

Н.Г. Русина

Камский институт гуманитарных и инженерных технологий, г. Ижевск

В.В. Касаткин, доктор техн. наук, профессор

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

В.В. Тестоедов

Агентство по энергосбережению Удмуртской Республики

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНИ-ТЭЦ

Основными поставщиками тепловой энергии в Удмуртской Республике (УР) являются ТЭЦ и крупные районные котельные:

ТЭЦ-1 г. Ижевска с установленной тепловой мощностью 615 Гкал/ч;

ТЭЦ-2 г. Ижевска — 1345 Гкал/ч;

Сарапульская ТЭЦ — 351 Гкал/ч,

а также:

ТЭЦ ОАО «ЧМЗ» г. Глазова — 897 Гкал/ч;

ТЭЦ ОАО «Воткинский завод» г. Воткинска — 400 Гкал/ч.

Кроме ТЭЦ, производство тепловой энергии в Удмуртской Республике осуществляют котельные градообразующих промышленных предприятий, котельные ЖКХ административных районных центров и сельских населенных пунктов.

Основными потребителями тепловой энергии в УР являются:

г. Ижевск — 45,2% от суммарного потребления;

Глазовский район с г. Глазовом — 12,2%;

Воткинский район с г. Воткинском — 7,8%;

в остальных административных районах потребление составляет менее 25% от общего потребления [1].

Централизованное теплоснабжение в городах УР охватывает более 90% рынка потребителей, а в целом по Удмуртии — 75%.

В летний период мощные теплофикационные установки ТЭЦ республики вынуждены работать в режиме, близком к конденсационному (с КПД порядка 15...20%). Это означает, что примерно 75...85% теплоты сгорания топлива выбрасывается в атмосферу через градирни.

Всего в системах централизованного теплоснабжения, к которым условно отнесены системы мощностью более 10 Гкал/ч, производится около 75% тепла, из них более 70% производится на ТЭЦ в комбинированном цикле, а остальное количество — в котельных различной мощности, типа и назначения.

В малых котельных производится около 25% всей тепловой энергии, из этого количества око-

ло 45% тепла производится малыми котельными с мощностью менее 2 Гкал. Остальное же количество тепловой энергии производится средними котельными с мощностью от 2 Гкал/ч до 10 Гкал/ч.

В административных районах Удмуртской Республики преобладают малые котельные. Количество таких теплоисточников по УР составляет более 1100 единиц.

На рис. 1 и 2 представлены прогноз и потребление электрической энергии и тепловой мощности на 2011–2015 гг. в Удмуртской Республике.

Прирост потребления электроэнергии и мощности до 2014 года покрывается за счет внешних источников, с 2014 года за счет ввода новых мощностей на Ижевской ТЭЦ-1 [2].

Доля выработки электрической энергии существующих на территории Удмуртской Республики мини-ТЭЦ на сегодняшний день составляет 1,3%.

Обеспечение энергетической безопасности Удмуртской Республики, развитие индустриального и социального комплексов, качественное и надежное энергоснабжение потребителей энергии, формирует реальные условия для развития конкурентной среды по производству электрической и тепловой энергии и привлечения в энергетическую



Рис. 1. Потребление и прогноз электрической энергии в 2011–2015 гг. в УР



Рис. 2. Потребление и прогноз тепловой мощности в 2011–2015 гг. в УР

систему отечественных и иностранных инвестиций, реализации государственной энергетической политики и государственного регулирования тарифов на электроэнергию, тепловую энергию [3].

«Программа и схема развития электроэнергетического комплекса Удмуртской Республики на 2011–2015 годы и на перспективу до 2020 года» предусматривает только развитие электросетевого хозяйства УР классом напряжения 110 кВ и выше и полностью не решает проблему обеспечения надежности электроснабжения потребителей и обеспечения требуемого качества электрической энергии.

Внедрение средств и систем малой энергетики позволяет оперативно улучшить техническое состояние систем энергоснабжения предприятий.

Перспективы применения когенерационной технологии выработки тепловой и электрической энергии в республике позволяют решить ряд проблем:

- уменьшить энергетическую зависимость удмуртской энергосистемы от состояния на оптовом рынке;
- заменить и модернизировать котельные с низким КПД;
- установить источники энергии в непосредственной близости от предприятий, что в свою очередь обеспечит снижение потерь энергии;
- решить проблему несоответствия пропускной способности части распределительных сетей.

Под понятием когенерация подразумевается комбинированное производство электрической энергии и тепла. По сравнению с классическими электростанциями, где тепло, образованное при производстве электроэнергии, неиспользованное выпускается в окружающее пространство, когенерационные установки его используют для отопления и таким образом экономят как топливо, так и финансовые средства, нужные для его приобретения. Оборудование может быть на базе дизельных, газопоршневых, газотурбинных, а также мнотопливных установок [4].

