

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕГАЗОВЫХ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

АВТОРЫ:

КОВАЛЕВ В.Д.,
Д.Т.Н.,
ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД»

БОРИН В.Н.,
ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД»

СЕРЯКОВ К.И.,
К.Ф.-М.Н.,
ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД»

При низких температурах, соответствующих климатическим условиям нашей страны, работа элегазовых коммутационных аппаратов сопряжена с определенными проблемами,

связанными с тем, что часть элегаза может конденсироваться на стенках аппаратов. Плотность его газовой фазы снижается, ухудшаются электроизоляционные и дугогасящие характеристики.

Ключевые слова: элегазовые коммутационные аппараты, подогрев аппарата, плотность газа, методы испытаний, перегрев нагревателя.



ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время элегазовые коммутационные аппараты широко используются в электрических сетях. К таким аппаратам относятся комплектные распределительные устройства (КРУ) с элегазовой изоляцией и выключатели (колонковые и баковые). Применение этих аппаратов обусловлено значительно более высокой коммутационной способностью элегаза, меньшими габаритами аппаратов и более высокой надежностью в эксплуатации. Однако эти аппараты не лишены недостатков, в частности при низких температурах, соответствующих климатическим условиям нашей страны, часть элегаза может конденсироваться на стенках аппаратов. Плотность его газовой фазы снижается, ухудшаются электроизоляционные и дугогасящие характеристики. Эта проблема может быть решена тремя способами. Первый – создание аппаратов, рассчитанных на работу при пониженном давлении элегаза, что требует увеличения габаритов аппарата, мощности привода и, соответственно, его стоимости.

Второй способ – применение вместо чистого элегаза газовых смесей с ним. Недостаток этого способа – повышенное давление газа в аппарате и сложность обслуживания аппарата со смесью газов, что повышает эксплуатационные расходы. Тем не менее именно таким путем в настоящее время создаются колонковые элегазовые выключатели исполнения УХЛ (умеренный и холодный климат).

Третий способ – обогрев аппарата с помощью специальных электронагревателей. Этот вариант нашел наиболее широкое распространение в баковых выключателях, хотя поиски способов его применения в колонковых выключателях продолжают, в том числе и авто-

рами данной статьи [1]. Вполне возможно, этот вариант может быть использован и в других аппаратах, в частности в комплектных ячейках распределительных устройств с воздушными сборными шинами. Очевидный недостаток таких аппаратов – дополнительный расход электроэнергии и повышенное внимание к надежности работы нагревателя. Другой недостаток – необходимость регулирования уровня нагрева в зависимости от погодных условий: при недостаточном нагреве произойдет уменьшение плотности элегаза. На рис. 1 показан подогреваемый баковый выключатель 110 кВ производства ОАО «Уралэлектротяжмаш».

Данная статья посвящена проблемам климатических испытаний таких подогреваемых элегазовых аппаратов. В первую очередь речь пойдет о баковых выключателях, в которых должна сохраняться заданная плотность газа при любых погодных условиях. Следует отметить, что такие испытания практически не регулируются ни стандартами России, ни международными стандартами, и хотя климатические испытания в них предусматриваются, они практически не регламентируют процедуру подтверждения сохранения требуемой плотности газа.

На охлаждение аппарата, стоящего на открытом воздухе с включенным нагревателем, влияет не только разность температур между аппаратом и воздухом, но и сила ветра. В стандартных климатических испытаниях воздействие ветра обычно никак не моделируется.

Поэтому подогреваемые элегазовые аппараты необходимо испытывать в аэродинамических трубах с регулируемой температурой охлажденного воздушного потока. Именно такая практика по требованию ОАО «ФСК ЕЭС» сложилась в России.

ИНФОРМАЦИЯ

ЧТО ТАКОЕ ЭЛЕГАЗ?

