

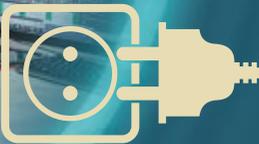
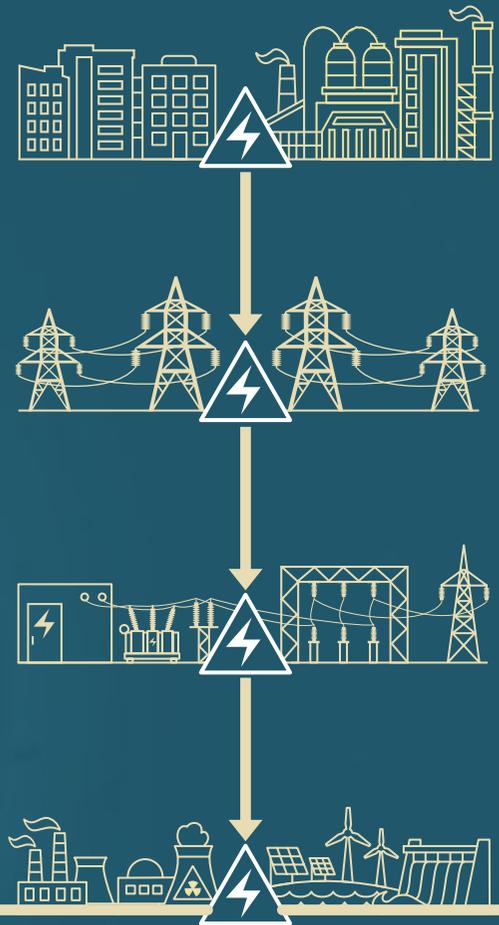


СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
RUSSIAN POWER SYSTEM OPERATOR

СИСТЕМНЫЙ ОПЕРАТОР
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ:

«ШЕСТЬ ЛЕТ НАЗАД
МЫ ЗНАЛИ,
ЧТО ВЫ ВКЛЮЧИТЕ
ЛАМПОЧКУ СЕГОДНЯ»





Самое главное
о включении лампочки 2

За шесть лет
до включения лампочки 4

За четыре года
до включения лампочки 6

За год
до включения лампочки 8

За два дня
до включения лампочки 10

За сутки
до включения лампочки 12

За час
до включения лампочки 14

В момент
включения лампочки 16

Цифровые
помощники диспетчера 19

География деятельности 28



САМОЕ ГЛАВНОЕ О ВКЛЮЧЕНИИ ЛАМПОЧКИ

В современном мире мы не представляем свою жизнь без электроэнергии.

За время, прошедшее после изобретения человеком способов вырабатывать и использовать электричество, оно сполна доказало свою эффективность и стало двигателем истории человечества, значимым фактором научно-технического прогресса. Этот вид энергии можно легко передавать на расстояния и трансформировать в другие виды энергии, вращающие станки и колеса машин, освещающие улицы и жилища.

Мы приходим домой и включаем свет. Мы не задумываемся, почему это возможно в любой момент и какие сложнейшие механизмы, изобретенные человеком, должны для этого работать одновременно в едином процессе. Ведь электричество — это не обычный материальный товар, который можно выработать впрок, хранить на складе и использовать в любой момент, когда мы захотим им воспользоваться. В каждую секунду в энергосистеме его должно быть произведено столько, сколько потреблено, без недостатков и излишков.

Поддержание баланса производства и потребления электроэнергии в каждый конкретный момент времени — сложнейшая задача.



Ее решение обеспечивается трудом сотен тысяч людей и работой миллионов механизмов, а в XXI веке — еще и компьютерных программ. Координирует этот процесс Системный оператор, диспетчеры которого по всей стране круглосуточно следят за электроэнергетическим режимом, предотвращают возникновение и развитие аварий и ликвидируют их последствия для энергосистемы. Эти профессионалы всегда на переднем крае борьбы за надежность ЕЭС России. Однако успешность их работы опирается на труд множества других специалистов Системного оператора, отвечающих за функционирование и развитие автоматизированных систем диспетчерского управления, релейной защиты и противоаварийной автоматики, планирование развития энергосистемы, работу энергорынков.

Технологический процесс, итогом которого становится возможность в любой момент включить лампочку, начинается «задолго до», и запускает этот процесс Системный оператор Единой энергетической системы. Мы расскажем, как специалисты Системного оператора обеспечивают текущую и перспективную надежность энергосистемы страны, участвуют в процессе производства, передачи и потребления электроэнергии, добиваются устойчивости столь сложного технологического организма, как ЕЭС России. А также в какой степени вся эта работа является спланированной «домашней заготовкой», а в какой — работой «с колес» в онлайн-режиме.



ЗА ШЕСТЬ ЛЕТ ДО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛАМПОЧКИ

Работа по включению лампочки начинается за много лет до этого момента.

Первые шаги — перспективное планирование развития энергосистемы — разработка Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики и Схемы и программы развития электроэнергетических систем России.

Оба документа готовит Системный оператор Единой энергетической системы как организация, знающая об энергосистеме всё, что можно о ней знать, и обладающая соответствующими компетенциями, которые она постоянно оттачивает в процессе непрерывного управления Единой энергетической системой страны.

В этих основополагающих документах учтены все работающие и значимые для энергосистемы электростанции и электросетевые объекты — линии электропередачи, электроподстанции, распределительные устройства электростанций, а также планы по строительству новых и модернизации старых, предусматривающей изменение их характеристик.