Использование когенерационного способа производства электроэнергии и тепла дает до 40 % экономии топлива и в той же мере участвует в уменьшении экологической нагрузки на регион.

Комбинированное производство — это выработка электрической энергии газотурбинной энергетической установкой с последующей утилизацией в водогрейном котле теплоты выхлопных газов для получения тепловой энергии, при этом ГТУ всегда работает на номинальной мощности.

Утилизация теплоты с дожиганием содержащегося в выхлопных газах кислорода обеспечивает установке максимальную тепловую мощность при коэффициенте использования теплоты топлива (КИТТ) не менее 90 %.

Без дожигания кислорода установка развивает минимальную тепловую мощность, а значение КИТТ снижается примерно до 75 %. Благоприятное соотношение максимальной и минимальной тепловых нагрузок позволяет эксплуатировать установку в системах теплоснабжения круглосуточно.

Проблему дефицита тепловой и электрической мощности в УР можно решить следующими способами:

- внедрение газотурбинных установок (ГТУ) на ТЭЦ и крупных котельных и паротурбинных установок (ПТУ) на ТЭЦ и в котельных использующих пар для подогрева воды;
- внедрение ГТУ на крупных котельных (более 10 МВт/ч);
- внедрение газо-поршневых генераторных установок (ГПГУ) в районах (модернизация районных котельных и котельных предприятий) [5].

Во всех городах УР, а также в районных центрах, где развито централизованное теплоснабжение, проблему нехватки мощности возможно решать путем реконструкции и увеличения мощности данных котельных (более 60 Гкал/ч) и ТЭЦ за счет внедрения ГТУ.

Из общего количества котельных, находящихся в Удмуртии, исходя из технико-экономических показателей, внедрение ГТУ целесообразно только на 10 котельных с мощностью от 10 МВт/ч, из них 6 находится в г. Ижевске, 2 — в г. Воткинске, 1 — в г. Глазове и 1 — в Камбарском районе. Со всех этих котельных и ТЭЦ при установке в них ГТУ и ПТУ можно получить от 300 до 400 МВт электрической мощности при существующих тепловых нагрузках. При этом котельные, находящиеся в Ижевске, могут выдать до 300 МВт электрической мощности.

Сочетание теплоисточника и ГТУ представляет собой ГТУ-ТЭЦ, наиболее простую комбинированную установку. Опыт разработки ГТУ-ТЭЦ для нового строительства показывает, что, не уступая паросиловым ТЭЦ по технико-экономическим показателям, ГТУ-ТЭЦ значительно дешевле по ка-

питательным затратам, проще по устройству и эксплуатации.

В отдаленных районах, где преобладают котельные средней и малой мощности (менее 10 МВт/ч) целесообразно внедрять когенерационные установки малой мощности на базе газопоршневых двигателей.

Основным элементом комбинированного источника электроэнергии и тепла малой мощности является первичный газовый двигатель внутреннего сгорания с электрогенератором на валу. При работе двигатель-генератора утилизируется тепло газовыхлопа, масляного холодильника и охлаждающей жидкости двигателя. При этом в среднем на 100 кВт электрической мощности потребитель получает от 80 до 140 кВт тепловой мощности (в зависимости от фирмы-производителя установки) в виде горячей воды для отопления и горячего водоснабжения.

Предполагаемые суммарные мощности от внедрения ГПГУ составляют 561 МВт тепловой мощности и 449 МВт электрической.

Система электроснабжения промышленных предприятий формируется на базе ряда основополагающих принципов построения систем электроснабжения, таких как: принцип глубокого высокого напряжения (например, ОАО «Ижсталь» — ПС 220 кВ, ОАО «Свет», ОАО «Ижевский завод пластмасс», ОАО «Сарапульский радиозавод» — ПС 110 кВ и таких десятки); прямые фидера 6...10 кВ не менее двух без промежуточного отбора мощности другими потребителями; дробление подстанций распределительной сети и приближение их непосредственно к электроприемникам; глубокое секционирование шин источников питания. Эти принципы сохраняют актуальность и в настоящее время. То есть, все крупные и средние промышленные предприятия Удмуртской Республики, как правило, имеют надежное внешнее электроснабжение.

Вместе с тем, трансформация экономики в направлении рыночных отношений определенным образом сказывается и на этих, казалось бы, чисто технических вопросах и требует корректировки некоторых сложившихся стереотипов. Так, казалось бы, кратковременный (от нескольких минут до нескольких часов) перерыв в электроснабжении практически не сказывается на объеме и качестве продукции (услугах), экономике предприятия. Плановая экономика все сглаживает и никто не считал, а какой же убыток понесет предприятие? Фактические убытки могут достигать колоссальных величин, особенно на успешно работающих предприятиях с непрерывным технологическим процессом или требованием бесперебойного электроснабжения (например, при электроснабжении вентиляционных систем крупных птицеводческих фабрик, таких как Вараксино, Глазовская, на которых перерыв в электроснабжении всего на несколько минут

может привести к мору птицы исчисляемом в тысячах голов).

