

Увеличение чувствительности емкостного метода контроля изоляционных покрытий проводов

МАТВЕЕВ А.В.

Статья посвящена теоретическому развитию метода неразрушающего контроля изоляционного покрытия кабелей и проводов. Метод основан на фиксации изменений диэлектрической проницаемости диагностируемого участка. Однако несмотря на высокую точность метод имеет ряд существенных недостатков, ограничивающих его применение, и не полностью соответствует требованиям ГОСТа. В этот достаточно известный в практике измерений и диагностики кабельных изделий метод предлагается внести ряд усовершенствований для устранения недостатков, выявленных в процессе его практической реализации; предложены формулы для расчета элементов диагностической схемы.

Ключевые слова: кабели, провода, изоляция, контроль качества, обнаружение дефектов

В [1] теоретически обосновано применение метода неразрушающего контроля проводов и кабелей, базирующегося на измерении диэлектрической проницаемости диагностируемого участка изоляции. Значение этого параметра отражает качество полимерной изоляции. Идея метода состоит в том, что при наложении на внешнюю поверхность изолированного провода трубчатого электрода образуется простейший цилиндрический конденсатор. При этом диаметр внутреннего электрода и толщина слоя изоляции определяются техническими условиями на выпускаемую продукцию и практически могут считаться неизменными; диаметр и площадь внешнего электрода также постоянны. Таким образом, емкость полученного конденсатора зависит только от диэлектрической проницаемости материала обкладки, весьма невелика, и для регистрации ее изменений необходимо применение резонансного метода.

Для этого последовательно с диагностируемым конденсатором подключается дополнительная катушка индуктивности с точно измеренными значениями индуктивности, активного сопротивления и межвитковой емкости. В полученном таким образом контуре проявляется резонанс напряжений. Активное сопротивление контура невелико и определяется в основном значением активного сопротивления добавочной катушки. Благодаря этому добротность контура при правильном подборе параметров катушки может быть достаточно велика для качественной регистрации изменений значения емкости. Также благодаря резонансу напряжений появляется возможность обеспечить высокое напряжение на диагностируемом элементе при низком напряжении питающего источника.

Практическая реализация способа позволяет отметить следующее:

способ обладает высокой прикладной ценностью благодаря потенциально весьма высокой чувствительности;

подтверждена высокая чувствительность способа к трещинам, разрывам, растяжениям и иным механическим повреждениям изоляционного покрытия; хорошо обнаруживаются поры, посторонние включения, нарушения структуры полимера и другие скрытые дефекты;

в том виде, в котором способ представлен в [1], чувствительность его чрезмерна. Стандарты на данную продукцию допускают некоторые колебания в качестве и толщине изоляции, способ же реагирует на дефекты, ощутимо меньшие допустимых пределов;

интерпретация результатов диагностики участков с высококачественной изоляцией ошибочна. При данном способе диагностики признаком наличия повреждения в участке является выход контура из состояния резонанса. Резонанс нарушается и в том случае, если по какой-то причине качество изоляции выше обычного;

чувствительность к дефектам, связанным с попаданием влаги в изоляцию, низкая. Вода является полярным диэлектриком с достаточно высокой диэлектрической проницаемостью. По этой причине увлажненная и поврежденная изоляция может быть ошибочно диагностирована как неповрежденная;

результаты, полученные при низком напряжении, не актуальны. Диэлектрическая проницаемость реальных материалов не является линейной и зависит от напряженности электрического поля. По этой причине значение диэлектрической проницаемости, измеренное на низком напряжении, не в полной мере отражает состояние изоляции;

требования стандартов на испытания диэлектрической продукции не выполняются. Процесс проверки качества изоляции регулируется государст-

венными стандартами [2, 3] и рядом других аналогичных, которые требуют обязательного испытания изоляции повышенным напряжением. По этой причине предложенный способ может быть использован лишь в качестве вспомогательного.