Генсхема разрабатывается на 18 лет и корректируется один раз в шесть лет. Схема и программа — на шесть лет с ежегодной



корректировкой. Столь долгий период планирования обусловлен длительностью инвестиционного цикла в электроэнергетике: сроки строительства энергетических объектов, как правило, составляют от трех до шести лет, а особенно больших и сложных, таких, например, как гидроэлектростанция или атомная электростанция, могут превысить и десять.

Одна из основных задач долгосрочного планирования — своевременно реагировать на постоянно изменяющиеся в разных частях страны потребности в энергообеспечении. Заблаговременный характер планирования помогает достичь этой цели наиболее эффективными средствами.

Подготовка программных документов перспективного планирования развития энергосистемы — максимально открытый процесс. Он предусматривает общественное обсуждение проектов Схемы и программы развития электроэнергетических систем России. Предложения по развитию энергосистемы принимаются от региональных органов власти, любых заинтересованных организаций и граждан.

Утверждает документ, давая ему «путевку в жизнь», Министерство энергетики Российской Федерации. Шестилетний горизонт планирования позволяет принимать долгосрочные комплексные решения по развитию энергосистемы, чтобы обеспечить возможность включения и электролампочек, и бытовых приборов, и промышленных объектов.



ЗА ЧЕТЫРЕ ГОДА ДО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛАМПОЧКИ

На следующем этапе технологического процесса, за четыре года до того момента, когда лампочка зажжется, окончательно определяется перечень генерирующего оборудования, которое будет готово к выработке электроэнергии. Большая часть электростанций в ЕЭС России работает на оптовом рынке, и по каждой единице генерирующего оборудования на годы вперед с точностью до мегаватта формируются обязательства по поставке мощности.

Мощность электростанций — это особый товар, покупка которого дает потребителю право требовать от поставщиков обеспечить готовность генерирующего оборудования к выработке электроэнергии.

Рыночные механизмы экономически стимулируют субъектов электроэнергетики действовать в интересах устойчивого функционирования энергосистемы. В их числе рынок мощности, функционирование которого обеспечивается Системным оператором.

Основная задача АО «СО ЕЭС» в рынке мощности — обеспечить работу экономического механизма, стимулирующего поддержание и развитие генерирующих мощностей в необходимом объеме, с требуемыми технологическими параметрами.



Какая мощность будет оплачиваться на рынке и по какой цене, определяется в ходе специальных конкурсных процедур — конкурентных отборов мощности, которые проводятся Системным оператором. По результатам одних, таких как конкурентные отборы мощности новых генерирующих объектов (КОМ НГО) или модернизированных объектов (КОММод), обязательства формируются на 15–20-летний период, но основной объем действующей генерации приходит на главный конкурентный отбор мощности (КОМ), где и определяется итоговый баланс мощности за четыре года до реального использования оборудования для выработки электроэнергии. Важно, что продажа мощности — это не обязательство поставить какое-то количество киловатт, а именно обеспечение готовности к работе. Рынок мощности и есть тот самый механизм, в рамках которого инвесторы и владельцы генерации обязуются поддерживать работоспособность оборудования или ввести в срок новое, а потребители получают гарантию наличия в энергосистеме достаточного объема генерирующих мощностей.



ЗА ГОД ДО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛАМПОЧКИ

За год до включения лампочки Системный оператор прогнозирует баланс электроэнергии и электрической мощности.

Баланс — это вообще одно из основных слов в лексиконе оперативно-диспетчерского управления. Оно означает соответствие выработки электричества его потреблению, которое складывается из и собственно потребления, и расхода электроэнергии на собственные нужды электростанций, и потерь в электрических сетях, а также учитывает перетоки с соседними энергосистемами. Если в энергосистеме обеспечена возможность поддержания баланса, то она может работать устойчиво, без перегрузки оборудования и блэкаутов.

На основе прогнозных балансов принимаются конкретные решения по практическим вопросам функционирования ЕЭС России в течение года.

Составляемый Системным оператором документ под названием «Баланс электрической энергии и мощности энергосистемы на календарный год» описывает суммарную выработку и потребление электроэнергии и мощности, а также сальдо перетоков — разницу между выдаваемыми за пределы энергосистемы электроэнергией и мощностью и принимаемыми из других энергосистем.



На основе прогнозных балансов Системного оператора принимаются решения о:

- планировании ремонтной кампании владельцами объектов электроэнергетики;
- разработке заданий по объемам и настройке противоаварийной автоматики, объемам графиков аварийного ограничения режима потребления электроэнергии (мощности);
- оценке допустимости планируемых объемов энергетического экспорта и импорта.

Поскольку выработка и потребление зависят от целого ряда факторов, в т.ч. таких непостоянных, как погода, то в составлении баланса важную роль играет тщательный сбор, учет и анализ данных прошлых аналогичных периодов, что позволяет прогнозировать будущее потребление с точностью до процента.

Годовые балансы электроэнергии и мощности составляются и на всю ЕЭС России, и на территориальные энергосистемы. Потом в течение года прогнозные балансы разрабатываются на особо сложные периоды в жизни энергосистемы — осенне-зимний и период экстремально высоких температур — то есть летний, а также ежемесячно.



ЗА ДВА ДНЯ ДО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛАМПОЧКИ

Загореться лампочке в срок помогает еще один инструмент. Он применяется за два дня до момента, когда понадобится включить свет в квартире и сталеплавильную печь на заводе. На языке энергетиков он обозначается аббревиатурой ВСВГО — «выбор состава включенного генерирующего оборудования». ВСВГО помогает энергетикам решить важнейшую задачу — определить, какие единицы генерирующего оборудования в какой момент времени и в какой последовательности необходимо включить в работу, а какие оставить в резерве.

