

Л.И. ЧУБРАЕВА, АН.Л. РОНЖИН, А.В. ШИШЛАКОВ, АЛ.Л. РОНЖИН,
В.Ф. ШИШЛАКОВ
**КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ
ЗАЩИЩЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ
ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Чубраева Л.И., Ронжин Ан.Л., Шишлаков А.В., Ронжин Ал.Л., Шишлаков В.Ф. **Концепция построения интеллектуальных защищенных систем управления для объектов децентрализованной энергетики.**

Аннотация. Рассматриваются вопросы повышения энергоэффективности электроэнергетических комплексов децентрализованной энергетики со сверхпроводниковым оборудованием за счет использования интеллектуальной защищенной диалоговой системы автоматического управления, выполняющей адаптацию комплекса к режимам работы, а также внешним возмущающим воздействиям и проводящей биометрический контроль доступа операторов.

Ключевые слова: сверхпроводниковое оборудование, электроэнергетический комплекс, диалоговая защищенная система, биометрическая идентификация личности, распознавание лиц, обобщенный метод Галеркина, интеллектуальное управление.

Chubraeva L.I., Ronzhin An.L., Shyshlakov A.V., Ronzhin Al.L., Shyshlakov V.F. **The concept of development of intelligent protected control systems for objects of decentralized energetics.**

Abstract. The issues of energy efficiency of decentralized power complexes with superconducting equipment through the use of intelligent protected dialogue system for automatic control, which performs the adaptation to the complex modes of operation, external perturbations and conducting biometric access control of operators, are considered.

Keywords: superconducting equipment, electric power complex, interactive secure system, biometric identification, face detection, generalized Galerkin method, intelligent control.

1. Введение. Проблемы повышения энергоэффективности и энергосбережения на этапах выработки, транспортировки и потребления энергии являются одними из самых актуальных для современной науки и техники. Основные направления решения проблемы можно разделить на две крупные группы: разработка энергоэффективных элементов и устройств и построение эффективных алгоритмов функционирования электроэнергетических комплексов.

В рамках первой группы основные научные исследования и опытно-конструкторские разработки направлены на повышение энергоэффективности за счет: снижения потерь и повышения коэффициента полезного действия электроэнергетических и электромеханических элементов и устройств традиционного исполнения путем применения новых конструкций и материалов; разработки и создания энергоэффективных устройств нетрадиционного исполнения, работающих на

основе эффекта сверхпроводимости; развитие возобновляемой энергетики.

Усилия второй группы научных исследований связаны с разработкой методов синтеза алгоритмов управления сложными существенно нелинейными многорежимными электроэнергетическими объектами, позволяющими повысить энергоэффективность систем и комплексов путем оптимизации режимов работы, а также обеспечить работу в защищенном диалоговом режиме.

Как показывают технико-экономические оценки и маркетинговые исследования, именно высокоэффективные многофункциональные электроэнергетические системы и комплексы децентрализованной энергетики с интеллектуальным управлением в ближайшее время будут широко востребованы энергетикой, промышленностью и другими потребителями.

В настоящее время в ведущих странах мира (США, Япония, Австралия, Германия, Нидерланды, Франция, Италия, Великобритания, Китай и др.) выполняется большой объем теоретических и экспериментальных работ по созданию новых типов устройств для возобновляемой энергетики, в том числе содержащих элементы, работающие с использованием эффекта сверхпроводимости.

В области разработки и создания сверхпроводниковых комплексов можно отметить значительные успехи фирм, занимающиеся ветроэнергетическими установками: American Superconductor Corporation (AMSC), TECO-Westinghouse Motor Company (TWMC), General Electric, Advanced Magnet Lab, Boulder Wind Power, Clipper Windpower, Dehlsen Associates, GE Global Research, National Renewable Energy Laboratory, Zenergy Power и Converteam (бывшая ALSTOM Power Conversion), IEE (Пекин), но при этом ни одна из них не реализует комплексный подход к решению задач повышения энергоэффективности и энергосбережения.

Значительное место в вопросах повышения эффективности и надежности электроэнергетических систем и комплексов занимает человеческий фактор, который остается одной из главных проблем в управлении сложными техническими объектами. Автоматизация процесса аварийного отключения объекта управления, а также проверка личности оператора и мониторинг его текущего состояния – это две в равной степени важные задачи. Использование бесконтактных средств верификации операторов и проверки их состояния в ходе управления объектом позволит своевременно определить экстренные ситуации и записать поведение операторов. Перераспределение функций между автоматической системой управления и операторами, удаленно сопро-

вождающими эксплуатацию объекта, является одним из вариантов повышения качества работы операторов. Для решения этой задачи необходима, в том числе, разработка методов и мобильных средств, отличающихся адаптивностью к вычислительным, сетевым, интерфейсным возможностям устройств операторов.

В электроэнергетических системах и комплексах, в том числе в децентрализованной энергетике, широко используются линейные регуляторы, ориентированные на управление в окрестности некоторой рабочей точки (аналоговые ПИД-регуляторы). В последние годы происходит постепенное внедрение интеллектуальных регуляторов на базе нечеткой (fuzzy control), нейронной (neural control) или нейро-нечеткой (neurofuzzy) технологии, которые служат эффективной заменой традиционным регуляторам. Основным смыслом этого инновационного процесса заключается в том, что интеллектуальный регулятор позволяет описать нелинейный закон управления, расширяющий рабочий диапазон и улучшающий показатели качества переходных процессов.

Вместе с тем, в настоящее время отсутствуют универсальные методики синтеза интеллектуальных регуляторов, поскольку их конструирование требует обработки знаний о поведении сложного объекта, извлечение которых основано на широком использовании имитационных процедур и методов глобальной оптимизации. Интеллектуальный регулятор может быть реализован на базе современных контроллеров, обладающих высокими вычислительными возможностями, что в сочетании с их низкой стоимостью позволяет эффективно реализовывать систему управления.

Очевидно, что проблема повышения энергоэффективности носит ярко выраженный междисциплинарный характер и требует системного подхода по привлечению специалистов различных областей знаний, поскольку успехи в одном из направлений исследований не дают возможность в полной мере обеспечить ее комплексное решение.

В рамках разрабатываемой концепции предлагается обеспечить повышение эффективности электроэнергетических комплексов децентрализованной энергетике со сверхпроводниковым оборудованием путем использования интеллектуальной защищенной диалоговой системы автоматического управления, обеспечивающей адаптацию комплекса к режимам работы и внешним возмущающим воздействиям и распределением вычислительных ресурсов между постом центрального управления и мобильными устройствами.

