

Инструментарий инноваций: реализация Smart Grid в Китайской Народной Республике

Армашова-Тельник Г.С., к.э.н., доцент, зав. кафедрой Программно-целевого управления в приборостроении, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Россия, Санкт-Петербург

Аннотация. В статье аккумулированы данные практикоприменения Smart Grid в Китайской народной республике. Исследованы особенности реализации инновационных решений по внедрению интеллектуальных систем в союзном России государстве. Выделены технические характеристики элементов интеллектуальных сетей, проанализированы их преимущества и перспективы развития. Обоснована потребность изучения данной области исследования в рамках развития высокотехнологичных сетей для оптимизации распределения энергии и эффективности функционирования энергосферы.

Ключевые слова: Smart Grid, интеллектуальные сети, эффективность энергосферы, распределение энергии

Innovation toolkit: Implementing Smart Grid in the People's Republic of China

Armashova-Telnik G.S., cand. econom. sciences, associate professor, head Department of Program-Target Management in instrument making, Saint Petersburg state University of aerospace instrumentation, Russia, Saint Petersburg

Annotation. The article accumulates data on the practical application of Smart Grid in the People's Republic of China. The features of the implementation of innovative solutions for the implementation of intelligent systems in the Union state of Russia are investigated. The technical characteristics of the elements of intelligent networks are highlighted, their advantages and prospects for development are analyzed. The article substantiates the need to study this area of research within the framework

of the development of high-tech networks for optimizing energy distribution and the efficiency of the energy sphere.

Keywords: Smart Grid, smart grids, energy efficiency, energy distribution

На современном этапе, Россия претерпевает коренные изменения в подходе к различным отраслям, находящимся под государственным регулированием. Не является исключением и сфера электроэнергетики, к которой проявляется особый интерес в связи с моральным устареванием оборудования, перспективой экономии колоссальных средств государства, возможностью работы на международной арене. Россия, относящаяся к развивающимся странам, находится в процессе обретения собственного пути на основе опыта США, Китая, государств Европы. Разумеется, материалы зарубежных публикаций не смогут дать совершенно точное направление движения, что обусловлено различием целей и ожиданий, а также базы. Актуальность данной темы обусловлена необходимостью изучения, во-первых, шагов по внедрению интеллектуальных систем в государстве, приходящимся союзником РФ, во-вторых, представляет интерес в качестве отдельно взятого государства, с рекордными показателями экономического и технического развития, в-третьих, Китай традиционно занимает ведущие места по использованию электроэнергии и валовому вложению в экологически чистую сферу энергетики. Разработка интеллектуальных систем имеет не меньшее значение, чем работа над возобновляемыми источниками энергии, так как в случае успешного подключения источников к энергосети без соответствующего программного обеспечения, они не смогут функционировать в полную силу. По этой причине необходимы именно высокотехнологичные сети для распределения энергии, которые могут использовать энергетический потенциал ветра и солнечную энергию наравне с резервными источниками – гидроэлектрическими или биологическими. Помимо того, при переходе большей части транспорта на использование электродвигателей, им также будет нужна дополнительная электроэнергия. КНР, наравне с ведущими государствами, стал

своеобразным первопроходцем во внедрении интеллектуальных систем. В 2013 году Китай инвестировал в Smart Grid 4,3 млрд. долларов, а общемировые вложения составили 14,9 млрд [3]. А к 2015 году на переход к этой технологии было потрачено свыше 46 млрд долларов [3], что нашло поддержку как среди экономистов, так и среди экологов. В то время инвестиционная политика Китая выглядела революционно. Примечательно, что к 2015 году было установлено в два раза больше счетчиков Smart Metering, чем суммарное количество домов в США. Также Китай обогнал США по уровню вложений в возобновляемую энергетику. Ожидается, что к концу данного десятилетия КНР увеличит объем рынка SCADA до двадцати миллиардов долларов, а энергетика Китая поднимется на уровень, не имеющий аналогов в мире. На современном этапе, можно выделить шаги Китая в достижении столь высокого уровня развития данной отрасли. Смарт система КНР отличается сложностью в связи с определенными условиями и спецификой энергетики. Министерство энергетики Китая имеет общую программу преобразования своих энергетических сетей не просто в Smart Grid, а в Strong Smart Grid. Отличие состоит в наличии, так называемой, Grid Information System (Сетевая Информационная система). Есть в программе и закольцованная система на постоянном токе, причем линии постоянного и переменного тока подвешиваются на одних и тех же опорах, и большая телекоммуникация, и сенсоры, и ЦОДы на «облачных вычислениях». Для более глубокого понимания предназначения данных дополнительных систем, необходимо углубиться в тему изучения структуры «смарт-грид» Китая и планы по развитию. Особенно интересен опыт КНР по практическому применению цифровых подстанций, в которых Китай почти безусловный мировой лидер. Общеизвестно, что цифровая подстанция является ключевым звеном в развертывании Smart Grid, особенно в передающей части сети.

