

УДК 621.311

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАСЧЕТОВ ПО ОПЕРАТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ ГРАФИКОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

Полижаров* А.С., Макоклюев* Б.И., Антонов* А.В.

Аннотация

В докладе рассматривается оперативная коррекция графиков потребления энергосистем ЕЭС России, проводимая в АО «СО ЕЭС России». Коррекция осуществляется оперативно-диспетчерским персоналом в цикле планирования балансирующего рынка (ПБР). Освещается технология расчетов, программные интерфейсы, обеспечение надежности работы программных комплексов, результаты расчетов.

Ключевые слова: Оперативная коррекция, графики потребления, прогнозирование, планы балансирующего рынка, диспетчерское управление, кластеры.

Введение

Планирование параметров электроэнергетического режима энергосистем (ЭС) является одной из важных задач обеспечения функционирования электроэнергетики [1,2]. Для выполнения задач по управлению технологическими режимами работы объектов ЕЭС России и обеспечения единства и эффективной работы технологических механизмов оптового и розничных рынков электрической энергии и мощности (ОРЭМ) Системный оператор Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС») осуществляет, в частности, прогнозирование объемов потребления электрической энергии и мощности. Прогнозные объемы потребления являются важнейшими для ЭС показателями, определяющими основные аспекты их работы – состав включенного генерирующего оборудования, графики нагрузки каждой электростанции, перетоки активной мощности в контролируемых сечениях электрической сети. Прогнозирование электропотребления в СО ЕЭС выполняется ежедневно на краткосрочный период (от одних до четырёх суток вперёд), и ежечасно на оперативный период (до 24 часов вперёд) во всех диспетчерских центрах (ДЦ):

- в региональных диспетчерских управлениях (РДУ) для уровня ЭС;
- в объединённых диспетчерских управлениях (ОДУ) для уровня объединённых энергосистем (ОЭС);
- в главном диспетчерском центре (ЦДУ) для уровня первой синхронной зоны ЕЭС России.

* Энергостат, г. Москва, Россия, e-mail: office@energostat.ru;

На каждом уровне ДЦ, начиная с нижестоящих, автоматически формируется несколько вариантов прогноза для каждого объекта (энергорайона, ЭС, ОЭС), входящего в операционную зону ДЦ. Выбранный технологический вариант с изменениями, внесенными при необходимости вручную, считается акцептованным и передается в вышестоящий ДЦ. Прогнозы, акцептованные ЦДУ для первой синхронной зоны и ОДУ Востока для второй синхронной зоны, используются для формирования расчетных моделей.

Выделяют следующие основные этапы (циклы) планирования:

- ВСВГО – выбор состава включенного генерирующего оборудования на период со вторых по четвертые сутки от текущего дня.
- ПДГ – расчет прогнозного диспетчерского графика на завтра. Под диспетчерским графиком (ДГ) понимают заданные объекту диспетчерского управления на планируемый период времени значения мощности генерации, потребления (нагрузки) или резервов мощности [1].
- ПБР – расчет планов балансирующего рынка. Осуществляется внутрисуточная ежечасная оперативная коррекция графиков потребления. Номер ПБР указывает на час, начиная с которого и до конца суток формируется плановое значение графика загрузки генерирующих мощностей (например, для ПБР-10 с 10 ч. 00 мин. текущих операционных суток).

Средства прогноза электропотребления в СО ЕЭС

С 2008 года в АО «СО ЕЭС» для расчетов прогнозных значений потребления мощности первой синхронной зоны ЕЭС России, а с 2015 года и ОЭС Востока, используется программно-аппаратный комплекс ИСП (Иерархическая система прогнозирования) [3-6]. ИСП включает в себя специализированные программные средства для использования на всех уровнях ДЦ.

Комплекс состоит из 57 серверов, расположенных на всех уровнях ДЦ, и обеспечивает возможность одновременной работы технологов, выполняющих различные этапы краткосрочного и оперативного планирования электроэнергетических режимов.

ИСП используется в СО ЕЭС для расчетов в цикле планирования ПБР с мая 2018 г. Внедрение ИСП в цикле ПБР завершило переход на единую платформу прогнозирования электропотребления на всех этапах краткосрочного и оперативного планирования режимов. Прогноз по более чем 500 территориям и объектам выполняется ежесуточно на 4 суток с дополнительной ежечасовой коррекцией в текущие сутки [4]. Один цикл расчетов включает в себя:

- получение оперативной информации по фактическому электропотреблению, фактических и прогнозных значений влияющих метеофакторов;

- расчёты на всех серверах в региональных ДЦ с последующим уточнением в объединённых и центральном ДЦ;
- работу десятков специалистов по оценке и согласованию и последующему использованию прогнозов в задачах планирования режимов.

Надёжность системы прогнозирования электропотребления

Важным аспектом функционирования ИСП является бесперебойность работы. Бесперебойное функционирование системы прогнозирования и оперативной коррекции графиков потребления обеспечивается:

