений работ отечественных и зарубежных ученых является организация взаимодействия между цифровыми и реальными системами с помощью технологий цифровых двойников (ЦД) и киберфизических систем (КФС).

На текущий момент времени однозначного и общепринятого определения понятия «киберфизическая система» нет. В различных исследованиях и стандартах можно встретить множество формулировок. Приведем некоторые из них:

• КФС - это умные системы, которые включают в себя спроектированные (инженерные) интерактивные сети, состоящие из физических и коммуникационных компонентов [1];

• КФС состоит из вычислительных, коммуникационных и управляющих компонентов, тесно взаимодействующих с физическими процессами различной природы (механическими, электрическими и химическими) [2];

• КФС - это интеллектуальные робототехнические системы, связанные с Интернетом вещей, или технические системы сетевых компьютеров, роботов и искусственного интеллекта, которые взаимодействуют с физическим миром [3];

• КФС - это система взаимодействующих вычислительных элементов, управляющих физическими объектами, включая гуманоидных роботов, искусственный интеллект (AI), Интернет вещей (IoT) и любое устройство или машину, которые подключены к сети информации [4].

Из всех имеющихся определений можно выделить общие характеристики КФС, а именно наличие в ее составе как реальных, так и виртуальных подсистем, взаимодействующих друг с другом.

Термин «цифровой двойник» также не имеет общепринятого определения. Среди них можно выделить следующие:

• ЦД — это виртуальное представление продукта или рабочего процесса на протяжении всего его жизненного цикла [5];

• ЦД — виртуальная копия реального объекта, которая ведет себя так же, как реальный объект. В нем в режиме реального времени отражаются все процессы, происходящие с физическим объектом [6];

• ЦД - это реальное отображение всех компонентов в жизненном цикле объекта с использованием физических данных, виртуальных данных и данных взаимодействия между ними. ЦД объединяет в себе информацию о показателях функционирования объекта, его детальную математическую модель, параметры которой уточняются с помощью реальных данных. [7].

Обобщая вышесказанное необходимо отметить, что ЦД – это виртуальная модель объекта и происходящих в нем процессов, которая взаимодействует с реальным объектом для сбора информации.

Нетрудно заметить, что определения КФС и ЦД в значительной степени схожи, поэтому при изучении данной тематики можно ориентироваться на оба термина. Однако необходимо отметить, что некоторые различия все же есть, а именно КФС включает в себя и виртуальные, и реальные системы, а ЦД – только виртуальные. Это позволяет сделать вывод, что ЦД может считаться частью киберфизической системы, что не противоречит возможности использования обоих понятий для поиска необходимой информации.

В дальнейшем в работе будет использоваться понятие «цифровой двойник», т.к. оно является более узким. Важно отметить, что выделяют три типа ЦД [8]:

1. Двойник-прототип (Digital Twin Prototype). Это виртуальный аналог реально существующего элемента. Он содержит информацию, которая описывает определенный элемент на всех стадиях жизненного цикла— начиная от требований к производству и технологических процессов при эксплуатации, заканчивая требованиями к утилизации элемента. Наиболее характерными решениями в рамках данного направления являются созданные в САПР высокого уровня и максимально полно задокументированные 3Dмодели изделий, необходимые для их производства.

2. Двойник-экземпляр (Digital Twin Instance). Содержит в себе информацию по описанию элемента (оборудования), то есть данные о материалах, комплектующих, информацию от системы мониторинга оборудования. Этот тип чаще всего основан на математической модели системы.

3. Агрегированный двойник (Digital Twin Aggregate). Объединяет прототип и экземпляр, то есть собирает всю доступную информацию об оборудовании или системе.

а)

б)

Рис. 1. Примеры фрагментов энергосистемы в киберфизической 3D-модели [10]:
а - изображение подстанции и части ЛЭП;
б - изображение участка ЛЭП

В начале необходимо отметить наличие публикаций по схожей тематике, среди которых необходимо выделить работу [9]. Тем не менее, учитывая темпы развития исследуемого направления, вопрос с каждым годом становится актуальнее. Наиболее простым способом применения ЦД является использование их для помощи в работе оператора. Авторами статьи [10] предлагается заменить мнемосхемы на киберфизическую 3D-модель с использованием технологии виртуальной реальности, что позволит добиться увеличения числа контролируемых факторов без увеличения психических нагрузок на управляющий персонал. Ландшафт, опоры, провода, оборудование, а также их состояние и параметры окружающей среды в реальном времени будут отображаться в виде 3D моделей (Рис.1) с точной привязкой к местности, что упрощает восприятие данной информации энергодиспетчером [10]. ЦД применяются и при проектировании оборудования. В работе [11] рассматривается применение ЦД вместо существующих математических моделей комплектования деталей роторных

пакетов в интегрированных САПР для разработки роторов газотурбинных двигателей, что позволяет преодолеть высокие требования к вычислительным ресурсам и эффект комбинаторного взрыва при увеличении числа деталей в пакете.

Пример создания с помощью Ansys Electronics Desktop создана цифровая модель гидрогенератора (Рис.2), которая не только позволяет рассчитать магнитные характеристики агрегата, но и учесть влияние электронной системы управления на ее работу. В результате, при создании физического объекта установлено, что созданная цифровая модель достаточно точно воссоздает реальную электрическую машину и может быть использована для анализа при проектировании генераторов данного типа.

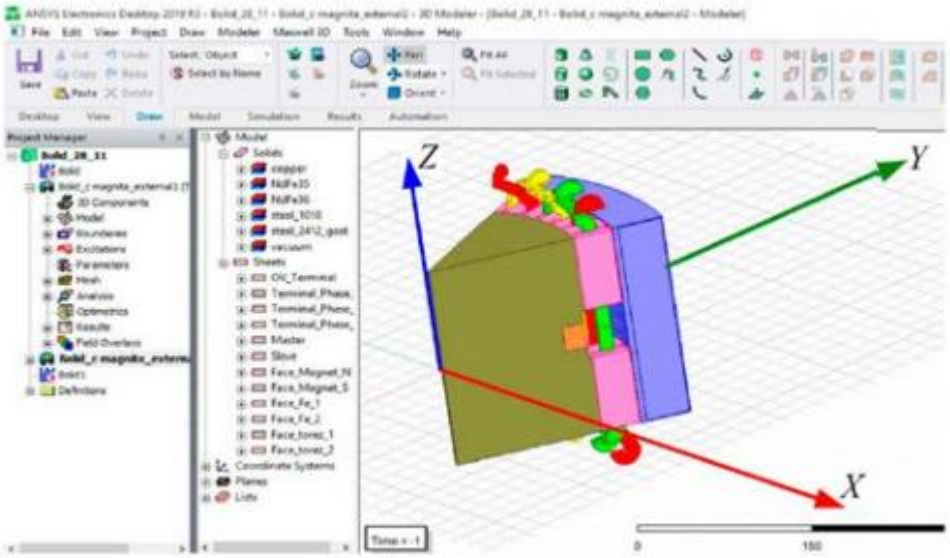


Рис.2. Модель генератора Ansys Electronics Desktop [12]

ООО «Продуктивные Технологические Системы» разработала и внедрила в АО «Уральский турбинный завод» ЦД турбины Кп-77-6,8, который реализован на основе программного обеспечения «Creo» и «Windchill», что позволило сократить срок изготовления от проектирования до ввода в производство турбины с 2,5 лет до 8 месяцев за счет того, что весь цикл управления жизненным циклом изделия реализуется с помощью единой централизованной платформы, в которой каждый участник процесса получает необходимые данные, при этом сами данные вводятся в систему только один раз [13]. Более перспективным по мнению автором применением ЦД в задачах управления промышленными объектами является анализ состояния оборудования. ЦД могут применяться для оценки текущего состояния и потенциала совершенствования реального объекта, оценки величины остаточного ресурса, анализа аномалий функционирования, прогноза поведения объекта на основе динамической модели [14]. Платформа «PREDIX», созданная компанией General Electric, позволяет определять текущее состояние газовой турбины и прогнозировать показатели её функционирования на базе ЦД, состоящих из цифровой модели, базы знаний и блока аналитики [15]. Систему создания ЦД, направленную на оценку технического состояния оборудования, также внедряет IBM [16]. АО «Ротек»

разработала систему диагностики «Прана», направленную на оценку технического состояния следующих типов оборудования: паровых турбин, генераторов, трансформаторов, котлов, насосов, газопоршневых агрегатов [17]. В исследовании [18] предложен подход к оценке и прогнозированию остаточного ресурса преобразователя ветряной турбины, где также применялась технология ЦД.

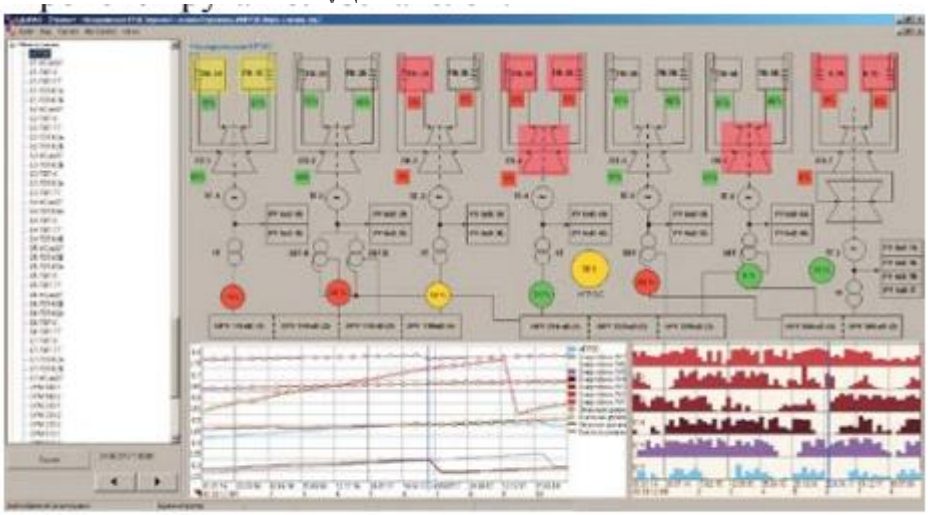


Рис.3. Вывод результатов расчета надежности в проекте [20]

