

Форма «Т». Титульный лист заявки в Российский научный фонд
Конкурс 2023 года «Проведение фундаментальных научных исследований и
поисковых научных исследований малыми отдельными научными группами»

Название проекта Разработка цифровых систем мониторинга состояния распределённых объектов энергетики	Номер проекта	24-29-00868 
	Отрасль знания: 09	
	Основной код классификатора: 09-406 Дополнительные коды классификатора: 09-603 09-608	
	Код ГРНТИ 44.29.00	
Фамилия, имя, отчество (при наличии) руководителя проекта: Горячев Михаил Петрович	Контактные телефон и e-mail руководителя проекта: +79003256470, goryachev91@mail.ru	
Полное и сокращенное наименование организации, через которую должно осуществляться финансирование проекта: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный энергетический университет" ФГБОУ ВО "КГЭУ"		
Объем финансирования проекта в 2024 г.: 1500 тыс. руб.	Год начала проекта: 2024	Год окончания проекта: 2025
Гарантирую, что при подготовке заявки не были нарушены авторские и иные права третьих лиц и/или имеется согласие правообладателей на представление в Фонд материалов и их использование Фондом для проведения экспертизы и для обнародования (в виде аннотаций заявок).		
Подпись руководителя проекта _____ /М.П. Горячев/ Подпись руководителя организации* <i>* Либо уполномоченного представителя, действующего на основании доверенности или распорядительного документа. В случае подписания формы уполномоченным представителем организации (в т.ч. - руководителем филиала) к печатному экземпляру заявки <u>прилагается копия распорядительного документа или доверенности</u>, заверенная печатью организации. Непредставление копии распорядительного документа или доверенности в случае подписания формы уполномоченным представителем организации, а также отсутствие расшифровки подписи, является основанием недопуска заявки к конкурсу.</i> _____ / _____ / Печать (при наличии) организации		Дата регистрации заявки 15.06.2023 г.

Форма 1. Сведения о проекте

1.1. Название проекта

на русском языке

Разработка цифровых систем мониторинга состояния распределённых объектов энергетики

на английском языке

Digital systems development for monitoring the state of distributed energy facilities

1.2. Приоритетное направление развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, критическая технология

Указывается согласно перечню (Указ Президента Российской Федерации от 7 июля 2011 года №899) в случае, если тематика проекта может быть отнесена к одному из приоритетных направлений, а также может внести вклад в развитие критических технологий Российской Федерации.

8. Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика.

26. Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии.

Направление из Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации») (при возможности отнесения)

H2 Переход к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике, повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников, способов транспортировки и хранения энергии

1.3. Ключевые слова (приводится не более 15 терминов)

на русском языке

интеллектуальные сети, цифровая энергетика, умная сеть, сенсорная сеть, мониторинг воздушных линий, обследование воздушных линий, модульное устройство, умные провода, интеллектуальные ВЛ, информационные сети, информационная инфраструктура, электроэнергетика, мониторинг ЛЭП, диагностика элементов ВЛ, передача и распределение электроэнергии, определение состояния ВЛ, методики контроля состояния ВЛ, цифровой двойник

на английском языке

intelligent networks, digital energetics, intelligent network, sensor network, monitoring of overhead lines, airway survey, modular device, smart wires, intelligent overhead lines, information networks, information infrastructure, electric power industry, monitoring of transmission lines, diagnostics of power lines elements, transmission and distribution of electric power, methods for monitoring the state of overhead lines, digital twins

1.4. Аннотация проекта (объемом не более 2 стр.; в том числе кратко – актуальность решения указанной выше научной проблемы и научная новизна)

Данная информация может быть опубликована на сайте Фонда в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

на русском языке

В рамках законодательства об энергоэффективности в России действует ФЗ № 261 об энергосбережении. Реализация данного проекта в рамках РНФ направлена на разработку и исследование многопараметрической модели воздушной линии электропередачи, системы мониторинга состояния линии электропередачи на основе модульных устройств. Использование данной модели ВЛ для интерпретации физических и структурных изменений элементов линии в реальном времени на основе выходных данных с устройств мониторинга состояния ВЛ позволит сделать следующий шаг в построении «умных сетей», превратив обычный провод в «интеллектуальный провод», т.е. передающий информацию о своём состоянии. Технология «интеллектуальный провод» позволяет создать самоорганизующуюся беспроводную сенсорную сеть. Она не только позволит определять текущее состояние ВЛ, а значит и проводить ремонтные и восстановительные работы по состоянию, но и послужит транспортной системой для организации связи между цифровыми устройствами, став основой для адаптивных инфраструктур и сервисов в энергетике, создать цифровых распределённых энергосистем. Такой подход к решению проблемы соответствует «Дорожной карте» «Энерджинет» Национальной технологической инициативы, одобренной 28.09.2016 г. Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, где предполагается проведение трёх этапов:

- реализация пилотных проектов по цифровой инфраструктуре и сервисам;
- разработка критических технологий для создания адаптивных инфраструктур и сервисов в энергетике;
- инициация проведения исследований по темам создания самоорганизующихся инфраструктур и сервисов.

На сегодняшний день в РФ ключевой элемент системы, воздушные линии электропередачи (ВЛ), остаётся слабым её звеном, так как основная часть транспортных сетей эксплуатируется без систем мониторинга реального времени и находится в группе риска возникновения аварийных ситуаций. Это связано с тем, что традиционные способы не позволяют выполнять обследование ВЛ в необходимых масштабах, а существующие перспективные решения не нашли широкого применения ввиду дороговизны и локального размещения с целью решения конкретной задачи.

Последние годы ознаменовались ростом интереса к системам интеллектуального электропитания и технологиям интеллектуальных энергосетей (Smart Grids) в Российской Федерации. Первым шагом в этом направлении считается интеграция интеллектуального измерительного оборудования (Smart Meters).

Научная новизна проекта состоит в том, что существующие модели элементов воздушных линий электропередачи разработаны для решения узкого спектра задач. Например, это только определение начала образования гололёдно-изморозевых отложений, и т.д.

Реализация проекта предполагает создание и исследование многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов воздушной линии электропередачи, разработку новых алгоритмов интерпретации входных данных, нового модульного устройства мониторинга линий электропередачи, новых сенсорных решений, новой топологии организации канала связи с увеличенной скоростью, создание модели цифрового двойника распределенной энергосистемы.

Разработка методов и средств интеллектуализации воздушных линий электропередачи позволит создать новые технологии построения интеллектуальной сети мониторинга состояния воздушных линий электропередачи на базе существующих воздушных линий, а объем накопленных данных о состоянии линии создавать цифровых двойников.

на английском языке

In the framework of the legislation on energy efficiency, there is a Federal Law No. 261 on energy saving. The implementation of this project in the framework of the RNF is aimed at the development and investigation of a power line monitoring system based on modular devices, as well as a multiparametric model of an overhead transmission line. Using this model of overhead power line for interpreting the physical and structural changes of line elements in real time on the basis of output data from the monitoring devices of the overhead power line state will make the next step in building "smart networks", turning ordinary wire into an "intelligent wire", i.e. transmitting information about its state. The technology "intelligent wire" allows you to create a self-organizing wireless sensor network. It will not only allow to determine the current state of the overhead line, and thus carry out repair and restoration work, but also serve as a transport system for organizing communication between digital devices, becoming the basis for adaptive infrastructures and services in the energy sector. This approach to the solution of the problem is in line with the Energy Chart of the National Technological Initiative approved on September 28, 2016 by the Presidium of the Presidential Council for Modernization of the Economy and Innovative Development of Russia, where three stages are expected:

- implementation of pilot projects on digital infrastructure and services;
- development of critical technologies for creating adaptive infrastructures and services in the energy sector;
- Initiation of research on the topics of creating self-organizing infrastructures and services.

Thus, at present, work is increasingly in demand on energy saving technologies. The emergence of a new multiparameter model of the overhead line and its use to obtain information from the current line condition based on data from monitoring devices that have a modular structure and adaptive functional capabilities, as well as an information network based on them, will not only prepare an information infrastructure for the introduction of intelligent networks, but and will significantly increase the information value of the overhead line, reduce power losses and the likelihood of emergencies.

To date, the Russian Federation is implementing a number of pilot projects to introduce elements of an intelligent network. For example, installation of intelligent power metering devices, the transition to digital substations, digital data acquisition devices, the concept of "digital power" appeared. However, the key element of the system, overhead transmission lines, remains its weak link, since most of the transport networks are operated without real-time monitoring systems and are at risk of emergencies. This is due to the fact that traditional methods do not allow performing a survey of overhead power line at the required scale, and existing promising solutions have not been widely used due to high cost and local location in order to solve a specific problem.

The implementation and development of Smart-Active Smart Grid is actively implemented. All developed and most of the advanced developing countries initiated projects to develop smart networks. For example, in the United States, various R & D projects are being funded, and since 2009, a core program for supporting, developing and implementing smart grid technologies on the principles of co-financing with the private sector has been implemented (only about \$ 11 billion over three years). In the EU countries only in 2012, about 1.8 billion euros (about 2.3 billion dollars) were allocated for the respective purposes. The large-scale SmartGrid programs are implemented by Japan, South Korea; In champions and in terms of funding, and under the pilot projects is China. Dozens of complex pilot projects are being implemented in the world.

Global corporations and small innovative companies are constantly presenting new developments. The last two or three years have been marked by a growing interest in intelligent power supply systems and technologies of smart grids in the Russian Federation. The first step in this direction is the integration of intelligent measuring equipment (Smart Meters).

The scientific novelty of the project lies in the fact that the existing models of elements of overhead power lines designed to solve a narrow range of tasks. For example, this is only a definition of the beginning of the formation of ice-frost deposits, or single-phase earth faults, or wire breaks, etc. The implementation of the project involves the creation and study of a multi-parameter model of an overhead line

transmission lines to interpret physical and structural changes in the state of overhead line elements power transmission, development of new algorithms for interpreting input data, a new modular device monitoring of power lines, new sensor solutions, new topology of the organization of a communication channel with increased speed, creation of a digital twin model of a distributed power system.

The created multi-parameter model of an overhead power transmission line is based on the use analytical expressions for determining the location and nature of a short circuit, localizing the place of a break, localization of partial discharges, determination of the degree of load of the power line, control icing, detecting the state of the wire, detecting defects on the reinforcement and its misalignment between adjacent spans, localization of the place of lightning strike, mechanical condition of overhead line elements power transmission. The model under consideration allows extrapolation over time in terms of residual resource. The model receives data from monitoring devices. The multiparameter model is implemented in the form data processing and interpretation algorithm for visualization and monitoring of the state of overhead line elements. Data from monitoring devices are registered signals from partial discharges, current strength, wire sag angle, sensor coordinates, wire and ambient temperature, air humidity, exact time signals, etc.

Inside the model, they are accumulated, averaged and processed. As a result, we obtain information about physical and structural state of the line elements in real time. Developed modular device (the information collection module can be replaced with another one, depending on monitoring tasks, and fixed communication module can be used as infrastructure for data transmission) are mounted on phase wire / ground wire and can be easily adapted to solve various problems of surveying overhead lines.

