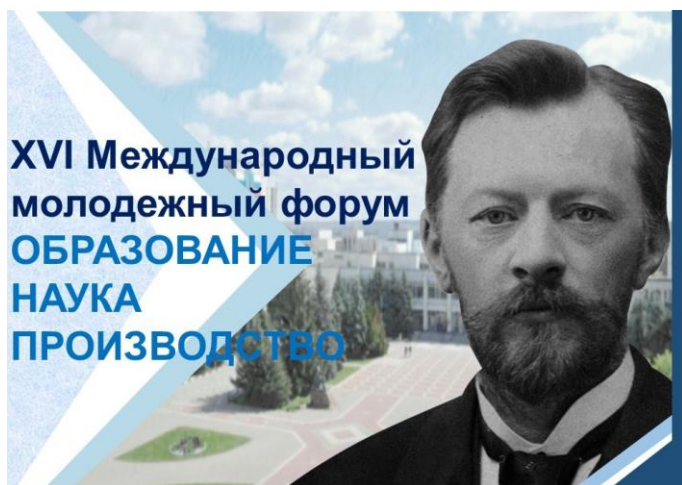


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Российская академия наук
Российская академия архитектуры и строительных наук
Администрация Белгородской области
ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова
Международное общественное движение инноваторов
«Технопарк БГТУ им. В.Г. Шухова»



Сборник докладов

Часть 14

Проблемы современной электротехники и энергетики

Белгород

30-31 октября 2024 г.

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48
М 43

**XVI Международный молодежный форум
«Образование. Наука. Производство»
[Электронный ресурс]:**
М 43 Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2024. – Ч. 14. – 59 с.

ISBN 978-5-361-01390-6

В сборнике опубликованы доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные по результатам проведения XVI Международного молодежного форума «Образование. Наука. Производство». Материалы статей могут быть использованы студентами, магистрантами, аспирантами и молодыми учеными, занимающимися вопросами энергоснабжения и управления в производстве строительных материалов, архитектурных конструкций, электротехники, экономики и менеджмента, гуманитарных и социальных исследований, а также в учебном процессе университета.

УДК 005.745
ББК 72.5+74.48

ISBN 978-5-361-01390-6

©Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2024

КОМБИНИРОВАННЫЕ ВЕТРОГЕНЕРАТОРЫ И МИНИ-РЕАКТОРЫ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В ОТРАСЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ (ENERGYTECH)

Новые технологии в энергетическом секторе играют жизненно важную роль в борьбе с глобальным потеплением, расширяя использование возобновляемых источников энергии и снижая негативное воздействие нефтедобычи. Солнечная энергетика является одной из наиболее перспективных областей, где солнечные панели становятся все более эффективными благодаря достижениям в производстве и фотоэлектрическим эффектам. Такая эффективность позволяет увеличить выработку электроэнергии за счет солнечного света, снизить зависимость от традиционных источников энергии и снизить выбросы парниковых газов. Технологии ветроэнергетики также развиваются: современные ветряные турбины эффективно преобразуют энергию ветра в электричество, а инновационные системы управления оптимизируют работу ветроэлектростанций и сводят к минимуму воздействие на окружающую среду. Кроме того, совершенствование технологий добычи нефти имеет решающее значение для снижения воздействия отрасли на окружающую среду. Передовые системы подготовки и очистки нефти снижают выбросы загрязняющих веществ, а новые технологии бурения снижают риск аварий на нефтяных платформах. В целом, эти достижения в области возобновляемых источников энергии и добычи нефти имеют важное значение для смягчения последствий глобального потепления, обеспечения более эффективной выработки электроэнергии из экологически чистых источников и минимизации экологического ущерба, прокладывая путь к более устойчивой энергетической системе.

К 2021 году научное сообщество пришло к выводу, что вмешательство человека является основной причиной изменения климата, что было подтверждено метаанализом 88 125 работ Корнельского университета, в котором 99,9% ученых связали глобальное потепление с деятельностью человека. Исследование, проведенное в 2013 году, дало аналогичные результаты. Изменение климата в основном связано с использованием ископаемого топлива. В

В 2015 году 195 стран подписали Парижское соглашение о борьбе с глобальным потеплением и переходе на экологически чистые источники энергии. Источники энергии подразделяются на возобновляемые (солнечная энергия, ветер, вода, биотопливо) и невозобновляемые (нефть, газ, ядерная энергия). Возобновляемые источники считаются экологически благоприятными, поскольку они не выделяют вредных веществ. И наоборот, ведутся споры о том, что является "грязной" энергией; в начале 2022 года Европейская комиссия назвала ядерную энергию и газ "зеленой", сославшись на проблемы надежности возобновляемых источников энергии. Такая неоднозначность затрудняет оценку воздействия каждого вида топлива на окружающую среду. Необходимы дальнейшие исследования для оценки потенциала каждого источника энергии в различных условиях и при различных потребностях [1].

Солнечный свет является ведущим источником возобновляемой энергии, и Международное энергетическое агентство (МЭА) прогнозирует, что к 2030 году 80% новых мощностей будут обеспечиваться солнечными электростанциями, производящими 4813 тераватт-часов электроэнергии в час. Кроме того, МЭА прогнозирует увеличение доли ветроэнергетики на 30% к 2030 году. Ветряные турбины, которые занимают меньше места и могут быть установлены на сельскохозяйственных угодьях, имеют преимущество перед солнечными батареями. Примером может служить планируемый искусственный остров для использования энергии ветра в Дании, Германии и Нидерландах, который к 2050 году будет вырабатывать до 100 гигаватт-часов в год [2].

Однако возобновляемые источники энергии сталкиваются с проблемами. Затраты на передачу энергии ветром значительно выше, чем углем, а производство энергии нестабильно и зависит от погодных условий. Для решения этих проблем компании внедряют инновации. Например, перовскит используется в солнечных панелях для повышения эффективности за счет использования более компактных установок. Морские ветряные турбины General Electric могут работать при более высоких скоростях ветра, и инженеры изучают возможности высотных установок для стабилизации производства энергии. В целом, технологические достижения являются многообещающими для повышения эффективности и надежности возобновляемых источников энергии.

Различные компании и организации рассматривают план по переходу на возобновляемые источники энергии и достижению углеродной нейтральности. Углеродная нейтральность возникает, когда

компании прекращают выбросы углекислого газа или компенсируют их с помощью проектов, снижающих выбросы углерода. Европейский союз нацелен на достижение этой цели в рамках своего "Зеленого соглашения", направленного на достижение углеродной нейтральности к 2030 году, с целью сокращения выбросов парниковых газов на 40% по сравнению с уровнем 1990 года и увеличения доли возобновляемых источников энергии в общем объеме производства до 32%, что требует ежегодных инвестиций в размере 260 миллиардов евро. Россия стремится к углеродной нейтральности к 2060 году, в то время как ведущими инвесторами в возобновляемые источники энергии являются Китай, США, Япония и Великобритания. По данным Bloomberg, за последние 20 лет глобальные инвестиции в ветроэнергетику, солнечную энергию, биотопливо и малую гидроэнергетику выросли с 33 миллиардов долларов до более чем 300 миллиардов долларов. Средства выделяются на расширение и модернизацию "зеленых" электростанций с использованием таких инноваций, как искусственный интеллект в ветряных электростанциях для повышения эффективности. Также появляются инновационные решения для хранения энергии, такие как 200-метровая кирпичная башня Energy Vault, в которой используются краны для сохранения и передачи энергии, что позволило привлечь инвестиции в размере 100 миллионов долларов от SoftBank в 2019 году [3].

В последние годы Россия добилась незначительного прогресса в области "зеленой" энергетики, при этом внутренний рынок ветроэнергетики составляет менее 1% мирового рынка. Эта стагнация в первую очередь вызвана сомнениями в эффективности "зеленых" источников энергии и нехваткой квалифицированных специалистов. Многие считают, что солнечная энергия и ветер не могут обеспечить стабильное электроснабжение и требуют обширных земельных участков. Система инженерного образования в России, оставшаяся от советской эпохи, с 1980-х годов развивается медленно, поскольку инженерам не хватает современной подготовки. Однако внешние факторы, такие как введение Европейской комиссией налога на выбросы углекислого газа, могут ускорить переход к энергетике. Российские поставщики с высоким уровнем выбросов углекислого газа могли бы ежегодно выплачивать ЕС не менее 1,1 миллиарда евро, стимулируя более экологичные методы производства. Правительство намерено увеличить долю возобновляемых источников энергии до 10% к 2040 году и привлечь 1 трлн рублей инвестиций. В 2023 году было введено 1400 МВт солнечной и ветровой энергии, что позволило увеличить производство энергии на 75%. Кроме того, запланированы

значительные инвестиции в водородную и ядерную энергетику с перспективой занять значительную долю мирового рынка к 2030 году.

Нефть остается важнейшим источником энергии, на долю которого приходится около 31% мирового потребления топлива. Ожидается, что спрос будет оставаться высоким до конца 2020-х годов, а цены на нефть, по прогнозам, составят 71 доллар за баррель к 2025 году и 85 долларов к 2040 году. По данным Сибура, компании сосредоточены на снижении экологического ущерба от добычи нефти путем совершенствования технологических процессов, таких как отказ от сжигания попутного нефтяного газа на факелах, что может утроить эффективность переработки газа.

Кроме того, "зеленая" энергетика интегрируется в добычу углеводородов, что видно на примере норвежских морских платформ, работающих на возобновляемых источниках и попутном газе. Хотя полное устранение выбросов CO₂ является сложной задачей, компании добывают их с помощью технологии, которая обрабатывает выбросы в атмосферу и закачивает улавливаемый CO₂ на нефтяные месторождения.

Технология улавливания и хранения углерода (CCS) развивается, стремясь к эффективному удалению CO₂ из атмосферы с эффективностью до 97% при оптимальных условиях. Однако системы прямого улавливания воздуха в настоящее время улавливают только 9000 тонн CO₂ в год. Улучшения отмечаются и в ядерной энергетике: такие стартапы, как NuScale, предлагают мини-реакторы для локальных энергетических решений.

В российских компаниях традиционной энергетики происходят значительные изменения. "Роснефть" прекращает сжигание попутного нефтяного газа, а ученые Кузбасса предлагают технологии, позволяющие в три раза сократить потери угля. "Газпром нефть" инновационно использует данные датчиков, поступающие в режиме реального времени, при заводнении нефтяных скважин, что сводит к минимуму энергопотребление и выбросы CO₂. Всероссийский научно-исследовательский институт нефтепереработки разработал метод переработки до 95% отходов нефтедобычи в судовое топливо. Проекты в области энергоэффективности включают строительство компанией Solartek гибкой установки по производству солнечных панелей мощностью 10 МВт в год и новой линии по производству высокоэффективных фотоэлектрических элементов в Новочебоксарске. Мощность ветряных электростанций увеличилась на 5% благодаря технологии двойного ветроколеса, разработанной Национальным исследовательским университетом "МЭИ". Ведутся исследования по

стратегиям поглощения углерода, включая мониторинг выбросов углерода в Ханты-Мансийске и потенциальное использование торфяных болот. Двигатель Стирлинга предлагается для выработки электроэнергии на тепловых электростанциях с использованием вторичного тепла. Кроме того, в Тамбовском государственном техническом университете разрабатывается инновационное производство биотоплива из отходов, а также методы выработки электроэнергии на растениях, о чем свидетельствует проект Green Spark.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пупенцова, С.В. Идентификация рисков проектов перехода на потребление возобновляемой электроэнергии / С.В. Пупенцова, П.А. Прокофьев, А.В. Лукьянов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. – 2021. – № 4. – С. 36-43. – DOI 10.24143/2073-5537-2021-4-36-43. – EDN LSPQPW.
2. Ершов, С.В. Перспективные схемы ветро- дизельных установок / С.В. Ершов, С.О. Смолин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 12. – С. 49-54. – EDN VQUCFK.
3. Андреева, Е.В. Возобновляемые источники энергии и новые экологичные технологии их использования в Беларуси [Гибридная энергоустановка с фотоэлементами и ветряком, низкотемпературный аккумулятор, биогазовая установка] / Е.В. Андреева // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. – 2011. – № 1. – С. 10. – EDN NELHVX.

УДК 662.998-494

Барашков И.А.

Научный руководитель: Леонов Е.С., асс.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

УВЕЛИЧЕНИЕ КПД ПАРОТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОПOTЕРЬ С УХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ

Значительную часть потерь в тепловом балансе любой котельной установки составляют потери теплоты с уходящими газами, что обусловлено их высокой температурой, относительно окружающей

среды. В среднем, на многих парогазовых установках, теплопотери с уходящими газами составляют более 7% от общего числа потерь, что несомненно указывает на большой экономический потенциал мероприятий по их оптимизации [1].

Расходная часть теплового баланса любой котельной установки включает в себя: Q_1 – полезно затраченная теплота, Q_2 – потери теплоты с уходящими газами, Q_3 – потери теплоты в связи с химической неполнотой окисления топлива, Q_4 – потери теплоты в связи с механической неполнотой окисления топлива, Q_5 – потери теплоты через корпусные и конструкционные элементы установки. Наибольший процент от общей суммы потерь как правило составляет именно Q_2 [1]. В настоящее время разработано большое количество технологических схем, устройств и материалов, позволяющих значительно повысить общий КПД установки за счет утилизации тепла уходящих газов, но достигнутый результат вынужденно ограничивается для соблюдения экологических норм выбросов и нормальной эксплуатации газоздушного комплекса оборудования и дымовых труб в частности [5].

