

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАСЧЕТОВ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ И ОПЕРАТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ ГРАФИКОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ¹

АВТОРЫ:

А.С. ПОЛИЖАРОВ,
К.Т.Н.

Б.И. МАКОКЛЮЕВ,
Д.Т.Н.

А.В. АНТОНОВ,
ООО «ЭНЕРГОСТАТ»

А.А. БАСОВ

Ю.Э. АЛЛА,
АО «СО ЕЭС»

Обычно промышленные потребители заявляют Системному оператору максимально возможное значение электропотребления на каждый час предстоящих суток.

Однако эти значения не могут быть корректным прогнозом величин нагрузки и в основном используются для примерной оценки суммарного потребления электроэнергии.

Ключевые слова: планирование; прогнозирование; оперативная коррекция; активная мощность; энергосистема; потребление активной мощности; диспетчерское управление.



Диспетчерский центр
Регионального диспетчерского
управления энергосистемами
современного мегаполиса

Планирование параметров электро-энергетического режима энергосистемы — одна 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 — важнейшие показатели энергосистемы, определяющие основные аспекты ее 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 четырех суток вперед) и ежечасно на оперативный период (до 24 ч вперед) во всех диспетчерских центрах (ДЦ):

- в региональных диспетчерских управлениях (РДУ) для уровня энергосистемы;
- в объединенных диспетчерских управлениях (ОДУ) для уровня объединенной энергосистемы (ОЭС);
- в главном диспетчерском центре (ЦДУ) для уровня первой синхронной зоны ЕЭС России.

На каждом уровне ДЦ, начиная с нижестоящих, автоматически формируется несколько вариантов прогноза электропотребления для каждого объекта (энергорайона, энергосистемы, ОЭС), входящего в операционную зону ДЦ. Выбранный технологический вариант с измене-

ниями, внесенными при необходимости вручную, считается согласованным (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 электро-энергетических режимов энергосистем.

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 понимают заданные объекту диспетчерского управления на планируемый период времени значения мощности генерации, потребления (нагрузки) или резервов мощности [1];
- **ПБР** — расчет планов балансирующего рынка, в ходе которого 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).

С 2008 г. в АО «СО ЕЭС» для расчетов прогнозных значений потребления мощности первой синхронной зоны ЕЭС России, а с 2015 г. и ОЭС Востока, используется программно-аппаратный комплекс ИСП (Иерархическая система прогнозирования) [3–5]. Иерархическая система прогнозирования включает в себя специализированные программные

ИНФОРМАЦИЯ

Филиал АО «СО ЕЭС» «Региональное диспетчерское управление энергосистемы г. Москвы и Московской области» (Московское РДУ) совместно с ПАО «Россети Московский регион» успешно провели комплексные испытания и приступили к дистанционному управлению оборудованием подстанции (ПС) 220 кВ «Слобода» из диспетчерского центра Системного оператора и диспетчерского пункта Филиала ПАО «Россети Московский регион» Западные электрические сети.

ПС 220 кВ «Слобода» — важный питающий центр Истринского района на северо-западе Московской области. Ввод новой цифровой системы дает возможность дистанционного управления коммутационным оборудованием и заземляющими разъединителями подстанции с использованием автоматизированных программ переключений (АПП), что позволяет существенно, в 5–10 раз, сократить длительность производства оперативных переключений по сравнению с их выполнением по командам диспетчерского персонала.

АПП — это представленная в виде компьютерного алгоритма последовательность действий при переключениях, включающая проверку эксплуатационного состояния оборудования, формирование и реализацию команд дистанционного управления оборудованием энергообъектов из диспетчерского центра Системного оператора и диспетчерского пункта сетевой компании, а также контроль правильности их исполнения в автоматическом режиме.

