

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Шумилкин С.Ю.,

магистрант направления «Менеджмент»

*Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва,
Саранск*

Данная статья содержит результаты критического обзора современных исследований наиболее востребованных инновационных технологий (моделирование и расчет режимов электроэнергетической системы; стандарт МЭК 61850; концепция Smart Grid), которые существенно влияют на развитие энергетики, на надежность работы, имеют перспективы внедрения в обозримом будущем и значительно повышают технико-экономические показатели энергосистем

Ключевые слова: технологическое развитие, энергетические системы, инновационный технологии, технико-экономические показатели

Электроэнергетика - базовая инфраструктурная отрасль, снабжающая электричеством и теплом все остальные сектора хозяйства. Здесь реализуются процессы производства, передачи, распределения электроэнергии. Она имеет связи со всеми отраслями, снабжая их произведенным электричеством и теплом и получая от некоторых из них ресурсы для своего функционирования.

С энергопотреблением прямо связаны и уровень социально-экономического развития, и общая деловая активность, и жизнь каждого человека. Только за последнее десятилетие производство электроэнергии в мире выросло почти в 1,5 раза. Заметные изменения происходят в соотношении используемых видов топлива и в географической структуре глобального энергетического рынка. Двумя крупнейшими производителями электроэнергии, далеко опережающими всех остальных, являются Китай и США.

Роль электроэнергетики в XXI в. остается исключительно важной для социально-экономического развития любой страны и мирового сообщества в целом. Энергопотребление тесно связано с деловой активностью и уровнем жизни населения. Научно-технический прогресс и появление новых секторов и отраслей экономики, совершенствование технологий, повышение качества и улучшение условий жизни людей ведут к расширению сфер использования электроэнергии и повышению требований к надежному и бесперебойному энергоснабжению.

Особенности электроэнергетики как отрасли обусловлены спецификой ее основного продукта. Электроэнергия по своим свойствам подобна услуге:

время ее производства совпадает со временем потребления. Электроэнергетика должна быть готова к выработке, передаче и поставке электроэнергии в момент появления спроса, в том числе в пиковом объеме, располагая для этого необходимыми резервными мощностями и запасом топлива.

В настоящее время существует достаточно большое количество отраслевых исследований, отражающих состояние и тенденции развития технологий в электроэнергетике. Данная статья содержит результаты критического обзора современных исследований наиболее востребованных инновационных технологий, которые существенно влияют на развитие энергетики, на надежность работы, имеют перспективы внедрения в обозримом будущем и значительно повышают технико-экономические показатели энергосистем.

1. Моделирование и расчет режимов электроэнергетической системы.

Эффективность управления режимами электроэнергетической системы во многом определяется адекватностью используемых ее математических моделей, качеством решения задач проверки допустимости, устойчивости и надежности существующего или планируемого режимов. Для расчета нормальных и переходных режимов используются широко известные программно-вычислительные комплексы (ПВК), примерами которых могут служить: ПВК PSS/E, RastrWin, ориентированные на расчет анализ и оптимизацию установившихся режимов, ПВК EUROSTAG, Мустанг, RUSTAB, предназначенные для расчетов электромеханических переходных режимов, ПВК NETOMAS, с помощью которого можно проводить расчеты электромагнитных и электромеханических переходных режимов, комплексы программ для расчетов электрических величин при повреждении сети и установок релейной защиты – ПВК АРМ СРЗА и ТКЗ 3000, ПВК АНАРЭС, ДАКАР-2010 позволяющие рассчитывать установившиеся режимы, токи короткого замыкания и динамическую устойчивость.

В последнее время все более широкое распространение получает ПВ КЕМТТРВ (Electro Magnetic Transient Program - Restructured Version), разработанный в США компанией EMTP Development Coordination Group в рамках международного проекта EMTP Restructuring Project. Характерной особенностью этого комплекса является детальное моделирование переходных режимов в таких элементах энергосистемы, как генераторы и двигатели при сохранении высокой точности расчетов.