Дымовая труба представляет собой сложное сооружение, предназначенное для удаления уходящих газов, рассеивания их и обеспечения стабильных безопасных концентраций выбрасываемых веществ в приземных слоях атмосферы. Немаловажным условием нормальной эксплуатации дымовой трубы является поддержание температуры уходящих газов выше температуры точки росы на выходе из устья. Это необходимо для предотвращения конденсации паров из состава газов на стенках трубы и продления срока службы [6]. Таким образом, значительное влияние на КПД паротеплогенерирующей установки может оказывать оптимальный подбор характерных размеров трубы и материалов исполнения.

Как правило, дымовые трубы ТЭС и ТЭЦ высокой мощности выполняют из железобетона (несущие и воспринимающие ветровую нагрузку элементы) и химически термостойких материалов (футеровка), разделенных воздушной прослойкой и соединенных между собой чугунными колпаками. К таким трубам как правило подсоединяются газоходы сразу нескольких котлов высокой производительности, а площадь поверхности трубы крайне велика, в следствие чего, дополнительная теплоизоляция таких труб может стоить значительных затрат [2]. Кроме того, после монтажа теплоизоляции изменится аэродинамическая обтекаемость трубы и ее вес, что в свою очередь может потребовать модернизацию несущих элементов конструкции.

При постройке малой и средней мощности, компактных или транспортабельных котельных установок широкое распространение получили стальные дымовые трубы. Как правило они выполняются по технологии трехслойной компоновки «сэндвич» [3]. Слой непосредственно контактирующий с уходящими газами выполняется из высоколегированной нержавеющей стали, промежуточный слой из теплоизоляционных материалов, а наружный из нержавеющей стали, низколегированной стали или из простой конструкционной стали окрашенной или с нанесенным полимерным противокоррозионным покрытием. В качестве теплоизоляционных материалов используются только материалы, относящиеся к категории «пожарная изоляция», трудновоспламеняемые и не поддерживающие процесс горения. Наиболее распространена минеральная вата и подобные ей материалы[4].

Как правило, температуру точки росы внутри трубы регулируют за счет теплоизоляции участка трубы длиной от фундамента до высоты, обеспечивающей температуру уходящих газов выше температуры точки росы при любом возможном режиме работы котельной, что и обеспечивает высокий уровень потерь Q_2 [2].

Таким образом, для минимизации теплотерь с уходящими газами необходимо сочетать оптимальный подбор конструкции и теплоизоляции дымовой трубы с режимами работы основной котельной установки и тепло утилизирующих устройств. В этом можно убедиться при рассмотрении зависимостей, применяемых для проектирования газоздушного тракта котельных. Наиболее распространённая формула для расчета теоретически необходимой высоты, применяемая при проектировании дымовых труб, имеет вид:

$$H_0 = \sqrt{\frac{AMF}{c_{\text{тр}} \sqrt[3]{V\Delta T}}} \quad (1)$$

где A – коэффициент, зависящий от метеорологических условий в данном районе; M – массовый выброс вредных веществ, г/с; F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; $c_{\text{тр}}$ – концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе, которая может быть создана данной дымовой трубой, мг/м³; V – объемный расход дымовых газов, выбрасываемых через устье дымовой трубы, м³/с; ΔT – разность температур выбрасываемых газов и окружающего воздуха, К [2].

Так как нормальный режим работы котельной подразумевает непрерывное сжигание топлива строго определенного состава, то выражение (1) можно представить в виде:

$$V\Delta T = \left(\frac{AMF}{c_{тр}H_0^2} \right)^3, \quad (2)$$

где в левой части уравнения находятся параметры, которые возможно регулировать за счет изменения режимов работы котельной, теплоутилизирующего оборудования, дымососов, и подбора параметров дымовой трубы. А в правой – условные постоянные зависящие от метеоролого-климатических условий и состава исходного топлива, подаваемого на горение.

Исходя из вышеперечисленного можно заключить, что в настоящее время существует серьезная потребность в разработке систем автоматизации для малой и средней мощности, компактных или транспортабельных котельных установок, учитывающих теплоизолированность дымовых труб, а также проведении НИОКР с целью оптимизации процесса проектирования новых и модификации уже эксплуатируемых дымовых труб, посредством подбора теплоизолирующего материала и его оптимального применения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарев А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий. Белгород, 2013. 240 с.
2. А.М. Грибков Выбор оптимальных размеров дымовых труб и внешних газоходов / А.М. Грибков – 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016 – 83 с.
3. Р.А. Чистов, М.В. Шеногин Типы дымовых труб / Р.А. Чистов, М.В. Шеногин // Вестник магистратуры.. – 2020. – № 4-2 (103). – С. 15-20.
4. Воликов А.Н., Новиков О.Н., Окатьев А.Н. Энергоэкологическая эффективность сжигания газового и жидкого топлива в котлах малой и средней мощности / Воликов А.Н., Новиков О.Н., Окатьев А.Н. // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4. – С. 102.
5. Бондаренко, А.Н. Реализация программы энергосбережения в Белгородской области / А.Н. Бондаренко, Т.И. Тихомирова // Энергетические системы. – 2016. – № 1. – С. 45-50.
6. Рапута В.Ф., Леженин А.А. Модели оценивания параметров дымовых выбросов от высотных труб тэц по спутниковой информации / Рапута В.Ф., Леженин А.А. // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2022. – № 4. – С. 54-61.

Гюльзадян Л.М.

Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И САМОДОСТАТОЧНОСТИ

Энергия долгое время была источником жизненной силы современной цивилизации, движущей силой нашей промышленности, источником питания наших домов и основой нашей повседневной жизни. Исторически сложилось так, что наша зависимость от ископаемого топлива для удовлетворения этих энергетических потребностей создавала значительные экологические и экономические проблемы. Выбросы от этих источников энергии способствовали изменению климата, что привело к повышению глобальной температуры, изменению погодных условий и увеличению частоты экстремальных погодных явлений. Помимо экологических последствий, геополитические проблемы, связанные с зависимостью от энергоснабжения, подчеркнули необходимость в более устойчивых и самодостаточных энергетических решениях

На этом фоне энергоэффективность стала первостепенной задачей, и страны и отрасли промышленности во всем мире признали ее двойной потенциал: значительно снизить потребление энергии и сократить выбросы парниковых газов. Энергоэффективность - это не просто использование меньшего количества энергии, но и ее оптимальное и разумное использование. Речь идет об обеспечении того, чтобы было потрачено впустую наименьшее количество энергии и из каждой потребляемой единицы был извлечен максимальный потенциал. Актуальность возобновляемых источников энергии в этом контексте становится очевидной. По мере того, как мир ищет устойчивые альтернативы ископаемому топливу, возобновляемые источники энергии, такие как ветер, солнце и гидроэнергетика, были выделены в качестве ключевых игроков в энергетическом ландшафте будущего. Они предлагают путь не только к сокращению нашего углеродного следа, но и к обеспечению стабильного и самоподдерживающегося энергоснабжения.

Параллельно с этими событиями в последние несколько десятилетий наблюдалась тенденция быстрой урбанизации, приведшая к резкому росту строительства зданий по всему миру. На здания, как жилые, так и коммерческие, приходится значительная часть мирового энергопотребления. Почти 40% общего энергопотребления Европы приходится на строительную промышленность, преимущественно на обогрев помещений. Следовательно, то, как они проектируются, сооружаются и эксплуатируются, имеет огромные последствия для глобального использования энергии и воздействия на окружающую среду. Именно здесь в повествование вступает концепция дизайна "умного здания" [1].

Умные здания, оснащенные передовыми датчиками, элементами управления и системами, обещают будущее, в котором здания будут не просто пассивными конструкциями, а динамичными объектами, которые адаптивно реагируют на окружение и потребности своих жильцов. Они разработаны с учетом возможности использования возобновляемых источников энергии, оптимизации энергопотребления и даже подачи избыточной энергии обратно в сеть. По сути, проектирование интеллектуальных зданий объединяет технологии, архитектуру и управление энергопотреблением для создания структур, которые отвечают экологическим требованиям и энергоэффективны.

Фотоэлектрические устройства - это полупроводниковые устройства, которые непосредственно преобразуют солнечный свет в электричество. Механизм работы фотоэлектрических систем включает в себя солнечные элементы. Когда эти клетки подвергаются воздействию фотонов солнечного света, они возбуждают электроны, что приводит к образованию электрического тока. Получаемое электричество, обычно постоянный ток, затем преобразуется в переменный ток, что делает его пригодным для применения в зданиях. Современные проекты зданий начали использовать фотоэлектрические панели не только как внешние придатки, но и как неотъемлемые компоненты архитектуры. Например, фотоэлектрические системы, интегрированные в здания, объединяются в строительные конструкции, выступая одновременно в качестве архитектурных элементов и генераторов энергии, организация ансамбля эстетики, функциональности и устойчивости.

С другой стороны, ветряные турбины работают за счет улавливания кинетической энергии ветра, преобразуя ее в механическую энергию, которая затем преобразуется в электричество. В условиях растущей урбанизации мира ветряные турбины рассматриваются не как колоссальные сооружения на удаленных

ветряных электростанциях, а как дополнительные элементы городских небоскребов и сооружений. Их способность удовлетворять энергетические потребности здания [2].

Солнечные тепловые системы, между тем, предлагают более прямое применение, улавливая солнечное тепло для нагрева воды или воздуха. Используя солнечный свет, эти системы через коллекторы преобразуют его в тепло, которое затем находит применение в различных областях, от нагрева воды до обогрева помещений и даже, как это ни парадоксально, охлаждения. В "умных" зданиях применение таких систем выходит за рамки простой полезности и направлено на повышение общей энергоэффективности и снижение потребностей в традиционной энергии.

Тем не менее, истинная мощь проявляется тогда, когда существует механизм хранения избыточной энергии, которую они генерируют, что приводит нас к решениям для хранения энергии. Будь то привычный аккумуляторный накопитель или более сложные тепловые или механические решения для хранения, суть остается неизменной: улавливание избыточной энергии во время изобилия и высвобождение ее в периоды дефицита. В сфере "умных зданий" эта динамика касается не просто хранилища, а оптимизированного хранилища, управляемого сложными системами энергоменеджмента, которые обеспечивают равновесие между производством энергии и потреблением.

Важность интеграции интеллектуальных систем в здания многообразна. Во-первых, основное внимание уделяется энергоэффективности. По мере того, как мир сталкивается с надвигающимся энергетическим кризисом и громкий призыв к устойчивому развитию становится все громче, способность "умных зданий" точно регулировать потребление энергии становится бесценной. Анализируя данные и внося корректировки в режиме реального времени, эти здания могут значительно сократить потери, адаптируя схемы энергопотребления к синхронизации как с потребностями жильцов, так и с доступностью возобновляемых источников энергии [3]. Со временем это не только приводит к снижению потребления энергии, но и приводит к ощутимой финансовой экономии - преимуществу, которое нравится как владельцам зданий, так и жильцам. Кроме того, постоянно отслеживая условия и реагируя на них, "умные" здания могут создавать индивидуальную среду, обеспечивая комфорт, соответствующий индивидуальным предпочтениям. С экологической точки зрения, снижение потребления энергии напрямую подразумевает уменьшение углеродного следа, что знаменует собой значительный шаг вперед в

стремлении ограничить выбросы парниковых газов. Кроме того, постоянный мониторинг также выполняет профилактическую функцию, выявляя потенциальные проблемы до того, как они возникнут, тем самым обеспечивая снижение затрат на техническое обслуживание и повышая долговечность инфраструктуры здания [4].

Наше исследование на стыке технологий возобновляемой энергии и проектирования умных зданий подводит к определенным ключевым выводам. Хотя этот путь интеграции является сложным, он подчеркивает важность переосмысления нашего окружающего архитектурного ландшафта не как статичных структур, а как динамичных объектов, активно взаимодействующих с окружающей средой и способствующих созданию устойчивого энергетического будущего.

Основной вывод нашего исследования заключается в том, что технический и эстетический потенциал огромен, однако настоящая их ценность раскрывается только через их продуманную и информированную интеграцию в умные здания. От обеспечения стабильного и оптимизированного энергоснабжения, сокращения потерь энергии и своевременной корректировки в зависимости от изменяющихся потребностей до создания архитектуры, где эффективность, самообеспеченность и устойчивость становятся реальностью, сочетание с передовыми системами зданий прокладывает путь к новой архитектурной парадигме.

Тем не менее, как и любой преобразующий процесс, этот путь сопряжен с многочисленными вызовами. Технические сложности интеграции, экономические последствия, необходимость активной и поддерживающей нормативной базы, а также социокультурное принятие этой архитектурной революции требуют внимания

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коваленко, А.С. Интеграция возобновляемых источников энергии в инженерные системы зданий: перспективы энергосбережения // Статья в сборнике трудов конференции. — 2023. — С. 200-202.

2. Гашимов А.М., Гибридные системы распределенной генерации с возобновляемыми источниками: моделирование и анализ их режимов работы в энергосистеме / Гашимов А.М., Рахманов Н.Р., Ахмедова С.Т. // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. — 2013. — № 2. — с. 20-30.