Иллюстрация конкретных цифр позволит проследить за развитием энергетического сектора поднебесной. К 2010 году установленная мощность достигла 962 ГВт, далее [4]:

среднегодовой темп роста установленной мощности с 2005 до 2010 года:
менее 10%

свыше 50% генераторов от 600 до 1000 МВт

наибольшая единичная мощность: 1000 МВт термальный генератор; 800 МВт гидрогенератор; 1000 МВт ядерный генератор.

Кроме того, «размерность» передающей сети отражает ситуативный характер энергетики [4]:

442 700 км ЛЭП по данным 2010 г. (220 кВ и выше)

Трансформаторная ёмкость 1974 GVA на 2010 г.

Передача переменного тока [4]:

ЛЭП 1000 кВ - 2 линии;

ЛЭП 750 кВ - более 30 линий;

ЛЭП 500 кВ - более 1200 линий;

ЛЭП 220 кВ - более 6500 линий

Передача постоянного тока: ± 800 и ± 500 кВ ЛЭП, в эксплуатации 13 линий.

Возвращаясь к вопросу подстанций, естественно, что основными параметрами функционирования электрической сети являются подстанции и управление режимами их работы, так как они относятся к наиболее дорогому и важному элементу этой сети, и от согласованного их функционирования зависят качественные и количественные экономические показатели. Согласно их стоимости и важности, в Китае, по оценкам экспертов, доля интеллектуальных подстанций к концу третьего квартала 2020 году составляет порядка 50-60%. Интеллектуальная (smart) подстанция - полностью цифровая подстанция, состоящая из интеллектуальных первичных устройств и интеллектуальных электронных устройств (IEDs), объединённых в сеть для обеспечения информационного обмена и взаимодействия на основе стандарта IEC (рис. 1, 2) [2].

В данном случае, основная суть «Китайского» подхода к системе не отличается от европейской, однако важно отметить наличие собственной опробованной и внедренной архитектуры смарт подстанции. Стоит обратить

внимание на то, что контур технологического управления развязан с системами управления зданием подстанции и на граничном слое установлены специализированные устройства защиты. Важно понимать, что для процессного уровня, в который входят ключевые элементы, а именно, трансформаторы тока и напряжения, а также прерыватели, политика монтажа цифровых преобразователей и цифровых устройств заключается в наибольшем приближении их к устройствам процессного уровня. Электронные блоки этого уровня помечены более темным цветом по схеме и монтируются в специальные 19'' шкафы, естественно обеспечивающие климатические условия для электроники (NR использует специализированные стойки немецкого производства). К этим шкафам подводится оптика по скрытым коробам. Внутри здания подстанции оборудование, помеченное более светлым фоном, также монтируется в 19'' шкафы, без климатических установок, которые производит сама NR.