The development of methods and means of intellectualization of overhead power lines will allow creating new technologies for building an intelligent network for monitoring the state of overhead power lines based on existing overhead lines, and the amount of accumulated data on the state of the line to create digital twins.

1.5. Ожидаемые результаты и их значимость (указываются результаты, их значимость для развития новой научной тематики)

Данная информация может быть опубликована на сайте Фонда в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

на русском языке

Проект предполагает создание многопараметрической модели и автоматизированной сети сенсоров, сочетающей в себе инструменты управления, контроля и мониторинга, информационные технологии и средства коммуникации, обеспечивающие параллельный поток электроэнергии и информации от электростанции до потребителя. В данном проекте предполагается создание новой технологии построения интеллектуальных проводов на базе существующих воздушных линий путём:

- разработки методик определения состояния воздушных линий в режиме реального времени;
- разработки системы на основе беспроводных датчиков, устанавливаемых на ВЛ;
- создания аппаратно-программного комплекса сбора и обработки информации, а также программного комплекса интерпретации и визуализации результатов мониторинга ВЛ;
- сбора объема данных об распределительной сети электропередачи для построения ее цифрового двойника.

Результатом работы над проектом станет построение интеллектуальной сети мониторинга состояния воздушных линий электропередачи, базирующейся на датчиках с различным набором диагностических модулей, на собственных алгоритмах организации канала связи и программном обеспечении интерпретации получаемых данных, построения цифрового двойника распределительной сети электропередачи.

Данная сеть позволит получить новые знания благодаря сбору большого объёма статистических данных о параметрах режима работы ВЛ и её элементов, и в перспективе создавать цифровых двойников энергосистемы с воспроизведением динамики реального объекта, подбирать оптимальные конфигурации энергосистемы, обеспечивающие выполнение заданных критериев оптимальности, что поспособствует развитию технологий ресурсосберегающей энергетики и эффективной транспортировки электроэнергии.

Кроме того, данный проект имеет и значительный практический эффект, так как высокая информативность ВЛ позволит предотвращать аварийные ситуации и повысит эффективность транспорта электроэнергии. При эксплуатации реальной распределительной сети электропередачи, модель цифрового двойника может быть доработана и использована для реализации обратной связи с разработкой и изготовлением новых электротехнических объектов, диагностикой и прогнозированием неисправностей, повышением эффективности работы, перекалибровки, выявления новых потребностей электросетевых компаний. Всё это приведёт к значительной экономии средств.

на английском языке

The project involves the creation of an automated network combining management, monitoring tools, information technologies and communication tools that provide a parallel flow of electricity and information from the power plant to the consumer. In this project it is planned to create a new technology for building intelligent wires based on existing air lines by:

- development of methods for determining the condition of overhead lines in real time;
- development of a system based on wireless sensors installed on the overhead line;
- creation of a hardware-software complex for data collection and processing, as well as a software complex for interpreting and visualizing monitoring results of overhead lines.

The result of the work on the project will be the construction of an intelligent network for monitoring the state of overhead transmission lines based on sensors with a different set of diagnostic modules on their own algorithms for organizing a communication channel and software for interpreting the received data.

This network will provide new knowledge through the collection of a large amount of statistical data on the operating mode parameters of overhead lines and its elements, and in the future to create digital twins of the power system with playback of the dynamics of a real object, select the optimal power system configurations that meet the specified optimality criteria, which will contribute to the development of resource saving energy and efficient transportation of electricity.

In addition, this project has a significant practical effect, since the high information content of the overhead line will help prevent emergencies and increase the efficiency of transport of electricity. All this will lead to significant cost savings.

1.6. В состав научного коллектива будут входить (указывается планируемое количество исполнителей (с учетом руководителя проекта) в течение всего срока реализации проекта):

Несоответствие состава научного коллектива (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) требованиям пункта 12 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

3 исполнителя проекта (включая руководителя),

В соответствии с требованиями пункта 12 конкурсной документации от 2 до 4 человек, вне зависимости от того, в трудовых или гражданско-правовых отношениях исполнители состоят с организацией.

в том числе:

- 2** исполнителя в возрасте до 39 лет включительно;
- 1** аспирант (адъюнкт) очной формы обучения;
- 1** студент очной формы обучения.

1.7. Планируемый состав научного коллектива с указанием фамилий, имен, отчеств (при наличии) членов коллектива, их возраста на момент подачи заявки, ученых степеней, должностей и основных мест работы, формы отношений с организацией (трудовой договор, гражданско-правовой договор) в период реализации проекта

1. Горячев Михаил Петрович - 32 года, к.т.н., доцент кафедры "Теоретические основы электротехники" при ФГБОУ ВО "КГЭУ", трудовой договор.
2. Малаева Ева Денисовна - 21 год, инженер кафедры "Теоретические основы электротехники" при ФГБОУ ВО "КГЭУ", трудовой договор и студент ФГБОУ ВО "КГЭУ".
3. Давлетшин Рушан Радикович - 39 лет, директор частного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Центр работ под напряжением», аспирант ФГБОУ ВО "КГЭУ".

Соответствие профессионального уровня членов научного коллектива задачам проекта

1. Горячев Михаил Петрович участвовал в разработке системы мониторинга состояния воздушных линий электропередачи: разрабатывал математические модели интерпретации входных данных с датчиков; участвовал в разработке устройств контроля для системы мониторинга состояния воздушных линий электропередачи.
2. Малаева Ева Денисовна - участвовала в разработке программного обеспечения для ЭВМ. Свидетельство о регистрации ПО «Программа управления контрольной панелью для автоматизированной системы диагностики и устранения гололедообразования на линиях электропередачи»
3. Давлетшин Рушан Радикович - руководитель организации, занимающейся предоставлением услуг в сфере подготовки персонала предприятий электроэнергетики.

1.8. Планируемый объем финансирования проекта Фондом по годам (указывается в тыс. рублей):

в 2024 г. - 1500 тыс. рублей,

в 2025 г. - 1500 тыс. рублей.

Несоответствие планируемого объема финансирования проекта (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) требованиям пункта 10 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу.

1.9. Научный коллектив по результатам выполнения проекта в ходе его реализации предполагает опубликовать в ведущих рецензируемых*** российских и зарубежных научных изданиях**** не менее**

** Приводятся данные за весь период выполнения проекта. Уменьшение количества публикаций (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы) по сравнению с порогом, установленным в пункте 16.2 конкурсной документации, является основанием недопуска заявки к конкурсу.

*** Издания, индексируемые в библиографических зарубежных базах данных публикаций и/или Russian Science Citation Index (RSCI).

**** Фонд вправе устанавливать (изменять) перечень международных баз данных, в которых индексируются научные издания, и/или научных изданий, публикации в которых будут учитываться с повышающим коэффициентом.

В случаях принятия органами власти Российской Федерации или органами управления Фондом соответствующего решения Фонд вправе не менее чем за 8 месяцев до наступления отчетного периода в одностороннем порядке установить или изменить перечень международных баз данных, в которых индексируются научные издания, и/или научных изданий путем направления победителям конкурса соответствующего письменного уведомления.

3 публикаций,

из них

1 в изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) или «Скопус» (Scopus);

2 в изданиях, индексируемых в Russian Science Citation Index;

0 в изданиях, индексируемых в иных зарубежных библиографических базах данных.

Информация о научных изданиях, в которых предполагается опубликовать результаты проекта, в том числе следует указать в каких базах индексируются данные издания - «Сеть науки» (Web of Science Core Collection), «Скопус» (Scopus), RSCI, РИНЦ, иные базы, а также указать тип публикации - статья, обзор, монография, иной тип Springer Nature Switzerland AG (Zug) - «Скопус» (Scopus) - статья.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ - «РИНЦ» (RSCI), международный подписной каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory» - статья.

Иные способы обнародования результатов выполнения проекта

Конференции:

Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения»

1.10. Число публикаций членов научного коллектива, опубликованных в период с 1 января 2018 года до даты подачи заявки,

36, из них

10 – опубликованы в изданиях, индексируемых в Web of Science Core Collection или в Scopus,

26 – опубликованы в изданиях, индексируемых Russian Science Citation Index,

0 – опубликованы в изданиях, индексируемых в иных зарубежных библиографических базах данных.

1.11. Планируемое участие научного коллектива в международных коллаборациях (проектах) (при наличии)

нет

1.12. Информация о возможности использовании результатов выполнения проекта в осуществлении хозяйственной деятельности предприятий Российской Федерации, в том числе о способе использования, о намерениях по внедрению на основании прогнозируемых результатов проекта новой или усовершенствованию производимой продукции (товаров, работ, услуг), новых или усовершенствованных применяемых технологий; о формировании по итогам реализации проекта научных и технологических заделов, обеспечивающих экономический рост и социальное развитие Российской Федерации (с приложением подтверждающих документов, при наличии)

Результаты выполнения проекта м.б. использованы сетевыми компаниями.

Руководитель проекта подтверждает, что

- все члены научного коллектива (в том числе руководитель проекта) удовлетворяют пунктам 4, 6, 7, 13 конкурсной документации;
- на весь период реализации проекта руководитель проекта будет состоять в трудовых отношениях с организацией, при этом трудовой договор не будет договором о дистанционной работе, а также не будет предусматривать возможность осуществления трудовой деятельности за пределами территории Российской Федерации;
- при обнародовании результатов любой научной работы, выполненной в рамках поддержанного Фондом проекта, руководитель проекта и научный коллектив будут указывать на получение финансовой поддержки от Фонда и организацию, а также согласны с опубликованием Фондом аннотации и ожидаемых результатов проекта, соответствующих отчетов о выполнении проекта, в том числе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», использованием Фондом в некоммерческих целях представляемых в Фонд материалов, в том числе содержащих результаты выполнения проекта, с предоставлением указанных материалов органам власти Российской Федерации, институтам развития;
- помимо гранта Фонда проект не будет иметь других источников финансирования в течение всего периода практической реализации проекта с использованием гранта Фонда;
- проект не является аналогичным по содержанию проекту, одновременно поданному на конкурсы научных фондов и иных организаций;
- проект не содержит сведений, составляющих государственную тайну или относимых к охраняемой в соответствии с законодательством Российской Федерации иной информации ограниченного доступа;
- доля членов научного коллектива в возрасте до 39 лет включительно в общей численности членов научного коллектива будет составлять не менее 50 процентов в течение всего периода практической реализации проекта;
- в установленные сроки будут представляться в Фонд ежегодные отчеты о выполнении проекта и о целевом использовании средств гранта.

Подпись руководителя проекта _____/М.П. Горячев/

Форма 2. Сведения о руководителе

2.1. Фамилия, имя, отчество (при наличии)

на русском языке

Горячев Михаил Петрович

на английском языке фамилия и инициалы

Goryachev M.P.

WoS ResearcherID (при наличии)

Можно получить, зарегистрировавшись по адресу www.ResearcherID.com.

<https://publons.com/researcher/AAF-3429-2020/>

Scopus AuthorID (при наличии)

Scopus AuthorID формируется в базе данных Scopus автоматически при появлении у автора хотя бы одной статьи в данной базе. AuthorID указан в авторском профиле, который становится доступен, если при поиске автора в базе данных Scopus (Author Search) в результатах поиска нажать на фамилию автора.