Для устранения вышеуказанных недостатков предлагается использовать умышленное снижение добротности контура и суперпозицию диагностического поля с добавочным внешним постоянным полем. Для снижения добротности в цепь контура включают дополнительное активное сопротивление, благодаря чему кривая зависимости тока от частоты сглаживается. Появляется возможность настроить диагностическое устройство на значение допустимого отклонения. Ограничивается ток в резонансном режиме, и тем самым предотвращается превышение температуры провода. Однако снижаются чувствительность и кратность напряжения, что, в свою очередь, влечет необходимость применения высоковольтных диагностических приборов.

Для практических целей целесообразным является диапазон значений добротности от 1 до 7. При значении, большем 7, малейшее снижение диэлектрической проницаемости приводит к практически полному исчезновению тока. При этом пропадает возможность оценки допустимости выявленного нарушения. Значение ниже 1 приводит к недопустимому снижению чувствительности. Значение добротности 1 интересно тем, что приложенное к изоляции напряжение становится равным напряжению источника. Для большей наглядности вышесказанного на рис. 1 представлены смоделированные в среде MathLab графики зависимости тока в контуре в функции частоты при характерных значениях добротности.

По оси абсцисс отложены относительные значения частоты kf (отношение частоты в данный момент к ее резонансному значению), по оси ординат

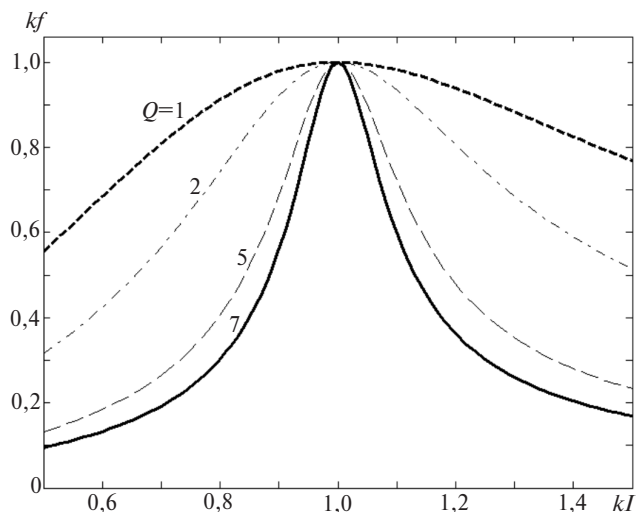


Рис. 1

— относительные значения тока kI (отношение тока в данный момент к его резонансному значению).

Устранить неточность определения диэлектрической проницаемости, вызванной ее нелинейностью, предлагается приложением к тому же участку дополнительного источника постоянного напряжения. Возможны несколько вариантов реализации этого принципа. Наиболее простым является использование общей пары электродов для обоих источников, более сложным — двух независимых пар электродов с подключенными к ним источниками напряжения с контролируемой формой амплитуды. Это позволит обеспечить управление суммарным вектором напряженности электрического поля и как следствие провести диагностику многофазных электрических проводов и кабелей, а также специфических устройств с диэлектриками сложной формы. Вне зависимости от способа реализации дополнительный источник будет обеспечивать высокую напряженность электрического поля в отношении диагностируемого участка. Как следствие реакция диэлектрика на напряженность поля от основного источника будет отражать диэлектрическую проницаемость материала при высокой напряженности поля.

Различать дефектные участки и участки с повышенной изоляцией позволяет применение третьего дополнительного источника переменного напряжения, частота которого должна быть на 10–15% выше резонансной частоты основного источника. Рекомендуется подключать дополнительный источник с помощью отдельного независимого электрода, расположенного дальше по длине испытываемого кабеля. Это позволяет включать его только в тех случаях, когда необходимо проверить предполагаемый дефектный участок, а также избавиться от взаимных помех. Ток в контуре третьего источника будет расти при прохождении через электрод участка с высококачественной изоляцией и позволит выявить дефектные и поврежденные участки.