Наряду с математическим моделированием в последнее десятилетие интенсивно развивается и находит все более широкое применение новая технология цифро-аналогового моделирования Real Time Digital Simulator (RTDS). Это цифровой программно-аппаратный комплекс, который предназначен для моделирования электромагнитных и электромеханических переходных режимов, испытаний регуляторов и защит электроэнергетической системы в замкнутом цикле в реальном времени. Испытания в замкнутом цикле (Closed-loop testing) - вид испытаний, при которых испытуемый прибор подключается к аналоговым выводам RTDS,

выходные сигналы RTDS передаются в испытуемый прибор, выходные сигналы прибора подаются обратно на вход RTDS и корректируют режим работы моделируемой электроэнергетической системы в темпе процесса моделирования. В роли испытуемого прибора могут быть реальные комплекты APB, APC, FACTS, PSS, устройства защиты и т.п. (Рисунок 1).



Р и с у н о к 1 – Схема подключения к RTDS внешних устройств

2. Стандарт МЭК 61850.

Важным направлением инновационного развития энергетики является создание систем автоматизации и управления электроэнергетическими объектами на базе стандарта МЭК 61850 и сети Ethernet.

Стандарт МЭК 61850 является унифицированной платформой для доступа и обмена информацией между микропроцессорным оборудованием различных производителей. Стандарт регламентирует представление данных об объекте автоматизации, а также протоколы цифрового обмена данными между микропроцессорными интеллектуальными электронными устройствами (Intelligent Electronic Devices, IED) подстанции (включая устройства релейной защиты и автоматики, противоаварийной автоматики, телемеханики, технологической связи и т.д.). Широкое внедрение стандарта явилось предпосылкой для создания подстанции нового поколения – цифровой подстанции, в которой организация всех потоков информации при решении задач защиты, управления и мониторинга осуществляется в цифровой форме.

Существенной особенностью стандарта МЭК 61850 является то, что в нем регламентируются не только вопросы передачи информации между отдельными устройствами, но и вопросы формализации описания схем подстанции, схем защиты, автоматики, измерений, конфигурации устройств.

В основе систем автоматизации на базе стандарта МЭК 61850 лежит децентрализованный принцип и свободное распределение логических функций между устройствами. При этом обмен данными между устройствами осуществляется с помощью GOOSE сообщений.

Информационные комплексы, удовлетворяющие этому стандарту, обеспечивают более высокую скорость и безопасность передачи информации по сравнению с традиционными. Взаимозаменяемость отдельных

компонентов системы достигается не только за счет стандартизации протоколов передачи данных, но также за счет выполнения жестких требований по совместимости оборудования.

3. Концепция Smart Grid.

Инновационное развитие электроэнергетики индустриально развитых стран привело к разработке новой концепции создания технологического базиса электроэнергетики, которая получила название Smart Grid. Концепции Smart Grid, разрабатываемые в США и Западной Европе имеют существенные отличия по базовым технологиям, состав которых еще не определен окончательно и меняется в процессе развития концепций.

Ниже представлены наиболее значимые технологии Smart Grid.

3.1. Возобновляемые источники энергии

Развитие ВИЭ было обозначено в числе основных задач в рамках государственной программы "Энергоэффективность и развитие энергетики", одобренной на заседании Правительства Российской Федерации 7 марта 2013 г. Программа предусматривает до 2020 г. ввод 6,2 ГВт генерации на основе ВИЭ, что позволит увеличить долю такой генерации в текущем энергобалансе с 0,8% до 2,5%. Наиболее развитыми в мире ВИЭ являются ветроэнергетика и солнечная энергетика.

Ветроэнергетика

Ветроэнергетика бурно развивается во всех крупных энергосистемах мира. В конце 2012 г. суммарная установленная мощность ветроустановок в мире составила 282,6 ГВт (<http://www.gwec.net>). В Таблице 1 приведены страны с наибольшей установленной мощностью ветроустановок.

Т а б л и ц а 1

Установленная мощность ветроустановок, ГВт

Страна	2011 г.	2012 г.
Китай	62,3	75,3
США	46,9	60,0
Германия	29,0	31,3
Испания	21,6	22,8
Индия	16,0	18,4

Количество электрической энергии, произведённой всеми ветрогенераторами мира, составило более 430 тераватт-часов (2,5 % всей произведённой человечеством электрической энергии). Особенно интенсивно ветроэнергетика развивается в таких странах, как Дания (с помощью ветрогенераторов производится около 28 % всего электричества), Испания – 16 % Германия - 8 %. Эффективность ветроустановок в определенном регионе во многом определяется среднегодовой скоростью ветра. В РФ к перспективным районам - зонам ветровой активности относятся острова Северного Ледовитого океана от Кольского полуострова до Камчатки, районы Нижней и Средней Волги и Каспийского моря, побережье Охотского,

Баренцева, Балтийского, Черного и Азовского морей (Рисунок 2), где среднегодовая скорость ветра составляет 5-7 м/сек.

