

# Подходы к построению систем энергоменеджмента на базе платформы SIMATIC WinCC Open Architecture

## SIEMENS

Рассматриваются вопросы построения систем энергоменеджмента на базе SCADA-платформы SIMATIC WinCC Open Architecture (WinCC OA).

000 «Сименс», г. Москва

Активное развитие ESG-повестки (от англ. Environmental, Social and [Corporate] Governance – экологическое, социальное и корпоративное управление), а также нестабильность на энергетических рынках служат стимулами для предприятий различных сфер деятельности к внедрению комплексных систем управления энергоресурсами в целях снижения энергоемкости и выбросов CO<sub>2</sub>. Особенностью создания подобных систем в современных условиях является необходимость интеграции целого спектра программных модулей и аппаратных компонентов – локальных систем управления и АСУ ТП, систем мониторинга и диспетчеризации, систем учета, модулей диагностики и оценки состояния, расчетно-моделирующих систем («цифровых двойников»), систем поддержки принятия решений и ряда других. Использование единой информационной платформы и готовых компонентов, поддерживающих современные стандарты обмена данными, позволяют существенно снизить затраты и время на внедрение системы энергоменеджмента на предприятии при обеспечении возможности дальнейшего масштабирования и расширения функциональных возможностей.

систем и некоторые важные аспекты применения.

Платформа SIMATIC WinCC Open Architecture (WinCC OA) обладает уникальными возможностями для разработки диспетчерских и аналитических систем в энергетике [1]. Так, уже сейчас в платформе WinCC OA поддерживаются традиционные и специфические для энергетики коммуникационные и информационные протоколы: МЭК 61850, МЭК 60870-5-104, DNP3, С37.118 (синхронные векторные измерения) и др. При этом платформа WinCC OA имеет широкие возможности для реализации прикладной бизнес-логики, интеграции с внешними системами, а также визуализации (с использованием как традиционных

«толстых» клиентов, так и мобильных, и веб-клиентов).

Компанией «Сименс» и российскими OEM-партнерами разработаны библиотеки приложений и компонентов, отвечающие актуальным запросам отечественных заказчиков: поддержка CIM-модели, наличие типовых графических примитивов, обработка осциллограмм в формате COMTRADE и др. Кроме того, компания «Сименс» продолжает развитие и интеграцию в WinCC OA алгоритмов диагностики электротехнического оборудования [2] и оценки остаточного ресурса выключателей и трансформаторов, основанных на международных стандартах, что позволяет использовать эти алгоритмы



Рис. 1. Развитие WinCC OA как единой информационной платформы с поддержкой специфики энергетической отрасли

Платформа и модули для энергетических приложений

Рассмотрим конкретные программные продукты для построения таких



Рис. 2. Структура аналитической подсистемы энергоменеджмента

для оборудования разных производителей.

Интеграция расчетно-моделирующего комплекса PSS Sincal позволяет создать цифровой двойник питающей сети предприятия [3], а модуль управления энергетическими и экологическими данными помогает экономить энергоресурсы и пройти сертификацию в области энергетического и экологического менеджмента (ISO 50000, ISO 14000).

Рассмотренный подход и компоненты обеспечивают возможность создания единой информационной среды для решения задач мониторинга и управления энергетической инфраструктурой и процессами (рис. 1).

### Энергоменеджмент как информационная задача

Энергоменеджмент в соответствии с семейством стандартов ISO 50000 представляет собой комплексный подход к трансформации бизнес-процессов управления энергоресурсами, целью которого является постоянное улучшение энергетической результативности – повышение энергетической эффективности и снижение доли затрат на энергоресурсы в себестоимости продукции.

Построение процессов и системы энергоменеджмента на предприятии требует наличия достоверной, точной, актуальной и репрезентативной информации по всем аспектам получения и потребления энергоресурсов.

Неотъемлемой частью системы энергоменеджмента является аналитическая подсистема, играющая важную роль – отслеживание выполнения мероприятий по энергоэффективности на предприятии, распределение

ответственных ролей, учет энергоресурсов с визуализацией потребления и достижением целей (рис. 2).

