



Дмитрий Батарин

начальник департамента общественных связей и информации
ОАО «Системный оператор Единой энергетической системы»

Энергетический круговорот

Энергетики говорят, что у них в году всего два сезона: шесть месяцев осенне-зимнего периода (ОЗП) и еще шесть месяцев подготовки к следующему ОЗП. Осень и зима считаются более напряженным сезоном — «периодом высоких нагрузок», а весной и летом снижается потребление энергии, можно отключить часть энергетического оборудования и заняться его ремонтом.

Но есть в электроэнергетике звено, сложность работы которого практически не зависит от времени года: график остается напряженным и в период ОЗП, и в процессе подготовки к нему. Это — Системный оператор Единой энергетической системы России.

Очередное энергетическое полугодие — осенне-зимний период 2010/2011 — уже позади. Успешно пережив тяжелую зиму, российская энергосистема вступает в следующую фазу годового энергетического круговорота.

Сложность управления энергосистемой, работающей осенью и зимой с максимальной нагрузкой, для всех очевидна. Значительно реже вспоминают о напряженном режиме весной и летом, когда диспетчеры должны обеспечить устойчивую работу энергосистемы, в которой значительная часть генерации и сетей выведена в ремонт, необходимый для безаварийной работы зимой. А между тем неполный состав оборудования в это время создает в энергосистеме подчас даже

более сложные режимы, чем в период ОЗП.

Максимальной оперативности действий при неизменной точности решений позволяет добиться тщательная и непрерывающаяся подготовка к ОЗП. Среди сотен расчетов, исследований, измерений и действий, выполняемых ежедневно Системным оператором, в период подготовки к ОЗП на первый план выходят следующие:

- подготовка прогнозных балансов и координация графиков отключения оборудования для проведения ремонтов;
- актуализация расчетных моделей энергосистемы;
- расчет максимально допустимых перетоков мощности, обеспечивающих устойчивость работы энергосистемы;

- корректировка логики работы и настроек противоаварийной автоматики;
- создание режимов для включения новых и реконструированных объектов;
- обеспечение ключевого элемента надежности для любой системы, управляемой людьми, — готовности персонала к работе в нештатных ситуациях посредством тренировок.

Остановимся подробнее на каждой задаче.

Подготовка прогнозных балансов

В преддверии ОЗП специалисты Системного оператора составляют прогнозы потребления мощности, которые служат основой для прогнозных балансов. О точности прогнозирования говорят следующие факты.

Прогноз максимума потребления мощности ЕЭС России на ОЗП 2010/2011, приведенный к средне-суточной температуре наиболее холодной пятидневки, лишь на 0,07% отличался от фактических показателей. А разработанный ОАО «СО ЕЭС» прогноз потребления электроэнергии на ОЗП был всего на 0,4% ниже фактических величин потребления.

Балансы электроэнергии и мощности, составляемые Системным оператором, — это результат сотен рас-

четов, выполненных для каждого из субъектов Федерации, каждого часа ОЗП, каждой из 407 основных электростанций ЕЭС России. Балансы являются базой для выработки технических и организационных решений, необходимых для стабильной работы энергосистемы в условиях ОЗП.

На основе балансов электроэнергетики Системный оператор определяет состав оборудования для выработки необходимого количества электроэнергии, рассчитывает объемы выработки на различных типах генерирующего оборудования (ТЭС, ГЭС, АЭС) и потребность в топливе для каждой электростанции.

Баланс мощности, выполненный с еще большей детализацией, позволяет рассчитать максимально возможные и минимально допустимые нагрузки для каждой электростанции в ЕЭС, необходимые объемы резервов на каждой из них, а также определить состав сетевых объектов, необходимый для выдачи мощности электростанций и питания узлов потребления.

Балансы электроэнергии и мощности служат базой для формирования годового графика ремонтов сетевого и генерирующего оборудования — одного из ключевых отраслевых планов организационной работы по подготовке оборудования к ОЗП.

Ну и, возможно, самый главный итог балансовой деятельности, остающийся обычно «за кадром» при рассказе о подготовке к зиме, — набор математических моделей, которые позволяют выполнять расчеты, необходимые для режимного обеспечения работы в ОЗП.