Расчет режимов работы диагностического устройства ведется по следующим формулам:

$$U_{\text{исп}} \gg 4U_{\text{ном}}; \quad (1)$$

$$U_{\text{пр}} = U_{\text{исп}} Q; \quad (2)$$

$$r_{\text{min}} = \frac{U_{\text{ист}}}{I_{\text{доп}}}; \quad (3)$$

$$Q = \frac{U_{\text{пр}}}{U_{\text{ист}}} = \frac{r}{r} = > r = Qr; \quad (4)$$

$$r = \sqrt{L/C}; \quad (5)$$

$$S = \rho R_1^2; \quad (6)$$

$$R_2 = R_1 + h_{\text{из}}; \quad (7)$$

$$C = \frac{2\pi\epsilon\epsilon_0 l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \quad (8)$$

где $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение диагностируемого провода; $U_{\text{исп}}$ – испытательное напряжение диагностируемого провода; $U_{\text{пр}}$ – напряжение на диагностируемом участке; r – минимально допустимое активное сопротивление контура; $I_{\text{доп}}$ – максимальный длительно допустимый ток для данного провода; γ – волновое сопротивление полученного контура; Q – добротность контура; L – минимальное значение необходимой индуктивности; C – емкость диагностического промежутка; S – площадь поперечного сечения испытываемого проводника; R_1 – радиус токоведущей жилы; R_2 – радиус изолированного провода; $h_{\text{из}}$ – толщина изоляции; l – длина внешнего электрода; ϵ – относительное значение диэлектрической проницаемости изоляции.

По формулам можно оценить параметры оборудования, необходимого для реализации способа. Наиболее важными параметрами являются значение индуктивности добавочной катушки индуктивности, а также рабочая частота прибора. Эти два показателя взаимно зависимы, понижение одного из них влечет за собой необходимость повышения другого. При этом излишнее завышение значений обоих показателей затрудняет реализацию способа. Высокое значение рабочей частоты приводит к появлению помех радиосвязи, сбоям в близко расположенном оборудовании из-за паразитных токов, а также ряду других нежелательных явлений. Добавочная катушка с излишне высоким значением индуктивности способствует значительному повыше-

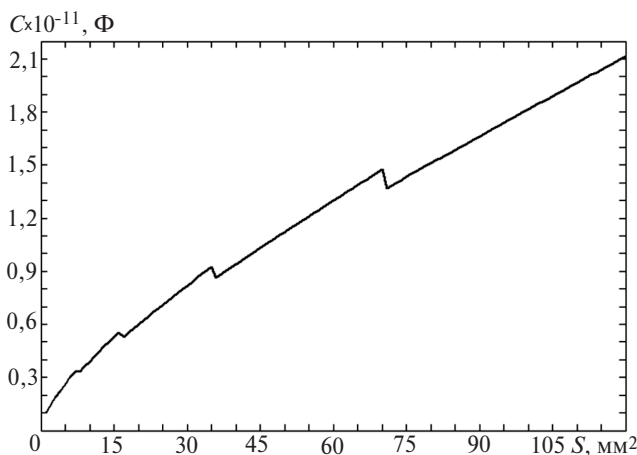


Рис. 2

нию межвитковой емкости. Таким образом, эти два параметра необходимо подбирать для каждого конкретного кабеля индивидуально, с учетом требований технической целесообразности.

На рис. 2 представлен график зависимости емкости диагностируемого участка от поперечного сечения провода. Зависимость относится к одиночным проводам с поливинилхлоридной изоляцией в соответствии с требованиями государственного стандарта на эту продукцию [3]. Принято, что длина диагностического конденсатора равна пяти диаметрам диагностируемого провода. Такая конструкция обеспечивает наибольшую чувствительность. Зависимость (8) при этом примет вид:

$$C = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 \sqrt{S/\rho + h}}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{h}{\sqrt{S/\rho + h}}} \quad (9)$$

График на рис. 2 наглядно иллюстрирует, что емкость диагностического промежутка весьма мала. Для проводов с сечением менее 6 мм^2 регистрация изменений емкости столь малых значений затруднительна с достаточной степенью точности. С ростом площади поперечного сечения провода емкость нелинейно возрастает. Наблюдаются четыре излома в сторону снижения емкости, обусловленные тем, что государственный стандарт требует увеличения толщины изоляции. Для проводов с площадью поперечного сечения свыше 6 мм^2 значения емкости находятся во вполне доступном диапазоне, и диагностика изоляции представленным методом безусловно возможна.