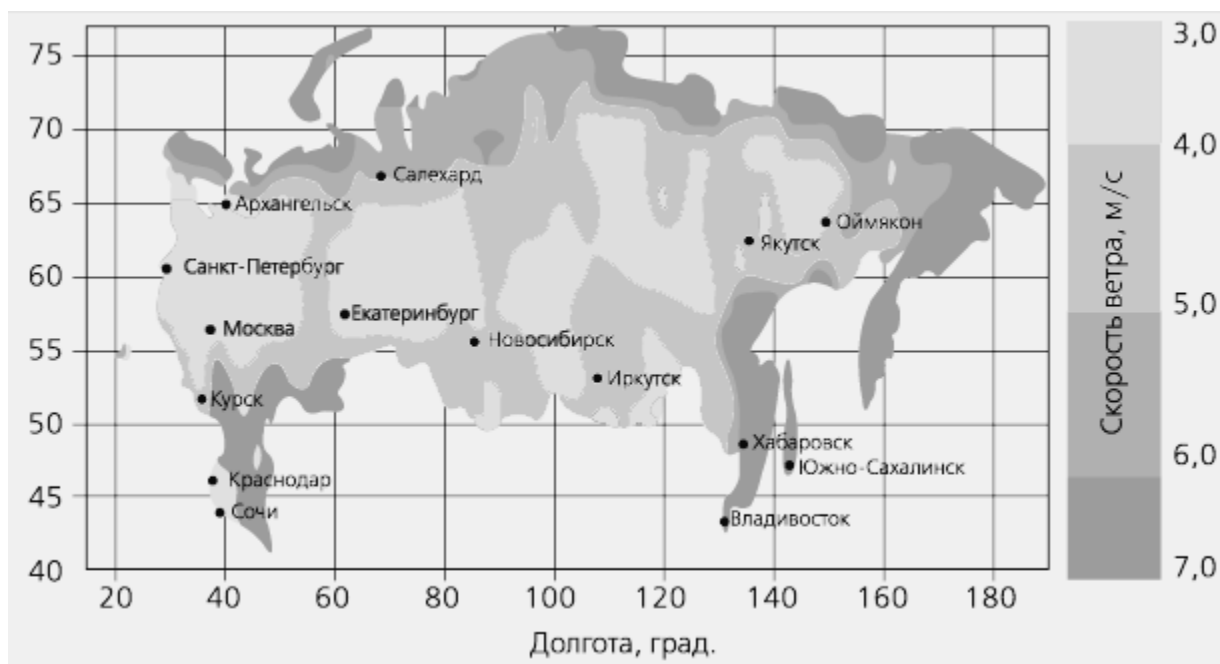
Солнечная энергетика

Основными способами преобразования солнечной энергии являются:

- Фотовольтаика - получение электроэнергии с помощью фотоэлементов;
- гелиотермальная энергетика - генерация электроэнергии тепловыми машинами через нагрев теплоносителя;
- термовоздушные электростанции - преобразование солнечной энергии в энергию воздушного потока, вращающего генератор.

Наиболее перспективными регионами РФ для использования солнечных электростанций являются Краснодарский край, регион оз. Байкал, Хабаровский край, Якутия.

Возобновляемые источники энергии предполагается объединять с различного вида накопителями энергии. Распределительные электрические сети, в состав которых входят возобновляемые источники энергии, накопители энергии, источники малой генерации потребителей и резервные источники питания получила название микросетей (microgrids). Микросети, включенные на параллельную работу с основной сетью энергосистемы, позволяют существенно повысить надежность и эффективность использования электроэнергии потребителями.



Р и с у н о к 2 – Среднегодовая ветровая нагрузка регионов России

3.2. Векторное измерение и регистрация параметров режима.