В работе [19] авторский коллектив ведет разработку ЦД паровой турбины с использованием высокоуровневого языка программирования Python. Целью проекта является разработка математического, алгоритмического и программного обеспечения построения имитационных моделей ЦД оборудования ТЭС и тепловых схем для применения в составе систем диагностики и предиктивной аналитики. Для осуществления оценки технического состояния оборудования, в статье [20] предлагается осуществлять автоматизированный анализ данных с использованием ЦД. Приведенный в источнике расчет надежности(Рис.3) на примере одной из теплоэлектроцентралей, включающей в схеме с поперечными связями три котельных агрегата БКЗ-420-140, три котельных агрегата БКЗ-500-140, три паровых турбины Т-110-130 и одну паровую турбину ПТ-135-130/15, получен путем сопоставления индивидуальных данных оценки технического состояния и вероятности аварийного отказа основного технологического оборудования с разработанными цифровыми моделями технологических процессов, физических систем, объектов и элементов. Еще одно применение ЦД – обучение персонала. В статье [21] описывается компьютерный тренажерный комплекс для персонала, обслуживающего автоматику и средства измерений электростанции, выполненный с применением комплекса «ТРОПА», разработанного компанией «КРУГ». Использование компьютерных тренажерных комплексов на базе ЦД позволяет получить и закрепить знания и навыки надежной и эффективной эксплуатации оборудования, не подвергая опасности персонал и само оборудование предприятия в процессе обучения. В статье [22] рассмотрена концепция

комплексного ЦД исследовательского ядерного реактора НИЯУ МИФИ, интегрирующего информационную модель здания (BIM-модель), пространственную компоновку инженерных систем, физические модели происходящих процессов в различных режимах, построение атрибутов инженерных компонент и коммуникаций, модели данных при эмуляции управления объектом. Конечной целью проекта является продуктивное использование реализованного в виртуальной реальности интерактивного ЦД для построения образовательного процесса в сфере ядерной физики и технологий для широкого круга пользователей. ЦД могут быть эффективны и при решении задач оптимизации эффективности бизнес-операций, что рассматривается в работе [23]. Авторами показано, что ЦД АЭС и ТЭС формируют условия для оптимизации цифровой связи между ресурсами, услугами, техническими и природными системами, а также организационными структурами для повышения адаптивности и эффективности бизнес-операций и предлагают сформировать квази-единый наблюдаемый объектно-ресурсный комплекс для интеграции информационных потоков в рамках глобальных цифровых агломераций в энергетической суперсистеме.

Практическое занятие 8-9

Промышленные и компьютерные сети

Рассмотрим электрические соединения, необходимые для функционирования системы автоматизации на предприятии. Обычно рассматривают две категории таких соединений:

- **для силового распределения электроэнергии,** что обеспечивает соединение электрических и энергетических компонент с сетью электропитания и нагрузкой;

- **слаботочные связи,** соединяющие компоненты диалога человека-оператора, устройства обработки информации и управления с технологической средой.

При создании систем, включающих электрооборудование, используются кабели. Международный стандарт МЭК 60 204-1 и национальные стандарты имеют четкие соглашения по его сечению, качеству изоляционного материала и цветовой маркировке. Большинство этих связей используют гибкие провода сечением 1,5-2,5 мм2 (AWG 16 и 14), защищенные с обоих концов.

Если в прошлых десятилетиях такие решения удовлетворяли всем требованиям по передаче дискретных и аналоговых сигналов, в последние годы в ряде случаев (например, при управлении серводвигателем) возникла необходимость использования экранированных кабелей для

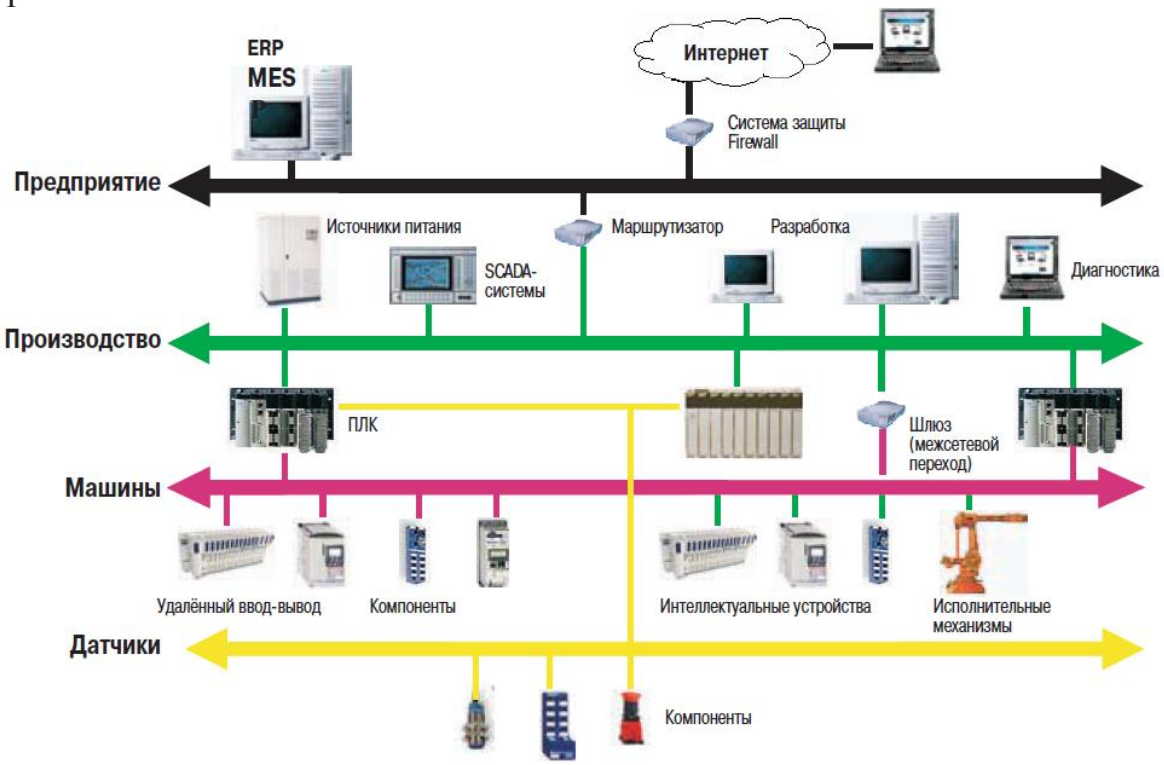
предотвращения электромагнитных помех.

Под влиянием информационных технологий и стандартов автомобильной промышленности приход цифровых технологий в другие

производственные сферы оказал сильное воздействие на проектирование и конструирование систем с электрооборудованием. Обмен цифровыми данными повлек использование коммуникационных сетей, которым необходимы соединительные разъемы и подготовленные соединения. Это облегчило создание систем с электрооборудованием, уменьшив ошибки в проводных соединениях, и упростило техническое обслуживание.

Поскольку стандартные информационные технологии широко известны, мы посвятим эту главу коммуникационным сетям, используемым в промышленности.

В настоящее время с учетом потребностей пользователей, технологических возможностей и требований стандартов в архитектуре систем управления выделяют четыре отдельных уровня, объединенных промышленными сетями как в пределах каждого уровня, так и между уровнями



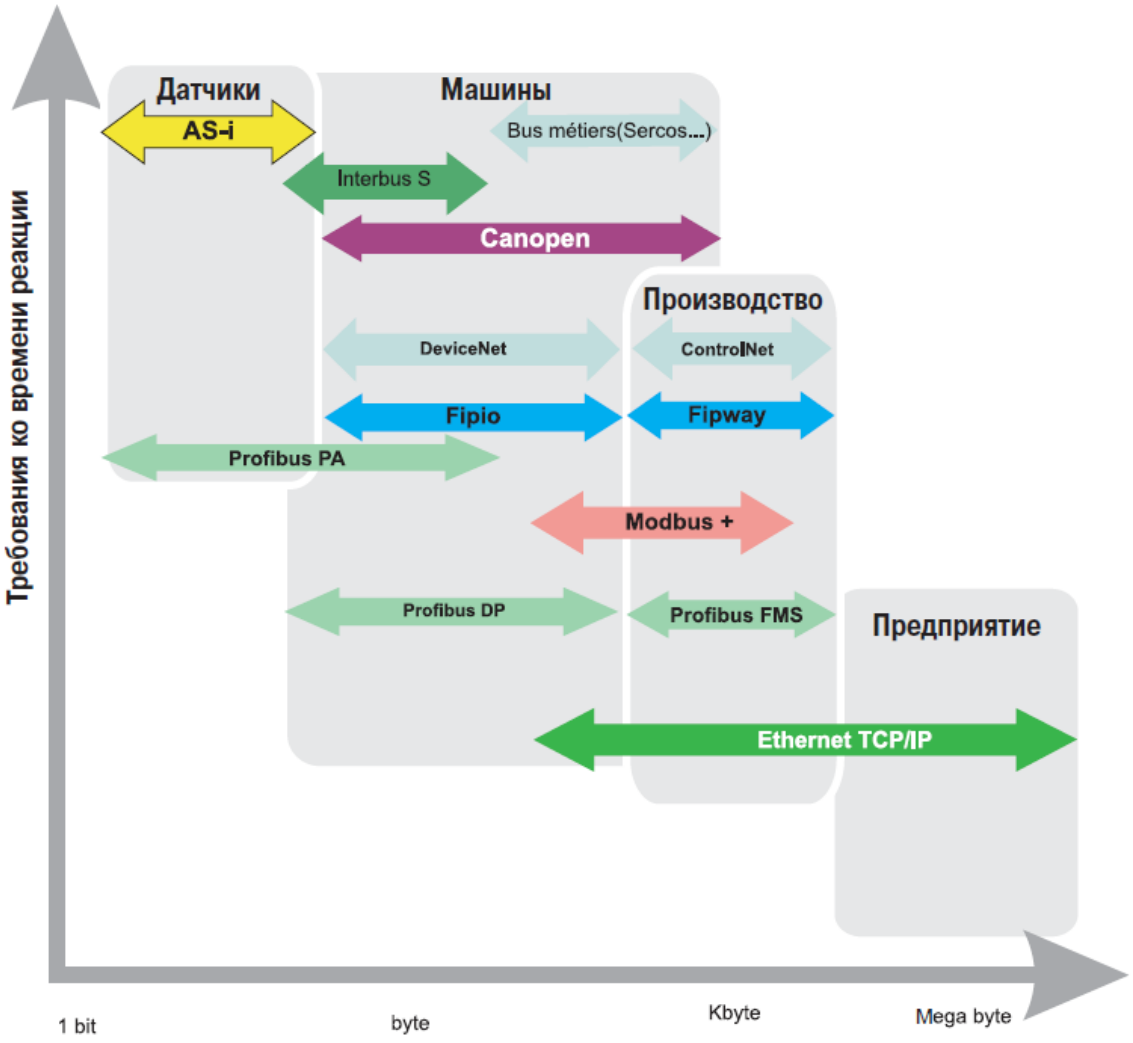
Перед анализом коммуникационных сетей необходимо определить основные требования на каждом из рассматриваемых уровней. Характеристики, указанные в таблице на *Рис. 2*, более подробно описываются в следующих параграфах.