Это корректировка относится к вопросу формирования схемы промышленного предприятия, в составе которого имеется собственный источник электрической (тепловой) энергии ограниченной мощности. Следует подчеркнуть, что речь идет о собственном, рабочем (а не резервном) источнике электроснабжения, покрывающем часть нагрузки предприятия.

В качестве первичных двигателей используются газопоршневые двигатели или газовые турбины. Особенностью этих источников является их энергетическая мобильность, то есть способность просто и быстро запускаться и принимать нагрузку и так же быстро останавливаться.

Речь может идти по существу о надежности Удмуртской энергосистемы в целом. Событие в июле 2011 года (да и более ранние события) показали, что энергосистема уязвима, даже имея такие мощные источники как ПС 500 кВ Удмуртская и Воткинская ГЭС с семью ВЛ 220 кВ, была погашена большая часть г. Ижевск, г. Можга и других населенных пунктов. Следует заранее позаботиться о возможности энергоснабжения, по крайней мере, наиболее ответственных потребителей от источников, способных функционировать самостоятельно. К таким источникам относятся мини-ТЭЦ.

От надежности электроснабжения в данном секторе экономики зависит вообще жизнедеятельность человека. Перерыв в электроснабжении в данном секторе приводит к остановке системы теплоснабжения, водоснабжения, канализации и т. д.

В сельских районах Удмуртской Республики эти системы в большинстве своем имеют одно питание, если непосредственно рассматривать схему от генератора до электроприемника. Имеющиеся резервные, автономные источники питания (в основном дизель-генераторы) в полной мере не обеспечивают бесперебойное питание, так как находятся в холодном резерве и требуют постоянного присутствия дежурного персонала. Технически и экономически выгодно иметь автономный источник, работающий в постоянном режиме параллельно с энергосистемой.

Целесообразно начинать строительство мини-ТЭЦ на территориях центральных котельных крупных населенных пунктов для обеспечения собственных нужд теплоснабжения и ГВС. Количество и мощность мини-ТЭЦ определять по тепловой мощности, необходимой для горячего водоснабжения данного населенного пункта, то есть должна быть 100 % (или близкая к этому значению) утилизация тепла когенерационной установки. Электроэнергию, полученную при получении тепловой энергии, выдавать в энергосистему для

электроснабжения потребителей электрической энергии.

При появлении в системе электроснабжения независимого источника в виде мини-ТЭЦ приходится решать следующие задачи:

- ограничение возрастающих токов короткого замыкания;
- выбор между параллельным с энергосистемой и автоматическим режимом работы генераторов мини-ТЭЦ;
- выбор между параллельным или раздельным режимом работы силовых трансформаторов на ГПП;
- выбор между параллельным или раздельным режимом работы генераторов мини-ТЭЦ между собой;
- обеспечение качества электроэнергии в автоматическом режиме работы генераторов мини-ТЭЦ;
- обеспечение чувствительности и селективной работы релейной защиты и автоматики в различных режимах работы системы электроснабжения;
- обеспечение надежности питания системы выпрямленного оперативного тока при малых значениях токов КЗ в автоматическом режиме работы генераторов.
- обеспечение при нештатных режимах работы выделения генератора (ов) на сбалансированную нагрузку.
- включение объектов генерации в единое диспетчерское управление энергосистемой.

Выводы

В период с 2008 по 2012 годы в энергосистеме Удмуртской Республики отмечается рост электропотребления. За пять лет электропотребление возросло на 816 млн кВт·ч (средний прирост за период составил около 3,3%). Прирост электропотребления сопровождался ростом максимальных суточных нагрузок, средний прирост максимальных нагрузок составил около 2,2%.

Выработка электрическими станциями Удмуртской Республики за рассматриваемый период практически не изменялась, прирост потребления электроэнергии (мощности) покрывали за счет увеличения поступления из соседних энергосистем.

Прирост электропотребления сопровождался ростом максимальных суточных нагрузок.

Более 50% находящегося в эксплуатации электросетевого оборудования отработало свой срок службы и требует проведения работ по техпереворужению или строительству новых подстанций взамен отработавших. Большой уровень износа сетевого и подстанционного оборудования снижает надежность электроснабжения потребителей региона, с истечением срока эксплуатации электро-

оборудования вероятность отказа увеличивается на порядок.

Большие темпы роста нагрузок потребления и большой процент износа оборудования обостряют проблему дефицита электрической мощности в энергосистеме Удмуртской Республики. Для решения этой проблемы на период до 2015 года планируется ввод новых генерирующих мощностей в 2013 году — 230 МВт на Ижевской ТЭЦ-1, но это не решит проблему надежности и качества электроснабжения потребителей, так как система электроснабжения потребителей — 40% от общего потребления, находится за пределами города Ижевска.