Многофункциональный электроэнергетический комплекс относится к новому поколению экологически безопасного оборудования децентрализованной энергетике, значительно повышающего качество

жизни населения за счет снижения техногенной нагрузки на окружающую среду и повышения надежности энергоснабжения.

Новизна поставленной задачи заключается в разработке и создании интеллектуальной защищенной диалоговой системы управления многофункциональными электроэнергетическими комплексами для возобновляемой энергетики нового поколения с улучшенными экологическими и технико-экономическими показателями (экономия до 10% первичных ресурсов, до 20-25% энергозатрат в процессе производства). Кроме того, новизна задачи связана как с решением фундаментальных проблем человеко-машинного взаимодействия и разработкой сверхпроводниковых электроэнергетических комплексов нового поколения, так и с выявлением новых научных аспектов, возникающих при проектировании бесконтактных средств верификации операторов и удаленного экспертного сопровождения работы многофункциональных электроэнергетических комплексов.

2. Автономная электроэнергетическая установка со сверхпроводниковым оборудованием. В качестве объекта управления рассматривается комбинированная солнечно и ветроэнергетическая установка (СВУ), которая была создана в научно-исследовательский институт инновационных технологий в электромеханике и энергетике ГУАП в рамках выполнения нескольких государственных контрактов Министерства образования и науки Российской Федерации [1-3].

В состав данного комплекса входят сверхпроводниковый синхронный ветрогенератор мощностью 5 кВт, сверхпроводниковые силовые регуляторы тока (сверхпроводниковые индуктивные накопители энергии (СПИН) и сверхпроводниковые ограничители тока (СОТ)), а также солнечная батарея. Все сверхпроводниковые элементы и устройства комплекса созданы с использованием высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП).

ВТСП устройства, входящие в состав электроэнергетической установки имеют определенные специфические особенности физики функционирования. С точки зрения динамических процессов и построения алгоритма управления ВТСП генератор является существенно более сложным элементом системы, чем генераторы традиционного исполнения с обмотками из меди. Данное обстоятельство обусловлено следующими аспектами.

Во-первых, в процессе работы генератора (при изменении параметров нагрузки) сверхпроводниковая обмотка не должна переходить в резистивное состояние, поскольку в случае этого перехода ее сопротивление резко увеличивается, что может привести к выходу генератора из строя. Причиной такого перехода, в частности, может стать рез-

кое изменение скорости нарастания тока в ВТСП обмотке при скачках нагрузки. Поэтому переход ВТСП обмотки в так называемое «нормальное» состояние с точки зрения построения алгоритма управления должен рассматриваться как аварийный режим работы электроэнергетического комплекса.

Во-вторых, переход сверхпроводящей обмотки в резистивное состояние может произойти не только в случае перегрузок со стороны потребителя, но и при ухудшении условий охлаждения, что для погружной электрической машины, прежде всего, может быть связано с расходом хладагента. Расход хладагента должен контролироваться системой автоматического управления (САУ) и при уменьшении уровня ниже критического значения САУ должна обеспечивать подачу хладагента в генератор.

Для обеспечения надежной работы и решения задач энергоэффективности, интеллектуальная система должна иметь три контура управления (рис. 1).

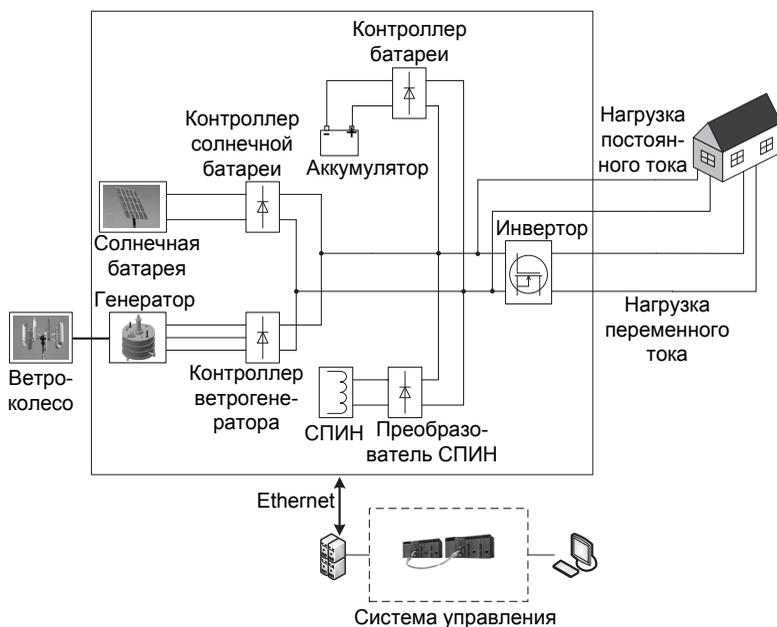


Рис. 1. Структурная схема комбинированной сверхпроводниковой электро-энергетической установки

Первый контур управления реализует жесткий закон регулирования (в том числе и нелинейный) процессов пуска и выхода на номинальный режим работы, а также обеспечение требуемых динамических характеристик при переходе электроэнергетического комплекса из одного установившегося состояния в другое при изменении энергопотребления. Параметры алгоритма управления этого контура целесообразно синтезировать обобщенным методом Галеркина [4 – 10].

Обобщенный метод Галеркина дает возможность с единых математических, методологических и алгоритмических позиций решать задачу синтеза параметров регулятора по заданным показателям качества работы САУ в переходном режиме для широкого класса линейных и нелинейных систем управления: непрерывных, импульсных (различными видами модуляции сигнала), дискретных (с несколькими импульсными элементами, работающими как синхронно, так и не синхронно, с одной и несколькими частотами прерывания), дискретно-непрерывных, в том числе и со звеньями чистого запаздывания. Метод позволяет решать задачу параметрического синтеза САУ указанных классов при минимальных вычислительных затратах, что достигается путем алгебраизации решения задачи и сведения ее к задаче нелинейного программирования с целевой функцией, построенной на основе уравнений Галеркина.

С помощью данного метода были решены задачи параметрического синтеза:

- одномерных линейных и нелинейных систем управления приводами наведения перископического зеркала большого наземного радиотелескопа РТ-70 (дискретная нелинейная САУ, динамика которой описывается дифференциальным уравнением 10 порядка) [6, 7];

- одномерной линейной САУ с амплитудно-импульсной модуляцией большой наземной антенной установкой, уравнение движения которой 17 порядка [6, 7];

- регуляторов многорежимных систем управления торможением колес тяжелых самолетов Ил-86, Ил96-300, как непрерывных, так и импульсных, уравнения описывающие модель торможения (10 – 15 порядка) [6, 7];

- регуляторов в каналах регулирования частоты и напряжения многосвязной линейной и нелинейной математической модели автономной электроэнергетической установки [4,5, 8 – 10].

