

# Стабильная энергия для изменяющегося рынка

**Андерс Ангер, Микаэль Фрейман, Бент Иверсен, А. А. Никитин – Wartsila Corporation**

Дания, отличаясь гибкостью к изменяющимся потребностям энергетического рынка, занимает лидирующие позиции в этой области в Европе. Ее опыт может успешно использоваться и другими странами.

## In brief

### Power for a changing world.

*This article focuses on how the Danish company, Skagen Varmevaerk, manages its operations in a modern liberalized Danish energy market. Denmark is acknowledged as being a front-runner in forming its own energy laws, and at an early stage adopted very liberalized rules and regulations for its energy industry. Skagen Varmevaerk is a typical Danish district heating company, with its heat and power production based to a large extent on a Wartsila gas engine plant using three 18-cylinder Wartsila 28SG generating sets. The plant was designed for automatic mode enabling unattended operation outside normal working hours, when the command for starting and stopping of the plant is shifted to the dispatch centre. The Wartsila powered plant is equipped with efficient heat recoveries that reach total efficiencies of far above 90%. Even though the plant is already 15 years old, its performance remains very good compared to other modern day power plants.*

**Э**нергия для изменяющегося мира – это известный маркетинговый слоган, который использовался отделом электростанций компании Wartsila в начале 1990-х годов. В настоящее время он становится все более актуальным, особенно на европейском рынке, где все чаще применяются технологии возобновляемой энергетики – ветровая, солнечная и т.д. Они оказывают все большее влияние на организацию энергетических систем и определяют новые возможности для энергетики.

В то же время Европейская комиссия и Парламент вырабатывают энергетические стратегии до 2020 г. и далее – до 2050 г., которые дополняют к технологиям на основе возобновляемых источников энергии предусматривают использование экологически чистых и высокоэффективных технологий с применением первичных источников. Это приведет к масштабной реструктуризации консервативного энергетического рынка и энергетической промышленности в Европе.

Основной целью данных стратегий является разработка четко определенной структуры с понятными правилами и требованиями для энергетической промышленности всех стран – членов Европейского сообщества. Таким образом, будет создана основа для инвестиций и устойчивого роста в данной области.

В статье представлен опыт работы компании Skagen Varmevaerk на современном высоколиберализованном рынке Дании. Сегодня страна является лидером в формировании собственных законов энергетического рынка. Правительство на самой ранней стадии адаптировало либерализованные правила и требования для своей энергетики. В Дании создана и успешно работает энергетическая система, в состав которой входит большое количество энергоустановок, работающих на возобновляемых источниках энергии, высокоэффективных электростанций когенерационного цикла. Причем электростанции расположены по всей стране в непосредственной близости к потребителям энергии.

Skagen Varmevaerk является типичной датской компанией, обеспечивающей электро- и теплоснабжение потребителей. Основным источником энергии в системе компании является электростанция, созданная на основе трех газопоршневых 18-цилиндровых двигателей Wartsila 28SG мощностью по 4,6 МВт (э).

## Система центрального теплоснабжения в Дании

Первая система центрального теплоснабжения была запущена в эксплуатацию в г. Фредериксберг в начале 1900-х гг. Затем данная инициатива была реализована в других городах. Сегодня центральное теплоснабжение городов Дании обеспечивается более чем 500 электростанциями. Из них 40 объектов – на базе 60 двигателей компании Wartsila общей электрической мощностью 201 МВт. Более половины всех потребностей тепловой и электрической энергии покрывается за счет данных ТЭС.

Работа всех электростанций в стране регулируется законами и инструкциями, которые отражают энергетическую политику датского парламента. Эти законы включают в себя методы стимулирования компаний по повышению эффективности работы станции, но (что важно) при этом сохраняются все установленные налоги по энергетике.

Компания Skagen Varmevaerk начала работу в 1964 г. В начале своей деятельности она обеспечивала тепловой энергией 535 потребителей. Тепловая энергия вырабатывалась в котельных, работающих на угле, нефти и биотопливе. К 1979 г. количество потребителей увеличилось до 1050, в связи с чем была запущена в эксплуатацию станция по утилизации мусора, вырабатывающая дополнительное количество тепла, которое передавалось в общую систему теплоснабжения. Частная компания Fiskernes Fiskeindustri начала поставку технологического пара потребителям в 1982 г.