3. Беспалый С.В. Энергоэффективные технологии в контексте концепции устойчивого развития / Беспалый С.В., Петренко А.А. //

развитие ТУВГУ в XXI веке: Интеграция образования, науки и бизнеса. — Кызыл: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тувинский государственный университет, 2020. — С. 236-239..

4. Тихомирова Т.И., Щетинин Н.А. Экологические вопросы использования альтернативных источников энергии // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. наuchнотехн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. — С. 135-137.

УДК 5995

Егоров Я.Д., Мандрыгин К.В.

Научный руководитель: Ефимов Ю.В., канд. техн. наук, доц.

*Уральский государственный лесотехнический университет,
г. Екатеринбург, Россия*

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

В настоящее время вопрос защиты окружающей среды стоит наиболее остро. Многие страны Европы активно вводят ограничения по выбросам CO₂ и в ближайшие несколько лет планируют уйти от повсеместного использования двигателей внутреннего сгорания (ДВС). В последние годы меры по ужесточению регулирования вредных выбросов вводятся и в России. Ограничения по выбросам углерода, а также отсутствие источников получения топлива для двигателей внутреннего сгорания на лесозаготовительных площадях, являются главными причинами, по которым стоит задуматься об альтернативных вариантах энергообеспечения лесопромышленного оборудования.

На данный момент, все необходимые для работы лесозаготовительных инструментов, использующих ДВС ресурсы, неотъемлемо связаны с транспортировкой топлива на лесосеку, что ведёт к значительному увеличению финансовых затрат [1].

С развитием мобильных электропил, работающих на аккумуляторах, появилась возможность их массового использования на лесозаготовках. Основные преимущества аккумуляторных пил по сравнению бензопил на ДВС: легкость и мобильность; меньший шум и отсутствие вибраций при работе; экологичность; меньший цикл обслуживания. Самым весомым недостатком на данный момент является необходимость частого пополнения заряда батареи. В связи с

этим появляется проблема поиска доступных источников энергии для заряда мобильных устройств в условиях лесосеки.

Самым распространенным на сегодня способом получения электроэнергии на лесосеке является использование бензо/дизель генераторов (Рис.1). Преимуществами данного источника электроэнергии являются компактность, а также простота в эксплуатации и обслуживании. Однако, высокий уровень шума, отсутствие источников топлива на лесосеке, неэкологичность и другие недостатки заставляют задуматься о поиске более подходящих для лесозаготовки способов получения электроэнергии [2]. Также, в качестве источника электроэнергии можно использовать солнечные панели (Рис. 2), но, к сожалению, в условиях лесозаготовки такой способ не актуален, в связи дороговизной, отсутствием достаточного количества солнечного света и неудобством перебазировок мастерских участков из-за больших размеров панелей [3].



Рис. 1 – Бензо/дизель генератор



Рис. 2 – Солнечные панели

Существует вариант использования печей на элементах Пельтье (Рис. 3). Топливом для данных печей может служить любой древесный материал, от топливных брикетов до щепок. Пламя нагревает стенки печи со стороны, на которой расположен элемент Пельтье. В свою очередь, вторая сторона элемента остаётся без нагрева и за счёт

перепада температур образуется электрический ток. Печи Пельтье отличаются простотой конструкции, малыми габаритами, бесшумностью работы, а также длительным сроком службы.

Однако, главным недостатком данного источника электроэнергии является низкий КПД, из-за чего печи Пельтье невозможно использовать для обеспечения работы большого количества электроприборов [4].



Рис. 3 – Печь «Индигирка» на элементах Пельтье

Наиболее оптимальным вариантом получения электроэнергии является разработка и повсеместное введение в эксплуатацию двигателей Стирлинга. Двигатель Стирлинга – тепловая машина, в которой рабочее тело в виде газа или жидкости движется по замкнутому кругу, не выходя наружу, что в свою очередь способствует значительному уменьшению уровня шума и вредных выбросов в сравнении с работой двигателя внутреннего сгорания [5]. Главным же преимуществом данной машины является неприхотливость к топливу. Она способна работать от любого источника тепла, что может заметно упростить процесс лесозаготовки, а также избавить от лишних финансовых вложений.

Кроме того, имеется возможность использования двигателя Стирлинга для энергообеспечения и отопления бытовок лесозаготовителей, путём установки нагревательного элемента двигателя непосредственно в бытовке. Данные двигатели уже достаточно широко распространены в отраслях горнодобывающей промышленности, а также, известно их использование на подводных лодках. Внедрение двигателя внешнего сгорания Стирлинга в лесопромышленный комплекс откроет возможности для развития в ней лесозаготовительного электрооборудования и в значительной степени улучшит условия труда для сотрудников.

Инженеры подразделяют двигатели Стирлинга на три типа:

- α -тип

- β -тип с ромбическим механизмом и регенератором
- γ -тип без регенератора

Наиболее подходящим вариантом двигателя Стирлинга для условий лесозаготовки является двигатель β -типа (Рис. 4).



Рис. 4 – Промышленный двигатель Стирлинга

Анализ сравнительной оценки представленных источников получения электроэнергии в условиях лесосеки проводился на основе существующей информации по КПД устройств (Рис. 5).

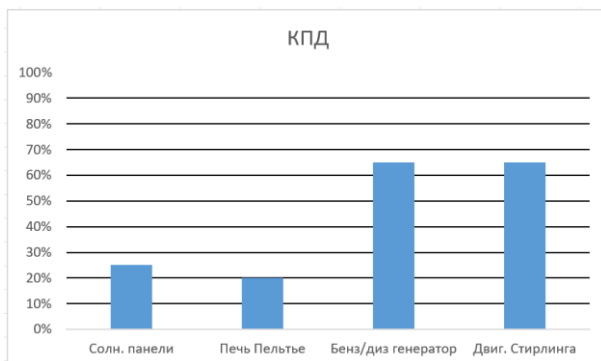


Рис. 5 – Сравнительная оценка источников электроэнергии по КПД

Не получившие повсеместного распространения, однако имеющие массу преимуществ, двигатели Стирлинга имеют огромный потенциал в лесопромышленной сфере. Их использование поспособствует значительному сокращению затрат во время лесозаготовки, улучшит условия труда для сотрудников, а также благоприятным образом повлияет на экологическую обстановку в лесу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихонов, Е.А. Перспективы применения двигателей Стирлинга в лесопромышленном комплексе [Текст] / Е.А. Тихонов // Лесотехнический журнал. — 2019. — № №2. — С. 118–125.
2. Обухов, С.А. Инженерная методика проектирования систем электроснабжения автономных энергоэффективных зданий на основе возобновляемых источников энергии [Текст] / С.А. Обухов, Д.Ю. Давыдов, А.О. Белоглазкин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2023. — № Т. 334. № 1. — С. 30-42.
3. Селиванов, К.В. Автоматическое позиционирование панели солнечных батарей и слежение за направлением максимального потока света [Текст] / К.В. Селиванов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия «Приборостроение». — 2021. — № 2 (135). — С. 115-132.
4. Мехренцев, А.В. Исследование применения моторных пил с электроприводом в технологическом процессе интенсивного ведения лесного хозяйства [Текст] / А.В. Мехренцев, А.Ф. Уразова, С.М. Крысанов // Леса России и хозяйство в них. — 2021. — № 3 (78). — С. 55-62.
5. Распутин, А.Л. Использование двигателя Стирлинга для выработки электроэнергии на вторичных тепловых энергоресурсах / А.Л. Распутин, О.А. Степанов [Текст] // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. — Челябинск: Южно-Уральский государственный университет, 2016. — С. 239-242.

УДК 621.316.9

Куйович Михаил

Научный руководитель: Плацанский Л.А., канд. техн. наук, проф.
*Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»,
г. Москва, Россия*

ЗАЩИТНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОГОРИИ

Электроснабжение играет ключевую роль в функционировании промышленных предприятий. Надежность и безопасность электрических систем напрямую влияют на производственные

процессы и экономическую эффективность. В условиях роста потребления электроэнергии и увеличения числа сложных электрических установок защита от аварийных ситуаций становится особенно актуальной. Одним из эффективных методов защиты электроустановок является защитное шунтирование.

Защитное шунтирование представляет собой перспективный метод, при котором в электрическую цепь вводятся дополнительные элементы (шунты), позволяющие распределить ток и снизить его влияние на основные компоненты системы. Основная задача шунтирующих устройств заключается в том, чтобы обеспечить безопасное отключение поврежденного участка сети и минимизировать риск повреждения оборудования.

В разработку принципов защитного шунтирования, нормативных требований к нему и устройств, его реализующих, большой вклад внесли П.Я. Стронгин, В.М. Ягудаев, В.И. Микрюков, В.И. Щуцкий, Л.А. Плащанский, Ю.Н. Ильин, И.М. Сирота, В.В. Назаров и др.

Защитное шунтирование является одним из способов устранения опасных последствий однофазных замыканий на землю в электроустановках.

Сущность защитного замыкания как метода защиты состоит в намеренном подключении одной из фаз сети к земле в случае, если произошло однофазное замыкание на землю или прикосновение человека. Тогда результирующий ток замыкания I_{Σ} определится зависимостью:

$$I_{\Sigma} = \frac{3U_{\phi}}{\sqrt{9R_{\Sigma}^2 + X_C^2}}, \quad (1)$$

где U_{ϕ} – перенапряжение;

X_C – реактивное емкостное сопротивление;

R_{Σ} – результирующее сопротивление замыкания и искусственного соединения с землей поврежденной фазы, равное:

$$R_{\Sigma} = \frac{R_{ш} R_{п}}{R_{ш} + R_{п}}, \quad (2)$$

$R_{ш}$ – сопротивление шунта;

$R_{п}$ – сопротивление в месте замыкания.

В результате шунтирования ток в месте замыкания снизится до уровня:

$$I_3 = \frac{3U_{\phi}R_{ш}}{\sqrt{9R_{\Sigma}^2 + X_C^2}(R_{ш} + R_{п})}, \quad (3)$$

определяемого величиной сопротивления шунта.

Основные достоинства защитного шунтирования позволяют:

- ✓ снизить риск возникновения пожара при однофазных замыканиях, так как частичное восстановление электрической прочности изоляции после шунтирования значительно уменьшает ток в месте замыкания;
- ✓ предотвратить переход однофазного замыкания в многофазное в месте замыкания на землю;
- ✓ снизить напряжение на заземленных корпусах и конструкциях, поскольку суммарный ток замыкания не протекает по поврежденному фидеру;
- ✓ ограничить перенапряжения;
- ✓ быстро энергетически изолировать человека при однофазном прикосновении и осуществить защиту от поражения электрическим током.

Определяющим фактором эффективности защитного шунтирования является его быстроедействие. Устройства шунтирования реагируют на самоустраняющиеся замыкания и кратковременные несимметрии сети.

Комплексная система защиты от поражения электрическим током включает как шунтирование поврежденной фазы, так и отключение поврежденного фидера. Таким образом, каждое самоустраняющееся замыкание и кратковременная несимметрия сети сопровождается перерывом питания электропотребителей, что приводит к снижению общей надежности электроснабжения предприятия.

На примере схемы электроснабжения предприятия солнечной электростанции (СЭС) «Чево Солар» в Черногории, представленной на рис. 1, изначально трехфазное переменное напряжение 6 кВ поступает на предприятие по двум независимым воздушным линиям электропередач. Предприятие по надежности электроснабжения относится к первой категории, поэтому принята секционированная система шин, от которой получают питание все потребители, включая такие ответственные, как насосные установки, работающие, в силу своей специфики, с изолированной нейтралью. Характерной особенностью их являются однофазные замыкания на землю, что является основанием для рекомендации применения защитного шунтирования с целью повышения надежности и безопасности работы системы.

В Черногории, как и в других странах, предприятия сталкиваются с различными проблемами в области электроснабжения, основными из которых являются: 1) частые аварии, вызванные перегрузками и

короткими замыканиями, простои от которых приводят к значительным финансовым потерям; 2) наличие гармоник и неустойчивость узлов нагрузки, что негативно сказывается на работе оборудования; 3) многие предприятия используют устаревшее оборудование, что увеличивает риск аварий.

Приведенная ниже схема электроснабжения предприятия является примером, насколько внедрение защитного шунтирования позволяет значительно повысить надежность электроснабжения. По экспериментальным данным, при статистическом сборе информации, после установки шунтирующих резисторов удалось снизить количество аварий на 30%, что позволило увеличить производительность [5].

Цель защитного шунтирования заключается в повышении надежности и безопасности работы системы электроснабжения. Эти устройства позволяют быстро отключать поврежденные участки, минимизируя риски коротких замыканий и предотвращая возможные аварии. Шунтирование обеспечивает защиту оборудования, снижает вероятность его повреждения и увеличивает общую устойчивость системы к отказам.

Кроме того, защитное шунтирование способствует снижению токов короткого замыкания, что облегчает работу защитных устройств и делает их более эффективными. Это особенно важно для промышленных объектов и энергетических установок, где стабильность функционирования их очень важна. В результате, шунтирование не только улучшает условия эксплуатации, но и повышает уровень безопасности, уменьшая риски возникновения опасных ситуаций.