Ключевые и самые востребованные функции энергоменеджмента, такие как мониторинг и аналитика, реализованы в решении SIMATIC Energy Manager Pro [4, 5] или реализуются на основе данных системы:

- ▶ непрерывный контроль и анализ движения энергетических потоков, энергетических и финансовых балансов;
- ▶ обеспечение прозрачности фактического энергетического бюджета;
- ▶ энергетическое планирование и прогнозирование;
- ▶ контроль и анализ КПЭ;
- ▶ работа с тарифами;
- ▶ непрерывное совершенствование производственных процессов и планирования производства с точки зрения энергоэффективности.

### Планирование и прогнозирование

Остановимся подробнее на моделях планирования и прогнозирования потребления энергии.

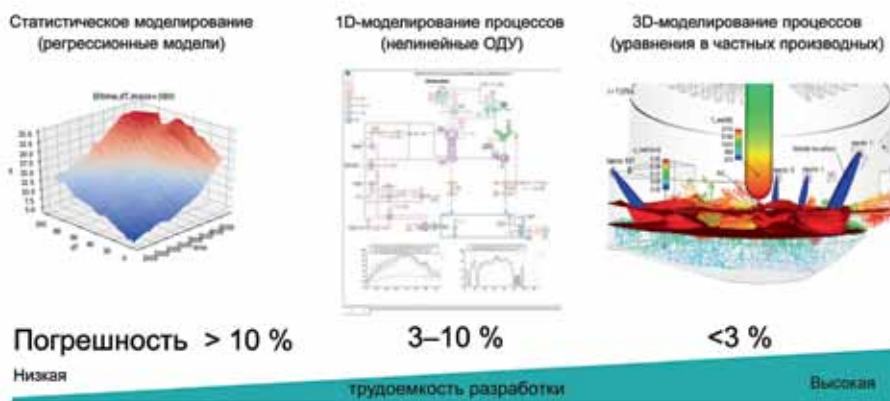


Рис. 3. Типы моделей наиболее значимых потребителей энергии с разной степенью погрешности и трудоемкости разработки

Одним из вариантов планирования является почасовое планирование потребления, выполняемое вручную начальниками смены для разных цехов и участков. На основании производственного плана осуществляется оценка потребления энергоресурсов, которая агрегируется по всему предприятию (центру потребления) для оценки потребности и перепланирования в случае превышения допустимой мощности. Зачастую задача снижения мощности и потребляемой энергии не ставится, в приоритете – выполнение производственного плана, что приводит к избыточным мощностям ввода и низкой энергоэффективности. Наличие исторических данных о потреблении энергии значимыми потребителями позволяет повысить точность планирования, но сами по себе регрессионные модели имеют погрешность более 10 %, что не дает возможности использовать их для оперативной оптимизации процесса в целях минимизации потребления энергии.

Причиной невысокой точности регрессионных моделей является отсутствие необходимого объема измерений в промышленных системах. Например, для процесса плавки в дуговых электропечах зачастую известны только показания электропотребления, состав загружаемого сырья и выходного продукта. При этом сам процесс плавки включает в себя такие процессы, как образование плазмы, плавление, тепло- и массоперенос между разными фазовыми состояниями вещества и типами фракций (шлак, металл, отходящий газ), что в совокупности приводит к существенно-нелинейной зависимости энергопотребления от производственного плана. Такую зависимость невозможно выявить