Уровень	Требования	Объем данных при передаче	Время реакции	Расстояние	Топология сети	Кол-во адресов	Физическая среда передачи
Предприятие	Обмен данными Компьютерная безопасность Стандарты передачи программных пакетов	Файлы Мбиты	1 мин	Без ограничений	Шина, звезда	Неограниченно	Электрические, оптоволоконные, радио
Производство	Синхронизация ПЛК при передаче данных в пределах локальной системы в режиме «клиент/сервер» со средствами управления (ЧМИ, SCADA) Режим реального времени	Данные Кбиты	50-500 мс	2-40 Км	Шина, звезда	10-100	Электрические, оптоволоконные, радио
Машины	Распределенная архитектура Интегрированные функции и обмен Прозрачность Минимальные затраты на подключение	Данные Кбиты	5-100 мс (цикл ПЛК)	От 10 м до 1 Км	Шина, звезда	10-100	Электрические, оптоволоконные, радио
Датчики	Упрощение подключения источников питания для датчиков и исполнительных устройств Оптимизированные затраты на монтаж	Данные Биты		1- 100м	Без ограничений	10-50	Электрические, радио

Можно принять, что основными характеристиками в этой таблице требований являются:

- объём информации при передаче;
- необходимое время реакции.

Такой подход позволяет позиционировать основные сети так, как это показано на *Рис. 3*.



Топология сети

Промышленные сети состоят из программируемых логических контроллеров (ПЛК или PLC), диалоговых панелей для работы человека-оператора (человеко-машинный интерфейс – ЧМИ), компьютеров и устройств ввода/вывода, объединенных вместе с помощью электрических и оптоволоконных кабелей, радиосвязи, а также вспомогательных коммуникационных устройств, таких как сетевые карты и шлюзы. Физическая топология сети — это топология технических средств или сетевая архитектура.

Для процесса передачи информации и обмена между узлами иногда используют термин **программной топологии.**

Обычно выделяют следующие виды топологий:

- шина;
- звезда;
- кольцо;
- сеть.

• Топология «шина»

Это самая простая топология. Все элементы соединены вместе вдоль одной линии передачи.

Здесь слово ≪шина≫ относится к физической линии. Данная топология легко реализуема. Выход из строя узла или элемента не препятствует работоспособности остальных устройств. Сети на уровнях машин и датчиков, также известные как полевые шины, используют именно эту систему.

Топология ≪шина≫ реализуется подключением к основному кабелю через соединительные коробки или путем соединения устройств цепочкой *(С Рис. 4)*.

• Топология «звезда»

Это топология Ethernet, наиболее часто используемая на уровнях предприятия и производства *(С Рис. 5)*. Ее преимущество в большой гибкости при модернизациях и при устранении неполадок. Конечные станции объединяются через промежуточные устройства (повторители, концентраторы, коммутаторы). Выход из строя узла не препятствует работе всей сети в целом, однако промежуточные устройства, соединяющие узлы, являются слабыми звеньями, критичными к неисправностям.

• Остальные топологии *(С Рис. 6)*

- **Топология «кольцо»** использует обычно те же аппаратные средства, что и ≪звезда≫, но обеспечивает более высокую степень готовности системы.

- **Топология «сеть»** не получила широкого распространена в промышленности, её недостаток в большом количестве соединений.

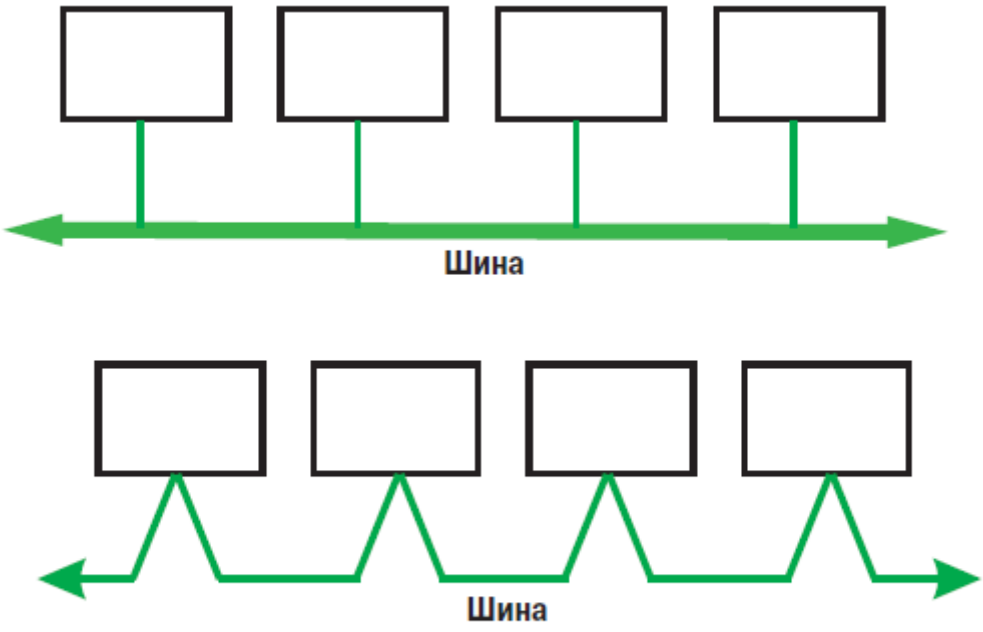


Рис. 4 *Топология “шина”*

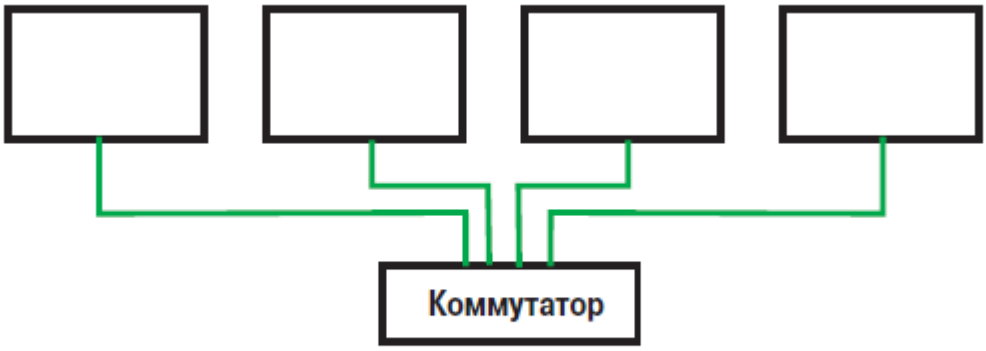


Рис. 5 Топология “звезда”

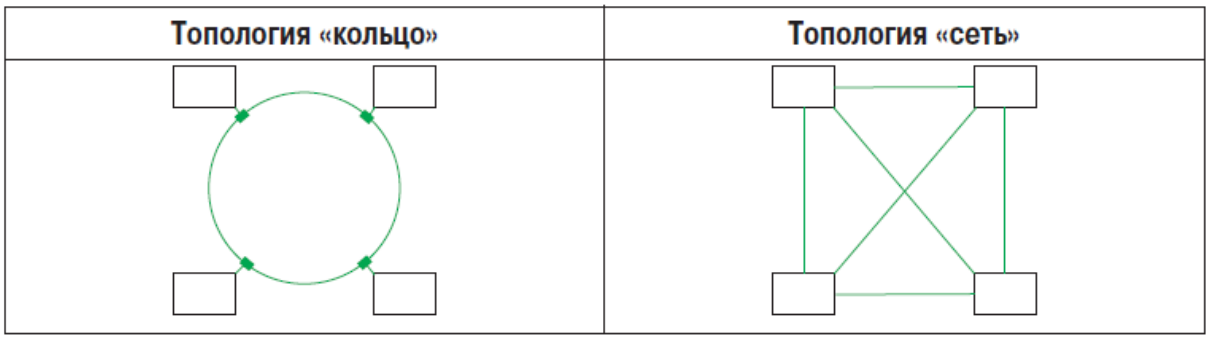


Рис. 6 Другие топологии

Протокол

Протокол связи определяет набор правил для заданного типа коммуникаций. Первоначально слово ≪протокол≫ использовалось для описания процесса взаимодействия разных устройств на одном уровне рассмотрения. Теперь этот термин расширился до обозначения правил взаимодействия между несколькими уровнями в одной системе.

Модель OSI (Open System Interconnection – модель взаимодействия открытых систем) была создана ISO (International Organization for Standardization - Международная организация по стандартизации), которая опубликовала стандарт ISO 7498 в качестве основы описания компьютерных сетей.

В этой модели набор сетевых протоколов делится на 7 частей, называемых уровнями OSI и пронумерованных от 1 до 7. Уровни OSI работают по следующим принципам:

- каждый уровень поддерживается протоколом независимо от остальных уровней;
- каждый уровень предоставляет обслуживание (сервисы) уровню, расположенному непосредственно выше него;
- уровень 7 предоставляет сервисы пользователю или приложению;
- каждому уровню, кроме первого, необходимы сервисы уровня, расположенного непосредственно ниже него;
- уровень 1 описывает канал связи.