Второй контур управления обеспечивает переключение потребителя на наиболее экономичный в текущий момент времени источник энергии (солнечная батарея, ВТСП ветрогенератор, аккумуляторная

батарея) в зависимости от внешних условий работы (интенсивность ультрафиолетового излучения, скорость ветра и т.д.).

В последние годы происходит постепенное внедрение интеллектуальных регуляторов на базе нечеткой (fuzzy control), нейронной (neural control) или нейронечеткой (neurofuzzy) технологии, которые служат достаточно эффективной заменой традиционным регуляторам для решения задач управления отдельными электроэнергетическими устройствами [11 – 20].

Однако в настоящее время отсутствуют универсальные методики синтеза интеллектуальных регуляторов, поскольку их конструирование требует обработки знаний о поведении сложного объекта, привлечение которых основано на широком использовании имитационных процедур и методов глобальной оптимизации.

Поэтому при построении алгоритма управления второго контура для решения задач энергоэффективности необходимо сочетание как релейных переключений при достижении заданных пороговых значений управляемых величин, так и использование методов нечеткого управления, дающих возможность использовать нечеткие правила, формируемые на основе опыта эксплуатации солнечных и ветроэнергетических станций традиционного исполнения. Контур управления, построенный на основе принципов нечеткой логики для повышения эффективности работы многофункционального электроэнергетического комплекса с учетом внешних возмущающих воздействий, даст возможность повысить энергоэффективность систем децентрализованной энергетики не менее чем на 15%.

Третий контур представляет собой защищенную диалоговую систему управления, обеспечивающую дистанционное оперативное управление работой электроэнергетического комплекса, прежде всего в случае возникновения нештатных ситуаций, что обусловлено повышенными требованиями по безопасности, предъявляемыми к системам управления СВУ. Привлечение бесконтактных биометрических методов верификации операторов обеспечит дополнительный способ проверки контроля доступа, а также позволит производить мониторинг состояния оператора в процессе управления.

Кроме того, третий контур управления необходим для обеспечения удаленной экспертной поддержки на этапах пуско-наладочных работ сверхпроводникового оборудования в критических ситуациях. Здесь важна не только разработка методов верификации удаленного эксперта, но и создание адаптивных методов распределения вычислительной нагрузки между постом центрального управления и мобильным устройством удаленного эксперта или оператора при обработке и

передаче аудио-, видео, текстовых и других данных, необходимых для взаимодействия лиц, задействованных в процессе эксплуатации электроэнергетического комплекса.

3. Программный комплекс настройки алгоритма управления электроэнергетическими объектами. Создание интеллектуальных систем управления электроэнергетическими объектами предполагает синтез алгоритма управления с помощью программного комплекса, реализующего метод решения задач синтеза и оптимизации нелинейных систем, математическую основу которого составляет обращение обобщенного метода Галеркина, а также методах нечеткого управления и построения диалоговых систем взаимодействия с объектом управления.

Разработанный программный комплекс, реализующий обобщенный метод Галеркина, дает возможность осуществлять проектирование электромеханических и электроэнергетических элементов систем рассматриваемого класса с оптимизацией их параметров и конструкции по энергосберегающему критерию оптимальности. Аналогичный подход может быть использован и при оптимизации режимов работы с целью обеспечения энергосбережения и минимизации негативного воздействия на окружающую среду наряду с обеспечением надежности и долговечности.

Программный комплекс, построен по блочно-модульному принципу, что делает его универсальным и дает возможность использовать основной блок комплекса для синтеза элементов, устройств и систем управления различных классов и структур, динамика которых описывается нелинейными дифференциальными уравнениями произвольного (в общем случае n -го) порядка. Входящие в состав программного комплекса модули объединены общим интерфейсом (рис. 2, 3).

При формировании уникального программного обеспечения для решения задачи синтеза алгоритма управления конкретной САУ в диалоговом режиме пользователь должен выполнить следующие операции:

- задать класс рассматриваемой системы (линейная или нелинейная);
- определить тип модулятора, стоящего в САУ (или в случае непрерывной системы указать на его отсутствие);
- задать вид и параметры внешнего входного воздействия и желаемого программного движения;
- из каталога нелинейных характеристик выбрать требуемые и задать их параметры (пример диалогового окна пока-

зан на рисунке 3);

- задать количество варьируемых параметров и границы изменения их возможных значений;
- определить число этапов и точность поиска значений варьируемых параметров, а также количество шагов на каждом этапе.

Таким образом, с помощью программного комплекса определяются значения варьируемых параметров, доставляющие минимум соответствующей целевой функции, что является косвенной оценкой степени приближения процесса в САУ с синтезированными параметрами к заданному желаемому программному движению. Полученные в результате решения задачи синтеза параметры будут обеспечивать в системе управления приближенное воспроизведение заданных показателей качества ее работы в переходном режиме.