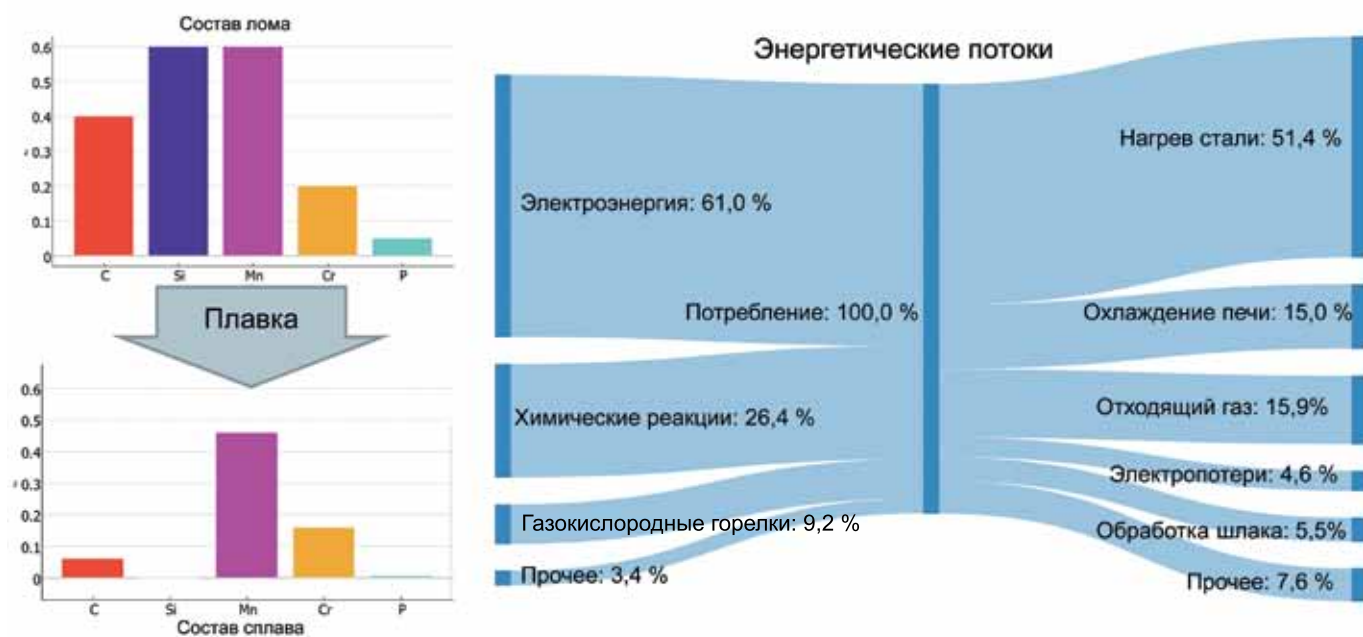


Рис. 4. Пример моделирования процесса плавки в дуговой сталеплавильной печи

только на основе доступных исторических данных и существующих измерительных систем.

В настоящий момент наиболее перспективным способом прогнозировать энергопотребление подобных процессов выглядит построение цифровых двойников, учитывающих помимо измеряемых данных знания о конкретной предметной области. Например, для дуговых электропечей это уравнения тепло- и массопереноса, химических превращений, геометрии печи и логического управления про-

цессом. В зависимости от требуемой точности прогнозирования энергопотребления модели могут быть сформулированы как на уровне процесса во времени (1D-моделирование), так и с учетом изменения в пространстве (3D-моделирование) (рис. 3). Очевидным является тот факт, что при внедрении цифровых двойников в задачах энергоменеджмента следует начинать с более простых моделей на уровне 1D-процессов, так как более сложные 3D-модели, как правило, становятся отдельными узлами, отвечающими за

наиболее сложные участки моделирования (например, модель образования плазмы, газодинамики и излучения тепла).

С точки зрения энергетики технологический процесс может быть представлен в виде энергопотоков – процессов преобразования энергии и материала в продукт и отходы (рис. 4). В случае наличия нескольких агрегатов моделирование также позволяет выявить возможности снизить общую мощность за счет перепланирования, сдвига потребления со сглаживанием.