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191971216>

ORCID (при наличии)

Можно получить, зарегистрировавшись по адресу orcid.org.

<https://orcid.org/0000-0002-6338-9557>

SPIN-код (при наличии)

SPIN-код указан в авторском профиле, который становится доступен, если при поиске автора в базе данных РИНЦ в результатах поиска нажать на фамилию автора.

8972-0182

РИНЦ AuthorID (при наличии)

РИНЦ AuthorID указан в авторском профиле, который становится доступен, если при поиске автора в базе данных РИНЦ в результатах поиска нажать на фамилию автора.

https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=745652

2.2. Дата рождения (указывается цифрами – число, месяц, год)

04.06.1991

2.3. Гражданство

РОССИЯ

2.4. Ученая степень, год присуждения

В случае наличия нескольких ученых степеней, указывается та из них, которая наиболее соответствует тематике проекта.

Кандидат технических наук, 2020

2.5. Награды и премии за научную деятельность, членство в ведущих научных сообществах (при наличии), участие в редколлегиях ведущих рецензируемых научных изданий (при наличии), участие в оргкомитетах или программных комитетах известных международных конференций, иной опыт организации международных мероприятий

1. Диплом стипендиата Мэра г.Казани. Конкурс на соискание именных стипендий Мэра города Казани. 5 декабря 2015 года. Проект: "Система воздушного патрулирования и управления транспортными потоками". Очное выступление.
2. Сертификат участника выставки разработок молодых учёных XI Международной молодёжной научной конференции «Тинчуринские чтения», 23-25 марта 2016 года. Проект: «Беспилотный летательный аппарат для обследования воздушных ЛЭП». Выставка экспоната.
3. Диплом победителя в номинации «Лучшая идея энергоэффективности и энергосбережения» на III республиканском конкурсе научно-технических проектов «Энергоэффективность и энергосбережение» - 2016г. Проект: «Аппаратно-программный комплекс на базе БПЛА для обследования протяжённых объектов энергетики». Заочное участие.
4. Диплом участника этапа Всероссийского конкурса проектов и разработок в области ИТ-технологий «ИТ-ПРОРЫВ», 2016г. Проект: «Система автономного пилотирования беспилотного летательного аппарата». Очное выступление.
5. Диплом II степени на VII Международной молодёжной научно-технической конференции «Электроэнергетика глазами молодежи – 2016», 19-23 сентября 2016 года. Проект: «Программно-аппаратный комплекс на базе БПЛА для обследования протяжённых объектов энергетики». Очное выступление.

2.6. Основное место работы на момент подачи заявки – должность, полное наименование организации (сокращенное наименование организации)

Руководитель проекта может на момент подачи заявки не являться работником организации, но, в случае победы в конкурсе, должен заключить с ней трудовой договор. В случае, если руководитель проекта не является гражданином Российской Федерации, организацией должны быть выполнены все процедуры, предусмотренные законодательством Российской Федерации при трудоустройстве иностранных граждан.

доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный энергетический университет" (ФГБОУ ВО "КГЭУ", Республика Татарстан (Татарстан))

2.7. Область научных интересов – ключевые слова (приводится не более 15 ключевых слов)

мониторинг состояния воздушных линий, интеллектуальная сеть, датчики мониторинга, обследование, диагностика, сенсоры, роботизированные комплексы

2.8. Область научных интересов – коды по классификатору Фонда

09-107 09-406 09-608

2.9. Перечень публикаций руководителя проекта (с указанием при наличии базы данных, в которой индексируется издание, например, RSCI, Web of Science Core Collection, Scopus, и т.п.), опубликованных в период с 1 января 2018 года до даты подачи заявки, подтверждающий выполнение условия пункта 9 конкурсной документации

Для лиц, находившихся в указанный в настоящем пункте период в отпусках по беременности и родам, отпусках по уходу за ребенком, а также отпусках работникам, усыновившим ребенка, допускается наличие соответствующих публикаций также в период, предшествующий 1 января 2018 года, и равный продолжительности таких отпусков. Соответствующая информация указывается справочно в настоящем пункте.

Достаточно привести ссылки на публикации в количестве, равном установленному в конкурсной документации порогу. Несоответствие количества публикаций (в том числе отсутствие информации в соответствующих полях формы), приводимое в перечне и/или численно в строке ниже, требованиям пункта 9 конкурсной документации является основанием недопуска заявки к конкурсу в соответствии с подпунктом «г» пункта 20 конкурсной документации.

на языке оригинала

1. Горячев М.П., Садыков М.Ф. /Определение механических нагрузок на воздушных линиях электропередачи // Электроэнергетика глазами молодежи – 2018: матер. IX Междунар. молод. науч.-техн. конф. (1–5 октября 2018 г.): в 3 т. – Т. 2. – Казань: КГЭУ, 2018. С.193-194.

Goryachev M.P., Sadykov M.F. / Determination of mechanical loads on overhead power lines // Power industry through the eyes of youth - 2018: mater. IX Intern. young. sci.-tech. conf. (October 1–5, 2018): in 3 vols. - Vol. 2. - Kazan: KSEU, 2018. P. 193-194 (перевод).

2. Goryachev M.P., Sadykov M.F., Yaroslavsky D.A. A technique for controlling the mechanical parameters of overhead power lines based on an improved inclinometric method. News of higher educational institutions. Energy problems. / KSEU, Kazan, - 2019. - Т.21, No. 3. - С.160-171.<https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-3-160-171> (перевод).

Горячев М.П., Садыков М.Ф., Ярославский Д.А. Методика контроля механических параметров воздушных линий электропередачи на основе улучшенного инклинометрического метода. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. / КГЭУ, г. Казань, – 2019. – Т.21, №3. - С.160-171.<https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-3-160-171>

3. Sadykov M. F., Yaroslavsky D. A., Goryachev M. P. [et al.] Analysis of modern methods for assessing the state of overhead power lines by the mechanical parameters of wires (review) // Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Physical series. - 2021. - Т. 85. - No. 11. - С. 1600-1606. – DOI 10.31857/S0367676521110326 (перевод).

Анализ современных методов оценки состояния воздушных линий электропередачи по механическим параметрам проводов (обзор) / М. Ф. Садыков, Д. А. Ярославский, М. П. Горячев [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2021. – Т. 85. – № 11. – С. 1600-1606. – DOI 10.31857/S0367676521110326.

4. Dmitry Alekseevich Ivanov, Danil Aleksandrovich Yaroslavsky, Marat Ferdinandovich Sadykov, Mikhail Petrovich Goryachev and Tatyana Gennadyevna Yambaeva. Investigations of Topological Features of Construction an Intelligent Overhead Power Transmission Line Based on Wireless Sensors. In International Journal of Mechanical Engineering and Technology on (Volume 8, Issue 12, December 2017, pp. 903–908), 12. Журнал индексируется в Scopus (Impact Factor: 3.46).

5. M. F. Sadykov, D. A. Yaroslavsky, D. A. Ivanov, V. A. Tyurin, T. G. Galiyeva and M. P. Goryachev. Inclinometric method for determining the mechanical state of an overhead power transmission line. International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems 2019 (SES-2019), 124, 2019: pp. 1-4.

https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2019/50/e3sconf_ses18_05022/e3sconf_ses18_05022.html

6. Sadykov M.F., Yaroslavsky D.A., Ivanov D.A., Goryachev M.P., Savelyev O.G., Chugunov Yu.S., Toropchin Yu.V.

Implementation of an automated monitoring system for icing in the distribution networks of PJSC TATNEFT. Oil industry. - 2020. - No. 7. - P.53-55. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-7-53-55

Садыков М.Ф., Ярославский Д.А., Иванов Д.А., Горячев М.П., Савельев О.Г., Чугунов Ю.С., Торопчин Ю.В. Внедрение системы автоматизированного мониторинга гололедообразования в распределительных сетях ПАО «Татнефть». Нефтяное хозяйство. – 2020. - №7. – С.53-55. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-7-53-55(перевод).

7. Yaroslavsky, Danil, Marat Sadykov, Mikhail Goryachev, Dmitry Ivanov, and Nikolay Andreev. "Methodology Approbation for the Overhead Power Lines Sag Determining by the Period of Conductor Owned Oscillations." Machines 10, no. 8 (2022): 685.

Для русскоязычных названий сведения приводятся на русском языке и в переводе на английский язык. При этом должно быть понятно, что речь идет об одном и том же документе (например, добавляйте слово «перевод»).

Перечень содержит 3 публикации в изданиях, индексируемых в Russian Science Citation Index.

Перечень содержит 4 публикации в изданиях, индексируемых в Web of Science Core Collection, Scopus.

Перечень содержит 0 публикаций в изданиях, входящих в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по SJR (принадлежность издания к Q1 в Scopus определяется по базе данных <http://www.scimagojr.com/>).

Перечень содержит 0 публикаций в изданиях, индексируемых в иных зарубежных библиографических базах данных.

2.10. Основные научные результаты руководителя проекта за период с 1 января 2018 года (результаты должны подтверждаться сведениями из заявки, например - публикациями)

Опубликовано 12 статей РИНЦ, 4 статьи ВАК, 10 статей Web of Science Core Collection/Scopus, 7 патентов.

Принимал участие в ряде НИОКР:

1. Договор №2091-000370 от 08.04.2020 г. НИОКР по теме: «Разработка современных методов и способов плавки гололедно-изморозевых отложений на ВЛ 0,4-10 кВ с использованием мобильных устройств» ПАО «МРСК Волги».
2. Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках госзадания на выполнение НИР по теме "Распределенные автоматизированные системы мониторинга и диагностики технического состояния воздушных линий электропередачи и подстанций на основе технологии широкополосной передачи данных через линии электропередач и промышленного интернета вещей" (номер темы 075-00063-20-02).
3. Договор №2091-000370 от 08.04.2020 г. с ПАО «МРСК Волги» по теме «Разработка современных методов и способов плавки гололедно-изморозевых отложений на ВЛ 0,4-10 кВ с использованием мобильных устройств». 2020-2021 гг.
4. Договор №0002/52/63 06.04.2020г. с ПАО «Татнефть» им.В.Д.Шашина по теме «Разработка и внедрение приборов и методики по слежению за техническим состоянием оборудования подстанций 110/35/6 кВ». 2020-2021 гг.
5. Госзадание на выполнение НИР по теме "Распределенные автоматизированные системы мониторинга и диагностики технического состояния воздушных линий электропередачи и подстанций на основе технологии широкополосной передачи данных через линии электропередач и промышленного интернета вещей". 2021 - 2022 гг.

Published 12 RSCI articles, 4 HAC articles, 10 Web of Science Core Collection/Scopus articles, 7 patents.