Гексафторид серы (или элегаз) – искусственное химическое соединение, состоящее из одного атома серы и шести атомов фтора SF₆. Название «элегаз» – это сокращение от «электрический газ». Элегаз был получен в лабораторных условиях и в естественном состоянии не встречается. Соединение было впервые получено и описано в 1900 году французским химиком Анри Муассаном в ходе работ по изучению химии фтора. Однако уникальные свойства элегаза были открыты и исследованы в 1930-е годы в Советском Союзе, когда известный советский физик Б.М. Гохберг в ЛФТИ изучал электрические свойства ряда газов и обратил внимание на шестифтористую серу SF₆. Оказалось, что электрическая прочность этого соединения в 2–4 раза выше, чем у воздуха, и существенно зависит от давления. Пробивное напряжение элегаза составляет 89 кВ/см (воздух имеет электрическую прочность 30 кВ/см). Именно это свойство предопределило широкое использование элегаза в электроэнергетике.

ИНФОРМАЦИЯ

ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ

Хотя первое авторское свидетельство в нашей стране на высоковольтный аппарат с элегазом было получено еще в 1942 году, только в начале 1960-х годов начались серьезные исследования эксплуатационных характеристик такого оборудования. Именно в этот период отечественная промышленность выпустила первые образцы коммутационных аппаратов с элегазовой изоляцией.

Основные преимущества элегазовых выключателей заключаются в простоте конструкции, увеличенном сроке службы (до 50 лет), высокой отключающей способности (отключение токов КЗ до 63 кА), высоком механическом и коммутационном ресурсе, отключении емкостных токов без повторных пробоев, взрыво- и пожаробезопасности, отсутствии значительных перенапряжений при коммутациях. В тоже время у элегаза есть и определенные недостатки, связанные с его физико-химическими свойствами: переход в жидкое состояние при низких температурах, опасность отравления продуктами распада элегаза, достаточно высокая стоимость.



Рис. 1
Подогреваемый баковый выключатель
110 кВ производства
ОАО «Уралэлектротряжмаш»

Однако методология таких испытаний не отработана в части определения конкретных значений давления элегаза при испытаниях, значения напряжения на нагревателе, точности соответствия показаний датчиков и реле плотности элегаза средним значениям плотности элегаза в аппарате, целесообразности проведения испытаний при крайних значениях напряжения на нагревателе и при отсутствии ветровой нагрузки.

ВЫБОР ЗНАЧЕНИЙ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

Элегазовый аппарат имеет диапазон рабочих давлений, нормируемый тремя значениями при температуре +20 °С:

- давлением заполнения (номинальным);
- давлением подачи предупредительного сигнала;
- давлением блокировки, когда нормальная работа аппарата блокируется.

Строго говоря, аппарат, как в зимних, так и в летних условиях, должен предоставлять возможность его эксплуатации при любой плотности – от номинальной до блокировки. Поэтому и проводить климатические испыта-

ния надо при плотности блокировки. Практически же испытания проводят при наибольшей плотности – плотности заполнения. Это происходит, видимо, потому, что иначе не удастся прогреть аппарат по всей его внутренней поверхности без образования конденсации элегаза и срабатывания при этом реле плотности элегаза, блокирующего работу аппарата.

В аппарате высокого напряжения нагреватель газа можно разместить только в его нижней заземленной части. Нагрев верхних частей изоляторов и вводов производится теплопередачей снизу вверх.

Такая теплопередача будет происходить наиболее интенсивной, если использовать эффект тепловых труб. В этом случае сжиженный элегаз испаряется в результате нагрева, поднимается вверх и там конденсируется, отдавая элементам конструкции то тепло, которое было затрачено на его испарение. Этот конденсат стекает вниз и там вновь испаряется. Стекающая жидкость при этом никак не препятствует подъему пара вверх. Тепло отдается непосредственно стенкам, причем столько, сколько необходимо для поддержания единой температуры по всему аппарату. Ни одна из частей аппарата не перегревается, и при такой теплопередаче обеспечивается наименьшая

мощность нагрева. Это будет в том случае, когда весь нагреватель расположен под слоем жидкости. Такая конструкция была предложена в [2].