При сеансе связи пользователь в сети вызывает сервисы 7-го уровня в программе - приложении.

Данный уровень формирует данные, переданные ему программой согласно протоколу, и посылает их на предыдущий (т.е.нижележащий) уровень, как только запрашивается сервис. Каждый уровень изменяет формат данных и добавляет служебную информацию, соответствующую используемому протоколу. Окончательно эти данные отсылаются в канал связи и доходят до другого сетевого узла.

Они опять проходят через все урони конечного узла и доставляются принимающей программе очищенными от всей служебной информации протоколов.

Семиуровневая модель OSI *(С Рис. 7)* была реализована некоторыми разработчиками, но никогда не имела коммерческого успеха на рынке, предпочитавшем четырехуровневую модель TCP/IP.

Последнюю проще понять и использовать, она уже была реализована в ряде областей. Однако модель OSI теоретически имеет некоторые преимущества, несмотря на то, что 4 уровня модели TCP/IP не имеют четких эквивалентов в модели OSI. Эти уровни будут описаны в подразделе, посвященном Ethernet.

№	Уровень OSI	Функция уровня	Примеры
7	**Прикладной**	Обеспечивает интерфейс пользовательских приложений с сетью, посылает запросы уровню представления данных	HTTP, SMTP, POP3, FTP, Modbus
6	**Представление данных**	Определяет, как будут представлены и кодированы данные, может шифровать данные	HTML, XML
5	**Сеансовый**	Отвечает за поддержание сеанса связи, открывает и закрывает сессии связи на сетевых устройствах	ISO8327, RPC, Netbios
4	**Транспортный**	Управляет коммуникацией взаимодействующих устройств, сегментацией данных и их сборкой, управляет потоками, находит и исправляет ошибки	TCP, UDP, RTP, SPX, ATP
3	**Сетевой**	Маршрутизирует пакеты данных (датаграммы) по сети, отвечает за сопоставление логических имен и физических адресов	IP, ICMP, IPX, WDS
2	**Канальный**	Организует безошибочную связь через канал связи	ARCnet, PPP, Ethernet, Token ring
1	**Физический**	Определяет протоколы битовых потоков и их электрические, механические и функциональные характеристики	CSMA, RS-232, 10 Base-T, ADSL

Рис. 7 *Уровни модели взаимодействия открытых систем*

Фрейм

Фрейм *(С Рис. 8)* представляет собой набор данных, пересылаемых по сети в одном блоке. Его также называют пакетом. Каждый фрейм имеет одинаковый формат и включает в себя управляющую информацию, такую как символы синхронизации, адреса рабочих станций, контрольную сумму для определения ошибки и изменяемый объем данных.

Рис. 8 *Формат фрейма*

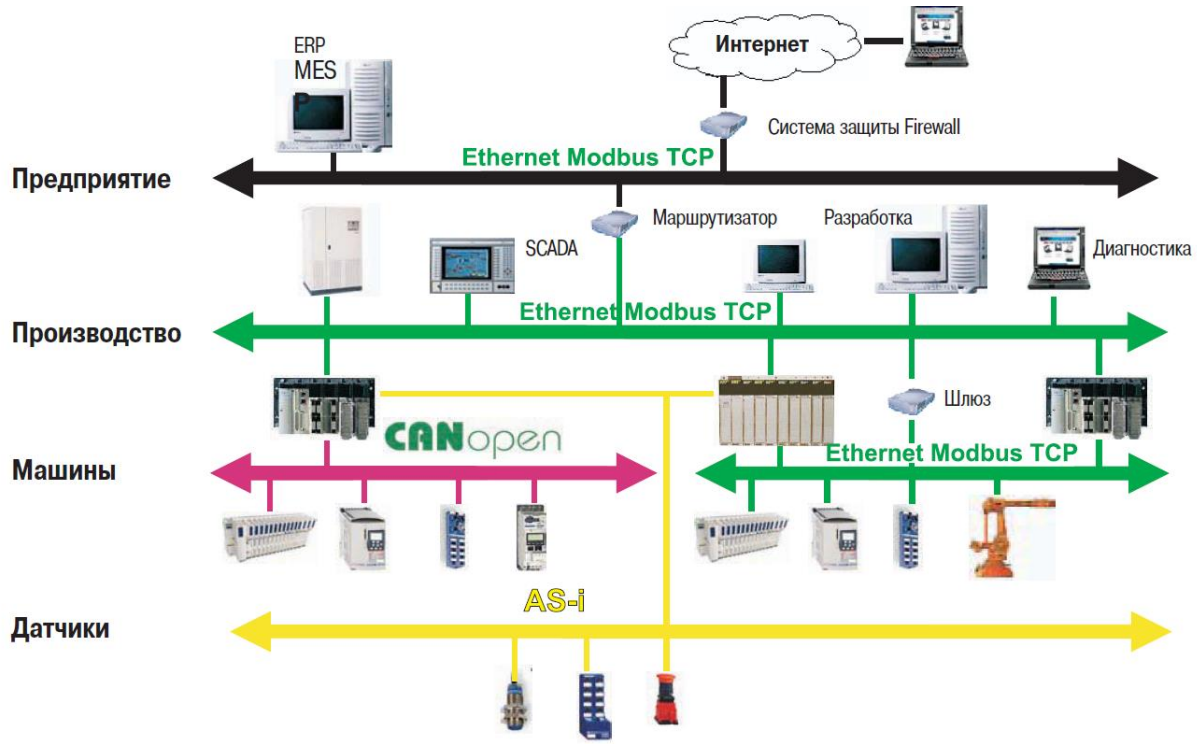


Рис. 9 *Коммуникационные уровни, выбранные Schneider Electric*

Ethernet Modbus TCP

Широкое распространение Ethernet в бизнес-системах на предприятиях и при использовании Интернета превращает его, в значительной степени, в обязательный стандарт коммуникаций. Он помогает сократить расходы на подключение и повышает производительность, надежность, расширяет функциональные возможности. Его скорость не замедляет работу приложений, а архитектура позволяет легко проводить модернизацию: изделия и программное обеспечение совместимы, что делает системы легко расширяемыми. Использование протокола Modbus в промышленности предоставляет низкое по стоимости и простое решение для прикладного уровня.

CANopen

CANopen является промышленной версией и ≪надстройкой≫ шины CAN (Controller Area Network), разработанной для автомобильной отрасли. Эта сеть доказала свою гибкость и надежность в течение более чем десятилетнего широкого использования в автомобилях, поездах, лифтах, медицинском оборудовании и во многих других производственных реализациях. Выбор данной технологии компанией Schneider Electric связан с ее широким распространением.

As-Interface

В современных машинах и агрегатах имеется множество исполнительных механизмов (actuators) и датчиков (sensors). Начальные буквы A и S дали название протоколу. Машина должна также удовлетворять

требованиям по безопасности. AS-Interface определяет протокол сети на уровне датчиков и исполнительных механизмов, который отвечает требованиям промышленной автоматизации. Его преимущество - электропитание и передача данных по одному кабелю, к которому можно быстро и удобно подключиться.

Ethernet TCP/IP

Ethernet работает по принципу доступа к среде, основанному на механизме обнаружения конфликтов (коллизий) при передаче информации. Каждая рабочая станция (узел сети) идентифицируется уникальным кодом или MAC–адресом. При работе требуется обеспечить, чтобы каждый компьютер среди доступных в сети узлов имел уникальный MAC-адрес. Данная технология, также известная как Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD - множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий) гарантирует, что в каждый момент времени только одна станция может выполнять передачу сообщения.

Успешное развитие Ethernet вызвало появление стандарта IEEE 802.3 (см. www.ieee.org), который определяет характеристики физического уровня. Принцип доступа к сети и формат фрейма данных должны быть определены на последующих уровнях. Поскольку эти понятия часто приводят к затруднениям, они, а также упомянутые протоколы представлены на *Рис. 10* и будут рассматриваться в последующих параграфах.

Многие годы Ethernet используется в промышленности, но не был широко распространен. Поставщики оборудования и пользователи рассматривали его как недетерминированный протокол. Их потребность в управлении в реальном времени заставляла отдавать предпочтение ≪собственным≫ сетям и протоколам, разработанным отдельными фирмами для промышленного использования. Лишь комбинация промышленных протоколов и Интернет-протоколов заставила их принять Ethernet для промышленного применения.