В качестве средств защитного шунтирования используют различные элементы, а именно: шунтирующие резисторы, которые создают альтернативные пути для тока, предотвращая перегрузки и защищая чувствительное оборудование; шунтирующие конденсаторы также важны, так как они фильтруют высокочастотные шумы и защищают от перенапряжений, тем самым улучшают качество работы системы. Кроме того, шунты, представляющие собой резисторы с низким сопротивлением, используются для измерения тока в цепи, что позволяет точно контролировать его величину и предотвращать возможные аварии.

Реле защиты и преобразователи также являются важными элементами в системе защитного шунтирования. Реле защиты могут автоматически отключать определенные участки цепи при возникновении аварийных ситуаций. Преобразователи с встроенными функциями шунтирования обеспечивают дополнительную защиту от перегрузок, что делает их незаменимыми в сложных электрических сетях. Все эти средства в совокупности способствуют поддержанию стабильной работы электрических установок и повышают их долговечность.

Шунтирующие устройства могут быть резистивными или реактивными. Резистивные шунты предназначены для ограничения тока короткого замыкания, а реактивные (конденсаторные) шунты используются для компенсации реактивной мощности и улучшения качества электроэнергии.

Защитное шунтирование является важным инструментом для повышения надежности и безопасности электроустановок на предприятиях в мире. Внедрение современных технологий и подходов к проектированию систем защиты позволяет существенно снизить риски аварий и повысить эффективность работы электрических сетей. В условиях растущего потребления электроэнергии необходимость в таких системах будет только возрастать.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щуцкий В.И., Жидков В.О., Ильин Ю.Н. Защитное шунтирование однофазных повреждений электроустановок –М.: Энергоатомиздат, 1986 – с. 152
2. Плащанский Л.А., Жидков В.О., Ильин Ю.Н. Повышение эффективности защитного шунтирования в шахтных сетях напряжением 6-10 кВ – М.: Уголь, 1982, № 3, с. 52-54
3. Плащанский Л.А., Жидков В.О., Ильин Ю.Н, Полозков А.В. Устройство для шунтирования места однофазного замыкания – Оpubл. в Б. И., 1983, № 43, А. с. 1056342 (СССР), с. 6
4. Ильин Ю.Н. Разработка способа избирательной защиты от однофазных замыканий и поражения током в электрических сетях напряжением 6 кВ угольных шахт, диссертационная работа – Кемерово, 1985, с. 178
5. Vučinić A., Krivokapić Z. Fotonaponska elektrana za proizvodnju električne energije «Čevo Solar» – Trafostanica 35/0,8kV – Podgorica: «Refleksing d.o.o.», 2023, с.351
6. Плащанский Л.А., Ильин Ю.Н. Продольная селективность при защитном шунтировании в сетях 6 кВ. – М.: Безопасность труда в промышленности, 1983, № 9, с. 49-51
7. Плащанский Л.А., Жидков В.О., Ильин Ю. Н, Полозков А.В. Устройство для защиты от замыкания фазы на землю в сети переменного тока с изолированной нейтралью. – Оpubл. в Б. И., 1983, № 41, А. с. 985876 (СССР), с. 6

УДК 620.9:620.97

Маховицкий В.Г.

*Научный руководитель: Трубаев П. А., д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ АККУМУЛИРОВАНИЯ

Система преобразования тепловой и электрической энергии с помощью аккумулирования является ключевым инструментом и направлением в конце 20-го столетия. Теплоэнергетическая система в настоящее время требует постоянного обновления и модернизации. Технология аккумулирования позволяет не только эффективно

сохранить ресурсы, но и повысить их продуктивность, что является важным условием для стабильного развития общества [1].

Принцип работы. Работа данных систем заключается в том, что преобразование энергии олицетворяет собой инновационные решения, такие, как аккумулировать, хранить и преобразовывать полученную энергию для последующего применения. Основопологающей идеей подобных систем подразумевает то, что они решают проблему за счет выравниванием разрывов в энергетическом потреблении и промышленных областях. А также является актуальным в ситуации с повышением процента возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как ветровая, солнечная или гидроэнергия.

Аккумуляция теплоэнергии и его процесс вполне может реализовываться различными технологическими решениями. Например, это может быть теплоаккумулятор, где он хранит тепло в своем веществе с применением специфических термодинамических свойств и в результате теплота накапливается в виде теплоносителя. Помимо этого, еще можно описать одну систему накопления теплоэнергии на традиционном принципе теплонасоса, который предоставляет энергоэффективное применение теплоты из внешней среды.

Существует несколько типов теплоаккумуляторов такие, как вертикальный и горизонтальный. В первом типе передача теплоты происходит в уменьшенном объеме и наглядным образом быстрее. Во втором типе используются резервуар, наполненные раствором или водой, где располагается трубки для подогрева.

Аккумуляция электроэнергии видоизменяется от тех же самых аккумуляторов до механических систем, которые сохраняют энергию, полученную от солнечных батарей или других энергоисточников. Имеются множество систем на базе гравитационного аккумулирования, когда происходит аккумулирование энергии в потенциальную и после она преобразуется в электрическую. Широко известными стали с технологией «Li-Ion» батареи обладающие достаточно высокой плотностью энергии и долгосрочным циклом работы. А вот в промышленных масштабах применяются системы в виде насосных станций накопления. Они служат по принципу выпуска воды в периоды пиковой нагрузки и перекачки во время низкой потребности энергии [2].

Виды аккумулирования систем. Их разделяют на несколько классов в соотношении от типа энергии до методов её сохранения.

Итак, к видам теплоаккумуляторов относят:

- Системы с жидким теплоносителем, где применяется вода или специальная жидкость для сохранения тепла.

- Системы с твердыми телами: Осадочный песок, гранулы, вспененный полистирол или специальные камни и все они обладают высокой теплопроводностью, за счет этого долго удерживают тепло.

Все из этих типов систем имеет различные плюсы и минусы. Но можно сказать одно, что системы с твердыми телами играют роль на долгую перспективу и в свою очередь могут иметь меньшую энергоэффективность передачи тепла.

Электрический вид аккумуляторов относят к следующим критериям:

Физические – те, которые применяют механические способы сохранения энергии, к примеру, это может быть насосная станция или гироскопы.

Химические в свою очередь преобразуют электроэнергию в химическую, например указанные ранее «Li-Ion» батареи или же свинцово-кислотные (SLA) аккумуляторы.

Но в основном выбор между этими системами делается на конкретных задачах и энерговооруженности, к ним можно выделить расценку, восстановительные способности и габариты агрегата.[3]

Достоинства систем аккумуляирования. К ним можно отнести такие, как:

- ✓ Повышенная надежность обеспечения энергии, что актуально в условиях высокого спроса на энергоресурсы и ограниченных запасов топливных ресурсов;

- ✓ Уменьшение стоимостных затрат на электрическую и теплоэнергию, что экономически целесообразно потребителям;

- ✓ Стабилизация энергетических систем, для сохранения электросетей при вероятности аварий или аварийных отключений;

- ✓ Содействие интегрирования ВИЭ, при этом предоставляется энергоэффективное применение этих источников, поэтому позволяет накапливать энергию для использования во время отсутствия ветра или солнца.

Недостатки систем аккумуляирования. Наблюдаются такие, как:

- * Расходы на обслуживания систем, что при применении механических систем, они могут повышаться;

- * Ограниченное время службы в системах, а именно аккумуляторы требовательны к частой замене;

- * Высокий начальный денежный спрос, монтаж систем может потребовать значительных вложений.

Применение систем аккумулирования. Тепловые и электрические системы аккумулирования располагают использования в разнообразных областях.

- В области ВИЭ системы играют важную роль и оказывают влияние на общую энергосистему. Из них можно выделить солнечные панели и ветрогенераторы, способны сохранять и вырабатывать избыточную электроэнергию от энергоисточников в любое время. С их помощью достижимо сбалансировать колебания и достичь стабильного применения энергии к потребителю.

- В промышленной области предприятия и учреждения применяют аккумулирование энергии для сбалансирования и снижения своих затрат. Можно будет допустить, что в периоды высокого спроса могут применяться эти системы в уменьшения тарифов на электроэнергию, что позволит данной области снизить расходы.

- В современных энергосетях есть острая необходимость инновационных решений и технологий для энергоэффективности данных систем. Это будет позволять управлять колебаниями в подачи энергии и также сбалансировать расходы или даже приуменьшить их. За счет этих технологий можно будет спрогнозировать пиковые спросы и автоматически включать аккумуляцию энергии, чтобы повысить стабильность напряжений.[4]

Будущее развитие систем аккумулирования. Теперь необходимо знать, что в будущем эти системы будет развиваться в геометрической прогрессии. Технологии преобразования энергии и методики управления через научные исследования и эксперименты в сфере новых материалов дойдут до создания более усовершенствованных энергоэффективных и реализуемых инновационных решений.

Эти технологии включают в себя такие направления:

- Разработка и модернизация суперконденсаторов на основе графена, они тогда дадут высокую плотность аккумулирования.

- Применения технологий на основе водорода, чтобы долгосрочно сохранять энергию в химических веществах.

- Проработка современных будущих методов теплоаккумулирования на базе систем с фазовыми переходами.

Со временем проявления большого интереса и неосстанавливающегося процесса внедрения этих стабилизированных методик и технологий в результате будут нацелены на повышения ЭКОстабильности и устойчивости энергосистем. За последние 6-8 лет глобального потребления энергии значительно растёт, поэтому стало актуальным применения вторсырья, и минимизация отходов будет одним из требований бедующих систем.[5]

Закключение. Резюмирую, что системы преобразования тепловой и электрической энергии с помощью аккумулирования делают ключевые шаги к чистой, сбалансированной и энергоэффективной системе для важного жизнеобеспечения. Также можно урегулировать затраты и организовать стабильность энергоснабжения. Использование различных технологических задач предоставит найти решение для нужд областей экономики.

Хочу подчеркнуть, что современные системы будут зависеть от важных инновационных решений в сфере актуальной технологии преобразования энергии, материалов и методики управления, что позволит достичь сверхэффективности и экологической безопасности. Ведь стабильная энергетика не может шагать в ногу со временем без внимания и таких открытий и решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирвель, И.И. Энергосбережение: Конспект лекций / И.И. Кирвель. – Минск: БГУИР, 2007. – 108 с.
2. Мельник, К.А. Аккумулирование тепловой и электрической энергии Thermal and electric energy accumulation / К.А. Мельник, Д.О. Маер, М.Д. Сытая; науч. рук. В. В. Кравченко // Актуальные проблемы энергетики – Минск: БНТУ, 2023. – С. 435-440.
3. Г. Бекман, Г. Тепловое аккумулирование энергии / Г. Бекман; Под ред. Г. Бекман, П. Гилли; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Мир, 1987. – 272 с.
4. Соренсен, Б. Преобразование, передача и аккумулирование энергии / Б. Соренсен. – М.: Интеллект, 2011. – 296 с.
5. Гашо, Е.Г. Несколько стратегических аспектов развития энергетических систем / Е. Гашо, С. Белобородов // Энергетическая политика. – 2022. – № 12 (178). – С. 72-85.

Московкин Д.Н.

*Научный руководитель: Маслова И.В., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ РЕДУКТОРА В КОНСТРУКЦИЮ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА СОВМЕЩЕННОЙ СХЕМЫ ДОРЬЕ-САВВониУСА

На стадии разработки ветрогенераторов промышленного назначения было учтено, что скорость ветра может быть недостаточна для эффективной работы системы ротор-электродвигатель. Именно поэтому конструкция большинства современных ветроустановок не обходится без внедрения в них механических передач, в частности, механического редуктора, напрямую влияющего на их производительность.

Редуктор в совокупности с другими механизмами образует систему трансмиссии, участвующую в передаче вращения от ротора ветроустановки к ее генератору. В повседневной жизни трансмиссию мы можем встретить практически в любом транспорте, работающем как на двигателе внутреннего сгорания, так и на электродвигателе.

В транспорте, к примеру, трансмиссия предназначена для передачи крутящего момента от двигателя колесам автомобиля. Современные бензиновые двигатели могут вращаться со скоростью до 8000 об/мин, а скорость вращения коленчатого вала двигателей болидов «Формула 1» или спорткаров достигает 12000 об/мин. Сложно представить, какую скорость мог бы развить автомобиль, если бы скорость вращения колес была равна скорости вращения коленчатого вала. Трансмиссия с набором нескольких передач позволяет при более высокой скорости вращения колес поддерживать оптимальную скорость вращения двигателя путем выбора оптимального передаточного отношения.



Рис.1 – Элементы зубчатого зацепления трансмиссии

Механизмы зубчатого зацепления получили большое распространение в машиностроении. Ни один современный токарный станок не обходится без коробки скоростей и подач, которые передают вращение электродвигателя на 2 узла – шпиндель и суппорт. Изучить и проанализировать внутреннее устройство станка можно при помощи его кинематической схемы. Например, конечными звеньями кинематической цепи главного движения токарно-карусельного станка 1512 являются вал электродвигателя и планшайба с заготовкой - крутящий момент переходит от вала электродвигателя посредством трансмиссии на планшайбу с заготовкой, за счет чего происходит ее вращение.

