**Лекция Интеллектуальные системы жизнеобеспечения объектов энергетики**

**Содержание:**

|  |  |
| --- | --- |
| Введение …………………………………………………………………… | 2 |
| 1. Интеллектуальные энергетические системы: технические возможности и эффективность………………………………………… | 3 |
| 1. Анализ условий развития интеллектуальных энергосистем…..……. | 6 |
| 1. **.**Технологические достижения и импульсы к созданию интеллектуальных энергосистем**.** …………………………………...... | 8 |
| 1. Развитие идеологии и концептуальных моделей интеллектуальной ЭЭС……………………………………………………………………… | 15 |
| Заключение…………………………………………………………………. | 22 |
| Список использованных источников……………………………………... | 23 |

**Введение.**

Современное промышленное производство использует информационно - измерительные системы и управляемые компьютерами устройства практически во всех технологических процессах. Поэтому, появление информационно - измерительных систем и микроконтроллеров в системах противоаварийной автоматики энергетических объектов было вполне закономерным. Прогресс в данной области, на сегодняшний день, невозможен без совершенствования информационно-измерительных систем (далее ИИС), развитие которых идет, в частности, по пути создания распределенных интеллектуальных ИИС.

Актуальность темы вызвана тем, что в настоящий момент при построении систем защиты энергетических объектов имеется ряд проблем, требующих распределенности обработки и хранения информации, модульности архитектуры построения аппаратных и программных средств системы и применения программируемых элементов искусственного интеллекта. Задача построения систем защиты усложняется при дополнительном требовании открытости, т. е. способности к развитию и наращиванию системы, унификации в смысле оптимизации структуры программных и аппаратных средств на базе рационального сокращения их номенклатуры, в том числе протоколов и интерфейсов.

Стратегическая задача реформирования технических возможностей электроэнергетической отрасли страны заключается в обеспечении ее устойчивого развития на основе прогрессивных технологий и рыночных принципов функционирования, а также надежного и эффективного удовлетворения спроса на электрическую энергию в краткосрочной и долгосрочной перспективах.

**1. Интеллектуальные энергетические системы: технические возможности и эффективность**

Надежное и эффективное управление режимом электроснабжения на всех уровнях диспетчерского управления в новых, более сложных экономических и технических условиях работы энергосистем требует создания принципиально новой системы сбора и обработки огромного объема информации, разработки автоматизированных модулей для решения конкретных задач сложного процесса оперативно-диспетчерского управления ЕЭС России. Решить эту задачу возможно на основе использования концепции интеллектуальных систем управления, разрабатываемых в последние годы и применяемых в зарубежных энергетических компаниях.

Отдельные элементы подобной интеллектуальной управляющей инфраструктуры уже создаются отдельными компьютерными компаниями, например IВМ, где разрабатываются динамические инфраструктуры, гибкие и модульные, отвечающие любым потребностям, в том числе и требованиям управления ИЭС.

Основными элементами этих динамических инфраструктур являются:

- виртуализация и сервис-ориентированная архитектура (SОА);

- программное обеспечение как сервис (Grid Computing and Software as a Service);

- интегрированный комплекс информационных ресурсов (Cloud Computing), который уже существует на рынке.

Однако эффективное применение подобных интеллектуальных управляющих систем возможна только в соответствующих технологических инфраструктурах, требованиям которых реальные инфраструктуры отечественной энергетики не полностью соответствуют.

Концепция создания ИЭС рассчитана на увеличение совокупности потребляемых энергетических ресурсов, имеющих непостоянный, но возобновляемый энергетический потенциал во времени, что характерно для нетрадиционных источников энергии — солнца, ветра, приливов и отливов и др. Эффективное их использование требует разработки новых, гибких стратегий управления режимами энергетических систем, удовлетворяющих не только требованиям получения минимальных затрат, на и технологической безопасности оборудования, статической и динамической их устойчивости.

Нетрадиционные источники энергии в российской энергетике используются в весьма малой степени (в пределах 1%) и, как правило, не имеют электрических связей с энергосистемами, являясь децентрализованными и маломощными. Присоединение их к существующим энергосистемам с весьма малой и удаленной непостоянной нагрузкой при устаревшей технической инфраструктуре существующих энергосистем экономически нецелесообразна и весьма рискованно, поскольку приводит к изменению режима работы основного оборудования энергосистем (увеличение его пусков и остановок, рост термодинамических нагрузок, вызывающих усталость оборудования), снижению надежности его работы и другим последствиям.