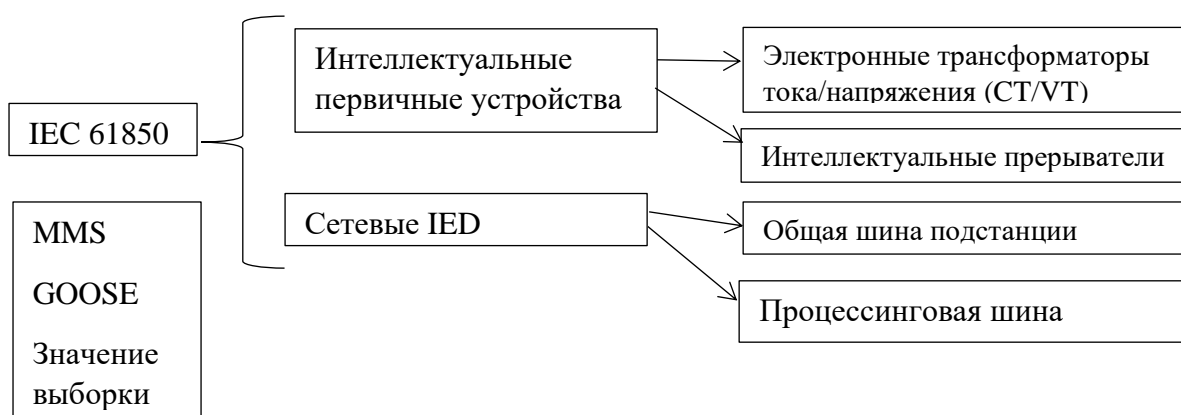


Рис. 1 – Интеллектуальные подстанции

В данном случае, основная суть «Китайского» подхода к системе не отличается от европейской, однако важно отметить наличие собственной опробованной и внедренной архитектуры смарт подстанции. Стоит обратить внимание на то, что контур технологического управления развязан с системами управления зданием подстанции и на граничном слое установлены специализированные устройства защиты. Важно понимать, что для процессного уровня, в который входят ключевые элементы, а именно, трансформаторы тока и напряжения, а также прерыватели, политика монтажа цифровых

преобразователей и цифровых устройств заключается в наибольшем приближении их к устройствам процессного уровня.