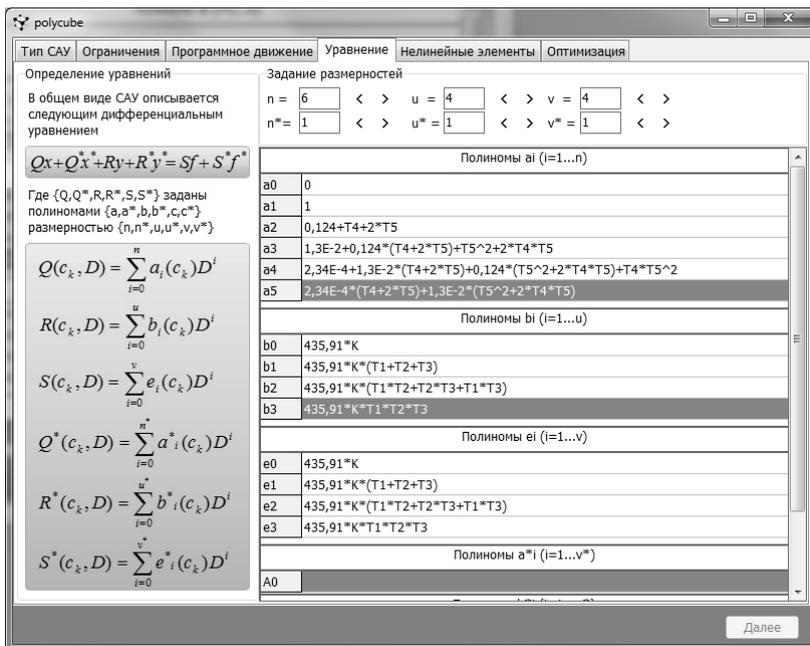


Рис. 2. Интерфейс формирования математической модели синтезируемой САУ

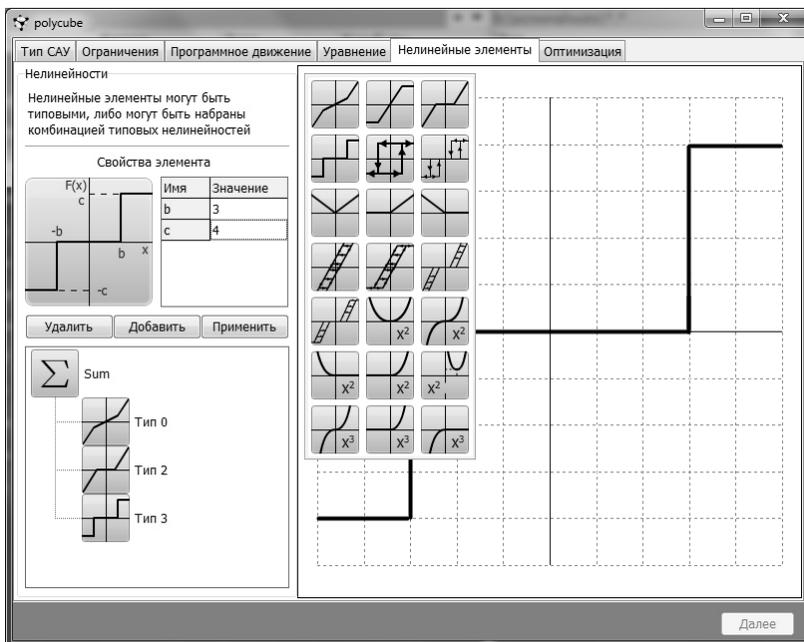


Рис. 3. Каталог типовых нелинейных характеристик

Если же в области заданных ограничений на значения параметров c_k не будет найдено ни одно сочетание искомых параметров, обеспечивающее выполнение условий устойчивости или минимизации целевой функции, то программа выдаст соответствующую информацию. В этом случае пользователю программного комплекса следует повторить решение задачи после выполнения следующих рекомендаций:

- изменить ограничения на значения варьируемых параметров;
- изменить параметры желаемого программного движения;
- усложнить структуру синтезируемого регулятора.

Все указанные рекомендации возможно выполнить, если это допускается условиями проектирования. Обоснованность подобных рекомендаций обусловлена следующим. При проектировании нелинейных САУ достаточно сложно задать заведомо реализуемое при заданной структуре системы и регулятора программное движение. Поэтому изменение параметров программного движения или структуры регулятора, равно как и технических ограничений на значения искомых параметров может позволить решить задачу параметрического синтеза проектируемой системы управления. Далее рассмотрим аспек-

ты безопасности функционирования объектов децентрализованной энергетики и, в частности проектирования систем биометрической идентификации личности операторов, имеющих допуск к управлению электроэнергетическими объектами [21].

4. Методы биометрической идентификации личности. Наиболее распространенными технологиями биометрической идентификации личности являются распознавание отпечатков пальцев и сетчатки глаза, голоса, подписи, лица, геометрии ладони и пальцев [22, 23]. С коммерческой точки зрения популярность технологий биометрической идентификации распределена следующим образом [24]: на первом месте находится распознавание отпечатков пальцев, занимающее 54% рынка; далее идет гибридная технология (14,4%), в которой одновременно задействовано распознавание нескольких типов биометрических данных; на третьем месте технология распознавания лиц (11,5%); далее расположены технологии распознавания геометрии ладони (10%), сетчатки глаза (7,3%), голоса (4,1%), подписи (2,4%), ритма набора текста (0,3%). Первые бесконтактные биометрические системы строились на основе текстозависимых методов определения диктора, более совершенные системы позволяли определить голос говорящего по любой фразе, имеющей длительность, достаточную для принятия решения. В многомодальных биометрических системах, кроме анализа речи диктора, оценивается положение головы, изменение геометрии лица, его освещенности и другие параметры [25], позволяющие определить личность пользователя.

Методы распознавания лиц являются оптимальным компромиссом между надежностью и удобством для пользователя, а также между защищенностью и конфиденциальностью личных данных. В большинстве случаев при распознавании лиц выполняются два основных этапа: 1) определение положения лица пользователя на изображении с простым или комплексным задним фоном; 2) анализ признаков лица, позволяющий идентифицировать пользователя.

Определение наличия и положения лица пользователя осуществляется за счет анализа принадлежности пикселей к переднему (области лица) и заднему фону изображения. На изображениях, где задний фон чистый, т.е. равномерный и однотонный, не сложно определить область лица, но когда он состоит из нескольких слоев, на которых присутствуют другие объекты, эта проблема становится довольно сложной. Обычно для определения области лица применяют методы, основанные на определении ключевых точек лица, например, глаза, носа, губ, или анализирующие цветовое пространство изображения, а также методы использующие другие характерные признаки лица.

После сегментации области лица необходимо выполнить нормализацию параметров по размерам, ориентации, яркости и другим характеристикам. Для выполнения нормализации важно определить ключевые точки лица, относительно которых будет выполнена коррекция параметров. Только после окончания процедуры нормализации можно выполнить процедуру расчета признаков и генерации биометрического шаблона личности, который хранится в базе данных лиц.

Анализ работ последних десяти лет показал, что для решения задачи распознавания лиц применяются методы, основанные на анализе спектральной плотности изображения [26], отдельных частей лица (глаз, нос, рот) [27], дискриминантного анализа и фильтров Габора [28], двумерного анализа главных компонент [29], нейросетевых методов [30] и другие. Применение методов Eigenfaces [31], Fisherfaces [32] и Local Binary Patterns (LBP) [33] позволяет повысить эффективность процесса распознавания лиц в случае малого числа обучающих примеров и при обработке цифровых изображений больших размеров в условиях малой выборки, а также снизить размерность вектора признаков лица и повысить скорость обработки изображений.