Малая доля применения нетрадиционных ВИЭ в российской энергетике в настоящее время объясняется, в первую очередь, указанной выше экономической причиной: потенциальные экономические выгоды минимальны, а риски реальны и последствия их проявления в энергосистемах весьма высокие.

Поэтому создание интеллектуальных энергосистем позволило бы существенно повысить использование возобновляемых источников энергии в отечественной энергетике и в целом повысить энергетическую безопасность страны.

Поэтому создание интеллектуальных энергосистем позволило бы существенно повысить использование возобновляемых источников энергии в отечественной энергетике и в целом повысить энергетическую безопасность страны.

Управление интеллектуальными энергосистемами требует высочайшей квалификации управленческого персонала и строжайшего соблюдения технологической дисциплины, независимо от того, какие функции он будет исполнять: непосредственного участника процесса управления или контролера.

Существующая система превалирования личных экономических интересов собственников компаний над общественными интересами не позволяет использовать высокий экономический и технологический потенциал отечественной энергетики в интересах общества в целом. Об этом свидетельствуют катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС, аварии с самолетами в авиационных компаниях и шахтах страны, где ради высокой прибыли собственников управленческий персонал часто пренебрегает безопасностью, не соблюдает технологические регламенты и требования по сервисному обслуживанию оборудования, нанося тем самым непоправимый ущерб технологическому имиджу России.

В настоящее время в стране сложилась уникальная ситуация, когда одновременно и в кратчайшие сроки требуется технологическое перевооружение отечественной электроэнергетики, резкое снижение энергоемкости выпускаемой продукции и оказываемых услуг, а также увеличение доступа населения к электроснабжению в регионах, не охваченных централизованным энергоснабжением.

Отличительными особенностями национальной программы ИНИРЭР по сравнению с ЭСР — 2030 должна быть подробная разработка потребности в энергии по ее видам не только в масштабе страны, но и по каждому ее субъекту, а также конкретная привязка новых энергетических мощностей к определенным регионам с подробными их технико-экономическими характеристиками и указанием конкретных источников инвестиций, сроков их представления, ответственных лиц за реализацию инвестиционных проектов конкретных энергетических объектов и их конечные результаты.

**2. Анализ условий развития интеллектуальных энергосистем**

Развитие современного общества в технологически развитых странах, а также центрах бурного экономического роста осложнено рядом проблем, обусловленных ограниченностью энергоресурсов и необходимостью эффективного использования энергии в производстве и жизнедеятельности в целом. Среди основных вызовов современности, серьезно влияющих на характер развития электроэнергетики, выделим следующие:

* постоянный рост энергопотребления, в том числе, электроэнергии;
* повышение требований к надежности энергоснабжения и качеству услуг для конечных потребителей;
* изменчивые цены на энергоносители;
* стремление к использованию экологически чистых источников энергии и минимизации негативного воздействия на природу;
* глобализация рыночных отношений в континентальном и межконтинентальном пространстве, в том числе внедрение рыночных отношений в электроэнергетику.

В ответ на вызовы современности изменяется направление развития электроэнергетики, которая приобретает при этом ряд особенностей:

* активное стимулирование энергосбережения и снижения потерь электроэнергии;
* стремительный рост «зеленой» генерации и распределенных источников энергии;
* высокие стандарты надежности и качества электроснабжения;
* либерализация рынка электроэнергии и рост энергообменов между энергосистемами;
* рост информационной обеспеченности субъектов электроэнергетики и др.

В результате к современной электроэнергетической системе (ЭЭС) выдвигается ряд качественно новых требований, переводящих ее на новую ступень развития. В первую очередь, они направлены на повышение эффективности использования энергии и надежности электроснабжения потребителей. Также их цель – значительно более гибкое участие субъектов рынка электроэнергии (в том числе потребителей электроэнергии) в режимном и противоаварийном управлении. В числе таких требований необходимо выделить следующие:

* выбор оптимального состава генерирующих источников, включая распределенную генерацию;
* интеграция в ЭЭС разнородных источников электроэнергии, в том числе на основе возобновляемых энергоносителей;
* автоматическое обнаружение, устранение или уменьшение последствий нарушений в работе ЭЭС как на локальном, так и на системном уровне;
* возможность развивать набор рыночных механизмов оказания системных услуг;
* стимулирующее управление спросом и принудительное ограничение электропотребления;
* устойчивость к воздействию угроз безопасности – физической, информационной и ресурсной;
* оптимальное использование и обслуживание производственных фондов электроэнергетики.