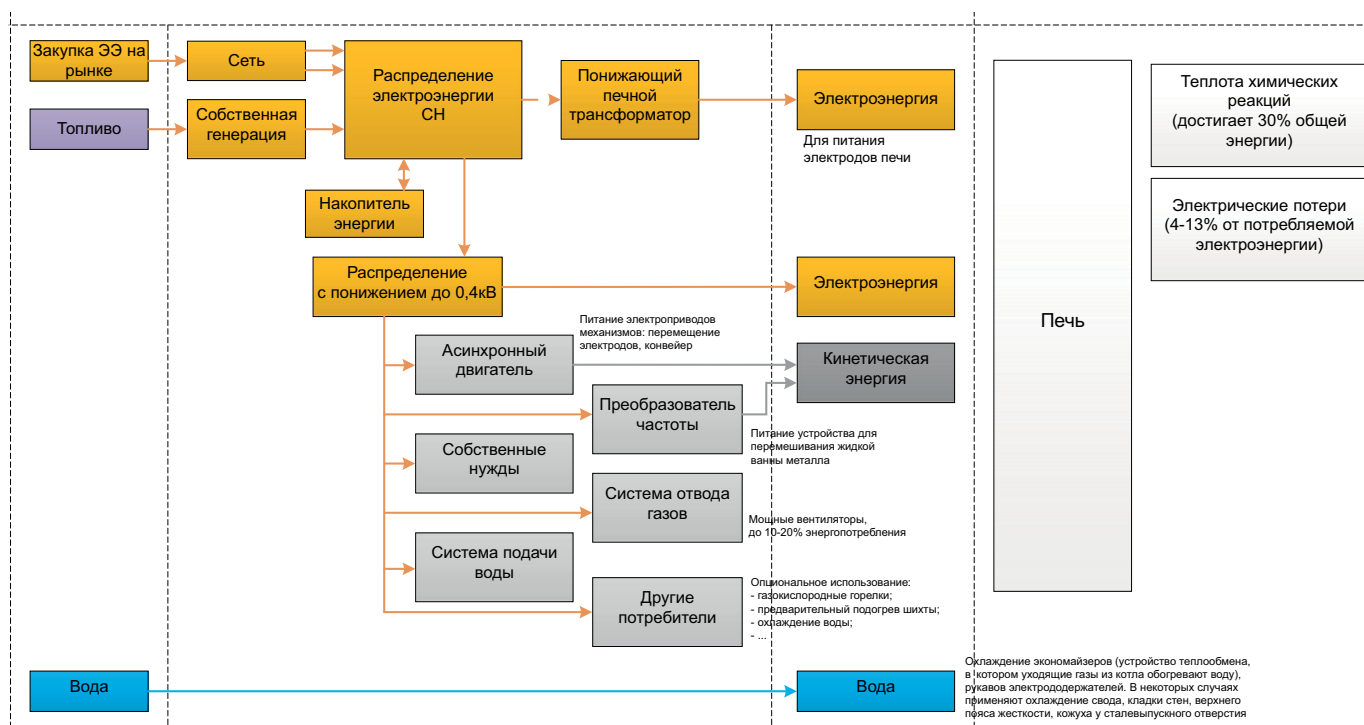


Рис. 5. Пример моделирования энергоснабжения дуговой сталеплавильной печи

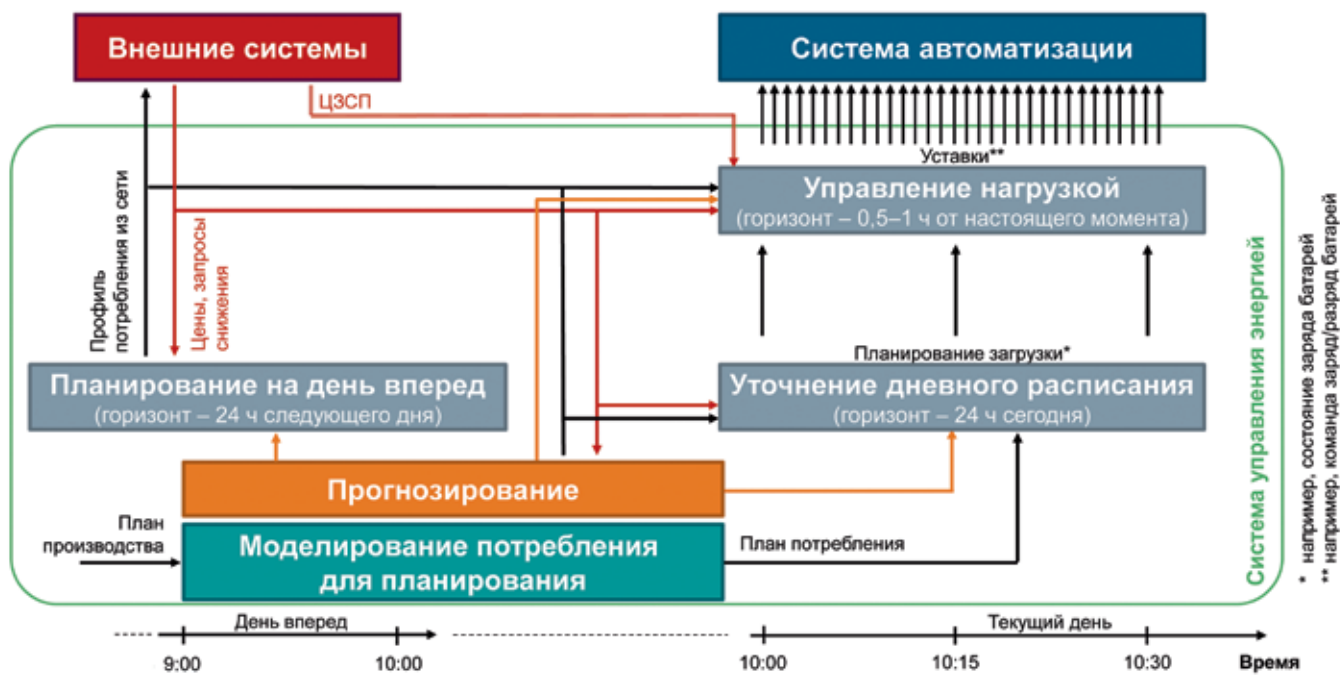


Рис. 6. Логика взаимодействия оптимизатора со смежными системами для оперативного управления потреблением

С другой стороны, энергоснабжение потребителей энергии на предприятии также представляется как энергетические потоки, что позволяет использовать