Расчетные модели

Расчетные модели с математической точностью описывают процессы, протекающие в энергосистемах, составляющих ЕЭС России. С их помощью можно сформировать обоснованные решения при управлении режимами.

Специалисты Системного оператора создают несколько групп расчетных моделей для анализа:

- установившихся режимов и расчетов статической устойчивости;
- переходных режимов и расчетов динамической устойчивости;
- несимметричных режимов и расчетов токов короткого замыкания, лежащих в основе всех настроек релейной защиты и противоаварийной автоматики;
- перспективных режимов.

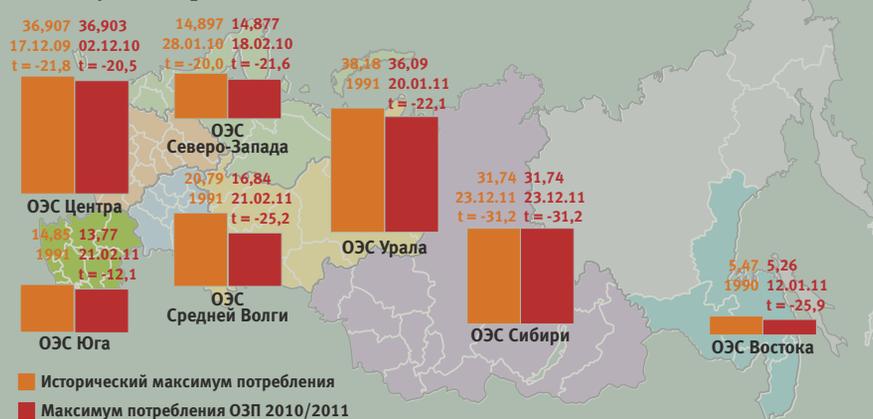
Модель для определения оптимальной загрузки генераторов является основой формирования диспетчерского графика, рынка «на сутки вперед» и балансирующего рынка. С ее помощью реализуется одна из самых общественно значимых функций Системного оператора: при увеличении спроса на электроэнергию в режиме реального времени загружать самые дешевые генераторы, а при снижении — разгружать самые дорогие.

О трудоемкости поддержания работоспособности системы и непрерывной актуализации задач можно судить на примере не самой сложной из моделей — оптимизационной. Она состоит

Рис. 1. Динамика потребления электроэнергии и мощности в ОЗП 2010/2011, ГВт



Максимумы потребления мощности, тыс. МВт



На час максимума 20.12.2010:

- Потребление – 148 861 МВт
- Генерация – 151 611 МВт
- ТЭС – 108 509 МВт
- АЭС – 21 904 МВт
- ГЭС – 21 198 МВт
- Экспорт (нетто) – 2 750 МВт

почти из 8 тыс. узлов и более 12 тыс. ветвей. В нее включено свыше 2 тыс. генерирующих установок. Модель корректируется не меньше девяти раз в сутки в соответствии с неотложными и аварийными отключениями оборудования, а также по заявкам энергокомпаний на ввод в работу и вывод в ремонт оборудования. Кроме того, модель корректируется по запросам НП «Совет рынка» с выдачей соответствующих документов. Например, за 2010 г. оформлено более 1100 актов привязки потребителей и генераторов к узлам расчетной модели.

Максимально допустимые перетоки

Регулярная актуализация значений максимально допустимых перетоков (МДП) мощности — важная задача Системного оператора в процессе подготовки к периодам максимумов нагрузки. Правильно установленные значения МДП позволяют повысить устойчивость работы энергосистемы, предупредить развитие аварий. Актуализация МДП необходима и проводится при любом изменении топологии сети, а также при вводе и выводе оборудования.

Расчет МДП основывается на постоянно выполняемых Системным оператором исследованиях статической и динамической устойчивости энергосистемы. Только за 2010 г. специалисты Системного оператора провели 176 исследований статической и 29 — динамической устойчивости.

Ошибки при определении МДП недопустимы, потому что могут привести к серьезнейшим последствиям для энергосистемы — разрушению турбин и генераторов от механических воздействий, а трансформаторов, ЛЭП и коммутационных аппаратов — от недопустимых токовых нагрузок.

