

Динамично развивающееся в электроэнергетике предприятие ООО «Болид»

САРИН Л. И., директор

ВАСИЛЬЕВА А. Ю., старший инженер,

отдел международных отношений и инжиниринга

УСИКОВА Е. М., инженер, отдел технического контроля

ООО «Болид»; 630015, г. Новосибирск, Электrozаводской пр., д. 1

npn_bolid@ngs.ru



Л. И. Сарин



А. Ю. Васильева



Е. М. Усикова

В 1991 г. на рынок электроэнергетики вышло научно-производственное предприятие ООО «Болид» (г. Новосибирск), которое на протяжении 25 лет успешно осуществляет инновационную деятельность в области разработок композиционных материалов, производства резисторных установок, теоретического и экспериментального исследования аварийных процессов в электрических сетях, практического использования выпускаемой продукции в распределительных и магистральных сетях для увеличения надёжности работы.

Разработанные композиционные материалы применяются предприятием при производстве резисторных устройств различного назначения: для защиты высоковольтных электрических сетей от перенапряжений, в системах прямого электрического обогрева как помещений, так и механизмов сооружений (гидроэлектростанций). Главная цель предприятия — производство продукции в соответствии с передовыми технологиями и уровнем развития науки и техники. Круг решаемых специалистами ООО «Болид» задач постоянно расширяется: в области исследований — совершенствование методов защиты высоковольтных линий электропередачи от перенапряжений, разработка новых композиционных материалов; в области производства продукции — предоставление потребителю продукции, отвечающей по своим характеристикам национальным и мировым стандартам, ориентированым на достижение высокой эксплуатационной эффективности. В планы предприятия входит внедрение инновационных технологий, разработка и изготовление новой продукции, подтверждение соответствия новой и выпускаемой продукции европейским стандартам в целях выхода на международный рынок.

К л ю ч е в ы е с л о в а: композиционные материалы, резисторные установки, высоковольтные линии электропередачи, перенапряжения, экспериментальные исследования, аварийные процессы.

ОО «Болид» — динамично развивающееся многопрофильное научно-производственное предприятие, продукция и услуги которого неизменно получают высокую оценку как на российском рынке, так и за рубежом. Основная задача коллектива ООО «Болид» — применение приоритетных инновационных технологий для повышения надёжности работы элек-

троэнергетических систем разного класса напряжения.

Предприятием успешно проводятся теоретические и экспериментальные исследования аварийных режимов работы сетей, создаются программные продукты, с помощью которых возможно изучать и сравнивать существующие и вновь разрабатываемые методы моделирования процессов. На основе системного подхода обеспе-

чения безаварийности распределительных электрических сетей разрабатываются технические средства для производства измерений в натуральных экспериментах и мониторинга сетей. Комплексный подход к исследованию аварийных режимов позволяет разрабатывать эффективные мероприятия по их устранению и далее — изготовление и поставку необходимого энергетического оборудования.

В последние годы складывается устойчивое понимание важности и необходимости инноваций для развития компании и обеспечения её долгосрочной конкурентоспособности. ООО «Болид» реализует ряд программ инновационного развития, которые охватывают все сферы деятельности компании. Одним из направлений является разработка новых композиционных материалов для достижения стратегических целей компании, в том числе повышения качества и надёжности электроснабжения сетей.

За 25 лет успешной работы ООО «Болид» коллективный труд на предприятии стал более производительным, успешным и результативным, позволил каждому члену компании применить все свои знания и умения, приобрести лучший опыт работы. Специалисты предприятия ежегодно повышают уровень своей квалификации, принимают участия в российских и зарубежных выставках, конференциях, семинарах. В настоящее время в штате предприятия работает три кандидата технических наук, три инженера обучаются в аспирантуре, 40 человек — с высшим инженерно-техническим и экономическим образованием. Постоянно растущий профессионализм специалистов облегчает организацию и координацию работы коллектива, позволяет решать сложные и объёмные задачи, ставить практические цели, которые достигаются с положительными результатами.

Результаты научно-исследовательской деятельности предприятия ООО «Болид» обобщаются в научных статьях, методических и практических материалах, сборниках докладов российских и зарубежных конференций и т. д. [1 – 12]; на новые технические решения получены патенты [13 – 17].