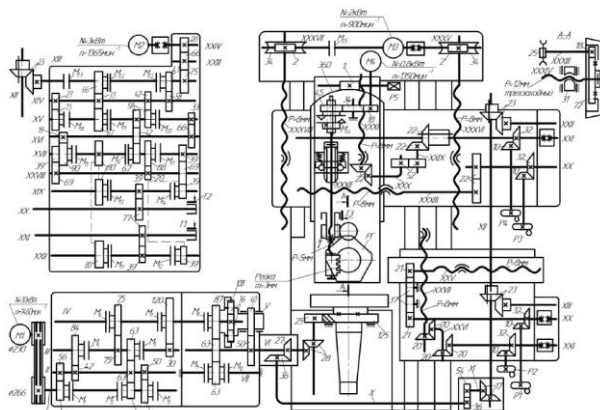


Рис.2 – Кинематическая схема главного движения токарно-карусельного станка 1512

Электродвигатель ветрогенератора занимает последнее место в кинематической цепи. Ветер раскручивает лопасти, закрепленные на ведущем валу, и составляет с ними единую, вращающуюся вокруг своей оси систему. На валу неподвижно закреплена ведущая шестерня, которая, как непосредственно, так и через систему вторичных шестерен, входит в зацепление с ведомой шестерней электродвигателя. Вращение внутри обмотки металлического сердечника, закрепленного на валу электродвигателя, будет провоцировать возникновение индукционного тока.

Скорость вращения лопастей промышленных ветрогенераторов сравнительно невелика – около 15 об/мин. Вырабатываемая установкой мощность напрямую зависит от скорости вращения сердечника в обмотке генератора, а увеличить ее нам позволяет редуктор, преобразующий частоту вращения и крутящий момент по величине.

Представим две шестерни, на одной из которых 50 зубьев, а на другой 100. Согласно формуле (1) передаточное отношение равно отношению количества зубьев ведомой шестерни к ведущей.

$$i = z_2 / z_1 \quad (1)$$

где i – передаточное число, z_1 – число зубьев шестерни ведущей передачи, z_2 – число зубьев шестерни ведомой передачи.

Установив шестерню с 50 зубьями на вал электродвигателя, а шестерню со 100 зубьями на ведущий вал лопастей, получим отношение 1:2. Вал электродвигателя будет вращаться со скоростью вдвое большей, чем та, с которой вращаются лопасти. Усложнение системы путем установкой большего количества шестерен изменит передаточное отношение согласно формуле (2):

$$i_c = i_1 * i_2 * i_3 * \dots \quad (2)$$

где i_c – передаточное отношение системы, i_{1-3} – передаточные числа соответствующих звеньев.

Правильно подобранные передаточные числа, виды передач и типы зацепления позволяют увеличить скорость вращения генератора в десятки раз. Именно на этом принципе и основана работа редукторов современных роторов.

Проведенный ряд опытных испытаний показал, что крутящий момент в ветрогенераторах небольших размеров можно передавать не только посредством сопряжения зубьев шестерен, но и при помощи шкивов различного диаметра, связанных системой ремней. Согласно формуле (3), передаточное отношение в такой системе равно отношению диаметральных размеров ведомого и ведущего шкивов.

$$i_p = d_2 / d_1 \quad (3)$$

где i_p – передаточное число ременной передачи, d_1 – диаметр ведущего шкива, d_2 – диаметр ведомого шкива.

Применение такого способа передачи крутящего момента целесообразно для удешевления и упрощения конструкции, но передаточное число в таком случае будет постоянным. Увеличение количества шкивов и ремней в системе является неоправданным, так как это снизит надежность конструкции. Тем не менее, ременные передачи до сих пор особо активно используется в станках на машиностроительных предприятиях.

Изучив различных способы передачи вращения, можно сделать вывод, что даже в ветрогенераторах небольших размеров будет более целесообразным размещение системы с зубчатым зацеплением. Это позволит подбирать передаточные отношения с целью получения более высоких оборотов двигателя при меньших скоростях ветра, что особо актуально в регионах с непостоянной скоростью ветра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белоусов А.В., Сапрыка А.В. «Электроснабжение» / Белгород, Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова / 2016 – 182с.
2. Патент RU2539604C2. Ветроэнергетический комплекс : № 2011135900/06 : заявл. 30.08.2011 : опубл. 10.03.2013 / Отарашвили Зураб Автандилович (RU), Титов Дмитрий Дмитриевич (RU), Никитин Михаил Андреевич (RU), Палкин Павел Евгеньевич (RU) – URL: <https://www.fips.ru>
3. Воронкова М.Н., Блинова Т.А., Погонин А.А. «Металлорежущие станки» / Белгород, Изд-во БГТУ / 2015. – 171 с.

УДК 796.085

Палиенко Н.И.

Научный руководитель: Беловодская И.И. ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF THERMAL POWER. ENGINEERING BASED ON ENERGY AND BOILERS

Thermal power engineering, which occupies a central position in global energy production, is facing both existing challenges and new opportunities as technology advances and environmental protection is increasingly emphasized. Traditional thermal power generation relies on the combustion of fossil fuels, a process that involves the selection of energy sources and the application of boiler technology, which directly affects power generation efficiency and environmental pollution. Therefore, exploring how to ensure energy supply while improving energy efficiency and reducing environmental burden has become the focus of research in this field. This study further clarifies the possibility of realizing the double benefits of environment and economy by deeply analyzing the current situation and development of thermal power generation technology.

Understanding the main concepts of Rankine cycle, thermodynamics, and heat transfer laws is vital in power generation engineering. The second part of this review article investigated the Rankine cycle process, heat transfer mechanisms in all of the main components of the thermal power plant. The use of internal combustion engines such as diesel engine in power generation is further studied. The aim of this research is to provide a description of the thermal power generation methods in an easily digestible form, and to conduct a comparison between them with a particular focus on the thermal efficiency, power range, and the type of fuel.

Thermal power engineering involves a plethora of intricate physical processes and chemical reactions, rendering the prudent selection and application of research methodologies paramount. Initially, the study adopts an amalgamation of experimental analysis and numerical simulation. Experimental analysis allows for direct observation of the operational dynamics of boilers and other thermal equipment, facilitating the collection of requisite operational data. The authenticity of such data is pivotal in validating theoretical models and enhancing equipment designs. However, the limitations of experimental methods lie in their exorbitant costs and time-intensive nature, particularly during prolonged operational tests. At this juncture, numerical simulation manifests its distinctive advantages. By establishing precise computational models, it becomes feasible to simulate the thermal flow and energy conversion processes within boiler systems in a virtual environment, not only with heightened efficiency but also with the ability to regulate and modify experimental conditions, thereby addressing complex scenarios often unattainable in experiments.

The study further underscores the significance of multi-scale models. Processes within boiler systems span from microscopic chemical reactions to macroscopic heat exchange, exhibiting diverse levels and mutual influences [1]. Leveraging multi-scale models empowers researchers to intricately capture interactions across various levels, from the microscopic to the macroscopic, thereby enhancing predictive accuracy and reliability. Moreover, an innovative aspect of this research methodology lies in the reinforced role of data analysis. With the advancement of information technology, big data and machine learning techniques have begun permeating engineering research. With increasing global attention towards environmental issues, the utilization of clean energy and the development of carbon capture technology become particularly crucial. In the future, the challenge facing thermal power generation lies in balancing the dual tasks of energy demand and environmental protection, ensuring the sustainable development of energy [2]. Despite formidable obstacles, significant progress

in enhancing energy efficiency and reducing environmental impact through technological innovation and international cooperation remains foreseeable.

Additionally, the adoption of state-of-the-art waste heat recovery techniques and residual heat utilization systems stands as an effective pathway towards enhancing the sustainability of thermal power generation. The realization of efficient and sustainable electricity generation necessitates the amalgamation of modern technologies with stringent environmental policies. Only through this union can thermal power generation engineering stride towards a greener and more sustainable future while ensuring energy supply security [3]. The future of thermal power generation presents formidable challenges, yet it also holds abundant opportunities. Through technological advancement and policy adjustments, there is hope to chart a sustainable path that safeguards energy needs while preserving the Earth's environment [4]. Under the dual pressures of market and policy, the continuous optimization of operational strategies and the innovative application of technology are indispensable pathways for the thermal power generation industry when confronting economic challenges [5].

In conclusion, thermal power generation engineering maintains a significant position within the global energy framework. With increasing energy demands and heightened environmental considerations, the challenges confronting thermal power generation are steadily mounting.

With the help of high-temperature pyrolysis, it is possible to recycle waste in an environmentally friendly, economically profitable and technically simple way without preliminary preparation, i.e. sorting, drying, etc. [6]. The most important concepts in thermal power generation have been investigated in this review article. Furthermore, the main components of thermal power plants and their role in the operation of the power plant were investigated. The fundamentals of Rankine cycle, thermodynamics and heat transfer laws are critical in thermal power generation. Research indicates that by embracing more efficient boiler technologies and adopting sustainable energy alternatives, the environmental performance and economic viability of thermal power generation can be effectively enhanced. Furthermore, adapting to policy regulations and fostering technological innovation will serve as pivotal factors propelling the future development of this domain. Looking ahead, the optimization and innovation of thermal power generation technologies will constitute crucial pathways to ensuring energy security, economic sustainability, and environmental stewardship. Through this study, it is hoped that theoretical underpinnings and practical guidance provided will contribute to the continuous advancement within the realm of thermal power generation.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Khalid F, Sami D, et al. A Novel Bio-Inspired Optimization Algorithm Design for Wind Power Engineering Applications Time-Series Forecasting.[J].Biomimetics (Basel, Switzerland), 2023, 8 (3). – p. 44.
2. Elwardany M .Enhancing steam boiler efficiency through comprehensive energy and exergy analysis: A review [J]. Process Safety and Environmental Protection, 2024. – pp. 1222- 1250.
3. Shi S ,Chen J ,Li J , et al. Engineering Fastest Control: A New Process Control Method for Thermal Power Units[J]. Energies, 2024,17(4). – p.11.
4. The Initial Stage of Closing the NFC of the Russian Two-Component Nuclear Power Engineering System[J].Atomic Energy,2023,133(2). – pp. 72-78.
5. Kachalla A I, Ghiaus C .Electric Water Boiler Energy Prediction: State-of-the-Art Review of Influencing Factors, Techniques, and Future Directions[J].Energies,2024,17(2). – pp. 12- 14.
6. Губарева В.В. Утилизация твердых бытовых отходов - одна из актуальных проблем современности // Научные технологии и инновации: электронный сборник докладов Международной научно-практической конференции, Белгород: Изд-во БГТУ, 2019. – Часть 8. – с. 11.

УДК 699.865

Палиенко Н.И.

***Научный руководитель: Трубаев П.А. д-р техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия***

СОВРЕМЕННАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

Введение новых, более жестких, нормативов по энергосбережению вызвало необходимость радикального пересмотра принципов проектирования и строительства зданий, так как применение традиционных для России строительных материалов и технических решений не обеспечивает требуемое по современным нормам термическое сопротивление наружных ограждающих конструкций зданий.

Современная теплоизоляция является важнейшим аспектом в строительстве и реконструкции зданий. С ростом требований к энергосбережению и экологичности, значимость качественной теплоизоляции трудно переоценить [1]. Применение современных

теплоизоляционных материалов не только повышает энергоэффективность зданий, но и способствует улучшению комфорта и долговечности сооружений.

Традиционные теплоизоляционные материалы, такие как минеральная вата и пенополистирол, применяются в строительстве уже несколько десятилетий. Однако с развитием технологий появились новые материалы, которые имеют улучшенные характеристики и способны более эффективно сохранять тепло. Один из таких материалов – пенополиуретан, который отличается высокой стойкостью к влаге, низкой теплопроводностью и долговечностью. Этот материал может наноситься в виде пены, что делает его удобным для использования даже в труднодоступных местах.

На сегодняшний день вопросы энергосбережения становятся всё более актуальными из-за ужесточающихся требований экологического законодательства и увеличивающейся стоимости энергоносителей. В этой связи одной из важных задач при проектировании новых зданий или реконструкции существующих является снижение тепловпотерь. Качественная теплоизоляция позволяет существенно сократить расходы на отопление и кондиционирование, а также уменьшить выбросы углекислого газа в атмосферу [2]. Сокращение тепловпотерь особенно важно для зданий в регионах с холодным климатом, где значительная часть энергии расходуется на поддержание комфортной температуры в помещении.

Современные технологии теплоизоляции предлагают множество решений для различных типов зданий и конструкций. Для стен и крыш активно используются панели с утеплителем на основе экструдированного пенополистирола или пенополиуретана. Такие панели обладают не только высокими теплоизоляционными свойствами, но и обеспечивают защиту от ветра и влаги, что делает их незаменимыми в строительстве малоэтажных домов и промышленных объектов. Ещё одним интересным решением является применение отражающих теплоизоляционных материалов, таких как фольгированные теплоизоляторы [3]. Они работают по принципу отражения теплового излучения, что позволяет уменьшить тепловпотери через стены, крыши и полы.

Не менее важную роль играет теплоизоляция окон и дверей. Современные стеклопакеты с энергосберегающими стёклами и специальными газонаполненными камерами значительно снижают утечку тепла через оконные проёмы. К тому же, использование качественных уплотнителей и специальных материалов для утепления

откосов и рам окон и дверей помогает предотвратить появление сквозняков и потерь тепла.