Протоколы Ethernet

Прикладной уровень

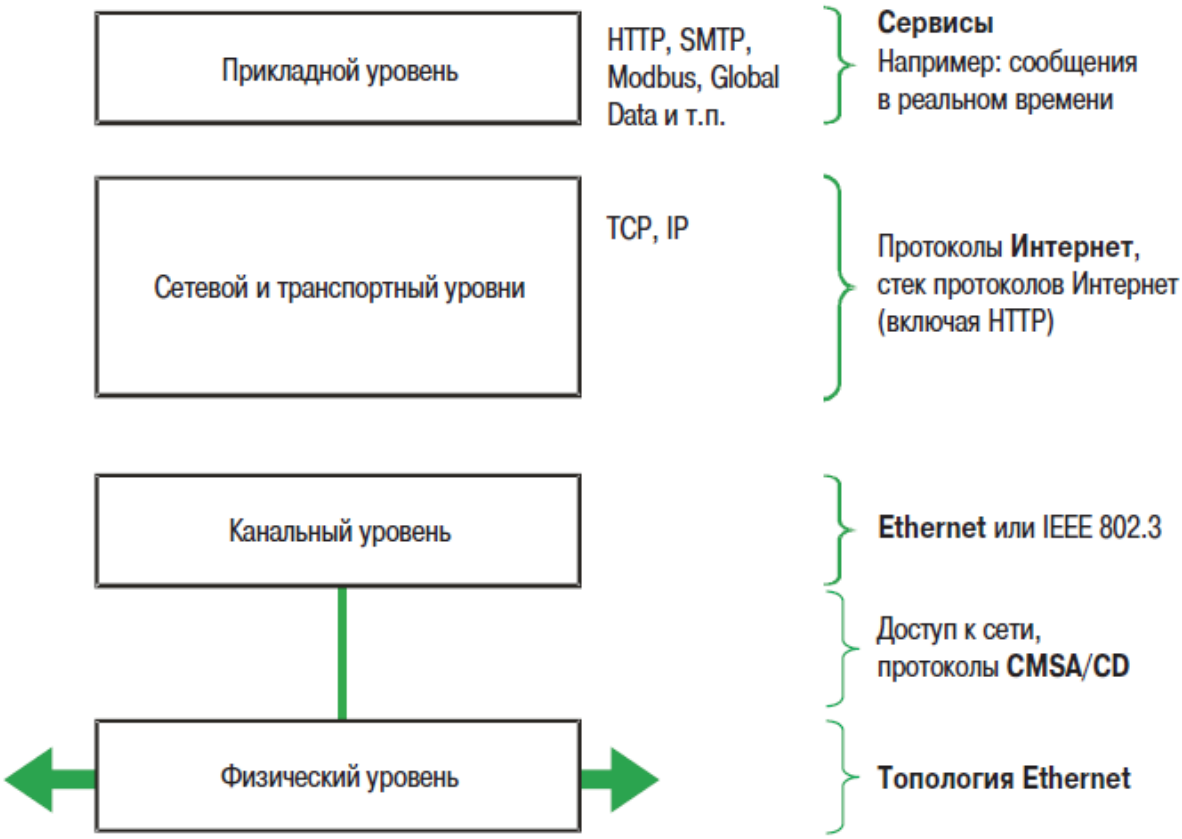


Рис. 10 *Протоколы Ethernet*

Физический уровень

Физический уровень описывает физические характеристики коммуникаций, такие как тип используемой среды (электрические и оптоволоконные кабели или радиосвязь) и все относящиеся к ней особенности, такие как типы кодирования и модуляции, уровни сигналов, синхронизацию и допустимые расстояния, типы разъемов.

Канальный уровень

Канальный уровень определяет управление доступом к среде и метод передачи пакетов данных на физическом уровне, в частности структуру фрейма (т.е. определенные битовые последовательности в начале и конце пакетов). Например, заголовки Ethernet-фреймов содержат поля, показывающие, к какому узлу сети направлен пакет данных.

Сетевой уровень

В своем первоначальном определении сетевой уровень решает проблемы передачи пакетов данных в отдельной сети. Дополнительные функции были добавлены к нему, когда появились соединения между сетями, в частности, передача данных из сети источника в сеть назначения. Это означает, что для передачи пакетов должны прокладываться маршруты через сети сетей, именно для обозначения этого понятия появилось название ≪Интернет≫.

В системе Интернет-протоколов протокол сетевого уровня IP (Internet Protocol) передает пакеты от источника к принимающему узлу, находящемуся в любой точке мира. IP-маршрутизация стала возможной благодаря определению принципа IP-адресации, согласно которому каждый IP-адрес должен быть уникальным. Каждая станция определяется своим IP-адресом. Протокол IP также объединяет другие протоколы, такие как ICMP, который используется для передачи сообщений об ошибках IP-передач, и IGMP, который управляет широковещательными данными. ICMP и IGMP расположены над IP, но имеют функции сетевого уровня, таким образом, модели Интернет и OSI оказываются, строго говоря, несовместимы.

Сетевой уровень IP может передавать данные для множества протоколов более высоких уровней.

Транспортный уровень

Протоколы транспортного уровня позволяют решить такие проблемы, как надежность обмена данными (≪Достигли ли данные узла назначения?≫), автоматическая адаптация к пропускной способности сети и управление потоками данных. Они также гарантируют, что данные доставляются в правильном порядке. В протоколах TCP/IP транспортные протоколы определяют, какому приложению должен быть доставлен каждый пакет данных. На этом уровне обычно используют протоколы TCP и UDP.

TCP является транспортным протоколом, организующим взаимодействие двух узлов, который формирует надежный поток байтов, гарантируя целостность и упорядоченность доставляемых данных, обеспечивает повторную передачу в случае потери или уничтожения данных. Он также следит, чтобы ≪срочные≫ данные обрабатывались в случайном порядке (даже если технически они не выходят из полосы пропускания). TCP пытается корректно доставить все данные в правильном порядке — это его назначение и основное преимущество перед UDP. Эта особенность может быть, однако, недостатком для приложений обмена в реальном времени с большим уровнем потерь на сетевом уровне. UDP является простым, независимым от соединения пары узлов, ≪ненадежным≫ протоколом. Но это не означает, что он действительно ненадежный, просто он не проверяет, что пакеты достигли узла назначения и не гарантирует правильный порядок. Если приложению необходимы такие гарантии, оно должно само проверять это или использовать TCP. UDP обычно используют для широковещательных приложений таких, как Global Data или мультимедийных приложений (аудио, видео и т.д.), где недостаточно времени для управления повторной передачей и сортировкой пакетов при помощи TCP. Еще одна причина использования UDP - это приложения, основанные на простом механизме вопрос/ответ типа SNMP запросов, где высокие расходы на надежность соединения несоразмерны решаемым задачам.

TCP и UDP используются во многих приложениях. Сервисы TCP или UDP различаются номерами портов. Modbus TCP использует сервисы TCP. UDP может быть использован для подключения Factorycast.

Прикладной уровень

Большинство функций сетевых приложений реализуются на прикладном уровне. Можно назвать протоколы HTTP (Всемирная паутина www), FTP (передача файлов), SMTP (обмен сообщениями электронной почты), SSH (защищенный удаленный доступ), DNS (сопоставление имен и IP-адресов) и многие другие.

Программы прикладного уровня работают над TCP или UDP и обычно связаны с использованием так называемых портов – ≪точек входа≫. Примеры:

- HTTP – порты TCP 80 или 8080;
- Modbus – порт 502;
- SMTP – порт 25;
- FTP – порты 20/21.

Данные порты распределены Администрацией адресного пространства Интернет (IANA – Internet Assigned Numbers Authority)

Протокол HTTP (Hyper Text Trasfer Protocol - Протокол передачи гипертекстовых файлов)

Используется для передачи web-страниц между сервером и браузером – программой просмотра web-страниц, работающей на компьютере пользователя. В сети применяется с 1990.

Web-серверы, которые интегрированы в устройства, построенные в соответствии с концепцией Transparent Ready, обеспечивают доступ к устройствам в любой точке земного шара при помощи браузера, такого как Internet Explorer или подобного ему.

BOOTP/DHCP

Протокол служит для автоматического задания IP-адресов для различных устройств. Исключается необходимость в ручном управлении адресацией каждого устройства в индивидуальном порядке. Вместо этого управление осуществляется специальными серверами для IP-адресации. Протокол DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol - протокол динамической конфигурации хост-устройства) используется для автоматического назначения конфигурационных параметров устройств. DHCP является расширением BOOTP. Протокол BOOTP/DHCP задает работу двух составляющих:

- сервера, предоставляющего IP-адреса;
- клиента, запрашивающего IP-адрес.

Устройства Schneider Electric могут быть:

- серверами BOOTP/DHCP, которые позволяют распределять IP-адреса станциям сети;
- клиентами BOOTP/DHCP, которые автоматически получают IP адрес от сервера.

Стандартные BOOTP/DHCP протоколы используются для обеспечения сервиса замещения неисправных устройств FDR (Faulty Device Replacement).

Протокол FTP (File Transfer Protocol – Протокол передачи файлов)

Обеспечивает базовые функции для передачи файлов. Во многих системах протокол FTP применяется для обмена файлами между устройствами.

Протокол TFTP (Trivial File Transfer Protocol - Простейший протокол

передачи данных)

Протокол, упрощающий передачу файлов и загрузку кодов в устройства. Например, он может использоваться для передачи загрузочного кода в рабочую станцию без использования дискового устройства и загрузки микропрограммного обеспечения в сетевые устройства. Компоненты Transparent Ready реализуют FTP и TFTP для передачи данных между устройствами.

Web-сервисы и концепция Transparent Ready

Протокол NTP (Network Time Protocol – Протокол сетевого времени)

Используется для синхронизации устройств (клиентов и серверов) через специальный сервер времени. В зависимости от используемой сети он предоставляет универсальное время (UTC) с точностью от нескольких миллисекунд в локальной сети (LAN) до нескольких десятков миллисекунд в глобальной сети (WAN).

SMTP (Simple Mail Transfer Protocol – Простой протокол электронной почты)

Предоставляет сервис доставки электронной почты. Используется для пересылки электронной почты от отправителя к получателю через SMTP-сервер.

SNMP (Simple Network Management Protocol – Простой протокол сетевого управления)

Интернет-сообщество разработало данный стандарт для администрирования сети. Система сетевого управления может обмениваться данными с устройствами, которые называются в этом случае SNMP-агентами. Эта функция позволяет программе – сетевому менеджеру просматривать состояния сети и устройств, изменять их конфигурацию и получать в случае необходимости информацию о неисправности. Устройства Transparent Ready совместимы с SNMP и могут быть легко интегрированы в сеть, администрируемую посредством SNMP.

COM/DCOM (Distributed Component Object Model – Распределённая модель компонентных объектов) или OLE (Object Linking and Embedding –Технология связывания и внедрения объектов в документы и объекты)

Это название объектно-ориентированной технологии компании Microsoft, используемой для прозрачного взаимодействия между приложениями Windows. Она используются в программном обеспечении Schneider Electric - сервере OFS (OLE for Process Control Factory Server – OLE для сервера управления технологическими процессами).

Web-сервисы и концепция Transparent Ready

В начале главы уже было отмечено, что универсальные сервисы не подходят для промышленного использования, поэтому компании – производители оборудования дополнили универсальные Интернет-сервисы специализированными функциями для автоматизированных производственных систем.

Компания Schneider Electric разработала оборудование и программное обеспечение для ≪прозрачного≫ взаимодействия между web и всеми уровнями, описанными выше, определяя его как web-технологию, встроенную в изделия и сервисы. Это предложение имеет двойную основу:

- промышленный Ethernet;
- web-компоненты.