единый математический аппарат для моделирования и многокритериальной оптимизации (рис. 5).

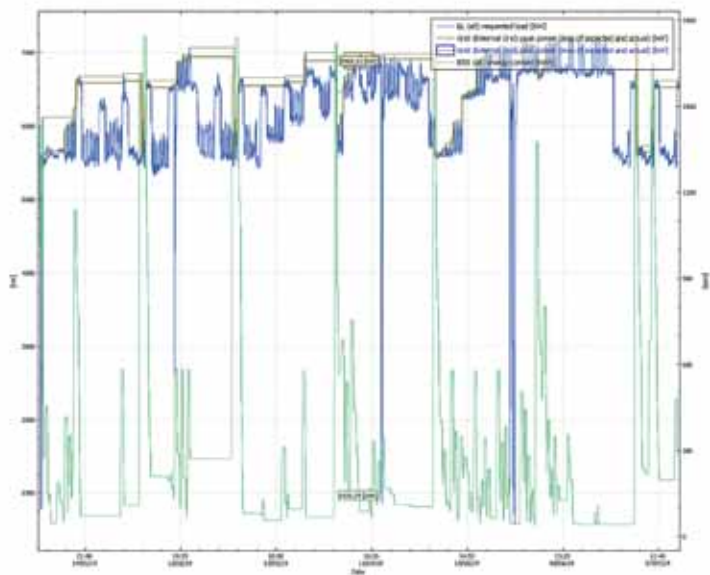
При наличии плана производства модель позволяет запланировать потребление на день вперед, чтобы иметь возможность участвовать на рынке ценозависимого потребления, а также уточнять дневное расписание для краткосрочного управления нагрузкой и другими энергоресурсами (рис. 6).