Только представьте: по всей стране работает почти тысяча электростанций — атомных и гидравлических, тепловых и ВИЭ. Они связаны линиями электропередачи разного напряжения, пропускной способности и длины. На электростанциях — разные генераторы, у которых разные технические параметры и стоимость производства электроэнергии. Оборудование выводится в капитальные и текущие ремонты и вводится в работу по их завершению. Избыточный состав включенного оборудования не позволит пройти ночной минимум нагрузки, недостаточный — дневной максимум, при этом баланс должен быть обеспечен не только по ЕЭС в целом, но и в каждом энергорайоне. Для включения в сеть каждому генератору требуется определенное — зависящее



от продолжительности пусковых операций — время. Например, для большинства тепловых электростанций временной интервал между командой на включение и моментом синхронизации с энергосистемой измеряется часами. Именно поэтому точное прогнозирование потребления и заблаговременное определение перечня включаемых в работу объектов генерации имеет принципиальное значение для надежной работы энергосистемы. При расчете учитываются актуальные прогнозы потребления, ремонты сетевого и генерирующего оборудования, водные режимы и ограничения по выработке ГЭС, максимально допустимые перетоки и иные системные ограничения.

Как происходит этот расчет?

Ежедневно Системный оператор собирает информацию от всех генерирующих компаний — участников оптового рынка электроэнергии. Помимо данных об актуальном техническом состоянии генерирующего оборудования эта информация включает в себя ценовые заявки, по которым генераторы готовы предлагать вырабатываемую ими электроэнергию оптовым потребителям. На основании этих данных Системный оператор за два дня до операционных суток определяет подлежащий включению состав генерирующего оборудования. Обработать гигантский массив данных Системному оператору помогают специальные программно-аппаратные комплексы.

Технология ВСВГО обеспечивает реализацию основного рыночного принципа — первоочередное задействование наиболее экономически эффективной генерации.



ЗА СУТКИ ДО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛАМПОЧКИ

Все системные ограничения на завтра определены, состав генерирующего оборудования выбран. А как определить, на сколько будет загружен каждый из тысяч работающих в энергосистеме генераторов?

Ключевой механизм регулирования спроса и предложения на электроэнергию — так же, как и на любой другой товар — это рынок. Один из его основных секторов называется «рынок на сутки вперед» (РСВ). Как следует уже из названия, здесь крупные производители и потребители заключают сделки купли-продажи «на завтра». Чтобы сделка состоялась, поставщикам и покупателям — согласно действующим правилам — необходимо направить свои ценовые заявки Администратору торговой системы. Эта специализированная компания проводит отбор поступивших заявок и контролирует соблюдение правил работы рынка. В каждой из заявок оговариваются цены и объемы поставок электроэнергии на каждый час наступающих суток. Главный критерий, по которому отбираются поставщики, — конкурентоспособность представленных предложений. Таким образом, генерирующие компании оказываются напрямую заинтересованы в использовании всех своих технологических возможностей для минимизации стоимости производимой ими электроэнергии и, соответственно, повышения

конкурентоспособности, а значит увеличения объемов продажи. Сбытовая компания, которой вы заплатите за потребленную вашей лампочкой электроэнергию, тоже участвует со своей заявкой в РСВ: ее задача — максимально точно спрогнозировать потребление на каждый час завтрашнего дня и купить ровно столько, сколько необходимо ее потребителям.

Но энергосистема России — не медная доска. Помимо желания продавцов и покупателей продать или купить электроэнергию, пропускная способность сети должна позволять сформировать соответствующий электроэнергетический режим. Если попытаться провести отбор заявок без учета системных условий, его результаты не будут иметь отношения к реальности, поскольку окажутся физически нереализуемы. Именно поэтому при проведении отбора используется расчетная модель Единой энергосистемы — детализированное описание ЕЭС России, предназначенное для построения математической модели процесса производства, передачи и потребления электрической энергии, — позволяющая получать результаты торгов, соответствующие физическому потокораспределению в энергосистеме. Системный оператор ежедневно формирует такую модель на каждый час предстоящих суток и передает ее Администратору торговой системы.