Также следует упомянуть, что оценка размытости изображений является необходимым этапом обработки в системах, работающих с большими входными массивами визуальной информации. Предварительная оценка позволяет исключить из области дальнейшего анализа изображения низкого качества, не несущие полезную информацию, экономя тем самым загруженность автоматических систем компьютерного зрения. Возникающая из-за плохих условий съемки размытость происходит вследствие неверной фокусировки снимающего оборудования, либо непредвиденного движения объекта съемки. Она может быть оценена различными методами, среди которых можно выделить: исследование градиента яркости пикселей изображения, отношение значений яркости пикселей на некоторой области, статистический анализ коэффициентов яркости пикселей.

Предложенный метод распознавания лиц основан на применении модифицированных методов LBP [33] и PCA [31] и успешно был апробирован в системе автоматической регистрации участников мероприятия в интеллектуальном зале [34, 35]. Многоэтапная процедура мониторинга зон зала позволяет найти присутствующих в нем участников и записать аудиовизуальные данные, необходимые для проведения идентификации личности присутствующих. Метод аудиовизуальной записи выступлений участников в интеллектуальном зале использует бимодальный аудиовизуальный способ определения активного диктора, обеспечивающий своевременный автоматический захват и

синхронизацию аудио- и видеопотоков данных с записанных выступлений участников [36, 37].

Для повышения скорости обработки и надежности определения качества интересующей области изображения использовались несколько вариантов сегментации части кадра: а именно анализировалось все изображение, область лица и область лица размером 200x200 пикселей. Предложенная процедура предварительного поиска области лица в кадре и оценки ее размытости на основе статистического анализа коэффициентов яркости пикселей позволила определить 94% неискаженных кадров, полученных в ходе автоматической регистрации участников совещания в интеллектуальном зале.

При экспериментальной оценке на базе данных с более чем 55 тыс. фотографий 36 участников была получена точность распознавания лиц 79,5%. Относительно низкий процент обусловлен тем, что область лица в данном эксперименте не превышала 50x50 пикселей, что важно для проведения грубой предварительной оценки. Последующее применение камеры с наведением на лицо пользователя позволяет выполнить более качественную оценку. Такой двухэтапный подход к биометрической оценке личности существенно экономит вычислительные затраты, необходимые при функционировании систем контроля доступа к электроэнергетическим объектам в режиме реального времени.

5. Заключение. Рассмотренная концепция построения интеллектуальной защищенной диалоговой системы управления многофункциональными комплексами децентрализованной энергетики, использующих элементы и устройства, работающие на основе эффекта высокотемпературной сверхпроводимости, дает возможность обеспечить системный подход к решению задач по проектированию аналогичных комплексов большой мощности.

Предложенный метод биометрической идентификации личности на основе многоэтапной процедуры мониторинга обслуживаемого помещения был успешно апробирован в системе автоматической регистрации участников мероприятия в интеллектуальном зале и теперь на его основе проводится разработка специализированного модуля биометрического контроля доступа к защищенной диалоговой системе управления объектами децентрализованной энергетики.

Литература

1. Chubraeva L. I., Shyshlakov V. F., Turbanov M. A., Tymofeyev S. S., Volkov D. A. Development of a Model Wind and Solar Power Installation Comprising High-Temperature Superconductors // Energy Science and Technology ISSN 1923-8460 [Print] 1923-8479 [Online] 2013. vol.6 no.2. pp.64 – 70.

2. Андреев Е. А., Волков Д. А., Орлов А. Р., Чубраева Л. И., Шишляков В. Ф. Автономная электроэнергетическая установка с использованием высокотемпературных сверхпроводников // Сверхпроводимость: Исследования и разработки. 2009. №14. С.7-12.
3. Мартынов А. А., Орлов А. Р., Тимофеев С. С., Чубраева Л. И., Шишляков В. Ф. Совместная работа ВТСП устройств автономной электроэнергетической установки // Сверхпроводимость: Исследования и разработки. 2009. №14. С.13-22.
4. Цветков С. А., Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Синтез и моделирование автономной электроэнергетической установки // «Информационно-управляющие системы». 2008. № 4. С.12– 14.
5. Цветков С. А., Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Исследование аномальных режимов работы автономной электроэнергетической установки // «Информационно-управляющие системы», 2009. № 1. С.15-20.
6. Шишляков В. Ф. Синтез нелинейных САУ с различными видами модуляции: Монография. СПб.: СПбГУАП, 1999. 268с.
7. Никитин А. В., Шишляков В. Ф. Параметрический синтез нелинейных систем автоматического управления: Монография / Под. Ред. В. Ф. Шишлякова. СПб. СПбГУАП, 2003. 358с.
8. Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Параметрический синтез многосвязных систем автоматического управления обобщенным методом Галеркина // Информационно-управляющие системы. 2006. № 3. С. 51-62.
9. Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Параметрический синтез многосвязных систем автоматического управления во временной области // изв. Вузов сер. Проблемы энергетики. 2006. № 12. С.49-54.
10. Цветков С. А., Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Синтез многосвязных систем автоматического управления во временной области // изв. Вузов сер. Приборостроение. 2007. №12. С.13-17.
11. Chandrakar V.K., Kothari A.G. Fuzzy-based Static Synchronous Compensator (STATCOM) for improving transient stability performance // 692 Int. J. Energy Technology and Policy. 2007. vol. 5. no. 6.
12. Kim G.W., Lee K.Y. Coordination control of ULTC transformer and STATCOM based on an artificial neural network // IEEE Trans. Power Systems. 2005. vol. 20. no. 2, pp. 580-586.
13. Rahim A.H.M.A., Nowicki E.P., Bakhashwain J.M. Fuzzy STATCOM Control Strategies for Power System Stabilization // ACSE Journal. 2006. vol. 6. no. 2. pp. 1-9.
14. Eldamaty A. A., Faried S. O., Aboreshaid S. Damping Power System Oscillations Using a Fuzzy Logic Based Unified Power Flow Controller // Electrical and Computer Engineering. 2005. pp. 1950–1953.
15. Gupta N., Jain S. K. Comparative Analysis of Fuzzy Power System Stabilizer Using Different Membership Functions // International Journal of Computer and Electrical Engineering. 2010. vol. 2. no. 2. pp.1793-8163.
16. Taher S. A., Shemshadi A. Design of Robust Fuzzy Logic Power System Stabilizer // World Academy of Science, Engineering and Technology. 2007. vol. 27 pp.8-14.
17. Darabi A., Soleamani S.A., Hassannia A. Fuzzy Based Digital Automatic Voltage Regulator of a Synchronous Generator with Unbalanced Loads // American J. of Engineering and Applied Sciences. 2008. vol. 1(4). pp. 280-286.
18. Goel N., Patel R.N., Chacko S. T. Genetically Tuned STATCOM for Voltage Control and Reactive Power Compensation // International Journal of Computer Theory and Engineering. 2010. vol. 2. no. 3. pp. 1793-8201.
19. Kim G. W., Lee K. Y. Coordination control of ULTC transformer and STATCOM based on an artificial neural network // IEEE Transaction on Power System. 2005. vol. 20. no. 2. pp. 580-586.