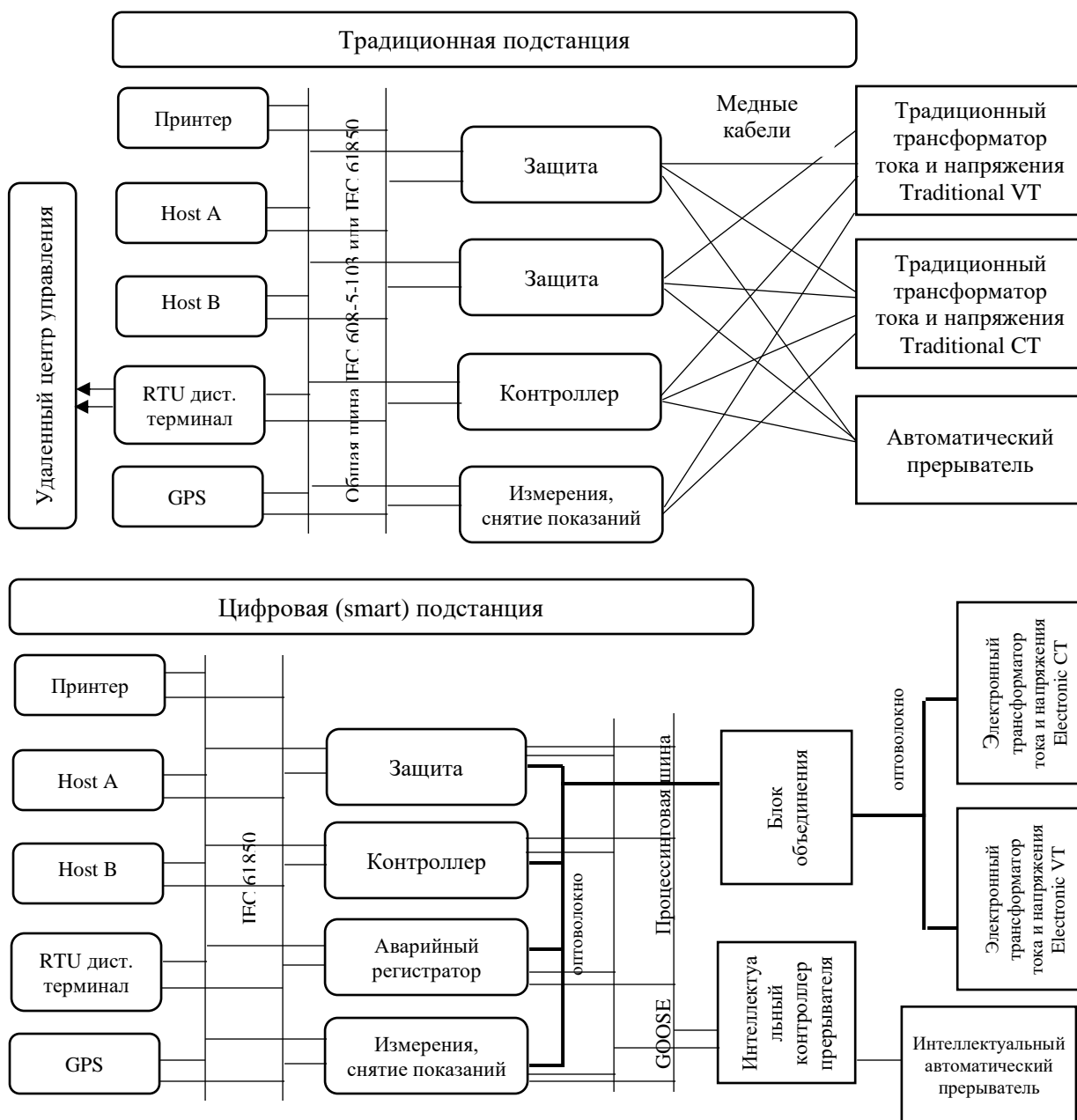


Рис. 2 – Отличия традиционной от цифровой подстанции

Электронные блоки этого уровня помечены более темным цветом по схеме и монтируются в специальные 19'' шкафы, естественно обеспечивающие климатические условия для электроники (NR использует специализированные стойки немецкого производства). К этим шкафам подводится оптика по скрытым коробам. Внутри здания подстанции оборудование, помеченное более светлым фоном, также монтируется в 19'' шкафы, без климатических установок, которые производит сама NR.

Относительно концепций работы энергетических систем КНР, отметим, что с точки зрения специалистов по ИТ и телекоммуникациям, это давно знакомая и понятная схема демонстрирующая, что именно и на каких уровнях располагается [1]:

Уровень станции

сервер/рабочая станция с пакетом ПО НМІ, сетевыми принтерами
соединение с помощью шлюзов для загрузки диспетчерского центра

GPS-приёмник

Вау-уровень (граничный)

управляющие модули вау-control

защита измерения

другие IED (интеллектуальные электронные устройства), такие как модули дополнительного питания, аварийные регистраторы

Уровень процессной шины

блок объединения для трансформаторов ЕСТ/VT или оптического СТ

интеллектуальный контроллер прерывателя для распределительного устройства

Сетевой уровень

одиночная/двойная сеть с распределённой или кольцевой структурой (электрическая или оптическая)

преобразователь (модернизатор) протоколов

Ethernet-switch на 1 Гбит/100 Мбит

Как и в любой критически важной инфраструктуре, на подстанциях предусмотрено резервирование, которое разбивается на: резервные локальные сети для общей шины; резервная защита и управление; резервные блоки объединения (MU) для каждой стойки (вау); резервные ИВС для каждой стойки (вау); резервные локальные сети или R2R для процессинговой шины. Именно изначально имеющееся на подстанциях резервирование позволяет планово и без прерывания технологического процесса (когда это в принципе возможно) заменять аналог на цифру (табл. 1). При хорошей подготовке замена одного

направления занимает всего сутки. Существует 3 этапа преобразования подстанции полностью в цифровую: 1. Установка нового оборудования, отвечающего требованиям, в здании подстанции; 2. Вынос электроники, размещенной в шкафах с климатикой, к процессному уровню и обеспечение связи по оптическим каналам. За счет этого переход на цифровую подстанцию осуществляется без модернизации процессного уровня; 3. Означает появление цифровых электронных устройств непосредственно на объектах процессного уровня

Таблица 1

Схема технологического процесса модернизации подстанций

Интеллектуальные подстанции		Традиционные подстанции
ICD-файл: описание возможностей IED	=	IED не установлены
SSD-файл: описание системной спецификации	=	Проектная диаграмма S/S
SCD-файл: описание конфигурации подстанции	=	Установка IED
CID-файл: описание настроенных IED	=	Установленные IED

Другим важнейшим элементом данной цепи являются геоинформационные системы (ГИС). Они возникают в качестве подсистемы в SCADA для цифровой подстанции, а также используются и в иных приложениях и на практике (осмотры, мобильные бригады, и т.п.). Данная подстанция не нуждается в человеке, так как диспетчерские процессы уходят в «смарт» диспетчерские по цифровым каналам. Проблема заключается в большом количестве компонентов и их вариативности для реализации архитектуры решений, а также квалифицированных кадров и отработанного цикла процедур. К примеру, в 2010 году для реализации систем «смарт грид», которые должны были обеспечить лучший учет и регулирование спроса и предложения в интеллектуальных сетях, было потрачено в США 2,75 млрд. долларов. Достаточно редко при реализации проектов учитывается стоимость обслуживания оборудования, в частности, персонал и комплектующие, а эта

сумма может оказаться больше, чем сумма за основную продукцию. Так, компания GE объявила о специальной программе аутсорсинга решений Smart Grid для электрических сетевых компаний (Smart Grid как сервис) [5].