Контроль качества продукции

В современных условиях развития экономики любое предприятие сталки-

вается с множеством различных аспектов выживания и функционирования в рыночной среде. Повышение уровня конкурентоспособности выпускаемой продукции — объективный показатель устойчивого положения и успеха предприятия на рынке. Конкурентоспособность связана с действием нескольких факторов, среди которых можно выделить два основных — уровень цены и качество продукции. При этом качество продукции — определяющее звено в оценке деятельности предприятия. Разработанная на предприятии ООО «Болид» система качества представляет собой совокупность планируемых и систематически проводимых мероприятий по обеспечению качества продукции на каждом этапе производства. При этом постоянно выполняется деятельность оперативного характера, направленная на выявление различного рода недостатков в продукции и процессах производства, устранение этих недостатков и вызвавших их причин. Процесс улучшения качества выпускаемого энергетического оборудования на предприятии ООО «Болид» основывается на внедрении научной организации труда, современного оборудования, повышения квалификации кадров и т. д. В условиях действий этих принципов чётко определена роль руководителей и специалистов различных подразделений ООО «Болид». Общее руководство деятельностью по обеспечению качества выпускаемой номен-

клатуры изделий осуществляется директором предприятия. Организация разработки и реализации мер, направленных на повышение потребительских свойств продукции, осуществляется отделом технического контроля совместно с ведущими специалистами ключевых отделов, задействованных в разработке и производстве продукции в соответствии с государственными стандартами, стандартами менеджмента качества и стандартами организации. Законодательной основой требований к качеству выпускаемой продукции на предприятии служат:

1) Законы Российской Федерации (РФ) «О техническом регулировании», «О стандартизации», «О защите прав потребителей».

2) Государственные стандарты РФ (ГОСТ Р), Технические регламенты Таможенного союза (ТР ТС), санитарные правила и нормы (СанПиН), международные стандарты.

3) Правила эксплуатации электроустановок, строительные нормы и правила (СНиП).

4) Технические условия (ТУ), разработанные на каждый вид выпускаемой продукции.

Защитное оборудование для высоковольтных сетей с использованием резисторов из композиционных материалов

В сетях с изолированной/компенсированной нейтралью при однофазном

дуговом замыкании на землю (ОДЗ) наблюдаются многократные зажигания и временные погасания «перебегающей» дуги. Происходящие при этом переходные процессы приводят к перенапряжениям на аварийной и «здоровых фазах». Перенапряжения при ОДЗ и различных феррорезонансных и резонансных явлениях охватывают целиком всю электрически связанную сеть. Данные перенапряжения существенно зависят от способа заземления нейтрали сети. При отсутствии системы заземления нейтрали сети, сопряжённой с селективным выявлением линии с однофазным повреждением, возрастает вероятность междуфазных повреждений с последующим аварийным отключением. В зависимости от длительности его устранения определяется недоотпуск электроэнергии потребителям.

Введение резистивного заземления нейтрали сети снижает уровень перенапряжений, исключает явления феррорезонанса и создаёт хорошие предпосылки для построения эффективной релейной защиты от ОДЗ. При этом решается задача устранения повреждения электрооборудования. Переход на резистивное заземление нейтрали — существенный виток в развитии ответственного сетевого электрохозяйства с соблюдением требований промышленной безопасности. Установка резистора на шинах собственных нужд станции позволяет защитить все двигатели, присоединённые к шинам, увели-