¹ Репринт статьи из журнала «Энергетик». 2021. № 2. Публикуется с любезного разрешения редакции и автора.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ПРОГНОЗОВ

Исходный автомат ПБР	ОДУ(Ац)	РДУ(Ац)	Пред. ПБР допрогн.	ППБР (X-1) допрогн.	ППБР (X-1)	Заявки	Прогноз по стат.
3 058			3 060	3 044	3 198	3 243	3 054
3 036	3 036	3 036	3 041	3 036	3 176	3 234	3 030
3 024	3 024	3 045	3 060	3 024	3 166	3 209	3 020
3 049	3 049	3 047	3 032	3 048	3 175	3 212	3 031
3 095	3 095	3 089	3 095	3 103	3 236	3 239	3 083
3 262	3 262	3 288	3 280	3 277	3 430	3 374	3 258

Рис. 1

ЖУРНАЛ ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ

Детализация данных из рисунка 2:

- Модель прогноза потребления "Энергостат" (Метод 2)
 - Настройки прогноза
 - Предварительный расчет прогноза температуры
 - Прогноз на 11.09.2020 00:00 = 94290.8
 - Корректирующие коэффициенты 11.09.2020
 - Запрос факта Потребление 1С3 ЕЭС Росс. за 10.09.2020
 - Расчет эффективной температуры для 10.09.2020
 - Запрос факта Температура (1С3 ЕЭС Росс.) за 10.09.2020
 - Запрос факта Температура (1С3 ЕЭС Росс.) за 09.09.2020

Рис. 2

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.

Иерархическая система прогнозирования 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 электропотребления по более чем 500 территориям и объектам выполняется ежедневно на четверо суток с дополнительной ежечасовой коррекцией в текущие сутки [4]. Один цикл расчетов включает в себя:

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

- расчеты на всех серверах в региональных ДЦ с последующим уточнением в объединенных и центральном ДЦ;

- работу десятков специалистов по оценке и согласованию и последующему использованию прогнозов в задачах планирования режимов.

Важный аспект функционирования ИСП — бесперебойность работы. Особо важным этот аспект является в цикле прогнозов ПБР, когда дежурным диспетчером проводится ежечасовая коррекция. У диспетчера для принятия тех или иных решений доступно 10–15 мин, и сбой в работе программных комплексов приводит к риску нарушения регламента расчетов. Бесперебойное функционирование системы прогнозирования и оперативной коррекции графиков потребления обеспечивается:

1) *надежностью аппаратной платформы за счет ее виртуализации*, когда программные приложения работают с оборудованием не напрямую, а с его виртуальным аналогом. Это позволяет оперативно переключиться на резервное оборудование в слу-

чае его отказа без потери данных и обеспечивает более эффективное использование ресурсов. В ОДУ и ЦДУ дополнительно используются отказоустойчивые кластеры, состоящие из двух серверов — основного и резервного, на который автоматически происходит переход приложения в случае сбоев на основном;

2) *надежностью распределенной архитектуры программно-аппаратного комплекса и базы данных*. Каждый

из серверов ИСП в случае необходимости позволяет выполнять планирование по территории операционной зоны ДЦ в автономном режиме. При этом серверы каждого уровня иерархии хранят резервную копию данных серверов другого уровня, что позволяет оперативно восстанавливать необходимую информацию в случае сбоев и проводить анализ целостности и корректности данных на разных уровнях;

3) *контролем и достоверизацией исходных данных*. Точность прогноза непосредственно зависит от качества исходных данных для расчетов. Существенное влияние на электропотребление оказывают метеофакторы. Для анализа, контроля и достоверизации этих данных разработан отдельный специализированный комплекс АС «Метео» [6]. Комплекс осуществляет контроль своевременного поступления, первичный анализ и обработку метео-

ПРОТОКОЛ ДЕЙСТВИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

Время(МСК)	ДЦ	Событие
09:11:34	ОДУ	В качестве автоматического прогноза указано использование прогноза по статистике
10:00:07	ОДУ	Балансировка пропорционально весовым коэффициентам
10:00:07	ОДУ	Данные были изменены при балансировке
10:04:46	ИА	В качестве автоматического прогноза указано использование предыдущего акцепта
10:05:10	ИА	Использование пределов ОДУ
17:08:08	ИА	Принят из ОДУ(Ац)(PPL_X1S_530000)