20. Panda S., Patel R. N., Padhy N. P. Power System Stability Improvement by TCSC Controller Employing a Multi-Objective Genetic Algorithm Approach // *International Journal of Intelligent Technology*. 2006. vol. 1. no. 4. pp. 266-273.
21. Мещеряков Р.В., Савчук М.В. Подходы к внедрению ERP-систем на крупных предприятиях // *Бизнес-информатика*. 2011. № 2. С. 63.
22. Schneiderman H., Kanade T. Object detection using the statistic of parts // *International Journal of Computer Vision*. 2004. vol. 56(3). pp. 151-177.
23. Костюченко Е.Ю., Мещеряков Р.В. Идентификация по биометрическим параметрам при использовании аппарата нейронных сетей // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. 2007. № 7. С. 39-50.
24. Abate A. F., Nappi M., Riccio D., Sabatino G. 2D and 3D face recognition: A survey // *Pattern Recognition Letters*. 2007. vol. 28. no. 14. pp. 1885–1906.
25. Будков В.Ю., Ронжин А.Л. Комбинированные методы диаризации речи дикторов // *Информационно-измерительные и управляющие системы*, 2013. № 8, С. 74-79.
26. Козлов П.В., Липин Ю.Н., Южаков А.А. Алгоритм распознавания лица человека // *Вопросы защиты информации*. 2011. № 1. С. 52-57.
27. Ющенкова Д.В., Мещеряков Б.Г. Распознавание отдельных черт лица как основа узнавания целого лица // *Экспериментальная психология*. 2010. № 3. С. 84-92.
28. Кашапова Л.Х., Лагышева Е.Ю., Спиридонов И.Н. Алгоритм распознавания эмоционального состояния по изображениям лица с использованием дискриминантного анализа и фильтров габора // *Медицинская техника*. 2012. № 3. С. 1-4.
29. Кухарев Г.А., Щеголева Н.Л. Алгоритмы двумерного анализа главных компонент для задач распознавания изображений лиц // *Компьютерная оптика*. 2010. Т. 34. № 4. С. 545-551.
30. Тропченко А.А., Тропченко А.Ю. Нейросетевые методы идентификации человека по изображению лица // *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*. 2012. Т. 55. № 10. С. 31-36.
31. Turk M. A., Pentland A. P. Face recognition using eigenfaces // *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - CVPR*, 1991. pp. 586-591.
32. Belhumeur P. N., Hespanha J., Kriegman D. Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1997. vol. 19. no. 7. pp. 711–720.
33. Ahonen T., Hadid A., Pietikainen M. Face Recognition with Local Binary Patterns // *Computer Vision - ECCV 2004*. 2004. pp. 469–481.
34. Ронжин А.Л., Будков В.Ю., Ронжин А.Л. Технологии формирования аудиовизуального интерфейса системы телеконференций // *Автоматизация и современные технологии*. 2011. № 5. С. 20-26.
35. Р.М. Юсупов, А.Л. Ронжин. От умных приборов к интеллектуальному пространству // *Вестник Российской Академии Наук: научный и общественно-политический журнал*. 2010. Том 80. Вып. 1. С. 45-51.
36. Ронжин А.Л. Топологические особенности морфологического способа представления словаря для распознавания русской речи // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. 2008. № 9. С. 12-19.
37. Ронжин А.Л., Будков В.Ю. Технологии поддержки гибридных e-совещаний на основе методов аудиовизуальной обработки // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. 2011. № 4. С. 31-35.

References

1. Chubraeva L. I., Shyshlakov V. F., Turubanov M. A., Tymofeyev S. S., Volkov D. A. Development of a Model Wind and Solar Power Installation Comprising High-

- Temperature Superconductors. Energy Science and Technology ISSN 1923-8460 [Print] 1923-8479 [Online] 2013. vol.6 no.2. pp.64 – 70.
2. Andreev E. A., Volkov D. A., Orlov A. R., Chubraeva L. I., Shishlakov V. F. [Autonomous electric power installation using high-temperature superconductors]. *Sverhprovodimost': Issledovanija i razrabotki – Superconductivity Research and Development*. 2009. no. 14. pp. 7-12. (In Russ.).
 3. Martynov A. A., Orlov A. R., Timofeev S. S., Chubraeva L. I., Shishlakov V. F. [Teamwork HTS devices autonomous electrical installation]. *Sverhprovodimost': Issledovanija i razrabotki – Superconductivity Research and Development*. 2009. no. 14. pp. 13-22. (In Russ.).
 4. Cvetkov S. A., Shishlakov V. F., Shishlakov D. V. [Synthesis and simulation of autonomous electrical installation]. *Informacionno-upravljajushhie sistemy – Information and Control Systems*. 2008. no. 4. pp.12– 14. (In Russ.).
 5. Cvetkov S. A., Shishlakov V. F., Shishlakov D. V. [Research of abnormal work modes of autonomous electricity plant]. *Informacionno-upravljajushhie sistemy – Information and Control Systems*. 2009. no. 1. pp.15-20. (In Russ.).
 6. Shishlakov V. F. *Sintez nelinejnyh SAU s razlichnymi vidami moduljaciei* [Nonlinear ACS with different types of modulation]: Monograph. SPb.: SPbGUAP. 1999. 268 p. (In Russ.).
 7. Nikitin A. V., Shishlakov V. F. *Parametricheskij sintez nelinejnyh sistem avtomaticheskogo upravlenija* [Parametric synthesis of nonlinear systems of automatic control]: Monograph. edited by. Shishlakov V. F. SPb.: SPbGUAP. 2003. 358 p. (In Russ.).
 8. Shishlakov V. F., Shishlakov D. V. [Parametric synthesis of multivariable systems of automatic control generalized Galerkin]. *Informacionno-upravljajushhie sistemy – Information and Control Systems*. 2006. no. 3. pp. 51-62. (In Russ.).
 9. Shishlakov V. F., Shishlakov D. V. [Parametric synthesis of multiply automatic control systems in the time domain]. *Izvestija Vuzov serija Problemy jenergetiki – Proceedings of Higher Education Problems of power series*. 2006. no. 12. pp. 49-54. (In Russ.).
 10. Cvetkov S. A., Shishlakov V. F., Shishlakov D. V. [Multiply synthesis of automatic control systems in the time domain]. *Izvestija Vuzov serija Problemy jenergetiki – Proceedings of Higher Education Problems of power series*. 2007. no. 12. pp. 13-17. (In Russ.).
 11. Chandrakar V.K., Kothari A.G. Fuzzy-based Static Synchronous Compensato (STATCOM) for improving transient stability performance. 692 Int. J. Energy Technology and Policy. 2007. vol. 5. no. 6.
 12. Kim G.W., Lee K.Y. Coordination control of ULTC transformer and STATCOM based on an artificial neural network. IEEE Trans. Power Systems. 2005. vol. 20. no. 2, pp. 580-586.
 13. Rahim A.H.M.A., Nowicki E.P., Bakhashwain J.M. Fuzzy STATCOM Control Strategies for Power System Stabilization. ACSE Journal. 2006. vol. 6. no. 2. pp. 1-9.
 14. Eldamaty A. A., Faried S. O., Aboreshaid S. Damping Power System Oscillations Using a Fuzzy Logic Based Unified Power Flow Controller. Electrical and Computer Engineering. 2005. pp. 1950–1953.
 15. Gupta N., Jain S. K. Comparative Analysis of Fuzzy Power System Stabilizer Using Different Membership Functions. International Journal of Computer and Electrical Engineering. 2010. vol. 2. no. 2. pp. 1793-8163.
 16. Taher S. A., Shemshadi A. Design of Robust Fuzzy Logic Power System Stabilizer. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2007. vol. 27 pp. 8-14.