Баковые выключатели, производимые такими фирмами, как УЭТМ, АBB, Siemens, имеют нагреватели, расположенные вокруг бака. Испытания таких аппаратов проводятся при повышенной (по отношению к уровню блокировки) плотности газа, а именно при ее номинальном значении. При этом значительная часть газа становится жидкостью, стекающей по стенкам вводов и скапливающейся на дне бака. Вызванное этим снижение плотности элегаза в аппаратах, находящихся в эксплуатации, может достигать, насколько нам известно, значений порядка 10%. Основным процессом передачи тепла в этом случае является конденсация пара, дополнительно перегреваемого на стенках аппарата.

Однако аппарат должен сохранять свои заданные технические характеристики вплоть до плотности блокировки. Поэтому в качестве плотности блокировки при таких испытаниях необходимо было бы принимать более высокое значение, а именно то, при котором были проведены испытания. Но, с другой стороны, этого не следует делать, так как в этом случае конденсация элегаза сразу переведет аппарат в заблокированное состояние. При климатических испытаниях плотность газа более целесообразно соотносить с сигналом предупреждения о готовности аппарата к работе в зимних условиях, а это означает необходимость дополнительного увеличения всей шкалы давлений выключателя.

Альтернативой может служить только аппарат, в котором совсем или почти исключена передача тепла за счет конденсации элегаза. В этом случае значение плотности блокировки определяется только параметрами дугогасительной способности

и характеристиками изоляции, что неизбежно приведет к повышению разности температур между нижней частью аппарата, где расположен нагреватель, и вводами. Но при этом, во-первых, могут увеличиться тепловые потери, что потребует более высокой мощности нагревателя. Во-вторых, может повыситься опасность недопустимого перегрева самого нагревателя в режиме, когда ветра нет, а напряжение на нагревателе соответствует наибольшему значению.

Уменьшить эти отрицательные факторы можно двумя способами:

- 1) интенсифицировать конвективные процессы на вводе, что можно сделать, например, за счет использования устройств типа вытяжных труб [3];
- 2) снизить тепловые потери с помощью ветрозащитных экранов [4] или с помощью дополнительной теплоизоляции [5]. В ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД» в настоящее время ведется работа по реализации всех этих, а также некоторых других способов реализации подогреваемых выключателей, баковых и колонковых, в которых влияние конденсации на плотность газа будет полностью или почти полностью исключено.

Проведенные климатические испытания с ветром при номинальной плотности элегаза показали, что разработчикам пока еще не удалось создать такой аппарат, в котором конденсация элегаза отсутствует полностью. Этот факт обязательно должен учитываться в испытаниях подогреваемых аппаратов. Рабочее давление должно быть названо уровнем предупредительной сигнализации о готовности к работе в зимних условиях, а давление заполнения быть повышено настолько, насколько различаются номинальное давление и уровень блокировки в аппарате без нагревателя.



Международная выставка и XXII конференция РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА ЭНЕРГОСИСТЕМ

Организаторы:



При поддержке:



27-29
мая
2014

реклама

Москва, Выставочный павильон
«Электрификация» №55, ВВЦ
Тел / Факс: +7 (499) 181-52-02 доб.145

WWW.RZA-EXPO.RU

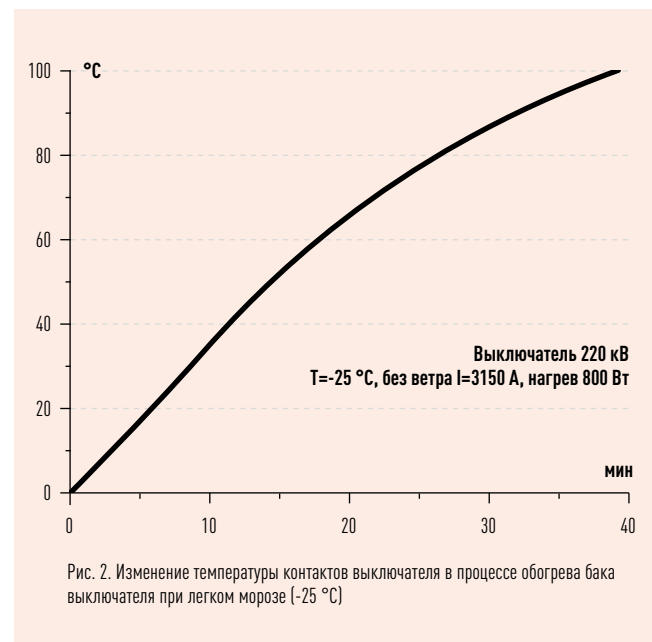


Рис. 2. Изменение температуры контактов выключателя в процессе обогрева бака выключателя при легком морозе (-25 °C)