Participated in a number of R&D:

1. Contract No. 2091-000370 dated 04/08/2020 R&D on the topic: "Development of modern methods and methods for melting ice-frost deposits on 0.4-10 kV overhead lines using mobile devices" of IDGC of Volga PJSC.
2. The research was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as part of the state assignment for the implementation of research on the topic "Distributed automated systems for monitoring and diagnosing the technical condition of overhead power lines and substations based on the technology of broadband data transmission through power lines and the industrial Internet of Things" (subject number 075-00063-20-02).
3. Agreement No. 2091-000370 dated 04/08/2020 with PJSC IDGC of Volga on the topic "Development of modern methods and methods for melting ice-frost deposits on 0.4-10 kV overhead lines using mobile devices". 2020-2021
4. Agreement No. 0002/52/63 04/06/2020 with PJSC "Tatneft" named after V.D. Shashin on the topic "Development and implementation of instruments and methods for monitoring the technical condition of equipment of substations 110/35/6 kV". 2020-2021.
5. The state Research and Development task no. 075-03-2022-151 of 14.01.2022 "Distributed automated systems of monitoring and diagnostics for technical condition of overhead power lines and substations based on broadband data transmission technology through power lines and the industrial Internet of Things". 2021 - 2022 гг.

2.11. Общее число публикаций в ведущих рецензируемых** российских и зарубежных научных изданиях за период с 1 января 2018 года,**

**** Издания, индексируемые в библиографических зарубежных базах данных публикаций и/или Russian Science Citation Index (RSCI).

36, из них:

26 - опубликовано в изданиях, индексируемых Russian Science Citation Index;

10 - опубликовано в изданиях, индексируемых в Web of Science Core Collection или Scopus,

Указание количества публикаций, опубликованных в перечисленных базах данных, не является обязательным.

в том числе 0 в изданиях, входящих в первый квартиль (Q1) по импакт-фактору JCR Science Edition или JCR Social Sciences Edition, по SJR;

0 - опубликовано в изданиях, индексируемых в иных зарубежных библиографических базах данных.

2.12. Дополнительный список из 5 наиболее значимых публикаций руководителя проекта (монографии, результаты интеллектуальной деятельности, имеющие правовую охрану, публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях (в т.ч. публикации в изданиях, индексируемых в системах цитирования Russian Science Citation Index, Web of Science Core Collection, Scopus). Приводится не более 5 публикаций, при наличии публикации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» указывается ссылка на нее (обязательно для публикаций в индексируемых изданиях), указывается, при наличии, импакт-фактор научного издания (по JCR Science Edition, JCR Social Sciences Edition или SJR))

Пункт не является обязательным к заполнению. Могут приводиться публикации, свидетельствующие о научной квалификации и достижениях руководителя проекта, за исключением публикаций, указанных в п. 2.9 настоящей формы.

на языке оригинала

Для русскоязычных названий сведения приводятся на русском языке и в переводе на английский язык. При этом должно быть понятно, что речь идет об одном и том же документе (например, добавляйте слово «перевод»).

2.13. Опыт выполнения научных проектов (указываются наименования фондов (организаций), их местонахождение (страна), форма участия (руководитель или исполнитель), номера, названия проектов и сроки выполнения за последние 5 лет)

1. «Создание семейства двигателей КАМАЗ на альтернативных видах топлива с диапазоном мощностей 300...400 л.с. и потенциалом выполнения перспективных экологических требований», договор №9932/17/07-К-12 от 20.11.2012 о предоставлении субсидии в рамках Постановления Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. N 218, 2013-2015гг., исполнитель.

2. ««Разработка системы контроля гололедообразования на высоковольтных линиях 110, 35, 6 (10) кВ», хоздоговор №0002/11/29 от 19.01.2015 с ПАО «Татнефть», 2015-2016гг., исполнитель.

3. ФЦП "Разработка линейки модулей различной модификации для беспроводных сетей в составе систем автоматизации различного применения", Соглашение о предоставлении субсидии от 27 октября 2015 г. № 14.577.21.0168, 2015-2017 гг., исполнитель.

4. Договор №2091-000370 от 08.04.2020 г. НИОКР по теме: «Разработка современных методов и способов плавки гололедно-изморозевых отложений на ВЛ 0,4-10 кВ с использованием мобильных устройств» ПАО "МРСК Волги", исполнитель.

5. Госзадание на выполнение НИР по теме "Распределенные автоматизированные системы мониторинга и диагностики технического состояния воздушных линий электропередачи и подстанций на основе технологии широкополосной передачи данных через линии электропередач и промышленного интернета вещей" (соглашение №075-03-2022-151 от 14.01.2022), исполнитель.

6. Договор №0002/52/63 06.04.2020г. с ПАО «Татнефть» им.В.Д.Шашина по теме «Разработка и внедрение приборов и методики по слежению за техническим состоянием оборудования подстанций 110/35/6 кВ». 2020-2021 гг., исполнитель.

7. Госзадание на выполнение НИР по теме "Распределенные автоматизированные системы мониторинга и диагностики технического состояния воздушных линий электропередачи и подстанций на основе технологии широкополосной передачи данных через линии электропередач и промышленного интернета вещей". 2021 - 2022 гг.

В том числе проектов, финансируемых РНФ (при наличии):

2.14. Планируемое участие в научных проектах (в любом качестве) в 2024 году

Общее количество – 2, из них:

руководство – 1, участие в качестве исполнителя – 1,

а именно:

РНФ

Договор с АО "Сетевая компания"

(указываются в том числе грантодатели или заказчики проектов и источник финансирования, например – государственное задание учредителя, гранты РФФИ, ФПИ, РНФ, иных фондов или иных организаций, государственный контракт (заказчик, программа), иной хозяйственный договор, иные гранты и субсидии).

2.15. Доля рабочего времени, которую планируется выделить на руководство данным проектом в случае победы в конкурсе Фонда -

40 процентов.

Имеется в виду – от полной занятости в рамках трудовых или гражданско-правовых правоотношений, т.е. занятость в свободное от основной работы время также должна учитываться.

2.16. Предполагаемая форма трудовых отношений¹ с организацией, через которую будет осуществляться финансирование:

Организация будет являться основным местом работы² (характер работы – не дистанционный): **да;**

Трудовой договор по совместительству³ (характер работы – не дистанционный): **нет.**

¹ В соответствии с пунктом 8 конкурсной документации трудовой договор с руководителем проекта не может быть договором о дистанционной работе и предусматривать возможность осуществления трудовой деятельности за пределами территории Российской Федерации.

Исчисление продолжительности рабочего времени должно осуществляться исходя из еженедельного графика работы (за исключением (ст. 104 ТК РФ) работников, занятых на круглосуточных непрерывных работах, а также на других видах работ, где по условиям производства (работы) не может быть соблюдена установленная ежедневная или еженедельная продолжительность рабочего времени).

Работа в режиме гибкого рабочего времени (ст. 102 ТК РФ) должна обеспечивать отработку работником суммарного количества рабочих часов в течение рабочего дня или недели.

Руководитель проекта может на момент подачи заявки не являться работником организации, но, в случае победы в конкурсе, должен заключить с ней трудовой договор. В случае, если руководитель проекта не является гражданином Российской Федерации, организацией должны быть выполнены все процедуры, предусмотренные законодательством Российской Федерации при трудоустройстве иностранных граждан.

² Указывается для случаев, когда руководитель проекта планирует, что во время реализации проекта организация будет являться его основным местом работы (в том числе и не по гранту РНФ). Данный пункт указывается для случаев внутреннего совместительства (ст. 60.1 ТК РФ) и совмещения должностей (ст. 60.2 ТК РФ).

³ Указывается для случаев, когда руководитель проекта планирует, что реализация проекта будет осуществляться им по внешнему совместительству, а организация не будет для него являться основным местом работы. РНФ обращает внимание, что расположение основного места работы в ином, удаленном от места расположения организации субъекте Российской Федерации, может повлечь за собой проверки фактического режима рабочего времени в период реализации проекта.

2.17. Опыт образовательной деятельности за последние 5 лет *(указывается информация о руководстве аспирантами, адъюнктами, интернами, ординаторами, разработке и чтении новых образовательных курсов в российских и зарубежных вузах)*

2.18. Почтовый адрес

Республика Татарстан, г.Казань, ул. Шамиля Усанова, д.11В, кв.25 (420034)

2.19. Контактный телефон

+79003256470

2.20. Электронный адрес (E-mail)

goryachev91@mail.ru

2.21. Участие в проекте:

Руководитель проекта

2.22. Файл с дополнительной информацией *(резюме, другая дополнительная информация, которая, по мнению руководителя проекта, может быть полезна при проведении экспертизы данного проекта)*

Один файл в формате pdf, до 3 Мб.

С условиями конкурса Фонда (в том числе, с пунктами 6 и 7 конкурсной документации) ознакомлен и согласен.
Подтверждаю свое участие в проекте.

Фамилия, имя и отчество	Горячев Михаил Петрович
Данные документа, удостоверяющего личность ***** (серия, номер, сведения о дате и органе выдачи)	Внимание! Данное поле заполняется вручную в печатном экземпляре заявки. Заполнение обязательно!
Адрес проживания	Республика Татарстан, г.Казань, ул. Шамиля Усанова, д.11В, кв.25 (420034)
Оператор персональных данных	Российский научный фонд

Я выражаю согласие***** на обработку указанным выше оператором персональных данных, внесенных в настоящую форму мною лично.

Обработка Российским научным фондом (адрес: г. Москва, ул. Солянка, д. 14, строение 3) указанных выше персональных данных может осуществляться **посредством** их сбора, систематизации, накопления, хранения, уточнения, использования, блокирования, распространения на официальном сайте Российского научного фонда, передачи и уничтожения **с целью** проведения экспертизы заявок на конкурсы, проводимые Российским научным фондом, экспертизы проектов и программ, финансируемых Российским научным фондом, подготовки аналитических материалов по конкурсам, долговременного сохранения документированной информации об участниках программ, получивших финансирование Российского научного фонда, общедоступного раскрытия информации о руководителях программ и проектов, финансируемых Российским научным фондом. Указанная обработка моих данных может осуществляться в течение 75 лет со дня заполнения настоящей формы в печатной форме. Хранение настоящей формы может быть поручено ООО «РАЙСВОЛФ» (107150, Москва, ул. Бойцовая, д. 22), оказывающему Российскому научному фонду услуги архивного хранения документов. Настоящее согласие может быть отозвано посредством направления на указанный выше адрес оператора персональных данных заявления с требованием о прекращении обработки персональных данных. Заявление должно содержать номер документа, удостоверяющего личность субъекта персональных данных; сведения о дате выдачи указанного документа и выдавшем его органе, а также собственноручную подпись субъекта персональных данных.

***** Непредставление данных документа, удостоверяющего личность, является основанием недопуска заявки к конкурсу.

***** Заполнение является обязательным в соответствии с требованиями Федерального закона от 27 июля 2006 г. №152-ФЗ «О персональных данных».

Подпись руководителя проекта _____/М.П. Горячев/

Дата подписания «___» _____ 2023 г.