Электрическая сеть и местонахождение источников электроэнергии построены таким образом, что расстояние до электроприемников может быть более нескольких сотен километров, четырех-пять раз трансформируясь, вероятность отключения одного из очень многих элементов сети очень высока, обесточивание электроприемников, особенно в сельской местности происходит практически по несколько раз в месяц продолжительностью от нескольких часов до нескольких суток.

Закладываемые объемы инвестиций в строительство и реконструкцию электросетевого хозяйства (инвестиционные программы пяти электросетевых организаций УР) при их значительных объемах (за три года более 3,8 млрд р.) не решат вышеперечисленные проблемы, а тариф на передачу электроэнергии существенно повысится.

Строить протяженные ЛЭП 110 кВ с капитальными затратами 300 млн р. и более в проблемных населенных пунктах (потребителей) с объемом потребления не более 5 МВт в настоящее время не целесообразно. Более целесообразно построить мини-ТЭЦ стоимостью в 2...5 раз дешевле, решив проблемы и с электроснабжением, и с теплоснабжением в данном населенном пункте на ближайшие 5...10 лет.

Строительство мини-ТЭЦ следует производить совместно с реконструкцией сети 10...0,4 кВ, закладывая затраты в инвестиционные программы, и оптимизируя схему существующих сетей.

Более 70% потребителей II категории обеспечения надежности электроснабжения не имеют второго питания (рассматривается вся технологическая цепочка от генерации до электроприемника), наличие автономных источников (дизель-генераторов) не решает проблему бесперебойного электроснабжения, т. к. все они находятся в холодном резерве, и требуется время для их запуска, кроме того, себестоимость вырабатываемой электроэнергии очень высока.

Себестоимость выработанной электрической энергии на мини-ТЭЦ зависит от установленной мощности и режима работы (загрузки) в течение су-

ток и по сезонам года. Стоимость колеблется от 0,9 до 2,3 р./кВт·ч, с увеличением установленной мощности и повышением коэффициента заполнения суточного графика нагрузки генераторов себестоимость снижается.

Срок окупаемости проектов (объектов выбранных по установленным критериям отбора) колеблется от 3 до 7 лет. Чем выше время использования установленной мощности, продолжительность работы в течение года, доля утилизированного тепла, полученного от работы привода генератора (выхлопные газы, нагрев оборудования) на нужды отопления и ГВС, технологические нужды, тем ниже срок окупаемости.

Сложившийся в настоящее время топливно-энергетический баланс по региону и муниципальным образованиям, развитие техники и технологии показывает, что в ближайшие 5...10 лет наиболее целесообразно строительство мини-ТЭЦ, работающих на газообразном топливе и использование местных видов топлива. Нетрадиционная энергетика в промышленных масштабах — дело будущего.

Увеличение потребления газа произойдет не более 10...30 % в реконструируемой котельной. Схема газоснабжения и пропускная способность сети позволит обеспечить топливом вновь вводимые когенерационные установки.

Источники электроэнергии малой единой мощности должны быть рассредоточены по всей территории Удмуртской Республики, и работать

в постоянном режиме (8760 ч в году) автономно или параллельно с централизованной системой электроснабжения.

Суммарная генерируемая мощность мини-ТЭЦ должна быть не менее 20 % (298 МВт) от потребления мощности Удмуртской Республикой в максимум нагрузок (1490 МВт). Это обеспечит потребность в электрической мощности потребителей I и частично II категории по обеспечению надежности электроснабжения.

Список литературы

1. Строительство мини-ТЭЦ в Удмуртской Республике: инвестиционный проект. Ижевск: АНО «Агентство по энергосбережению в УР», 2011. — 128 с.
2. Программа и схема развития электроэнергетического комплекса Удмуртской Республики на 2011–2015 годы и перспективу до 2020 года [Электронный ресурс]: утв. Правительством УР 18 апреля 2011 года № 253-р. — Режим доступа: <http://izh-energotech.ru/4-10.doc>
3. Программа социально-экономического развития Удмуртской Республики на 2010–2014 годы [Электронный ресурс]: закон УР, утв. 18 декабря 2009 года № 68-РЗ. — Режим доступа: <http://izh-energotech.ru/4-28.doc>
4. Русинова Н.Г., Карташова А.А. Обзор когенерационных установок мини-ТЭЦ: материалы VI Международной научно-практической конференции. — Прага, 2011. — № 4. — С. 33–36.
5. Русинова Н.Г., Касаткин В.В. Мини-ТЭЦ для предприятий по переработке молока // Пищевая промышленность. — 2013. — № 10. — С. 34–35.