Дело в том, что расхождение между номинальной плотностью и уровнем блокировки вводится производителями для гарантии того, что в течение определенного числа лет ΔY , равного этой разнице ΔP , деленной на допустимый уровень годовой утечки элегаза Δm ,

$$\Delta Y = \frac{\Delta P}{\Delta m}$$

не потребуется дозаполнения аппарата.

Проведение испытаний при номинальной плотности означает, что испытатель не гарантирует работоспособность аппарата в зимних условиях при более низкой плотности. А это в свою очередь означает, что до наступления зимы и включения нагревателя теперь уже самому потребителю надо проводить измерения плотности элегаза в аппарате и при необходимости дозаполнять его до номинальной плотности.

Поэтому аппараты, у которых климатические испытания проводились при номинальной плотности, должны быть перепроектированы на более высокую номинальную плотность (давление).

ВЫБОР ЗНАЧЕНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

Если в системах питания нагревателя отсутствуют устройства регулирования напряжения, то испытания аппаратов следует проводить при минимальном напряжении. В противном случае испытатель не может гарантировать, что в зимних условиях плотность элегаза не снизится ниже уровня блокирования работы аппарата. Это требование (проведение испытаний при минимальном напряжении) означает, что для исключения возможности блокирования работы выключателя, выпускаемые и находящиеся в эксплуатации аппараты должны быть переоснащены более мощными (в 1,4 раза) нагревателями.

ИСПЫТАНИЯ ПРИ ЛЕГКОМ МОРОЗЕ

Цель таких испытаний – проверка надежности работы нагревателя,

а также самого аппарата в условиях самого сильного перегрева. Причем, такой режим подразумевает отсутствие ветра, который существенно, в несколько раз, усиливает теплоотдачу. Зависимость коэффициента теплоотдачи k от скорости ветра v можно представить в виде $k=5,6+4v$ [6]. Это означает, что, например, при скорости ветра 20 м/с интенсивность теплоотдачи от металлического корпуса увеличится в 15 раз, а с фарфоровых или полимерных изоляторов – в 2–3 раза. Поэтому только за счет отсутствия ветра перегрев всех частей аппарата может увеличиться в несколько раз.

Рассмотрим гипотетический пример, который тем не менее вполне реалистичен. Так, в испытаниях с ветром при температуре воздуха -45 °C была зарегистрирована температура газа в нижней части бака около -30 °C, а над дугогасительным устройством — на 30° больше. Разумеется, бак в его верхней части должен быть еще теплее. Предположим, что она близка к +15 °C, то есть перегрев равен 60°. Примем также, что тепло, отдаваемое через

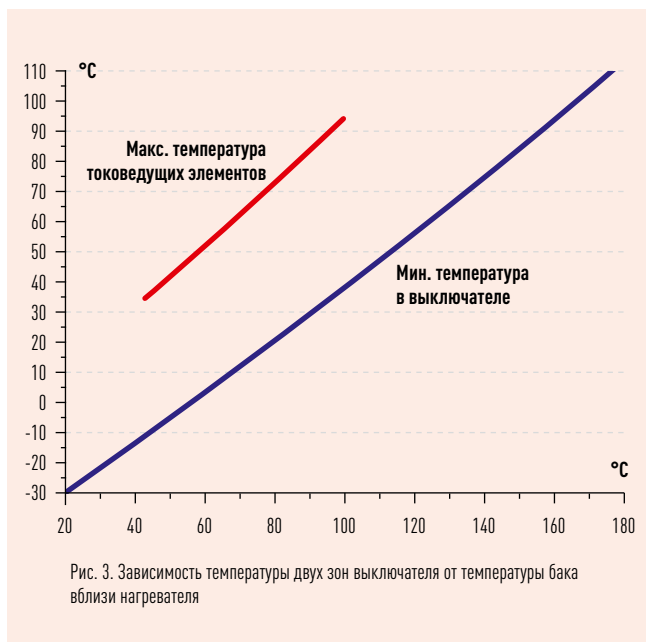


Рис. 3. Зависимость температуры двух зон выключателя от температуры бака вблизи нагревателя