Форма 3. Сведения об организации

собираются автоматически на основе регистрационных данных организации, через которую будет осуществляться финансирование ("Форма Т")

3.1. Полное наименование (приводится в соответствии с регистрационными документами)

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный энергетический университет"

3.2. Сокращенное наименование

ФГБОУ ВО "КГЭУ"

3.3. Наименование на английском языке

Federal state budgetary educational institution of higher education "KAZAN STATE POWER ENGINEERING UNIVERSITY"

3.4. Организационно-правовая форма (указывается по ОКОПФ)

Федеральные государственные бюджетные учреждения

3.5. Форма собственности (указывается по ОКФС)

Федеральная собственность

3.6. Ведомственная принадлежность

Министерство науки и высшего образования РФ

3.7. ИНН, КПП, ОГРН, ОКТМО

1656019286, 165601001, 1021603065637, 92701000

3.8. Адрес

420066 г.Казань ул.Красносельская, 51

3.9. Фактический адрес

420066 г.Казань ул.Красносельская, 51

3.10. Субъект Российской Федерации

Республика Татарстан (Татарстан)

3.11. Должность, фамилия, имя, отчество (при наличии) руководителя организации

Ректор, Абдуллазянов Эдвард Юнусович

3.12. Контактный телефон

+78435194202

3.13. Электронный адрес (E-mail)

kgeu@kgeu.ru

Руководитель организации подтверждает, что:

- ознакомлен с условиями конкурса Фонда и согласен на финансирование проекта, в случае его поддержки, через организацию;
- согласен с пунктами 8, 14, 31-35 конкурсной документации, иными условиями конкурса;
- подтверждает сведения о руководителе проекта, изложенные в данной заявке;
- организация исполняет обязательства по уплате страховых взносов и налогов (при наличии), платежеспособна, не находится в процессе ликвидации, не признана несостоятельной (банкротом), на ее имущество не наложен арест и ее экономическая деятельность не приостановлена;
- в случае признания заявки победителем организация берет на себя следующие обязательства:
 - заключить с членами научного коллектива гражданско-правовые или трудовые (срочные трудовые) договоры (**трудовой договор с руководителем проекта не может быть договором о дистанционной работе**, трудовые договоры с руководителем проекта и членами научного коллектива не могут предусматривать возможность осуществления трудовой деятельности за пределами территории Российской Федерации);

Если таковые не заключены ранее. В случае, если член научного коллектива не является гражданином Российской Федерации, организацией должны быть выполнены все процедуры, предусмотренные законодательством Российской Федерации при трудоустройстве иностранных

граждан.

- по поручению руководителя проекта выплачивать членам научного коллектива вознаграждение за выполнение работ по проекту;
- ежегодно в установленные сроки представлять отчет о целевом использовании гранта Российского научного фонда.

Руководитель организации гарантирует, что:

- вознаграждение за выполнение работ по реализации проекта будет ежегодно получать каждый член научного коллектива;
Лица, не являющиеся налоговыми резидентами Российской Федерации, могут осуществлять работы по проекту на безвозмездной основе (за исключением руководителя проекта).
- общий размер ежегодного вознаграждения членов научного коллектива в возрасте до 39 лет включительно не будет меньше 35 процентов от суммы ежегодного вознаграждения всех членов научного коллектива;
- общее число членов научного коллектива (вместе с руководителем проекта) будет составлять от 2 до 4 человек, при этом членом научного коллектива не будет являться работник организации, в непосредственном административном подчинении которого находится руководитель проекта;
- научному коллективу будет предоставлено помещение и обеспечен доступ к имеющейся экспериментальной базе для осуществления научного исследования.

Подпись руководителя организации (уполномоченного представителя, действующего на основании доверенности или распорядительного документа), **печать** (при ее наличии) **организации.**

В случае подписания формы уполномоченным представителем организации (в т.ч. – руководителем филиала) к печатному экземпляру заявки прилагается копия распорядительного документа или доверенности, заверенная печатью организации.

_____/_____/_____
М.П.

Форма 4. Содержание проекта

4.1. Научная проблема, на решение которой направлен проект

В электросетевом комплексе Российской Федерации доля оборудования со сверхнормативным сроком службы составляет от 40 до 60 %, потери в распределительных сетях – 8,3 % против 7,5 % в зарубежных компаниях. Низкий уровень автоматизации сетей 35-110, 220 кВ и особенно 6-20 кВ, который значительно отстает от аналогичного показателя в развитых странах; только 38 % от общего количества центров питания оснащены телесигнализацией и менее 16 % имеют телеуправление.

Действующие линии электропередач РФ не оснащены системами мониторинга реального времени, что увеличивает время поиска и устранения неисправностей, аварий и их ликвидации. При наличии систем диагностики ВЛ многие аварии можно предотвращать. Однако, проблема отсутствия универсальных систем мониторинга ВЛ в режиме реального времени и, как следствие, методик интерпретации результатов мониторинга до сих пор остается значительное время занимает локализация аварийного участка линии, что усугубляет последствия аварии; отсутствует контроль за состоянием линии (температура, гололёд, перегрузка по мощности и пр.); невозможно объективно оценить остаточный ресурс линии (определяют только по часам выработки, без учёта текущих воздействий на линию). Например, проблема предотвращения гололедных аварий в электрических сетях энергосистем актуальна для многих регионов России и других стран. Гололедные отложения создают внешние механические нагрузки на провода и опоры ВЛ электропередачи, приводя к обрывам и коротким замыканиям. Отсутствие контроля загруженности ВЛ не позволяет оптимально перераспределять потоки мощности и минимизировать негативные влияния на ВЛ при её перегрузке (например, при плавке гололедно-изморозевых отложений).

4.2. Научная значимость и актуальность решения обозначенной проблемы

В рамках законодательства об энергоэффективности в России действует ФЗ № 261 об энергосбережении. Реализация данного проекта в рамках РНФ направлена на разработку, создание и исследование системы мониторинга состояния линии электропередачи на основе модульных устройств, а также многопараметрической модели воздушной линии электропередачи. Использование данной модели ВЛ для интерпретации физических и структурных изменений элементов линии в реальном времени на основе выходных данных с устройств мониторинга состояния ВЛ позволит сделать следующий шаг в построении «умных сетей», превратив обычный провод в «интеллектуальный провод», т.е. передающий информацию о своём состоянии. Технология «интеллектуальный провод» позволяет создать самоорганизующуюся беспроводную сенсорную сеть. Она не только дает возможность определять текущее состояние ВЛ, а значит и проводить ремонтные и восстановительные работы по состоянию, но и послужит транспортной системой для организации связи между цифровыми устройствами, став основой для адаптивных инфраструктур и сервисов в энергетике. Всё это отражено в «Дорожной карте» «Энерджинет» Национальной технологической инициативы, одобренной 28.09.2016 г. Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, где предполагается проведение трёх этапов:

- реализация пилотных проектов по цифровой инфраструктуре и сервисам;
- разработка критических технологий для создания адаптивных инфраструктур и сервисов в энергетике;
- инициация проведения исследований по темам создания самоорганизующихся инфраструктур и сервисов.

Таким образом, в настоящее время всё более востребованы работы над технологиями в области энергосбережения. Появление же новой многопараметрической модели ВЛ и её использование для получения информации от текущем состоянии линии на основе данных с устройств мониторинга, имеющих модульную структуру и адаптивные функциональные возможности, а также информационной сети на их базе не только позволит подготовить информационную инфраструктуру для внедрения интеллектуальных сетей, но и существенно повысит информативность ВЛ, снизит потери электроэнергии и вероятность возникновения аварийных ситуаций, накопить необходимый объем данных для создания цифрового двойника распределительной сети электропередачи.

Научная значимость данной работы состоит в том, что в результате создается интеллектуальная система мониторинга состояния воздушных линий электропередачи, позволяющая получить новые знания благодаря сбору, обработке и интерпретации большого объёма статистических данных о параметрах, режимах работы ВЛ и её элементов, выявлять ранее неизвестные зависимости между параметрами ЛЭП. Это поспособствует развитию технологий ресурсосберегающей энергетики и эффективной транспортировки электроэнергии.

Цифровой двойник является одним из инструментов обслуживания по фактическому состоянию, который позволяет промоделировать различные варианты полных и частичных отказов, работу электросети с учетом режимов их работы, воздействий окружающей среды и различной степенью износа узлов. Что касается вопроса разработки цифровых двойников реальных технических систем, то на данный момент в Российской Федерации разработка таких проектов

ведется только для АЭС (цифровой двойник первого блока Нововоронежской АЭС-2).

4.3. Конкретная задача (задачи) в рамках проблемы, на решение которой направлен проект, ее масштаб и комплексность

Основной задачей проекта является создание технологии "интеллектуальных проводов" на основе существующих воздушных линий электропередачи благодаря разработке и исследованию системы мониторинга состояния линии электропередачи на основе модульных устройств, а также многопараметрической модели воздушной линии электропередачи, созданию собственного протокола связи, а также проведению исследований зависимости между входными параметрами и появлением дефектов, разработке алгоритмов и программного обеспечения для интерпретации результатов мониторинга.

Решение данной задачи позволит сделать электроэнергетику в Российской Федерации интеллектуальной, в которой можно контролировать параметры режимов работы транспортной сети и её элементов, что позволит повысить энергоэффективность и ресурсосбережение в целом. Кроме того, ввиду активного внедрения элементов интеллектуальных сетей за рубежом, продукция для внедрения технологии "интеллектуального провода" будет востребована за пределами России.

Задачи, решаемые в процессе реализации проекта:

1. Создание и исследование многопараметрической модели ВЛ.
 2. Разработка методик определения состояния ВЛ в режиме реального времени.
 3. Разработка экспериментального образца базового устройства для технологии "интеллектуальный провод".
 4. Разработка диагностических модулей с адаптивными функциональными возможностями (оснащение сенсорами в соответствии с решаемой задачей) для технологии "интеллектуальный провод".
 5. Создание протокола организации канала связи для технологии "интеллектуальный провод", в соответствии со стандартом МЭК 61850 / IEC 61850.
 6. Разработка экспериментального стенда для апробации разработанных устройств.
 7. Организация процесса сбора и последующего анализа экспериментальных данных с экспериментального образца разработанного устройства.
 8. Создание программного комплекса интерпретации и визуализации результатов мониторинга ВЛ на основе разработанных методик в соответствии с конкретными задачами (определение степени загруженности линии электропередачи, контроль гололёдообразования).
 9. Разработка системы сбора и обработки информации, поступающей с датчиков с использованием облачных технологий.
 10. Оснащение ВЛ разработанной интеллектуальной системой, построенной на не менее 30 датчиках и её опытная эксплуатация.
 11. Накопление объема данных для создания цифрового двойника распределительной сети электропередачи.
- В результате получим воздушные линии электропередачи, информирующие о своём состоянии в режиме реального времени.
- Результаты проекта могут быть использованы электроэнергетическими сетями транспорта электроэнергии в Российской Федерации и за её пределами, в том числе для создания цифровых двойников.

4.4. Научная новизна исследований, обоснование того, что проект направлен на развитие новой для научного коллектива тематики***, обоснование достижимости решения поставленной задачи (задач) и возможности получения предполагаемых результатов**

***** В том числе, на определение объекта и предмета исследования, составление плана исследования, выбор методов исследования.

Существующие модели элементов воздушных линий электропередачи разработаны для решения узкого спектра задач [1,2]. Такой подход не позволяет накопить достаточно информации об объекте для создания его цифровой модели. Реализация проекта предполагает создание и исследование многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов воздушной линии электропередачи, разработку новых алгоритмов интерпретации входных данных, нового модульного датчика, новых сенсорных решений, новой топологии организации канала связи с увеличенной скоростью.

Создаваемая многопараметрическая модель воздушной линии электропередачи строится на использовании аналитических выражений определения степени загруженности линии электропередачи, контроля гололёдообразования, выявления состояния провода.