Важным фактором при выборе теплоизоляционного материала является его экологичность и безопасность для здоровья. Многие современные материалы разрабатываются с учётом минимизации воздействия на окружающую среду и человека. К примеру, минеральная вата, являющаяся одним из самых популярных теплоизоляционных материалов, производится из натуральных компонентов, таких как базальтовая порода, и не выделяет вредных веществ при эксплуатации. Также активно разрабатываются и применяются биоразлагаемые теплоизоляционные материалы, которые после окончания срока эксплуатации не оказывают негативного влияния на природу [4].

Современная теплоизоляция также включает в себя технологии термомодернизации старых зданий. С помощью специальных теплоизоляционных систем фасадов можно существенно улучшить теплоизоляционные характеристики зданий, которые были построены несколько десятилетий назад и не соответствуют современным стандартам по энергосбережению. Одним из таких методов является утепление фасадов с использованием навесных вентилируемых систем. Эти системы не только улучшают теплоизоляцию, но и придают зданию современный внешний вид, защищают его от атмосферных воздействий и продлевают срок службы строительных конструкций.

Отдельного внимания заслуживает вопрос теплоизоляции в промышленном строительстве и инженерных системах. Например, трубопроводы, по которым транспортируется горячая вода или пар, требуют качественной теплоизоляции, чтобы минимизировать теплопотери и предотвратить нагрев окружающих конструкций. Для этого применяются специальные изоляционные материалы, такие как стекловолокно или пенополиуретан, которые обладают высокой стойкостью к высоким температурам и долговечностью. Также стоит отметить, что качественная теплоизоляция инженерных систем способствует снижению эксплуатационных расходов и повышению общей энергоэффективности промышленных предприятий.

Современные исследования в области теплоизоляции направлены на разработку новых материалов с улучшенными характеристиками, а также на интеграцию теплоизоляционных решений в комплексные системы управления энергоресурсами зданий. Одним из перспективных направлений является применение нанотехнологий, которые позволяют создавать материалы с уникальными свойствами. Например, аэрогели – это материалы с чрезвычайно низкой плотностью и теплопроводностью, которые могут значительно уменьшить

теплопотери при минимальной толщине изоляционного слоя. В будущем такие материалы могут найти широкое применение не только в строительстве, но и в других отраслях, таких как автомобильная промышленность или космические технологии [5].

Стоит также отметить, что правильное применение теплоизоляции требует комплексного подхода. Недостаточно просто выбрать качественный материал – важно также правильно его установить и учесть все особенности конкретного объекта. Например, в некоторых случаях необходимо предусмотреть вентиляционные зазоры, чтобы избежать накопления влаги и последующего разрушения изоляционного слоя [6]. Кроме того, необходимо учитывать климатические особенности региона, где будет эксплуатироваться здание, так как разные материалы могут по-разному вести себя при различных температурных условиях.

Таким образом, современная теплоизоляция является неотъемлемой частью строительных и инженерных решений. Её правильное применение позволяет существенно сократить энергопотребление, повысить комфорт и продлить срок службы зданий и сооружений. С развитием технологий в этой области мы можем ожидать появления всё более эффективных и экологически безопасных решений, которые будут способствовать созданию более устойчивой и энергоэффективной инфраструктуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубаев П.А. Ключевые аспекты функционирования системы энергетического менеджмента в бюджетных учреждениях // Научные технологии и инновации: сб. докл. Междунар. научно-техн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. — Ч. 5. — С. 224-232.
2. Кузякина М.Г. Российский рынок теплоизоляции // Стройпрофиль. 2008. — № 6 (68). — С. 112-114.
3. Магомедов М.Н. Интегрированные автоматизированные системы управления производственными процессами / М.Н. Магомедов // Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ". — 2014. — № 1. — С. 80–83.
4. Рынок теплоизоляции: точка зрения ведущих компаний // Кровля. Фасады. Изоляция. 2007. — № 4. — С. 56-61.
5. Ковалев И.Н. Особенности оценки экономической эффективности долгосрочных инвестиций в энергосберегающие мероприятия // Энергосбережение. — 2013. — № 2. — С. 52-58.
6. Крамаренко А.В., Путилова М.Н. Возникновение онкологических заболеваний от воздействия минеральной ваты // Наука

и образование: новое время. 2017. — №2(19). — С. 1-4.

УДК 621.039.5

Раков А.Ю.

*Научный руководитель: Рязанцев О.А., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В РОССИИ

На современном этапе атомная энергетика занимает значительное место в глобальной энергетической системе. По всему миру функционируют сотни атомных электростанций. Россия является одной из ведущих стран в данной сфере. Обширные территории и богатые природные ресурсы нашей страны заставляют рассмотреть возможности использования АЭС. За последние десятилетия в России произошли важные изменения в атомной энергетике, которые связаны с модернизацией действующих и строительством новых АЭС. Эти преобразования нацелены на повышение надежности и безопасности работы атомных объектов, а также на минимизацию негативного влияния на природу [1]. В настоящее время в России активно работают 11 АЭС. На этих объектах эксплуатируется 37 энергоблоков разных поколений, как новых, так и старых. Общая мощность всех этих установок составляет 29,5 ГВт.

Типы атомных реакторов в России:

- РБМК (Реактор большой мощности канальный)
- ВВЭР (Водо-водяной энергетический реактор)
- РБН (Реактор на быстрых нейтронах)

Именно эти атомные реакторы используются в России на сегодняшний день.

Балаковская АЭС является крупнейшей АЭС в России по выработке электроэнергии – более 30 млрд кВт·ч ежегодно, что обеспечивает четверть производства электроэнергии в Приволжском федеральном округе и составляет пятую часть выработки всех АЭС России.

Так же среди АЭС России можно выделить плавучую атомную теплоэлектростанцию (ПАТЭС). Она нужна для того, чтобы обеспечить тепло и энергией Арктику и Дальний восток.

Реактор большой мощности канальный (РБМК). Серия ядерных реакторов для АЭС, придуманных и построенных в СССР. РБМК (рис. 1) представляет собой канальный, гетерогенный, графито - водный реактор

кипящего типа, работающий на тепловых нейтронах [2]. В таком реакторе топливом выступает двуокись урана, теплоносителем – вода, замедлителем реакции – графито-боровые стержни.

Такой реактор работает на основе цепной реакции деления ядер урана-235. В тепловыделяющей сборке идет деление ядер, в результате чего выделяются быстрые нейтроны. С помощью графито-боровых стержней быстрые нейтроны замедляются и превращаются в тепловые. Тепловые нейтроны продолжают цепную реакцию, сталкиваясь с другими атомами урана-235.

В процессе цепной реакции нейтронов выделяется тепло, которое нагревает теплоноситель, которым выступает вода, которая циркулирует по специальным технологическим каналам. Вода переходит в парообразное состояние. Этот пар начинает вращать турбину, которая подключена к электрогенератору. Тем самым вырабатывается электроэнергия, которая поступает городские энергосети. Пар конденсируется и возвращается в активную [3].

Первый энергоблок с реактором типа РБМК-1000 был введен в эксплуатацию в 1973 году на Ленинградской АЭС. В разные годы реакторы этого типа обеспечивали от 40% до 60% всей атомной энергии страны, и в настоящее время РБМК остаются одной из ключевых составляющих системы атомной электроэнергетики.

РБМК-1000 был изобретен для обеспечения высокой мощности и надежности. Однако, несмотря на свои преимущества, реакторы такого типа столкнулись с большим количеством проблем. Среди таких проблем можно выделить конструктивные недостатки и нарушения правил ядерной безопасности [4].

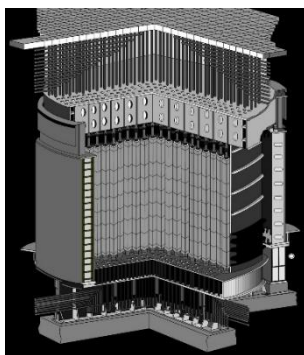


Рис.1 – РБМК – 1000

Водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР). Реактор ВВЭР (рис. 2) является одним из самых популярных и надежных типов ядерных реакторов в мире. Разработанный в Советском Союзе, этот реактор стал основным для большинства АЭС мира. В этом реакторе в качестве топлива используется низкообогащенный уран-235, а в качестве теплоносителя и замедлителя – вода под высоким давлением.

В конструкцию реактора типа ВВЭР входит два контура. В первом контуре находится сам реактор, четыре циркуляционных петли и регулятор давления пара. Циркуляция воды осуществляется с помощью насосов. В результате цепной реакции делений ядер урана, вода первого контура нагревается и передает свое тепло воде второго контура. Уже во втором контуре пар, находящийся под высоким давлением, вращает турбину, которая подключена к электрогенератору. В конце всего процесса, пар охлаждается за счет охлаждающих устройств. Сконденсированный пар переходит в жидкое состояние и возвращается во второй контур, для последующего нагрева [5].

Первый в России реактор типа ВВЭР ввели в эксплуатацию в 1964 году, на Нововоронежской АЭС. Реактор ВВЭР-210, стал серьезным шагом в развитии ядерной энергетики страны, обеспечивая надежное и эффективное производство электроэнергии.

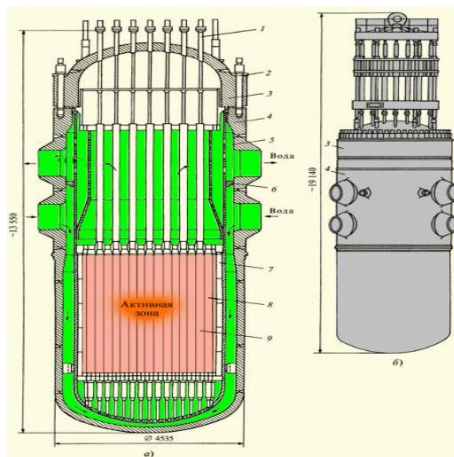


Рис.2 – ВВЭР-1000

Реакторы на быстрых нейтронах (РБН). Реакторы на быстрых нейтронах (рис. 3) - это уникальные ядерные реакторы, которые используют для цепной реакции ядер урана - быстрые нейтроны. В отличие от традиционных реакторов, которые работают на тепловых

нейтронах, быстрые нейтроны позволяют более эффективно использовать ядерное топливо и значительно уменьшить выделение радиоактивных отходов [6]. В данном типе реактора топливом является плутоний или уран-238. Теплоносителем является жидкий натрий. Замедлителя реакции в таком реакторе нет.

Первый энергоблок с реактором типа РБН был запущен в СССР в 1973 году. Это был БН-350, который проработал до 1999 года в Актау. В 1980 году на Белоярской АЭС был установлен второй энергоблок - БН-600, который на сегодняшний день успешно работает, выделяя электроэнергию. В 2015 году был запущен реактор нового поколения - БН-800, который также успешно эксплуатируется сегодня. Стоит отметить, что технология реакторов типа РБН, на сегодняшний день есть только в России.

В активной зоне реактора типа РБН проходит цепная реакция деления ядер урана, сопровождающаяся выделением тепловой энергии. Не замедляясь, быстрые нейтроны направляются к бланкетам – специальным устройствам, в которых находится отработавшее ядерное топливо. Чаще всего в бланкетах находится уран-238. В результате столкновения быстрых нейтронов с ураном-238, выделяется тепловая энергия и образуется плутоний-239.

Такой плутоний-239 можно извлечь химическим путем и использовать в качестве МОХ-топлива. Уже МОХ-топливо можно использовать в реакторах как на тепловых, так и на быстрых нейтронах. Таким образом, реализуется замкнутый топливный цикл.



Рис.3 – БН-800

Ядерные реакторы играют важную роль в обеспечении энергетической безопасности России. Развитие атомной энергетики позволяет диверсифицировать источники энергии, снизить зависимость от ископаемого топлива. Современные российские ядерные реакторы

надежны и безопасны и обеспечивают стабильную выработку электроэнергии при минимальном воздействии на окружающую среду.

В разработке и эксплуатации инновационных ядерных реакторов, таких как ВВЭР, БН и РБМК, Россия занимает лидирующее место. Эти достижения - результат многолетних научных исследований и инженерных разработок российских специалистов.

В заключение следует отметить, что развитие атомной энергетики в России продолжается, и в ближайшие годы планируется ввод в эксплуатацию новых АЭС. Это будет способствовать сокращению выбросов парниковых газов, повышению энергоэффективности и экономики страны.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Володченко А.Н. Контейнерная технология утилизации твердых радиоактивных отходов АЭС / В.И. Павленко, Р.Н. Ястребинский, А.Н. Володченко [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2013. – № 5. – С. 165-169.

2. Шелегов А.С. Физические особенности и конструкция реактора РБМК-1000: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ/ А.С. Шелегов, С.Т. Лескин, В.И. Слободчук – 2011. – С. 3.

3. Гурачевский В.Л. Введение в атомную энергетику. Чернобыльская авария и ее последствия / В.Л. Гурачевский. – Минск : Институт радиологии, 2014. – С. 62.

4. Енговатов И.А. Минимизация радиоактивных отходов при выводе из эксплуатации атомных станций новых поколений / И.А. Енговатов, Д.К. Синюшин // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. - 2017. - № 10. - С. 45-51.

5. Камерон И. Ядерные реакторы / И. Камерон ; перевод с англ. В.Л. Блинкина ; под ред. В.М. Новикова. — Москва : Энергоатомиздат, 1987. – С. 210.