Допустимое значение тока провода с достаточной степенью точности может быть вычислено в функции площади поперечного сечения по эмпирической формуле:

$$I_{\text{доп}} = KS, \quad (10)$$

где K – коэффициент пропорциональности; для одиночных медных проводов с ПВХ-изоляцией при открытой прокладке коэффициент равен 10 (при S – в мм^2).

По (9) и (3) определяется минимальное значение активного сопротивления, по (4), (5) и (11) – необходимое значение индуктивности:

$$r_{\text{мин}} = \frac{U_{\text{исп}}}{KS}; \quad (11)$$

$$L = \frac{U_{\text{пр}}^2 C}{(KS)^2}. \quad (12)$$

Из рис. 3, на котором показана зависимость необходимого значения индуктивности от площади поперечного сечения провода, видно, что необходимое для диагностики значения индуктивности

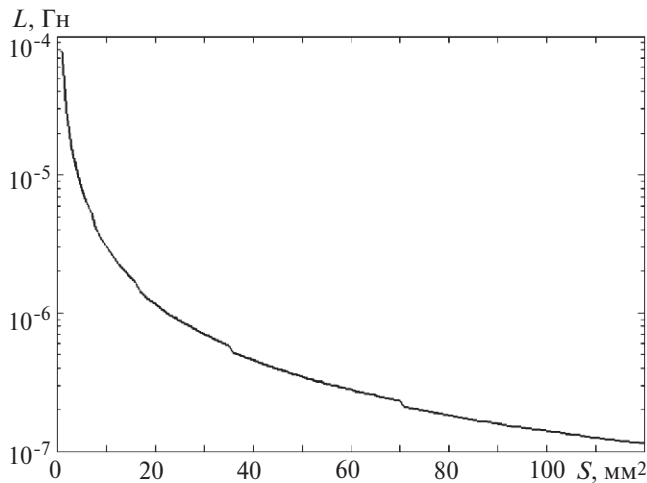


Рис. 3

находится в доступном диапазоне. Следует также заметить, что в отличие от емкости необходимое значение индуктивности с ростом поперечного сечения убывает. Это обусловлено тем, что формула (3) подразумевает прохождение через контур максимально допустимого значения тока при минимальном активном сопротивлении, которое при фиксированном значении добротности приводит к использованию минимального значения волнового сопротивления. Поэтому график на рис. 3 отражает значение необходимой индуктивности на минимальной возможной частоте. На рис. 4 показана зависимость минимального значения частоты от площади поперечного сечения.

Зависимость на рис. 4 показывает, что значения частоты лежат в доступном диапазоне. Однако рис. 4 также иллюстрирует еще один недостаток способа, представленного в [1]. Частота приложенного напряжения и амплитуда тока достаточно высоки, что приведет к значительному уменьшению тока на активном сопротивлении и наведению паразитных токов высокочастотным электромагнитным полем. Формула (12) также показывает невозможность применения способа на проводах высокого напряжения. Таким образом, в изначальном виде способ может быть использован только на

Elektrichestvo (Electricity), 2016, No. 4, pp. 62–66.