Корректировка логики релейной защиты и противоаварийной автоматики

Правильная настройка релейной защиты, режимной и противоаварийной автоматики (РЗА и ПА) необходима для предотвращения повреждения оборудования и каскадного развития единичных аварий. Корректировка логики действия, алгоритмов функционирования, параметров срабатывания этих устройств производится при изменении уровней нагрузки у потреби-

теля, появлении в сети новых или реконструированных генераторов, ЛЭП, трансформаторов, изменении параметров срабатывания автоматики на смежных объектах.

Поскольку в преддверии ОЗП осуществляется большее количество вводов нового и реконструированного оборудования, специалистам Системного оператора приходится выполнять огромный объем работы по корректировке параметров РЗА и ПА. Так, в 2010 г. при подготовке ОЗП было выдано почти 6,5 тыс. заданий на изменение настройки и параметров для 41,5 тыс. установок РЗА.

Наиболее характерным и «свежим» примером такой работы стало включение четырех восстановленных гидроагрегатов Саяно-Шушенской ГЭС. Для обеспечения их запуска Системный оператор пересчитал и выдал в общей сложности 30 заданий на изменение 5660 параметров настройки для 138 устройств РЗА и ПА на сетевых объектах ОЭС Сибири.

Ремонт оборудования

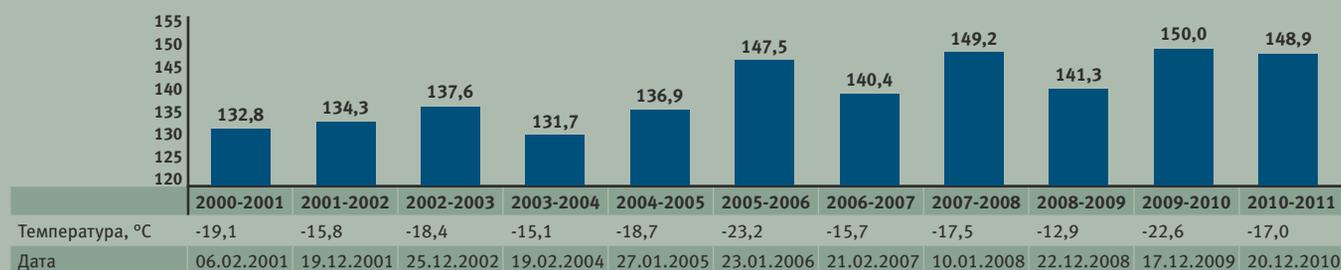
Мы уже говорили о том, что в условиях естественного снижения по-

Рис. 2. Установление новых исторических максимумов нагрузки в ОЗП 2010/2011

Новые исторические максимумы нагрузки

| | | | |
|---|------------|------------|---------|
| ОЭС Сибири | 31 744 МВт | 23.12.2010 | + 0,04% |
| ЭС Санкт-Петербурга и Ленинградской области | 7 420 МВт | 18.02.2011 | + 0,24% |
| Белгородская ЭС | 2088 МВт | 28.12.2010 | + 0,52% |
| Дагестанская ЭС | 1046 МВт | 21.01.2011 | + 1,33% |
| Калужская ЭС | 945 МВт | 03.12.2010 | + 5,1% |
| Балтийская ЭС | 748 МВт | 22.12.2010 | + 1,27% |
| Тывинская ЭС | 155 МВт | 29.12.2010 | + 3,2% |
| Ингушская ЭС | 120 МВт | 19.01.2011 | + 6,2% |

Динамика изменения максимумов потребления мощности ЕЭС России



Надежная работа электростанций и сетей, корректное планирование и ведение режима обеспечило устойчивое функционирование энергосистемы. Поддерживались нормативные резервы мощности.

требления весной и летом возникают новые обстоятельства, осложняющие работу энергосистемы. Главным среди них является необходимость отключения значительной части оборудования для проведения профилактического ремонта в генерации и сетях.

