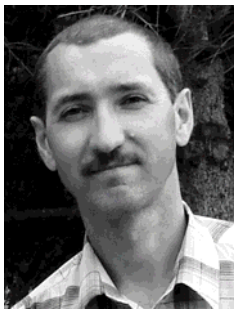
Кузьмин В. М., Сериков А. В. Степанова И. П.
V. M. Kuzmin, A. V. Serikov, I. P. Stepanova

ОСОБЕННОСТИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА

SPECIFIC FEATURES OF DECENTRALIZED ENERGY-SUPPLY SYSTEMS BASED ON TRANSFORMER-TYPE HEATER ELEMENTS

Кузьмин Вячеслав Матвеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой электромеханики Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27); 8-914-176-44-72.
E-mail: kem@knastu.ru.
Mr. Vyacheslav M. Kuzmin – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Electromechanics, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur) 681013, 27 Lenina pr., tel.: + (7914) 176-44-72. E-mail: kem@knastu.ru



Сериков Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электромеханики Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27); 8-909-899-05-98. E-mail: kem@knastu.ru.
Mr. Alexander V. Serikov – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Electromechanics, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur) 681013, 27 Lenina pr., tel.: + (7909) 899-05-98. E-mail: kem@knastu.ru

Степанова Ирина Павловна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре).
E-mail Prof.Stepanova@mail.ru
Ms. Irina P. Stepanova – Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Health@Safety, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail Prof.Stepanova@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены проблемы внедрения децентрализованных систем теплоснабжения и перспективы их развития в России. Сформулированы особенности автономных систем электроотопления и горячего водоснабжения, выполненных на основе нагревательных элементов трансформаторного типа. Приведены требования к нагревательным устройствам и автономным источникам электропитания, применяемым в децентрализованных системах энергообеспечения.

Summary. The paper considers implementation problems of decentralized heat-supply systems and their future in Russia. Specific characteristics are defined for autonomous electrical heating and hot-water supply systems based on transformer-type heater elements. Requirements and specifications are offered for heaters and autonomous electric power supplies to be used in decentralized energy-supply systems.

Ключевые слова: автономная система энергообеспечения, нагревательный элемент трансформаторного типа, децентрализованное теплоснабжение, автономный источник электропитания.

Key words: autonomous energy-supply system, transformer-type heater element, decentralized heat supply, autonomous electric power supply.

Кузьмин В.М., Сериков А.В., Степанова И.П.

ОСОБЕННОСТИ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО ТИПА

УДК 621.314

Системы децентрализованного энергообеспечения с источниками энергии, работающими на одного потребителя (без электрических и тепловых сетей), в настоящее время в России не развиты. Однако с учетом постоянно возрастающих тарифов и острой необходимости создания энергосберегающих технологий такие системы находятся в первом ряду приоритетных направлений устойчивого развития регионов. Как правило, автономные энергосистемы создаются преимущественно по традиционным схемам и построены на базе дизель-электрических установок, теплогенераторов, а также отопительных печей с низким КПД и имеют значительные выбросы вредных веществ в атмосферу, поэтому находят применение только при отсутствии централизованных систем электро- и теплоснабжения. Применяются также автономные системы горячего водоснабжения с использованием электронагрева.

Резко возросший в последнее время интерес к системам децентрализованного теплоснабжения объясняется, прежде всего, неудовлетворительным качеством централизованного теплоснабжения при явной тенденции к повышению стоимости отпускаемой теплоты. Повышение тарифа на тепло нельзя объяснить только ростом цен на энергоносители. Значительная его часть определяется непроизводительными потерями энергии (при транспортировании, отсутствии автоматизации и пр.) и повышенной материалоёмкостью тепловых и электрических сетей. За рубежом, в том числе для крупных потребителей, наряду с системами централизованного теплоснабжения широкое применение имеют системы децентрализованного энергоснабжения на основе высокоэффективных автоматизированных источников, обеспечивающих меньший расход энергоресурсов (на 10…30 %), снижение материалоёмкости в 2…5 раз, значительное сокращение сроков строительства, чем при централизованном энергообеспечении.

Применяемые в системах децентрализованного энергообеспечения теплогенераторы зарубежного производства представляют собой, как правило, функционально законченные газовые водогрейные аппараты. Они могут использоваться как в составе котельной для теплоснабжения группы потребителей, так и для децентрализованного теплоснабжения с установкой на крыше или в чердачном помещении здания. Возможна установка модулей в подвальном помещении, пристройке к зданию или на техническом этаже. Централизованное теплоснабжение (тепловая сеть) отсутствует. Котельная, при соответствующей диспетчеризации, может работать «на замке», без постоянного обслуживающего персонала. Опыт применения систем децентрализованного теплоснабжения в стране невелик, так как владельцев импортного оборудования мало, а выпускаемые промышленностью теплогенераторы типа АГВ и АОГВ имеют ограниченную мощность.