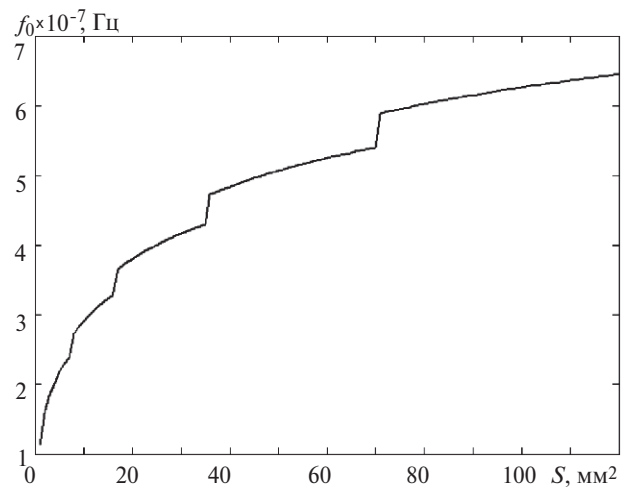


Рис. 4

проводах низкого класса напряжения и при высокой площади поперечного сечения. Таких проводов используется не много, что значительно снижает практическую полезность способа. Однако, используя суперпозицию с полем источника постоянного напряжения, способ может быть распространен на большинство применяемых проводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Матвеев А.В., Пюкке Г.А.** Емкостной контроль диэлектрической проницаемости изоляционных покрытий проводников. — Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия «Математика, физика», 2015, № 11(208), с. 211–215.
2. **ГОСТ 2990–78.** Кабели, провода и шнуры. Методы испытания напряжением. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 1998.
3. **ГОСТ 6323–79.** Провода с поливинилхлоридной изоляцией для электроустановок. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 1998.
4. **Правила** устройства электроустановок. Изд. 7. — М.: ИПК «Издательство стандартов», 1998.

[31.08.15]

Автор: Матвеев Александр Владимирович окончил Дальневосточный государственный технический университет в 2009 г. Инженер ООО «Газпром трансгаз Томск».

Achieving Better Sensitivity of the Capacitive Method for Examining the Insulating Coatings of Wires

MATVEYEV Aleksandr Vladimirovich (LLC «Gazprom transgaz Tomsk», Tomsk, Russia) — Engineer

The article deals with theoretical development of the method for non-destructively examining the insulation coating of cables and wires. The method is based on detecting changes in the dielectric constant of the segment being diagnosed. However, despite featuring high accuracy, the method has a number of essential drawbacks limiting its application field; in addition, it is not in full compliance with the requirements of the applicable national state standard (GOST). It is proposed to introduce a number of

improvements in this method, which is a well known technique used for practical measurements and diagnostics of cable products, in order to remove the drawbacks revealed in the course of its practical implementation, and formulas for calculating the diagnostic circuit elements are suggested.

Key words: *cables, wires, insulation, quality control, flaw detection*

REFERENCES

1. **Matveyev A.V., Pyukke G.A.** *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. «Matematika, fizika» – in Russ.* (Scientific Gazette of the Belgorod State University. Iss. «Mathematics, physics»), 2015, No. 11 (208), pp. 211–215.

2. **GOST 2990–78.** *Kabel' provoda i shnury. Metody ispytaniya napryazheniyem* (Cables, wires and cords. Test methods for stress). Moscow, Publ. standartov, 1998.

3. **GOST 6323–79.** *Provoda s polivinilkhlordnoi izolyatsiyey dlya elektroustanovok* (Wires with PVC insulation for electrical installations). Moscow, Publ. standartov, 1998,

4. **Pravila ustroystva elektroustanovok (PUE), izd. 7** (Rules for construction of electrical installations, publ. 7). Moscow, Publ. standartov, 1998.

* * *

ЧИТАТЕЛЯМ, ПОДПИСЧИКАМ, РЕКЛАМОДАТЕЛЯМ ЖУРНАЛА «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО»

Подписка в России и странах СНГ принимается в отделениях связи.

Полные тексты статей в формате pdf размещены на сайте Российской универсальной научной библиотеки (РУНЭБ): www.elibrary.ru

Для желающих представить в журнал статью сообщаем, что правила подготовки рукописей публикуются в №№ 6 и 12 каждого года и на сайте журнала.

Реклама в черно-белом изображении может быть размещена на страницах журнала и на его обложке, а также в виде вкладки.

Возможно размещение рекламы в цветном изображении.

Стоимость оплаты рекламных статей – по договоренности.

При повторении той же рекламы в следующем номере – скидка 10%. При публикации той же рекламы в третьем и последующих номерах – скидка 20%. Последний срок представления рекламного материала – за 1,5 месяца до выхода номера из печати (обычно номер выходит в середине каждого месяца).