При горизонте планирования на сутки вперед (и далее) можно регулировать график потребляемой мощности (нагрузки). В случае с печью экономический эффект достигается за счет изменения времени начала плавки так, чтобы и выполнить план производства, и не превысить лимиты мощности. Соответственно исключаются штрафы за неточное планирование, снижается пиковая мощность, возможно получение выплаты на ценозависимое снижение потребления (ЦЗСП).

Те же модели могут быть использованы при горизонте планирования

в один год и дальше, что позволяет обоснованно заключать договора энергоснабжения, снижая требуемую мощность до оптимального минимума.

Например, для предприятий со стабильной зависимостью энергопотребления от производственных и климатических факторов могут быть использованы системы с накопителями энергии для «срезания» дневных пиков потребления. При этом задачами системы энергоменджмента являются как долгосрочное прогнозирование потребления для выбора мощности и емкости накопителей, так и оперативное управление накопите-



Достигаемое снижение пиковой мощности лежит в области до 150 кВт за исключением редких случаев в области 400–500 кВт



Рис. 7. Пример моделирования внедрения накопителя 1,8 МВт·ч на промышленном предприятии в целях снижения пиковой мощности

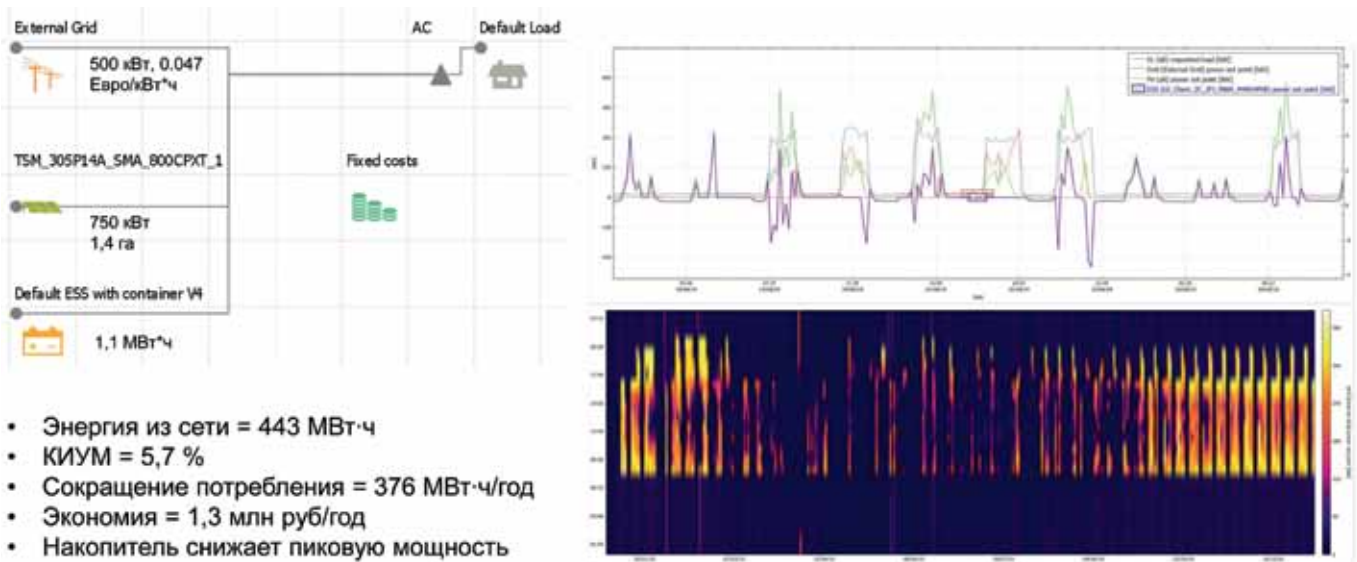


Рис. 8. Пример моделирования внедрения солнечных панелей и накопителя на промышленном предприятии в целях снижения пиковой мощности и сокращения потребления энергии из сети

лями для подзарядки во время низких тарифов с выдачей дополнительной энергии в пиковые часы, что позволит исключить штрафы за превышение мощности (рис. 7). Подобное долгосрочное планирование зачастую возможно благодаря наличию корреляции с климатическими условиями в конкретной местности. Например, сезонность хорошо проявляется на предприятиях с собственной генерацией на ВИЭ (рис. 8), где объем потребности в мощности и энергии из сети будет напрямую зависеть от среднего числа солнечных дней в текущем месяце (для компенсации недостаточной генерации солнечных панелей).