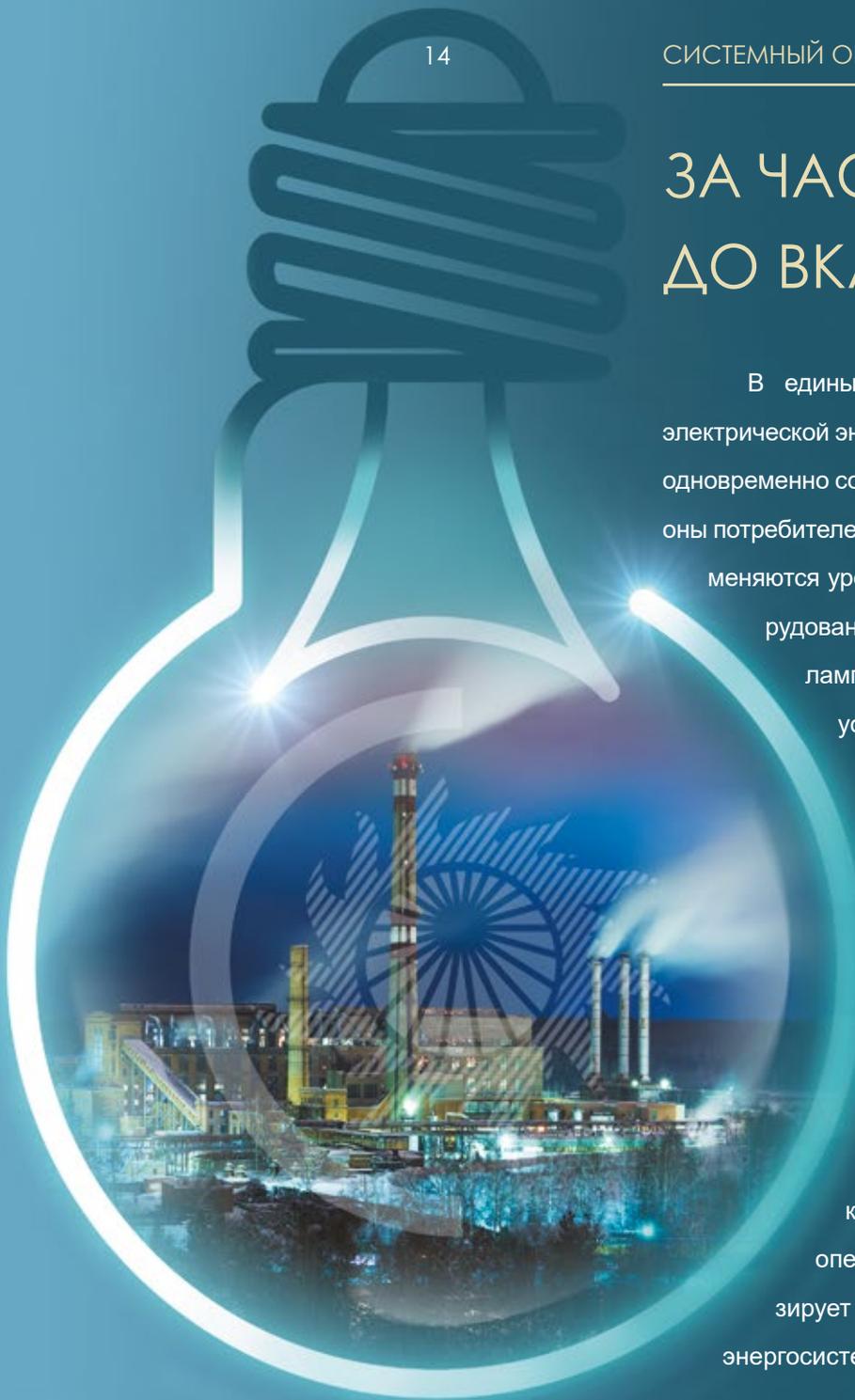
Рынок на сутки вперед — это та точка, в которой сходятся физика производственных процессов и экономика участников рынка электроэнергии. Вы только завтра включите лампочку, но уже сегодня, ожидая этого, генерирующая компания продает, а сбытовая компания купит электроэнергию на оптовом рынке.



ЗА ЧАС ДО ВКЛЮЧЕНИЯ ЛАМПОЧКИ

В единый процесс производства, распределения и потребления электрической энергии в масштабах Единой энергосистемы России вовлечены одновременно сотни электростанций, тысячи линий электропередачи и миллионы потребителей. В их работе постоянно происходят различные изменения — меняются уровни потребления, состояние сетевого и генерирующего оборудования. Каждую секунду включаются и выключаются не только лампочки с потреблением, измеряемом ваттами, но и электроустановки, мощность которых составляет десятки мегаватт. Это живая, «дышащая» система. Все ее параметры точно спрогнозировать на предстоящие сутки невозможно.

Для поддержания баланса потребления и выработки в течение наступивших суток необходимо компенсировать неизбежные отклонения от рассчитанного в рынке на сутки вперед плана и корректировать графики работы электростанций. Расчет и доведение до электростанций графиков генерации в режиме, близком к режиму реального времени, осуществляется в рамках балансирующего рынка (БР). В течение суток Системный оператор ежечасно составляет прогноз потребления и актуализирует «электронный двойник» ЕЭС России — расчетную модель энергосистемы. На основании актуализированной расчетной модели



Системный оператор проводит конкурентные отборы ценовых заявок поставщиков, обеспечивающие как экономическую эффективность загрузки станций в оперативном контуре, так и выполнение требований к надежности функционирования ЕЭС России. По сути, Системный оператор 24 раза в сутки выполняет расчет, аналогичный расчету РСВ, называемый расчетом планов балансирующего рынка, но с использованием самых актуальных исходных данных.

И если главная задача РСВ — найти баланс экономических интересов продавцов и покупателей с учетом системных ограничений, то при управлении в режиме реального времени акценты смещаются — мы должны, используя экономические параметры, обеспечить физический баланс производства и потребления. Результаты расчета планов балансирующего рынка доводятся до электрических станций в качестве планового диспетчерского графика, подлежащего непосредственному исполнению. Именно поэтому при проведении конкурентного отбора в БР учитываются не заявки потребителей, а прогноз потребления, поскольку на краткосрочных интервалах времени прогноз потребления по энергосистеме в целом будет заведомо точнее, чем сумма тысяч прогнозов по всем объектам потребления.

После того как планы на ближайший час рассчитаны, снова вступает в работу экономика — начинают работать экономические стимулы. Поставщики электроэнергии заинтересованы в строгом исполнении диспетчерского графика, поскольку отклонения от него необходимо будет оплатить на оптовом рынке по заведомо невыгодной для поставщика цене.



В МОМЕНТ ВКЛЮЧЕНИЯ ЛАМПОЧКИ

С точки зрения непосвященного электричество — это некая нематериальная субстанция, существующая независимо от человека. С точки зрения специалиста — совокупность физических явлений, связанных с движением заряженных частиц. Координацию всех технологических процессов, которые происходят в энергосистеме, в том числе и в момент, когда у вас дома загорается лампочка, осуществляют сотрудники Системного оператора — диспетчеры.