Адрес для переписки: 111250 Москва, ул. Солдатская, д. 10, корп. 1, кв. 60

тел./факс: (495)362-7485

E-mail: etr1880@mail.ru;

l.s.kudinova@rambler.ru

Зарубежная подписка

на журнал «Электричество»

оформляется через фирмы-партнеры ЗАО «МК-Периодика» или непосредственно

в ЗАО «МК-Периодика» по адресу:

Россия, 111524 Москва, Электродная ул., 10, стр. 3

ЗАО «МК-Периодика»;

тел. (495) 672-70-12; факс (495) 306-37-57

E-mail: info@periodicals.ru

Internet: <http://www.periodicals.ru>

To effect subscription it is necessary to address to one of the partners of JSC «МК-Periodica» in your country or to JSC «МК-Periodica» directly.

Address: Russia, 111524 Moscow; 10, str.3, Elektrodnyaya ul.

JSC «МК-Periodica»

Tel.: (495) 672-70-12; fax (495) 306-37-57

E-mail: info@periodicals.ru

Schneider Electric откроет Центр компетенций на базе Горного университета в Санкт-Петербурге

Москва, 10 марта 2016 г. – Компания Schneider Electric, мировой эксперт в управлении энергией и автоматизации, и Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» подписали соглашение о расширении сотрудничества и создании на базе университета Центра компетенций в научных исследованиях и образовании.

Цели создания Центра – улучшение качества профессиональной подготовки студентов, повышение квалификации преподавателей и специалистов, а также совместное проведение научных исследований в области автоматизации энергетических и технологических процессов, электрооборудования, энергоэффективности и управления энергией.

Центр компетенций будет создан на базе двух кафедр Горного университета: кафедры автоматизации технологических процессов и производств и кафедры электроэнергетики и электромеханики, лаборатории которых будут оснащены новейшими промышленными техническими и программными средствами автоматизации Schneider Electric, современными компьютерами, программным обеспечением и сетевыми технологиями.

«Принципиальное отличие нашего Центра компетенций от других подобных центров – в комплексности и многофункциональности: на его базе будет осуществляться не только обучение студентов и аспирантов Горного университета, но и профессиональная переподготовка и повышение квалификации специалистов нефтегазовой, горной и металлургической отраслей, а также научно-исследовательская деятельность, – отметил Жан-Луи Стази, президент Schneider Electric в России и СНГ. Сегодня компания успешно взаимодействует с более чем 30 вузами по всей России и в странах СНГ, и мы планируем продолжать работу в данном направлении».

«Наше сотрудничество с компанией Schneider Electric длится уже более 10 лет и является весьма плодотворным. Уверена, теперь оно выйдет на новый уровень, что позволит обеим сторонам развиваться ещё более эффективно. Такие проекты как новый Центр компетенций очень важны для нас. Они направлены, в том числе, на рост профессиональной компетенции специалистов нефтегазовых и горных компаний, которые проходят в нашем университете курсы повышения квалификации. Они также способствуют ускорению интеграции отечественных специалистов в мировое профессиональное сообщество. А это одна из наших приоритетных задач», – отметила Наталья Пашкевич, первый проректор Горного университета.

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»
проводят 3 июня 2016 г. X Всероссийскую научно-техническую конференцию

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ И ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ»
(ИТЭЭ-2016)**

Тематические направления конференции:

Теоретические основы информатизации в электротехнике и электроэнергетике.
Математическое моделирование и комплексы программ.
Системы управления техническими объектами.
Цифровая обработка сигналов в электротехнике, радиоэлектронике и электроэнергетике.
Микро- и нанoeлектроника в информационных устройствах, фотовольтаические преобразователи и сенсоры.
Цифровые сети и системы телекоммуникаций.
Релейная защита и автоматика энергосистем.
Новые информационные технологии и высшее электротехническое и электроэнергетическое образование.

Место проведения конференции:

г. Чебоксары, Московский проспект, д. 15,
ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

Публикация материалов конференции:

К началу работы ИТЭЭ-2016 будет выпущен сборник материалов конференции.
Сборнику присваиваются соответствующие библиотечные индексы УДК, ББК и международный стандартный книжный номер (ISBN). Информация о сборнике в целом и о каждой публикации, в т.ч. списки источников (литературы), будет включена в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), а материалы участников конференции будут размещены в Научной электронной библиотеке (НЭБ) на сайте elibrary.ru (договор № 2745-12/2014К). Проводится обязательная рассылка сборника материалов.