6. Балошин Ю.А. Физические основы ядерной энергетики. Учебное пособие. Часть I. – Ю.А. Балошин, Ю.П. Заричняк, М.В. Успенская. – СПб: Университет ИТМО. - 2015. – С. 37.

Удовиченко В.М.

Научный руководитель: Стадникова С.В., канд. техн. наук, доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова г. Белгород, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОТРАСЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Целью научной работы является анализ критериев оценки эффективности применения цифровых технологий в области электроэнергетики.

Сегодня отрасль электроэнергетики решает глобальные технические задачи, такие как переходные процессы, создание цифровой подстанции с возможностью перехода от рынка аппаратных платформ к рынку ПО, так же создание интеллектуальной сети Smart Grid. С целью решения поставленных задач в энергетической системе активно используются автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП). Эта система включается в себя часть подсистем, таких как подсистема релейной защиты и автоматики (РЗА), автоматизированную систему контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ), регистраторы аварийных событий (РАС), систему мониторинга и диагностики силового оборудования, систему сбора и передачи данных [1]. В этой статье рассматривается процесс проектирования автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии, особенности её функционирования и перспективы развития области цифровой электроэнергетики.

АСКУЭ является частью комплекса автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП). Эта система представляет собой совокупность технических и программных средств для автоматизированного дистанционного измерения, сбора, передачи, хранения, накопления, обработки, анализа, отображения и документирования результатов потребления электроэнергии в территориально распределенных точках учета, расположенных на объектах энергоснабжающей организации и (или) потребителей.

АСКУЭ выполняет ряд функций, которые определяют ее место в энергосистеме: учет потребления электроэнергии с высокой точностью, используя соответствующие технические средства с высоким классом точности; сбор и хранение данных о потребленной электроэнергии; ведение единого системного времени с возможностью его

корректировки; передачу полученных данных на другие информационные уровни; анализ и выработку управляющих воздействий на другие технические средства [2].

Структура АСКУЭ состоит из двух уровней: верхний и нижний. Верхний уровень представляет собой совокупность операторной станции, сервера сбора и информационно-вычислительного комплекса. Зачастую в электроэнергетике операторная станция представляет собой SCADA-систему, сервер сбор- аппаратное обеспечение для хранения и обработки данных, информационно-вычислительный комплекс представляет собой обычный ПК со специализированным программным обеспечением. Интерфейс АСКУЭ в SCADA системе представлен на рисунке 1.

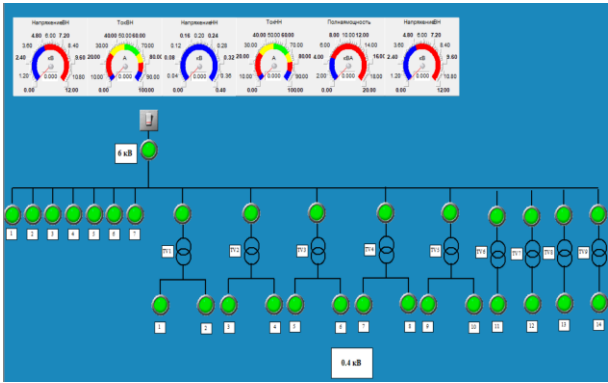


Рис. 1 – Интерфейс SCADA-системы TRACE MODE

Нижний уровень обеспечивает измерение физических величин и преобразование их в информационные сигналы, в него входят информационно-измерительный комплекс, в который входят устройства сбора и передачи данных (УСПД). Функциональная схема АСКУЭ представлена на рисунке 2.

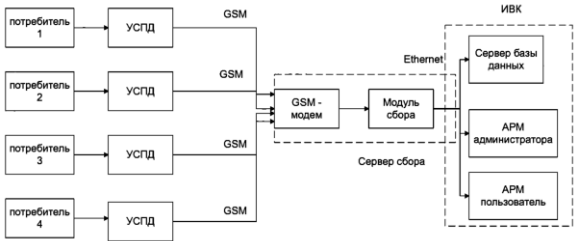


Рис. 2 – Функциональная схема АСКУЭ

Сейчас в сфере электроэнергетики широко применяются цифровые технологии передачи данных. Основной проблемой цифровой передачи данных является возникновение помех в линиях связи.

Одной из основных функций автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии является передача данных по каналам связи, сейчас сигналы, передаваемые в линиях связи носят цифровой характер, поэтому передаваемая информация более передаваться на большие расстояния с минимальным искажением. Но современная передача цифровых данных по каналам связи не безупречна, вследствие роста затухания сигнала, электромагнитный шум, эффекта нелинейности, многосторонняя передача данных. Борьба с ошибкой передачи данных является значимой для цифровой электроэнергетики проблемой, поскольку ошибки передачи данных приводят к уменьшению мощности линии связи. На рисунке 3 представлена структурная схема системы связи в АСКУЭ, на рисунке 4 приведена форма цифрового сигнала на входе приемника.

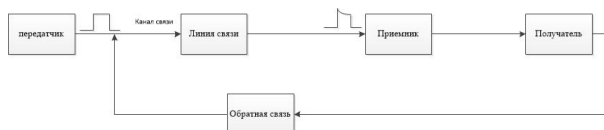


Рис. 3 – Структурная схема системы связи

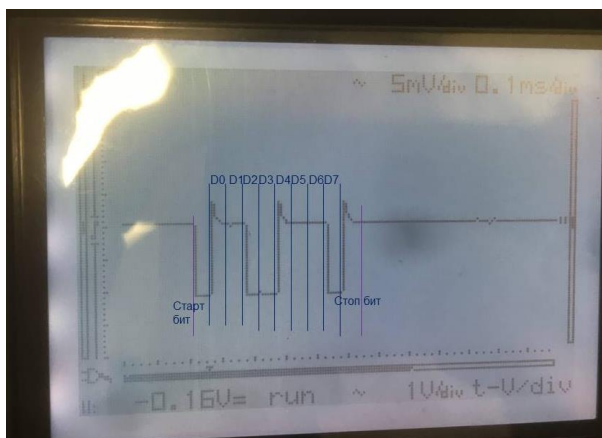


Рис. 4 – Цифровой сигнал на входе приемника

Для того чтобы исключить ошибку передачи данных возникающие из-за эффекта нелинейности достаточно будет использовать линейные компоненты, применить компоненты, которые работают в линейном режиме. Такое решение минимизирует нелинейные искажения. Так же возможна цифровая обработка сигналов, использование алгоритмов цифровой обработки сигналов может помочь в фильтрации нелинейных искажений. Алгоритмы могут быть настроены для обнаружения и коррекции искажений в реальном времени.

Наиболее эффективный метод устранения ошибки вследствие многосторонней передачи данных является использование адаптивных алгоритмов управления. Эти алгоритмы могут динамически регулировать объем передаваемой информации, чтобы предотвратить перегрузку сети или устройства и минимизировать искажения данных.

Так же зачастую ошибки в передаче цифровой информации возникают из-за затухания сигнала. Чтобы компенсировать амплитуду сигнала лучше всего использовать усилители. Усилители сигнала могут быть установлены в разных точках передачи для повышения уровня сигнала. Это может включать линейные усилители и повторители, которые обеспечивают необходимую мощность сигнала на различных участках пути [3].

Нейтрализация ошибок в системе АСКУЭ дает возможность более широкого внедрения этих систем в электроэнергетической промышленности, вследствие чего улучшается оперативность управления потоками энергии на объекте, передача данных, получение данных об объекте. Внедрение АСКУЭ дает возможность интеграции энергосистемы с «умными» технологиями, что позволяет улучшить управление сетью и повысить надежность системы. Так же с более полномасштабным применением цифровых технологий передачи данных будет возможно создать полностью цифровые подстанции, вследствие чего будет, возможен переход к концепции Smart Grid.

Но внедрение системы контроля и учета электроэнергии имеет свои проблемы. Можно выделить ряд базовых технических, материальных и регуляторных проблем внедрения, к техническим можно отнести проблемы: совместимость систем; качество передачи данных, к материальным можно отнести проблему высоких материальных затрат на монтаж оборудования АСКУЭ, нехватка квалифицированного персонала и сложности с финансированием, компании могут столкнуться с трудностями в привлечении достаточных средств для внедрения системы [4].

В заключении следует сказать, что перспектива увеличения цифровых технологий передачи данных в области электроэнергетики

окажет положительное влияние поскольку упрощение доступа к информации способствует более быстрому принятию решений, увеличение автоматизации работы предприятий, возможность внедрения искусственного интеллекта, позволит значительно снизить риски ошибок в работе персонала и некорректной работе оборудования. В целом увеличение цифровых технологий передачи данных создает новые возможности и улучшает функциональность в отрасли электроэнергетики, что в свою очередь, способствует усилению экономики государства, и улучшению качества жизни граждан.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обучающий интернет-сайт «Хабр - Цифровая энергетика» [Электронный ресурс]- Режим доступа URL: <https://habr.com> (дата обращения: 28.09.2024)
2. Разинка А.В., Чуев А.В. Автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии [Текст] / Разинка А.В., Чуев А.В. – Б: БГТУ, 2018 - 96 с.
3. Ивлев Д.Н. Цифровые каналы передачи данных. Учебно-методическое пособие [Текст] / Ивлев Д.Н. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. – 53 с.
4. Стадникова С. В. Экономика энергетики: учебное пособие для студентов С. В. Стадникова - Белгород: Издательство БГТУ им В. Г. Шухова, 2018 -С.178

УДК 621.65.01

Фархетдинова Л.Р., Хабибуллин А.В., Польгун Я.Н.

Научный руководитель: Мостовенко Л.В., канд. техн. наук., доц.

Нижегородский государственный университет, г. Нижневартовск, Россия

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ НАСОСОВ В ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НА УВЕЛИЧЕНИЕ НАПОРА

В процессе работы для достижения нужной высоты напора в системе может понадобиться не один, а связка насосов для достижения определенных характеристик воды в системе. В таком случае допустимо использование нескольких насосных устройств, работающих параллельно или последовательно. Каждая взаимосвязь удваивает один из двух параметров: расход или давление. В учебных пособиях распространено представление, что при последовательном

подключении количество напора станет больше. Однако, данная статья берет во внимание анализ фактора КПД, изменения подпора давления на входе во второй насос. Уточняется качество работа аппаратов в связке и надежность системы.

Схема последовательного соединения.

Для устройств, имеющих идентичные параметры мощности, расходной и напорной характеристик, предусмотрена пошаговая интеграция насосов. Если же не брать в учет подобную схему сборки, то велика вероятность возникновения аварийной ситуации. Связка насосов разных характеристик недопустима, чтобы не было перетоков.

Связка двух насосов для достижения определенных характеристик допускает лишь одновременное их включение в общую цепь. При выходе из строя одного из насосов в системе возникает повышенное сопротивление, что может стать причиной нарушения нормального функционирования всей установки. Для предотвращения подобных происшествий вводятся байпасы с обратными клапанами.

Расстояние между насосами при последовательном соединении не регламентируется. Из явных недостатков подобных схем с расположением насосов на близком расстоянии считается кавитация (достижение потоков давления насыщения, с последующим всхлapyиванием пузырьков в потоке).

При взаимодействии насосов друг с другом, в случае некорректного использования, может возникнуть сбой в работе всей системы оборудования. Чтобы избежать непредвиденных ситуаций, критически важно контролировать максимальные показатели давления в каждом насосе, чтобы их суммарная величина не превышала допустимых параметров самого мощного из них.

В конфигурации, где насосы подключены последовательно, крайне важно обеспечить оптимальную конфигурацию трубопроводов. Рекомендуются минимизировать количество изломов, поворотных участков и соединений, чтобы предотвратить возможные проблемы в работе системы.

Условия для последовательного подключения:

- сократить время на выход аппаратов на номинальные параметры работы;

- при задании определенного давления при регулировании частотой оборотов важно понимать, что номинал работы не достижим из-за учета гидравлического КПД;

- пара аппаратов должны быть идентичны друг другу по развиваемым характеристикам;

- компактная схема расположения насосов друг по отношению к

другу в приоритете с точки зрения экспертов, несмотря на возможное достижение кавитации.

Последовательное соединение используется для увеличения напора, а не производительности. Такое расположение насосов в гидравлической системе приводит к увеличению напора, если один насос не может создать требуемое давление.

При последовательном подключении важно учитывать также и мощность двух агрегатов. Если не предусмотреть этот параметр, оборудование может выйти из строя. Это связано с неравномерной работой системы, введенной в пуск на разных частотах оборотов.

Также необходимо проверить максимальные располагаемые параметры давления всех насосов. Общее давление не должно быть больше показателей самого насоса. Ограничением в этом вопросе выступает сам материал, из которого были выполнены насосы (а также это касается и уплотнителей в системе).

При последовательном расположении насосов в гидравлической системе напор увеличивается благодаря комбинированному действию каждого насоса. Когда насосы располагаются последовательно, выходной поток первого насоса направляется на вход следующего насоса, увеличивая давление и напор жидкости в системе.

У последовательно расположенных насосов увеличивается напор вдвое, у параллельно расположенных - вдвое увеличивается расход. С учетом того, что оба насоса одновременно работают.

Особенность в том, что при последовательном расположении возникают дополнительно гидравлические потери, и удвоение напора возможно лишь в теории.