В 1988 г. Skagen Varmevaerk запустила в коммерческую эксплуатацию новую котельную на природном газе, который подается из нацио-

нального газопровода. Была также введена полностью автоматизированная электростанция когенерационного цикла на базе трех газопоршневых двигателей Wartsila 18V28SG. Электростанция, созданная для работы в автоматическом режиме, после окончания рабочего дня управляется дистанционно из центрального диспетчерского центра.

### Skagen Varmevaerk сегодня

Компания несет ответственность за бесперебойное теплоснабжение г. Скаген, расположенного в крайней северной точке страны – районе Ютланд. В зимний период в городе с населением около 8500 жителей относительное затишье, но летом – это популярное, переполненное народом место. Способность быстро адаптироваться к изменяющимся потребностям на энергетическом рынке стала частью философии бизнеса компании Skagen Varmevaerk.

Электростанция на базе газопоршневых энергоблоков компании Wartsila оснащена высокоэффективными системами утилизации сбросного тепла, обеспечивающими общий КПД более 90 %. И хотя ТЭС находится в эксплуатации около 15 лет, ее технические параметры остаются достаточно высокими по сравнению с современными станциями. Двигатели были модернизированы несколько лет назад с целью повышения их мощности и других эксплуатационных параметров.

ТЭС не только вырабатывает электроэнергию, которая продается в сеть, и тепло для нужд центрального отопления города – она также имеет важное значение для обеспечения энергетического баланса сети и резерва на случай аварийных ситуаций. Для этого станция должна обеспечивать возможность гибкой эксплуатации в зависимости от ситуации в сети, быстрые пуски и остановки и постоянную готовность оператора мгновенно реагировать на изменение ситуации.

Дополнительно ТЭС оснащена водогрейными котлами, работающими на природном газе или на биотопливе; электрическими водогрейными котлами, работающими в параллель с газовыми двигателями. Кроме того, в состав электростанции входит блок сохранения тепловой энергии или аккумулятор. Все эти системы обеспечивают гибкую эксплуатацию станции и оптимальные экологические параметры.

Кроме тепловой энергии, вырабатываемой газопоршневой электростанцией Skagen Varmevaerk, в систему центрального теплоснабжения поступает энергия, производимая муниципальной станцией по утилизации мусора и промышленными предприятиями. Станция по утилизации мусора работает в базовом



режиме и в течение всего года вырабатывает тепло для нужд города. От промышленных предприятий тепловая энергия поступает в систему нерегулярно, в зависимости от производственных графиков. Эти два источника обеспечивают минимальные потребности города в тепловой энергии в течение летнего периода.

Таким образом, источниками тепловой энергии для городской системы теплоснабжения являются:

- три газопоршневых энергоблока Wartsila 28SG электрической мощностью по 4,6 МВт и тепловой – по 19,4 МВт;
- четыре водогрейных котла на природном газе общей тепловой мощностью 46 МВт;
- электрический водогрейный котел мощностью 11 МВт;
- станция по утилизации мусора максимальной тепловой мощностью 6 МВт;
- тепловая мощность, получаемая от промышленных предприятий, – максимально 6 МВт;
- блок сохранения тепловой энергии/бак-аккумулятор горячей воды – 250 МВт·ч.

Компания Skagen Varmevaerk большое внимание уделяет техническому состоянию оборудования ТЭС и регулярно осуществляет его модернизацию. Население Дании в общей массе является глубоко сознательным в области энергосбережения, а производители энергии в свою очередь прилагают максимум усилий для утилизации максимального количества энергии первичных энергоисточников. В стране действуют государственные нормы по повышению эффективности работы электростанций когенерационного цикла и по экономии энергии потребителями.

Недавно ТЭС оснастили абсорбционными чиллерами, которые установлены за экономайзерами выхлопных газов. При этом количество тепловой энергии, утилизируемой от выхлопных газов двигателей, увеличилось. В результате общий КПД станции, рассчитанный для низшей теплотворной способности топлива, составил практически 100 %. Более того, емкость аккумулятора тепловой энергии была увеличена на 350 МВт·ч, что повысило гибкость работы на энергетическом рынке.

🔍 Электростанция Skagen Varmevaerk plant

🔍 Емкости для хранения горячей воды

Машинный зал  
электростанции



**Регулирование процесса  
выработки энергии**

Основной задачей Skagen Varmeværk, обеспечивающей центральное теплоснабжение города, является бесперебойная подача тепла потребителям по минимальной цене. При этом возможна выработка электроэнергии для поддержания баланса в сети и резервирования в аварийных ситуациях. Таким образом, для оптимального планирования производства необходимо четкое понимание возможностей электростанции и объективное прогнозирование изменений ситуации на рынке.