#### Цифровые двойники как средства повышения эффективности

Компания «Сименс» обладает широким набором инструментов имитационного моделирования как технологических процессов (Tecnomatix Plant Simulation, STAR-CCM+, Amesim, Orcenter), так и энергетических систем (PSS Distributed Energy, PSS Sincal, mm.esd, Energyplan). WinCC OA выступает как интеграционная платформа для сбора и визуализации данных, запуска расчетно-моделирующих задач и передачи управляющих воздействий.

Наличие моделей технологических и энергетических процессов позволяет точнее обосновать потенциальный

экономический эффект энергосберегающих мероприятий на этапе разработки инвестиционного бизнес-плана. После внедрения энергосберегающих мероприятия модели позволяют проводить измерение и верификацию энергетической эффективности, как того требуют международные стандарты (рис. 9).

#### Практический опыт

Системы энергомониторинга и энергоменеджмента на базе платформы WinCC OA и с использованием специализированных продуктов компании «Сименс» в качестве функциональных подсистем в составе единого решения внедрены на предприятиях



Рис. 9. Порядок реализации энергосберегающих мероприятий

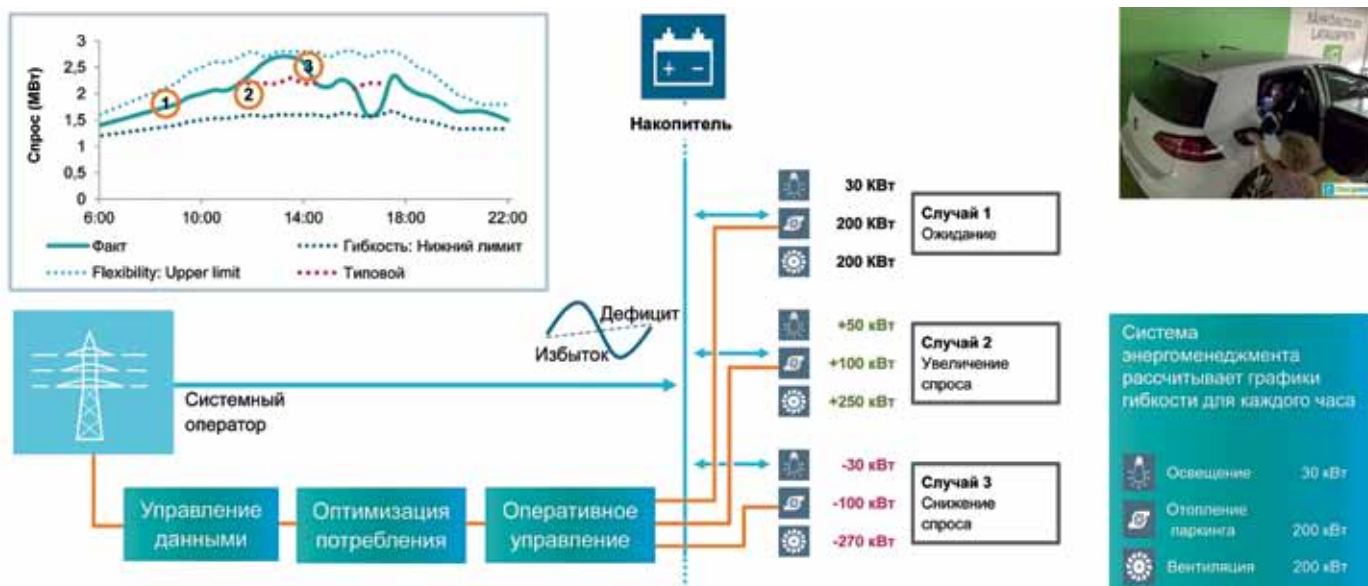


Рис. 10. Система энергоменеджмента торгового центра Sello

разных отраслей промышленности и инфраструктурных объектах, например таких, как деревообрабатывающее предприятие Ziegler Holzindustrie (Германия), свинцово-цинковое месторождение Фанкоу (Китай), аэропорт города Мумбаи (Индия) и ряд других.