Рассматриваемая модель позволяет проводить экстраполяцию по времени на предмет остаточного ресурса. В модель поступают данные с устройств мониторинга. Многопараметрическая модель будет реализована в виде алгоритма обработки и интерпретации данных для визуализации и мониторинга состояния

элементов ВЛ. Данными с устройств мониторинга являются сила тока, угол провиса провода, координаты датчика, температура провода и окружающей среды, влажность воздуха, сигналы точного времени и др. Внутри модели происходит их накопление, усреднение и обработка. В результате мы получаем информацию о физическом и структурном состоянии элементов линии в режиме реального времени.

Разрабатываемые модульные устройства (модуль сбора информации может быть заменён на другой, в зависимости от задач мониторинга, а неизменный модуль связи может быть использован в качестве инфраструктуры для передачи данных) монтируются на фазный провод/грозотрос и могут быть легко адаптированы под решение различных задач обследования ВЛ, что позволит уменьшить затраты и повысить гибкость системы мониторинга в целом.

Преимуществами создания и исследования многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов линии и применения её для анализа данных с модульных устройств мониторинга состояния ВЛ с целью формирования интеллектуальных ВЛ являются:

- моделирование и анализ не только элементов линии электропередачи, но и инфраструктуры транспорта электроэнергетики в целом;
- определение остаточного ресурса элементов ВЛ, благодаря непрерывному сбору информации о текущем состоянии ВЛ;
- прогнозирование возникновения аварийных ситуаций на линии с целью их своевременного предотвращения, благодаря отслеживанию физических и структурных изменений в элементах линии в процессе возникновения и развития дефекта;
- адаптивные функциональные возможности (в любое время диагностический модуль сбора информации может быть заменён на другой, в зависимости от задач мониторинга);
- более высокая скорость передачи данных по каналу связи, организованному на основе собственного протокола (реальная скорость может достигать 250 кбит/с, а не 40 кбит/с);
- увеличение дальности передачи данных и минимизация энергопотребления (разработка и применение протокола с дальностью связи до 15 км между соседними устройствами вместо 1 км у конкурентов);
- возможность дальнейшего развития системы ввиду открытости кода для разработчиков;
- безопасность организации передачи данных (возможность шифрования);
- минимальная стоимость построения системы на базе разрабатываемых модульных устройств (30 тыс.руб./шт., в сравнении с 170 тыс.руб./шт. у наиболее близкой Astrose).

Для структурированного описания текущего режима работы энергосистемы будет использоваться информационный поток о состояниях каждой единицы оборудования и узла системы в виде наборов данных, доступных посредством стандартных цифровых сетей передачи информации через облачные сервисы. Облачный подход позволит унифицировать методы обработки, использования и хранения информации, поступающей с объектов энергосистемы, и существенно сократить затраты на реализацию доступа к результатам текущего и предшествующего состояний сети электропередачи.

1. Диагностика, реконструкция и эксплуатация воздушных линий электропередачи в гололедных районах/ И.И.

Левченко, А.С. Засыпкин, А.А. Аллилуев, Е.И. Сацук. Учеб. пособие/М: Издательский дом МЭИ, 2007 – 494 с.

2. Арбузов Р.С. Современные методы диагностики воздушных линий электропередачи / Р.С. Арбузов, А.Г. Овсянников. – Новосибирск: Наука, 2009. -136с. ISBN 978-5-02-023275-4.

4.5. Современное состояние исследований по данной проблеме, основные направления исследований в мировой науке и научные конкуренты

Известны такие системы мониторинга параметров ВЛ, как CAT-1 (США) [1,2], АИСКГН (РФ) [3], СТГН (РФ) [4], в математических моделях которых используются механические методы, что ограничивает объём информации о состоянии ВЛ. Модель системы DiLin (РФ) [2,5] применяет частотный метод обследования гололёда на ВЛ, что сопровождается отключением нагрузки от обследуемой линии, значительной погрешностью локализации места дефектов (до километров), а также повышенным влиянием факторов окружающей среды (изменяется внутреннее сопротивление линии, что влияет на отражённые сигналы) [6].

Из систем контроля состояния ВЛ косвенными методами лучше всего зарекомендовали себя системы LINDSEY (США) [7] или Astrose (Германия) [8]. Однако, математическая модель данных систем не позволяет отследить процесс гололёдообразования, не учитывает перетяжку провода от пролёта к пролёту, а также изменение геометрии ВЛ в зависимости от температуры провода.

В Российской Федерации ООО «МИГ» (г. Саратов) проводятся работы по созданию системы определения начала гололёдообразования «МИГ» [9]. Недостатками данной системы является узкий спектр решаемых задач, так как система определяет лишь возникновение гололёдо-изморозевых отложений на проводах, не информируя о появлении дефектов на ВЛ и о её текущем состоянии.

Существуют исследования, посвященные моделированию отдельных процессов, происходящих в электрических сетях. Это связано с подходом к диагностике технического состояния линий электропередач, когда исследуется один набор параметров, например, диагностика изоляционных элементов, гололедообразование и проч.

Сегодня цифровые модели воздушных линий электропередачи строятся лишь на основе аэро-фотосъемки и дальнейшего построения модели методами фотограмметрии. Такой подход позволяет судить о состоянии объекта лишь на момент проведения съемки, не позволяя моделировать происходящие с объектом процессы [10].

Основные мировые научные конкуренты: Фраунхоферовский институт электронных наносистем, Германия, доктор технических наук Штеффен Курт, проект "Автономная сенсорная сеть для мониторинга воздушных линий (Autonomous Sensor Network for Monitoring of Power Lines / ASTROSE)"; Производственная компания LINDSEY, Соединённые Штаты Америки, доктор технических наук Кит Линдси, проект "Мониторинг воздушных линий электропередачи (Transmission Line Conductor Monitor / TLM)".

Компании Siemens и GE активно проводят исследования, внедряют собственные технологии при создании цифровой энергетической системы и разрабатывают ее цифровых двойников [11, 12].

Проблемой исследования и создания цифровых двойников объектов энергетики также занимаются в State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing, China (Zhou Mike) [13].

1. http://www.ruscable.ru/article/sistema_monitoringa_sat_1_effektivnaya_zashhita/

2. Панасенко М.В. Аналитический обзор способов и устройств мониторинга промежуточного пролета воздушной линии электропередачи // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №11-4. С. 572 – 576. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=6183>

3. <http://www.abak2000.ru/solution/sistema-kontrolya-gololednoy-nagruzki-0>

4. <http://www.namos.ru/press/publications/a22/>

5. <https://dimrus.ru/dilin.html>

6. <https://cyberleninka.ru/article/v/lokatsionnoe-obnaruzhenie-gololeda-na-vozdushnyh-liniyah-elektroperedachi-chast-1-sposoby-obnaruzheniya-gololeda>

7. <http://lindsey-usa.com/sensors/transmission-line-monitor/>

8.

http://www.enas.fraunhofer.de/content/dam/enas/de/documents/Downloads/datenblaetter/ASTROSE_EN_highres_web.pdf

9. <http://migsystem.ru>

10. <http://www.mrsksevpap.ru/news?feed=1384336981117&news=1384346627232>

11. <https://www.siemens.com/content/dam/webassetpool/mam/tag-siemens-com/smdb/energy-management/services-power-transmission-power-distribution-smart-grid/consulting-and-planning/power-systems-simulation-software/electrical-digital-twin/electricaldigitaltwin-brochure-final-intl-version-singlepages-nocrops-hires-1.pdf>

12. https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/Digital-Twin-for-the-digital-power-plant-.pdf

13. Zhou, Mike. (2018). Digital Twin Concept and Its Application to Power Grid Online Analysis. IEEE 2nd Electrical and Energy Conference (CIEEC2018)

4.6. Предлагаемые методы и подходы, общий план работы на весь срок выполнения проекта и ожидаемые результаты (объемом не менее 2 стр.; в том числе указываются ожидаемые конкретные результаты по годам; общий план дается с разбивкой по годам)

Разработка методов и средств интеллектуализации воздушных линий электропередачи неразрывно связана с созданием и исследованием многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов линии и включает в себя:

- создание многопараметрической модели ВЛ;
- методики определения состояния ВЛ в режиме реального времени;
- программный комплекс интерпретации и визуализации результатов мониторинга ВЛ на основе разработанных методик;
- аппаратную и программную части беспроводных модульных датчиков для определения состояния ВЛ;
- исследование многопараметрической модели ВЛ;
- систему на основе беспроводных датчиков, устанавливаемых на ВЛ;
- систему сбора и обработки информации, поступающей с датчиков с использованием облачных технологий.

Многопараметрическая модель воздушной линии электропередачи подразумевает разработку методик определения степени загруженности линии электропередачи и использование методик контроля гололедообразования.

При этом, одни и те же параметры могут быть использованы в различных математических моделях определения параметров линии. Например, температура провода может быть

использована для определения загруженности линии и оптимизации режима плавки гололеда, угол провиса провода - для определения его тяжения, температура и влажность окружающей среды – для определения начала образования гололедно-изморозевых отложений и их характера.

Создание интеллектуальной воздушной линии наиболее целесообразно осуществлять на основе существующих сетей, что позволяет развивать «умные» сети с меньшими финансовыми затратами и постепенно, то есть с минимальными рисками.

Разработка аппаратной и программной части беспроводных модульных датчиков для определения состояния ВЛ будет базироваться на опыте создания беспроводных датчиков системы мониторинга гололёдообразования, в том числе использования наработок по аппаратной (система питания, часть сенсоров) и программной части (процедуры работы с сенсорами, коммуникационные подпрограммы для радиоканала по стандарту IEEE.802.15.4).

Различная конфигурация разрабатываемых устройств позволит измерять следующие параметры:

- стрела провиса провода;
- ветровые нагрузки на провод;
- температуру провода;
- силу тока в проводе;
- фронты силы тока;
- температуру окружающего воздуха;
- относительную влажность воздуха.

Аппаратно система мониторинга на основе многопараметрической модели представляет собой установленные на фазном проводе либо грозозащитном тросе беспроводные устройства, передающие информацию друг через друга и питающиеся от линии (для резервного питания будет предусмотрена аккумуляторная батарея). Модульные устройства мониторинга ВЛ содержат универсальный информационный модуль и диагностический модуль, конфигурируемый в зависимости от решаемых задач обследования линии электропередачи. При проработке методик будет определяться необходимый набор данных для выявления дефекта, а в соответствии с ним будет конфигурироваться устройство с соответствующими измерительными модулями.

Устройства мониторинга состояния ВЛ, основной задачей которых является ретрансляция данных, могут устанавливаться на протяжении всей линии как на одном проводе, так и попеременно на каждом (например, первый на фазном проводе А, второй на грозотросе, третий на фазе В и т.д.). При этом, модульные беспроводные устройства устанавливаются через расстояние до 500 метров либо в каждом пролёте от анкерной опоры до анкерной (при решении определённых задач, например, при отслеживании гололёдно-изморозевых отложений на наиболее опасных участках линии). Для повышения надёжности сенсорной сети устройства мониторинга состояния ВЛ устанавливаются на максимальном расстоянии, позволяющем осуществлять резервирование канала связи, что подразумевает передачу данных, минуя неисправное устройство, не только в пределах одного фазного провода, но и через приборы на соседних фазных проводах.