Технология синхронизированной векторной регистрации параметров электрического режима (технология СВРП), впервые начала внедряться в конце 80-х годов прошлого столетия, и была реализована с помощью Wide Area Measurement System (WAMS). Ее появление и развитие было обусловлено усложнением топологии и структуры генерации и потребления

электроэнергетических систем, повышением количества и увеличением тяжести крупных системных аварий, а также появлением и широким внедрением технологии глобального позиционирования (Global Positioning System – GPS). В России технология СВРП реализована в виде Системы мониторинга переходных режимов (далее – СМПР).

Создание СМПР, начавшееся в 2005 г., было продиктовано объективной необходимостью Системного оператора ЕЭС в источнике информации о динамических свойствах ЕЭС/ОЭС. Второй причиной создания СМПР явился запуск проекта «Разработка ТЭО синхронного объединения энергосистем UCTE с ЕЭС/ОЭС». В рамках проекта с помощью СМПР была проведена верификация динамической модели ЕЭС/ОЭС перед ее объединением с моделью UCTE и проведен анализ низкочастотных колебаний в энергообъединении ЕЭС/ОЭС - UCTE.

СМПР ЕЭС/ОЭС представляет собой комплекс регистрирующих приборов (Phasor Measurement Unit, PMU), каналов передачи данных между регистраторами, концентраторами данных (Phasor Data Concentrator, PDC) и центрами управления, а также средств обработки полученной информации. PMU устанавливаются в крупных энергоузлах, на межсистемных связях, на электростанциях вторичного регулирования.

Основные области использования технологии СВРП могут быть разделены на две категории:

1. Области применения технологии СВРП, не требующие передачи информации в режиме реального времени (Off-line задачи).

2. Области применения технологии СВРП для управления режимами работы энергосистем в режиме реального времени (On-line задачи).

Среди Off-line приложений можно выделить следующие:

- верификация динамических моделей;
- мониторинг низкочастотных колебаний;
- анализ технологических нарушений и аварий.

On-line приложения технологии СВРП:

- оценивание состояния;
- мониторинг уровней устойчивости;
- мониторинг асинхронных режимов;
- мониторинг функционирования систем возбуждения и автоматических регуляторов возбуждения генераторов электростанций;
- противоаварийное управление.

В настоящее время с помощью СМПР решены задачи верификации динамических моделей, мониторинга низкочастотных колебаний, мониторинга запасов устойчивости. Находятся на стадии разработки задачи оценивания состояния, мониторинга функционирования систем возбуждения и автоматических регуляторов возбуждения генераторов электростанций, мониторинга асинхронных режимов.

3.3. FACTS

К технологиям SmartGrid можно отнести новые способы повышения пропускной способности межсистемных и системообразующих линий электропередач, регулирования напряжения и реактивной мощности, оптимальное распределение потоков мощности по параллельным ЛЭП. Эти технологии получили общее название «управляемые связи переменного тока» (Flexible AC Transmission System, FACTS).

Методы, лежащие в основе технологий FACTS, были разработаны в середине прошлого века. Новый импульс развития эти методы получили с развитием технологий и устройств силовой электроники.

Создание полупроводниковых приборов для силовой электроники началось в 1953 г., когда стало возможным получение кремния высокой чистоты и формирование кремниевых дисков больших размеров. В 1955 г. был впервые создан полупроводниковый управляемый прибор, имеющий четырёхслойную структуру и получивший название "тиристор".

В настоящее время наибольшее распространение получили следующие типы полупроводниковых приборов для силовой электроники:

- запираемые тиристоры (GTO, Gate-Turn-Off);
- запираемые тиристоры с интегрированным управлением (IGCT, Integrated Gate-Commutated Thyristor).
- биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT, Insulated Gate Bipolar Transistor).

Способность тиристоров работать с частотами переключения от 500 Гц до 2 кГц сделало возможным создать на их базе быстродействующие устройства управления режимами работы электроэнергетической системы.

Устройства, использующие силовую электронику, обеспечивающие реализацию технологии управляемых линий переменного тока и влияющие на уровень устойчивости, могут быть классифицируемы следующим образом:

- управляемые шунтирующие реакторы (УШР);
- статические тиристорные компенсаторы (СТК);
- управляемые статические преобразователи;
- асинхронизированные синхронные машины.