Следствием возрастания роли информационной коммуникации между участниками технологической цепочки от производителя до потребления электроэнергии является соединение инфраструктуры силовой электрической и информационно-коммуникационной частей ЭЭС. Образование такого рода энергоинформационной системы – стратегическая цель развития ЭЭС в ведущих странах Северной Америки и Западной Европы. Это новый этап развития электроэнергетики в соответствии с требованиями времени [1,2].

**3. Технологические достижения и импульсы к созданию интеллектуальных энергосистем.**

Все больший перенос функции принятия решений на автоматические системы управления, повышение их адаптивности, возможность комплексной оптимизации в ЭЭС позволяют говорить о существенном развитии интеллекта автоматических систем управления ЭЭС. Отличительной особенностью интеллектуальной ЭЭС (ИЭС) является способность самостоятельного принятия решений, самодиагностика и самовосстановление. Идея интеллектуализации ЭЭС, родственная принципам кибернетического управления, в настоящее время получила возможность воплощения на более глубоком уровне. Во многом это обусловлено достижениями в технике и технологиях. С одной стороны, они позволяют отслеживать состояние больших энергосистем и гибко управлять потокораспределением мощности в электрической сети. С другой стороны, это залог развития распределенной генерации и микро-энергосистем у потребителей электроэнергии, интегрированных с ЭЭС.

В таблице 1 приведены некоторые примеры новшеств в области силового оборудования и информационных технологий, появление которых стимулирует переход к ИЭС. Применение новых материалов для силового энергетического и электротехнического оборудования позволило увеличить плотность энергии, преобразуемой на объектах электроэнергетики, а также расширить ресурс и продолжительность межсервисного (межремонтного) интервала. Развитые информационные системы диагностики и контроля состояния оборудования, в том числе встроенные системы диагностики, позволяют более точно определять допустимую нагрузку и необходимость проведения технического обслуживания.

*Особенно интенсивно в настоящее время технологии развиваются в области сверхмощных дальних электропередач, необходимых для связи крупных источников электроэнергии и центров потребления. Также наблюдается существенный технологический прогресс в распределительном секторе ЭЭС, что отражает общую тенденцию к возрастанию роли потребителей и распределенной генерации. В соответствии с этими двумя трендами происходит развитие высоковольтной преобразовательной техники и высокоамперной техники на низком напряжении.*

**Таблица 1. Примеры технологических новшеств в ЭЭС.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Силовое энергетическое и электротехническое оборудование** | |
| Производство электроэнергии | * Парогазовые и пылеугольные энергоблоки высокой эффективности (КПД порядка 60% и 48% соответственно) * Ветроустановки и ветропарки большой установленной мощности (установки по 2–5 МВт и более, станции по несколько сотен МВт) * Солнечные электростанции (десятки и сотни МВт) * Установки распределенной генерации на стороне потребителя |
| Преобразование  электроэнергии | * Мощные транзисторы и тиристоры (IGBT, IGTC) * Тиристорные установки HVDC (мощностью до 9 ГВт на два полюса и напряжение до ±800 кВ) * Транзисторные установки HVDC-Light (мощностью до 500 МВт и напряжение ±200 кВ) |
| Передача электроэнергии | * Кабельные передачи постоянного тока с изоляцией из сшитого полиэтилена (мощностью более 1 ГВт) * ВЛ с высокотемпературными проводами повышенной нагрузочной способности (ACAR, AAAC) * Силовые коммутационные аппараты с высоким коммутационным ресурсом и номинальными параметрами (напряжение до 1200 кВ, токи к.з – 80 кА на высоком напряжении и 200 кА на генераторном) * Управляемые электропередачи (FACTS, VSC, UPFC) * Газоизолированные линии и трансформаторы * Кабели и токоограничивающие устройства на базе ВТСП * Аккумуляторные батареи большой емкости |
| Потребление электроэнергии | * Энергосберегающие бытовые приборы * Электромобили * Накопители энергии |
| **Информационно-коммуникационные технологии и технологии управления** | |
| Режимное и противоаварийное управление | * Автоматические переключения и реконфигурация сети * Оценка надежности ЭЭС в оперативном режиме * Динамическая оценка состояния ЭЭС по данным синхронных векторных измерений (WAMS) * Глобальная система защиты и противоаварийного управления (WAMPAC) |
| Управление потреблением электроэнергии | * Развитые системы измерений (Advanced Metering Infrastructure - AMI) * Микро-энергосистема (microgrid) * Технологии «умный дом/офис» |
| Мониторинг состояния оборудования | * Интеллектуальные устройства контроля и управления  (Intelligent Electronic Device - IED) * Геоинформационные системы управления производственными фондами |
| Обработка и передача информации | * Мультиагентные технологии для создания многоуровневой, распределенной системы управления * Нейронные сети, методы и технологии распределенных вычислений, технология информационного облака * Мощные вычислительные машины, быстрые каналы связи, развитая сеть интернет |