Канал связи устройств будет организован на основе собственного протокола «интеллектуальный провод» со следующими функциональными возможностями: создание сетей различной топологии; маршрутизация данных; адресация; формирование пакетов; обеспечение безопасности; сканирование сети; идентификация устройств; объединение узлов в сеть.

Реализация и построение на его основе интеллектуальной сети даёт следующие преимущества:

- более высокая скорость передачи данных по сравнению со стандартными протоколами связи (ZigBee, LoRa и т.д.), так как создаваемая сенсорная сеть уже имеет фиксированную структуру, что позволяет значительно меньше загружать информационный канал, за счёт минимизации в посылке информации о топологии и конфигурации сети устройств (реальная скорость может достигать 250 кбит/с, а не 40 кбит/с, благодаря использованию современных модулей передачи данных, работающих по стандарту IEEE 802.15.4);
- возможность дальнейшего развития системы ввиду открытости кода для разработчиков.

Данные с датчиков собираются на «облачном» сервере, где обрабатываются согласно разработанной модели.

Обработанные данные доступны для диспетчеризации и наблюдения посредством web-интерфейса и/или МЭК-61850. Накопленный объем данным необходим для создания цифрового двойника распределительной сети электропередачи.

Общий план работы на весь срок выполнения проекта с результатами.

1 год. Аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему создания и исследования многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов воздушной линии электропередачи. Создание и исследование многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов воздушной линии электропередачи.

Разработка методик контроля состояния ВЛ в соответствии с разработанной моделью.

2 год. Разработка и изготовление экспериментального образца модульного устройства. Разработка программного обеспечения.

Результаты 1 года:

- научно-технический отчёт, включающий анализ современной научно-технической, нормативной, методической литературы, затрагивающей научно-техническую проблему создания и исследования многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов воздушной линии электропередачи;
- обоснование многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов воздушной линии электропередачи;
- многопараметрическая модель воздушной линии электропередачи, позволяющая интерпретировать физические и структурные изменения состояния элементов воздушной линии электропередачи;
- методики контроля состояния ВЛ: определения степени загруженности линии электропередачи, использование методик контроля гололёдообразования, в соответствии с разработанной многопараметрической моделью воздушной линии электропередачи.

2 год. Разработка и изготовление экспериментального образца модульного устройства. Разработка программного обеспечения.

Результаты 2 года:

- научно-технический отчёт, включающий описание разработки экспериментального образца, описание разработки программного обеспечения;
- обоснование типа и характеристик модульного устройства;
- акт изготовления экспериментального образца;
- комплект эскизной конструкторской документации для изготовления экспериментального образца;
- акт изготовления программного обеспечения экспериментального образца;
- программа и методики проведения испытаний экспериментального образца;
- программа и методики проведения испытаний программного обеспечения экспериментального образца.
- акт и протокол проведения испытаний.

Появление новых диагностических устройств - сенсоров, имеющих модульную структуру и адаптивные функциональные возможности, и информационной сети на их базе позволяет не только подготовить информационную инфраструктуру для внедрения интеллектуальных сетей, но существенно повысить информативность ВЛ, снизить потери электроэнергии и вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Метод создания цифрового близнеца распределительной сети электропередачи заключается в реализации программного аналога распределительной сети электропередачи - ее цифрового близнеца, моделирующего внутренние процессы, технические характеристики и поведение реальной ВЛ в условиях воздействий помех и окружающей среды. Важной особенностью создаваемого цифрового двойника является то, что для задания на него входных воздействий используется информация с модульных устройств мониторинга ВЛ в реальном времени, работающие параллельно. Работа возможна как в онлайн, так и в офлайн режимах. Далее возможно проведения сравнения информации виртуальных датчиков цифрового двойника с реальными устройствами мониторинга ВЛ, выявление аномалий и причин их возникновения.

Планируются эксперименты с участием лабораторных животных:

нет

4.7. Имеющийся у научного коллектива научный задел по проекту, наличие опыта совместной реализации проектов *(указываются полученные ранее результаты, разработанные программы и методы)*

В рамках НИОКР «Разработка системы контроля гололедообразования на высоковольтных линиях 110, 35, 6 (10) кВ» разработаны беспроводные устройства мониторинга гололёда с отбором мощности от линии для питания, которые установлены на линиях 6 и 35 кВ и в режиме реального времени передают информацию об угле провиса провода, температуре провода и относительной влажности воздуха. Питание их осуществляется путём отбора мощности магнитной составляющей электромагнитного поля провода. Разработанная система оригинальна тем, что:

- связь между устройствами организована по беспроводному каналу связи в соответствии со стандартом IEEE 802.15.4, что позволило создать достаточно надёжную систему мониторинга (отсутствует функция транспорта посторонних пакетов);
- не используется GSM-канал, что позволило создать систему с низким энергопотреблением благодаря чему её можно применять и на ВЛ;
- разработан и применён модуль питания устройства, который позволяет снабжать его электроэнергией

непосредственно от ВЛ;

- система разработана с целью мониторинга контроля гололёдообразования и использует математическую модель позволяющую отслеживать изменение гололёдных нагрузок на ВЛ.

Реализации проекта поспособствует и работа «Разработка линейки модулей различной модификации для беспроводных сетей в составе систем автоматизации различного применения», проводимая научным коллективом в рамках ФЦП Соглашения о предоставлении субсидии № 14.577.21.0168. В рамках данной работы созданы экспериментальные образцы модулей БСАП (беспроводной сети автоматизации процессов) и разрабатывается собственный протокол, совместимый со стандартом IEEE 802.15.4.

В рамках грантового соглашения с РФФИ был реализован проект «Исследование топологических особенностей сенсорных сетей и разработка интеллектуальной воздушной линии электропередач». Полученные результаты оригинальны тем, что:

- 1) Впервые исследованы топологические особенности построения интеллектуальной ВЛ на основе беспроводной сенсорной сети, построенной в соответствии со стандартом IEEE 802.15.4.
- 2) Исследованы возможные варианты реализации диагностического модуля в зависимости от решаемых задач (контроль гололёдообразования, контроль плавки гололёда, диагностика подвесных изоляторов, локализация места короткого замыкания, обрыва, удара молнии, определение электрических и механических нагрузок на проводе) на базе разработанного прототипа модульного устройства.
- 3) Впервые проведён многофакторный анализ мест возможной установки модульных устройств беспроводной сенсорной сети на линиях электропередачи с целью построения интеллектуальных ВЛ в соответствии со стандартом IEEE 802.15.4.
- 4) Разработан прототип модульного устройства, функционал которого может быть изменён путём добавления либо извлечения датчиков. При этом устройства обладают низким энергопотреблением, что позволяет осуществлять питание непосредственно от провода ВЛ.
- 5) Впервые разработан прототип модульного устройства, сочетающего в себе функции мониторинга состояния ВЛ и построения информационной инфраструктуры для сетей иного назначения.
- 6) Разработаны алгоритмы для построения самоорганизующихся беспроводных сенсорных сетей с возможностью автоматического восстановления сети, что повышает надёжность работы выстраиваемой на их основе интеллектуальной ВЛ.
- 7) Исследование максимальной скорости передачи данных в информационной сети при использовании в качестве приемо-передатчиков модулей ETRX357 позволило поднять её с 50 кбит/с до более чем 300 кбит/с.

В рамках проекта РФФИ "Разработка метода и прибора для комплексной бесконтактной диагностики технического состояния высоковольтных диэлектрических элементов" (проект РФФИ 18-08-00203):

- 1) Разработан и создан стенд, позволяющий в лабораторных условиях выполнить изучение электрофизических процессов в различных диэлектрических материалах и изделиях под воздействием сильных переменных электрических полей, включающий электромагнитный, акустический и тепловизионный датчики. Одновременное использование сразу нескольких датчиков позволяет повысить точность локализации ЧР в изоляторе.
- 2) Разработана и отлажена компьютерная программа совместного анализа и накопления информации, поступающей с трех датчиков. На основе обработанной информации происходит построение амплитудно-фазовых, частотно-фазовых и амплитудно-частотных диаграмм. Разработанная компьютерная программа анализа ЧР, по нашим данным, является наиболее полной, и не имеет аналогов в мировой практике.
- 3) Проведены исследования электрофизических процессов в ряде диэлектрических материалов и изделий, используемых в высоковольтной энергетике (керамические и полимерные изоляторы). Разработана модель физического старения диэлектрических материалов и изделий, позволяющая оценивать степень влияния различных дефектов на дальнейший рабочий ресурс.

В создании и исследовании многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических параметров и структурных изменений элементов линии будет использован опыт работ по сенсорным сетям, а также опыт разработки устройств мониторинга состояния гололёдообразования и математическая модель интерпретации входных данных.

По результатам выполненных работ получены свидетельство о государственной регистрации РИД [10-12], опубликовано 8 статей в журналах, индексируемых в Scopus [1-8].

1. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А., Марданов Г.Д., Семенников А.В. ДИСТАНЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ДЕФЕКТОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРАХ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ // Дефектоскопия. 2018. № 10. С. 10-14.

2. D.A. Ivanov, A.V. Golenishchev - Kutuzov, D.A. Yaroslavsky and M.F. Sadykov PORTABLE COMPLEX FOR REMOTE CONTROL OF HIGH-VOLTAGE INSULATORS USING WIRELESS DATA COLLECTION AND TRANSMISSION MODULE. ARPN Journal of

Engineering and Applied Sciences, 13(6), 2018, pp. 2358-2362.

3. D.A. Ivanov, D.A.Yaroslavsky, M.F. Sadykov, M.P. Goryachev, T.G. Yambaeva and I.M. Koryshkin DEVELOPMENT OF TEST SITE ON THE BASIS OF LED LAMPS FOR DEBUGGING SOFTWARE OF WIRELESS NETWORK FOR PROCESSES AUTOMATION MODULES. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 13(5), 2018, pp. 1864-1870.

4. Yaroslavsky, D.A., Sadykov, M.F., Konov, A.B., Ivanov, D.A. and Goryachev, M.P. Methodology of ice coating monitoring on overhead transmission lines considering misalignment using wireless communication channel sensors. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 12(22), 2017, pp. 6479-6482.

5. Dmitry Alekseevich Ivanov, Danil Aleksandrovich Yaroslavsky, Marat Ferdinandovich Sadykov, Mikhail Petrovich Goryachev and Tatyana Gennadyevna Yambaeva, 2018. Investigations of Topological Features of Construction an Intelligent Overhead Power Transmission Line Based On Wireless Sensors. International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET). 8(12): 903-908.

6. Dmitry A. Ivanov, Marat F. Sadykov and Danil A.Yaroslavsky, 2018. Development The Experimental Stand for Testing of Experimental Samples of Wireless Network for Process Automation Module. International Journal of Mechanical Engineering & Technology (IJMET).Volume:8, Issue: 12, Pages: 899-902.

7. D. A. Yaroslavsky, D. A. Ivanov, M. F. Sadykov, M. P. Goryachev, O. G. Savelyev and R. S. Misbakhov, 2016. Real-Time Operating Systems for Wireless Modules. Journal of Engineering and Applied Sciences, 11: 1168-1171.