Важно отметить, что современные комплексные системы энергоменеджмента позволяют не только снизить затраты предприятия на энергоресурсы за счет мониторинга, контроля и оптимизации режимов, но и снизить объем выбросов вредных веществ и сократить углеродный след продукции, а также перейти к новым моделям энергообеспечения.

В качестве примера, демонстрирующего, как внедрение системы энергоменеджмента позволило трансформировать энергетическую бизнес-модель, можно привести проект, реализованный компанией «Сименс» для торгового центра Sello в финском городе Эспоо – второго по величине в этой стране. Энергетическая система торгового центра включает в себя 2 МВт (2,1 МВт·ч) накопителей электроэнергии, 600 кВт солнечных панелей и 50 зарядных станций для электромобилей.

В системе использованы программные модули для оптимального управления распределенными энергоресурсами и решение для управления системами здания (рис. 10). Расход энергии

автоматически регулируется путем покупки, хранения и потребления электроэнергии на основе ее рыночной цены. Активы торгового центра (генерация, накопители и нагрузки) действуют как виртуальная электростанция, способная реагировать на условия рынка и приносить доход компании. В результате работы системы управления нагрузкой торговому центру удается зарабатывать до 480 000 евро в год на рынке электроэнергии, производя 470 МВт·ч электроэнергии за год. Экономия за счет новой стратегии обслуживания оборудования и повышения энергоэффективности составляет 118 000 евро в год.

#### Выводы

Последовательное развитие прикладных и системных модулей ПО WinCC OA позволяет использовать его как интеграционную платформу для проектов автоматизации и энергоменеджмента. Коннекторы к расчетно-моделирующим системам технологических процессов и энергетических систем обеспечивают возможность создавать проектно-компонентные решения для различных задач и конфигурировать системы энергоменеджмента с минимальными затратами на интеграцию компонентов. Аналитические модули на основе технологий машинного обучения создают необходимую основу для реализации интеллек-

туальных систем поддержки принятия решений и перехода к обслуживанию оборудования по состоянию.

#### Литература

1. Соловьёв С. Ю. Энергомониторинг, энергоменеджмент, диспетчеризация энергоресурсов, оперативное управление энергообъектами с SIMATIC WinCC Open Architecture // ИСУП. 2017. № 5.
2. Бубнов Ю. В. Система мониторинга релейной защиты «Сименс» // Электроэнергия. Передача и распределение. 2020. № 6.
3. Цифровые решения для предприятий // РосБизнесКонсалтинг [Электронный ресурс]. URL: <http://siemens-digital.rbc.ru/> (дата обращения: 18.10.2021).
4. Системы энергоменеджмента с программами от компании «Сименс» // ИСУП. 2015. № 6.
5. Система WinCC OA – единый центр менеджмента // ИСУП. 2016. № 5.
6. Бубнов Ю. В., Никитина Е. В. EnergyIP DEMS: решение «Сименс» для управления распределенной генерацией и спросом // Энергия без границ. 2019. № 6.

Ю. В. Бубнов, эксперт-исследователь,  
А. Н. Никонов, к. т. н., эксперт-исследователь,  
департамент «Корпоративные технологии»,  
С. Ю. Соловьёв, к. т. н., руководитель  
Центра компетенций,  
управление «Цифровое производство»,  
ООО «Сименс», г. Москва,  
тел.: +7 (495) 737-1737,  
e-mail: [icc.ru@siemens.com](mailto:icc.ru@siemens.com),  
сайт: [www.siemens.ru](http://www.siemens.ru)