Перед Системным оператором возникает принципиально важная задача — увязать, с одной стороны, потребность субъектов отключить оборудование и вывести его в ремонт, чтобы оно, будучи отремонтированным, могло хорошо работать зимой, с другой — не допустить такого ослабления схемы, которое создает условия для каскадного развития аварий и масштабных отключений потребителей. С учетом интересов и возможностей всех участников энергетического пространства составляется *график плановых отключений оборудования* — один из ключевых элементов подготовки энергосистемы к работе в ОЗП.

При соблюдении этого графика, обеспечивается необходимый объем ремонтов, при этом Системный оператор отвечает за то, что электроэнергетические режимы останутся допустимыми.

К сожалению, выполнению этого взаимосогласованного графика ремонтов препятствуют два фактора. Первый — неплановые отключения оборудования, вызванные авариями и выводами в неотложный ремонт. То есть оборудование, которое учтено как работоспособное, оказывается выведенным из работы. Это, в свою очередь, препятствует плановому отключению и выводу в ремонт оборудования.

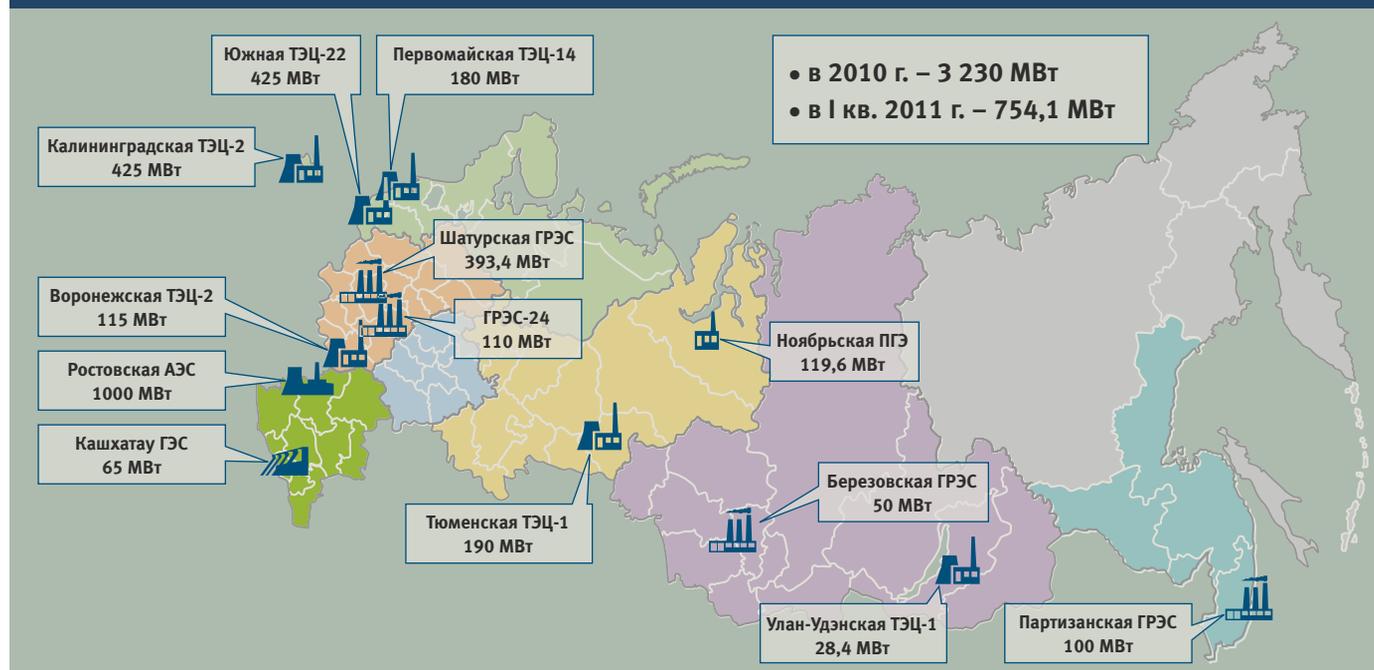
Вторым фактором является нарушение сроков строительства. Заявки на ввод в эксплуатацию объектов, построенных в иные, чем оговорено, сроки, приводят к необходимости допуска персонала на уже действующие электроустановки, т.е. к их отключению в незапланированные сроки. Ситуация осложняется тем, что высокий процент износа оборудования и тяжелые режимы, такие как летом 2010 г., приводят к критически большому объему неплановых отключений, а следовательно к дополнительному нарушению графика плановых ремонтов. В итоге может сложиться ситуация, когда плановые ремонты станут невозможными по режимным условиям.