Управляемые шунтирующие реакторы обеспечивают плавное регулирование напряжения при передаче мощности по линиям электропередачи меньше натуральной. В этом случае избыточная реактивная мощность, генерируемая линиями, потребляется реактором, и уровень потребления адаптирован к потокораспределению. УШР снижают передаваемую по линиям реактивную мощность, что позволяет повысить уровень статической устойчивости и снизить потери активной мощности.

Статические тиристорные компенсаторы обеспечивают регулирование напряжения при передаче по линиям мощностей как ниже, так и выше натуральной, повышают предел передаваемой мощности, а, следовательно, и уровень статической и динамической устойчивости.

Управляемые статические преобразователи обладают принципиально новой функциональной возможностью - векторным регулированием в энергосистемах, когда по заданным законам регулируются не только величина, но и фазовый угол напряжения в узлах энергосистемы.

Векторное регулирование позволяет существенно повышать уровень как статической, так и динамической устойчивости. Увеличиваются пределы передаваемой по линиям электропередачи активной мощности вплоть до предела по термической стойкости линий, оптимизируется распределение мощностей в сложной неоднородной электрической сети.

Управляемые статические преобразователи выполняются по схеме так называемых преобразователей напряжения (ПН), которые могут включаться в электрическую сеть как параллельно, так и последовательно.

Параллельно включаемый ПН называется СТАТКОМ и является статическим аналогом синхронного компенсатора. В отличие от синхронного компенсатора СТАТКОМ чувствителен к уровням напряжения в узле его подключения. Последовательно включенный в линию электропередачи ПН является устройством управляемой продольной компенсации (УПК), которое изменяет значение продольного сопротивления линии электропередачи, воздействуя на пропускную способность линии электропередачи.

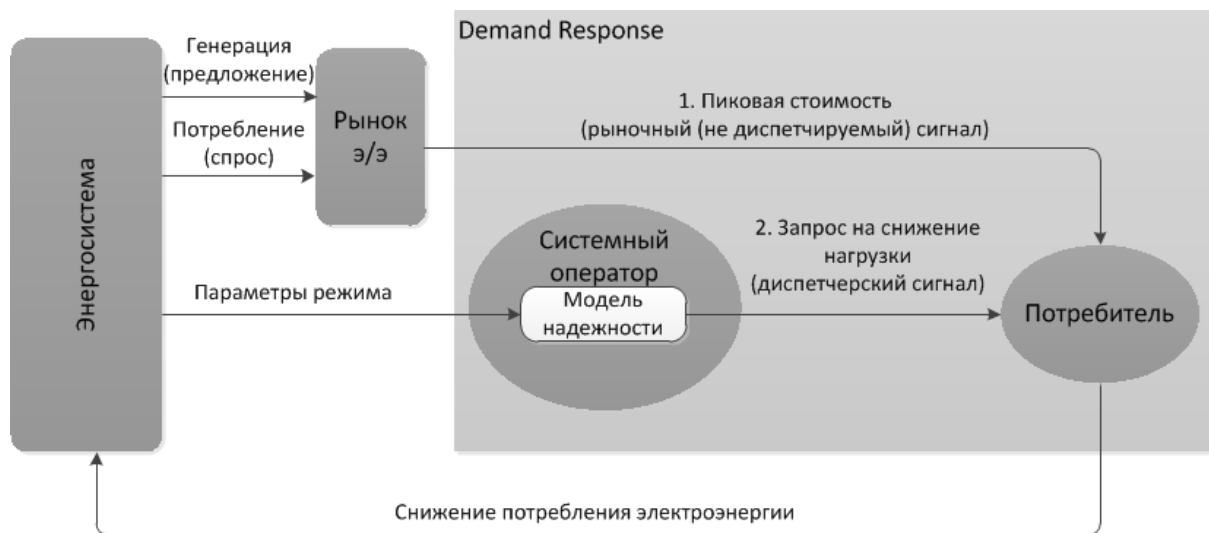
Включение одного ПН параллельно, а другого последовательно в линию электропередачи создает устройство, которое называется объединенный регулятор потоков мощности (ОРПМ). Это устройство выполняет одновременно функции СТАТКОМА и УПК.

Асинхронизированные синхронные машины обеспечивают перемещение магнитного поля ротора относительно тела ротора, что позволяет повышать уровень как статической, так и динамической устойчивости.