Диспетчер — это человек, стоящий у руля энергосистемы. Его главная задача — управление электроэнергетическим режимом, то есть единым процессом производства, преобразования, передачи и потребления электрической энергии. Чем точнее фактический режим работы энергосистемы соответствует плановому, а при возникновении отклонений чем точнее обрабатывают автоматические системы регулирования, тем меньше требуется управляющих воздействий диспетчера.

Но работа энергосистемы в режиме автопилота невозможна. В процесс одновременно вовлечены миллионы потребителей, сотни электростанций, тысячи линий электропередачи и электрических подстанций, устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики, а значит отклонения от планового



режима, которые иногда весьма значительны, неизбежны. Именно от действий диспетчера зависит постоянное поддержание параметров работы энергосистемы в зоне допустимых значений, а значит и «ровное дыхание» гигантского технологического организма, которым является Единая энергосистема.

Диспетчеры Системного оператора находятся на боевом посту круглосуточно. Работа идет посменно — и в Главном диспетчерском центре в Москве, и в каждом из 56 диспетчерских центров, расположенных по всей территории страны.

Диспетчеры непрерывно анализируют множество параметров энергосистемы: частоту электрического тока и уровни напряжения, изменение потребления и загрузку генерирующего оборудования, значения перетоков по контролируемым сечениям и токовую загрузку сетевого оборудования. При принятии решений они учитывают ограничения пропускной способности электрической сети, допустимую скорость изменения нагрузки электростанций, характеристики имеющихся резервов мощности и особенности их размещения, планы по вводам/выводам ремонтируемого оборудования. На все события, на все изменения, происходящие в энергосистеме, диспетчеры оперативно реагируют, используя системы автоматического и дистанционного управления, либо отдавая дежурному персоналу на энергообъектах команды на загрузку и разгрузку электростанций, отключения

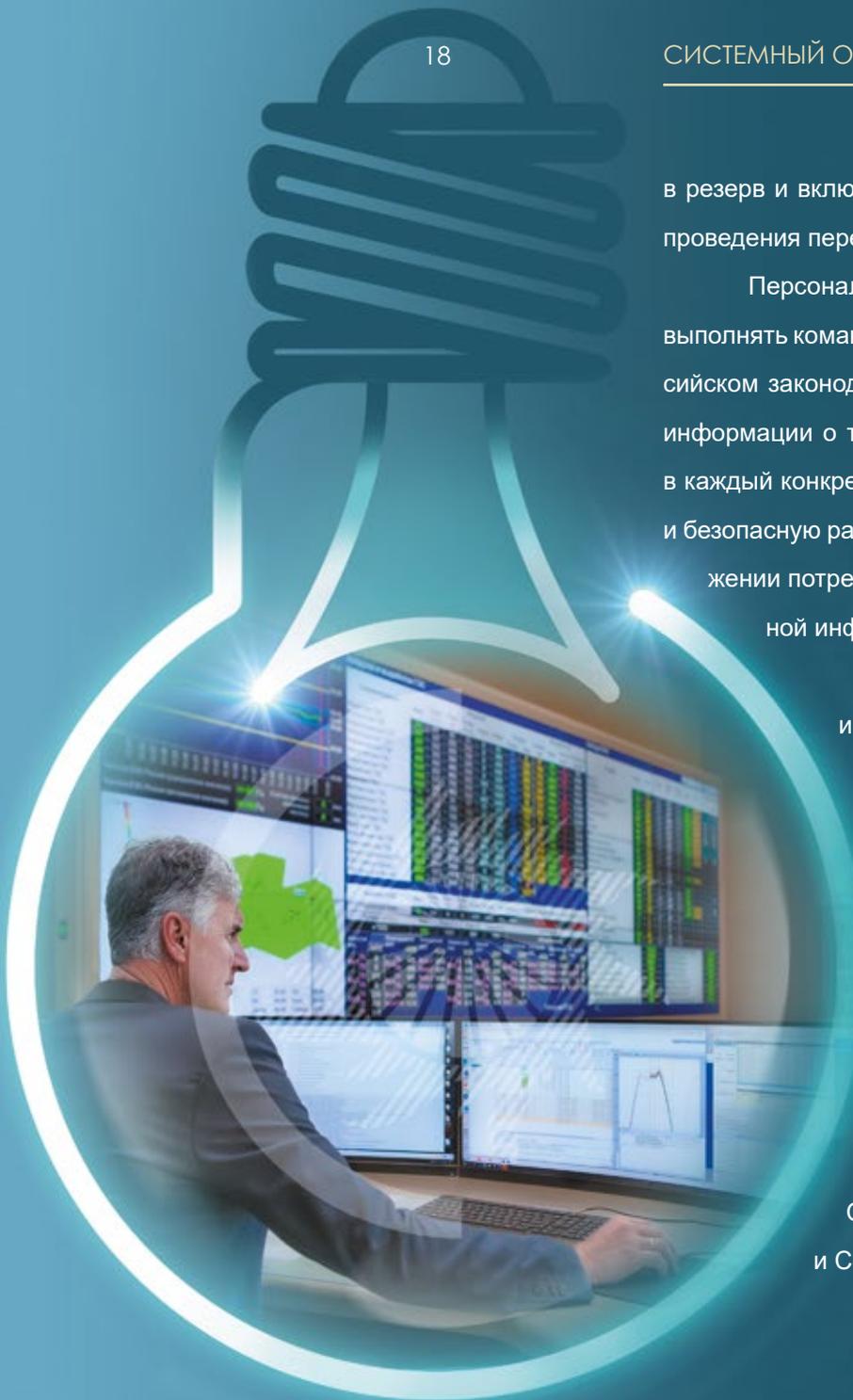


в резерв и включения из резерва генерирующего и сетевого оборудования, проведения переключений в электрической сети.