1. Надёжностью аппаратной платформы за счёт её виртуализации, когда программные приложения работают с оборудованием не напрямую, а с его виртуальным аналогом. Это позволяет оперативно переключиться на резервное оборудование в случае его отказа без потери данных и обеспечивает более эффективное использование ресурсов [7]. В ОДУ и ЦДУ дополнительно используются отказоустойчивые кластеры, состоящие из двух серверов – основного и резервного, на который автоматически производится переход приложения в случае сбоя на основном.
2. Надёжностью распределённой архитектуры и базы данных. Каждый из серверов ИСП в случае необходимости позволяет выполнять планирование по своей территории в автономном режиме. При этом сервера каждого уровня иерархии хранят резервную копию данных серверов другого уровня, что позволяет оперативно восстанавливать необходимую информацию в случае сбоя и производить анализ целостности и корректности данных на разных уровнях.
3. Контролем и достоверизацией исходных данных. Точность прогноза непосредственно зависит от качества исходных данных для расчётов. Существенное влияние на электропотребление оказывают метеофакторы. Для анализа, контроля и достоверизации этих данных разработан отдельный специализированный комплекс АС Метео [8]. Комплекс осуществляет контроль своевременного поступления, первичный анализ и обработку метеорологических данных (температура наружного воздуха, облачность, осадки). Значения метеоданных, содержащие возможные ошибки (резкие изменения, существенные отличия от климатических норм и др.) автоматически маркируются как потенциально недостоверные для последующей проверки технологами в ручном режиме.
4. Использованием резервных источников данных. Там, где это возможно, источники информации дублируются с автоматическим использованием резервных, например, вместо недоступных по определенным причинам текущих значений электропотребления суточной диспетчерской ведомости могут быть использованы минутные значения телеизмерений, а при отсутствии оперативных данных телеметрии – данные из архивов других ДЦ.

5. Использование резервных алгоритмов расчетов. Прогнозирование электропотребления – сложный процесс, зависящий от качества и объема исходной информации. При недостаточности или неточности которой автоматически подключаются упрощенные модели прогнозирования, менее требовательные к количеству и качеству исходных данных.
6. Алгоритмами проверки и достоверизации результатов расчетов. На всех этапах согласования прогнозов производятся автоматические проверки результатов на непротиворечивость и отсутствие резких отклонений по многим параметрам. В случае определения потенциально ошибочных значений технологом выдается отчет с указанием причин ошибок и рекомендации по их устранению.
7. Наличием тестового контура серверов. Кроме основного контура серверов ИСП, на которых выполняется ежедневная работа специалистов, существует ещё дублирующий тестовый контур. Он имеет меньшие возможности по резервированию, но позволяет проводить апробацию изменений в расчетной модели, новых методов и подходов к прогнозированию для оценки целесообразности их применения в ежедневной практике.
8. Развитой системой журналирования расчетов и действий пользователей, которая позволяет не только определять детали событий, предшествующих сбоям, но и устранять их в дальнейшем.
9. Системой самодиагностики и информирования о сбоях, которая позволяет определять возможные отклонения в работе системы и предупреждать о них до того как они приведут к сбоям. Система самодиагностики работает во взаимодействии с единой системой мониторинга (ЕСМ) СО ЕЭС.

Дополнительно следует отметить, что ИСП не требует обязательного участия технологов во всех этапах формирования и оперативной коррекции прогнозов. Доступные настройки позволяют задать режим, в котором прогноз будет подготовлен, проверен и передан по иерархии и во внешние задачи автоматически. Данный режим используется прежде всего для ежечасных расчетов при отсутствии значительных отклонений текущего потребления от прогнозных значений.

Выводы:

1. В АО «СО ЕЭС» для расчетов прогнозных значений потребления по всем энергосистемам в составе ЕЭС России используется программно-аппаратный комплекс ИСП. С 2018 года в ИСП функционируют специализированные программные средства прогнозирования и оперативной коррекции графиков потребления для цикла ПБР.
2. Надежность работы комплекса оперативной коррекции графиков электропотребления обеспечивается рядом применяемых мер, в том числе виртуальной аппаратной платформой, распределенной структурой архитектуры, дублированием источников данных, наличием тестовых

контуров и другими. Указанные меры обеспечивают бесперебойные расчеты в цикле оперативного диспетчерского управления режимами.

Литература

1. Основные функции Системного оператора [Электронный ресурс] // Официальный сайт АО «СО ЕЭС» URL: <http://so-ups.ru/>.
2. Кириенко Е.И., Майоров С.А. Анализ современного состояния практики планирования режимов энергосистем на уровне ЦДУ ЕЭС. Особенности планирования в условиях конкурентного рынка // Сб. докладов Всероссийской научно-технической конференции "Управление режимами единой энергосистемы России", М., Издательство НЦ ЭНАС, 2002.
3. Макоклюев Б.И. Анализ и планирование электропотребления. М.: Энергоатомиздат, 2008, 296 с.
4. Макоклюев Б.И., Полижаров А.С., Басов А.А, Алла Ю.Э., Локтионов С.В., Краткосрочное прогнозирование электропотребления в энергосистемах России // Электрические станции, 2018 , №4, с. 24-35.
5. Макоклюев Б.И., Полижаров А.С., Антонов А.В., Говорун М.Н., Колесников А.В., Басов А.А, Алла Ю.Э. Оперативная коррекция графиков потребления электрической мощности в цикле планирования балансирующего рынка // Электрические станции, 2019, №5, с. 36-44.
6. Makoklyuev B.I., Polizharov A.S., Antonov A.V. Methods and Instruments for Power Consumption Forecasting in Electric Power Companies // In : 2015 IEEE 5th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives (POWERENG), Riga, May 2015, DOI: 10.1109/PowerEng.2015.7266331
7. Современное состояние и перспективы развития электроэнергетики. Машиностроение, 2014, 261 с.
8. Артемьев А.А., Антонов А.В., Полижаров А.С., Тупицин И.В., Дацко В.С. Разработка и внедрение комплекса обработки метеоданных СО ЕЭС (АС «Метео») // Сборник докладов III международной научно-технической конференции " Электроэнергетика глазами молодёжи", Екатеринбург, 2012, с. 123-127.