вводы и через бак, равны друг другу, а мощность, выделяемая в главной цепи, составляет 10% от мощности нагревателя.

Рассмотрим, насколько нагреватель может перегреться при легком морозе -25 °C, в отсутствие ветра, наибольшем напряжении во вторичной цепи и при проходящем в главной цепи токе. При наибольшем напряжении на нагревателе его мощность, в сравнении с минимальной, увеличится в 1,67 раза, и за счет этого указанный перегрев увеличится с 60° до 100°. Воздействие дополнительного нагрева со стороны главной цепи увеличит этот перегрев до 110°. В отсутствие ветра коэффициенты теплоотдачи с бака и с поверхности вводов уменьшаются. Если принять, что при нулевом ветре коэффициент теплоотдачи с бака уменьшается в 10 раз, а с изоляторов – в 2 раза, то тогда суммарный коэффициент без ветра составит $0,5 \cdot 0,1 + 0,5 \cdot 0,5 = 0,3$ от его значения при ветре. Учет этого приведет к тому, что перегрев станет 366°, а сама температура нагревателя – 341 °C. Такой пример показывает, почему самой частой причиной аварийности подогреваемых аппаратов является перегорание его нагревателей.

Этот гипотетический пример показывает, что испытания на легком морозе обязательно необходимо проводить, если нагрев регулируется только температурой наружного воздуха. В таких испытаниях желательно добиться хотя бы имитации подвода тепла со стороны главной цепи. При этом необходимо контролировать не только температуру нагревателя или бака под ним, но и температуру элегаза вблизи дугогасительного устройства, и температуру токоведущих элементов, поскольку они тоже могут оказаться недопустимо перегретыми. Однако такие испытания можно не проводить, если управление нагревом

осуществляется не только наружной температурой, но и температурой самого аппарата.

Рис. 2 иллюстрирует возможный перегрев контактов. Здесь представлены результаты расчетного моделирования одного из вариантов выключателя 220 кВ, разрабатываемого ОАО «ЭЛЕКТРОЗАВОД». Рассчитывалась температура токоведущего элемента дугогасительного устройства. Условия расчета: температура воздуха -25 °C, ветра нет, ток в главной цепи – 3150 А, мощность нагревателя – 1,6 кВт на полюс. Расчет прекращен, когда температура токоведущего элемента (главного контакта) достигла +100 °C, еще не достигнув стационарного значения.

На рис. 3 представлено соотношение между стационарными значениями температур в разных местах этого выключателя при разных мощностях нагревателя. Верхняя кривая – температура главных контактов, нижняя – наименьшая температура, соответствующая обычно верхней части ввода. Это сравнение показывает, что может иметь место недопустимый перегрев токоведущих элементов при приемлемой температуре нагревателя и бака.

ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ДАТЧИКА ПЛОТНОСТИ

В аппарате с работающим нагревателем температура газа и его плотность будут различными в разных частях аппарата. Эти различия могут достигать 10 и более процентов. Поэтому можно говорить только о средней плотности или о плотности газа в наиболее ответственных местах. Последние – это в основном те места, где напряженности электрического поля являются наибольшими.

Но температура газа в этих местах может отличаться от температуры самого датчика плотности. Это искажает истинность его показаний. Попробуем оценить, насколько большими могут быть различия между измеряемым и реальным показаниями. Наименьшими они будут у аппарата, в котором теплопередача осуществляется таким же образом, как и в тепловых трубах, то есть только за счет энергии конденсации элегаза и стекания образующейся жидкости в нагреватель, как в [2]. Так как в этом случае элегаз и окружающая его оболочка аппарата с внутренней стороны имеют одинаковую температуру, то для точного контроля плотности достаточно, чтобы датчик имел ту же температуру. Это может быть достигнуто установкой датчика непосредственно на стенку корпуса и его теплоизоляцией от окружающего воздуха. В противном случае он будет выдавать завышенные значения плотности.