Следует отметить, что технологическое развитие связано не только с ростом технических параметров силового высоковольтного оборудования. Например, развитие электротехнической промышленности позволило повысить надежность выключателей, кабельных линий, преобразователей вида тока, что положительно сказывается на надежности функционирования ЭЭС и предоставляет новые возможности для современных схемных решений в развитии электрической сети, коммутационных узлов ЭЭС, схем электроснабжения потребителей.  
  
На рисунке 1 приведены основные технологии, характерные для определенного сектора ИЭС (как, например, инфраструктура для электромобилей (EV)) или охватывающие ИЭС в целом (как информационно-коммуникационные технологии (ICT), которые играют существенную роль в интеллектуализации ЭЭС и повышении степени информационной интеграции субъектов электроэнергетики).

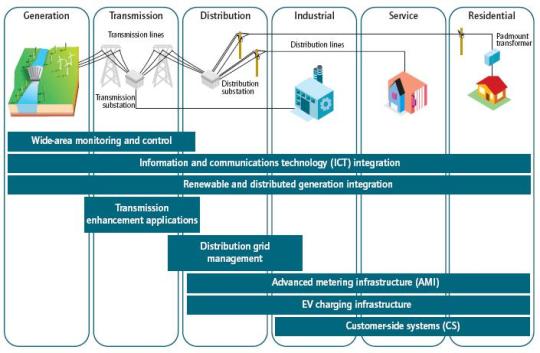


Рисунок 1. Области применения технологий Smart Grid [3].

Ряд подобных технологий, основанных на цифровой обработке информации, открыл новые возможности в управлении ЭЭС. Например, векторные измерения электрических параметров ЭЭС (WAMS) позволяют точнее оценивать состояние ЭЭС и анализировать запасы устойчивости синхронных электрических машин. Развитая информационная сеть предоставила возможность контроля состояния распределенных источников энергии в диспетчерских центрах. Цифровые устройства релейной защиты и автоматики помогают реализовывать более совершенные алгоритмы обнаружения и локализации нарушений в работе ЭЭС. Использование информационной шины на цифровой подстанции расширяет возможности контроля и управления, в том числе дистанционного. Интеллектуальные средства измерений (AMI) у потребителей позволяют контролировать электропотребление и реализовывать стимулирующие механизмы управления спросом.

*В связи с изменением роли потребителей существенную трансформацию в ЭЭС претерпевает распределительная сеть, которая становится активным элементом ИЭС – наблюдаемым и телеуправляемым. Конечные потребители в ИЭС получают возможность адаптироваться к режимным и рыночным условиям функционирования ИЭС с целью повышения экономической эффективности энергопотребления.*

Совокупность технологий на стороне потребления (Demand side integration [4]), включающих распределенную генерацию, накопители энергии, отключаемую нагрузку и другие технологии, позволяет получить ряд новых эффектов (рисунок 2):

* снижение или смещение пика нагрузки и выравнивание графика нагрузки;
* возможность двустороннего обмена энергией с энергосистемой;
* автоматическая синхронизация с ЭЭС;
* ограничение токов короткого замыкания и обеспечение качества электроэнергии;
* возможность бесперебойного электроснабжения, в том числе при аварийном отделении от ЭЭС, с обеспечением требуемого качества по частоте и напряжению электрического тока на шинах потребителя.