Структура производителей систем «смарт грид» достаточно обширна и в географическом и в техническом плане. Наравне с венчурными компаниями, она включает государственные и частные, занимающиеся производством энергетического оборудования и адаптацией его под интеллектуальные системы разных стран. Такая ситуация характерна и для США, и для Китая, и для Европы [6]. Обширная структура «Смарт грид» обуславливает и его неоднородность, что обозначает, во-первых, обширный уровень компетентности, во-вторых, учет различных программных свойств. Данные параметры влияют на распределение кадров, начиная от разработки и заканчивая установкой и обслуживанием. Помимо всего, важным элементом цепи является экологическая составляющая. Десять лет назад, когда данная система рассматривалась в качестве государственно спонсируемой, одним из условий была приносимая ощутимая экологическая польза. И это касалось не только КНР, США и страны Европы, развивающиеся страны делают упор на улучшение экологической ситуации в мире. В результате, в системе Smart Grid минимизирован вред окружающей среде и циркулирует, так называемая, экосистема, являющаяся приоритетным ориентиром большинства стран [8].

Рассматривая катализатор стремительного развития систем SG в КНР, стоит отметить, что для КНР вопрос развития интеллектуальных систем приоритетен, поскольку государство занимает первое место в производстве, так называемой, чистой энергетики [7]. Государственные и частные компании уже 10 лет наравне с интеллектуальными системами семимильными шагами двигаются в сторону максимального уменьшения загрязнения окружающей среды. Еще одним аргументом служит быстрорастущее население с растущими потребностями электроэнергии, потому Китай, начиная с 2015 года, успешно внедряет разного рода ветротурбины с производственным потенциалом 830 МВт (72,9% общемирового производства). К тому же, страна является лидером не

только в развитие собственной возобновляемой энергетики, но и стран, с которыми существуют договоренности (Индия, Чили, Бразилия). По этим причинам необходимо, чтобы сети отвечали современным требованиям. К тому же, в связи с такой огромной нагрузкой на электрические сети, необходимо четкое автоматическое перераспределение и очень жесткие рамки, и своевременное обслуживание. Потому китайской системе недостаточно стандартов, отвечающих европейским технологиям, и потому их система даже называется «Strong smart grid».

В рамках темы исследования рассмотрим структуру смарт систем КНР с позиции выделения основных шагов государства в этой области, которые могут быть применены в Российской Федерации. Соответственно, необходимо рассмотреть основные частные вопросы, связанные с интеллектуальными системами. По оценкам различных китайских агентств, таких как: «Zpryme», объем китайского рынка Smart Grid, начиная с 2015 года (примерно 61,4 млрд. долл.), до 2019 года возрос до 120 млрд долл. Данный рост (почти в два раза), хоть и является беспрецедентным, но не удивителен, поскольку в государстве с более чем 1.4 миллиардным населением, потенциал рынка не ограничивается такими цифрами. На современном этапе, в Китае необходимость развивать магистральные и распределительные сети сменилась на необходимость развития интеллектуальных энергосетей в альтернативной энергетике: электромобили; интеллектуальные счетчики, число 35 которых оценивается примерно в 250 млн. долларов.

К тому же, поскольку Китай является крупнейшим в мире потребителем электроэнергии, а это более 1\5 части мирового потребления, инвесторы стремятся вкладываться в развитие смарт систем [7]:

Венчурная компания Accel Partners, специализирующаяся на работе с Facebook и Group, регулярно инвестирует в основные китайские фонды, которые специализируются на работе в области энергетики;

Honeywell собираются также реализовывать свой проект в Китае, заключающийся в регулировании спроса (demand response), а также ведут работы в области сокращения потребления электроэнергии в офисных центрах;

Duke Energy и китайская ENN Group договорились о сотрудничестве в области создания «интеллектуальных городов» в Китае и в США;

State Grid Corporation of China – государственная корпорация, отвечающая за денежные активы в отрасли электроэнергетики и имеющая оборот порядка 180 млрд долл., ведет активное сотрудничество с китайской академией наук и GE работают над стандартами, которые позволяют развивать интеллектуальные сети в государстве.