Все энергетическое оборудование ТЭС оптимально работает в единой системе с учетом его эксплуатационных параметров и в зависимости от изменения потребностей в тепловой энергии и ситуации на рынке. График работы определяется заранее на основании прогнозной оценки потребностей в тепловой энергии, а также необходимости регулирования напряжения и частоты тока в основной энергосети. В связи с этим оптимальный график работы согласуется с региональным диспетчерским центром и другими производителями энергии.

Прогнозируемые потребности в тепловой энергии гибко регулируются за счет использования аккумуляторов тепловой энергии. При

этом четко определяется график работы газопоршневых энергоблоков. Изменение спотовых цен на электроэнергию на рынке также влияет на график работы энергоблоков. При этом основной целью является производство электроэнергии в периоды, когда цены на нее наиболее высокие.

В данной ситуации эксплуатационные характеристики газопоршневых двигателей при интеллектуальном производстве энергии являются достаточно привлекательными. Оборудование, используемое в режиме горячего резерва, требует быстрых пусков и остановов, что успешно обеспечивают газопоршневые энергоблоки Wartsila. В случае поддержания баланса энергосети, энергоблоки работают с нагрузкой 70-80 % от номинальной, при этом их КПД остается достаточно высоким.

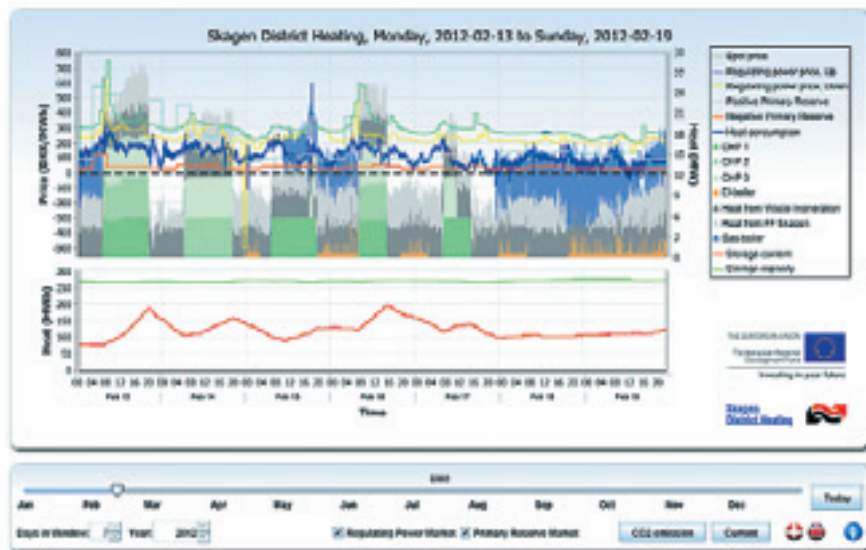
Для выработки тепловой энергии запускать газопоршневые энергоблоки в эксплуатацию нецелесообразно. Требуемое количество тепла может вырабатываться газовыми или электрическими котлами. Энергоблоки начинают работать в периоды, когда спотовые цены на электроэнергию на рынке являются приемлемыми.

Электрический котел имеет широкий диапазон рабочих режимов, что обеспечивает гибкое покрытие потребностей в тепловой энергии. Избыточное количество электроэнергии, получаемое от электростанций, работающих на возобновляемых источниках, может использоваться для электрических котлов или для аккумулятора тепловой энергии. Объем производства электроэнергии регулируется также центральным оператором сетей в регионе.

На рис. представлен график производства тепловой энергии в течение одной календарной недели. Показаны спотовые цены на энергетических рынках, рынках резервирования мощности и поддержания баланса в сети, потребности и объемы производства тепловой энергии, а также состояние аккумулятора тепловой энергии. Двигатели находятся в горячем резерве и способны обеспечить требуемое количество пусков и остановов в течение суток (обычно 1-2 раза).

При составлении графика работы электростанции учитываются оптимальные эксплуатационные расходы станции, себестоимость электроэнергии, спотовые цены, необходимость резервирования мощности и регулирования баланса в сети. Спотовые цены на электроэнергию снижаются в ночное время, поэтому обычно в этот период двигатели не работают. При таком графике годовая наработка энергоблоков составляет 2000 часов. В выходные дни, когда цены на электроэнергию также снижаются, энергоблоки редко находятся в эксплуатации.