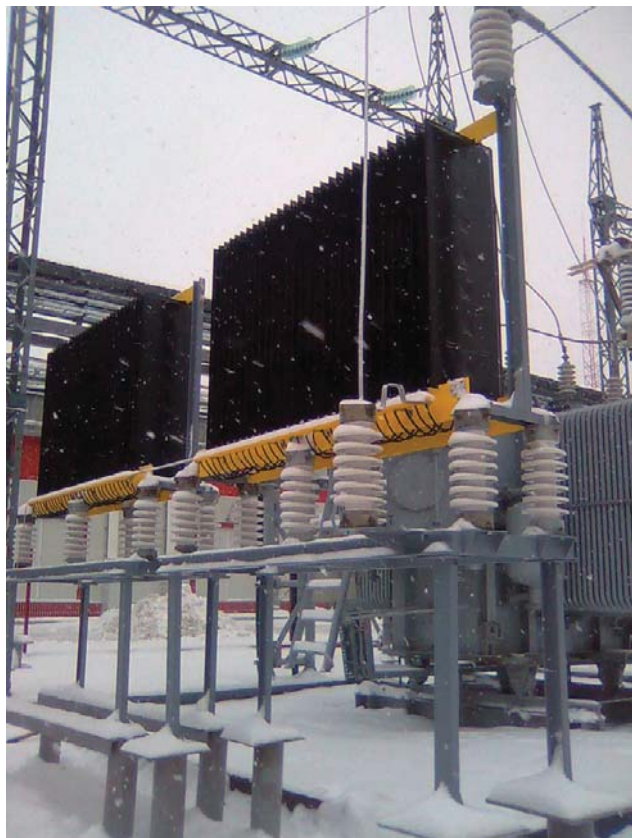


Рис. 1. Резистор для заземления нейтрали сети



Рис. 2. Резисторная установка ограничения токов однофазных коротких замыканий для электрических сетей 110 – 220 кВ

чить срок службы и надёжность работы электрооборудования (повреждаемость снижается в 4 – 6 раз), снизить недоотпуск электроэнергии потребителю. По оценке специалистов, эксплуатирующих резисторные установки, срок окупаемости по прямым затратам составляет примерно 3 – 3,5 года.

ООО «Болид» имеет большой положительный опыт производства оборудования для резистивного заземления нейтрали в сетях разного класса напряжения. Продукцию изготавливают с учётом требований заказчика, используя индивидуальный подход к каждому энергетическому объекту, при этом определяют оптимальные эксплуатационные характеристики оборудования. ООО «Болид» за 25-летний период деятельности ввело в успешную эксплуатацию более 2400 резисторных установок, в том числе на крупных тепловых и атомных электростанциях, металлургических комбинатах, в электрических сетях ПАО «Россети», ПАО «Газпром», ПАО «Лукойл» и др., а также стран ближнего и дальнего зарубежья.

Перечень выпускаемой продукции ООО «Болид» достаточно широк и разнообразен, любое изделие может быть разработано и изготовлено с учётом особенностей применения у потребителя. В ряд основной номенклатуры выпускаемой продукции входят:

- высоковольтные защитные резисторы для заземления нейтрали электрических сетей напряжением 6 – 35 кВ (рис. 1);
- резисторные установки ограничения токов однофазных коротких замыканий для электрических сетей 110 – 220 кВ [установлено более 100 резисторов в составе резисторных установок с 2009 года (рис. 2)];
- резисторные установки для борьбы с апериодическими составляющими

тока в компенсированных линиях электропередачи 500 кВ;

- блочно-модульные нагрузочные устройства для проведения пусконаладочных работ газотурбинных и газопоршневых электростанций;
- нагревательные элементы для систем электрообогрева промышленных площадей;
- системы обогрева гидротехнических сооружений.

В основе электротехнических изделий ООО «Болид» лежит композиционный электропроводный материал «ЭКОМ». Права ООО «Болид» на разработанный композиционный материал «ЭКОМ» и на его основе высоковольтный резистор защищены патентами Российской Федерации [15 – 16]. Нагревание композиционного элемента из материала «ЭКОМ», вследствие наличия отрицательного температурного коэффициента, ведёт не к росту сопротивления, а к некоторому его снижению (до 10 %) при эксплуатационных температурах перегрева 160 °С относительно эффективной температуры окружающей среды 40 °С по ГОСТ 15543.1–89 [18]. Таким образом, у резисторов из композиционного материала температура на поверхности элементов в рабочем режиме в несколько раз меньше, чем у металлических аналогов, что удовлетворяет требованиям всех отечественных нормативных документов (ГОСТ, ПУЭ) по допустимым температурам нагрева. Применение композиционных резисторов с предельной температурой токопроводящих элементов менее 180 – 200 °С позволяет обеспечить высокую надёжность эксплуатации резисторной установки, а повышение активного тока при нагревании резистора гарантирует требуемую чувствительность релейных защит.

Резисторы производства ООО «Болид» сертифицированы на соответствие

стандарту ANSI/IEEE Std 32-1972¹, аттестованы на соответствие требованиям и рекомендованы для применения на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК» (в настоящее время ПАО «Россети»)². В рамках действия лицензии на право осуществления деятельности по конструированию и изготовлению оборудования для ядерных установок, радиационных источников, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранилищ радиоактивных отходов № СО-12-101-1924 от 18 марта 2013 г.³ изготавливается и поставляется оборудование для атомных электростанций (Калининская АЭС, Белоярская АЭС, Ростовская АЭС, АЭС «Бушер» и др.).