На современном этапе, все основные «игроки» рынка Smart Grid работают именно с Китаем, осознавая все перспективы самого стремительно развивающегося государства на планете. Основные крупные проекты, анонсированные за последние годы [8]:

1. Модернизация магистральных сетей – КНР, являясь одним из новаторов в области электроэнергетики, запустил первую в мире ЛЭП 660 кВ постоянного тока (NingdongShandong). В то же время, Alstom Grid открыла в Китае исследовательский центр, усилия которого направлены на разработку проектов строительства ЛЭП классов UHVAC (Ultra High Voltage Alternating Current) и UHVDC (Ultra High Voltage Direct Current). Основной целью является введение в активное использование к первой половине 2021 году трех ЛЭП на 1200 кВ переменного тока и 1000 кВ постоянного, пропускной способностью 20 ГВт каждая;

2. Развитие «чистых» источников энергии – также один из приоритетных вопросов. Потребность в генерации энергии растет пропорционально росту объемов потребления и сокращения использования «грязной» энергии, а данная отрасль может позволить решить проблемы. Однако, чтобы реализовать весь потенциал данной отрасли, необходимо повышать уровень передаточной мощности ЛЭП. В связи с возросшими объемами инвестиций в данную отрасль,

предполагается, что будет обеспечена передача потребителям электричества не только от ветра, но и от новых солнечных станций и ГЭС;

3. Количество интеллектуальных счетчиков – в Китае подходит к концу 13 «пятилетка», которая привела к как в частном, так и в коммерческом и промышленном секторах увеличение количества «умных» счетчиков до 250 млн ед.;

4. Экологически «чистый» ТяньЦзинь – региональный центр Китая, расположенный в 150 36 километрах от Пекина. Он был выбран для реализации плана по созданию первого в мире экологически чистого города. Планируется, что город с населением более 14 млн. человек станет самым чистым в мире, с обеспечением порядка 20% потребностей в электроэнергии за счет электрогенерации. Стоит отметить, что в РФ также взялись за подобный проект, который, в отличие от города в КНР, создан с нуля;

5. Работа с экологически чистым транспортом – начиная с 2009 года, в КНР началась популяризация электромобилей. Изначально было заявлено 10 городов, затем 25, а первыми объектами модернизации должны стать парки общественного транспорта и таксопарки. На современном этапе, инвестиции в данную область беспрецедентны. Согласно следующему планам, предполагается, что к 2025 году каждый пятый автомобиль будет электрическим, к 2030 все автомобили будут либо гибридными, либо электрическими, а к 2040 году государство планирует избавиться от бензинового транспорта. К тому же, именно поднебесная запустила тенденцию передвижения на электросамокатах, которая «дошла» и до РФ.

Таким образом, подчеркнем ключевые моменты, на которые стоит обратить внимание в изучении интеллектуальных систем в энергетическом секторе Китайской Народной Республики. В первую очередь, можно отметить непрерывность процессов введения системы и ее тесную связь с другими нововведениями в данной области: за десять лет был введен в использование целый ряд оборудования и технологических процессов, направленных на замещение сырьевой энергии на электрическую, а параллельно обновлялись сети

и устанавливались счетчики. Весь этот прогресс стал возможен благодаря огромным вливаниям частных компаний, что подводит ко второму фактору – популяризация чистой энергетики, несение в массы идеи, зачастую без предоставления выбора. В современном мире очень важную роль играет предоставление Carte blanche гражданам государства в принимаемых ими решениях, однако существуют моменты, в которых рука государства должна направлять их. В данном случае, РФ и КНР схожи в стиле управления, потому, когда придет момент перемен в сторону замены «грязной» энергии на «чистую», правительство также сможет обязать население отказаться от бензинового транспорта, что является несомненным плюсом для экологического состояния планеты.