Рис. Эксплуатационный график работы электростанции на базе трех газопоршневых энергоблоков Wartsila 28SG





Из диаграммы также видно, что электрические котлы чаще всего эксплуатируются в ночное время. Они быстро могут быть введены в эксплуатацию, если в сети есть излишки электроэнергии или для поддержания баланса в сети по частоте. Тепловая энергия, вырабатываемая электрическими котлами, сохраняется в аккумуляторе или передается в систему центрального теплоснабжения города.

### **Новые европейские требования к энергетическому рынку**

В европейской энергетической стратегии до 2020 г. эффективность выработки и использования энергии является приоритетной задачей — долю возобновляемой энергетики планируется увеличить до 20 %. Кроме того, поставлена задача сократить использование первичных источников энергии на 20 %. Таким образом, утвержденная в настоящее время Директива по эффективному производству энергии (Energy Efficiency Directive) нацелена на развитие новых направлений в выработке энергии.

В директиве указывается, что развитие системы возобновляемой энергетики потребует строительства высокоэффективных когенерационных электростанций для обеспечения оптимального баланса в энергосетях. Все препятствия в данном направлении должны быть своевременно устранены странами-членами Европейского сообщества. Предусматривается оснащение когенерационных станций системами хранения тепловой энергии. При обеспечении ветростанциями необходимых потребностей в электроэнергии, вырабатываемая когенерационными станциями энергия будет сохраняться с помощью данных систем.

Когенерационные электростанции на базе газопоршневых двигателей обеспечат эффективную выработку энергии, а также быстрые пуски и остановки для резервирования и поддержания баланса в энергосетях. Более того, по сравнению с пиковыми электростанциями, они являются более эффективными при оснащении системами сохранения энергии.

В настоящее время Директива находится на окончательном утверждении в Европейском парламенте, после чего она станет обязательной для исполнения всеми европейскими странами. Правила и требования Директивы направлены на оптимальное взаимодействие энергетических систем всех европейских стран. При этом будет создана единая энергетическая система Европейского сообщества, что позволит обеспечить свободную торговлю энергией для различных операторов и независимых производителей энергии на едином европейском рынке.

*Компания Wartsila, ведущая свою историю со середины 1830-х гг., обладает огромным опытом в области проектирования, строительства и поставок электростанций на условиях «под ключ», ежегодно реализуя более 100 проектов, в том числе и на территории бывшего СССР. На данный момент Wartsila насчитывает 51 522 МВт установленной мощности на 4 661 электростанции, созданных на базе 10 422 двигателей, в 169 странах мира. Из них 662 объекта на базе 1587 двигателей общей электрической мощностью 10 682 МВт оснащены системами утилизации тепла. Более 1 % мировой электроэнергии вырабатывается на электростанциях Wartsila.*

*Кроме того, компания имеет более 137 ГВт установленной мощности основных или вспомогательных двигателей для морского флота, в том числе на торговых, оффшорных, круизных и специальных судах и паромов. Фактически каждое третье судно в мире оснащено двигателями Wartsila, а каждое второе — обслуживается ее специалистами.*

*Компания является ведущим поставщиком эффективных и гибких технологий производства электроэнергии на основе двигателей внутреннего сгорания, работающих на различных видах жидкого и газообразного топлива. Модельный ряд Wartsila состоит из электростанций мощностью до 500 МВт и включает предложения для всех отраслей промышленности, исчерпывающий комплекс услуг — от разработки проекта и его финансирования до эксплуатации и технического обслуживания станций.*

*Эксплуатационная гибкость, высокий КПД, низкий уровень выбросов и надежность — все это позволяет использовать электростанции Wartsila для стабилизации сети, покрытия пиковых нагрузок, в качестве базовых стационарных и плавучих источников электроэнергии, а также в области промышленной генерации и жилищно-коммунального сектора.*

### **Заключение**

Компания Skagen Varmevaerk постоянно направляет инвестиции в развитие новых, современных технологий энергосбережения. В частности, офисное здание компании было оснащено передовой системой вентиляции, отопления и кондиционирования (HVAC). Почва под станцией имеет специфическую структуру, что дает возможность использовать ее для сохранения тепловой энергии, которая в зимний период будет обеспечивать отопление здания. При этом почва под офисным зданием охлаждается, и данные технологии позволяют использовать этот потенциал в летний период для охлаждения и кондиционирования здания. Таким образом, почва в данном случае используется как небольшая система сохранения энергии.

Такой подход характерен для всех компаний и предприятий в Дании и применяется везде, где только возможно. При этом эффективность выработки и использования энергии повышается с каждым годом. **Д**