Рис. 3

ОТЧЕТ СИСТЕМЫ САМОДИАГНОСТИКИ

Скрыть подробно Обновить Справка

Статус задач 2020-09-01 16:00:05 UTC			
Общий статус	ERR 3/7	DRIVE_SPACE; benchmark; SK; METEO;	Журнал
Проверка свободного места	ERR	Осталось менее 5ГБ на диске: С	Журнал
Проверка веб-части	OK		Журнал
Тест быстродействия	WRN	Задачи завершились с ошибками: benchmark=2	Журнал
Связь с ОИК	ERR	Задачи завершились с ошибками: IMP_SK2007=1	Журнал
Связь с АС Метео	ERR	Задачи завершились с ошибками: IMP_METEO=1	Журнал
Связь с МППП	OK	IMP_SITE_SO=STARTED,	Журнал
Транспортный сервер	OK		Журнал

В случае наличия задач со статусом ERR следует определить причины сбоя с помощью журналов серверных задач (доступны из меню администратора ИСП).

Рис. 4

рологических 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 — данными других ДЦ;

5) использованием резервных алгоритмов расчетов. При отсутствии необходимого объема исходных данных расчеты с использованием основных моделей прогнозов провести не удастся. В этом случае будут использованы резервные модели прогноза, менее требовательные к количеству и качеству исходных данных (рис. 1);

6) алгоритмами проверки и достоверности результатов расчетов. На всех этапах согласования прогнозов проводятся 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, еще существует дублирую-

щий тестовый контур. Он 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 (рис. 2) **и действий пользователей** (рис. 3), которая позволяет не только определять детали событий, предшествующих сбоям, но и устранять их в дальнейшем;

9) системой самодиагностики и информирования о сбоях (рис. 4), 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 ДЦ и во внешние задачи автоматически. Данный режим используется прежде всего для ежечасных расчетов прогнозов при отсутствии значительных отклонений текущего потребления от прогнозных значений.

ВЫВОДЫ

1. В АО «СО ЕЭС» для расчетов прогнозных значений электропотребления по всем энергосистемам в составе ЕЭС России используется программно-аппаратный комплекс ИСП. С 2018 г. в ИСП функционируют специализированные программные средства прогнозирования

и оперативной коррекции графиков потребления для цикла расчета планов балансирующего рынка.

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 планирования и оперативного диспетчерского управления режимами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Планирование электроэнергетических режимов работы энергообъектов и энергосистем http://www.so-ups.ru/index.php?id=regime_plan
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. докл. Всеросс. науч.-техн. конф. «Управление режимами Единой энергосистемы России». — М.: НЦ ЭНАС, 2002.
3. Макоклюев Б.И. Анализ и планирование электропотребления. — М.: Энергоатомиздат, 2008.
4. Макоклюев Б.И. Краткосрочное прогнозирование электропотребления в энергосистемах России//Б.И. Макоклюев, А.С. Полижаров, А.А. Басов и др.//Электрические станции. № 4. 2018. С. 24–35.
5. Макоклюев Б.И. Оперативная коррекция графиков потребления электрической мощности в цикле планирования балансирующего рынка//Б.И. Макоклюев, А.С. Полижаров, А.В. Антонов и др.//Электрические станции. 2019. № 5. С. 36–44.
6. Артемьев А.А. Разработка и внедрение комплекса обработки метеоданных СО ЕЭС (АС «Метео»)/А.А. Артемьев, А.В. Антонов, А.С. Полижаров и др.//Сб. докл. III междунар. науч.-техн. конф. «Электроэнергетика глазами молодежи». Екатеринбург, 2012. С. 123–127.

Ноябрь 2021



XI

Открытый шахматный турнир энергетиков памяти М.М. Ботвинника

✠

2021

ШАХМАТНЫЙ ТУРНИР ЭНЕРГЕТИКОВ

Приглашаем команды энергетиков поддержать нашу добрую традицию и принять участие в ежегодном открытом шахматном турнире!

Состоится личное и командное первенство по правилам ФИДЕ для быстрых шахмат.

НАБИРАЙТЕ ЧЕТЫРЕХ ИГРОКОВ
И РЕГИСТРИРУЙТЕ КОМАНДУ
НА САЙТЕ ТУРНИРА
WWW.TURNIR.NTC-POWER.RU