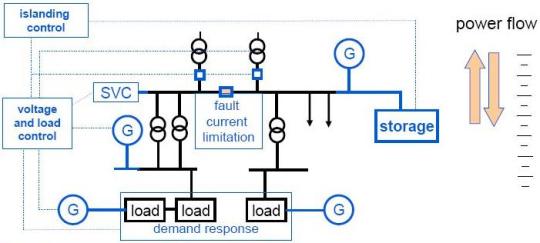


Рисунок 2. Развитие распределительной сети в ИЭС [5].

В целом, создание ИЭС сопровождается внедрением множества новых технологий во всех секторах ЭЭС – от производства, передачи и распределения электроэнергии, до конечных потребителей – и нарастанием соответствующих информационно-коммуникационных связей. На рисунке 3 схематично показан переход от традиционной ЭЭС к ИЭС по мере повышения функциональных возможностей и качества ЭЭС как сложной системы. Разделились центры управления передачей электроэнергии и центры управления распределительной сетью. Развитие внутренних сетей у потребителей способствует появлению сервисных организаций по комплексному управлению энергопотреблением предприятий и зданий. Одностороннюю связь с распределенными источниками энергии сменяет система обратной связи для гибкого управления распределенной генерацией.

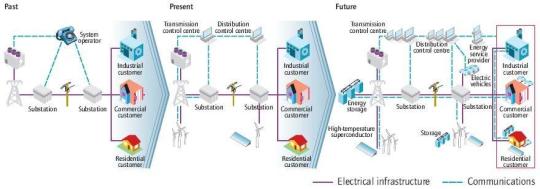


Рисунок 3. Интеллектуализация ЭЭС: вечера – сегодня – завтра [3].––– электрическая инфраструктура - коммуникационная инфраструктура

**4. Развитие идеологии и концептуальных моделей интеллектуальной ЭЭС**

Первоначально концепция построения ИЭС в зарубежных странах – Smart Grid – была направлена на развитие систем электроснабжения конечных потребителей с установкой средств контроля и управления электропотреблением (Smart Metering) и на обеспечение возможности подключения к ЭЭС источников распределенной генерации, в первую очередь, автономных ветроустановок и фотоэлектрических панелей. Сегодня идеология развития Smart Grid включает практически все основные области деятельности в электроэнергетике и соответствующие технологические и информационно-коммуникационные связи между ними.

Термин «Smart Grid» не получил единого определения. Для характеристики разнообразия вкладываемого в это понятие смысла приведем ряд определений ведущих организаций США (EPRI, IEEE) и Западной Европы в области разработки идеологии Smart Grid.

Smart Grid относится к модернизации системы электроснабжения, направленной на возможность мониторинга, защиты, оптимизации функционирования всех элементов ЭЭС – централизованной и распределенной генерации, высоковольтной передающей и распределительной сети, промышленных потребителей и систем управления зданиями, накопителей энергии, конечных потребителей, электрического транспорта, бытовых приборов

Smart Grid – совокупность энергетических, коммуникационных и информационных технологий для усовершенствованной инфраструктуры электроснабжения, обеспечивающая непрерывную эволюцию устройств конечного применения

Smart Grid – электрическая сеть, которая может экономически эффективно объединять режимы и действия всех присоединенных пользователей: генераторов, потребителей и их объединения – для обеспечения экономически эффективной и устойчивой энергосистемы с малыми потерями, высоким качеством и надежностью электроснабжения и безопасностью

Общая черта Smart Grid в приведенных определениях – усиление интеграции всех субъектов электроэнергетики и потребителей на базе двустороннего коммуникационного обмена и использования инновационных технических решений в силовой части энергосистемы для обеспечения экономичного и надежного функционирования ИЭС.

Реализация стратегических целей формирования качественно новой энергосистемы начинается с построения модели ИЭС. Она необходима для формирования планов, разработки требований и технической документации, унификации стандартов и подходов для объединения множества сетей и оборудования в единую систему Smart Grid.