Инжиниринговые услуги. Диагностирование состояния кабельных линий электрических сетей

Актуальным направлением повышения надёжности энергоснабжения потребителей, предупреждения аварийных ситуаций и оптимизации использования финансовых и материальных ресурсов энергоснабжающих сетевых организаций при формировании и реализации планово-предупредительных работ является исследование состояния кабельных электрических сетей.

¹ Сертификат МК 69240804 001 от 30.03.2011 на соответствие резисторов стандарту ANSI/IEEE Std-32:1972.

² Заключение аттестационной комиссии № 55-11 от 29.07.2011 на соответствие резисторов техническим требованиям ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК».

³ Лицензия № СО-12-101-1924 от 18.03.2013 на право осуществления деятельности по конструированию и изготовлению оборудования для ядерных установок, радиационных источников, пунктов хранения ядерных материалов и радиоактивных веществ, хранилищ радиоактивных отходов.



а)



б)

Рис. 3. Мобильная диагностическая электротехническая лаборатория МЕГА-2:
а — общий вид; б — лабораторное оборудование

С 2011 г. ООО «Болид» проводит комплексную диагностику и испытание кабельных линий (КЛ) с помощью современной мобильной кабельной электротехнической лаборатории МЕГА-2 на базе шасси УРАЛ 4320 в любых районно-климатических условиях (рис. 3).

Решение задач диагностирования, испытания и измерения параметров КЛ напряжением до 35 кВ с изоляцией из шитого полиэтилена (СПЭ) и традиционных кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией (БПИ) осуществляется с использованием щадящих методов испытаний повышенным напряжением частотой 0,1 Гц и неразрушающих методов испытаний и контроля состояния кабелей с изоляцией из СПЭ, находящихся в эксплуатации.

В результате диагностирования определяются КЛ, объективно нуждающиеся в проведении ремонтов, что позволяет адресно и эффективно направлять материальные и технические ресурсы на обеспечение условий безаварийного энергоснабжения потребителей.

К настоящему времени специалисты ООО «Болид» обладают пятилетним опытом обследования КЛ. Статистика обследованных ООО «Болид» КЛ с изоляцией из СПЭ показывает, что 14 % КЛ подлежали немедленному ремонту и 10 % — ремонту в течение 1 года, 23 % работоспособны, но имеют зна-

чительные повреждения и должны быть включены в планы проведения ремонта и замены.

Лаборатория аккредитована управлением энергетики ОАО «Газпром» на осуществление деятельности по техническому диагностированию оборудования энергохозяйств дочерних обществ и организаций ОАО «Газпром»⁴. Методики исследования КЛ зарегистрированы в Западно-Сибирском управлении Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Исследовательские работы. Разработка нормативно-технической документации

ООО «Болид» обладает необходимым оборудованием, опытом, разработанными методиками для выполнения широкого круга исследовательских работ:

- проведение экспериментальных исследований с регистрацией сигналов тока и фазных напряжений с помощью цифровых осциллографов и специализированных делителей напряжения

⁴ Свидетельство об аккредитации № 734-ЭТ/ТД от 19.06.2014 г. на право осуществления деятельности по техническому диагностированию энергохозяйств дочерних обществ и организаций ОАО «Газпром».

собственной конструкции для сетей 6 – 110 кВ;

- расчёт электромагнитных переходных процессов в электрических схемах сетей 6 – 500 кВ с помощью математических моделей в программных комплексах MATLAB, EMTP, МАЭС;
- выбор номинальных параметров защитных аппаратов и резистивных установок для сетей 6 – 500 кВ, в том числе устройств заземления нейтрали и средств ограничения коммутационных перенапряжений (ОПН, РС-цепей).