При последовательном расположении насосов гидравлические потери возникают по тем же причинам, что и в любом другом гидравлическом контуре, но с некоторыми особенностями:

Основные причины гидравлических потерь:

- Потери на трение по длине: возникают из-за трения жидкости о стенки труб на прямых участках трубопровода. Увеличиваются с увеличением длины трубопровода, шероховатости стенок труб и скорости потока.

- Местные потери: связаны с изменением направления или скорости потока, а также с прохождением жидкости через различную трубопроводную арматуру. Примеры: повороты, сужения и расширения трубопровода, вентили, клапаны, фильтры.

- Потери напора в насосах: обусловлены гидравлическим сопротивлением проточной части насоса.

Особенности при последовательном расположении насосов:

- Суммирование потерь: потери напора на каждом участке трубопровода и в каждом насосе суммируются, что приводит к общему увеличению потерь в системе.

- Влияние режима работы: режим работы каждого насоса (производительность, напор) влияет на гидравлические потери во всей системе. Неравномерная работа насосов может привести к увеличению потерь.

- Сложность регулирования: регулирование параметров потока в системе с последовательным расположением насосов может быть затруднено.

Для минимизации гидравлических потерь:

- Используйте трубопроводы с минимальной шероховатостью.
- Оптимизируйте конфигурацию трубопровода, минимизируя количество поворотов, сужений и другой арматуры.
- Обеспечьте согласованную работу насосов.
- Регулярно проводите очистку трубопроводов и обслуживание насосов.

Таким образом, при использовании последовательной схемы соединения нескольких насосов особое внимание необходимо уделить рабочему давлению последующего насоса. Оно должно быть достаточно высоким, чтобы выдержать давление, создаваемое предыдущим насосом, которое добавляется к первоначальному давлению. Общая суммарная нагрузка не должна превышать максимально допустимое рабочее давление последующего насоса. Данные о максимальном рабочем давлении можно найти в справочниках производителей или в технических документах на конкретные насосы. Этот параметр включает в себя оценку прочности корпуса, уплотнительных колец и торцевого уплотнения.

Также следует принять во внимание характеристики запорной арматуры, которая используется в системе, поскольку она может испытывать гидравлические удары и должна обладать повышенной стойкостью. Трубопроводы, которые соединяют насосы в последовательной схеме, должны быть спроектированы с минимумом соединений и резких изгибов. При соединении насосов последовательно их напоры суммируются.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елин В.М. и др. Насосы и компрессоры /Елин В.И., Солдатов К.Н., Соколовский С.М., - 2-е изд., перераб. и доп. - М: Гостоптехиздат, 1960. - 398 с.

2. Башта Т.М., Гидропривод и гидропневмоавтоматика. - М.: Машиностроение, 1972. - 320 с.
3. Беззубов А.В., Насосы. Справочник рабочего. - М: Недра, 1986. - 224 с.
4. Дурнов П.И., Насосы и компрессоры. - М: Машгиз, 1960. - 938 с.
5. Промышленные насосы сайт официального представителя в России - / [Электронный ресурс] //: [сайт]. — URL: <https://www.cnp-center.ru>
6. Трубаев П.А. Методы автоматизации управления энергоэффективной работой насосов и насосных установок. Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова, 2015. – №2. – URL: <https://cyberleninka.ru>

УДК 696.43

Чесняк А.В.

*Научный руководитель: Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия*

ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ С НЕЗАВИСИМЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ: СПОСОБЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ

Переход с зависимой схемы присоединения отопительных установок абонентов к тепловым сетям на независимую наиболее актуален для крупных городов, имеющих абонентов с разнородной тепловой нагрузкой и при значительной протяженности тепловой сети.

Тепловые сети играют ключевую роль в обеспечении комфортных условий проживания и работы в городских и промышленных зонах. Традиционные системы теплоснабжения часто основаны на централизованном регулировании, где потребители не имеют возможности самостоятельно управлять потреблением тепла. Однако с развитием технологий и повышением требований к энергоэффективности все большее внимание уделяется внедрению тепловых сетей с независимым регулированием.

Независимое регулирование в тепловых сетях позволяет каждому потребителю самостоятельно контролировать параметры теплоснабжения, такие как температура и расход теплоносителя. Это достигается посредством установки индивидуальных тепловых пунктов и автоматизированных систем управления. Такой подход обеспечивает более рациональное использование энергоресурсов и повышает комфорт для конечных пользователей [1].

Одним из способов внедрения независимого регулирования является установка индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) в каждом здании или даже в отдельных квартирах. ИТП оснащены современными средствами автоматизации, которые позволяют регулировать подачу тепла в соответствии с текущими потребностями [2]. Это особенно актуально в условиях переменных климатических условий и различий в графиках потребления тепла разными потребителями.

Кроме того, внедрение систем погодозависимого регулирования способствует повышению эффективности теплоснабжения. Такие системы учитывают внешние климатические условия и автоматически корректируют параметры работы тепловых пунктов. Это позволяет снизить перерасход энергии в теплые дни и обеспечить достаточное отопление в холодные периоды.

Использование современных технологий передачи данных и телеметрии также играет важную роль в реализации независимого регулирования. Системы дистанционного мониторинга и управления позволяют оперативно получать информацию о состоянии тепловых сетей и своевременно реагировать на отклонения от заданных параметров. Это способствует повышению надежности и снижению эксплуатационных затрат.

Одним из ключевых элементов в реализации независимого регулирования является применение высокоэффективных теплообменников и насосного оборудования. Современные теплообменные аппараты обеспечивают эффективную передачу тепла при минимальных потерях, что особенно важно при индивидуальном регулировании потребления. Использование регулируемых насосов с частотным приводом позволяет адаптировать подачу теплоносителя в соответствии с текущей потребностью, что дополнительно снижает энергопотребление системы.

Важную роль играет также внедрение интеллектуальных систем управления и автоматизации. Применение программируемых логических контроллеров и специализированного программного обеспечения позволяет создавать сложные алгоритмы регулирования, которые учитывают не только внутренние параметры здания, но и внешние факторы, такие как прогноз погоды и тарифы на энергоресурсы [3]. Это открывает возможности для оптимизации работы системы в реальном времени.

Опыт ряда европейских стран показывает эффективность такого подхода. В странах Скандинавии и Западной Европы широко распространены системы теплоснабжения с независимым регулированием, которые доказали свою экономическую

целесообразность и экологическую эффективность. Например, в Дании внедрение таких систем позволило значительно сократить потребление ископаемых видов топлива и снизить выбросы CO₂.

Преимущества внедрения тепловых сетей с независимым регулированием очевидны. Во-первых, это повышение энергоэффективности. Возможность точной настройки параметров теплоснабжения позволяет снизить потери тепла и оптимизировать расход энергоресурсов. Во-вторых, это увеличение комфорта для потребителей. Каждый пользователь может самостоятельно устанавливать комфортную для него температуру, не завися от общих настроек системы.

Также стоит отметить экономическую выгоду от внедрения таких систем. Снижение затрат на энергоносители и эксплуатацию оборудования приводит к уменьшению расходов для предприятий теплоснабжения и конечных потребителей. Кроме того, повышение эффективности использования ресурсов способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду за счет сокращения выбросов парниковых газов.

Основной недостаток зависимой схемы — это невозможность пропорционального регулирования тепловой мощности, так как при не изменяющемся диаметре отверстия соплового аппарата он имеет постоянный коэффициент смещения, а процесс регулирования предполагает возможности изменения этой величины. Помимо этого, давление в абонентской установке зависит от давления в тепловой сети.

При переходе на независимую схему присоединения удастся избежать ряд недостатков присущих зависимой схеме. При этом давление в местной системе не зависит от давления в тепловой сети, тем самым отсутствует жесткая гидравлическая связь тепловой сети с нагревательными приборами абонентских установок, т. е. увеличивается гидравлическая устойчивость всей системы. Кроме этого, снижаются утечки сетевой воды, появляется возможность их контроля и обнаружения в процессе эксплуатации.

Однако при внедрении тепловых сетей с независимым регулированием возникают и определенные сложности. Одной из основных проблем является необходимость модернизации существующих сетей, которые часто не рассчитаны на работу в новых режимах. Это может потребовать существенных капитальных вложений и проведения масштабных ремонтных работ.

Кроме того, существует необходимость в повышении квалификации персонала. Обслуживание и эксплуатация современных автоматизированных систем требует специальных знаний и навыков.

Поэтому важно предусмотреть программы обучения и переподготовки специалистов в сфере теплоснабжения.

Еще одним аспектом является информирование и вовлечение конечных потребителей. Успех внедрения во многом зависит от того, насколько активно потребители будут использовать возможности независимого регулирования. Проведение информационных кампаний и предоставление рекомендаций по энергоэффективному поведению могут значительно повысить эффективность системы в целом.

С точки зрения экономического обоснования проектов по внедрению независимого регулирования, важно проводить детальный анализ затрат и ожидаемых выгод [4]. В некоторых случаях может потребоваться привлечение инвестиций или использование механизмов государственно-частного партнерства. Также возможно применение различных финансовых инструментов, таких как льготное кредитование или субсидии на энергосберегающие технологии.

В перспективе развитие тепловых сетей с независимым регулированием способствует достижению целей устойчивого развития и энергетической безопасности. Это соответствует современным тенденциям в области энергосбережения и использования возобновляемых источников энергии. Интеграция таких систем с другими элементами умной городской инфраструктуры, например, с системами управления энергией в зданиях, создает дополнительные возможности для оптимизации энергопотребления на уровне всего города.

Необходимо учитывать и технические аспекты внедрения независимого регулирования. Это требует инвестиций в модернизацию существующей инфраструктуры, установку дополнительного оборудования и обучение персонала [5]. Однако долгосрочные преимущества, связанные с экономией ресурсов и повышением качества услуг, оправдывают первоначальные затраты.

Важным фактором успешного внедрения является также нормативно-правовая база и поддержка со стороны государственных органов. Разработка стандартов и рекомендаций по проектированию и эксплуатации тепловых сетей с независимым регулированием способствует распространению передового опыта и стимулирует инвестиции в эту область.

Подводя итог, можно сказать, что тепловые сети с независимым регулированием представляют собой перспективное направление развития системы теплоснабжения. Их внедрение требует комплексного подхода, учитывающего технические, экономические и социальные аспекты. Преимущества, связанные с повышением

энергоэффективности, улучшением качества услуг и снижением экологической нагрузки, делают такие системы привлекательными для инвестиций и развития. Переход к независимому регулированию является важным шагом на пути к устойчивому и эффективному теплоснабжению, который отвечает современным требованиям общества и способствует улучшению качества жизни.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихомирова Т.И., Щетинин Н.А. Экологические вопросы использования альтернативных источников энергии // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. научнотехн. конф. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – С. 135-137.

2. Самигуллин Р.Р., Самигуллина А.Р., Низамов И.И., Ахмерова Г.М. Внедрение ИТП для энергоэффективности и энергосбережения в сфере жилищно-коммунального хозяйства. Тенденции развития науки и образования. — 2018. — № 44-6. — С. 55-56.

3. Гришан А.А. Эволюция систем централизованного теплоснабжения: синергетический подход / Б.В. Гусев // Промышленное и гражданское строительство. — 2009. — № 2. — С. 36-39.

4. Потапенко, А.Н. Датчики и регуляторы в системах теплоснабжения: учебное пособие / А.Н. Потапенко — Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. — 251 с.

5. Власова А.А., Тарасюк П.Н., Трубаев П.А. Анализ структуры выработки и потребления тепловой энергии в России // Образование, наука, производство. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2015. — С. 2929-2935.

Оглавление

Аветисян А.С.

КОМБИНИРОВАННЫЕ ВЕТРОГЕНЕРАТОРЫ И МИНИ-РЕАКТОРЫ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В ОТРАСЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ (ENERGYTECH) 3

Барашков И.А.

УВЕЛИЧЕНИЕ КПД ПАРОТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОПOTЕРЬ С УХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ 7

Гюльзадян Л.М.

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И САМОДОСТАТОЧНОСТИ..... 11

Егоров Я.Д., Мандрыгин К.В.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ 15

Куйович Михаил

ЗАЩИТНОЕ ШУНТИРОВАНИЕ КАК СПОСОБ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЧЕРНОГОРИИ... 19

Маховицкий В.Г.

СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ АККУМУЛИРОВАНИЯ..... 25

Московкин Д.Н.

ВОЗМОЖНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ РЕДУКТОРА В КОНСТРУКЦИЮ ВЕТРОГЕНЕРАТОРА СОВМЕЩЕННОЙ СХЕМЫ ДОРЬЕ-САВВОНИУСА 30

Палиенко Н.И.

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF THERMAL POWER. ENGINEERING BASED ON ENERGY AND BOILERS	33
Палиенко Н.И.	
СОВРЕМЕННАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ	36
Раков А.Ю.	
АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В РОССИИ	40
Удовиченко В.М.	
ПЕРСПЕКТИВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОТРАСЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	45
Фархетдинова Л.Р., Хабибуллин А.В., Польшун Я.Н.	
ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ НАСОСОВ В ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НА УВЕЛИЧЕНИЕ НАПОРА	49
Чесняк А.В.	
ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ С НЕЗАВИСИМЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ: СПОСОБЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ.....	53