Функциональная модель Smart Grid, представленная Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST) в 2009 году, выделяет основные области деятельности в электроэнергетике, представленные семью областями-доменами, объединенными технологическими и коммуникационными связями (рисунок 4):

* оптовая генерация (Bulk Generation);
* передача электроэнергии (Transmission);
* распределение электроэнергии (Distribution);
* оперативное управление (Operations);
* потребитель (Customer);
* рынки (Markets);
* сервисная организация (Service provider).

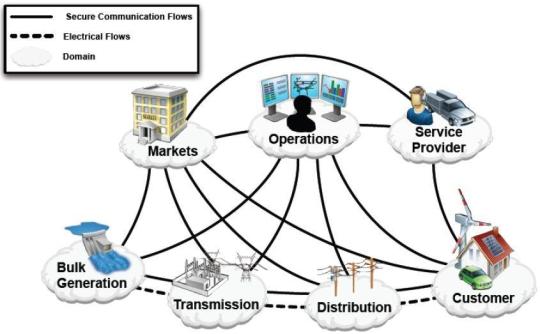


Рисунок 4. Концептуальная модель Smart Grid.––– безопасные коммуникационные потоки  - электрические потоки

В концептуальной модели NIST оперирует двумя ключевыми понятиями – действующие субъекты (actors) и прикладные задачи (applications). Действующие субъекты включают устройства, системы, программы и заинтересованных лиц, обладающих необходимыми полномочиями и обменивающихся информацией для решения прикладных задач.

Эти задачи выполняются внутри доменов одним или несколькими субъектами. Например, домен оперативного управления включает следующие: мониторинг состояния сети, автоматическое или ручное управление на подстанциях, устранение отказов, оптимизация графиков ремонта, формирование отчетности, расчеты для оценки надежности, тренировка диспетчерского персонала, управление основными активами, оперативное планирование, обслуживание оборудования и проведение строительных работ, планирование долгосрочного развития, поддержка потребителей.

*Функциональная дифференциация в модели Smart Grid необходима для определения зон ответственности субъектов ИЭС, унификации интерфейсов взаимодействия и определения круга вопросов, требующих дополнительного исследования при перероде к ИЭС.*

Информационно-коммуникационное взаимодействие (рисунок 5) различных доменов осуществляется по информационным сетям локального уровня – сетям подстанций (Substation LAN) и зданий (Premises Networks), а также системного уровня – корпоративной сети оператора передачи и распределения электроэнергии (Enterprise Bus), глобальным информационным сетям (Field Area Network, Wide Area Network), сетям общего доступа (Internet).

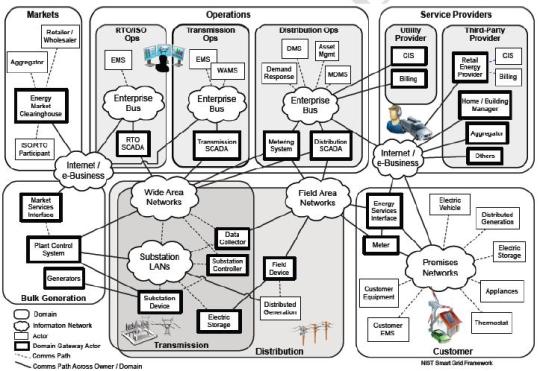


Рисунок 5. Модель информационного взаимодействия в Smart Grid [9].

**4. Особенности обеспечения надежности и безопасности ИЭС**

В Smart Grid используются различные сети связи, в том числе ресурсы публичных сетей – Интернет. Такое расширение границ ЭЭС с вовлечением коммуникационных сетей усложняет систему и снижает надежность и безопасность функционирования ИЭС.

Надежность гетерогенной системы в равной степени зависит от надежности ее информационной и энергетической частей. Вместе с тем, подходы и требования по обеспечению надежности этих двух частей различны. Например, существующие стандарты надежности функционирования ЭЭС характеризуются готовностью обеспечить спрос на электроэнергию от 99,9% до 99,97% (простой в среднем от 9 до 3 ч в год) [10], а готовность современных информационных центров составляет порядка 99,9999% (простой порядка 30 с в год).

В энергоинформационной системе необходимо решать вопрос о сбалансированности требований к надежности составляющих систему частей. При этом безусловный приоритет по-прежнему должен остаться за обеспечением надежного электроснабжения потребителей.