С 2000 г. до настоящего времени с использованием современной цифровой техники и измерительного оборудования специалистами ООО «Болид» выполнены работы по исследова-

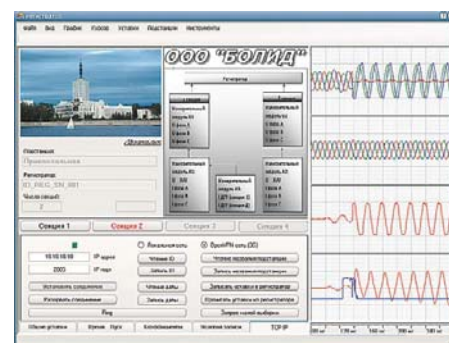


Рис. 4. Внешний вид окна связи и настроек системы «СПЕКТР»

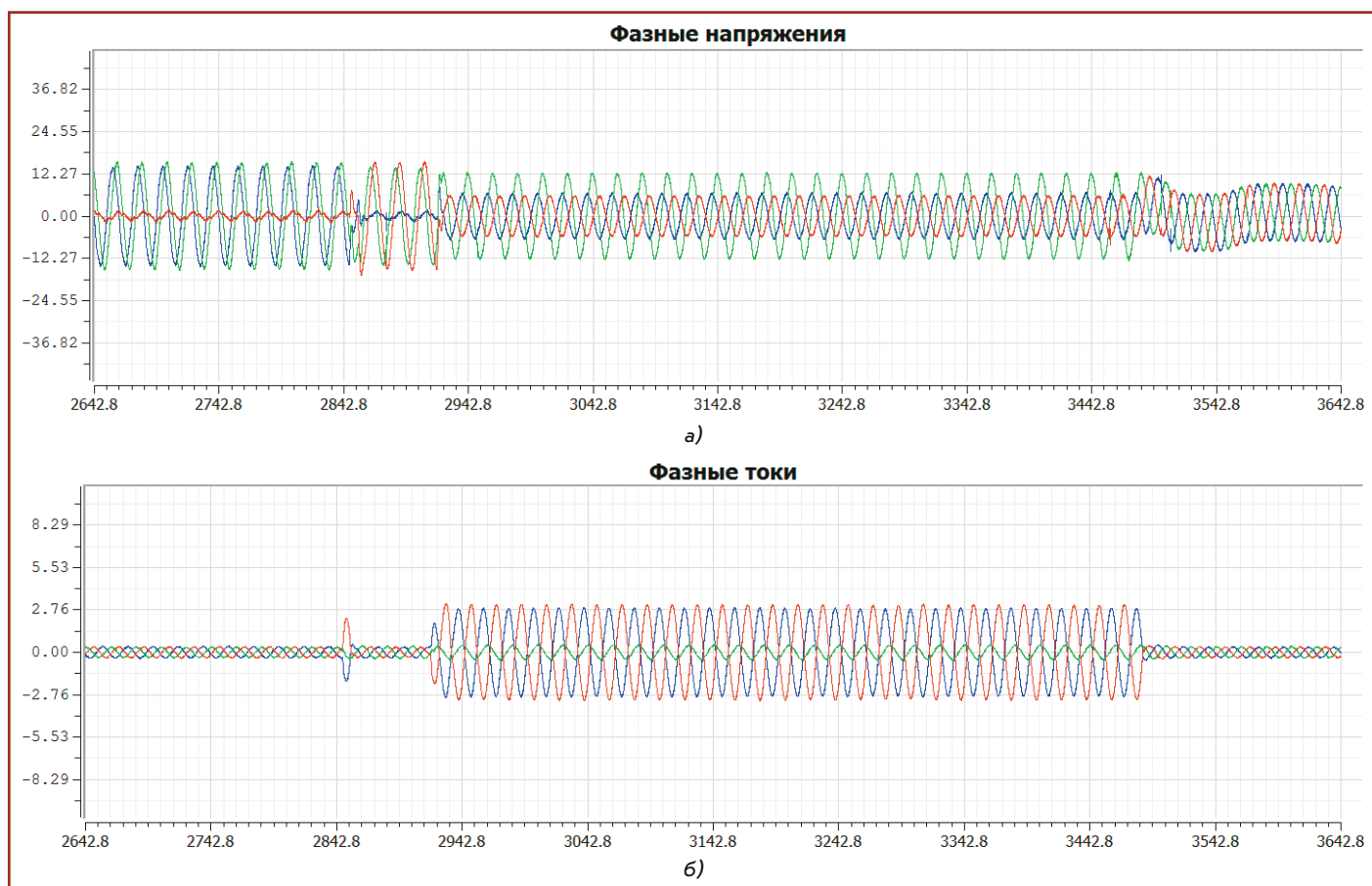


Рис. 5. Осциллограммы изменения фазных напряжения и токов в режиме КЗ в сети 10 кВ, зарегистрированные с помощью системы мониторинга «СПЕКТР»

нию переходных процессов в сетях 6 – 500 кВ на многих энергообъектах.