3.4. Управление спросом

Управление спросом (Demandresponse) – инфраструктурный подход к управлению режимами энергосистемы с целью повышения надежности и/или снижения стоимости электроэнергии на рынке за счет уменьшения электропотребления (Рисунок 4).

Запрос по снижению мощности нагрузки формируется на основании пиковой цены энергии на рынке или требований обеспечения системной надежности и передается потребителю по каналам связи. При получении сигнала снижение мощности нагрузки может происходить как в автоматическом, так и в «ручном» режиме диспетчером. При этом предоставляемая потребителем услуга разгрузки оплачивается.



Р и с у н о к 4 – Схема управления спросом

Таким образом, основные результаты проведенного исследования состоят в следующем:

1. В процессе развития электроэнергетики разрабатываются и внедряются новые технологии, которые, при сохранении базовых технологий выработки, передачи и распределения электроэнергии, совершенствуют их, повышая надежность и экономичность отрасли.

2. Возможности современных программно-вычислительных комплексов и качество используемых математических моделей позволяют проводить расчеты режимов с высокой точностью с использованием расчетных моделей большой размерности. Особое внимание уделяется развитию методов детального моделирования переходных процессов в элементах энергосистемы и методов цифроаналогового моделирования.

3. Развитию систем автоматизации и управления электроэнергетическими объектами способствует стандарт МЭК 61850, который является унифицированной платформой для доступа и обмена информацией между микропроцессорным оборудованием различных производителей. Широкое внедрение стандарта создало предпосылки для формирования подстанции нового поколения – цифровой подстанции, в которой организация всех потоков информации при решении задач защиты, управления и мониторинга осуществляется в цифровой форме.

4. Новая концепция инновационного развития Smart Grid предполагает не столько модернизацию конкретных технологий и оборудования, сколько создание инновационного технологического базиса электроэнергетики путем существенного изменения физических и технологических характеристик, а также функциональных свойств основных элементов энергосистемы.

5. Внедренная Системным оператором технология векторной регистрации параметров режима и создание Системы мониторинга переходных режимов создает предпосылки повышения качества управления режимами ЕЭС России.

6. Разработанные в середине прошлого века методы регулирования напряжения, компенсации параметров ЛЭП, управления потокораспределением в электрической сети получили новый импульс развития с внедрением современных технологий силовой электроники и легли в основу технологий FACTS.

7. Технология микросетей, предусматривающая объединение централизованных и распределенных генерирующих мощностей позволяет существенно повысить надежность и эффективность использования электроэнергии потребителями.

8. Управление спросом (Demand Response) находит все более широкое применение, с одной стороны, как способ снижения стоимости электроэнергии на рынке за счет изменения нагрузок путём управления энергопотреблением, с другой стороны, как резерв мощности, используемый для регулирования режима энергосистемы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. МАРАБАЕВА Л.В., ГОРИН И.А. СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ИННОВАЦИОННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ// ВЕСТНИК ВОЛЖСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В.Н. ТАТИЩЕВА. - 2013. - № 1. - С. 73.

2. МАРАБАЕВА Л.В., ГОРИН И.А. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ РОССИЙСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ// ВЕСТНИК ТВЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА: СЕРИЯ: ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ. - 2013. - № 18. - С. 113-122.

3. АСАУЛ А.Н., КАПАРОВ Б.М., ПЕРЕВЯЗКИН В.Б., СТАРОВОЙТОВ М.К. «МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ» [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. [HTTP://WWW.SPBGASU.RU/DOCUMENTS/DOCS_183.PDF](http://www.spbgasu.ru/documents/docs_183.pdf)

4. ДОРОФЕЕВ В. «УМНЫЕ СЕТИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ» [ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС]. URL:[HTTP://WWW.ENERGYLAND.INFO/ANALITIC-SHOW-45305](http://www.energyland.info/analitic-show-45305)

THE MAIN TRENDS TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF ENTERPRISES ELECTRICITY

Shumilkin S.Y.

Undergraduate direction "Management"

Mordovian State University,

Saransk

This article contains the results of a critical review of current research the most popular innovative technologies (modeling and calculation mode power system, IEC 61850, the concept of Smart Grid), which significantly influence-ence on the development of energy, reliability, have no prospects, you are the

introduction in the foreseeable future and significantly improve technical and economic performance of energy systems

Keywords: technological development, energy systems, innovative technologies, technical and economic indicators