Однако обычно на подогреваемых баковых элегазовых выключателях нагреватель расположен вокруг горизонтально расположенного бака. В этом случае только часть мощности нагревателя пойдет на испарение жидкости, стекающей на дно бака. Остальная мощность пойдет на перегрев этого пара. Разница температур газа в разных местах объема аппарата и температур корпуса может достигать десятков градусов. Различие между температурами датчика и газа в 1 °C приведет к ошибке 0,5% в определении плотности. Десятки градусов соответствуют ошибке датчика в 5% и выше. Это сравнимо с перепадом плотностей от уровня заполнения до предупредительного сигнала и блокировки. Учитывая, что теплообмен происходит за счет ухода части газа в конденсат, такая ошибка датчика может скрыть фактическое снижение плотности газа до уровня ниже допустимого.

Указанная ошибка датчика относится к аппаратам, в которых датчик размещен на стенке корпуса, а перенос тепла осуществляется в основном за счет конденсации элегаза. Еще более значительной эта ошибка станет для тех режимов, при которых газ перестает конденсироваться. Это, безусловно, относится к условиям легкого мороза. Ошибка также увеличится при размещении датчика вне корпуса, например, в отдельно обогреваемом шкафу управления, особенно на открытом воздухе.

Поэтому датчики или реле плотности должны быть расположены (и, возможно, дополнительно подогревы) таким образом, чтобы их температура была бы равна средней температуре газа или температуре наиболее ответственных мест аппарата. При проведении климатических испытаний при всех температурах и скоростях ветра необходимо проводить такие измерения температуры датчика и газа в аппарате, которые подтвердили бы точность датчика путем сопоставления указанных температур.

Проверку точности показаний датчика плотности наиболее просто проводить в тех испытаниях, в которых исключена возможность конденсации элегаза, – это испытания при легком морозе. В этом случае средняя плотность элегаза остается такой же, как и при положительных температурах без нагрева, и равенство показаний датчика этой средней плотности будет свидетельствовать о том, что место расположения датчика выбрано правильно.

Более сложно проверять точность показаний датчиков плотности в тех режимах, при которых средняя плотность газа уменьшается вследствие конденсации. Если датчик не является регистрирующим прибором, а работает только как реле плотности, то в этих ситуациях

о точности датчика можно судить только на основании сопоставления температур датчика и газа.

Сравнивать показания датчика можно только с плотностью в каком-то определенном месте аппарата. Для этого во время климатических испытаний значение плотности необходимо рассчитывать на основе измерения давления газа и его температуры в этом месте. Такие измерения целесообразно проводить там, где напряженность поля наибольшая. В случае, когда датчик плотности не является показывающим прибором, а служит только как реле, плотность газа в датчике необходимо рассчитывать на основании измерений давления и температуры датчика. Тогда о его точности будет свидетельствовать степень расхождения между рассчитанными плотностями в аппарате и в датчике. Так как корпус аппарата при нагреве имеет различную температуру в различных местах, и она отличается от температуры газа, то необходимо обращать особое внимание на экранировку термодатчика от излучения стенок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Элегазовый высоковольтный аппарат с нагревателем, работающий в условиях низких температур с возможностью частичной конденсации элегаза, должен иметь давление заполнения (номинальное), повышенное в сравнении с необогреваемым аппаратом.

Климатические испытания следует проводить при плотности элегаза, соответствующей уровню предупредительного сигнала о готовности работы в зимних условиях.

Если в системах питания нагревателя отсутствуют устройства регулирования напряжения, то климатиче-

ские испытания следует проводить при нижнем значении рабочего напряжения на нагревателе.