17. Darabi A., Soleamani S.A., Hassannia A. Fuzzy Based Digital Automatic Voltage Regulator of a Synchronous Generator with Unbalanced Loads. *American J. of Engineering and Applied Sciences*. 2008. vol. 1(4). pp. 280-286.
18. Goel N., Patel R.N., Chacko S. T. Genetically Tuned STATCOM for Voltage Control and Reactive Power Compensation. *International Journal of Computer Theory and Engineering*. 2010. vol. 2. no. 3. pp. 1793-8201.
19. Kim G. W., Lee K. Y. Coordination control of ULTC transformer and STATCOM based on an artificial neural network. *IEEE Transaction on Power System*. 2005. vol. 20. no. 2. pp. 580-586.
20. Panda S., Patel R. N., Padhy N. P. Power System Stability Improvement by TCSC Controller Employing a Multi-Objective Genetic Algorithm Approach. *International Journal of Intelligent Technology*. 2006. vol. 1. no. 4. pp. 266-273.
21. Meshherjakov R.V., Savchuk M.V. [Approach to the implementation of ERP-systems in large enterprises]. *Biznes-informatika – Business Informatics*. 2011. no. 2. p. 63.
22. Schneiderman H., Kanade T. Object detection using the statistic of parts. *International Journal of Computer Vision*. 2004. vol. 56(3). pp. 151-177.
23. Kostjuchenko E.Ju., Meshherjakov R.V. [Biometric identification using neural networks unit]. *Nejrokomp'jutery: razrabotka, primenenie – Neurocomputers: development, application*. 2007. no. 7. pp. 39-50.
24. Abate A. F., Nappi M., Riccio D., Sabatino G. 2D and 3D face recognition: A survey. *Pattern Recognition Letters*. 2007. vol. 28. no. 14. pp. 1885–1906.
25. Budkov V. Yu., Ronzhin A.L. [Combined methods for speaker diarization]. *Informacionno-izmeritel'nye i upravljajushhie sistemy – Information-measuring and control systems*, 2013. no. 8, pp. 74-79. (In Russ.).
26. Kozlov P.V., Lipin Ju.N., Juzhakov A.A. [Human face recognition algorithm]. *Voprosy zashhity informacii – Information security issues*. 2011. no. 1. pp. 52-57. (In Russ.).
27. Jushhenkova D.V., Meshherjakov B.G. [Recognition of individual facial features as a basis for recognition of the whole face]. *Jeksperimental'naja psihologija – Experimental psychology*. 2010. no. 3. pp. 84-92. (In Russ.).
28. Kashapova L.H., Latysheva E.Ju., Spiridonov I.N. [Emotional state recognition algorithm for face images using discriminant analysis and Gabor filters]. *Medicinskaja tehnika – Medical equipment*. 2012. no. 3. pp. 1-4. (In Russ.).
29. Kuharev G.A., Shhegoleva N.L. [Algorithms for the two-dimensional principal component analysis for face image recognition tasks]. *Komp'juternaja optika – computer optics*. 2010. vol. 34. no. 4. pp. 545-551. (In Russ.).
30. Tropchenko A.A., Tropchenko A.Ju. [Neural network methods for the identification of human facial image]. *Izv. vyssh. uchebn. zavedenij: Priborostroenie – Proceedings of the higher educational institutions: Instrumentation*. 2012. vol. 55. no. 10. pp. 31-36. (In Russ.).
31. Turk M. A., Pentland A. P. Face recognition using eigenfaces. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition - CVPR*, 1991. pp. 586-591.
32. Belhumeur P. N., Hespanha J., Kriegman D. Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition Using Class Specific Linear Projection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 1997. vol. 19. no. 7. pp. 711–720.
33. Ahonen T., Hadid A., Pietikainen M. Face Recognition with Local Binary Patterns. *Computer Vision - ECCV 2004*. 2004. pp. 469–481.
34. Ronzhin A.L., Budkov V.Yu., Ronzhin A.L. [Technologies of audiovisual interface development for teleconference system]. *Avtomatizacija i sovremennye tehnologii – Automation and Modern Technologies*, 2011. no. 5. pp. 20-26. (In Russ.).
35. Yusupov R.M., Ronzhin A.L. [From Smart Devices to Smart Space]. *Vestnik Rossijskoj Akademii Nauk: nauchnyj i obshhestvenno-politicheskij zhurnal – Herald*

of the Russian Academy of Sciences, MAIK Nauka, 2010. vol. 80, no. 1, pp. 45-51. (In Russ.).