Персонал, работающий непосредственно на энергообъектах, обязан выполнять команды диспетчера. Это правило в явном виде закреплено в российском законодательстве, ведь только диспетчер обладает всей полной информацией о технологических процессах, происходящих в энергосистеме в каждый конкретный момент времени. Его задача — сохранить устойчивую и безопасную работу энергосистемы и не допустить перебоев в электроснабжении потребителей — промышленных предприятий, объектов социальной инфраструктуры, транспорта и связи.

Осуществлять расчет электроэнергетических режимов и управлять ими диспетчеру помогают методы математического моделирования, а также различные программно-аппаратные комплексы, предотвращать аварии в энергосистеме — локальные устройства и централизованные системы.

Эффективным средством защиты от крупных аварий и блэкаутов с конца 80-х годов прошлого века служат централизованные системы противоаварийной автоматики. Сегодня они функционируют в каждом из энергообъединений, входящих в состав Единой энергосистемы, — ОЭС Востока, Сибири, Урала, Средней Волги, Юга, Центра и Северо-Запада.



ЦИФРОВЫЕ ПОМОЩНИКИ ДИСПЕТЧЕРА

ИТ-инфраструктура

Ежедневно в диспетчерские центры Системного оператора стекаются гигабайты информации о состоянии десятков тысяч энергообъектов по всей стране. Вручную анализировать гигантский массив данных, чтобы затем на их основе прогнозировать «поведение» энергосистемы, рассчитывать режимы ее работы, задавать основные векторы перспективного развития — задача априори невыполнимая. Решить ее сотрудникам Системного оператора помогают программные и программно-аппаратные комплексы, а также информационно-управляющие системы.

Большинство продуктов — российские разработки, находящиеся на уровне лучших мировых аналогов и создававшиеся с учетом параметров российского оборудования и режимов работы ЕЭС России, нередко — исключительно под задачи Системного оператора.

Обработка и хранение поступающих с энергообъектов сведений осуществляется в специализированных центрах обработки данных, оснащенных мощными вычислительными комплексами



и позволяющих организовать обработку больших массивов данных с минимальным временем восстановления после технических сбоев. Сложнейшие задачи в процессе управления электроэнергетическим режимом, связанные с математическим моделированием, оптимизацией режимов ЕЭС, сбором и обработкой заявок на включение генерации и вывод ее в ремонт, а также многие другие диспетчерам помогает решать разработанный специально для Системного оператора Оперативно-информационный комплекс нового поколения ОИК СК-11 — основной программный продукт, при помощи которого осуществляется оперативное управление электроэнергетическим режимом.

Все вместе эти системы образуют разветвленную ИТ-инфраструктуру Системного оператора — одной из наиболее высокотехнологичных компаний российского ТЭК — и создают прочный фундамент для выполнения его основной функции — поддержания надежной работы энергосистемы.

Телемеханика и связь

Технологическая сеть связи Системного оператора — одна из крупнейших в России корпоративных телекоммуникационных систем и отдельный предмет гордости компании.



Оперативно-диспетчерское управление было одной из первых в стране сфер промышленного применения телемеханики — телесигнализации и телеизмерений. Сейчас, управляя электроэнергетическим режимом, диспетчеры Системного оператора непрерывно следят по данным телеметрии за параметрами функционирования ЕЭС России: частотой электрического тока, уровнями напряжения, перетоками активной мощности, токовой нагрузкой ЛЭП и оборудования. Диспетчерские центры Системного оператора постоянно получают, обрабатывают и используют в работе десятки тысяч параметров работы энергетического оборудования. Эта информация используется для расчета электроэнергетического режима ЕЭС России, определения максимально допустимых перетоков мощности по линиям электропередачи, при ликвидации аварийных ситуаций в энергосистеме и приведении ее режима к нормативным параметрам после энергетических аварий.

Для отдачи диспетчерских команд в процессе оперативного управления электроэнергетическим режимом крайне необходимы надежные выделенные каналы связи с каждым объектом диспетчеризации. На сегодня Системный оператор имеет свыше девяти тысяч резервируемых цифровых каналов связи с электростанциями, объектами «Россетей», крупных территориальных сетевых организаций, РЖД и других собственников объектов диспетчеризации.