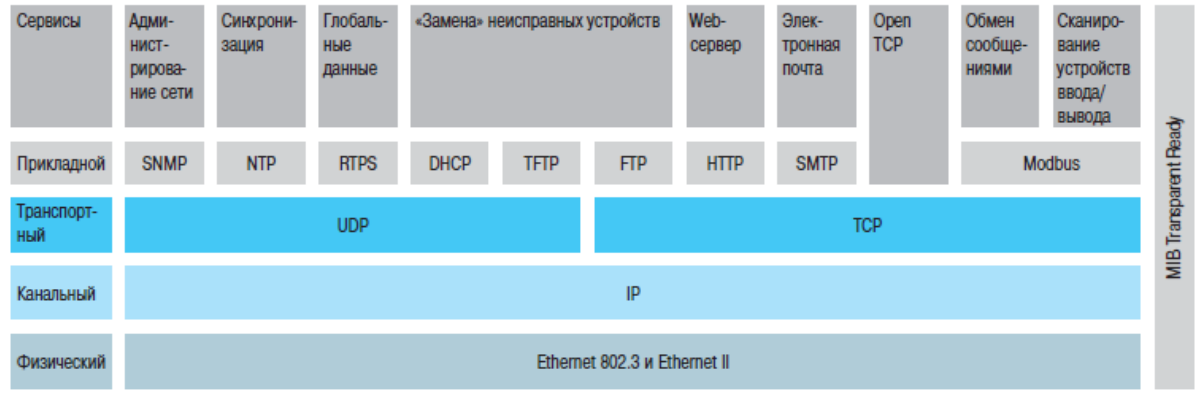
Цель состоит в том, чтобы предложить **сервисы** с функциями, позволяющими потребителю выполнять многие специальные задачи, такие как пересылка данных с одного промышленного контроллера в другой, или инициализация сигнала тревоги. ≪Web-технология≫ означает то же самое, что и ≪Интернет-технология≫ и включает в себя Интернет-протоколы, языки программирования, такие как Java, html, xml и т.п., а также инструментальные средства. Все это полностью изменило пути распределения и совместного использования информации.

Сервисы промышленного Ethernet

В дополнение к универсальным сервисам Ethernet (HTTP, BOOTP/DHCP, FTP и т.д.) рассмотрим восемь типов сервисов, предназначенных для использования в промышленных условиях:

- сервис сообщений Modbus TCP;
- сервис обмена с удаленными устройствами ввода/вывода: сканирование входов/выходов – IO Scanning;
- сервис ≪замены≫ неисправных устройств: FDR;
- сервис администрирования сети: SNMP;
- сервис глобальных данных: Global Data;
- сервис управления полосой пропускания;
- сервис синхронизации: NTP;
- сервис сообщений электронной почты: SMTP.

Таблица на *Рис.11* показывает соотношение этих сервисов и уровней сети.



↑ *Рис. 11* *Коммуникационные сервисы Ethernet и уровни сети*

Сервисы делятся на три класса:

- Класс 10: базовая связь посредством Ethernet;
- Класс 20: управление связью посредством Ethernet (сетевые уровни и уровни устройств);
- Класс 30: расширенная связь посредством Ethernet.

В таблице на *Рис.12* представлен обзор сервисов Ethernet.

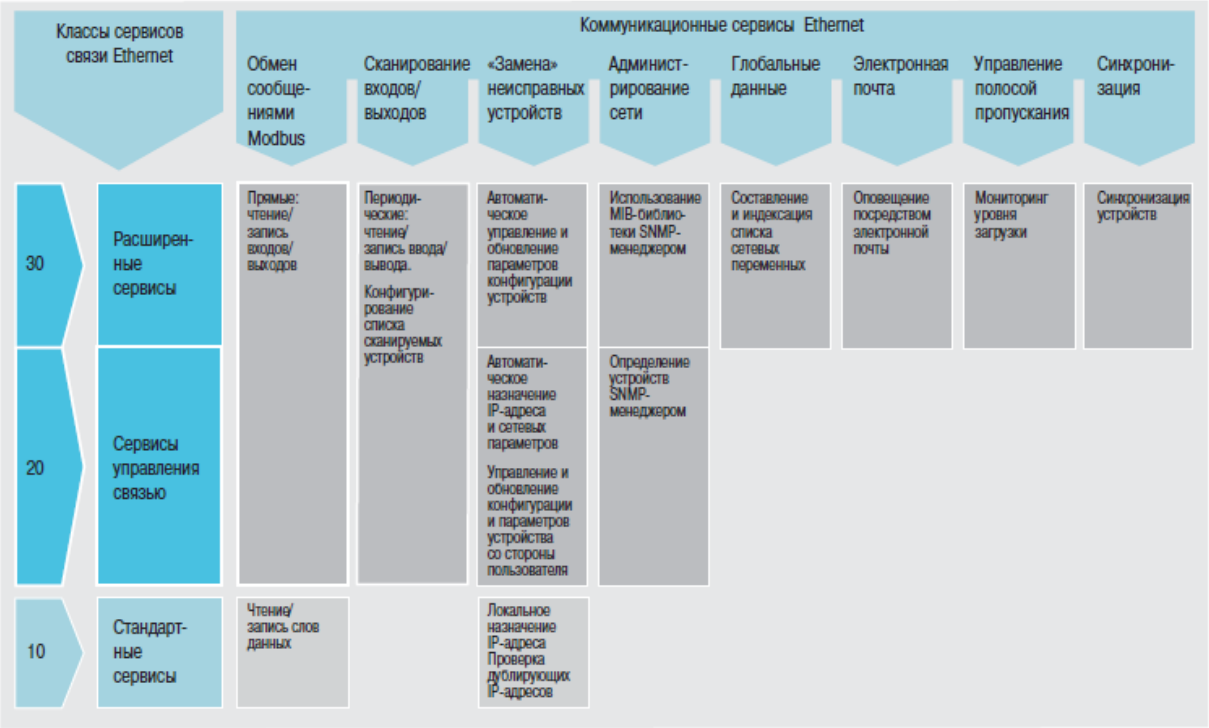


Рис. 12 *Обзор сервисов Ethernet*

Сервис сообщений: Ethernet Modbus TCP

Протокол Modbus, являющийся фактическим промышленным стандартом связи с 1979 г., в сочетании с Ethernet TCP/IP послужил основой для создания Modbus TCP - полностью открытого протокола Ethernet. Разработка подключения по протоколу Modbus TCP не требует каких-либо особых компонент или приобретения лицензий. Этот протокол можно использовать с любыми устройствами, поддерживающими стандартный стек протокола TCP/IP. Спецификации свободно доступны на сайте международной организации Modbus-IDA (IDA – сокращение для Interface for Distributed Automation) www.modbus-ida.org.

Простота Modbus TCP/IP позволяет группе полевых устройств, например, модулям ввода/вывода, обмениваться данными по сети Ethernet, не требуя мощного микропроцессора или больших объемов внутренней памяти. Благодаря простоте и высокой скорости 100-мегабитного Ethernet протокол Modbus TCP/IP обеспечивает высокую производительность. Это означает возможность применения данного типа сетей в приложениях реального времени, например, для сканирования удаленных входов/выходов.

Для последовательного Modbus, сети Modbus Plus (сеть маркерного обмена) и Modbus TCP/IP используется единый протокол прикладного уровня. Благодаря этому возможна маршрутизация сообщений между сетями без смены протокола. Поскольку Modbus реализуется в качестве надстройки над уровнем TCP/IP, при передаче используется маршрутизация IP, которая позволяет обмениваться данными между устройствами, расположенными в различных точках земного шара, при этом расстояния между ними не имеют значения. Администрация адресного пространства Интернет IANA выделила для Ethernet Modbus TCP фиксированный порт TCP 502, превратив таким образом Modbus в стандарт Интернет. Максимальный размер данных равен 125 словам или регистрам в режиме чтения и 100 словам или регистрам в режиме записи.

Сервис обмена с удаленными устройствами ввода/вывода: сканирование входов/выходов (IO Scanning)

Данный сервис используется для управления обменом с удаленными устройствами ввода/ вывода посредством Ethernet, основанным на принципе ≪клиент-сервер≫. После несложного конфигурирования – заполнения таблиц (необходимости в программировании не возникает) сканирование осуществляется прозрачным образом при помощи запросов на чтение-запись в соответствии с протоколом Modbus TCP. Этот принцип сканирования посредством стандартного протокола используется для связи с любым устройством, поддерживающим Ethernet Modbus TCP. Для работы сервиса нужно определить в памяти контроллера две зоны слов, одна для чтения входов, а другая для записи выходов *(С Рис. 13)*. Периоды обновления не зависят от циклов контроллера.

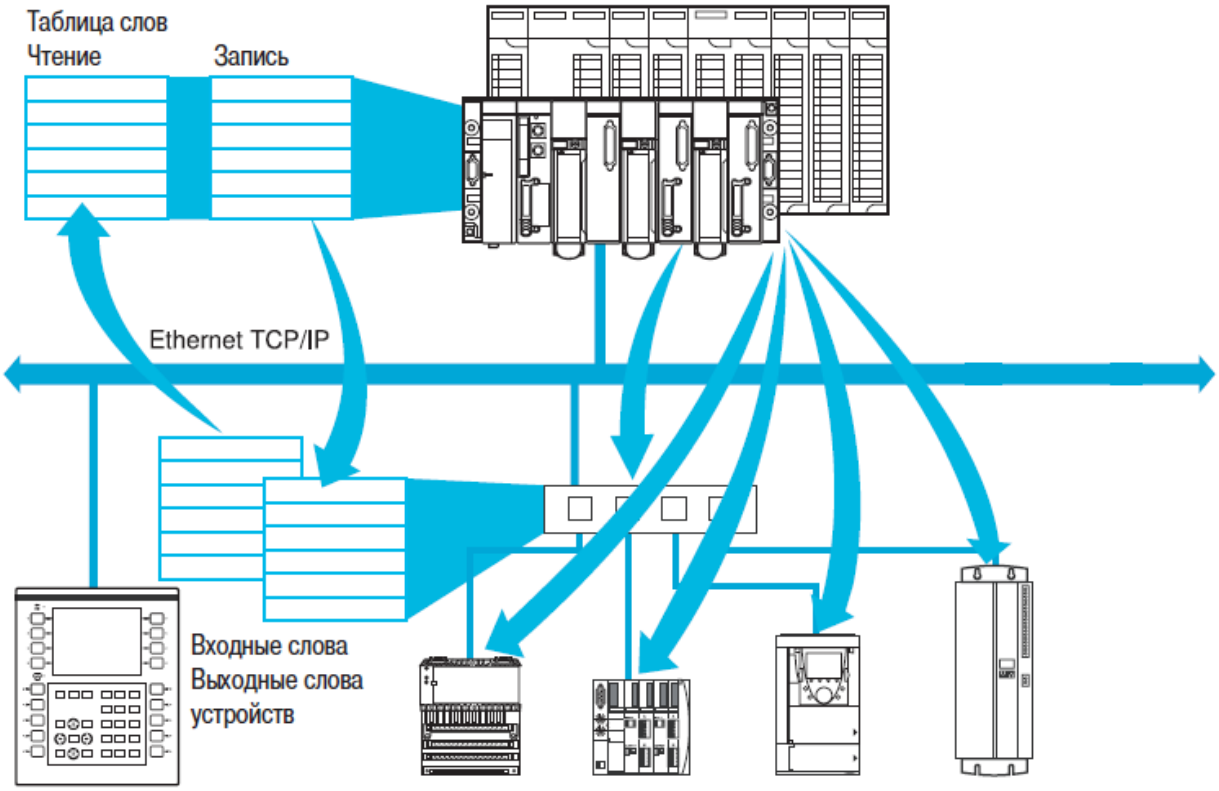


Рис. 13 *Сервис обмена с удаленными устройствами ввода/вывода: сканирование входов/выходов*