Климатические испытания должны быть дополнены испытаниями, подтверждающими работоспособность нагревателя и контактной системы главной цепи аппарата при легком морозе, а именно: при температуре воздуха, соответствующей отключению нагревателя или его части, при отсутствии ветра, при верхнем уровне рабочего напряжения на нагревателе и при номинальном токе в главной цепи аппарата. Климатические испытания должны также включать измерения, подтверждающие точность работы датчика-реле плотности. Для этого при всех температурах воздуха и скоростях ветра, при которых проводятся испытания, необходимо проводить измерения температуры датчика плотности, температуры токоведущих частей аппарата и температуры газа в местах наибольшей вероятности пробоя газовой изоляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борин В.Н., Серяков К.И., Шаменко В.А. Колонковый газонаполненный выключатель, Патент России № 2 501 112, 2012.
2. Курицын В.В., Торолчин Ю.В., Петровский Ю.В., Чемерис В.С., Перспективы применения баковых элегазовых выключателей // Электротехника. № 10. 1990. – С. 13–16.
3. Борин В.Н., Серяков К.И., Шаменко В.А. Баковый электрический аппарат с газовой изоляцией, Патент России № 2 438 205, 2010.
4. Борин В.Н., Серяков К.И., Шаменко В.А. Баковый электрический аппарат с газовой изоляцией, Патент России № 2 449 403, 2011.
5. Гуль А. Климатические испытания баковых выключателей (110–330 кВ), проведенные в лабораториях РФ / ТРАВЭК. 2012. Доклад 2-10.
6. Кухлинг Х. Справочник по физике. М.: Мир, 1982. – С. 470.



ЗАВОД ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ



Одно из ведущих предприятий, обладающее 55-летним опытом проектирования и производства высоковольтного оборудования для электроэнергетики, нефтяной и газовой промышленности, железных дорог, черной и цветной металлургии, атомной и других отраслей экономики.

ЗАО «ЗЭТО» предлагает следующую продукцию:

- ✦ **разъединители наружной установки с фарфоровой изоляцией от 10 до 1150 кВ на токи 200–4000 А и с полимерной изоляцией от 10 до 220 кВ на токи 1000–3150 А с приводами;**
- ✦ **разъединители полупантографного типа на 330–750 кВ, на ток 3150 А и пантографного типа на 110–500 кВ, на токи 2000–3150 А;**
- ✦ **разъединители внутренней установки от 10 до 35 кВ переменного тока 1000–12500 А;**
- ✦ **разъединители внутренней установки на 1,5 кВ постоянного тока 40–50 кА;**
- ✦ **пильные опоры на номинальное напряжение от 35 до 1150 кВ;**
- ✦ **заземлители наружной и внутренней установки от 10 до 750 кВ;**
- ✦ **ограничители перенапряжений нелинейные от 0,38 до 500 кВ;**
- ✦ **разрядники от 0,5 до 220 кВ;**
- ✦ **комплекты жесткой ошиновки для ОРУ 110–750 кВ;**
- ✦ **компактные модули для ОРУ и ЗРУ 35–110 кВ;**
- ✦ **элегазовые колонковые выключатели типа ВГТ–110 кВ;**
- ✦ **элегазовые трансформаторы тока серии ТОГФ 110–500 кВ;**
- ✦ **подстанции трансформаторные 10/0,4 кВ мощностью от 25 до 400 кВА;**
- ✦ **предохранители-разъединители выхлопного типа серии ПРВТ–10 кВ;**
- ✦ **полимерные изоляторы опорные 10–220 кВ; подвесные линейные 35–500 кВ;**
- ✦ **низковольтное оборудование;**
- ✦ **электрооборудование для метрополитена.**

Предприятие сертифицировано в соответствии с требованиями международных стандартов менеджмента качества ISO 9001-2008 и экологического менеджмента ISO 14001-2004



182113, Россия, Псковская обл., г. Великие Луки, пр. Октябрьский, 79. ЗАО «ЗЭТО».
тел. +7 (81153) 6-37-32, 6-37-73, факс +7 (81153) 6-38-45
email: info@zeto.ru, marketing@zeto.ru http://www.zeto.ru