Важное направление деятельности ООО «Болид» — разработка нормативно-технической и методической документации по следующим направлениям:

- расчётные исследования и выбор режима заземления нейтрали сетей среднего напряжения, а также оборудования для реализации принятого способа заземления;
- формирование технических требований к высоковольтному коммутационному оборудованию;
- разработка методических указаний по выбору, прокладке, монтажу и эксплуатации силовых кабелей с полимерной изоляцией.

Система удалённого мониторинга электрических сетей

В основе обеспечения надёжного функционирования электрических сетей лежит идея синхронизированного мониторинга. Задачи мониторинга: сбор и обработка информации о параметрах и фактических режимах работы электрической сети; оценка надёжности сетевого оборудования, в том числе защитного; выявление факторов дестабилизирующих работу сети; контроль качества электропитания, оценка переходных процессов и т. д.

Система удалённого мониторинга электрической сети «СПЕКТР», разработанная ООО «Болид», обеспечивает регистрацию переходных процессов при коммутациях и в аварийных режимах электрических сетей. Использование системы обеспечивает контроль эффективности работы защитного оборудования и релейной защиты, позволяет снизить эксплуатационные затраты на диагностирование и ремонт высоковольтного оборудования.

Отличительные особенности системы:

- синхронизированный мониторинг параметров электрической сети до 10 распределительных подстанций;

- регистрация переходных и аварийных процессов электрической сети контролируемых подстанций в широком частотном диапазоне;

- передача результатов измерений и регистрации по каналам связи с использованием технологии VPN на удалённый ПК оператора.

В системе мониторинга используется оригинальное программное обеспечение разработки ООО «Болид» (рис. 4 – 5).

Светодиодные осветительные приборы

Новые схмотехнические решения, применённые специалистами ООО «Болид» при разработке конструкции светодиодных осветительных приборов, обеспечили постановку на производство качественных и высоконадёжных



Рис. 6. Светодиодные промышленные приборы

промышленных прожекторов (рис. 6). Они применяются для обеспечения автоматизированной охраны и круглосуточной работы системы видеонаблюдения режимных стратегических и промышленных объектов, а также для внутриплощадочного освещения станций и подстанций. Гарантийный срок эксплуатации составляет 5 лет. Серийно выпускаемые с 2007 г. светодиодные осветительные приборы установлены и эксплуатируются на различных промышленных объектах, в том числе в районах Крайнего Севера.

Новые разработки для обеспечения экологической и информационной безопасности объектов: изделия для поглощения и отражения сверхвысокочастотного излучения

В течение 10 лет специалисты предприятия разрабатывают новые рецептуры термостойкого полупроводящего композиционного материала, поглощающего электромагнитную энергию в широком диапазоне частот и рабочих температур вплоть до 1200 °С. Проведены исследовательские работы и получены опытные рецептуры и технологии изготовления электротехнических композиционных материалов, обладающих радиопоглощающими свойствами на частотах свыше 1,0 ГГц.

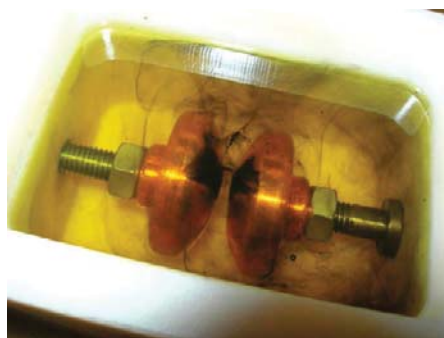


Рис. 7. Трансформаторное масло после пробы: потемнение, выпадение осадка

С 2011 г. изготавливаются волноводные нагрузки с воздушным и жидкостным видами охлаждениями разной мощности и значениями коэффициента стоячей волны по напряжению; получены образцы радиопоглощающих (ослабляющих отражённые от их поверхности излучения) и экранирующих (снижающих проникающее воздействие электромагнитных волн) покрытий.

Диэлектрическая кремнийорганическая жидкость для трансформаторов — новое направление для улучшения характеристик существующего электроэнергетического оборудования

В настоящее время специалисты предприятия разрабатывают кремнийорганическую жидкость (КОЖ) как альтернативу стандартному трансформаторному маслу (рис. 7 – 9).