Обеспечение надежности ИЭС включает решение следующих основных задач:

* уменьшить восприимчивость к физическим и информационным атакам;
* минимизировать длительность и последствия аварийных отключений;
* оптимизировать средства обеспечения надежности, коммуникации, самонастройки и принятия решений.

Ключевой характеристикой ИЭС является способность автоматического предотвращения или уменьшения перерывов электроснабжения (вопросы превентивного режимного и противоаварийного управления); решения задачи управления качеством электроснабжения и контроля протекания аварий, в том числе каскадного типа, а также процесса восстановления электроснабжения. Достижение этих эффектов возможно при насыщении ЭЭС техническими средствами, повышающими информативность процессов и интеллектуальность управления в каждом критическом узле, а также обеспечивающими мгновенную обратную связь.  
  
В первую очередь, в ИЭС повышается качество обратной связи с конечными потребителями электрической энергии. Это дает новые возможности обеспечения надежности распределительной сети за счет следующих мер:

* использование средств автоматического обнаружения нарушений;
* автоматизация подстанций и уменьшение времени оперативных переключений;
* повышение адаптивности средств релейной защиты к меняющимся режимным ситуациям;
* управление конечным спросом за счет автоматизации электроприемников для непосредственного управления и экономического стимулирования следования желаемому графику нагрузки;
* оптимизация использования мощностей «большой» генерации, распределенной генерации и накопителей энергии для взаимного резервирования;
* динамическое изменение пределов нагрузочной способности оборудования электрической сети в соответствии с физическими условиями работы.

В части обеспечения системной надежности ИЭС располагает новыми средствами повышения наблюдаемости электрического режима и управляемости основной электрической сети:

* система контроля запасов устойчивости ЭЭС и электрической нагрузки основного оборудования;
* автоматизированные подстанции и управляемые электропередачи на базе FACTS и HVDC;
* адаптивные системы управления ЭЭС в аварийных ситуациях, автоматические регистраторы переходных процессов и нарушений;
* мониторинг технического состояния силового оборудования и прогнозирование его ресурса;
* средства моделирования ЭЭС, в том числе прогнозирования мощности генерации на базе возобновляемых источников энергии, системы информационной поддержки принятия решений.

Сложная архитектура информационно-коммуникационных сетей ИЭС позволяет более глубоко воздействовать на функционирование энергосистемы на любом уровне. Однако обратной стороной медали является уязвимость ИЭС к кибератакам. В настоящее время при разработке концептуальных моделей и проектов Smart Grid вопросу обеспечения кибербезопасности уделяется значительное внимание. Применительно к Smart Grid она включает конфиденциальность, целостность и готовность всех информационных систем. Основное требование к обеспечению безопасности – предотвращение риска каскадных отказов.

**Заключение.**

1. К современной электроэнергетической системе выдвигается ряд качественно новых требований, направленных на повышение эффективности использования энергии и надежности электроснабжения потребителей.
2. Технологические достижения в силовой части энергосистемы и рост информационной коммуникации между участниками единого технологического процесса производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии формируют условия для перехода к интеллектуальной ЭЭС, обладающей новыми качествами энергоинформационной системы, способной к самодиагностике и самовосстановлению.
3. Концепция Smart Grid первоначально была направлена на развитие систем электроснабжения конечных потребителей для обеспечения интеллектуального учета электроэнергии и подключения к ЭЭС источников распределенной генерации разного типа. Современные концептуальные модели, рассмотренные в статье, включают практически все основные области деятельности в электроэнергетике и соответствующие технологические и информационно-коммуникационные связи между ними.
4. Повышение сложности ЭЭС за счет интеграции силовой и информационно-коммуникационной составляющих в интеллектуальной ЭЭС меняет парадигму обеспечения надежности и безопасности энергосистемы, выдвигая на первое место кибербезопасность.

**Список использованных источников:**

* 1. [**http://esco-ecosys.narod.ru/2012\_11/art191.htm**](http://esco-ecosys.narod.ru/2012_11/art191.htm)
  2. [**http://www.transform.ru/articles/html/12reforma/ref00084.article**](http://www.transform.ru/articles/html/12reforma/ref00084.article)
  3. Журнал Академия Энергетики №2(34) апрель 2010

Тест.