Работающий модуль:

- управляет соединением TCP/IP с каждым из удаленных устройств;
- сканирует устройства и копирует состояния входов/выходов в сконфигурированные зоны слов памяти контроллера;
- возвращает слова состояния, позволяющие приложению ПЛК контролировать надлежащую работу данного сервиса;
- устанавливает заранее сконфигурированные безопасные значения в случае проблем со связью.

Требования к аппаратной и программной реализации протокола сканирования входов/выходов в любом устройстве, имеющем возможность работы с Ethernet Modbus TCP, можно найти на сайте www.modbus-ida.org.

Сервис «замены» неисправных устройств: FDR

Сервис ≪замены≫ неисправных устройств использует стандартную технологию управления адресами (BOOTP, DHCP) и стандартные протоколы управления файлами FTP или TFTP. Сервис облегчает техническое обслуживание устройств, подключенных к Ethernet. В случае замены неисправного устройства на новое изделие этот сервис обеспечивает обнаружение этого устройства, реконфигурацию и автоматический перезапуск системой: не требуется сложной настройки в ручном режиме.

Ниже указаны основные этапы замены:

- предположим, что устройство, поддерживающее сервис FDR, выходит из строя;

- со склада обслуживающий персонал берет аналогичное устройство, для которого при предварительном конфигурировании указывается имя устройства, после чего оно подключается к сети. В зависимости от типа устройства имя указывается поворотными переключателями (например, распределенные системы ввода/вывода Advantys STB или Advantys OTB) или с помощью встроенного в устройство пульта с клавиатурой (например, ПЧ Altivar 71);

- сервер FDR определяет новое устройство, назначает ему IP-адрес и передает параметры конфигурации;

- замещающее устройство проверяет, что параметры совместимы с его характеристиками, и переключается в рабочий режим.

Сервис администрирования сети: SNMP

SNMP отслеживает состояние и управляет всеми компонентами архитектуры Ethernet с рабочей станции управления сетью для оперативной диагностики при возникновении проблем. Он позволяет:

- опрашивать сетевые компоненты, такие как компьютеры, маршрутизаторы, коммутаторы, мосты и терминальные устройства, с целью просмотра их состояния;

- получать статистические данные о работе сети, к которой подключены устройства.

Это управляющее программное обеспечение использует стандартную модель ≪клиент-сервер≫.

Однако во избежание путаницы с другими коммуникационными протоколами, для описания которых используется такая же терминология, в SNMP используются названия ≪сетевой менеджер≫ и ≪агент SNMP≫.

Управление сервисом Transparent Ready можно осуществлять любым сетевым менеджером SNMP, включая HP Openview, IBM Netview и, безусловно, средством администрирования сети Transparent Ready ConnexView.

Стандартный протокол SNMP обеспечивает доступ к объектам конфигурации и управления устройством, находящимся в MIB (Management Information Bases — базе данных информации управления) этих устройств. Для того, чтобы предоставить доступ всем разновидностям сетевых менеджеров, базы MIB должны соответствовать определенным стандартам. Однако в зависимости от сложности устройств их изготовители могут расширять стандартную часть MIB и добавлять определенные объекты в так называемые частные базы данных информации управления (private MIB).

Частные базы данных информации управления сервиса Transparent Ready включают объекты, предназначенные для специальных сервисов, таких как сообщения Modbus, сканирование входов/ выходов, FDR и т.д. Эти объекты упрощают установку, ввод в эксплуатацию и техническое обслуживание изделий Schneider Electric при помощи стандартных средств сетевого управления.

Устройства Transparent Ready поддерживают два уровня сетевого управления SNMP:

- стандартный MIB II – базовый уровень сетевого управления. Он позволяет идентифицировать устройства, входящие в состав архитектуры, и собирать информацию общего характера о конфигурации и работе интерфейсов Ethernet TCP/IP;

- частный MIB Transparent Ready, расширяющий возможности управления устройствами Transparent Ready. Этот MIB включает набор объектов, позволяющих системе сетевого управления проводить администрирование всех сервисов Transparent Ready. Частный MIB можно загрузить с FTP-сервера любого модуля Ethernet Transparent Ready.

Сервис глобальных данных: Global Data

Сервис глобальных данных *(С Рис. 14)* обеспечивает широковещательную передачу данных в реальном масштабе времени между станциями, принадлежащими одной группе распределения Ethernet. Он применяется для синхронизации удаленных приложений контроллеров или для совместного использования общих данных распределенными приложениями контроллеров.

Обмен данными осуществляется на основе стандартного протокола ≪издатель/подписчик≫ (publisher/ subscriber), который обеспечивает оптимальную производительность при минимальной нагрузке на сеть. Протокол RTPS (Real Time Publisher Subscriber — Издатель-подписчик реального времени), распространению которого содействует организация Modbus-IDA, был принят в качестве стандарта несколькими изготовителями оборудования. В обмене глобальным данными могут участвовать 64 устройства внутри одной группы рапределения. Каждое устройство может:

- публиковать одну ≪переменную≫ размером до 1024 байт; в качестве периода публикации можно задавать от 1 до n циклов главной задачи контроллера;

- подписываться на ≪переменные≫ (в количестве от 1 до 64), публикуемые другими устройствами.

Достоверность каждой ≪переменной≫ проверяется битами проверки работоспособности с тайм-аутом обновления, сконфигурированным в пределах от 50 мс до 1 с. Доступ к элементам переменной в рамках сервиса невозможен. Общий размер области для переменных, на которые можно подписаться, ограничен размером 4 Кбайт. Для дополнительной оптимизации производительности сети Ethernet можно сконфигурировать глобальные данные с опцией фильтрации широковещательных пакетов, которая в случае использования коммутаторов серии ConneXium позволяет выполнить широковещательную передачу данных только на те порты Ethernet, где имеются устройства-подписчики сервиса глобальных данных. Если эти коммутаторы не используются, то глобальные данные передаются в широковещательном режиме на все устройства группы распределения.

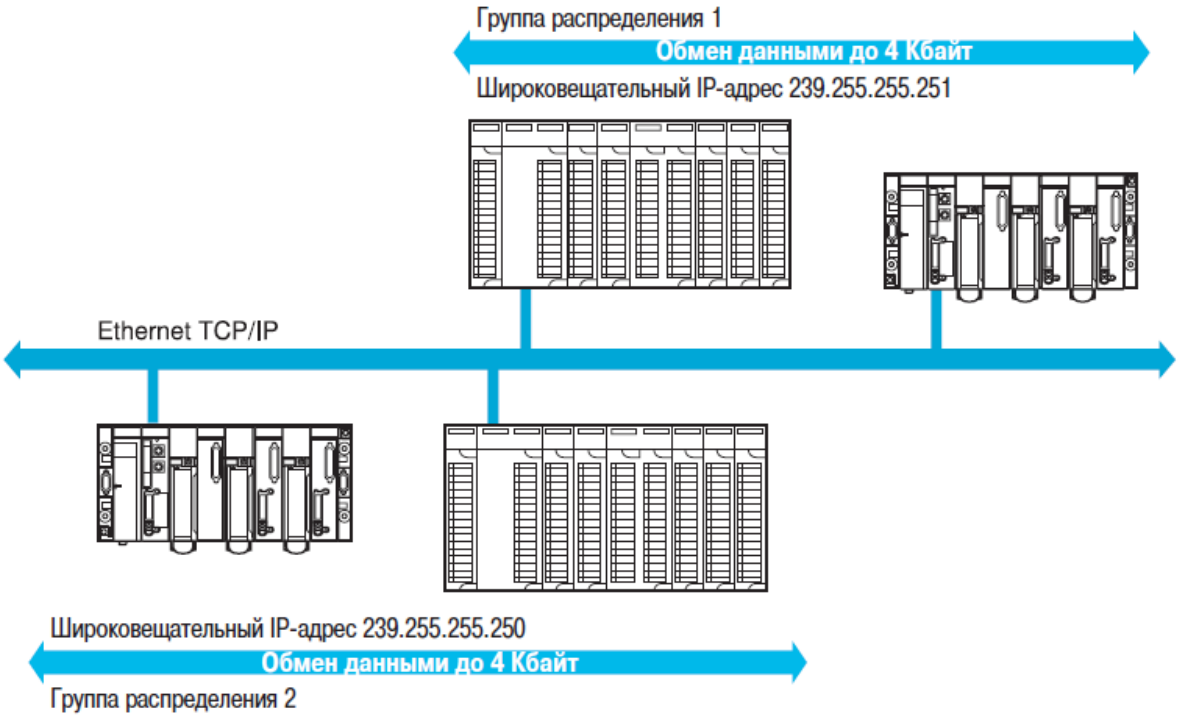


Рис. 14 *Сервис глобальных данных Global Data*

Сервис синхронизации: NTP

Сервис синхронизации основан на протоколе NTP (Network Time Protocol – Протокол сетевого времени) и используется для установки времени на клиентских или серверных узлах Ethernet TCP/ IP со специального сервера NTP или любого другого источника эталонного времени (радио, спутник и т.п.).