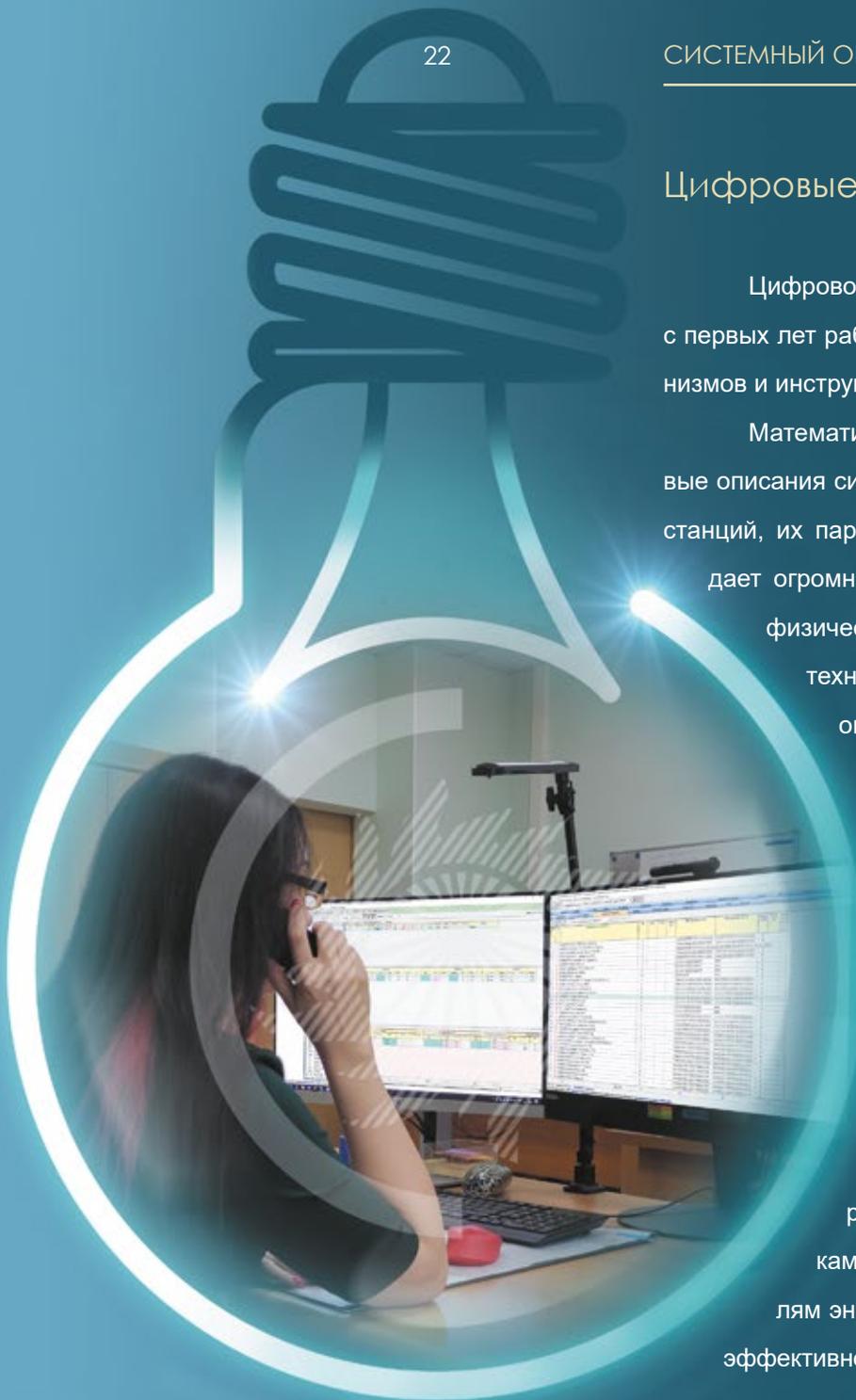
Цифровые модели

Цифровое моделирование применяется Системным оператором с первых лет работы. 20 лет назад оно стало основой для разработки механизмов и инструментов оптового рынка электроэнергии.

Математические модели энергосистем представляют собой цифровые описания системообразующих элементов — электростанций, ЛЭП, подстанций, их параметров и связей между ними. Цифровое моделирование дает огромные возможности для быстрого и точного воспроизведения физических процессов как в ЕЭС, так и отдельных ее частях. Эти технологии широко применяются Системным оператором и в оперативном управлении энергосистемой, и для обеспечения работы электроэнергетических рынков, и в перспективном планировании.

В 2016 году Системный оператор ввел в эксплуатацию Единую информационную модель ЕЭС России на базе Общей информационной модели (Common Information Model, CIM) по стандартам Международной электротехнической комиссии.

С 2023 года в рамках новой системы планирования перспективного развития электроэнергетики Системный оператор предоставляет доступ всем заинтересованным участникам процесса развития энергосистемы к информационным моделям энергосистем, что является важным шагом на пути повышения эффективности системы разработки инвестиционных проектов.



Централизованная система противоаварийной автоматики

В ЕЭС России функционирует важнейший противоаварийный барьер энергосистемы — уникальная централизованная система противоаварийной автоматики — ЦСПА. Это неотъемлемый цифровой элемент современной модели противоаварийного управления. ЦСПА в автоматическом режиме обеспечивает сохранение устойчивости энергосистемы при возникновении в ней аварийных ситуаций, предотвращая их распространение.

В момент энергетической аварии, которая развивается за считанные секунды, система рассчитывает и сама отключает нагрузку в объеме достаточном, чтобы аварийный процесс остановился. Это позволяет минимизировать как число отключенных потребителей при авариях, так и последствия аварийных ситуаций. Каждая ЦСПА имеет двухуровневую структуру: программно-аппаратные комплексы верхнего уровня устанавливаются в диспетчерских центрах Системного оператора, а «низовые» устройства, обеспечивающие отключение энергетического оборудования или нагрузки потребления, — на объектах электроэнергетики.

Сегодня Системный оператор внедряет ЦСПА третьего поколения, обеспечивающие не только статическую, но и динамическую устойчивость энергосистемы — то есть ее стабильность непосредственно в процессе аварийных возмущений.



Автоматическое регулирование частоты

Технологически правильное значение аббревиатуры АРЧМ — автоматическое изменение активной мощности генерирующего оборудования для восстановления заданного значения частоты или внешнего перетока в целях обеспечения баланса между генерируемой и потребляемой мощностью в нормальных и аварийных режимах энергетической системы. За этими сухими строками скрывается один из важнейших цифровых инструментов диспетчера, помогающий управлять энергосистемой автоматически.