36. Ronzhin A.L. [Topological features morph-phonemic way of presenting vocabulary for Russian speech recognition]. *Vestnik komp'yuternyh i informacionnyh tehnologij – Bulletin of Computer and Information Technology*. 2008. no. 9. pp. 12-19. (In Russ.).
37. Ronzhin A.L., Budkov V.Yu. [Support technologies of e-meetings based on methods for audiovisual processing]. *Vestnik komp'yuternyh i informacionnyh tehnologij – Bulletin of Computer and Information Technology*. 2011. no. 4. pp. 31-35. (In Russ.).

Чубраева Лидия Игоревна — д-р техн. наук, член-корр. РАН, директор института инновационных технологий в электромеханике и энергетике, заведующая кафедрой технической физики, электромеханики и робототехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения» (ГУАП). Область научных интересов: прикладная сверхпроводимость, электроэнергетические системы и комплексы, возобновляемые источники энергии. Число научных публикаций — более 200. kaf_32@aanet.ru, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, р.т. +7 (812) 494-7034

Chubraeva Lidia Igorevna — Ph.D., Dr. Sci., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of Institute of Innovative Technologies in Electromechanics and Energy, Chair of technical physics, electromechanics and robotics at The State University of Aerospace Instrumentation (SUAI). Research interests: applied superconductivity, power-engineering systems and complexes, renewable energy sources. The number of publications — more than 200, kaf_32@aanet.ru, 190000, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya street, 67, office phone +7 (812) 494-7034.

Ронжин Андрей Леонидович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технической физики, электромеханики и робототехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического Приборостроения», заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН). Область научных интересов: автоматическое распознавание речи, многомодальные интерфейсы, аудиовизуальное распознавание речи. Число научных публикаций — 210. ronzhin@iias.spb.su; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-7081, факс +7(812)328-7081.

Ronzhin Andrey Leonidovich — Ph.D., Dr. Sci., professor, professor of technical physics, electromechanics and robotics at The State University of Aerospace Instrumentation (SUAI), Deputy director for research of St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). Research interests: automatic speech recognition, multimodal interfaces, audio-visual speech recognition. The number of publications — 210. ronzhin@iias.spb.su; SPIIRAS, 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-7081, fax +7(812)328-7081.

Шшлаков Андрей Владиславович — ассистент кафедры технической физики, электромеханики и робототехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического Приборостроения». Область научных интересов: методы синтеза нелинейных систем управления, электроэнергетические ком-

плексы, сверхпроводимость. Число научных публикаций — 15. kaf_32@aanet.ru, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, р.т. +7 (812) 494-7034

Shyshlakov Andrey Vladislavovich — assistant of technical physics, electromechanics and robotics at The State University of Aerospace Instrumentation (SUAI). Research interests: methods of synthesis of non-linear control systems, power-engineering complexes, superconductivity. The number of publications — 15, kaf_32@aanet.ru, 190000, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya street, 67, office phone +7 (812) 494-7034.

Ронжин Александр Леонидович — к-т техн. наук, научный сотрудник лаборатории речевых и многомодальных интерфейсов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН). Область научных интересов: компьютерное зрение, многоканальная обработка аудиовизуальных сигналов, интеллектуальное пространство. Число научных публикаций — 35. ronzhinal@iias.spb.su; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-7081, факс +7(812)328-7081.

Ronzhin Alexander Leonidovich — Ph.D., researcher, Laboratory of Speech and Multimodal Interfaces St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). Research interests: computer vision, multichannel audiovisual signal processing, intelligent space. The number of publications — 35. ronzhinal@iias.spb.su; SPIIRAS, 39, 14-th line, St. Petersburg, 199178, Russia; office phone +7(812)328-7081, fax +7(812)328-7081.

Шишлаков Владислав Федорович — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры технической физики, электромеханики и робототехники Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский Государственный Университет Аэрокосмического Приборостроения». Область научных интересов: методы синтеза нелинейных систем управления, электроэнергетические комплексы, сверхпроводимость, энергоэффективность. Число научных публикаций — 170. svfmail@yandex.ru, 190000, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, р.т. +7(812)494-7034

Shyshlakov Vladislav Fedorovich — Ph.D., Dr. Sci., professor, professor of technical physics, electromechanics and robotics at The State University of Aerospace Instrumentation (SUAI). Research interests: methods of synthesis of non-linear control systems, power-engineering complexes, superconductivity, energy-efficiency. The number of publications — 170, svfmail@yandex.ru, 190000, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya street, 67, office phone +7(812)494-7034.

Поддержка исследований. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-08-0741-а).

Acknowledgements. This research is partially supported by RFBR (grant 13-08-0741-а).

РЕФЕРАТ

Чубраева Л.И., Ронжин Ан.Л., Шишлаков А.В., Ронжин Ал.Л., Шишлаков В.Ф. **Концепция построения интеллектуальных защищенных систем управления для объектов децентрализованной энергетики.**

Целью исследования является разработка концепции построения интеллектуальной защищенной диалоговой системы управления электроэнергетическим комплексом открытой архитектуры со сверхпроводниковым оборудованием, обеспечивающей повышение энергоэффективности работы во всех режимах функционирования и повышение безопасности и надежности работы оборудования. Разработка концепции направлена на повышение энергоэффективности электроэнергетических комплексов децентрализованной энергетики со сверхпроводниковым оборудованием за счет использования интеллектуальной защищенной диалоговой системы автоматического управления, выполняющей адаптацию комплекса к режимам работы и внешним возмущающим воздействиям и распределением вычислительных ресурсов между постом центрального управления и мобильными устройствами. Реализация предлагаемых подходов при разработке и создании интеллектуальной защищенной диалоговой системы управления многофункциональными электроэнергетическими комплексами децентрализованной энергетики нового поколения даст возможность повысить энергоэффективность на этапе выработки, транспортировки и потребления энергии до 20-25%.

SUMMARY

Chubraeva L.I., Ronzhin An.L., Shyshlakov A.V., Ronzhin Al.L., Shyshlakov V.F. **The concept of development of intelligent protected control systems for objects of decentralized energetics.**

The purpose of this research is to develop the concept of development of intelligent protected dialogue systems for control of electric power complex with open architecture and superconducting equipment, ensuring energy efficiency in all functioning modes, improving safety and reliability of equipment. Within the developing concept the energy efficiency of electric power systems with decentralized power superconducting equipment through the use of intelligent protected dialogue system of automatic control, performing complex adaptation to the functioning modes and external perturbations and the distribution of computing resources between the central control post and mobile devices are provided. Realization of the proposed approaches in the development and creation of intelligent protected dialogue system for control of multifunctional electric complexes of decentralized energetics of a new generation will enable to improve energy efficiency at the stage of production, transportation and energy consumption up to 20-25%.