Модули связи, использующие Ethernet Modbus TCP: 140 NOE 771 11 на платформе автоматизации Modicon Quantum Unity; TSX ETY 5103 на платформе автоматизации Modicon Premium Unity - включают компоненту - NTP-клиент. Эти модули могут обращаться к NTP-серверу, используя клиентский запрос для установки своего локального времени. Периодически (период от 1 до 120 с), часы модуля обновляются с ошибкой менее, чем 10 мс для обычных процессоров, и 5 мс для высокопроизводительных процессоров. Если с сервером NTP не удается связаться, модуль Ethernet Modbus TCP может обращаться к резервному серверу NTP.

Сервис сообщений электронной почты: SMTP

Этот сервис оповещений электронной почтой может быть запрограммирован. Приложение ПЛК использует его для оповещения о событии по определенным условиям. Контроллер автоматически и динамически создает электронное письмо для предупреждения получателя, подключенного локально или удаленно . Необходимо отметить, что этот сервис доступен в последних модулях связи Ethernet для Modicon Premium и Modicon Quantum, и в последних процессорах с интегрированным портом

Ethernet, которые программируются системой Unity Pro. Также имеются модули с более широкими функциональными возможностями - коммуникационные модули с активным web-сервером FactoryCast HMI.

Механизм прост и эффективен: заготовленные заголовки сообщений связываются с телом электронного письма, которое создается динамически на основе последней информации из приложения контроллера. Приложение подготавливает сообщение исходя из предварительно заданных условий. Используется библиотечный функциональный блок для выбора одного из трех заготовленных заголовков, создания электронного письма со значениями переменных и текстом (до 240 байт) и отсылки его прямо из контроллера. Каждый из трех заголовков содержит следующие заготовленные элементы:

- список получателей электронного письма;
- имя отправителя и тема.

Эта информация подготавливается и обновляется администратором с использованием web-страниц для конфигурирования сообщений.

Web-сервисы

Уровень сервисов web-сервера (web-сервисы) определяется одним из четырех классов, которые обозначаются буквами *(С Рис. 15)*:

v **Класс A**

Устройства Transparent Ready без web-сервисов.

v **Класс B**

Базовый уровень для доступа к предварительно сконфигурированным фиксированным web-страницам в устройстве Transparent Ready. В этом случае проводится диагностика и мониторинг устройств с использованием обычного web-браузера.

v **Класс C**

Уровень конфигурируемых web-сервисов для настройки web-сайта устройства Transparent Ready с web-страницами, которые может создавать пользователь для отображения и ввода нужной информации. Диагностика и мониторинг устройства могут быть выполнены обычным web-браузером. Программное обеспечение FactoryCast является инструментом, который используется для управления web-сайтом Transparent Ready и его настройкой и изменением.

v **Класс D**

Уровень активных web-сервисов для запуска специальных процессов в самом web-сервере Transparent Ready. Такие устройства используются для математических вычислений с использованием переменных процессорного модуля контроллера, отсылки запросов на запись в удаленные реляционные базы данных и отправки электронных писем. Таким образом, взаимодействие между браузером и сервером сокращается и оптимизируется. Программное обеспечение FactoryCast обеспечивает в данном случае конфигурирование указанных процессов, запускаемых в web-сервере.

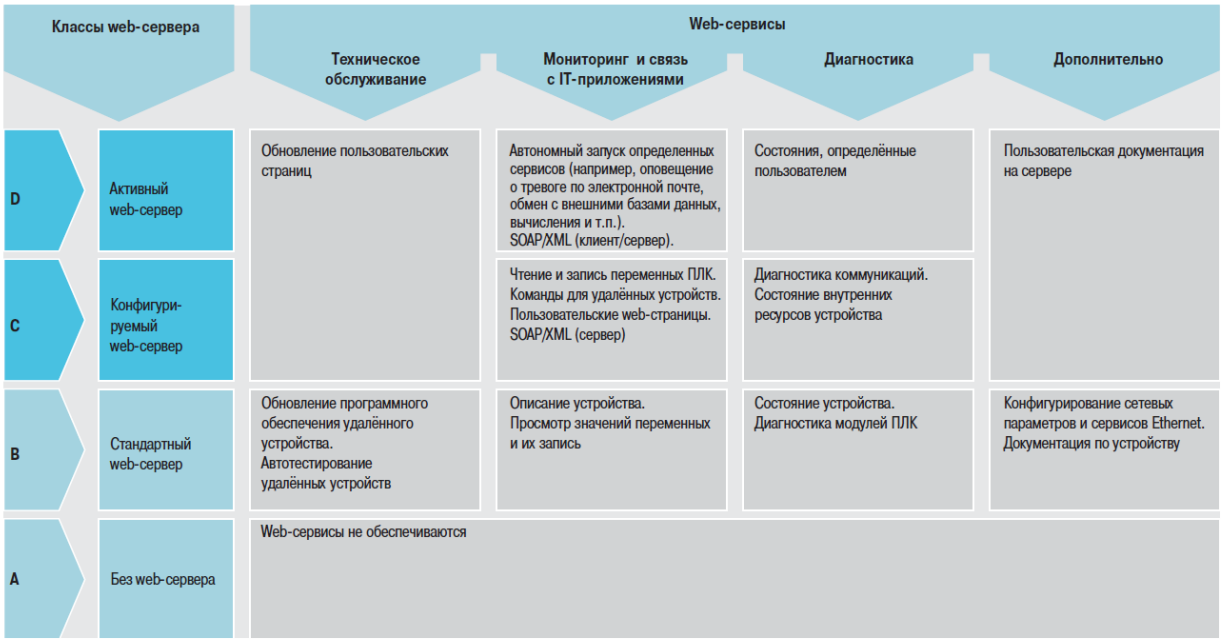


Рис. 15 *Web-сервисы*

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная учебная литература:

1. Андреев, В. А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения: Учебник для вузов / В. А. Андреев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 2006.
2. Басс Э. М., Дорогунцев В.Г. Релейная защита электроэнергетических систем: Учебное пособие. Под ред. А. Ф. Дьякова – 2-е изд., стер. – М.: Издательство МЭИ., 2006.

Дополнительная учебная литература:

3. Чернобровов, Н. В., Семенов, В. А. Релейная защита энергетических систем: Учеб. пособие для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1998.
4. Электротехнический справочник: В. 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под общ. ред. профессоров МЭИ В. Г. Герасимова и др. (гл. ред. А. И. Попов). – 8-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2002.
5. Барзам, А. Б., Пояркова, Т. М. Лабораторные работы по релейной защите и автоматике: Учеб. пособие для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
6. Елфимов, В. М., Векторные диаграммы в релейной защите. – М.: «Энергия», 1967.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГАОУ ВО «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания для самостоятельной работы студента по дисциплине «Информационные технологии и кибербезопасность в энергосистемах»

Ставрополь 2026

Вопросы для собеседования

1. Схемы учёта электрической энергии и систем АИИС КУЭ энергообъектов.
2. Технические и программные средства ИТ.
3. Программное обеспечение для создания информационных моделей
1. Современные аппаратно-программные средства сбора и обработки экспериментальных данных.
2. Системы управления базами данных. Общие принципы построения.
3. Экспертные системы.
4. Слабый искусственный интеллект в системах управления
5. Архитектура Интернета. Интернет вещей.
6. Архитектура EnergyNet – «Энергетического Интернета».
7. Интеллектуальная распределенная энергетика.
8. Информационные модели в управлении жизненным циклом объектов.
9. Виртуальные электростанции.
10. Оборудование цифровых подстанций.
11. Энергетические маршрутизаторы, общие принципы построения и алгоритмы работы.
12. Промышленные сети.
13. Аппаратное и программное обеспечение для АСУ ТП.
14. Интеллектуальные АСКУЭ, биллинг и потребительские сервисы.
15. Основные требования и принципы построения автоматических систем регулирования и управления.
16. Классификация систем управления и регулирования.
17. Типовые входные сигналы воздействия, их свойства.
18. Специализированные динамические структуры данных.
19. Сетевая модель OSI.
20. Основные топологии промышленных сетей
21. Обмен данными по технологии «клиент-сервер»
22. RS-232. Назначение, основные особенности
23. RS-485. Назначение, основные особенности
24. ModBus. Назначение, основные особенности
25. ProfiBus. Назначение, основные особенности
26. ProfiNet. Назначение, основные особенности
27. Особенности Ethernet. Основные характеристики. Перспективы развития
28. Беспроводные сети. Wi-fi. Основные характеристики
29. IP протокол. Назначение, основные особенности
30. Маршрутеризация в сетях на основе IP протокола
31. TCP, UDP протокол. Назначение, основные особенности
32. HTTP, HTTPS протокол. Назначение, основные особенности
33. SMTP протокол. Назначение, основные особенности
34. Сетевые службы DHCP, DNS

35. Основы HTML. Принципы разработки документов
36. Виды и назначение программного обеспечения для АСУ ТП
37. Особенности применения сетевых технологий в системах АСУ ТП. Требования понадежности и безопасности.
38. Современный подход к организации человеко-машинного интерфейса (HMI)
39. Основные требования к диспетчерским системам управления
40. Особенности SCADA как процесса управления
41. Функциональная структура SCADA
42. Принципы автоматизированного управления технологическим объектом. Управление в режиме советчика оператору.
43. Принципы автоматизированного управления технологическим объектом. Супервизорное управление.
44. Принципы автоматизированного управления технологическим объектом. Распределенное управление.
45. Структура и классификация информационных систем и технологий.
46. Технические и программные средства ИТ. Информационные подсистемы. Способы представления информации оператору.
47. Алгоритмы маршрутизации. Поддержка мобильности узлов. Прямая и косвенная маршрутизация.
48. Безопасность компьютерных сетей.
49. Алгоритмы криптографии.
50. Аутентификация и целостность данных. Управление доступом.
51. Интеграция услуг и сервисов в сетях связи и электроэнергетике.
52. Помехоустойчивое кодирование. Основные виды помехозащищенных кодов.