Минимизировать нарушения плана ремонтов помогают соблюдение сроков строительства, т.к. их срыв приводит к срыву графиков плановых ремонтов других объектов, повышение качества плановых ремонтов для снижения количества неплановых отключений, а также «разуплотнение», снижение интенсивности летнего графика ремонтов. Перенос допустимой части плановых работ на осень и зиму позволит создать в разуплотненном летнем графике возможность для маневра ремонтными площадками при возникновении неплановых отключений.

О масштабах неплановых отключений в прошедшем ОЗП можно судить по тому, что в генерации суммарная мощность выведенного в неплановый ремонт оборудования в некоторые дни превышала 8 тыс. МВт, что составляло половину всего выведенного в ремонт оборудования. Для линий 220—750 кВ суммарное время нахождения в ремонте оказалось на 14% больше планового. При этом почти 20% ремонтов сетевого оборудования были неплановыми.

Количество аварийных и неотложных отключений исчислялось ты-

Рис. 3. Основные вводы генерирующего оборудования в 2010 — I кв. 2011 г.



сячами. Всего за ОЗП 2010/2011 зафиксировано более 800 unplanned отключений генерирующего оборудования и более 6300 отключений ЛЭП напряжением 110 кВ и выше.

Однако большинство из этих unplanned отключений генераторов и линий не сказалось на электроснабжении потребителей: зафиксировано всего 124 аварии с последствиями, приведшими к прекращению электроснабжения мощностью более 10 МВт продолжительностью более одного часа. Кроме того, с помощью режимных мероприятий Системный оператор смог обеспечить вывод в плановый ремонт генерирующего оборудования в среднем на 2 тыс. МВт в месяц больше, чем в прошлый ОЗП.

Как уже было сказано, отключение оборудования для проведения ремонта, безусловно, усложняет режимы и ухудшает надежность работы системы. Но и отказ от проведения ремонтов также грозит снижением надежности. Поэтому в ОЗП 2010/2011 Системный оператор организовал работу в режимах высокой сложности, с повышенными, но допустимыми рисками. В результате генерирующим

и сетевым компаниям была предоставлена возможность отремонтировать оборудование после тяжелой зимы 2009—2010 гг. и последовавшей за ней аномальной лета.

Противоаварийные тренировки

Помимо работ по подготовке к ОЗП, устойчивость работы энергосистемы в значительной мере определяется способностью людей управлять ею, а также оперативно локализовать аварии и ликвидировать их последствия. Поэтому немаловажным элементом подготовки к ОЗП самого Системного оператора является проведение противоаварийных тренировок.

Каждый диспетчер Системного оператора не реже одного раза в месяц обязательно проходит учебную тренировку. Ежемесячно проводится не менее 850 учебных тренировок.

Результат прохождения диспетчером учебных тренировок проверяется путем проведения контрольных тренировок. В период подготовки и прохождения ОЗП 2010/2011 в Системном операторе проведено бо-

лее 2000 таких тренировок. Из них треть — с участием персонала генерирующих и сетевых компаний.

В этом сезоне планируется не меньше.

* * *

Вся описанная выше сложная совокупность действий позволяет Системному оператору решать одну из основных своих задач — управлять электроэнергетическими режимами, обеспечивая устойчивую совместную работу всех объектов в ЕЭС России и предотвращая каскадное развитие единичных аварий. Если авария все же происходит, Системный оператор создает максимально надежные временные послеаварийные схемы, чтобы восстановить электроснабжение потребителей и собственных нужд объектов генерации, заново собрать схемы выдачи мощности электростанций и в конце концов как можно скорее вернуть энергосистему в нормальный режим функционирования. Особенно это актуально зимой, в холода, когда каждая минута без тепла и электричества дает о себе знать.



Рис. 4. Основные вводы сетевого оборудования в 2010 г. – I кв. 2011 г.