Следует выделить несколько аспектов, которые проявляются при внедрении систем децентрализованного теплоснабжения:

а) не требуется дефицитных труб, теплоизоляционных и строительных материалов, таким образом, не сокращается программа строительства и реконструкции традиционных систем теплоснабжения, а дополняется вводом мощностей по источникам теплоты, прежде всего за счет производства на предприятиях, ранее не работавших для нужд жилищно-коммунального хозяйства;

б) исключается отвод земельных площадей под сооружение котельных, ТЭЦ и тепловых сетей;

в) не только обеспечивается собственно экономия топлива за счет высокого КПД и автоматизации отпуска теплоты, но благодаря организованному учёту расхода теплоты (топлива) появляются возможности внедрения действенного хозяйственного механизма управления энергосбережением;

г) требуется более квалифицированное обслуживание, но одновременно создаются предпосылки для внедрения новых, более совершенных организационных форм в жилищно-

коммунальном хозяйстве (арендный подряд, сервисное обслуживание и пр.), что особенно актуально в условиях приватизации и самоуправления;

д) появляется возможность существенного снижения затрат на внутридомовые системы отопления за счёт перехода на трубы меньшего диаметра, применения неметаллических материалов, разделённых систем и т. п.;

е) расширяются масштабы использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, ограниченные трудностями совмещения с системами централизованного теплоснабжения.

Надёжность систем децентрализованного теплоснабжения обосновывается многоблочностью котельных и значительно более низкой повреждаемостью электрических и газовых сетей по сравнению с водяными тепловыми сетями. Естественно, что такие системы на данном этапе не могут и не должны полностью решить проблему обеспечения растущих тепловых нагрузок, однако их применение может весьма экономично дополнять развитие существующих централизованных систем уже в ближайшем будущем, например, в следующих случаях:

а) при строительстве новых или реконструкции (с ростом тепловых нагрузок) старых зданий в районах, где по экологическим или другим ограничениям затруднено строительство крупных источников теплоты;

б) при выходе из строя теплотрасс в условиях, затрудняющих их перекладку (насыщение транспортными и инженерными коммуникациями, наличие памятников архитектуры и пр.);

в) при обеспечении следующих групп потребителей:

– расположенных в конце существующих тепломагистралей и испытывающих дефицит теплоты в связи с ростом тепловых нагрузок по трассе, снижением мощности источника теплоты или пропускной способности теплопроводов;

– в районах новостроек до ввода в действие тепломагистралей и источника централизованного теплоснабжения, после чего теплогенераторы систем децентрализованного теплоснабжения могут демонтироваться для установки на других объектах или использоваться как пиково-резервные источники.

– когда перерывы теплоснабжения или горячего водоснабжения недопустимы (в медицинских учреждениях) или влекут за собой существенные экономические потери (в гостиницах).

В настоящее время в населенных пунктах России применение систем децентрализованного электро- и теплоснабжения ограничено, прежде всего, вследствие недостатка технически совершенных источников теплоты. Отставание отечественных разработок и серийного производства высокоэффективных систем определяется, с одной стороны, преобладавшей ранее тенденцией централизации и монополизации в производстве электроэнергии и теплоты и, с другой стороны, отсутствием качественного комплектующего оборудования. В то же время отечественная промышленность, ранее ориентированная на выполнение оборонных заказов, в состоянии выполнить эти разработки.

Большинство применяемых в России децентрализованных систем электроотопления и горячего водоснабжения выполнены на базе выпускаемых электроводонагревателей ЭПЗ, САОС, ВЭТ и др., либо реализующими электродный способ нагрева воды, либо содержащими в качестве нагревательных элементов трубчатые электронагреватели. Следует отметить, что такие недостатки, как низкая степень надёжности и безопасности, присущие устройствам таких типов, в значительной степени усугубляются с ростом единичной мощности децентрализованной системы энергообеспечения.

Использование в таких системах в качестве нагревательных элементов трансформаторов с короткозамкнутой вторичной обмоткой [1] позволяет устранить указанные недостатки, однако требует использования специальных принципов управления и устройств электропитания. Необходимость разработки новых принципов и систем управления обусловлена сле-

дующими особенностями децентрализованных систем электроотопления и горячего водоснабжения, выполненных на основе нагревательных элементов трансформаторного типа:

1) возможность выполнения систем теплоснабжения на широкий диапазон номинальных мощностей (от 0,5 до 800 кВт);

2) возможность подключения к электрическим сетям с напряжением до 6…10 кВ;

3) возможность выполнения в одном модуле понижающей трансформаторной подстанции и нагревательного элемента;

4) улучшение массогабаритных показателей системы при питании первичной обмотки нагревательного элемента токами повышенной частоты;

5) высокая степень надёжности нагревательных элементов, определяющая специфику требований к элементной базе и конструкциям коммутирующей аппаратуры и регуляторов;

6) обеспечение II класса по электробезопасности, диктующее требования к устройствам защиты;

7) наличие апериодических составляющих токов при включении и в других переходных режимах работы;

8) нелинейность параметров нагревательных элементов, обусловленная насыщением магнитопровода трансформатора и эффектом вытеснения тока во вторичной обмотке;

9) возможность возникновения перенапряжений при отключениях и в переходных режимах работы;

10) необходимость точного определения момента подключения каждой из фаз первичной обмотки трансформатора к сети.