Сроки работы конференции:

Регистрация участников – 02.06.2016 г.
Работа секций – 03.06.2016 г.
Отъезд участников – 04.06.2016 г.

Заявка на участие в конференции:

фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, организация, E-mail, телефон для связи, нужен ли сертификат участника, нужно ли выслать сборник материалов конференции наложенным платежом (если да – дополнительно указать домашний адрес), вид участия (публикация и/или выступление с докладом), тематическое направление публикации, требуется ли гостиница и на какой срок.

Контакты оргкомитета конференции:

электронная почта itee-2016@mail.ru

Контактное лицо: Лазарева Надежда Михайловна,

почтовый адрес: 428015, Чебоксары, Московский проспект, д. 15, корп. В, каб. В-309, Белову Г.А.

контактный тел.: 8—960—301—09—21, сайт университета: <http://www.chuvsu.ru/>

Для участия в работе конференции необходимо выслать по электронной почте в адрес оргкомитета:

1. Заявку на участие в конференции по приведенной выше форме отдельно для каждого соавтора публикации.
2. Файл с текстом публикации на русском языке объемом 2—4 полных страницы формата А5. Публикация материалов объемом более 4-х страниц должна быть согласована с оргкомитетом.
3. Цветную скан-копию экспертного заключения (акта экспертизы) о возможности опубликования материалов в открытой печати (общее экспертное заключение по нескольким публикациям от одной организации приветствуется).
4. Цветную скан-копию платёжного документа об оплате оргвзноса.
5. Файл, содержащий информацию для размещения в НЭБ на сайте elibrary.ru: Фамилию, Имя, Отчество (полностью) и адрес электронной почты (e-mail) всех авторов, а также аннотацию и ключевые слова к публикации на русском языке.



VIII Международная конференция

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА РОССИИ

23-25 мая 2016

Гостиница Русь, Светлогорск
Калининград, Россия

ОСНОВНЫЕ ТЕМЫ

- | Стратегия дальнейшего развития отрасли |
- | Предстоящие рыночные изменения |
- | Изменение нормативной базы в сетевом и сбытовом комплексе |
- | Возможности для модернизации электроэнергетики |
- | Реформа теплоснабжения |
- | Возобновляемая энергетика – успехи и перспективы развития в России |

ОРГАНИЗАТОРЫ

IC ENERGY



| Для получения подробной информации просьба направлять запросы на energy@icenergy.co.uk |

| +44 203 034 03 33 |

Международная конференция «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА РОССИИ. Стратегии и приоритеты развития»

23–25 мая 2016 года в Калининграде, в гостинице Русь, Светлогорск состоится VIII ежегодная конференция «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА РОССИИ. Стратегии и приоритеты развития».

Организаторами мероприятия являются компания IC Energy и НП «Совет производителей энергии».

Энергокомпании быстро адаптируются к новым экономическим условиям, но встает вопрос о перспективе развития отрасли. Какая стратегия должна быть при снижении рыночного потребления и росте объема мощностей, в условиях низкой платежной дисциплины потребителей?

Участники конференции обсудят текущие вопросы и определят перспективные направления развития электроэнергетики.

В этом году участники соберутся в замечательном приморском городе Калининграде, чтобы в комфортной обстановке обсудить ключевые отраслевые вопросы и посетить одну из современных тепловых электростанций – Калининградскую ТЭЦ-2.

В программе конференции – сессии по стратегии дальнейшего развития отрасли, предстоящим рыночным изменениям, возможностям для модернизации рынка, а также обсуждение реформы теплоснабжения и изменений нормативной базы в сетевом и сбытовом комплексе.

В конференции примут участие руководители генерирующих, сетевых, энерго-сбытовых, машиностроительных компаний, потребители энергии, IT-компаний, банки, юридические, лизинговые и страховые компании.

Дополнительная информация на сайте <http://icenergy.co.uk/ru/event171.html> и по электронной почте energy@icenergy.co.uk