Кремнийорганическая жидкость по ряду существенных параметров превосходит трансформаторное масло:

- не имеет потемнений и выпадения осадка после пробоев;
- небольшая кинематическая вязкость при низких температурах;
- повышенное пробивное напряжение;
- высокая пожаробезопасность.



Рис. 8. Кремнийорганическая жидкость после пробы: без изменений

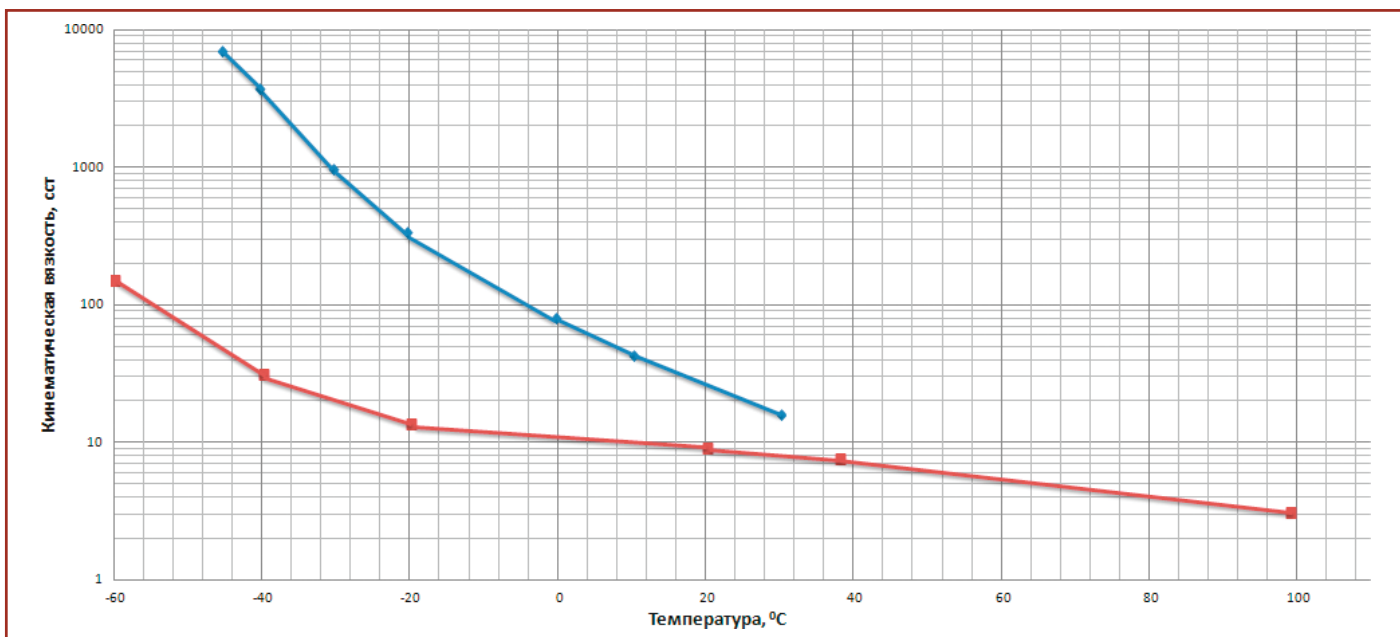


Рис. 9. Кинематическая вязкость трансформаторного масла и КОЖ: синий — трансформаторное масло; красный — КОЖ