Единственным вопросом остается, когда РФ сможет сделать такой же шаг в сторону выбора электроэнергии, учитывая зависимость государства от нефти и газа. Китай, во многом, пришел к данному решению из-за растущего населения – почти в 10 раз больше, чем в РФ на территории в 2 раза меньшей, и соответствующему экологическому кризису. Однако данный шаг помог не только постепенно начать улучшать природную ситуацию, но и стимулировать экономику. Возможно, для РФ подобной кризисной ситуацией послужит отказ государств от импорта российской нефти в связи с переходом на электроэнергию. Но стоит также отметить, что в России все же предпринимаются шаги для избегания подобного кризиса, а именно, также вводится система Smart Grid, хоть и с опозданием на 7-8 лет, популяризируется электротранспорт, построен новый город (первый город, построенный именно в России, а не СССР) Иннополис, в котором верифицируется практикоприменяемость инноваций, процветают системы электрогенерации. Таким образом, можно отметить, что при технологической, экономической, политической настоящей конъюнктуре в России не представляется возможным реализация «повторения» успешного сценария КНР (по причинам различий и в объемах потребления энергии, и стиле управления и т.д.), однако, целесообразно ориентироваться на эффективность практикоприменения алгоритмов и

некоторых подходов, реализуемых КНР в решении стратегических задач технологического, экономического, экологического развития государства.

Библиографический список

1. Smart Grid Китая: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=7437&SECTION_ID=25, 2019 г. (дата обращения: 30.01.2021)
2. Куприяновский В.П., Долбнев А.В., Волков С.А, Синягов С.А., Селезнёв С.П Smart Substations as a Basis for Strong/Smart Grid <https://arcreview.esri-cis.ru/2012/05/04/smart-grid-в-кнр/> (дата обращения: 30.01.2021)
3. Б.Б. Кобец, И.О. Волкова – Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid, 2018 г. (дата обращения: 01.02.2021)
4. Чем опасны умные электросети – <https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/Smart-Grid-Vulnerabilities.pdf> , 2019 г. (дата обращения: 01.02.2021)
5. David Xu Michael Wand Claudia Wu Kevin Chan – Evolution of the smart grid in China, 2019 г. (дата обращения: 25.01.2021)
6. Qiang Sun Xubo Ge Lin Liu – Review of Smart Grid Comprehensive Assesment Systems, 2019 г. (дата обращения: 28.01.2021)
7. Regulatory pathways for smart grid development in China – <https://core.ac.uk/download/pdf/81893483.pdf>, 2020 г. (дата обращения: 02.02.2021)
8. Концепция SmartGrid выгодна и производителям, и потребителям энергии <https://rg.ru/2020/04/28/konceptsiia-smartgrid-vygodna-i-proizvoditeliam-i-potrebiteliam-energii.html> (дата обращения: 02.02.2021)

References

1. Smart Grid of China: https://www.esri-cis.ru/news/arcreview/detail.php?ID=7437&SECTION_ID=25, 2019 (date accessed: 30.01.2021)

2. Kupriyanovskiy V.P., Dolbnev A.V., Volkov S.A., Sinyagov S.A., Seleznev S.P. Smart Substations as a Basis for Strong / Smart Grid <https://arcreview.esri-cis.ru> / 2012/05/04 / smart-grid-in-china / (date of access: 30.01.2021)

3. B.B. Kobets, I.O. Volkova – Innovative development of the electric power industry based on the Smart Grid concept, 2018 (date accessed: 01.02.2021)

4. Why smart power grids are dangerous – <https://www.ptsecurity.com/upload/corporate/ru-ru/analytics/Smart-Grid-Vulnerabilities.pdf>, 2019 (date accessed: 01.02.2021)

5. David Xu Michael Wand Claudia Wu Kevin Chan - Evolution of the smart grid in China, 2019 (date accessed: 25.01.2021)

6. Qiang Sun Xubo Ge Lin Liu - Review of Smart Grid Comprehensive Assesment Systems, 2019 (date accessed: 28.01.2021)

7. Regulatory pathways for smart grid development in China – <https://core.ac.uk/download/pdf/81893483.pdf>, 2020 (date accessed: 02.02.2021)

8. The SmartGrid concept is beneficial to both producers and consumers of energy <https://rg.ru/2020/04/28/koncepcia-smartgrid-vygodna-i-proizvoditeliam-i-potrebiteliam-energii.html> (date of access: 02.02.2021)