8. D.A. Ivanov, M.F. Sadykov, I.A. Murataev, D.A. Yaroslavsky, M.P. Goryachev, A.R. Gainutdinov, A.A. Naumov and R.Sh. Misbakhov, 2016. Development of an Automated Lighting Control System Based on Machine Vision and Wireless Communication Channels. Journal of Engineering and Applied Sciences, 11: 2893-2898.

9. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А., Марданов Г.Д. ДИСТАНЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ФАРФОРОВЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20. № 3-4. С. 99-107.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ №2017661562. Программа отображения данных о остоянии линии электропередачи для системы мониторинга гололедообразования // Иванов Дмитрий Алексеевич, Садыков Марат Фердинантович, Горячев Михаил Петрович, Ярославский Данил Александрович, Чугунов Юрий Сергеевич, Савельев Олег Геннадиевич. Заявка №2017618453 от 21.08.2017. Опубликовано 16.10.2017.

11. Полезная модель №185311 "Устройство оперативно-го мониторинга технического состояния высоковольтных линий электропередачи", авторы: Иванов Д.А., Садыков М.Ф., Горячев М.П., Ярославский Д.А., Коришкин И.М.

12. Способ бесконтактной дистанционной диагностики состояния высоковольтных изоляторов: пат. № 2679759, Российская Федерация. МПК G01R 31/12 / Голенищев-Кутузов В.А., Голенищев-Кутузов А.В., Иванов Д.А., Марданов Г.Д., Семенников А.В.; опубл. 2018.

13. ЯРОСЛАВСКИЙ Д.А., САДЫКОВ М.Ф., КОНОВ А.Б., ИВАНОВ Д.А., ГОРЯЧЕВ М.П., ЯМБАЕВА Т.Г. / Методика мониторинга гололедных отложений на проводах ВЛ с учетом разрегулировки линейной арматуры / Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 5-6. С. 89-97. Журнал включен в перечень ВАК.

14. Иванов Д.А., Ярославский Д.А., Садыков М.Ф., Григорьева Н.А. / Создание платформы для "умных сетей" с использованием беспроводных технологий / Электроэнергетика глазами молодежи: материалы VIII Международной научно-технической конференции, 02 – 06 октября 2017, Самара. – В 3 т. Т 2. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. С. 359-360.

15. М.П. Горячев, Д.А. Иванов, Д.А. Ярославский / Особенности топологии беспроводной сенсорной сети для задач мониторинга воздушных линий электропередачи / Сборник докладов к XII Всероссийской открытой молодёжной научно-практической конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике» / КГЭУ. г.Казань, 2017. С.465-469.

16. М.П. Горячев, Д.А. Иванов, Д.А. Ярославский / Модульное устройство для технологии умного провода в задачах мониторинга воздушных линий электропередачи / Сборник трудов V Международного молодежного форума «Интеллектуальные энергосистемы», 9 – 13 октября 2017, Томск.

17. М.Ф. Садыков, Д.А. Иванов, Д.А. Ярославский, М.П. Горячев / Исследование топологических особенностей сенсорных сетей и разработка интеллектуальной воздушной линии электропередач / Научно-практическая конференция по итогам совместного конкурса фундаментальных исследований РФФИ-РТ: тезисы докладов. – Казань: Изд-во «Фэн» АН РТ, 2017. С.66-67.

4.8. Перечень оборудования, материалов, информационных и других ресурсов, имеющихся у научного коллектива для выполнения проекта (в том числе – описывается необходимость их использования для реализации проекта)

Оборудование научного коллектива, используемое для разработки методик определения состояния ВЛ:

- MSO2024В осциллограф цифровой 4-кан.;

- AG4151, функциональный генератор 150 МГц.

Оборудование научного коллектива, используемое для создания и исследования многопараметрической модели воздушной линии электропередачи:

- Программно-аппаратный комплекс для разработки программного обеспечения беспроводных модулей
- Программно-аппаратный комплекс визуального контроля и диагностики ВЛ.

Оборудование научного коллектива, используемое для программного комплекса интерпретации и визуализации результатов мониторинга ВЛ на основе разработанных методик:

- Программно-аппаратный комплекс визуального контроля и диагностики ВЛ.

Оборудование научного коллектива, используемое для разработки и отладки аппаратной и программной части беспроводных модульных датчиков для определения состояния ВЛ:

- AG4151, функциональный генератор 150 МГц
- HY3040E лабораторный блок питания 0-30В/40А
- MSO2024В осциллограф цифровой 4-кан.
- QJ3005T источник питания
- АКИП-9102 логический анализатор
- Гравировально-фрезерная машина Roland MDX-40A
- IC 1200A (i-CON Nano) паяльная станция с паяльником i-Tool nano ERSA
- IR500AS Паяльно-ремонтная станция ERSA
- PS-900 паяльная система с наконечником SFV-CH15A Oki
- WLSK-200 Вакуумный захват механический Weller
- Программно-аппаратный комплекс для разработки программного обеспечения беспроводных модулей
- Программно-аппаратный комплекс визуального контроля и диагностики ВЛ.

ПО "LabView 2014", Mathlab 2014, Altium Designer 2018, сервер КГЭУ будут использованы для создания открытой демонстрационной версии Системы мониторинга со сбором и обработкой информации, поступающей с датчиков с использованием облачных технологий.

4.9. План работы на первый год выполнения проекта *(в том числе указываются запланированные командировки (экспедиции) по проекту)*

1. Проведение аналитического обзора литературы.
2. Создание и исследование многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов воздушной линии электропередачи.
3. Разработка методики определения степени загруженности линии электропередачи.
4. Разработка методики контроля гололёдообразования.
5. Подготовка технического задания для разрабатываемого экспериментального образца модульного устройства.
6. Подготовка статей для публикации результатов научного проекта в рецензируемых научных изданиях.

4.10. Планируемое на первый год содержание работы каждого члена научного коллектива *(включая руководителя проекта)*

1. Горячев Михаил Петрович: создание и исследование многопараметрической модели воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов воздушной линии электропередачи; разработка методики контроля гололёдообразования.
2. Малаева Ева Денисовна: проведение аналитического обзора литературы; подготовка статей для публикации результатов научного проекта в рецензируемых научных изданиях.
3. Давлетшин Рушан Радикович: подготовка технического задания для разрабатываемого экспериментального образца модульного устройства; разработка методики определения степени загруженности линии электропередачи.

4.11. Ожидаемые в конце первого года конкретные научные результаты *(форма изложения должна дать возможность провести экспертизу результатов и оценить степень выполнения заявленного в проекте плана работы)*

Результаты выполнения работ первого года:

1. Многопараметрическая модель воздушной линии электропередачи для интерпретации физических и структурных изменений состояния элементов воздушной линии электропередачи, результаты ее исследования.
2. Методика определения степени загруженности линии электропередачи.
3. Методика контроля гололёдообразования.
4. Техническое задание для разрабатываемого экспериментального образца модульного устройства.
5. Опубликованные научные работы по результатам первого года, предусмотренные п.1.7 настоящей заявки.

4.12. Перечень планируемых к приобретению за счет гранта оборудования, материалов, информационных и других

ресурсов для выполнения проекта *(в том числе – описывается необходимость их использования для реализации проекта)*

Приобретение оборудования, материалов и проч. не планируется.

4.13. Файл с дополнительной информацией 1

С графиками, фотографиями, рисунками и иной информацией о содержании проекта. Один файл в формате pdf, до 3 Мб.

Текст в файлах с дополнительной информацией должен приводиться на русском языке. Перевод на английский язык требуется в том случае, если руководитель проекта оценивает данную информацию существенной для эксперта.

4.14. Файл с дополнительной информацией 2 *(если информации, приведенной в файле 1 окажется недостаточно)*

С графиками, фотографиями, рисунками и иной информацией о содержании проекта. Один файл в формате pdf, до 3 Мб.

Подпись руководителя проекта _____/М.П. Горячев/

Форма 5. Запрашиваемое финансирование на 2024 год

5.1. Планируемые расходы по проекту

№ п.п.	Направления расходования средств гранта	Сумма расходов (тыс.руб.)
	ВСЕГО	1500
	Вознаграждение членов научного коллектива (с учетом страховых взносов и налогов (при наличии), без лиц категории «вспомогательный персонал»)	1350
	Вознаграждение лиц категории «вспомогательный персонал» (с учетом страховых взносов и налогов (при наличии))	0
1	Итого вознаграждение (с учетом страховых взносов и налогов (при наличии))	1350
2	Оплата научно-исследовательских работ сторонних организаций, направленных на выполнение научного проекта Не более 15 процентов от суммы гранта.	0
3	Расходы на приобретение оборудования и иного имущества, необходимых для проведения научного исследования (включая обучение работников, монтажные, пуско-наладочные и ремонтные***** работы) ***** Не связанные с осуществлением текущей деятельности организации.	0
4	Расходы на приобретение материалов и комплектующих для проведения научного исследования	0
5	Иные расходы для целей выполнения проекта	0
6	Накладные расходы организации Не более 10 процентов от суммы гранта.	150

5.2. Расшифровка планируемых расходов

№ п.п.	Направления расходования средств гранта, расшифровка
1	Итого вознаграждение (с учетом страховых взносов и налогов (при наличии)) (указывается сумма вознаграждения (включая руководителя проекта, членов научного коллектива и иных исполнителей, привлекаемых к выполнению работ по проекту), включая установленные законодательством Российской Федерации гарантии, отчисления по страховым взносам на обязательное пенсионное страхование, на обязательное медицинское страхование, на обязательное социальное страхование на случай временной нетрудоспособности и в связи с материнством, на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний) Горячев М.П. - 550 тыс. руб., руководитель проекта; Арсланов А.Д. - 420 тыс. руб., исполнитель (аспирант, ассистент каф. ТОЭ); Малаева Е.Д. - 380 тыс. руб., исполнитель (лаборант каф. ТОЭ).
2	Оплата научно-исследовательских работ сторонних организаций, направленных на выполнение научного проекта (приводится перечень планируемых договоров (счетов) со сторонними организациями с указанием предмета и суммы каждого договора) нет
3	Расходы на приобретение оборудования и иного имущества, необходимых для проведения научного исследования (представляется перечень планируемых к закупке оборудования и иного имущества, необходимых для проведения научного исследования (в соответствии с п. 4.12 формы 4)) нет
4	Расходы на приобретение материалов и комплектующих для проведения научного исследования (представляется расшифровка запланированных материалов и комплектующих (в соответствии с п. 4.12 формы 4)) нет
5	Иные расходы для целей выполнения проекта

(приводятся иные затраты на цели выполнения проекта, в том числе на командировки, оплату услуг связи, транспортных услуг, расходы не
расшифровываются)

нет

Подпись руководителя проекта _____/М.П. Горячев/

Подпись руководителя организации (уполномоченного представителя, действующего на основании доверенности или распорядительного документа), **печать** (при ее наличии) **организации.**

В случае подписания формы уполномоченным представителем организации (в т.ч. – руководителем филиала) к печатному экземпляру заявки прилагается копия распорядительного документа или доверенности, заверенная печатью организации.

_____/_____/

М.П.