Заключение

Инновационная деятельность предприятия ООО «Болид» и достигнутые результаты в различных отраслях науки и техники, положительные отклики потребителей создают уверенность, что работа проводится в нужном направлении. Надежда на успех в будущем основывается на условиях осознания необходимости и важности выполняемых работ, налаженном диалоге с заказчиком, постоянном совершенстве и развитии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ результатов мониторинга процессов при однофазных замыканиях на землю в сети 6 кВ с дугогасящими реакторами и резисторами в нейтрали / Сарин Л. И., Ильиных М. В., Ширковец А. И. и др. // Энергоэксперт. 2008. № 1. С. 56 – 64.
2. Иванов А. В., Сарин Л. И., Ширковец А. И. Исследования параметров тока однофазного замыкания на землю в сети 6 кВ Оренбургского ГПЗ // Газовая промышленность. 2008. № 12(625). С. 79 – 81.
3. Ильиных М. В., Сарин Л. И. Комплексный подход к выбору средств ограничения перенапряжений в сетях 6 – 10 кВ крупных промышленных предприятий целлюлозно-бумажной и металлургической промышленности // Электрические сети и системы. 2008. № 4.
4. Емельянов Н. И., Ширковец А. И. Актуальные вопросы применения резистивного и комбинированного заземления нейтрали в электрических сетях 6 – 35 кВ // Энергоэксперт. 2010. № 2. С. 44 – 50.
5. Ширковец А. И. Исследование параметров высших гармоник в токе замыкания на землю и оценка их влияния на гашение однофазной дуги // Релейная защита и автоматизация. 2011. № 4. С. 54 – 59.
6. Телегин А. В., Ширковец А. И. Проблематика замыканий на землю и режим заземления нейтрали в сетях среднего напряжения стран Европы и Америки // Релейная защита и автоматизация. 2012. № 3. С. 30 – 39.
7. Наумкин И. Е. Аварийные отказы элегазовых выключателей при коммутациях компенсированных ВЛ 500 – 1150 кВ // Электричество. 2012. № 10. С. 22 – 32.
8. Shirkovets A. I., Telegin A. V., Senchenko V. S., Kirichenko V. A. High-Frequency Recording System for Transient Processes in 6 – 110 kV Electrical Networks // Electric Power Quality and Supply Reliability: Proceedings of PQ2014 9th International Conference, Rakvere, Estonia, June 11 – 13, 2014. — Tallinn: Tallinn University of Technology, 2014. P. 69 – 73.
9. Telegin A. V., Shirkovets A. I., Nadein V. F. Methodology of Statistical Analysis of Oscillograms: Case Study of Continuous Intermittent Arcing in Mass Impregnated Paper Cable Insulation in 10 kV Distribution Network // International Conference on Power Systems Transients, Cavtat, Croatia, June 15 – 18, 2015.
10. Опыт обеспечения работоспособности элегазовых выключателей при коммутации компенсированных линий электропередачи / Наумкин И. Е., Сарин Л. И., Кочура Д. В. и др. // Энергетик. 2015. № 3. С. 40 – 47.
11. Ширковец А. И., Лиске А. Г. Факторы снижения электрической прочности кабельной изоляции из сшитого полиэтилена и причины ее повреждения в эксплуатации // Промышленная энергетика. 2015. № 11. С. 12 – 18.
12. Ширковец А. И., Хадывев И. Г., Кудряшов Д. С. О переводе сетей 6 – 10 кВ горных и металлургических предприятий на режим эксплуатации с резистивно-заземленной нейтралью // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 1. С. 18 – 25.
13. Устройство для защиты от перенапряжений: пат. 2237333 Российская Федерация: МПК H02H9/04 / Е. М. Белокуров, Н. И. Емельянов, Л. И. Сарин и др.; патентообладатель ООО «Болид». № 2000106378; заявл. 14.03.2000; опубл. 27.09.2004. Бюл. № 27.
14. Высокоомный резистор для заземления нейтрали: пат. 2176832 Российская Федерация: МПК H 01 C 7/04, 1/082, 7/12 / Е. М. Белокуров, Н. И. Емельянов, Л. И. Сарин и др.; патентообладатель ООО «Болид». № 98113036/09; заявл. 29.06.1998; опубл. 10.12.2001. Бюл. № 34.
15. Состав для композиционного электропроводного материала: пат. 2289172 Российская Федерация: МПК H01B 1/18 / Л. И. Сарин, Н. Г. Царегородцев, В. М. Копылов; патентообладатель ООО «Болид». № 2004115998/09; заявл. 12.05.2004; опубл. 10.12.2006. Бюл. № 34.
16. Высоковольтный резистор для заземления нейтрали: пат. 59625 Российская Федерация: МКПО 13-02, 13-03 / Л. И. Сарин, М. В. Ильиных, Н. А. Дарков и др.; патентообладатель ООО «Болид». № 2004502404; заявл. 16.09.2004; опубл. 16.07.2006.
17. Электропередача сверхвысокого напряжения с высоким уровнем компенсации зарядной мощности: пат. № 123597 Российская Федерация: МПК H02J 3/00 / Наумкин И. Е., Подъячев В. Н., Сарин Л. И.; патентообладатель ООО «Болид». № 2012123053/07; заявл. 01.06.2012; опубл. 27.12.2012. Бюл. № 36.
18. ГОСТ 15543.1–89. Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам. Введ. 01.01.90. — М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004.