Централизованные системы (ЦС) АРЧМ поддерживают заданные значения частоты и перетоков активной мощности в электросетях за счет автоматического регулирования выработки генераторов ГЭС и ТЭС по сигналам специальных компьютеров, установленных в диспетчерских центрах Системного оператора.

Идеологию построения ЦС АРЧМ в Единой энергосистеме определяет Системный оператор. Они уже внедрены в ОЭС Востока, Сибири, Урала, Юга, Северо-Запада и Кольской энергосистеме, а также на общесистемном уровне — Центральная координирующая система АРЧМ ЕЭС. Все они работают на унифицированном программном обеспечении отечественной разработки.



Система мониторинга запасов устойчивости

Ее можно сравнить с программой, показывающей загруженность дорог и позволяющей вам понять, какова реальная пропускная способность дороги в данный момент — сколько времени вам потребуется, чтобы добраться до цели. Только вместо дороги у вас совокупность ЛЭП — контролируемое сечение, а вместо уровня трафика СМЗУ в режиме реального времени показывает, какой максимальный объем мощности можно передать по данному сечению. Чем точнее расчет максимально допустимого перетока, тем эффективнее использование имеющихся в энергосистеме физических объектов — сетевой инфраструктуры.

Применение СМЗУ позволяет увеличить допустимый переток мощности в контролируемых сечениях в среднем на величину порядка 20 %.

Результаты расчетов системы используются также для проведения расчетов на рынке на сутки вперед и балансирующем рынке. Более полное использование пропускной способности сети позволяет загружать наиболее эффективные электростанции и таким образом повышать эффективность работы энергосистемы.



Дистанционное управление

Среди цифровых помощников диспетчера важное место занимает дистанционное управление, заменяющее «ручное» диспетчерское управление энергообъектами по ряду ключевых процессов.

Так, дистанционное управление сетевым оборудованием с применением автоматизированной программы переключений многократно сокращает время базовой операции — оперативных переключений в электроустановках.

Неслучайно внедрение дистанционного управления в России началось с сетевого оборудования высокого класса напряжения — магистральной сети, поскольку именно здесь сокращение длительности неоптимальных режимов работы энергосистемы при проведении переключений дает наиболее значимый эффект.

Как это выглядит? К примеру, дистанционное управление электроподстанцией технически мало отличается от «ручного», совершаемого по командам диспетчера. Это тот же самый сложный процесс последовательных переключений с проверкой выполнения каждого этапа, который в итоге приводит к тому же изменению состояния оборудования подстанции. Вот только по командам диспетчера, которые он отдает по телефону и которые вручную выполняет персонал подстанции, этот процесс может занимать больше часа. А записанный в компьютерной программе набор тех же действий, запускаемый из диспетчерского центра и выполняемый на объекте автоматически, уже занимает буквально несколько

минут. Естественно, для дистанционного управления подходят только специально оборудованные подстанции нового поколения, где переключения могут осуществляться без участия персонала. Но таких в ЕЭС России всё больше.

Дистанционное управление графиками нагрузки электростанций позволяет повысить стабильность функционирования ЕЭС России благодаря повышению скорости регулирования их нагрузки.

Дистанционное управление активной мощностью электростанций на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) является важным условием эффективной интеграции в энергосистему «зеленой» генерации, поскольку позволяет максимально оперативно снижать мощность ВИЭ при возникновении рисков нарушения максимально допустимых перетоков и, соответственно, минимизировать объемы превентивных ограничений выработки.

Кроме того, все виды дистанционного управления способствуют снижению вероятности ошибочных действий оперативного персонала энергообъектов.

В ЕЭС России инициатором и основным идеологом развития технологий дистанционного управления выступает Системный оператор.



 **Источники иллюстраций:**

1. depositphotos.com
2. dela.ru/articles/249055
- 3, 8, 9, 13, 14. shutterstock.com
4. www.atomic-energy.ru/news/2018/08/31/88520
5. novawind.ru/press/photo/gallery_item.php?page=266
6. zagaes.rushydro.ru/hpp
7. www.novax.ru/upload/resize_cache/iblock/fdd/260_146_2619711fa078991f0a23d032687646b21/fdd585f267bae9166e99eb81412ef5e2.jpg
10. babr24.com/?IDE=190857
11. gehter.ru/projects/608
12. unipro.energy/pressroom/media/244
15. klembox.ru/our-works/klemmnye-korobki-dlya-osveshcheniya-kk7
16. kudamoscow.ru/event/saljut-v-den-goroda-s-vysoty-ptichjego-poleta-2016
17. www.ya-roditel.ru/parents/base/experts/semeynye-chteniya-ukhodyashchaya-traditsiya-ili-vechnaya-tsennost
23. regnum.ru/news/3333553
26. rais.tatarstan.ru/eng/pressa/photoreports/photoreport/673820.htm
27. sdelanounas.ru/blogs/149316



Акционерное общество
«Системный оператор Единой энергетической системы»

109074, г. Москва
Китайгородский проезд, д. 7, стр. 3
Телефон: +7 (495) 627-83-55
Факс: +7 (495) 627-95-15



www.so-ups.ru

Официальный сайт



<https://www.youtube.com/channel/UC97QMEufctZH5xeK3YsY7g>

Официальный Youtube-канал



https://t.me/so_ups_official

Официальный Телеграм-канал



<https://t.me/protok50hz>

**Телеграм-канал об электроэнергетике
«50 Гц/ПротоК»**



https://t.me/sozvezdie_so

Телеграм-канал Молодежных советов АО «СО ЕЭС» «СОзвездие»