При эксплуатации децентрализованной системы горячего водоснабжения и отопления в проточном режиме требуется получение горячей воды с определенной и относительно стабильной температурой. Следовательно, система должна иметь устройство уставки температуры с соответствующим диапазоном, а также устройство стабилизации температуры выходной воды, позволяющее поддерживать температуру воды независимо от расхода, колебаний питающего напряжения, изменений температуры воды на входе. Для достижения минимальной погрешности стабилизации температуры необходим контур, включающий быстродействующие элементы: датчик температуры, тиристорный коммутатор с системой управления и т.д. Обычно потребитель имеет несколько точек разбора горячей воды, поэтому необходимо иметь конструкцию гидросистемы горячего водоснабжения, рассчитанную на давление в водопроводной сети холодного водоснабжения.

Использование системы в проточном режиме более экономично, чем в аккумуляционном, так как нет потерь при хранении горячей воды. Конструкция электронагревателя должна предусматривать утилизацию потерь в первичной обмотке и магнитопроводе трансформатора непосредственно в воду, а камера нагрева воды должна иметь теплоизоляцию. Нагревательный элемент должен автоматически отключаться при отсутствии разбора воды, что уменьшает неоправданный расход энергии и предотвращает возможность возникновения аварийных режимов работы.

Системы с аккумуляцией тепловой энергии более предпочтительны в тех случаях, когда источник электропитания имеет ограниченную мощность или включается в работу периодически, а также при использовании нагревательных элементов в качестве балластной нагрузки.

Нагревательный элемент должен быть рассчитан на номинальную мощность в экстремальных условиях (наибольший расход и максимальная температура воды, длительный режим работы и др.).

Электронагреватель должен исключать внесение помех в сеть при регулировании и обеспечивать симметричную нагрузку трёхфазной сети. Выполнение этого условия может быть достигнуто подключением первичной обмотки нагревательного элемента трансформаторного типа к сети в момент времени, соответствующий ожидаемому переходу вынужденной составляющей первичного тока через ноль, или подключением вынесенной активной нагрузки к вторичной обмотке в момент времени, соответствующий переходу вторичного напряжения через ноль [2].

Указанные особенности нагревательных устройств, используемых в децентрализованных системах энергоснабжения, во многом определяют специфику источников электропитания и устройств управления.

В свою очередь, автономные источники электропитания имеют особенности, обусловленные видом энергоустановки (ветроэлектростанция, мироГЭС, дизель-электростанция и др.), типом генератора, наличием полупроводникового преобразователя и т.д.

Как правило, частота вращения вала приводного двигателя автономной энергоустановки изменяется, что приводит к изменению частоты выходного напряжения генератора. Стабилизация частоты может быть обеспечена либо постоянством скорости вращения вала (привод постоянной скорости, автобалластная нагрузка), либо с помощью полупроводниковых преобразователей. Потребители электроэнергии в децентрализованных энергосистемах можно разделить на две группы:

1) потребители, требующие высокого качества питающего напряжения, к ним относятся радиоэлектронные устройства, вычислительная техника, электропривод;

2) потребители, не критичные к качеству питающего напряжения, к ним относятся электроосветительные устройства, электронагреватели и др.

Рассматриваемые устройства электронагрева представляют собой трансформаторы с короткозамкнутой вторичной обмоткой особой конструкции, выполняющей функции тепловыделяющего элемента. При изменении частоты питающего напряжения изменяются электродвижущие силы и индуктивные сопротивления обмоток, потери мощности в магнитопроводе, потребляемая и полезная мощность. Поэтому важно установить взаимосвязь между частотой питающего напряжения, определяемой генератором автономного источника электропитания, и параметрами нагревательных элементов трансформаторного типа, а также определить наиболее приемлемые типы генераторов для децентрализованных энергосистем, в которых применяются нагреватели трансформаторного типа.

Таким образом, в работе рассмотрены проблемы внедрения децентрализованных систем теплоснабжения и перспективы их развития в России. Одним из наиболее эффективных путей повышения качества и надёжности таких систем является использование для горячего водоснабжения и отопления электронагревательных устройств на основе трансформаторов с короткозамкнутой вторичной обмоткой. Сформулированы особенности автономных систем электроотопления и горячего водоснабжения, выполненных на базе нагревательных элементов трансформаторного типа. Приведены требования к нагревательным устройствам и автономным источникам электропитания, входящим в децентрализованную систему энергообеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмин, В. М. Разработка и исследование трансформаторов для установок электроводонагрева / В. М. Кузьмин, А. В. Сериков // Электротехника. – 2001. – № 7. – С. 45-51.

2. Кузьмин, В. М. Электронагревательные устройства трансформаторного типа / В. М. Кузьмин. – Владивосток: Дальнаука, 2001. – 143 с.